نمذجة التغيرات الشهرية لانتشار غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد الآزوت المنطلقة من مداخن معامل الأسمدة بحمص

د. م. خوله منصور[1]

الملخص

جرى نمذجة انتشار غازي ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد الآزوت المنطلقة من مداخن معامل الأسمدة بحمص، باستعمال برنامج ALOHA software. دلّت نتائج النمذجة أن شكل الغمامة يرتبط ارتباطاً كبيراً بسرعة الرياح واتجاهها والحالة المناخية في كل شهر، إذ كانت التراكيز أقل من القيم الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية في كل من شهري تموز وحزيران، حيث تكون سرعة الرياح أعظمية (11.5 و10.3 م/ثانية)، وتزداد التراكيز في شهر تشرين الثاني لانخفاض سرعة الرياح (1.6 م/ثانية).

وصلت الغمامة الحاملة لغاز ثاني أكسيد الكبريت بتراكيزها الأعظمية إلى مسافة تقارب 4.5 كم في الأشهر ذات سرعة رياح منخضفة، في حين وصلت غمامة غاز ثاني أكسيد الآزوت إلى مسافة تقارب 5.8 كم لانخفاض وزنه الجزيئي بالمقارنة بالوزن الجزيئي لغاز ثاني أكسيد الكبريت. على أية حال، دلت نتائج النمذجة على تجاوز التراكيز السويات الارشادية لمنظمة الصحة العالمية مَما يستدعي تأكيد تركيب لواقط وغواسل جديدة لتدني كفاءة الواقط والغواسل القديمة، وذلك على مداخن معامل حمض الكبريت وحمض الآزوت لخفض هذه الانبعاثات.

الكلمات المفتاحية: معامل الأسمدة بحمص، نمذجة الملوثات الغازية، غاز ثاني أكسيد الكبريت، غاز ثاني أكسيد الآزوت، التغيرات الشهرية، برنامج ALOHA.

[1] قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة دمشق.

Modeling of Monthly Variations Of NO_2 and SO_2 Gases Dispersion from the Chimneys of Homs Fertilizer Plants

Dr. Eng. Mansour, K[(1)]

Abstract

Monthly variations of sulfur dioxide and nitrogen oxides dispersion from fertilizer plants in Homs were modeled using ALOHA software. The results of dispersion modeling of SO_2 and NO_2 in different months showed that the shape of the cloud is strongly related to the wind speed, direction, and climatic condition of each month. Concentrations were lower than the WHO guidance values in July and June, where wind speed is maximum (11.5 and 10.3 m/s). The concentrations are increased in November due to low wind speed (1.6 m/s).

The cloud carrying SO_2 with its maximum concentrations reached about 4.5 km in the months with low wind speed, while the cloud of nitrogen dioxide reached about 5.8 km, because of its low molecular weight compared to SO_2. However, the modeling results showed that the concentrations exceeded the WHO guidance levels, which necessitates the need for installation of scrapers and removals on the stacks of sulfuric acid and nitrogen acid factories (replacement of the old low efficiency scrapers) to reduce these emissions.

Keywords: Fertilizers Factories in Hims, Gases Dispersion Modeling, SO_2, NO_2, Monthly Variations, ALOHA Software.

[(1)]Faculty of Civil Engineering, Damascus University.

1- المقدمة:

يصدر عن صناعة الأسمدة الفوسفاتية والآزوتية، كغيرها من الصناعات الكيميائية، العديد من الإصدارات الغازية والسائلة والصلبة التي تحوي ملوثات يمكن أن تسهم في زيادة المشاكل البيئية، وتختلف نوعية هذه الانبعاثات وكمياتها تبعاً للعمليات الفيزيائية والكيميائية المستعملة في عمليات تصنيع الأسمدة بأنواعها المختلفة فضلاً عن طبيعة الفوسفات الخام وما تحويه من مركبات سامة (عثمان والمصري، 2009). تعدّ الإصدارات الغازية والعوالق الهوائية من أكثر الإصدارات أهمية التي تنجم عن صناعة الأسمدة، إذ يمكن أن تنتشر بسرعة في البيئة المحيطة لمسافات كبيرة.

تشمل أكاسيد الآزوت التي توجد في انبعاثات صناعة الأسمدة أكسيد الآزوتي وثنائي أكسيد الآزوت، إذ ينطلق أكسيد الآزوتي خلال عملية إنتاج حمض الآزوت. يتأكسد أحادي أكسيد الآزوت (زمن بقائه أربعة أيام) إلى ثنائي أكسيد الآزوت. تذوب أكاسيد النيتروجين في بخار الماء مسببة الأمطار الحمضية. أمّا التراكيز المسموح بها وفق منظمة الصحة العالمية فهي 0.21 جزء في المليون (400 ميكرو غرام/م^3) مدة ساعة و0.08 جزءاً في المليون (150 ميكروغرام/م^3) مدة ثماني ساعات (UNDP, 1998). وتشمل مركبات الكبريت الناجمة عن صناعة حمض الكبريت في معامل الأسمدة كبريت الهيدروجين H_2S وثنائي أكسيد الكبريت SO_2 وثلاثي أكسيد الكبريت SO_3 التي تتفاعل بسرعة مع الماء في الجو لتشكل عوالق الكبريتات مع الملوثات الأخرى (IFMA, 1995).

تعدّ معامل الشركة العامة للأسمدة بحمص الوحيدة في سورية لإنتاج الأسمدة الزراعية بأنواعها الآزوتي والفوسفات. أعيدت هذه المعامل إلى الاستثمار في عام 2017 بعد توقفها بسبب الحرب الإرهابية على سورية لتوقف عمليات استخراج الفوسفات في منطقة خنيفيس والشرقية بتدمر، وعدم إمكانية نقله إلى معمل الأسمدة بحمص.

تضم الشركة العامة للأسمدة ثلاثة معامل كبيرة لإنتاج الأسمدة الآزوتية والفسفاتية، وهي معمل السماد الآزوتي (الكالنترو)، ومعمل سماد السوبر فسفات الثلاثي، ومعمل السماد الآزوتي (اليوريا).

