



Mahidol University
Faculty of Public Health

31 มกราคม 2568 เวลา 09:00 – 09:30 น.

การสร้างแบบจำลองการ พยากรณ์สุขภาพ

ผศ.ดร.อาทิตย์ โปธิศรี

Email: arthit.pho@mahidol.ac.th

อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม



การประเมินผลกระทบของมลพิษอากาศต่อสุขภาพ

Health impact assessment of air pollution is conducted in order to obtain the exposure-response functions for both short- and long-term effects depending on [available data](#).

1

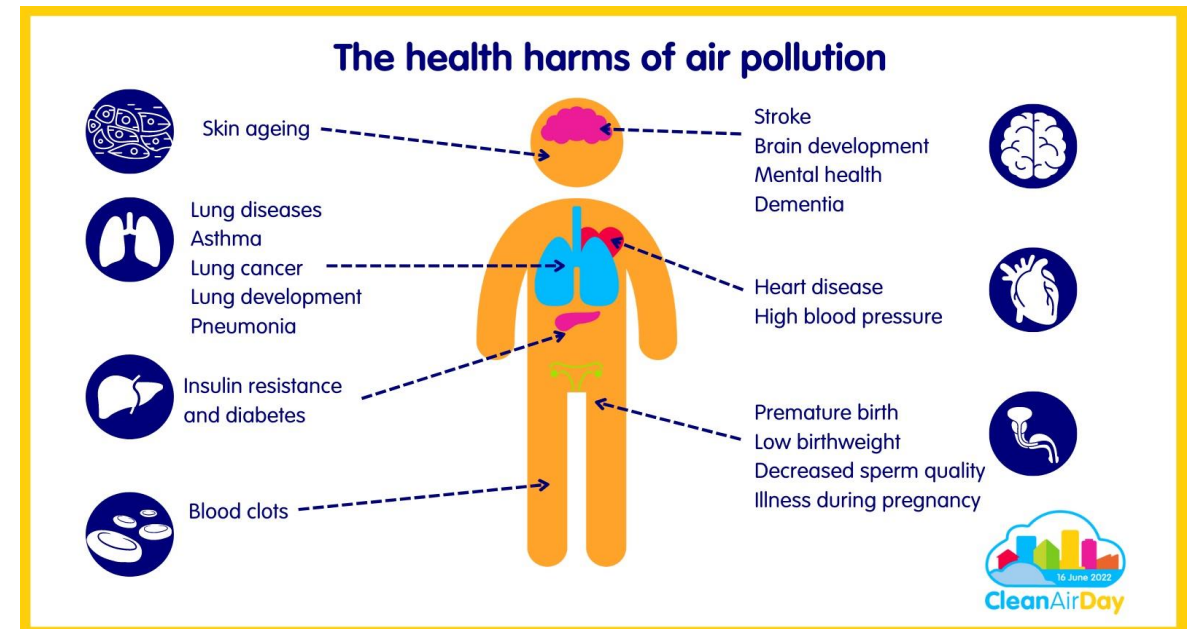
Health risk assessment

1. Data availability
2. Epidemiological designs (short- or long-term effect)
3. Statistical analyses with many potential confounders
4. Estimated risks

2

Health impact assessment

1. Available estimated risks
2. Public health burdens (morbidity or mortality)



ระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม



การประเมินผลกระทบของมลพิษอากาศต่อสุขภาพ

Short-term health effects of air pollution

DATA NEEDED!

