تأثيرالرشاشات الرذاذية على جودة الهواء بساحات الحرم المكى الشريف خلال شهر رمضان ١٤٣٣هـ

د/ تركي بن عبدالكريم حبيب الله

معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة

الملخص

من أهم الأولويات التي يحرص عليها كل مسلم هو توفر هواء نظيف فى أفضل بقعه على وجه الأرض. لذلك تم إجراء هذا البحث لدراسة تأثير الرشاشات الرذاذية على نوعية الهواء بساحات الحرم المكى الشريف خلال شهر رمضان ١٤٣٣هـ. ونظراً للأهمية الأستراتيجية لموقع نفق السوق الصغير من الناحية المرورية وتدفق المصلين والمعتمرين إلى الحرم المكي الشريف، تم إقتراح دراسة ما يحيط بالحرم من مؤثرات بيئية وبصفة خاصة بساحات الحرم المكي الشريف.

لذا تناول هذا البحث دراسة الأتربة المستنشقة من حيث المحتوى مثل الانيونات (الكبريتات – الفوسفات – النترات – النيتريتات – الكلوريدات) بالاضافة إلى الكاتيونات (الأمونيوم) وذلك باستخدام الطرق الكيميائية وتقنية التحليل الطيفى.

ويتضح أن الرشاشات الرذاذية المثبته على أعلى فتحة التهوية فوق نفق السوق الصغير لها دور وتأثير فى تشتت الملوثات الغازية المختلفة التي تم قياسها بالأضافة الى تنقية الهواء من الأتربة المستنشقة وبالتالى المساعدة على ترسيب جزيئاته فيؤدى ذلك الى تقليل التركيزات الى حدود أمنة على صحة مرتادى الحرم المكى الشريف.

كما تم الإستعانة ببيانات محطة الرصد البيئي المستمر التابعة للرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة المتواجدة بالساحة الشرقية للتحقق من جودة البيانات التى تم قياسها، والتي وضحت تقارب تركيزات الملوثات التي تم تحليلها معملياً بالتي تم قياسها عبر أجهزة المحطة البيئية.

أدبيات البحث

زاد الاهتمام بدراسة الجسيمات العالقة حيث تبين من استخدام التقنية الحديثة في دراسة العوالق الهوائية أن الوقود الأحفوري هو المصدر الرئيسي للكثير من العوالق في الهواء خاصة الجسيمات الحمضية والمعدنية والعضوية. قد تكون الجسيمات العالقة في ذاتها سامة نتيجة لخواصها الكيميائية أو الفزيائية والتي تعمل كحوامل لمواد سامة ممتزة على سطحها، ويعتبر الفحم و السياج من المواد القادرة على امتزاز الكثير من المواد العضوية وغير العضوية بكفاءة عالية وتحملها هي والغازات ذات الآثار السامة مثل ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين إلى الرئتين مما قد يؤدي إلى توغلها داخل جسم الانسان وتحدث أضرار مضاعفة أشد أثراً مما لو كانت موجودة في الهواء بشكل غير ممتز، وبالتالي تترك تلك العوالق تأثيرات سلبية على الصحة العامة سواءً على العاملين أو القاطنين في المناطق المجاورة أو على التربة والنباتات، حيث تؤدي إلى أمراض خطيرة في الجهاز التنفسي مثل أمراض الربو والسعال والانتفاخ الرئوي وتصلب الرئة، وبالتالي إلى قصور في وظيفة الرئتين والقلب.

ويتوقف تأثير العوالق على حجمها، وتعتبر العوالق ذات الأقطار الأقل من ١٠ ميكرون ذات أهمية خاصة كونها قابلة للإستنشاق، وأكثرها خطورة العوالق الأقل من ٣ ميكرون حيث لا تحول الدفاعات التنفسية دون وصولها إلى أعماق الرئتين، كما تدمص على سطحها العناصر المعدنية وبخاصة الرصاص.

إن معظم الأضرار الصحية الناتجة عن التعرض للجسيمات العالقة تتسبب فيها جسيمات متناهية في الصغر، أقل من ١٠ جزء من المليون وتخترق هذه الجسيمات طريقها حتى تصل إلى الرئة مسببة أعراض مرضية مختلفة (مثل الربو الشعبي، السعال والأزمات التنفسية .. إلخ).

