

แนวทางการประเมินความเสี่ยงสุขภาพ จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

Guidance of Health Risk Assessment on Climate Change

โครงการสนับสนุนการจัดทำแผนการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
ในมิติการจัดการความเสี่ยง

Risk-based National Adaptation Plan: Risk-NAP Project



ภายใต้ความร่วมมือระหว่าง

กรมอนามัย

สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
และองค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน



กรมอนามัย
DEPARTMENT OF HEALTH

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

On behalf of



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety

of the Federal Republic of Germany

แนวทางการประเมินความเสี่ยงสุขภาพ
จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

(Guidance of Health Risk Assessment on Climate Change)

โดย
พงศ์เทพ วิวรรณเดชะ
อัศมน ลิ่มสกุล
แสงโถม ศิริพานิช

เสนอต่อ
โครงการสนับสนุนการจัดทำแผนการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
ในมิติการจัดการความเสี่ยง
(Risk-based National Adaptation Plan: Risk-NAP Project)

มิถุนายน 2562

คำนำ

ด้วยผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเกิดขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในหลายพื้นที่และประชาชนในวงกว้าง โดยเฉพาะกลุ่มเสี่ยง ซึ่งเป็นความท้าทายต่อการพัฒนาประเทศและการดำเนินงานภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี มติคณะรัฐมนตรี วันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ. 2555 ได้มอบหมายให้กระทรวงสาธารณสุข จัดทำแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านสาธารณสุข ซึ่งแผนการปรับตัวฯ ได้กำหนดวิสัยทัศน์ “ประเทศไทยมีความเป็นเลิศระดับสากล และเป็นผู้นำของเอเชียในการจัดการกับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ” โดยกำหนด เป้าประสงค์สูงสุดเพื่อ “ลดการเจ็บป่วยต่อประชาชน ลดผลกระทบแก่ประเทศ เป็นศูนย์กลางในระดับเอเชีย” โดย (1) อัตราการเจ็บป่วยและเสียชีวิตจากโรคที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศลดลงไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 (2) พื้นที่เสี่ยงต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทุกพื้นที่ได้รับการจัดการตามเกณฑ์มาตรฐาน และ (3) ความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจจากปัญหาสุขภาพของประชาชนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่เสี่ยงลดลง ร้อยละ 20

องค์การความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน (German International Cooperation-GIZ) ได้ให้การสนับสนุนทางวิชาการแก่ประเทศไทยรวมทั้งการสนับสนุนด้านวิชาการแก่การบูรณาการการจัดการความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้วย GIZ จึงได้มอบหมายให้คณะที่ปรึกษาดำเนินการศึกษาแนวทางการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้พิจารณาใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนและตัดสินใจในการกำหนดแนวทางการบูรณาการการจัดการความเสี่ยงสุขภาพในระดับนโยบาย แผนงาน และโครงการ ทั้งในระดับชาติ เขตสุขภาพ ระดับจังหวัด รวมถึงระดับท้องถิ่นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารแนวทางการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศฉบับนี้ จะสำเร็จไม่ได้เลย หากไม่ได้รับการสนับสนุนด้านงบประมาณจากองค์การความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน (GIZ) ขอขอบคุณ กรมอุตุนิยมวิทยา และสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลเป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณผู้บริหารและนักวิชาการของกองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุขทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในการประสานข้อมูล จนทำให้เอกสารฉบับนี้เสร็จลุล่วงได้ด้วยดี

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

บทนำ

กระทรวงสาธารณสุข ได้จัดทำแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้านสาธารณสุข พ.ศ. 2561 – 2573 เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องใช้เป็นกรอบแนวทางในการสร้างความเข้มแข็งและเตรียมความพร้อมรับมือผลกระทบต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แผนการปรับตัวฯ ได้วิเคราะห์สถานการณ์ภัยสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศประกอบด้วย การบาดเจ็บและเสียชีวิตจากภัยพิบัติ โรคที่สัมพันธ์กับความร้อน โรคติดต่อมาโดยแมลง โรคที่เกิดจากอาหารและน้ำเป็นสื่อ โรคระบบทางเดินหายใจ และภาวะทุพโภชนาการ แผนการปรับตัวฯ มุ่งควบคุม ลดปัจจัยที่เป็นต้นเหตุทั้งที่เกี่ยวข้องโดยตรงและเป็นปัจจัยส่วนหนึ่งที่เกี่ยวข้องกัน เพื่อเป้าหมาย “ลดการเจ็บป่วยลดผลกระทบ และเป็นศูนย์กลางในระดับเอเชีย” เป็นสำคัญ และประการสำคัญอีกประเด็น คือ การเสริมสร้างความตระหนักที่ให้องค์ทุกภาคส่วนได้เล็งเห็นถึงความรุนแรงของผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อสุขภาพ เพื่อนำไปสู่การบูรณาการความร่วมมือระหว่างกันและการเสริมสร้างความตระหนักแก่ประชาชน

ความสำคัญของผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและงานวิจัยการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การทบทวนรายงานวิจัยการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศระดับชาติของหลาย ๆ ประเทศที่ดำเนินการโดยองค์การอนามัยโลก โดยเป็นการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพตามกรอบของอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (The United Nations Framework Convention on Climate Change-UNFCCC) ได้ผลสรุปชัดเจนว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อม ทำให้เกิดโรคในระบบต่าง ๆ เช่น โรคระบบทางเดินหายใจ โรคหัวใจและหลอดเลือด ฯลฯ โรคที่นำโดยแมลง เช่น ไข้เลือดออก มาลาเรีย ฯลฯ โรคที่มีอาหารและน้ำเป็นสื่อ เช่น โรคอุจจาระร่วง ฯลฯ โรคที่สัมพันธ์กับความร้อน เช่น โรคลมแดด และภัยพิบัติจากภาวะอากาศสุดขั้ว เช่น น้ำท่วม ภัยแล้ง พายุ เป็นต้น

กรอบแนวคิดและข้อมูลที่เป็นสำหรับการประเมินความเสี่ยง

ในการจัดทำเอกสารแนวทางการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศครั้งนี้ คณะนักวิจัยได้ใช้กรอบแนวคิด-ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสุขภาพที่เสนอโดย US Centers for Disease Control and Prevention กรอบการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศขององค์การอนามัยโลก และกรอบการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่สรุปจากประชุมของภาคสาธารณสุขจัดโดย GIZ จากนั้นคณะนักวิจัยได้ระดมสมองเพื่อกำหนดกลุ่มโรคที่จะทำการประเมินความเสี่ยงโดยอ้างอิงตามเป้าประสงค์สูงสุดของแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านสาธารณสุข พ.ศ. 2561–2573 ในด้านการลดการเจ็บป่วยที่มีตัวชี้วัดที่สำคัญ คือ “อัตราการเจ็บป่วยและเสียชีวิตจากโรคที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ” ได้แก่ ไข้เลือดออก มาลาเรีย โรคจากความร้อน เจ็บป่วยและเสียชีวิตจากภัยพิบัติ โรคระบบทางเดินหายใจ ลดลงอย่างต่อเนื่องในทุกพื้นที่ (พื้นที่ หมายถึง เขตบริการสุขภาพ 12 เขตและกรุงเทพมหานคร)” และความเหมาะสมตามบริบทปัญหาของพื้นที่นำร่อง 2 จังหวัด ได้แก่ จังหวัด

นครสวรรค์และมหาสารคาม ดังนั้นจึงสามารถกำหนดโรคออกได้เป็น 5 กลุ่มคือ 1) Heat-related mortality & morbidity 2) Deaths and injuries from inland flooding 3) Food and Water-borne diseases; diarrheal diseases 4) Vector-borne diseases; dengue และ 5) Respiratory diseases

การรวบรวมข้อมูลที่เป็น กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัยและคณะผู้วิจัย ได้ทำการรวบรวมข้อมูลอุตุนิมวิทยาและสุขภาพ ย้อนหลัง 5 ปี ระหว่าง 1 ตุลาคม 2552–30 กันยายน 2557 จากกรมอุตุนิมวิทยา และสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข เฉพาะจังหวัดนครสวรรค์และมหาสารคาม สำหรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และหน่วยที่วัด ได้แก่ 1) ข้อมูลอุตุนิมวิทยา (ค่าเฉลี่ยรายวัน) ได้แก่ อุณหภูมิต่ำสุด (เซลเซียส), อุณหภูมิสูงสุด (เซลเซียส), อุณหภูมิเฉลี่ย (เซลเซียส), ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ), และปริมาณฝน (มิลลิเมตร) 2) ข้อมูลโรคการป่วย (เป็นรายวัน) ใน 3 กลุ่มโรค ได้แก่ โรคระบบทางเดินหายใจ อุจจาระร่วง ไข้เลือดออก และโรคที่สัมพันธ์กับความร้อน ตามรหัส ICD-10 ในการพยากรณ์อัตราป่วยใช้ข้อมูลการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศด้วยแบบจำลอง ECHAM5 นอกจากนี้การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วม ใช้ข้อมูลของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

วิธีการประเมินความเสี่ยง

วิธีการประเมินความเสี่ยง โดยการสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์อัตราการเกิดโรคระบบทางเดินหายใจ โรคอุจจาระร่วง และไข้เลือดออก มีขั้นตอนต่าง ๆ ทั้งหมด 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ตรวจสอบความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูล 2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ภายในของตัวแปรกลุ่มโรค 3) วิเคราะห์หา correlational structure ที่ดีที่สุด 4) วิเคราะห์หา lag ของตัวแปรสภาพภูมิอากาศที่ดีที่สุด 5) วิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรสภาพภูมิอากาศ 6) วิเคราะห์สมการความสัมพันธ์ด้วย Poisson regression และ 7) พยากรณ์อัตราการเกิดโรคแต่ละกลุ่มในอนาคต

สำหรับกลุ่มโรคที่สัมพันธ์กับความร้อน ใช้วิธีการประเมินความเสี่ยงเป็น 2 ส่วน คือ 1) การพัฒนาแบบจำลองเพื่อหาฟังก์ชัน heat-related mortality ซึ่งมีขั้นตอน คือ 1) การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลผู้ป่วยด้วยอาการที่สัมพันธ์กับอากาศร้อนในภาพรวมของประเทศไทยและจังหวัดน่าน (จังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดมหาสารคาม) 2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการเจ็บป่วยด้วยโรคที่สัมพันธ์กับอากาศร้อน และข้อมูลอุณหภูมิ 3) พัฒนาแบบจำลองด้วย multivariate linear regression และ 4) การวิเคราะห์เชิงปริมาณของข้อมูลแบบอนุกรมเวลา (Time series analysis) และพัฒนาวิธีการพยากรณ์แบบ autoregressive Integrated moving average (ARIMA) 5) การคำนวณ heat index และวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในจังหวัดน่าน

สำหรับการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วม ประกอบด้วย 1) วิเคราะห์และประมวลผลลักษณะสภาพอากาศและสถานการณ์น้ำท่วมในอนาคตล่วงหน้า 2) วิเคราะห์และระบุพื้นที่และจำนวนประชาชนที่เสี่ยงภัยต่อน้ำท่วมในพื้นที่รับผิดชอบ 3) วิเคราะห์และประมวลผลลักษณะของน้ำท่วม 4) วิเคราะห์และประมวลผลความล่อแหลมของพื้นที่เสี่ยงจากน้ำท่วม 5) วิเคราะห์และประมวลผลความเสี่ยงด้านสาธารณสุขของพื้นที่เสี่ยงจากน้ำท่วม และ 6) วิเคราะห์และประมวลผลการเตรียมความพร้อมในการรับมือและลดผลกระทบจากน้ำท่วม

ผลการประเมินความเสี่ยงในภาพรวม และผลการพยากรณ์การเกิดโรค

ผลการประเมินความเสี่ยงโดยดูจากการพยากรณ์แนวโน้มอัตราการป่วยด้วยกลุ่มโรคต่าง ๆ ของแต่ละจังหวัด แสดงให้เห็นว่า

- จังหวัดนครสวรรค์ อัตราป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจและอุจจาระร่วงลดลงเมื่ออุณหภูมิ (ทั้งต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ย) สูงขึ้น แต่จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้น สำหรับโรคไข้เลือดออก อัตราป่วยเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงสุดหรืออุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้น แต่จะลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำสุดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อัตราป่วยโรคไข้เลือดออกลดลงเมื่อปริมาณฝนเพิ่มขึ้น
- จังหวัดมหาสารคาม อัตราป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจและอุจจาระร่วงลดลงเมื่ออุณหภูมิ (ทั้งต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ย) สูงขึ้น และลดลงตามปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้น สำหรับโรคไข้เลือดออก อัตราป่วยเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิ (ทั้งต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ย) เพิ่มขึ้น และจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณฝนเพิ่มขึ้น (กรณีคำนวณจากอุณหภูมิสูงสุด) และจะลดลงเมื่อปริมาณฝนเพิ่มขึ้น (กรณีคำนวณจากอุณหภูมิเฉลี่ยและอุณหภูมิต่ำสุด)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเสียชีวิตและเจ็บป่วยด้วยโรคที่สัมพันธ์กับอากาศร้อนและข้อมูลตัวแปรภูมิอากาศ ในจังหวัดนครสวรรค์ พบว่า จำนวนผู้ป่วยโรคที่เกี่ยวข้องเนื่องจากอากาศร้อนและอุณหภูมิเฉลี่ย มีความสัมพันธ์กันในระดับน้อยไปถึงปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของดัชนีความร้อนในจังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดมหาสารคาม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วม แสดงด้วยแผนที่พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากของจังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดมหาสารคาม ซึ่งเป็นการรวบรวมจากสารสนเทศภูมิศาสตร์น้ำท่วมของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยที่แสดงถึงพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก 9 ปี (2548–2556) ในแต่ละจังหวัด

อนึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเสี่ยงและการพยากรณ์โรค ในการศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดหลายประการ ทำให้ผลการศึกษาในบางกรณีอาจมิได้เป็นไปตามสมมติฐาน ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดด้วยระบบข้อมูลสุขภาพของกระทรวงสาธารณสุข ทำให้ผู้วิจัยได้ข้อมูลที่ไม่ครบถ้วน ทั้งนี้เนื่องจากระบบการจัดเก็บข้อมูลของกระทรวงสาธารณสุขมีการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้ง ทำให้ได้ข้อมูลไม่เพียงพอและครบถ้วน เช่น ในกรณีของ โรคระบบทางเดินหายใจและอุจจาระร่วง ชุดข้อมูลที่สำคัญ คือ อัตราการป่วยและเสียชีวิตของประชากรอายุต่ำกว่า 5 ปี ในช่วงระยะเวลา 15–20 ปี จึงจะสามารถวิเคราะห์แนวโน้มและพยากรณ์การเกิดโรคได้ดี แต่การศึกษาครั้งนี้ข้อมูลที่ได้รับเป็นข้อมูลของทุกกลุ่มอายุในช่วงระยะเวลา 5 ปี เท่านั้น ทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลบางกรณีอาจไม่สอดคล้องกับรายงานวิจัยของต่างประเทศที่ส่วนใหญ่พบว่า อัตราป่วยด้วยโรคอุจจาระร่วงมีแนวโน้มสูงขึ้นในฤดูร้อนซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าฤดูอื่น เช่นเดียวกับ อัตราป่วยด้วยโรคอุจจาระร่วงกับปริมาณฝน การศึกษาในหลายประเทศใช้ข้อมูลที่มีการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องในระยะเวลาหลายปีพบว่าอัตราป่วยสูงเมื่อปริมาณฝนสูงขึ้น อย่างไรก็ตามมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องถ้าไม่กำจัดหรือแยกตัวแปรเหล่านั้นออกไป เช่น ความสะอาดของน้ำและการสุขาภิบาล จะทำให้ตัวแปรเหล่านี้ส่งผลให้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดโรคอุจจาระร่วงและโรคทางเดินหายใจในกับตัวแปรอุณหภูมิและปริมาณฝนมีความคลาดเคลื่อนได้ ส่วนอัตราป่วยด้วยโรคไข้เลือดออกนั้น ผลการวิเคราะห์มีแนวโน้มสอดคล้องกับการรายงานในต่างประเทศ อย่างไรก็ตามแนวทางการประเมินความเสี่ยงสุขภาพครั้งนี้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถใช้เป็นแนวทางการประเมินความเสี่ยงสุขภาพได้ เพียงแต่จำเป็นต้องใช้ชุดข้อมูลที่มีความสมบูรณ์ครบถ้วน โดยการแยกวิเคราะห์เฉพาะประชากรกลุ่มเสี่ยงคาดว่าจะได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นไปตามผลการศึกษาที่รายงานในต่างประเทศ

ข้อเสนอแนะในการประเมินความเสี่ยงต่อกระทรวงสาธารณสุขและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

1. การศึกษาครั้งนี้พบปัญหาการจัดการข้อมูลที่ได้จากฐานข้อมูลต่าง ๆ หลายประการ เช่น ข้อมูลการตายหรือเสียชีวิตไม่มี ข้อมูลการป่วยไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ข้อมูลอุตุนิมวิทยาหลายค่ามีเพียงบางปีและบางสถานี ไม่ครบถ้วนและไม่เป็นปัจจุบัน กระทรวงสาธารณสุขควรพัฒนาระบบการจัดการข้อมูลสุขภาพและอุตุนิมวิทยาให้มีความครบถ้วนและสมบูรณ์มากขึ้น เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความถูกต้องและเที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น
2. การวิเคราะห์บางกลุ่มโรคที่กว้างและครอบคลุมโรคมกเกินไป (เช่น โรคระบบทางเดินหายใจ โรคอุจจาระร่วง) อาจทำให้ผลการวิเคราะห์มีความคลาดเคลื่อนและความน่าเชื่อถือลดลง ในอนาคตหากข้อมูลมีความสมบูรณ์และจำนวนมากพออาจมีการวิเคราะห์รายโรคที่มีความจำเพาะมากขึ้น เช่น การแยกวิเคราะห์โรคอุจจาระร่วงตามสาเหตุของเชื้อ (โรต้าไวรัสหรือซัลโมเนลล่า เป็นต้น)
3. ควรจัดให้มีหลักสูตรการฝึกอบรมแก่บุคลากรสาธารณสุขทั้งในระดับราชการส่วนกลาง เขตสุขภาพ และจังหวัด เรื่อง การประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
4. ควรจัดตั้งหน่วยงานในระดับราชการส่วนกลาง เขตสุขภาพ และจังหวัด เพื่อประสานงานการจัดการเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดทำฐานข้อมูล การพัฒนาโปรแกรมความสัมพันธ์ระหว่างโรคและตัวแปรการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ
5. ควรพัฒนากลไก คือ การจัดทำข้อตกลงระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง คือ กรมอนามัย กรมควบคุมโรค กรมอุตุนิมวิทยา สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย โดยควรมีการจัดทำรูปแบบของข้อมูล (Data template) ที่ต้องการ และช่องทางการเข้าถึงข้อมูลเพื่อให้เกิดความสะดวกรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูล รวมทั้งการประสานงานการดำเนินงานเพื่อการขับเคลื่อนแผนการปรับตัวฯ
6. เพิ่มการเฝ้าระวังโรคให้เข้มข้นขึ้น เพราะโรคมีแนวโน้มที่จะมีการระบาดมากขึ้นและใช้มาตรการระวังไว้ก่อนในแผนสาธารณสุขและการเฝ้าคุมโรครวมทั้งมีมาตรการตอบโต้อย่างรวดเร็วเมื่อมีโรคเกิดขึ้น โดยเน้นไปที่การหยุดการแพร่ระบาดของโรคให้เร็วที่สุด
7. ควรเพิ่มขีดความสามารถของระบบสาธารณสุขในทุกด้าน โดยเฉพาะการป้องกันและควบคุมโรค และเพิ่มการเฝ้าระวังโรคอุบัติใหม่อื่น ๆ เพราะจะมีโรคอุบัติใหม่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เช่น โรคไข้ซิกา
8. กรณีโรคอุจจาระร่วง เร่งสร้างและปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน น้ำสะอาด การคมนาคม ฯลฯ เพราะสาเหตุส่วนมากของอุจจาระร่วงเกิดจากน้ำและสุขาภิบาลที่ไม่ดี รวมถึงการเข้าถึงแหล่งน้ำที่สะอาด และเน้นการให้สุขศึกษาแก่ประชาชนควรมีการพัฒนาแบบข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลการป่วยและเสียชีวิตในกลุ่มโรคที่สัมพันธ์กับความร้อน เป็นต้น จัดทำระบบการประสานความร่วมมือในการเชื่อมโยง แลกเปลี่ยนและใช้ประโยชน์ข้อมูลร่วมกันระหว่างหน่วยงาน ในระดับจังหวัด เขตสุขภาพ และราชการส่วนกลาง
9. สนับสนุนให้มีการเฝ้าระวังโรคและปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการนำมาคาดการณ์แนวโน้มในอนาคตการสร้างความรู้ความเข้าใจเพื่อให้ตระหนักถึงการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการเฝ้าระวัง การรักษาผู้ป่วย การจัดการปัจจัยเสี่ยง ที่เป็นผลต่อการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ

10. จัดเตรียมความพร้อมสถานพยาบาลทุกระดับในการรับมือกับน้ำท่วมและสาธารณภัย รวมถึงพัฒนาบุคลากรสาธารณสุขและอาสาสมัครให้มีความรู้และทักษะ พร้อมทั้งจะปฏิบัติงานเมื่อเกิดน้ำท่วมและสาธารณภัย และป้องกันตนเองจากภัยที่เกิดขึ้นขณะปฏิบัติงาน
11. จัดหาและจัดเตรียมสำรองทรัพยากรทางการแพทย์และสาธารณสุข รวมถึงการพัฒนาทีมปฏิบัติการฉุกเฉินทางการแพทย์ในภาวะฉุกเฉินในระดับต่าง ๆ ที่พร้อมปฏิบัติการช่วยเหลือผู้ประสบภัยอย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถใช้ประโยชน์ได้ทันทีเมื่อเกิดสาธารณภัย ได้แก่ ทีม Mini MERT ระดับอำเภอ ทีม MERT (Medical emergency response team) ระดับจังหวัด ทีมเฝ้าระวังสอบสวนโรคเคลื่อนที่เร็ว (SRRT) เป็นต้น
12. จัดให้มีและพัฒนาระบบสื่อสารเพื่อการประสานงานและสั่งการภายในและภายนอกกระทรวงสาธารณสุข รวมถึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและภาคเอกชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
13. พัฒนาระบบฐานข้อมูลผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์และสาธารณสุข รวมทั้งเครื่องมือทางการแพทย์และเวชภัณฑ์ของภาครัฐและเอกชน
14. หน่วยงานหลักด้านการแพทย์และสาธารณสุขรับผิดชอบในการตอบสนองต่อน้ำท่วมและสาธารณภัย โดยประสานและจัดการให้มีผู้บัญชาการเหตุการณ์ด้านการแพทย์และสาธารณสุข (Public health & medical incidence commander) รวมทั้งจัดให้มีศูนย์ปฏิบัติการด้านการแพทย์และสาธารณสุขในระดับต่าง ๆ (Public health emergency operation center: PHEOC) โดยให้หน่วยงานเหล่านี้คำนึงถึงปัจจัยผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้วย
15. ประสานและสั่งการหน่วยงานสังกัดและหน่วยงานในกำกับของกระทรวงสาธารณสุข ได้แก่ สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ (สพฉ.) สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (สปสช.) องค์การเภสัชกรรม (GPO) เป็นต้น พร้อมทั้งประสานความร่วมมือหน่วยงาน เครือข่าย ภาคส่วนต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน เช่น โรงพยาบาลในสังกัดมหาวิทยาลัย โรงพยาบาลในสังกัดกระทรวงกลาโหม กระทรวงมหาดไทย โรงพยาบาลเอกชน มูลนิธิ อาสาสมัครต่างๆ เป็นต้น
16. ประสานการระดมสรรพกำลังและทรัพยากรด้านการแพทย์และสาธารณสุขแบบบูรณาการจากทุกภาคส่วน
17. จัดให้มีการรักษาพยาบาลฉุกเฉิน (Emergency care system) ครอบคลุมการแพทย์ฉุกเฉินก่อนถึงโรงพยาบาล (Emergency medical services : EMS) การรักษาพยาบาลฉุกเฉินที่โรงพยาบาล (Emergency care in hospital) การส่งต่อ (Interhospital care) และจัดระบบเครือข่ายบริการด้านการแพทย์และสาธารณสุขสนับสนุนการปฏิบัติงานทั่วประเทศ
18. จัดให้มีระบบฐานข้อมูลและความเสียหายทางด้านการแพทย์และสาธารณสุขและการรายงานผลอย่างถูกต้องและรวดเร็ว
19. กำกับให้มีการคงสภาพและประคับประคองระบบบริการ ด้านการแพทย์และสาธารณสุขครอบคลุมทุกมิติ ได้แก่ มิติด้านการดูแลสุขภาพจิตใจ การอนามัยแม่และเด็ก การป้องกันและควบคุมโรค การรักษาพยาบาล การเฝ้าระวังโรคติดต่อ ตลอดจนการเข้าถึงบริการด้านการแพทย์และสาธารณสุขของผู้ประสบภัยได้อย่างทั่วถึงในทุกพื้นที่ของประเทศ
20. พัฒนาระบบการบริการด้านการแพทย์และสาธารณสุข รวมถึงฟื้นฟูสภาพจิตใจสังคม และวิถีชีวิตของผู้ประสบภัย และผู้เกี่ยวข้องให้กลับคืนสู่ภาวะปกติโดยเร็ว
21. จัดให้ความรู้แก่ประชาชนและชุมชนในด้านการป้องกัน การรักษาพยาบาลเบื้องต้น การสุขภาพิบาล และอนามัยสิ่งแวดล้อมเพื่อให้สามารถช่วยตนเองและผู้อื่นได้

22. พัฒนาให้มีระบบการพยากรณ์โรค (Prognosis) และการแจ้งเตือนภัย (Warning system) พร้อมทั้ง มีการกระจายข้อมูลข่าวสารระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
23. พัฒนาวិชาการและองค์ความรู้ด้านเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรค และเผยแพร่ให้ภาคีเครือข่ายที่เกี่ยวข้องใช้เป็นแนวปฏิบัติ

สารบัญ

คำนำ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	ง
บทที่ 1 บทนำ.....	1
กรอบแนวคิดการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.....	1
ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสุขภาพ	1
แผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านสาธารณสุข พ.ศ. 2561–2573	2
กรอบการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของที่ประชุมภาคสาธารณสุขจัด โดย GIZ	2
กรอบการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศขององค์การอนามัยโลก	2
กลุ่มโรคที่กำหนดในการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ.....	3
วัตถุประสงค์หลักของการประเมินความเสี่ยง/การสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์การเกิดโรค	3
ขอบเขตและข้อจำกัดของการประเมินความเสี่ยง	3
ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงทั้งระดับส่วนกลางและศูนย์อนามัย	5
ข้อมูลที่ใช้สำหรับการประเมินความเสี่ยงสุขภาพ (ข้อมูลผลลัพธ์สุขภาพ/ข้อมูล สิ่งแวดล้อม).....	5
นิยามศัพท์ทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความเสี่ยงต่อสุขภาพ	6
บทที่ 2 วิธีการและผลการประเมินความเสี่ยงโรกระบบทางเดินหายใจ โรคอุจจาระร่วง และ ไข้เลือดออก	7
ความสำคัญของโรกระบบทางเดินหายใจ โรคอุจจาระร่วง และไข้เลือดออกที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ	7
โรกระบบทางเดินหายใจ	7
โรคอุจจาระร่วง	7
ไข้เลือดออก	8
สถานการณ์และงานวิจัยการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	8
การกระจายตัวและความสัมพันธ์ของข้อมูลสุขภาพ และข้อมูลตัวแปรสภาพอากาศ	9
โรกระบบทางเดินหายใจ	9
โรคอุจจาระร่วง	10
ไข้เลือดออก	11
วิธีการประเมินความเสี่ยง	12
ความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูล.....	13
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ภายในของข้อมูลการป่วย.....	17
การวิเคราะห์หา <i>correlational structure</i> ที่ดีที่สุด	19
การวิเคราะห์หา <i>lag</i> ของตัวแปรต้นที่ดีที่สุด.....	21
การวิเคราะห์สหสัมพันธ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรต้น.....	27

การสร้างแบบจำลองทำนายการป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ โรคอุจจาระร่วง และ ไข้เลือดออก	29
การพยากรณ์อัตราการเกิดโรค.....	31
อภิปรายผลการประเมินความเสี่ยงเทียบกับผลการวิจัย/ผลการประเมินความเสี่ยงจากที่อื่น ๆ.....	41
ข้อเสนอแนะต่อแนวทางการประเมินความเสี่ยง จุดแข็งและจุดอ่อนที่ต้องคำนึงถึงสำหรับการนำไปใช้	41
การจัดการความเสี่ยง (กรอบแนวคิดการจัดการความเสี่ยง และกลไก).....	42
แนวทางปฏิบัติของกระทรวงสาธารณสุขในการจัดการความเสี่ยง.....	43
สรุปท้ายบทและข้อเสนอแนะ	43
เอกสารอ้างอิง	44
บทที่ 3 วิธีการและผลการประเมินความเสี่ยงโรคที่สัมพันธ์กับความร้อน.....	47
ความสำคัญและผลกระทบต่อสุขภาพจากอากาศร้อน	47
สถานการณ์และงานวิจัยการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากอากาศร้อน	48
วิธีการและขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากอากาศร้อน	50
การกระจายตัวและความสัมพันธ์ของข้อมูลสุขภาพและข้อมูลตัวแปรสภาพอากาศ	52
วิธีการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากอากาศร้อน	54
ผลการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากอากาศร้อน.....	55
ข้อเสนอแนะต่อแนวทางการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากอากาศร้อน และข้อควรคำนึงถึง สำหรับการนำไปใช้.....	62
อภิปรายผลการประเมินความเสี่ยงเทียบกับผลการวิจัย/ผลการประเมินความเสี่ยงจากที่อื่น ๆ.....	63
การจัดการความเสี่ยง (กรอบแนวคิดการจัดการความเสี่ยงและกลไก)	63
แนวทางปฏิบัติของกระทรวงสาธารณสุขในการจัดการความเสี่ยง.....	65
สรุปท้ายบทและข้อเสนอแนะ	66
เอกสารอ้างอิง	66
บทที่ 4 วิธีการและผลการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากน้ำท่วม.....	68
ความสำคัญของผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากน้ำท่วม	68
สถานการณ์และงานวิจัยการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกิดจากน้ำท่วม	70
การจัดการความเสี่ยงจากน้ำท่วมของประเทศไทยในปัจจุบัน.....	78
วิธีการและขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วม.....	80
การกระจายตัวและความสัมพันธ์ของข้อมูลสุขภาพและข้อมูลตัวแปรสภาพอากาศ	80
ขั้นตอนและวิธีการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วม.....	81
ผลการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วมในจังหวัดน่าน (จังหวัดนครสวรรค์และจังหวัด มหาสารคาม).....	83
ข้อเสนอแนะต่อแนวทางการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วม และข้อควรคำนึงถึงสำหรับ การนำไปใช้	99
อภิปรายผลการประเมินความเสี่ยงเทียบกับผลการวิจัย/ผลการประเมินความเสี่ยงจากที่อื่น ๆ.....	100
การจัดการความเสี่ยง (กรอบแนวคิดการจัดการความเสี่ยงและกลไก)	100
แนวทางปฏิบัติของกระทรวงสาธารณสุขในการจัดการความเสี่ยง.....	101

สรุปท้ายบทและข้อเสนอแนะ	102
เอกสารอ้างอิง	103

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 แสดงผลสรุปงานวิจัยการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในประเทศต่าง ๆ	8
ตารางที่ 2 แสดงกลุ่มโรคและรหัสตาม ICD-10	13
ตารางที่ 3 แสดงความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูลแต่ละพารามิเตอร์แสดงเป็นจำนวนและร้อยละของจำนวนวันที่มีข้อมูลจากจำนวนวันทั้งหมด 1,826 วัน (1 ตุลาคม 2552–30 กันยายน 2557) สำหรับการวิเคราะห์จำนวนป่วยแยกรายจังหวัด	13
ตารางที่ 4 แสดงค่า QIC ของ Correlational Structures ชนิดต่าง ๆ ของข้อมูลอัตราการป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจและอุณหภูมิต่าง ๆ จังหวัดนครสวรรค์.....	19
ตารางที่ 5 แสดงค่า QIC ของ Correlational Structures ชนิดต่าง ๆ ของข้อมูลอัตราการป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจและอุณหภูมิต่าง ๆ จังหวัดมหาสารคาม	20
ตารางที่ 6 แสดงค่า QIC ของ Correlational Structures ชนิดต่าง ๆ ของข้อมูลอัตราการป่วยด้วยโรคอุจจาระร่วงและอุณหภูมิต่าง ๆ จังหวัดนครสวรรค์	20
ตารางที่ 7 แสดงค่า QIC ของ Correlational Structures ชนิดต่าง ๆ ของข้อมูลอัตราการป่วยด้วยโรคอุจจาระร่วงและอุณหภูมิต่าง ๆ จังหวัดมหาสารคาม	20
ตารางที่ 8 แสดงค่า QIC ของ Correlational Structures ชนิดต่าง ๆ ของข้อมูลอัตราการป่วยด้วยโรคไข้เลือดออกและอุณหภูมิต่าง ๆ จังหวัดนครสวรรค์.....	21
ตารางที่ 9 แสดงค่า QIC ของ Correlational Structures ชนิดต่าง ๆ ของข้อมูลอัตราการป่วยด้วยโรคไข้เลือดออกและอุณหภูมิต่าง ๆ จังหวัดมหาสารคาม	21
ตารางที่ 10 แสดงค่า Wald chi-square และ p -value ของการวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว (Univariate analysis) ระหว่างโรคระบบทางเดินหายใจ โรคอุจจาระร่วง และไข้เลือดออกกับตัวแปรต้นที่ lag ต่าง ๆ จังหวัดนครสวรรค์.....	22
ตารางที่ 11 แสดงค่า Wald chi-square และ p -value ของการวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว (Univariate analysis) ระหว่างโรคระบบทางเดินหายใจ โรคอุจจาระร่วง และไข้เลือดออกกับตัวแปรต้นที่ lag ต่าง ๆ จังหวัดมหาสารคาม.....	25
ตารางที่ 12 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรต้นต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์โรคระบบทางเดินหายใจ จังหวัดนครสวรรค์.....	27
ตารางที่ 13 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรต้นต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์โรคอุจจาระร่วง จังหวัดนครสวรรค์	28
ตารางที่ 14 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรต้นต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์โรคไข้เลือดออก จังหวัดนครสวรรค์.....	28
ตารางที่ 15 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรต้นต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์โรคระบบทางเดินหายใจ จังหวัดมหาสารคาม	28
ตารางที่ 16 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรต้นต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์โรคอุจจาระร่วง จังหวัดมหาสารคาม	29
ตารางที่ 17 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรต้นต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์โรคไข้เลือดออก จังหวัดมหาสารคาม	29

ตารางที่ 18 ระดับผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจจะเกิดขึ้นที่ค่า HI ในช่วงต่าง ๆ.....	50
ตารางที่ 19 จำนวนผู้ป่วยที่เกี่ยวข้องเนื่องจากอากาศร้อน จำแนกตามเขตสุขภาพที่ 3 และ 7 พ.ศ. 2557–2560.....	55
ตารางที่ 20 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย (Mean Temperature) และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (Maximum temperature) จำแนกเป็นรายเดือน สถานีตรวจวัดจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง พ.ศ. 2557–2560.....	56
ตารางที่ 21 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างอุณหภูมิรายเดือน และจำนวนผู้ป่วยโรคที่สัมพันธ์กับอากาศร้อน.....	57
ตารางที่ 22 การวิเคราะห์ตัวพยากรณ์ที่ส่งผลต่อจำนวนผู้ป่วยโรคที่สัมพันธ์กับอากาศร้อน.....	58
ตารางที่ 23 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์.....	58
ตารางที่ 24 ผลกระทบของน้ำท่วมต่อสุขภาพของมนุษย์และกลยุทธ์ในการจัดการ.....	69
ตารางที่ 25 กรอบการประเมินความเสี่ยงจากน้ำท่วมที่กำหนดโดย European Commission.....	71
ตารางที่ 26 ปัจจัยของความล่อแหลมของพื้นที่และค่าคะแนนที่กำหนด	72
ตารางที่ 27 ปัจจัยของความล่อแหลมของคนและค่าคะแนนที่กำหนด	73
ตารางที่ 28 สถิติสถานการณ์อุทกภัยของประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2532–2554	81
ตารางที่ 29 พื้นที่และจำนวนประชากรที่เสี่ยงภัยจากน้ำท่วมในอำเภอเมืองและอำเภอชุมแสงของจังหวัดนครสวรรค์ในปี พ.ศ. 2560.....	86
ตารางที่ 30 พื้นที่และจำนวนประชากรที่เสี่ยงภัยจากน้ำท่วมของจังหวัดมหาสารคามในปี พ.ศ. 2560 ..	94
ตารางที่ 31 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์และประมวลผลพื้นที่เสี่ยงจากน้ำท่วมในขั้นตอนที่ 2	98
ตารางที่ 32 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์และประมวลผลลักษณะของน้ำท่วมในขั้นตอนที่ 3	98
ตารางที่ 33 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์และประมวลผลความล่อแหลมของพื้นที่เสี่ยงจากน้ำท่วมในขั้นตอนที่ 4	98
ตารางที่ 34 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์และประมวลผลความเสี่ยงทางด้านสาธารณสุขในขั้นตอนที่ 5 ..	99
ตารางที่ 35 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์และประมวลผลการเตรียมความพร้อมในการรับมือในขั้นตอนที่ 6	99

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสุขภาพ	1
รูปที่ 2 กรอบการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของที่ประชุมภาคสาธารณสุข จัดโดย GIZ	2
รูปที่ 3 กรอบการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศขององค์การอนามัยโลก	3
รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่เกิดไฟฟ้าและอุณหภูมิ	9
รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและอุบัติการณ์ของโรคอุจจาระร่วง	10
รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิและ salmonellosis ใน 10 ประเทศ	11
รูปที่ 7 แสดงพื้นที่ของประเทศที่มีความเสี่ยงต่อไข้เลือดออก	12
รูปที่ 8 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์อัตราการเกิดโรคระบบทางเดินหายใจ โรค อุจจาระร่วง และไข้เลือดออก	12
รูปที่ 9 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอัตราป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ อุณหภูมิสูงสุด ความชื้น สัมพัทธ์และปริมาณฝน ของจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง 1 ตุลาคม 2552–1 กันยายน 2557	14
รูปที่ 10 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอัตราป่วยโรคอุจจาระร่วง อุณหภูมิสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณฝน ของจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง 1 ตุลาคม 2552–1 กันยายน 2557	15
รูปที่ 11 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอัตราป่วยโรคไข้เลือดออก อุณหภูมิสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณฝน ของจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง 1 ตุลาคม 2552–1 กันยายน 2557	15
รูปที่ 12 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอัตราป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ อุณหภูมิสูงสุด ความชื้น สัมพัทธ์และปริมาณฝน ของจังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 ตุลาคม 2552–30 กันยายน 2557	16
รูปที่ 13 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอัตราป่วยโรคอุจจาระร่วง อุณหภูมิสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณฝน ของจังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 ตุลาคม 2552–30 กันยายน 2557	16
รูปที่ 14 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอัตราป่วยโรคไข้เลือดออก อุณหภูมิสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณฝน ของจังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 ตุลาคม 2552–30 กันยายน 2557	17
รูปที่ 15 แสดง autocorrelation plot ที่ lags ต่าง ๆ ของอัตราการป่วย (Morbidity rate) ด้วยโรค ระบบทางเดินหายใจ	18
รูปที่ 16 แสดง autocorrelation plot ที่ lags ต่าง ๆ ของอัตราการป่วย (Morbidity rate) ด้วยโรค อุจจาระร่วง	18
รูปที่ 17 แสดง autocorrelation plot ที่ lags ต่าง ๆ ของอัตราการป่วย (Morbidity rate) ด้วยโรค ไข้เลือดออก	19
รูปที่ 18 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิสูงสุด ของ จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561–1 ธันวาคม 2612	31
รูปที่ 19 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิเฉลี่ย ของ จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561–1 ธันวาคม 2612	32
รูปที่ 20 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิต่ำสุด ของ จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561–1 ธันวาคม 2612	32
รูปที่ 21 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคอุจจาระร่วง (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิสูงสุด ของจังหวัด นครสวรรค์ ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561–1 ธันวาคม 2612	33

รูปที่ 22 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคอุจจาระร่วง (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิเฉลี่ย ของจังหวัด นครสวรรค์ ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612	33
รูปที่ 23 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคอุจจาระร่วง (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิต่ำสุด ของจังหวัด นครสวรรค์ ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612	34
รูปที่ 24 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคไข้เลือดออก (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิสูงสุด ของจังหวัด นครสวรรค์ ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612	34
รูปที่ 25 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคไข้เลือดออก (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิเฉลี่ย ของจังหวัด นครสวรรค์ ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612	35
รูปที่ 26 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคไข้เลือดออก (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิต่ำสุด ของจังหวัด นครสวรรค์ ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612	35
รูปที่ 27 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิสูงสุด ของ จังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612.....	36
รูปที่ 28 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิเฉลี่ย ของ จังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612.....	37
รูปที่ 29 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิต่ำสุด ของ จังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612.....	37
รูปที่ 30 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคอุจจาระร่วง (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิสูงสุด ของจังหวัด มหาสารคาม ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612.....	38
รูปที่ 31 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคอุจจาระร่วง (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิเฉลี่ย ของจังหวัด มหาสารคาม ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612.....	38
รูปที่ 32 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคอุจจาระร่วง (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิต่ำสุด ของจังหวัด มหาสารคาม ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612.....	39
รูปที่ 33 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคไข้เลือดออก (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิสูงสุด ของจังหวัด มหาสารคาม ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612.....	39
รูปที่ 34 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคไข้เลือดออก (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิเฉลี่ย ของจังหวัด มหาสารคาม ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612.....	40
รูปที่ 35 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคไข้เลือดออก (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิต่ำสุด ของจังหวัด มหาสารคาม ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612.....	40
รูปที่ 36 แสดงกรอบแนวคิดการจัดการความเสี่ยง และกลไก.....	42
รูปที่ 37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตายรายวันและอุณหภูมิสูงสุดรายวัน	48
รูปที่ 38 Heat Index Chart สำหรับช่วงของอุณหภูมิตั้งแต่ 26-43 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ ตั้งแต่ 40-100%.....	50
รูปที่ 39 ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากอากาศร้อน บนพื้นฐานขององค์การอนามัยโลก และ Honda et al. (2014)	51
รูปที่ 40 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรง (%/decade) ของดัชนี HI รายปีตามรายสถานีในห้วงเวลา 1970-2014 และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาของอนุกรมดัชนี HI ที่เฉลี่ยทั้งประเทศไทยที่คำนวณ จากฐานข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยและความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้ปรับแก้เอกพันธ์ด้วยเทคนิคทางสถิติแล้ว	53

รูปที่ 41 แสดงกราฟ polynomial เชื่อมโยง function model ของอุณหภูมิสูงสุด ต่อการเปลี่ยนแปลงของ age-sex adjusted death rates (ADR) และ temperature density distribution ในประเทศไทย	54
รูปที่ 42 แนวโน้มผู้ป่วยที่เกี่ยวข้องเนื่องจากความร้อนในประเทศไทย ในห้วงระหว่างปี พ.ศ. 2557–2560..	55
รูปที่ 43 แนวโน้มจำนวนผู้เจ็บป่วยด้วยโรคและอาการที่เกี่ยวข้องเนื่องจากภาวะร้อน จำแนกรายเดือน จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง พ.ศ. 2557-2560.....	56
รูปที่ 44 แนวโน้มการเจ็บป่วยด้วยโรคและอาการที่เกี่ยวข้องเนื่องจากอากาศร้อน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือน และอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดนครสวรรค์ ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2557–2560	57
รูปที่ 45 แสดงกราฟ ACF และ PACF	59
รูปที่ 46 การพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคที่เกี่ยวข้องเนื่องจากอากาศร้อนและอุณหภูมิเฉลี่ยของจังหวัดนครสวรรค์ระหว่าง พ.ศ. 2557–2563.....	60
รูปที่ 47 แสดงค่าเฉลี่ยระยะยาว (1970–2013) รายวันในรอบปีของดัชนีความร้อน (Heat Index) ในจังหวัดนครสวรรค์ เส้นประสีแดงแสดงระดับ extreme caution (32.2°C).....	61
รูปที่ 48 ค่าเฉลี่ยระยะยาว (1970–2013) รายวันในรอบปีของดัชนีความร้อน (Heat Index) ในจังหวัดมหาสารคาม เส้นประสีแดงแสดงระดับ extreme caution (32.2°C)	61
รูปที่ 49 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรงของดัชนีความร้อนรายปีในจังหวัดนครสวรรค์	62
รูปที่ 50 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรงของดัชนีความร้อนรายปีในจังหวัดมหาสารคาม	62
รูปที่ 51 ตารางแสดงค่าดัชนีความร้อน	64
รูปที่ 52 ค่าเฝ้าระวังเตือนภัยผลกระทบต่อสุขภาพจากความร้อน	65
รูปที่ 53 กรอบแนวคิดโดยทั่วไปในการประมาณการเสียชีวิตจากน้ำท่วม	70
รูปที่ 54 Flowchart แสดงการประเมินการเสียชีวิตหรืออันตรายที่รุนแรงต่อประชาชนเนื่องจากอุทกภัยของ Flood Risk to People Method	77
รูปที่ 55 วงจรการจัดการความเสี่ยงจากน้ำท่วม	78
รูปที่ 56 วิธีการและขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วมที่ได้ถูกเสนอแนะและพัฒนาขึ้น	83
รูปที่ 57 แผนที่แสดงพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก พ.ศ. 2548–2556 ของจังหวัดนครสวรรค์	84
รูปที่ 58 แผนที่แสดงพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก พ.ศ. 2548–2556 ของจังหวัดมหาสารคาม.....	85

บทที่ 1

บทนำ

กรอบแนวคิดการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

กระทรวงสาธารณสุข ได้จัดทำแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้านสาธารณสุข พ.ศ. 2561–2573 เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องใช้เป็นกรอบแนวทางในการสร้างความเข้มแข็งและเตรียมความพร้อมรับมือผลกระทบต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แผนการปรับตัวว่าสถานการณ์ภัยสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศประกอบด้วย การบาดเจ็บและเสียชีวิตจากภัยพิบัติ โรคที่สัมพันธ์กับความร้อน โรคติดต่อมาโดยแมลง โรคที่เกิดจากอาหารและน้ำเป็นสื่อ โรคระบบทางเดินหายใจ และภาวะทุพโภชนาการ แผนการปรับตัวว่า มุ่งควบคุม ลดปัจจัยที่เป็นต้นเหตุทั้งที่เกี่ยวข้องโดยตรงและเป็นปัจจัยส่วนหนึ่งที่เชื่อมโยงกัน เพื่อเป้าหมาย “ลดการเจ็บป่วย ลดผลกระทบ และเป็นศูนย์กลางในระดับเอเชีย”

องค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน (GIZ) ได้เล็งเห็นความสำคัญของความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้ให้การสนับสนุนทางวิชาการแก่ประเทศไทย โดยได้มอบหมายให้ คณะผู้วิจัยจัดทำแนวทางการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องใช้เป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายและการดำเนินการด้านต่างๆ คณะผู้วิจัยได้นำเสนอกรอบแนวคิดต่าง ๆ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสุขภาพ

ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสุขภาพที่เสนอโดย US Centers for Disease Control and Prevention แสดงใน รูปที่ 1



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสุขภาพ
(ที่มา: ดัดแปลงจาก Centers for Disease Control and Prevention, 2014)

แผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านสาธารณสุข พ.ศ. 2561–2573

กระทรวงสาธารณสุข ได้นำเสนอแนวทางการพัฒนากรอบนโยบายของภาคส่วนสาธารณสุขต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะในการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ (Health Impact Assessment) ควรมุ่งเน้น

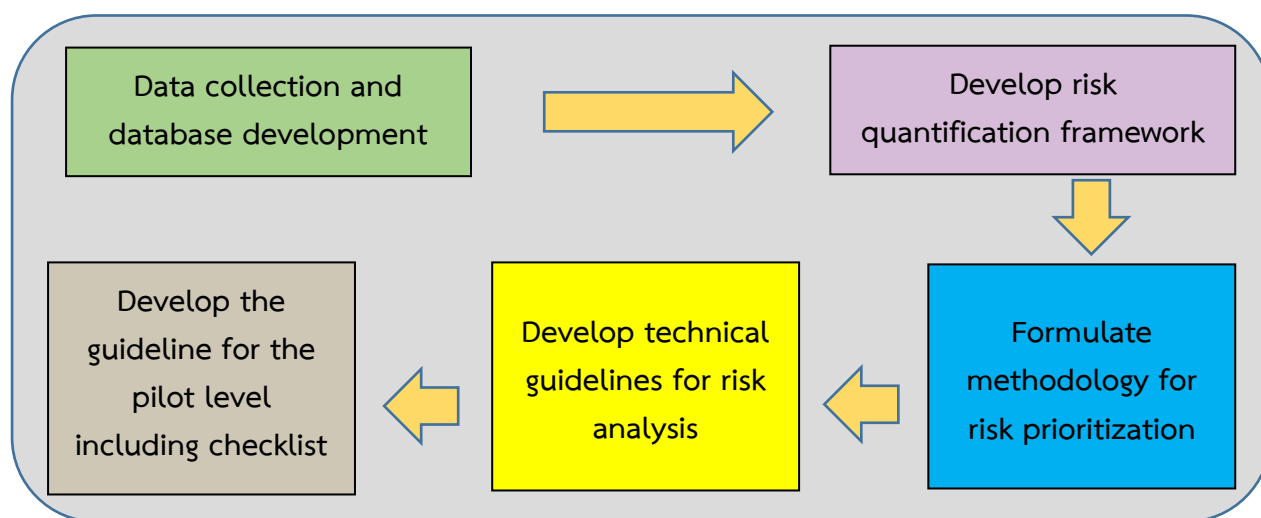
(1) การประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ คือ คลื่นความร้อน ภัยแล้ง และความร้อน ซึ่งปัจจัยเกี่ยวกับอุณหภูมิเหล่านี้ ก่อให้เกิดภัยสุขภาพเกี่ยวกับความร้อน คือ กลุ่มโรคที่เกิดจากอาหารจากน้ำและอากาศเป็นสื่อ

(2) การประเมินผลกระทบจากอุทกภัยและพายุที่ก่อให้เกิดภัยสุขภาพ คือ การจมน้ำ โรคเกี่ยวกับน้ำ ความเครียดและโรคทางจิตเวชหรือปัญหาทางสุขภาพจิต

(3) การประเมินการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศก่อให้เกิดภัยสุขภาพ โดยเฉพาะโรคติดต่อที่นำโดยแมลง คือ มาลาเรีย ไข้เลือดออก โรคฉี่หนู โดยเห็นว่าการประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศร่วมกับการกระทำของมนุษย์ ภัยสุขภาพที่สำคัญ คือ โรคทุพโภชนาการ และโรคเกี่ยวกับการประกอบอาชีพ เช่น โรคลมแดด (Heatstroke) เป็นต้น

กรอบการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของที่ประชุมภาคสาธารณสุขจัดโดย GIZ

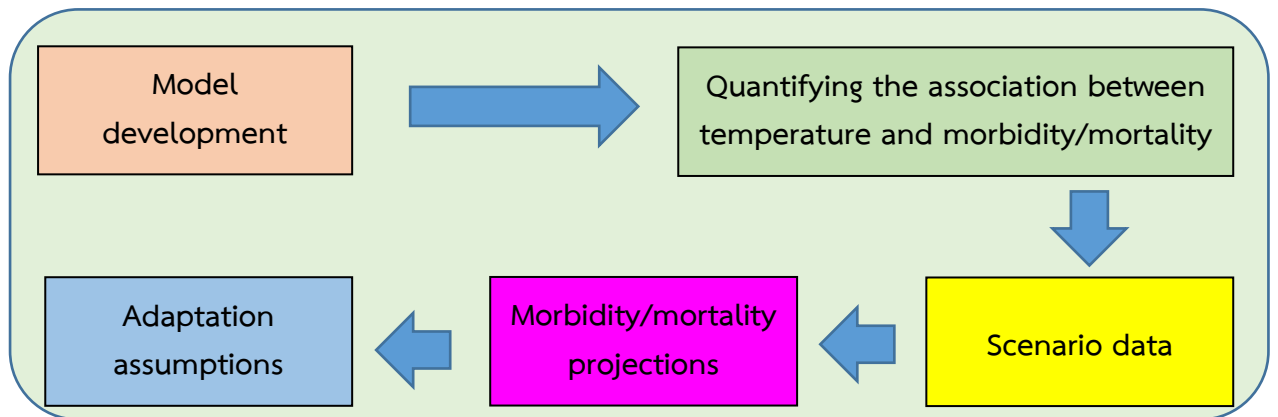
การประชุมระดมสมองระหว่างหน่วยงานภาคสาธารณสุขและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จัดโดย GIZ ระหว่างวันที่ 29–30 พฤศจิกายน 2560 ได้เสนอให้มีการอภิปรายในส่วน Task II: Risk Quantification ดังรายละเอียด ในรูปที่ 2



รูปที่ 2 กรอบการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของที่ประชุมภาคสาธารณสุขจัดโดย GIZ

กรอบการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศขององค์การอนามัยโลก

กรอบการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ในการศึกษานี้อ้างอิงตาม Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s (WHO 2014) ดังแสดง ในรูปที่ 3



รูปที่ 3 กรอบการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศขององค์การอนามัยโลก

กลุ่มโรคที่กำหนดในการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ในการศึกษาครั้งนี้จะมีการทำนายผลกระทบด้านสุขภาพที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศไปจนถึงปี พ.ศ. 2573 ในพื้นที่นำร่อง 2 จังหวัดคือ นครสวรรค์และมหาสารคาม โดยอิงตามเป้าประสงค์สูงสุดของแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านสาธารณสุข พ.ศ. 2561–2573 ในด้านการลดการเจ็บป่วย ที่มีตัวชี้วัดที่สำคัญ คือ “อัตราการเจ็บป่วยและเสียชีวิตจากโรคที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ไข้เลือดออก มาลาเรีย โรคจากความร้อน เจ็บป่วยและเสียชีวิตจากภัยพิบัติ โรคระบบทางเดินหายใจ ลดลงอย่างต่อเนื่องในทุกพื้นที่ (พื้นที่ หมายถึง เขตบริการสุขภาพ 12 เขตและกรุงเทพมหานคร)” ดังนั้นจึงสามารถกำหนดโรคออกได้เป็น 5 กลุ่มคือ

- 1) Heat-related mortality & morbidity
- 2) Deaths and injuries from inland flooding
- 3) Food and Water-borne diseases; diarrheal diseases
- 4) Vector-borne diseases; dengue
- 5) Respiratory diseases

วัตถุประสงค์หลักของการประเมินความเสี่ยง/การสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์การเกิดโรค

เอกสารแนวทางการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทราบองค์ประกอบการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งประกอบด้วย

1. กำหนดฐานข้อมูลและตัวแปรที่จำเป็นในการประเมินความเสี่ยง
2. วิธีการในการสร้างแบบจำลองโดยอาศัยสถิติที่เหมาะสม
3. การพยากรณ์โรคโดยอาศัยข้อมูลการทำนายสภาพภูมิอากาศจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
4. ข้อจำกัดของการสร้างแบบจำลองและการพยากรณ์โรค