1. Daily data on air pollution concentration

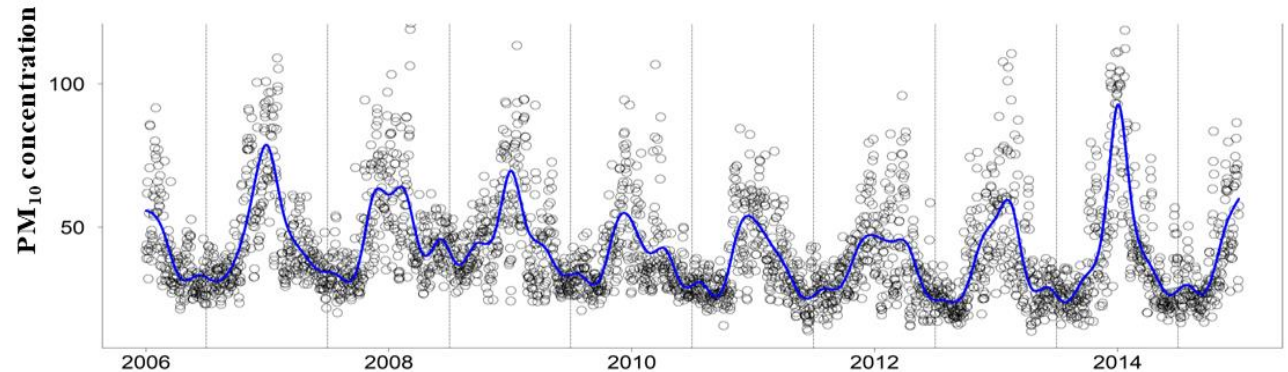
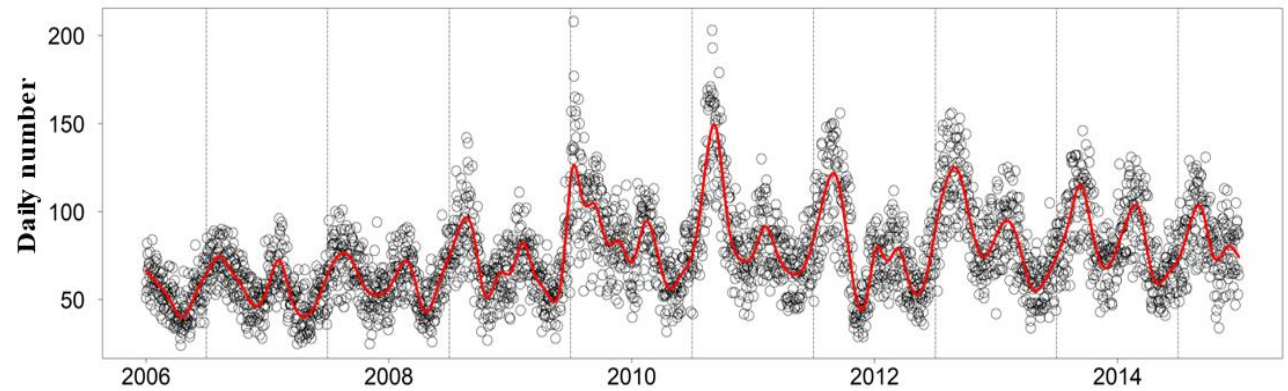
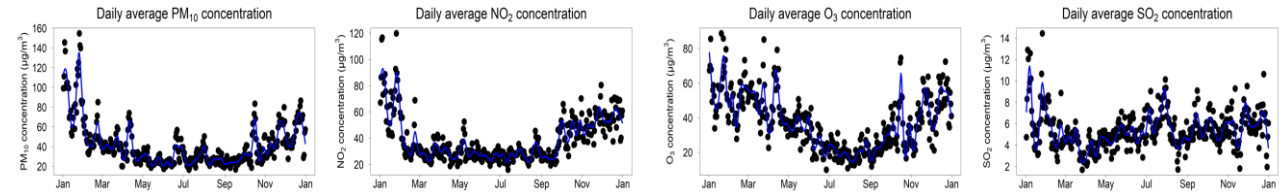
- Monitoring station
- Satellite remote sensing
- Spatial interpolation

2. Daily number of health outcome indicator

- Morbidity (hospital admission, emergency room visits)
- Mortality

*Routine record using the international classification of diseases: ICD-10

3. Daily data for many potential confounding factors



ระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม



การประเมินผลกระทบของมลพิษอากาศต่อสุขภาพ

Short-term health effects of air pollution

EPIDEMIOLOGICAL DESIGNS

1. Time-series regression analysis
2. Case-crossover analysis

$$Y_t \sim \text{Poisson}(\mu_t)$$

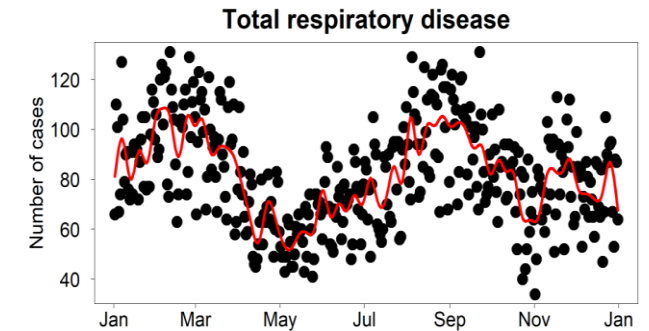
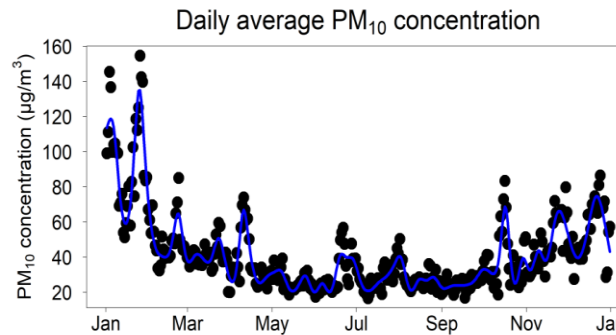
$$\log(\mu_t) = \alpha + \beta_1 Z_t + \text{ns}(\text{Temp}_t, \text{df}) + \text{ns}(\text{Humid}_t, \text{df}) + \text{ns}(\text{Time}_t, \text{df}) + \text{DOW}_t$$

หรือ

$$\log(E(Y)_t) = \alpha + \beta_1 Z_t + \text{ns}(\text{Temp}_t, \text{df}) + \text{ns}(\text{Humid}_t, \text{df}) + \text{ns}(\text{Time}_t, \text{df}) + \text{DOW}_t$$



Time-series regression analysis



$$Y_t \sim \text{Poisson}(\mu_t)$$

$$\text{Log}(\mu_t) = \alpha + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + \dots + \beta_n X_{nt}$$

Date	PM ₁₀	Respiratory	Temperature	Humidity	DOW
2023-01-01	65.586225	199	19.58	75.67	Sun
2023-01-02	58.876853	231	20.59	88.32	Mon
2023-01-03	49.707875	210	20.54	93.52	Tue
2023-01-04	53.401446	224	19.33	91.60	Wed
2023-01-05	67.603371	198	25.23	94.18	Thu

ระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม



การประเมินผลกระทบของมลพิษอากาศต่อสุขภาพ

Short-term health effects of air pollution

Date	PM ₁₀	Respiratory	Temperature	Humidity	DOW
2023-01-01	65.586225	199	19.58	75.67	Sun
2023-01-02	58.876853	231	20.59	88.32	Mon
2023-01-03	49.707875	210	20.54	93.52	Tue
2023-01-04	53.401446	224	19.33	91.60	Wed
2023-01-05	67.603371	198	25.23	94.18	Thu
2023-01-06	45.415846	180	29.09	92.60	Fri
2023-01-07	32.082940	188	28.18	93.89	Sat
2023-01-08	58.052420	168	27.52	77.52	Sun
2023-01-09	96.186887	223	29.22	81.32	Mon
2023-01-10	58.591539	201	28.32	85.40	Tue
2023-01-11	75.683654	204	28.99	92.60	Wed
2023-01-12	54.643187	184	29.76	94.18	Thu
2023-01-13	95.698017	191	29.18	91.64	Fri
2023-01-14	45.956482	181	22.29	82.82	Sat
2023-01-15	89.604238	194	22.23	83.33	Sun



Time-series regression analysis

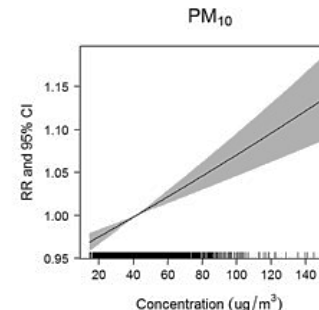
$$Y_t \sim \text{Poisson}(\mu_t)$$

$$\log(\mu_t) = \alpha + \beta_1 PM_t + ns(\text{Temp}_t, df) + ns(\text{Humid}_t, df) + ns(\text{Time}_t, df) + DOW_t$$

$$\log(RR) = \beta$$

$$RR = \exp(\beta) \quad \text{Concentration-response relationship}$$

$$\text{Percent change} = (RR - 1) * 100$$



ระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม



การประเมินผลกระทบของมลพิษอากาศต่อสุขภาพ

Short-term health effects of air pollution

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	1	2	3	4

Original data

Date	PM ₁₀	Respiratory	Temperature	Humidity	DOW
2023-01-02	58.876853	231	20.59	88.32	Mon
2023-01-09	96.186887	223	29.22	81.32	Mon
2023-01-16	92.592488	201	23.45	92.15	Mon
2023-01-23	42.594681	188	30.18	91.89	Mon
2023-01-30	68.256481	168	25.52	87.52	Mon



Case-crossover design

Case-crossover design เป็นวิธีวิจัยที่ใช้เพื่อศึกษาเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้น ๆ โดยเฉพาะเมื่อเหตุการณ์นั้นมีความสัมพันธ์กับปัจจัยเฉพาะที่เปลี่ยนแปลงได้ เช่น โรคหัวใจที่เกิดจากการสัมผัสมลพิษอากาศ นักวิจัยจะเปรียบเทียบสถานการณ์ของผู้ป่วยในช่วงเวลาที่เกิดเหตุการณ์กับช่วงเวลาที่ไม่ได้เกิดเหตุการณ์ในช่วงเวลาเดียวกันเพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยเสี่ยง การออกแบบนี้มักใช้เพื่อควบคุมผลกระทบของปัจจัยพื้นฐานที่คงที่ในผู้ป่วยแต่ละราย

Date	PM ₁₀	Respiratory	Temperature	Humidity	Case	Stratum
2023-01-02	58.87685	231	20.59	88.32	1	2023-01-02
2023-01-09	96.18688	231	29.22	81.32	0	2023-01-02
2023-01-16	92.59248	231	23.45	92.15	0	2023-01-02
2023-01-23	42.59468	231	30.18	91.89	0	2023-01-02
2023-01-30	68.25648	231	25.52	87.52	0	2023-01-02



ระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม



การประเมินผลกระทบของมลพิษอากาศต่อสุขภาพ

Short-term health effects of air pollution

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	1	2	3	4

Original data

Date	PM ₁₀	Respiratory	Temperature	Humidity	DOW
2023-01-02	58.876853	231	20.59	88.32	Mon
2023-01-09	96.186887	223	29.22	81.32	Mon
2023-01-16	92.592488	201	23.45	92.15	Mon
2023-01-23	42.594681	188	30.18	91.89	Mon
2023-01-30	68.256481	168	25.52	87.52	Mon



Case-crossover design

Date	PM ₁₀	Respiratory	Temperature	Humidity	Case	Stratum
2023-01-02	58.87685	223	20.59	88.32	0	2023-01-09
2023-01-09	96.18688	223	29.22	81.32	1	2023-01-09
2023-01-16	92.59248	223	23.45	92.15	0	2023-01-09
2023-01-23	42.59468	223	30.18	91.89	0	2023-01-09
2023-01-30	68.25648	223	25.52	87.52	0	2023-01-09

Date	PM ₁₀	Respiratory	Temperature	Humidity	Case	Stratum
2023-01-02	58.87685	201	20.59	88.32	0	2023-01-16
2023-01-09	96.18688	201	29.22	81.32	0	2023-01-16
2023-01-16	92.59248	201	23.45	92.15	1	2023-01-16
2023-01-23	42.59468	201	30.18	91.89	0	2023-01-16
2023-01-30	68.25648	201	25.52	87.52	0	2023-01-16

