التعرض للجسيمات العالقة في هواء البيئة الريفية

الباحثة: د. ناديا خضر

مشرف على الأعمال ، قسم الفيزياء ، كلية العلوم ، جامعة البعث

ملخص

حظي التعرض للجسيمات الصلبة (particulate matter (PM في الهواء المحيط مؤخراً باهتمام ملحوظ نتيجة للاستنتاجات الوبائية التي أظهرت الارتباط بين تركيز الجسيمات في الهواء المحيط ومعدل الوفيات، وتشير الدراسات الحديثة إلى أن الجسيمات الصلبة الناعمة ذات القطر الأصغر من 2.5µm ($PM_{2.5}$) يمكن أن ترتبط أيضاً بزيادة معدل الوفيات والتأثيرات السلبية الأخرى في الصحة.

تم في هذا البحث رصد مستويات الجسيمات العالقة في هواء بيئة سكنية في الريف الغربي من محافظة حمص ، وتم قياس PM_{10} و $PM_{2.5}$ في داخل أحد المنازل وخارجه على مدى أربعة أشهر ، شهران منها في الصيف وشهران في الشتاء ، وتم حساب النسبة $PM_{2.5}$/ PM_{10} للقياسات في داخل المنزل وخارجه .

تبين من خلال هذا البحث أن حالة الهواء في المنطقة الريفية المدروسة ليست جيدة . وأن مستويات الجسيمات تكون في الطقس الرطب أعلى من الطقس الجاف وأن النسبة $PM_{2.5}/PM_{10}$ تكون في الطقس الجاف أعلى في الخارج من الداخل ، وفي الطقس الرطب تكون على العكس في الداخل أعلى من الخارج ، وأن عمليات التدفئة تسهم بصورة كبيرة في زيادة مستويات الجسيمات في الهواء المحيط والهواء الداخلي .

وبناء على ذلك تم تقديم عدد من التوصيات التي من شأنها أن تساعد في تحسين جودة الهواء في المناطق الريفية المحلية.

كلمات مفتاحية : جسيمات صلبة ، جودة الهواء ، البيئة الريفية

Exposure to airborne particulate matter in rural area

Dr. Nadia Khedr , Teaching Assistant, Department of Physics, Faculty of Science, Al-Baath University

Abstract

The exposure to airborne particles in ambient air have a significant concern in recent years. The epidemical conclusions showed the correlation between the particles concentration in ambient air and mortality. The recent studies indicated that the fine particles $PM_{2.5}$ may increase the mortality and other health effects.

In this research the levels of airborne particles were measured in both indoor and outdoor air in west Homs countryside, The concentration levels of PM_{10} and $PM_{2.5}$ were measured during four months in summer and winter, also the ratio $PM_{2.5}/PM_{10}$ was calculated. It was clear that the air quality is bad in the studied area and the particles concentrations in the wet weather were higher than the dry weather.

The ratio $PM_{2.5}/PM_{10}$ in the dry weather was higher in outdoor air while in the wet weather was higher in the indoor air. But this ratio in the dry weather higher in both cases (indoor and outdoor air).

In conclusion some recommendations were done to improve air quality in the local rural areas.

Keywords : particulate matter, air quality, rural area.

1- المقدمة

حظي التعرض للجسيمات الصلبة particulate matter (PM) في الهواء المحيط مؤخراً باهتمام ملحوظ نتيجة للاستنتاجات الوبائية التي أظهرت الارتباط بين تركيز الجسيمات في الهواء المحيط ومعدل الوفيات، وقد تم توضيح هذا الارتباط في البداية بالنسبة للجسيمات الكلية المعلقة total suspended particles (TSP) والجسيمات ذات القطر الأصغر من 10µm (PM_{10}) ، و تشير الدراسات الحديثة إلى أن الجسيمات الصلبة الناعمة ذات القطر الأصغر من 2.5µm ($PM_{2.5}$) يمكن أن ترتبط أيضاً بزيادة معدل الوفيات والتأثيرات السلبية الأخرى في الصحة.

وتتأثر تراكيز الجسيمات في الهواء الداخلي بعدد كبير من المصادر الداخلية، بما في ذلك التدفئة والطهي والتدخين، وبالإضافة إلى الهواء الخارجي وجد في عدة دراسات أن التدخين هو المصدر الأكثر أهمية للجسيمات $PM_{2.5}$ في الهواء الداخلي. وقد تم ربط عدد من التأثيرات الصحية بالتعرض للجسيمات المحمولة بالهواء، و تتضمن قصور الوظيفة الرئوية وزيادة أعراض الجهاز التنفسي مثل السعال وضيق التنفس وهجمات الربو بالإضافة إلى الأمراض الرئوية المزمنة وأمراض الأوعية الدموية وسرطان الرئة.

والجسيمات ذات القطر الأيروديناميكي الأكبر من 30 µm تترسب عموماً على شكل غبار، بينما الجسيمات الأصغر من ذلك تشكل حوالي 10% من الغبار المنزلي، [1]. ويمكن أن تحوي الجسيمات مئات المركبات الكيميائية المختلفة التي توجد في الهواء، وعند ظروف معينة تحظى الخصائص البيولوجية للجسيمات بالاهتمام الأعظم.

