

# สภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศ และการเปลี่ยนแปลงในประเทศไทย

สภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศ เป็นเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษาวิจัย พบว่า สภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศบางเหตุการณ์ โดยเฉพาะคลื่นความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นภายใต้ภาวะโลกร้อน สำหรับประเทศไทยสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยเช่นกัน โดยสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิจึงมีการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกับแนวโน้มการร้อนของประเทศไทย ในขณะที่สภาวะความรุนแรงของฝน มีความถี่ของเหตุการณ์ฝนตกลดลงในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทย แต่ความแรงของฝนและความชื้น รวมถึงปริมาณฝนจากเหตุการณ์ฝนตกหนักกลับเพิ่มขึ้น ผลการศึกษายังบ่งชี้ถึง ปี 2011 เมื่อเกิดน้ำท่วมครั้งใหญ่ในลุ่มน้ำเจ้าพระยา เป็นปีที่ประเทศไทยมีสภาวะความรุนแรงของฝนสูงที่สุดในรอบ 57 ปี

ความท้าทายประการหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ คือ การเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศ<sup>[1-3]</sup> หลักฐานจากข้อมูลตรวจวัด ชี้ให้เห็นถึงสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศ กำลังเปลี่ยนแปลงไปในหลายภูมิภาคของโลก<sup>[2,4]</sup> และส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม<sup>[2,5]</sup> ในรอบสิบปีแรกของศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิของโลกสูงที่สุดตั้งแต่ปี ค.ศ. 1850 เป็นต้นมา จัดเป็นช่วงเวลาที่มีสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศที่มีระดับความรุนแรง เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งรวมถึงคลื่นความร้อนในทวีปยุโรปและประเทศรัสเซียตะวันตก น้ำท่วมครั้งใหญ่ในทวีปยุโรปตอนกลางและประเทศปากีสถาน และพายุ Hurricane Katrina และพายุไซโคลน Nagis ถล่มประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศพม่า<sup>[1]</sup> ผลการศึกษา ยังระบุว่า การเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศบางประเภท เช่น คลื่นความร้อนและเหตุการณ์ฝนตกหนัก มีผลมาจากกิจกรรมมนุษย์ รวมถึงการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ<sup>[1,3]</sup>

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีความเสี่ยงต่อสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศ เนื่องจากการดำรงชีวิตของประชาชนส่วนใหญ่ ยังต้องพึ่งพาฐานทรัพยากรและผลผลิตที่มีความเปราะบางสูงต่อภูมิอากาศ<sup>[6]</sup> ข้อมูลสถิติภัยแล้งและอุทกภัย แสดงให้เห็นว่า ความเสียหายจากภัยพิบัติทางภูมิอากาศ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1989 มีมูลค่ามากกว่า 1.6 ล้านล้านบาท โดยมหาอุทกภัยที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำเจ้าพระยาในปี ค.ศ. 2011 สร้างความเสียหายสูงถึง 1.44 ล้านล้านบาท<sup>[7]</sup>

สืบเนื่องจากสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศ มีศักยภาพในการสร้างผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น การประเมินการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศในระดับประเทศและระดับท้องถิ่น นับมีความจำเป็นอย่างมากต่อการสนับสนุนการดำเนินงานการปรับตัวของภาคส่วนต่าง ๆ ต่อสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศ บทความฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมวลผลการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาในบริบทและมิติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศ และการเปลี่ยนแปลงในประเทศไทย

## นิยามของสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศ

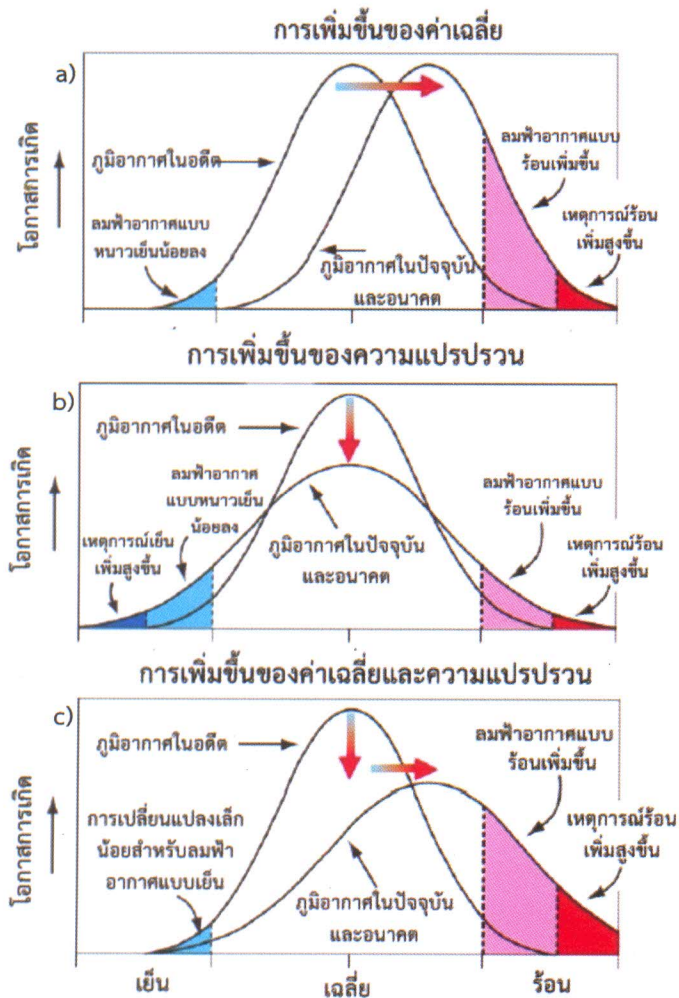
สภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศ คือ เหตุการณ์ทางภูมิอากาศ รวมถึงลมฟ้าอากาศ ณ พื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งและเวลาใดเวลาหนึ่งในรอบปี ที่เกิดขึ้นในระดับที่รุนแรงแต่มีความถี่การเกิดไม่บ่อยครั้งนัก<sup>[2,3]</sup> งานวิจัยบางส่วนคงความหมายสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศไว้เฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับอุตุนิยมวิทยา<sup>[8]</sup> ในขณะที่งานวิจัยอื่นๆ ได้รวมผลกระทบสืบเนื่องทางกายภาพอื่นๆ เช่น อุทกภัย ซึ่งอาจมีปัจจัยอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับภูมิอากาศเป็นสาเหตุร่วม<sup>[9]</sup> ตัวอย่างของสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศที่รู้จักและคุ้นเคยกันโดยทั่วไป ได้แก่ ภาวะความแห้งแล้ง น้ำท่วมและพายุไซนร้อน ตามทฤษฎีทางสถิติแล้ว สภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศ เป็นเหตุการณ์

ที่มักปรากฏอยู่บริเวณปลายด้านใดด้านหนึ่ง หรือทั้งสองด้านของการแจกแจงความถี่ของตัวแปรภูมิอากาศ (รูปที่ 1) ซึ่งความถี่และความรุนแรงของการเกิดมักแปรผันเชิงยกกำลังกับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (mean state)

## สภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศภายใต้บริบทการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

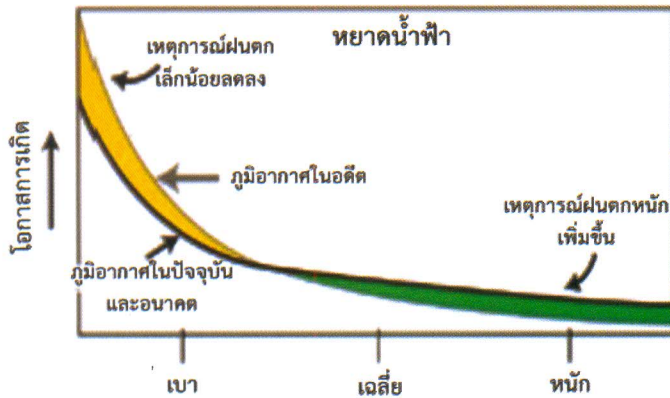
ในสภาวะปกติแล้วความแปรปรวนของสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยหรือลักษณะการแจกแจงในแง่ของความแปรปรวน อย่างใดอย่างหนึ่งหรือสองปัจจัยรวมกัน การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางภูมิอากาศที่กำหนดความรุนแรงและความถี่ของเหตุการณ์สภาวะความรุนแรง มักเชื่อมโยงกับกระบวนการตามธรรมชาติของระบบภูมิอากาศโลก ที่เกิดจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างมหาสมุทร บรรยากาศและพื้นดิน<sup>[10,11]</sup> ทั้งนี้ การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศจากกิจกรรมมนุษย์หลังจากยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม ได้กลายเป็นปัจจัยเสริมที่ส่งผลให้สภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศมีแนวโน้มทวีความรุนแรงและความถี่เกิดเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีความแปรปรวนสูงทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา<sup>[2,3]</sup>

เมื่อพิจารณาจากการแจกแจงความถี่ทางสถิติแล้ว กรณีที่ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิมีการขยับตัวสูงขึ้น ภายใต้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกจะส่งผลให้รูปแบบการแจกแจงความถี่ของอุณหภูมิขยับเลื่อนไปทางด้านขวาเมื่อเปรียบเทียบกับเหตุการณ์ในอดีต ทำให้ความรุนแรงและความถี่ของเหตุการณ์สภาวะรุนแรงของอุณหภูมิปลายด้านขวาของการแจกแจงเพิ่มขึ้น<sup>[2,3]</sup> เช่น จำนวนวันและคืนที่ร้อน ในทางตรงกันข้ามความรุนแรงและความถี่ของสภาวะรุนแรงของอุณหภูมิปลายด้านซ้ายของการแจกแจงกลับลดลง เช่น จำนวนวันและคืนที่อบอุ่น (รูปที่ 1) สำหรับการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของฝนภายใต้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก มีลักษณะและรูปแบบที่ค่อนข้างซับซ้อนกว่าสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิ<sup>[2,3]</sup> ส่วนหนึ่งเกิดจากการแจกแจงที่แตกต่างกันของทั้งสองตัวแปร กล่าวคือ อุณหภูมิ มีการแจกแจงแบบปกติ ในขณะที่ ฝน มีการแจกแจงแบบเบ้บวก ซึ่งทำให้สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงในแง่ความรุนแรงและความถี่ เมื่อค่าเฉลี่ยมีการเปลี่ยนแปลง มีลักษณะที่แตกต่างกันอย่างใดก็ตาม การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก ส่งผลให้สภาวะความรุนแรงของฝนเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ความถี่



