

الرياح وجودة الهواء في مدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة

دراسة في المناخ التطبيقي باستخدام تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية

د . خالد بن عبد الرحمن بن احمد الغامدي
أستاذ مساعد نظم المعلومات الجغرافية جامعة أم القرى

د. تركي بن محمد بن عبد الكريم حبيب الله
أستاذ مشارك أرساد وتلوث هواء جامعة أم القرى

أ.د. مسعد سلامة مسعد مندور
أستاذ الجغرافيا الطبيعية بكلية الآداب جامعة المنصورة

تاريخ استلام البحث: ٢٠ / ١ / ٢٠١٦

تاريخ قبول البحث: ٢٤ / ١٠ / ٢٠١٦

الملوثات، وأهم تلك الملوثات هي أول أكسيد الكربون وأكاسيد النتروجين والهيدروكربونات وأكاسيد الكبريت والغبار العالق.

أ- تحديد منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة فيما بين دائرتي عرض ١٠° ٢١' ، ٤٠° ٢١' شمالاً وخطي طول ٣٥° ٣٩' ، ٤٠° شرقاً، كما في الشكل رقم (١) ونجم عن ذلك وقوع مدينة مكة في شمال المنطقة المدارية ضمن المناخ الجاف. إذ أظهر تطبيق معادلات الجفاف لكل من ديمارتون وكوبن وأوستن ملروثورنثويت أن مكة تقع في مناخ الصحراء الحارة Bwh (أمينة عبد الله الرحيلي، ٢٠٠٥، ص ص ١٢١-١٢٧) وتتكون مدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة من العديد من المناطق والأحياء المنفصلة عن بعضها البعض بالجبال والتلال المنتشرة بالمدينة، إذ تتميز مدينة مكة بتضاريس محلية ناجمة عن انتشار الجبال والتلال المقطعة بالأودية الجافة المتشابكة. فالجبال تغطي ٥٢٪ من مساحة مكة تقريباً، بينما تغطي الأودية ٤٧٪ تقريباً (رقية حسن نعيم، ١٩٩١م، ص ٦١) وتنقسم الأحياء إلى نمطين، الأول: هي الأحياء المحيطة بالحرم مثل الحفاير وسوق الليل وأجياد والمسفلة والهنداوية والبيبيان والملاوي.

والنمط الثاني: هي الأحياء التي تبعد عن الحرم وهي العزيزية والشهداء والنكاسة والعوالي والحسينية والشوقية والشرايع ووادي جليل

ب - أهمية وأهداف البحث :

يتناول البحث استخدام تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية لرصد وتحليل خصائص الرياح وجودة الهواء في مكة المكرمة والمشاعر المقدسة بهدف تحديد تكرارية هبوب الرياح والاتجاهات السائدة للهبوب وتغيرات سرعة الرياح وتحديد أقصى وأدنى سرعة ساعية والتباينات المكانية والزمانية لخصائص الرياح بين أحياء مدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة، إضافة إلى دراسة نسب الملوثات الجوية وأنواعها في هواء المدينة والمشاعر المقدسة ومدى تأثيرها بتحركات الرياح وتغيراتها اليومية والشهرية والفصلية،

الرياح وجودة الهواء في مدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة دراسة في المناخ التطبيقي باستخدام تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية

د. خالد بن عبد الرحمن بن احمد الغامدي
أستاذ مساعد نظم المعلومات الجغرافية جامعة أم القرى

د. تركي بن محمد بن عبد الكريم حبيب الله
أستاذ مشارك أرصاد وتلوث هواء جامعة أم القرى

أ.د. مسعد سلامة مسعد مندور

أستاذ الجغرافيا الطبيعية بكلية الآداب جامعة المنصورة

مقدمة:

ورد لمكة المكرمة أسماء كثيرة ذكرها الله في كتابه الكريم^(١) وجاءت على لسان رسوله صلى الله عليه وسلم. وكثرة الأسماء في اللغة تدل على عظم المكانة وشرفه، ولا يعرف بلد من البلاد أكثر أسماء من مكة والمدينة لكونهما أشرف الأرض (عبد العزيز حويطان ، ٢٠٠٤هـ، ص ١٣) وأهمية مدينة مكة لا ترجع لورودها في القرآن الكريم فقط وإنما تميزها عن سائر المدن العالمية فهي ذات مكانة وشخصية مختلفة تماماً عن باقي المدن العالمية، فمكة هي قبلة المسلمين في الصلاة ويقام بها شعائر الحج والعمرة، حيث يرد إلى مدينة مكة أكثر من ٢ مليون نسمة في فترة الحج (بلغ عدد الحجاج عام ١٤٢٥هـ نحو ٢,٠٨٥,٢٢٨ حاج^(٢)) وهي هجرات بشرية سنوية ضخمة لا تحدث في أي مدينة أخرى تبعاً لطبيعتها وظيفتها الدينية.

وفي ظل تلك الهجرات البشرية الضخمة يحدث تغيرات في درجات الحرارة ترتبط بمصادر الانبعاثات خاصة أثناء فترات الحج ورمضان هذا بالإضافة لمصادر حرق الوقود الأخرى بالمدينة، وينبعث من السيارات العديد من الملوثات الضارة بصحة الإنسان التي تتأثر سلباً بالتعرض لتلك

(١) بعض الآيات القرآنية التي ورد بها اسم مكة المكرمة هي: آل عمران(٩٦) والمائدة (٢، ٩٧) والحج (٢٩-٣٢) والأنعام (٩٢) والفتح (٢٤) والتين (٢).

(٢) ملحق رقم (١)

د. خالد بن عبد الرحمن بن احمد الغامدي
د. تركي بن محمد بن عبد الكريم حبيب الله
أ.د. مسعد سلامة مسعد مندور

الرياح وجودة الهواء في مدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة
دراسة في المناخ التطبيقي باستخدام تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية

وذلك لتحديد جودة الهواء ومقارنتها بالنسب العالمية ومن خلالها يمكن وضع توصيات مناسبة لصناع القرار بالعاصمة المقدسة لتحسين الصحة البيئية العامة للمواطنين والمقيمين وحجاج بيت الله الحرام.



شكل (١) موقع مدينة مكة المكرمة ومحطات الرصد الجوي المستخدمة في الدراسة

جدول (١) المحطات المستخدمة في البحث

خط الطول	دائرة العرض			المحطة		
	دقيقة	ثانية	دقيقة			
درجه	دقيقة <td>ثانية <td>دقيقة <td>ثانية</td> <td></td> </td></td>	ثانية <td>دقيقة <td>ثانية</td> <td></td> </td>	دقيقة <td>ثانية</td> <td></td>	ثانية		
٣٩	٥٥	١	٢١	٣٠	-	الشرائع
٣٩	٥٢	-	٢١	٢٤	٣٠	العريزية
٣٩	٤٦	٤	٢١	٣٢	٧	النورية
٣٩	٤٦	٦	٢١	٢٠	٥	الليث
٣٩	٥٧	١٨	٢١	١٩	٥٠	العابدية
٣٩	٤٨	٤١	٢١	٢٢	٤١	زهرة كدي

ج - البيانات المستخدمة في البحث

لتحقيق أهداف البحث تم استخدام العديد من البيانات، ويمكن تقسيمها إلي:

١- بيانات الأرصاد الجوية

تم استخدام بيانات ست محطات تابعة لمعهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، وهي محطات رصد آلية كما تظهر في جدول (١) وصورة (١).

٢- بيانات الملوثات الجوية

اعتمدت بيانات الملوثات الجوية علي قياسها بشكل مباشر بواسطة محطات الرصد البيئي التابعة لمعهد لمعهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة (محطة العزيزية - محطة المسفلة) والمحطة الواقعة في الساحة الشرقية للحرم المكي الشريف والتابعة للرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة من خلال المتوسطات الساعية للملوثات الجوية وهي متوسط كل ساعة لجميع أيام الدراسة والبالغة نحو ٢٢٨٠٠ قراءة في محطة الساحة الشرقية للحرم المكي، ونحو ٢٢٣٠٠ قراءة في محطة المسفلة، ونحو ٥٠٠٠ قراءة بمحطة العزيزية. إضافة إلي القياس في بعض المناطق في موسم حج ١٤٢٥ للأيام ٤ ذي الحجة ومن ٨-١١ ذي الحجة و١٥ ذي الحجة،

وبقراءة جدول رقم (١) وشكل (٢) نجد أن أربع محطات من الست تقع داخل حدود منطقة الدراسة وهي محطات عرفات والعزيزية والشرائع وزهرة كدي، وتقع محطة العابدية في جنوب شرق المنطقة وتبعد عن الحرم بمسافة ١٧,٥ كم، وتقع محطة الشرائع في شمال شرق المنطقة والمسافة بينها وبين الحرم ١٢,٥ كم،، وتقع محطتي منى والعزيزية بمنتصف المنطقة إلى الجنوب الغربي من الحرم والمسافة بينهما وبين الحرم ٤,٤ ، ٤,٤ كم على الترتيب . والمحطتين الخامسة والسادسة هما الليث والنورية، ومحطة الليث تقع جنوب غرب المنطقة وتبعد عن الحرم بمسافة ١٤,٥ كم، ومحطة النورية تقع شمال غرب المنطقة وتبعد عن الحرم بمسافة ١٥,٥ كم.



صورة رقم (١) محطات الأرصاد الجوية بمنطقة الدراسة

والأسلوب الكمي والأسلوب الكارتوجرافي.
- الأسلوب الميداني : واستخدم في قياس ورصد الملوثات الهوائية في الفترة من ٤-١٥ ذي الحجة في موسم حج ١٤٣٥.
- الأسلوب الكمي : ومن خلاله تم حساب المتوسطات الساعية و اليومية والشهرية والسنية للملوثات الهوائية وإتجاه الرياح وسرعتها وتقسيم سرعة الرياح للفئات المختلفة

والعناصر التي تم قياسها هي الملوثات والأترية الصدرية المستنشقة (PM10) وغاز أول أكسيد الكربون (CO)، وغاز ثاني أكسيد الكبريت (SO2)، غاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO2)، غاز الأوزون (O3)، ويظهر من هذه جدول (٢) طرق القياس المستخدمة لكل عنصر من هذه العناصر

جدول (٢) الأجهزة والطرق المستخدمة في القياس

المرجع	صورة الجهاز شكل	وحدة القياس	طريقة القياس	عامل القياس	
Stern, 1968	4, 3	ميكروجم/م ^٣	طريقة باراروزانييلين	SO2	ثاني أكسيد الكبريت
Jacobs and Hochheiser, 1958		ميكروجم/م ^٣	The modified Saltzman method	NO2	ثاني أكسيد النيتروجين
Perry and Young, 1977		ميكروجم/م ^٣	طريقة كميلومينيسنس	O3	الأوزون

ثم تحديد خصائص كل منها باستخدام المنهج التحليلي المقارن، إضافة إلى حساب بعض العلاقات الرياضية.
- الأسلوب الكارتوجرافي : والمستخدم في تحويل البيانات والمعدلات إلى الأشكال والخرائط.

ب - الدراسات السابقة

يمكن تقسيم الدراسات السابقة إلى أربعة أنواع، وهي
أ - الدراسات المناخية للمدن :
يوجد العديد من الدراسات التي تناولت المناخ الحضري ومنها على سبيل المثال لا الحصر ، دراسة أحمد إسماعيل (١٩٦٩) عن مناخ مدينة أسيوط، ودراسة طه محمد جاد (١٩٨٢) للأمطار في الكويت ، ودراسة يوسف عبدالمجيد فايد (١٩٨٢) والمتنوعة لمناخ مدينة جدة، ودراسة محمد شرف (١٩٩٦) عن التباين الحراري بمدينة الإسكندرية وعرضت للتباين الحراري ليلاً ونهاراً، ودراسة محمد الصالح (١٩٩٧) للتوزيع الزمني والمكاني للأمطار في مدينة الرياض، ودراسة بدر الدين يوسف (١٩٩٧) عن مناخ الطائف، ودراسة عبدالعزيز عبداللطيف (١٩٩٨) عن التذبذب الحراري الحديث في الإحساء بشرق المملكة العربية السعودية . ودراسة رقية حسين نجم (١٩٩١) عن

هـ - مناهج وأساليب الدراسة:

تُركز الدراسة على ظاهرة مناخية تفصيلية (الرياح) وعلاقتها بجودة الهواء في مدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة، لذا كان لابد من الاعتماد على المناهج والأساليب التالية :

- المنهج الإقليمي : تم الاعتماد على هذا المنهج لطبيعة منطقة الدراسة بكونها إقليم جغرافي مميز لمدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة، وأخذ هذا المنهج لإظهار التباينات المكانية لاتجاه وسرعة الرياح وتوزيع الملوثات الجوية في أحياء مدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة.

- المنهج الوصفي التحليلي : لتحليل وتفسير ووصف التغيرات المكانية للرياح ونسب الملوثات الجوية والعلاقة فيما بينهما ومدى تأثير ذلك في جودة الهواء بالمدينة والمشاعر المقدسة .

- المنهج الموضوعي : تم الاعتماد عليه لاختيار مواقع القياسات الميدانية حتى لا يحدث تحيز أو تفضيل شخصي من قبل الباحثين لتحقيق النتائج التي تخدم موضوع الدراسة. واعتمدت الدراسة على العديد من الأساليب والطرق المدعمة والمكملة للمناهج لتحقيق الأهداف المرجوة ، وتضم الأساليب ثلاث أساليب رئيسية، هي الأسلوب الميداني

البيئة الطبيعية لمكة المكرمة ومنطقة الحرم الشريف، ودراسة بدر الدين يوسف (١٩٩١) والتي تناولت مناخ مكة المكرمة وعرض للخصائص المناخية في منطقة مكة الإدارية، ودراسة عبد العزيز عبد اللطيف (١٩٩٩) عن التغير اليومي لأنماط درجة الحرارة في مدينة القاهرة الكبرى، ودراسة جهاد قربه (٢٠٠٠) لنماذج الطقس الجغرافية في الرياض، ودراسة عبد العزيز عبد اللطيف يوسف (٢٠٠٠) لمناطق الحرارة المثلى في مدينة القاهرة، ودراسة محمد فوزي (٢٠٠١) عن التبخر والموازنة المائية في الإحساء بالمملكة العربية السعودية، ودراسة معراج مرزا وبدر الدين يوسف (٢٠٠١) عن أحوال الطقس والمناخ في الشتاء بمكة المكرمة، ودراسة شحاته سيد أحمد (٢٠٠٢) لمناخ المدينة المنورة وآثارها الاقتصادية، ودراسة أمينة عبدالله الرحيلي (٢٠٠٥) عن خصائص المناخ في مكة المكرمة الإدارية، ودراسة جهاد قربة (٢٠٠٧) عن التباين اليومي للانحرافات الحرارية لمكة المكرمة عن المعدلات الحرارية اليومية بالمملكة العربية السعودية، ودراسة مسعد سلامة مندور (٢٠٠٩) عن التباين اليومي لدرجة الحرارة في مدين مكة المكرمة والمشاعر المقدسة. وباستعراض الدراسات السابقة بالمنطقة العربية يتضح عدم تناول عنصر الرياح بصورة تفصيلية في المدن العربية

ب - دراسات التلوث وجودة الهواء:

يتطلب الحفاظ على الهواء من الملوثات بالمنطقة المركزية بمكة المكرمة استمرارية رصد ومتابعة نوعية الهواء بصفة مستمره، وقد أوضحت الدراسات الحديثة، ارتفاع تركيزات الملوثات التي يتعرض لها السكان والحجاج والمعتمرين في أماكن تواجدهم وتنقلاتهم وخاصة بالمنطقة المركزية والشوارع والطرق والأنفاق المؤدية للمسجد الحرام (نصر الله ١٤٢٤ - ١٤٢٨ هـ، سروجي، ع. ر. ١٤٣١ هـ، نصر الله، م. م. سروجي، ر. ع. ١٤٢٨ هـ) و (Nasralla and Seroji 2007) و (Seroji 2008)، (حبيب الله، ٢٠١١) كما أوضحت تلك الدراسات تكون الضباب الكيميائي الخانق بهواء مكة المكرمة، وخاصة في المنطقة المركزية والذي يعتمد تركيزه على شدة انبعاث الملوثات الأولية كغاز أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت والتغير في تركيزاتها من فصل لآخر لتتزايد في فصل الصيف وبشكل حاد (Nasralla and Seroji 2007)

والملوثات الهوائية قد تسبب بعض الأمراض التنفسية وأمراض القلب والشرايين والتهابات الرئة وتزداد هذه التأثيرات الصحية سوءاً مع تغيرات الرطوبة النسبية وارتفاع درجات الحرارة مثل تلك السائدة بمكة، أو زيادة الجهد المبذول مثل ما يتطلبه أداء نسل العمرة خاصة في أوقات الصيام طيلة نهار رمضان كما يزيد الوضع خطورة في حالة المسنين ومرضى الصدر (WHO, 2002) وفيما يلي عرض لبعض دراسات التلوث بمدينة مكة المكرمة، وهي دراسة سروجي، ١٤٢١ هـ، عن تقييم مستوى الضوضاء بداخل مبنى المسجد الحرام لموسم رمضان عام ٢٠٠٧م - مجلة جامعة الملك عبد العزيز علوم الأرصاء والبيئة وزراعة المناطق الجافة - تحت النشر. ودراسة نصر الله، م. م.، ١٤٢٤-١٤٢٨ هـ، برنامج تعرض الحجاج والمعتمرين للملوثات الهواء - تقارير معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج - مكة المكرمة. ودراسة تركي حبيب الله ١٤٢٢ هـ (٢٠١١) البرنامج البحثي لتعرض الحجاج والمعتمرين للملوثات الهواء بمكة المكرمة والمشاعر المقدسة. "التقرير الثاني" الجزء الأول: التوزيع الحجمي والتركييب الكيميائي والمعدني للأتربة العالقة (الأيونات - الكاتيونات - المعادن) لموسم الحج ١٤٢٦ هـ و ١٤٢١ هـ، ودراسة الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة (١٤٢٢ هـ) مقاييس حماية البيئة السعودي، ودراساتي Nasralla&Seroji Primary Pollutants (٢٠٠٧) and Potential Photochemical Smog Formation in Makkah Atmosphere. (2007) Nasralla&Seroji Particulates in the Atmosphere of Makkah and Mina Valley during Ramadan and Hajj Seasons of 1424 Seroji (2008) The and 1425 H ground Ozone variations with UV radiation during winter and spring seasons in 2007 over Makkah