ومع شح مصادر الطاقة في المجتمع المحلي لجأ الناس إلى استخدام الأخشاب والحطب في أغراض التدفئة والطهي وبخاصة في المناطق الريفية ، وفي كثير من الحالات تكون هذه المواد سبباً للتدهور الصحي بسبب طبيعتها ومحتوى الرطوبة فيها .

يهدف هذا البحث إلى رصد مستوى الجسيمات العالقة في هواء المجتمع الريفي ، وتم تطبيق الدراسة على منزل في الريف الغربي من محافظة حمص .

2- دراسة مرجعية

تضمنت عمليات قياس النسبة $PM_{2.5}$ / PM_{10} في مدن متنوعة في العالم ما يأتي:

- النسبة المتوسطة المقاسة بالقرب من الطرق المكتظة في بلدة Arnhem غير الصناعية في هولندا ، كانت النسبة 0.55 -0.21 range , 0.13 SD) [2] (0.79).

- سجلت قيمة مشابهة في مدينة Birmingham في ولاية Alabama في الولايات المتحدة ، حيث كانت قيم $PM_{2.5}$ المتوسطة ومجالاتها تقريباً نصف تراكيز PM_{10} [3].

- سجلت في مدينة Baltimore في ولاية Maryland قيم أعلى من النسب المتوسطة اليومية لـ $PM_{2.5}$ / PM_{10} [4] ، حيث كانت 0.83 ، وكان الارتباط بين التراكيز الوزنية اليومية لـ $PM_{2.5}$ / PM_{10} عالياً (r=0.99) ، و كان مكافئ الارتباط 0.81 فيما يخص الكسور $PM_{2.5}$ و $PM_{2.5-10}$ ، و بمقارنة التراكيز اليومية $PM_{2.5-10}$/PM_{10} التي أعطت نسبة متوسطة 0.18 هي أيضاً على توافق جيد (r=0.88) .

- درست العلاقة بين $PM_{2.5}$ و PM_{10} في داخل وخارج 13 مكاناً سكنياً [5] في مدينة Coachella Valley في ولاية California ، و تم تحديد $PM_{2.5}$ قياساً لتراكيز PM_{10} في الهواء الخارجي فكانت %(±13.1) 61.3 ، بينما كان إسهامها في الهواء الداخلي بالمتوسط %(±11.0) 74.3 .

- كانت القيم الدنيا لنسبة $PM_{2.5}$ / PM_{10} في الساحل الغربي [6] لمدينة Riverside في ولاية California ، حيث بلغت (0.42) .

وبوجود المصادر الداخلية العاملة فإن النسب بين الداخلية والخارجية سوف تختلف كثيراً، إذ أشارت إحدى الدراسات إلى أن نسبة PM_{10} الخارجية في هونغ كونغ بحدود 50-

70% من التركيز الوزني لمستوى الجسيمات الصلبة المعلقة الكلية TSP ، مع أن نسب PM_{10} الداخلية المقاسة في ثمانية مباني سكنية قياساً إلى TSP تراوحت بين 81.9 إلى 97.7% [7] .

وفي دراسة أخرى لوحظت زيادة كبيرة في عدد الجسيمات الأصغر من 1 µm، التي انبعثت في أثناء المعالجة الحرارية للغبار الداخلي في مجال درجة الحرارة 50–100ºC ، وقد أظهر كل من القياس والشكل ومساحة السطح النوعي اختلافات قليلة عن الغبار غير المسخن [8].

3- الإطار النظري

3-1- تصنيف الجسيمات

تستخدم مصطلحات متنوعة فيما يخص تصنيف الجسيمات المحمولة بالهواء، إذ يمكن تصنيفها بناء على حجمها، ويمكن تصنيفها بناء على العمليات التي تتشكل فيها كما يمكن تصنيفها بناء على إمكانية دخولها جهاز التنفس لدى الإنسان، وفيما يأتي تلخيص لهذه المصطلحات [10,9].

التصنيف تبعاً لموضع الترسب في الرئة

- الجزء المستنشق inhalable fraction : يعتمد هذا الجزء بصورة أساسية على سرعة واتجاه حركة الهواء المتناسبة مع الضغط ومعدل التنفس.

- الجزء الصدري thoracic fraction : يعبر عن ذلك بالجسيمات ذات القطر الأصغر من 10µm (PM_{10}) ، وهو النسبة المئوية من الجسيمات المستنشقة التي تستنتج من منحنى التوزع اللوغاريتمي الطبيعي التراكمي ذي الوسيط median 11.64 µm .

- الجزء ما قبل الصدري extrathoracic fraction : هو ذلك الجزء من الجسيمات المستنشقة التي لا تتمكن من تجاوز الحنجرة .

- الجزء المتنفس respirable fraction : هو الجزء من الجسيمات المستنشقة inhaled التي تصل إلى منافذ الهواء غير المهدبة unciliated airways ، وهو شديد الخطورة بالنسبة للسكان.

