مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية
المجلد (5)، العدد (1) (يونيو-2019)

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

تأثير انبعاثات ثاني اكسيد الكبريت من مجمع مليته للنفط والغاز على جودة الهواء في المدن المجاورة

علي يوسف عكاشة[1،*] سليمان عمر الحويمدي[2]

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

[2]قسم علوم الأرض والبيئة، كلية العلوم، جامعة المرقب، الخمس ليبيا.

[*]البريد الإلكتروني: aly_okasha2002@yahoo.com

Effect of Sulfur Dioxide Emissions From Mellitah Oil and Gas Complex On Air Quality in Neighboring Cities

Aly Y. Okasha [1,*], and Sulayman Omar Alhuweemdi[2]

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

[2] Department of Earth and Environmental Science, Faculty of Science, Elmrgib University, Khoms City, Libya.

Received: 20 February 2019; Revised: 17 April 2019; Accepted: 10 May 2019

الملخص

يقع مجمع مليته لمعالجة الغاز على بعد حوالي 22 كم شرقي مدنية زوارة ويضم المجمع مساحة تبلغ حوالي 355 هكتار تضم مرافق معالجة النفط والغاز بما في ذلك التُربينات البخارية والغازية لتوليد الطاقة وينتج عن العمليات الصناعية في هذا المجمع كميات من الانبعاثات الغازية التي تؤثر على جودة الهواء في المنطقة المحيطة، ومن هذه الغازات غاز ثاني اكسيد الكبريت الذي يصل انتشاره إلى المدن المجاورة للمجمع، حيث أن هذه الملوثات لا تعترف بالحدود الجغرافية لمنطقة المصدر بسبب انتشارها السريع في الهواء الجوي. وفي هذه الدراسة تمت عملية محاكاة لانتشار ثاني اكسيد الكبريت الناتج عن مجمع مليته للنفط والغاز باستخدام برنامج حاسوبي لمحاكاة انتشار الملوثات تحت الظروف المناخية السائدة في المنطقة، وذلك بتقدير تركيز غاز ثاني اكسيد الكبريت الذي يصل من المجمع إلى أقرب ثلاث مدن وهي مدينة صبراتة وزوارة والجميل.

وقد أظهرت النتائج وصول غاز ثاني اكسيد الكبريت المنبعث من داخن مجمع مليته للنفط والغاز إلى المدن الثلاثة بتراكيز عالية نسبيا وفقا لاتجاه الرياح حيث بلغ التركيز من 123.9 الى 149.3 ميكروجرام/م^3 في الهواء الجوي في حال كان اتجاه الرياح نحو مدينة زوارة، وبلغت تراكيزه في مدينة الجميل من 116.7 الى 128.8 ميكروجرام/م^3 عندما تتوجه الرياح اليها، وكانت من 103.6 إلى 109.2 ميكروجرام/م^3 في الهواء الجوي لمدينة صبراتة إذا كانت الرياح تهب من جهة المجمع نحوها.

الكلمات الدالة: تلوث هواء، ثاني اكسيد الكبريت، مليته، صبراتة، الجميل، زواره، ليبيا.

Abstract

Mellitah Gas Plant lies about 22 kilometers eastern of Zuwarah city, the plant includes about 355 hectares including steam and gas turbines for energy generation, some of the gas pollutants emitted from industrial operations of Mellitah Plant, affect the goodness of the air in the surrounding area. Sulfur dioxide is one of these pollutants dispersed to the surrounding area. Dispersion of sulfur dioxide emissions from Mellitah Gas Plant was simulated in this study, using a computer-based program under the dominant climatic circumstances, and estimated concentration gas of sulfur dioxide from the plant arrives at the nearest three cities (Sabratha, Zuwarah, and Aljmeel).

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

The results showed the emitted sulfur dioxide from the Mellitah plant arrived at the three cities with high concentrations according to the direction of the winds reaching the concentration from 123.9 to 149.3 µg/m^3 in the air in the case of the direction of the winds towards the Zuwarah city was. Concentrations were in Aljmeel city from 116.7 to 128.8 µg/m^3, and concentrations were 103.6 to 109.2 µg/m^3 for Sabratha city if the winds were regarded to accumulate towards the city.

Keywords: *Air pollution, Sulfur dioxide, Mellitah, Sabratha, Zuwarah, Aljmeel, Libya.*

1. المقدمة

يعتبر تلوث الهواء من أخطر المشاكل التي تمثل تهديدًا كبيرًا على حياة الإنسان والأنظمة البيئية الموجودة على كوكب الأرض، وذلك لكون ملوثات الهواء تؤثر بشكل مباشر على صحة الانسان او غير مباشر على التربة والماء ومكونات البيئة الأخرى ومحتوياتهما، بالإضافة إلى أن هذه الملوثات لا تعترف بالحدود الجغرافية لمنطقة المصدر بسبب انتشارها السريع في الهواء الجوي. تلوث الهواء احد المسببات الأساسية لوفيات الأفراد، فوفقًا لبرنامج الهندسة والعلوم البيئية في كلية هارفارد للصحة العامة، فإنه ما يقرب من 4% من حالات الوفيات في الولايات المتحدة يمكن أن تعزى إلى تلوث الهواء، ويعد مجمع مليته للغاز، من اهم مصادر انبعاث الملوثات التي يمكن ان تؤثر بشكل كبير على صحة السكان وجميع صور الحياة بالمناطق المجاورة لها، واهم هذه الملوثات غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) الذي ينبعث من المنشآت الصناعية التي يُستخدم فيها الوقود الذي يحتوي على الكبريت كمجمع مليته للنفط والغاز (USEPA, 2008 and Ibrahim *et al*., 2012).