ج - دراسات ترتبط بتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في مكة المكرمة:

بدأ الاعتماد على تقنية نظم المعلومات الجغرافية GIS في عام ١٩٦٤م (١٣٨٢ هـ) في كندا عندما تم تطوير عملية ترقيم للخرائط (تحويلها من الصورة الورقية إلى صورة رقمية في الحاسبات الآلية) وربط هذه الخرائط الرقمية

بين نظم المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية و النماذج الرياضية في الدراسات الهيدرولوجية والبيئية في المملكة العربية السعودية. نتج عن الدراسة تقدير قيم تصريف الذروة وحجم السيل في جنوب مدينة مكة المكرمة و تأثيره علي السد المقام أمام مقر جامعة أم القرى بالعابدية. ودرس (Dawod et al. 2012) استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية في تقدير آثار السيول الفجائية علي شبكة الطرق في مدينة مكة المكرمة و المشاعر المقدسة. قامت الدراسة بتقدير حجم الفيضان المتوقع باستخدام طريقة منحني الأرقام في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، ومن ثم تحديد معامل لخطورة الفيضان علي كل طريق من طرق العاصمة المقدسة وتصنيف شبكة الطرق إلي عدة مستويات من حيث مدي خطورة وتأثير الجريان السطحي عليها. وقام (Al-Ghamdi et al. 2012) باعتماد نظم المعلومات الجغرافية في دراسة و تحليل آثار النمو العمراني في مدينة مكة المكرمة علي زيادة مخاطر السيول الفجائية. قامت الدراسة بتطوير نظام معلومات جغرافية رباعي الأبعاد لتمثيل النمو العمراني لمكة المكرمة في الفترة من ١٩٩٠م إلي ٢٠١٠م مع تقدير أحجام الفيضان في هذه الفترة الزمنية ودراسة العلاقة بين زيادة النمو العمراني وزيادة مخاطر الجريان السطحي و آثاره المدمرة علي الرقعة السكنية للمدينة المقدسة. وقدم محمد (١٤٢٤هـ) تطبيقا لاستخدام نظم المعلومات الجغرافية في دراسة و تحليل شبكة الطرق و الشوارع في مدينة مكة المكرمة. حللت الدراسة شبكة الطرق في العاصمة المقدسة من حيث التوزيع علي مستوي الأحياء و علي مستوي البلديات وأيضا علي مستوي الطرق الإقليمية، كما صنفت الدراسة شبكة الطرق إلي عدة مستويات من حيث الوظيفة والخصائص العامة والخصائص الطبوغرافية لكل طريق. وفي دراسة عبد الرحمن (١٤٣٢هـ) طبق نظم المعلومات الجغرافية في التحليل المكاني لتوزيع الأراضي الفضاء في مدينة مكة المكرمة. بنت الدراسة قاعدة بيانات رقمية حديثة للأراضي الفضاء في العاصمة المقدسة ثم قامت بدراسة و تحليل العوامل المكانية المؤثرة في تباين توزيع الأراضي الفضاء داخل المدينة.

د - دراسات تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في البيئة و جودة الهواء:
في الولايات المتحدة الأمريكية و تحديدا في ولاية أريزونا تم

مع معلومات غير مكانية (أو معلومات وصفية) علي شكل قوائم مما أدى لإنشاء عدة طبقات للزراعة و التربة و الثروة الحيوانية و استخدامات الأراضي لمنطقة المشروع الذي أطلق عليه أسم نظام المعلومات الجغرافية الكندي. في المملكة العربية السعودية بدأ تطبيق هذه التقنية الرائدة علي المستوي الحكومي في عام ١٤٠١ هـ مع إنشاء إدارة نظم المعلومات الجغرافية في الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض. توضح الدراسات التالية بعضا من تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية الحديثة في المملكة العربية السعودية بصفة عامة و في مكة المكرمة علي وجه الخصوص، درس مرزا و آخرون (١٤٣٢ هـ) منهجية بناء نظام معلومات جغرافية ثلاثي الأبعاد لتقدير أحجام السيول بمدينة مكة المكرمة و المشاعر المقدسة. اعتمدت الدراسة علي عدة مدخلات شملت قواعد بيانات هيدرولوجية و جيولوجية بالإضافة لنموذج ارتفاعات رقمي عالي الدقة و أيضا بيانات الأمطار و السيول في مكة المكرمة لفترة خمسة و أربعين عاما. ونتج عن الدراسة تطوير عدد من الخرائط الرقمية الدقيقة لخصائص السيول و الجريان السطحي في العاصمة المقدسة. و استخدم (Al Harbi et al 2012) تقنية نظم المعلومات الجغرافية مع مرئيات الأقمار الصناعية عالية الدقة في تقييم مخاطر الانزلاقات الأرضية التي تحدث عقب الفيضانات في مدينة مكة المكرمة وخاصة في المناطق العمرانية بالعاصمة المقدسة. ودراسة فوزي أورتجي (١٤٢٤ هـ) تقنية نظم المعلومات الجغرافية في دراسة العوامل المؤثرة في الزراعة في حوض وادي محرم بمركز الهدا بمحافظة الطائف بمنطقة مكة المكرمة الإدارية. اعتمدت الدراسة علي إنشاء خريطة رقمية لمنطقة الدراسة و ما بها من أحواض زراعية و طرق، ومن العمل الميداني أمكن تحديد المتغيرات الزراعية لكل حوض ثم إدخالها إلي نظام المعلومات الجغرافية لبناء قاعدة بيانات مكانية ووصفية لأحواض منطقة الدراسة. تلا ذلك استخدام أدوات التحليل المكاني للوصول إلي نتائج تحليلية إحصائية و مكانية و تطوير عدد من الخرائط الرقمية التي تظهر التوزيعات المكانية لكل متغير من المتغيرات قيد الدراسة. ودراسة البارودي و آخرون (١٤٣٤ هـ) علي استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية في تقدير أحجام السيول و مدي خطورتها عند المجري الأدنى لوادي نعمان جنوب مدينة مكة المكرمة. قدمت هذه الدراسة نموذجا تطبيقيا لعملية التكامل

المحيطة بها واتجاه الأودية وارتفاع التلال ؛ وتعد الرياح الغربية هي الرياح السائدة على مدينة مكة المكرمة بمتوسط نسبة هبوب ١, ١٢٪، ويليهما في ذلك الرياح الجنوبية الغربية والشمالية بمتوسط نسبة هبوب ٥, ١٠٪ ثم الرياح الشمالية الغربية بنسبة هبوب ٢, ٨٪.

ويختلف اتجاه هبوب الرياح السائدة من حي لآخر ومن شمال مدينة مكة المكرمة إلى جنوبها فضلاً عن اختلافها عن اتجاهات الرياح الهابة على الأحياء المركزية والمحيطية بالحرم المكي الشريف، فمن خلال جدول (٣) وشكل (٢) والموضحان لنسب تكرار هبوب الرياح في المحطات المختلفة للفترة من ٢٠٠١م - ٢٠١٤م يتضح أن شمال شرق المدينة يغلب عليها هبوب الغريبات والتي بلغت جملتها في محطة الشرائع ٢, ٣٧٪، والرياح السائدة هي الغربية بنسبة هبوب ٢, ١٥٪. وفي شمال غرب المدينة كانت الرياح السائدة هي الرياح الشمالية حيث بلغت نسبة هبوبها بمحطة النورية ٤, ١١٪، وفي جنوب المدينة اختلفت الرياح السائدة من جنوبها الغربي عن جنوبها الشرقي ففي محطة العابدية الواقعة في الجنوب الشرقي للمدينة سادت الرياح الغربية بنسبة هبوب ١٥, ١٢٪، بينما كانت الرياح الشمالية هي الرياح السائدة في محطة التخصص والواقعة في جنوب غرب المدينة بنسبة ٧, ٢٤٪.

وفي الأحياء الوسطى تباين اتجاه هبوب الرياح من محطة العزيزية عن محطة زهرة كدي، ففي محطة العزيزية سادت الرياح الجنوبية بنسبة هبوب ٤٧, ٢٥٪، بينما كانت الرياح الشمالية هي الرياح السائدة في محطة زهرة كدي بنسبة هبوب ٨٨, ١٣٪.

الاعتماد علي تقنيتي الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية في تطوير نظام ألي لمراقبة العواصف الغبارية و انتشارها المكاني بحيث يمكن للجهات الحكومية في الولاية البدء في أعمال الإنذار المبكر في الحالات الطارئة لهذه العواصف في حال وصول قوة العاصفة لمستوي خطر بيئياً (ESRI 2007).

وفي تركيا قامت بلدية مدينة اسطنبول بإنشاء نظام معلومات جغرافية لمراقبة جودة الهواء في المنطقة الحضرية للمدينة (١٧٠×٨٥ كيلومتر) بصورة مستمرة علي مدار الساعة وإجراء التحليلات المكانية لمصادر وقيمة التلوث باستمرار، ومن ثم اتخاذ القرار البيئي المناسب أولاً بأول (IMM 2009). وفي إنجلترا فقد تم إنشاء قاعدة بيانات بيئية لمراقبة و تحليل و إدارة تلوث الهواء علي المستوي الوطني بالاعتماد علي تقنية نظم المعلومات الجغرافية (UK DEFRA 2011).

و حديثاً تم تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في عدة مجالات بيئية أخرى، ففي دراسة (Asmawi et al. 2011) تم الاستفادة من هذه التقنية في تطوير مؤشرات لتقييم الآثار البيئية للتغيرات المناخية في ماليزيا. كما استخدم (Raju et al. 2012) نظم المعلومات الجغرافية و تقنية النظام العالمي لتحديد المواقع GPS في إنشاء نظام محمول لرصد و تحليل و مراقبة جودة الهواء في مدينة شيناي بالهند. أما دراسة (Galadari 2012) فقد طورت نظام معلومات جغرافية آنية Real-Time GIS لمراقبة و تحليل التلوث الهوائي في الإمارات العربية المتحدة. كما استخدم (Mohamed and Al-Jenaid 2012) نظم المعلومات الجغرافية في تطوير مؤشر لخطورة الآثار البيئية و ظاهرة ارتفاع منسوب سطح البحر علي سواحل مملكة البحرين.

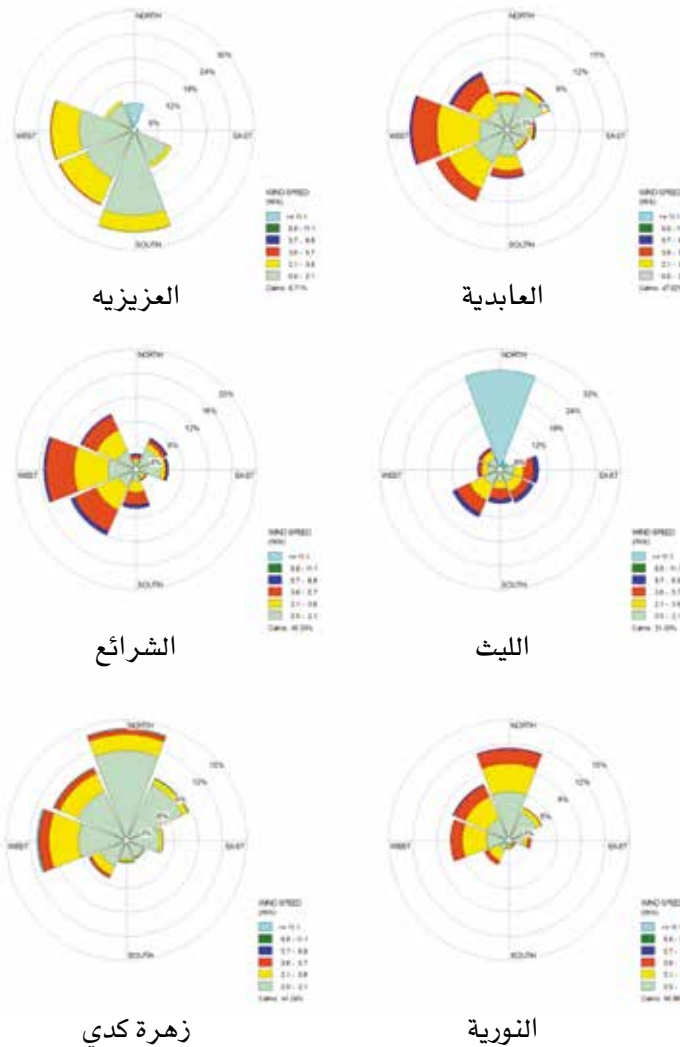
أولاً: الرياح في مدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة:

أ- اتجاه الرياح في مدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة:
- اتجاهات الهبوب السائدة للرياح في مدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة:

يعد اتجاه الرياح انعكاساً طبيعياً لتوزيعات وقيم الضغط الجوي وتباينها في النطاقات الإقليمية والمحلية المؤثرة في مدينة مكة المكرمة وخاصة تأثير التضاريس المحلية ودورها في تغير اتجاه وسرعة الرياح تبعاً لموقع المحطة من التضاريس

جدول (٢) نسب تكرار هبوب الرياح في محطات الدراسة للفترة من ٢٠١١-٢٠١٤

الإتجاه	العزيفية	الشرائع	زهرة كدي	الليث	العابدية	النورية
N	٦,٧٨	٢,٦٨	١٣,٨٨	٢٤,٧٠	٤,٧٩	١١,٤٤
NE	٠,٠٨	٥,٧٧	٨,٥٥	٢,٣١	٥,٨٦	٤,٥٢
E	١,٠٨	٥,٤٢	٤,٦٢	٩,٧١	٣,٥٦	٢,٧٦
SE	١٠,٣٠	٢,٠٥	٢,٥٩	٩,٢٤	٢,٨٢	٠,٩٥
S	٢٥,٤٧	٦,٤٦	٢,٨٠	٨,٥٥	٦,٠٥	١,٠٩
SW	٢٠,٦٢	١١,٨٩	٥,١٨	١٢,٩٩	٩,٧٧	٣,٣٩
W	٢٠,٩٢	١٥,٣٠	١١,١٤	٥,٦٢	١٢,١٥	٧,٢٩
NW	٨,٠٣	١٠,٠٩	٩,٩٨	٥,٨٨	٧,٩٤	٧,٦٩
السكون	٦,٧٢	٤٠,٢٣	٦,٧٢	٢١,٠	٤٧,٠٢	٦٠,٨٦



شكل (٢) ورة الرياح لمحطات الدراسة للفترة من ٢٠١١-٢٠١٤

- الاتجاه الشهري لهبوب الرياح بمدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة:

يتناول هذا الجزء دراسة اتجاهات الهبوب السائدة لكل شهر من شهور السنوات الأربعة الممتدة من يناير ٢٠١١ وحتى ديسمبر ٢٠١٤ بهدف مقارنة الاتجاه لكل الشهور بالمحطة الواحدة وذلك لتحديد الاتجاه العام وإبراز أوجه الشبه والاختلاف بها كما يظهر في الخصائص التالية:

- محطة العابدية: يتضح من خلال جدول (٤) أن اتجاه الرياح السائدة بالعابدية هي الرياح الجنوبية الغربية في جميع الشهور عدا ثلاثة أشهر وهي شهر ١١ في عام ٢٠١٢ والسائد بها الرياح الجنوبية الشرقية، وشهر ١١ من عام ٢٠١٣ وشهر ٧ من عام ٢٠١٤ والاتجاه السائد بهما الشمال الشرقي وشهر ٧ من عام ٢٠١٣ والسائد به الرياح الشمالية. - محطة العزيزية: تتسم محطة العزيزية بسيادة اتجاهين للرياح هما الجنوبية الغربية والرياح الغربية وذلك في الغالبية العظمى لشهور السنة، ويستثنى من ذلك أربعة

أشهر وهي شهور يناير وفبراير ومارس من عام ٢٠١٤ والرياح السائدة بها هي الرياح الشمالية وشهر ٤ لنفس العام والرياح السائدة به الرياح الجنوبية الشرقية كما يظهر في جدول (٤)

- محطة الليث: يظهر من جدول (٤) عدم سيطرة اتجاه على اتجاهات الهبوب خلال الشهور المختلفة، حيث سجلت الرياح الجنوبية في ٢١ شهرين من فترة الدراسة وهي أقل من نصف الفترة، وسجلت الرياح الشمالية ١٢ شهر من شهور الفترة بينما تباين الاتجاه في باقي الشهور، إلا أنه يمكن القول أن الرياح الجنوبية هي الرياح الغالبة لهبوب ويليهما الرياح الشمالية بالمحطة.