وقد تم حصر تراكيز الأتربة المستنشقة والكبريتات والنترات والكلوريدات من الدراسات العلمية التى تم تسجيلها فى مكة المكرمة بموسمى حج عام ١٤٣١هـ ، ١٤٣٢هـ ، وكذلك في العديد من بلدان العالم مثل الصين والهند وكوريا والمكسيك والبرازيل والأرجنتين وسويسرا وايطاليا (كما هو موضح بجدول-١).

جدول (٧): متوسط تركيز المواد القابلة للذوبان فى الماء بالأتربة المستنشقة بدول العالم المختلفة (ميكروجم/متر^{٣})

الدولة/المدينة		النترات	الكبريتات	الأمونيوم	الكلوريدات	الأتربة
المملكة العربية السعودية	الحرم – ١٤٣١هـ	٥,٥	٢١,٨	٢	-	١٤٥,٤
	الحرم – ١٤٣٢هـ	١,٠٦	١,٦٩	٢,٥٧	٢,٩٠	٢٩٦,١
الصين	نانجينغ	٩,٢	١٨,١	١٠,٨	-	٦٨٢
	شيامن	-	١٣,٨	-	-	-
	شنغهاى	١٤,١٩	١٧,٨٣	٥,٦٨	٨,٠٦	٢٣٠,٥
	بكين	٩٠	٩٠,٩	٧٨,٦	-	٥٠٦,٩
الهند	مومباي	٠,٠٠٦	٠,٠٢	-	-	-
	منغوليا	٠,٣١	١,٧٠	٠,٦٤	١,٤٠	٥٣,٠
	التبت	٠,٨٤	٢,٤٨	٠,٧٧	٠,٢٣	٥٥,٥٤
	كابور	١٧,١	١٢,٧	٨,٩	-	-
	أحمد آباد	٧,٢	١٣,٨	٣,٧	-	١٧١
نيبال	نيبال	٠,٧	١,٥	٠,٥	-	-
تايوان	تايوان	٦,٠	١٢,٠٦	٥,٨٢	٣,٧٣	١٧٢,٠
سويسرا	برن	٣,٥	٣,٣	١,٤	-	٤٠,٢
ايطاليا	مونت سيمون	٠,٩	٣,٥	١,٤	-	١٦
اليونان	اثينا	٣,٢	٥,٤	-	-	٤٤,١
المكسيك	مكسيكو سيتى	٠,٠٠٢	٠,٠٠٧	٠,٠٢	-	-
البرازيل	ريو دجنيرو	١,٤	١,١	٠,٣	-	٣٤,٤
	ساو باولوا	٣,٤	٥,١	١,٩	-	٣٨

الدولة/المدينة		النترات	الكبريتات	الأمونيوم	الكلوريدات	الأتربة
الأرجنتين	بونيس ايروس	-	٠,٦	٠,١	-	-
تنزانيا	دار السلام	٠,٧	١,٤	٠,٢	-	٦٩

المصدر : Zhang et al., 2011; Hegde et al., 2007 ; Wang et al., 2006; Mouli et al., 2003; Fang et al., 2002.

أهداف البحث

وفقاً للأهمية الأستراتيجية لنفق السوق الصغير من الناحية المرورية وتدفق مرتادي الحرم المكي الشريف، إقترح الباحثون:

أ- دراسة البيئة الهوائية بساحات الحرم المكي الشريف.

ب- دراسة جودة الهواء بجوار الرشاشات الرذاذية لمعرفة تأثير تلك الملوثات إن وجدت على الصحة العامة للمصلين والمعتمرين.

منهجية البحث

تتلخص منهجية البحث فى الخطوات التالية:

أ- تقييم نوعية الهواء بالساحات المحيطة بالحرم المكي الشريف.

ب- رصد الملوثات المنبعثة الى ساحات الحرم المكى الشريف نتيجة وجود فتحات تهوية بنفق السوق الصغير باستخدام التحاليل الكيميائية شاملة للغبار المستنشق.

ج- الإستعانة ببيانات محطة الرصد البيئي المستمر التابعة للرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة السعودية.