تساهم المصادر الطبيعية وخاصة البراكين بحوالي 66% من كمية الكبريت المتواجدة بالهواء الجوي وخصوصاً في صورة كبريتيد، بينما تساهم الأنشطة البشرية بحوالي 34% من كمية الكبريت، ومساهمة المصادر البشرية تزداد سنوياً وفق علاقة طردية مع عمليات التطور الصناعي وازدياد الطلب على الطاقة و تعدين الخامات، وتنبعث أكاسيد الكبريت في شكل SO_2 و SO_3 من محطات إنتاج الطاقة الكهربائية ومصانع انتاج المواد التي يُستخدم فيها الوقود المحتوي في تركيبه على الكبريت، يذوب SO_2 في بخار الماء العالق بالجو ويتحول إلى حامض كبريتوز H_2SO_3، أما ثالث أكسيد الكبريت(SO_3) فينبعث مباشرة من المصدر أو ينتج عن تحول ثاني أكسيد الكبريت في الهواء، ويتحول SO_3 في الجو إلى حمض كبريتيك H_2SO_4 وكلا الحمضين (الكبريتوز و الكبريتيك) يترسبان بواسطة الأمطار ليكُّون بالتالي ما يعرف بالأمطار الحمضية (اسلام وعمارة، 2006).

تشير الدراسات الى ان تأثير ثاني أكسيد الكبريت على صحة الإنسان يكون أشد خطورة بوجود الجزيئات الصلبة، ففي حال اتحاد الجزيئات ذات التركيز100 ميكروجرام/م^3 مع ثاني أكسيد الكبريت بتركيز 30 ميكروجرام/م^3 تتفاقم الإصابة بمختلف الأمراض عند الأطفال، في حين أن الجزيئات وبتركيز محصور بين 100 و130 ميكروجرام/م^3 والمتحدة مع ثاني أكسيد الكبريت بتركيز 20 ميكروجرام/م^3 تؤدى إلى الإصابة بأمراض الجهاز التنفسي للأطفال، أما في حال بلوغ تركيز الجزيئات 300 ميكروجرام/م^3 وبقائها في الهواء عدة أيام فإنها تتحد مع تركيز 630 ميكروجرام/م^3 من ثاني أكسيد الكبريت وتتضاعف معه الالتهابات المزمنة للجهاز التنفسي، لكن الوفاة تتحقق أو يصاب الفرد بأمراض شديدة الخطورة عندما تتحد الجزيئات بتركيز 750 ميكروجرام/م^3 مع ثاني أكسيد الكبريت بتركيز715 ميكروجرام/م^3 (الصطوف، 1995).

كما تشير الوقائع الى حدوث كوارث عالمية بسبب تراكم تراكيز غاز ثاني اكسيد الكبريت في الهواء الجوي كما حدث في كارثة مدينة لندن في شهر ديسمبر 1952م عندما تغطت المدينة لمدة أربعة أيام متتالية بسحابة كثيفة من الدخان الضبابي (Smog)، وكانت الجزر البريطانية في تلك الفترة تسودها ظاهرة الانعكاس الحراري التي حالت دون تشتت هذا الدخان، وأودت

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

هذه الظاهرة بحياة أكثر من 4,000 شـــخص (الطحان، 2005). وكذلك في حادثة وادي نهر الميز (Meuse) البلجيكي في ديسمبر سنة 1930م، حيث تعرضت المنطقة لحالة من الانعكاس الحراري الذي ساعد على تركز ضباب الكبريت بشكل كثيف وكذلك وجود حالة من الضغط الجوي المرتفع الأمر الذي أدى إلى ركود حركة الهواء وزاد الأمر سوءً (شرف، 1999)، وقد أُعتُبِر هذا الغاز هو السبب الرئيسي في كوارث تلوث الهواء في لندن وبلجيكا وبنسلفانيا(مقيلي، 2002).

كما ذكرت التقارير التي أجريت على المصابين بالربو إلى "حدوث تغيرات في وظيفة الرئتين وأعراض تنفسية لدى بعض هؤلاء المصابين بعد تعرضهم لثاني أكسيد الكبريت لمدة لا تتجاوز10 دقائق، واستنادا إلى هذه البيانات يوصى بعدم تجاوز تركيز مقداره 500 ميكروجرام/م^3 من ثاني أكسيد الكبريت لفترات يبلغ متوسطها 10 دقائق، والتعرض القصير الأمد لثاني أكسيد الكبريت يعتمد كثيراً على طبيعة المصادر المحلية وظروف الإرصاد السائدة، كما لوحظ أن الدراسات الوبائية اللاحقة لعام 1987م وثـــــقت آثاراً ضارة بالصحة العمومية تفصل بين المواد الجسيمية وثاني أكسيد الكبريت، واستنادا إلى هذه البيانات اوصت نشرة منظمة الصـــحة الدولية بأن تكون دلائل تراكيز ثاني أكســـيد الكبريت في الجو والتي لا يســـمح بتجاوزها على النحو التالي 20 ميكروجرام/م^3 متوسط كل 24 ساعة ثاني أكسيد الكبريت و 500ميكروجرام/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).