تنفث الغازات والعوالق الناجمة عن العمليات الإنتاجية إلى خارج المعامل عن طريق أربع مداخن، وهي مدخنة انبعاثات معمل حمض الكبريت، ويقدر ارتفاعها بـ 70.5م ومدخنة معمل حمض الآزوت وارتفاعها 84م، ومدخنة معمل الـTSP وترتفع نحو 30 م عن سطح الأرض، ومدخنة معمل حمض الفوسفور وترتفع حوالي 18م

اتّخذت الشركة العامة للأسمدة الشركة إجراءات للحد من التلوث البيئي الناجم عن المعامل كالآتي:

معمل السوبر فسفات الثلاثي ت س ب: حيث تُغسل الغازات الناتجة عن وحدة حمض الفسفور بمرحلة واحدة – تُغسل الغازات في قسم إنتاج السماد على مرحلتين–يجري امتصاص الغازات في قسم حمض الكبريت على مرحلتين –تركيب فلاتر قماشية للمطاحن من أجل منع الغبار–لا تتوافر أية أجهزة لقياس مقدار انبعاث الملوثات.

معمل حمض الآزوت إذ تجري مراقبة اطلاقات معمل حمض الآزوت دورياً، إذ صممت اللواقط لالتقاط الغازات على مرحلة واحدة قبل انطلاقها خارج المدخنة، وتسمح هذه اللواقط وفق تصميمها بإطلاق 2000 جزء بالمليون. هذا وقد ركبت على المدخنة أجهزة لمراقبة كمية الغازات المنطلقة.

معمل السماد الآزوتي إذ جرى تركيب فلاتر قماشية لمطاحن الدولوميتا [Ca(MGCO3)2] لمنع انتشار الغبار.

2- أهمية البحث وأهدافه:

مع اتخاذ الشركة العامة للأسمدة بحمص الإجراءات المذكورة أعلاه للحد من التلوث فإنّ مظاهر تلوث الهواء في منطقة المعامل واضحة وسجلت قيماً أعلى من الحدود المسموح بها قبل بدء توقف المعمل عن العمل في أثناء الأزمة (المصري وآخرون، 2005)، وعزي ذلك إلى تدني كفاءة الغواسل والفلاتر، حيث أجريت القياسات في مدة محددة من العام، ولم تأخذ الشروط المناخية السائدة في الحسبان. ولهذا تكمن أهمية البحث في توفير بيانات عن التلوث الناجم عن المدخنة على مدار عام كامل أخذين في الحسبان الشروط المناخية السائدة في منطقة المعامل تأكيد احتياجات المداخن من فلاتر ولواقط إضافية لضبط الانبعاثات فضلاً عن أنّ النتائج وطريقة النمذجة المستخدمة في هذا البحث يمكن أن تكون أداة لدى الجهة الرقابية (مديرية البيئة بحمص) لمراقبة هذه الانبعاثات.

ولهذا هدف البحث الحالي إلى نمذجة الانبعاثات الغازية (غاز ثاني أكسيد الآزوت وغاز ثاني أكسيد الكبريت) المنطلقة من مداخن معمل الأسمدة بحمص وذلك باستعمال برنامج ALOHA software الذي طورته وكالة حماية البيئة الأمريكية (Environmental Protection Agency (EPA)). من أجل أن تستعمله الجهات الرقابية لمراقبة الانبعاثات من المداخن الصناعية والذي يضع الحدود المسموح بها أو القيم الحدية في عملية النمذجة، ويأخذ في الحسبان التغيرات المناخية من درجات الحرارة ونسبة الرطوبة، وسرعة الرياح وجهتها.

3- الدراسات المرجعية:

نظراً إلى أهمية الانبعاثات من معامل الأسمدة وأثرها البيئي والصحي، تقوم العديد من الجهات الوصائية والجهات البحثية بدراسة انتشار هذه الانبعاثات في المناطق المحيطة وأثرها البيئي (UNDP, 2011, UNDP, 1998, Ifdc and Unido, 1998). ونذكر هنا بعض الدراسات التي أجريت في بعض الدول مثل مصر (Abdel Salam, 2013) إذ جرى التنبؤ بتشتت ملوثات الهواء الناجمة عن منشأة لتصنيع الأسمدة الفوسفاتية تبلغ طاقتها مليون طن/السنة تقع في محافظة المنيا، مصر. استخدام برنامج برنامج ALOHA software للتنبؤ بتشتت الملوثات الناتجة عن المداخن المختلفة. يبلغ إجمالي انبعاثات الملوثات الناتجة عند الذروة 72000غرام/م^3 من ثاني أكسيد الكبريت وثلاثي أكسيد الكبريت، وأجريت النمذجة للحصول على تركيزات انبعاثات عند 0.5 كم، و1 كم، و2 كم في اتجاه مجرى الغمامة. أمّا في الأردن (ERC, 2008)، فقد جرى نمذجة انتشار الملوثات من معمل الأسمدة التابع للشركة الأردنية الهندية لصناعة الأسمدة وبيّنت النتائج أنّ تراكيز SO_2 العظمى في الهواء المحيط قد راوحت بين 0.017 و0.142 جزءاً في المليون لحالات النمذجة جميعها وفي الظروف الجوية السائدة جميعها ولم يتجاوز الحد الأقصى لتركيزه على مستوى سطح الأرض مدة ساعة واحدة الحد الأقصى المسموح به للساعة، وهو 0.300 جزءاً في المليون المحدد في معيار جودة الهواء المحيط الأردني. ومن جهة أخرى، دلت دراسة أجريت في جنوب إفريقية (Roseanne & Bencherif, 2002) أنّ سرعة الرياح واتجاهها هي العوامل الأكثر تأثيراً في تمديد غاز ثاني أكسيد الكبريت المنطلق من منطقة دوربان الصناعية

