

ผลกระทบต่อสุขภาพของฝุ่นละอองขนาดเล็ก
ข้อเสนอเชิงนโยบายสำหรับประเทศในยุโรปตะวันออก คอเคซัส และเอเชียกลาง



บทคัดย่อ

เอกสารฉบับนี้ได้สรุปหลักฐานเกี่ยวกับผลกระทบของมลพิษทางอากาศจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Particle Matter หรือ PM) และการนำสู่การปฏิบัติสำหรับผู้กำหนดนโยบาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกระตุ้นให้เกิดการพัฒนากลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพในการลดมลพิษทางอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพในกลุ่มประเทศของยุโรปตะวันออก คอเคซัส และเอเชียกลาง (Eastern Europe Coccus Central Asia - EECCA)

บทนำ

คุณภาพอากาศของประเทศส่วนใหญ่ในภูมิภาคยุโรป United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) ได้ปรับปรุงดีขึ้นอย่างมากในรอบ 20 ปีที่ผ่านมา ความสำเร็จเกิดจากการลดการปล่อยก๊าซที่เป็นอันตรายตามที่กำหนดไว้ในพิธีสารต่างๆ (Protocol) จากการประชุม Convention on Long-range Transboundary Air Pollution⁽¹⁾ มีหลักฐานเชิงประจักษ์ทำให้มีการแก้ไขปรับปรุง Convention's 1999 Gothenburg Protocol เพื่อลดเรื่อง Acidification, Eutrophication และโอโซนในระดับพื้นดิน และหลักฐานของมลพิษทางอากาศที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ ปัจจุบัน Executive Body of the Convention รับรองการปรับปรุง Convention's 1999 Gothenburg Protocol เพื่อลดเรื่อง Acidification, Eutrophication และโอโซนในระดับพื้นดิน และจากการเจรจาต่อรองเป็นเวลายาวนานปี ก็ได้รับรองพิธีสารเกี่ยวกับการลดการปล่อยมลพิษทางอากาศเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของ UNECE ในปี 2020 ซึ่งในข้อตกลงดังกล่าว รวมถึงการลด PM 2.5 และผงคาร์บอนดำ (Black carbon) ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพและการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศของโลก (Climate Change)⁽²⁾

ฝุ่นละอองขนาดเล็กคืออะไร

ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Particle Matter หรือ PM) คือมลพิษทางอากาศที่อยู่ในรูปของอนุภาคที่ประกอบด้วยส่วนผสมทั้งของแข็งและของเหลวที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ ประกอบด้วยฝุ่นขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนที่เรียกว่า PM 10 และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนที่เรียกว่า PM 2.5 (Fine PM) นอกจากนี้ยังประกอบด้วยฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมครอน ที่เรียกว่า ultrafine particle ในพื้นที่ส่วนใหญ่ของยุโรปนั้น PM 2.5 จะเป็นสัดส่วนร้อยละ 50-70 ของ PM 10

ฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีขนาด 0.1- 1 ไมครอนนั้นสามารถลอยอยู่ในอากาศได้นานหลายวันหรือหลายสัปดาห์ และสามารถเคลื่อนย้ายไปได้ไกลข้ามพรมแดนได้

ฝุ่นละอองขนาดเล็ก เป็นส่วนผสมที่มีคุณสมบัติทั้งทางด้านฟิสิกส์ และทางเคมีขึ้นกับสถานที่ องค์ประกอบทางเคมี ประกอบด้วย ซัลเฟต ไนเตรท แอมโมเนีย หรือเป็นไอออนของสารอนินทรีย์ เช่น ไอออนของโซเดียม โปตัสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และคลอไรด์ หรือเป็นสารคาร์บอนทั้งคาร์บอนอินทรีย์ หรือธาตุคาร์บอน หรือเป็นอนุภาคที่รวมตัวกับน้ำ หรือเป็นโลหะ (ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง นิกเกิล วานาเดียม และสังกะสี) หรือเป็นสารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (PAH) นอกจากนี้สารทางชีววิทยา ได้แก่ สารภูมิแพ้ หรือเชื้อโรคต่างๆก็สามารถที่จะพบได้ใน PM

ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM) มาจากไหน

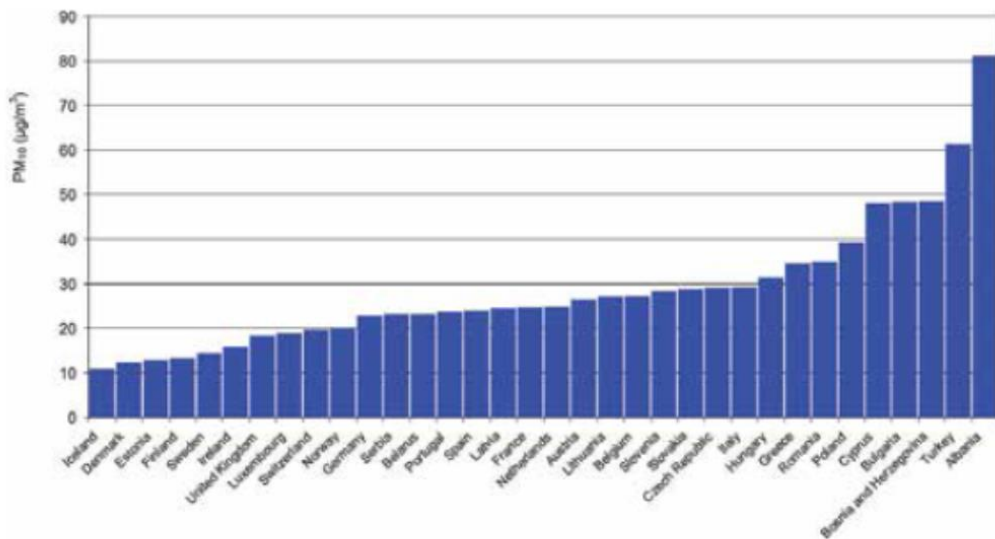
ฝุ่นละอองขนาดเล็ก คืออนุภาคที่จะถูกปล่อยออกมาทางอากาศโดยตรง (เรียกว่าฝุ่นละอองขนาดเล็กแบบปฐมภูมิ) หรือถูกประกอบขึ้นในบรรยากาศจากสารตั้งต้นที่เป็นก๊าซ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือ ออกไซด์ของไนโตรเจน หรือ แอมโมเนีย หรือสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ที่ไม่ใช่มีเทน (เรียกว่าฝุ่นละอองขนาดเล็กแบบทุติยภูมิ) ซึ่งฝุ่นละอองขนาดเล็กทั้ง 2 ประเภทอาจเกิดจากการกระทำของมนุษย์หรือเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติก็ได้ การกระทำของมนุษย์ได้แก่ การเผาไหม้ เครื่องจักร (ทั้งเครื่องจักรที่ใช้น้ำมันดีเซลหรือน้ำมันดิบ) เชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง (ได้แก่ ถ่านหิน ลิกไนท์ หรือ น้ำมันชนิดหนัก หรือ โบอิแมส) การเผาไหม้เพื่อผลิตพลังงานในบ้านเรือนและในอุตสาหกรรม หรือกิจกรรมทางอุตสาหกรรมอื่นๆ (การก่อสร้าง การทำเหมืองแร่ การผลิตปูนซีเมนต์ เซรามิค หรืออิฐ หรือการหลอมโลหะ) การสึกกร่อนของพื้นถนนจากการใช้รถ หรือการเสียดสีระหว่างผ้าเบรคกับยางรถยนต์ การเกษตรเป็นแหล่งกำเนิดหลักของแอมโมเนีย ฝุ่นละอองขนาดเล็กแบบทุติยภูมิ ที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างก๊าซที่เป็นมลพิษซึ่งเป็นผลผลิตของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของไนโตรเจนออกไซด์ (ส่วนใหญ่ถูกปล่อยออกมาจากการจราจรและกระบวนการทางอุตสาหกรรม) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีกำมะถันเป็นส่วนประกอบ) ฝุ่นละอองขนาดเล็กแบบทุติยภูมิส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนหรือเรียกว่า PM 2.5 ดินและฝุ่นที่แขวนลอยอยู่ในอากาศเป็นแหล่งกำเนิด ฝุ่นละอองขนาดเล็ก โดยเฉพาะพื้นที่แห้งแล้งที่ลมพัดฝุ่นให้ปลิวไปเป็นระยะทางไกล เช่นจากทะเลทรายซาฮาราไปยังยุโรปตอนใต้



ระดับและแนวโน้มของ PM ในยุโรป

ระบบข้อมูลข่าวสารทางด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพขององค์การอนามัยโลก (WHO Environment and Health Information System (ENHIS)) ได้นำเสนอข้อมูลของประชากรที่สัมผัส PM10 โดยแสดงในรูปของระดับความเข้มข้นของ PM10 ที่เป็นค่าเฉลี่ยรายปี ของ 403 เมือง ใน 34 ประเทศในยุโรป ในปี 2010 ซึ่งมีเพียง 9 จาก 34 ประเทศ ที่มีระดับ PM10 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่องค์การอนามัยโลกแนะนำ (WHO Air Quality Guideline หรือ AQG) คือไม่เกิน 20 ไมโครกรัม/ลบ.ม โดยเกือบร้อยละ 83 ของผู้ที่อาศัยอยู่ในเมืองที่สัมผัสกับความเสียหายจาก PM 10 ที่เกินค่ามาตรฐานที่ WHO แนะนำ ซึ่งเป็นสัดส่วนที่สูง โดยระดับดังกล่าวจะดีขึ้นกว่าปีที่ผ่านมา แต่ระดับของ PM 10 ก็ลดลงอย่างช้าๆ ในหลายประเทศในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา

Fig. 1.
Population-weighted annual mean PM₁₀ in cities by WHO European Member State, 2010



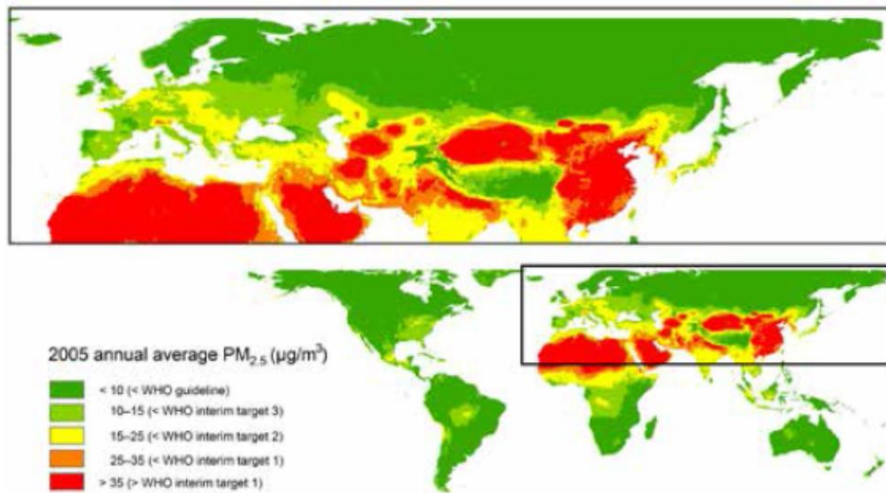
Source: WHO Regional Office for Europe (4).

