รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุด ในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยและจีน”

รายงานหลัก

โดย

รศ.ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ

กรกฎาคม 2558

สัญญาเลขที่ RDG5530009

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยและจีน”

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผศ.ดร.อักษรา พฤทธิวิทยา	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. อ.ดร.ปิยธิดา ห้อยสังวาลย์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. นายโชคชัย สุทธิธรรมจิต	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. นายศักย์ สกุลไทย	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. นายปฏิญญา หรรษ์อิทธินันท์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
7. นางสาวอมราวดี มานะจิตต์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดโครงการวิจัยด้านการจัดการทรัพยากรน้ำ

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

คำนำ

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ของโครงการ “การคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยและจีน” ประกอบด้วย รายงานหลักและรายงานภาคผนวก เนื้อหาของรายงานได้สรุปผลการศึกษาของโครงการรวมระยะเวลา 2 ปี (20 มีนาคม 2555 ถึง 19 มีนาคม 2557) ซึ่งประกอบด้วยการศึกษาปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทย การศึกษาปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทย การคำนวณดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด 8 ดัชนี การศึกษาแบบจำลองการไหลในแม่น้ำ และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของน้ำฝน-น้ำท่า เพื่อนำผลมาศึกษาสภาวะน้ำหลากในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทย

เพื่อให้งานวิจัยในครั้งนี้มีเนื้อหาที่เป็นประโยชน์สูงสุดต่อการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยและจีน และหากท่านใดมีข้อคิดเห็นประการใดต่อการวิจัยในครั้งนี้ สามารถแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของท่านต่อทางโครงการฯ รวมทั้งสามารถติดตามความก้าวหน้าและผลการวิจัยได้ผ่านทางเว็บไซต์ www.watercu.eng.chula.ac.th

หัวหน้าโครงการวิจัย

กรกฎาคม 2558

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยโครงการ “การคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยและจีน” ได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ผู้ประสานงานชุดโครงการวิจัย และผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย

ทางคณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณกรมอุตุนิยมวิทยา และกรมชลประทาน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล และขอขอบคุณ Meteorological Research Institute และ Kyoto University ประเทศญี่ปุ่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่มีความละเอียดสูงจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก MRI-AGCM จนทำให้การวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ ทางคณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณหน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ประกอบการวิจัย และขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยสำหรับงบประมาณสนับสนุนการวิจัย มา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

กรกฎาคม 2558

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : RDG5530009

ชื่อโครงการ : โครงการการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยและจีน

ชื่อนักวิจัย :

รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.อักษรา พฤทธิวิทยา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อ.ดร.ปิยธิดา ห้อยสังวาลย์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นายโชคชัย สุทธิธรรมจิต	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นายศักย์ สกุลไทย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นายปฏิญญา หรรษ์อิทธินันท์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นางสาวอมราวดี มานะจิตต์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

e-mail address : WaterCU@eng.chula.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: 20 มีนาคม 2555 ถึง 19 มีนาคม 2557

คำหลัก : ปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก สภาวะน้ำหลาก

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกเป็นประเด็นที่ประเทศต่างๆให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก เพื่อประเมินและเตรียมพร้อมต่อการเผชิญและปรับตัวอย่างเหมาะสม ในปัจจุบันได้มีการปรับปรุงแบบจำลองสภาพภูมิอากาศของโลกเพื่อประมาณการเปลี่ยนแปลงในอนาคต โดยมีการพัฒนาแบบจำลองเวอร์ชันใหม่ โดยพิจารณาผลกระทบจากลมใต้ฝุ่นมากขึ้น ซึ่งทางคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสหประชาชาติ ทำการรวบรวมและวิเคราะห์ผลจากแบบจำลองเวอร์ชันใหม่นี้ไว้ใน Assessment Report 5 (AR5) จึงสมควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับข้อมูลแบบจำลองสภาพภูมิอากาศใน Assessment Report 4 (AR4) งานวิจัยต่างๆในประเทศไทยเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกนั้น ล้วนแต่บ่งชี้ว่ามีการคาดการณ์ว่าสภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกจะมีผลกระทบกับประเทศไทย อาทิอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนในฤดูกาลเปลี่ยนไป การเปลี่ยนแปลงรูปแบบและปริมาณฝน ในขณะเดียวกันประเด็นของการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าปกติ (Precipitation Extremes) นั้นก็เป็นประเด็นที่สำคัญมากเช่นเดียวกัน เนื่องจากการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศไทยและการออกแบบระบบระบายน้ำในอดีตที่ผ่านมามักจะอาศัยข้อมูลทางสถิติมาใช้ในการคำนวณ โดยมิได้คำนึงถึงค่าการเปลี่ยนแปลงฝนสูงสุดและ/หรือต่ำสุด (Precipitation Extremes) อันอาจเกิดขึ้นได้จากอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศโลก

การศึกษาวิจัยโครงการการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยและจีน มีวัตถุประสงค์ของโครงการเพื่อ (1) ทบทวนข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 และปรับแก้ค่าความเอนเอียงของข้อมูล (2) ศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย (3) จัดทำและวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดของไทยจาก AR4 และ AR5 (4) ศึกษาสภาวะน้ำหลากในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยในลุ่มน้ำตัวอย่าง และ (5) เปรียบเทียบสภาวะน้ำหลากด้วยปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดระหว่างจีนและไทยที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง

ข้อมูลฝนที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย ข้อมูลฝนรายวันจากสถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทยจากกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทานเป็นข้อมูลปีค .ศ.1979-2006 และข้อมูลจากแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการศึกษานี้ใช้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก MRI-AGCM ของสถาบันวิจัยอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Research Institute: MRI) แห่งประเทศญี่ปุ่น ซึ่งถือเป็น

แบบจำลอง AGCM ที่มีความละเอียดในการคำนวณสูงมาก โดยมีระดับความละเอียดเชิงพื้นที่ของกริดเท่ากับ 20 x 20 กิโลเมตร ภายใต้ภาพจำลองของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากรายงาน ชนิด A1B โดยในการศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบความสามารถในการจำลองสภาวะฝนรุนแรงในประเทศไทยระหว่างแบบจำลอง MRI-AGCM 3.1S ที่ใช้ใน AR4 และแบบจำลอง MRI-AGCM 3.2S ที่ใช้ใน AR5 ข้อมูลดังกล่าวจะยังมีความคลาดเคลื่อนเชิงระบบที่สำคัญอันเกิดจากความเอนเอียงเชิงสถิติ กระบวนการปรับเทียบข้อมูลสามารถทำได้โดยใช้เทคนิคการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติ (statistical bias correction) ในการศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบผลการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติของข้อมูลฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกระหว่างวิธี Hybrid method กับวิธี Gamma - Gamma transformation พบว่าการปรับแก้ด้วยวิธี Hybrid จะให้ปริมาณฝนช่วงลำดับเปอร์เซ็นไทล์สูงๆ (มากกว่าร้อยละ 95) ซึ่งเป็นช่วงของค่าฝนสุดขีดได้ใกล้เคียงมากกว่าการปรับแก้ด้วยวิธี Gamma - Gamma transformation ในการศึกษานี้จึงใช้วิธี Hybrid ในการปรับความเอนเอียงเชิงสถิติของข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI – AGCM

การศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดประเทศไทยใช้ดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด (Extreme Precipitation Indices) จำนวน 8 ดัชนี ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ core index ที่เสนอโดยทีมผู้เชี่ยวชาญด้านการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก ดัชนีที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย จำนวนวันฝนแล้งต่อเนื่องและจำนวนวันที่ฝนตกอย่างต่อเนื่อง จำนวนวันที่ฝนตกหนักและหนักมาก ปริมาณฝนสะสมสูงสุด 1 วัน และ 5 วัน ดัชนีความเข้มฝนรายวัน และสัดส่วนของปริมาณฝนตกหนักที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนสูงสุดในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015 - 2039) และอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075 - 2099) โดยพิจารณาเปรียบเทียบสภาวะปัจจุบัน (ค.ศ. 1979 – 2006) พบว่าการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในทั้งสองทิศทาง (เพิ่มขึ้นและลดลง) และมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ จากการประเมินดัชนีฝนที่เกี่ยวข้องกับความชุ่มชื้นและปริมาณฝนสะสม ได้แก่ R10, R20, SDII, RX1D, RX5D และ CWD พบว่ากลุ่มลุ่มน้ำที่มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของดัชนีความชุ่มชื้นและฝนสะสมเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนและสม่ำเสมอในแทบทุกดัชนี ทั้งสิ้น 6 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ลุ่มน้ำสาละวิน ปิง วัง สะแกกรัง แม่กลอง ปัตตานี และลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก แต่ปัจจัยของฝนที่ก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งนั้นเป็นเพียงปัจจัยหนึ่งที่อาจก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากขึ้นเท่านั้น การวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลากในการศึกษานี้ จึงได้พิจารณาปัจจัยอื่นๆควบคู่ไปด้วย พื้นที่ลุ่มน้ำ

เจ้าพระยาตอนบนมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดัชนีความชุ่มชื้นและฝนสะสมแบบคงตัวในทุกๆดัชนีที่ใช้ในการประเมินทั้ง 8 ดัชนี และมีจำนวนวันที่แห้งแล้งต่อเนื่องลดลง ประกอบกับในพื้นที่ที่ไม่มีมาตรการทางโครงสร้างในการบริหารจัดการน้ำ เช่น เขื่อน หรืออ่างเก็บน้ำ อาจได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลากในพื้นที่ได้โดยตรง เมื่อเทียบกับในพื้นที่ที่มีเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำเป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการ และรับมือกับผลกระทบดังกล่าว ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงคัดเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำยม เป็นพื้นที่ศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลาก

การศึกษาการจำลองสภาพน้ำท่าในแม่น้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า อาศัยข้อมูลฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศที่ได้มีการปรับแก้ความเอนเอียงทางสถิติ (Bias Correction) แล้ว โดยเลือกใช้ข้อมูลทางสถิติของปริมาณฝนสูงสุดรายวัน (Maximum Daily Rainfall) ที่ก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากแบบสุดโต่ง (Extreme Flood) จากสถานีวัดน้ำฝนทั้งสิ้น 22 สถานี โดยเลือกใช้ปริมาณฝนสูงสุดรายวันที่ทุกสถานี ที่คาบการเกิด (Return Period) 100 ปี ภายใต้สมมุติฐานการกระจายตัวของข้อมูลสถิติในรูปของ Gumbel Distribution ซึ่งเป็นการกระจายตัวที่มีความเหมาะสมต่อสภาพฝนในประเทศไทยมากที่สุด เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าและการประเมินสภาวะน้ำหลากจากปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า HEC – HMS ภายใต้ฝนสูงสุด 2 แบบ ได้แก่ 1. สภาพฝนตกสูงสุดต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 2. สภาพฝนตกสูงสุดต่อเนื่อง 72 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่าปริมาณ Peak flow จากสภาพฝนในอนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกลในลำน้ำหลักทุกสถานีน้ำท่ามีค่าลดลง เมื่อเทียบกับปริมาณฝนสูงสุดในปัจจุบัน เนื่องจากปริมาณฝนมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ลดลงบริเวณพื้นที่ด้านบนของลำน้ำและในพื้นที่ตอนล่างของลำน้ำ แม้ว่าพื้นที่ตอนกลางของลุ่มน้ำจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนเพิ่มสูงขึ้น แต่ก็เป็นเฉพาะในบางพื้นที่เท่านั้น ส่งผลให้ภาพรวมของน้ำท่าในลำน้ำหลักลดลงในเกือบทุกสถานี แม้ว่าปริมาณน้ำท่าคาดการณ์จากฝนในอนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกลจะมีแนวโน้มลดลง แต่การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนดังกล่าวสามารถก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากแบบสุดโต่ง (Extreme Flood) ได้ โดยเฉพาะในสถานี Y1C, Y14, Y6, Y16, Y17, และ Y5 ในจังหวัด แพร่ สุโขทัย พิษณุโลก และ พิจิตร ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณ Peak flow ที่สูงกว่าระดับตลิ่ง (จากการออกแบบระบบป้องกันน้ำท่วมในปัจจุบัน) ดังนั้นปริมาณน้ำท่าคาดการณ์จากการจำลองโดยแบบจำลอง HEC-HMS และ Extreme Flood Frequency Analysis ในงานวิจัยนี้ สามารถนำไปเป็นข้อมูลสภาพน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต อันจะเป็นประโยชน์อย่างสำคัญต่อการวางแผนพัฒนาโครงการบรรเทาปัญหาอุทกภัยในพื้นที่วิกฤตต่อไป

Abstract

Project Code : RDG5530009

Project Name : Projected Change of Precipitation Extreme in River Basins in Thailand and China

Researchers :

Assoc. Prof. Dr Sucharit Koontanakulvong	Chulalongkorn University
Assist. Prof. Dr Aksara Putthividhya	Chulalongkorn University
Dr. Piyatida Hoisungwan	Chulalongkorn University
Mr. Chokchai Suthitamnon	Chulalongkorn University
Mr. Sak Sakulthai	Chulalongkorn University
Mr. Patinya Hanittinan	Chulalongkorn University
Ms. Amarawadee Manajit	Chulalongkorn University

e-mail address: **WaterCU@eng.chula.ac.th**

Project Duration: 20 March 2012 to 19 March 2014

Keywords: Precipitation Extreme, Global Circulation Model, Flood

Global climate change is an important issue concerned among nations. There is an extensive effort to assess and prepare for climate change mitigation and adaptation. Presently, global circulation models have been improved and updated to better account for typhoon impacts. The Intergovernmental Panel on Climate Change has recently published the Fifth Assessment report (AR5) based on the updated version of GCMs. The comparison between outputs from AR4 and AR5 should therefore be studied. Climate change related research in Thailand indicate that global climate change certainly affects Thailand, for example changes in temperature and precipitation seasonally and changes in pattern and amount of rainfall. Moreover, precipitation extreme is an important issue since Thailand water resources management and drainage system design rely mostly on statistical information but not considering changes in precipitation extreme which could be a result of climate change

In this study of projected change of precipitation extreme in river basins in Thailand and China, the objects are to (1) review outputs from GCMs in AR4 and AR5 and apply bias correction to the GCM outputs, (2) study changes in precipitation extreme in river basins in Thailand, (3) calculate and analyze precipitation extreme indices from AR4 and AR5, (4) study flood under climate change impact in selected river basin in Thailand, and (5) compare flood under climate change impact in China and Thailand

Rainfall data used in this study are observed daily rainfall between 1979-2006 from the Thai Meteorological Department and the Royal Irrigation Department. Rainfall outputs of MRI-AGCM from the Meteorological Research Institute (MRI), Japan are used in this study because of a very high spatial resolution of 20x20 kilometer. The outputs of the MRI-AGCM are from A1B scenario. Simulation skills of precipitation extreme in Thailand between MRI-AGCM 3.1s version (AR4) and MRI-AGCM 3.2s version (AR5) were compared. Outputs from GCMs generally contain bias. In this study, two bias correction methods: Hybrid method and Gamma-Gamma transformation were evaluated. It was found that Hybrid method produced better match of extreme rainfall (95th percentile) compare to Gamma-Gamma transformation. Hybrid method was thus selected to correct bias of the MRI-AGCM rainfall outputs.

Extreme precipitation indices were selected from the core indices proposed by the World Meteorological Organization–Commission for Climatology (WMO-CCI)/World Climate Research Program (WCRP)/Climate Variability and Predictability (CLIVAR) project's Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices (ETCCDMI). Eight extreme precipitation indices selected for this study were consecutive dry and wet days (CDD and CWD), number of heavy and very heavy rainfall

days (R10 and R20), maximum 1-day and 5-days precipitation (Rx1Day and Rx5Day), simple daily Intensity Index (SDII), and fraction of 95th percentile to annual precipitation (R95T)

Results of projected change of precipitation extreme in the near future (2015-2039) and the far future (2075-2099) showed spatially varied change both in increasing and decreasing directions. The evaluation of the extreme indices of R10, R20, SDII, Rx1Day, Rx5Day, and CWD revealed river basins that had consistent trends in wetter condition and more accumulated rainfall in the future were Salawin, Ping, Wang, Sakae Krang, Mae Klong, Pattani, and Peninsula-West coast. However, rainfall is only one of factors affecting flood conditions in certain area. In this study, other factors were thus considered in selecting a river basin to study flood condition under climate change. The Upper Chao Phraya river basins were found to have changing trends in all of the eight precipitation extreme indices. In addition, river basin lacking of structural measures in water management such as dam and reservoir might be greatly affected by climate change on flood condition. As a result, the Yom river basin was selected to study the impact of climate change on flood in this project.

The study of flood in the selected river basin under climate change impact was carried out using a rainfall-runoff model and bias corrected outputs from the MRI-AGCM. Maximum daily rainfall from 22 rain gauges in the Yom river basin were used and the 100-year return period maximum daily rainfall assuming Gumbel Distribution were obtained for all the rain gauges as inputs into the rainfall-runoff model of HEC-HMS. Two rainfall patterns were put into the HEC-HMS: 1. Maximum 24-hour rainfall and 2. Maximum 72-hour rainfall. The results showed that peak flows from rainfall in both near and far future would be decreasing comparing to the present maximum rainfall. This could be a result of decreasing rainfall in the upper and lower parts of the basin, even though rainfall in the middle part of the basin increasing. However, changes in precipitation extreme could cause overbank flow in stations Y1C, Y14, Y6, Y16, Y17, and Y5 in Phrae, Sukhothai, Pitsanulok, and Pichit provinces respectively due to the higher water levels from the river banks (of the present flood prevention design). Therefore, flood forecast from the HEC-HMS model and Extreme Flood Frequency Analysis in this project could be used for planning flood mitigation projects in critical areas.

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกเป็นประเด็นที่ประเทศต่างๆให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก เพื่อประเมินและเตรียมพร้อมต่อการเผชิญและปรับตัวอย่างเหมาะสม ในประเทศไทยได้มีการศึกษาเกี่ยวกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกในช่วงสิบปีที่ผ่านมา และได้ยึดถือข้อมูลการทำนายที่รวบรวมโดย IPCC (U.N. Intergovernmental Panel on Climate Change) ซึ่งหมายถึง คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสหประชาชาติ เป็นพื้นฐานในการศึกษา ถ่ายทอด และพยายามประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นในด้านต่างๆ ไม่ว่าด้านการเกษตร สุขภาพ ป่าไม้ หรือทรัพยากรธรรมชาติ รวมถึงแหล่งน้ำ จนกระทั่งเกิดการรณรงค์เพื่อลดปัจจัยที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์โลกร้อน ในปัจจุบันได้มีการปรับปรุงแบบจำลองสภาพภูมิอากาศของโลกเพื่อประมาณการเปลี่ยนแปลงในอนาคต โดยมีการพัฒนาแบบจำลองเวอร์ชันใหม่ โดยพิจารณาผลกระทบจากลมใต้ฝุ่นมากขึ้น ซึ่งทาง IPCC ทำการรวบรวมและวิเคราะห์ผลจากแบบจำลองเวอร์ชันใหม่นี้ไว้ใน Assessment Report 5 (AR5) จึงสมควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับข้อมูลแบบจำลองสภาพภูมิอากาศใน Assessment Report 4 (AR4)

งานวิจัยต่างๆในประเทศไทยเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกนั้น ล้วนแต่บ่งชี้ว่ามีการคาดการณ์ว่าสภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกจะมีผลกระทบกับประเทศไทย อาทิ อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนในฤดูกาลเปลี่ยนไป การเปลี่ยนแปลงรูปแบบและปริมาณฝน ในบริเวณที่มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจะมีแนวโน้มรับฝนตกมากขึ้นและนำมาซึ่งปัญหาน้ำท่วม ภาคใต้ของประเทศไทยจะมีความชุ่มชื้นมากกว่าภาคอื่นๆในขณะที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะแห้งแล้งมากขึ้น ด้วยตระหนักถึงปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นดังกล่าว ประเทศต่างๆทั้งในทวีปอเมริกา ยุโรป และเอเชีย ได้ดำเนินการศึกษาและพัฒนาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ รวมทั้งในประเทศไทย คณะผู้วิจัยฯ จึงได้ดำเนินการศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อปริมาณน้ำฝน น้ำท่ารายเดือนของไทยและผลกระทบต่อการบริหารจัดการน้ำของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 เป็นต้นมา โดยดำเนินการศึกษาในพื้นที่ต่างๆของประเทศ เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล น้ำฝน น้ำท่าใน 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยของประเทศไทยจะมีค่าสูงขึ้น นอกจากนี้ในหลายลุ่มน้ำพบว่าข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนที่คาบการเกิด 1 ครั้งต่อปี ตั้งแต่ปี ค.ศ.1995 ถึงปัจจุบัน ลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลสถิติ หมายความว่าฤดูกาลต่างๆ มีลักษณะแตกต่างจากในอดีต ฝนตกนอกฤดูในปริมาณที่มากกว่าที่เคย อุณหภูมิในฤดูหนาวอุ่นขึ้น และ

ช่วงเวลาการเกิดมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ส่งผลให้การพยากรณ์สภาพภูมิอากาศของประเทศไทยโดยรวมทำได้ยากขึ้น

นอกจากนี้ ภัยพิบัติจากอุทกภัยครั้งใหญ่ในปี พ.ศ.2554 ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเศรษฐกิจ สังคม และความน่าเชื่อถือของประเทศไทยที่มีต่อนักลงทุนต่างชาติอย่างมหาศาล การวิเคราะห์ทางอุทกวิทยาพบว่าอุทกภัยครั้งใหญ่นี้มีสาเหตุมาจากปริมาณน้ำฝนที่มีการเปลี่ยนแปลงจากค่าเฉลี่ยมากกว่าปกติ และคาบการเกิดฝนที่มาเร็วกว่าฤดูกาลปกติ นอกจากนี้ยังประกอบกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศที่ขาดความชัดเจน ส่งผลให้ผู้บริหารประเทศ ประชาชนทั่วไป และนักวิชาการในประเทศไทย มีความตื่นตัวและให้ความสนใจต่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศภายใต้บริบทของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกมากยิ่งขึ้นอย่างชัดเจน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้นมีอิทธิพลโดยตรงต่อสภาพอุทกวิทยาของลุ่มน้ำ โดยเฉพาะในลุ่มน้ำเจ้าพระยาที่รับน้ำจากพื้นที่ภาคเหนือและไหลลงสู่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างเข้าสู่กรุงเทพมหานครและออกสู่อ่าวไทยตามลำดับ เมื่อสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนไปจากเดิม เช่น ปริมาณน้ำฝนบริเวณต้นน้ำเปลี่ยนไป ย่อมส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ในพื้นที่ด้านบนของลุ่มน้ำ ทำให้การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมไม่เป็นไปตามแนวทางปฏิบัติที่เคยดำเนินการมาในอดีต อันประยุกต์มาจากข้อมูลทางสถิติเพียงอย่างเดียว ในขณะเดียวกันประเด็นของการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าปกติ (Precipitation Extremes) นั้นก็เป็นประเด็นที่สำคัญมากเช่นเดียวกัน เนื่องจากการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศไทยและการออกแบบระบบระบายน้ำในอดีตที่ผ่านมามักจะอาศัยข้อมูลทางสถิติมาใช้ในการคำนวณ โดยมิได้คำนึงถึงค่าการเปลี่ยนแปลงฝนสูงสุดและ/หรือต่ำสุด (Precipitation Extremes) อันอาจเกิดขึ้นได้จากอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศโลก นอกจากปัญหาดังกล่าวข้างต้นแล้ว ในประเทศไทยยังมิได้มีการดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำอันเนื่องมาจากอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศโลกอย่างเพียงพอ จึงไม่สามารถคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การศึกษาวิจัยโครงการการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยและจีน มีวัตถุประสงค์ของโครงการเพื่อ (1) ทบทวนข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 และปรับแก้ค่าความเอนเอียงของข้อมูล (2) ศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย (3) จัดทำและวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดของไทยจาก AR4 และ AR5 (4) ศึกษาสภาวะน้ำหลากในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยในลุ่มน้ำตัวอย่าง และ (5) เปรียบเทียบสภาวะน้ำหลาก

ด้วยปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดระหว่างจีนและไทยที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง

ในการศึกษาการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยและจีน ได้ทำการทบทวนและรวบรวมผลการจำลองและการทำนายจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกAR4 และ AR5 รวบรวมข้อมูลฝนรายวันจากสถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทยจากกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน วิเคราะห์ downscaled products จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 ศึกษาปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทย และประเมินสภาวะน้ำหลากด้วยปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในลุ่มน้ำตัวอย่าง

ข้อมูลฝนรายวันจากสถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทยจากกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทานเป็นข้อมูลปีค .ศ.1979-2006 สำหรับข้อมูลจากแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการศึกษานี้ใช้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก MRI-AGCM ของสถาบันวิจัยอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Research Institute: MRI) แห่งประเทศญี่ปุ่น ซึ่งถือเป็นแบบจำลอง AGCM ที่มีความละเอียดในการคำนวณสูงมาก โดยมีระดับความละเอียดเชิงพื้นที่ของกริดเท่ากับ 20 x 20 กิโลเมตร ภายใต้ภาพจำลองของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากรายงาน IPCC Special Report on Emission Scenario (IPCC, 2000) ชนิด A1B โดยในการศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบความสามารถในการจำลองสภาวะฝนรุนแรงในประเทศไทยระหว่างแบบจำลอง MRI-AGCM 3.1S ที่ใช้ใน AR4 และแบบจำลอง MRI-AGCM 3.2S ที่ใช้ใน AR5

แบบจำลองภูมิอากาศโลกเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการคาดคะเนสภาพภูมิอากาศในอนาคต ภายใต้สมมติฐานของภาพจำลองแบบต่างๆของตัวแปรภูมิอากาศที่เกี่ยวข้อง หากแต่ว่าข้อมูลดังกล่าวจะยังมีความคลาดเคลื่อนเชิงระบบที่สำคัญอันเกิดจากความเอนเอียงเชิงสถิติ กระบวนการปรับเทียบข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่ใช้ในรายงานของ IPCC AR4 และ AR5 นั้น สามารถทำได้โดยใช้เทคนิคการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติ (statistical bias correction) ผลจากความคลาดเคลื่อนนี้อาจไม่ได้มีนัยสำคัญมากนักสำหรับการประเมินผลกระทบเชิงอุทกวิทยาในพื้นที่ขนาดใหญ่ แต่ถ้าพื้นที่ศึกษามีขนาดระดับลุ่มน้ำ ข้อมูลฝนที่ไม่ได้ถูกปรับเทียบกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์อาจส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งวิธีการปรับเทียบข้อมูลเชิงสถิติจะสามารถลดปัญหาดังกล่าวลงได้มากด้วยการพิจารณาตัวแปรทางสถิติของข้อมูลภูมิอากาศในอดีต (Sharma et al., 2007)

วิธีการพื้นฐานที่สุดของการปรับเทียบข้อมูล จะทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (systematic discrepancy) ของค่าเฉลี่ยโดยการปรับขนาด (rescaling) ให้ค่าดังกล่าวใกล้เคียงกับที่ได้จากการวัดมากขึ้น ทำนองเดียวกันกับวิธีแรก การปรับเทียบข้อมูลแบบจำลองอาจทำได้โดยการสร้างการกระจายตัวสมมติของความน่าจะเป็นและเปรียบเทียบการกระจายตัวที่ได้ระหว่างค่าจากแบบจำลองและกลุ่มข้อมูลสังเกตการณ์ ในการศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบผลการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติของข้อมูลฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI - AGCM 3.1S (AR4) และ MRI - AGCM 3.2S (AR5) ระหว่างวิธี Hybrid method กับวิธีการ Gamma - Gamma transformation ถึงความสามารถในการจำลองปริมาณฝนสุดขีดว่าสะท้อนลักษณะของข้อมูลฝนสังเกตการณ์ได้มากน้อยเพียงใด โดยข้อมูลฝนสังเกตการณ์ที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นข้อมูลฝนรายวัน จากสถานีวัดของกรมอุตุนิยมวิทยา และกรมชลประทาน ระหว่างปี ค.ศ. 1979 - 2006 โดยเป็นการเปรียบเทียบปริมาณฝนในช่วงสุดขีดด้วยฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นสะสม และค่าพารามิเตอร์หลักอื่นๆที่นำมาร่วมพิจารณาด้วย ได้แก่ ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน (แยกตามเดือน) ความถี่ของวันฝนตกในแต่ละเดือน และความเข้มของฝนรายเดือน ซึ่งเป็นตัวชี้วัดอย่างหนึ่งถึงประสิทธิภาพของการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติของปริมาณและการกระจายตัวของฝน

ผลการศึกษาการเปรียบเทียบเส้นโค้งความสัมพันธ์ของฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative Distribution Function: CDF) แสดงให้เห็นว่าทั้งการปรับแก้ความเอนเอียงด้วยวิธี Hybrid และ Gamma - Gamma transformation ต่างก็ให้ผลการกระจายตัวที่ค่อนข้างดี สามารถสะท้อนลักษณะของฝนสังเกตการณ์ได้ชัดเจน แต่ฝนที่ผ่านการปรับแก้ด้วยวิธี Hybrid จะให้ปริมาณฝนช่วงลำดับเปอร์เซ็นไทล์สูงๆ (มากกว่าร้อยละ 95) ซึ่งเป็นช่วงของค่าฝนสุดขีดได้ใกล้เคียงมากกว่าการปรับแก้ด้วยวิธี Gamma - Gamma transformation ผลการเปรียบเทียบปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน ความถี่ของวันฝนตกในแต่ละ (แยกตามเดือน) เดือน และความเข้มของฝนรายเดือน พบว่า ปริมาณฝนของแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI - AGCM ที่ปรับแก้ด้วยวิธี Hybrid จะให้ความแตกต่างของปริมาณฝนดังกล่าวเมื่อเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์น้อยกว่าวิธี Gamma - Gamma transformation ในการศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดของไทยจาก AR4 และ AR5 จึงใช้วิธี Hybrid ในการปรับความเอนเอียงเชิงสถิติของข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI – AGCM

การศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดประเทศไทยใช้ดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด (Extreme Precipitation Indices) จำนวน 8 ดัชนี ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ core index ที่เสนอโดยทีมผู้เชี่ยวชาญ

ด้านการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก ดัชนีที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย จำนวนวันฝนแล้งต่อเนื่องและจำนวนวันที่ฝนตกอย่างต่อเนื่อง (Consecutive dry and wet days: CDD and CWD) จำนวนวันที่ฝนตกหนักและหนักมาก (Number of heavy and very heavy rainfall days: R10 and R20) ปริมาณฝนสะสมสูงสุด 1 วัน และ 5 วัน (Maximum 1-day and 5-days precipitation: Rx1Day and Rx5Day) ดัชนีความเข้มฝนรายวัน (Simple Daily Intensity Index: SDII) และสัดส่วนของปริมาณฝนตกหนักที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 (R95T)

ผลการเปรียบเทียบดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดจาก AR4 และ AR5 เปรียบเทียบกับดัชนีจากฝนสังเกตการณ์ในช่วงเวลาปัจจุบัน ค.ศ. 1979-2006 พบว่า ดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดจาก AR4 และ AR5 มีการกระจายตัวเชิงพื้นที่ที่สอดคล้องกับดัชนีจากฝนสังเกตการณ์ ยกเว้นดัชนีจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุด (CDD) และจำนวนวันชุ่มชื้นติดต่อกันสูงสุด (CWD) ที่ทั้ง AR4 และ AR5 ให้ค่าน้อยกว่ากรณีฝนสังเกตการณ์อย่างมีนัยสำคัญ ผลการเปรียบเทียบการกระจายความน่าจะเป็นในรูปของ Probability Density Function (PDF) ของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในช่วงเวลาปัจจุบัน (ค.ศ. 1979 - 2006) ระหว่างฝนสังเกตการณ์และฝนจากแบบจำลอง AR4 และ AR5 ซึ่งพบว่า Generalized Extreme Values Distribution มีความสอดคล้องกับการกระจายความถี่ของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด จากการทดสอบทางสถิติด้วยวิธี Kolmogorov-Smirnov Test พบว่าการแจกแจงความน่าจะเป็นของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่ได้จาก AR5 มีความสอดคล้องกับฝนสังเกตการณ์ดีกว่า AR4 ของดัชนี SDII, RX5Day, CDD, และ R95T ในขณะที่มีเพียงดัชนี R10 และ RX5Day ที่มี PDF จาก AR4 ที่สอดคล้องกับฝนสังเกตการณ์

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนสูงสุดในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015 - 2039) และอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075 - 2099) โดยพิจารณาเปรียบเทียบสภาวะปัจจุบัน (ค.ศ. 1979 – 2006) พบว่าการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในทั้งสองทิศทาง (เพิ่มขึ้นและลดลง) และมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนสูงสุดในระดับลุ่มน้ำ ในช่วงอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015 - 2039) ว่ามีแนวโน้มเป็นอย่างไร โดยใช้ข้อมูลดัชนีฝนซึ่งคำนวณจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S พบว่าสำหรับดัชนีฝนที่เกี่ยวข้องกับความชุ่มชื้นและปริมาณฝนสะสม ได้แก่ R10, R20, SDII, RX1D, RX5D และ CWD ในกรณีของดัชนีฝน R10 ลุ่มน้ำที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปัจจุบันมากที่สุดคือ ลุ่มน้ำแม่กลอง เพชรบุรี และชายฝั่งทะเลประจวบฯ ส่วน R20 ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบฯจะเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือ ลุ่มน้ำเพชรบุรี ลุ่มน้ำสาละวิน และลุ่มน้ำแม่กลอง ส่วนดัชนีฝนสะสมหนึ่งวันสูงสุด จะเพิ่มขึ้นมากที่สุดในกลุ่ม

ลุ่มน้ำภาคใต้ เช่น ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบฯ รองลงมาคือลุ่มน้ำแม่กลอง ตามลำดับ ส่วนดัชนีฝน 5 วันสูงสุด ลุ่มน้ำที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากที่สุดจากปัจจุบัน คือลุ่มน้ำปัตตานี ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก รองลงมาคือลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก และลุ่มน้ำแม่กลอง ตามลำดับ สำหรับดัชนี CWD หรือจำนวนวันชุ่มชื้นที่ปริมาณฝนอย่างน้อย 1 มิลลิเมตร ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างจะเพิ่มขึ้นจากปัจจุบันมากที่สุด รองลงมาคือลุ่มน้ำท่าจีน บางปะกง ตามลำดับ

จากการประเมินดัชนีฝนที่เกี่ยวข้องกับความชุ่มชื้นและปริมาณฝนสะสม ได้แก่ R10, R20, SDII, RX1D, RX5D และ CWD พบว่ากลุ่มลุ่มน้ำที่มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของดัชนีความชุ่มชื้นและฝนสะสมเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนและสม่ำเสมอในแทบทุกดัชนี ทั้งสิ้น 6 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ลุ่มน้ำสาละวิน ปิง วัง สะแกกรัง แม่กลอง ปัตตานี และลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก แต่ปัจจัยของฝนที่ก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งนั้น เป็นเพียงปัจจัยหนึ่งที่อาจก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากขึ้นเท่านั้น การวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลากในการศึกษานี้ จึงได้พิจารณาปัจจัยอื่นๆควบคู่ไปด้วย ในการคัดเลือกพื้นที่วิกฤตเพื่อการจำลองสภาวะน้ำฝน-น้ำท่า โดยพบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบนมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดัชนีความชุ่มชื้นและฝนสะสมแบบคงตัวในทุกๆดัชนีที่ใช้ในการประเมินทั้ง 8 ดัชนี และมีจำนวนวันที่แห้งแล้งต่อเนื่องลดลง ประกอบกับในพื้นที่ที่ไม่มีมาตรการทางโครงสร้างในการบริหารจัดการน้ำ เช่น เขื่อน หรืออ่างเก็บน้ำ อาจได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลากในพื้นที่ได้โดยตรง เมื่อเทียบกับในพื้นที่ที่มีเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ เป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการ และรับมือกับผลกระทบดังกล่าว ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงคัดเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำยม เป็นพื้นที่ศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลาก

การศึกษาการจำลองสภาพน้ำท่าในแม่น้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า อาศัยข้อมูลฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศที่ได้มีการปรับแก้ความเอนเอียงทางสถิติ (Bias Correction) แล้ว โดยเลือกใช้ข้อมูลทางสถิติของปริมาณฝนสูงสุดรายวัน (Maximum Daily Rainfall) ที่ก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากแบบสุดโต่ง (Extreme Flood) จากสถานีวัดน้ำฝนทั้งสิ้น 22 สถานี ในลุ่มน้ำยม ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดพะเยา ลำปาง แพร่ สุโขทัย พิษณุโลก กำแพงเพชร และพิจิตร โดยเลือกใช้ปริมาณฝนสูงสุดรายวันที่ทุกสถานี ที่คาบการเกิด (Return Period) 100 ปี ภายใต้สมมุติฐานการกระจายตัวของข้อมูลสถิติในรูปของ Gumbel Distribution ซึ่งเป็นการกระจายตัวที่มีความเหมาะสมต่อสภาพฝนในประเทศไทยมากที่สุด เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าและการประเมินสภาวะน้ำหลากจาก

ปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า HEC – HMS และจัดทำแผนที่แสดงการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด และแผนที่แสดงความต่างระหว่างปริมาณน้ำฝนในอนาคตเทียบกับปัจจุบัน รวมทั้งจัดทำแผนภูมิแสดงปริมาณน้ำท่าที่ทุกสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยม

ผลการศึกษาพบว่า การกระจายตัวของฝนในอนาคตอันใกล้แลในอนาคตอันไกล ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำยมมีการเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่อย่างเด่นชัด โดยที่ปริมาณฝนสูงสุดมีปริมาณลดลงในบริเวณด้านบนของลุ่มน้ำ เมื่อเทียบกับปริมาณฝนในปัจจุบัน ในขณะที่พื้นที่ตอนกลางและตอนล่างของลุ่มน้ำมีปริมาณฝนสูงสุดเพิ่มขึ้นเทียบกับปริมาณฝนสูงสุดในปัจจุบัน โดยมีปริมาณฝนสูงสุดกระจายตัวอยู่ในพื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำ พื้นที่ที่มีปริมาณฝนคาดการณ์เพิ่มขึ้นนี้ จะเป็นบริเวณที่คาดว่าจะมีสภาวะน้ำหลากได้มากที่สุด เนื่องจากปริมาณฝนใช้การนำเข้าสู่แบบจำลองจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น จัดเป็นพื้นที่วิกฤตที่มีแนวโน้มเกิดน้ำหลากล้นออกจากลำน้ำได้สูงสุด โดยเฉพาะในพื้นที่ อ.สวรรคโลก อ.ศรีสำโรง อ.เมือง อ.กงไกรลาศ จ. สุโขทัย รวมทั้ง อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก

การจำลองสภาพน้ำท่าที่อาจก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากแบบสุดโต่ง (Extreme Flood) ในลุ่มน้ำยม เป็นการจำลองสภาพน้ำท่าที่ก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากภายใต้ฝนสูงสุด 2 แบบได้แก่ 1. สภาพฝนตกสูงสุดต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 2. สภาพฝนตกสูงสุดต่อเนื่อง 72 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่าปริมาณ Peak flow จากสภาพฝนในอนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกลในลำน้ำหลักทุกสถานีน้ำท่ามีค่าลดลง เมื่อเทียบกับปริมาณฝนสูงสุดในปัจจุบัน เนื่องจากปริมาณฝนมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ลดลงบริเวณพื้นที่ด้านบนของลำน้ำและในพื้นที่ตอนล่างของลำน้ำ แม้ว่าพื้นที่ตอนกลางของลุ่มน้ำจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนเพิ่มสูงขึ้น แต่ก็เป็นเฉพาะในบางพื้นที่เท่านั้น ส่งผลให้ภาพรวมของน้ำท่าในลำน้ำหลักลดลงในเกือบทุกสถานี แม้ว่าปริมาณน้ำท่าคาดการณ์จากฝนในอนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกลจะมีแนวโน้มลดลง แต่การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนดังกล่าวสามารถก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากแบบสุดโต่ง (Extreme Flood) ได้ โดยเฉพาะในสถานี Y1C, Y14, Y6, Y16, Y17, และ Y5 ในจังหวัด แพร่ สุโขทัย พิษณุโลก และ พิจิตร ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณ Peak flow ที่สูงกว่าระดับตลิ่ง (จากการออกแบบระบบป้องกันน้ำท่วมในปัจจุบัน) ดังนั้นปริมาณน้ำท่าคาดการณ์จากการจำลองโดยแบบจำลอง HEC-HMS และ Extreme Flood Frequency Analysis ในงานวิจัยนี้ สามารถนำไปเป็นข้อมูลสภาพน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต อันจะเป็นประโยชน์อย่างสำคัญต่อการวางแผนพัฒนาโครงการบรรเทาปัญหาอุทกภัยในพื้นที่วิกฤตต่อไป

สารบัญ

หน้า

	คำนำ		
	กิตติกรรมประกาศ		
	บทคัดย่อภาษาไทย		
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		
	บทสรุปสำหรับผู้บริหาร		
	สารบัญ		
	สารบัญตาราง		
	สารบัญรูป		
บทที่ 1	**บทนำ**		
	1.1	หลักการและเหตุผล	1-1
	1.2	การทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา	1-4
	1.3	วัตถุประสงค์ของโครงการ	1-4
	1.4	สมมติฐานและขอบเขตการศึกษา	1-5
	1.5	แนวทางและวิธีการดำเนินงานโครงการ	1-6
	1.6	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1-10
	1.7	ผลงานที่เผยแพร่	1-10
	1.8	เนื้อหารายงาน	1-13
บทที่ 2	**สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา**		
	2.1	กลุ่มลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขง	2-5
	2.2	กลุ่มลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำสาละวิน	2-15
	2.3	กลุ่มลุ่มน้ำสาขาเจ้าพระยาท่าจีน	2-17
	2.4	กลุ่มลุ่มน้ำแม่กลอง	2-30
	2.5	กลุ่มลุ่มน้ำบางปะกง	2-32
	2.6	กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก	2-36
	2.7	กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันตก	2-38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

	2.8	กลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก(ฝั่งอ่าวไทย)	2-41
	2.9	กลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก	2-48
	2.10	สภาพภูมิอากาศ	2-50
	2.11	สภาพอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยา	2-67
	2.12	ฐานข้อมูลฝนกรมอุตุนิยมวิทยา และกรมชลประทาน	2-86
บทที่ 3	**การทบทวนแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก**		
	3.1	การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้แบบจำลอง GCMs ที่ใช้ในรายงาน IPCC AR4 ของประเทศไทยและประเทศจีน	3-6
	3.2	การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้แบบจำลอง GCMs ที่ใช้ในรายงาน IPCC AR5 ของประเทศไทยและประเทศจีน	3-7
	3.3	การวิเคราะห์ downscaled products จากแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI-AGCM 3.1S และ MRI-AGCM 3.2S	3-9
บทที่ 4	**การปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติของข้อมูลจากแบบจำลอง MRI-AGCM 3.1S (AR4) และ 3.2S (AR5)**		
	4.1	การทบทวนวรรณกรรมของการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติ (Bias correction)	4-1
	4.2	วิธีการปรับแก้แบบ Gamma-Gamma transformation	4-4
	4.3	วิธีการปรับแก้แบบ Hybrid method	4-6
	4.4	ผลการเปรียบเทียบการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติด้วยวิธี Hybrid กับวิธี Gamma-Gamma transformation	4-9
บทที่ 5	**การศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในมิติของพื้นที่และเวลาระหว่างแบบจำลอง AR4 และ AR5**		
	5.1	ดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่ใช้ในการศึกษา	5-1
	5.2	การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในช่วงเวลาปัจจุบัน: เปรียบเทียบระหว่าง AR4 และ AR5	5-3
	5.3	การกระจายความน่าจะเป็นของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในช่วงเวลาปัจจุบัน: เปรียบเทียบระหว่าง AR4 และ AR5	5-12

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

	5.4	การเปลี่ยนแปลงของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในอนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกล	5-15
	5.5	การเปลี่ยนแปลงของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทย	5-30
บทที่ 6	**การประเมินสภาวะน้ำหลากด้วยปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในแม่น้ำที่สนใจ**		
	6.1	การทบทวนแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าและการเลือกแบบจำลองการไหลในแม่น้ำ	6-1
	6.2	การจำลองสภาพน้ำในแม่น้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า	6-7
	6.3	การวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลากในลุ่มน้ำยม	6-39
	6.4	การศึกษาผลกระทบจากสภาวะน้ำหลากในประเทศไทย	6-61
บทที่ 7	**บทสรุปและข้อเสนอแนะ**		
	7.1	การทบทวนข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5	7-1
	7.2	การปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติของข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก	7-2
	7.3	ปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดของไทยจาก AR4 และ AR5	7-3
	7.4	การศึกษาสภาวะน้ำหลากในระดับลุ่มน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ: กรณีลุ่มน้ำยม	7-6
	บรรณานุกรม		
	ภาคผนวก		
	ก	ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝน	
	ข	บทความประชุมวิชาการ	
	ค	การนำเสนอความก้าวหน้าของโครงการ	
	ง	ผลสำรวจภาคสนาม	

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1-1	แผนงานและกิจกรรมของโครงการตามวัตถุประสงค์	1-11
2-1	การแบ่งกลุ่มลุ่มน้ำในประเทศไทย	2-1
3-1	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของประเทศไทยตามภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบต่างๆ จากการเพิ่มความละเอียดผลลัพธ์ของแบบจำลองภูมิอากาศของโลก 4 แบบลงบนพื้นที่ของประเทศไทย	3-8
5-1	ดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่ใช้ในการศึกษา	5-2
5-2	สรุปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของ Extreme precipitation indices ของ 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทยในช่วงอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039)	5-32
5-3	สรุปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของ Extreme precipitation indices ของ 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทยในช่วงอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)	5-33
6-1	รายชื่อลุ่มน้ำย่อยและพื้นที่รับน้ำฝนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำยม	6-40

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2-1	แผนที่ 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย	2-3
2-2	แผนที่ภูมิประเทศของลุ่มน้ำในประเทศไทย	2-4
2-3	ลุ่มน้ำโขงตอนบน	2-6
2-4	ลุ่มน้ำโขงตอนล่าง	2-7
2-5	ลุ่มน้ำกก	2-8
2-6	ลุ่มน้ำชี	2-10
2-7	ลุ่มน้ำมูล	2-12
2-8	ลุ่มน้ำโตนเลสาบ	2-14
2-9	ลุ่มน้ำสาละวิน	2-16
2-10	ลุ่มน้ำปิง	2-18
2-11	ลุ่มน้ำวัง	2-19
2-12	ลุ่มน้ำยม	2-21
2-13	ลุ่มน้ำน่าน	2-22
2-14	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	2-24
2-15	ลุ่มน้ำสะแกกรัง	2-27
2-16	ลุ่มน้ำป่าสัก	2-28
2-17	ลุ่มน้ำท่าจีน	2-29
2-18	ลุ่มน้ำแม่กลอง	2-31
2-19	ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	2-33
2-20	ลุ่มน้ำบางปะกง	2-35
2-21	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	2-37
2-22	ลุ่มน้ำชายฝั่งตะวันตก	2-39
2-23	ลุ่มน้ำเพชรบุรี	2-40
2-24	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก	2-43
2-25	ลุ่มน้ำตาปี	2-44
2-26	ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	2-46

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2-27	ลุ่มน้ำปัตตานี	2-47
2-28	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก	2-49
2-29	ค่าแตกต่างจากค่าเฉลี่ยในช่วง พ.ศ. 2504-2533 ของ a) อุณหภูมิสูงสุด b) อุณหภูมิเฉลี่ย และ c) อุณหภูมิสูงสุด เส้นสีแดงและสีน้ำเงิน แสดงแนวโน้มเชิงเส้นตรงและค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ในคาบเวลา 5 ปี ตามลำดับ	2-66
2-30	เปรียบเทียบค่าแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิโลก (เส้นสีน้ำเงิน) และประเทศไทย (เส้นสีแดง) ในช่วง ค.ศ. 1961-1990 (พ.ศ. 2504-2533)	2-66
2-31	ค่าแตกต่างจากค่าเฉลี่ยในช่วง ค.ศ. 1981-2000 (พ.ศ. 2524-2543) ของปริมาณฝนสะสมรายปีจาก 43 สถานีในประเทศไทย เส้นสีแดงและสีน้ำเงิน แสดงแนวโน้มเชิงเส้นตรงและค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ในคาบเวลา 5 ปี	2-67
2-32	แผนที่แสดงที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษา	2-87
3-1	รูปแบบการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในอนาคตตาม SRES Scenarios อันส่งผลต่อปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก (IPCC, 2000)	3-2
3-2	อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ซ้าย) และกราฟแสดงการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ย ของโลกเทียบกับปีฐาน (ค.ศ. 1980 - 1999) ตามสมมติฐาน SRES ต่างๆ (ขวา)	3-3
3-3	ผลการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกในปี ค.ศ. 2020 - 2029 และ ค.ศ. 2090 - 2099 เทียบกับปีฐาน (ค.ศ. 1980 - 1999) ตามสมมติฐานการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (SRES) B1 A1B และ A2 ตามลำดับ ในรูปการกระจายของความน่าจะเป็น (ซ้าย) และรูปแบบแผนที่ (ขวา)	3-4
3-4	แนวโน้มการผันแปรของฝนสังเกตการณ์เฉลี่ยรายปี (1979 - 2006)	3-10
3-5	แนวโน้มการผันแปรของฝนเฉลี่ยรายปีจาก AR4 GCM (1979 - 2006)	3-11
3-6	ความสัมพันธ์ของการพล็อตแบบกระจายตัวระหว่าง ปริมาณฝนรายปีสังเกตการณ์และฝนรายปีจากแบบจำลอง MRI - AGCM 3.1S	3-11
3-7	แนวโน้มการผันแปรของฝนเฉลี่ยรายปีจาก AR5 GCM (1979 - 2006)	3-12

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3-8	ความสัมพันธ์ของการพล็อตแบบกระจายตัวระหว่าง ปริมาณฝนรายปีสังเกตการณ์และฝนรายปีจากแบบจำลอง MRI - AGCM 3.2S	3-13
3-9	การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนเปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ c) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S (AR5)	3-13
3-10	การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนฤดูแล้งในปัจจุบัน เปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ c) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S (AR5)	3-14
3-11	การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนฤดูฝนในปัจจุบัน เปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ c) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S (AR5)	3-15
3-12	การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนรายปีในอนาคตอันใกล้ เปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S (AR5)	3-16
3-13	ผลต่างการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนรายปีในปัจจุบัน เปรียบเทียบระหว่าง a) ผลต่างของปริมาณฝนรายปี (mm) และ b) ร้อยละของผลต่างปริมาณฝนรายปี	3-17
3-14	ผลต่างการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนฤดูแล้งในปัจจุบัน เปรียบเทียบระหว่าง a) ผลต่างของปริมาณฝนฤดูแล้ง (mm) และ b) ร้อยละของผลต่างปริมาณฝนฤดูแล้ง	3-18
3-15	ผลต่างการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนฤดูฝนในปัจจุบัน เปรียบเทียบระหว่าง a) ผลต่างของปริมาณฝนฤดูฝน (mm) และ b) ร้อยละของผลต่างปริมาณฝนฤดูฝน	3-19
3-16	ผลต่างการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนฤดูแล้งในอนาคตอันใกล้ เปรียบเทียบระหว่าง a) ผลต่างของปริมาณฝนฤดูแล้ง (mm) และ b) ร้อยละของผลต่างปริมาณฝนฤดูแล้ง	3-20
3-17	ผลต่างการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนฤดูฝนในอนาคตอันใกล้ เปรียบเทียบระหว่าง a) ผลต่างของปริมาณฝนฤดูแล้ง (mm) และ b) ร้อยละของผลต่างปริมาณฝนฤดูแล้ง	3-21

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4-1	เทคนิคการปรับแก้ข้อมูลเชิงสถิติแบบควอนไทล์	4-2
4-2	แผนภาพของขั้นตอนการปรับแก้ความถี่และความเข้มของปริมาณฝนรายวันจากแบบจำลอง GCM	4-3
4-3	การเปรียบเทียบ CDF ระหว่างฝนในปัจจุบันของแบบจำลอง AR4 ผ่านการปรับแก้ความเอนเอียงด้วยวิธี Hybrid และ Gamma - Gamma transformation	4-10
4-4	การเปรียบเทียบ CDF ระหว่างฝนในปัจจุบันของแบบจำลอง AR5 ผ่านการปรับแก้ความเอนเอียงด้วยวิธี Hybrid และ Gamma - Gamma transformation	4-11
4-5	การเปรียบเทียบปริมาณฝนในแต่ละเดือนของแบบจำลอง AR4 ผ่านการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติด้วยวิธี Hybrid และ Gamma - Gamma transformation	4-12
4-6	การเปรียบเทียบปริมาณฝนในแต่ละเดือนของแบบจำลอง AR5 ผ่านการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติด้วยวิธี Hybrid และ Gamma - Gamma transformation	4-13
4-7	การเปรียบเทียบความถี่ฝนในแต่ละเดือนของแบบจำลอง AR4 ผ่านการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติด้วยวิธี Hybrid และ Gamma - Gamma transformation	4-14
4-8	การเปรียบเทียบความถี่ฝนในแต่ละเดือนของแบบจำลอง AR5 ผ่านการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติด้วยวิธี Hybrid และ Gamma - Gamma transformation	4-14
4-9	การเปรียบเทียบความเข้มฝนในแต่ละเดือนของแบบจำลอง AR4 ผ่านการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติด้วยวิธี Hybrid และ Gamma - Gamma transformation	4-16
4-10	การเปรียบเทียบความเข้มฝนในแต่ละเดือนของแบบจำลอง AR5 ผ่านการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติด้วยวิธี Hybrid และ Gamma - Gamma transformation	4-16
5-1	การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน R10 (Number of heavy rainfall days) เปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-4
5-2	การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน R20 (Number of heavy rainfall days) เปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-5

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

5-3	การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน SDII (Simple Daily Intensity Index) เปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-6
5-4	การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน RX1Day (Max 1-Day rainfall) เปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-7
5-5	การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน RX5Day (Max 5-Day rainfall) เปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-10
5-6	การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน CDD (Consecutive Dry Days) เปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-10
5-7	การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน R95T เปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-11
5-8	เปรียบเทียบฟังก์ชัน PDF ของดัชนีฝน R10 ระหว่างฝนสังเกตการณ์ ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ MRI – AGCM 3.2S	5-12
5-9	เปรียบเทียบฟังก์ชัน PDF ของดัชนีฝน SDII ระหว่างฝนสังเกตการณ์ ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ MRI – AGCM 3.2S (AR5)	5-13
5-10	เปรียบเทียบฟังก์ชัน PDF ของดัชนีฝน RX5D ระหว่างฝนสังเกตการณ์ ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ MRI – AGCM 3.2S	5-14
5-11	เปรียบเทียบฟังก์ชัน PDF ของดัชนีฝน CDD และ CWD ระหว่างฝนสังเกตการณ์ ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ MRI – AGCM 3.2S	5-14
5-12	เปรียบเทียบฟังก์ชัน PDF ของดัชนีฝน R95T ระหว่างฝนสังเกตการณ์ ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ MRI – AGCM 3.2S	5-15
5-13	ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน R10 (Number of heavy rainfall days) ในอนาคตอันใกล้ ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-16

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

5-14	ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน R10 (Number of heavy rainfall days) ในอนาคตอันไกล ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-17
5-15	ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน R20 (Number of heavy rainfall days) ในอนาคตอันใกล้ ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-18
5-16	ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน R20 (Number of heavy rainfall days) ในอนาคตอันไกล ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-19
5-17	ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน SDII (Simple Daily Intensity Index) ในอนาคตอันใกล้ ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-20
5-18	ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน SDII (Simple Daily Intensity Index) ในอนาคตอันไกล ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-21
5-19	ผลต่างการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน RX1Day (Max 1-Day rainfall) ในอนาคตอันใกล้ ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-22
5-20	ผลต่างการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน RX1Day (Max 1-Day rainfall) ในอนาคตอันไกล ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-22
5-21	ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน RX5Day (Max 5-Day rainfall) ในอนาคตอันใกล้ ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-23

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

5-22	ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน RX5Day (Max 5-Day rainfall) ในอนาคตอันไกล ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-24
5-23	ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน CDD (Consecutive Dry Days) ในอนาคตอันใกล้ ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-26
5-24	ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน CDD (Consecutive Dry Days) ในอนาคตอันไกล ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-26
5-25	ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน CWD (Consecutive Wet Days) ในอนาคตอันใกล้ ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-27
5-26	ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน CWD (Consecutive Wet Days) ในอนาคตอันไกล ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-27
5-27	ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน R95T ในอนาคตอันใกล้ ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-29
5-28	ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน R95T ในอนาคตอันไกล ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S	5-29
6-1	แบบจำลอง HEC-RAS	6-2
6-2	แบบจำลอง MIKE 11	6-3
6-3	วัฏจักรของน้ำท่า	6-9
6-4	รูปแบบการคำนวณน้ำท่าจากปริมาณฝน ในแบบจำลอง HEC-HMS	6-14
6-5	ขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินอย่างต่อเนื่องในแบบจำลอง HEC-HMS	6-16
6-6	ขั้นตอนการสอบเทียบแบบจำลองแบบอัตโนมัติ ในแบบจำลอง HEC-HMS	6-17

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

6-7	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Snyder Initial Base Flow Recession	6-22
6-8	Initial Base Flow Recession	6-25
6-9	Recession with multiple runoff peaks	6-25
6-10	ปริมาตรในส่วน Wedge Storage	6-27
6-11	การทำงานร่วมกันของแบบจำลองสภาพอากาศและแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (HEC-HMS)	6-29
6-12	การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางสถิติระหว่างข้อมูลฝนจริง และข้อมูลฝนที่ได้จากแบบจำลองสภาพอากาศ ก่อนนำเข้าสู่แบบจำลอง HEC-HMS สำหรับฝนรายเดือนกันยายน	6-30
6-13	รูปแบบและปริมาณซึ่งได้จากการวิเคราะห์จากแบบจำลอง MRI – AGCM ที่สถานีน้ำฝน 39022 อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก	6-32
6-14	การจำลองลักษณะของลุ่มน้ำยม ในแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า HEC – HMS	6-33
6-15	การปรับเทียบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า HEC – HMS โดยการปรับเทียบระหว่างปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองจากข้อมูลปริมาณฝนสังเกตการณ์จำนวน 23 สถานี กับปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์จำนวน 10 สถานี ในช่วง ระยะเวลาทั้งสิ้น 28 ปี (ค.ศ. 1979 - 2006)	6-34
6-16	การปรับเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง HEC-HMS กับน้ำท่าสังเกตการณ์ ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.20 อ.สอง จ.แพร่	6-35
6-17	การปรับเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง HEC-HMS กับน้ำท่าสังเกตการณ์ ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.1C อ.เมือง จ.แพร่	6-35
6-18	การปรับเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง HEC-HMS กับน้ำท่าสังเกตการณ์ ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.14 อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย	6-36
6-19	การปรับเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง HEC-HMS กับน้ำท่าสังเกตการณ์ ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.6 อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย	6-36
6-20	การกำหนดเลือกปี ค.ศ. 2002 ให้เป็นตัวแทนสำหรับการอ้างอิง สำหรับการคำนวณปริมาณน้ำท่าและการประเมินสภาวะน้ำหลากจากปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดบนแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า HEC – HMS	6-37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

6-21	ปริมาณน้ำท่า จากปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในปัจจุบันสูงสุดที่ 72 ชั่วโมง ณ สถานีวัดน้ำท่า Y5 อำเภอโพธิ์ทะเล จังหวัดพิจิตร	6-38
6-22	ปริมาณน้ำท่า จากปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในอนาคตอันใกล้สูงสุดที่ 24 ชั่วโมง ณ สถานีวัดน้ำท่า Y5 อำเภอโพธิ์ทะเล จังหวัดพิจิตร	6-38
6-23	ปริมาณฝนปัจจุบันสูงสุดรายวันในพื้นที่ลุ่มน้ำยม	6-44
6-24	ปริมาณฝนสูงสุดรายวันในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) ในพื้นที่ลุ่มน้ำยม	6-46
6-25	ปริมาณฝนสูงสุดรายวันในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099) ในพื้นที่ลุ่มน้ำยม	6-47
6-26	ความแตกต่างของปริมาณฝนสูงสุดรายวันในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) เทียบกับปริมาณฝนสูงสุดในปัจจุบัน ในพื้นที่ลุ่มน้ำยม	6-48
6-27	ความแตกต่างของปริมาณฝนสูงสุดรายวันในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099) เทียบกับปริมาณฝนสูงสุดในปัจจุบัน ในพื้นที่ลุ่มน้ำยม	6-49
6-28	กราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Y5 ลำน้ำยม จำลองภายใต้สภาพฝนสูงสุดตกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณฝนในปัจจุบัน ฝนในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และฝนคาดการณ์ในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)	6-51
6-29	กราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Y17 ลำน้ำยม จำลองภายใต้สภาพฝนสูงสุดตกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณฝนในปัจจุบัน ฝนในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และฝนคาดการณ์ในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)	6-52
6-30	กราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Y16 ลำน้ำยม จำลองภายใต้สภาพฝนสูงสุดตกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณฝนในปัจจุบัน ฝนในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และฝนคาดการณ์ในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)	6-53
6-31	กราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Y4 ลำน้ำยม จำลองภายใต้สภาพฝนสูงสุดตกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณฝนในปัจจุบัน ฝนในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และฝนคาดการณ์ในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)	6-54
6-32	กราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Y33 ลำน้ำยม จำลองภายใต้สภาพฝนสูงสุดตกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณฝนในปัจจุบัน ฝนในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และฝนคาดการณ์ในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)	6-55

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

6-33	กราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Y3A ลำน้ำยม จำลองภายใต้สภาพฝนสูงสุดตกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณฝนในปัจจุบัน ฝนในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และฝนคาดการณ์ในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)	6-56
6-34	กราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Y6 ลำน้ำยม จำลองภายใต้สภาพฝนสูงสุดตกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณฝนในปัจจุบัน ฝนในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และฝนคาดการณ์ในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)	6-57
6-35	กราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Y14 ลำน้ำยม จำลองภายใต้สภาพฝนสูงสุดตกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณฝนในปัจจุบัน ฝนในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และฝนคาดการณ์ในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)	6-58
6-36	กราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Y1C ลำน้ำยม จำลองภายใต้สภาพฝนสูงสุดตกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณฝนในปัจจุบัน ฝนในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และฝนคาดการณ์ในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)	6-59
6-37	กราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Y20 ลำน้ำยม จำลองภายใต้สภาพฝนสูงสุดตกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณฝนในปัจจุบัน ฝนในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และฝนคาดการณ์ในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)	6-60

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกเป็นประเด็นที่ประเทศต่างๆให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก เพื่อประเมินและเตรียมพร้อมต่อการเผชิญและปรับตัวอย่างเหมาะสม ในประเทศไทยได้มีการศึกษาเกี่ยวกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกในช่วงสิบปีที่ผ่านมา และได้ยึดถือข้อมูลการทำนายที่รวบรวมโดย IPCC (U.N. Intergovernmental Panel on Climate Change) ซึ่งหมายถึง คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสหประชาชาติ เป็นพื้นฐานในการศึกษา ถ่ายทอด และพยายามประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นในด้านต่างๆ ไม่ว่าด้านการเกษตร สุขภาพ ป่าไม้ หรือทรัพยากรธรรมชาติ รวมถึงแหล่งน้ำ จนกระทั่งเกิดการรณรงค์เพื่อลดปัจจัยที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์โลกร้อน ในปัจจุบันได้มีการปรับปรุงแบบจำลองสภาพภูมิอากาศของโลกเพื่อประมาณการเปลี่ยนแปลงในอนาคต โดยมีการพัฒนาแบบจำลองเวอร์ชันใหม่ โดยพิจารณาผลกระทบจากลมไต้ฝุ่นมากขึ้น ซึ่งทาง IPCC ทำการรวบรวมและวิเคราะห์ผลจากแบบจำลองเวอร์ชันใหม่นี้ไว้ใน Assessment Report 5 (AR5) จึงสมควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับข้อมูลแบบจำลองสภาพภูมิอากาศใน Assessment Report 4 (AR4) ซึ่งผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อาจแบ่งออกเป็นประเด็นต่างๆ ดังนี้

1. ความมั่งคงทางอาหาร จากประสิทธิภาพการผลิตทางการเกษตรที่ได้รับผลกระทบโดยตรง
2. สุขอนามัย อุณหภูมิของโลกที่สูงขึ้นจะเอื้ออำนวยต่อการระบาดของเชื้อโรคหลายชนิด เช่น ไวรัสหวัด และ มาเลเรีย
3. การอพยพย้ายถิ่นฐาน ซึ่งจะเป็นผลที่ตามมาจากการที่บางพื้นที่ต่ำ ชายฝั่งทะเลจะถูกน้ำท่วม ในขณะที่ที่สูงและกันดารจะได้รับความแห้งแล้งหนักขึ้น ผู้ที่อยู่ในพื้นที่ทั้งสองจะมีการเคลื่อนย้ายอพยพออกจากพื้นที่ เพื่อหาที่อยู่ใหม่
4. ทรัพยากรธรรมชาติบางชนิดจะได้รับผลกระทบ

5. ปริมาณและความถี่ของฝน จะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งในเชิงพื้นที่ และช่วงเวลา ส่งผลให้เกิดปัญหาต่อการเกษตร เช่น การเกษตรที่อาศัยน้ำฝน
6. ภาวะภัยแล้ง ในพื้นที่แห้งแล้งจะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น รวมทั้งมีการขยายตัวของพื้นที่แห้งแล้งด้วย
7. ความรุนแรงของพายุ อาจมีความรุนแรงมากขึ้น เมื่อผสมกับอิทธิพลจากภาวะโลกร้อน เช่น กรณีของเฮอริเคนแคทรินา ที่ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากกับประเทศอเมริกาในเดือนกันยายน 2548

งานวิจัยต่างๆในประเทศไทยเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกนั้น ล้วนแต่บ่งชี้ว่ามีการคาดการณ์ว่าสภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกจะมีผลกระทบกับประเทศไทย ดังนี้

- อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนในฤดูกาลเปลี่ยนไป
- ปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นไม่มากพอที่จะชดเชยการสูญเสียน้ำที่เพิ่มขึ้น
- เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นย่อมทำให้ฝนตกน้อยลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบและปริมาณฝน
- ในบริเวณที่มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจะมีแนวโน้มรับฝนตกมากขึ้นและนำมาซึ่งปัญหาน้ำท่วม
- ภาคใต้ของประเทศไทยจะมีความชุ่มชื้นมากกว่าภาคอื่นๆในขณะที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะแห้งแล้งมากขึ้น

ด้วยตระหนักถึงปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นดังกล่าว ประเทศต่างๆทั้งในทวีปอเมริกา ยุโรป และเอเชียได้ดำเนินการศึกษาและพัฒนาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ รวมทั้งในประเทศไทย คณะผู้วิจัยฯ จึงได้ดำเนินการศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อปริมาณน้ำฝน-น้ำท่ารายเดือนของไทยและผลกระทบต่อการบริหารจัดการน้ำของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 เป็นต้นมา โดยดำเนินการศึกษาในพื้นที่ต่างๆของประเทศ เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล น้ำฝน-น้ำท่าใน 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยของประเทศไทยจะมีค่าสูงขึ้น นอกจากนี้ในหลายลุ่มน้ำพบว่าข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนที่คาบการเกิด 1 ครั้งต่อปีตั้งแต่ปี ค.ศ.1995 ถึงปัจจุบัน ลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลสถิติ หมายความว่าฤดูกาลต่างๆ มีลักษณะแตกต่างจากในอดีต ฝนตกนอกฤดูในปริมาณที่มากกว่าที่เคย อุณหภูมิในฤดูหนาวอุ่นขึ้น และช่วงเวลาการเกิดมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ส่งผลให้การพยากรณ์สภาพภูมิอากาศของประเทศไทยโดยรวมทำได้ยากขึ้น

นอกจากนี้ ภัยพิบัติจากอุทกภัยครั้งใหญ่ในปี พ.ศ.2554 ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเศรษฐกิจ สังคม และความน่าเชื่อถือของประเทศไทยที่มีต่อนักลงทุนต่างชาติอย่างมหาศาล การวิเคราะห์ทางอุทกวิทยาพบว่าอุทกภัยครั้งใหญ่นี้มีสาเหตุมาจากปริมาณน้ำฝนที่มีการเปลี่ยนแปลงจากค่าเฉลี่ยมากกว่าปกติ และคาบการเกิดฝนที่มาเร็วกว่าฤดูกาลปกติ นอกจากนี้ยังประกอบกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศที่ขาดความชัดเจน ส่งผลให้ผู้บริหารประเทศ ประชาชนทั่วไป และนักวิชาการในประเทศไทย มีความตื่นตัวและให้ความสนใจต่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศภายใต้บริบทของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกมากยิ่งขึ้นอย่างชัดเจน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้นมีอิทธิพลโดยตรงต่อสภาพอุทกวิทยาของลุ่มน้ำ โดยเฉพาะในลุ่มน้ำเจ้าพระยาที่รับน้ำจากพื้นที่ภาคเหนือและไหลลงสู่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างเข้าสู่กรุงเทพมหานครและออกสู่อ่าวไทยตามลำดับ เมื่อสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนไปจากเดิม เช่น ปริมาณน้ำฝนบริเวณต้นน้ำเปลี่ยนไป ย่อมส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ในพื้นที่ด้านบนของลุ่มน้ำ ทำให้การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมไม่เป็นไปตามแนวทางปฏิบัติที่เคยดำเนินการมาในอดีต อันประยุกต์มาจากข้อมูลทางสถิติเพียงอย่างเดียว ในขณะเดียวกันประเด็นของการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าปกติ (Precipitation Extremes) นั้นก็เป็นประเด็นที่สำคัญมากเช่นเดียวกัน เนื่องจากการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศไทยและการออกแบบระบบระบายน้ำ ในอดีตที่ผ่านมามักจะอาศัยข้อมูลทางสถิติมาใช้ในการคำนวณ โดยมิได้คำนึงถึงค่าการเปลี่ยนแปลงฝนสูงสุดและ/หรือต่ำสุด (Precipitation Extremes) อันอาจเกิดขึ้นได้จากอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศโลก นอกจากปัญหาดังกล่าวข้างต้นแล้ว ในประเทศไทยยังมิได้มีการดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำอันเนื่องมาจากอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศโลกอย่างเพียงพอ จึงไม่สามารถคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นักวิจัยจากประเทศจีนได้ทำการวิจัยในหัวข้อในลักษณะนี้อยู่ แต่เป็นการใช้ข้อมูล GCM ในชุด AR4 การวิจัยในชุดนี้จะใช้ข้อมูล GCM AR5 ทำการเปรียบเทียบผลต่างโดยเฉพาะค่าฝนสูงสุดที่จะเกิดขึ้น มีการพัฒนาดัชนีแสดงความรุนแรงและการจำลองภาวะน้ำท่วมในพื้นที่ตัวอย่าง ซึ่งจะสามารถนำมาเปรียบผลวิจัยที่ศึกษามาเปรียบเทียบร่วมกันเพื่อประโยชน์การใช้ดัชนีที่พัฒนาขึ้นและการจำลองภาวะน้ำท่วมที่จะเกิดขึ้นในอนาคตของแต่ละประเทศได้ดียิ่งขึ้น

1.2 การทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา

Xu et al. (2011) คำนวณและวิเคราะห์ดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในลุ่มน้ำต่างๆของประเทศจีนเพื่อวิเคราะห์โอกาสในการเกิดอุทกภัยระดับลุ่มน้ำ โดยพิจารณาจาก 6 ดัชนี คือ (1) จำนวนวันแห้งแล้งสูงสุดติดต่อกัน (ปริมาณฝนน้อยกว่า 1 มม.ต่อวัน) (2) จำนวนวันฝนตกสูงสุดติดต่อกัน (ปริมาณฝนมากกว่าหรือเท่ากับ 1 มม.ต่อวัน) (3) จำนวนวันที่ฝนตกมากกว่า 10 มม.ต่อวัน (4) ปริมาณฝนสูงสุด 5 วัน (5) สัดส่วนของปริมาณฝนรายปีที่เกิดจากฝนที่มากกว่า 95th percentile ของฝนเฉลี่ยระหว่างปีค.ศ. 1961-1990 และ (6) ดัชนีความเข้มฝนรายวันอย่างง่าย ซึ่งหมายถึง สัดส่วนของปริมาณฝนรายปีต่อจำนวนวันที่ฝนตก โดยใช้ข้อมูลฝนสังเกตการณ์รายวันจากสถานีวัดน้ำฝน และแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก 3 แบบจำลอง คือ CSIRO_MK3_5, MPI_ECHAM5 and NCAR_CCSM3 ใน AR4 ซึ่ง Xu et al. (2011) พบว่าแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกทั้ง 3 แบบจำลองสามารถจำลองการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดได้ดี แต่ยังมีข้อจำกัดในการจำลองการเปลี่ยนแปลงระหว่างปี ผลการวิเคราะห์ดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในประเทศจีนพบว่า มีความน่าจะเป็นสูงขึ้นที่จะเกิดฝนตกหนักหรือเกิดน้ำท่วมโดยเฉพาะทางภาคตะวันออกของจีน

สำหรับในประเทศไทย ผลการวิจัยของคูณธนกุลวงศ์และคณะ (2010) พบว่าแนวโน้มในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ.2015-2039) ความรุนแรงรายวัน (มม.ต่อวัน) และปริมาณฝนสูงสุด 3 วันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปัจจุบัน และในอนาคตอันไกล (ค.ศ.2075-2099) ความรุนแรงรายวัน (มม.ต่อวัน) และปริมาณฝนสูงสุด 3 วันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยในงานวิจัยนี้วิเคราะห์ผลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก MRI-ACGM3.1S ซึ่งพัฒนาโดย Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

นอกจากนี้ Tachikawa and Yorozu (2011) ทำการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อปริมาณการไหลในแม่น้ำในประเทศไทย โดยใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าเชิงพื้นที่ (a distributed rainfall-runoff model) และผลการจำลองปริมาณน้ำฝนจาก MRI-AGCM3.1S ผลการศึกษาพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการไหลในแม่น้ำอย่างมีนัยสำคัญในลุ่มน้ำป่าสัก และปริมาณน้ำที่เก็บกักในเขื่อนป่าสักอาจไม่เพียงพอกับความต้องการใช้น้ำภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

โครงการการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยและจีน มีระยะเวลา 2 ปี โดยในปีแรกจะเน้นการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน และปีที่สองเน้นการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าในลุ่ม

น้ำตัวอย่าง กระบวนการวิจัยและผลการวิจัยนี้จะมีการแลกเปลี่ยนกับนักวิจัยจากประเทศจีนเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูล ความรู้และประสบการณ์ ซึ่งจะทำให้ผลงานวิจัยมีความเชื่อมั่นมากขึ้น โดยวัตถุประสงค์ของโครงการมีดังนี้

1.3.1 เพื่อทบทวนข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 และปรับแก้ค่าความเบี่ยงเบน (bias correction)

1.3.2 เพื่อศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย

1.3.3 เพื่อจัดทำและวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดของไทยจาก AR4 และ AR5

1.3.4 เพื่อศึกษาสภาวะน้ำหลากในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยในแม่น้ำที่วิกฤต

1.3.5 เพื่อเปรียบเทียบสภาวะน้ำหลากด้วยปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดระหว่างจีนและ ไทยที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง

1.4 สมมติฐาน และขอบเขตการศึกษา

ในการศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสุงสุดจากข้อมูลฝนสังเกตการณ์ และแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 เป็นการศึกษาครอบคลุมทั้งประเทศในทุกลุ่มน้ำของประเทศไทย สำหรับการศึกษาสภาวะน้ำหลาก เป็นการศึกษาในลุ่มน้ำตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของสภาพทางกายภาพและลักษณะของการกระจายตัวของฝนที่แตกต่างกันไป โดยใช้ข้อมูลฝนจาก MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ MRI – AGCM 3.2S (AR5) เป็นตัวแทนของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่มีความละเอียดสูงมาก คือ มีขนาดของกริด 20 km x 20 km เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกอื่นๆ ที่มีความละเอียดอยู่ระหว่าง 100-300 km โดยภาพฉายในอนาคต (scenario) ที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นภาพฉาย A1B ตามที่ MRI เลือกใช้ในการจำลองสภาพภูมิอากาศในอนาคต สำหรับดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่ใช้ในการศึกษา เป็นส่วนหนึ่งของ core index ที่เสนอโดยทีมผู้เชี่ยวชาญด้านการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก และเป็นดัชนีที่ใช้ในการศึกษาของ Xu et al. (2011) ของประเทศจีน

ในส่วนของการศึกษาสภาวะน้ำหลาก เป็นการจำลองสภาพน้ำท่าในแม่น้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยม โดยทำการวิเคราะห์และจำลองปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในปัจจุบัน อนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกลด้วยแบบจำลอง MRI – AGCM ลงในแต่

ละรายสถานีรวมทั้งสิ้น 23 สถานี ที่คาบการเกิดซ้ำ 100 ปี เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าและการประเมินสภาวะน้ำหลากจากปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า โดยเป็นการจำลองสภาพน้ำท่าที่ก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากภายใต้ฝนสูงสุด 2 แบบได้แก่ 1. สภาพฝนตกสูงสุดต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 2. สภาพฝนตกสูงสุดต่อเนื่อง 72 ชั่วโมง

1.5 แนวทางและวิธีการดำเนินงานโครงการ

1.5.1 ทบทวนและรวบรวมผลการจำลองและการทำนายจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5

1.5.1.1 รวบรวมข้อมูลฝนจากการจำลองและการทำนายของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 และสำหรับข้อมูล AR5 เป็นข้อมูลของแบบจำลอง MRI-AGCM3.2s ประเทศญี่ปุ่น

1.5.1.2 วิเคราะห์ downscaled products จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และAR5

1.5.1.3 รวบรวมข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทยจากกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน

1.5.1.4 ทำการปรับแก้ bias ของข้อมูลฝนจาก AR4 และ AR5 ด้วยข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝน

1.5.2 การศึกษาปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทย

1.5.2.1 กำหนดดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยตัวอย่างดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด อาทิเช่น จำนวนวันสูงสุดที่มีฝนตกติดต่อกัน, จำนวนวันสูงสุดที่ไม่มีฝนตกติดต่อกัน, จำนวนวันที่มีฝนตกเกินกว่า 10 มม. และปริมาณฝน 5 วันสูงสุด

1.5.2.2 คำนวณดัชนีปริมาณฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดในอดีตจากข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝน โดยทำการคำนวณดัชนีในระดับ grid ขนาด 20 km x 20 km

1.5.2.3 คำนวณดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับ grid ขนาด 20 km x 20 km ในอนาคตจากข้อมูลฝนของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกที่มีการปรับแก้แล้วและวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการเปลี่ยนแปลงของ ดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด

1.5.2.4 แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับทีมวิจัยจีนเกี่ยวกับดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดและผลวิเคราะห์ที่ได้

1.5.3 การเปรียบเทียบดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดระหว่าง AR4 และ AR5 จากดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับ grid ที่คำนวณจาก AR4 และ AR5 นำมาเปรียบเทียบการกระจายตัวว่ามีความแตกต่างในเชิงพื้นที่และเวลาในลุ่มน้ำหลักของประเทศไทยหรือไม่อย่างไร

1.5.4 การประเมินสภาวะน้ำหลากด้วยปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในแม่น้ำที่สนใจ

1.5.4.1 คัดเลือกและปรับเทียบแบบจำลองการไหลในแม่น้ำ (river routing model) ที่เหมาะสมกับแม่น้ำที่เลือกศึกษาและรวบรวมพื้นที่หน้าตัด และข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับและอัตราการไหลของแม่น้ำ

1.5.4.2 จำลองสภาพน้ำท่าในแม่น้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า และวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลากในแม่น้ำที่สนใจ

1.5.5 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์สภาวะน้ำหลากด้วยปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดระหว่างจีนและไทย

1.5.5.1 ศึกษาสภาวะน้ำหลากในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยในแม่น้ำที่วิกฤติและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นโดยใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า และแบบจำลองการไหลในแม่น้ำ

1.5.5.2 เปรียบเทียบวิธีและผลการวิเคราะห์สภาวะน้ำหลากด้วยปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดระหว่างนักวิจัยจีนและไทย

1.5.6 ในระหว่างการวิจัยร่วม จะมีการเดินทางไป มา ระหว่างนักวิจัยไทยและจีน จำนวน 1 ครั้งๆละ 2 คน จำนวน 10 วัน ต่อปีเพื่อร่วมปรึกษาหารือเกี่ยวกับวิธีการวิจัย ข้อมูลที่ใช้ ผลจากการวิจัย รวมถึงการเตรียมเขียนรายงานและบทความวิชาการร่วมกัน (ช่วงเวลาอาจเป็นช่วงที่มีการจัดสัมมนาวิชาการร่วมกันได้ ซึ่งจะทำให้รับทราบผลการวิจัยด้าน monsoon อันจะทำให้การศึกษาวิจัยด้านฝนและน้ำท่วมมีความสมบูรณ์มากขึ้น) การเดินทางในปีแรกจะเน้นการแลกเปลี่ยนผลวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลฝนและดัชนีที่จะใช้ ส่วนในปีที่สองจะเน้นการแลกเปลี่ยนผลวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์น้ำท่าและสภาวะน้ำท่วมอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

แผนกิจกรรมหลักที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ รวมทั้งผลลัพธ์ (Output) ที่คาดว่าจะได้รับ

วัตถุประสงค์	กิจกรรมหลัก	กิจกรรมรอง	ผลงานที่คาดว่าจะได้รับ (Output)	ช่วงเวลาดำเนินงาน	ผู้รับผิดชอบ
ทบทวนข้อมูลแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกสำหรับการศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด (Precipitation extremes)	1. การศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 และรวบรวมข้อมูลฝน	1.1 ทบทวนและรวบรวมผลการจำลองและการทำนายจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 1.2 วิเคราะห์ downscaled products จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 1.3 รวบรวมข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทยจากกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน	1.1 ได้ข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 สำหรับประเทศไทย 1.2 ได้ผลการวิเคราะห์ downscaled products จาก AR4 และ AR5 1.3 ได้ฐานข้อมูลฝนในอดีตของประเทศไทย	เดือนที่ 2 - 5 เดือนที่ 4 - 7 เดือนที่ 1 - 4	1. รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ 2. ผศ.ดร.อักษรา พฤทธิวิทยา 3. ดร.ปิยธิดา ห้อยสังวาลย์ 4. ปฏิญญา หรรษ์อิทธินันต์ ผู้ดูแล: อมราวดี มานะจิตต์
		1.4 ทำ Bias correction ของผลที่ได้จากแบบจำลองสภาพภูมิ-อากาศโลก AR4 และ AR5 ที่เลือกใช้ในการศึกษาด้วยข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝน	1.4 ได้ข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 สำหรับประเทศไทยที่ทำการปรับแก้ bias แล้วด้วยข้อมูลฝนในอดีต	เดือนที่ 7 - 9	
ศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทย	1. กำหนดดัชนีและคำนวณปริมาณฝนสูงสุด	1.1 กำหนดดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย 1.2 คำนวณดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในอดีตจากข้อมูลฝน 1.3 คำนวณดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในอนาคตจากผลของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกที่มีการปรับแก้แล้วและวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการเปลี่ยนแปลงของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด	1.1 ได้ดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยน-แปลงสูงสุดที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย เช่น ปริมาณฝน 5 วันสูงสุด, จำนวนวันสูงสุดที่มีฝนตกติดต่อกัน เป็นต้น 1.2 ได้ดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยน-แปลงสูงสุดในอดีตและที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตจากข้อมูลแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ	เดือนที่ 8 - 10 เดือนที่ 9 - 10 เดือนที่ 10 - 13	1. รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ 2. ผศ.ดร.อักษรา พฤทธิวิทยา 3. ดร.ปิยธิดา ห้อยสังวาลย์ 4. ปฏิญญา หรรษ์อิทธินันต์ 5. ศักย์ สกุลไทย ผู้ดูแล: อมราวดี มานะจิตต์
	2. แลกเปลี่ยนความคิดเห็นจากทีมวิจัยจีน	2.1 แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับทีมวิจัยจีนเกี่ยวกับดัชนีชี้วัดปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดและแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกที่เลือกใช้ในการศึกษา และจัดทำรายงานความก้าวหน้าปีที่ 1	2.1 ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและผลการวิจัยกับทีมวิจัยจีนและรายงานความก้าวหน้าปีที่ 1	เดือนที่ 12 - 13	

แผนกิจกรรมหลักที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ รวมทั้งผลลัพธ์ (Output) ที่คาดว่าจะได้รับ (ต่อ)

วัตถุประสงค์	กิจกรรมหลัก	กิจกรรมรอง	ผลงานที่คาดว่าจะได้รับ (Output)	ช่วงเวลาดำเนินงาน	ผู้รับผิดชอบ
เปรียบเทียบดัชนีชี้วัดปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่ได้จาก AR4 และ AR5	1. เปรียบเทียบดัชนีชี้วัดและศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด	1.1 เปรียบเทียบดัชนีชี้วัดปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดระหว่าง AR4 และ AR5 1.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดทั้งในมิติของพื้นที่และเวลา ระหว่าง AR4 และ AR5	1.1 ได้ผลการเปรียบเทียบปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่คำนวณได้จากข้อมูล AR4 และ AR5 1.2 ได้ผลการเปรียบเทียบรูปแบบปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดทั้งในมิติของพื้นที่และเวลาระหว่าง AR4 และ AR5	เดือนที่ 13 - 15 เดือนที่ 14 - 16	1. รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ 2. ผศ.ดร.อักษรา พฤทธิวิทยา 3. ดร.ปิยธิดา ห้อยสังวาลย์ 4. ปฏิญญา หรรษ์อิทธินันต์ 5. ศักย์ สกุลไทย ผู้ดูแล: อมราวดี มานะจิตต์
ประเมินสภาวะน้ำหลากด้วยปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในน้ำที่สนใจ	1. เลือกแบบจำลองการไหลในแม่น้ำ และจำลองสภาพน้ำท่าในแม่น้ำ รวมทั้งวิเคราะห์ผล-กระทบ	1.1 คัดเลือกและปรับเทียบแบบจำลองการไหลในแม่น้ำ (river routing model) ที่เหมาะสมกับแม่น้ำที่เลือกศึกษา 1.2 รวบรวมข้อมูลพื้นที่หน้าตัดและข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับและอัตราการไหลของแม่น้ำ 1.3 จำลองสภาพน้ำท่าในแม่น้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิ-อากาศด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า 1.4 วิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลากในแม่น้ำที่สนใจ	1.1 ได้แบบจำลองการไหลในแม่น้ำ และค่าพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลอง 1.2 ได้การจำลองสภาพน้ำท่าในแม่น้ำ และการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยน-แปลงภูมิอากาศ 1.3 ได้ผลการวิเคราะห์ผลกระ-ทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิ-อากาศต่อสภาวะน้ำหลาก	เดือนที่ 15 เดือนที่ 13 - 15 เดือนที่ 17 - 19 เดือนที่ 19 - 21	1. รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ 2. ผศ.ดร.อักษรา พฤทธิวิทยา 3. ดร.ปิยธิดา ห้อยสังวาลย์ 4. ปฏิญญา หรรษ์อิทธินันต์ 5. ศักย์ สกุลไทย ผู้ดูแล: อมราวดี มานะจิตต์
เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์สภาวะน้ำหลากด้วยปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดระหว่างจีนและไทย	1. ศึกษาผลกระทบจากสภาวะน้ำหลาก และเปรียบเทียบผลการศึกษาระหว่างจีนและไทย	1.1 ศึกษาผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากสภาวะน้ำหลากในประเทศไทย 1.2 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์สภาวะน้ำหลากด้วยปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดระหว่างนักวิจัยจีนและไทย 1.3 จัดทำบทความทางวิชาการร่วมกันระหว่างนักวิจัยจีนและไทย	1.1 ได้ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากสภาวะน้ำหลากในประเทศไทย 1.2 ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและผลการวิจัยกับทีมวิจัยจีน และบทความวิชาการร่วมกัน	เดือนที่ 20 - 22 เดือนที่ 22 - 25 เดือนที่ 25	1. รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ 2. ผศ.ดร.อักษรา พฤทธิวิทยา 3. ดร.ปิยธิดา ห้อยสังวาลย์ 4. ปฏิญญา หรรษ์อิทธินันต์ 5. ศักย์ สกุลไทย ผู้ดูแล: อมราวดี มานะจิตต์

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศโลกที่ปรับแก้แล้วสำหรับการศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด (Precipitation extremes)

1.6.2 ปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย

1.6.3 ดัชนีชี้วัดปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดของไทยเปรียบเทียบจากข้อมูลแบบจำลอง AR4 และ AR5

1.6.4 สภาวะน้ำหลากในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยในแม่น้ำที่วิกฤต

1.6.5 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบสภาวะน้ำหลากด้วยปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดระหว่างจีนและไทยอันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

1.6.6 บทความทางวิชาการที่ตีพิมพ์ใน International Journals (ร่วมกับทีมจีน) 1 บทความ/ปี (เนื่องจากทีมวิจัยจีนไม่ได้รับเงินสนับสนุนจาก NSFC จึงไม่สามารถศึกษาเปรียบเทียบกับงานวิจัยของจีนได้)

1.7 ผลงานที่เผยแพร่

- บทความเสนอในการประชุมวิชาการนานาชาติ PAWEE 2012 (พฤศจิกายน ๒๐๑๒) ที่ประเทศไทย

Climate change impact assessment in Sukhothai province: Intercomparison between three Global Climate Models by P. Hanittinan, S. Koontanakulvong.

- บทความเสนอในการประชุมวิชาการนานาชาติ PAWEE 2014 (ตค ๒๐๑๔) ที่ประเทศไต้หวัน

Changes in Precipitation Extremes in the Chao Phraya River Basin by Piyatida Hoisungwan , Patinya Hanittinan, Sucharit Koontanakulvong.

Flood Impact and Risk Assessment at the Yom River Basin Due to Global Climate Change

P. Hanittinan, S. Koontanakulvong.

ตารางที่ 1-1 แผนงานและกิจกรรมของโครงการตามวัตถุประสงค์

รายละเอียดกิจกรรม	1 มิ.ถ.55 ถึง 30 มิ.ย. 55	1 พ.ค. 55 ถึง 30 พ.ย. 55	1 ก.ค. 55 ถึง 31 ม.ค. 56	1 ก.ย. 55 ถึง 31 ก.ค. 56	1 ก.ย. 55 ถึง 31 ส.ค. 56	1 ต.ค. 55 ถึง 30 ก.ย. 56	1 ต.ค. 55 ถึง 31 ต.ค. 56	1 ต.ค. 55 ถึง 30 พ.ย. 56	1 ต.ค. 55 ถึง 31 ธ.ค. 56	1 ม.ค. 56 ถึง 31 ม.ค. 57	1 ม.ค. 56 ถึง 28 ก.พ. 57	1 ม.ค. 56 ถึง 31 ม.ค. 57	1 พ.ค. 56 ถึง 30 พ.ย. 56	1 มิ.ย. 56 ถึง 30 มิ.ย. 56	1 ก.ค. 56 ถึง 31 ก.ค. 56	1 ก.ค. 56 ถึง 31 ก.ค. 56	1 ก.ค. 56 ถึง 31 ส.ค. 56	1 ก.ค. 56 ถึง 30 ก.ย. 56	1 ก.ค. 56 ถึง 31 ต.ค. 56	1 ก.ค. 56 ถึง 30 พ.ย. 56	1 ก.ค. 56 ถึง 31 ธ.ค. 56	1 ม.ค. 57 ถึง 31 ม.ค. 57	1 ก.พ. 57 ถึง 28 ก.พ. 57	1 มี.ค. 57 ถึง 31 มี.ค. 57
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1. เพื่อรวบรวมข้อมูลแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกสำหรับการศึกษาโครงการผันน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุด																									
1.1 ทบทวนและรวบรวมผลการจำลองและการวิเคราะห์จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5																									
1.2 วิเคราะห์ downscaled products จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5																									
1.3 รวบรวมข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทยจากกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน																									
1.4 ทำ Bias correction ของผลลัพธ์จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 ด้วยข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝน																									
2. เพื่อศึกษาปริมาณฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทย																									
2.1 กำหนดพื้นที่ปริมาณฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย																									
2.2 คำนวณพื้นที่ปริมาณฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุด																									
2.2.1 คำนวณพื้นที่ปริมาณฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดในอดีตจากข้อมูลฝน																									
2.2.2 คำนวณพื้นที่ปริมาณฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดในอนาคตจากผลของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกที่ผ่านการปรับแก้และวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ปริมาณฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุด																									
2.3 เลือกปริมาณฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดในอนาคตที่ได้จากขั้นตอนที่ 2.2 และพื้นที่ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2.1 เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป																									

ตารางที่ 1-1 แผนงานและกิจกรรมของโครงการตามวัตถุประสงค์ (ต่อ)

1.8 เนื้อหารายงาน

- **บทที่ 1 บทนำ** กล่าวถึงความเป็นมา การทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา วัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา และแนวทางและวิธีการดำเนินงาน
- **บทที่ 2 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา** กล่าวถึงสภาพลุ่มน้ำ สภาพภูมิอากาศในลุ่มน้ำต่างๆ ของประเทศไทย และการรวบรวมข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน
- **บทที่ 3 การทบทวนแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก** กล่าวถึงการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับ AR4 และ AR5
- **บทที่ 4 การปรับเทียบแบบจำลอง MRI-AGCM 3.1S (AR4) และ 3.2S (AR5)** กล่าวถึงการศึกษาเกี่ยวกับ Bias correction วิธีการปรับเทียบแบบ Hybrid Method
- **บทที่ 5 การศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในมิติพื้นที่และเวลาระหว่างแบบจำลอง AR4 และ AR5** กล่าวถึงดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด การกระจายตัวเชิงพื้นที่และเชิงความถี่ของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในช่วงเวลาปัจจุบัน การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในอนาคตอันใกล้
- **บทที่ 6 การประเมินสภาวะน้ำหลากด้วยปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในแม่น้ำที่สนใจ** กล่าวถึงการทบทวนแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า การจำลองสภาพน้ำในแม่น้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า การวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลากในแม่น้ำที่สนใจ
- **บทที่ 7 สรุปผล และข้อเสนอแนะ**

บทที่ 2

สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

คณะกรรมการอุทกวิทยาแห่งชาติ ได้แบ่งพื้นที่ประเทศไทยออกเป็นกลุ่มลุ่มน้ำ 9 แห่ง ดังรูปที่ 2-1 ประกอบด้วยลุ่มน้ำสำคัญ 25 ลุ่มน้ำ และแบ่งออกเป็นลุ่มน้ำย่อย 254 ลุ่มน้ำย่อย ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 การแบ่งกลุ่มลุ่มน้ำในประเทศไทย

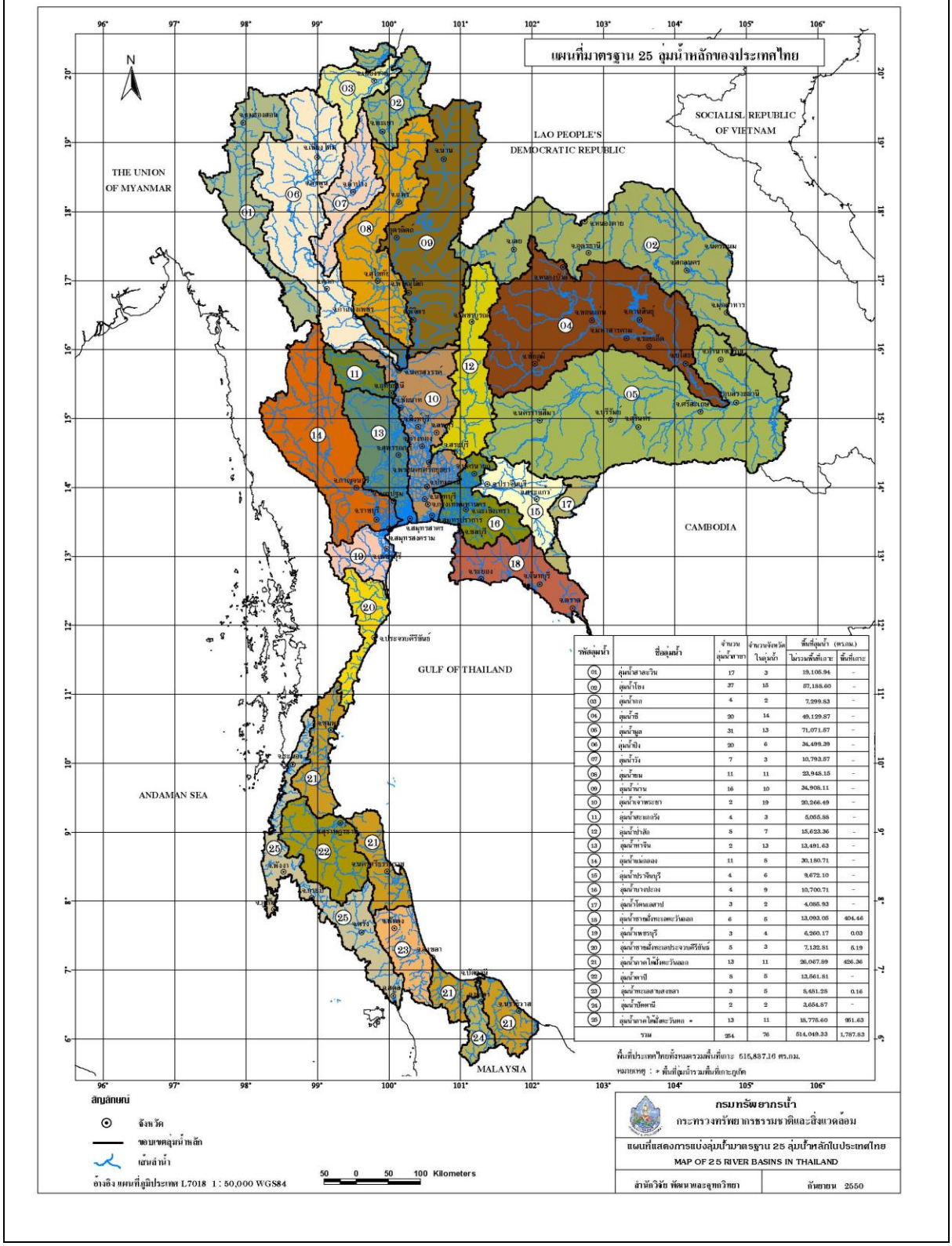
แบ่งตามตำแหน่งจุดออกของลำน้ำ	แบ่งตามที่เสนอแนะ (9 กลุ่มลุ่มน้ำ)	แบ่งตามรายงาน "มาตรฐานลุ่มน้ำและลุ่มน้ำสาขา" (25 ลุ่มน้ำ)
กลุ่มลุ่มน้ำที่ไหลลงแม่น้ำโขง	กลุ่มลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขง	ลุ่มน้ำโขง
		ลุ่มน้ำกก
		ลุ่มน้ำชี
		ลุ่มน้ำมูล
		ลุ่มน้ำโตนเลสาบ
กลุ่มลุ่มน้ำที่ไหลลงแม่น้ำสาละวิน	กลุ่มลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำสาละวิน	ลุ่มน้ำสาละวิน
กลุ่มลุ่มน้ำที่ไหลลงทะเลโดยตรง		
กลุ่มลุ่มน้ำที่ไหลลงทะเลฝั่งอ่าวไทย	กลุ่มลุ่มน้ำเจ้าพระยาท่าจีน	ลุ่มน้ำปิง
		ลุ่มน้ำวัง
		ลุ่มน้ำยม
		ลุ่มน้ำน่าน
		ลุ่มน้ำเจ้าพระยา
		ลุ่มน้ำสะแกกรัง
		ลุ่มน้ำป่าสัก
		ลุ่มน้ำท่าจีน

ตารางที่ 2-1 การแบ่งกลุ่มลุ่มน้ำในประเทศไทย (ต่อ)

แบ่งตามตำแหน่งจุดออกของลำน้ำ	แบ่งตามที่เสนอแนะ (9 กลุ่มลุ่มน้ำ)	แบ่งตามรายงาน "มาตรฐานลุ่มน้ำและลุ่มน้ำสาขา" (25 ลุ่มน้ำ)
กลุ่มลุ่มน้ำที่ไหลลงทะเลโดยตรง		
กลุ่มลุ่มน้ำที่ไหลลงทะเลฝั่งอ่าวไทย	กลุ่มลุ่มน้ำแม่กลอง	ลุ่มน้ำแม่กลอง
	กลุ่มลุ่มน้ำบางปะกง	ลุ่มน้ำปราจีนบุรี
		ลุ่มน้ำบางปะกง
	กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก
	กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันตก	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตก
		ลุ่มน้ำเพชรบุรี
	กลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก (ฝั่งอ่าวไทย)	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก
		ลุ่มน้ำตาปี
		ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา
		ลุ่มน้ำปัตตานี
กลุ่มลุ่มน้ำที่ไหลลงทะเลฝั่งอันดามัน	กลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก

ที่มา : ข้อมูลสารสนเทศโครงการชลประทาน ปี 2552 หน้า 22-23, กรมชลประทาน

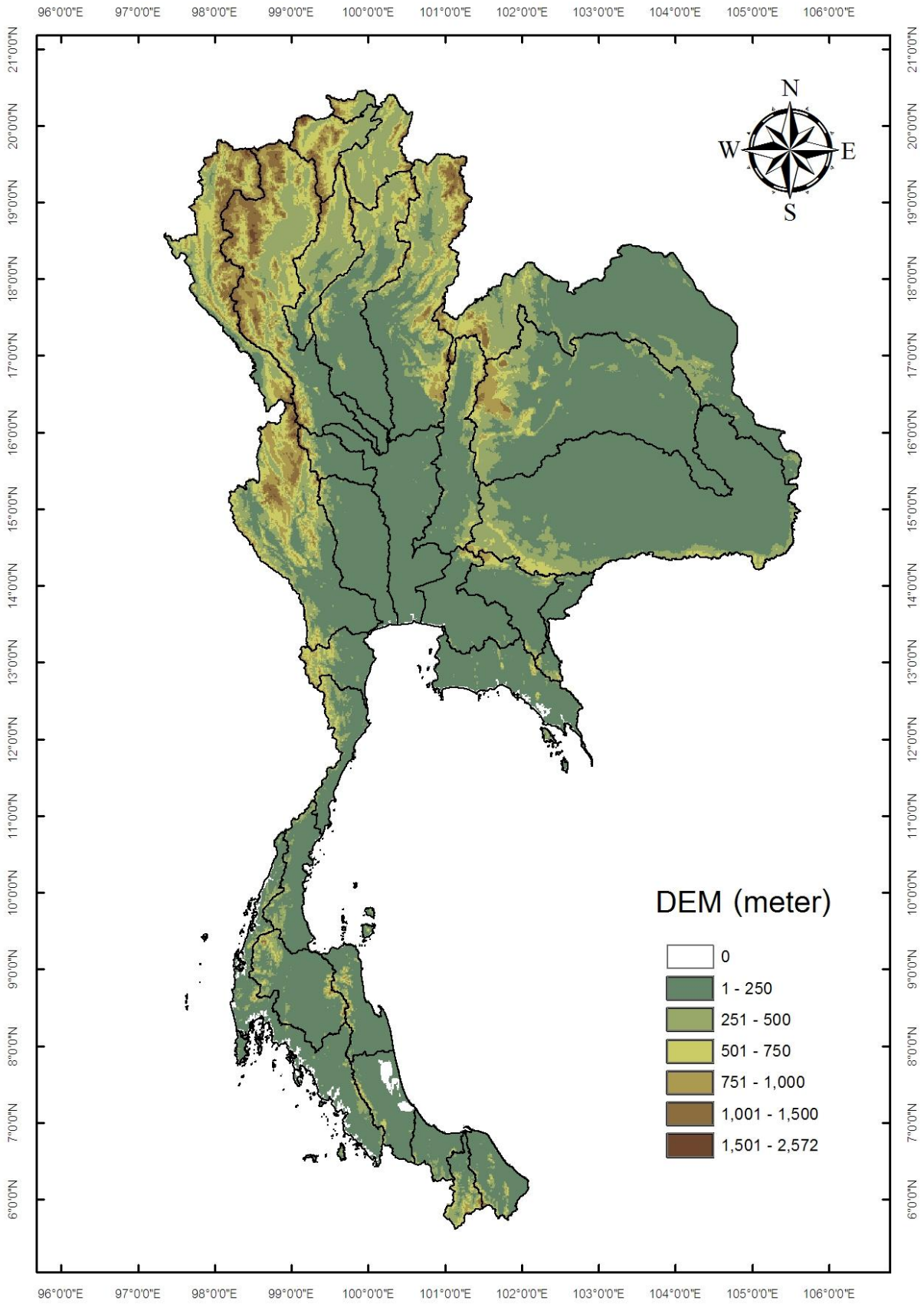
สำหรับแผนที่ลักษณะภูมิประเทศของลุ่มน้ำในประเทศไทยจะแสดงดังรูปที่ 2-2 โดยแสดงเป็นค่าระดับจากข้อมูล SRTM



รหัสลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	จำนวนลุ่มน้ำสาขา	จำนวนจังหวัดในลุ่มน้ำ	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.) ไม่รวมพื้นที่เกาะ	พื้นที่เกาะ
01	ลุ่มน้ำสาละวิน	17	3	19,105.94	-
02	ลุ่มน้ำโขง	37	15	87,188.60	-
03	ลุ่มน้ำกก	4	2	7,299.83	-
04	ลุ่มน้ำชี	20	14	49,129.57	-
05	ลุ่มน้ำมูล	31	13	71,071.57	-
06	ลุ่มน้ำปิง	20	6	34,499.39	-
07	ลุ่มน้ำวัง	7	3	10,793.57	-
08	ลุ่มน้ำยม	11	11	22,948.15	-
09	ลุ่มน้ำน่าน	16	10	34,908.11	-
10	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	2	19	20,266.49	-
11	ลุ่มน้ำสะแกกรัง	4	3	5,055.88	-
12	ลุ่มน้ำป่าสัก	8	7	15,623.36	-
13	ลุ่มน้ำท่าจีน	2	13	13,491.63	-
14	ลุ่มน้ำแม่กลอง	11	8	30,180.71	-
15	ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	4	6	9,672.10	-
16	ลุ่มน้ำบางปะกง	4	9	10,700.71	-
17	ลุ่มน้ำโตนเลสาป	3	2	4,055.93	-
18	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	6	5	13,093.05	404.46
19	ลุ่มน้ำเพชรบุรี	3	4	6,260.17	0.03
20	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	5	3	7,132.81	5.19
21	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก	13	11	26,067.99	426.36
22	ลุ่มน้ำตาปี	8	5	13,561.81	-
23	ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	3	5	8,481.28	0.16
24	ลุ่มน้ำปัตตานี	2	2	3,654.87	-
25	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก *	13	11	18,775.60	961.63
รวม		254	76	514,049.33	1,787.83

ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-1 แผนที่ 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย



รูปที่ 2-2 แผนที่ภูมิประเทศของลุ่มน้ำในประเทศไทย

โดยข้อมูลลุ่มน้ำของประเทศไทยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 กลุ่มลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขง

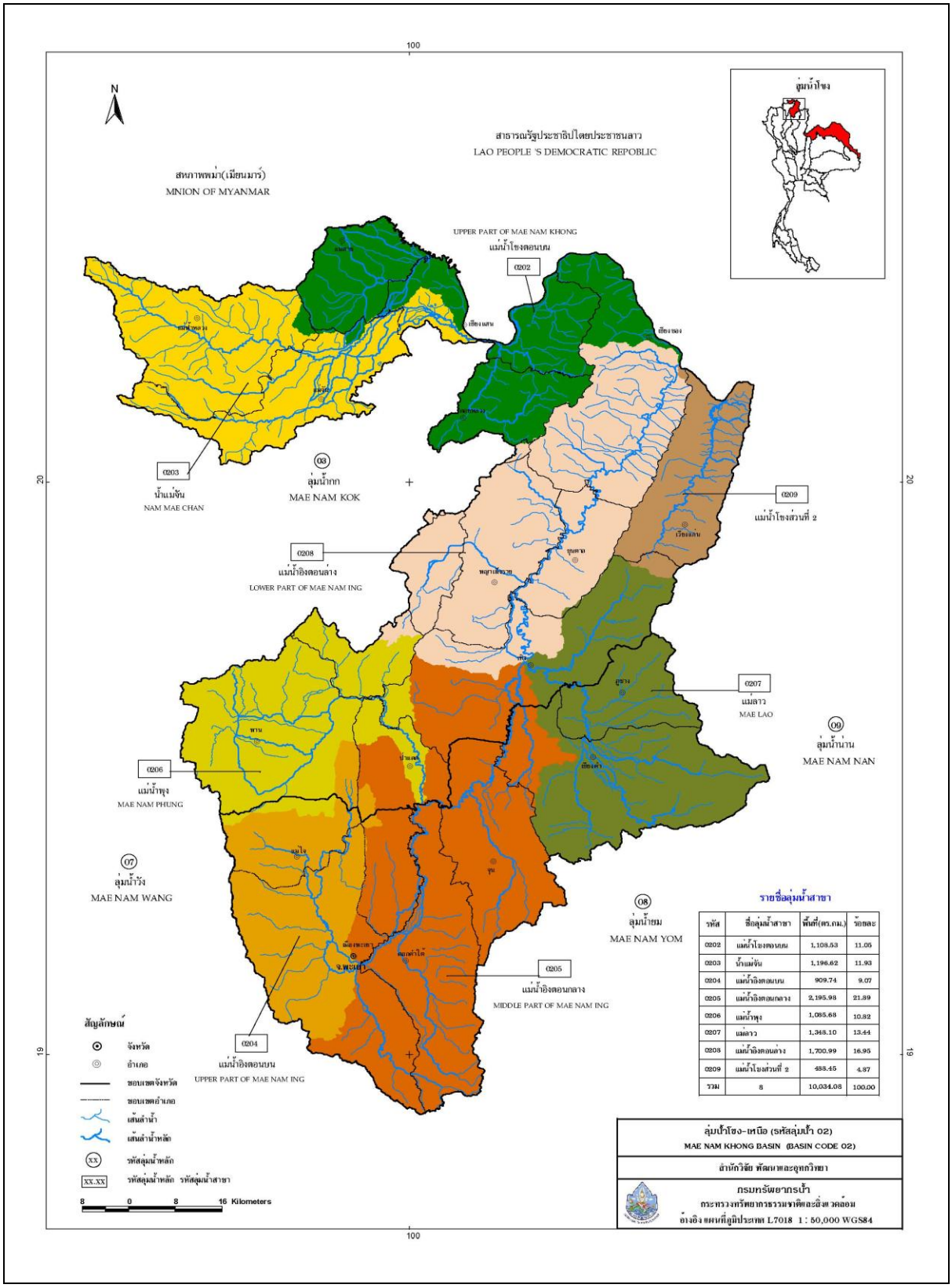
ประกอบด้วย 5 ลุ่มน้ำดังนี้

1) ลุ่มน้ำโขง

ลุ่มน้ำโขงตั้งอยู่ทางทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย แม่น้ำโขงไหลผ่านตอนเหนือของประเทศไทยและผ่านตามแนวเขตแดนไทย – ลาวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำโขงในประเทศไทยออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ ลุ่มน้ำโขงเหนือประกอบด้วยลุ่มน้ำย่อยแม่จันและลุ่มน้ำย่อยแม่อิง และลุ่มน้ำโขงอีสานประกอบด้วยลุ่มน้ำย่อยสกลนคร – เลย ลุ่มน้ำโขงส่วนที่อยู่ในประเทศไทยมีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 57,424 ตารางกิโลเมตร ลุ่มน้ำโขงเหนือ มีทิศเหนือติดกับประเทศพม่าและประเทศลาว ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำยม ทิศตะวันออกติดกับประเทศลาว และทิศตะวันตกติดกับลุ่มแม่น้ำกก ส่วนลุ่มน้ำแม่โขงอีสาน มีทิศเหนือและทิศตะวันออกติดกับแม่น้ำโขง ซึ่งเป็นเขตแดนระหว่างไทย – ลาว ทิศใต้และทิศตะวันตกติดกับแนวเทือกเขาภูพาน

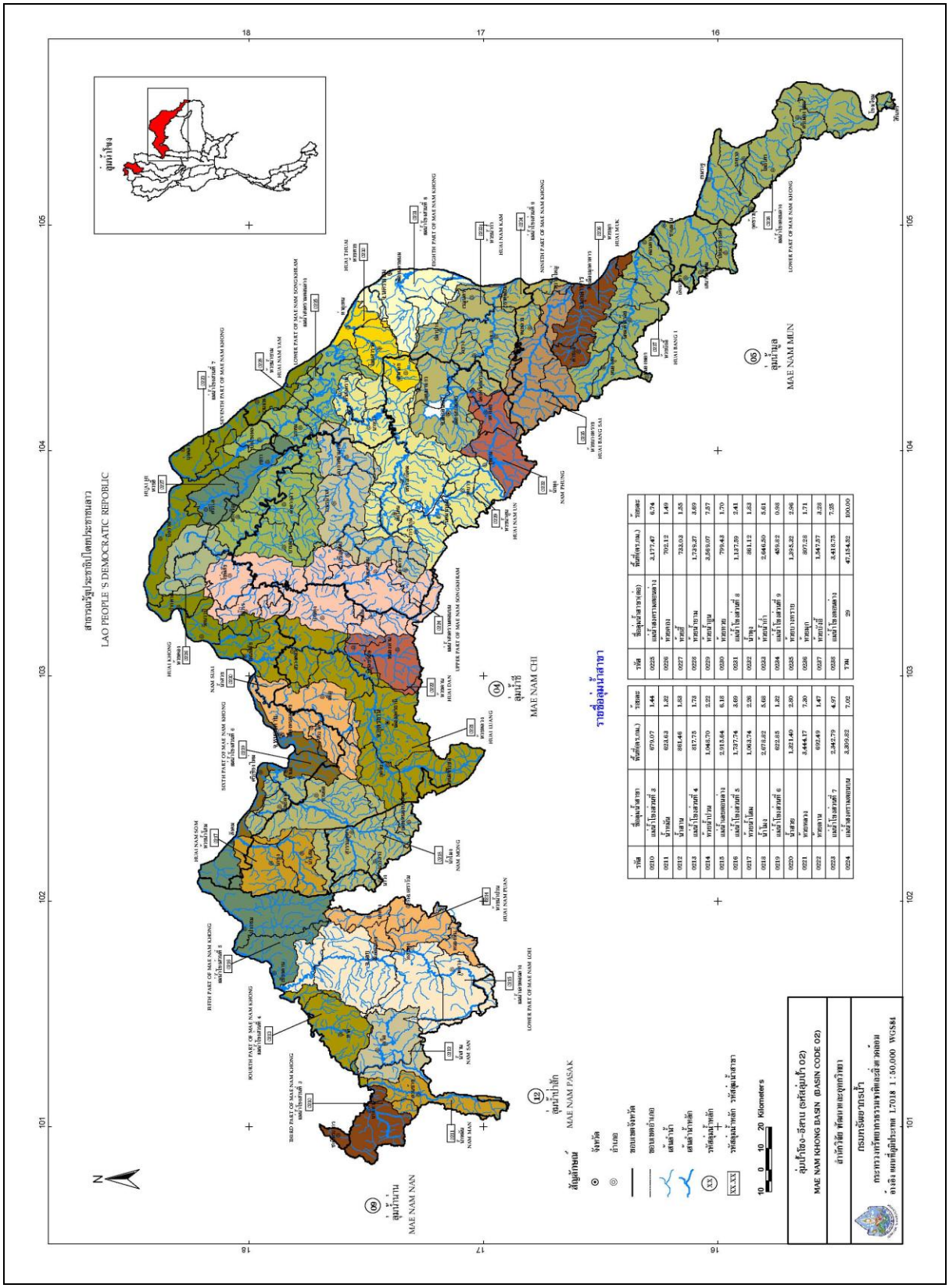
แม่น้ำโขงเป็นแม่น้ำนานาชาติ ที่มีต้นกำเนิดมาจากที่ราบสูงธิเบต ไหลผ่านตอนใต้ของประเทศจีน ผ่านตะวันออกของประเทศพม่า ผ่านภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ผ่านประเทศลาว และผ่านประเทศกัมพูชา ก่อนที่จะไหลลงสู่ทะเลจีนใต้ในภาคใต้ของเวียดนาม แม่น้ำโขงจัดเป็นแม่น้ำสายที่ยาวที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเป็นแม่น้ำที่มีขนาดใหญ่ที่สุดสายหนึ่งของโลก สภาพภูมิประเทศโดยทั่วไปของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบไปด้วยที่ราบสูงขนาดใหญ่ซึ่งมีชื่อว่า “ที่ราบสูงโคราช” มีระดับความสูงเฉลี่ยอยู่ที่ 100 – 200 ม.รทก.