Date	PM ₁₀	Respiratory	Temperature	Humidity	Case	Stratum
2023-01-02	58.87685	188	20.59	88.32	0	2023-01-23
2023-01-09	96.18688	188	29.22	81.32	0	2023-01-23
2023-01-16	92.59248	188	23.45	92.15	0	2023-01-23
2023-01-23	42.59468	188	30.18	91.89	1	2023-01-23
2023-01-30	68.25648	188	25.52	87.52	0	2023-01-23

ระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม



การประเมินผลกระทบของมลพิษอากาศต่อสุขภาพ

Short-term health effects of air pollution

Date	PM ₁₀	Respiratory	Temperature	Humidity	DOW
2023-01-01	65.586225	199	19.58	75.67	Sun
2023-01-02	58.876853	231	20.59	88.32	Mon
2023-01-03	49.707875	210	20.54	93.52	Tue
2023-01-04	53.401446	224	19.33	91.60	Wed
2023-01-05	67.603371	198	25.23	94.18	Thu
2023-01-06	45.415846	180	29.09	92.60	Fri
2023-01-07	32.082940	188	28.18	93.89	Sat
2023-01-08	58.052420	168	27.52	77.52	Sun
2023-01-09	96.186887	223	29.22	81.32	Mon
2023-01-10	58.591539	201	28.32	85.40	Tue
2023-01-11	75.683654	204	28.99	92.60	Wed
2023-01-12	54.643187	184	29.76	94.18	Thu
2023-01-13	95.698017	191	29.18	91.64	Fri
2023-01-14	45.956482	181	22.29	82.82	Sat
2023-01-15	89.604238	194	22.23	83.33	Sun



Case-crossover design

Date	PM ₁₀	Respiratory	Temperature	Humidity	DOW	Case	Stratum
2023-01-01	65.586225	199	19.58	75.67	Sun	1	2023-01-01
2023-01-08	58.052420	199	27.52	77.52	Sun	0	2023-01-01
2023-01-15	89.604238	199	22.23	83.33	Sun	0	2023-01-01
2023-01-22	79.358455	199	25.64	93.25	Sun	0	2023-01-01
2023-01-29	69.365458	199	21.23	87.25	Sun	0	2023-01-01
2023-01-02	58.876853	231	20.59	88.32	Mon	1	2023-01-02
2023-01-09	96.186887	231	29.22	81.32	Mon	0	2023-01-02
2023-01-16	92.592488	231	23.45	92.15	Mon	0	2023-01-02
2023-01-23	42.594681	231	30.18	91.89	Mon	0	2023-01-02
2023-01-30	68.256481	231	25.52	87.52	Mon	0	2023-01-02
2023-01-03	49.707875	210	20.54	93.52	Tue	1	2023-01-03
2023-01-10	58.591539	210	28.32	85.40	Tue	0	2023-01-03
2023-01-17	56.365899	210	25.36	97.36	Tue	0	2023-01-03
2023-01-24	57.326589	210	29.25	82.13	Tue	0	2023-01-03
2023-01-31	78.326589	210	30.12	85.13	Tue	0	2023-01-03
.
.

ระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม



การประเมินผลกระทบของมลพิษอากาศต่อสุขภาพ

Short-term health effects of air pollution

$P_x \sim \text{Binomial}(n, p)$ where p_x is 1 if it is a case, and 0 otherwise

$$\text{logit}(p_x) = \alpha + \beta_1 Z_t + \text{ns}(\text{Temp}_t, \text{df}) + \text{ns}(\text{Humid}_t, \text{df})$$

$$\log\left(\frac{P_x}{1-P_x}\right) = \alpha + \beta_1 Z_t + \text{ns}(\text{Temp}_t, \text{df}) + \text{ns}(\text{Humid}_t, \text{df})$$

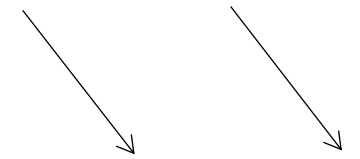
$$\log(\text{OR}) = \alpha + \beta_1 Z_t + \text{ns}(\text{Temp}_t, \text{df}) + \text{ns}(\text{Humid}_t, \text{df})$$



Case-crossover design

Conditional logistic regression model

$$\text{Log}\left(\frac{P_x}{1-P_x}\right) = \alpha + \beta_1 Z_t + \text{ns}(\text{Temp}_t, \text{df}) + \text{ns}(\text{Humid}_t, \text{df})$$



$$\log(\text{OR}) = \beta$$

$\text{OR} = \exp(\beta)$ Concentration-response relationship

Percent change = $(\text{OR} - 1) * 100$

ระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม



การประเมินผลกระทบของมลพิษอากาศต่อสุขภาพ

Long-term health effects of air pollution

DATA NEEDED!