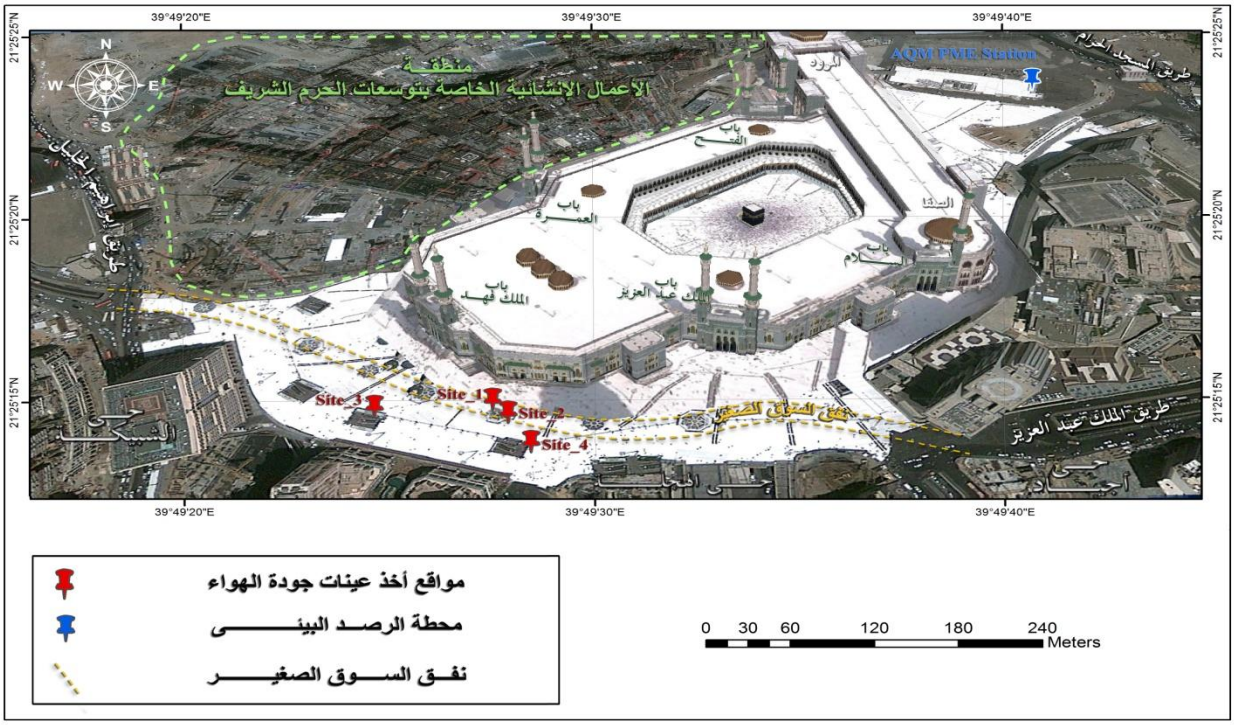
د- مقارنة النتائج التى تم الحصول عليها بقانون حماية البيئة السعودية واللائحة التنفيذية.

هـ- تقييم مدى كفاءة الرشاشات الرذاذية المثبته اعلى فتحة التهوية فوق نفق السوق الصغير فى تقليل ملوثات الهواء بساحات الحرم المكى الشريف.

مواقع القياس

تم جمع العينات في أربعة مواقع داخل الساحات الجنوبية والغربية للحرم (شكل-١) والتي يمكن وصفها على النحو التالي:

- موقع (١): فوق نفق السوق الصغير بمكة المكرمة امام بوابتي الحرم (٨٥-٨٦) فوق فتحة التهوية.
- موقع (٢): أمام برج الساعة ومقابل باب الملك عبد العزيز عند صندوق الأمانات رقم (١).
- موقع (٣): أمام فندق دار التوحيد في الساحة الغربية عند صندوق الأمانات رقم (٦).
- موقع (٤): فوق نفق السوق الصغير بمكة المكرمة امام بوابتي الحرم (٨٥-٨٦) أسفل فتحة التهوية.

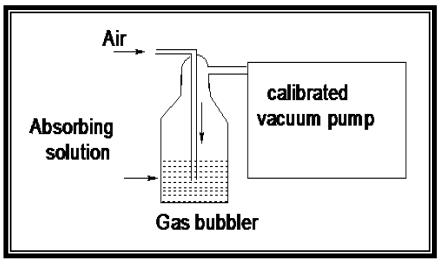


شكل (١): خريطة توضح مواقع القياس بالساحات الجنوبية والغربية بمنطقة الحرم المكى الشريف.