รูปที่ 1 การแจกแจงความถี่ของอุณหภูมิและตำแหน่งของเหตุการณ์สภาวะความรุนแรงซึ่งมักปรากฏอยู่บริเวณปลายของการแจกแจง และการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิ a) ในกรณีที่ค่าเฉลี่ยของการแจกแจงความถี่ของอุณหภูมิเพิ่มขึ้น b) ในกรณีที่ค่าความแปรปรวนของการแจกแจงความถี่ของอุณหภูมิเพิ่มขึ้น และ c) ในกรณีที่ทั้งค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของการแจกแจงความถี่ของอุณหภูมิเพิ่มขึ้น (ที่มาของข้อมูล: IPCC, 2013)

และความรุนแรงของเหตุการณ์ฝนหนัก หรือเหตุการณ์สภาวะความรุนแรงบริเวณปลายด้านขวาของการแจกแจงเพิ่มขึ้น (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 การแจกแจงความถี่ของอุณหภูมิต่ำและตำแหน่งของเหตุการณ์สภาวะความรุนแรงซึ่งมักปรากฏอยู่บริเวณปลายของการแจกแจง และการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของฝนในกรณีที่การแจกแจงความถี่ของฝนเปลี่ยนแปลงภายใต้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก

### วิธีวิเคราะห์สภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศ

การวิเคราะห์สภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศด้วยดัชนี เป็นวิธีที่นิยมใช้เพื่ออธิบายแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศ เนื่องจากเป็นวิธีที่มีความซับซ้อนและยุ่งยากน้อยกว่าเทคนิคอื่น ๆ<sup>[4,12,13]</sup> อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดประการหนึ่งของการใช้ดัชนีทางสถิติ คือ ต้องอาศัยฐานข้อมูลที่มีคุณภาพและความถี่สูง เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นทางสถิติต่อผลการวิเคราะห์<sup>[4,12]</sup> ปัจจุบัน ดัชนีสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศ ได้ถูกพัฒนาให้เป็นมาตรฐานโดย Joint Commission for Climatology (CCI)/Climate Variability and Predictability (CLIVAR) project's Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices (ETCCDI) ภายใต้โครงการความร่วมมือระหว่างประเทศที่ประสานงานโดย World Meteorological Organization (WMO)/World Climate Research Program (WCRP)<sup>[12]</sup> ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศ ให้ง่ายต่อการสื่อสารให้กับผู้กำหนดนโยบาย สามารถเข้าใจและนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้แบบจำลองทางสถิติ เช่น Generalized Extreme Value (GEV) ได้นำมาประยุกต์ใช้สำหรับการวิเคราะห์สภาวะความรุนแรง

ของภูมิอากาศในทางทฤษฎีความน่าจะเป็นแล้ว GEV เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่องที่พัฒนาจากทฤษฎีค่าสุดขีด (Extreme value theory) โดยมีคุณสมบัติที่สามารถใช้จำลองประมาณค่าสูงสุดที่แสดงถึงเหตุการณ์สภาวะความรุนแรงได้เป็นอย่างดี<sup>[14]</sup>

### การเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศในประเทศไทย

#### 1. การเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิ

1.1 จำนวนคืน/วันที่หนาวและอบอุ่น (Cold and warm nights/days) เป็นดัชนีที่บ่งบอกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นควบคู่กับการขยับตัวร้อนขึ้นของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ผลการวิเคราะห์ของ Limjirakan and Limsakul (2012) พบว่า 83.1% ถึง 90.8% ของสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศผิวพื้นทั้งหมดของกรมอุตุนิยมวิทยา แสดงแนวโน้มการลดลงและเพิ่มขึ้นของดัชนีจำนวนคืน/วันที่หนาวและอบอุ่นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในภาพรวมของประเทศไทยแล้ว พบว่า จำนวนคืน/วันที่หนาวในประเทศไทย ลดลง 12 และ 8 วันในรอบ 40 ปี ในทางกลับกัน จำนวนคืน/วันที่อบอุ่น เพิ่มขึ้น 14.4 และ 13.6 วันในรอบ 40 ปี