ลำน้ำสาขาในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือบางส่วนจะไหลลงแม่น้ำอิง เช่น แม่น้ำพุง น้ำลาว น้ำแม่งาว และบางส่วนจะไหลลงแม่น้ำโขงโดยตรงเช่น น้ำมาและแม่น้ำจัน ส่วนลำน้ำสาขาในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงอีสาน ได้แก่ น้ำหมัน ห้วยน้ำไหล น้ำมง ห้วยบางทราย แม่น้ำสงคราม จะไหลลงแม่น้ำโขงโดยตรง



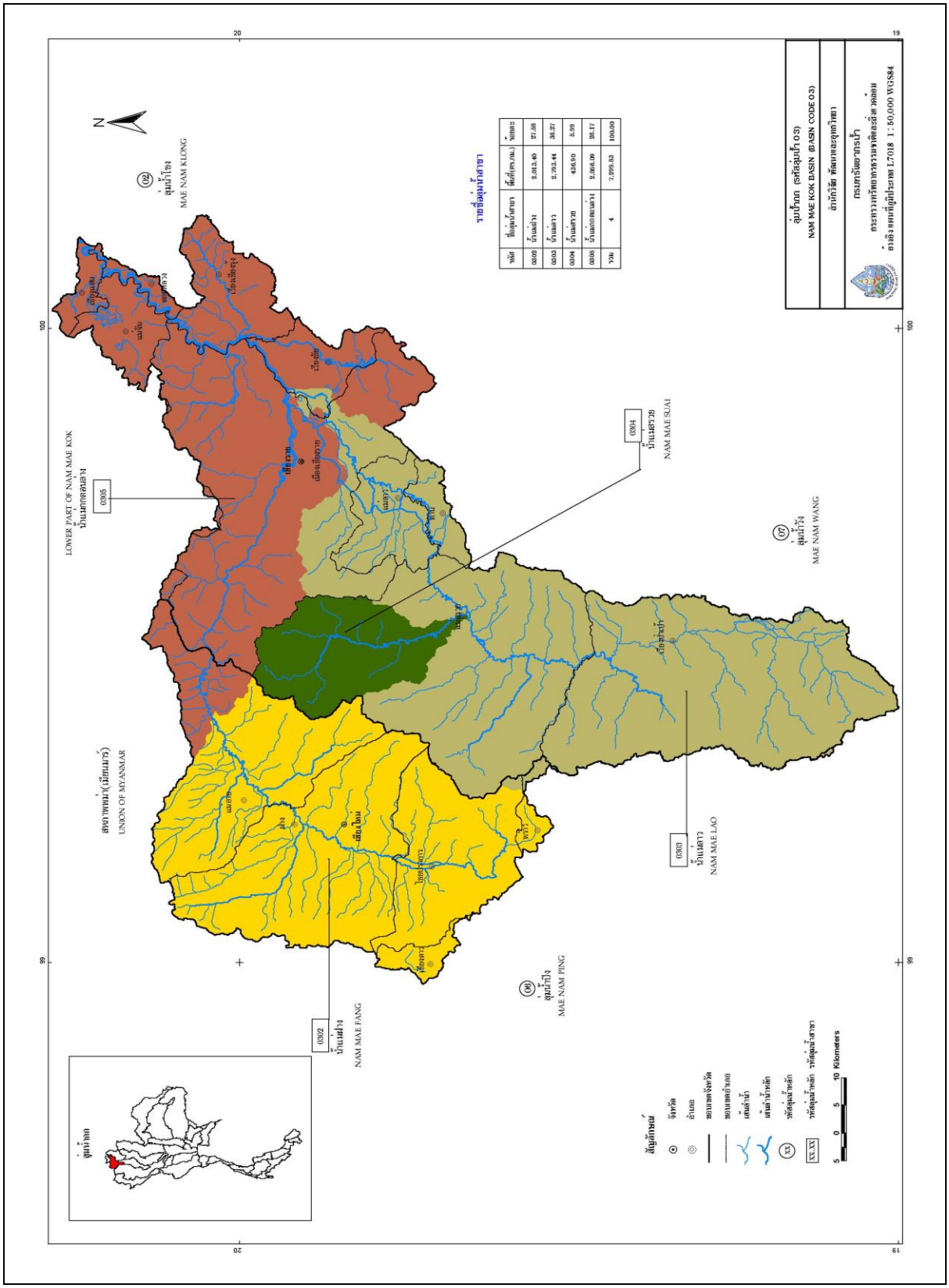
ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-3 ลุ่มน้ำโขงตอนบน



ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-4 ลุ่มน้ำโขงตอนล่าง



ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

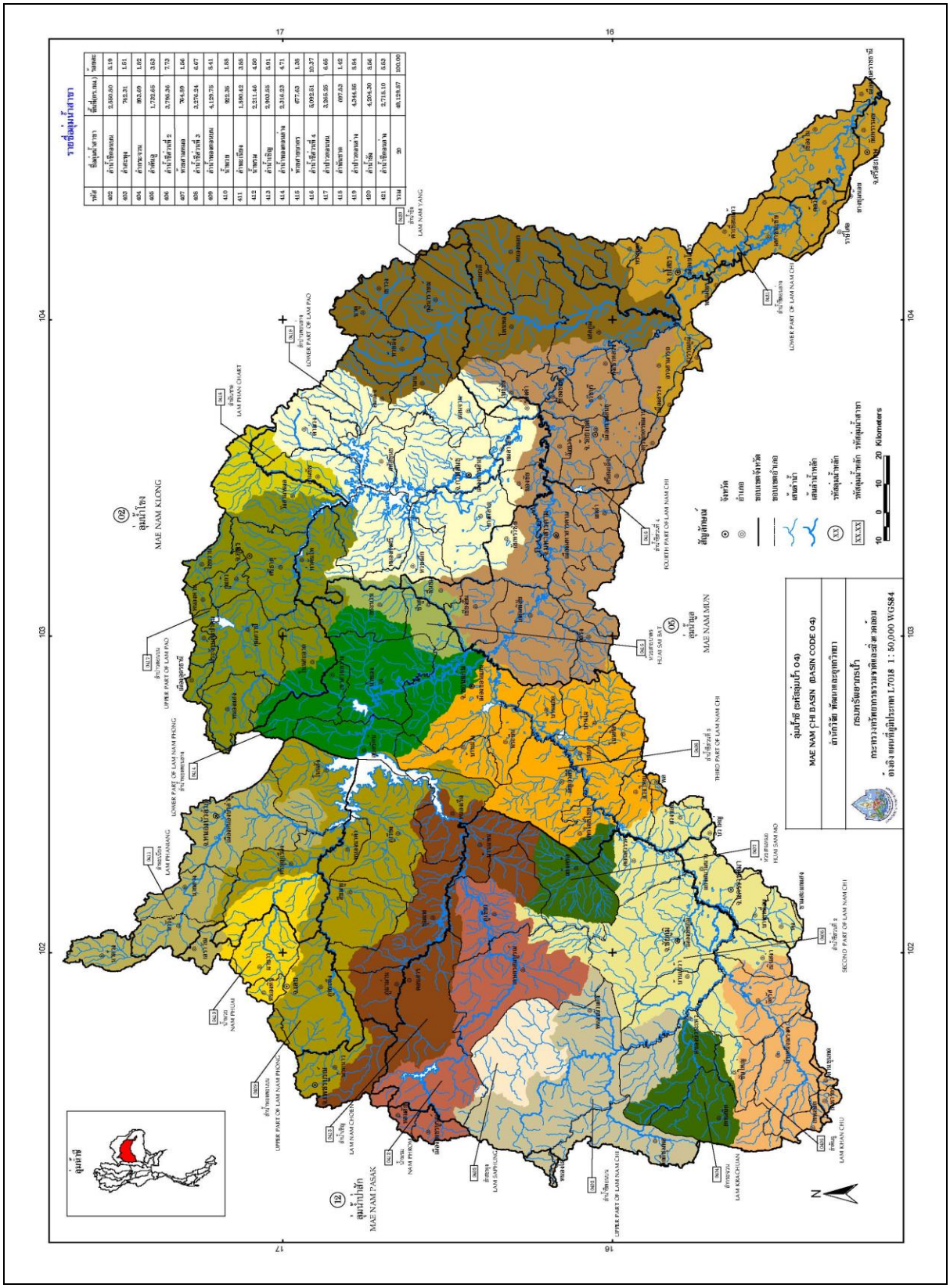
รูปที่ 2-5 ลุ่มน้ำกก

2) ลุ่มน้ำกก

ลุ่มน้ำกกตั้งอยู่ทางทิศเหนือของประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งหมด 7,895 ตารางกิโลเมตร มีพื้นที่ครอบคลุม 2 จังหวัดคือ เชียงใหม่และเชียงราย มีทิศเหนือติดกับประเทศพม่าและประเทศลาว ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำวัง ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำโขง และทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำปิงและประเทศพม่า

ลักษณะภูมิประเทศของลุ่มน้ำกกส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยเทือกเขาสูงชัน ทางทิศเหนือคือเทือกเขาแดนลาว ทิศใต้ คือ เทือกเขาขุนตาล ทิศตะวันออก คือเทือกเขาผีปันน้ำ ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำสาขาที่สำคัญ มีที่ราบเชิงเขากระจายอยู่ระหว่างหุบเขาและมีที่ราบลุ่มแม่น้ำตลอดสองข้างฝั่งลำน้ำแม่น้ำกก มีต้นกำเนิดมาจากภูเขาทางเหนือในรัฐเชียงตุง ประเทศพม่า ไหลเข้าสู่เขตประเทศไทยที่ช่องน้ำแม่กก อำเภอแม่อาย จังหวัดเชียงใหม่ แล้วไหลไปทางทิศตะวันออกผ่าน อำเภอแม่อาย เข้าสู่เขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ผ่านตัวเมืองเชียงราย จากนั้นไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือเข้าสู่อำเภอเชียงแสน แล้วไหลไปลงสู่แม่น้ำโขงที่บ้านสบกก ตำบลบ้านแซว อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงรายความยาวของแม่น้ำกกรวมทั้งหมด 285 กิโลเมตร ช่วงแรกประมาณ 128 กิโลเมตร อยู่ในประเทศพม่า ส่วนที่อยู่ในประเทศไทยยาวประมาณ 157 กิโลเมตร

ลำน้ำสาขาที่สำคัญในลุ่มน้ำกก ได้แก่ น้ำแม่ฝาง น้ำแม่ลาว น้ำแม่สรวย และน้ำแม่กก



ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-6 ลุ่มน้ำชี

3) ลุ่มน้ำชี

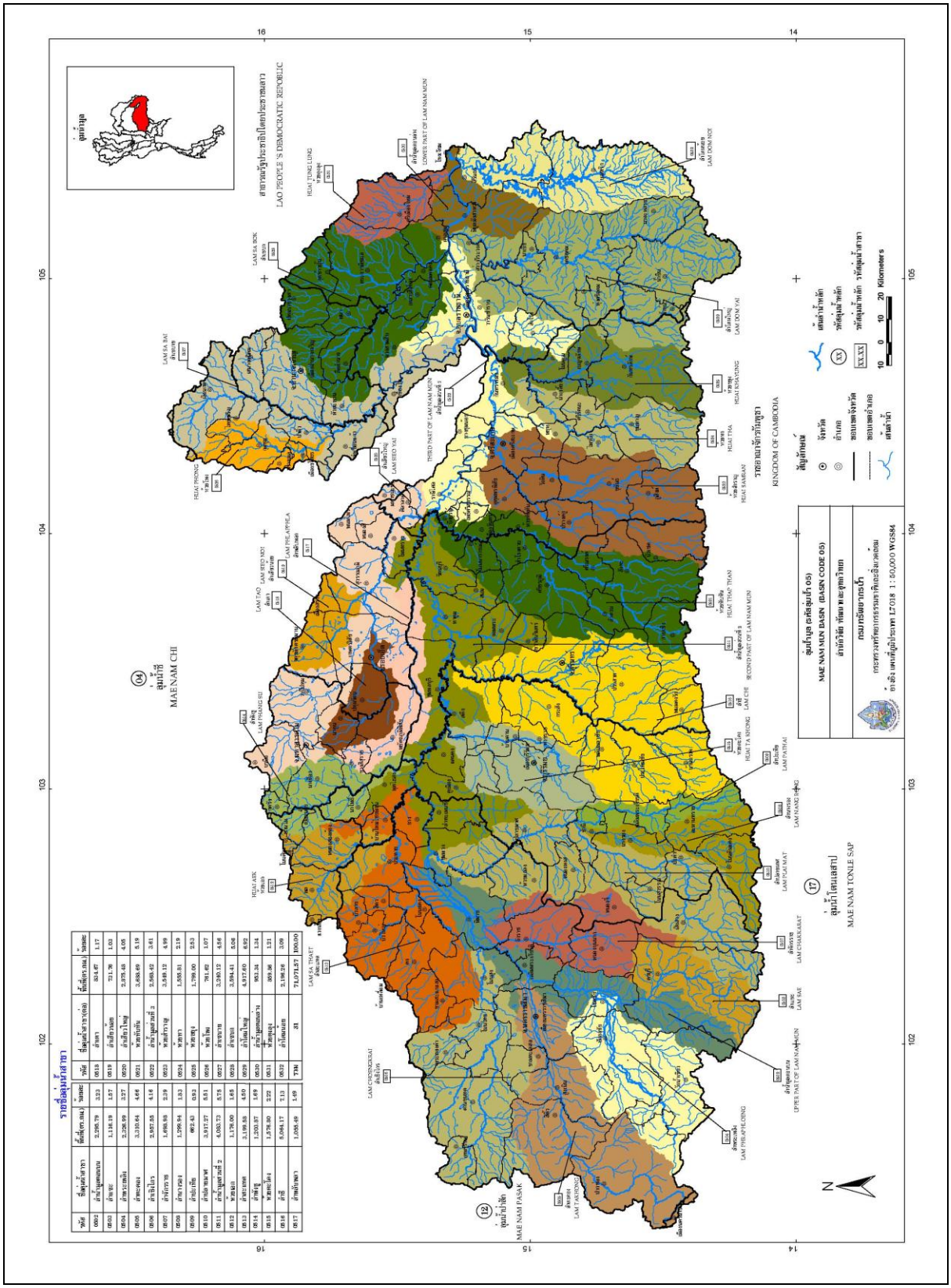
ลุ่มน้ำชีตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 49,477 ตารางกิโลเมตร โดยมีพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขต 12 จังหวัด ได้แก่ ชัยภูมิ ขอนแก่น กาฬสินธุ์ มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี นครราชสีมา เลย หนองบัวลำภู อุดรธานี และศรีสะเกษ ทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำโขง ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำมูล ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำโขงและลุ่มน้ำมูล ทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำป่าสัก

สภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำชีประกอบไปด้วยเทือกเขาสูง ทางทิศตะวันออกและทิศเหนือคือเทือกเขาภูพาน ทิศตะวันตกคือเทือกเขาดงพญาเย็นซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำชีและแม่น้ำสาขา ที่สำคัญหลายสาย ส่วนพื้นที่ตอนกลางเป็นที่ราบถึงลูกคลื่นลอนและมีเนินเล็กน้อยทางตอนใต้ของ ลุ่มน้ำ ลำน้ำสายหลัก คือ แม่น้ำชี มีต้นกำเนิดมาจากยอดเขาในแนวเทือกเขาเพชรบูรณ์ ในเขตอำเภอเกษตรสมบูรณ์ จังหวัดชัยภูมิ แล้วไหลย้อนขึ้นผ่านอำเภอคอนสวรรค์ จังหวัดชัยภูมิ อำเภอมัญจาคีรี อำเภอเมืองขอนแก่น และผ่านอำเภอโกสุมพิสัย อำเภอเมืองมหาสารคาม อำเภอเสลภูมิ อำเภอพนมไพร จังหวัดร้อยเอ็ด อำเภอเมืองยโสธร อำเภอมหาชนะชัย จังหวัดยโสธร และอำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี ไหลลงมาบรรจบกับแม่น้ำมูลที่อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ความยาวประมาณ 830 กิโลเมตร

ลำน้ำสาขาที่สำคัญ คือ น้ำพรม น้ำพอง น้ำเชิญ ลำปาว และน้ำยัง

4) ลุ่มน้ำมูล

ลุ่มน้ำมูลตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 69,700 ตารางกิโลเมตร (ไม่รวมลุ่มน้ำชี) ครอบคลุมพื้นที่ 10 จังหวัด ได้แก่ บุรีรัมย์ สุรินทร์ อุบลราชธานี นครราชสีมา มหาสารคาม ยโสธร ขอนแก่น ร้อยเอ็ด ศรีสะเกษ และอำนาจเจริญ ทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำชี ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำบางปะกง ลุ่มน้ำโตนเลสาปและประเทศกัมพูชา ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำโขงและประเทศลาว ทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำป่าสัก



ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-7 ลุ่มน้ำมูล

ทางตอนบนของลุ่มน้ำมีสภาพภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบสูง มีเทือกเขาบรรทัดและพนมดงรักเป็นแนวยาวอยู่ทางทิศใต้ ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำมูลและลำน้ำสาขาต่างๆ จากนั้นพื้นที่ค่อยๆ ลาดต่ำลงมาทางทิศเหนือสู่แม่น้ำมูล ส่วนทางตอนล่างของลุ่มน้ำสภาพภูมิประเทศส่วนใหญ่ยังคงเป็นที่ราบสูงและมีทิว เขาพนมดงรักเป็นแนวยาวทางตอนใต้ พื้นที่จะค่อยๆ ลาดลงไปทางด้านตะวันออกในเขตจังหวัดศรีสะเกษ สภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบสลับเนินเขา ส่วนในเขตจังหวัดอุบลราชธานี ยโสธร และอำนาจเจริญส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มสลับลูกคลื่นลอนลาดถึงลูกคลื่นลอนชัน

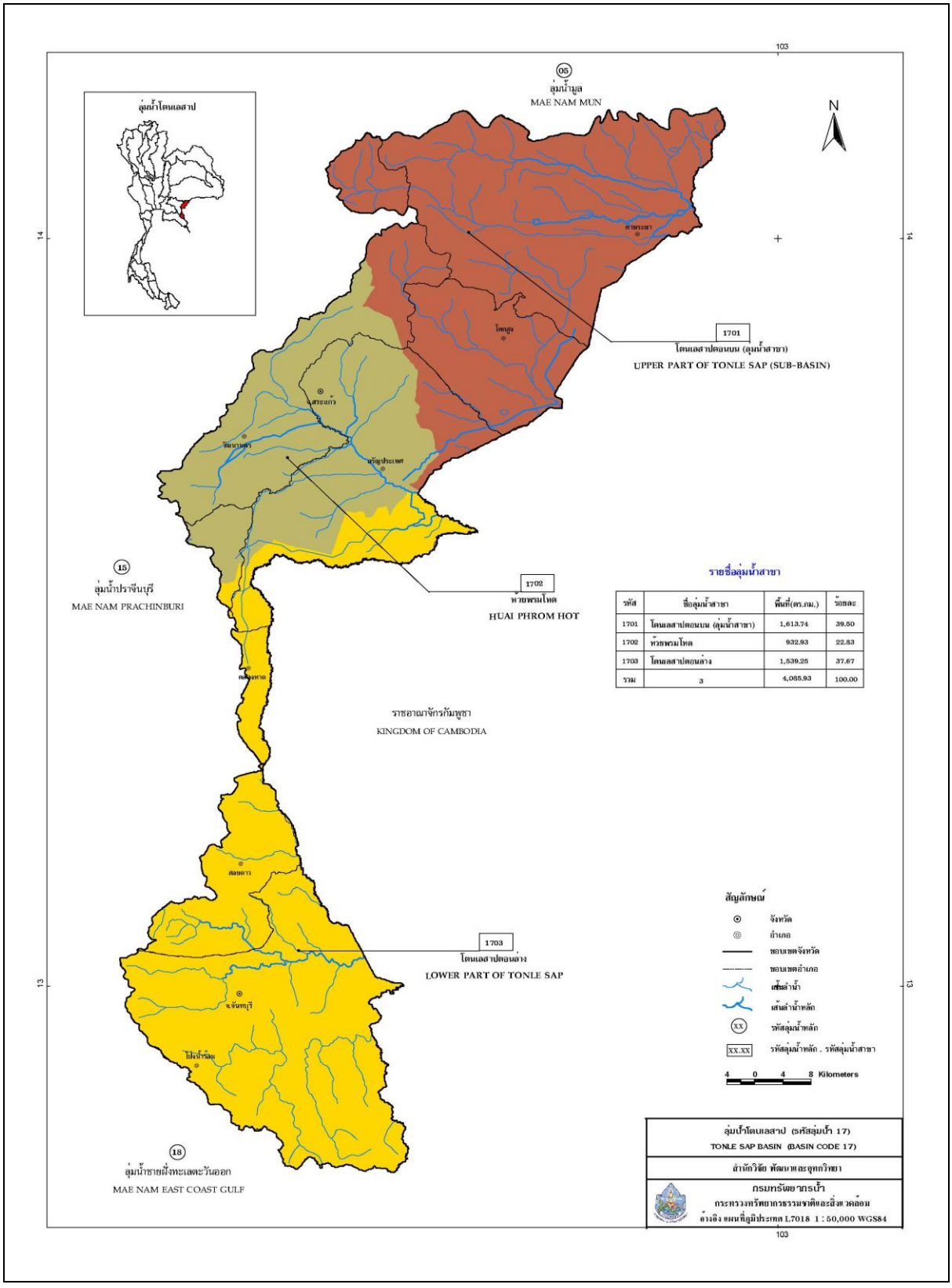
ลุ่มน้ำมูล แบ่งตามสภาพภูมิประเทศออกเป็น 2 ส่วน คือ ลุ่มน้ำมูลตอนบน และลุ่มน้ำมูลตอนล่าง มีแม่น้ำที่สำคัญ คือ แม่น้ำมูล เป็นแม่น้ำสายหลัก นอกจากนี้ยังมีลำน้ำสาขาต่างๆ อีกหลายสาย ลำน้ำสาขาที่สำคัญๆ ได้แก่ ลำตะคอง ลำพระเพลิง ลำปลายมาศ ลำชี ห้วยทับทัน ลำเชิงไกร ลำสะแทด ลำเสียวใหญ่ ห้วยสำราญ ห้วยขยุง ลำโดมใหญ่ ลำโดมน้อย ลำเซบาย และลำเซบก

5) ลุ่มน้ำโตนเลสาบ

ลุ่มน้ำโตนเลสาบเป็นลุ่มน้ำขนาดเล็กที่ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมประมาณ 4,150 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตจังหวัดสระแก้วและจันทบุรี ทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำมูล ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ทิศตะวันออกติดกับประเทศกัมพูชา และทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำแม่น้ำปราจีนบุรี

ลุ่มน้ำโตนเลสาปมีสภาพพื้นที่ตอนบนเป็นแนวเทือกเขาบรรทัดซึ่งกั้นเขตพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดปราจีนบุรี เป็นต้นกำเนิดของลำน้ำต่างๆ หลายสาย พื้นที่ในเขตอำเภอตาพระยาส่วนใหญ่เป็นภูเขาและมีที่ราบริมลำน้ำ สำหรับพื้นที่ตอนกลางของลุ่มน้ำซึ่งอยู่ในเขตอำเภออรัญประเทศและอำเภอวัฒนานคร ส่วนในเขตอำเภอวัฒนานครจะเป็นที่ราบสูงและมีภูเขาซึ่งเป็นต้นกำเนิดของคลอง น้ำใส พื้นที่ทางตอนใต้ในเขตอำเภอโป่งน้ำร้อนมีสภาพเป็นภูเขาสูง มีเทือกเขาสอยดาวเป็นต้นกำเนิดของคลองพระพุทธและคลองโป่งน้ำร้อน

ลุ่มน้ำโตนเลสาปไม่มีลำน้ำสายหลัก มีเพียงลำน้ำสายย่อยๆ ที่สำคัญ ได้แก่ ห้วยพรหมโหด คลองน้ำใส คลองด่าน ห้วยยาง คลองพระพุทธ ลำสะโตน ห้วยตะเคียน ห้วยนางามและคลองโป่งน้ำร้อน



ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-8 ลุ่มน้ำโตนเลสาบ

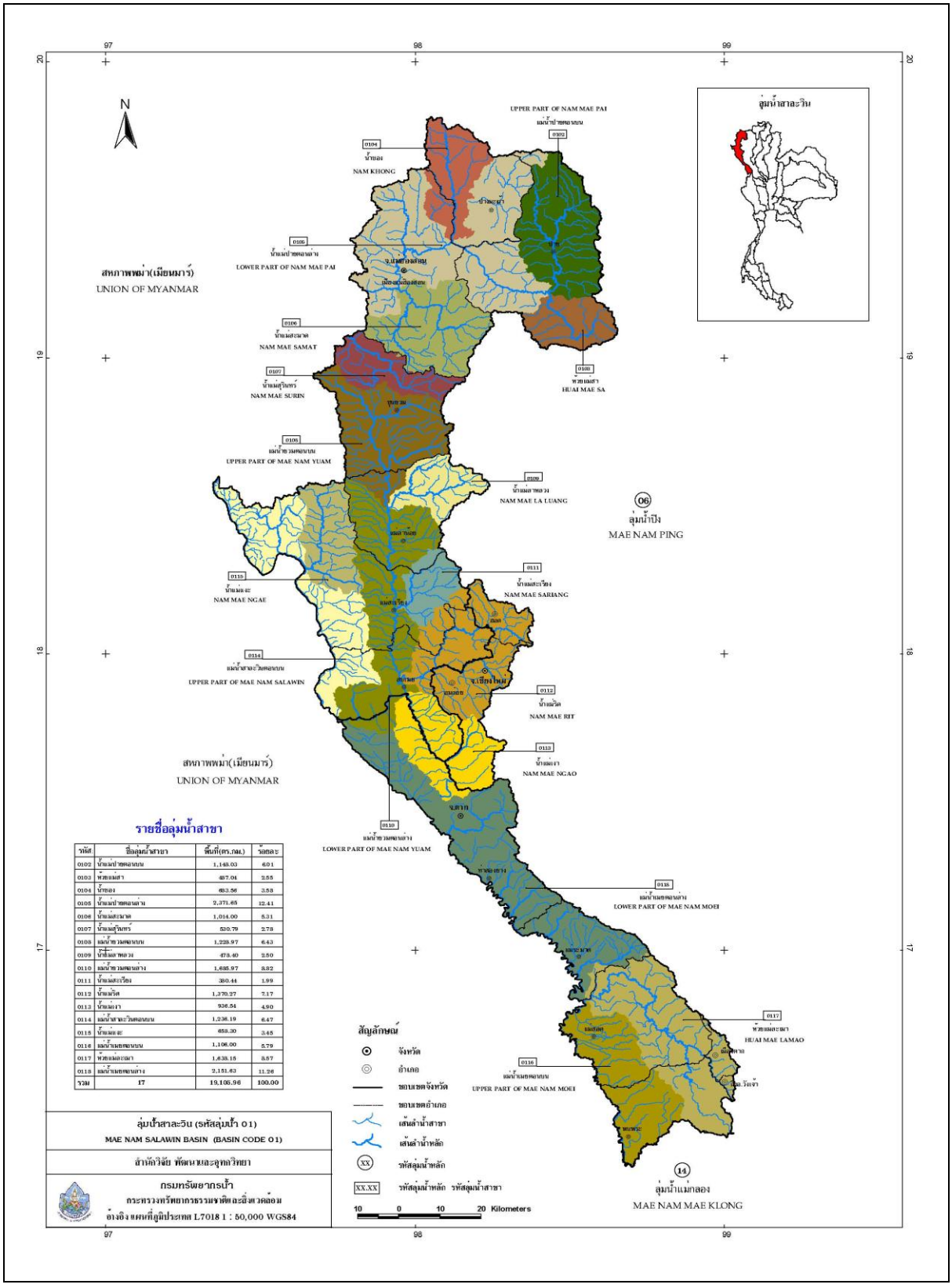
2.2 กลุ่มลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำสาละวิน

6) ลุ่มน้ำสาละวิน

ลุ่มน้ำสาละวินตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 17,918 ตารางกิโลเมตร โดยมีพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตจังหวัดแม่ฮ่องสอน และบางส่วนของจังหวัดตากและจังหวัดเชียงใหม่ ลักษณะลุ่มน้ำที่อยู่ในประเทศไทยวางตัวตามแนวทิศเหนือ-ใต้ ทิศเหนือ ติดกับเขตแดนไทย – พม่า ทิศใต้ติดกับรัฐ Karen ของประเทศพม่า และอำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก ทิศตะวันออกติดกับจังหวัดเชียงใหม่ และทิศตะวันตกติดกับรัฐ Kayah และ Karen ของประเทศพม่า

แม่น้ำสาละวิน เป็นแม่น้ำนานาชาติ มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาหิมาลัย ในพื้นที่แคว้นทิเบต ไหลผ่านทางตอนใต้ของประเทศจีน ทางตะวันออกของประเทศพม่า และทางตะวันตกของประเทศไทย ก่อนไหลออกจากประเทศไทย บริเวณบ้านสบเมย อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน แล้ววกกลับเข้าประเทศพม่าอีกครั้งก่อนไหลลงสู่ทะเลอันดามันที่ Moulmein ในเขตประเทศพม่า ลักษณะภูมิประเทศของลุ่มน้ำสาละวินโดยส่วนใหญ่เป็นเทือกเขาสูงชัน คดเคี้ยว ซึ่งมีแนวต่อเนื่องมาจากเทือกเขาหิมาลัย ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของลำน้ำสาขาต่างๆ ที่มีลักษณะแคบและยาวตามซอกเขา จากลักษณะภูมิประเทศที่ซับซ้อนนี้ก่อให้เกิดลุ่มน้ำย่อยที่มีความแตกต่างกัน ทั้งลักษณะลุ่มน้ำ และทิศทางการไหลของแม่น้ำสายหลัก เช่น แม่น้ำปายไหลในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก แม่น้ำยวมไหลตามแนวทิศเหนือ-ใต้ และตะวันออก-ตะวันตก ก่อนบรรจบกับน้ำเมยซึ่งไหลในแนวทิศตะวันออกเฉียงใต้ไปทิศตะวันตกเฉียงเหนือ แล้วจึงไหลมาบรรจบกับแม่น้ำสาละวินซึ่งไหลมาจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้

ลำน้ำสายหลัก ได้แก่ แม่น้ำปายซึ่งมีต้นกำเนิดจากเทือกเขาแดนลาว แม่น้ำเมยซึ่งมีต้นกำเนิดจากเทือกเขากั้นเขตแดนไทย-พม่า แม่น้ำยวมซึ่งมีต้นกำเนิดจากเทือกเขาแดนลาวที่อำเภอขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน ลำน้ำสาขาของแม่น้ำยวมได้แก่ แม่น้ำปอน และน้ำแม่ละหลวง



รหัส	ชื่อลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่(ตร.กม.)	ร้อยละ
0102	น้ำแม่ปายตอนบน	1,148.03	6.01
0103	ห้วยแม่สา	487.04	2.55
0104	น้ำของ	663.56	3.53
0105	น้ำแม่ปายตอนล่าง	2,371.65	12.41
0106	น้ำแม่สะมาด	1,014.00	5.31
0107	น้ำแม่สุริมาร์	520.79	2.73
0108	แม่น้ำยวมตอนบน	1,228.97	6.43
0109	น้ำแม่ลาหลวง	478.40	2.50
0110	แม่น้ำยวมตอนล่าง	1,685.97	8.82
0111	น้ำแม่สะเรียง	380.44	1.99
0112	น้ำแม่ริด	1,370.27	7.17
0113	น้ำแม่เงา	936.54	4.90
0114	แม่น้ำสาละวินตอนบน	1,236.19	6.47
0115	น้ำแม่งะ	658.30	3.45
0116	แม่น้ำเมยตอนบน	1,106.00	5.79
0117	ห้วยแม่ละมาเลา	1,638.15	8.57
0118	แม่น้ำเมยตอนล่าง	2,151.63	11.26
รวม	17	19,106.96	100.00

ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-9 ลุ่มน้ำสาละวิน

2.3 กลุ่มลุ่มน้ำสาขาเจ้าพระยาท่าจีน

ประกอบด้วย 8 ลุ่มน้ำดังนี้

7) ลุ่มน้ำปิง

ลุ่มน้ำปิงเป็นลุ่มน้ำสาขาใน 8 ลุ่มน้ำสาขาหลักของลุ่มน้ำเจ้าพระยา มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 33,896 ตารางกิโลเมตร โดยมีพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขต 5 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ ลำพูน ตาก กำแพงเพชร และนครสวรรค์ มีทิศเหนือและทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำสาละวินและลุ่มน้ำกก ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำสะแกกรัง และลุ่มน้ำแม่กลอง และทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำยมและลุ่มน้ำวัง

สภาพภูมิประเทศตอนบนของลุ่มน้ำปิงเป็นเทือกเขาสลับซับซ้อนปกคลุมด้วยป่าไม้ แม่น้ำปิงมีต้นกำเนิดจากบริเวณเทือกเขาผีปันน้ำในเขตอำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ไหลจากทิศเหนือลงมาทางทิศใต้ผ่านพื้นที่ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ตาก ก่อนจะลงสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล ส่วนแม่น้ำปิงตอนล่างใต้เขื่อนภูมิพลจะไหลผ่านที่ราบมาบรรจบกับแม่น้ำวังและไหลผ่านที่ราบกว้างใหญ่ในเขตจังหวัดกำแพงเพชร ก่อนจะไปบรรจบกับแม่น้ำยมและแม่น้ำน่าน รวมเป็นแม่น้ำเจ้าพระยาที่ปากน้ำโพ จังหวัดนครสวรรค์

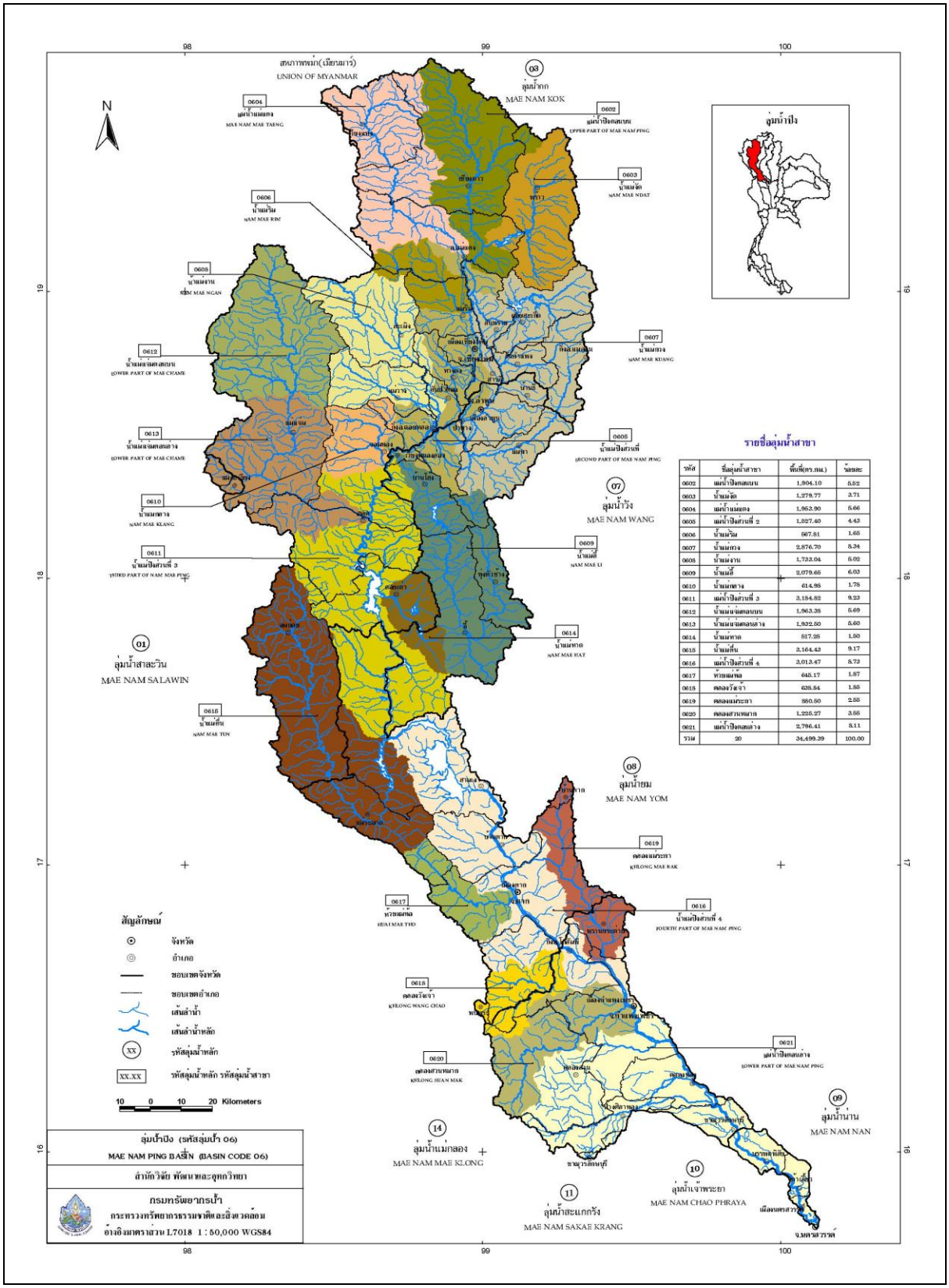
ลำน้ำสาขาที่สำคัญ ได้แก่ น้ำแม่แตง น้ำแม่งัด แม่น้ำกวง น้ำแม่แจ่ม และแม่น้ำลี้

8) ลุ่มน้ำวัง

ลุ่มน้ำวังตั้งอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 10,792 ตารางกิโลเมตร โดยมีพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตจังหวัดลำปางและตาก ทิศเหนือของลุ่มน้ำติดกับลุ่มน้ำโขงและลุ่มน้ำกก ทิศใต้และทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำปิง และทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำยม

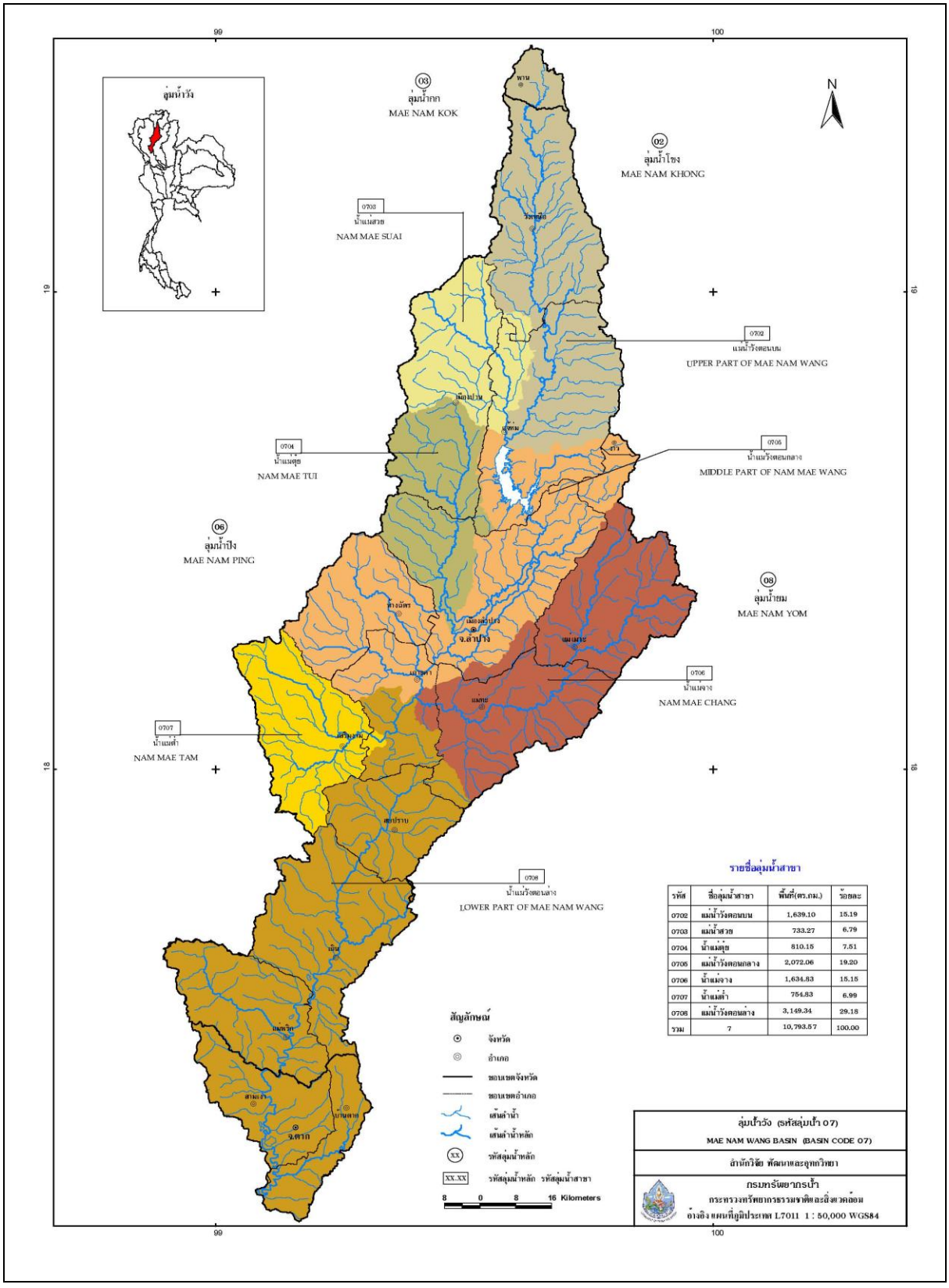
ลุ่มน้ำวังเป็นลุ่มน้ำที่มีขนาดเล็กและสั้นที่สุดของแม่น้ำเจ้าพระยา สภาพภูมิประเทศตอนบนของลุ่มน้ำวังเป็นเทือกเขาและป่าไม้ ทางทิศตะวันตกของลุ่มน้ำคือเทือกเขาขุนตาล ส่วนทางทิศตะวันออกคือเทือกเขาผีปันน้ำ แม่น้ำวังเกิดจากเทือกเขาผีปันน้ำ บริเวณดอยหลวง บ้านป่าหุ่ง อำเภอพาน จังหวัดเชียงรายไหลผ่านหุบเขาและเข้าสู่ที่ราบในเขตตัวเมืองจังหวัดลำปาง และไหลไปบรรจบกับแม่น้ำปิงด้านท้ายน้ำจากเขื่อนภูมิพล

ลำน้ำสาขาที่สำคัญ ได้แก่ น้ำแม่ตุ๋ย น้ำแม่สวย และน้ำแม่จาง



ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-10 ลุ่มน้ำปิง



ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-11 ลุ่มน้ำวัง

9) ลุ่มน้ำยม

ลุ่มน้ำยมตั้งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 23,616 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมเขตการปกครอง 10 จังหวัด ได้แก่ พะเยา น่าน ลำปาง แพร่ ตาก กำแพงเพชร สุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร และนครสวรรค์ ทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำโขง ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำปิง ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำน่าน และทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำวังและลุ่มน้ำปิง

แม่น้ำยมมีต้นกำเนิดจากดอยขุนยวมในทิวเขาผีปันน้ำ อยู่ในเขตอำเภอปงและอำเภอเชียงม่วน จังหวัดพะเยา ก่อนไหลเข้าสู่เขตจังหวัดแพร่ จากนั้นจะไหลออกสู่ที่ราบผืนใหญ่ ผ่านอำเภอสอง อำเภอสูงเม่น อำเภอเด่นชัย จากนั้นจะไหลเข้าหุบเขาทางทิศตะวันตก ผ่านอำเภอลอง อำเภอวังชิ้น แล้วไหลลงทางใต้เข้าสู่ที่ราบที่อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย จากนั้นจะไหลผ่านอำเภอสวรรคโลก อำเภอศรีสำโรง อำเภอกงไกรลาศ และไหลผ่านอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก เข้าสู่อำเภอสามง่าม จังหวัดพิจิตร ผ่านอำเภอโพทะเล จนเข้าเขตจังหวัดนครสวรรค์ แล้วไหลมาบรรจบกับแม่น้ำน่าน ที่บ้านเกยชัย อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ รวมความยาวตลอดลำน้ำประมาณ 735 กิโลเมตร

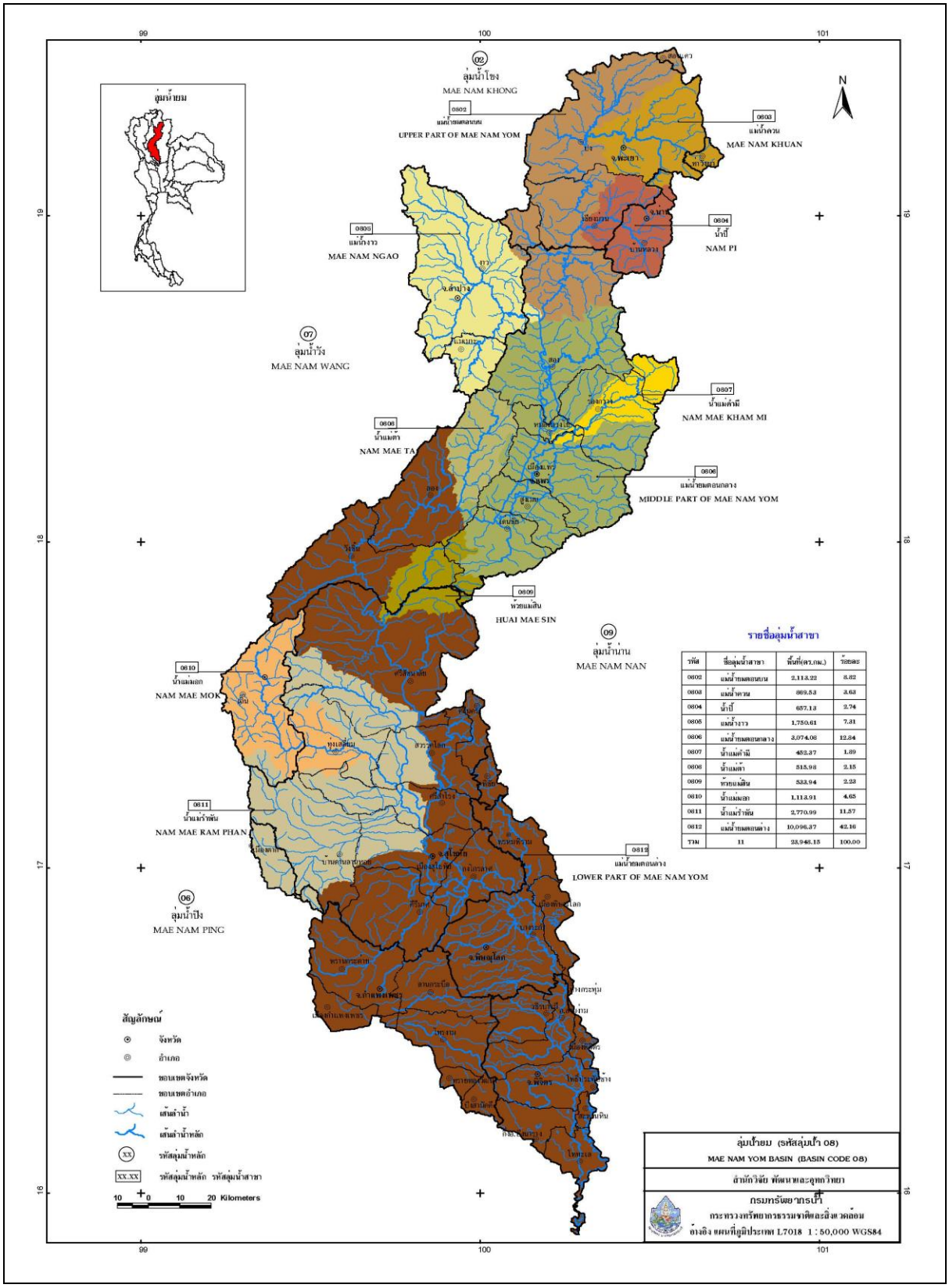
ลำน้ำสาขาที่สำคัญ ได้แก่ ลำน้ำงาว น้ำแม่สอง แม่น้ำรำพัน และแม่น้ำพิจิตร

10) ลุ่มน้ำน่าน

ลุ่มน้ำน่านตั้งอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 34,331 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมขอบเขตจังหวัด น่าน อุตรดิตถ์ พิษณุโลก พิจิตรและนครสวรรค์ ทิศเหนือของลุ่มน้ำติดกับลุ่มน้ำโขง ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำเจ้าพระยา ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำโขงและลุ่มน้ำป่าสัก และทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำน่าน

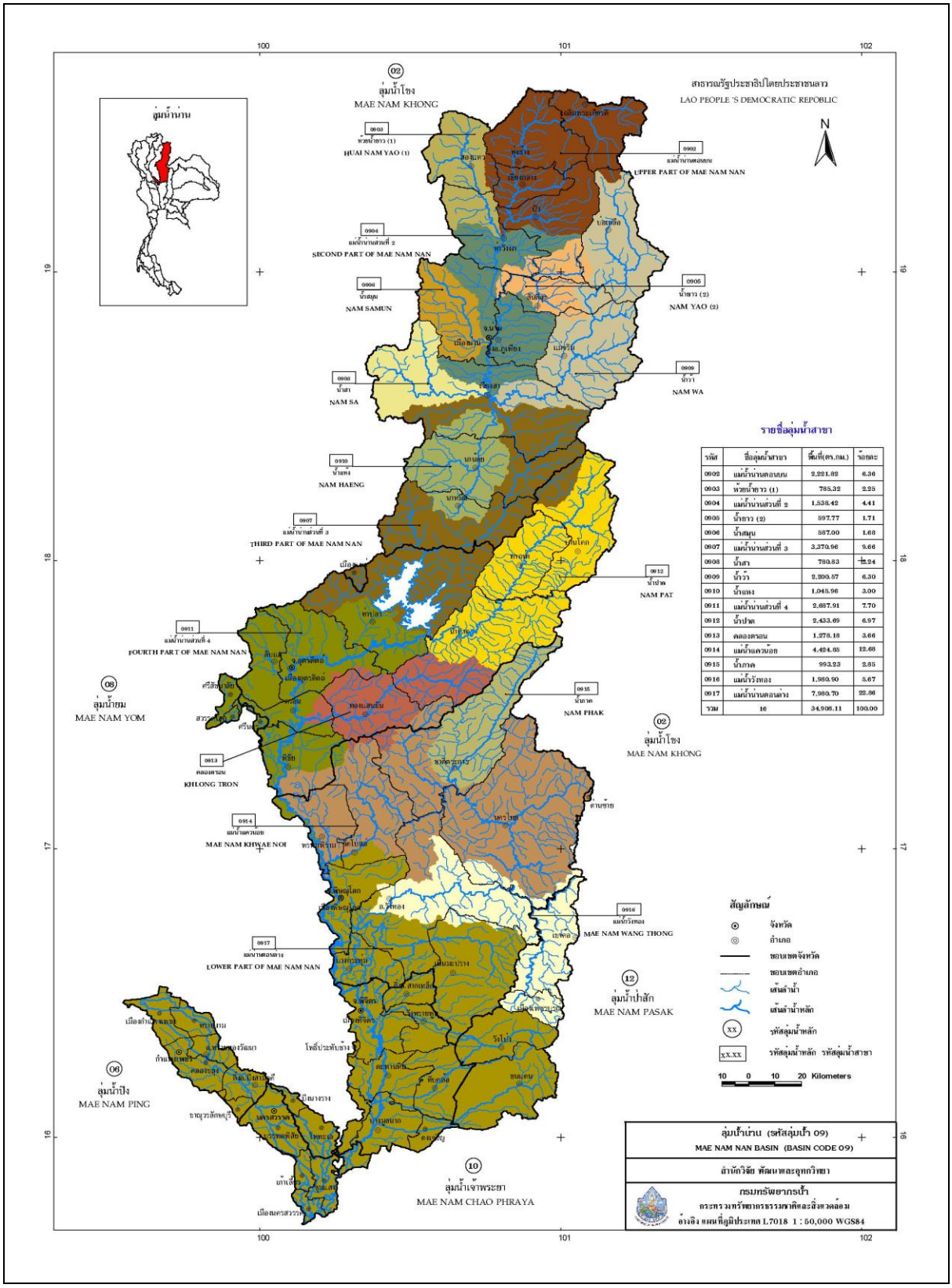
แม่น้ำน่านมีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาหลวงพระบาง ซึ่งเป็นเส้นแบ่งเขตแดนไทย-ลาว ไหลผ่านที่ราบระหว่างหุบเขาในเขตอำเภอเมือง และอำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน จากนั้นแม่น้ำน่านจะไหลผ่านหุบเขาลงสู่อ่างเก็บน้ำสิริกิติ์ พื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำน่านจะเป็นที่ราบสองฝั่งแม่น้ำซึ่งจัดได้ว่าเป็นทุ่งราบผืนใหญ่ที่สำคัญที่สุดของประเทศไทย จากจังหวัดพิษณุโลก แม่น้ำน่านจะไหลเคียงคู่กับแม่น้ำยมลงมาจนบรรจบกันที่อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ จากนั้นจะไหลผ่านบึงบอระเพ็ดทางฝั่งซ้าย ก่อนจะบรรจบกับแม่น้ำปิง ที่อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของแม่น้ำเจ้าพระยา

ลำน้ำสาขาที่สำคัญ ได้แก่ น้ำว้า น้ำปาด แม่น้ำแควน้อย และแม่น้ำวังทอง



ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-12 ลุ่มน้ำยม



ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

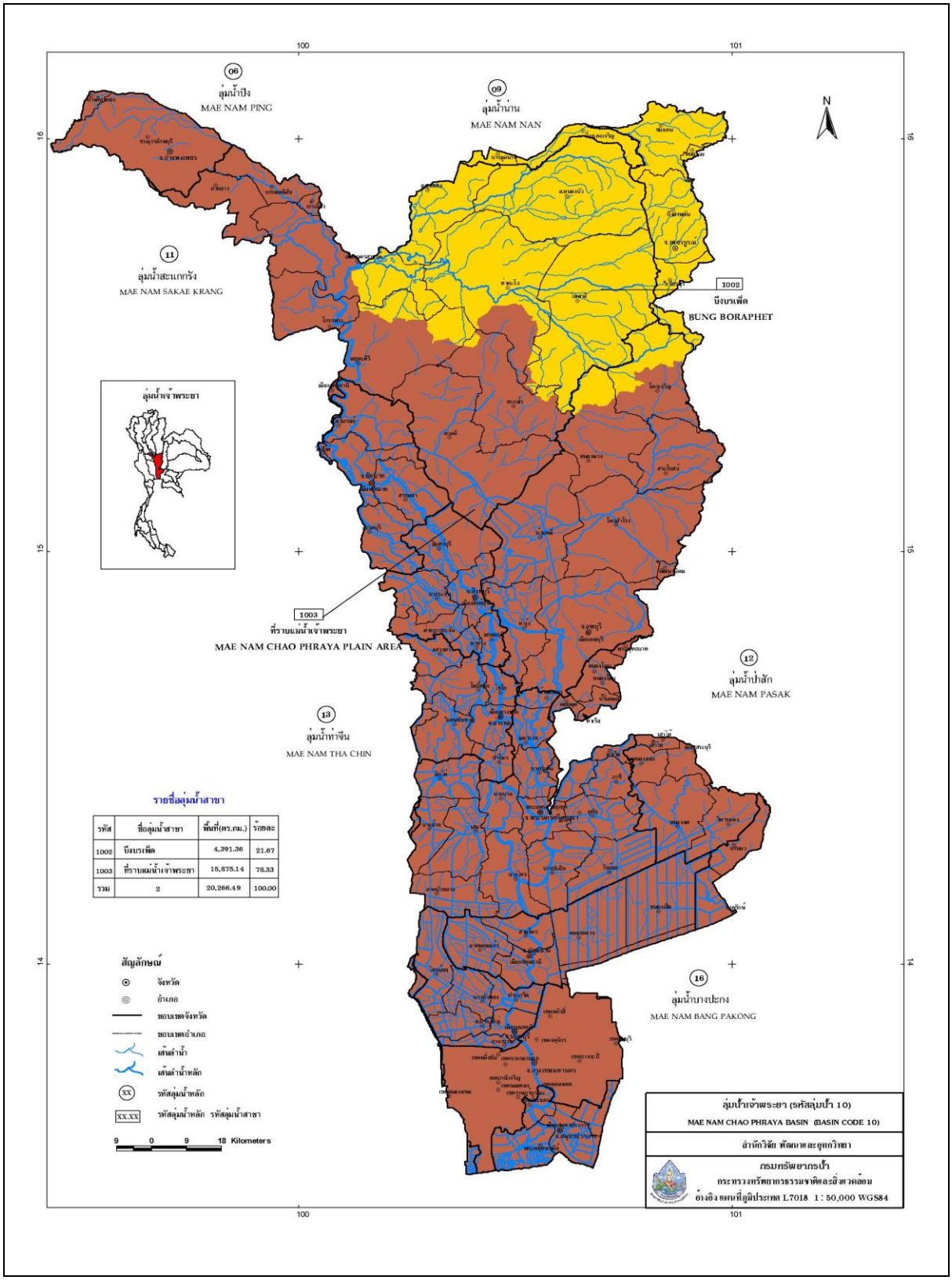
รูปที่ 2-13 ลุ่มน้ำน่าน

11) ลุ่มน้ำเจ้าพระยา

ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตั้งอยู่ทางตอนกลางของประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 20,125 ตารางกิโลเมตร (ไม่รวมลุ่มน้ำปิง วัง ยม น่าน สะแกกรัง ป่าสัก และท่าจีน) พื้นที่ส่วนใหญ่ครอบคลุม 11 จังหวัด ได้แก่ นครสวรรค์ ชัยนาท สิงห์บุรี ลพบุรี อ่างทอง อยุธยา สระบุรี ปทุมธานี นนทบุรี สมุทรปราการ และกรุงเทพมหานคร ทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำปิง ยมและน่าน ทิศใต้ติดกับอ่าวไทย ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำป่าสักและบางปะกง และทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำท่าจีนและสะแกกรัง

แม่น้ำเจ้าพระยามีจุดกำเนิดอยู่ที่ตำบลปากน้ำโพ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ไหลจากทิศเหนือลงสู่อ่าวไทย ผ่านที่ราบภาคกลาง สภาพลุ่มน้ำทางฝั่งตะวันออกในเขตจังหวัดนครสวรรค์และลพบุรีเป็นที่ราบสูง มีเนินเขาเตี้ย ๆ เป็นสันปันน้ำกั้นระหว่างลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำป่าสัก ส่วนทางตอนล่างลงมาซึ่งอยู่ในเขตจังหวัดสระบุรีและฉะเชิงเทราจะเป็นที่ราบลาดเขาลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา และเป็นที่ราบชายฝั่งทะเลในเขตจังหวัดสมุทรปราการ สภาพลุ่มน้ำทางฝั่งตะวันตกของลุ่มน้ำเจ้าพระยา ตอนบนเป็นที่ราบและตอนล่างเป็นที่ราบลุ่ม ซึ่งมีอาณาเขตติดต่อกับลุ่มน้ำท่าจีนลาดลงไปจรดชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทย

ลุ่มน้ำเจ้าพระยามีแม่น้ำสายหลัก คือ แม่น้ำเจ้าพระยา โดยมีแม่น้ำสะแกกรังไหลมาบรรจบเหนือเขื่อนเจ้าพระยา ลำน้ำสาขาที่สำคัญของแม่น้ำเจ้าพระยา ได้แก่ แม่น้ำน้อย แม่น้ำสุพรรณบุรี แม่น้ำนครชัยศรีและแม่น้ำท่าจีน



ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-14 ลุ่มน้ำเจ้าพระยา

12) ลุ่มน้ำสะแกกรัง

ลุ่มน้ำสะแกกรังตั้งอยู่ทางตอนกลางของประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 5,192 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัด ได้แก่ อุทัยธานี นครสวรรค์ และกำแพงเพชร ทิศเหนือของลุ่มน้ำติดกับลุ่มน้ำปิง ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำท่าจีน ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำเจ้าพระยา และทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำแม่กลอง

ต้นกำเนิดของลำน้ำสะแกกรังคือเทือกเขาโมโกจู ซึ่งเป็นแนวแบ่งเขตระหว่างจังหวัดตากและจังหวัดนครสวรรค์ บริเวณทิศตะวันตกของลุ่มน้ำเป็นเทือกเขาสูง เป็นเขตต้นน้ำของลำน้ำสาขาที่สำคัญหลายสาย ได้แก่ น้ำแม่วง คลองโพธิ์ และห้วยทับเสลา ลำน้ำสาขาซึ่งเป็นต้นกำเนิดของลำน้ำสะแกกรัง ได้แก่ ห้วยแม่วง ไหลผ่านกิ่งอำเภอแม่วงก์และอำเภอลาดยาว จังหวัดนครสวรรค์ มาบรรจบกับห้วยคลองโพธิ์ ซึ่งไหลมาจากเทือกเขาบริเวณแนวแบ่งเขตระหว่างจังหวัดนครสวรรค์และจังหวัด อุทัยธานี ที่อำเภอสว่างอารมณ์ จังหวัดอุทัยธานี กลายเป็นแม่น้ำตากแดด แล้วไหลลงมาบรรจบกับห้วยทับเสลา ในเขตอำเภอทัพทัน จังหวัดอุทัยธานี เข้าเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี ไหลเลาะเลียบผ่านภูเขาสะแกกรัง จึงได้ชื่อว่าแม่น้ำสะแกกรัง ก่อนไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาทางตอนเหนือของเขื่อนเจ้าพระยา

13) ลุ่มน้ำป่าสัก

ลุ่มน้ำป่าสักมีที่ตั้งอยู่ในเขตภาคกลางของประเทศไทยเป็นส่วนใหญ่ และมีพื้นที่บางส่วนตอนบนของลุ่มน้ำอยู่ในเขตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ครอบคลุมพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่ เพชรบูรณ์ ลพบุรี สระบุรี และพระนครศรีอยุธยา มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 16,292 ตารางกิโลเมตร ทิศเหนือติดกับลุ่มแม่น้ำโขง ทิศใต้ติดกับลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำบางปะกง ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำลุ่มน้ำชีและลุ่มน้ำมูล และทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำน่านและลุ่มน้ำเจ้าพระยา

ลุ่มน้ำป่าสักตอนบนจะเป็นบริเวณเทือกเขาเพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นเทือกเขาสูงล้อมบริเวณด้านเหนือ ด้านตะวันตกและด้านตะวันออกของจังหวัดเพชรบูรณ์ ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักตอนกลางมีลักษณะเป็นพื้นที่ราบสลับเนินเขาและภูเขา ส่วนพื้นที่ทางทิศตะวันออกยังคงเป็นเทือกเขาและภูเขาสลับเนินเขา ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักตอนล่าง บริเวณด้านตะวันออกตอนล่างและตะวันออกเฉียงใต้จะเป็นแนวเทือกเขาดงพญาเย็น เขาสามหลั่น ต่อเนื่องถึงอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ แม่น้ำป่าสักเป็นแม่น้ำสายหลัก มีต้นน้ำอยู่บริเวณ

เทือกเขาเพชรบูรณ์ในเขตจังหวัดเลยจากนั้นไหลผ่านจังหวัดเพชรบูรณ์ ลพบุรีและสระบุรี จนมาบรรจบกับแม่น้ำเจ้าพระยา

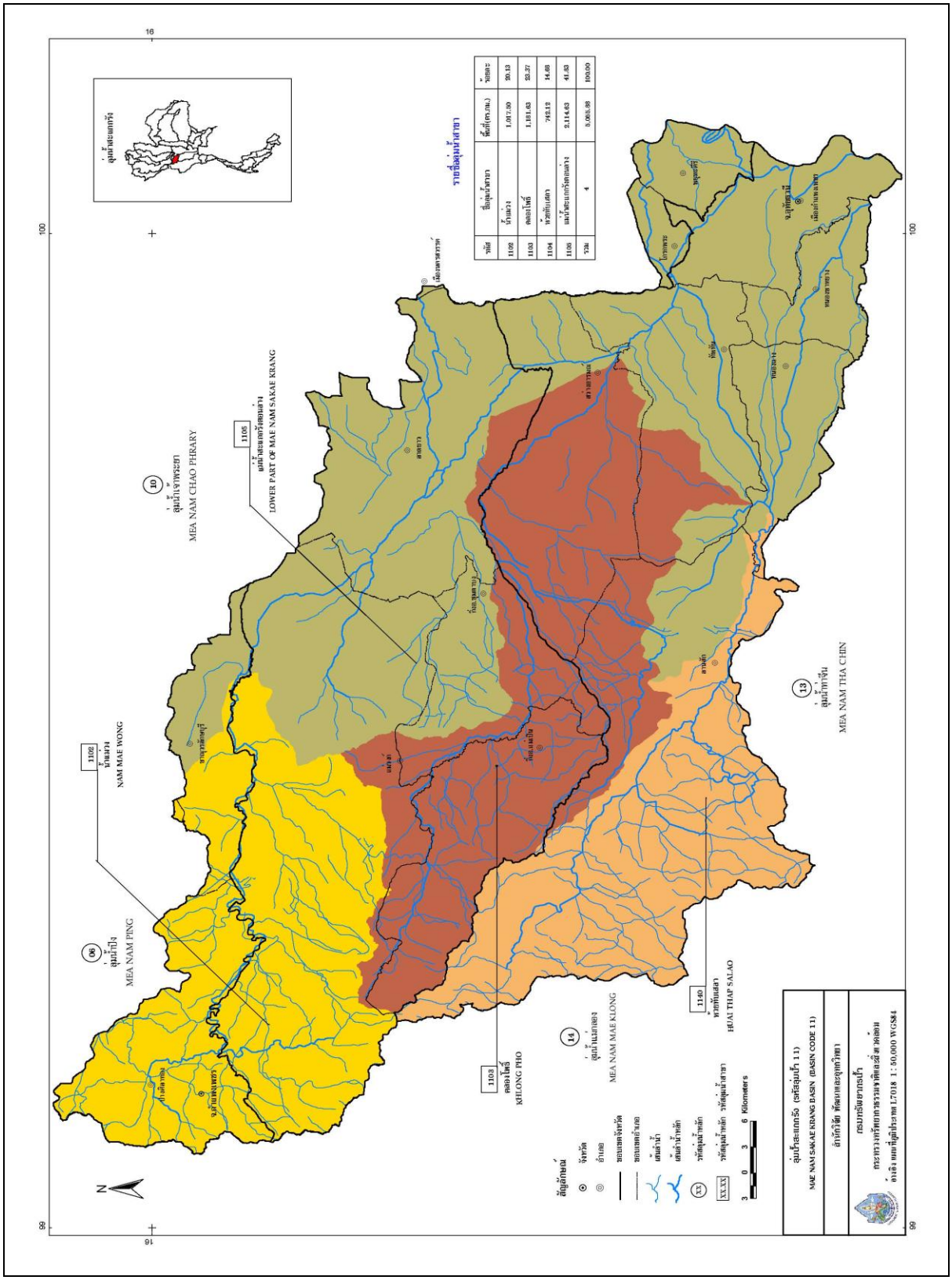
ลำน้ำสาขาที่สำคัญได้แก่ ห้วยน้ำพุง ห้วยป่าแดง ห้วยขอนแก่น ลำกง ห้วยเกาะแก้ว ลำสนธิ ห้วยมวกเหล็ก เป็นต้น

14) ลุ่มน้ำท่าจีน

ลุ่มน้ำท่าจีนตั้งอยู่ทางตอนกลางประเทศไทย และอยู่ทางฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 13,681 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ได้แก่ อุทัยธานี สุพรรณบุรี ชัยนาท นครปฐม สมุทรสาคร อ่างทอง อยุธยา และนนทบุรี ทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำสะแกกรัง ทิศใต้ติดกับอ่าวไทย ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำเจ้าพระยา และทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำแม่กลอง

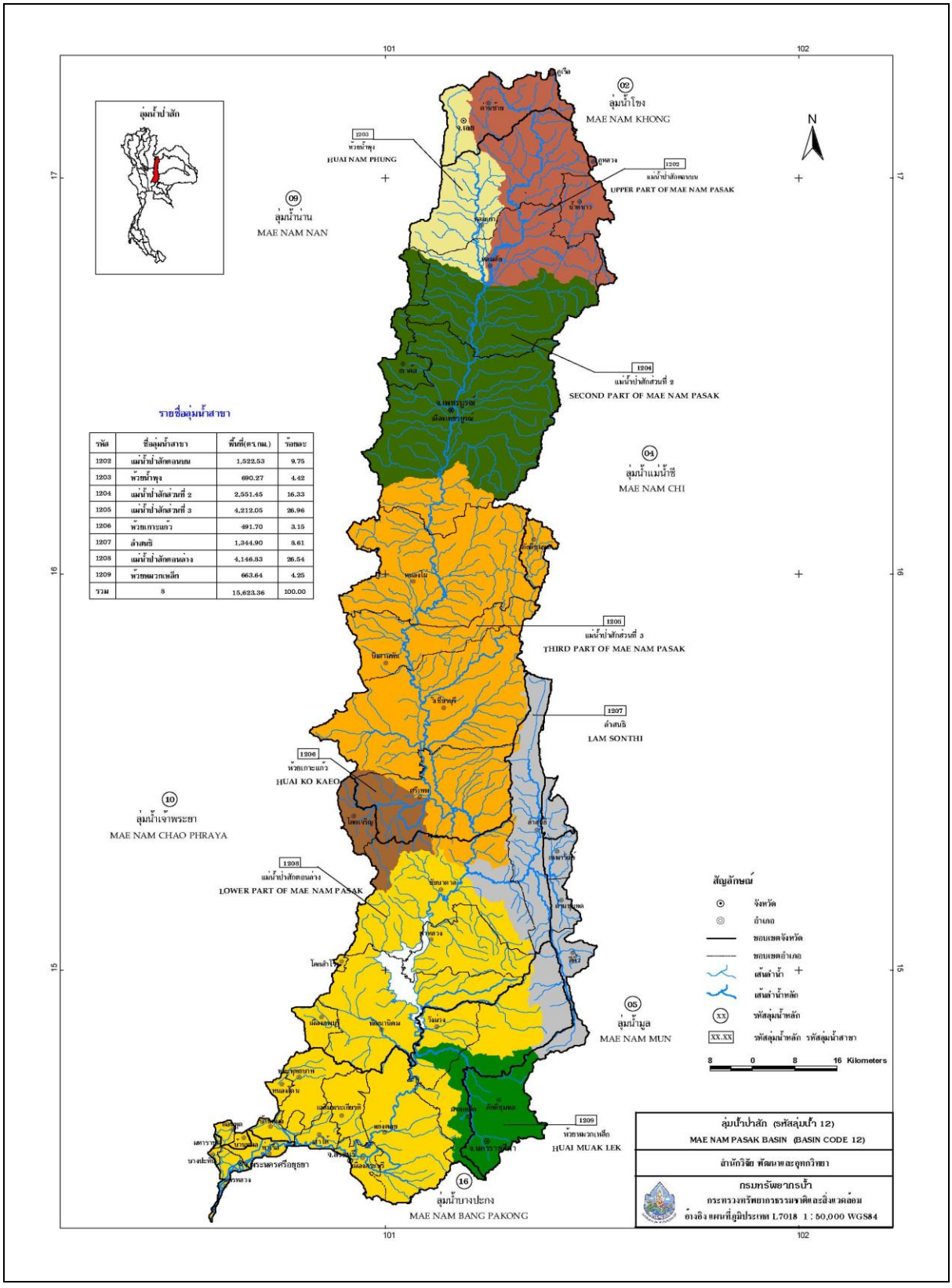
สภาพทั่วไปของลุ่มน้ำท่าจีน เป็นที่ราบลุ่มริมแม่น้ำซึ่งเป็นที่ราบเดียวกันกับที่ราบลุ่มน้ำเจ้าพระยา ฝั่งตะวันตก ตอนบนของลุ่มน้ำเป็นที่เชิงเขาแต่มีระดับไม่สูงมากนัก ส่วนตอนกลางและตอนล่างเป็นที่ราบลุ่มติดต่อกับที่ราบลุ่มของลุ่มน้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีนแยกออกมาทางฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยาที่ตำบลมะขามเฒ่า อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท ไหลผ่านจังหวัดสุพรรณบุรี นครปฐม และออกสู่อ่าวไทยที่จังหวัดสมุทรสาคร แม่น้ำท่าจีนมีชื่อเรียกต่างๆ กันตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปากแม่น้ำ คือ คลองมะขามเฒ่า แม่น้ำสุพรรณบุรี แม่น้ำนครชัยศรี และแม่น้ำท่าจีน

ลำน้ำสาขาที่สำคัญ ได้แก่ ห้วยกระเสียว



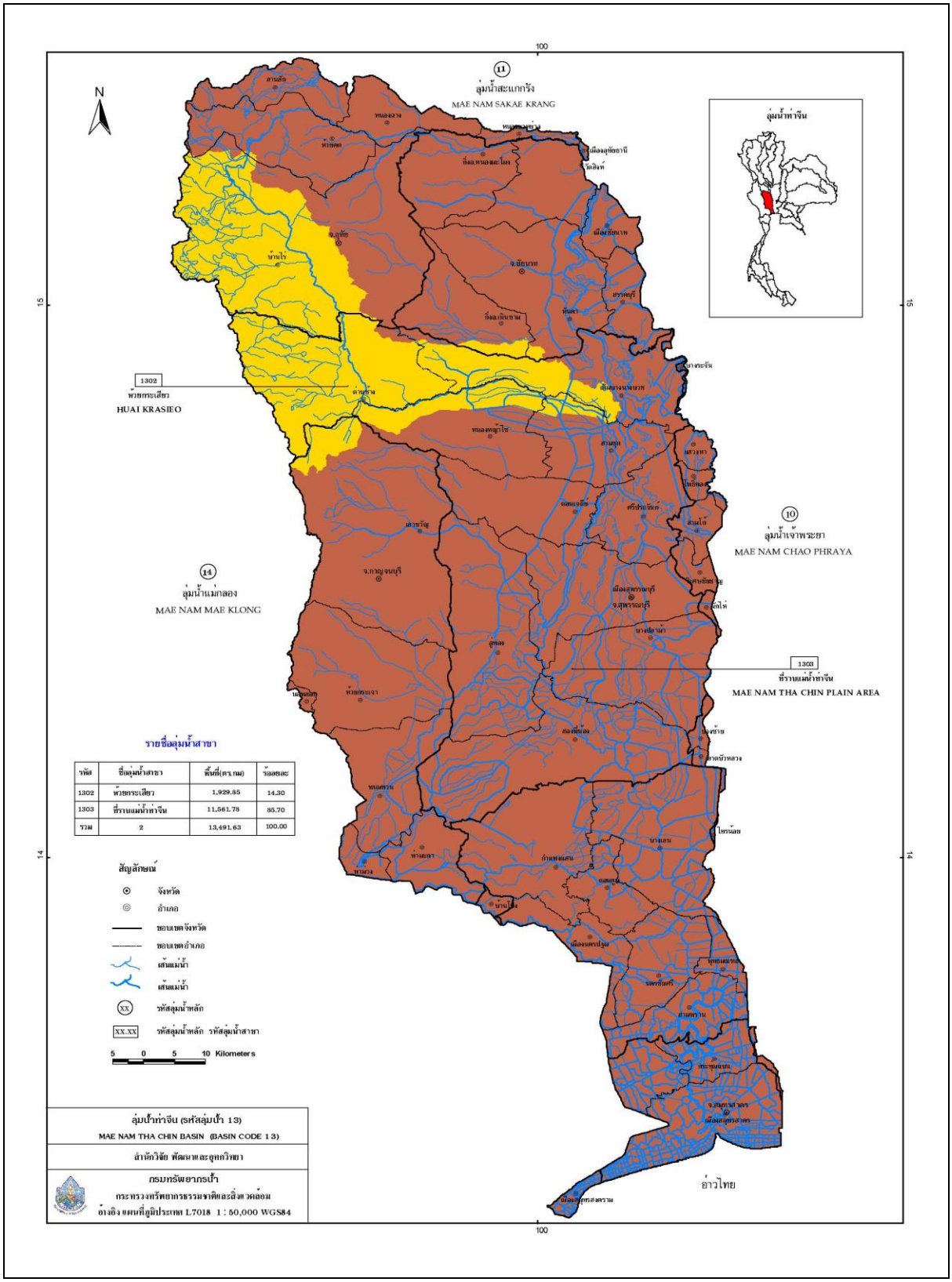
ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-15 ลุ่มน้ำสะแกกรัง



ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-16 ลุ่มน้ำป่าสัก



ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-17 ลุ่มน้ำท่าจีน

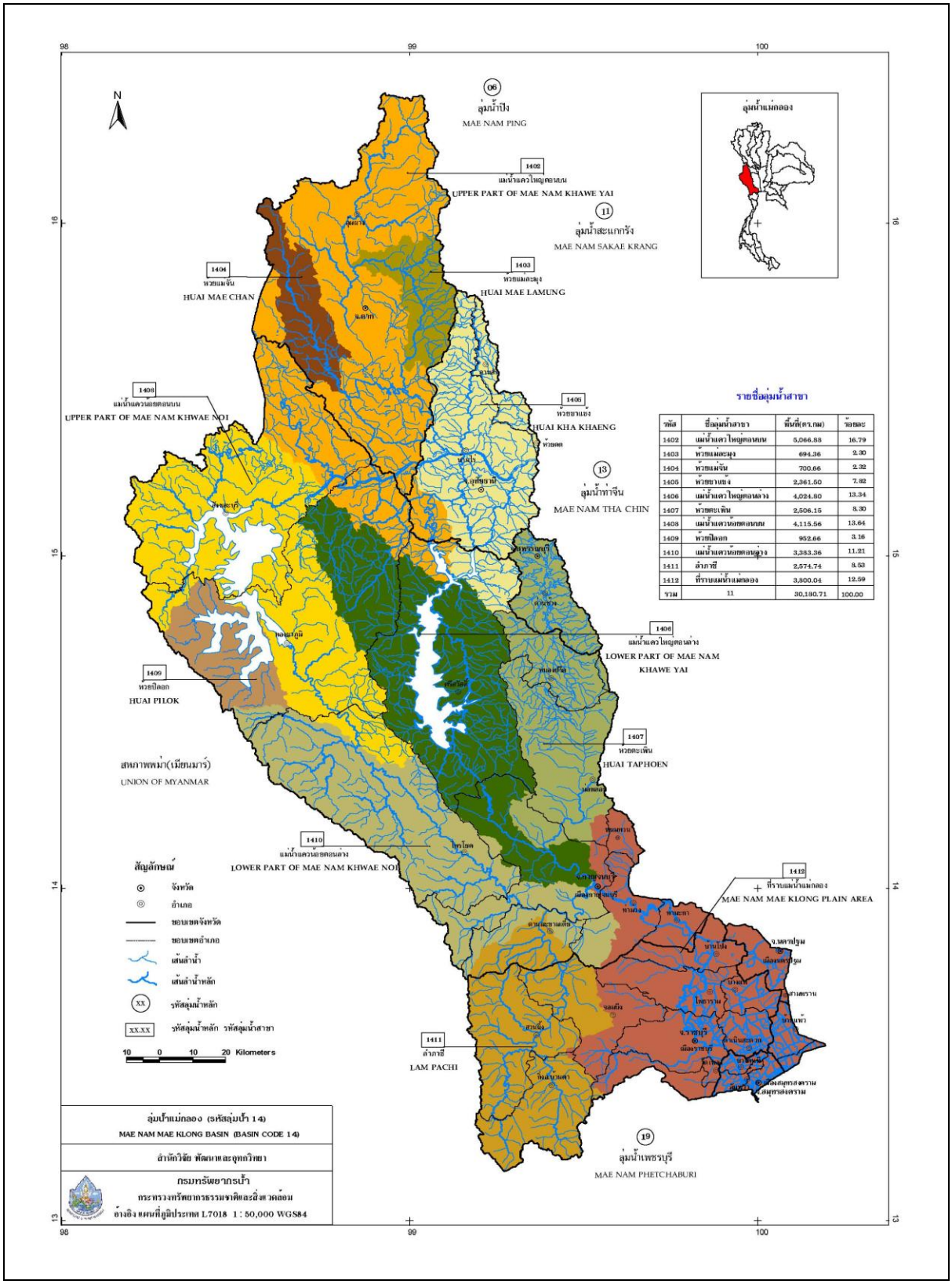
2.4 กลุ่มลุ่มน้ำแม่กลอง

15) ลุ่มน้ำแม่กลอง

ลุ่มน้ำแม่กลองตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของประเทศไทย ทางฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา ครอบคลุมพื้นที่ 9 จังหวัด ได้แก่ ตาก อุทัยธานี สุพรรณบุรี กาญจนบุรี นครปฐม ราชบุรี นนทบุรี สมุทรสงคราม สมุทรสาคร และเพชรบุรี มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 30,171 ตารางกิโลเมตร ทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำสาละวิน ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำเพชรบุรีและอ่าวไทย ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำท่าจีนและลุ่มน้ำสะแกกรัง และทิศตะวันตกติดเทือกเขาตะนาวศรีซึ่งเป็นเทือกเขาสูงชันแบ่งเขตชายแดนไทยกับประเทศพม่า

ลุ่มน้ำแม่กลองสามารถแบ่งตามสภาพภูมิประเทศได้เป็น 2 บริเวณ คือบริเวณลุ่มน้ำแม่กลองตอนบนและตอนล่าง โดยเขตลุ่มน้ำแม่กลองตอนบน เริ่มแต่เขตอำเภอเมืองกาญจนบุรีที่ลำน้ำแควใหญ่และแควน้อย ไหลมาบรรจบกัน สภาพภูมิประเทศทางตอนบนของลุ่มน้ำเป็นที่สูงและที่ราบระหว่างเขาออกมาบรรจบกัน สภาพภูมิประเทศสองฝั่งแม่น้ำแควใหญ่เป็นป่าเขาจึงมีแหล่งที่สงวนไว้เป็นอุทยานและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าหลายแห่ง ในขณะที่สภาพภูมิประเทศทางตอนล่าง คือเขตที่ราบลุ่มตั้งแต่อำเภอเมืองกาญจนบุรีลงมาจนถึงอ่าวไทย มีลักษณะเป็นบริเวณที่ราบลุ่มกว้างขวาง ส่วนแม่น้ำท่าจีนแยกออกมาทางฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดชัยนาท ไหลผ่านจังหวัดสุพรรณบุรี นครปฐม และออกสู่อ่าวไทยที่จังหวัดสมุทรสาคร

แม่น้ำสายหลัก คือแม่น้ำแม่กลอง ซึ่งเกิดจากแม่น้ำสาขาที่สำคัญ 2 สาย คือ แม่น้ำแควใหญ่และแม่น้ำแควน้อย ไหลมาบรรจบกันกลายเป็นแม่น้ำแม่กลองมีทิศทางการไหลจากทิศเหนือลงมาทิศใต้ มีความยาวของแม่น้ำประมาณ 589 กิโลเมตร โดยเริ่มนับจากต้นน้ำของแม่น้ำแควใหญ่สิ้นสุดที่ปากแม่น้ำแม่กลองที่จังหวัดสมุทรสงคราม



ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-18 ลุ่มน้ำแม่กลอง

2.5 กลุ่มลุ่มน้ำบางปะกง

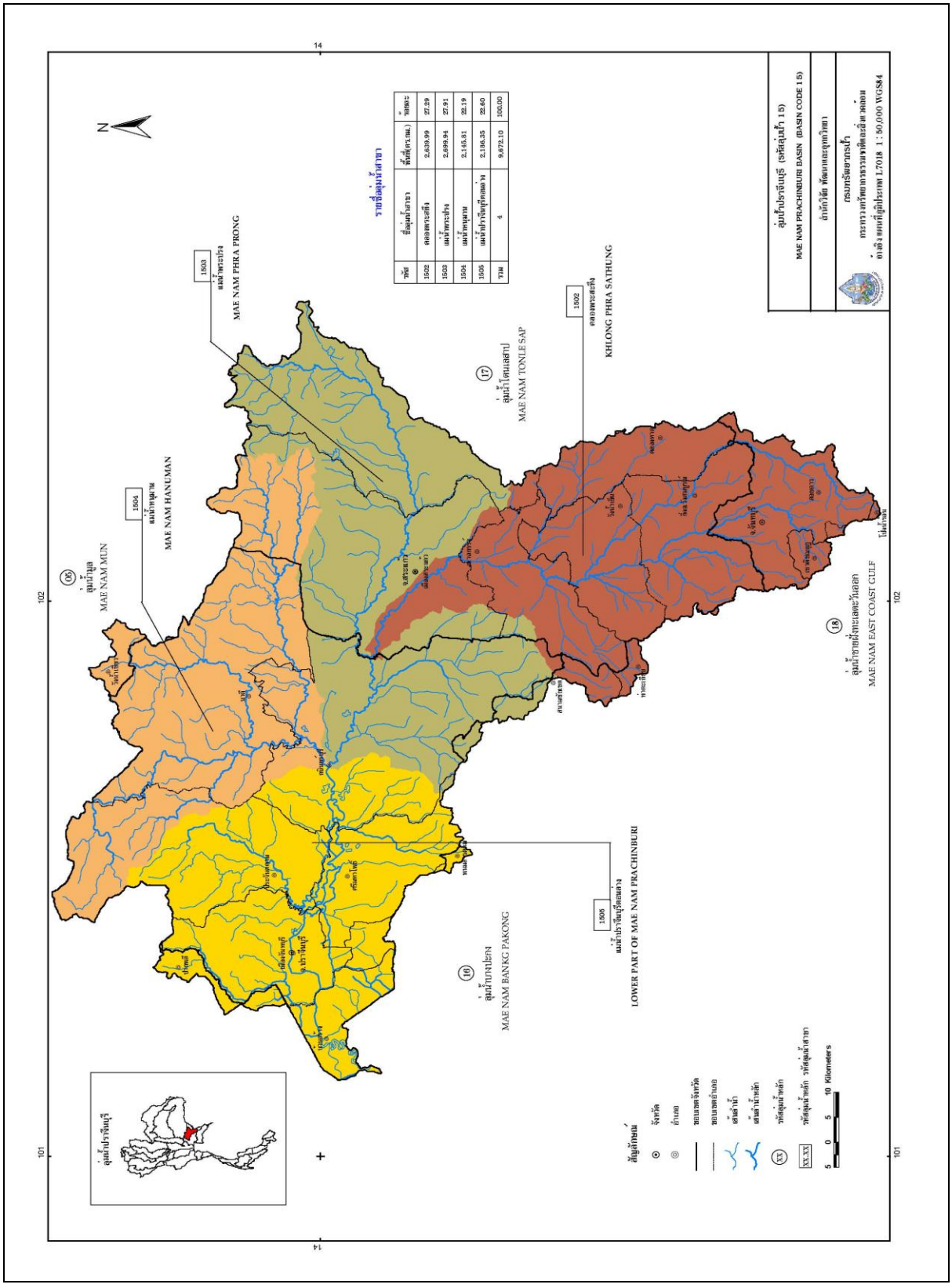
ประกอบด้วย 2 ลุ่มน้ำ ดังนี้

16) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของประเทศไทย ส่วนใหญ่มีพื้นที่ครอบคลุมอยู่ในจังหวัดปราจีนบุรีและจังหวัดสระแก้ว มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 10,481 ตารางกิโลเมตร ทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำมูล ทิศใต้และทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำบางปะกง และทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำโตนเลสาป

พื้นที่ต้นน้ำมีต้นกำเนิดจากทิวเขาสันกำแพงซึ่งอยู่ทางทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ลุ่มน้ำ ทางตอนใต้มีเนินเขา เขาเตี้ย และมีเทือกเขาติดต่อกันไม่ยาวนัก นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ลุ่มและพื้นที่ราบระหว่างแม่น้ำ และพื้นที่ราบด้านตะวันตกของลุ่มน้ำ แม่น้ำสายหลักในลุ่มน้ำ ได้แก่ แม่น้ำปราจีนบุรี ซึ่งเป็นน้ำสาขาของแม่น้ำบางปะกง เกิดจากการไหลมาบรรจบกันของแม่น้ำ 2 สาย คือ แม่น้ำหนุมาน และแม่น้ำพระปรง แม่น้ำปราจีนบุรีจะไหลไปบรรจบกับแม่น้านครนายกที่อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา กลายเป็นแม่น้ำบางปะกงแล้วไหลลงอ่าวไทย

ลำน้ำสาขาของแม่น้ำพระปรง ได้แก่ คลองพระปรง คลองปะตง คลองพระสทึง และห้วยไคร้ ส่วนลำน้ำสาขาของแม่น้ำหนุมาน ได้แก่ ห้วยโสมง และลำพระยาธาร ทางด้านท้ายน้ำมีลำน้ำสาขาที่สำคัญ คือ คลองประจันตคาม ห้วยเกยียร คลองหนองแก้ว และคลองยาง



ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

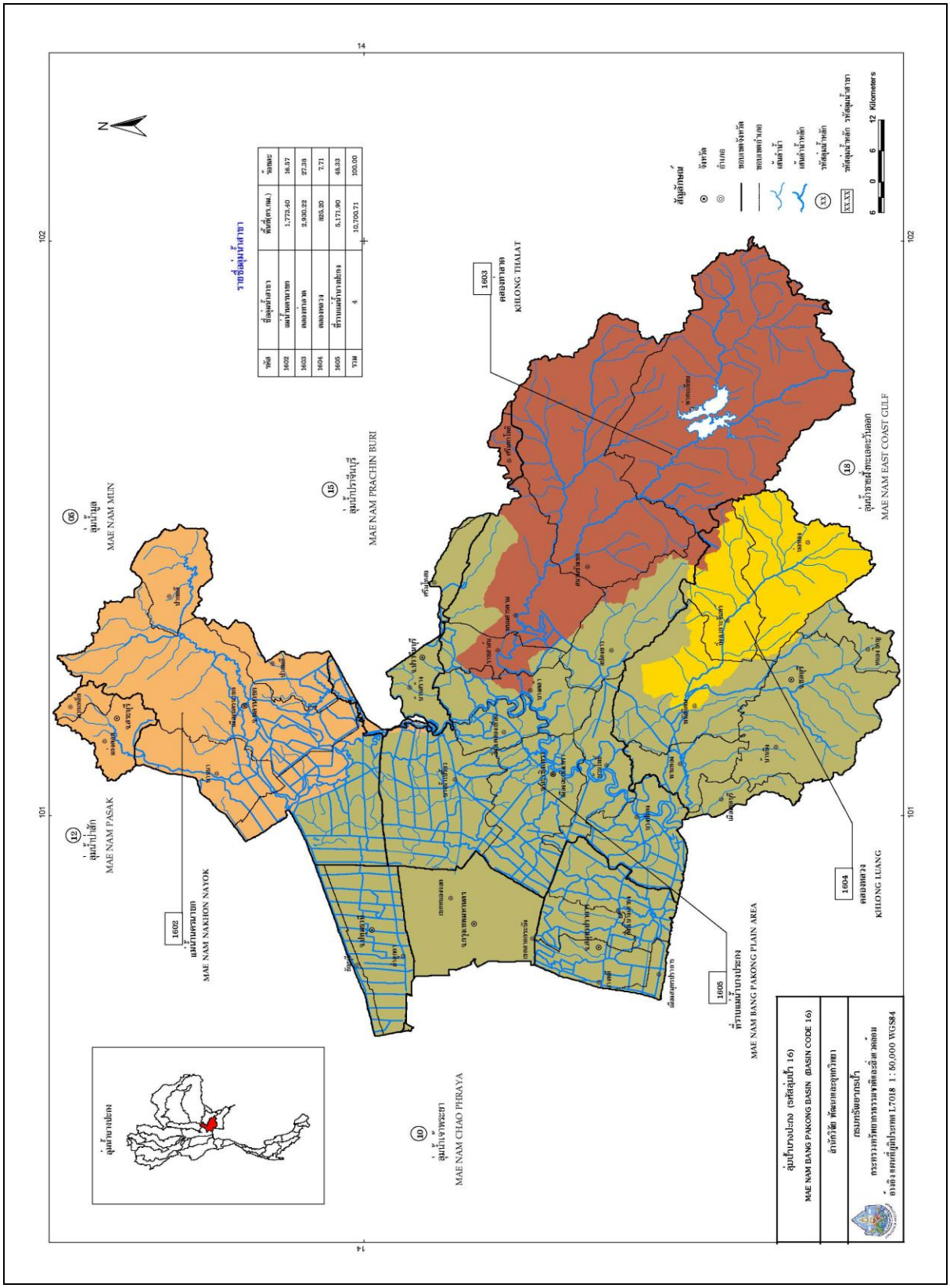
รูปที่ 2-19 ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

17) ลุ่มน้ำบางปะกง

ลุ่มน้ำบางปะกง เป็นลุ่มน้ำสำคัญในภาคตะวันออกของประเทศ มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 7,978 ตารางกิโลเมตร (ไม่รวมลุ่มน้ำปราจีนบุรี) ครอบคลุมพื้นที่จังหวัด ได้แก่ นครนายก ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ปราจีนบุรี และสระบุรี ทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำป่าสักและลุ่มน้ำมูล ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำปราจีนบุรีและทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำเจ้าพระยาและอ่าวไทย

สภาพทั่วไปของลุ่มน้ำบางปะกงพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบ ทางเหนือจะมีเทือกเขาสูงซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำนครนายก ส่วนทางตอนใต้และทางตะวันออกเฉียงใต้ของลุ่มน้ำ มีเทือกเขาซึ่งเป็นแนวแบ่งเขตระหว่างจังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา และจังหวัดจันทบุรีซึ่งเป็นต้นกำเนิดของลำน้ำสาขาสายต่างๆ ได้แก่ คลองใหญ่ คลองหลวง และคลองท่าลาด โดยแม่น้ำนครนายกมีทิศทางการไหลจากทิศเหนือลงมาทางทิศใต้และมาบรรจบกับแม่น้ำปราจีนบุรีซึ่งไหลเข้ามาทางฝั่งซ้ายที่บริเวณเหนืออำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา ก่อนจะไหลลงทางใต้ผ่านที่ราบต่ำในเขตอำเภอบางคล้า และอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา และไหลลงอ่าวไทยที่อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา

ลำน้ำสาขาของที่สำคัญของแม่น้ำบางปะกงประกอบด้วย แม่น้ำนครนายกที่อยู่ทางทิศเหนือ คลองใหญ่ คลองหลวง และคลองท่าลาด (รวมคลองระบม และคลองสียัด) ซึ่งไหลลงมาจากเทือกเขาทางตอนใต้ของลุ่มน้ำ และยังมีแม่น้ำปราจีนบุรี ซึ่งถูกจัดเป็นลุ่มน้ำประธานลุ่มน้ำหนึ่งก็เป็นลำน้ำสาขาของแม่น้ำบางปะกงด้วย



ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-20 ลุ่มน้ำบางปะกง

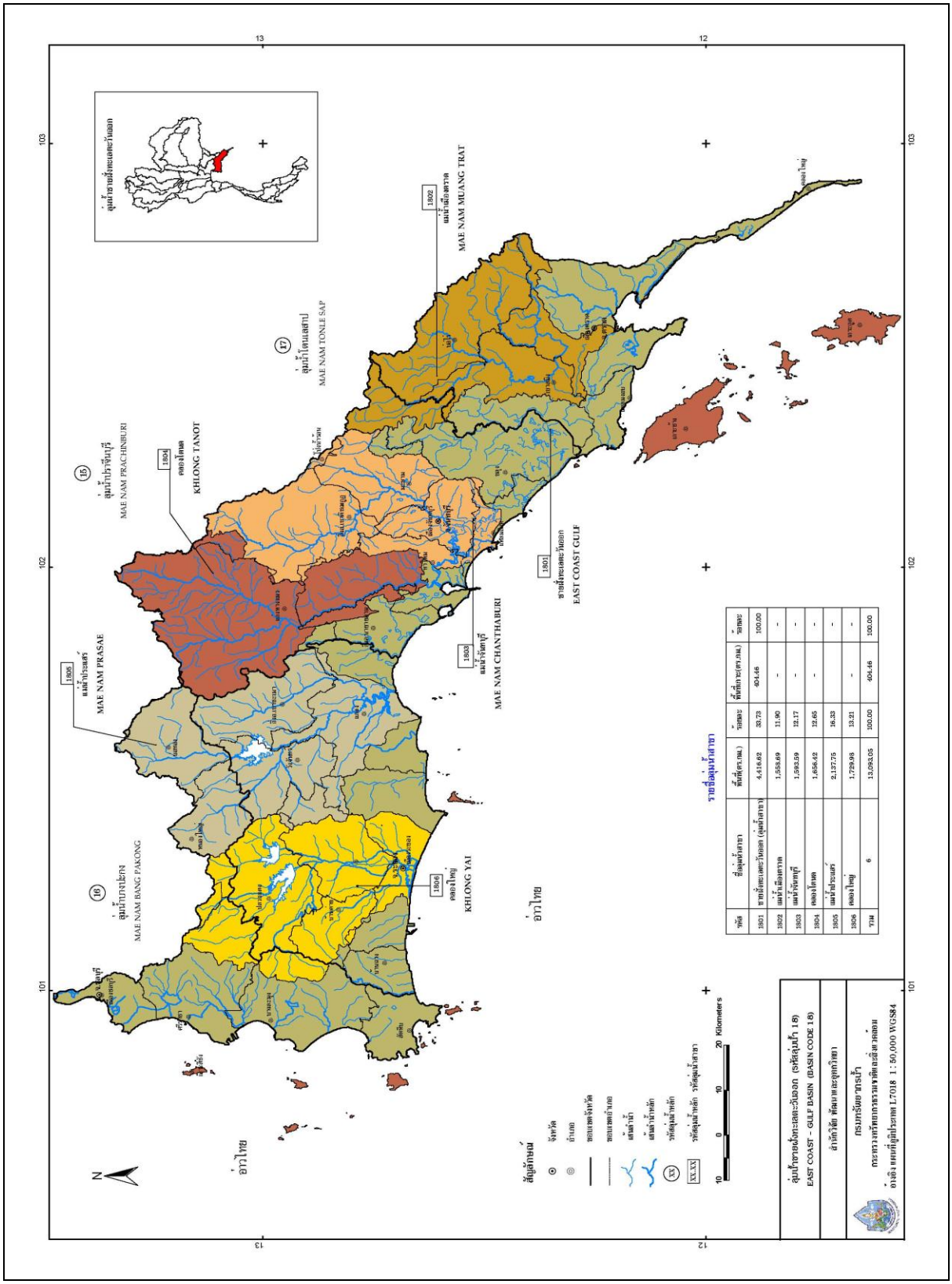
2.6 กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก

18) ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 13,829 ตารางกิโลเมตร มีพื้นที่ครอบคลุม 4 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด ทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำบางปะกง ลุ่มน้ำปราจีนบุรี และลุ่มน้ำโตนเลสาป ทิศใต้และทิศตะวันตกติดกับอ่าวไทย และทิศตะวันออกติดกับประเทศกัมพูชา

ลักษณะภูมิประเทศของลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกส่วนใหญ่เป็นแนวเทือกเขามัก จะทอดตัวอยู่ตามแนวเหนือ–ใต้ สลับกับที่ราบและมีแนวเขาทอดยาวตลอดแนวทางฝั่งตะวันออกของลุ่มน้ำ จากตอนบนของพื้นที่ลุ่มน้ำลงมาจะเป็นที่ราบชายฝั่งทะเลแคบๆ บางช่วงชายฝั่งทะเลจะมีลักษณะเว้าแหว่ง บางแห่งเป็นปากแม่น้ำและมีป่าชายเลน บางแห่งเป็นหาดทรายสวยงามซึ่งเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญ ส่วนพื้นที่ด้านตะวันออกของจังหวัดชลบุรีและตอนบนของจังหวัดระยองจะเป็นที่ราบลูกคลื่นและเนินเขา นอกจากนี้ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกยังมีส่วนที่เป็นเกาะ ซึ่งประกอบด้วยหมู่เกาะต่างๆ มากกว่า 50 เกาะ

ลำน้ำสายสำคัญในพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ได้แก่ คลองใหญ่ แม่น้ำประแสร์ คลองวังโตนด แม่น้ำจันทบุรี และแม่น้ำตราด



ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-21 ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

2.7 กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันตก

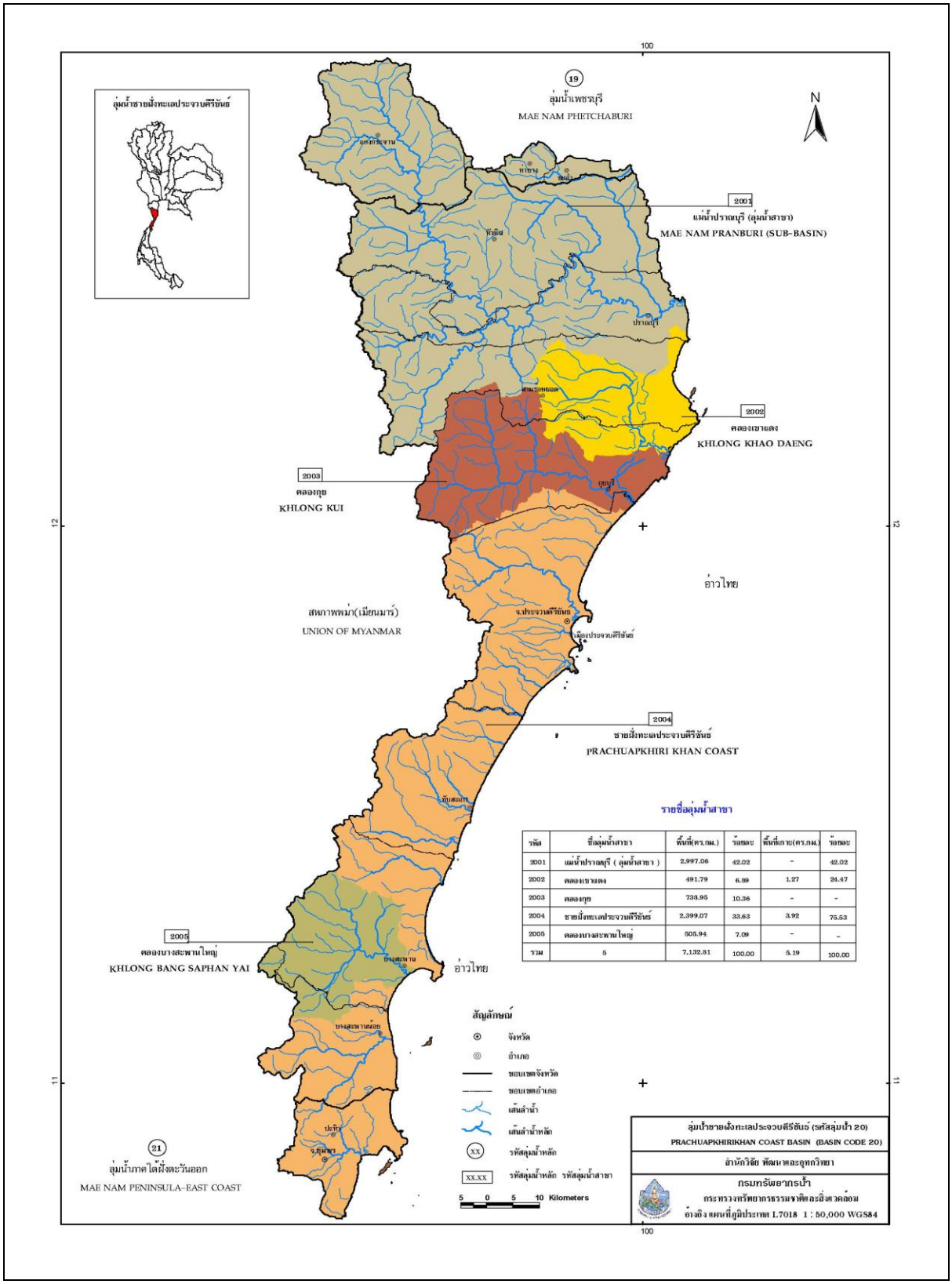
ประกอบด้วย 2 ลุ่มน้ำสาขา ดังนี้

19) ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตก

ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตก มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวม 6,744 ตารางกิโลเมตร อยู่บริเวณที่แคบที่สุดทางเหนือแหลมมลายู มีลักษณะลุ่มน้ำเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าแคบยาวครอบคลุมพื้นที่เกือบทั้งหมดของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำเพชรบุรี ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งทะเลตะวันออก ทิศตะวันออกติดกับอ่าวไทย และทิศตะวันตกติดกับเขตชายแดนพม่า

ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตกตั้งอยู่ระหว่างเทือกเขาตะนาวศรีทางด้านตะวันตกและอ่าวไทย ลักษณะภูมิประเทศทางด้านตะวันตกสุดจะเป็นเทือกเขาซึ่งเป็นต้นน้ำของลำน้ำต่างๆ ถัดเข้ามาทางตะวันออกจะเป็นพื้นที่เชิงเขาถึงลูกคลื่นลอนชัน ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำ ประกอบไปด้วยพื้นที่แบบที่ราบเชิงเขา หรือพื้นที่แบบเนินตะกอนรูปพัดติดต่อกัน ทางด้านตะวันออกสุดจะเป็นพื้นที่ราบชายฝั่งทะเลเป็นแถบยาวแคบๆจากอำเภอหัวหินมาถึงช่วงกลางของอำเภอประจวบคีรีขันธ์

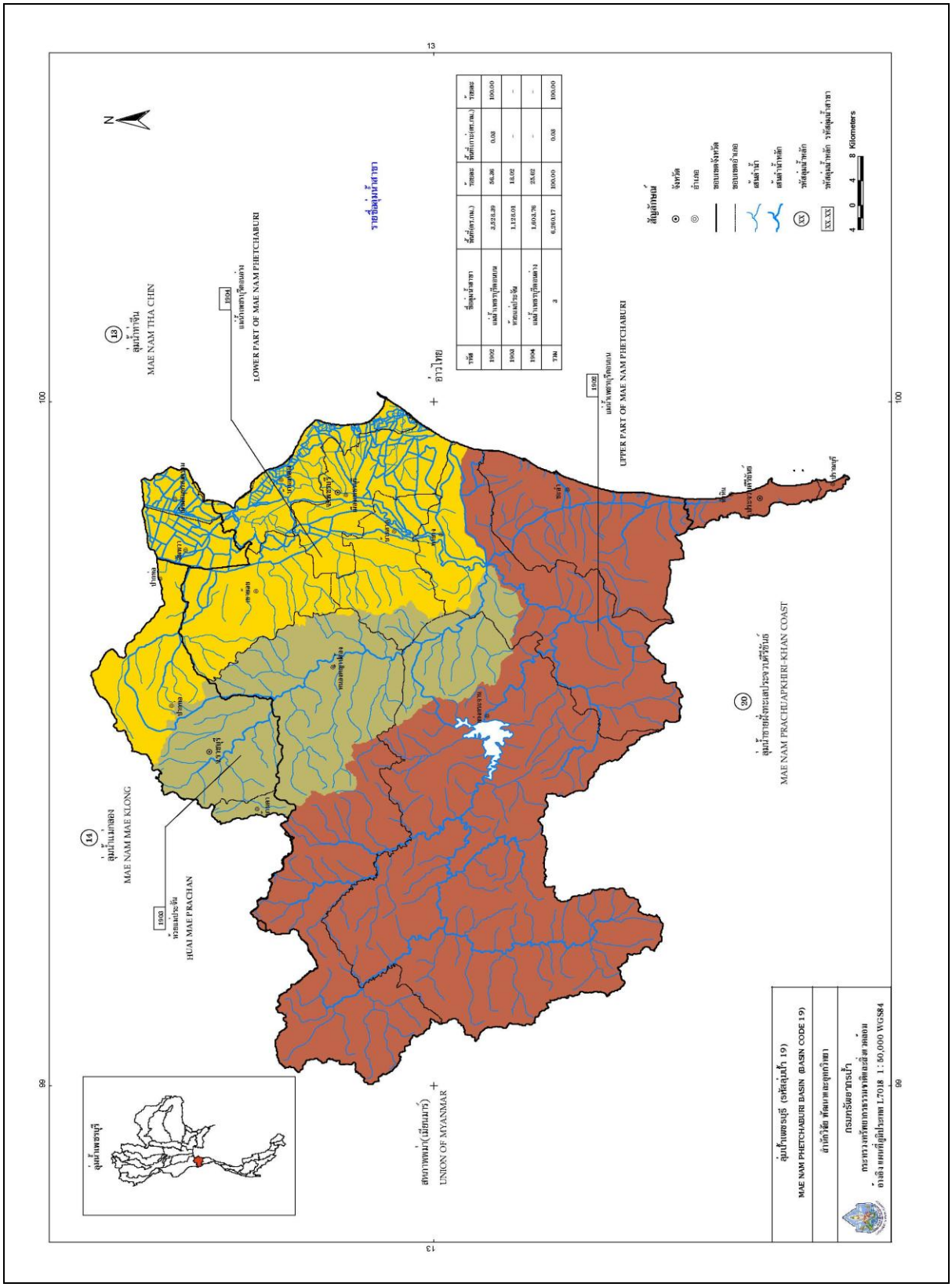
แม่น้ำส่วนใหญ่ในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตกจะเป็นแม่น้ำสายสั้นๆ ได้แก่ แม่น้ำปราณบุรี แม่น้ำบางสะพาน



รหัส	ชื่อลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่(ตร.กม.)	ร้อยละ	พื้นที่เกาะ(ตร.กม.)	ร้อยละ
2001	แม่น้ำปราณบุรี (ลุ่มน้ำสาขา)	2,997.06	42.02	-	42.02
2002	คลองเขาแดง	491.79	6.89	1.27	24.47
2003	คลองกุย	739.95	10.36	-	-
2004	ชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	2,399.07	33.63	3.92	75.53
2005	คลองบางสะพานใหญ่	505.94	7.09	-	-
รวม	5	7,132.81	100.00	5.19	100.00

ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-22 ลุ่มน้ำชายฝั่งตะวันตก



ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-23 ลุ่มน้ำเพชรบุรี

20) ลุ่มน้ำเพชรบุรี

ลุ่มน้ำเพชรบุรีมีพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งสิ้น 5,603 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตจังหวัดเพชรบุรีและจังหวัดราชบุรี ทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำแม่กลอง ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตก ทิศตะวันออกติดกับอ่าวไทย และทิศตะวันตกติดกับประเทศพม่า

แม่น้ำเพชรบุรีมีต้นกำเนิดที่เทือกเขาตะนาวศรีทางด้านตะวันตกของลุ่มน้ำ ซึ่งเป็นเขตแดนระหว่างประเทศไทยและประเทศพม่ามีเทือกเขาเป็นแนวเขาเตี้ยๆ ที่ทำให้เกิดที่ราบระหว่างภูเขา ทางด้านตะวันตกของลุ่มน้ำจะเป็นเทือกเขาสูงซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำสาขาสายสำคัญของลุ่มน้ำเพชรบุรี ตอนกลางของลุ่มน้ำจะมีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ ซึ่งแม่น้ำเพชรบุรีจะไหลผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจานและเขื่อนเพชร ส่วนพื้นที่ตอนล่างทางด้านตะวันออกของลุ่มน้ำมีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล มีลำน้ำสายสั้นๆ กระจายอยู่ทั่วไป

ลำน้ำสาขาที่สำคัญ ได้แก่ แม่น้ำบางกลอย ห้วยแม่ประโดน ห้วยแม่ประจันต์ และห้วยผาก

2.8 กลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก (ฝั่งอ่าวไทย)

ประกอบด้วย 4 ลุ่มน้ำ ดังนี้

21) ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 26,353 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตจังหวัด ได้แก่ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส โดยมีลุ่มน้ำตาปี ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา และลุ่มน้ำปัตตานีแทรกตัวอยู่เป็นช่วงๆ

ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกเป็นพื้นที่ชายฝั่งติดอ่าวไทย ลักษณะชายฝั่งทะเลราบเรียบ มีที่ราบแคบๆตั้งแต่จังหวัดชุมพรลงไปจนถึงจังหวัดนราธิวาส แม่น้ำส่วนใหญ่ในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกจะเป็นสายสั้นๆ ไหลลงสู่อ่าวไทย พื้นที่ลุ่มน้ำทางด้านตะวันตกมีลักษณะเป็นเทือกเขาซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำสายต่างๆ ทิวเขาเหล่านี้เริ่มจากทิวเขาภูเก็ตซึ่งอยู่ทางตอนบนของลุ่มน้ำทางทิศตะวันตกของจังหวัดชุมพร เป็นทิวเขาที่ต่อเนื่องมาจากทิวเขาตะนาวศรีทอดยาวมาจนถึงจังหวัดพังงา แล้วเบนไปทิศตะวันออก

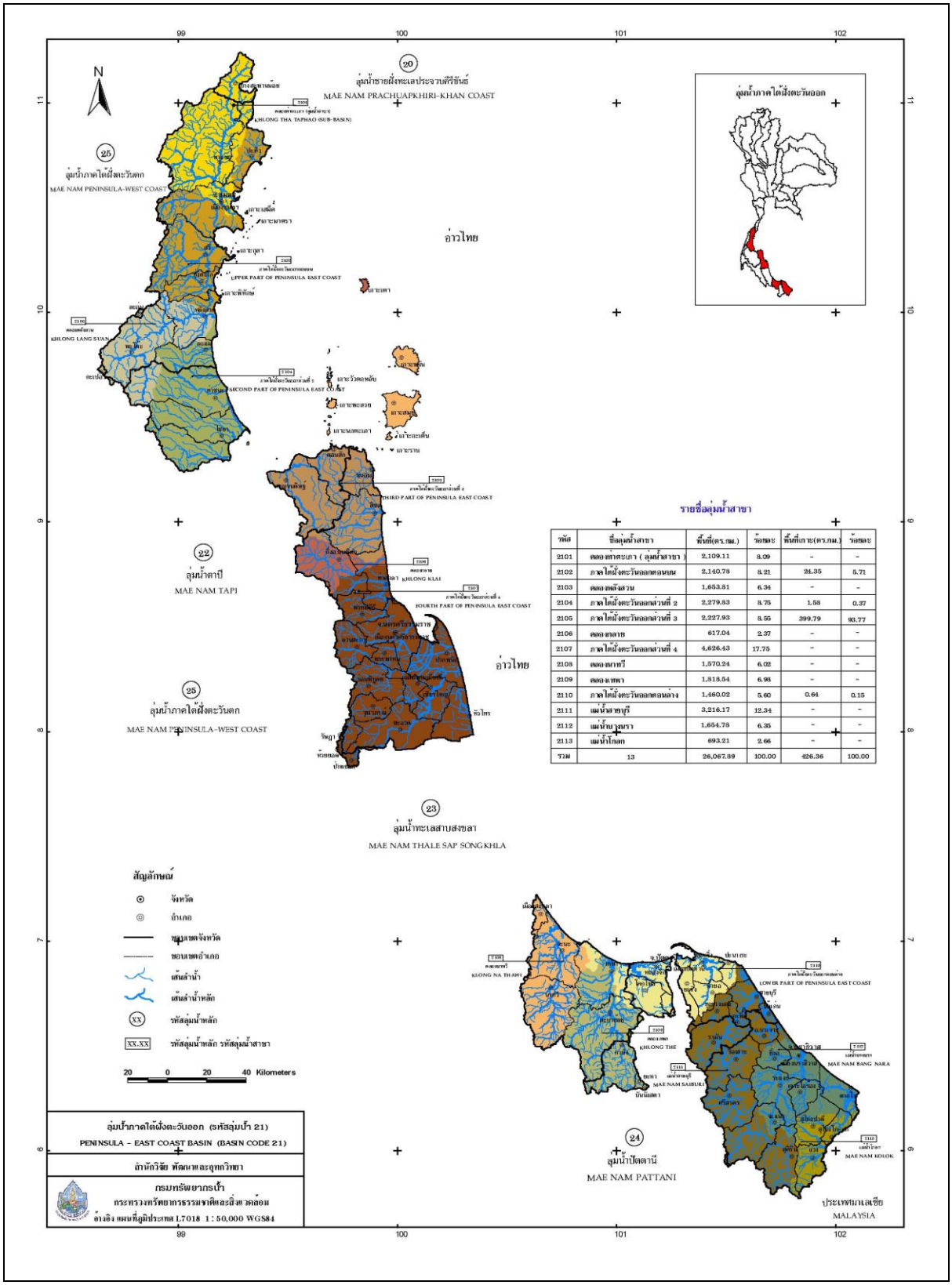
เฉียงใต้จนจรดกับทิวเขานครศรีธรรมราช ผ่านจังหวัดตรังจนถึงจังหวัดสตูลแล้วไปจรดกับทิวเขาสันกลาคีรี ซึ่งเป็นแนวขอบเขตของลุ่มน้ำ

แม่น้ำที่สำคัญในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ได้แก่ คลองท่าแซะ คลองหลังสวน แม่น้ำปากพนัง แม่น้ำสายบุรี และแม่น้ำโกลก

22) ลุ่มน้ำตาปี

ลุ่มน้ำตาปี มีพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งสิ้น 12,224 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัด ได้แก่ ภูเก็ต นครศรีธรรมราช และสุราษฎร์ธานี ทิศเหนือและทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ทิศตะวันตกและทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก

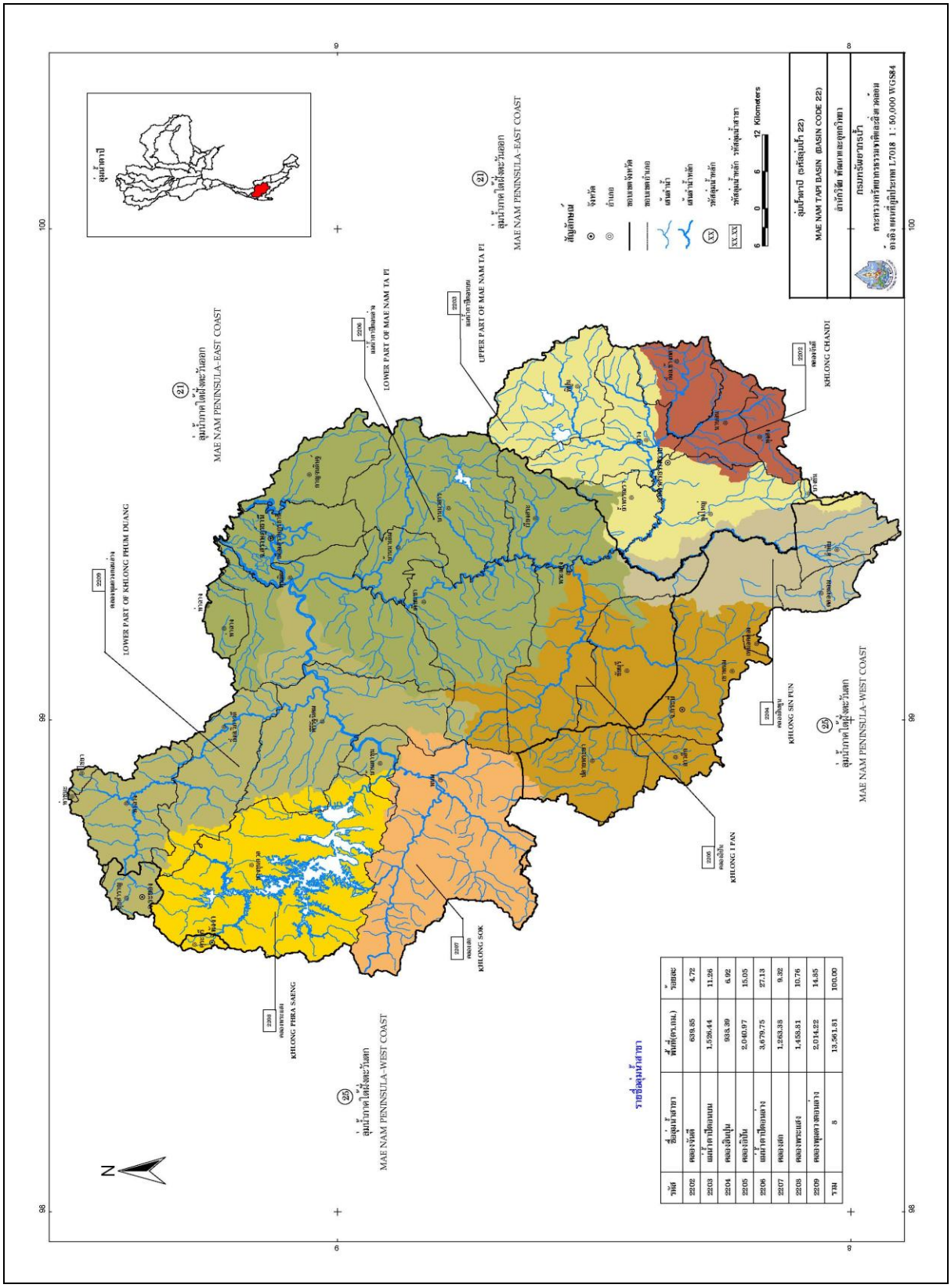
ลุ่มน้ำตาปีตั้งอยู่ระหว่างเทือกเขานครศรีธรรมราชและทิวเขาภูเก็ต พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบ แม่น้ำสายสำคัญได้แก่ แม่น้ำตาปีและแม่น้ำพุมดวง แม่น้ำตาปีมีต้นกำเนิดจากช่องเขาลมใต้บริเวณเทือกเขานครศรีธรรมราชในเขตอำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช ไหลขึ้นผ่านจังหวัดสุราษฎร์ธานี ความยาวของแม่น้ำตาปีประมาณ 232 กม. ส่วนแม่น้ำพุมดวง มีต้นกำเนิดจากทิวเขาภูเก็ตในเขตอำเภอคีรีรัฐนิคมและอำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ไหลผ่านอำเภอต่างๆมาบรรจบกับแม่น้ำตาปีที่อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีความยาวประมาณ 120 กม.



