استخدام نموذج Air Q2.2.3 للتنبؤ بحالات أمراض الجهاز التنفسي الناتجة من التعرض للأتربة الصدرية المستنشقة فى مدينة مكة المكرمة

تركى محمد حبيب اللّه، عاطف محمد فتحي ، عصام عبدالحليم مرسي، سيد منير
قسم البحوث البيئية والصحية - معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة - جامعة أم القرى

الملخص

اهتمت هذه الدراسة بتقييم آثر الأتربة الصدرية المستنشقة على صحة السكان فى أربعة أحياء مختلفة بمدينة مكة المكرمة (حى الشبيكة، حى المسفلة، حى العزيزية، وحى العوالى) بالمملكة العربية السعودية خلال الفترة من ١ رمضان ١٤٣٤هـ وحتى ٢٧ صفر ١٤٣٥هـ. حيث أشارت الدراسة إلى وجود تراكيز عالية من الأتربة الصدرية في المنطقة المركزية (حى الشبيكة) تراوحت ما بين ١٨٦.١ – ٣٤٣.٢ ميكروجم/م٣ بمتوسط تركيز ٢٥٤.٦ ميكروجم/م٣، فى حى المسفلة تراوحت ما بين ١٤٥.٦ – ٢٧١.٤ ميكروجم/م٣ بمتوسط تركيز ١٨٤.٩ ميكروجم/م٣، بينما تراوحت في حى العزيزية ما بين ٩٢.٤ – ٢٥٣.٨ ميكروجم/م٣ بمتوسط تركيز ١٦٢.٤ ميكروجم/م٣، وفى حى العوالى تراوحت ما بين ٤٤.٥ – ١١٩.٨ ميكروجم/م٣ بمتوسط تركيز ٥٦.٠ ميكروجم/م٣ فى حى العوالى طيلة فترة القياس (من ١ رمضان ١٤٣٤هـ وحتى ٢٧ صفر ١٤٣٥هـ). وهي قيم لم تتجاوز الحدود المسموح بها فى قانون حماية البيئة واللائحة التنفيذية بالرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة للأتربة الصدرية (٣٤٠ ميكروجم/م٣ كمتوسط يومي). وقد أعزت الدراسة سبب ذلك إلى الأعمال التطويرية الضخمة القائمة حاليا من أجل توسعة المسجد الحرام خاصة في منطقتي المسعى والساحة الشمالية من الحرم وما ينجم عن ذلك من حركة كثيفة للشاحنات والمعدات الثقيلة بالمنطقة المحيطة بالحرم وما ينتج عنها من أتربة صدرية كثيفة عالقة بالهواء نتيجة عمليات الهدم والتكسير الصخري المستمرة على مدار ٢٤ ساعة. وفى المسفلة والعزيزية إلى كثافة السكان والأنشطة البشرية والكثافة المرورية وما ينتج عنها من أتربة صدرية كثيفة عالقة بالهواء نتيجة الحركة الكثيفة للسيارات والشاحنات. كذلك تم تطبيق نموذج المحاكاه (AirQ2.2.3) للتنبؤ بعدد حالات دخول المستشفيات بسبب أمراض الجهاز التنفسي في مدينة مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية خلال فترة سنة واحدة اعتمادا على عدد الحالات الفعلية المسجل بوزارة الصحة السعودية (٣٨٧٢ حالة فى كل ١٠٠٠٠٠ شخص). حيث تراوحت بين (١٨ -٣٠٥٠ حالة فى كل ١٠٠٠٠٠ شخص بمتوسط ١٥٣٤ حالة). وكان معامل التركيز والاستجابة بين ٠.٤٩ (٠.٠٠٥ – ٠.٧٠) لكل ١٠ ميكروجم/م٣ زيادة فى التركيز بجميع مواقع الدراسة. وتمت مقارنة نتائج النموذج بالدراسات التي أجريت في بلدان أخرى حول العالم.

الكلمات المفتاحية
الأتربة الصدرية المستنشقة – أمراض الجهاز التنفسى – جرعة الإستنشاق - سرطان الرئة - نموذج AirQ2.2.3 – مكة المكرمة

أدبيات البحث

تزخر مكة المكرمة بمكانة مرموقة في نفوس جميع المسلمين نظراً لقدسيتها وتاريخها المجيد في الإسلام، فهي مهبط الوحي والرسالة، ومنها انبثق نور الرسالة المحمدية على صاحبها أفضل الصلاة وأزكى التسليم، وتنفرد مكة المكرمة (٥٣٩.٥٢ شرقا - ٥٢١.٢٥ شمالا) ببيئة مميزة من الناحية الطبوغرافية والمناخ الصحراوي الذي يسودها طوال العام. لذا فقد اهتمت دراسات كثيرة بتقييم الوضع البيئي في مكة المكرمة لتحقيق الظروف المناخية المناسبة والحد من الأضرار المتوقعة نتيجة التعرض للملوثات الهوائية[١]. من هنا فإن الحفاظ على الهواء من الملوثات وخاصة الأتربة الصدرية واستمرارية رصدها ومتابعتها بصفة مستمرة ذات أهمية قصوى خاصة بمكة المكرمة، وقد أوضحت الدراسات الحديثة التي أجريت بمعهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج منذ ١٤٢٤هـ - ١٤٣٤هـ بمكة المكرمة، ارتفاع تركيزات الأتربة الصدرية التي يتعرض لها السكان والحجاج والمعتمرين في أماكن تواجدهم وتنقلاتهم وخاصة بالمنطقة المركزية والشوارع والطرق والأنفاق المؤدية للمسجد الحرام[٢-٤]، كما أوضحت تلك الدراسات أن الأتربة الصدرية قد تسبب بعض الأمراض التنفسية 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 نسك العمرة خاصة في أوقات الصيام طيلة نهار رمضان كما يزيد الوضع خطورة في حالة المسنين ومرضى الصدر[٥-٦]، حيث ذكرت الدراسة أن تركيزات الأتربة الصدرية العالقة بالهواء وصلت إلي أكثر من ٢٥٠ ميكروجرام/م٣ بجوار المسجد الحرام، وهي ضمن الحدود المسموح بها في النظام العام للبيئة بالمملكة العربية السعودية وهو ٣٤٠ ميكروجرام/م٣ [٧].