ขอบเขตและข้อจำกัดของการประเมินความเสี่ยง

สภาวิจัยแห่งชาติของสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกาได้เสนอรูปแบบการประเมินความเสี่ยงออกเป็น 4 ขั้นตอนซึ่งได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางจากหน่วยงานต่าง ๆ ในประเทศสหรัฐอเมริกา รวมทั้งองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency-EPA) ด้วย ดังนี้

1. การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification) ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาเพื่อที่จะตอบคำถามว่าสิ่งคุกคามที่เรา กำลังสนใจจะมีความสัมพันธ์กับผลกระทบด้านสุขภาพหรือไม่
2. การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment) เป็นการหาขนาดของสิ่งคุกคามที่มนุษย์ได้รับไม่ว่าจะก่อนหรือหลังมาตรการการควบคุมสิ่งคุกคาม
3. การประเมินขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose-Response Assessment) คือการหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของการสัมผัสกับโอกาสของการเกิดผลเสียด้านสุขภาพ ผลลัพธ์สุดท้ายจะนำไปสู่การหาค่ามาตรฐานที่ปลอดภัยในมนุษย์
4. การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk Characterization) คือการพรรณาลักษณะทางธรรมชาติ และขนาดของความเสี่ยงในมนุษย์ซึ่งจะต้องรวมเอาความไม่แน่นอน (Uncertainties) เข้าด้วย โดยสรุปผลลัพธ์สุดท้ายที่ต้องการคือการตอบคำถามว่าสิ่งคุกคามใด ๆ จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์มากน้อยเพียงใด ซึ่งจำเป็นจะต้องอาศัยองค์ความรู้ที่ได้จาก 3 ขั้นตอนข้างต้น

เอกสารแนวทางการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศฉบับนี้ใช้แนวทางตามขั้นที่ 3 ได้แก่ การประเมินขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose-response assessment) อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดสำคัญของการประเมินการสัมผัส คือ การกำหนดตัวแปรต่าง ๆ และการแสวงหาข้อมูลการสัมผัสในระดับปัจเจกชน ซึ่งทำได้ยากในทางปฏิบัติและต้องอาศัยทรัพยากรจำนวนมากในการเก็บข้อมูล ดังนั้นแบบจำลองส่วนมากจึงใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ มาหาความสัมพันธ์กับโรคที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับกลุ่มคนโดยตรง (โดยไม่ต้องทำการประเมินการสัมผัส) โดยมีข้อสันนิษฐานว่า ประชากรกลุ่มเสี่ยงมีการสัมผัสกับสภาพภูมิอากาศตลอดเวลา ทั้งนี้หากข้อมูลมีมากเพียงพอ การหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสัมผัสและการตอบสนองสามารถทำได้โดยการใช้วิธีการทางชีวสถิติ ได้แก่ การวิเคราะห์เชิงถดถอย (Regression analysis) เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองคณิตศาสตร์ หากข้อมูลมีไม่มากนักก็สามารถหาความสัมพันธ์โดยอาศัยแบบจำลองสำเร็จรูปชนิดต่าง ๆ

ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงทั้งระดับส่วนกลางและศูนย์อนามัย

การประเมินความเสี่ยงของหน่วยงานในทั้งสองระดับ ควรใช้วิธีการเดียวกัน แต่อาจแตกต่างกันที่ขอบเขตพื้นที่การประเมิน ระดับส่วนกลางอาจต้องพิจารณาในระดับประเทศในขณะที่ระดับศูนย์อนามัยอาจจำกัดเฉพาะจังหวัดที่อยู่ในความรับผิดชอบ อย่างไรก็ตามผลการประเมินจากศูนย์อนามัยอาจเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับระดับส่วนกลางในการประมวลผลเพื่อให้เห็นภาพในระดับประเทศก็ได้ สำหรับขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงใช้แนวทางการประเมินความเสี่ยงที่เสนอโดยองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency-EPA) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ดังนี้

1. **การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification)** สิ่งคุกคามในความหมายนี้ คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งอาจส่งผลกระทบให้เกิดสิ่งคุกคามอื่น ๆ เป็นลูกโซ่ตามมา เช่น ภาวะอากาศสุดขั้ว ภัยแล้ง น้ำท่วม พายุ มลพิษทางอากาศ ฯลฯ สิ่งคุกคามแต่ละชนิดจะต้องมีการศึกษาหรือทบทวนวรรณกรรมว่ามีวิธีการวัดอย่างไร ใช้เครื่องมือใด เช่น ภาวะอากาศสุดขั้ว สามารถวัดได้โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ และ/หรือเครื่องวัดความชื้น ออกมาในหน่วยของ องศาเซลเซียส หรือ ดัชนีความร้อนแล้วแต่กรณี เป็นต้น
2. **การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment)** เป็นการประเมินว่าสิ่งคุกคามแต่ละชนิด/ประเภท ตามขั้นตอนที่หนึ่ง มนุษย์หรือประชากรกลุ่มเสี่ยงจะได้รับหรือสัมผัสในปริมาณเท่าไร ใน

กรณีของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เราสามารถใช้ระดับของสิ่งคุกคาม (เช่น ระดับของอุณหภูมิหรือดัชนีความร้อน) มาเป็นตัวแทน (Proxy) ของการสัมผัสในประชากรกลุ่มเสี่ยงได้ แต่บางกรณี เช่น โรคที่มีน้ำหรืออาหารเป็นสื่อ อาจจะต้องศึกษาตัวแปรอื่น ๆ ที่มีผลต่อปริมาณหรือระดับการสัมผัส เช่น ปริมาณน้ำหรืออาหารที่ปนเปื้อนด้วยเชื้อก่อโรค (Pathogen) ที่ดื่มหรือรับประทานต่อครั้ง ความถี่ของการดื่มหรือรับประทานต่อวัน จำนวนวันที่มีการดื่มหรือรับประทาน ฯลฯ เพื่อนำไปสู่การคำนวณปริมาณรวมของการสัมผัสเฉลี่ยต่อวัน (Average daily dose)

3. **การประเมินขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose-Response Assessment)** หลังจากที่ได้ปริมาณที่รับสัมผัสตามขั้นตอนที่สองแล้ว สิ่งที่ต้องพิจารณาต่อไปคือ ผลกระทบด้านสุขภาพอันเนื่องมาจากสิ่งคุกคามตามขั้นตอนที่หนึ่งได้แก่ โรค (เช่น ไข้เลือดออก อหิวาต์ ฯลฯ) หรือปัญหาด้านสาธารณสุข (เช่น ภาวะทุพโภชนาการ การตายอันมีสาเหตุจากน้ำท่วม ฯลฯ) ไດ จากนั้นทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างระดับการสัมผัส (ที่ได้จากขั้นตอนที่สอง) กับผลกระทบด้านสุขภาพด้วยสถิติที่เหมาะสม ซึ่งขึ้นกับรูปแบบการศึกษา (Study design) และวิธีการวัดผลกระทบด้านสุขภาพ นอกจากนี้ อาจต้องมีการวัดตัวแปรอื่น ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (เช่น อายุ เพศ พฤติกรรมเสี่ยงสุขภาพ ฯลฯ) แต่จะเป็นตัวกวน (Confounder) ต่อผลการวิเคราะห์ได้
4. **การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk Characterization)** ขั้นนี้เป็นการสรุปผลลัพธ์สุดท้ายที่ต้องการคือ ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรกลุ่มเสี่ยงมากน้อยเพียงใดทั้งในแง่ขนาดของความเสี่ยง (จำนวนการป่วยการตาย ฯลฯ) และความรุนแรงของผลกระทบ (ป่วย ตาย พิการ ฯลฯ) เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับผู้รับผิดชอบในระดับนโยบาย (Policymaker) ที่จะดำเนินการหามาตรการป้องกันหรือแก้ไข (Mitigation measures) ต่อไป รวมถึงเป็นข้อมูลนำเข้าหรือข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการเฝ้าติดตาม (Monitoring) และประเมินผล (Evaluation) มาตรการการป้องกันหรือแก้ไขว่าได้ผลดีมากขึ้นเพียงใดอีกด้วย

ข้อมูลที่ใช้สำหรับการประเมินความเสี่ยงสุขภาพ (ข้อมูลผลลัพธ์สุขภาพ/ข้อมูลสิ่งแวดล้อม)

ในการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มโรคและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อย่างน้อยจะต้องมีฐานข้อมูล 2 ฐานคือ

1. ข้อมูลอุตุวิทยามหาวิทยาลัย (ค่าเฉลี่ยรายวัน) ได้แก่ อุณหภูมิต่ำสุด (เซลเซียส), อุณหภูมิสูงสุด (เซลเซียส), อุณหภูมิเฉลี่ย (เซลเซียส), ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ), และปริมาณฝน (มิลลิเมตร)
2. ข้อมูลโรคการป่วย (เป็นรายวัน) ในแต่ละกลุ่มโรค

หลังจากได้แบบจำลองแล้ว หากต้องการพยากรณ์โรคไปในอนาคต จำเป็นที่จะต้องมีความรู้ข้อมูลการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศในพื้นที่ที่จะทำการพยากรณ์ โดยใช้แบบจำลองที่เป็นที่ยอมรับในสากล เช่น ECHAM (พัฒนาโดย the Max Planck Institute for Meteorology), BCM (พัฒนาโดย Bjerknes Centre for Climate Research, University of Bergen, Norway), EGMAM (พัฒนาโดย Freie Universitaet Berlin, Institute for Meteorology, Berlin, Germany), CM4 (พัฒนาโดย Institut Pierre Simon Laplace Paris, France) เป็นต้น

นิยามศัพท์ทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความเสี่ยงต่อสุขภาพ

การประเมินความเสี่ยง: กระบวนการศึกษาอย่างเป็นระบบเพื่อพรรณนาและวัดความเสี่ยงที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งคุกคาม กระบวนการ การกระทำ หรือเหตุการณ์ใด ๆ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ: การเปลี่ยนแปลงสถานะของสภาพภูมิอากาศซึ่งสามารถประเมินได้โดยการทดสอบทางสถิติ โดยดูการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย และ/หรือความผันแปรซึ่งสามารถคงอยู่ได้เป็นระยะเวลานานหลายสิบปีหรือนานกว่านั้น กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change) ได้นิยามว่า “การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อมส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของบรรยากาศโลกนอกเหนือไปจากความผันแปรของสภาพภูมิอากาศตามธรรมชาติที่ได้จากการสังเกตในช่วงระยะเวลาหนึ่ง”

การเฝ้าระวัง: การวิเคราะห์อย่างต่อเนื่อง แปรผลและป้อนกลับข้อมูลที่มีการเก็บอย่างเป็นระบบ เพื่อทำการตรวจจับแนวโน้มการเกิดและการแพร่กระจายของโรค โดยอิงวิธีการปฏิบัติที่เป็นมาตรฐาน ของการสังเกตและการทะเบียน แหล่งข้อมูลอาจเกี่ยวกับโรคโดยตรงหรือปัจจัยที่มีผลต่อโรค

ไข้เลือดออก: กลุ่มอาการที่เกิดแบบเฉียบพลัน มีสาเหตุจากเชื้อไวรัส dengue arbovirus type 1–4 โดยมียุงสายพันธุ์ *Aedes aegypti* และ *Ae. Albopictus* เป็นพาหะ ซึ่งสามารถขยายพันธุ์ในแหล่งน้ำเล็ก ๆ ได้เช่น ภาชนะใส่น้ำ ยางรถยนต์ ฯลฯ อาการของโรคคือ ปวดตามข้อและหลังอย่างรุนแรง และอาจมีเลือดออกภายในจนถึงแก่ชีวิตได้

ความเสี่ยง: ลักษณะของสถานการณ์หรือการกระทำใด ๆ ที่มีผลลัพธ์ได้มากกว่า 1 อย่าง ผลลัพธ์ที่ว่ามันเราไม่สามารถบอกได้แน่นอนว่าจะเกิดขึ้นหรือไม่ และอย่างน้อยหนึ่งในผลลัพธ์นั้นไม่พึงประสงค์ ในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หมายถึง ผลคูณของโอกาสของการสัมผัสและผลที่ตามมาจากการสัมผัสนั้น

โรคซัลโมเนลโลซิส (Salmonellosis): เป็นเชื้อแบคทีเรียก่อให้เกิดภาวะอาหารเป็นพิษ โดยการรับประทานอาหารที่มีการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* ไข่และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ปีกที่ปรุงไม่สุกมักเป็นแหล่งอาหารที่มีการปนเปื้อนเชื้อนี้

โรคที่นำโดยแมลง: โรคติดเชื้อที่แพร่ระบาดระหว่างเจ้าบ้านโดยอาศัยพาหะ เช่น ยุงหรือเห็บ (เช่น มาลาเรีย ไข้เลือดออก โรคไลม์ ฯลฯ)

โรคที่มีน้ำเป็นสื่อ: โรคที่เกิดจากการดื่มน้ำที่ปนเปื้อนด้วยจุลชีพหรือสารเคมี โรคที่ช่วงวงจรชีวิตหนึ่งต้องอาศัยน้ำ (เช่น โรคพยาธิใบไม้ในเลือด) โรคที่พาหะนำโรคต้องอาศัยน้ำ (เช่น มาลาเรีย) การจมน้ำและการบาดเจ็บที่เกี่ยวข้องกับน้ำ และอื่น ๆ เช่น โรคลีเจียนเนลโลซิสที่แพร่ระบาดด้วยละอองฝอยของน้ำที่มีเชื้อโรคนี้

โรคบิด: การติดเชื้อในทางเดินอาหารเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *shigella* อาการ ได้แก่ ถ่ายเหลวเป็นเลือด อาเจียน ปวดท้อง และไข้

โรคตาไวรัส: เชื้อสาเหตุหลักของโรคอุจจาระร่วงอย่างรุนแรงและการขาดน้ำในทารกและเด็กอ่อนทั่วโลก ส่วนใหญ่พบในเด็กอายุระหว่าง 3 เดือนถึง 2 ปี เชื้อนี้แพร่ระบาดได้อย่างรวดเร็วโดยการสัมผัสบุคคลต่อบุคคล ละอองฝอยในอากาศ หรือการสัมผัสของเล่นที่มีการปนเปื้อน

สภาพภูมิอากาศ: ค่าเฉลี่ยของสภาพอากาศ หรือค่าทางสถิติได้แก่ค่าเฉลี่ยและความผันแปรของค่าทางอุตุนิยมวิทยา (เช่น อุณหภูมิ ฝน และลม) ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งอาจเป็นเดือนถึงหลายพันหรือหลายล้านปี โดยทั่วไปจะใช้ระยะที่ 30 ปี ดังนิยามที่กำหนดโดยองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization-WMO)

บทที่ 2

วิธีการและผลการประเมินความเสี่ยงโรกระบบทางเดินหายใจ โรคอุจจาระร่วง และไข้เลือดออก

ความสำคัญของโรกระบบทางเดินหายใจ โรคอุจจาระร่วง และไข้เลือดออกที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นปัญหาระดับโลกที่ไร้พรมแดน เกิดผลกระทบต่อประชากรทุกภูมิภาคของโลก ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศก่อให้เกิดการระบาดของโรคในปัจจุบันที่มีอยู่แล้วให้ทวีความรุนแรงมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นโรคอุจจาระร่วง โรคติดเชื้อ โรคติดต่อมาโดยแมลง โรคจากความร้อน เป็นต้น ทั้งนี้จะวิเคราะห์โดยสรุปเป็นรายโรค ดังนี้

โรกระบบทางเดินหายใจ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีความเกี่ยวข้องกับสารมลพิษทางอากาศอย่างไร ประเด็นแรก คือ สารมลพิษทางอากาศสามารถเสริมฤทธิ์กับอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้เกิดการตายเพิ่มขึ้นได้ (Katsouyanni et al., 1993; Qin et al., 2017) และในขณะเดียวกันสารมลพิษหลายชนิดเกิดจากแสงแดดและความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โอโซน ไนโตรเจนไดออกไซด์ นอกจากนี้ก๊าซเรือนกระจกหลายชนิดที่เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นสารตั้งต้นของฝุ่นขนาดเล็ก ได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ไดออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) แอมโมเนีย (NH_3) และสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) โดย SO_2 มีแหล่งกำเนิดหลักจากการผลิตกระแสไฟฟ้า ประมาณร้อยละ 67 ในขณะที่ NO_x มีแหล่งกำเนิดจากหลายแหล่ง ได้แก่ ยานพาหนะบนท้องถนน (ร้อยละ 34) ยานพาหนะอื่น ๆ (ร้อยละ 21) และจากการผลิตกระแสไฟฟ้า (ร้อยละ 13) สำหรับ NH_3 ส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดจากของเสียที่เกิดจากการปศุสัตว์ (ร้อยละ 55) และการใช้ปุ๋ย (ร้อยละ 26) และสำหรับ VOCs มีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ (ร้อยละ 70)

หลักฐานทางระบาดวิทยาแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการสัมผัสสารมลพิษทางอากาศ เช่น $\text{PM}_{2.5}$ ระยะสั้นก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจในด้านการรักษาที่ห้องฉุกเฉินด้วยโรคหอบหืดและโรกระบบทางเดินหายใจแบบเฉียบพลันอื่น ๆ ได้แก่ โรคถุงลมโป่งพอง อาการและการใช้ยาที่บ่งบอกว่ามีอาการแบบเฉียบพลันที่รุนแรงขึ้นของโรคเหล่านี้ การรับเข้ารักษาในโรงพยาบาล และการตาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคหอบหืดพบผลกระทบในเด็กชัดเจนมากกว่าในผู้ใหญ่ การศึกษาพิษวิทยาในสัตว์ทดลองยังสนับสนุนว่าสารมลพิษทางอากาศ เช่น $\text{PM}_{2.5}$ เป็นตัวเร่งให้เกิดอาการหอบหืด รวมถึงการบาดเจ็บและการอักเสบของปอดอีกด้วย

โรคอุจจาระร่วง

โรคอุจจาระร่วง ถือเป็นปัญหาสำคัญในระดับโลกและของประเทศไทย ก่อให้เกิดการระบาดของโรคกล่าวคือ ในปี ค.ศ. 2004 ทั่วโลกมีผู้ป่วยโรคกระเพาะและลำไส้อักเสบ 4 ล้านคน และตาย 1.8 ล้านคน โดยส่วนมากร้อยละ 88 มีสาเหตุจากน้ำไม่สะอาดและการสุขาภิบาลที่ไม่ดี

ไข้เลือดออก

ในระยะ 50 ปีที่ผ่านมา อุบัติการณ์ของไข้เลือดออกทั่วโลกเพิ่มขึ้น 30 เท่า คิดเป็นจำนวนผู้ติดเชื้อ 390 ล้านคน มีอาการ 96 ล้านคน และ 3 ใน 4 ของผู้ป่วยอยู่ในเอเชีย-แปซิฟิก ทั้งนี้เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้ฤดูกาลของการแพร่โรคที่นำโดยแมลงยาวนานขึ้น และยังทำให้อาณาบริเวณทางภูมิศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงไป โดยหากแพร่เข้าไปในบริเวณที่ประชากรมีภูมิคุ้มกันต่ำหรือโครงสร้างพื้นฐานไม่ดีแล้วย่อมจะทำให้เกิดการระบาดได้อย่างรุนแรง

สถานการณ์และงานวิจัยการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การทบทวนรายงานวิจัยระดับชาติในหลาย ประเทศที่สนับสนุนโดยองค์การอนามัยโลก โดยเป็นการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพตามกรอบของอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (The United Nations Framework Convention on Climate Change-UNFCCC) ได้ผลสรุปดังแสดงใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลสรุปงานวิจัยการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในประเทศต่าง ๆ

ประเทศ	เอกสารอ้างอิง	วิธีการศึกษา	ผลการศึกษา
Antigua and Barbuda	O'Marde and Michael, 2000	ทำนายโดยการเปรียบเทียบ	เพิ่มการแพร่ระบาดของไข้เลือดออก
Australia	McMichael et al., 2002	แบบจำลองการทำนาย	โรคอุจจาระร่วงเพิ่มขึ้น
Cameroon	UNEP/ Ministry of Environment and Forestry, Cameroon, 1998	พิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ	มีความเป็นไปได้ที่อหิวาตกโรคเพิ่มขึ้น
Canada	Duncan et al., 1997	ทบทวนวรรณกรรมแบบจำลองการทำนายพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ	มีความเสี่ยงที่โรคนำโดยแมลงจะแพร่ระบาดไปทางเหนือของประเทศ
Fiji	de Wet and Hales, 2000	ทบทวนวรรณกรรมแบบจำลองการทำนาย	ไข้เลือดออกและอุจจาระร่วงเพิ่มขึ้น
Japan	Ando, 1993	ทบทวนวรรณกรรม	สารมลพิษทางอากาศที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีแสงอาจเพิ่มขึ้น
Kiribati	Taeuea, T. et al., 2000	ทบทวนวรรณกรรมแบบจำลองการทำนาย	ไข้เลือดออกและอุจจาระร่วงเพิ่มขึ้น
Panama	Sempris and Lopez, eds. 2001.—ANAM/UNDP	การประเมินเชิงปริมาณของสภาพภูมิอากาศและโรคอุจจาระร่วง	โรคอุจจาระร่วงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในพื้นที่เปราะบาง
Portugal	Casimiro and Calheiros, 2002	ทบทวนวรรณกรรมแบบจำลองการทำนาย และการค้นหาประชากรเสี่ยง	โรคที่นำโดยน้ำและอาหาร ผลต่อมลพิษ

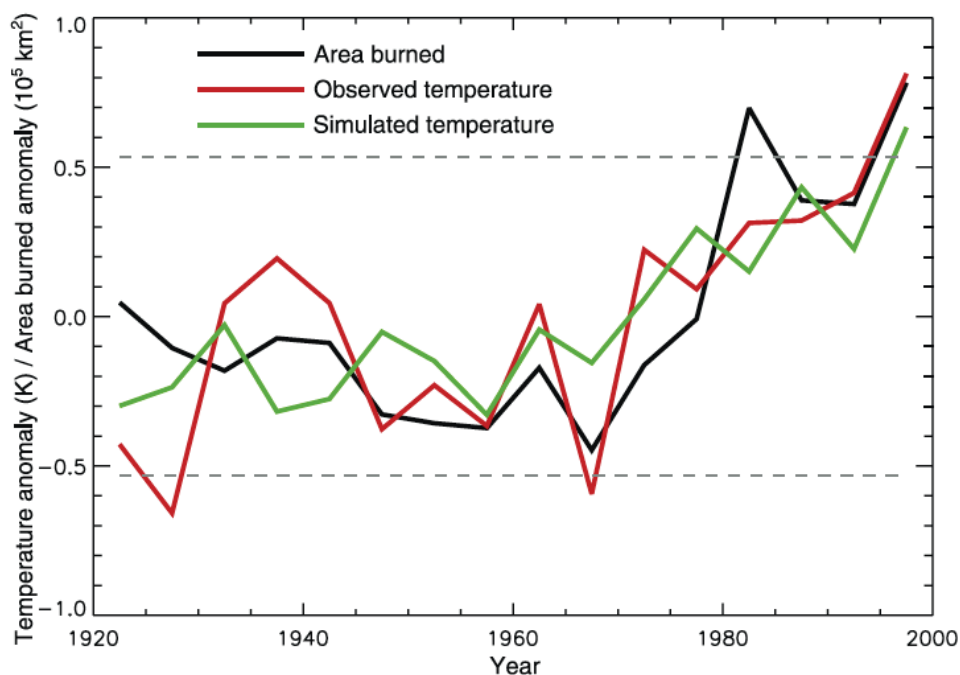
ประเทศ	เอกสารอ้างอิง	วิธีการศึกษา	ผลการศึกษา
			อากาศ และโรคที่นำโดยแมลง
St Lucia	St Lucia National Communication	การประเมินภาระโรคปัจจุบันของโรคที่ไวต่อสภาพภูมิอากาศ	โรคอุจจาระร่วง
United Kingdom	Dept of Health, 2002	แบบจำลองการทำนายพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ	มลพิษอากาศและโรคที่นำโดยน้ำ
Zambia	Phiri and Msiska, 1998	พิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ	โรคที่นำโดยน้ำ

การกระจายตัวและความสัมพันธ์ของข้อมูลสุขภาพและข้อมูลตัวแปรสภาพอากาศ

โรคระบบทางเดินหายใจ

ดังได้กล่าวมาแล้วว่าต้นเหตุหลักของสารมลพิษทางอากาศมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงซึ่งในขณะเดียวกันก็เป็นตัวก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นอกจากนี้ความผันแปรของสภาพภูมิอากาศก็มีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในหลายทาง ตัวอย่างเช่น การเคลื่อนตัวของมวลอากาศทั้งในแนวราบและแนวดิ่งมีส่วนทำให้สารมลพิษมีการเคลื่อนย้ายหรือเจือจางลงได้ อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม และปริมาณฝนก็ล้วนแต่มีอิทธิพลต่อการเกิดสารมลพิษทางอากาศอื่น ๆ รวมถึง หมอกควันจากการเผาป่าและละอองเกสรที่ทำให้เกิดโรคภูมิแพ้

รูปที่ 4 แสดงให้เห็นไฟป่าในประเทศแคนาดาระหว่างปี 1920 ถึง 1999 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ที่เกิดไฟป่ามีสหสัมพันธ์กับอุณหภูมิ และมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนของทั้งพื้นที่ที่มีไฟป่ากับอุณหภูมินับตั้งแต่ปี 1960 เป็นต้นมา

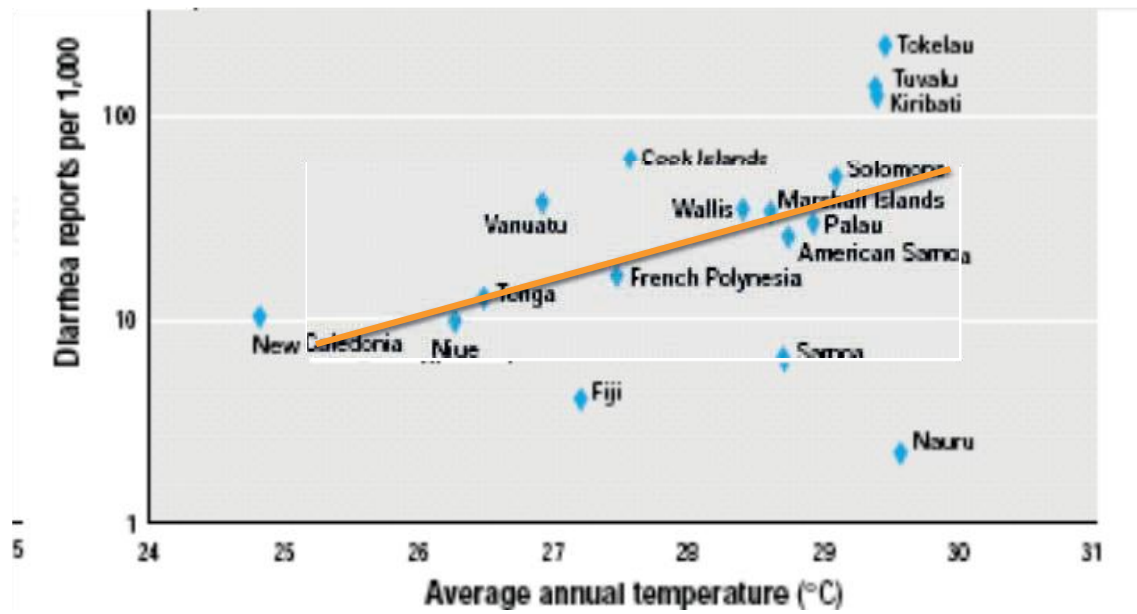


(ที่มา: Gillett et al., 2004)

รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่เกิดไฟป่าและอุณหภูมิ

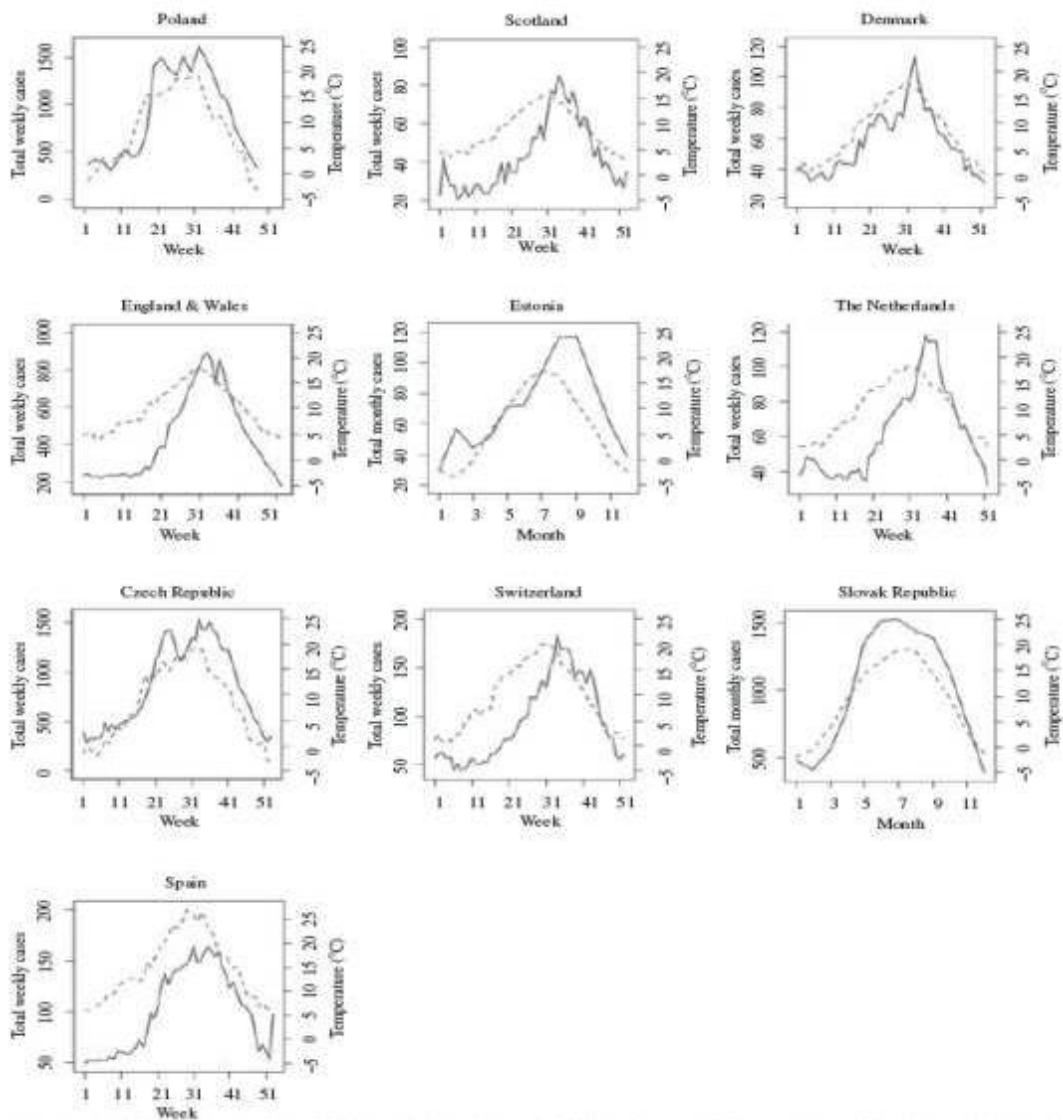
โรคอุจจาระร่วง

รูปที่ 5 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิรายปีกับอุบัติการณ์ของโรคอุจจาระร่วงในเกาะต่าง ๆ ของมหาสมุทรแปซิฟิก เป็นไปในลักษณะแปรตามกัน โดยทุก ๆ 1°C ที่เพิ่มขึ้นในเดือนก่อนจะทำให้โรคอุจจาระร่วงเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 (95% confidence interval 1.2–5%) ในอีกการศึกษาหนึ่ง รูปที่ 6 แสดงจำนวนผู้ป่วยด้วยโรค Salmonellosis ใน 10 ประเทศ พบรูปแบบเดียวกัน คือ จำนวนป่วยเพิ่มขึ้นคู่ขนานไปกับอุณหภูมิที่สูงขึ้น



ที่มา: Singh et al., 2001

รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและอุบัติการณ์ของโรคอุจจาระร่วง

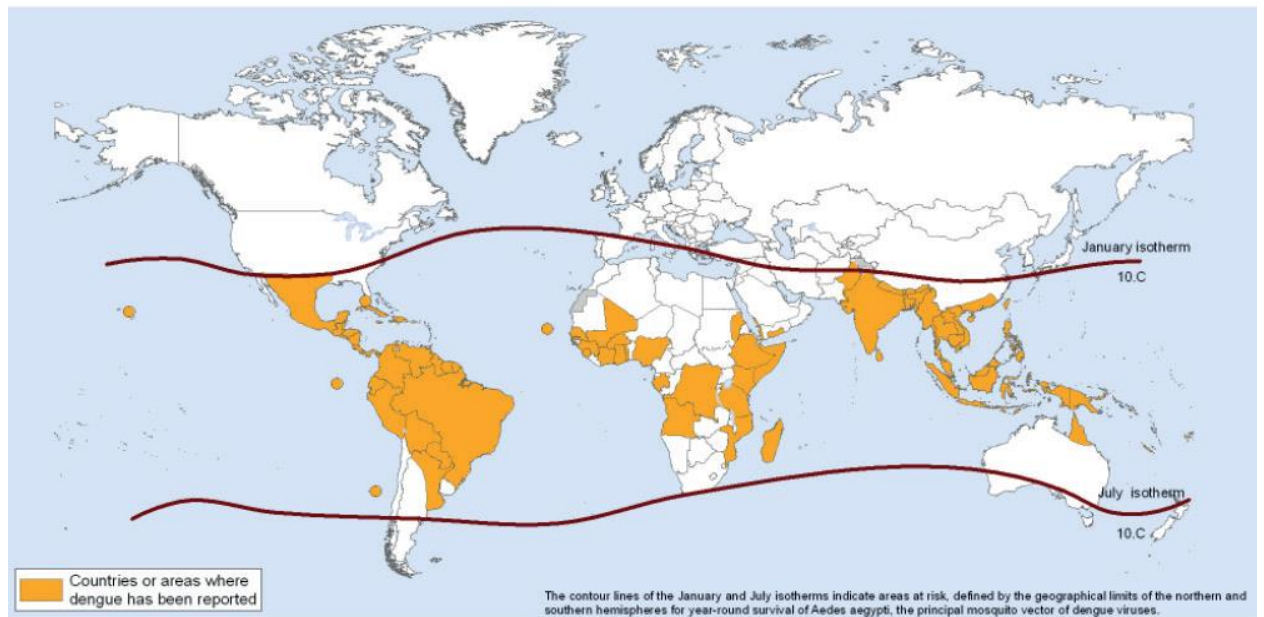


ที่มา: Kovats et al., 2004

รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิและ salmonellosis ใน 10 ประเทศ

ไข่เล็ดออก

รูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่าประเทศที่มีความเสี่ยงต่อไข่เล็ดออก ครอบคลุมอยู่บริเวณเอเชียอาคเนย์ และแปซิฟิกตะวันตก โดยมีเส้นอุณหภูมิที่เท่ากันของพื้นที่ (Isothermal) (สีแดง) ของเดือนมกราคม (เส้นบน) และกรกฎาคม (เส้นล่าง) เป็นเส้นกำหนดขอบเขตของการระบาดของโรคในซีกโลกทางตอนเหนือและตอนใต้ชัดเจน เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของยุงลาย *Aedes aegypti* ซึ่งเป็นพาหะของโรคนั่นเอง

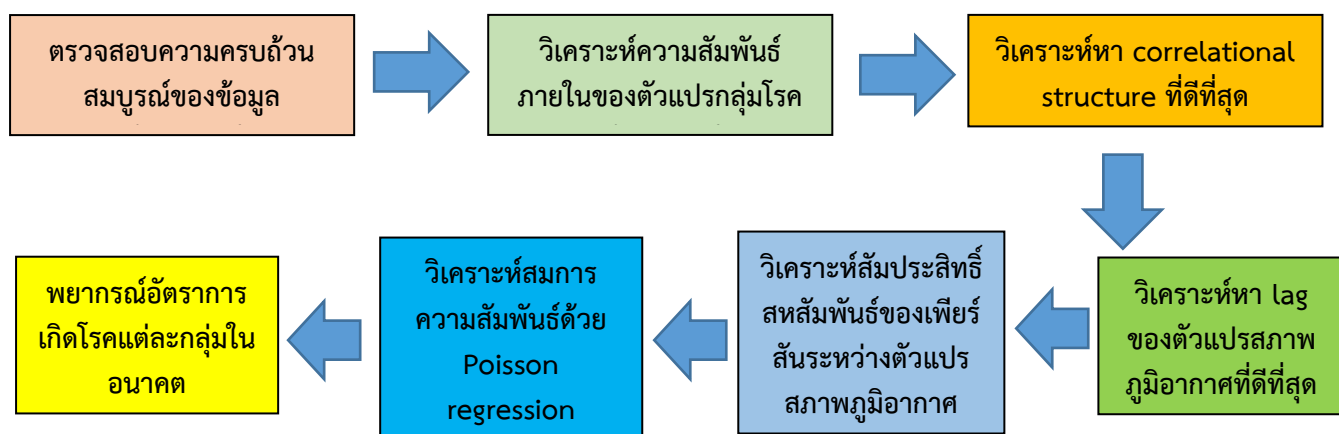


ที่มา: องค์การอนามัยโลก, 2008

รูปที่ 7 แสดงพื้นที่ของประเทศที่มีความเสี่ยงต่อไข้เลือดออก

วิธีการประเมินความเสี่ยง

วิธีการประเมินความเสี่ยง โดยการสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์อัตราการเกิดโรคระบบทางเดินหายใจ โรคอุจจาระร่วง และไข้เลือดออก มีขั้นตอนต่าง ๆ ดังแสดงใน รูปที่ 8 ซึ่งมีทั้งหมด 7 ขั้นตอน ดังจะได้แสดงรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 8 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์อัตราการเกิดโรคระบบทางเดินหายใจ โรคอุจจาระร่วง และไข้เลือดออก

กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย และคณะผู้วิจัย ได้ทำการรวบรวมข้อมูล อุตุณิยมวิทยาและสุขภาพ ย้อนหลัง 5 ปี ระหว่าง 1 ตุลาคม 2552-30 กันยายน 2557 จากกรมอุตุณิยมวิทยา และสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข เฉพาะจังหวัดนครสวรรค์และมหาสารคาม สำหรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และหน่วยที่วัด ได้แก่

1. ข้อมูลอุตุณิยมิวิทยา (ค่าเฉลี่ยรายวัน) ได้แก่ อุณหภูมิต่ำสุด (เซลเซียส), อุณหภูมิสูงสุด (เซลเซียส), อุณหภูมิเฉลี่ย (เซลเซียส), ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ), และปริมาณฝน (มิลลิเมตร)
2. ข้อมูลโรคการป่วย (เป็นรายวัน) ใน 3 กลุ่มโรค ได้แก่ โรคระบบทางเดินหายใจ อูจจาเร่ร่ว่ง และไข้เลือดออก ตามรหัส ICD-10 ดังแสดงใน ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงกลุ่มโรคและรหัสตาม ICD-10

กลุ่มโรค	รหัสโรคตาม ICD-10
Respiratory diseases	J00-J99
Diarrheal disease	● Infectious diarrhea (A00-A09) ● Noninfectious diarrhea (K29, K50, K52)
Dengue	A90-A99

ความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูล

กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพและคณะนักวิจัย ได้ทำการรวบรวมข้อมูลอุตุณิยมิวิทยาและการเจ็บป่วยด้วยโรคที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศใน 3 กลุ่มโรค ได้แก่ โรคระบบทางเดินหายใจ อูจจาเร่ร่ว่ง และไข้เลือดออก เป็นรายวัน จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมอุตุณิยมิวิทยา และสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข ตามลำดับ ย้อนหลัง 5 ปี ระหว่าง 1 ตุลาคม 2552 – 30 กันยายน 2557 เฉพาะจังหวัดนครสวรรค์และมหาสารคาม พบว่าความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูลแต่ละพารามิเตอร์แสดงเป็นจำนวนและร้อยละของจำนวนวันที่มีข้อมูลจากจำนวนวันทั้งหมด 1,826 วัน (1 ตุลาคม 2552–30 กันยายน 2557) สำหรับการวิเคราะห์จำนวนป่วย แยกตามรายจังหวัด ดังแสดงใน ตารางที่ 3 ทั้งนี้ยึดข้อมูลการป่วยเป็นหลักเนื่องจากฐานข้อมูลของสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข มีการบันทึกไว้อย่างน้อยได้เพียง 5 ปี เท่านั้น

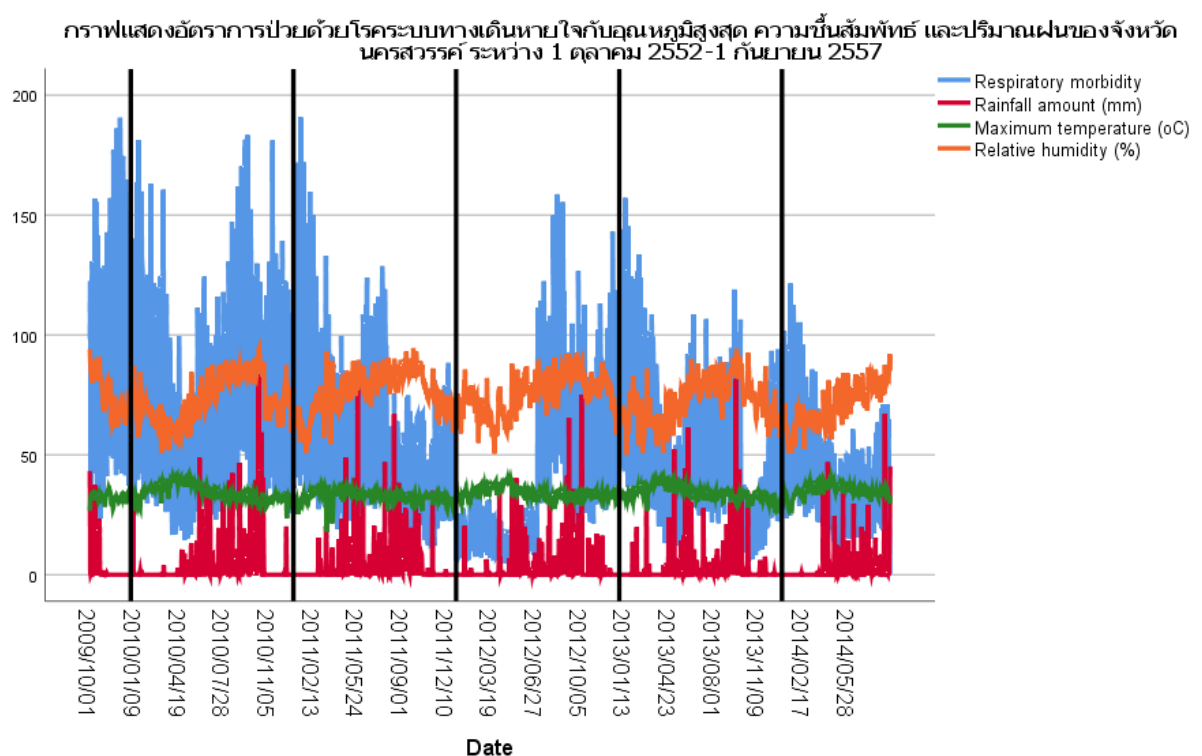
อนึ่ง สำหรับข้อมูลอุตุณิยมิวิทยาที่ได้ในจังหวัดนครสวรรค์มีสถานีตรวจวัด 2 สถานี คือ อำเภอเมืองและตากฟ้า ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการหาค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในวันเดียวกันเพื่อเป็นข้อมูลนำใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

ตารางที่ 3 แสดงความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูลแต่ละพารามิเตอร์แสดงเป็นจำนวนและร้อยละของจำนวนวันที่มีข้อมูลจากจำนวนวันทั้งหมด 1,826 วัน (1 ตุลาคม 2552–30 กันยายน 2557) สำหรับการวิเคราะห์จำนวนป่วยแยกรายจังหวัด

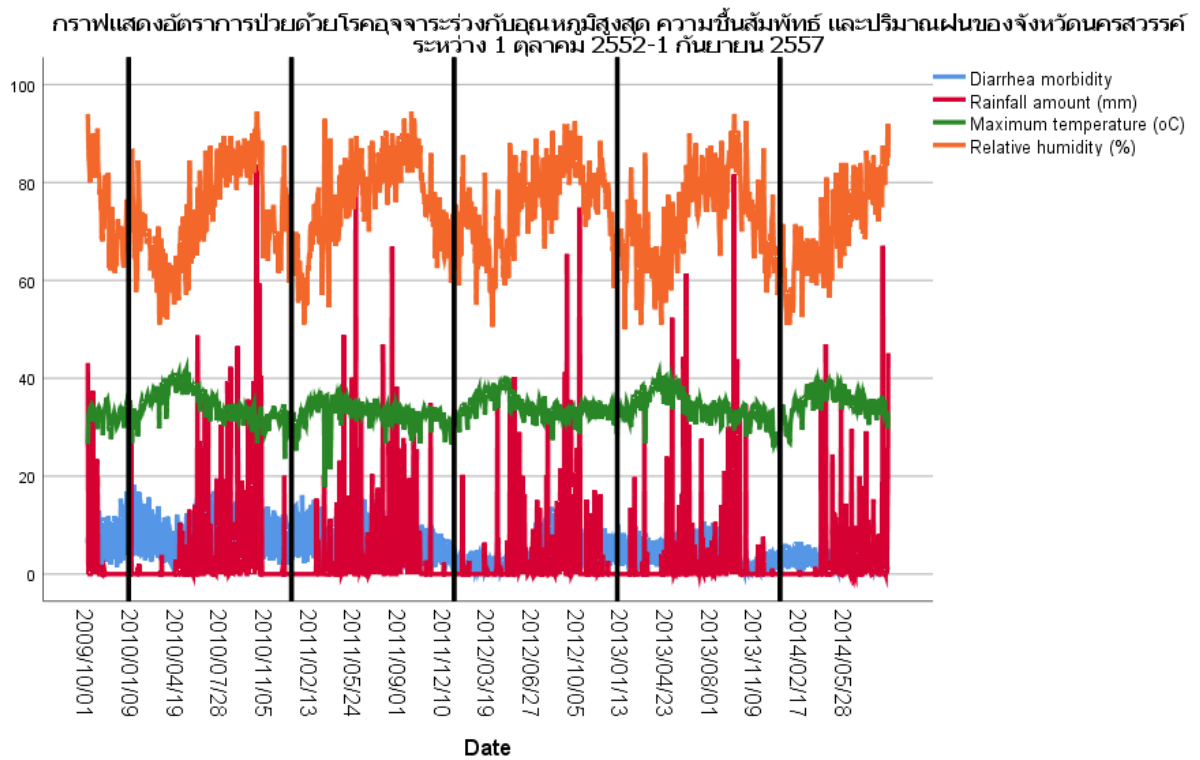
พารามิเตอร์			นครสวรรค์	มหาสารคาม
อุตุณิยมิวิทยา	อุณหภูมิต่ำสุด	จำนวน	1826	1826
		ร้อยละ	100.0	100.0
	อุณหภูมิสูงสุด	จำนวน	1826	1826
		ร้อยละ	100.0	100.0
	อุณหภูมิเฉลี่ย	จำนวน	1826	1826
		ร้อยละ	100.0	100.0
	ความชื้นสัมพัทธ์	จำนวน	1826	1826
		ร้อยละ	100.0	100.0

พารามิเตอร์			นครสวรรค์	มหาสารคาม
	ปริมาณฝน	จำนวน	1826	1826
		ร้อยละ	100.0	100.0
โรค	โรคระบบทางเดินหายใจ	จำนวน	1797	1826
		ร้อยละ	98.4	100.0
	อุจจาระร่วง	จำนวน	1796	1826
		ร้อยละ	98.4	100.0
	ไข้เลือดออก	จำนวน	1797	1826
		ร้อยละ	98.4	100.0

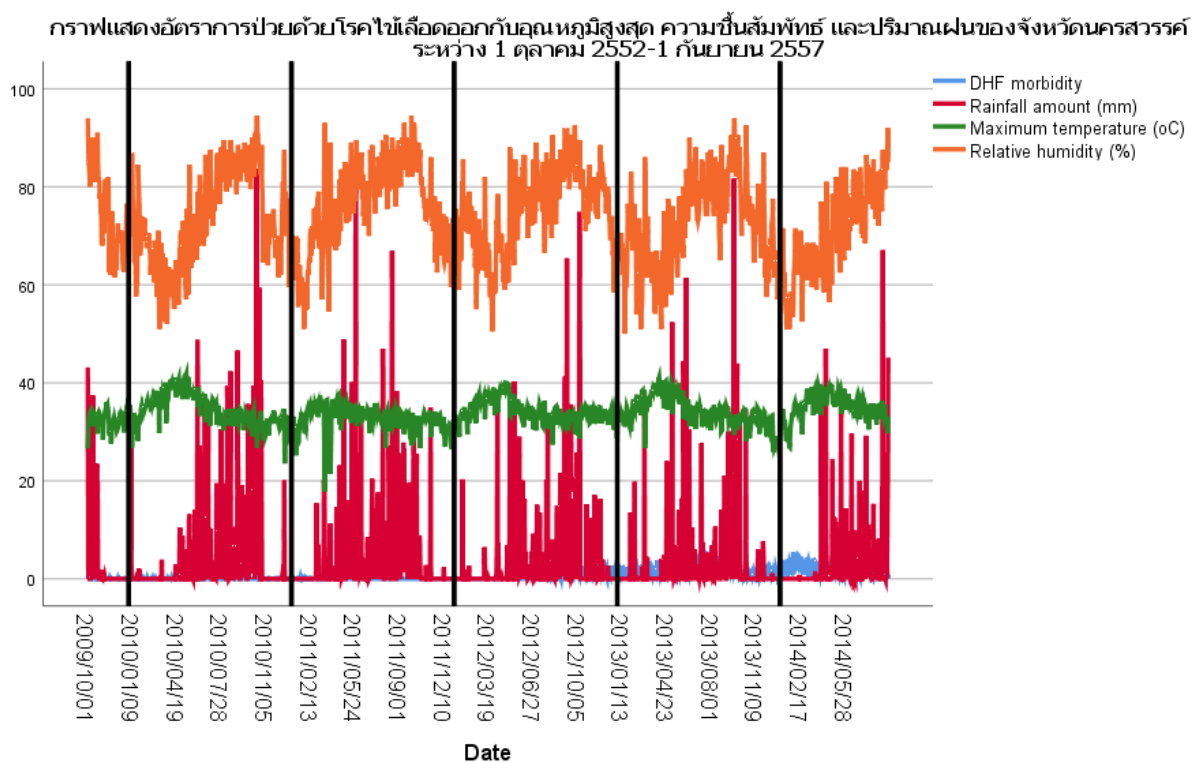
กราฟแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอัตราป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ โรคอุจจาระร่วง และโรคไข้เลือดออก กับอุณหภูมิสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณฝน ของจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง 1 ตุลาคม 2552-1 กันยายน 2557 แสดงใน รูปที่ 9 ถึงรูปที่ 11 และกราฟแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอัตราป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ โรคอุจจาระร่วง และโรคไข้เลือดออก กับอุณหภูมิสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณฝน ของจังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 ตุลาคม 2552-30 กันยายน 2557 แสดงใน รูปที่ 12 ถึงรูปที่ 14



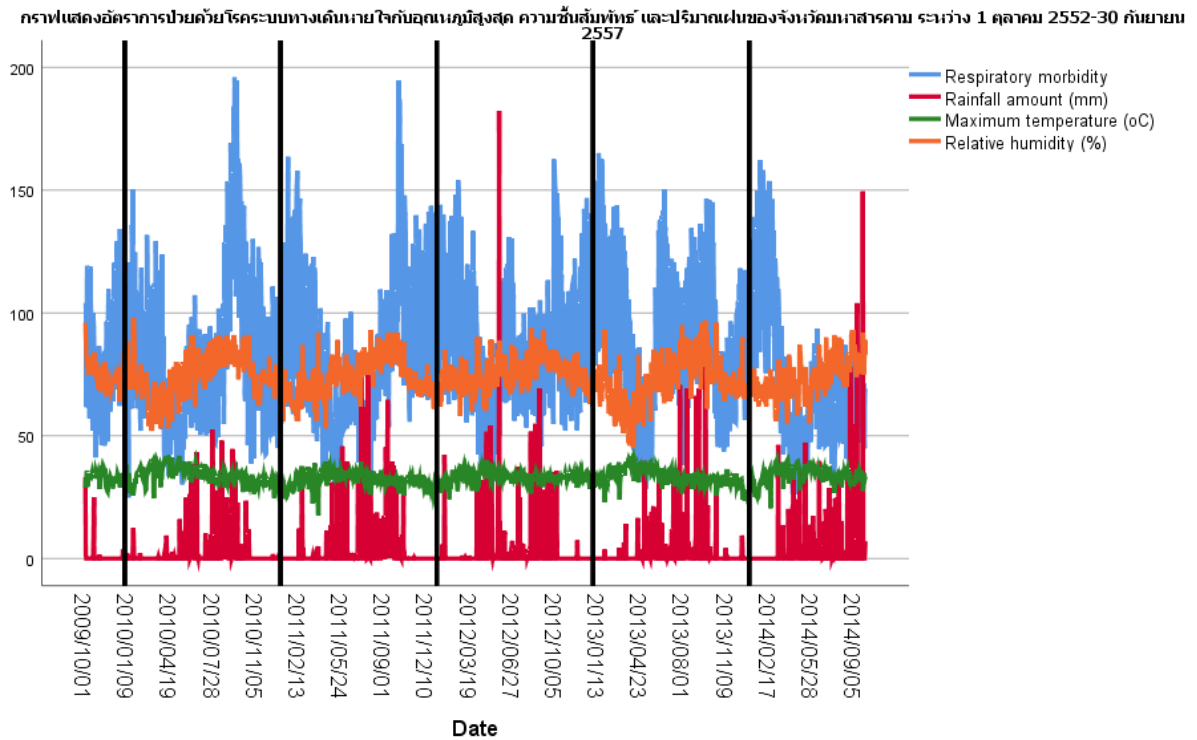
รูปที่ 9 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอัตราป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ อุณหภูมิสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณฝน ของจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง 1 ตุลาคม 2552-1 กันยายน 2557



