مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية
المجلد (10)، العدد (1) (يونيو-2024)

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

DOI: https://doi.org/10.59743/jmset.v10i1.212

جودة الهواء بالمنطقة المحيطة بالشركة الليبية للحديد والصلب بمدينة مصراته، شمال غرب ليبيا

علي عكاشة*[1، 2]، خليل أبو زقية[3]، و سليمان الحويمدي[4]

[1] قسم علوم البيئة، كلية العلوم، الجامعة الأسمرية الإسلامية، زليتن، ليبيا.

[2] المركز الليبي لدراسات وبحوث علوم وتكنولوجيا البيئة، فرع المنطقة الوسطى، زليتن، ليبيا.

[3] قسم البيئة، إدارة الوقاية الصناعية، الشركة الليبية للحديد والصلب، مصراتة، ليبيا.

[4] قسم علوم البيئة، كلية العلوم، جامعة المرقب، الخمس، ليبيا.

* البريد الإلكتروني: a.okasha@asmarya.edu.ly

Air Quality in the Area Surrounding the Libyan Iron and Steel Company in Misrata City, Northwestern Libya

Aly Okasha[1, 2, *], Khalil Abozgia[3], and Sulayman Alhuweemdi[4]

[1] Department of Environmental Science, Faculty of Science, Alasmarya Islamic University, Zliten, Libya.

[2] Libyan Center for Studies and Research of Environmental Science and Technology, Central Region Branch, Zliten, Libya

[3] Department of Environment, Industrial Safety Management, Libyan Iron and Steel Company (LISCO), Misrata, Libya.

[4] Department of Environmental Science, Faculty of Science, Elmergib University, Khoms, Libya.

Received: 09 January 2024; Revised: 08 February 2024; Accepted: 22 March 2024.

الملخص

تنتج بعض المنشآت الصناعية في مدينة مصراتة انبعاثات غازية وجسيمية يمكن أن يكون لها تأثيرات سلبية على صحة الإنسان والبيئة كما هو الحال في الشركة الليبية للحديد والصلب، تم في هذه الدراسة على مدار عام كامل بمواسمه الأربع متابعة ومراقبة الوضع البيئي للهواء الجوي في المنطقة المحيطة بالشركة الليبية للحديد والصلب بمصراتة. من خلال نتائج هذه الدراسة لم يتم تسجيل أي تواجد لغاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز الأوزون وغاز كبريتيد الهيدروجين وغاز الأمونيا وغاز الكلور في منطقة الدراسة، وهذا أمر إيجابي يمكن الاعتماد عليه في توجيه أولويات الدراسات والأعمال البيئية في المراحل القادمة. كما أظهرت نتائج الدراسة أن تراكيز اكاسيد النيتروجين في المنطقة كانت مرتفعة في بعض الأوقات وعند بعض نقاط المراقبة خارج وداخل محيط الشركة، وبشكل عام كانت التراكيز المتحصل عليها تدل على أن الأوضاع آمنة إلى حد ما نظرا لطبيعة المنطقة المفتوحة مما يسهل حركة تيارات الهواء ويقلل من تراكم الملوثات، وفي نفس الوقت يحد من تواجد الملوثات الثانوية السامة المرتبطة بأكاسيد النيتروجين كغاز الأوزون الأرضي، كما أظهرت النتائج أن الملوثات الجسيمية كالغبار والجسيمات التنفسية المشكلة البيئية الأكبر في منطقة الدراسة، حيث وجدت تراكيز عالية من الغبار بشكل عام في الهواء الجوي للمنطقة، كما تم تسجيل ارتفاع ملحوظ للجسيمات التنفسية في المنطقة.

الكلمات الدالة: جودة الهواء، مصراتة، الحديد والصلب، تلوث بيئي.

Abstract

Some industrial facilities in the city of Misrata emit gaseous and particulate pollutants that may adversely affect human health and the environment, as is the case at the Libyan Iron and Steel Company (LISCO). In this study, the ambient air quality in the area surrounding the Libyan Iron and Steel Company in Misrata was monitored and assessed over a full year, covering all four seasons. The results indicated that sulfur dioxide (SO_2), ozone (O_3),

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

hydrogen sulfide (H_2S), ammonia (NH_3), and chlorine (Cl_2) were not detected in the study area. This is a positive finding that can be utilized in directing the priorities of future environmental studies and activities. The findings also showed that nitrogen oxide concentrations were elevated at certain times and at some monitoring locations both inside and outside the company's perimeter. In general, the measured concentrations suggested that conditions were relatively safe, owing to the open nature of the area, which facilitates air movement and reduces pollutant accumulation. At the same time, this limits the presence of toxic secondary pollutants associated with nitrogen oxides, such as ground-level ozone. The results further revealed that particulate pollutants, including dust and respirable particulate matter, constitute the most significant environmental concern in the study area. High dust concentrations were generally recorded in the ambient air of the region, and a noticeable increase in respirable particulate matter concentrations was also observed.

Keywords: *Air quality, Misrata, Iron and Steel, Environmental Pollution.*

1. المقدمة

تتسبب الانبعاثات الناجمة عن عملية احتراق الوقود بنوعيه الثقيل والخفيف والغاز الطبيعي وحرق بعض الخامات (كمواد أولية) في تأثيرات سلبية على جودة الهواء الجوي في المناطق المحيطة بهذه الأنشطة، وتؤدي إلى تدني مستوى البيئة المحيطة وتحدث خلل في الأنظمة البيئية واختلال في المواصفات مقارنة بالمعايير القياسية، وتشير العديد من الإحصائيات إلى أن السبب في الإصابة بالعديد من أمراض الجهاز التنفسي والسرطان والحساسية ترجع إلى الملوثات المنبعثة من المصانع، فوفقاً لبرنامج الهندسة والعلوم البيئية في كلية هارفارد للصحة العامة، فإنه ما يقارب من 3% من حالات الوفيات في الولايات المتحدة يمكن أن يرجع سببها إلى تلوث الهواء (USEPA, 2008).

وتعد الشركة الليبية للحديد والصلب (LISCO) واحدة من أكبر الشركات في شمال إفريقيا حيث يبلغ إنتاجها من الحديد السائل حوالي 1.3 مليون طن سنويًا، وتعتمد الشركة على تكنولوجيا حديثة في عمليات الإنتاج ذات تأثيرات أقل على البيئة، حيث تستخدم في مصانع الشركة التقنيات الكهربائية في صناعة الحديد والصلب، وعلى الرغم من ذلك فإن القدرة على الحفاظ على فعالية المعدات وتغيير كفاءتها مع الاستهلاك يمكن أن يحدث بعد ذلك زيادة في التلوث البيئي، مما يثير مخاوف المهتمين بشؤون البيئة في هذه المنطقة، ويستوجب المتابعة المستمرة للأوضاع البيئية داخل وخارج محيط الشركة لغرض الحد من التلوث وحماية البيئة (Ibrahim *et al*., 2022; Okasha & Abouzgaya, 2021; Sasi, 2013). حيث يمكن أن تنبعث من عمليات التلبيد مستويات غبار كبيرة تبلغ حوالي 20 كجم لكل طن متري (كجم/طن) من الفولاذ، وعمليات التكوير يمكن أن تنبعث منها مستويات غبار بحوالي 15 كجم/طن من الفولاذ، وتشمل انبعاثات الهواء الناتجة عن تصنيع سبائك الحديد في فرن الصهر مواد جسيمية (PMs)، تتراوح من أقل من 10 كجم/طن من الفولاذ المصنع إلى 40 كجم/طن، أما أكاسيد الكبريت (SOx) فمعظمها ينتج من عمليات التلبيد أو التكوير (1.5 كجم/طن من الصلب)؛ وأكاسيد النيتروجين (NOx) تنتج بشكل رئيسي من التلبيد والتسخين (1.2 كجم/طن من الصلب) (Ibrahim *et al*., 2022, Amodio *et al*., 2013).