1. Individual data on air pollution concentration

- Monitoring station
- Satellite remote sensing
- Spatial interpolation

2. Health outcome indicator

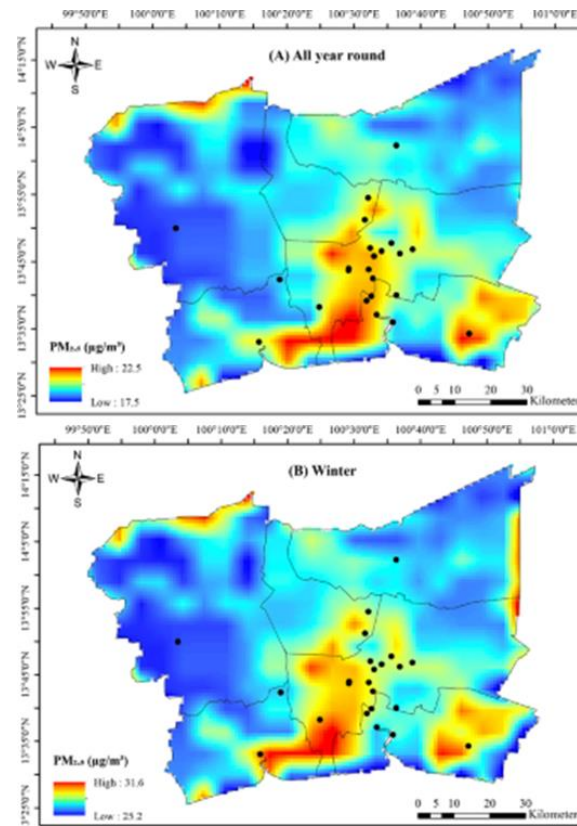
- Follow-up data (morbidity, mortality)

*Every single individual has been followed up for a certain periods of time

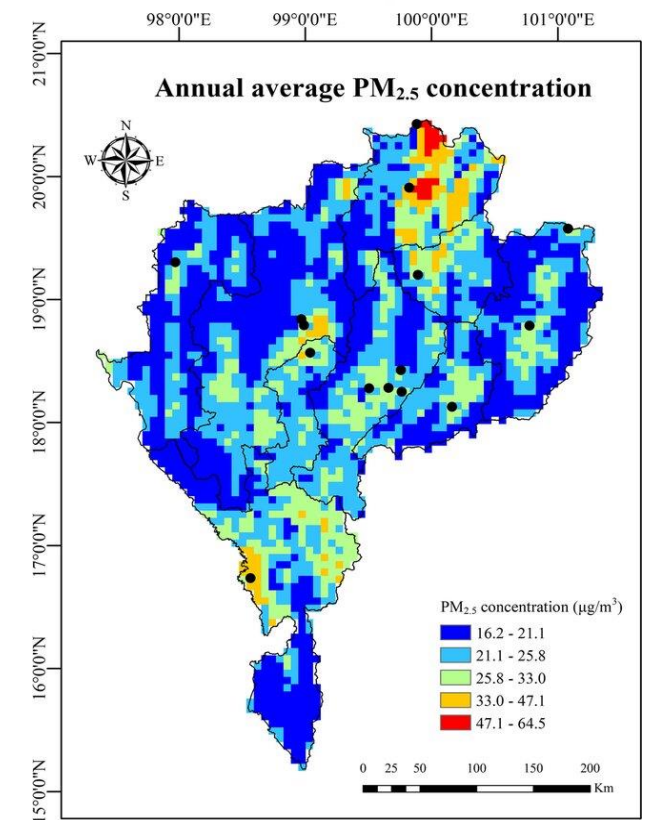
3. Individual characteristics that are considered potential confounders



1. Individual data on air pollution concentration



Peng-in et al., 2022



Wongnakae et al., 2023

ระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม



การประเมินผลกระทบของมลพิษอากาศต่อสุขภาพ

Long-term health effects of air pollution

3. Individual characteristics that are considered potential confounders

ตัวอย่างข้อมูล 1

No.	Time	Status	Age	Sex	Weight	PM _{2.5}
1						
2						
3						
4						
5						
6						
▪						
N						

2. Health outcome indicators

Follow-up data (morbidity, mortality)

Every single individual has been followed up for a certain periods of time

ตัวอย่างข้อมูล 2

N	Year	eGFR	PM ₁₀	O ₃	Age	Sex	BMI
1	2002						
1	2007						
1	2012						
2	2002						
2	2007						
2	2012						
3	2002						
3	2007						
3	2012						



Mahidol University
Faculty of Public Health

ระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม



การประเมินผลกระทบของมลพิษอากาศต่อสุขภาพ

Long-term health effects of air pollution

EPIDEMIOLOGICAL DESIGNS

1. Survival analysis
2. Repeated measures

Model: Cox proportional hazard model

$$h(t|X) = h(t) \exp(X^T\beta)$$

$$h(t|X) = h(t) \exp(X_1*\beta_1 + X_2*\beta_2 + \dots + X_n*\beta_n)$$

$$\frac{h(t|X)}{h(t)} = \exp(X_1\beta_1 + X_2\beta_2 + \dots + X_n\beta_n)$$

where $h(t)$ = Status at time t

$$\text{Status}_i = \exp(0.35* \text{PM}_i + 0.25* \text{Age}_i + 0.12* \text{Sex}_i + 0.2* \text{Weight}_i)$$



1. Survival analysis

Model: Cox proportional hazard model

Example of dataset

No.	Time	Status	Age	Sex	Weight	PM _{2.5}
1	460	0	74	1	49	20.5
2	360	0	68	1	54	49.4
3	455	0	56	2	84	30.6
4	1060	1	57	2	63	27.2
5	210	0	60	2	59	29.6
6	833	1	74	1	74	59.4
▪	▪	▪	▪	▪	▪	▪
N	788	1	68	2	56	32.2

Name	Model formula
Cox	$\log(\text{hazard}) = y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k$