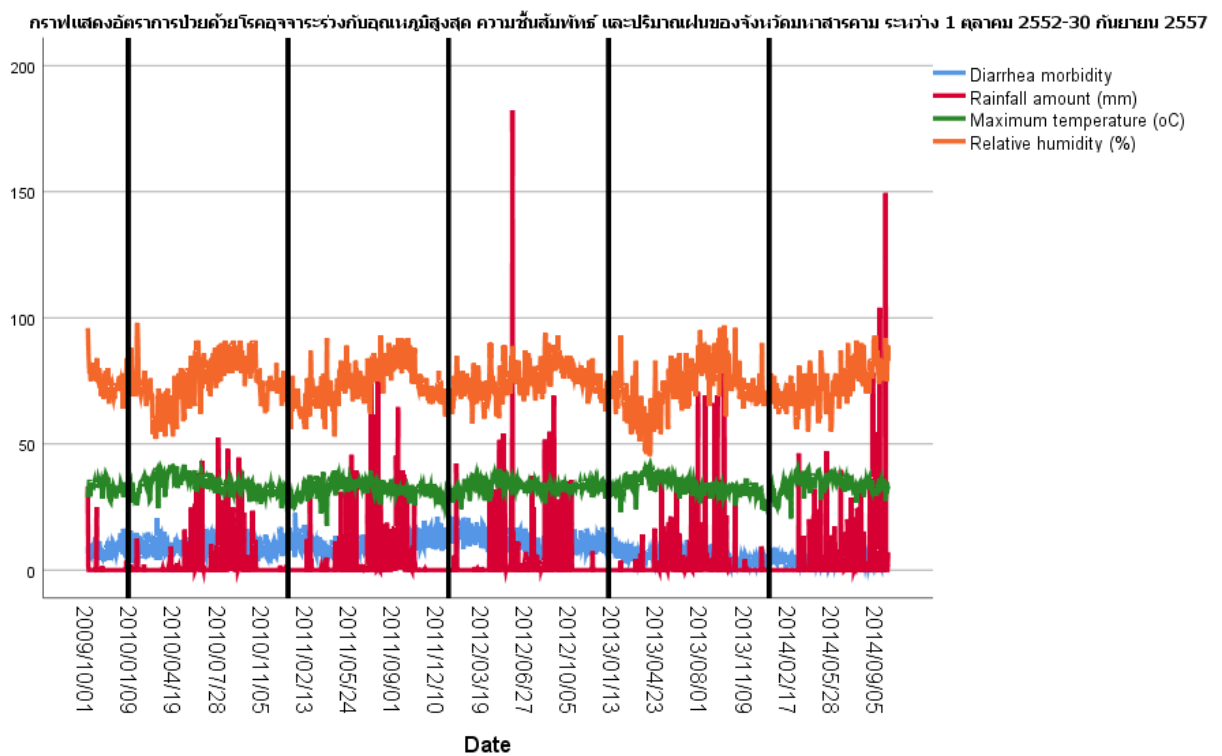
รูปที่ 10 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอัตราป่วยโรคอุจจาระร่วง อุณหภูมิสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณฝน ของจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง 1 ตุลาคม 2552-1 กันยายน 2557



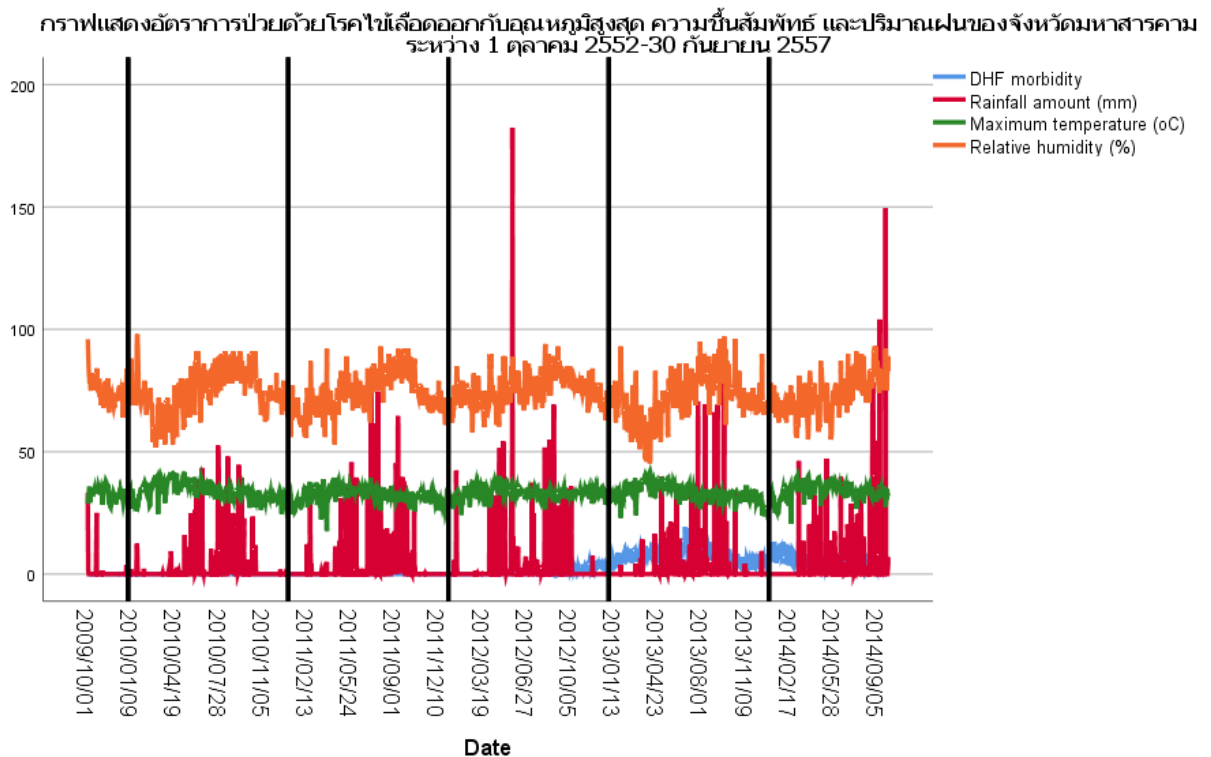
รูปที่ 11 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอัตราป่วยโรคไข้เลือดออก อุณหภูมิสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณฝน ของจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง 1 ตุลาคม 2552-1 กันยายน 2557



รูปที่ 12 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอัตราป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ อุณหภูมิสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณฝน ของจังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 ตุลาคม 2552-30 กันยายน 2557



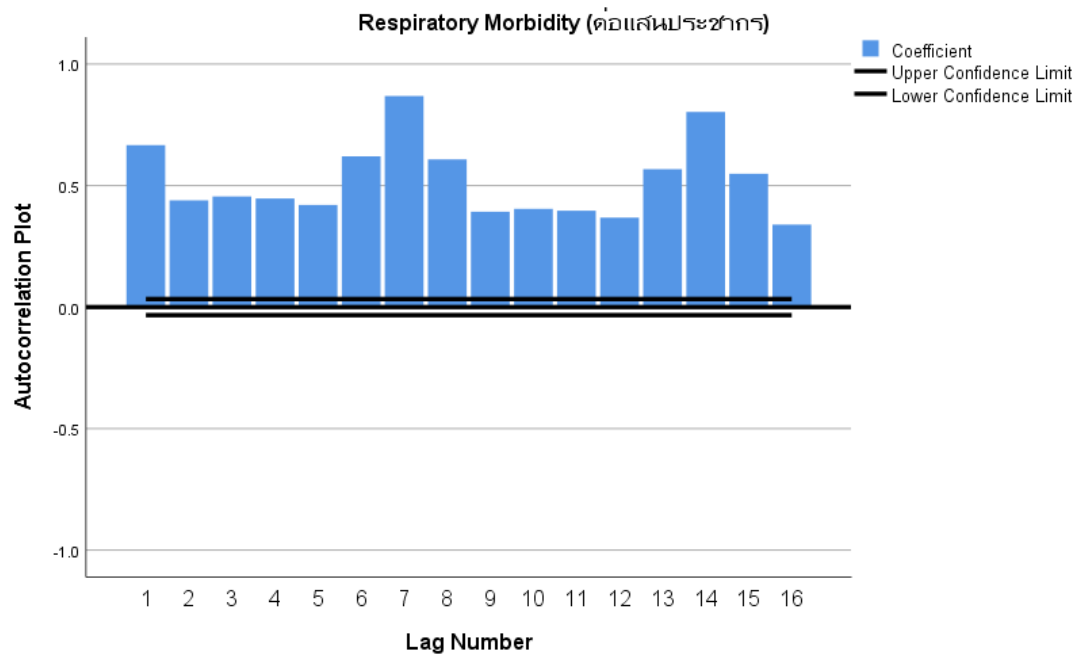
รูปที่ 13 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอัตราป่วยโรคอุจจาระร่วง อุณหภูมิสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณฝน ของจังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 ตุลาคม 2552-30 กันยายน 2557



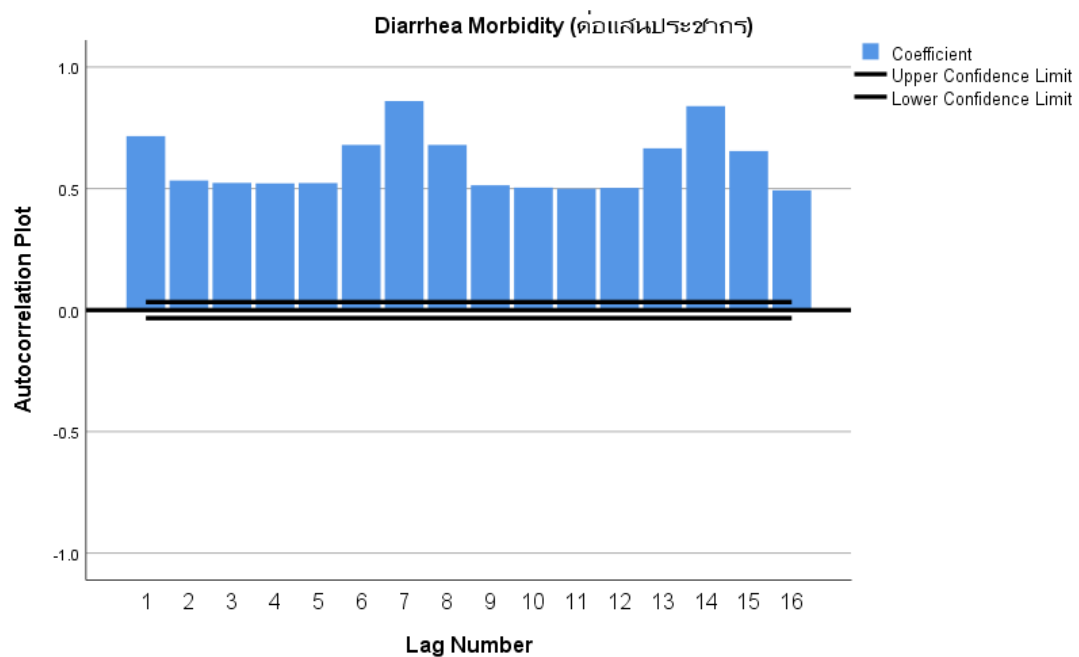
รูปที่ 14 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอัตราป่วยโรคไข้เลือดออก อุณหภูมิสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณฝน ของจังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 ตุลาคม 2552-30 กันยายน 2557

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ภายในของข้อมูลการป่วย

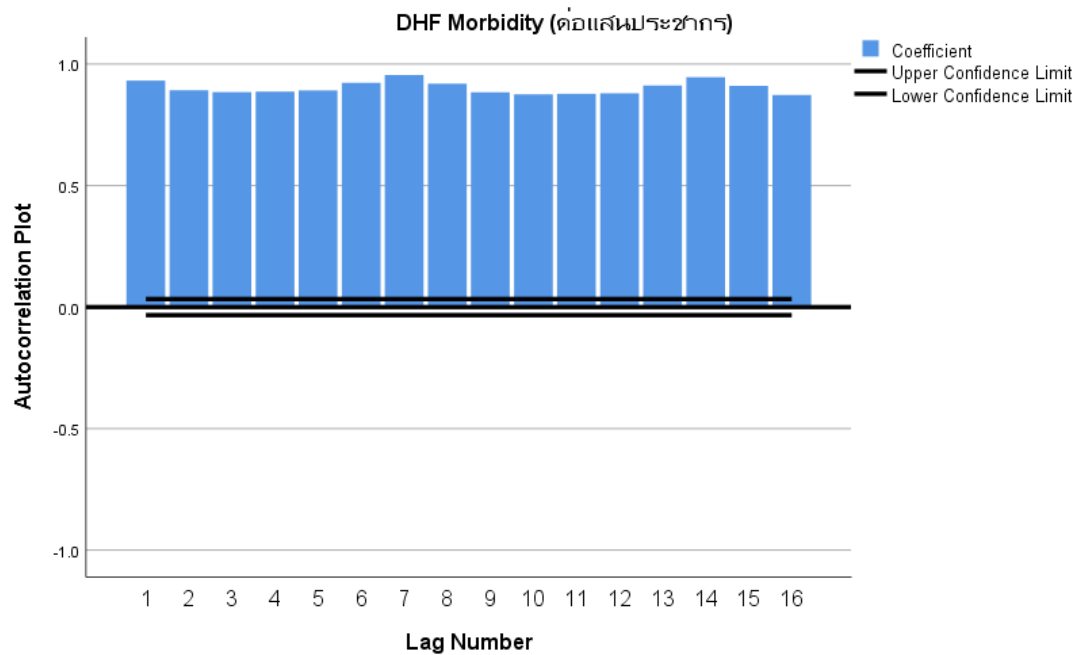
ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ภายในของข้อมูลอัตราการป่วย (Morbidity rate) ใช้วิธี autocorrelation plot และ partial autocorrelation plot ได้ผลดังแสดงใน รูปที่ 15 รูปที่ 16 และ รูปที่ 17 ตามลำดับ พบว่าอัตราการป่วยทั้งสามกลุ่มโรค มีลักษณะของกราฟแสดงรูปแบบที่ไม่ชัดเจน ดังนั้นในการวิเคราะห์เพื่อให้ได้แบบจำลองทำนายการป่วยด้วยสถิติ GEE จะทำการทดสอบ correlation structures แบบต่าง ๆ และคัดเลือกแบบที่ดีที่สุดโดยดูค่า Quasi Likelihood under Independence Model Criterion (QIC) ซึ่งใช้ในการเปรียบเทียบ correlational structures แบบต่าง ๆ โดยค่าที่น้อย แสดงว่า correlational structure นั้นดีกว่า (Cui and Qian, 2007)



รูปที่ 15 แสดง autocorrelation plot ที่ lags ต่าง ๆ ของอัตราการป่วย (Morbidity rate) ด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ



รูปที่ ๑๖ แสดง autocorrelation plot ที่ lags ต่าง ๆ ของอัตราการป่วย (Morbidity rate) ด้วยโรคอุจจาระร่วง



รูปที่ 17 แสดง autocorrelation plot ที่ lags ต่าง ๆ ของอัตราการป่วย (Morbidity rate) ด้วยโรคไข้เลือดออก

การวิเคราะห์หา correlational structure ที่ดีที่สุด

ในการวิเคราะห์หา correlational structure ที่ดีที่สุดของข้อมูลอัตราการป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ โรคอุจจาระร่วง และไข้เลือดออก ผู้วิจัยวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุด แยกแต่ละจังหวัด คือ นครสวรรค์และมหาสารคาม ได้ผลแสดงในตารางที่ 4 ถึงตารางที่ 9 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่า QIC ที่น้อยที่สุดได้แก่ correlational structure ชนิด independent ทั้งหมด

ตารางที่ 4 แสดงค่า QIC ของ Correlational Structures ชนิดต่าง ๆ ของข้อมูลอัตราการป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจและอุณหภูมิต่าง ๆ จังหวัดนครสวรรค์

พารามิเตอร์	Correlational Structures				
	Independent	Autoregressive order 1	Exchangeable	Unstructured*	1-Dependent
อุณหภูมิสูงสุด	448318.497	457023.227	448318.573	1288645.250	462388.678
อุณหภูมิเฉลี่ย	441225.430	446161.758	441225.577	1179566.925	448958.297
อุณหภูมิต่ำสุด	444582.650	446756.372	444582.753	1108971.698	445332.478

*The maximum number of iterations was reached but convergence was not achieved. Output for the last iteration is displayed.

ตารางที่ 5 แสดงค่า QIC ของ Correlational Structures ชนิดต่าง ๆ ของข้อมูลอัตราการป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจและอุณหภูมิต่าง ๆ จังหวัดมหาสารคาม

พารามิเตอร์	Correlational Structures				
	Independent	Autoregressive order 1	Exchangeable	Unstructured*	1-Dependent
อุณหภูมิสูงสุด	171961.861	184516.107	171961.863	501925.832	176962.948
อุณหภูมิจนเฉลี่ย	167451.505	178480.071	167451.505	1230561.883	170772.260
อุณหภูมิต่ำสุด	164179.600	166779.360	164179.600	2924104.099	166046.587

*The maximum number of iterations was reached but convergence was not achieved. Output for the last iteration is displayed.

ตารางที่ 6 แสดงค่า QIC ของ Correlational Structures ชนิดต่าง ๆ ของข้อมูลอัตราการป่วยด้วยโรคอุจจาระร่วงและอุณหภูมิต่าง ๆ จังหวัดนครสวรรค์

พารามิเตอร์	Correlational Structures				
	Independent	Autoregressive order 1	Exchangeable	Unstructured*	1-Dependent
อุณหภูมิสูงสุด	47471.064	47738.067	47471.064	118346.300	47846.616
อุณหภูมิจนเฉลี่ย	47585.534	47683.234	47585.534	123544.545	47741.378
อุณหภูมิต่ำสุด	47647.372	47658.268	47647.372	128737.069	47770.871

*The maximum number of iterations was reached but convergence was not achieved. Output for the last iteration is displayed.

ตารางที่ 7 แสดงค่า QIC ของ Correlational Structures ชนิดต่าง ๆ ของข้อมูลอัตราการป่วยด้วยโรคอุจจาระร่วงและอุณหภูมิต่าง ๆ จังหวัดมหาสารคาม

พารามิเตอร์	Correlational Structures				
	Independent	Autoregressive order 1	Exchangeable	Unstructured*	1-Dependent
อุณหภูมิสูงสุด	37016.361	38121.935	37016.535	685931.233	37364.316
อุณหภูมิจนเฉลี่ย	36878.851	38562.208	36879.021	758745.271	37353.383
อุณหภูมิต่ำสุด	36653.366	36850.848	36653.530	470780.172	36676.804

*The maximum number of iterations was reached but convergence was not achieved. Output for the last iteration is displayed.

ตารางที่ 8 แสดงค่า QIC ของ Correlational Structures ชนิดต่าง ๆ ของข้อมูลอัตราการป่วยด้วยโรคไข้เลือดออกและอุณหภูมิต่าง ๆ จังหวัดนครสวรรค์

พารามิเตอร์	Correlational Structures				
	Independent	Autoregressive order 1	Exchangeable	Unstructured*	1-Dependent
อุณหภูมิสูงสุด	28854.775	29253.050	28854.777	371907.451	29217.832
อุณหภูมิจนเฉลี่ย	29371.137	29484.224	29371.137	365569.954	29547.622
อุณหภูมิต่ำสุด	29510.304	29581.626	29510.304	362302.057	29557.697

*The maximum number of iterations was reached but convergence was not achieved. Output for the last iteration is displayed.

ตารางที่ 9 แสดงค่า QIC ของ Correlational Structures ชนิดต่าง ๆ ของข้อมูลอัตราการป่วยด้วยโรคไข้เลือดออกและอุณหภูมิต่าง ๆ จังหวัดมหาสารคาม

พารามิเตอร์	Correlational Structures				
	Independent	Autoregressive order 1	Exchangeable	Unstructured*	1-Dependent
อุณหภูมิสูงสุด	90083.481	90472.465	90083.972	833245.557	90318.302
อุณหภูมิจนเฉลี่ย	90585.194	90717.177	90585.689	805412.401	90598.415
อุณหภูมิต่ำสุด	91082.524	91196.261	91083.146	147892.011	91122.150

*The maximum number of iterations was reached but convergence was not achieved. Output for the last iteration is displayed.

การวิเคราะห์หา lag ของตัวแปรต้นที่ดีที่สุด

ในการวิเคราะห์หา lag ของตัวแปรต้นที่ดีที่สุด ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว (Univariate analysis) ระหว่างโรกระบบทางเดินหายใจ โรคอุจจาระร่วง และไข้เลือดออก กับตัวแปรอุณหภูมิที่ละ lag ตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 14 lag ที่ดีที่สุดคือ lag ที่ให้ค่า p -value น้อยที่สุด หรือค่า Wald chi-square มากที่สุด

ผลการวิเคราะห์ของจังหวัดนครสวรรค์ พบว่า (ตารางที่ 10)

- โรกระบบทางเดินหายใจ lag ที่ดีที่สุด คือ อุณหภูมิสูงสุด_5, อุณหภูมิเฉลี่ย_5, อุณหภูมิต่ำสุด_2, ความชื้นสัมพัทธ์_14 และปริมาณฝน_7
- โรคอุจจาระร่วง lag ที่ดีที่สุด คือ อุณหภูมิสูงสุด_5, อุณหภูมิเฉลี่ย_5, อุณหภูมิต่ำสุด_5, ความชื้นสัมพัทธ์_2, และปริมาณฝน_14
- ไข้เลือดออก lag ที่ดีที่สุด คือ อุณหภูมิสูงสุด_0, อุณหภูมิเฉลี่ย_0, อุณหภูมิต่ำสุด_14, ความชื้นสัมพัทธ์_11 และปริมาณฝน_11

ผลการวิเคราะห์ของจังหวัดมหาสารคาม พบว่า (ตารางที่ 11) โรคระบบทางเดินหายใจ lag ที่ดีที่สุด คือ อุณหภูมิสูงสุด_5, อุณหภูมิเฉลี่ย_5, อุณหภูมิต่ำสุด_3, ความชื้นสัมพัทธ์_13 และปริมาณฝน_0

- โรคอุจจาระร่วง lag ที่ดีที่สุด คือ อุณหภูมิสูงสุด_10, อุณหภูมิเฉลี่ย_10, อุณหภูมิต่ำสุด_10, ความชื้นสัมพัทธ์_12, และปริมาณฝน_0
- ใช้เลือดออก lag ที่ดีที่สุด คือ อุณหภูมิสูงสุด_0, อุณหภูมิเฉลี่ย_0, อุณหภูมิต่ำสุด_0, ความชื้นสัมพัทธ์_14 และปริมาณฝน_12

ตารางที่ 10 แสดงค่า Wald chi-square และ *p*-value ของการวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว (Univariate analysis) ระหว่างโรคระบบทางเดินหายใจ โรคอุจจาระร่วง และใช้เลือดออกกับตัวแปรต้นที่ lag ต่าง ๆ จังหวัดนครสวรรค์

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม					
	โรคระบบทางเดินหายใจ		โรคอุจจาระร่วง		ใช้เลือดออก	
	Wald chi-square	<i>p</i> -value	Wald chi-square	<i>p</i> -value	Wald chi-square	<i>p</i> -value
อุณหภูมิสูงสุด_0	20505.055	0.000	176.927	0.000	651.464*	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_1	23448.007	0.000	225.876	0.000	616.303	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_2	25975.526	0.000	327.386	0.000	567.324	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_3	25050.364	0.000	286.169	0.000	553.155	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_4	24908.680	0.000	297.370	0.000	500.036	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_5	27900.787*	0.000	454.465*	0.000	536.574	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_6	26770.569	0.000	417.516	0.000	526.040	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_7	26948.893	0.000	368.749	0.000	501.190	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_8	25664.310	0.000	337.061	0.000	501.897	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_9	25660.460	0.000	370.743	0.000	490.212	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_10	23821.228	0.000	276.121	0.000	459.740	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_11	23357.336	0.000	248.344	0.000	435.982	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_12	25735.302	0.000	362.623	0.000	407.562	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_13	25846.085	0.000	352.167	0.000	436.190	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_14	24510.611	0.000	259.641	0.000	369.720	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_0	28231.970	0.000	62.129	0.000	137.599*	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_1	30388.725	0.000	88.681	0.000	130.250	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_2	31801.420	0.000	143.329	0.000	113.749	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_3	30624.801	0.000	117.699	0.000	105.354	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_4	30153.208	0.000	118.836	0.000	87.957	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_5	33106.132*	0.000	201.897*	0.000	75.500	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_6	32849.062	0.000	195.237	0.000	60.889	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_7	32033.914	0.000	162.266	0.000	58.266	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_8	29704.348	0.000	124.807	0.000	52.243	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_9	30006.544	0.000	158.105	0.000	53.041	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_10	27095.775	0.000	93.456	0.000	53.577	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_11	26898.540	0.000	81.224	0.000	37.973	0.000

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม					
	โรคระบบทางเดินหายใจ		โรคอุจจาระร่วง		ไข้เลือดออก	
	Wald chi-square	p-value	Wald chi-square	p-value	Wald chi-square	p-value
อุณหภูมิเฉลี่ย_12	29484.223	0.000	158.064	0.000	18.386	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_13	30075.163	0.000	168.454	0.000	15.980	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_14	28589.294	0.000	107.712	0.000	7.318	0.007
อุณหภูมิต่ำสุด_0	25549.608	0.000	0.008	0.931	0.623	0.430
อุณหภูมิต่ำสุด_1	26264.176	0.000	3.446	0.063	0.025	0.874
อุณหภูมิต่ำสุด_2	26329.073*	0.000	14.008	0.000	0.250	0.617
อุณหภูมิต่ำสุด_3	25566.279	0.000	6.591	0.010	2.582	0.108
อุณหภูมิต่ำสุด_4	25407.768	0.000	10.648	0.001	4.298	0.038
อุณหภูมิต่ำสุด_5	25978.428	0.000	16.837*	0.000	14.743	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_6	24558.871	0.000	8.166	0.004	17.515	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_7	23546.353	0.000	5.395	0.020	26.266	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_8	23016.721	0.000	6.055	0.014	26.556	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_9	21861.941	0.000	4.839	0.028	23.567	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_10	20751.205	0.000	0.827	0.363	38.757	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_11	21425.389	0.000	3.418	0.064	65.320	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_12	21472.272	0.000	10.352	0.001	80.823	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_13	20156.448	0.000	0.526	0.468	90.169	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_14	19326.859	0.000	0.812	0.368	113.946*	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_0	310.827	0.000	301.939	0.000	275.811	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_1	431.645	0.000	362.517	0.000	275.478	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_2	445.976	0.000	396.345*	0.000	279.667	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_3	162.858	0.000	232.074	0.000	331.353	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_4	98.834	0.000	187.841	0.000	324.543	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_5	462.835	0.000	290.469	0.000	312.230	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_6	1027.633	0.000	347.238	0.000	332.643	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_7	1705.954	0.000	386.124	0.000	337.962	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_8	1505.756	0.000	331.870	0.000	372.965	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_9	1243.543	0.000	306.139	0.000	416.355	0.000

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม					
	โรคระบบทางเดินหายใจ		โรคอุจจาระร่วง		ไข้เลือดออก	
	Wald chi-square	p-value	Wald chi-square	p-value	Wald chi-square	p-value
ความชื้นสัมพัทธ์_10	548.682	0.000	168.833	0.000	469.987	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_11	749.192	0.000	167.640	0.000	493.837*	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_12	1279.206	0.000	229.058	0.000	473.629	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_13	2139.425	0.000	303.554	0.000	487.345	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_14	2660.486*	0.000	331.057	0.000	452.534	0.000
ปริมาณฝน_0	41.904	0.000	111.797	0.000	22.536	0.000
ปริมาณฝน_1	54.689	0.000	77.673	0.000	35.662	0.000
ปริมาณฝน_2	45.197	0.000	35.090	0.000	50.469	0.000
ปริมาณฝน_3	0.234	0.629	23.112	0.000	55.217	0.000
ปริมาณฝน_4	0.584	0.445	12.996	0.000	55.652	0.000
ปริมาณฝน_5	29.966	0.000	30.896	0.000	49.988	0.000
ปริมาณฝน_6	226.671	0.000	69.170	0.000	29.520	0.000
ปริมาณฝน_7	507.755*	0.000	131.884	0.000	30.634	0.000
ปริมาณฝน_8	182.477	0.000	97.610	0.000	37.538	0.000
ปริมาณฝน_9	0.353	0.552	16.746	0.000	59.188	0.000
ปริมาณฝน_10	105.320	0.000	15.353	0.000	82.099	0.000
ปริมาณฝน_11	9.399	0.002	20.580	0.000	115.718*	0.000
ปริมาณฝน_12	9.543	0.002	28.907	0.000	108.254	0.000
ปริมาณฝน_13	37.558	0.000	47.106	0.000	90.108	0.000
ปริมาณฝน_14	357.246	0.000	151.128*	0.000	83.594	0.000

*lag ที่ดีที่สุด

ตารางที่ 11 แสดงค่า Wald chi-square และ p -value ของการวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว (Univariate analysis) ระหว่างโรคระบบทางเดินหายใจ โรคอูจจากระวัง และไข้เลือดออกกับตัวแปรต้นที่ lag ต่าง ๆ จังหวัดมหาสารคาม

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม					
	โรคระบบทางเดินหายใจ		โรคอูจจากระวัง		ไข้เลือดออก	
	Wald chi-square	p -value	Wald chi-square	p -value	Wald chi-square	p -value
อุณหภูมิสูงสุด_0	8564.442	0.000	152.206	0.000	1166.232*	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_1	12748.797	0.000	298.713	0.000	919.587	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_2	15996.809	0.000	449.658	0.000	843.416	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_3	15708.095	0.000	421.755	0.000	901.016	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_4	15705.940	0.000	417.906	0.000	868.804	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_5	16871.653*	0.000	612.125	0.000	739.695	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_6	16330.242	0.000	636.946	0.000	782.826	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_7	13904.253	0.000	525.664	0.000	808.719	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_8	13929.492	0.000	503.495	0.000	740.360	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_9	14965.491	0.000	519.821	0.000	769.999	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_10	15752.313	0.000	653.188*	0.000	723.472	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_11	15273.947	0.000	580.571	0.000	772.178	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_12	16492.374	0.000	552.758	0.000	662.817	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_13	15290.036	0.000	525.334	0.000	718.467	0.000
อุณหภูมิสูงสุด_14	13160.374	0.000	440.989	0.000	874.130	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_0	13334.919	0.000	292.710	0.000	655.614*	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_1	17383.826	0.000	447.416	0.000	522.612	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_2	19958.741	0.000	578.327	0.000	484.092	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_3	19962.546	0.000	606.604	0.000	466.637	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_4	21051.993	0.000	658.296	0.000	389.683	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_5	21102.487*	0.000	806.263	0.000	366.826	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_6	20172.220	0.000	787.909	0.000	336.227	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_7	18632.514	0.000	705.140	0.000	337.529	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_8	18375.696	0.000	679.964	0.000	329.330	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_9	19444.465	0.000	749.599	0.000	298.164	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_10	19860.556	0.000	809.376*	0.000	283.454	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_11	20466.333	0.000	771.325	0.000	272.697	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_12	20223.123	0.000	748.993	0.000	232.801	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_13	18917.780	0.000	671.025	0.000	251.858	0.000
อุณหภูมิเฉลี่ย_14	17483.610	0.000	577.008	0.000	277.491	0.007
อุณหภูมิต่ำสุด_0	16902.336	0.000	526.286	0.000	175.086*	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_1	19071.998	0.000	614.117	0.000	132.146	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_2	19526.337	0.000	671.921	0.000	114.893	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_3	20048.879*	0.000	705.849	0.000	81.384	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_4	19844.880	0.000	756.514	0.000	68.069	0.000

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม					
	โรคระบบทางเดินหายใจ		โรคอุจจาระร่วง		ไข้เลือดออก	
	Wald chi-square	p-value	Wald chi-square	p-value	Wald chi-square	p-value
อุณหภูมิต่ำสุด_5	18112.336	0.000	776.736	0.000	69.777	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_6	17619.283	0.000	720.762	0.000	41.659	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_7	18183.024	0.000	748.905	0.000	40.295	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_8	18357.538	0.000	774.176	0.000	28.461	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_9	18397.486	0.000	823.867	0.000	27.815	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_10	18401.496	0.000	840.935*	0.000	19.254	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_11	17922.730	0.000	749.833	0.000	15.479	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_12	16306.802	0.000	694.592	0.000	10.867	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_13	15693.847	0.000	642.564	0.000	12.681	0.000
อุณหภูมิต่ำสุด_14	16065.290	0.000	655.879	0.000	7.047	0.008
ความชื้นสัมพัทธ์_0	66.295	0.000	11.788	0.001	1860.548	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_1	53.364	0.000	0.206	0.650	1738.273	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_2	106.862	0.000	1.773	0.183	1854.247	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_3	131.233	0.000	7.415	0.006	2094.006	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_4	294.180	0.000	6.885	0.009	2125.188	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_5	282.353	0.000	13.896	0.000	2198.815	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_6	478.516	0.000	18.528	0.000	2124.818	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_7	662.951	0.000	15.541	0.000	2091.387	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_8	885.901	0.000	18.975	0.000	2151.728	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_9	981.674	0.000	16.007	0.000	2281.405	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_10	985.591	0.000	14.221	0.000	2443.852	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_11	1387.687	0.000	18.988	0.000	2580.401	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_12	1659.473	0.000	34.637*	0.000	2481.365	0.000
ความชื้นสัมพัทธ์_13	1916.347*	0.000	32.937	0.000	2424.030	0.000

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม					
	โรคระบบทางเดินหายใจ		โรคอุจจาระร่วง		ไข้เลือดออก	
	Wald chi-square	p-value	Wald chi-square	p-value	Wald chi-square	p-value
ความขึ้นสัมพันธ์_14	1915.865	0.000	19.550	0.000	2592.389*	0.000
ปริมาณฝน_0	1553.388*	0.000	343.597*	0.000	4.218	0.040
ปริมาณฝน_1	1459.209	0.000	331.082	0.000	0.033	0.855
ปริมาณฝน_2	610.976	0.000	171.448	0.000	2.800	0.094
ปริมาณฝน_3	514.210	0.000	170.426	0.000	0.083	0.773
ปริมาณฝน_4	318.511	0.000	151.945	0.000	2.222	0.136
ปริมาณฝน_5	271.989	0.000	186.296	0.000	2.625	0.105
ปริมาณฝน_6	222.419	0.000	163.812	0.000	0.469	0.493
ปริมาณฝน_7	275.875	0.000	203.337	0.000	0.022	0.882
ปริมาณฝน_8	222.611	0.000	174.645	0.000	0.134	0.714
ปริมาณฝน_9	181.043	0.000	173.204	0.000	0.214	0.643
ปริมาณฝน_10	15.217	0.000	81.246	0.000	0.116	0.734
ปริมาณฝน_11	44.701	0.000	143.911	0.000	21.261	0.000
ปริมาณฝน_12	78.337	0.000	104.507	0.000	35.434*	0.000
ปริมาณฝน_13	0.221	0.638	102.883	0.000	3.526	0.060
ปริมาณฝน_14	24.330	0.000	189.890	0.000	7.634	0.006

*lag ที่ดีที่สุด

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรต้น

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรต้น จาก lag ของตัวแปรต้นที่ดีที่สุดที่กล่าวมาแล้วข้างต้นทั้งกับข้อมูลโรคระบบทางเดินหายใจ โรคอุจจาระร่วง และไข้เลือดออก ของจังหวัดนครสวรรค์ (ตารางที่ 12 ถึงตารางที่ 14) และมหาสารคาม (ตารางที่ 15 ถึงตารางที่ 17) คู่ตัวแปรที่มีค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ≥ 0.5 (ยกเว้นตัวแปรที่เป็นอุณหภูมิด้วยกันจะไม่พิจารณา) จะถูกนำเข้ามาใช้เป็น interaction term ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองต่อไป ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่าคู่ตัวแปรใดที่มีค่า สัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ≥ 0.5 แสดงว่าตัวแปรต้นแต่ละตัวเป็นอิสระจากกัน

ตารางที่ 12 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรต้นต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์โรคระบบทางเดินหายใจ จังหวัดนครสวรรค์

	อุณหภูมิสูงสุด_5	อุณหภูมิเฉลี่ย_5	อุณหภูมิต่ำสุด_2	ความขึ้นสัมพันธ์_14	ปริมาณฝน_7
อุณหภูมิสูงสุด_5	1	0.894	0.564	-0.241	-0.070
อุณหภูมิเฉลี่ย_5		1	0.746	-0.055	0.021
อุณหภูมิต่ำสุด_2			1	0.126	0.149
ความขึ้นสัมพันธ์_14				1	0.188
ปริมาณฝน_7					1

ตารางที่ 13 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรต้นต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์โรคอุจจาระร่วง จังหวัดนครสวรรค์

	อุณหภูมิสูงสุด_5	อุณหภูมิเฉลี่ย_5	อุณหภูมิต่ำสุด_5	ความชื้นสัมพัทธ์_2	ปริมาณฝน_14
อุณหภูมิสูงสุด_5	1	0.894	0.635	-0.177	-0.008
อุณหภูมิเฉลี่ย_5		1	0.877	0.022	0.079
อุณหภูมิต่ำสุด_5			1	0.253	0.153
ความชื้นสัมพัทธ์_2				1	0.210
ปริมาณฝน_14					1

ตารางที่ 14 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรต้นต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์โรคไข้เลือดออก จังหวัดนครสวรรค์

	อุณหภูมิสูงสุด_0	อุณหภูมิเฉลี่ย_0	อุณหภูมิต่ำสุด_14	ความชื้นสัมพัทธ์_11	ปริมาณฝน_11
อุณหภูมิสูงสุด_0	1	0.894	0.364	-0.260	-0.033
อุณหภูมิเฉลี่ย_0		1	0.571	-0.070	0.060
อุณหภูมิต่ำสุด_14			1	0.254	0.178
ความชื้นสัมพัทธ์_11				1	0.356
ปริมาณฝน_11					1

ตารางที่ 15 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรต้นต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์โรคระบบทางเดินหายใจ จังหวัดมหาสารคาม

	อุณหภูมิสูงสุด_5	อุณหภูมิเฉลี่ย_5	อุณหภูมิต่ำสุด_3	ความชื้นสัมพัทธ์_13	ปริมาณฝน_0
อุณหภูมิสูงสุด_5	1	0.894	0.616	-0.234	0.028
อุณหภูมิเฉลี่ย_5		1	0.803	-0.044	0.104
อุณหภูมิต่ำสุด_3			1	0.144	0.176
ความชื้นสัมพัทธ์_13				1	0.165
ปริมาณฝน_0					1

ตารางที่ 16 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรต้นต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์โรคอุจจาระร่วง จังหวัดมหาสารคาม

	อุณหภูมิสูงสุด_10	อุณหภูมิเฉลี่ย_10	อุณหภูมิต่ำสุด_10	ความชื้นสัมพัทธ์_12	ปริมาณฝน_0
อุณหภูมิสูงสุด_10	1	0.895	0.635	-0.232	0.017
อุณหภูมิเฉลี่ย_10		1	0.877	-0.021	0.086
อุณหภูมิต่ำสุด_10			1	0.217	0.156
ความชื้นสัมพัทธ์_12				1	0.167
ปริมาณฝน_0					1

ตารางที่ 17 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรต้นต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์โรคไข้เลือดออก จังหวัดมหาสารคาม

	อุณหภูมิสูงสุด_0	อุณหภูมิเฉลี่ย_0	อุณหภูมิต่ำสุด_0	ความชื้นสัมพัทธ์_14	ปริมาณฝน_12
อุณหภูมิสูงสุด_0	1	0.894	0.635	-0.273	-0.046
อุณหภูมิเฉลี่ย_0		1	0.877	-0.090	0.052
อุณหภูมิต่ำสุด_0			1	0.112	0.137
ความชื้นสัมพัทธ์_14				1	0.193
ปริมาณฝน_12					1

การสร้างแบบจำลองทำนายการป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ โรคอุจจาระร่วง และไข้เลือดออก

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบจำลองทำนายการป่วย ด้วยตัวแปรอิสระตามทฤษฎี lag ที่ดีที่สุดที่ได้จากการวิเคราะห์หา lag ของตัวแปรต้นที่ดีที่สุดที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยใช้สถิติ generalized linear model ชนิด Poisson regression (เนื่องจาก correlational structure เป็นแบบ independent) ได้สมการความสัมพันธ์ ดังแสดงข้างล่าง

จังหวัดนครสวรรค์

$$\ln(\text{จำนวนการป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ/ประชากรกลางปี}) = -5.642 - 0.052(\text{อุณหภูมิสูงสุด}_5) + 0.0004(\text{ความชื้นสัมพัทธ์}_{14}) + 0.0003(\text{ปริมาณฝน}_7)$$

$$\ln(\text{จำนวนการป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ/ประชากรกลางปี}) = -5.772 - 0.067(\text{อุณหภูมิเฉลี่ย}_5) + 0.004(\text{ความชื้นสัมพัทธ์}_{14}) + 0.001(\text{ปริมาณฝน}_7)$$

$$\ln(\text{จำนวนการป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ/ประชากรกลางปี}) = -6.561 - 0.056(\text{อุณหภูมิต่ำสุด}_2) + 0.007(\text{ความชื้นสัมพัทธ์}_{14}) + 0.003(\text{ปริมาณฝน}_7)$$

$$\ln(\text{จำนวนการป่วยด้วยโรคอุจจาระร่วง/ประชากรกลางปี}) = -9.466 - 0.019(\text{อุณหภูมิสูงสุด}_5) + 0.005(\text{ความชื้นสัมพัทธ์}_2) + 0.002(\text{ปริมาณฝน}_14)$$

$$\ln(\text{จำนวนการป่วยด้วยโรคอุจจาระร่วง/ประชากรกลางปี}) = -9.680 - 0.019(\text{อุณหภูมิเฉลี่ย}_5) + 0.006(\text{ความชื้นสัมพัทธ์}_2) + 0.003(\text{ปริมาณฝน}_14)$$

$$\ln(\text{จำนวนการป่วยด้วยโรคอุจจาระร่วง/ประชากรกลางปี}) = -9.981 - 0.013(\text{อุณหภูมิต่ำสุด}_5) + 0.007(\text{ความชื้นสัมพัทธ์}_2) + 0.003(\text{ปริมาณฝน}_14)$$

$$\ln(\text{จำนวนการป่วยด้วยโรคไข้เลือดออก/ประชากรกลางปี}) = -12.967 + 0.060(\text{อุณหภูมิสูงสุด}) - 0.012(\text{ความชื้นสัมพัทธ์}_11) - 0.005(\text{ปริมาณฝน}_11)$$

$$\ln(\text{จำนวนการป่วยด้วยโรคไข้เลือดออก/ประชากรกลางปี}) = -11.336 + 0.029(\text{อุณหภูมิเฉลี่ย}) - 0.018(\text{ความชื้นสัมพัทธ์}_11) - 0.004(\text{ปริมาณฝน}_11)$$

$$\ln(\text{จำนวนการป่วยด้วยโรคไข้เลือดออก/ประชากรกลางปี}) = -10.144 - 0.013(\text{อุณหภูมิต่ำสุด}_14) - 0.018(\text{ความชื้นสัมพัทธ์}_11) - 0.003(\text{ปริมาณฝน}_11)$$

จังหวัดมหาสารคาม

$$\ln(\text{จำนวนการป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ/ประชากรกลางปี}) = -6.221 - 0.032(\text{อุณหภูมิสูงสุด}_5) + 0.003(\text{ความชื้นสัมพัทธ์}_13) - 0.003(\text{ปริมาณฝน}_0)$$

$$\ln(\text{จำนวนการป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ/ประชากรกลางปี}) = -6.370 - 0.039(\text{อุณหภูมิเฉลี่ย}_5) + 0.005(\text{ความชื้นสัมพัทธ์}_13) - 0.002(\text{ปริมาณฝน}_0)$$

$$\ln(\text{จำนวนการป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ/ประชากรกลางปี}) = -6.819 - 0.034(\text{อุณหภูมิต่ำสุด}_3) + 0.008(\text{ความชื้นสัมพัทธ์}_13) - 0.002(\text{ปริมาณฝน}_0)$$

$$\ln(\text{จำนวนการป่วยด้วยโรคอุจจาระร่วง/ประชากรกลางปี}) = -8.811 - 0.020(\text{อุณหภูมิสูงสุด}_10) + 0.001(\text{ความชื้นสัมพัทธ์}_12) - 0.005(\text{ปริมาณฝน}_0)$$

$$\ln(\text{จำนวนการป่วยด้วยโรคอุจจาระร่วง/ประชากรกลางปี}) = -8.938 - 0.024(\text{อุณหภูมิเฉลี่ย}_10) + 0.003(\text{ความชื้นสัมพัทธ์}_12) - 0.004(\text{ปริมาณฝน}_0)$$

$$\ln(\text{จำนวนการป่วยด้วยโรคอุจจาระร่วง/ประชากรกลางปี}) = -9.223 - 0.022(\text{อุณหภูมิต่ำสุด}_10) + 0.005(\text{ความชื้นสัมพัทธ์}_12) - 0.004(\text{ปริมาณฝน}_0)$$

$\ln(\text{จำนวนการป่วยด้วยโรคไข้เลือดออก/ประชากรกลางปี}) = -9.865 + 0.035(\text{อุณหภูมิสูงสุด}) - 0.026(\text{ความชื้นสัมพัทธ์}_{14}) + 0.0004(\text{ปริมาณฝน}_{12})$

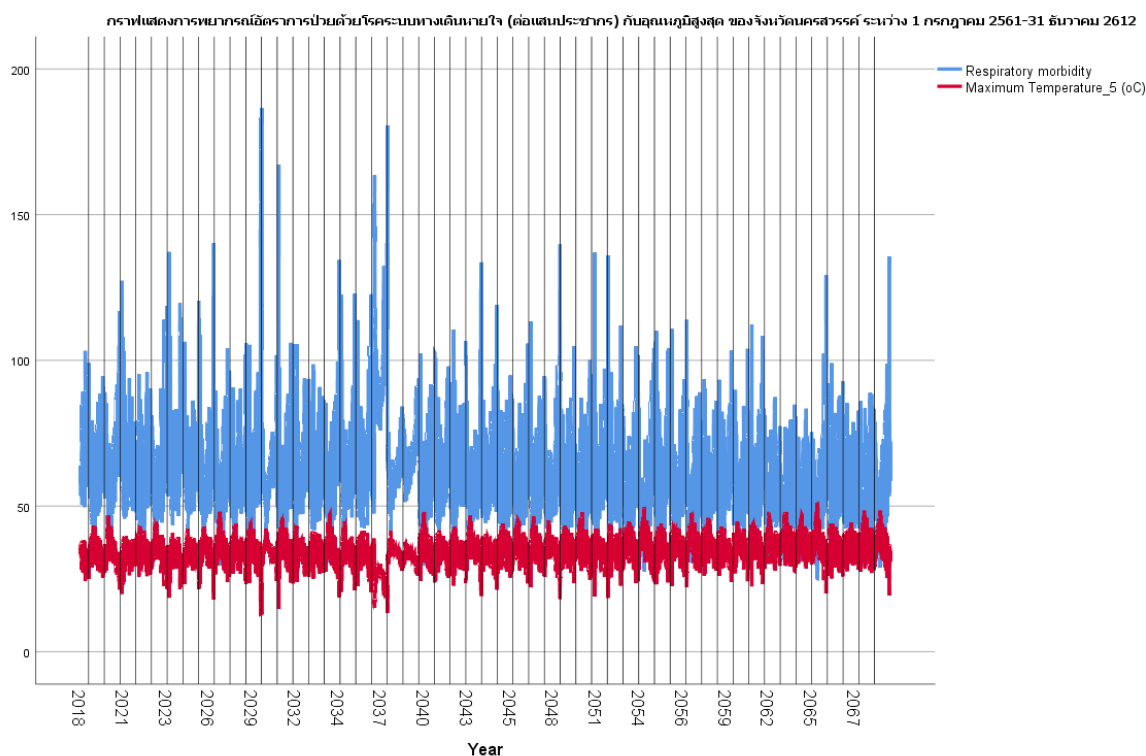
$\ln(\text{จำนวนการป่วยด้วยโรคไข้เลือดออก/ประชากรกลางปี}) = -9.568 + 0.037(\text{อุณหภูมิเฉลี่ย}) - 0.028(\text{ความชื้นสัมพัทธ์}_{14}) - 0.0005(\text{ปริมาณฝน}_{12})$

$\ln(\text{จำนวนการป่วยด้วยโรคไข้เลือดออก/ประชากรกลางปี}) = -9.016 + 0.027(\text{อุณหภูมิต่ำสุด}) - 0.030(\text{ความชื้นสัมพัทธ์}_{14}) - 0.001(\text{ปริมาณฝน}_{12})$

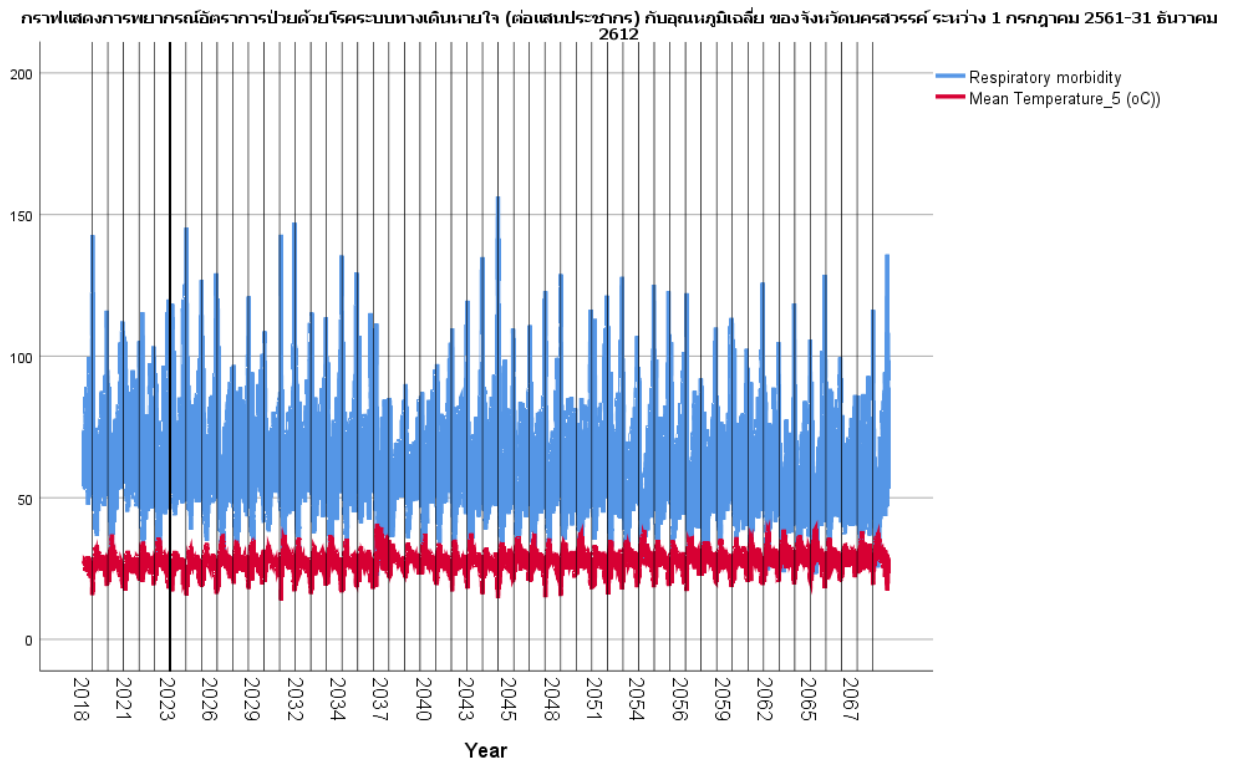
การพยากรณ์อัตราการเกิดโรค

จังหวัดนครสวรรค์

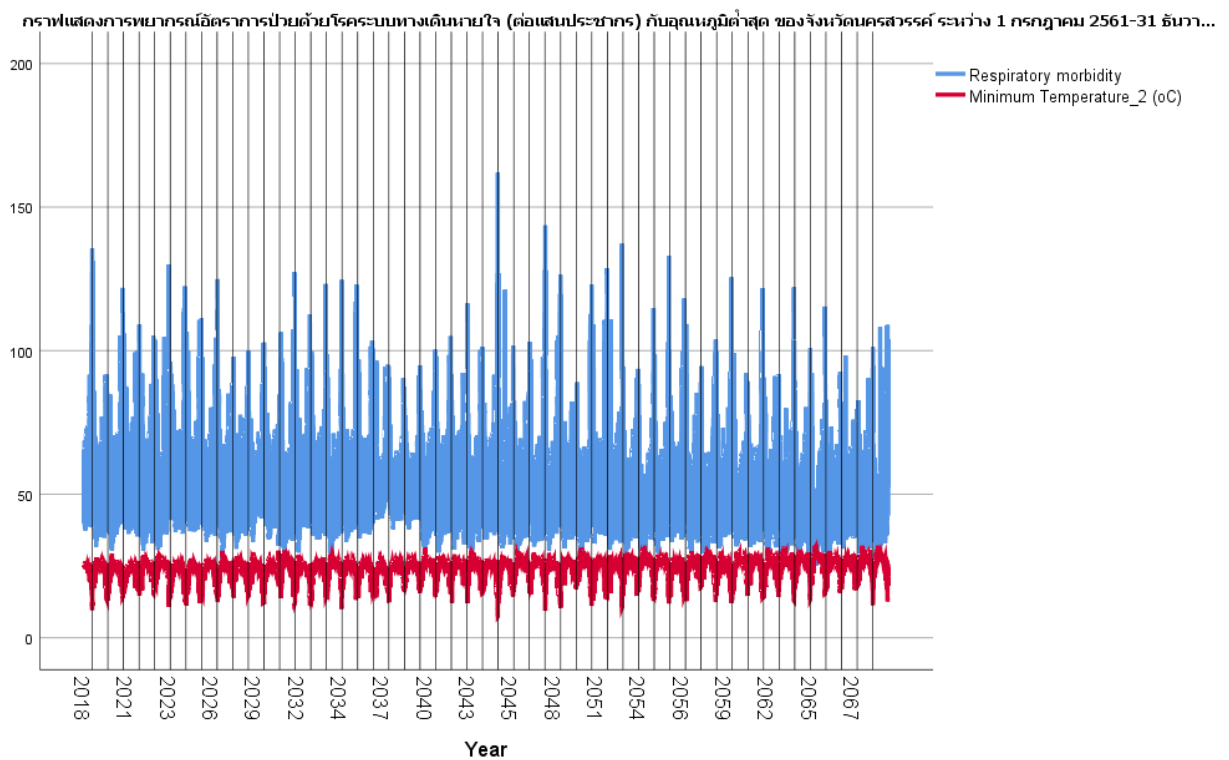
ในการพยากรณ์อัตราการเกิดโรค (ต่อแสนประชากร) ทั้งสามโรคของจังหวัดนครสวรรค์ สามารถทำได้โดยแทนค่าสมการต่าง ๆ ที่ได้ด้วยค่าพยากรณ์ของอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณฝน ระหว่างวันที่ 1 กรกฎาคม 2561–31 ธันวาคม 2612 ด้วย ECHAM5 ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าโรกระบบทางเดินหายใจมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ดูรูปที่ 18 ถึงรูปที่ 20) สำหรับโรคอุจจาระร่วงแสดงแนวโน้มเดียวกัน (ดูรูปที่ 21 ถึงรูปที่ 23) แต่โรคไข้เลือดออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิเฉลี่ย (ดูรูปที่ 24 ถึงรูปที่ 25) แต่ลดลงตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่ำสุด (ดูรูปที่ 26)