ينتج عن العمليات الصناعية ووحدات إحراق الوقود بشكل عام العديد من ملوثات الهواء، بعضها على شكل جزيئات صلبة أو قطرات سائلة وأكثرها عبارة عن غازات، وتعتبر اكاسيد الكربون أكثر الغازات الناتجة عن عمليات احتراق الوقود تكونا وانتشارا، وهذه الغازات سواء أول أو ثاني أكسيد الكربون تعد من الغازات ذات التأثير الكبير على البيئة العالمية نظرا لمساهمتها المعرفة في ظاهرة الاحتباس الحراري وما يتبعها من تغيرات مناخية، ومع ذلك فإن وجودها بصورتها الأولية في الهواء الجوي المفتوح لا يشكل خطرا كبيرا على الصحة العامة، وتعتبر أكاسيد النيتروجين (NOx) أحد أكثر الملوثات الناتجة عن الانبعاثات الصناعية

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

شيوعا في ليبيا (عكاشة والحويمدي، 2019؛ عكاشة وآخرون، 2015؛ Alhuweemdi *et al*., 2024; Ibrahim and Al-Mesharaghi, 2019)، وتشمل العديد من الغازات منها غاز أول أكسيد النيتروجين (NO) وغاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) وهي من الملوثات المهمة في طبقة الغلاف الجوي السفلى، ومن ضمن المنتجات أيضاً غاز أكسيد النيتروز (N_2O)، الذي يتحول مع غاز NO بفعل الأكسدة في الهواء الجوي إلى NO_2 ذو الرائحة النفاذة والذي يُعد عامل مؤكسد قوي يذوب جزء منه في قطرات الماء لينتج حمض نيتريك (HNO_3) والذي يترسب بدوره على شكل قطرات حمضية بواسطة الأمطار والرطوبة بالجو على أسطح المباني والنباتات (Okasha *et al*., 2022؛ عكاشة، 2017)، ويؤدي استنشاق هذا الغاز إلى أمراض خطيرة تصيب الجهاز التنفسي كالتهاب الشُعب الهوائية والربو فالتعرض لتركيز 500 جزء في المليون منه يمكن أن يتسبب في الموت خلال نصف ساعة (WHO, 2010)، كما أن اتحاده مع المُركبات الهيدروكربونية التي قد تتواجد في الهواء في وجود أشعة الشمس يتسبب في تكون الغيوم السوداء التي تحتوي على مركبات خطيرة جداً اهمها "نترات البيروكسي أسيل" (PAN) والضباب الدخاني، وقد لوحظ أن تراكيز أول أكسيد النيتروجين في منطقة الاحتراق يصل إلى نحو 3,000 جزء في المليون بينما يقل إلى درجة كبيرة جداً في الهواء الجوي القريب حتى يصل إلى حوالي 1 جزء في المليون (إبراهيم وآخرون، 2016؛ الطحان، 2005). وقد اعتمدت منظمة الصحة العالمية قيم ودلائل خاصة للتعرض لتراكيز ثاني أكسيد النيتروجين لا يسمح بتجوزها وهي 40 ميكرو جم/م^3 كمتوسط سنوي و200 ميكرو جم/م^3 كمتوسط لكل ساعة (WHO, 2005). بينما تنبعث أكاسيد الكبريت على شكل SO_2 و SO_3 من محطات إنتاج الطاقة الكهربائية ومصانع انتاج المواد التي يُستخدم فيها الوقود المحتوي في تركيبه على الكبريت، وتذوب اكاسيد الكبريت في بخار الماء العالق بالجو وتتحول إلى حمضي (الكبريتوز والكبريتيك) الذين يترسبان بواسطة الأمطار ليكُون ما يعرف بالأمطار الحمضية (Okasha *et al*., 2022؛ اسلام وعمارة، 2006)، وقد أشارت الدراسات إلى أن كمية الكبريت الساقطة مع الأمطار الحمضية في بعض المناطق تصل إلى نحو 60 كجم/سنة/هكتار، وقد بلغت كمية الكبريت المنبعثة إلى الجو على شكل اكاسيد في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1965 بنحو 33 مليون طن في حين بلغت الكمية نحو 6.4 مليون طن في بريطانيا وأن الكمية المنبعثة في أوروبا خلال نفس العام 1965م كانت 150 مليون طن، كما أظهرت إحصائية الأمم المتحدة بأن حوالي 150 مليون طن منه تنتشر سنوياً في الهواء. إن خطورة انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت الناتجة عن الأنشطة البشرية ترجع إلى تمركزها في الأماكن والمناطق المكتظة بالسكان، في حين أن الانبعاثات الناتجة عن المصادر الطبيعية وبالرغم من كبر نسبتها إلا أنها تنتشر بشكل منتظم داخل الأنظمة البيئية (ECE, 2010; Al-Meshragi *et al*., 2013). وقد أوصت منظمة الصحة الدولية بأن تكون دلائل تراكيز ثاني أكسيد الكبريت في الجو والتي لا يسمح بتجاوزها 20 ميكرو جم/م^3 متوسط كل 24 ساعة ثاني اكسيد الكبريت و500 ميكروجرام/ م^3 متوسط كل 10 دقائق، ولا يلزم تحديد قيمة دالة سنوية لأن التقيد بالمستوى المحدد لكل 24 ساعة سيضمن انخفاض المعدلات السنوية ولا ترتبط هذه القيم الدالة الموصي بها لثاني أكسيد الكبريت مع القيم الدالة للمواد الجسيمية (WHO, 2005). كما يمكن أن ينتج عن العمليات الصناعية انبعاثات جُسيمية وهي عبارة عن مواد صلبة أو سائلة تكون منتشرة في الهواء وبأحجام مختلفة، تتراوح أقطارها من 0.0002 ميكرو متر إلى 500 ميكرو متر، ويمكن للجسيمات الدقيقة منها أن تظل معلقة في الهواء لعدة أشهر، وهذه الجسيمات تتكون في الغالب من الغبار والهُباب والسناج والرذاذ المنبعث في الهواء، وبشكل عام فإن الخصائص الفيزيائية للجُسيمات هي ما يحدد كيفية انتقالها وترسبها، أما تركيبها الكيميائي هو ما يحدد آثارها على الصحة (حريز وآخرون، 2018؛ عفيفي، 2000)، وتنتج الجُسيميات التي يزيد حجمها عن 10 ميكرون عادة من الأنشطة الميكانيكية كعمليات الطحن وعمليات الرش، والجُسيميات التي يتراوح حجمها بين 1–10 ميكرون والتي تظهر على شكل دخان فإنها تنتج من عمليات الحرق وغبار التصنيع والأملاح المتطايرة من

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

البحار واحتكاك إطارات السيارات، أما الجُسيميات التي يقل حجمها عن 1 ميكرون فتنتج من عمليات الحرق أو التكثيف، ومع هذا فإن المراجع تشير إلى أن نسبة المساهمة من قبل المصادر الصناعية لا تمثل أكثر من 10% من النسبة الكلية الموجودة في الغلاف الجوي، وقد تكون بعض من هذه الجُسيميات مكونة من مواد عضوية بالرغم من أن مصدرها صناعي مثل انبعاثات محطات توليد الكهرباء، (Slama *et al*., 2022; Okasha & Abouzgaya, 2021; Raczynski and Watson, 1999). وتعتمد دلائل منظمة الصحة العالمية الخاصة بالتعرض للجسيمات 10 ميكرو جم/م^3 للمتوسط السنوي و25 ميكرو جم/م^3 المتوسط في 24 ساعة للجسيمات $PM_{2.5}$ و20 ميكرو جم/م^3 المتوسط السنوي و50 ميكرو جم/م^3 المتوسط في 24 ساعة للجسيمات PM_{10} (WHO, 2005). ويمكن أن ينتج عن عمليات الاحتراق العديد من الملوثات الأخرى كالهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات (PAHs) التي ترتبط بالجزيئات الدقيقة بالقرب من المناطق الصناعية، مما يؤدي الى زيادة السمية والتسبب بالإصابة بالسرطان وفق ما ذكره كل من (Dvorská *et al*., 2011; Castro-Jiménez *et al*., 2012; Tobiszewski and Namiesnik, 2012).