นอกจากนี้ระบบการกำกับติดตาม PM10 และ PM2.5 ก็มีข้อจำกัดในประเทศในแถบยุโรปตะวันออก คอเคซัส และเอเชียกลาง (Eastern Europe Caucasus and Central Asia หรือ EECCA) เนื่องจากมีสถานีตรวจอากาศจำนวนน้อย ใน เบลารุส รัสเซีย อุซเบกิสถาน (มีสถานีตรวจอากาศอยู่ 2 แห่งคือ ทาชเคนท์ และนูกัส) ข้อมูลเบื้องต้นในอุซเบกิสถาน พบว่าระดับ PM 10 และ PM 2.5 นั้นอยู่ในระดับสูงเมื่อเทียบกับเมืองอื่นๆที่มีสถานีตรวจอากาศที่เพียงพอ ซึ่งในเมืองนูกัส ปริมาณฝุ่นที่มากเกิดจากพายุทราย (ซึ่งพบมากในบริเวณนี้) ส่วนที่เมืองทาชเคนท์นั้นสาเหตุหลักน่าจะมาจากการเผาไหม้ เชื้อเพลิงจากแหล่งต่างๆ

กระบวนการที่เหมาะสมในการประเมินระดับและแนวโน้มของฝุ่นละอองขนาดเล็กในแถบประเทศ EECCA ต้องการทั้งการติดตาม PM10 และ PM 2.5 ที่มีสถานีตรวจครอบคลุมในหลายพื้นที่ การประเมินความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก ต้องติดตามทุกชั่วโมงใน 365 วันใน 1 ปี ด้วยวิธีที่ได้มาตรฐาน ความรู้ที่ได้จากปริมาณการตรวจเกี่ยวกับแหล่งที่มาและระดับความเข้มข้นรวมถึงแนวโน้มในการปล่อยของเสียจากแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองขนาดเล็ก และก๊าซที่เป็นสารตั้งต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก มีบทบาทสำคัญในการค้นหากลยุทธ์ที่เหมาะสมในการควบคุมเพื่อลดความเสี่ยงจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก ในกรณีที่มีความขาดแคลนของข้อมูลทางภาคพื้นดิน ปัจจุบันข้อมูลจากดาวเทียมที่ใช้ระบบ

เซนเซอร์ร่วมกับการใช้แบบจำลองประกอบกับข้อมูลทางภาคพื้นดิน สามารถใช้ในการประเมินการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กในระดับประเทศได้ การประมาณการความเข้มข้นของ PM 2.5 โดยการใช้เทคนิคนี้ได้ถูกนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ Global Burden of Diseases, Injuries and Risk Factors Project ⁽⁵⁾ ซึ่งการพัฒนาวิธีการนี้รวมถึงความถูกต้องขึ้นกับปริมาณข้อมูลในระดับพื้นดินในทุกภูมิภาคของโลก

Fig. 2.
Estimated 2005 annual average PM_{2.5} concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), presented according to the WHO AQG and interim target values



Source: Michael Brauer, personal communication based on (5).

อะไรคือผลกระทบต่อสุขภาพของฝุ่นละอองขนาดเล็ก

PM 10 และ PM 2.5 สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจผ่านการหายใจ โดยผลกระทบจากการหายใจเอาฝุ่นละอองขนาดเล็กเข้าไปในระบบทางเดินหายใจได้รับการศึกษาและตีพิมพ์แล้วมากมาย ทั้งการสัมผัสในระยะสั้น (ชั่วโมงหรือวัน) หรือระยะยาว (เป็นเดือน หรือปี) ได้แก่

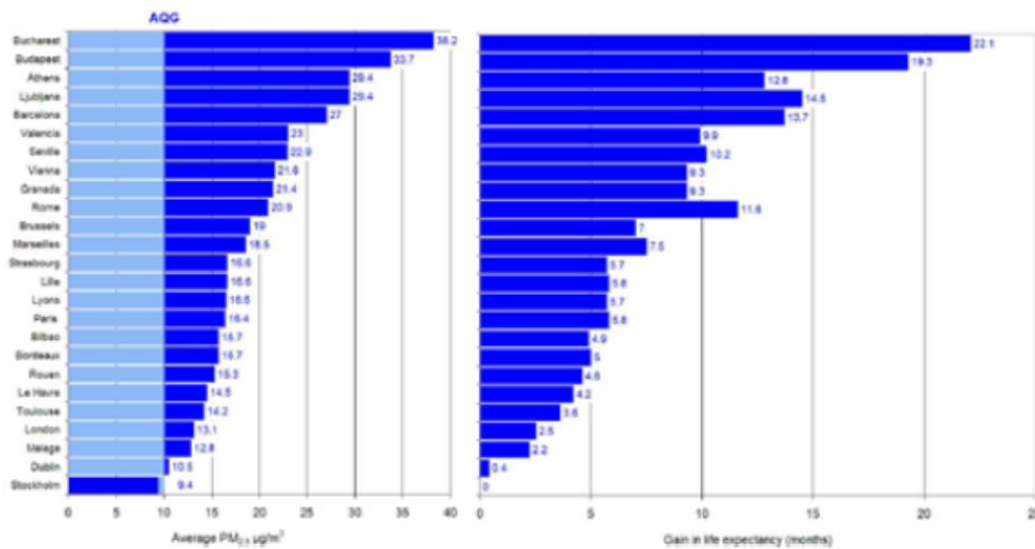
- การเจ็บป่วยของโรคระบบทางเดินหายใจ และระบบหัวใจและหลอดเลือด ได้แก่ การทำให้อาการของโรคหอบหืดแย่ลง การเพิ่มขึ้นของอาการหรืออาการแสดงของระบบทางเดินหายใจ และทำให้ระยะเวลาการอยู่โรงพยาบาลยาวนานขึ้น
 - การตายจากโรคของระบบหัวใจและหลอดเลือด และโรคของระบบทางเดินหายใจและมะเร็งปอดเพิ่มมากขึ้น
- มีหลักฐานของผลกระทบระยะสั้นต่อการสัมผัส PM10 ต่อระบบทางเดินหายใจ (แต่ไม่มีหลักฐานว่าอัตราการตายเพิ่มมากขึ้นเมื่อสัมผัสระยะสั้น) แต่สำหรับอัตราการตายนั้น พบว่าการสัมผัส PM 2.5 เป็นระยะเวลานาน เป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญมากกว่า PM 10 โดยประมาณการได้ว่า การตายในแต่ละวันจากทุกสาเหตุจะเพิ่มขึ้น 0.2-0.6% ในทุก 10 ไมโครกรัม/ลบ.ม ของ PM 10 ที่เพิ่มขึ้น^{(6),(7)} และการสัมผัส PM 2.5 เป็นเวลานานพบว่า อัตราการตายจากโรคระบบทางเดินหายใจและหัวใจจะเพิ่มขึ้น 6-13% ในทุกๆ 10 ไมโครกรัม/ลบ.ม ของ PM 2.5 ที่เพิ่มขึ้น^{(8),(9),(10)} กลุ่มอ่อนไหวที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคของระบบหายใจและหัวใจได้แก่ผู้สูงอายุและเด็ก โดยฝุ่นละอองขนาดเล็กจะส่งผลกระทบต่อการพัฒนาปอดในเด็ก รวมถึงการสูญเสียการทำงานของปอดอย่างชั่วคราวหรืออาจจะเป็นแบบเรื้อรัง โดยการลดการเจริญเติบโตของปอดส่งผลให้เกิดการสูญเสียการทำงานของปอดในระยะยาว⁽⁴⁾ ไม่มีหลักฐานว่าระดับของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ปลอดภัยเท่ากับเท่าไร หรือระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่น้อยที่สุดที่สัมผัสแล้วไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ โดยที่การสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กเกิดโดยที่เราไม่ได้ตั้งใจ มันจึงเพิ่มความสำคัญของปัจจัยกำหนดสุขภาพตัวนี้ แม้ในปัจจุบันเรายังไม่สามารถที่จะทราบว่า องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อสุขภาพที่แตกต่างกันอย่างไร⁽¹¹⁾ แต่ก็สามารถกล่าวได้ว่า ฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดจากการเผาไหม้ (จากเครื่องยนต์หรือในครัวเรือน) มีแบบแผนที่แน่นอนกว่าฝุ่นละอองขนาดเล็กจากแหล่งอื่นๆ⁽¹²⁾ ฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เป็นผงคาร์บอนดำ (Black Carbon) ที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ นอกจากจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพแล้วยังส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศของโลกด้วย องค์ประกอบหลายอย่างของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ติดกับผงคาร์บอนดำ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น สารอินทรีย์เช่นโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน หรือเรียกย่อว่า PAHs ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง นั้นมีผลเป็นพิษโดยตรงต่อเซลล์เหมือนกับโลหะหรือเกลือของสาร อินทรีย์ ปัจจุบันพบว่าไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซล (ส่วนใหญ่ที่ปล่อยออกมาอยู่ในรูปของอนุภาค) จัดเป็นสารก่อมะเร็ง (กลุ่ม 1)⁽³⁾ ต่อมนุษย์ ซึ่งกลุ่มดังกล่าวรวมถึง PAHs บางจำพวกและเชื้อเพลิงแข็งที่ใช้ในบ้านเรือน^{(14),(15)}