3-2- مصادر الجسيمات و خصائص المصادر

تشكل انبعاثات المركبات في البيئة الخارجية في المدن المصدر الأكثر أهمية لكل الملوثات بما في ذلك الجسيمات المحمولة في الهواء. والمصادر الأكثر أهمية في البيئة الداخلية هي التدخين وعمليات الطهي والتنظيف والأنشطة الفيزيائية للقاطنين، والمصدر الرئيس للجسيمات الناعمة في البيئة الداخلية بالإضافة إلى التدخين هو الطهي وبخاصة القلي والشواء، بينما المصادر المهمة للجسيمات الناعمة جداً هي مصابيح وأفران الغاز والمحمصات الكهربائية [11] .

وفي غياب المصادر الداخلية الفعالة تصبح الجسيمات المتشكلة في المصادر الخارجية والتي تنفذ إلى الداخل المكون الرئيس للجسيمات الداخلية، و تعتمد الأهمية النسبية لهذه المصادر على البيئة و نمط معيشة السكان، ويكون إسهام مصادر الاحتراق الداخلية قليلاً في البيئة الداخلية التي لا تتطلب التسخين، عندما يتم الطهي باستخدام المواقد الكهربائية، وعندما لا يكون هناك تدخين. ويمثل الحرق في النار المكشوفة مشكلة حادة بصورة خاصة في البلدان النامية حيث تكون في كثير من الأماكن الطريقة الوحيدة المتاحة للطهي.

وتتكون بصمة المصدر من الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية أو كلتيهما معاً للانبعاثات الخاصة بالمصدر، وإن توافر مثل هذه البصمات أساسي لتحديد إسهامات المصادر المعنية، والتي بدورها تمكن من تصنيف بيانات الانبعاث. والتعقيد المتعلق بتوزيع حصة المصدر ينبثق من حقيقة كون الهواء المحيط يحوي خليطاً متحركاً من

الملوثات المنبعثة من مصادر مختلفة، والخليط يخضع لتغير مستمر مع الزمن بفعل التأثير المتبادل الذي يحدث بين الملوثات .

3-3- توضع الجسيمات في جهاز التنفس

الآلية الرئيسة لتلقي intake الجسيمات المحمولة بالهواء من قبل جسم الإنسان تأتي من خلال استنشاق الجسيمات وتوضعها في مجرى التنفس، ويمكن تصنيف العوامل التي تؤثر في توضع الجسيمات المستنشقة في ثلاث مجموعات:

- كيميا فيزيائية المعلقات.
- تشريح جهاز التنفس.
- نماذج تدفق الهواء في المسالك الهوائية ضمن الرئة.

العامل الأول هو كيميا فيزيائية المعلقات و القوى المؤثرة في الجسيمات و خصائصها الفيزيائية والكيميائية مثل المقاس أو توزع المقاس والكثافة والشكل وامتصاص الرطوبة أو النفور من الماء والفاعلية الكيميائية تؤثر أيضاً في التوضع، والمؤشرات المهمة فيما يخص تشريح جهاز التنفس هي الأقطار والأطوال وزوايا التشعب في أجزاء المسلك الهوائي، وتتضمن العوامل الفيزيولوجية أنماط تدفق الهواء والتنفس [12] .

وتتوضع الجسيمات الكبيرة أساساً في الجزء العلوي من جهاز التنفس بسبب التصادم والاعتراض والترسب بالجاذبية والتبعثر المضطرب، ومن المحتمل جداً أن تتوضع الجسيمات الناعمة – جداً كتلك التي تتشكل في عمليات الاحتراق – في الأجزاء الأكثر عمقاً في جهاز التنفس بسبب الانتشارية.

وإن فهم آليات توضع الجسيمات في جهاز التنفس لدى الناس ومقدرة التقدير الكمي للتوضع في أجزاء معينة في جهاز التنفس مهمة جداً لتقدير استنشاق الجسيمات ومن ثم تقدير الخطر، وخلال العقود الثلاثة الماضية أجريت دراسات كثيرة حول ترسب

الجسيمات في جهاز التنفس لدى الناس، وفي عدد كبير منها تم التركيز على النمذجة النظرية أكثر من العمل المخبري لتحديد التوضع [13] .

دخول الهواء الخارجي للمنازل

يدخل الهواء الخارجي المنازل أو يغادرها بثلاث طرق: الارتشاح infiltration و التهوية الطبيعية natural ventilation و التهوية القسرية (أو الميكانيكية) ، إذ يشير الارتشاح إلى تبادل الهواء الذي يحدث عندما تكون النوافذ والأبواب مغلقة، فيتسرب الهواء عبر الشقوق و الوصلات و الفتحات الموجودة في الجدار الخارجي و سقف البناء، و يحدث الارتشاح عموماً بمعدل 0.5–4 ach (ach ; air changes per hour). وتتميز الأبنية الحديثة بمعدلات قريبة من الحد الأدنى، بينما تتميز الأبنية القديمة بمعدلات قريبة من الحد الأعلى، والمعدل 1 ach يعني أن الهواء في كامل المنزل يجري تبديله بالمتوسط خلال ساعة واحدة. ويجري ضياع مقدار كبير من الطاقة بسبب الارتشاح، ويمكن تخفيض معدلات الارتشاح أو ضبطها باستخدام الطرق المناسبة في البناء والعزل، مما يؤدي إلى توفير الطاقة في الأبنية الحديثة. و بالمقابل فإن معدلات الارتشاح المنخفضة تفاقم المشاكل المتعلقة بجودة الهواء الداخلي [14].

