

A Science-Policy
Initiative

Air

Pollution

”تأثير تلوث الهواء
على الصحة”

and

Health



Academy of Science
of South Africa



Brazilian Academy
of Sciences



German National Academy
of Sciences Leopoldina



U.S. National Academy
of Medicine



U.S. National Academy
of Sciences

«مبادرة سياسة علوم أطلقتها أكاديمية العلوم بجنوب إفريقيا، والأكاديمية البرازيلية للعلوم، والأكاديمية الألمانية للعلوم ليوبولدينا، الأكاديمية الوطنية الأمريكية للطب والأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم».

يؤثر تلوث الهواء على صحة الجميع

فالهواء النقي ضروري للحياة والصحة، وتلوث الهواء أكبر سبب بيئي للمرض والوفاة المبكرة في العالم اليوم، فقد ارتبط على الأقل بالتسبب في ٥ ملايين حالة وفاة مبكرة كل عام، ومع أن تلوث الهواء يؤثر على الجميع، فإن معدل المرض يرتفع إلى أقصى مستوياته بين الفقراء والمستضعفين والأقليات والمهمشين.

ويؤثر تلوث الهواء على صحة الناس من الميلاد حتى الممات، مسبباً عدداً كبيراً من الأمراض الحادة والمزمنة التي تمتد من مراحل النمو المبكرة في الطفل حتى الشيخوخة المتأخرة، ويشمل السكان الهشين على وجه التحديد الأجنة في أرحام أمهاتهم، والأطفال، وكبار السن، ومن سبق لهم الإصابة بأمراض مزمنة. وتكون معظم الأعضاء والأجهزة والعمليات في جسم الإنسان معرضة للتأثر: كالرئتين، والقلب، والدماغ، ونظام الأوعية الدموية، والأبيض، والتناسل.

تلوث الهواء سبب رئيس في الالتهاب الرئوي والتهاب الشعب الهوائية والربو عند الرضع والأطفال، وهو يبطئ نمو الرئتين لدى الأطفال والمراهقين، ويسهم في الإصابة بأمراض القلب بما فيها اضطرابات النظم القلبية، والنوبات القلبية الحادة، والسكتة الدماغية، والسرطان، والربو، وداء الانسداد الرئوي المزمن، والسكري، والحساسية، والإكزيما، وشيخوخة الجلد. وهناك دليل جديد ومتزايد على أن تلوث الهواء يسهم في الإصابة بالخرّف في البالغين ويؤثر على نمو دماغ الأطفال.

وتتأثر النساء في الدول منخفضة الدخل على نحو غير متكافئ بالتعرض لتلوث الهواء المنزلي نتيجة استخدام الوقود الصلب (الفحم والكتل الحيوية) في الطبخ، وهن الأكثر عرضة للإصابة بالأمراض الناتجة عن التلوث، كما تتحمل النساء العبء الأكبر في الاعتناء بأفراد الأسرة الآخرين المصابين بأمراض ناتجة عن تلوث الهواء.

تتفاوت أخطار تلوث الهواء بين المجتمعات، مع اختلاف معدل قابلية الإصابة بين الناس، وتشمل العوامل التي تؤثر على قابلية الإصابة العمر، والنوع، والتعليم، والحالة الاجتماعية والاقتصادية، والموقع، والسكن، والوقود المستخدم في الطبخ، والتدفئة، والوظيفة، كما تشمل العوامل البيولوجية التي تزيد قابلية الإصابة القابلية الوراثية والأمراض الكامنة، كالربو وأمراض القلب والسكري.

تسبب الأمراض المرتبطة بتلوث الهواء خسائر في الإنتاجية قد تقلل الناتج المحلي الإجمالي، والغياب عن العمل والمدرسة، وعدم المساواة الاجتماعية الدائمة، كما تسبب هذه الأمراض تحمّل تكاليف الرعاية الصحية والتي قد تستهلك في الدول التي تتحول سريعاً إلى التصنيع ٧٪ من ميزانيات الصحة الوطنية.

تتوقع التقديرات أن يصل العبء الاقتصادي العالمي للأمراض الناتجة عن تلوث الهواء (في الخارج والداخل) في ٢٧١ بلداً إلى ٨,٣ تريليونات دولار أمريكي في ٥١٠٢. وسوف تتجاوز الفوائد الصحية والاقتصادية لاتخاذ إجراء لمحاربة تلوث الهواء عمومًا تكاليف اتخاذ ذلك الإجراء إلى حد كبير.

وهناك ضرورة ملحة للتعاون في حماية الجميع من أخطار تلوث الهواء التي تواجه السكان كعاقبة سلبية لم يُدفع ثمنها نتيجة لأفعال المتسببين في التلوث.

يشكل تلوث الهواء خطراً كبيراً يمكن تجنّبه والسيطرة عليه ويهدد صحة الناس ورفاهيتهم والتنمية المستدامة، وتشير التقديرات إلى أن تلوث الهواء يُسهم فيما لا يقل عن ٥ ملايين حالة وفاة مبكرة كل عام على مستوى العالم. لا ينجو أحد من آثار الهواء الملوث، ولكن الآثار السلبية لتلوث الهواء تضرب بكل قوتها السكان الضعفاء، كالأطفال والنساء ومن يعيشون في مناطق الفقر المدقع - وهم مجموعات تلتزم الدول بالتزامات خاصة تجاههم بموجب القانون الدولي لحقوق الإنسان.

يهدد انخفاض جودة الهواء حياة الإنسان وصحة السكان ورفاهية الأطفال في المستقبل، كما يهدد تلوث الهواء استدامة بيئة الأرض؛ لأن الهواء النظيف عامل حيوي للحياة على الأرض مثله مثل الماء النظيف.

الدليل العلمي على أن تلوث الهواء يضر بالصحة على مدار العمر واضح كعين الشمس؛ فهو يسبب المرض والإعاقة والوفاة ويُفسد جودة حياة الجميع، كما يضر الرئتين والقلب والعقل والجلد وغيرها من أعضاء الجسم، ويزيد خطر الإصابة بالأمراض والإعاقة، ويؤثر فعلياً على أنظمة الجسم كافة.