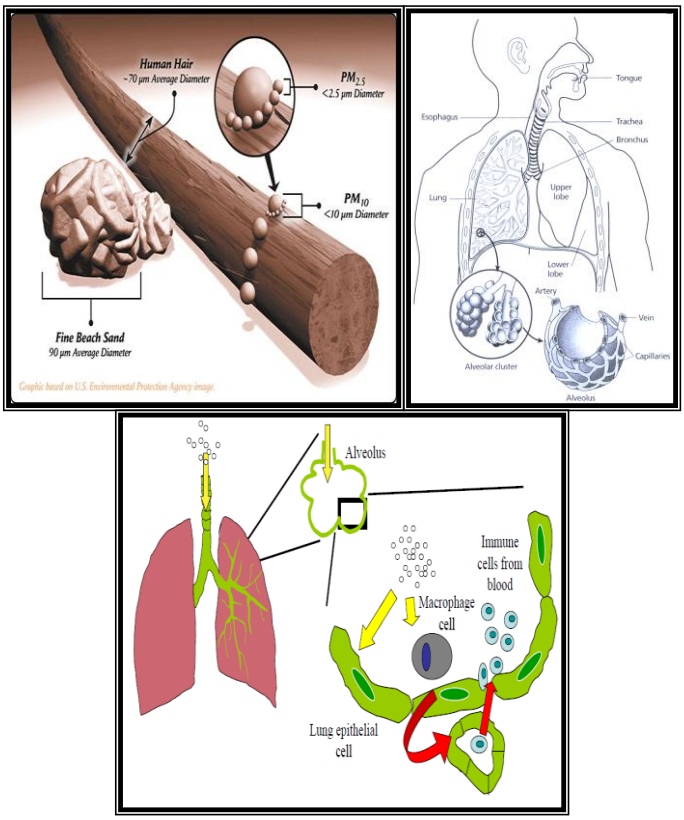
ومن المعروف أن الجسيمات العالقة تشكل علامة هامة لقياس جودة الهواء، حيث أن وجودها دليل على وجود ملوثات في الهواء. فالجسيمات تتكون في الهواء الجوي من مصادر طبيعية واصطناعية، كما تتكون أيضا من تكاثف الغازات والأبخرة في الهواء الجوي[٨-١٠]. الجسيمات العالقة وخاصة الأتربة المستنشقة (أقل من ١٠ ميكرون) تنتشر في الهواء الجوي من عدة مصادر متنوعة منها حركة مرور السيارات، العمليات الصناعية، التدفئة المنزلية، والطهي[١١]. عمر الجسيمات العالقة في الهواء الجوي يختلف من بضع ثوان إلى عدة أشهر، وهذا يتوقف على حجم الجسيمات، وكثافاتها، والاضطرابات الجوية. فالأتربة المستنشقة تنتشر وتتحرك في الهواء وتسبب تلوث على مسافة قد تصل إلى عشرة كيلومتر من مصدرها[١٢]، وهذه الأتربة ذات خطورة كبيرة على صحة الإنسان مقارنة بالجسيمات العالقة كبيرة الحجم[٩، ١٣]. وقد وجدت العديد من الدراسات الوبائية علاقة وثيقة بين النتائج الصحية وتركيزات الجسيمات المستنشقة، حيث تم الربط بين تركيز الأتربة المستنشقة في الهواء والآثار السلبية على الصحة الناتجة من هذه التركيزات. كما أن

التعرض للأتربة المستنشقة يؤدى لوجود زيادة من أمراض الجهاز التنفسي والقلب والأوعية الدموية، وتلف أنسجة الرئة، وقد يؤدي إلى الوفاة المبكرة، وربما يسهم في الإصابة بالسرطان[٩، ١٤]. شكل وحجم جزيئات الأتربة المستنشقة هما سبب اختراق الجزيئات للجهاز التنفسي وزيادة احتمالية وصولها مناطق أعمق فى الرئتين[٩، ١٤].

فعملية التنفس هى عملية مستمرة لا غنى للإنسان عنها، والجسيمات العالقة يمكنها الوصول إلي الجهاز التنفسي، فتسبب تهيجا في المسالك التنفسية أو في نسيج الرئة إذا كانت لها هذه الخاصية، أو تستقر في الرئتين. فإذا كانت قابلة للذوبان في الماء فان المكان الذي تستقر فيه (الشعب الهوائية أو نسيج الرئة) لا يتأثر، حيث أنها تذوب في المخاط أو السائل الذي يغطى سطح الجهاز التنفسي، و تمتص فتصل إلى الدم ومنه إلي أجزاء الجسم المختلفة فتسبب أضرار فى الجسم فى أماكن أخرى مثل حدوث تسمم بأملاح الرصاص أو المنجنيز. أما في حالة الجسيمات التى لا تذوب في الماء فانها تترسب في الجهاز التنفسي فيؤثر وجودها على عملية التنفس. كما أن وجودها يعتمد عليه قدرتها على البقاء في الجهاز التنفسي أو في الرئتين بصفة خاصة. ومكانها داخل الجهاز التنفسى يحدد حسب حجمها. فالجسيمات كبيرة الحجم (القطر أكبر من ١٠ ميكرون) تترسب في العادة بفعل الجاذبية الأرضية قبل أن تصل إلي الجهاز التنفسي. بينما الجسيمات الأصغر حجما تمر إلي المسالك التنفسية، فتتصدى لها الأنظمة الدفاعية الموجودة في الجهاز التنفسي فيترسب جزء منها في الأنف و القصبة الهوائية و الشعب الهوائية، و يمكن للجسيمات الأصغر من ١٠ ميكرون الوصول إلي نسيج الرئة، و تعرف بالأتربة القابلة للاستنشاق (Respirable Dust) ، وإن كان متوسط قطر الأتربة حوالي ١ ميكرون فإنها تترسب في الحويصلات الهوائية.

إن إنتشار أمراض الحساسية في زيادة مستمرة في العالم والتي قد تشكل مصدر قلق كبير لدى كثير من الناس. لذا يعد تلوث الهواء من بين اهم المسببات العديدة المعروفة لأمراض الحساسية ومرتبط بالبيئة. وهناك دلائل قوية تؤيد وجود العلاقة بين تلوث الهواء وتفاقم الربو الشعبى وأمراض الحساسية الأخرى. فمعظم الأضرار الصحية الناتجة عن التعرض للجسيمات العالقة تتسبب فيها جسيمات متناهية في الصغر، أقل من ١٠ جزء في المليون وتخترق هذه الجسيمات طريقها حتى تصل إلى الرئة مسببة أعراض مرضية مختلفة (مثل الربو الشعبى، السعال والأزمات التنفسية..الخ) (شكل - ١). و معظم هذه الجسيمات العالقة تكون ناتجة عن عمليات الاحتراق الغير تام ومن أمثلتها: الرماد، السناج والمركبات الكربونية. بالإضافة إلى ذلك تضم الجسيمات العالقة متكثفات حمضية ومعادن مثل الرصاص والكادميوم و كبريتات ونترات. إذا كانت كمية الأتربة أو الجسيمات التى تصل إلي الجهاز التنفسي في الحدود المقبولة فان بالإمكان التخلص من ٩٥٪ منها بفعل الأنظمة الدفاعية للجهاز التنفسي. و في الظروف الطبيعية تحتوى رئتي الإنسان البالغ على كميات قليلة و غير مؤثرة من الأتربة، كما تحتوى على كمية من السناج الذي يستقر في الرئتين فيعطيها اللون الأسود في بعض الأماكن مثل العقد الليمفاوية، و لكن ذلك لا يؤثر على وظيفة الرئتين و ليس له أي آثار مرضية. أما إذا زادت كمية الأتربة في البيئة عن حد معين، فان كميات كبيرة منها تترسب في الجهاز التنفسي و قد تكون لها آثار ضارة.

من هنا فقد هدفت هذه الدراسة لرصد تراكيز الأتربة الصدرية في أربعة أحياء ممثلة لأحياء مكة المكرمة بالمملكة العربية السعودية: حى العزيزية (منطقة سكنية تتميز بكثافة سكانية)، وفى حى العوالى (منطقة سكنية ذات كثافة سكانية منخفضة)، المنطقة المركزية (حى الشبيكة بالقرب من الحرم المكى الشريف ذات كثافات موسمية)، بالإضافة إلى حى المسفلة (تتميز بكثافات مرورية عالية) خلال الفترة من ١ رمضان ١٤٣٤هـ وحتى ٢٧ صفر ١٤٣٥هـ. دراسة علاقة تراكيز الأتربة الصدرية بوجود حالات الربو الشعبى، حيث أشارت الدراسة إلى حساب درجة الخطورة والتنبأ بعدد حالات الربو الشعبى فى الأطفال والبالغين الناتجة من تركيزات الأتربة المستنشقة التى تم رصدها بإستخدام نموذج محاكاة (AirQ2.2.3 model).



شكل -١: حجم حبيبات الأتربة المستنشقة ومسار الأتربة المستنشقة في الرئة.