لذا تهدف هذه الدراسة إلى قياس تراكيز ملوثات الهواء الغازية والجُسيمية في الهواء الجوي في محيط الشركة الليبية للحديد والصلب، ومقارنة التراكيز المتحصل عليها مع المعايير الدولية لجودة الهواء للوقوف على التأثيرات الصحية المتوقعة لهذه الملوثات على الصحة العامة والبيئة.

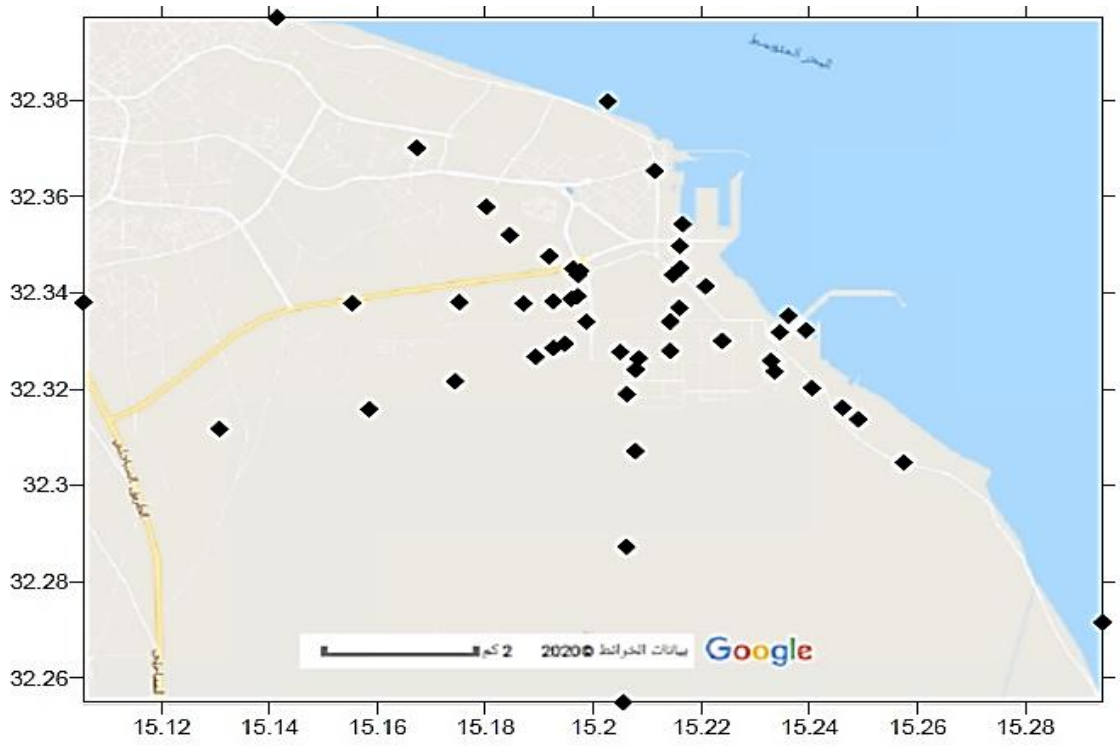
2. المواد والطرق

1.2. موقع الدراسة والعينات

تمت الدراسة على المنطقة المحيطة بمقر الشركة الليبية للحديد والصلب بمدينة مصراته وفي جميع الاتجاهات الاصلية والفرعية ولمسافة 8 كم، وهي في جزء كبير منها تعتبر منطقة مفتوحة تنتشر بها السبخات الملحية، مع وجود الكثير من الأنشطة الصناعية الأخرى غير مجمع الحديد والصلب، مثل محطة الكهرباء ومجمع البريقة، والميناء التجاري والمنطقة الحرة ومصنع النسيم للمواد الغذائية ومصنع المدينة للدهانات بالإضافة إلى العديد من الورش وساحات تجميع الخردة وبعض المسابك لصهر المعادن وهي في مجملها أنشطة يمكن أن يكون لها تأثير سلبي على جودة الهواء.

تم إجراء قياسات تلوث الهواء المحيط في النقاط المذكورة في خطة البحث والمبينة في الخريطة (شكل 1) على مدار سنة 2020 وبواقع 4 إلى 6 قراءات في كل فصل، وتم اجراء القياسات عند مجموعة من نقاط مراقبة تغطي جميع الاتجاهات الأصلية والفرعية بشكل شعاعي وتقع على مسافات متباعدة عن موقع الشركة بشكل متوالية هندسية حيث تقع على مسافة 100، 500، 1,000، 2,000، 4,000، و8,000 متر من محيط موقع الشركة في كل اتجاه (شكل 1)، بالإضافة إلى عدد 15 نقطة مراقبة موزعة داخل الشركة وعلى محيط سورها من الداخل وفي جميع الاتجاهات، وتم أخذ القياسات لعدد (5) مكررات في كل نقطة تمثل نقطة القياس المحددة ونقطتين على يمينها ونقطتين على يسارها وتبعد كل منها عن الأخرى مسافة 10 متر، بما يضمن أفضل تمثيل للاتجاه، ونظرا للظروف التي تمر بها البلاد تم أخذ العينات خلال ساعات النهار فقط (من الساعة 8 صباحا وحتى الخامسة مساء).

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966



شكل 1. خريطة لموقع الدراسة وعليه نقاط المراقبة التي تم اعتمادها في مراقبة تلوث الهواء الجوي بالمنطقة.

2.2. القياسات الميدانية

اشتملت القياسات على عدد من الملوثات الهامة واستخدمت فيها بعض الأجهزة المتخصصة بكل ملوث على حدة حيث تم إجراء قياسات لكل من NOx، O_3 وVOCs باستخدام جهاز aeroqual Series 500، وتبلغ حساسية الجهاز لهذه المركبات الثلاث 0.01 و0.01 و0.1 جزء في المليون لكل منها على التوالي. واستخدم جهاز قياس الغازات متعدد الوظائف من نوع GX6000 والذي يمكنه قياس 6 غازات في نفس الوقت لاحتوائه على مجموعة متنوعة من الحساسات، بمعدل خطأ لا يتجاوز 5% لغاز SO_2، ولا يتجاوز 2% لكل من CO ، H_2S والميثان كغاز قابل للاشتعال، أما تراكيز الغبار الكلي في الهواء فقد تم قياسها باستخدام جهاز قياس من نوع CASELLA CEL (CEL-712 Microdust Pro)، كما تم استخدام أجهزة قياس تراكيز الغازات الفردية من نوع Dräger Pac® 7000, Single-Gas Detection Device، لقياس تراكيز مجموعة من الغازات الأخرى التي يشكل وجودها في الهواء الجوي بتراكيز عالية خطراً على الصحة العامة وهذه الغازات هي غاز الأمونيا NH_3 وغاز سيانيد الهيدروجين HCN وغاز الفوسفين PH وغاز الكلور Cl_2 وتبلغ حساسية هذه الأجهزة في قياس الغازات المذكورة 1، 0.1، 0.01، 0.05 جزء في المليون على التوالي.

3. النتائج والمناقشة

1.3. أكاسيد النيتروجين (NOx)

تفاوتت تراكيز أكاسيد النيتروجين المسجلة في المنطقة من 24 ميكرو جم/م^3 في النقاط على بعد 100 متر من المصنع وانخفضت بشكل تدريجي حتى وصلت إلى معدل 10 ميكرو جم في النقاط على بعد 8,000 متر من المصنع ومن خلال نتائج التحليل

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

الإحصائي للنتائج المتحصل عليها نجد أن هذه الفوارق بين المناطق القريبة والبعيدة عن المصنع ذات معنوية عالية يمكن الاعتماد عليها ($P<0.05$).