- محطة الشرائع: يتضح من خلال جدول (٤) أن الرياح السائدة في محطة الشرائع هي الرياح الجنوبية الغربية، وسجلت الرياح الشمالية الشرقية أربعة أشهر، وهي الأشهر الممتدة من شهر ٥-٨ من عام ٢٠١٢، وفي شهر ٩ من نفس العام سجل الرياح الشمالية.

جدول (٤) الاتجاه السائد لهبوب الرياح في الشهور المختلفة بمحطات الدراسة خلال الفترة من ٢٠١١-٢٠١٤ (م/ث)

year	month	العزيزية	العابديه	الليث	الشرائع	النورية	زهرة كدي
٢٠١١	١	٢١٦,١٢	١٩٧,٦٢	١٩١,٦٩	٢٠٨,٧٩		
	٢	٢١١,٨١	١٩٩,٧٢	١٩٠,٤٨	٢١٨,٨٢		
	٣	٢٠٦,٠١	١٩٥,٢٧	١٥٨,٦٦	٢٠٦,٩٠		
	٤	٢٢٠,٤٣	٢٠٥,٨٤	١٢٨,٥٧	٢٣١,٤٢		
	٥	٢٣٠,٩٦	٢١٠,١٥	٦٦,١٨	٢٢٤,٣٦		
	٦	٢٣٥,٤٤	٢٠١,٣١	١٩٤,٨٧	٢٢٠,٥٤		
	٧	٢٢٥,٧٧	٢٠١,٠٥	١٨٤,٠٧	٢١١,٠٦		
	٨	٢٣٢,٢١	٢١٦,١٧	١٧٥,٥١	٢٤٢,٨١		
	٩	٢٤٩,٠٠	٢١٠,٦٠	١٩٩,١٤	٢٢٥,٦٧		
	١٠	٢١١,٠٢	١٩١,٧٠	١٦١,٣٠	٢٠٩,١٩		
	١١	٢٢٩,٤٤	٢٠٨,٧٠	١٩٧,٢٥	٢٢٣,٠٨		
	١٢	٢٢٤,٢١	١٨٧,٩٠	١٨٦,٨٧	٢١٠,٨٥		

		٢٢٧,٧٠	١٨٨,٠٨	٠,٠٠	٢٢١,٥٢	١	٢٠١٢
		٢٢٤,٧٢	١٦٥,٨٥	٠,٠٠	٢١٤,٨٩	٢	
		٢٢٢,٣٤	١٨٠,٣٥	٠,٠٠	٢١٨,٦٢	٣	
		٩٧,٦٧	١٨٠,٥٧	٠,٠٠	٢٠٢,٣٤	٤	
		٦٠,٩٧	١٧٦,٧٢	٠,٠٠	٢١٠,٦٦	٥	
		٦٦,٢٠	٢٠٧,٨١	٠,٠٠	٢١٩,٣٧	٦	
		٥٨,٤٥	١٩١,٤٥	٠,٠٠	٢٣١,٥١	٧	
		٥٥,٣١	١٩٢,٦٤	٠,٠٠	٢٢٧,٠٥	٨	
		٩,٨٢	٢٠٠,٢٨	٠,٠٠	٢٢٢,٥٩	٩	
٧٢,٥٩		٠,٠٠	١٥٣,٦٥	٠,٠٠	١٩١,٢٦	١٠	
١٩٢,٩٨	١٣٣,٦٩	١٠٧,٨٢	١٧٤,١٥	١٥٢,٥١	١٩٨,٥٤	١١	٢٠١٣
١٨١,٨٣	١٧٦,٢٩	١٨١,٢٤	١٨٢,٧٧	١٩٢,٧٥	٢٠٣,٦٥	١٢	
١٨٤,١٨	١٩٤,٦٧	١٩٥,٦٢	١٤,١٩	٢١٣,٠٦	٢١٢,٧٥	١	
١٩٤,٢٧	١٩٢,٥٧	١٨٤,٠٨	١٣,٨٧	٢٠٦,٠٢	٢٠٦,٣٤	٢	
٢٠٥,٥٥	٢٠٧,٩٠	١٩٠,٤٥	١٥,٠٦	١٩٧,٨٤	٢٠١,٥٢	٣	
١٩٠,٥٨	١٩٩,٦١	٢٠١,٦٥	١١,٥٧	٢٠٤,٨٧	٢٠٥,٥٠	٤	
٢٠٣,٨٩	٢٠٢,٥٩	١٨٢,٧٤	١٣,١١	١٩٧,٦٩	٢٠٤,٤٠	٥	
١٦٤,٣٤	١٧٩,٢٤	١٧١,٠٦	٦,٠٢	١٧٠,٢٧	٢١٦,٥٠	٦	
١٧٨,٦٨	٢٠٩,١١	٢١٦,٢٦	١٣,٤٧	٠,٩٠	٢١١,١٠	٧	
١٩٧,٦٥	٧٥,٦٣	٢١٣,٩١	١٦,١٢	٠,٠٠	٢١٣,٨٤	٨	
١٩٩,٢٢	٤٤,٤٩	١٩٧,٠١	١٦,٣٨	٠,٠٠	٢٠٠,١٢	٩	٢٠١٤
٢١٢,٨٥	٢٠٧,١٢	١٨٠,٦٢	١٦,٥١	٠,٠٠	٢٠١,٦٥	١٠	
١٩٨,٧٤	٢١١,٨١	١٨٣,٥٠	١٦,١٧	٢٩,٠٢	٢٠٤,٩٨	١١	
١٧٩,٧٣	١٩٤,٢٣	١٩٦,٠٨	١٣,٠٩	١٩١,٤٨	٢٢١,٦٣	١٢	
١٩١,٤٥	١٩٢,٥٠	١٦٨,٧٠	٠,٠٠	١٨٤,٠٠	١,٣٦	١	
١٨٥,١٥	٢٠٢,٥٢	١٩٢,٤٣	٠,٠٠	٢٠٤,١٣	١,٥٢	٢	
١٩٨,٥٨	٢٠٣,٩٩	١٩٩,٠٦	٨٩,١٩	١٩٣,٣٧	١,٤٣	٣	
٢٠٣,٧٣	٢٠٧,٢٣	١٨٩,٦٣	١٩٤,٢٠	٢٠٢,٥٦	١٥٥,٣٠	٤	
٢٠٠,٦٨	٢٠٧,٦٩	١٢٤,٥١	٢١٧,٨٢	٢٠٥,١١	٢٣٠,٩٦	٥	
١٧٣,٥٧	١٩٦,٢٤	٠,٠٠	٢١٨,٤٧	٢٠٠,٤٤	٢٣٥,٤٤	٦	
٤٨,٥١	٤٩,٣٩	٠,٠٠	٩٢,٧٩	٥٠,٥٣	٢٣٥,٧٧	٧	٢٠١٤
					٢٣٢,٢١	٨	
					٢٤٩,٠٠	٩	
					٢١١,٠٢	١٠	
					٢٢٩,٤٤	١١	
					٢٢٤,٢١	١٢	

- محطة النورية: اختلفت فترة الدراسة في محطة النورية من بين المحطات إذ لم تسجل البيانات سوى من بداية شهر ١١ لعام ٢٠١٢ وحتى شهر ٧ لعام ٢٠١٤ ومن خلال جدول (٤) يتضح ان الرياح السائدة هي الرياح الجنوبية الغربية ويستثني من ذلك ثلاثة أشهر وهي شهري ٨ و ٩ من عام ٢٠١٣ وشهر ٧ من عام ٢٠١٤ وسجل بهم رياح شمالية شرقية.

- محطة زهرة كدي: امتدت البيانات الشهرية لزهرة كدي من شهر ١٠ لعام ٢٠١٢ وحتى شهر ٧ من عام ٢٠١٤ ومن خلال جدول (٤) يتضح أن الرياح السائدة هي الرياح الجنوبية الغربية في جميع شهور السنة ما عدا شهر ١٠ من عام ٢٠١٢، وشهر ٧ من عام ٢٠١٤ وساد بهما الرياح الشمالية الشرقية.

ب - سرعة الرياح في مدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة:

- المتوسط الساعي لسرعة الرياح بمحطات الدراسة : يتسم المتوسط الساعي لأقصى سرعة لحظية لسرعة الرياح أن أقصى سرعة ساعية للرياح بمحطة العابدية لم تزيد عن ٥ م/ث، وفي محطة العزيزية لم يزيد أقصى سرعة عن ٥,٤ م/ث في معظم الفترة، إذ لم تزيد عن ذلك إلا في شهور يناير وفبراير ومارس لعام ٢٠١٤، وفي محطة الليث لم يزيد أقصى سرعة ساعية للرياح عن ١٠ م/ث في الغالبية العظمى لفترة الدراسة وزادت لتصل إلى ٤٥ م/ث في شهور مارس- نوفمبر من عام ٢٠١٢، وفي محطة الشرائع لم تزيد السرعات الساعية لأقصى سرعة للرياح في معظم الفترة عن ٨ م/ث وارتفعت لتصل إلى ١٠,١٤ م/ث في بعض الساعات، وفي محطة النورية وصلت أقصى سرعة ساعية للرياح إلى ٧ م/ث وسجلت معظم فترات الدراسة سرعات تتراوح من ٥-٧ م/ث.

- المتوسط الشهري لسرعة الرياح:

يتضح من جدول (٥) أن المتوسط الشهري لسرعة الرياح في مدينة مكة المكرمة يبلغ ٥,٦ م/ث، وإن كانت الغالبية العظمى للمتوسطات الشهرية في المحطات لم تزيد سرعتها عن ٥,٢ م/ث، وفي محطة العابدية بلغ المتوسط الشهري ٢ م/ث، وفي محطة الشرائع ٥,٢ م/ث وفي النورية ١,٢ م/ث، وفي محطة زهرة كدي ٨,١ م/ث. ويرجع هذا الارتفاع في المتوسط العام للمدينة إلى ارتفاع المتوسط الشهري لكل من

محطتي العزيزية والليث في بعض شهور الدراسة، ويتضح ذلك من تناول المتوسطات الشهرية في كل محطة على النحو التالي:

- المتوسط الشهري لسرعة الرياح في محطة العزيزية: يبلغ متوسط سرعة الرياح الشهري في محطة العزيزية ١٥,١ م/ث وهو أعلى متوسط بجميع المحطات، وهذا المتوسط يخالف القيم الحقيقية في جميع شهور الدراسة والتي لم يزيد متوسطاتها عن ٢ م/ث، والارتفاع يرجع إلى الزيادة الواضحة في متوسط الشهور الأربعة الأولى من عام ٢٠١٤ والتي بلغت في شهور يناير وفبراير ومارس وأبريل إلى ٢٠٠ و ١٩٨ و ١٩٨ و ٦٥ م/ث على الترتيب.

- المتوسط الشهري للرياح في محطة الليث: لم يزيد المتوسط الشهري لسرعة الرياح في محطة الليث عن ٤ م/ث في معظم شهور فترة الدراسة، إلا أن شهور عام ٢٠١٢ شهدت ارتفاع ملحوظ في سرعة الرياح والتي تراوحت من ٢٥-٤٠ م/ث.

- المتوسط الشهري لسرعة الرياح في محطة العابدية: تراوحت متوسطات سرعات الرياح الشهرية لفترة الدراسة في محطة العابدية من ٥,١ - ٢ م/ث فيما عدا شهر ٦ من عام ٢٠١٢ وبلغت متوسط سرعة الرياح بهذا الشهر، وشهر ٧ من عام ٢٠١٤ وبلغت متوسط سرعة الرياح به ٦٧,٠ م/ث.

- المتوسط الشهري لسرعة الرياح في محطة الشرائع: لم تزيد سرعة الرياح في محطة الشرائع بجميع شهور الدراسة عن ٢ م/ث إلا في شهر واحد فقط من شهور الدراسة وهو شهر ٩ من عام ٢٠١٢ وبلغ متوسط السرعة به إلى ١١,١٢ م/ث.

- المتوسط الشهري لسرعة الرياح في محطة النورية: شهدت محطة النورية انخفاض واضح في متوسط سرعة الرياح إذ لم يزيد سرعة الرياح في جميع شهور الدراسة عن ٥,٢ م/ث.

- المتوسط الشهري لسرعة الرياح في محطة زهرة كدي: تميزت زهرة كدي هي الأخرى بالانخفاض الواضح في المتوسط الشهري للرياح، إذ لم يرتفع المتوسط الشهري عن ٢ م/ث في جميع أشهر الدراسة فيما عدا شهر ٨ من عام ٢٠١٢ والتي بلغت ١٧,٢ م/ث.

جدول (٥) المتوسطات الشهرية لسرعة الرياح في محطات الدراسة للفترة من ٢٠١١-٢٠١٤ (م/ث)

year	month	العزيمي	العابديه	الليث	الشرايح	النورية	زهرة كدي
٢٠١١	١	١,٢٦	١,٨٧	٢,٣٦	٢,٠١		
	٢	١,٣٥	٢,٠٢	٢,٥٦	٢,١٢		
	٣	١,٥٢	٢,٤٢	٢,٣٦	٢,٧٢		
	٤	١,٥٢	٢,٣٩	٢,١٢	٢,٤٥		
	٥	١,٦٣	٢,٣٤	١,١٠	٢,٢٨		
	٦	١,٧٣	٢,٥٧	٣,٠٨	٢,٣٤		
	٧	١,٥٥	٢,٤٨	٢,٩٨	٢,٣٤		
	٨	١,٧٣	٢,٦٣	٢,٩٧	٢,٤٤		
	٩	١,٧٤	٢,٥٧	٣,١٢	٢,٢٢		
	١٠	١,١٧	١,٩٤	٢,٤٠	١,٩٦		
	١١	١,٥٧	٢,١٦	٢,٦٥	٢,٢١		
	١٢	١,٠٨	١,٦٧	٢,١٤	١,٧٩		
٢٠١٢	١	١,٤٩	٠,٠٠	٢,٦٤	٢,١٨		
	٢	١,٣٣	٠,٠٠	٢,٧٩	٢,٤٣		
	٣	١,٥٧	٠,٠٠	٢,٩٠	٢,٥٣		
	٤	١,٣٤	٠,٠٠	٢,٧٩	٠,٨١		
	٥	١,٣٧	٠,٠٠	٢,٩٥	٠,٠٠		
	٦	١,٧٨	٠,٠٠	٣,٢٨	٠,٠٠		
	٧	١,٧٩	٠,٠٠	٣,٢٠	٠,٠٠		
	٨	١,٧٩	٠,٠٠	٣,١٣	٠,٠٠	٠,٥٣	
	٩	١,٧٢	٠,٠٠	٣,١٦	٠,٠٠	١,٧٢	
	١٠	١,١٩	٠,٠٠	٢,٤٨	٠,٠٠	١,٦٠	
	١١	١,١٧	١,٥٣	٢,٣٦	١,٤٠	١,٤٢	١,٣٠
	١٢	١,١٦	١,٨٤	٢,٢٦	٢,٢١	١,٦٣	١,٦٧
٢٠١٣	١	١,٣٠	١,٩٣	٢٤,٩١	٢,١٣	١,٧٧	١,٣٩
	٢	١,٣١	٢,٠٩	٢٦,٨٢	٢,٥٠	١,٩٣	١,٥٢
	٣	١,٣٤	٢,١٤	٢٩,٣٠	٢,٤٤	١,٨١	١,٦٨
	٤	١,٥٥	٢,٤٢	٣٠,٧٦	٢,٥٤	٢,٠٨	١,٦٩
	٥	١,٦٢	٢,٤١	٣٥,١٨	٢,٦٦	٢,٠٠	١,٩٩
	٦	١,٦٦	٢,٨٠	٣٧,٠٤	٢,٧٧	٢,١٩	٢,٣٧
	٧	١,٦٥	٠,٠٢	٣٦,٧٧	٢,٣٨	١,٨٢	٢,٧٤
	٨	١,٥٥	٠,٠٠	٣٦,٢٤	٢,٥٦	٠,٦٨	٣,١٧
	٩	١,٣٢	٠,٠٠	٣٦,١٦	١٢,١١	٠,٤٣	٢,٤٧
	١٠	١,٢١	٠,٠٠	٣٣,١٢	٢,١١	١,٧٣	٢,٠٧
	١١	١,٣٣	٠,٢٧	٢٩,٦٩	٢,١٥	١,٥٧	٢,٢٧
	١٢	١,١٤	١,٩٦	٢٥,٥٤	٢,٣٢	١,٢٣	٢,٥٨

١,٥٤	١,٠٠	٢,٣٨	٠,٠٠	١,٩٠	٢٠٠,٠٦	١	٢٠١٤
١,٥٨	١,٢٣	٢,٦٧	٠,٠٠	٢,٠٩	١٩٨,٩٥	٢	
١,٧٢	١,٣٦	٢,٦٠	١,٤٠	٢,١٦	١٩٨,٤٨	٣	
١,٦٧	١,٤٨	٢,٥٤	٢,٩٧	١,٩٥	٦٥,١٨	٤	
١,٨٦	١,٧٦	١,٦٩	٢,٩٠	٢,٢١	١,٦٣	٥	
٢,٥٢	١,٩٤	٠,٠٠	٣,٢٣	٢,٦٧	١,٧٣	٦	
٠,٦٤	٠,٤٦	٠,٠٠	١,٣١	٠,٦٥	١,٥٥	٧	
					١,٧٣	٨	
					١,٧٤	٩	
					١,١٧	١٠	
					١,٥٧	١١	
					١,٠٨	١٢	

ث) أدنى نسب تكرارية في جميع المحطات حيث بلغت نسبة التكرار في محطة العابدية ٠,٠٠٢ %، وفي محطة الليث ٢٤,٩ %، وفي محطة زهرة كدي ٠,٧١ %، وسجلت هذه الفئة نسبة تكرار صفر في محطات النورية والشرايع والعزيرية.