طرق القياس

تم تجميع العينات بجهاز تجميع العينات منخفض الحجم LVS (Low Volume Sampler) لتجميع الأتربة المستنشقة (PM10) بمعدل سحب هواء منخفض يتراوح بين ٣ الى ٥ لتر/ دقيقة (شكل-٢). وتم تجميع عينات ملوثات غازية مثل (أكاسيد النتروجين ، كبريتيد الهيدروجين ، ثاني أكسيد الكبريت ، الأمونيا ، الفورمالدهيد ، الأوزون ، أول أكسيد الكربون) بإستخدام مضخة سحب هواء موصلة بعدد ٦ زجاجات تجميع عينات تحتوى على محاليل كيميائية موصلة على التوالى بمعدل سحب هواء ٢ لتر/ دقيقة (شكل-٣).

وتم استخدام الطرق الكيميائية وتقنية التحليل الطيفى لدراسة الأتربة المستنشقة من حيث المحتوى مثل الانيونات (الكبريتات – الفوسفات – النترات – النيتريتات – الكلوريدات) بالاضافة إلى الكاتيونات (الأمونيوم) ، وتحليل عينات الملوثات الغازية بإستخدام تقنية التحليل الطيفى وجهاز التحليل الطيفى **Pharmacia LKB Novaspec II UV/VIS Spectrophotometer** (شكل–٤).



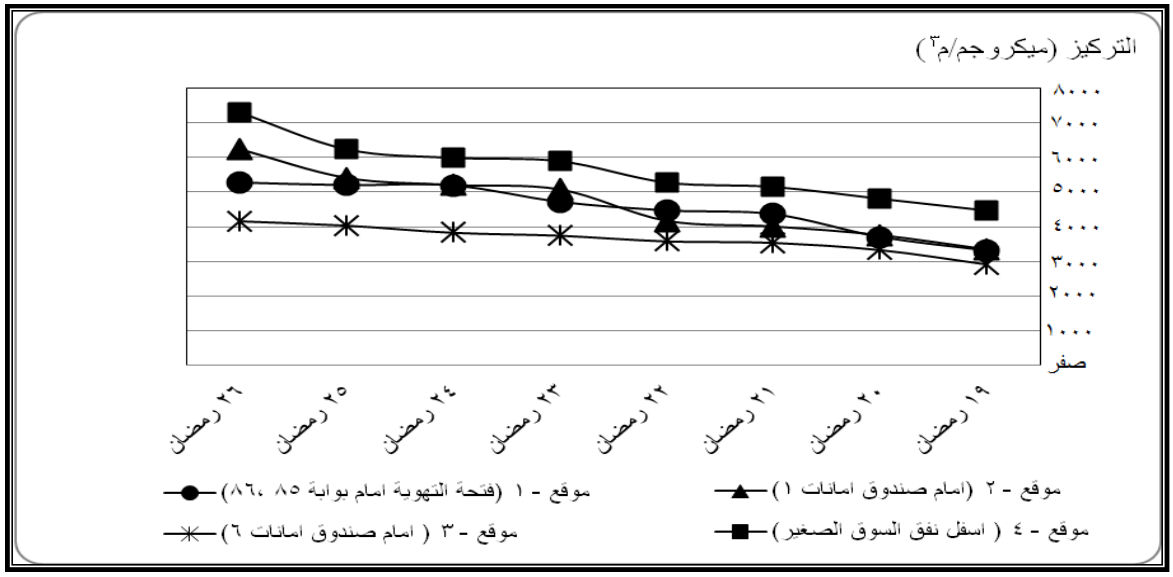
شكل (٢): جهاز تجميع عينات الغازات

شكل (٣): جهاز تجميع عينات الأتربة المستنشقة (PM_{10})

شكل (٤): جهاز التحليل الطيفى Pharmacia LKB Novaspec II UV/VIS Spectrophotometer

نتائج البحث

إهتمت هذه الدراسة بتقدير تراكيز الأتربة المستنشقة خلال شهر رمضان لسنة ١٤٣٣هـ بأربعة مواقع فى الساحات الجنوبية والغربية بالحرم المكى الشريف وقياس تركيز الأتربة المستنشقة في الفترة بين ١٩ – ٢٦ رمضان ١٤٣٣ هـ (٧–١٤ أغسطس ٢٠١٢) بأربعة مواقع (كما هو بشكل–٥).



