التقرير النهائي • سبتمبر ٢٠٢٦

قياس آثار الغبار على الصحة في الكويت والعراق

دراسة وبائية

براك الأحمد · محمد نصار · عزّة الجاسم



ضمن مشروع:
تعزيز القدرة على الصمود في مواجهة العواصف الرملية والترابية في الكويت وجنوب العراق

الصندوق الكويتي للتنمية
KUWAIT FUND FOR DEVELOPMENT
UN-HABITAT

جدول
المحتويات

١	**الخلفية وسياق الدراسة**	**٣**
	الملخص التنفيذي	٤
	الخلفية	٥
٢	**البيانات والمنهجية**	**٦**
	الهدف وجرد البيانات	٧
	قيود البيانات	٨
	تصنيف التعرّض للغبار	٩
	تصميم الدراسة	١٠
	وصف البيانات	١١
٣	**التعرّض والنتائج**	**١٢**
	مستويات التلوث	١٣
	التقدير المرجعي	١٥
٤	**الأثر الصحي ودعم القرار**	**١٧**
	سيناريوهات دعم القرار	١٨
٥	**الملحق والمراجع**	**٢٠**
	الملحق ١	٢١
	المراجع	٢٢

الخلفية
وسياق الدراسة



الملخص التنفيذي

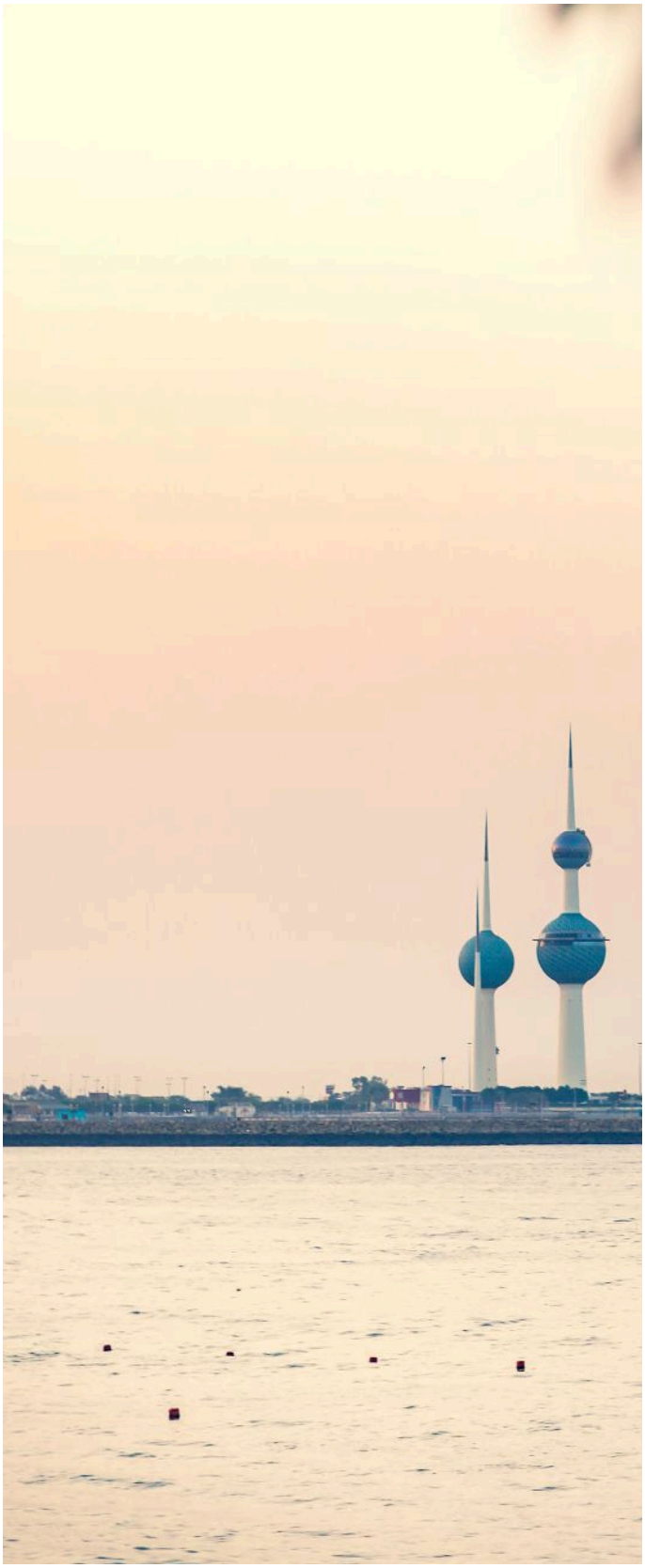
هذه دراسة وبائية بتكليف من موئل الأمم المتحدة، تهدف إلى وضع علاقات مرجعية جديدة تربط بين تلوث الهواء وأحداث الغبار ودخول المستشفيات في الكويت وجنوب العراق.

اقتصرت حالات دخول المستشفيات على الأسباب القلبية الوعائية والتنفسية (ويُشار إليهما معاً بـ "القلبية الرئوية"). وحلّلت الدراسة ما مجموعه ٣٨٠,٨٦٢ حالة في الكويت و٣٧١,٤٣٧ حالة في جنوب العراق (أي ما مجموعه ٧٥٢,٢٩٩ حالة قلبية رئوية شملها التحليل).

في الكويت، استخدمنا القياس الكمي المرجعي لـ $PM_{2.5}$، وتوصّلنا إلى ما يلي:

- ارتبطت كل زيادة قدرها ١٠ ميكروغرام/م³ في $PM_{2.5}$ بزيادة نسبتها ١٪ في دخول المستشفيات لأسباب قلبية رئوية.
- في حال خفض افتراضي قدره ١٠ ميكروغرام/م³ في $PM_{2.5}$، يمكن للكويت تفادي ما يُقدَّر بـ ٤٠٣ حالات دخول للمستشفى لأسباب قلبية رئوية سنوياً.
- في جنوب العراق (المثنى والقادسية)، استخدمنا العدد الشهري لأحداث الغبار، وتوصّلنا إلى ما يلي:
- ارتبط كل حدث غباري بزيادة تتراوح بين ٢٪ (حدث غباري صغير) و٤٪ (حدث غباري كبير) في دخول المستشفيات لأسباب قلبية رئوية.
- في حال خفض افتراضي بنسبة ٢٠٪ في أحداث الغبار العالق، يمكن للمثنى والقادسية تفادي ما يُقدَّر بـ ٨٩٩ حالة دخول للمستشفى لأسباب قلبية رئوية سنوياً.

يتيح هذا النهج تقديراً سريعاً للفوائد الصحية الناتجة عن خفض التعرّض مستقبلاً، دون انتظار جمع بيانات صحية جديدة، ودون إعادة تقدير علاقة التعرّض والاستجابة ببيانات أحدث. فمتى أظهرت جهود الحدّ من الغبار انخفاضاً في تركيزات $PM_{2.5}$ أو في أحداث الغبار، يمكن تطبيق الارتباطات التي أرستها هذه الدراسة مباشرةً لتقدير العدد المتوقع من حالات دخول المستشفيات التي يُحتمل تفاديها.



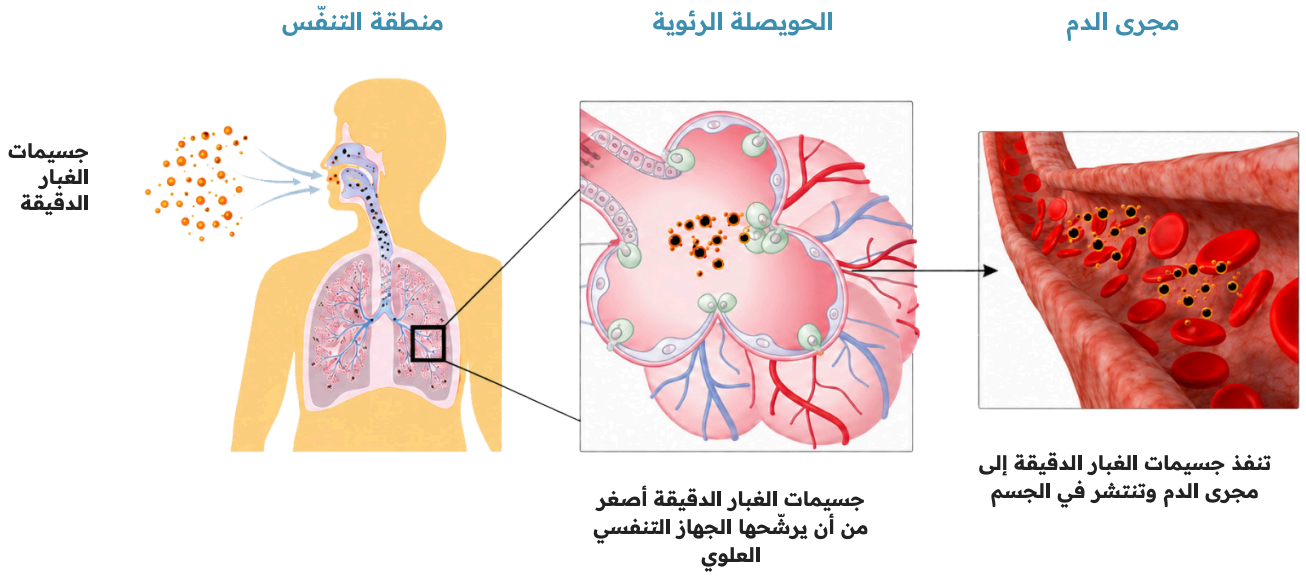
حلّلت الدراسة ما مجموعه

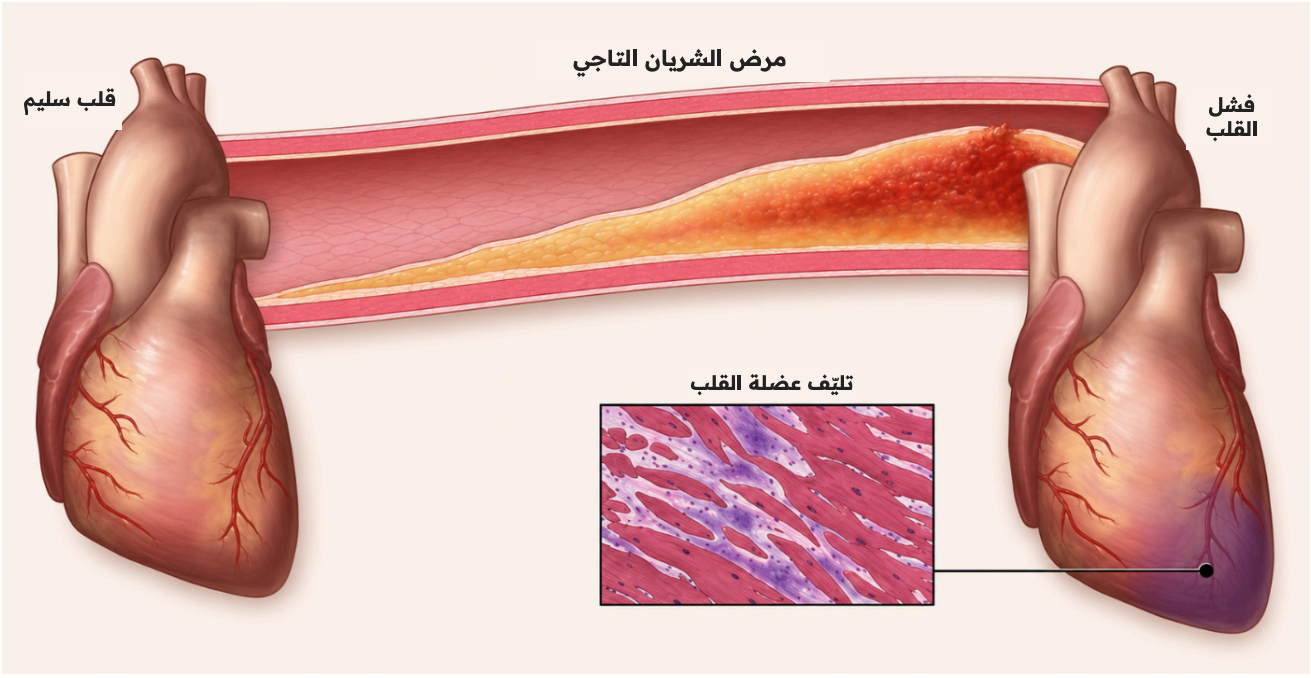
٣٨٠,٨٦٢
حالة في الكويت

٣٧١,٤٣٧
حالة في جنوب العراق

الخلفية

تُعدّ العواصف الرملية والترابية خطراً بيئياً متكرراً في العراق والكويت. إذ تؤدي هذه النوبات إلى تدهور جودة الهواء، ويمكن أن تُفاقم صحة القلب والرئتين بصورة حادة. وعلى خلاف الجسيمات الأكبر حجماً (PM_{10})، تستطيع الجسيمات الدقيقة ($PM_{2.5}$) أن تتغلغل عميقاً في الجهاز التنفسي، فتصل إلى الحويصلات الهوائية وتنفذ إلى مجرى الدم وأعضاء الجسم الأخرى[١،٢]، مُحفِّزةً الالتهاب والإجهاد التأكسدي، مما قد يرفع معدلات دخول المستشفيات والوفيات المبكرة[٣،٤]. وتنصبّ الدراسة على نتيجتين صحيتين: ١) أمراض القلب والأوعية الدموية، و٢) أمراض الجهاز التنفسي.