รหัส	ชื่อลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่(ตร.กม.)	ร้อยละ	พื้นที่เกาะ(ตร.กม.)	ร้อยละ
2101	คลองท่าตะเภา (ลุ่มน้ำสาขา)	2,109.11	8.09	-	-
2102	ภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนบน	2,140.78	8.21	24.35	5.71
2103	คลองหลังสวน	1,653.81	6.34	-	-
2104	ภาคใต้ฝั่งตะวันออกส่วนที่ 2	2,279.83	8.75	1.58	0.37
2105	ภาคใต้ฝั่งตะวันออกส่วนที่ 3	2,227.93	8.55	399.79	93.77
2106	คลองกลาย	617.04	2.37	-	-
2107	ภาคใต้ฝั่งตะวันออกส่วนที่ 4	4,626.43	17.75	-	-
2108	คลองนาทวี	1,570.24	6.02	-	-
2109	คลองเทพา	1,518.54	6.98	-	-
2110	ภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนล่าง	1,460.02	5.60	0.64	0.15
2111	แม่น้ำสายบุรี	3,216.17	12.34	-	-
2112	แม่น้ำปัตตานี	1,654.78	6.35	-	-
2113	แม่น้ำโกลก	693.21	2.66	-	-
รวม	13	26,067.89	100.00	426.36	100.00

ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-24 ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก



ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-25 ลุ่มน้ำตาปี

23) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

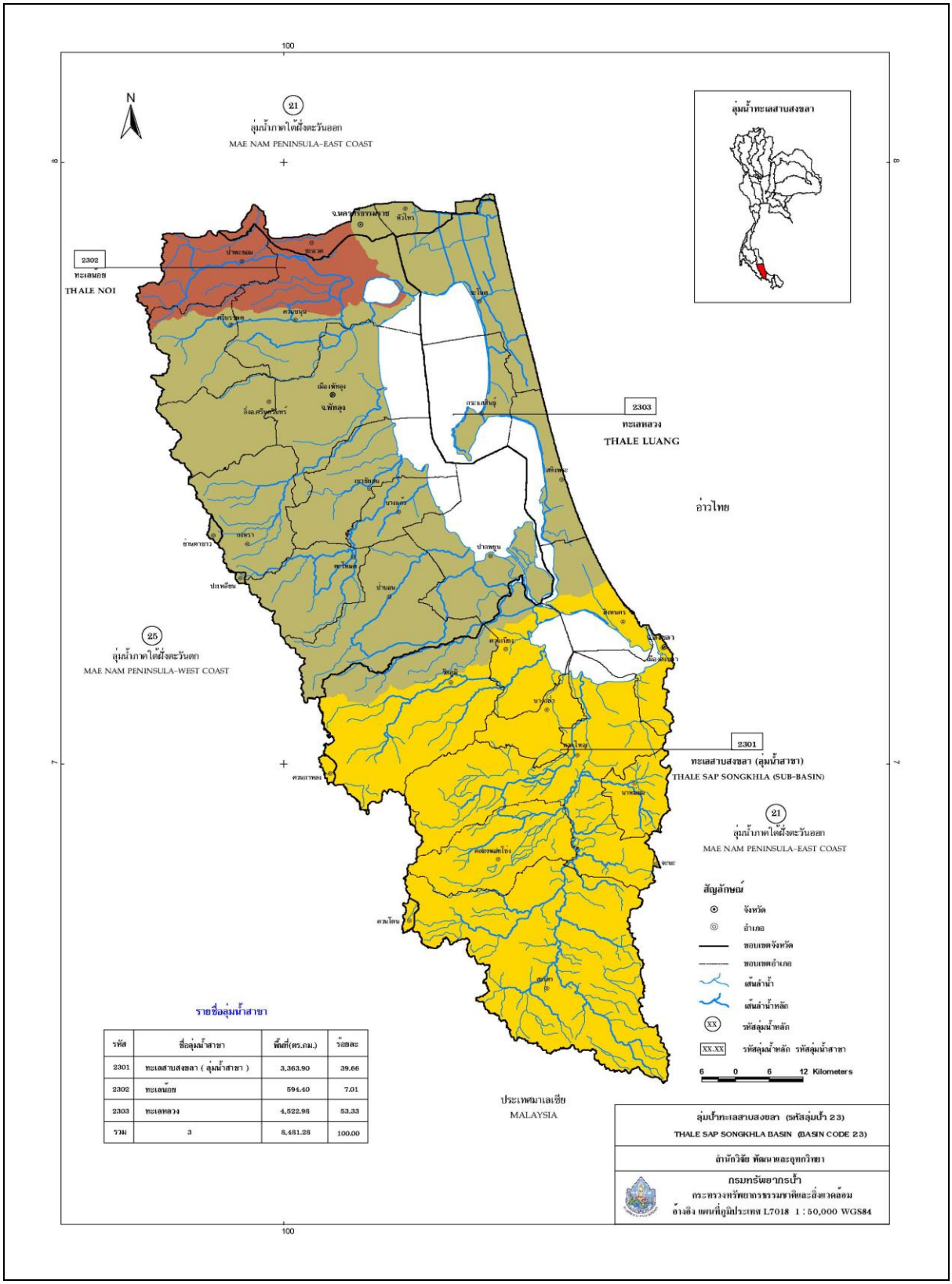
ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาเป็นลุ่มน้ำแห่งเดียวของประเทศไทย ที่มีระบบทะเลสาบแบบลากูน (Lagoon) ขนาดใหญ่ เป็นแอ่งรองรับน้ำจืด (น้ำฝน น้ำจืดจากคลอง และน้ำหลากจากแผ่นดิน) โดยมีน้ำเค็มจากทะเลไหลเข้ามาผสมผสาน มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวม 8,495 ตารางกิโลเมตร ทิศเหนือติดลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ทิศใต้ติดกับชายแดนประเทศมาเลเซีย ทิศตะวันออกติดกับอ่าวไทย และทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก ครอบคลุมพื้นที่ได้แก่ จังหวัดนครศรีธรรมราช (บางส่วนของอำเภอชะอวดและอำเภอหัวไทร) จังหวัดพัทลุงและจังหวัดสงขลา (ยกเว้นพื้นที่อำเภอนาทวี อำเภอสะบ้าย้อย อำเภอจะนะและอำเภอเทพา)

สภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาทางตอนเหนือของทะเลสาบสงขลาเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำขนาดใหญ่เรียกว่า “พรุควนเคร็ง” ส่วนทางตะวันออกเป็นที่ราบชายฝั่งทะเลติดกับอ่าวไทย ทิศตะวันตกของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา มีเทือกเขาบรรทัดเป็นสันปันน้ำ ส่วนทางด้านทิศใต้เป็นส่วนหนึ่งของแนวเทือกเขาสันกาลาคีรี เทือกเขาทั้งสองนี้ปกคลุมไปด้วยป่าไม้และเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารของลุ่มน้ำนี้ ถัดจากพื้นที่ภูเขาลงมาทางด้านตะวันออกเป็นที่ราบสลับเนินเขาเตี้ย ๆ ไปจนถึงตอนใต้ของพื้นที่ลุ่มน้ำถัดลงมาอีกจะเป็นที่ราบขนาดใหญ่ล้อมรอบตัวทะเลสาบ พื้นที่นี้เกิดจากการทับถมของตะกอนลำน้ำที่รับน้ำจากพื้นที่ภูเขาแล้วไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา

24) ลุ่มน้ำปัตตานี

ลุ่มน้ำปัตตานีตั้งอยู่ทางตอนใต้ของประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวม 3,858 ตารางกิโลเมตร มีพื้นที่ครอบคลุมจังหวัดยะลาและจังหวัดปัตตานี ทิศเหนือติดกับอ่าวไทยที่ปากแม่น้ำปัตตานี ทิศใต้ติดกับประเทศมาเลเซีย ทิศตะวันออกและทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

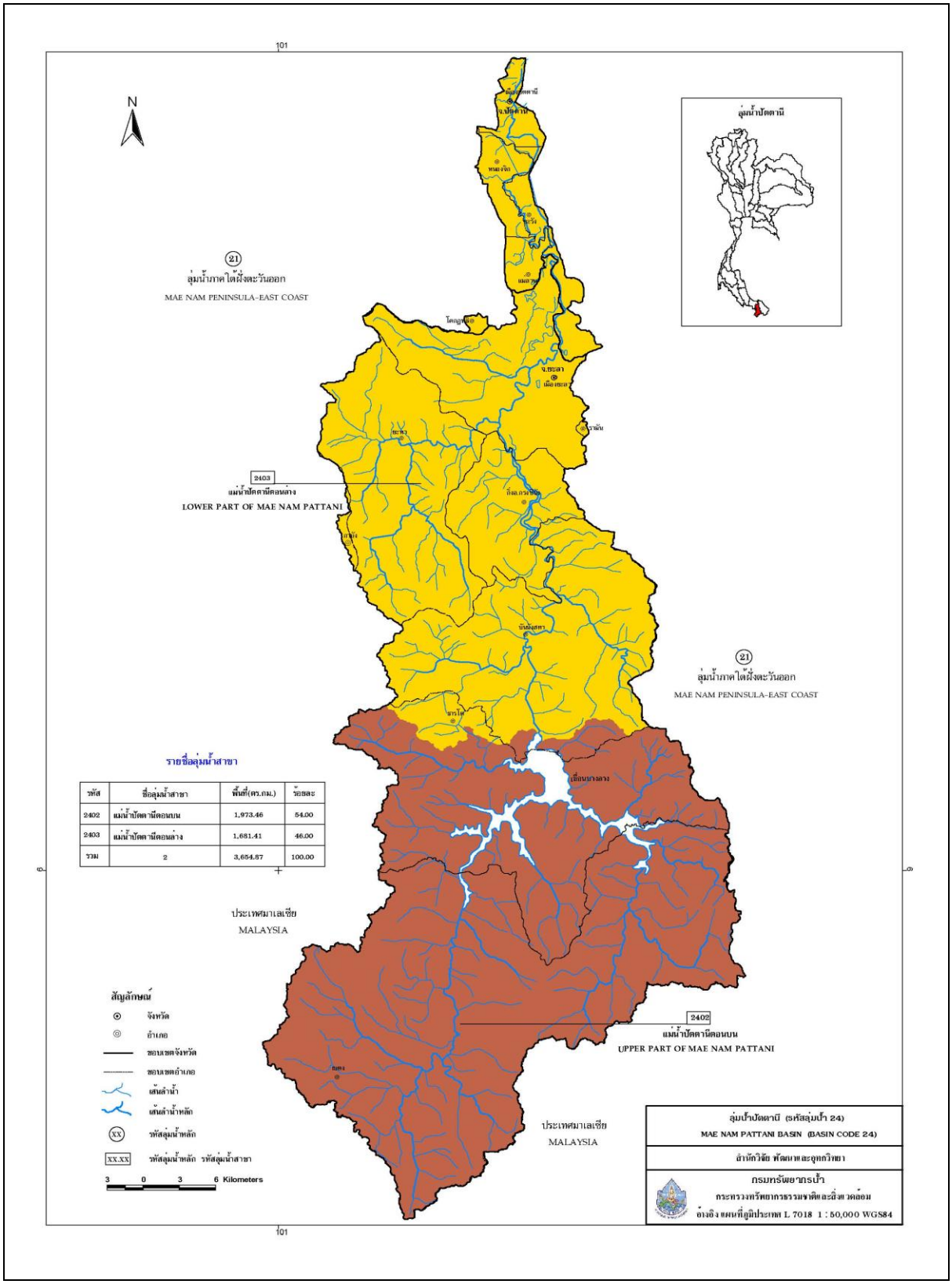
ลุ่มน้ำปัตตานีมีแม่น้ำปัตตานีเป็นลำน้ำหลัก และมีแม่น้ำยะหาเป็นลำน้ำสาขา แม่น้ำปัตตานีมีต้นกำเนิดจากเทือกเขาสันกลาคีรี ในเขตอำเภอเบตง จังหวัดยะลา ไหลจากทิศใต้ขึ้นไปทางทิศเหนือแล้วไหลลงทะเลอ่าวไทยที่อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าเขามีพื้นที่ราบเล็กน้อยทางตอนล่างของลุ่มน้ำเป็นที่ราบลุ่ม มีความยาวลำน้ำประมาณ 210 กิโลเมตร



รหัส	ชื่อลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่(ตร.กม.)	ร้อยละ
2301	ทะเลสาบสงขลา (ลุ่มน้ำสาขา)	3,363.90	39.66
2302	ทะเลน้อย	594.40	7.01
2303	ทะเลหลวง	4,522.98	53.33
รวม	3	8,481.28	100.00

ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-26 ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา



ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-27 ลุ่มน้ำปัตตานี

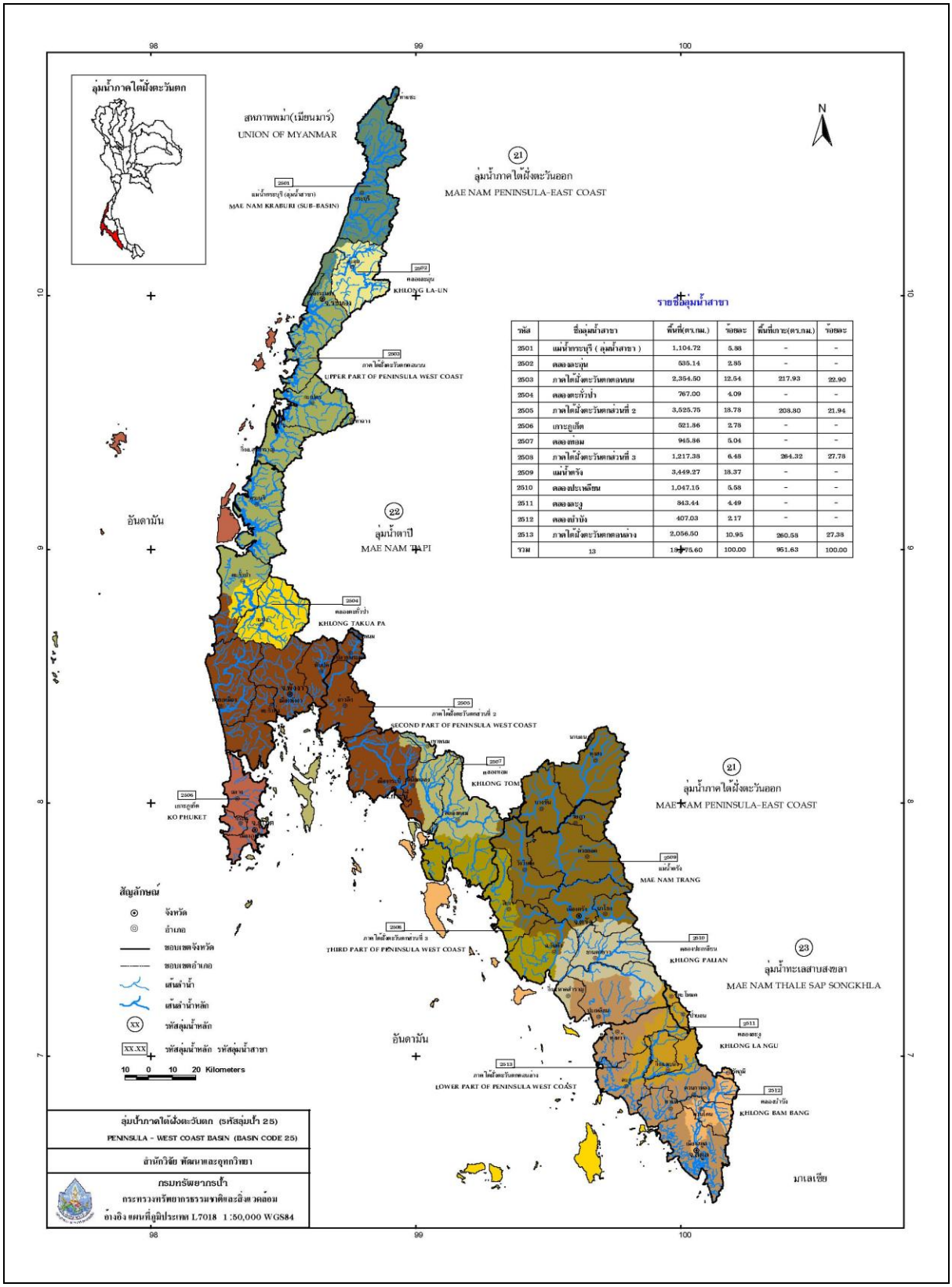
2.9 กลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก

25) ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก

ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก มีพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งสิ้น 20,473 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 7 จังหวัด ได้แก่ ระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ นครศรีธรรมราช ตรังและสตูล ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ลุ่มน้ำตาปีและลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ทิศใต้ติดกับทะเลอันดามันและชายแดนประเทศมาเลเซีย และทิศตะวันตกติดกับทะเลอันดามัน

ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตกมีลักษณะคล้ายคลึงกับลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก เป็นพื้นที่ชายฝั่งติดทะเลอันดามัน มีเทือกเขาภูเก็ตพาดผ่านจากจังหวัดระนองจนถึงจังหวัดพังงา ซึ่งเป็นต้นกำเนิดแม่น้ำสายต่างๆ แม่น้ำและลำน้ำทั่วไปมีความยาวไม่มากนักและไหลลงสู่ทะเลอันดามัน ภูมิประเทศเกิดจากแผ่นดินยุบตัวลงไป ชายฝั่งทะเลเว้าแหว่งมีอ่าวและเกาะต่างๆมากมาย

แม่น้ำสายสำคัญในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก ได้แก่ แม่น้ำตรัง



รหัส	ชื่อลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่(ตร.กม.)	ร้อยละ	พื้นที่เกาะ(ตร.กม.)	ร้อยละ
2501	แม่น้ำกระบุรี (ลุ่มน้ำสาขา)	1,104.72	5.88	-	-
2502	คลองละอุ่น	535.14	2.85	-	-
2503	ภาคใต้ฝั่งตะวันตกตอนบน	2,354.50	12.54	217.93	22.90
2504	คลองตะกั่วป่า	767.00	4.09	-	-
2505	ภาคใต้ฝั่งตะวันตกส่วนที่ 2	3,525.75	18.78	208.80	21.94
2506	เกาะภูเก็ต	521.86	2.78	-	-
2507	คลองท้อม	945.86	5.04	-	-
2508	ภาคใต้ฝั่งตะวันตกส่วนที่ 3	1,217.38	6.48	264.32	27.78
2509	แม่น้ำตรัง	3,449.27	18.37	-	-
2510	คลองปะเหลียน	1,047.15	5.58	-	-
2511	คลองลำงู	843.44	4.49	-	-
2512	คลองบำบัง	407.03	2.17	-	-
2513	ภาคใต้ฝั่งตะวันตกตอนล่าง	2,056.50	10.95	260.58	27.38
รวม	13	18,775.60	100.00	951.63	100.00

ที่มา: กรมป่าไม้ ศูนย์สารสนเทศ, 2552

รูปที่ 2-28 ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก

2.10 สภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศของลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำ สามารถสรุปข้อมูลที่สำคัญต่างๆ ประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ปริมาณการระเหยจากถาด รวมถึงปริมาณการคายระเหยของพืชซึ่งอ้างอิงที่คำนวณจากวิธี Modified Penman

1) ลุ่มน้ำโขง

ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนั้นแล้วในแต่ละปีจะได้รับอิทธิพลจากลมดีเปรสชั่นซึ่งพัดมาจากทะเลจีนใต้ ทำให้มีฝนตกหนักในฤดูฝน ซึ่งบันทึกไว้โดยกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2523-2552 จำนวน 9 สถานี ได้แก่ สถานีจังหวัดพะเยา สถานีจังหวัดหนองคาย สถานีจังหวัดเลย สถานีจังหวัดนครพนม สถานีจังหวัดมุกดาหาร สถานีจังหวัดอุดรธานี สถานีจังหวัดสกลนคร สถานี สกษ.สกลนคร และสถานี สกษ.เลย สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	24.2 – 26.6	25.8
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	70.5 – 76.3	73.6
ความเร็มลม	น๊อต	1.2 – 3.0	1.8
เมฆปกคลุม	0 – 10	5.0 – 5.7	5.3
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,309.1 – 1,788.3	1,533.3
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,623.2 – 1,822.7	1,732.3

2) ลุ่มน้ำกก

ได้ศึกษาข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2523-2552 จำนวน 3 สถานี ได้แก่ สถานีดอยอ่างขาง สถานีจังหวัดเชียงราย และสถานี สกษ.เชียงราย สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	24.2 – 26.1	25.2
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	71.3 – 76.3	73.6
ความเร็มลม	น๊อต	1.2 – 1.4	1.3
เมฆปกคลุม	0 – 10	5.0 – 5.3	5.2
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,309.1 – 1,734.4	1,505.1
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,623.2 – 1,718.2	1,674.9

3) ลุ่มน้ำชี

ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนั้นแล้วในแต่ละปีจะได้รับอิทธิพลจากลมดีเปรสชั่นซึ่งพัดมาจากทะเลจีน ใต้ ทำให้มีฝนตกหนักในฤดูฝน ซึ่งตามปกติแล้วจะเริ่มตั้งแต่ประมาณกลางเดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนตุลาคม รวมระยะเวลาเกือบ 6 เดือน โดยการกระจายของฝนจะมีลักษณะแบ่งเป็น 2 ช่วงคือ ฤดูฝนช่วงแรกระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน ปริมาณฝนที่ตกในช่วงนี้มีปริมาณรวมแล้วน้อยกว่าฝนที่ตกในช่วงหลังซึ่งเป็นฝนที่ตกในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม ฝนที่ตกในช่วงหลังนี้จะมีปริมาณค่อนข้างมากและการกระจายของฝนค่อนข้างสม่ำเสมอกว่าฝนที่ตกในช่วงแรก และจะมีฝนตกชุกในเดือนสิงหาคมและกันยายน จากการศึกษาข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2523-2552 จำนวน 7 สถานี ได้แก่ สถานีจังหวัดขอนแก่น สกษ.ท่าพระ จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดมหาสารคาม จังหวัดกาฬสินธุ์ และสถานี สกษ.ร้อยเอ็ด สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	26.6 – 27.8	27.0
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	68.8 – 72.7	71.3
ความเร็วลม	น๊อต	1.3 – 3.8	2.2
เมฆปกคลุม	0 – 10	5.0 – 6.5	5.5
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,659.3 – 1,918.3	1,771.3
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,785.1 – 1,896.4	1,824.0

4) ลุ่มน้ำมูล

จากการศึกษาข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2523-2552 จำนวน 10 สถานี ได้แก่ สถานีจังหวัดนครราชสีมา สถานีอำเภอโชคชัย สถานีจังหวัดสุรินทร์ สถานีอำเภอท่าตูม สถานีอำเภอนางรอง สถานีจังหวัดบุรีรัมย์ สถานี สกษ.อุบลราชธานี สถานีจังหวัดอุบลราชธานี สถานี สกษ.ศรีสะเกษ และสถานี สกษ.สุรินทร์ สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	26.9 – 27.3	27.0
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	70.0 – 74.5	73.0
ความเร็วลม	น๊อต	1.4 – 3.8	2.2
เมฆปกคลุม	0 – 10	4.8 – 6.5	5.7
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,576.8 – 1,891.4	1,793.3
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,803.6 – 1,847.1	1,825.4

5) ลุ่มน้ำโตนเลสาบ

จากการศึกษาข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2523-2552 จำนวน 1 สถานี คือ สถานีอรัญประเทศ สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	27.1 – 27.5	27.3
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	74.3 – 78.9	76.6
ความเร็วลม	น๊อต	1.4 – 2.4	1.9
เมฆปกคลุม	0 – 10	6.1 – 7.0	6.5
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,524.9 – 1,749.3	1,637.1
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,652.7 – 1,834.2	1,743.4

6) ลุ่มน้ำสาละวิน

จากการศึกษาข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2523-2552 จำนวน 4 สถานี ได้แก่ สถานีจังหวัดแม่ฮ่องสอน สถานีแม่สะเรียง สถานีแม่สอด และสถานี สกษ.ดอยมูเซอ สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	25.4 – 25.4	25.4
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	73.8 – 76.7	75.5
ความเร็วลม	น๊อต	0.7 – 2.2	1.3
เมฆปกคลุม	0 – 10	5.2 – 5.6	5.4
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,323.1 – 1,590.9	1,468.8
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,582.2 – 1,686.8	1,631.3

7) ลุ่มน้ำปิง

ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูง สภาพภูมิอากาศทั่วไปอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนั้นแล้วในแต่ละปีจะได้รับอิทธิพลจากพายุดีเปรสชั่น ซึ่งมาจากทะเลจีนใต้ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน ทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำปิงมีฝนตกชุก

ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีตรวจอากาศต่างๆ ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำปิง จากการศึกษาข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2523-2552 จำนวน 6 สถานี ได้แก่ สถานี สกษ.แม่โจ้ สถานีจังหวัดเชียงใหม่ สถานีจังหวัดลำพูน สถานีจังหวัดตาก สถานีเขื่อนภูมิพล และสถานีจังหวัดกำแพงเพชร สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	23.3 – 28.2	26.3
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	68.5 – 78.3	72.5
ความเร็วลม	น๊อต	0.6 – 3.0	1.7
เมฆปกคลุม	0 – 10	5.2 – 5.8	5.6
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,301.9 – 2,018.0	1,618.8
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,484.8 – 1,934.9	1,735.5

8) ลุ่มน้ำวัง

พื้นที่ลุ่มน้ำวังอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังมีพายุดีเปรสชั่นและพายุไต้ฝุ่น ซึ่งมาจากทะเลจีนใต้พัดผ่านเข้ามาเป็นครั้งคราว ซึ่งส่งผลทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆ ได้แก่ ฤดูฝนจะเกิดในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาวจะเกิดในช่วงปลายเดือนตุลาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ และฤดูร้อนจะเกิดในช่วงเดือนมีนาคม ถึงเดือนเมษายน จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีตรวจอากาศต่างๆ จากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2523-2552 จำนวน 3 สถานี ได้แก่ สถานีจังหวัดลำปาง สถานีอำเภอเถิน และสถานี สกษ.ลำปาง สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	25.3 – 27.3	26.2
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	68.5 – 73.8	71.9
ความเร็มลม	น๊อต	1.0 – 2.4	1.5
เมฆปกคลุม	0 – 10	5.2 – 5.6	5.4
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,462.1 – 1,633.0	1,522.3
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,683.2 – 1,830.6	1,735.9

9) ลุ่มน้ำยม

พื้นที่ลุ่มน้ำยมอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังมีพายุดีเปรสชั่นและพายุไต้ฝุ่น ซึ่งมาจากทะเลจีนใต้พัดผ่านเข้ามาเป็นครั้งคราว ซึ่งส่งผลทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆ ได้แก่ ฤดูฝนจะเกิดในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาวจะเกิดในช่วงปลายเดือนตุลาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ และฤดูร้อนจะเกิดในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีตรวจอากาศต่างๆ จากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2523-2552 จำนวน 4 สถานี ได้แก่ สถานีจังหวัดสุโขทัย สถานีจังหวัดแพร่ สถานี สกษ.ศรีสำโรง และสถานี สกษ.พิจิตร สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	25.3 – 28.2	21.7
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	68.6 – 75.3	72.4
ความเร็มลม	น๊อต	0.9 – 3.0	1.6
เมฆปกคลุม	0 – 10	5.1 – 5.8	5.5
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,429.4 – 2,018.0	1,675.3
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,683.2 – 1,934.9	1,780.5

10) ลุ่มน้ำน่าน

อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังมีพายุดีเปรสชั่นและพายุไต้ฝุ่น ซึ่งมาจากทะเลจีนใต้พัดผ่านเข้ามาเป็นครั้งคราว ซึ่งส่งผลทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆ ได้แก่ ฤดูฝนจะเกิดในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาวจะเกิดในช่วงปลายเดือนตุลาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ และฤดูร้อนจะเกิดในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีตรวจอากาศต่างๆ จากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2523-2552 จำนวน 7 สถานี ได้แก่ สถานีจังหวัดน่าน สถานี สกษ.น่าน สถานีท่าวังผา สถานีทุ่งช้าง สถานีจังหวัดอุตรดิตถ์ สถานีจังหวัดพิษณุโลก และสถานีจังหวัดนครสวรรค์ สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	25.2 – 28.2	26.8
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	70.4 – 79.8	74.5
ความเร็วลม	น๊อต	0.6 – 3.0	1.3
เมฆปกคลุม	0 – 10	5.1 – 5.6	5.4
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,244.5 – 2,018.0	1,596.3
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,588.6 – 1,934.9	1,745.4

11) ลุ่มน้ำเจ้าพระยา

จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีต่างๆ จากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2523-2552 จำนวน 10 สถานี ได้แก่ สถานีสนามบินดอนเมือง สถานีกรุงเทพเมโทรโปลิส สถานี สกษ.บางเขน สถานีจังหวัดลพบุรี สถานี สกษ.ชัยนาท สถานี สกษ.ตากฟ้า สถานีจังหวัดอยุธยา สถานีจังหวัดปทุมธานี สถานีท่าเรือคลองเตย และสถานี สกษ.บางนา สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	27.9 – 28.4	28.1
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	70.4 – 74.9	72.8
ความเร็มลม	น๊อต	2.1 – 8.8	4.1
เมฆปกคลุม	0 – 10	5.4 – 7.6	6.3
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,782.5 – 2,018.0	1,873.6
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,722.6 – 2,045.5	1,916.3

12) ลุ่มน้ำสะแกกรัง

จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีต่างๆ จากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2523-2552 จำนวน 1 สถานี คือ สถานีจังหวัดนครสวรรค์ สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	23.3 – 28.2	25.8
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	70.4 – 78.3	74.3
ความเร็มลม	น๊อต	0.6 – 3.0	1.8
เมฆปกคลุม	0 – 10	5.6 – 5.8	5.7
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,301.9 – 2,018.0	1,660.0
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,484.8 – 1,934.9	1,709.9

13) ลุ่มน้ำป่าสัก

จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีต่างๆ จากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปีพ.ศ.2523-2552 จำนวน 5 สถานี ได้แก่ สถานีอำเภอหล่มสัก สถานีจังหวัดเพชรบูรณ์ สถานีอำเภอวิเชียรบุรี สถานีบัวชุม และสถานี สกษ.ปากช่อง สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	26.7 – 28.1	27.4
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	70.6 – 74.7	72.9
ความเร็วลม	น๊อต	1.2 – 2.4	1.8
เมฆปกคลุม	0 – 10	5.4 – 5.6	5.5
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,596.3 – 1,905.8	1,751.6
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,718.1 – 1,890.7	1,803.0

14) ลุ่มน้ำท่าจีน

จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีต่างๆ จากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2514-2543 จำนวน 2 สถานี ได้แก่ สถานีตรวจอากาศจังหวัดสุพรรณบุรี และสถานีตรวจอากาศจังหวัดนครสวรรค์ สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	27.9 – 28.0	27.9
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	68.6 – 73.7	71.1
ความเร็วลม	น๊อต	2.1 – 3.0	2.6
เมฆปกคลุม	0 – 10	5.7 – 6.1	5.9
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,853.5 – 1,905.1	1,879.3
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,872.4 – 1,886.9	1,879.6

15) ลุ่มน้ำแม่กลอง

จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีต่างๆ จากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2523-2552 จำนวน 4 สถานี ได้แก่ สถานีอุ้มผาง สถานีทองผาภูมิ สถานีจังหวัดกาญจนบุรี และสถานีจังหวัดราชบุรี สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	23.3 – 28.0	26.4
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	68.6 – 81.0	76.1
ความเร็มลม	น๊อต	0.6 – 2.6	1.4
เมฆปกคลุม	0 – 10	5.3 – 6.0	5.7
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,301.9 – 1,905.1	1,555.1
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,484.8 – 1,886.9	1,708.9

16) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีต่างๆ จากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2514-2543 จำนวน 3 สถานี ได้แก่ สถานีจังหวัดปราจีนบุรี สถานีกบินทร์บุรี และสถานีจังหวัดสระแก้ว สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	27.7 – 28.2	28.0
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	72.9 – 76.7	74.8
ความเร็มลม	น๊อต	1.5 – 1.7	1.6
เมฆปกคลุม	0 – 10	6.0 – 6.2	6.1
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,653.7 – 1,736.4	1,695.1
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,752.3 – 1,826.8	1,789.6

17) ลุ่มน้ำบางปะกง

อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังมีพายุดีเปรสชั่นและพายุไต้ฝุ่น ซึ่งมาจากทะเลจีนใต้พัดผ่านเข้ามาเป็นครั้งคราว ซึ่งส่งผลทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆ ได้แก่ ฤดูฝนจะเกิดในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาวจะเกิดในช่วงปลายเดือนตุลาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ และฤดูร้อนจะเกิดในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน จากการรวบรวม

ข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีตรวจอากาศต่างๆ จากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2523-2552 จำนวน 2 สถานี ได้แก่ สถานีจังหวัดฉะเชิงเทรา และสถานีท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	28.1 – 28.2	28.1
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	72.7 – 72.9	72.8
ความเร็วลม	น๊อต	1.5 – 3.0	2.3
เมฆปกคลุม	0 – 10	5.7 – 6.0	5.8
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,653.7 – 1,808.0	1,730.9
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,826.8 – 1,929.5	1,878.1

18) ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งจะทำให้เกิดฝนตกชุกในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และสภาพอากาศแห้งและเย็น ช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ นอกจากลมมรสุมที่พัดผ่านประจำแล้ว ยังมีลมพายุจร เมื่อพัดผ่านจะทำให้เกิดฝนตกหนักในพื้นที่ จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีต่างๆ จากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2523-2552 จำนวน 9 สถานี ได้แก่ สถานีแหลมฉบัง สถานีจังหวัดชลบุรี สถานีสัตหีบ สถานีพัทยา สถานี สกย.ห้วยโป่ง สถานีจังหวัดระยอง สถานีจังหวัดจันทบุรี สถานี สกย.พลิ้ว และสถานีจังหวัดตราด สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	27.1 – 28.2	27.8
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	72.7 – 79.7	76.7
ความเร็มลม	น๊อต	1.4 – 5.1	3.7
เมฆปกคลุม	0 – 10	5.7 – 7.0	6.3
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,503.6 – 1,808.0	1,673.9
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,652.7 – 1,991.2	1,880.0

19) ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตก

จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีต่างๆ จากกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 3 สถานี คือ สถานีหัวหิน สถานีจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และสถานีจังหวัดชุมพร สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	26.8 – 27.6	27.2
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	74.0 – 81.5	77.6
ความเร็มลม	น๊อต	2.7 – 4.2	3.3
เมฆปกคลุม	0 – 10	5.8 – 6.5	6.2
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,380.6 – 1,732.7	1,613.0
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,758.8 – 1,880.2	1,835.6

20) ลุ่มน้ำเพชรบุรี

อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งจะทำให้เกิดฝนตกชุกในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และสภาพอากาศแห้งและเย็น ช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ นอกจากลมมรสุมที่พัดผ่านประจำแล้ว ยังมีลมพายุจร เมื่อพัดผ่านจะทำให้เกิดฝนตก

หนักในพื้นที่ จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีต่างๆ จากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2523-2552 จำนวน 2 สถานี ได้แก่ สถานีจังหวัดเพชรบุรี และสถานีหัวหิน สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	27.6 – 27.8	27.7
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	74.0 – 76.5	75.3
ความเร็วลม	น๊อต	2.6 – 3.0	2.8
เมฆปกคลุม	0 – 10	5.8 – 6.0	5.9
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,573.4 – 1,725.6	1,649.5
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,835.1 – 1,880.2	1,857.6

21) ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังมีพายุดีเปรสชั่นและพายุไต้ฝุ่น ซึ่งมาจากทะเลจีนใต้พัดผ่านเข้ามาเป็นครั้งคราว ซึ่งส่งผลทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆ ได้แก่ ฤดูฝนจะเกิดในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาวจะเกิดในช่วงปลายเดือนตุลาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ และฤดูร้อนจะเกิดในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีตรวจอากาศต่างๆ จากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2523-2552 จำนวน 8 สถานี ได้แก่ สถานีสวี สถานีขนอม สถานีจังหวัดชุมพร สถานีจังหวัดสุราษฎร์ธานี สถานีจังหวัดนครศรีธรรมราช สถานี สกษ.นครศรีธรรมราช สถานีสนามบินปัตตานี และสถานีจังหวัดนราธิวาส สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	26.5 – 28.1	27.1
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	76.7 – 81.9	80.5
ความเร็มลม	น๊อต	1.7 – 5.3	3.0
เมฆปกคลุม	0 – 10	6.5 – 7.6	7.0
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,301.2 – 1,771.2	1,542.4
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,684.5 – 1,904.2	1,757.1

22) ลุ่มน้ำตาปี

จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีต่างๆ จากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2523-2552 จำนวน 4 สถานี ได้แก่ สถานีจังหวัดสุราษฎร์ธานี สถานีสนามบินสุราษฎร์ธานี สถานี สอท.ฉวาง และสถานีพระแสง สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	26.5 – 27.1	26.9
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	80.3 – 83.2	81.5
ความเร็มลม	น๊อต	1.9 – 2.6	2.2
เมฆปกคลุม	0 – 10	6.5 – 6.9	6.8
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,412.8 – 1,572.5	1,508.6
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,684.5 – 1,761.7	1,731.1

23) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีต่างๆ จากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2514-2543 จำนวน 1 สถานี ได้แก่ สถานีตรวจอากาศจังหวัดสงขลา สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	26.8 – 28.1	27.3
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	76.7 – 81.5	79.5
ความเร็มลม	น๊อต	2.3 – 5.3	3.4
เมฆปกคลุม	0 – 10	6.9 – 7.6	7.2
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,511.0 – 1,771.2	1,650.0
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,700.8 – 1,890.8	1,782.6

24) ลุ่มน้ำปัตตานี

จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีต่างๆ จากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2514-2543 จำนวน 2 สถานี ได้แก่ สถานีสนามบินจังหวัดปัตตานี และสถานีจังหวัดสงขลา สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	26.9 – 27.2	27.0
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	80.8 – 81.9	81.4
ความเร็มลม	น๊อต	2.6 – 3.6	3.1
เมฆปกคลุม	0 – 10	7.1 – 7.6	7.4
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,489.7 – 1,632.1	1,560.9
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,684.5 – 1,742.6	1,713.6

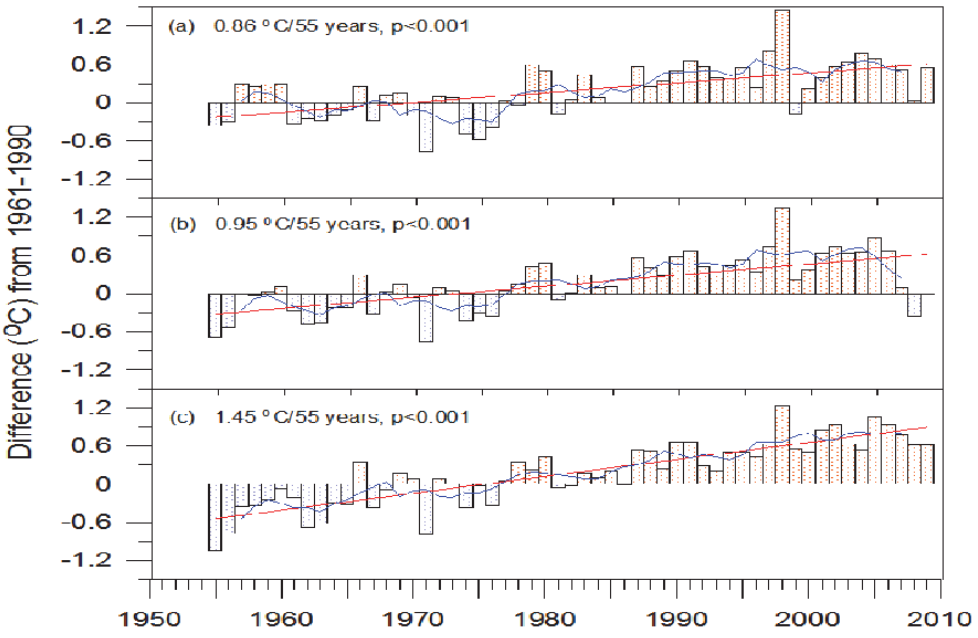
25) ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก

จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีต่างๆ จากกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2514-2543 จำนวน 7 สถานี ได้แก่ สถานีจังหวัดระนอง สถานีตะกั่วป่า สถานีจังหวัดภูเก็ต สถานีสนามบินภูเก็ต สถานีจังหวัดกระบี่ สถานีสนามบินตรัง และสถานีจังหวัดสตูล สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่ารายปีเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	26.8 – 28.1	27.4
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	75.7 – 83.2	80.2
ความเร็มลม	น๊อต	1.7 – 4.5	3.0
เมฆปกคลุม	0 – 10	6.3 – 7.1	6.7
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,301.2 – 1,696.8	1,531.4
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,718.3 – 1,897.1	1,797.2

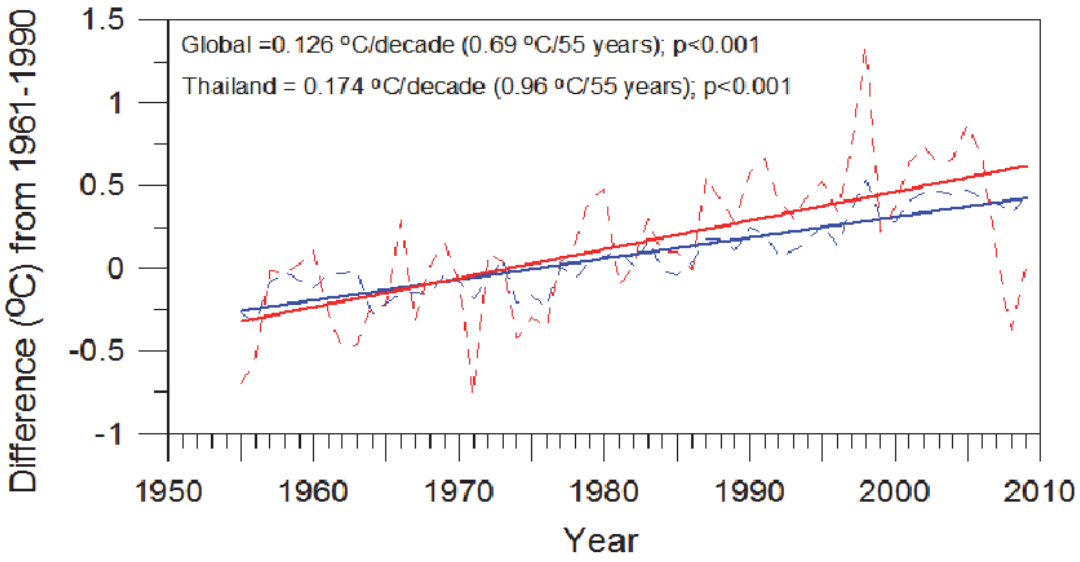
การศึกษาข้อมูลสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย อันได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย (mean temperature) อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน (monthly mean rainfall) ที่ได้จากสถานีตรวจวัดใน 25 ลุ่มน้ำ จะถูกนำมาใช้เพื่อศึกษาพฤติกรรมต่างๆ เช่น แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและฝนของประเทศไทย

ข้อมูลตรวจวัดจากสถานีอุตุนิยมวิทยาทั่วประเทศ บ่งชี้ว่าอุณหภูมิในประเทศไทยในรอบ 55 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2498 – 2552) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (ระดับความเชื่อมั่นมากกว่า 99%) โดยค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.86 0.95 และ 1.45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของไทย (0.95 องศาเซลเซียส) มีอัตราที่สูงกว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก (0.69 องศาเซลเซียส) ส่วนอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยในอ่าวไทยและทะเลอันดามันในรอบ 50 ปี (พ.ศ. 2510 – 2549) มีแนวโน้มสูงขึ้นประมาณ 0.1 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ อย่างไรก็ตามแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ไม่ปรากฏในปริมาณฝนสะสมรายปีของประเทศไทยในช่วงเวลาเดียวกัน (พ.ศ. 2498 – 2552) พบว่า การเปลี่ยนแปลงระหว่างปีมีรูปแบบที่สัมพันธ์กับความแปรปรวนของลมมรสุมและปรากฏการณ์เอลนิโญ (El Nino-Southern Oscillation :ENSO) นอกจากนี้ค่าเฉลี่ยรายปีของความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในอัตราร้อยละ 2.2 และ 0.71 องศาเซลเซียส ในรอบ 42 ปี (พ.ศ. 2508 – 2549) ตามลำดับ ในขณะที่ข้อมูลอัตราการระเหยจากถาดวัดการระเหย ในช่วงปี พ.ศ. 2513 – 2552 กลับลดลงอย่างมีนัยสำคัญในอัตรา 7.7 มิลลิเมตรต่อปี



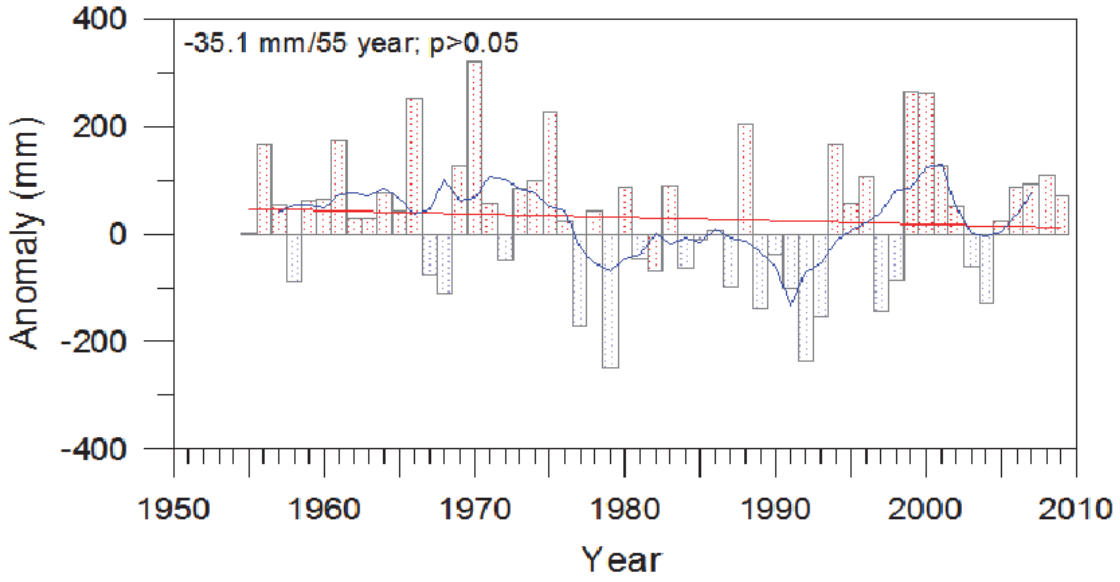
ที่มา: Thailand First Assessment Report on Climate Change 2011, Volume I

รูปที่ 2 - 29 ค่าแตกต่างจากค่าเฉลี่ยในช่วง พ.ศ. 2504 - 2533 ของ a) อุณหภูมิสูงสุด b) อุณหภูมิเฉลี่ย และ c) อุณหภูมิต่ำสุด เส้นสีแดงและสีน้ำเงิน แสดงแนวโน้มเชิงเส้นตรงและค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ในคาบเวลา 5 ปี ตามลำดับ



ที่มา: Thailand First Assessment Report on Climate Change 2011, Volume I

รูปที่ 2 – 30 เปรียบเทียบค่าแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิโลก (เส้นสีน้ำเงิน) และประเทศไทย (เส้นสีแดง) ในช่วง ค.ศ. 1961 – 1990 (พ.ศ. 2504 – 2533)



ที่มา: Thailand First Assessment Report on Climate Change 2011, Volume I

รูปที่ 2 - 31 ค่าแตกต่างจากค่าเฉลี่ยในช่วง ค.ศ. 1981 – 2000 (พ.ศ. 2524 – 2543) ของปริมาณฝนสะสมรายปีจาก 43 สถานีในประเทศไทย เส้นสีแดงและสีน้ำเงิน แสดงแนวโน้มเชิงเส้นตรงและค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ในคาบเวลา 5 ปี

2.11 สภาพอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยา

จากการศึกษาปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าของลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำ ในรายงานโครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนหลักรองรับการพัฒนาแหล่งน้ำและปรับปรุงโครงการชลประทานสำหรับแผนฯ 9 ซึ่งศึกษาปริมาณฝนจากข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนจากหน่วยงานต่างๆ ได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (เดิม) และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยมีรายละเอียดปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าดังนี้

1) ลุ่มน้ำโขง

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำโขง มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 900 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 2,900 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,548.2 มิลลิเมตร เป็นปริมาณ

ฝนในช่วงฤดูฝน 1,393.1 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 89.98 ของปริมาณฝนทั้งปี สามารถสรุปปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของลุ่มน้ำได้ดังนี้

หน่วย มิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
80.2	214	250.8	259.1	329.4	250.2	89.6	14.0	6.6	6.5	14.8	33.1	1,393.1	155.1	1,548.2

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำโขง มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 57,424 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 30,769.0 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 28,310.2 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 92.01 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 2,458.8 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 7.99 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 16.99 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สามารถสรุปได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
210.3	741.5	2,880.2	4,872.0	8,249.7	8,260.5	3,306.3	1001.3	512.5	322.7	219.6	192.4	28,310.2	2,458.8	30,769.0

2) ลุ่มน้ำกก

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำกก มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 1,100 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 2,200 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,478.0 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 1,298.8 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 87.88 ของปริมาณฝนทั้งปี สามารถสรุปปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของลุ่มน้ำได้ดังนี้

หน่วย มิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
71.8	181.4	158.8	265.6	299.0	238.7	128.2	51.7	22.7	11.6	7.2	14.2	1,298.8	179.2	1,478.0

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำกก มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 7,895 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 4,176.8 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 3,035.0 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 72.66 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดู

แล้ง 1,141.8 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 27.34 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 16.78 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สามารถสรุปได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
87.0	147.3	226.9	415.4	795.2	844.2	606.0	398.6	257.5	188.8	115.2	94.8	3,035.0	1,141.8	4,176.8

3) ลุ่มน้ำชี

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำชี มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 900 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 1,700 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,174.0 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 1,041.1 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 88.68 ของปริมาณฝนทั้งปี สามารถสรุปปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของลุ่มน้ำได้ดังนี้

หน่วย มิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
66.4	165.1	171.8	160.0	203.2	244.0	96.9	11.4	4.4	3.4	13.7	33.5	1,041.1	132.9	1,174.0

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำชี มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 49,476 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 11,244.0 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 9,638.4 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 85.72 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 1,605.7 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 14.28 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 7.21 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สามารถสรุปได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
106.8	331.6	695.4	1,032.5	1,866.0	3,029.6	2,683.4	949.8	250.5	115.3	86.7	96.6	9,638.4	1,605.7	11,244.0

4) ลุ่มน้ำมูล

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำมูล มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 800 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 2,500 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,266.1 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 1,124.3 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 88.80 ของปริมาณฝนทั้งปี สรุปการผันแปรของปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำมูลได้ดังนี้

หน่วย มิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
70.5	168.7	175.5	178.4	214.9	261.4	125.4	22.8	1.9	3.0	11.2	32.4	1,124.3	141.8	1,266.1

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำมูล มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 69,700 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 19,500.2 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 17,328.5 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 88.86 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 2,171.7 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 11.14 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 8.87 ลิตร/วินาที/ตารางกิโลเมตร สรุปการผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำมูลได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
108.7	282.2	1,108.4	1,978.7	3,689.8	5,782.1	4,487.3	1,373.1	356.2	155.1	87.8	90.7	17,328.5	2,171.7	19,500.2

5) ลุ่มน้ำโตนเลสาป

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำโตนเลสาป มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 800 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 3,000 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,516.0 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 1,300.0 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 85.75 ของปริมาณทั้งปี สามารถสรุปปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของลุ่มน้ำได้ดังนี้

หน่วย มิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
83.7	172.9	194.0	210.4	241.8	287.1	193.7	46.6	8.8	6.9	23.1	46.8	1,300.0	216.0	1,516.0

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำโตนเลสาป มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 4,150 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 2,394.4 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 2,003.0 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 83.65 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 391.4 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 16.35 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 18.30 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สามารถสรุปได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
30.0	58.6	152.2	219.5	453.9	586.5	532.4	177.7	77.3	46.8	30.7	28.9	2,003.0	391.4	2,394.4

6) ลุ่มน้ำสาละวิน

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำสาละวิน มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 900 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 3,100 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,353.8 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 1,245.2 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 91.98 ของปริมาณฝนทั้งปี สามารถสรุปปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของลุ่มน้ำได้ดังนี้

หน่วย มิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
42.8	166.3	239.1	254.0	281.2	193.6	111.0	33.5	12.6	5.3	5.4	9.0	1,245.2	108.6	1,353.8

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำสาละวิน มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 17,981 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 8,375.8 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน

6,154.9 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 73.48 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 2,220.9 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 26.52 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 14.82 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สามารถสรุปได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
184.7	279.2	482.7	896.1	1,650.4	1,665.9	1,180.6	710.5	490.2	366.9	252.6	216.1	6,154.9	2,220.9	8,375.8

7) ลุ่มน้ำปิง

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำปิง มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 900 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 1,900 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,124.6 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 992.2 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 88.23 ของปริมาณฝนทั้งปี สามารถสรุปปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของลุ่มน้ำได้ดังนี้

หน่วย มิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
47.9	157.8	136.1	151.7	195.5	215.7	135.4	44.2	13.0	7.3	5.5	14.3	992.2	132.4	1,124.6

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำปิง มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 33,896 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 8,725.3 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 6,687.6 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 76.65 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 2,037.7 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 23.35 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 8.16 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สามารถสรุปได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
126.5	341.9	511.8	660.0	1,326.6	1,997.6	1,849.6	904.5	440.8	277.6	160.7	127.7	6,687.6	2,037.7	8,725.3

8) ลุ่มน้ำวัง

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำวัง มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 900 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 1,400 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,098.6 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 962.5 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 87.61 ของปริมาณฝนทั้งปี สามารถสรุปปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของลุ่มน้ำได้ดังนี้

หน่วย มิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
61.8	166.9	130.2	151.8	201.2	201.4	111.0	34.1	8.1	6.8	7.4	17.9	962.5	136.1	1,098.6

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำวัง มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 10,792 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 1,617.5 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 1,374.2 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 84.96 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 243.3 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 15.04 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 4.75 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สามารถสรุปได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
15.4	74.7	89.9	107.8	302.4	477.0	322.4	120.4	48.2	31.0	15.3	12.9	1,374.2	243.3	1,617.5

9) ลุ่มน้ำยม

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำยม มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 1,000 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 1,600 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,159.2 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 1,037.5 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 89.50 ของปริมาณฝนทั้งปี สามารถสรุปปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของลุ่มน้ำได้ดังนี้

หน่วย มิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
57.0	176.1	141.4	158.0	212.8	227.4	121.9	23.5	6.4	5.9	8.8	20.0	1,037.5	121.7	1,159.2

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำยม มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 23,616 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 3,656.6 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 3,216.8 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 87.97 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 439.8 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 12.03 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 4.91 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สามารถสรุปได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
45.7	171.2	277.8	290.3	687.5	1,154.6	635.5	208.3	88.6	51.1	26.5	19.7	3,216.8	439.8	3,656.6

10) ลุ่มน้ำน่าน

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำน่าน มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 1,000 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 1,800 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,272.7 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 1,128.3 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 88.65 ของปริมาณฝนทั้งปี สามารถสรุปปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของลุ่มน้ำได้ดังนี้

หน่วย มิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
71.9	185.8	171.3	193.1	243.5	232.3	102.3	20.4	5.1	6.1	12.6	28.2	1,128.3	144.4	1,272.7

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน่าน มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 34,331 ตารางกิโลเมตร จะมีน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 12,014.8 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 10,474.4 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 87.18 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง

1,540.4 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 12.82 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 11.10 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สามารถสรุปได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
153.9	344.1	781.5	1,558.5	2,961.8	3,251.0	1,577.5	587.7	313.6	220.3	143.8	121.2	10,474.4	1,540.4	12,014.8

11) ลุ่มน้ำเจ้าพระยา

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำเจ้าพระยา มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 800 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 1,600 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,083.8 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 957.0 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 88.30 ของปริมาณฝนทั้งปี สามารถสรุปปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของลุ่มน้ำได้ดังนี้

หน่วย มิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
49.8	132.0	118.9	131.9	160.3	252.1	161.8	30.2	6.1	5.9	11.8	23.1	957.0	126.8	1,083.8

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำเจ้าพระยา มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 20,125 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 1,731.8 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 1,657.0 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 95.68 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูแล้ง 74.8 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 4.32 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 2.73 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สามารถสรุปได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
1.7	42.4	20.7	22.4	91.4	871.7	608.4	37.5	17.8	13.4	3.6	0.8	1,657.0	74.8	1,731.8

12) ลุ่มน้ำสะแกกรัง

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำสะแกกรัง มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 1,000 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 1,500 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,233.8 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 1,059.1 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 85.84 ของปริมาณฝนทั้งปี สามารถสรุปปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของลุ่มน้ำได้ดังนี้

หน่วย มิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
70.7	166.6	128.9	136.1	173.4	268.5	185.6	43.7	4.5	6.0	14.9	34.9	1,059.1	174.7	1,233.8

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำสะแกกรัง มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 5,192 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 1,124.8 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 892.4 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 79.34 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 232.4 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 20.66 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 6.87 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สามารถสรุปได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
8.7	32.3	57.0	49.2	72.3	252.2	429.4	137.9	40.2	21.8	15.3	8.5	892.4	232.4	1,124.8

13) ลุ่มน้ำป่าสัก

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำป่าสัก มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 900 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 1,800 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,213.2 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 1,058.8 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 87.28 ของปริมาณฝนทั้งปี สามารถสรุปปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของลุ่มน้ำได้ดังนี้

หน่วย มิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
67.7	152.7	155.0	159.8	204.1	255.6	131.6	24.7	5.7	5.7	14.8	35.8	1,058.8	154.4	1,213.2

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำป่าสัก มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 16,292 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 2,897.3 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 2,519.1 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 86.94 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 378.2 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 13.06 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 5.64 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สามารถสรุปได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
38.2	106.3	180.2	244.3	502.7	928.3	557.3	145.5	76.8	50.7	33.6	33.4	2,519.1	378.2	2,897.3

14) ลุ่มน้ำท่าจีน

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำท่าจีน มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตังแต่ 800 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 1,500 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,040.8 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 916.9 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 88.10 ของปริมาณทั้งปี สามารถสรุปปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของลุ่มน้ำได้ดังนี้

หน่วย มิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
45.2	117.7	101.3	117.8	134.3	256.1	189.8	39.1	5.6	4.2	8.4	21.5	916.9	123.9	1,040.8

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำท่าจีน มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 13,681 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 1,364.4 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 1,249.8 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 91.60 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดู

แล้ง 114.6 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 8.40 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 3.16 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สามารถสรุปได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
3.9	33.3	19.2	18.6	67.5	609.5	501.7	70.1	20.6	11.2	5.6	3.2	1,249.8	114.6	1,364.4

15) ลุ่มน้ำแม่กลอง

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำแม่กลอง มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 900 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 2,200 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,333.8 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 1,159.6 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 86.94 ของปริมาณฝนทั้งปี สรุปปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำได้ ดังนี้

หน่วยมิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
65.2	172.4	152.0	172.0	194.0	247.6	216.5	55.8	5.7	4.4	12.8	30.3	1,159.6	174.2	1,333.8

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำแม่กลอง มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 30,836 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 15,129.5 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 12,782.2 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 84.49 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 2,347.3 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 15.51 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 15.56 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สรุปการผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำแม่กลองได้ ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
139.5	300.8	1,053.5	2,163.4	3,880.1	2,902.6	2,481.9	1,066.5	481.2	302.0	194.1	163.9	12,782.2	2,347.3	15,129.5

16) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำปราจีนบุรี มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 1,100 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 2,600 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,584.2 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 1,425.0 มิลลิมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 89.95 ของปริมาณฝนทั้งปี สรุปการผันแปรของปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำปราจีนบุรีได้ดังนี้

หน่วยมิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
73.1	177.1	230.7	253.9	300.9	302.8	159.6	26.3	5.0	6.0	16.0	32.9	1,425.0	159.2	1,584.2

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำปราจีนบุรี มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 10,481 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 5,164.0 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 4,770.2 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 92.37 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 393.8 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 7.63 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 15.62 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สรุปการผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำปราจีนบุรี ได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
25.1	80.7	314.9	697.1	1,139.9	1,461.1	1,076.5	226.9	67.0	36.2	21.3	17.2	4,700.2	393.8	5,164.0

17) ลุ่มน้ำบางปะกง

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำบางปะกง มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 1,100 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 2,600 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,346.0 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 1,186.1 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 88.12 ของปริมาณฝนทั้งปี สรุปการผันแปรของปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำบางปะกงได้ดังนี้

หน่วยมิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
69.1	150.7	172.0	197.1	237.8	270.2	158.2	33.0	6.2	6.4	15.8	29.5	1,186.1	159.9	1,346.0

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำบางปะกง มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 7,977 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 3,344.0 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 3,083.0 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 92.20 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 261.0 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 7.80 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 13.29 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สรุปการผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำบางปะกง ได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
20.1	68.0	219.4	339.4	665.5	985.8	804.9	134.2	41.8	28.5	21.9	14.5	3,083.0	261.0	3,344.0

18) ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 1,100 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 4,400 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 2,151.0 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 1,870.1 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 86.94 ของปริมาณฝนทั้งสรุปการผันแปรของปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกได้ดังนี้

หน่วยมิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
102.0	255.6	326.5	307.5	358.1	369.4	253.0	60.0	8.7	19.5	35.0	55.7	1,870.1	280.9	2,151.0

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 13,829 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 12,979.4 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 11,419.2 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 87.98 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่า

เฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 1,560.3 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 12.02 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 29.76 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สรุปการผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
150.5	511.7	1,533.5	1,804.7	2,668.8	2,739.2	2,161.3	658.2	294.6	204.5	123.2	129.3	11,419.2	1,560.3	12,979.5

19) ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตก

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตก มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 800 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 1,600 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,047.7 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 903.6 มิลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 86.25 ของปริมาณฝนทั้งปี สรุปการผันแปรของปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตกได้ดังนี้

หน่วยมิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
47.8	114.4	92.7	90.8	102.7	119.2	207.4	156.7	19.8	25.4	35.9	35.0	903.6	144.1	1,047.7

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตก มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 6,744 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 1,343.3 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 1,207.6 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 89.90 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 135.7 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 10.10 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 6.32 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สรุปการผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตกได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
38.8	162.1	62.0	75.9	128.1	109.5	214.9	353.1	102.0	34.1	34.0	28.8	1,207.6	135.7	1,343.3

20) ลุ่มน้ำเพชรบุรี

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำเพชรบุรี มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 900 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 1,400 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,063.8 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 880.0 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 82.72 ของปริมาณฝนทั้งปี สรุปการผันแปรของปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำเพชรบุรีได้ดังนี้

หน่วยมิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
31.8	126.2	94.7	115.7	117.1	177.9	248.5	114.3	7.9	6.4	7.4	16.1	880.0	183.8	1,063.8

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำเพชรบุรี มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 5,603 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 1,384.7 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 976.0 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 70.84 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 408.7 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 29.52 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 7.84 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สรุปการผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำเพชรบุรีได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
45.2	67.9	107.3	142.3	184.4	204.9	269.3	201.5	55.7	27.1	35.6	43.7	976.0	408.7	1,384.7

21) ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 1,400 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 3,800 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 2,052.3 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 1,790.0 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 87.22 ของปริมาณฝนทั้งปี สรุปการผันแปรของปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกได้ดังนี้

หน่วยมิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
80.6	171.8	139.8	142.8	165.5	177.6	262.2	443.9	280.9	98.1	31.6	52.0	1,790.0	262.3	2,052.3

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 26,353 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 22,260.7 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 18,092.0 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 81.27 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 4,168.7 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 18.73 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 26.79 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สรุปการผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
737.7	1,008.6	1,118.7	1,269.2	1,608.7	1,777.1	2,378.4	4,638.9	4,292.4	1,804.8	834.7	791.6	18,092.0	4,168.7	22,260.7

22) ลุ่มน้ำตาปี

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำตาปี มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 1,400 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 3,900 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 2,061.1 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 1,809.2 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 87.78 ของปริมาณฝนทั้งปี สรุปการผันแปรของปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำตาปีได้ดังนี้

หน่วยมิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
125.8	233.1	204.2	219.3	253.5	264.2	276.9	254.0	104.0	40.8	24.1	61.2	1,809.2	251.9	2,061.1

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำตาปี มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 12,224 ตารางกิโลเมตร มีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 10,529.9 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 9,577.2 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 90.95 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดู

แล้ง 952.7 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 9.05 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 27.32 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สรุปการผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำตาปีได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
167.5	394.9	679.8	1,158.7	1,459.6	1,701.9	1,639.5	1,553.1	989.8	427.4	201.5	156.3	9,577.2	952.7	10,529.9

23) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำทะเลสาปสงขลา มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 1,500 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 2,900 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,992.2 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 1,722.6 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 86.47 ของปริมาณฝนทั้งปี สรุปการผันแปรของปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาได้ดังนี้

หน่วยมิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
95.2	153.7	96.6	110.1	115.2	139.5	264.6	497.6	345.3	85.6	26.2	62.6	1,722.6	269.6	1,992.2

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 8,495 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 6,628.4 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 5,289.1 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 79.79 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 1,339.3 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 20.21 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 24.74 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สรุปการผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำทะเลสาปสงขลาได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
169.2	220.1	166.8	198.1	198.5	225.2	474.5	1,744.8	2,061.1	686.8	256.3	226.9	5,289.1	1,339.3	6,628.4

24) ลุ่มน้ำปัตตานี

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำปัตตานี มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 1,600 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 2,500 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,938.9 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 1,616.4 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 83.37 ของปริมาณฝนทั้งปี สรุปการผันแปรของปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำปัตตานีได้ดังนี้

หน่วยมิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
134.1	213.0	128.7	139.4	154.5	194.4	258.4	280.8	247.1	68.4	41.8	78.2	1,616.4	322.5	1,938.9

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำปัตตานี นีมีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 3,858 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 2,670.0 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 2,030.9 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 76.07 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 639.1 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 23.93 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 21.95 ลิตร/วินาที/ตารางกิโลเมตร สรุปการผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำปัตตานีได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
123.0	193.8	143.9	155.3	146.9	168.7	279.5	411.1	531.8	237.6	141.7	136.7	2,030.9	639.1	2,670.0

25) ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก

ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 1,600 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 4,400 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 2,558.9 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 2,345.8 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 91.67 ของปริมาณฝนทั้งปี สรุปการผันแปรของปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตกได้ดังนี้

หน่วยมิลลิเมตร

เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
139.5	289.5	301.5	335.5	368.9	402.5	305.4	203.1	87.1	37.0	26.4	62.6	2,345.8	213.1	2,558.9

ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 20,473 ตารางกิโลเมตร จะมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติรายปีเฉลี่ยทั้งหมด 22,396.7 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 19,232.9 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 85.87 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 3,163.8 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 14.13 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 34.69 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร สรุปการผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตกได้ดังนี้

หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

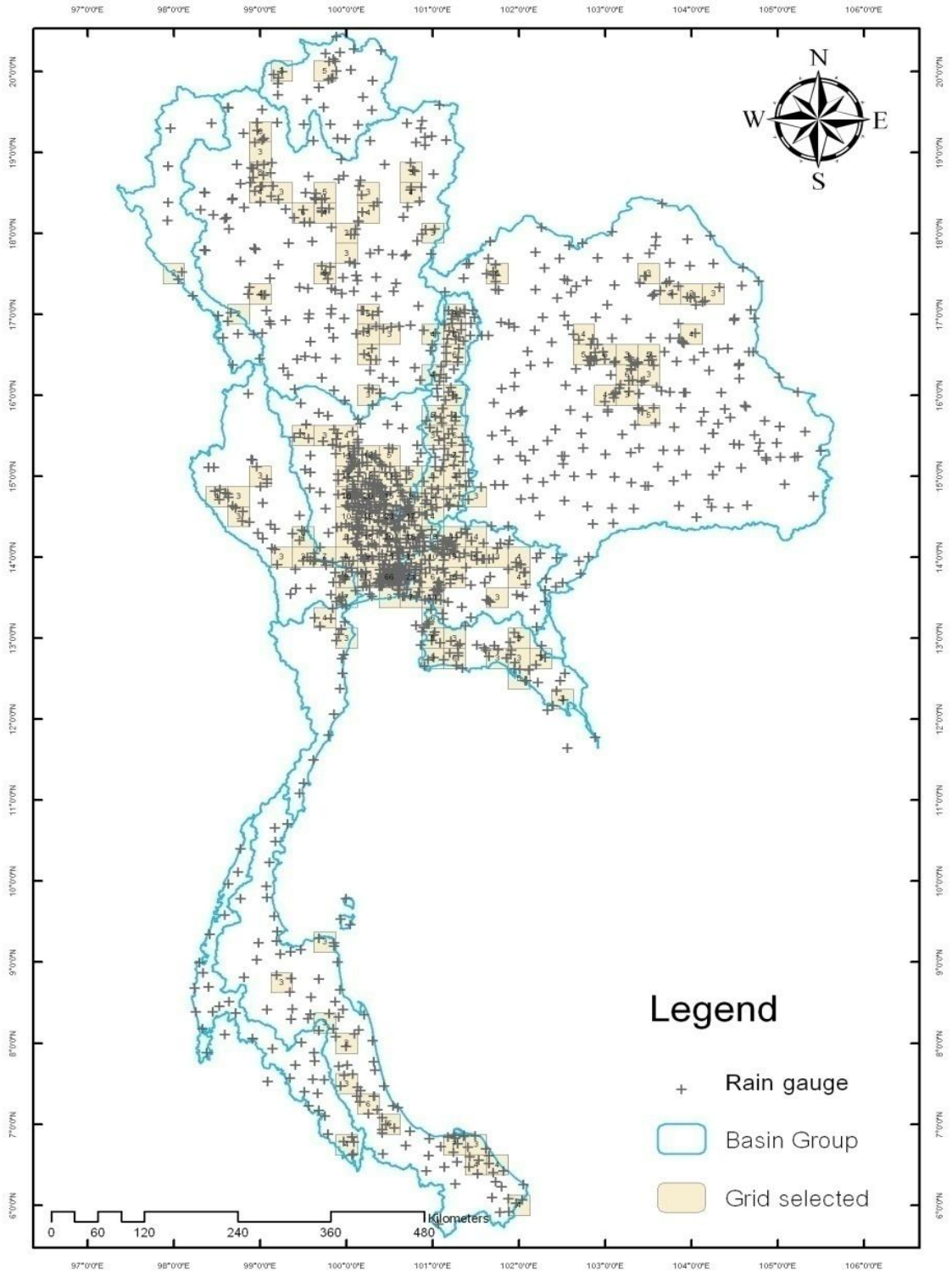
เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
331.0	1,071.8	1,476.0	2,322.3	3,581.6	4,024.4	3,391.0	3,034.7	1,747.4	755.5	346.3	314.6	19,232.9	3,163.8	22,396.7

2.12 ฐานข้อมูลฝนกรมอุตุนิยมวิทยา และกรมชลประทาน

สำหรับข้อมูลฝนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วยข้อมูลฝนจากสองส่วน ได้แก่ ข้อมูลฝนจากกรมอุตุนิยมวิทยา และ กรมชลประทาน รวมทั้งสิ้น 1,528 สถานี มากระจายด้วยวิธี Inverse Distance Weighted (IDW Method) เพื่อจุดประสงค์ในการศึกษาเปรียบเทียบกับปริมาณฝนจาก GCM ทั้ง AR4 และ AR5 แบบ กริดเซลล์ต่อกริดเซลล์ โดยรายชื่อ พิกัด ตำแหน่งที่ตั้ง และช่วงของข้อมูลที่ใช้ เป็นฐานข้อมูลฝนที่จะใช้ในการศึกษาครั้งนี้แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก โดยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษามีรายละเอียดสถานีตรวจวัดข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วย ข้อมูลรายชื่อ ประเภท ที่ตั้งของสถานีอุตุนิยมวิทยา ประเภทข้อมูลได้แก่ ข้อมูลปริมาณฝน ใช้เครือข่ายข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา และกรมชลประทาน ส่วนข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆ ได้แก่ อุรหภูมิ การระเหยจากถาด ความชื้นสัมพัทธ์ และความกดอากาศ ใช้เครือข่ายข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา

2) ข้อมูลอุทกวิทยา ประกอบด้วย ข้อมูลรายชื่อ ประเภท มราตั้งของสถานีอุทกวิทยา ได้แก่ สถานีวัดปริมาณน้ำ โดยใช้เครือข่ายข้อมูลของกรมชลประทาน



ที่มา : กรมทรัพยากรน้ำ, 2549

รูปที่ 2-32 แผนที่แสดงที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษา

บทที่ 3

การทบทวนแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก

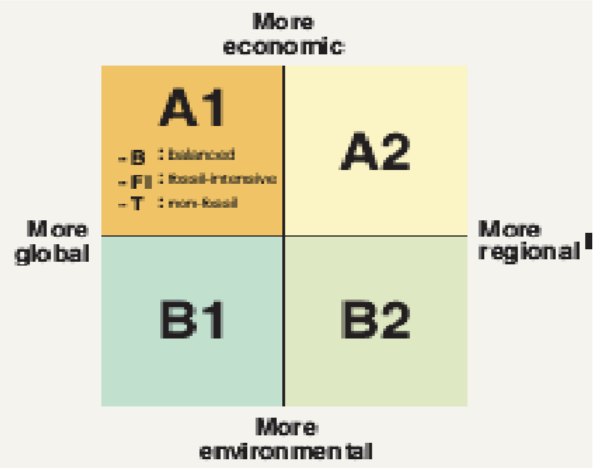
ในบทนี้จะกล่าวถึงการทบทวนการศึกษาข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกด้วยแบบจำลองภูมิอากาศโลกสำหรับรายงาน IPCC Fourth Assessment Report (AR4) ซึ่งได้ตีพิมพ์เผยแพร่เมื่อปี ค.ศ. 2007 ในขณะเดียวกัน ในปี ค.ศ. 2014 องค์การ IPCC ได้วางแผนเผยแพร่รายงานประเมินสภาพภูมิอากาศโลกครั้งที่ 5 หรือ IPCC Fifth Assessment Report ซึ่งจะมีผลการศึกษาถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของโลกที่ละเอียดและให้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือมากขึ้นต่อไป

ข้อมูลสำคัญที่ต้องใช้นำเข้าแบบจำลองภูมิอากาศโลก (GCMs) คือ ข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคต ซึ่งคาดการณ์โดยการสร้างภาพจำลองของการปล่อยก๊าซ (emission scenarios) แต่การประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตมีความไม่แน่นอนสูง เนื่องจากขึ้นกับการพัฒนาของเศรษฐกิจและสังคม การเติบโตของประชากรและเทคโนโลยีในอนาคต ดังนั้นจึงได้สร้างภาพจำลองไว้ 4 แบบ (IPCC SRES, 2000) ดังแสดงในรูปที่ 3-1 ตามลักษณะการพัฒนา การถ่ายทอดเทคโนโลยี และความร่วมมือระหว่างสังคมโลกดังนี้

1. แบบ A เป็นการพัฒนาที่ให้ความสำคัญด้านการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจเป็นหลัก โดยแบ่งย่อยเป็น

- แบบ A1 มองภาพของเศรษฐกิจในอนาคตที่มีการเติบโตทางเศรษฐกิจสูง ประชากรโลกจะเพิ่มสูงสุดในช่วงกึ่งศตวรรษที่ 21 และลดลงเล็กน้อยหลังจากนั้น ระดับการพัฒนาเทคโนโลยีที่ก้าวหน้า มีการพัฒนาบุคลากรและปฏิสัมพันธ์เชิงวัฒนธรรมระหว่างภูมิภาคอย่างกว้างขวาง ความแตกต่างของรายได้ประชาชาติจะลดลงกว่าในปัจจุบัน ซึ่งภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A1 นี้ จะแบ่งแยกออกเป็นภาพจำลองย่อยต่างๆได้อีก ดังนี้

- A1F1 (Fossil intensive) การพัฒนาซึ่งพึ่งพาพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น น้ำมันถ่านหินเป็นหลัก



รูปที่ 3-1 รูปแบบการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในอนาคตตาม SRES Scenarios อันส่งผลต่อปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก (IPCC, 2000)

- A1T (Non-fossil energy sources and technology) เป็นการพัฒนาที่มุ่งเน้นใช้พลังงานจากเทคโนโลยีอื่นๆแทน เช่น พลังงานหมุนเวียน เป็นต้น

- A1B (Balance of all sources) เป็นรูปแบบการพัฒนาที่ใช้ทั้งพลังงานฟอสซิลและพลังงานหมุนเวียนผสมผสานกันอย่างสมดุล

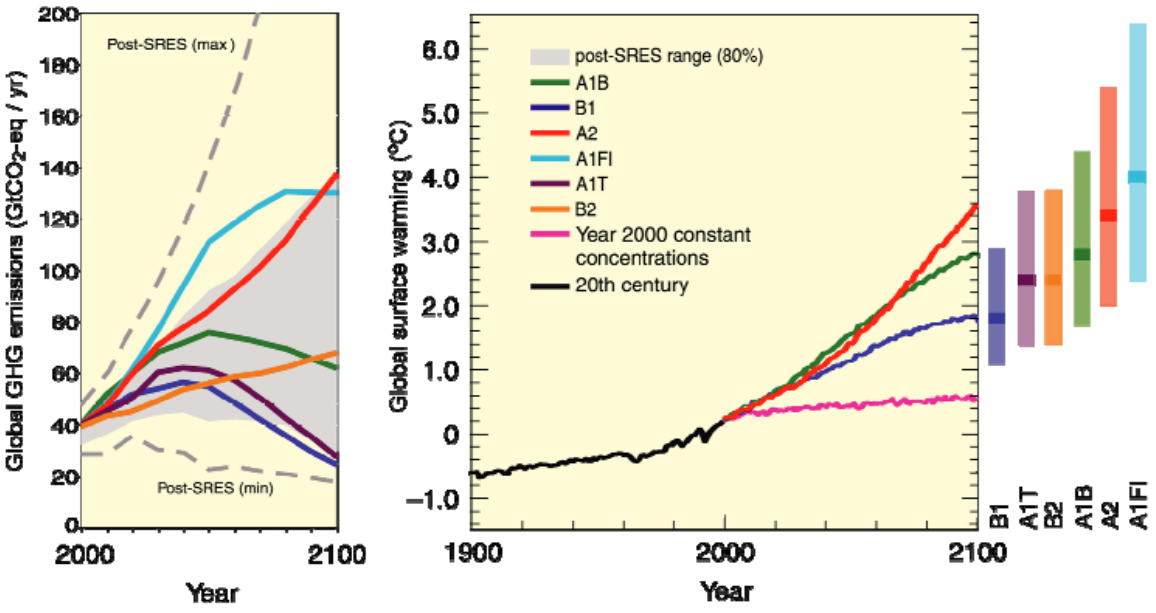
- แบบ A2 คือการพัฒนาทางเศรษฐกิจของโลกในอนาคตที่มีความหลากหลาย พึ่งตนเองมากขึ้นในระดับภูมิภาค มีการอนุรักษ์อัตลักษณ์ของท้องถิ่น จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การเติบโตทางเศรษฐกิจและเทคโนโลยีช้ากว่าแบบอื่น และกระจายตามท้องถิ่นและภูมิภาค

2. แบบ B เป็นการพัฒนาโดยให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าการพัฒนาแบบแรก โดยแบ่งออกได้เป็น

- แบบ B1 เป็นภาพจำลองการพัฒนาในอนาคต ประชากรเพิ่มสูงในตอนกึ่งศตวรรษเช่นเดียวกับ A1 และลดลงหลังจากนั้น หากแต่การพัฒนาในช่วงหลัง โครงสร้างเศรษฐกิจจะเปลี่ยนแปลงมาสู่ภาคบริการและสารสนเทศ ลดการใช้วัตถุ ประกอบกับพลังงานสะอาด เน้นความยั่งยืนในการแก้ปัญหาเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมในระดับนานาชาติ และมีความเสมอภาค

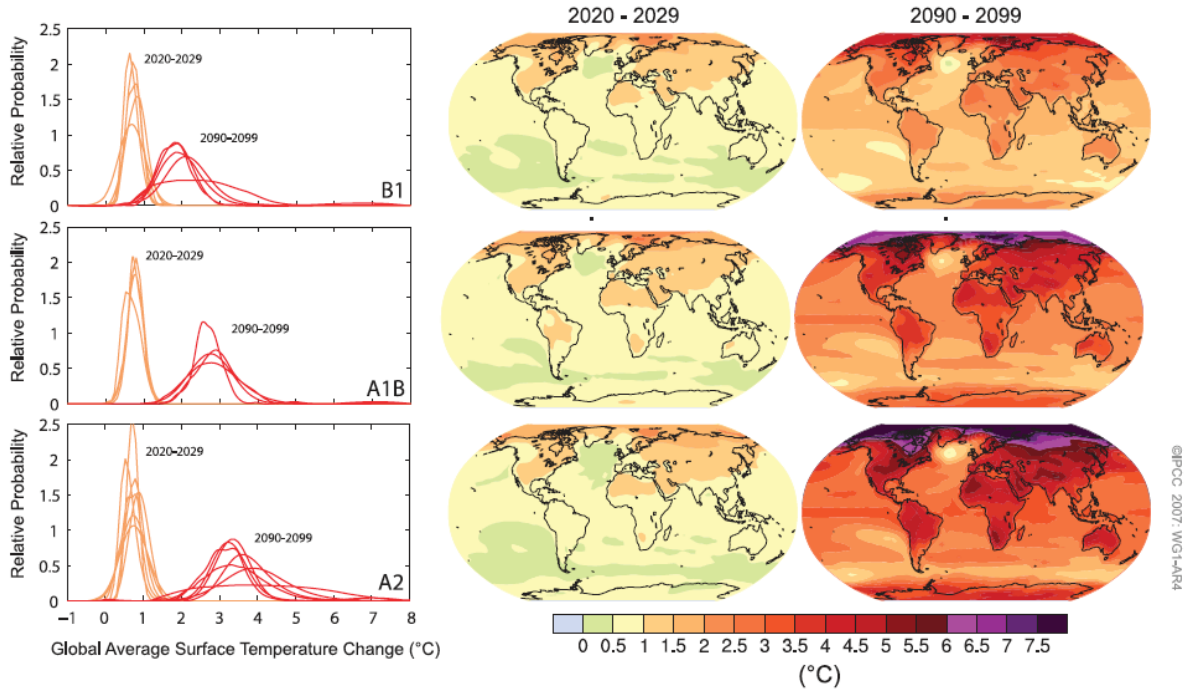
- แบบ B2 เป็นภาพจำลองการพัฒนาที่เน้นการแก้ไขด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนในระดับท้องถิ่นหรือภูมิภาค ประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องแต่น้อยกว่า A2 ระดับการพัฒนาเศรษฐกิจปานกลาง การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีหลากหลายและช้ากว่าแบบ B1 และ A1 โดยมีการปกป้องสิ่งแวดล้อมและความเสมอภาคในระดับของท้องถิ่นหรือภูมิภาค

จากสมมติฐานที่กำหนดไว้ องค์กร IPCC ได้ทำการรวบรวมผลการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกจากแบบจำลอง GCMs ต่างๆ และสรุปผลการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของโลกโดยเฉลี่ยได้ตามรูปที่ 3-2 (ซ้าย) และปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมา (รูปที่ 3-2) แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกตามสมมติฐานต่างๆ โดยแถบสีแดงแสดงผลการพยากรณ์ที่น่าจะเป็นไปได้ร้อยละ 80 จากขอบเขตผลการพยากรณ์ทั้งหมด และเส้นทึบแสดงค่าเฉลี่ยในแต่ละสมมติฐาน และรูปที่ 3-3 แสดงตัวอย่างของผลการคาดการณ์อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกในภูมิภาคต่างๆ จากค่าเฉลี่ยของแบบจำลอง GCMs ที่พิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างมหาสมุทรและบรรยากาศ หรือเรียกว่า AOGCMs (Atmospheric Ocean Global Climate Models) เปรียบเทียบระหว่างปี ค.ศ. 2020 – 2029 และปี ค.ศ. 2090 – 2099 ตามสมมติฐาน B1, A1B และ A2 ตามลำดับ



ที่มา: Thai Climate Change and its Impact toward Water Sector

รูปที่ 3-2 อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ซ้าย) และกราฟแสดงการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเทียบกับปีฐาน (ค.ศ. 1980 - 1999) ตามสมมติฐาน SRES ต่างๆ (ขวา)



ที่มา: IPCC (2007)

รูปที่ 3-3 ผลการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกในปี ค.ศ. 2020 - 2029 และ ค.ศ. 2090 - 2099 เทียบกับปีฐาน (ค.ศ. 1980 - 1999) ตามสมมติฐานการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (SRES) B1 A1B และ A2 ตามลำดับ ในรูปการกระจายของความน่าจะเป็น (ซ้าย)และรูปแบบแผนที่ (ขวา)

ผลการพยากรณ์ที่ได้จากแบบจำลอง GCM กล่าวได้ว่ามีความน่าเชื่อถือค่อนข้างสูงสำหรับการวิเคราะห์แนวโน้มของสภาพภูมิอากาศของโลกโดยรวมที่ความละเอียดต่ำ เมื่อกำหนดตัวแปรตั้งต้นเป็นค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยความน่าเชื่อถือของแบบจำลองนั้นได้มาจาก การพัฒนามาอย่างต่อเนื่องโดยอาศัยหลักการพื้นฐานของวิทยาศาสตร์กายภาพ ให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนในเรื่องของการถ่ายเทมวล พลังงาน และโมเมนตัม รวมทั้งใช้ข้อมูลที่ได้กลั่นกรองความถูกต้องและมีความสมบูรณ์ (จากความละเอียดที่ค่อนข้างหยาบ) อีกทั้งได้มีการตรวจสอบเปรียบเทียบและปรับแก้และตรวจสอบกับข้อมูลฐานปีที่สมบูรณ์ รวมทั้งได้ผ่านการทดสอบจากการจำลองสภาพภูมิอากาศในศตวรรษปัจจุบันด้วยข้อมูลในอดีตเมื่อหลายพันปีก่อนด้วยการศึกษาคาร์บอนในแท่งน้ำแข็ง ดังนั้นหากสมมติฐานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เลือกใช้มีความถูกต้อง แบบจำลอง GCMs น่าที่จะให้ผลการคาดการณ์ในระดับโลกที่มีความน่าเชื่อถือด้วยเช่นกัน

อย่างไรก็ดีแม้ว่าผลการคาดการณ์ที่ได้แบบจำลอง GCMs จะมีความน่าเชื่อถือ แต่ข้อมูลที่ได้จะมีความละเอียดอยู่ในระดับต่ำ กล่าวคืออยู่ในระดับหลายร้อยตารางกิโลเมตรขึ้นไป ดังนั้นเมื่อนำผลจากแบบจำลอง GCM มาใช้สำหรับการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศระดับภูมิภาคจึงทำให้มีความคลาดเคลื่อนสูง ข้อจำกัดของการคาดการณ์ที่ความละเอียดสูงโดยมากเกิดจาก 1) ข้อจำกัดของความสามารถคอมพิวเตอร์ที่ไม่สามารถคำนวณสมการที่สลับซับซ้อนและมีจำนวนตัวแปรที่มากๆได้ 2) ข้อมูลสภาพอากาศตรวจวัดที่มีความละเอียดสูงและมีความถูกต้องในทั่วทุกภูมิภาคยังไม่สามารถหาได้เพียงพอเพื่อการปรับแก้และตรวจสอบข้อมูล และ 3) ข้อจำกัดขององค์ความรู้เกี่ยวกับสภาพอากาศที่ความละเอียดสูง รวมถึงพฤติกรรมของเมฆและความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆในระดับย่อย เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ หากจะนำผลการพยากรณ์จากแบบจำลอง GCM มาใช้เพื่อการศึกษาผลกระทบที่ความละเอียดสูง เช่น ในระดับภูมิภาค ระดับประเทศ และระดับลุ่มน้ำ เป็นต้น โดยในการศึกษาด้วยความละเอียดดังกล่าวทำได้โดยการใช้การเพิ่มความละเอียดของข้อมูล (downscaling) ด้วยความระมัดระวัง ซึ่งแนวทางการเพิ่มความละเอียดสามารถทำได้โดยการสร้างแบบจำลองระดับภูมิภาค (Regional Climate Models : RCMs) หรือการเพิ่มความละเอียดด้วยวิธีเชิงสถิติ (Statistical downscaling)

แบบจำลองภูมิอากาศโลกได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการศึกษาถึงคุณลักษณะและคาดการณ์แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงในอนาคต World Climate Research Program (WCRP) จึงจัดทำโครงการ Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) โดยเป็นการจัดทำกรอบและกำหนด scenorios ร่วมกันที่ใช้ในการจำลองสภาพภูมิอากาศโลกในอนาคตและรวบรวมข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศจากสถาบันวิจัยทั่วโลก ซึ่งข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่ได้รวบรวมไว้นี้ ใช้เป็นฐานข้อมูลในการจัดทำ Assessment Reports ของ IPCC ซึ่งในปัจจุบัน IPCC ได้เริ่มเผยแพร่ Assessment Report 5 (AR5) เมื่อปีค.ศ. 2013

Sperber et al. (2013) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถระหว่างแบบจำลองภูมิอากาศโลกจากโครงการ CMIP3 (ฐานข้อมูลในการจัดทำ AR4) และ CMIP5 (ฐานข้อมูลในการจัดทำ AR5) รวมทั้งสิ้น 25 แบบจำลอง ในการจำลองสภาพฝนในช่วงฤดูมรสุมของทวีปเอเชีย โดยได้เปรียบเทียบลักษณะของการผันแปรรายฤดูกาล (inter-seasonal variability) การผันแปรรายปี (inter-annual variability) ปริมาณฝนเฉลี่ยของแบบจำลองภูมิอากาศโลก (Multi-Model Mean) และวัฏจักรภูมิอากาศประจำปี (climatological annual cycle) ผลการศึกษาเปรียบเทียบพบว่ากลุ่มของแบบจำลองภูมิอากาศในชุดของ CMIP5 สามารถจำลอง

ลักษณะของฝนที่กล่าวมาทั้งหมดได้ใกล้เคียงกับข้อมูลสังเกตการณ์มากกว่าแบบจำลองภูมิอากาศในชุดของ CMIP3 อย่างชัดเจนทั้งในเชิงปริมาณ รูปแบบและแนวโน้ม

ในหัวข้อต่อไปนี้จะกล่าวถึง การศึกษาที่ผ่านมาของการประยุกต์ใช้แบบจำลอง GCMs อันเป็นส่วนหนึ่งในรายงาน IPCC AR4 และ IPCC AR5 ของประเทศไทยและประเทศจีน

3.1 การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้แบบจำลอง GCMs ที่ใช้ในรายงาน IPCC AR4 ของประเทศไทยและประเทศจีน

ดังที่กล่าวมาแล้วว่า ลักษณะภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงในอนาคต คาดการณ์ได้ด้วยการสร้างภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (climate change scenarios) จากแบบจำลองภูมิอากาศโลก ซึ่งหากต้องการนำผลลัพธ์จากแบบจำลองดังกล่าวมาใช้ในพื้นที่ขนาดเล็กในระดับประเทศและท้องถิ่นจำเป็นต้องทำการลดขนาด (downscale) ให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการนำข้อมูลไปใช้

ในการศึกษาที่ผ่านมา ได้มีการสร้างภาพจำลองของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยในอนาคต 30 – 100 ปี ด้วยการเพิ่มความละเอียดของผลลัพธ์ของแบบจำลองภูมิอากาศโลกจาก 4 แบบ ลงบนพื้นที่ประเทศไทย ตามรูปแบบของการพัฒนาในอนาคตแบบต่างๆ พบว่า ทุกแบบจำลองให้ผลที่สอดคล้องกัน กล่าวคือ อุณหภูมิโดยรวมเพิ่มขึ้น แต่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิแตกต่างกัน ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนยังไม่เห็นแนวโน้มที่ชัดเจนนัก แต่แบบจำลองส่วนมากคาดว่าน่าจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 3-1

นอกจากการศึกษาดังกล่าวแล้ว ยังมีการศึกษาของ สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และ วินัย เชาว์วิวัฒน์ (2010) ได้ศึกษาเปรียบเทียบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค (Regional Climate Models: RCMs) สามแบบ ได้แก่ MRI – AGCM 3.1S, PRECIS และ CCCMA3 ด้วยภาพจำลองแบบ A1B A2 และ A1B ตามลำดับ แล้วปรับแก้ความเอนเอียงของข้อมูลด้วยเทคนิค rescaling เพื่อให้ได้ความน่าเชื่อถือของแบบจำลองมากยิ่งขึ้น

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณฝนในอนาคตอันใกล้ (near future) ค.ศ. 2015 – 2039 และ อนาคตอันไกล (far future) ค.ศ. 2075 – 2099 เมื่อเปรียบเทียบกับฝนในช่วงเวลาปัจจุบัน ค.ศ. 1979 – 2006 พบว่า

ปริมาณของฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงตามภูมิภาคต่างๆของประเทศไทย ในทุกแบบจำลองที่ได้ศึกษา พบว่า ส่วนมากฝนในพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ฝั่งตะวันตก จะมีปริมาณฝนลดลงในช่วงอนาคตอันใกล้ ขณะที่พื้นที่อื่น เช่น ภาคตะวันตก ภาคใต้ฝั่งตะวันออก จะมีปริมาณฝนเพิ่มขึ้น ส่วนช่วงเวลาอนาคตอันไกลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกภูมิภาค ยกเว้นผลจากแบบจำลอง CCCMA3 ซึ่งฝนในภาคใต้กลับลดลง

3.2 การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้แบบจำลอง GCMs ที่ใช้ในรายงาน IPCC AR5 ของประเทศไทยและประเทศจีน

การศึกษาที่ผ่านมาของการประยุกต์ใช้แบบจำลอง GCMs ซึ่งจะเป็นส่วนหนึ่งที่รวมเข้าไปในรายงานการประเมินสภาวะภูมิอากาศโลกครั้งที่ 5 ของ IPCC (IPCC Fifth Assessment Report: AR5) ได้ริเริ่มขึ้นโดยสถาบันวิจัยอุตุนิยมวิทยาแห่งประเทศญี่ปุ่น (Meteorological Research Institute: MRI) ผ่านทางโครงการ Kakushin โดยมี Prof. Akio Kitoh ผู้อำนวยการกองวิจัยภูมิอากาศ เป็นหัวหน้าโครงการ ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S ซึ่งเป็นแบบจำลองภูมิอากาศความละเอียดสูงมาศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนตัวและโครงสร้างของพายุหมุนเขตร้อน (Tropical cyclone) และพายุอื่นๆในเขตเอเชียแปซิฟิก รวมถึงการศึกษาจำลองปริมาณฝนในแต่ละช่วงฤดูกาล และดัชนีการเกิดฝนอื่นๆ เช่น ปริมาณฝน 5 วันสูงสุด ความเข้มของฝนรายวัน สัดส่วนของปริมาณฝนสุดขีดต่อปริมาณฝนรายปี ซึ่งพบว่าดัชนีการเกิดฝนต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและมากกว่าผลจากแบบจำลอง MRI –AGCM 3.1S

สาเหตุที่เลือกเอาแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI – AGCM 3.1S และ MRI – AGCM 3.2S มาใช้ศึกษาโดยที่ไม่ได้เปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่นๆ เนื่องจากความละเอียดเชิงพื้นที่ (spatial resolution) ของแบบจำลองทั้งสองนั้นสูงกว่าแบบจำลองอื่นๆที่มีอยู่ในปัจจุบันค่อนข้างมาก และสะดวกต่อการนำผลลัพธ์มาใช้วิเคราะห์ได้ในทันที ไม่ต้องผ่านขั้นตอนของการเพิ่มความละเอียดข้อมูลภูมิอากาศ (climate downscaling)

ตารางที่ 3 – 1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของประเทศไทยตามภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบต่างๆ จากการเพิ่มความละเอียดผลลัพธ์ของแบบจำลองภูมิอากาศของโลก 4 แบบ ลงบนพื้นที่ของประเทศไทย

แบบจำลอง	ความละเอียดเชิงพื้นที่	ปีฐาน (ค.ศ.)	ปีอนาคตที่สร้างภาพจำลอง (ค.ศ.)	ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ณ ปีสุดท้ายที่ศึกษาเทียบกับปีฐาน (องศาเซลเซียส)
GFDL – R30	0.5 deg (LAT) x 0.5 deg (LON)	1965 – 1990	2010 – 2029 และ 2040 – 2059	B2	0.56 (อุณหภูมิเฉลี่ย)
MM5 – RCM	45 x 45 km^2 และ 15 x 15 km^2	1970 – 1990	2010 – 2039	A2	0.8 – 1.0 (อุณหภูมิเฉลี่ย)
				A1B	0.4 – 0.8 (อุณหภูมิเฉลี่ย)
PRECIS	25 x 25 km^2	1980 – 1989	2010 – 2099	A2	2.0 – 4.0 (อุณหภูมิสูงสุด)
RegCM3	20 x 20 km^2	1961 - 2000	2031 - 2070	A1B	2.0 – 2.5 (อุณหภูมิเฉลี่ย)

สำหรับการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศจีน ได้มีการศึกษาของ Xu และ คณะ (2011) ซึ่งทำการประยุกต์ใช้ข้อมูลฝนรายวันจากข้อมูลสังเกตการณ์ และแบบจำลองภูมิอากาศโลก 3 แบบ ได้แก่ CSIRO – MK3 MPI_ECHAM5 และ NCAR_CCSM3 มาใช้จำลองปริมาณฝนสุดขีด (extreme precipitation) ในประเทศจีน เพื่อประเมินความสามารถของแบบจำลอง หลังจากนั้น คณะผู้ศึกษาได้ใช้แบบจำลองเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนก่อนปี ค.ศ. 2050 ภายใต้ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ SRES A1B

ผลการศึกษาพบว่า ถึงแม้แบบจำลองทั้งสามจะให้ค่าฝนที่มีความเอนเอียงเชิงสถิติอยู่ก็ตาม แต่สามารถให้แนวโน้มการกระจายตัวของฝนตามภูมิประเทศเมื่อเทียบกับฝนสังเกตการณ์สุดขีด (observed

extreme precipitation) อย่างไรก็ดี กลับไม่สามารถสร้างค่าฝนจากแบบจำลองที่มีความผันแปรรายปี (inter-annual variation) ของฝนชนิดดังกล่าวได้ สำหรับตัวเลขดัชนีของฝน ในช่วงปี ค.ศ. 2001 – 2050 ประกอบด้วย ความเข้มของฝนรายวัน (Simple Daily Precipitation Intensity: SDII) สัดส่วนของปริมาณฝนสุดขีดต่อปริมาณฝนรายปี (R95T) จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในทุกพื้นที่ลุ่มน้ำของประเทศจีน ขณะที่จำนวนวันฝนไม่ตกต่อเนื่อง (consecutive dry days: CDD) จำนวนวันฝนตกต่อเนื่อง (consecutive wet days: CWD) จำนวนวันฝนตกมากกว่า 10 มิลลิเมตร (R10) และ ปริมาณฝน 5 วันสูงสุด (maximum 5-days precipitation) จะมีแนวโน้มที่เห็นได้เด่นชัดยิ่งขึ้นในบางพื้นที่ลุ่มน้ำ

3.3 การวิเคราะห์ downscaled products จากแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI – AGCM 3.1S และ MRI – AGCM 3.2S

3.3.1 การศึกษาปริมาณฝนรายปีในปัจจุบันจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก

ในหัวข้อนี้จะใช้ข้อมูลฝนจาก MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ MRI – AGCM 3.2S (AR5) เพื่อศึกษาถึงปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย และ ปริมาณฝนฤดูแล้งและฤดูฝนเฉลี่ยของประเทศไทยในช่วงปี ค.ศ. 1979 – 2006 เปรียบเทียบกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์ของกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน โดยยังไม่ผ่านกระบวนการปรับเทียบแบบจำลองด้วยการปรับแก้ข้อมูล (bias correction) ซึ่งจะทำหน้าที่ช่วยลดความแตกต่างระหว่างข้อมูลลงได้ โดยการปรับแก้พารามิเตอร์ทางสถิติของฝนจากแบบจำลองให้มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากยิ่งขึ้น

<u>ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยระหว่างปี ค.ศ. 1979 – 2006</u>

1) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของข้อมูลฝนสังเกตการณ์

ข้อมูลฝนรายปีเฉลี่ยสังเกตการณ์นั้นอาศัยข้อมูลรายวันจากสถานีอุทกวิทยาของกรมชลประทานและกรมอุตุนิยมวิทยามากระจายด้วยวิธี Inverse Distance Weighted (IDW Method) เพื่อจุดประสงค์ในการศึกษาเปรียบเทียบกับปริมาณฝนจาก GCM ทั้ง AR4 และ AR5 แบบกริดเซลล์ต่อกริดเซลล์

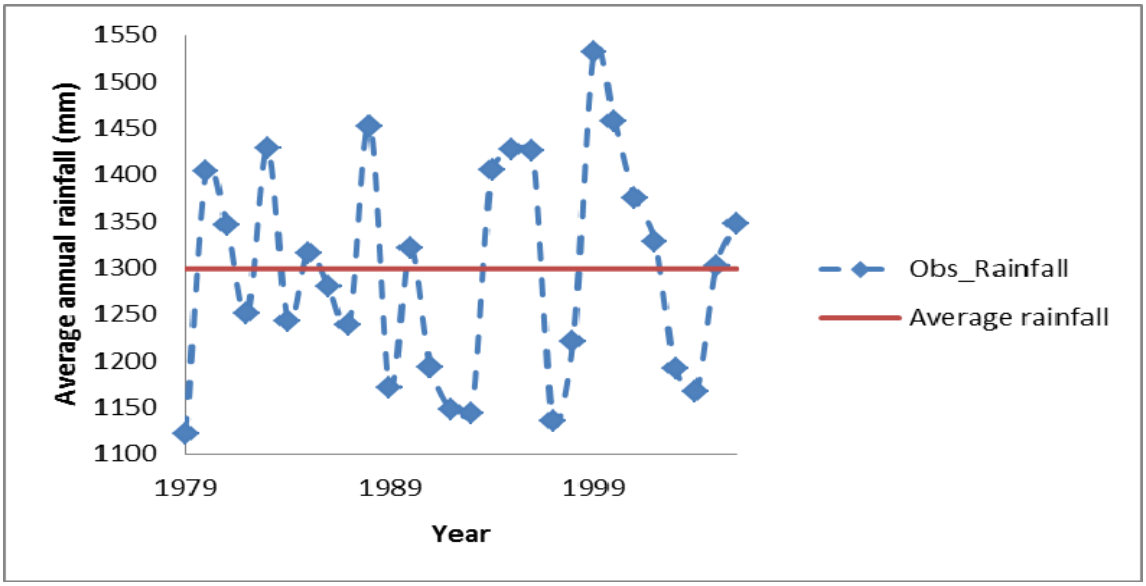
จากการศึกษาพบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของประเทศไทยตลอดช่วงปี ค.ศ. 1979 – 2006 มีค่าตั้งแต่ 821 มิลลิเมตร จนถึง 3,152 มิลลิเมตร ในบริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันตก เขตจังหวัดชายแดนใต้ และภาคตะวันออกในเขตจังหวัดตราด โดยมีค่าฝนเฉลี่ยของประเทศอยู่ที่ประมาณ 1,300 มิลลิเมตร

การวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนสังเกตการณ์รายปีพบว่ามีทิศทางเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆตลอดระยะเวลา ดังแสดงในรูปที่ 3-4

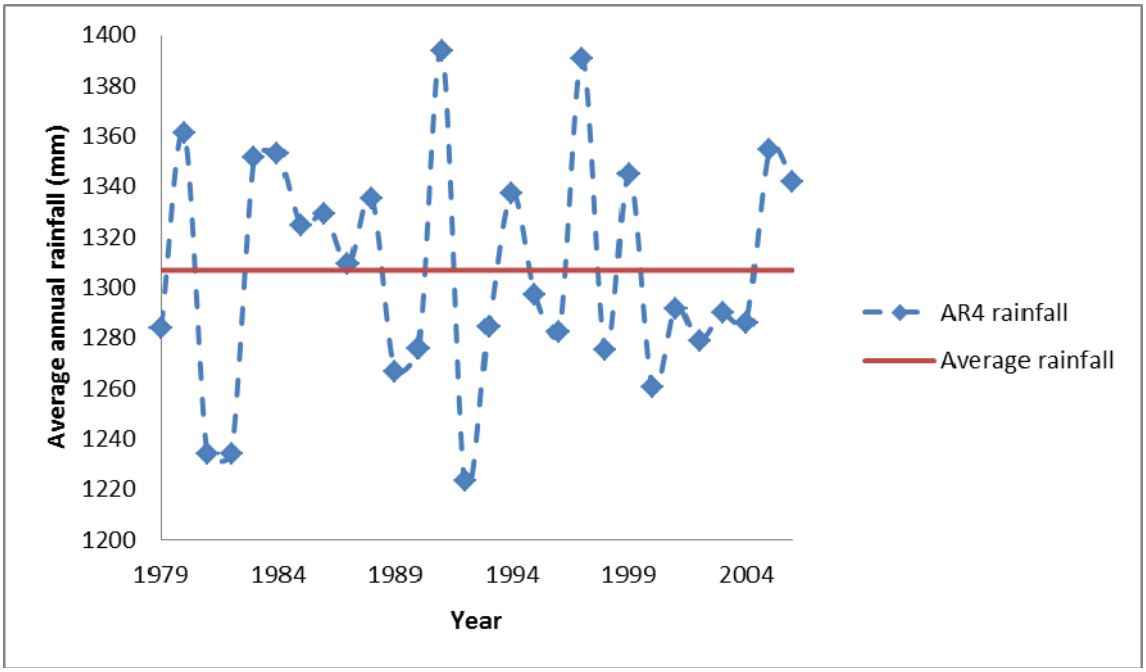
2) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของข้อมูลฝน AR4 (แบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S)

ในการศึกษาได้ใช้ข้อมูลฝนจากกริดของแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S ขนาด 20 x 20 กิโลเมตร มาใช้ศึกษาวิเคราะห์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี รวมถึงแนวโน้มของปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของประเทศอีกด้วย

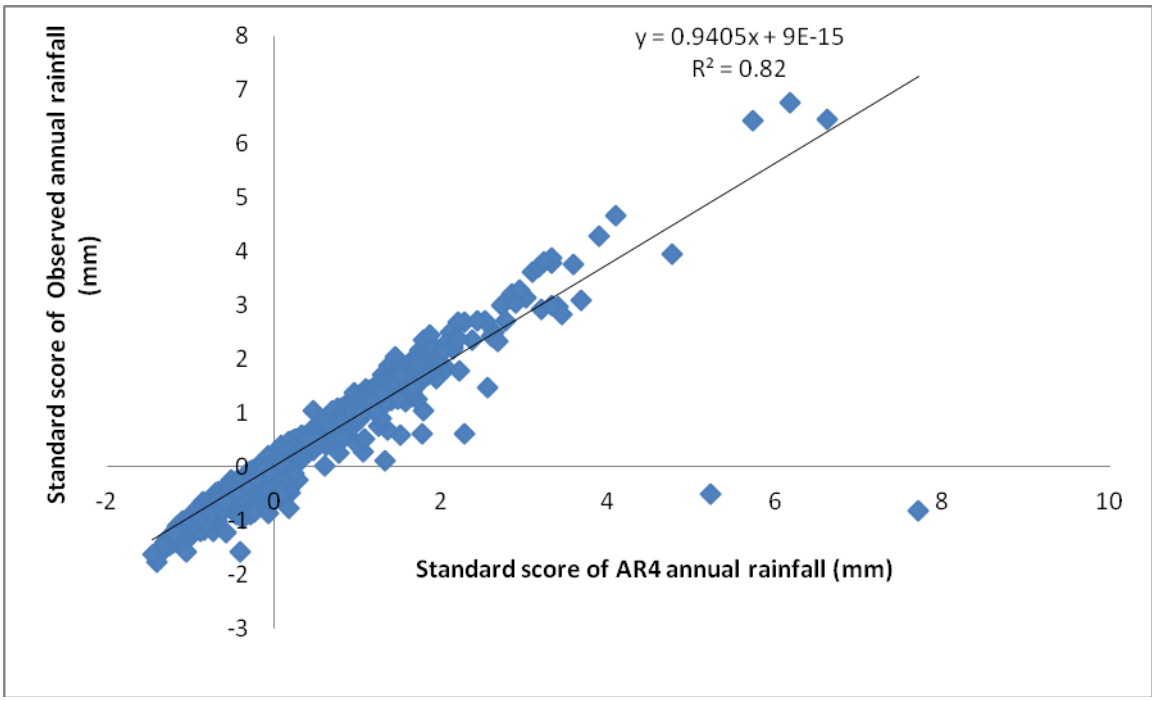
จากการศึกษาพบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของประเทศไทยตลอดช่วงปี ค.ศ. 1979 – 2006 มีค่าต่ำสุดที่ 881.5 มิลลิเมตร ในเขตพื้นที่ภาคกลางบางส่วนและเขตจังหวัดทางตะวันตกของพื้นที่ภาคเหนือ และสูงสุดที่ 3,435 มิลลิเมตร ในบริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันตก เขตจังหวัดชายแดนใต้ และภาคตะวันออกในเขตจังหวัดตราด ค่าของฝนเฉลี่ยรายปีของประเทศจากแบบจำลองเท่ากับ 1,307 มิลลิเมตร



รูปที่ 3-4 แนวโน้มการผันแปรของฝนสังเกตการณ์เฉลี่ยรายปี (1979 - 2006)



รูปที่ 3-5 แนวโน้มการผันแปรของฝนเฉลี่ยรายปีจาก AR4 GCM (1979 - 2006)

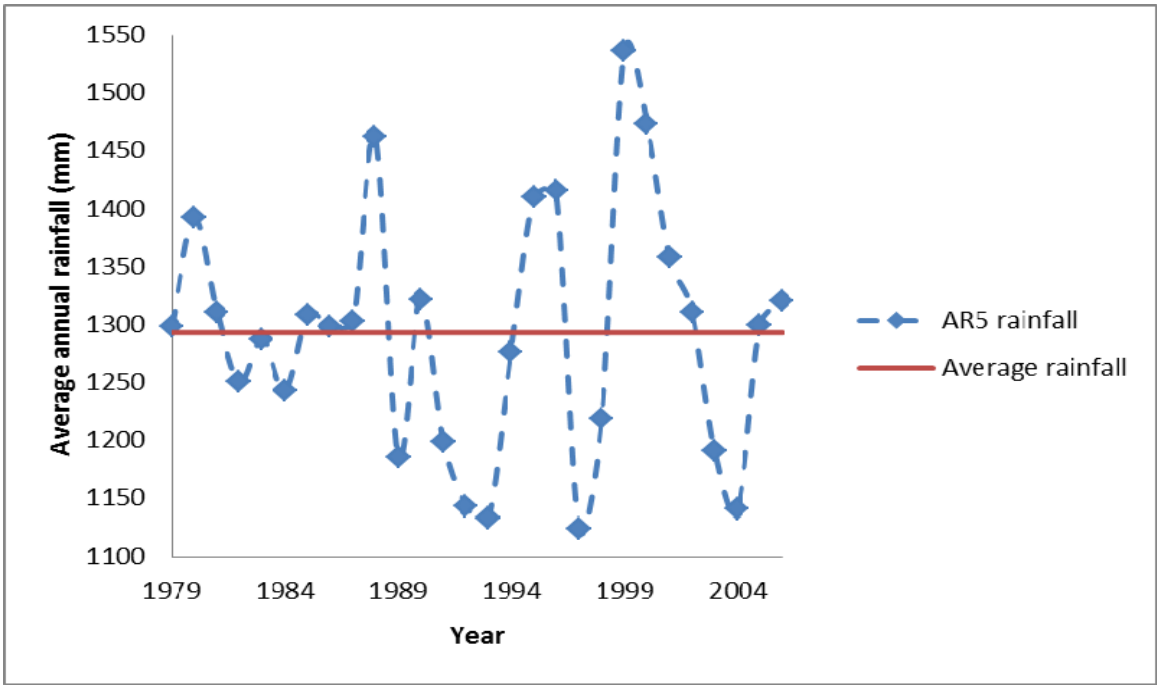


รูปที่ 3-6 ความสัมพันธ์ของการพล็อตแบบกระจายตัวระหว่าง ปริมาณฝนรายปีสังเกตการณ์และฝนรายปีจากแบบจำลอง MRI - AGCM 3.1S

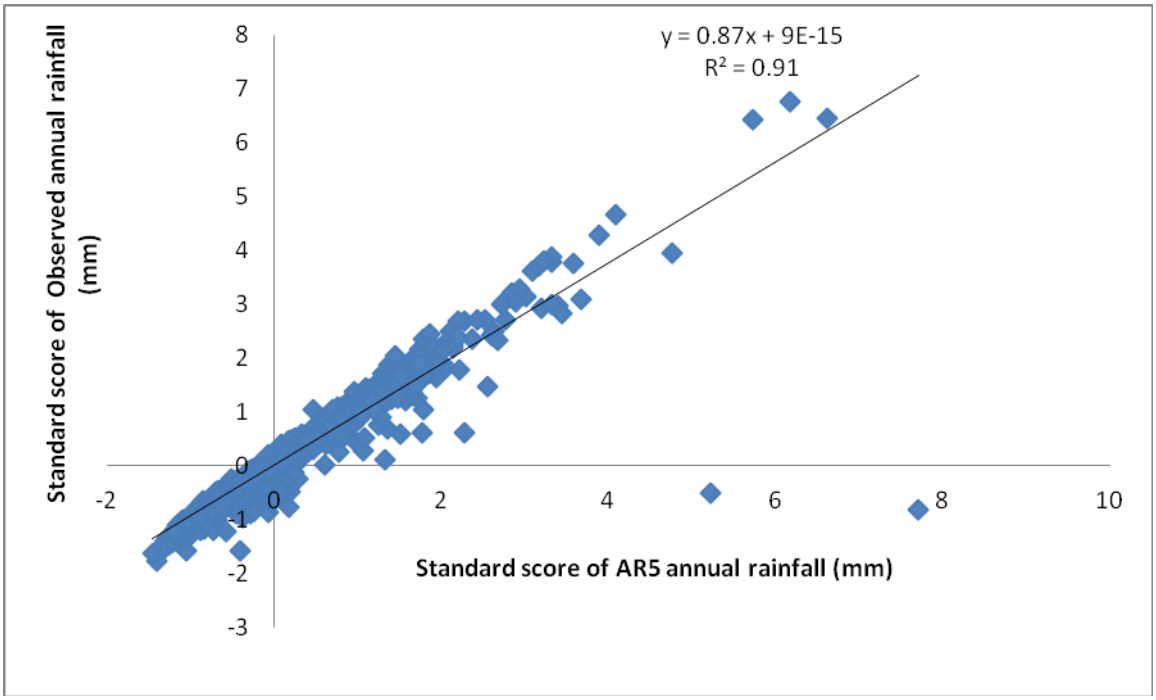
3) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของข้อมูลฝน AR5 (แบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S)

ในการศึกษาได้ใช้ข้อมูลฝนจากกริดของแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S ขนาด 20 x 20 กิโลเมตร มาใช้ศึกษาวิเคราะห์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี รวมถึงแนวโน้มของปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของประเทศอีกด้วย

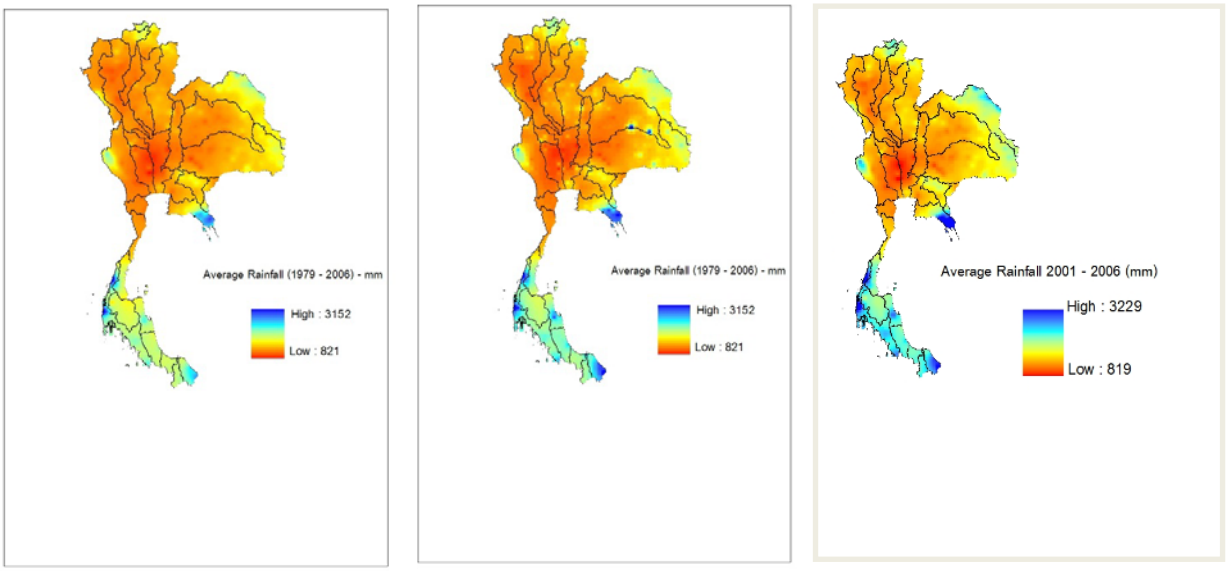
จากการศึกษาพบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของประเทศไทยตลอดช่วงปี ค.ศ. 1979 – 2006 มีค่าต่ำสุดที่ 1,123 มิลลิเมตร ในเขตพื้นที่ภาคกลางบางส่วนและเขตจังหวัดทางตะวันตกของพื้นที่ภาคเหนือ และสูงสุดที่ 3,289 มิลลิเมตร ในบริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันตก เขตจังหวัดชายแดนใต้ และภาคตะวันออกในเขตจังหวัดตราด ค่าของฝนเฉลี่ยรายปีของประเทศจากแบบจำลองเท่ากับ 1,580 มิลลิเมตร



รูปที่ 3-7 แนวโน้มการผันแปรของฝนเฉลี่ยรายปีจาก AR5 GCM (1979 - 2006)



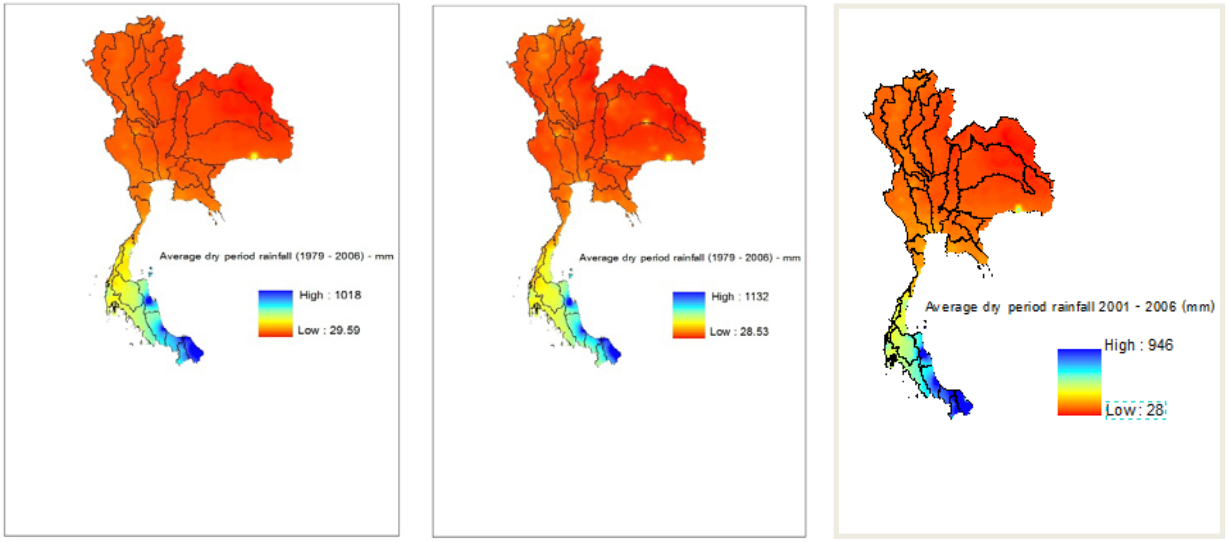
รูปที่ 3-8 ความสัมพันธ์ของการพล็อตแบบกระจายตัวระหว่าง ปริมาณฝนรายปีสังเกตการณ์และฝนรายปีจากแบบจำลอง MRI - AGCM 3.2S



a) b) c)

รูปที่ 3-9 การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนเปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ c) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S (AR5)

4) การศึกษาการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนฤดูแล้งในปัจจุบัน

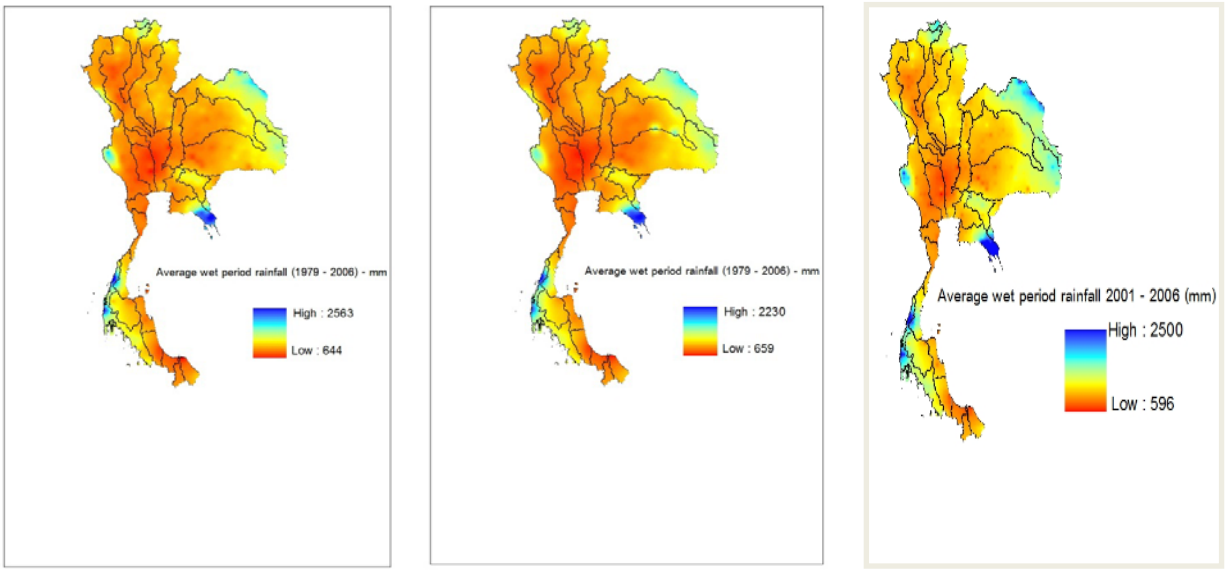


a) b) c)

รูปที่ 3-10 การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนฤดูแล้งในปัจจุบัน เปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ c) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S (AR5)

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูแล้งของประเทศไทยตลอดช่วงปี ค.ศ. 1979 – 2006 มีค่าต่ำสุดที่ 28.53 มิลลิเมตร กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในเขตพื้นที่เกือบทั้งหมดของภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ค่าสูงสุดอยู่ที่ 1,132 มิลลิเมตร ในเขตพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง แถบฝั่งอ่าวไทย และเขตพื้นที่สามจังหวัดชายแดนใต้ ขณะที่ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูแล้งของประเทศไทยจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S (AR5) ตลอดช่วงปี ค.ศ. 1979 – 2006 มีค่าต่ำสุดเฉลี่ยที่ 43.8 มิลลิเมตร กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในเขตพื้นที่เกือบทั้งหมดของภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ค่าสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 821.22 มิลลิเมตร ในเขตพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง แถบฝั่งอ่าวไทย

5) การศึกษาการกระจายตัวของปริมาณฝนฤดูฝนในปัจจุบัน



a) b) c)

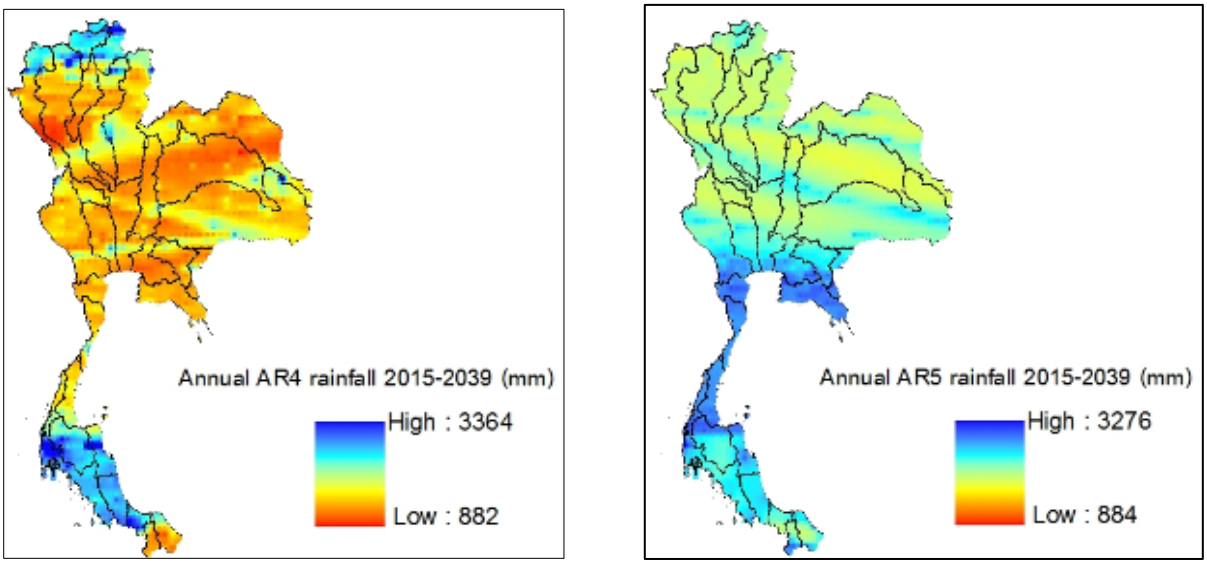
รูปที่ 3-11 การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนฤดูฝนในปัจจุบัน เปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ c) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S (AR5)

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูฝนสังเกตการณ์ของประเทศไทยตลอดช่วงปี ค.ศ. 1979 – 2006 มีค่าต่ำสุดที่ 28.53 มิลลิเมตร กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในเขตพื้นที่เกือบทั้งหมดของภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ค่าสูงสุดอยู่ที่ 1,132 มิลลิเมตร ในเขตพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง แถบฝั่งอ่าวไทย และเขตพื้นที่สามจังหวัดชายแดนใต้ ขณะที่ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูแล้งของประเทศไทยจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S (AR5) ตลอดช่วงปี ค.ศ. 1979 – 2006 มีค่าต่ำสุดเฉลี่ยที่ 43.8 มิลลิเมตร กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในเขตพื้นที่เกือบทั้งหมดของภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ค่าสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 821.22 มิลลิเมตร ในเขตพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง แถบฝั่งอ่าวไทย

3.3.2 การศึกษาปริมาณฝนรายปีในอนาคตอันใกล้จากแบบจำลองภูมิอากาศโลก

ในหัวข้อนี้จะใช้ข้อมูลฝนจาก MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ MRI – AGCM 3.2S (AR5) เพื่อศึกษาถึงปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย และ ปริมาณฝนฤดูแล้งและฤดูฝนเฉลี่ยของประเทศไทยในช่วงอนาคตอันใกล้ (Near future) ในปี ค.ศ. 2015 – 2039

การวิเคราะห์สภาพฝนในอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศเพื่อพิจารณาแนวโน้มในอนาคตของฝนในช่วงเวลาอนาคตอันใกล้ (Near Future) ในปี ค.ศ. 2015 – 2039 เปรียบเทียบกับฝนในช่วงเวลาปัจจุบัน ในปี ค.ศ. 1979 – 2006 ของทั้งแบบจำลอง MRI-AGCM 3.1S (AR4) และ 3.2S (AR5) จากการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณฝนจะผันแปรกันไปตามพื้นที่ ในแบบจำลอง AR4 กล่าวคือ ปริมาณฝนในพื้นที่ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่ เพิ่มขึ้นจากในปัจจุบันในช่วงเวลาอนาคตอันใกล้ ส่วนในอนาคตอันไกลพบว่าภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ภาคใต้ตอนล่าง และภาคเหนือบางส่วนยังมีฝนเพิ่มขึ้นจากปัจจุบัน แต่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างและภาคตะวันออกมีปริมาณฝนลดลง ดังรูปที่ 3-12



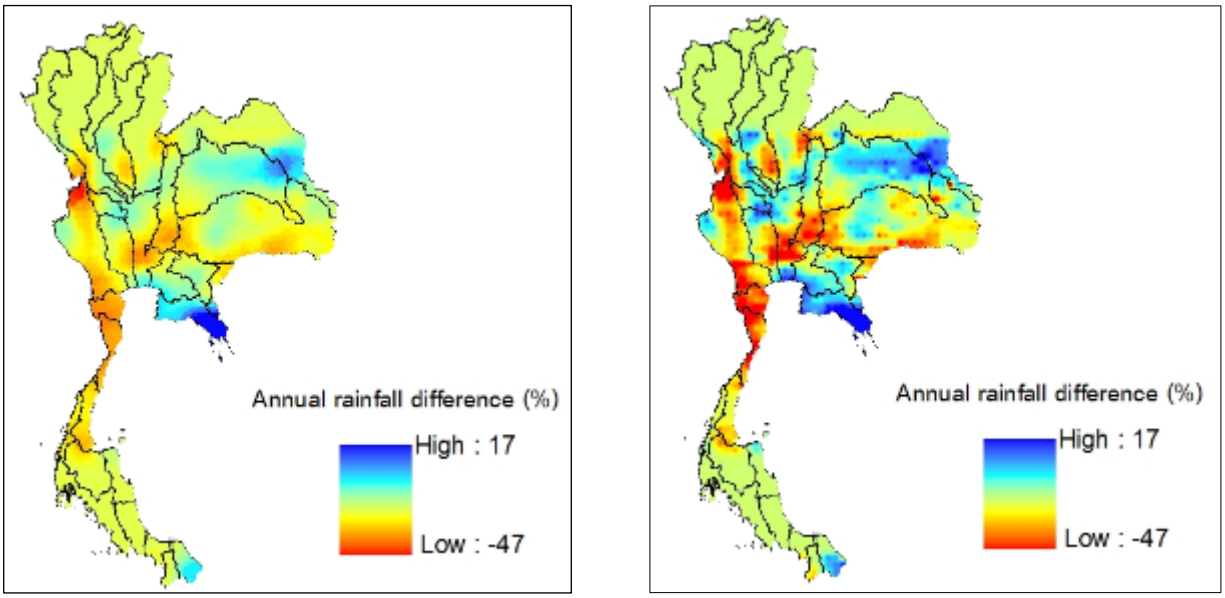
a) b)

รูปที่ 3-12 การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนรายปีในอนาคตอันใกล้ เปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S (AR5)

3.3.3 การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของความแตกต่างปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีและรายฤดูกาลในปัจจุบันของแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ MRI – AGCM 3.2S

การศึกษาเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนในหัวข้อนี้ ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 1) ผลต่างของการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนรายปีระหว่างแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ MRI – AGCM 3.2S 2) ผลต่างของการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาล (ฝน, แล้ง) ระหว่าง แบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ MRI – AGCM 3.2S

จากการศึกษาพบว่าในกรณีของฝนรายปี ผลต่างการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนจากทั้งสองแบบจำลอง ได้แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S เพียงเล็กน้อยในพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ (ปิง วัง ยม น่าน สะแกกรัง เจ้าพระยาตอนล่าง ท่าจีน) โดยฝนจะเพิ่มขึ้นมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 17 รวมถึงลุ่มน้ำอื่นๆในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ชี มูล) แต่ปริมาณฝนจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S ใน เขตลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก และลุ่มน้ำเพชรบุรี ซึ่งปริมาณฝนจะลดลงมากที่สุดประมาณร้อยละ 47

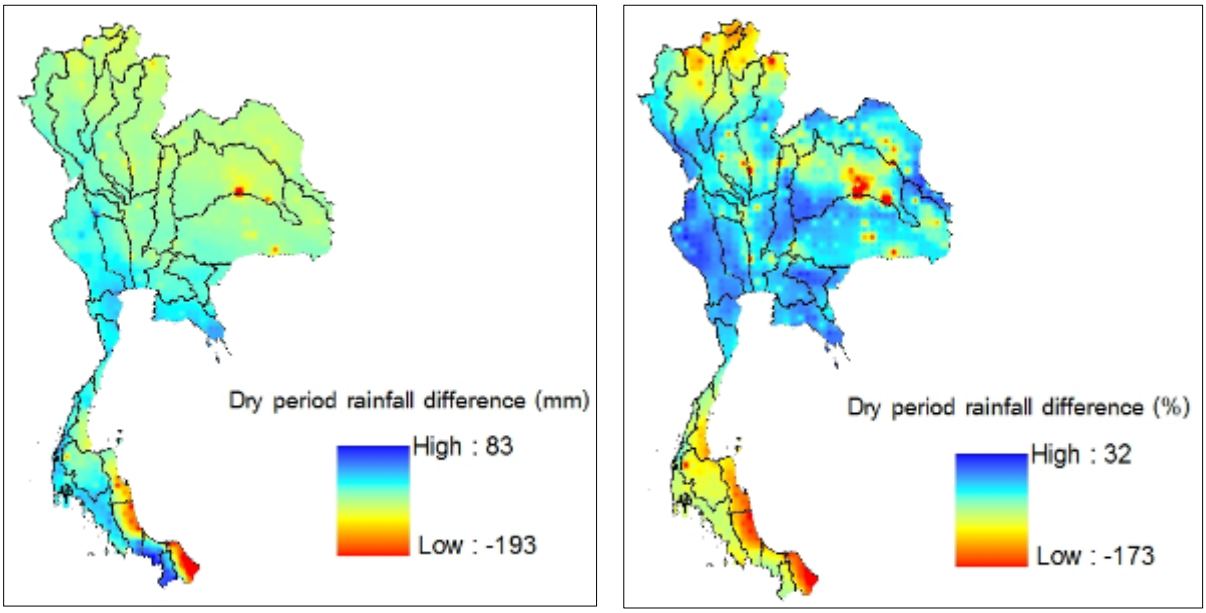


a) b)

รูปที่ 3-13 ผลต่างการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนรายปีในปัจจุบัน เปรียบเทียบระหว่าง a) ผลต่างของปริมาณฝนรายปี (mm) และ b) ร้อยละของผลต่างปริมาณฝนรายปี

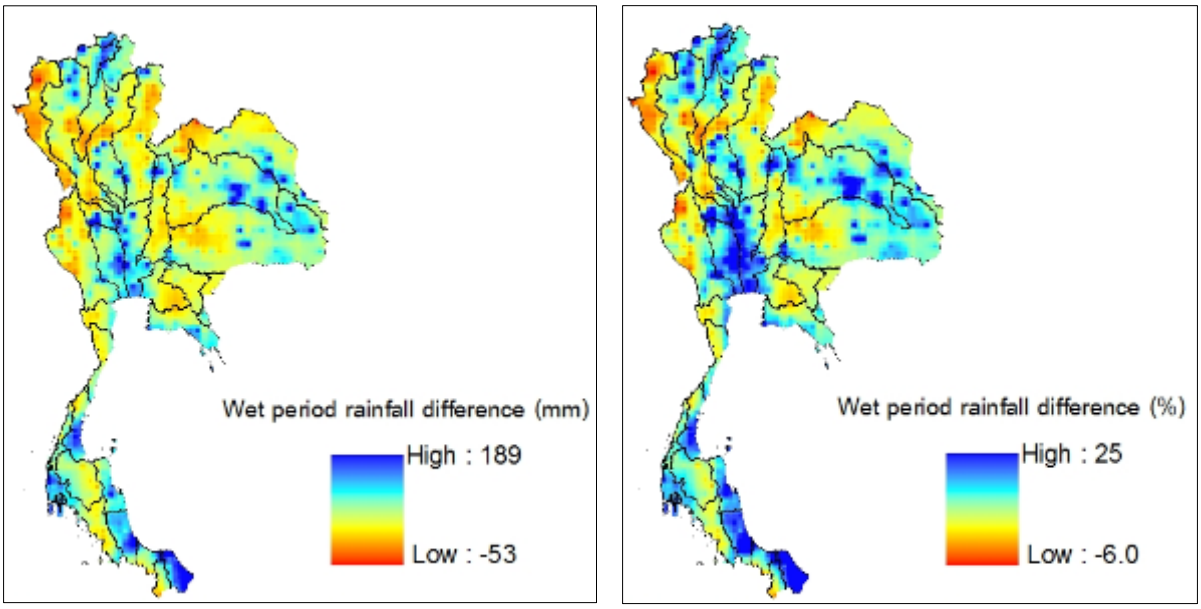
แบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S จะให้ค่าปริมาณฝนในฤดูแล้งที่สูงกว่า แบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S อย่างชัดเจนในพื้นที่เกือบทั้งหมดของพื้นที่ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และส่วนมากของภาคใต้ อย่างไรก็ตาม กลับมีปริมาณฝนลดลงในเขตลุ่มน้ำตาปี และพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก โดยปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ร้อยละ 32 และลดลงสูงสุดร้อยละ -173

ในส่วนของฝนฤดูฝน พบว่า แบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S ให้ค่าปริมาณฝนที่มากกว่าอย่างชัดเจนในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทย



a) b)

รูปที่ 3-14 ผลต่างการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนฤดูแล้งในปัจจุบัน เปรียบเทียบระหว่าง a) ผลต่างของปริมาณฝนฤดูแล้ง (mm) และ b) ร้อยละของผลต่างปริมาณฝนฤดูแล้ง



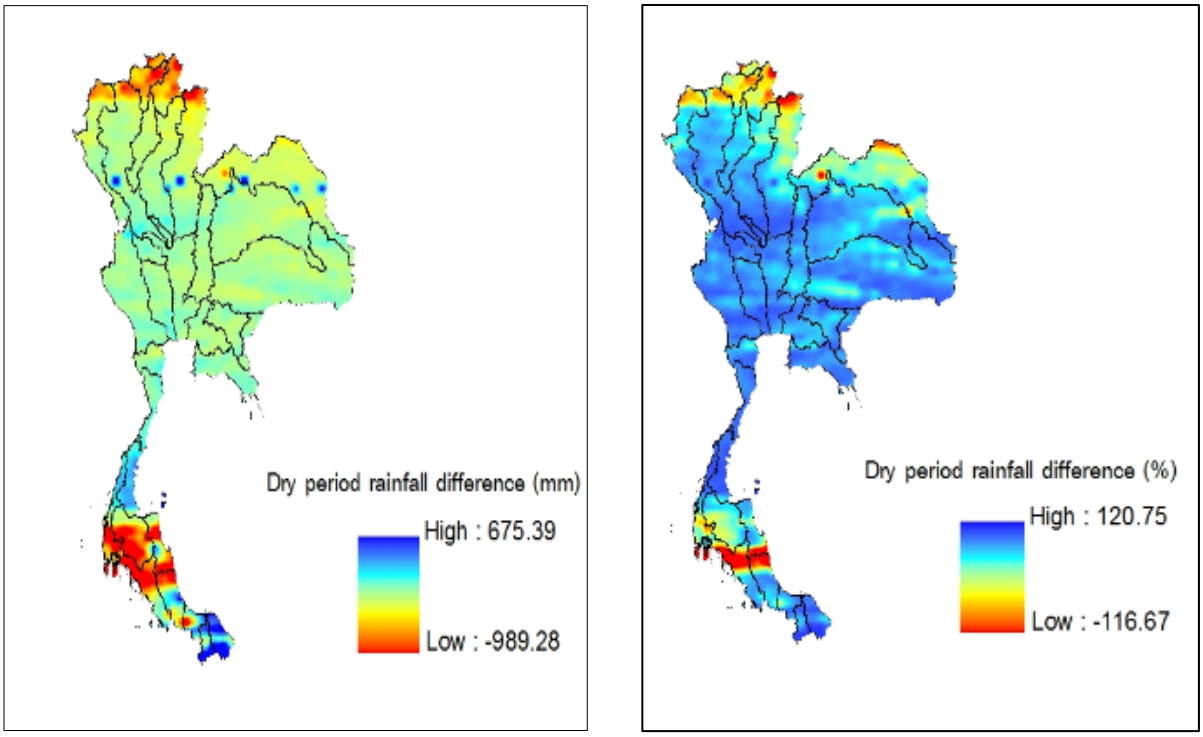
a) b)

รูปที่ 3-15 ผลต่างการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนฤดูฝนในปัจจุบัน เปรียบเทียบระหว่าง a) ผลต่างของปริมาณฝนฤดูฝน (mm) และ b) ร้อยละของผลต่างปริมาณฝนฤดูฝน

3.3.4 การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของความแตกต่างปริมาณฝนรายฤดูกาลในอนาคตอันใกล้ (Near Future) ของแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ MRI – AGCM 3.2S

จากการศึกษาพบว่าในกรณีของฝนฤดูแล้ง ผลต่างการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนจากทั้งสองแบบจำลอง ได้แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของฝนฤดูแล้งจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S ในพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ (ปิง วัง ยม น่าน สะแกกรัง เจ้าพระยาตอนล่าง ท่าจีน) โดยฝน

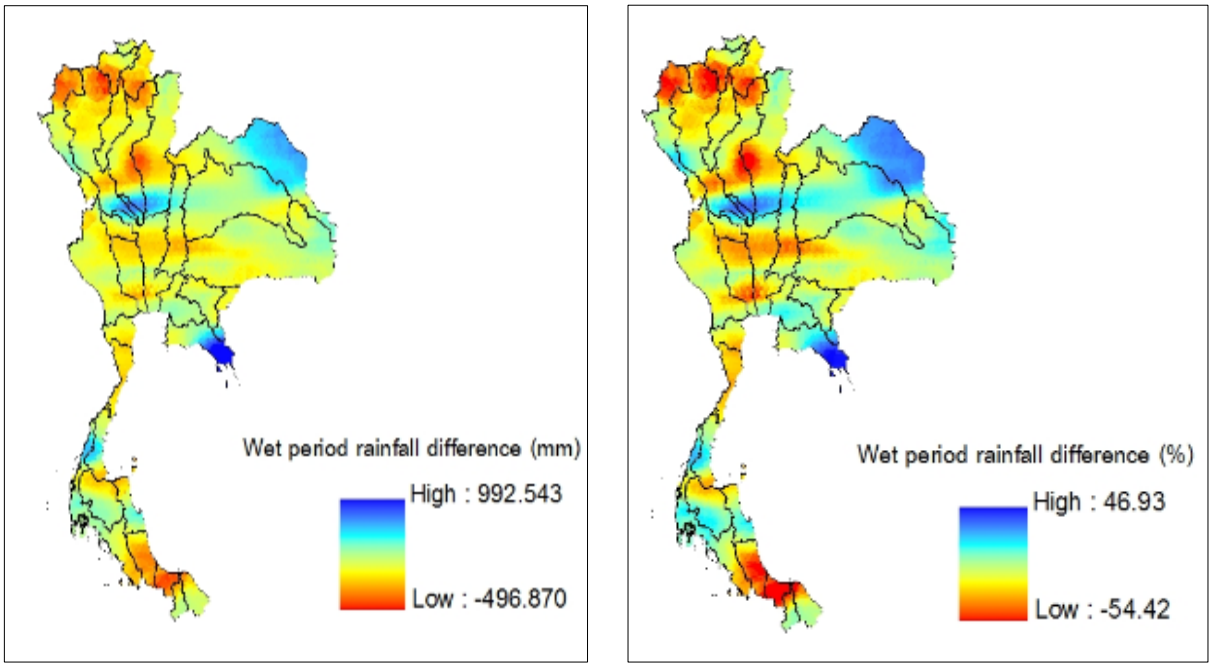
จะเพิ่มขึ้นมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 120.75 รวมถึงลุ่มน้ำอื่นๆในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ชี มูล) แต่ปริมาณฝนจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S ในเขตพื้นที่บางส่วนของลุ่มน้ำสาละวิน ลุ่มน้ำกกและลุ่มน้ำโขงตอนบน ลุ่มน้ำภาคตะวันออก เขตลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก และลุ่มน้ำตาปี ซึ่งปริมาณฝนจะลดลงมากที่สุดประมาณร้อยละ 116.67



a) b)

รูปที่ 3-16 ผลต่างการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนฤดูแล้งในอนาคตอันใกล้ เปรียบเทียบระหว่าง a) ผลต่างของปริมาณฝนฤดูแล้ง (mm) และ b) ร้อยละของผลต่างปริมาณฝนฤดูแล้ง

ในกรณีของฝนในฤดูฝนในอนาคตอันใกล้ ผลต่างการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนจากทั้งสองแบบจำลอง ได้แสดงให้เห็นถึงการลดลงของฝนในฤดูฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S ในพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ (ปิง วัง ยม น่าน สะแกกรัง เจ้าพระยาตอนล่าง ท่าจีน) โดยฝนจะลดลงมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 54.42 รวมถึงลุ่มน้ำอื่นๆในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ชี มูล) แต่ปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S ในเขตพื้นที่บางส่วน เช่น ตอนใต้ของลุ่มน้ำยม ลุ่มน้ำโขงตอนบนในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และลุ่มน้ำภาคตะวันออก ซึ่งปริมาณฝนจะลดลงมากที่สุดประมาณร้อยละ 46.93



a) b)

รูปที่ 3-17 ผลต่างการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนฤดูฝนในอนาคตอันใกล้ เปรียบเทียบระหว่าง a) ผลต่างของปริมาณฝนฤดูแล้ง (mm) และ b) ร้อยละของผลต่างปริมาณฝนฤดูแล้ง

บทที่ 4

การปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติของข้อมูลจากแบบจำลอง

MRI-AGCM 3.1S (AR4) และ 3.2S (AR5)

กระบวนการปรับเทียบข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่ใช้ในรายงานของ IPCC AR4 และ AR5 นั้น สามารถทำได้โดยใช้เทคนิคการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติ (statistical bias correction) ผลจากความคลาดเคลื่อนนี้อาจไม่ได้มีนัยสำคัญมากนักสำหรับการประเมินผลกระทบเชิงอุทกวิทยาในพื้นที่ขนาดใหญ่ แต่ถ้าพื้นที่ศึกษามีขนาดระดับลุ่มน้ำ ข้อมูลฝนที่ไม่ได้ถูกปรับเทียบกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์อาจส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งวิธีการปรับเทียบข้อมูลเชิงสถิติจะสามารถลดปัญหาดังกล่าวลงได้มากด้วยการพิจารณาตัวแปรทางสถิติของข้อมูลภูมิอากาศในอดีต (Sharmaet al., 2007)

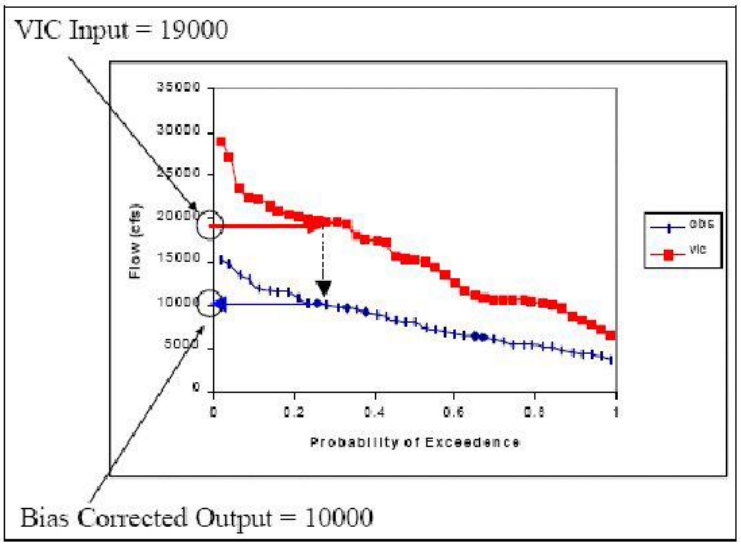
4.1 การทบทวนวรรณกรรมของการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติ (Bias correction)