المعروف بجودة الهواء الرديئة. ومن جهة أخرى، درس انبعاث الغبار الهارب من معمل الأسمدة الفوسفاتية في سلعاتا في لبنان (Nafeh L. Naim K. Ouaini 2012)، إذ قيّمت الخطورة الناجمة عن الملوثات المحمولة جواً، ونقلها من الغلاف الجوي إلى سطح التربة، وإمكانية تلوثها. صيغ نموذج لتقدير الترسبات الجافة المحلية في الغلاف الجوي. وبيّنت التحليلات الإحصائية أنّ الفسفور يتراكم (إلى حد كبير) في الشمال الشرقي للمصنع، ويرجع ذلك أساساً إلى الرياح السائدة، وما يرتبط بها من ترسب جاف. هذا ويمكن العودة إلى كثير من الدراسات عن انبعاثات معامل الأسمدة الفوسفاتية والآزوتية، ومنها ما نفذ في الصين (IPEN and Green Beagle 2014) وبلغاريا (Maya وآخرون، 2014) والهند (Mishra وآخرون، 2010). على أية حال، نظراً إلى أنّ تعيين تركيز الملوثات الهوائية في المناطق المحيطة لمعامل الأسمدة أمر في غاية الصعوبة ويتطلب توفير أجهزة متطورة وقياسات مستمرة Ramboll Environ, (2017)، اعتمدت معظم الدراسات على التنبؤ بتركيز الملوثات وأخطارها المحتملة في المناطق المحيطة بالمعامل باستعمال النماذج الرياضية التي يمكن أن تقدم تصوراً عن تركيز الملوثات التي يمكن أن تحدثها هذه المعامل (NOAA, 2013, 2015). ولهذا استعمل باحثون من هيئة الطاقة الذرية (المصري وآخرون، 2005) برنامج TSCREEN (A Model for Screening Toxic Air Pollutant Concentrations، EPA-454/B-94-023, 1994) لتحديد مدى انتشار الملوثات المنطلقة من مداخن معمل الأسمدة ومستوى تركيزها الأعظمي (خط الغمامة المركزي، Plume Center Line)، هذا وقد جرى نمذجة كل من غازي NO_2 وSO_2 لتوفر البيانات الحقلية عن مقدار انبعاثاتها من المصدر.

كانت القيم المحسوبة باستعمال البرنامج أعلى من القيم الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية (2000) البالغة 200 ميكروغرام/م^3 و500 ميكروغرام/م^3 لكل من NO_2 وSO_2 على الترتيب. ومن جهة أخرى، أجريت حسابات التراكيز الأعظمية بافتراض سرعة الرياح 1 م/ثانية، وهي أقل من سرعة الرياح الحقيقية التي تصل إلى أكثر من ذلك بكثير خلال أشهر السنة، وتسهم الرياح كثيراً في بعثرة الملوثات وتمديدها. ولدى مقارنة نتائج الحسابات الرياضية للبرنامج والقيم الحقلية، لوحظ ارتفاع القيم المحسوبة عن القيم الحقيقة المقيسة. على أية حال، لم تأخذ الدراسة السابقة سرعة الرياح الحقيقية في الموقع وحالة الطقس على مدار العام.

4- طرائق البحث ومواده:

4-1- موقع الدراسة:

تقع معامل الشركة العامة لصناعة الأسمدة إلى الغرب من مدينة حمص على ضفاف بحيرة قطينة (الشكل 1) وتضم الشركة ثلاثة معامل كبيرة لإنتاج الأسمدة الآزوتية والفوسفاتية، وهي معمل السماد الآزوتي (الكالنترو) ويضم ثلاثة أقسام رئيسة، وهي قسم إنتاج الأمونيا بطاقة 50 ألف طن سنوياً، وقسم إنتاج حمض الآزوت بطاقة 87.5 ألف طن سنوياً على أساس تركيز 100% حمض آزوت، وقسم إنتاج السماد بطاقة 140 ألف طن سنوياً تركيز 26% ،أو ما يعادل 120 ألف طن تركيز 30%، ومعمل سماد السوبر فوسفات الثلاثي ويضم أربعة أقسام رئيسة وهي قسم إنتاج حمض الكبريت بطاقة إنتاجية 560 ألف طن H_2SO_4 مونوهيدرات سنوياً تركيز الحمض المنتج 96-98%، وقسم إنتاج حمض الفوسفور بطاقة 165 الأف طن سنوياً تركيز 100% P_2O_5 ،وقسم إنتاج سماد السوبر فوسفات الثلاثي بطاقة 450 ألف طن سنوياً، ووحدة ضخ مادة الفوسفوجبسوم. أمّا معمل السماد الآزوتي (اليوريا)

فيضم قسمين رئيسيين هما قسم الأمونيا السائلة بطاقة 1000 طن يومياً، وقسم اليوريا بطاقة 1050 طن يومياً.

4-2- الوصف المناخي لموقع الدراسة:

يبلغ متوسط درجة الحرارة في فصل الصيف في منطقة بحيرة قطينة 25.15 درجة مئوية، وفي فصل الشتاء 15.9 درجة مئوية. في حين تصل درجة الرطوبة النسبية الوسطية السنوية للهواء في منطقة بحيرة قطينة 72%. يبلغ معدل الهاطل المطري السنوي نحو (500) ملم، في حين يصل عدد الأيام المطرية في منطقة قطينة إلى (161) يوما/سنة إذ يتناسب موسم الأمطار عكساً مع ارتفاع درجة الحرارة. ويسود منطقة قطينة رياح غربية تصل سرعتها 20 م /ثا، وهذه الرياح هي السائدة تقريباً على مدار السنة، في حين تسود شتاء رياح شمالية، ولا تتجاوز سرعتها 6 م/ثا. يبين الجدول 1 بعض البيانات المناخية لموقع الدراسة التي استعملت في عملية النمذجة.