تهدف هذه الدراسة الى تقدير انتشار انبعاثات غاز ثاني اكسيد الكبريت في ثلاث مدن مجاورة لمجمع مليته هي زوارة، الجميل وصبراتة باستخدام أحد برامج محاكاة انتشار الملوثات لانبعاث ملوثات الهواء الغازية، وذلك في حال اتجاه الرياح من جهة المجمع نحو أي من هذه المدن.

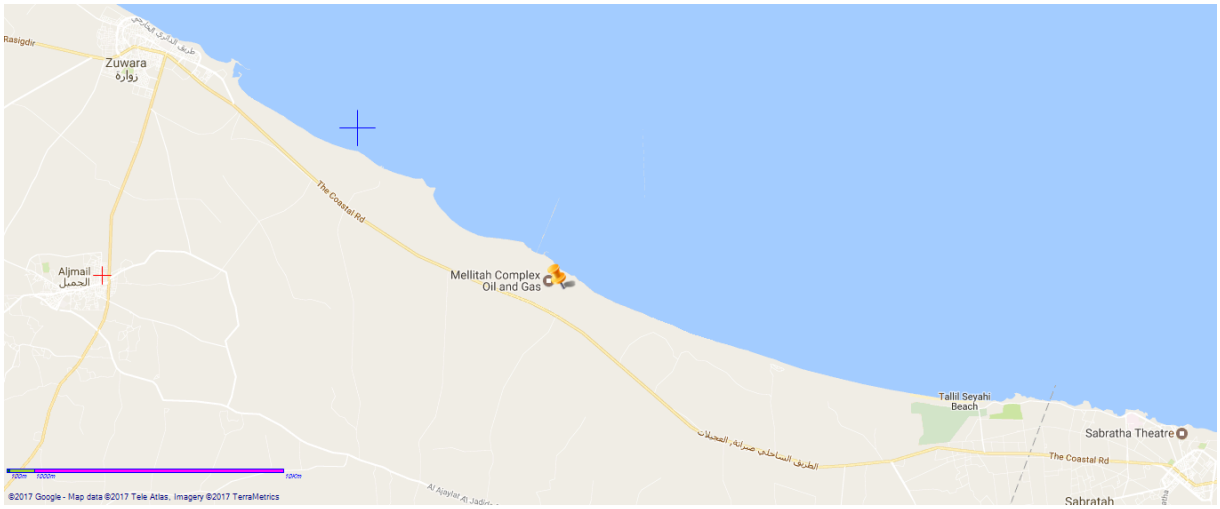
2. المواد والطرق

1.2. موقع الدراسة

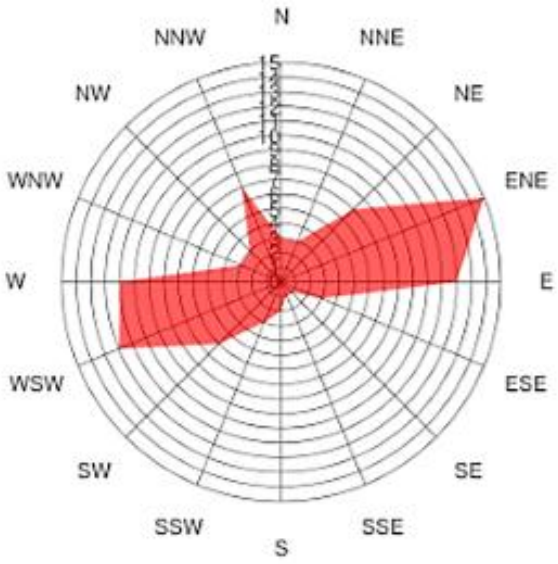
يقع مجمع مليته لمعالجة الغاز على بعد حوالي 20 كم تقريبا شـــرق مدينة الجميل وجنوب شـــرق مدينة زوارة وقرابة 25 كم غرب مدينة صبراتة (شكل 1)، وتبلغ مساحة مجمع مليته قرابة 355 هكتار بها مرافق معالجة النفط والغاز وخزانات لتخزين النفط الخام والمنتجات الأخرى فضـــلاً عن مرافق التصـــدير وجميع المرافق اللازمة بما في ذلك التُربينات البخارية والغازية لتوليد الطاقة، ويتكون مجمع مليته أساساً من معملين لمعالجة النفط والمكثفات المنتجة من حقل الوفاء ومنصة صبراتة.

وتتميز منطقة الدراسة بشكل عام بمناخ البحر الأبيض المعتدل حيث يبلغ متوسط درجات الحرارة 17°م شتاءً و 26°م صيفا، وبمعدل هطول مطري يبلغ حوالي 17 مم/يوم ويتركز في الشهور من سبتمبر إلى مارس أما الرياح فهي شمالية وغربية في الأشهر من أكتوبر إلى ابريل بينما في أشهر الصيف (من يونيو إلى أغسطس) فيتغير اتجاه الرياح حيث تهب على المنطقة رياح القبلي من اتجاه الجنوب (الهيئة العامة للأرصاد، 2015)، ويمثل الشكل (2) وردة الرياح السنوية في منطقة الدراسة والتي يتبين منها ان الاتجاهات الســـائدة للرياح في منطقة الدراســـة هي غرب-شمال غرب وشـــرق—جنوب شـــرق ويظهر من النتائج المبينة في الموقع windfinder.com أن معدلات سرعة الرياح الشهرية تتراوح من 2.3 الى 6.4 م/ثانية في شهر ابريل بمحطة زوارة.

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



شكل 1. يوضح موقع مجمع مليته للنفط والغاز على الخريطة.