วิธีการพื้นฐานที่สุดของการปรับเทียบข้อมูล จะทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (systematic discrepancy) ของค่าเฉลี่ยโดยการปรับขนาด (rescaling) ให้ค่าดังกล่าวใกล้เคียงกับที่ได้จากการวัดมากขึ้น ทำนองเดียวกันกับวิธีแรก การปรับเทียบข้อมูลแบบจำลองอาจทำได้โดยการสร้างการกระจายตัวสมมติของความน่าจะเป็นและเปรียบเทียบการกระจายตัวที่ได้ระหว่างค่าจากแบบจำลองและกลุ่มข้อมูลสังเกตการณ์

1) การปรับแก้ข้อมูลด้วยวิธีควอนไทล์

การปรับแก้ข้อมูลด้วยวิธีควอนไทล์ (quantile-based method) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการแปลงค่าปริมาณฝนด้วยเทคนิคทางสถิติที่ได้จาก GCMs เพื่อปรับแก้ค่าดังกล่าวให้สามารถนำไปใช้ได้กับแบบจำลองสำหรับการประเมินผลกระทบทางอุทกวิทยา เช่น แบบจำลองน้ำฝน – น้ำท่า (Rainfall – Runoff model) หรือแบบจำลองการไหลในลำน้ำ (river network model) สำหรับจำลองสภาพน้ำท่วม

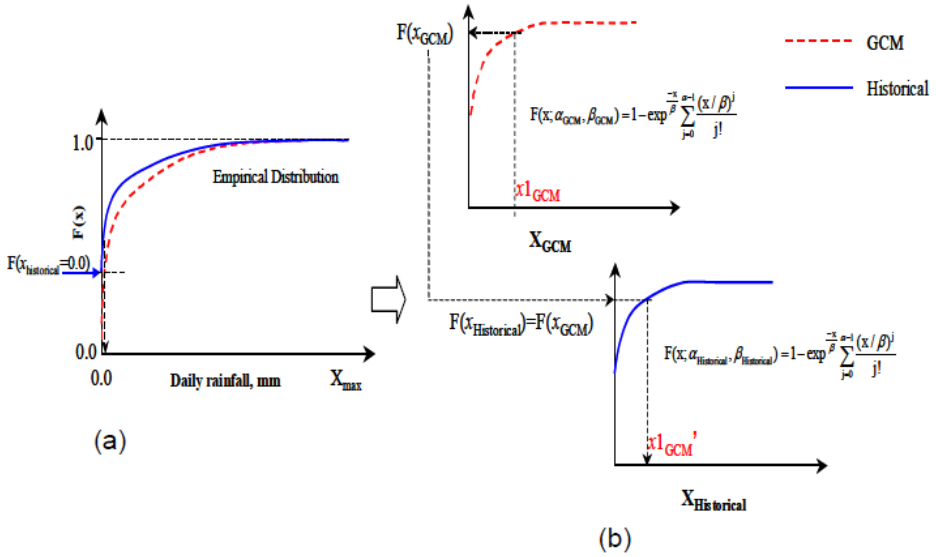
Wood et al. (2002) ได้ใช้เทคนิคการปรับแก้ข้อมูลแบบควอนไทล์ในการแปลงค่าที่ได้จากแบบจำลองให้ใกล้เคียงกับค่าสังเกตการณ์ กล่าวคือนำข้อมูลจากการจำลองและสังเกตการณ์ที่อยู่ในช่วงเวลาเดียวกันมาจัดทำ “แผนที่ควอนไทล์” (quantile map) สำหรับประชากรของแต่ละกลุ่มข้อมูลที่จัดลำดับแล้ว โดยค่าที่ได้จากแบบจำลองจะใช้เป็นข้อมูลนำเข้าและให้จัดค่าดังกล่าวลงสู่ควอนไทล์ในลำดับที่สัมพันธ์กับค่านั้นในฟังก์ชันการกระจายตัวสะสม (Cumulative Distribution Function: CDF) ของค่าจากแบบจำลองทำนองเดียวกันให้แยกค่าจากตำแหน่งของควอนไทล์เดียวกันนี้จาก CDF ของข้อมูลสังเกตการณ์ ซึ่งค่านี้เองจะกลายเป็นตัวที่ถูกปรับแก้ข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ซึ่งขั้นตอนของเทคนิคนี้จะแสดงต่อไปในรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 เทคนิคการปรับแก้ข้อมูลเชิงสถิติแบบควอนไทล์ (Wood et al., 2006)

Ines and Hansen (2006) ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการปรับแก้ความถี่และความเข้มของการกระจายตัวของฝนรายวันที่ได้จากแบบจำลอง GCM เพื่อเทียบกับสถานีฝนที่สนใจ และได้นำไปประยุกต์ใช้ในการจำลองผลผลิตข้าวโพดในประเทศเคนยาการปรับแก้ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยกัน 3 รูปแบบ ได้แก่ simple multiplicative shift, Empirical-Gamma transformation และGamma – Gamma transformation เพื่อใช้ในการปรับแก้ความถี่และความเข้มของการกระจายตัวของฝนดังแสดงในรูปที่ 4-2 จากการศึกษาพบว่า วิธี simple multiplicative shift สามารถปรับแก้ค่าปริมาณฝนรายเดือนและฤดูกาลได้ดีกว่าวิธีอื่น แต่มีประสิทธิผลในการปรับแก้ข้อมูลของความถี่และความเข้มของฝนที่น้อยกว่าวิธี Empirical-Gamma transformation และ Gamma-Gamma transformation

Sharma et al. (2007) ได้ศึกษาเทคนิคการปรับแก้ข้อมูลเชิงสถิติของข้อมูลฝนทั้งหมด 3 แบบ ได้แก่ การปรับขนาด (scaling) การแปลงแบบแกมมา – แกมมา (Gamma – Gamma transformation) และ เอมไพริคัล – แกมมา (empirical – gamma) และประยุกต์ใช้เทคนิคดังกล่าวในการปรับแก้ฝนรายวันของช่วงปี ค.ศ. 1991 – 1999 เพื่อเพิ่มคุณภาพของแบบจำลอง ECHAM4/OPYC SRES A2 และ B2 ในช่องตาราง (grid node) ที่พิจารณา โดยวิธีแรกนั้นเป็นการปรับแก้ข้อมูลเชิงสถิติของค่าเฉลี่ยฝน ขณะที่อีกสองวิธีจะปรับปรุงความถี่และความเข้มของฝน GCM ผลลัพธ์การปรับแก้ข้อมูลจะถูกเปรียบเทียบกับค่าสังเกตการณ์โดยพิจารณาจากพารามิเตอร์ทางสถิติที่เกี่ยวข้อง จากการศึกษาเปรียบเทียบทั้งสามวิธีพบว่า เทคนิคการแปลงแบบแกมมา – แกมมา จะมีประสิทธิผลสูงที่สุดในการปรับแก้ทั้งความถี่และความเข้มฝนในเวลาเดียวกัน



รูปที่ 4-2 แผนภาพของขั้นตอนการปรับแก้ความถี่และความเข้มของปริมาณฝนรายวันจากแบบจำลอง GCM (Wood et al., 2006)

Piani et al. (2010) ได้ใช้เทคนิคการปรับแก้ข้อมูลเชิงสถิติ (statistical bias correction) เพื่อปรับแก้ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ย รวมถึงปริมาณน้ำฝนรายวัน ด้วยวิธี fitted histogram equalization function ของแบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM5 เทียบเคียงกับข้อมูลภูมิอากาศโลก WATCH (WATer and global CHange) ซึ่งมีข้อมูลย้อนหลัง 50 ปี การปรับแก้ข้อมูลจะทำในช่วงปี ค.ศ.1960 -1969 และตรวจสอบความถูกต้องด้วยช่วงปี ค.ศ. 1990 – 1999 ผลที่ได้ยืนยันถึงประสิทธิภาพของวิธีการดังกล่าวสำหรับทุกตัวแปรภูมิอากาศ

2) การปรับแก้ข้อมูลด้วยวิธี Rescaling

เป็นวิธีการปรับแก้ข้อมูลเชิงสถิติอย่างง่าย ที่จะปรับแก้ความเคลื่อนเชิงระบบ (Systematic error) ออกจากปริมาณฝนเฉลี่ย (mean rainfall) ซึ่งรายละเอียดของวิธีนี้สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จาก Ines and Hansen (2006)

นอกจากวิธีการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติที่กล่าวมาข้างต้น Inomata et al. (2011) ได้นำเสนอวิธีการปรับแก้แบบผสม (Hybrid method) ซึ่งเป็นการปรับแก้การกระจายตัวของข้อมูลรายวันในลักษณะคล้ายกับวิธีควอนไทล์ แต่จะมีการแบ่งข้อมูลที่เป็นค่าสุดขีดที่มีค่าสูงกว่าค่าที่เปอร์เซนต์ไทล์ที่กำหนด และข้อมูลที่มีค่าน้อยกว่าค่าที่เปอร์เซนต์ไทล์ที่กำหนด โดยรายละเอียดการคำนวณแสดงในหัวข้อที่ 4.3

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการปรับแก้โดยวิธี Gamma – Gamma transformation และ Hybrid method เนื่องจากวิธี Gamma – Gamma transformation เป็นวิธีการซึ่งสามารถปรับแก้ข้อมูลเชิงสถิติจากสองแหล่ง ได้แก่ การกระจายตัวของความถี่และความเข้ม (frequency and intensity distribution) ของปริมาณฝนรายวันจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกเปรียบเทียบกับปริมาณฝนจากสถานีวัดที่ศึกษาได้ในคราวเดียวกัน (Ines and Hansen, 2006; Sharma et al., 2007) ซึ่งแตกต่างจากวิธีการแบบ rescaling ซึ่งจะปรับแก้ข้อมูลจากปริมาณฝนเฉลี่ยได้เพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามทางผู้วิจัยพบว่า วิธี Gamma – Gamma transformation เป็นการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติโดยใช้ข้อมูลทั้งหมด ส่งผลให้ค่าขีดสุดถูกปรับลดลงด้วย การศึกษานี้จึงใช้วิธี Hybrid method มาเปรียบเทียบด้วย และพบว่าวิธี Hybrid method มีความเหมาะสมในการปรับแก้ค่าสุดขีดดีกว่าวิธี Gamma – Gamma transformation

4.2 วิธีการปรับแก้แบบ Gamma-Gamma transformation

ความผันแปรของฝนขึ้นอยู่กับสองปัจจัยหลักคือปริมาณ และความถี่ของการเกิด และในบางครั้งการประมาณค่าฝนเฉลี่ยในบางพื้นที่ก็ทำได้ยาก โดยการปรับเทียบฝนด้วยเทคนิคนี้สามารถลดความแตกต่างระหว่างค่าฝนรายวันจาก GCM กับข้อมูลฝนจากการวัดจริง แนวคิดพื้นฐานของการลดความแตกต่างก็คือการลดข้อมูลเชิงสถิติ (statistical bias) จากความถี่และปริมาณฝนจาก grid node ก่อนที่จะเริ่มกระบวนการเพิ่มความละเอียดข้อมูลสภาพภูมิอากาศโลกต่อไป ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. สร้างการกระจายตัวแบบ empirical distribution F(x) โดยการจัดลำดับปริมาณฝนรายวันระยะยาวจากข้อมูล GCM ในแต่ละเดือน ซึ่งฟังก์ชันการกระจายตัวมีตัวเลือกหลายอย่าง เช่น การกระจายตัวแบบ Weibull, California, Hazen, Cunnane หรือ Gringgorten เป็นต้น ซึ่งในที่นี้จะเลือกใช้วิธีของ Weibull ดังแสดงในสมการที่ (4-1)

$$F(x) = \frac{m}{n+1} \tag{4-1}$$

เมื่อ m = ลำดับที่ของเหตุการณ์ x

n = จำนวนข้อมูลหรือเหตุการณ์ทั้งหมด

หลังจากจัดเตรียมตำแหน่งการพล็อตข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ให้คำนวณค่าขีดเริ่ม $x^{\%}_{GCM}$ ซึ่งหาได้จาก Empirical distribution ของข้อมูลฝนรายวันในอดีต เพื่อตัดทอนค่าปริมาณฝนรายวันของแต่ละเดือนออกไปบางส่วน (rainfall truncation) เพื่อให้มีจำนวนวันฝนตกให้สอดคล้องกับเหตุการณ์จริงมากขึ้น

2. วิธีการแปลงแบบแกมมา – แกมมา จะใช้สำหรับการปรับแก้ปริมาณน้ำฝน ตัวแปรที่ใช้ในการแปลงด้วยวิธีนี้ประกอบด้วย ค่าปริมาณฝนรายวันที่ถูกตัดออก และค่าปริมาณฝนรายวันในอดีต เพื่อใช้ปรับเข้ากับค่าพารามิเตอร์ของการกระจายแบบแกมมา ได้แก่ α และ β ในสมการที่ 4-2 และการกระจายตัวแบบสะสม (cumulative distribution) ในสมการที่ 4-3 โดยตัวแปร α และ β ของการกระจายแบบแกมมาจะประมาณได้จากวิธี Maximum Likelihood

$$f(x;\alpha,\beta) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right) ; x \geq x_{trunc} \tag{4-2}$$

$$F(x;\alpha,\beta) = \int_{x_{trunc}}^{x} f(t)dt \tag{4-3}$$

$$F(x_{GCM};a,\beta|_{GCM}) \Rightarrow F(x_{His};\alpha,\beta|_{His}) \tag{4-4}$$

จากผลของสมการ (4-2), (4-3) และ (4-4) ปริมาณฝนรายวันที่ถูกปรับแก้ $x^{'}_{GCM}$ สามารถคำนวณได้จากค่าผกผัน (inverse) ของสมการที่ (4-5) ดังนี้

$$x^{'}_{GCM} = F^{-1}\left\{F\left(x_{His};\alpha,\beta|_{His}\right)\right\} \tag{4-5}$$

ระเบียบวิธีการปรับแก้ข้อมูลข้อมูลภูมิอากาศที่นำไปใช้กับแบบจำลอง MRI GCM ความละเอียดสูง ภายใต้ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A1B จะเปรียบเทียบกับปริมาณฝนจากการวัดจริงที่ได้จากการประมาณค่าระหว่างช่วง (Interpolation) ด้วยวิธีส่วนกลับระยะทางถ่วงน้ำหนัก (Inverse Distance Weighting: IDW) เสนอโดย Shepard (1968) ซึ่งจะประมาณค่าฝนเฉลี่ยที่กริดโหนดของฝนรายวันที่วัดได้จริง ดังแสดงในสมการที่ (4-6)

$$F(x_i) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i f(x_i) \tag{4-6}$$

โดยที่ n = จำนวนของจุดที่กระจายทั้งหมด (Number of scatter point in the sets)

$f(x_i)$ = ค่าของฟังก์ชันที่กำหนดไว้ในแต่ละจุด (prescribed function value at the scatter points)

λ_i = ฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักในแต่ละจุดที่กระจาย (Weighting functions at assigned to each scatter points)

ค่าของฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักสามารถเขียนได้ในรูปอย่างง่ายได้ว่า

$$\lambda_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{i=1}^{n} h_i^{-p}} \tag{4-7}$$

โดยที่ p = ค่าจำนวนจริงบวก หรือเรียกว่าค่าพารามิเตอร์กำลัง (power parameter) ซึ่งมีค่าทั่วๆไปเท่ากับ 2

h_i = ระยะทางจากจุดที่กระจายถึงจุดที่ต้องการประมาณค่าในช่วง

4.3 วิธีการปรับแก้แบบ Hybrid method

ขั้นตอนการปรับแก้ความเอนเอียงด้วยวิธี Hybrid method สรุปได้ดังนี้

1. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง probability of non exceedance กับปริมาณฝนรายวัน ของฝนสังเกตการณ์ ฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกทั้งในปัจจุบันและอนาคต

2. แยกข้อมูลฝนทั้งหมดออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ฝนสุดขีด (extreme rainfall) ซึ่งเป็นปริมาณฝนในระดับมากกว่าหรือเท่ากับเปอร์เซ็นไทล์ 99.5% ขึ้นไป และปริมาณฝนในระดับเปอร์เซ็นไทล์น้อยกว่า 99.5 ลงไป

3. จากขั้นตอนที่ 2 นำฝนสุดขีดที่ได้ (ซึ่งจัดลำดับจากมากไปน้อยแล้ว) มาคำนวณสัดส่วน (α_i) ระหว่างฝนสังเกตการณ์ (P_Obs_i) และฝน GCM20 ในปัจจุบัน ($GCM20_Pre_i$) ในตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์เดียวกัน โดยเรียกค่าสัดส่วน α_i นี้ว่า สัมประสิทธ์การปรับแก้ (correction coefficient) ของฝนแต่ละลำดับ ดังสมการที่ (4-8)

$$\alpha_{i,} = \frac{P_Obs_i}{GCM_\Pr e_i} \tag{4-8}$$

โดยที่

$\alpha_i =$ สัมประสิทธิ์การปรับแก้ความเอนเอียงของฝนที่ลำดับเปอร์เซ็นไทล์ของความน่าจะเป็นต่างๆ

P_Obs_i = ปริมาณฝนสังเกตการณ์ที่ลำดับเปอร์เซ็นไทล์ของความน่าจะเป็นต่างๆ

$GCM_\Pr e_i =$ ปริมาณฝนแบบจำลอง MRI GCM ที่ลำดับเปอร์เซ็นไทล์ของความน่าจะเป็นต่างๆ

4. นำอัตราส่วนที่ได้จากข้อ 3 มาคำนวณหาปริมาณฝนแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่ปรับแก้แล้วในปัจจุบัน ดังสมการที่ (4-9) ดังนี้

$$P_\Pr e_i = \alpha_i \times GCM_\Pr e_i \tag{4-9}$$

โดยที่

$P_\Pr e_i =$ ปริมาณฝนสุดขีดแบบจำลอง MRI GCM ที่ลำดับเปอร์เซ็นไทล์ของความน่าจะเป็นต่างๆที่ปรับแก้ข้อมูลแล้ว

5. นำปริมาณฝนในส่วนที่มีค่าน้อยกว่าเปอร์เซ็นไทล์ 99.5 ในขั้นตอนที่ 2 มากระจายเข้าในแต่ละเดือน

6. นำฝนซึ่งจัดเรียงลำดับในแต่ละเดือนมาคำนวณสัมประสิทธิ์ปรับแก้ความเอนเอียง ดังสมการที่ (4-10)

$$\alpha_{m,i} = \frac{P_Obs_{m,i}}{GCM_\mathrm{Pr}e_{m,i}} \qquad (4\text{-}10)$$

โดยที่

$\alpha_{m,i}$ = สัมประสิทธิ์การปรับแก้ความเอนเอียงของฝนที่ลำดับเปอร์เซ็นไทล์ของความน่าจะเป็นต่างๆ ในแต่ละเดือน

$P_Obs_{m,i}$ = ปริมาณฝนสังเกตการณ์ที่ลำดับเปอร์เซ็นไทล์ของความน่าจะเป็นต่างๆในแต่ละเดือน

$GCM_\mathrm{Pr}e_{m,i}$ = ปริมาณฝนแบบจำลอง MRI GCM ที่ลำดับเปอร์เซ็นไทล์ของความน่าจะเป็นต่างๆในแต่ละเดือน

7. นำอัตราส่วนที่ได้จากข้อ 6 มาคำนวณหาปริมาณฝนแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่ปรับแก้แล้วในปัจจุบัน ดังสมการที่ (4-11) ดังนี้

$$P_\mathrm{Pr}e_{m,i} = \alpha_{m,i} \times GCM_\mathrm{Pr}e_{m,i} \qquad (4\text{-}11)$$

โดยที่

$P_\mathrm{Pr}e_{m,i}$ = ปริมาณฝนแบบจำลอง MRI GCM ที่ลำดับเปอร์เซ็นไทล์ของความน่าจะเป็นต่างๆที่ปรับแก้ข้อมูลแล้วในแต่ละเดือน

8. นำข้อมูลฝนในขั้นตอนที่ 4 และ 7 มาผนวกเข้าด้วยกันเป็นข้อมูลฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI ในช่วงปัจจุบัน ในปี ค.ศ. 1979 - 2006 ซึ่งจะเป็นฝนที่ปรับแก้ความเอนเอียงแล้ว

9. สำหรับการปรับแก้ข้อมูลฝนแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI ในช่วงอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015 - 2039) และอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075 - 2099) จะใช้วิธีการเดียวกับขั้นตอนที่ 4 และ 7 โดยถือว่าอัตราส่วนการปรับแก้ α_i และ $\alpha_{m,i}$ ในปัจจุบันมีค่าคงที่ ดังนั้นปริมาณฝนปรับแก้ในอนาคตจึงคำนวณได้ตามสมการที่ (4-12) ดังนี้

$$P_Fu_i = \alpha_i \times GCM_Fu_i \quad (4\text{-}12)$$

$$P_Fu_{m,i} = \alpha_{m,i} \times GCM_Fu_{m,i} \quad (4\text{-}13)$$

โดยที่

GCM_Fu_i = ปริมาณฝนสุดขีดจากแบบจำลอง MRI GCM ที่ลำดับเปอร์เซ็นไทล์ของความน่าจะเป็นต่างๆในอนาคต

$GCM_Fu_{m,i}$ = ปริมาณฝนสุดขีดจากแบบจำลอง MRI GCM ที่ลำดับเปอร์เซ็นไทล์ของความน่าจะเป็นต่างๆของแต่ละเดือนในอนาคต

P_Fu_i = ปริมาณฝนสุดขีดจากแบบจำลอง MRI GCM ที่ลำดับเปอร์เซ็นไทล์ของความน่าจะเป็นต่างๆที่ปรับแก้ข้อมูลแล้วในอนาคต

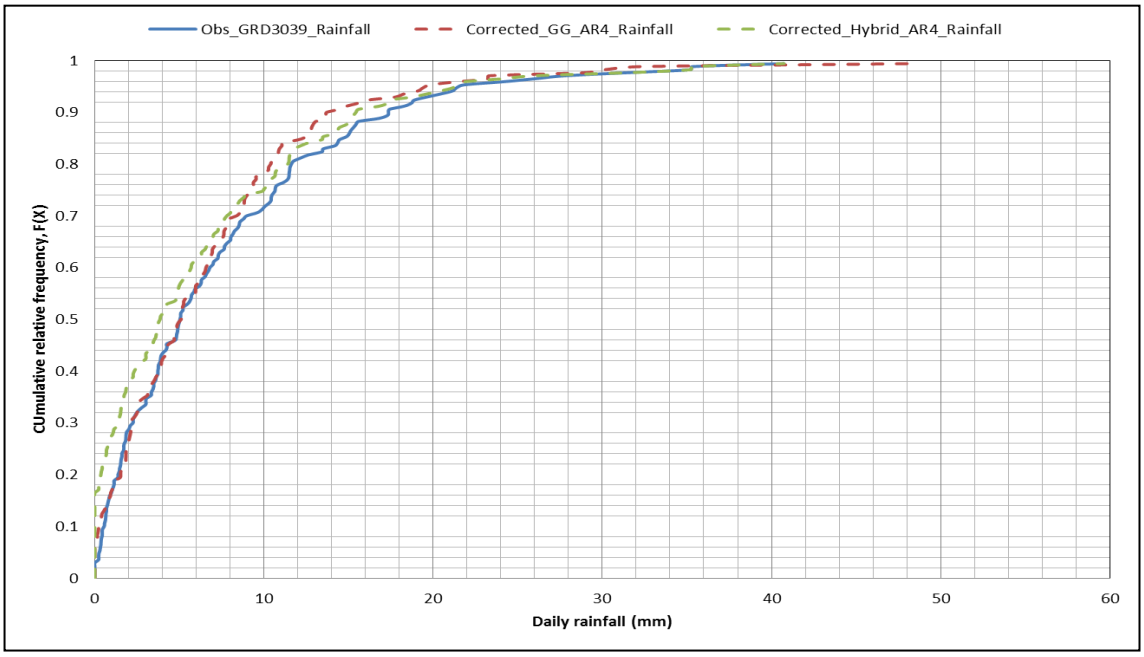
$P_Fu_{m,i}$ = ปริมาณฝนสุดขีดจากแบบจำลอง MRI GCM ที่ลำดับเปอร์เซ็นไทล์ของความน่าจะเป็นต่างๆของแต่ละเดือนที่ปรับแก้ข้อมูลแล้วในอนาคต

4.4 ผลการเปรียบเทียบการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติด้วยวิธี Hybrid กับวิธี Gamma - Gamma transformation

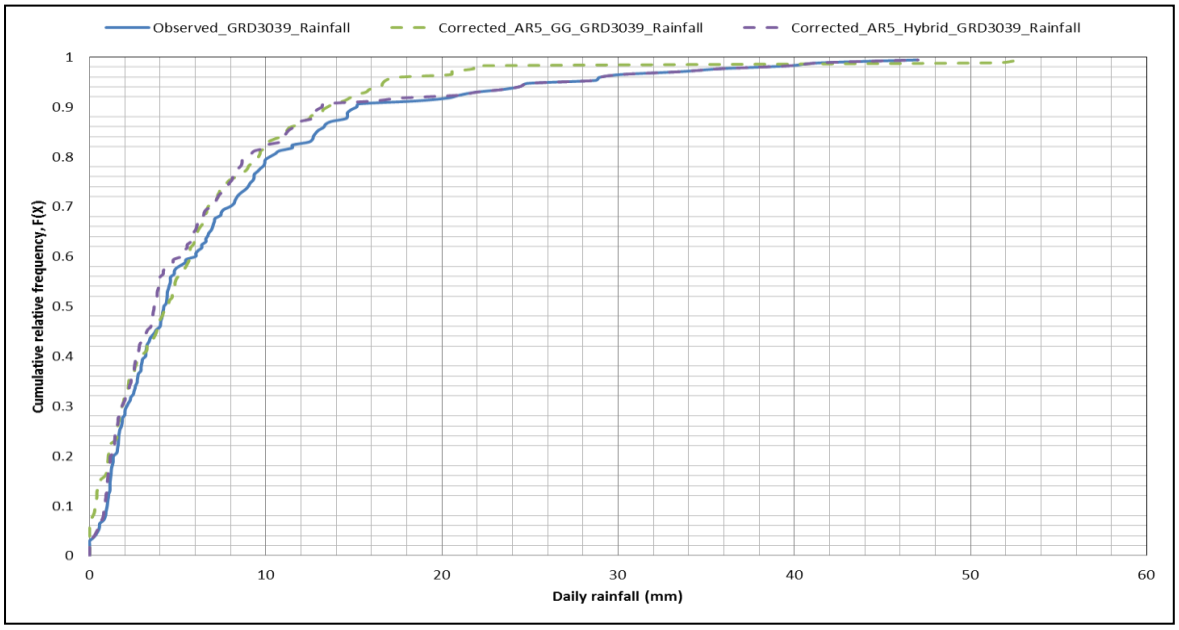
ในหัวข้อนี้จะทำการเปรียบเทียบผลการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติของข้อมูลฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI - AGCM 3.1S (AR4) และ MRI - AGCM 3.2S (AR5) ระหว่างวิธี Hybrid method กับวิธีการ Gamma - Gamma transformation ถึงความสามารถในการจำลองปริมาณฝนสุดขีด (extreme precipitation) ว่าสะท้อนลักษณะของข้อมูลฝนสังเกตการณ์ ระหว่างปี ค.ศ. 1979 - 2006 ได้มากน้อยเพียงใด โดยการเปรียบเทียบปริมาณฝนในช่วงสุดขีดด้วยฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นสะสม และค่าพารามิเตอร์หลักอื่นๆ ที่นำมาร่วมพิจารณาด้วย ได้แก่ ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน (แยกตามเดือน) ความถี่ของวันฝนตกในแต่ละเดือน และความเข้มของฝนรายเดือน ซึ่งเป็นตัวชี้วัดอย่างหนึ่งถึงประสิทธิภาพของการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติของปริมาณและการกระจายตัวของฝน โดยสรุปได้ดังต่อไปนี้

4.4.1 ผลการปรับแก้ความเอนเอียงของปริมาณฝนสุดขีด

เส้นโค้งความสัมพันธ์ของฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative Distribution Function: CDF) ดังแสดงในรูปที่ 4-3 และ 4-4 แสดงให้เห็นว่าทั้งการปรับแก้ความเอนเอียงด้วยวิธี Hybrid และ Gamma - Gamma transformation ต่างก็ให้ผลการกระจายตัวที่ค่อนข้างดี สามารถสะท้อนลักษณะของฝนสังเกตการณ์ได้ชัดเจน แต่ฝนที่ผ่านการปรับแก้ด้วยวิธี Hybrid จะให้ปริมาณฝนช่วงลำดับเปอร์เซ็นไทล์สูงๆ (มากกว่าร้อยละ 95) ได้ใกล้เคียงมากกว่าการปรับแก้ด้วยวิธีการแปลงแบบแกมมา



รูปที่ 4-3 การเปรียบเทียบ CDF ระหว่างฝนในปัจจุบันของแบบจำลอง AR4 ผ่านการปรับแก้ความเอนเอียงด้วยวิธี Hybrid และ Gamma - Gamma transformation



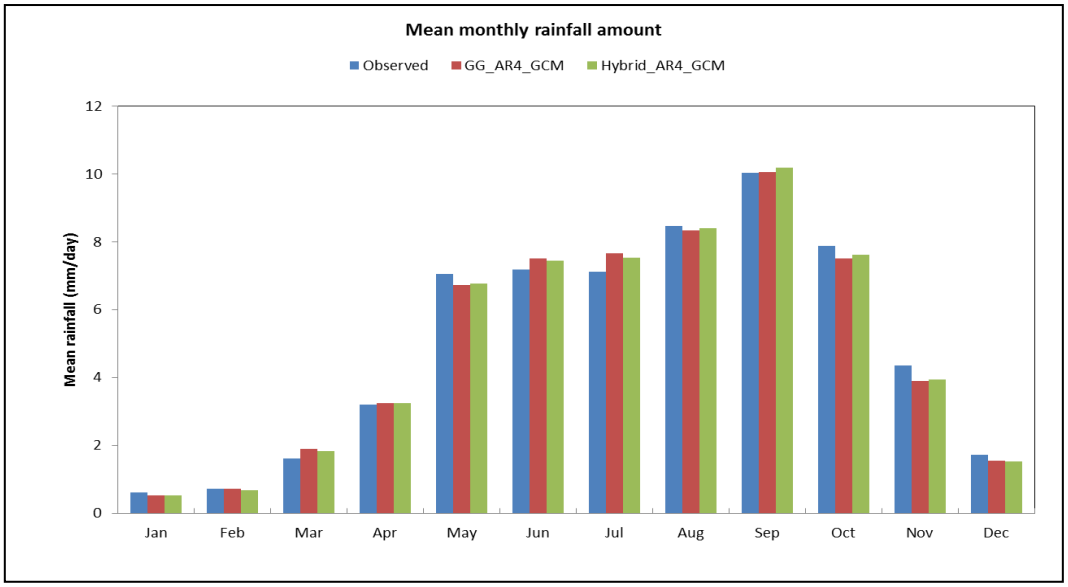
รูปที่ 4-4 การเปรียบเทียบ CDF ระหว่างฝนในปัจจุบันของแบบจำลอง AR5 ผ่านการปรับแก้ความเอนเอียงด้วยวิธี Hybrid และ Gamma - Gamma transformation

4.4.2 ผลการปรับแก้ความเอนเอียงของปริมาณฝนรายวัน

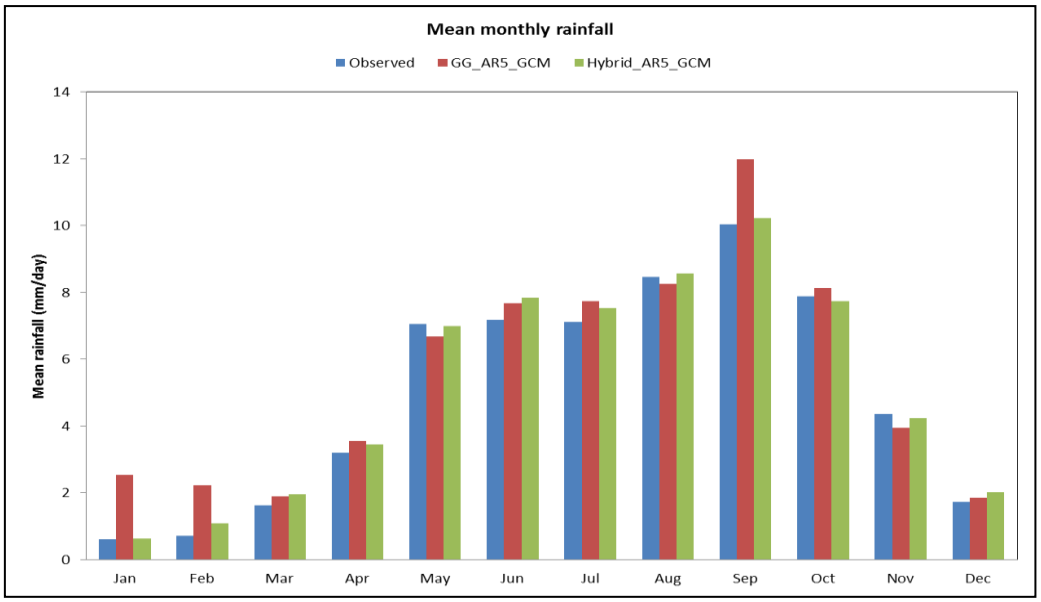
รูปที่ 4-5 แสดงกราฟแท่งของปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันเฉลี่ยระยะยาว (ค.ศ. 1979 - 2006) ระหว่างเดือนมกราคม - ธันวาคม เปรียบเทียบระหว่างฝนสังเกตการณ์ ฝนปรับแก้ด้วยวิธีการแปลงแบบแกมมา และฝนปรับแก้ด้วยวิธี hybrid จากการศึกษาเปรียบเทียบพบว่า ปริมาณฝนของแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI - AGCM 3.1S (AR4) จากวิธี hybrid จะให้ความแตกต่างของฝนรายวันเมื่อเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์น้อยกว่าวิธีแกมมา เมื่อพิจารณาในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน - ธันวาคม และมกราคม - เมษายน) พบว่าวิธี hybrid มีพิสัยความคลาดเคลื่อนระหว่างร้อยละ -4 ถึง -14 ส่วนวิธีแกมมามีความคลาดเคลื่อนระหว่างร้อยละ -5 ถึง -14 ในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม - ตุลาคม) พบว่าวิธี hybrid ให้ความคลาดเคลื่อนของฝนรายวันได้ใกล้เคียงกับวิธีแกมมา เมื่อเปรียบเทียบจากความพิสัยความคลาดเคลื่อน พบว่าวิธี Hybrid มีค่าระหว่างร้อยละ -5 ถึง 7 ส่วนวิธีแกมมา มีค่าระหว่างร้อยละ -1 ถึง 5 (ค่าความคลาดเคลื่อนติดลบ แสดงว่าปริมาณฝนจากข้อมูลสังเกตการณ์มีค่าน้อยกว่าปริมาณฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่ปรับแก้แล้ว)

รูปที่ 4-6 แสดงกราฟแท่งของปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันเฉลี่ยระยะยาว (ค.ศ. 1979 - 2006) ระหว่างเดือนมกราคม - ธันวาคม เปรียบเทียบระหว่างฝนสังเกตการณ์ ฝนปรับแก้ด้วยวิธีการแปลงแบบแกมมา และฝนปรับแก้ด้วยวิธี hybrid จากการศึกษาเปรียบเทียบพบว่า ปริมาณฝนของแบบจำลองภูมิอากาศ

โลก MRI - AGCM 3.1S (AR5) จากวิธี hybrid จะให้ความแตกต่างของฝนรายวันเมื่อเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์น้อยกว่าวิธีแกมมา เมื่อพิจารณาในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน - ธันวาคม และมกราคม - เมษายน) พบว่าวิธี hybrid มีพิสัยความคลาดเคลื่อนระหว่างร้อยละ -2 ถึง 52 ส่วนวิธีแกมมามีความคลาดเคลื่อนระหว่างร้อยละ -17 ถึง -317 ในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม - ตุลาคม) พบว่าวิธี hybrid ให้ความคลาดเคลื่อนของฝนรายวันได้ใกล้เคียงกับวิธีแกมมา เมื่อเปรียบเทียบจากความพิสัยความคลาดเคลื่อน พบว่าวิธี Hybrid มีค่าระหว่างร้อยละ -2 ถึง 7 ส่วนวิธีแกมมา มีค่าระหว่างร้อยละ -20 ถึง 5 เมื่อเทียบกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์



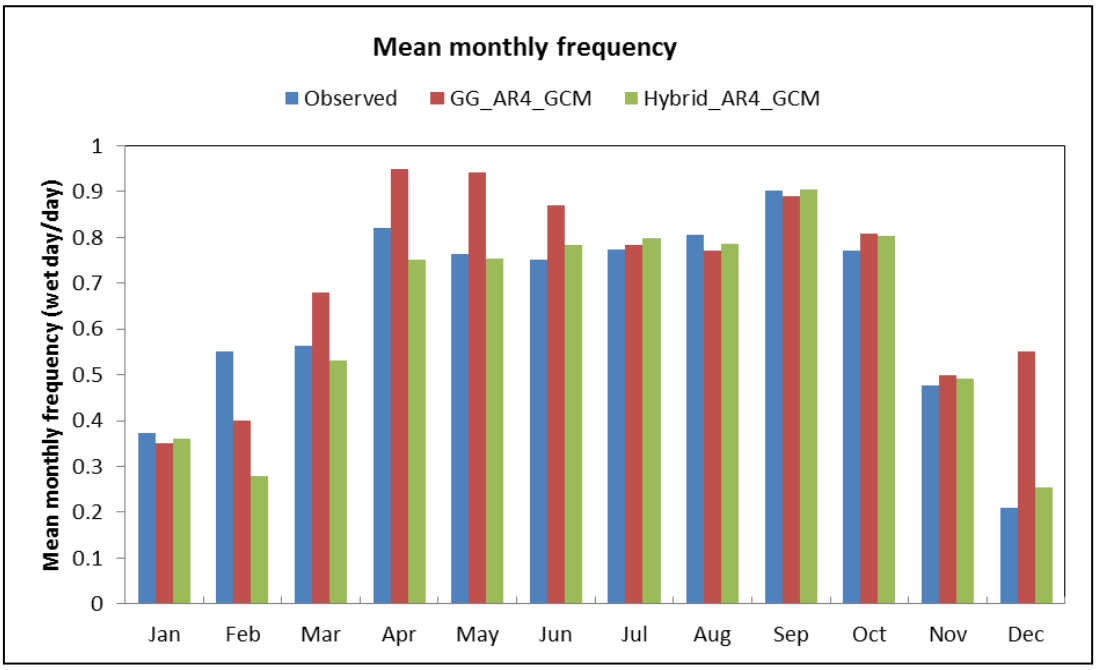
รูปที่ 4-5 การเปรียบเทียบปริมาณฝนในแต่ละเดือนของแบบจำลอง AR4 ผ่านการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติด้วยวิธี Hybrid และ Gamma - Gamma transformation



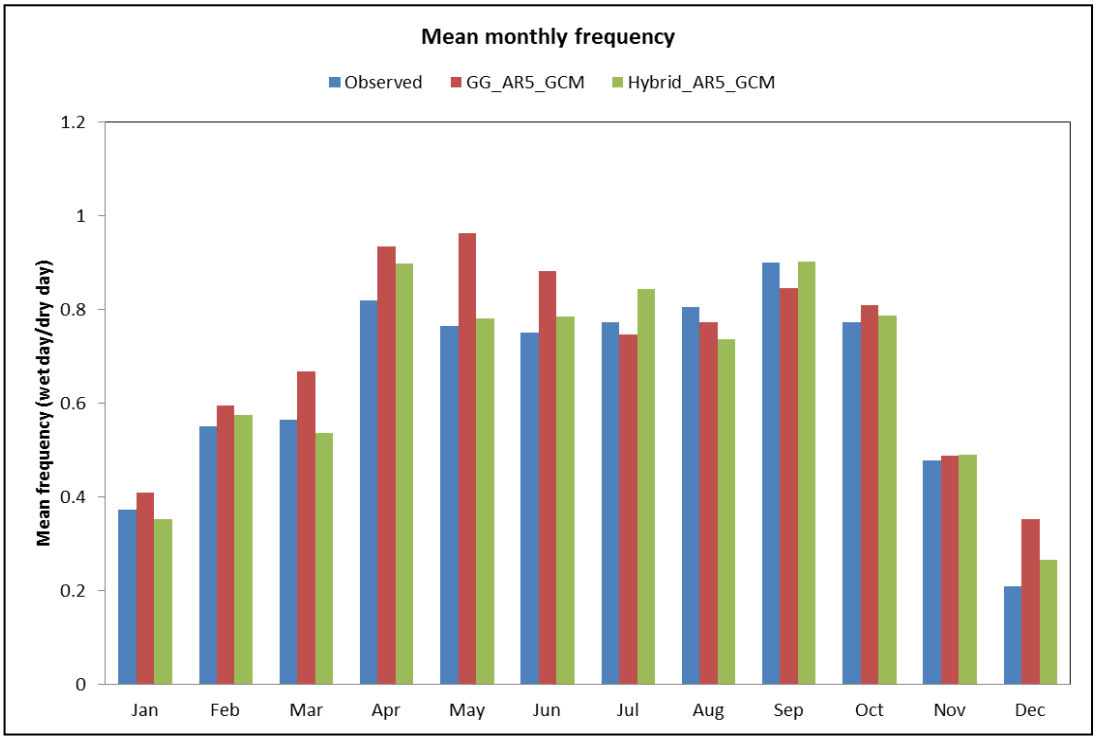
รูปที่ 4-6 การเปรียบเทียบปริมาณฝนในแต่ละเดือนของแบบจำลอง AR5 ผ่านการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติด้วยวิธี Hybrid และ Gamma - Gamma transformation

4.4.3 ผลการปรับแก้ความเอนเอียงของความถี่ฝนรายเดือน

รูปที่ 4-7 แสดงกราฟแท่งของความถี่ฝนรายเดือนเฉลี่ยระยะยาว (ค.ศ. 1979 - 2006) ระหว่างเดือนมกราคม - ธันวาคม เปรียบเทียบระหว่างฝนสังเกตการณ์ ฝนปรับแก้ด้วยวิธีการแปลงแบบแกมมา และฝนปรับแก้ด้วยวิธี hybrid จากการศึกษาเปรียบเทียบพบว่า ความถี่ฝนรายเดือนของแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI - AGCM 3.1S (AR4) จากวิธี hybrid จะให้ความแตกต่างโดยทั่วไปเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์น้อยกว่าวิธีแกมมา เมื่อพิจารณาในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน - ธันวาคม และมกราคม - เมษายน) พบว่าวิธีมีพิสัยความคลาดเคลื่อนระหว่างร้อยละ -98 ถึง 18 ส่วนวิธีแกมมามีความคลาดเคลื่อนระหว่างร้อยละ -37 ถึง -62 ในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม - ตุลาคม) พบว่าทั้งสองวิธีให้ค่าความคลาดเคลื่อนของฝน AR4 ที่ต่ำกว่าช่วงฤดูแล้งอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบจากความพิสัยความคลาดเคลื่อน พบว่าวิธี Hybrid มีค่าระหว่างร้อยละ -3 - 4 ส่วนวิธีแกมมา มีค่าระหว่างร้อยละ -5 ถึง 14



รูปที่ 4-7 การเปรียบเทียบความถี่ฝนในแต่ละเดือนของแบบจำลอง AR4 ผ่านการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติด้วยวิธี Hybrid และ Gamma - Gamma transformation



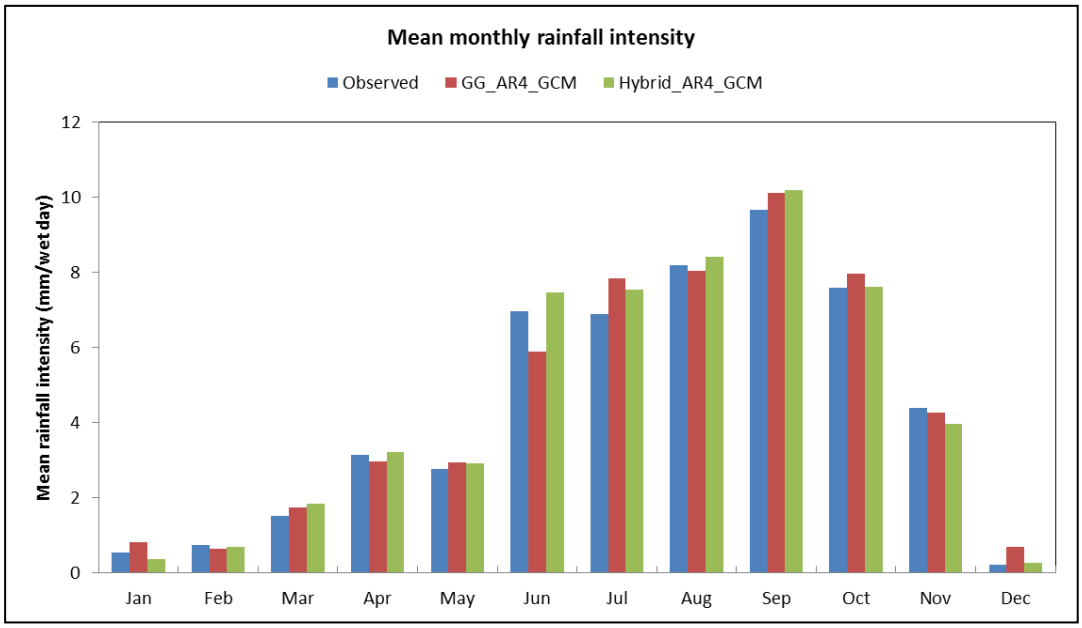
รูปที่ 4-8 การเปรียบเทียบความถี่ฝนในแต่ละเดือนของแบบจำลอง AR5 ผ่านการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติด้วยวิธี Hybrid และ Gamma - Gamma transformation

รูปที่ 4-8 แสดงกราฟแท่งของความถี่ฝนรายเดือนเฉลี่ยระยะยาว (ค.ศ. 1979 - 2006) ระหว่างเดือนมกราคม - ธันวาคม เปรียบเทียบระหว่างฝนสังเกตการณ์ ฝนปรับแก้ด้วยวิธีการแปลงแบบแกมมา และฝนปรับแก้ด้วยวิธี hybrid จากการศึกษาเปรียบเทียบพบว่า ความถี่ฝนรายเดือนของแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI - AGCM 3.2S (AR5) จากวิธี hybrid จะให้ความแตกต่างโดยทั่วไปเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์น้อยกว่าวิธีแกมมา เมื่อพิจารณาในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน - ธันวาคม และมกราคม - เมษายน) พบว่าวิธีมีพิสัยความคลาดเคลื่อนระหว่างร้อยละ 2 ถึง 19 ส่วนวิธีแกมมามีความคลาดเคลื่อนระหว่างร้อยละ -5 ถึง 21 ในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม - ตุลาคม) พบว่าทั้งสองวิธีให้ค่าความคลาดเคลื่อนของฝน AR5 ที่ต่ำกว่าช่วงฤดูแล้งอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบจากความพิสัยความคลาดเคลื่อน พบว่าวิธี Hybrid มีค่าระหว่างร้อยละ -10 ถึง 8 ส่วนวิธีแกมมา มีค่าระหว่างร้อยละ -7 ถึง 20

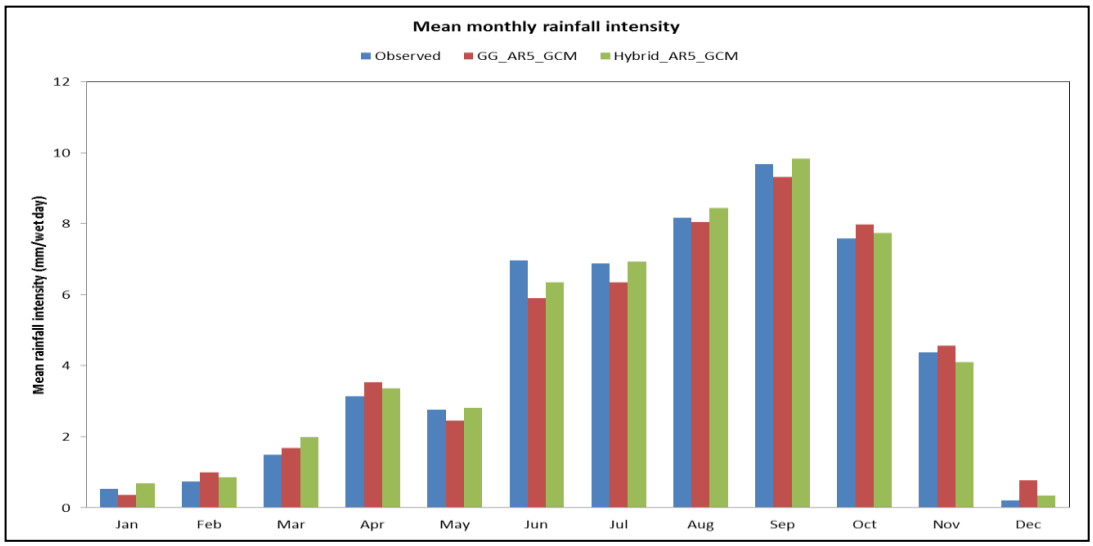
4.4.4 ผลการปรับแก้ความเอนเอียงของความเข้มฝนรายเดือน

การเปรียบเทียบความเข้มของฝน ซึ่งคำนวณได้จากปริมาณฝนเฉลี่ยต่อจำนวนวันฝนตก (mm/wet day) แสดงผลไว้ในรูปที่ 4-9 และ 4-10

รูปที่ 4-9 แสดงกราฟแท่งของความเข้มฝนรายเดือนเฉลี่ยระยะยาว (ค.ศ. 1979 - 2006) ระหว่างเดือนมกราคม - ธันวาคม เปรียบเทียบระหว่างฝนสังเกตการณ์ ฝนปรับแก้ด้วยวิธีการแปลงแบบแกมมา และฝนปรับแก้ด้วยวิธี hybrid จากการศึกษาเปรียบเทียบพบว่า ความเข้มฝนรายเดือนของแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI - AGCM 3.1S (AR4) จากวิธี hybrid จะให้ความแตกต่างโดยทั่วไปเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์น้อยกว่าวิธีแกมมา เมื่อพิจารณาในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน - ธันวาคม และมกราคม - เมษายน) พบว่าวิธีมีพิสัยความคลาดเคลื่อนระหว่างร้อยละ -45 - 19 ส่วนวิธีแกมมามีความคลาดเคลื่อนระหว่างร้อยละ -16 ถึง -69 ในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม - ตุลาคม) พบว่าทั้งสองวิธีให้ค่าความคลาดเคลื่อนของฝน AR4 ที่ต่ำกว่าช่วงฤดูแล้งอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบจากความพิสัยความคลาดเคลื่อน พบว่าวิธี Hybrid มีค่าระหว่างร้อยละ 0.3 - 9 ส่วนวิธีแกมมา มีค่าระหว่างร้อยละ -19 – 5



รูปที่ 4-9 การเปรียบเทียบความเข้มฝนในแต่ละเดือนของแบบจำลอง AR4 ผ่านการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติด้วยวิธี Hybrid และ Gamma - Gamma transformation



รูปที่ 4-10 การเปรียบเทียบความเข้มฝนในแต่ละเดือนของแบบจำลอง AR5 ผ่านการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติด้วยวิธี Hybrid และ Gamma - Gamma transformation

รูปที่ 4-10 แสดงกราฟแท่งของความเข้มฝนรายเดือนเฉลี่ยระยะยาว (ค.ศ. 1979 - 2006) ระหว่างเดือนมกราคม - ธันวาคม เปรียบเทียบระหว่างฝนสังเกตการณ์ ฝนปรับแก้ด้วยวิธีการแปลงแบบแกมมา และ

ฝนปรับแก้ด้วยวิธี hybrid จากการศึกษาเปรียบเทียบพบว่า ความถี่ฝนรายเดือนของแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI - AGCM 3.2S (AR5) จากวิธี hybrid จะให้ความแตกต่างโดยทั่วไปเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์น้อยกว่าวิธีแกมมา เมื่อพิจารณาในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน - ธันวาคม และมกราคม - เมษายน) พบว่าวิธีมีพิสัยความคลาดเคลื่อนระหว่างร้อยละ -11 ถึง 18 ส่วนวิธีแกมมามีความคลาดเคลื่อนระหว่างร้อยละ -23 ถึง 40 ในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม - ตุลาคม) พบว่าทั้งสองวิธีให้ค่าความคลาดเคลื่อนของฝน AR5 ที่ต่ำกว่าช่วงฤดูแล้งอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบจากความพิสัยความคลาดเคลื่อน พบว่าวิธี Hybrid มีค่าระหว่างร้อยละ -4 ถึง 6 ส่วนวิธีแกมมา มีค่าระหว่างร้อยละ -8 ถึง 32

บทที่ 5

การศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในมิติของพื้นที่และเวลา ระหว่างแบบจำลอง AR4 และ AR5

การศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในบทที่ 5 นี้เป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาวะความรุนแรงของฝนจากดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด โดยการวิเคราะห์แบ่งออกเป็นสองส่วนหลัก กล่าวคือ ส่วนที่หนึ่งเป็นการศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในช่วงเวลาปัจจุบัน (ค.ศ. 1979-2006) เพื่อทำการเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างแบบจำลอง MRI-AGCM 3.1S (AR4) และแบบจำลอง MRI-AGCM 3.2S (AR5) โดยทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในเชิงพื้นที่และเวลา และการแจกแจงความน่าจะเป็นของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด

การวิเคราะห์ส่วนที่สองเป็นการศึกษาสภาวะความรุนแรงของฝนที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงอนาคต ซึ่งแบ่งออกเป็น ช่วงอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และช่วงอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099) โดยทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในเชิงพื้นที่และเวลา และสรุปการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทย

5.1 ดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่ใช้ในการศึกษา

การประเมินแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศในประเทศไทย ได้ใช้ดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด (Extreme Precipitation Indices) จำนวน 8 ดัชนี ดังแสดงในตารางที่ 5-1 ซึ่งดัชนีทั้งหมดคำนวณจากข้อมูลอนุกรมรายวันของฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกของแต่ละกริด เพื่อแสดงถึงจำนวนเหตุการณ์ดังกล่าวในคาบเวลาหนึ่งปี (annual time scale) นอกจากนี้ยังได้คำนวณดัชนีดังกล่าวเพิ่มในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม – ตุลาคม) และฤดูแล้ง (พฤศจิกายน – ธันวาคม) เพื่อวิเคราะห์ลักษณะและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของทั้งสองดัชนีตามฤดูกาล

ตารางที่ 5-1 ดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่ใช้ในการศึกษา

ดัชนีฝน	คำนิยาม	หน่วย
CDD	Maximum number of consecutive dry days (Rday < 1 mm)	Days
CWD	Maximum number of consecutive wet days (Rday $\geq$ 1 mm)	Days
R10	Number of days with precipitation $\geq$ 1.0 mm	Days
R20	Number of days with precipitation $\geq$ 20 mm	Days
Rx1Day	Maximum 1-day rainfall amount	mm
Rx5Day	Maximum 5-day rainfall amount	mm
SDII	Simple daily intensity index	mm/day
R95T	Fraction of 95th percentile to annual precipitation	Percent

- จำนวนวันที่ฝนไม่ตกและจำนวนวันที่ฝนตกอย่างต่อเนื่อง (Consecutive dry and wet days: CDD and CWD)

จำนวนวันที่ฝนไม่ตกและจำนวนวันที่ฝนตกอย่างต่อเนื่อง เป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงระยะเวลาที่ยาวนานที่สุดที่ฝนไม่ตกและฝนตกอย่างต่อเนื่อง มักใช้ในการประเมินความแห้งแล้งและเปียกชุ่มที่เกิดขึ้นในรอบหนึ่งปี

- จำนวนวันที่ฝนตกหนักและหนักมาก (Number of heavy and very heavy rainfall days: R10 and R20)

เป็นดัชนีฝนซึ่งแสดงถึงระยะเวลาที่ฝนตกอย่างน้อย 10 มิลลิเมตร ขึ้นไปอย่างต่อเนื่อง และในกรณีของฝนที่ตกหนักมาก จะพิจารณาที่ปริมาณฝนอย่างน้อย 20 มิลลิเมตร ขึ้นไป ดัชนีฝนทั้งสองนี้จะใช้ในการประเมินสภาวะของความชุ่มชื้นและเป็นแหล่งข้อมูลในการช่วยประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นของการเกิดอุทกภัยได้

– ปริมาณฝนสะสมสูงสุด 1 วัน และ 5 วัน (Maximum 1-day and 5-days precipitation: Rx1Day and Rx5Day)

เป็นดัชนีปริมาณฝนสะสมสูงสุดซึ่งนิยมใช้ในงานด้านอุตุนิยมวิทยาเพื่อประเมินความรุนแรงของฝน มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

– ดัชนีความเข้มฝนรายวัน (Simple Daily Intensity Index: SDII)

ใช้วัดปริมาณความเข้มของฝน มีหน่วยคือ มิลลิเมตรต่อวันที่ฝนตกต่อปี (mm/wet days) ดัชนีนี้ใช้เป็นตัวชี้วัดความรุนแรงของปริมาณฝนที่เกิดขึ้นได้เช่นกัน

– สัดส่วนของปริมาณฝนที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 (R95T)

เป็นดัชนีฝนซึ่งคำนวณสัดส่วนของปริมาณฝนที่อยู่ในระดับมากกว่าร้อยละ 95 ของฝนรายวันทั้งหมดต่อปี เพื่อใช้ในการพิจารณาปริมาณความรุนแรงและความเข้มของฝน

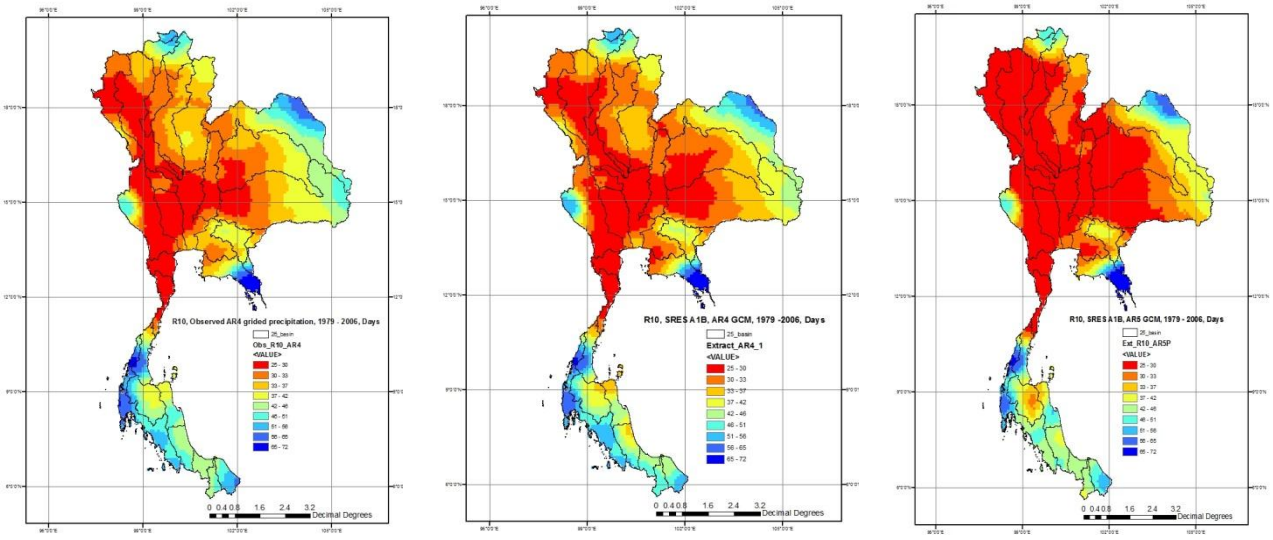
5.2 การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในช่วงเวลาปัจจุบัน: เปรียบเทียบระหว่าง AR4 และ AR5

ในการคำนวณดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด 8 ดัชนีจะใช้ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ MRI – AGCM 3.2S (AR5) ที่มีขนาดความละเอียดเชิงพื้นที่ 20x20 ตารางกิโลเมตรและข้อมูลฝนสังเกตการณ์ที่ทำการกระจายเชิงพื้นที่ในขนาดกริดเดียวกัน ซึ่งผลการคำนวณดังกล่าวจะสามารถให้แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงทั้งในเชิงพื้นที่ (Spatial scale) และ เชิงเวลา (temporal scale) และผลที่ได้จะถูกใช้สำหรับประเมินพื้นที่ลุ่มน้ำที่ใช้ในการศึกษาสภาวะน้ำท่วมในอนาคต

1) การวิเคราะห์ดัชนี R10 และ R20

ข้อมูลฝนรายปีเฉลี่ยสังเกตการณ์จะอาศัยข้อมูลฝนสังเกตการณ์รายวันจากสถานีอุทกวิทยาของกรมชลประทานและกรมอุตุนิยมวิทยามากระจายเข้ากริดขนาด 20 km ด้วยเทคนิค Inverse Distance Weighted (IDW) ในขณะเดียวกันข้อมูลแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI – AGCM 3.1S และ MRI – AGCM 3.2S จะ

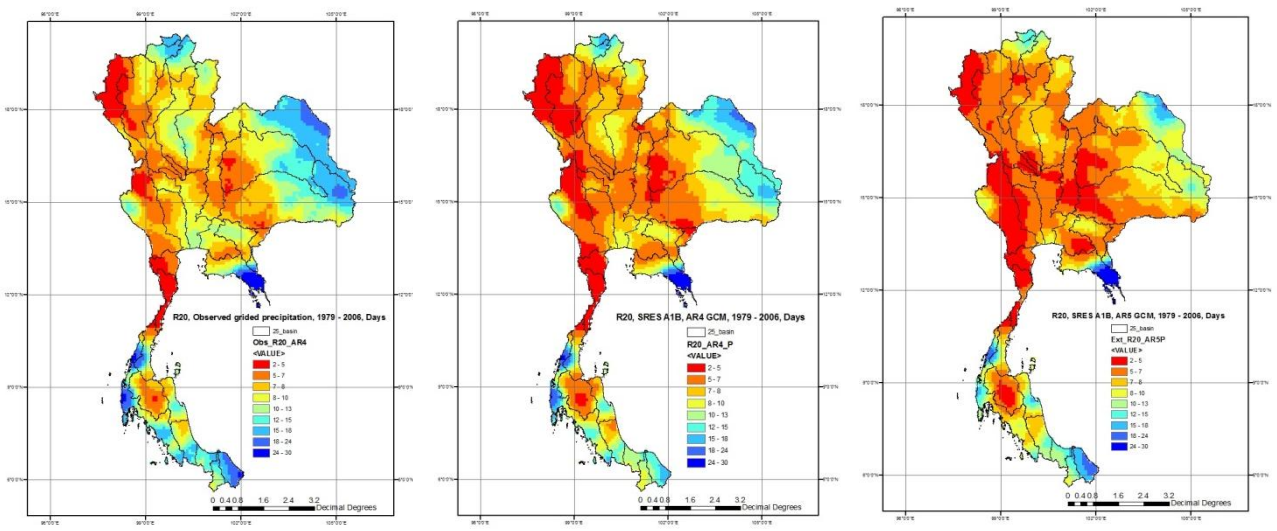
เป็นข้อมูลความละเอียดเชิงพื้นที่ขนาด 20 กิโลเมตร (0.18 องศา) มาวิเคราะห์ดัชนีฝนทั้งสองนี้ ซึ่งผลของการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 5 – 1



a) b) c)

รูปที่ 5–1 การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน R10 (Number of heavy rainfall days) เปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S

จากการศึกษาในช่วงเวลาปัจจุบัน (ค.ศ. 1979 – 2006) ดัชนีฝนสุดขีด R10 ที่ได้จากฝนสังเกตการณ์ที่ปรับแก้ความเอนเอียงของข้อมูล และแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ 3.2S (AR5) เรียบร้อยแล้ว พบว่าทั้งสามส่วนนี้ต่างให้ค่าของดัชนีที่อยู่ในช่วงเดียวกัน แต่การกระจายตัวจะต่างกันไปบ้าง กล่าวคือ ค่าของ R10 จากแบบจำลอง AR5 จะให้ค่าของ R10 ช่วง 25 – 30 วัน เป็นอาณาบริเวณที่กว้างขวางกว่าค่อนข้างชัดเจนในทุกพื้นที่ลุ่มน้ำภาคกลางตอนบนของประเทศไทย รวมถึงลุ่มน้ำเจ้าพระยา - ท่าจีนตอนล่าง ลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำป่าสัก ยกเว้นในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน จะมีค่า R10 อยู่ที่ 30 – 33 วัน

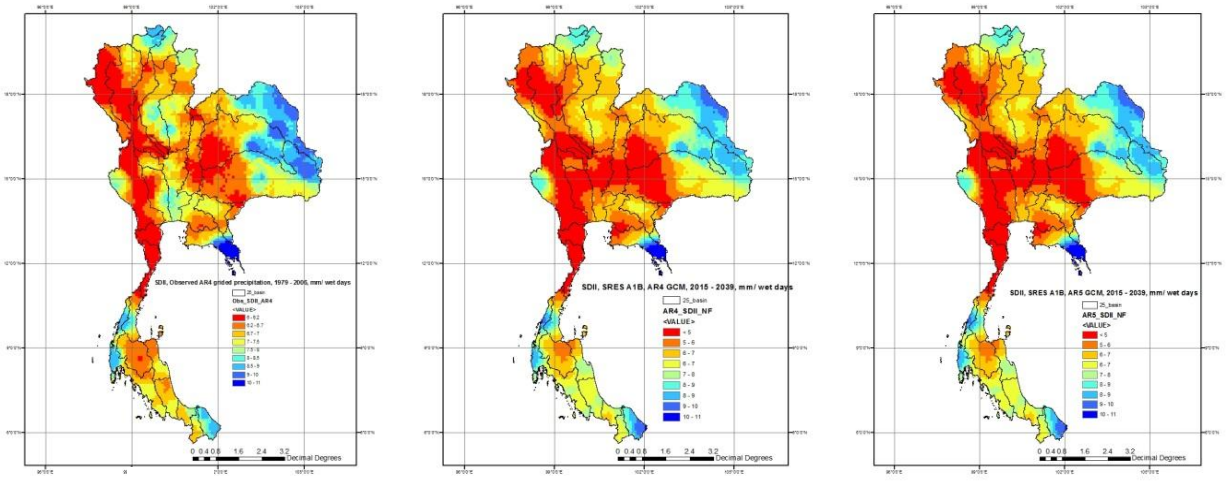


a) b) c)

รูปที่ 5-2 การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน R20 (Number of heavy rainfall days) เปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S

จากการศึกษาในช่วงเวลาปัจจุบัน (ค.ศ. 1979 – 2006) ดัชนีฝนสุดขีด R20 ที่ได้จากฝนสังเกตการณ์และแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ 3.2S (AR5) ที่ปรับแก้ความเอนเอียงของข้อมูล เรียบร้อยแล้ว พบว่าทั้งสามส่วนนี้ต่างให้ค่าของดัชนีที่อยู่ในช่วงเดียวกัน แต่มีลักษณะการกระจายตัวของแบบจำลองแตกต่างออกไป กล่าวคือค่าของ R20 จากแบบจำลอง AR4 และ AR5 จะให้ค่าของ R20 ต่ำกว่าข้อมูลสังเกตการณ์อย่างชัดเจนในเขตพื้นที่ภาคกลางตอนบนของประเทศไทย กล่าวคือ มีค่า R20 โดยเฉลี่ย อยู่ที่ 2 – 8 วัน ในลุ่มน้ำสาละวิน ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบนและตอนล่างทั้งหมด ตอนล่างของลุ่มน้ำโขงตอนบน พื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำโขง ชี – มูล ลงใต้เรื่อยไปจนถึงลุ่มน้ำเพชรบุรี ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์ และลุ่มน้ำตาปี ขณะที่พื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งตะวันตก และลุ่มน้ำชายฝั่งตะวันออก จะอยู่ที่ 24 – 30 วัน

2) การวิเคราะห์ดัชนี SDII

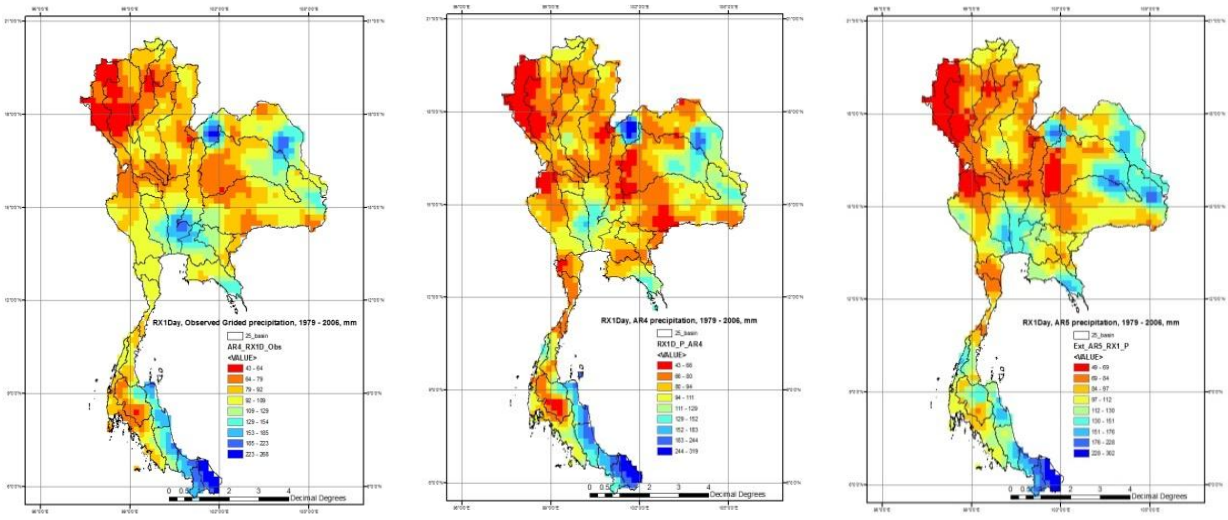


a) b) c)

รูปที่ 5–3 การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน SDII (Simple Daily Intensity Index) เปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S

จากการศึกษาในช่วงเวลาปัจจุบัน (ค.ศ. 1979 – 2006) ดัชนีฝนสุดขีด SDII ที่ได้จากฝนสังเกตการณ์และแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ 3.2S (AR5) ที่ปรับแก้ความเอนเอียงของข้อมูลเรียบร้อยแล้ว พบว่ามีลักษณะการกระจายตัวเชิงพื้นที่ซึ่งใกล้เคียงกันค่อนข้างมาก และค่าเฉลี่ยของขนาดความเข้มเฉลี่ยเชิงพื้นที่อย่างใกล้เคียงกัน ระหว่าง 6 – 11 มิลลิเมตรต่อวันฝนตก โดยในกรณีของฝนสังเกตการณ์จะมีค่าระหว่าง 6 – 7 มิลลิเมตรต่อวันฝนตกในลุ่มน้ำฝั่งตะวันตก เช่น แม่กลอง สาละวิน ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน เช่น ลุ่มน้ำปิง และ ลุ่มน้ำวัง และมีค่าระหว่าง 7 – 8.5 มิลลิเมตรต่อวันฝนตก และมีความเข้มสูงสุดที่ 11 มิลลิเมตรต่อวันฝนตก 8 – 10 มิลลิเมตรต่อวันฝนตก ในบริเวณลุ่มน้ำโขงแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ลุ่มน้ำชายฝั่งภาคตะวันออก และลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ส่วนกรณีฝนจากแบบจำลอง AR4 และ AR5 จะให้ค่าใกล้เคียงกับฝนสังเกตการณ์ แต่ค่าความเข้มจะมากกว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนล่าง

3) การวิเคราะห์ดัชนี RX1Day และ RX5Day



a) b) c)

รูปที่ 5–4 การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน RX1Day (Max 1-Day rainfall) เปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S

จากการศึกษาเปรียบเทียบดัชนี RX1Day ในช่วงปัจจุบัน พบว่าข้อมูลฝนสังเกตการณ์ระหว่างปี ค.ศ. 1979 – 2006 จะให้ค่า RX1Day ต่ำที่สุด ระหว่าง 43 – 64 มิลลิเมตร ในพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำสาละวิน และตอนกลางของลุ่มน้ำปิง ขณะที่ตอนกลางของลุ่มน้ำยมและน่านจะมีค่าประมาณ 79 – 109 มิลลิเมตร และเพิ่มขึ้นเป็น 129 – 223 มิลลิเมตรในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือและลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง พื้นที่ซึ่งมีปริมาณฝนสะสมหนึ่งวันมากที่สุดคือบริเวณลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ซึ่งจะมีปริมาณฝนสะสมหนึ่งวันอยู่ที่ 223 – 268 มิลลิเมตร ขณะที่แบบจำลอง AR4 และ AR5 จะให้ค่าของ RX1Day ใกล้เคียงกับข้อมูลสังเกตการณ์เป็นอย่างมาก แต่การกระจายตัวเชิงพื้นที่จะแตกต่างอยู่เล็กน้อย และปริมาณฝนสะสมสูงสุดรายวันจะสูงกว่าข้อมูลฝนสังเกตการณ์

จากการศึกษาเปรียบเทียบดัชนี RX5Day ในช่วงปัจจุบัน พบว่าข้อมูลฝนสังเกตการณ์ระหว่างปี ค.ศ. 1979 – 2006 จะให้ค่า RX5Day ต่ำที่สุด ระหว่าง 88 – 139 มิลลิเมตร ในพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำสาละวิน ลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำวัง ตอนเหนือและใต้ของลุ่มน้ำยม ลุ่มน้ำน่าน และลุ่มน้ำแม่กลอง ในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาล่าง ลุ่มน้ำท่าจีน ลุ่มน้ำบางปะกง ลุ่มน้ำปราจีนบุรี ส่วนใหญ่จะมีค่าฝนสะสมสูงสุด 5 วัน อยู่ระหว่าง 175 – 211 มิลลิเมตร ขณะที่ตอนกลางลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง และลุ่มน้ำชายฝั่งภาคตะวันออก จะมีหย่อมพื้นที่

ฝนตกสะสมห้าวันสูงกว่าบริเวณอื่นๆ อยู่ประมาณ 256 – 376 มิลลิเมตร และปริมาณฝนสะสมสูงสุด 5 วัน ระหว่าง 463 – 595 มิลลิเมตร เกิดขึ้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

ในกรณีของแบบจำลอง AR4 จะให้ลักษณะของการกระจายตัวที่ค่อนข้างแตกต่างออกไป โดยพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนส่วนใหญ่ เช่น ลุ่มน้ำยม ลุ่มน้ำน่าน ลุ่มน้ำสาละวิน รวมถึง ลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำสะแกกรัง ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ลุ่มน้ำท่าจีน ลุ่มน้ำป่าสัก ลุ่มน้ำบางปะกง ลุ่มน้ำปราจีนบุรี และพื้นที่ทางตะวันตกของลุ่มน้ำชี และลุ่มน้ำมูล จะมีปริมาณฝนสะสมที่คาดการณ์ไว้จากแบบจำลอง AR4 ระหว่าง 105 – 135 มิลลิเมตร ขณะที่พื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำเจ้าพระยา และทางตะวันออกของลุ่มน้ำชี จะมีค่าปริมาณฝนสะสมมากกว่าที่ 245 – 279 มิลลิเมตร ปริมาณฝนห้าวันสูงสุดจะมากที่สุดในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ซึ่งมีค่าประมาณ 380 – 439 มิลลิเมตร

ส่วนแบบจำลอง AR5 จะให้ค่าการกระจายตัวที่ใกล้เคียงกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์ค่อนข้างมาก และมีปริมาณใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ดี ค่า RX5Day สูงสุดจะต่ำกว่าค่าสังเกตการณ์เล็กน้อยที่ 428 – 531 มิลลิเมตร

4) การวิเคราะห์ดัชนี CDD และ CWD

ดัชนี CDD (Maximum Consecutive Dry Days) และ CWD (Maximum Consecutive Wet Days) เป็นดัชนีซึ่งมีความสำคัญและมีการนำไปใช้เป็นข้อมูลซึ่งนักอุตุและอุทกวิทยาต่างใช้เป็นดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งและความชุ่มชื้นอยู่เสมอๆ

จากการศึกษาเปรียบเทียบผลจากข้อมูลสังเกตการณ์ แบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ MRI – AGCM 3.2S พบว่าในกรณีของข้อมูลฝนสังเกตการณ์ จำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุด (CDD) จะอยู่ระหว่าง 60 – 65 วัน ในพื้นที่ลุ่มน้ำในภาคเหนือของประเทศไทย ได้แก่ ลุ่มน้ำสาละวิน ลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำวัง ยม และตอนเหนือจรดกลางของลุ่มน้ำน่าน ลุ่มน้ำโขงและบางส่วนของลุ่มน้ำชีและมูล รวมถึงลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างและท่าจีน รองลงมาคือ 50 - 55 วัน ซึ่งจะกระจัดกระจายไปในพื้นที่ลุ่มน้ำดังกล่าว เช่น ตอนกลางของลุ่มน้ำน่าน โขง ชี และมูล เป็นต้น ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำปางปะกง ปราจีนบุรี และลุ่มน้ำฝั่งตะวันออก จะมีวันฝนทิ้งช่วงลดลงอยู่ที่ 35 – 45 วัน พื้นที่ลุ่มน้ำในเขตภาคใต้จะมีวันฝนทิ้งช่วงน้อยที่สุด ระหว่าง 25 – 30 วัน

ในกรณีของแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI – AGCM 3.1S (AR4) พบว่าจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดโดยรวมทั้งประเทศจะน้อยกว่าข้อมูลสังเกตการณ์อย่างชัดเจน โดยลุ่มน้ำภาคเหนือที่มีวันฝนทิ้งช่วงมาก

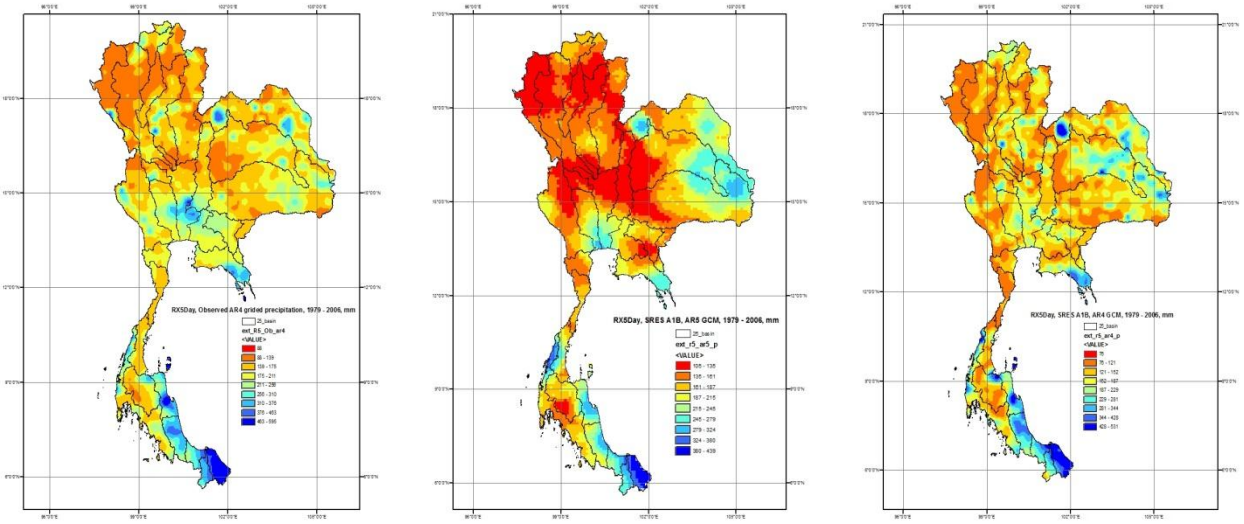
ที่สุดคือลุ่มน้ำสาละวิน ระหว่าง 50 – 60 วัน ในพื้นที่ลุ่มน้ำกกและลุ่มน้ำโขงมีวันฝนทิ้งช่วงน้อยลงเป็น 30 – 35 วัน ในขณะที่ภาคใต้ตั้งแต่ลุ่มน้ำประจวบคีรีขันธ์ลงไป จำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดจะลดลงอยู่ที่ 20 – 25 วัน

ทำนองเดียวกันกับแบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S จะมีการกระจายตัวเชิงพื้นที่เช่นเดียวกับแบบจำลอง AR4 แต่จำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดระหว่าง 60 – 65 วัน จะเกิดขึ้นกระจัดกระจายทั่วไปในลุ่มน้ำสาละวิน ลุ่มน้ำปิง ตอนล่างของลุ่มน้ำยม ลุ่มน้ำโขง ชี และมูล และลุ่มน้ำเจ้าพระยาล่าง และท่าจีน

สำหรับการศึกษาเปรียบเทียบดัชนี CWD (Maximum Consecutive Wet Days) พบว่าพื้นที่ซึ่งมีจำนวนวันชุ่มชื้นติดต่อกันน้อยที่สุด (15 – 30 วัน) คือ ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ลุ่มน้ำท่าจีน และพื้นที่บางส่วนของลุ่มน้ำชีและมูล ในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน ได้แก่ ลุ่มน้ำปิง วัง ยม และน่าน รวมถึงพื้นที่รอบๆลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง รวมถึง ลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ค่า CWD จะเพิ่มขึ้นเป็น 30 – 60 วัน โดยพื้นที่ซึ่งมีจำนวนวันชุ่มชื้นติดต่อกันมากที่สุด จะอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาละวิน ลุ่มน้ำแม่กลอง และกลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้ เช่น ลุ่มน้ำประจวบคีรีขันธ์ ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก ลุ่มน้ำตาปี ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก และลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ค่า CWD จะอยู่ที่ 100 – 110 วัน

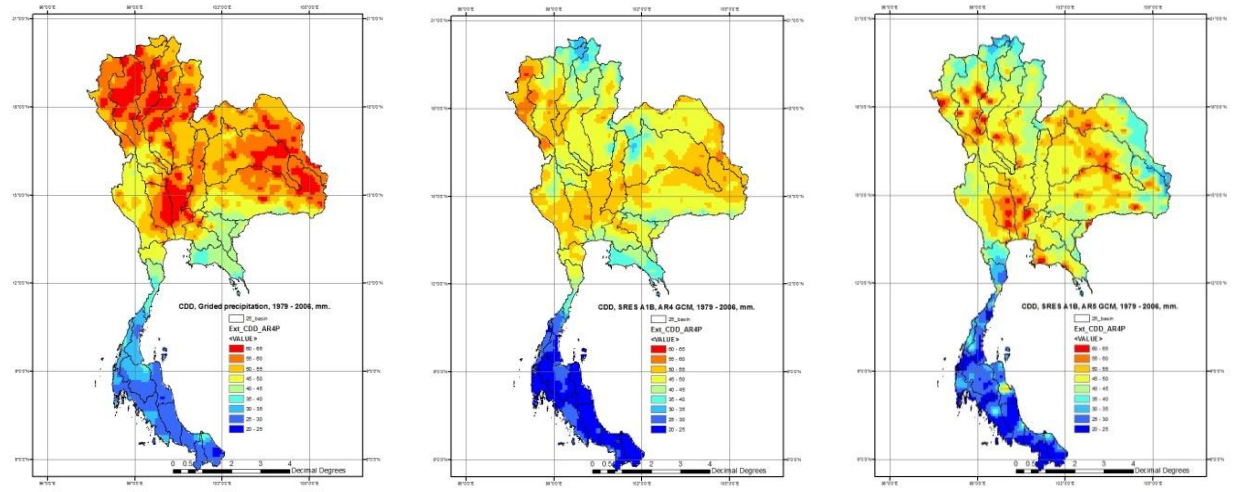
ในกรณีของฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S ผลที่ได้ในกรณีของจำนวนวันชุ่มชื้นต่อเนื่องจะน้อยกว่ากรณีฝนสังเกตการณ์กล่าวคือ ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบนและตอนล่าง รวมถึงลุ่มน้ำชีและมูลตอนบน ค่า CWD จะอยู่ที่ 20 – 30 วัน ลุ่มน้ำเพชรบุรี ลุ่มน้ำฝั่งทะเลภาคตะวันออกจะมีค่า CWD อยู่ที่ 35 – 40 วัน และจะสูงที่สุดบริเวณลุ่มน้ำสาละวิน ตอนบนของลุ่มน้ำแม่กลอง รวมถึงกลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคใต้ ได้แก่ ลุ่มน้ำประจวบคีรีขันธ์ ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา (60 – 65 วัน)

ในกรณีของแบบจำลอง AR5 ค่า CWD โดยรวมจะสูงกว่าแบบจำลอง AR4 ในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน และลุ่มน้ำสะแกกรัง (40 – 60 วัน) ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำสาละวิน ลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำชายฝั่งภาคตะวันออก และลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก จะมีค่า CWD สูงที่สุด (90 – 110 วัน) และเป็นที่น่าสังเกตว่าค่า CWD ของลุ่มน้ำภาคตะวันออกจะสูงกว่าฝนสังเกตการณ์และแบบจำลอง AR4 อย่างมีนัยสำคัญ



a) b) c)

รูปที่ 5–5 การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน RX5Day (Max 5-Day rainfall) เปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S



a) b) c)

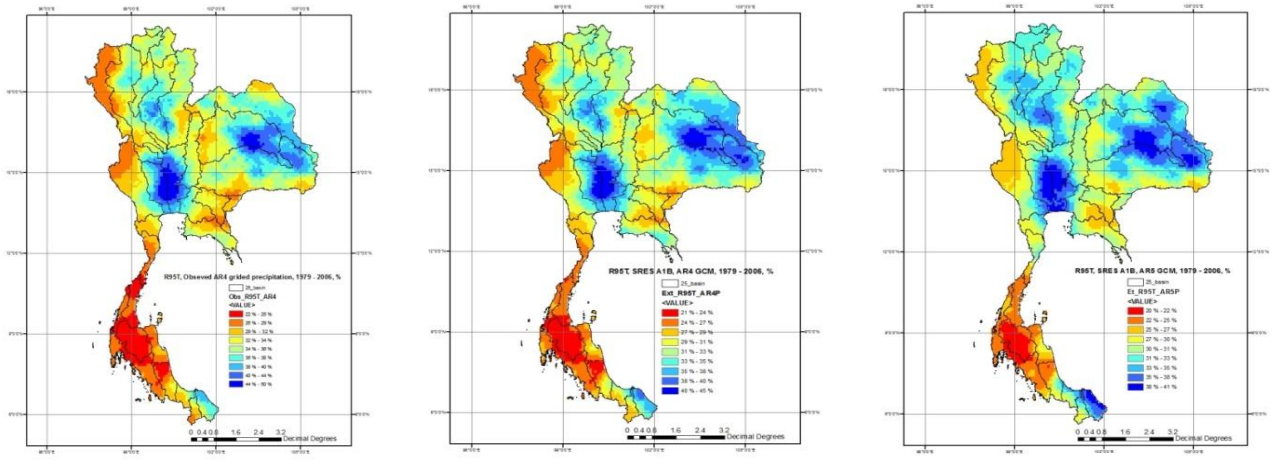
รูปที่ 5–6 การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน CDD (Consecutive Dry Days) เปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S

5) การวิเคราะห์ดัชนี R95T

ดัชนี R95T (fraction of annual total rainfall when rainfall > 95th percentile) เป็นดัชนีที่คำนวณสัดส่วนของปริมาณฝนตกหนักเกินกว่าร้อยละ 95 ของฝนรายวันในรอบหนึ่งปี ซึ่งสามารถใช้ชี้วัดถึงความรุนแรงของฝนได้ค่อนข้างดี อีกทั้งยังสามารถช่วยจำแนกบริเวณพื้นที่ต่างๆได้ถึงลักษณะของฝนในพื้นที่ รวมถึงโอกาสเกิดฝนแล้ง แต่ต้องพิจารณาร่วมกับดัชนีฝนสุดขีดอื่นๆด้วยเช่นกัน

ในการเปรียบเทียบฝนสังเกตการณ์และฝนจากแบบจำลอง AR4 และ AR5 พบว่ากรณีฝนสังเกตการณ์ พื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำในภาคเหนือ ภาคกลาง มีค่า R95T อยู่ที่ร้อยละ 29 – 34 และร้อยละ 29 – 32 ในลุ่มน้ำสาละวินและแม่กลอง บริเวณลุ่มน้ำยมตอนล่าง ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างและท่าจีน และทางตะวันออกของลุ่มน้ำชี ค่า R95T จะอยู่ระหว่างร้อยละ 44 – 50 ค่า R95T จะลดลงมาอยู่ที่ร้อยละ 22 – 26 ในพื้นที่ลุ่มน้ำประจวบคีรีขันธ์จรดลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา และบางส่วนของลุ่มน้ำปัตตานี

ในกรณีของแบบจำลอง AR4 พบว่าการกระจายตัวของดัชนี R95T มีความใกล้เคียงกับข้อมูลสังเกตการณ์เป็นอย่างมาก แต่ค่า R95T โดยรวมจะต่ำกว่าเล็กน้อยในบริเวณลุ่มน้ำยมตอนล่าง ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างและท่าจีน (ร้อยละ 40 – 45) ส่วนใน AR5 ค่าจะต่ำลงมาอีกระหว่างร้อยละ 38 – 41 ในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนล่าง ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างและท่าจีน รวมถึงลุ่มน้ำชีและมูลบน



a) b) c)

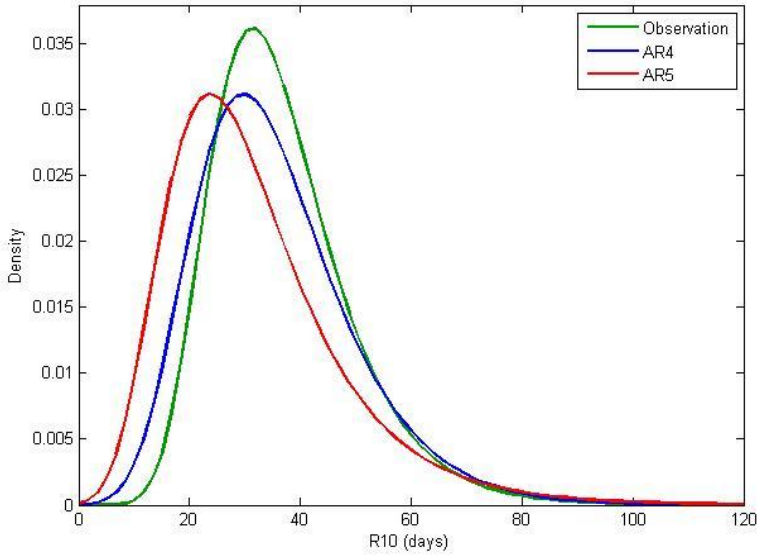
รูปที่ 5–7 การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน R95T เปรียบเทียบระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S

5.3 การกระจายความน่าจะเป็นของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในช่วงเวลาปัจจุบัน: เปรียบเทียบระหว่าง AR4 และ AR5

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการเปรียบเทียบการกระจายความน่าจะเป็นในรูปของ Probability Density Function (PDF) ของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในช่วงเวลาปัจจุบัน (ค.ศ. 1979 - 2006) ระหว่างฝนสังเกตการณ์และฝนจากแบบจำลอง AR4 และ AR5 หลังจากปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติด้วยวิธีการปรับแก้แบบไฮบริด

การสร้าง PDF ของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด ใช้การสร้าง histogram เพื่อแสดงการกระจายความถี่ของดัชนีที่ช่วงค่าต่างๆ จากนั้นเลือก Distribution function ที่สอดคล้องกับการกระจายของความถี่ของดัชนี ซึ่งพบว่า Generalized Extreme Values Distribution มีความสอดคล้องกับการกระจายความถี่ของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด จากการทดสอบทางสถิติด้วยวิธี Kolmogorov-Smirnov Test

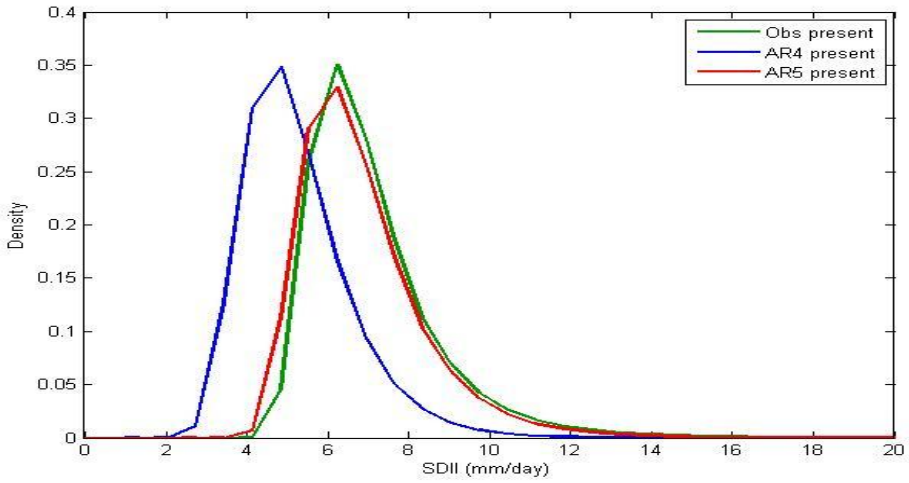
1) PDF ของดัชนีฝน R10



รูปที่ 5–8 เปรียบเทียบฟังก์ชัน PDF ของดัชนีฝน R10 ระหว่างฝนสังเกตการณ์ ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ MRI – AGCM 3.2S

จากรูปที่ 5-8 พบว่า ดัชนี R10 ที่ได้จาก AR 4 มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ใกล้เคียงกับค่าดัชนีที่ได้จากฝนสังเกตการณ์ โดยค่าเฉลี่ยของดัชนี R10 ในช่วงเวลาปัจจุบันอยู่ที่ 37 วัน สำหรับดัชนี R10 ที่ได้จาก AR5 จะมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าค่าจากข้อมูลสังเกตการณ์และมีค่าดัชนี R10 ที่เกินเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 50 น้อยกว่าดัชนี R10 จากฝนสังเกตการณ์

2) PDF ของดัชนี SDII

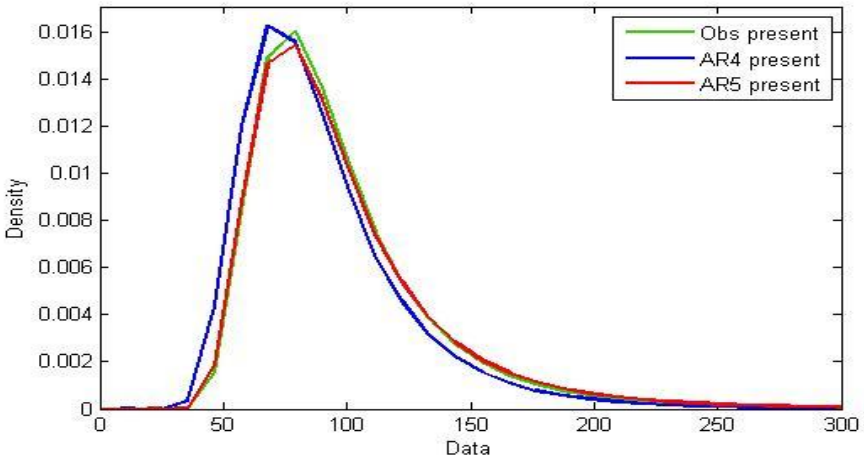


รูปที่ 5–9 เปรียบเทียบฟังก์ชัน PDF ของดัชนีฝน SDII ระหว่างฝนสังเกตการณ์ ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ MRI – AGCM 3.2S (AR5)

จากรูปที่ 5-9 พบว่า ค่าเฉลี่ยของดัชนี SDII มีค่า 7 mm/day โดยดัชนี SDII ที่ได้จาก AR5 มี PDF ที่สอดคล้องกับ PDF ของฝนสังเกตการณ์ดีกว่า PDF ของ AR 4 ดัชนี SDII ที่ได้จาก AR4 มีค่าน้อยกว่าฝนสังเกตการณ์

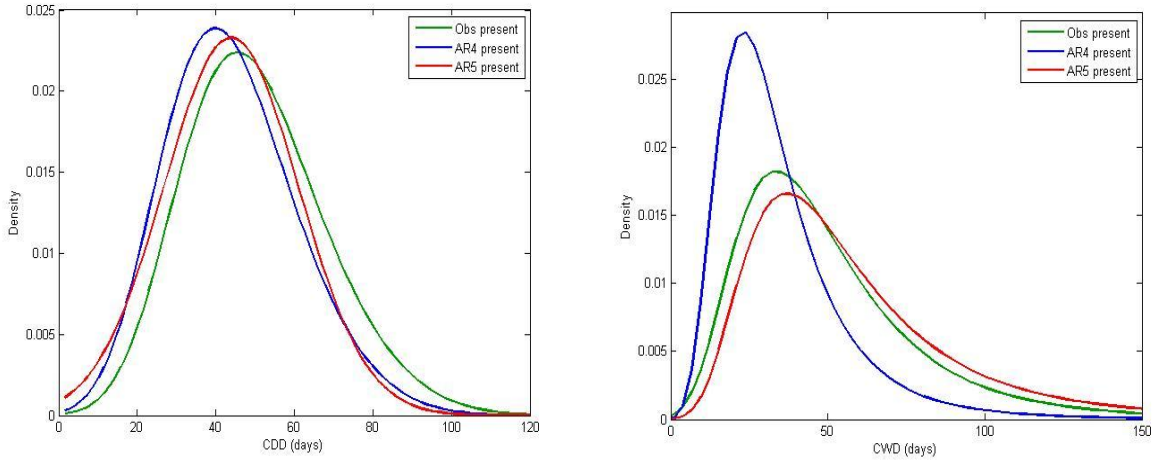
3) PDF ของดัชนี RX5Day

รูปที่ 5-10 แสดง PDF ของดัชนี RX5Day พบว่า ทั้ง AR4 และ AR5 มี PDF ของดัชนี RX5Day ที่สอดคล้องกับ PDF จากฝนสังเกตการณ์ โดยค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนสะสมสูงสุด 5 วันในช่วงเวลาปัจจุบันอยู่ที่ 98 mm



รูปที่ 5–10 เปรียบเทียบฟังก์ชัน PDF ของดัชนีฝน RX5D ระหว่างฝนสังเกตการณ์ ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ MRI – AGCM 3.2S

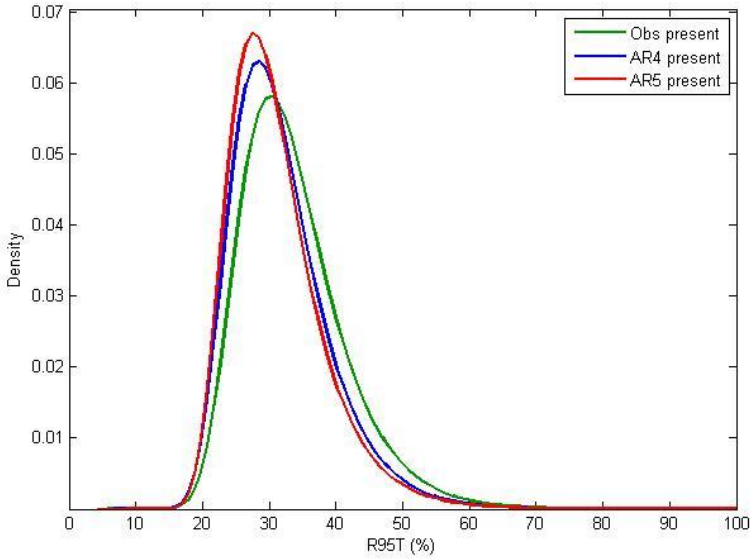
4) PDF ของดัชนี CDD และ CWD



รูปที่ 5–11 เปรียบเทียบฟังก์ชัน PDF ของดัชนีฝน CDD และ CWD ระหว่างฝนสังเกตการณ์ ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ MRI – AGCM 3.2S

จากรูปที่ 5-11 พบว่า AR4 และ AR5 มี PDF ของดัชนี CDD ที่สอดคล้องกับฝนสังเกตการณ์ ในขณะที่ PDF ของดัชนี CWD จาก AR4 และ AR5 มีความถี่ของค่าดัชนีในช่วงที่มากกว่า 50 วันสูงกว่าฝนสังเกตการณ์ ค่าเฉลี่ยของจำนวนวันฝนแล้งและจำนวนวันที่ฝนตกต่อเนื่องในช่วงปัจจุบันอยู่ที่ 50 วัน

5) PDF ของดัชนี R95T



รูปที่ 5–12 เปรียบเทียบฟังก์ชัน PDF ของดัชนีฝน R95T ระหว่างฝนสังเกตการณ์ ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ MRI – AGCM 3.2S

จากรูปที่ 5-12 PDF ของดัชนี R95T จาก AR5 มีความสอดคล้องกับฝนสังเกตการณ์ดีกว่า AR 4 ค่าเฉลี่ยของดัชนี R95T ในช่วงเวลาปัจจุบันอยู่ที่ 34 %

โดยสรุปการแจกแจงความน่าจะเป็นของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่ได้จาก AR5 มีความสอดคล้องกับฝนสังเกตการณ์ดีกว่า AR4 ของดัชนี SDII, RX5Day, CDD, และ R95T ในขณะที่มีเพียงดัชนี R10 และ RX5Day ที่มี PDF จาก AR4 ที่สอดคล้องกับฝนสังเกตการณ์

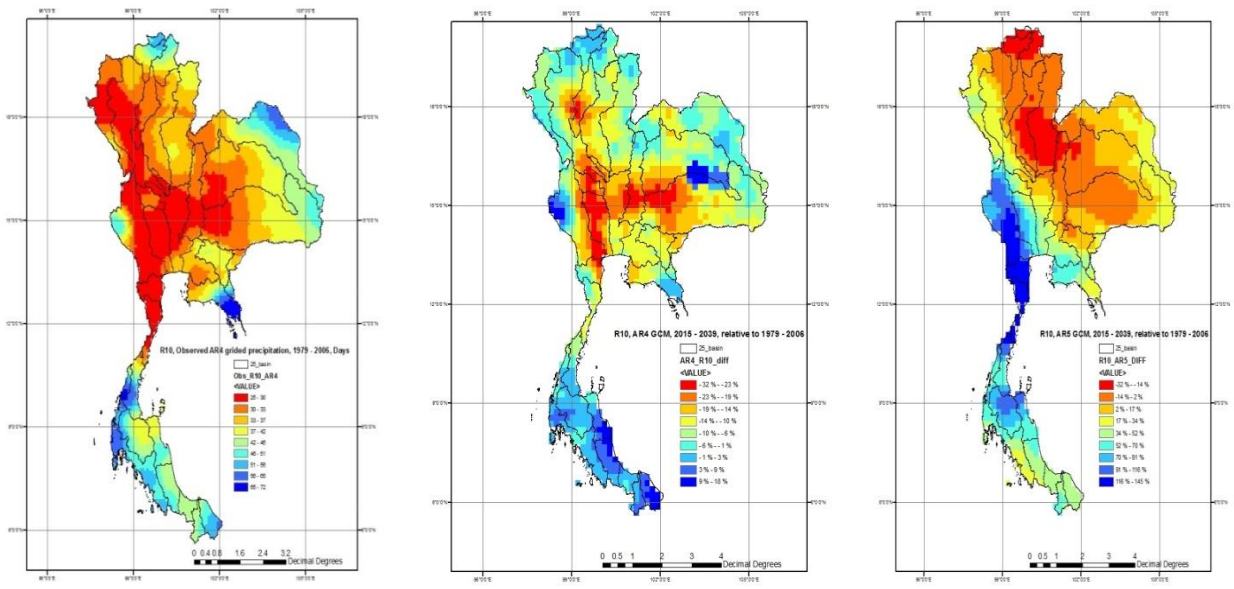
5.4 การเปลี่ยนแปลงของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในอนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกล

ในส่วนนี้ได้วิเคราะห์สถิติแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสภาวะความรุนแรงของลมฟ้าอากาศของประเทศไทย ซึ่งฐานข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ ข้อมูลฝนรายวัน (Daily rainfall) จากแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ MRI – AGCM 3.2S (AR5) ที่ความละเอียดเชิงพื้นที่ 20 x 20 km ภายใต้ช่วงเวลาอนาคตอันใกล้ (Near Future) ระหว่างปี ค.ศ. 2015 –

2039 โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาลักษณะและแนวโน้มความรุนแรงของฝนและวิเคราะห์พื้นที่ลุ่มน้ำวิกฤติของประเทศไทย

1) การวิเคราะห์ดัชนี R10 และ R20

ข้อมูลฝนรายปีเฉลี่ยสังเกตการณ์จะอาศัยข้อมูลฝนสังเกตการณ์รายวันจากสถานีอุทกวิทยาของกรมชลประทานและกรมอุตุนิยมวิทยามากระจายเข้ากริดขนาด 20 km ด้วยเทคนิค Inverse Distance Weighted (IDW) ในขณะเดียวกันข้อมูลแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI – AGCM 3.1S และ MRI – AGCM 3.2S จะเป็นข้อมูลความละเอียดเชิงพื้นที่ขนาด 20 กิโลเมตร (0.18 องศา) มาวิเคราะห์ดัชนีฝนทั้งสองนี้ ซึ่งผลของการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ของดัชนี R10 ในอนาคตอันใกล้จะแสดงไว้ในรูปที่ 5 – 13 ดังนี้



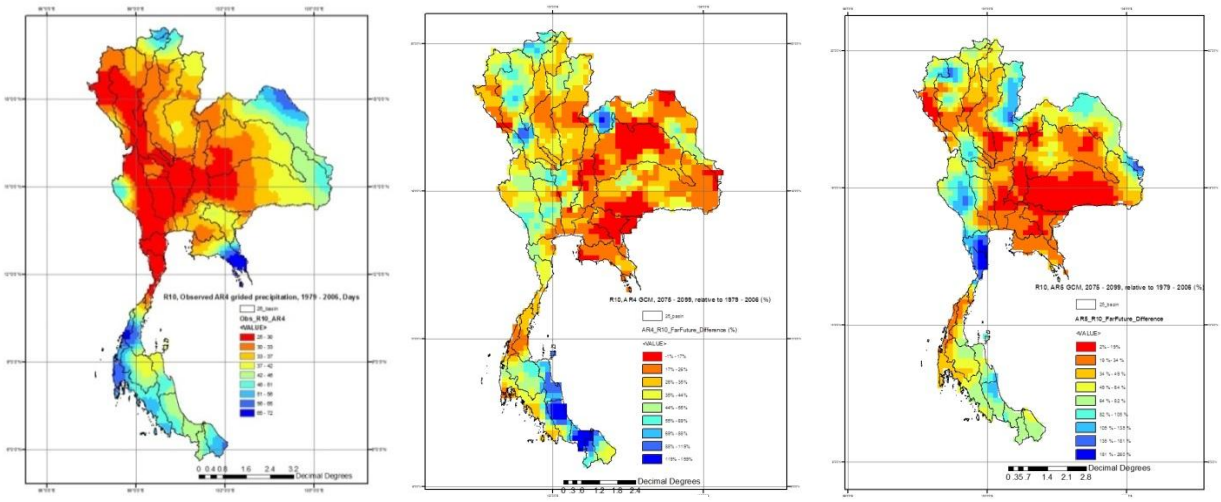
a) b) c)

รูปที่ 5–13 ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน R10 (Number of heavy rainfall days) ในอนาคตอันใกล้ ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S

จากรูปที่ 5 – 13 การเปรียบเทียบดัชนี R10 ในอนาคตอันใกล้ (Near Future) ในช่วงปี ค.ศ. 2015 – 2039 จะสังเกตความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างแบบจำลอง AR4 และ AR5 เมื่อเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์ในปัจจุบัน กล่าวคือ แบบจำลอง AR4 จะให้ค่าของดัชนี R10 ที่ลดลงจากปัจจุบันร้อยละ 6 – 32 ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน แต่จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเพียงร้อยละ 1 – 3 ในบางส่วนของลุ่มน้ำสาละวิน เพิ่มขึ้น

ร้อยละ 9 – 18 ในพื้นที่ตะวันตกของลุ่มน้ำแม่กลอง และพื้นที่ลุ่มน้ำส่วนใหญ่ของภาคใต้สองชายฝั่งทะเล ขณะที่ข้อมูลฝนของ AR5 ค่า R10 จะลดลงในพื้นที่บางส่วนของลุ่มน้ำปิง และส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำวัง ยม และน่าน ประมาณร้อยละ 2 – 32 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 17 – 34 ในลุ่มน้ำสาละวิน ส่วนใหญ่ทางตะวันตกของลุ่มน้ำปิง และลุ่มน้ำทางภาคใต้ตอนล่าง และจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนที่สุดใน ลุ่มน้ำเพชรบุรี (ร้อยละ 52 – 140) แม่กลอง เจ้าพระยาล่าง กลุ่มลุ่มน้ำภาคตะวันออก (ร้อยละ 17 – 52)

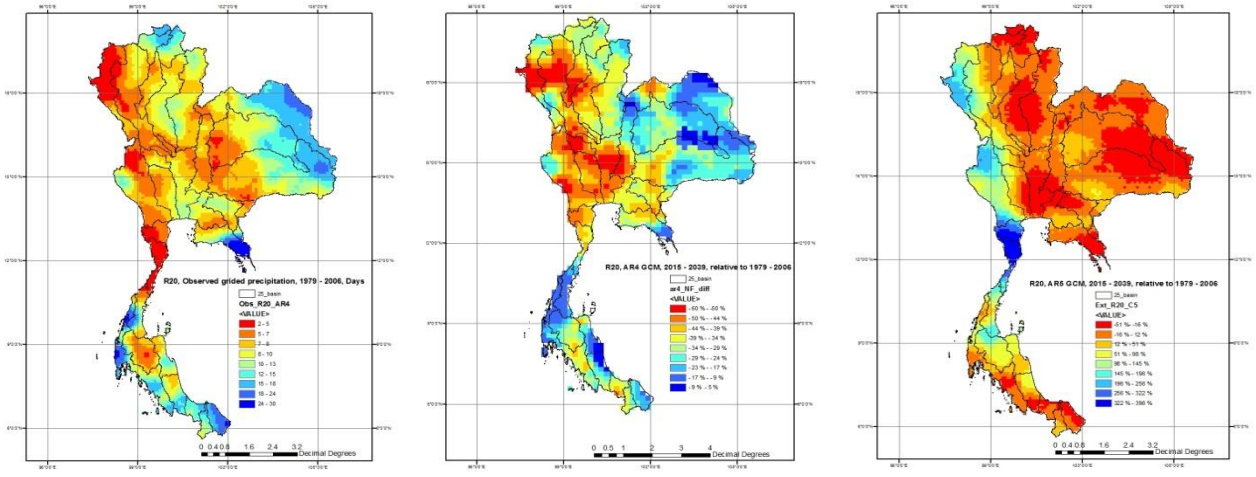
การเปลี่ยนแปลงดัชนีฝนสุดขีด R10 ในช่วงอนาคตอันไกล (Far Future) ในช่วงปี ค.ศ. 2075 - 2099 แสดงไว้ในรูปที่ 5 - 14 พบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง AR4 และ AR5 มีแนวโน้มที่สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ แบบจำลอง AR4 และ AR5 จะให้ค่าของดัชนี R10 ที่เพิ่มขึ้นจากปัจจุบันประมาณร้อยละ 2 - 19 ในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำมูล ชี และตอนใต้ของลุ่มน้ำสาละวิน ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำทางภาคใต้ทั้งหมด ค่าของ R10 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปัจจุบันราวๆร้อยละ 26 - 35 ในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก และเพิ่มขึ้นอย่างมาก ราวๆร้อยละ 119 - 159 ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ส่วนแบบจำลอง AR5 ดัชนี R10 ช่วงอนาคตอันไกล จะเพิ่มขึ้นมากที่สุดถึงร้อยละ 181 - 260 ในบริเวณลุ่มน้ำเพชรบุรี ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์



a) b) c)

รูปที่ 5–14 ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน R10 (Number of heavy rainfall days) ในอนาคตอันไกล ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S

ขณะเดียวกัน จากรูปที่ 5 – 15 การเปรียบเทียบดัชนี R20 ในอนาคตอันใกล้ (Near Future) ในช่วงปี ค.ศ. 2015 – 2039 จะสังเกตความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างแบบจำลอง AR4 และ AR5 เมื่อเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์ในปัจจุบัน กล่าวคือ แบบจำลอง AR4 จะให้ค่าของดัชนี R20 ที่ลดลงจากปัจจุบันเกือบทุกพื้นที่ลุ่มน้ำของประเทศไทย กล่าวคือพื้นที่ลุ่มน้ำสาละวิน ลุ่มน้ำปิงตอนบน ลุ่มน้ำวัง และลุ่มน้ำยมตะวันตก และพื้นที่ส่วนมากของลุ่มน้ำเจ้าพระยา – ท่าจีน ตอนล่าง ซึ่งจะลดลงประมาณร้อยละ 50 – 60 ส่วนลุ่มน้ำน่าน ลุ่มน้ำปราจีนบุรี และลุ่มน้ำบางปะกง จะลดลงประมาณร้อยละ 34 – 39 จากสภาวะปัจจุบัน ลดลงร้อยละ 24 – 29 ในพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำมูล ลุ่มน้ำชี ตอนกลาง ขณะเดียวกันค่า R10 จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ในลุ่มน้ำโขงและลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

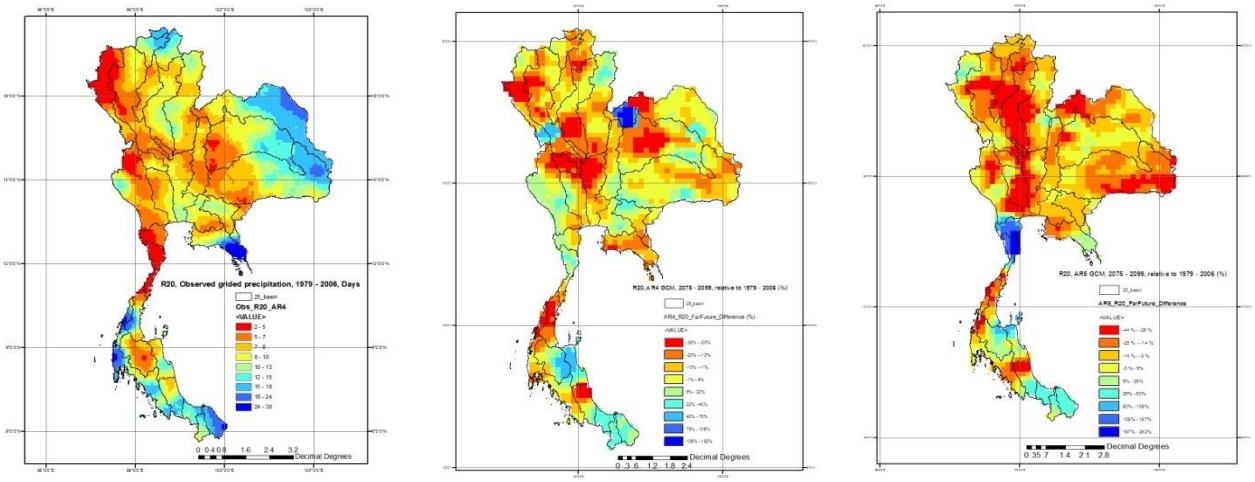


a) b) c)

รูปที่ 5–15 ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน R20 (Number of heavy rainfall days) ในอนาคตอันใกล้ ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S

จากรูปที่ 5 - 16 แสดงการเปลี่ยนแปลงของดัชนีฝนสุดขีด R20 จากปัจจุบันในช่วงอนาคตอันไกล (Far Future) เปรียบเทียบระหว่างแบบจำลอง AR4 และ AR5 พบว่าในส่วนของ AR4 ดัชนี R20 มีแนวโน้มลดลงจากปัจจุบันราวๆร้อยละ 20 - 38 ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาละวิน ลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำกก ลุ่มน้ำโขงตอนบน ตอนกลางของลุ่มน้ำยมและลุ่มน้ำน่าน ตลอดจนลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำสะแกกรัง รวมถึงพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำชี และลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ส่วนพื้นที่ซึ่งดัชนี R20 เพิ่มขึ้น ได้แก่ ลุ่มน้ำเพชรบุรี ลุ่มน้ำประจวบคีรีขันธ์ ลุ่มน้ำตาปี และลุ่มน้ำปัตตานี ซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 20 - 75 จากปัจจุบัน ขณะเดียวกันผลการจำลองค่าดัชนี R20 จากแบบจำลอง AR5 พบการลดลงประมาณร้อยละ 25 - 44 ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาละ

วิน ลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำกก ลุ่มน้ำโขงตอนบน ตอนกลางของลุ่มน้ำยมและลุ่มน้ำน่าน ตลอดจนลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำท่าจีน ลุ่มน้ำสะแกกรัง รวมถึงลุ่มน้ำโขงและลุ่มน้ำมูล ในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้พบว่า ดัชนี R20 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 29 - 60 ในลุ่มน้ำตาปี ลุ่มน้ำปัตตานี และลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา และเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 167 - 262 ในเขตลุ่มน้ำเพชรบุรี และลุ่มน้ำประจวบคีรีขันธ์



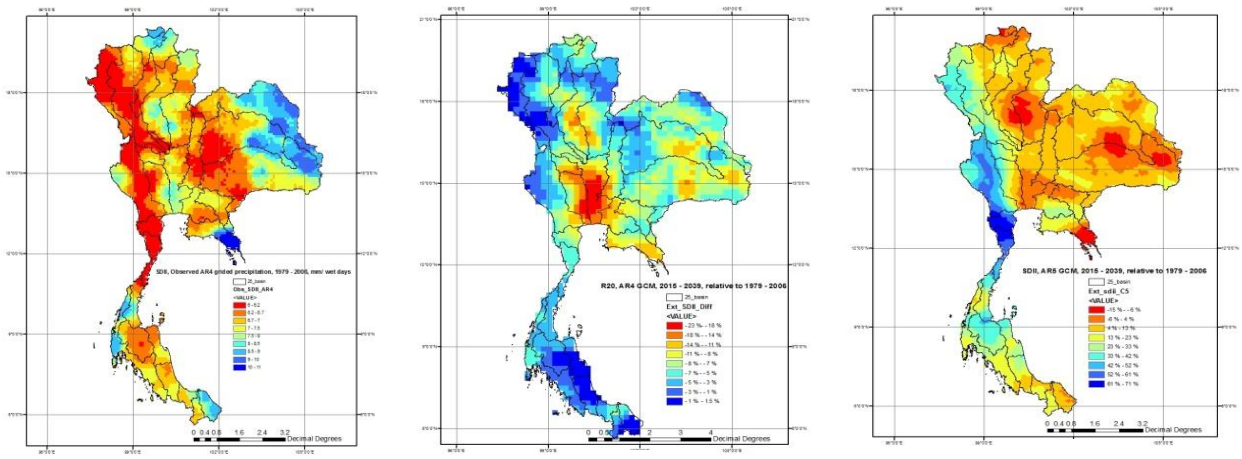
a) b) c)

รูปที่ 5–16 ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน R20 (Number of heavy rainfall days) ในอนาคตอันไกล ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S

2) การวิเคราะห์ดัชนี SDII

จากรูปที่ 5–17 ดัชนี SDII เป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีฝนสุดขีด SDII (Simple daily intensity index) ในอนาคตอันใกล้ (Near Future) จากแบบจำลอง AR4 นั้นมีแนวโน้มลดลง ประมาณร้อยละ 5 – 8 จากปัจจุบันเป็นส่วนใหญ่ของพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน และพื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่จะเพิ่มขึ้นในพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำปิง วัง ยม น่าน ลุ่มน้ำสะแกกรัง รวมถึงส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำสาละวิน ลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำป่าสักตอนบน และลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างค่า SDII จะลดลงมากที่สุดระหว่างร้อยละ 18 – 23 จากปัจจุบัน ในกรณีของแบบจำลอง AR5 ค่าของ SDII จะลดลงร้อยละ 6 – 15 ในตอนกลางพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่าน และลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือบางส่วน เพิ่มขึ้นร้อยละ 4 – 23 เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 22 – 42 ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาละวิน

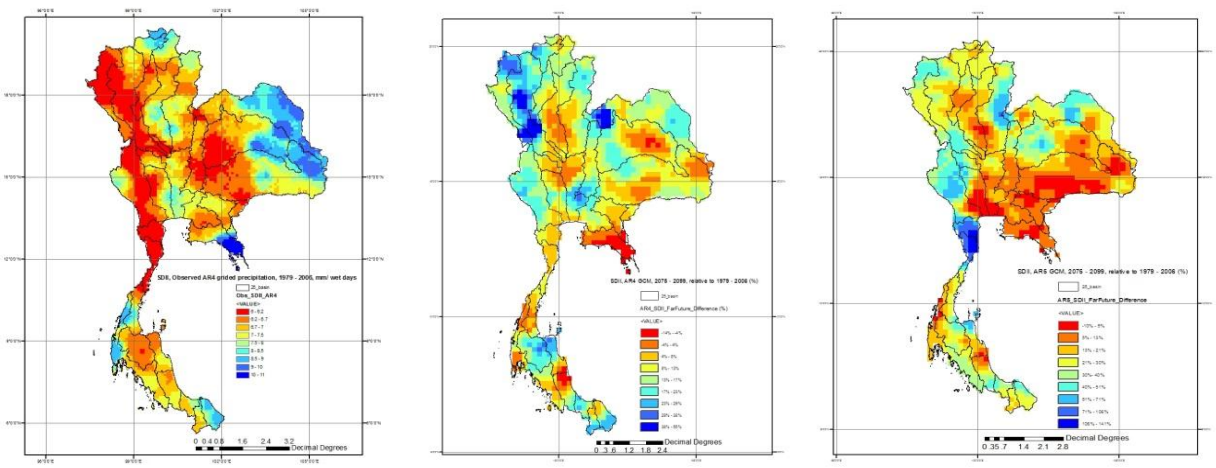
ลุ่มน้ำปิง และลุ่มน้ำเกือบทั้งหมดในภาคใต้ ยกเว้นลุ่มน้ำเพชรบุรี และลุ่มน้ำประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งค่า SDII จะเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 61 – 71 เทียบกับปัจจุบัน



a) b) c)

รูปที่ 5 – 17 ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน SDII (Simple Daily Intensity Index) ในอนาคตอันใกล้ ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S

จากรูปที่ 5 – 18 ดัชนี SDII เป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีฝนสุดขีด SDII (Simple daily intensity index) ในช่วงอนาคตอันไกล (Far Future) จากแบบจำลอง AR4 นั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 17 – 23 จากปัจจุบันในส่วนใหญ่ของพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน ลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำบางปะกงและพื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และจะเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 38 – 55 ในพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำปิง รวมถึงส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำสาละวิน และบางส่วนของลุ่มน้ำโขง ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ค่าดัชนี SDII จะลดลงมากที่สุดระหว่างร้อยละ 18 – 23 จากปัจจุบัน ในกรณีของแบบจำลอง AR5 พบว่าค่าของดัชนี SDII ยังมีแนวโน้มเช่นเดียวกับฝนจากแบบจำลอง AR4 แต่จะเพิ่มขึ้นในอัตราที่ต่ำกว่า หรือในพื้นที่ลุ่มน้ำ เช่น ลุ่มน้ำท่าจีนตอนล่าง ลุ่มน้ำมูล ลุ่มน้ำโตนเลสาป ลุ่มน้ำปราจีนบุรี ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก จะมีความเข้มฝนรายวันลดลงจากปัจจุบันราวๆร้อยละ 5 - 10 ส่วนพื้นที่ภาคใต้พบว่าส่วนใหญ่มีความเข้มฝนเพิ่มขึ้นจากปัจจุบันร้อยละ 30 - 40 ยกเว้นในเขตลุ่มน้ำเพชรบุรี และลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์ ความเข้มฝนจะเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 106 – 141 จากปัจจุบัน

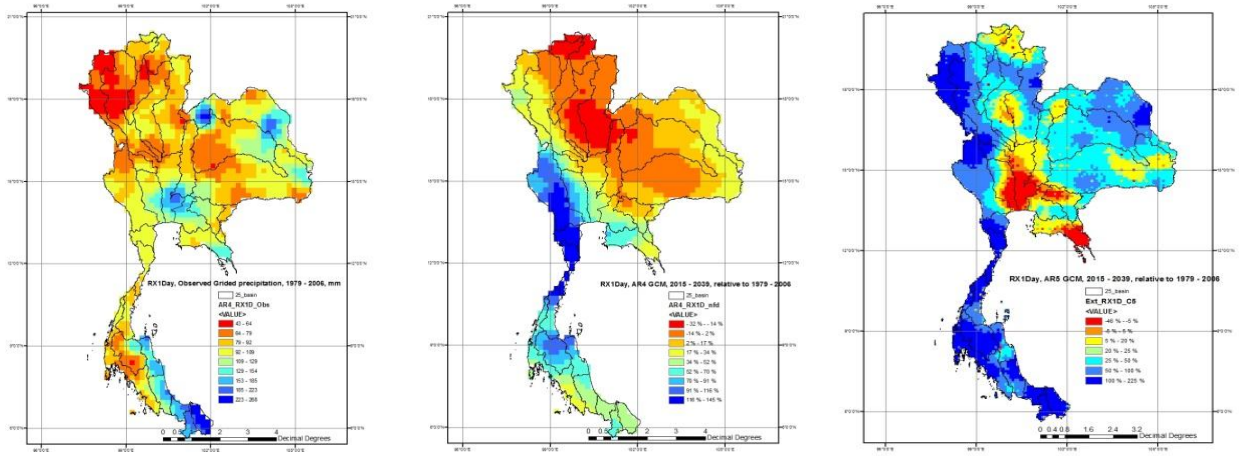


a) b) c)

รูปที่ 5 – 18 ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน SDII (Simple Daily Intensity Index) ในอนาคตอันไกล ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S

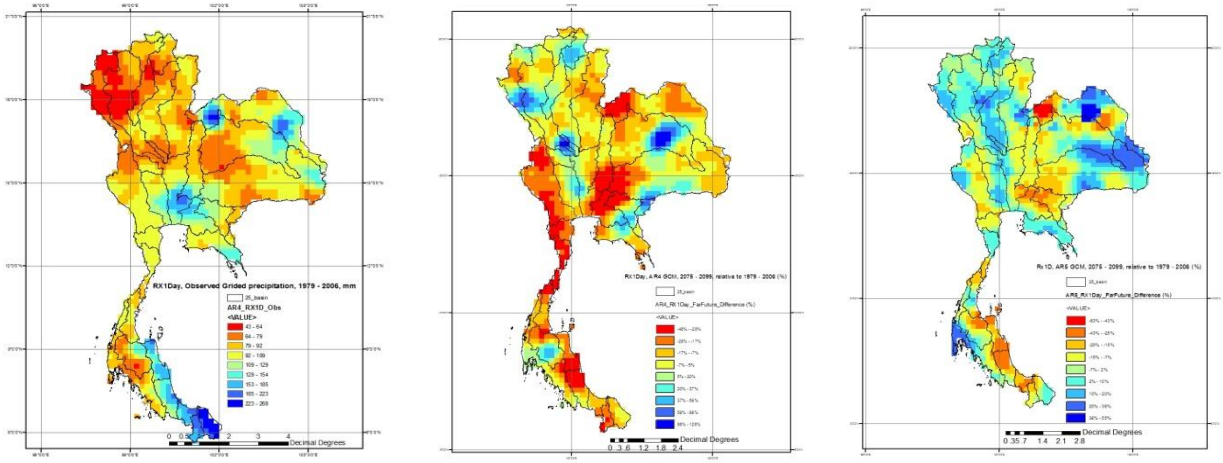
3) การวิเคราะห์ดัชนี RX1Day และ RX5Day

จากรูปที่ 5 – 19 ผลการจำลองดัชนีฝนสุดขีด Rx1Day ในอนาคตอันใกล้ (Near Future) จากแบบจำลอง AR4 นั้นมีแนวโน้มลดลงประมาณร้อยละ 14 – 32 จากปัจจุบันเป็นส่วนใหญ่ของพื้นที่ตอนกลางของลุ่มน้ำยมและน่าน ลุ่มน้ำกก และลุ่มน้ำโขงบริเวณภาคเหนือ ลดลงร้อยละ 2 – 14 ของพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน ลุ่มน้ำชีและมูลตอนกลาง และจะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 17 – 34 บริเวณตะวันตกของลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำสาละวิน ลุ่มน้ำโขงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพิ่มขึ้นร้อยละ 34 – 70 บริเวณลุ่มน้ำท่าจีน ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง และลุ่มน้ำชายฝั่งภาคตะวันออก ปริมาณฝนสะสมสูงสุดหนึ่งวันจะเพิ่มขึ้นมากที่สุดกว่าร้อยละ 116 – 145 ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำเพชรบุรี ลุ่มน้ำประจวบคีรีขันธ์ และลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ในกรณีของแบบจำลอง AR5 ค่าของ RX1Day จะมีแนวโน้มสวนทางกับฝนแบบจำลอง AR4 อย่างชัดเจน โดยปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทย ตั้งแต่ร้อยละ 25 – 50 ในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน โขง-ชี – มูล ตามลำดับ และกว่าร้อยละ 50 – 225 ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาละวิน ปิง แม่กลอง เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก ลุ่มน้ำตาปี ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก แต่จะลดลงร้อยละ 5 – 46 ในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง และลุ่มน้ำชายฝั่งภาคตะวันออก



a) b) c)