4-3- نمذجة انتشار الملوثات:

استعمل في الدراسة الحالية لنمذجة انتشار غاز ثاني أكسيد الآزوت وغاز ثاني أكسيد الكبريت برنامج ALOHA software الذي طورته وكالة حماية البيئة الامريكية Environmental Protection Agency (EPA)، من أجل أن تستعمله الجهات الرقابية لمراقبة الانبعاثات من المداخن الصناعية والذي يضع الحدود المسموح بها أو القيم الحدية في عملية النمذجة، ويأخذ في الحسبان التغيرات المناخية من درجات الحرارة ونسبة الرطوبة، والهاطل المطري، وسرعة الرياح ووجهتها. ومن أجل استعمال برنامج النمذجة المذكور لابدّ من تحديد العديد من العوامل، وهي:

1. عوامل خاصة بالموقع: وتصف إحداثيات الموقع (34^{O} 39' 22.56 " N , 36^{o} 37' 33.22 " E) وارتفاعه عن سطح البحر (501 م).
2. الشروط المناخية: وتشمل درجة حرارة الهواء المحيط والرطوبة النسبية، وسرعة الرياح، واتجاهها ونسبة الغيوم (cloudiness) (الجدول 1).
3. عوامل خاصة بالمصدر وتشمل ارتفاع المدخنة، ومعدل تدفق الملوثات ودرجة حرارتها (الجدول 2).

نفذت عملية النمذجة في عام 2019، ولم نقم بأية قياسات حقلية في البحث الحالي، لأنّ الهدف من العمل هو نمذجة رياضية، وليست قياسات حقلية.

الشكل (1): منظر فضائي لموقع معامل الأسمدة بحمص والتجمعات السكنية المحيطة

الجدول (1) بعض البيانات المناخية لموقع قطينة (المرجع المناخي للجمهورية العربية السورية)

الشهر	المعدل اليومي لدرجة الحرارة C^0	المعدل الشهري للهطول (مم)	المعدل الشهري للرطوبة النسبية %	متوسط سرعة الرياح م/ثانية
كانون الثاني	6.9	102	83	3.7
شباط	8.1	60	78	3.8
آذار	10.9	46	75	4.8
نيسان	14.8	24	72	6.1
أيار	18.9	13	68	6.1
حزيران	22.3	0	67	8.4
تموز	23.7	0	72	11.5
آب	24.2	0	73	10.3
أيلول	22.5	2	70	5.9
تشرين الأول	19.1	16	65	2.7
تشرين الثاني	13.4	26	67	1.6
كانون الأول	8.3	94	81	2.7

الجدول (2) المعاملات الخاصة بنمذجة انتشار ملوثات الهواء في المنطقة المحيطة

(جرى اعتماد المعلومات المستعملة في دراسة سابقة، المصري وآخرون، 2005)

مصدر الانبعاثات	ارتفاع المدخنة م	قطر المدخنة سم	درجة حرارة الانبعاثات درجة مئوية	نوع الانبعاثات	معدل الانبعاثات غرام/ثا	كمية الهواء المنطلقة $م^3$/ساعة
مدخنة معمل حمض الآزوت	84	122	150	NO_2	18.5	20000
مدخنة معمل حمض الكبريت	70.5	120	50	SO_2	68.2	64000

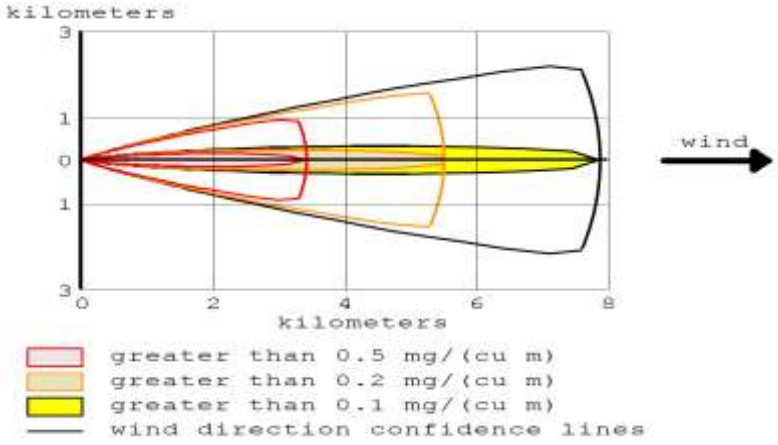
5- النتائج والمناقشة:

جرى في الدراسة الحالية فقط نمذجة NO_2 وSO_2 لتوفر البيانات عن مقدار انبعاثاتها من المداخن حسب تصميم الغواسل والفلاتر الحالية (مصدر البيانات الشركة)، واعتماد اتجاه الرياح واحدة وهي جهة الرياح الغربية والتي تعد مهيمنة على مدار العام تقريباً، في حين جرى نمذجة الانبعاثات للقيم الشهرية الوسطية من درجات الحرارة، وسرعة الرياح، والرطوبة النسبية والهاطل المطري، وزمن انبعاث متوسط وقدرة 1 ساعة. أمّا مخرجات النمذجة فتشمل التراكيز الأعظمية على ارتفاع 3 م من عن سطح الارض والمسافات التي تصل إليها الغمامة ضمن القيم الحدية الموضوعة للتراكيز (القيم الإرشادية للصحة العالمية) وعرض الغمامة بكلا الاتجاهين من محور الغمامة.