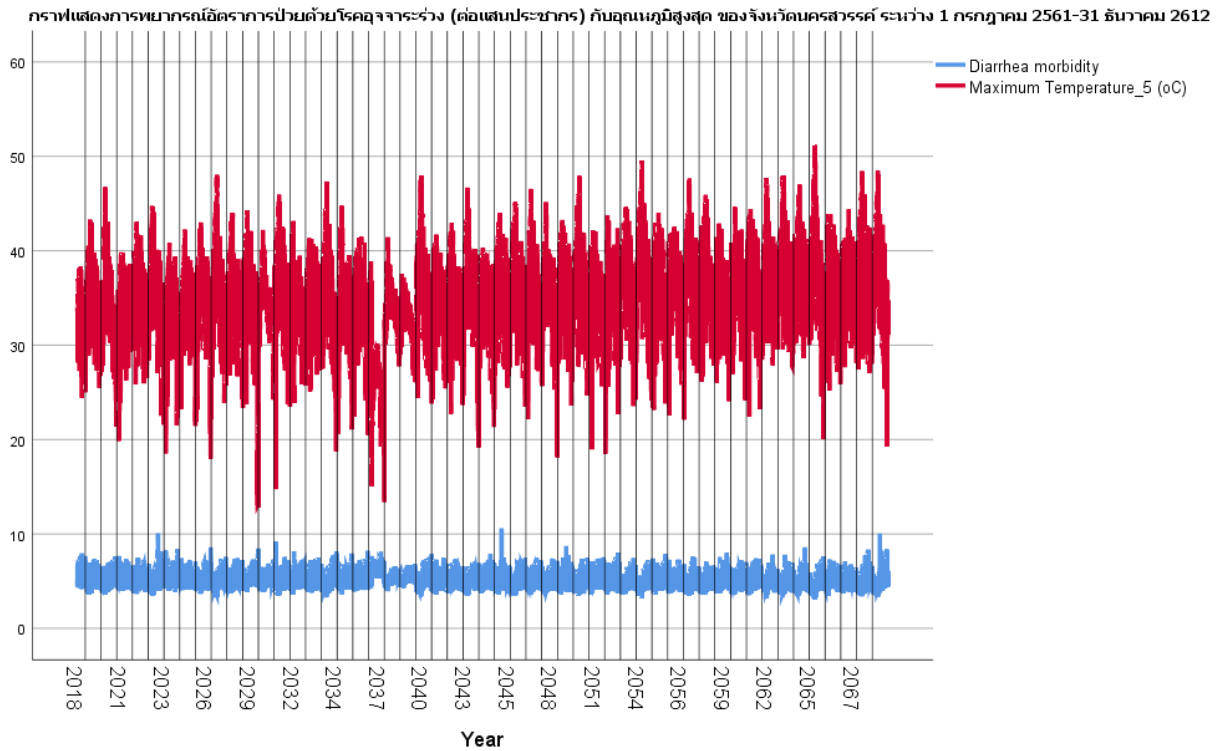
รูปที่ 18 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรกระบบทางเดินหายใจ (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิสูงสุดของจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561–1 ธันวาคม 2612



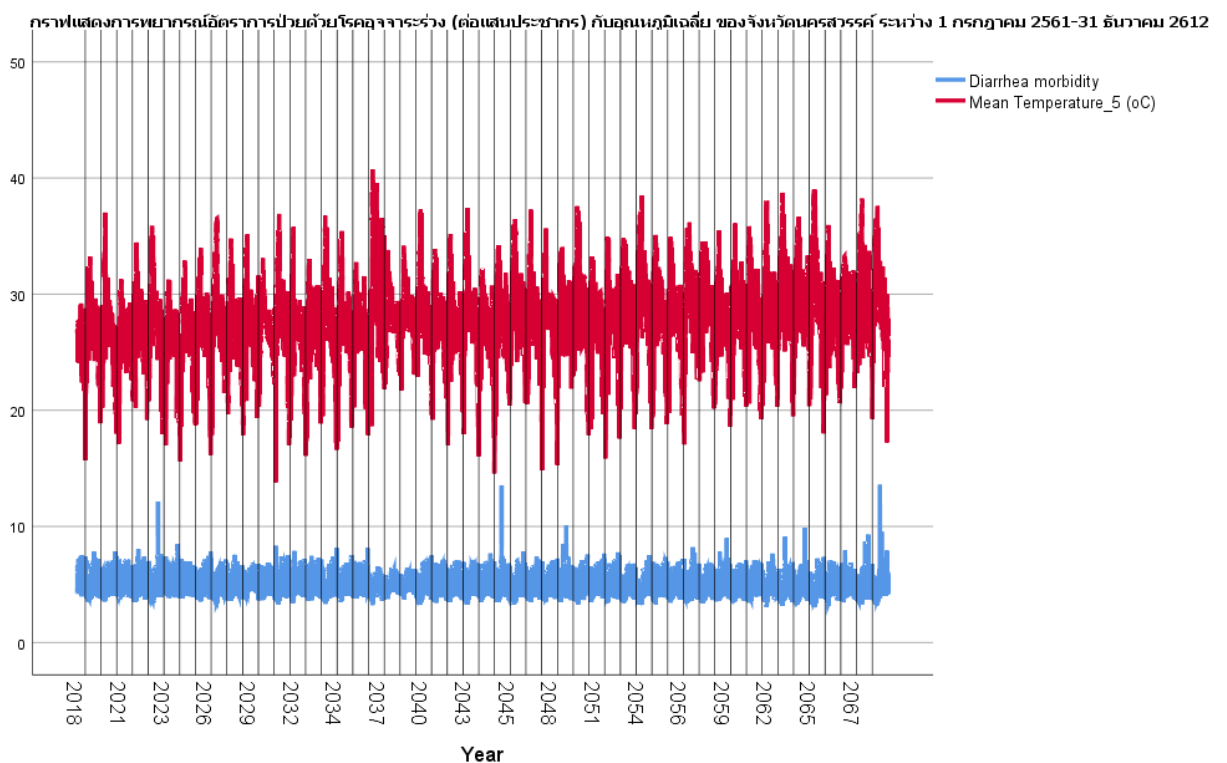
รูปที่ 19 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิเฉลี่ย
ของจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612



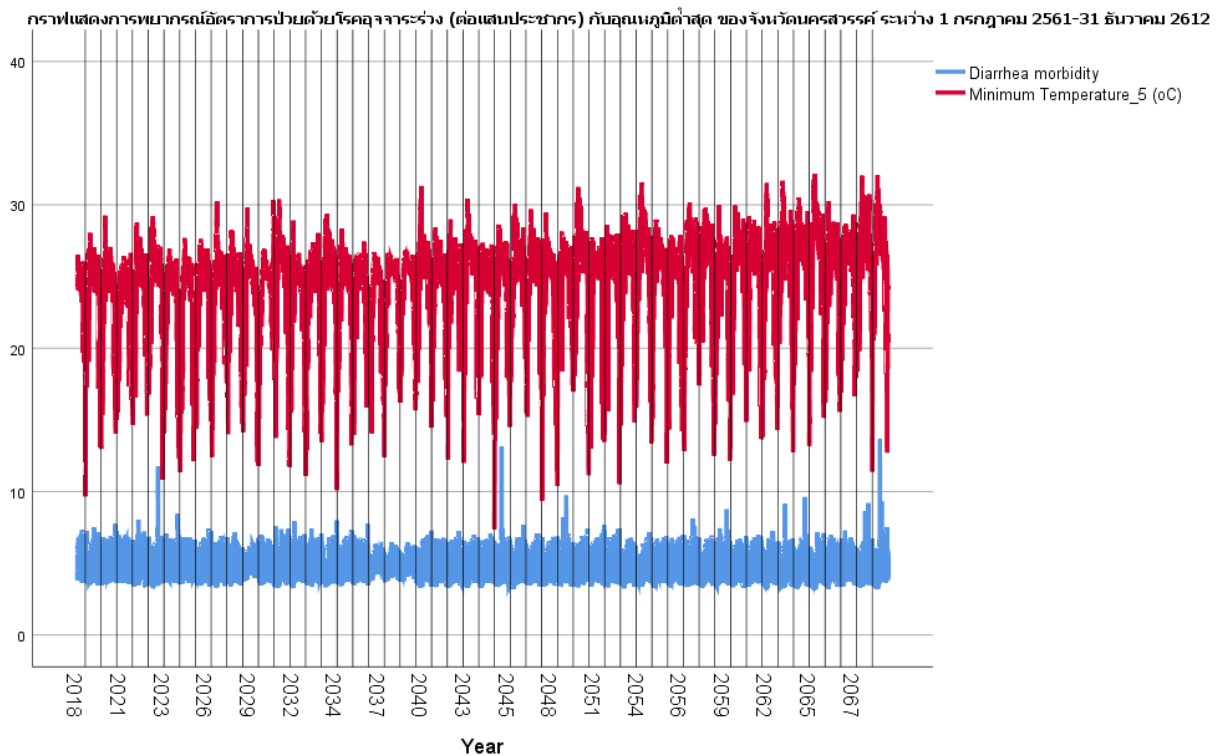
รูปที่ 20 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิต่ำสุด
ของจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612



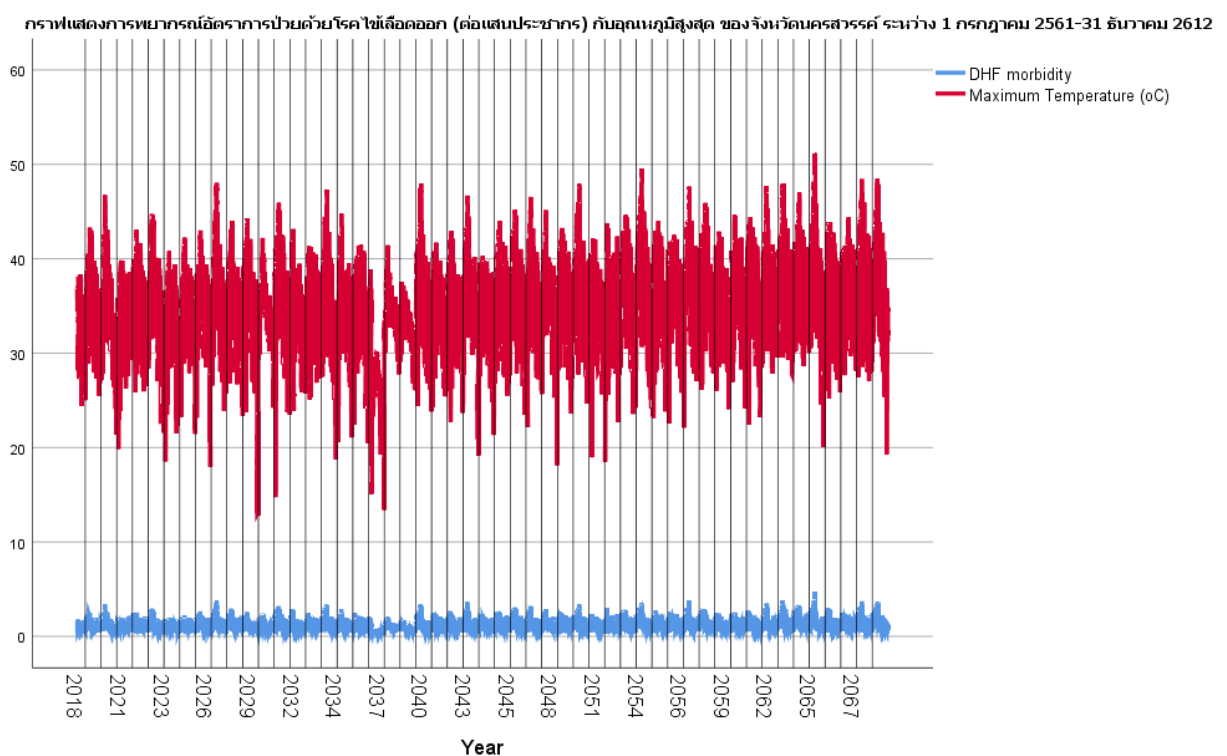
รูปที่ 21 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคอุจจาระร่วง (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิสูงสุด ของ จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612



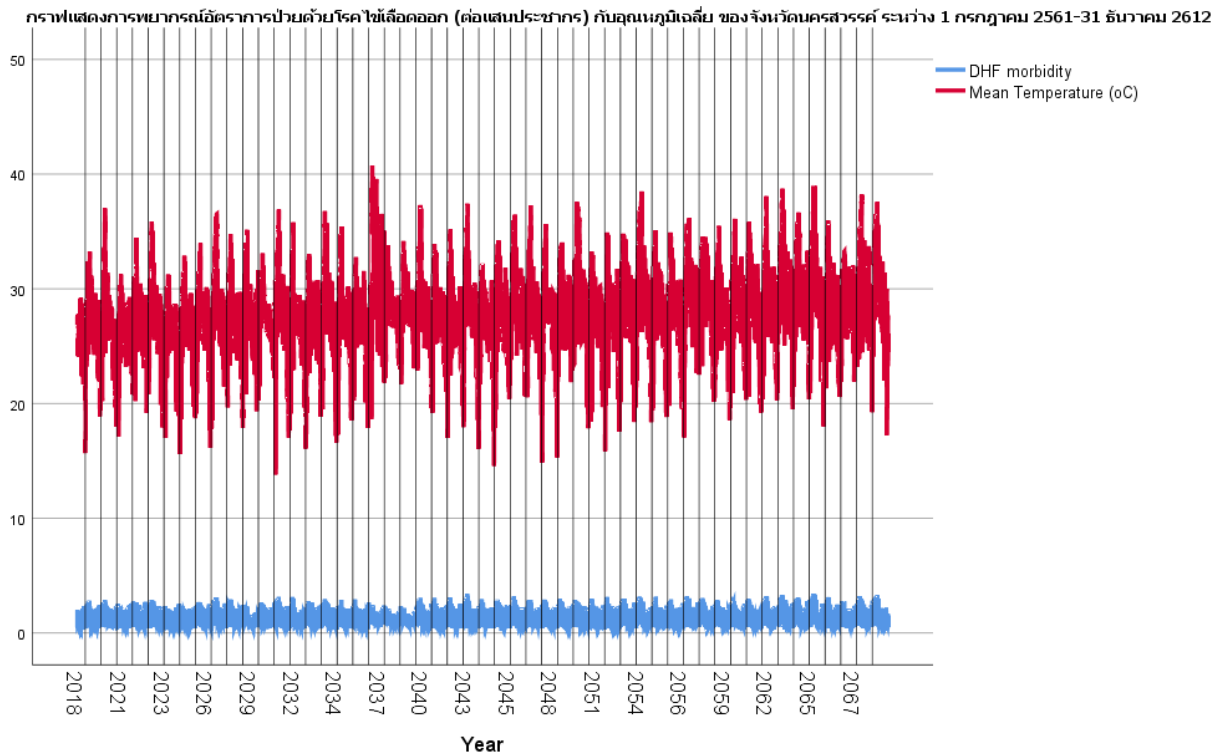
รูปที่ 22 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคอุจจาระร่วง (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิเฉลี่ย ของ จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612



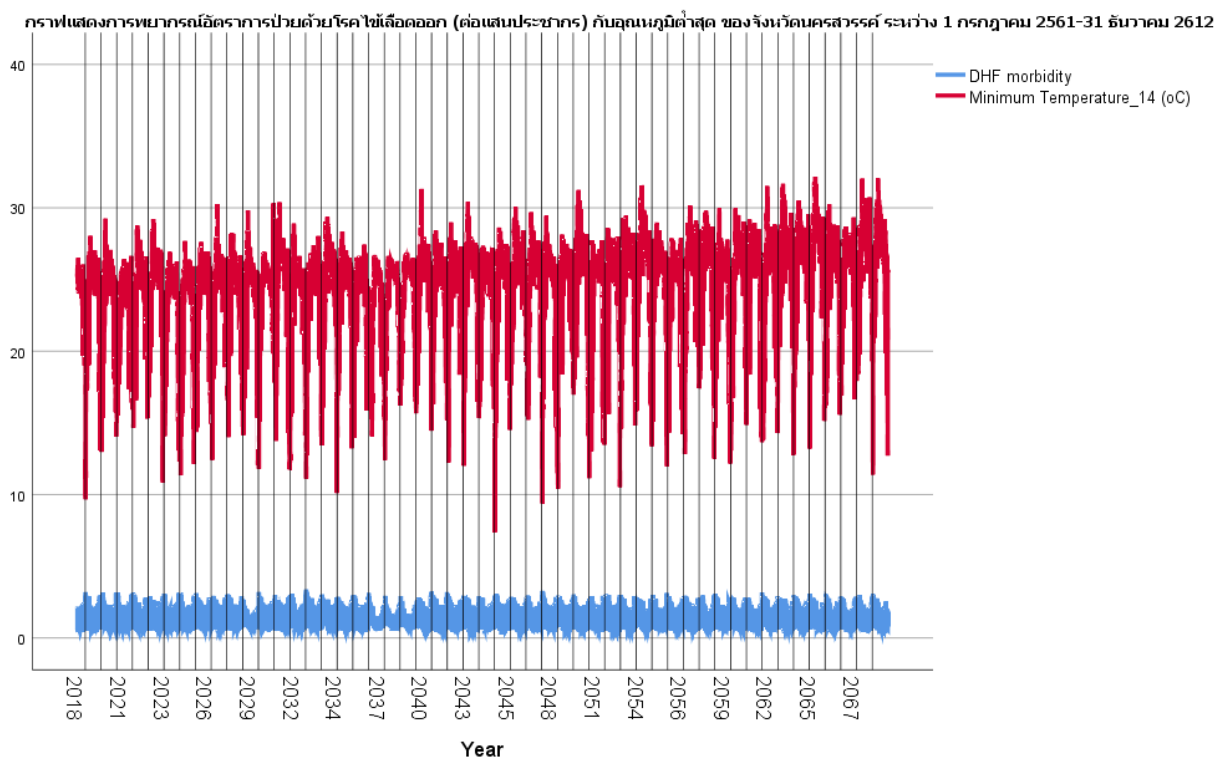
รูปที่ 23 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคอุจจาระร่วง (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิต่ำสุด ของจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612



รูปที่ 24 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคไข้เลือดออก (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิสูงสุด ของจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612



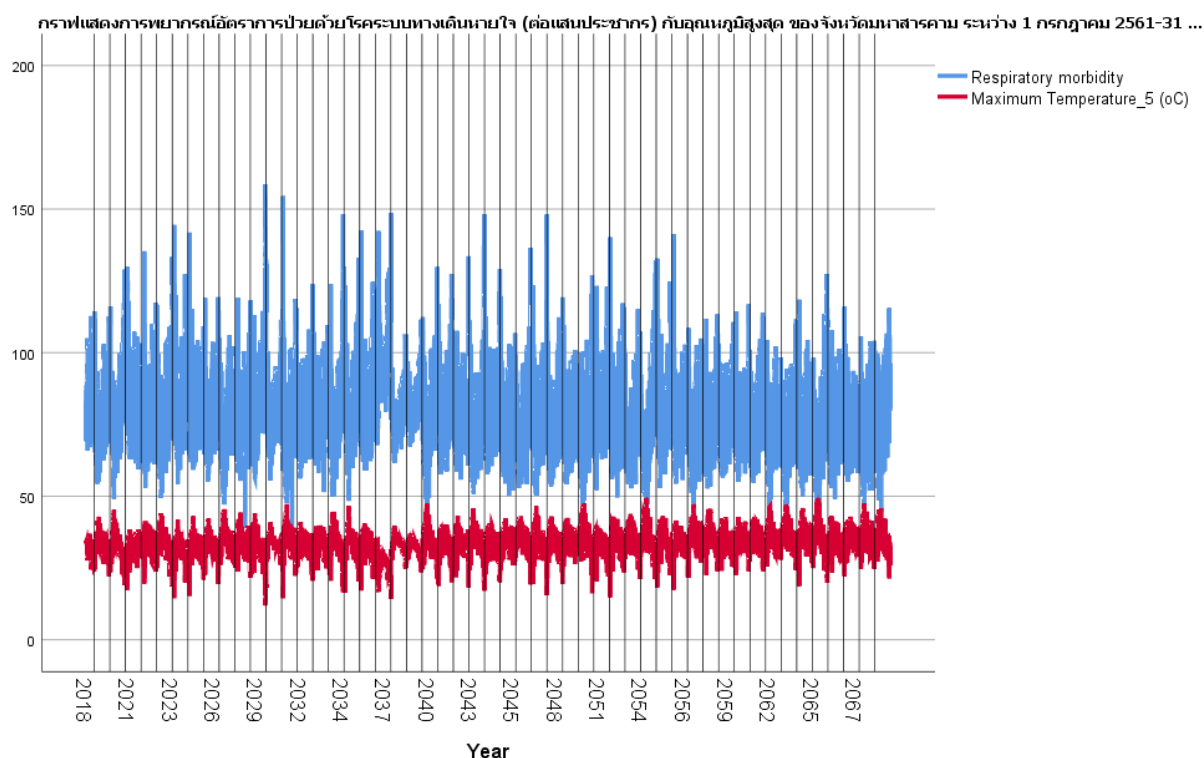
รูปที่ 25 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคไข้เลือดออก (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิเฉลี่ย ของ จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612



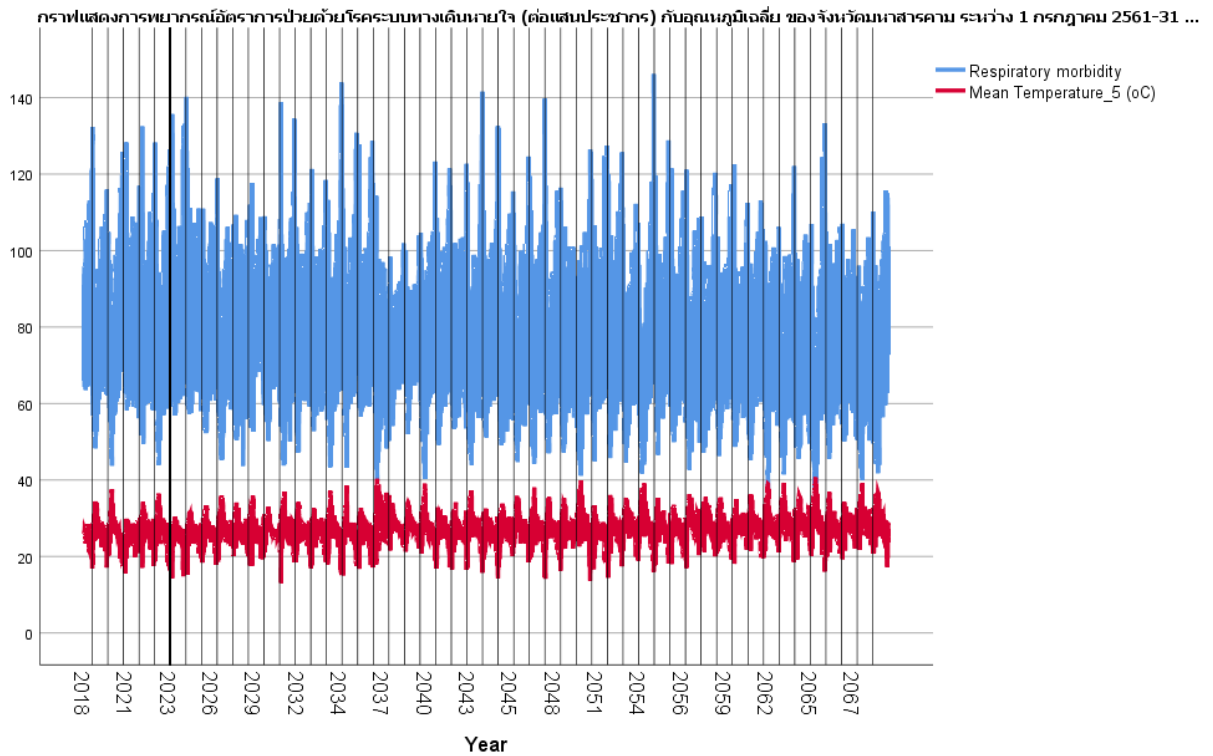
รูปที่ 26 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคไข้เลือดออก (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิต่ำสุด ของ จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612

จังหวัดมหาสารคาม

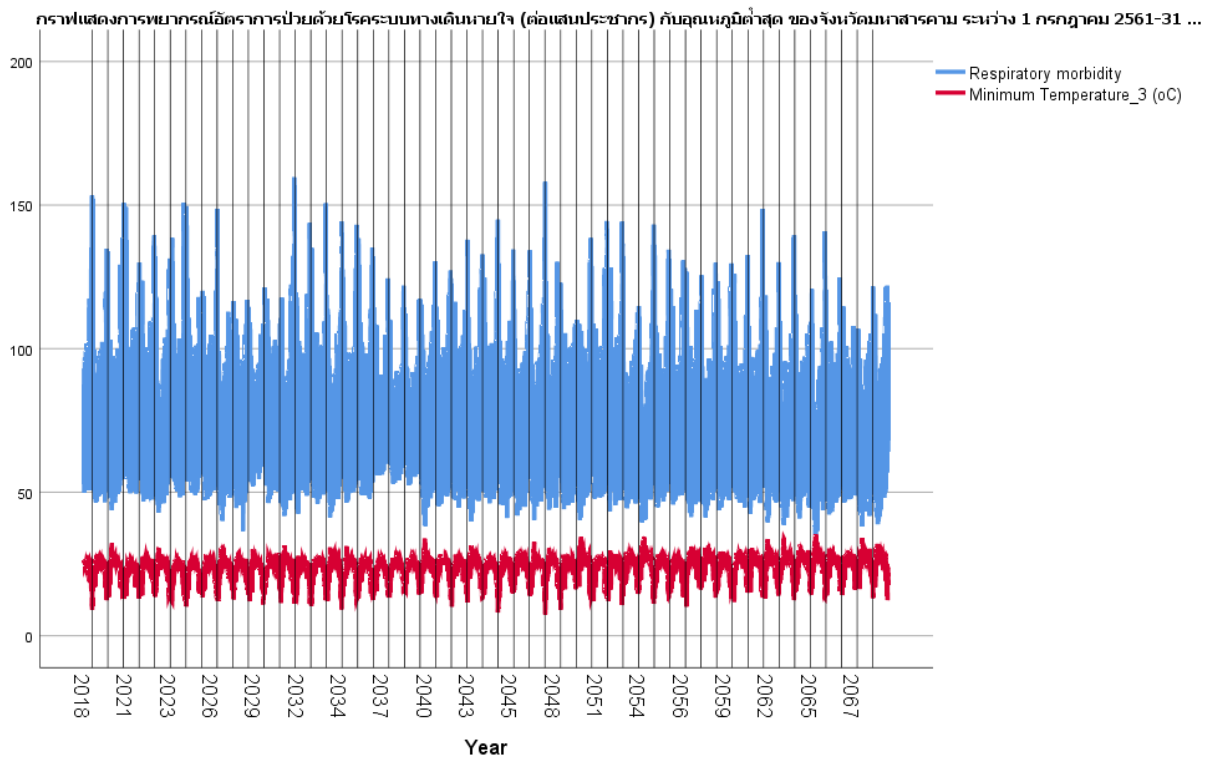
ในการพยากรณ์อัตราการเกิดโรค (ต่อแสนประชากร) ทั้งสามโรคของจังหวัดมหาสารคาม สามารถทำได้โดยแทนค่าสมการต่าง ๆ ที่ได้ด้วยค่าพยากรณ์ของอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณฝน ระหว่างวันที่ 1 กรกฎาคม 2561-31 ธันวาคม 2612 ด้วย ECHAM5 ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าโรกระบบทางเดินหายใจมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ดูรูปที่ 27 รูปที่ 29 ถึง) สำหรับโรคอุจจาระร่วงแสดงแนวโน้มเดียวกัน (ดูรูปที่ 30 ถึงรูปที่ 32) แต่โรคไข้เลือดออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุด (ดูรูปที่ 33 ถึงรูปที่ 35)



รูปที่ 27 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรกระบบทางเดินหายใจ (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิสูงสุด ของจังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612

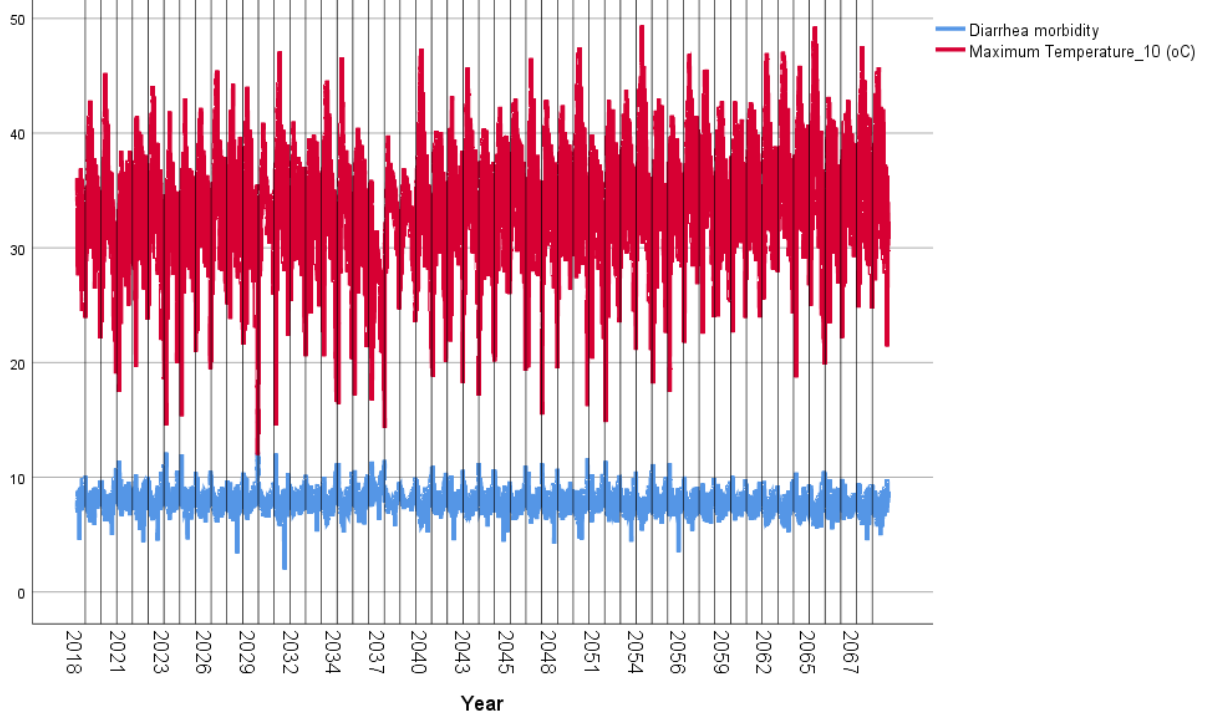


รูปที่ 28 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิเฉลี่ย
ของจังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612



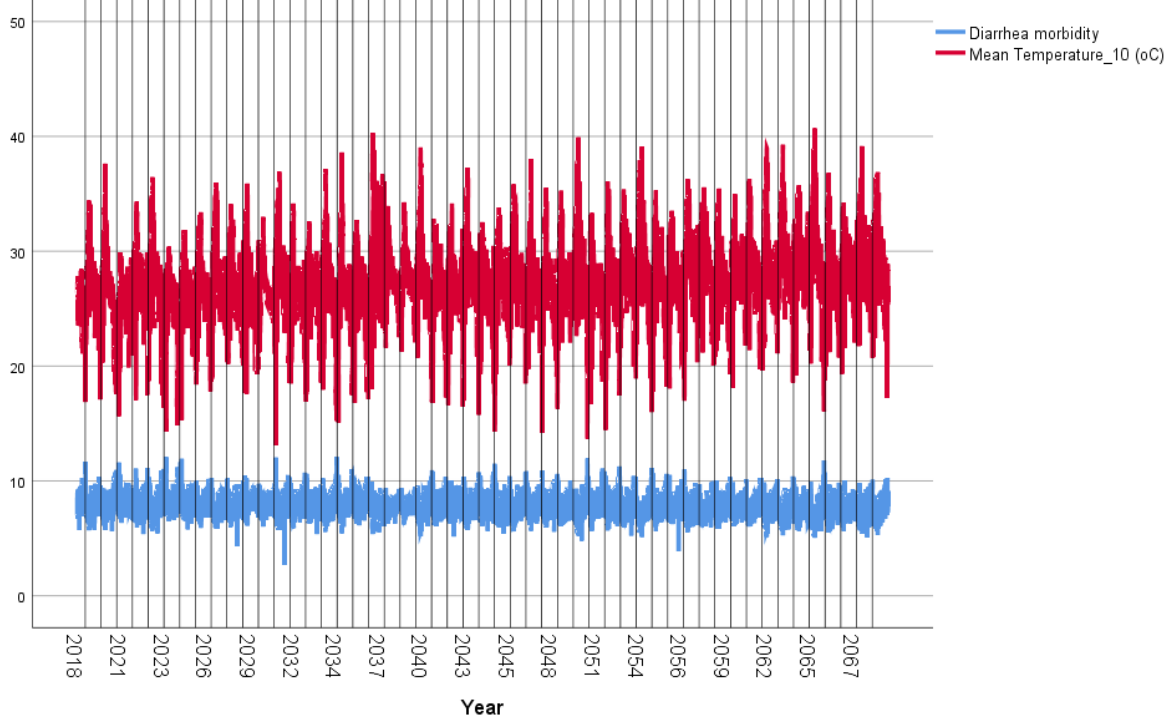
รูปที่ 29 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิต่ำสุด
ของจังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612

กราฟแสดงการพยากรณ์อัตราการป่วยด้วยโรคอุจจาระร่วง (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิสูงสุด ของจังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-31 ธันวาคม 2612

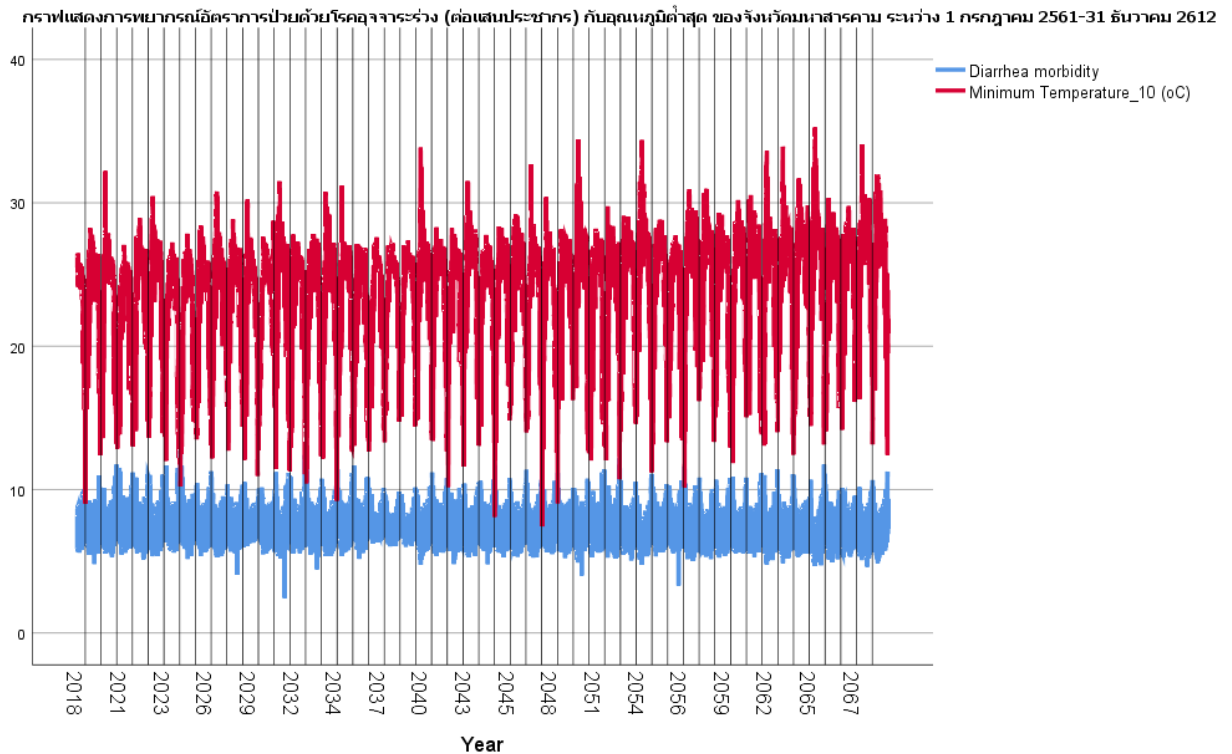


รูปที่ 30 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคอุจจาระร่วง (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิสูงสุด ของ จังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612

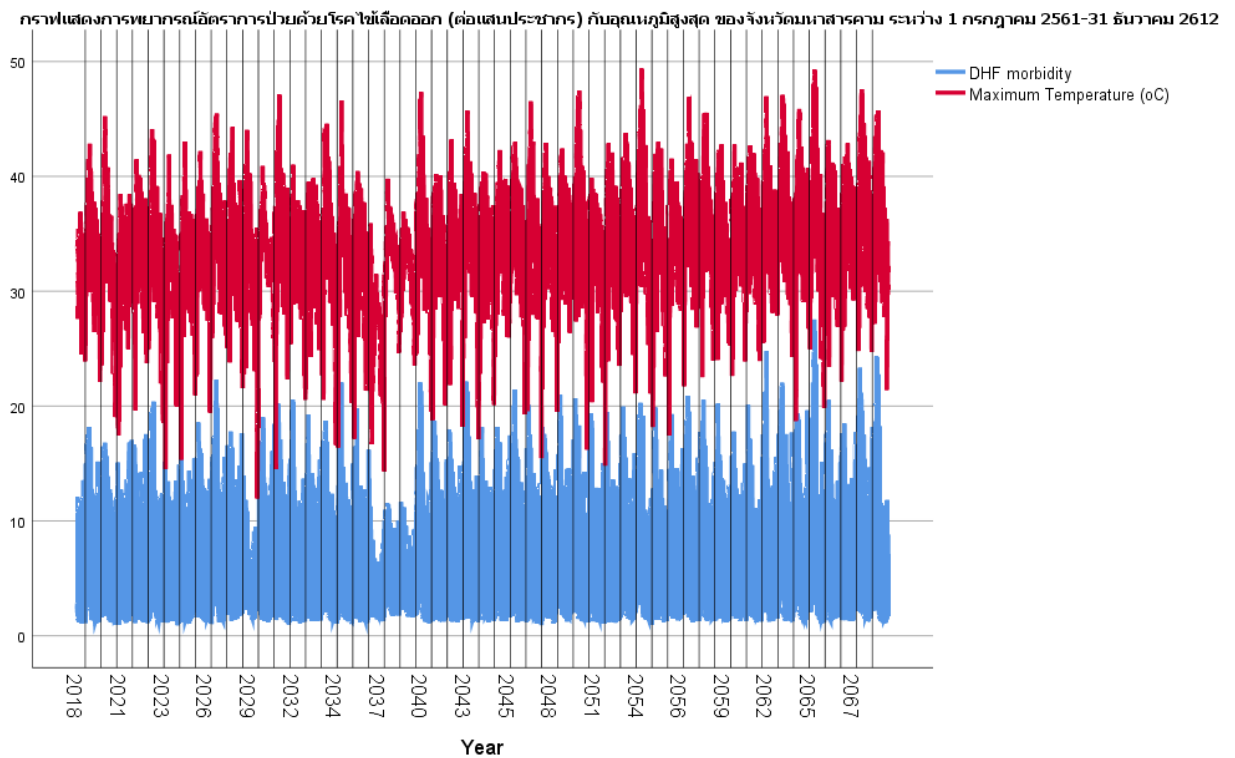
กราฟแสดงการพยากรณ์อัตราการป่วยด้วยโรคอุจจาระร่วง (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิเฉลี่ย ของจังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-31 ธันวาคม 2612



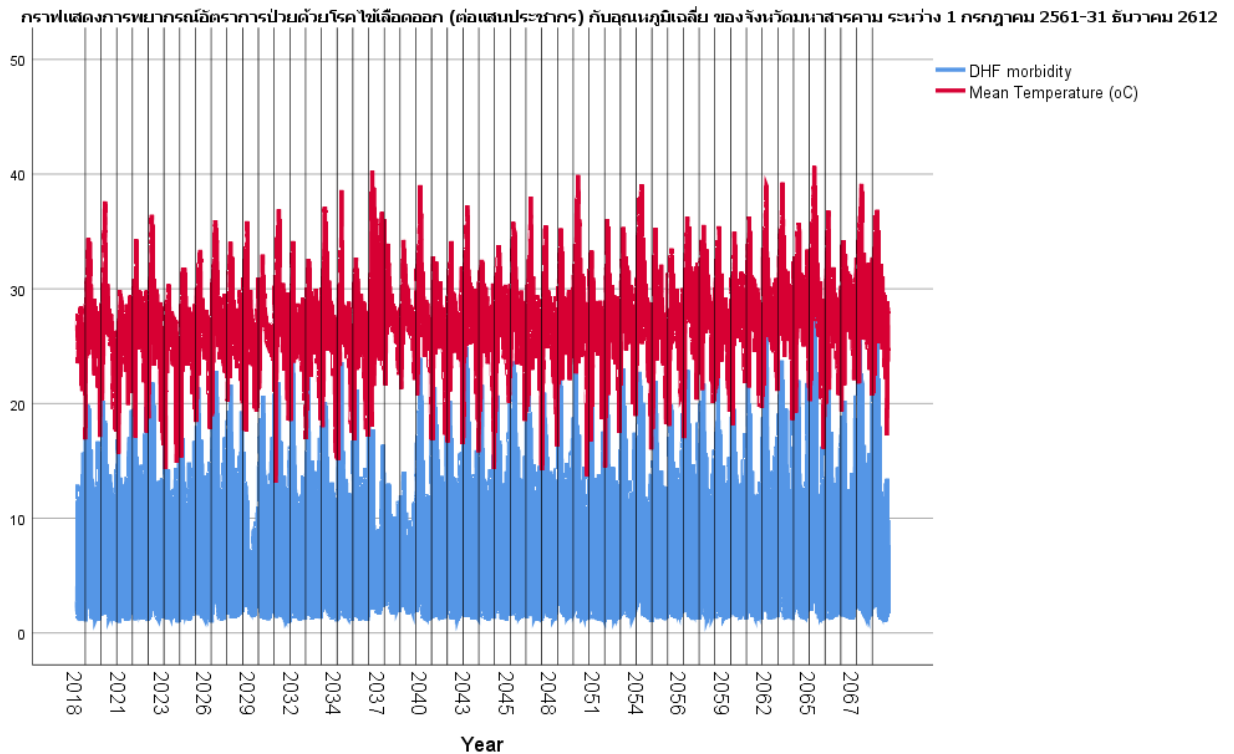
รูปที่ 31 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคอุจจาระร่วง (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิเฉลี่ย ของ จังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612



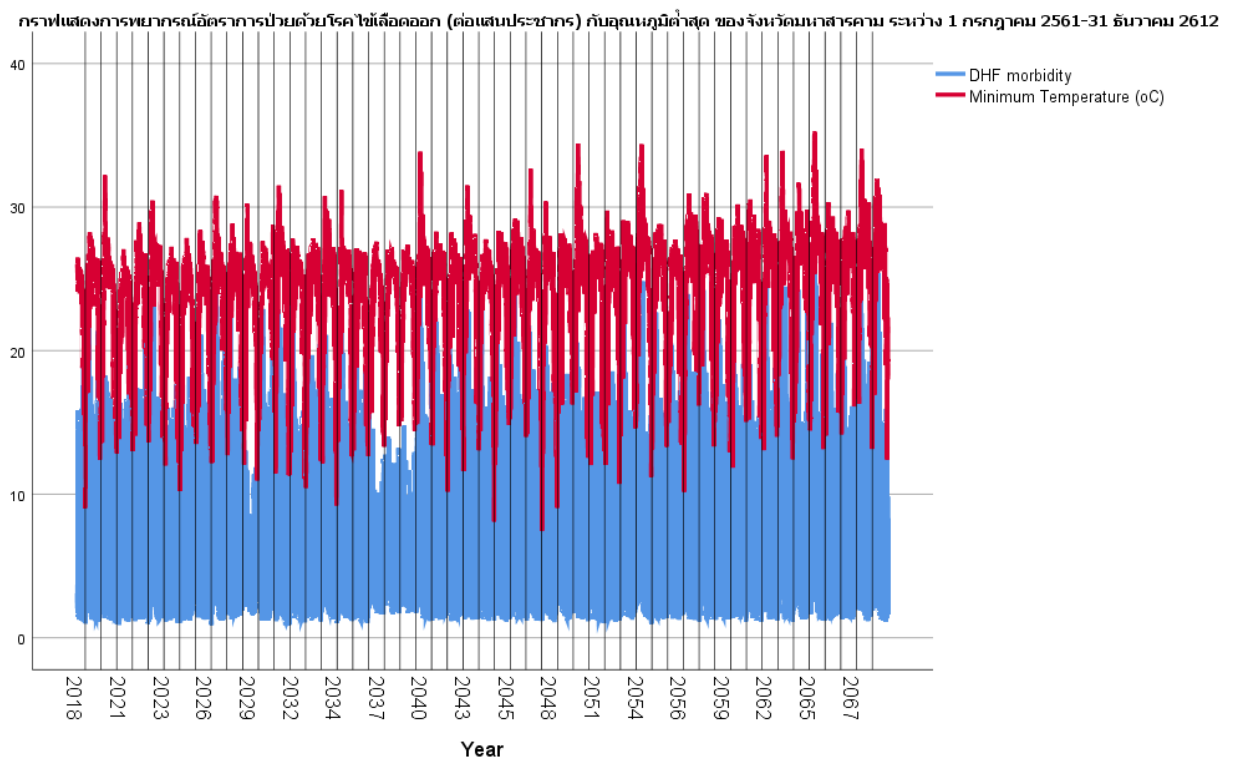
รูปที่ 32 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคอุจจาระร่วง (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิต่ำสุด ของจังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612



รูปที่ 33 แสดงการพยากรณ์อัตราป่วยโรคไข้เลือดออก (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิสูงสุด ของจังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612



รูปที่ 34 แสดงการพยากรณ์อัตราการป่วยโรคไข้เลือดออก (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิเฉลี่ย ของ จังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612



รูปที่ 35 แสดงการพยากรณ์อัตราการป่วยโรคไข้เลือดออก (ต่อแสนประชากร) กับอุณหภูมิต่ำสุด ของ จังหวัดมหาสารคาม ระหว่าง 1 กรกฎาคม 2561-1 ธันวาคม 2612

อภิปรายผลการประเมินความเสี่ยงเทียบกับผลการวิจัย/ผลการประเมินความเสี่ยงจากที่อื่น ๆ

ผลการประเมินความเสี่ยงโดยดูจากการพยากรณ์แนวโน้มอัตราการป่วยด้วยกลุ่มโรคต่าง ๆ ของแต่ละจังหวัด แสดงให้เห็นว่า

- จังหวัดนครสวรรค์ อัตราป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจและอุจจาระร่วงลดลงเมื่ออุณหภูมิ (ทั้งต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ย) สูงขึ้น แต่จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้น สำหรับโรคไข้เลือดออก อัตราป่วยเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงสุดหรืออุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้น แต่จะลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำสุดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อัตราการป่วยโรคไข้เลือดออกลดลงเมื่อปริมาณฝนเพิ่มขึ้น
- จังหวัดมหาสารคาม อัตราป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจและอุจจาระร่วงลดลงเมื่ออุณหภูมิ (ทั้งต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ย) สูงขึ้น และลดลงตามปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้น สำหรับโรคไข้เลือดออก อัตราป่วยเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิ (ทั้งต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ย) เพิ่มขึ้น และจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณฝนเพิ่มขึ้น (กรณีคำนวณจากอุณหภูมิสูงสุด) และจะลดลงเมื่อปริมาณฝนเพิ่มขึ้น (กรณีคำนวณจากอุณหภูมิต่ำสุด)

โดยสรุปภาวะอุณหภูมิที่สูงขึ้นกลับทำให้โรคระบบทางเดินหายใจและอุจจาระร่วงลดลงในทั้งสองจังหวัด ซึ่งน่าจะเป็นผลจากข้อมูลที่ได้จากฐานข้อมูลของสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุขยังมีจำนวนน้อยเกินไปหรือไม่ครบถ้วนสมบูรณ์มากนัก นอกจากนี้อาจเกิดจากทั้งสองกลุ่มโรคประกอบด้วยโรคหลายชนิดหลายประเภทที่อาจมีสาเหตุและปัจจัยเสี่ยงที่แตกต่างกันอย่างมาก ยกตัวอย่างเช่น โรคอุจจาระร่วงที่เกิดจากเชื้อโรตาไวรัส ซึ่งเป็นโรคที่พบบ่อยในเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 5 ขวบ เป็นโรคที่แพร่ระบาดได้ดีในสภาพอากาศเย็น ในขณะที่โรคอุจจาระร่วงจากเชื้อซัลโมเนลล่า จะแพร่ระบาดได้ดีในสภาพอุณหภูมิสูง การพบว่าความชุกของโรคอุจจาระร่วงลดลงตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น อาจเป็นเพราะว่าผู้ป่วยส่วนมากเป็นเด็ก เนื่องจากเด็กเมื่อป่วยเป็นอุจจาระร่วงผู้ปกครองมีแนวโน้มที่จะพามารักษาที่สถานพยาบาล นอกจากนี้อาจเกิดจากปัจจัยลักษณะความรุนแรงของโรคที่มีได้หลายระดับ ข้อมูลที่ได้จากสถานบริการส่วนมากเป็นผู้ป่วยที่มีอาการรุนแรงจึงต้องมารับบริการที่สถานพยาบาลซึ่งถือได้ว่าเป็นผู้ป่วยส่วนน้อย ผู้ป่วยส่วนมากมักมีอาการไม่รุนแรงและมีแนวโน้มที่จะรักษาเองที่บ้านทำให้ข้อมูลผู้ป่วยเหล่านี้ไม่ปรากฏที่สถานพยาบาล หรืออีกนัยหนึ่งข้อมูลผู้ป่วยด้วยกลุ่มโรคระบบทางเดินหายใจและอุจจาระร่วงมีจำนวนที่ต่ำกว่าความเป็นจริงมาก ซึ่งตรงข้ามกับโรคไข้เลือดออกที่มีอาการจำเพาะและมักมีอาการรุนแรงจนต้องมารับรักษาที่สถานบริการ จึงมีแนวโน้มที่จะมีความครบถ้วนสมบูรณ์กว่า จึงเห็นได้ชัดว่ามีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการศึกษาอื่น ๆ ทั่วโลก

ข้อเสนอแนะต่อแนวทางการประเมินความเสี่ยง จุดแข็งและจุดอ่อนที่ต้องคำนึงถึงสำหรับการนำไปใช้

จุดอ่อนสำคัญที่ต้องคำนึงถึงก่อนนำผลไปใช้ ดังได้กล่าวมาในตอนต้นแล้วว่า การศึกษานี้ (เช่นเดียวกับการศึกษาอื่น ๆ) ไม่มีการประเมินการสัมผัส ทั้งนี้เนื่องจากว่า การกำหนดตัวแปรต่าง ๆ และการแสวงหาข้อมูลการสัมผัสในระดับปัจเจกชนทำได้ยากในทางปฏิบัติและต้องอาศัยทรัพยากรจำนวนมาก ในการเก็บข้อมูล ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ มาหาความสัมพันธ์กับโรคที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับกลุ่มคนโดยตรง (โดยไม่ต้องทำการประเมินการสัมผัส) โดยมีข้อสันนิษฐานว่า ประชากรกลุ่มเสี่ยงมีการสัมผัสกับสภาพภูมิอากาศตลอดเวลา นอกจากนี้ข้อจำกัดอีกประการคือ ด้วยเหตุผลที่ว่าผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นผลทางอ้อม หรือพูดอีกนัยหนึ่งได้ว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศก่อให้เกิดผลกระทบอื่น ๆ อีกหลาย

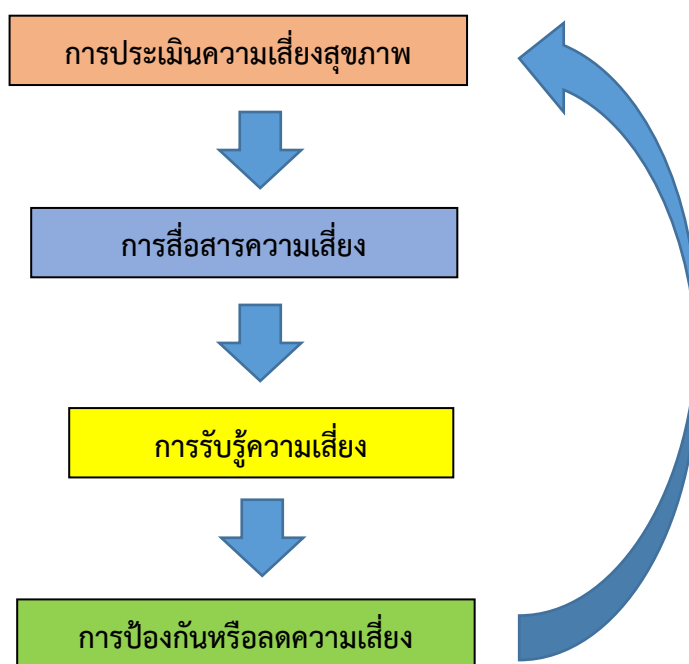
ขั้นตอนเป็นลูกโซ่ที่จะมาถึงผลกระทบด้านสุขภาพ นั้นหมายความว่า มีปัจจัยอื่น ๆ อีกมากมาย เช่น ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ฯลฯ ที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เนื่องจากผลกระทบด้านสุขภาพไม่ได้มีเหตุปัจจัยจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแต่เพียงอย่างเดียว นั่นเอง ซึ่งการศึกษานี้ (และเช่นเดียวกับการศึกษาอื่น ๆ) ไม่ได้มีการเก็บตัวแปรอื่น ๆ นอกเหนือไปจากตัวแปรด้านสภาพภูมิอากาศ

อย่างไรก็ตาม จุดแข็งของการศึกษานี้ คือ จากการเก็บข้อมูลเป็นรายวันแบบอนุกรมเวลา (Time series) ในกลุ่มประชากรเดิม ทำให้หากเห็นความสัมพันธ์ระหว่างการเจ็บป่วยและข้อมูลสภาพภูมิอากาศแล้ว ย่อมให้ผลที่มีความน่าเชื่อถือสูง เนื่องจากปัจจัยส่วนบุคคลในกลุ่มประชากรกลุ่มเดิม รวมถึงปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ อาจสันนิษฐานได้ว่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ถือได้ว่าเป็นการควบคุมปัจจัยกวนไปในตัว

ประการสุดท้ายประเด็นที่ต้องพิจารณา คือ การพยากรณ์จำนวนป่วยในกลุ่มโรคต่าง ๆ เป็นการคำนวณที่อิงบนข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคตที่ย่อมมีข้อสมมติฐานมากมาย และมีความแตกต่างกันไปตามสถานการณ์ (Scenario) ของแต่ละแบบจำลอง ความถูกต้องของการพยากรณ์จึงขึ้นกับแบบจำลองการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศว่าจะถูกต้องแม่นยำเพียงใดเป็นสำคัญ

การจัดการความเสี่ยง (กรอบแนวคิดการจัดการความเสี่ยง และกลไก)

การจัดการความเสี่ยงมีได้หลายรูปแบบ แต่แบบที่เข้าใจง่ายได้แก่ แผนภูมิที่แสดงในรูปที่ 36 เริ่มต้นด้วยการประเมินความเสี่ยง ซึ่งจะได้อิทธิพลนำเข้าสู่เกี่ยวกับปัจจัยและความเสี่ยงสุขภาพที่เป็นผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อนำไปสู่การสื่อสารความเสี่ยงแก่กลุ่มเป้าหมายและผู้ที่เกี่ยวข้องให้มีการรับรู้ความเสี่ยงที่ถูกต้องตรงกับความเป็นจริง จากนั้นผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดจะต้องช่วยกันระดมความคิดเห็นเพื่อแสวงหาแนวทางหรือมาตรการการป้องกันหรือลดความเสี่ยงนั้น ๆ และมีการดำเนินการไปตามที่ได้วางแผนไว้ ผลการดำเนินการก็จะกลับไปสู่จุดเริ่มต้นคือการประเมินความเสี่ยงเพื่อพิจารณาว่า มาตรการที่ได้ดำเนินการไปแล้วส่งผลให้ความเสี่ยงลดลงหรือไม่อย่างไร



รูปที่ 36 แสดงกรอบแนวคิดการจัดการความเสี่ยง และกลไก

แนวทางปฏิบัติของกระทรวงสาธารณสุขในการจัดการความเสี่ยง

การศึกษาในประเด็นนี้มีข้อเสนอต่อแนวทางปฏิบัติของกระทรวงสาธารณสุขในการจัดการความเสี่ยง ดังนี้