أهداف البحث

يمكن تلخيص أهداف البحث كالتالى:-

رصد تركيزات الأتربة المستنشقة فى المناطق الحضرية بمدينة مكة المكرمة.

حساب المخاطر البيئية (جرعة استنشاق وخطر الاصابة بسرطان الرئة) نتيجة التعرض لإستنشاق الأتربة الصدرية.

التنبؤ بعدد حالات دخول المستشفيات بسبب أمراض الجهاز التنفسي الناتجة من تركيزات الأتربة المستنشقة.

منهجية البحث

وتتلخص منهجية البحث فى الخطوات التالية:

اختيار أماكن سحب العينات فى اربع مناطق (منطقة العزيزية - منطقة سكنية تتميز بكثافة سكانية ومرورية & منطقة العوالى - منطقة أقل تلوثاً حسب المتوقع & المنطقة المركزية (الشبيكة) - بالقرب من الحرم المكى الشريف ذات كثافات موسمية & منطقة المسفلة - تتميز بكثافات مرورية عالية).

استخدام مضخة سحب الهواء ذات الحجم المنخفض (معدل سحبها يساوى ~ ٥-٦ لتر/دقيقة) و فلاتر نيتريت السيليلوز (مسام = ٠.٤٥ ميكرون) لتجميع عينات الأتربة المستنشقة عليها.

سحب عينة واحدة أسبوعيا لمدة ستة أشهر من المواقع الموجودة بكل منطقة.

تحليل العينات فى المعمل الكيميائى.

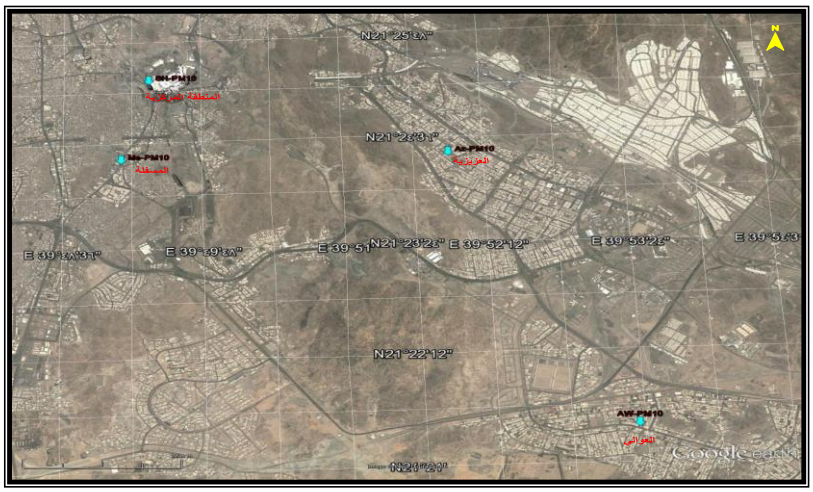
حصر وجمع بيانات أعدد المرضى المصابون بأمراض الجهاز التنفسى بمكة المكرمة.

حساب المخاطر البيئية (جرعة الاستنشاق وخطر الاصابة بسرطان الرئة) نتيجة التعرض لإستنشاق الأتربة الصدرية الموجودة بمناطق القياس.

تطبيق نموذج المحاكاة (AirQ2.2.3) للتنبؤ بعدد حالات دخول المستشفيات بسبب أمراض الجهاز التنفسي الناتجة من تركيزات الأتربة المستنشقة المجمعة بمناطق القياس.

مواقع القياس

شملت مواقع القياس أربعة أحياء مختلفة وهى حى العزيزية (منطقة سكنية تتميز بكثافة سكانية)، وفى حى العوالى (منطقة سكنية ذات كثافة سكانية منخفضة)، المنطقة المركزية (حى الشبيكة بالقرب من الحرم المكى الشريف ذات كثافات موسمية)، بالإضافة إلى حى المسفلة (تتميز بكثافات مرورية عالية)، كما هو موضح بشكل -٢.

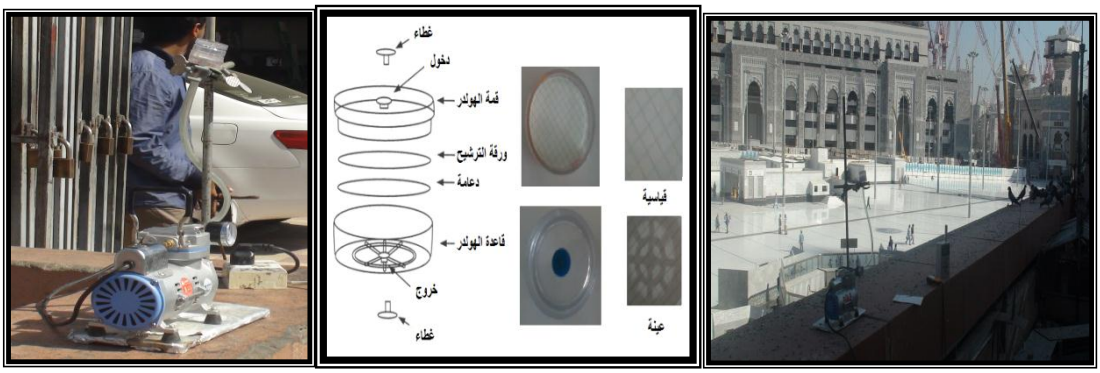


شكل - ٢: خريطة توضح مواقع القياس.

طرق القياس

قامت الدراسة برصد لتراكيز الجسيمات المستنشقة (الأقل من ١٠ ميكرون) بإستخدام جهاز جميع الأتربة الصدرية منخفض الحجم LVS (Low Volume Sampler) والمصنوع من قبل شركة بيكو الألمانية (Beco R300) وذلك بعد معايرة الجهاز واستخدام فلاتر نترات السيللوز مقاس ٠.٤٥ ميكرون الخاصة بالأتربة الأقل من ١٠ ميكرومتر (شكل - ٣).

وقد استخدمت طريقة الترشيح لتقدير التركيز الكلي للأتربة الصدرية المستنشقة حيث يتم وضع ورقة ترشيح في المجفف ثم يتم وزن ورقة الترشيح في المعمل قبل الذهاب إلى الموقع ثم تنقل بعناية إلى جهاز سحب الهواء. بعد إنتهاء فترة جمع العينة (٢٤ ساعة) يتم نقل العينة بعناية إلى المعمل حيث توضع في المجفف ثم توزن إلى وزن ثابت والفرق في الوزن قبل سحب الهواء وبعد إنتهاء جمع العينة هو وزن الغبار العالق المجمع من الهواء، وبإستخدام وزن العينة وكمية الهواء الذي تم سحبه خلال فترة جمع العينة يمكن حساب التركيز ويعبر عنه بالميكروجم/م٣[١٥].