شكل 2. بيانات وردة الرياح السنوية بمحطة ارصاد زوارة من موقع windfinder.com

2.2. طريقة العمل

تمثل النماذج الحاسوبية والرياضية لجودة الهواء عمليات النقل والانتشار والتموضع التي يمكن ان تحدث لملوثات الهواء تحت تأثير الظروف المناخية المحلية وكميات الانبعاثات من المصادر المختلفة، وتستخدم نماذج محاكاة انتشار الملوثات لتقدير مساهمة المصادر المختلفة في كمية الملوثات الموجودة في الهواء الجوي عند أي نقطة، توقع تأثير حجم التغيير الذي يمكن ان يحدث في تأثير أي مصدر للانبعاثات كعمليات المعالجة على جودة الهواء الجوي في المناطق المتأثرة بهذا المصدر، كما يمكن استخدامها لتقدير حجم التأثير المتوقع لأي مصـــدر تلوث على جودة الهواء الجوي في اي فترة زمنية او منطقة في حال تعطل أو غياب أجهزة مراقبة جودة

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

الهواء، ولهذا تعد المحاكاة الحاسوبية احد الطرق المكملة لعمليات القياس الفعلية في تقدير حجم تأثير مصادر التلوث المختلفة على البيئة والصحة العامة وتوقع مدى ملائمة التدابير المقترحة في تخفيف هذا التأثير.

3.2. معالجة انتشار الملوثات

لغرض الحصول على تراكيز للملوثات المختلفة في الهواء الجوي بمنطقة الدراسة استخدم برنامج متخصص في معالجة انتشار الملوثات وهو برنامج Air pollution dispersion modeling software (DISPER V:4.0) وتم استخدام خرائط وصور الأقمار الصناعية الخاصة بموقع جوجل إيرث (Google earth) لتطبيق النتائج عليها وذلك بعد تحديد موقع المنشأة الصناعية والمدن المستهدفة بالدراسة عليها.

وتم ادراج تراكيز غاز ثاني اكسيد الكبريت المنبعثة من المداخن الصناعية لمجمع مليته للغاز والمذكورة في المرجع (Al-Meshragi *et al.*, 2013) كما هو مبين في الجدول (1). ووفقا للظروف التصميمية والتشغيلية الخاصة بها باستخدام برنامج المحاكاة والذي تم تطبيقه ثلاث مرات في كل مرة كان يفترض فيه ان اتجاه الرياح يهب نحو أحد المدن المستهدفة بالدراسة مع الحفاظ على سرعة الرياح ودرجات الحرارة والرطوبة وغيرها من العوامل المناخية الاخرى وفقا لمعدلاتها السنوية الواردة في بيانات مركز الارصاد (الهيئة العامة للأرصاد، 2015).

جدول 1. بيانات الانبعاثات من المصدر التي استخدمت في المحاكاة (Al-Meshragi *et al.*, 2013)

الوحدة	عدد المداخن	القطر (م)	الارتفاع (م)	تركيز الغاز (ppm)	كمية الانبعاثات* (g/sec)
المحرقة (Incinerator)	2	3	70	200.6	248
الفرن (Furnace)	4	0.6	32	63.35	14.22

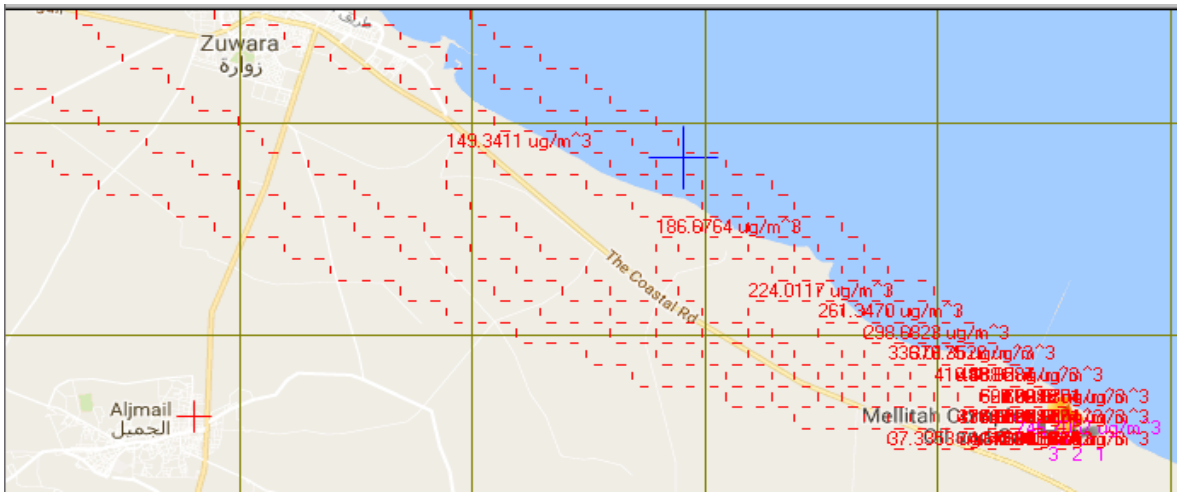
* تم تحويل الوحدات في المرجع من كجم/ساعة الى جرام/ثانية.