وفي التهوية الطبيعية يجري تدوير الهواء عبر النوافذ والأبواب المفتوحة، وتحدث التهوية الطبيعية والارتشاح بفعل الفرق في درجات الحرارة بين الهواء الداخلي والخارجي وكذلك الريح، وتكون معدلات التهوية الطبيعية أعلى من الارتشاح عند ظروف درجة الحرارة والريح ذاتها.

وتجري التهوية القسرية باستخدام المراوح و الشفاطات، وهي تؤمن المعدلات الأعلى من تبادل الهواء، و يمكن أن تكون التهوية القسرية متقطعة أو مستمرة، ففي النمط المتقطع يسحب الهواء من حجرة واحدة كالمطبخ مثلاً، وفي النمط المستمر يسحب الهواء من المنزل بكامله، ويحل محله هواء مرشح ومكيف.

ويعمل الارتشاح والتهوية على تمديد ملوثات الهواء الداخلي، أو يزيلها، و عندما يكون الارتشاح و التهوية الطبيعية و القسرية غير كافية، تصبح معدلات تبادل الهواء منخفضة، وتزداد مستويات الملوثات في الهواء الداخلي، وفي بعض الحالات يفيد استخدام أجهزة تنقية الهواء بصورة فعالة في إزالة الجسيمات الصلبة من بين الملوثات.

3-4- دور المصادر الداخلية

أظهرت دراسات [15, 16, 17] أجريت في تسعينات القرن الماضي (1996 ، 1995 ، 1992) أن الناس يقضون من 80% إلى أكثر من 90% من وقتهم في البيئة الداخلية في العمل والمنازل والمؤسسات التعليمية، ومن هذه الملاحظة انبثق السؤال حول دور المصادر الداخلية في تعرض الناس، وبالإضافة إلى فحص تأثيرات الجسيمات المتشكلة في البيئة الداخلية، و من المهم أيضاً فهم كيفية تضاؤل تراكيز الجسيمات الخارجية عند عبورها إلى الداخل، و التعرض الناتج لجسيمات الهواء المحيط مثل $PM_{2.5}$ و PM_{10} يتأثر مباشرة بمستوى الحماية أو التضاؤل الذي تؤمنه خصائص البناء، والمؤشرات المميزة للبناء مثل الحجم ومعدل التهوية وكفاءة مرشحات تكييف الهواء ومواد السطوح وأنماط استخدام الغرف كل ذلك يؤثر في التركيز التراكمي للجسيمات، وإن زيادة معدل تبادل الهواء يسرع تمديد تراكيز الجسيمات من المصادر الداخلية مثل التدخين أو الطهي، ولكنها أيضاً تزيد اختراق الجسيمات الخارجية مما يزيد من المستويات الإجمالية للجسيمات الداخلية.

وبعض مؤشرات هذا النموذج مثل تركيز الجسيمات الداخلية والخارجية وحجم المنزل وعدد السجائر وزمن الطهي وفترة الاعتيان يمكن قياسها أو تحديدها مباشرة .

في المنازل التي يقطنها المدخنون يتولد من التدخين حوالي 30% من كتلة الجسيمات $PM_{2.5}$ و24% من كتلة الجسيمات PM_{10} ، وفي المنازل التي لا يدخَن فيها قدِر أن 25% من الجسيمات $PM_{2.5}$ يأتي من الطهي، وأدت هذه النتائج إلى

دراسات لاحقة لإصدارات الطهي في المنازل التي أكدت بدورها التأثير الكبير لطرق طهي معينة في مستويات الجسيمات في البيئة الداخلية والمتعلقة بالأشخاص، وإن حرق الأخشاب والبخور و صواعق الحشرات تعد من مصادر الاحتراق لجسيمات البيئة الداخلية السكنية وبخاصة لمجال المقاس الأصغر من 2.5 µm .

ويعتمد توزع مقاسات الجسيمات ومستويات تركيزها في البيئة الداخلية على نمط الأنشطة الداخلية ومعدلات تبادل الهواء، فمعدلات تبادل الهواء المنخفضة (أقل من 1 بالساعة) تؤدي إلى زيادة زمن مكث أطول للهواء وزمن أطول لتراكيز الجسيمات من المصادر الداخلية، وعندما تكون معدلات تبادل الهواء أعلى من ذلك (أكثر من 1 بالساعة) يكون تأثير المصادر الداخلية أقل تأكيداً نظراً لأن التراكيز الداخلية تكون قريبة من التراكيز الخارجية، وفي غياب تكييف الهواء تحدث معدلات تبادل أعلى للهواء في الطقس الدافىء بسبب زمن إبقاء النوافذ و الأبواب مفتوحة.