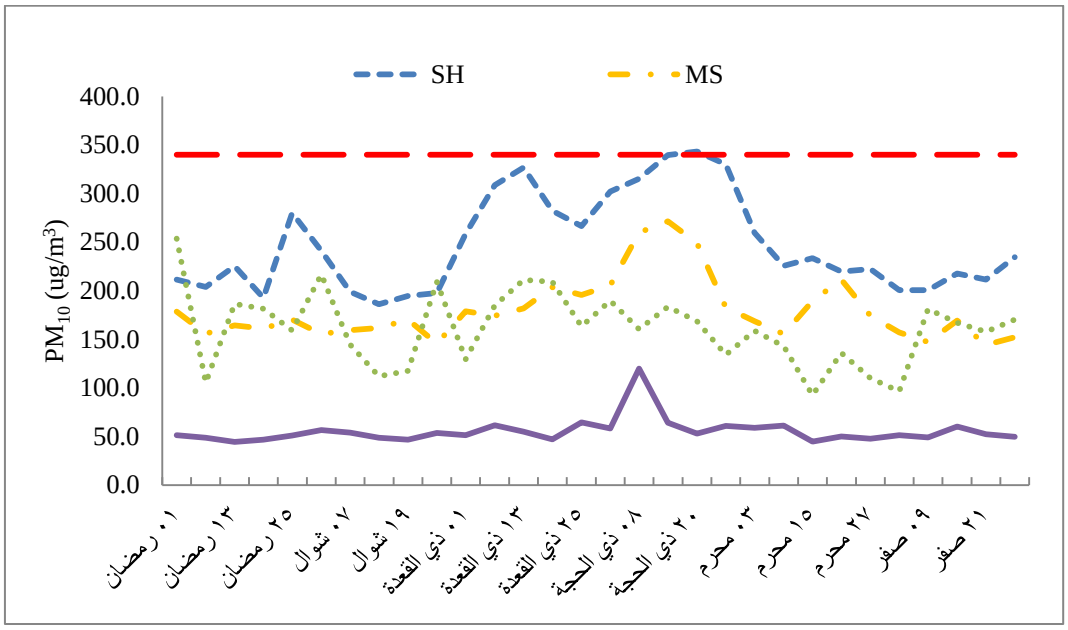
شكل - ٣: جهاز تجميع عينات الأتربة المستنشقة (PM10).

نتائج البحث

الأتربة الصدرية

لقد تم قياس الأتربة الصدرية في أربع أحياء (حى الشبيكة، حى المسفلة، حى العزيزية، وحى العوالى) بمكة المكرمة بالمملكة العربية السعودية (كما هو مبين بالشكل ٤-١). حيث تراوحت تراكيز الأتربة الصدرية فى المنطقة المركزية (حى الشبيكة) بين ١٨٦.١ – ٣٤٣.٢ ميكروجم/م٣ بمتوسط تركيز ٢٥٤.٦ ميكروجم/م٣، بين ١٤٥.٦ – ٢٧١.٤ ميكروجم/م٣ بمتوسط تركيز ١٨٤.٩ ميكروجم/م٣ فى حى المسفلة، بين ٩٢.٤ – ٢٥٣.٨ ميكروجم/م٣ بمتوسط تركيز ١٦٢.٤ ميكروجم/م٣ فى حى العزيزية، بين ٤٤.٥ – ١١٩.٨ ميكروجم/م٣ بمتوسط تركيز ٥٦.٠ ميكروجم/م٣ فى حى العوالى طول فترة القياس (من ١ رمضان ١٤٣٤هـ وحتى ٢٧ صفر ١٤٣٥هـ) كما هو موضح بشكل ٤. وهي قيم لم تتجاوز الحدود المسموح بها فى قانون حماية البيئة واللائحة التنفيذية بالرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة (PME) للأتربة الصدرية (٣٤٠ ميكروجم/م٣ كمتوسط يومي)[٧]. ويرجع هذا الارتفاع الكبير في تركيز هذه الأتربة الصدرية المستنشقة بمنطقة المسجد الحرام إلى الأعمال التطويرية الضخمة القائمة حاليا من أجل توسعة

المسجد الحرام خاصة في منطقتي المسعى والساحة الشمالية من الحرم وما ينجم عن ذلك من حركة كثيفة للشاحنات والمعدات الثقيلة بالمنطقة المحيطة بالحرم وما ينتج عنها من أتربة صدرية كثيفة عالقة بالهواء نتيجة عمليات الهدم والتكسير الصخري المستمرة على مدار ٢٤ ساعة. وفى المسفلة يرجع ارتفاع تراكيز الأتربة الصدرية المستنشقة إلى الكثافة المرورية وما ينتج عنها من أتربة صدرية كثيفة عالقة بالهواء نتيجة الحركة الكثيفة للسيارات والشاحنات. وفى العزيزية يرجع ارتفاع تراكيز الأتربة الصدرية المستنشقة إلى قربها من مناطق المشاعر المقدسة وخاصة منى وكثافة السكان والأنشطة البشرية التى ينتج عنها أتربة صدرية كثيفة عالقة بالهواء. بينما يرجع انخفاض تراكيز الأتربة الصدرية المستنشقة فى حى العوالى إلى الكثافة السكانية المنخفضة. كل هذه التراكيز العالية من الأتربة الصدرية التي تكمن خطورتها في تأثيرها السلبي على صحة المصلين والمعتمرين أدت إلى أضرار صحية خطيرة على الجهاز التنفسي للإنسان حيث أنها زادت من حالات الكحة والأزمات الربوية مما جعل السوق الأوربية المشتركة تضع الحدود القصوى لتواجده بالهواء عند ٥٠ ميكروجرام/م٣ [٥].



شكل - ٤: تراكيز الأتربة الصدرية المجمعة من مناطق الدراسة (ميكروجم/م٣) خلال الفترة من ١ رمضان ١٤٣٤هـ - ٢٧ صفر ١٤٣٥هـ.

كما يوضح جدول (١) مقارنة بين تراكيز الأتربة الصدرية المستنشقة فى مواقع القياس بمكة المكرمة وبعض المدن بدول العالم المختلفة. حيث يتضح ارتفاع تركيز الأتربة الصدرية المستنشقة بشكل ملحوظ في المنطقة المركزية وحى المسفلة بمكة المكرمة مقارنة بباقى المدن ماعدا فى الصين، حيث أن تراكيز الأتربة الصدرية المستنشقة التى تم رصدها فى الدراسة الحالية أقل بكثير من التى تم رصدها فى مدن الصي. وقد أعزت الدراسة ارتفاع الأتربة الصدرية المستنشقة فى المنطقة المركزية وحى المسفلة إلى الازدحام الشديد بمنطقة الحرم الناتج عن النشاطات البشرية الكثيفة خاصة في أوقات الصلاة وكذلك

الحركة الكثيفة للمصلين والمعتمرين والحجاج في ساحات المسجد الحرام وكذلك بين الحرم والفنادق والأسواق المحيطة به مما يزيد من انتشار هذه الأتربة المستنشقة بالهواء خاصة في ظل وجود عمليات التوسعة، إضافة إلى الكثافة المرورية العالية بالمنطقة المركزية وحى المسفلة.

إن هذه التركيزات العالية للأتربة الصدرية لتؤكد على ضرورة الالتفات إلى تحسين البيئة الهوائية بمكة المكرمة بشتى الوسائل والإمكانيات ومن ذلك استخدام رشاشات الماء الرذاذية لترسيب الأتربة العالقة بالهواء في المناطق القريبة من الإنشاءات والتوسعة مثل الساحة الشمالية ،كذلك لا بد من استخدام ناقلات المياه (الوايتات) لرش المياه على الأتربة الصادرة من عمليات الهدم والتكسير للحيلولة دون انتشارها في البيئة الهوائية المحيطة بالمنطقة المركزية، ومن الوسائل الاحترازية التي يمكن إتباعها كذلك البدء بإيقاف عمليات التوسعة والتطوير بالمسعى وبالمناطق المحيطة بالحرم مؤقتا أثناء أوقات الذروة والتي تكثر فيها الحركة بمنطقة الحرم مثل شهر رمضان والحج. كذلك استخدام ناقلات المياه فى رش الطرق الترابية بأحياء مكة المكرمة لتعبيدها وتمهيدها، وأيضا من الضرورى الألتفات إلى زيادة المساحة الخضراء بشوارع وأحياء مكة للحد من تأثير الملوثات والأتربة العالقة.