- اختلفت أعلى نسبة تكرار لسرعات الرياح من الاتجاهات المختلفة، إلا أن محطات الليث والنورية وزهرة كدي سجل بهم أعلى نسبة لسرعة الرياح الشمالية بمقدار ٢٤,٧ و ١١,٤٤ و ١٣,٨٨ % للمحطات على الترتيب، وفي محطات الشرايع والعزيرية جاءت الرياح الغربية مسجلة أعلى نسبة لتكرار لسرعات الرياح بالمحطات بمقدار ٢٠,٩ % بالعزيرية و ١٥,٣ % بالشرايع و ١٢,١٥ % بالعابدية.

- سجل أدنى نسب لتكرار سرعات الرياح لنوعين هما الرياح الجنوبية الشرقية والرياح الشمالية الشرقية، فالرياح الشمالية الشرقية سجل أدنى النسب في محطتي العزيرية بمقدار ٠,٠٨ % والليث بمقدار ٢,٣١ %، والرياح الجنوبية الشرقية سجلت أدنى نسب في محطات العابدية والشرايع والنورية وزهرة كدي بمقدار ٢,٨٨ و ٢,٠٥ و ٢,٩٥ و ٠,٥٩ % على الترتيب.

- المعدل السنوي لسرعات الرياح في مدينة مكة المكرمة: يبلغ المعدل السنوي لسرعة الرياح في مدينة مكة المكرمة للفترة من ٢٠١١-٢٠١٤ نحو ٤,٨٨ م/ث، ويختلف هذا المعدل من محطة لأخرى، وتبعاً لذلك فإن المعدل السنوي للرياح يختلف من حي لآخر بالمدينة، ففي محطة النورية والواقعة في شمال غرب المدينة يسجل أدنى معدل سنوي للرياح بمقدار ٠,٦٨ م/ث، وفي محطة العزيرية والواقعة في منتصف المدينة إلى الجنوب الشرقي من الحرم المكي الشريف سجل أعلى معدل سنوي للرياح بمقدار ١٤,٨٦ م/ث، وفي محطة العابدية والواقعة في جنوب شرق المدينة بلغ المعدل السنوي ١,٢٢ م/ث، وفي محطة ولي العهد بلغ المعدل السنوي للرياح ٩,٥ م/ث، وفي محطة زهرة كدي والواقعة جنوب الحرم المكي بلغ المعدل السنوي ١,٢١ م/ث.

وبدراسة تكرار سرعات الرياح في الاتجاهات المختلفة مع تقسيمها إلى ست فئات رئيسة كما يظهر في الجداول (٦-١١) يتضح الخصائص التالية:-

- إن السرعة الأولى والتي يتراوح بها سرعة الرياح من ٠,٥ - ٢,١ م/ث هي أعلى نسب للسرعة في خمس محطات من الستة، حيث بلغت نسبة تكرار هذه السرعة في محطات العزيرية والليث والشرايع والنورية وزهرة كدي نحو ٦٦,٠٤ و ٢١,٨٦ و ٢٤,٠٧ و ٢٠,٤٣ و ٤٣,٩٤ % على الترتيب، في حين بلغت نسبة تكرار هذه السرعة في محطة العابدية ٢,٧٣ م/ث، وسجلت نسبة تكرار لفئة السرعة ٢,١ - ٣ م/ث أعلى نسبة في محطة العابدية بمقدار ١٥,٧٤ م/ث.

- سجل أعلى فئة لسرعة للرياح (تزيد السرعة عن ١١ م/ث)

جدول (٦) نسب تكرار سرعات الرياح في الاتجاهات المختلفة بمحطة العابدية للفترة من ٢٠١١-٢٠١٤

Direction/Wind classes (m/s)	0.5 -2.1	2.1 -3.6	3.6- 5.7	5.7- 8.8	8.8- 11.0	>=11.0
N	3.36	1.09	0.33	0.004	0	0
NE	4.86	0.74	0.18	0.07	0	0
E	2.8	0.45	0.19	0.109	0.002	0.002
SE	2.2	0.43	0.16	0.018	0	0
S	3.3	1.76	0.86	0.12	0	0
SW	4.45	3.56	1.72	0.038	0	0
W	3.5	5.29	3.12	0.225	0	0
NW	2.82	2.39	2.33	0.387	0	0
Sub-Total	2.73	15.74	8.91	0.97	0.002	0.002

جدول (٧) نسب تكرار سرعات الرياح في الاتجاهات المختلفة بمحطة العزيزية للفترة من ٢٠١١-٢٠١٤

Direction/Wind classes (m/s)	0.5- 2.1	2.1- 3.6	3.65.7-	5.7- 8.8	8.8- 11.0	>=11.0
N	0.14	0.03	0.06	0.057	6.446	6.446
NE	0.05	0.02	0.00	0.000	0.000	0.000
E	0.81	0.27	0.00	0.000	0.000	0.000
SE	9.19	1.10	0.02	0.000	0.000	0.000
S	21.39	4.00	0.07	0.000	0.000	0.000
SW	13.31	6.98	0.33	0.000	0.000	0.000
W	13.87	6.80	0.25	0.000	0.000	0.000
NW	7.26	0.76	0.01	0.000	0.000	0.000
Sub-Total	66.04	19.96	0.74	0.000	0.000	0.000

جدول (٨) نسب تكرار سرعات الرياح في الاتجاهات المختلفة بمحطة الليث للفترة من ٢٠١١-٢٠١٤

Direction/Wind classes (m/s)	0.5- 2.1	2.1- 3.6	3.6- 5.7	5.7- 8.8	8. 811.0-	>=11.0
N	0.25	0.27	0.13	0.014	0.003	24.021
NE	0.74	0.50	0.08	0.031	0.003	0.958
E	3.63	2.29	2.53	1.209	0.046	0.000
SE	3.61	2.48	2.06	1.072	0.009	0.000
S	2.95	2.00	2.59	1.010	0.003	0.000
SW	4.37	3.98	3.54	1.075	0.023	0.000
W	3.04	1.51	0.82	0.260	0.000	0.000
NW	3.27	1.74	0.61	0.254	0.003	0.000
Sub-Total	21.86	14.78	12.37	4.925	0.088	24.979

جدول (٩) نسب تكرار سرعات الرياح في الاتجاهات المختلفة بمحطة الشرائع للفترة من ٢٠١١-٢٠١٤

Direction/Wind classes (m/s)	0.5- 2.1	2.1- 3.6	3.6- 5.7	5.7- 8.8	8.8- 11.0	>=11.0
N	1.25	0.56	0.58	0.282	0.009	0.000
NE	3.91	0.82	0.68	0.339	0.009	0.000
E	4.27	0.64	0.24	0.237	0.037	0.000
SE	1.34	0.48	0.19	0.037	0.000	0.000
S	1.91	1.92	2.10	0.522	0.003	0.000
SW	3.16	4.18	3.92	0.633	0.003	0.000
W	4.70	5.56	4.70	0.334	0.006	0.000
NW	3.52	3.67	2.67	0.225	0.000	0.000
Sub-Total	24.07	17.84	15.09	2.610	0.066	0.000

جدول (١٠) نسب تكرار سرعات الرياح في الاتجاهات المختلفة بمحطة النورية للفترة من ٢٠١١-٢٠١٤

Direction/Wind classes (m/s)	0.5- 2.1	2.1- 3.6	3.6- 5.7	5.7- 8.8	8.8- 11.0	>=11.0
N	6.10	3.44	1.81	0.095	0.000	0.000
NE	3.82	0.58	0.12	0.004	0.000	0.000
E	1.92	0.41	0.39	0.034	0.000	0.000
SE	0.67	0.17	0.09	0.030	0.000	0.000
S	0.65	0.36	0.08	0.000	0.000	0.000
SW	1.38	1.40	0.59	0.019	0.000	0.000
W	2.82	2.98	1.46	0.026	0.000	0.000
NW	3.06	2.92	1.59	0.129	0.000	0.000
Sub-Total	20.43	12.26	6.12	0.338	0.000	0.000

جدول (١١) نسب تكرار سرعات الرياح في الاتجاهات المختلفة بمحطة زهرة كدي للفترة من ٢٠١١-٢٠١٤

Direction/Wind classes (m/s)	0.5- 2.1	2.1 -3.6	3.6- 5.7	5.7- 8.8	8.8- 11.0	>=11.0
N	11.15	1.97	0.66	0.004	0.000	0.095
NE	7.67	0.73	0.05	0.000	0.000	0.095
E	4.18	0.39	0.02	0.000	0.000	0.034
SE	2.32	0.19	0.00	0.000	0.000	0.046
S	2.38	0.31	0.05	0.000	0.000	0.057
SW	3.60	1.15	0.36	0.000	0.000	0.068
W	5.97	3.62	1.29	0.034	0.000	0.209
NW	6.66	2.44	0.75	0.023	0.000	0.107
Sub-Total	43.94	10.82	3.21	0.061	0.000	0.711

ثانياً: الملوثات الجوية في مكة المكرمة

يعرف التلوث بأنه إطلاق عناصر أو مركبات كيميائية سائلة أو صلبة أو غازية إلى محيط البيئة (الهواء والماء والترربة) مما يقلل من نقائها أو بمعنى آخر فان التلوث يعني عدم قدرة الانسان على التحكم في النفايات المختلفة وعدم تصريفها بطريقة سليمة مما يؤدي إلى تراكمها في محيط البيئة وبالتالي تلوثها، والملوثات التي تتناولها الدراسة هي ثاني أكسيد الكبريت و ثاني أكسيد النيتروجين و أول أكسيد الكربون و الأتربة الصدرية (المستنشقة).

أ - المتوسط الساعي لتركيز الملوثات

المتوسط الساعي هو متوسط كل ساعة لجميع أيام الدراسة والبالغة نحو ٢٢٨٠٠ قراءة في محطة الساحة الشرقية للحرم المكي، ونحو ٢٢٢٠٠ قراءة في محطة المسفلة، ونحو ٥٠٠٠ قراءة بمحطة العزيزية، وفيما يلي تناول متوسط أعلى تركيز لكل ملوث من الملوثات نظراً لأهميتها في تحديد ما إذا كان الهواء ملوثاً أم لا.

ثاني أكسيد الكبريت: يتولد ثاني أكسيد الكبريت (SO₂) كنتاج لعمليات أكسدة البقايا الكبريتية الموجودة في بعض أنواع الوقود وذلك أثناء عملية الاحتراق. و تنتج محطات توليد الكهرباء التي تعمل بالمازوت كمية كبيرة من ثاني أكسيد الكبريت بالإضافة الى الكميات الناتجة من بعض المناطق الصناعية الأخرى التي تستخدم الوقود البترولي خاصة المازوت كوقود لانتاج الطاقة. وعلى الرغم من أن ثاني أكسيد الكبريت لا يصدر من السيارات التي يتم إدارتها بالبنازين (سواءً المضاف أو غير المضاف اليه الرصاص) إلا أن السيارات التي يتم إدارتها بواسطة السولار (الديزل) تنتج كمية غير قليلة من ثاني أكسيد الكبريت والتي تؤثر بصورة واضحة على التركيزات في المناطق المرورية. حيث يمثل أيضاً الحرق المكشوف للمخلفات العضوية أحد المصادر لثاني أكسيد الكبريت.

وبدراسة أعلى قراءة للمتوسط الساعي لثاني أكسيد الكبريت في محطة معمل الرصد البيئي التابعة للرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة (الساحة الشرقية بالحرم) (PME) نجد انها سجلت خلال عام ٢٠١١ نحو ٥٢,٠٠ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ١٢:٠٠ يوم ٢ نوفمبر، وفي عام ٢٠١٢ بلغت ٩٦,٠٠ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ٠٢:٠٠ يوم ٢٢ يونيو، وخلال عام ٢٠١٣ بلغت ٩٤,٠٠

ميكروجرام/متر مكعب الساعة ٢٢:٠٠ يوم ٢٨ يونيو، وعام ٢٠١٤ بلغت ٩٦,٠٠ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ٢١:٠٠ يوم ٢٩ مارس .

وفي محطة المسفلة سجلت أعلى قراءة للمتوسط الساعي لثاني أكسيد الكبريت في المسفلة خلال عام ٢٠١٢ بلغ ١٩٦,٧١ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ١٩:٠٠ يوم ١ سبتمبر، وفي عام ٢٠١٣ بلغ ٢٢٩,٨٢ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ١٧:٠٠ يوم ٢ نوفمبر، وعام ٢٠١٤ بلغ ٤٧٨,٨ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ١٦:٠٠ يوم ٢٠ يونيو.

وفي معمل الرصد البيئي بالعزيزية سجلت أعلى قراءة للمتوسط الساعي لثاني أكسيد الكبريت في العزيزية خلال عام ٢٠١٤ بمقدار ٢٢٨,٩٠٩ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ٢٠:٠٠ يوم ٥ مايو، وهي أعلى نسبة سجلت في المحطات الثلاثة .

ثاني أكسيد النيتروجين: يعتبر ثاني أكسيد النيتروجين (NO₂) واحد من أهم أكاسيد النيتروجين الموجودة في الجو ويكون مع أول أكسيد النيتروجين (NO) ما يعرف بالمجموع الكلي لأكاسيد النيتروجين (NO_x) وهما أكثر أكاسيد النيتروجين وفرة والتي يتم توليدها بواسطة الانسان في المناطق العمرانية والحضرية. وتتكون أكاسيد النيتروجين كنتاج لجميع عمليات الاحتراق التي تتم في درجات الحرارة العالية، وعلى الرغم من أن أول أكسيد النيتروجين يكون الناتج الاساسي إلا انه لا يعتبر ذو تأثير سئ على صحة الانسان نتيجة لصغر التركيزات التي يوجد بها في الهواء المحيط. وتعتبر الانبعاثات المرورية هي المصدر الأساسي لأكاسيد النيتروجين بينما تنتج بعض التركيزات الصغيرة من محطات الكهرباء وبعض المصادر الصناعية الاخرى، الا أن الانبعاثات الصادرة من محطات الكهرباء والمناطق الصناعية تكون في معظم الأحوال مرتفعة عن محطات الرصد، ويساعد ارتفاعها على سرعة إنتشار الملوثات في الجو، لذلك تعتبر الانبعاثات المرورية هي المصدر الأساسي. وسجلت أعلى قراءة للمتوسط الساعي لثاني أكسيد النيتروجين في الساحة الشرقية للحرم خلال عام ٢٠١١ بنحو ١٢٨,٠٠ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ٠٨:٠٠ يوم ١٥ نوفمبر، وفي عام ٢٠١٢ بلغ ٢٠٠,٠٠ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ٠٩:٠٠ يوم ١٨ ديسمبر، وخلال عام ٢٠١٣ بلغ ١٩٧,٠٠ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ١٠:٠٠ يوم ٢٤

ابريل، وفي عام ٢٠١٤ بلغ ١٩٧,٠٠ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ٠١:٠٠ يوم ٣٠ يونيو.

و في المسفلة سجل أعلى قراءة للمتوسط الساعي لثاني أكسيد النيتروجين خلال عام ٢٠١٢ بمقدار ٣١٩,٩٨ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ١٤:٠٠ يوم ٧ يونيو، وفي عام ٢٠١٣ بلغ ١٤٧,٢٩ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ٠٩:٠٠ يوم ١٢ يونيو، وخلال عام ٢٠١٤ بلغ ١٨٦,١٢ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ١٠:٠٠ يوم ٣٠ يونيو.

وسجل أعلى قراءة للمتوسط الساعي لثاني أكسيد النيتروجين في العزيزية خلال عام ٢٠١٤ بمقدار ٧٦,٣٥ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ١٢:٠٠ يوم ٢٤ فبراير.

أول أكسيد الكربون: المصدر الاساسي لأول أكسيد الكربون هو الانبعاثات المرورية، ولكن كمية الانبعاث تتأثر بصورة ملحوظة بسرعة السيارة وكفاءة محركها، وتكون في أعلى معدلاتها حينما تكون سرعة السيارة في أقل معدلاتها.

و في محطة الساحة الشرقية للحرم سجل أعلى قراءة للمتوسط الساعي لأول أكسيد الكربون خلال عام ٢٠١١ بمقدار ٨,٢٩ ميليجرام/متر مكعب الساعة ٠٦:٠٠ يوم ١٩ اكتوبر، وفي عام ٢٠١٢ بلغ ٦,٨٧ ميليجرام/متر مكعب الساعة ٠٧:٠٠ يوم ٢٧ فبراير، وخلال عام ٢٠١٣ سجل ٥,٥٣ ميليجرام/متر مكعب الساعة ٠٨:٠٠ يوم ١ يناير، وفي عام ٢٠١٤ بلغ ٣,٦٨ ميليجرام/متر مكعب الساعة ٠٧:٠٠ يوم ٢٢ ابريل.

وسجلت أعلى قراءة للمتوسط الساعي لأول أكسيد الكربون في المسفلة خلال عام ٢٠١٢ بمقدار ١١,٩٤ ميليجرام/متر مكعب الساعة ٠٢:٠٠ يوم ٢٦ مايو، وخلال عام ٢٠١٣ سجل ٤٥,٨٧ ميليجرام/متر مكعب الساعة ٠٤:٠٠ يوم ١٥ يوليو، وفي عام ٢٠١٤ بلغ ١٨,٣٦ ميليجرام/متر مكعب الساعة ٠٧:٠٠ يوم ١٧ مارس.