รูปที่ 5 – 19 ผลต่างการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน RX1Day (Max 1-Day rainfall) ในอนาคตอันใกล้ ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S

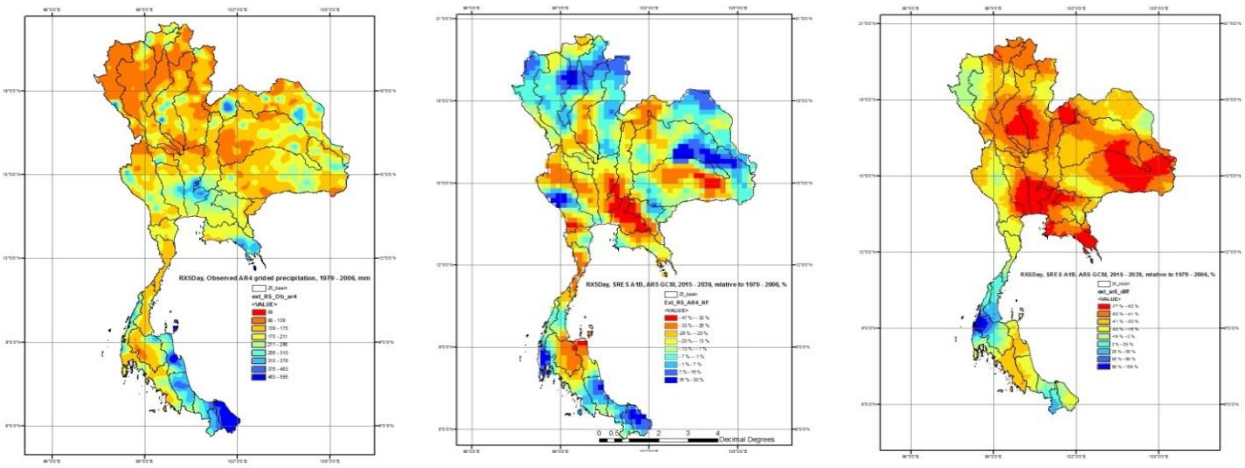


a) b) c)

รูปที่ 5 – 20 ผลต่างการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน RX1Day (Max 1-Day rainfall) ในอนาคตอันไกล ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S

จากรูปที่ 5 – 20 เป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีฝนสุดขีด RX1Day ในช่วงอนาคตอันไกล (Far Future) จากแบบจำลอง AR4 นั้นมีแนวโน้มลดลงร้อยละ 28 – 48 จากปัจจุบันในส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำเพชรบุรี และลุ่มน้ำประจวบคีรีขันธ์ ลุ่มน้ำบางปะกง ตอนใต้ของลุ่มน้ำป่าสัก และ

บางส่วนของลุ่มน้ำมูล ดัชนี RX1Day จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 - 37 ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาละวิน ลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำโตนเลสาป ตอนใต้ของลุ่มน้ำปราจีนบุรี ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ส่วนแบบจำลอง AR5 พบว่าดัชนี RX1Day มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 2 - 10 ในลุ่มน้ำสาละวัน ลุ่มน้ำปิง วัง ยม น่าน ลุ่มน้ำท่าจีน ลุ่มน้ำฝั่งทะเลตะวันออก รวมถึงบริเวณภาคใต้ ได้แก่ ลุ่มน้ำประจวบคีรีขันธ์ ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก และเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 36 – 55 ในทางตะวันออกของลุ่มน้ำโขง ชี และมูล



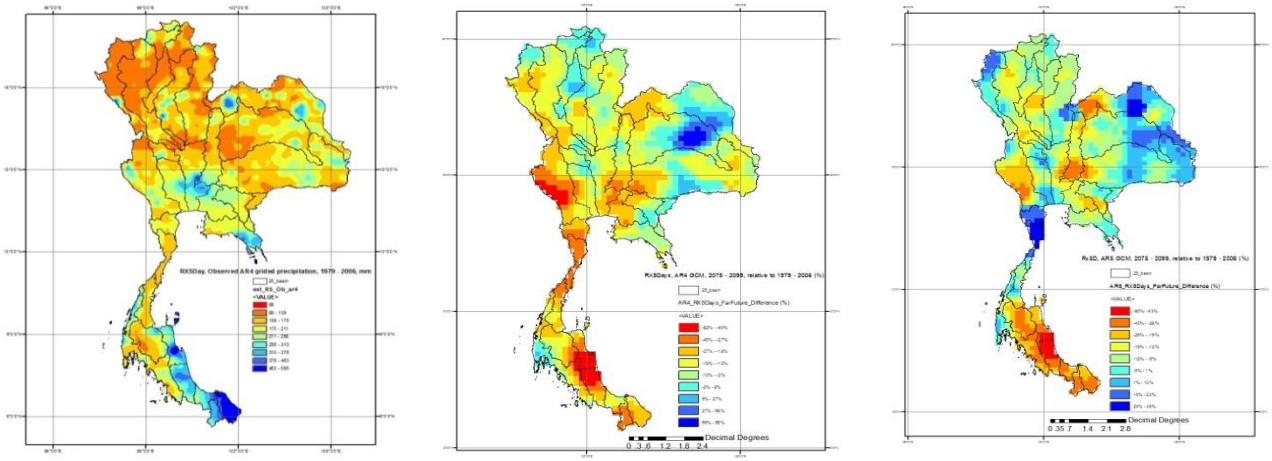
a) b) c)

รูปที่ 5 – 21 ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน RX5Day (Max 5-Day rainfall) ในอนาคตอันใกล้ ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S

ในรูปที่ 5 - 21 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีฝนสุดขีด RX5Day ในช่วงอนาคตอันใกล้ (Near Future) จากแบบจำลอง AR4 พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปัจจุบันร้อยละ 18 – 30 ในพื้นที่ตอนเหนือของลุ่มน้ำสาละวิน ปิง วัง ยม และ น่าน ลุ่มน้ำโขง ชี และมูล รวมถึงบางส่วนของลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ลุ่มน้ำปัตตานี และลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก พื้นที่ตอนกลางจรดตอนล่างลุ่มน้ำยม ตอนเหนือของลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ลุ่มน้ำบางปะกง ละลุ่มน้ำปราจีนบุรี ค่า RX5Day จะลดลงร้อยละ 20 – 47 และลดลงเล็กน้อย (ร้อยละ1 – 7) ในพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำปิง ตอนเหนือของลุ่มน้ำสาละวิน ลุ่มน้ำน่าน และลุ่มน้ำโขง ในกรณีของแบบจำลอง AR5 ทุกลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันตก และพื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคใต้ ยกเว้นลุ่ม

น้ำประจวบคีรีขันธ์ บริเวณลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกและตะวันตก และลุ่มน้ำปัตตานี ที่ RX5day จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 2 – 25 จนถึงร้อยละ 55 – 159

ในรูปที่ 5 - 22 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีฝนสุดขีด RX5Day ในช่วงอนาคตอันไกล (Far Future) จากแบบจำลอง AR4 พบว่ามีแนวโน้มลดลงร้อยละ 10 - 18 จากปัจจุบันในพื้นที่บางส่วนของทุกๆลุ่มน้ำในภาคเหนือ และจะลดลงมากถึงร้อยละ 40 - 62 ในลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำเพชรบุรี ลุ่มน้ำประจวบคีรีขันธ์ ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก และลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ส่วนผลการจำลองด้วยฝนจากแบบจำลอง AR5 พบว่าดัชนี RX5Days มีแนวโน้มใกล้เคียงกับแบบจำลอง AR4 แต่ในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีและลุ่มน้ำประจวบคีรีขันธ์ ดัชนี RX5Days มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 23 - 38 จากปัจจุบัน



a) b) c)

รูปที่ 5 – 22 ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน RX5Day (Max 5-Day rainfall) ในอนาคตอันไกล ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S

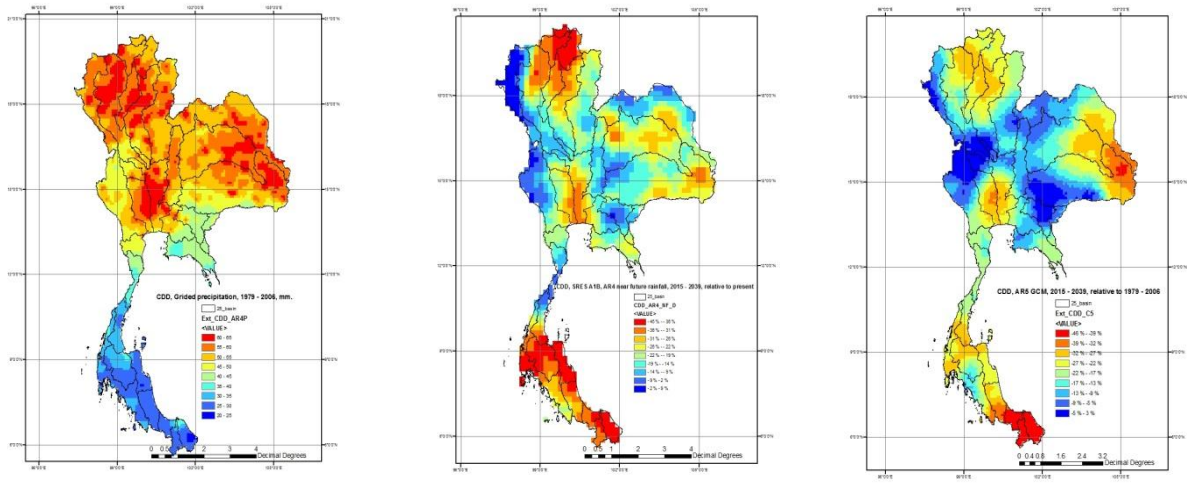
4) การวิเคราะห์ดัชนี CDD และ CWD

ดัชนี CDD (Maximum Consecutive Dry Days) และ CWD (Maximum Consecutive Wet Days) เป็นดัชนีซึ่งมีความสำคัญและมีการนำไปใช้เป็นข้อมูลซึ่งนักอุตุและอุทกวิทยาต่างใช้เป็นดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งและความชุ่มชื้นอยู่เสมอๆ

ในการศึกษาเปรียบเทียบดัชนี CDD ด้วยแบบจำลอง AR4 และ AR5 ในช่วงอนาคตอันใกล้ (Near Future) จากรูปที่ 5 – 23 ถึง 5 - 26 ในอนาคตอันใกล้ สรุปสภาพโดยรวมพบว่า จำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุด

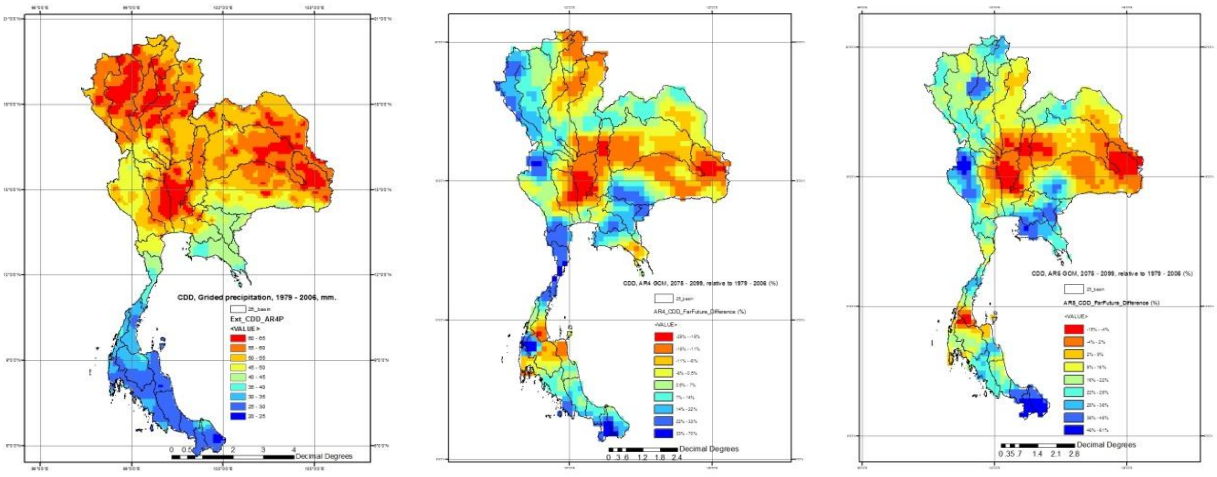
ได้ลดลงถึงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ร้อยละ -2 – 9) ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาละวิน ลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำปราจีนบุรี ลุ่มน้ำบางปะกง และรอยต่อของลุ่มน้ำป่าสัก ลุ่มน้ำชีและมูล ลดลงร้อยละ 14 – 22 ในตอนใต้ของลุ่มน้ำปิง วัง ยม และส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำน่าน และจะลดลงมากกว่าร้อยละ 30 – 45 ในพื้นที่ลุ่มน้ำกก โขง ตอนบนของลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง และกลุ่มลุ่มน้ำหลักของภาคใต้ ได้แก่ ลุ่มน้ำชายฝั่งตะวันออก ตะวันตก ลุ่มน้ำตาปี ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ลุ่มน้ำปัตตานี ในกรณีของแบบจำลอง AR5 จำนวนวันฝนทิ้งช่วงจะลดลงน้อยกว่าและกินพื้นที่กว้างขวางกว่าเมื่อเทียบกับแบบจำลอง AR4 ได้แก่ พื้นที่ลุ่มน้ำสาละวิน ตอนเหนือของลุ่มน้ำแม่กลอง ตอนใต้ของลุ่มน้ำปิง ยม และน่าน ลุ่มน้ำสะแกกรัง ตอนเหนือของลุ่มน้ำป่าสัก ลุ่มน้ำปราจีนบุรี และลุ่มน้ำมูล โดยจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุดจะลดลงถึงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ร้อยละ -5 - 3) จากปัจจุบัน พื้นที่ซึ่งลดลงมากที่สุด คือ ลุ่มน้ำปัตตานี และลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก โดยจะลดลงมากกว่าร้อยละ 39 – 46

การศึกษาเปรียบเทียบดัชนี CDD ด้วยแบบจำลองฝน AR4 ในช่วงอนาคตอันไกล พบว่าจำนวนวันฝนแล้งสะสมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 33 – 70 ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาละวิน ตอนเหนือของลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำปราจีนบุรี ลุ่มน้ำบางปะกง ลุ่มน้ำเพชรบุรี ลุ่มน้ำประจวบคีรีขันธ์ ตอนเหนือของลุ่มน้ำตาปี และลุ่มน้ำปัตตานี ในทางตรงกันข้ามพื้นที่ซึ่งดัชนี CDD มีแนวโน้มลดลงร้อยละ 18 – 28 จากปัจจุบัน ได้แก่ ตอนเหนือของลุ่มน้ำยมและลุ่มน้ำน่าน ลุ่มน้ำเจ้าพระยา สะแกกรัง และท่าจีน รวมถึงพื้นที่บางส่วนของลุ่มน้ำชีและลุ่มน้ำมูล ในกรณีของแบบจำลองฝน AR5 พบว่าภาพรวมมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน แต่การเปลี่ยนแปลงจะชัดเจนในลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก และลุ่มน้ำปัตตานี ซึ่งมีแนวโน้มว่าค่าดัชนี CDD จะเพิ่มขึ้น ได้ถึงร้อยละ 46 – 61 จากปัจจุบัน



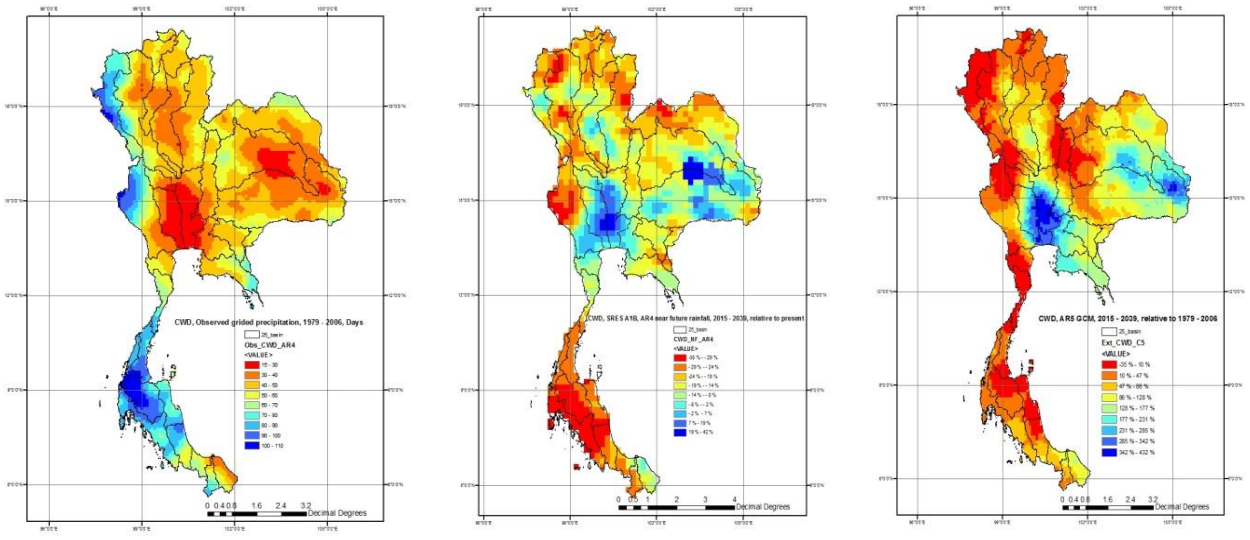
a) b) c)

รูปที่ 5 – 23 ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน CDD (Consecutive Dry Days) ในอนาคตอันใกล้ ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S



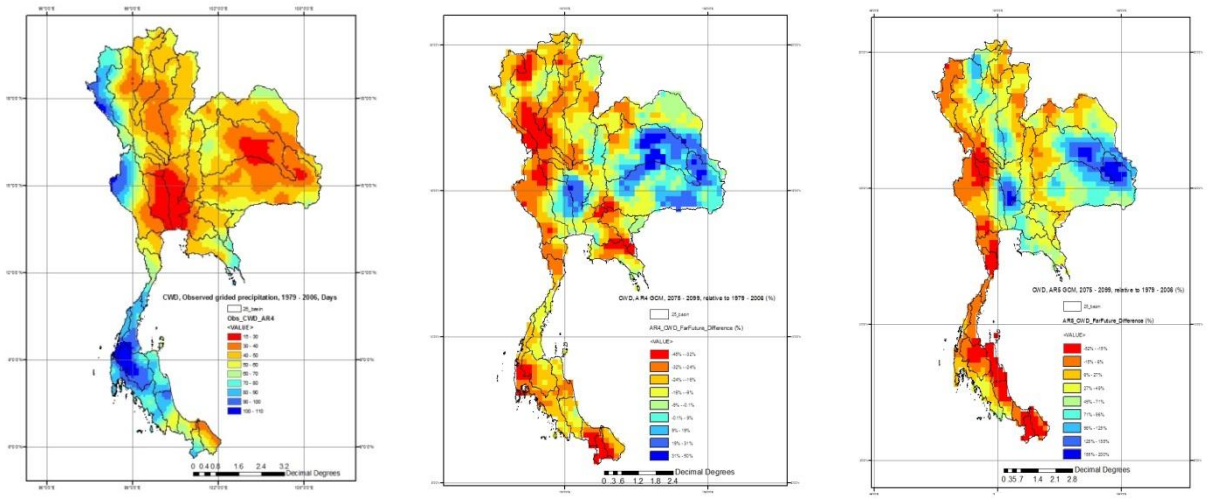
a) b) c)

รูปที่ 5 – 24 ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน CDD (Consecutive Dry Days) ในอนาคตอันไกล ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S



a) b) c)

รูปที่ 5 – 25 ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน CWD (Consecutive Wet Days) ในอนาคตอันใกล้ ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S



a) b) c)

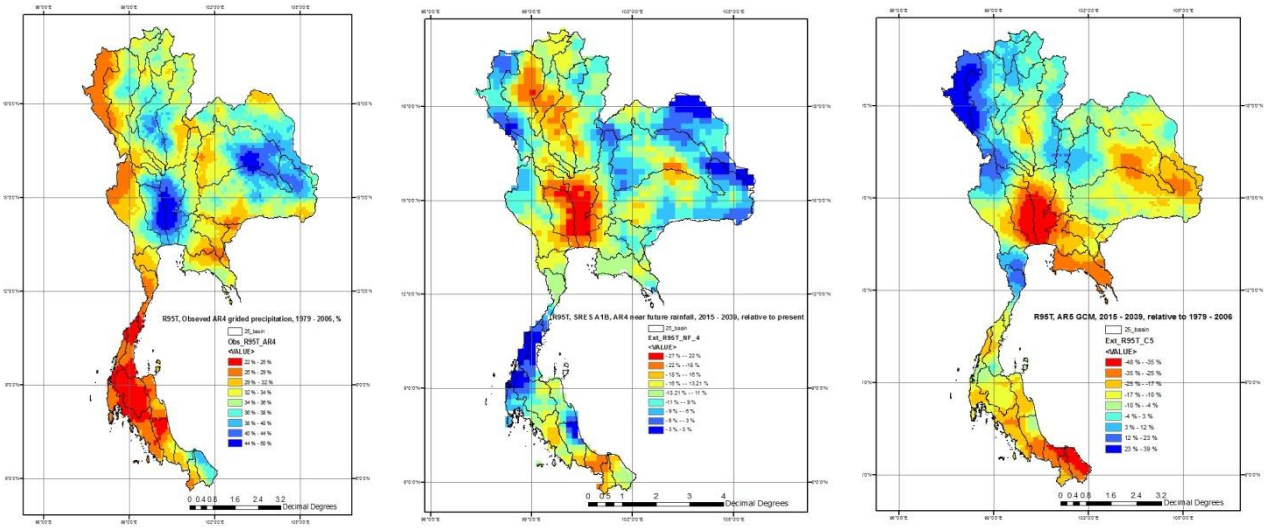
รูปที่ 5 – 26 ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน CWD (Consecutive Wet Days) ในอนาคตอันไกล ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S

สำหรับการศึกษาเปรียบเทียบดัชนี CWD ในอนาคตอันใกล้ ของฝนแบบจำลองภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 พบว่า จากรูป b) ค่า CWD ของแบบจำลอง AR4 จะลดลงร้อยละ 29 – 38 เทียบกับปัจจุบัน ในพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำสาละวิน ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน ลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำโขง และกลุ่มลุ่มน้ำในภาคใต้ เช่น ลุ่มน้ำประจวบฯ ลุ่มน้ำตาปี ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตกและตะวันออก ลดลงร้อยละ 14 – 19 ในตอนกลางของลุ่มน้ำยม และพื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และลุ่มน้ำภาคตะวันออก ขณะที่พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างจะมีค่า CWD เพิ่มขึ้นสูงสุดร้อยละ 19 – 42

สำหรับการศึกษาเปรียบเทียบดัชนี CWD ในอนาคตอันไกล ของฝนแบบจำลองภูมิอากาศโลก AR4 พบว่ามีแนวโน้มลดลงร้อยละ 32 - 45 ในพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำในภาคตะวันตกและภาคใต้ของประเทศไทย แต่จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 31 – 50 ในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง และทางตะวันออกของลุ่มน้ำโขง ชี และมูล ในกรณีของแบบจำลองฝน AR5 พบว่า แนวโน้มของการลดลงและเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกับของ AR4 มากนัก โดย CWD จะลดลงร้อยละ 15 – 52 ในพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำในภาคตะวันตกและภาคใต้ของประเทศไทย

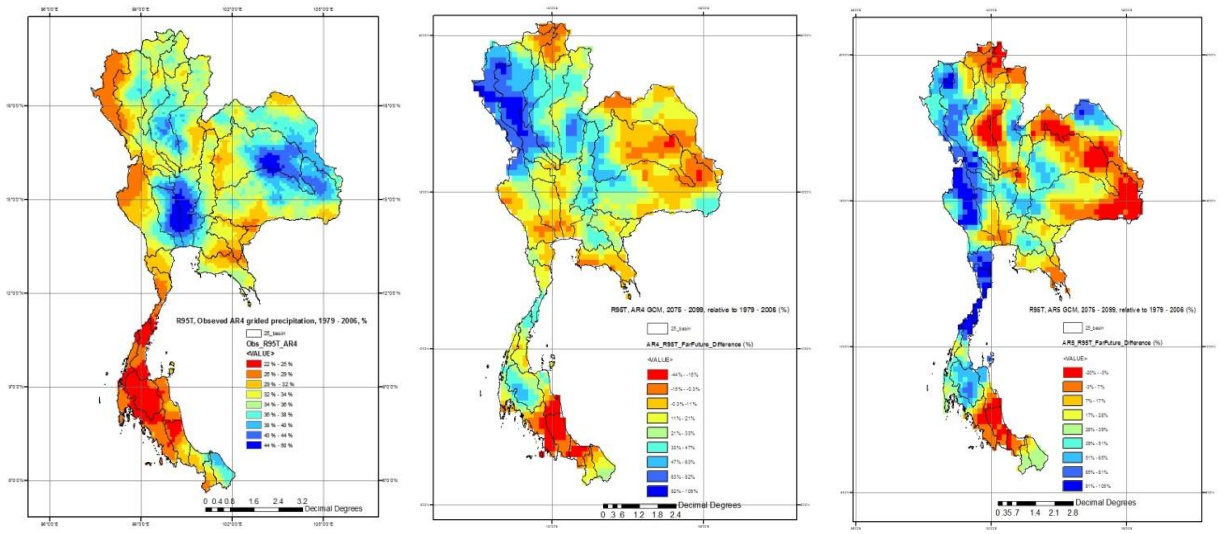
5) การวิเคราะห์ดัชนี R95T

สำหรับการศึกษาเปรียบเทียบดัชนี R95T ในอนาคตอันใกล้ ของฝนแบบจำลองภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 พบว่า จากรูปที่ 5 - 27 ถึง 5 - 28 R95T ของแบบจำลอง AR4 จะลดลงร้อยละ 22 – 27 เทียบกับปัจจุบัน ในพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำปิง วัง ยม และลุ่มน้ำเจ้าพระยา-ท่าจีนตอนล่าง และลุ่มน้ำปัตตานี ลุ่มน้ำสาละวินตอนบนของลุ่มน้ำป่าสัก ลุ่มน้ำโขง ลุ่มน้ำมูลบน และลุ่มน้ำภาคใต้ชายฝั่งทะเลตะวันตก ค่า R95T อาจลดลงหรือเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยระหว่างร้อยละ -3 ถึง 3 เทียบกับปัจจุบัน ในกรณีของแบบจำลอง AR5 ลุ่มน้ำเจ้าพระยา – ท่าจีน ตอนล่าง ลุ่มน้ำปัตตานี และลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก (ตอนใต้) ค่า R95T จะลดลงจากปัจจุบันร้อยละ 38 – 45 ขณะที่ลุ่มน้ำปิง วัง ยม น่าน และส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำชี ค่า R95T จะลดลงเพียงเล็กน้อยที่ร้อยละ 3 – 4 ขณะที่ลุ่มน้ำตาปี ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตกและตะวันออกจนถึงลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา R95T จะลดลงร้อยละ 10 – 17 จากปัจจุบัน พื้นที่ซึ่ง R95T จะเพิ่มขึ้นอย่างมากคือลุ่มน้ำสาละวินและตอนบนของลุ่มน้ำแม่กลอง โดยพบว่าเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 23 – 39 ขณะที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีและลุ่มน้ำประจวบคีรีขันธ์จะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 12 – 23



a) b) c)

รูปที่ 5 – 27 ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน R95T ในอนาคตอันใกล้ ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S



a) b) c)

รูปที่ 5 – 28 ผลต่างเปรียบเทียบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีฝน R95T ในอนาคตอันไกล ระหว่าง a) ฝนสังเกตการณ์ b) ฝนจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ c) MRI – AGCM 3.2S

เปรียบเทียบดัชนี R95T ในอนาคตอันไกลของฝนแบบจำลองภูมิอากาศโลก AR4 พบว่าค่าดัชนีดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 33 - 47 ในลุ่มน้ำยม ลุ่มน้ำน่าน ลุ่มน้ำป่าสัก และทางตะวันตกของลุ่มน้ำชี

และมูล ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา-ท่าจีน จะเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 11 - 21 บริเวณภาคใต้ พบว่าลุ่มน้ำประจวบคีรีขันธ์ ลุ่มน้ำตาปี และลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก ค่าดัชนี R95T จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 33 - 47 จากปัจจุบัน ในกรณีของแบบจำลอง AR5 พบว่าผลลัพธ์จะแตกต่างจากแบบจำลอง AR4 อยู่บ้าง โดยที่บริเวณลุ่มน้ำสาละวิน ลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำสะแกกรัง ลุ่มน้ำเพชรบุรี และลุ่มน้ำประจวบคีรีขันธ์ ดัชนี R95T จะเพิ่มขึ้นจากปัจจุบันถึงร้อยละ 81 - 106 ส่วนพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาล่าง ตอนใต้ของลุ่มน้ำป่าสัก ลุ่มน้ำบางปะกง ลุ่มน้ำตาปี ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 51 - 65 พื้นที่ๆดัชนี R95T มีแนวโน้มลดลงร้อยละ 3 - 20 ภายใต้ AR5 ได้แก่ ลุ่มน้ำยม ลุ่มน้ำกก ลุ่มน้ำมูล ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก และลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

5.5 การเปลี่ยนแปลงของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทย

ผลการศึกษาสภาวะของการกระจายตัวเชิงพื้นที่และเวลาของปริมาณฝนรายปี และดัชนีฝนสุดขีด (Extreme indices) ดังกล่าวมาทั้งหมดนี้จะเป็นข้อมูลสำคัญในการพิจารณาพื้นที่ลุ่มน้ำสำหรับการศึกษาจำลองสภาพอุทกภัยในอนาคต อันจะเป็นประโยชน์อย่างสำคัญในการวางแผนพัฒนาโครงการบรรเทาปัญหาอุทกภัยต่อไป

เนื่องด้วยการศึกษาในรายงานโครงการฉบับนี้ มุ่งเน้นไปที่การเกิด “สภาวะอุทกภัย” เป็นหลัก ดังนั้น หลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องซึ่งคือดัชนีฝนดังต่อไปนี้ 1) R10 2) R20 3) SDII 4) CWD 5) R95T 6) CDD 7) RX1Day และ 8) RX5Day เป็นเกณฑ์ในพื้นที่ลุ่มน้ำของประเทศไทยทั้ง 25 ลุ่มน้ำในเบื้องต้น โดยพิจารณาเปรียบเทียบสภาวะปัจจุบัน (ค.ศ. 1979 – 2006) และ อนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015 - 2039) ว่ามีแนวโน้มเป็นอย่างไร โดยในที่นี้ได้ใช้ข้อมูลดัชนีฝนซึ่งคำนวณจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S ดังสรุปในตารางที่ 5-2 ถึง 5-3 ต่อไปนี้ โดยจะเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นๆ

จากตารางดังกล่าวพบว่า สำหรับดัชนีฝนที่เกี่ยวข้องกับความชุ่มชื้นและปริมาณฝนสะสม ได้แก่ R10, R20, SDII, RX1D, RX5D และ CWD ในกรณีของดัชนีฝน R10 ลุ่มน้ำที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปัจจุบันมากที่สุดคือ ลุ่มน้ำแม่กลอง เพชรบุรี และชายฝั่งทะเลประจวบฯ ส่วน R20 ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบฯจะเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือ ลุ่มน้ำเพชรบุรี ลุ่มน้ำสาละวิน และลุ่มน้ำแม่กลอง ส่วนดัชนีฝนสะสมหนึ่งวันสูงสุด จะเพิ่มขึ้นมากที่สุดในกลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้ เช่น ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบฯ รองลงมาคือลุ่มน้ำแม่กลอง

ตามลำดับ ส่วนดัชนีฝน 5 วันสูงสุด ลุ่มน้ำที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากที่สุดจากปัจจุบัน คือลุ่มน้ำปัตตานี ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก รองลงมาคือลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก และลุ่มน้ำแม่กลอง ตามลำดับ

สำหรับดัชนี CWD หรือจำนวนวันชุ่มชื้นที่ปริมาณฝนอย่างน้อย 1 มิลลิเมตร ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างจะเพิ่มขึ้นจากปัจจุบันมากที่สุด รองลงมาคือลุ่มน้ำท่าจีน บางปะกง ตามลำดับ

จากการพิจารณาทั้งหมดนี้จะพบว่า กลุ่มลุ่มน้ำที่มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของดัชนีความชุ่มชื้นและฝนสะสมเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนและสม่ำเสมอในแทบทุกดัชนี ทั้งสิ้น 6 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ลุ่มน้ำสาละวิน ปิง วัง สะแกกรัง แม่กลอง ปัตตานี และลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก แต่ปัจจัยของฝนที่ก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งนั้น เป็นเพียงปัจจัยหนึ่งที่อาจก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากขึ้นเท่านั้น การวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลากในการศึกษานี้ จึงได้พิจารณาปัจจัยอื่นๆ ควบคู่ไปด้วย ในการคัดเลือกพื้นที่วิกฤตเพื่อการจำลองสภาวะน้ำฝน-น้ำท่า โดยพบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบนมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดัชนีความชุ่มชื้นและฝนสะสมแบบคงตัวในทุกๆดัชนีที่ใช้ในการประเมิน 8 ดัชนี และมีจำนวนวันที่แห้งแล้งต่อเนื่องลดลง ประกอบกับในพื้นที่ที่ไม่มีมาตรการทางโครงสร้างในการบริหารจัดการน้ำ เช่น เขื่อน หรืออ่างเก็บน้ำ อาจได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลากในพื้นที่ได้โดยตรง เมื่อเทียบกับในพื้นที่ที่มีเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ เป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการ และรับมือกับผลกระทบดังกล่าว ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงคัดเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำยมเป็นพื้นที่ศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลาก

ตารางที่ 5 – 2 สรุปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของ Extreme precipitation indices ของ 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทยในช่วงอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015 - 2039)

ลุ่มน้ำ	แนวโน้มอนาคตอันใกล้ (AR5) - ค.ศ. 2015 - 2039							
	ดัชนีฝน							
	R10	R20	SDII	RX1D	RX5D	CWD	CDD	R95T
สาละวิน	+34 %	+ 256 %	+ 42 %	+ 225 %	+ 63 %	- 35 %	- 17 %	+ 39 %
โขง	- 32 %	- 51 %	- 6 %	+ 20 % (พะเยา) + 50 %	+ 25 %	+ 29 %	- 27 %	+ 3 %
กก	- 32 %	- 51 %	- 6 %	+ 20 %	- 5 %	+ 29 %	- 27 %	+ 3 %
ชี	+ 17 %	- 51 %	+ 13 %	+ 50 %	+ 63 %	+ 29 %	- 5 %	- 4 %
มูล	+ 34 %	- 51 %	+ 13 %	+ 50 %	+ 10 %	+ 67 %	- 5 %	- 17 %
ปิง	+34 %	+ 51 %	+ 23 %	+ 100 %	+ 63 %	+ 3 %	- 32 %	+ 39 %
วัง	+ 17 %	+ 51 %	+ 23 %	+ 100 %	+ 10 %	+ 29 %	- 32 %	+ 12 %
ยม	+ 17 %	- 16 %	+ 13 %	+ 50 %	+ 10 %	+ 29 %	- 27 %	+ 3 %
น่าน	+17 %	- 16 %	+ 13 %	+75 %	+ 37 %	+ 29 %	- 22 %	+ 3 %
เจ้าพระยา	+ 52 %	+ 12 %	+ 13 %	- 46 %	+ 10 %	+ 387 %	- 5 %	- 48 %
สะแกกรัง	+ 52 %	+ 51 %	+ 42 %	+ 75 %	+ 10 %	+ 24 %	- 5%	+ 12 %
ป่าสัก	+ 17 %	+ 51 %	+ 4 %	+ 50 %	- 7 %	- 23 %	- 13 %	+ 12 %
ท่าจีน	+ 91 %	+ 51 %	+ 23 %	- 46 %	+ 37 %	+ 204 %	- 32 %	- 48 %
แม่กลอง	+ 145 %	+196 %	+ 52 %	+ 120 %	+ 63 %	+ 25 %	- 5 %	+ 23 %
ปราจีนบุรี	+ 17 %	- 16 %	+ 4 %	- 46 %	- 7 %	+ 107 %	- 5 %	- 25 %
บางปะกง	+ 52 %	- 51 %	+ 13 %	+ 20 %	- 7 %	+ 204 %	- 13%	- 25 %
โตนเลสาป	+ 34 %	+ 51 %	+ 13 %	+ 50 %	+ 10 %	+ 107 %	- 5 %	- 17 %
ชายฝั่งทะเลตะวันออก	+ 52 %	- 16 %	+ 23 %	+ 20 %	- 7 %	+ 153 %	-13 %	- 35 %
เพชรบุรี	+145 %	+ 322 %	+ 71 %	+ 100 %	+ 63 %	- 23 %	- 22 %	+ 12 %
ชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	+145 %	+ 396 %	+ 71 %	+ 163 %	+ 63 %	- 23 %	- 22 %	+ 12 %
ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	+ 52 %	+ 51 %	+ 42 %	+ 163 %	+ 200 %	- 23 %	- 27 %	- 17 %
ตาปี	+116 %	+ 51 %	+ 42 %	+ 163 %	+ 125 %	- 23 %	- 32 %	- 17 %
ทะเลสาบสงขลา	+ 52 %	+ 51 %	+ 23 %	+ 163 %	+ 63 %	- 23 %	- 32 %	- 35 %
ปัตตานี	+70 %	- 16 %	+ 23 %	+ 163 %	+ 225 %	+ 68 %	- 46 %	- 35 %
ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	+ 52 %	+ 51 %	+ 23 %	+ 163 %	+ 225 %	+ 29 %	- 32 %	- 25 %

ตารางที่ 5 – 3 สรุปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของ Extreme precipitation indices ของ 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทยในช่วงอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075 - 2099)

ลุ่มน้ำ	แนวโน้มอนาคตอันไกล (AR5) - ค.ศ. 2075 - 2099							
	ดัชนีฝน							
	R10	R20	SDII	RX1D	RX5D	CWD	CDD	R95T
สาละวิน	+11%	+11%	+25%	+11%	-3%	-11%	+19%	+58%
โขง	+49%	-35%	+25%	+11%	-9%	+17%	+32%	-12%
กก	+49%	-9%	+25%	+11%	-9%	+111%	+25%	+12%
ชี	+42%	-6%	+13%	-11%	+31%	+178%	-3%	-12%
มูล	+11%	-14%	+13%	-11%	+31%	+84%	-3%	-12%
ปิง	+42%	-22%	+46%	+6%	-9%	+38%	+19%	+73%
วัง	+42%	-35%	+13%	+12%	-9%	+38%	+19%	+73%
ยม	+42%	-35%	+13%	+12%	-9%	+38%	+13%	-12%
น่าน	+94%	-23%	+37%	-11%	-9%	+17%	+13%	+45%
เจ้าพระยา	+11%	-14%	-3%	-11%	-3%	+178%	-10%	+45%
สะแกกรัง	+57%	-20%	-3%	-5%	-3%	-34%	+13%	+73%
ป่าสัก	+11%	-22%	+9%	-11%	-24%	+38%	-10%	+45%
ท่าจีน	+27%	-35%	-7%	+6%	+5%	+38%	+9%	+23%
แม่กลอง	+107%	-22%	+46%	-11%	-24%	+17%	+54%	+93%
ปราจีนบุรี	+11%	-9%	+9%	-20%	-3%	+38%	+41%	+23%
บางปะกง	+11%	-9%	+9%	-15%	-15%	+61%	+41%	+23%
โตนเลสาป	+11%	-6%	+9%	-11%	-3%	+38%	+25%	+23%
ชายฝั่งทะเลตะวันออก	+27%	-2%	+9%	+6%	-9%	-34%	+25%	+23%
เพชรบุรี	+221%	+215%	+123%	-11%	+31%	-34%	+25%	+93%
ชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	+221%	+215%	+123%	+6%	+31%	-34%	+13%	+93%
ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	+65%	+40%	+40%	-20%	-52%	-34%	+25%	-12%
ตาปี	+65%	+40%	+25%	-11%	-36%	-34%	+19%	+58%
ทะเลสาบสงขลา	+95%	+5%	+9%	-20%	-52%	-34%	+25%	-12%
ปัตตานี	+73%	+45%	+25%	-17%	-24%	-34%	+54%	+34%
ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	+73%	-35%	+17%	+28%	+5%	+38%	+19%	+34%

บทที่ 6

การประเมินสภาวะน้ำหลากด้วยปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในแม่น้ำที่สนใจ

6.1 การทบทวนแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าและการเลือกแบบจำลองการไหลในแม่น้ำ

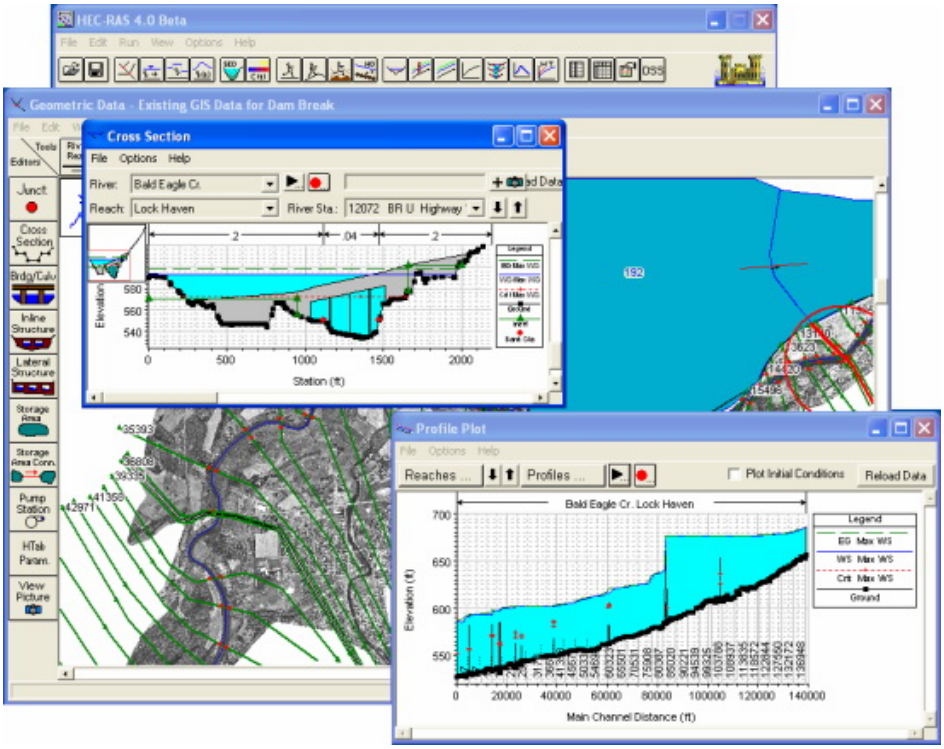
แบบจำลอง(Model) คือการจำลองเลียนแบบธรรมชาติโดยใช้สมการคณิตศาสตร์ ซึ่งสมการเหล่านี้จะบอกความสัมพันธ์และอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรแบบจำลองที่เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของธรรมชาติ ทำให้สามารถคาดหมายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่จะเกิดขึ้นได้ในอนาคต River Modeling หรือ Channel Hydraulic Modeling เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับคำนวณและวิเคราะห์งานทางด้านชลศาสตร์ เช่น ศึกษาสภาพการไหลในลำน้ำ, การศึกษาเพื่อบรรเทาอุทกภัย, จำลองเหตุการณ์เขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำแตก เป็นต้น ปัจจุบันมีแบบจำลองคณิตศาสตร์มากมายหลายแบบจำลองได้แก่ HEC-2, HEC-RAS และ MIKE 11

1. HEC-2

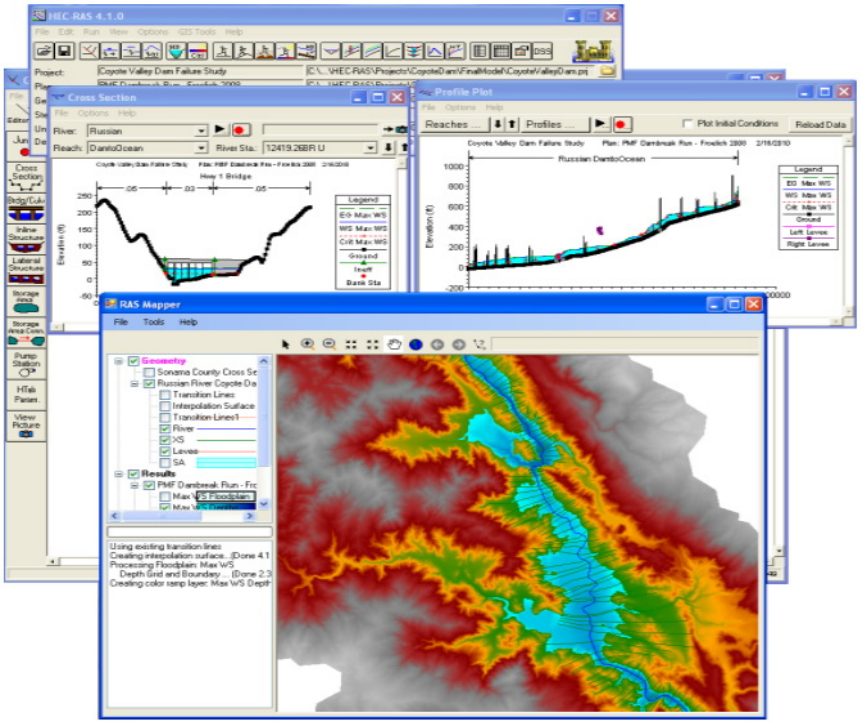
เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้คำนวณสภาพการไหลในลำน้ำที่พัฒนามาจากแบบจำลอง ที่พัฒนาโดยหน่วยงาน Hydrologic Engineering Center of U.S. Army Corps Engineers (HEC) เป็นแบบจำลองที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย ในปัจจุบันถูกพัฒนาให้มีรูปแบบการใส่ข้อมูลให้สะดวกมากขึ้น และสามารถแสดงผลเป็นระดับน้ำได้ซึ่งพัฒนามาเป็นแบบจำลอง HEC-RAS

2. HEC-RAS

เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่พัฒนามาจากแบบจำลอง HEC-2 ที่พัฒนาโดยหน่วยงาน Hydrologic Engineering Center of U.S. Army Corps Engineers (HEC) สำหรับวิเคราะห์งานทางด้านชลศาสตร์ในระบบการไหลแบบหนึ่งมิติ สามารถคำนวณร่วมกับแบบจำลองอื่นได้เช่น HEC-GeoRAS แบบจำลองนี้ที่นิยมอย่างมากเนื่องจากสามารถดาวน์โหลดใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย



(ก)

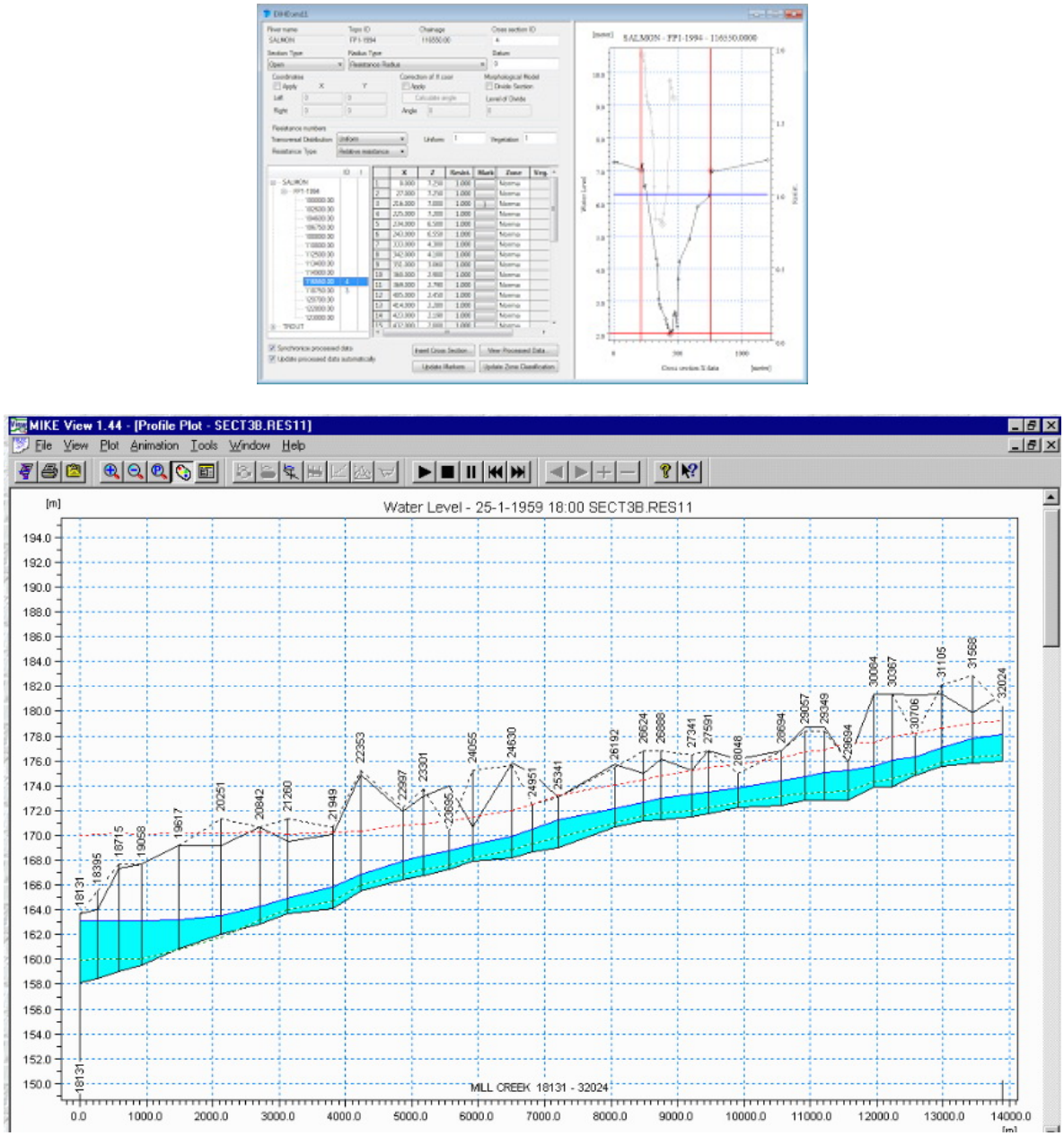


(ข)

รูปที่ 6-1 แบบจำลอง HEC-RAS

3. MIKE 11

เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้คำนวณสภาพการไหลในลำน้ำ, คำนวณคุณภาพน้ำ, การพัดพาตะกอน ได้อีกด้วย พัฒนาโดยหน่วยงาน DHI ซึ่งเป็นหน่วยงานที่สร้างแบบจำลองด้านน้ำชื่อดังของโลก แบบจำลองนี้มีความหลากหลายในการคำนวณรวมไปถึงสามารถเชื่อมต่อกับแบบจำลองอื่นๆเช่น MIKE-FLOOD, MIKE-ZERO เป็นต้น



รูปที่ 6-2 แบบจำลอง MIKE 11

นฤมล ทารักษา (2547) ได้ทำการวิจัยเพื่อหาขอบเขตน้ำท่วมบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง โดยใช้แบบจำลองชลศาสตร์ (HAC-RAS 3.1.1) จากนั้นนำหน้าตัดขวางผิวการไหลมาทำการประมาณค่าสร้างชั้นข้อมูลระดับน้ำท่วมแบบราสเตอร์สำหรับการวิเคราะห์ซ้อนทับแบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Terrain Model) จะได้ผลลัพธ์ของความลึกและขอบเขตน้ำท่วมเมื่อทำการวิเคราะห์กับภาพถ่ายดาวเทียม RADASAT พบว่าการซ้อนทับกันพอดีมีค่าเท่ากับร้อยละ 52.26 เพิ่มประสิทธิภาพให้แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

Pappenberger et al. (2004) วิเคราะห์ความไม่แน่นอนขององค์ประกอบการไหลแบบไม่คงตัว ของแบบจำลอง 1 มิติใน HEC-RAS generalized likelihood uncertainty estimation (GLUE) โดยศึกษาประสิทธิภาพของแบบจำลองจากชุดของการทำงานที่แตกต่างจากค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning โดยเลือกจากช่วงระหว่าง 0.001 และ 0.9 โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่วมและการไหลออกของ hydrograph

อุดร ชนะศรีรัตนกุล (2543) ทำการศึกษาน้ำท่วมในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS กับข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมจากหน่วยงานราชการต่างๆ ประกอบด้วยกรมชลประทาน กรมเจ้าท่า และการท่าเรือแห่งประเทศไทย ซึ่งได้นำมาจัดข้อมูลรูปตัดตามขวางจำนวน 318 รูปตัด เพื่อใช้คำนวณหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมของแม่น้ำเจ้าพระยา จากการศึกษาพบว่าแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS สามารถเชื่อมโยงกับข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้ภาษา Map Basic และ Visual Basic เพื่อแสดงพื้นที่และระดับน้ำท่วมในรูปแบบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้

สุดารัตน์ ภิรมย์ (2554) ศึกษาการบรรเทาอุทกภัยโดยการผันน้ำเข้าแก้มลิงในลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยใช้แบบจำลอง HEC-RAS และ HEC-GeoRAS โดยกำหนดแนวทางการศึกษา 3 แนวทาง 1) กรณีที่แก้มลิงอยู่เหนือแม่น้ำเจ้าพระยา 2) กรณีแก้มลิงอยู่ด้านท้ายน้ำของเขื่อนแม่น้ำเจ้าพระยา 3) มีแก้มลิงทั้งด้านเหนือและด้านท้ายของเขื่อนเจ้าพระยา ผลการศึกษาพบว่า แนวทางที่ 2 สามารถลดอัตราการไหลได้สูงสุดคือ 1,020 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

ปริวัตร น้ำค้าง (2550) ศึกษาสภาพการไหลในลำน้ำคลองแม่กลอง ในช่วงเวลาต่างๆ โดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-RAS เป็นเครื่องมือในการศึกษา จากการศึกษาพบว่าในช่วงหน้าแล้ง พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดอยู่ในพื้นที่ตำบลอัมพวา มีอัตราการไหลเพียง 25.73 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

รัฐพันธ์ (2547) มีการศึกษาประสิทธิภาพการบรรเทาอุทกภัยของอ่างเก็บน้ำแก่งเสือเต้น และผลที่เกิดจากการปรับขนาดความจุของอ่างเก็บน้ำ โดยการจำลองสภาพน้ำหลากลุ่มน้ำยมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ตั้งแต่ท้ายอ่างเก็บน้ำแก่งเสือเต้นจนถึง อ.โพทะเล จ.พิจิตร โดยสมมุติกรณีไม่มีอ่างเก็บน้ำ และ กรณีมีอ่างเก็บน้ำความจุ 400, 800, 1,200 และ 1,600 ล้านลูกบาศก์เมตรและกรณีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่มาก (โดยไม่มีการระบายน้ำออกจากอ่างเลย) และใช้ข้อมูลการเกิดอุทกภัยในช่วงวันที่ 25 กรกฎาคม ถึง 11 พฤศจิกายน จานวน 6 ปี คือปี พ.ศ. 2523, 2527, 2537, 2538, 2539 และ 2544 การศึกษาพบว่า อ่างเก็บน้ำแก่งเสือเต้น สามารถบรรเทาอุทกภัย ตั้งแต่ท้ายอ่างเก็บน้ำ จนถึง อ.เมือง จ.แพร่ ได้อย่างชัดเจน และ บรรเทาอุทกภัยบริเวณจังหวัดสุโขทัยได้ดีพอสมควรโดยเมื่อมีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่มากจะช่วยบรรเทาอุทกภัยจากที่เกิดอุทกภัยขึ้น 2 ครั้ง ใน 3 ปี ลดลงเป็น เกิดอุทกภัย 6 ปีครั้ง และ จุดสุดท้ายที่พิจารณาคือ อ.สามง่าม จ.พิจิตร เป็นพื้นที่ลุ่มน้ำตอนล่าง ผลของอ่างเก็บน้ำจึงมีน้อย โดยมีรอบปีการเกิดซ้ำนานขึ้น จาก 10 ปี เป็นเพียง 14 ปี เมื่อมีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่มาก และมีรอบปีการเกิดซ้ำเพิ่มมากขึ้น จาก 10 ปี เป็น 21 ปี เมื่อมีอ่างเก็บน้ำขนาดความจุ 400 ล้านลูกบาศก์เมตร หากอ่างเก็บน้ำมีขนาด 1,200 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งใกล้เคียงกับที่มีการศึกษาวางแผนไว้ รอบปีการเกิดซ้ำของภาวะน้ำท่วมที่ อ. สวรรค์โลก จ.สุโขทัย จาก 1.7 ปี ในสภาพปัจจุบัน เป็น 3.6 ปี และที่ อ.สามง่าม จ.พิจิตร จาก 10 ปี ในสภาพปัจจุบัน เป็น 12.5 ปี

Susan (2006) มีการใช้ HEC – RAS ในการหาอัตราการปล่อยน้ำที่ Outlet ของเขื่อน Cochiti ที่สร้างเสร็จในปี 1973 เพื่อลดปัญหาการเกิดน้ำท่วมของแม่น้ำ The Middle Rio Grande ใน ประเทศ สหรัฐอเมริกา ซึ่งเกิดจากการสะสมตัวของตะกอน ดังนั้นจึงใช้โปรแกรม HEC – RAS มาพิจารณาอัตราการปล่อยน้ำจากเขื่อน Cochiti ลงสู่ลำธาร Galisteo โดยพิจารณาเป็นระยะทาง 8.2 ไมล์ ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าการปล่อยน้ำสู่ลำธารในอัตราน้อยกว่า 10,000 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที จะสามารถช่วยลดปริมาณการสะสมตัวของตะกอนจากในปี 1962 (ก่อนสร้างเขื่อน) ค่าการสะสมตัวของตะกอนจาก 24 มิลลิเมตรต่อปี แต่ปี 1998 (หลังสร้างเขื่อน) ค่าการสะสมตัวของตะกอนเหลือ 0.1 มิลลิเมตรต่อ ปี ซึ่งลดลงถึงร้อยละ 98 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าอัตราการไหลมีผลต่อการพัดพาของตะกอน และหน้าตัดของลำน้ำอีกด้วย

วชิร สามวัง และ ดุษฎี พรพระแก้ว (2551) ประยุกต์ใช้โปรแกรม HEC-RAS ในการประมาณค่าการกัดเซาะที่สะพาน และเพื่อประมาณค่าการกัดเซาะที่สะพานที่มีความเสี่ยงต่อการกัดเซาะ ซึ่งได้เลือกสะพานรถยนต์ DR.58 ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลายชุมพล จังหวัดพิษณุโลกและสะพานรถยนต์ กม. 1+560.159 ของคลองระบายน้ำหัววัง-พนังตัก จังหวัดชุมพร เป็นสะพานที่ใช้ในการศึกษา จากการศึกษา

บริเวณสะพานรถยนต์ DR.58 กรณีมีปริมาณน้ำไหลในคลองระบายน้ำเท่ากับ 60 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที พบว่าการกัดเซาะรวมกันระหว่างพื้นที่การไหลของน้ำหดแคบกับการกัดเซาะที่ตอม่อกลางน้ำ ที่ตัวทางน้ำ มีค่าความลึกของการกัดเซาะเท่ากับ 0.98 เมตร และไม่มีการกัดเซาะที่ตลิ่งด้านข้าง และจากผลการศึกษาบริเวณสะพานรถยนต์ กม.1+560.159 กรณีปริมาณน้ำในคลอง 230 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที พบว่ามีการกัดเซาะรวมกันระหว่างพื้นที่การไหลของน้ำหดแคบกับการกัดเซาะที่ตอม่อ กลางน้ำ ที่ตัวทางน้ำ มีค่าความลึกของการกัดเซาะเท่ากับ 0.99 เมตรและการกัดเซาะที่ตำแหน่งตลิ่งด้านขวา มีค่าความลึกของการกัดเซาะเท่ากับ 0.89 เมตร

อรุณรัตน์ จันทร์เรียบ (2013) ได้ศึกษาและจำลองระบบระบายน้ำปฐมภูมิพื้นที่ฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานครด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS โดยใช้เหตุการณ์น้ำท่วมปี 2554 ใช้สำหรับศึกษาพฤติกรรมการไหลของน้ำในคลองระบายน้ำ จากการศึกษาพบว่าค่าความแตกต่างของระดับน้ำเฉลี่ยอยู่ ในพิสัยระหว่าง 0.00 -0.20 เมตร และประสิทธิภาพของสถานีสูบน้ำริมแม่น้ำเจ้าพระยาที่ใช้ในการระบายน้ำออกมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 35 ถึงร้อยละ 80 หรือมีค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ 60

วิษุวัฒก์ แต้สมบัติและกิติพงศ์ ทองเชื้อ (2554) ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์น้ำในลุ่มน้ำชีตอนบนด้วยการประยุกต์ใช้ชุดของแบบจำลอง MIKE11-NAM/HD/DA ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองให้ผลการพยากรณ์กราฟของระดับน้ำได้ใกล้เคียงกับค่าระดับน้ำที่ตรวจวัดได้จากสถานีวัดน้ำท่าทั้งสามแห่งในแม่น้ำชีได้แก่ สถานี E.23 สถานี E.21 และสถานี E.9 อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลการพยากรณ์ระดับน้ำในช่วงหนึ่งวันล่วงหน้า, ช่วงสองวันล่วงหน้า และช่วงสามวันล่วงหน้า จะมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 98.85, 97.68, และ 96.34 ตามลำดับ

ยุวดี วงศ์เบี้ยสัจจ์ (2547) ศึกษาและประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (MIKE11) ร่วมกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อการพยากรณ์คุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ผลจากการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาปี พ.ศ. 2538 และ 2544 มีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 และผลจากการมีโครงการบำบัดน้ำเสียตามแผนการจัดการน้ำเสียในบริเวณกรุงเทพและปริมณฑล ทำให้คุณภาพน้ำโดยเฉลี่ยเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำประเภทที่ 4 จนกระทั่งปี พ.ศ. 2550เท่านั้น หลังจากปี พ.ศ. 2550 คุณภาพน้ำจะมีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ในเกณฑ์มาตรฐาน

กฤษฎา มหาสันทนะ (2538) วิเคราะห์คุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยานี้ได้ทำการวิเคราะห์ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE-11 เพื่อวิเคราะห์ค่าทางชลศาสตร์ ค่าการแพร่กระจายสารในลำน้ำและคุณภาพน้ำ ตามลำดับ ผลการคำนวณพบว่า แม่น้ำเจ้าพระยาในสภาพปัจจุบันมีคุณภาพต่ำกว่ามาตร ฐานแหล่งน้ำประเภทที่ 4 โดยในปี 2537 มีค่าบีโอดีสูงสุด เท่ากับ 6.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และผลจากการมีโครงการบำบัดน้ำเสียกรุงเทพมหานครระยะที่ 1 คือ แม่น้ำเจ้าพระยาจะมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำประเภทที่ 4 จนถึง ปี 2540 เท่านั้น คือ มีค่าบีโอดีสูงสุด เท่ากับ 4.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

นฤมล สังขประดิษฐ์ (2541) ศึกษาและปรับเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11 ในการคาดการณ์คุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลองตอนบน โดยมีขอบเขตต้นน้ำ (upstream boundary) อยู่ที่เหนือเขื่อนวชิราลงกรณ์ อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี และขอบเขตท้ายน้ำ (downstream boundary) อยู่ที่ท่าเรือเจ็ดเสมียน อ.โพธาราม จ.ราชบุรี รวมระยะทางทั้งสิ้นประมาณ 70 กิโลเมตร ผลการสำรวจคุณภาพน้ำและผลการคำนวณคุณภาพน้ำโดยแบบจำลอง พบว่า คุณภาพน้ำจะลดลงเรื่อยๆ ตามระยะทางจากต้นน้ำถึงท้ายน้ำ โดยปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลองโดยรวม ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำและปริมาณน้ำในแม่น้ำและฤดูกาลที่ทำการศึกษา

6.2 การจำลองสภาพน้ำในแม่น้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า

6.2.1 น้ำท่า และกระบวนการเกิดน้ำท่า

David and Cordery (1993) กล่าวว่า กระบวนการเกิดน้ำท่าเริ่มจากเมื่อฝนเริ่มตก ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาก็จะไหลไปตามแหล่งพื้นที่ผิวต่าง ๆ ซึ่งปริมาณน้ำส่วนใหญ่จะไหลไปตามลำน้ำและมีการระเหยกลายเป็นไอไปสู่ชั้นบรรยากาศ บางส่วนไหลซึมสู่ชั้นน้ำใต้ดิน ขบวนการเหล่านี้จะเกิดเป็นวัฏจักรหมุนเวียนกันไป

การเกิดน้ำท่ามักเกิดเมื่อมีฝนตกหนัก และมีปริมาณฝนมากกว่าความจุของชั้นดินหรือมากกว่าอัตราการซึมลงดิน จึงมีปริมาณน้ำไหลบนผิวดิน เกิดเป็นปริมาณน้ำท่าหรือน้ำท่วม เรียก“direct

runoff" ลักษณะของการเกิดน้ำท่วมโดยทั่วไปเกิดจากลักษณะของฝนที่ตกสองลักษณะได้แก่ ฝนที่ตกหนักภายในช่วงเวลาสั้น ๆ กล่าวคือ มีความเข้มฝนมาก หรือเกิดจากฝนตกต่อเนื่องเป็นเวลานาน

Chow *et al.* (1988) กล่าวว่า ขบวนการเกิดน้ำท่า (runoff process) เกิดจากพายุฝนที่ตกลงบนพื้นที่ลุ่มน้ำ ตกค้างบนพืช พื้นผิวดิน และผิวน้ำ โดยในขณะนั้นได้มีปริมาณน้ำส่วนหนึ่งระเหยจากพืช ผิวดิน และผิวน้ำ และจากการคายน้ำของพืช กลับสู่ชั้นบรรยากาศ ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่จะเก็บสะสมอยู่ตามผิวดิน (surface storage) ซึ่งบางส่วนจะซึมลงสู่ดินชั้นล่าง เรียกว่า ปริมาณเก็บกักความชื้นของดิน (soil moisture storage) การเก็บกักมี 2 ชนิดคือ retention และdetention ดังนี้

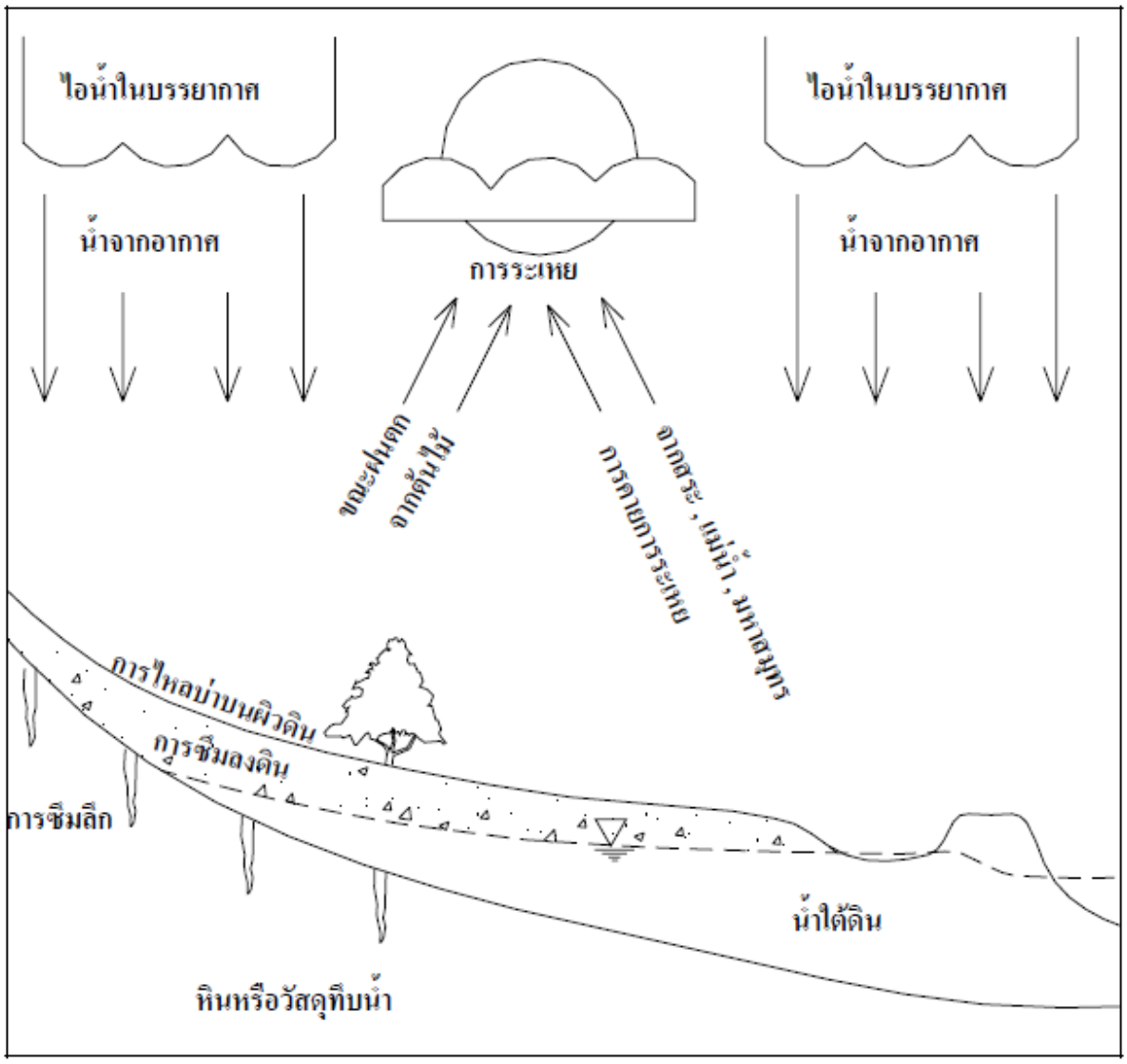
Retention คือ การเก็บกักสำหรับช่วงระยะเวลานาน และจะหมดไปโดยการระเหย

Detention คือ การเก็บกักในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ปริมาณน้ำจะหมดไปโดยการไหลออกจากตำแหน่งที่เก็บกักเมื่อการเก็บกัก detention เริ่มเต็ม เกิดการไหลออกจากบริเวณนั้น โดย unsaturated flow

การไหลผ่านดินที่ไม่อิ่มตัวใกล้กับผิวดิน ซึ่งเรียกการไหลแบบนี้ว่า groundwater flow และบางส่วนไหลบนผิวดิน และรวมตัวกันเป็นร่องน้ำเล็ก ๆ ในเวลาอันรวดเร็ว หลังจากนั้นรวมตัวกันไหลไปในทางน้ำ (channel flow) จากลำน้ำขนาดเล็กสู่ลำน้ำขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงลำน้ำที่ใหญ่ที่สุดในลุ่มน้ำนั้น

6.2.2 องค์ประกอบน้ำท่า

วีระพล (2528) ได้กล่าวว่า น้ำท่า (runoff) คือ ฝนส่วนที่ตกลงสู่ผิวโลก ถ้าตกลงที่พืชน้ำส่วนหนึ่งจะถูกเก็บกักไว้ตามใบหรือลำต้น เรียกว่า interception และน้ำบางส่วนจะซึมลงสู่พื้นดินโดยดินดูดซับไว้ เรียก infiltration แล้วไหลในดินเรียกว่า subsurface runoff ในกรณีเม็ดดินมีความชุ่มชื้นน้อยมาก อัตราการซึมก็จะมีมาก และเมื่อดินอิ่มตัว น้ำก็จะซึมลงไปอีกจนถึงระดับน้ำใต้ดิน (ground water) ฝนส่วนที่เหลือจากการซึมลงผิวดิน เกิดการขังนองตามพื้นที่ แล้วไหลลงสู่ที่ต่ำเกิดการกัดเซาะเป็นร่องน้ำ ลำน้ำ หรือแม่น้ำ เรียกว่าน้ำท่า (surface runoff) ซึ่งจะไหลตามความลาดชันลงสู่ ทะเล และมหาสมุทร ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 6-3



รูปที่ 6-3 วัฏจักรของน้ำท่า (ดัดแปลงจาก วีระพล แต้สมบัติ 2528)

6.2.3 การวิเคราะห์น้ำท่า

การวิเคราะห์น้ำท่าหรือน้ำท่วม จะต้องมีการแยกองค์ประกอบของน้ำท่าออกเป็นส่วนประกอบต่าง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งส่วนประกอบของน้ำท่าตามลักษณะของการไหลมารวมกันได้เป็น 4 องค์ประกอบใหญ่ดังนี้

1. น้ำท่าที่ไหลบนผิวดิน (Overland flow หรือ Direct Runoff) คือปริมาณน้ำท่าที่เหลือจากการซึมผ่านชั้นผิวดินและการระเหยไปสู่ชั้นบรรยากาศจนมีปริมาณน้ำส่วนเกินไหลบนผิวดินและในลำธาร เป็นปริมาณน้ำส่วนที่เป็นองค์ประกอบหลักของการเกิดน้ำท่า

2. น้ำท่าที่ไหลภายในดิน (Interflow) คือปริมาณน้ำที่ไหลอยู่ใต้ชั้นผิวดินด้วยอัตราการเคลื่อนที่ช้า ๆ

3. น้ำใต้ดิน (Ground Water หรือ Base Flow) คือปริมาณน้ำส่วนที่ไหลลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน เป็นปริมาณน้ำที่หล่อเลี้ยงลำธารให้มีน้ำหรือความชุ่มชื้นตลอดปี

4. การไหลของน้ำท่าในทางน้ำ (channel runoff) คือปริมาณฝนตกลงมาบนทางน้ำหรือบนผิวดินที่ไม่สามารถซึมผ่านได้ ซึ่งจะเกิดน้ำท่าเมื่อเกิดพายุฝนและมีไปตลอดทางน้ำ โดยจะแปรผันไปตามความเข้มของฝน

6.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการไหลของน้ำท่าในลำน้ำ

อวิรุทธ์ (2538) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำในลำน้ำ โดยปริมาณน้ำท่า จะแตกต่างกันตามลักษณะภูมิประเทศ ดิน พืชพรรณ และลักษณะทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำปัจจัยดังกล่าวที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าในลำธารดังนี้

(1) ปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะภูมิอากาศ เช่น สภาพภูมิอากาศ ความชื้น ลักษณะการเกิดฝนตก เป็นต้น โดยที่ปริมาณการเกิดฝนตกเป็นปัจจัยหลักต่อการเกิดปริมาณน้ำท่ามากที่สุดลักษณะการเกิดฝนตกที่ต่างกันก่อให้เกิดลักษณะของการเกิดน้ำท่าที่แตกต่างด้วยเช่นกัน

(2) ปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่

1) สภาพพื้นที่ เช่น ชนิดดิน สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use) ลักษณะทางธรณีวิทยา เป็นต้น ลักษณะดังกล่าวนี้มีผลต่อการระบายน้ำหรือการเคลื่อนตัวของน้ำท่าภายในพื้นที่นั้น ๆ กล่าวคือ มีผลต่อลักษณะการไหลของน้ำท่าที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่นถ้าพื้นที่มีการเพาะปลูกหรือมีป่าไม้มากก็จะทำให้มีปริมาณน้ำไหลซึมสู่ชั้นดินมาก ก่อให้เกิดความชุ่มชื้นในชั้นดิน ทำให้เกิดอัตราการระบายน้ำหรือการไหลของน้ำท่ามีปริมาณน้อยลง เป็นต้น

2) ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ ได้แก่ ขนาด และรูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ มีผลต่อปริมาณและการไหลของน้ำท่า โดย นิพนธ์ (2525) พบว่าปริมาณน้ำท่าจะแปรผันตามขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ กล่าวคือ ถ้าพื้นที่ลุ่มน้ำมีขนาดใหญ่ก็จะมี

ปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นตามขนาดพื้นที่ และลักษณะของการเกิดน้ำท่าจะให้กราฟน้ำท่าที่มีลักษณะของฐานของกราฟน้ำท่ากว้างและขนาดการเกิดอัตราการไหลสูงสุด (Qpeak) จะไม่สูงหรือไม่ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับพื้นที่ขนาดเล็ก

3) ความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ ลักษณะความลาดชันของลุ่มน้ำมีอิทธิพลต่อการซึมผ่านของน้ำผ่านผิวดิน (infiltration) และการไหลบนผิวดิน (surface runoff) กล่าวคือ ถ้าความลาดชันของพื้นที่มาก จะทำให้การเกิดน้ำท่าเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมากกว่า เมื่อเทียบกับพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ความลาดชันของลุ่มน้ำจะสัมพันธ์กับเวลาในการเกิดน้ำท่า ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการเกิดอัตราการไหลสูงสุด (Qp) ของน้ำท่าอีกด้วย

6.2.5 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์วิเคราะห์ความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model)

รูปแบบจำลองคณิตศาสตร์(mathematical model) ที่นิยมใช้กันในด้านอุทกวิทยาเป็นกระบวนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่า (Rainfall – Runoff relationship) ดังนั้นรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว จึงนิยมเรียกว่ารูปแบบจำลองน้ำฝนและน้ำท่า

6.2.5.1 แบบจำลอง TANK (TANK Model)

แบบจำลอง TANK (TANK Model) พัฒนาขึ้นโดย Dr. M. Sugawara นักวิจัยของ National Research for Disaster Prevention ประเทศญี่ปุ่นเป็นลักษณะแบบจำลอง Black box มีวิธีการคำนวณแบบ explicit รูปแบบของแบบจำลองเรียกว่า serial storage type model ใช้เพื่อพยากรณ์น้ำสำหรับโครงการด้านแหล่งน้ำต่าง ๆ โดยใช้ครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2499 ลักษณะของ tank ที่ใช้ในแบบจำลองมีลักษณะที่แตกต่างกัน เช่น บริเวณที่ชุ่มชื้นประกอบด้วย tank 1 ชุด (ชุดละ 4 ใบ) เรียงตัวตามแนวดิ่ง ส่วนบริเวณที่ไม่ชุ่มชื้นประกอบด้วย tank หลายชุด (ชุดละ 4 ใบ) เรียงตัวตามแนวขนานกัน ซึ่งหมายความว่าบริเวณนั้นมีการระเหยของน้ำสูง ในขณะที่การดูดซึมและการไหลที่ชั้นผิวดินมีน้อย

6.2.5.2 แบบจำลอง NAM (Nedbor – Afstrominga Model)

NAM model เป็นคำย่อของ “Nedbor – Afstrominga Model” ในภาษา Danish พัฒนาโดย Nielsen และ Hansen นักวิจัยของ Danish hydraulic Institute (1992) โดยจำลองกระบวนการเกิดน้ำฝนน้ำท่าในชนบท และจัดอยู่ในแบบจำลองประเภท lumped model โดยการกำหนดให้แต่ละลุ่มน้ำย่อยเป็นหนึ่งหน่วย ซึ่งค่าของพารามิเตอร์และตัวแปรที่ใช้เป็นค่าเฉลี่ยตัวแทนของลุ่มน้ำนั้น ๆ โดยแนวความคิดของแบบจำลองเป็นการนำพื้นฐานทางกายภาพและสมการมาใช้ร่วมกัน ดังนั้นพารามิเตอร์บางตัวสามารถประมาณจากลักษณะกายภาพของลุ่มน้ำ เช่นความลาดชันของลุ่มน้ำ ความลาดชันของแม่น้ำ ความหนาแน่นของแม่น้ำในลุ่มน้ำ ลักษณะดิน ลักษณะชั้นดินและชนิดของพืชที่ปลูก อย่างไรก็ตามค่าตัวแปรที่เลือกใช้ได้มาจากการสอบเทียบแบบจำลองในช่วงเวลาที่ทำการสอบเทียบ

6.2.5.3 แบบจำลอง SSARR (The Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation Model)

แบบจำลอง SSARR พัฒนาขึ้นโดย Mr.D.Speers แห่ง Corps of Engineers, Portland, Oregan, U.S.A. ใช้สำหรับพยากรณ์น้ำและการเตือนระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ใช้ครั้งแรกเมื่อ พ.ศ. 2500 แบบจำลองนี้สามารถใช้กับลุ่มน้ำใด ๆ ก็ได้ที่มีค่าความเปลี่ยนแปลงของเวลา t อยู่ระหว่าง 0.1 ชั่วโมง กับ 1 วัน สามารถพยากรณ์ได้ 3 – 4 วันล่วงหน้า สำหรับเหตุการณ์ที่มีสาเหตุมาจากฝน และ 10 วัน สำหรับสาเหตุมาจากหิมะละลายและยังสามารถคาดหมายเหตุการณ์ต่างๆได้ 30 - 40 วัน ล่วงหน้า ข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิระดับต่าง ๆ ที่ทำให้หิมะละลาย พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกหิมะปกคลุม น้ำระเหยประจำวันจากถาดวัดการระเหย หรือค่าน้ำระเหยเฉลี่ยรายเดือน ตารางความสัมพันธ์ของระดับน้ำกับปริมาณน้ำ (rating table) บริเวณทะเลสาบหรืออ่างเก็บน้ำ ผลลัพธ์ที่ได้คือ ระดับน้ำหรือปริมาณน้ำในบริเวณทะเลสาบหรืออ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำกับเวลา (hydrograph) และ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาต่าง ๆ รายวัน

6.2.5.4 แบบจำลอง RIBAMAM (RBM – DOGGS)

แบบจำลอง RIBAMAM (RBM–DOGGS) ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Hydraulic Research Limited เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่จำลองการไหลของน้ำที่เป็นการไหลในหนึ่งมิติ (one dimension) และเป็นการไหลที่ไม่ทรงตัวมั่น (unsteady flow) สามารถเปลี่ยนน้ำฝนให้เป็นน้ำท่า และ นำผลการไหลของกราฟน้ำท่าจากลุ่มน้ำย่อยมาทำการเคลื่อนตัว (routing) ผ่านโครงข่ายของลำน้ำและประเมินผลกระทบจาก

การที่มีอ่างเก็บน้ำ (reservoir) และ อาคารผันน้ำ (diversion) เข้ามาเกี่ยวข้อง โดยมีวิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่า 2 วิธี ได้แก่

1. แบบจำลองหาความสัมพันธ์ของน้ำฝนและน้ำท่า และข้อมูลของพื้นที่ลุ่มน้ำที่นำไปใช้กับบริเวณสหราชอาณาจักร (deriving rainfall / runoff และลุ่มน้ำ data for UK)
2. แบบจำลองความสัมพันธ์ของน้ำฝนและน้ำท่า และข้อมูลของพื้นที่ลุ่มน้ำที่นำไปใช้กับบริเวณภูมิภาคอื่น ๆ (deriving rainfall / runoff และลุ่มน้ำ data for other countries)

6.2.5.5 แบบจำลอง RORB

แบบจำลอง RORB เป็นแบบจำลองที่ใช้อย่างแพร่หลายในประเทศออสเตรเลีย เพื่อคำนวณหากราฟน้ำท่วมจากข้อมูลฝน ออกแบบอ่างเก็บน้ำและหาการเคลื่อนที่ของน้ำท่วมในลำน้ำ โดยทำการแบ่งลุ่มน้ำเป็นลุ่มน้ำย่อยซึ่งมีค่าระหว่าง 5 – 20 ลุ่มน้ำย่อย และมีความยาวไม่เกิน 1 ใน 3 ของความยาวทั้งหมด มีขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยไม่เกินร้อยละ 25 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด ใช้สมการ S = 3600 Kqm ในการหาค่า Storage โดยค่า m มีค่าอยู่ระหว่าง 0.60–1.00 และส่วนมากนิยมใช้ 0.80

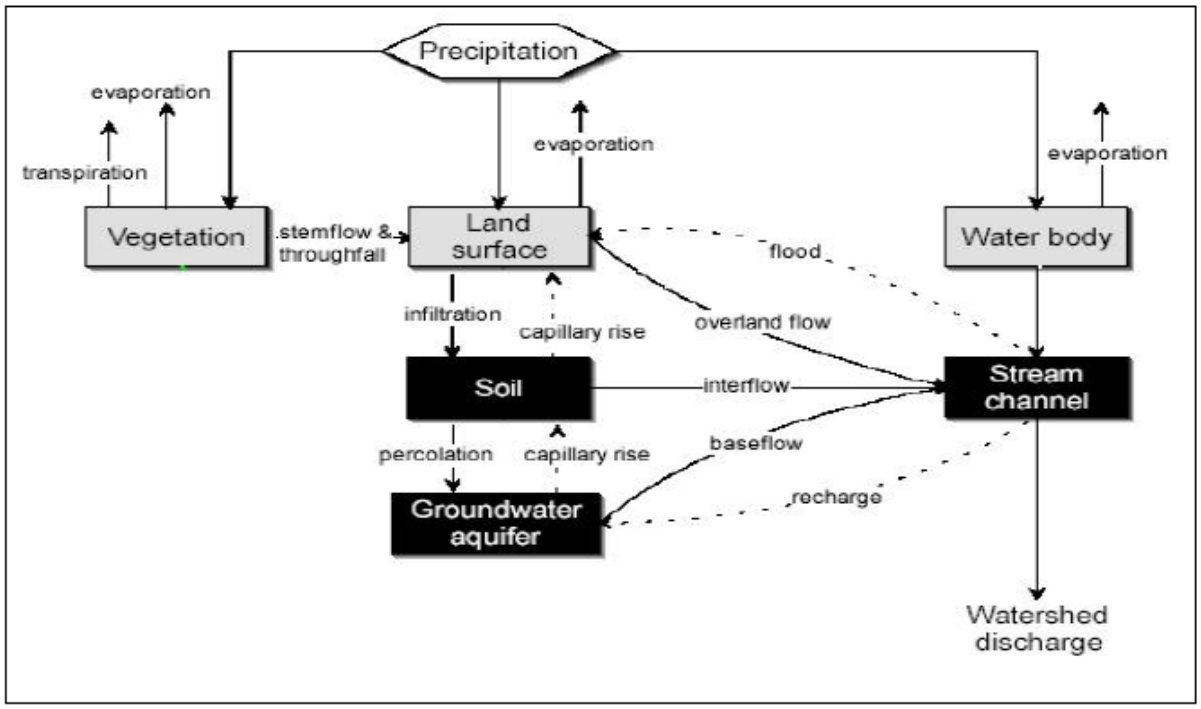
6.2.5.6 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ที่เหมาะสมต่อการศึกษา (แบบจำลอง HEC-HMS)

การจำลองสภาพน้ำท่าในพื้นที่ศึกษามีเป้าหมายหลักเพื่อสร้างข้อมูลน้ำท่าจากข้อมูลน้ำฝนจริงและสภาพคาดการณ์ของน้ำฝนจากแนมโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศด้วย แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าที่เลือกใช้คือ HEC-HMS

1) ลักษณะแบบจำลอง

Hydrologic Engineering Center. U.S. Army Corps of Engineers (1998) ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) ขึ้นโดยร่วมกับศูนย์วิศวกรรมชลศาสตร์ HEC: 'Next-Generation Software Development Project' เมื่อเดือนมีนาคม ปี ค.ศ.1998 ซึ่งสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ปริมาณน้ำท่าที่มาจากน้ำฝน และขั้นตอนการไหลทั้งในสภาพทั่วไปและสภาพที่มีการควบคุม โปรแกรมแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS ประสบความสำเร็จและใช้งานแทนโปรแกรม HEC-1 ได้เป็นอย่างดี

ซึ่ง HEC-HMS ได้รับการปรับปรุงประสิทธิภาพขึ้นมาจากโมดูล (module) หนึ่งใน HEC-1 และ มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากเดิม สำหรับการจำลองการกระจายตัวและเลียนแบบการไหลอย่างต่อเนื่อง HEC-HMS เป็นแบบจำลองทางอุทกศาสตร์ (hydrologic model) ที่สามารถจำลองการวิเคราะห์ ข้อมูลน้ำฝน และพื้นที่รับน้ำให้เป็นน้ำท่าและยังมีความสามารถต่าง ๆ ดังแสดงในรูป 6-4 จำลองกราฟน้ำท่าในช่วงเวลานาน ๆ คำนวณการกระจายน้ำท่าในรูปแบบ grid cell ของพื้นที่รับน้ำฝน การเคลื่อนตัวของน้ำท่าผ่านลำน้ำ แม่น้ำ และอ่างเก็บน้ำ ผลกระทบจากอาคารชลศาสตร์ในระบบแม่น้ำ



รูปที่ 6-4 รูปแบบการคำนวณน้ำท่าจากปริมาณฝน ในแบบจำลอง HEC-HMS (USACE 2000)

2) ความสามารถของแบบจำลอง

- คุณสมบัติของการเลือกลักษณะฝน (precipitation specification) ซึ่งสามารถอธิบายและตรวจสอบเหตุการณ์และความถี่ของฝน (frequency – base hypothetical precipitation) หรือเหตุการณ์ที่เป็นตัวแทนสูงสุดของฝนที่น่าจะเกิดขึ้นได้ตามสภาพที่กำหนด

- แบบจำลองการสูญเสียน้ำ(loss model) ซึ่งสามารถคาดคะเนปริมาณน้ำท่าจากปริมาณน้ำฝน และ คุณสมบัติของพื้นที่รับน้ำ (watershed)

- แบบจำลองการไหลผิวดิน (direct runoff model) ซึ่งจะแสดงการไหลบนผิวดิน (overland flow) การถูกเก็บกักไว้โดยพืช (interception) การเก็บกักในที่ต่ำ (depression storage) และการสูญเสียพลังงานของน้ำที่ไหลจากพื้นที่รับน้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

- แบบจำลองการเคลื่อนตัวทางชลศาสตร์ (hydrologic routing model) เป็นการแสดงการไหลของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ

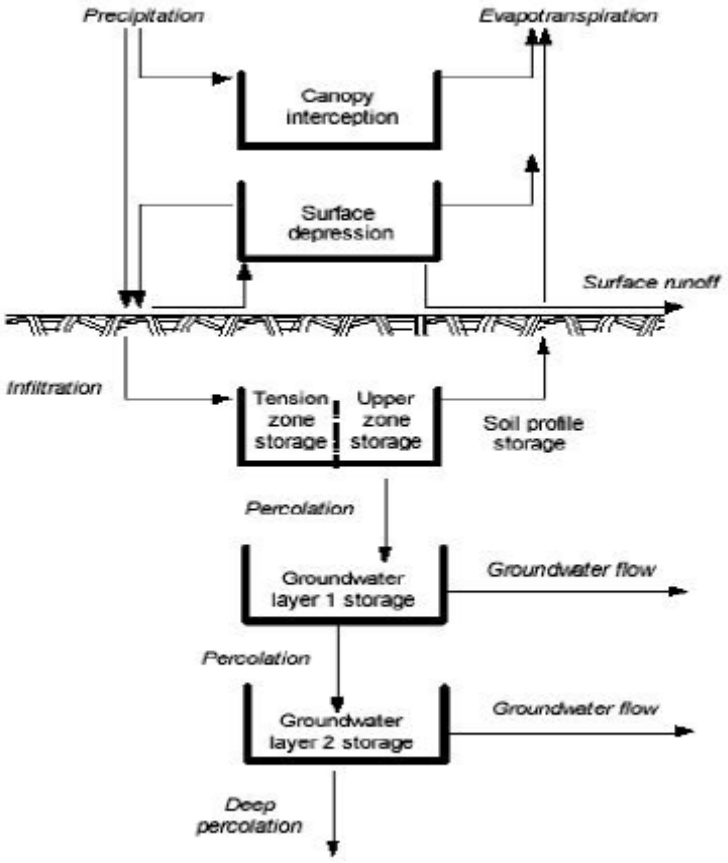
- แบบจำลองการไหลพื้นฐาน (base flow model) แสดงถึง สภาพธรรมชาติที่เกิดขึ้นที่ จุดบรรจบกันและแตกสาขาของแม่น้ำ

- แบบจำลองการวัดอาคารบังคับน้ำ(water control measure)รวมถึงการเบี่ยงเบนจากอาคารบังคับน้ำ (diversion) และอ่างเก็บน้ำ (storage facility)

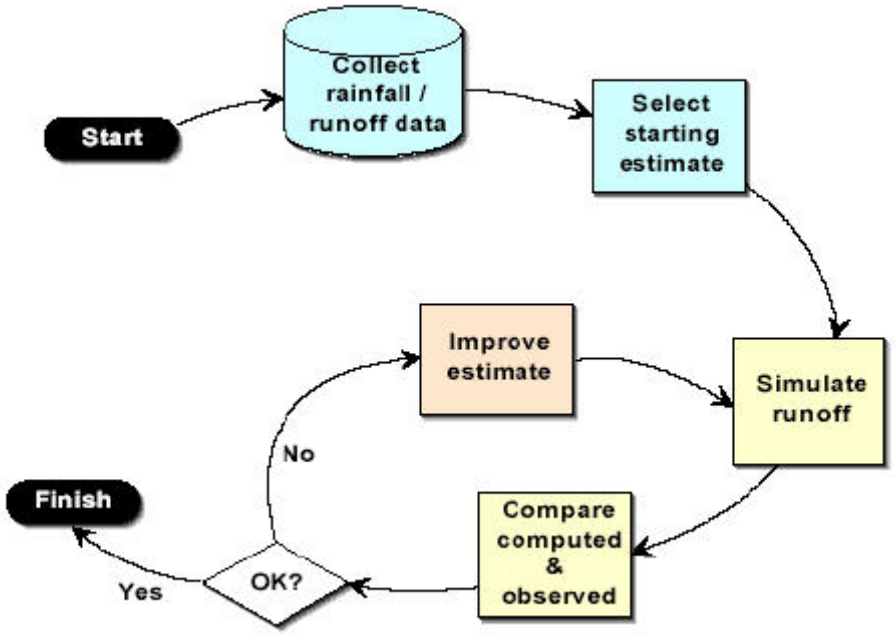
- แบบจำลองการกระจายการไหล ใช้กับข้อมูลการกระจายตัวของฝน ข้อมูลดังกล่าวนั้นสามารถนำมาจากการเก็บข้อมูลอย่างละเอียด ของเรดาร์วัดภูมิอากาศแบบจำลองแสดงความต่อเนื่อง ของการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินอย่างต่อเนื่อง ใช้สำหรับการคำนวณสภาพของพื้นที่รับน้ำในระยะยาวดังแสดงในรูป 6-5

- การสอบเทียบแบบจำลองแบบอัตโนมัติ (auto calibration model) สามารถคาดคะเนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยวิธี optimization โดยการกำหนดสถานะเบื้องต้น และสภาพภูมิอากาศเบื้องต้นต่างๆ (hydro meteorological) ซึ่งแสดงขั้นตอนการสอบเทียบแบบจำลองไว้ในรูป 6-6

- สามารถนำไปเชื่อมโยงกับฐานข้อมูล ซึ่งจะเก็บข้อมูลและเชื่อมโยงกับเครื่องมือการวิเคราะห์ที่อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ ของ HEC และจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ



รูปที่ 6-5 ขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินอย่างต่อเนื่องในแบบจำลอง HEC-HMS (USACE 2000)



รูปที่ 6-6 ขั้นตอนการสอบเทียบแบบจำลองแบบอัตโนมัติ ในแบบจำลอง HEC-HMS (USACE 2000)

3) การคำนวณของแบบจำลอง

USACE (2000) ได้จำแนกการจำลองสภาวะการเกิดของน้ำท่าออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1. แบบจำลองการสูญเสียของน้ำท่า (Loss Models)

Chow *et al.* (1988) กล่าวว่า Soil Conservation Service (1972) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้พัฒนาวิธีในการคำนวณการสูญเสียเริ่มแรกจากพายุฝน สำหรับพายุฝนทั้งหมด ความลึกของปริมาณฝนส่วนเกินหรือ direct runoff (Pe) การประมาณค่าน้ำฝนส่วนเกินจากการใช้ค่าสะสมของปริมาณน้ำฝน สิ่งปกคลุมดิน การใช้งานที่ดินและความชื้นที่มีอยู่ในดิน ซึ่งในขั้นตอนนี้เป็นการจำลองการสูญเสียปริมาณน้ำท่าหรือเรียกว่า loss model การศึกษาในครั้งนี้ใช้แบบจำลองหมายเลขโค้งน้ำท่าของ SCS จาก สมการ (1)

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (1)$$

โดยที่ P_e คือ ปริมาณน้ำฝนส่วนเกินสะสมที่เวลา t

P คือ ปริมาณน้ำฝนสะสมที่เวลา t

I_a คือ ค่าสูญเสียเริ่มต้น

S คือ ความสามารถการเก็บกักสูงสุด วัดได้จากความสามารถของพื้นที่รับน้ำในการสูญเสียและเก็บกักน้ำฝนไว้ จนกว่าค่าสะสมของปริมาณน้ำฝนมากกว่าค่าสูญเสียเริ่มต้นแล้วเกิดเป็นน้ำฝนส่วนเกินหรือเรียกว่าน้ำท่า ค่า S จะมีค่าเป็นศูนย์

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองของพื้นที่รับน้ำขนาดเล็ก SCS ได้กำหนดความสัมพันธ์ของ I_a และ S ไว้ดังสมการที่ 2

$$I_a = 0.2S \quad (2)$$

ดังนั้นค่าสะสมของน้ำฝนส่วนเกินที่เวลา t มีค่าดังสมการที่ 3

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (3)$$

ปริมาณน้ำฝนส่วนเกินที่เพิ่มขึ้นที่แต่ละช่วงเวลาคำนวณจากความแตกต่างของค่าสะสมส่วนเกิน ณ จุดสิ้นสุดและจุดเริ่มต้นของแต่ละช่วงเวลา ความสามารถการเก็บกักสูงสุด (S) และลักษณะของพื้นที่รับน้ำมีความเกี่ยวข้องกันผ่านทาง curve number หรือเรียกย่อ ๆ ว่า CN โดยที่

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN} \quad (4)$$

โดยที่ S มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร และค่า curve number (CN) เป็นค่าที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้แทนตัวแปร S โดยให้มีความสัมพันธ์กับชนิดของดิน (soil type) และลักษณะการใช้ดิน (land use) ซึ่งค่า CN นี้บอกถึงศักยภาพของการเกิดปริมาณน้ำท่าผิวดิน ถ้าค่า CN มีค่ามาก แสดงว่าศักยภาพในการไหลผิวดินสูง ค่า CN มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 100

Soil Conservation Service (1985) ยังกล่าวต่อไปอีกว่า จากความหมายทางกายภาพของ S หมายถึง ศักยภาพการสูญเสียสูงสุดที่เหลืออยู่ คือปริมาณของช่องโพรงดินที่เหลืออยู่ (available void storage) ซึ่งยังไม่ถูกแทนที่ด้วยน้ำนั่นเอง ดังนั้นเราจึงพบว่าค่า S มีค่ามากเมื่อความชื้นในดินต่ำ โดยค่า S มีค่ามากที่สุดเมื่อไม่มีค่าความชื้นในดินเลย เพื่อความง่ายและสะดวก SCS จึงกำหนดค่า CN ต่าง ๆ ที่แสดงในกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่านั้น เป็นค่า CN ของพื้นที่ที่มีสภาพความชื้นก่อนหน้านั้น antecedent moisture condition (AMC) หมายถึง ปริมาณน้ำฝนสะสมทั้งหมดที่ตกก่อนหน้าพายุฝนที่พิจารณา 5 วันและยังพิจารณาช่วงฤดูกาลเพาะปลูกของพืชด้วย โดยปกติอยู่ในระดับปานกลาง (AMC II) แต่ความชื้นที่แห้งกว่าปกติ (AMC I) หรือสภาพความชื้นที่สูงกว่าปกติ (AMC III) โดยการแบ่ง AMCเป็น 3 ชนิด ส่วนค่า CN สำหรับสภาพดังกล่าวสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\text{CN (AMC.I)} = \frac{4.2 * CN(AMC.II)}{10 - 0.058 * CN(AMC.II)} \quad (5)$$

$$\text{CN (AMC.III)} = \frac{23 * CN(AMC.II)}{10 + 0.13 * CN(AMC.II)} \quad (6)$$

Soil Conservation Service (1985) ได้สรุปว่า ค่า CN จะมีความสัมพันธ์กับชนิดของดิน (Soil type) สภาพการใช้ที่ดิน (land use) ภาวะความชื้นของดิน (antecedent moisture conditions) และความลาดชันของพื้นที่ ถ้า CN มีค่ามากกว่า ศักยภาพในการเกิดน้ำท่าสูง กรณี $I_a = 0.2S$ จะมีค่า CN ของพื้นที่ที่มีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ต่าง ๆ กัน ซึ่งแบ่งพื้นที่ที่เป็นตัวเมือง พื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ พื้นที่แห้งแล้งและกึ่งแห้งแล้ง โดยปกติประเภทของสิ่งปกคลุมดินได้จากการสำรวจภาคสนามและแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินสภาพอุทกวิทยา (Hydrologic Condition) แบ่งออกเป็น 3 สภาพดังนี้

- สภาพไม่ดี (poor) พืชปกคลุมพื้นที่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

- สภาพพอใช้ (fair) พืชปกคลุมพื้นที่ระหว่าง 50 – 75 เปอร์เซ็นต์
- สภาพดี (good) พืชปกคลุมพื้นที่มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์

โดยได้กำหนดชนิดของดินเป็น 4 ชุด โดยใช้อัตราการซึมที่แตกต่างกันเป็นเกณฑ์ดังนี้

- ดินชุด A มีศักยภาพของปริมาณน้ำท่าต่ำ และอัตราการซึมลงดินสูง แม้จะได้รับน้ำตลอดเวลา ชั้นดินหนาลึก ประกอบด้วยทรายหรือกรวด ที่มีการระบายน้ำสูงและเร็วในอัตราการซึมมากกว่า 0.30 นิ้วต่อชั่วโมง
- ดินชุด B มีอัตราการซึมลงดินปานกลางแม้ได้รับน้ำตลอดเวลา เป็นดินลึกปานกลาง เนื้อดินละเอียดปานกลางถึงค่อนข้างหยาบ มีอัตราการซึม 0.15 ถึง 0.30 นิ้วต่อชั่วโมง
- ดินชุด C มีอัตราการซึมลงดินต่ำ เมื่อได้รับน้ำตลอดเวลาประกอบด้วยดินที่มีชั้นดินทึบน้ำซึ่งมีเนื้อดินละเอียด มีอัตราการซึม 0.05 ถึง 0.15 นิ้วต่อชั่วโมง
- ดินชุด D มีศักยภาพของปริมาณน้ำท่าสูง มีอัตราการซึมลงดินต่ำ ขณะได้รับน้ำตลอดเวลาประกอบด้วยดินเหนียวเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะบริเวณใกล้ผิวหน้า ระดับน้ำใต้ดินจะอยู่สูงตลอดเวลา มีอัตราการซึมของน้ำ 0 ถึง 0.05 นิ้วต่อชั่วโมง การประมาณค่า CN ของพื้นที่รับน้ำสามารถประมาณได้จากการใช้งานที่ดินประเภทของดิน ความชื้นเริ่มต้นที่มีในดิน ผลรวมของ CN คำนวณได้จาก สมการที่ 7

$$CN_{COMPOSITE} = \frac{\sum A_i CN_i}{\sum A_i} \quad (7)$$

โดยที่ $CN_{COMPOSITE}$ คือ ค่า CN รวมของการคำนวณปริมาณน้ำท่าใน HEC-HMS

i คือ ค่าดัชนีของพื้นที่รับน้ำย่อยที่มีดินชนิดเดียวกันและมีการใช้งานที่ดินเหมือนกัน

CN_i คือ ค่า CN สำหรับพื้นที่ย่อย i

A_i คือ พื้นที่ระบายน้ำของพื้นที่ย่อย i

2. การจำลองน้ำท่าที่ไหลบนผิวดิน

Snyder (1938) ได้กำหนด Lag ความแตกต่างของช่วงเวลาระหว่างเวลาที่เกิดค่าสูงสุด peak กับเวลาที่จุด centroid ของกราฟแสดงความเข้มของปริมาณฝนส่วนเกิน ดังรูป 6-7 อัตราการไหลสูงสุด (peak flow) และพื้นฐานเวลารวม (total time base) เป็นตัวแปรสำคัญของ UH และกำหนด UH มาตรฐาน ของช่วงเวลาที่เกิดฝนหนึ่งครั้ง t_r สัมพันธ์กับ Lag และ t_p ดังสมการที่ 8 ดังนั้นถ้าทราบช่วงเวลาที่เกิดฝน สามารถหาค่า Lag และค่าสูงสุด (Peak) ได้ ถ้าช่วงเวลาของ UH ที่ต้องการมีค่าแตกต่างกับค่าในสมการที่ 8 ค่า Lag สามารถหาได้จากสมการที่ 9

$$tp = 5.5*tr \quad (8)$$

โดยที่ t_r คือ ช่วงเวลาของ UH ที่ต้องการ

t_{pr} คือ Lag ของ UH ที่ต้องการ

ในกรณีปกติ Snyder (1938) ค้นพบว่า Lag ของ UH และค่าสูงสุดต่อหน่วยของปริมาณฝนส่วนเกินต่อพื้นที่ของพื้นที่รับน้ำมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$\frac{U_p}{A} = C\frac{C_p}{t_p} \quad (9)$$

โดยที่ U_p คือ ค่าสูงสุดของUH มาตรฐาน

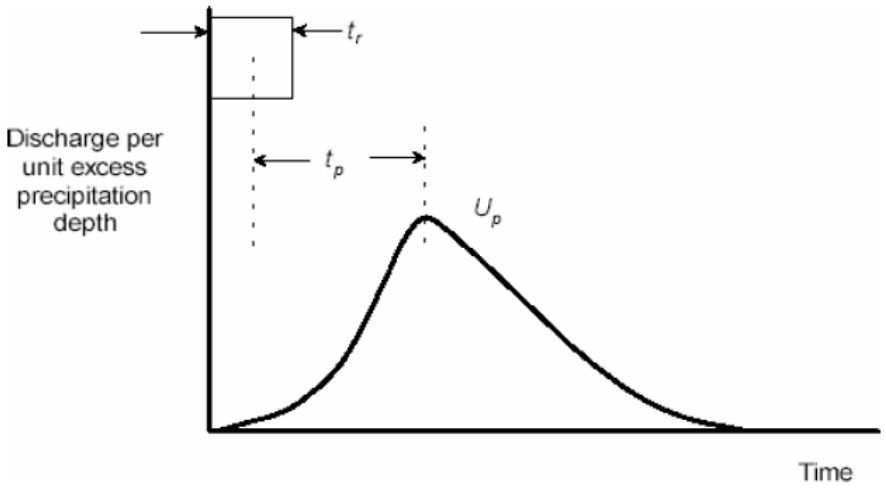
A คือ พื้นที่ของพื้นที่รับน้ำ

C_p คือ สัมประสิทธิ์ค่าสูงสุดของ UH

C คือ ค่าคงที่ในการแปลงหน่วย (2.75 สำหรับ SI และ 640 สำหรับฟุต-ปอนด์)

สำหรับช่วงเวลาอื่น ๆ ค่าสูงสุด Q_{pr} คำนวณได้จาก

$$\frac{U_{pR}}{A} = C\frac{C_p}{t_{pR}} \quad (10)$$



รูปที่ 6-7 กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Snyder (USACE 2000)

แบบจำลอง UH ของ Snyder ต้องการค่า Lag มาตรฐาน tp และสัมประสิทธิ์ Cp โปรแกรม HEC-HMS ได้กำหนดค่า t_{pr} ของ สมการที่ 11 เท่ากับช่วงเวลาย่อย และแก้สมการที่ 9 เพื่อหาค่า Lag ของ UH ที่ต้องการ จากนั้นจึงแก้ สมการที่ 11 เพื่อหาค่าสูงสุด Snyder ได้เสนอว่าควรจะกำหนดความสัมพันธ์ของพื้นฐานเวลาของ UH และ HEC-HMS ได้ใช้ความสัมพันธ์ในการคำนวณค่าสูงสุดและเวลาที่เกิด เพื่อหา UH จากนั้นจะหาค่าพื้นฐานเวลาและค่าในแต่ละจุดนอกเหนือจากจุดสูงสุดการประมาณค่าตัวแปรของแบบจำลอง UH ของ Snyder

Snyder (1938) เก็บข้อมูลฝนและน้ำท่าจากสถานีวัดน้ำ นำมาสร้าง UH ด้วย

$$t_p = CC_t(LL_c)^{0.3} \tag{11}$$

โดย C_t คือ สัมประสิทธิ์ของพื้นที่รับน้ำ
L คือ ความยาวของลำน้ำหลักจากทางออกถึงจุดแบ่ง
L_c คือ ความยาวของลำน้ำหลักจากทางออกถึงจุด centroid ของพื้นที่รับน้ำ
C คือ ค่าคงที่การแปลงหน่วย (0.75 สำหรับ SI และ1.00 สำหรับฟุต-ปอนด์)

วิธีที่กล่าวมาแล้วกำหนดตัวแปรของ UH ที่ได้ สร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรที่กำหนดไว้กับคุณลักษณะที่สามารถวัดได้ของพื้นที่รับน้ำ สำหรับค่า Lag นั้น Snyder เสนอแนะว่าค่า C_t ของสมการ 12

และ C_p ของสมการ 10 สามารถหาได้จากการ calibration จากรายงานของ Bedient และ Huber (2002) ค่า C_t ควรจะอยู่ระหว่าง 1.8-2.2 ถึงแม้ว่าค่านี้จะมีความแตกต่างกันมาก เช่น ในเขตภูเขาเท่ากับ 0.4 และอ่าวเม็กซิโกเท่ากับ 0.8 และค่า C_p อยู่ระหว่าง 0.4-0.8 โดยที่ค่า C_p มีค่ามากเมื่อ Ct มีค่าน้อย

อีกรูปแบบของการประมาณค่าตัวแปรเป็นของ Los Angeles District ตาม USACE (1994) ดังนี้

$$t_p = CC_t\left(\frac{LL_c}{\sqrt{S}}\right)^N \tag{12}$$

โดย S คือ ความชันทั้งหมดของลำน้ำที่ยาวที่สุดจากจุด Centroid ถึงขอบเขตของพื้นที่รับน้ำ

N คือ เลขยกกำลังโดยทั่วไปมีค่า 0.33 หรือมีการกำหนด t_p มีความสัมพันธ์กับ t_c (Watershed time of concentration คือเวลาของการไหลที่จุดต่าง ๆ ในพื้นที่ถึงทางออก) โดยกำหนด t_p มีค่า 50–75 % ของ t_c

4) การจำลองการไหลพื้นฐาน

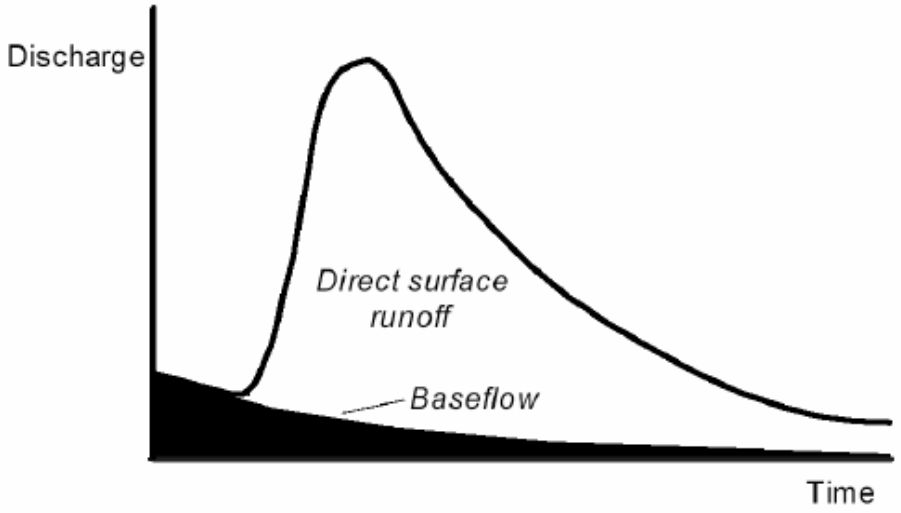
การไหลของน้ำท่าในลำน้ำ (stream Flow) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ น้ำท่าผิวดิน (direct runoff) จากฝนและการไหลพื้นฐาน (base flow) การไหลพื้นฐานเป็นการรักษาน้ำท่าที่ค้างอยู่ชั่วคราวในพื้นที่รับน้ำจากฝนที่ผ่านไปแล้วไว้รวมถึงน้ำท่าใต้ดิน (subsurface runoff) ที่คงเหลือจากพายุฝนที่ผ่านไปแล้ว

Chow *et al.* (1988) กล่าวว่า การจำลองการไหลพื้นฐานวิธีการถดถอย มักใช้ในการอธิบายการระบายน้ำจากระบบเก็บกักตามธรรมชาติในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยการหาความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$Q_t = Q_0 k^t \tag{13}$$

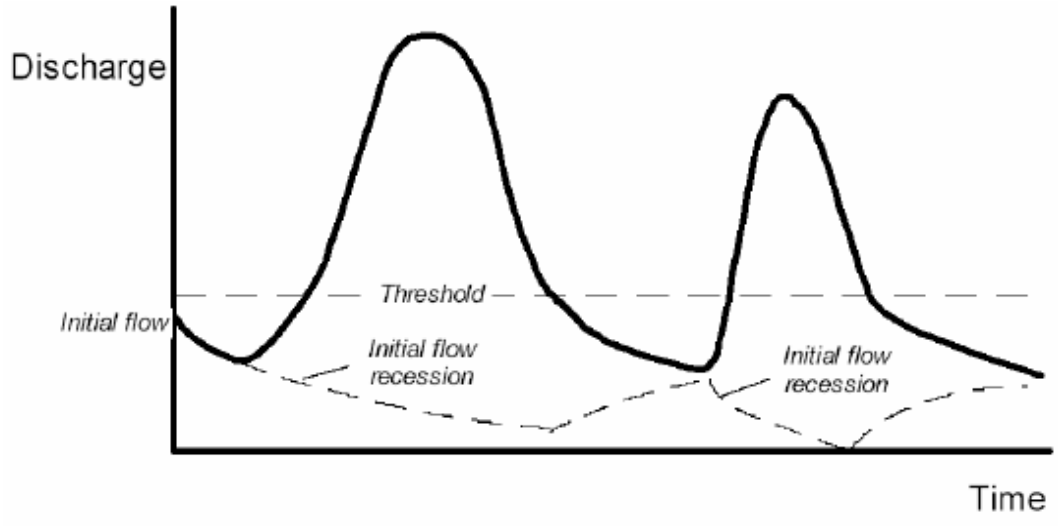
เมื่อ Q_t คือ ปริมาณการไหลพื้นฐาน ที่เวลา t ใด ๆ
Q_0 คือ ปริมาณการไหลพื้นฐานเริ่มต้น (ที่เวลา $t = 0$)
K คือ เลขคงที่ยกกำลัง

จากรูปที่ 6-8 พื้นที่ที่สีดำ เป็นตัวแทนของการไหลพื้นฐาน ซึ่งมีการลดลงแบบยกกำลังจากปริมาณเริ่มต้น ปริมาณการไหลทั้งหมด คือ ผลรวมของการไหลพื้นฐานและการไหลของน้ำท่าผิวดินในโปรแกรม HEC-HMS ค่า ***k*** คือ อัตราส่วนระหว่างการไหลพื้นฐานที่เวลา ***t*** กับการไหลพื้นฐานของวันที่ผ่านมาแล้ว การไหลพื้นฐานเริ่มต้น $\boldsymbol{Q_o}$ เป็นสถานะเริ่มต้นของแบบจำลองสามารถกำหนดเป็นอัตราการไหล (m3/s) หรือ ปริมาณการไหลต่อหน่วยพื้นที่ ($m^3/s/km^2$) แบบจำลองการไหลพื้นฐานสามารถกำหนดให้เริ่มต้นพร้อมพายุหรือหลังจากเกิดพายุ ในลักษณะของการไหลใต้ผิว หลังจากน้ำท่าผิวดินมีค่าสูงสุด ค่าอัตราการไหล threshold ที่ผู้ใช้กำหนดเป็นเวลาที่แบบจำลองการถดถอยในสมการ 14 การกำหนดปริมาณการไหลทั้งหมด (total flow) ที่จุด threshold นั้นแสดงถึงค่าอัตราการไหลในรูปของอัตราส่วนสู่จุดสูงสุดเป็น 0.10 และคำนวณปริมาณการไหลสูงสุดได้ 1,000 m^3/s ดังนั้น อัตราการไหล threshold มีค่า 100 m^3/s อัตราการไหลใต้ผิวจะคำนวณได้จาก สมการที่ 13 ด้วยค่า $\boldsymbol{Q_o}$ เท่ากับ threshold ที่กำหนดที่จุดอัตราการไหล threshold การไหลพื้นฐานถูกกำหนดจากการถดถอยของการไหลพื้นฐานเริ่มต้น หลังจากนั้นไม่คำนวณการไหลพื้นฐานผิวดิน แต่หาค่าจากอัตราการไหลที่ถดถอยลงของน้ำท่าผิวดิน จนกระทั่ง น้ำท่าผิวดินมีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งฝนได้ผ่านออกไปจากพื้นที่รับน้ำแล้ว อัตราการไหลรวม (total flow) และการไหลพื้นฐานมีค่าเท่ากัน



รูปที่ 6-8 Initial Base Flow Recession (USACE 2000)

หลังจากเกิดการไหล threshold ปริมาณการไหลของน้ำท่าคำนวณจากแบบจำลองการถดถอยเท่านั้น ยกเว้นผลรวมของน้ำท่า และการไหลพื้นฐานเริ่มต้นมีค่าสูงกว่าค่า threshold ซึ่งเกิดในกรณีที่มีฝนเกิดตามหลังมาทำให้กราฟน้ำท่ามีค่าเพิ่มขึ้นอีกครั้งในกรณีนี้อัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นครั้งที่สองนี้ คำนวณจากการนำน้ำท่าผิวดินมารวมเข้าด้วยกันกับปริมาณที่เริ่มต้นถดถอย ดังรูปที่ 6-9



รูปที่ 6-9 Recession with multiple runoff peaks (USACE 2000)

5) การจำลองการไหลตามลำน้ำ (Models of Channel Flow)

วีระพล (2528) กล่าวว่า เมื่อทราบข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะ ของ storage และ input หรือ inflow hydrograph วิธีการ flood routing สามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี ด้วยกันคือ reservoir routing และ stream flow หรือ channel routing สำหรับ reservoir routing เป็นวิธีการที่ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของปริมาตรการเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ ต่อรูปร่างของกราฟน้ำท่าที่ไหลเข้าสู่อ่าง และไหลออกจากอ่างเก็บน้ำในเวลาต่อมา ส่วน stream flow routing นั้นเป็นเทคนิคที่ใช้ในการศึกษาผลการเปลี่ยนรูปร่างกราฟน้ำท่าของ flood wave เมื่อเคลื่อนตัวไปทางด้านท้ายน้ำ

Chow *et al.* (1988) กล่าวว่า ในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของน้ำท่านั้นสามารถกระทำได้ 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ วิธีการเคลื่อนตัวของระบบแบบลัมพ์ (lumped system routing) และวิธีการเคลื่อนที่ของระบบแบบดีสติบิวท์ (distributed system routing)

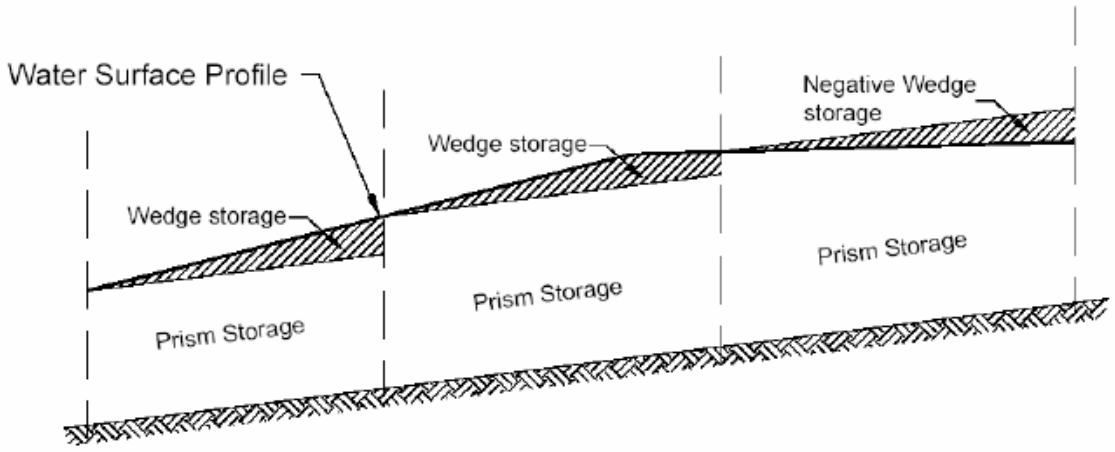
1) วิธีการเคลื่อนที่ของระบบแบบลัมพ์ (lumped system routing) หมายถึงการเคลื่อนที่ทางอุทกวิทยา (hydrologic routing) โดยแบบจำลองของระบบ (a lumped system model) นั้น น้ำท่าถูกคำนวณให้เป็นฟังก์ชั่นของเวลาเพียงอย่างเดียว ณ จุดที่พิจารณา

2) วิธีการเคลื่อนที่ของระบบแบบดีสติบิวท์ (distributed system routing) หมายถึงการเคลื่อนที่ทางชลศาสตร์ (hydraulic routing) โดยแบบจำลองของระบบ (distributed system model) นั้น น้ำท่าถูกคำนวณให้เป็นฟังก์ชั่นของเวลา (time) และ สถานที่ (space)

USACE (2000) ได้อธิบายวิธีการเคลื่อนตัวของระบบแบบลัมพ์ โดยวิธีของ Muskingum ว่าเป็นวิธีที่ใช้กันแพร่หลายและง่าย แบบจำลองอยู่บนพื้นฐานการแก้ปัญหาจากรูปแบบดังต่อไปนี้ของสมการ continuity

$$\left(\frac{I_{t-1}+I_t}{2}\right)-\left(\frac{O_{t-2}+O_t}{2}\right)=\left(\frac{S_t-S_{t-1}}{\Delta t}\right) \quad (14)$$

การเก็บกักในลุ่มน้ำเป็นแบบจำลองที่คล้ายกับการรวมของ prism storage และwedge storage โดยที่ prism storage เป็นปริมาตรที่หาโดย steady flow water surface profile ในขณะที่ wedge storage เป็นการเพิ่มปริมาตรโดยภายใต้ภาพตัด ของคลื่นน้ำท่วม (flood wave)ระหว่างช่วงการขึ้นของน้ำท่วม wedge storage ถูกเพิ่มเข้าไปที่ prism storage ระหว่างช่วงการตกของน้ำท่วม wedge storage เป็นลบและถูกหักออกจาก prism storage รูปที่ 6-10



รูปที่ 6-10 ปริมาตรในส่วน Wedge Storage (USACE 2000)

ปริมาตรของ prism storage เป็นอัตราการไหลออก(O) คูณกับช่วงระยะเวลาที่จะถึง reach (K) ปริมาตรของ wedge storage เป็นน้ำหนักที่แตกต่างระหว่างการไหลเข้าและการไหลออกคูณกับช่วงเวลาที่เข้าจะถึง reach (K) ดังนั้น แบบจำลอง Muskingum เพื่อหาการเก็บกัก เท่ากับ

$$S_t = KO_t + KX(I_t - O_t) = K[XI_t + (1-X)O_t] \quad (15)$$

โดยที่ K คือ ช่วงเวลาของคลื่นน้ำท่วมที่ไปถึงเส้นทาง reach X คือ ช่วงน้ำหนัก ($0 < X < 0.5$)

X คือ ช่วงน้ำหนัก ($0 < X < 0.5$)

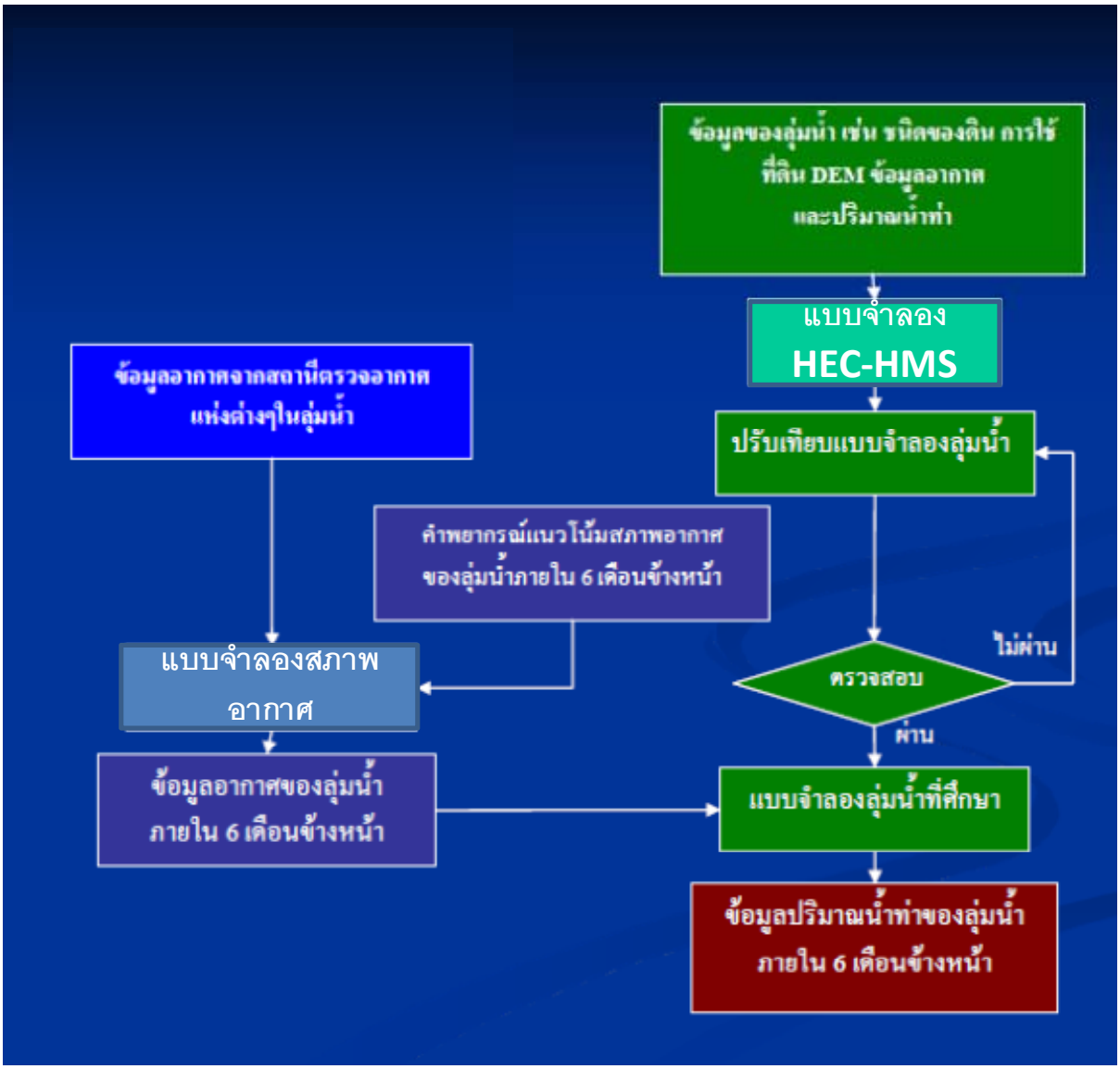
ค่า $X_{it} + (1-X)O_t$ เป็นน้ำหนักการไหล ถ้าการเก็บกักในลุ่มน้ำถูกควบคุม โดยสภาพ downstream control ดังนั้น การเก็บกักและการไหลออกมีความสัมพันธ์กันมาก เช่น ในกรณี X เท่ากับ 0 สมการที่ 16 จะได้ S = KO ถ้า X = 0.5 คือค่าการไหลออกและไหลเข้ามีน้ำหนักเท่ากัน และ ผลที่ได้คือคลื่นที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งไม่ทำให้น้อยลงในขณะที่มีการเคลื่อนที่ลงไปทางด้านท้ายน้ำ

จากที่กล่าวมาทั้งหมด สามารถสรุปข้อดีข้อเสียของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าได้ ดังนั้นในขั้นตอนต่อไปคือการนำเข้าข้อมูลสู่แบบจำลอง HEC-HMS