HR = $\exp(\beta)$ concentration-response relationship

Percent change = $(HR - 1) * 100$

ระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม



การประเมินผลกระทบของมลพิษอากาศต่อสุขภาพ

Long-term health effects of air pollution

EPIDEMIOLOGICAL DESIGNS

1. Survival analysis
2. Repeated measures

Model: Linear Mixed-effects model

$$Y_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

$$Y_{ij} = \underbrace{\beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_{ij} X_{ij}}_{\text{Fixed-effect}} + \underbrace{u_0 + \sum_{i=1}^m u_i Z_i}_{\text{Random-effects}}$$

$$\begin{bmatrix} u_0 \\ u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ u_m \end{bmatrix} \sim N(0, \Psi)$$



2. Repeated measures

Model: Mixed-effects model

Example of dataset

N	Year	eGFR	PM ₁₀	O ₃	Age	Sex	BMI
1	2002	116	39.6589	20.2260	29	Male	18.9
1	2007	120	29.2569	14.9210	34	Male	20.3
1	2012	115	35.6256	18.1691	39	Male	19.8
2	2002	85	40.1256	20.4641	61	Female	23.6
2	2007	82	39.2564	20.0208	66	Female	25.6
2	2012	80	45.2658	23.0856	71	Female	25.1
3	2002	93	29.2658	14.9256	45	Male	20.8
3	2007	95	25.2655	12.8854	50	Male	21.6
3	2012	89	32.1265	16.3845	55	Male	22.1
4	2002	120	51.0256	26.0231	25	Female	19.3
4	2007	125	36.2546	18.4898	30	Female	18.9
4	2012	115	50.2658	25.6356	35	Female	19.5

ระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม



การประเมินผลกระทบของมลพิษอากาศต่อสุขภาพ

Health impact assessment

Application of exposure-response relationship (**risk function**) from the health risk assessment model to quantify public health burdens (**number of morbidity or mortality**) attributable to air pollution exposure.

Algorithm (1)

$$RR = \exp(\beta * \Delta P)$$

where ΔP is the difference between observed and threshold concentration of a given air pollutant