وسجلت أعلى قراءة للمتوسط الساعي لأول أكسيد الكربون في العزيزية خلال عام ٢٠١٤ بمقدار ٩,٩١ ميليجرام/متر مكعب الساعة ٠٧:٠٠ يوم ١٣ فبراير.

الأتربة الصخرية (المستنشقة): وهي الجسيمات العالقة التي حجم حبيباتها أقل من ١٠ ميكرومتر، وتم التركيز على هذه الجسيمات نظراً لخطورتها على الصحة العامة، حيث يتم إستنشاقها بصورة أكبر وتستقر في الرئتين لتسبب المتاعب الصحية بعد ذلك. وتمثل الانبعاثات المرورية أحد المصادر

الاساسية للأتربة العالقة في الجو والتي تتم إستنارتها عن طريق الرياح. كما يمثل الحرق المكشوف للمخلفات بأنواعها مصدراً هاماً من مصادر الأتربة الصخرية هذا بالإضافة الى الانبعاثات الصناعية، كما يوجد مصدر آخر للأتربة في مكة المكرمة ناتج عن الطبيعة الجافة والصحراوية لمعظم المناطق و التي تمثل مصدراً للأتربة عند هبوب الرياح و ان كانت أقل خطورة من المصادر الاخرى.

وسجلت أعلى قراءة للمتوسط الساعي للأتربة المستنشقة في الساحة الشرقية للحرم خلال عام ٢٠١١ بمقدار ٧٦٨ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ٢٤:٠٠ يوم ٢٨ اكتوبر، وفي عام ٢٠١٢ وصلت الي ٩٨٧ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ١٦:٠٠ يوم ١٤ يوليو، وفي عام ٢٠١٣ بلغت ٩٩١ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ٢٢:٠٠ يوم ١٥ ابريل، وخلال عام ٢٠١٤ بلغت ٩٥٤ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ٠١:٠٠ يوم ٤ يوليو.

و في المسفلة سجلت أعلى قراءة للمتوسط الساعي للأتربة المستنشقة خلال عام ٢٠١٢ بمقدار ٦٨٣ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ١٦:٠٠ يوم ١٠ مارس، وفي عام ٢٠١٣ بلغ ٩٨٩ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ١٧:٠٠ يوم ٢٧ مايو، وخلال عام ٢٠١٤ بلغ ٢٩١,٦ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ١٥:٠٠ يوم ١٠ مارس.

وأعلى قراءة للمتوسط الساعي للأتربة المستنشقة في العزيزية خلال عام ٢٠١٤ بلغ ٩٧٢ ميكروجرام/متر مكعب الساعة ١٦:٠٠ يوم ٢ ابريل.

دراسة حالة للتركيز الساعي للفترة من ٤ ذى الحجة الى ١٥ ذى الحجة ١٤٢٥هـ

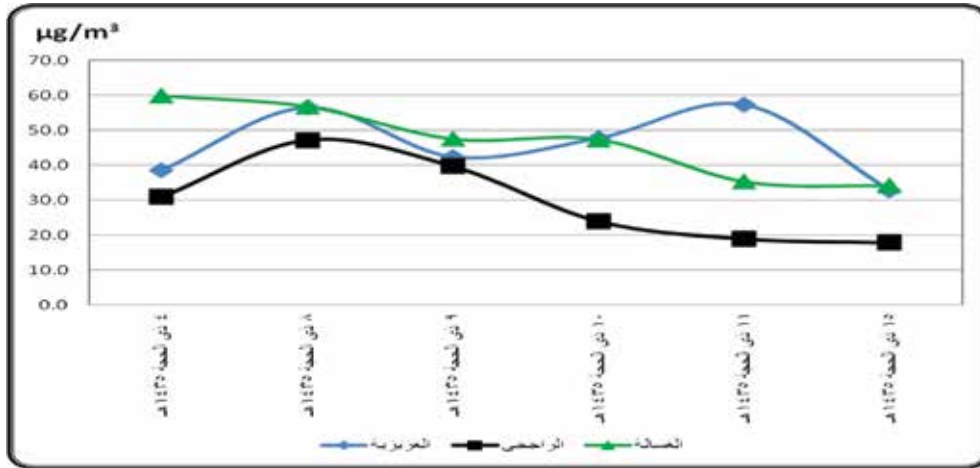
تم تجميع العينات من ثلاثة مواقع وهي العزيزية والغسالة وجوار مسجد الراجحي خلال الفترة من ٤ ذى الحجة الى ١٥ ذى الحجة ١٤٢٥هـ (٢٨ سبتمبر الى ٩ أكتوبر ٢٠١٤م) ومن خلالها يتضح أن تركيزات ثاني اكسيد الكبريت (SO₂) في العزيزية تراوحت بين ٢٢,٨ - ٥٧,٣ ميكروجرام/متر مكعب، بمتوسط تركيز ٤٥,٩ ميكروجرام/متر مكعب. وفي الغسالة ٢٤,٠ - ٥٩,٨ ميكروجرام/متر مكعب، بمتوسط تركيز ٤٦,٨ ميكروجرام/متر مكعب. بجوار مسجد الراجحي ١٧,٩ - ٤٧,١ ميكروجرام/متر مكعب، بمتوسط تركيز ٢٩,٧ ميكروجرام/متر مكعب، وجميعها أقل من الخدود المسموح بها.

د . خالد بن عبد الرحمن بن احمد الغامدي
د . تركي بن محمد بن عبد الكريم حبيب الله
أ . د . مسعد سلامة مسعد مندور

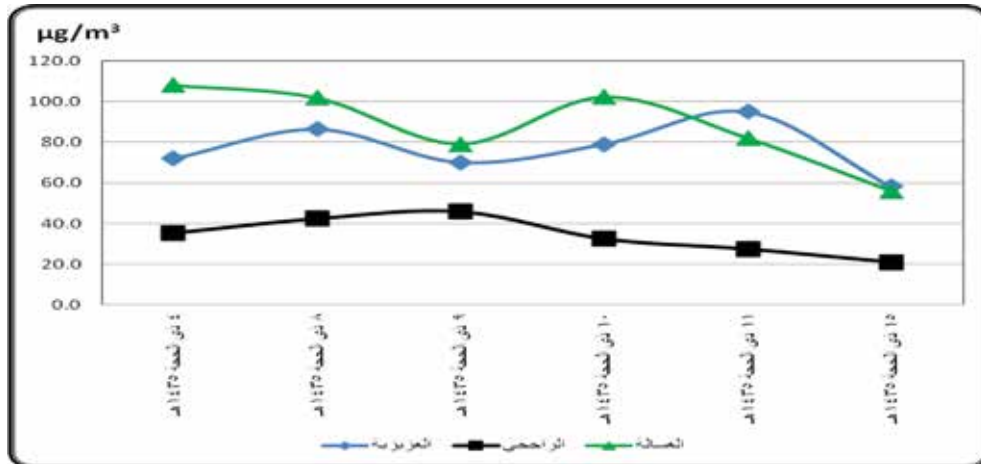
الرياح وجودة الهواء في مدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة دراسة في المناخ التطبيقي باستخدام تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية

تركيز ٨٨,٢ ميكروجرام/متر مكعب. بجوار مسجد
الراجحي ٢١,٠ - ٤٥,٩ ميكروجرام/متر مكعب ، بمتوسط
تركيز ٣٤,١ ميكروجرام/متر مكعب.
ومن خلال شكل (٤) يتبين أن تركيزات ثاني أكسيد
النيتروجين متفاوتة على مدار فترة القياس. ويمكن تفسير
هذه البيانات بأنها مرتبطة بالنشاط السكاني في مواقع
القياس، حيث ان العريزية تتسم في هذه الفترة بالإزدحام
المروري وكثرة حركة الحجاج بداية من يوم ٨ ذى الحجة
بينما بجوار مسجد الراجحي نجد ان الكثافة المرورية هي
العامل السائد اضافة الى حركة الحجاج يومي ٨ و ٩ ذى
الحجة متجهين من والى عرفات. لكن في موقع الغسالة نجد
ان حركة السكان المرورية هي السائدة اضافة الى حركة
الباصات المتجهه من والى الحرم المكي الشريف. كما توضح
نتائج القياس إرتفاع ملحوظ في التركيزات في يوم ١٠ ذى
الحجة.

ومن خلال شكل (٣) يتبين أن تركيزات ثاني أكسيد
الكبريت متفاوتة على مدار فترة القياس. ويمكن تفسير هذه
البيانات بأنها مرتبطة بالنشاط السكاني في مواقع القياس،
حيث ان العريزية تتسم في هذه الفترة بالإزدحام المروري
وكثرة حركة الحجاج بداية من يوم ٨ ذى الحجة بينما بجوار
مسجد الراجحي نجد ان الكثافة المرورية هي العامل السائد
اضافة الى حركة الحجاج يومي ٨ و ٩ ذى الحجة متجهين من
والى عرفات. لكن في موقع الغسالة نجد ان حركة السكان
المرورية هي السائدة اضافة الى حركة الباصات المتجهه من
والى الحرم المكي الشريف. كما توضح نتائج القياس إرتفاع
ملحوظ في التركيزات في يوم ١٠ ذى الحجة.
ثاني اكسيد النيتروجين (NO_2): تراوحت التركيزات
بين ٥٨,٢ - ٩٥,٠ ميكروجرام/متر مكعب في العريزية،
بمتوسط تركيز ٧٦,٩ ميكروجرام/متر مكعب. في
الغسالة ٥٦,٠ - ١٠٨,١ ميكروجرام/متر مكعب ، بمتوسط



شكل (٣) المتوسط اليومي لتركيزات ثاني أكسيد الكبريت خلال الفترة
من ٤ ذى الحجة الى ١٥ ذى الحجة ١٤٣٥ هـ.



شكل (٤) المتوسط اليومي لتركيزات ثاني أكسيد النيتروجين خلال الفترة
من ٤ ذى الحجة الى ١٥ ذى الحجة ١٤٣٥ هـ.

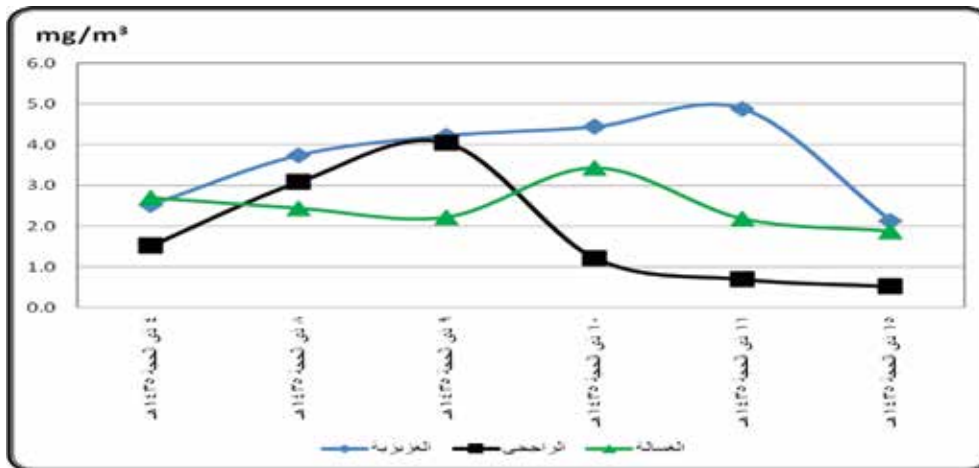
والى الحرم المكي الشريف. كما توضح نتائج القياس إرتفاع ملحوظ في التركيزات في يوم ١٠ ذى الحجة.

الأترية الصدرية المستنشقة (PM10): تراوحت التركيزات في العريزية بين ١٦٦,٧ - ٢٦٦,٧ ميكروجرام/متر مكعب ، بمتوسط تركيز ٢١٦,٧ ميكروجرام/متر مكعب. وفي الفسالة ١٧٥,٠ - ٢٧٥,٠ ميكروجرام/متر مكعب ، بمتوسط تركيز ٢٢٠,٦ ميكروجرام/متر مكعب. و بجوار مسجد الراجحي ٦٦,٧ - ٢٠٨,٢ ميكروجرام/متر مكعب ، بمتوسط تركيز ١٣٤,٧ ميكروجرام/متر مكعب، والحد الذي نص عليه قانون حماية البيئة كقيمة قصوي للمتوسط كل ٢٤ ساعة (٢٤٠ ميكروجرام لكل متر مكعب) للأترية المستنشقة (الصدرية) ولم يتم تعديده.

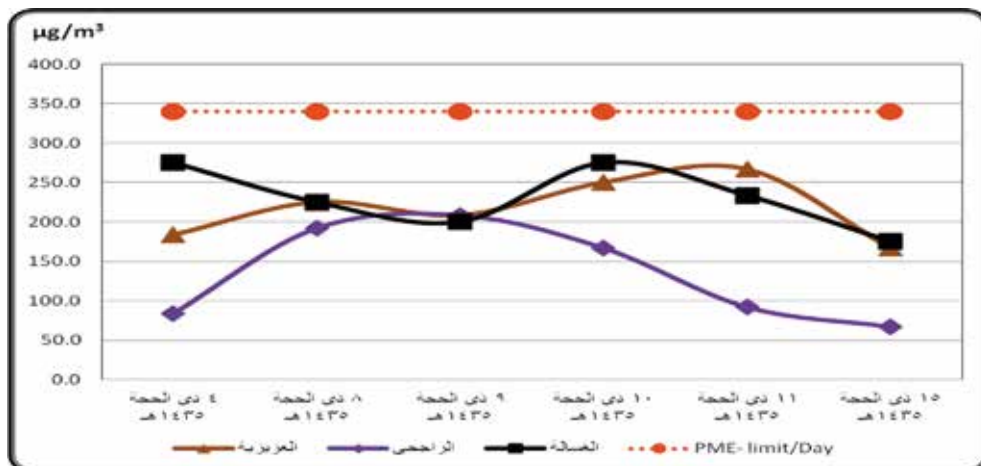
ومن خلال شكل (٦) يتبين أن تركيزات الأترية المستنشقة متفاوتة على مدار فترة القياس. ويمكن تفسير هذه البيانات بأنها مرتبطة بالنشاط السكاني في مواقع القياس، حيث

أول أكسيد الكربون (CO): تراوحت التركيزات بين ٢,١ - ٤,٩ ميلليجرام/متر مكعب في العريزية ، بمتوسط تركيز ٣,٩ ميلليجرام/متر مكعب. وفي الفسالة ١,٩ - ٣,٤ ميلليجرام/متر مكعب، بمتوسط تركيز ٢,٤ ميلليجرام/متر مكعب. و بجوار مسجد الراجحي ٠,٥ - ٤,٠ ميلليجرام/متر مكعب ، بمتوسط تركيز ١,٩ ميلليجرام/متر مكعب.

ومن خلال شكل (٥) يتبين أن تركيزات أول أكسيد الكربون متفاوتة على مدار فترة القياس. ويمكن تفسير هذه البيانات بأنها مرتبطة بالنشاط السكاني في مواقع القياس، حيث ان العريزية تنسم في هذه الفترة بالإزدحام المروري وكثرة حركة الحجاج بداية من يوم ٨ ذى الحجة بينما بجوار مسجد الراجحي نجد ان الكثافة المروية هي العامل السائد اضافة الى حركة الحجاج يومى ٨ و ٩ ذى الحجة متجهين من والى عرفات. لكن في موقع الفسالة نجد ان حركة السكان المروية هي السائدة اضافة الى حركة الباصات المتجهه من



شكل (٥) المتوسط اليومي لتركيزات أول أكسيد الكربون خلال الفترة من ٤ ذى الحجة الى ١٥ ذى الحجة ١٤٣٥ هـ.



شكل (٦) المتوسط اليومي لتركيزات الأترية المستنشقة خلال الفترة من ٤ ذى الحجة الى ١٥ ذى الحجة ١٤٣٥ هـ.

مكعب في يوم ٢٩ ديسمبر، وخلال عام ٢٠١٣ بلغ ٩٦,٩٢ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ٩ يونيو، وفي عام ٢٠١٤ بلغ ٩٩,٣٢ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ٢١ ابريل. وسجلت أعلى قراءة للمتوسط اليومي لثاني أكسيد النيتروجين في المسفلة خلال عام ٢٠١٢ بمقدار ١٦,٩٤ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ١ ابريل، وفي عام ٢٠١٣ بلغ ٧١,٨١ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ١٣ فبراير، وخلال عام ٢٠١٤ بلغ ١٢٦,٥١ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ٥ ابريل.

وسجلت أعلى قراءة للمتوسط اليومي لثاني أكسيد النيتروجين في العزيزية خلال عام ٢٠١٤ بمقدار ٢٥,٣٦ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ٢ يناير.

أول أكسيد الكربون: سجلت أعلى قراءة للمتوسط اليومي لأول أكسيد الكربون في الساحة الشرقية للحرم خلال عام ٢٠١١ بمقدار ٥٥,٢ ميليجرام/متر مكعب في يوم ١٩ اكتوبر، وفي عام ٢٠١٢ بلغ ٠,٢ ميليجرام/متر مكعب في يوم ١ ابريل، وخلال عام ٢٠١٣ بلغ ١١,٢ ميليجرام/متر مكعب في يوم ٨ ابريل، وفي عام ٢٠١٤ سجل ٦١,٢ ميليجرام/متر مكعب في يوم ٤ يونيو.