3-5- دور المصادر الخارجية في تراكيز الجسيمات الداخلية

يسهم ارتشاح الجسيمات من الوسط المحيط إلى الداخل بالتراكيز الإجمالية للجسيمات، إذ قدرت دراسة أجريت في مدينة فريسنو تقدير التعرض الكلي للجسيمات بأنه من كتلة الجسيمات الداخلية الكلية تسهم الجسيمات الخارجية بحوالي 76% من كتلة $PM_{2.5}$ و 66% من كتلة PM_{10} ، [19,18] .

4- هدف البحث وطريقته

يهدف هذا البحث إلى رصد الجسيمات العالقة في هواء البيئة السكنية الريفية ، واعتمدت لأجل ذلك الطريقة التجريبية القائمة على القياسات المباشرة لتركيز الجسيمات العالقة في الهواء ذات الاهتمام البيئي PM_{10} والصحي $PM_{2.5}$ ، وجرت عملية الرصد في الهواء المحيط بمنزل سكني وضمن المنزل .

استخدم في هذا البحث لرصد الجسيمات المحمولة في الهواء الجهاز عداد الجسيمات PCE–PCO 1 ، وهو يقيس الجسيمات في ستة أقنية مختلفة هي : 0.3 ، 0.5 ، 1.0 ، 2.5 ، 5.0 ، 10.0 µm ، وبالإضافة إلى ذلك فإن الجهاز يقيس درجة الحرارة والرطوبة النسبية ، ويمكن استخدام هذا الجهاز في رصد الجسيمات في مجالات كل من الصحة المهنية والتطبيقات الصناعية .

الشكل 1 : صورة توضيحية لمكونات الجهاز عداد الجسيمات .

1– شاشة العرض ، 2– أزرار الوظائف ، 3– زر الانتقال إلى الأعلى ، 4– زر الإدخال ، 5– زر الإقلاع والتوقف ، 6– زر التنقل بين الوظائف ، 7– زر الانتقال إلى الأدنى ، 8– زر التشغيل والتوقيف ، 9– حساس الجسيمات ، 10– حساس درجة الحرارة والرطوبة النسبية ، 11– حساس الكاميرا ، 12– مأخذ وصلة USB ، 13– وصلة التيار المتناوب والمستمر ، 14– حجرة البطارية .

منهجية القياس

جرت عمليات قياس تركيز جسيمات $PM_{2.5}$ و PM_{10} في منزل ريفي من ريف محافظة حمص الغربي في داخل المنزل المدروس وخارجه خلال أشهر أيلول وتشرين الأول ، وهي تمثل الطقس الجاف ، وأشهر كانون الأول وكانون الثاني ، وهي تمثل الطقس الرطب، وذلك بمعدل يوم واحد في الأسبوع على مدى الأسابيع الأربعة من الشهر.

5- النتائج والمناقشة

يبين الجدول 1 نتائج القياس في شهر أيلول ، ويبين الجدول 2 نتائج القياس في شهر تشرين الأول ، ويبين الجدول 3 نتائج القياس في شهر كانون الأول ، ويبين الجدول 4 نتائج القياس في شهر كانون الثاني . وتم تمثيل نتائج القياس بيانياً في الشكل 2 .

الجدول 1 : نتائج القياس في شهر أيلول

$PM_{2.5}/PM_{10}$ ratio		PM_{10}		$PM_{2.5}$		
indoor	outdoor	indoor	outdoor	indoor	outdoor	القياس
0.352	0.471	125	146	44	66	الأول
0.440	0.460	118	152	52	70	الثاني
0.404	0.435	94	124	38	54	الثالث
0.372	0.366	86	112	32	41	الرابع

الجدول 2 : نتائج القياس في شهر تشرين الأول

$PM_{2.5}/PM_{10}$ ratio		PM_{10}		$PM_{2.5}$		
indoor	outdoor	indoor	outdoor	indoor	outdoor	القياس
0.385	0.444	135	162	52	72	الأول
0.460	0.459	126	170	58	78	الثاني
0.388	0.438	108	137	42	60	الثالث
0.387	0.397	98	126	38	50	الرابع