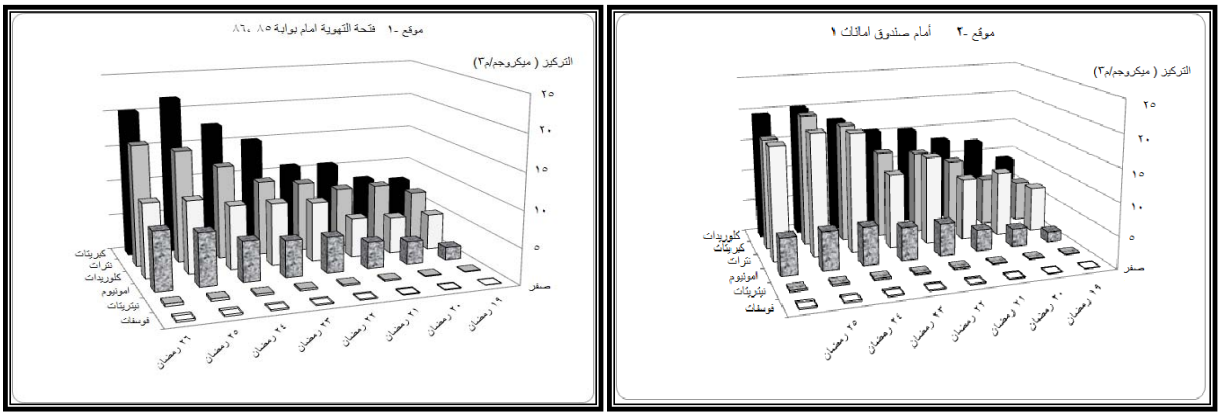
شكل - ٥: تراكيز الأتربة المستنشقة في مناطق الدراسة خلال شهر رمضان ١٤٣٣هـ

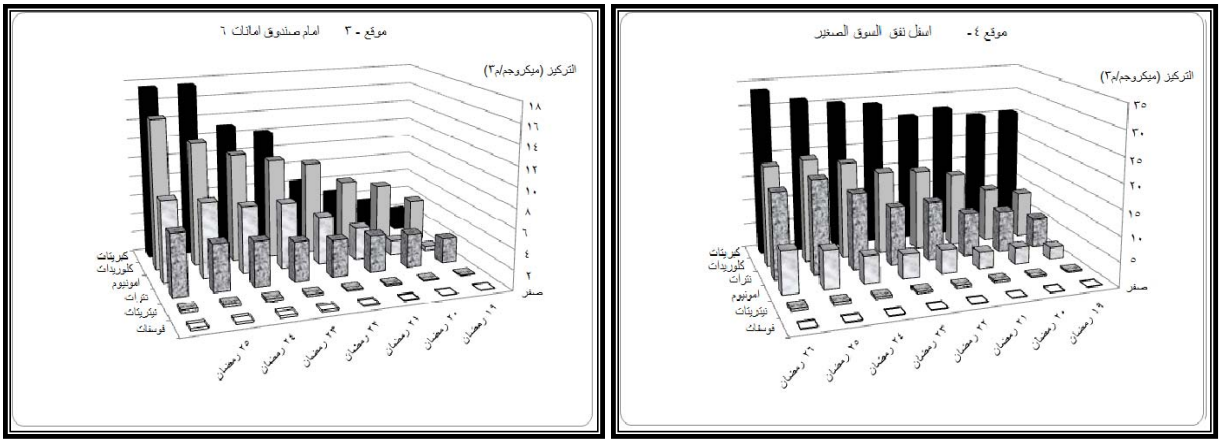
كما يتضح أن التركيزات تفوق كثيراً الحدود القصوى المسموح بها في المملكة العربية السعودية. فهذا المتوسط حوالي ١٠ أضعاف الحدود المسموح بها (المتوسط اليومي – متوسط ٢٤ ساعة) فى المملكة العربية السعودية للأتربة الصدرية (٣٤٠ ميكروجم/متر٣) ، وكذلك حوالى ٧٠ ضعف الحدود المسموح بها للأتربة الصدرية في مصر (١٥٠ ميكروجم/متر٣). ويعزى ذلك إلى الأسباب التالية:-