ข้อมูลหลักสำหรับนำเข้าแบบจำลองสามารถสรุปได้คร่าวๆดังนี้

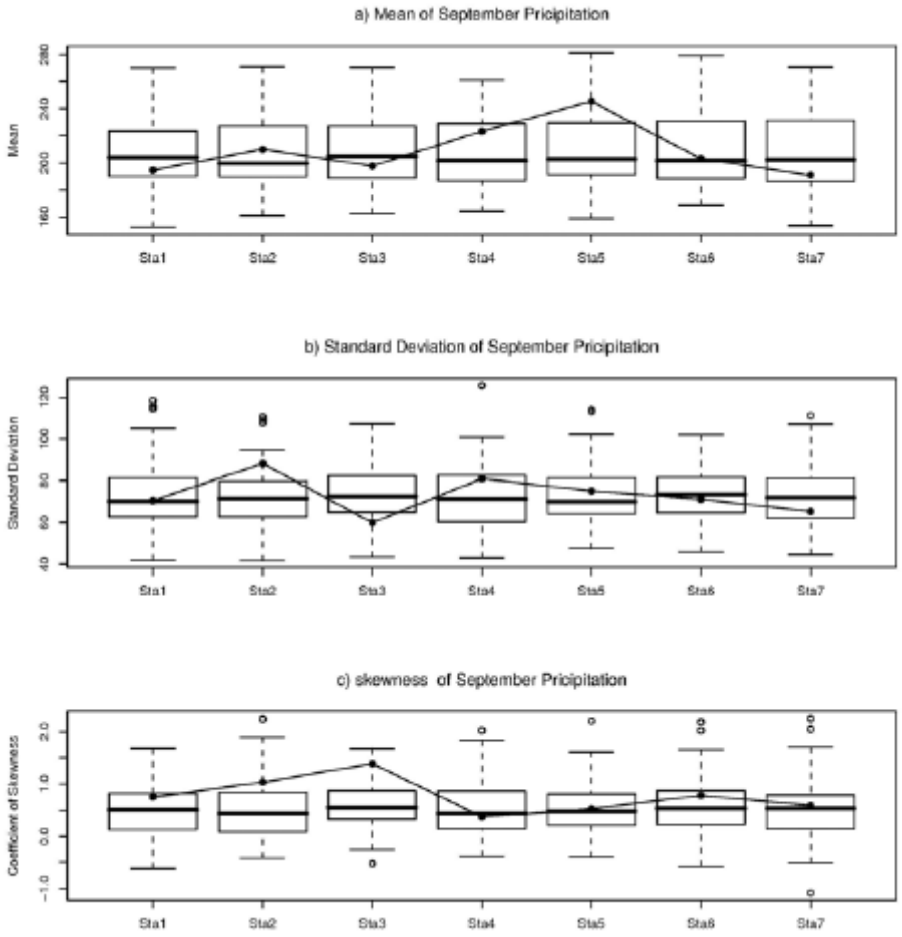
1. ข้อมูลคุณลักษณะภูมิประเทศของลุ่มน้ำ (Watershed Characteristics) ได้แก่ ข้อมูลดิน การใช้ที่ดิน และ Topography ของพื้นที่ศึกษา
2. ข้อมูลคุณลักษณะของภูมิอากาศ (Climate Characteristics) ได้แก่ อุณหภูมิ อัตราการระเหย ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น
3. ข้อมูลคุณลักษณะทางอุทกวิทยา (Hydrological Characteristics) ได้แก่ ข้อมูลน้ำท่า ข้อมูลน้ำฝน เป็นต้น

การทำงานของแบบจำลองสภาพอากาศที่ได้ดำเนินการศึกษาไว้ก่อนหน้านี้แล้วจะถูกนำมาเชื่อมโยงเพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ศึกษา โดยอาศัยข้อมูลนำเข้าสู่แบบจำลองเพื่อประโยชน์ในการปรับเทียบแบบจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 6-11



รูปที่ 6-11 การทำงานร่วมกันของแบบจำลองสภาพอากาศและแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (HEC-HMS)

จากแบบจำลองสภาพอากาศ จะได้ข้อมูลสภาพน้ำฝนเพื่อนำเป็นข้อมูลนำเข้า และปรับเทียบแบบจำลองน้ำท่า HEC-HMS โดยจะต้องมีการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางสถิติระหว่างข้อมูลฝนจริง และข้อมูลฝนที่ได้จากแบบจำลองสภาพอากาศ ก่อนนำเข้าสู่แบบจำลอง HEC-HMS ดังแสดงในรูปที่ 6-12



รูปที่ 6-12 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางสถิติระหว่างข้อมูลฝนจริง และข้อมูลฝนที่ได้จากแบบจำลองสภาพอากาศ ก่อนนำเข้าสู่แบบจำลอง HEC-HMS สำหรับฝนรายเดือนกันยายน

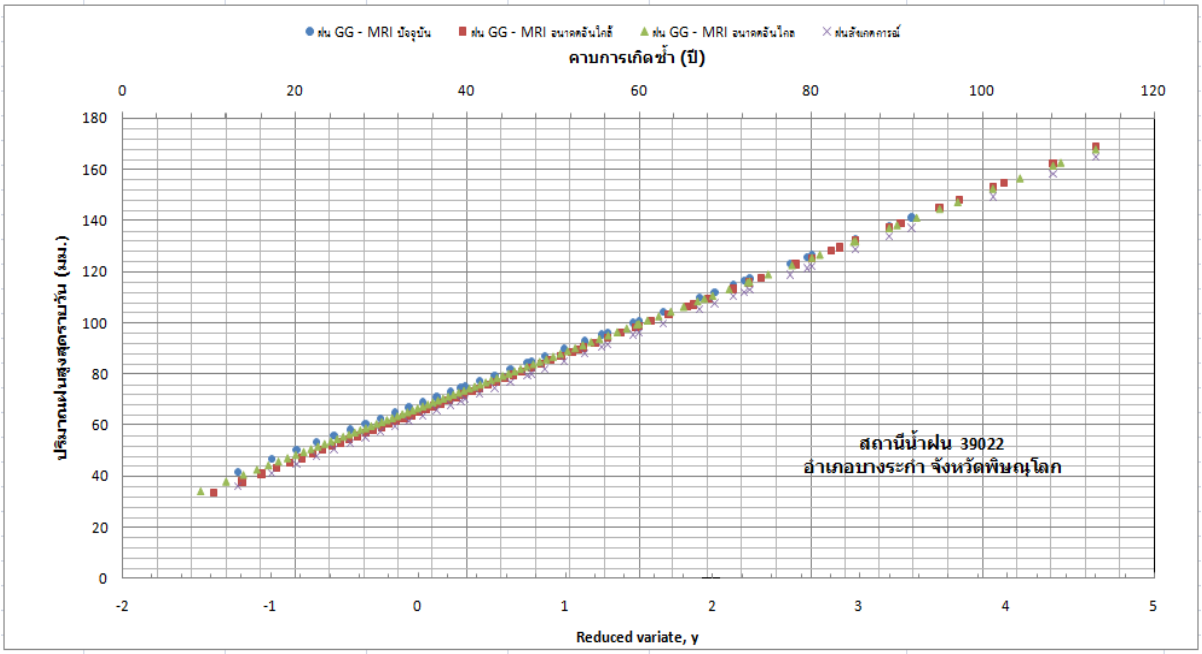
แบบจำลอง HEC-HMS สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝน-น้ำท่าในงานวิจัยนี้ มีการนำเข้าข้อมูล DEM และ Topography สำหรับการจำลองสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (Sub-basins) ในพื้นที่ลุ่มน้ำยม โดยเป็นการจำลองเพื่อสร้าง HRUs (Hydraulic Runoff Units) ในการจำลองการกระจายตัวของปริมาณฝนใช้การในลักษณะการถ่วงน้ำหนัก (Gage Weight) แบบ Thiessen Polygons บนข้อมูลปริมาณน้ำฝนเชิงสถิติย้อนหลัง (Real Observation) โดยตรง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2522 ถึง 2549 ซึ่งการวิเคราะห์ในแบบจำลอง HEC-HMS ทำให้ตัวแปรทั้งสองดังที่ได้กล่าวมาในข้างต้นนี้ มีความเป็นอิสระ (Independent) ไม่อิงอยู่บนความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ส่งผลให้สามารถทำการปรับเทียบแบบจำลอง HEC-HMS เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า โดยไม่ต้องทำการปรับค่าความเองเอียง (Interpolation) ภายใน DEM เนื่องจากมีข้อมูลฝนสังเกตุ

การณ์ (Observed Rainfall) ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อมูลรายจุด (Point Data) ที่สามารถนำไปใช้สร้างข้อมูลการกระจายของปริมาณน้ำฝนแบบถ่วงน้ำหนักได้

แต่ทว่าการจะเลือกใช้ DEM ในรูปแบบของชั้นความสูง (Elevation) เป็นฐานข้อมูลพื้นฐานนำเข้าสำรอง (Secondary Attribute) สามารถทำได้เมื่อขาดแคลนข้อมูลปริมาณฝนสังเกตุการณ์ย้อนหลัง (Observed Rainfall) และเมื่อได้มีการพิสูจน์ความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองแล้ว ซึ่งในการศึกษานี้ยังไม่มีการศึกษาในความสัมพันธ์ดังกล่าว แต่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อขยายผลได้ในอนาคตต่อไป โดยในการศึกษาของ Putthividhya and Tanaka (2013) พบว่า DEM มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝนรายเดือนในช่วงมรสุมในพื้นที่ลุ่มน้ำยม

6.2.6 การจำลองสภาพน้ำในแม่น้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

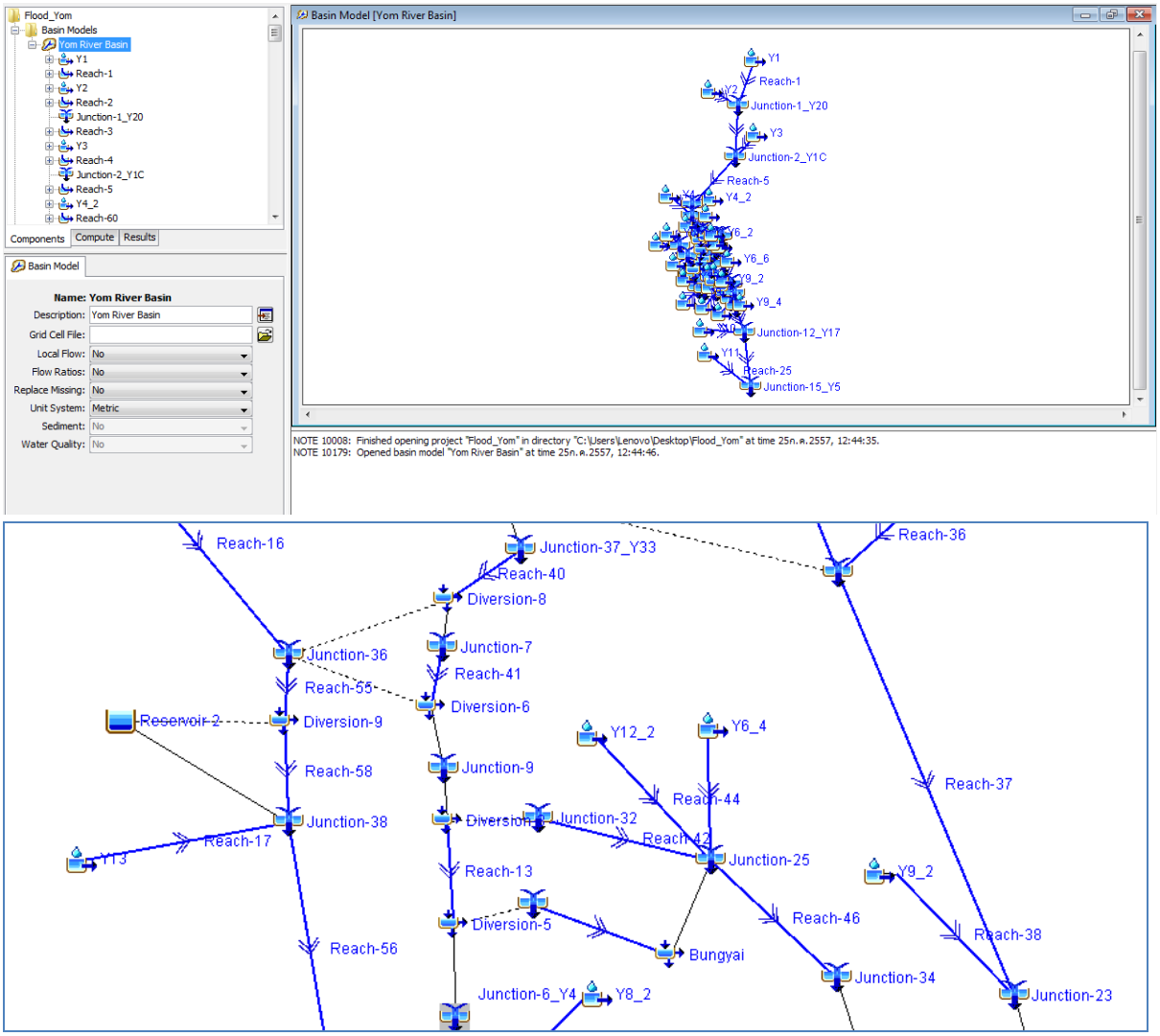
1. พิจารณาเลือกการจำลองและย่อส่วนข้อมูลฝนด้วยวิธีการแตกตัวเชิงพื้นที่ (Spatial disaggregation model) จากฝนสังเกตการณ์ย้อนหลัง 28 ปี ด้วยแบบจำลอง MRI – AGCM จากสถาบันอุตุนิยมวิทยาแห่งประเทศญี่ปุ่น สำหรับประกอบการวิเคราะห์น้ำฝน-น้ำท่าและการประเมินสภาวะน้ำหลากด้วยปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด เนื่องจากแบบจำลอง MRI – AGCM สามารถให้ความละเอียดเชิงพื้นที่ที่ค่อนข้างสูงมาก ประกอบกับความผันแปรทางด้านรูปแบบและปริมาณซึ่งได้จากการวิเคราะห์ มีความใกล้เคียงกับฝนสังเกตการณ์มากที่สุด



รูปที่ 6-13 รูปแบบและปริมาณซึ่งได้จากการวิเคราะห์จากแบบจำลอง MRI – AGCM ที่สถานีน้ำฝน 39022 อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก

2. วิเคราะห์และจำลองปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในปัจจุบัน อนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกลด้วยแบบจำลอง MRI – AGCM ลงในแต่ละรายสถานีรวมทั้งสิ้น 23 สถานี สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำยม ที่คาบการเกิดซ้ำ 100 ปี เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าและการประเมินสภาวะน้ำหลากจากปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด ในแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า HEC – HMS

3. จำลองลักษณะและแผนภาพของลุ่มน้ำหลัก – ย่อย และลำน้ำหลัก – ย่อยสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำยม ในแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า HEC – HMS

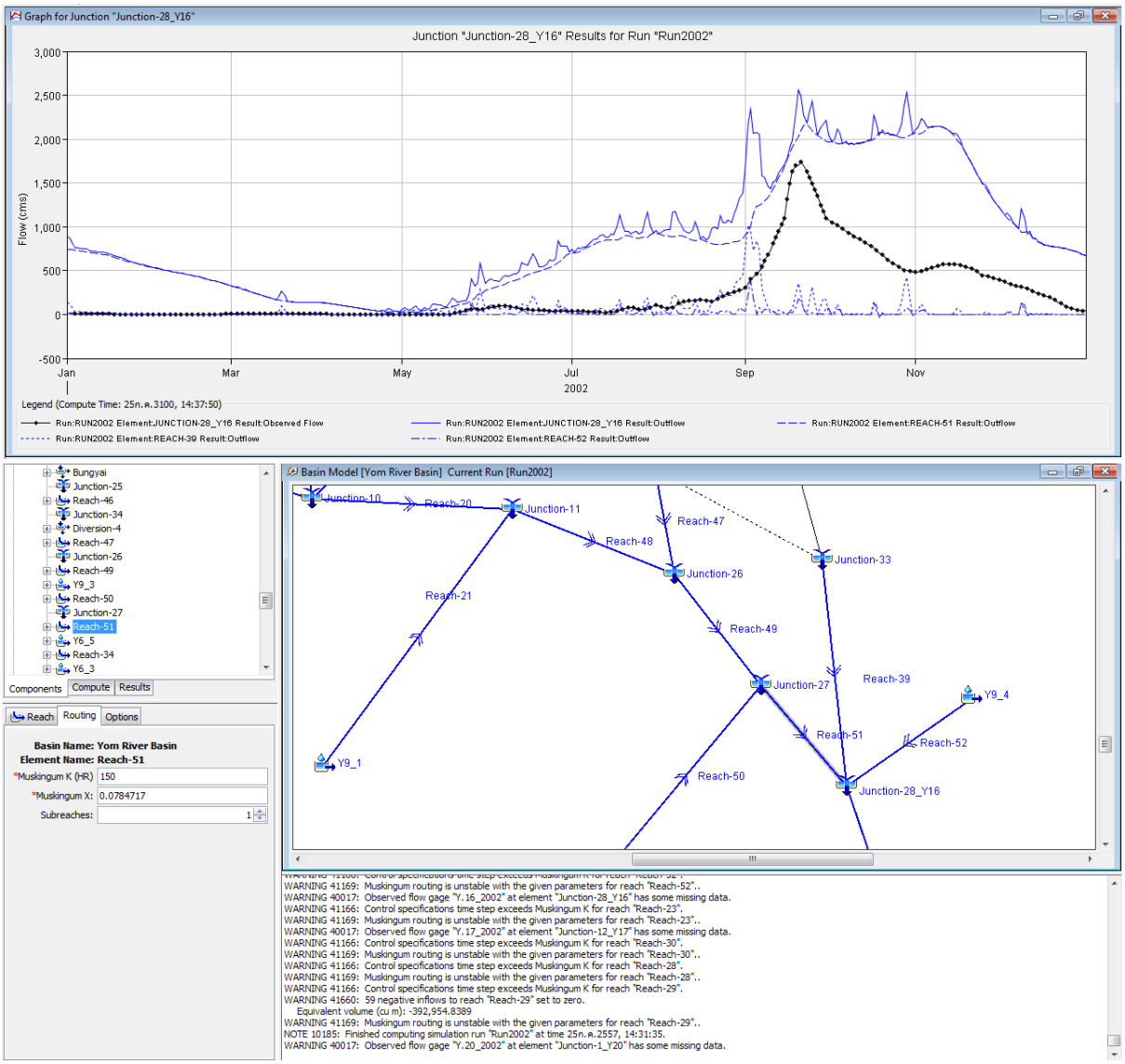


รูปที่ 6-14 การจำลองลักษณะของลุ่มน้ำยม ในแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า HEC – HMS

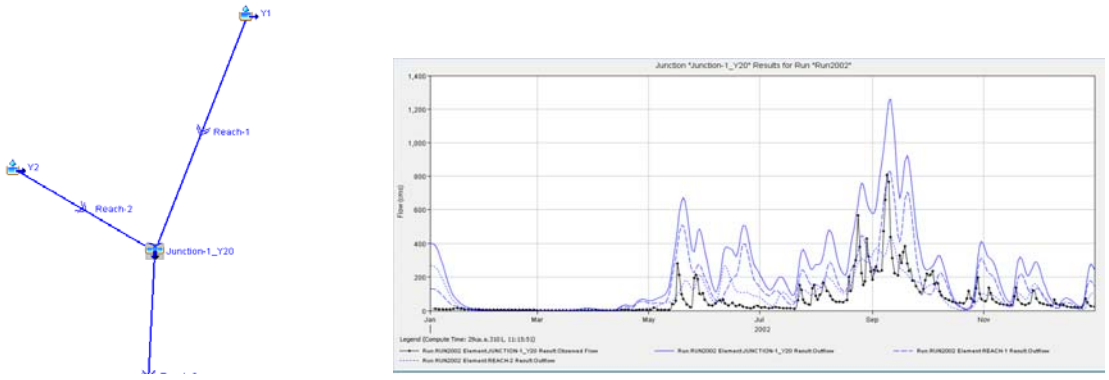
4. ปรับค่าดินในแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า HEC-HMS โดยการปรับเทียบค่าภายในตัวแบบจำลอง โดยปรับเทียบค่าดินอ้างอิงจากข้อมูลนำเข้าปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าสังเกตการณ์ ย้อนหลังจำนวน 26 ปี (พ.ศ. 2522 - 2549) เพื่อเลือกค่าที่เหมาะสม ใกล้เคียง รวมทั้งแสดงลักษณะเฉพาะของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ซึ่งสามารถให้ปริมาณน้ำท่าได้ใกล้เคียงกับปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ที่เกิดขึ้นได้ดีที่สุด

5. ปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลในแต่ละลำน้ำ (Muskingum, K) และค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน-ปริมาณน้ำท่าในแต่ละลุ่มน้ำย่อย (Curve Number, CN) ในแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า HEC – HMS โดยการปรับเทียบระหว่างปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองจากข้อมูลปริมาณฝนสังเกตการณ์จำนวน

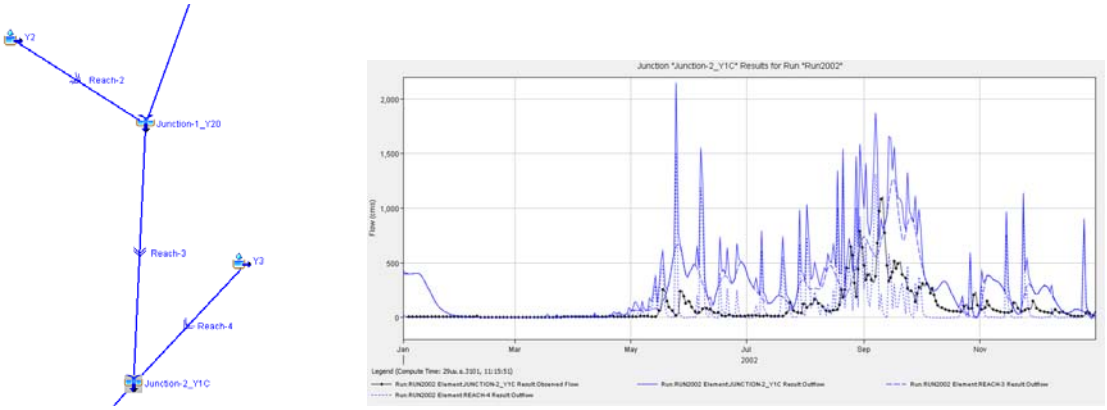
23 สถานี กับปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์จำนวน 10 สถานี ในช่วงระยะเวลาทั้งสิ้น 28 ปี (ค.ศ. 1979 - 2006) เพื่อเป็นการเตรียมแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า HEC – HMS ให้พร้อมสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าและการประเมินสภาวะน้ำหลากจากปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด



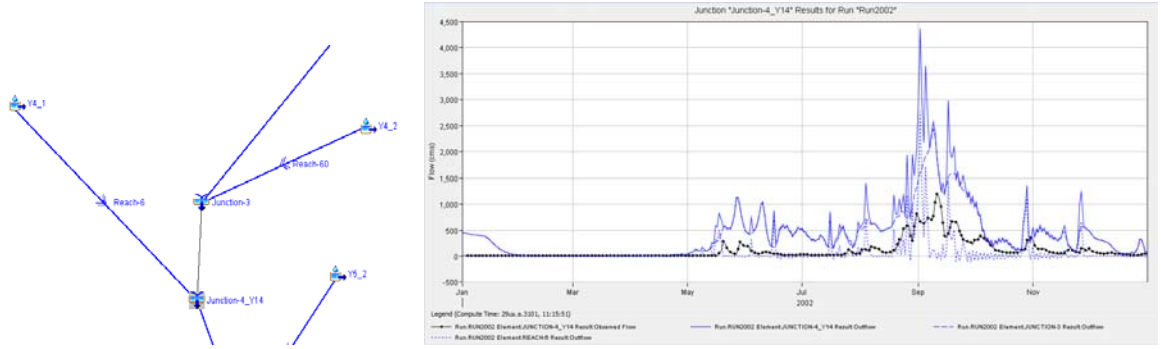
รูปที่ 6-15 การปรับเทียบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า HEC – HMS โดยการปรับเทียบระหว่างปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองจากข้อมูลปริมาณฝนสังเกตการณ์จำนวน 23 สถานี กับปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์จำนวน 10 สถานี ในช่วง ระยะเวลาทั้งสิ้น 28 ปี (ค.ศ. 1979 - 2006)



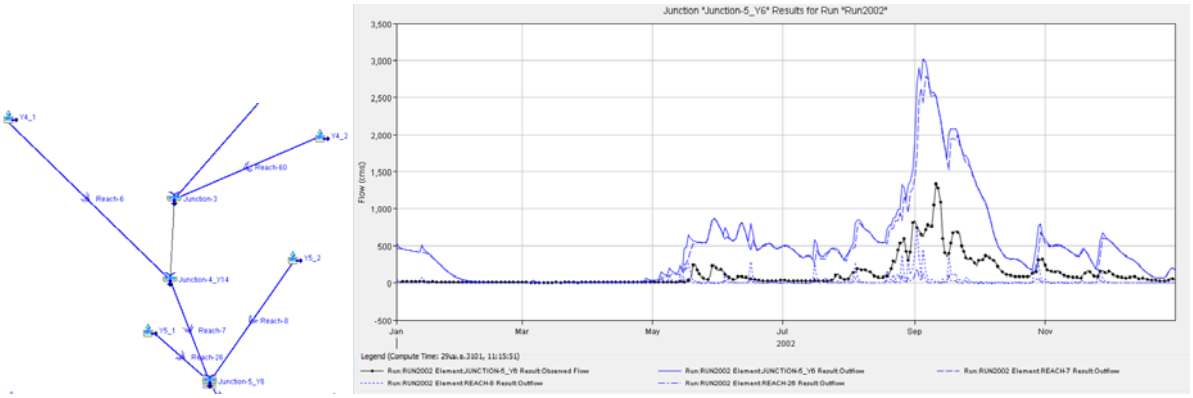
รูปที่ 6-16 การปรับเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง HEC-HMS กับน้ำท่าสังเกตการณ์ ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.20 อ.สอง จ.แพร่



รูปที่ 6-17 การปรับเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง HEC-HMS กับน้ำท่าสังเกตการณ์ ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.1C อ.เมือง จ.แพร่



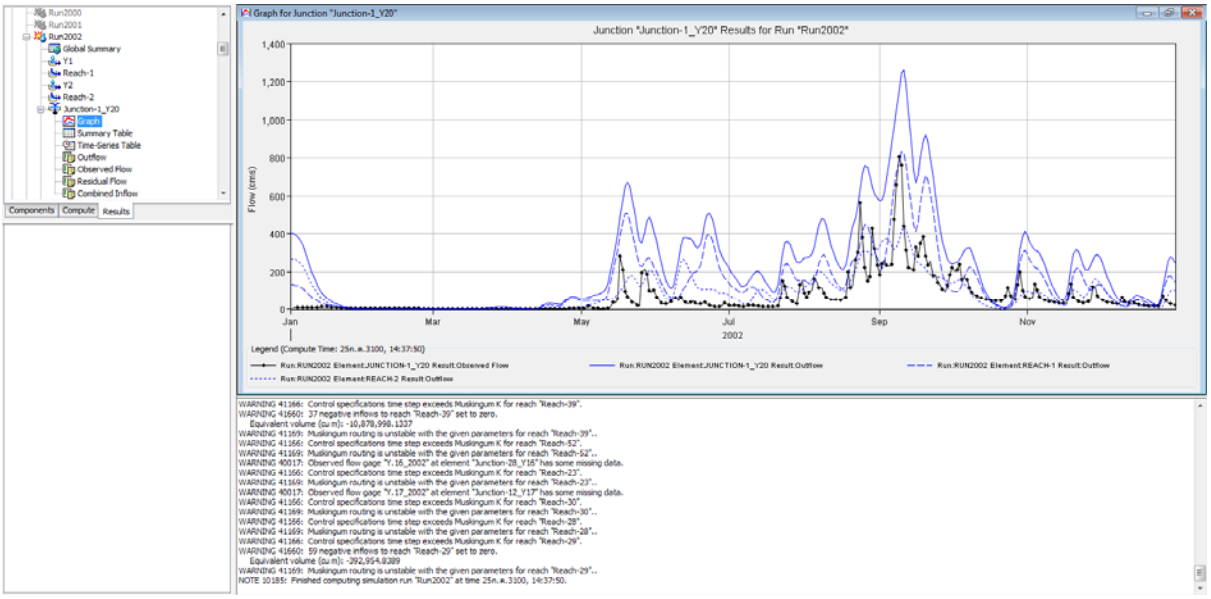
รูปที่ 6-18 การปรับเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง HEC-HMS กับน้ำท่าสังเกตการณ์ ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.14 อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย



รูปที่ 6-19 การปรับเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง HEC-HMS กับน้ำท่าสังเกตการณ์ ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.6 อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย

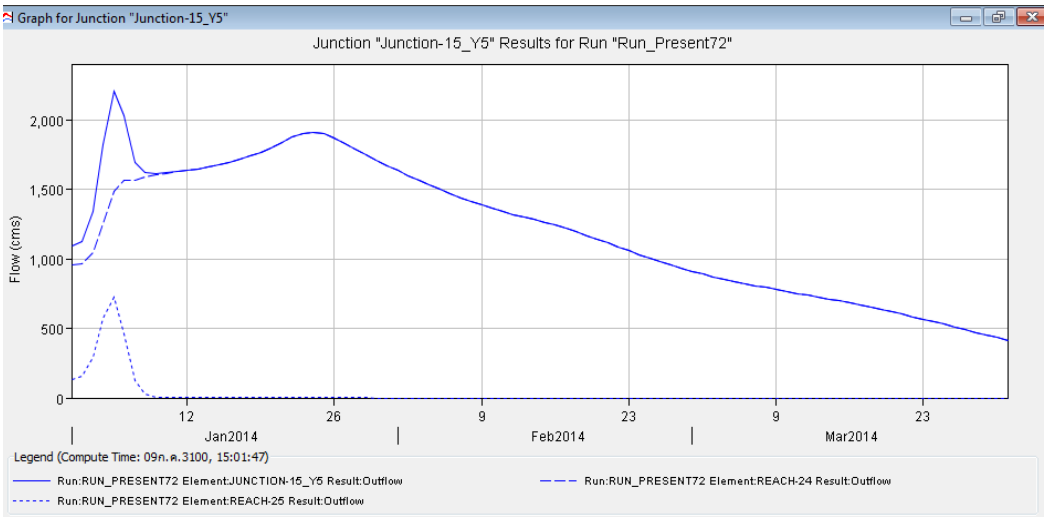
6. เลือกปีที่เป็นตัวแทนอ้างอิง สำหรับการคำนวณปริมาณน้ำท่าและการประเมินสภาวะน้ำหลากจากปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดบนแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า HEC – HMS โดยกำหนดเลือกปี ค.ศ. 2002 ให้เป็นตัวแทนสำหรับการอ้างอิง ในการคำนวณปริมาณน้ำท่า อันมีเหตุผลมาจากภายหลังการปรับเทียบระหว่างปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนสังเกตการณ์ กับปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 28 ปี (ค.ศ. 1979 - 2006) จะเห็นว่าในปีดังกล่าวสามารถเป็นตัวแทนที่

แสดงลักษณะของข้อมูลปริมาณน้ำท่า ทั้งในด้านรูปแบบและปริมาณ ที่สอดคล้องและใกล้เคียงกับปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ได้ดีที่สุด

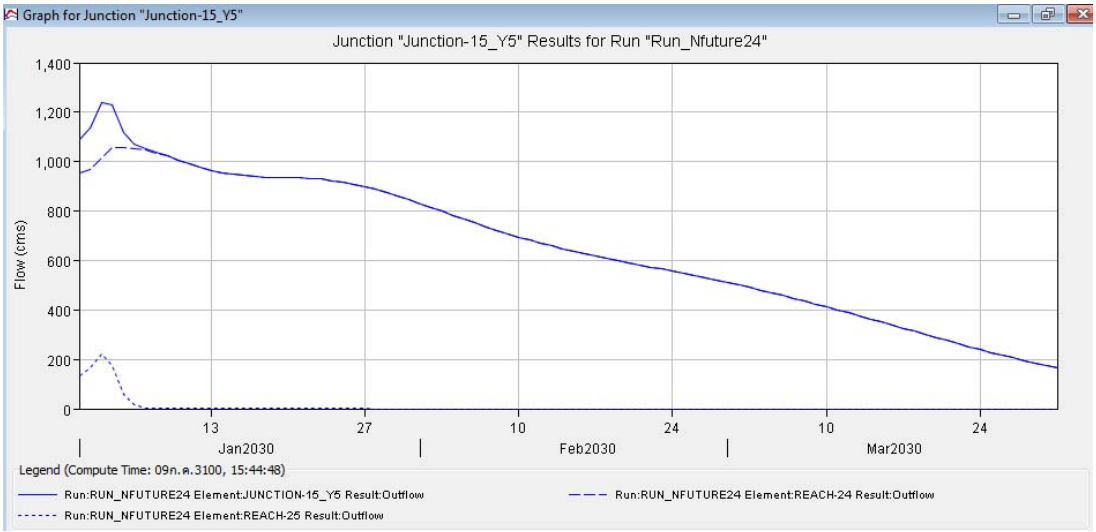


รูปที่ 6-20 การกำหนดเลือกปี ค.ศ. 2002 ให้เป็นตัวแทนสำหรับการอ้างอิง สำหรับการคำนวณปริมาณน้ำท่าและการประเมินสภาวะน้ำหลากจากปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดบนแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า HEC – HMS

7. นำเข้าปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่ระยะเวลา 24 และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในปัจจุบัน อนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกล ซึ่งได้จากแบบจำลอง MRI – AGCM ลงในทุกรายสถานีน้ำฝนบนแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า HEC – HMS เพื่อทำการคำนวณปริมาณน้ำท่าและการประเมินสภาวะน้ำหลากจากปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด



รูปที่ 6-21 ปริมาณน้ำท่า จากปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในปัจจุบันสูงสุดที่ 72 ชั่วโมง ณ สถานีวัดน้ำท่า Y5 อำเภอโพธิ์ทะเล จังหวัดพิจิตร



รูปที่ 6-22 ปริมาณน้ำท่า จากปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในอนาคตอันใกล้สูงสุดที่ 24 ชั่วโมง ณ สถานีวัดน้ำท่า Y5 อำเภอโพธิ์ทะเล จังหวัดพิจิตร

8. รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าทั้งหมดที่ได้จากแบบจำลอง จัดทำแผนที่แสดงการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด และแผนที่แสดงความต่างระหว่างปริมาณน้ำฝนในอนาคตเทียบกับปัจจุบัน รวมทั้งจัดทำแผนภูมิแสดงปริมาณน้ำท่าที่ทุกสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยม ซึ่งได้จาก

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในปัจจุบัน อนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกล ที่ระยะเวลา 24 และ 72 ชั่วโมง

9. วิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ที่มีต่อปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า และสภาวะน้ำหลาก รวมทั้งสรุปผลการศึกษา

6.3 การวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลากในลุ่มน้ำยม

จากสถิติแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสภาวะความรุนแรงของลมฟ้าอากาศของประเทศไทย ซึ่งฐานข้อมูลที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ คือ ข้อมูลฝนสูงสุดรายวัน (Maximum Daily Rainfall) จากแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI-AGCM 3.1S (AR4) และ MRI-AGCM 3.2S (AR5) ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 20 X 20 km ภายใต้ช่วงเวลาอนาคตอันใกล้ (Near Future) ระหว่างปี ค.ศ. 2015-2039 และในช่วงอนาคตอันไกล (Far Future) ในช่วงปี ค.ศ.2075-2099

ผลการศึกษาสภาวะของการกระจายตัวเชิงพื้นที่และเวลาของปริมาณฝนรายปี และดัชนีฝนสุดขีด (Extreme Indices) ที่กล่าวและรวมรวมไว้ในบทที่ 5 เป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการพิจารณาคัดเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำ เพื่อการจำลองการเกิดน้ำฝนน้ำท่าและสภาพน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต อันจะเป็นประโยชน์อย่างสำคัญต่อการวางแผนพัฒนาโครงการบรรเทาปัญหาอุทกภัยต่อไป

จากการประเมินดัชนีฝนที่เกี่ยวข้องกับความชุ่มชื้นและปริมาณฝนสะสม ได้แก่ R10, R20, SDII, RX1D, RX5D และ CWD พบว่ากลุ่มลุ่มน้ำที่มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของดัชนีความชุ่มชื้นและฝนสะสมเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนและสม่ำเสมอในแทบทุกดัชนี ทั้งสิ้น 6 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ลุ่มน้ำสาละวิน ปิง วัง สะแกกรัง แม่กลอง ปัตตานี และลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก แต่ปัจจัยของฝนที่ก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งนั้น เป็นเพียงปัจจัยหนึ่งที่อาจก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากขึ้นเท่านั้น การวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลากในการศึกษานี้ จึงได้พิจารณาปัจจัยอื่นๆควบคู่ไปด้วย ในการคัดเลือกพื้นที่วิกฤตเพื่อการจำลองสภาวะน้ำฝน-น้ำท่า โดยพบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบนมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดัชนีความชุ่มชื้นและฝนสะสมแบบคงตัวในทุกๆดัชนีที่ใช้ในการประเมินทั้ง 8 ดัชนีและมีจำนวนวันที่แห้งแล้งต่อเนื่องลดลง ประกอบกับในพื้นที่ที่ไม่มีมาตรการทางโครงสร้างในการบริหารจัดการน้ำ เช่น เขื่อน หรืออ่างเก็บน้ำ อาจได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อ

สภาวะน้ำหลากในพื้นที่ได้โดยตรง เมื่อเทียบกับในพื้นที่ที่มีเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ เป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการ และรับมือกับผลกระทบดังกล่าว ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงคัดเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำยม เป็นพื้นที่ศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลาก

ข้อมูลที่นำมาใช้เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำยมนั้น ได้ดำเนินการศึกษาสภาวะน้ำหลากในลำน้ำหลักและลำน้ำสาขาทั้งหมดของพื้นที่ลุ่มน้ำยม เพื่อเป็นแนวทางสำหรับ การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำท่าโดยแบ่งลุ่มน้ำย่อยต่างๆ โดยสามารถสรุปรายละเอียดทั่วไปของแต่ละลุ่มน้ำสาขาได้ดัง ตาราง 6-1

ตารางที่ 6-1 รายชื่อลุ่มน้ำย่อยและพื้นที่รับน้ำฝนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำยม

รหัสลุ่มน้ำ		ชื่อลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)
801	แม่น้ำยม (สายหลัก)	MAE NAM YOM (Main River)	23,616
802	แม่น้ำยมตอนบน	UPPER PART OF MAE NAM YOM	1,978
803	แม่น้ำควน	MAE NAM KHUAN	858
804	น้ำปี้	NAM PI	636
805	แม่น้ำงาว	MAE NAM NGAO	1,644
806	แม่น้ำยมตอนกลาง	MIDDLE PART OF MAE NAM YOM	2,884
807	น้ำแม่คำมี	NAM MAE KHAM MI	444
808	น้ำแม่ต้า	NAM MAE TA	518
809	ห้วยแม่สิน	HUAI MAE SIN	522
810	แม่น้ำแม่มอก	NAM MAE MOK	1,332
811	แม่น้ำแม่รำพัน	NAM MAE RAM PHAN	894
812	แม่น้ำยมตอนล่าง	LOWER PART OF MAE NAM YOM	11,906

ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ (2548)

ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำยมตอนบน

เป็นลุ่มน้ำสาขาที่อยู่ตอนบนของลุ่มน้ำยมอันเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำยม มีพื้นที่รับน้ำ 1,978 ตารางกิโลเมตร หรือ 1,236,250 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.38 ของพื้นที่ลุ่มน้ำยมครอบคลุมพื้นที่อำเภอปง อำเภอเชียงม่วน อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา อำเภองาว จังหวัดลำปาง และอำเภอสอง จังหวัดแพร่ สภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงมีที่ราบช่วงแคบ ๆ บริเวณใกล้ ๆ ลำน้ำ

ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำควน

เป็นลุ่มน้ำสาขาที่อยู่ตอนบนของลุ่มน้ำยม มีพื้นที่รับน้ำ 858 ตารางกิโลเมตร หรือ 536,250 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.63 ของพื้นที่ลุ่มน้ำยม ครอบคลุมพื้นที่อำเภอปง อำเภอเชียงม่วน จังหวัดพะเยา และอำเภอท่าวังผา กิ่งอำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน สภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงมีที่ราบช่วงแคบ ๆ บริเวณใกล้ ๆ ลำน้ำ

ลุ่มน้ำสาขาน้ำปี้

เป็นลุ่มน้ำสาขาที่อยู่ตอนบนค่อนมาทางตะวันออกของลุ่มน้ำยมมี พื้นที่รับน้ำ 636 ตารางกิโลเมตร หรือ 397,500 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.69 ของพื้นที่ลุ่มน้ำยม ครอบคลุมพื้นที่อำเภอ เชียงม่วน จังหวัดพะเยา และกิ่งอำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน สภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงมีที่ราบช่วงแคบ ๆ บริเวณใกล้ ๆ ลำน้ำ

ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำงาว

เป็นลุ่มน้ำสาขาที่อยู่ตอนบนค่อนมาทางตะวันตกของลุ่มน้ำยม มีพื้นที่รับน้ำ 1,644 ตารางกิโลเมตร หรือ 1,027,500 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.96 ของพื้นที่ลุ่มน้ำยม ครอบคลุมพื้นที่อำเภองาว อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง และอำเภอสอง จังหวัดแพร่ สภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงมีที่ราบช่วงแคบ ๆ บริเวณใกล้ ๆ ลำน้ำ

ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำยมตอนกลาง

เป็นลุ่มน้ำสาขาที่อยู่ตอนกลางของลุ่มน้ำยมมีพื้นที่รับน้ำ 2,884 ตารางกิโลเมตร หรือ 1,802,500 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 12.21 ของพื้นที่ลุ่มน้ำยม ครอบคลุมพื้นที่อำเภอสอง อำเภอ หนองม่วงไข่ อำเภอ ร้องกวาง อำเภอเด่นชัย อำเภอเมือง อำเภอลอง อำเภอสูงเม่น และอำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่ สภาพภูมิประเทศเป็นแนวเขาขนาบข้างลาดเทลงมาหาลำน้ำยม ตรงกลางมีพื้นที่ขนาดใหญ่บริเวณสองฝั่งลำน้ำ

ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำแม่คำมี

เป็นลุ่มน้ำสาขาที่อยู่ตอนกลางเยื้องมาทางทิศตะวันออก ของลุ่มน้ำยม มีพื้นที่รับน้ำ 444 ตารางกิโลเมตร หรือ 277,500 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.88 ของพื้นที่ลุ่มน้ำยม ครอบคลุมพื้นที่อำเภอหนองม่วงไข่ อำเภอร้องกวาง และ อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ สภาพภูมิประเทศเป็นแนวเขาสูงทางฝั่งตะวันออกลาดเทลงมาทางตะวันตกเฉียงใต้ มีที่ราบช่วงแคบ ๆ บริเวณใกล้ ๆ ลำน้ำ

ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำแม่ต้า

เป็นลุ่มน้ำสาขาที่อยู่ตอนกลางเยื้องมาทางทิศตะวันตก ของลุ่มน้ำยมมีพื้นที่รับน้ำ 518 ตารางกิโลเมตร หรือ 323,750 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.19 ของพื้นที่ลุ่มน้ำยม ครอบคลุมพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอสอง อำเภอหนองม่วงไข่ อำเภอลอง และ อำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่ สภาพภูมิประเทศเป็นเนินเขาสูงลาดเทลงมาตามแนวทิศเหนือ-ใต้ มีที่ราบช่วงแคบ ๆ บริเวณใกล้ ๆ ลำน้ำ แล้วขยายเป็นพื้นที่ราบออกไปในตอนปลายของลุ่มน้ำสาขา

ลุ่มน้ำสาขาห้วยแม่สิน

เป็นลุ่มน้ำสาขาที่อยู่ตอนกลางเยื้องมาทางตอนล่าง ของลุ่มน้ำยมมีพื้นที่รับน้ำ 522 ตารางกิโลเมตร หรือ 326,250 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.21 ของพื้นที่ลุ่มน้ำยม ครอบคลุมพื้นที่อำเภอเด่นชัย อำเภอลอง อำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่ และอำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย สภาพภูมิประเทศเป็นแนวเขาสูงทางฝั่งตะวันออกลาดเทลงมาทางตะวันตกเฉียงใต้ มีที่ราบช่วงแคบ ๆ บริเวณใกล้ ๆ ลำน้ำ

ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำแม่มอก

เป็นลุ่มน้ำสาขาที่อยู่ตอนล่างเยื้องมาทางทิศตะวันตก ของลุ่มน้ำยมมีพื้นที่รับน้ำ 1,322 ตารางกิโลเมตร หรือ 832,500 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.64 ของพื้นที่ลุ่มน้ำยม ครอบคลุมพื้นที่ อำเภอทุ่งเสลี่ยม อำเภอบ้านด่านลานหอย อำเภอศรีสำโรง อำเภอสวรรคโลก และ อำเภอ ศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย สภาพภูมิประเทศช่วงบนเป็นเนินเขาสูงสลับที่ราบลาดเทไปทางฝั่งตะวันออก มีที่ราบช่วงกลางถึงปลายลุ่มน้ำ

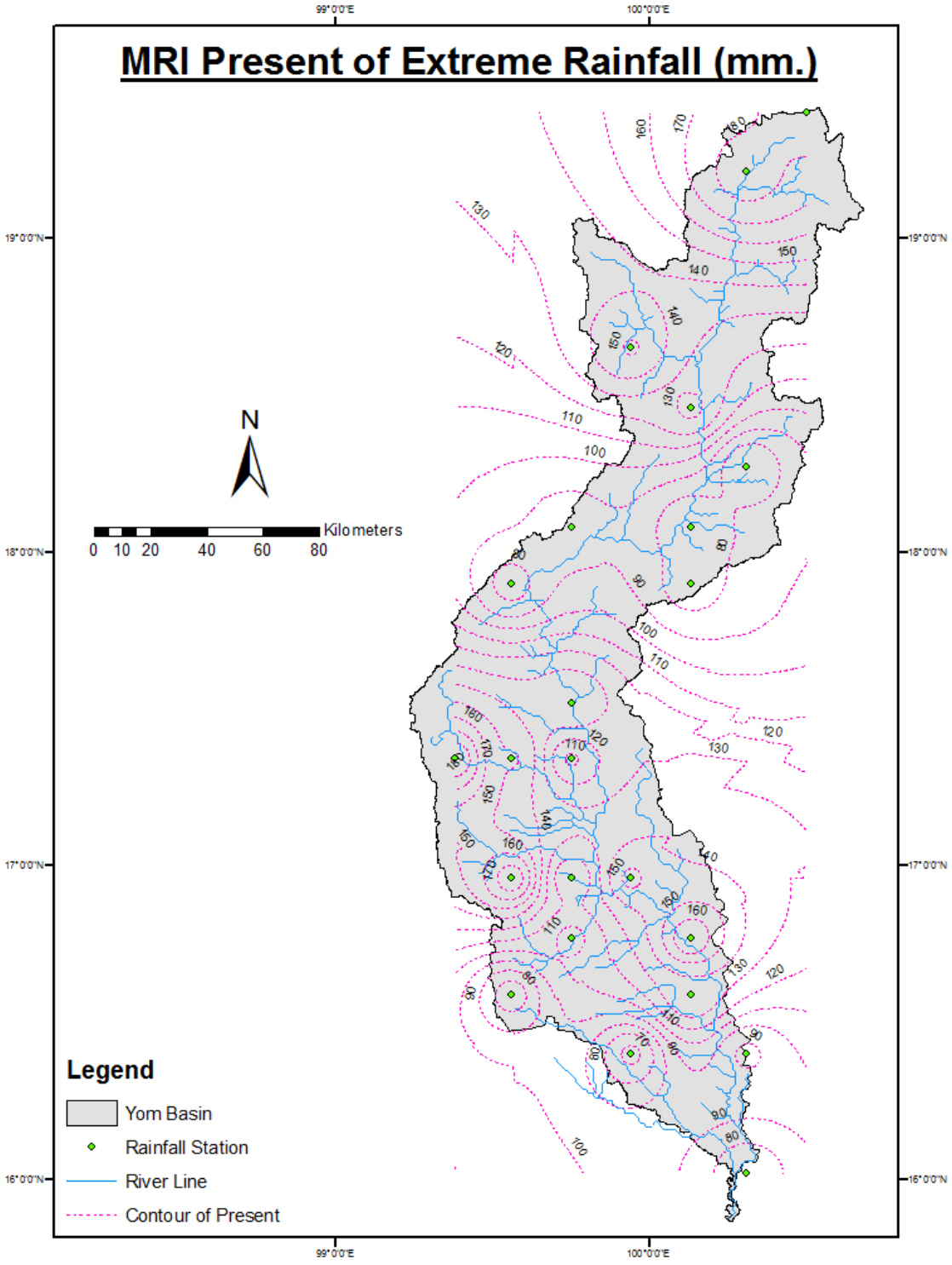
ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำแม่รำพัน

เป็นลุ่มน้ำสาขาที่อยู่ตอนล่างเยื้องมาทางทิศตะวันตกของลุ่มน้ำยม มีพื้นที่รับน้ำ 894 ตารางกิโลเมตร หรือ 558,750 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.79 ของพื้นที่ลุ่มน้ำยม ครอบคลุมพื้นที่อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง อำเภอเมือง จังหวัดตาก อำเภอคีรีมาศ อำเภอบ้านด่านลานหอย และอำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย สภาพภูมิประเทศช่วงบนเป็นเนินเขาต่ำ ทางฝั่งตะวันตกลาดเทลงมาในแนวตะวันออกเฉียงใต้ ช่วงล่างเป็นที่ราบลาดเทไปทางฝั่งตะวันออก

ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำยมตอนล่าง

เป็นลุ่มน้ำสาขาที่มีขนาดใหญ่ที่สุดอยู่ตอนของลุ่มน้ำยมมีพื้นที่รับน้ำ 11,906 ตารางกิโลเมตร หรือ 7,441,250 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 50.41 ของพื้นที่ลุ่มน้ำยม ครอบคลุมพื้นที่ 7 จังหวัดได้แก่ จังหวัดแพร่ จังหวัดสุโขทัย จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดพิจิตร และจังหวัดนครสวรรค์ สภาพภูมิประเทศตามขอบลุ่มน้ำเป็นเนินต่ำ ๆ จากนั้นเป็นที่ราบขนาดใหญ่ ฝั่งตะวันตกของแม่น้ำยมลาดเทลงมาตามแนวตะวันออกเฉียงใต้ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำยมลาดเทลงมาทางทิศตะวันตก

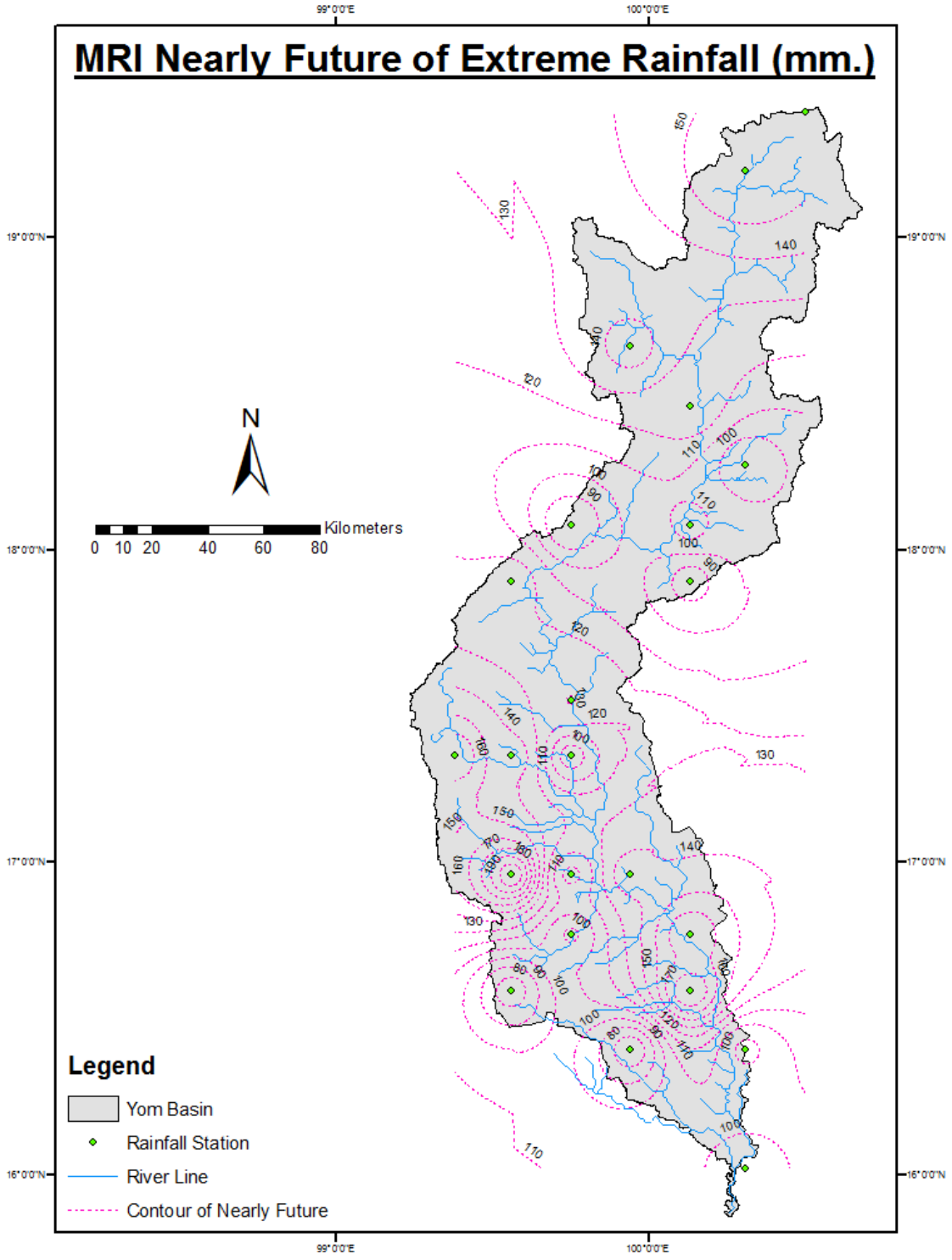
การจำลองปริมาณน้ำท่าและสภาวะน้ำหลากอาศัยข้อมูลฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศที่ได้มีการปรับแก้ความเอนเอียงทางสถิติ (Bias Correction) แล้ว โดยเลือกใช้ข้อมูลทางสถิติของปริมาณฝนสูงสุดรายวัน (Maximum Daily Rainfall) ที่ก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากแบบสุดโต่ง (Extreme Flood) จากสถานีวัดน้ำฝนทั้งสิ้น 22 สถานี ในลุ่มน้ำยม ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดพะเยา ลำปาง แพร่ สุโขทัย พิษณุโลก กำแพงเพชร และพิจิตร โดยเลือกใช้ปริมาณฝนสูงสุดรายวันที่ทุกสถานี ที่คาบการเกิด (Return Period) 100 ปี ภายใต้สมมุติฐานการกระจายตัวของข้อมูลสถิติในรูปของ Gumbel Distribution ซึ่งเป็นการกระจายตัวที่มีความเหมาะสมต่อสภาพฝนในประเทศไทยมากที่สุด รูปแบบการกระจายตัวของปริมาณฝนปัจจุบันสูงสุดรายวันในพื้นที่ลุ่มน้ำยม แสดงในรูปที่ 6-23



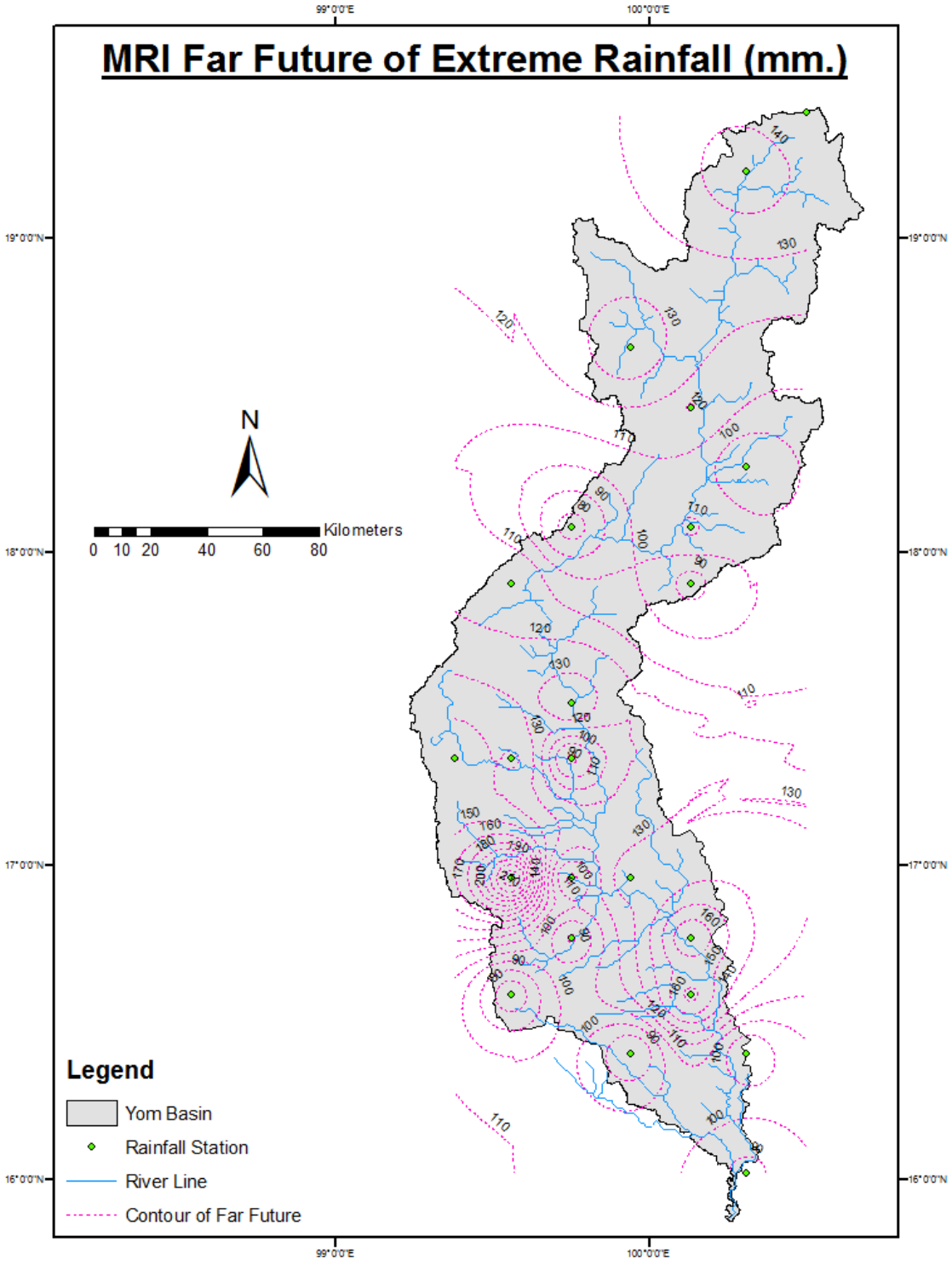
รูปที่ 6-23 ปริมาณฝนปัจจุบันสูงสุดรายวันในพื้นที่ลุ่มน้ำยม

จากการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนปัจจุบันสูงสุดรายวัน พบว่ามีปริมาณฝนสูงสุดในบริเวณตอนบนของลุ่มน้ำ ในพื้นที่จังหวัด พะเยา และน่าน รวมถึงพื้นที่ทางทิศตะวันตกของลุ่มน้ำ ในเขตจังหวัดตาก สุโขทัย และกำแพงเพชร

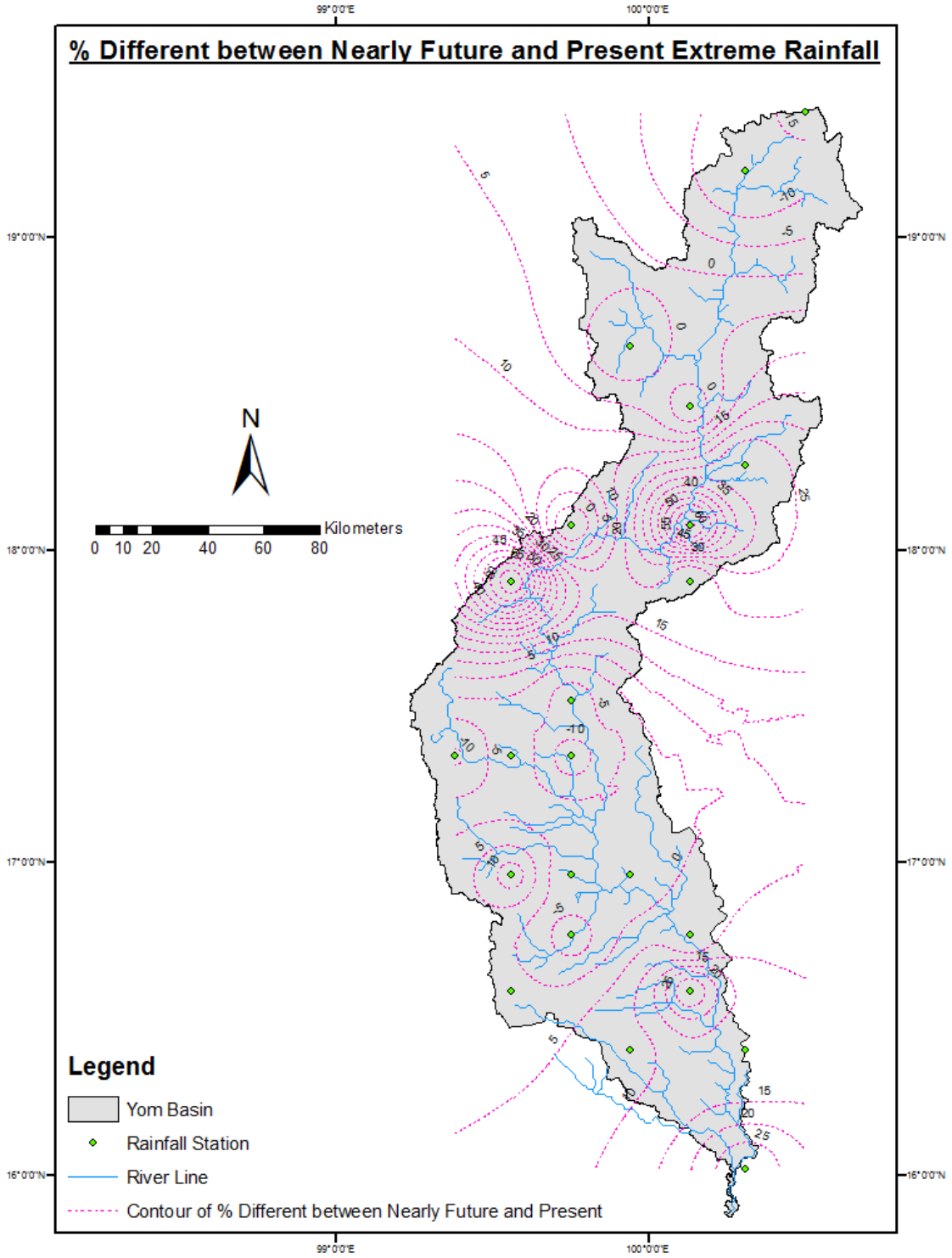
การวิเคราะห์ข้อมูลฝนในอนาคตอันใกล้ (Near Future) ระหว่างปี ค.ศ. 2015-2039 และในช่วงอนาคตอันไกล (Far Future) ในช่วงปี ค.ศ.2075-2099 ในรูปแบบการวิเคราะห์เช่นเดียวกับปริมาณฝนปัจจุบัน ข้อมูลการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนสูงสุดรายวัน ในอนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกลของพื้นที่ลุ่มน้ำยม แสดงในรูปที่ 6-24 และรูปที่ 6-25 การกระจายตัวของฝนในอนาคตอันใกล้ และในอนาคตอันไกล ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำยมมีการเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่อย่างเด่นชัด โดยที่ปริมาณฝนสูงสุดมีปริมาณลดลงในบริเวณด้านบนของลุ่มน้ำ เมื่อเทียบกับปริมาณฝนในปัจจุบัน เช่น จังหวัดพะเยามีปริมาณฝนลดลงร้อยละ 14 และร้อยละ 21 ในอนาคตอันใกล้ และอนาคตอันไกล ตามลำดับ จังหวัดลำปางมีฝนลดลงมากถึงร้อยละ 10.4 และร้อยละ 20.3 ในอนาคตอันใกล้ และอนาคตอันไกลตามลำดับ ในขณะที่พื้นที่ตอนกลางและตอนล่างของลุ่มน้ำมีปริมาณฝนสูงสุดเพิ่มขึ้นเทียบกับปริมาณฝนสูงสุดในปัจจุบัน โดยมีปริมาณฝนสูงสุดกระจายตัวอยู่ในพื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำ แถบจังหวัด แพร่ สุโขทัย อุตรดิตถ์ พิษณุโลก พิจิตร และกำแพงเพชร เช่น จังหวัดแพร่มีฝนเพิ่มขึ้นสูงสุดถึงร้อยละ 63.1 และร้อยละ 57.9 กำแพงเพชรมีปริมาณฝนเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.9 และร้อยละ 19.5 พิจิตรมีปริมาณฝนสูงขึ้นร้อยละ 28.8 และร้อยละ 20.8 ในอนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกลตามลำดับ พื้นที่ที่มีปริมาณฝนคาดการณ์เพิ่มขึ้นนี้ จะเป็นบริเวณที่คาดว่าจะมีสภาวะน้ำหลากได้มากที่สุด เนื่องจากปริมาณฝนใช้การนำเข้าสู่แบบจำลองจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น จัดเป็นพื้นที่วิกฤตที่มีแนวโน้มเกิดน้ำหลากล้นออกจากลำน้ำได้สูงสุด โดยเฉพาะในพื้นที่ อ.สวรรคโลก อ.ศรีสำโรง อ.เมือง อ.กงไกรลาศ จ. สุโขทัย รวมทั้ง อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก



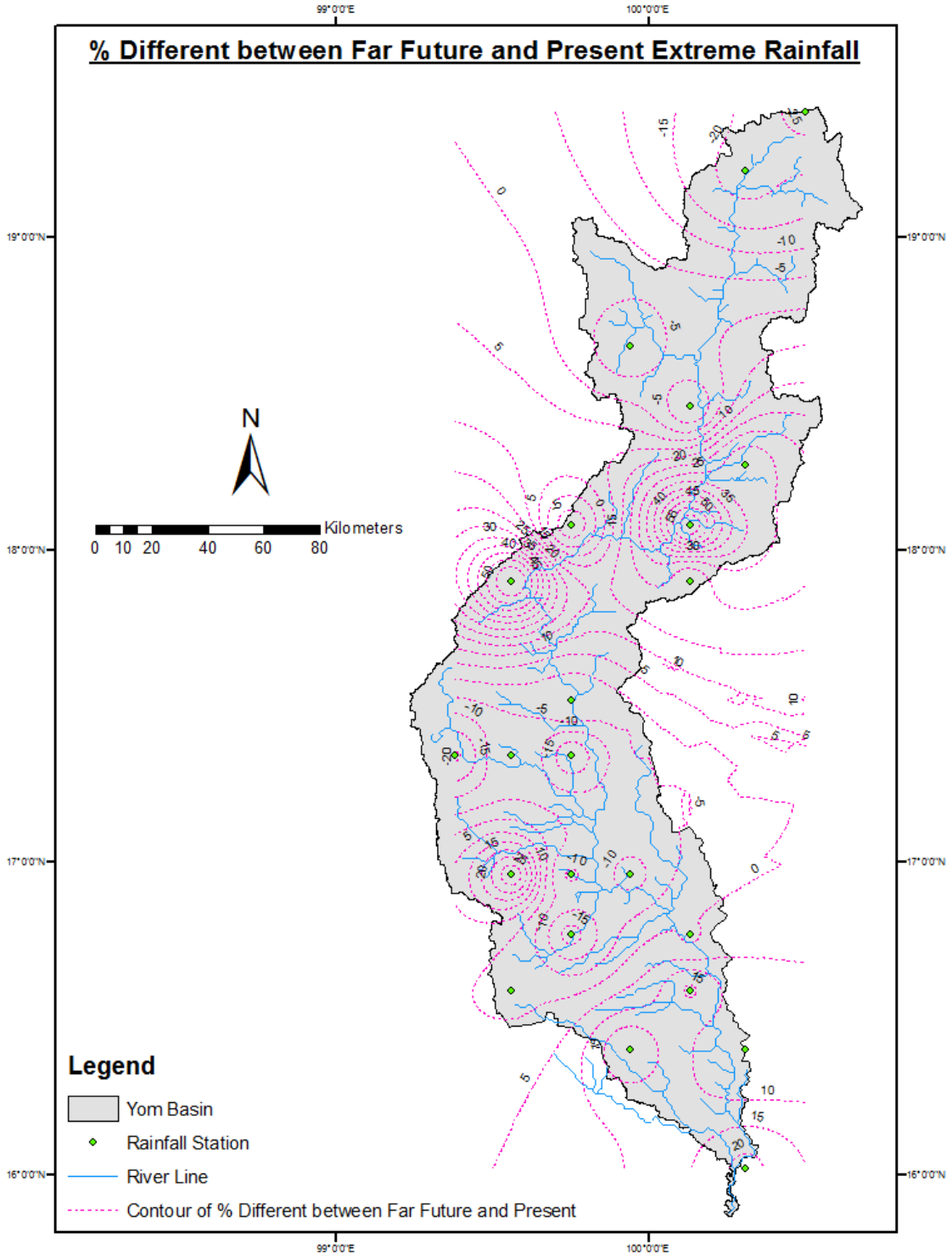
รูปที่ 6-24 ปริมาณฝนสูงสุดรายวันในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) ในพื้นที่ลุ่มน้ำยม



รูปที่ 6-25 ปริมาณฝนสูงสุดรายวันในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099) ในพื้นที่ลุ่มน้ำยม



รูปที่ 6-26 ความแตกต่างของปริมาณฝนสูงสุดรายวันในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) เทียบกับปริมาณฝนสูงสุดในปัจจุบัน ในพื้นที่ลุ่มน้ำยม

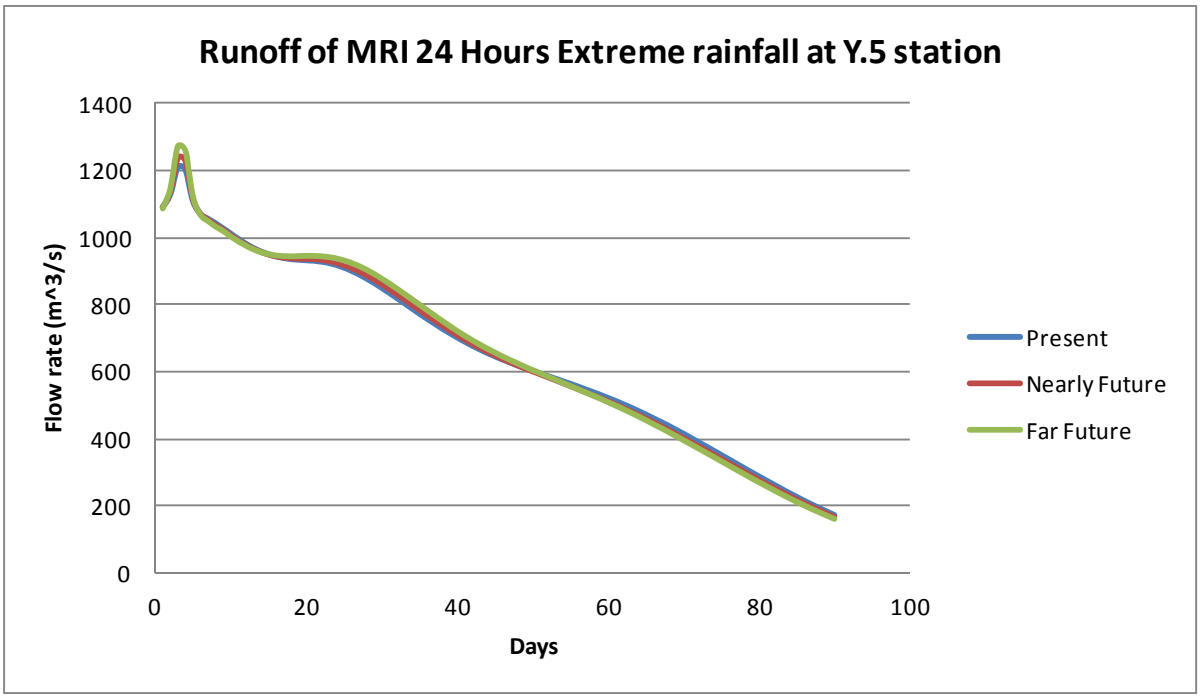


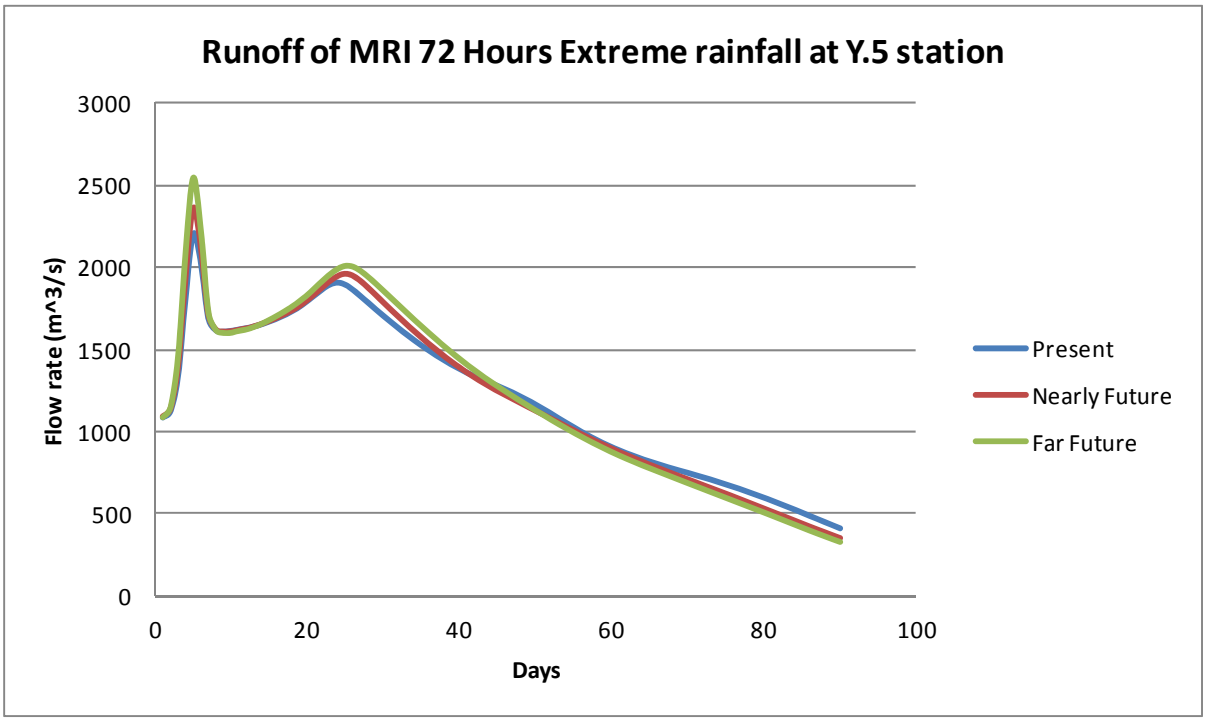
รูปที่ 6-27 ความแตกต่างของปริมาณฝนสูงสุดรายวันในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099) เทียบกับปริมาณฝนสูงสุดในปัจจุบัน ในพื้นที่ลุ่มน้ำยม

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสุดโต่ง (Extreme) ของปริมาณน้ำฝนสังเกตการณ์ (Observed Rainfall) ย้อนหลังจำนวน 26 ปี (พ.ศ. 2522 - 2549) เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดทำฝนคาดการณ์ในปัจจุบัน (Present Rainfall, พ.ศ. 2522 - 2549) อนาคตอันใกล้ (Nearly Future Rainfall, พ.ศ. 2558 - 2582) และอนาคตอันไกล (Far Future Rainfall, พ.ศ. 2618 - 2642) ก่อนจะนำเข้าเป็นตัวแทนปริมาณน้ำฝนคาดการณ์ของแต่ละสถานีวัดน้ำฝนในแบบจำลองน้ำฝน–น้ำท่า HEC-HMS ทั้งนี้นักวิจัยได้มองถึงปริมาณน้ำฝนรวมรายปี (Total Annual Precipitation) ของแต่ละสถานี เพื่อใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิงสำหรับการประมาณและคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนสุดโต่ง (Extreme Rainfall) ในทุกสถานีวัดน้ำฝน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าสุดโต่ง (Extreme) ของปริมาณน้ำฝนนั้นสามารถสะท้อนเป็นไปตามรูปแบบของปริมาณน้ำฝนรวมรายปี (Total Annual Precipitation) ในทุกรายสถานีสังเกตการณ์น้ำฝน

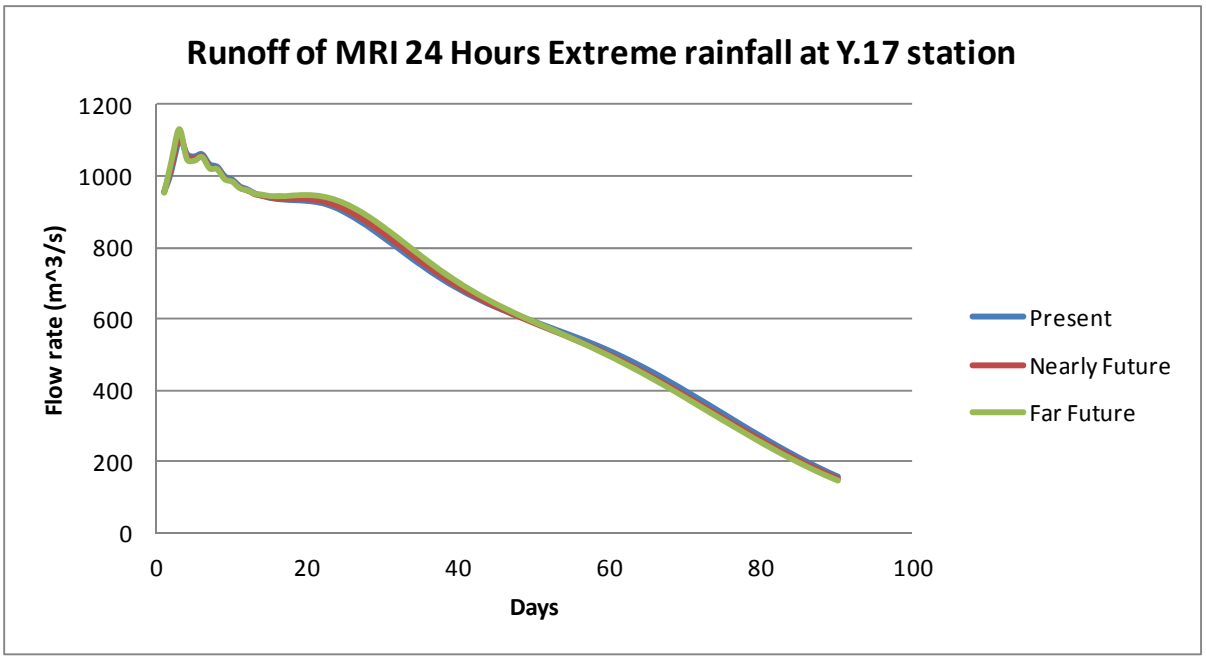
แต่ทว่าการที่ปริมาณน้ำฝนคาดการณ์สุดโต่ง (Extreme Rainfall) ซึ่งแสดงออกมาดูมีค่าสูงกว่าค่าฝนสังเกตการณ์ในอดีตนั้น อาจเป็นผลมาจากการเลือกคาบการเกิดซ้ำที่เวลา 100 ปี มาเป็นเกณฑ์สำหรับการจำลองปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในปัจจุบัน อนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกลด้วยแบบจำลอง MRI – AGCM ลงในแต่ละรายสถานีรวมทั้งสิ้น 23 สถานี สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำยม ซึ่งในการศึกษานี้ยังไม่มีการศึกษาในการเลือกคาบการเกิดซ้ำอื่นๆที่น้อยกว่าเวลา 100 ปีดังกล่าว แต่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อขยายผลสำหรับการศึกษาในอนาคตต่อไป

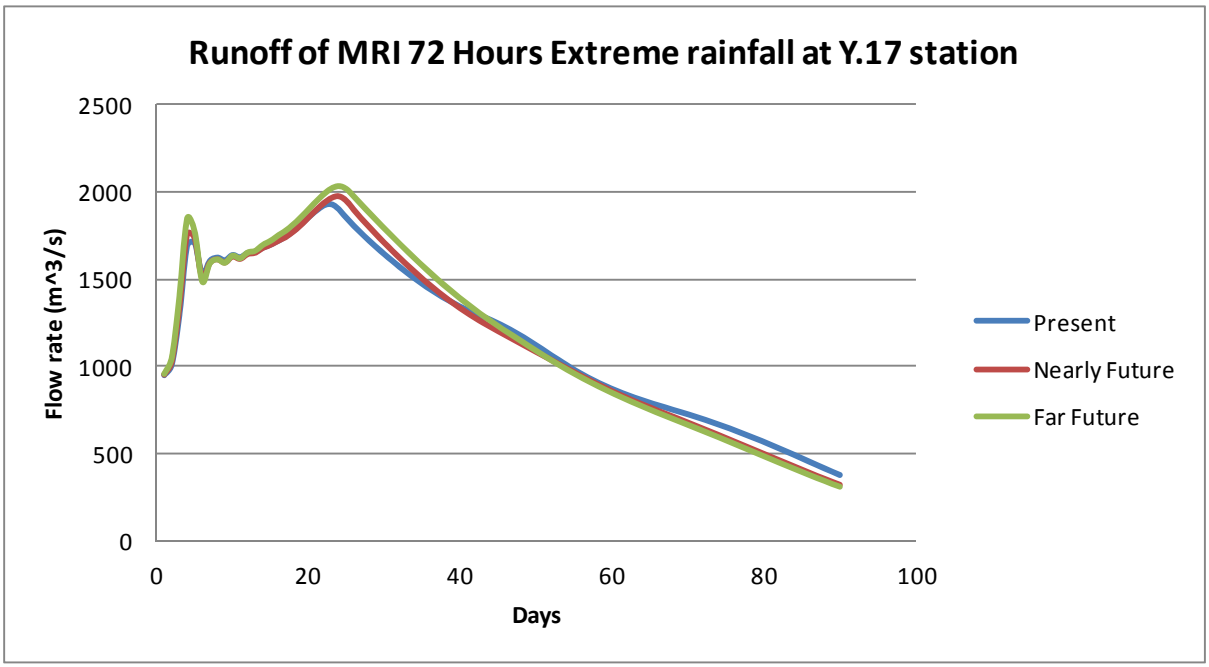
ปริมาณฝนรายวันสูงสุดคาดการณ์จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก MRI-AGCM 3.1S (AR4) และ MRI-AGCM 3.2S (AR5) ถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลสภาพฝนนำเข้าเพื่อจำลองสภาพน้ำท่าที่อาจก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากแบบสุดโต่ง (Extreme Flood) ในลุ่มน้ำยม โดยดำเนินการจำลองสภาพน้ำท่าที่ก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากภายใต้ฝนสูงสุด 2 แบบ ได้แก่ 1. สภาพฝนตกสูงสุดต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 2. สภาพฝนตกสูงสุดต่อเนื่อง 72 ชั่วโมง การจำลองสภาพนน้ำท่าในแม่น้ำยม ซึ่งเป็นแม่น้ำสายหลักและลำน้ำสาขาอื่นในลุ่มน้ำจะถูกปรับเทียบโดยใช้ข้อมูลน้ำท่ารายวันสะสมในสถานีวัดน้ำท่าทั้งหมด 25 สถานีในลุ่มน้ำ (กระจายตัวอยู่ในลำน้ำหลักและลำน้ำสาขา) และแสดงผลการจำลองจากสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 10 สถานี บนลำน้ำหลัก ได้แก่ Y5 Y17 Y16 Y4 Y33 Y3A Y6 Y14 Y1C และ Y20 ซึ่งเป็นสถานีที่มีข้อมูลสมบูรณ์ที่สุดและเป็นสถานีเฝ้าระวังหลักในพื้นที่เสี่ยงต่อภาวะน้ำหลาก กราฟน้ำท่าจำลอง ณ สถานีวัดน้ำท่า ภายใต้สภาวะการเกิดฝนสูงสุดติดต่อกัน 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับสภาพฝนปัจจุบัน สภาพฝนในอนาคตอันใกล้และสภาพฝนในอนาคตอันไกล แสดงในรูปที่ 6-28 ถึง 6-37



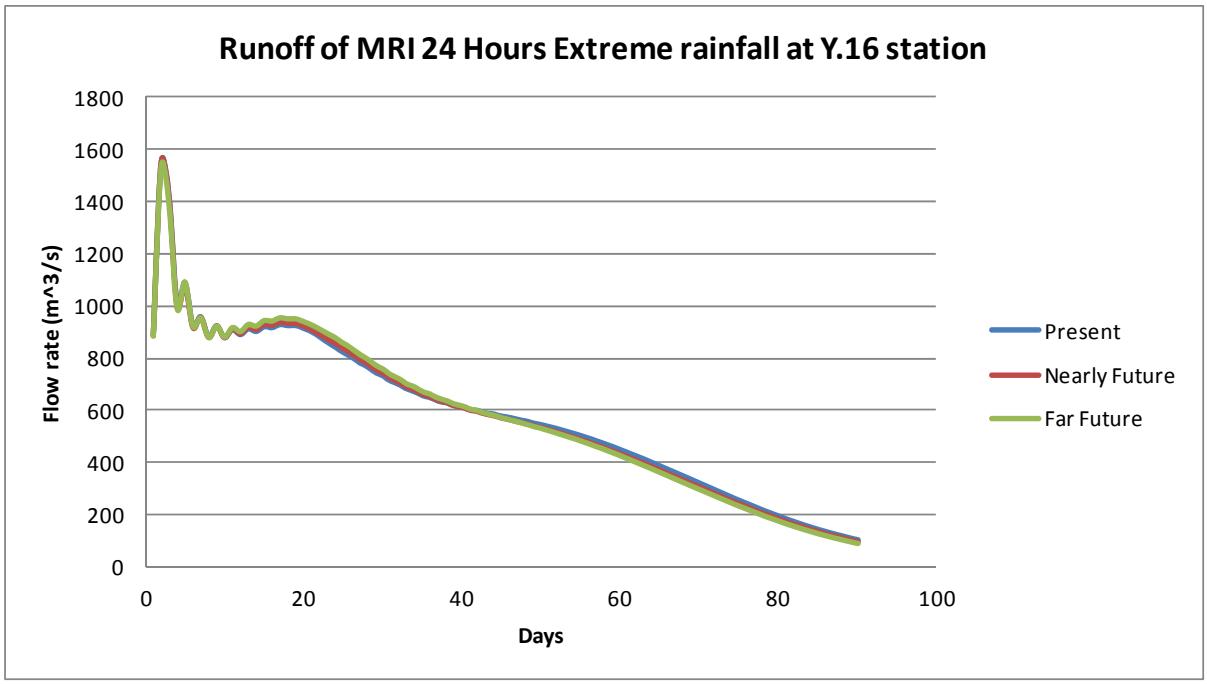


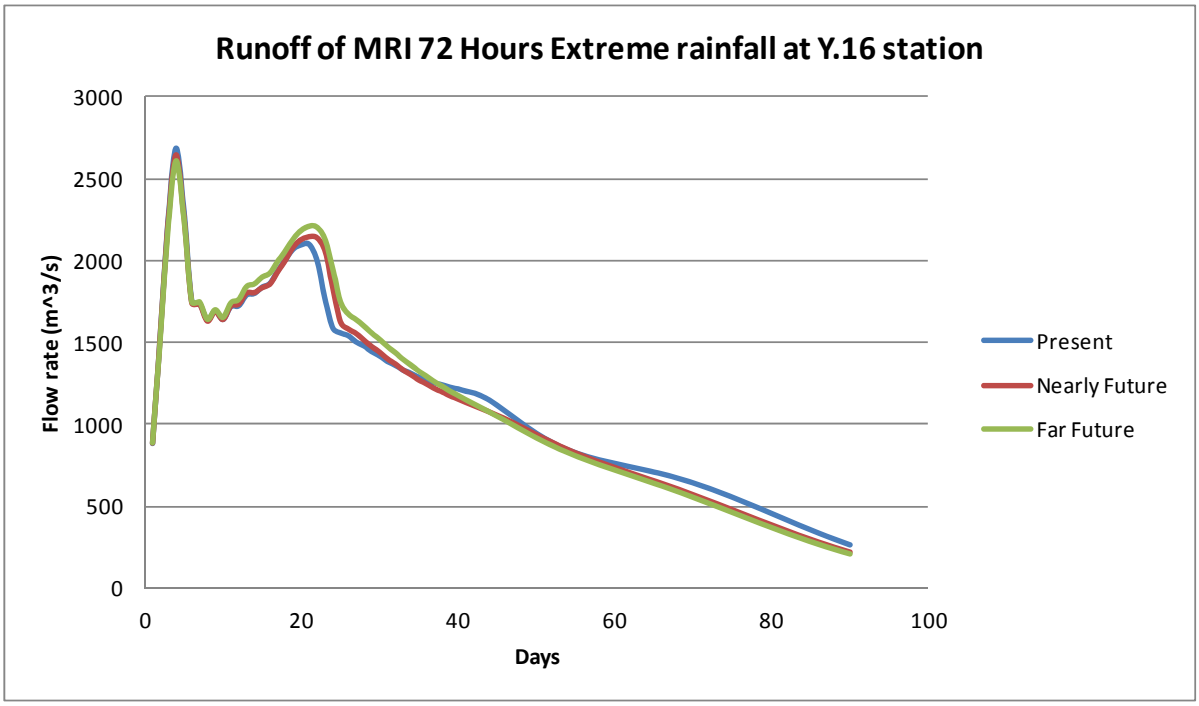
รูปที่ 6-28 กราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Y5 ลำน้ำยม จำลองภายใต้สภาพฝนสูงสุดตกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณฝนในปัจจุบัน ฝนในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และฝนคาดการณ์ในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)



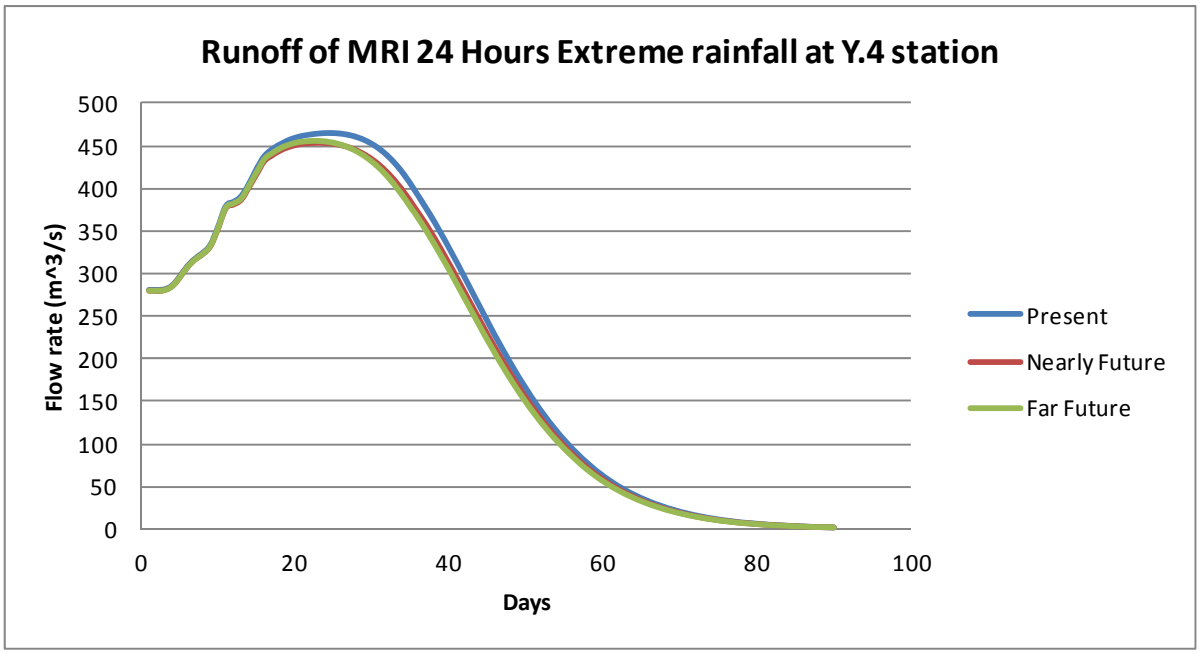


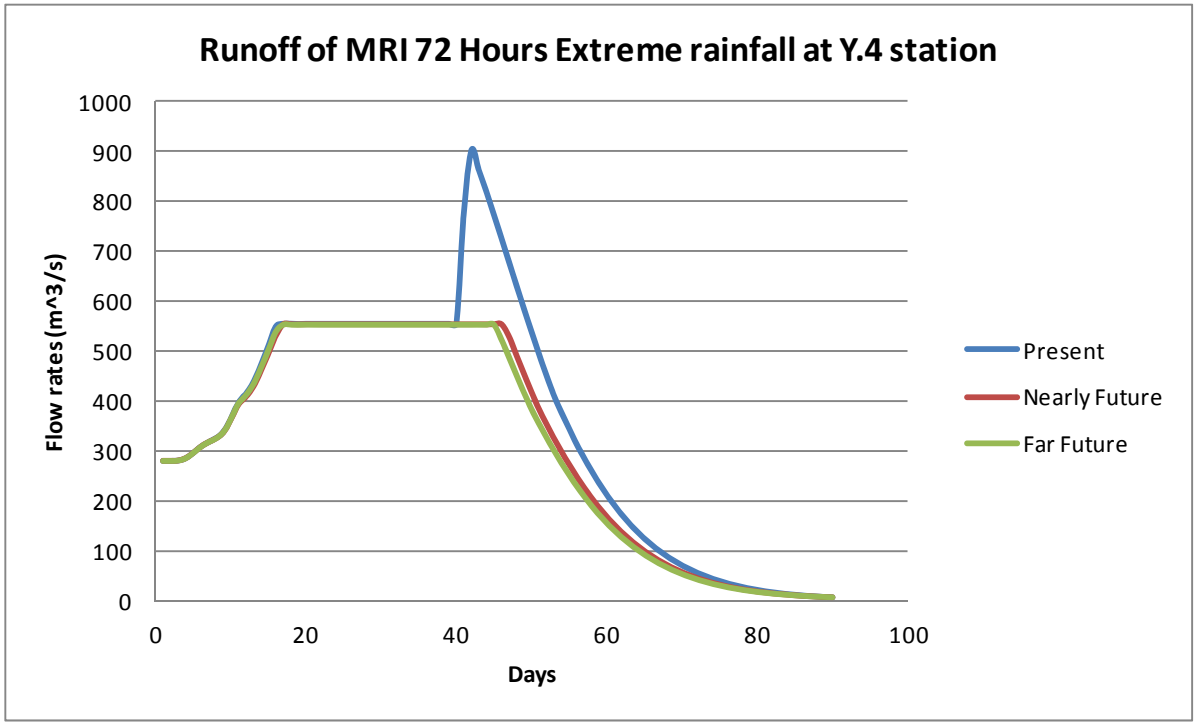
รูปที่ 6-29 กราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Y17 ลำน้ำยม จำลองภายใต้สภาพฝนสูงสุดตกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณฝนในปัจจุบัน ฝนในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และฝนคาดการณ์ในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)



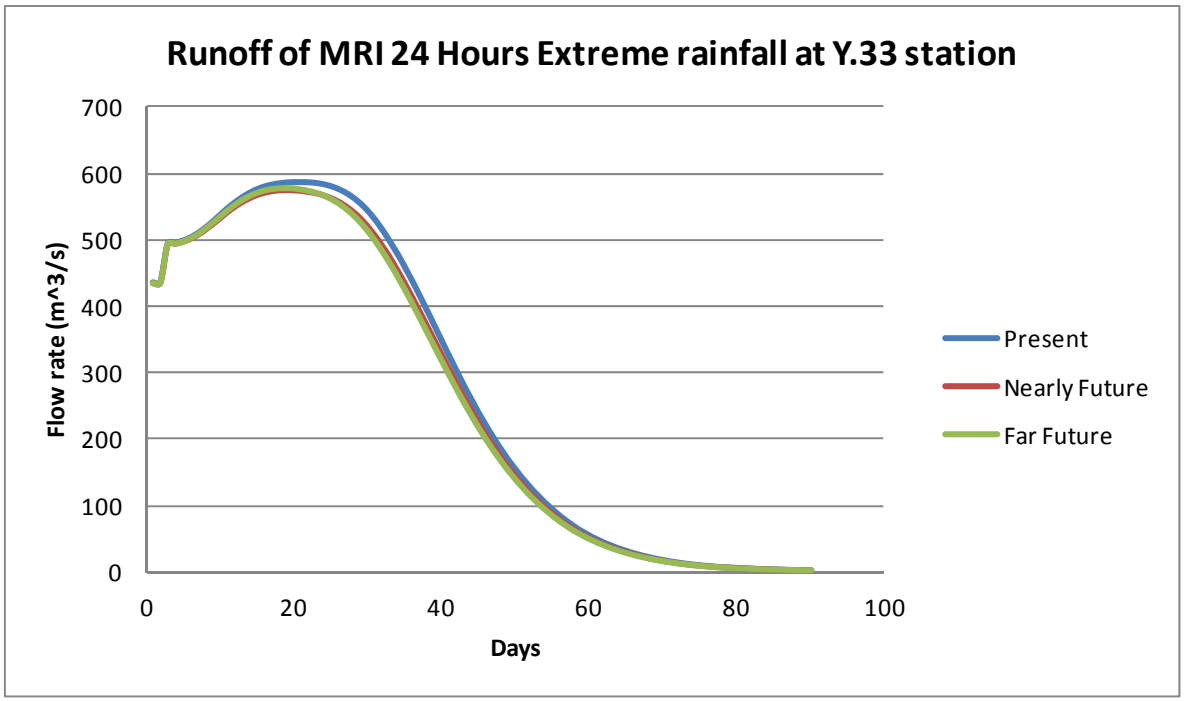


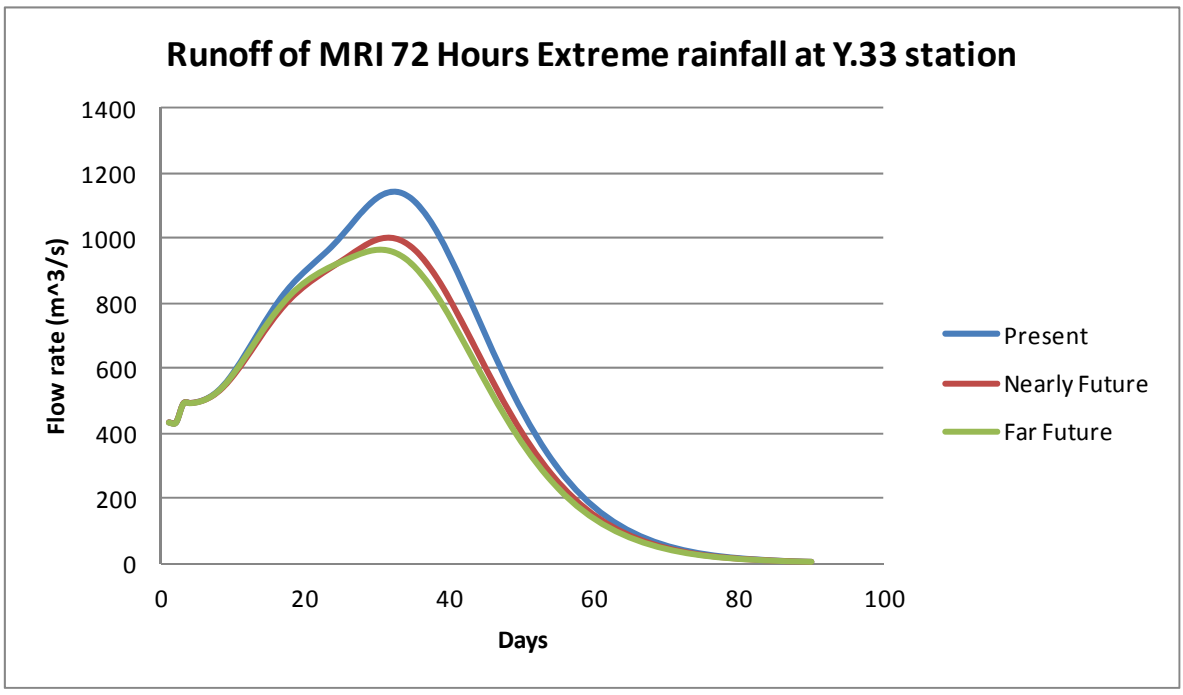
รูปที่ 6-30 กราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Y16 ลำน้ำยม จำลองภายใต้สภาพฝนสูงสุดตกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณฝนในปัจจุบัน ฝนในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และฝนคาดการณ์ในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)



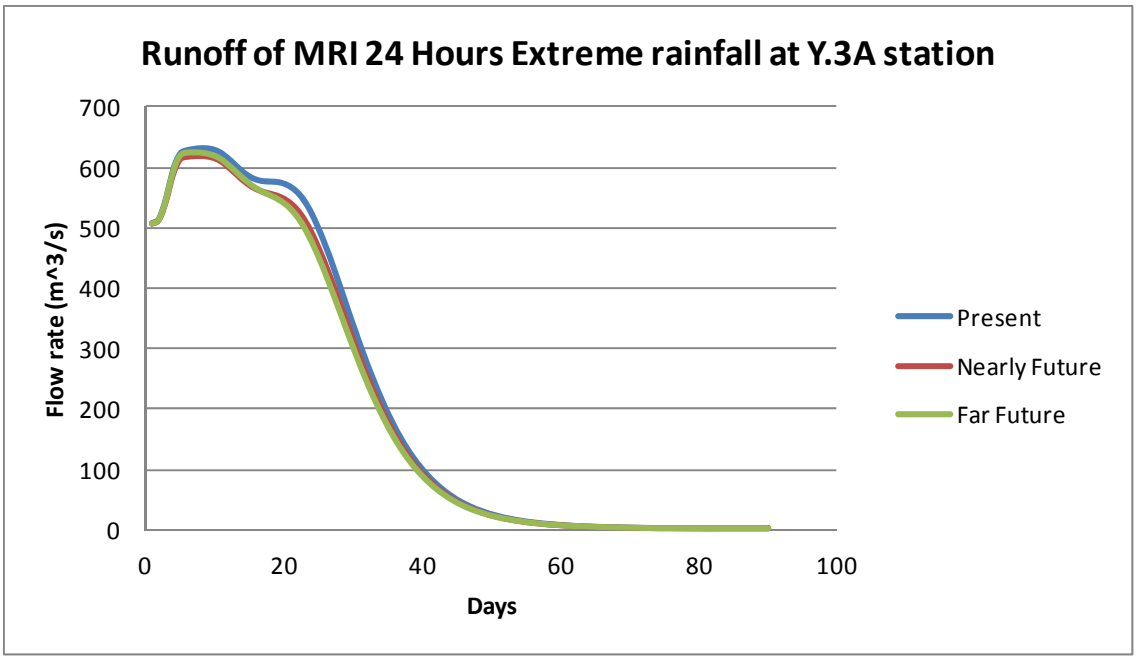


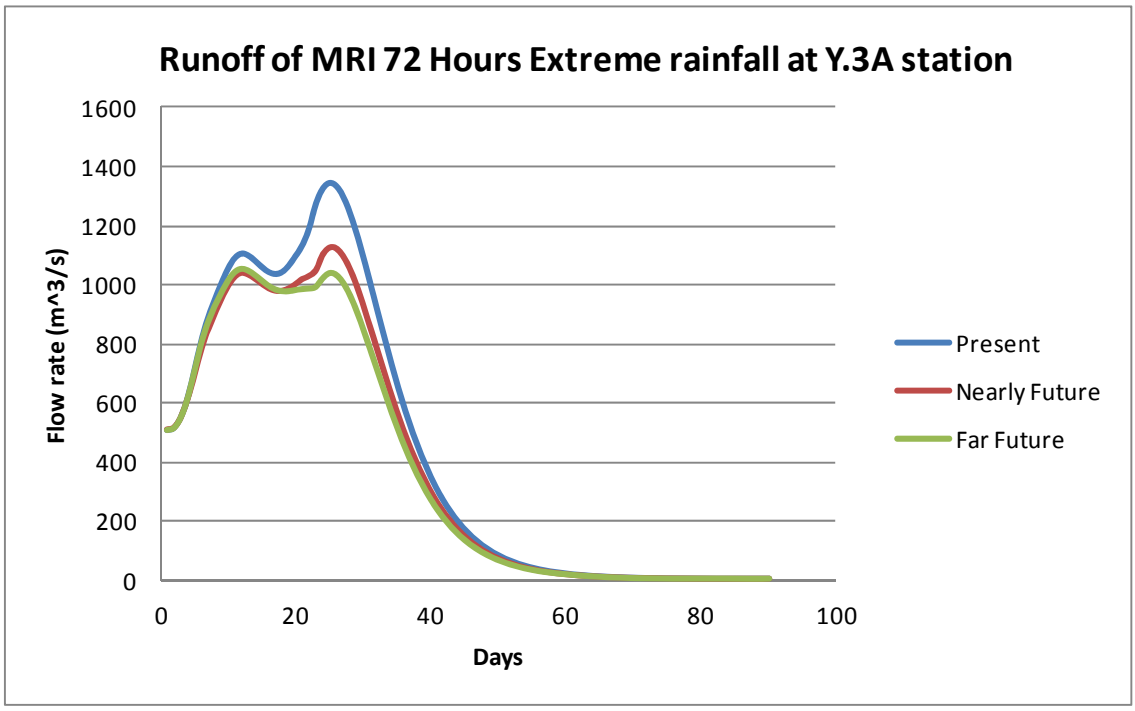
รูปที่ 6-31 กราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Y4 ลำน้ำยม จำลองภายใต้สภาพฝนสูงสุดตกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณฝนในปัจจุบัน ฝนในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และฝนคาดการณ์ในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)



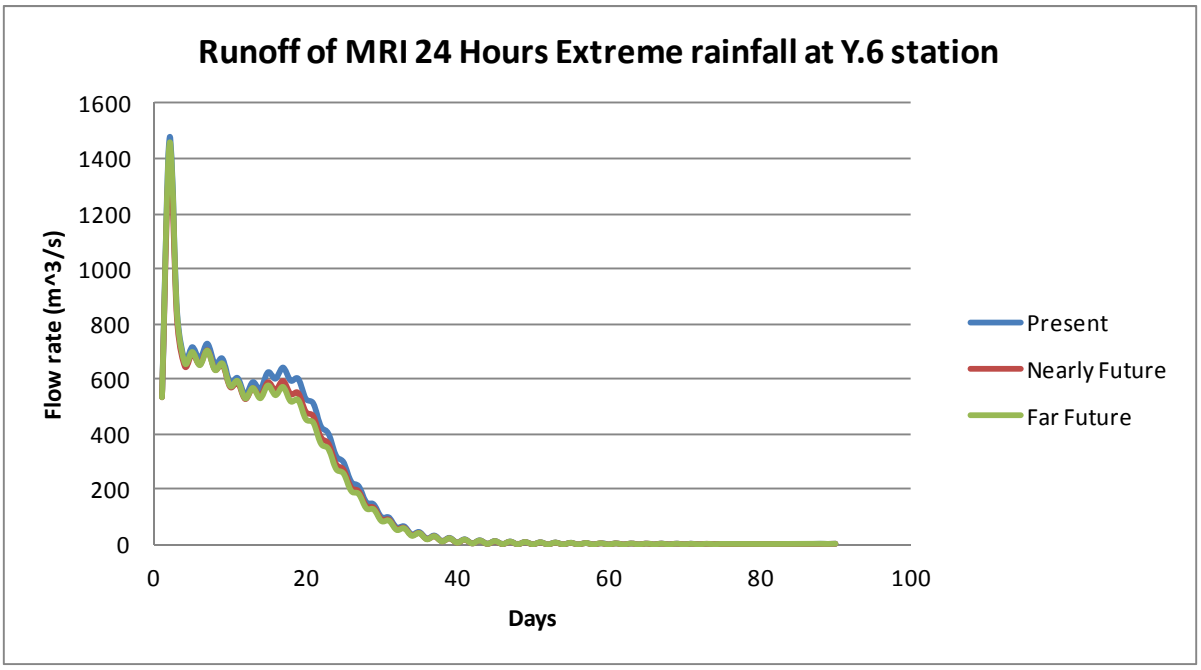


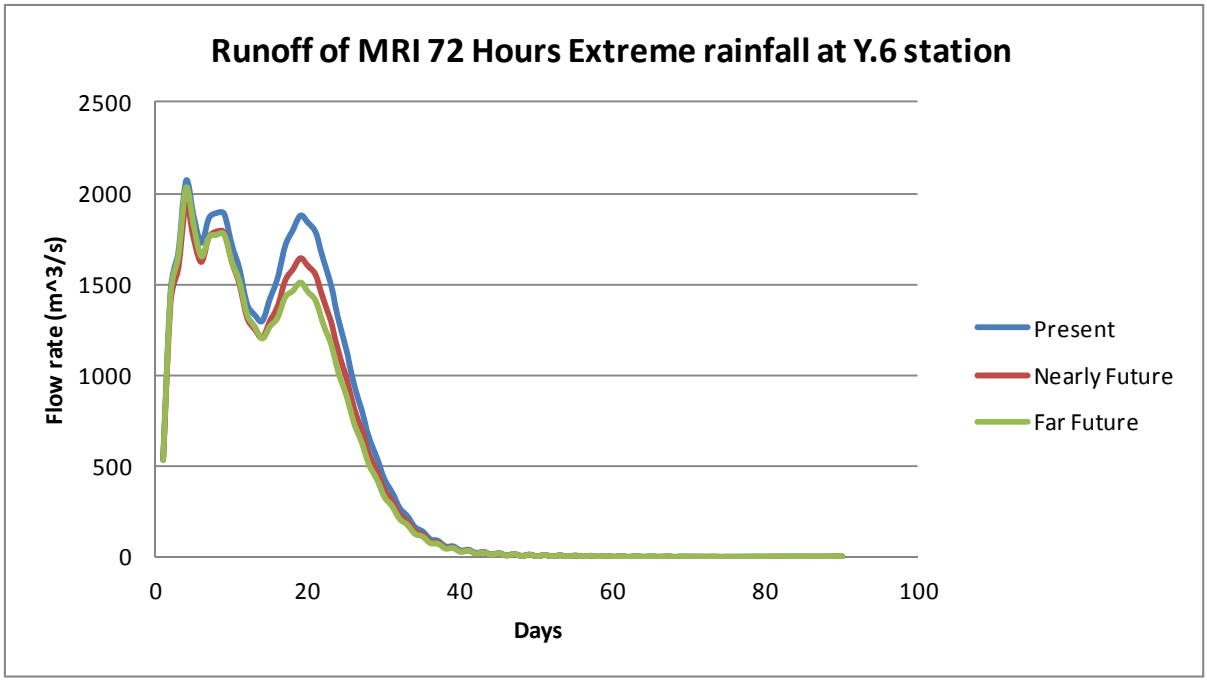
รูปที่ 6-32 กราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Y33 ลำน้ำยม จำลองภายใต้สภาพฝนสูงสุดตกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณฝนในปัจจุบัน ฝนในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และฝนคาดการณ์ในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)



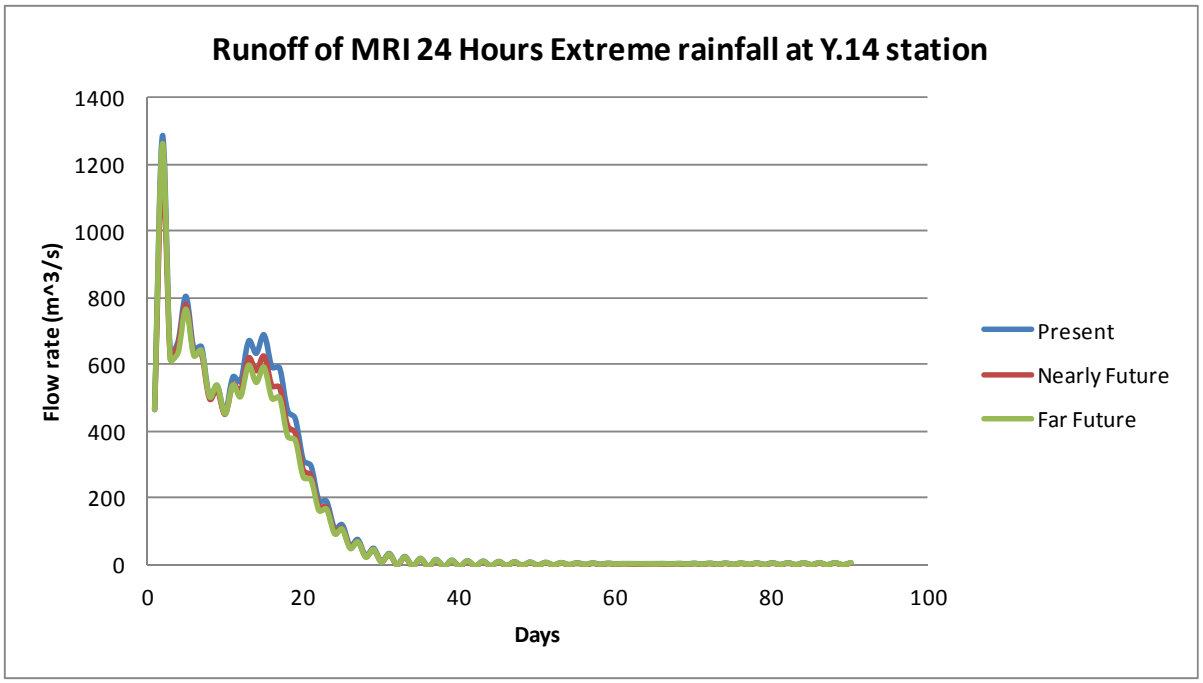


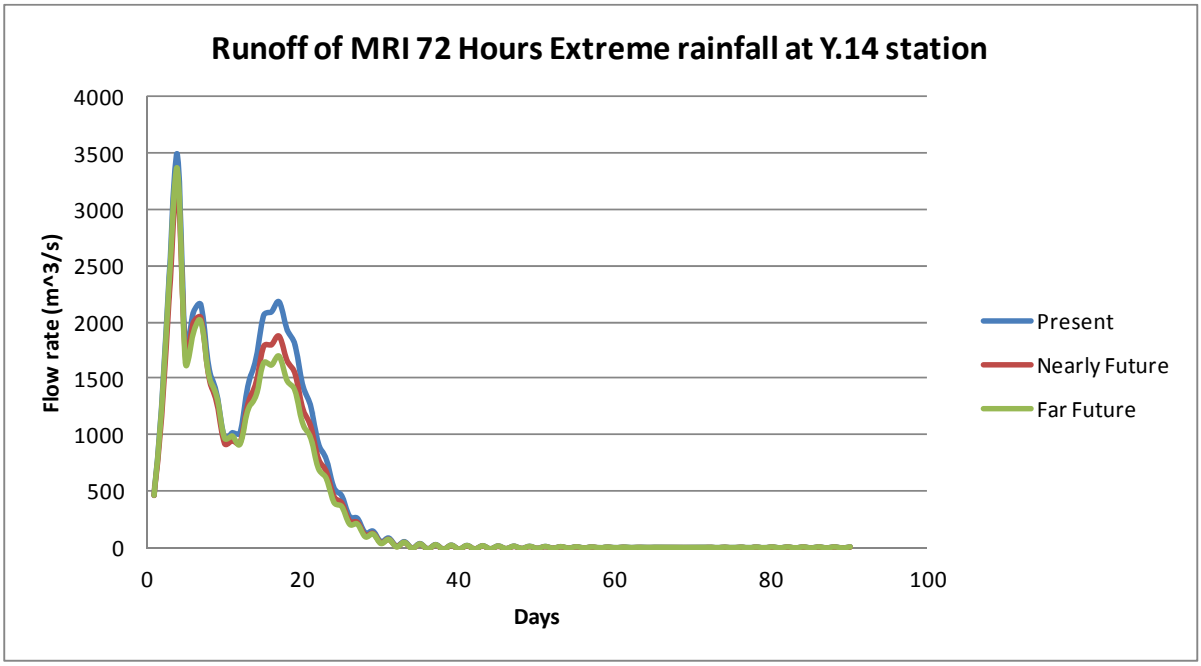
รูปที่ 6-33 กราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Y3A ลำน้ำยม จำลองภายใต้สภาพฝนสูงสุดตกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณฝนในปัจจุบัน ฝนในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และฝนคาดการณ์ในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)



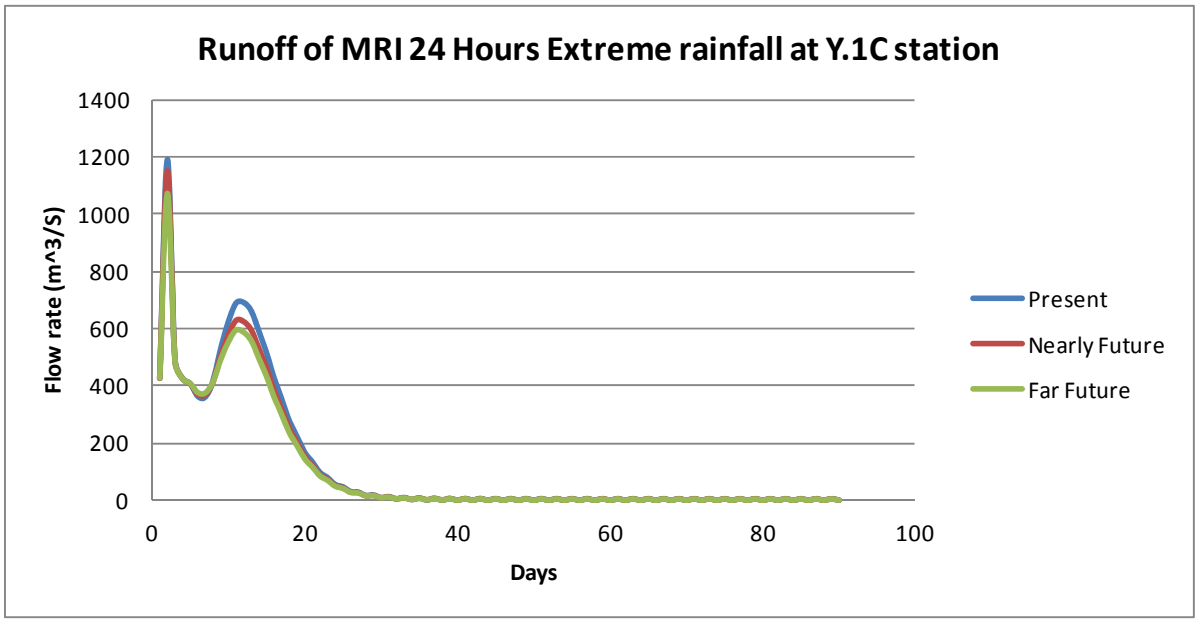


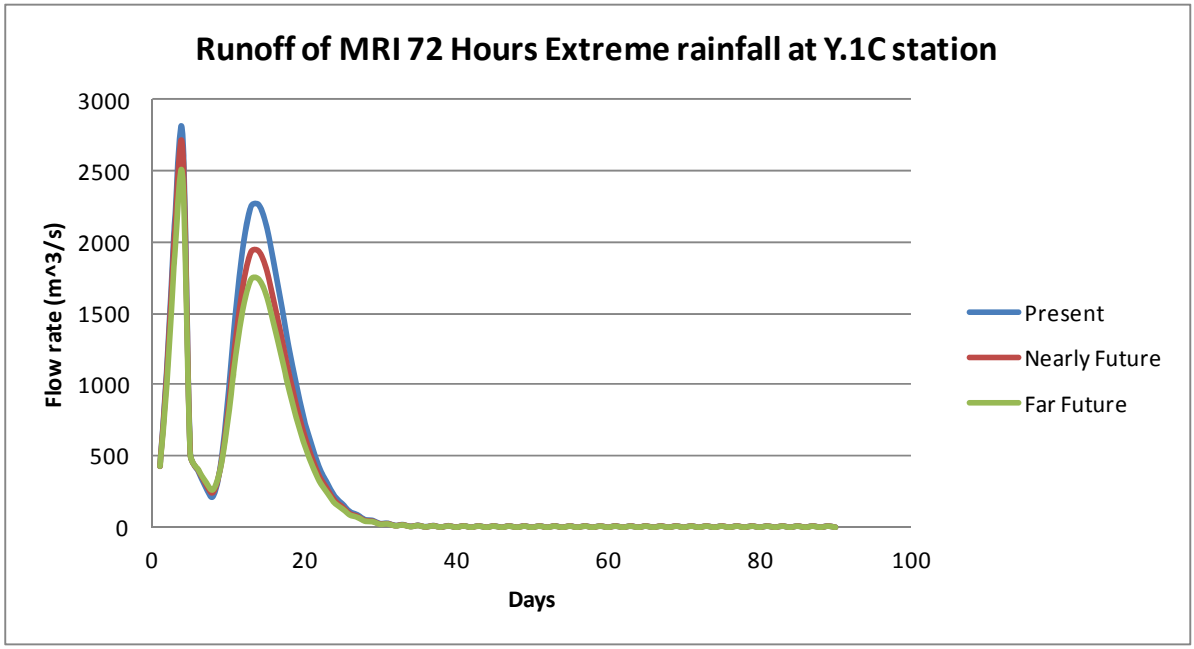
รูปที่ 6-34 กราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Y6 ลำน้ำยม จำลองภายใต้สภาพฝนสูงสุดตกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณฝนในปัจจุบัน ฝนในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และฝนคาดการณ์ในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)



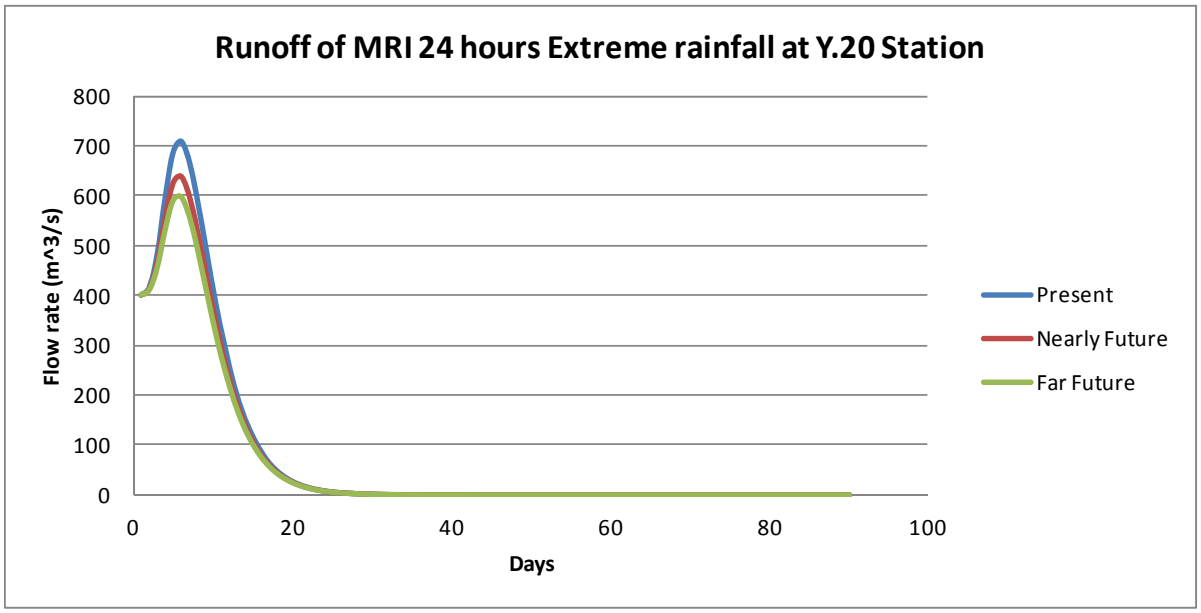


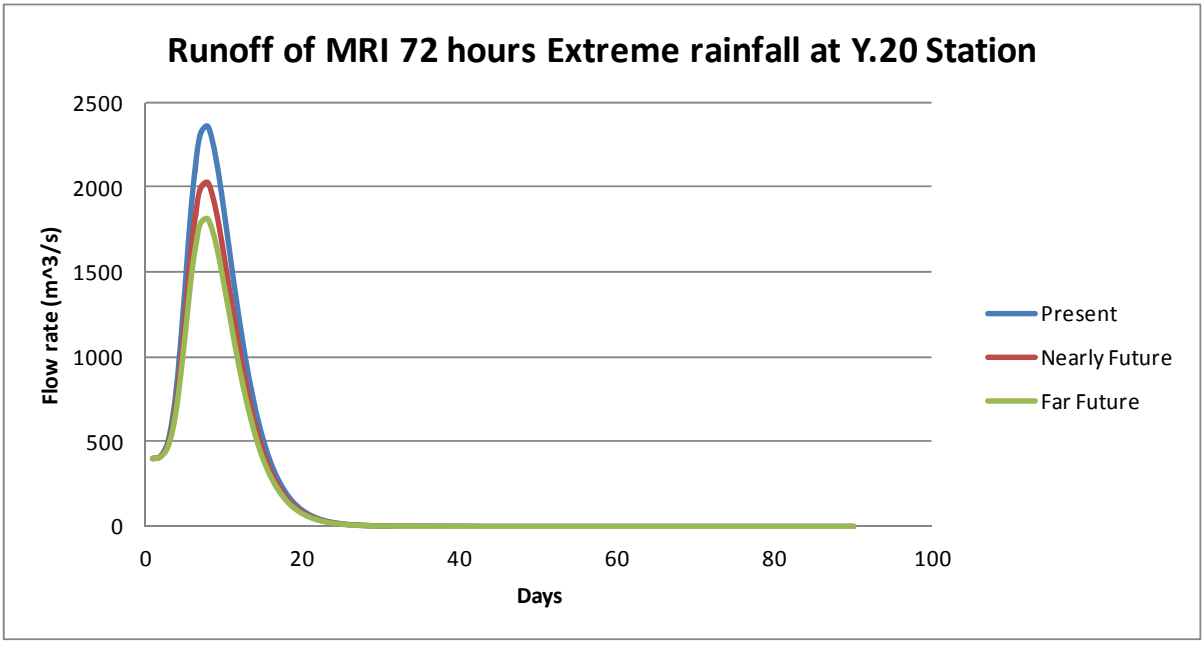
รูปที่ 6-35 กราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Y14 ลำน้ำยม จำลองภายใต้สภาพฝนสูงสุดตกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณฝนในปัจจุบัน ฝนในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และฝนคาดการณ์ในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)





รูปที่ 6-36 กราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Y1C ลำน้ำยม จำลองภายใต้สภาพฝนสูงสุดตกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณฝนในปัจจุบัน ฝนในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และฝนคาดการณ์ในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)





รูปที่ 6-37 กราฟน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า Y20 ลำน้ำยม จำลองภายใต้สภาพฝนสูงสุดตกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับปริมาณฝนในปัจจุบัน ฝนในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และฝนคาดการณ์ในอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099)

6.4 การศึกษาผลกระทบจากสภาวะน้ำหลากในประเทศไทย

ผลการจำลองสภาพน้ำท่าที่อาจก่อให้เกิดภาวะน้ำหลากแบบสุดโต่ง (Extreme Flood) ในลุ่มน้ำยม ภายใต้ฝนสูงสุด 2 แบบได้แก่ 1. สภาพฝนตกสูงสุดต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 2. สภาพฝนตกสูงสุดต่อเนื่อง 72 ชั่วโมง แสดงผลการจำลองจากสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 10 สถานี บนลำน้ำหลัก ได้แก่ Y5 Y17 Y16 Y4 Y33 Y3A Y6 Y14 Y1C และ Y20 ซึ่งเป็นสถานีที่มีข้อมูลสมบูรณ์ที่สุดและเป็นสถานีเฝ้าระวังหลักในพื้นที่เสี่ยงต่อภาวะน้ำหลาก กราฟน้ำท่าจำลอง ณ สถานีวัดน้ำท่า ภายใต้สภาวะการเกิดฝนสูงสุดติดต่อกัน 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง สำหรับสภาพฝนปัจจุบัน สภาพฝนในอนาคตอันใกล้ และสภาพฝนในอนาคตอันไกล ดังแสดงในรูปที่ 6-28 ถึง 6-37 พบว่าปริมาณ Peak Flow ของสภาพฝนในอนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกลในลำน้ำหลักทุกสถานีน้ำท่าวัดได้ลดลง เมื่อเทียบกับปริมาณฝนสูงสุดในปัจจุบัน เนื่องจากปริมาณฝนมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ลดลงบริเวณพื้นที่ด้านบนของลำน้ำ และในพื้นที่ตอนล่างของลำน้ำก็มีปริมาณในอนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกลที่ลดลงด้วย แม้ว่าพื้นที่ตอนกลางของลุ่มน้ำจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนเพิ่มสูงขึ้น แต่ก็เป็นเฉพาะในบางพื้นที่เท่านั้น ส่งผลให้ภาพรวมของน้ำท่าในลำน้ำหลักลดลงในเกือบทุกสถานี แม้ว่าปริมาณน้ำท่าคาดการณ์จากฝนในอนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกลจะมีแนวโน้มลดลง แต่การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนดังกล่าวสามารถก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากแบบสุดโต่ง (Extreme Flood) ได้ โดยเฉพาะในสถานี Y1C, Y14, Y6, Y16, Y17, และ Y5 ในจังหวัด แพร่ สุโขทัย พิษณุโลก และ พิจิตร ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณ Peak Flow ที่สูงกว่าระดับตลิ่ง (จากการออกแบบระบบป้องกันน้ำท่วมในปัจจุบัน) ดังนั้นปริมาณน้ำท่าคาดการณ์จากการจำลองโดยแบบจำลอง HEC-HMS และ Extreme Flood Frequency Analysis ในงานวิจัยนี้ สามารถนำไปเป็นข้อมูลสภาพน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต อันจะเป็นประโยชน์อย่างสำคัญต่อการวางแผนพัฒนาโครงการบรรเทาปัญหาอุทกภัยในพื้นที่วิกฤตต่อไป