الجدول 3 : نتائج القياس في شهر كانون الأول

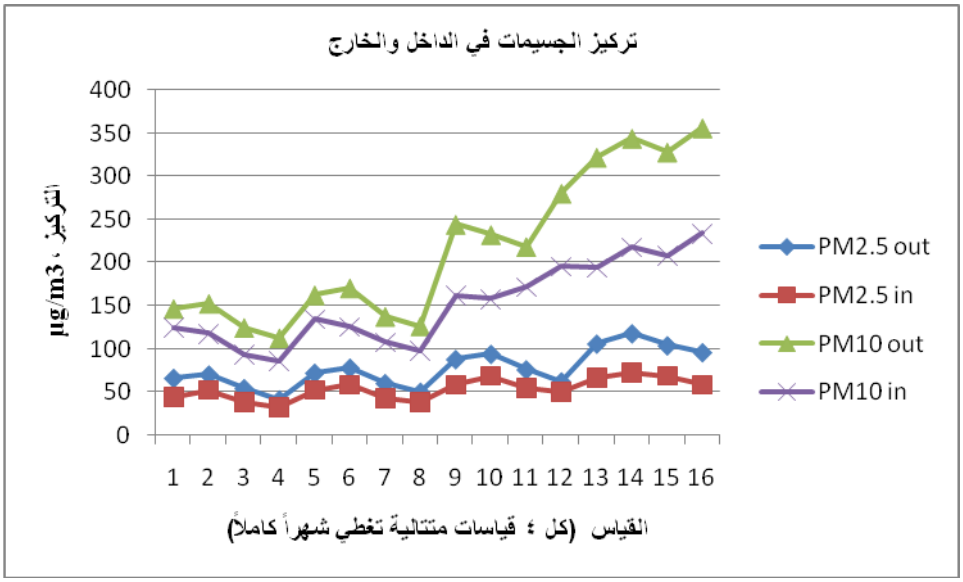
$PM_{2.5}/PM_{10}$ ratio		PM_{10}		$PM_{2.5}$		
indoor	outdoor	indoor	outdoor	indoor	outdoor	القياس
0.358	0.360	162	244	58	88	الأول
0.430	0.405	158	232	68	94	الثاني
313	0.348	172	218	54	76	الثالث
0.255	0.221	196	280	50	62	الرابع

الجدول 4 : نتائج القياس في شهر كانون الثاني

$PM_{2.5}/PM_{10}$ ratio		PM_{10}		$PM_{2.5}$		
indoor	outdoor	indoor	outdoor	indoor	outdoor	القياس
0.340	0.329	194	322	66	106	الأول
0.330	0.343	218	344	72	118	الثاني
0.327	0.207	208	328	68	104	الثالث
0.248	0.163	234	356	58	96	الرابع

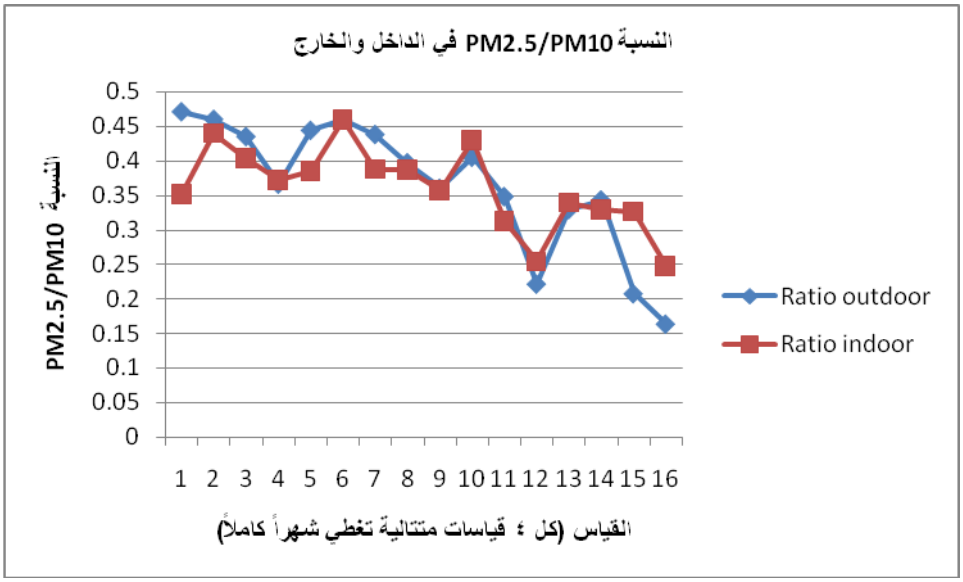
يتبين من الجدول 1 أن مستويات الجسيمات العالقة في الهواء خلال الأسابيع الأولى ، وهي تمثل شهري أيلول وتشرين الأول، كانت متقاربة ، ويعود هذا إلى محدودية مصادر الانبعاث وتشابه ظروف الطقس ، حيث يتم حرق الحطب والأخشاب لأجل عمليات الطهي بالدرجة الأولى . بينما كانت المستويات متزايدة في الأسابيع الأخيرة ، وهي تمثل شهري كانون الأول وكانون الثاني ، ويعود هذا إلى تنوع مصادر الانبعاث ورطوبة الجو المرتفعة نسبياً ، إذ إنه في فصل الشتاء يجري حرق الحطب والأخشاب لأجل التدفئة بالإضافة إلى عمليات الطهي .

وتم حساب نسبة الجسيمات $PM_{2.5}/PM_{10}$ في الهواء المحيط (خارج المنزل) وفي الهواء الداخلي (ضمن المنزل) ، وتم تمثيل ذلك بيانياً في الشكل 3 .



