

تقييم مستويات التلوث بالدقائق الهوائية في مصنع سمنت بادوش الجديد/ العراق

حسين محسن عبيد ، طالب ماجستير
جامعة الموصل / كلية الهندسة – قسم الهندسة المدنية

د. قصي كمال الدين الأحمدي ، استاذ مساعد
جامعة الموصل/ كلية البيئة

الخلاصة

تم في هذا البحث اجراء قياسات مستويات الغبار العالق الكلي والناعم (PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_7 , PM_1) في 17 موقع مختار في معمل اسمنت بادوش الجديد كما وتم جمع نماذج من التربة حول المعمل بالاتجاهات الاربعه على مسافات 1 كيلومتر و لحد 5 كيلومتر في كل اتجاه لبيان تأثير الساقط الغباري على التربة المحيطة. أظهرت نتائج القياس تجاوز تركيز الدقائق العالقة الناعمة جدا ($PM_{2.5}$) المحددات القياسية في عدة مواقع من المعمل كما تجاوز المعدل الكلي للمعمل المحددات القياسية وبلغ 47 مايكروغرام/م³، أما تراكيز الدقائق العالقة للقابله للاستنشاق (PM_{10}) فقد تجاوزت المحددات القياسية في جميع مواقع القياس حيث بلغ التركيز الاجمالي 869 مايكروغرام/م³ مقابل 150 مايكروغرام للمواصفات القياسية، كذلك تجاوزت تراكيز الدقائق العالقة الكلية في عدة مواقع المحددات القياسية المعتمدة. كذلك سجلت النتائج وجود علاقات ارتباط معنوية بين تراكيز الدقائق العالقة حسب أحجامها. كما أظهرت نتائج فحوصات التربة حول معمل السمنت اختلافات معنوية بين نسب الاكاسيد المقاسة فيها وكانت نسب الاكاسيد أعلى في اتجاهي الجنوب والشرق وبفرق معنوي عن الشمال والغرب حيث كانت نسبة (SiO_2) و (Al_2O_3) في التربة شرقي المعمل هي الاعلى وبلغت 40.94% و 10.53% على التوالي، في حين كان اعلى معدل لبقيّة الاكاسيد في التربة باتجاه جنوبي المعمل وبلغ 4.86% لـ (Fe_2O_3) 36.81% (CaO) 4.49% (MgO) 0.76% (SO_3).

Assessment of Air Particulate Pollution in New Badoosh Cement Factory/ Iraq

Dr. Kossay K. Al-Ahmady , Asst. Professor

College of Environment,

University of Mosul

Hussain Muhsin Obeed , M.Sc

Civil Dept. College of Engineering

Abstract

In this research, measurements of total (TSP) and fine suspended particulate PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_7 and PM_1 at Badoosh cement factory were carried out. Seventeen locations inside the factory are selected. The effect on soil around the cement factory was also studied by collecting samples in the four directions North, South, East and West to a distance of five kilometers from the factory with one kilometer spacing. The result of the study revealed that; the concentration of very fine suspended particulate $PM_{2.5}$ was over the international standard limits at different locations of the factory and the overall average concentration for the factory was ($47 \mu g/m^3$). For PM_{10} suspended particulates, the results at all locations were over the international limits and the overall average concentration reached $869 \mu g/m^3$, which was much more than the standards of $150 \mu g/m^3$. On the other hand, the total suspended particulate concentration exceed the standard at several locations in the factory. Significant correlations were found among the suspended particulate concentrations according to their size. The results of soil test around the cement factory showed significant differences of oxides percentages among the directions. Higher percentages were recorded in the South and East directions than North-West direction. The results also revealed that the percentages of SiO_2 and Al_2O_3 were 40.94% and 10.53% in the east direction whereas higher percentage for Fe_2O_3 (4.86%), CaO (36.81%), MgO (4.49%), and SO_3 (0.76%) were recorded in the south direction of factory.

Keywords: Air pollution, Particulate, Cement industry, Soil contamination.

المقدمة

يعد التلوث البيئي من مواضيع الساعة إذ يشكل التلوث مصدر قلق دائم لشرائح المجتمع المختلفة بسبب تعدد صورته وتوسع أشكاله المؤثرة سلباً على البيئة وصحة الإنسان. وفي عصرنا الحديث أصبحت مشاكل التلوث الشغل الشاغل للدول المتقدمة والنامية التي بدأت تدرك مخاطر التلوث البيئي ولو أنها الهوائي ليست وليدة هذا العهد وإنما وجدت منذ أن عرف الإنسان النار قبل آلاف السنين حيث كانت نواتج الاحتراق غير المتكامل تنتشر في هواء الحيز الذي يسكنه التلوث الهوائي وتفاقت تأثيراته السلبية نتيجة لزيادة تركيز الملوثات مختلفة المطروحة وتوليد أنواع من الملوثات تضر البيئة وتهدد حياة الإنسان وثوراته.

يعتمد الضرر الناجم عن تلوث الهواء على عوامل عديدة منها كمية الملوثات وتركيزها في الهواء وفي الجسم المستقبل لها، ونوعية الملوثات، ونوعية الضرر الذي قد ينجم عنها، وقابلية الجسم للتأثر بها. حيث يصبح الهواء ملوثاً عندما تدخل مركبات ضاره إلى الغلاف الحيوي كالغازات المختلفة أو أبخرة المواد العضوية أو المواد الصلبة. ومن أهم مصادر إطلاق الغازات إلى الهواء السيارات تليها المصانع ومحطات القوى النووية (Knox, 2008).

تلوث الهواء حسب نوعيتها إلى مصادر طبيعية ومصادر ناتجة عن نشاط الإنسان ويصعب أحياناً الفصل بين هذين المصدرين إذ أن ما يصدر عن نشاط الإنسان في منطقة ما قد يدعّمه مصدر طبيعي كالرياح إلى منطقة أخرى فيصعب بتالي تحديد أصل المصدر، ففي البلدان الصناعية تقذف المصانع بأنواع عديدة من ملوثات الهواء. ويختلف النوع باختلاف الصناعة، فمنها ما يقذف بالغازات الضارة ومنها ما يقذف بالغبار الذي يحتوي على الملوثات

يعدّ التلوث بالجسيمات العالقة أو الغبار العالق ويرمز لها بحرفي (PM) ثم رقم يمثل حجم الدقائق العالقة أحد جوانب التلوث الجديرة بالاهتمام وذلك لكون الدقائق العالقة وخصوصاً القابلة للاستنشاق منها ذات خطورة على البيئة والجو والإنسان. إذ أن الدقائق العالقة ذات قطر أصغر من 10 مايكرون (PM_{10}) لها قابلية امتصاص المواد السامة أكثر من الدقائق الخشنة وبإمكانها دخول جسم الإنسان والاستقرار في الرئتين خلال عملية التنفس مسببة أمراض مختلفة للجهاز التنفسي والأمراض القلبية (Makkonen, 2010). وفي حين تسقط دقائق الغبار الخشنة إلى الأرض بالجاذبية، فمن الممكن أن تبقى الدقائق الناعمة في الهواء عالقة لعدة أسابيع وتنتقل إلى مسافات بعيدة عن مصدر انبعاثها. وعليه فإن الدقائق الناعمة ذات تأثير كبير على البيئة (Furuta, 2005)، يضاف إلى ذلك أن الدقائق العالقة في الجو لا تعمل فقط على تقليل مدى الرؤيا ولكنها في نفس الوقت تؤثر على تكوين الغيوم والتي تؤثر بدورها على عملية انتقال الحرارة في الجو وعليه فإنها تساهم في التغيرات المناخية. وقد تناولت الدراسات المحلية السابقة حول التلوث الهوائي (الغبار) بالرغم من ندرتها الغبار الساقط والدقائق العالقة PM_{50} .