อะไรคือภาระโรค (Burden of Diseases) ที่เกี่ยวข้องกับฝุ่นละอองขนาดเล็ก

ประมาณการได้ว่า ร้อยละ 3 ของการตายจากมะเร็งของระบบหัวใจและทางเดินหายใจ และร้อยละ 5 ของมะเร็งปอดทั่วโลกเกี่ยวข้องกับฝุ่นละอองขนาดเล็ก ในภูมิภาคยุโรปอัตราการตายจะเท่ากับร้อยละ 1-3 และ ร้อยละ 2-5 ตามลำดับ ส่วนในภูมิภาคอื่นๆ⁽¹⁶⁾ ตัวเลขของ ภาระโรคที่สัมพันธ์กับมลพิษทางอากาศน่าจะสูงกว่านี้ การศึกษาที่ประมาณการว่ามีผู้เสียชีวิตในปี 2010 ที่เกิดจาก PM 2.5 ประมาณ 3.1 ล้านคน หรือเท่ากับร้อยละ 3.1 ของ ปีของการพิการหรือตายก่อนกำหนด (DALY)⁽¹⁷⁾ การสัมผัส PM 2.5 ทำให้อายุไขเฉลี่ยเมื่อแรกคลอดลดลงเฉลี่ย 8.6 เดือน ซึ่งความรู้จากการศึกษาเหล่านี้ต้องสื่อสารให้กับผู้กำหนดนโยบายที่เกี่ยวกับมลพิษทางอากาศและสุขภาพของประเทศต่างๆ จากการใช้วิธีการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพแบบดั้งเดิม บ่งชี้ว่า อายุไขเฉลี่ยเมื่อแรกคลอดในพื้นที่ที่มีมลพิษทางอากาศอยู่ในระดับสูงจะเพิ่มขึ้นได้มากถึง 20 เดือน ถ้าสามารถลดปริมาณของ PM 2.5 ในระยะยาวให้ลงมาในระดับมาตรฐานรายปี ที่องค์การอนามัยโลกแนะนำ (AQG) คือ 10 ไมโครกรัม/ลบม. ดัง fig 3

Fig. 3.

Predicted average gain in life expectancy (months) for people aged 30 years for a reduction in average annual levels of PM_{2.5} down to the WHO AQG annual mean level of 10µg/m³ in 25 European cities participating in the Aphekom project



Source: based on Medina (18).|

WHO AQGs มาตรฐานคุณภาพอากาศของ WHO

การทบทวนค่าของมาตรฐานคุณภาพอากาศล่าสุด เป็นดังนี้

- ค่ามาตรฐาน PM_{2.5}: 10 ไมโครกรัม/ลบ.ม สำหรับค่าเฉลี่ยรายปี และ 25 ไมโครกรัม/ลบ.ม สำหรับค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง โดยทั้งปีต้องไม่เกินค่ามาตรฐานนี้ ไม่มากกว่า 3 วันต่อปี)
- ค่ามาตรฐาน PM₁₀: 20 ไมโครกรัม/ลบ.ม สำหรับค่าเฉลี่ยรายปี และ 50 ไมโครกรัม/ลบ.ม สำหรับค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง

นอกจากค่าดังกล่าวแล้ว องค์การอนามัยโลกได้กำหนดค่าระหว่างกลางเพื่อให้สามารถค่อยๆบรรลุเป้าหมายในพื้นที่ที่มีภาวะมลพิษอยู่ในระดับสูง ในกรณีที่สามารถบรรลุเป้าหมายที่ WHO แนะนำแล้ว จะส่งผลทำให้สามารถลดความเสี่ยงต่อสุขภาพทั้งแบบฉับพลันและแบบเรื้อรังที่เกิดจากมลพิษทางอากาศ การติดตามความก้าวหน้าของการบรรลุเป้าหมายดังกล่าวเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องทำ ปัจจุบันยังไม่สามารถระบุปริมาณความเข้มข้นของ PM ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เพราะฉะนั้นค่าเป้าหมายที่กำหนดจึงไม่ได้ระบุว่าเป็นค่าปลอดภัยหรือไม่ปลอดภัย แต่ระบุว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้กับค่าที่บรรลุเป้าหมายในการลดผลกระทบต่อสุขภาพภายใต้บริบทของข้อจำกัดของแต่ละพื้นที่ ปัจจุบัน WHO ได้พัฒนามาตรฐานของคุณภาพอากาศสำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิงสำหรับการปรุงอาหาร การให้ความร้อนและแสงสว่าง โดยได้กำหนดข้อเสนอแนะสำหรับเชื้อเพลิงที่ใช้ในบ้านเรือนและเทคโนโลยีที่สามารถทำให้เกิดความก้าวหน้าจนสามารถบรรลุ AQGs

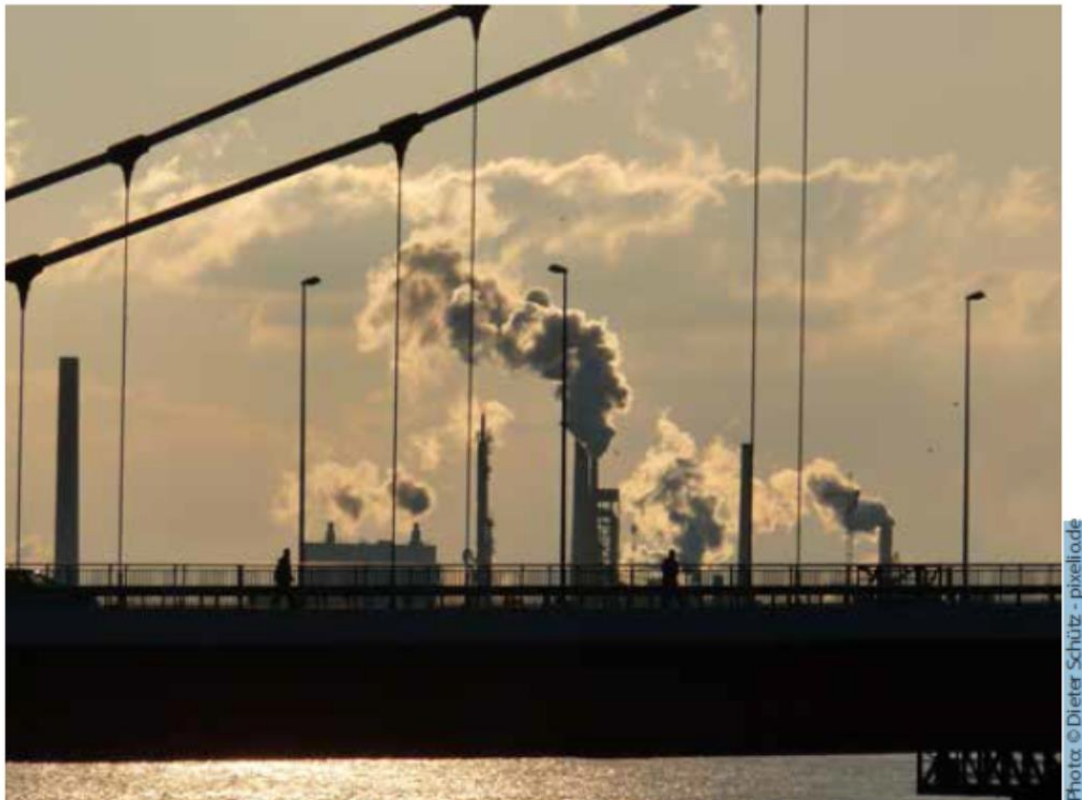


Photo: ©Dieter Schütz - pixellode

หลักฐานทางวิชาการที่เกี่ยวกับผลการปรับปรุงคุณภาพอากาศ

มีหลักฐานทางวิชาการที่เชื่อถือได้ ระบุว่าการลดระดับของมลพิษทางอากาศ โดยติดตามโครงการระยะยาวที่ดำเนินการอย่างยั่งยืน ส่งผลให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพของประชาชนภายใน 1-2 ปี หลังจากทีลดมลพิษทางอากาศ มีหลายโครงการที่ได้ผ่านการประเมินว่ามีความเชื่อถือได้^{(19),(20)} ซึ่งได้นำมาสรุปได้ดังตัวอย่างด้านล่าง

การติดตาม 6 เมืองในสหรัฐอเมริกา (การศึกษาของ Harvard)

ทำการติดตามประชากรผู้ใหญ่ที่อาศัยอยู่ใน 6 เมืองของสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ 1974-2009 เพื่อที่จะคาดคะเนผลของมลพิษทางอากาศและอัตราการตาย สรุปในภาพรวม พบว่า ความเข้มข้นของ PM 2.5 ได้ลดลงจนต่ำกว่า 15 ไมโครกรัม/ลบ.ม ในปี 2000 (ยกเว้น 1 เมืองที่ความเข้มข้นของ PM 2.5 ต่ำกว่า 18 ไมโครกรัม/ลบ.ม) ผลการศึกษาพบว่า ทุกๆ 2.5 ไมโครกรัม/ลบ.ม ของการลดลงของ PM 2.5 สามารถลดอัตราการตายจากทุกสาเหตุลงได้ร้อยละ 3.5^{(21),(22),(23)} ผลการศึกษายังสามารถแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัส PM 2.5 ในระยะยาวกับอัตราการตายจากทุกสาเหตุ, อัตราการตายจากโรคหัวใจและหลอดเลือด และอัตราการตายจากมะเร็งปอด โดยสามารถเห็นผลดีต่อสุขภาพที่ความเข้มข้นของ PM 2.5 ในระดับต่างๆ ผลการศึกษายังพบว่าระยะเวลาที่สามารถเห็นผลต่อสุขภาพนั้นเพียง 1 ปีเท่านั้นในการลดการตายจากทุกสาเหตุ หรือจะอนุมานได้ว่า ผลดีต่อสุขภาพนั้นเกิดขึ้นที่หลังจากที่ทำการลดมลพิษลงมีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษานี้แต่ใช้ชุดข้อมูลที่แตกต่างกัน พบว่า การลด PM 2.5 ในประเทศสหรัฐอเมริกาในปี 1980 และในปี 1990 สามารถลดระดับ PM 2.5 ลงได้ร้อยละ 15 สามารถเพิ่มอายุไขเฉลี่ยเมื่อแรกคลอดในช่วงเวลาดังกล่าวได้ถึง 2.7 ปี⁽²⁴⁾