يُكلف تلوث الهواء المجتمع والاقتصاد في الدول منخفضة الدخل ومتوسطة الدخل ثمنًا باهظًا، وتكون هذه الخسائر الاقتصادية كبيرة بدرجة تكفي لإعاقة التنمية المستدامة. ويُعدّ النمو الاقتصادي الذي يسمح بتلوث الهواء ويتغافل عن الصحة العامة والآثار الصحية نموًا غير مستدام وغير أخلاقي.

يُعدّ احتراق الوقود الحفري والكتل الحيوية أكبر مصدرين لتلوث الهواء في العالم. هذان مصدران كبيران لملوّثات المناخ قصيرة العمر كالكربون الأسود والميثان والأوزون في مستوى الأرض، وهما المصدران الرئيسيان لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وتؤثر العديد من حلول مشاكل تلوث الهواء تأثيراً إيجابياً أيضاً على تخفيف تغير المناخ، ويمكنها أن تقدم إسهامات مهمة في تحقيق هدف وصول المناخ إلى ١,٥° مئوية.

وتُعدّ الاستثمارات العامة والخاصة في التعامل مع تلوث الهواء غير كافية ولا تتناسب مع حجم المشكلة، وهناك العديد من فرص تحقيق التآزر بين السيطرة على تلوث الهواء وتخفيف التغير المناخي والتنمية المستدامة، ولكن لم يستغلها أحد استغلالاً كاملاً.

تلوث الهواء مشكلة يمكن تجنيبها، ولكن دون اتخاذ إجراءات متجددة سيظل التعرض لتلوث الهواء يسهم بصورة كبيرة في وقوع الوفيات في كافة أرجاء العالم. وارتباطاً مع التقدم في العمر وزيادة السكان والتحضر، سيعاني عدد أكبر من الناس ويموتون كل عام.

يمكن التحكم في تلوث الهواء على نحو اقتصادي بتنفيذ مجموعة سياسات وتشريعات ولوائح ومعايير، بالإضافة إلى تطبيق تقنيات جديدة ورفع الوعي الاجتماعي، ويعزز التحكم في تلوث الهواء النمو الاقتصادي ويفيد الاقتصاد الوطني في تفادي المرض وفي تجنب الخسائر الإنتاجية.

تدعو الأكاديميات الوطنية للعلوم والطب في جنوب أفريقيا والبرازيل وألمانيا والولايات المتحدة الأمريكية قادة الحكومات والشركات والمواطنين إلى اتخاذ إجراء عاجل لتقليل تلوث الهواء على مستوى العالم - وهذا لصالح صحة الإنسان ورفاهيته، ولصالح البيئة التي هي شرط لتحقيق التنمية المستدامة. ويُعدّ تلوث الهواء عاملاً يعيق العديد من أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة.

تقترح الأكاديميات الوطنية الخمسة للعلوم والطب إبرام **ميثاق عالمي لمحاربة تلوث الهواء لجعل السيطرة على تلوث الهواء وتقليله أولوية الجميع.**

بسبب تفاعلات سحب الهباء الجوي المكونة من الكربون الأسود أن تسبب عواقب وخيمة في كل من النظام البيئي وحياة الإنسان، ومنها الإخلال بالرياح الموسمية وحدوث الجفاف، ولهذا الأمر آثار كارثية على الزراعة في أجزاء كبيرة من آسيا وأفريقيا.

دعوة للعمل

تصدر الأكاديميات الوطنية للعلوم والطب في جنوب أفريقيا والبرازيل وألمانيا والولايات المتحدة الأمريكية دعوة للعمل إلى قادة الحكومات والشركات والمواطنين من أجل تقليل تلوث الهواء في الدول كافة، وترتكز الدعوة على الدليل العلمي الدامغ على الآثار التي يسببها تلوث الهواء.

هناك اتفاقيات وقرارات ومعاهدات ومبادرات قائمة بالفعل تتناول جوانب تلوث الهواء، ومنها بروتوكول مونتريال، واللجنة الاقتصادية للأمم المتحدة للاتفاقية الأوروبية بشأن التلوث الجوي البعيد المدى عبر الحدود، واتفاقية منظمة الصحة العالمية الإطارية بشأن مكافحة التبغ، وقرار جمعية الصحة العالمية بشأن التأثير الصحي لتلوث الهواء.

وعليه، تقترح الأكاديميات إبرام ميثاق عالمي بشأن تلوث الهواء، وهذا من شأنه أن يضمن المشاركة المستدامة على أعلى المستويات، ويجعل من السيطرة على تلوث الهواء والحد منه أولوية لدى الجميع، ومن شأنه أيضاً أن يشجع صنّاع السياسات وغيرهم من الشركاء الرئيسيين، بما فيهم القطاع الخاص، على إدراج موضوع التحكم في الانبعاثات والحد منها في **التخطيط الوطني والمحلي**، وعمليات التنمية وإستراتيجيات العمل والمال. ولضمان نجاح هذه العملية، هناك حاجة إلى **القيادة والشراكة** السياسية التي تتضمن العمل المشترك في الأنظمة الحالية متعددة الجنسيات.

وتدرك الأكاديميات أنه لا يوجد حل يناسب جميع المواقف في كل الدول. وعلى أي حال، لا بد من اتخاذ إجراء عادل في المواطن التالية:

هناك عدة **حلول سياسية وتقنية للحد من النواتج الضارة للإحراق**. وفيما يخص المصادر الثابتة، تشمل تلك الحلول تطبيق ضوابط الانبعاث في المحطات الصناعية ومحطات الطاقة أو الانتقال إلى استخدام أنواع الوقود النظيفة، وفيما يخص المنازل، تشمل الحلول توفير وقود منزلي نظيف. وفيما يخص حرق الكتل الحيوية الخاضعة للتحكم، تشمل الحلول تنفيذ قواعد للقضاء على حرق القمامة، واستخدام تقنيات زراعية جديدة للحد من حرق المحاصيل. وفيما يخص المصادر المتنقلة، تشمل الحلول التشجيع والاستثمار في نقل الكتل المستدامة والبنيات الأساسية الحضرية.

هناك حاجة إلى مشاركة السياسات والتقنيات الفعالة. ينبغي تنفيذ هذه الإستراتيجيات على أسرع وجه ممكن في الدول ذات مستويات التنمية الاقتصادية كلها في أنحاء العالم، وقد لقيت بعض الحلول إجماعاً عالياً، وإذا غاب الإجماع أو كان اختيار السياسة يعتمد بدرجة كبيرة على السياق (نظراً للتباين في الأنظمة القانونية والجغرافيا ومرحلة التنمية الاقتصادية ومصادر التلوث)، تنشأ حاجة إلى تخصيص السياسات، رغم وجود إجراءات عالمية ينبغي اتخاذها في عدة أنحاء من العالم.