تعدّ صناعة الاسمنت من الصناعات الاستراتيجية في العالم كونها تساهم في البنى التحتية للبلد ولكنها في الوقت نفسه تعدّ من الصناعات الملوثة للبيئة وخاصة الهواء سواء داخل بيئة المعمل أو في البيئة المحيطة به لما تطرحه في الجو من غبار وغازات تبدأ من المقالع مروراً بكافة أقسام المعمل الإنتاجية، وذلك نتيجة لتعاملها مع التربة والصخور كمادة أولية حيث يتم تكسيها وطحنها لتهيئتها لدخول الأفران وينتج عن هذه العمليات توليد كميات كبيرة من المواد العالقة، وبعد خروج الكلنكر من الفرن تتسبب عملية طحنه في توليد الغبار العالق الناعم، يتبع ذلك عملية تعبئة الاسمنت وتحميله ويكون جو هذه الوحدة ذو تراكيز عالية من المواد العالقة الناعمة الإنتاجية (Jeff, 2004).

هنالك العديد في محافظة نينوى والتي تسد جزء كبير من احتياجات العراق وتمتاز بجودة انتاجها. في هذا البحث اختيار معملان للاسمنت في منطقة بادوش الواقعة غرب مدينة الموصل هما معمل سمنت بادوش الجديد ومعمل سمنت بادوش التوسيع واللذان يعملان بالطريقة الجافة لإجراء الدراسة الحالية ومسح الملوثات الغبارية العالقة الكلية والناعمة في جو العمل ومقارنتها مع المحددات المسموح بها فضلاً عن تأثيراتها على التربة حول المعمل واحتساب تراكيز الدقائق العالقة بناء على الحالة الجوية بعد قياس مقدار الدقائق العالقة المنبعثة من المدخنة.

الدراسات السابقة

(Burcu Onat, 2013) بحركة السيارات في مدينة اسطنبول تركيا. حيث
نتائج البحث أن تركيز $PM_{2.5}$ ما بين $23.8 \mu g/m^3$ PM_1 $81.5 \mu g/m^3$ $7.6 \mu g/m^3$ $PM_{2.5}$ $30.2 \mu g/m^3$ كما وقد وجد أن المواد المعدنية المتطايرة أكثر شيوعاً في $PM_{2.5}$.
وقيم (Abu Allaban, 2011) تأثير معمل سمنت في الأردن على نوعية الهواء في المناطق المجاورة خلال مرحلتي إنشاء المصنع وتشغيله. أثبتت نتائج البحث أن تراكيز كل من الغبار، (SO_2) (NO_x) (CO) من المصنع كانت ضمن الحدود المقبولة بيئياً في حالة استخدام وحدات السيطرة على الملوثات. كما أوضحت النتائج أن

الملوثات الناتجة خلال كلا المرحلتين تتشابه من حيث نوعيتها باستثناء الملوثات الناتجة عن احتراق الوقود والتي تتزايد تراكيزها خلال مرحلة التشغيل نتيجة عمل الأفران في المصنع. كذلك أثبتت النتائج انه يمكن استخدام النموذج الرياضي الحاسوبي لتوقع انتشار الملوثات الناتجة من المصنع حيث تطابقت بشكل معقول القيم المستحصلة من النموذج الرياضي مع القياسات الحقيقية للملوثات.

كما وقيم الباحثان (Kabir, 2010) التلوث الهوائي الناتج عن صناعة السمنت في نيجيريا، حيث تمت مراقبة نوعية الهواء في المصنع وتقييم المتساقطات في المناطق المجاورة. أثبتت نتائج البحث ان تراكيز الغبار في مناطق المصنع والمناطق المجاورة تتراوح ما بين (249-3745) ملغم/متر مكعب، في حين تراوحت تراكيز ثاني اوكسيد الكربون ما بين (2440-2600) ملغم/متر مكعب ولنفس المناطق. بالمقابل كانت تراكيز كل من أكاسيد النتروجين (NO_x) وثاني اوكسيد (CO_2) الناتجان من المصنع ضمن الحدود المسموحة لنوعية الهواء. كما وبينت النتائج أن إجراء بعض التعديلات على العمليات الإنتاجية واستخدام مواد أولية مختلفة من الممكن أن يقلل من إنتاج غاز ثاني اوكسيد الكربون في الأفران إلى الحدود الدنيا. وتوصل (Al Smadi, 2009) الى ان انتشار الملوثات في شهر أيلول يكون أسوأ ما يمكن وذلك بسبب انخفاض سرعة الرياح واستقراره الجو النسبية وذلك عند دراسته انتشار كل من الغبار (Dust) ، أكاسيد النتروجين (NO_x) ، ثاني اوكسيد الكبريت (SO_2) وأول اوكسيد الكربون (CO) الناتجة من مصنع سمنت وادي اليباد في الأردن ومقارنة النتائج مع المحددات الأردنية لنوعية الهواء. كما أظهرت النتائج أن تراكيز ثاني اوكسيد الكبريت 0.8 جزء بالمليون على بعد 750 متر من المصنع عند استخدام الوقود الثقيل (Fuel oil) في التسخين والتي هي أعلى بكثير من حدود المواصفة الأردنية للهواء (0.32) جزء بالمليون. بالمقابل أظهرت النتائج أن استخدام الغاز الطبيعي في التسخين ينتج ملوثات أقل او ضمن حدود مواصفات نوعية الهواء المقبولة. كما وجد ارتفاع تراكيز كل من أكاسيد النتروجين والغبار الناتج الى مستويات أعلى من حدود المواصفات المسموحة لنوعية الهواء. بينت نتائج التحليل الرياضي أن أعلى مستويات تلوث بالغبار تحدث ضمن مسافة 300

كذلك قام الباحثان (Panedy, 2008) بدراسة التأثيرات السلبية الناتجة عن 11 مصنع سمنت حيث أظهرت نتائج الدراسة وجود تأثير ضار جدا لهذه المصانع على البيئة المجاورة كونها تنتج كميات كبيرة جدا من غازات (CO_2) و (NO_x) ودقائق (PM_{10}). كما أظهرت الصور الجوية المأخوذة لمنطقة المصانع والمناطق المجاورة وجود طبقة واضحة من الضباب عند مستوى سطح الأرض، كذلك اظهرت الدراسة أن السبب الرئيسي لمثل هذا التأثير المدمر للبيئة هو عدم قيام هذه المصانع باستخدام أي وحدات عزل وسيطرة على ملوثات الهواء الناتجة من الفعاليات الإنتاجية في المصنع. بينت الدراسة ان غبار السمنت المتساقط على التربة في المناطق المجاورة للمصانع والتي يمتاز بكونه مادة غير ا للذوبان، يؤدي الى تشكيل طبقة فوق السطح تسبب تدمير خصوبة التربة من خلال منع امتصاص المياه من الطبقة السطحية للتربة والى الداخل إضافة لرفع تراكيز العديد من العناصر في التربة مثل السيليكا والكالسيوم والصوديوم والمغنيسيوم والبتاسيوم هذا بالإضافة لخفض قيمة الدالة الحامضية للتربة (pH).