การลดการปล่อยมลพิษทางอากาศในระยะสั้นในสหรัฐอเมริกา

การหยุดงานประท้วงของโรงหลอมทองแดงในปี 1967-1968 ใน 4 รัฐของสหรัฐอเมริกา และการปิดโรงงานถลุงเหล็ก บริเวณหุบเขายูทาห์ (Utah Valley) และเปิดใหม่ ในปี 1986-1987 เป็น 2 ตัวอย่างที่เกิดขึ้นโดยไม่ได้วางแผนไว้ แต่ส่งผลดีต่อสุขภาพเนื่องจากการลดระดับของมลพิษทางอากาศในพื้นที่ทั้ง 2 แห่ง

กรณีที่ 1 การประท้วงของโรงหลอมทองแดง ทำให้ลดระดับของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ไปได้ร้อยละ 60 ในช่วงเวลา 8 เดือนของการลดระดับของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) สามารถลดอัตราการตายลงไปได้ร้อยละ 2.5⁽²⁵⁾

กรณีที่ 2 การปิดโรงถลุงเหล็กในหุบเขายูทาห์ ซึ่งโรงงานเป็นแหล่งปล่อยมลพิษทางอากาศที่สำคัญคือ PM₁₀ การปิดโรงงานเป็นเวลา 13 เดือนทำให้สามารถลดระดับ PM₁₀ ไปได้เกือบร้อยละ 50 ในระหว่างที่ปิดโรงงาน⁽²⁶⁾ ในช่วงฤดูหนาว เมื่อเปรียบเทียบกับฤดูหนาวของปีก่อนหน้าที่ยังเปิดโรงงานอยู่ การรับผู้ป่วยไว้นอนรักษาตัวในโรงพยาบาลของเด็กลดลงประมาณ 3 เท่า การรับเข้ารับรักษาตัวในโรงพยาบาลจากโรงหลอมถลุงเหล็ก และหอบหืดได้ลงครึ่งหนึ่งในช่วงที่โรงงานถูกปิด และมีรายงานว่า จำนวนการตายในแต่ละวันได้ลดลงร้อยละ 3.2 ในช่วงเวลาเดียวกับที่มีการลดระดับของ PM₁₀ ลงเหลือ 15 ไมโครกรัม/ลบ.ม. ซึ่งเป็นช่วงที่ปิดโรงงาน และมีความสัมพันธ์อย่างสูงระหว่างการลด PM₁₀ กับการลดอัตราการตายจากโรคระบบทางเดินหายใจ⁽²⁷⁾

การศึกษาสุขภาพของระบบทางเดินหายใจกับมาตรการการลดมลพิษทางอากาศของสวีทเซอร์แลนด์

การศึกษาของสวีทเซอร์แลนด์เกี่ยวกับมลพิษทางอากาศกับโรคปอดในผู้ใหญ่ โดยการประเมินโรคปอดในผู้ใหญ่ใน 8 ชุมชนของสวีทเซอร์แลนด์ในปี 1991 และอีกครั้งในปี 2002 ทำการประเมินการสัมผัส PM 10 ภายนอกบ้าน ในปี 2002 มีค่าเฉลี่ยของ PM 10 เท่ากับ 6.2 ไมโครกรัม/ลบ.ม โดยมีพิสัยเท่ากับ 3-35 ไมโครกรัม/ลบ.ม ขึ้นกับแต่ละชุมชน การลดระดับของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM 10) สัมพันธ์กับการลดลงของรายงานเกี่ยวกับอาการของระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ การไอทั้งแบบฉับพลันและแบบเรื้อรัง การมีเสมหะมาก การหายใจมีเสียงวี๊ดเนื่องจากหลอดลมหดตัว หรือการหายใจลำบาก^{(28),(29)} ในส่วนของการแยกวิเคราะห์เฉพาะเด็กจาก 9 ชุมชนระหว่างปี 1992 และ 2001 โดยศึกษาเกี่ยวกับโรคภูมิแพ้ในเด็ก และอาการของระบบทางเดินหายใจที่สัมพันธ์กับมลพิษทางอากาศ สภาพการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก และละอองเกสร ระดับของ PM 10 ที่ลดลงจะสัมพันธ์กับของอาการหลายอย่างที่เกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ รวมถึงการไอเรื้อรัง หลอดลมอักเสบ เป็นหวัด การไอแห้งๆในตอนกลางคืน และอาการของเยื่อตาอักเสบ⁽³⁰⁾ จากการศึกษาที่พิสูจน์ให้เห็นว่าการปรับปรุงคุณภาพอากาศจะเกิดประโยชน์ต่อระบบทางเดินหายใจทั้งในเด็กและผู้ใหญ่

ความสำเร็จของโครงการดังกล่าว แสดงให้เห็นการลดของระดับ PM10 ซึ่งถือเป็นมลพิษทางอากาศ ทำให้การลดอัตราการตายจากทุกสาเหตุ ลดอัตราการตายจากโรคของระบบทางเดินหายใจและระบบหัวใจและหลอดเลือด และประโยชน์ต่อสุขภาพเกิดขึ้นในทุกระดับของการลดมลพิษทางอากาศ ซึ่งควรที่จะเสนอแนะทางนโยบายในการลด PM 10 อย่างต่อเนื่องเพื่อให้เกิดประโยชน์ทั้งต่อสุขภาพทั้งสุขภาพส่วนบุคคลและสุขภาพของสาธารณะ