هناك حاجة إلى **جمع قصص النجاح في السيطرة على تلوث الهواء** من المدن والدول واستخلاص العبر منها ومشاركتها مع الدول التي بدأت تصارع المشكلة الآن.

يرتبط تعرّض السكان للتلوث ارتباطاً مباشراً بكثافته وبتوزيع الملوث وبمدة التعرض له. ولتحقيق أقصى استفادة من **التكاليف ومن فوائد الإجراءات** المتخذة لتحسين جودة الهواء، علينا أن نعطي الأولوية لمصادر التلوث التي يمكن تقليل تعرّض السكان لها على نحو موفّر للتكاليف ولتقليل معدل تعرّض أفراد المجتمع للتلوث، مع العلم أن هذين المقياسين قد يتعارضان أحياناً.

المراقبة الكافية لمقاييس التلوث الرئيسية، لا سيما معدلات تركيز جزيئات $PM_{2.5}$ وتعرّض السكان للتلوث، ضرورية في الدول كافة.

احتراق الوقود الحفري والكتل الحيوية

مصدران رئيسان لتلوث الهواء.

ملوثات الهواء التي تشكل أكبر خطر على صحة الإنسان هي جسيمات المادة المحمولة جواً، وتحتوي الانبعاثات غير المرشحة الناتجة عن الاحتراق على كميات شديدة التركيز من الجسيمات متناهية الصغر والدقيقة والكبيرة، بما فيها الكربون الأسود والغازات الضارة.

تلوث الهواء مزيج معقد من مكونات مختلفة، وتمثل مستويات الجزيئات الدقيقة (تركيز الكتلة $PM_{2.5}$) والأوزون مؤشراً قوياً على الأعراض التنظيمية، مع كون الكربون الأسود وسيطاً لحمل الانبعاثات الناتجة عن الاحتراق.

المصادر الرئيسية لتلوث الهواء الناتج عن الاحتراق هي (أ) منشآت الاحتراق الثابتة، (ب) التدفئة والطبخ في المنازل، (ج) حرق الكتل الحيوية والنفايات الخاضع للرقابة، و(د) المصادر المتنقلة. وتفاوت الأهمية النسبية لهذه المصادر من بلد لآخر.

أ تشمل المصادر الثابتة محطات الطاقة، ومنشآت التصنيع، والمناجم، وهي تخضع لضوابط انبعاث محدودة، وتُعدّ المنشآت التي تحرق الفحم أو غيره من أنواع الوقود الرديئة أو التي تعتمد على المولدات التي تعمل بالديزل بسبب انخفاض موثوقية الشبكات هي أسوأ مصادر التلوث عموماً.

ب المنازل مصدر مهم لتلوث الهواء، لا سيما في الدول منخفضة الدخل التي تعتمد على وقود الكتل الحيوية في التدفئة والطبخ. وهي في نفس الوقت المكان الذي يتعرض فيه الناس للخطر بأقصى درجة.

ج مصادر حرق الكتل الحيوية الخاضعة للرقابة والمتعلقة بحرق النفايات الزراعية وبتنظيف الأراضي والغابات هي مصادر مهمة لتلوث الهواء في الدول النامية. ويرتبط الحرق الإضافي للكتل الحيوية غير الخاضع للرقابة بحرق النفايات السكنية وغيرها.

د وتشمل المصادر المتنقلة لتلوث الهواء السيارات والشاحنات والحافلات التي تعمل بالبنزين في كل من القطاعين الخاص والعام، وهي المصادر الرئيسية لتلوث الهواء في المدن. وتُعدّ المركبات القديمة التي تخضع لصيانة رديئة وتتحرق أنواع وقود منخفضة الدرجة هي الأخطر. الانبعاثات الصادرة من السفن والطائرات هي المصادر المتنقلة الرئيسية لتلوث الهواء بالقرب من الموانئ والمطارات.

وهناك علاقة بين التحكم في تلوث الهواء والحد من تغير المناخ؛ لأنهما يتشاركان المصادر نفسها ولهما نفس الحلول إلى حد كبير، هذا بالإضافة إلى تأثير ملوثات الهواء في المناخ، وهما يزيدان من حدة بعضهما بطرق عدة، منها الغازات الدفيئة، مثل الميثان، ويسهمان في تشكل الأوزون عند مستوى الأرض، وتزداد مستويات الأوزون الأرضية مع ارتفاع درجات الحرارة التي تزيد معدل حدوث حرائق الغابات مما يزيد من مستويات تلوث جزيئات الهواء.

يؤثر الكربون الأسود الناتج عن الاحتراق على الصحة، ويؤثر أيضاً على درجات الحرارة الإقليمية وكميات الهطول والوقائع الجوية الشديدة. وتتعرض مناطق القطب الشمالي والمناطق المتجمدة مثل جبال الهيمالايا على وجه التحديد للذوبان نتيجة الكربون الأسود المخزن الذي يزيد من سخونة السطح، ويمكن لتغير نسب الهطول

Stuart Piketh, Professor of Environmental Science, North-West University, Potchefstroom, South Africa
Beate Ritz, Professor of Epidemiology and Environmental Health Sciences, University of California, Los Angeles, USA
Paulo H. N. Saldiva, Director, Institute of Advanced Studies, University of São Paulo, São Paulo, Brazil
Jonathan Samet, Dean, Colorado School of Public Health, Aurora, USA
Tamara Schikowski, Head of Research Group “Environmental epidemiology of lung, brain and skin aging”, IUF – Leibniz Research Institute for Environmental Medicine, Düsseldorf, Germany
Alexandra Schneider, Head of Research Group “Environmental Risks”, Institute of Epidemiology, Helmholtz Zentrum München – German Research Center for Environmental Health, Neuherberg, Germany
Kirk R. Smith, Professor of Global Environmental Health, University of California, Berkeley, U.S.A. and Director, Collaborative Clean Air Policy Centre, Delhi, India
Claudia Traidl-Hoffmann, Chair and Institute of Environmental Medicine, UNIKA-T, Technical University of Munich and Helmholtz Zentrum München – German Research Center for Environmental Health, Augsburg, Germany
Alfred Wiedensohler, Head of Department for Experimental Aerosol and Cloud Microphysics, Leibniz Institute for Tropospheric Research, Leipzig, Germany
Caradee Wright, Specialist Scientist, South African Medical Research Council (SAMRC), Parktown, South Africa

وهناك حاجة أخرى إلى متابعة التحليلات الإحصائية التي يمكن استخدامها في تقييم نجاح إجراءات السياسات.