كما تناول (Branquinho, 2008) في دراستهم تأثير التلوث بالغبار الناتج عن مصنع سمنت في المناطق الجافة، حيث تمت مراقبة تراكيز مركبات الغبار الناتج الرئيسية وهي الكالسيوم (Ca) والحديد (Fe) والمغنسيوم (Mg) منطقة المصنع والمناطق المجاورة والناتجة من فعاليات كسارة المواد الأولية وطاحونة السمنت في المصنع. أثبتت نتائج البحث وجود تأثير قوي لمصنع السمنت على التلوث بالغبار في المنطقة. كذلك أظهرت النتائج أن كل من كمية الغبار الناتجة من المصنع ونوعية التركيب الكيماوي للغبار لهم التأثير الرئيس على تكرار وطريقة ترسب الغبار في المنطقة. (Ade-Ademilua, 2008) تأثير الغبار الناتج عن مصانع السمنت على معدلات استهلاك المعادن الثقيل من أنواع النباتات المنتشرة في المناطق المحيطة لمصنع سمنت. أظهرت نتائج الدراسة أن التربة المحيطة بالمصنع تحتوي على مستويات مرتفعة من الحديد، الكالسيوم، المغنيسيوم، الألمنيوم، السيليكا، الزنك، والنحاس والكبريت وهي نفس المركبات السائدة في غبار السمنت. كما وأظهرت الدراسة أن غبار السمنت لم يكن ذو تأثير واضح على سرعة نمو النبات بالمقابل كان للغبار تأثيرا على النبات من حيث تقليل طول السيقان ومساحة الأوراق. وبيّن (Hindy, 1990) تأثير التلوث الناتج عن معامل السمنت على كل من الهواء والماء والتربة والنبات في القاهرة وذلك بمقارنة هذه العناصر في المنطقة المجاورة لمصنع سمنت مع مناطق بعيدة مشابهة. أظهرت نتائج البحث أن معامل السمنت لها تأثير سلبي كبير على البيئة المجاورة ويعود السبب الرئيس لهذا التأثير لعمليات حرق الوقود الكبيرة في المصنع إضافة إلى طبيعة المواد الأولية المستخدمة وكميات الغبار الكبيرة المنبعثة منها خلال العمليات الإنتاجية، هذا بالإضافة إلى ضعف وتعطل وحدات السيطرة على التلوث في المصنع مما يسبب بانبعثات الملوثات بشكل كبير إلى البيئة.

يقع معمل سمنت بادوش الجديد شمال مدينة الموصل بحوالي 25 كلم في ناحية حميدات وهو أول معمل في العراق تم إنشاؤه ليعمل بالطريقة الجافة ذات التسخين المسبق نوع كيبول ويضم خطين إنتاجيين بطاقة إنتاجية 900 سنوياً.

تم اختيار عدد من مواقع أخذ نماذج قياس الغبار العالق الكلي والناعم (PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_7 , PM_1) موزعة داخل المعمل حسب الوحدات الإنتاجية وبضمنها أماكن تواجد العاملين، حيث تمت عملية القياس للفترة من تشرين الثاني 2012 ولغاية نيسان 2013 وبواقع مرتين في الشهر. مواقع القياس على 17 موقعا هي: ادارة الكيماوية، الاحتيابية، الميكانيكية، طواحين المواد الأولية،

طواحين المواد الأولية، الأولية،

غرفة سيطرة التعبئة ومنطقة تحميل

مال طواحين

طواحين

تم استخدام جهاز نوع (AEROCET 531) لإجراء القياسات الحقلية لتراكيز الغبار العالق الكلي والناعم، وهو جهاز حقل لقياس تركيز الغبار العالق بالاعتماد على دايودات ليزرية مع مرآة اهليلجية لتجميع الضوء موجودة داخله وتتم عملية القياس من خلال قيام الجهاز بسحب الهواء لمدة دقيقتين عند تشغيله، تظهر بعدها النتائج على شاشة في اعلى واجهة الجهاز ويقوم الجهاز بخزن هذه البيانات مع الوقت والتاريخ ورقم موقع القياس، ويتم التأكد من دقة قراءات الجهاز في كل يوم عمل باستخدام مرشح تصفير ذات فتحات بحجم 0.3 مايكرون بحيث تكون قراءات الجهاز مساوية لصفر، وبإمكان الجهاز قياس تراكيز احجام مختلفة من ذرات الغبار وهي 1، 2.5، 7، 10 مايكرون فضلا عن تركيز الجسيمات العالقة الكلية.

تم قياس الدقائق العالقة الكلية المنبعثة من مدخنة المعمل باستخدام جهاز القياس نوع GRAVIMAT SHC 502 وتتم عملية القياس بعد عمل فتحة في المدخنة الرئيسية للمعمل على ارتفاع مناسب لإدخال المجس الخاص بالجهاز الذي يحتوي في رأسه على جامع للغبار، ويرتبط المجس مع الجهاز بوساطة أنبوبة مطاطية وتتم عملية السيطرة والتحكم بتشغيل الجهاز من خلال حاسوب يرتبط به، اذ يتم تشغيل مضخة لمدة محددة لسحب الهواء الحامل للغبار العالق من المدخنة، ويتم الحصول على التركيز بعد وزن جامع الغبار قبل وبعد القياس وإيجاد الفرق بينهما. تم إجراء القياس ثلاثة مرات خلال فترة الدراسة، في حالة تشغيل المرسبات في المعمل وعند عدم تشغيلها وتم اختيار اعلى قيمة مفاصة لغرض حساب تراكيز الغبار العالق الكلي عند سطح الارض لمسافة 5 كيلومترات عن المعمل باتجاه الرياح.

تم جمع نماذج التربة حول معمل سمنت بادوش الجديد من ثلاثة اعماق عن سطح الارض وبالاتجاهات الاربعة: الشمال والجنوب والشرق والغرب لمسافات كل كيلومتر واحد 5 كم عن المعمل وذلك بوساطة اسطوانة حديدية وبواقع ثلاثة نماذج لكل موقع لعمق من 0-10 سم و 10-30 سم و 30-50 سم وبذلك يكون عدد النماذج 15 لكل اتجاه. تم تحليل النماذج باستخدام طريقة مزيج Fusion مع الحرق لدرجة حرارة 1000 مئوية لإيجاد نسب الاكاسيد فيها SiO_2 و Al_2O_3 SO_3 MgO CaO Fe_2O_3 .