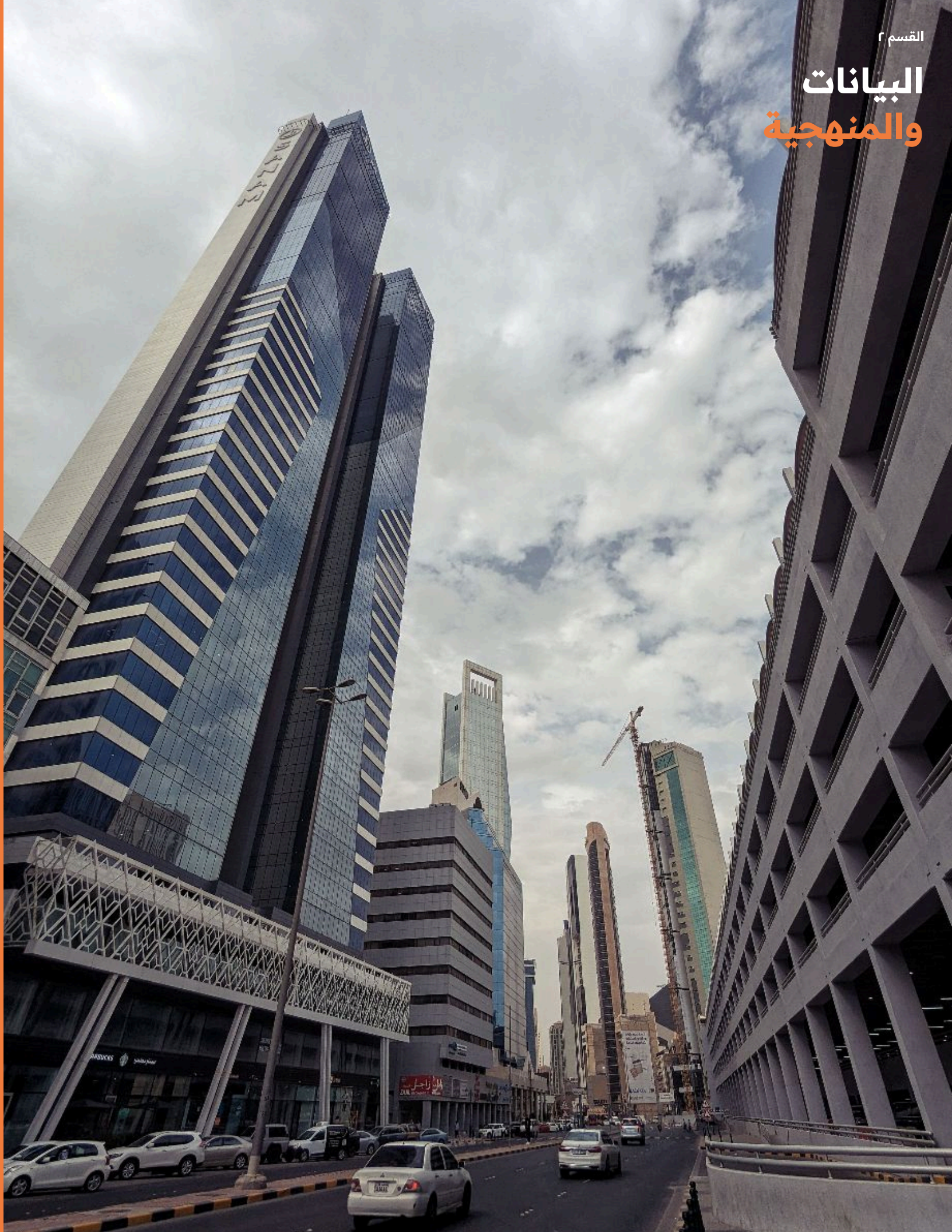




الشكل ١. تغلغل جسيمات التلوث في الرئتين والقلب. يمكن للتعرّض قصير الأمد (من ساعات إلى أيام) لـ $PM_{2.5}$ أن يُطلق سريعاً استجابات التهابية وتأكسدية حادة في الجهازين التنفسي والقلبي الوعائي. إذ تولّد الجسيمات المستنشقة أنواعاً من الأكسجين التفاعلي (ROS) تُنشّط المسارات الالتهابية، وتُضعف وظيفة البطانة الوعائية، وتزيد قابلية تخثّر الدم، لا سيما في الشرايين التاجية (مما يؤدي إلى النوبات القلبية وفشل القلب[٥]). **مقتبس من Rajagopalan وLandrigan (٢٠٢١).**

القسم ٢

البيانات والمنهجية



سياق الدراسة

أجرى فريق هارفارد في الكويت سلسلة من الدراسات حول تلوث الهواء والصحة[٦–١٠]. ولا نعلم بوجود أي دراسة قاست آثار التلوث على الصحة في العراق.

وقد كلّف موئل الأمم المتحدة بإجراء هذا التحليل لتوفير أدلة عملية حول الآثار الصحية قصيرة الأمد للعواصف الرملية والترابية في كلا البلدين، وتحويل هذه الأدلة إلى أداة لدعم القرار في مجالي السياسات والتأهب.

الهدف

يتمثّل الهدف المباشر في قياس الآثار الصحية الحادة قصيرة الأمد للغبار في الكويت والعراق، بطريقة يمكن ترجمتها إلى مؤشرات تستخدمها السلطات الصحية والبيئية في التخطيط والإنذار والحدّ من المخاطر. وثمة سؤالان رئيسيان:

١. **ما الآثار الصحية الخاصة بالغبار في جميع محافظات الكويت؟**
على سبيل المثال: ما حجم الزيادة في دخول المستشفيات التي يمكن عزوها إلى زيادة قدرها ٥ أو ١٠ ميكروغرام/م³ في الغبار؟

٢. **ما الآثار الصحية الخاصة بالغبار في المحافظات الجنوبية من العراق؟**
على سبيل المثال: كم عدد حالات دخول المستشفيات الإضافية التي يمكن عزوها إلى كل حدث غباري إضافي؟

وإذا ثبت وجود آثار للغبار على الصحة، يصبح السؤال الثالث:

٣. **إذا عملنا على الحدّ من العواصف الترابية، فكم حالة دخول للمستشفى يمكننا "تفاديها" في الكويت وجنوب العراق؟**

صيغت الأسئلة الثلاثة بعد جولات عديدة من النقاش مع أصحاب المصلحة في كلا البلدين. وسيقدّم هذا التقرير العلاقة المرجعية بين الغبار والصحة لقياس الزيادات المتوقعة في دخول المستشفيات. فعلى سبيل المثال، إذا قدّر هذا التقرير أن كل زيادة قدرها ١٠ ميكروغرام/م³ في الغبار ترتبط بزيادة نسبتها X٪ في دخول المستشفيات، فيمكن استخدام العلاقة ذاتها بصورة عكسية. فإذا أسهمت أنشطة الاستعادة (التي ينفّذها موئل الأمم المتحدة) لاحقاً في خفض الغبار بمقدار ١٠ ميكروغرام/م³، أمكننا تقدير عدد حالات دخول المستشفيات التي ربما جرى تفاديها دون الحاجة إلى إعادة الدراسة الصحية الكاملة من البداية. وبعبارة أخرى، لا يحتاج المشروع إلى انتظار نهاية تدخّل الاستعادة للبدء في جمع بيانات صحية جديدة وإعادة قياس الفوائد الصحية، إذ تكفي النمذجة الحالية لذلك.

جرد البيانات

في إطار هذا الجهد، جمعنا قاعدة بيانات هي الأولى من نوعها للبلدين. وتشمل بيانات صحية من المستشفيات وعلى مستوى المحافظات، إضافة إلى بيانات التعرّض البيئي للغبار ودرجات الحرارة والأحوال الجوية وصور الأقمار الاصطناعية ومصادر بيانات أخرى.

الكويت: جرى الحصول على البيانات الصحية من وزارة الصحة – المركز الوطني للمعلومات الصحية، وشملت حالات الدخول اليومية للمستشفيات لأسباب تنفسية وقلبية وعائية خلال الفترة من ٢٠١٠ إلى ٢٠٢٢ في جميع المستشفيات الحكومية في الكويت. أما البيانات البيئية للكويت فقد جرى الحصول عليها من دراسة هارفارد، وشملت تقديرات يومية للغبار من ٢٠١٧ إلى ٢٠١٩، وتقديرات يومية لإجمالي $PM_{2.5}$ من ٢٠٠١ إلى ٢٠١٨. كما جرى الحصول على بيانات الأحوال الجوية اليومية من ٢٠٠٠ إلى ٢٠٢٤ من إدارة الأرصاد الجوية الكويتية (ومقرها مطار الكويت).

العراق: جرى الحصول على البيانات الصحية من دائرتي صحة محافظتي المثنى والقادسية، وشملت حالات الدخول الشهرية للمستشفيات لأسباب تنفسية وقلبية وعائية من ٢٠١٤ إلى ٢٠٢٠. كما قُدّمت بيانات لمحافظة الناصرية/ذي قار ولكن لفترة دراسة مختلفة، ولذلك اقتصر التحليل على القادسية والمثنى بما يتوافق مع النطاق الجغرافي للمشروع وبيانات التعرّض البيئي المتاحة. وجرى الحصول على البيانات البيئية للعراق من جامعة المثنى بالتعاون مع الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي العراقية، وشملت تقديرات شهرية للغبار من ١٩٩٤ إلى ٢٠٢٠، وبيانات شهرية للأحوال الجوية من ١٩٩٤ إلى ٢٠٢٠. أما بيانات إجمالي $PM_{2.5}$ اليومية فقد جرى الحصول عليها من دراسة هارفارد[١٠–١٢].

الجدول ١: جرد البيانات التي جُمعت خلال هذا المشروع

	الكويت	العراق ‡
البيانات الصحية	**المصدر:** وزارة الصحة	**المصدر:** دائرة صحة المحافظة
دخول المستشفيات لأسباب تنفسية	يومية (٢٠١٠–٢٠٢٢)	شهرية (٢٠١٤–٢٠٢٠)
دخول المستشفيات لأسباب قلبية وعائية	يومية (٢٠١٠–٢٠٢٢)	شهرية (٢٠١٤–٢٠٢٠)
البيانات البيئية	**المصدر:** دراسة هارفارد	**المصدر:** جامعة المثنى + دراسة هارفارد
الغبار	يومية (٢٠١٧–٢٠١٩)	شهرية (١٩٩٤–٢٠٢٠)
إجمالي $PM_{2.5}$	يومية (٢٠٠١–٢٠١٨)	يومية (٢٠٢٢–٢٠٢٤)
الأحوال الجوية*	يومية (٢٠٠٠–٢٠٢٤)	شهرية (١٩٩٤–٢٠٢٠)

* تشمل اتجاه الرياح وسرعتها ودرجة الحرارة المحيطة والرطوبة النسبية
‡ شملت البيانات الناصرية/ذي قار، لكن التحليل اقتصر على القادسية والمثنى

تتوفّر إمكانية الوصول إلى مستودع البيانات الكامل للصندوق الكويتي للتنمية الاقتصادية العربية، وموئل الأمم المتحدة، والشركاء الآخرين.