لا بد من تحديد الفوائد المشتركة بين أدوات السياسات. لا بد من إعطاء الأولوية للسياسات التي تحقق أقصى درجة من التقارب بين أهداف التنمية المتعددة، بما في ذلك سلامة الغذاء والحد من تغير المناخ. وتقلل تحسينات كفاءة الطاقة كلاً من معدلات ثاني أكسيد الكربون والنواتج الضارة للاحتراق، على غرار العديد من الإستراتيجيات التي تخفف من تغير المناخ، مثل زيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة واستخدام الطاقة الكهربائية في وسائل النقل.

لا بد من بذل الجهود لوضع إستراتيجيات لتطبيق الحلول. وقد تضم هذه الإستراتيجيات بناء القدرة المؤسسية، وتحسين الحكومة، وتعزيز آليات التعاون بين الهيئات وتنفيذها.

يساعد استخدام أدوات تقييم الأخطار وتحليل فوائد توفير التكاليف على اختيار تصميمات السياسات وأهدافها. لا بد من وضع سياسات السيطرة على التلوث لتحقيق انخفاضاً موفراً للتكاليف في معدلات التعرض للتلوث. وعلى نحو مثالي، ينبغي أن تقدم فوائد في المواطن الأخرى، كالمناخ أو بقية القطاعات، كقطاع الزراعة. ويمكن تحفيز مسيبي التلوث على البحث عن أرخص طرق للحد من التلوث ومن معدلات التعرض له.

تتطلب دعوة العمل هذه جمع الأموال والاستثمار بمبالغ كبيرة في فرص تقليل تلوث الهواء. وهناك حاجة أيضاً إلى زيادة تمويل الأبحاث، ومراقبة التلوث، والبنية التحتية والإدارة والتحكم والتعامل مع الأطراف المعنية.

وفي النهاية، لا بد من إطلاق دعوة للعمل لتثقيف المواطنين وتشجيعهم على تقليل آثار تلوث الهواء والدعوة إلى الالتزام الجريء من القطاعين العام والخاص.

الخبراء الخارجيون المدعوون

David Richard Boyd, United Nations Special Rapporteur on Human Rights and the Environment, Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights (OHCHR), Geneva, Switzerland
Valentin Foltescu, Senior Science and Programme Officer, Climate and Clean Air Coalition Secretariat, United Nations Environment, New Delhi, India
Richard Fuller, Lancet Commission on Pollution and Health Co-Chair, Pure Earth and Global Alliance on Health and Pollution, New York, U.S.A.
Dorota Jarosińska, Programme Manager, World Health Organization, European Centre for Environment and Health, Bonn, Germany
Jacqueline Myriam McGlade, Former Chief Scientist, United Nations Environment, Nairobi, Kenya
Drew Shindell, Duke University Durham, NC, U.S.A. and Chair of the Scientific Advisory Panel, Climate and Clean Air Coalition, Paris, France

المشاركون

مجموعة العمل

Maria de Fatima Andrade, Professor of Meteorology and Atmospheric Sciences, University of São Paulo, São Paulo, Brazil
Paulo Artaxo, Professor of Environmental Physics, University of São Paulo, São Paulo, Brazil
Simone Georges El Khouri Miraglia, Associate Professor and Leader of the Laboratory of Economics, Health and Environmental Pollution (LESPA), Federal University of São Paulo, São Paulo, Brazil
Nelson Gouveia, Associate Professor of Epidemiology, University of São Paulo, São Paulo, Brazil
Alan J. Krupnick, Senior Fellow, Resources for the Future, Washington, DC, U.S.A.
Jean Krutmann, Scientific Director, IUF – Leibniz Research Institute for Environmental Medicine, Düsseldorf, Germany
Philip J. Landrigan, Professor of Biology and Director, Program in Global Public Health and the Common Good, Boston College, Boston, U.S.A.
Kristy Langerman, Senior Lecturer, University of Johannesburg, Johannesburg, South Africa
Tafadzwa Makonese, Senior Researcher and Lab Manager, University of Johannesburg, Johannesburg, South Africa
Angela Mathee, Director MRC Environment & Health Research Unit, South African Medical Research Council (SAMRC), Johannesburg, South Africa

pollution on deaths, disease burden, and life expectancy across the states of India: the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet Planetary Health* 2019;3:e26–39. doi:10.1016/S2542-5196(18)30261-4

Bowe B, Xie Y, Li T, et al. The 2016 global and national burden of diabetes mellitus attributable to PM_{2.5} air pollution. *The Lancet Planetary Health* 2018;2:e301–12. doi:10.1016/S2542-5196(18)30140-2

Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA, et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2010;121:2331–78. doi:10.1161/CIR.0b013e3181d8e3e1

Burke KE. Mechanisms of aging and development — A new understanding of environmental damage to the skin and prevention with topical antioxidants. *Mechanisms of Ageing and Development* 2018;172:123–30. doi:10.1016/j.mad.2017.12.003

Calderón-Garcidueñas L, Calderón-Garcidueñas A, Torres-Jardón R, et al. Air pollution and your brain: what do you need to know right now. *Primary Health Care Research & Development* 2015;16:329–45. doi:10.1017/S146342361400036X

Chen H, Kwong JC, Copes R, et al. Exposure to ambient air pollution and the incidence of dementia: A population-based cohort study. *Environment International* 2017;108:271–7. doi:10.1016/j.envint.2017.08.020

Cohen AJ, Brauer M, Burnett R, et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The Lancet* 2017;389:1907–18. doi:10.1016/S0140-6736(17)30505-6

Contreras ZA, Heck JE, Lee P-C, et al. Prenatal air pollution exposure, smoking, and uterine vascular resistance. *Environ Epidemiol* 2018;2. doi:10.1097/EE9.0000000000000017

Dadvand P, Figueras F, Basagaña X, et al. Ambient Air Pollution and Preeclampsia: A Spatiotemporal Analysis. *Environ Health Perspect* 2013;121:1365–71. doi:10.1289/ehp.1206430