تم تحليل نتائج تراكيز الدقائق العالقة المقاسة من خلال إيجاد كل من المعدل والانحراف المعياري مع أوطاً قيمة وأعلى قيمة، كما تم إجراء المقارنة بين مواقع القياس داخل كل معمل وذلك باستخدام اختبار (Tukey) عند مستوى معنوية $p < 0.05$. كما تم إيجاد العلاقات بين الاحجام المختلفة للدقائق العالقة وذلك باستخدام معامل الارتباط البسيط Pearson Correlation. ولغرض المقارنة مع المحددات العالمية تم حساب معدل 24 ساعة من خلال العلاقة (Al-Smadi, 2009):

$$C_o = C_1 \left(\frac{t_1}{t_o} \right)^{0.2}$$

حيث:

$$C_o = \text{التركيز لمعدل 24 (} t_1 \text{)}$$

$$C_1 = \text{التركيز للوقت المقاس (} t_o \text{)}$$

النتائج والمناقشة

تغاير تراكيز الجسيمات العالقة الناعمة والكليّة خلال فترة الدراسة

ي (1) تراكيز الجسيمات العالقة الناعمة جدا (PM_{10}) خلال فترة الدراسة في مواقع القياس المحددة مختبر الفحوصات الكيماوية مخزن المواد الاحتياطية، الورشة الميكانيكية، طواحين المواد الأولية غرفة العمال في الطواحين مخزن المواد الأولية غرفة عمال الكسارة، غرفة السيطرة، منطقة خارج الافران، داخل طواحين السمنت غرفة العمال في الطواحين، داخل وخارج منطقة تعبئة السمنت وفي غرفة السيطرة في التعبئة. (2) فبين ان تراكيز $PM_{2.5}$ لنفس المناطق أعلاه، في حين يبين

الجدول (3) تراكيز ومعدلات الدقائق العالقة PM₇ ويظهر الجدول (4) التراكيز والمعدلات للدقائق العالقة القابلة PM₁₀.

وعند مقارنة تراكيز المواد العالقة الناعمة جدا PM₁ بين مواقع القياس مع المحددات باستعمال اختبار (Tukey) فبيّن الجدول (1) عدم وجود فروقات معنوية في التركيز بين مواقع القياس ماعدا مختبر الفحوصات الكيمياوية فقد سجل اختلافا معنويا عن بقية المواقع وبتركيز اعلى، اذ كان معدل القياسات في المختبر 25.75 مايكروغرام/م³، ويعود سبب عدم وجود الاختلاف بين المواقع الى كون معظم ذرات السمنت الناتجة عن عملية الطحن اكبر من 1 مايكرون، اما زيادة التركيز في المختبر فيعود الى ضعف عملية التهوية وبالتالي قلة تخفيف التراكيز الداخلة الى المختبر مما يعمل على تجمعها وتركزها فيه.

كذلك ويظهر الجدول (2) الاختلافات الإحصائية بين مواقع القياس في تراكيز الغبار العالق الناعم جدا بحجم PM_{2.5}، اذ سجلت المواقع وحدة تعبئة السمنت وسيطرة تعبئة السمنت وطواحين المواد الاولية اعلى التراكيز وبفرق معنوي عن بقية المواقع، وتلعب المواد الضائعة المتسربة منها دور في زيادة تراكيز المواد العالقة واختلافها عن بقية الوحدات. وعند مقارنة المعدل اليومي مع المحددات الامريكية القياسية لنوعية الهواء نلاحظ ان غالبية مواقع القياس كانت ضمن المحددات والبالغة 35 غرام/م³ ماعدا المواقع: مختبر الفحوصات الكيمياوية، طواحين المواد الاولية، غرفة عمال الكسارة، الكسارة، غرفة عمال الأفران، غرفة عمال طواحين السمنت وتعبئة السمنت/داخل وغرفة سيطرة تعبئة السمنت (NAAQS, 2013) كما تجاوز المعدل اليومي الاجمالي للمعمل المحددات وبلغ 47 مايكروغرام/م³، لكنه لم يتجاوز كل من المحددات الاردنية والمكسيكية (65 مايكروغرام/م³) والصينية (75 مايكروغرام/م³). اما الجداول (3 و 4 و 5) فتظهر زيادة معدل تراكيز كل من المواد العالقة PM₇ و PM₁₀ والدقائق العالقة الكلية في مواقع وحدات طواحين المواد الاولية وتعبئة السمنت وسيطرة السمنت عن بقية مواقع القياس وبفرق معنوي، ويمكن ان يعزى ذلك لنفس سبب زيادة تراكيز PM_{2.5}. ويمكن ملاحظة تجاوز تركيز الدقائق العالقة القابلة للاستنشاق PM₁₀ المحددات الامريكية القياسية لنوعية الهواء والبالغة 150 مايكروغرام/م³ في جميع مواقع القياس (الجدول 4)، لكن عند الاعتماد على المواصفات الصينية والبالغة 250 مايكروغرام/م³ فان المواقع ادارة المعمل/ داخل ومختبر الفحوصات الكيمياوية لم تتجاوز المحددات.

كما نلاحظ في الجدول (5) تجاوز تراكيز الدقائق العالقة الكلية في جميع المواقع للمحددات الصينية لنوعية الهواء والبالغة 500 مايكروغرام/م³ في المناطق الصناعية ماعدا المواقع: الادارة/ داخل، مختبر الفحوصات الكيمياوية ومخزن المواد الاحتياطية والورشة وغرفة عمال الكسارة فان التراكيز فيها لم تتجاوز المحددات. وعند مقارنة المعدل السنوي لتركيز الدقائق العالقة الكلية في المعمل والبالغ 47 مايكروغرام/م³ مع المناطق الصناعية في العالم نلاحظ انها اوطأ بكثير من المناطق الصناعية في الهند، اذ بلغ تركيز الدقائق الكلية 409، 86، 372، 354، 444، 405 مايكروغرام/م³ في احمد ابياد، جينهاي، دلهي، اندور، كانبور وكلكتا على التوالي (Singh, 2007). وكانت تراكيز الدقائق العالقة الكلية في معمل سمنت في نيجيريا ضمن التراكيز المسجلة في معمل سمنت بادوش الجديد اذ والتي تراوحت بين 465-857 مايكروغرام/م³ (Olaleye, 2010). في حين كان المعدل السنوي لتركيز الغبار العالق الكلي لمعمل سمنت بادوش الجديد اعلى من معمل سمنت البادية في الاردن والبالغ 6.3 مايكروغرام/م³ (Abu-Allaban, 2011).

سمنت (مايكروغرام/م³)

PM₁

(1) تراكيز الدقائق العالقة

Tukey group#	Max.	Min.	SD	Mean	الموقع
A	17	0	4.63	6.83	/
A	17	1	4.88	7.75	/
B	59	3	17.29	25.75	مختبر الفحوصات الكيميائية
A	11	1	2.64	4.58	مخزن المواد الاحتياطية
A	32	2	8.01	9.58	الورشة الميكانيكية
A	17	3	4.55	10.70	طواحين المواد الأولية
A	21	2	4.94	7.92	طواحين المواد/ غرفة العمال
A	12	0	3.69	4.00	مخزن المواد الاولية
A	40	2	10.10	10.00	
A	29	2	8.54	10.00	الكسارة/ غرفة السيطرة
A	19	0	5.64	6.25	/
A	22	3	6.12	10.25	
A	13	0	4.14	4.42	طواحين السمنت/ داخل
A	17	3	4.49	7.17	طواحين السمنت/ غرفة
A	19	1	6.10	6.50	/
A	16	1	5.11	6.50	/
A	21	2	6.27	10.33	تعبئة السمنت/ السيطرة

عند مستوى معنوية ($p \leq 0.05$) Tukey
 سمنت (مايكروغرام/م³) PM_{2.5} تراكيز الدقائق (2)