قيود البيانات

يتمثّل أحد الفروق الرئيسية بين البلدين في الدقة الزمنية للبيانات. فالكويت تمتلك بيانات يومية لدخول المستشفيات، مما يتيح للتحليل رصد التغيّرات الحادة قصيرة الأمد في حالات الدخول عقب التغيّرات اليومية في التعرّض للغبار. أما العراق فيمتلك بيانات شهرية لدخول المستشفيات، مما يقصر التحليل على تقييم متوسط الأمد لكيفية ارتباط التغيّرات الشهرية في مستويات الغبار بحالات الدخول الشهرية.

واجه هذا المشروع عدداً من قيود البيانات المختلفة في الكويت والعراق (الجدول ٢)، وقمنا بتكييف التحليل وفقاً لذلك. ففي الكويت، استُعيض عن بيانات تركيز الغبار المباشرة بإجمالي $PM_{2.5}$، مما مدّد فترة التحليل بشكل كبير. وفي العراق، ١) لم تتوفّر بيانات صحية وبيئية يومية، و٢) لم تتوفّر بيانات عن تركيز الغبار. لذا قرّرنا إجراء التحليل على المستوى الشهري وتفسيره بوصفه تقييماً متوسط الأمد. كما استخدمنا التصنيف الجوي المتاح لفترات الغبار مقابل فترات انعدامه لتقدير الآثار الصحية لحدوث الغبار.

الجدول ٢: قيود البيانات المتأصّلة والحلول الإحصائية

	قيود البيانات	الحلول الإحصائية
الكويت	› بيانات تركيز الغبار متاحة فقط للفترة ٢٠١٧–٢٠١٩ › عدد قليل من حالات الدخول	› استخدمنا أولاً بيانات تركيز الغبار المتاحة لتقدير الآثار الصحية الخاصة بالغبار. وبعد التأكد من أن تقديرات الأثر المرتبطة بالغبار مماثلة، من حيث الكتلة، لتقديرات أثر $PM_{2.5}$، استخدمنا السلسلة الزمنية الأطول لـ $PM_{2.5}$ لتمديد فترة التحليل. › استخدمنا فئة مدمجة لحالات الدخول التنفسية والقلبية الوعائية (لزيادة حجم العيّنة)
العراق	› لا توجد بيانات يومية › لا توجد بيانات عن تركيز الغبار	› حلّلنا البيانات على المستوى الشهري، وقدّمنا تحليل العراق بوصفه تقييماً "متوسط الأمد" (مقابل التقييم المرجعي "قصير الأمد") › استخدمنا متغيراً ثنائياً متاحاً من بيانات الأرصاد (غبار = ١ مقابل لا غبار = ٠)

تصنيف التعرّض للغبار

قيس التعرّض للغبار بطرق مختلفة في الكويت والعراق، نظراً للاختلاف الكبير في البيانات البيئية المتاحة بين البلدين. ففي الكويت، قيس الغبار مباشرةً وكمياً بوحدة ميكروغرام/م^3 الدقيقة باستخدام أجهزة أخذ عيّنات من نوع "هارفارد إمباكتور" المصمّمة خصيصاً[١٠]. تجمع هذه الأجهزة الجسيمات على مرشّحات، وتوفّر قياساً مرجعياً عالي الجودة لوزن الجسيمات المحمولة جواً. وتكتسب هذه الأجهزة قيمة خاصة في البيئات الصحراوية لقدرتها على جمع مكوّنات الغبار بدقة دون أن تتشبّع خلال ظروف الغبار الشديدة[١٣،١٤]. وبعد جمع المرشّحات، يمكن تحديد نوع الغبار باستخدام تقنيات تحليل تحديد المصادر (من خلال تحليل تركيزات العناصر الدالّة). وفي المحصلة، يتيح هذا "القياس الكمي للغبار" لتحليل الكويت تقدير الآثار الصحية لكل زيادة محددة في تركيز الغبار، مثل كل ٥ أو ١٠ ميكروغرام/م^3.

أما في العراق، فلم تتوفّر قياسات مباشرة لتركيز الغبار. وبدلاً من ذلك، صُنّف التعرّض للغبار باستخدام أرصاد جوية مرمّزة كمؤشرات ثنائية (١ = موجود مقابل ٠ = غير موجود): العاصفة الترابية، والغبار المتصاعد، والغبار العالق. وتفيد هذه التصنيفات في تحديد ما إذا كانت حالة غبارية قد وقعت، لكنها لا تقيس كمية الغبار في الهواء، ولا شدّة الحدث، ولا التركيز الدقيق الذي تعرّض له الناس. علاوة على ذلك، كانت هذه البيانات متاحة على المستوى الشهري لا اليومي.

الجدول ٣: الأساليب المستخدمة لتصنيف الغبار في الكويت والعراق

	تصنيف الغبار	
الكويت	**يُقاس بوحدة ميكروغرام/م^3 الدقيقة** باستخدام أجهزة هارفارد لأخذ العيّنات المصمّمة خصيصاً في الكويت.[١٠،١٤] وتستطيع هذه الأجهزة قياس مكوّنات الغبار في الهواء بدقة دون أن تتشبّع خلال الظروف الشديدة.	
العراق	**١. العاصفة الترابية (١ مقابل ٠)** جدار أو سحابة كثيفة وشديدة من الغبار تتحرّك عبر المنطقة، وغالباً ما تُخفّض مدى الرؤية بشكل حاد.	
	٢. الغبار المتصاعد (١ مقابل ٠) غبار ترفعه الرياح عن سطح الأرض بالقرب من موقع الرصد، ولكن عادةً دون البنية الجدارية الضخمة للعاصفة الترابية الكاملة.	
	٣. الغبار العالق (١ مقابل ٠) سماء مغبرّة أو ضبابية يبقى فيها الغبار الدقيق عالقاً في الهواء، وغالباً ما يُخفّض مدى الرؤية، ولكن دون ارتفاع نشط وواضح للغبار من الأرض القريبة.	

على الرغم من أن الصور قد تساعد في توضيح الفروق، فإن فئات العاصفة الترابية والغبار المتصاعد والغبار العالق هي فئات رصد جوي وليست فئات بصرية بحتة، إذ تعتمد على أرصاد الطقس الحاضر ومدى الرؤية وما إذا كانت الرياح ترفع الغبار بشكل نشط في محطة الرصد أو بالقرب منها.

تصميم الدراسة

الكويت، يومياً

اعتُمد تصميم دراسة السلاسل الزمنية التقليدي لتقدير أثر الغبار-$PM_{2.5}$ على الارتباطات قصيرة الأمد مع دخول المستشفيات حسب السبب. واستخدمنا النماذج الجمعية المعمّمة (GAM)[١٥] بتوزيع ذي الحدّين السالب لتقدير الارتباط بين التعرّض اليومي لـ $PM_{2.5}$ والدخول اليومي للمستشفيات لأسباب قلبية رئوية. وبعد التحقق من عدم الخطية، تضمّن النموذج النهائي حداً خطياً للتعرّض لـ $PM_{2.5}$، وتأثيرات ثابتة لكل منطقة خدمة مستشفى، وتعديلات لاتجاهات طويلة الأمد والموسمية وأنماط أيام الأسبوع. ونُمذجت الاتجاهات طويلة الأمد والموسمية باستخدام شريحة طبيعية بأربع درجات حرية لكل سنة (بمجموع ٣٦ درجة حرية لسنوات البيانات المشمولة). وأُدرجت تأثيرات أيام الأسبوع كمتغيرات فئوية (من الأحد إلى السبت). وللتحكم في الالتباس المحتمل الناتج عن درجة الحرارة المحيطة، استخدمنا نموذج التأخّر الموزّع غير الخطي (DLNM)[١٦،١٧] بحد أقصى للتأخّر قدره ٣٠ يوماً. وتحديداً، أنشأنا دالة أساس متقاطع لمتوسط درجة الحرارة اليومية باستخدام شرائح تكعيبية طبيعية بعُقد داخلية عند المئين العاشر والخامس والسبعين والتسعين لتوزيع درجات الحرارة، ووُضعت عُقد الشرائح لبنية التأخّر على فترات متساوية لوغاريتمياً. واستخدمنا معاملات نموذج DLNM التي سبق اختبارها وتحسينها للكويت[١٨].

مثال على التفسير من نموذج الكويت:
زيادة بنسبة xx٪ في دخول المستشفيات لكل زيادة قدرها ١٠ ميكروغرام/م³ في $PM_{2.5}$

العراق، شهرياً

استخدم هذا التحليل تصميم سلاسل زمنية لوحية شهرية لتقدير الارتباطات متوسطة الأمد بين أحداث الغبار ودخول المستشفيات حسب السبب في جنوب العراق. واستخدمنا النماذج الجمعية المعمّمة بتوزيع ذي الحدّين السالب لمراعاة التشتّت الزائد في أعداد حالات الدخول الشهرية. وكانت النتيجة المدروسة هي العدد الشهري لحالات دخول المستشفيات، مع إدراج تأثيرات ثابتة لكل محافظة للتحكم في الفروق الثابتة زمنياً بين المحافظات. ونظراً لعدم توفّر قياسات مباشرة لتركيز الغبار، نُمذج التعرّض للغبار بوصفه العدد الشهري للأحداث في كل فئة من فئات الغبار الجوية: العاصفة الترابية، والغبار المتصاعد، والغبار العالق. ونُمذجت كل فئة على حدة لتقدير ارتباطها المستقل بدخول المستشفيات. وعُدّلت النماذج للاتجاهات طويلة الأمد والموسمية باستخدام شرائح طبيعية بأربع درجات حرية لكل سنة. كما عدّلنا لاتجاه الرياح السائد ودرجة الحرارة المحيطة باستخدام حدود خطية.

مثال على التفسير من نموذج العراق:
زيادة بنسبة xx٪ في دخول المستشفيات لكل حدث غباري إضافي واحد

لقياس العبء الصحي العام المرتبط بالتعرّض للتلوث، حوّلنا النتائج إلى أعداد رقمية للحالات التي يُحتمل تفاديها (بافتراض السببية)[١٩،٢٠]:

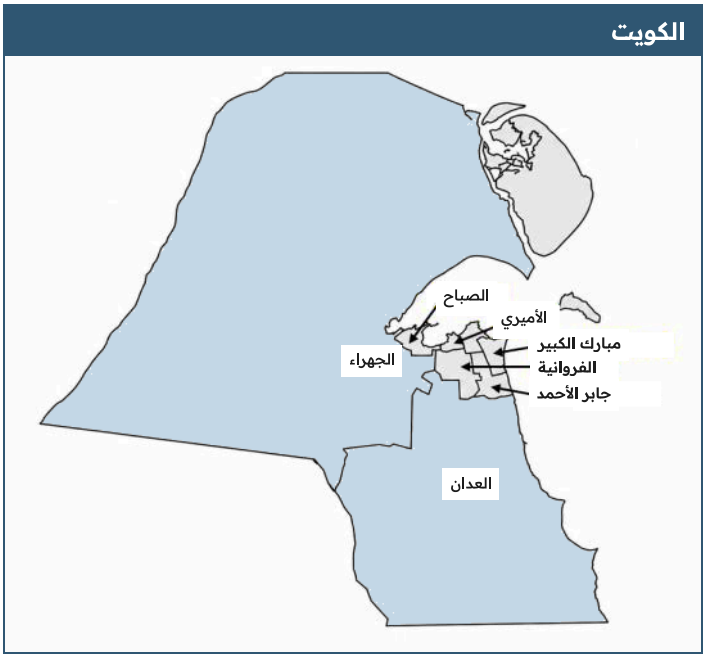
$$\text{الحالات المتفاداة (الكويت)} = \text{الحالات المرجعية} \times [1 - \exp(\beta \times \Delta\ PM_{2.5})]$$

$$\text{الحالات الشهرية المتفاداة (العراق)} = \text{الحالات الشهرية المرجعية} \times [1 - \exp(\beta \times \Delta\ \text{أحداث الغبار})]$$

حيث β هو معامل النموذج لكل زيادة قدرها ١ ميكروغرام/م³ في $PM_{2.5}$، أو معامل النموذج لكل حدث غباري إضافي واحد في شهر معيّن.