الشكل 2 : نتائج قياس الجسيمات خلال فترة الدراسة :

القياسات 1–4 تمثل شهر أيلول ، القياسات 5–8 تمثل شهر تشرين الأول ، القياسات 9–12 تمثل شهر كانون الأول ، القياسات 13–16 تمثل شهر كانون الثاني .



الشكل 3 : النسبة $PM_{2.5}/PM_{10}$ في الداخل والخارج خلال فترة الدراسة :

القياسات 1–4 تمثل شهر أيلول ، القياسات 5–8 تمثل شهر تشرين الأول ، القياسات 9–12 تمثل شهر كانون الأول ، القياسات 13–16 تمثل شهر كانون الثاني .

يتبين من الشكل 3 أن النسبة $PM_{2.5}/PM_{10}$ كانت هي الأعلى في خارج المنزل في الطقس الجاف ، بينما كانت هي الأقل في الطقس الرطب ، وهذا يعود إلى نمط التهوية السائد عموماً في البيئة الريفية وإلى تأثير الرطوبة في داخل المنزل .

يبين الجدول 5 الحدود القصوى المسموح بها للجسيمات في عدد من دول العالم ، ويبين الجدول 6 القيم الحدية للجسيمات الصلبة في المعايير الوطنية لجودة الهواء في سورية .

الجدول 5 : الحدود القصوى المسموح بها للجسيمات في عدد من دول العالم ، $\mu g/m^3$

البلد	معدل PM_{10}		معدل $PM_{2.5}$		عدد التجاوزات في العام	
	سنوي	يومي	سنوي	يومي	PM_{10}	$PM_{2.5}$
أستراليا	–	50	–	25	لا يسمح	لا يسمح
كندا	–	–	–	30	لا يسمح	لا يسمح
الصين	70	150	35	75	لا يسمح	لا يسمح
الاتحاد الأوربي	40	50	25	–	35	لا يسمح
اليابان	–	100	15	35	لا يسمح	لا يسمح
الولايات المتحدة	–	150	15	35	1	لا يسمح
هونغ كونغ	50	100	35	75	9	9

الجدول 6 : القيم الحدية للجسيمات الصلبة في المعايير الوطنية لجودة الهواء في سورية [20]

	العوالق الكلية (TSP) ، $\mu g/m^3$	العوالق القابلة للاستنشاق (PM_{10}) ، $\mu g/m^3$
متوسط يومي (24 ساعة)	240	100
متوسط سنوي	150	50

وبمقارنة الجدول 6 مع الجدول 5 يظهر جلياً أن المعايير السورية لم تلحظ مستويات الجسيمات $PM_{2.5}$ ، علماً أن هذه الجسيمات هي الأكثر خطراً على الصحة العامة ، وبالتالي لا بد من تطوير معايير الجسيمات في التشريعات السورية بما ينسجم مع الاعتبارات العالمية ، وبمقارنة مستويات PM_{10} يظهر بوضوح أنها في كثير من الحالات تتجاوز القيم الحدية في المعايير السورية لجودة الهواء .

وبمقارنة القيم المسجلة في هذا البحث مع التصنيف المعتمد لحالة الهواء في أمريكا الجنوبية يبين أن حالة الهواء تتباين بين الجيدة والسيئة والحرجة .

الجدول 7 : تصنيف جودة الهواء اليومية تبعاً لتركيز الجسيمات المعلقة [21]

الصنف	تركيز الجسيمات PM_{10} ، $\mu g/m^3$	حالة الهواء
A	<195	جيدة
B	195< PM<240	سيئة
C	240<PM	حرجة

تحدد ظروف البلدة كاملة عند أسوأ درجة تسجل في محطات المراقبة . وبناء على هذا التصنيف فإنه في أيام الصنف B لا يمكن لـ 40% من المركبات التي لا تحوي محولاً وسيطياً أن تسير ، وفي أيام الصنف C لا يسمح لـ 60% من هذه المركبات (التي لا تحوي محولاً وسيطياً) وكذلك 20% من التي تحوي محولاً وسيطياً أن تسير . وفي أيام الصنف C كذلك ينبغي توقيف بعض الصناعات التي تصدر انبعاثات ملوثة .

6- الاستنتاجات والتوصيات

تبين من خلال هذا البحث أن :

- حالة الهواء في المناطق الريفية عموماً ليست جيدة .
- مستويات الجسيمات تكون في الطقس الرطب أعلى من الطقس الجاف .
- النسبة $PM_{2.5}/PM_{10}$ في الطقس الجاف أعلى من الطقس الرطب في الداخل والخارج
- النسبة $PM_{2.5}/PM_{10}$ في الطقس الجاف تكون أعلى في الخارج ، وفي الطقس الرطب تكون في الداخل أعلى .
- عمليات التدفئة تسهم بصورة كبيرة في زيادة مستويات الجسيمات في الهواء المحيط والهواء الداخلي .