وسجل أعلى قراءة للمتوسط اليومي لأول أكسيد الكربون في المسفلة خلال عام ٢٠١٢ بمقدار ٥٥,٢ ميليجرام/متر مكعب في يوم ١٢ اغسطس، وخلال عام ٢٠١٣ بلغ ٨٨,١٩ ميليجرام/متر مكعب في يوم ٢٨ يوليو، وفي عام ٢٠١٤ بلغ ٤٥,٤ ميليجرام/متر مكعب في يوم ١٧ مارس.

وسجل أعلى قراءة للمتوسط اليومي لأول أكسيد الكربون في العزيزية خلال عام ٢٠١٤ بمقدار ٠١,٢ ميليجرام/متر مكعب في يوم ٢١ يناير.

والحد الذي نص عليه قانون حماية البيئة كقيمة قصوي للمتوسط كل ٢٤ ساعة (لا يوجد حد أقصى مسموح به وارد في القانون ولائحته التنفيذية) لأول أكسيد الكربون.

الأترية الصدرية (المستنشقة): سجلت أعلى قراءة للمتوسط اليومي للأترية المستنشقة في الساحة الشرقية للحرم خلال عام ٢٠١١ بمقدار ٩٢,١٨٩ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ٢٧ اكتوبر، وفي عام ٢٠١٢ بلغ ٩٦,٧٣٤ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ٢٢ مارس، وخلال عام ٢٠١٣ سجل ٦٧,٥٥٧ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ١٥ ابريل، وخلال عام ٢٠١٤ بلغ ٥,٢٩٧ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ٤ يوليو.

ان العزيزية تتسم في هذه الفترة بالإزدحام المروري وكثرة حركة الحجاج بداية من يوم ٨ ذى الحجة بينما بجوار مسجد الراجحي نجد ان الكثافة المرورية هي العامل السائد اضافة الى حركة الحجاج يومي ٨ و ٩ ذى الحجة متجهين من والى عرفات. لكن في موقع الغسالة نجد ان حركة السكان المرورية هي السائدة اضافة الى حركة الباصات المتجهه من والى الحرم المكي الشريف. ويتفق هذا التفسير مع تركيبات غازات ثاني أكسيد الكبريت وثاني اكسيد النتروجين واول أكسيد الكربون والتي توضح إرتفاع ملحوظ في التركيزات في يوم ١٠ ذى الحجة.

ب - المتوسط اليومي لتركيز الملوثات

هو متوسط تركيز الملوثات في الهواء لكل يوم (٢٤ ساعة)، وتم حسابها بتجميع المتوسطات الساعية وقسمتها علي عدد ساعات اليوم، وأهم النتائج التي خلصت لها المتوسطات لكل ملوث هي

ثاني أكسيد الكبريت: سجلت أعلى قراءة للمتوسط اليومي لثاني أكسيد الكبريت في الساحة الشرقية للحرم خلال عام ٢٠١١ : ٠٠,٣٦ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ٢٥ اكتوبر وفي عام ٢٠١٢ : ١٧,٤٧ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ٢٩ يناير، وخلال عام ٢٠١٣ بلغ ٨٣,١٨ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ٨ ابريل، وفي عام ٢٠١٤ بلغ ٧١,٤٨ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ٣ يوليو.

في العزيزية سجلت أعلى قراءة للمتوسط اليومي لثاني أكسيد الكبريت خلال عام ٢٠١٤ بمقدار ٧٢,٦٨ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ٢٨ ابريل.

وسجلت أعلى قراءة للمتوسط اليومي لثاني أكسيد الكبريت في المسفلة خلال عام ٢٠١٢ بمقدار ٦,٥٧ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ٢٤ اغسطس، وفي عام ٢٠١٣ بلغ ١٥,٥٧ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ١٩ مارس، وفي عام ٢٠١٤ بلغ ٣٨,١١٦ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ٢٦ ابريل.

والحد الذي نص عليه قانون حماية البيئة كقيمة قصوي للمتوسط كل ٢٤ ساعة (لا يوجد حد أقصى مسموح به وارد في القانون ولائحته التنفيذية) لثاني أكسيد الكربون.

ثاني أكسيد النيتروجين: سجلت أعلى قراءة للمتوسط اليومي لثاني أكسيد النيتروجين في الساحة الشرقية للحرم خلال عام ٢٠١١ بنحو ٥,٤٩ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ٩ نوفمبر، وفي عام ٢٠١٢ بلغ ٥,٩٢ ميكروجرام/متر

جدول (١٢) المتوسط الشهري ثاني أكسيد الكبريت (SO₂) بمحطة الرصد البيئي بالساحة الشرقية بالحرم ومعمل المسفلة والعزيرية خلال الفترة من (٢٠١١ - ٢٠١٤).

year	Month	محطة الرصد البيئي الحرم $\mu\text{g}/\text{m}^3$	معمل الرصد البيئي المسفلة $\mu\text{g}/\text{m}^3$	معمل الرصد البيئي العزيرية $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2011	10	1.13		
	11	0.98		
2012	1	0.94	14.1	
	2	0.78	9.9	
	3	0.99	8.7	
	4	1.16	17.0	
	5	1.16	18.0	
	6	1.19	11.3	
	7	0.95	16.2	
	8	-	18.0	
	9	-	17.6	
	10	-	12.4	
	11	-	12.4	
	12	0.99	9.8	
2013	1	0.39	9.2	
	2	0.87	13.7	
	3	0.38	25.8	
	4	0.89	9.9	
	5	1.12	15.0	
	6	1.1	8.8	
	7	0.4	10.4	
	8	-	7.9	
	9	-	11.4	
	10	-	20.6	
	11	-	8.6	
	12	-	11.4	
2014	1	0.91	15.4	7.8
	2	1.4	18.9	8.3
	3	1.12	39.6	15.8
	4	1.32	61.5	21.9
	5	1.3	37.8	20.8
	6	1.59	38.1	10.8
	7	0.25	28.1	0.0

سجلت أعلى قراءة للمتوسط اليومي للأتربة المستنشقة في المسفلة خلال عام ٢٠١٢ نحو ٢٦٣,٦٦ ميكروجرام/ متر مكعب في يوم ٣١ ديسمبر، وفي عام ٢٠١٣ بلغ ٤٧٨,٧٣ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ٥ يونيو، وخلال عام ٢٠١٤ بلغ ٩٧,١٨ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ٤ مايو. وسجل أعلى قراءة للمتوسط اليومي للأتربة المستنشقة في العزيرية خلال عام ٢٠١٤ بمقدار ٥١٨,٧١ ميكروجرام/متر مكعب في يوم ١٢ ابريل.

والحد الذي نص عليه قانون حماية البيئة كقيمة قصوي للمتوسط كل ٢٤ ساعة (٣٤٠ ميكروجرام لكل متر مكعب) للأتربة المستنشقة (الصدرية) وقد تم تعديده في بعض الأيام في المحطات الثلاثة.

ج - المتوسط الشهري لتركيز الملوثات

تم حساب المتوسطات الشهرية لكل الملوثات الجوية في المحطات الثلاثة والموضحة في جداول (١٢ و ١٣ و ١٤) وفيما يلي تناول أهم خصائص هذه المتوسطات

ثاني أكسيد الكبريت : من خلال جدول (١٢) يتضح أن أعلى قراءة للمتوسط الشهري لثاني أكسيد الكبريت في الساحة الشرقية للحرم سجلت فيعام ٢٠١١ بمقدار ٢٩,٦٨ ميكروجرام/متر مكعب في شهر اكتوبر، وفيعام ٢٠١٢ نحو ٢٤,٥٩ ميكروجرام/متر مكعب في شهر يناير، وفي عام ٢٠١٣ نحو ٩,٣ ميكروجرام/متر مكعب في شهر ابريل، وفي عام ٢٠١٤ نحو ٢٧,٢٧ ميكروجرام/متر مكعب في شهر مارس.

وفي المسفلة سجلت أعلى قراءة للمتوسط الشهري لثاني أكسيد الكبريت خلال عام ٢٠١٢ نحو ١٧,٩٩ ميكروجرام/متر مكعب في شهر مايو، وفي عام ٢٠١٣ نحو ٢٥,٧٩ ميكروجرام/متر مكعب في شهر مارس، وفيعام ٢٠١٤ نحو ٦١,٤٩ ميكروجرام/متر مكعب في شهر ابريل. وفي العزيرية سجلت أعلى قراءة للمتوسط الشهري لثاني أكسيد الكبريت خلال عام ٢٠١٤ بمقدار ٢١,٨٧ ميكروجرام/متر مكعب في شهر ابريل.

الأتربة الصخرية (المستنشقة):

سجلت أعلى قراءة للمتوسط الشهري للأتربة المستنشقة في الساحة الشرقية للحرم خلال عام ٢٠١١ : ١٢٤,٦٦ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر أكتوبر، وفي عام ٢٠١٢ : ٢٥٣,٧٥ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر مارس، وفي عام ٢٠١٣ : ٢٤٧,١٥ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر يناير، وفي عام ٢٠١٤ : ١١٧,٧٧ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر يناير، جدول (١٥).

وبالمسئلة سجلت أعلى قراءة للمتوسط الشهري للأتربة المستنشقة خلال عام ٢٠١٢ : ١٨٠,٥٩ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر اغسطس، وفي عام ٢٠١٣ : ٢٥٧,٤٦ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر مارس، وفي عام ٢٠١٤ : ٣٥,٢٨ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر مارس.

وفي العزيزية سجلت أعلى قراءة للمتوسط الشهري للأتربة المستنشقة خلال عام ٢٠١٤ : ١٨٨,٢٦ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر ابريل.

ثاني أكسيد النيتروجين: سجلت أعلى قراءة للمتوسط الشهري لثاني أكسيد النيتروجين في الساحة الشرقية للحرم خلال عام ٢٠١١ : ٢٧,١٥ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر أكتوبر، وفي عام ٢٠١٢ : ٥٣,٥٧ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر يونيو، وفي عام ٢٠١٣ : ٦٦,١٨ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر يونيو، وفي عام ٢٠١٤ : ٧٣,٩٤ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر يونيو. وفي المسئلة سجلت أعلى قراءة للمتوسط الشهري لثاني أكسيد النيتروجين خلال عام ٢٠١٢ : ٥٩,٢٢ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر ابريل، وفي عام ٢٠١٣ : ٤٢,٧٣ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر فبراير، وفي عام ٢٠١٤ : ٨٧,٢٦ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر مايو، جدول (١٢).

وفي محطة الرصد البيئي بالعزيزية سجلت أعلى قراءة للمتوسط الشهري لثاني أكسيد النيتروجين عام ٢٠١٤ : ١٧,٥٩ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر يناير.

أول أكسيد الكربون: سجل أعلى قراءة للمتوسط الشهري لأول أكسيد الكربون في الساحة الشرقية للحرم خلال عام ٢٠١١ : ١,١٣ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر أكتوبر، وفي عام ٢٠١٢ : ١,١٩ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر يونيو، وفي عام ٢٠١٣ : ١,١٢ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر مايو، وفي عام ٢٠١٤ : ١,٥٩ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر يونيو.

وبالمسئلة سجلت أعلى قراءة للمتوسط الشهري لأول أكسيد الكربون خلال عام ٢٠١٢ : ١,٨٨ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر اغسطس، وفي عام ٢٠١٣ : ٨,٤٣ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر يوليو، وفي عام ٢٠١٤ : ٢,٥٧ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر يناير.

وفي العزيزية سجلت أعلى قراءة للمتوسط الشهري لأول أكسيد الكربون خلال عام ٢٠١٤ : ٠,٩٩ : ميكروجرام/متر مكعب في شهر يناير.

جدول (١٢) المتوسط الشهري لتركيزات أكاسيد النيتروجين بمحطة الرصد البيئي بالساحة الشرقية بالحرم ومعمل المسفلة والعزيرية خلال الفترة من (٢٠١١ - ٢٠١٤).

year	Month	محطة الرصد البيئي الحرم			معمل الرصد البيئي المسفلة			معمل الرصد البيئي العزيرية		
		NO ₂ µg/m ³	NO µg/m ³	NOX µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	NO µg/m ³	NOX µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	NO µg/m ³	NOX µg/m ³
2011	10	29.68	37.15	33.79						
	11	18.85	25.63	25.73						
2012	1	24.59	3.73	27.68	58.7	58.8	117.4			
	2	3.78	3.46	31.49	47.2	81.1	128.3			
	3	5.61	33.77	33.2	38.8	54.5	93.3			
	4	14.35	52.2	5.31	59.2	75.4	72.9			
	5	14.35	52.2	5.31	50.1	36.6	86.7			
	6	14.64	53.57	51.62	39.9	45.7	51.1			
	7	13.53	42.31	35.88	51.3	42.6	55.8			
	8	-	-	-	45.6	50.2	57.9			
	9	-	-	-	42.3	35.4	46.2			
	10	-	-	-	52.0	10.7	44.7			
	11	-	-	-	52.0	10.7	44.7			
	12	17.47	33.8	32.93	40.8	44.0	85.9			
2013	1	5.25	54.2	52.63	42.2	48.7	94.3			
	2	6.6	49.71	38.53	43.7	57.6	108.4			
	3	4.7	32.39	36.56	28.5	47.4	77.5			
	4	9.3	58.9	63.21	30.3	15.0	45.4			
	5	5.32	6.99	69.82	28.7	14.7	43.5			
	6	2.2	66.18	29.56	31.7	17.8	49.5			
	7	0.49	2.24	0.76	39.9	50.3	0.6			
	8	-	-	-	26.2	5.5	5.5			
	9	-	-	-	35.6	9.8	9.8			
	10	-	-	-	38.5	40.2	78.6			
	11	-	-	-	23.7	14.0	14.0			
	12	-	-	-	30.7	15.3	15.3			
2014	1	11.22	35.79	33.77	71.1	0.1	0.1	17.6	23.6	24.2
	2	22.99	49.46	49.6	81.3	0.1	0.1	10.7	9.5	11.9
	3	27.27	53.59	59.43	76.3	0.0	0.0	15.7	11.7	16.0
	4	21.6	69.18	73.51	74.6	0.0	0.0	6.4	13.0	11.5
	5	2.92	72.23	69.11	87.3	0.0	0.0	9.7	13.8	13.2
	6	2.83	73.94	73.96	86.0	0.0	0.0	12.8	18.5	17.5
	7	3.53	12.98	16.73	83.3	0.0	0.0	12.9	21.1	19.2

جدول (١٤) المتوسط الشهري أول أكسيد الكربون بمحطة الرصد البيئي بالساحة الشرقية بالحرم ومعمل المسفلة والعزيرية خلال الفترة من (٢٠١١ - ٢٠١٤).

year	Month	محطة الرصد البيئي م ^٣ μg/m ^٣ الحر	معمل الرصد البيئي المسفلة μg/m ³	معمل الرصد البيئي العزيرية μg/m ³
2011	10	9.14		
	11	8.94		
2012	1	7.38	0.9	
	2	1.34	1.2	
	3	1.77	0.9	
	4	16.16	1.5	
	5	16.16	1.3	
	6	15.96	1.6	
	7	8.2	1.5	
	8	-	1.9	
	9	-	1.5	
	10	-	1.2	
	11	-	1.2	
	12	1.23	1.2	
2013	1	16.22	1.1	
	2	2.44	1.0	
	3	15.1	0.5	
	4	23.89	0.4	
	5	28.12	0.5	
	6	63.1	0.5	
	7	2.2	8.4	
	8	-	0.5	
	9	-	0.7	
	10	-	1.0	
	11	-	0.8	
	12	-	0.8	
2014	1	13.96	2.6	1.0
	2	16.65	2.2	0.8
	3	24.5	2.3	0.6
	4	27.4	2.4	0.6
	5	21.78	2.1	0.6
	6	24.4	1.9	0.6
	7	6.33	1.7	0.7

جدول (١٥) المتوسط الشهري لتركز الأتربة الصخرية بمحطة الرصد البيئي بالساحة الشرقية بالحرم ومعمل المسفلة والعزيزية خلال الفترة من (٢٠١١ - ٢٠١٤).

year	Month	محطة الرصد البيئي الحر $\mu\text{g}/\text{m}^3$	معمل الرصد البيئي المسفلة $\mu\text{g}/\text{m}^3$	معمل الرصد البيئي العزيزية $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2011	10	124.66		
	11	63.97		
2012	1	71.81	0.0	
	2	215.22	0.0	
	3	253.75	0.0	
	4	19.46	0.0	
	5	19.46	0.0	
	6	29.33	0.0	
	7	126.5	0.0	
	8	-	0.0	
	9	-	0.0	
	10	-	180.6	
	11	-	151.5	
	12	78.93	170.2	
2013	1	247.15	253.0	
	2	75.83	235.9	
	3	132.95	257.5	
	4	189.81	181.4	
	5	-	205.1	
	6	-	180.1	
	7	-	161.5	
	8	-	143.5	
	9	-	196.3	
	10	-	164.8	
	11	-	118.3	
	12	-	131.6	
2014	1	117.77	25.5	110.5
	2	-	28.5	106.1
	3	-	35.3	165.4
	4	-	35.3	188.3
	5	-	30.7	179.8
	6	-	32.1	177.2
	7	21.9	28.8	62.1

ثالثاً: جودة الهواء في مدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة:
الملوثات الجوية لها تأثير كبير ومباشر على الصحة العامة والمنشآت والتي يمكن من خلالها متابعة تركيزاتها لتقييم نوعية الهواء وجودته، وتحديد جودة الهواء في مدينة مكة المكرمة يعتمد على مقارنة قيم الحدود العليا (أعلى قراءة) للملوثات الهوائية في المحطات الثلاثة (الساحة الشرقية للحرم المكي- السفلة- العزيزية) بالقيم المحددة في قانون حماية البيئة والمسجلة في النظام العام للبيئة

واللائحة التنفيذية للرئاسة العامة للأرصاد الجوية وحماية البيئة استناداً الى الأمر السامي رقم ٧/م/٨٩٠٣ بتاريخ ٢١/٤/١٤٠١هـ والذي أسند مهمة مكافحة التلوث وحماية البيئة للرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة وفق الترتيب الوارد في قرار اللجنة العليا للأصلاح الإداري رقم ٨٦ وبتاريخ ٢٠/٨/١٣٩٩هـ، جدول (١٦) ،، وبيانات المواصفات القياسية لمنظمة الصحة العالمية ودول الاتحاد الأوروبي والواردة في جدول (١٧).