وصف البيانات

في كلا البلدين، حدّدنا الحالات القلبية الوعائية والتنفسية (القلبية الرئوية) باستخدام التصنيف الدولي للأمراض – المراجعة العاشرة (ICD-10) الصادر عن منظمة الصحة العالمية، وتحديداً الرموز J00-J99 لأمراض الجهاز التنفسي (مثل الربو، ومرض الانسداد الرئوي المزمن، والالتهاب الرئوي)، والرموز I00-I99 لأمراض القلب والأوعية الدموية (مثل النوبة القلبية، وفشل القلب، وارتفاع ضغط الدم)، والفئة المدمجة لكلتا المجموعتين (القلبية الرئوية؛ I00-I99 & J00-J99).





الشكل ٢. الوحدات الجغرافية المشمولة في التحليل، مُبرزة باللون الأزرق. في العراق، اقتصر التحليل على محافظتي القادسية والمثنى، واستُبعدت محافظة ذي قار بسبب قيود كبيرة في البيانات. وفي الكويت، أُجري التحليل حسب المنطقة الصحية بدلاً من المحافظة؛ واستُبعد مستشفى جابر الأحمد لعدم كفاية البيانات المتاحة بعد افتتاحه في عام ٢٠١٨.

الجدول ٤: إجمالي الحالات المستخدمة في التحليل حسب الوحدات الجغرافية

	دخول المستشفيات لأسباب قلبية رئوية		
	الإجمالي	المتوسط السنوي	المتوسط الشهري
الكويت †			
العدان	٧٧,١٣١	٨,٥٧٠	٧١٤
الأميري	٤٥,٦١٧	٥,٠٦٩	٤٢٢
الصباح	٤٩,٠١٠	٥,٤٤٦	٤٥٤
الفروانية	٨٢,١٦٩	٩,١٣٠	٧٦١
الجهراء	٦٤,٩٠٨	٧,٢١٢	٦٠١
مبارك الكبير	٦٢,٠٢٧	٦,٨٩٢	٥٧٤
العراق ‡			
القادسية	١١٣,٥٧٠	١٦,٢٢٤	١,٣٥٢
المثنى	٢٥٧,٨٦٧	٢٣,٤٤٢	١,٩٥٤

† فترة الدراسة المرجعية المستخدمة هي ٢٠١٠–٢٠١٨

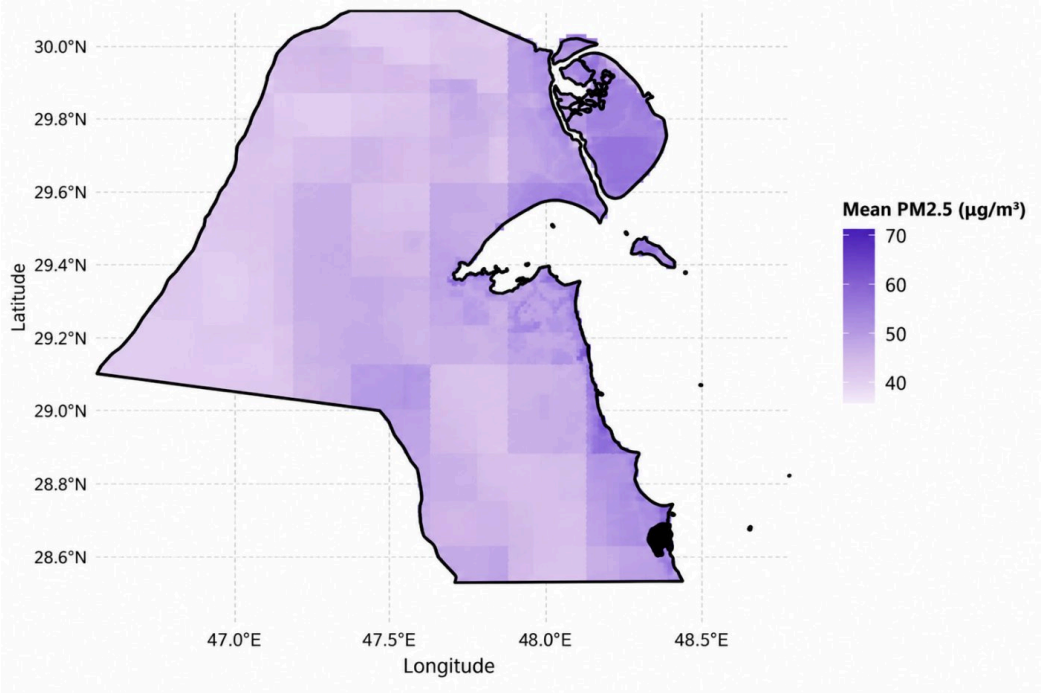
‡ تفاوتت سنوات توفّر البيانات؛ ٢٠١٠–٢٠٢٠ في المثنى و٢٠١٤–٢٠٢٠ في القادسية

التعرّض والنتائج



حلّلنا ما مجموعه ٣٨٠,٨٦٢ حالة قلبية رئوية في الكويت و٣٧١,٤٣٧ حالة قلبية رئوية في العراق (أي ما مجموعه ٧٥٢,٢٩٩ حالة شملها التحليل). وتراوح متوسط الحالات الشهرية بين ٤٠٠ و٧٠٠ حالة في المستشفيات الكويتية، وبين ١,٣٠٠ و٢,٠٠٠ حالة تقريباً في المحافظات الجنوبية العراقية (الجدول ٤). وعلى المستوى اليومي، يعادل ذلك ما بين ١٤ و٢٥ حالة لكل مستشفى يومياً في الكويت. ثم يحسب التحليل مقدار ما ١) يُعزى من هذه الحالات إلى الغبار، و٢) يمكن تفاديه في حال خفض الغبار.

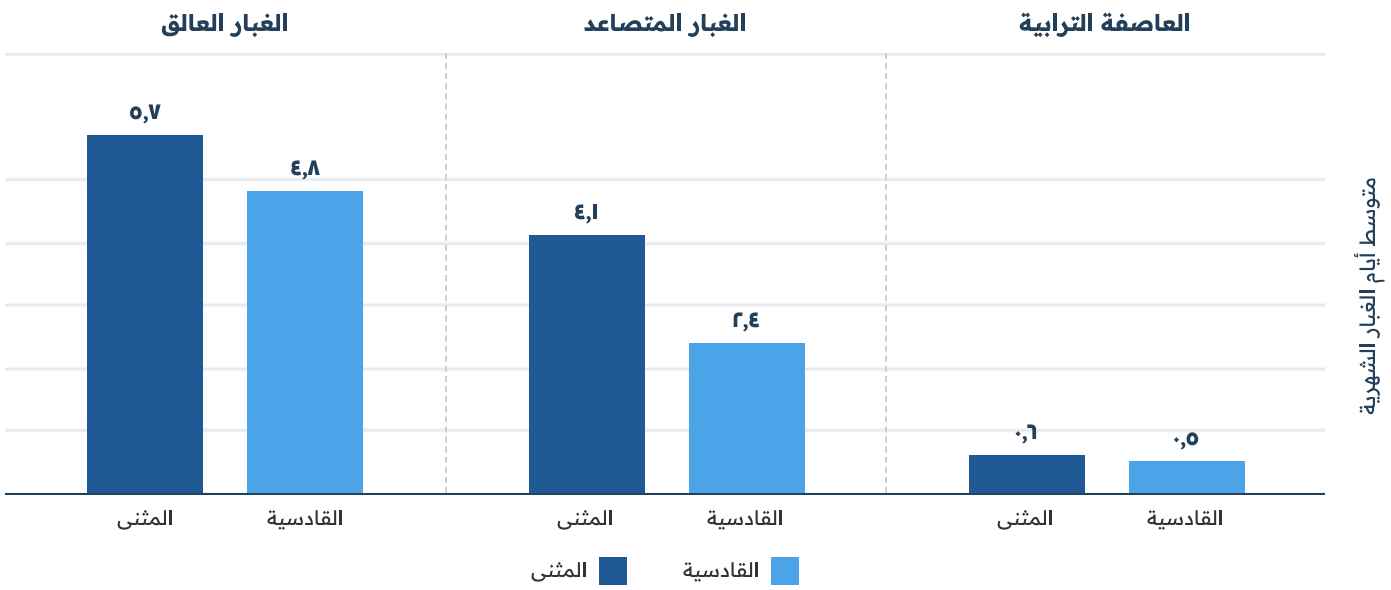
مستويات التلوث



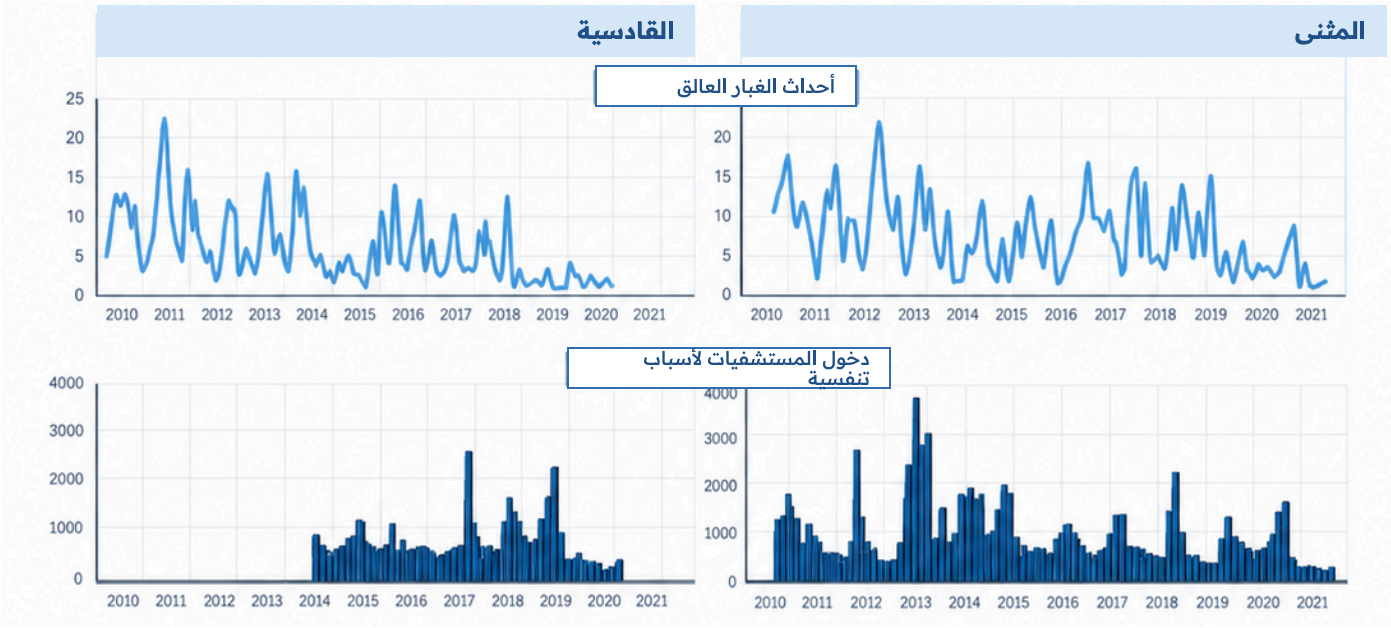
الشكل ٣. النمذجة المكانية والزمانية لتلوث الهواء في كل خلية مساحتها ١ كم × ١ كم في الكويت. التوزيع المكاني للمتوسط السنوي لتركيزات $PM_{2.5}$ في جميع مناطق خدمة المستشفيات في عام ٢٠١٨.