جدول (١): مستويات الأتربة المستنشقة فى مدن متنوعة بدول العالم المختلفة[١٦].

البلد			الأتربة الصدرية PM10
المملكة العربية السعودية	الدراسة الحالية ١٤٣٥هـ	المنطقة المركزية (الشبيكة)	١٨٦.١ – ٣٤٣.٢
		المسفلة	١٤٥.٦ – ٢٧١.٤
		العزيزية	٩٢.٤ – ٢٥٣.٨
		العوالى	٤٤.٥ – ١١٩.٨
	مكة المكرمة		١٤٥.٤
الصين	نانجينج		٦٨٢.٠
	بكين		٥٠٦.٩
الهند	احمد اباد		١٧١.٠
تايوان	شاوشو		١١٥.٠
تركيا	اردیملی		٢٦.٧
سويسرا	برن		٤٠.٢
ايطاليا	مونت سيمون		١٦.٠
اليونان	اثينا		٤٤.١
البرازيل	ريو دجينيرو		٣٤.٤
	سان بولو		٣٨.٠
تنزانيا	دار السلام		٦٩.٠

حساب المخاطر البيئية

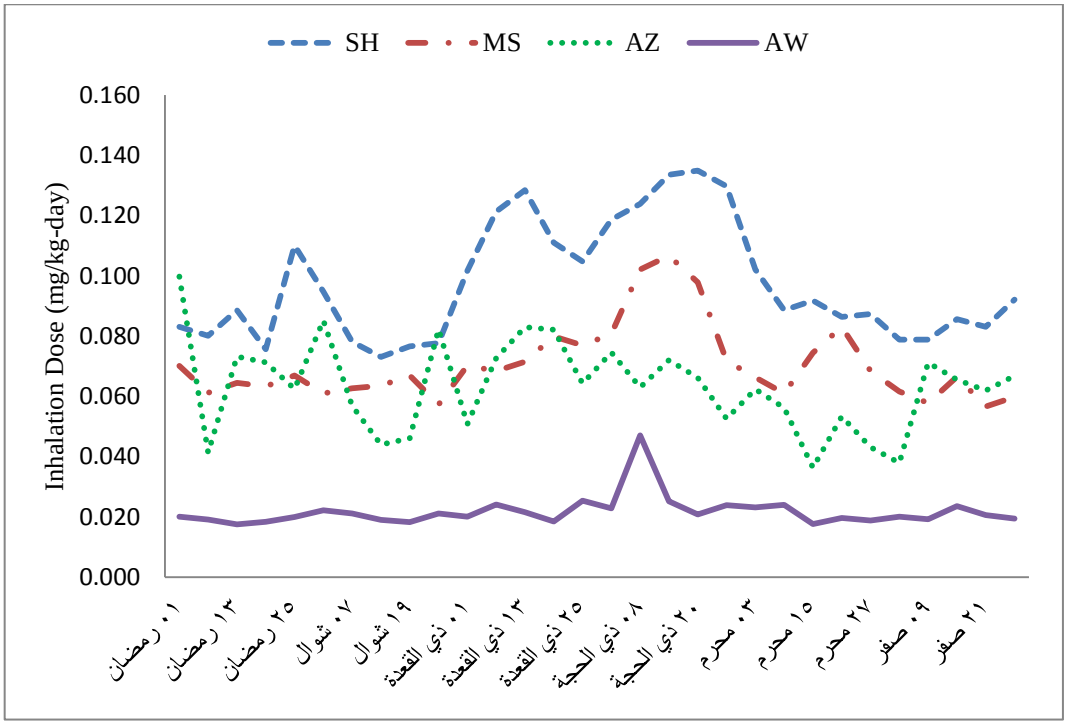
تم حساب جرعة استنشاق وخطر الاصابة بسرطان الرئة نتيجة التعرض لإستنشاق الأتربة الصدرية التى تم رصدها فى مكة المكرمة خلال الفترة من ١ رمضان ١٤٣٤هـ وحتى ٢٧ صفر ١٤٣٥هـ بإستخدام المعادلة رقم (١) [١٧].

$$\text{امعادلة (١)} = (C * DPR * A * EF * ED * 1e\text{-}6) / AT$$

حيث:

I	جرعة الإستنشاق (مجم/ كجم/يوم):	(من المعادلة – ١)
C	تركيز الأتربة الصدرية المستنشقة (PM10) (ميكروجم/م٣):	(من نتائج القياس)
BDR	معدل التنفس اليومي (لتر/كجم/يوم):	(٣٩٣ لتر/كجم/يوم)
A	عامل امتصاص الإستنشاق:	(يساوى ١)
EF	معدل التعرض (يوم/سنة):	(٣٦٥ يوم/سنة)
ED	مدة التعرض (سنوات):	(٧٠ سنة)
1e-6	معامل الإستنشاق:	(٠.٠٠٠٠٠١)
AT	متوسط مدى الفترة الزمنية التي تم خلالها التعرض (يوم):	(٢٥٥٥٠ يوم)

وقد بينت الأشكال (٥، أ - ج) إرتفاع جرعة إستنشاق الأتربة الصدرية فى مواقع حى الشبيكة بالمنطقة المركزية، حى المسفلة، وحى العزيزية خلال العشر الأواخر من شهر رمضان وخلال فترة موسم الحج بداية من يوم ٨ ذى الحجة وحتى ١٥ ذى الحجة. حيث تراوحت جرعات الإستنشاق بين (٠.٠٧٣ – ٠.١٣٥) بمتوسط ٠.٠٩٧ مجم/ كجم/يوم، (٠.٠٥٧ -٠.١٠٧) بمتوسط ٠.٠٧١ مجم/ كجم/يوم، (٠.٠٣٦ -٠.١٠٠) بمتوسط ٠.٠٦٣ مجم/ كجم/يوم فى حى الشبيكة والمسفلة والعزيزية، على التوالى. ويعزى ذلك إلى كثافة المعتمرين والحجاج والباصات التى تنقلهم من الفنادق إلى الحرم المكى الشريف والمشاعر المقدسة والعودة بهم مرة أخرى. كما وضحت الأشكال أن مسار التراكيز فى الأحياء الثلاثة يتحرك من إنخفاض فى بداية رمضان ثم إرتفاع ملحوظ فى أواخر رمضان يليه إنخفاض فى شهرى شوال وذى القعدة ثم إرتفاع فى موسم الحج يليه إنخفاض حتى بداية موسم العمرة بعد شهر محرم. وقد بين الشكل (٥، د) إنخفاض جرعة إستنشاق الأتربة الصدرية فى مواقع حى العوالى طول فترة القياس بإستثناء يومى ٨ و ٩ ذى الحجة حيث أظهرت الحسابات إرتفاع ملحوظ يعزى إلى كثافة حركة الحجاج والباصات المتجهة إلى عرفات لأداء مناسك الحج. وتراوحت جرعات الإستنشاق بين (٠.٠١٧ – ٠.٠٤٧) بمتوسط ٠.٢٢ مجم/ كجم/يوم.



شكل - ٥: جرعة إستنشاق الأتربة الصدرية (مجم/ كجم/يوم) خلال الفترة من ١ رمضان ١٤٣٤هـ - ٢٧ صفر ١٤٣٥هـ.

كذلك تم حساب نسبة خطر الاصابة بسرطان الرئة نتيجة التعرض لإستنشاق الأتربة الصدرية التى تم رصدها فى مكة المكرمة خلال الفترة من ١ رمضان ١٤٣٤هـ وحتى ٢٧ صفر ١٤٣٥هـ بإستخدام المعادلة رقم (٢) [١٧].