Dimakakou E, Johnston H, Streftaris G, et al. Exposure to Environmental and Occupational Particulate Air Pollution as a Potential Contributor to Neurodegeneration and Diabetes: A Systematic Review of Epidemiological Research. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2018;15:1704. doi:10.3390/ijerph15081704

Ding A, Yang Y, Zhao Z, et al. Indoor PM_{2.5} exposure affects skin aging manifestation in a Chinese population. *Sci Rep* 2017;7:15329. doi:10.1038/s598-017-15295-8

Di Q, Wang Y, Zanobetti A, et al. Air Pollution and Mortality in the Medicare Population. *New England Journal of Medicine* 2017;376:2513–22. doi:10.1056/NEJMoA1702747

Eze IC, Hemkens LG, Bucher HC, et al. Association between Ambient Air Pollution and Diabetes Mellitus in Europe and North America: Systematic Review and Meta-Analysis. *Environ Health Perspect* 2015;123:381–9. doi:10.1289/ehp.1307823

Gauderman WJ, Urman R, Avol E, et al. Association of Improved Air Quality with Lung Development in Children. *New England Journal of Medicine* 2015;372:905–913. doi:10.1056/NEJMoA1414123

Guxens M, Garcia-Esteban R, Giorgis-Allemand L, et al. Air Pollution During Pregnancy and Childhood Cognitive and Psychomotor Development. *Epidemiology*

Marcos Cortesao Barnsley Scheuenstuhl, Executive Director of International Affairs, Brazilian Academy of Sciences (ABC), Rio de Janeiro, Brazil

John P. Boright, Director of International Affairs, U.S. National Academy of Sciences (NAS), Washington, DC, U.S.A.

Siyavuya Bulani, Senior Liaison Officer, Academy of Science of South Africa (ASSAf), Pretoria, South Africa

Margaret Hamburg, Foreign Secretary, U.S. National Academy of Medicine (NAM), Washington, DC, U.S.A.

Kathrin Happe, Deputy Head of Department of Science – Policy – Society, German National Academy of Sciences Leopoldina, Halle (Saale), Germany

Jan Nissen, Senior Officer, Department of International Relations, German National Academy of Sciences Leopoldina, Halle (Saale), Germany

Isabel Scheer, Assistant, Department of International Relations, German National Academy of Sciences Leopoldina, Halle (Saale), Germany

Leopoldina, Halle (Saale), Germany

قراءات إضافية

التقييمات المتكاملة

European Environment Agency. Air Quality in Europe – 2018. EEA Report. doi:10.2800/777411

International Energy Agency. Energy and Air Pollution. World Energy Outlook Special Report. Paris: 2016. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlookSpecialReport2016EnergyandAirPollution.pdf> (accessed 21 Nov 2018).

Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJR, et al. The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet* 2018;391:462–512. doi:10.1016/S0140-6736(17)32345-0

United Nations Environment Programme. Healthy Environment, Healthy People. Thematic Report, Ministerial Policy Review Session. 2016 UNEA 2 Inf. Doc 5. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17602/K1602727%20INF%205%20Eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed 10 May 2019).

World Health Organization. Burden of disease from the joint effects of household and ambient air pollution for 2016. Geneva: 2018. https://www.who.int/airpollution/data/AP_joint_effect_BoD_results_May2018.pdf (accessed 9 Nov 2018).

الآثار الصحية

Atkinson RW, Kang S, Anderson HR, et al. Epidemiological time series studies of PM_{2.5} and daily mortality and hospital admissions: a systematic review and meta-analysis. *Thorax* 2014;69:660–5. doi:10.1136/thoraxjnl-2013-204492