بلغ متوسط $PM_{2.5}$ الإجمالي ٣٩,٣ ميكروغرام/م³ في أنحاء الكويت (الشكل ٣). وجاءت توزيعات التركيزات اليومية لـ $PM_{2.5}$ المرجّحة سكانياً لكل منطقة خدمة مستشفى منحرفة نحو اليمين (أي أيام متقطعة من التعرّض المرتفع). وسجّلت منطقة مبارك الكبير أعلى متوسط يومي لتركيز $PM_{2.5}$ (٤١,٠ ميكروغرام/م³)، تلتها الفروانية (٣٩,٣ ميكروغرام/م³) ثم الأميري (٣٨,٢ ميكروغرام/م³)، بينما سجّلت الجهراء أدنى متوسط تعرّض (٣٥,٨ ميكروغرام/م³). وتجاوزت التركيزات اليومية القصوى ١٨٠ ميكروغرام/م³ في جميع المستشفيات. ويُعزى أكثر من ٤٠٪ من $PM_{2.5}$ في الكويت إلى الغبار.

وفي العراق، وعلى مستوى المحافظتين، كان الغبار العالق الفئة الأكثر تكراراً، يليه الغبار المتصاعد، بينما كانت العواصف الترابية الأقل شيوعاً. وشهدت المثنى باستمرار أحداث غبار أكثر من القادسية في الفئات الثلاث جميعها. فقد سجّلت المثنى ١,٩٢٠ حدثاً من الغبار العالق مقارنة بـ ١,٦٦٥ حدثاً في القادسية خلال الفترة من ١٩٩٤ إلى ٢٠٢٠. وكانت العواصف الترابية أقل تكراراً بكثير، إذ بلغ مجموعها ١٩٣ حدثاً فقط في المثنى و١٦٦ في القادسية، بمعدل أقل من حدث واحد شهرياً في كلتا المحافظتين. (يرد وصف تفصيلي لتوزيع أحداث الغبار في المحافظتين في الشكل ٤ والشكل ٥ والجدول ٥).



الشكل ٤. متوسط أيام الغبار الشهرية حسب تصنيف الغبار في القادسية والمثنى. كان الغبار العالق الفئة الأكثر تكراراً في كلتا المحافظتين، يليه الغبار المتصاعد، بينما كانت العواصف الترابية غير شائعة نسبياً (أقل من حدث واحد شهرياً). وفي التصنيفات الثلاثة جميعها، سجّلت المثنى متوسطاً أعلى لأيام الغبار الشهرية مقارنة بالقادسية.



الشكل ٥. الأحداث الشهرية للغبار العالق ودخول المستشفيات لأسباب تنفسية في القادسية والمثنى. يبدو أن الفترات التي شهدت نشاطاً أعلى للغبار العالق تتزامن مع بعض الارتفاعات في حالات الدخول لأسباب تنفسية. غير أن هذا الشكل مخصّص للمقارنة البصرية فقط، ولا ينبغي تفسيره دليلاً على السببية. وتُعرض الارتباطات الرسمية بين التعرّض والاستجابة المستمدة من تصميم الدراسة الوبائية في مواضع أخرى من التقرير.

الجدول ٥: أحداث الغبار في القادسية والمثنى من ١٩٩٤ إلى ٢٠٢٠

	القادسية			المثنى		
	إجمالي الأحداث	الإجمالي السنوي	المتوسط الشهري	إجمالي الأحداث	الإجمالي السنوي	المتوسط الشهري
العواصف الترابية	١٦٦	٥,٧	٠,٥	١٩٣	٦,٩	٠,٦
الغبار المتصاعد	٨٤٨	٢٩,٢	٢,٤	١,٣٥٠	٤٨,٢	٤,١
الغبار العالق	١,٦٦٥	٥٧,٤	٤,٨	١,٩٢٠	٦٨,٦	٥,٧

التقدير المرجعي

نُرسي في الجدول ٦ العلاقة المرجعية المستخدمة لترجمة التغيّرات في التلوث إلى تغيّرات متوقعة في دخول المستشفيات لأسباب قلبية رئوية في كلا البلدين. ففي الكويت، حيث قيس التلوث كمياً بوصفه $PM_{2.5}$، ارتبطت كل زيادة قدرها ١ ميكروغرام/م³ بزيادة نسبتها ٠,١٠٪ في حالات الدخول القلبية الرئوية. وتؤدي زيادة قدرها ١٠ ميكروغرام/م³ إلى رفع حالات الدخول القلبية الرئوية بنحو ١٪ (وقد ثبت أن لغبار $PM_{2.5}$ معاملات مماثلة في الكويت، كما هو موصوف في مواضع أخرى).

وفي العراق، حيث لم تتوفّر تركيزات مباشرة للغبار، قُدّرت العلاقة المرجعية باستخدام عدد أحداث الغبار الشهرية. وارتبط كل حدث غباري إضافي بزيادة تتراوح بين ٢ و٤٪ في حالات الدخول القلبية الرئوية. وتوفّر هذه النتائج المعاملات المرجعية اللازمة لتقدير عدد حالات دخول المستشفيات التي يُحتمل تفاديها في حال خفض تركيزات $PM_{2.5}$ في الكويت أو أحداث الغبار في العراق.

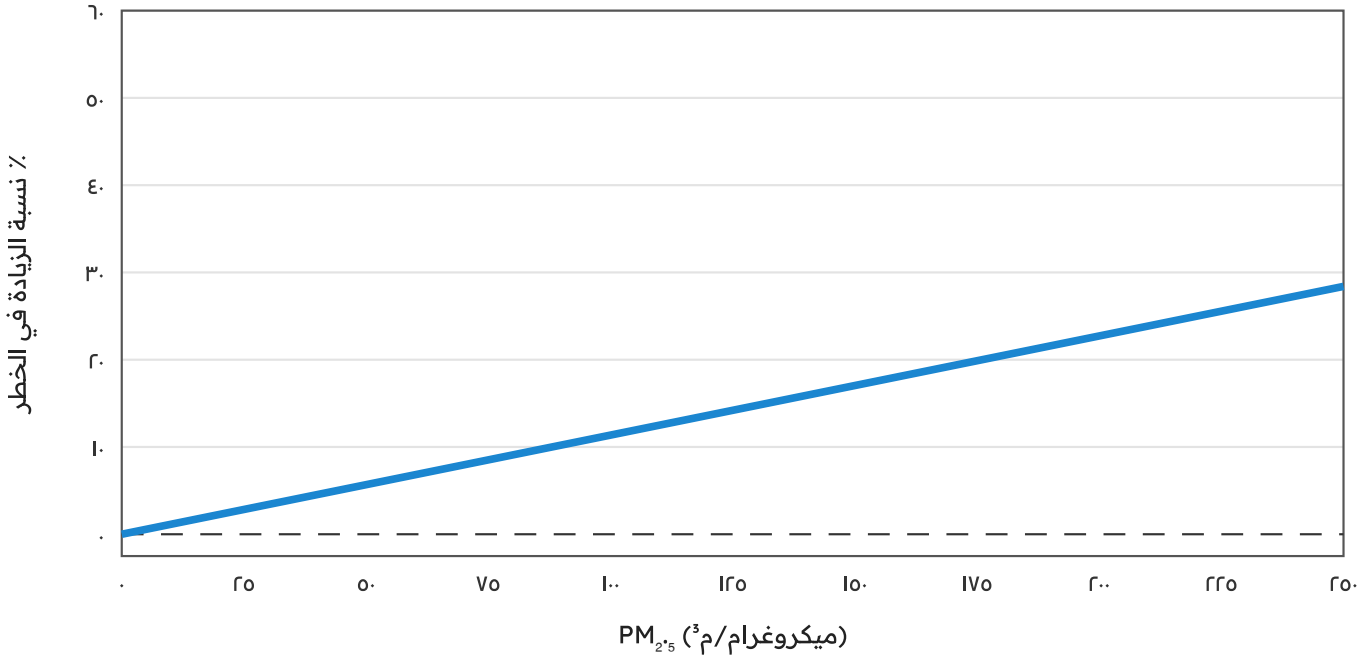
الجدول ٦: الارتباطات المرجعية الجديدة المُرساة بين التلوث ودخول المستشفيات

	دخول المستشفيات لأسباب قلبية رئوية	
	نسبة الزيادة	النطاق^
الكويت †		
لكل زيادة قدرها ١ ميكروغرام/م³	٠,١٠٪	(٠,٠٦٪ إلى ٠,١٤٪)*
لكل زيادة قدرها ٥ ميكروغرام/م³	٠,٤٥٪	(٠,٣٠٪ إلى ٠,٦٨٪)*
لكل زيادة قدرها ١٠ ميكروغرام/م³	١,٠٠٪	(٠,٦١٪ إلى ١,٣٧٪)*
لكل زيادة قدرها ٢٠ ميكروغرام/م³	٢,٠٠٪	(١,٢٢٪ إلى ٢,٧٦٪)*
العراق ‡		
العاصفة الترابية (لكل حدث إضافي واحد)	٤,٢٨٪	(−١,٨٥٪ إلى ١٠,٧٨٪)
الغبار المتصاعد (لكل حدث إضافي واحد)	٢,١٢٪	(٠,١٥٪ إلى ٤,١٢٪)*
الغبار العالق (لكل حدث إضافي واحد)	٢,١٦٪	(٠,٩٤٪ إلى ٣,٤٠٪)*

† أثر قصير الأمد: النماذج معدّلة للزمن ودرجة الحرارة
‡ أثر متوسط الأمد: النماذج معدّلة للموسمية والاتجاهات طويلة الأمد واتجاه الرياح السائد ودرجة الحرارة
^ يمثّل النطاق فترات الثقة ٩٥٪ المحسوبة من الأخطاء المعيارية للمعاملات
* ذو دلالة إحصائية عند مستوى ألفا ٠,٠٥

الكويت

دخول المستشفيات لأسباب قلبية رئوية

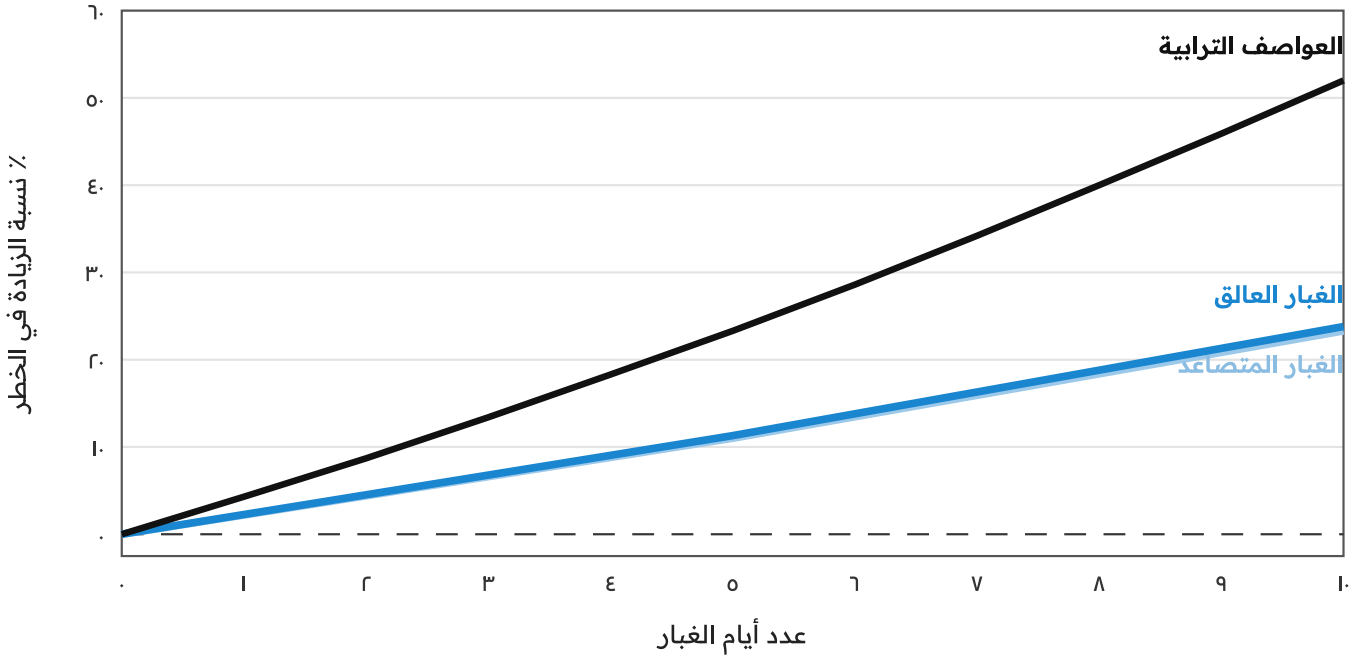


المصدر: تحليل موئل الأمم المتحدة، الأحمد وآخرون (٢٠٢٥)

الشكل ٦. العلاقة المرجعية بين التعرّض والاستجابة في الكويت (قصيرة الأمد). نتائج مجمّعة من جميع مناطق خدمة المستشفيات (والمحافظات المقابلة لها) للفترة من ٢٠١٠ إلى ٢٠١٨ باستخدام البيانات "اليومية" لدخول المستشفيات ومستويات التلوث.