1.2 ช่วงระยะเวลาที่หนาวและอบอุ่น (Cold/warm spell duration) ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีที่บ่งบอกถึงช่วงระยะเวลาที่หนาวและอบอุ่น แสดงถึงช่วงระยะเวลาที่หนาวในประเทศไทยมีจำนวนวันลดสั้นลงอย่างชัดเจนทั่วทุกภาค ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและการลดลงของคืน/วันที่หนาว<sup>[19]</sup> เมื่อพิจารณาสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงแล้ว พบว่า 61.5% ของสถานีทั้งหมด แสดงการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางตรงกันข้าม ช่วงระยะเวลาที่อบอุ่นในประเทศไทย มีระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและจำนวนคืน/วันที่อบอุ่นเช่นกัน<sup>[19]</sup> ทั้งนี้ 78.5% ของสถานีทั้งหมด แสดงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาในภาพรวมของประเทศไทย พบว่า ช่วงระยะเวลาที่หนาว มีค่าลดลง 6.8 วันในรอบ 40 ปี ส่วนช่วงระยะเวลาที่อบอุ่น มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าสองเท่า กล่าวคือ 19.6 วันในรอบ 40 ปี

1.3 จำนวนวันที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 °C (Summer day; SU35) และจำนวนคืนที่อุณหภูมิสูงกว่า 25 °C (Tropical night; TR25) ทั้ง SU35 และ TR25 เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงความเสี่ยงทางสุขภาพต่อสภาวะความเครียดจากความร้อน ผลการวิเคราะห์พบว่า จำนวนวันที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 และ 25 องศาเซลเซียสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในหลายสถานีในบริเวณพื้นที่ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือบางส่วน เมื่อพิจารณาในภาพรวมของประเทศแล้ว จำนวนวันที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส ในประเทศไทย มีการขยับตัวสูงขึ้น 21.6 วันในรอบ 40 ปี ส่วนจำนวนคืนที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส มีจำนวนวันเพิ่มขึ้นมากกว่าสองเท่าของจำนวนวันที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส หรือ 45.6 วันในรอบ 40 ปี การเพิ่มขึ้นดังกล่าว แสดงให้เห็นถึงโอกาสเสี่ยงของประชาชน ในการสัมผัสกับอุณหภูมิที่สูงขึ้นและยาวนานขึ้นทั้งกลางวันและกลางคืน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย หากระยะเวลาที่อุณหภูมิสูงกว่าปกติดังกล่าวเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ควบคู่กับการเพิ่มขึ้นของความชื้นในอากาศ ความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน จะเพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณ<sup>[21]</sup>

## 2. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของฝน

2.1 ดัชนีความเข้มของฝนรายวันอย่างง่าย (Simple daily intensity index; SDII) ความเข้มของฝนรายวัน เป็นดัชนีสภาวะความรุนแรงของฝนอย่างง่ายที่คำนวณจากปริมาณฝนรวมรายปีและจำนวนวันฝนตก ดังนั้น ดัชนีความเข้มของฝนจึงขึ้นอยู่กับเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนรวมรายปีหรือจำนวนวันฝนตกหรือทั้งสองปัจจัยรวมกัน ผลการวิเคราะห์ดัชนีความเข้มของฝนรายวันอย่างง่าย พบว่า ความเข้มของฝนส่วนใหญ่ (92.7%) ในประเทศไทย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยสถานีที่ดัชนีความเข้มของฝนรายวันอย่างง่าย เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ คิดเป็น 46.3% หรือ 19 สถานี ในอัตราระหว่าง 0.28 ถึง 0.67 mm day<sup>-1</sup> ต่อทศวรรษ การเพิ่มขึ้นที่สอดคล้องกันเป็นบริเวณกว้างของความเข้มของฝน สะท้อนให้เห็นถึงการลดลงของจำนวนวันฝนตกรวมรายปีมากกว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝนสะสมรายปี<sup>[20]</sup> ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในแต่ละภาคพบว่า ความเข้มของฝนมีการเพิ่มขึ้นทั่วทุกภาค ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงของความเข้มของฝนในภาพรวมของประเทศไทย

มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในอัตรา 1.16 mm day<sup>-1</sup> ในรอบ 57 ปี เมื่อพิจารณาดัชนีความเข้มของฝน ร่วมกับจำนวนวันฝนตกรวมรายปีและปริมาณฝนตกสะสมรายปี พบว่า ความถี่ของเหตุการณ์ฝนในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยลดลง แต่ความเข้มของฝนกลับเพิ่มขึ้น<sup>[20]</sup> ซึ่งลักษณะการเปลี่ยนแปลงนี้ สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของความเข้มของฝนในหลายพื้นที่ของโลก<sup>[22,23]</sup>