$$AF = \frac{RR-1}{RR} \quad AF = \text{attributable fraction}$$

Burden = AF * Number of death

Burden = AF * Death rate * Exposed population

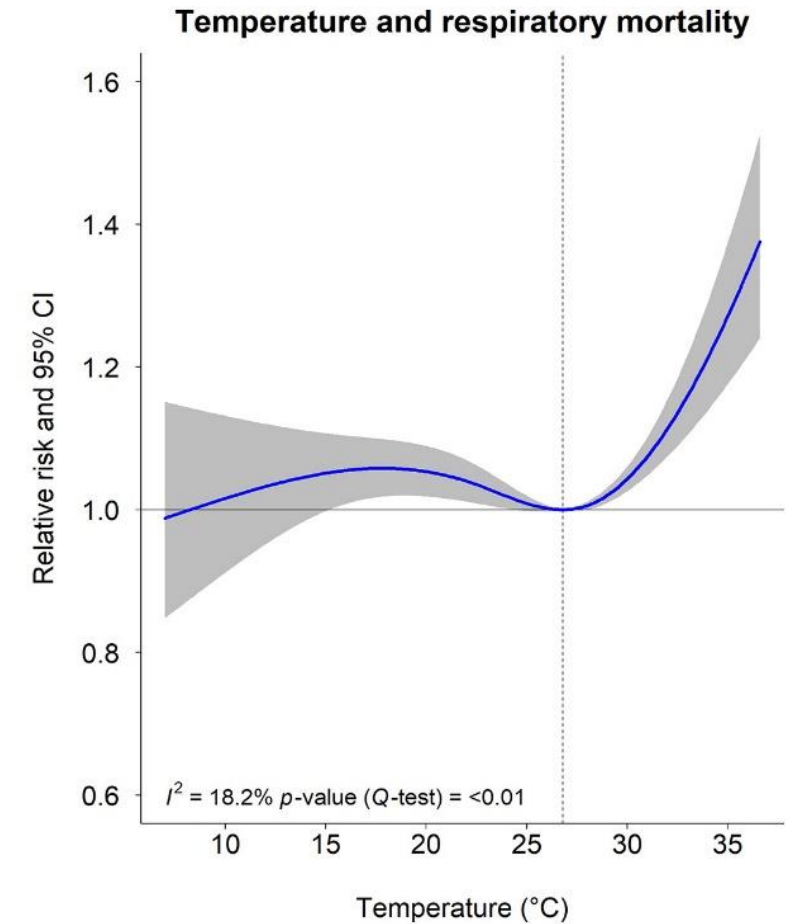
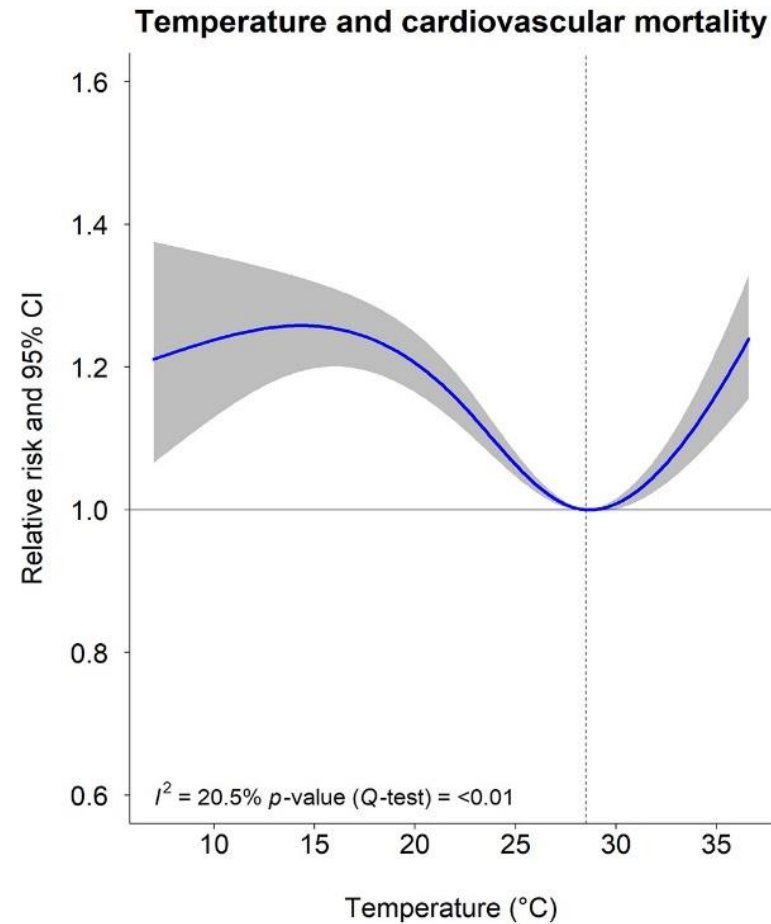
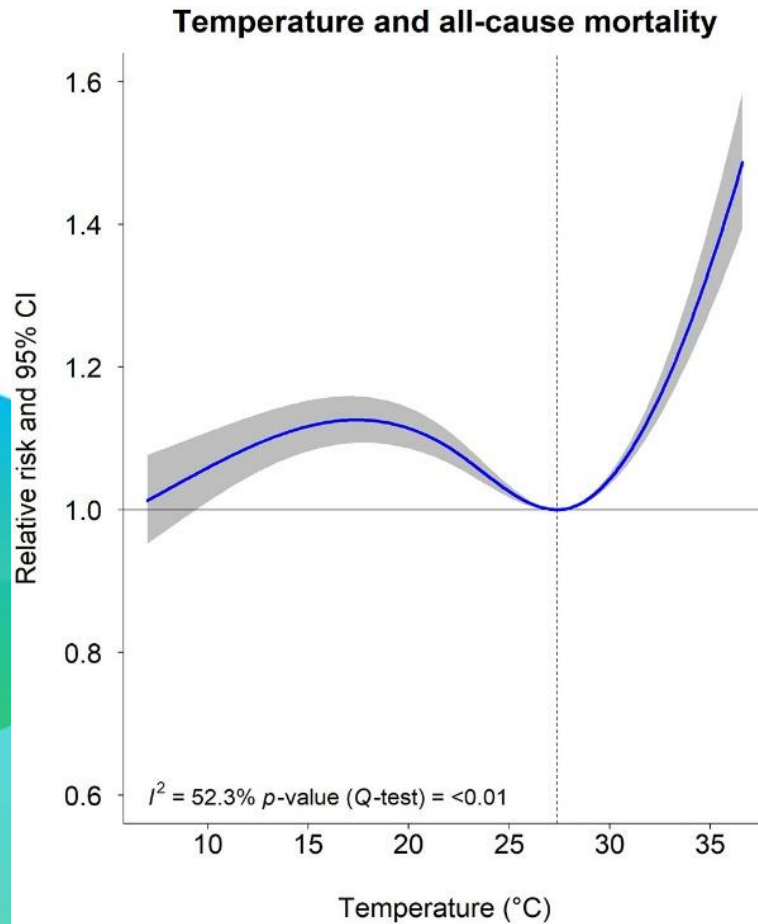


Date	PM ₁₀	Respiratory	RR ($\beta = 0.0025$)	AF	AN
2023-01-01	65.586225	199	1.1782	0.15	30
2023-01-02	58.876853	231	1.1586	0.14	32
2023-01-03	49.707875	210	1.1323	0.12	25
2023-01-04	53.401446	224	1.1428	0.12	28
2023-01-05	67.603371	198	1.1841	0.16	31
2023-01-06	45.415846	180	1.1202	0.11	19
2023-01-07	32.082940	188	1.0835	0.08	14
2023-01-08	58.052420	168	1.1562	0.14	23
2023-01-09	96.186887	223	1.2718	0.21	48
2023-01-10	58.591539	201	1.1578	0.14	27
2023-01-11	75.683654	204	1.2083	0.17	35
2023-01-12	54.643187	184	1.1464	0.13	23
2023-01-13	95.698017	191	1.2703	0.21	41
2023-01-14	45.956482	181	1.1218	0.11	20
2023-01-15	89.604238	194	1.2511	0.20	39

ระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม



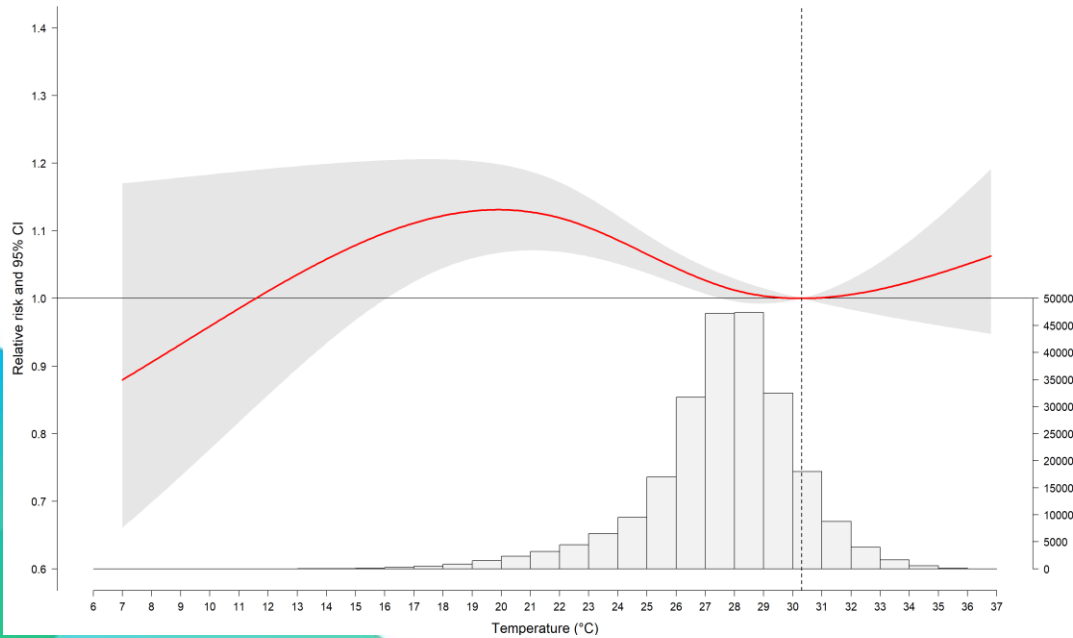
Mahidol University
Faculty of Public Health



ระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม



Overall cumulative association (lag 0-21) and temperature distribution



Temperature	Case	RR	AF	AN
15.7	87	1.0917	0.0840	7
15.8	162	1.0934	0.0854	14
15.9	54	1.0951	0.0868	5
16.0	63	1.0967	0.0882	6
16.1	134	1.0984	0.0895	12
16.2	40	1.1000	0.0909	4
16.3	46	1.1015	0.0922	4
16.4	139	1.1030	0.0934	13
16.5	113	1.1045	0.0946	11
16.6	139	1.1060	0.0958	13
16.7	162	1.1074	0.0970	16
16.8	213	1.1088	0.0981	21
16.9	185	1.1101	0.0992	18
17.0	229	1.1115	0.1003	23
17.1	246	1.1127	0.1013	25

การนำผลการพยากรณ์ไปใช้ในการวางแผน และตัดสินใจ



1. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

ผลการพยากรณ์ช่วยให้สามารถประเมินความเสี่ยงจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น คลื่นความร้อน การแพร่กระจายของโรค ซึ่งส่งผลต่อสุขภาพของประชาชน โดยเฉพาะกลุ่มเสี่ยง เช่น เด็ก ผู้สูงอายุ หรือผู้มีโรคประจำตัว

3. การปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน

การพยากรณ์สามารถช่วยวางแผนปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ เช่น การสร้างที่พักอาศัยที่ทนทานต่อสภาพอากาศที่รุนแรง การสร้างระบบระบายอากาศในสถานที่ทำงาน หรือการจัดทำพื้นที่สีเขียวเพื่อเพิ่มความเย็นในเมือง

2. การเตรียมระบบสุขภาพ

ผลการพยากรณ์สามารถใช้ในการเตรียมความพร้อมของระบบสุขภาพในการรับมือกับสถานการณ์ เช่น การจัดเตรียมยารักษาโรคที่อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ หรือการจัดเตรียมแหล่งน้ำสะอาดในกรณีภัยพิบัติเกิดขึ้น

4. การกำหนดนโยบายสุขภาพ

ผลการพยากรณ์ช่วยในการออกแบบนโยบายสุขภาพที่เหมาะสมและตอบสนองต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เช่น การให้ข้อมูลและการฝึกอบรมแก่ประชาชนเกี่ยวกับการป้องกันโรคที่เกิดจากสภาพอากาศ เช่น โรคติดต่อจากแมลง หรือโรคที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิสูง



Mahidol University
Faculty of Public Health

การนำผลการพยากรณ์ไปใช้ในการวางแผน และตัดสินใจ



5. การส่งเสริมการวิจัยและการพัฒนา

ผลการพยากรณ์สามารถกระตุ้นให้มีการลงทุนในงานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการป้องกันและการรักษาโรคที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ รวมถึงการพัฒนาเทคโนโลยีหรือแนวทางใหม่ ๆ ในการรับมือกับผลกระทบที่เกิดขึ้น

6. การสร้างความตระหนักและการมีส่วนร่วมของประชาชน

ผลการพยากรณ์ช่วยสร้างความตระหนักถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและกระตุ้นให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการลดความเสี่ยง เช่น การส่งเสริมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือการส่งเสริมพฤติกรรมการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน

7. การบริหารจัดการทรัพยากร

การวางแผนการใช้งานทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในด้านการจัดการน้ำและพลังงาน เพื่อรับมือกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งสามารถช่วยลดผลกระทบต่อสุขภาพได้ในระยะยาว



Mahidol University
Faculty of Public Health

Thank you!

Q & A



Email

arthit.pho@mahidol.ac.th



Contact

0-2354-8525



Location

Department of Environmental Health Sciences
Mahidol University Faculty of Public Health, Bangkok



Website

<https://pkeh.ph.mahidol.ac.th/>