Balakrishnan K, Dey S, Gupta T, et al. The impact of air

- Ambient air pollution and low birthweight: a European cohort study (ESCAPE). *The Lancet Respiratory Medicine* 2013;1:695–704. doi:10.1016/S2213-2600(13)70192-9
- Pedersen M, Stayner L, Slama R, et al. Ambient air pollution and pregnancy-induced hypertensive disorders: a systematic review and meta-analysis. *Hypertension* 2014;64:494–500. doi:10.1161/HYPERTENSIONAHA.114.03545
- Pope III CA, Dockery DW. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. *Journal of the Air & Waste Management Association* 2006;56:709–42. doi:10.1080/10473289.2006.10464485
- Power MC, Adar SD, Yanosky JD, et al. Exposure to air pollution as a potential contributor to cognitive function, cognitive decline, brain imaging, and dementia: A systematic review of epidemiologic research. *NeuroToxicology* 2016;56:235–53. doi:10.1016/j.neuro.2016.06.004
- Puri P, Nandar SK, Kathuria S, et al. Effects of air pollution on the skin: A review. *Indian Journal of Dermatology, Venereology, and Leprology* 2017;83:415. doi:10.4103/0378-6323.199579
- Lee KK, Miller MR, Shah ASV. Air Pollution and Stroke. *Journal of Stroke* 2018;20:2–11. doi:10.5853/jos.2017.02894
- Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Beelen R, et al. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *The Lancet Oncology* 2013;14:813–22. doi:10.1016/S1470-2045(13)70279-1
- Resolution WHA68.8: Health and the environment: addressing the health impact of air pollution. *World Health Organization* 2015. http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/wha68/a68_r8-en.pdf (accessed 8 Nov 2018).
- Ritz B, Lee P-C, Hansen J, et al. Traffic-Related Air Pollution and Parkinson's Disease in Denmark: A Case-Control Study. *Environ Health Perspect* 2016;124:351–6. doi:10.1289/ehp.1409313
- Ritz B, Liew Z, Yan Q, et al. Air pollution and autism in Denmark. *Environmental Epidemiology* 2018;2:e028. doi:10.1097/EE9.0000000000000028
- Rückerl R, Schneider A, Breitner S, et al. Health effects of particulate air pollution: A review of epidemiological evidence. *Inhalation Toxicology* 2011;23:555–92. doi:10.3109/08958378.2011.593587
- Samoli E, Stergiopoulou A, Santana P, et al. Spatial variability in air pollution exposure in relation to socioeconomic indicators in nine European metropolitan areas: A study on environmental inequality. *Environmental Pollution* 2019;249:345–53. doi:10.1016/j.envpol.2019.03.050
- Shah ASV, Lee KK, McAllister DA, et al. Short term exposure to air pollution and stroke: systematic review and meta-analysis. *BMJ* 2015;350:h1295. doi:10.1136/bmj.h1295
- Shindell D, Faluvegi G, Seltzer K, et al. Quantified, localized health benefits of accelerated carbon dioxide emissions reductions. *Nature Climate Change* 2018;8:291–5. doi:10.1038/s41558-018-0108-y
- Shiraiwa M, Ueda K, Pozzer A, et al. Aerosol Health Effects from Molecular to Global Scales. *Environ Sci Technol* 2017;51:13545–67. doi:10.1021/acs.est.7b04417
- Stanek LW, Brown JS, Stanek J, et al. Air Pollution Toxicology—A Brief Review of the Role of the Science in Shaping the Current Understanding of Air Pollution Health Risks. *Toxicol Sci* 2011;120:S8–27. doi:10.1093/toxsci/kfq367
- 2014;25:636–47. doi:10.1097/EDE.0000000000000133
- Health Effects Institute. *State of Global Air 2019*. Boston, MA. <https://www.stateofglobalair.org/> (accessed 18 Apr 2019).
- Hoek G, Krishnan RM, Beelen R, et al. Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: a review. *Environmental Health* 2013;12:43. doi:10.1186/1476-069X-12-43
- International Agency for Research on Cancer, IARC. *Outdoor air pollution*. 2016. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK368024/> (accessed 5 Oct 2018).
- Kaufman JD, Adar SD, Barr RG, et al. Association between air pollution and coronary artery calcification within six metropolitan areas in the U.S.A. (the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis and Air Pollution): a longitudinal cohort study. *The Lancet* 2016;388:696–704. doi:10.1016/S0140-6736(16)00378-0
- Kirrane EF, Bowman C, Davis JA, et al. Associations of ozone and PM_{2.5} concentrations with Parkinson's disease among participants in the Agricultural Health Study. *J Occup Environ Med* 2015;57:509–17. doi:10.1097/JOM.0000000000000451
- Krutmann J, Bouloc A, Sore G, et al. The skin aging exposome. *Journal of Dermatological Science* 2017;85:152–61. doi:10.1016/j.jdermsci.2016.09.015
- Landrigan PJ. Air pollution and health. *The Lancet Public Health* 2017;2:e4–5. doi:10.1016/S2468-2667(16)30023-8
- Lee P-C, Liu L-L, Sun Y, et al. Traffic-related air pollution increased the risk of Parkinson's disease in Taiwan: A nationwide study. *Environment International* 2016;96:75–81. doi:10.1016/j.envint.2016.08.017
- Leiser CL, Hanson HA, Sawyer K, et al. Acute effects of air pollutants on spontaneous pregnancy loss: a case-crossover study. *Fertility and Sterility* 2019;111(2):341–347. doi:10.1016/j.fertnstert.2018.10.028
- Lelieveld J, Evans JS, Fnais M, et al. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature* 2015;525:367–71. doi:10.1038/nature15371
- Li T, Zhang Y, Wang J, et al. All-cause mortality risk associated with long-term exposure to ambient PM_{2.5} in China: a cohort study. *The Lancet Public Health* 2018;3:e470–7. doi:10.1016/S2468-2667(18)30144-0
- Malley CS, Kuylenstierna JCI, Vallack HW, et al. Preterm birth associated with maternal fine particulate matter exposure: A global, regional and national assessment. *Environment International* 2017;101:173–82. doi:10.1016/j.envint.2017.01.023
- McConnell R, Berhane K, Gilliland F, et al. Prospective study of air pollution and bronchitic symptoms in children with asthma. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;168:790–7. doi:10.1164/rccm.200304-466OC
- Newby DE, Mannucci PM, Tell GS, et al. Expert position paper on air pollution and cardiovascular disease. *Eur Heart J* 2015;36:83–93. doi:10.1093/eurheartj/ehu458
- Ngoc L, Park D, Lee Y, et al. Systematic Review and Meta-Analysis of Human Skin Diseases Due to Particulate Matter. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2017;14:1458. doi:10.3390/ijerph14121458
- Paul KC, Haan M, Mayeda ER, et al. Ambient Air Pollution, Noise, and Late-Life Cognitive Decline and Dementia Risk. *Annual Review of Public Health* 2019;40:203–20. doi:10.1146/annurev-publhealth-040218-044058
- Pedersen M, Giorgis-Allemand L, Bernard C, et al.

Bond TC, Bhardwaj E, Dong R, et al. Historical emissions of black and organic carbon aerosol from energy-related combustion, 1850–2000. *Global Biogeochemical Cycles* 2007;21. doi:10.1029/2006GB002840

Braspenning Radu O, van den Berg M, Klimont Z, et al. Exploring synergies between climate and air quality policies using long-term global and regional emission scenarios. *Atmospheric Environment* 2016;140:577–91. doi:10.1016/j.atmosenv.2016.05.021

Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA 3rd, et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2010;121:2331–2378. doi:10.1161/CIR.0b013e3181d8e3e1

Brown JS. Nitrogen dioxide exposure and airway responsiveness in individuals with asthma. *Inhalation Toxicology* 2015;27:1–14. doi:10.3109/08958378.2014.979960

Burnett R, Chen H, Szyszkowicz M, et al. Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. *PNAS* 2018;115:9592–9597. doi:10.1073/pnas.1803222115

Butt EW, Rap A, Schmidt A, et al. The impact of residential combustion emissions on atmospheric aerosol, human health, and climate. *Atmospheric Chemistry and Physics* 2016;16:873–905. doi:10.5194/acp-16-873-2016

Cesaroni G, Forastiere F, Stafoggia M, et al. Long term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: prospective cohort study and meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE Project. *BMJ* 2014;348:f7412. doi:10.1136/bmj.f7412

Clifford A, Lang L, Chen R, et al. Exposure to air pollution and cognitive functioning across the life course — A systematic literature review. *Environmental Research* 2016;147:383–398. doi:10.1016/j.envres.2016.01.018

Chen H, Huang Y, Shen H, et al. Modeling temporal variations in global residential energy consumption and pollutant emissions. *Applied Energy* 2016;184:820–9. doi:10.1016/j.apenergy.2015.10.185

Dave P, Bhushan M, Venkataraman C. Aerosols cause intraseasonal short-term suppression of Indian monsoon rainfall. *Scientific Reports* 2017;7:17347. doi:10.1038/s41598-017-17599-1