Photo © Uwe R. Dietz - pixellade

การบริหารและนโยบาย คุณภาพอากาศ

มากกว่าร้อยละ 80 ของมลพิษทางอากาศเกิดจาก ฝุ่นละอองขนาดเล็ก และสามารถลดได้ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบัน⁽³¹⁾ การลดมลพิษทางอากาศโดยทั่วไปหรือลดฝุ่นละอองขนาดเล็กได้ต้องบูรณาการการทำงานร่วมกันระหว่างภาคส่วนสาธารณสุข ภาคอุตสาหกรรมและภาคประชาชนทั้งในระดับชาติ ระดับภูมิภาค และระดับระหว่างประเทศ โดยทำทั้งเรื่องสิ่งแวดล้อม การคมนาคม การวางแผนเมือง การสาธารณสุข ที่อยู่อาศัย และการใช้พลังงาน เนื่องจากผลกระทบต่อสุขภาพของมลพิษทางอากาศนั้นมีผลอย่างมีนัยสำคัญแม้ในความเข้มข้นของมลพิษจะอยู่ในระดับที่ต่ำ การบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพเป็นสิ่งจำเป็นในการลดความเสี่ยงทางสุขภาพให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

การพัฒนาและการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารทั้งด้านนโยบาย กลยุทธ์ และมาตรการทางเทคนิคที่จะลดการปล่อยมลพิษ ณ แหล่งกำเนิดเป็นส่วนหนึ่งของหลักการพื้นฐานของการประชุม Convention on Long-range Transboundary Air Pollution คณะทำงานเกี่ยวกับการจัดทำกลยุทธ์และการทบทวนการประชุม โดยเฉพาะกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในเรื่องประเด็นเทคนิคและเศรษฐศาสตร์⁽³²⁾ ได้จัดทำฐานข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในการลดมลพิษและต้นทุนที่ใช้ ซึ่งตัวอย่างของการทำงานของคณะทำงานนี้ได้แก่ รายงานสรุปความก้าวหน้าในการลดการปล่อยมลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้เครื่องยนต์ขนาดเล็ก⁽³³⁾ เกิดผลประโยชน์ร่วมกันในการให้ความสำคัญเกี่ยวกับมลพิษที่เกิดจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก ซึ่งนอกเหนือจากประโยชน์ทางสุขภาพแล้ว การลดการปล่อยผงคาร์บอนดำจากกลยุทธ์การลดปัญหา (Mitigation Strategy) ที่เกิดจากการเผาไหม้ยังสามารถลดปัญหาในเรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก⁽³⁴⁾

ท้ายที่สุด การบูรณาการนโยบายในการวางแผนเมืองและการเดินทางสามารถที่จะส่งเสริมการเดินทางด้วยวิธีที่สะอาด รวมถึงการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมส่วนบุคคลด้วยการเดิน ขี่จักรยาน หรือใช้รถสาธารณะหรือขนส่งมวลชน นโยบายดังกล่าวส่งเสริมให้เกิดทั้งอากาศสะอาดและการมีกิจกรรมทางกาย และจะส่งผลดีต่อสุขภาพในท้ายที่สุด

สรุป

ฝุ่นละอองขนาดเล็กเป็นมลพิษทางอากาศที่มีอยู่ทุกที่ที่มีคนอยู่ ผลกระทบต่อสุขภาพของทั้ง PM₁₀ และ PM_{2.5} ได้มีการศึกษาที่ได้ตีพิมพ์และเป็นที่ยอมรับมากมาย ปัจจุบันยังไม่มีหลักฐานว่าระดับของ PM₁₀ และ PM_{2.5} ที่สัมผัสแล้วยังปลอดภัยเท่ากับเท่าไร แต่มีการศึกษาที่พบว่าแม้ PM ในระดับต่ำก็ยังสามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพ การจัดการอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้มีคุณภาพอากาศที่ดี โดยมีเป้าหมายในการบรรลุเป้าหมายขององค์การอนามัยโลกที่เรียกว่า WHO Air Quality Guideline หรือ WHO AQG เป็นเรื่องที่สำคัญเพื่อที่จะลดความเสี่ยงต่อสุขภาพให้ลงมาอยู่ในระดับที่ต่ำที่สุด การกำกับติดตาม PM₁₀ และ PM_{2.5} จำเป็นต้องปรับปรุงในหลายประเทศเพื่อให้สามารถประเมินการสัมผัสมลพิษทางอากาศของประชาชน และช่วยให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาแผนงาน/โครงการที่จะปรับปรุงคุณภาพอากาศ

มีหลักฐานทางวิชาการบ่งบอกว่า การลดระดับฝุ่นละอองขนาดเล็ก ด้วยโครงการที่ดำเนินการต่อเนื่องอย่างยั่งยืน จะส่งผลดีต่อสุขภาพของประชาชน ซึ่งสามารถเห็นผลดีต่อสุขภาพในทุกระดับของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่สามารถลดลงได้ ฝุ่นละอองขนาดเล็กสามารถลดลงได้โดยใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดย

1. การใช้มาตรการทางกฎหมาย โดยเข้มงวดต่อการดำเนินการตามมาตรฐานคุณภาพอากาศ การลดการปล่อยมลพิษที่แหล่งกำเนิด

2. การเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้าง เช่น การลดการใช้พลังงาน โดยเฉพาะพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง เปลี่ยนวิธีการเดินทางหรือขนส่ง และการวางแผนการใช้ที่ดิน)
3. การเปลี่ยนพฤติกรรมบุคคล เช่น การเดินทางด้วยวิธีที่กระทบต่อคุณภาพอากาศน้อยที่สุด การปรับเปลี่ยนการใช้พลังงานภายในบ้าน เพื่อลดการใช้พลังงานและใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานสะอาด
4. ควบรวมการดำเนินการในเรื่องมลพิษทางอากาศและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกไปด้วยกัน โดยการลดในเรื่องผงดาร์บอนดำ ทำให้ลดทั้งมลพิษทางอากาศและลดโลกร้อนไปได้ในเวลาเดียวกัน