وكان متوسط أكاسيد النيتروجين في المنطقة خلال فصل الربيع حوالي 17 ميكرو جم/م^3 من الهواء الجوي وبلغ أعلى معدل له عند النقطة الواقعة داخل محيط الشركة شمالا وكان 88 ميكرو جم/م^3، وفي العديد من القياسات في أكثر من نقطة مراقبة في المنطقة المحيطة لم نحصل على تراكيز يمكن قياسها لأكاسيد النيتروجين في المنطقة. أما بخصوص فصل الصيف فيلاحظ أن معدلات تراكيزه في الهواء الجوي تتمركز حول موقع الشركة ومحطة الكهرباء التابعة للشركة العامة للكهرباء والواقعة جنوب شرق الشركة وقد كانت تراكيز أكاسيد النيتروجين أعلى نسبيا منها في أي فصل أخر (جدول 1)، حيث بلغ معدل أكاسيد النيتروجين في هذا الفصل 29 ميكرو جم/م^3، في بعض نقاط المراقبة تم تسجيل تراكيز تفوق المعدل السنوي المسموع بالتعرض له من قبل نشرة منظمة الصحة العالمية كما هو الحال في نقاط المراقبة الواقعتين داخل موقع الشركة في المركز وفي الجهة الجنوبية الشرقية، بينما كانت معدلات التراكيز منخفضة في بقية النقاط ودون حدود الكشف في الكثير من نقاط المراقبة الأخرى. وبالنسبة لفصل الخريف فالنتائج المبينة في الشكل (3) والتي تمثل معدلات التراكيز المتحصل عليها لأكاسيد النيتروجين تظهر وجود نواة إضافية في الخرائط الكنتورية لتراكيز اكاسيد الكبريت تتمركز نقاط مختلفة حول طريق النقل الثقيل بالإضافة إلى التمركزات بالقرب من موقع الشركة ومحطة الكهرباء المجاورة لها، إلا أنه وبالمجمل كانت معظم التراكيز ضمن الحدود المسموح بها باستثناء العينة الواقعة داخل محيط الشركة جهة جنوب الشرق. وكان فصل الشتاء كما هو متوقع الأقل تواجدا لأكاسيد النيتروجين في الهواء الجوي للمنطقة حيث تتشتت الملوثات في اتجاه البحر مما يجعل تراكيزه في المنطقة منخفضة وبلغ معدل أكاسيد النيتروجين في هذا الفصل 6 ميكرو جم/م^3 فقط، إلا أن هذه التراكيز المنخفضة والآمنة نسبيا لا تعني عدم وجود بعض الحالات الشاذة التي ترتفع فيها تراكيز هذا الملوث إلى أرقام عالية؛ كما هو الحال في نقطتي المراقبة داخل محيط الشركة واللتين تقعا شرق وشمال شرق، وفي معظم نقاط المراقبة لم يتم تسجيلات لتواجد أكاسيد النيتروجين خلال فصل الشتاء.

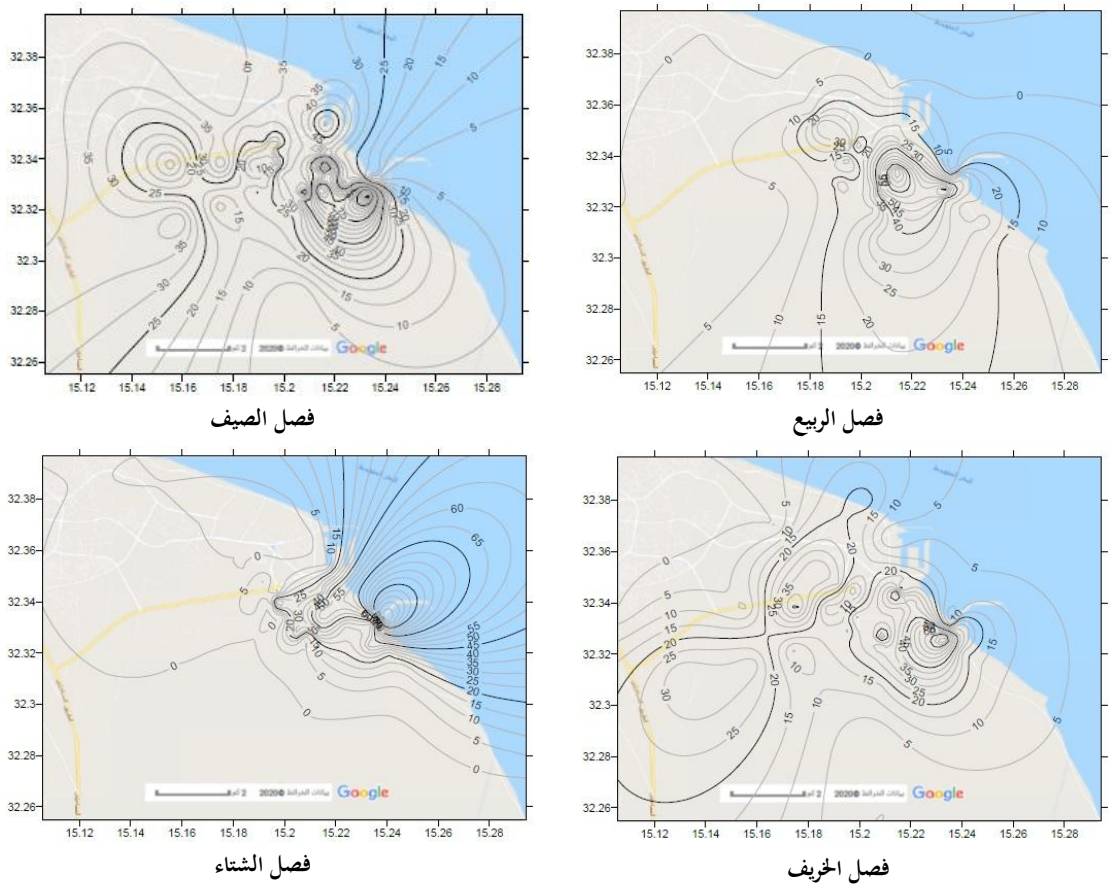
جدول 1. معدلات اكاسيد النيتروجين NOx في المنطقة المحيطة بالشركة الليبية للحديد والصلب وتأثرها وفقا للبعد عن موقع الشركة وموسم القياس.

Level of Factor	N	Concentration of NOx				
		Mean	Std. Dev.	Std. Err	-95.00%	+95.00%
100	24	24	26	5	12	35
500	24	23	15	3	17	29
1,000	24	19	14	3	13	25
2,000	24	16	16	3	9	23
4,000	24	11	15	3	5	17
8,000	20	10	16	4	2	17
Spring	35	17	14	2	12	22
Summer	35	29	22	4	21	36
Autumn	35	17	16	3	12	23
Winter	35	6	11	2	2	10

وبالرغم من كون تراكيز النيتروجين في المنطقة بشكل عام معتدلة إلى قليلة الارتفاع في بعض نقاط المراقبة إلا أنها قد لا تشكل خطر حقيقي على الصحة العامة لأن معدلاتها في أكثر نقاط المراقبة مقبولة وفقا للمعايير الدولية لجودة الهواء الجوي الصادرة عن منظمة الصحة العالمية والتي تشير إلى 40 ميكرو جم/م^3 كمعدل سنوي لا يجب تجاوزه من أكاسيد النيتروجين

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

(WHO, 2010)، وخاصة ان هذه القياسات كانت تتم في أوقات الذروة لعمليات الإنتاج وحركة وسائل المواصلات (ساعات النهار) ومع ذلك فإن ضمان جودة الهواء في المنطقة بشكل كامل يستوجب استخدام محطات رصد ثابتة لمراقبة ومتابعة مصادر الانبعاثات الأخرى لهذا الملوث، حيث إن أكاسيد النيتروجين ترتبط بالإصابة بالأمراض التنفسية حيث تشير الدراسات العلمية إلى تأثير أكاسيد النيتروجين بشكل عام على الإنسان والحيوانات ويتجلى بالخلل الذي يُحدثه على الوظائف التنفسية وتضخم الحويصلات الهوائية بالرئة وربما تؤدي إلي تخريب الأغشية المخاطية بالقناة التنفسية، وقد يؤدي أيضاً عند بعض التراكيز إلى إحداث خلل في تركيب الدم والخمائر وربما يؤدي إلى الموت عند التراكيز العالية (WHO, 2005).