Dawn Alas H, Müller T, Birmili W. Spatial Characterization of Black Carbon Mass Concentration in the Atmosphere of a Southeast Asian Megacity: An Air Quality Case Study for Metro Manila, Philippines. *Aerosol and Air Quality Research* 2018;18:2301–2317. doi:10.4209/aaqr.2017.08.0281

Franklin BA, Brook R, Pope CA 3rd. Air pollution and cardiovascular disease. *Current Problems in Cardiology* 2015;40:207–38. doi:10.1016/j.cpcardiol.2015.01.003

Gallardo L, Escribano J, Dawidowski L, et al. Evaluation of vehicle emission inventories for carbon monoxide and nitrogen oxides for Bogotá, Buenos Aires, Santiago, and São Paulo. *Atmospheric Environment* 2012;47:12–9. doi:10.1016/j.atmosenv.2011.11.051

Gidden MJ, Riahi K, Smith SJ, et al. Global emissions pathways under different socioeconomic scenarios for use in CMIP6: a dataset of harmonized emissions trajectories through the end of the century. *Geoscientific Model Development* 2019;12:1443–75. doi:10.5194/gmd-12-1443-2019

Hassler B, McDonald BC, Frost GJ, et al. Analysis of long-term observations of NO_x and CO in megacities and application to constraining emissions inventories. *Geo-*

Stieb DM, Chen L, Eshoul M, et al. Ambient air pollution, birth weight and preterm birth: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Research* 2012;117:100–11. doi:10.1016/j.envres.2012.05.007

Suades-González E, Gascon M, Guxens M, et al. Air Pollution and Neuropsychological Development: A Review of the Latest Evidence. *Endocrinology* 2015;156:3473–82. doi:10.1210/en.2015-1403

Taylor C, Golding J, Emond A. Adverse effects of maternal lead levels on birth outcomes in the ALSPAC study: a prospective birth cohort study. *BJOG* 2015;122:322–8. doi:10.1111/1471-0528.12756

Thurston GD, Kipen H, Annesi-Maesano I, et al. A joint ERS/ATS policy statement: what constitutes an adverse health effect of air pollution? An analytical framework. *Eur Respir J* 2017;49. doi:10.1183/13993003.00419-2016

Vrijheid M, Casas M, Gascon M, et al. Environmental pollutants and child health — A review of recent concerns. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 2016;219:331–42. doi:10.1016/j.ijheh.2016.05.001

Wang B, Xu D, Jing Z, et al. Mechanisms in endocrinology: Effect of long-term exposure to air pollution on type 2 diabetes mellitus risk: a systemic review and meta-analysis of cohort studies. *European Journal of Endocrinology* 2014;171:R173–82. doi:10.1530/EJE-14-0365

World Health Organization. Fact sheet on household air pollution and health. 2018. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health> (accessed 18 Feb 2019).

World Health Organization. Fact sheet on ambient (outdoor) air quality and health. 2018. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (accessed 18 Feb 2019).

Wu J, Ren C, Delfino RJ, et al. Association between Local Traffic-Generated Air Pollution and Preeclampsia and Preterm Delivery in the South Coast Air Basin of California. *Environ Health Perspect* 2009;117:1773–9. doi:10.1289/ehp.0800334

Wu J, Laurent O, Li L, et al. Adverse Reproductive Health Outcomes and Exposure to Gaseous and Particulate-Matter Air Pollution in Pregnant Women. *Research on Reproductive Health Effects Inst* 2016;1–58.

انبعاث ملوثات الهواء

Apte JS, Messier KP, Gani S, et al. High-Resolution Air Pollution Mapping with Google Street View Cars: Exploiting Big Data. *Environ Sci Technol* 2017;51:6999–7008. doi:10.1021/acs.est.7b00891

Beekmann M, Prévôt ASH, Drewnick J, et al. In situ, satellite measurement and model evidence on the dominant regional contribution to fine particulate matter levels in the Paris megacity. *Atmospheric Chemistry and Physics* 2015;15:9577–9591. doi:10.5194/acp-15-9577-2015

Beelen R, Raaschou-Nielsen O, Stafoggia M, et al. Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *The Lancet* 2014;383:785–795. doi:10.1016/S0140-6736(13)62158-3

Belis CA, Karagulian F, Larsen BR, Hopke PK. Critical review and meta-analysis of ambient particulate matter source apportionment using receptor models in Europe. *Atmospheric Environment* 2013;69:94–108. doi:10.1016/j.atmosenv.2012.11.009

<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/summaryreport.pdf> (accessed 16 Nov 2018).

The World Bank. The cost of air pollution: strengthening the economic case for action. The World Bank 2016. <http://documents.worldbank.org/curated/en/781521473177013155/pdf/108141-REVISED-Cost-of-PollutionWeb-CORRECTEDfile.pdf> (accessed 10 May 2019).

World Health Organization. Health risks of air pollution in Europe — HRAPIE project. Recommendations for concentration-response functions for cost-benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. WHO Regional Office for Europe. Copenhagen: 2013. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/238956/Health_risks_air_pollution_HRAPIE_project.pdf (accessed 10 May 2019).

السياسات والإجراءات

Boyd DR. Report of the Special Rapporteur on human rights obligations relating to the enjoyment of a safe, clean, healthy and sustainable environment. Human Rights Council. 2019. <https://undocs.org/A/HRC/40/55> (accessed 28 May 2019).

DeShazo J, Sheldon TL, Carson RT. Designing policy incentives for cleaner technologies: Lessons from California's plug-in electric vehicle rebate program. *Journal of Environmental Economics Management* 2017;84:18–43. doi:10.1016/j.jeem.2017.01.002

Figueres C, Landrigan PJ, Fuller R. Tackling air pollution, climate change, and NCDs: time to pull together. *The Lancet* 2018;392:1502–3. doi:10.1016/S0140-6736(18)32740-5

Fuller R, Rahona E, Fisher S, et al. Pollution and non-communicable disease: time to end the neglect. *The Lancet Planetary Health* 2018;2(3):e96–8. doi:10.1016/S2542-5196(18)30020-2

Haines A, Landrigan PJ. It's time to consider pollution in NCD prevention. *The Lancet* 2018;392:1625–6. doi:10.1016/S0140-6736(18)32200-1

Kutlar Joss M, Eeftens M, Gintowt E, et al. Time to harmonize national ambient air quality standards. *International Journal of Public Health* 2017;62:453–462. doi:10.1007/s00038-017-0952-y

Samet JM, Gruskin S. Air pollution, health, and human rights. *The Lancet Respiratory Medicine* 2015;3:98–100. doi:10.1016/S2213-2600(14)70145-6

United Nations Environment Programme. Ministerial declaration of the United Nations Environment Assembly at its third session: Towards a pollution-free planet. UNEP/EA.3/L.19. 2017. <https://papersmart.unon.org/resolution/ministerial-declaration> (accessed 28 May 2019).