3. النتائج والمناقشة

1.3. التراكيز في مدينة زوارة

تقع مدينة زوارة على شاطئ البحر الأبيض المتوسط على بعد 120 كم غرب العاصمة الليبية طرابلس، وعلى بعد 60 كم عن الحدود التونسية. يبلغ عدد سكانها 32,000 نسمة (موقع بلدية زوارة على شبكة الانترنت، 2017)، ويوضح الشكل (3) النتائج المحسوبة لغاز ثاني اكسيد الكبريت في مدينة زوارة عن الانبعاثات الغازية لمجمع مليته في حال كانت اتجاه الرياح نحو المدينة ويتبين منه ان التراكيز تتراوح من (123.9 الى 149.3 ميكروجرام/م^3) وفي المدينة نفسها قد يبلغ التركيز الواصل اليها من المجمع الى (123.9 ميكروجرام/م^3).

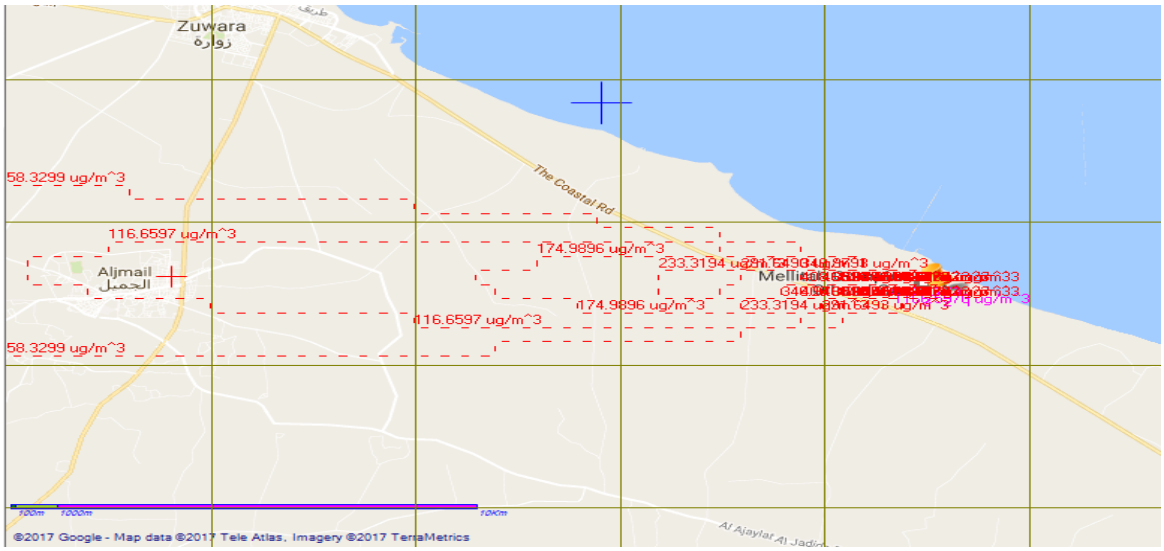
ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966



شكل 3. تأثير انبعاثات مجمع مليته للنفط والغاز على تركيز أكاسيد الكبريت في الهواء الجوي لمدينة زوارة.

2.3. التراكيز في مدينة الجميل

الجميل مدينة ليبية تقع جنوب مدينة زوارة وغرب مدينة صبراتة وتبعد عن العاصمة طرابلس 100 كم غرباً، ويبلغ عدد سكانها أكثر من 120 ألف نسمة، يوضح الشكل (4) النتائج المحسوبة لغاز ثاني اكسيد الكبريت في مدينة الجميل عن الانبعاثات الغازية لمجمع مليته في حال كانت اتجاه الرياح نحو المدينة ويتبين منه ان التراكيز تتراوح بين (116.7-128.8 ميكروجرام/م^3) وفي المدينة نفسها قد يبلغ التركيز الواصل اليها من المجمع الى (128.8 ميكروجرام/م^3).



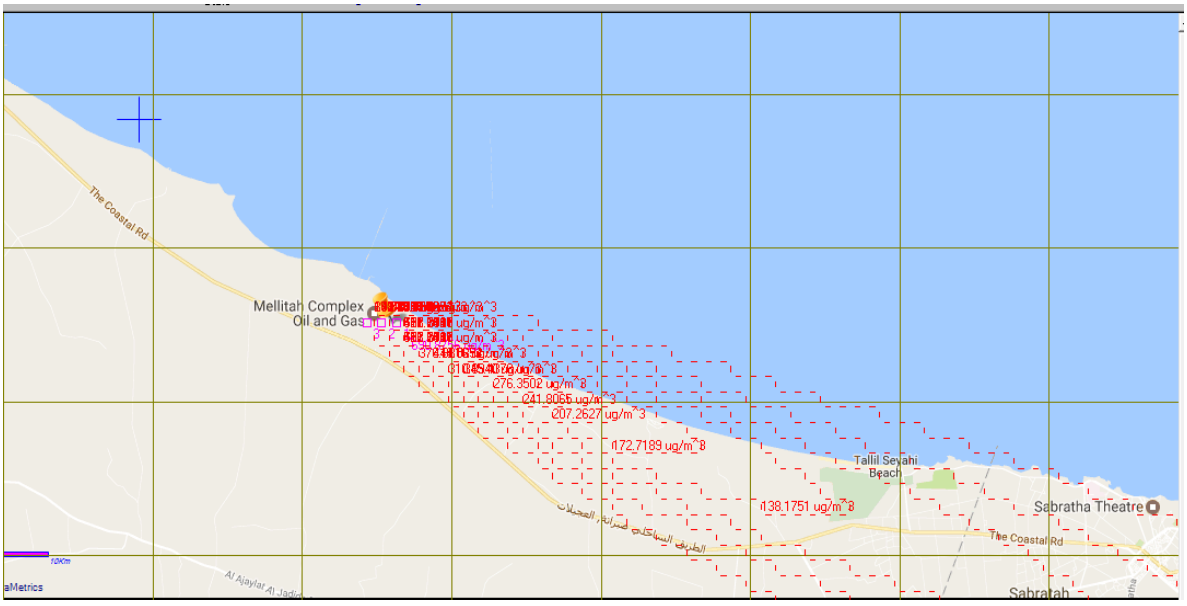
شكل 4. تأثير انبعاثات مجمع مليته للنفط والغاز على تركيز أكاسيد الكبريت في الهواء الجوي لمدينة الجميل.