- **تكدس المعتمرين وضيوف الرحمن فى ساحات الحرم المكى الشريف خلال شهر رمضان المبارك.**
- **انخفاض مستوى سحب عينات الأتربة من مستوى سطح الأرض مما ادى الى اعادة تعلق جزيئات الأتربة وخاصة الأتربة المستنشقة ذات الحجم الأقل من ١٠ ميكرون وبالتالي ارتفاع تراكيز الأتربة الصدرية.**
- **الأعمال الأنشائية المرتبطة بأعمال التوسعة للحرم المكي الشريف والتي تقع عكس اتجاه الرياح بالنسبة لمواقع القياس المذكورة (شكل ١١).**

يبين الشكل–٦ أن الكبريتات والنترات والكلوريدات والأمونيوم هى المكونات الأساسية للأتربة المستنشقة فى الساحات الجنوبية والغربية بالحرم المكى الشريف. كما يتضح ان اعلى تركيزات قد تم رصدها فى موقع–٤ (اسفل نفق السوق الصغير) واقل تركيزات تم رصدها فى موقع–٣ (امام صندوق ٦) وذلك يرجع الى كمية الأتربة المستنشقة الكبيرة المحملة بعادم السيارات المنبعث من فتحات التهوية أعلى نفق السوق الصغير.

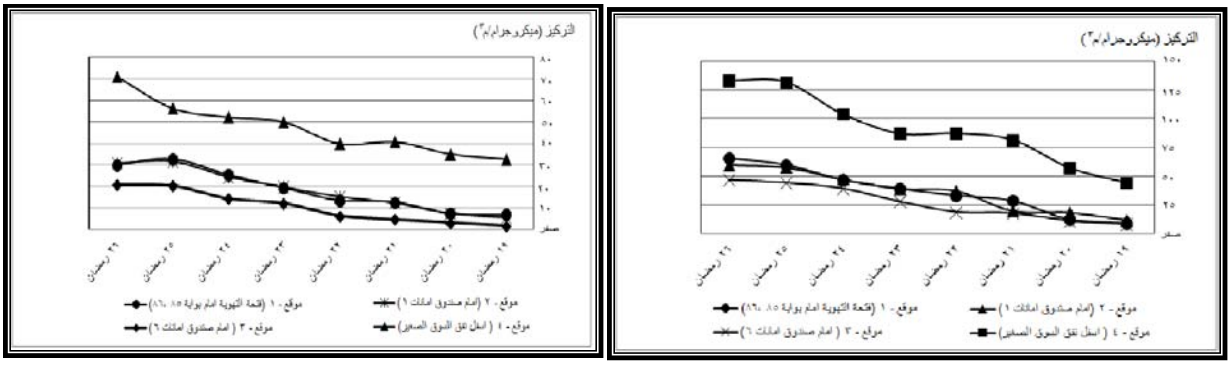
وقد تبين أيضا من نتائج البحث ان الرشاشات الرذاذية الموجودة فوق فتحات التهوية اعلى نفق السوق الصغير تساعد على تشتيت جزء من الملوثات الغازية المنبعثة من النفق، كما تتفاعل جزيئات رذاذ الماء مع جزء آخر من الملوثات الغازية والتي تساعد على إرتباطها بجزيئات الأتربة المستنشقة العالقة بالهواء وترسيبها، مما يؤدى إلى تقليل نسب وتركيزات الأتربة المستنشقة العالقة بالهواء والملوثات الغازية الموجودة في هواء ساحات الحرم المكى الشريف.



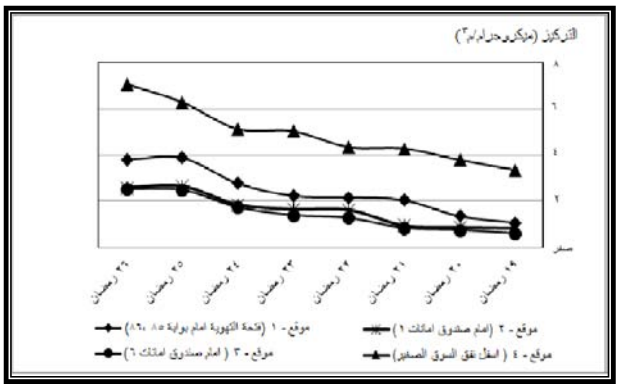


شكل-٦: نسب المواد القابلة للذوبان فى الماء بالأتربة المستنشقة بالساحات الجنوبية والغربية للحرم المكى الشريف خلال شهر رمضان عام ١٤٣٣هـ