บทที่ 7

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

7.1 การทบทวนข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5

แบบจำลองภูมิอากาศโลกได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการศึกษาถึงคุณลักษณะและคาดการณ์แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงในอนาคต World Climate Research Program (WCRP) จึงจัดทำโครงการ Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) โดยเป็นการจัดทำกรอบและกำหนด scenarios ร่วมกันที่ใช้ในการจำลองสภาพภูมิอากาศโลกในอนาคตและรวบรวมข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศจากสถาบันวิจัยทั่วโลก ซึ่งข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่ได้รวบรวมไว้นี้ ใช้เป็นฐานข้อมูลในการจัดทำ Assessment Reports ของ IPCC ซึ่งในปัจจุบัน IPCC ได้เริ่มเผยแพร่ Assessment Report 5 (AR5) เมื่อปีค.ศ. 2013

Sperber et al. (2013) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถระหว่างแบบจำลองภูมิอากาศโลกจากโครงการ CMIP3 (ฐานข้อมูลในการจัดทำ AR4) และ CMIP5 (ฐานข้อมูลในการจัดทำ AR5) รวมทั้งสิ้น 25 แบบจำลอง ในการจำลองสภาพฝนในช่วงฤดูมรสุมของทวีปเอเชีย โดยได้เปรียบเทียบลักษณะของการผันแปรรายฤดูกาล (inter-seasonal variability) การผันแปรรายปี (inter-annual variability) ปริมาณฝนเฉลี่ยของแบบจำลองภูมิอากาศโลก (Multi-Model Mean) และวัฏจักรภูมิอากาศประจำปี (climatological annual cycle) ผลการศึกษาเปรียบเทียบพบว่ากลุ่มของแบบจำลองภูมิอากาศในชุดของ CMIP5 สามารถจำลองลักษณะของฝนที่กล่าวมาทั้งหมดได้ใกล้เคียงกับข้อมูลสังเกตการณ์มากกว่าแบบจำลองภูมิอากาศในชุดของ CMIP3 อย่างชัดเจนทั้งในเชิงปริมาณ รูปแบบและแนวโน้ม

การศึกษานี้เลือกใช้แบบจำลอง MRI-AGCM ของสถาบันวิจัยอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Research Institute: MRI) แห่งประเทศญี่ปุ่น ซึ่งถือเป็นแบบจำลอง AGCM ที่มีความละเอียดในการคำนวณสูงมาก โดยมีระดับความละเอียดเชิงพื้นที่ของกริดเท่ากับ 20 x 20 กิโลเมตร แบบจำลองดังกล่าวประกอบด้วยชั้นที่พิจารณาในแนวดิ่ง (vertical layers) ทั้งหมด 60 ชั้น องค์ประกอบของก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในการพิจารณาคือ CO_2, CH_4, N_2O และละอองในอากาศ (aerosols) ภายใต้ภาพจำลองของการปล่อยก๊าซ

เรือนกระจกจากรายงาน IPCC Special Report on Emission Scenario (IPCC, 2000) ชนิด A1B โดยในการศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบความสามารถในการจำลองสภาวะฝนรุนแรงในประเทศไทยระหว่างแบบจำลอง MRI-AGCM 3.1S ที่ใช้ใน AR4 และแบบจำลอง MRI-AGCM 3.2S ที่ใช้ใน AR5

7. 2 การปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติของข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก

แบบจำลองภูมิอากาศโลกเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการคาดคะเนสภาพภูมิอากาศในอนาคต ภายใต้สมมติฐานของภาพจำลองแบบต่างๆของตัวแปรภูมิอากาศที่เกี่ยวข้อง หากแต่ว่าข้อมูลดังกล่าวจะยังมีความคลาดเคลื่อนเชิงระบบที่สำคัญอันเกิดจากความเอนเอียงเชิงสถิติ กระบวนการปรับเทียบข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่ใช้ในรายงานของ IPCC AR4 และ AR5 นั้น สามารถทำได้โดยใช้เทคนิคการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติ (statistical bias correction) ผลจากความคลาดเคลื่อนนี้อาจไม่ได้มีนัยสำคัญมากนักสำหรับการประเมินผลกระทบเชิงอุทกวิทยาในพื้นที่ขนาดใหญ่ แต่ถ้าพื้นที่ศึกษามีขนาดระดับลุ่มน้ำ ข้อมูลฝนที่ไม่ได้ถูกปรับเทียบกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์อาจส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งวิธีการปรับเทียบข้อมูลเชิงสถิติจะสามารถลดปัญหาดังกล่าวลงได้มากด้วยการพิจารณาตัวแปรทางสถิติของข้อมูลภูมิอากาศในอดีต (Sharma et al., 2007)

วิธีการพื้นฐานที่สุดของการปรับเทียบข้อมูล จะทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (systematic discrepancy) ของค่าเฉลี่ยโดยการปรับขนาด (rescaling) ให้ค่าดังกล่าวใกล้เคียงกับที่ได้จากการวัดมากขึ้น ทำนองเดียวกันกับวิธีแรก การปรับเทียบข้อมูลแบบจำลองอาจทำได้โดยการสร้างการกระจายตัวสมมติของความน่าจะเป็นและเปรียบเทียบการกระจายตัวที่ได้ระหว่างค่าจากแบบจำลองและกลุ่มข้อมูลสังเกตการณ์ ในการศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบผลการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติของข้อมูลฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI - AGCM 3.1S (AR4) และ MRI - AGCM 3.2S (AR5) ระหว่างวิธี Hybrid method กับวิธีการ Gamma - Gamma transformation ถึงความสามารถในการจำลองปริมาณฝนสุดขีด ว่าสะท้อนลักษณะของข้อมูลฝนสังเกตการณ์ได้มากน้อยเพียงใด โดยข้อมูลฝนสังเกตการณ์ที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นข้อมูลฝนรายวัน จากสถานีวัดของกรมอุตุนิยมวิทยา และกรมชลประทาน ระหว่างปี ค.ศ. 1979 - 2006 โดยเป็นการเปรียบเทียบปริมาณฝนในช่วงสุดขีดด้วยฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นสะสม และค่าพารามิเตอร์หลักอื่นๆที่นำมาร่วมพิจารณาด้วย ได้แก่ ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน (แยกตามเดือน) ความถี่ของวันฝนตกในแต่ละ

เดือน และความเข้มของฝนรายเดือน ซึ่งเป็นตัวชี้วัดอย่างหนึ่งถึงประสิทธิภาพของการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติของปริมาณและการกระจายตัวของฝน

การเปรียบเทียบเส้นโค้งความสัมพันธ์ของฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative Distribution Function: CDF) แสดงให้เห็นว่าทั้งการปรับแก้ความเอนเอียงด้วยวิธี Hybrid และ Gamma - Gamma transformation ต่างก็ให้ผลการกระจายตัวที่ค่อนข้างดี สามารถสะท้อนลักษณะของฝนสังเกตการณ์ได้ชัดเจน แต่ฝนที่ผ่านการปรับแก้ด้วยวิธี Hybrid จะให้ปริมาณฝนช่วงลำดับเปอร์เซ็นไทล์สูงๆ (มากกว่าร้อยละ 95) ซึ่งเป็นช่วงของค่าฝนสุดขีดได้ใกล้เคียงมากกว่าการปรับแก้ด้วยวิธี Gamma - Gamma transformation

การเปรียบเทียบปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน ความถี่ของวันฝนตกในแต่ละเดือน (แยกตามเดือน) และความเข้มของฝนรายเดือน พบว่า ปริมาณฝนของแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI - AGCM ที่ปรับแก้ด้วยวิธี Hybrid จะให้ความแตกต่างของปริมาณฝนดังกล่าวเมื่อเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์น้อยกว่าวิธี Gamma - Gamma transformation ในการศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดของไทยจาก AR4 และ AR5 จึงใช้วิธี Hybrid ในการปรับความเอนเอียงเชิงสถิติของข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI – AGCM

7.3 ปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดของไทยจาก AR4 และ AR5

การศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดประเทศไทยใช้ดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด (Extreme Precipitation Indices) จำนวน 8 ดัชนี ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ core index ที่เสนอโดยทีมผู้เชี่ยวชาญด้านการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก ดัชนีที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย จำนวนวันฝนแล้งต่อเนื่องและจำนวนวันที่ฝนตกอย่างต่อเนื่อง (Consecutive dry and wet days: CDD and CWD) จำนวนวันที่ฝนตกหนักและหนักมาก (Number of heavy and very heavy rainfall days: R10 and R20) ปริมาณฝนสะสมสูงสุด 1 วัน และ 5 วัน (Maximum 1-day and 5-days precipitation: Rx1Day and Rx5Day) ดัชนีความเข้มฝนรายวัน (Simple Daily Intensity Index: SDII) และสัดส่วนของปริมาณฝนตกหนักที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 (R95T)

การวิเคราะห์แบ่งออกเป็นสองส่วนหลัก กล่าวคือ ส่วนที่หนึ่งเป็นการศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในช่วงเวลาปัจจุบัน (ค.ศ. 1979-2006) เพื่อทำการเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างแบบจำลอง MRI-AGCM 3.1S (AR4) และแบบจำลอง MRI-AGCM 3.2S (AR5) โดยทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบปริมาณ

ฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในเชิงพื้นที่และเวลา และการแจกแจงความน่าจะเป็นของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด และการวิเคราะห์ส่วนที่สองเป็นการศึกษาสภาวะความรุนแรงของฝนที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงอนาคต ซึ่งแบ่งออกเป็น ช่วงอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-2039) และช่วงอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099) โดยทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในเชิงพื้นที่และเวลา และสรุปการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทย

ผลการเปรียบเทียบดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดจาก AR4 และ AR5 เปรียบเทียบกับดัชนีจากฝนสังเกตการณ์ในช่วงเวลาปัจจุบัน ค.ศ. 1979-2006 พบว่า ดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดจาก AR4 และ AR5 มีการกระจายตัวเชิงพื้นที่ที่สอดคล้องกับดัชนีจากฝนสังเกตการณ์ ยกเว้นดัชนีจำนวนวันฝนทิ้งช่วงสูงสุด (CDD) และจำนวนวันชุ่มชื้นติดต่อกันสูงสุด (CWD) ที่ทั้ง AR4 และ AR5 ให้ค่าน้อยกว่ากรณีฝนสังเกตการณ์

ผลการเปรียบเทียบการกระจายความน่าจะเป็นในรูปของ Probability Density Function (PDF) ของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในช่วงเวลาปัจจุบัน (ค.ศ. 1979 - 2006) ระหว่างฝนสังเกตการณ์และฝนจากแบบจำลอง AR4 และ AR5 ซึ่งพบว่า Generalized Extreme Values Distribution มีความสอดคล้องกับการกระจายความถี่ของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด จากการทดสอบทางสถิติด้วยวิธี Kolmogorov-Smirnov Test พบว่าการแจกแจงความน่าจะเป็นของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่ได้จาก AR5 มีความสอดคล้องกับฝนสังเกตการณ์ดีกว่า AR4 ของดัชนี SDII, RX5Day, CDD, และ R95T ในขณะที่มีเพียงดัชนี R10 และ RX5Day ที่มี PDF จาก AR4 ที่สอดคล้องกับฝนสังเกตการณ์

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนสูงสุดในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015 - 2039) และอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075 - 2099) โดยพิจารณาเปรียบเทียบสภาวะปัจจุบัน (ค.ศ. 1979 – 2006) พบว่าการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในทั้งสองทิศทาง (เพิ่มขึ้นและลดลง) และมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนสูงสุดในระดับลุ่มน้ำ ในช่วงอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015 - 2039) ว่ามีแนวโน้มเป็นอย่างไร โดยใช้ข้อมูลดัชนีฝนซึ่งคำนวณจากแบบจำลอง MRI – AGCM 3.2S พบว่า สำหรับดัชนีฝนที่เกี่ยวข้องกับความชุ่มชื้นและปริมาณฝนสะสม ได้แก่ R10, R20, SDII, RX1D, RX5D และ CWD ในกรณีของดัชนีฝน R10 ลุ่มน้ำที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปัจจุบันมากที่สุดคือ ลุ่มน้ำแม่กลอง เพชรบุรี และชายฝั่งทะเลประจวบฯ ส่วน R20 ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบฯจะเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือ ลุ่มน้ำเพชรบุรี ลุ่มน้ำสาละวิน และลุ่มน้ำแม่กลอง ส่วนดัชนีฝนสะสมหนึ่งวันสูงสุด จะเพิ่มขึ้นมากที่สุดในกลุ่มลุ่ม

น้ำภาคใต้ เช่น ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบฯ รองลงมาคือลุ่มน้ำแม่กลอง ตามลำดับ ส่วนดัชนีฝน 5 วันสูงสุด ลุ่มน้ำที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากที่สุดจากปัจจุบัน คือลุ่มน้ำปัตตานี ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก รองลงมาคือลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก และลุ่มน้ำแม่กลอง ตามลำดับ สำหรับดัชนี CWD หรือจำนวนวันชุ่มชื้นที่ปริมาณฝนอย่างน้อย 1 มิลลิเมตร ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างจะเพิ่มขึ้นจากปัจจุบันมากที่สุด รองลงมาคือลุ่มน้ำท่าจีน บางปะกง ตามลำดับ

ทั้งนี้การวิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนสูงสุดในเชิงพื้นที่ ควรมีการวิจัยต่อในขั้นต่อไป เนื่องจากปัจจัยหรือตัวแปรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนมีความแตกต่างไปในแต่ละพื้นที่ เช่น ปริมาณฝนที่เพิ่มมากขึ้นในฤดูแล้งในภาคใต้ฝั่งตะวันออก อาจเกิดจากกำลังแรงของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนพฤศจิกายน – มกราคม) ส่งผลให้อ่าวไทยมีฝนมากขึ้น หรือกรณีพื้นที่บริเวณอับฝน (หลังเขา) หรือเทือกเขามีฝนลดลง อาจเนื่องมาจากกำลังแรงของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนพฤษภาคม – ตุลาคม) มีกำลังแรงลดลง เป็นต้น

จากการประเมินดัชนีฝนที่เกี่ยวข้องกับความชุ่มชื้นและปริมาณฝนสะสม ได้แก่ R10, R20, SDII, RX1D, RX5D และ CWD พบว่ากลุ่มลุ่มน้ำที่มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของดัชนีความชุ่มชื้นและฝนสะสมเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนและสม่ำเสมอในแทบทุกดัชนี ทั้งสิ้น 6 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ลุ่มน้ำสาละวิน ปิง วัง สะแกกรัง แม่กลอง ปัตตานี และลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก แต่ปัจจัยของฝนที่ก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งนั้น เป็นเพียงปัจจัยหนึ่งที่อาจก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากขึ้นเท่านั้น การวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลากในการศึกษานี้ จึงได้พิจารณาปัจจัยอื่นๆควบคู่ไปด้วย ในการคัดเลือกพื้นที่วิกฤตเพื่อการจำลองสภาวะน้ำฝน-น้ำท่า โดยพบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบนมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดัชนีความชุ่มชื้นและฝนสะสมแบบคงตัวในทุกๆดัชนีที่ใช้ในการประเมินทั้ง 8 ดัชนี และมีจำนวนวันที่แห้งแล้งต่อเนื่องลดลง ประกอบกับในพื้นที่ที่ไม่มีมาตรการทางโครงสร้างในการบริหารจัดการน้ำ เช่น เขื่อน หรืออ่างเก็บน้ำ อาจได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลากในพื้นที่ได้โดยตรง เมื่อเทียบกับในพื้นที่ที่มีเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ เป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการ และรับมือกับผลกระทบดังกล่าว ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงคัดเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำยม เป็นพื้นที่ศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลาก

7.4 การศึกษาสภาวะน้ำหลากในระดับลุ่มน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ: กรณีลุ่มน้ำยม

การจำลองสภาพน้ำท่าในแม่น้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าโดยทำการวิเคราะห์และจำลองปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในปัจจุบัน อนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกลด้วยแบบจำลอง MRI – AGCM ลงในแต่ละรายสถานีรวมทั้งสิ้น 23 สถานี สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำยม ที่คาบการเกิดซ้ำ 100 ปี เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าและการประเมินสภาวะน้ำหลากจากปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า HEC – HMS

การปรับเทียบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า HEC – HMS การปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลในแต่ละลำน้ำ (Muskingum, K) และค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน-ปริมาณน้ำท่าในแต่ละลุ่มน้ำย่อย (Curve Number, CN) โดยการปรับเทียบระหว่างปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองจากข้อมูลปริมาณฝนสังเกตการณ์จำนวน 23 สถานี กับปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์จำนวน 10 สถานี ในช่วง ระยะเวลาทั้งสิ้น 28 ปี (ค.ศ. 1979 – 2006) และเลือกปี 2002 ให้เป็นตัวแทนสำหรับการอ้างอิง เนื่องจากปีดังกล่าวสามารถเป็นตัวแทนที่แสดงลักษณะของข้อมูลปริมาณน้ำท่า ทั้งในด้านรูปแบบและปริมาณ ที่สอดคล้องและใกล้เคียงกับปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ได้ดีที่สุด

การจำลองปริมาณน้ำท่าและสภาวะน้ำหลากอาศัยข้อมูลฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศที่ได้มีการปรับแก้ความเอนเอียงทางสถิติ (Bias Correction) แล้ว โดยเลือกใช้ข้อมูลทางสถิติของปริมาณฝนสูงสุดรายวัน (Maximum Daily Rainfall) ที่ก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากแบบสุดโต่ง (Extreme Flood) จากสถานีวัดน้ำฝนทั้งสิ้น 22 สถานี ในลุ่มน้ำยม ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดพะเยา ลำปาง แพร่ สุโขทัย พิษณุโลก กำแพงเพชร และพิจิตร โดยเลือกใช้ปริมาณฝนสูงสุดรายวันที่ทุกสถานี ที่คาบการเกิด (Return Period) 100 ปี ภายใต้สมมุติฐานการกระจายตัวของข้อมูลสถิติในรูปของ Gumbel Distribution ซึ่งเป็นการกระจายตัวที่มีความเหมาะสมต่อสภาพฝนในประเทศไทยมากที่สุด และจัดทำแผนที่แสดงการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด และแผนที่แสดงความต่างระหว่างปริมาณน้ำฝนในอนาคตเทียบกับปัจจุบัน รวมทั้งจัดทำแผนภูมิแสดงปริมาณน้ำท่าที่ทุกสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยม

ผลการศึกษาพบว่า การกระจายตัวของฝนในอนาคตอันใกล้และในอนาคตอันไกล ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำยมมีการเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่อย่างเด่นชัด โดยที่ปริมาณฝนสูงสุดมีปริมาณลดลงในบริเวณด้านบนของลุ่มน้ำ เมื่อเทียบกับปริมาณฝนในปัจจุบัน ในขณะที่พื้นที่ตอนกลางและตอนล่างของลุ่มน้ำมีปริมาณฝน

สูงสุดเพิ่มขึ้นเทียบกับปริมาณฝนสูงสุดในปัจจุบัน โดยมีปริมาณฝนสูงสุดกระจายตัวอยู่ในพื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำ พื้นที่ที่มีปริมาณฝนคาดการณ์เพิ่มขึ้นนี้ จะเป็นบริเวณที่คาดว่าจะมีสภาวะน้ำหลากได้มากที่สุด เนื่องจากปริมาณฝนใช้การนำเข้าสู่แบบจำลองจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น จัดเป็นพื้นที่วิกฤตที่มีแนวโน้มเกิดน้ำหลากล้นออกจากลำน้ำได้สูงสุด โดยเฉพาะในพื้นที่ อ.สวรรคโลก อ.ศรีสำโรง อ.เมือง อ.กงไกรลาศ จ.สุโขทัย รวมทั้ง อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก

การจำลองสภาพน้ำท่าที่อาจก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากแบบสุดโต่ง (Extreme Flood) ในลุ่มน้ำยม เป็นการจำลองสภาพน้ำท่าที่ก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากภายใต้ฝนสูงสุด 2 แบบได้แก่ 1. สภาพฝนตกสูงสุดต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และ 2. สภาพฝนตกสูงสุดต่อเนื่อง 72 ชั่วโมง โดยแสดงผลการจำลองจากสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 10 สถานี บนลำน้ำหลัก ได้แก่ Y5 Y17 Y16 Y4 Y33 Y3A Y6 Y14 Y1C และ Y20 ซึ่งเป็นสถานีที่มีข้อมูลสมบูรณ์ที่สุดและเป็นสถานีเฝ้าระวังหลักในพื้นที่เสี่ยงต่อภาวะน้ำหลาก

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณ Peak flow จากสภาพฝนในอนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกลในลำน้ำหลักทุกสถานีน้ำท่ามีค่าลดลง เมื่อเทียบกับปริมาณฝนสูงสุดในปัจจุบัน เนื่องจากปริมาณฝนมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ลดลงบริเวณพื้นที่ด้านบนของลำน้ำและในพื้นที่ตอนล่างของลำน้ำ แม้ว่าพื้นที่ตอนกลางของลุ่มน้ำจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนเพิ่มสูงขึ้น แต่ก็เป็นเฉพาะในบางพื้นที่เท่านั้น ส่งผลให้ภาพรวมของน้ำท่าในลำน้ำหลักลดลงในเกือบทุกสถานี แม้ว่าปริมาณน้ำท่าคาดการณ์จากฝนในอนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกลจะมีแนวโน้มลดลง แต่การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนดังกล่าวสามารถก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากแบบสุดโต่ง (Extreme Flood) ได้ โดยเฉพาะในสถานี Y1C, Y14, Y6, Y16, Y17, และ Y5 ในจังหวัด แพร่ สุโขทัย พิษณุโลก และ พิจิตร ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณ Peak flow ที่สูงกว่าระดับตลิ่ง (จากการออกแบบระบบป้องกันน้ำท่วมในปัจจุบัน) ดังนั้นปริมาณน้ำท่าคาดการณ์จากการจำลองโดยแบบจำลอง HEC-HMS และ Extreme Flood Frequency Analysis ในงานวิจัยนี้ สามารถนำไปเป็นข้อมูลสภาพน้ำหลากที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต อันจะเป็นประโยชน์อย่างสำคัญต่อการวางแผนพัฒนาโครงการบรรเทาปัญหาอุทกภัยในพื้นที่วิกฤตต่อไป โดยสามารถนำไปประยุกต์ในการศึกษาประเมินสภาวะน้ำหลากด้วยปริมาณฝนในลุ่มน้ำอื่นๆที่มีมาตรการโครงสร้างในการบริหารจัดการน้ำ เช่น อ่างเก็บน้ำ เพื่อเปรียบเทียบกับลุ่มน้ำที่ไม่มีมาตรการรองรับ

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กฤษฎา มหาสันทนะ (2538). การทำนายคุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE-11. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรมชลประทาน, 2546, โครงการศึกษาเพื่อทำแผนหลักรองรับการพัฒนาแหล่งน้ำและปรับปรุงโครงการชลประทาน สำหรับแผนฯ 9, รายงานสถานภาพลุ่มน้ำ 25 ลุ่มน้ำ.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553, รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการผลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อปริมาณน้ำฝน/น้ำท่ารายเดือนของประเทศไทยและผลกระทบต่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ภาคตะวันออก.

นฤมล ทารักษา (2547). การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และแบบจำลองชลศาสตร์เพื่อหาขอบเขตน้ำท่วมบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นฤมล สังขประดิษฐ์ (2541). การปรับเทียบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11 ในการคาดการณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำแม่กลองตอนบน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสหสาขาวิชา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยุวดี วงศ์เบี้ยสัจจ์ (2547). การผสมผสานระหว่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการพยากรณ์คุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

รัฐพันธุ์ ถิระมนัส (2547). ประสิทธิภาพการบรรเทาอุทกภัยของอ่างเก็บน้ำแก่งเสือเต้น. ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิษุวัฒก์ แต้สมบัติและกิติพงศ์ ทองเชื้อ (2554). การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE-11Data Assimilation เพื่อการพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำชีตอนบน. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์สารสนเทศ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ภาพแผนที่ 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย, http://www.forest.go.th/planning_fitc/index.php [online], 1 ตุลาคม 2555.

สุดารัตน์ ภิรมย์ (2544). การจำลองสภาพน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อบรรเทาอุทกภัยในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างโดยใช้แก้มลิง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

อุดร ชนะศรีรัตนกุล (2543). การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางชลศาสตร์กับสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับงานน้ำท่วมในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาอังกฤษ

Chow, et al (1988). Applied Hydrology, McGraw-Hill Book Company, New York, New York.

Eastham J., F. Mpelasoka, M. Mainuddin, C. Ticehurst, P. Dyce, G. Hodgson, A. Ali, and M. Kirby (2008), Mekong River Basin Water Resources Assessment: Impacts of Climate Change. CSIRO: Water for a Healthy Country National Research Flagship.

Frich P., L. V. Alexander, P. Della-Marta, B. Gleason, M. Haylock, A. M. G. Klein Tank, and T. Peterson (2002), Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century, Climate Research, 19 (3), 193 – 212.

Hanittinan P. and S. Koontanakulvong (2012), Climate change impact assessment in Sukhothai province: Intercomparison between three Global Climate Models, Proceeding of PAWEES 2012 International Conference Challenges of Water & Environmental Management in Monsoon Asia. 27-29 November 2012, Thailand

Hanittinan P. and S. Koontanakulvong, Flood Impact and Risk Assessment at the Yom River Basin Due to Global Climate Change, Prod. PAWEES2014, Taiwan, 2014.

Hoisungwan P., P. Hanittinan and S. Koontanakulvong Changes in Precipitation Extremes in the Chao Phraya River Basin, Proc. PAWEES2014, Taiwan, 2014.

Ines, A.V.M., and Hansen, J.W. (2006) Bias correction of daily GCM rainfall for crop simulation studies. Agricultural and Forest Meteorology: 138, 44 – 53.

Inomata, H., Takeuchi, K. and Fukami, K. Development of a Statistical Bias Correction Method For Daily Precipitation Data of GCM20, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering). 67(4), 247 - 252, 2011.

IPCC Working Group III (2000) IPCC Special Report Emission Scenarios – Summary for Policymakers.

IPCC Working Group I (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

Jomvoravong A., A. Putthividhya, and E. Vechpanich (2015), A Comparative Study of Stochastic and Conventional Deterministic Flood Frequency Analysis for Extreme Events in Thailand, Proceeding of Environmental and Water Resources Congress 2015: Floods, Droughts, and Ecosystems, p. 917-927, 17-21 May 2015, Austin, USA.

Jomvoravong A., and A. Putthividhya (2015), Extreme Flood Frequency Analysis in Yom River Basin, Proceeding of The 20th National Convention on Civil Engineering. 8-10 July 2015, Chonburi, Thailand.

Kiem, A.S., Ishidaira, H., Hapuarachchi, H.P., Zhou, M.C., Hirabayashi, Y. and Takeuchi, K. Future Hydroclimatology of the Mekong River Basin Simulated Using The High-Resolution Japan Meteorological Agency (JMA) AGCM, Hydrological Processes. 22, 1382 - 1394, 2008.

Koontanakulvong, S. (2011) Thai Climate change and its impact toward water sector. Technical report. Chulalongkorn University.

Limjirakan Sangchan, A. Limsakul, T. Sriburi (2010), Assessment of Extreme Weather Events of Thailand: risks and hotspot vulnerability analysis. Phase 1: Assessment of Extreme Weather Events and Hotspot Areas of Thailand. Thailand Research Fund. Bangkok.

Mizuta, R., H. Yoshimura, H. Murakami, M. Matsueda, H. Endo, T. Ose, K. Kamiguchi, M. Hosaka, M. Sugi, S. Yukimoto, S. Kusunoki, and A. Kitoh, (2012), Climate simulations using the improved MRI-AGCM with 20km grid.

Pappenberger et al (2004). Uncertainty analysis of the rainfall runoff model LisFlood within the Generalized Likelihood Uncertainty Estimation (GLUE). Journal of River Basin Management, 123-133.

Piani, C., Weedon, G.P., Best, M., Gomes, S.M., Viterbo, P., Hagemann, S, and Haerter, J.O. (2010), Statistical bias correction of global simulated daily precipitation and temperature for the application of hydrological models, Journal of Hydrology. 395: 199 – 215.

Pilgrim, D.H. and I. Codery (1993). Flood runoff. In: Maidment, D.R.(ed.). Handbook of Hydrology. McGrawHill, Inc., New York.

Putthividhya A. and K. Tanaka (2013), Optimal Rain Gauge Network Design and Spatial Precipitation Mapping Based on Geostatistical Analysis from Co-located Elevation and Humidity Data, Chiang Mai J. Sci.; 40(2) : 187-197.

Sharma , D., Gupta, A.D., and Babel, M.S. (2007) Spatial disaggregation of bias-corrected GCM precipitation for improved hydrologic simulation: Ping River Basin, Thailand. Hydrology and Earth System Sciences. 11: 1373 – 1390.

Southeast Asia START Regional Center (2006), Southeast Asia Regional Vulnerability to Changing Water Resource and Extreme Hydrological Events due to Climate Change, Final Technical Report. Bangkok.

Tachikawa Y. and K. Yorozu (2011), Projection of River Discharge in Thailand under Climate Change And its Impact on Water Resources, 2011 AIT-NUS-ITB-KU Joint Symposium on Human Security Engineering.

Wood , A.W., Maurer, E.P., Kumar, A. and Lettenmaier, D.P. (2002) Lone range experimental hydrologic forecasting for the Eastern U.S. Journal of Geophysical Research, 107(D20), 4429, doi: 10.1029/2001JD00659

Xu C., Y. Luo, and Y. Xu (2011), Projected changes of precipitation extremes in river basins over China, Quaternary International, 244, 149 – 158.

ภาคผนวก ก

ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝน

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
1	1012	01	A. Muang	Ang Thong	Rain	RID	1979 2006
2	1022	01	A. Chaiyo	Ang Thong	Rain	RID	1979 2006
3	1032	01	A. Pho Thong	Ang Thong	Rain	RID	1979 2006
4	1042	01	A. Wiset Chai Chan	Ang Thong	Rain	RID	1979 2006
5	1052	01	A. Pa Mok	Ang Thong	Rain	RID	1979 2006
6	1062	01	A. Sawaengha	Ang Thong	Rain	RID	1979 2006
7	1070	01	7L 1R Canal (NOI.9) A. Pho Thong	Ang Thong	Rain	RID	1979 2006
8	1080	01	8L 1R Canal (NOI.10) A. Sam Ko	Ang Thong	Rain	RID	1979 2006
9	1090	01	9L 1R Canal (NOI.11), A. Wiset Chai Chan	Ang Thong	Rain	RID	1979 2006
10	1100	01	Muang Tia Siphon (NOI.12), A. Wiset Chai Chan	Ang Thong	Rain	RID	1979 2006
11	1110	01	Khlong Chorakhe Siphon (NOI.13), A. Wiset Chai Chan	Ang Thong	Rain	RID	1979 2006
12	1120	01	Lower 2R 3L Canal (NOI.14), A. Wiset Chai Chan	Ang Thong	Rain	RID	1979 2006
13	1130	01	3R 3L Canal (NOI.15), A. Muang	Ang Thong	Rain	RID	1979 2006
14	1140	01	Yang Mani Regulator (NOI.18), A. Pho Thong	Ang Thong	Rain	RID	1979 2006
15	1150	01	Upper 2R 3L Canal (NOI.20), A. Pho Thong	Ang Thong	Rain	RID	1979 2006
16	1160	01	Maha Nam Siphon (CPA.9), A. Chaiyo	Ang Thong	Rain	RID	1979 2006
17	1170	01	Bang Sala Siphon (CPA.10), A. Chaiyo	Ang Thong	Rain	RID	1979 2005
18	1180	01	Bang Kaeo Siphon (CPA.11), A. Muang	Ang Thong	Rain	RID	1979 2005
19	1190	01	Section 3 Project, A. Pa Mok	Ang Thong	Rain	RID	1979 2006
20	1200	01	5L 1R Canal (NOI.28) A. Pho Thong	Ang Thong	Rain	RID	1980 2006
21	1210	01	1R Canal (NOI.31) A. Sawaengha	Ang Thong	Rain	RID	1980 2006
22	1220	01	3R 1R Canal (NOI.33) A. Pho Thong	Ang Thong	Rain	RID	1980 2006
23	1230	01	1R 3L Canal (NOI.35) A. Sawaengha	Sing Buri	Rain	RID	1980 2006
24	1240	01	2L Canal (SUP.66) A. Sam Ko	Ang Thong	Rain	RID	1980 2006
25	2012	01	A. Muang	Buri Ram	Rain	RID	1980 2006
26	2022	01	A. Prakhon Chai	Buri Ram	Rain	RID	1979 2006
27	2033	01	A. Nang Rong	Buri Ram	Rain	RID	1979 2006
28	2052	01	A. Satuk	Buri Ram	Rain	RID	1979 2006
29	2062	01	A. Lam Plai Mat	Buri Ram	Rain	RID	1979 2006
30	2082	01	Ban Kruat Self Supporting Settlement	Buri Ram	Rain	RID	1979 2006
31	2092	01	A. Lahan Sai	Buri Ram	Rain	RID	1979 2006
32	2102	01	A. Krasang	Buri Ram	Rain	RID	1979 2006
33	2182	01	A. Khu Muang	Buri Ram	Rain	RID	1979 2006
34	2191	01	Mun River (M.6A), A. Satuk	Buri Ram	Rain	RID	1979 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
35	2212	01	A. Nong Ki	Buri Ram	Rain	RID	1979 2006
36	3012	01	A. Muang	Chachoengsao	Rain	RID	1979 2006
37	3032	01	A. Bang Nam Prieo	Chachoengsao	Rain	RID	1979 2006
38	3042	01	A. Ban Pho	Chachoengsao	Rain	RID	1979 2006
39	3052	01	A. Bang Khla	Chachoengsao	Rain	RID	1979 2006
40	3070	01	Phra ong Chaiya Office	Samut Prakan	Rain	RID	1979 2002
41	3080	01	Bang Khanak Regulator (CKD.2)	Chachoengsao	Rain	RID	1979 2006
42	3090	01	Thakhai Regulator (CKD.3)	Chachoengsao	Rain	RID	1979 2006
43	3100	01	Thathua Regulator (CKD.4)	Chachoengsao	Rain	RID	1979 2006
44	3110	01	Paktakhong Regulator (CKD.5)	Sa Kaeo	Rain	RID	1979 2006
45	3120	01	Thep Rangsan Regulator (CKD.6)	Chachoengsao	Rain	RID	1979 2006
46	3130	01	Nang Hong Regulator (CKD.7)	Samut Prakan	Rain	RID	1979 2006
47	3140	01	Phraya Wisut Regulator (CKD.10)	Chachoengsao	Rain	RID	1979 2006
48	3150	01	Bang Rong Regulator (CKD.11)	Chachoengsao	Rain	RID	1979 2006
49	3160	01	Ban Mai Regulator (CKD.12)	Chachoengsao	Rain	RID	1979
50	3172	01	A. Ratchasan	Chachoengsao	Rain	RID	1979 2006
51	3190	01	Sombun Regulator (NNK.9), A. Bang Nam Prieo	Chachoengsao	Rain	RID	1979 2002
52	3200	01	17 Canal Regulator (SRS.3), A. Bang Nam Prieo	Chachoengsao	Rain	RID	1979 2002
53	3210	01	Tha Lat Headwork (Kgt.2)	Chachoengsao	Rain	RID	1979 2003
54	3220	01	Tha Lat Outlet (LAT.2), A. Bang Khla	Chachoengsao	Rain	RID	1979 2003
55	3231	01	Khlong Siyat (Kgt.18), A. Sanam Chai Khet	Chachoengsao	Rain	RID	1979 2005
56	3242	01	A. Sanam Chai Khet	Chachoengsao	Rain	RID	1979 2006
57	3250	01	Khlong Tha Thong Lang Regulator (PTG.1)	Chachoengsao	Rain	RID	1979 1988
58	3260	01	Khlong Bang Phai Regulator (PTG.2)	Chachoengsao	Rain	RID	1979 1988
59	3270	01	Khlong Ban Pho Regulator (PTG.4)	Chachoengsao	Rain	RID	1979 1989
60	3280	01	Khlong Lod Yai Kham Regulator (PTG.5)	Chachoengsao	Rain	RID	1979 1988
61	3290	01	Khlong Na Bon Reg. (PTG.3)	Chachoengsao	Rain	RID	1979 1988
62	3301	01	Ban Sam Pa Ngam (Kgt.25) A. Sanam Chai Khet	Chachoengsao	Rain	RID	1979 1993
63	3312	01	A. Bang Pakong	Chachoengsao	Rain	RID	1982 2006
64	3320	01	Phan Thong Khayai Project, A. Bang Pakong	Chachoengsao	Rain	RID	1979 1991
65	3344	01	Chachoeng Sao Wild Animal Research Station	Chachoengsao	Rain	RID	1994 2006
66	4022	01	A. Sanphaya	Chai Nat	Rain	RID	1979 2006
67	4032	01	A. Manorom	Chai Nat	Rain	RID	1979 2005
68	4042	01	A. Sanburi	Chai Nat	Rain	RID	1979 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
69	4052	01	A. Hankha	Chai Nat	Rain	RID	1979 2006
70	4062	01	A. Wat Sing	Chai Nat	Rain	RID	1979 2006
71	4072	01	Chai Nat Rice Experimental Station	Chai Nat	Rain	RID	1979 2006
72	4080	01	Upper Thung Rahan Canal (SUP.1), A. Muang	Chai Nat	Rain	RID	1979 2001
73	4090	01	Upper Makham Thao U Thong Canal (SUP.2)	Chai Nat	Rain	RID	1979 2001
74	4100	01	2R Phon Thep Canal (SUP.3), A. Wat Sing	Chai Nat	Rain	RID	1979 2001
75	4110	01	Upper 2L Rahan Canal (SUP.4), A. Muang	Chai Nat	Rain	RID	1979 2001
76	4120	01	Upper 1L 1R Canal (SUP.5), A. Wat Sing	Chai Nat	Rain	RID	1979 2001
77	4130	01	2L Rahan Canal (SUP.6), A. Han Kha	Chai Nat	Rain	RID	1979 2001
78	4140	01	Upper 3L Rahan Canal (SUP.7), A. Muang	Chai Nat	Rain	RID	1979 2001
79	4150	01	Upper 1L 2L Canal (SUP.8), A. Han Kha	Chai Nat	Rain	RID	1979 2001
80	4160	01	Phon Thep Regulator (SUP.23), A. Muang	Chai Nat	Rain	RID	1979 2001
81	4170	01	Tha Bot Regulator (SUP.24), A. Han Kha	Chai Nat	Rain	RID	1979 2003
82	4180	01	2L M U Canal (SUP.27), A. Han Kha	Chai Nat	Rain	RID	1979 2003
83	4190	01	3L M U Canal (SUP.28), A. Han Kha	Chai Nat	Rain	RID	1979 2003
84	4200	01	Upper 2L 1L Canal (SUP.29), A. Han Kha	Chai Nat	Rain	RID	1979 2003
85	4250	01	Upper 2R Canal (CPK.1)	Chai Nat	Rain	RID	1979 2006
86	4260	01	Upper 3R 2 Canal (CPK.2)	Chai Nat	Rain	RID	1979 2006
87	4270	01	Uper 4R Canal (CPK.3)	Chai Nat	Rain	RID	1979 2006
88	4280	01	Upper 5R Canal (CPK.4)	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2006
89	4290	01	Manorom Regulator (CPK.25)	Uthai Thani	Rain	RID	1979 2006
90	4300	01	Upper 3R 1R Canal (NOI.1), A. San Buri	Chai Nat	Rain	RID	1980 1990
91	4310	01	Upper 3L 1R Canal (NOI.2), A. San Buri	Chai Nat	Rain	RID	1980 1990
92	4320	01	Borommathat Regulator (NOI.16), A. Muang	Chai Nat	Rain	RID	1980 1990
93	4330	01	Upper Thammamun Canal (CPA.2)	Chai Nat	Rain	RID	1979 2006
94	4340	01	Ta Suk Siphon (CPA.3), A. San Phaya	Chai Nat	Rain	RID	1979 2004
95	4361	01	Chao Phraya Dam (C.13), A. San Phaya	Chai Nat	Rain	RID	1979 2006
96	5013	01	A. Muang	Chaiyaphum	Rain	RID	1979 2006
97	5023	01	A. Chatturat	Chaiyaphum	Rain	RID	1979 2006
98	5032	01	A. Phu Khieo	Chaiyaphum	Rain	RID	1979 2006
99	5042	01	A. Bamnet Narong	Chaiyaphum	Rain	RID	1979 2006
100	5052	01	A. Kaset Sombun	Chaiyaphum	Rain	RID	1979 2006
101	5062	01	A. Khon Sawan	Nakhon	Rain	RID	1979 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
102	5072	01	Chaiyaphum Seed Multiplication	Nakhon	Rain	RID	1979 2006
103	5082	01	Station A. Ban Khwao	Chaiyaphum	Rain	RID	1979 2005
104	5092	01	A. Ban Thaen	Chaiyaphum	Rain	RID	1979 2006
105	5100	01	R.I.D. Office Chaiyaphum	Chaiyaphum	Rain	RID	1979 2006
106	5171	01	Ban Nong O (E.32), A. Ban Khwao	Chaiyaphum	Rain	RID	1979 2006
107	5262	01	A. Nong Bua Daeng	Chaiyaphum	Rain	RID	1979 2006
108	6013	01	A. Muang	Chanthaburi	Rain	RID	1979 2006
109	6022	01	A. Makham	Chanthaburi	Rain	RID	1979 2006
110	6032	01	A. Laem Sing	Chanthaburi	Rain	RID	1979 2006
111	6042	01	A. Tha Mai	Chanthaburi	Rain	RID	1979 2006
112	6052	01	A. Khlung	Chanthaburi	Rain	RID	1979 2006
113	6062	01	A. Pong Nam Ron	Chanthaburi	Rain	RID	1979 2006
114	6081	01	Ban Tap Chum (Z.7), A. Tha Mai	Chanthaburi	Rain	RID	1979 1986
115	6090	01	R.I.D. Office Laem Sing	Chanthaburi	Rain	RID	1979 2001
116	6110	01	Ban Puk (Z.13), A. Makham	Chanthaburi	Rain	RID	1982 1987
117	6121	01	Ban Pong Rong Zen (Z.21), A. Makham	Chanthaburi	Rain	RID	1984 2006
118	6131	01	Ban Khun Song (Z.28), A. Tha Mai	Chanthaburi	Rain	RID	1986 2006
119	6150	01	Khlong Wang Tanot Headwork, A.Muang	Chanthaburi	Rain	RID	1988 2003
120	6162	01	A. Soi Dao	Chanthaburi	Rain	RID	1990 2006
121	6172	01	K.A. Kaeng Hang Maew	Chanthaburi	Rain	RID	1992 2006
122	6182	01	K.A. Na Yai Arm	Chanthaburi	Rain	RID	1995 2006
123	7013	01	A. Muang	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2006
124	7022	01	A. Sarapi	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2006
125	7032	01	A. San Kamphaeng	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2006
126	7042	01	A. San Sai	Chiang Mai	Rain	RID	1983 2006
127	7052	01	A. Doi Saket	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2006
128	7062	01	A. Mae Rim	Lampang	Rain	RID	1979 2006
129	7072	01	A. Hang Dong	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2006
130	7082	01	A. San Pa Tong	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2006
131	7092	01	A. Hot	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2006
132	7102	01	A. Fang	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2006
133	7112	01	A. Mae Taeng	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2005
134	7122	01	A. Phrao	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2006
135	7132	01	A. Chiang Dao	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2006
136	7142	01	A. Samoeng	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2006
137	7152	01	A. Mae Chaem	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
138	7162	01	A. Omkoi	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2006
139	7172	01	Fang Agriculture Experimental Station	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2005
140	7182	01	A. Chom Thong	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2006
141	7192	01	Ban Aen, A. Doi Tao	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2004
142	7222	01	Oil Production Unit, A. Fang	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2006
143	7242	01	Doi Suthep Pui National Park	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2006
144	7252	01	Doi Chiang Dao Watershed Research	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2006
145	7262	01	Phuphing Ratchaniwet Palace	Chiang Mai	Rain	RID	1979 2006
146	7614	01	Kut Project, A. Mae Taeng	Chiang Mai	Rain	RID	1979 1994
147	7625	01	Huai Mae Ka, A. Mae Chaem	Chiang Mai	Rain	RID	1979 1979
148	7634	01	Mae Chaem, A. Mae Chaem	Chiang Mai	Rain	RID	1979 1981
149	7645	01	Kaeng Ob Luang, A. Mae Chaem	Chiang Mai	Rain	RID	1979 1991
150	7652	01	Chom Thong Agricultural Project	Chiang Mai	Rain	RID	1983 2003
151	7665	01	Mae Ngat Dam	Chiang Mai	Rain	RID	1983 2003
152	7670	01	Mae Ngat Project (P.28A)	Chiang Mai	Rain	RID	1984 2001
153	7680	01	Ban Mae Thalob (G.7), A.Fang	Chiang Mai	Rain	RID	1986 1993
154	7695	01	Ban Kong Hin, A. Hot	Chiang Mai	Rain	RID	1985 1998
155	7702	01	A. Wiang Haeng	Chiang Mai	Rain	RID	1989 2006
156	7714	01	Mae Chaem Forest Plantation, A.Muang	Chiang Mai	Rain	RID	1988 2006
157	7722	01	Non Resident Development Unit 32, A. Chiang Dao	Chiang Mai	Rain	RID	1989 2006
158	7731	01	Ban Mae Tuen (P.64), A. Om Koi	Chiang Mai	Rain	RID	1990 2006
159	7740	01	Mae Taeng Irrigated Water Uses Exp. and Research Sta	Chiang Mai	Rain	RID	1987 1998
160	7751	01	Ban Muang Pog (P.65), A. Wiang Haeng	Chiang Mai	Rain	RID	1995 2006
161	8013	01	A. Muang	Chiang Rai	Rain	RID	1979 2006
162	8022	01	A. Phan	Chiang Rai	Rain	RID	1979 2006
163	8034	01	Ban Pong Nam Ron, A. Mae Chan	Chiang Rai	Rain	RID	1979 1985
164	8042	01	A. Thoeng	Chiang Rai	Rain	RID	1979 2006
165	8062	01	A. Mae Chan	Chiang Rai	Rain	RID	1979 2005
166	8072	01	A. Mae Sai	Chiang Rai	Rain	RID	1979 2006
167	8082	01	A. Wiang Pa Pao	Chiang Rai	Rain	RID	1979 2004
168	8092	01	A. Chiang Khong	Chiang Rai	Rain	RID	1979 2006
169	8102	01	A. Mae Suai	Chiang Rai	Rain	RID	1979 2006
170	8112	01	A. Chiang Saen	Chiang Rai	Rain	RID	1979 2006
171	8123	01	Chiang Rai Agrometorological Station	Chiang Rai	Rain	RID	1985 2006
172	8142	01	A. Mae Chan Tribe Hill Development Unite	Chiang Rai	Rain	RID	1979 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
173	8152	01	Doi Chang Watershed	Chiang Rai	Rain	RID	1979 2005
174	8204	01	Kiu Tap Yang Teak Plantation, A. Mae Chan	Chiang Rai	Rain	RID	1979 2006
175	8214	01	Doi Tung Forest Plantation, A. Mae Sai	Chiang Rai	Rain	RID	1979 2006
176	8242	01	A. Wiang Chai	Chiang Rai	Rain	RID	1989 2006
177	8252	01	A.Pa Daet	Chiang Mai	Rain	RID	1989 2006
178	8261	01	Mae Kok (G.2A), A. Muang	Chiang Rai	Rain	RID	1993 1994
179	9013	01	A. Muang	Chon Buri	Rain	RID	1979 2006
180	9022	01	A. Phanat Nikhom	Chon Buri	Rain	RID	1979 2006
181	9032	01	A. Phan Thong	Chon Buri	Rain	RID	1979 2006
182	9042	01	A. Si Racha	Chon Buri	Rain	RID	1979 2006
183	9052	01	A. Bang Lamung	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2006
184	9062	01	A. Ban Bung	Chon Buri	Rain	RID	1979 2006
185	9073	01	A. Sattahip	Chon Buri	Rain	RID	1979 2006
186	9083	01	A. Ko Sichang	Chon Buri	Rain	RID	1979 2006
187	9102	01	Klet Kaeo Ordinary Soldier School	Chon Buri	Rain	RID	1979 2006
188	9110	01	Bang Sa Mae Regulator(PTG.6), A. Bang Nang)	Chon Buri	Rain	RID	1979 1991
189	9125	01	Ao Phai, A. Si Racha	Chon Buri	Rain	RID	1979 1985
190	9133	01	Phatthaya Meteorological Observation	Chon Buri	Rain	RID	1982 2006
191	9140	01	Ban Bung Tank (TNK.147), A. Ban Bung	Chon Buri	Rain	RID	1979 2003
192	9150	01	Phuti Anan Tank (TNK.146), A. Sattahip	Chanthaburi	Rain	RID	1979 1987
193	9160	01	Bang Phra Tank (TNK.1), A. Si Racha	Chon Buri	Rain	RID	1979 2006
194	9171	01	Khlong Luang (Kgt.19), A. Phanat Nikhom	Chon Buri	Rain	RID	1979 2006
195	9180	01	Map Prachan Tank (TNK.148), A. Bang Lamung	Chon Buri	Rain	RID	1985 2003
196	9190	01	Nong Kho Tank (TNK.153), A. Siracha	Chon Buri	Rain	RID	1983 2003
197	9221	01	Hin Taback (Z.31), A. Si Racha	Chon Buri	Rain	RID	1989 1990
198	9231	01	Ban Nong Khae (Z.32), A. Si Racha	Chon Buri	Rain	RID	1989 1990
199	9241	01	Ban Wang (Z.34), A. Bang Lamung	Chanthaburi	Rain	RID	1989 1990
200	9251	01	Ban Chak Nok (Z.35), A. Bang Lamung	Chanthaburi	Rain	RID	1989 1990
201	9280	01	Ban Thap Sung, A. Bo Thong	Chon Buri	Rain	RID	1993 2001
202	11012	01	A. Muang	Kalasin	Rain	RID	1979 2006
203	11022	01	A. Yang Talat	Kalasin	Rain	RID	1979 2006
204	11042	01	A. Sahatsakhan	Kalasin	Rain	RID	1979 2006
205	11062	01	Kuchinarai Self Supporting Settlement	Kalasin	Rain	RID	1979 2006
206	11072	01	Kalasin Seed Multiplication Station	Kalasin	Rain	RID	1979 2006
207	11082	01	A. Somdet	Kalasin	Rain	RID	1979 2006
208	11090	01	Huai Pho Tank (TNK.27), A. Muang	Kalasin	Rain	RID	1979 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
209	11100	01	Nong Yama Tank (TNK.28), A. Yang Talat	Kalasin	Rain	RID	1979 2006
210	11110	01	Huai Sithon Tank (TNK.36), A. Muang	Kalasin	Rain	RID	1979 2006
211	11120	01	Nong Ma Chok Tank (TNK.82), A. Yang Talat	Kalasin	Rain	RID	1979 2006
212	11130	01	Nong Ban Sa Tank (TNK.83), A. Yang Talat	Kalasin	Rain	RID	1979 2006
213	11140	01	Bung Aram Tank (TNK.84), A. Yang Talat	Kalasin	Rain	RID	1979 2006
214	11150	01	Rong Kaset Tank (TNK.85), A. Muang	Kalasin	Rain	RID	1979 2006
215	11160	01	Huai Phung Tank (TNK.97)	Kalasin	Rain	RID	1979 2006
216	11170	01	Huai Kaeng Tank (TNK.98)	Kalasin	Rain	RID	1979 2006
217	11202	01	A. Tha Khanto	Kalasin	Rain	RID	1979 2006
218	11210	01	Sai Nawiang Tank (TNK.99), A. Khao Wong	Kalasin	Rain	RID	1979 2006
219	11230	01	Huai Mano Tank (TNK.101), A. Khao Wong	Kalasin	Rain	RID	1979 2006
220	11240	01	Huai Fa Tank (TNK.114), A. Huai Phung	Kalasin	Rain	RID	1979 2006
221	11250	01	Huai Sathot Tank (TNK.116), A. Huai Phung	Kalasin	Rain	RID	1979 2006
222	11260	01	Huai Chum Chang Tank (TNK.117), A. Kuchinarai	Kalasin	Rain	RID	1979 2006
223	12012	01	A. Muang	Kamphaeng	Rain	RID	1979 2005
224	12022	01	A. Khlong Khlung	Kamphaeng	Rain	RID	1979 2006
225	12032	01	A. Phran Kratai	Kamphaeng	Rain	RID	1979 2006
226	12042	01	A. Khanu Woralakburi	Kamphaeng	Rain	RID	1979 2006
227	12052	01	Thung Pho Thale Self Supporting Settlement	Kamphaeng	Rain	RID	1979 2006
228	12061	01	Khlong Suanmak (P.26), A. Muang	Kamphaeng	Rain	RID	1979 1997
229	12081	01	Ban Pangmakha (Ct.5A), A. Khanu Woralakburi	Kamphaeng	Rain	RID	1979 2006
230	12091	01	Ban Pang Wai (P.35), A. Khlong Khlung	Kamphaeng	Rain	RID	1979 2002
231	12102	01	A. Sai Ngam	Kamphaeng	Rain	RID	1981 2006
232	12121	01	Ban Pong Nam Ron (P.47), A. Khlong Lan	Kamphaeng	Rain	RID	1984 2006
233	12132	01	A. Khlong Lan	Kamphaeng	Rain	RID	1986 2004
234	12142	01	A. Lan Krabu	Kamphaeng	Rain	RID	1986 2006
235	12152	01	Kamphaeng Phet Sugarcane Research Station	Kamphaeng	Rain	RID	1995 2005
236	13013	01	A. Muang	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2006
237	13022	01	A. Tha Muang	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2006
238	13032	01	A. Phanom Thuan	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2005
239	13042	01	A. Tha Maka	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2006
240	13053	01	A. Thong Pha Phum	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2006
241	13063	01	A. Sangkhla Buri	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2006
242	13073	01	A. Sai Yok	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2006
243	13083	01	A. Si Sawat	Kanchanaburi	Rain	RID	1982 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
244	13092	01	Pilok Tin Mine, A. Thong Pha Phum	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2006
245	13102	01	A. Bo Phloi	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2006
246	13112	01	Ban Na Suan, A. Si Sawat	Kanchanaburi	Rain	RID	1986 2006
247	13132	01	Hin Lap, A. Bo Phloi	Kanchanaburi	Rain	RID	1980 2006
248	13142	01	Ban Lin Thin, A. Thong Pha Phum	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2006
249	13200	01	Tha Lo Project (K.8), A. Tha Muang	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 1995
250	13211	01	Lum Sum (K.10), A. Sai Yok	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2005
251	13221	01	Huai Mae Nam Noi (K.22), A. Sai Yok	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2005
252	13231	01	Lam Tapoen (K.12), A.Muang	Kanchanaburi	Rain	RID	2001 2005
253	13240	01	Nong Ta Khao Headwork, A. Tha Muang	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 1995
254	13271	01	Huai Tapoen (K.27), A. Bo Phloi	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 1988
255	13281	01	Wang Masang (K.20), A. Si Sawat	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 1981
256	13294	01	Hat Pana, A. Si Sawat	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 1979
257	13305	01	Srinagarind Dam, A. Si Sawat	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2006
258	13314	01	Ban Phu Toei, A. Sai Yok	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2005
259	13322	01	Khao Salob Nationnal Park (Erawan Park)	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2005
260	13330	01	Nakhon Pathom Project, A. Tha Maka	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 1995
261	13342	01	Ban Khao Lek, A. Si Sawat	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2006
262	13352	01	Ban Rai School, A. Thong Pha Phum	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2006
263	13362	01	Wat Hindat School, A. Thong Pha Phum	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2005
264	13372	01	Ban Phu Krariang, A. Sai Yok	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 1995
265	13382	01	A. Lao Khuan	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2006
266	13392	01	Visetkun School, A. Thong Pha Phum	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2006
267	13414	01	Livestock Breeding, A. Muang	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2006
268	13444	01	Nam Chon, A. Thong Pha Phum	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 1992
269	13454	01	Nam Chon Office, A. Thong Pha Phum	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 1984
270	13464	01	Khao Laem Dam, A. Thong Pha Phum	Kanchanaburi	Rain	RID	1982 2001
271	13472	01	Ban Huai Mae Malai School, A. Sangkhla Buri	Kanchanaburi	Rain	RID	1984 2006
272	13511	01	Hydrological Center 7, A. Tha Muang	Kanchanaburi	Rain	RID	1996 2005
273	13522	01	T. Nong Ri, A. Bo Phloi	Kanchanaburi	Rain	RID	1989 1996
274	13535	01	Khao Thi Khong, A. Thong Pha Phum	Kanchanaburi	Rain	RID	1993 1997
275	13540	01	Vajiralongkorn Irrigated Water Uses Exp.and	Ratchaburi	Rain	RID	1988 2000
276	13555	01	Khao Laem Dam Crest, A. Thong Pha Phum	Kanchanaburi	Rain	RID	1992 2000
277	13561	01	Tambon Wang Kra Chae (K.32), A. Sai Yok	Kanchanaburi	Rain	RID	1995 2005
278	13582	01	K.A. Dan Makham Tia	Kanchanaburi	Rain	RID	1995 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
279	13612	01	Forest Demonstration Research Center	Kanchanaburi	Rain	RID	1996 2006
280	14013	01	A. Muang	Khon Kaen	Rain	RID	1979 2006
281	14022	01	A. Mancha Khiri	Khon Kaen	Rain	RID	1979 2006
282	14033	01	A. Phon.	Khon Kaen	Rain	RID	1979 2006
283	14042	01	A. Ban Phai	Khon Kaen	Rain	RID	1979 2006
284	14052	01	A. Phu Wiang	Khon Kaen	Rain	RID	1979 2006
285	14062	01	A. Nam Phong	Khon Kaen	Rain	RID	1979 2006
286	14073	01	A. Chum Phae	Khon Kaen	Rain	RID	1979 2006
287	14082	01	A. Kranuan	Khon Kaen	Rain	RID	1979 2006
288	14112	01	Khon Kaen Agriculture Experimental Station	Khon Kaen	Rain	RID	1979 2006
289	14122	01	Khon Kaen Rice Experimental Station	Khon Kaen	Rain	RID	1979 2006
290	14132	01	Ubonrat Dam Self Supporting Settlement	Khon Kaen	Rain	RID	1980 2006
291	14152	01	A. Nong Song Hong	Khon Kaen	Rain	RID	1979 2006
292	14292	01	A. Si Chomphu	Khon Kaen	Rain	RID	1979 2006
293	14332	01	A. Ubonrat	Khon Kaen	Rain	RID	1979 2006
294	14340	01	2L R Canal A. Muang	Khon Kaen	Rain	RID	1979 2006
295	14350	01	2R 3L R Canal, Ban Don Du, A. Muang	Khon Kaen	Rain	RID	1979 2006
296	14360	01	Huai Hin Lat Siphon, A. Muang	Khon Kaen	Rain	RID	1979 2006
297	14370	01	R Main Canal, A. Muang	Khon Kaen	Rain	RID	1979 2006
298	14380	01	Upper 3R L Canal, A. Nam Phong	Khon Kaen	Rain	RID	1979 2006
299	14390	01	Upper 7R L Canal,A. Kranuan	Khon Kaen	Rain	RID	1979 2006
300	14401	01	R.I.D. Office Unit 4, A. Muang	Khon Kaen	Rain	RID	1979 2006
301	16013	01	A. Muang	Lampang	Rain	RID	1979 2006
302	16022	01	A. Chae Hom	Lampang	Rain	RID	1979 2006
303	16032	01	A. Ko Kha	Lampang	Rain	RID	1979 2006
304	16042	01	A. Sop Prap	Lampang	Rain	RID	1979 2006
305	16052	01	A. Mae Tha	Lampang	Rain	RID	1979 2006
306	16062	01	A. Hang Chat	Lampang	Rain	RID	1979 2006
307	16072	01	A. Thoen	Lampang	Rain	RID	1979 2006
308	16082	01	A. Mae Phrik	Lampang	Rain	RID	1979 2006
309	16092	01	A. Ngao	Lampang	Rain	RID	1979 2006
310	16102	01	Huat Thak Plantation, A. Ngao	Lampang	Rain	RID	1979 2006
311	16112	01	A. Wang Nua	Lampang	Rain	RID	1979 2006
312	16121	01	Mae Wang, Headwork, A. Muang	Lampang	Rain	RID	1979 1997
313	16131	01	Tai Sop Mo, A. Mae Tha	Lampang	Rain	RID	1979 1997

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
314	16151	01	Mae Chang, (W.15), A. Mae Tha	Lampang	Rain	RID	1979 2006
315	16172	01	Mae Mai forest Plantation, A. Muang Mae	Lampang	Rain	RID	1980 2005
316	16194	01	Moh Forest Plantation, A. Muang Mae	Lampang	Rain	RID	1979 2006
317	16204	01	Chang Forest Plantation, A. Mae Tha	Lampang	Rain	RID	1980 2006
318	16214	01	Mae Sai Kham Forest Plantation, A. Chae Hom	Lampang	Rain	RID	1979 2006
319	16220	01	Ban Mae Phu (Y.26), A. Thoen	Lampang	Rain	RID	1979 2006
320	16235	01	Huai Luang Reservoir, A. Muang	Lampang	Rain	RID	1979 1982
321	16255	01	EGAT Lignite Office, A. Mae Mo	Lampang	Rain	RID	1979 1994
322	16265	01	Ban Tha Si, A. Mae Moh	Lampang	Rain	RID	1979 1983
323	16275	01	Ban Dong Mae Moh Reservoir	Lampang	Rain	RID	1979 1983
324	16285	02	Ban Mae Chang Damsite, A. Mae Mo	Lampang	Rain	RID	1979 2000
325	16303	02	Lampang Agrometeorogocal Station	Lampang	Rain	RID	1985 2006
326	17012	02	A. Muang	Lamphun	Rain	RID	1979 2006
327	17022	02	A. Li	Lamphun	Rain	RID	1979 2006
328	17032	02	A. Pa Sang (Pak Bong)	Lamphun	Rain	RID	1979 2006
329	17042	02	A. Mae Tha	Lamphun	Rain	RID	1979 2006
330	17052	02	A. Ban Hong	Lamphun	Rain	RID	1979 2006
331	17062	02	Ban Ko, A. Li	Lamphun	Rain	RID	1979 2006
332	17074	02	Mae Li Forest Plantation Station	Lamphun	Rain	RID	1979 2006
333	17093	02	Lamphun Agrometeological Station	Lamphun	Rain	RID	1980 2006
334	17101	02	Ban Nong Hoi (P.44), A. Muang	Lamphun	Rain	RID	1983 1999
335	17111	02	Mae Khanat (P.53) A. Mae Tha	Lamphun	Rain	RID	1986 1987
336	18013	02	A. Muang	Loei	Rain	RID	1979 2006
337	18022	02	A. Tha Li	Loei	Rain	RID	1979 2006
338	18032	02	A. Dan Sai	Loei	Rain	RID	1979 2006
339	18042	03	A. Wang Saphung	Loei	Rain	RID	1979 2006
340	18052	03	A. Chiang Khan	Loei	Rain	RID	1979 2006
341	18062	03	Loei Agrometeorological Station	Loei	Rain	RID	1985 2006
342	18073	03	A. Phu Kradung	Loei	Rain	RID	1979 2006
343	18082	03	Phu Kradung National Park	Loei	Rain	RID	1979 2006
344	18090	03	Huai Nam Man Weir, A. Muang	Loei	Rain	RID	1979 2006
345	18100	03	Huai E Lert Tank (TNK.6), A. Wang Saphung	Loei	Rain	RID	1979 2006
346	18110	03	Huai Nam Wak Tank (TNK.14), A. Tha Li	Loei	Rain	RID	1979 2006
347	18120	03	Huai Noi Tank (TNK.25), A. Muang	Loei	Rain	RID	1979 2006
348	18130	03	Huai Nam Phao Tank (TNK.26), A. Muang	Loei	Rain	RID	1979 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
349	18140	03	Huai Yang Tank (TNK.104), A. Phu Kradung	Loei	Rain	RID	1979 2006
350	18152	03	A. Phu Rua	Loei	Rain	RID	1979 2006
351	18160	03	Huai Kaeo Tank (TNK.120), A. Muang	Loei	Rain	RID	1979 2006
352	18171	03	Huai Nam Man (Kh.57) A. Muang	Loei	Rain	RID	1979 2003
353	18181	03	Ban Pha Nok Khao (E.29), A. Phu Kradung	Loei	Rain	RID	1979 2006
354	19013	03	A. Muang	Lop Buri	Rain	RID	1979 2006
355	19022	03	A. Tha Wung	Lop Buri	Rain	RID	1979 2006
356	19032	03	A. Ban Mi	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2004
357	19042	03	A. Khok Samrong	Lop Buri	Rain	RID	1979 2006
358	19052	03	A. Chai Badan	Lop Buri	Rain	RID	1979 2006
359	19062	03	Lop Buri Self Supporting Settlement	Saraburi	Rain	RID	1979 2005
360	19072	03	Phra Phutthabat Agr. Exp.	Saraburi	Rain	RID	1979 2006
361	19082	03	Khok Samrong Rice Exp. Sta.	Lop Buri	Rain	RID	1979 2006
362	19092	03	A. Phatthana Nikhom	Lop Buri	Rain	RID	1979 2006
363	19102	03	Maha Pho, A. Sa Bot	Lop Buri	Rain	RID	1979 2006
364	19113	03	A. Bua Chum	Lop Buri	Rain	RID	1979 2006
365	19130	03	Upper 14R Canal (CPK.11), A. Ban Mi	Lop Buri	Rain	RID	1979 2004
366	19140	03	Upper 16R Canal (CPK.12), A. Ban Mi	Lop Buri	Rain	RID	1979 2004
367	19150	03	Upper 1L 16R Canal (CPK.13), A. Ban Mi	Lop Buri	Rain	RID	1979 2004
368	19160	03	Upper 3R 16R Canal (CPK.14), A. Ban Mi	Lop Buri	Rain	RID	1979 2004
369	19170	03	Upper 17R Canal (CPK.15), A. Ban Mi	Lop Buri	Rain	RID	1979 2004
370	19180	03	Upper 19R Canal (CPK.16), A. Muang	Lop Buri	Rain	RID	1979 2004
371	19190	03	Upper 20R Canal (CPK.17), A. Muang	Lop Buri	Rain	RID	1979 2004
372	19200	03	Upper 22R Canal (CPK.18), A. Muang	Lop Buri	Rain	RID	1979 2004
373	19210	03	Khok Kra Thiam Regulator (CPK.27), A. Muang	Lop Buri	Rain	RID	1979 2004
374	19220	03	Upper 11R Canal (CPK.36), A. Ban Mi	Lop Buri	Rain	RID	1979 2004
375	19372	03	A. Tha Luang	Lop Buri	Rain	RID	1987 2006
376	19392	03	K.A. Khok Charoen	Lop Buri	Rain	RID	1988 2005
377	19402	03	A. Sa Bot	Lop Buri	Rain	RID	1988 2006
378	19411	03	A. Phatthananikhom (S.28)	Lop Buri	Rain	RID	1996 2006
379	19422	03	A. Lam Sonthi	Lop Buri	Rain	RID	1996 2006
380	19432	03	Tambon Nong Bua Health Centre	Lop Buri	Rain	RID	1996 2006
381	19442	03	Ban Khao Tambon School	Lop Buri	Rain	RID	1996 2006
382	19452	03	Tambon Chong Sarika Health Centre	Lop Buri	Rain	RID	1996 2006
383	19462	03	Ban Langka Prachason School	Lop Buri	Rain	RID	1996 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
384	19472	03	Ban Sap Hin Khwang School	Lop Buri	Rain	RID	1996 2006
385	19482	03	Ban Pong Sawong Khiriwanni School	Lop Buri	Rain	RID	1996 2006
386	19492	03	Kok Slung Witthaya School	Lop Buri	Rain	RID	1996 2005
387	19502	03	Dilung Health Center	Lop Buri	Rain	RID	1996 2006
388	19512	03	Sub Langka Forest Garden	Lop Buri	Rain	RID	1996 2006
389	19522	03	Ban Nong Makha School	Nakhon	Rain	RID	1996 2006
390	19532	03	Ban Wang Thong School	Lop Buri	Rain	RID	1996 2006
391	19542	03	Ban Dan Thai Lom School	Lop Buri	Rain	RID	1996 2006
392	19552	03	Ban Klong Zai Phatthana School	Lop Buri	Rain	RID	1996 2006
393	19562	03	Ban Thung Takaew School	Lop Buri	Rain	RID	1996 2006
394	19572	03	Nam Tok Wang Kanlueng Plant Garden	Lop Buri	Rain	RID	1996 2006
395	19582	03	Ban Khao Laem School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
396	19592	03	Ban Hua Lam School	Lop Buri	Rain	RID	1996 2006
397	19612	03	Chulaphorn Vitthayalai School	Lop Buri	Rain	RID	1998 2004
398	21012	03	A. Muang	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
399	21022	03	A. Borabu	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
400	21032	03	A. Wapi Pathum	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
401	21043	03	A. Kosum Phisai	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
402	21052	03	A. Kantharawichai	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
403	21063	03	A. Phayakkhaphum Phisai	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
404	21072	03	A. Chiang Yun	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
405	21080	03	Waeo Phayakkhaman Regulator	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
406	21090	03	Huai Kha Khang Regulator	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
407	21100	03	Nong Kae Dam Tank (TNK.7), A. Kae Dam	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
408	21110	03	Kaeng Loeng Chan Tank (TNK 8), A. Muang,	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
409	21120	03	Ekasatsunthon Tank (TNK.9), A. Borabu	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
410	21130	03	Huai Chiang Kham Tank (TNK.10)	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
411	21140	03	Nong Bo Tank (TNK.11), A. Borabu	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
412	21150	03	Huai Kha Khang Tank (TNK.17), A. Muang	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
413	21160	03	Nong Khu Khat Tank (TNK.18), A. Borabu	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
414	21170	03	Rong Hua Chang Tank (TNK.19), A. Borabu	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
415	21180	03	Nong Hai Tank (TNK.20), A. Wapi Pathum	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
416	21190	03	Nong Krathum Tank (TNK.57), A. Muang	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
417	21200	03	Huai Pra Du Tank (TNK.58), A. Borabu	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
418	21210	03	Huai Chokkhwang Tank (TNK.59), A. Wapipathum	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
419	21220	03	Nong Thevarat Tank (TNK.93), A. Chiang Yun	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
420	21230	03	Nong Bua Tank (TNK.110), A. Kantharawichai	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
421	21240	03	Nong Kho Tank (TNK.111), A. Nachuak	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
422	21252	03	A. Nachuak	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
423	21260	03	9R L Canal Ban Kham Pia, A. Nachuak	Maha Sarakham	Rain	RID	1979 2006
424	22012	03	A. Muang	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2006
425	22022	03	A. Ongkharak	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2006
426	22032	03	A. Pak Phli	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2006
427	22042	03	A. Ban Na	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2006
428	22050	03	Khlong 16 Regulator (SRS.2), A. Ongkharak	Chachoengsao	Rain	RID	1979 2002
429	22060	03	Nakhon Nayok Regulator (NNK.1), A. Muang	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
430	22070	03	Tha Chang Regulator (NNK.2), (Left Lateral), A.	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
431	22080	03	KM. 9.000 (NNK 3), A. Pak Phli	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
432	22090	03	Lam Bua Loi Regulator (NNK.4), A. Pak Phli	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
433	22100	03	Bang Hoi Regulator (NNK.5), A. Muang	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
434	22110	03	Si Chula Regulator (NNK.6), A. Muang	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
435	22120	03	Ban Na Regulator (NNK.7), A. Ban Na	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
436	22130	03	Bang Mao Regulator (NNK.8), A. Ongkharak	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
437	22140	03	Saowapha Phongsi Regulator (NNK.10), A.	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2002
438	22150	03	Bang Plakot Regulator (NNK.11), A. Ongkharak	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
439	22160	03	Ban Saimun Regulator (NNK.12), A. Muang	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
440	22170	03	Bang E Lek Regulator (NNK.13), A. Ongkharak	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
441	22180	03	Khao Lon Regulator (NNK.14)	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
442	22190	03	Bang Phlai Regulator (NNK.15), A. Ban Na	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
443	22200	03	Chamuk Kluang Outlet (NNK.16), A. Muang	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
444	22210	03	Sam Tambon (NNK.17), A. Muang	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
445	22220	03	Upper 2L 2L Canal Outlet (NNK.18), A. Muang	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
446	22230	03	Lower 1L Canal (NNK.19), A. Ongkharak	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
447	22240	03	Canal 14 Regulator (NNK.20), A. Ongkharak	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
448	22250	03	Toei Yai Regulator (NNK.21), A. Ongkharak	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
449	22260	03	Khlong Muang Regulator (NNK.22), A. Muang	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
450	22270	03	Ko Ka Outlet (NNK.23), A. Pak Phli	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
451	22280	03	Lam Ai Ngon Regulator (NNK.24), A. Pak Phli	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003
452	22290	03	Thepphalok Outlet (NNK.25), A. Ongkharak	Nakhon Nayok	Rain	RID	1979 2003

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
453	22301	03	Ban Khlong Yang (Kgt.27), A. Pak Phli	Prachin Buri	Rain	RID	1983 2000
454	22321	03	Khao Khieo (Ny.4.1), A. Pak Phli	Nakhon Pathom	Rain	RID	1986 1994
455	22331	03	Khlong Tha Dan (Ny.5), A. Muang	Nakhon Pathom	Rain	RID	1986 2006
456	22341	03	Khao Nang Buat (Ny.1B) T. Sarika, A. Muang	Nakhon Pathom	Rain	RID	1989 2005
457	23012	03	A. Muang	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 2006
458	23022	03	A. Nakhon Chaisi	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 2006
459	23032	03	A. Sam Phran	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 2006
460	23042	03	A. Bang Len	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 2005
461	23052	03	A. Kamphaeng Saen	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 2006
462	23062	03	Kamphaeng Saen Agrometeorological Station Phra	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 2006
463	23070	03	Phimon Regulator (SUP.42), A. Bang Len Chedi	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 1990
464	23080	03	Bucha Regulator (SUP.43), A. Nakhon Chaisi	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 1995
465	23090	03	Mae Klong Yai Irrigated Water Uses Exp.and Research	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 1994
466	23100	03	Bang Phasi Regulator (SUP.45), A. Bang Len	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 1995
467	23110	03	Khlong Yong Regulator (SUP.46), A. Nakhon Chaisi	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 1990
468	23120	03	Maha Sawat Regulator (SUP.47), A. Nakhon Chaisi	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 1990
469	23130	03	Bang Sai Pa Regulator (SUP.52), A. Bang Len	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 2006
470	23140	03	Yipun Tai Regulator, A. Bang Len	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 2006
471	23150	03	Thap Yai Thao (Km. 31+598), Project Section 1	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 1995
472	23160	03	9R 5L Canal (Km. 40+240), Project Section 2	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 1995
473	23170	03	Lam Phaya Regulator (SUP.44), A. Bang Len	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 1990
474	23180	03	Lower 5L Canal (Km. 52+520), Project Section 3	Kanchanaburi	Rain	RID	1979 1995
475	23190	03	10R 5L Canal (Km. 46+600), Project Section 4	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 1995
476	23202	03	A. Dontum	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 2006
477	23210	03	Bang Wai Regulator	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 2006
478	23220	03	Upper 3L 1R 9L Canal	Nakhon Pathom	Rain	RID	1985 1995
479	23230	03	Upper 1L 3L 1R 9L Canal	Nakhon Pathom	Rain	RID	1985 1995
480	23240	03	Lower 1R 9L Canal	Ratchaburi	Rain	RID	1984 1995
481	23250	03	Middle 1L 1R 9L Canal	Nakhon Pathom	Rain	RID	1985 1995
482	23260	03	Middle 2L 1R 9L Canal	Nakhon Pathom	Rain	RID	1985 1995
483	24013	03	A. Muang	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 2006
484	24022	03	A. That Phanom	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 2006
485	24032	03	A. Na Kae	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 2006
486	24052	03	A. Tha Uthen	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 2006
487	24062	03	A. Si Songkhram	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
488	24082	03	A. Ban Phaeng	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 2006
489	24140	03	Huai Som Hong Tank (TNK.47), A. Muang	Nakhon Pathom	Rain	RID	1982 2006
490	24150	03	Huai Sikhun Tank (TNK.69), A. Na Kae	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 2006
491	24182	03	A. Renu Nakhon	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 2006
492	25013	03	A. Muang	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2006
493	25022	03	A. Non Thai	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2005
494	25042	03	A. Bua Yai	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2006
495	25062	03	A. Sung Noen	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2006
496	25072	03	A. Sikhiu	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2006
497	25082	03	A. Dan Khun Thot	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2006
498	25093	03	A. Chok Chai	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2006
499	25102	03	A. Pak Thong Chai	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2006
500	25112	03	A. Khon Buri	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2006
501	25122	03	A. Chakkarat	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2006
502	25142	03	Ban Mai Sam Rong Agr. Exp. Stn.	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2006
503	25152	03	Ban San Chao Pho School, A. Pak Thong Chai	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2006
504	25162	03	A. Khong	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2006
505	25172	03	Klang Dong Teak Plantation, A. Pak Chong	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2006
506	25182	03	A. Pra Thai	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2006
507	25192	03	Phi Mai Self Supporting Settlement	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2006
508	25222	03	Phimai Rice Experimental Station	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2006
509	25242	03	A. Kham Sakae Saeng	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2006
510	25252	03	A. Huai Thalaeng	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2005
511	25262	03	A. Chum Phuang	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2005
512	25272	03	Pak Chong Agrometeorological Station	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2006
513	25541	03	Lam Takhong (M.38C), A. Sikhiu	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1979 2006
514	25592	03	Ban Tha Luang School, A. Phi Mai	Nakhon Ratchasima	Rain	RID	1980 2006
515	26013	03	A. Muang	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2006
516	26022	03	A. Chumsaeng	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2005
517	26032	03	A. Tha Tako	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2005
518	26042	03	A. Krok Phra	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2006
519	26052	03	A. Phayuha Khiri	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2005
520	26062	03	A. Banphot Phisai	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2006
521	26072	03	A. Lat Yao	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
522	26082	03	A. Takhli	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2006
523	26092	03	Animal Food Division Unit2, A. Muang	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2006
524	26102	03	A. Nong Bua	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2006
525	26122	03	A. Phaisali	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2006
526	26142	03	Tak Fa Agrometeorological Station	Nakhon Sawan	Rain	RID	1982 2006
527	26170	03	Upper Ban Lek Canal (CPA.1)	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2006
528	26180	03	Upper 6R Canal (CPK.5)	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2006
529	26190	03	Upper 7R Canal (CPK.6)	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2006
530	26200	03	Upper 8R Canal (CPK.7)	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2006
531	26210	03	Upper 1R 9R Canal (CPK.8), A. Ta Khli	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2006
532	26220	03	Upper 2R 9R Canal (CPK.9), A. Ta Khli	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2004
533	26230	03	Chong Khae Regulator (CPK.26), A. Ta Khli	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2004
534	26262	03	Ban San Chao Kai To, A. Lat Yao	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2006
535	26281	03	Khlong Pho (Ct.7), Ban Hang Rai, A. Lat Yao	Nakhon Sawan	Rain	RID	1979 2006
536	26292	03	A. Kao Lieo	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2006
537	28013	03	A. Muang	Nan	Rain	RID	1979 2006
538	28022	03	A. Sa	Nan	Rain	RID	1979 2006
539	28032	03	A. Na Noi	Nan	Rain	RID	1979 2006
540	28042	03	A. Pua	Nan	Rain	RID	1979 2006
541	28053	03	A. Thung Chang	Nan	Rain	RID	1979 2001
542	28062	03	Mae Sakhon Forest Protected Station Unit5, A.	Nan	Rain	RID	1979 2006
543	28073	03	A. Tha Wang Pha	Nan	Rain	RID	1979 2006
544	28102	03	A. Chiang Klang	Nan	Rain	RID	1979 2006
545	28111	03	Ban Hat Khao San (N.42), A. Sa	Nan	Rain	RID	1979 2006
546	28131	03	Yan Sarung (N.35), A. Sa	Nan	Rain	RID	1979 1992
547	28142	03	Nan Agrometeorological Station	Nan	Rain	RID	1979 2006
548	28152	03	A. Mae Charim	Nan	Rain	RID	1981 2006
549	28164	03	Doi Phu Ka, A. Pua	Nan	Rain	RID	1993 2006
550	28172	03	K.A. Song Khwae	Nan	Rain	RID	1993 2006
551	29131	03	Mu Noh Project (X.119), A. Su Ngai Kolok	Narathiwat	Rain	RID	1981 2006
552	30013	03	A. Muang	Nong Khai	Rain	RID	1979 2006
553	30022	03	A. Phon Phisai	Nong Khai	Rain	RID	1979 2005
554	30032	03	A. Tha Bo	Nong Khai	Rain	RID	1979 2006
555	30042	03	A. Bung Kan	Nong Khai	Rain	RID	1979 2006
556	30072	03	A. Seka	Nong Khai	Rain	RID	1979 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
557	30082	03	A. Si Chiang Mai	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2006
558	30232	03	A. Sang Khom	Nong Khai	Rain	RID	1979 2006
559	31022	03	A. Pak Kret	Nonthaburi	Rain	RID	1979 2006
560	31032	03	A. Bang Kruai	Nonthaburi	Rain	RID	1979 2006
561	31042	03	A. Bang Yai	Nonthaburi	Rain	RID	1979 2000
562	31052	03	A. Bang Bua Thong	Nonthaburi	Rain	RID	1979 2005
563	31070	03	Bang Bua Thong Regulator (CPA.28)	Nonthaburi	Rain	RID	1979 2006
564	31080	03	Phra Udom Regulator	Nonthaburi	Rain	RID	1979 2006
565	31090	03	Thawiwathana Regulator	Nonthaburi	Rain	RID	1979 1986
566	31100	03	Bang Yai Regulator (CPA.30)	Nonthaburi	Rain	RID	1979 1990
567	31110	03	Chimphli Regulator (CPA.31)	Nonthaburi	Rain	RID	1979 1990
568	31132	03	A. Sai Noi	Nonthaburi	Rain	RID	1979 2006
569	31140	03	Khun Si Regulator Vitthaya	Nonthaburi	Rain	RID	1987 2006
570	31152	03	Khet Nonthaburi Wat Khema	Nonthaburi	Rain	RID	1992 2006
571	31162	03	Phitaram School Wat Maha	Nonthaburi	Rain	RID	1993 2006
572	31172	03	Sawat School	Nonthaburi	Rain	RID	1995 2005
573	31182	03	Wat Prachasrangsan School	Nonthaburi	Rain	RID	1995 2006
574	31192	03	Wat Bang Oi Chang School	Nonthaburi	Rain	RID	1996 2004
575	32012	03	A. Muang	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2006
576	32022	03	A. Lat Lum Kaeo	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2006
577	32032	03	A. Sam Khok	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2004
578	32042	03	A. Thanyaburi	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2006
579	32052	03	A. Nong Sua	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2006
580	32062	03	A. Lam Luk Ka	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2006
581	32072	03	A. Khlong Luang	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2006
582	32082	03	Rangsit Rice Experimental Station	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2006
583	32092	03	Khlong Luang Rice Experimental Sta.	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2001
584	32100	03	Chulalongkorn Regulator (SRS.1)	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2002
585	32110	03	Raphiphat 6R Canal (NRS=2)	Phra Nakhon Si	Rain	RID	1979 2002
586	32120	03	Raphiphat 3R Canal (NRS.4)	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2002
587	32130	03	Raphiphat Regulator (NRS.5)	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2002
588	32140	03	Klangkhlong Khutmai (New Canal) Reg.	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2006
589	32150	03	Salakru Regulator (NRS.7)	Saraburi	Rain	RID	1979 2002
590	32160	03	Km. 15.300 Regulator (NRS.8)	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2002
591	32170	03	Km. 18.500 Regulator (NRS.9)	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2002

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
592	32180	03	Phra Thammaracha Regulator (NRS.10)	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2002
593	32190	03	Rangsit 1L Canal (NRS.11)	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2002
594	32200	03	Rangsit 5L Canal (NRS.12)	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2002
595	32210	03	Rangsit 7L Canal (NRS.13)	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2002
596	32220	03	Km. 22.100 Regulator (NRS.14)	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2002
597	32230	03	Km. 11.700 Regulator (NRS.15)	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2002
598	32250	03	Chiang Rak Yai Regulator (CPA.19)	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2002
599	32262	03	Land Development Center, A. Thanyaburi	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2006
600	32272	03	Pathum Thani Palace	Nakhon Pathom	Rain	RID	2004 2004
601	32282	03	National Aqaculture Genetics Research	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2006
602	33110	03	Phru Sanor, A. Yaring	Pattani	Rain	RID	1979 2006
603	36013	03	A. Muang	Phetchabun	Rain	RID	1979 2006
604	36023	03	A. Lom Sak	Phetchabun	Rain	RID	1979 2006
605	36032	03	A. Lom Kao	Phetchabun	Rain	RID	1979 2006
606	36043	03	A. Wichian Buri	Phetchabun	Rain	RID	1979 2006
607	36052	03	A. Chon Daen	Phetchabun	Rain	RID	1979 2006
608	36092	03	A. Nong Phai	Phetchabun	Rain	RID	1979 2006
609	36104	03	Pine Camp, A. Khao Ko	Phetchabun	Rain	RID	1979 2006
610	36115	03	Ban Na Pho Song, A. Lom Kao	Phetchabun	Rain	RID	1980 1995
611	36122	03	Nam Ron Sub District, A. Wichian Buri	Phetchabun	Rain	RID	1979 2006
612	36141	03	Ban Wang Thadi (S.12), A. Nong Phai	Phetchabun	Rain	RID	1979 2006
613	36155	03	Huai Ngaet, A. Lom Sak	Phetchabun	Rain	RID	1983 1995
614	36162	03	Khao Ya Palace, A. Khao Kho	Phetchabun	Rain	RID	1986 2005
615	36172	03	A. Wang Pong	Phetchabun	Rain	RID	1987 2006
616	36185	03	Ban Um Ka That, A. Lom Kao	Phetchabun	Rain	RID	1986 1995
617	36192	03	A. Bung Sam Phan	Phetchabun	Rain	RID	1988 2006
618	36202	03	Khao Kho Agrometeorological Station	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
619	36212	03	Ban Tatkha Phatthana School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
620	36222	03	Ban Song Ploei School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
621	36232	03	Ban Sila	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
622	36242	03	Ban Wang Kon Huat School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
623	36252	03	Ban Na Sum School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
624	36262	03	Ban Wang Khon School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2002
625	36272	03	Ban Lak Dan School, K.A. Nam Nao	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
626	36282	03	Ban Hin Hao School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2005

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
627	36292	03	Ban Tha Ibun School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
628	36302	03	Phu Mok National Park Conservation Unit	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
629	36312	03	Ban Phu Pot	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
630	36322	03	Ban Pa Kae Khroe School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
631	36332	03	Ban Nam Ko School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2004
632	36342	03	Ban Lao Ya School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
633	36352	03	Tab Yang Highway	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
634	36362	03	Ban Nam Duk Noe School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2005
635	36372	03	Ban Dong Khwang School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
636	36382	03	Nam Naow National Park	Phetchabun	Rain	RID	1996 2004
637	36392	03	Ban Nam Dam Pak Oak School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2005
638	36402	03	Ban Nong Yai School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
639	36412	03	Ban Om Kong School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2004
640	36422	03	Ban Chang Ta Lut School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2002
641	36432	03	Ban Na Ngua School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
642	36442	03	Ban Huai Yai School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
643	36452	03	Ban Chaliang Lab School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2005
644	36462	03	Ban Tog School	Phetchabun	Rain	RID	1996 1999
645	36472	03	Chum Chon Ban Nan Ron School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
646	36482	03	Ban Huai Krai Sckool	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
647	36492	03	Ban Na Yom School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
648	36502	03	Petchabun Breeding Station	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
649	36512	03	Ban Khamuad School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2002
650	36522	03	Ban Huai Sakae School	Phetchabun	Rain	RID	1996 1999
651	36532	03	Ban Wang Haew School	Chaiyaphum	Rain	RID	1996 2006
652	36542	03	Ban Bo Thai School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
653	36552	03	Na Chaling Highway	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
654	36562	03	Nong Phai 6th Forest Development office	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
655	36572	03	BanSan Chareon School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
656	36582	03	Ban Neon Kontha School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
657	36592	03	Ban Nong Pluang School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
658	36602	03	Ban Khao Soong School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
659	36612	03	Ban Chub Tabag School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
660	36622	03	Ban Kog Prue School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
661	36632	03	Ban Wang Yai School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
662	36642	03	Nong Bua Thong School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
663	36652	03	Ban Phu Kham Kruth Mani Uthit School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
664	36662	03	Ban Na Sanun School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
665	36672	03	Si Thep Historical Park	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
666	36682	03	Ban Kog Rang Noi School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
667	36692	03	Ban Kog Rang Noi School	Phetchabun	Rain	RID	1996 2006
668	38012	03	A. Muang	Phichit	Rain	RID	1979 2001
669	38022	03	A. Bang Mun Nak	Phichit	Rain	RID	1979 2006
670	38032	03	A. Pho Thale	Phichit	Rain	RID	1979 2003
671	38042	03	A. Taphan Hin	Phichit	Rain	RID	1979 2006
672	38052	03	A. Sam Ngam	Phichit	Rain	RID	1979 2006
673	38062	03	A. Pho Prathap Chang	Phichit	Rain	RID	1979 2006
674	38072	03	A. Wang Sai Phun	Phichit	Rain	RID	1979 2006
675	38082	03	Khao Sai School, A. Thap Khlo	Phichit	Rain	RID	1983 2005
676	38092	03	Phitchit Agrometeorological Station	Phichit	Rain	RID	1995 2006
677	38102	03	Phichit Sugar cane Center	Phichit	Rain	RID	1995 2006
678	39013	03	A. Muang	Phitsanulok	Rain	RID	1979 2006
679	39022	03	A. Bang Rakam	Phitsanulok	Rain	RID	1979 2006
680	39032	03	A. Wang Thong	Phitsanulok	Rain	RID	1979 2006
681	39042	03	A. Nakhon Thai	Phitsanulok	Rain	RID	1979 2006
682	39052	03	A. Phrom Phiram	Phitsanulok	Rain	RID	1979 2006
683	39062	03	A. Bang Krathum	Phitsanulok	Rain	RID	1979 2006
684	39072	03	A. Wat Bot	Phitsanulok	Rain	RID	1979 2006
685	39082	03	Phitsanulok Agriculture Experimental Station	Phitsanulok	Rain	RID	1979 2006
686	39091	03	Ban Yang (N.22), A. Wat Bot	Phitsanulok	Rain	RID	1979 1982
687	39101	03	Wang Nok Aen (N.24), A. Wang Thong	Phitsanulok	Rain	RID	1979 2005
688	39132	03	Khao Krayang Forest Plantation	Phitsanulok	Rain	RID	1979 2006
689	39142	03	A. Chattrakan	Phitsanulok	Rain	RID	1979 2006
690	39151	03	Nan River Alter Condition Unit (N.5A), A. Muang	Phitsanulok	Rain	RID	1979 2006
691	39161	03	Ban Nong Bon (N.40), A. Wat Bot	Phitsanulok	Rain	RID	1979 2006
692	39175	03	Ban Pong Bon, A. Wang Thong	Phitsanulok	Rain	RID	1981 1996
693	39180	03	Naresuan Dam, A. Phrom Phiram	Phitsanulok	Rain	RID	1982 2000
694	39202	03	Phu Miang and Phu Thong, A. Chattrakan	Phitsanulok	Rain	RID	1993 2006
695	39210	03	Phitsanulok Irrigated Water Uses Exp.and Research	Phitsanulok	Rain	RID	1987 1994
696	39220	03	Hydrological Center 2	Phitsanulok	Rain	RID	2002 2006
697	40013	03	A. Muang	Phrae	Rain	RID	1979 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
698	40022	03	A. Sung Men	Phrae	Rain	RID	1979 2006
699	40032	03	A. Rong Kwang	Phrae	Rain	RID	1979 2006
700	40043	03	A. Song	Phrae	Rain	RID	1979 2006
701	40052	03	A. Long	Phrae	Rain	RID	1979 2006
702	40062	03	A. Wang Chin	Phrae	Rain	RID	1979 2006
703	40072	03	Huai Rai Khao Phlung Teak Plantation, A. Den Chai	Phrae	Rain	RID	1979 2004
704	40092	03	A. Den Chai	Phrae	Rain	RID	1979 2006
705	40111	03	Yom River (Y.20), A. Song	Phrae	Rain	RID	1979 2006
706	40124	03	Khun Mae Khammi Forest Plantation, A. Rong Kwang	Phrae	Rain	RID	1979 2006
707	40135	03	Kaeng Sua Ten, A. Song	Phrae	Rain	RID	1980 1992
708	40142	03	K.A. Nong Muang Khai	Phrae	Rain	RID	1993 2006
709	40151	03	Mae Yom (Y.1C), A. Muang	Phrae	Rain	RID	1993 2006
710	41022	03	A. Bang Kapi	Bangkok	Rain	RID	1979 2006
711	41032	03	A. Lat Krabang	Bangkok	Rain	RID	1979 2006
712	41042	03	A. Nong Chok	Bangkok	Rain	RID	1979 2006
713	41052	03	A. Min Buri	Bangkok	Rain	RID	1979 2006
714	41063	03	Don Muang Air Port	Bangkok	Rain	RID	1979 2006
715	41083	03	Bangna Agrometeorological Station	Bangkok	Rain	RID	1979 2006
716	41111	03	R.I.D. Office Samsen (C.12), A. Dusit	Bangkok	Rain	RID	1979 2005
717	41120	03	Bang Khen Regulator (CPA.20), A. Bang Khen Khlong	Bangkok	Rain	RID	1979 1987
718	41130	03	Prem Bangsue Regulator (CPA.21), A. Dusit	Bangkok	Rain	RID	1979 1992
719	41140	03	Pathumwan Regulator (CPA.22), A. Pathumwan	Bangkok	Rain	RID	1979 1982
720	41150	03	Phra Khanong Regulator (CPA.23), A. Phra Khanong	Bangkok	Rain	RID	1979 1991
721	41160	03	Khlong Sam Wa Regulator (SRS.4), A. Min Buri	Bangkok	Rain	RID	1979 1997
722	41172	03	A. Taling Chan	Bangkok	Rain	RID	1979 2006
723	41182	03	A. Bang Khun Thian	Bangkok	Rain	RID	1979 2004
724	41192	03	A. Rat Burana	Bangkok	Rain	RID	1979 2006
725	41202	03	A. Nong Khaem	Bangkok	Rain	RID	1979 2006
726	41212	03	A. Bangkok Noi(Horticultural Research)	Bangkok	Rain	RID	1979 2001
727	41230	03	Phasi Charoen Regulator (CPA.32)	Bangkok	Rain	RID	1979 1990
728	41240	03	Lower Khlong Thawi Watthana Regulator	Bangkok	Rain	RID	1979 1990
729	41250	03	Lat Krabang Regulator	Bangkok	Rain	RID	1988 2000
730	41260	03	Saen Saeb Regulator	Bangkok	Rain	RID	1988 1999
731	41282	03	T. Bang Bamru, A. Bangkok Noi	Bangkok	Rain	RID	1990 2005
732	41292	03	Saowapha Office	Bangkok	Rain	RID	1995 2005

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
733	41312	03	Mater Dei School	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
734	41332	03	The War Veterars Organization	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
735	41342	03	The Public Relations Department School	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
736	41352	03	Central Hospital	Bangkok	Rain	RID	1995 2005
737	41362	03	Kuakarun Nursing College	Bangkok	Rain	RID	1995 2005
738	41372	03	Ministry of Education	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
739	41382	03	Krungthon Rattanalai School	Bangkok	Rain	RID	1995 2004
740	41392	03	Ban Manangkhasila	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
741	41402	03	Thailand Iron Work Co. (Borisat Kethao)	Bangkok	Rain	RID	1995 2005
742	41412	03	Yannawet Witthayakhom School	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
743	41422	03	Poh Chang Campus	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
744	41432	03	Palace Official Club(Samosornkharatchaboriphan)	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
745	41442	03	Bangkok Christian College	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
746	41672	03	Chankasem Teacher College	Bangkok	Rain	RID	1995 2004
747	41692	03	M.M.P. Sub Div.C.C.(Kong Kamkabkarn Sai Traut)	Bangkok	Rain	RID	1995 2005
748	41702	03	Inf.1 (Bat.2) King Royal's Guard	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
749	41712	03	Pin Chaleon Village	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
750	41722	03	Wat Prasat School(Suwan Phapphla Phitthayakhom)	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
751	41732	03	Wat Thong School	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
752	41742	03	Phothisan Phitthayakon School	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
753	41762	03	A. Ratcha Thewi	Bangkok	Rain	RID	1995 2004
754	41772	03	Samakkhi Sutthawat School	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
755	41782	03	Siam Commercial College	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
756	41792	03	Si Ulai School	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
757	41812	03	Ban Nong Rahang School	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
758	41822	03	Bangkok Education Office	Bangkok	Rain	RID	1995 2005
759	41842	03	Phet Kasem Sub Electrical Station	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
760	41852	03	Atsumchan Thonburi School	Bangkok	Rain	RID	1995 2005
761	41862	03	Thonburi Commercial College	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
762	41872	03	Singharat Phitthayakhom School(Mathayom Wat	Bangkok	Rain	RID	1995 2005
763	41882	03	Wat Bang Bon School	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
764	41892	03	Phromrat Rangsan School	Bangkok	Rain	RID	1995 2005
765	41902	03	Ratthanakosin Sompot Bang Khun Tian School	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
766	41912	03	Somphot Krung Anusorn School(Rattanakosin 200	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
767	41452	03	Kheha Nakhon 3 Village (Khlong Kalantan School)	Bangkok	Rain	RID	1995 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
768	41462	03	Triam Udom Phatthanakan School	Bangkok	Rain	RID	1995 2001
769	41472	03	Center for Education Materials	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
770	41482	03	Port Authority of Thailand	Bangkok	Rain	RID	1995 1998
771	41492	03	Thung Setthi Village	Bangkok	Rain	RID	1995 2005
772	41502	03	Department of P.C(Rong Gnarn Pui Bangkok)	Bangkok	Rain	RID	1995 2000
773	41512	03	Sam Sen Nok School	Bangkok	Rain	RID	1995 2005
774	41522	03	Chalermsat Suksa School (Donwitthaya School)	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
775	41532	03	Takaeda Co.	Bangkok	Rain	RID	1995 2004
776	41542	03	Kurusapha Printery	Bangkok	Rain	RID	1995 2005
777	41552	03	Wat Bung Thonglang School	Bangkok	Rain	RID	1995 2005
778	41562	03	Khlong Kum School	Bangkok	Rain	RID	1995 2005
779	41572	03	Ramkhamhaeng University	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
780	41582	03	Wat Nuan Chan	Bangkok	Rain	RID	1995 2005
781	41592	03	Ban Lat Phrao School	Bangkok	Rain	RID	1995 2005
782	41612	03	Wat Ratniyomthum School	Bangkok	Rain	RID	1995 2001
783	41622	03	Ban Buamon School	Bangkok	Rain	RID	1995 2000
784	41642	03	Bang Khen Skin Diseases Center	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
785	41652	03	Police Aviation Division	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
786	41662	03	Office of Atomic Energy for Peace	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
787	41922	03	Wat Tipawas School	Bangkok	Rain	RID	1995 2002
788	41932	03	Wat Rachakosa	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
789	41942	03	Wat Lanbun	Bangkok	Rain	RID	1995 2005
790	41952	03	M.13 Village Headman Office	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
791	41962	03	Wat Sam Ngam School	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
792	41972	03	Wat Sub Samosorn School	Bangkok	Rain	RID	1995 2005
793	41982	03	Wat Prayapla	Bangkok	Rain	RID	1995 2005
794	41992	03	Surao Lamkhaek School	Bangkok	Rain	RID	1995 2006
795	42012	03	A. Muang	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
796	42022	03	A. Maha Rat	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
797	42032	03	A. Tha Rua	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
798	42042	03	A. Bang Pahan	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
799	42052	03	A. Uthai	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2005
800	42062	03	A. Wang Noi	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
801	42072	03	A. Bang Pa In	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
802	42082	03	A. Phak Hai	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
803	42092	03	A. Bang Sai	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
804	42102	03	A. Sena	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
805	42112	03	A. Bang Ban	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
806	42122	03	A. Nakhon Luang	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
807	42132	03	A. Phachi	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
808	42142	03	A. Ban Phraek	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
809	42152	03	A. Lat Bua Luang A.	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
810	42162	03	Bang Sai (Left) Hantra	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2005
811	42172	03	Agriculture Exp.	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
812	42180	03	Khlong Sawat Regulator (CPA.12)	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2004
813	42190	03	Khlong Khaomao Regulator(CPA.13), A. Muang	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2004
814	42200	03	Ban Pho Regulator (CPA.14), A. Muang	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1980 2004
815	42210	03	Bang Hong Regulator (CPA.15), A. Bang Pa In	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2004
816	42220	03	Khlong Chik Regulator (CPA.16)	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2004
817	42230	03	Khlong Prem Bang Pa In Reg.(CPA.17)	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2002
818	42240	03	Chiang Raknoi Regulator (CPA.18), A. Bang Sai	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2002
819	42250	03	Phra Inracha Regulator (NRS.1), A. Wang Noi	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2002
820	42260	03	Nakhon Luang Headwork (NRS.3)	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2004
821	42270	03	Nakhon Luang Regulator (NKG.1), A. Nakhon Luang	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2004
822	42280	03	Upper 2R Canal (NKG.2), A. Uthai	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1981 2004
823	42290	03	Upper 3R Canal (NKG.3), A. Wang Noi	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2004
824	42300	03	Upper 4R Canal (NKG.4), A. Wang Noi	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2004
825	42310	03	Lower Nakhon Luang Canal (NKG.5), A. Bang Pa In	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2004
826	42320	03	Upper NakhonLuang Canal Outlet(NPP.1), A.Tha Rua	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2004
827	42330	03	Upper 5R 24R Canal (LOP.8), A. Bang Pahan	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2003
828	42340	03	Upper 1L 24R Canal (LOP.9), A. Bang Pahan	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2003
829	42350	03	Upper 1R 24R Canal (CPK.21), A. Tha Rua	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2003
830	42360	03	Upper 2R 24R Canal (CPK.22), A. Tha Rua	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2003
831	42370	03	Upper 3R 24R Canal (CPK.23), A. Nakhon Luang	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2003
832	42380	03	Upper 4R 24R Canal (CPK.24), A. Nakhon Luang	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2003
833	42390	03	Phak Hai Regulator (NOI.19), A. Phuk Hai	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
834	42400	03	Lat Chado Regulator (NOI.26), A. Phak Hai	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
835	42410	03	Chao Chet Regulator (NOI.21), A. Sena	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
836	42420	03	Singhanat Regulator (CPA.27), A. Bang Sai	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
837	42430	03	Lak Khon Regulator, A. Lat Bua Luang	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
838	42440	03	Nam Sonthi Regulator (CPA.29), A. Bang Sai	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2001
839	42450	03	Khlong San Regulator, A. Sena	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
840	42460	03	Tha Chang Regulator (NOI.24), A. Bang Sai	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
841	42470	03	Khok Mali Outlet	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2004
842	42480	03	Phai Phra Regulator (NOI.22), A. Bang Sai	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
843	42490	03	Ban Khaek Regulator (NOI.23), A. Bang Sai	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2006
844	42500	03	Maharat 3 Regulator (REG.44), A. Bang Ban	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2004
845	42510	03	Bang Nang Ra Regulator (REG.45), A. Bang Pahan	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2004
846	42520	03	Tha Luang Headwork (RPP.1), A. Tha Rua	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2005
847	42530	03	3R Raphiphat Canal Outlet (RPP.2), A. Pha Chi	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1979 2004
848	42540	03	1R Canal (NOI.34), A. Phak Hai	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1980 2006
849	42550	03	3L.21R Canal (LOP.5), A. Ban Phraek	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1984 2004
850	42560	03	Nam Chon Siphon (LOP.6), A. Maharat	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1984 2004
851	42570	03	Lat Bua Luang Regulator, A. Lat Bua Luang	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1983 2006
852	42580	03	Bang Sai Regulator, A. Bang Sai (Left)	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1983 2006
853	42590	03	Khanom Chin Regulator	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1983 2006
854	42610	03	Kudi Regulator	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1987 2006
855	42632	03	Ayutthaya Agrometeorological Station	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	RID	1995 2006
856	44013	03	A. Muang	Prachin Buri	Rain	RID	1979 2006
857	44022	03	A. Ban Sang	Nakhon Pathom	Rain	RID	1979 2002
858	44032	03	A. Si Maha Phot	Prachin Buri	Rain	RID	1979 2005
859	44043	03	A. Kabin Buri	Prachin Buri	Rain	RID	1979 2006
860	44062	03	A. Prachantakham	Prachin Buri	Rain	RID	1979 2006
861	44100	03	Huai Khrai Project, A. Kabin Buri	Prachin Buri	Rain	RID	1979 1990
862	44132	03	A. Nadi	Prachin Buri	Rain	RID	1979 2006
863	44181	03	Lam Phyathan (Kgt.14), A. Kabin Buri	Prachin Buri	Rain	RID	1979 2006
864	44191	03	Huai Samong (Kgt.15A), A. Kabin Buri	Prachin Buri	Rain	RID	1979 2006
865	44201	03	Ban Tha Kho (Kgt.24), A. Prachan Takham	Prachin Buri	Rain	RID	1979 1986
866	44220	03	Ka Pho Yai Regulator, A. Si Maha Phot	Prachin Buri	Rain	RID	1979 2003
867	44230	03	Bang Phluang Project, A. Muang	Prachin Buri	Rain	RID	1979 1990
868	44250	03	Lower The Hae Canal Regulator, A. Muang	Prachin Buri	Rain	RID	1979 2003
869	44260	03	Wang Sai Canal Outlet	Prachin Buri	Rain	RID	1979 2003
870	44270	03	Phetcha Oem Regulator A. Si	Prachin Buri	Rain	RID	1979 2003
871	44282	03	Maho Sot (Khok Pip) Heo	Prachin Buri	Rain	RID	1983 2006
872	44301	03	Narok (Ny.4), A. Muang Ban	Nakhon Nayok	Rain	RID	1986 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
873	44332	03	Sa Bua, A. Kabin Buri Ban	Prachin Buri	Rain	RID	1993 2006
874	44342	03	Tub Lan, A.Na Di	Prachin Buri	Rain	RID	1994 2006
875	47161	03	Lam Phachi (K.17), K.A. Suan Phung	Ratchaburi	Rain	RID	1979 2006
876	48012	03	A. Muang	Rayong	Rain	RID	1979 2006
877	48022	03	A. Ban Khai	Rayong	Rain	RID	1979 2006
878	48032	03	A. Klaeng	Rayong	Rain	RID	1979 2006
879	48062	03	Rayong Self supporting Settlement, A. Ban Khai	Rayong	Rain	RID	1979 2006
880	48081	03	Klong Ra ok (Z.16), A. Klaeng	Rayong	Rain	RID	1980 1989
881	48092	03	A. Pluak Daeng	Rayong	Rain	RID	1979 2006
882	48121	03	Nong Pla Lai (Z.4), A. Pluak Daeng	Rayong	Rain	RID	1979 1996
883	48131	03	Ban Yang Ngam (Z.5), A. Klaeng	Rayong	Rain	RID	1979 1994
884	48141	03	Ban Pak Phaek (Z.15), A. Pluak Daeng	Rayong	Rain	RID	1979 2006
885	48150	03	Dok Krai Tank (TNK.149)	Chon Buri	Rain	RID	1979 1992
886	48160	03	Ban Khai Irrigation	Rayong	Rain	RID	1979 1992
887	48172	03	A. Wang Chan	Rayong	Rain	RID	1979 2006
888	48182	03	A. Ban Chang	Rayong	Rain	RID	1979 2006
889	48193	03	Rayong Meteorological Observation	Rayong	Rain	RID	1981 2006
890	48241	03	Ban Chak Khrok (Z.11), A. Klaeng	Rayong	Rain	RID	1989 2006
891	49013	03	A. Muang	Roi Et	Rain	RID	1979 2006
892	49022	03	A. Kaset Wisai	Roi Et	Rain	RID	1979 2005
893	49032	03	A. Suwannaphum	Roi Et	Rain	RID	1979 2006
894	49042	03	A. Thawat Buri	Roi Et	Rain	RID	1980 2006
895	49052	03	A. At Samat	Roi Et	Rain	RID	1979 2004
896	49072	03	A. Chaturaphak Phiman	Roi Et	Rain	RID	1979 2005
897	49082	03	A. Phanom Phrai	Roi Et	Rain	RID	1979 2006
898	49092	03	A. Selaphum A.	Roi Et	Rain	RID	1979 2006
899	49272	03	Nong Phok A.	Roi Et	Rain	RID	1979 2006
900	49282	03	Pathum Rat	Roi Et	Rain	RID	1979 2006
901	49292	03	A. Pho Chai	Roi Et	Rain	RID	1980 2005
902	49301	03	Thung Saeng Badan (E.18A), A. Selaphum	Roi Et	Rain	RID	1979 2006
903	50013	03	A. Muang	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2006
904	50023	03	A. Sawang Daen Din	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2006
905	50032	03	A. Phanna Nikhom	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2005
906	50042	03	A. Waritchaphum	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2006
907	50052	03	Sang Kho Highway Equipment Office	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2005

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
908	50062	03	A. Wanon Niwat	Sakon Nakhon	Rain	RID	1980 2006
909	50072	03	Sakon Nakhon Agriculture Exp. Station	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2006
910	50092	03	A. Akat Amnuai	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2006
911	50102	03	Phu Phan National Park	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2006
912	50112	03	A. Kusuman	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2006
913	50122	03	Sakon Nakhon Agrometeorological Station	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2006
914	50150	03	Upper Huai Pla Hang Tank (TNK.151), A.	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2004
915	50160	03	Lower Huai Pla Hang Tank (TNK.152), A.	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2004
916	50170	03	Huai Sai Khamin Tank (TNK.37)	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2004
917	50180	03	Phu Phek Tank (TNK.38)	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2004
918	50190	03	Huai Nong Bua Tank (TNK.39)	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2004
919	50210	03	Huai Sai Sawaeng Tank (TNK.70)	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2004
920	50220	03	Huai Nam Bo Tank (TNK.105)	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2004
921	50252	03	A. Ban Muang	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2006
922	50262	03	A. Phang Khon	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2006
923	50280	03	Huai Kan Luang Tank (TNK.132)	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2004
924	50290	03	Huai Kham Tank (TNK.133)	Sakon Nakhon	Rain	RID	1979 2004
925	51012	03	A. Muang	Samut Prakan	Rain	RID	1979 2006
926	51022	03	A. Bang Phli	Samut Prakan	Rain	RID	1979 2006
927	51032	03	A. Bang Bo	Samut Prakan	Rain	RID	1979 2002
928	51042	03	A. Phra Pradaeng	Samut Prakan	Rain	RID	1981 2006
929	51062	03	Bang Pu District	Samut Prakan	Rain	RID	1979 2006
930	51070	03	Khlong Dan Regulator (CKD.8), A. Bang Bo	Samut Prakan	Rain	RID	1979 2002
931	51080	03	Bang Tamru Regulator (CKD.9), A. Muang	Samut Prakan	Rain	RID	1979 2002
932	51090	03	Sam Rong Regulator (CPA.24), A. Muang	Samut Prakan	Rain	RID	1979 2001
933	51100	03	Bank Ping Regulator (CPA.25), A. Muang	Samut Prakan	Rain	RID	1979 2002
934	51130	03	Phra ong Chaiya Project	Samut Prakan	Rain	RID	1979 2001
935	51162	03	Sawangkhaniwat, Bang Pu, A. Muang	Samut Prakan	Rain	RID	1989 2006
936	51192	03	Pilot Station	Bangkok	Rain	RID	1981 2006
937	52012	03	A. Muang	Samut Sakhon	Rain	RID	1979 2006
938	52022	03	A. Ban Phaeo	Samut Sakhon	Rain	RID	1979 2006
939	52032	03	A. Krathum Baen	Samut Sakhon	Rain	RID	1979 2006
940	52040	03	Krathum Baen Regulator (SUP.48), A. Krathum	Samut Sakhon	Rain	RID	1979 2002
941	52050	03	Bang Yang Regulator (SUP.49), A. Ban Phaeo	Samut Sakhon	Rain	RID	1979 2002

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
942	52062	03	Coop. Unit Ban Rai Dev. Settlement, A. Muang	Samut Sakhon	Rain	RID	1979 2006
943	53012	03	A. Muang	Samut Songkhram	Rain	RID	1979 2006
944	53022	03	A. Amphawa	Samut Songkhram	Rain	RID	1979 2006
945	53032	03	A. Bang Khonthi	Samut Songkhram	Rain	RID	1979 2006
946	53040	03	Bangnok Khwaek Regulator, A. Bang Khonthi	Samut Songkhram	Rain	RID	1979 2002
947	54012	03	A. Muang	Saraburi	Rain	RID	1979 2006
948	54022	03	A. Sao Hai	Saraburi	Rain	RID	1979 2006
949	54032	03	A. Kaeng Khoi	Saraburi	Rain	RID	1979 2004
950	54042	03	A. Ban Mo	Saraburi	Rain	RID	1979 2006
951	54052	03	A. Nong Khae	Saraburi	Rain	RID	1979 2002
952	54062	03	A. Nong Saeng	Saraburi	Rain	RID	1979 2006
953	54072	03	Phu Khae Botanical Garden	Saraburi	Rain	RID	1979 2006
954	54082	03	Muak Lek Forest Research Station	Saraburi	Rain	RID	1993 1994
955	54092	03	Phra Phutthabat Self supporting Settlement	Saraburi	Rain	RID	1979 2006
956	54112	03	Thap Khwang Animals Conservation	Saraburi	Rain	RID	1979 2006
957	54122	03	A. Wihan Daeng	Saraburi	Rain	RID	1979 2004
958	54154	03	A. Nong Don	Saraburi	Rain	RID	1982 2001
959	54192	03	A. Muak Lek	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2006
960	54210	03	Phra Ekathotsarot Regulator (RPP.3), A. Nong Khae	Saraburi	Rain	RID	1979 2004
961	54220	03	Phra Si Sin Regulator (RPP.4), A. Nong Khae	Saraburi	Rain	RID	1979 2004
962	54230	03	Khlong 10 Cross (RPP.5), A. Nong Khae	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2002
963	54240	03	Upper 3R 23R Canal (CPK.19), A. Ban Mo	Saraburi	Rain	RID	1979 2003
964	54250	03	Upper 4R 23R Canal (CPK.20)	Saraburi	Rain	RID	1979 2003
965	54260	03	Roeng Rang Regulator (CPK.28), A. Ban Mo	Saraburi	Rain	RID	1979 2003
966	54270	03	Upper 1R 23R Canal (CPK.29), A. Ban Mo	Saraburi	Rain	RID	1979 2003
967	54280	03	Upper 2R 23R Canal (CPK.30), A. Ban Mo	Saraburi	Rain	RID	1979 2003
968	54290	03	Upper 24R Canal (CPK.31), A. Ban Mo	Saraburi	Rain	RID	1979 2003
969	54300	03	Kham Takhian Tank (TNK.86)	Saraburi	Rain	RID	1979 1981
970	54310	03	Khlong Phrieo Headwork, A. Muang	Saraburi	Rain	RID	1979 2003
971	54320	03	Km. 10.100 Regulator (NRS.16), A. Wihan Daeng	Pathum Thani	Rain	RID	1979 2002
972	54330	03	22R Ban Klab Siphon (CPK.33), A. Nong Don	Saraburi	Rain	RID	1984 2004
973	54342	03	Ban Tha Plu School	Nakhon	Rain	RID	1996 2006
974	54352	03	Ban Sub Noi Nue School	Saraburi	Rain	RID	1996 2002
975	54362	03	Ban Nong Oeaw School	Saraburi	Rain	RID	1996 2006
976	54372	03	Ban Nong To Takian School	Saraburi	Rain	RID	1996 2006
977	54382	03	Wat Wang Yang School	Saraburi	Rain	RID	1996 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
978	54392	03	Ban Manichok Samakki School	Suphan Buri	Rain	RID	1996 2006
979	54402	03	Wat Suan Thong Ruammit School	Saraburi	Rain	RID	1996 2006
980	54412	03	Hin Zon Health Center	Saraburi	Rain	RID	1996 2006
981	54422	03	Ban Lang Khao School	Saraburi	Rain	RID	1995 2006
982	54432	03	Ban Nong Chan School	Saraburi	Rain	RID	1996 2005
983	54442	03	Wat Phraphutthabat Noi School	Saraburi	Rain	RID	1996 2006
984	56012	03	A. Muang	Sing Buri	Rain	RID	1979 2002
985	56022	03	A. Bang Rachan	Sing Buri	Rain	RID	1979 2006
986	56032	03	A. Phrom Buri	Sing Buri	Rain	RID	1979 2006
987	56042	03	A. In Buri	Sing Buri	Rain	RID	1979 2005
988	56050	03	Upper 3R 9R Canal (CPK.10), A. In Buri	Lop Buri	Rain	RID	1979 2004
989	56060	03	Somsi Siphon (CPA.4), A. In Buri	Sing Buri	Rain	RID	1979 2004
990	56070	03	Ban Rai Siphon (CPA.5), A. In Buri	Sing Buri	Rain	RID	1979 2004
991	56080	03	Upper 4R 1L Canal (CPA.6), A. Muang	Sing Buri	Rain	RID	1979 1990
992	56090	03	Sing Buri Siphon (CPA.7), A. Muang	Sing Buri	Rain	RID	1979 2004
993	56100	03	Upper 10L canal (CPA.8), A. Phrom Buri	Sing Buri	Rain	RID	1979 2004
994	56110	03	Phra Ngam Regulator (CPA.26), A. Phrom Buri	Sing Buri	Rain	RID	1979 2006
995	56120	03	Upper 4L 1R Canal (NOI.3), A. Bang Rachan	Sing Buri	Rain	RID	1979 2005
996	56130	03	Upper 1R 1R Canal (NOI.4), A. Bang Rachan	Sing Buri	Rain	RID	1979 2006
997	56140	03	Upper 1L Canal (NOI.5), A. Muang	Sing Buri	Rain	RID	1979 2006
998	56150	03	Upper 2R 1L 1R Canal (NOI.6), A. Bang Rachan	Sing Buri	Rain	RID	1979 2006
999	56160	03	Upper 3R 1R Canal (NOI.7)	Sing Buri	Rain	RID	1979 2006
1000	56170	03	Pho Prachak Regulator (NOI.8), A. Tha Chang	Sing Buri	Rain	RID	1979 2006
1001	56180	03	Channasut Regulator (NOI.17), A. Bang Rachan	Sing Buri	Rain	RID	1979 2006
1002	56190	03	1R 1L Canal (NOI.25), A. Bang Rachan	Sing Buri	Rain	RID	1980 2006
1003	56200	03	2L 1R Canal (NOI.27), A. Bang Rachan	Chai Nat	Rain	RID	1980 1998
1004	56210	03	3L 1R Canal (NOI.29), A. Bang Rachan	Sing Buri	Rain	RID	1980 2006
1005	56220	03	2L 1R Canal Km. 10.080 (NOI.30), A. Bang Rachan	Sing Buri	Rain	RID	1980 2006
1006	56230	03	1L 1R Canal (NOI.32), A. Bang Rachan	Sing Buri	Rain	RID	1980 2006
1007	57013	03	A. Muang	Si Sa Ket	Rain	RID	1979 2006
1008	57022	03	A. Khu Khan	Si Sa Ket	Rain	RID	1979 2005
1009	57032	03	A. Kanthararom	Si Sa Ket	Rain	RID	1979 2006
1010	57052	03	A. Rasi Salai	Si Sa Ket	Rain	RID	1979 2006
1011	57063	03	A. Kantharalak	Si Sa Ket	Rain	RID	1979 2006
1012	57082	03	Pru Yai Develop Settlement	Si Sa Ket	Rain	RID	1979 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
1013	57092	03	Huai Khla Develop Settlement, A. Kantharalak	Si Sa Ket	Rain	RID	1979 2006
1014	57102	03	A. Khun Han	Si Sa Ket	Rain	RID	1979 2006
1015	57150	03	Nong Si Tank (TNK.119), A. Khun Han	Si Sa Ket	Rain	RID	1979 2005
1016	57161	03	Upper Huai Samran (M.91), A. Khu Khan	Si Sa Ket	Rain	RID	1980 2006
1017	59012	03	A. Muang	Sukhothai	Rain	RID	1979 2004
1018	59022	03	A. Si Satchanalai	Sukhothai	Rain	RID	1979 2006
1019	59032	03	A. Sawankhalok	Sukhothai	Rain	RID	1979 2006
1020	59042	03	A. Kong Krailat	Sukhothai	Rain	RID	1979 2006
1021	59062	03	A. Ban Dan Lan Hoi	Sukhothai	Rain	RID	1979 2006
1022	59082	03	A. Kirimat	Sukhothai	Rain	RID	1979 2006
1023	59092	03	A. Thung Saliam	Sukhothai	Rain	RID	1979 2006
1024	59110	03	Nong Pla Mo Project, A. Sawankhalok	Sukhothai	Rain	RID	1979 1990
1025	59121	03	Kaeng Luang (Y.6), A. Si Satchanalai	Sukhothai	Rain	RID	1979 2006
1026	59131	03	Don Rabiang (Y.14), A. Si Satchanalai	Sukhothai	Rain	RID	1979 2006
1027	59140	03	Si Chaliang Weir, A. Si Satchanalai	Sukhothai	Rain	RID	1979 1988
1028	59154	03	Ban Dan Lan Hoi Forest Plantation	Sukhothai	Rain	RID	1979 2003
1029	59162	03	A. Si Nakhon	Sukhothai	Rain	RID	1979 2006
1030	59170	03	Khlong Pak Rao Outlet, A. Si Satchanalai	Sukhothai	Rain	RID	1979 1988
1031	59182	03	Sukhothai Agricultural Office, A. Muang	Sukhothai	Rain	RID	1982 2006
1032	59192	03	Forest Products Research Station	Sukhothai	Rain	RID	1994 2006
1033	60370	03	Lower Song Phi Nong canal Regulator	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2001
1034	60381	03	Huai Krasieo A. Doembang Nangbuat	Suphan Buri	Rain	RID	1979 1988
1035	60400	03	Upper 8L M U Canal (SUP.54), A. Sam Chuk	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2003
1036	60410	03	Middle Of 1L 1L Canal (SUP.56), A. Muang	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2002
1037	60420	03	Lower 1L 1L Canal (SUP.57), A. Muang	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2002
1038	60430	03	Makham Lom Road Outlet (SUP.59), A. Bang Pla Ma	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2002
1039	60440	03	Lower Suan Taeng Canal (SUP.60), A. Muang	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2002
1040	60450	03	Pa Phluk Outlet (SUP.62), A. Bang Pla Ma	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2002
1041	60460	03	Khu Bua Outlet (SUP.63), A. Bang Pla Ma	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2002
1042	60470	03	Upper 1L 1L Canal (SUP.55)	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2002
1043	60480	03	Upper 1R 2L 1R Canal (SUP.58)	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2002
1044	60490	03	Wang Nam Yen Outlet (SUP.61)	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2002
1045	60500	03	Don Krabuang Outlet (SUP.64)	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2002
1046	60510	03	Ban Hua Rakam (SUP.65), A. Doembang Nangbuat	Suphan Buri	Rain	RID	1980 2006
1047	60522	03	U Thong Agrometeorological Station	Kanchanaburi	Rain	RID	1981 2006
1048	60530	03	Upper 4L 1L Canal (SUP.30), A. Doembang Nangbuat	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2003

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
1049	60540	03	Upper 7L 1L Canal (SUP.31), A. Doembang Nangbuat	Suphan Buri	Rain	RID	1980 2003
1050	60550	03	Upper 1R 1L Canal (SUP.32), A. Doembang Nangbuat	Suphan Buri	Rain	RID	1980 2003
1051	60560	03	Upper 5L Canal (SUP.33), A. Sam Chuk	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2003
1052	60570	03	Middle of Sali Canal, A. Bang Pla Ma	Suphan Buri	Rain	RID	1983 2006
1053	60580	03	Lower Sali Canal, A. Bang Pla Ma	Suphan Buri	Rain	RID	1983 2006
1054	60590	03	Bang So Regulator, A. Bang Pla Ma	Suphan Buri	Rain	RID	1983 2006
1055	60600	03	Dap Ngoen Regulator, A. Bang Pla Ma	Suphan Buri	Rain	RID	1983 2006
1056	60612	03	A. Nong Ya Sai	Suphan Buri	Rain	RID	1985 2002
1057	60620	03	Middle of 1R 1L 1L Canal (SUP. 56), A. Muang	Suphan Buri	Rain	RID	1987 2001
1058	60650	03	Song Phi Nong Headwork	Suphan Buri	Rain	RID	1987 1994
1059	60684	03	Krasieo Self Supporting Settlement	Suphan Buri	Rain	RID	1993 2006
1060	60690	03	Sam Chuk Irrigated Water Uses Exp.and Research	Suphan Buri	Rain	RID	1987 1995
1061	60180	03	Upper 4R 1L Canal (SUP.15), A. Si Prachan	Suphan Buri	Rain	RID	1979 1991
1062	60190	03	Upper 1L 1R Canal (SUP.16), A. Si Prachan	Suphan Buri	Rain	RID	1979 1991
1063	60200	03	Upper 2L 2R 1L Canal (SUP.17), A. Si Prachan	Suphan Buri	Rain	RID	1979 1991
1064	60210	03	Upper 10L Canal (SUP.18)	Suphan Buri	Rain	RID	1986 1999
1065	60220	03	Upper 2L 1R Canal (SUP.19), A. Si Prachan	Suphan Buri	Rain	RID	1979 1991
1066	60230	03	Upper 3L 1R Canal (SUP.20), A. Si Prachan	Suphan Buri	Rain	RID	1979 1991
1067	60240	03	Upper 15L Canal (SUP.21)	Suphan Buri	Rain	RID	1986 1998
1068	60250	03	Middle Of 2R Drop Canal (SUP.22), A. Don Chedi	Suphan Buri	Rain	RID	1979 1991
1069	60260	03	Sam Chuk Regulator (SUP.25), A. Sam Chuk	Suphan Buri	Rain	RID	1979 1991
1070	60270	03	Pho Phraya Regulator (SUP.26), A. Muang	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2003
1071	60280	03	Middle Of 1L Canal (SUP.34), A. Sanm Chuk	Suphan Buri	Rain	RID	1979 1991
1072	60290	03	Song Phi Nong Regulator (SUP.35), A. Song Phi Nong	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2002
1073	60300	03	Pho Khoi Regulator (SUP.36), A. Muang	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2002
1074	60310	03	Bang Sakae Regulator (SUP.37), A. Song Phi Nong	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2002
1075	60320	03	Bang Yihon Regulator (SUP.38), A. Bang Pla Ma	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2002
1076	60330	03	Bang Mae Mai Regulator (SUP.39), A. Bang Pla Ma	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2002
1077	60340	03	Bang Sali Regulator (SUP.40), A. Bang Pla Ma	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2006
1078	60350	03	Phraya Banlu Regulator (SUP.41)	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2006
1079	60360	03	Yi Pun Nua Regulator, A. Bang Pla Ma	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2006
1080	60013	03	A. Muang	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2006
1081	60022	03	A. U Thong	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2006
1082	60032	03	A. Bang Pla Ma	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2006
1083	60042	03	A. Song Phi Nong	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
1084	60052	03	A. Si Prachan	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2006
1085	60062	03	A. Doembang Nangbuat	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2006
1086	60072	03	A. Sam Chuk	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2005
1087	60092	03	A. Don Chedi	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2006
1088	60102	03	Suphan Buri Rice Experimental Station	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2006
1089	60112	03	A. Dan Chang	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2005
1090	60120	03	Upper 1R 1L Canal (SUP.9), A. Doembang Nangbuat	Suphan Buri	Rain	RID	1979 1991
1091	60130	03	Upper 1L Canal (SUP.10), A. Doembang Nangbuat	Suphan Buri	Rain	RID	1979 1991
1092	60140	03	Upper 3R 1L Canal (SUP.11), A. Doembang Nangbuat	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2002
1093	60150	03	Upper 2R Canal (SUP.12), A. Sam Chuk	Suphan Buri	Rain	RID	1979 1991
1094	60160	03	Upper 1L 2R 1L Canal (SUP.13), A. Sam Chuk	Suphan Buri	Rain	RID	1979 1991
1095	60170	03	Upper 1R 1R Canal (SUP.14), A. Si Prachan	Suphan Buri	Rain	RID	1979 2002
1096	62013	03	A. Muang	Surin	Rain	RID	1979 2006
1097	62022	03	A. Sangkha	Surin	Rain	RID	1979 2006
1098	62032	03	A. Rattana Buri	Surin	Rain	RID	1979 2005
1099	62043	03	A. Tha Tum	Surin	Rain	RID	1979 2006
1100	62052	03	A. Sikhoraphum	Surin	Rain	RID	1979 2006
1101	62072	03	Prasat Self supporting Settlement	Surin	Rain	RID	1979 2006
1102	62092	03	A. Chumphon Buri	Surin	Rain	RID	1979 2006
1103	62102	04	Surin Rice Experimental Station	Surin	Rain	RID	1979 2006
1104	62112	04	A. Samrong Thap	Surin	Rain	RID	1979 2006
1105	62192	04	A. Chom Phra	Surin	Rain	RID	1979 2005
1106	63013	04	A. Muang	Tak	Rain	RID	1979 2005
1107	63022	04	A. Ban Tak A.	Tak	Rain	RID	1979 2006
1108	63033	04	Mae Sot A.	Tak	Rain	RID	1979 2005
1109	63042	04	Umphang	Tak	Rain	RID	1979 2005
1110	63052	04	A. Mae Ramat	Tak	Rain	RID	1979 2006
1111	63062	04	A. Sam Ngao	Tak	Rain	RID	1979 2006
1112	63075	04	Bhumibol Dam	Tak	Rain	RID	1979 2005
1113	63092	04	A. Tha Song Yang	Tak	Rain	RID	1979 2006
1114	63120	04	Huai Mae Rakam (P.32), A. Muang	Tak	Rain	RID	1979 2001
1115	63132	04	Ban Suan Pa Puai (Ban Na), A. Sam Ngao	Tak	Rain	RID	1979 2005
1116	63152	04	Tak Animal Supporter	Tak	Rain	RID	1979 2005
1117	63162	04	Ban Samong, A. Sam Ngao	Tak	Rain	RID	1980 2005