3.3. التراكيز في مدينة صبراتة

صبراتة هي مدينة ليبية بها منطقة اثرية هامة ويضم اسم مدينة صبراتة المنطقة الأثرية القديمة والمدينة الحديثة (موقع بلدية صبراتة، 2017)، وتقع هذه المدينة غرب العاصمة طرابلس على الاحداثيات 32°47′32″N شمالا و12°29′03″E شرقا، يوضح

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

الشكل (5) النتائج المحسوبة لغاز ثاني اكسيد الكبريت في مدينة صبراتة عن الانبعاثات الغازية لمجمع مليته في حال كانت اتجاه الرياح نحو المدينة ويتبين منه ان التراكيز تتراوح من (103.6 الى 109.2 ميكروجرام/م^3) وفي المدينة نفسها قد يبلغ التركيز الواصل اليها من المجمع الى (109.2 ميكروجرام/م^3).



شكل 5. تأثير انبعاثات مجمع مليته للنفط والغاز على تركيز أكاسيد الكبريت في الهواء الجوي لمدينة صبراتة.

4.3. التأثيرات السلبية للتلوث بغاز SO_2

تراكيز ثاني اكسيد الكبريت المتحصل عليها من عملية محاكاة الانتشار في المدن الثلاثة تعد عالية نسبيا حيث كانت اعلى من التركيز المسموح بالتعرض له لمدة سنة (20 ميكروجرام/م^3) وهي قريبة جدا من اقصى تركيز مسموح بالتعرض له لمدة 24 ساعة (125 ميكروجرام/م^3) حسب معايير منظمة الصحة الدولية واذا اضفنا الى هذا التركيز ما يمكن اكاسيد الكبريت الاخرى في المدينة مثل وسائل النقل (القنوني واخرون، 2015) وغيرها فقد يصل الى حدود قد تكون خطيرة لصحة السكان ويمكن ان تسبب لهم بعض الامراض وخاصة المتعلق بالجهاز التنفسي وفقا لما تشير اليه دلائل منظمة الصحة الدولية، وغاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، وهو غاز عديم اللون ذو رائحة نفاذة يمكن الإحساس بوجوده في الهواء المحيط بواسطة الشم إذا أصبحت تراكيزه في نطاق 1,000–3,000 ميكروجرام/م^3 (Nicholas, 2002)، يذوب ثاني أكسيد الكبريت المُستنشق مع الهواء في السوائل المائية المتواجدة في الجهاز التنفسي العُلوي ثم يتم امتصاصه في مجرى الدم، ويؤثر غاز ثاني أكسيد الكبريت بشكل كبير على الصحة العامة للإنسان من خلال الإضرار بالجهاز التنفسي والوظائف الرئوية، وتأثيره على الأغشية المخاطية كالعينين، إذ يؤدي إلى ضيق في التنفس، والتهاب المجرى الأنفي والرئوي، ويسبب السعال الشديد، كما يزيد من حالات الإصابة بأمراض الربو والتهاب القصبات المزمنة والعدوى التي تصيب الجهاز التنفسي، وكما لوحظ زيادة أمراض القلب و الوفيات عند ارتفاع مستويات ثاني أكسيد الكبريت (WHO, 2000)، يبدأ أثر ثاني أكسيد الكبريت على الإنسان بتهييج الجهاز التنفسي أثناء التعرض لتركيز يُقدر بخمسة أجزاء في المليون، ويلازم ذلك تشنج القصبات أثناء التعرض لتركيز محصور بين 5– 10 أجزاء في المليون (الصطوف، 1995)، والآثار المزمنة نتيجة التعرض المستمر لتركيز منخفض نسبياً من ثاني أكسيد الكبريت فهي مختلفة من وجهة نظر

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

الباحثين، ولكنها تتجه نحو الاتفاق من خلال الدراسات والأبحاث المعاصرة لدراسة الآثار المزمنة للتعرض لمدة طويلة من الزمن لكمية قليلة من ثاني أكسيد الكبريت وجدت أن المسار الأساسي لدخول الجسم يتم عن طريق المجاري التنفسية ليصل في المحصلة إلى الدم ويؤدى إلى خلل في استقلاب السكريات (Metabolism Glucdes) والعمليات الإنزيمية (Enzymatique) (WHO, 2000)، وتتمثل تأثيرات SO_2 على صحة الإنسان في انخفاض الدور الوظيفي للرئتين وازدياد حالات امراض الجهاز التنفسي وحساسية العيون والأنف والحنجرة بالإضافة إلى الوفيات المبكرة، وتُعد أكاسيد الكبريت أكثر خطورة على كبار السن والأطفال الذين يُعانون من أمراض الجهاز التنفسي كمرض الربو وتُعزى تلك الأمراض إلى تراكيز تصل إلى 1,000 ميكروجرام/م^3 على امتداد فترات زمنية تفوق 10 دقائق (WHO, 2005).