1. การศึกษาครั้งนี้พบปัญหาของข้อมูลที่ได้จากฐานข้อมูลต่าง ๆ หลายประการ เช่น ข้อมูลการตายหรือเสียชีวิตไม่มี ข้อมูลการป่วยไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ข้อมูลอุตุนิยมิวิทยาหลายค่ามีเพียงบางปีและบางสถานี ไม่ครบถ้วนและไม่เป็นปัจจุบัน กระทรวงสาธารณสุขควรพัฒนาระบบการจัดการข้อมูลสุขภาพและอุตุนิยมิวิทยาให้มีความครบถ้วนและสมบูรณ์มากขึ้น เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความถูกต้องและเที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น
2. การวิเคราะห์บางกลุ่มโรคที่กว้างและครอบคลุมโรคมามากเกินไป (เช่น โรคระบบทางเดินหายใจ โรคอุจจาระร่วง) อาจทำให้ผลการวิเคราะห์มีความคลาดเคลื่อนและความน่าเชื่อถือลดลง ในอนาคตหากข้อมูลมีความสมบูรณ์และจำนวนมากพออาจมีการวิเคราะห์รายโรคที่มีความจำเพาะมากขึ้น เช่น การแยกวิเคราะห์โรคอุจจาระร่วงตามสาเหตุของเชื้อ (โรต้าไวรัสหรือซัลโมเนลล่า เป็นต้น)
3. ควรจัดให้มีหลักสูตรการฝึกอบรมแก่บุคลากรสาธารณสุขทั้งในระดับราชการส่วนกลาง เขตสุขภาพ และจังหวัด เรื่อง การประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
4. ควรจัดตั้งหน่วยงานในระดับจังหวัด เพื่อทำการประสานขอข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมอุตุนิยมิวิทยา สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข และ/หรือกรมควบคุมมลพิษ (กรณีต้องการข้อมูลคุณภาพอากาศ) โดยควรมีการจัดทำรูปแบบของข้อมูล (Data template) ที่ต้องการ และช่องทางการเข้าถึงข้อมูลเพื่อให้เกิดความสะดวกรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูล
5. ควรพัฒนากลไก คือ การจัดทำข้อตกลงระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง คือ กรมอนามัย กรมควบคุมโรค กรมอุตุนิยมิวิทยา สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย โดยควรมีการจัดทำรูปแบบของข้อมูล (Data template) ที่ต้องการ และช่องทางการเข้าถึงข้อมูลเพื่อให้เกิดความสะดวกรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูล รวมทั้งการประสานงานการดำเนินงานเพื่อการขับเคลื่อนแผนการปรับตัวฯ
6. เพิ่มการเฝ้าระวังโรคให้เข้มข้นขึ้น เพราะโรคมีแนวโน้มที่จะมีการระบาดมากขึ้น
7. ใช้มาตรการระวังไว้ก่อนในแผนสาธารณสุขและการเฝ้าคุมโรค
8. มีมาตรการตอบโต้อย่างรวดเร็วเมื่อมีโรคเกิดขึ้น โดยเน้นไปที่การหยุดการแพร่ระบาดของโรคให้เร็วที่สุด
9. เพิ่มขีดความสามารถของระบบสาธารณสุขในทุกด้าน โดยเฉพาะการป้องกันและควบคุมโรค
10. เพิ่มการเฝ้าระวังโรคอุบัติใหม่อื่น ๆ เพราะจะมีโรคอุบัติใหม่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เช่น โรคไข้ซิกา
11. กรณีโรคอุจจาระร่วง เร่งสร้างและปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน น้ำสะอาด การคมนาคม ฯลฯ เพราะสาเหตุส่วนมากของอุจจาระร่วงเกิดจากน้ำและสุขาภิบาลที่ไม่ดี รวมถึงการเข้าถึงแหล่งน้ำที่สะอาด และเน้นการให้สุขศึกษาแก่ประชาชน

สรุปท้ายบทและข้อเสนอแนะ

เอกสารแนวทางการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศฉบับนี้ต้องการเสนอแนวทางในการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างโรคกลุ่มต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับตัวแปรด้านสภาพภูมิอากาศ เพื่อใช้ประโยชน์ในการพยากรณ์โรคในอนาคต ความถูกต้องแม่นยำขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง ตั้งแต่ความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูลกลุ่มโรค รวมทั้งความแม่นยำ

ของแบบจำลองการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคต ทั้งนี้เอกสารฉบับนี้ได้แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองรวมถึงการพยากรณ์โรคโดยใช้ข้อมูลจริงจากสองจังหวัด แม้ความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูลโรคมียังมีข้อสงสัยอยู่มาก แต่อย่างน้อยคู่มือฉบับนี้ต้องการให้ผู้ได้ข้อคิดในการให้ความสำคัญกับความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูลเพื่อจะได้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลในพื้นที่ของตนเองให้ดียิ่ง ๆ ขึ้นไป

เอกสารอ้างอิง

- Ando M. 1993. Health. In: The potential effects of climate change in Japan. Nishioka, S. Et al. eds. Tsukuba, Japan, Center for Global Environmental Research/National Institute for Environmental Studies, pp. 87–93.
- Åström C, Rocklöv J, Hales S, Béguin A, Louis V, Sauerborn R. 2012. Potential distribution of dengue fever under scenarios of climate change and economic development. *Ecohealth* 9:448–454.
- Ballinger GA. 2004. Using Generalized Estimating Equations for Longitudinal Data Analysis. Sage Publications, pp. 127-150.
- Campbell-Lendrum D, Woodruff R. 2007. Climate Change: Quantifying the Health Impact at National and Local Levels. Editors, Prüss-Üstün A, Corvalán C. World Health Organization, Geneva. WHO Environmental Burden of Disease Series No. 14.
- Casimiro E, Calheiros JM 2002. Human Health. In: Climate Change in Portugal: scenarios, impacts and adaptation measures—SIAM project. Santos, F.D. et al. eds. Lisbon, Portugal, Gradiva.
- Chou W-C, Wu J-L, Wanf Y-C, Huang H, Sung F-C, Chuang C-Y. 2010. Modeling the impact of climate variability on diarrhea-associated diseases in Taiwan (1996–2007). *Sci Total Environ* 409:43–51.
- Cui J, Qian G. 2007. Selection of working correlation structure and best model in GEE analyses of longitudinal data. *Commun Stat-Simul C* 36:987–996.
- de Wet N, Hales S. 2000. Human health. In: Climate change vulnerability and adaptation assessment for Fiji. Prepared for World Bank Group by International Global Change Institute, in partnership with South Pacific Regional Environment Programme (SPREP) and PICCAP.
- Department of Health. 2002. The Health Effects of Climate Change in the UK. London, UK: HMSO.
- Dodge Y. 2008. The Concise Encyclopedia of Statistics (Springer Reference). Springer, pp. 24–25.
- Duncan K, et al. 1997. Health Sector, Canada Country Study: Impacts and adaptation:Environment Canada, pp. 520–580.
- FAO. 2003. FAO methodology for the measurement of food deprivation. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Gillett NP, Weaver AJ, Zwiers FW, Flannigan MD. 2004. Detecting the effect of climate change on Canadian forest fires. *Geophysical Research Letters* 31, L18211, doi:10.1029/2004GL020876.
- Hii YL, Rocklöv J, Ng N, Tang CS, Pang FY, Sauerborn R. 2009. Climate variability and increase in intensity and magnitude of dengue incidence in Singapore. *Glob Health Action* 11:2.
- Honda Y, Kabuto M, Ono M, Uchiyama I. 2007. Determination of optimum daily maximum temperature using climate data. *Environ Health Prevent Med* 25:209–216.
- Honda Y, Kondo M, McGregor G, Kim H, Guo YL, Hijioka Y, et al. 2014. Heat-related mortality risk model for climate change impact projection. *Environ Health Prev Med* 19:56–63.
- Ishigami A, Hajat S, Kovats RS, Bisanti L, Rognoni M, Paldy A. 2008. An ecological time-series study of heat-related mortality in three European cities. *Environ Health* 7:5.
- Katsouyanni K, Pantazopoulou A, Touloumi G, Tselepidaki I, Moustiris K, Asimakopoulos D, Pouloupoulou G, Trichopoulos D. 1993. Evidence for interaction between air pollution and high temperature in the causation of excess mortality. *Arch Environ Health* 48(4):235–242.
- Kovats RS, Edwards SJ, Hajat S, Armstrong BG, Ebi KL, Menne B. 2004. The effect of temperature on food poisoning: a time-series analysis of salmonellosis in ten European countries. *Epidemiol Infect* 132(3): 443–453.
- Lloyd S, Kovats RS, Chalabi Z. 2011. Climate change, crop yields, and malnutrition: development of a model to quantify the impact of climate scenarios on child malnutrition. *Environ Health Persp* 119:1817–1823.
- McMichael AJ, et al. 2002. Risk assessment regarding human health and climate change in Australasia. Draft report submitted to Australian Government.
- Nelson G, Rosegrant MW, Koo J, Robertson R, Sulser T, Zhu T, et al. 2009. *Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation*. Washington, DC:International Food Policy Research Institute.
- Nelson GC, Rosegrant MW, Palazzo A, Gray I, Ingersoll C, Robertson R, et al. 2010. *Food Security, Farming, and Climate Change to 2050*. Washington, DC:International Food Policy Research Institute.
- O'Marde D, Michael L. 2000. Human Health. In: *Antigua and Barbuda climate change impacts and adaptation assessments*. UNEP Country Studies Programme.
- Pan W. 2001. Akaike's information criterion in generalized estimating equations. *Biometrics* 57:120-125.
- Patt AG, Tadross M, Nussbaumer P, Asante K, Metzger M, Rafael J, et al. 2010. Estimating least-developed countries' vulnerability to climate-related extreme events over the next 50 years. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 107:1333–1337.

- Phiri JS, Msiska DB. 1998. Vulnerability and adaptation studies: health impact assessments. Environment Council of Zambia.
- Qin RX, Xiao C, Zhu Y, Li J, Yang J, Gu S, Xia J, Su B8, Liu Q, Woodward A. 2017. The interactive effects between high temperature and air pollution on mortality: A time-series analysis in Hefei, China. *Sci Total Environ* 575:1530–1537.
- Sempris E, Lopez R. eds. 2001. Vulnerability and adaptation to the adverse impacts of climate change in the health sector. National Program on Climate Change, National Environment Authority ANAM/UNDP.
- Singh RB, Hales S, de Wet N, Raj R, Hearnden M, Weinstein P. 2001. The influence of climate variation and change on diarrheal disease in the Pacific Islands. *Environ Health Perspect* 109(2): 155–159.
- St Lucia climate change and vulnerability assessment. St Lucia's initial national communication to the UNFCCC, Chapter 4, 2002.
<http://unfccc.int/resource/docs/natc/lucnc1.pdf>.
- Taeuea T, et al. 2000. Human health. In: Climate change vulnerability and adaptation assessment for Kiribati. Prepared for World Bank Group by International Global Change Institute, in partnership with South Pacific Regional Environment Programme (SPREP) and PICCAP.
- UNEP/Ministry of Environment and Forestry, Cameroon. 1998. Country case study on climate change impacts and adaptation assessment. Volume 2. Cameroon: UNEP, Nairobi, and Ministry of Environment and Forestry, Cameroon.
- Wiwatanadate P, Liwsrisakun C. 2011. Acute effects of air pollution on peak expiratory flow rates and symptoms among asthmatic patients in Chiang Mai, Thailand. *Int J Hyg Environ Health* 214:251-257.
- Wiwatanadate P, Trakultivakorn M. 2010. Air pollution-related peak expiratory flow rates among asthmatic children in Chiang Mai, Thailand. *Inhal Toxicol.* 22:301-308.
- Woodward A, et al. 2001. Climate change: potential effects on human health in New Zealand. A report prepared for the Ministry for the Environment as part of the New Zealand Climate Change Programme. Wellington, New Zealand, Ministry for the Environment.
- World Health Organization. 2003. Climate change and human health - risks and responses. Summary, ISBN 9241590815.
- World Health Organization. 2014. Quantitative Risk Assessment of the Effects of Climate Change on Selected Causes of Death, 2030s and 2050s.
- World Health Organization. 2015. Climate Change and Health: Training Modules. SEA/EH/585.

บทที่ 3

วิธีการและผลการประเมินความเสี่ยงโรคที่สัมพันธ์กับความร้อน

ความสำคัญและผลกระทบต่อสุขภาพจากอากาศร้อน

อากาศร้อนและสภาวะสุดขีดของอุณหภูมิ (temperature extreme) ทั้งที่เกิดจากความแปรปรวนตามธรรมชาติของระบบภูมิอากาศหรือเกิดจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์ ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อสุขภาพของประชาชน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้สูงอายุและคนยากจนซึ่งเป็นกลุ่มประชากรที่มีข้อจำกัดของความสามารถและศักยภาพในการปรับตัวต่อสภาวะความรุนแรงดังกล่าว (Field et al., 2012; IPCC, 2013; IPCC, 2014) ทั้งนี้ คลื่นความร้อน (Heat wave) และสภาวะเครียดจากอากาศร้อน (Thermal stress) จัดเป็นสภาวะสุดขีดของอากาศร้อนและสภาวะความรุนแรงของลมฟ้าอากาศที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน และสร้างความเสียหายทางเศรษฐกิจและสังคมนับมูลค่ามหาศาล ตลอดจนเป็นสาเหตุหลักการเสียชีวิตของประชาชนในหลายประเทศ (Koppe et al., 2004; Field et al., 2012; IPCC, 2014) ข้อมูลจาก Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) ระบุว่า ในช่วงระยะเวลาระหว่างปี ค.ศ. 1980 ถึงปี ค.ศ. 2017 มีเหตุการณ์คลื่นความร้อนเกิดขึ้นประมาณ 160 เหตุการณ์ ในพื้นที่ 52 ประเทศทั่วโลก ส่งผลให้ประชาชนสูญเสียชีวิตราว 157,183 ราย ได้รับบาดเจ็บ 121,397 ราย โดยคลื่นความร้อนครั้งรุนแรงที่สุดในประวัติศาสตร์ที่เกิดขึ้นในทวีปยุโรปในช่วงฤดูร้อนของ ปี ค.ศ. 2003 ได้ส่งผลให้มีผู้เสียชีวิตมากกว่า 70,000 คน (Stott et al., 2004; Robine et al., 2008; Field et al., 2012) นอกจากนี้ ผู้เสียชีวิตในประเทศสหรัฐอเมริกาจากคลื่นความร้อนในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 1992–2001 มีจำนวนที่สูงกว่าผู้เสียชีวิตจากอุทกภัยและจากพายุเฮอริเคนทั้งสองเหตุการณ์รวมกัน (Global greenhouse warming, 2012)

ผลการศึกษาที่ผ่านมา ระบุว่า เหตุการณ์คลื่นความร้อนและสภาวะเครียดจากอากาศร้อนในช่วงหลังของศตวรรษที่ 20 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในหลายภูมิภาคของโลก ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นควบคู่กับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก (Field et al., 2012; IPCC, 2013; IPCC, 2014) นอกจากนี้ แบบจำลองทางภูมิอากาศ ยังบ่งชี้ว่าคลื่นความร้อนในศตวรรษที่ 21 จะทวีความรุนแรงและมีความถี่ของการเกิดเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีระยะเวลาของการเกิดที่ยาวนานขึ้น ซึ่งสอดคล้องและเป็นไปตามสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศและสภาวะของระบบภูมิอากาศโลกที่มีความแปรปรวนเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสมดุลความร้อนจากปรากฏการณ์เรือนกระจก (Meehl and Tebaldi, 2004; Field et al., 2012; IPCC, 2013; IPCC, 2014) บนพื้นฐานของผลการศึกษาจำนวนมากในช่วงที่ผ่านมา นักวิทยาศาสตร์ต่างเห็นพ้องต้องกันว่า คลื่นความร้อนและสภาวะเครียดจากอากาศร้อน จัดเป็นปัจจัยคุกคามที่สำคัญจากสภาวะโลกร้อนที่มีผลต่อสุขภาพและการดำรงชีวิตของมนุษย์ ซึ่งกลายเป็นประเด็นที่ท้าทายในการกำหนดมาตรการตั้งรับและปรับตัว เพื่อช่วยลดผลกระทบและความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน (IPCC, 2014)

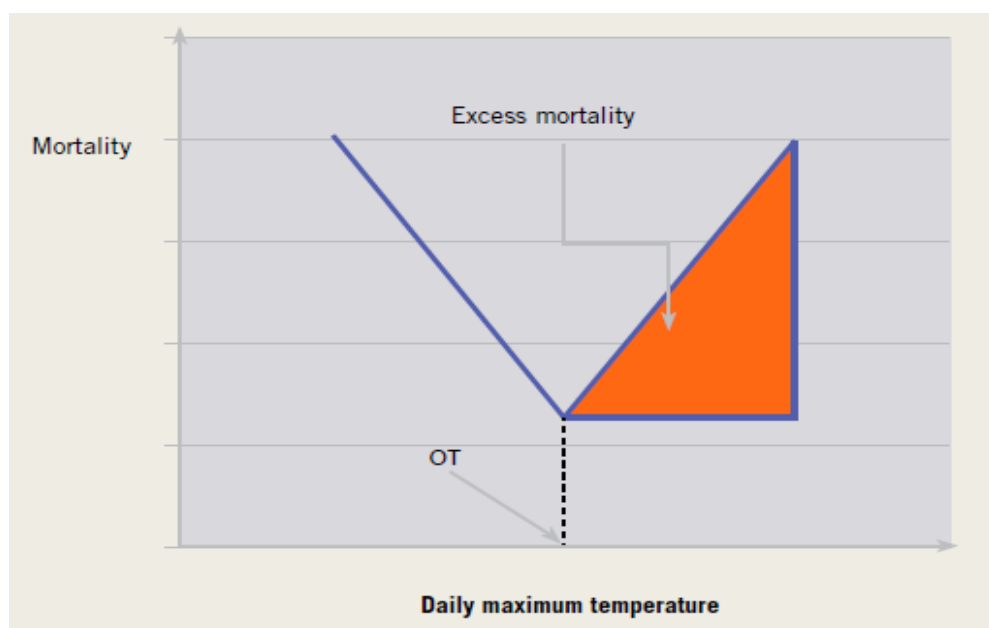
คลื่นความร้อนและสภาวะสุดขีดของอุณหภูมิ ก่อให้เกิดการเจ็บป่วยและเสียชีวิต ซึ่งผลการศึกษาที่ผ่านมา ชี้ให้เห็นว่าอัตราการป่วยและอัตราการตายที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่สูงขึ้น ตัวอย่างเช่น ช่วงที่เกิดคลื่นความร้อนในประเทศออสเตรเลีย ในปี ค.ศ. 2009 มีจำนวนการเสียชีวิตเพิ่มขึ้น 3.9 เท่า และมีผู้ป่วยเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลสูงขึ้นกว่าช่วงอื่น ๆ โดยโรคที่เข้ามารักษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ กลุ่มโรคต่อมไทรอยด์และเมตาบอลิซึม กลุ่มโรคระบบไหลเวียนโลหิต และกลุ่มโรค

ระบบทางเดินปัสสาวะ (Lindstrom et al., 2013) การศึกษา ยังบ่งชี้ให้เห็นว่าสภาวะอุณหภูมิที่สูงขึ้น มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและเกิดภาวะตึงเครียดของร่างกายได้อย่างหลากหลายทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น ผลโดยตรงทำให้เกิดภาวะไฮเปอร์เทอร์เมีย (Hyperthermia) จากการที่ร่างกายมีอุณหภูมิสูงขึ้น (Martin et al., 2012) นอกจากนั้น ยังก่อให้เกิดผลต่อการเปลี่ยนแปลงระบบการไหลเวียนโลหิตและอัตราการหายใจที่ส่งผลให้เพิ่มการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจและโรคระบบทางเดินหายใจได้อย่างรวดเร็วขึ้น (Basu and Samet, 2002) ทั้งนี้ ผลการศึกษาบางส่วน ยังแสดงให้เห็นว่าการตายที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิมีผลเด่นชัดมากขึ้นในผู้สูงอายุ (Anderson and Bell, 2009)

การเจ็บป่วยและเสียชีวิตจากอากาศร้อน เป็นกลุ่มอาการที่เกิดจากการได้รับการสัมผัสต่ออากาศร้อนโดยตรง มีอาการตั้งแต่เล็กน้อยไปถึงรุนแรงเสียชีวิตได้ โดยกลุ่มอาการเล็กน้อย มีลักษณะ ผื่น ผดแดด บวมแดด เป็นลมแดด ตะคริวแดด การเกร็งจากแดด สำหรับกลุ่มมีอาการรุนแรง ประกอบด้วยอาการสำคัญ คือ เพลียแดดและโรคลมแดด

สถานการณ์และงานวิจัยการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากอากาศร้อน

ปัจจุบันมีการออกแบบการศึกษาความเสี่ยงด้านสุขภาพจากอากาศร้อน หลายรูปแบบเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับการเสียชีวิตที่สูงขึ้น (Armstrong, 2006; Tawatsupa et al., 2012; Honda et al., 2007, 2014; WHO, 2014) แต่วิธีที่ดีน่าจะเป็นวิธีการศึกษาแบบอนุกรมเวลา (time series) และ case-crossover โดยการออกแบบการศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อดูผลกระทบสุขภาพจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นหลังจากที่มีการควบคุมปัจจัยกวน เช่น trend และ seasonal cycle ของอัตราการเสียชีวิตแล้ว หรือในบางกรณีอาจรวมถึงความสัมพันธ์และมลพิษทางอากาศด้วย (Bhaskaran et al., 2013) นอกจากนั้น การประเมินความเสี่ยงการเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องอากาศร้อน ใช้วิธีการประเมินจาก heat threshold และ heat slope โดยความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและการเสียชีวิต เป็นแบบ non-linear U-,V- และ J-shape โดย heat threshold เป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดอันตรายจากความร้อน และ heat slope เป็นตัววัดขนาดของผลกระทบสุขภาพ ดังแสดงในรูปที่ 37



รูปที่ 37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตายรายวันและอุณหภูมิสูงสุดรายวัน

องค์การอนามัยโลก ได้เสนอวิธีการประมาณความเสี่ยงจากการเสียชีวิตที่มีความสัมพันธ์กับอากาศร้อน (Heat-related mortality) เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยใช้ temperature-mortality model บนพื้นฐานของความเกี่ยวพันระหว่างอัตราการตายรายวันและอุณหภูมิ โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศคาดการณ์ในอนาคต สำหรับคาดการณ์แนวโน้มการเสียชีวิตของผู้สูงอายุในอนาคต (WHO, 2014)

นอกจากนี้ ดัชนีความร้อน หลายดัชนีได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้เป็นเครื่องมือประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์จากอากาศร้อน โดยดัชนีความร้อนส่วนใหญ่ ตั้งอยู่บนพื้นฐานของความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศกับความรู้สึกร้อนของร่างกายมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสมมูลความร้อนของร่างกายมนุษย์ (WMO-WHO, 2015) ทั้งนี้ ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และแสงอาทิตย์ จะถูกนำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลที่ไม่เกี่ยวกับอุตุนิยมวิทยา (Non-meteorological) เช่น ชนิดของเสื้อผ้าที่สวมใส่ ความหนักเบาของกิจกรรม และการปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ เป็นต้น ตัวอย่างการประเมินผลกระทบของดัชนีความร้อนต่อสุขภาพของมนุษย์ด้วยวิธีแบบง่าย เช่น ดัชนีความร้อนที่ National Weather Service (NWS) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เลือกใช้ดัชนีความร้อนที่คำนวณได้จากข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ นำมาประยุกต์ติดตามสถานการณ์คลื่นความร้อน ทั้งนี้ องค์การอุตุนิยมวิทยาโลกและองค์การอนามัยโลก ได้ทำการทบทวนและสรุปดัชนีความร้อนที่ใช้ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพในปัจจุบัน (WMO-WHO, 2015) โดย heat Index (HI) ที่คำนวณจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เป็นดัชนีที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$\text{Heat Index (HI)} = -42.379 + 2.04901523 \cdot T + 10.14333127 \cdot \text{RH} - 0.22475541 \cdot T \cdot \text{RH} - 6.83783 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 - 5.481717 \cdot 10^{-2} \cdot \text{RH}^2 + 1.22874 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 \cdot \text{RH} + 8.5282 \cdot 10^{-4} \cdot T \cdot \text{RH}^2 - 1.99 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 \cdot \text{RH}^2$$

T = อุณหภูมิ

RH = ความชื้นสัมพัทธ์

เพื่อให้ใช้งานได้อย่างสะดวกและสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น จึงได้มีการพัฒนา heat index chart รูปที่ 38 โดยแสดงค่า HI พร้อมกับค่าอุณหภูมิในช่วง 26–43 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่ 40–100% ในรูปตาราง โดยระดับผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อร่างกายมนุษย์ของค่า HI ในช่วงต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 18

Temp (°C)	Relative Humidity (%)													
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
43	56.6													
42	53.7	57.5												
41	50.9	54.3	58.1											
40	48.3	51.3	54.8	58.5										
39	45.8	48.5	51.6	55.0	58.7									
38	43.4	45.9	48.6	51.6	55.0	58.6								
37	41.2	43.4	45.8	48.5	51.4	54.7	58.2							
36	39.1	41.0	43.1	45.5	48.1	51.0	54.2	57.5						
35	37.2	38.8	40.7	42.7	45.1	47.6	50.3	53.3	56.5					
34	35.4	36.8	38.4	40.2	42.2	44.4	46.8	49.4	52.2	55.2	58.4			
33	33.8	34.9	36.3	37.8	39.5	41.4	43.5	45.7	48.1	50.8	53.5	56.5		
32	32.3	33.2	34.4	35.6	37.1	38.7	40.4	42.3	44.4	46.6	49.0	51.5	54.2	
31	30.9	31.7	32.6	33.7	34.8	36.2	37.6	39.2	40.9	42.7	44.7	46.8	49.0	
30	29.7	30.3	31.0	31.9	32.8	33.9	35.0	36.3	37.7	39.1	40.7	42.4	44.2	
29	28.6	29.1	29.7	30.3	31.0	31.8	32.7	33.7	34.7	35.9	37.1	38.4	39.7	
28	27.7	28.0	28.4	28.9	29.5	30.0	30.7	31.4	32.1	32.9	33.7	34.7	35.6	
27	26.9	27.1	27.4	27.7	28.1	28.5	28.9	29.3	29.7	30.2	30.7	31.3	31.8	
26	26.2	26.4	26.6	26.7	26.9	27.1	27.3	27.5	27.7	27.9	28.0	28.2	28.4	

รูปที่ 38 Heat Index Chart สำหรับช่วงของอุณหภูมิตั้งแต่ 26–43 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ ตั้งแต่ 40–100%

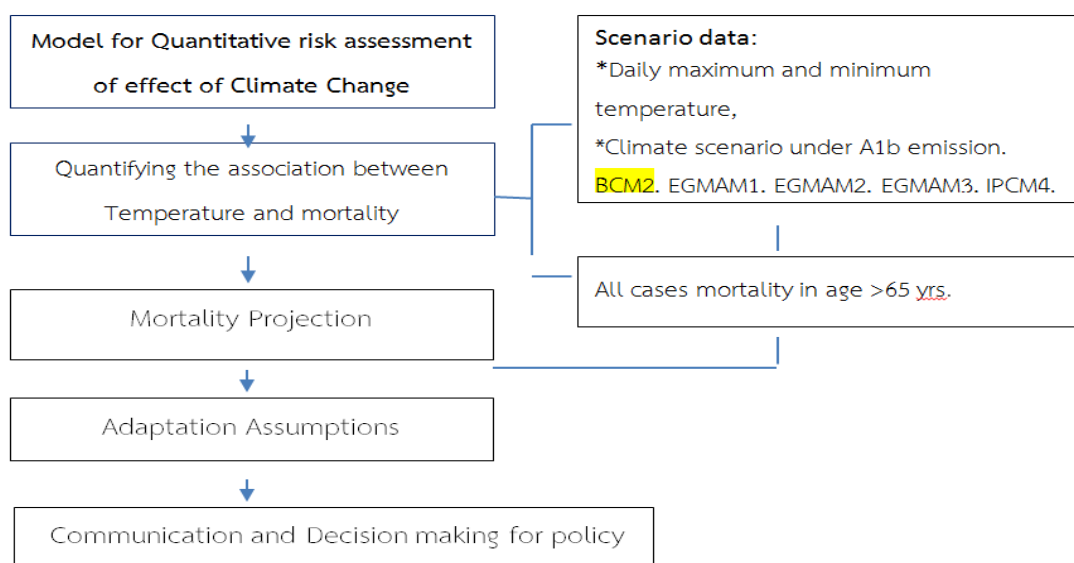
ตารางที่ 18 ระดับผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นที่ค่า HI ในช่วงต่าง ๆ

ระดับ	ดัชนีความร้อน (องศาเซลเซียส)	ผลกระทบต่อสุขภาพ
ระดับเฝ้าระวัง	27–32	อ่อนเพลีย วิงเวียน คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ ปวดเมื่อยตามตัวจากการสัมผัสความร้อนหรือออกกำลังกายหรือทำงานใช้แรงงานท่ามกลางอากาศที่ร้อน
ระดับเตือนภัย	32–41	เกิดอาการตะคริวจากความร้อน และอาจเกิดอาการเพลียแดด (Heat exhaustion) หากสัมผัสความร้อนเป็นเวลานาน
ระดับอันตราย	41–54	มีอาการตะคริวที่น่อง ต้นขา หน้าท้อง หรือไหล่ ทำให้ปวดเกร็ง มีอาการเพลียแดด และอาจเกิดภาวะลมแดด (Heatstroke) ได้ หากสัมผัสความร้อนเป็นเวลานาน
ระดับอันตรายมาก	>54	เกิดภาวะลมแดด (Heatstroke) โดยมีอาการตัวร้อน เวียนศีรษะ หน้ามืด ซึมลง ระบบอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกายล้มเหลว และทำให้เสียชีวิตได้ หากสัมผัสความร้อนติดต่อกันหลายวัน

ที่มา: กรมอนามัย (2558)

วิธีการและขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากอากาศร้อน

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากอากาศร้อน ได้ประยุกต์ใช้กรอบแนวคิดและวิธีการของ องค์การอนามัยโลกในรายงาน quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s เพื่อประเมินผลกระทบและคาดการณ์แนวโน้มการเสียชีวิตที่มีความสัมพันธ์กับอากาศร้อน (Heat-related mortality) รวมทั้งโมเดลและวิธีการของ Honda et al. (2014) สำหรับคาดการณ์การเสียชีวิตที่มีความสัมพันธ์กับอากาศร้อนอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งกรอบแนวคิดและขั้นตอนการประเมิน ดังแสดงใน รูปที่ 39



รูปที่ 39 ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากอากาศร้อน บนพื้นฐานขององค์การอนามัยโลกและ Honda et al. (2014)

วิธีการประเมินความเสี่ยงผลกระทบด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับอากาศร้อนนี้ ใช้ประมาณการเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับอากาศร้อนอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตของกลุ่มคนที่มีอายุมากกว่า 65 ปี โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและการเสียชีวิต ดังที่ได้ศึกษาในประเทศญี่ปุ่น โดย Honda et al. (2014) โดยรูปแบบการประเมินนี้ จำกัดเฉพาะประชากรที่มีอายุ 65 ปีขึ้นไป เนื่องจากเป็นกลุ่มเสี่ยงต่อการเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับอากาศร้อนและเพื่อหลีกเลี่ยงการนับซ้ำกับผลลัพธ์อื่น เช่น การเสียชีวิตด้วยโรคอหิวาต์รั่ว ทั้งนี้ แบบจำลองการกระจายแบบไม่เป็นเชิงเส้นถูกนำมาใช้เพื่อหาจำนวนความสัมพันธ์ และควบคุมผลกระทบที่อาจเกิดล่าช้าสูงสุด 15 วัน (Lag effect) ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจเป็นอุปสรรค เช่น มลพิษทางอากาศไม่ได้นำมารวมด้วย เพราะการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าการปนเปื้อนจากมลพิษทางอากาศจะมีผลเพียงเล็กน้อยต่อความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับการเสียชีวิต เพื่อให้ได้อัตราการตายที่เกี่ยวข้องกับอากาศร้อนจำเป็นต้องใช้จำนวนการเสียชีวิตรายวันในอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอ้างอิง คือ อัตราการตายประจำปี ดังนั้น การตายที่อุณหภูมิที่เหมาะสมจึงใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\text{Mortality at optimum temperature} = 0.88 \times (\text{annual mortality}/365.25)$$

อัตราการเสียชีวิตรายวันหารด้วย 365.25 และ 0.88 คือ อัตราส่วนของอัตราการตายที่อุณหภูมิที่เหมาะสมกับอัตราการเสียชีวิตเฉลี่ยรายวันโดยประมาณจากข้อมูลของประเทศญี่ปุ่น ในกรณีที่ดัชนีอุณหภูมิ (Temperature Index = Daily maximum Temp – Optimum Temp.) เกินกว่า 0 การคำนวณจำนวนผู้เสียชีวิตเนื่องจากความร้อน ดังนี้

$$\text{Heat-related deaths} = \text{Dav} \times 0.88 \times (\text{RRt} - 1)$$

เมื่อ Dav คือ จำนวนการตายเฉลี่ยรายวัน RR_t คือ อัตราส่วนของอัตราการตายที่อุณหภูมิดัชนี t (Temperature index) เปรียบเทียบกับอัตราการตายที่อุณหภูมิที่เหมาะสม (OT)

สำหรับข้อมูลสภาพฉาย (Scenario data) นั้น เป็นข้อมูลอุณหภูมิที่คาดการณ์ในอนาคตด้วยแบบจำลองภูมิอากาศ ภายใต้ภาพฉายการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกในลักษณะต่าง ๆ กัน โดยรายงาน quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s ขององค์การอนามัยโลก ใช้ข้อมูลคาดการณ์อนาคต ภายใต้ภาพฉาย A1B ของแบบจำลอง BCM2, EGMAM1, EGMAM2, EGMAM3 และ IPCM4 สำหรับการคาดการณ์เสียชีวิตช่วงเวลาในอนาคต (2030 และ 2050)

ส่วนข้อสมมุติฐานด้านการปรับตัว (Adaptation assumptions) นั้น ได้พิจารณาบนพื้นฐานของรายงาน quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s ขององค์การอนามัยโลก กล่าวคือ ที่ระดับพื้นฐานอุณหภูมิที่เหมาะสมจะเท่ากับเปอร์เซ็นต์ไทด์ที่ 84 ของอุณหภูมิสูงสุดรายวัน การปรับตัว จะถูกรวมเข้าไปในการประเมินโดยการเปลี่ยนอุณหภูมิที่เหมาะสมในช่วงเวลาในอนาคต (สะท้อนถึงการปรับตัวของประชากร) การประเมินการปรับตัว ขึ้นอยู่กับสมมุติฐานที่เป็นไปได้ 3 ประการ คือ :

0% – ไม่มีการปรับตัว: อุณหภูมิที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับสภาพอากาศปัจจุบัน (1961–1990)

50% – ปรับตัวบางอย่าง: จุดกึ่งกลางของอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการปรับตัวอยู่ที่ 0% และ 100%

100% – การปรับตัวอย่างสมบูรณ์: อุณหภูมิที่เหมาะสมขึ้นกับสภาพอากาศในอนาคต

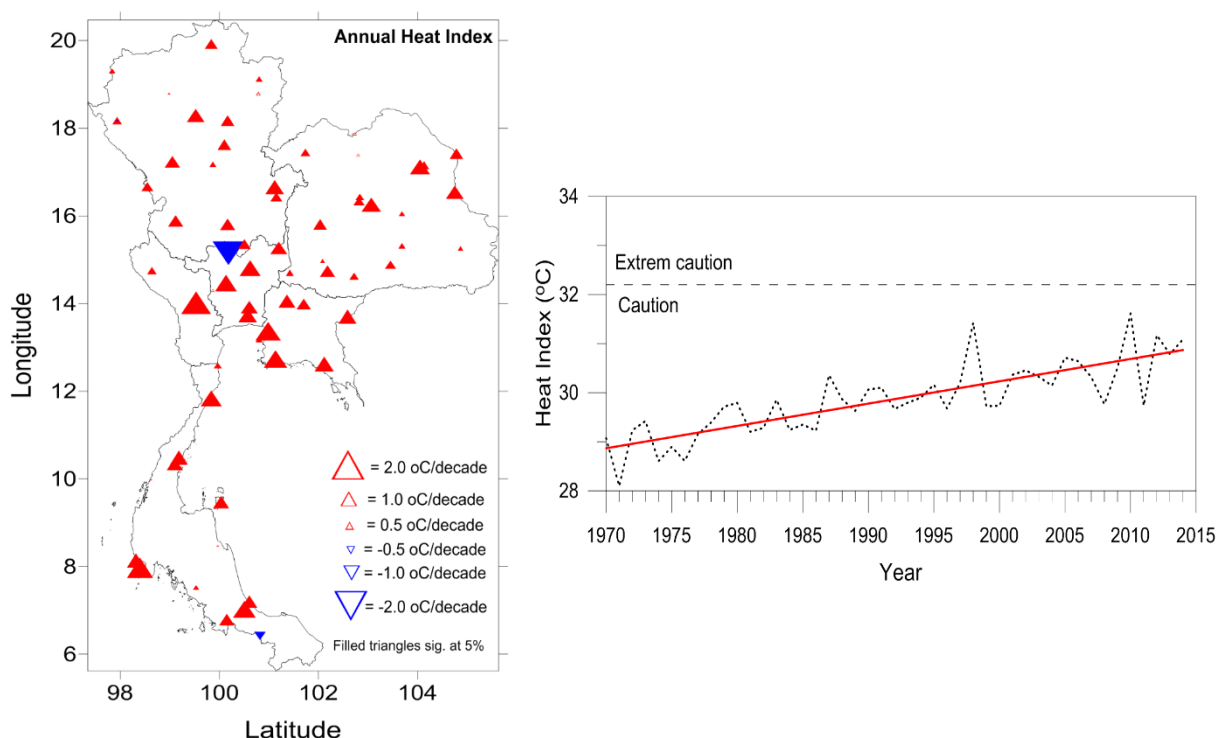
นอกจากการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากความร้อนด้วยแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างการเสียชีวิตและอุณหภูมิแล้ว ยังใช้ดัชนี HI ที่คำนวณจากข้อมูลอุณหภูมิมิวิทยา (อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์) เป็น เครื่องมือประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากความร้อนอย่างง่ายสำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขระดับปฏิบัติการในพื้นที่

การกระจายตัวและความสัมพันธ์ของข้อมูลสุขภาพและข้อมูลตัวแปรสภาพอากาศ

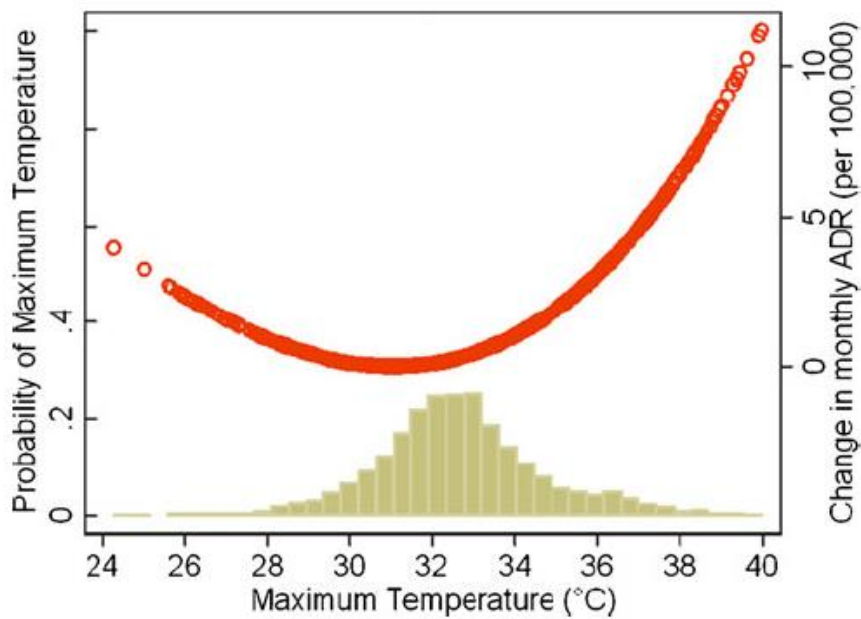
รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานการณ์ภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่จัดทำขึ้นในปี พ.ศ. 2559 แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยร้อนขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยในรอบ 40 ปีที่ผ่านมา พบว่า อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปีของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.96 0.92 และ 1.04 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อีกทั้ง เหตุการณ์สภาวะสุดขีดของอุณหภูมิ (Extreme temperature event) ในประเทศไทย ยังมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในรอบ 40–50 ปีที่ผ่านมาเช่นกัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว เป็นปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้ประชาชนอาจเจ็บป่วยหรือเสียชีวิตจากอากาศร้อนเพิ่มมากขึ้น ผลการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนี HI ในประเทศไทยในห้วงเวลา ปี ค.ศ. 1970–2014 ของอัสมน ลิ้มสกุลและคณะ (2558) พบว่าร้อยละ 83 ของสถานีตรวจอากาศพื้นผิวทั้งหมดแสดงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของดัชนี HI อย่างมีนัยสำคัญในอัตรา 0.17–1.2°C ต่อทศวรรษ ดังแสดงในรูปที่ 40 โดยภาคกลางและภาคตะวันออก มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นที่สูงกว่าภูมิภาคอื่น ๆ (รูปที่ 40) เมื่อพิจารณาประเทศไทยในภาพรวมแล้ว ดัชนี HI ที่เฉลี่ยทุกสถานี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ p -value น้อยกว่า 0.01 ในอัตรา 0.46°C ต่อทศวรรษ หรือ 2.1°C ในรอบ 45 ปีที่ผ่านมา (รูปที่ 40) แม้ว่าดัชนี HI ในภาพรวมของประเทศไทยในห้วงเวลา 45 ปีตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน อยู่ในระดับ caution แต่มีแนวโน้มที่จะขยับขึ้นในระดับ extreme

caution ในอนาคตอันใกล้ (รูปที่ 40) ซึ่งบ่งชี้ถึงความเสี่ยงทางด้านสุขภาพของประชาชนที่เพิ่มขึ้นจากภาวะความร้อน กรมอนามัย (2559) ได้รายงานจำนวนและอัตราผู้ป่วยโรคจากอากาศร้อนในประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2553–2556 เพิ่มขึ้นในอัตรา 1.76 2.12 3.09 และ 4.24 (อัตราป่วยต่อแสนคน) ตามลำดับ นอกจากนี้ ข้อมูลจากรายงานสถานการณ์โรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมจากระบบคลังข้อมูลด้านการแพทย์และสุขภาพ ได้รายงานข้อมูลผู้ป่วยโรคจากอากาศร้อนในปี พ.ศ. 2558 พบว่า มีผู้ป่วยโรคจากความร้อน 1,948 คน โดยจังหวัดที่มีผู้ป่วยโรคจากความร้อนสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ ชอนแก่น นครศรีธรรมราช และอุบลราชธานี ตามลำดับ กลุ่มอายุที่พบผู้ป่วยมากที่สุด คือ กลุ่มผู้มีอายุ 15–59 ปี และกลุ่มอายุ 60 ปีขึ้นไป นอกจากนี้ กลุ่มอาชีพที่พบผู้ป่วยมากที่สุด คือ กลุ่มอาชีพผู้ปลูกพืชไร่ และพืชสวน กลุ่มอาชีพรับจ้างทั่วไป และกลุ่มนักเรียนนักศึกษา ตามลำดับ (กรมควบคุมโรค, 2560)

Tawatsupa et al. (2014) ได้ศึกษาความเกี่ยวพันระหว่างตัวแปรทางภูมิอากาศในเขตร้อนกับอัตราการตายในประเทศไทย ในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 1999 ถึง 2008 ด้วยเทคนิค alternating multivariable fractional polynomial (MFP) regression และ stepwise multivariable linear regression analysis เพื่อใช้จำลองความเกี่ยวพันดังกล่าว จากผลการศึกษาพบความเกี่ยวพันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างอุณหภูมิและอัตราการตายในประเทศไทย ดังแสดงในรูปที่ 41 โดยอุณหภูมิสูงสุดเป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุดในการคาดการณ์อัตราการตาย โดยรวมแล้ว ความเกี่ยวพันระหว่างอุณหภูมิและอัตราการตาย มีลักษณะ U shape ซึ่งอุณหภูมิที่ 31°C เป็นจุดต่ำสุดของอัตราการตายของอุณหภูมิในประเทศไทย ทั้งนี้ อัตราการตาย เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงสุดเพิ่มขึ้น โดยอัตราการสูงสุดพบที่ภาคเหนือและภาคกลางในช่วงเดือนที่ร้อน



รูปที่ 40 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรง (%/decade) ของดัชนี HI รายปีตามรายสถานีในช่วงเวลา 1970–2014 และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาของอนุกรมดัชนี HI ที่เฉลี่ยทั้งประเทศไทยที่คำนวณจากฐานข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยและความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้ปรับแก้เอกพันธ์ด้วยเทคนิคทางสถิติแล้ว



รูปที่ 41 แสดงกราฟ polynomial เชื่อมโยง function model ของอุณหภูมิสูงสุด ต่อการเปลี่ยนแปลงของ age-sex adjusted death rates (ADR) และ temperature density distribution ในประเทศไทย

วิธีการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากอากาศร้อน

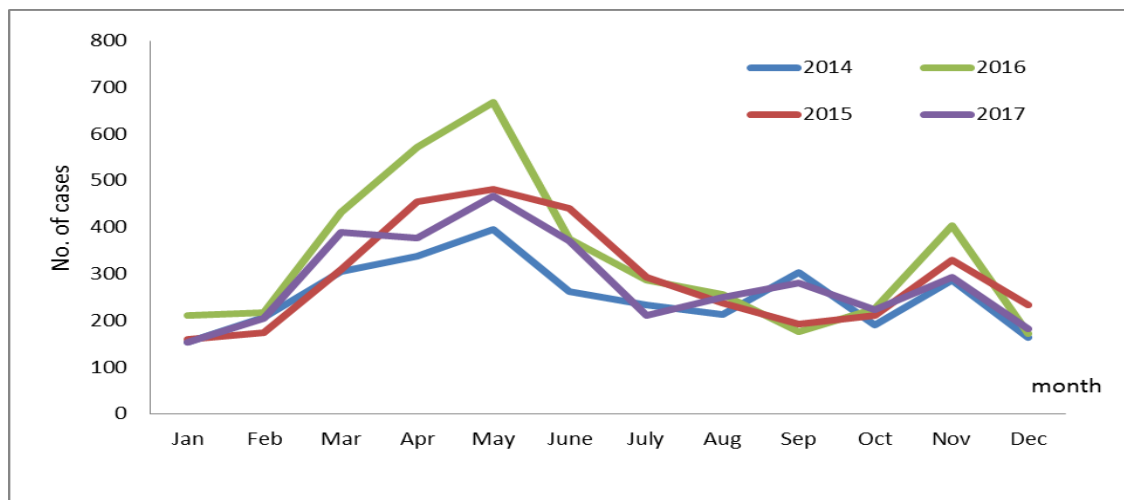
การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากอากาศร้อนที่พัฒนาขึ้น มีองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

1. การพัฒนาแบบจำลองเพื่อหาฟังก์ชัน heat-related mortality ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้
 - 1.1 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลผู้ป่วยด้วยอาการที่สัมพันธ์กับอากาศร้อนในภาพรวมของประเทศไทยและจังหวัดน่าน (จังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดมหาสารคาม) จากฐานข้อมูลสุขภาพ (43 แห่ง) สำนักนโยบายและแผนสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข
 - 1.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการเจ็บป่วยด้วยโรคที่สัมพันธ์กับอากาศร้อนและข้อมูลอุณหภูมิ (อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยและอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน) การตรวจสอบและวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
 - 1.3 พัฒนาแบบจำลองสำหรับพยากรณ์ปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคที่สัมพันธ์กับอากาศร้อนด้วย multivariate linear regression
 - 1.4 การวิเคราะห์เชิงปริมาณของข้อมูลแบบอนุกรมเวลา (Time series analysis) และพัฒนาวิธีการพยากรณ์แบบ Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) (Box et al., 2015)
2. การคำนวณ Heat Index และวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในจังหวัดน่าน

ผลการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากอากาศร้อน

1. สถานการณ์การเจ็บป่วยและเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องเนื่องจากอากาศร้อนในประเทศไทยและในพื้นที่นำร่อง

การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลผู้ป่วยด้วยอาการที่เกี่ยวข้องเนื่องจากอากาศร้อนจากฐานข้อมูลสุขภาพ (43 แพ้ม) ของสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข โดยจำแนกโรคตามรหัส ICD10 (T670–T679) ระหว่าง พ.ศ. 2557–2560 พบว่า มีจำนวนผู้ป่วย เท่ากับ 3,054, 3,525, 4,002, และ 3,409 ตามลำดับ โดยมีผู้ป่วยสูงสุดในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายนของทุกปี ซึ่งระยะเวลาดังกล่าวเป็นช่วงฤดูร้อน จึงอาจทำให้เกิดอาการในกลุ่ม heat illness ได้ง่าย โดยปี พ.ศ. 2559 มีจำนวนผู้ป่วยด้วยอาการที่เกี่ยวข้องเนื่องจากอากาศร้อนสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 42



ที่มา: ฐานข้อมูลสุขภาพ 43 แพ้ม สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข

รูปที่ 42 แนวโน้มผู้ป่วยที่เกี่ยวข้องเนื่องจากความร้อนในประเทศไทย ในห้วงระหว่างปี พ.ศ. 2557–2560

เมื่อพิจารณาข้อมูลโดยจำแนกตามรายจังหวัด ในเขตสุขภาพที่ 3 (นครสวรรค์ กำแพงเพชร พิจิตร ชัยนาท อุทัยธานี) และเขตสุขภาพที่ 7 (ขอนแก่น กาฬสินธุ์ มหาสารคาม ร้อยเอ็ด) พบว่า มีข้อมูลรายจังหวัดค่อนข้างต่ำ เนื่องจากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ มีข้อมูลผู้ป่วยมากกว่าร้อยละ 50.0 (7,079 ราย) ที่ไม่ระบุจังหวัดในฐานข้อมูลสุขภาพ จึงไม่สามารถแบ่งชี้ผลกระทบสุขภาพจากภาวะร้อนในกลุ่ม heat related illness ในภาพของจังหวัดได้ชัดเจน ดังแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 จำนวนผู้ป่วยที่เกี่ยวข้องเนื่องจากอากาศร้อน จำแนกตามเขตสุขภาพที่ 3 และ 7 พ.ศ. 2557–2560

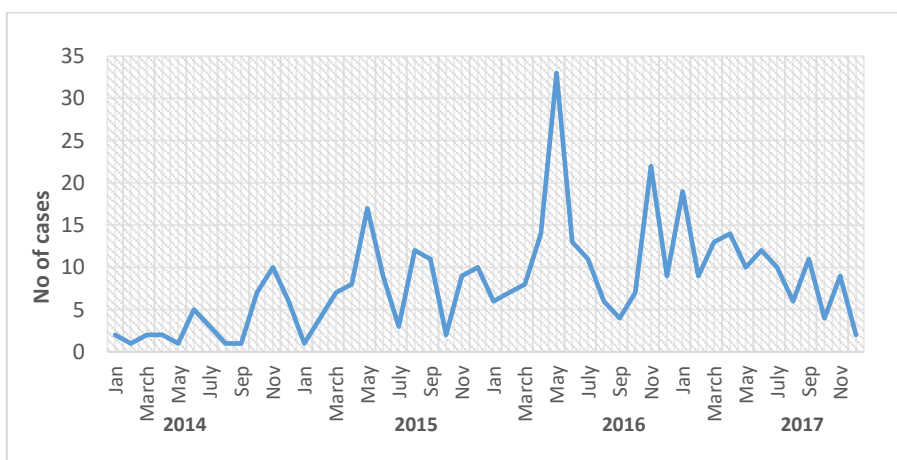
ปี พ.ศ.	รวม ประเทศ	เขตสุขภาพที่ 3						เขตสุขภาพที่ 7				
		นคร สวรรค์	กำแพง เพชร	พิจิ ตร	ชัย นาท	อุทัย ธานี	รวม	มหา สาร คาม	กาฬสินธุ์	ร้อยเอ็ด	ขอนแก่น	รวม
2557	3,054	23	15	86	1	7	132	17	21	21	58	117
2558	3,525	93	37	23	5	9	167	38	13	17	106	174
2559	4,002	140	21	25	15	7	210	34	102	26	133	295
2560	3,409	119	1	13	57	6	196	27	24	15	81	147

ที่มา: ฐานข้อมูลสุขภาพ 43 แพ้ม สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข

2 ตัวอย่างการพยากรณ์การเกิดโรคและอาการที่สัมพันธ์กับอากาศร้อน

เนื่องจากการบันทึกและรวบรวมข้อมูล ในประเทศไทยยังขาดความต่อเนื่อง โดยเฉพาะการบันทึกข้อมูลการเสียชีวิต การนำข้อมูลพื้นฐานไปใช้เพื่อการพยากรณ์โรคที่สามารถทำนายความถูกต้องแม่นยำในระยะยาว อาจมีข้อจำกัด ดังนั้นในการพยากรณ์โรคที่อาจทำได้ในช่วงเวลาจำกัด ซึ่งการพยากรณ์นี้อาจเป็นแค่วิธีการตัวอย่างหนึ่ง ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์แนวโน้มการเกิดโรคที่สัมพันธ์กับอากาศร้อน การพยากรณ์เชิงปริมาณ โดยมีวิธีการพยากรณ์ดังนี้

1. การเตรียมข้อมูล โดยการรวบรวมข้อมูลสุขภาพการเกิดโรคในกลุ่มโรคที่สัมพันธ์กับอากาศร้อน (Heat illness) รหัส ICD10 (T670-T679) จากฐานข้อมูลสุขภาพ 43 แฟ้ม กระทรวงสาธารณสุข และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ในจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ. 2557-2560 โดยใช้ข้อมูลการเจ็บป่วยและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือน)



รูปที่ 43 แนวโน้มจำนวนผู้เจ็บป่วยด้วยโรคและอาการที่เกี่ยวข้องเนื่องจากภาวะร้อน จำแนกรายเดือน จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง พ.ศ. 2557-2560

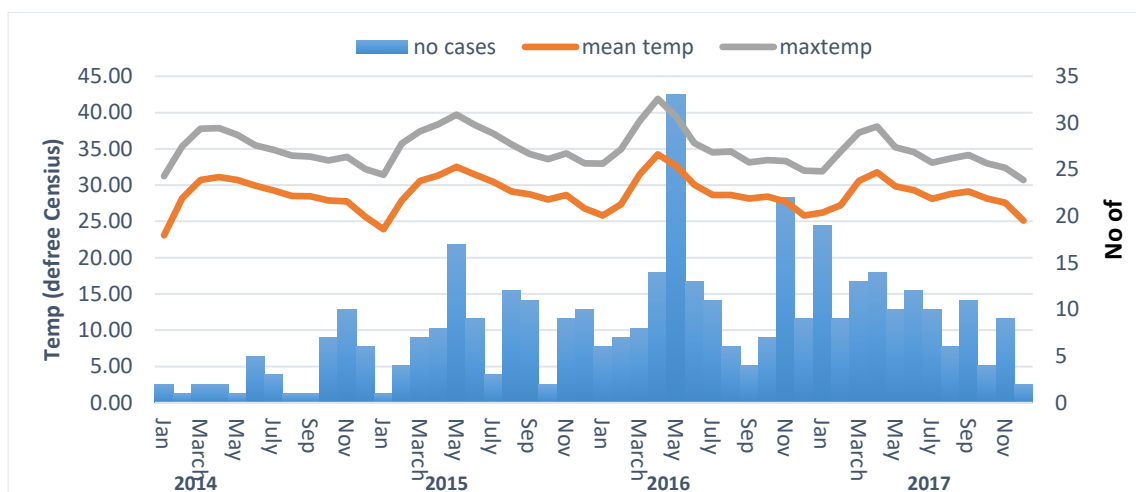
จากรูปที่ 43 พบว่า แนวโน้มของผู้ป่วยในแต่ละปีมีจำนวนผู้ป่วยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน และระหว่างช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน อาจเนื่องจากช่วงดังกล่าวเป็นฤดูกาลเก็บเกี่ยวเกษตรกรอาจเกิดอาการที่เกี่ยวข้องเนื่องจากการทำงานกลางแจ้งเป็นเวลานาน