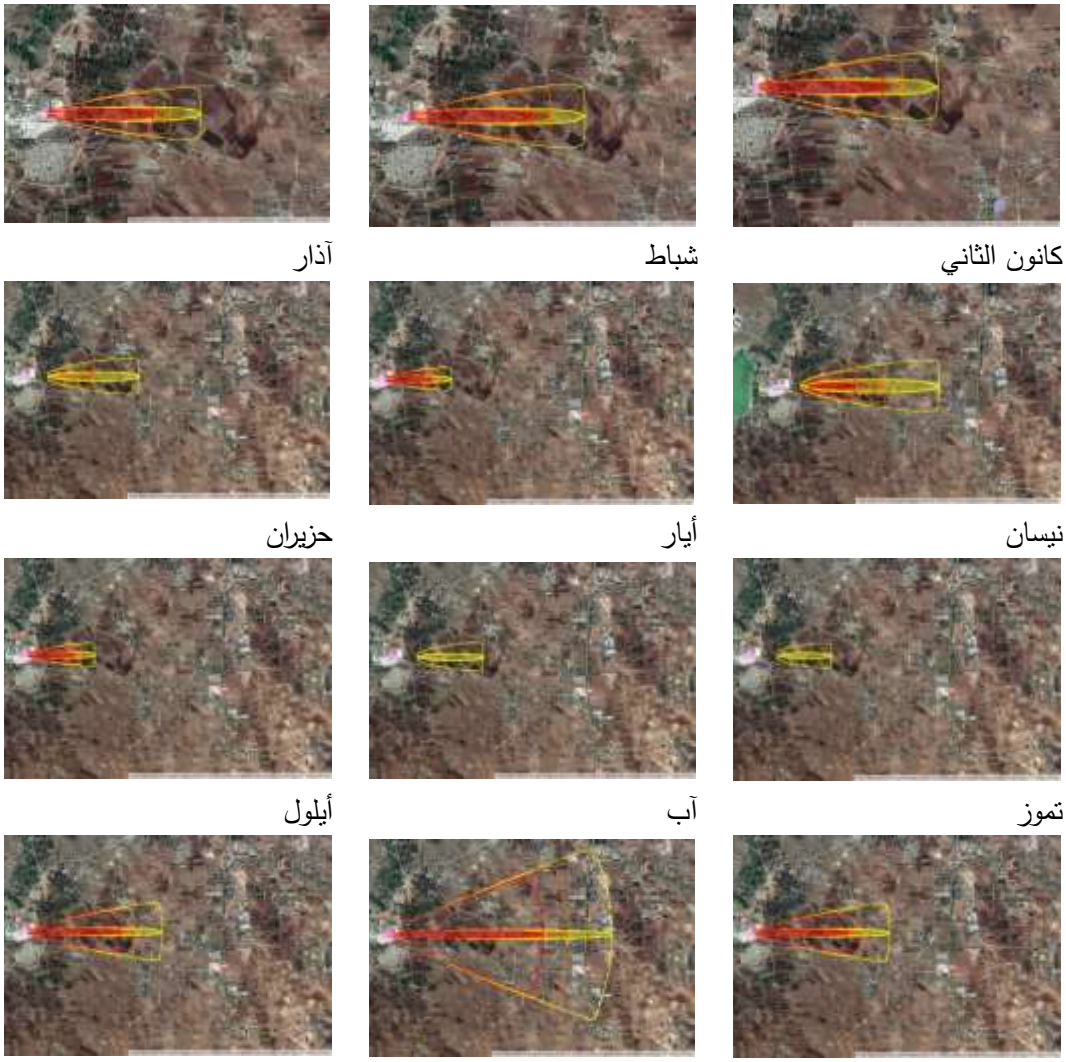
5-1- نمذجة انتشار غاز ثاني أكسيد الكبريت المنطلق من مدخنة معمل حمض الكبريت:

استعمل برنامج MARPLOT® (وهو برنامج لرسم الخرائط من أجل التخطيط والاستجابة للحوادث الناجمة عن الانبعاثات المفاجئة)، ويوجد ترابط بين هذا البرنامج وبرنامج ALOHA software إذ يمكن عرض نتائج النمذجة وفقاً لإحداثيات الموقع المعني بالنمذجة. يبيّن الشكل 2 نتائج نمذجة انتشار غمامة غاز ثاني أكسيد الكبريت في أحد الأشهر، إذ يلاحظ من هذا الشكل المسافة التي تصل اليها الغمامة وفق تركيز محدد، إذ جرى وضع القيمة الحدية 0.5 ملغ/م^3 وهي القيمة الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية (WHO, 2000) وحدود أخرى جرى وضعها للتميز فقط عن القيمة الحدية (يمكن تعديل هذه القيم وفقاً للمعايير الوطنية أو العالمية). ويلحظ أنّ التراكيز كانت أعلى من القيم الإرشادية لتصل إلى مسافة 3 كم من مركز المدخنة، وتنتشر الغمامة على مسافة كم واحد بكلا طرفي خط الغمامة المركزي. وتعدّ القيم المسجلة في هذه النمذجة أعلى من القيم المسجلة في الدراسة السابقة (المصري وآخرون، 2005) التي لم تأخذ في الحسبان عومل كثيرة مثل الرطوبة النسبية، وسرعة الرياح، وجهتها وغير ذلك. يبيّن (الشكل 3) نتائج النمذجة لأشهر العام إذ يلحظ بمقارنتها بمتوسط سرعة الرياح في كل شهر أن شكل الغمامة يرتبط ارتباطاً كبيراً بالسرعة، وكذلك الحالة المناخية في كل شهر (الهاطل المطري ودرجة الحرارة وسرعة الرياح). ويلحظ أنّ تركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت أقل من القيم الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية في كل من شهري تموز وآب إذ تكون سرعة الرياح أعظمية (11.5 و10.3 م/ثانية) التي تسهم إسهاماً كبيراً في بعثرة الغمامة وتمديد التراكيز. وتصل الغمامة بتراكيزها الأعظمية إلى مسافة تقارب 4.5 كم في الأشهر ذات سرعة رياح منخفضة كما هو الحال في شهري تشرين الأول وتشرين الثاني (الجدول 3)، وكما يلحظ انتشار الغمامة ليس فقط على الخط المركزي للغمامة وإنّما تنتشر على طرفي الخط المركزي لتصل على بعد 3 كم على طرفي الخط المركزي. ومن جهة أخرى، يتأثر انتشار الغمامة أيضاً بالرطوبة النسبية والهاطل المطري ولكن تأثير سرعة الرياح واتجاهها الأكثر أهمية. ويلحظ أنّ الغمامة ذات التراكيز الأقل من 0.2 ملغ/م^3 قد وصلت إلى 4.7 كم في شهر كانون الثاني، في حين لم تتجاوز مسافة الغمامة ذات التراكيز الأعلى 2.9 كم، مّما يدلّ على تأثير عمليات الغسل (يبلغ الهاطل المطري في شهر كانون الثاني 102 ملم). ترتبط تراكيز غاز الكبريت التي جرى نمذجتها ارتباطاً كبيراً بتراكيز غاز الكبريت المنبثة من مدخنة حمض الكبريت (68.2 غرام/ثانية)، ومن ثمّ لا بدّ من خفض هذه التراكيز بتركيب لواقط خاصة. هذا، ويمكن تحديد التركيز المسموح به من غاز ثاني أكسيد الكبريت بالانبعاث من المدخنة باستعمال برنامج النمذجة الحالي