جنوب العراق

دخول المستشفيات لأسباب قلبية رئوية



المصدر: تحليل موئل الأمم المتحدة

الشكل ٧. العلاقة المرجعية بين التعرّض والاستجابة في جنوب العراق (متوسطة الأمد). نتائج مجمّعة من محافظتي المثنى والقادسية للفترة من ٢٠١٠ إلى ٢٠٢٠ باستخدام البيانات "الشهرية" لدخول المستشفيات وأحداث الغبار.

القسم ٤

الأثر الصحي
ودعم القرار



سيناريوهات دعم القرار

الجدول ٧: عبء حالات دخول المستشفيات لأسباب قلبية رئوية وأثر سيناريوهات التخفيف

	نسبة الحالات المنسوبة إلى التلوث (النطاق)	عدد الحالات المنسوبة إلى التلوث سنوياً (النطاق)	عدد الحالات المتفاداة سنوياً (النطاق)
الكويت			
السيناريو ١: عدم اتخاذ أي إجراء، واستمرار الوضع على ما هو عليه			
العدان	٣٫٦٪ (٢٫٢–٤٫٩٪)	٣٠٦ (١٩٠–٤١٩)	٠
الأميري	٣٫٦٪ (٢٫٢–٤٫٩٪)	١٨١ (١١٣–٢٤٩)	٠
الصباح	٣٫٧٪ (٢٫٣–٥٫١٪)	٢٠٢ (١٢٦–٢٧٧)	٠
الفروانية	٣٫٧٪ (٢٫٣–٥٫١٪)	٣٣٨ (٢١٠–٤٦٤)	٠
الجهراء	٣٫٤٪ (٢٫١–٤٫٦٪)	٢٤٣ (١٥١–٣٣٤)	٠
مبارك الكبير	٣٫٩٪ (٢٫٤–٥٫٣٪)	٢٦٦ (١٦٦–٣٦٥)	٠
السيناريو ٢: خفض $PM_{2.5}$ بمقدار ١٠ ميكروغرام/م³ (افتراضي)			
العدان	٢٫٦٪ (١٫٦–٣٫٦٪)	٢٢٤ (١٣٩–٣٠٨)	٨٢ (٥١–١١١)
الأميري	٢٫٦٪ (١٫٦–٣٫٦٪)	١٣٣ (٨٣–١٨٣)	٤٨ (٣٠–٦٦)
الصباح	٢٫٨٪ (١٫٧–٣٫٨٪)	١٥٠ (٩٣–٢٠٦)	٥٢ (٣٣–٧١)
الفروانية	٢٫٨٪ (١٫٧–٣٫٨٪)	٢٥١ (١٥٦–٣٤٥)	٨٧ (٥٤–١١٩)
الجهراء	٢٫٤٪ (١٫٥–٣٫٣٪)	١٧٤ (١٠٨–٢٣٩)	٦٩ (٤٣–٩٥)
مبارك الكبير	٢٫٩٪ (١٫٨–٤٫٠٪)	٢٠١ (١٢٥–٢٧٦)	٦٥ (٤١–٨٩)
السيناريو ٣: خفض $PM_{2.5}$ بمقدار ٢٠ ميكروغرام/م³ (افتراضي)			
العدان	١٫٧٪ (١٫٠–٢٫٣٪)	١٤١ (٨٨–١٩٥)	١٦٥ (١٠٢–٢٢٤)
الأميري	١٫٧٪ (١٫٠–٢٫٣٪)	٨٤ (٥٢–١١٦)	٩٧ (٦١–١٣٣)
الصباح	١٫٨٪ (١٫١–٢٫٥٪)	٩٨ (٦١–١٣٤)	١٠٤ (٦٥–١٤٣)
الفروانية	١٫٨٪ (١٫١–٢٫٥٪)	١٦٣ (١٠١–٢٢٥)	١٧٥ (١٠٩–٢٣٩)
الجهراء	١٫٥٪ (٠٫٩–٢٫٠٪)	١٠٥ (٦٥–١٤٤)	١٣٨ (٨٦–١٩٠)
مبارك الكبير	٢٫٠٪ (١٫٢–٢٫٧٪)	١٣٥ (٨٤–١٨٥)	١٣١ (٨٢–١٨٠)
العراق			
السيناريو ١: عدم اتخاذ أي إجراء، واستمرار الوضع على ما هو عليه			
القادسية	٨٫٢٪ (٣٫٨–١٢٫٣٪)	١٬٣٣٥ (٦١١–١٬٩٩٩)	٠
المثنى	١٥٫٤٪ (٧٫٢–٢٢٫٥٪)	٣٬٥٩٩ (١٬٦٨٩–٥٬٢٦٩)	٠
السيناريو ٢: خفض أحداث الغبار العالق‡ بنسبة ٢٠٪ (افتراضي)			
القادسية	٦٫٧٪ (٣٫٠–١٠٫١٪)	١٬٠٨٥ (٤٩٣–١٬٦٣٨)	٢٥٠ (١١٩–٣٦١)
المثنى	١٢٫٦٪ (٥٫٨–١٨٫٦٪)	٢٬٩٥٠ (١٬٣٦٦–٤٬٣٧٢)	٦٤٩ (٣٢٣–٨٩٧)
السيناريو ٣: خفض أحداث الغبار العالق‡ بنسبة ٣٠٪ (افتراضي)			
القادسية	٥٫٩٪ (٢٫٧–٨٫٩٪)	٩٥٧ (٤٣٣–١٬٤٥١)	٣٧٨ (١٧٩–٥٤٨)
المثنى	١١٫١٪ (٥٫١–١٦٫٦٪)	٢٬٦١٤ (١٬٢٠٢–٣٬٨٩٧)	٩٨٦ (٤٨٧–١٬٣٧١)

‡ تتوفّر سيناريوهات تفصيلية حسب نوع التعرّض للغبار والمحافظة في ملحق هذا التقرير

تستند سيناريوهات دعم القرار (الجدول ٧) إلى الدراسة الوبائية التي كلّف بها موئل الأمم المتحدة (ويرد وصف الارتباطات المرجعية في الجدول ٦ والشكل ٦ والشكل ٧ من هذا التقرير). وتهدف هذه السيناريوهات إلى ترجمة نتائج الدراسة إلى تقديرات عملية يمكن أن تسترشد بها قرارات التخطيط والاستعادة والتخفيف.

ويتيح هذا النهج للسلطات تقديراً سريعاً للفوائد الصحية المحتملة لخفض التعرّض مستقبلاً، دون انتظار جمع بيانات صحية جديدة، ودون إعادة تقدير علاقة التعرّض والاستجابة ببيانات أحدث. فمتى أظهر الرصد البيئي انخفاضاً في تركيزات $PM_{2.5}$ أو في أحداث الغبار، يمكن تطبيق المعاملات التي أرستها هذه الدراسة مباشرةً لتقدير العدد المتوقع من حالات دخول المستشفيات التي يُحتمل تفاديها.

فعلى سبيل المثال، وباستخدام الجدول ٨ (الذي يبيّن إجمالي عدد الحالات المتفاداة)، إذا أسفرت جهود التخفيف عن خفض $PM_{2.5}$ بمقدار ١٠ ميكروغرام/م^3 في الكويت، وخفض أحداث الغبار العالق بنسبة ٢٠٪ في جنوب العراق (وهو تقدير متحفّظ)، فيمكن تفادي ما مجموعه ١,٣٠٢ حالة دخول للمستشفى لأسباب قلبية وعائية وتنفسية في عام واحد فقط (بافتراض وجود علاقة سببية). وإذا ظلّت هذه الفائدة ثابتة على مدى خمس سنوات، فسيبلغ الإجمالي ٦,٥١٠ حالات دخول يُحتمل تفاديها. وإذا ازدادت حالات الدخول المرجعية بنسبة ٥٪ سنوياً بسبب النمو السكاني أو ضغوط الطلب الأخرى، فسيبلغ إجمالي السنوات الخمس نحو ٧,١٩٤ حالة دخول يُحتمل تفاديها.

الجدول ٨: التقديرات الإجمالية لحالات دخول المستشفيات المتفاداة وفق سيناريوهات التخفيف من الغبار

دخول المستشفيات لأسباب قلبية رئوية		
	عدد الحالات "المتفاداة" سنوياً	النطاق^
الكويت †		
السيناريو ١: عدم اتخاذ أي إجراء، واستمرار الوضع على ما هو عليه	٠	–
السيناريو ٢: خفض $PM_{2.5}$ بمقدار ١٠ ميكروغرام/م^3 (افتراضي)	٤٠٣	(٢٥٢ إلى ٥٥١)
السيناريو ٣: خفض $PM_{2.5}$ بمقدار ٢٠ ميكروغرام/م^3 (افتراضي)	٨١٠	(٥٠٥ إلى ١,١٠٩)
العراق ‡		
السيناريو ١: عدم اتخاذ أي إجراء، واستمرار الوضع على ما هو عليه	٠	–
السيناريو ٢: خفض أحداث الغبار العالق بنسبة ٢٠٪ (افتراضي)	٨٩٩	(٤٤٢ إلى ١,٢٥٨)
السيناريو ٣: خفض أحداث الغبار العالق بنسبة ٣٠٪ (افتراضي)	١,٣٦٤	(٦٦٦ إلى ١,٩١٩)

† مجموع المستشفيات الحكومية الرئيسية الست في الكويت، باستثناء مستشفى جابر الأحمد والمستشفيات الخاصة

‡ مجموع المحافظتين الجنوبيتين فقط (المثنى والقادسية)

^ يمثّل النطاق فترات الثقة ٩٥٪ المحسوبة من الأخطاء المعيارية للمعاملات والكسور المنسوبة، والتي تُطبّق بعد ذلك على الأعداد المنسوبة