ตารางที่ 20 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย (Mean Temperature) และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (Maximum temperature) จำแนกเป็นรายเดือน สถานีตรวจวัดจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง พ.ศ. 2557-2560

พ.ศ.	มค.	กพ.	มีค.	เมย	พค	มิย	กค	สค	กย	ตค	พย	ธค
อุณหภูมิเฉลี่ย (Mean Temperature)												
2557	23.08	28.20	30.72	31.12	30.72	29.90	29.27	28.50	28.48	27.87	27.76	25.64
2558	23.94	27.90	30.57	31.35	32.51	31.47	30.45	29.15	28.72	28.04	28.64	26.79
2559	25.83	27.37	31.47	34.24	32.66	30.03	28.64	28.65	28.14	28.40	27.72	25.84
2560	26.20	27.21	30.59	31.75	29.81	29.30	28.12	28.79	29.12	28.16	27.56	25.09
อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (Max Temperature)												
2557	31.23	35.36	37.78	37.84	36.93	35.47	34.84	34.06	33.92	33.39	33.90	32.23
2558	31.41	35.75	37.43	38.38	39.69	38.31	37.10	35.60	34.27	33.58	34.38	33.02
2559	32.95	34.93	38.85	41.89	39.45	35.78	34.50	34.64	33.14	33.45	33.31	32.01
2560	31.93	34.66	37.24	38.08	35.23	34.57	33.08	33.65	34.15	33.03	32.41	30.69

แนวโน้มของอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยและอุณหภูมิต่ำรายเดือนของจังหวัดนครสวรรค์ระหว่าง พ.ศ. 2557–2560 มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ มีอุณหภูมิสูงในช่วงเดือนเมษายนและพฤษภาคม ของทุกปี และมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ ซึ่งไปในทิศทางเดียวกันกับการเจ็บป่วยด้วยโรคและอาการที่เกี่ยวข้อง จากภาวะร้อน ดังแสดงใน

รูปที่ 44



รูปที่ 44 แนวโน้มการเจ็บป่วยด้วยโรคและอาการที่เกี่ยวข้องเนื่องจากอากาศร้อน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือน และอุณหภูมิต่ำรายเดือนของจังหวัดนครสวรรค์ ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2557–2560

2. การตรวจสอบและวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เมื่อนำข้อมูลการเจ็บป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องเนื่องจากอากาศร้อน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยและอุณหภูมิต่ำ มาตรวจสอบความถูกต้อง และความสมบูรณ์ โดยจำแนกเป็นรายเดือน และนำมาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ตามวิธีการของ Pearson correlation coefficient พบว่า จำนวนผู้ป่วยโรคที่สัมพันธ์กับอากาศร้อนและอุณหภูมิต่ำ มีความสัมพันธ์กันในระดับน้อยไปถึงปานกลาง (0.33) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} = 0.02$) ในขณะที่ จำนวนผู้ป่วยโรคและอาการที่สัมพันธ์กับอากาศร้อนและอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย มีความสัมพันธ์กันในระดับน้อยมาก (0.29) อย่างไม่มีนัยทางสถิติ ($p\text{-value} = 0.46$) ดังแสดงในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างอุณหภูมิรายเดือน และจำนวนผู้ป่วยโรคที่สัมพันธ์กับอากาศร้อน

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	อุณหภูมิเฉลี่ย	อุณหภูมิสูงสุด
จำนวนผู้ป่วยโรคที่สัมพันธ์กับอากาศร้อน	0.33	0.29
$p\text{-value}$	0.02	0.46

3. การพยากรณ์ปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนผู้ป่วยจำนวนผู้ป่วยโรคที่เกี่ยวข้องเนื่องจากภาวะร้อน จาก การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Multivariate linear regression ระหว่างจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้อง จากอากาศร้อน ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำรายเดือน โดยนำข้อมูลผู้ป่วยที่เกี่ยวข้องเนื่องจาก อากาศร้อนระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2560 มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ พบว่า

จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคที่สัมพันธ์กับอากาศร้อนและค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด มีความสัมพันธ์ค่อนข้างน้อย และไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าอุณหภูมิเฉลี่ย ดังนั้น ข้อมูลที่สามารถนำมาพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคที่สัมพันธ์กับอากาศร้อน คือ อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน โดยใช้วิธี stepwise method คัดเลือกตัวแปรที่มีความสัมพันธ์มากที่สุด และตัดตัวแปรที่มีความสัมพันธ์น้อยออกไป (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 การวิเคราะห์ตัวพยากรณ์ที่ส่งผลต่อจำนวนผู้ป่วยโรคที่สัมพันธ์กับอากาศร้อน

ตัวแปรพยากรณ์	B	Beta	t-value	p-value
อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน	0.877	0.332	2.391	0.021
ค่าคงที่	17.044	–	–1.609	0.114
R = 0.332	R ² = 0.111	F = 5.716	p-value = 0.021	

จากตารางที่ 22 อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน มีอิทธิพลต่อการเกิดโรคที่สัมพันธ์กับอากาศร้อน เท่ากับ 0.332 โดยอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน เพิ่มขึ้น 1°C จะมีโอกาสเกิดโรคได้ ร้อยละ 11.1

วิธีการและรูปแบบการพยากรณ์การเกิดโรคและอาการที่สัมพันธ์กับอากาศร้อน ทำการวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยวิเคราะห์ข้อมูลแบบอนุกรมเวลา (Time series analysis) โดยการใช้ข้อมูลโรคและอาการที่สัมพันธ์กับภาวะอากาศร้อนและอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน ระหว่าง พ.ศ. 2557–2560 (4 ปี) เป็นข้อมูลสำหรับการพยากรณ์โรค และใช้ข้อมูลการเจ็บป่วยระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม 2560 เป็นข้อมูลทดสอบตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีต่างๆ ซึ่งได้ผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อน ดังแสดงในตารางที่ 23 ดังนี้

ตารางที่ 23 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์

วิธีการพยากรณ์	MAE	MAPE	RMSE
Simple non seasonal	3.755	71.202	5.674
Holt linear Trend	3.876	78.896	5.627
Simple seasonal	3.398	76.786	4.716
Winter addition	3.404	83.668	4.621
ARIMA (0,1,1)	3.988	56.110	5.512

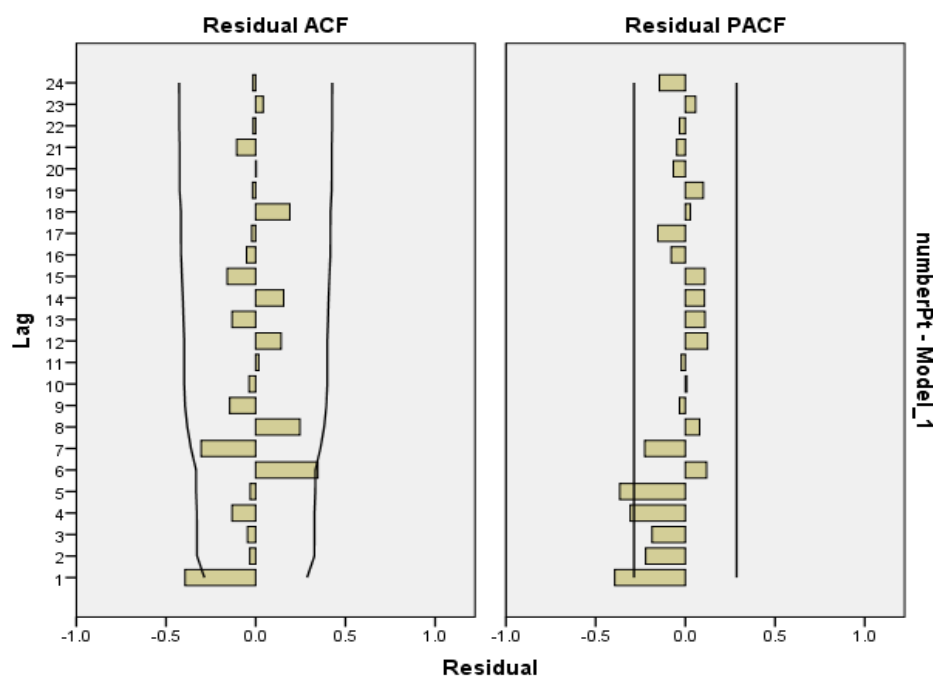
ตารางที่ 23 แสดงการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนในรูปของ MSE MAE และ MAPE ที่หาจากค่าพยากรณ์ จะเห็นว่า วิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 แบบ ให้ค่าการพยากรณ์ใกล้เคียงกัน โดยวิธีการพยากรณ์แบบ ARIMA (0,1,1) สามารถพยากรณ์ได้ถูกต้องมากกว่าเล็กน้อย โดยให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ต่ำกว่าวิธีการอื่น ๆ ในการพยากรณ์การเกิดโรคที่สัมพันธ์กับอากาศร้อน จึงเลือกใช้วิธีการพยากรณ์แบบ ARIMA ของ Box et al. (2015)

5. การสร้างตัวแบบ ARIMA มีขั้นตอน คือ

1. การกำหนดตัวแบบ ข้อมูลอนุกรมเวลาที่จะนำมาสร้างตัวแบบต้องมีสมบัติคงที่ (Stationary) คือ มีลักษณะทางสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และ ลักษณะของสหสัมพันธ์ในตัวเอง คงที่ตลอดช่วงเวลา ถ้าข้อมูลอนุกรมเวลามีแนวโน้ม หรือความแปรปรวนไม่คงที่ จะต้องปรับให้มีลักษณะ คงที่ก่อน ในการกำหนดตัวแบบ และอันดับของตัวแบบ จะทำโดยการเปรียบเทียบลักษณะของฟังก์ชัน สหสัมพันธ์ในตัวเอง (Auto-Correlation function: ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Partial Auto-Correlation Function: PACF)

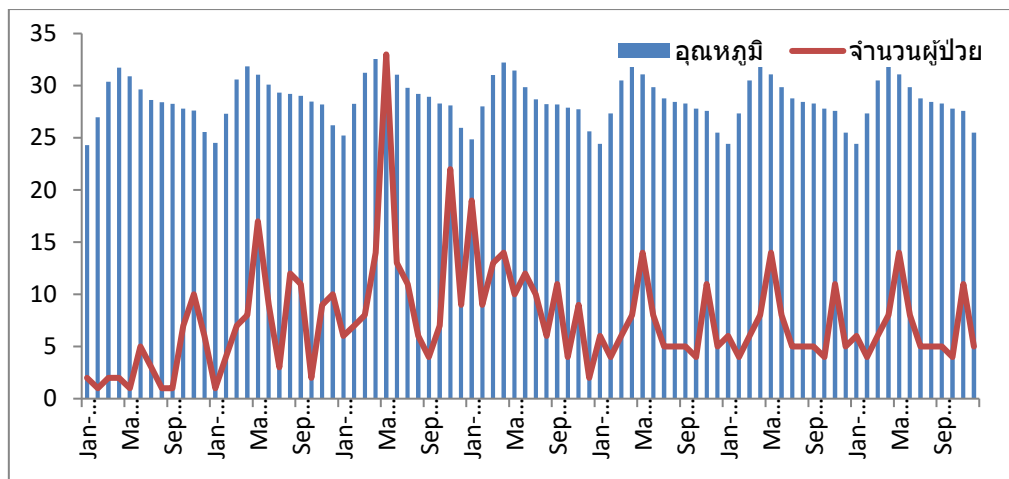
2. การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ เป็นขั้นตอนการหาค่าประมาณของตัวแบบ โดย ค่าประมาณที่ได้นั้นให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยสุด

3. การตรวจสอบตัวแบบ ส่วนใหญ่จะเป็นการตรวจสอบว่าส่วนเหลือที่ได้จากตัวแบบมี ลักษณะสอดคล้องกับข้อสมมติของความคลาดเคลื่อนหรือไม่ โดยพิจารณาจาก กราฟ ACF และ PACF



รูปที่ 45 แสดงกราฟ ACF และ PACF

จากกราฟ ACF และ PACF แสดงค่าข้อมูลอนุกรมที่ไม่คงที่ ซึ่งพบว่าค่า ACF และ PACF มีค่า ลดลงเรื่อย ๆ ซึ่งแสดงลักษณะข้อมูลที่เป็นได้ไม่ชัดเจนนัก การกำหนดตัวแบบจากกราฟ ACF และ PACF นำไปหาตัวแบบ ARIMA (p,d,q) (P,D,Q) ที่คาดว่าเหมาะสม คือ ARIMA (1,1,0) (1,0,0) จากสมการตัวแบบ ARIMA (1,1,0) (1,0,0) มีความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์เมื่อพิจารณาด้วยค่า MAPE เท่ากับ 77.270% และค่า R^2 เท่ากับ 0.620 (6.2 %) และเมื่อตรวจสอบค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความ คลาดเคลื่อน พบว่า มีค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย (ACF) ที่ lag 1, และ 6 โดยมีค่าสถิติ Box-Ljung เท่ากับ 17.807 (p -value = 0.335) ดังนั้น ตัวแบบที่นำมาพิจารณามีความเหมาะสมในการพยากรณ์ ดัง แสดงใน รูปที่ 46



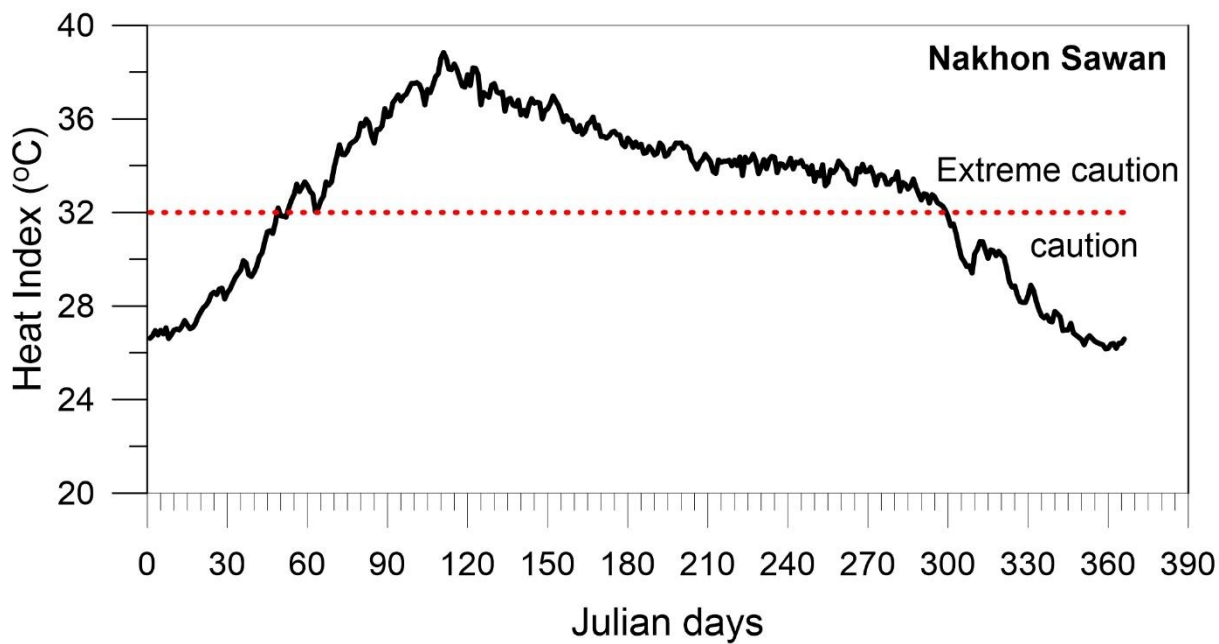
รูปที่ 46 การพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคที่เกี่ยวข้องอากาศร้อนและอุณหภูมิจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง พ.ศ. 2557–2563

การแปลผลการประเมินความเสี่ยงจากรูปที่ 46 ซึ่งแสดงผลการพยากรณ์แนวโน้มการเกิดโรคที่สัมพันธ์กับความร้อนในจังหวัดนครสวรรค์ ที่ใช้เป็นตัวอย่างในการพยากรณ์ด้วยวิธี time series analysis โดยผลจากการพยากรณ์ในช่วงระหว่าง 2018–2020 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิจังหวัดและการเกิดโรคที่สัมพันธ์กับอากาศร้อนมีความสัมพันธ์กันในระดับน้อยถึงปานกลาง ($R = 0.33$, $R^2 = 0.11$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} = 0.02$) ซึ่งผลการพยากรณ์จะมีความแม่นยำหรือคลาดเคลื่อนเล็กน้อย ขึ้นอยู่กับข้อมูล และการพิจารณาตัวแบบที่เหมาะสมที่ ซึ่งในกรณีนี้ มีข้อจำกัดของข้อมูลที่น่ามาพยากรณ์ ความแม่นยำอาจจะแสดงผลในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เท่านั้น

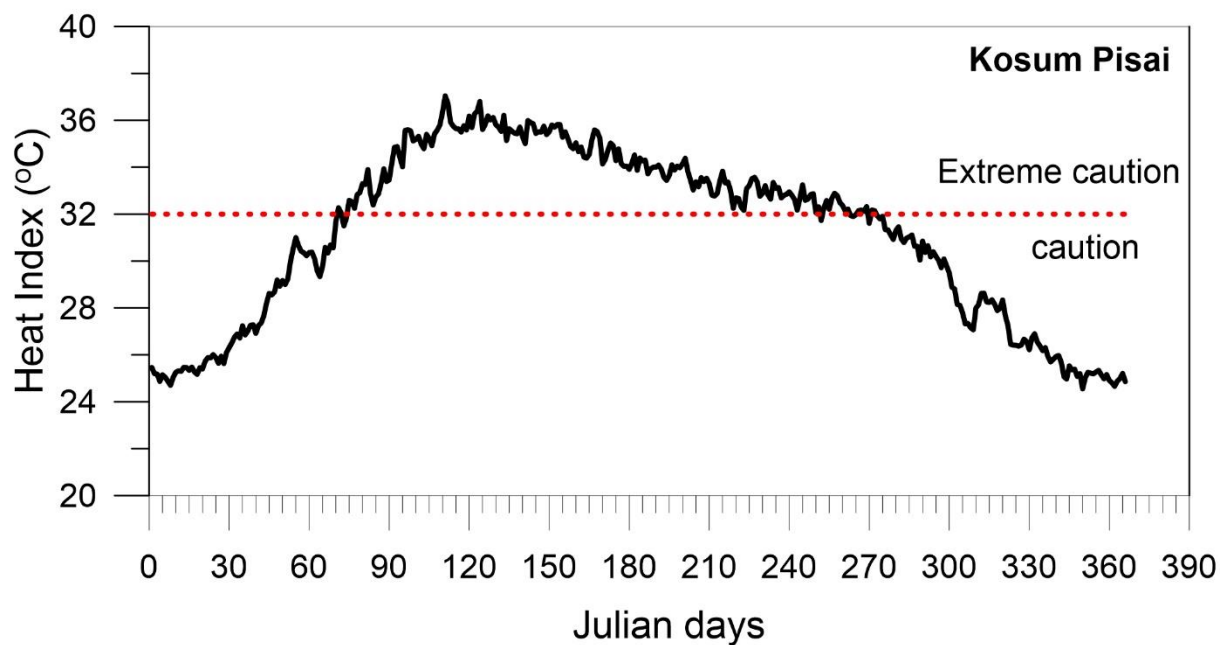
3. ดัชนีความร้อนในพื้นที่นาร่องและการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและแนวโน้มระยะยาว

ผลการคำนวณดัชนีความร้อน (Heat Index) จากข้อมูลอุณหภูมิจังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดมหาสารคาม พบว่า ดัชนีความร้อน มีค่าสูงกว่าระดับ extreme caution เกิดขึ้นตั้งแต่ประมาณปลายเดือนกุมภาพันธ์ถึงประมาณเดือนกรกฎาคม-เดือนสิงหาคม (รูปที่ 47 และรูปที่ 48) ซึ่งถือว่าช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงต่ออากาศร้อน โดยสถานีจังหวัดนครสวรรค์ มีช่วงที่ดัชนีความร้อนมีค่าสูงกว่าระดับ extreme caution กว้างกว่าพร้อมทั้งมีค่าสูงสุดสูงกว่าสถานีจังหวัดมหาสารคาม (รูปที่ 47 และรูปที่ 48)

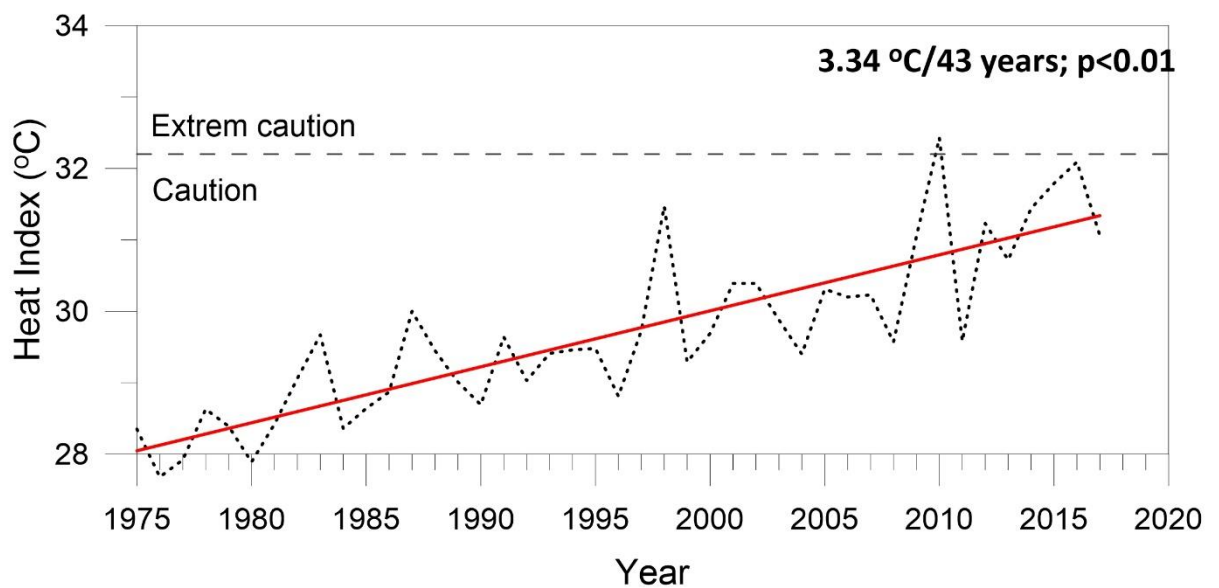
ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรงของดัชนีความร้อนรายปีในจังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดมหาสารคาม พบว่า ดัชนีความร้อนของทั้งสองจังหวัด มีแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญในอัตรา 2.0 และ 3.34 °C ในรอบ 43 ปีที่ผ่านมา (รูปที่ 49 และรูปที่ 50) โดยดัชนีความร้อนในจังหวัดนครสวรรค์ในช่วงเร็ว ๆ นี้ ได้ขยับจาก caution และ extreme caution ซึ่งบ่งบอกถึงระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากอากาศร้อนในจังหวัดนครสวรรค์ เพิ่มขึ้น (รูปที่ 49) แม้ว่า ดัชนีความร้อนในจังหวัดมหาสารคามในห้วงเวลา 43 ปีตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน อยู่ในระดับ caution แต่มีแนวโน้มที่จะขยับขึ้นในระดับ extreme caution ในอนาคตอันใกล้ (รูปที่ 50) ซึ่งบ่งชี้ถึงความเสี่ยงทางด้านสุขภาพของประชาชนที่เพิ่มขึ้นจากภาวะความร้อนเช่นกันกับจังหวัดนครสวรรค์



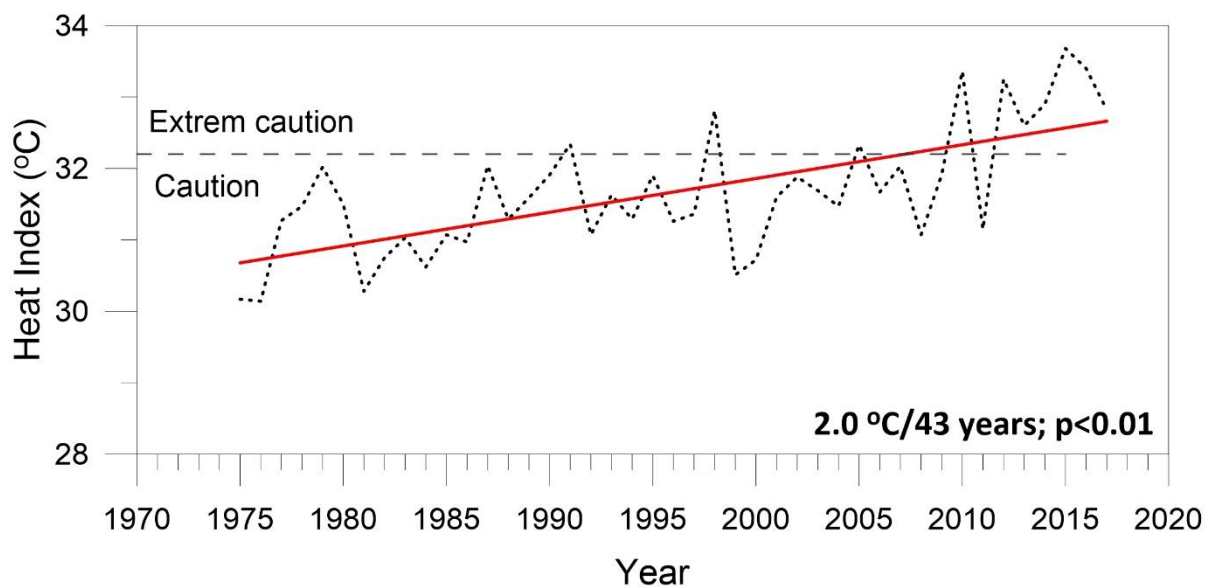
รูปที่ 47 แสดงค่าเฉลี่ยระยะยาว (1970–2013) รายวันในรอบปีของดัชนีความร้อน (Heat Index) ในจังหวัดนครสวรรค์ เส้นประสีแดงแสดงระดับ extreme caution (32.2°C)



รูปที่ 48 ค่าเฉลี่ยระยะยาว (1970–2013) รายวันในรอบปีของดัชนีความร้อน (Heat Index) ในจังหวัดมหาสารคาม เส้นประสีแดงแสดงระดับ extreme caution (32.2°C)



รูปที่ 49 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรงของดัชนีความร้อนรายปีในจังหวัดนครสวรรค์



รูปที่ 50 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรงของดัชนีความร้อนรายปีในจังหวัดมหาสารคาม

ข้อเสนอแนะต่อแนวทางการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากอากาศร้อน และข้อควรคำนึงถึงสำหรับการนำไปใช้

วิธีการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากอากาศร้อนที่พัฒนาขึ้นนี้ ประกอบด้วยแนวทางพัฒนาแบบจำลองทางสถิติที่ใช้ในการพยากรณ์ โดยแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น ต้องอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเสียชีวิตและเจ็บป่วยที่สัมพันธ์กับอากาศร้อนและตัวแปรภูมิอากาศ ทั้งนี้ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

ดังกล่าวนั้น ต้องอาศัยข้อมูลที่เก็บรวบรวมในระยะยาวและมีความสมบูรณ์และต่อเนื่องของข้อมูล รวมทั้งมีความน่าเชื่อถือ ซึ่งในส่วนของการข้อมูลภูมิอากาศที่ใช้ในปัจจุบันของประเทศไทย ไม่ค่อยมีปัญหาดังกล่าว เนื่องจากมีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งจากสถานีตรวจวัดและภาพถ่ายดาวเทียมเป็นระยะเวลายาวนานและข้อมูลดังกล่าว มักผ่านกระบวนการควบคุมคุณภาพข้อมูลก่อนนำมาใช้ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลการเสียชีวิตและเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับอากาศร้อนจากฐานข้อมูลของกระทรวงสาธารณสุข มีระยะเวลาสั้นมากไม่เกิน 5 ปี ซึ่งไม่สามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาพัฒนาเป็นแบบจำลองเพื่อใช้พยากรณ์จริงในพื้นที่ได้ เนื่องจากผลการวิเคราะห์ไม่มีความน่าเชื่อถือทางสถิติและมีความคลาดเคลื่อนสูง อีกทั้ง ฐานข้อมูลของกระทรวงสาธารณสุข ยังมีการจัดเก็บไม่ค่อยสมบูรณ์ซึ่งมี case ไม่ได้บันทึกอยู่มาก ดังนั้น วิธีการประเมินความเสี่ยงบนพื้นฐานการพัฒนาแบบจำลองจากความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการเสียชีวิตและเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับอากาศร้อนและตัวแปรภูมิอากาศ เป็นเพียงกรณีตัวอย่างของการคำนวณเท่านั้น หากต้องการใช้วิธีนี้ในอนาคต ควรจะต้องดำเนินการพัฒนาเรื่องฐานข้อมูลการเสียชีวิตและเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับอากาศร้อน ให้มีความสมบูรณ์และเก็บรวบรวมอย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 10 ปี เป็นสิ่งแรก

อีกแนวทางหนึ่ง คือ ใช้ดัชนีความร้อนซึ่งสามารถคำนวณได้จากข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งแนวทางนี้ จะง่ายต่อเจ้าหน้าที่สาธารณสุขระดับปฏิบัติการในพื้นที่ ทั้งนี้ ค่าดัชนีที่คำนวณได้สามารถใช้ควบคู่กับ heat index chart เพื่อให้การใช้งานบ่งชี้ถึงระดับความเสี่ยง ได้อย่างสะดวกและสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น ดัชนีความร้อน แสดงถึงภัยคุกคามหรือ hazard จากอากาศร้อนซึ่งมีลักษณะที่มีการเปลี่ยนแปลงที่เหมือนกันในบริเวณกว้าง ดังนั้น ข้อมูลดัชนีความร้อนจากสถานีตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยาซึ่งส่วนใหญ่มีแค่ 1 สถานีต่อ 1 จังหวัด อาจใช้เป็นตัวแทนของทั้งจังหวัดได้ หากจะพิจารณาวิเคราะห์ความเสี่ยงหรือความอ่อนแอในบริบทของ hazard sensitivity และ adaptative capacity เพิ่มเติมแล้ว ดัชนีความร้อน อาจใช้คู่กับข้อมูลด้าน sensitivity และ adaptative capacity เช่น ผู้สูงอายุ ผู้ป่วยเรื้อรัง ผู้พิการ บุคลากรด้านสาธารณสุข สถานพยาบาล เป็นต้น ที่สามารถรวบรวมได้จากฐานข้อมูลของหน่วยงานสาธารณสุขในระดับตำบลและอำเภอ

อภิปรายผลการประเมินความเสี่ยงเทียบกับผลการวิจัย/ผลการประเมินความเสี่ยงจากที่อื่นๆ

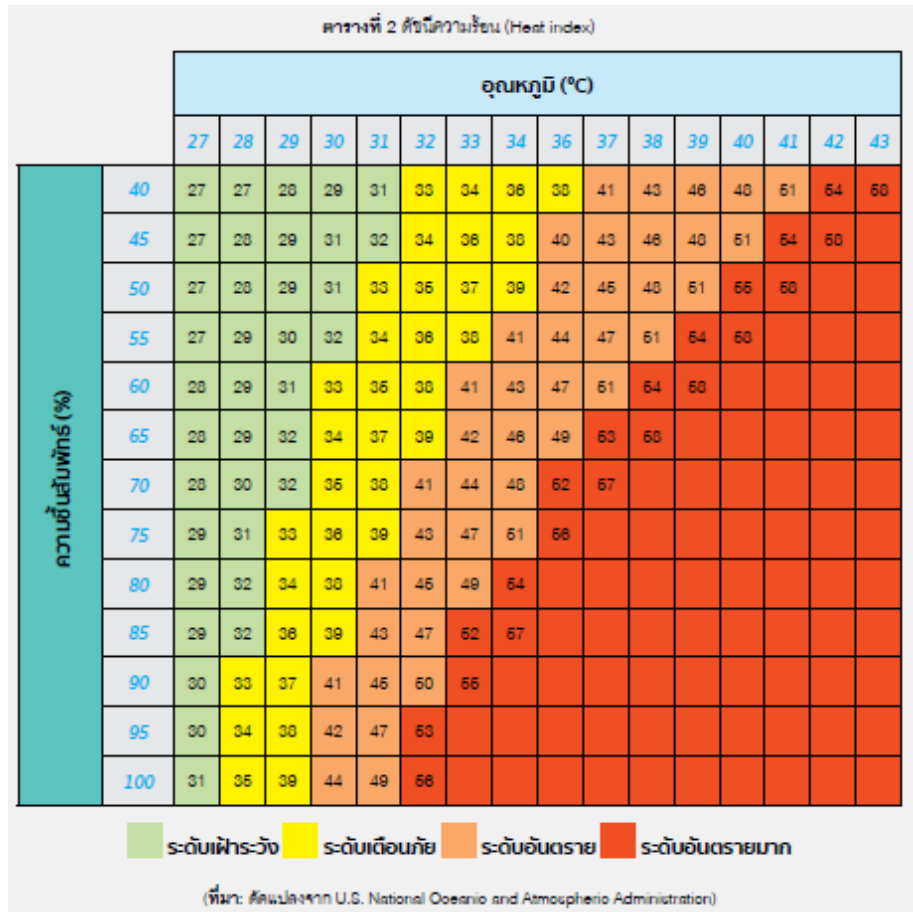
จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเสียชีวิตและเจ็บป่วยจากภาวะอากาศร้อนและข้อมูลตัวแปรภูมิอากาศ ในจังหวัดนครสวรรค์ พบว่า จำนวนผู้ป่วยโรคที่เกี่ยวข้องเนื่องจากอากาศร้อนและอุณหภูมิเฉลี่ย มีความสัมพันธ์กันในระดับน้อยไปถึงปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tawatsupa et al. (2014) ที่ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางภูมิอากาศในเขตร้อนกับอัตราการตายในประเทศไทย ในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 1999 ถึง 2008 นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของดัชนีความร้อนในจังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดมหาสารคาม มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของดัชนีความร้อนในภาพรวมของประเทศไทยจากผลการศึกษาของอัศมน ลิ้มสกุลและคณะ (2558)

การจัดการความเสี่ยง (กรอบแนวคิดการจัดการความเสี่ยงและกลไก)

ความเสี่ยงด้านสุขภาพจากอากาศร้อน นับเป็นความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่สำคัญของประเทศไทยซึ่งหน่วยงานของกระทรวงสาธารณสุขได้ให้ความสำคัญเป็นลำดับต้น โดยกรมอนามัยได้จัดทำคู่มือผลกระทบต่อสุขภาพจากความร้อนสำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข โดยได้จัดทำค่าเฝ้าระวังและคำแนะนำและการดูแลป้องกันผลกระทบจากความร้อน (ที่มา: กรมอนามัย, 2559)

รูปที่ 51 และที่มา: กรมอนามัย, 2559

รูปที่ 52) ซึ่งค่าเฝ้าระวังดังกล่าว สามารถใช้ร่วมกับดัชนีความร้อนที่เสนอแนะ ในการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นในพื้นที่ได้ ทั้งนี้ เครื่องมืออย่างง่ายที่ไม่มีความซับซ้อนในการวิเคราะห์ข้อมูลนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อเจ้าหน้าที่สาธารณสุขระดับปฏิบัติการในระดับตำบลและชุมชน นอกจากนี้ ข้อมูลการเตือนภัยล่วงหน้าจากความร้อนที่กำลังทดลองใช้งานในพื้นที่ของศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ก็จะเป็นประโยชน์ต่อการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากอากาศของเจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ปฏิบัติงานในพื้นที่



ที่มา: กรมอนามัย, 2559

รูปที่ 51 ตารางแสดงค่าดัชนีความร้อน

ตารางที่ 3 ค่าเฝ้าระวังเตือนภัยผลกระทบต่อสุขภาพจากความร้อน

ระดับ	ดัชนีความร้อน (°C)	ผลกระทบต่อสุขภาพ
ระดับเฝ้าระวัง	27-32	อ่อนเพลีย วิงเวียน คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ ปวดเมื่อยตามตัวจากการสัมผัสความร้อนหรือออกกำลังกายหรือทำงานใช้แรงงานท่ามกลางอากาศที่ร้อน
ระดับเตือนภัย	32-41	เกิดการตะคริวจากความร้อน และอาจเกิดการเพลียแดด (Heat exhaustion) หากสัมผัสความร้อนเป็นเวลานาน
ระดับอันตราย	41-54	มีอาการตะคริวที่บ่อย ดันชา หน้าท้อง หรือไหล่ ทำให้ปวดเกร็ง มีอาการเพลียแดด และอาจเกิดภาวะลมแดด (Heat stroke) ได้ หากสัมผัสความร้อนเป็นเวลานาน
ระดับอันตรายมาก	> 54	เกิดภาวะลมแดด (Heat stroke) โดยมีอาการตัวร้อน เวียนศีรษะ หน้ามืด ชีพจรผิดปกติ ระบบย่อยอาหารต่างๆ ในร่างกายล้มเหลว และทำให้เสียชีวิตได้ หากสัมผัสความร้อนติดต่อกันหลายวัน

(ที่มา: ดัดแปลงจาก Department of Health, Z.Maida and R.Ghulam)

ที่มา: กรมอนามัย, 2559

รูปที่ 52 ค่าเฝ้าระวังเตือนภัยผลกระทบต่อสุขภาพจากความร้อน

แนวทางปฏิบัติของกระทรวงสาธารณสุขในการจัดการความเสี่ยง

จากตัวอย่างการวิเคราะห์พยากรณ์โรคป่วยจากภาวะร้อน จังหวัดนครสวรรค์ เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องความครบถ้วนของข้อมูลการป่วย และขาดข้อมูลการตายด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับภาวะร้อนโดยตรงในกลุ่มอาการ heat related illness (T670-T679) ที่มีการวินิจฉัยและการรายงานโรคค่อนข้างน้อย และไม่มีคุณสมบัติของข้อมูล จากข้อจำกัดดังกล่าว จึงมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. เนื่องจากการประเมินความเสี่ยงและการคาดการณ์แนวโน้มการป่วยและเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นการศึกษาที่มีประโยชน์ เพื่อนำผลที่ได้เป็นข้อมูลในการวางแผนป้องกัน และปรับตัวเพื่อรองรับปัญหาที่จะเกิดขึ้น แต่การดำเนินการต้องอาศัยข้อมูลที่มีคุณภาพเพื่อนำไปวิเคราะห์ในแบบจำลองตามรูปแบบที่เหมาะสม จึงควรมีการพัฒนากระบวนการข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลการป่วยและเสียชีวิตในกลุ่ม heat-related illness เป็นต้น
2. จัดทำระบบการประสานความร่วมมือในการเชื่อมโยง แลกเปลี่ยนและใช้ประโยชน์ข้อมูลร่วมกันระหว่างหน่วยงาน ในระดับจังหวัด เขตสุขภาพ และส่วนกลาง
3. สนับสนุนให้มีการเฝ้าระวังโรคและปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการนำมาคาดการณ์แนวโน้มในอนาคต
4. การสร้างความรู้ความเข้าใจเพื่อให้ตระหนักถึงการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการเฝ้าระวัง การรักษาผู้ป่วย การจัดการปัจจัยเสี่ยง ที่เป็นผลต่อการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ เป็นสิ่งที่ควรให้ความสำคัญมากขึ้น

สรุปท้ายบทและข้อเสนอแนะ

ควรนำวิธีการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากอากาศร้อน ไปทดลองใช้ในพื้นที่ รวมทั้งรับฟังข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากเจ้าหน้าที่สาธารณสุขระดับปฏิบัติ เพื่อนำมาปรับแก้ให้วิธีการประเมินมีความสมบูรณ์และครอบคลุมมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Anderson BG, Bell ML. 2009. Weather-related mortality: how heat, cold, and heat waves affect mortality in the United States. *Epidemiology* 20(2):205–213.
- Armstrong B. 2006. Models for the relationship between ambient temperature and daily mortality. *Epidemiology* 17:624–631.
- Basu R, Samet JM. 2002. Relation between ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence. *Epidemiologic Reviews* 24(2):190–202.
- Bhaskaran K, Gasparrini A, Hajat S, Smeeth L, Armstrong B. 2013. Time series regression studies in environmental epidemiology. *International Journal of Epidemiology*, 42:1187–1195.
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). <https://www.emdat.be/>.
- Field CB, et al. (Eds.) 2012. *Intergovernmental Panel on Climate Change: Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. Cambridge University Press: Cambridge; 1075 pp.
- Global greenhouse warming. 2012. Heatwaves and global warming. <http://www.global-greenhouse-warming.com/heatwaves.html>.
- Honda Y, Kabuto M, Ono M, Uchiyama I. 2007. Determination of optimum daily maximum temperature using climate data. *Environmental Health and Preventive Medicine* 12:209–216.
- Honda Y, Kondo M, McGregor G, Kim H, Guo YL, Hijioka Y, Yoshikawa M, Oka K, Takano S, Hales S, Kovats S. 2014. Heat-related mortality risk model for climate change impact projection. *Environmental Health and Preventive Medicine* 9:56–63.
- IPCC. 2013. *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Eds: Stocker TF, Qin D, Plattner G-K, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC. 2014. *Climate change 2014: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Eds: Field CB, Barros VR, Dokken DJ, Mach KJ, Mastrandrea MD, Bilir, TE, Chatterjee M, Ebi KL, Estrada YO, Genova RC, Girma B, Kissel ES, Levy AN, MacCracken, S, Mastrandrea PR, White LL). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- Koppe C, Kovats S, Jendritzky G, Menne B. 2004. Heat waves: Risk and response. Health and Global Environmental Change Series. No.2. World Health Organization. 123 pp.
- Lindstrom SJ, Nagalingam V, Newnham HH. 2013. Impact of the 2009 Melbourne heatwave on a major public hospital. *Internal Medicine Journal* 43:1246–1250.
- Martin SL, Cakmak S, Hebbern CA, Avramescu ML, Tremblay N. 2012. Climate change and future temperature-related mortality in 15 Canadian cities. *International Journal of Biometeorology* 56:605–619.
- Meehl GA, Tebaldi C. 2004. More intense, more frequent and longer lasting heat waves in the 21st century. *Science* 305:994–997.
- Robine JM, Cheung SL, Roy SL, Oyen HV, Griffiths C, Michel JP, Hermann FR. 2008. Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *Comptes Rendus Biologies* 331:171–178.
- Stott PA, Stone DA, Allen MR. 2004. Human contribution to the European heatwave of 2003. *Nature* 432:610-613.
- Tawatsupa B, Dear K, Kjellstrom T, Sleight A. 2012. The association between temperature and mortality in tropical middle income Thailand from 1999 to 2008. *International Journal of Biometeorology*. DOI 10.1007/s00484-012-0597-8.
- WHO. 2014. Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s. World Health Organization report, 115 pp.
- WMO-WHO (World Meteorological Organization and World Health Organization). 2015. Heatwaves and health: Guidance on warning-system development. WMO-No. 1142. 96 pp.
- กรมควบคุมโรค. 2560. รายงานสถานการณ์โรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ปี 2558. นนทบุรี. กรมอนามัย. 2558. การพัฒนาเกณฑ์และระบบกลไกเตือนภัยด้านสุขภาพจากความร้อนสำหรับประเทศไทย. นนทบุรี.
- กรมอนามัย. 2559. ผลกระทบต่อสุขภาพจากความร้อนสำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข. นนทบุรี.
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 2559. รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานการณ์ภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2.
- อัศมน ลิมสกุล, วุฒิชัย แพงแก้ว และอัศดร คำเมือง 2558. รายงานความก้าวหน้าโครงการพัฒนาดัชนี ความร้อนและการประยุกต์ใช้ศึกษาค้นคว้าความร้อนในประเทศไทย. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้าน สิ่งแวดล้อม.

บทที่ 4

วิธีการและผลการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากน้ำท่วม

ความสำคัญของผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากน้ำท่วม

น้ำท่วม นับเป็นภัยพิบัติด้านอุทก-อุตุนิยมวิทยา (Hydro-meteorological hazard) ที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์และก่อให้เกิดความเสียหายด้านเศรษฐกิจอย่างกว้างขวาง โดยน้ำท่วม นับเป็นสาเหตุการเสียชีวิตถึง 40-50% ของการเสียชีวิตทั่วโลกที่เกิดจากภัยพิบัติทั้งหมด ข้อมูลวิทยาศาสตร์ ได้แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นและสะสมของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเนื่องจากกิจกรรมมนุษย์ อาจส่งผลให้น้ำท่วม มีขนาดและความถี่ของการเกิดเพิ่มขึ้นในหลายภูมิภาคของโลก ทั้งนี้ น้ำท่วมครั้งใหญ่ เกิดขึ้นบ่อยในทวีปเอเชีย ทวีปยุโรปและทวีปอเมริกา หลักฐานที่ได้จากการศึกษาเมื่อเร็ว ๆ นี้ ยังระบุว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์และภาวะโลกร้อน อาจเพิ่มความเสี่ยงการเกิดน้ำท่วมจากปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำบางลุ่ม

ผลกระทบและความเสียหายจากน้ำท่วม อาจแบ่งออกเป็นความเสียหายที่จับต้องได้ (Tangible) และความเสียหายที่จับต้องไม่ได้ (Intangible) ขึ้นอยู่กับว่าความเสียหายนั้น สามารถประเมินค่าเป็นตัวเงินได้หรือไม่ โดยการสูญเสียชีวิตและการบาดเจ็บ นับเป็นผลกระทบโดยตรงที่สำคัญที่สุดในการรับรู้ต่อภัยพิบัติจากน้ำท่วมของประชาชน ซึ่งนิยามของการเสียชีวิต คือ จำนวนผู้เสียชีวิตต่อจำนวนผู้ประสบ (Exposed people) เหตุการณ์น้ำท่วม ผลกระทบของน้ำท่วมต่อมนุษย์ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับที่ตั้งและภูมิประเทศของพื้นที่ ตลอดจนข้อมูลประชากรและลักษณะของสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น น้ำท่วมสามารถส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสุขภาพของมนุษย์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเสียชีวิต การบาดเจ็บ โรคที่สัมผัสสู่จากระหว่างทางปาก (Fecal-oral disease) โรคติดต่อนำโดยแมลง (Vector-borne disease) โรคติดต่อนำโดยสัตว์ฟันแทะ (Rodent-borne disease) สุขภาพจิตและผลกระทบต่อสุขภาพด้านอื่น ๆ โดยผลกระทบจากน้ำท่วม อาจอธิบายได้ในแง่ของเวลาซึ่งอาจแบ่งออกเป็น ทันที (Immediate) ระยะปานกลาง (Medium term) และระยะยาว (Long-term) (ตารางที่ 24) ทั้งนี้ การจัดการกับผลกระทบด้านสุขภาพจากเหตุการณ์น้ำท่วม จึงต้องอาศัยองค์ความรู้ที่กว้างขวางและครอบคลุม รวมถึงความเข้าใจต่อความเสี่ยงทางด้านสุขภาพและความสามารถของระบบสุขภาพในการบรรเทาและจัดการกับผลกระทบเหล่านั้น

ตารางที่ 24 ผลกระทบของน้ำท่วมต่อสุขภาพของมนุษย์และกลยุทธ์ในการจัดการ

	ทันที		ระยะปานกลาง		ระยะยาว	
	ผลกระทบต่อสุขภาพ	กลยุทธ์	ผลกระทบต่อสุขภาพ	กลยุทธ์	ผลกระทบต่อสุขภาพ	กลยุทธ์
โดยตรง	จมน้ำ	-สร้างจิตสำนึก -กู้ภัย	อาการแทรกซ้อนจากการบาดเจ็บ	การรักษาพยาบาลเบื้องต้น	สุขภาพจิตจากความสูญเสียและความเศร้าโศก	สนับสนุนและให้คำปรึกษา
	บาดเจ็บจาก -บาดแผล -ไฟฟ้า -เผาไหม้/ระเบิด	-สร้างมาตรฐาน การก่อสร้างอาคาร -อพยพ -สร้างจิตสำนึก	การติดเชื้อ-ผิวหนังและตา, การปนเปื้อนจากสิ่งขับถ่าย	การรักษาพยาบาลเบื้องต้น	โรคเรื้อรัง	การรักษาพยาบาลที่มีประสิทธิภาพ
	ภาวะอุณหภูมิร่างกายต่ำกว่าปกติ	-อพยพ -สร้างจิตสำนึก	พิษจากการปนเปื้อนสารเคมี	-การจัดการความเสี่ยง -ลดการปนเปื้อน	พิการ	-มาตรการช่วยเหลือเบื้องต้น -ฟื้นฟู
	สัตว์มีพิษกัดต่อย	กู้ภัย	สุขภาพจิต -อาการช็อค	สนับสนุนและให้คำปรึกษา		
ทางอ้อม	ความเสี่ยงด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วย ผู้พิการ ผู้สูงอายุ เด็ก ซึ่งอาจเกิดอาการหัวใจวาย เจ็บป่วยเพิ่มเติมและการเสื่อมสภาพ	-กู้ภัย -การบริการด้านสุขภาพที่ปลอดภัย	โรคติดต่อเกิดจาก -ที่อยู่อาศัยแออัดยัดเยียด -พาหะนำโรค -การสัมผัสกับโรคติดเชื้อ -สัตว์มีพิษกัดต่อย	-จัดหาอาหารและน้ำสะอาด -จัดการของเสียถูกหลักสุขภิบาล -โครงการสร้างภูมิคุ้มกันให้ผู้อพยพ	ทุพโภชนาการ-ความยากจน, ความเสียหายของทรัพย์สิน	โครงการช่วยเหลือและฟื้นฟูทางด้านเศรษฐกิจ

ที่มา: Du et al., 2010

สถานการณ์และงานวิจัยการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกิดจากน้ำท่วม

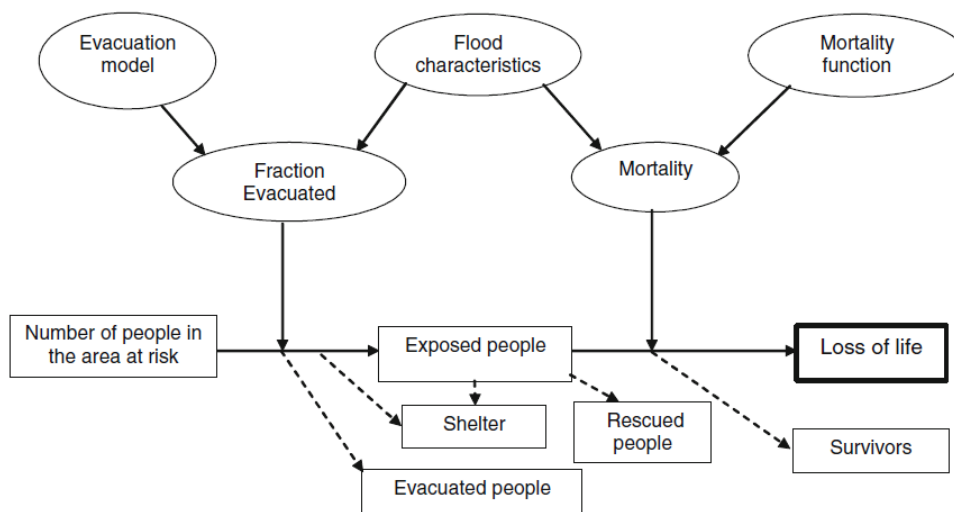
กรอบแนวคิดและวิธีการต่าง ๆ เพื่อประมาณการเสียชีวิตและการบาดเจ็บจากน้ำท่วมประเภทต่าง ๆ เช่น น้ำท่วมชายฝั่งจากพายุและคลื่นซัดฝั่ง น้ำท่วมในแผ่นดิน (inland flood) น้ำท่วมจากเขื่อนพัง และน้ำท่วมจากสึนามิ ได้มีการพัฒนาในช่วงที่ผ่านมา โดยทั่วไปแล้ว วิธีการประมาณการเสียชีวิตและการบาดเจ็บจากน้ำท่วมที่พัฒนาขึ้น ตั้งอยู่บนหลักการความสัมพันธ์ระหว่างการเสียชีวิตและ/หรือการบาดเจ็บในพื้นที่ประสบน้ำท่วมและลักษณะทางอุทกวิทยาของน้ำท่วม รวมถึงมาตรการและความเป็นไปได้ในการอพยพและที่พักพิงแสดงใน รูปที่ 53 ซึ่งมีขั้นตอนการประเมินหลัก ๆ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ลักษณะทางอุทกวิทยาของน้ำท่วม เช่น ความลึกของน้ำ อัตราการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำและความเร็วของน้ำ

2. การประมาณจำนวนผู้ประสบเหตุการณ์น้ำท่วม รวมถึงการเตือนภัย การอพยพและที่พักพิง

3. การประเมินการเสียชีวิตและการบาดเจ็บของผู้ประสบจากเหตุการณ์น้ำท่วม

ทั้งนี้ จำนวนผู้เสียชีวิตและผู้บาดเจ็บจากน้ำท่วม ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น จำนวนผู้คนที่อยู่อาศัยในพื้นที่น้ำท่วม โอกาสหรือความเป็นไปได้ในการอพยพจำนวนผู้คนที่อยู่อาศัยในช่วงน้ำท่วม และการเสียชีวิตและการบาดเจ็บของประชาชนในช่วงน้ำท่วม ซึ่งเป็นฟังก์ชันของลักษณะทางอุทกวิทยาของน้ำท่วม (ความลึกของน้ำ อัตราการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำและความเร็วของน้ำ) ความเป็นไปได้ของการอพยพและความล่าช้า รวมถึงพฤติกรรมของผู้ที่อาศัยและสิ่งแวดล้อม (ประเภทของบ้าน สุขภาพ และความรู้อยู่)



ที่มา: Jonkman et al., 2008

รูปที่ 53 กรอบแนวคิดโดยทั่วไปในการประมาณการเสียชีวิตจากน้ำท่วม

กรอบแนวคิดและวิธีการประมาณการเสียชีวิตและการบาดเจ็บจากน้ำท่วมที่ได้รับการพัฒนาและนิยมนำมาประยุกต์ใช้ในช่วงที่ผ่านมา ประกอบด้วย

1. Deterministic Framework for Estimating Injury and Loss of Life in Floods

Penning-Rowsel et al. (2005) ได้นำเสนอวิธีการและกรอบการดำเนินงานการประเมินความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตหรืออันตรายร้ายแรงต่อผู้ประสบภัยน้ำท่วม ซึ่งเป็นวิธีการประเมินแบบผสมผสานระหว่างการประเมินเชิงคุณภาพและการประเมินเชิงปริมาณ ภายใต้ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยง 4 ขั้นตอนที่กำหนดโดย European Commission เพื่อให้การรวบรวมและประยุกต์ใช้ข้อมูลในระดับพื้นที่ง่ายขึ้น และลดข้อจำกัดในการใช้ข้อมูลบางส่วน