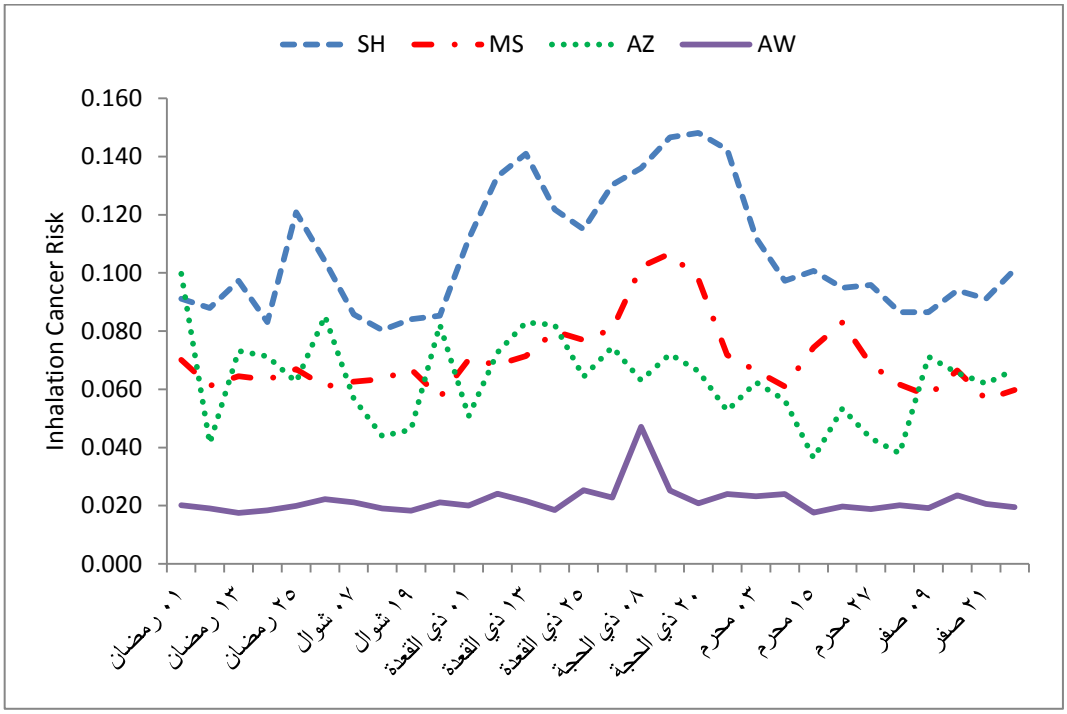
(٢) معادلة ICR = (I * CPF)

حيث:

I	: جرعة الإستنشاق (مجم/ كجم/يوم)	(من المعادلة – ١)
CPF	: معامل قوة السرطان	(١.٠٩٨)

وقد بينت الأشكال (٦، أ - ج) إرتفاع خطر الاصابة بسرطان الرئة نتيجة التعرض لإستنشاق الأتربة الصدرية فى مواقع حى الشبيكة بالمنطقة المركزية، حى المسفلة، وحى العزيزية خلال العشر الأواخر من شهر رمضان وخلال فترة موسم الحج بداية من يوم ٨ ذى الحجة وحتى ١٥ ذى الحجة حيث تراوحت النسب بين (٠.٠٨ – ٠.١٥) بمتوسط ٠.١١٪، (٠.٠٦-٠.١٢) بمتوسط ٠.٠٨٪، (٠.٠٤-٠.١١) بمتوسط ٠.٠٧٪. ويعزى ذلك إلى كثافة المعتمرين والحجاج والباصات التى تنقلهم من الفنادق إلى الحرم المكى الشريف والمشاعر المقدسة والعودة بهم مرة أخرى. كما وضحت الأشكال أن مسار التراكيز فى الأحياء الثلاثة يتحرك من

إنخفاض فى بداية رمضان ثم إرتفاع ملحوظ فى أواخر رمضان يليه إنخفاض فى شهرى شوال وذى القعدة ثم إرتفاع فى موسم الحج يليه إنخفاض حتى بداية موسم العمرة بعد شهر محرم. وقد بين الشكل (٦، د). إنخفاض خطر الاصابة بسرطان الرئة نتيجة التعرض لإستنشاق الأتربة الصدرية فى حى العوالى طول فترة القياس بإستثناء يومى ٨ و ٩ ذى الحجة حيث أظهرت الحسابات إرتفاع ملحوظ يعزى إلى كثافة حركة الحجاج والباصات المتجهة إلى عرفات لأداء مناسك الحج. وتراوحت النسب بين (٠.٠٠٢-٠.٠٠٥) بمتوسط ٠.٠٠٢٪ .



شكل - ٦: نسبة خطر الاصابة بسرطان الرئة نتيجة التعرض لإستنشاق الأتربة الصدرية التى تم رصدها فى مكة المكرمة خلال الفترة من ١ رمضان ١٤٣٤هـ وحتى ٢٧ صفر ١٤٣٥هـ.

التنبؤ بعدد حالات دخول المستشفيات بسبب أمراض الجهاز التنفسي

تم إستخدام نموذج محاكاة (AirQ2.2.3 model) لحساب درجة الخطورة والتنبؤ بعدد حالات أمراض الجهاز التنفسي الناتجة من تركيزات الأتربة المستنشقة التى تم رصدها فى مكة المكرمة خلال الفترة من ١ رمضان ١٤٣٤هـ وحتى ٢٧ صفر ١٤٣٥هـ. حيث يعتمد البرنامج على مدخلات منها:

بيانات الموقع (احداثيات المدينة (خط عرض ٢١.٤٣شمال ،خط طول ٣٩.٨٢ شرق)، عدد السكان (٢٧٠٠٠٠٠ حاج + ١٨٠٠٠٠٠ مقيم)، سنة القياس (٢٠١٣م)، بيانات مدخل البيانات) [١٨].

بيانات الملوث (نوع الملوث (الأتربة الصدرية PM10)، تراكيز الأتربة الصدرية (مقسم كل ١٠ ميكروجم/م٣).

حساب نسبة المخاطر (RR) من المعادلة رقم - ٣) [١٤]، وفي هذه المعادلة استخدمت قيم معامل الخطورة لحساب الخطر النسبى المنخفض، المتوسط، والعالى.

معادلة (٣) RR = exp [B(X-Xo)]

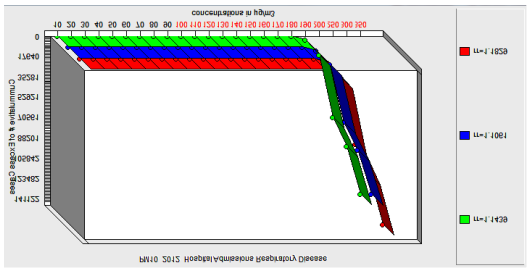
حيث أن:

B	معامل الخطورة يأخذ قيمة صغرى (٠.٠٠٠٦)، متوسطة (٠.٠٠٠٨)، عظمى (٠.٠٠١٠)
X	متوسط التركيز السنوى لتركيز الأتربة الصدرية المقاسة (ميكروجم/م٣)
Xo	الحدود الموجودة فى القانون لبلد الموقع المقاس (٣٤٠ ميكروجم/م٣)

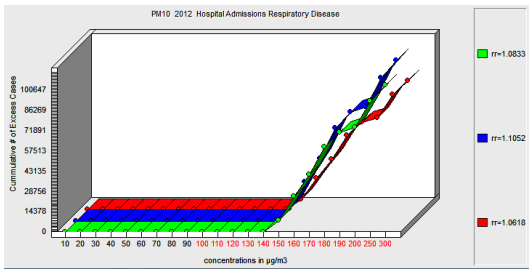
البيانات الصحية (معدل الإصابة بأمراض الجهاز التنفسي المسجل بوزارة الصحة ٣٨٧٢ حالة فى كل ١٠٠٠٠٠ شخص) [١٩].