وبناء على ذلك يمكن تقديم التوصيات الآتية :

- ضرورة تطوير المعايير السورية لجودة الهواء بحيث تندرج فيها مستويات الجسيمات $PM_{2.5}$.
- ضرورة تأمين مصادر الطاقة النظيفة اللازمة للأنشطة السكانية .
- ضرورة إجراء دراسة مناسبة لربط أمراض الجهاز التنفسي مع مستويات الجسيمات الصلبة العالقة في الهواء .
- ضرورة نشر محطات رصد آلية لمراقبة جودة الهواء في البيئة الريفية والبيئة الحضرية على حد سواء .

REFERENCES المراجع العلمية

1- Seifert , B. (1998) Die untersuchung von hausstaub in hinblick auf exposition-sabschatzungen . Bundesgesundheitsblatt 14 .

2- Janssen, N. A; Van Mansom, D. F. M.; Van Der Jagt, K.; Harssema, H.; Hoek, G. (1997) Mass concentration and elemental composition of airborne particulate matter at street background locations. Atmospheric Environment 31 .

3- Lachenmyre, C.; Hidy, G. M. (2000) Urban measurements of outdoor-indoor $PM_{2.5}$ concentrations and personal exposure in the deep south. Part I . Aerosol science and technology 32 .

4- Williams, R.; Creason, J.; Zweidinger, R.; Watts, R.; Sheldon, L.; Shy, C. (2000) Indoor , outdoor , and personal exposure monitoring of particulate air pollution : The Baltimore elderly epidemiology exposure pilot study . Atmospheric Environment 34 .

5- Geller, M. D.; Chang, M.; Sioutas, C.; Ostro, B. D.; Lipsett, M. J. (2002) Indoor/outdoor relationship and chemical composition of fine and coarse particle in the southern California desert. Atmos. Environ. 36.

6- Clayton, C. A.; Perritt, R. L.; Pellizzari, E. D.; Thomas, K. W.; Whitmore, R. W.; Wallace, L.; Ozkaynak, H.; Spengler, D. (1993) Particle total exposure assessment methodology (PTEAM) study : Distributions of aerosol and elemental concentration in personal, indoor, and outdoor air samples in a southern California community Journal of exposure analysis and environmental epidemiology 3 .

7- Chao, C., Tung, T.; Burnett, J. (1998) Influence of different indoor activities on the indoor particulate levels in residential buildings. Indoor & built environment 7, 110-121.

8- Pedersen, E. K.; Bjoseth, O.; Syversen, T.; Mathiesen, M. (2001) Physical changes of indoor dust caused by hot surface contact . Atmospheric Environment 35.

9- Baron, P. A. ; Willeke, K. (2001) Aerosol measurement : Principles, techniques and applications , 2nd edition , Wiley-Interscience, New York.

10- Hinds, W. C. (1982) Aerosol technology : Properties , behavior, and measurement of airborne particles . Wiley, New York

11- Wallace, L. (2000) Real-time monitoring of particles , PAH , and CO in an occupational townhouse. Applied occupational and environmental hygiene 15 .

12- Yeh, H. et al. (1976) Factors influencing the deposition of inhaled particles . Environmental health perspectives 15 .

13- Schneider, T.; Sundell, J.; Bischof, W.; Bohgard, M.; Cherrie, J. W.; Clausen, P. A.; Dreborh, S.; Kildeso, J.; Kjaergaard, S. K.; Pasanen, P.; Skyberg, K. (2003) EUROPAT : Airborne particles in the indoor environment. A European interdisciplinary review of scientific evidence on association between exposure to particles in buildings and health effects. Indoor Air 13 .

14- Nathanson, Jerry A. (2000) Basic environmental technology : water supply, waste management, and pollution control. 3rd ed., Prentice-Hall, Inc. New Jersey.

15- Jenkins, P. Phillips, T.; Mulberg, E.; Hut, S. (1992) Activity patterns of californias : Use and proximity to indoor sources . Atmospheric Environment 26 A, 2141-2148.

16- Ackerman-Liebrich, U.; Viegi, G.; Nolan, C. (Eds.) (1995) Time-activity patterns in exposure assessment . Air pollution epidemiology reports Series . Report No. 6

17- Özkaynak, H. ; Spengler , J. (1996) Particles in our air . Concent-rations and health effects . Harvard University press . Boston. MA. 63 .

18- Özkaynak, H., Xue, J.; Weker, Butler, D.; Koutrakis, P.; Spengler, J. (1996) The particle TEAM study: analysis of the data reports to the US-EPA, volume 3 of final report. Vol. III. Harvard School of Public Health, Boston, MA.

19- Özkaynak, H.; Xue, J.; Spengler, D.; Wallace, L.; Pellizari, E.D.; Jenkins, P. (1996) Personal exposure to particles and metals: Results from the particle TEAM study in Riverside, California. Journal of exposure analysis and environmental epidemiology 6, 57-78.

20-National Ambient Air Quality Standards (2003) Ordinance number 67, 5.07.2003, Damascus (SAR)

21- Perez, P. and Reyes, J. (2005) PM10 forecasting in Santiago , Chile. Transactions on Ecology and the Environment. Vol. 82, WIT Press.