ตารางที่ 25 กรอบการประเมินความเสี่ยงจากน้ำท่วมที่กำหนดโดย European Commission

ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยง	รายละเอียด
1. Hazard identification	ระบุถึงความเป็นไป/ความเป็นไปได้ของความเสี่ยงจากน้ำท่วม ความเป็นไปของประชาชนที่จะประสบกับน้ำท่วม และความเป็นไปของผู้ประสบน้ำท่วมที่จะได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิต (ระบุแหล่งของความเสี่ยง พร้อมทั้งคำอธิบายเชิงคุณภาพต่อลักษณะความเสี่ยงจากน้ำท่วม)
2. Hazard characterization	การประเมินเชิงปริมาณและกึ่งปริมาณ (Dose-response assessment) จากน้ำท่วมที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม โดยประเมินลักษณะสำคัญ 3 ประการ คือ ลักษณะของน้ำท่วม (ความลึก ความเร็ว) ลักษณะสถานที่เกิดน้ำท่วม (อาคาร โครงสร้างพื้นฐาน) และลักษณะทางประชากร (อายุ สุขภาพ)
3. Exposure assessment	การประเมินเชิงปริมาณและกึ่งปริมาณถึงความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดน้ำท่วม ผู้ประสบน้ำท่วมและความเป็นไปที่จะก่อให้เกิดการเสียชีวิตและการบาดเจ็บ
4. Risk characterization	การประมาณเชิงปริมาณและกึ่งปริมาณต่อความเป็นไปของการเกิดผลกระทบและระดับความรุนแรงด้านการเสียชีวิตและการบาดเจ็บของกลุ่มผู้ประสบน้ำท่วม

จากขั้นตอนการประเมินดังแสดงในตารางที่ 25 จำนวนผู้เสียชีวิตหรือผู้บาดเจ็บจากเหตุการณ์น้ำท่วมที่เกิดขึ้นครั้ง (Single flood event) สามารถประมาณได้จากสมการ 1

$$N(I) = AV \cdot X \cdot Y \quad (1)$$

$N(I)$ = จำนวนผู้เสียชีวิตและผู้บาดเจ็บ

AV = จำนวนผู้ประสบน้ำท่วม (ความล่อแหลมของพื้นที่)

X = สัดส่วนของผู้ประสบน้ำท่วมที่มีโอกาสเสียชีวิตหรือบาดเจ็บ

Y = สัดส่วนของประชาชนที่เสี่ยงต่อการเสียชีวิตและบาดเจ็บ

การประมาณจำนวนประชาชนที่เสี่ยงต่อน้ำท่วมนั้น จำเป็นจะต้องประมาณระดับ hazard ของแต่ละสถานที่ภายในพื้นที่น้ำท่วมหรือการประมาณจำนวนประชาชน (N(Z)) ในแต่ละ hazard ในขณะที่ระดับ hazard สัมพันธ์กับระดับความลึกของน้ำ ความเร็วของน้ำและปริมาณตะกอน ดังนั้น ขั้นตอนแรก เป็นการกำหนดและคำนวณ hazard zone ในแต่ละจุดของพื้นที่น้ำท่วม (สมการที่ 2) บนพื้นฐานของข้อมูลความลึกและความเร็วสูงสุด ซึ่งค่าเหล่านี้ สามารถได้จากแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์หรือการประเมินด้วยวิธีการอื่น ๆ

$$HR = d_{max} (v_{max} + 0.5) + DF \quad (2)$$

HR = (flood) hazard rating

d_{max} = ระดับน้ำสูงสุดในพื้นที่น้ำท่วม (m)

v_{max} = ความเร็วของน้ำภายในบริเวณพื้นที่ที่มีความลึกสูงสุด (m/s)

DF = ปัจจัยของตะกอนซึ่งค่าขึ้นอยู่กับความเป็นไปได้ที่จะนำไปสู่อันตรายมากขึ้น

อย่างมีนัยสำคัญ โดย DF = 0 ถ้า $d_{max} < 0.25$ m หรือ DF = 1 ถ้า $d_{max} > 0.25$ m

ตารางที่ 26 ปัจจัยของความล่อแหลมของพื้นที่และค่าคะแนนที่กำหนด

ปัจจัย	1 = พื้นที่เสี่ยงน้อย	2 = พื้นที่เสี่ยงปานกลาง	3 = พื้นที่เสี่ยงสูง
ระบบเตือนภัย	มีระบบเตือนภัยที่มีประสิทธิภาพและทดสอบระบบเป็นประจำ รวมทั้งมีแผนฉุกเฉิน	มีระบบเตือนภัยและมีข้อจำกัด	ไม่มีระบบเตือนภัย
ความเร็วช่วงเริ่มต้นของน้ำท่วม	ความเร็วของน้ำท่วมค่อย ๆ เพิ่มขึ้น (ใช้เวลาเป็นหลายชั่วโมง)	ความเร็วของน้ำท่วมค่อย ๆ เพิ่มขึ้น (ใช้เวลาประมาณหนึ่งชั่วโมง)	ความเร็วของน้ำท่วมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว
ลักษณะทางธรรมชาติ/ภูมิศาสตร์ของพื้นที่	อพาร์ทเมนต์หลายชั้น	พื้นที่พักอาศัยโดยทั่วไปแบบ 2 ชั้น อาคารพาณิชย์และอุตสาหกรรมในพื้นที่ค่อยข้างต่ำ	บังกะโล บ้านชั้นเดียว ย่านการจราจรติดขัด สวนสาธารณะ โรงเรียน และโรงพยาบาล

ส่วนความล่อแหลมของพื้นที่ ขึ้นอยู่กับอย่างน้อย 3 ปัจจัย คือ 1) ระบบเตือนภัยน้ำท่วม 2) ความเร็วช่วงเริ่มต้นของน้ำท่วม และ 3) ลักษณะทางธรรมชาติ/ภูมิศาสตร์ของพื้นที่ โดยกำหนดค่าคะแนนให้แต่ละปัจจัย ดังสรุปในตารางที่ 26 ซึ่งผลรวมของค่าคะแนนทั้งสามปัจจัย แสดงถึงระดับความล่อแหลมของพื้นที่ ทั้งนี้ ค่าความล่อแหลมของพื้นที่ คูณกับ HR จะได้ค่าสัดส่วนของประชาชนที่ประสบน้ำท่วมที่มีความเสี่ยง [% of people exposed to risk (X)]

$$X = HR \cdot AV \quad (3)$$

จำนวนผู้บาดเจ็บ สามารถคำนวณได้จากนำจำนวนของประชาชนที่ประสบน้ำท่วมที่มีความเสี่ยง (N (ZE)) คูณด้วยค่า Y ซึ่งขึ้นอยู่กับความล่อแหลมของบุคคล โดย (N (ZE)) คำนวณได้จาก

$$N (ZE) = N(Z) \cdot X \quad (4)$$

ปัจจัยที่ใช้สำหรับค่า Y เป็นฟังก์ชันของสองพารามิเตอร์ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับการเสียชีวิตและการบาดเจ็บจากน้ำท่วม คือ คนที่มีอายุ 75 ขึ้นไป (P1) และคนที่มีการเจ็บป่วยเรื้อรัง (P2) ซึ่งได้กำหนดค่าคะแนนในตารางที่ 27 ทั้งนี้ อัตราการตาย (Fatality Rate; FR) สามารถประมาณได้จาก

$$FR = 2 \cdot HR \quad (5)$$

ตารางที่ 27 ปัจจัยของความล่อแหลมของคนและค่าคะแนนที่กำหนด

ปัจจัย	10 = คนที่เสี่ยงน้อย	25 = คนที่เสี่ยงปานกลาง	50 = คนที่เสี่ยงสูง
คนที่มีอายุ 75 ขึ้นไป	สัดส่วนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศมาก	สัดส่วนใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของประเทศ	สัดส่วนที่สูงกว่าค่าเฉลี่ย
คนที่มีการเจ็บป่วยเรื้อรัง	สัดส่วนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศมาก	สัดส่วนใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของประเทศ	สัดส่วนที่สูงกว่าค่าเฉลี่ย

2. Mortality Functions Method

Mortality functions method เป็นวิธีประมาณการเสียชีวิตในบริเวณที่มีน้ำท่วมจากสาเหตุผนังกั้นน้ำรั่วหรือแตก ซึ่งมีจุดมุ่งหมายในการคำนวณหาอัตราการตายของประชาชนที่ประสบ โดยเปรียบเทียบลักษณะของน้ำท่วมกับจำนวนประชาชนที่คาดว่าจะเสียชีวิต บนพื้นฐานของข้อมูลเหตุการณ์น้ำท่วมในอดีตและความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ทั้งนี้ mortality function method จะแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นโซนตามลักษณะของน้ำท่วม (ความลึก ความเร็วของน้ำและอัตราการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำ) ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ สามารถประเมินได้ด้วยแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic model) หรือข้อมูลตรวจวัด ตามด้วยการประยุกต์ใช้ mortality function ที่เหมาะสมกับแต่ละโซน สุดท้ายเป็นการหาอัตราการตายรวมที่ได้จากการประมาณกับตัวเลขของประชากรจริง เพื่อประเมินจำนวนประชาชนที่คาดว่าจะเสียชีวิต ทั้งนี้ จำนวนผู้เสียชีวิตทั้งหมด สามารถคำนวณได้จากอัตราการตายกับประชาชนทั้งหมดที่อยู่ในพื้นที่น้ำท่วมตั้งแต่เริ่มแรกของการเกิดน้ำท่วม

2.1 เขตที่ผนังกั้นน้ำรั่วหรือแตกซึ่งเป็นโซนที่มีอัตราการไหลของน้ำสูง

$$F_D = 1 \text{ if } dv \geq 7 \text{ m}^2/\text{s and } v \geq 2 \text{ m/s} \quad (6)$$

2.2 โชนที่มีระดับน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

$$F_D(d) = \phi_N\left(\frac{\ln(d) - \mu_N}{\sigma_N}\right), \mu_N = 1.46, \sigma_N = 0.28 \quad (7)$$

ในกรณีนี้ ($d \geq 2.1$ m และ $w \geq 0.5$ m/hour) และ ($dv < 7$ m²/s หรือ $v < 2$ m/s)

2.3 โชนอื่น ๆ ที่เหลือ

$$F_D = \phi_N\left(\frac{\ln(d) - \mu_N}{\sigma_N}\right), \mu_N = 7.60, \sigma_N = 2.75 \quad (8)$$

ในกรณี ($w < 0.5$ m/hour หรือ $w \geq 0.5$ m/hour และ $d < 2.1$ m) และ ($dv < 7$ m²/s หรือ $v < 2$ m/s)

FD = การเสียชีวิต, d = ความลึกของน้ำ, v = ความเร็วของน้ำ, w = ระดับน้ำ,

ϕ_N = lognormal distribution with parameters μ_N และ σ_N , μ_N = ค่าเฉลี่ยของ $\ln(d)$, σ_N = standard deviation of $\ln(d)$

3. Flood Risk to People Method (FRPM)

FRPM เป็นวิธีที่พัฒนาในสหราชอาณาจักร โดย HR Wallingford และ Middlesex University Flood Hazard Research Centre ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการเสียชีวิตหรือการบาดเจ็บต่อประชาชนอันเป็นผลโดยตรงที่เกิดจากน้ำท่วม ทั้งในช่วงเกิดน้ำท่วมหรือหนึ่งอาทิตย์หลังจากเหตุการณ์ FRPM พิจารณาถึงลักษณะทางกายภาพของน้ำท่วมและความล่อแหลมของผู้ประสบภัย เพื่อหาผลกระทบต่อนื่องทางกายภาพต่อประชาชน FRPM มีขั้นตอนประกอบด้วย

3.1 การคำนวณ flood hazard ในแต่ละจุดของพื้นที่น้ำท่วม บนพื้นฐานของข้อมูลความลึกและความเร็วสูงสุด ซึ่งค่าเหล่านี้ สามารถได้จากแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์หรือการประเมินด้วยวิธีการอื่น ๆ โดย flood hazard คำนวณจากสมการ 2

3.2 การประเมินความล่อแหลมของพื้นที่ ในแง่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ที่เผชิญกับน้ำท่วมและขั้นตอนการเตือนภัย ทั้งนี้ ตัวแปรด้านความล่อแหลมของพื้นที่ มีจุดมุ่งหมายเพื่อจำแนกพื้นที่ตาม 1) การเตือนภัยของน้ำท่วม ความครอบคลุมของระบบเตือนภัย ระยะเวลาการเตือนภัยและการดำเนินการป้องกันของประชาชน 2) ความเร็วของช่วงเริ่มต้นของน้ำท่วมซึ่งอาจจะเป็นในลักษณะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นทีละน้อยหรืออย่างรวดเร็ว และ 3) ลักษณะของพื้นที่ซึ่งอาจประกอบด้วย อะพาร์ทเมนต์ ที่พักอาศัย ย่านการค้าและอุตสาหกรรม บังเกอร์และโรงเรียน เป็นต้น ทั้งนี้ ได้กำหนดค่าคะแนนให้แต่ละปัจจัย เท่ากับ 1 2 และ 3 ซึ่งความล่อแหลมของพื้นที่ จะเท่ากับผลรวมของคะแนนทั้ง 3 ปัจจัย

3.3 การประมาณความล่อแหลมของบุคคล บนพื้นฐานของอายุและข้อมูลด้านสุขภาวะ โดยความล่อแหลมของบุคคล จะคำนวณจากสัดส่วนของคนที่มีอายุ 75 ขึ้นไป และสัดส่วนของคนที่มีการเจ็บป่วยเรื้อรัง

3.4 การคำนวณบุคคลที่อยู่ในภาวะเสี่ยง จากสมการ

$$X = HR \cdot AV \quad (9)$$

โดยที่ X = อัตราของบุคคลที่อยู่ในภาวะเสี่ยง

HR = Hazard rating

AV = ความล่อแหลมของพื้นที่

ทั้งนี้ จำนวนประชาชนที่ประสบความเสี่ยงในแต่ละ hazard zone ($N(ZE)$) ของประชากร $N(Z)$ สามารถคำนวณได้จาก

$$N(ZE) = N(Z) \frac{X}{100} \quad (10)$$

ส่วนจำนวนการบาดเจ็บ (N_{in}) คำนวณจากจำนวนประชาชนที่ประสบความเสี่ยงและความล่อแหลมของบุคคล (Y)

$$N_{in} = 2 \frac{Y}{100} N(ZE) \quad (11)$$

โดยจำนวนการเสียชีวิต คำนวณได้จาก

$$N_{deaths} = \left(\frac{4}{10^6} HR^2 YAV \right) N(Z) \quad (12)$$

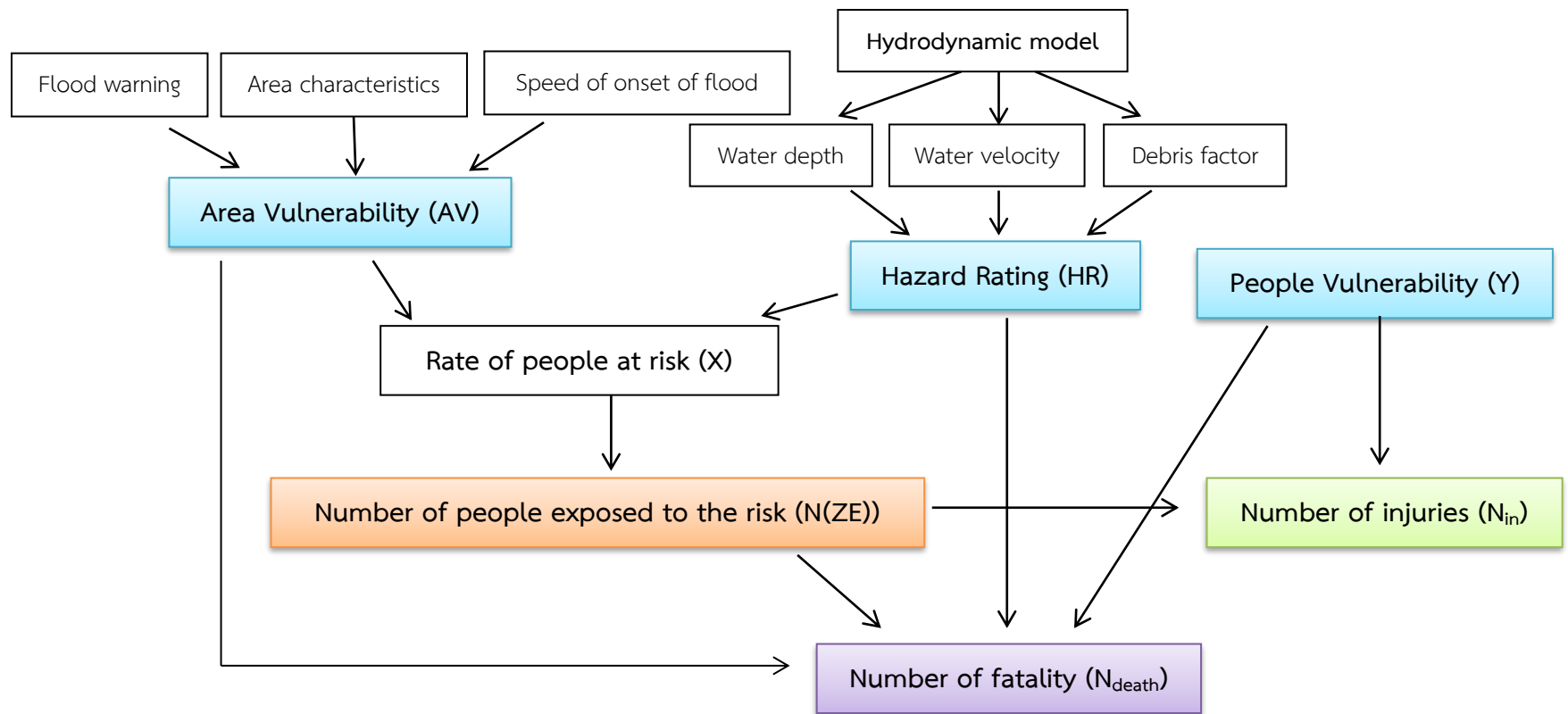
ดังนั้น อัตราการเสียชีวิตซึ่งหมายถึงอัตราการเสียชีวิตในหมู่ประชาชนที่ประสบความเสี่ยง สามารถแสดงได้ดังนี้

$$F_{FRTP} = \frac{4}{10^6} HR^2 YAV \quad (13)$$

จากสมการที่ 13 แสดงให้เห็นว่าอัตราการเสียชีวิตเป็นฟังก์ชันของ HR ยกกำลังสองซึ่งเป็นผลคูณยกกำลังของระดับความลึกและความเร็วของน้ำ

การประมาณการเสียชีวิตจากน้ำท่วมด้วยวิธี FRPM (รูปที่ 54) ถือเป็นวิธีขั้นแนวหน้าของการวิจัยในปัจจุบัน ซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบทางกายภาพของน้ำท่วมต่อประชาชน และสามารถนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดเชิงปริมาณสำหรับการประเมินความเสี่ยงจากน้ำท่วมได้ อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้วิธีการประเมินนี้ ต้อง

อาศัยข้อมูลเชิงปริมาณในระดับพื้นที่หลายด้านทั้งอุทกพลศาสตร์ ความล่อแหลมของพื้นที่และบุคคล ซึ่งจำเป็นต้องเก็บรวบรวมจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิของหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง การตรวจวัดโดยตรงในพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมหรือจากการสร้างแบบจำลอง ทั้งนี้ กรอบและขั้นตอนวิธีการประเมินความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตหรืออันตรายร้ายแรงต่อผู้ประสบภัยน้ำท่วม (Deterministic framework for estimating injury and loss of life in floods) ของ Penning-Rowsell et al. (2005) นับเป็นวิธี FPRM ที่ถูกดัดแปลงโดยนำวิธีการประเมินเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณมาผสมผสานกัน เพื่อให้่ายในการประยุกต์ใช้งานได้จริงในพื้นที่และลดข้อจำกัดในการประเมิน



รูปที่ 54 Flowchart แสดงการประเมินการเสียชีวิตหรืออันตรายที่รุนแรงต่อประชาชนเนื่องจากอุทกภัยของ Flood Risk to People Method

การจัดการความเสี่ยงจากน้ำท่วมของประเทศไทยในปัจจุบัน

น้ำท่วม เป็นสาธารณภัยที่สำคัญที่การจัดการความเสี่ยงของประเทศไทยในปัจจุบัน ดำเนินการภายใต้แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558 ซึ่งได้นำแนวคิดการพัฒนาระบบการป้องกัน การเตรียมความพร้อมและการสร้างภูมิคุ้มกัน มาประยุกต์ใช้ พร้อมทั้งพัฒนาภูมิความรู้และเสริมสร้างความเข้มแข็งระดับชุมชนในการเฝ้าระวังและรับมือกับน้ำท่วม ตามแนวทาง “ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง” ตลอดจนนำแนวคิดการลดความเสี่ยงจากสาธารณภัยเพื่อป้องกันภัยตามหลักสากล คือ “รู้รับ - ปรับตัว - ฟื้นเร็วทั่ว - อย่างยั่งยืน” (Resilience) โดยเสริมสร้างความตระหนักในการลดความเสี่ยงตั้งแต่ก่อนเกิดภัย ขณะเกิดภัย และหลังเกิดภัย ผ่านการกำกับการดำเนินงานให้เป็นไปตามกรอบพระราชบัญญัติป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พ.ศ. 2550 และสอดคล้องกับกรอบการดำเนินงานเซนไดเพื่อการลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติ พ.ศ. 2558–2573 (Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030) ทั้งนี้ การจัดการความเสี่ยงจากน้ำท่วม แบ่งช่วงการปฏิบัติออกเป็น 3 ช่วง คือ 1) ช่วงการลดความเสี่ยงจากน้ำท่วม (Disaster risk reduction) ซึ่งได้รวมภารกิจการป้องกัน (Prevention) การลดผลกระทบ (Mitigation) และการเตรียมความพร้อม (Preparedness) ไว้ในช่วงเดียวกัน 2) ช่วงการจัดการในภาวะฉุกเฉิน (Emergency management) และ 3) ช่วงการฟื้นฟู (Recovery) โดยมีการฟื้นฟูสภาพ (Rehabilitation) การซ่อมสร้าง (Reconstruction) และการทำให้ดีกว่าเดิมและปลอดภัยกว่าเดิม (Build back better and safer) เป็นหลักการสำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 55



รูปที่ 55 วงจรการจัดการความเสี่ยงจากน้ำท่วม

การลดความเสี่ยงจากน้ำท่วม เป็นแนวคิดและวิธีปฏิบัติในการลดโอกาสที่จะได้รับผลกระทบทางลบจากน้ำท่วม โดยการวิเคราะห์และการบริหารจัดการปัจจัยที่เป็นสาเหตุและผลกระทบของน้ำท่วมเพื่อกำหนดนโยบาย มาตรการ หรือกิจกรรมต่าง ๆ ให้สามารถลดความถี่และความรุนแรงของน้ำท่วมได้ และเพิ่มศักยภาพในการจัดการปัญหา โดยมีเป้าหมายในการลดความเสี่ยงที่มีอยู่ในชุมชนและ

สังคมในปัจจุบัน รวมถึงป้องกันความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ทั้งนี้ ความเสี่ยงจากน้ำท่วม (Flood risk) หมายถึง โอกาสที่น้ำท่วมทำให้เกิดการสูญเสียต่อชีวิต ร่างกาย ทรัพย์สิน ความเป็นอยู่และภาคบริการต่าง ๆ ในชุมชนใดชุมชนหนึ่ง ณ ห้วงเวลาใดเวลาหนึ่งในอนาคต ซึ่งสามารถแทนด้วยสมการแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยง ได้แก่ ภัย การสัมผัส ความเปราะบาง และศักยภาพ ดังนี้

$$\text{ความเสี่ยง (Risk)} = [\text{ภัย (Hazard)} \times \text{การสัมผัส (Exposure)} \times \text{ความเปราะบาง (Vulnerability)}] / \text{ศักยภาพ (Capacity)}$$

การพัฒนาค้นข้อมูลสาธารณสุขแห่งชาติ เป็นแนวทางปฏิบัติที่สำคัญในการเตรียมความพร้อมช่วงก่อนเกิดน้ำท่วมซึ่งเป็นกลยุทธ์หนึ่งที่สำคัญในการพัฒนามาตรการการลดความเสี่ยงจากน้ำท่วม โดยเป็นการจัดทำระบบมาตรฐานกลางด้านฐานข้อมูลและสารสนเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลด้านสาธารณสุข เพื่อให้ทุกหน่วยงานสามารถนำระบบมาตรฐานกลางฐานข้อมูลไปดำเนินการ จัดทำ พัฒนา ปรับปรุงระบบฐานข้อมูลของแต่ละหน่วยงานให้เป็นไปตามมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งสามารถเชื่อมโยงและแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างหน่วยงานได้ โดยให้กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เป็นหน่วยงานหลักตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 17 พฤศจิกายน 2552 ดำเนินการพัฒนาค้นข้อมูลสาธารณสุขแห่งชาติ ดังนี้

- 1) การเชื่อมโยงข้อมูลเข้าสู่ระบบคลังข้อมูลสาธารณสุขแห่งชาติเข้ากับฐานข้อมูลของส่วนราชการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น ฐานข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ฐานข้อมูลการรายงานเหตุด่วนสาธารณสุข ฐานข้อมูลทรัพยากร เครื่องจักรกล อุปกรณ์เครื่องมือภัย ฐานข้อมูลการฝึก ฐานข้อมูลคลังทรัพยากรด้านสาธารณสุข เป็นต้น โดยเชื่อมโยงฐานข้อมูลเข้าสู่คลังข้อมูลสาธารณสุขแห่งชาติ ต้องให้มีเสถียรภาพ ครอบคลุม ครบถ้วน และสามารถเชื่อมโยงให้แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง ส่วนราชการ หน่วยงานและองค์การสาธารณสุขที่เกี่ยวข้องด้านสาธารณสุขทั้งในและต่างประเทศ

- 2) การจัดทำระบบการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลจากคลังข้อมูลสาธารณสุขแห่งชาติ

- 3) การพัฒนาระบบข้อมูล เพื่อไปสู่ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision support system: DSS) ของผู้บัญชาการเหตุการณ์แต่ละระดับที่เชื่อมโยงข้อมูลกับคลังข้อมูลสาธารณสุขแห่งชาติ

- 4) การจัดทำระบบการนำเสนอข้อมูลสาธารณสุขให้กับประชาชนทั่วไปเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับความรู้ด้านการศึกษาและการรวบรวมสถิติ เช่น ข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย พื้นที่ประสบภัยสถิติการเกิดภัยทรัพยากรพิเศษ ผู้เชี่ยวชาญ การให้ความช่วยเหลือ มูลค่าความเสียหาย และการฟื้นฟู เป็นต้น

ทั้งนี้ การจัดตั้งระบบข้อมูลข่าวสารร่วม (Joint information system) นับเป็นการพัฒนากลไกสนับสนุนการจัดการและเผชิญเหตุในภาวะฉุกเฉิน ซึ่งเป็นระบบที่ช่วยรวบรวม บูรณาการ ประสานข้อมูลข่าวสารให้เกิดความถูกต้อง รวดเร็ว ต่อเนื่อง และสามารถเข้าถึงได้ สำหรับส่วนราชการ หน่วยงานองค์กรต่าง ๆ ที่ต้องการข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ รวมถึงกระบวนการวางแผน ระเบียบปฏิบัติ โครงสร้าง เพื่อสนับสนุนข้อมูลให้กับสาธารณสุขชนทั่วไป ผู้ประสบภัย ส่วนราชการ ผู้บริหารทั้งฝ่ายการเมืองและประจำ ผู้นำชุมชน สื่อมวลชน องค์กรสาธารณสุข เอกชนทั้งในประเทศและต่างประเทศกลุ่มมวลชน อาสาสมัคร โดยมีศูนย์ข้อมูลข่าวสารร่วม (Joint information center) เป็นศูนย์รวมข้อมูลข่าวสารที่ได้รับการกลั่นกรองและรับรอง และใช้เป็นศูนย์กลางในการประสาน ยืนยัน แจกจ่ายข้อมูลข่าวสาร โดยเฉพาะในช่วงเริ่มต้นของเหตุการณ์ที่มีความวุ่นวาย สับสน ขัดแย้งของข้อมูล มักจะเกิดขึ้นเสมอ นำไปสู่การปล่อยข่าวลือที่ไม่ตรงกับข้อเท็จจริง

วิธีการและขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วม

วิธีการและขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วมสำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขระดับปฏิบัติการตามบทบาท หน้าที่และแนวทางปฏิบัติร่วมของกระทรวงสาธารณสุขในการจัดการความเสี่ยงจากสาธารณภัยร่วมกันกับหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้ถูกเสนอแนะและพัฒนาขึ้น บนพื้นฐานการผนวกแนวทาง กลไกและระบบการจัดการความเสี่ยงจากน้ำท่วมในระดับจังหวัด/อำเภอ/ตำบล ที่มีอยู่แล้วในปัจจุบันของประเทศไทย ที่ดำเนินการภายใต้แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558 กับกรอบแนวคิดและวิธีการประเมินความเสี่ยงใหม่ ๆ ที่ได้ทบทวนจากเอกสารงานวิจัยเพิ่มเติม ทั้งนี้ เพื่อให้ง่ายในการนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริงในระดับพื้นที่และสามารถบูรณาการเข้ากับกลไกและระบบการจัดการความเสี่ยงจากน้ำท่วมในระดับจังหวัด จึงได้ยึดวิธีการและขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงที่กำหนดโดย European Union ในตารางที่ 25 มาเป็นแนวทางในการวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยง ซึ่งพิจารณาตามวงจรการจัดการความเสี่ยงเพื่อลดผลกระทบจากน้ำท่วม ตั้งแต่ขั้นตอนการป้องกันและลดผลกระทบ เตรียมความพร้อม และเผชิญเหตุ ดังแสดงในรูปที่ 55 โดยการประเมินครอบคลุมทั้งมิติความเสี่ยงทางด้านสุขภาพและความเปราะบาง/ความพร้อมและความสามารถของระบบสุขภาพในพื้นที่ประสบน้ำท่วมในการบรรเทาและจัดการกับผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยได้ให้ความสำคัญเป็นพิเศษถึงแหล่งและฐานข้อมูล/สารสนเทศที่นำมาใช้และพิจารณา ซึ่งเน้นการรวบรวมและประมวลผลจากข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในระดับจังหวัด/อำเภอ/ตำบล จากคลังข้อมูลสาธารณภัยแห่งชาติที่จัดทำโดยกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เนื่องจากเป็นข้อมูลกลางที่ทุก ๆ หน่วยงานนำมาใช้เพื่อการบริหารจัดการลดความเสี่ยงจากสาธารณภัย ทั้งนี้ วิธีการและขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วมที่เสนอแนะนี้ เน้นการรวบรวมและประมวลข้อมูลข่าวสาร (Information) ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงจากน้ำท่วมที่ได้ดำเนินการโดยหน่วยงานต่าง ๆ ภายใต้แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558 เพื่อลดขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมซึ่งเจ้าหน้าที่สาธารณสุขระดับปฏิบัติการ อาจไม่มีชำนาญหรือคุ้นเคยกับเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูล

การกระจายตัวและความสัมพันธ์ของข้อมูลสุขภาพและข้อมูลตัวแปรสภาพอากาศ

ด้วยเหตุที่น้ำท่วม เป็นภัยพิบัติด้านอุทก-อุตุนิยมวิทยา จึงมีความสัมพันธ์และเกี่ยวโยงกับทั้งตัวแปรทางสภาพภูมิอากาศและปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศ (Non-climate factor) โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณของฝนและเหตุการณ์สภาวะสุดขีด (Extreme event) เช่น ปริมาณฝนรวมสะสมรายเดือน/รายปี ความแรงของฝน ปริมาณฝนที่เกิดจากเหตุการณ์ฝนตกหนัก ปริมาณฝนสะสมสูงสุดในรอบ 1 วันและปริมาณฝนสะสมสูงสุดในรอบ 5 วัน เป็นต้น เป็นตัวแปรทางสภาพภูมิอากาศที่มักสัมพันธ์กับขนาดความรุนแรงและความถี่ของน้ำท่วม อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่วมกับตัวแปรสภาพภูมิอากาศ อาจไม่มีความชัดเจนเท่าที่ควรและไม่ตรงไปตรงมา เนื่องจากปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศ อาทิ อุทกวิทยาของกลุ่มน้ำและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น มีส่วนสำคัญต่อน้ำท่วม ส่วนข้อมูลสุขภาพจากเหตุการณ์น้ำท่วม ที่มักถูกรายงานโดย กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ได้แก่ จำนวนผู้เสียชีวิตและจำนวนประชาชนที่บาดเจ็บ ซึ่งสถิติจำนวนครั้ง พื้นที่ประสบภัย จำนวนผู้เสียชีวิตและจำนวนประชาชนที่บาดเจ็บจากเหตุการณ์น้ำท่วมในประเทศไทยในห้วงเวลา 2532 ถึง 2554 ดังแสดงในตารางที่ 28

ตารางที่ 28 สถิติสถานการณ์อุทกภัยของประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2532-2554

พ.ศ.	จำนวนครั้ง	พื้นที่ประสบภัย (หมู่บ้าน)	เสียชีวิต (คน)	บาดเจ็บ (คน)
2532	9	9871	602	5,495
2533	12	10162	50	19
2534	14	10654	43	26
2535	10	12101	16	0
2536	9	8900	47	254
2537	11	9170	46	12
2538	8	11175	442	11
2539	10	12615	158	21
2540	7	10610	98	427
2541	12	12117	8	3
2542	9	6219	53	30
2543	12	13029	120	0
2544	14	10996	244	68
2545	5	18510	216	0
2546	17	5281	44	10
2547	12	9964	28	3
2548	12	10326	75	0
2549	6	22771	446	1462
2550	13	12848	36	17
2551	6	38448	113	16
2552	5	33847	53	22
2553	7	48488	266	1665
2554	4	53380	1026	33

ที่มา: กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

ขั้นตอนและวิธีการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วม

วิธีการและขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วม ดังแสดงในรูปที่ 56 ประกอบด้วย

1. วิเคราะห์และประมวลผลลักษณะสภาพอากาศและสถานการณ์น้ำท่วมในอนาคตล่วงหน้า ซึ่งสามารถรวบรวมข้อมูลการคาดการณ์ลักษณะอากาศราย 3 เดือน สำหรับประเทศไทยของกรมอุตุนิยมวิทยา (https://www.tmd.go.th/3month_forecast.php) มาเป็นข้อมูลข่าวสารในการพิจารณาถึงลักษณะสภาพอากาศในภาพรวมของประเทศไทยและรายภูมิภาค โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปริมาณฝนที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตอีก 3-6 เดือนล่วงหน้า รวมทั้งสามารถนำข้อมูลปริมาณและระดับน้ำในเขื่อนสภาพน้ำในลุ่มน้ำและข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศและน้ำจากคลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ (<http://www.thaiwater.net/web/index.php/hydroinfo.html>) มาวิเคราะห์และประมวลเพิ่มเติมถึงสถานการณ์แนวโน้มของน้ำท่วมที่คาดว่าจะเกิดในอนาคตอันใกล้

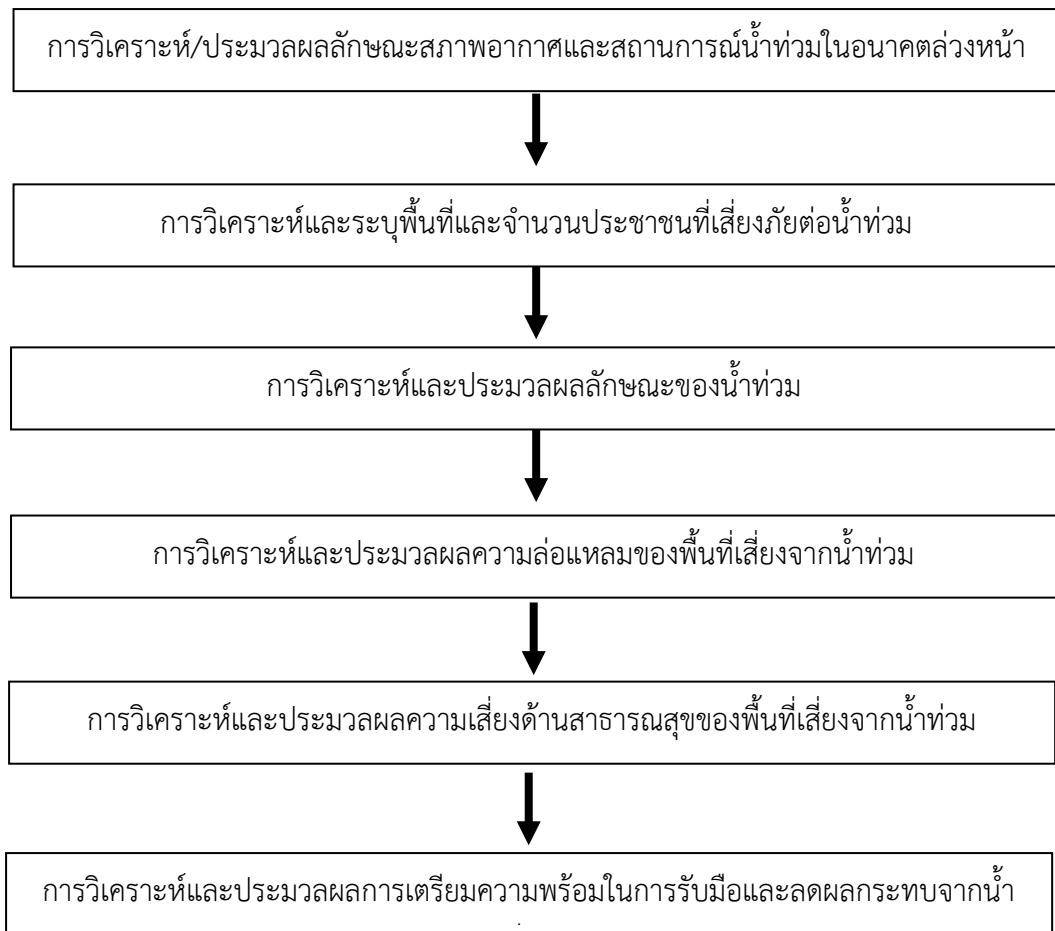
2. วิเคราะห์และระบุพื้นที่และจำนวนประชาชนที่เสี่ยงภัยต่อน้ำท่วมในพื้นที่รับผิดชอบ โดยข้อมูลที่สามารถรวบรวมและนำมาใช้ในการวิเคราะห์และระบุพื้นที่และจำนวนประชากรที่เสี่ยงต่อน้ำท่วมในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทย ได้แก่ สารสนเทศภูมิศาสตร์น้ำท่วมของ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยซึ่งแสดงถึงพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก 9 ปี (2548–2556) ในแต่ละจังหวัด (http://122.155.1.141/inner-DOC-6.179/cms/inner_1433/2761.1/) และฐานข้อมูลพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยและโคลนถล่มของ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ซึ่งเป็นข้อมูลแสดงถึงหมู่บ้านและชุมชนที่มีความเสี่ยงต่ออุทกภัยและโคลนถล่มของแต่ละจังหวัดในพื้นที่ความรับผิดชอบของศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยทั้ง 18 เขตทั่วประเทศไทย (<http://61.19.54.136/>)

3. วิเคราะห์และประมวลผลลักษณะของน้ำท่วม ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลระดับน้ำท่วมในแม่น้ำที่ระดับวิกฤติและระดับเตือนภัย ระยะเวลาที่ประสบน้ำท่วมซ้ำ และระดับความรุนแรงและการบริหารจัดการภัยน้ำท่วมในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในข้อ 2 ซึ่งข้อมูลดังกล่าว สามารถรวบรวมและประมวลผลได้จากฐานข้อมูลพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยและโคลนถล่มและข้อมูลสถิติการเกิดน้ำท่วมของ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ในกรณีช่วงเกิดเหตุน้ำท่วม รวบรวมและประมวลผลข้อมูลระดับความลึกของน้ำ ความเร็วของน้ำและปริมาณตะกอนในพื้นที่น้ำท่วมเพิ่มเติม เพื่อนำมาประมาณจำนวนผู้เสียชีวิตและผู้บาดเจ็บจากน้ำท่วมด้วยวิธีการในข้อ 2 ซึ่งข้อมูลดังกล่าว อาจรวบรวมได้จากสรุปรายงานการณสาธารณสุขประจำวันของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (<http://www.disaster.go.th/th/-/content-disaster-14-1/>) และข้อมูลสรุปรายงานสถานการณ์น้ำท่วมของสำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัด

4. วิเคราะห์และประมวลผลความล่อแหลมของพื้นที่เสี่ยงจากน้ำท่วม ซึ่งอาจพิจารณาถึงประเด็นลักษณะที่ตั้งของชุมชน ลักษณะของพื้นที่พักอาศัย อาคารพาณิชย์และย่านอุตสาหกรรม สถานที่ราชการ สถานที่สำคัญอื่น ๆ ในชุมชน พื้นที่ว่าง/พื้นที่สาธารณประโยชน์ พื้นที่เขตอันตราย/ควบคุม เช่น สารเคมี เชื้อเพลิง ทิ้งขยะติดเชื้อ/เป็นพิษ เลี่ยงสัตว์อันตราย ถนนและเส้นทางการเข้าถึงหมู่บ้าน รวมทั้งระบบเตือนภัย ทั้งนี้ อาจใช้เกณฑ์ใน ตารางที่ 26 เป็นแนวทาง โดยสามารถนำข้อมูลจากฐานข้อมูลพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยและโคลนถล่มของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย มาวิเคราะห์และประมวลผล

5. วิเคราะห์และประมวลผลความเสี่ยงด้านสาธารณสุขของพื้นที่เสี่ยงจากน้ำท่วม ซึ่งทำการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนผู้สูงอายุ (60 ปีขึ้นไป) จำนวนเด็กทารก (แรกเกิด–1 ปี) จำนวนผู้ป่วยติดเชื้อ จำนวนคนพิการ ข้อมูลผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่ต้องรับยาเป็นประจำ สถานที่บริการด้านสาธารณสุข (รพ ศ./รพช./รพท./รพ.สต.) จำนวนผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต และจำนวนผู้ป่วยเป็นโรคที่เกิดจากน้ำท่วม โดยข้อมูลดังกล่าวข้างต้น สามารถรวบรวมได้จากฐานข้อมูลพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยและโคลนถล่มของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

6. วิเคราะห์และประมวลผลความพร้อมในการรับมือและลดผลกระทบจากน้ำท่วม ซึ่งพิจารณาในประเด็น พื้นที่ปลอดภัยในการอพยพ แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยระดับชุมชน แผนการเตรียมความพร้อมของสถานบริการด้านสาธารณสุข การฝึกอบรมการเตรียมพร้อมรับมือภัยพิบัติในระดับหมู่บ้าน/ชุมชน จำนวนอาสาสมัคร จำนวนเครื่องมือในการกู้ภัย และยารักษาโรค โดยข้อมูลดังกล่าวข้างต้น สามารถรวบรวมได้จากฐานข้อมูลพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยและโคลนถล่มของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย



รูปที่ 56 วิธีการและขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วมที่ได้ถูกเสนอแนะและพัฒนาขึ้น

ผลการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วมในจังหวัดน่าน (จังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดมหาสารคาม)

รูปที่ 57 และรูปที่ 58 แสดงแผนที่พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากของจังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดมหาสารคาม ทำการรวบรวมจากสารสนเทศภูมิศาสตร์น้ำท่วมของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยซึ่งแสดงถึงพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก 9 ปี (2548–2556) ในแต่ละจังหวัด ซึ่งเป็นการวิเคราะห์และระบุพื้นที่และจำนวนประชาชนที่เสี่ยงภัยต่อน้ำท่วมในพื้นที่ที่รับผิดชอบ โดยพื้นที่และจำนวนประชาชนที่เสี่ยงภัยต่อน้ำท่วมในอำเภอเมืองและอำเภอชุมแสงของจังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดมหาสารคามในปี พ.ศ. 2560 ที่สกัดจากฐานข้อมูลพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยและโคลนถล่มของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ดังแสดงในตารางที่ 29 และ ตารางที่ 30 เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจ ผลการประเมินความเสี่ยงในขั้นตอน 2–6 สามารถสรุปอยู่ในรูปตาราง ดังแสดงใน ตารางที่ 31 ถึงตารางที่ 35 ทั้งนี้ ข้อมูลต่าง ๆ ที่นำมาใช้วิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงจากแหล่งต่าง ๆ ตามที่ได้ระบุไว้ข้างต้นแล้ว ยังสามารถใช้ข้อมูลจากศูนย์ปฏิบัติการข้อมูลสาธารณภัยด้านน้ำของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (<http://nirapai-disaster.go.th/portal/login.do?ts=1530436696721>) ซึ่งมีระบบรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่เกิดเหตุน้ำท่วมแล้วรายงานผ่านระบบเข้าสู่ฐานข้อมูลส่วนกลางและระดับจังหวัด อีกแนวทางหนึ่งคือ อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านและ/หรือเจ้าหน้าที่ของ รพ.สต. เก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้แบบฟอร์มใน ตารางที่ 31 ถึงตารางที่ 34

พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย

- พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยระดับ ๑
- พื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมซ้ำซาก ๗ - ๙ ปี
- พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยระดับ ๒
- พื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมซ้ำซาก ๕ - ๖ ปี
- พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยระดับ ๓
- พื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมซ้ำซาก ๓ - ๔ ปี
- พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยระดับ ๔
- พื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมซ้ำซาก ๑ - ๒ ปี

ขอบเขตการปกครอง

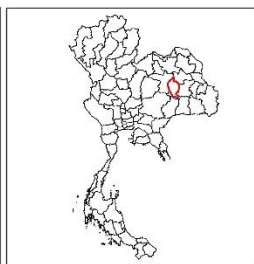
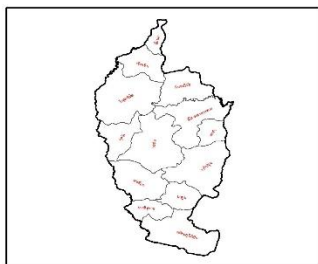
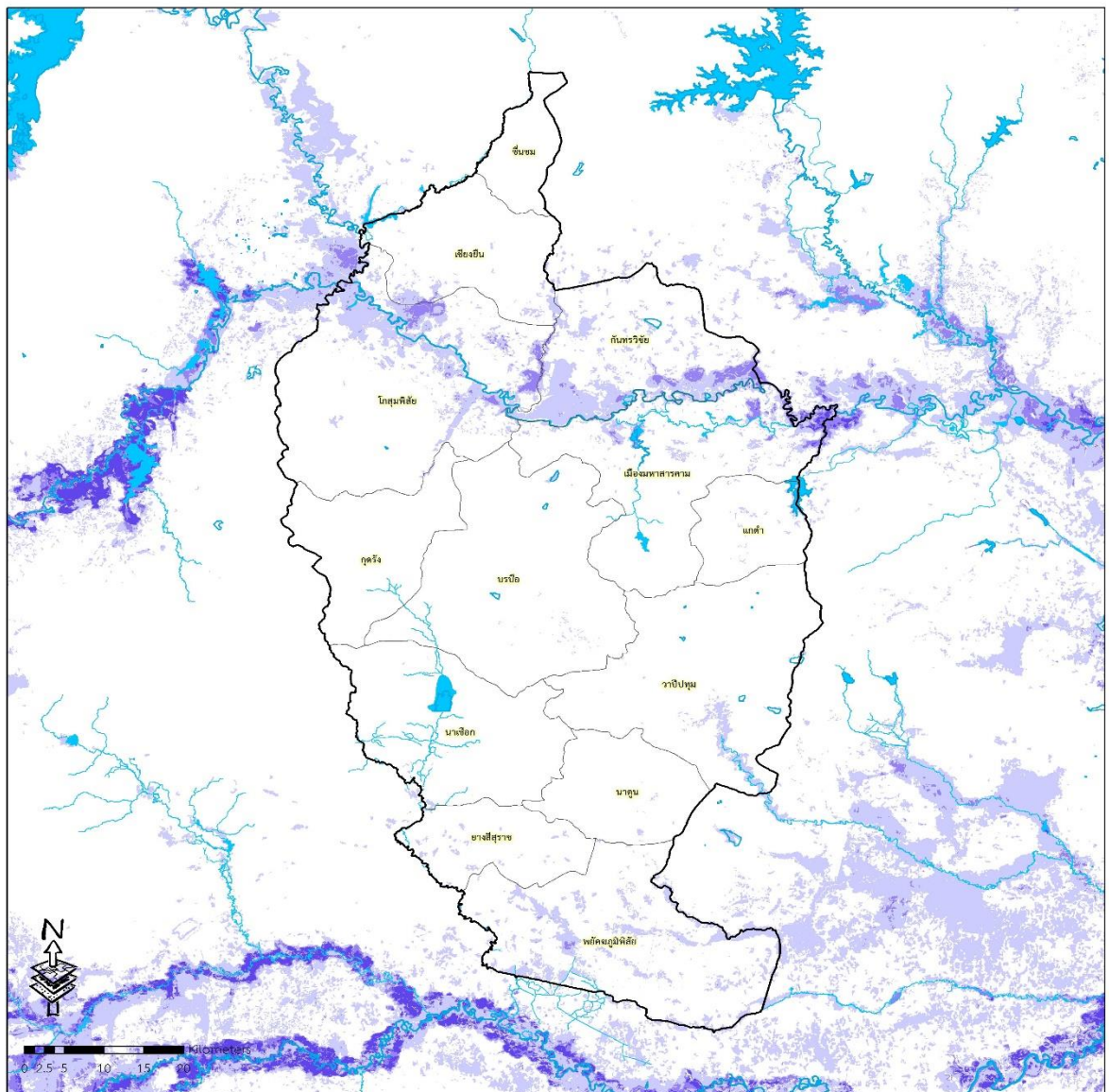
- ขอบเขตจังหวัด
- ขอบเขตอำเภอ
- แหล่งน้ำ

ที่มาของข้อมูล : ภาพถ่ายดาวเทียมของ สทอภ
ศูนย์ข้อมูลภัยพิบัติ
กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย
กรมการขนส่งทางบก

GISTDA

84

แผนที่พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก พ.ศ ๒๕๔๘ - ๒๕๕๖ จังหวัดมหาสารคาม



พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย

- พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยระดับ ๑
- พื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมซ้ำซาก ๗ - ๙ ปี
- พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยระดับ ๒
- พื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมซ้ำซาก ๕ - ๖ ปี
- พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยระดับ ๓
- พื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมซ้ำซาก ๓ - ๔ ปี
- พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยระดับ ๔
- พื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมซ้ำซาก ๑ - ๒ ปี

ขอบเขตการปกครอง

- ขอบเขตจังหวัด
- ขอบเขตอำเภอ
- แหล่งน้ำ

GISTDA



ศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย
กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

ที่มาของข้อมูล : ภาพถ่ายดาวเทียมของ สทอภ.