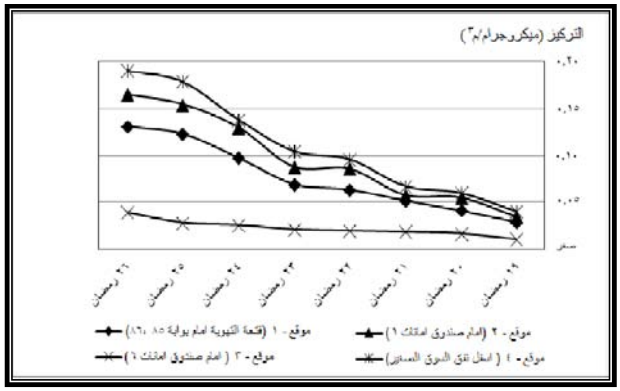
كما تم قياس تراكيز الملوثات الغازية الرئيسية (ثانى اكسيد الكبريت SO2 ، ثانى اكسيد النيتروجين NO2 ، الأوزون O3 ، الأمونيا NH3 ، الفورمالدهيد HCHO ، كبريتيد الهيدروجين H2S ، اول اكسيد الكربون CO) فى الهواء الجوى بالساحات الجنوبية والغربية للحرم المكى الشريف (اربعة مواقع) خلال شهر رمضان المبارك لعام ١٤٣٣هـ (كما هو موضح بالشكل-٧).



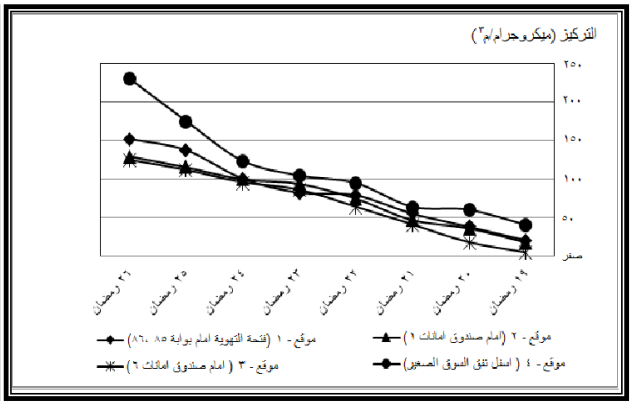
غاز ثانى اكسيد الكبريت **غاز ثانى اكسيد النيتروجين**



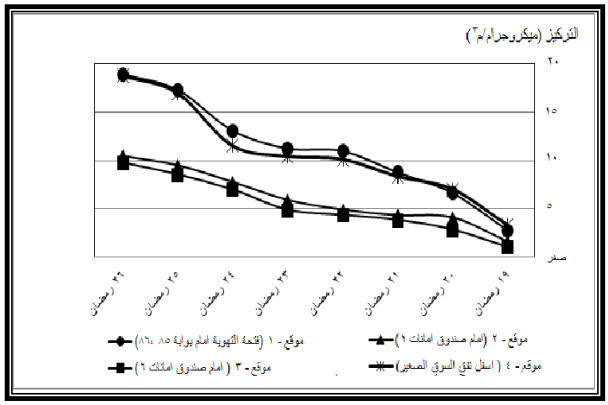
غاز كبريتيد الهيدروجين



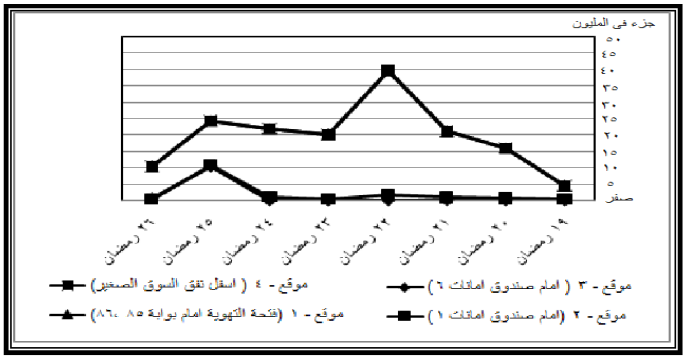
غاز الأوزون



غاز الأمونيا



غاز الفورمالدهيد



غاز أول أكسيد الكربون

شكل -٧: الملوثات الغازية بالساحات الجنوبية والغربية للحرم المكى الشريف خلال شهر رمضان عام ١٤٣٣هـ