عندما تقوم الشركة بتركيب اللواقط الخاصة بغاز ثاني أكسيد الكبريت وقياس معدل الانبعاث من المدخنة (غرام/ثانية). هذا ويجب أن تحقق اللواقط والغواسل الواجب تركيبها القيمة الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية (WHO, 2000) (القيمة الحدية 0.5 ملغ/م^3).



الشكل (2): نمذجة انتشار غاز ثاني أكسيد الكبريت (شهر كانون الثاني) – القيم الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية (2000) هي 500 ميكروغرام/م^3



الشكل (3): تغير انتشار غمامة غاز ثاني أكسيد الكبريت الصادر عن مدخنة حمض الكبريت في معمل الأسمدة بحمص على مدار العام (اتجاه الرياح غربية)

الجدول (3): نتائج نمذجة انتشار الغمامة الصادرة عن مدخنة غاز ثاني أكسيد الكبريت

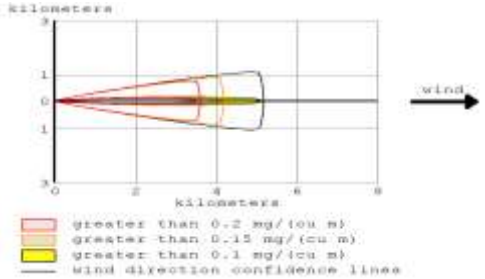
الشهر	المسافة التى تصلها الغمامة من مركز المعمل بتركيز أعلى من 0.5 ملغ/م^3 (كم)	المسافة التى تصلها الغمامة من مركز المعمل بتركيز أعلى من 0.2 ملغ/م^3 (كم)	المسافة التى تصلها الغمامة من مركز المعمل بتركيز أعلى من 0.1 ملغ/م^3 (كم)
كانون الثاني	2.9	4.7	6.7
شباط	2.8	4.6	6.6
آذار	2.5	4.1	5.8
نيسان	2.2	3.6	5.1
أيار	2.2	3.6	5.1
حزيران	1.9	3.0	4.4
تموز	0 (0.05)	5.8 (0.02)	أكثر من 10 (0.01)
آب	2.3 (0.05)	6.7 (0.02)	أكثر من 10 (0.01)
أيلول	2.3	3.6	5.2
تشرين الأول	4.4	7.1	أكثر من 10
تشرين الثاني	4.5	7.2	أكثر من 10
كانون الأول	3.4	5.5	7.9

القيم المذكورة بين قوسين هي قيم التراكيز المحددة بالمجالات المرسومة في الاشكال كون القيم كانت أقل من القيم الارشادية لمنظمة الصحة العالمية. القيم الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية (2000) هي 500 ميكروغرام/م^3 لغاز ثاني أكسيد الكبريت.

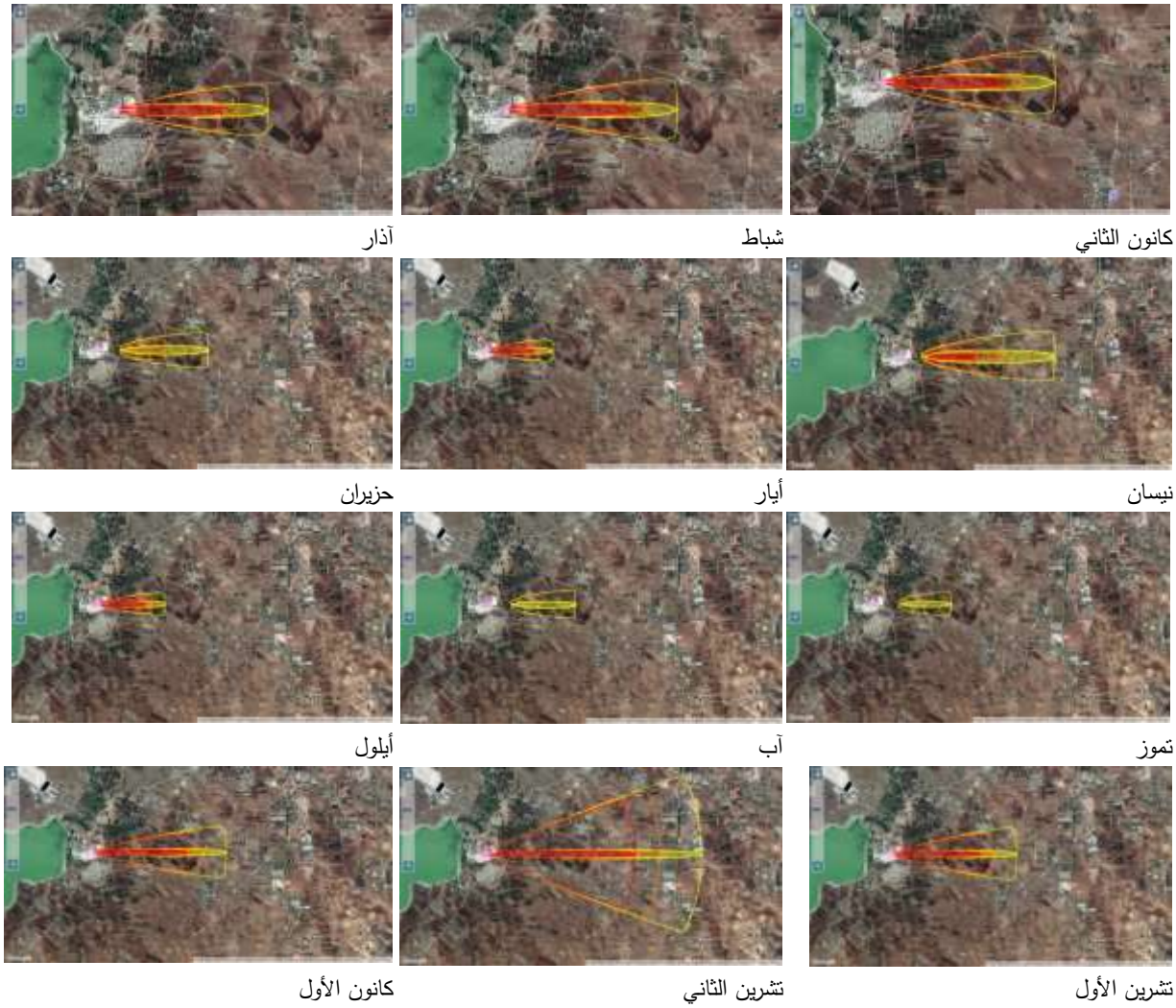
5-2- نمذجة انتشار غاز ثاني أكسيد الآزوت المنطلق من مدخنة معمل حمض الآزوت:

يبّين (الشكل 4) نموذجاً لنتائج نمذجة انتشار غمامة غاز ثاني أكسيد الآزوت في أحد الأشهر، إذ يلحظ من هذا الشكل المسافة التي تصل إليها الغمامة وفق تركيز محدد، إذ جرى وضع القيمة الحدية 0.2 ملغ/م^3، وهي القيمة الارشادية لمنظمة الصحة العالمية (WHO, 2000) وحدود أخرى جرى وضعها للتمييز فقط عن القيمة الحدية. ويلحظ أنّ التراكيز كانت أعلى من القيم الإرشادية لتصل إلى مسافة 3 كم من مركز المدخنة، وتنتشر الغمامة على مسافة كم واحد بكلا طرفي خط الغمامة المركزي. وتعد القيم المسجلة في هذه النمذجة أعلى من القيم المسجلة في الدراسة السابقة (المصري وآخرون، 2005)، التي لم تأخذ في الحسبان عوامل كثيرة مثل :الرطوبة النسبية، وسرعة الرياح، وجهتها وغير ذلك. يبيّن (الشكل 5) نتائج النمذجة لأشهر العام إذ يلحظ أنّ تركيز غاز ثاني أكسيد الآزوت أقل من القيم الارشادية لمنظمة الصحة العالمية في كل من شهر حزيران وتموز وآب حيث تكون سرعة الرياح أعظمية التي تسهم إسهاماً كبيراً في بعثرة الغمامة وتمديد التراكيز. وتصل الغمامة بتراكيزها الأعظمية إلى مسافة تقارب 5.8 كم في الأشهر ذات سرعة رياح منخفضة كما هو الحال في شهر تشرين الثاني (الجدول 4)، وكما يلاحظ انتشار الغمامة ليس فقط على الخط المركزي للغمامة، وإنّما تنتشر على طرفي الخط المركزي لتصل إلى أبعد من 3 كم على طرفي الخط المركزي. ويلحظ اختلاف بين شكل الغمامة والمسافة التي تصل إليها بين غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد الآزوت، ويعود ذلك إلى اختلاف الوزن الجزيئي لكلا الغازين إذ الوزن الجزيئي لغاز ثاني أكسيد الآزوت (46) أقل من الوزن الجزيئي لغاز ثاني أكسيد الكبريت (64). وهناً أيضاً ترتبط تراكيز غاز ثاني أكسيد الآزوت التي جرى نمذجتها ارتباطاً كبيراً بتراكيز غاز ثاني أكسيد الآزوت المنبثقة من مدخنة حمض الآزوت (18.2 غرام/ثانية). يلحظ في معظم الحالات أنّ التراكيز في الغمامة أعلى من القيم الإرشادية، لهذا يفضل تركيب لواقط خاصة على المدخنة لخفض التراكيز.

هذا ويمكن تحديد التركيز المسموح به من غاز ثاني أكسيد الآزوت بالانبعاث من المدخنة باستعمال برنامج النمذجة الحالي، عندما تقوم الشركة بتركيب اللواقط الخاصة غاز ثاني أكسيد الآزوت، وقياس معدل الانبعاث من المدخنة (غرام/ثانية). هذا ويجب أن تحقق اللواقط والغواسل الواجب تركيبها القيمة الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية (WHO, 2000) (القيمة الحدية 0.2 ملغ/م^3).



الشكل (4): نمذجة انتشار غاز ثاني أكسيد الآزوت (شباط) – القيم الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية (2000)هي 200 ميكروغرام/م^3



الشكل (5): تغير انتشار غمامة غاز ثاني أكسيد الآزوت الصادر عن مدخنة حمض الآزوت في معمل الأسمدة بحمص على مدار العام (اتجاه الرياح غربية)

الجدول (4): نتائج نمذجة انتشار الغمامة الصادرة عن مدخنة غاز ثاني أكسيد الآزوت

الشهر	المسافة التي تصلها الغمامة من مركز المعمل بتركيز أعلى من 0.2 ملغ/م^3 (كم)	المسافة التي تصلها الغمامة من مركز المعمل بتركيز أعلى من 0.15 ملغ/م^3 (كم)	المسافة التي تصلها الغمامة من مركز المعمل بتركيز أعلى من 0.1 ملغ/م^3 (كم)
كانون الثاني	2.4	2.7	3.4
شباط	2.3	2.7	3.3
آذار	2.1	2.4	4.0
نيسان	2.8 (0.02)	4 (0.015)	5.9 (0.01)
أيار	1.8	2.1	2.6
حزيران	0 (0.02)	2.7 (0.015)	4.3 (0.01)
تموز	0 (0.02)	0 (0.015)	3.0 (0.01)
آب	0 (0.02)	0 (0.015)	3.5 (0.01)
أيلول	1.8	2.1	2.7
تشرين الأول	3.6	4.2	5.2
تشرين الثاني	5.8	6.8	8.4
كانون الأول	3.6	4.2	5.2

القيم المذكورة بين قوسين هي قيم التراكيز المحددة بالمجالات المرسومة في الاشكال لأنّ القيم كانت أقل من القيم الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية. القيم الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية (2000) هي 200 ميكروغرام/م^3 لغاز ثاني أكسيد الآزوت.