جدول (١٦) الحدود المسموح بها في قانون حماية البيئة واللائحة التنفيذية بالرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة.

الملوثات	الحد المسموح به (ميكروجم/م ^٣)	أقصى فترة للتعرض
ثاني أكسيد الكبريت (SO ₂)	٧٣٠	ساعة
	٣٦٥	٢٤ ساعة
	٨٥	سنوياً
ثاني أكسيد النيتروجين (NO ₂)	٦٦٠	ساعة
	----	٢٤ ساعة
	١٠٠	سنوياً
الأوزون (O ₃)	٢٩٥	ساعة
أول أكسيد الكربون (CO)	٤٠ مللي جرام لكل م ^٣	ساعة
	١٠ مللي جرام لكل م ^٣	٨ ساعات
الجسيمات العالقة أقل من ١٠ ميكرو متر (PM ₁₀)	٣٤٠	٢٤ ساعة
	٨٠	سنوياً
كبريتيد الهيدروجين (H ₂ S)	٤٠	ساعة
	٤٠	٢٤ ساعة

المصدر: الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة ، ١٤٢٢هـ

جدول (١٧) الحدود المسموح بها في قانون حماية البيئة واللائحة التنفيذية بالرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة.

الملوثات	الحد المسموح به		
	WHO, 2005	مصر	الاتحاد الأوروبي
ثاني أكسيد الكبريت (SO ₂) (ميكروجم/م ^٣)	-	٢٥٠	٢٥٠
	٢٠	١٥٠	١٢٥
	-	٦٠	-
ثاني أكسيد النيتروجين (NO ₂) (ميكروجم/م ^٣)	٢٠٠	٤٠٠	٢٠٠
	٤٠	١٥٠	-
	-	-	٤٠
أول أكسيد الكربون (CO) (ميليغرام/متر مكعب)	-	٢٠	-
	-	١٠	١٠
	٥٠	١٥٠	٥٠
١٠ ميكرو متر (PM ₁₀) (ميكروجم/م ^٣)	٢٠	-	٤٠

WB, 2007; WHO, 2005, EU, 2010
قانون البيئة المصري (٢٠٠٩)

ومن خلال مقارنة أعلى قراءة في المتوسط الساعي لتركيز الملوثات في الهواء والتي تم دراستها سابقاً والحدود المسموح بها في الجدولين السابقين يتضح الآتي:

- أن أعلى قراءة ساعية لثاني أكسيد الكبريت في الساحة الشرقية بالحرم المكي بلغ ٢٦ ميكرو جرام/م^٣ عام ٢٠١٢، وفي المسفلة بلغت أعلى قراءة ٤٧٨,٨ ميكرو جرام/م^٣ عام ٢٠١٤، وأعلى قراءة في معمل الرصد البيئي بالعزيرية بلغت ٢٢٢,٩ ميكرو جرام/م^٣ عام ٢٠١٤، وبمقارنتها بالحدود المسموح بها والبالغة ٧٣٠ ميكرو جرام/م^٣ يتضح أنها قيم منخفضة عن المسموح به، مما يشير إلى عدم تلوث الهواء بثاني أكسيد الكبريت، ومعظم القيم المسجلة أقل من الحد المسموح به في الاتحاد الأوروبي بمدينة مكة المكرمة. بل إن أعلى قيم وهي محدودة للغاية قريبة جداً من الحد المسموح به في الاتحاد الأوروبي.

- بلغ أعلى قراءة للمتوسط الساعي لثاني أكسيد النيتروجين في العزيرية ٧٦,٣٥ ميكرو جرام/م^٣ في عام ٢٠١٤، وفي المسفلة ٣١٩,٩ ميكرو جرام/م^٣، وفي الساحة الشرقية للحرم ٢٠٠ ميكرو جرام/م^٣، وجميعها أقل من الحدود المسموح بها والبالغة ٦٦٠ ميكرو جرام/م^٣ مما يدل على انخفاض تركيز هذا الملوث في هواء مدينة مكة المكرمة.

- سجلت أعلى قراءة للمتوسط الساعي لأول أكسيد الكربون في العزيرية خلال عام ٢٠١٤ بنحو ٩,٩ ميللجرام/م^٣، وفي المسفلة بلغت أعلى قراءة ٤٥,٨ ميللجرام/م^٣ في عام ٢٠١٢، وفي الساحة الشرقية للحرم بلغت أعلى قراءة ساعية ٨,٢٩ ميللجرام/م^٣ في عام ٢٠١١، والحد الذي نص عليه قانون حماية البيئة كقيمة قصوى للمتوسط الساعي ٤٠ ملليجرام/م^٣، ويدل ذلك على انخفاض هذا العنصر في هواء مدينة مكة المكرمة فيما عدا القراءة الوحيدة في المسفلة بالرغم من أن جميع القراءات أقل من الحد المسموح به وأقل من الحدود في مصر والاتحاد الأوروبي.

- سجلت أعلى قراءة للأتربة المستنشقة في العزيرية بمقدار ٩٧٢ ميكرو جرام/م^٣ عام ٢٠١٤، وفي المسفلة بلغت أعلى قراءة ٩٨٩ ميكرو جرام/م^٣ عام ٢٠١٢، وفي الساحة الشرقية ٩٨٧ ميكرو جرام/م^٣ عام ٢٠١٢، ولا يوجد حد أقصى نص عليه قانون حماية البيئة كقيمة ساعية قصوى.

- من خلال مقارنة جداولي (١٦-١٧) والموضحان لنسب المتوسطات السنوية للحدود المسموح بها في قانون النسبة

تتضح أن النسب السنوية لكل من ثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد النيتروجين في المحطات الثلاثة (الساحة الشرقية - العزيرية - المسفلة) أقل من الحد المسموح بها بصورة واضحة إذ بلغت النسب السنوية لثاني أكسيد الكبريت في محطة العزيرية والمسفلة والساحة الشرقية ١٢,٥ و ٢٣,٠ و ٧,٧ ميكرو جرام/م^٣ على الترتيب في حين أن المعدل المسموح به هو ٨٥ ميكرو جرام/م^٣. كما بلغت نسب ثاني أكسيد النيتروجين في المحطات الثلاثة الساحة الشرقية والمسفلة والعزيرية ٥,٧ و ٢,٢ و ١٢,٢ ميكرو جرام/م^٣ على الترتيب، والنسبة المسموح بها هي ١٠٠ ميكرو جرام/م^٣.

- أظهرت نتائج وقياسات المتوسط اليومي لثاني أكسيد الكبريت أن جميعها أقل من الحد المسموح به والذي نص عليه قانون حماية البيئة كقيمة قصوى (٣٦٥ ميكرو جرام/م^٣) بالمحطات الثلاثة في الساحة الشرقية للحرم المكي والعزيرية والمسفلة، ولذا فإن الهواء غير ملوث في مكة المكرمة بثاني أكسيد الكبريت بل إن المتوسطات اليومية منخفضة جداً عن الحد المسموح به.

- لا يوجد حد أقصى مسموح به ووارد في القانون ولا تحت التنفيذ لنسب المتوسطات اليومية لكل من ثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون، ولهذا فإن نسبهما في المحطات الثلاثة لا تشكل مشكلة تذكر.

- سجل بعض المتوسطات اليومية للأتربة الصخرية نسبة مرتفعة في المحطات الثلاثة، حيث نص القانون على قيمة ٢٤٠ ميكرو جرام/م^٣ بأنها القيمة القصوى للمتوسط لكل ٢٤ ساعة، وكانت محطة الساحة الشرقية بالحرم المكي هي الأكثر ارتفاعاً في عام ٢٠١٢م إذ سجلت أعلى قيمة يوم ٢٢ مارس من عام ٢٠١٢ بمقدار ٧٣٤,٩ ميكرو جرام/م^٣، وسجلت أعلى قيمة في محطة العزيرية يوم ٢١ أبريل من عام ٢٠١٤ بمقدار ٥١٨,٧ ميكرو جرام/م^٣، وبلغت أقل قيمة في المسفلة يوم ٥ يونيو عام ٢٠١٢ بمقدار ٤٧٨,٢ ميكرو جرام/م^٣، ويرتبط ارتفاع نسب الأتربة الصخرية بأعمال الإنشاء والتوسعة في الحرم المكي وفي إنشاء البنية الأساسية للقطار في مدينة مكة فضلاً عن أعمال الإنشاءات العمرانية المتسارعة في المدينة.

- أظهرت المعدلات السنوية للجسيمات العالقة الأقل من ١٠ ميكرومتر ارتفاعها في المحطات الثلاثة عن الحد المسموح

د . خالد بن عبد الرحمن بن احمد الغامدي
د. تركي بن محمد بن عبد الكريم حبيب الله
أ.د. مسعد سلامة مسعد مندور

الرياح وجودة الهواء في مدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة
دراسة في المناخ التطبيقي باستخدام تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية

حين أن سرعة الرياح السريعة ينجم عنها تشتت وانتشار الملوثات بل تؤدي إلى نقلها من مكان لآخر ولهذا جاءت نسب الملوثات في المحطات نظر لإنخفاض سرعة الرياح بمكة المكرمة بصفة عامة.

والعلاقة بين سرعة الرياح والأترية المستنشقة طردية ويعني ذلك أنه كلما زادت سرعة الرياح كلما ارتفعت نسبة الأترية في الهواء الجوي والعكس صحيح، الأ أن الوضع هنا مختلف نظرا لانخفاض سرعة الرياح بصفة عامة داخل أودية مكة المكرمة نظرا لطبيعة التضاريس لها والتي تعمل إعاقه حمل الرياح للأترية مما ينجم عنه تراكمها في طبقة الهواء القريبة من بطون الأودية وتظل تركيزاتها مرتفعة.

ومن خلال جدول (١٨) والموضحة للعلاقة الإحصائية بين إتجاه الرياح والملوثات الجوية نتبين أن العلاقة عكسية ولكنها غير معنوية ويرجع ذلك إلى عدم إنتظام هبوب الرياح وسيادة إتجاه واحد للهبوب في جميع المحطات .

جدول (١٨) العلاقة بين إتجاه وسرعة الرياح والملوثات الجوية في محطة العزيزية

WD	WS	
-0.090	-0.164	SO2
-0.040	-0.163	NO2
-0.08	-0.13	NO
-0.082	-0.172	NOX
-0.090	-0.164	CO
-0.048	0.023	PM10

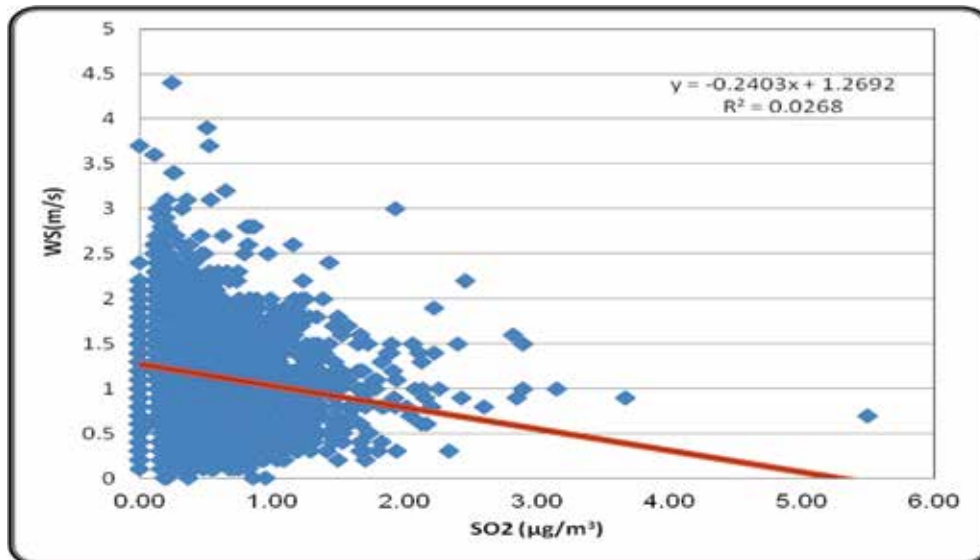
به والمحدد بقيمة ٨٠ ميكرو جرام/م^٣، حيث بلغ المعدل السنوي في محطة الساحة الشرقية للحرم المكي ٨١ ميكرو جرام/م^٣ ، وفي محطة الرصد البيئي بالعزيزية ١٢٧، وفي محطة الرصد البيئي بالمسفلة ١٨٥ ميكرو جرام/م^٣.

ومن خلال ما تم عرضه والتحليل الساعي واليومي للبيانات الخاصة بالملوثات ومقارنتها بالحدود المسموح بها نجد ان تركيزات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون تقع في المعدل الطبيعي ولم تتعدى الحدود القصوى المسموح بها في قانون البيئة السعودي، وتركيزات الأترية المستنشقة زادت قليلاً عن المعدل الطبيعي في بعض الأيام وذلك نتيجة الأعمال الإنشائية الكثيفة وكثافة الحجاج والمعتمرين.

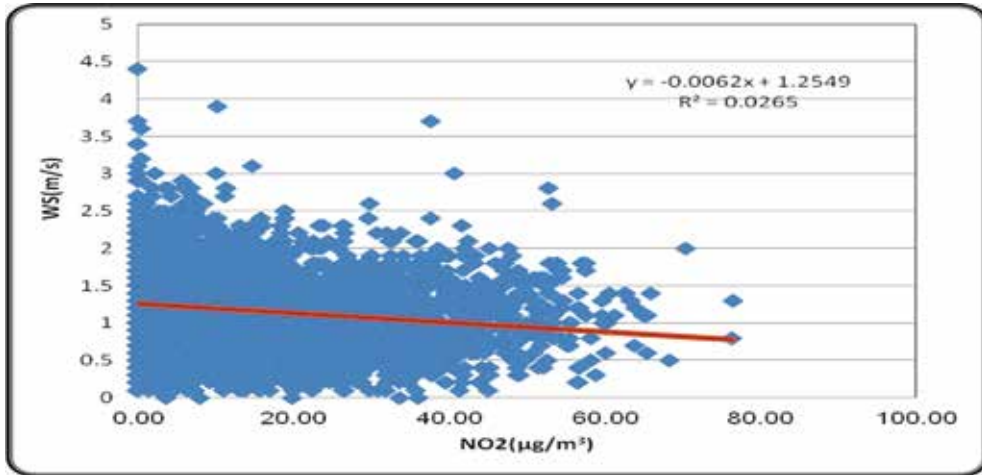
رابعا: العلاقة بين الرياح وتركز وتشتت الملوثات

تعتمد دراسة العلاقة بين إتجاه الرياح وسرعتها ونسب الملوثات الهوائية في مدينة مكة المكرمة على البانات الساعية لمحطة الرصد البيئي بالعزيزية، ويرجع ذلك إلى أن محطة العزيزية هي المحطة الوحيدة من محطات الرصد البيئي المقترن بها محطة أرصاد جوية .