Watts N, Amann M, Ayeb-Karlsson S, et al. The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. *The Lancet* 2018;391:581–630. doi:10.1016/S0140-6736(17)32464-9

World Bank Group. Independent Evaluation Group. Toward a clean world for all: an IEG evaluation of the World Bank Group's support for pollution management. Washington, DC: World Bank, 2017. <http://ieg.worldbankgroup.org/evaluations/pollution> (accessed 10 May 2019).

World Health Organization. Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013–2020. Geneva: 2013.

physical Research Letters 2016;43:9920–30. doi:10.1002/2016GL069894

Huang Y, Shen H, Chen Y, et al. Global organic carbon emissions from primary sources from 1960 to 2009. *Atmospheric Environment* 2015;122:505–512. doi:10.1016/j.atmosenv.2015.10.017

Ibarra-Espinosa S, Ynoue R, O'Sullivan S et al. VEIN v0.2.2: an R package for bottom-up vehicular emissions inventories. *Geoscientific Model Development* 2018;11:2209–2229. doi:10.5194/gmd-11-2209-2018

Janssens-Maehout G, Crippa M, Guizardi D, et al. HTAP_v2.2: a mosaic of regional and global emission grid maps for 2008 and 2010 to study hemispheric transport of air pollution. *Atmospheric Chemistry and Physics* 2015;15:11411–11432. doi:10.5194/acp-15-11411-2015

Jimenez JL, Canagaratna MR, Donahue NM, et al. Evolution of organic aerosols in the atmosphere. *Science* 2009;326:1525–1529. doi:10.1126/science.1180353

Klimont Z, Kupainen K, Heyes C, et al. Global anthropogenic emissions of particulate matter including black carbon. *Atmospheric Chemistry and Physics* 2017;17:8681–8723. doi:10.5194/acp-17-8681-2017.

Lamarque JF, Bond TC, Eyring V, et al. Historical (1850–2000) gridded anthropogenic and biomass burning emissions of reactive gases and aerosols: Methodology and application. *Atmospheric Chemistry and Physics* 2010;10:7017–7039. doi:10.5194/acp-10-7017-2010

Liu J, Mauzerall DL, Chen Q, et al. Air pollutant emissions from Chinese households: A major and underappreciated ambient pollution source. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2016;113:7756–7761. doi:10.1073/pnas.1604537113

Madrazo J, Clappier A, Belalcazar LC, et al. Screening differences between a local inventory and the Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR). *Science of The Total Environment* 2018;631–632:934–941. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.03.094

van der Werf GR, Randerson, JT, Giglio L, et al. Global fire emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires (1997–2009). *Atmospheric Chemistry and Physics* 2010;10:11707–11735. doi:10.5194/acp-10-11707-2010

van Donkelaar A, Martin RV, Brauer M, et al. Global Estimates of Fine Particulate Matter using a Combined Geophysical-Statistical Method with Information from Satellites, Models, and Monitors. *Environmental Science and Technology* 2016;50:3762–3772. doi:10.1021/acs.est.5b05833

التكاليف والفوائد الاقتصادية

Amann M, Holland M, Maas R, et al. Costs, benefits and economic impacts of the EU clean air strategy and their implications on innovation and competitiveness. IIASA report. Laxenburg: 2017. http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/clean_air_outlook_economic_impact_report.pdf (accessed 10 May 2019).

Roy R, Braathen NA. The Rising Cost of Ambient Air Pollution thus far in the 21st Century — Results from the BRIICS and the OECD Countries. *OECD Environment Working Papers*. 2017. doi:10.1787/d1b2b844-en

US Environmental Protection Agency Office of Air and Radiation. The Benefits and Costs of the Clean Air Act from 1990 to 2020 — Summary Report. 2011.

هيئة التحرير

Copy-Editing

German National Academy of Sciences Leopoldina,
Halle (Saale), Germany
internationalrelations@leopoldina.org
www.leopoldina.org

Translation

GlobalSprachTeam, Sassenberg+Kollegen, Berlin
www.sprachteam.com.

Art Direction

Lamm & Kirch, Berlin / Leipzig
www.lamm-kirch.com

Print (English original)

Printed in Germany by Elbe Druckerei Wittenberg GmbH
www.elbedruckerei.de

Printed on recycled paper.

Publication date

June 2019

Copyright

© Academy of Science of South Africa (ASSAf)
www.assaf.org.za

© Brazilian Academy of Sciences (ABC)
www.abc.org.br

© German National Academy of Sciences Leopoldina
www.leopoldina.org

© U.S. National Academy of Medicine (NAM)
www.nam.edu

© U.S. National Academy of Sciences (NAS)
www.nasonline.org

ISBN: 978-3-8047-4017-4 (English original)

https://www.who.int/nmh/events/ncd_action_plan/en/
(accessed 10 May 2019).

World Health Organization. Resolution WHA68.8:
Health and the environment: addressing the health
impact of air pollution. Geneva: 2015. http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/wha68/a68_r8-en.pdf
(accessed 8 Nov 2018).

World Health Organization. Air pollution and child
health: prescribing clean air. Geneva: 2018. <http://www.who.int/ceh/publications/air-pollution-child-health/en/>
(accessed 31 Oct 2018).

World Health Organization. Air quality guidelines.
Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen
dioxide and sulfur dioxide. WHO Regional Office for
Europe. Copenhagen: 2006. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/air-quality-guidelines.-global-update-2005.-particulate-matter,-ozone,-nitrogen-dioxide-and-sulfur-dioxide> (accessed 10 May 2019).

World Health Organization. Review of evidence
on health aspects of air pollution – REVIHAAP. Technical
Report. WHO Regional Office for Europe. Copenhagen:
2013. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf?ua=1 (accessed 28 May 2019).