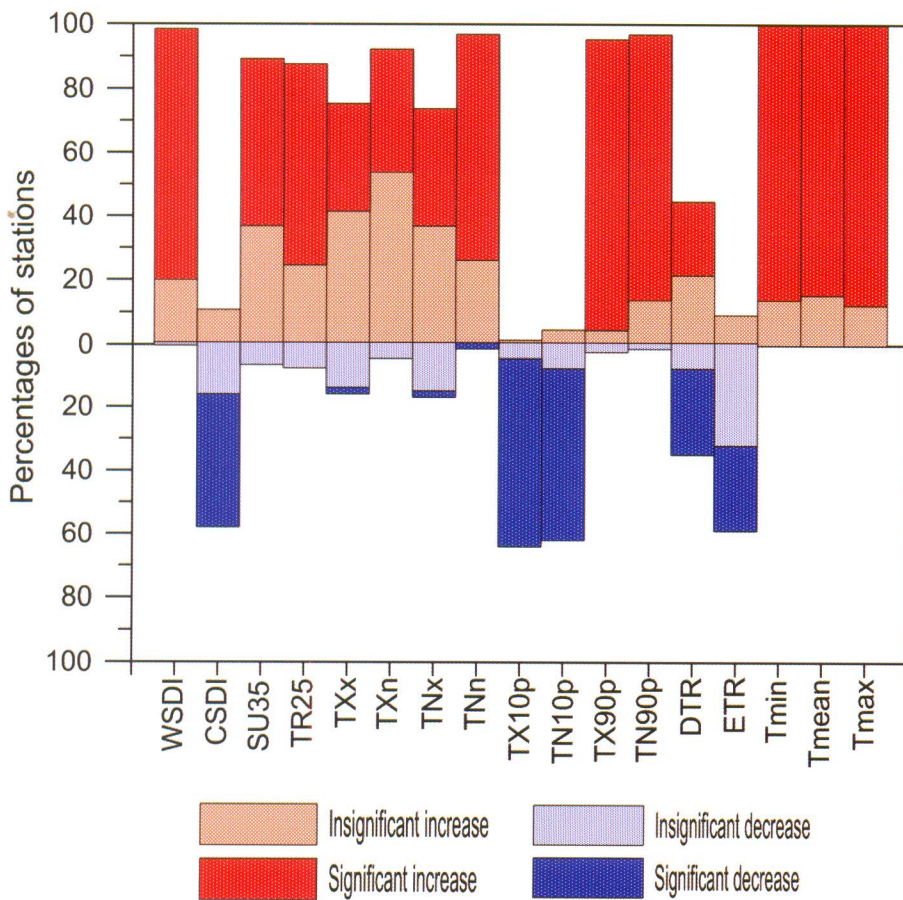
2.2 ดัชนีปริมาณฝนจากเหตุการณ์ฝนหนัก (Very wet day; R95p) คือ ปริมาณฝนรวมจากเหตุการณ์ฝนหนักหรือเหตุการณ์บริเวณปลายด้านบนของการแจกแจงข้อมูล สำหรับประเทศไทย ผลการวิเคราะห์ในช่วงระหว่าง ปี ค.ศ. 1955-2011 พบว่า ดัชนีปริมาณฝนจากเหตุการณ์ฝนหนัก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลายพื้นที่เช่นเดียวกับกับดัชนีความเข้มของฝนรายวันอย่างง่าย โดยสถานีที่ดัชนีปริมาณฝนจากเหตุการณ์ฝนหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในอัตราระหว่าง 21.0 ถึง 116.8 มิลลิเมตรต่อทศวรรษ คิดเป็น 31.7% สถานีที่ดัชนี R95p เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ตั้งอยู่ทุกภาคของประเทศไทย เป็นที่น่าสังเกตว่า ดัชนี R95p ในกรุงเทพมหานคร มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกับกับดัชนีความเข้มของฝนรายวันอย่างง่าย เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของดัชนี R95p ในภาพรวมของประเทศไทย ในช่วงระหว่าง ปี ค.ศ. 1955-2011 พบว่า มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในอัตรา 62.7 มิลลิเมตรในรอบ 57 ปี<sup>[22]</sup>

2.3 ดัชนีจำนวนวันที่ฝนตกอย่างต่อเนื่อง (Consecutive wet day; CWD) และดัชนีจำนวนวันที่ฝนไม่ตกอย่างต่อเนื่อง (Consecutive dry day; CDD) ทั้งสองดัชนี เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงช่วงระยะเวลาที่ยาวนานที่สุดในรอบปีที่ฝนตกอย่างต่อเนื่อง และฝนไม่ตกอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมักใช้ประเมินระยะเวลาที่ฝนตกชุกในช่วงฤดูฝนและสภาวะความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นในรอบปี<sup>[22]</sup> สำหรับประเทศไทย ผลการวิเคราะห์ดัชนี CWD จำนวน 41 สถานี พบว่า จำนวนวันที่ฝนตกอย่างต่อเนื่อง มีแนวโน้มลดลงอย่างเด่นชัดและมีรูปแบบที่สอดคล้องในพื้นที่กว้าง โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ได้แสดงถึงจำนวนวันที่ฝนตกอย่างต่อเนื่องมีระยะเวลาสั้นลง เช่นเดียวกับกับจำนวนวันฝนตกรวมรายปี ดัชนี CWD ส่วนใหญ่แสดงแนวโน้มลดลงเมื่อเฉลี่ยทุกสถานีรวมกันแล้วสำหรับระยะเวลา 57 ปี (1955-2011) ดัชนี CWD ในภาพรวมของประเทศไทย ลดลง

อย่างมีนัยสำคัญในอัตรา 1.5 วันในรอบ 57 ปี สำหรับดัชนี CDD เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในภาพรวมของประเทศไทย พบว่า การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราที่ไม่มีความสำคัญทางสถิติ