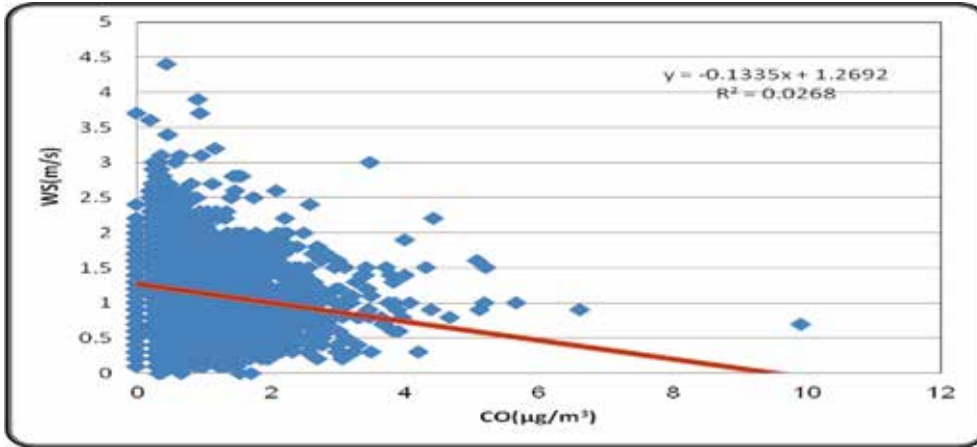
ومن خلال جدول (١٨) وأشكال (٧-١٠) والموضحة للعلاقة الإحصائية بين سرعة الرياح والملوثات الجوية نتبين أن العلاقة عكسية بين سرعة الرياح وأول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت مما يشير إلى أن سرعة الرياح البطيئة تؤدي إلى تركز الملوثات وتراكمها بالقرب من مصادرها مما يزيد من مشكلة تلوث الهواء في



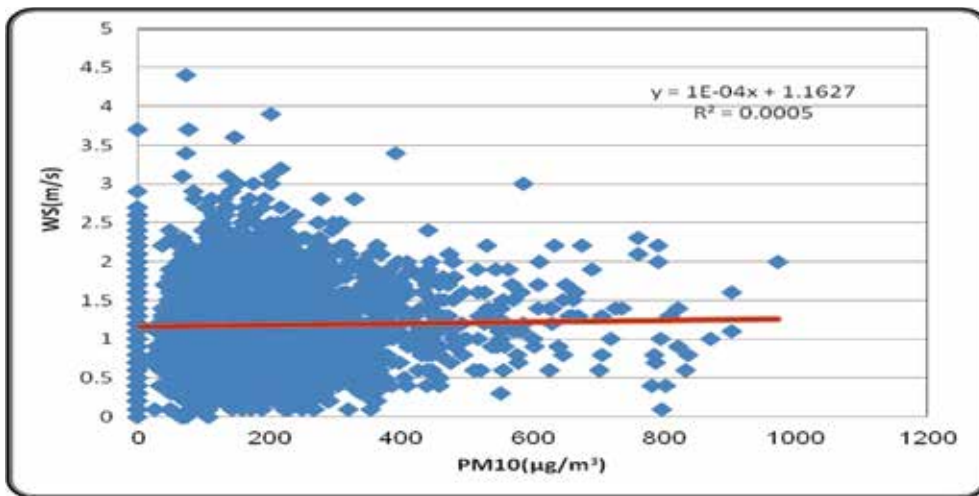
شكل (٧) العلاقة بين سرعة الرياح ونسبة ثاني أكسيد الكبريت بمحطة العزيزية



شكل (٨) العلاقة بين سرعة الرياح ونسبة ثاني أكسيد النيتروجين بمحطة العزيرية



شكل (٩) العلاقة بين سرعة الرياح ونسبة أول أكسيد الكربون بمحطة العزيرية



شكل (١٠) العلاقة بين سرعة الرياح والأتربة المستنشقة بمحطة العزيرية

الخلاصة والنتائج النهائية

أظهرت الدراسة مجموعة من النتائج الرئيسية وهي -
لم يظهر إتجاه وأضح لهبوب الرياح في مدينة مكة المكرمة إذا لم يسجل نسبة هبوب تزيد عن ٣٠٪ بجميع المحطات (محطات العزيزية - العابدية - الليث - زهرة كدي - الشرائع - النورية) بل أن أعلى نسبة هبوب سجلت بالعزيزية للرياح الجنوبية بنسبة ٢٥ ٪، يليها محطة الليث بنسبة ٢٤ ٪ للرياح الشمالية، وفي الشرائع أعلى نسبة ١٥ ٪ للرياح الغربية، وأعلى نسبة في العابدية بلغت ١٢ ٪ للرياح الغربية، وفي النورية بلغت أعلى نسبة ١١ ٪ للرياح الشمالية.
- بمقارنة فئات سرعة الرياح بمدينة مكة المكرمة (محطات العزيزية - العابدية - الليث - زهرة كدي - الشرائع - النورية) بدرجات مقياس بيفورت للرياح نجد أن جميعها يقع في الدرجات من ١ - ٥ وتوصف جميعا بانها نسيم بدرجاته المختلفة، وأقصى سرعة والتي لم تسجل نسب مذكوره (أكثر من ١١ م/ث) هو النسيم القوي الذي يحرك أغصان الأشجار، لذا يمكن القول أن سرعة الرياح بمدينة مكة المكرمة يغلب عليها السرعات البطيئة خاصة وأن أكثر من ٩٥ ٪ من سرعات الرياح الساعية والشهرية والسنوية تقع في الدرجة الأولى والثانية وهي الهواء والنسيم الخفيف .
- المركبات هي المصدر المتحرك الرئيسي للملوثات الهوائية في مكة المكرمة وخاصة في المنطقة المركزية قرب الحرم المكي الشريف وفي العزيزية بالإضافة الي الأعمال الأنشائية والأنشطة السكانية اليومية، كما ان الملوثات تتأثر بزيادة اعداد الحجاج المرتبط بزيادة اعداد السيارات والباصات في مكة في مواسم الحج والعمرة.
- تركيزات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون في المعدل الطبيعي ولم تتعدى الحدود القصوي المسموح بها في قانون البيئة السعودي ولائحته التنفيذية.
- تركيزات الأتربة المستنشقة (الصدرية) زادت قليلا عن المعدل الطبيعي في بعض الأيام وتعدت الحدود القصوي المسموح بها في قانون البيئة السعودي ولائحته التنفيذية. وذلك ارتبط بالأعمال الإنشائية الكثيفة وكثافة الحجاج والمعتمرين.
- أن للعلاقة الإحصائية بين سرعة الرياح والملوثات الجوية (وأول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين وثاني

أكسيد الكبريت) علاقة عكسية مما يشير إلى أن سرعة الرياح البطيئة تؤدي إلى تركيز الملوثات وتراكمها بالقرب من مصادرها مما يزيد من مشكلة تلوث الهواء في حين أن سرعة الرياح السريعة ينجم عنها تشتت وانتشار الملوثات بل تؤدي إلى نقلها من مكان لآخر ولهذا جاءت نسب الملوثات في المحطات نظر لإنخفاض سرعة الرياح بمكة المكرمة بصفة عامة.

- لم يظهر علاقة واضحة بين سرعة الرياح والأتربة المستنشقة طردية ولكنها ضعيفة ذلك أنه كلما زادت سرعة الرياح كلما ارتفعت نسبة الأتربة في الهواء الجوي والعكس صحيح

- تؤثر التضاريس في إتجاه سرعة الرياح بمدينة مكة المكرمة بصورة واضحة نظر للتداخل الشديد والمعقد بين أودية مكة المكرمة وجبالها والتي تعمل على إعاقه حمل الرياح للأتربة المستنشقة والملوثات مما ينجم عنه تراكمها في طبقة الهواء القريبة من بطون الأودية وتظل تركيزات الأتربة العالقة مرتفعة.

قائمة المراجع والمصادر (١) المراجع العربية:

- ١- أحمد على إسماعيل (١٩٦٩) مناخ مدينة أسيوط، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد الثاني، ص ص ١٠٩-١٣٥.
- ٢- أمينة عطا الله الرحيلي (٢٠٠٥) خصائص المناخ في منطقة مكة المكرمة الإدارية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا ، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى.
- ٣- بدر الدين يوسف أحمد (١٩٩١) مناخ مكة المكرمة، معهد البحوث وإحياء التراث الإسلامي، مركز بحوث العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى
- ٤- (١٩٩٧) مناخ الطائف، معهد البحوث وإحياء التراث الإسلامي، مركز بحوث العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى.
- ٥- تركي حبيب الله، جمعة داود، بدر الدين يوسف، مسعد سلامة مندور (٢٠١١) التقرير النهائي لبرنامج رصد عناصر المناخ في مكة المكرمة والمشاعر المقدسة، معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة.

- ٦- تركي حبيب الله (٢٠١١) البرنامج البحثي لتعرض الحجاج والمعتمرين لملوثات الهواء بمكة المكرمة والمشاعر المقدسة. "التقرير الثاني" الجزء الأول: التوزيع الحجمي والتركيب الكيميائي والمعدني للأتربة العالقة (الأيونات - الكاتيونات - المعادن) لموسم الحج ١٤٢٦هـ و ١٤٢١هـ. معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة. جامعة أم القرى، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية.
- ٧- جهاد محمد قربه (١٩٩٩) نماذج الطقس الجغرافية، دراسة تحليلية للتردد والتتابع في الرياض، الندوة الجغرافية السادسة لأقسام الجغرافيا، بجامعة المملكة العربية السعودية، مارس ١٩٩٩م.
- ٨- (٢٠٠٧) التباين اليومي للانحرافات الحرارية لمكة المكرمة عن المعدلات الحرارية اليومية بالمملكة العربية السعودية، مركز دراسات الخليج سلسلة الإصدارات الخاصة، العدد ٢٤، نوفمبر ٢٠٠٧، الكويت.
- ٩- رقية حسين سعد نجم (١٩٩١) البيئة الطبيعية لمكة المكرمة - دراسة في الجغرافيا الطبيعية لمنطقة الحرم المكي الشريف، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا كلية العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى.
- ١٠- سناء صالح الحبيشي (٢٠٠٩) التوزيع الجغرافي للخدمات في مخططات مدينة مكة المكرمة، رسائل جغرافية وحدة البحث والترجمة، الجمعية الجغرافية الكويتية.
- ١١- شحاتة سيد أحمد (٢٠٠٢) مناخ المدينة المنورة وآثاره الاقتصادية، نادي المدينة المنورة الأدبي.
- ١٢- طه محمد جاد (١٩٨٢م) الأمطار في الكويت، مجلة دراسات الخليج العربي والجزيرة العربية، جامعة الكويت.
- ١٣- عبد الرحمن صادق الشريف (١٩٧٤) الأحوال المناخية في مدينة الرياض، مجلة كلية الآداب، جامعة الرياض
- ١٤- عبد العزيز عبد اللطيف يوسف (١٩٩٨) التذبذب الحراري الحديث في الإحساء بشرفي المملكة العربية السعودية، المجلة الجغرافية العربية، العدد ٢١، ج ١، ص ص ٤١١-٤٣٠.
- ١٥- عبد العزيز عبد اللطيف يوسف (١٩٩٩)، التغير اليومي لأنماط درجة الحرارة في مدينة القاهرة الكبرى - دراسة في المناخ الحضري، مركز الخدمة للاستشارات البحثية - شعبة البحوث الجغرافية، جامعة المنوفية، العدد ١٥.
- ١٦- (٢٠٠٠) مناطق الحرارة المثلى في مدينة القاهرة، دراسة جغرافية في المناخ الحضري، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد ٣٦، ج ٢، ص ص ٥٩-٩٠.
- ١٧- عبدالعزيز محمد الحويطان (٢٠٠٤) أحكام الحرم المكي الشريف، بدون ناشر.
- ١٨- محمد إبراهيم شرف (١٩٩٦) الحرارة في مدينة الإسكندرية، دراسة في المناخ الحضري، مجلة كلية الآداب، جامعة الإسكندرية، المجلد ٤٤.
- ١٩- (٢٠٠٦) جغرافية المناخ التطبيقي، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- ٢٠- محمد عبد الله الصالح (١٩٩٧) التوزيع الزماني والمكاني للأمطار في الرياض، الجمعية الجغرافية الكويتية، رسائل جغرافية، أبريل ١٩٩٧م.
- ٢١- محمد فوزي أحمد عطا (٢٠٠١) التبخر والموازنة المائية في الإحساء بالمملكة العربية السعودية، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد ٢٨، ج ٢، ص ص ٢٦٩-٢٩٤.
- ٢٢- معراج نواب مرزا، بدر الدين يوسف أحمد (٢٠٠١) أحوال الطقس والمناخ في الشتاء بمكة المكرمة، سلسلة رسائل جغرافية، الجمعية الجغرافية الكويتية، يونيو ٢٠٠١.
- ٢٣- مسعد سلامة مندور (٢٠٠٩) التباين اليومي لدرجة الحرارة في مكة المكرمة - دراسة تحليلية، الجمعية الجغرافية المصرية، سلسلة بحوث جغرافية العدد السابع والعشرون.
- ٢٤- منال علي عبد الرحمن (٢٠١٢) الأراضي الفضاء بمدينة مكة المكرمة، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا جامعة أم القرى.
- ٢٥- يوسف عبد المجيد فايد (١٩٨٢) مناخ مدينة جدة، مجلة كلية الآداب والعلوم الإنسانية المجلد الثاني، جامعة الملك عبدالعزيز، السعودية.

March 24-25, Dubai, United Arab Emirates.

35- Raju, H., Partheeban, P., and Hemamalini, R., 2012, Urban mobile air quality monitoring using GIS, GPS, sensors and Internet, International Journal of Environmental Science and Development, V. 3, No. 4, pp. 323-327.

36- Asmawi, M., Abdullah, M., and Shabuddin, M., 2011, Application of GIS-based decision support system in predicting development impact assessment, The 28th urban data management symposium Sept. 28-30, Delft, The Netherlands.

37- Mohamed, W. and Al-Jenaid, S., 2012, Development of coastal vulnerability index for the Kingdom of Bahrain, Journal of earth science and engineering, V. 2, No. 6, pp. 79-89.

38- M.B. Jacobs and S. Hochheiser. Analytical chemistry, 30 (3), 426, (1958).

39- Perry, R. and Young, R.J. (1977): Handbook of Air Pollution Analysis.

40- JIS (Japanese Industrial Standards) (1992): General Rule for Test Methods of Reagents, Japanese Industrial Standards Committee, Tokyo, Japan.

41- Leichnetz (1993). "Determination of the time-weight average concentration of carbon monoxide in air using a long-term detector tube." IARC Scientific Publications, 109, 346-352.

42- Clesceri, L. S.; A. E. Greenberg; R. R. H. Trussell. (1989). Standard methods for the examination of water and waste-water. 4500-I B. Leuco crystal violet method. 17th Edition.

43- Nasralla M. and Seroji A. R., 2007, Primary Pollutants and Potential Photochemical Smog

(٢) المراجع الأجنبية

26- A.C. Stern. Air Pollution, (3rd.ed.) Vol III, Academic Press Inc. New York (1986).

27- Al-Ghamdi, K., Elzahrany, R., Mirza, M. and Dawod , G. (2012) Impacts of Urban Growth on Flood Hazards in Makkah City, Saudi Arabia, International Journal of Water Resources and Environmental Engineering, V 4, No. 2, pp. 23-34.

28- Dawod, G., Mirza, M., and Al-Ghamdi (2012) GIS-based estimation of flood hazard impacts on road network in Makkah city, Saudi Arabia, Journal of Environmental Earth Science, DOI 10.1007/s12665-012-1660-9, Published on- line, April 12, 2012.

29- Al Harbi, K., El Bastawesy, M., Habeebullah, T., and Mandour, M., 2012, Assessment of landslides of the hillslopes in Makkah using remote sensing and GIS techniques, Journal of American Science, V. 8, No. 3, pp. 46-53.

30- ESRI (Environmental Systems Research Institute), 2007, GIS for air quality, a technical report, December, 24 pp.

31- European Union (EU) (2010): European legislation on air quality

32- IMM (Istanbul Metropolitan Municipality), 2009, Istanbul air quality strategy, A technical Report, March, 16 pp.

33- UK DEFRA (The UK Department of Environment Food and Rural Affairs), 2011, GIS dataset of air quality management areas, A technical report, 34 pp.

34- Galadari, A., 2012, Real-time GIS model for air pollution, International conference on chemical, civil, and environment engineering,

(٣) مصادر البيانات الإحصائية والخرائط:

- معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج ، بيانات محطات الرصد الآلي، قسم البحوث الصحية والبيئية، بيانات غير منشورة.

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

- قانون البيئة المصري (٢٠٠٩): قانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ بإصدار قانون في شأن البيئة والمعدل بالقانون رقم ٩ لسنة ٢٠٠٩ .

<http://www.eea.gov.eg/ar-eg/%D8%A7%D9%84%D9%82%D9%88%D8%A7%D9%86%D9%8A%D9%86/%D9%82%D8%A7%D9%86%D9%88%D9%86%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%8A%D8%A6%D8%A9.aspx>

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>

<http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>

ملحق (١) أعداد الحجاج في مواسم حج من ١٤٢٧ - ١٤٣٦هـ.

عدد الحجاج	السنوات
٢,٣٧٨,٦٣٦	١٤٢٧
٢,٤٥٤,٣٢٥	١٤٢٨
٢,٤٠٨,٨٤٩	١٤٢٩
٢,٣١٣,٢٧٨	١٤٣٠
٢,٧٨٩,٣٩٩	١٤٣١
٢,٩٢٧,٧١٧	١٤٣٢
٣,١٦١,٥٧٣	١٤٣٣
١,٩٨٠,٢٤٩	١٤٣٤
٢,٠٨٥,٢٣٨	١٤٣٥
١,٩٥٢,٨١٧	١٤٣٦

المصدر: مصلحة الإحصاءات العامة ، نشرة أعداد الحجاج

Formation in Makkah Atmosphere. Arab Gulf Journal of Science Research, Arabian Gulf University, Manamah, Kingdom of Bahrain, December 2007, Vol. 25, No. 4, 153-161

44- Nasralla M. and Seroji A. R., 2008, Particulates in the Atmosphere of Makkah and Mina Valley during Ramadan and Hajj Seasons of 1424 and 1425 H (2004 – 2005). Arab Gulf Journal of Science Research, Arabian Gulf University, Manamah, Kingdom of Bahrain, December 2008, Vol. 26, No. 4, 199-206.

45- Seroji, A. R., 2008, The ground Ozone variations with UV radiation during winter and spring seasons in 2007 over Makkah. Journal of King Abdulaziz University " Science ", Vol. 120, No. 4.

46- WHO, 2002, Guidelines for Air Quality, European Regional Office, World Health Organization, Geneva

47- WB (World Bank) (2007): Pollution Prevention and Abatement Handbook, General Environmental Guidelines.

48- World Health Organization (WHO) (2005): guideline limits for ambient (outdoor) air quality and health.

**الرياح وجودة الهواء في مدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة
دراسة في المناخ التطبيقي باستخدام تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية**

د . خالد بن عبد الرحمن بن احمد الغامدي
د. تركي بن محمد بن عبد الكريم حبيب الله
أ.د. مسعد سلامة مسعد مندور