Av-24hr	Tukey group#	Max.	Min.	SD	Mean	الموقع
23	A	76	15	20.88	43.00	/
35	A	141	8	46.64	66.17	/
*47	AB	256	13	71.36	88.33	مختبر الفحوصات الكيميائية
26	A	99	17	27.55	49.08	مخزن المواد الاحتياطية
27	A	139	26	31.05	51.08	الميكانيكية
*111	C	314	13	105.21	209.60	طواحين المواد الاولية
35	A	269	25	68.29	65.42	طواحين المواد/ غرفة العمال
25	A	185	6	56.04	47.58	مخزن المواد الاولية
*39	AB	385	16	100.53	73.42	
*41	AB	294	7	86.69	78.58	الكسارة/ غرفة السيطرة
24	A	197	4	56.38	45.17	/
*47	AB	215	11	54.76	88.92	
33	A	243	4	65.19	62.75	طواحين السمنت/ داخل
*45	AB	220	7	67.02	84.50	طواحين السمنت/ غرفة
35	A	263	6	77.85	66.25	/
*92	BC	567	4	149.08	174.50	/
*117	C	470	38	147.65	221.00	تعبئة السمنت/ السيطرة
*47	-	567	4	94.0	88.00	(Av- 24 hr)

عند مستوى معنوية ($p \leq 0.05$) Tukey
 * تعني تجاوز المحددات القياسية لنوعية الهواء والبالغة 35 مايكروغرام/م³ (NAAQS, 2013)

(3) تراكيز الدقائق العالقة PM₇ في مواقع مختارة من معمل السمنت (مايكروغرام/م³)

الأحمدي: تقييم مستويات التلوث بالدقائق الهوائية في مصنع سمنت بادوش الجديد/ العراق

Tukey group#	Max.	Min.	SD	Mean	الموقع
A	747	82	221.55	315.92	/
A	1122	62	354.21	521.83	/
A	888	111	259.22	340.08	مختبر الفحوصات الكيميائية
A	976	59	288.65	425.5	مخزن المواد الاحتياطية
A	895	69	216.16	365.42	الورشة الميكانيكية
B	9084	276	2532.3	3437.8	طواحين المواد الاولية
A	7057	101	1939.85	1114.42	طواحين المواد/ غرفة العمال
A	1822	29	523.6	419.92	مخزن المواد الاولية
A	1435	119	362.4	444.83	
A	2228	15	642.99	526.33	ال كسارة/ غرفة السيطرة
A	1701	25	461.01	604.5	/
A	1911	34	469.62	706.17	
A	2957	15	960.3	1007	طواحين السمنت/ داخل
A	2227	46	717.49	765.75	طواحين السمنت/غرفة
A	5470	9	1555.51	1034.5	/
B	7448	13	2363.83	3089.58	/
B	6759	290	2191.17	3016.5	تعينة السمنت/ السيطرة

Tukey عند مستوى معنوية ($p \leq 0.05$)

#

(4) تراكيز الدقائق العالقة PM_{10} في مواقع مختارة من معمل السمنت (مايكروغرام/م³)

Av-24hr	Tukey group#	Max.	Min.	SD	Mean	الموقع
*235	A	1029	122	318	443	/
*411	A	1775	70	513	776	/
*246	A	1185	169	339	465	مختبر الفحوصات الكيميائية
*340	A	1450	84	454	642	مخزن المواد الاحتياطية
*298	A	1533	85	380	563	الورشة الميكانيكية
*2761	B	10000	394	3063	5214	طواحين المواد الاولية
*898	A	10000	158	2749	1696	طواحين المواد/ غرفة العمال
*406	A	4357	45	1204	767	المواد الاولية
*339	A	1651	178	442	640	
*393	A	3370	28	929	742	ال كسارة/ غرفة السيطرة
*497	A	2547	25	690	938	/
*534	A	2687	53	659	1008	
*941	A	5373	23	1773	1776	طواحين السمنت/ داخل
*614	A	3337	68	1109	1159	طواحين السمنت/غرفة
*871	A	8481	14	2345	1644	/
*2877	B	10000	20	3645	5432	/
*2418	B	10000	508	3196	4567	تعينة السمنت/ السيطرة
*869	-	10000	14	2337	1640	المعدل (Av- 24 hr)

Tukey عند مستوى معنوية ($p \leq 0.05$)

#

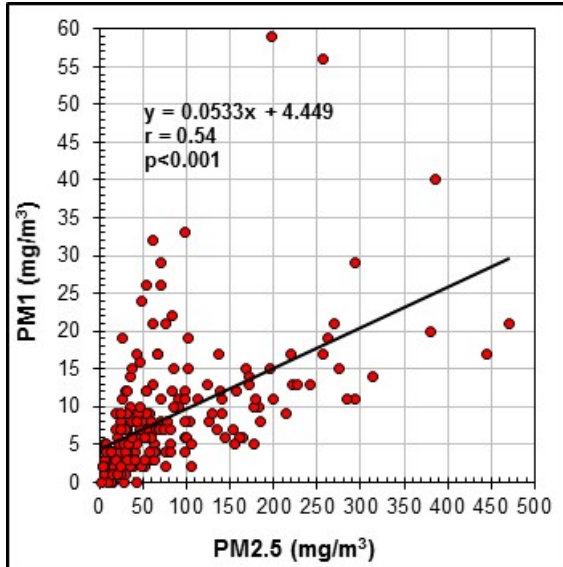
* تعني تجاوز المحددات القياسية الامريكية لنوعية الهواء والبالغة 150 مايكروغرام/م³ (NAAQS, 2013)

(5) تراكيز الدقائق العالقة الكلية PM_{10} في مواقع مختارة من معمل السمنت (مايكروغرام/م³)

Av-24 hr	Tukey group#	Max.	Min.	SD	Mean	الموقع
299	A	1379	170	418	565	/
*551	A	2679	78	690	1041	/
299	A	1339	232	374	564	مختبر الفحوصات الكيماوية
456	A	1864	116	615	861	مخزن المواد الاحتياطية
423	A	2242	98	578	799	الورشة الميكانيكية
*3955	B	10000	533	3019	7468	طواحين المواد الاولية
*1221	A	10000	209	2784	2117	طواحين المواد/ غرفة العمال
*701	A	8861	55	2446	1325	مخزن المواد الاولية
453	A	1815	252	550	856	
*502	A	4346	45	1170	948	الكسارة/ غرفة السيطرة
*705	A	3543	144	967	1332	/
*685	A	3235	77	803	1293	
*1438	A	7835	38	2756	2715	طواحين السمنت/ داخل
*810	A	4559	95	1491	1530	طواحين السمنت/ غرفة
*1177	A	10000	20	2717	2223	/
*3503	B	10000	27	3746	6614	/
*2885	B	10000	733	3152	5448	تعينة السمنت/ السيطرة
*1147	-	10000	20	2802	2166	المعدل (Av- 24 hr)

عند مستوى معنوية ($p \leq 0.05$) Tukey
* تعني تجاوز المحددات القياسية الصينية لنوعية الهواء في المناطق الصناعية والبالغة 500 مايكروغرام/م³ (Ann. Av.) يساوي 50 مايكروغرام/م³