شكل 3. خطوط الكنتور لتراكيز أكاسيد النيتروجين في منطقة الدراسة في فصول السنة بوحدة ميكروجم/م^3

وكما هو ملاحظ بالشكل (3) من النتائج فإن الهواء الجوي داخل محيط الشركة ترتفع به التراكيز أعلى مما هو عليه في المنطقة المحيطة بل ربما تكون أيضا اعلى من الحدود الموصي بها لجودة الهواء الجوي وفقا لنشرة منظمة الصحة العالمية، حيث نلاحظ بأن المنطقة داخل محيط الشركة تحتوي على مصادر متعددة لهذه الأكاسيد، وهذا يعطي مؤشر بأن بيئة العمل المحيطة بهذه المصادر ربما يتعرض العاملين فيها الى مخاطر صحية وخاصة في وجود اختلاط بين الأنواع المختلفة من الملوثات، ويمكن أن يزداد الأمر سواءً في حالات ركود الرياح وظروف الاستقرار الجوي، وبالتالي فإن التأثيرات الصحية على العاملين في الشركة سوف تكون أشد مما لو كانت عليه هذه الملوثات منفردة، ولكن يمكن التغلب على تأثيرات هذه الملوثات أو التقليل منها على الأقل في حالة إتباع إجراءات السلامة المهنية واللباس الواقي (عكاشة وآخرون، 2013؛ Alhuweemdi *et al.*, 2024; Slama *et al.*, 2022).

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

2.3. الجسيمات (الغبار)

أظهرت النتائج المتحصل عليها أن أعلى معدل لتراكيز الغبار تم الحصول عليه في المنطقة كان 56 ميكروجم/م^3 وكان على بعد 1,000 متراً من موقع الشركة، كما أظهرت نتائج التحاليل الإحصائية عدم وجود أي تأثيرات معنوية للبعد عن المصنع على تراكيز الغبار في الهواء الجوي ($P>0.05$)، وكذلك الحال بالنسبة لتأثير الموسم على تراكيز الغبار في المنطقة. وبشكل عام كانت هناك تراكيز عالية من الغبار في منطقة الدراسة، وقد تفاوتت تراكيز الغبار في المنطقة بشكل كبير بين نقطة مراقبة وأخرى بل حتى بين القياسات المختلفة لنفس نقطة المراقبة في نفس الموسم وأحيانا في نفس الرحلة الحقلية (جدول 2).

جدول 2. معدلات تراكيز الغبار في المنطقة المحيطة بالشركة الليبية للحديد والصلب وتأثرها بالبعد عن موقع الشركة وموسم القياس.

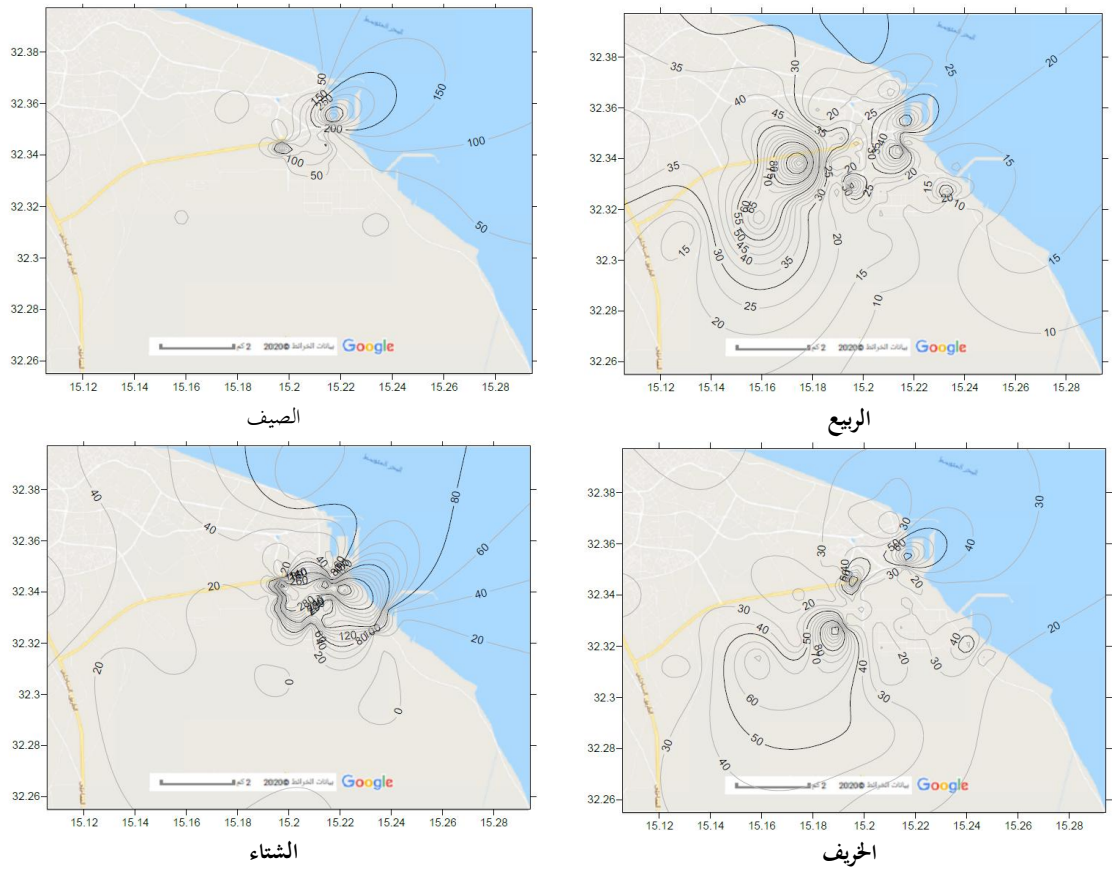
Level of Factor	N	Concentration of Dust				
		Mean	Std. Dev.	Std. Err	-95.00%	+95.00%
100	24	27	35	7.2	12.4	42.2
500	24	20	14	3.0	13.6	26.0
1,000	24	56	136	27.8	2.0	113
2,000	24	25	29	5.9	13.1	37.7
4,000	24	35	27	5.5	23.9	46.6
8,000	20	23	17	3.8	15.3	31.4
Spring	35	26	27	4.5	17.1	35.5
Summer	35	39	110	18.6	1.2	76.9
Autumn	35	36	42	7.1	21,6	50.4
Winter	35	23	24	4.0	15.8	32.1

من حيث تأثير الموسم على تراكيز الغبار في المنطقة المحيطة؛ لوحظ أنه في فصل الربيع كانت تراكيز الغبار تتوزع بشكل شبه عشوائي في المنطقة فنلاحظ من الجدول (2) أنه توجد العديد من نقاط تواجد التراكيز العالية للغبار في المنطقة إحداها داخل محيط الشركة والبقية تتوزع حول طريق النقل الثقيل، وقد كانت أعلى تراكيز متحصل عليها في نقطة المراقبة والتي تبعد 2 كم غرب المصنع وتقع على أحد الطرق المتفرعة من طريق النقل الثقيل، وبلغ معدل التركيز فيها أكثر من 130 ميكروجم/م^3، وبالرغم من حصولنا في بعض رحلات القياس على نقاط مراقبة لم يتم تسجيل تراكيز للغبار بها إلا أن المعدل العام للقياسات في هذه النقاط يشير إلى أن أقل معدل لتراكيز للغبار تم تسجيله في المنطقة هو 6 ميكرو جم/م^3. وفي فصل الصيف تفاوتت تراكيز الغبار بشكل كبير من نقطة مراقبة لأخرى وكانت عالية كثيرا في نقط محدودة فعلى سبيل المثال ارتفعت تراكيز الغبار المتحصل عليها إلى أعلى قيمة حيث بلغت أكثر من 600 ميكرو جم/م^3 في بعض الحالات كما هو في نقطة المراقبة داخل الشركة تجاه الشمال الغربي والنقطة التي تقع على بعد 1,000 متراً شمال موقع الشركة، وكانت التراكيز في جميع نقاط المراقبة الأخرى أقل من 100 ميكروجم/م^3