2.4 ดัชนีปริมาณฝนสูงสุดในรอบหนึ่งวัน (Maximum 1-day precipitation; RX1day) และดัชนีจำนวนวันฝนตกหนัก (Heavy precipitation day; R20) ดัชนีปริมาณฝนสูงสุดในรอบหนึ่งวัน (RX1day) ในประเทศไทย ซึ่งเป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงเหตุการณ์พายุหรือฝนตกหนัก มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ อย่างไรก็ตามสถานีที่มีแนวโน้ม

เพิ่มขึ้นมีสัดส่วนมากกว่าสถานีที่มีแนวโน้มลดลง (68.3%) ด้วยเหตุนี้ ส่งผลให้ดัชนี RX1day ในภาพรวมของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิเคราะห์แนวโน้มความถี่ของฝนตกหนัก พบว่าดัชนี R20 ในบริเวณภาคกลาง ภาคตะวันออกและภาคใต้ของประเทศไทยมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน ในขณะที่สถานีที่กรุงเทพมหานครและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในภาพรวมของประเทศไทยไม่พบว่า การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของดัชนี R20 อย่างมีนัยสำคัญ



WSDI=ดัชนีช่วงระยะเวลาที่อบอุ่น  
CSDI=ดัชนีช่วงระยะเวลาที่หนาว  
SU35=ดัชนีจำนวนวันที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 °C  
TR25=ดัชนีจำนวนคืนที่อุณหภูมิสูงกว่า 25 °C  
TXx=ดัชนีค่าสูงสุดของอุณหภูมิสูงสุด  
TXn=ดัชนีค่าต่ำสุดของอุณหภูมิสูงสุด  
TNx=ดัชนีค่าสูงสุดของอุณหภูมิต่ำสุด  
TNn=ดัชนีค่าต่ำสุดของอุณหภูมิต่ำสุด  
TX10p=ดัชนีจำนวนวันที่หนาว  
TN10p=ดัชนีจำนวนคืนที่หนาว  
TX90p=ดัชนีจำนวนวันที่อบอุ่น  
TN90p=ดัชนีจำนวนคืนที่อบอุ่น  
DTR=ดัชนีช่วงของอุณหภูมิรอบวัน  
ETR=ดัชนีช่วงของอุณหภูมิรอบปี  
Tmin=ดัชนีอุณหภูมิต่ำสุดรายปี  
Tmean=ดัชนีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี  
Tmax=ดัชนีอุณหภูมิสูงสุดรายปี

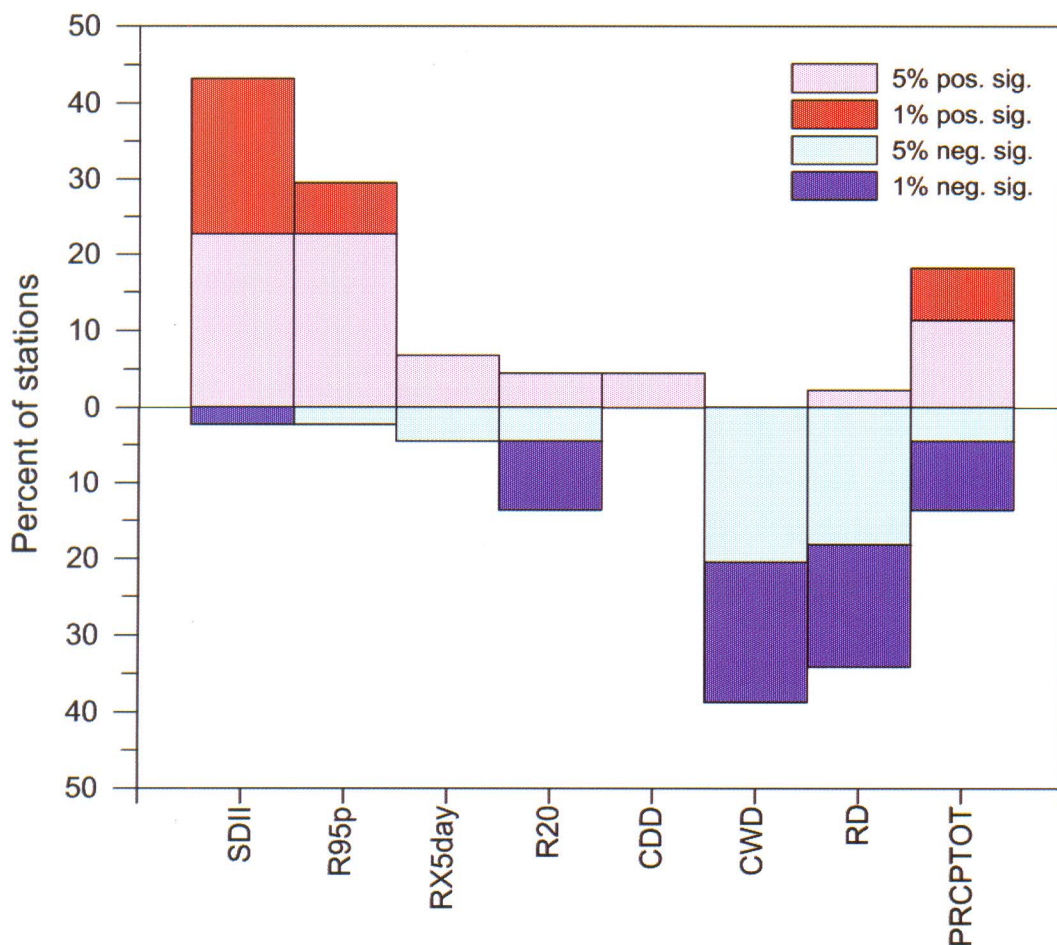
รูปที่ 3 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนสถานีที่แสดงสัดส่วนแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิในประเทศไทย โดยจำนวนสถานีทั้งหมดที่ใช้คำนวณ คือ 65 สถานีในช่วง ปี ค.ศ. 1970-2009