وقد سجلت الدراسة ان تراكيز الملوثات الغازية لم تتعدى الحدود المسموح بها في قانون حماية البيئة واللائحة التنفيذية بالرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة (الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة ، ١٤٢٢هـ). كما يتضح من الشكل–٧ أن الرشاشات الرذاذية المثبته اعلى فتحة التهوية فوق نفق السوق الصغير لها دور وتأثير فى تشتت

الملوثات الغازية المختلفة التي تم قياسها بالإضافة الى تنقية الهواء من الأتربة المستنشقة وبالتالى المساعد على جيئلة فيؤدى ذلك الى تقليل التركيزات الى حدود آمنة على صحة المصلين والمعتمرون بالحرم المكى الشريف.

التوصيات

لذلك توصى هذه الدراسة بالتالي:

١. زيادة عدد مراوح الرشاشات الرذاذية فى جميع الساحات.

ضع مراوح للرشاشات الرذاذية أعلى صناديق الأمانات وعند مخارج دورات المياه لتساعد على تقليل تراكيز الملوثات.

عمل صيانة وغسيل دوري ومستمر للرشاشات الرذاذية خلال أوقات عدم الذروةمواد كيميائية خاصة (مثل الفورمالدهيدلمنع تكون البكتيريا والفطريات الدقيقة في فتحات الرشاشات مماقلل تدفق المياه.

وضع محطات رصد للملوثات الهوائية فى الساحات الجنوبية والغربية والتي من شأنها متابعة جودةالهواء بساحات الحرم المكي الشريف وتعريفهاذين الموقعين بالإضافة الى موقع محطة الرصد البيئي التابع للرئاسة العامة لرصاد وحماية البيئة والواقع بالساحة الشرقية، من المواقع التي تساعد متخذي القرار بالتحكم بإنتشار الملوثات حات وبالتالي إمكانية إقتراح إنشاء غرفة تحكم لمتابعة جودةالهواء وإتصال مع الجهات ذات العلاقة.

تركيب مجموعة مكثفة من الرشاشات الرذاذية مبالمنطقة الأنشائية كى تقلل من انتشار الأتربة العالقة بساحات الحرم المكي الشريف.

المراجع العربية

تركى حبيب الله ١٤٣٠ البرنامج الوطني لتعريض الحجاج والمعتمرون لملوثات الهواء بمكة المكرمة والمشاعر المقدسة. " التقرير النهائي "الجزء الأول والثاني" النوع الحجم الكيميائي والمعدني للأتربة العالقة الأنيونات الكاتيونات المعادن موسمى الحج ١٤٢٢هـ و ١٤٣٠هـ

الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة (١٤٢٢هـ). مقاييس حماية البيئة السعودى ، ملحق ١، وثيقة رقم ١٤٠٩ – ٠١.

المراجع الإنجليزية

Wang Ying, Guoshun Zhuang, Xingying Zhang, Kan Huang, Chang Xu, Aohan Tang, Jianmin Chen, Zhisheng An, The ion chemistry, seasonal cycle, and sources of PM2.5 and TSP aerosol in Shanghai. Atmospheric Environment 40, 2006, 2935-2952.

Hegde P., A.K. Sudheer, M.M. Sarin, B.R. Manjunatha, Chemical characteristics of atmospheric aerosols over southwest coast of India. Atmospheric Environment 41, 2007, 7751-7766.

Mouli C.P., V.S. Mohan, J.S. Reddy, A study on major inorganic ion composition of atmospheric aerosols at Tirupati. Journal of Hazardous Materials B96, 2003, 217-228.

Fang G., C. Chang, Y. Wu, P.P. Fu, Ambient suspended particulate matters and related chemical species study in central Taiwan, Taichung during 1998–2001. Atmospheric Environment 36, 2002, 1921-1928.

Zhang T. , J.J. Cao a, X.X. Tie , Z.X. Shen , S.X. Liu , H. Ding, Y.M. Han, G.H. Wang, K.F. Ho, J. Qiang, W.T. Li. Water-soluble ions in atmospheric aerosols measured in Xi'an, China: Seasonal variations and sources. Atmospheric Research 102 (2011) 110–119.