وتشمل مخرجات البرنامج: حساب أثر تراكيز الأتربة الصدرية وحساب الخطر النسبي. وكذلك التنبؤ بعدد حالات دخول المستشفيات بسبب أمراض الجهاز التنفسي نتيجة التعرض لتركيزات PM10 في كل ١٠٠٠٠٠ شخص.

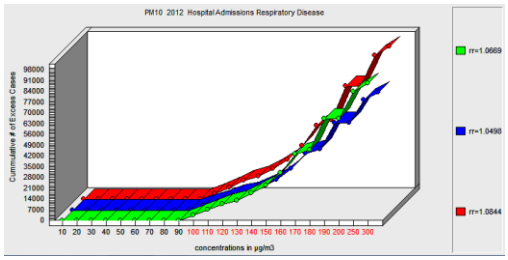
وقد أوضحت نتائج نموذج AirQ2.2.3 مدى تعرض سكان مكة المكرمة للأتربة الصدرية المستنشقة (PM10) ومدى الآثار الصحة الناجمة عن ذلك، وتنبأت بعدد حالات دخول المستشفيات بسبب أمراض الجهاز التنفسي نتيجة التعرض لتركيزات PM10 المقاسة بهذه الدراسة، ليكون عدد حالات دخول المستشفيات بسبب أمراض الجهاز التنفسي فى كل ١٠٠٠٠٠ شخص بين (٣٦١- ٣٠٥٠ حالة)، (١٧٧- ٢٢٩٨ حالة)، (٧٢-١٩٨٢ حالة)، (١٨-٧٠ حالة) في حى الشبيكة، المسفلة، العزيزية، العوالى، على التوالى (كما هو موضح بالشكل ٧). مما يوضح أن عدد حالات دخول المستشفيات بسبب أمراض الجهاز التنفسي فى كل ١٠٠٠٠٠ شخص بأحياء الشبيكة والمسفلة أعلى منها فى العزيزية وتقل لدرجة كبيرة فى حى العوالى.



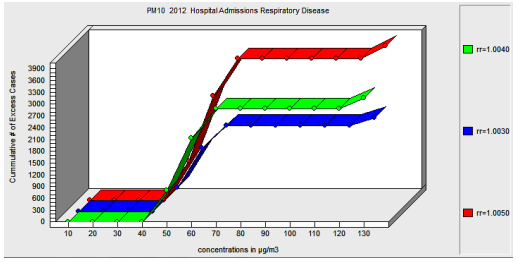
(أ) حى الشبيكة (المنطقة المركزية)



(ب) حى المسفلة



(ج) حى العزيزية



(د) حى العوالى

شكل - ٧: عدد حالات دخول المستشفيات بسبب أمراض الجهاز التنفسي لكل ١٠٠٠٠٠ شخص.

كما بينت نتائج النموذج AirQ2.2.3 أن معامل التركيز والاستجابة (95٪ CI) هو ٠.٥٣(٠.١١-٠.٩٥٪)، ٠.٧٠(٠.٣٣-١.٠٦٪)، ٠.٦٨(٠.٣٧-٠.٩٩٪)، ٠.٠٥(٠.٠٠٦-٠.٠٠٤٪) فى حى الشبيكة بالمنطقة المركزية، حى المسفلة، حى العزيزية، وحى العوالى، على التوالى لكل ١٠ ميكروجم/م٣ زيادة فى التركيز. وكانت هذه القيم أقل من التى تم رصدها فى القاهرة- مصر ٤.١ (٤ – ٤.٢) وفي تالين - استونيا ١.١٤٪ (٠.٦٢-١.٦٧)، في حين أنها أعلى من التى تم رصدها فى شانغهاى بالصين ٠.٢٣ (٠.٠٣-٠.٤٨) وفي شمال الصين ٠.٠٣٦(٠.٠٠٦ – ٠.٠١٢) [٢٠، ٢٧-٣٠].

وبمقارنة نتائج الدراسة الحالية (١٨- ٣٠٥٠ حالة فى كل ١٠٠٠٠٠ شخص بمتوسط ١٥٣٤ حالة) فى جميع مواقع القياس بعدد حالات دخول المستشفيات بسبب أمراض الجهاز التنفسي نتيجة التعرض لتركيزات PM10 المسجلة فى بلدان مختلفة حول العالم وجد أنها أقل من التى تم تسجيلها في الولايات المتحدة الأمريكية (٨٩٧٠ حالة في كل١٠٠٠٠٠ شخص)، وفى ماليزيا (٢٠٠٣ حالة فى كل ١٠٠٠٠٠ شخص). ولكنها أعلى من التى تم تسجيلها فى الصين (١٢٤٠ حالة فى كل ١٠٠٠٠٠ شخص) [٢٠-٢٦].

فى النهاية فإن الدراسات المتعلقة بالأتربة الصدرية المستنشقة (PM10) وعلاقتها بعدد حالات دخول المستشفيات بسبب أمراض الجهاز التنفسي تحتاج المزيد من الوقت والدراسة للتحقق من أنها المسبب الرئيسى لأمراض الجهاز التنفسى في مكة المكرمة.

الخاتمة

ناقشت الدراسة تراكيز الأتربة الصدرية المستنشقة فى أحياء مختلفة متنوعة النشاط بمكة المكرمة خلال الفترة من ١رمضان لعام ١٤٣٤هـ إلى ٢٧ صفر لعام ١٤٣٥هـ. وقد أشارت الدراسة إلى وجود تراكيز عالية من الأتربة الصدرية فى حى الشبيكة بالمنطقة المركزية، حى المسفلة، وحى العزيزية، وكانت أقل التراكيز فى حى العوالى. وهذه القيم لم تتجاوز الحدود المسموح بها فى قانون حماية البيئة واللائحة التنفيذية بالرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة (PME) للأتربة الصدرية (٣٤٠ ميكروجم/م٣ كمتوسط يومي). وقد أعزت الدراسة سبب ذلك إلى الأعمال التطويرية الضخمة القائمة حاليا من أجل توسعة المسجد الحرام خاصة في منطقتي المسعى والساحة الشمالية من الحرم وما ينجم عن ذلك من حركة كثيفة للشاحنات والمعدات الثقيلة بالمنطقة المحيطة بالحرم وما ينتج عنها من أتربة صدرية كثيفة عالقة بالهواء نتيجة عمليات الهدم والتكسير الصخري المستمرة على مدار ٢٤ ساعة. وفى المسفلة والعزيزية إلى كثافة السكان والأنشطة البشرية والكثافة المرورية وما ينتج عنها من أتربة صدرية كثيفة عالقة بالهواء نتيجة الحركة الكثيفة للسيارات والشاحنات.

كذلك تم تطبيق نموذج AirQ2.2.3 للتنبأ بعدد حالات دخول المستشفيات بسبب أمراض الجهاز التنفسي في مدينة مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية خلال فترة سنة واحدة. حيث تراوحت بين (١٨ -٣٠٥٠ حالة فى كل ١٠٠٠٠٠ شخص بمتوسط ١٥٣٤ حالة). وكان معامل التركيز والاستجابة بين ٠.٤٩(٠.٠٥ – ٠.٧٠) لكل ١٠ ميكروجم/م٣ زيادة فى التركيز بجميع مواقع الدراسة. وتمت مقارنة نتائج النموذج بالدراسات التي أجريت في بلدان أخرى حول العالم.