### สรุปและวิจารณ์ผล

การปรากฏขึ้นของสภาวะความรุนแรงภูมิอากาศ มักนำไปสู่คำถามที่ว่า ความถี่หรือความรุนแรงของเหตุการณ์ดังกล่าว มีการเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ และอิทธิพลของมนุษย์ที่กำลังส่งผลต่อระบบภูมิอากาศ จะมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศในอนาคตอย่างไร การศึกษาวิจัยเพื่อตอบคำถามข้างต้น ได้รับความสนใจเป็นพิเศษและเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงที่ผ่านมา การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศทั้งที่เกิดจากกระบวนการตามธรรมชาติของระบบภูมิอากาศหรือจากกิจกรรมของมนุษย์ ต่างสามารถส่งผลต่อโอกาสการเกิดและความรุนแรงของเหตุการณ์สภาวะความรุนแรงภูมิอากาศ ทั้งนี้ สภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศหลายเหตุการณ์ เป็นผลมาจากความแปรปรวนตามธรรมชาติของภูมิอากาศ รวมถึงปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางภูมิอากาศ เช่น ปรากฏการณ์ เอลนีโญ นอกจากนี้ ภาวะก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ซึ่งส่งผลต่ออุณหภูมิที่กำลังเพิ่มขึ้น ได้กลายเป็นปัจจัย

เสริมที่สำคัญที่ส่งผลต่อความถี่ ความรุนแรง ระยะเวลาและช่วงเวลาการเกิดของสภาวะความรุนแรงภูมิอากาศในปัจจุบันและอนาคต

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศในประเทศไทย ได้แสดงถึงสภาวะความรุนแรงภูมิอากาศหลายเหตุการณ์ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในรอบ 40-50 ปีที่ผ่านมา แนวโน้มการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิในประเทศไทย ประกอบด้วย ดัชนีช่วงระยะเวลาที่อบอุ่น ดัชนีจำนวนวันที่อุณหภูมิสูงกว่า  $35^{\circ}\text{C}$  ดัชนีจำนวนคืนที่อุณหภูมิสูงกว่า  $25^{\circ}\text{C}$  ดัชนีค่าสูงสุดรายเดือนของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดประจำวัน ดัชนีค่าต่ำสุดรายเดือนของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดประจำวัน ดัชนีจำนวนวันและคืนที่อบอุ่น (รูปที่ 3) ในขณะที่แนวโน้มการลดลงอย่างมีนัยสำคัญของสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิในประเทศไทย ปรากฏในดัชนีจำนวนวันและคืนที่หนาวและดัชนีช่วงระยะเวลาที่หนาว



รูปที่ 4 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนสถานีที่แสดงสัดส่วนแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของฝนในประเทศไทย โดยจำนวนสถานีทั้งหมดที่ใช้คำนวณ คือ 41 สถานีในช่วง ปี ค.ศ. 1955-2011

โดยรูปแบบการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับแนวโน้มการร้อนของประเทศไทย สภาวะความรุนแรงของฝนในประเทศไทยมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่ค่อนข้างซับซ้อน โดยทั่วไปแล้วแนวโน้มของดัชนีสภาวะความรุนแรงของฝนในประเทศไทยมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงและสอดคล้องกันในพื้นที่บริเวณกว้างน้อยกว่าดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิ อย่างไรก็ตามผลการศึกษาทั้งหมดอาจสรุปได้ว่าความถี่ของเหตุการณ์ฝนในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยลดลง แต่ความแรงของฝนและความเข้มของฝนจากเหตุการณ์ฝนตกหนักกลับเพิ่มขึ้น (รูปที่ 4) นอกจากนี้ ปริมาณฝนรวมจากเหตุการณ์ฝนหนัก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน โดยเหตุการณ์ฝนหนักเป็นสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นของปริมาณฝนสะสมรวมรายปี กรุงเทพมหานครซึ่งเป็นเมืองขนาดใหญ่ที่ตั้งอยู่บริเวณที่ราบลุ่มปากแม่น้ำเจ้าพระยา กำลังประสบกับ

การเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของฝนดังกล่าว นอกจากนี้ ผลการศึกษายังระบุว่า ปี 2011 เมื่อเกิดน้ำท่วมครั้งใหญ่ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาเป็นปีที่ประเทศไทยมีสภาวะความรุนแรงของฝนสูงที่สุดในรอบ 57 ปี

ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันและอนาคตที่มีความไม่แน่นอนสูง การศึกษาวิจัยทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างแบบจำลองที่มีความละเอียดสูงในเชิงพื้นที่และเวลา เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจอย่างถ่องแท้ต่อปัจจัย กลไกและปฏิสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงภูมิอากาศในระดับประเทศและระดับท้องถิ่น ยังมีความจำเป็นที่ต้องดำเนินอย่างต่อเนื่อง เพื่อสนับสนุนกระบวนการตัดสินใจเชิงนโยบาย และการดำเนินงานในพื้นที่ในการปรับตัวต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

#### เอกสารอ้างอิง

- <sup>[1]</sup>Coumou, D. and Rahmstorf, S. (2012). A decade of weather extremes. *Nature Climate Change*, 2, 491-496. doi:10.1038/NCLIMATE1452.
- <sup>[2]</sup>Field, C.B., 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.
- <sup>[3]</sup>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 and Midgley PM). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- <sup>[4]</sup>Donat, M.G., et al. (2013). Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset. *Journal of Geophysical Research –Atmosphere*. 118, 1-16. doi:10.1002/jgrd.50150.
- <sup>[5]</sup>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, and White LL). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- <sup>[6]</sup>ADB, (2009). *The economics of climate change in Southeast Asia: A regional review*. Asian Development Bank, Manila, Philippines. 233 pp.
- <sup>[7]</sup>World Bank. (2012). *Thai Flood 2011 Rapid Assessment for Resilient Recovery and Reconstruction Planning*. [www.worldbank.org/ht](http://www.worldbank.org/ht).
- <sup>[8]</sup>Easterling, D., Meehl G., Parmesan C., Changnon, S., Karl T. and Mearns, L. (2000). Climate extremes, observations, modeling and impacts. *Science*, 289, 2068-2074.
- <sup>[9]</sup>Young, P.C. (2002). Advances in real-time flood forecasting. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, A360, 1433-1450.
- <sup>[10]</sup>Alexander, L.V., Uotila, P. and Nicholls, N. (2009). The influence of sea surface temperature variability on global temperature and precipitation extremes. *Journal of Geophysical Research*, 114, D18116, DOI:10.1029/2009JD012301.
- <sup>[11]</sup>Kenyon, J. and Hegerl, GC. (2010). Influence of modes of climate variability on global precipitation extremes. *Journal of Climate*,

23, 6248-6262. DOI:10.1175/2010JCLI3617.1.

<sup>[12]</sup> Klein Tank, A.M.G., Zwiers, F.W. and Zhang, Z. (2009). Guidelines on analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. WMO-TD No. 1500, 56 pp. (WCDMP-72, WMO-TD/No. 1500).

<sup>[13]</sup> Zhang, X., et al. (2011). Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. WIREs Climate Change 2(6): 851–870. DOI: 10.1002/wcc.147.

<sup>[14]</sup> Osborn, T.J. and Hulme, M. (2002). Evidence for trends in heavy rainfall events over the UK. Philosophical Transactions of the Royal Society: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 360: 1313-1325.

<sup>[15]</sup> Limjirakan, S., Limsakul, A. and Sriburi, T. (2010). Assessing climate extreme events in Thailand: Vulnerability and risk analysis in the hot spot areas. Final report of Thailand Research Fund (TRF).

<sup>[16]</sup> Limjirakan, S., Limsakul, A. and Sriburi, T. (2010). Trends in temperature and rainfall extreme changes in Bangkok Metropolitan area. Journal of Environmental Research, 32, 31-48.

<sup>[17]</sup> Limsakul, A., Limjirakan, S. and Sriburi, T. (2010). Observed changes in daily rainfall extreme along Thailand's coastal zones. Journal of Environmental Research, 32, 49-68.

<sup>[18]</sup> Limsakul, A., Paengkaew, W., Kummueang, A., Limjirakan, S., and Suthamanuswong, B. (2011). PDSI-based variations of droughts and wet spells in Thailand: 1951-2005. EnvironmentAsia, 4, 12-20.

<sup>[19]</sup> Limjirakan, S. and Limsakul, A. (2012). Observed trends in surface air temperature and their extremes in Thailand from 1970 to 2009. Journal of the Meteorological Society of Japan, 90, 647-662. doi: 10.2151/jmsj.2012-505.

<sup>[20]</sup> Limsakul, A. and Singhruck, P. (2015). Changes in mean and extreme precipitation events in Thailand: Long-term trends and variability related to ENSO. Submitted to Journal of Atmospheric Research.

<sup>[21]</sup> Gaffen, D.J. and Ross, R.J. (1998). Increased summertime heat stress in the US. Nature, 396, 529-530.

Global Warming Art, 2014. Climate change galleries and images. <http://www.globalwarmingart.com>. [access in July 2014].

<sup>[22]</sup> Alexander, L.V. et al. (2006). Global observed changes in daily climate extreme of temperature and precipitation. Journal of Geophysical Research, 111, D05109, doi: 10.1029/2005JD006290.

<sup>[23]</sup> Caesar, J., et al. (2011). Changes in temperature and precipitation extremes over the Indo-Pacific region from 1971 to 2005. International Journal of Climatology 31: 791-801. DOI: 10.1002/joc.2118.