ومن خلال الخريطة الكنتورية لانتشار الغبار في المنطقة لفصل الصيف المبينة بالشكل (4) نلاحظ وجود نقطتي تمركز رئيسيتين للغبار في المنطقة خلال فصل الصيف احداهما شمال موقع الشركة بالقرب من الميناء التجاري والأخرى على بعد قرابة 1,000 متر غرب الموقع بالقرب من أحد التفرعات للطريق من طريق النقل الثقيل. أما في فصل الخريف كان معدل تراكيز الغبار في المنطقة 36 ميكروجم/م^3، ومن خلال خريطة الكنتور لانتشار الملوثات (شكل 4) نلاحظ وجود عدة تمركزات للغبار في المنطقة خلال فصل الخريف أعلاها بالقرب من الميناء وعلى جوانب الطريق الثقيل، وكان أعلى تركيز متحصل عليه للغبار في فصل

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

الخريف في نقطة المراقبة على بعد 1,000 متر جنوب غرب موقع الشركة وبلغ أكثر من 180 ميكروجم/م^3 وهو رقم كبير إذا ما تمت مقارنته بمعايير الصحة الدولية، إلا أنه في نفس الوقت يعد رقم طبيعي لكميات الغبار في المناطق المفتوحة في ليبيا خاصة في حال تواجد الرياح المحملة بالغبار والأتربة والتي تعد شائعة في الإقليم المناخي الذي يضم منطقة الدراسة. أما في فصل الشتاء فقد كانت تراكيز الغبار أقل في المنطقة المحيطة مقارنة بما هو داخل الشركة، حيث تصل معدلاتها إلى 24 ميكروجم/م^3 خارج الشركة، بينما تجاوزت التراكيز في فصل الشتاء 1,000 ميكروجم/م^3 في بعض نقاط المراقبة داخل الشركة، ومن خلال الخريطة الكنتورية التي تمثل انتشار الغبار في منطقة الدراسة خلال فصل الشتاء (شكل 4) أن هناك تمركزات كبيرة للغبار في المنطقة داخل محيط الشركة والمنطقة الحرة وصولا إلى الميناء وطريق النقل الثقيل وفي نفس الوقت يلاحظ أن تركيزات الغبار في المنطقة المفتوحة جنوبا تقل جدا بل تكاد تختفي وهذا يرجع غالبا إلى تأثير مياه الامطار التي تثبت الأتربة في السبخات.



شكل 4. خطوط الكنتور لتراكيز الغبار في منطقة الدراسة في فصول السنة بوحدة ميكروجم/م^3

بالنظر إلى معايير منظمة الصحة العالمية نجد أن أقصى تركيز من الغبار مسموح بالتعرض له لمدة سنة هو 20 ميكروجم/م^3 وفقا لمعايير منظمة الصحة العالمية (WHO, 2010)، وبمقارنة هذه القيمة بالنتائج المتحصل عليها لتراكيز الجسيمات في الهواء الجوي لمنطقة الدراسة نجد أن هناك ارتفاع واضح لمستويات الغبار في المنطقة مقارنة بالمعايير الدولية وهذا الأمر ينطبق أيضا على تراكيز الجسيمات التنفسية PM_{10}, $PM_{2.5}$ وهي الأكثر خطورة على الصحة العامة وفقا لما ذكرته دراسة Ibrahim *et al.* (2022)، ولوحظ أن أهم مصادر الغبار في المنطقة بالإضافة إلى مصنع الجير داخل الشركة كل من ساحة تجميع المنتجات الثانوية وسيور نقل الخام داخل محيط الشركة والعديد من المصادر الأخرى خارج نطاق الشركة، ونظرا لكون

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

مصادر الانبعاثات الجُسيمية متعددة، بعضها طبيعية كرذاذ البحر وحبوب الطلح وغبار البراكين والعواصف الترابية والحرائق كما هو الحال في مكبات المخلفات الصلبة، والبعض ذات مصدر صناعي كالناتجة من عملية احتراق الوقود الحفري لتوليد البخار والطاقة والتدفئة ومحركات الديزل وعمليات الطحن وعدة عمليات صناعية أخرى، فإنه يصعب التنبؤ بالمسبب الرئيسي في كميات الغبار العالية في الهواء الجوي للمنطقة حيث إنه تتواجد أغلب المصادر السابقة الذكر ضمن محيط منطقة الدراسة (إبراهيم وآخرون، 2022؛ عكاشة، 2017). ومن المشاهدات العينية والقياسات الميدانية يمكننا أن نؤكد أن أكثر كميات للغبار تتواجد بجوار طرق النقل وهذا غالبا يرجع إلى كون جوانب الطرق من الترب الرملية والطينية وهي نقاط تجمع كبير للغبار وبمجرد مرور المركبات المختلفة بجوارها وخاصة الشاحنات التي تنفث غازات العام من جانب هذه الطرق؛ فإنها تتسبب في نفخ الغبار ونشره في الهواء الجوي من جديد بما يؤدي إلى إعادة تعليقها في الهواء الجوي وزيادة تركيزها بشكل شبه متواصل.

كمت أن وجود مكبات المخلفات الصلبة في المنطقة وإشعال الحرائق بشكل مستمر بها يمكن أن يؤدي إلى ارتفاع تراكيز الجسيمات التنفسية بشكل كبير في الهواء الجوي، خاصة وأن هذه الجسيمات يمكنها أن تصل إلى مسافات كبيرة أكثر مما يصل بها إلى مسافات كبيرة، وهذا الأمر يعد بالغ الخطورة على الصحة العامة لما لهذه الملوثات من إضرارا خطيراً على الصحة العامة للسكان في المنطقة، حيث يعد العامل الأساسي في مدى فاعلية وخطورة تأثير الجُسيميات على المكونات الحية للبيئة والذي يتحكم في حركتها ومعدل انتقالها وانتشارها وترسبها هي الخواص الفيزيائية وخاصة القطر والحجم.

كما أن التركيب والخواص الكيميائية والفيزيائية للجُسيميات الدقيقة هو ما يحدد درجة التأثيرات السمية لهذه الجُسيميات على الصحة (WHO, 2013). فالجُسيميات التي قطرها أكبر من 10 ميكرومتر والجسيمات التي قطرها أقل من 0.1 ميكرومتر لا تشكل خطراً على صحة الإنسان، وذلك لأن الجسيمات التي قطرها أكبر من 10 ميكرومتر تترسب بعد دقائق من انبعاثها من المصدر (سريعة نسبياً) وبالتالي لا يتم استنشاقها بسهولة، والدقائق التي قطرها أقل من 0.1 ميكرومتر يتم استنشاقها وتصل للرئة ولكن تستطيع الرئتين إخراجها بسهولة، والجسيميات التي أقطارها تتراوح ما بين 0.1–10 ميكرومتر هي التي تشكل مصدر الخطر الأكبر على الجهاز التنفسي لأنها تبقى معلقة في الهواء لفترات زمنية طويلة وتصل القصبات التنفسية للرئتين وتستقر فيها (WHO, 2005).

لا يجب أن نستهين بتراكيز الغبار التي تم تسجيلها في المنطقة حيث تشير المراجع إلى أن التراكيز المنخفضة في حدود 18 ميكروجم/م^3 من الملوثات الجُسيمية بأحجام أدنى من 10 ميكرون (PM_{10}) لها ارتباط بازدياد عدد الوفيات، وهذا التركيز هو أدنى من القيمة الحدية للمعايير القياسية الأمريكية (USEPA, 2010). وأشارت دلائل منظمة الصحة العالمية لنوعية الهواء أن خطر التعرض للوفاة نتيجة لأمراض القلب والرئة يمكن أن تبدأ عند التعرض الطويل الأمد (الإصابات المزمنة) لتراكيز 20 ميكروجم/م^3 من الجُسيميات، كما تُشير إلى أن الزيادة في معدلات وفيات الإنسان تتراوح من 0.3% إلى 1.6% لكل زيادة قدرها 10 ميكروجم/م^3 في المتوسط السنوي لتراكيز PM_{10}، حيث أن هنالك علاقة إحصائية بين التعرض لجُرعات مختلفة من التراكيز الجُسيمية ومعدل الوفيات (Ostro *et al.*, 2009). وهذه التراكيز أقل مما وجدناه في العديد من نقاط المراقبة في المنطقة وهذا يعني احتمالية كبيرة لوجود أخطار على الصحة العامة. بشكل عام فإن الجُسيميات تتسبب في العديد من المشاكل الصحية من أهمها السعال وصعوبة التنفس، ضعف في وظائف الرئتين، الربو، ظهور التهاب حاد في الشُعب الهوائية واضطراب في أداء القلب. فالجُسيميات الدقيقة تؤثر في الإنسان لوحدها أو متحدة مع الملوثات الهوائية الأخرى، وذلك من خلال ملامستها للجلد والعيون وتوغلها داخل الجهاز التنفسي وتسبب الأمراض المختلفة وخاصةً التهاب الشُعب الهوائية والالتهاب الرئوي الذي يصيب