ويمكن ان تتضاعف المخاطر في حال اتحاد الملوثات الجسيمية ذات التركيز100ميكروجرام/م^3 مع ثاني أكسيد الكبريت بتركيز 30ميكروجرام/م^3 تتفاقم الإصابة بمختلف أمراض الجهاز التنفسي عند الأطفال خاصة، أما في حال بلوغ تركيز الجزيئات 300 ميكروجرام/م^3 وبقائها في الهواء عدة أيام وفي حالة اتحادها مع تركيز 630 ميكروجرام/م^3 من ثاني أكسيد الكبريت تتضاعف معها الالتهابات المزمنة للجهاز التنفسي، لكن عندما تتحد هذه الجزيئات بتركيز 750 ميكروجرام/م^3 مع ثاني أكسيد الكبريت بتركيز715 ميكروجرام/م^3 فأن هذا سوف يؤدي إلى الإصابة بأمراض شديدة الخطورة وقد تؤدي إلى الموت، وقد أظهرت نتائج الدراسات والأبحاث التي قام بها عدد من العلماء الأمريكان عام 1980م في مدينة "شيكاغو" لمراقبة مرض الالتهاب الشُعبي أن نسبة الإصابة بهذا المرض في تزايد مستمر وطردي نتيجة ارتفاع تركيز غازات الكبريت (Dockery *et al.*, 1993).

كما أن وجود غاز ثاني أكسيد الكبريت في الجو له تأثيرات خطيرة على الكائنات الحية النباتية بل أنها أكثر حساسية من الكائنات البشرية والحيوانية، وتختلف الأنواع النباتية في مدى مقاومتها لتراكيز ثاني أكسيد الكبريت باختلاف النوع، إذ تعتبر النباتات الأبرية أكثر الأنواع مقاومة، وإن شدة ومقدار الضرر بهذا الملوث يرتبط بتركيزه في الجو وكمية الجرعة والمدة الزمنية للتعرض، كما تسهم العديد من العوامل الجوية كشدة الإضاءة والرطوبة ودرجة الحرارة بشكل أو بآخر في زيادة التأثير الضار لثاني أكسيد الكبريت على النباتات ووجود ملوثات أخرى في الغلاف الجوي يزيد هو الأخر من التأثيرات الضارة، إذ أن الاختلاط مع الملوثات الأخرى في الهواء وخاصةً مع الجزيئات الصلبة (الجُسيمات) وأكاسيد النيتروجين يزيد ويضاعف الآثار السامة الناتجة عنه (Agrawal & Agrawal, 1999; and Okasha, 2014)، وارتفاع معدلات SO_2 في الهواء يمكن ان يتسبب في تدني معدلات إنتاج المحاصيل الزراعية وتؤدي إلى موت بعض أنواع النباتات في مراحل مبكرة. وتظهر أثار الإصابات على النباتات عند تراكيز في حدود 1,850 ميكروجرام/م^3 بعد تعرضها لمدة ثماني ساعات أو 40 ميكروجرام/م^3 طوال موسم النمو (Smith, 2003; NAPAP, 1990)، وكذلك تتأثر الأشجار المعمرة بحسب نوعها بتراكيز ثاني أكسيد الكبريت، فمثلاً تعرض أشجار غابات الصنوبر لمتوسط تركيز 44 ميكروجرام/م^3 وعلى مدى عشرة سنوات يترك أضراراً ملموسة عليها، وبشكل عام فإن ارتفاع معدلات SO_2 في الهواء تتسبب في ضعف الخلايا النباتية وإصابة الأوراق باليرقان (فاقة اليخضور) والذي يترتب عليه ضعف في عملية التمثيل الضوئي وخمول الخلايا والأنسجة واضطراب في باقي الوظائف الفسيولوجية والذي يؤدي بدوره إلى تدني معدلات إنتاج المحاصيل الزراعية ويؤدي في بعض الحالات إلى موت النباتات في مراحل مبكرة (Canadnia, 2001; World Bank, 1998; and Okasha *et al.*, 2013).

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

كما يظهر تأثير هذه الملوثات على المباني من خلال تآكل الصخور الجيرية الداخلة في بعض مواد البناء خاصة في المدن الاثرية كمدينة صبراتة، فيحدث التآكل تحت تأثير الغازات الحمضية، إذ يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت والماء في وجود الهواء مع الصخور الجيرية ($CaCO_3$) لتُكوّن كبريتات الكالسيوم ($CaSO_4$) وجبس ($CaSO_4.2H_2O$)، مما يتُسبب في تآكل الاعمدة والابنية والتماثيل الرخامية، وتستطيع كبريتات الكالسيوم أن تتخلل مسامات الصخور وتتبلور من جديد وتتمدد لتُسبب هي الأخرى مزيداً من التآكل وتُضعِف الصخور (Tian *et al.*, 1999; and Lipfert, 1987) .

ولا تقتصر كلفة التدمير الذي يسببه تلوث الهواء على الاضرار الصحية وتكاليف معالجة الأمراض الناجمة عن التلوث، وارتفاع نسبة الوفيات والتسممات، وما يسببه في تخريب المحاصيل الزراعية، بل يتعدى الأذى الاقتصادي في جملة ما يشمله الى ضرورة إعادة دهان المنشآت والمباني، وما يصرف على التنظيف وعلى غسيل الآليات ما قيمته، بالإضافة إلى ما يتوجبه استبدال العديد من التجهيزات والمعدات الدقيقة وقطع الغيار والقيام بالصيانة في أوقات متعددة نتيجة للتأكل الناتج عن الملوثات الحمضية التأثير، ولهذا فأن خفض التلوث سيؤدي بالتأكيد الى توفير كميات كبيرة من الاموال بالإضافة الى تقليل معدلات الاصابة بالأمراض والوفيات (العودات وباصهي، 1997).