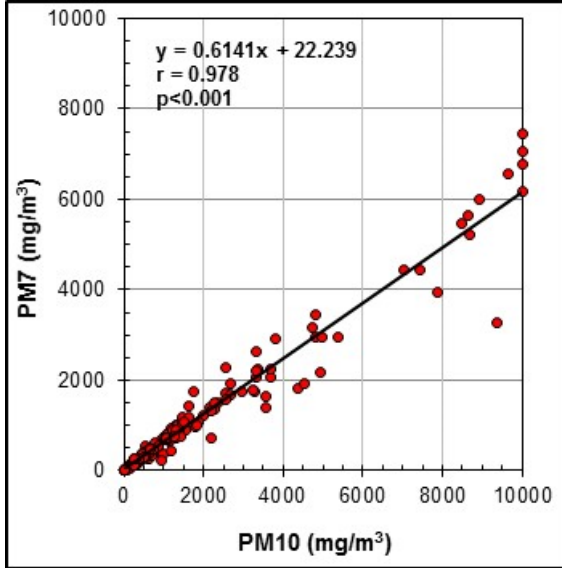
ارتباط تراكيز المواد العالقة حسب حجم الدقائق



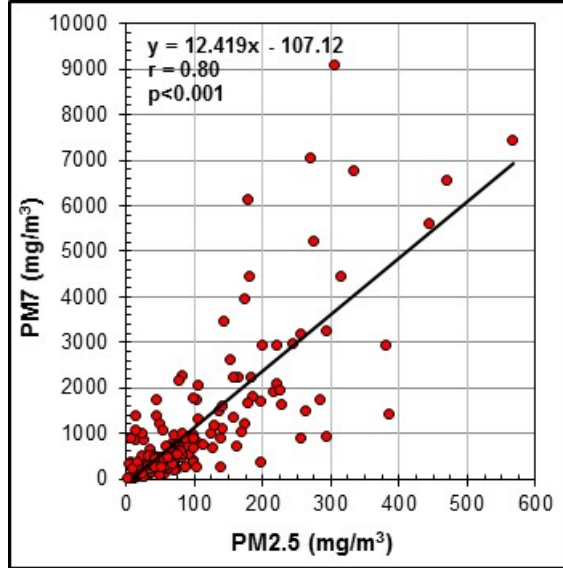
الشكل (1) العلاقة بين تراكيز الجسيمات العالقة PM₁ و PM_{2.5} في المعمل.

اظهر اختبار معامل ارتباط بيرسون وجود علاقات معنوية بين تراكيز الدقائق العالقة الناعمة فيما بينها فضلا عن ارتباطها مع تراكيز الدقائق العالقة الكلية. يبين الشكل (1) علاقة ارتباط معنوية طردية بين تركيز الدقائق العالقة الناعمة جدا PM₁ والدقائق العالقة PM_{2.5} في معمل سمنت بادوش الجديد وكان معامل الارتباط 0.54 وبمعنوية ($p < 0.001$) ، إذ يزداد تركيز PM₁ بمقدار 0.053 مايكروغرام/م³ مع كل 1 مايكروغرام/م³ زيادة في PM_{2.5} .
وسجلت علاقة ارتباط معنوية ($p < 0.001$) طردية بمعامل ارتباط 0.80 بين PM₇ و PM_{2.5} ، إذ يزداد تركيز PM₇ بمقدار 12.419 مايكروغرام/م³ مع كل 1 مايكروغرام/م³ زيادة في PM_{2.5} (2) .
وكانت العلاقة بين PM₁₀ و PM₇ اقوى من سابقتها من خلال 0.978 وبمعنوية ($p < 0.001$) ، إذ يزداد تركيز PM₇ بمقدار 0.6141 مايكروغرام/م³ مع كل 1 مايكروغرام/م³ زيادة في PM₁₀ (الشكل 3) . كما سجلت علاقة ارتباط معنوية قوية بين تركيز الدقائق العالقة الكلية و PM₁₀ في معمل سمنت بادوش الجديد وبمعامل ارتباط 0.98 ، إذ تزداد تراكيز الدقائق العالقة PM₁₀ بمقدار 0.7681 مع كل 1 مايكروغرام/م³ زيادة في تركيز الدقائق العالقة الكلية (4) .

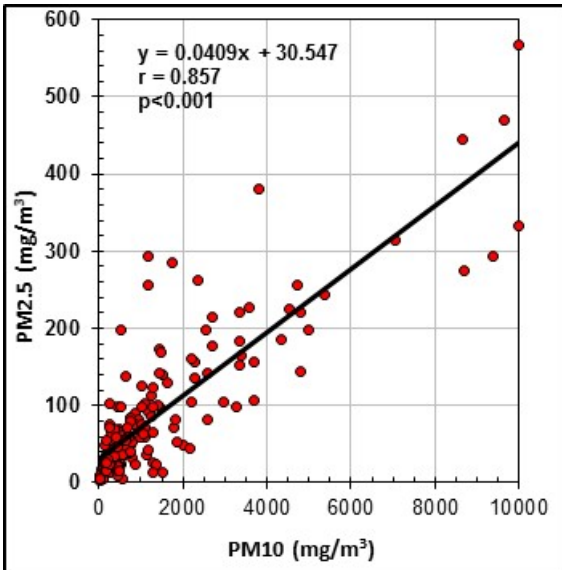
ويبين الشكل (5) علاقة ارتباط معنوية طردية بين $PM_{2.5}$ و PM_{10} بـ 0.857، بحيث تزداد تراكيز الدقائق العالقة $PM_{2.5}$ 4 مايكروغرام/م³ عند ازدياد PM_{10} 100 مايكروغرام/م³. وهذه العلاقة مقارنة للعلاقة الطردية الموجبة التي وجدها (Wenchang, 2013) في دراسته للتلوث الغباري في مدينة شنغهاي الصينية.



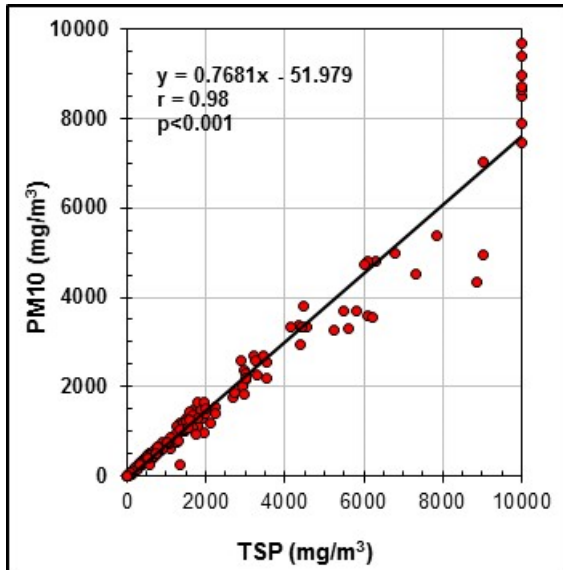
الشكل (3) العلاقة بين تراكيز الجسيمات العالقة PM_{10} و PM_7 في معمل السمنت



الشكل (2) العلاقة بين تراكيز الجسيمات العالقة PM_7 و $PM_{2.5}$ في معمل السمنت



الشكل (5) العلاقة بين تراكيز الجسيمات العالقة PM_{10} و $PM_{2.5}$ في معمل السمنت