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

القصـبات الرئوية الدقيقة ويعيق مرور الهواء مما يجعل التنفس صـعباً (عكاشـة والحويمدي، 2019؛ Alhuweemdi *et al.*, 2024; Ibrahim *et al.*, 2022)، بالإضـافة إلى الإصـابة بالانتفاخ الرئوي والربو وضـعف وإرهاق عام وأمراض العيون وخاصـة مرض سيلان الدمع، كما أن زيادة نسبة الجسيمات الناعمة العالقة عادةً ما تكون مصـحوبة بمخاطر صـحية اخطر مثل الإصـابة بأمراض القلب وتعطيل وظائف الرئة، بالإضافة إلى سرطان الرئة (Raczynski and Watson, 1999).

3.3. ملوثات أخرى

بالإضافة الى ملوثات الهواء السابقة فقد تمت دراسة عدد اخر من الملوثات المتوقع وجودها في المنطقة وهي كالتالي:

- **أكاسيد الكربون:** اشتملت القياسات بالإضافة إلى الغازات السابقة على قياسات لتراكيز أول وثاني أكسيد الكربون في المنطقة، وفي حين أنه لم يتم تسجيل أي مستويات من أول أكسيد الكربون CO عند نقاط المراقبة في المنطقة؛ وهذا يعد أمر طبيعي بسـبب طبيعة المنطقة المفتوحة وعمليات التهوية التي تؤدي إلى تحول أول أكسـيد الكربون إلى غاز CO_2 وهذا الغاز كان موجود في الهواء الجوي للمنطقة بمعدلات اعتيادية حيث كان تركيزه في جميع النقاط تقريبا يعادل 0.02% وهو رقم طبيعي لمعدلاته في الطبيعة.
- **الهيدروكربونات المتطايرة (VOC):** تم العثور على المركبات المتطايرة في بعض القراءات المحدودة خاصـة عند نقطة المراقبة 500NW وكانت معدلات التراكيز المتحصـل عند هذه النقطة بين 200، 1,700، 900، 100 ميكروجم/م^3 لفصـول الربيع والصـيف والخريف والشـتاء على التوالي. كما تكرر ظهورها عشـوائيا في عدد بسـيط (7 حالات) من القياسات الأخرى بتراكيز تتراوح من 10 الى 30 ميكروجرام/م^3 في بعض نقاط المراقبة الأخرى.
- **ثاني أكسـيد الكبريت:** رغم التوقعات بوجود تراكيز من ثاني أكسـيد الكبريت في الهواء الجوي بمنطقة الدراسـة إلا أنه لم يعثر الفريق البحثي أثناء جولات القياسـات الحقلية على أي تراكيز له في المنطقة حيث كانت مسـتوياته دائما دون حساسية الجهاز المستخدم، ويرجع هذا الانخفاض في تراكيز أكاسيد الكبريت في المنطقة عموما إلى استخدام تقنية جيدة بيئيا وأنواع من الوقود القليل المحتوى من الكبريت (Okasha *et al.*, 2022). حيث تشـير المصـادر إلى أن أكثر أسباب انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت في صناعة الحديد والصلب ترجع إلى استخدام الأفران العالية وفحم الكوك الذي يحتوي على نسب عالية من الكبريت (Liberti *et al.*, 2006; Amodio *et al.*, 2013; Wu *et al.*, 2015; Li *et al.*, 2019)، وهذه النتيجة تدفعنا إلى إعادة ترتيب أولوياتنا في مجال مراقبة تلوث الهواء بالتركيز على الجسيمات وأكاسيد النيتروجين كأولوية مقارنة مع ثاني أكسيد الكبريت كملوث.
- تم أيضـا قياس بعض الملوثات الأخرى والتي لم يتم تسـجيل تواجد لها في المنطقة وهذه الملوثات هي الأوزون O_3 وغاز كبريتيد الهيدروجين H_2S وغاز الميثان CH_4 والأمونيا NH_3، وغاز الكلور Cl_2 وغاز الفوسـفين PH وغاز سـيانيد الهيدروجين HCN.

4. الاستنتاجات

على مدار عام كامل بمواسمه الأربع تمت متابعة ومراقبة الوضـع البيئي للهواء الجوي في المنطقة خارج محيط الشـركة الليبية للحديد والصلب، ومن خلال نتائج هذه الدراسة توصل الفريق البحثي إلى ما يلي:

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

- لم يتم تسجيل أي تواجد لغاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز الأوزون وغاز كبريتيد الهيدروجين وغاز الأمونيا وغاز الكلور في منطقة الدراسة، وهذا أمر إيجابي يمكن الاعتماد عليه في توجيه أولويات الدراسات والأعمال البيئية في المراحل القادمة.
- أظهرت نتائج الدراسة أن تراكيز أكاسيد النيتروجين في المنطقة كانت مرتفعة في بعض الأوقات وعند بعض نقاط المراقبة، كما لوحظ ارتفاع بسيط في تراكيز أكاسيد النيتروجين عند بعض نقاط المراقبة داخل الشركة.
- رغم الارتفاع في بعض قراءات تراكيز أكاسيد النيتروجين خارج حدود الشركة إلا أنها كانت آمنة إلى حد ما نظرا لطبيعة المنطقة المفتوحة ومبانيها ذات الارتفاع المحدود مما يسهل حركة تيارات الهواء ويقلل من تراكم الملوثات وفي نفس الوقت يحد من تكون الملوثات الثانوية السامة المرتبطة بأكاسيد النيتروجين كغاز الأوزون الأرضي.
- تعد الملوثات الجسيمية المشكلة البيئية الأكبر في منطقة الدراسة، وغالبا ما ترجع كميات الغبار العالية في الهواء الجوي للمنطقة إلى تحرك الأتربة والغبار من على سطح الأرض بفعل الرياح، وأن كمية الغبار الناتجة عن مداخن الشركة لوحدها لا تكاد تشكل خطورة على البيئة، ويكمن الخطر في تناثر الغبار المتراكم على الأرض سواء من مصادر طبيعية أو من غبار الشركة كغبار مصنع الجير وعمليات الطحن أو المتساقط من السيور وقنوات الشفط.
- من المشاهدات العينية والقياسات الميدانية يمكننا أن نؤكد أن أكثر كميات للغبار تتواجد بجوار طرق النقل وهذا غالبا يرجع إلى كون جوانب الطرق من الترب الرملية والطينية، وهي نقاط تجمع كبير للغبار وبمجرد مرور المركبات المختلفة بجوارها وخاصة الشاحنات التي تنفث غازات العام من جانب هذه الطرق فإنها تتسبب في نفخ الغبار ونشره في الهواء الجوي من جديد بما يؤدي إلى إعادة تعليقها في الهواء الجوي وزيادة تركيزها بشكل شبه متواصل.
- إن وجود مكبات المخلفات الصلبة في المنطقة واشعال الحرائق بشكل مستمر بها يمكن أن يؤدي إلى ارتفاع تراكيز الجسيمات التنفسية بشكل كبير في الهواء الجوي خاصة وأن هذه الجسيمات يمكنها أن تصل إلى مسافات كبيرة أكثر مما يصل بها إلى مسافات كبيرة، وهذا الأمر يعد بالغ الخطورة على الصحة العامة لما لهذه الملوثات من أضرار صحية خطيرة على صحة للسكان في المنطقة.