التوصيات

لذلك توصى هذه الدراسة بالتالي:

١. تشجيع التعاون مع المراكز الصحية التابعة لوزارة الصحة السعودية بمناطق مكة المكرمة لعمل حصر فعلى مدقق لعدد حالات دخول المستشفيات بسبب أمراض الجهاز التنفسي، يمكن من خلاله التنبؤ سنويا بعدد حالات دخول المستشفيات نتيجة التعرض لتراكيز الأتربة الصدرية المستنشقة (PM10).

٢. مد متخذى القرار بالجهات التنفيذية بنتائج هذه الدراسة لوضع خطط مستقبلية تتلائم مع عدد حالات دخول المستشفيات المتنبأ بها.

٣. إتخاذ التدابير والإجراءات الإحترازية بمنع وتقليل عمليات الهدم والبناء فى المناطق التى بين نموذج المحاكاه زيادة اعداد دخول المستشفيات بها زخاصة فى مواسم الذروة (رمضان، الحج).

٤. استمرار اجراء القياسات والرصد المستمر لتراكيز الأتربة المستنشقة وحصر الأعداد الفعلية لعدد حالات دخول المستشفيات بسبب أمراض الجهاز التنفسي، حيث يمكن من خلال هذه البيانات التنبؤ سنويا بعدد حالات دخول المستشفيات نتيجة التعرض لتراكيز الأتربة الصدرية المستنشقة (PM10).

المراجع

١. نصر اللّه، م. م.، ٢٠٠١م، تلوث الهواء وحماية البيئة الهوائية- الناشر أكاديمية البحث العلمي- القاهرة.

٢. نصر اللّه، م. م.، ١٤٢٤-١٤٢٨هـ، برنامج تعرض الحجاج والمعتمرين لملوثات الهواء – تقارير معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج- مكة المكرمة.

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

4. 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.

5. WHO, 2002, Guidelines for Air Quality, European Regional Office, World Health Organization, Geneva.

6. 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.

٧. النظام العام للبيئة واللائحة التنفيذية، ١٤٢٧هـ، ملحق (١) مقاييس حماية البيئة - النظام العام للبيئة واللائحة التنفيذية في المملكة العربية السعودية – وثيقة رقم ١٤٠٩- ٠١.

8. Kleinman, M.T.; Pasternack, B.S.; Eisenbud, M.E. and Kneip, T.J. (1980). Identifying and estimating the relative importance of sources of airborne particulates. Environ. Sci. Tech. 14 (1): 62 – 65.

9. Hassan, S.K.M. (2006). Atmospheric Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Heavy Metals in Suspended Particulate Matter in Urban, Industrial and Residential Areas in Greater Cairo. Ph.D. Thesis, Chemistry Department, Faculty of Science, Cairo University, Egypt.
10. Paoletti, L.; Falchi, M.; Viviano, G.; Ziemacki, G.; Batisti, D. and Pisani, D. (1989). Features of airborne breathable particulate in a remote rural and in an urban area. J. Water, Air and Soil Pollution, 43 (1-2): 48 – 85.
11. Han, X. and Naher, L.P. (2006). A review of traffic-related air pollution exposure assessment studies in the developing world. Environ. Intern. 32 : 106 – 120.
12. USEPA (US Environmental Protection Agency) (1995a). National Air Pollutant Emission Trends, 1990-1994.
13. Chan, L.Y. and Kwok, W.S. (2000). Vertical dispersion of suspended particulates in urban area of Hong Kong. Atmos. Environ., 34 (26): 4403 – 4412.
14. WHO (World Health Organization). Protection of the human environment, assessing the environmental burden of disease at national and local levels, Geneva 2004.
15. JIS (Japanese Industrial Standards) (1992): General Rule for Test Methods of Reagents, Japanese Industrial Standards Committee, Tokyo, Japan.
١٦. تركى حبيب اللّه ١٤٣٢هـ (٢٠١١) البرنامج البحثي لتعرض الحجاج والمعتمرين لملوثات الهواء بمكه المكرمة والمشاعر المقدسة. "التقرير الثاني" الجزء الأول: التوزيع الحجمي والتركيب الكيميائي والمعدني للأتربة العالقة (الأنيونات - الكاتيونات - المعادن) لموسمى الحج ١٤٢٦هـ وَ ١٤٣١هـ. معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة. جامعة أم القرى ، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية.
17. SES (Stirling Energy System) solar. 2008. SES solar one application for certification: volume 3. Appendix DD: public health and safety data. California energy commission. Bureau of land management.
ttp://www.energy.ca.gov/sitingcases/solartwo/documents/applicant/afc/volume_02+03/MASTER_Appendix%20DD.pdf
18. Makkah: Mecca-Wikipedia, the free encyclopedia 2010.
19. HSYB (Health Statistical Year Book) for Hajj 1432H, 2011.www.moh.gov.sa.
20. Wang X, Mauzerall DL. Evaluating impacts of air pollution in China on public health: Implications for future air pollution and energy policies. Atmos Environ 2006; 40: 1706-21. http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.10.066
21. Orru H, Teinemaa E, Lai T, Tamm T, Kaasik M, Kimmel V, et al. Health impact assessment of particulate pollution in Tallinn using fine spatial resolution and modeling techniques. Environ Health 2009; 8: 7-15. http://dx.doi.org/10.1186/1476-069X-8-7

22. Guo Y, Jia Y, Pan X, Liu L, Wichmann HE. The association between fine particulate air pollution and hospital emergency room visits for cardiovascular diseases in Beijing, China. Sci Total Environ 2009; 407: 4826-30. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.05.022
23. Guo Y, Tong S, Li S, Barnett AG, Yu W, Zhang Y. Gaseous air pollution and emergency hospital visits for hypertension in Beijing, China: a time-stratified case cross over study. Environ Health 2010a; 9: 57-65. http://dx.doi.org/10.1186/1476-069X-9-57
24. Guo Y, Tong S, Zhang Y, Barnett AG, Jia Y, Pan X. The relationship between particulate air pollution and emergency hospital visits for hypertension in Beijing, China. Sci Total Environ 2010b; 408: 4446-50. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.06.042
25. Chen R, Pan G, Kan H, Tan J, Song W, Wu Z. Ambient air pollution and daily mortality in Anshan, China: a times tratified case-crossover analysis. Sci Total Environ 2010; 408: 6086-91. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.09.018
26. Shakour AA, El-Shahat MF, El-Taieb NM, Hassanein MA, Mohamed AMF. Health Impacts of Particulate Matter in Greater Cairo, Egypt. J Am Sci 2011; 7: 9-15.
27. USEPA (United States Environmental Protection Agency). The benefits and costs of the Clean Air Act, 1970-1990. EPA-410-R-97-002, United States Environmental Protection Agency Office of Air and Radiation Policy, 1997. (http://www.epa.gov/airprogm/oar/sect812/, accessed 11/02/20130).
28. Chen C, Chen D, Green C, Wu C. Benefits of expanded use of natural gas for pollutant reduction and health improvement in Shanghai. Sino Sphere J 2002; 5(2): 58-64.
29. Afroz R, Hassan MN, Ibrahim NA. Review of air pollution and health impacts in Malaysia. Environ Res 2003; 92: 71-77. http://dx.doi.org/10.1016/S0013-9351(02)00059-2
30. Fattore E, Paiano V, Borgini A, Tittarelli A, Bertoldi M, Crosignani P, Fanelli R. Human health risk in relation to air quality in two municipalities in an industrialized area of Northern Italy. Environ Res 2011; 111: 1321-7. http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2011.06.012.