الشكل (4) العلاقة بين تراكيز الجسيمات العالقة PM_{10} و الكليه في معمل السمنت

تأثير الغبار الساقط على التربة

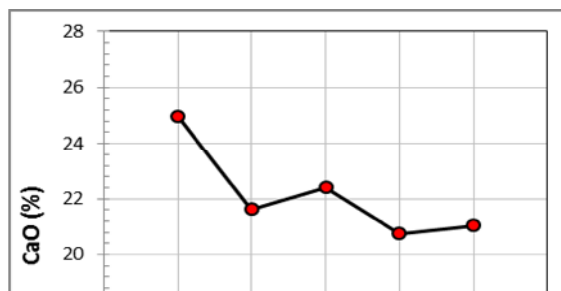
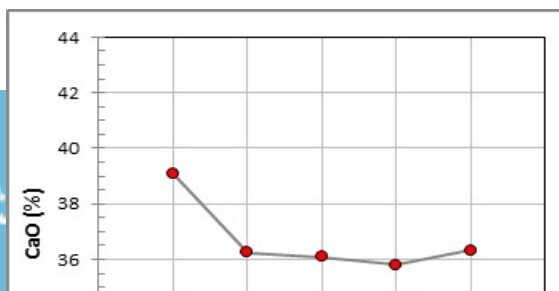
يبين الجدول (6) معدلات نتائج فحوصات التربة المأخوذة على مسافات كل واحد كيلومتر عن معمل سميت بادوش الجديد ولحد 5 كيلومتر وللاتجاهات الاربعة الشمال والجنوب والشرق والغرب. وكما يفرقات معنوية في نسب اكاسيد المعادن المقاسة بين الاتجاهات الاربعة وبمعنوية ($p < 0.001$) لجميع الاكاسيد ماعدا اوكسيد المغنسيوم فكان الاختلاف عند مستوى معنوية ($p < 0.05$).

وعند المقارنة بين معدل النسب المئوية لكل اوكسيد باستخدام اختبار (Tukey) نلاحظ زيادة نسبة الاكاسيد باتجاهي الجنوب والشرق وبفرق معنوي عن الشمال والغرب والذي يمكن ان يعزى الى اتجاه الرياح السائدة في المنطقة القادمة من الشمال الغربي. فقد كانت نسبة السليكا والالومينا في التربة شرقي المعمل هي الاعلى وبلغت 40.94% للسليكا 10.53% لومينا. في حين كان اعلى معدل لبقية الاكاسيد في التربة باتجاه جنوبي المعمل وبلغ 4.61% لأوكسيد الحديد 36.81% لأوكسيد الكالسيوم و4.49% لأوكسيد المغنسيوم و0.76% لثالث اوكسيد الكبريت وهذا يتطابق مع ما (الشهواني 2005) اذ لاحظ تأثر المنطقة الجنوبية الشرقية لمعمل سنجار بالساقط الغباري للمعمل وقام نماذجه منها في دراسته لتأثير

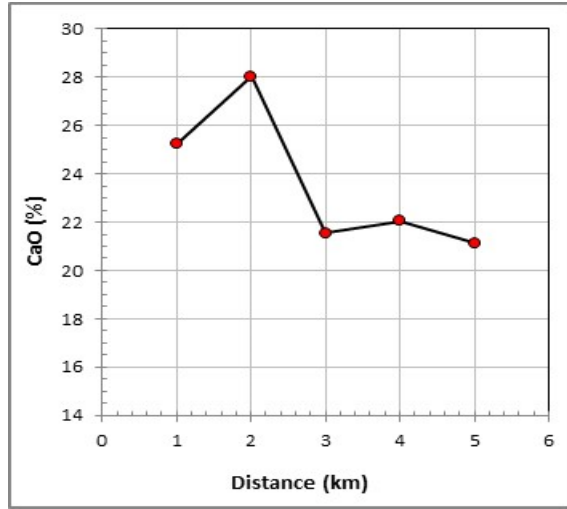
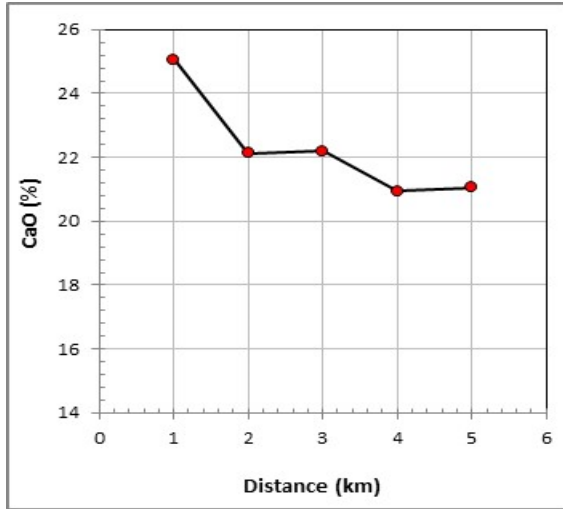
(6) معدلات نسب الاكاسيد في التربة حسب الاتجاه وتأثير الساقط الغباري في منطقة الدراسة.

Oxides	Direction	Mean (%)	SD	Min.	Max.	p-value
SiO ₂	N	21.12 ^c	4.82	15.56	28.96	<0.001
	S	35.33 ^b	1.85	31.96	37.77	
	E	40.94 ^a	7.03	33.46	52.76	
	W	34.13 ^b	3.77	24.88	37.41	
Al ₂ O ₃	N	5.91 ^c	1.42	3.60	8.86	<0.001
	S	10.17 ^a	0.70	8.73	11.13	
	E	10.53 ^a	1.11	8.24	11.97	
	W	8.57 ^b	1.28	6.50	10.60	
Fe ₂ O ₃	N	2.37 ^c	0.58	1.56	3.52	<0.001
	S	4.86 ^a	0.49	3.41	5.36	
	E	4.71 ^a	0.49	3.28	5.12	
	W	3.96 ^b	0.78	2.72	5.47	
CaO	N	22.16 ^b	1.91	19.49	26.04	<0.001
	S	36.81 ^a	3.49	30.31	42.05	
	E	23.59 ^b	3.37	19.07	29.49	
	W	22.15 ^b	2.11	18.41	27.44	
MgO	N	3.58 ^b	0.77	2.37	5.49	<0.05
	S	4.49 ^a	0.85	2.46	5.90	
	E	3.87 ^{ab}	0.89	2.59	5.41	
	W	4.29 ^{ab}	0.67	2.46	5.01	
SO ₃	N	0.19 ^b	0.21	0.01	0.65	<0.001
	S	0.76 ^a	0.48	0.17	1.78	
	E	0.49 ^{ab}	0.40	0.04	1.64	
	W	0.21 ^b	0.20	0.05	0.90	

الحروف المختلفة تعني وجود فرق معنوي عند مستوى معنوية $p < 0.05$ لكل اوكسيد حسب اختبار Tukey.