6- الاستنتاجات والتوصيات:

دلّت نتائج نمذجة انتشار غازي ثاني أكسيد الآزوت وثاني أكسيد الكبريت المنبعثين من مداخن معمل الأسمدة بحمص أنّ التراكيز كانت أعظمية في شهري تشرين الأول وتشرين الثاني، حيث متوسط سرعة الرياح السائدة أصغرية، وكانت التراكيز أصغرية في شهر حزيران وتموز وأب حيث سرعة الرياح السائدة أعظمية. وصلت الغمامة ذات التراكيز المرتفعة إلى مسافة 4.5 كم و5.8 كم على طول الخط المركزي للغمامة لكل من غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد الآزوت على الترتيب. ويعود السبب الرئيس لانخفاض التراكيز أو ارتفاعها من الملوثات الغازية في المناطق المحيطة بالمعمل إلى ارتفاع سرعة الرياح السائدة أو انخفاضها التي تسهم بشكل فعال في تمديد تراكيز الغازات في الهواء وخفض أثرها البيئي. ولهذا يوصى بخفض تركيز الانبعاثات الغازية المنبعثة من المداخن بتركيب لوقط أو غواسل خاصة بغازي ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد الآزوت بما يحقق القيم الإرشادية للصحة العالمية. فضلاً عن ذلك، يوصى باستعمال برنامج النمذجة المستعمل في الدراسة الحالية من قبل الجهات الرقابية (مديرية بيئة حمص والمديريات الأخرى) للتأكد من التزام المعامل بتطبيق الانبعاثات، ومعرفة مدى انتشار الملوثات وفقاً للشروط المناخية السائدة لأي موقع.

References المراجع

1. عثمان، ابراهيم، المصري، محمد سعيد، 2009، الصناعة الفسفاتية والبيئة، منشورات هيئة الطاقة الذرية السورية، دمشق.
2. المصري، محمد سعيد، عبد الباقي، محمد الخالد، الحموي، أحمد، الشمالي، كمال، الخرفان، 2005، دراسة مستويات الملوثات البيئية الناجمة عن معامل الشركة العامة للأسمدة في البيئة المجاورة (قريتا قطينة والمباركية)، هـ ط ذ س –و/ت ع 634.
3. Efma, Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in The European Fertilizer Industry. Booklet No of 8- Production of Phosphoric Acid-1995, Efma European Fertilizers Manufacturers Association.
4. Hamdi A., Abdel Salam. Prediction of Pollutants Emissions Dispersion of Phosphate Fertilizers Production Facility Ijret: International Journal of Research in Engineering and Technology Eissn: 2319-1163 | Pissn: 2321-7308 Volume: 02 Issue: 11 | Dec-2013, Available @ Http://Www.Ijret.Org
5. Ifdc and Unido (1998). Fertilizer Manual. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands.
6. IPEN and Green Beagle. China chemical safety case study: Pollution from a phosphate fertilizer plant in Zhongxiang, Hubei Province, September 2014
7. Maya Stefanova, Rozalina Chuturkova, Evgeni Sokolovski3, Nina Ilieva Dispersion Modeling Of Nitrous Oxide Emissions from Nitric Acid Plant in Devnya Region, Bulgaria Ijret: International Journal of Research in Engineering and Technology Eissn: 2319-1163 | Pissn: 2321-7308 Volume: 03 Issue: 05 | May-2014, Available @ Http://Www.Ijret.Org
8. Mishra C.S.K., Soumya Nayak, B.C. Guru and Monalisa Rath Environmental Impact and Management of Wastes from Phosphate Fertilizer Plants Jr. of Industrial Pollution Control 26 (1) (2010) pp 57-60
9. Nafeh L. Naim K. Ouaini (2012). Effects of fertilizer industry emissions on local soil contamination: A case study of a phosphate plant on the east Mediterranean coastEnvironmental Technology 33(7-9):873-885.
10. National Oceanic and Atmospheric Administration. NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 43 AL O H A. Seattle, Washington, November 2013.
11. NOAA's Office of Response & Restoration-Protecting our Coastal Environmen U.S. Department of Commerce • National Oceanic and Atmospheric Administration July 2015
12. Ramboll Environ (2017). Air Pollution Control Technology Review for the Chemical and Fertilizer Sectors, Alberta Environment and Parks, Government of Alberta.
13. Roseanne Diab, Hassan Bencherif. 2002. Analysis of SO2 pollution in the South Durban Industrial Basin. South African Journal of Science 98(11):543-546.
14. Szczepaniak K., Sarbu C., A. Aste, E. Rainska, M. Biziuk, O. Culicov, M.V. Frontasyeva, P. Bode. Assessment of the impact of a phosphatic fertilizer plant on the adjacent environment using fuzzy logic, Central European Science Journals, CEJC 4(1) 2006 29–55.
15. The Environmental Research Centre (ERC) Environmental and Social Impact Assessment, Jordan India Fertilizer Company (JIFCO), June 2008.
16. United Nations Environment Program (UNDP), Environmental Aspects of Phosphate and Potash Mining. First edition. Printed by UNEP and IFA, Paris, December 2001.
17. United Nations Environment Program (UNDP), Mineral Fertilizer Production and The Environment, Part I. The Fertilizers Industry's Manufacturing Processes and Environmental Issues, Technical Report No-26, 1998.
18. WHO. (2000). Air Quality Guidelines For Europe (2.Ed). Who Regional Publication, European Series, No.91.