القسم ٥

الملحق والمراجع



الملحق ا

عبء حالات دخول المستشفيات لأسباب قلبية رئوية في جنوب العراق، حسب تصنيف الغبار

	نسبة الحالات المنسوبة إلى التلوث (النطاق)	عدد الحالات المنسوبة إلى التلوث سنوياً (النطاق)	عدد الحالات المتفاداة سنوياً (النطاق)
العراق (القادسية)			
السيناريو ١: عدم اتخاذ أي إجراء، واستمرار الوضع على ما هو عليه			
العاصفة الترابية‡	١,٢٪ (−٠,٦ إلى ٢,٧٪)	١٩١ (−٨٩ إلى ٤٤٤)	٠
الغبار المتصاعد	١,٨٪ (٠,١ إلى ٣,٤٪)	٢٩٠ (٢١ إلى ٥٤٥)	٠
الغبار العالق	٨,٢٪ (٣,٨ إلى ١٢,٣٪)	١,٣٣٥ (٦١١ إلى ١,٩٩٩)	٠
السيناريو ٢: خفض أحداث الغبار‡ بنسبة ٢٠٪ (افتراضي)			
العاصفة الترابية‡	٠,٩٪ (−٠,٤ إلى ٢,٢٪)	١٥٤ (−٧١ إلى ٣٦١)	٣٧ (−١٨ إلى ٨٣)
الغبار المتصاعد	١,٤٪ (٠,١ إلى ٢,٧٪)	٢٣٣ (١٧ إلى ٤٤٠)	٥٧ (٤ إلى ١٠٥)
الغبار العالق	٦,٧٪ (٣,٠ إلى ١٠,١٪)	١,٠٨٥ (٤٩٣ إلى ١,٦٣٨)	٢٥٠ (١١٩ إلى ٣٦١)
السيناريو ٣: خفض أحداث الغبار‡ بنسبة ٣٠٪ (افتراضي)			
العاصفة الترابية‡	٠,٨٪ (−٠,٤ إلى ٢,٠٪)	١٣٥ (−٦٢ إلى ٣١٨)	٥٦ (−٢٧ إلى ١٢٥)
الغبار المتصاعد	١,٣٪ (٠,١ إلى ٢,٤٪)	٢٠٤ (١٥ إلى ٣٨٧)	٨٥ (٦ إلى ١٥٨)
الغبار العالق	٥,٩٪ (٢,٧ إلى ٨,٩٪)	٩٥٧ (٤٣٣ إلى ١,٤٥١)	٣٧٨ (١٧٩ إلى ٥٤٨)

	نسبة الحالات المنسوبة إلى التلوث (النطاق)	عدد الحالات المنسوبة إلى التلوث سنوياً (النطاق)	عدد الحالات المتفاداة سنوياً (النطاق)
العراق (المثنى)			
السيناريو ١: عدم اتخاذ أي إجراء، واستمرار الوضع على ما هو عليه			
العاصفة الترابية‡	١,٥٪ (−٠,٧ إلى ٣,٤٪)	٣٤١ (−١٦٢ إلى ٧٨٧)	٠
الغبار المتصاعد	٨,٤٪ (٠,٦ إلى ١٥,١٪)	١,٩٦٢ (١٥٠ إلى ٣,٥٤٣)	٠
الغبار العالق	١٥,٤٪ (٧,٢ إلى ٢٢,٥٪)	٣,٥٩٩ (١,٦٨٩ إلى ٥,٢٦٩)	٠
السيناريو ٢: خفض أحداث الغبار‡ بنسبة ٢٠٪ (افتراضي)			
العاصفة الترابية‡	١,٢٪ (−٠,٥ إلى ٢,٧٪)	٢٧٥ (−١٢٩ إلى ٦٤٢)	٦٦ (−٣٣ إلى ١٤٥)
الغبار المتصاعد	٦,٨٪ (٠,٥ إلى ١٢,٤٪)	١,٥٩٢ (١٢٠ إلى ٢,٩١٠)	٣٧٠ (٣٠ إلى ٦٣٤)
الغبار العالق	١٢,٦٪ (٥,٨ إلى ١٨,٦٪)	٢,٩٥٠ (١,٣٦٦ إلى ٤,٣٧٢)	٦٤٩ (٣٢٣ إلى ٨٩٧)
السيناريو ٣: خفض أحداث الغبار‡ بنسبة ٣٠٪ (افتراضي)			
العاصفة الترابية‡	١,٠٪ (−٠,٥ إلى ٢,٤٪)	٢٤٢ (−١١٢ إلى ٥٦٧)	٩٩ (−٤٩ إلى ٢٢٠)
الغبار المتصاعد	٦,٠٪ (٠,٤ إلى ١١,٠٪)	١,٤٠٣ (١٠٥ إلى ٢,٥٨٠)	٥٥٩ (٤٥ إلى ٩٦٣)
الغبار العالق	١١,١٪ (٥,١ إلى ١٦,٦٪)	٢,٦١٤ (١,٢٠٢ إلى ٣,٨٩٧)	٩٨٦ (٤٨٧ إلى ١,٣٧١)

^ يمثّل النطاق فترات الثقة ٩٥٪ المحسوبة من الأخطاء المعيارية للمعاملات والكسور المنسوبة، والتي تُطبَّق بعد ذلك على الأعداد المنسوبة.

‡ تقديرات العواصف الترابية ليست ذات دلالة إحصائية (إذ تتقاطع فترة الثقة ٩٥٪ للمعامل مع القيمة الصفرية)، لذا يتضمّن النطاق المنسوب قيماً سالبة، وينبغي قراءتها على أنها متوافقة مع انعدام الأثر.

المراجع

(1) Pope, C. A.; Dockery, D. W. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines That Connect. Journal of the Air & Waste Management Association 2006, 56 (6), 709–742. https://doi.org/10.1080/10473289.2006.10464485.

(2) Dockery, D. W.; Pope, C. A. Acute Respiratory Effects of Particulate Air Pollution. Annu. Rev. Public Health 1994, 15 (1), 107–132. https://doi.org/10.1146/annurev.pu.15.050194.000543.

(3) Roth, G. A.; Johnson, C.; Abajobir, A.; Abd-Allah, F.; Abera, S. F.; Abyu, G.; Ahmed, M.; Aksut, B.; Alam, T.; Alam, K.; Alla, F.; Alvis-Guzman, N.; Amrock, S.; Ansari, H.; Ärnlöv, J.; Asayesh, H.; Atey, T. M.; Avila-Burgos, L.; Awasthi, A.; Banerjee, A.; Barac, A.; Bärnighausen, T.; Barregard, L.; Bedi, N.; Belay Ketema, E.; Bennett, D.; Berhe, G.; Bhutta, Z.; Bitew, S.; Carapetis, J.; Carrero, J. J.; Malta, D. C.; Castañeda-Orjuela, C. A.; Castillo-Rivas, J.; Catalá-López, F.; Choi, J.-Y.; Christensen, H.; Cirillo, M.; Cooper, L.; Criqui, M.; Cundiff, D.; Damasceno, A.; Dandona, L.; Dandona, R.; Davletov, K.; Dharmaratne, S.; Dorairaj, P.; Dubey, M.; Ehrenkranz, R.; El Sayed Zaki, M.; Faraon, E. J. A.; Esteghamati, A.; Farid, T.; Farvid, M.; Feigin, V.; Ding, E. L.; Fowkes, G.; Gebrehiwot, T.; Gillum, R.; Gold, A.; Gona, P.; Gupta, R.; Habtewold, T. D.; Hafezi-Nejad, N.; Hailu, T.; Hailu, G. B.; Hankey, G.; Hassen, H. Y.; Abate, K. H.; Havmoeller, R.; Hay, S. I.; Horino, M.; Hotez, P. J.; Jacobsen, K.; James, S.; Javanbakht, M.; Jeemon, P.; John, D.; Jonas, J.; Kalkonde, Y.; Karimkhani, C.; Kasaeian, A.; Khader, Y.; Khan, A.; Khang, Y.-H.; Khera, S.; Khoja, A. T.; Khubchandani, J.; Kim, D.; Kolte, D.; Kosen, S.; Krohn, K. J.; Kumar, G. A.; Kwan, G. F.; Lal, D. K.; Larsson, A.; Linn, S.; Lopez, A.; Lotufo, P. A.; El Razek, H. M. A.; Malekzadeh, R.; Mazidi, M.; Meier, T.; Meles, K. G.; Mensah, G.; Meretoja, A.; Mezgebe, H.; Miller, T.; Mirrakhimov, E.; Mohammed, S.; Moran, A. E.; Musa, K. I.; Narula, J.; Neal, B.; Ngalesoni, F.; Nguyen, G.; Obermeyer, C. M.; Owolabi, M.; Patton, G.; Pedro, J.; Qato, D.; Qorbani, M.; Rahimi, K.; Rai, R. K.; Rawaf, S.; Ribeiro, A.; Safiri, S.; Salomon, J. A.; Santos, I.; Santric Milicevic, M.; Sartorius, B.; Schutte, A.; Sepanlou, S.; Shaikh, M. A.; Shin, M.-J.; Shishehbor, M.; Shore, H.; Silva, D. A. S.; Sobngwi, E.; Stranges, S.; Swaminathan, S.; Tabarés-Seisdedos, R.; Tadele Atnafu, N.; Tesfay, F.; Thakur, J. S.; Thrift, A.; Topor-Madry, R.; Truelsen, T.; Tyrovolas, S.; Ukwaja, K. N.; Uthman, O.; Vasankari, T.; Vlassov, V.; Vollset, S. E.; Wakayo, T.; Watkins, D.; Weintraub, R.; Werdecker, A.; Westerman, R.; Wiysonge, C. S.; Wolfe, C.; Workicho, A.; Xu, G.; Yano, Y.; Yip, P.; Yonemoto, N.; Younis, M.; Yu, C.; Vos, T.; Naghavi, M.; Murray, C. Global, Regional, and National Burden of Cardiovascular Diseases for 10 Causes, 1990 to 2015. Journal of the American College of Cardiology 2017, 70 (1), 1–25. https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.04.052.

(4) Liu, C.; Chen, R.; Sera, F.; Vicedo-Cabrera, A. M.; Guo, Y.; Tong, S.; Coelho, M. S. Z. S.; Saldiva, P. H. N.; Lavigne, E.; Matus, P.; Valdes Ortega, N.; Osorio Garcia, S.; Pascal, M.; Stafoggia, M.; Scortichini, M.; Hashizume, M.; Honda, Y.; Hurtado-Díaz, M.; Cruz, J.; Nunes, B.; Teixeira, J. P.; Kim, H.; Tobias, A.; Íñiguez, C.; Forsberg, B.; Åström, C.; Ragettli, M. S.; Guo, Y.-L.; Chen, B.-Y.; Bell, M. L.; Wright, C. Y.; Scovronick, N.; Garland, R. M.; Milojevic, A.; Kyselý, J.; Urban, A.; Orru, H.; Indermitte, E.; Jaakkola, J. J. K.; Ryti, N. R. I.; Katsouyanni, K.; Analitis, A.; Zanobetti, A.; Schwartz, J.; Chen, J.; Wu, T.; Cohen, A.; Gasparrini, A.; Kan, H. Ambient Particulate Air Pollution and Daily Mortality in 652 Cities. N Engl J Med 2019, 381 (8), 705–715. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1817364.

(5) Rajagopalan, S.; Landrigan, P. J. Pollution and the Heart. N Engl J Med 2021, 385 (20), 1881–1892. https://doi.org/10.1056/NEJMra2030281.

(6) Colonna, K. J.; Alahmad, B.; Choma, E. F.; Albahar, S.; Al-Hemoud, A.; Kinney, P. L.; Koutrakis, P.; Evans, J. S. Acute Exposure to Total and Source-Specific Ambient Fine Particulate Matter and Risk of Respiratory Disease Hospitalization in Kuwait. Environmental Research 2023, 237, 117070. https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117070.

(7) Albahar, S.; Li, J.; Al-Zoughool, M.; Al-Hemoud, A.; Gasana, J.; Aldashti, H.; Alahmad, B. Air Pollution and Respiratory Hospital Admissions in Kuwait: The Epidemiological Applicability of Predicted PM2.5 in Arid Regions. IJERPH 2022, 19 (10), 5998. https://doi.org/10.3390/ijerph19105998.

(8) Alahmad, B.; Li, J.; Achilleos, S.; Al-Mulla, F.; Al-Hemoud, A.; Koutrakis, P. Burden of Fine Air Pollution on Mortality in the Desert Climate of Kuwait. J Expo Sci Environ Epidemiol 2023, 33 (4), 646–651. https://doi.org/10.1038/s41370-023-00565-7.

(9) Alahmad, B.; Ali, H.; Alwadi, Y.; Al-Hemoud, A.; Koutrakis, P.; Al-Mulla, F. Combined Impact of Heat and Dust on Diabetes Hospitalization in Kuwait. BMJ Open Diab Res Care 2024, 12 (4), e004320. https://doi.org/10.1136/bmjdrc-2024-004320.