الشكل (6) تباير نسبة اوكسيد الكالسيوم في التربة مع الابتعاد عن المعمل باتجاه الشمال
الشكل (7) تباير نسبة اوكسيد الكالسيوم في التربة مع الابتعاد عن المعمل باتجاه الجنوب



الشكل (8) تباير نسبة اوكسيد الكالسيوم في التربة مع الابتعاد عن المعمل باتجاه الشرق
الشكل (9) تباير نسبة اوكسيد الكالسيوم في التربة مع الابتعاد عن المعمل باتجاه الغرب

(6 - 9) تباير نسبة اوكسيد الكالسيوم في التربة مع ازياد المسافة عن معامل سمنت بادوش للاتجاهات الاربعة الشمال والجنوب والشرق والغرب على التوالي. ويتضح من هذه الاشكال انخفاض النسبة المئوية لـ CaO في التربة مع ازياد المسافة عن المعمل فوق 1 كم في الاتجاهات الشمال والجنوب والغرب وفوق 2 وهذا يمكن ان يعزى الى اختلاف احجام دقائق الغبار المنبعثة من المعمل، اذ تسقط الكبيرة الحجم منها والاكثر تأثيرا على التربة بعد انخفاض درجة حرارتها ضمن هذه المسافات وان هذا الاختلاف يبرر انتشار الغبار على مسافات مختلفة عن المعمل ولان التناسب عكسي بين حجم الدقائق وفترة بقائها في الهواء فان حجم الدقائق الساقطة على التربة ينخفض مع الابتعاد عن المعمل والتي تكون اقل كمية وتأثيرا على التربة. وهذا يقارب ما وجده (Al-Omran, 2011) في دراستهم لتلوث التربة الناجمة عن معمل الاسمنت في منطقة الاحساء شرق المملكة العربية السعودية، اذ كانت اعلى نسبة لأوكسيد الكالسيوم ضمن 2 كم حول المعمل. ان زيادة نسبة اوكسيد الكالسيوم حول المعمل دليل على تلوث التربة الناجم عن غبار (Zerrouqi, 2008).

الاستنتاجات

1. تجاوز المعدل اليومي لتراكيز الدقائق العالقة الناعمة جدا PM2.5 الحدود المسموح بها في وحدات طحن المواد الأولية والاسمنت وتعبئته فضلا عن مختبر الفحوصات الكيماوية والكسارة وغرف العاملين في الكسارة والافران وطواحين الاسمنت في معمل سمنت بادوش الجديد.
2. تجاوز المعدل اليومي لتراكيز الدقائق العالقة القابلة للاستنشاق PM10 حدودات المسموحة في جميع مواقع القياس وسجلت وحدات طواحين المواد الأولية والاسمنت وتعبئة الاسمنت اعلى التراكيز.
3. وجود علاقات ارتباط معنوية بين الدقائق العالقة المقاسة حسب الحجم.
4. تمثل تأثير معمل سمنت بادوش على التربة بازدياد النسب المئوية للأكاسيد في اتجاهي الجنوب والشرق بتأثير الرياح.

المصادر

1. الشهواني ، طلال علي جردو خلف (2005) " تأثير غبار مصنع سمنت سنجار على صفات الترب الزراعية وتكوين الطبقة الصلبة"، رسالة ماجستير مقدمة الى كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل .
2. Abu Allaban, Mohmoud and Abu Qudais, Hani, (2011), "Impact Assessment of Ambient Air Quality by Cement Industry: A Case Study in Jordan", Aerosol and Air Quality Research, Vol. 11, pp. 802-810.
3. Ade-Ademilua, O.E., and Obalola, D.A., (2008), "The Effect of Cement Dust Pollution on Celosia Argentea (Lagos Spinach) Plant", Journal of Environmental Science and Technology, Vol. 1, pp. 47-55.
4. Al Smadi, Bashar M., Al-Zboon, Kamel K., and Shatnawi, Khaldoun M., (2009), "Assessment of Air Pollutants Emissions from a Cement Plant: A Case Study in Jordan", Jordan Journal of Civil Engineering, Volume 3, No. 3, pp. 265-282
5. Al-Omran, A.M., El-Maghraby S.E., Nadeem, M.E.A., El-Eter, A.M., Al-Qahtani, S.M.I. (2011), "Impact of Cement Dust on Some Soil Properties Around the Cement Factory of Al-Hasa Oasis, Saudi Arabia", Am. Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., Vol. 11, pp. 840-846.
6. Branquinho C, Gaio-Oliveira G, Augusto S, Pinho P, Máguas C, and Correia O., (2008), "Biomonitoring spatial and temporal impact of atmospheric dust from a cement industry", Environmental Pollution, Vol. 15, No.2, pp. 292-299.
7. Burcu Onat, Ulku Alver Sahin, Tanil Akyuz (2013), "Elemental characterization of PM2.5 and PM1 in dense traffic area in Istanbul, Turkey", Atmospheric Pollution Research, Vol. 4, pp. 101-105.
8. Furuta, N., Lijima, A., Kambe, A., Sakai, K., Sato, K., (2005), "Concentrations, enrichment and predominant sources of Sb and other trace elements in size classified airborne particulate matter collected in Tokyo from 1995 to 2004", Journal of Environmental Monitoring 7, 1155-1161.
9. Hindy, K. T., Abdel Shafy, H. T. and Farag, S. A., (1990), "The role of the cement industry in the contamination of air, water, soil and plant with vanadium in Cairo", Environmental Pollution, Vol. 66, pp. 195-205.
10. Jeff, G. and Hans, P., (2004), "Assessment of Environmental Impact of the Holcim Cement—Dundee Plant", Ecology, Centre, Retrieved October 13, 2007.

11. Kabir, G. and Madugu, A. I., (2010), "Assessment of environmental impact on air quality by cement industry and mitigating measures: a case study", Environmental Monitoring Assess, Vol. 160, pp. 91-99.
12. Knox, G. (2008), "Atmospheric Pollutants and Mortalities in English Local Authority Areas", J. Epidemiol. Community Health, Vol. 62, No. 5, pp.442-447.
13. Makkonen, U., Hellén, H., Anttila, P., Ferm, M., (2010), "Size distribution and chemical composition of airborne particles in south-eastern Finland during different seasons and wildfire episodes in 2006", Science of the Total Environment, 408, 644-651.
14. National Ambient Air Quality Standards for Particle Pollution (NAAQS), Environmental Protection Agency EPA, Final rule, January 15, 2013
15. Olaleye, V.F.; Oluyemi, E.A., (2010), "Effects of cement flue dusts from a Nigerian cement plant on air, water and planktonic quality", Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 14, pp. 153-162.
16. Panedy, P. R., and Banskota, N., (2008), "Negative Impact of Industrialization along Lumbini Road, Nepal", Bulletin of the Department of Geology, Vol. 11, pp. 71-78.
17. Singh, A.K., Gupta, H.K., Gupta, K. Singh, P. Gupta, V.P. Sharma, R.C. (2007), "A Comparative Study of Air Pollution in Indian Cities", Bull Environ Contam Toxicol, Vol. 78, pp. 411-416.
18. Wenchang Zhao, Jinping Cheng, Dinglong Li, Yusen Duan, Haiping Wei, Ruoxu Ji, Wenhua Wang (2013), "Urban ambient air quality investigation and health risk assessment during haze and non-haze periods in Shanghai, China", Atmospheric Pollution Research, Vol. 4, pp. 275-281.
19. Zerrouqi; Z.; Sbaa M.; Oujidi, M.; Elkharmouz, M.; , Bengamra S.; and Zerrouqi A., " Assessment of cement's dust impact on the soil using principal component analysis and GIS", International Journal of Environment Science and Technology, Vol. 5, No. 1, Winter 2008, pp.125-134.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة = جامعة الموصل