المراجع

أولاً: مراجع باللغة العربية

إبراهيم، هشام؛ الحويمدي، سليمان؛ عكاشة، علي؛ مرعي، أحمد؛ بوكيل، عادل؛ والعويص، عبد الرزاق (2022). ترسب الغبار في المنطقة المحيطة بالشركة الليبية للحديد والصلب مصراتة، ليبيا. *المجلة الليبية لعلوم وتكنولوجيا البيئة*، (عدد خاص)، 79–85.

إبراهيم، هشام؛ عكاشة، علي؛ المشرقي، محمد؛ والأطرش، مختار (2016). التحقيق المعملي لفصل أكاسيد النيتروجين من خليط الغازات باستخدام الامتزاز على الحجر الجيري والمارل. *مجلة الجامعة الأسمرية للعلوم التطبيقية*، 1(2)؛ 44–64.

إسلام، أحمد مدحت؛ وعمارة، مصطفى محمود (2006). *كيمياء البيئة*، ط (1)، دار الفكر العربي.

حريز، حسين؛ عكاشة، علي؛ والمثناني، عبد السلام (2018). تأثير مصنع إسمنت لبدة (الخمس ليبيا) على التركيب النوعي وتنوع الغطاء النباتي بالمنطقة المحيطة. *مجلة العلوم البحتة والتطبيقية*، 17 (1)، 493–500.

الطحان، بلال مناوف (2005). *هندسة السلامة الصناعية*. دار زهران للنشر، مصر.

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

عفيفي، فتحي عبد العزيز (2000). *ديناميكية السموم والملوثات البيئية واستجابة الجهاز التنفسي والدوري لها*، ط (1). دار الفجر للنشر والطباعة، 85-193.

عكاشة، علي (2017). دور الغطاء النباتي في التخفيف من الملوثات الغازية الناتجة عن المصادر الصناعية بمنطقة الخمس، شمال غرب ليبيا. *المجلة الاردنية للعلوم الزراعية*، 13(2)، 275-285.

عكاشة، علي يوسف؛ الأطرش، مختار سالم؛ والصل، محمد محمد (2015). الانبعاثات الغازية والجسيمية لمجمع الحديد والصلب بمصراته ومعدلات انتشارها في هواء المدينة. *المؤتمر العلمي الثاني لعلوم البيئة*، 2015م، 432-444.

عكاشة، علي؛ إبراهيم، هشام؛ والأطرش، مختار (2013). تأثير حالة السكون في حركة الهواء الجوي على صحة العاملين في محطة الكهرباء بمنطقة الخمس. *الملتقى الاول للسلامة والصحة المهنية والبيئة*، 28-2013/4/29، طرابلس، ليبيا.

عكاشة، علي؛ والحويمدي، سليمان (2019). تأثير انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت لمجمع مليته للنفط والغاز على جودة الهواء في المدن المجاورة. *مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية*، 5 (1)، A. 44-53.

ثانياً: مراجع باللغة الإنجليزية

Alhuweemdi, S. O., Okasha, A. Y., & Ibrahim, H. G. (2024). Impact of Gas Emissions from Zawiya Refinery on the Health of Workers. *Libyan Journal of Ecological & Environmental Sciences and Technology*, Special issue, 220-226.

Al-Meshragi, M., Elatrash, M. S., Okasha, A. Y., & Ibrahim, H. G. (2013). Measurements of Pollutants Gas Emissions of Mellitah Gas Plant. *9th World Congress of Chemical Engineering*, 18-23 Aug., Seoul, South Korea.

Amodio, M., Andriani, E., de Gennaro, G., Di Gilio, A., Ielpo, P., Placentino, C.M., & Tutinom M. (2013). How a steel plant affects air quality of a nearby urban area: a study on metals and PAH concentrations. *Aerosol and Air Quality Research*, 13(2), 497-508.

Castro-Jiménez, J., Berrojalbiz, N., Wollgast, J., & Dachs, J. (2012). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in the Mediterranean Sea: Atmospheric Occurrence, Deposition and Decoupling with Settling Fluxes in the Water Column. Environ. *Pollutant*, 166, 40–47.

Dvorská, A., Lammel, G., & Klánová, J. (2011). Use of Diagnostic Ratios for Studying Source Apportionment and Reactivity of Ambient Polycyclic Aromatic Hydrocarbons over Central Europe. *Atmos. Environ*., 45, 420–427.

ECE (2010). *Air Quality Standards*. European Commission Environment. Available online at: [http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm].

Ibrahim, H. G., & Al-Meshragi. M. A. (2019). Experimental Study of Adsorption on Activated Carbon for CO_2 Capture. Ch: 7 In: *CO_2 Sequestration*, Frazão L. A., Silva Olaya, A. M., & Cota, J. (ed.), IntechOpen, 111-130.

Ibrahim, H.G., Alhewaimdei, S.O., Okasha, A.O., Elshhomi, M., Maraie, A., & Aloways, A. (2022). Levels and Sources of Heavy Metals in the Dust at the Libyan Iron and Steel Company Area and the Surrounding Zone. *Libyan Journal of Ecological & Environmental Sciences and Technology*, Special issue, 151-164.

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

Li, Z., Wang, Y., Hu, Y., Chen, L., & Zhu, H. (2019). Emissions of NOx, PM, SO_2, and VOCs from coal-fired boilers related to coal washing, iron-steel production, and lime and gypsum making in Shanxi, China. *Aerosol and Air Quality Research*, 19(9), 2056-2069.

Liberti, L., Notarnicola, M., Primerano, R., & Zannetti, P. (2006). Air pollution from a large steel factory: polycyclic aromatic hydrocarbon emissions from coke-oven batteries. *Journal of the Air & Waste Management Association*, *56*(3), 255-260.

Okasha, A. Y. & Abouzgaya, K. (2021). Environmental situation in the area surrounding the Libyan Iron and Steel Company. *Conference on Environmental Effects of Pollution*, December 5-7, 2021, Tripoli, Libya.

Okasha, A. Y., Diab, N., Abu-Arabia, H., and Elatrash, M.S. (2022). Effect of Khoms power station stack emission impact on the ancient city of Leptis Magna, Libya. *An-Najah University Journal for Research - A (Natural Sciences)*, 36(1), 109-132.

Ostro, B., Lipsett, M., Reynolds, P., Goldberg, D., Hertz, A., Garcia, C., Henderson, K.D., & Bernstein, L. (2009). Long-term exposure to constituents of fine particulate air pollution and mortality: results from the California Teachers Study. *Environ. Health Perspect*., 118(3), 363–369.

Raczynski, A. & Watson, R.T. (1999). *Pollution Prevention and Abatement Handbook 1998 - Toward Cleaner Production*. The World Bank Group, The International Bank for Reconstruction and Development, THE WORLD BANK, Washington D.C.

Sasi, J. M. B. (2013). Air pollution caused by iron and steel plants. *International Journal of Mining, Metallurgy & Mechanical Engineering*, 1(3), 219-222.

Slama, F. A., Aboabboud, M. M., & Ibrahim, H. G. (2022). Simulation of the Emissio)n and Dispersion of Gaseous Pollutants Emitted from Power Plant and the Potential Environmental Impacts: A Case Study. *Journal of Marine Sciences and Environmental Technologies*, 8(2), E. 39-56.

Tobiszewski, M. & Namiesnik, J. (2012). PAH Diagnostic Ratios for the Identification of Pollution Emission Sources. *Environ. Pollut.*, 162, 110–119.

USEPA (2008). *Understanding the Clean Air Act*. Brief History of the Clean Air Act. US Environmental Protection Agency.

WHO (2010). *Air Quality Guidelines for Europe*. Geneva: World Health Organization. Available online at: [http://www.who.dk/InformationSources/Publications/Catalogue/20010910_6].

WHO, (2005). *Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide - Global Update 2005*. Geneva: World Health Organization. Available online at: [http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf].

Wu, X., Zhao, L., Zhang, Y., Zheng, C., Gao, X., & Cen, K. (2015). Primary air pollutant emissions and future prediction of iron and steel industry in China. *Aerosol and Air Quality Research*, 15(4), 1422-1432.