4. الاستنتاجات

اظهرت النتائج المتحصل عليها وجود تأثيرات ملحوظة للانبعاثات ثاني اكسيد الكبريت من مجموع مليته للنفط والغاز على جودة الهواء الجوي في المدن المجاورة لهذا المجمع، مما قد يؤثر بشكل سلبي على صحة السكان في هذه المدن، بالإضافة الى بعض التأثيرات السلبية المتوقعة على عناصر الحياة الاخرى كالنباتات الطبيعية واشجار الغابات، مع احتمالات التسبب في خسائر اقتصادية كبيرة كإحداث تآكل في مواد البناء والاعمدة والواجهات الرخامية في المناطق المجاورة والتماثيل والمباني الاثرية في مدينة صبراتة.

المراجع

أولاً: المراجع باللغة العربية

إسلام، أحمد مدحت وعمارة، مصطفى محمود (2006). كيمياء البيئة، الطبعة الاولى، دار الفكر العربي، القاهرة، مصر.

شرف، عبد العزيز طريح (1999). التلوث البيئي حاضره ومستقبله، الطبعة الاولى، مركز الاسكندرية للكتاب، الإسكندرية، مصر.

القنوني، سراج مراد؛ القبلاوي، محمد فريد وحكومة، رجب عبد الله (2015). رؤية هندسية لواقع المؤثرات السلبية الناتجة عن وسائل المواصلات المستخدمة في نطاق جامعة طرابلس، ليبيا. مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية، 1(2): A1-18.

الصطوف، عبد الإله الحسين (1995). التلوث البيئي (مصادره–آثاره–طرق الحماية)، الطبعة الاولى، جامعة سبها، ليبيا.

الطحان، بلال مناف (2005). وقاية البيئة من الملوثات الصناعية، الطبعة الاولى، دار المناهج للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.

العودات، محمد عبدو و باصهي، عبدالله بن يحي (1997). التلوث وحماية البيئة، الطبعة الثالثة، جامعة الملك سعود، السعودية.

مقيلي، محمد عياد (2002). التلوث البيئي، الطبعة الاولى، دار شموع الثقافة للطباعة والنشر والتوزيع، طرابلس، ليبيا.

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

موقع بلدية زوارة على شبكة الانترنت، (2017). متاح على الشبكة على الموقع: http://zuwarah.gov.ly، تم الدخول الى هذا الموقع بتاريخ 2017/8/15م.

موقع بلدية صبراتة على شبكة الانترنت، (2017). متاح على الشبكة على الموقع: http://www.sabratha.gov.ly ، تم الدخول الى هذا الموقع بتاريخ 2017/8/15م.

الهيئة العامة للإرصاد (2015). تقارير غير منشورة عن حالة الطقس بمحطات الارصاد في ليبيا للسنوات من 2000 الى 2012م.

ثانياً: المراجع باللغة الإنجليزية

Agrawal S.B., and Agrawal M. (1999). *Environmental Pollution and Plant Responses*. CRC/ Lewis Publishers, U.S.A.

Dockery D.W., Pope C.A., Xu X., Spengler J.D., Ware J.H., Fay M.E., Ferris B.G., Speizer F.E. (1993). An association between air pollution and mortality in six U.S. Cities, New England. *Journal of Medicine*, 329(24): 1753–1759.

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

Ibrahim H.G., Okasha A.Y., Elatrash M.S., & Al-Meshragi M.A. (2012). Investigation of SO_2 and NOx Emissions from Khoms Power Stations in Libya. In: *International Conference on Environmental, Biomedical and Biotechnology*, 191-195.

Lipfert F.W. (1987). *Effects of Acidic Deposition on the Atmospheric Deterioration of Materials. Materials Performance*. Vol. 12, National Association of Corrosion Engineers.

NAPAP (1990). National precipitation assessment program. *Integrated Assessment Report*, Washington DC.

Nicholas P.C. (2002). *Handbook of Air Pollution Prevention and control*. Butterworth-heinemann is an imprint of Elsevier Science, USA.

Okasha A.Y, Hadia E.A, and Elatrash M.S. (2013). Ecological effect of Mergheb cement emissions on the vegetation in the Northwest Libya Here. *Inter. J. Sci.*, 2:34- 40.

Okasha A.Y. (2014). Main Industry Stack Emissions Dispersion Over Khoms City in North-Western Libya. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 1(10): 635-641.

Smith M.D., and Knapp A.K., (2003). Dominant species maintain ecosystem function with non-random species loss. *Ecology Letters*, 6: 509-517.

Tian K., He L., Krigsvoll G., and Henriksen J.F. (1999). Building materials Pollution Cost in Guangzhou. *Air Quality Management and Planning System for Guangzhou*. NORAD Project CHN 013.

U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (2008). *Understanding the Clean Air Act. Brief History of the Clean Air Act*. Available online at [http://www.epa.gov/air/caa/peg/under-stand.html].

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

WHO (2000). *Air Quality Guidelines for Europe*, 2nd ed. WHO Regional Publications, European Series 91. Regional Office for Europe, World Health Organization, Copenhagen.

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].

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

World Bank (1998). *Pollution Prevention and Abatement Handbook*. WORLD BANK GROUP, Effective July.