รูปที่ 58 แผนที่แสดงพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก พ.ศ. 2548-2556 ของจังหวัดมหาสารคาม

ตารางที่ 29 พื้นที่และจำนวนประชากรที่เสี่ยงภัยจากน้ำท่วมในอำเภอเมืองและอำเภอชุมแสงของ
จังหวัดนครสวรรค์ในปี พ.ศ. 2560

หมู่บ้าน/ชุมชน	ตำบล	อำเภอ	จำนวน ประชากร	จำนวนครัวเรือน
บ้านมหาโพธิ์	บ้านมะเกลือ	เมืองนครสวรรค์	816	293
บ้านมะเกลือ	บ้านมะเกลือ	เมืองนครสวรรค์	634	119
บ้านมะเกลือ	บ้านมะเกลือ	เมืองนครสวรรค์	547	246
บ้านมะเกลือ (ไร่พัฒนา)	บ้านมะเกลือ	เมืองนครสวรรค์	835	347
บ้านมะเกลือ	บ้านมะเกลือ	เมืองนครสวรรค์	672	127
บ้านมะเกลือ	บ้านมะเกลือ	เมืองนครสวรรค์	416	158
บ้านมะเกลือ	บ้านมะเกลือ	เมืองนครสวรรค์	604	256
บ้านยางเอน	บ้านมะเกลือ	เมืองนครสวรรค์	1,289	447
บ้านมะเกลือ	บ้านมะเกลือ	เมืองนครสวรรค์	1,191	491
บ้านบึงน้ำใสใต้ (บึงป่ง)	บ้านมะเกลือ	เมืองนครสวรรค์	1,029	321
บ้านสระงาม	บ้านมะเกลือ	เมืองนครสวรรค์	906	426
บ้านใหม่บึงน้ำใส	บ้านมะเกลือ	เมืองนครสวรรค์	849	305
บ้านหนองปลิง	หนองปลิง	เมืองนครสวรรค์	2,884	890
บ้านหนองปลิง	หนองปลิง	เมืองนครสวรรค์	4,672	2,390
บ้านอ่างหิน	หนองปลิง	เมืองนครสวรรค์	371	167
บ้านเขาร้าง	หนองปลิง	เมืองนครสวรรค์	889	382
บ้านหนองอำโพ	หนองปลิง	เมืองนครสวรรค์	2,140	864
บ้านข่อยกระดิน	หนองปลิง	เมืองนครสวรรค์	1,720	741
สามัคคีสุข	หนองปลิง	เมืองนครสวรรค์	3,360	1,396
ป่าไร่พัฒนา	หนองปลิง	เมืองนครสวรรค์	560	183
บ้านดอนงาม	หนองกระโดน	เมืองนครสวรรค์	1,255	485
บ้านเนินมะขามงาม	หนองกระโดน	เมืองนครสวรรค์	1,302	391
บ้านเขามะโน	หนองกระโดน	เมืองนครสวรรค์	1,051	410
บ้านโคกหม้อ	หนองกระโดน	เมืองนครสวรรค์	585	192
บ้านปากคลอง (เนินไผ่ล้อม)	หนองกระโดน	เมืองนครสวรรค์	277	88
บ้านหนองบอน (เนินพุทรา)	หนองกระโดน	เมืองนครสวรรค์	626	284
บ้านดงประทุน (โคกสำโรง)	หนองกระโดน	เมืองนครสวรรค์	1,003	335
บ้านโป่งคะโม่ง (โป่งแต้)	หนองกระโดน	เมืองนครสวรรค์	834	280
บ้านอ่างหิน	หนองปลิง	เมืองนครสวรรค์	371	167
บ้านโป่งดินแดง	หนองกระโดน	เมืองนครสวรรค์	665	242
บ้านดอนม่วง (หนองแมว)	หนองกระโดน	เมืองนครสวรรค์	1,182	400
บ้านเนินส้มกุ่ม	หนองกระโดน	เมืองนครสวรรค์	391	138
บ้านถนนขาด (ถนนแยก)	หนองกระโดน	เมืองนครสวรรค์	1,341	464
บ้านหนองแกแล (หนองตะคลอง)	หนองกระโดน	เมืองนครสวรรค์	519	185
บ้านหนองกระโดน	หนองกระโดน	เมืองนครสวรรค์	884	271

หมู่บ้าน/ชุมชน	ตำบล	อำเภอ	จำนวน ประชากร	จำนวนครัวเรือน
บ้านหนองเบน	หนองกระโดน	เมืองนครสวรรค์	398	362
บ้านเขาเรือ (เขามโน)	หนองกระโดน	เมืองนครสวรรค์	1,264	537
บ้านเกาะเห็ด	นครสวรรค์ออก	เมืองนครสวรรค์	794	1,027
บ้านนครสวรรค์ออก (ไผ่ล้อม)	นครสวรรค์ออก	เมืองนครสวรรค์	4,398	2,846
บ้านหนองแก่ง	นครสวรรค์ออก	เมืองนครสวรรค์	2,338	261
บ้านจอมคีรีนาคพรต	นครสวรรค์ออก	เมืองนครสวรรค์	836	310
บ้านสถานีรถไฟ (ใหม่)	นครสวรรค์ออก	เมืองนครสวรรค์	508	66
บ้านแหลมทอง (ท้ายสนามบิน)	นครสวรรค์ออก	เมืองนครสวรรค์	848	675
บ้านหนองแก่ง	นครสวรรค์ออก	เมืองนครสวรรค์	1,225	249
บ้านกลางแดด (ศาลเจ้า)	กลางแดด	เมืองนครสวรรค์	532	195
บ้านกลางแดด (บ่อดินสอพอง)	กลางแดด	เมืองนครสวรรค์	934	447
บ้านกลางแดด	กลางแดด	เมืองนครสวรรค์	485	234
บ้านกลางแดด	กลางแดด	เมืองนครสวรรค์	265	85
บ้านกลางแดด	กลางแดด	เมืองนครสวรรค์	223	144
บ้านกลางแดด	กลางแดด	เมืองนครสวรรค์	423	122
บ้านเขาเขียว	กลางแดด	เมืองนครสวรรค์	678	233
บ้านตะเคียนเลื่อน	ตะเคียนเลื่อน	เมืองนครสวรรค์	564	178
บ้านเกาะหงษ์	ตะเคียนเลื่อน	เมืองนครสวรรค์	2,935	147
บ้านเกาะหงษ์	ตะเคียนเลื่อน	เมืองนครสวรรค์	267	71
บ้านเกาะหงษ์	ตะเคียนเลื่อน	เมืองนครสวรรค์	250	69
บ้านเกาะหงษ์	ตะเคียนเลื่อน	เมืองนครสวรรค์	340	104
บ้านเกาะหงษ์	ตะเคียนเลื่อน	เมืองนครสวรรค์	324	68
บ้านไผ่แดง (ไผ่แถว)	ตะเคียนเลื่อน	เมืองนครสวรรค์	563	160
บ้านเกาะหงษ์	ตะเคียนเลื่อน	เมืองนครสวรรค์	481	121
บ้านเกาะหงษ์	ตะเคียนเลื่อน	เมืองนครสวรรค์	288	108
บ้านวังยาง	ตะเคียนเลื่อน	เมืองนครสวรรค์	1,111	353
บ้านวังยาง	ตะเคียนเลื่อน	เมืองนครสวรรค์	912	269
บ้านบางม่วง	วัดไทร	เมืองนครสวรรค์	577	175
บ้านบางม่วง	วัดไทร	เมืองนครสวรรค์	678	210
บ้านบางม่วง	วัดไทร	เมืองนครสวรรค์	432	155
บ้านหาดทรายงาม (เกาะตาเทพ)	วัดไทร	เมืองนครสวรรค์	938	521
บ้านหาดทรายงาม	วัดไทร	เมืองนครสวรรค์	932	400
บ้านหาดทรายงาม	วัดไทร	เมืองนครสวรรค์	310	173
บ้านหาดทรายงาม	วัดไทร	เมืองนครสวรรค์	834	434
บ้านหาดทรายงาม	วัดไทร	เมืองนครสวรรค์	907	463
บ้านเนินก้ว	วัดไทร	เมืองนครสวรรค์	791	216
บ้านวังหิน	วัดไทร	เมืองนครสวรรค์	756	228

หมู่บ้าน/ชุมชน	ตำบล	อำเภอ	จำนวน ประชากร	จำนวนครัวเรือน
บ้านสุวรรณครี่มรีน	วัดไทร	เมืองนครสวรรค์	2,077	895
บ้านศรีไทรทอง	วัดไทร	เมืองนครสวรรค์	4,617	2,541
บ้านการเคหะ	วัดไทร	เมืองนครสวรรค์	2,035	939
บ้านดงยาง	บึงเสนาท	เมืองนครสวรรค์	1,004	341
บ้านสันพิง	บึงเสนาท	เมืองนครสวรรค์	1,360	440
บ้านคลองคาง	บึงเสนาท	เมืองนครสวรรค์	863	279
บ้านคลองมอญ	บึงเสนาท	เมืองนครสวรรค์	792	215
บ้านคลองลาดเค้า	บึงเสนาท	เมืองนครสวรรค์	1,036	346
บ้านทัพชุมพล	หนองกรด	เมืองนครสวรรค์	903	307
บ้านเนินประตู	หนองกรด	เมืองนครสวรรค์	967	298
บ้านหนองกรด	หนองกรด	เมืองนครสวรรค์	990	353
บ้านดอนวัด	หนองกรด	เมืองนครสวรรค์	878	270
บ้านหนองปรือ	หนองกรด	เมืองนครสวรรค์	1,164	392
บ้านดอนใหญ่	หนองกรด	เมืองนครสวรรค์	1,807	793
บ้านหนองเบน	หนองกรด	เมืองนครสวรรค์	1,327	574
บ้านหนองโรง	หนองกรด	เมืองนครสวรรค์	795	308
บ้านศรีอุทุมพร	หนองกรด	เมืองนครสวรรค์	1,178	490
บ้านหนองตะโก	หนองกรด	เมืองนครสวรรค์	1,016	525
บ้านถนนโค้ง	หนองกรด	เมืองนครสวรรค์	1,486	543
บ้านหน้าเขา (หนองเขนง)	หนองกรด	เมืองนครสวรรค์	682	279
บ้านบ่อพยอม	หนองกรด	เมืองนครสวรรค์	694	177
บ้านหินก้อน-วังเลา	หนองกรด	เมืองนครสวรรค์	892	288
บ้านผาแดง	หนองกรด	เมืองนครสวรรค์	831	235
บ้านหนองกระทุ่ม	หนองกรด	เมืองนครสวรรค์	499	145
บ้านดงสำราญ	หนองกรด	เมืองนครสวรรค์	856	252
บ้านหินดาด (ป่าแดง)	พระนอน	เมืองนครสวรรค์	527	174
บ้านใหม่ (บ้านไร่)	พระนอน	เมืองนครสวรรค์	833	353
บ้านไร่	พระนอน	เมืองนครสวรรค์	505	228
บ้านไร่ (ปลวกสูง)	พระนอน	เมืองนครสวรรค์	641	175
บ้านหัวดง (เนินสามัคคี)	พระนอน	เมืองนครสวรรค์	962	338
บ้านเนินสำราญ	พระนอน	เมืองนครสวรรค์	330	124
บ้านผุดานอน	พระนอน	เมืองนครสวรรค์	473	159
บ้านพระนอน	พระนอน	เมืองนครสวรรค์	755	270
บ้านหัวค้ำ	พระนอน	เมืองนครสวรรค์	885	433
บ้านผูน้อย	พระนอน	เมืองนครสวรรค์	647	224
บ้านมุขะพลู	พระนอน	เมืองนครสวรรค์	516	170
บ้านหนองทราย	พระนอน	เมืองนครสวรรค์	601	213

หมู่บ้าน/ชุมชน	ตำบล	อำเภอ	จำนวน ประชากร	จำนวนครัวเรือน
บ้านห้วยลึก	พระนอน	เมืองนครสวรรค์	293	82
บ้านยางโทน	พระนอน	เมืองนครสวรรค์	245	76
บ้านปากดง	พระนอน	เมืองนครสวรรค์	524	150
บ้านยางงาม	บางม่วง	เมืองนครสวรรค์	779	236
บ้านบางม่วง	บางม่วง	เมืองนครสวรรค์	226	62
บ้านบางม่วง	บางม่วง	เมืองนครสวรรค์	170	52
บ้านบางม่วง	บางม่วง	เมืองนครสวรรค์	240	58
บ้านคู้วรี	บางม่วง	เมืองนครสวรรค์	190	67
บ้านคู้วรี	บางม่วง	เมืองนครสวรรค์	617	173
บ้านเกาะตาเทพ	บางม่วง	เมืองนครสวรรค์	1,296	452
บ้านดอนคู่	บางม่วง	เมืองนครสวรรค์	800	312
บ้านคลองลาดเค้า	บางม่วง	เมืองนครสวรรค์	954	416
บ้านบึงนาพง	บางม่วง	เมืองนครสวรรค์	672	212
บ้านนิเวศพัฒนา	บางม่วง	เมืองนครสวรรค์	492	202
บ้านเทพสามัคคี	บางม่วง	เมืองนครสวรรค์	1,239	537
บ้านแหลมหัว	เกรียงไกร	เมืองนครสวรรค์	425	119
บ้านตาลสองยอด	เกรียงไกร	เมืองนครสวรรค์	348	103
บ้านท่าดินแดง	เกรียงไกร	เมืองนครสวรรค์	1,141	356
บ้านเกรียงไกรกลาง	เกรียงไกร	เมืองนครสวรรค์	293	94
บ้านเกรียงไกรกลาง	เกรียงไกร	เมืองนครสวรรค์	523	209
บ้านคลองบึงบอระเพ็ด	เกรียงไกร	เมืองนครสวรรค์	333	104
บ้านเกรียงไกรใต้ (ปากคลองบาง)	เกรียงไกร	เมืองนครสวรรค์	439	162
บ้านสันพิง (เนินงาม)	เกรียงไกร	เมืองนครสวรรค์	619	223
บ้านคลองกรวด	เกรียงไกร	เมืองนครสวรรค์	559	188
บ้านเนินขาม	เกรียงไกร	เมืองนครสวรรค์	383	107
บ้านเจ้าสนุก	เกรียงไกร	เมืองนครสวรรค์	275	83
บ้านตลาดใต้	นครสวรรค์ตก	เมืองนครสวรรค์	2,459	1,203
บ้านยางโทน	นครสวรรค์ตก	เมืองนครสวรรค์	936	367
บ้านสันคู	นครสวรรค์ตก	เมืองนครสวรรค์	1,531	506
บ้านสันคู	นครสวรรค์ตก	เมืองนครสวรรค์	3,014	1,501
บ้านสันคู	นครสวรรค์ตก	เมืองนครสวรรค์	778	317
บ้านน้ำหัก	นครสวรรค์ตก	เมืองนครสวรรค์	715	246
บ้านท่าทอง	นครสวรรค์ตก	เมืองนครสวรรค์	1,006	404
บ้านวังไผ่	นครสวรรค์ตก	เมืองนครสวรรค์	2,179	1,121
บ้านปากดง	นครสวรรค์ตก	เมืองนครสวรรค์	689	286
บ้านท่าทอง	นครสวรรค์ตก	เมืองนครสวรรค์	1,288	478
บ้านมอญ	บ้านแก่ง	เมืองนครสวรรค์	962	327

หมู่บ้าน/ชุมชน	ตำบล	อำเภอ	จำนวนประชากร	จำนวนครัวเรือน
บ้านวังหยา	บ้านแก่ง	เมืองนครสวรรค์	987	288
บ้านวังยาง	บ้านแก่ง	เมืองนครสวรรค์	885	240
บ้านตลาดบ้านแก่ง (ใต้วัด)	บ้านแก่ง	เมืองนครสวรรค์	606	180
บ้านตลาดบ้านแก่ง	บ้านแก่ง	เมืองนครสวรรค์	461	121
บ้านจิวักษ์ (วังหยาใต้)	บ้านแก่ง	เมืองนครสวรรค์	726	219
บ้านแก่ง	บ้านแก่ง	เมืองนครสวรรค์	428	152
บ้านสามแยก	บ้านแก่ง	เมืองนครสวรรค์	443	134
บ้านโรงสีเก่า	บ้านแก่ง	เมืองนครสวรรค์	530	174
บ้านยางเอน	บ้านแก่ง	เมืองนครสวรรค์	705	216
บ้านแหลมพิบูล	บ้านแก่ง	เมืองนครสวรรค์	342	98
บ้านมอญใต้	บ้านแก่ง	เมืองนครสวรรค์	736	196
บ้านท่าศาลา	บางพระหลวง	เมืองนครสวรรค์	185	102
บ้านท่าดินแดง	บางพระหลวง	เมืองนครสวรรค์	257	98
บ้านหัวถนน	บางพระหลวง	เมืองนครสวรรค์	511	192
บ้านน้ำหัก (น้ำกลัด)	บางพระหลวง	เมืองนครสวรรค์	453	160
บ้านท่าล้อ	บางพระหลวง	เมืองนครสวรรค์	635	202
บ้านคะเม้ง	บางพระหลวง	เมืองนครสวรรค์	296	107
บ้านบอระเพ็ด	แควใหญ่	เมืองนครสวรรค์	560	211
บ้านหนองดุก	แควใหญ่	เมืองนครสวรรค์	154	65
บ้านหนองดุก	แควใหญ่	เมืองนครสวรรค์	676	212
บ้านแหลมนางไล่	แควใหญ่	เมืองนครสวรรค์	726	225
บ้านแควใหญ่	แควใหญ่	เมืองนครสวรรค์	298	101
บ้านลาดปลั่ง	เกยไชย	ชุมแสง	248	57
บ้านลาดปลั่ง	เกยไชย	ชุมแสง	394	176
บ้านเกยไชยเหนือ	เกยไชย	ชุมแสง	698	291
บ้านปากคลอง	เกยไชย	ชุมแสง	694	150
บ้านปากคลอง	เกยไชย	ชุมแสง	389	76
บ้านเกยไชยใต้	เกยไชย	ชุมแสง	368	147
บ้านเกยไชยใต้	เกยไชย	ชุมแสง	306	65
บ้านเกยไชยใต้	เกยไชย	ชุมแสง	271	88
บ้านเกยไชยใต้	เกยไชย	ชุมแสง	289	78
บ้านไผ่ล้อม	เกยไชย	ชุมแสง	360	119
บ้านหนองคาง	เกยไชย	ชุมแสง	159	54
บ้านท่านา	เกยไชย	ชุมแสง	721	237
บ้านลาดปลั่ง	เกยไชย	ชุมแสง	697	253
บ้านเกยไชย	เกยไชย	ชุมแสง	302	84
บ้านลาดปลั่ง	เกยไชย	ชุมแสง	511	152

หมู่บ้าน/ชุมชน	ตำบล	อำเภอ	จำนวนประชากร	จำนวนครัวเรือน
บ้านบึงยาว	หนองกระเจา	ชุมแสง	129	47
บ้านหนองข่อย	หนองกระเจา	ชุมแสง	267	117
บ้านศาลาตาป่น	หนองกระเจา	ชุมแสง	163	75
บ้านหนองกุ่ม	หนองกระเจา	ชุมแสง	491	168
บ้านหนองแพบ	หนองกระเจา	ชุมแสง	324	120
บ้านสระตาล	หนองกระเจา	ชุมแสง	99	44
บ้านหนองมะล้อย	หนองกระเจา	ชุมแสง	388	157
บ้านเนินตะโก	หนองกระเจา	ชุมแสง	372	152
บ้านสันติสุข	หนองกระเจา	ชุมแสง	530	182
บ้านหนองเตี๋ย	หนองกระเจา	ชุมแสง	208	76
บ้านหนองกุ่มทอง	หนองกระเจา	ชุมแสง	439	149
บ้านคลองคล้า	บางเคียน	ชุมแสง	618	186
บ้านสันเนิน	บางเคียน	ชุมแสง	252	67
บ้านลาด	บางเคียน	ชุมแสง	372	135
บ้านบางไผ่	บางเคียน	ชุมแสง	377	120
บ้านท่ามะพลับ	บางเคียน	ชุมแสง	364	100
บ้านกบละคร	บางเคียน	ชุมแสง	375	104
บ้านลาด	บางเคียน	ชุมแสง	269	86
บ้านหนองสนุ่น	บางเคียน	ชุมแสง	106	29
บ้านวังคลัก	บางเคียน	ชุมแสง	459	158
บ้านบึงหมัน	บางเคียน	ชุมแสง	371	125
บ้านคลองยาง	บางเคียน	ชุมแสง	570	188
บ้านเนินสะอาด	บางเคียน	ชุมแสง	545	174
บ้านบางเคียน	บางเคียน	ชุมแสง	381	157
บ้านบางเคียน	บางเคียน	ชุมแสง	334	138
บ้านหนองกุ่ม	ไผ่สิงห์	ชุมแสง	325	89
บ้านไผ่สิงห์	ไผ่สิงห์	ชุมแสง	616	149
บ้านโพธิ์หนองยาว	ไผ่สิงห์	ชุมแสง	251	77
บ้านคลองเกษมกลาง	ไผ่สิงห์	ชุมแสง	318	106
บ้านคลองเกษมใต้	ไผ่สิงห์	ชุมแสง	226	69
บ้านหนองกองเชือก	ไผ่สิงห์	ชุมแสง	171	66
บ้านหนองขอน	ไผ่สิงห์	ชุมแสง	316	116
บ้านหนองสะแก	ไผ่สิงห์	ชุมแสง	344	134
บ้านไผ่เกาะ	ไผ่สิงห์	ชุมแสง	165	71
บ้านไผ่ขวาง	ไผ่สิงห์	ชุมแสง	347	107
บ้านบางไซ	พิบูล	ชุมแสง	664	175
บ้านหนองขี้หนู	พิบูล	ชุมแสง	129	44

หมู่บ้าน/ชุมชน	ตำบล	อำเภอ	จำนวนประชากร	จำนวนครัวเรือน
บ้านดงพิกุล	พิกุล	ชุมแสง	290	87
บ้านท่าพุทรา	พิกุล	ชุมแสง	625	305
บ้านห้วยกระเบียน	พิกุล	ชุมแสง	116	34
บ้านสองพี่น้อง	พิกุล	ชุมแสง	77	22
บ้านหัวกระทุ่ม	พิกุล	ชุมแสง	257	85
บ้านห้วยสรวง	พิกุล	ชุมแสง	435	175
บ้านชุมแสง	พิกุล	ชุมแสง	467	179
บ้านแหลมนกกระทา	พิกุล	ชุมแสง	416	130
บ้านบึงยาว	ท่าไม้	ชุมแสง	490	158
บ้านท่าไม้	ท่าไม้	ชุมแสง	387	107
บ้านบุง	ท่าไม้	ชุมแสง	446	140
บ้านท่าไม้	ท่าไม้	ชุมแสง	634	206
บ้านท่าร้าง	ท่าไม้	ชุมแสง	565	192
บ้านวังหงษ์	ท่าไม้	ชุมแสง	878	245
บ้านท่าเตียน	ท่าไม้	ชุมแสง	606	200
บ้านหนองขอน	ท่าไม้	ชุมแสง	733	225
บ้านวังใหญ่	ท่าไม้	ชุมแสง	793	241
บ้านดงกระพี	ท่าไม้	ชุมแสง	898	264
บ้านปีกวงซ้อง	ท่าไม้	ชุมแสง	515	149
บ้านวังใหญ่พัฒนา	ท่าไม้	ชุมแสง	440	129
บ้านคลองโพธิสามัคคี	ท่าไม้	ชุมแสง	301	93
บ้านท่าเตียนสามัคคี	ท่าไม้	ชุมแสง	207	58
บ้านท่าร้างพัฒนา	ท่าไม้	ชุมแสง	248	80
บ้านสะแกกระหงษ์	ชะมัง	ชุมแสง	432	130
บ้านมะขามเรียง	ชะมัง	ชุมแสง	369	109
บ้านมะขามเรียง	ชะมัง	ชุมแสง	794	262
บ้านชะมังด้วน	ชะมัง	ชุมแสง	442	135
บ้านพรหมแดน	ชะมัง	ชุมแสง	585	185
บ้านวังแดงโม	ชะมัง	ชุมแสง	343	109
บ้านดงพิกุล	ชะมัง	ชุมแสง	462	133
บ้านดงพิกุล	ชะมัง	ชุมแสง	282	77
บ้านท่าปลาเย่า	โคกหม้อ	ชุมแสง	575	170
บ้านท่าจันทร์	โคกหม้อ	ชุมแสง	601	194
บ้านโคกหม้อ	โคกหม้อ	ชุมแสง	342	129
บ้านเนิน	โคกหม้อ	ชุมแสง	895	262
บ้านอ้อมราชพงษา	โคกหม้อ	ชุมแสง	273	90
บ้านกบละคร	โคกหม้อ	ชุมแสง	340	97

หมู่บ้าน/ชุมชน	ตำบล	อำเภอ	จำนวน ประชากร	จำนวนครัวเรือน
บ้านหัวถนน	โคกหม้อ	ชุมแสง	328	111
บ้านต้นโพธิ์	โคกหม้อ	ชุมแสง	1,025	319
บ้านท่าจันทร์	พินลาน	ชุมแสง	433	125
บ้านวังยาง	พินลาน	ชุมแสง	577	189
บ้านพินลาน	พินลาน	ชุมแสง	697	227
บ้านดงขมิ้น	พินลาน	ชุมแสง	629	218
บ้านดงขมิ้น	พินลาน	ชุมแสง	358	126
บ้านคลองปลากด	พินลาน	ชุมแสง	268	86
บ้านคลองจั่ว	พินลาน	ชุมแสง	543	197
บ้านคลองสำพรัง	พินลาน	ชุมแสง	794	249
บ้านกฤษทอง	ทับกฤชใต้	ชุมแสง	269	74
บ้านย่านสวาย	ทับกฤชใต้	ชุมแสง	334	101
บ้านวังหมาเฒ่า	ทับกฤชใต้	ชุมแสง	363	119
บ้านดงสวาท	ทับกฤชใต้	ชุมแสง	327	114
บ้านคลองสนวน	ทับกฤชใต้	ชุมแสง	330	117
บ้านดอนสนวน	ทับกฤชใต้	ชุมแสง	556	196
บ้านทับกฤชใต้	ทับกฤชใต้	ชุมแสง	694	213
บ้านท่าช้าง	ทับกฤชใต้	ชุมแสง	483	132

ตารางที่ 30 พื้นที่และจำนวนประชากรที่เสี่ยงภัยจากน้ำท่วมของจังหวัดมหาสารคามในปี พ.ศ. 2560

หมู่บ้าน/ชุมชน	ตำบล	อำเภอ	จำนวนประชากร	จำนวนครัวเรือน
กุดเวียน	ท่าตูม	เมือง	481	107
ท่าตูม	ท่าตูม	เมือง	484	103
โพนโกล	ท่าตูม	เมือง	279	57
โนนตูม	เกิง	เมือง	436	93
วังยาว	เกิง	เมือง	509	138
โนนสวรรค์	เกิง	เมือง	393	81
ดอนตูม	แก่งเลิงจาน	เมือง	840	191
หนองจิก	แก่งเลิงจาน	เมือง	378	81
ดอนโด	แก่งเลิงจาน	เมือง	303	62
ท่าสองคอน	ท่าสองคอน	เมือง	729	162
บ่อน้อย	ท่าสองคอน	เมือง	729	162
หัวช้าง	ท่าสองคอน	เมือง	326	71
ท่าสองคอน	ท่าสองคอน	เมือง	344	170
ท่าสองคอน	ท่าสองคอน	เมือง	547	114
ท่าสองคอน	ท่าสองคอน	เมือง	711	158
วังไผ่	ลาดพัฒนา	เมือง	423	94
หนองหวาย	ลาดพัฒนา	เมือง	297	66
ม่วง	ลาดพัฒนา	เมือง	432	96
บึงคล้า	ลาดพัฒนา	เมือง	563	125
คูยโพธิ์	ลาดพัฒนา	เมือง	175	36
ท่าค้อ	ลาดพัฒนา	เมือง	214	45
หนองนาแซง	ลาดพัฒนา	เมือง	342	72
คุ้มศรีสวัสดิ์	เทศบาลเมือง	เมือง	0	0
คุ้มโรงฆ่าสัตว์	เทศบาลเมือง	เมือง	0	0
คุ้มวัดสามัคคี	เทศบาลเมือง	เมือง	0	0
คุ้มโพธิ์ศรี	เทศบาลเมือง	เมือง	0	0
คุ้มห้วยคะคาง	เทศบาลเมือง	เมือง	0	0
คุ้มกลาง	หัวขวาง	โกสุมพิสัย	1845	451
คุ้มใต้	หัวขวาง	โกสุมพิสัย	1812	448
คุ้มสังข์	หัวขวาง	โกสุมพิสัย	1874	461
โชคชัย	หัวขวาง	โกสุมพิสัย	712	161
ศรีสุข	หัวขวาง	โกสุมพิสัย	847	171
แก่งโกสุม	หัวขวาง	โกสุมพิสัย	791	161
คุ้มสังข์	หัวขวาง	โกสุมพิสัย	1877	444
คุ้มกลาง	หัวขวาง	โกสุมพิสัย	2415	580
ท่างาม	หัวขวาง	โกสุมพิสัย	684	138
แก่งโกสุม	หัวขวาง	โกสุมพิสัย	366	72
แก่งโกสุม	หัวขวาง	โกสุมพิสัย	412	72
กุดน้ำใส	หัวขวาง	โกสุมพิสัย	236	74
พงษ์พัฒนธานี	หัวขวาง	โกสุมพิสัย	124	31

หมู่บ้าน/ชุมชน	ตำบล	อำเภอ	จำนวนประชากร	จำนวนครัวเรือน
โคกสี	เขาวไร่	โกสุมพิสัย	358	82
โคกกกลาง	เขาวไร่	โกสุมพิสัย	394	84
โคกสมบูรณ์	เขาวไร่	โกสุมพิสัย	657	149
โคกกกลาง	เขาวไร่	โกสุมพิสัย	382	81
หนองโด	แพง	โกสุมพิสัย	607	124
ชิงแคง	แก้งแก	โกสุมพิสัย	409	91
แก้งน้อย	แก้งแก	โกสุมพิสัย	240	49
หัวขัว	แก้งแก	โกสุมพิสัย	524	116
สุขสวัสดิ์	แก้งแก	โกสุมพิสัย	268	56
โนนสะอาด	หนองเหล็ก	โกสุมพิสัย	387	88
หนองหญ้าฆ่า	หนองเหล็ก	โกสุมพิสัย	385	82
หนองแวง	หนองเหล็ก	โกสุมพิสัย	318	65
สวนกล้วย	หนองเหล็ก	โกสุมพิสัย	571	127
หนองผือ	หนองบัว	โกสุมพิสัย	572	162
กอก	หนองบัว	โกสุมพิสัย	627	155
คุยเชือก	หนองบัว	โกสุมพิสัย	703	207
คุยแพง	หนองบัว	โกสุมพิสัย	838	206
โนนเมืองน้อย	หนองบัว	โกสุมพิสัย	629	149
โนนหินแห่	หนองบัว	โกสุมพิสัย	417	130
หนองปลาแซง	หนองบัว	โกสุมพิสัย	537	108
หนองปลาแซง	หนองบัว	โกสุมพิสัย	361	109
คุยเชือก	หนองบัว	โกสุมพิสัย	226	55
หนองผือ	หนองบัว	โกสุมพิสัย	553	117
แท่น	เหล่า	โกสุมพิสัย	446	93
เหล่า	เหล่า	โกสุมพิสัย	463	103
ยางสินไชย	เหล่า	โกสุมพิสัย	512	111
เขาว	เหล่า	โกสุมพิสัย	561	117
เขาวบึงกุย	เหล่า	โกสุมพิสัย	254	65
แท่นนคร	เหล่า	โกสุมพิสัย	367	76
ท่าเตือ	หนองบอน	โกสุมพิสัย	447	88
โนนสังข์	หนองบอน	โกสุมพิสัย	481	107
แห่เหนือ	หนองบอน	โกสุมพิสัย	826	172
แห่เหนือ	หนองบอน	โกสุมพิสัย	412	84
โนนสังข์	หนองบอน	โกสุมพิสัย	608	135
ท่าเตือ	หนองบอน	โกสุมพิสัย	396	78
โพนงาม	โพนงาม	โกสุมพิสัย	1082	221
โพนงาม	โพนงาม	โกสุมพิสัย	841	187
โพนสว่าง	โพนงาม	โกสุมพิสัย	538	112
โพนสว่าง	โพนงาม	โกสุมพิสัย	652	145
ดอนน้อย	โพนงาม	โกสุมพิสัย	489	102

หมู่บ้าน/ชุมชน	ตำบล	อำเภอ	จำนวนประชากร	จำนวนครัวเรือน
ม่วงใหญ่	โพนงาม	โกสุมพิสัย	517	115
ดอนจำปา	โพนงาม	โกสุมพิสัย	944	200
หนองขนวน	โพนงาม	โกสุมพิสัย	107	21
โพนงาน	โพนงาม	โกสุมพิสัย	676	144
ม่วงใหญ่	โพนงาม	โกสุมพิสัย	567	126
โพนงาน	โพนงาม	โกสุมพิสัย	375	73
สำโรง	ยางท่าแจ้ง	โกสุมพิสัย	397	82
ปลาเค็ด	ยางท่าแจ้ง	โกสุมพิสัย	282	64
ปลาปัด	ยางท่าแจ้ง	โกสุมพิสัย	484	115
ท่าศาลา	ยางท่าแจ้ง	โกสุมพิสัย	108	30
โนนเมือง	ยางท่าแจ้ง	โกสุมพิสัย	588	158
สว่าง	ยางท่าแจ้ง	โกสุมพิสัย	815	186
ยางท่าแจ้ง	ยางท่าแจ้ง	โกสุมพิสัย	529	121
หนองบัวเรียน	ยางท่าแจ้ง	โกสุมพิสัย	504	93
โนนเมือง	ยางท่าแจ้ง	โกสุมพิสัย	648	140
ยางท่าแจ้ง	ยางท่าแจ้ง	โกสุมพิสัย	548	118
แห่ใต้	แห่ใต้	โกสุมพิสัย	670	134
แห่ศรีวิสัย	แห่ใต้	โกสุมพิสัย	428	107
เหล่าดง	แห่ใต้	โกสุมพิสัย	304	76
คัดจ้อง	แห่ใต้	โกสุมพิสัย	368	92
โพนทอง	แห่ใต้	โกสุมพิสัย	265	64
โนนคัคเค้า	แห่ใต้	โกสุมพิสัย	386	76
คุยกอก	แห่ใต้	โกสุมพิสัย	212	52
คุยปอ	แห่ใต้	โกสุมพิสัย	164	41
ดอนอีเอิน	แห่ใต้	โกสุมพิสัย	315	63
ดอนสว่าง	แห่ใต้	โกสุมพิสัย	361	73
สันติสุข	แห่ใต้	โกสุมพิสัย	359	70
ห้วยม่วง	แห่ใต้	โกสุมพิสัย	511	103
ดอนอีเอินเหนือ	แห่ใต้	โกสุมพิสัย	391	96
โพนทอง	แห่ใต้	โกสุมพิสัย	354	71
สันติสุข	แห่ใต้	โกสุมพิสัย	312	72
ดอนสว่างโพธิ์ไตร	แห่ใต้	โกสุมพิสัย	291	58
ป่าปอ	แห่ใต้	โกสุมพิสัย	315	62
โนนสะอาดนาแก	แห่ใต้	โกสุมพิสัย	142	29
โนนขอนทอย	เลิงใต้	โกสุมพิสัย	154	62
โนนรัง	เลิงใต้	โกสุมพิสัย	147	38
เลิงใต้	เลิงใต้	โกสุมพิสัย	538	108
เลิงบัว	เลิงใต้	โกสุมพิสัย	514	101
เลิงใต้	เลิงใต้	โกสุมพิสัย	167	52
น้ำจ้อย	เลิงใต้	โกสุมพิสัย	359	71

หมู่บ้าน/ชุมชน	ตำบล	อำเภอ	จำนวนประชากร	จำนวนครัวเรือน
เลิงใต้	เลิงใต้	โกสุมพิสัย	484	111
เซียงสง	เลิงใต้	โกสุมพิสัย	369	67
เซียงสง	เลิงใต้	โกสุมพิสัย	257	53
หนองหอย	เลิงใต้	โกสุมพิสัย	374	67
โนนซอนทอย	เลิงใต้	โกสุมพิสัย	165	31
เลิงใต้	เลิงใต้	โกสุมพิสัย	275	67
กุดเวียน	มะค่า	กันทรวิชัย	225	45
ป่ายางห่าง	มะค่า	กันทรวิชัย	297	65
โนนตาล	มะค่า	กันทรวิชัย	507	112
ไคร่นุ่น	มะค่า	กันทรวิชัย	412	104
หนองหญ้าม้า	มะค่า	กันทรวิชัย	137	35
โฆงใหญ่	มะค่า	กันทรวิชัย	337	67
โนนทัน	มะค่า	กันทรวิชัย	125	29
กุดร่อง	ท่าขอนยาง	กันทรวิชัย	114	29
วังหว้า	ท่าขอนยาง	กันทรวิชัย	177	53
ไคร่นุ่น	ท่าขอนยาง	กันทรวิชัย	909	188
หนองแซ้	ขามเรียง	กันทรวิชัย	427	91
มะกอก	ขามเรียง	กันทรวิชัย	675	150
ห้วยชัน	ขามเรียง	กันทรวิชัย	194	39
ดอนนา	ขามเรียง	กันทรวิชัย	453	116
โฆงกุดเวียน	ขามเรียง	กันทรวิชัย	168	37
กุดหัวช้าง	ขามเรียง	กันทรวิชัย	107	23
มะกอก	ขามเรียง	กันทรวิชัย	769	171
มะกอก	ขามเรียง	กันทรวิชัย	202	45
เขวากลาง	เขวาใหญ่	กันทรวิชัย	408	90
เขวาน้อย	เขวาใหญ่	กันทรวิชัย	348	81
โนนเสียว	เขวาใหญ่	กันทรวิชัย	635	144
คุยเพ็ก	เขวาใหญ่	กันทรวิชัย	227	49
คุยเชือก	เขวาใหญ่	กันทรวิชัย	588	129
บุงเบา	เขวาใหญ่	กันทรวิชัย	266	58
ชีเหล็ก	เขวาใหญ่	กันทรวิชัย	745	149
ส้มโฮง	เขวาใหญ่	กันทรวิชัย	284	63
หนองโน	เขวาใหญ่	กันทรวิชัย	210	42
หินปูน	เขวาใหญ่	กันทรวิชัย	292	26
หนองซอน	หนองซอน	เซียงยี่น	383	57
หนองซอน	หนองซอน	เซียงยี่น	574	110
มะโนเหนือ	หนองซอน	เซียงยี่น	724	154
มะโมใต้	หนองซอน	เซียงยี่น	516	121
กู่ทอง	กู่ทอง	เซียงยี่น	607	139
เมืองเพ็ง	กู่ทอง	เซียงยี่น	664	145
หนองมันปลา	กู่ทอง	เซียงยี่น	480	90

หมู่บ้าน/ชุมชน	ตำบล	อำเภอ	จำนวนประชากร	จำนวนครัวเรือน
หนองมันปลาน้อย	กุ้ทอง	เขียงยืน	217	50
เมืองเพ็ง	กุ้ทอง	เขียงยืน	560	109
กุ้ทอง	กุ้ทอง	เขียงยืน	476	108
หนองมันปลาพัฒนา	กุ้ทอง	เขียงยืน	495	94
แบก	นาทอง	เขียงยืน	567	127
นาทอง	นาทอง	เขียงยืน	698	95
แบก	นาทอง	เขียงยืน	654	142
แบกสามัคคี	นาทอง	เขียงยืน	702	151
นาทอง	นาทอง	เขียงยืน	308	73
โพน	โพนทอง	เขียงยืน	413	86
โพนพัฒนา	โพนทอง	เขียงยืน	234	95
หนองล่ำ	เหล่าบัวบาน	เขียงยืน	650	119
หนองบัว	เหล่าบัวบาน	เขียงยืน	398	93
เหล่าบัวบาน	เหล่าบัวบาน	เขียงยืน	341	74
เหล่าใหม่	เหล่าบัวบาน	เขียงยืน	447	92
ดอนโพธิ์	เหล่าบัวบาน	เขียงยืน	332	92
หนองล่ำ	เหล่าบัวบาน	เขียงยืน	581	107
หนองเดิน	เหล่าบัวบาน	เขียงยืน	536	115
5 ชุมชน 176 หมู่บ้าน	26 ตำบล 1 ทม.	4 อำเภอ	86,105	19,162

ตารางที่ 31 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์และประมวลผลพื้นที่เสี่ยงจากน้ำท่วมในขั้นตอนที่ 2

หมู่บ้าน/ชุมชน	หมู่ที่	ตำบล	อำเภอ	จำนวนประชากร	จำนวนครัวเรือน

ตารางที่ 32 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์และประมวลผลลักษณะของน้ำท่วมในขั้นตอนที่ 3

ระดับน้ำท่วมในแม่น้ำที่ระดับวิกฤติ	ระดับน้ำท่วมในแม่น้ำที่ระดับเตือนภัย	ระยะเวลาที่ประสบน้ำท่วมขัง	ระดับความรุนแรงและการบริหารจัดการภัยน้ำท่วม	ระดับความลึกของน้ำ	ความเร็วของน้ำ	ปริมาณตะกอน

ตารางที่ 33 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์และประมวลผลความถี่ของพื้นที่เสี่ยงจากน้ำท่วมในขั้นตอนที่ 4

ที่ตั้งของชุมชน	ลักษณะของพื้นที่พักอาศัย	อาคารพาณิชย์และย่านอุตสาหกรรม	สถานที่ราชการ	สถานที่สำคัญอื่น ๆ	พื้นที่สาธารณประโยชน์	พื้นที่เขตอันตราย/ควบคุม	เส้นทางคมนาคม	ระบบเตือนภัย

ตารางที่ 34 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์และประมวลผลความเสี่ยงทางด้านสาธารณสุขในขั้นตอนที่ 5

ผู้สูงอายุ (60 ปีขึ้นไป)	เด็กทารก (แรกเกิด-1 ปี)	ผู้ป่วยติด เตียง	คนพิการ	ผู้ป่วยโรค เรื้อรังที่ ต้องรับยา เป็นประจำ	สถานที่ บริการด้าน สาธารณสุข	ผู้บาดเจ็บ และ เสียชีวิต	ผู้ป่วยเป็น โรคที่เกิด จากน้ำ ท่วม

ตารางที่ 35 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์และประมวลผลการเตรียมความพร้อมในการรับมือในขั้นตอนที่ 6

พื้นที่ ปลอดภัย ในการ อพยพ	แผนการ ป้องกัน และ บรรเทา สาธารณ ภัย	แผนการ ป้องกัน และ บรรเทา สาธารณ ภัยระดับ ชุมชน	แผนการ เตรียม ความพร้อม ของสถาน บริการด้าน สาธารณสุข	การฝึกอบรม การ เตรียมพร้อม รับมือกับภัย พิบัติในระดับ หมู่บ้าน/ ชุมชน	จำนวน อาสาสมัคร	จำนวน เครื่องมือ ในการ กู้ภัย	ยารักษา โรค

ข้อเสนอแนะต่อแนวทางการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วม และข้อควรคำนึงถึงสำหรับการนำไปใช้

วิธีการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วม ได้พัฒนาบนพื้นฐานของแนวทาง กลไกและระบบการจัดการความเสี่ยงจากน้ำท่วมในระดับจังหวัด/อำเภอ/ตำบล ที่ดำเนินการภายใต้แผนป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558 โดยเน้นการรวบรวมและประมวลข้อมูลข่าวสาร (Information) ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงจากน้ำท่วมจากฐานข้อมูลและสารสนเทศกลางที่ได้จัดทำขึ้นโดยหน่วยงานที่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง ดังที่ได้ระบุไว้ในแผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558 เพื่อให้ทุกหน่วยงานนำฐานข้อมูลเดียวกันไปใช้บริหารจัดการลดความเสี่ยงจากสาธารณภัยเพื่อลดความสับสน ข้ำซ้อนและความขัดแย้งของข้อมูล วิธีการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วมนี้ สามารถช่วยลดขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งเจ้าหน้าที่สาธารณสุขระดับปฏิบัติการ อาจไม่มีชำนาญหรือคุ้นเคยกับเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูล รวมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริงในระดับพื้นที่และสามารถบูรณาการเข้ากับกลไกและระบบการจัดการความเสี่ยงจากสาธารณภัยที่มีอยู่ในระดับจังหวัดและอำเภอ

ฐานข้อมูลที่รวบรวมเพื่อใช้ประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วม ส่วนใหญ่เป็นสถิติและข้อมูลตรวจวัดในอดีตและปัจจุบันรวมทั้งข้อมูลที่ต้องดำเนินการเก็บในขณะที่เกิดน้ำท่วม ส่วนข้อมูลคาดการณ์น้ำท่วมในอนาคตนั้น เป็นข้อมูลที่ต้องอาศัยการสร้างแบบจำลองเฉพาะพื้นที่ ซึ่งผลการคาดการณ์ในแง่ขนาด ความรุนแรงและความถี่ของน้ำท่วมนั้น ในปัจจุบันยังมีความถูกต้องและแม่นยำในระดับต่ำ อีกทั้ง การเกิดน้ำท่วม ไม่แปรผันโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากการสะสมของก๊าซเรือนกระจกเสมอไป เนื่องจากปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศ เช่น อุทกวิทยาของลำน้ำและลุ่มน้ำ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเกิดน้ำท่วมเช่นกัน ดังนั้น การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วมบนพื้นฐานของแบบจำลองคาดการณ์ใน

อนาคตนั้น เป็นแนวทางของนักวิจัยที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะ จึงไม่เหมาะสมต่อเจ้าหน้าที่ระดับปฏิบัติการในพื้นที่

สำหรับการประมาณการเสียชีวิตและการบาดเจ็บจากน้ำท่วมที่ได้ทบทวนจากเอกสารงานวิจัย เช่น mortality functions method หรือ flood risk to people method นั้น จำเป็นต้องเก็บข้อมูลลักษณะทางอุทกวิทยาของน้ำท่วม (ความลึกของน้ำ อัตราการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำ ความเร็วของน้ำ และปริมาณตะกอน) ในพื้นที่เพิ่มเติม ซึ่งอาจให้หน่วยงานที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องที่เป็นองค์ประกอบของกองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัด/อำเภอ/ตำบล เป็นผู้เก็บข้อมูล โดยการประเมินจะมีลักษณะค่อนข้าง real time ในขณะที่เกิดน้ำท่วม ทั้งนี้ วิธีการประเมินและการเก็บข้อมูล ยังเป็นลักษณะทางเทคนิคอยู่ค่อนข้างมากซึ่งจำเป็นต้องเสริมสร้างศักยภาพให้กับเจ้าหน้าที่ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยผลการประมาณการเสียชีวิตและการบาดเจ็บ จะช่วยเสริมให้การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วมที่พัฒนาขึ้นหรือวิธีการจัดการน้ำท่วมของหน่วยงานในระดับจังหวัดและอำเภอมีความสมบูรณ์และครอบคลุมมากขึ้น

อภิปรายผลการประเมินความเสี่ยงเทียบกับผลการวิจัย/ผลการประเมินความเสี่ยงจากที่อื่น ๆ

วิธีการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วมนี้ สอดคล้องกับกรอบแนวคิดและวิธีการของ deterministic framework for estimating injury and loss of life in floods ซึ่งเป็นวิธีการประเมินความเสี่ยงแบบผสมผสานระหว่างการประเมินเชิงคุณภาพและการประเมินเชิงปริมาณที่กำหนดโดยสหภาพยุโรป และผลการรวบรวมข้อมูลจะสอดคล้องกับแนวคิดเชิงกลยุทธ์การลดความเสี่ยงสาธารณสุขที่พิจารณาความเสี่ยงจากน้ำท่วม เป็นโอกาสที่สาธารณสุขทำให้เกิดการสูญเสียต่อชีวิต ร่างกาย ทรัพย์สิน ความเป็นอยู่ และภาคบริการต่าง ๆ ในชุมชนใดชุมชนหนึ่ง ณ ห้วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ซึ่งมีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยง ได้แก่ ภัย การสัมผัส ความเปราะบาง และศักยภาพ

การจัดการความเสี่ยง (กรอบแนวคิดการจัดการความเสี่ยงและกลไก)

แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558 เป็นกรอบการดำเนินงานการจัดการความเสี่ยงจากน้ำท่วมของประเทศไทยในปัจจุบัน ซึ่งนำแนวคิดการพัฒนาระบบการป้องกัน การเตรียมความพร้อมและการสร้างภูมิคุ้มกัน มาประยุกต์ใช้ พร้อมทั้งเสริมสร้างความเข้มแข็งระดับชุมชนในการเฝ้าระวังและรับมือกับน้ำท่วม ตลอดจนนำแนวคิดการลดความเสี่ยงจากสาธารณสุขเพื่อป้องกันภัยตามหลักสากล คือ “รู้รับ - ปรับตัว - พื้นเร็วทั่ว - อย่างยั่งยืน” (Resilience) โดยเน้นความตระหนักในการลดความเสี่ยงตั้งแต่ก่อนเกิดภัย ขณะเกิดภัย และหลังเกิดภัย ผ่านการดำเนินงานเชิงบูรณาการของหน่วยงานต่าง ๆ ในส่วนกลาง ภูมิภาคและท้องถิ่น เพื่อสอดคล้องกับกรอบการดำเนินงานเช่นใดเพื่อการลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติ พ.ศ. 2558–2573 (Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030) โดยกลไกการจัดการความเสี่ยงจากน้ำท่วมและสาธารณสุข ประกอบด้วย ระดับนโยบาย ได้แก่ คณะกรรมการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ (กปภ.ช.) และคณะกรรมการป้องกันอุบัติภัยแห่งชาติ (กปอ.) ซึ่งมีหน้าที่กำหนดและเสนอนโยบายเกี่ยวกับการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยของประเทศ เสนอแนะแนวทางปฏิบัติ และบูรณาการพัฒนาระบบการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยระหว่างหน่วยงานของรัฐและหน่วยงานภาคเอกชนให้มีประสิทธิภาพ และระดับปฏิบัติ ได้แก่ กองบัญชาการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ (บกปภ.ช.) กองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยกลาง (กอบป.ก.) กองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัด (กอบป.จ.) กอง

อำนาจการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยกรุงเทพมหานคร (กอบก.กทม.) กองอำนาจการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยอำเภอ (กอบก.อ.) กองอำนาจการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยเมืองพัทยา (กอบก.เมืองพัทยา) กองอำนาจการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยเทศบาล (กอบก.ทน./ทม./ทต.) และกองอำนาจการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยองค์การบริหารส่วนตำบล (กอบก.อบต.)

นอกจากนี้ การพัฒนาคลังข้อมูลสาธารณสุขแห่งชาติ เป็นแนวทางปฏิบัติที่สำคัญในการเตรียมความพร้อมช่วงก่อนเกิดภัยซึ่งเป็นกลยุทธ์หนึ่งที่สำคัญในการพัฒนามาตรการการลดความเสี่ยงจากสาธารณสุข โดยเป็นการจัดทำระบบมาตรฐานกลางด้านฐานข้อมูลและสารสนเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลด้านสาธารณสุขเพื่อให้ทุกหน่วยงานสามารถนำระบบมาตรฐานกลางฐานข้อมูลไปดำเนินการ จัดทำ พัฒนา ปรับปรุงระบบฐานข้อมูลของแต่ละหน่วยงานให้เป็นไปตามมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งสามารถเชื่อมโยงและแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างหน่วยงานได้ โดยให้กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เป็นหน่วยงานหลักตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 17 พฤศจิกายน 2552 ดำเนินการพัฒนาคลังข้อมูลสาธารณสุขแห่งชาติ ดังนี้

- 1) การเชื่อมโยงข้อมูลเข้าสู่ระบบคลังข้อมูลสาธารณสุขแห่งชาติเข้ากับฐานข้อมูลของส่วนราชการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น ฐานข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ฐานข้อมูลการรายงานเหตุด่วนสาธารณสุข ฐานข้อมูลทรัพยากร เครื่องจักรกล อุปกรณ์เครื่องมือกู้ภัย ฐานข้อมูลการฝึก ฐานข้อมูลคลังทรัพยากรด้านสาธารณสุข เป็นต้น โดยเชื่อมโยงฐานข้อมูลเข้าสู่คลังข้อมูลสาธารณสุขแห่งชาติ ต้องให้มีเสถียรภาพ ครอบคลุม ครบถ้วน และสามารถเชื่อมโยงให้แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง ส่วนราชการ หน่วยงานและองค์การสาธารณสุขที่เกี่ยวข้องด้านสาธารณสุขทั้งในและต่างประเทศ

- 2) การจัดทำระบบการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลจากคลังข้อมูลสาธารณสุขแห่งชาติ

- 3) การพัฒนาระบบข้อมูล เพื่อไปสู่ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision support system : DSS) ของผู้บัญชาการเหตุการณ์แต่ละระดับที่เชื่อมโยงข้อมูลกับคลังข้อมูลสาธารณสุขแห่งชาติ

- 4) การจัดทำระบบการนำเสนอข้อมูลสาธารณสุขให้กับประชาชนทั่วไปเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับความรู้ด้านการศึกษาและการรวบรวมสถิติ เช่น ข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย พื้นที่ประสบภัยสถิติการเกิดภัย ทรัพยากรพิเศษ ผู้เชี่ยวชาญ การให้ความช่วยเหลือ มูลค่าความเสียหาย และการฟื้นฟู เป็นต้น

แนวทางปฏิบัติของกระทรวงสาธารณสุขในการจัดการความเสี่ยง

บทบาท หน้าที่และแนวทางปฏิบัติของกระทรวงสาธารณสุขในการจัดการความเสี่ยงจากน้ำท่วมและสาธารณสุขร่วมกันกับหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ตามที่ได้ระบุแผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558 ประกอบด้วย

- จัดเตรียมความพร้อมสถานพยาบาลทุกระดับในการรับมือกับน้ำท่วมและสาธารณสุข รวมถึงพัฒนาบุคลากรสาธารณสุขและอาสาสมัครให้มีความรู้และทักษะ พร้อมทั้งจะปฏิบัติงานเมื่อเกิดน้ำท่วมและสาธารณสุข และป้องกันตนเองจากภัยที่เกิดขึ้นขณะปฏิบัติงาน

- จัดหาและจัดเตรียมสำรองทรัพยากรทางการแพทย์และสาธารณสุข รวมถึงการพัฒนาทีมปฏิบัติการฉุกเฉินทางการแพทย์ในภาวะฉุกเฉินในระดับต่าง ๆ ที่พร้อมปฏิบัติการช่วยเหลือผู้ประสบภัยอย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถใช้ประโยชน์ได้ทันทีเมื่อเกิดสาธารณสุข ได้แก่ ทีม Mini MERT ระดับอำเภอ ทีม MERT (Medical emergency response team) ระดับจังหวัด ทีมเฝ้าระวังสอบสวนโรคเคลื่อนที่เร็ว (SRRT) เป็นต้น

- จัดให้มีและพัฒนาระบบสื่อสารเพื่อการประสานงานและสั่งการภายในและภายนอกกระทรวงสาธารณสุข รวมถึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและภาคเอกชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- พัฒนาระบบฐานข้อมูลผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์และสาธารณสุข รวมทั้งเครื่องมือทางการแพทย์และเวชภัณฑ์ของภาครัฐและเอกชน
- เป็นหน่วยงานหลักด้านการแพทย์และสาธารณสุขรับผิดชอบในการตอบสนองต่อน้ำท่วมและสาธารณภัย โดยประสานและจัดการให้มีผู้บัญชาการเหตุการณ์ด้านการแพทย์และสาธารณสุข (Public health & medical incidence commander) รวมทั้งจัดให้มีศูนย์ปฏิบัติการด้านการแพทย์และสาธารณสุขในระดับต่าง ๆ (Public health emergency operation center: PHEOC)
- ประสานและสั่งการหน่วยงานสังกัดและหน่วยงานในกำกับของกระทรวงสาธารณสุข ได้แก่ สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ (สพฉ.) สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (สปสช.) องค์การเภสัชกรรม (GPO) เป็นต้น พร้อมทั้งประสานความร่วมมือหน่วยงาน เครือข่าย ภาคส่วนต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน เช่น โรงพยาบาลในสังกัดมหาวิทยาลัย โรงพยาบาลในสังกัดกระทรวงกลาโหม กระทรวงมหาดไทย โรงพยาบาลเอกชน มูลนิธิ อาสาสมัครต่าง ๆ เป็นต้น
- ประสานการระดมสรรพกำลังและทรัพยากรด้านการแพทย์และสาธารณสุขแบบบูรณาการจากทุกภาคส่วน
- จัดให้มีการรักษาพยาบาลฉุกเฉิน (Emergency care system) ครอบคลุมการแพทย์ฉุกเฉินก่อนถึงโรงพยาบาล (Emergency medical services : EMS) การรักษาพยาบาลฉุกเฉินที่โรงพยาบาล (Emergency care in hospital) การส่งต่อ (Interhospital care) และจัดระบบเครือข่ายบริการด้านการแพทย์และสาธารณสุขสนับสนุนการปฏิบัติงานทั่วประเทศ
- จัดให้มีระบบฐานข้อมูลและความเสียหายทางด้านการแพทย์และสาธารณสุขและการรายงานผลอย่างถูกต้องและรวดเร็ว
- กำกับให้มีการคงสภาพและประคับประคองระบบบริการ ด้านการแพทย์และสาธารณสุข ครอบคลุมทุกมิติ ได้แก่ มิติด้านการดูแลสุขภาพจิตใจ การอนามัยแม่และเด็ก การป้องกันและควบคุมโรค การรักษาพยาบาล การเฝ้าระวังโรคติดต่อ ตลอดจนการเข้าถึงบริการด้านการแพทย์และสาธารณสุขของผู้ประสบภัยได้อย่างทั่วถึงในทุกพื้นที่ของประเทศ
- พัฒนาระบบการบริการด้านการแพทย์และสาธารณสุข รวมถึงฟื้นฟูสภาพจิตใจสังคม และวิถีชีวิตของผู้ประสบภัย และผู้เกี่ยวข้องให้กลับคืนสู่ภาวะปกติโดยเร็ว
- จัดให้ความรู้แก่ประชาชนและชุมชนในด้านการป้องกัน การรักษาพยาบาลเบื้องต้น การสุขาภิบาล และอนามัยสิ่งแวดล้อมเพื่อให้สามารถช่วยตนเองและผู้อื่นได้
- พัฒนาให้มีระบบการพยากรณ์โรค (Prognosis) และการแจ้งเตือนภัย (Warning system) พร้อมทั้ง มีการกระจายข้อมูลข่าวสารระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
- พัฒนานิวิชาการและองค์ความรู้ด้านเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรค และเผยแพร่ให้ภาคีเครือข่ายที่เกี่ยวข้องใช้เป็นแนวปฏิบัติ

สรุปท้ายบทและข้อเสนอแนะ

ควรนำวิธีการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากน้ำท่วม ไปทดลองใช้ในพื้นที่ รวมทั้งรับฟังข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากเจ้าหน้าที่สาธารณสุขระดับปฏิบัติ เพื่อนำมาปรับแก้ให้วิธีการประเมินมีความสมบูรณ์และครอบคลุมมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Ahern M, et al. 2005. Global health impacts of floods: Epidemiologic evidence. *Epidemiologic Reviews* 27:36–46.
- Di Mauro M, De Bruijn KM, Meloni M. 2012. Quantitative methods for estimating flood fatalities: Towards the introduction of loss-of-life estimation in the assessment of flood risk. *Natural Hazards* 63:1083–1113.
- Jonkman SN, Vrijling JK, Vrouwenvelder CWM. 2008. Methods for the estimation of loss of life due to floods: A literature review and a proposal for a new method. *Natural Hazards* 46:353–389.
- Jonkman SN, Vrijling JK. 2008. Loss of life due to floods. *Journal of Flood Risk Management* 1:43–56.
- Penning-Rowsell E, et al. 2005. Estimating injury and loss of life in floods: A deterministic framework. *Natural Hazards* 36:43–64.
- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. 2559. ระบบบัญชาการเหตุการณ์กับการจัดการในภาวะฉุกเฉินของประเทศไทย. 160 หน้า
- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. คู่มือการใช้งานศูนย์ปฏิบัติการข้อมูลสาธารณภัยด้านน้ำ. 72 หน้า.
- คณะกรรมการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ. 2558. แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558. 137 หน้า.