Photo © Klaus Sieves - pixellode

References

1. Convention on Long-range Transboundary Air Pollution [web site]. Geneva, United Nations Economic Commission for Europe, 2012 (<http://www.unece.org/env/lrtap/>, accessed 27 October 2012).
2. Janssen NAH et al. *Health effects of black carbon*. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2012 (<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environmentand-health/air-quality/publications/2012/health-effects-of-black-carbon>, accessed 28 October 2012).
3. AirBase: public air quality database [online database]. Copenhagen, European Environment Agency, 2012 (<http://www.eea.europa.eu/themes/air/airbase>, accessed 27 October 2012).
4. *Exposure to air pollution (particulate matter) in outdoor air*. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2011 (ENHIS Factsheet 3.3) (http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0018/97002/ENHIS_Factsheet_3.3_July_2011.pdf, accessed 28 October 2012).
5. Brauer M et al. Exposure assessment for estimation of the global burden of disease attributable to outdoor air pollution. *Environmental Science and Technology*, 2012, 46: 652–660.
6. *Air quality guidelines: global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2006 (<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/air-quality-guidelines.-global-update-2005.-particulate-matter,-ozone,-nitrogen-dioxide-and-sulfur-dioxide>, accessed 28 October 2012).

7. Samoli E et al. Acute effects of ambient particulate matter on mortality in Europe and North America: results from the APHENA Study. *Environmental Health Perspectives*, 2008,116(11):1480–1486.
8. Beelen R et al. Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR Study). *Environmental Health Perspectives*, 2008, 116(2):196–202.
9. Krewski D et al. *Extended follow-up and spatial analysis of the American Cancer Society linking particulate air pollution and mortality*. Boston, MA, Health Effects Institute, 2009 (HEI Research Report 140).
10. Pope CA III et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association*, 2002, 287(9): 1132–1141.
11. Stanek LW et al. Attributing health effects to apportioned components and sources of particulate matter: an evaluation of collective results. *Atmospheric Environment*, 2011,45:5655–5663.
12. *Health relevance of particulate matter from various sources*. Report of a WHO Workshop.Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2007 (www.euro.who.int/document/E90672.pdf, accessed 28 October 2012).
13. *IARC: diesel engine exhaust carcinogenic*. Lyons, International Agency for Research on Cancer, 2012 (Press release No. 213) (<http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/2012/mono105-info.php>, accessed 28 October 2012).
14. *Some non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons and some related exposures*. Lyons, International Agency for Research on Cancer, 2010 (IARC Monographs on the valuation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 92) (<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol92/mono92.pdf>, accessed 27 October 2012).
15. *Household use of solid fuels and high-temperature frying*. Lyons, International Agency for Research on Cancer, 2010 (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 95) (<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol95/mono95.pdf>,accessed 28 October 2012).
16. Cohen AJ et al. Urban air pollution. In: Ezzati M et al., eds. *Comparative quantification of health risks. Global and regional burden of disease attributable to selected major factors*. Geneva, World Health Organization, 2004, 2(17):1354–1433 (http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/cra/en/index.html, accessed 28 October 2012).
17. Lim SS et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*, 2012, 380: 2224-2260.
18. Medina S. *Summary report of the APHEKOM project 2008–2011*. Saint-Maurice Cedex, Institut de Veille Sanitaire, 2012 (www.endseurope.com/docs/110302b.pdf, accessed 28 October 2012).
19. Henschel S et al. Air pollution interventions and their impact on public health. *International Journal of Public Health*, 2012, 57(5):757–768 (DOI 10.1007/s00038-012-0369-6, accessed 28 October 2012).

20. Van Erp AM et al. Progress in research to assess the effectiveness of air quality interventions towards improving public health. *Air Quality and Atmospheric Health*, 2012, 5:217–230.
21. Dockery DW et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *The New England Journal of Medicine*, 1993, 329(24):1753–1759.
22. Laden F et al. Reduction in fine particulate air pollution and mortality: extended followup of the Harvard Six Cities Study. *American Journal for Respiratory Critical Care Medicine*, 2006, 173(6):667–672.
23. Lepeule J et al. Chronic exposure to fine particles and mortality: an extended follow-up of the Harvard Six Cities Study from 1974 to 2009. *Environmental Health Perspectives*, 2012, 120:965–970.
24. Pope CA III et al. Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States. *The New England Journal of Medicine*, 2009, 360:376–386.
25. Pope CA III et al. Mortality effects of a copper smelter strike and reduced ambient sulfate particulate matter air pollution. *Environmental Health Perspectives*, 2007, 115(5):679–683.
26. Pope CA III. Respiratory disease associated with community air pollution and a steel mill, Utah Valley. *American Journal of Public Health*, 1989, 79(5):623–628.
27. Pope CA III et al. Daily mortality and PM10 pollution in Utah Valley. *Archives of Environmental Health*, 1992, 47(3):211–217.
28. Downs SH et al. Reduced exposure to PM10 and attenuated age-related decline in lung function. *The New England Journal of Medicine*, 2007, 357:2338–2347.
29. Schindler C et al. Improvements in PM10 exposure and reduced rates of respiratory symptoms in a cohort of Swiss adults (SAPALDIA). *American Journal for Respiratory and Critical Care Medicine*, 2009, 179:1–9.
30. Bayer-Oglesby L et al. Decline of ambient air pollution levels and improved respiratory health in Swiss children. *Environmental Health Perspectives*, 2005, 113:1632–1637.
31. *Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution*. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2006 (www.euro.who.int/document/e88189.pdf, accessed 28 October 2012).
32. EGTEI Expert Group on Techno-Economic Issues [web site]. Geneva, United Nations Economic Commission for Europe, 2012 (http://citepaax.alias.domicile.fr/forums/egtei/egtei_index.htm, accessed 28 October 2012).
33. Economic and Social Council. *Techno-Economic issues. Report by the Co-Chairs of the Expert Group on Techno-economic Issues*. Geneva, United Nations Economic Commission for Europe, 2010 (ECE/EB.AIR/WG.5/2010/15) (http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2010/eb/wg5/wg47/ECE.EB.AIR.WG.5.2010.15_e.pdf, accessed 27 October 2012).
34. Schindell D et al. Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security. *Science*, 2012, 335(6065):183–189.