(10) Alahmad, B.; Al-Hemoud, A.; Kang, C.-M.; Almarri, F.; Kommula, V.; Wolfson, J. M.; Bernstein, A. S.; Garshick, E.; Schwartz, J.; Koutrakis, P. A Two-Year Assessment of Particulate Air Pollution and Sources in Kuwait. Environmental Pollution 2021, 282, 117016. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117016.

(11) Li, J.; Garshick, E.; Hart, J. E.; Li, L.; Shi, L.; Al-Hemoud, A.; Huang, S.; Koutrakis, P. Estimation of Ambient PM2.5 in Iraq and Kuwait from 2001 to 2018 Using Machine Learning and Remote Sensing. Environment International 2021, 151, 106445. https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106445.

(12) Li, J.; Kang, C.-M.; Wolfson, J. M.; Alahmad, B.; Al-Hemoud, A.; Garshick, E.; Koutrakis, P. Estimation of Fine Particulate Matter in an Arid Area from Visibility Based on Machine Learning. J Expo Sci Environ Epidemiol 2022, 32 (6), 926–931. https://doi.org/10.1038/s41370-022-00480-3.

(13) Alolayan, M. A.; Brown, K. W.; Evans, J. S.; Bouhamra, W. S.; Koutrakis, P. Source Apportionment of Fine Particles in Kuwait City. Science of The Total Environment 2013, 448, 14–25. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.11.090.

(14) Brown, K. W.; Bouhamra, W.; Lamoureux, D. P.; Evans, J. S.; Koutrakis, P. Characterization of Particulate Matter for Three Sites in Kuwait. Journal of the Air & Waste Management Association 2008, 58 (8), 994–1003. https://doi.org/10.3155/1047-3289.58.8.994.

(15) Wood, S. N. Generalized Additive Models. Annual Review of Statistics and Its Application 2025, 12 (1), 497–526. https://doi.org/10.1146/annurev-statistics-112723-034249

(16) Gasparrini, A.; Armstrong, B.; Kenward, M. G. Distributed Lag Non-linear Models. Statistics in Medicine 2010, 29 (21), 2224–2234. https://doi.org/10.1002/sim.3940.

(17) Gasparrini, A. Distributed Lag Linear and Non-Linear Models in R: The Package Dlnm. Journal of Statistical Software 2011, 43 (8), 1–20.

(18) Alahmad, B.; Shakarchi, A. F.; Khraishah, H.; Alseaidan, M.; Gasana, J.; Al-Hemoud, A.; Koutrakis, P.; Fox, M. A. Extreme Temperatures and Mortality in Kuwait: Who Is Vulnerable? Science of The Total Environment 2020, 732, 139289. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139289.

(19) Krishna, B.; Mandal, S.; Madhipatla, K.; Reddy, K. S.; Prabhakaran, D.; Schwartz, J. D. Daily Nonaccidental Mortality Associated with Short-Term PM2.5 Exposures in Delhi, India. Environmental Epidemiology 2021, 5 (4), e167. https://doi.org/10.1097/EE9.0000000000000167.

(20) Dominici, F.; Peng, R. D.; Bell, M. L.; Pham, L.; McDermott, A.; Zeger, S. L.; Samet, J. M. Fine Particulate Air Pollution and Hospital Admission for Cardiovascular and Respiratory Diseases. JAMA 2006, 295 (10), 1127. https://doi.org/10.1001/jama.295.10.1127.

(21) Kloog, I.; Ridgway, B.; Koutrakis, P.; Coull, B. A.; Schwartz, J. D. Long- and Short-Term Exposure to PM2.5 and Mortality: Using Novel Exposure Models. Epidemiology 2013, 24 (4), 555–561. https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e318294beaa.

(22) Chen, R.; Yin, P.; Meng, X.; Liu, C.; Wang, L.; Xu, X.; Ross, J. A.; Tse, L. A.; Zhao, Z.; Kan, H.; Zhou, M. Fine Particulate Air Pollution and Daily Mortality. A Nationwide Analysis in 272 Chinese Cities. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine 2017, 196 (1), 73–81. https://doi.org/10.1164/rccm.201609-1862OC.

(23) Levy, J. I.; Diez, D.; Dou, Y.; Barr, C. D.; Dominici, F. A Meta-Analysis and Multisite Time-Series Analysis of the Differential Toxicity of Major Fine Particulate Matter Constituents. American Journal of Epidemiology 2012, 175 (11), 1091–1099. https://doi.org/10.1093/aje/kwr457.

(24) Atkinson, R. W.; Kang, S.; Anderson, H. R.; Mills, I. C.; Walton, H. A. Epidemiological Time Series Studies of PM2.5 and Daily Mortality and Hospital Admissions: A Systematic Review and Meta-Analysis. Thorax 2014, 69 (7), 660–665. https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2013-204492.

(25) Lin, M.; Chen, Y.; Burnett, R. T.; Villeneuve, P. J.; Krewski, D. The Influence of Ambient Coarse Particulate Matter on Asthma Hospitalization in Children: Case-Crossover and Time-Series Analyses. Environ Health Perspect 2002, 110 (6), 575–581. https://doi.org/10.1289/ehp.02110575.

(26) Silverman, R. A.; Ito, K. Age-Related Association of Fine Particles and Ozone with Severe Acute Asthma in New York City. Journal of Allergy and Clinical Immunology 2010, 125 (2), 367-373.e5. https://doi.org/10.1016/jjaci.2009.10.061.

(27) Alhanti, B. A.; Chang, H. H.; Winquist, A.; Mulholland, J. A.; Darrow, L. A.; Sarnat, S. E. Ambient Air Pollution and Emergency Department Visits for Asthma: A Multi-City Assessment of Effect Modification by Age. J Expo Sci Environ Epidemiol 2016, 26 (2), 180–188. https://doi.org/10.1038/jes.2015.57.

(28) Wu, T.; Yang, X.; Chu, A.; Xie, X.; Bai, M.; Peng, Y.; Zhang, Z. Acute Effects of Fine Particulate Matter (PM2.5) on Hospital Admissions for Cardiovascular Diseases in Lanzhou, China: A Time-Series Study. Environ Sci Eur 2022, 34 (1), 55. https://doi.org/10.1186/s12302-022-00634-y.

(29) Li, M.; Wu, Y.; Tian, Y.-H.; Cao, Y.-Y.; Song, J.; Huang, Z.; Wang, X.-W.; Hu, Y.-H. Association Between PM2.5 and Daily Hospital Admissions for Heart Failure: A Time-Series Analysis in Beijing. IJERPH 2018, 15 (10), 2217. https://doi.org/10.3390/ijerph15102217.

(30) Khraishah, H.; Alahmad, B.; Ostergard, R. L.; AlAshqar, A.; Albaghdadi, M.; Vellanki, N.; Chowdhury, M. M.; Al-Kindi, S. G.; Zanobetti, A.; Gasparrini, A.; Rajagopalan, S. Climate Change and Cardiovascular Disease: Implications for Global Health. Nat Rev Cardiol 2022, 19 (12), 798–812. https://doi.org/10.1038/s41569-022-00720-x.

(31) Lee, D.-W.; Han, C.-W.; Hong, Y.-C.; Oh, J.-M.; Bae, H.-J.; Kim, S.; Lim, Y.-H. Short-Term Exposure to Air Pollution and Hospital Admission for Heart Failure among Older Adults in Metropolitan Cities: A Time-Series Study. Int Arch Occup Environ Health 2021, 94 (7), 1605–1615. https://doi.org/10.1007/s00420-021-01724-9.

(32) Yue, W.; Tong, L.; Liu, X.; Weng, X.; Chen, X.; Wang, D.; Dudley, S. C.; Weir, E. K.; Ding, W.; Lu, Z.; Xu, Y.; Chen, Y. Short Term PM2.5 Exposure Caused a Robust Lung Inflammation, Vascular Remodeling, and Exacerbated Transition from Left Ventricular Failure to Right Ventricular Hypertrophy. Redox Biology 2019, 22, 101161. https://doi.org/10.1016/j.redox.2019.101161.

(33) Darrow, L. A.; Klein, M.; Flanders, W. D.; Mulholland, J. A.; Tolbert, P. E.; Strickland, M. J. Air Pollution and Acute Respiratory Infections Among Children 0–4 Years of Age: An 18-Year Time-Series Study. American Journal of Epidemiology 2014, 180 (10), 968–977. https://doi.org/10.1093/aje/kwu234.

(34) Oh, J.; Han, C.; Lee, D.-W.; Jang, Y.; Choi, Y.-J.; Bae, H. J.; Kim, S.; Ha, E.; Hong, Y.-C.; Lim, Y.-H. Short-Term Exposure to Fine Particulate Matter and Hospitalizations for Acute Lower Respiratory Infection in Korean Children: A Time-Series Study in Seven Metropolitan Cities. IJERPH 2020, 18 (1), 144. https://doi.org/10.3390/ijerph18010144.

(35) Feng, C.; Li, J.; Sun, W.; Zhang, Y.; Wang, Q. Impact of Ambient Fine Particulate Matter (PM2.5) Exposure on the Risk of Influenza-like-Illness: A Time-Series Analysis in Beijing, China. Environ Health 2016, 15 (1), 17. https://doi.org/10.1186/s12940-016-0115-2.

(36) Tapia, V.; Steenland, K.; Sarnat, S. E.; Vu, B.; Liu, Y.; Sánchez-Ccoyllo, O.; Vasquez, V.; Gonzales, G. F. Time-Series Analysis of Ambient PM2.5 and Cardiorespiratory Emergency Room Visits in Lima, Peru during 2010–2016. J Expo Sci Environ Epidemiol 2020, 30 (4), 680–688. https://doi.org/10.1038/s41370-019-0189-3.

(37) Horne, B. D.; Joy, E. A.; Hofmann, M. G.; Gesteland, P. H.; Cannon, J. B.; Lefler, J. S.; Blagev, D. P.; Korgenski, E. K.; Torosyan, N.; Hansen, G. I.; Kartchner, D.; Pope, C. A. Short-Term Elevation of Fine Particulate Matter Air Pollution and Acute Lower Respiratory Infection. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine 2018, 198 (6), 759–766. https://doi.org/10.1164/rccm.201709-1883OC.

(38) Zanobetti, A.; Dominici, F.; Wang, Y.; Schwartz, J. D. A National Case-Crossover Analysis of the Short-Term Effect of PM2.5 on Hospitalizations and Mortality in Subjects with Diabetes and Neurological Disorders. Environ Health 2014, 13 (1), 38. https://doi.org/10.1186/1476-069X-13-38.

(39) O'Neill, M. S.; Veves, A.; Sarnat, J. A.; Zanobetti, A.; Gold, D. R.; Economides, P. A.; Horton, E. S.; Schwartz, J. Air Pollution and Inflammation in Type 2 Diabetes: A Mechanism for Susceptibility. Occupational and Environmental Medicine 2007, 64 (6), 373–379. https://doi.org/10.1136/oem.2006.030023.

(40) Zhang, J.; Chen, Q.; Wang, Q.; Ding, Z.; Sun, H.; Xu, Y. The Acute Health Effects of Ozone and PM2.5 on Daily Cardiovascular Disease Mortality: A Multi-Center Time Series Study in China. Ecotoxicology and Environmental Safety 2019, 174, 218–223. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.02.085.

(41) Orellano, P.; Reynoso, J.; Quaranta, N.; Bardach, A.; Ciapponi, A. Short-Term Exposure to Particulate Matter (PM10 and PM2.5), Nitrogen Dioxide (NO2), and Ozone (O3) and All-Cause and Cause-Specific Mortality: Systematic Review and Meta-Analysis. Environment International 2020, 142, 105876. https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105876.

(42) Colonna, K. J.; Koutrakis, P.; Kinney, P. L.; Cooke, R. M.; Evans, J. S. Mortality Attributable to Long-Term Exposure to Ambient Fine Particulate Matter: Insights from the Epidemiologic Evidence for Understudied Locations. Environ. Sci. Technol. 2022, 56 (11), 6799–6812. https://doi.org/10.1021/acs.est.1c08343.