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
1118	63172	04	Ban Um Wab, A. Sam Ngao	Tak	Rain	RID	1979 2005
1119	63181	04	Mae Lamao (SW.6), A. Mae Sot	Tak	Rain	RID	1979 2005
1120	63192	04	Lan Sang National Park	Tak	Rain	RID	1986 2005
1121	63202	04	A. Phop Phra	Tak	Rain	RID	1986 2006
1122	63215	04	Ban Mae La Moeng, A. Tha Song Yang	Tak	Rain	RID	1987 1994
1123	63225	04	Ban Mae Salit Luang, A. Tha Song Yang	Tak	Rain	RID	1987 1994
1124	63235	04	Huai Mae Lamao Ban Kok Ko, A. Mae Sot	Tak	Rain	RID	1991 2005
1125	63242	04	Doi Musoe Agrometeorological Statiom	Tak	Rain	RID	1995 1995
1126	64013	04	A. Muang	Mukdahan	Rain	RID	1979 2006
1127	64032	04	A. Kham Cha i	Mukdahan	Rain	RID	1979 2006
1128	64042	04	Mukdahan Self Supporting Settlement	Mukdahan	Rain	RID	1984 2006
1129	64052	04	Mukdahan Sericultural Section	Mukdahan	Rain	RID	1979 2006
1130	64060	04	Huai Khi Lek Tank (TNK.95)	Mukdahan	Rain	RID	1979 2006
1131	64070	04	Huai Muk Tank (TNK.96), A. Kham Cha i	Mukdahan	Rain	RID	1985 2006
1132	66022	04	A. Khao Saming	Trat	Rain	RID	1979 2006
1133	66032	04	A. Khlong Yai	Trat	Rain	RID	1979 2006
1134	66071	04	Ban Si Bua Thong (Z.10), A. Khlong Yai	Trat	Rain	RID	1979 2006
1135	66082	04	A. Bo Rai	Trat	Rain	RID	1979 2006
1136	67013	04	A. Muang	Ubon Ratchathani	Rain	RID	1979 2006
1137	67022	04	A. Phibun Mangsahan	Ubon Ratchathani	Rain	RID	1979 2006
1138	67052	04	A. Khemarat	Ubon Ratchathani	Rain	RID	1979 2006
1139	67062	04	A. Khuang Nai	Ubon Ratchathani	Rain	RID	1979 2006
1140	67072	04	A. Warin Chamrap	Ubon Ratchathani	Rain	RID	1979 2006
1141	67082	04	A. Trakan Phutphon	Ubon Ratchathani	Rain	RID	1979 2006
1142	67092	04	Ubon Ratchathani Agrometeorogical Station	Ubon Ratchathani	Rain	RID	1979 2006
1143	67112	04	A. Si Muang Mai	Ubon Ratchathani	Rain	RID	1979 2006
1144	67122	04	A. Muang Samsip	Ubon Ratchathani	Rain	RID	1979 2005
1145	67132	04	A. Det Udom	Ubon Ratchathani	Rain	RID	1979 2006
1146	67142	04	A. Buntharik	Ubon Ratchathani	Rain	RID	1979 2005
1147	67170	04	Nong Lao Hin Tank (TNK.130)	Ubon Ratchathani	Rain	RID	1979 2006
1148	67192	04	A. Khong Chiam	Ubon Ratchathani	Rain	RID	1979 2006
1149	67240	04	Nong Chang Yai Tank (TNK.13), A. Muang	Ubon Ratchathani	Rain	RID	1979 2006
1150	67250	04	Huai Wang Daeng Tank (TNK.31), A. Phibun	Ubon Ratchathani	Rain	RID	1979 2006
1151	67270	04	Sa Saming Tank (TNK.64), A. Muang	Ubon Ratchathani	Rain	RID	1979 2006
1152	67302	04	Ubon Ratchathani Animals Conservaion, A. Muang	Ubon Ratchathani	Rain	RID	1979 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
1153	68013	04	A.Muang	Udon Thani	Rain	RID	1979 2006
1154	68022	04	A. Phen	Udon Thani	Rain	RID	1979 2006
1155	68032	04	A. Nong Han	Udon Thani	Rain	RID	1979 2006
1156	68052	04	A. Kumphawapi	Udon Thani	Rain	RID	1979 2006
1157	68062	04	A. Ban Phu	Udon Thani	Rain	RID	1979 2006
1158	68082	04	Chiang Phin Self supporting Settlement	Udon Thani	Rain	RID	1979 2006
1159	68212	04	A. Ban Dung	Udon Thani	Rain	RID	1979 2006
1160	68232	04	A. Nong Wua So	Udon Thani	Rain	RID	1979 2006
1161	68242	04	A. Kut Chap	Udon Thani	Rain	RID	1979 2006
1162	68252	04	A. Non Sa at	Udon Thani	Rain	RID	1979 2006
1163	68272	04	A. Nam Som	Udon Thani	Rain	RID	1979 2004
1164	68304	04	Huai Luang Self supporting Settlement	Udon Thani	Rain	RID	1979 2006
1165	69012	04	A. Muang	Uthai Thani	Rain	RID	1979 2006
1166	69022	04	A. Thap Than	Uthai Thani	Rain	RID	1979 2006
1167	69032	04	A. Nong Kha Yang	Uthai Thani	Rain	RID	1979 2006
1168	69042	04	A. Nong Chang	Uthai Thani	Rain	RID	1979 2006
1169	69052	05	A. Ban Rai	Uthai Thani	Rain	RID	1980 2006
1170	69062	05	A. Sawang Arom	Uthai Thani	Rain	RID	1979 2006
1171	69104	05	Huai Rabam Forest Plantation Station	Uthai Thani	Rain	RID	1979 2006
1172	69110	05	Ban Khokmo (Ct.8), A. Thap Than	Uthai Thani	Rain	RID	1979 1980
1173	69121	05	Ban Bung Ai Chiam (Ct.9), A. Lam Sak	Uthai Thani	Rain	RID	1979 2004
1174	69132	05	A. Lan Sak	Uthai Thani	Rain	RID	1979 2006
1175	69162	05	A. Huai Khot	Uthai Thani	Rain	RID	1985 2006
1176	69171	05	Banthap Khlai (T.7), T.Thap Laung, A.Ban Rai	Uthai Thani	Rain	RID	1989 1999
1177	69182	05	Nong Chang Seed Experimental Unit	Uthai Thani	Rain	RID	1995 2006
1178	70013	05	A. Muang	Uttaradit	Rain	RID	1979 2006
1179	70022	05	A. Nam Pat	Uttaradit	Rain	RID	1979 2006
1180	70032	05	A. Laplae	Uttaradit	Rain	RID	1979 2006
1181	70042	05	A. Phichai	Uttaradit	Rain	RID	1979 2006
1182	70052	05	A. Tron	Uttaradit	Rain	RID	1979 2006
1183	70062	05	A. Tha Pla	Uttaradit	Rain	RID	1979 2006
1184	70072	05	A. Fak Tha	Uttaradit	Rain	RID	1979 2006
1185	70131	05	Ban Fai (N.16), A. Nam Pat Hat	Uttaradit	Rain	RID	1979 2000
1186	70151	05	Phai (N.12A), A. Tha Pla Nam Rit	Uttaradit	Rain	RID	1979 2006
1187	70170	05	R.I.D. Office, A. Muang Nam Pat	Uttaradit	Rain	RID	1979 1989

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
1188	70180	05	Headwork, A. Fak Tha	Uttaradit	Rain	RID	1979 1990
1189	70192	05	Nan River Self supporing Settlement, A. Tha Pla	Uttaradit	Rain	RID	1979 2006
1190	70202	05	A. Ban Khok	Uttaradit	Rain	RID	1984 2005
1191	70212	05	A. Thong Saen Khan	Uttaradit	Rain	RID	1985 2006
1192	70221	05	Hat Song Khwae (N.60), A. Tron	Uttaradit	Rain	RID	1987 2006
1193	70232	05	Phak Tha Cooperative Settlement	Uttaradit	Rain	RID	1990 2006
1194	70242	05	Phu Soi Dao National Park, A.Nam Pat	Uttaradit	Rain	RID	1994 2006
1195	71161	05	Khlong The Pha (X.168), A. Yaha	Yala	Rain	RID	1987 2006
1196	72012	05	A. Muang	Yasothon	Rain	RID	1980 2006
1197	72022	05	A. Kham Khuan Kaeo	Yasothon	Rain	RID	1979 2006
1198	72032	05	A. Maha Chana Chai	Yasothon	Rain	RID	1979 2006
1199	72042	05	A. Loeng Nok Tha	Yasothon	Rain	RID	1979 2006
1200	72052	05	A. Kut Chum	Yasothon	Rain	RID	1979 2006
1201	72061	05	Phayat (E.20A), A. Maha Chana Chai	Yasothon	Rain	RID	1979 2006
1202	72072	05	A. Pa thiu	Yasothon	Rain	RID	1979 2005
1203	73013	05	A. Muang	Phayao	Rain	RID	1979 2006
1204	73022	05	A. Chiang Kham	Phayao	Rain	RID	1979 2006
1205	73032	05	A. Pong	Phayao	Rain	RID	1979 2006
1206	73042	05	A. Dok Kham Tai	Phayao	Rain	RID	1979 2006
1207	73052	05	A. Mae Chai	Phayao	Rain	RID	1979 2006
1208	73062	05	A. Chun	Phayao	Rain	RID	1979 2006
1209	73082	05	A. Chiang Muan	Chiang Rai	Rain	RID	1979 2006
1210	74012	05	A. Muang	Sa Kaeo	Rain	RID	1979 2006
1211	74022	05	A. Watthana Nakhon	Sa Kaeo	Rain	RID	1979 2006
1212	74033	05	A. Aranya Prathet	Sa Kaeo	Rain	RID	1979 2006
1213	74042	05	A. Ta Phraya	Sa Kaeo	Rain	RID	1979 2006
1214	74052	05	A. Wang Nam Yen	Sa Kaeo	Rain	RID	1979 2006
1215	74062	05	A. Khlong Hat	Sa Kaeo	Rain	RID	1987 2006
1216	74071	05	Lam Phra Sathung (Kgt.10), A. Muang	Sa Kaeo	Rain	RID	1979 2006
1217	74081	05	Ban Kaeng (Kgt.12), A. Muang	Sa Kaeo	Rain	RID	1979 2006
1218	74092	05	Tha Yaek Forest Plantation, A. Muang	Sa Kaeo	Rain	RID	1979 2006
1219	74102	05	Khlong Nam Sai Self Supporting Settlement	Sa Kaeo	Rain	RID	1979 2006
1220	74112	05	Wat Khokpi Khong, A. Muang	Sa Kaeo	Rain	RID	1993 2006
1221	74152	05	K.A. Khao Chakan	Sa Kaeo	Rain	RID	1994 2006
1222	74172	05	Ban Huai Sun	Sa Kaeo	Rain	RID	1995 2006
1223	74182	05	Ban Kok Sung	Sa Kaeo	Rain	RID	1995 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
1224	74192	05	Ban Song Phi Nong	Sa Kaeo	Rain	RID	1994 2006
1225	74202	05	Pang Si Da Natiomnal Park	Sa Kaeo	Rain	RID	1994 2006
1226	74212	05	Ban Sai Deaw	Sa Kaeo	Rain	RID	1994 2006
1227	74222	05	Ban Kaeng	Sa Kaeo	Rain	RID	1996 1996
1228	74232	05	Thap Tim Siam (03)	Sa Kaeo	Rain	RID	1997 1997
1229	75012	05	A. Muang	Nong Bua Lam Phu	Rain	RID	1979 2006
1230	75022	05	A. Si Bunruang	Nong Bua Lam Phu	Rain	RID	1979 2006
1231	75032	05	A. Na Klang	Nong Bua Lam Phu	Rain	RID	1979 2006
1232	75042	05	A. Suwan Khuha	Nong Bua Lam Phu	Rain	RID	1979 2006
1233	75052	05	A. Non Sang	Nong Bua Lam Phu	Rain	RID	1979 2006
1234	75062	05	Non Sang Self suporting Settlement	Nong Bua Lam Phu	Rain	RID	1979 2006
1235	76012	05	A. Muang	Amnat Charoen	Rain	RID	1981 2006
1236	76022	05	A. Cha Nu Man	Amnat Charoen	Rain	RID	1979 2006
1237	76032	05	A. Phana	Amnat Charoen	Rain	RID	1979 2006
1238	76042	05	A. Hua Taphan	Amnat Charoen	Rain	RID	1979 2006
1239	76060	05	Rong Namsap Tank (TNK.65)	Amnat Charoen	Rain	RID	1979 2006
1240	300201	05	A. Muang	Mae Hong Son	Rain/Temp.	TMD	1979 2005
1241	300202	05	A. Mae Sariang	Mae Hong Son	Rain/Temp.	TMD	1979 2005
1242	376203	05	A. Sam Ngao	Tak	Rain/Temp.	TMD	1979 2005
1243	378201	05	A. Muang	Phitsanulok	Rain/Temp.	TMD	1979 2005
1244	381202	05	A. Muang Kornkean	Khon Kaen	Rain	TMD	1979 2006
1245	381301	05	A.Phra Yun	Khon Kaen	Rain/Temp	TMD	1979 2006
1246	405301	05	Roi Et Agrometeorological Station	Roi Et	Rain/Temp	TMD	1979 2006
1247	465201	05	Phetchaburi Meteorological Observation	Phetchaburi	Rain/Temp	TMD	1981 2005
1248	500201	05	A. Muang	Prachuap Khiri Khan	Rain/Temp	TMD	1979 2005
1249	500202	05	A. Hua Hin	Prachuap Khiri Khan	Rain	TMD	1979 2005
1250	517201	05	A. Muang	Prachuap Khiri Khan	Rain/Temp	TMD	1979 2005
1251	532201	05	A. Muang	Ranong	Rain/Temp	TMD	1979 2005
1252	551202	05	Surat Thani Airport	Surat Thani	Rain/Temp	TMD	1983 2005
1253	551203	05	Ko Samui Meteorological Observation	Surat Thani	Rain	TMD	1979 2005
1254	552201	05	A. Muang	Nakhon Si	Rain/Temp.	TMD	1979 2005
1255	552202	05	Kanom	Nakhon Si	Rain	TMD	1994 2002
1256	561201	05	Takua Pa Meteorological Observation	Phang Nga	Rain	TMD	1981 2004
1257	564201	05	A. Muang	Phuket	Rain/Temp	TMD	1979 2005
1258	566201	05	Ko Lan Ta Meteorological Observation	Krabi	Rain	TMD	1982 2005

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
1259	566202	05	Krabi Meteorological Observation	Krabi	Rain	TMD	1994 2001
1260	567201	05	A. Muang	Trang	Rain/Temp.	TMD	1979 2005
1261	568501	05	A. Muang	Songkhla	Rain/Temp.	TMD	1979 2005
1262	568502	05	Hat Yai Air Port	Songkhla	Rain/Temp.	TMD	1979 2005
1263	570201	05	Satun Meteorological Observation	Satun	Rain/Temp.	TMD	1979 2005
1264	580201	05	Meteorological Observation, A. Muang	Pattani	Rain/Temp.	TMD	1979 2005
1265	583201	05	A. Muang	Narathiwat	Rain/Temp.	TMD	1979 2005
1266	425201	05	A. Muang	Suphan Buri	Rain/Temp.	TMD	1979 2005
1267	455201	05	Queen Sirikit National Convention Center(Khlong	Bangkok	Rain/Temp.	TMD	1979 2006
1268	459205	05	Laem Chabang International Golf, A. Si Racha	Chon Buri	Rain	TMD	1992 2005
1269	478301	05	Huai Phong Agrometeorlogical Station	Rayong	Rain/Temp	TMD	1979 2000
1270	327005	05	A. Mae Taeng	Chiang Mai	Rain	TMD	2001 2006
1271	327016	05	A. Chiang Dao	Chiang Mai	Rain	TMD	2001 2006
1272	327032	05	A. Mae Wang	Chiang Mai	Rain	TMD	2001 2006
1273	328002	05	A. Mae Tha	Lampang	Rain	TMD	2001 2006
1274	331010	05	A. Ban Laung	Nan	Rain	TMD	2001 2006
1275	331011	05	A. Bo Klua	Nan	Rain	TMD	2001 2001
1276	331012	05	A. Chaleam Prakiat	Nan	Rain	TMD	2006
1277	331013	05	K.A. Phu Peang	Nan	Rain	TMD	2006
1278	331014	05	A. Thawangpha	Nan	Rain	TMD	2006 2006
1279	331015	05	A. Namuen	Nan	Rain	TMD	2006 2006
1280	379005	05	A. Sri Thep	Phetchabun	Rain	TMD	2001 2006
1281	402007	05	K.A. Nong Mamong	Chai Nat	Rain	TMD	2002 2002
1282	412001	05	A. Muang	Ang Thong	Rain	TMD	2001 2006
1283	412003	05	A. Pa Mok	Ang Thong	Rain	TMD	2001 2006
1284	415006	05	A. Bang Sai (Left)	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	TMD	2001 2005
1285	415007	05	A. Phak Hai	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	TMD	2001 2006
1286	415010	05	A. Ban Phraek	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	TMD	2001 2006
1287	415013	05	A. Wang Noi	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Rain	TMD	2001 2006
1288	424001	05	A. Muang	Ratchaburi	Rain	TMD	2004 2006
1289	424002	05	A. Pho Tharam	Ratchaburi	Rain	TMD	2001 2006
1290	424003	05	A. Damnoen Saduak	Ratchaburi	Rain	TMD	2001 2006
1291	424004	05	A. Pak Tho	Ratchaburi	Rain	TMD	2001 2004
1292	424005	05	A. Ban Pong	Ratchaburi	Rain	TMD	2001 2006
1293	424006	05	A. Chom Bung	Ratchaburi	Rain	TMD	2001 2005

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
1294	424007	06	A. Wat Phleng	Ratchaburi	Rain	TMD	2001 2004
1295	424008	06	A. Suan Phung	Ratchaburi	Rain	TMD	2001 2006
1296	424009	06	A. Bang Phae	Ratchaburi	Rain	TMD	2001 2006
1297	440019	06	K.A. Wang Somboon	Sa Kaeo	Rain	TMD	2005 2006
1298	455083	06	A. Bangkok Noi(Horticultural Research)	Bangkok	Rain	TMD	2001 2004
1299	459008	06	A. Nong Yai	Chon Buri	Rain	TMD	2005 2006
1300	478008	06	K.A. Kao Chamao	Rayong	Rain	TMD	2001 2006
1301	500001	06	A. Pran Buri	Prachuap Khiri Khan	Rain	TMD	2005 2006
1302	500002	06	A. Bang Saphan	Prachuap Khiri Khan	Rain	TMD	2005 2006
1303	500003	06	A. Kui Buri	Prachuap Khiri Khan	Rain	TMD	2005 2006
1304	500004	06	A. Thap Sakae	Prachuap Khiri Khan	Rain	TMD	2005 2006
1305	500027	06	A. Bang Sapan Noi	Prachuap Khiri Khan	Rain	TMD	2006 2006
1306	501001	06	A. Muang	Trat	Rain	TMD	2001 2006
1307	501005	06	K.A. Ko Kut	Trat	Rain	TMD	2005 2006
1308	501006	06	A. Laem Ngop	Trat	Rain	TMD	2001 2006
1309	501007	06	K.A. Ko Chang	Trat	Rain	TMD	2005 2006
1310	517001	06	A. Tha Sae	Chumphon	Rain	TMD	2005 2005
1311	517002	06	A. Lang Suan	Chumphon	Rain	TMD	2005 2006
1312	517003	06	A. Phato	Chumphon	Rain	TMD	2005 2006
1313	517004	06	A. La Mae	Chumphon	Rain	TMD	2005 2006
1314	517005	06	A. Sawi	Chumphon	Rain	TMD	2005 2006
1315	517006	06	A. Pathiu	Chumphon	Rain	TMD	2005 2006
1316	517007	06	A. Thung Tako	Chumphon	Rain	TMD	2005 2005
1317	532001	06	A. Kra Buri	Ranong	Rain	TMD	2005 2006
1318	532002	06	A. Kapoe	Ranong	Rain	TMD	2005 2006
1319	532003	06	A. La un	Ranong	Rain	TMD	2005 2005
1320	532006	06	K.A. Suksamran	Ranong	Rain	TMD	2005 2006
1321	551001	06	A. Chaiya	Surat Thani	Rain	TMD	2005 2006
1322	551002	06	A. Ban Na San	Surat Thani	Rain	TMD	2005 2006
1323	551003	06	A. Kanchanadit	Surat Thani	Rain	TMD	2005 2006
1324	551004	06	A. Khiri Ratthanikhom	Surat Thani	Rain	TMD	2005 2006
1325	551005	06	A. Ko Samui	Surat Thani	Rain	TMD	2005 2005
1326	551007	06	A. Tha Chang	Surat Thani	Rain	TMD	2005 2006
1327	551008	06	A. Don Sak	Surat Thani	Rain	TMD	2005 2005
1328	551009	06	A. Phunphin	Surat Thani	Rain	TMD	2005 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
1329	551010	06	A. Tha Chana	Surat Thani	Rain	TMD	2005 2006
1330	551011	06	A. Phanom	Surat Thani	Rain	TMD	2005 2006
1331	551014	06	A. Wiang Sa	Surat Thani	Rain	TMD	2005 2005
1332	551016	06	A. Chai Buri	Surat Thani	Rain	TMD	2005 2006
1333	551017	06	A. Khian Za	Surat Thani	Rain	TMD	2005 2005
1334	551018	06	A. Ko Pha ngan	Surat Thani	Rain	TMD	2005 2006
1335	551019	06	K.A. Viphavadi	Surat Thani	Rain	TMD	2005 2006
1336	552001	06	A. Thung Song	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2006
1337	552003	06	A. Hua Sai	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2006
1338	552004	06	A. Pak Phanang	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2005
1339	552005	06	A. Tha Sala	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2006
1340	552006	06	A. Sichon	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2006
1341	552007	06	A. Ron Phibun	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2005
1342	552008	06	A. Thung Yai (Tha Yang)	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2006
1343	552009	06	A. Khanom	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2006
1344	552010	06	A. Cha Uat	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2006
1345	552011	06	A. Chian Yai	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2006
1346	552012	06	A. Lan Saka	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2006
1347	552013	06	A. Bang Khan	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2006
1348	552016	06	A. Phipun	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2006
1349	552017	06	A. Nabon	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2006
1350	552018	06	A. Phrom Khiri	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2006
1351	552019	06	K.A. Tham Phannapha	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2006
1352	552020	06	K.A. Phra Phrom	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2005
1353	552021	06	K.A. Nop Phi Tam	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2006
1354	552022	07	K.A. Chang Klang	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2005
1355	552023	07	A. Chaleam Prakiat	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2005
1356	552025	07	A. Chulaporn	Nakhon Si Thammarat	Rain	TMD	2005 2005
1357	560001	07	A. Muang	Phatthalung	Rain	TMD	2005 2006
1358	560002	07	A. Khuan Khanun	Phatthalung	Rain	TMD	2005 2006
1359	560003	07	A. Pak Phayun	Phatthalung	Rain	TMD	2005 2006
1360	560004	07	A. Khao Chaison	Phatthalung	Rain	TMD	2005 2006
1361	560011	07	A. Ta Mot	Phatthalung	Rain	TMD	2005 2006
1362	560012	07	A. Kong Ra	Phatthalung	Rain	TMD	2005 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
1363	560013	07	A. Pa Bon	Phatthalung	Rain	TMD	2005 2006
1364	560014	07	A. Sibanphot	Phatthalung	Rain	TMD	2005 2006
1365	560015	07	K.A. Pa Phayom	Phatthalung	Rain	TMD	2005 2006
1366	560016	07	K.A. Bang Kaew	Phatthalung	Rain	TMD	2005 2006
1367	560017	07	K.A. Srinakarin	Phatthalung	Rain	TMD	2006 2006
1368	561001	07	A. Muang	Phang Nga	Rain	TMD	2005 2005
1369	561002	07	A. Thap Put	Phang Nga	Rain	TMD	2005 2006
1370	561003	07	A. Thai Muang	Phang Nga	Rain	TMD	2005 2006
1371	561004	08	A. Takua Pa	Phang Nga	Rain	TMD	2006 2006
1372	561005	08	A. Khuraburi	Phang Nga	Rain	TMD	2005 2005
1373	561006	08	A. Takua Thung	Phang Nga	Rain	TMD	2005 2006
1374	561007	08	A. Kapong	Phang Nga	Rain	TMD	2005 2006
1375	561008	08	A. Ko Yao	Phang Nga	Rain	TMD	2005 2006
1376	564001	08	A. Thalang	Phang Nga	Rain	TMD	2005 2006
1377	566001	08	A. Muang	Krabi	Rain	TMD	2001 2006
1378	566002	08	A. Ko Lanta	Krabi	Rain	TMD	2001 2003
1379	566003	08	A. Khlong Thom	Krabi	Rain	TMD	2001 2003
1380	566004	08	A. Ao Luk	Krabi	Rain	TMD	2001 2006
1381	567002	08	A. Huai Yot	Trang	Rain	TMD	2005 2006
1382	567003	08	A. Kantang	Trang	Rain	TMD	2005 2006
1383	567004	08	A. Palian	Trang	Rain	TMD	2005 2006
1384	567005	08	A. Sikao	Trang	Rain	TMD	2005 2006
1385	567006	08	A. Yan Ta Khao	Trang	Rain	TMD	2005 2005
1386	567010	08	A. Wang Wiset	Trang	Rain	TMD	2005 2006
1387	567011	08	A. Nayong	Trang	Rain	TMD	2005 2006
1388	567012	08	K.A. Rachada	Trang	Rain	TMD	2005 2006
1389	567014	08	K.A. Hat Samran	Trang	Rain	TMD	2005 2006
1390	568001	08	A. Ranot	Songkhla	Rain	TMD	2005 2006
1391	568002	08	A. Hat Yai	Songkhla	Rain	TMD	2005 2006
1392	568003	08	A. Sadao	Songkhla	Rain	TMD	2005 2006
1393	568004	08	A. Thepha	Songkhla	Rain	TMD	2005 2006
1394	568005	08	A. Rattaphum	Songkhla	Rain	TMD	2005 2006
1395	568006	08	A. Chana	Songkhla	Rain	TMD	2005 2006
1396	568007	08	A. Sathing Phra	Songkhla	Rain	TMD	2005 2006
1397	568008	08	A. Na Thawi	Songkhla	Rain	TMD	2005 2006
1398	568009	08	A. Saba Yoi	Songkhla	Rain	TMD	2005 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
1399	568010	08	A. Namom	Songkhla	Rain	TMD	2005 2006
1400	568011	08	A. Krasae Sin	Songkhla	Rain	TMD	2005 2006
1401	568014	08	A. Khuan Niang	Songkhla	Rain	TMD	2005 2006
1402	568015	08	K.A. KHLONG Hoi Khong	Songkhla	Rain	TMD	2005 2006
1403	568016	08	A. Sing Ha Nakhon	Songkhla	Rain	TMD	2005 2006
1404	568017	08	A. Bang Klum	Songkhla	Rain	TMD	2005 2006
1405	570001	08	A. Muang	Satun	Rain	TMD	2005 2005
1406	570002	08	A. Langu	Satun	Rain	TMD	2005 2006
1407	570003	08	A. Thung Wa	Satun	Rain	TMD	2005 2005
1408	570005	08	A. Khuan Kalong	Satun	Rain	TMD	2005 2006
1409	570006	08	A.Khuan Don	Satun	Rain	TMD	2005 2006
1410	570007	08	A. Tha Phae	Satun	Rain	TMD	2005 2006
1411	580001	08	A. Muang	Pattani	Rain	TMD	2005 2006
1412	580002	08	A. Sai Buri	Pattani	Rain	TMD	2005 2006
1413	580003	08	A. Yarang	Pattani	Rain	TMD	2005 2006
1414	580004	08	A. Khok Pho	Pattani	Rain	TMD	2005 2006
1415	580005	08	A. Panare	Pattani	Rain	TMD	2005 2006
1416	580006	08	A. Mayor	Pattani	Rain	TMD	2005 2006
1417	580007	08	A. Nong Chik	Pattani	Rain	TMD	2005 2006
1418	580008	08	A. Yaring	Pattani	Rain	TMD	2005 2006
1419	580009	08	A. Ka Phaw	Pattani	Rain	TMD	2006 2006
1420	580010	08	A. Mai Kaen	Pattani	Rain	TMD	2005 2006
1421	580012	08	A. Thung Yang Daeng	Pattani	Rain	TMD	2005 2006
1422	580013	08	A. Mae Lan	Pattani	Rain	TMD	2005 2006
1423	581001	08	A. Muang	Yala	Rain	TMD	2005 2006
1424	581002	08	A. Raman	Yala	Rain	TMD	2005 2006
1425	581003	08	A. Yaha	Yala	Rain	TMD	2005 2006
1426	581004	08	A. Bannang Sata	Yala	Rain	TMD	2005 2006
1427	581005	08	A. Betong	Yala	Rain	TMD	2005 2006
1428	583001	08	A. Yi Ngo	Narathiwat	Rain	TMD	2005 2006
1429	583002	08	A. Sumgai Padi	Narathiwat	Rain	TMD	2005 2006
1430	583003	08	A. Rangae	Narathiwat	Rain	TMD	2005 2006
1431	583004	08	A. Tak Bai	Narathiwat	Rain	TMD	2005 2006
1432	583005	08	A. Sungai Kolok	Narathiwat	Rain	TMD	2005 2006
1433	583006	08	A. Bacho	Narathiwat	Rain	TMD	2005 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
1434	583007	08	A. Ruso	Narathiwat	Rain	TMD	2005 2006
1435	583008	08	A. Waeng A.	Narathiwat	Rain	TMD	2005 2006
1436	583009	08	Cha Nae A.	Narathiwat	Rain	TMD	2005 2005
1437	583011	08	Su Khirin	Narathiwat	Rain	TMD	2005 2006
1438	583014	08	K.A. Cho Irong	Narathiwat	Rain	TMD	2005 2006
1439	300001	08	A. Khun Yuam	Mae Hong Son	Rain	TMD	2001 2006
1440	300002	08	A. Pai	Mae Hong Son	Rain	TMD	2002 2006
1441	300003	08	A. Mae La Noi	Mae Hong Son	Rain	TMD	2001 2006
1442	303017	08	K.A. Weing Cheng Rung	Chiang Rai	Rain	TMD	2006 2006
1443	327017	08	A. Mae Ai	Chiang Rai	Rain	TMD	2001 2006
1444	455048	08	A. Lat Krabang	Bangkok	Rain	TMD	2001 2006
1445	465001	08	A. Muang	Phetchaburi	Rain	TMD	2001 2006
1446	465002	08	A. Cha Am	Phetchaburi	Rain	TMD	2001 2006
1447	465003	08	A. Khao Yoi	Phetchaburi	Rain	TMD	2001 2006
1448	465004	08	A. Ban Lat	Phetchaburi	Rain	TMD	2001 2006
1449	465005	08	A. Tha Yang	Phetchaburi	Rain	TMD	2001 2006
1450	465006	08	A. Ban Laem	Phetchaburi	Rain	TMD	2005 2006
1451	465007	08	A. Nong Ya Plong	Phetchaburi	Rain	TMD	2001 2006
1452	327301	08	A. San Sai	Chiang Mai	Temp.	TMD	1979 2006
1453	327501	08	A. Mae Rim	Chiang Mai	Temp.	TMD	1979 2006
1454	303201	08	A. Mueang Chiang Rai	Chiang Rai	Temp.	TMD	1979 2006
1455	303301	08	A. Mueang Chiang Rai	Chiang Rai	Temp.	TMD	1979 2006
1456	379201	08	A. Mueang Phetchabun	Phetchabun	Temp.	TMD	1979 2006
1457	379401	08	A. Lom Sak	Phetchabun	Temp.	TMD	1979 2006
1458	353201	08	A. Mueang Loei	Loei	Temp.	TMD	1979 2006
1459	353301	08	A. Mueang Loei	Loei	Temp.	TMD	1979 2006
1460	330201	08	A. Mueang Phrae	Phrae	Temp.	TMD	1979 2006
1461	455301	08	A. Bang Na	Bangkok	Temp.	TMD	1979 2006
1462	455601	08	A. Don Mueang	Bangkok	Temp.	TMD	1979 2006
1463	450201	08	A. Mueang Kanchanaburi	Kanchanaburi	Temp.	TMD	1979 2006
1464	450401	08	A. Thong Pha Phum	Kanchanaburi	Temp.	TMD	1979 2006
1465	380201	08	A. Mueang Kamphaeng Phet	Kamphaeng Phet	Temp.	TMD	1979 2006
1466	381201	08	A. Mueang Khon Kaen	Khon Kaen	Temp.	TMD	1979 2006
1467	480201	08	A. Mueang Chanthaburi	Chanthaburi	Temp.	TMD	1979 2006
1468	480301	08	A. Laem Sing	Chanthaburi	Temp.	TMD	1979 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
1469	423301	08	A. Mueang Chachoengsao	Chachoengsao	Temp.	TMD	1979 2006
1470	459201	08	A. Mueang Chon Buri	Chon Buri	Temp.	TMD	1979 2006
1471	459203	08	A. Bang Lamung	Chon Buri	Temp.	TMD	1979 2006
1472	402301	08	A. Sapphaya	Chai Nat	Temp.	TMD	1979 2006
1473	403201	08	A. Mueang Chaiyaphum	Chaiyaphum	Temp.	TMD	1979 2006
1474	517301	08	A. Sawi	Chumphon	Temp.	TMD	1979 2006
1475	501201	08	A. Khlong Yai	Trat	Temp.	TMD	1979 2006
1476	376202	08	A. Mae Sot	Tak	Temp.	TMD	1979 2006
1477	376401	08	A. Umphang	Tak	Temp.	TMD	1979 2006
1478	451301	08	A. Kamphaeng Saen	Nakhon Pathom	Temp.	TMD	1979 2006
1479	357201	08	A. Mueang Nakhon Phanom	Nakhon Pathom	Temp.	TMD	1979 2006
1480	431201	08	A. Mueang Nakhon Ratchasima	Nakhon Ratchasima	Temp.	TMD	1979 2006
1481	431301	08	A. Pak Chong	Nakhon Ratchasima	Temp.	TMD	1979 2006
1482	431401	08	A. Chok Chai	Nakhon Ratchasima	Temp.	TMD	1979 2006
1483	552301	08	A. Pak Phanang	Nakhon Si	Temp.	TMD	1979 2006
1484	552401	08	A. Chawang	Nakhon Si	Temp.	TMD	1979 2006
1485	376201	08	A. Mae Wong	Nakhon Sawan	Temp.	TMD	1979 2006
1486	400201	08	A. Mueang Nakhon Sawan	Nakhon Sawan	Temp.	TMD	1979 2006
1487	400301	09	A. Tak Fa	Nakhon Sawan	Temp.	TMD	1979 2006
1488	331201	09	A. Mueang Nan	Nan	Temp.	TMD	1979 2006
1489	331301	09	A. Mueang Nan	Nan	Temp.	TMD	1979 2006
1490	331401	09	A. Tha Wang Pha	Nan	Temp.	TMD	1979 2006
1491	436401	09	A. Nang Rong	Buri Ram	Temp.	TMD	1979 2006
1492	500301	09	A. Hua Hin	Prachuap Khiri Khan	Temp.	TMD	1979 2006
1493	430201	09	A. Mueang Prachin Buri	Prachin Buri	Temp.	TMD	1979 2006
1494	430401	09	A. Kabin Buri	Prachin Buri	Temp.	TMD	1979 2006
1495	310201	09	A. Mueang Phayao	Phayao	Temp.	TMD	1979 2006
1496	386301	09	A. Mueang Phichit	Phichit	Temp.	TMD	1979 2006
1497	564202	09	A. Thalang	Phuket	Temp.	TMD	1979 2006
1498	387401	09	A. Kosum Phisai	Maha Sarakham	Temp.	TMD	1979 2006
1499	383201	09	A. Mueang Mukdahan	Mukdahan	Temp.	TMD	1979 2006
1500	581301	09	A. Mueang Yala	Yala	Temp.	TMD	1979 2006
1501	405201	09	A. Mueang Roi Et	Roi Et	Temp.	TMD	1979 2006
1502	459204	09	A. Ban Chang	Rayong	Temp.	TMD	1979 2006
1503	478201	09	A. Mueang Rayong	Rayong	Temp.	TMD	1979 2006

ตารางที่ ก 1-1 สถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทย (ต่อ)

No	Station	GB Code	Station Name	Province	Climate	Agency	Period
1504	424301	09	A. Mueang Ratchaburi	Ratchaburi	Temp.	TMD	1979 2006
1505	426201	09	A. Mueang Lop Buri	Lop Buri	Temp.	TMD	1979 2006
1506	426401	09	A. Chai Badan	Lop Buri	Temp.	TMD	1979 2006
1507	328201	09	A. Mueang Lampang	Lampang	Temp.	TMD	1979 2006
1508	328301	09	A. Hang Chat	Lampang	Temp.	TMD	1979 2006
1509	329201	09	A. Mueang Lamphun	Lamphun	Temp.	TMD	1979 2006
1510	409301	09	A. Mueang Si Sa Ket	Si Sa Ket	Temp.	TMD	1979 2006
1511	356201	09	A. Mueang Sakon Nakhon	Sakon Nakhon	Temp.	TMD	1979 2006
1512	356301	09	A. Mueang Sakon Nakhon	Sakon Nakhon	Temp.	TMD	1979 2006
1513	568301	09	A. Hat Yai	Songkhla	Temp.	TMD	1979 2006
1514	440201	09	A. Aranyaprathet	Sa Kaeo	Temp.	TMD	1979 2006
1515	440401	09	A. Aranyaprathet	Sa Kaeo	Temp.	TMD	1979 2006
1516	373301	09	A. Si Samrong	Sukhothai	Temp.	TMD	1979 2006
1517	425301	09	A. U Thong	Suphan Buri	Temp.	TMD	1979 2006
1518	551201	09	A. Mueang Surat Thani	Surat Thani	Temp.	TMD	1979 2006
1519	551301	09	A. Kanchanadit	Surat Thani	Temp.	TMD	1979 2006
1520	551401	09	A. Phrasaeng	Surat Thani	Temp.	TMD	1979 2006
1521	432201	09	A. Mueang Surin	Surin	Temp.	TMD	1979 2006
1522	432301	09	A. Mueang Surin	Surin	Temp.	TMD	1979 2006
1523	432401	09	A. Tha Tum	Surin	Temp.	TMD	1979 2006
1524	352201	09	A. Mueang Nong Khai	Nong Khai	Temp.	TMD	1979 2006
1525	354201	09	A. Mueang Udon Thani	Udon Thani	Temp.	TMD	1979 2006
1526	351201	09	A. Mueang Uttaradit	Uttaradit	Temp.	TMD	1979 2006
1527	407301	09	A. Sawang Wirawong	Ubon Ratchathani	Temp.	TMD	1979 2006
1528	407501	09	A. Mueang Ubon Ratchathani	Ubon Ratchathani	Temp.	TMD	1979 2006

ภาคผนวก ข

บทความประชุมวิชาการ

PAWEES 2012 International Conference
Challenges of Water & Environmental Management in Monsoon Asia
27-29 November 2012, Thailand

Climate change impact assessment in Sukhothai province: intercomparison between three Global Climate Models

P. Hanittinan, S. Koontanakulvong

Department of Water Resources Engineering, faculty of engineering, Chulalongkorn University, Thailand

Abstract. Yom river is in an upper part of greater-Chaopraya basin, where is a main rice bowl for Thailand food and export production. Besides, the Yom basin is only the basin which has no major reservoir storage that can regulate flow of water throughout the year. Therefore, flood and drought are common phenomena in the basin and cause regular damages to the farmer and communities. During year 2011, Sukhothai Province had suffered flooding events, which caused the inconvenient situation for local authorities. Although, the authorities concerned had studied and set up flood mitigation schemes for the area, the impact of climate change may cause changes in flow patterns, quantities and intensities in the area. These proposed schemes may not be adequate to tackle the flooding. In this study, we use three bias-corrected SRES A1B Global Climate Models (GCMs), namely, MRI-AGCM 3.2, ECHAM5 and CSIRO-MK3- to simulate precipitation scenarios in two future timeframes, which are near future period (2015 – 2039) and far future period (2075 – 2099). Bias-correction method exhibits ability of reducing biases from the frequency and amount when compared with observed and computed values at grid nodes; based on spatially interpolated observed rainfall data. Finally, the hydrologic model, HEC – HMS, is applied to simulate the impact of climate change toward runoff (peak discharge, flood volume) for the Yom river basin and exclusively in Sukhothai province based on the improved GCM precipitation.

Keywords. *Climate change, Global Climate Models, bias correction, Yom basin, Sukhothai province*

S. Koontanakulvong (sucharit.k@chula.ac.th)
Associate professor at department of water resources engineering, Chulalongkorn University, Thailand
Tel. (+66)0-2218-6426
P. Hanittinan
Graduate student
Department of water resources engineering, Chulalongkorn University, Thailand
Patinya.H@Student.chula.ac.th

Introduction

The South East Asia region, which is mostly a developing country, is vulnerable to climate change and its variability, including sea level rise, shift of weather pattern and more frequent occurrence of floods and droughts. The range of temperature variation from global climate models projected that mean temperature; precipitation and runoff in the end of century for this part of the world are found to be 1.0 to 4.5 °C, -20 to +20 %, and -10 to +30%, respectively (IPCC, 2007). These kinds of changes on climate characteristics will have direct effect on hydrologic system, reservoir operation and water management in basin-wise scale. Rainfall and runoff tend to increase and decrease in some area. Changing rainfall pattern of upper part of watershed has so many effects; for instance, rules of reservoir operation have to change in order to practically response to the climate change. Consequently, water demand for each activity in the downstream also faces considerable uncertainties in the future and availability of water supply, particularly in the irrigation system. Furthermore, flood management in wet season has to be adjusted. Although, climate projection data generally provide useful information about temperature and precipitation in the future, broad spectrums of projected range imply that the results of the climatic models cannot be directly used in analyzing the water resources management situation at basin level using hydrologic models. The mismatch between relatively coarse resolutions of Global Climate Models (GCMs) and fine resolution of hydrologic models is the major drawback in climate change impact assessment on water resources at basin level. However, output of climate models can be more efficiently utilized by consideration on its coarse resolution and statistical biasness. Many GCMs are also available with satisfactory high temporal resolution data output at daily or at even lesser time intervals that can serve the basic need of hydrologic simulation. However, gap still remains in constructing credible technique to minimize these biases and to downscale the spatial resolution of the GCMs. Despite being important tools to project the expected scenarios of climate parameters, GCMs contain biases when compared to observed data due to parameterized systems and large hundred kilometers-plus grid sizes. These types of error are

considered insignificant when applying for the estimation of climate change impact at regional level or larger. But, such biased climate model scenarios are not suitable for their use in hydrologic models to analyze effect of climate change impact at basin level. Bias correction method can largely eliminate this kind of problems with added emphasis on statistical characteristics of historical climate data. Generally, bias correction can be divided to two types, namely, rescaling and quantile-based methods. Rescaling is the simplest bias correction method that aims to improve the systematic error in the mean precipitation amount. A quantile-based bias correction is useful to statistically transform rainfall simulated by GCMs to bias-corrected data and to make it applicable to impact assessment model (Wood et al., 2002; Hamlet et al., 2003; Sharma et al., 2007). Ines and Hansen (2006) applied empirical-gamma transformation and multiplicative shift methods to correct the frequency and intensity distribution of daily GCM rainfall for a particular station and then applied it for crop yield simulation. All of these techniques improved the results of maize yield simulation and also indicated the significance of bias correction

Low spatial resolution of GCMs is another crucial issue to be considered before applying its output to hydrologic simulation model. Currently, there are numerous techniques available to downscale the climate models data to a high spatial resolution. No downscaling method is available with perfection, therefore the technique used to interpret GCM simulations should be based on the objective of the research (Hamlet et al., 2003). Statistical and dynamical downscaling methods are available for correcting GCM prediction related to climate parameters at local scale (Wilby and Wigley, 1997; Wilby et al., 1998; Wood et al., 2002). Statistical downscaling approaches are generally applied to aggregate rather than daily time scale, the perfect prognosis assumption required make them quite susceptible to GCM biases.

The focus of the present paper is to ameliorate GCMs precipitation output for further use in hydrologic model by applying the bias-correction method on two dynamically-downscaled GCMs (MRI – AGCM 3.1S and ECHAM5) and one raw GCM (CSIRO – MK3) at their grid nodes. The Yom River Basin, northern Thailand, is selected for the application of the approach.

Study area

The Yom River Basin (basin code 08) is one of the eight sub-basins in greater Chao Phraya River Basin**.** It stretches from latitude 15° 50′ N to 19° 25′ N and from longitude 99° 16′ E to 100° 40′ E, with a watershed area of 23,616 km^2 (Fig. 1). It covers about 16.56 % of the Chao Phraya River Basin. Mean annual rainfall is at 1,143 mm and contributes to 26,990 MCM of the total average annual runoff. Terraced mountains mainly characterize the topography of upper Yom Basin from Phayao province to Phrae province, and then followed by floodplains area at Sukhothai, Pichit and part of Phitsanulok province. Besides, the Yom Basin is the only major river basin which has no large scale reservoir that can regulate the water flow during whole year. Therefore, flood and drought phenomena are common for this basin and cause regular damages to the farmers and communities. The weather is mainly influenced by the Southwest and Northeast monsoon. It also influenced by the depression from the South China Sea during July and September, resulting relatively in abundant rainfall from May to October. Nearly 85 % of rain occurs during rainy season (May-October). Water demand of Yom river basin in the Year 2006 was 2,325 MCM and it is expected to continually increasing into the future. Climate change and its variability can significantly impact on water resources of the basin. Analysis of extreme precipitation events in this river basin reveals the general tendency of decrease in precipitation.

Daily observed precipitation data for the period 1979 – 2006 is obtained from the Thai Royal Irrigation Department (RID) and Thailand Meteorological Department (TMD) for 258 stations, combining the station in Yom and others upper-Chaophraya basins, as shown in figure 2.

Characteristics of GCMs in the study

Three GCMs (MRI – AGCM 3.1S, PRECIS-ECHAM5 and CSIRO – MK3) are selected due to its easy accessibility, high temporal (daily) and spatial resolution as compared to other climate models.

MRI – AGCM 3.1S is a super high-resolution 20-km-mesh Atmospheric General Circulation Models (AGCMs). The simulations were performed on the Earth Simulator at a triangular truncation 959, with the linear Gaussian grid (TL959) in the horizontal, in which transformed grid uses 1920 × 960 grid cells, corresponding to the grid size of about 20 km. The model has 60 layers in vertical dimension with uppermost pressure at 0.1 hPa (Mizuta et al., 2006).

PRECIS-ECHAM5 is a fifth-generation, super high-resolution 20-km-mesh developed at the Max Planck Institute of Meteorology (MPIM), using the weather forecasting model (ECMWF). The model uses 19-layer atmosphere and an 11-layer ocean (Roeckner et al., 1996)

CSIRO – MK3 is a coupled Atmospheric Ocean Global Climate Models (AOGCM) developed at the Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), which specifically using horizontal spectral resolution TL959 ($0.18^\circ \times 0.18^\circ$) with 18 vertical levels. It is also being noted that the spectral contains a Semi-Lagrangian Transport (SLT) method for the moisture components and atmospheric tracers such as aerosols. The total number of grid boxes

in the horizontal for the AOGCM is 18,432. The vertical coordinate of the AGCM are at 18 levels.

Methodology

Bias correction method

Variability of rainfall largely depends on its frequency and amount, and it is even difficult to estimate average rainfall in a particular region. In this study, Gamma – Gamma (GG) transformation is used to reduce the gap between the daily GCM and observed rainfalls using two-step bias correction procedure proposed by Ines and Hansen (2006) that adjusts GCM rainfall to approximate the long-term frequency and intensity distribution observed at a given station. The correction involves truncating the GCM rainfall distribution at a point that approximately reproduces the long-term observed relative frequency of rainfall, then mapping the truncated GCM rainfall intensity distribution onto a gamma distribution fitted to observed intensity distribution. These methods for truncating distributions and mapping one distribution onto another are well established in probabilistic modeling (e.g., Law and Kelton, 1982). The steps are as follows:

1. Establish the empirical distributions, F(x), by first classifying long-term daily rainfall for each month, based on positions of the ordered datasets. The empirical distribution function F(x) can be selected from a variety of available standard probability plotting methods. However, in present study, Weibull procedure is used as given in Eq. (1):

$$F(x) = \frac{n}{m+1} \tag{1}$$

Where n is the position of x in the ordered array, and m is the total number of data in the array. This should be followed by calculation of threshold value ($x^{\%}_{GCM}$), derived from the empirical distribution of daily historical rainfall data, to truncate the empirical distribution of the raw daily GCM rainfall for that particular month. Basically, F (x_{his}=0) is determined and then mapped to the daily GCMs rainfall distribution.

2. GG transformation method is selected for rainfall amount correction. For GG transformation, the truncated daily GCM rainfall and historical data are fitted into two-parameter gamma distribution (Eq. 2) and then the cumulative distribution (Eq. 3) of the truncated daily GCM rainfall is mapped into cumulative distribution function of the truncated historical data (Eq.4). The shape and scale parameters (α and β) for each Gamma distribution are determined using Maximum Likelihood Estimation.

$$f(x;\alpha,\beta) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} \exp(-\frac{x}{\beta});$$
$$x \geq x_{Trunc} \tag{2}$$

$$F(x;\alpha,\beta) = \int_{x_{Trunc}}^{x} f(t)dt \tag{3}$$

$$F(x_{GCM};\alpha,\beta\big|_{GCM} \Rightarrow F(x_{His};\alpha,\beta\big|_{His}) \tag{4}$$

The corrected GCM rainfall amount for that particular day can be computed by taking the inverse of Eq. (4) such that:

$$x'_{GCM} = F^{-1}\left\{F\left(x_{His};a,\beta\big|_{His}\right)\right\} \tag{5}$$

The bias corrected rainfall method is applied to MRI – AGCM 3.2S, PRECIS-ECHAM5 and CSIRO-MK3, which all using SRES scenario A1B relative to spatially interpolated rainfall at GCM grid node. Inverse Distance Weighted (IDW) method is used to estimate the spatial average rainfall at grid node from observed daily rainfall (Shepard, 1967). Correlation coefficient (R), Root Mean Square Error (RMSE) and Standard Deviation (SD) are determined to assess the overall ability of the bias-correction method. The quality of bias-corrected rainfall on monthly scale is evaluated using the MSE skill score with the raw GCM as a reference and formulated as:

$$\text{Skill Score, SS} = 1 - \frac{MSE_{corrected}}{MSE_{raw}} \tag{6}$$

Where $MSE_{corrected}$ and MSE_{raw} are Mean Square errors of the bias-corrected GCM and raw GCM data.

$$F(x_i) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i f(x_i) \tag{7}$$

$$\lambda_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{i=1}^{n} h_i^{-p}} \tag{8}$$

Eq. (7) and (8) are describing IDW methods, where n is the number of scatter point in the sets, $f(x_i)$ is prescribed function value at the scatter points, λ_i is Weighting functions at assigned to each scatter points, h_i is the distance from known value point to the interpolated point, and p is power parameter (generally equals to 2)

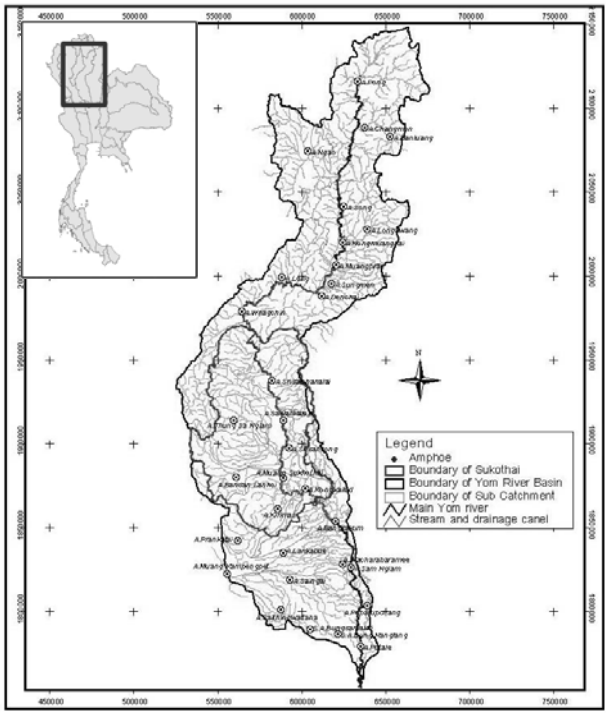


Fig. 1 The study area. Yom river basin covers 8 Northern provinces of Thailand, including Sukhothai

Results and discussion

Bias correction method

The Gamma-Gamma transformation method is applied to MRI – AGCM 3.1S, PRECIS-ECHAM5 and CSIRO – MK3 SRES A1B precipitation scenario to reduce the biases from frequency and intensity when compared with the computed frequency and amount at reference grid nodes based on spatially interpolated rainfall data. Figure 6 shows the comparative trend in mean monthly Rainfall amount, frequency and intensity for observed data, raw GCMs scenario and bias-corrected GCM scenario at each grid. Raw GCMs scenarios generally over predict the mean monthly precipitation at grid 01 for rainy season (May – October). In dry season, raw GCMs are all under predicting rainfall. It is observed that the GCM simulates continuous rain events (rain > 0.1 mm) with similar trend throughout the year. This trend of simulated rainfall contains the demarcation in seasons and results in quite correlative in the mean frequency of wet days obtained from GCMs simulation and observed data. The mean rainfall intensity is mostly of raw GCMs is found to be closely correlate with its corresponding observed value in the study domain except for the period of February to August in PRECIS-ECHAM5 and CSIRO-MK3 simulations.

Statistical parameters, which indicating the correspondence of raw GCM and bias-corrected GCM (GG-GCM scenarios) with deduced data from field observation for the monthly mean rainfall amount are provided in table 1. The standard deviation of deviation of GG-GCM precipitation data, when compared to that for the raw GCM data, is closer to the standard deviation deduced for observed values. Also there is increase in correlation coefficient for all GCMs scenarios in case of GG-GCM compared to raw GCM. For example, there is increase in correlation coefficient value from 0.76 to 0.85 in A1B scenarios of MRI – AGCM 3.1S. Also, there is increase in correlation coefficient value from 0.63 to 0.74 and 0.55 to 0.68 in A1B scenarios of PRECIS-ECHAM5 and CSIRO-MK3 respectively. A correlation coefficient of the order of 0.63-0.85 is achieved for the studied grid. The RMSE for the studied grid varies between 0.237 and 2.82. It also found that bias correction performed exceptionally well in mean monthly precipitation and its frequency in both dry and wet season in Three studied GCMs. The effect of bias-correction method is also investigated using MSE skill score, as shown in Fig.7. Positive value of the skill score indicates that the corrected data are better than the raw data, but the improvements vary with month. The improvement is relatively high during dry seasons compared with wet seasons. The high score in dry months is the effect of reduction in wet days and rainfall amount that happened to be the characteristics of each raw GCM data as explained earlier. The GG-transformation is be able to effectively reducing the biases in mean monthly rainfall amount, monthly frequency and intensity distribution of GCM precipitations when compared with the observed data. All of these biases must be seriously taken into consideration as sources of uncertainties in climate change impact studies.

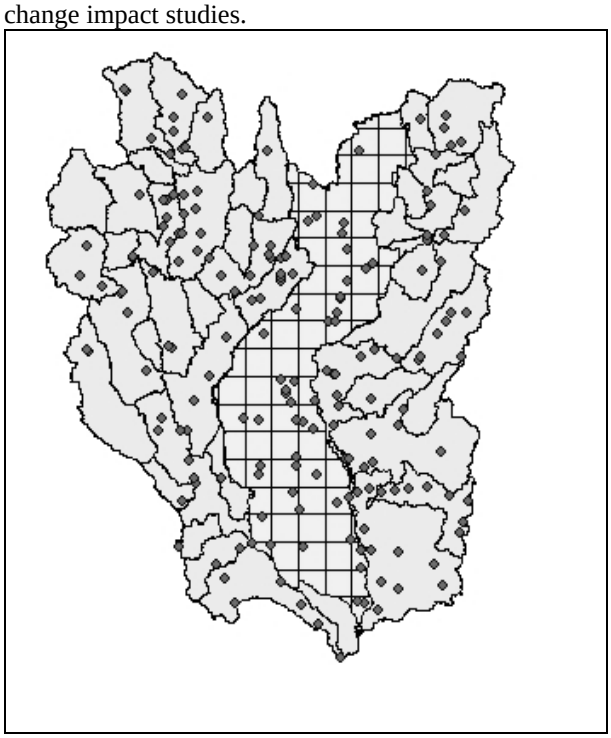


Fig. 2 The Study area and raingauge stations used in this study, which include the station from Ping, Wang and Nan River Basins

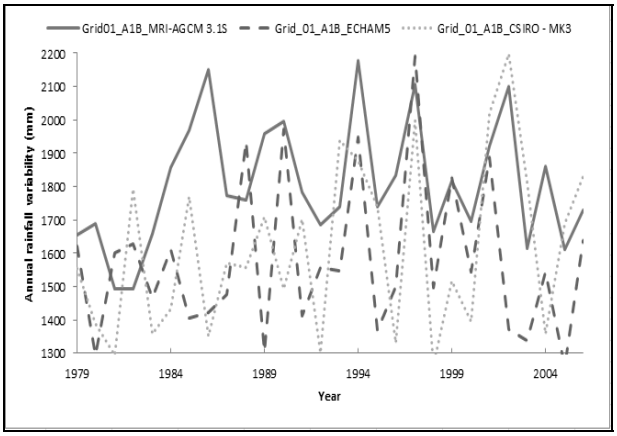


Fig.3 Inter-annual variability of 1979-2006 of three GCMs (MRI-AGCM3.1S, PRECIS-ECHAM5 and CSIRO-MK3) rainfall

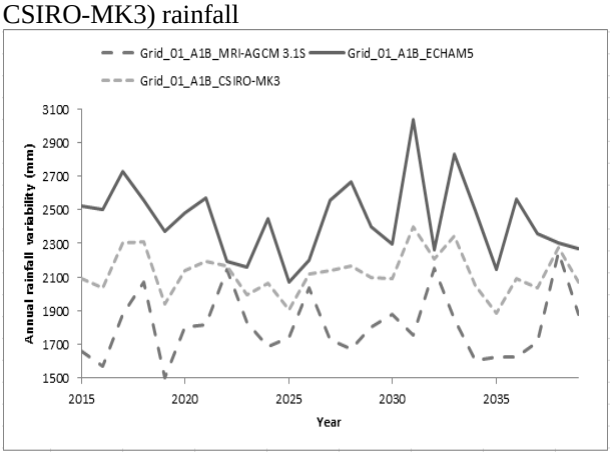


Fig.4 Inter-annual variability of 2015-2039 of three bias-corrected GCMs (MRI-AGCM3.1S, PRECIS-ECHAM5 and CSIRO-MK3) rainfall

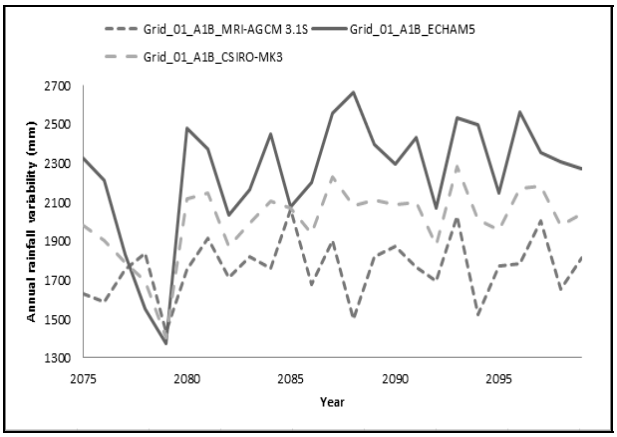


Fig.5 Inter-annual variability of 2075-2099 of three bias-corrected GCMs (MRI-AGCM3.1S, PRECIS-ECHAM5 and CSIRO-MK3) rainfall

Application: Yom River Basin

A hydrologic model is used to simulate the observed flow at the selected station in the basin using processed precipitation scenarios. The United States Army Corps of Engineers (USACE) Hydrologic Modeling System HEC-HMS (version 3.5) is used as the hydrologic model. The Yom River Basin is modeled with a focus on upper part of watershed that provides inflow to Sukhothai province. The location map of the Yom river basin and Sukhothai province are indicated in Fig. 1. A detail description of the model can be found in HEC (2010). HEC-HMS is applied with the deficit and constant loss method keeping the monthly based flow constant. MODCLARK transformation is used with Standard Hydrologic Grid (SHG) size of 2×2 km^2 for incorporating the distributed precipitation for the model. The HEC-HMS model is calibrated for the year 2005 and is verified for the year 2006 with observed daily discharge at Y.14 station in Sri Satchanalai, Sukhothai province. The coefficient of determination (R^2), Nash-Sutcliffe efficiency (EI) and absolute percentage volume error (APVE) are calculated to evaluate model performance. The R^2 values for calibration and validation period are found to be 0.71 and 0.76, respectively. The EI values for the calibration and validation are found to be 0.63 and 0.74, respectively. The APVE for calibration and verification period are found to be 1.9 % and 9.3 %, respectively.

This calibrated and validated model then used to simulate the flow from SRES A1B, bias-corrected precipitation scenarios of three GCMs and raw GCMs in year 2005-2006. Figure 7 shows the average monthly discharge to Y.14 station for the observed condition and six GCMs scenarios. These simulations show how bias correction methods are able to capture the essential features of precipitation required for accurate simulation of stream-flow in Yom River (peak flow magnitude and period, monthly discharge). It is observed that most of raw GCM precipitation misses the peak flow period and hydrologic trend (except for CSIRO-MK3). For example, the peak flows for scenario 1 occur in July, while it occurs in September for observed flow. Minimum monthly flow occurs in January for all scenarios. According to scenario 1, the simulated flows in three months (June–August) are found to be 1.67 of observed flow. But, scenario 4 reduced it to 1.2 times of observed flow. This concludes that the simulated hydrologic flows from the bias-corrected scenarios are able to capture the peak better than the raw and bias-corrected precipitation scenarios. Scenario 4 (bias-corrected MRI – AGCM3.1S precipitation) is found to be accurate in simulating the flow peak and trend as compared to other scenarios. This improvement is a result of incorporating the spatial heterogeneity in precipitation, which retains the monthly variability of flow. The large-scale precipitation is able to provide the annual and inter-seasonal information when it is downscaled at high spatial resolution.

The applied runoff modeling application in this study demonstrates temporal variation of runoff for the specified time period (2005–2006). However, the extent of assessment can be further improved by taking into account the rainfall variability (dry and wet periods) to add confidence in hydrologic simulation.

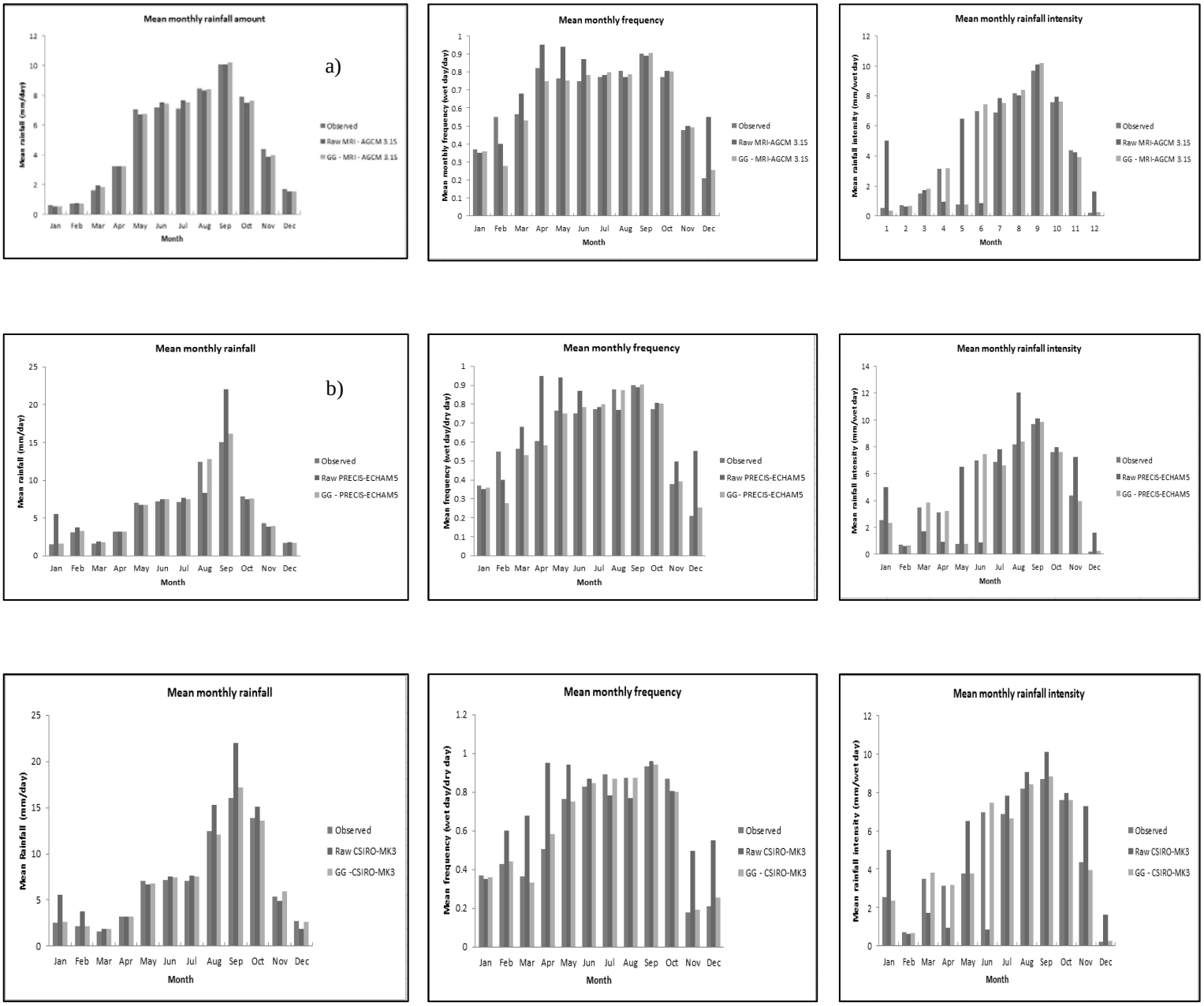
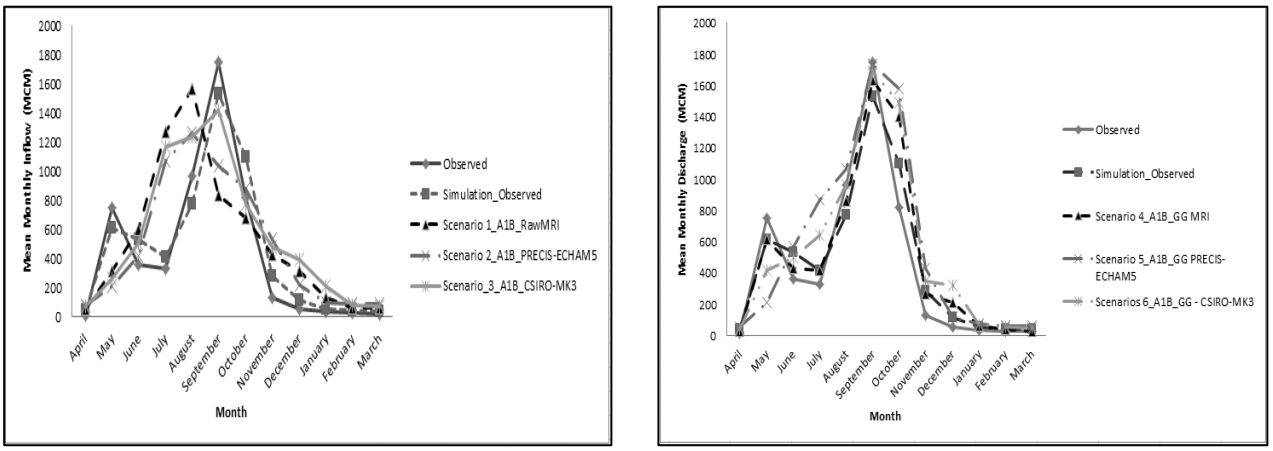


Fig. 6 Comparison of observed, raw GCM and bias-corrected GCM scenarios a) MRI – AGCM 3.1S, b) PRECIS-ECHAM5 and c) CSIRO – MK3

7 Summary and conclusions

Precipitation biases and low spatial resolution are the two main factors related to application of GCM scenarios to assess impacts of climate change on water resources at basin level. In this study, we present a method that can be used to transform daily rainfall simulated by GCMs to make it more suitable for use in impact assessment model. Because raw GCMs show substantial biases in total amount, mean frequency, and rainfall intensity. We sought to correct amount by correcting mean frequency and the intensity distribution of GCM rainfall. Mean monthly frequency is corrected by calibrating a threshold from the empirical distribution of historical data, then truncating the empirical distribution of daily GCM rainfall at that threshold. The truncated daily GCM rainfall is then mapped onto a fitted distribution of observed rainfall intensities.



a) b)

Fig. 7 Average Monthly discharge to Y.14 station for observed condition and the six modified precipitation scenarios a) raw GCMs and b) GG-GCMs

Table 1. Performance evaluation of bias correction-method on monthly rainfall amount

Grid_01	SD	R	RMSE
Observed	3.20		
Raw-MRI	3.64	0.72	2.54
Raw-ECHAM5	4.12	0.71	2.62
Raw – CSIRO-MK3	4.71	0.63	2.82
GG – MRI	3.21	0.85	0.24
GG – ECHAM5	3.38	0.78	0.46
GG – CSIRO-MK3	3.45	0.77	0.43

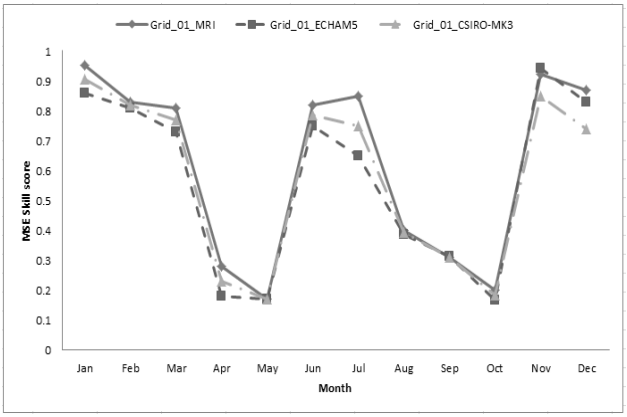


Fig. 8 Monthly Variation in MSE skill scores for raw GCMs with bias correction method.

Since rainfall amount is equal to the product of rainfall intensity and frequency, correcting these two rainfall components also corrects total rainfall amount.

Gamma-Gamma (GG) transformation are applied to the super-high resolution MRI-AGCM 3.1S, PRECIS-ECHAM5 and CSIRO-MK3 SRES A1B precipitation scenarios for use in hydrologic impact assessment. Gamma –Gamma transformation method reduces the biases from raw GCM precipitation and effectively capture total amount, frequency and mean monthly intensity of rainfall. The correction procedure also improved the overall monthly discharge trend in 2005-2006 at Y.14 station of Sukhothai province. Most of improvement came from calibration of hydrologic model itself and mean discharge bias reduction as well.

Acknowledgement The study cannot be concluded without raw precipitation scenarios provided from various government agencies, e.g., Meteorological Research Insititute (MRI, Japan), Max Planck Institute (MPIM, Germany) and Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO, Australia). We also grateful to staffs of Thai Royal Irrigation Department (RID) and Thai Meteorological Department (TMD) for observed historical rainfall data as well. This research, RDG5530009, has been partially support by Office of Thailand Research Fund (TRF). The research also done under the water resources system research unit (CU_WRSRU) of department of water resources engineering, faculty of engineering, Chulalongkorn University.

References

Hamlet, A.F., Snover, A. and Lettenmaier, D.P. (2003). Climate Change scenarios for Pacific Northwest Water Planning Studies: Motivation, Methodologies and a User's Guide to Applications. Technical document.

Ines, A.V.M., and Hansen, J.W. (2006) Bias correction of daily GCM rainfall for crop simulation studies. Agricultural and Forest Meteorology: 138, 44 – 53.

IPCC Working Group III (2000) IPCC Special Report Emission Scenarios – Summary for Policymakers.

IPCC Working Group I (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom

Koontanakulvong, S., Chaowiwat, W. (2011) GCM data comparison and its application to water disaster adaptation measures in Thailand, Technical Report, Chulalongkorn University

Law, A.M., Kelton, W.D. (1982) Simulation Modeling and Analysis. McGraw-Hill Book Co., USA, p. 400.

Mizuta,R et al., (2006) Climate simulations using the improved MRI-AGCM with 20km grid.

Roeckner, E. et al. (1996): The atmospheric general circulation model ECHAM-4: Model description and simulation of present-day climate. Report 218, Max Planck Institute of Meteorology, Hamburg.

Sharma , D., Gupta, A.D., and Babel, M.S. (2007) Spatial disaggregation of bias-corrected GCM precipitation for improved hydrologic simulation: Ping River Basin, Thailand. Hydrology and Earth System Sciences. 11: 1373 – 1390.

US Army Corps of Engineers. (2010) HEC – HMS Hydrologic Modeling System. Technical Reference Manual.

US Army Corps of Engineers. (2010) HEC – HMS Hydrologic Modeling System. User's Manual.

Wood , A.W., Maurer, E.P., Kumar, A. and Lettenmaier, D.P. (2002) Lone range experimental hydrologic forecasting for the Eastern U.S. Journal of Geophysical Research, 107(D20), 4429, doi: 10.1029/2001JD00659

Wilby, R.L., Wigley, T.M.L., 1997. Downscaling general circulation model output: a review of methods and limitations. Prog. Phys. Geogr. 21, 530-548

Wilby, R.L.,Wigley, T.M.L., Conway, D., Jones, P.D., Hewitson, B.C., Main, J., Wilks, D.S., 1998. Statistical downscaling of general circulation model output: a comparison of methods. Water Resour Res. 34, 2995-3008.

ภาคผนวก ค

การนำเสนอความก้าวหน้าของโครงการ

ภาคผนวก ค-1

การนำเสนอความก้าวหน้าโครงการครั้งที่ 1

นำเสนอความก้าวหน้าโครงการวิจัย
ครั้งที่ 1
"การคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยและจีน"

ณ โรงแรมสามพรานริเวอร์ไซด์ จังหวัดนครปฐม
วันที่ 7 – 8 ธันวาคม 2555

ผู้รับผิดชอบ รศ. ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ

เนื้อหาการนำเสนอ

- หลักการและเหตุผล
- วัตถุประสงค์ของงานวิจัย
- ขอบเขตของงานวิจัย
- ความก้าวหน้าในปัจจุบันของรายงานความก้าวหน้า 6 เดือน
- แผนการดำเนินการต่อไป
- ปัญหาและอุปสรรค

หลักการและเหตุผล

- การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกเป็นประเด็นที่ทุกประเทศต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก เพื่อประเมินและเตรียมพร้อมต่อการเผชิญและปรับตัวอย่างเหมาะสม
- การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคตด้วย “แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก (Global Climate models)”
- IPCC เป็นผู้รวบรวมและจัดทำรายงานการประเมินสภาพภูมิอากาศโลก (Assessment Report)
  - Fourth Assessment Report (AR4) เผยแพร่ในปี 2007
  - Fifth Assessment Report (AR5) กำหนดเผยแพร่ในปี 2014
- จำเป็นต้องมีการศึกษาเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลภูมิอากาศระหว่างแบบจำลองที่ใช้ในรายงาน AR4 และ AR5

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

- **ความมั่นคงทางอาหาร** (Food security)
  - ผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตทางการเกษตร
- **สุขอนามัย**
  - อุณหภูมิโลกสูงขึ้น ⟶ เอื้ออำนวยการแพร่ระบาดของเชื้อโรคหลายชนิด เช่น หวัด มาลาเรีย
- **การอพยพย้ายถิ่นฐาน**
  - ผลจากการเกิดน้ำท่วม(โดยเฉพาะพื้นที่ต่ำ หรือชายฝั่ง) หรือความแห้งแล้งในพื้นที่สูง
- **ผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติ**
- ***การเปลี่ยนแปลงปริมาณและความถี่ของการเกิดฝน (เชิงพื้นที่และช่วงเวลา)***
- **ภาวะภัยแล้ง**
- **ความรุนแรงของพายุที่คาดว่าจะรุนแรงมากขึ้น**

ผลกระทบต่อประเทศไทย

- อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนในฤดูกาลเปลี่ยนไป
- ปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นอาจไม่เพียงพอชดเชยการสูญเสียน้ำที่เพิ่มขึ้น
- ภาคใต้ของประเทศไทยจะมีความชุ่มชื้นกว่าภาคอื่นๆ ในขณะที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีความแห้งแล้งมากขึ้น
- จากการศึกษาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลน้ำฝน น้ำท่า ใน 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย พบว่า อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยของประเทศไทยจะมีค่าสูงขึ้น ฝนจะตกนอกฤดูกาลมากกว่าที่เคย อุณหภูมิในฤดูหนาวอุ่นขึ้น และช่วงเวลาการเกิดเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

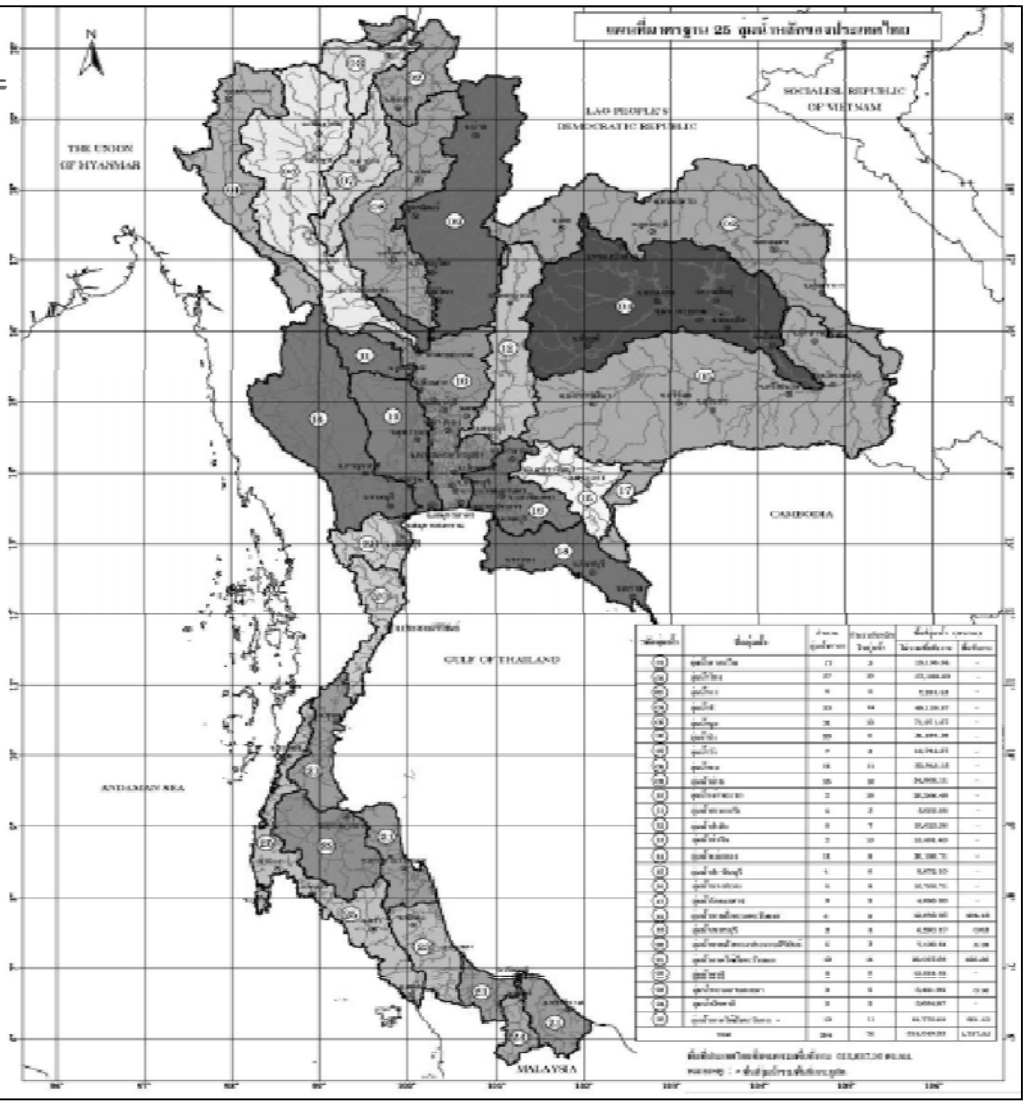
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- เพื่อทบทวนข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 และปรับแก้ค่าความเบี่ยงเบน (Bias correction)
- เพื่อศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย
- เพื่อจัดทำและวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดของไทยจาก AR4 และ AR5
- เพื่อศึกษาสภาวะน้ำหลากในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยในแม่น้ำที่วิกฤติ
- เพื่อเปรียบเทียบสภาวะน้ำหลากด้วยปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดระหว่างจีนและไทย ที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง

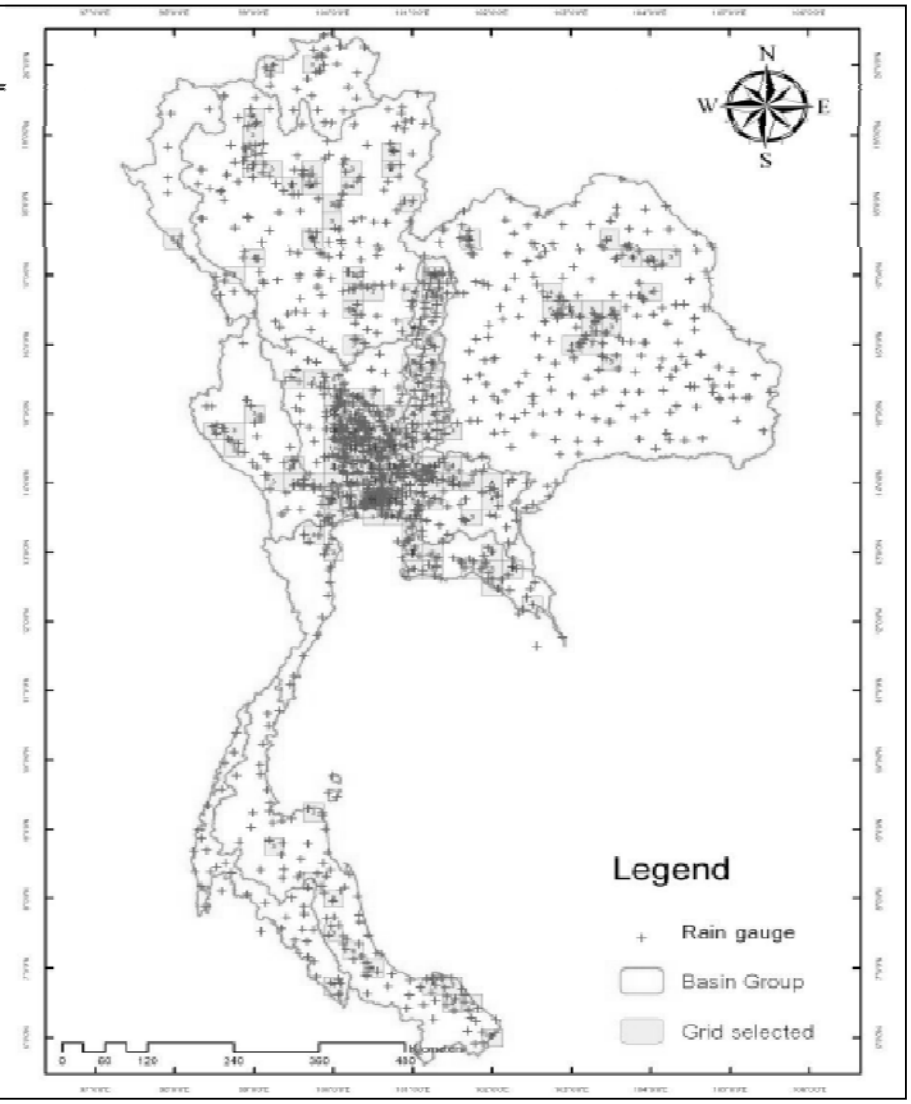
ขอบเขตของงานวิจัย

- การศึกษาครอบคลุมพื้นที่ในทุกกลุ่มลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย โดยมีขนาดของกริดเท่ากับ 20 x 20 km
- ศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดจากข้อมูลฝนสังเกตการณ์ และแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ MRI – AGCM 3.2S (AR5)
- ข้อมูลฝนที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย ข้อมูลฝนจากกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน รวมทั้งสิ้น 1,528 สถานี มากระจายด้วยวิธี Inverse Distance Weighted (IDW method) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำฝนจาก GCM ทั้ง AR4 และ AR5 แบบกริดเซลล์ต่อกริดเซลล์
- การศึกษาสภาวะน้ำหลาก เป็นการศึกษาในลุ่มน้ำตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของสภาพทางกายภาพและลักษณะการกระจายตัวของฝนที่แตกต่างกันไป

พื้นที่ศึกษา



แผนที่แสดงที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา



ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ, 2549

แผนกิจกรรมหลักและวัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์	กิจกรรมหลัก	กิจกรรมรอง	ผลงานที่คาดว่าจะได้รับ (Output)	ช่วงเวลาดำเนินงาน	ผู้รับผิดชอบ
ทบทวนข้อมูลแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกสำหรับการศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด (Precipitation extremes)	1. การศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 และรวบรวมข้อมูลฝน	1.1 ทบทวนและรวบรวมผลการจำลองและการทำนายจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 1.2 วิเคราะห์ downscaled products จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 1.3 รวบรวมข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทยจากกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน	1.1 ได้ข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 สำหรับประเทศไทย 1.2 ได้ผลการวิเคราะห์ downscaled products จาก AR4 และ AR5 1.3 ได้ฐานข้อมูลฝนในอดีตของประเทศไทย	เดือนที่ 2 - 5 เดือนที่ 4 - 7 เดือนที่ 1 - 4	1. รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ 2. ผศ.ดร.อักษรา พฤทธิวิทยา 3. ดร.ปิยธิดา ห้อยสังวาลย์ 4. ปฏิญญา พรรษ์ทิพธินันต์ ผู้ดูแล: อมราวดี มานะจิตต์
		1.4 ทำ Bias correction ของผลที่ได้จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 ที่เลือกใช้ในการศึกษาด้วยข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝน	1.4 ได้ข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 สำหรับประเทศไทยที่ทำการปรับแก้ bias แล้วด้วยข้อมูลฝนในอดีต	เดือนที่ 7 - 9	

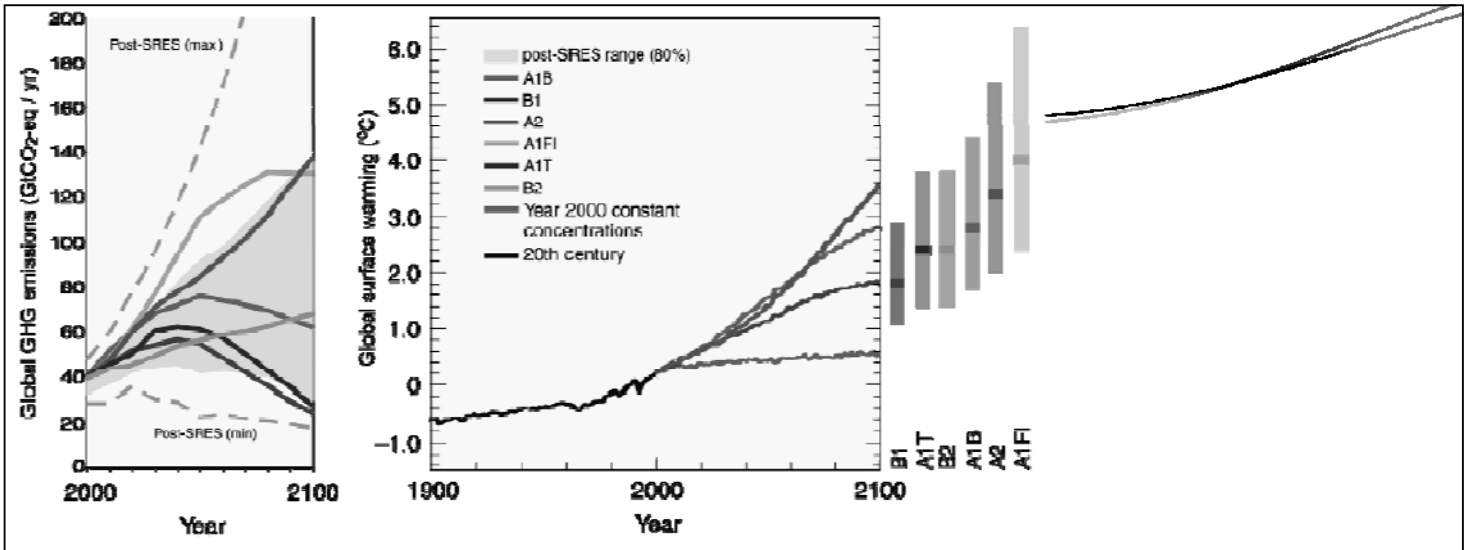
แผนกิจกรรมหลักใน 6 เดือนแรก

6 เดือนที่ 1	1. ทบทวนและรวบรวมผลการจำลองและการทำนายจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 (บทที่ ๓)	1. ได้ข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 สำหรับประเทศไทย
	2. วิเคราะห์ downscaled products จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 (บทที่ ๓)	2. ได้ผลการวิเคราะห์ downscaled products จาก AR4 และ AR5
	3. รวบรวมข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทยจากกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน (บทที่ ๒)	3. ได้ฐานข้อมูลฝนในคดีตของประเทศไทย

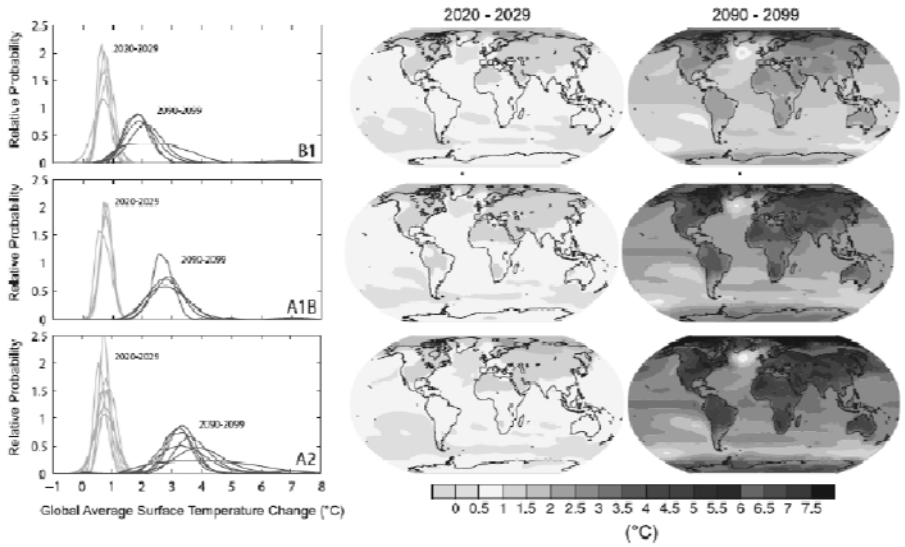
ความก้าวหน้าในปัจจุบัน

- ***จัดทำรายงานความก้าวหน้า 6 เดือน ซึ่งมีเนื้อหาดังต่อไปนี้***
  - บทที่ 1 – ความเป็นมา การทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา วัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา แนวทางและวิธีการดำเนินงาน
  - บทที่ 2 – สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา สภาพลุ่มน้ำ สภาพภูมิอากาศในลุ่มน้ำต่างๆของประเทศไทย และการรวบรวมและจัดทำฐานข้อมูลน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน
  - บทที่ 3 – ทบทวนข้อมูลแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก และศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฝนจากแบบจำลอง MRI-AGCM 3.1S และ MRI – AGCM 3.2S
  - บทที่ 4 – การปรับเทียบข้อมูล จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 ด้วยวิธีการ Gamma – Gamma transformation
  - บทที่ 5 – สรุปความก้าวหน้าของโครงการ ปัญหาและอุปสรรค และแผนการดำเนินการในระยะต่อไป

การศึกษาทบทวนข้อมูลที่ผ่านมา: ภาพรวมของโลก



ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเทียบกับปีฐาน (1980 – 1999) ตามสมมติฐาน SRES ต่างๆ



ที่มา: IPCC (2007)

การศึกษาทบทวนข้อมูลที่ผ่านมา: ประเทศไทย

- สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และ วินัย เชาว์วิวัฒน์ (2010) ได้ศึกษาเปรียบเทียบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองระดับภูมิภาค (Regional Climate Models: RCMs) สามแบบ ได้แก่ MRI – AGCM 3.1S, PRECIS และ CCCMA 3.0 ด้วยภาพจำลองแบบ A1B A2 และ A1B ตามลำดับ
  - ปริมาณฝนในอนาคตอันใกล้ (2015-2039) จะให้ปริมาณฝนลดลงในพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ฝั่งตะวันตก ส่วนภาคตะวันตกและภาคใต้ฝั่งตะวันออก ให้ปริมาณฝนเพิ่มขึ้น
  - ปริมาณฝนในอนาคตอันไกล (2075 – 2099) ฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกภูมิภาค ยกเว้นผลจากแบบจำลอง CCCMA 3.0 ซึ่งให้ฝนภาคใต้ลดลง

การศึกษาทบทวนข้อมูลที่ผ่านมา: ประเทศไทย

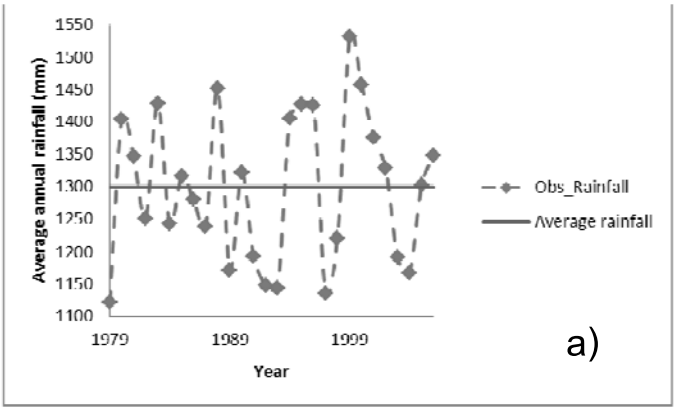
แบบจำลอง	ความละเอียดเชิงพื้นที่	ปีฐาน (ค.ศ.)	ปีอนาคตที่สร้างภาพจำลอง (ค.ศ.)	ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ณ ปีสุดท้ายที่ศึกษาเทียบกับปีฐาน (องศาเซลเซียส)
GFDL – R30	0.5 deg (LAT) x 0.5 deg (LON)	1965 – 1990	2010 – 2029 และ 2040 – 2059	B2	0.56 (อุณหภูมิเฉลี่ย)
MM5 – RCM	45 x 45 km^2 และ 15 x 15 km^2	1970 – 1990	2010 – 2039	A2	0.8 – 1.0 (อุณหภูมิเฉลี่ย)
				A1B	0.4 – 0.8 (อุณหภูมิเฉลี่ย)
PRECIS	25 x 25 km^2	1980 – 1989	2010 – 2099	A2	2.0 – 4.0 (อุณหภูมิสูงสุด)
RegCM3	20 x 20 km^2	1961 - 2000	2031 - 2070	A1B	2.0 – 2.5 (อุณหภูมิเฉลี่ย)

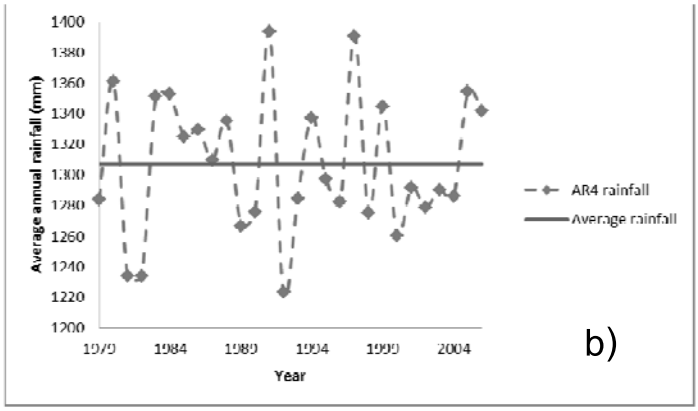
ที่มา: รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย

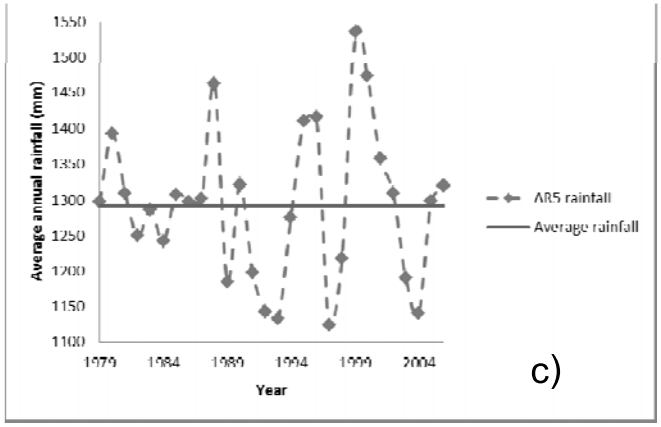
การศึกษาทบทวนข้อมูลที่ผ่านมา: ประเทศจีน

- Xu และคณะ (2011) ทำการประยุกต์ใช้ข้อมูลฝนรายวันจากข้อมูลสังเกตการณ์ และแบบจำลองภูมิอากาศโลก 3 แบบ ได้แก่ CSIRO – MK3, MPI- ECHAM5 และ NCAR-CCSM3 มาใช้จำลองปริมาณฝนสุดขีด (extreme precipitation) ในประเทศจีน ภายใต้ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ SRES A1B
  - ผลการศึกษาพบว่าทั้งสามแบบจำลอง ให้แนวโน้มการกระจายตัวของฝนตามภูมิประเทศเมื่อเปรียบเทียบกับฝนสุดขีด (observed extreme precipitation) แต่กลับไม่สามารถสร้างค่าฝนจากแบบจำลองที่มีความผันแปรรายปี (Inter-annual variation)
  - ดัชนีของฝนที่วิเคราะห์ ได้แก่ Simple Daily Precipitation (SDII) สัดส่วนของปริมาณฝนสุดขีดต่อปริมาณฝนรายปี (R95T) จำนวนวันฝนไม่ตกต่อเนื่อง (Consecutive dry days: CDD) จำนวนวันฝนตกต่อเนื่อง (Consecutive Wet Days: CWD) จำนวนวันฝนตกมากกว่า 10 มิลลิเมตร (R10) ***การศึกษาพบว่าค่าดัชนีทั้งหมดนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในหลายกลุ่มลุ่มน้ำของประเทศจีน***

การวิเคราะห์ downscaled product: Inter-annual variability





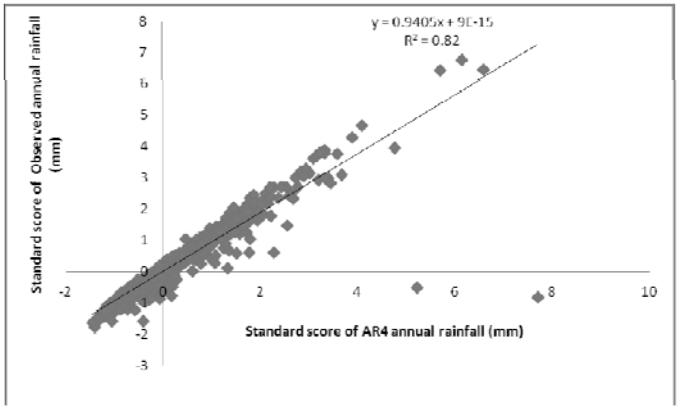


- แบบจำลอง MRI – AGCM 3.1S และ MRI – AGCM 3.2S
  - ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (1979 – 2006)

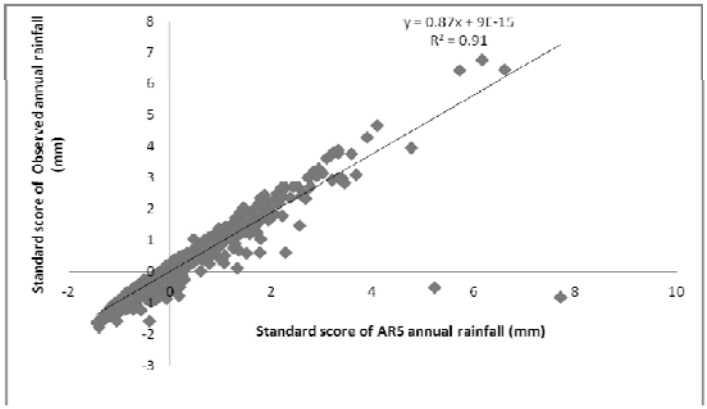
a) Observed b) AR4 rainfall c) AR5 rainfall

การวิเคราะห์ downscaled product: scatter plot

Standard score of observed annual rainfall (mm) VS AR4 and AR5 annual rainfall (mm)



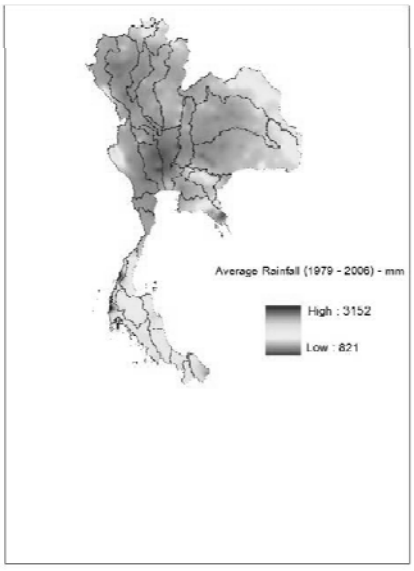
a) Standard score of observed annual rainfall (mm) VS AR4 rainfall



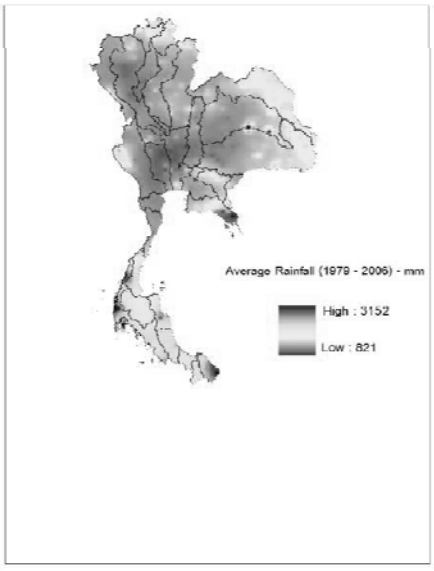
b) Standard score of observed annual rainfall (mm) VS AR5 rainfall

การวิเคราะห์ downscaled product: spatial distribution

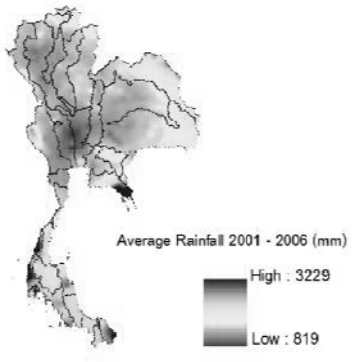
Spatially-distributed Annual rainfall comparison between observed, AR4 and AR5 rainfall (1979-2006)



a) Observed rainfall



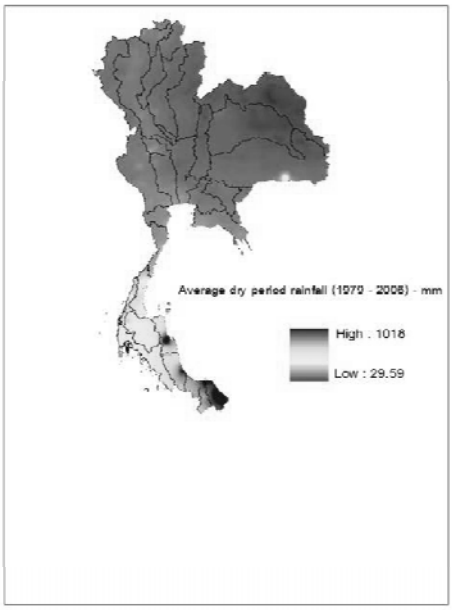
b) AR4 rainfall



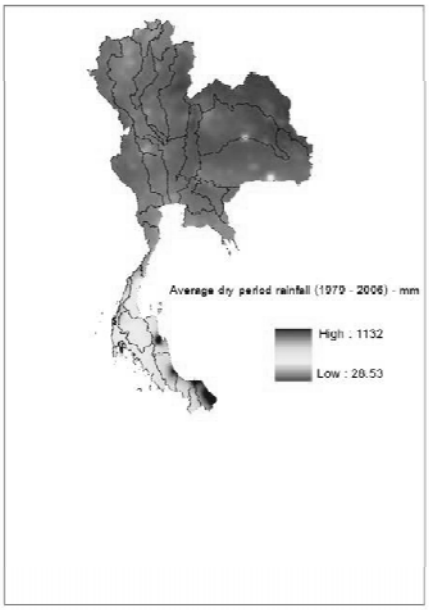
c) AR5 rainfall

การวิเคราะห์ downscaled product: spatial distribution

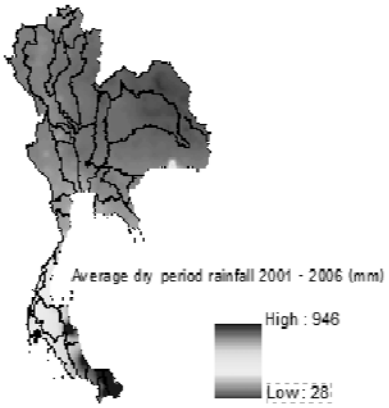
Spatially-distributed dry period rainfall comparison between observed, AR4 and AR5 rainfall (1979-2006)



a) Observed rainfall



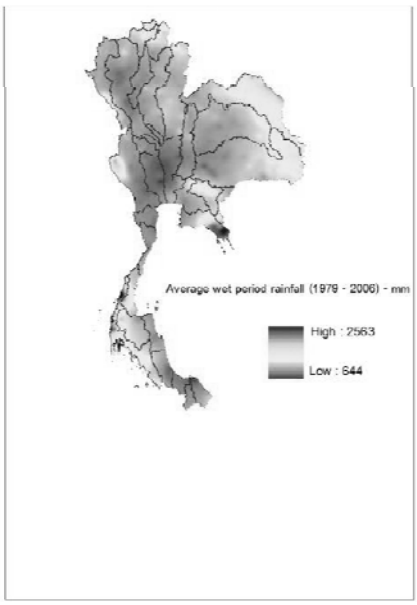
b) AR4 rainfall



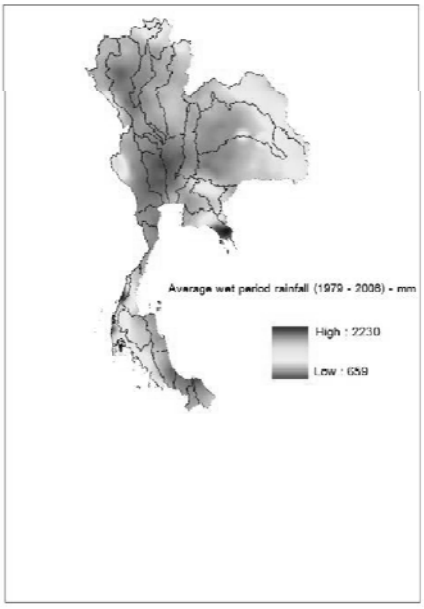
c) AR5 rainfall

การวิเคราะห์ downscaled product: Spatial distribution

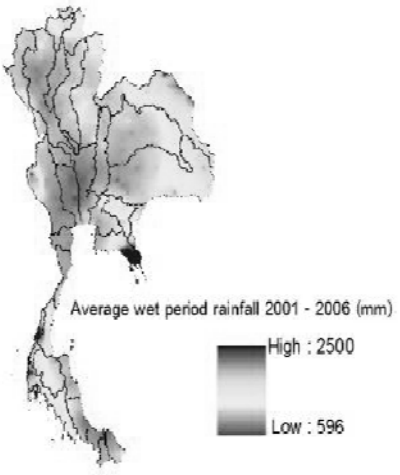
Spatially-distributed wet period rainfall comparison between observed, AR4 and AR5 rainfall (1979-2006)



a) Observed rainfall



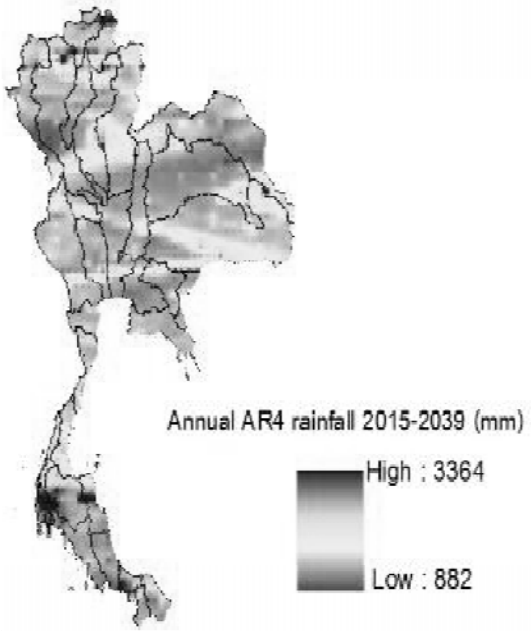
b) AR4 rainfall



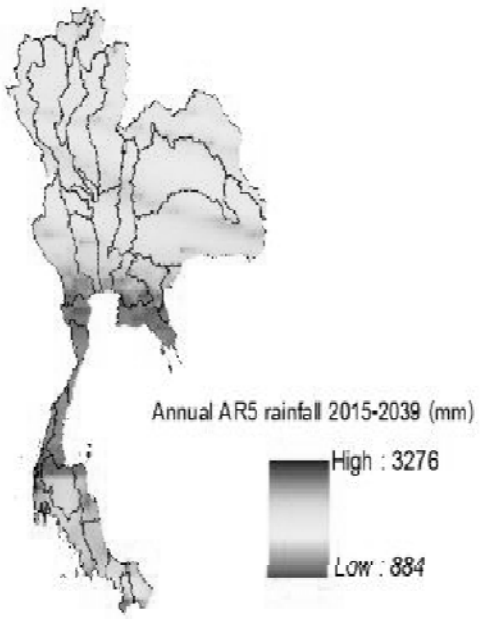
c) AR5 rainfall

การวิเคราะห์ downscaled product: Spatial distribution

Spatially-distributed annual near-future rainfall comparison between observed, AR4 and AR5 rainfall (2015-2039)



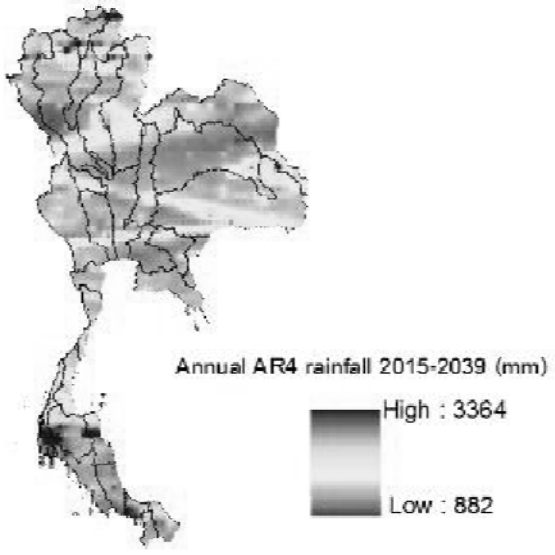
a) AR4 rainfall



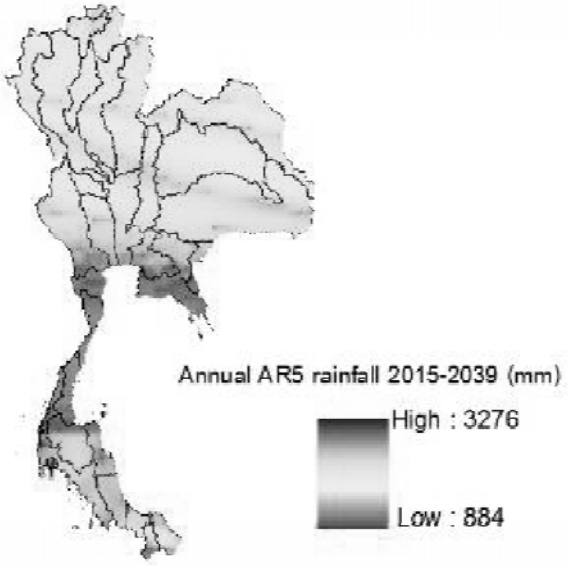
b) AR5 rainfall

การวิเคราะห์ downscaled product: Spatial distribution

Spatially-distributed annual present rainfall comparison between observed, AR4 and AR5 rainfall (2015-2039)



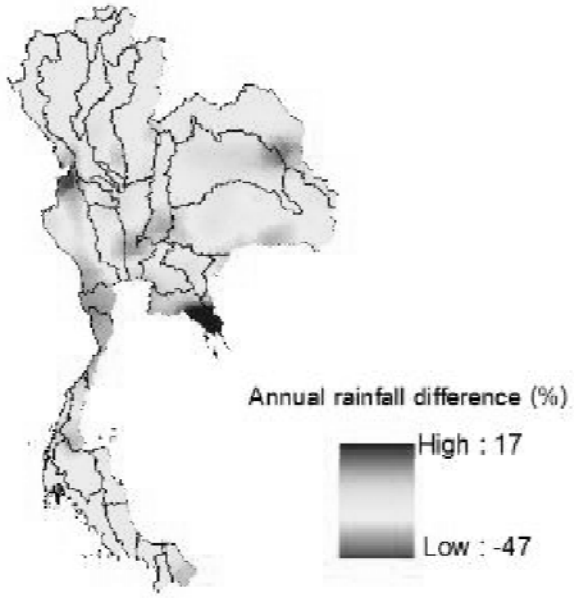
a) AR4 rainfall



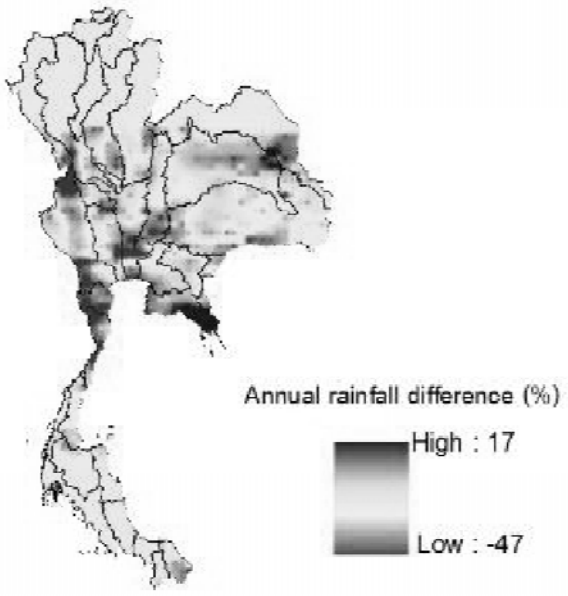
b) AR5 rainfall

การวิเคราะห์ downscaled product: Spatial distribution

Spatially-distributed annual rainfall difference comparison between observed, AR4 and AR5 rainfall (1979-2006)



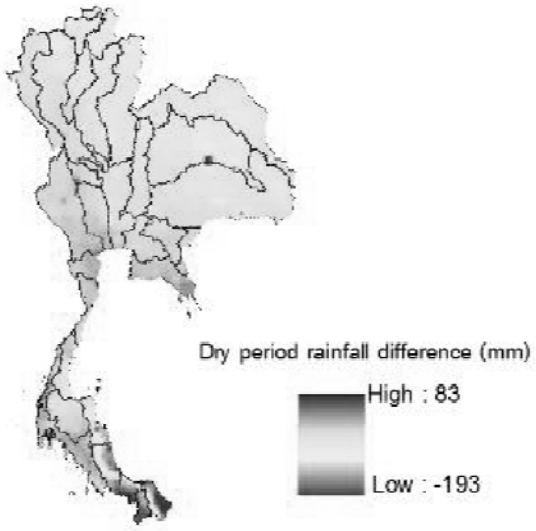
a) Rainfall difference (mm)



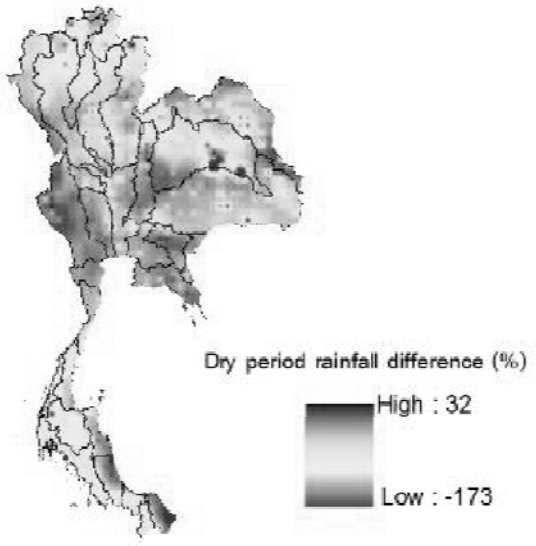
b)Rainfall difference (%)

การวิเคราะห์ downscaled product: Spatial distribution

Spatially-distributed dry period rainfall difference comparison between observed, AR4 and AR5 rainfall (1979-2006)



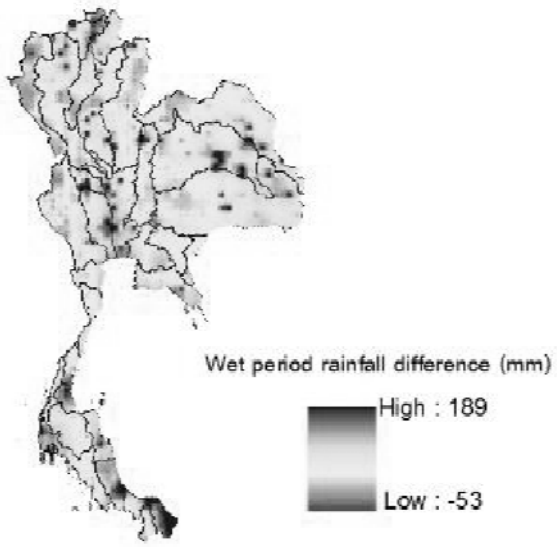
a) Rainfall difference (mm)



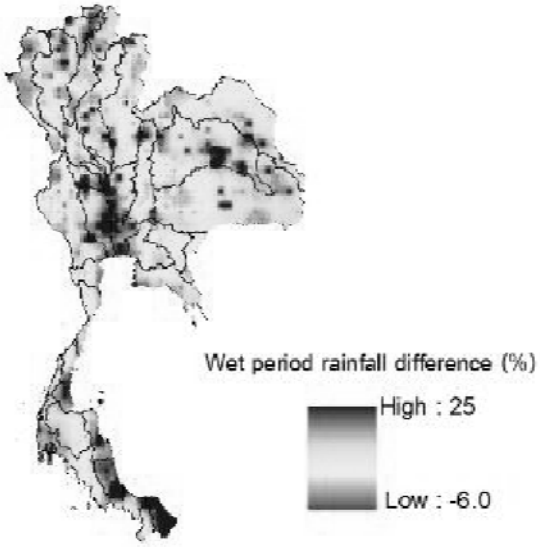
b)Rainfall difference (%)

การวิเคราะห์ downscaled product: Spatial distribution

Spatially-distributed wet period rainfall difference comparison between observed, AR4 and AR5 rainfall (1979-2006)



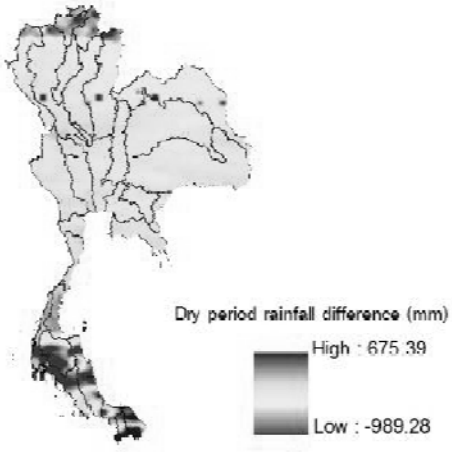
a) Rainfall difference (mm)



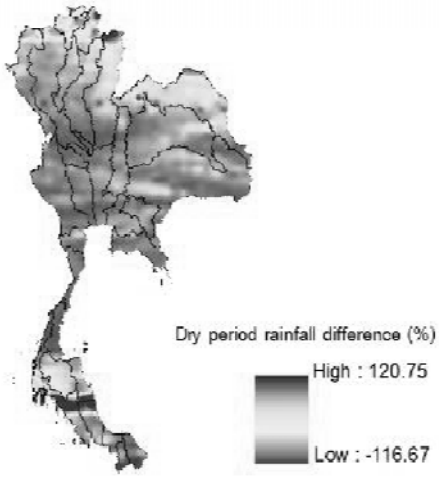
b)Rainfall difference (%)

การวิเคราะห์ downscaled product: Spatial distribution

Spatially-distributed dry period rainfall difference comparison between AR4 and AR5 rainfall (2015-2039)



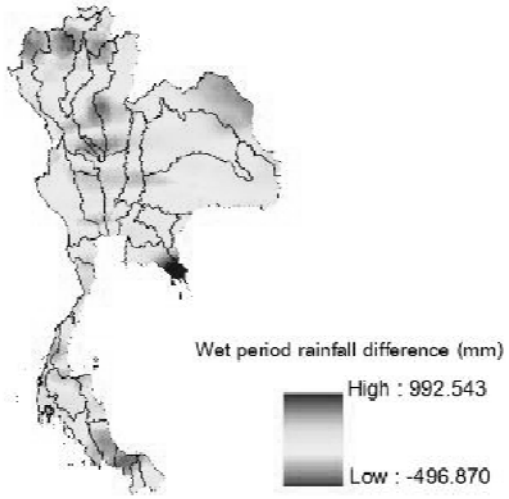
a) Rainfall difference (mm)



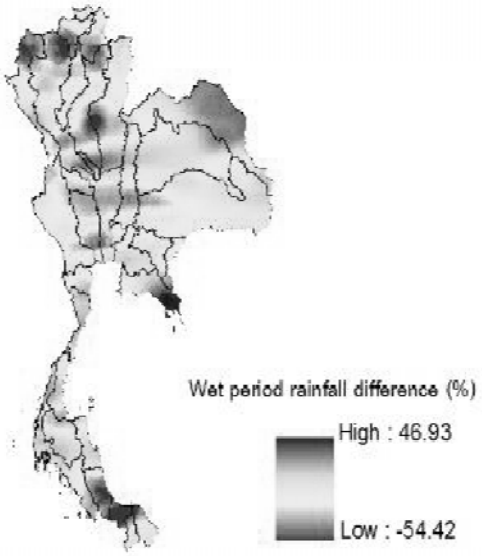
b)Rainfall difference (%)

การวิเคราะห์ downscaled product: Spatial distribution

Spatially-distributed wet period rainfall difference comparison between AR4 and AR5 rainfall (2015-2039)



a) Rainfall difference (mm)



b)Rainfall difference (%)

การปรับแก้ข้อมูลฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก

Statistical bias correction

การศึกษาทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาของ bias correction พบว่า แบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ

1) ***quantile-based method*** (Wood et al., 2002; Ines and Hansen, 2006; Sharma et al., 2007; Piani et al., 2010)
   - *Gamma – Gamma transformation method*
2) ***Rescaling method*** (Ines and Hansen, 2006; Koontanakulvong and Chaowiwat, 2010)

Bias correction method: Gamma – Gamma transformation

Bias correction method for daily GCM rainfall

Purpose: To reconcile the difference between GCM and local observed data

Rainfall frequency correction

1. Establish the empirical distribution, F(x)

$$F(x) = \frac{n}{m+1}$$

2. Calculate a threshold value (%xGCM), derived from the empirical distribution of daily historical rainfall, to truncate the empirical distribution of the raw daily GCM rainfall for that particular month. Basically, we have to determine $F(x_{his}=0.0)$ then map it to the daily GCM rainfall distribution

Bias correction method: Gamma – Gamma transformation

Rainfall Intensity correction

1. Gamma – Gamma transformation

$$f(x;\alpha,\beta) = \frac{1}{\beta^{\alpha}1\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1}\exp\left(-\frac{x}{\beta}\right);$$

$$x \geq x_{trunc}$$

$$F(x;\alpha,\beta) = \int_{x_{trunc}}^{x} f(t)dt$$

$$F(x_{GCM};\alpha,\beta|_{GCM}) \Rightarrow F(x_{His};\alpha,\beta|_{His})$$

2. The corrected GCM rainfall amount for that day can be calculated by taking the inverse eq. (4) such that $x_{GCM}^{'} = F^{-1}\{F(x_{His};\alpha,\beta|_{His})\}$

Generation of observed rainfall

- Inverse Distance Weighting (IDW) interpolation method (Shepard, 1966)

$$F(x_i) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i f(x_i)$$

Where,

$$\lambda_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{i=1}^{n} h_i^{-p}}$$

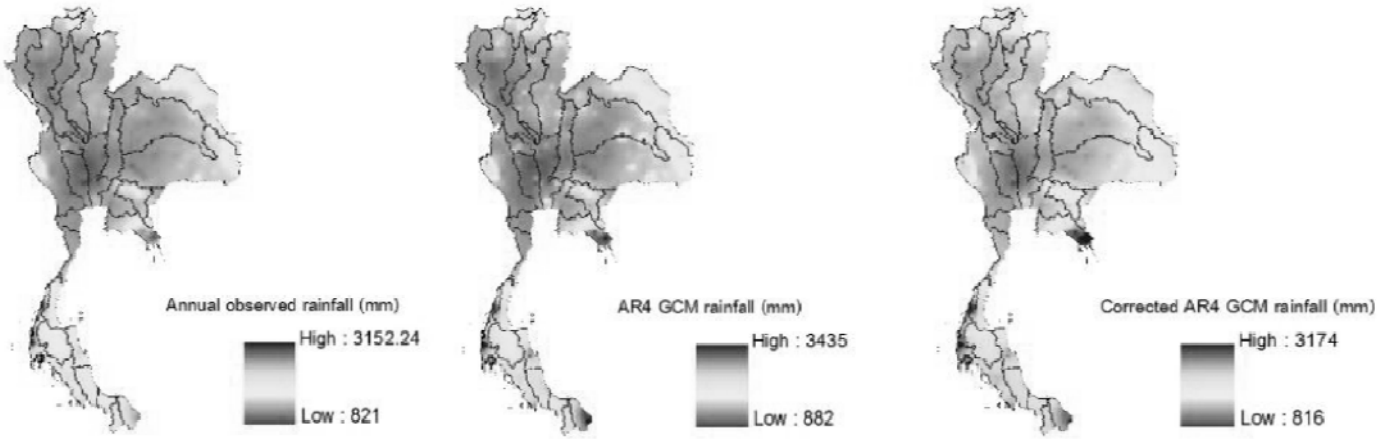
n = Number of scatter point in the sets

$f(x_i)$ = prescribed function value at the scatter points

I = Weighting functions at assigned to each scatter points

ประสิทธิภาพการปรับแก้ข้อมูลฝนภูมิอากาศโลก: 1979 - 2006

MRI – AGCM 3.1S (AR4)



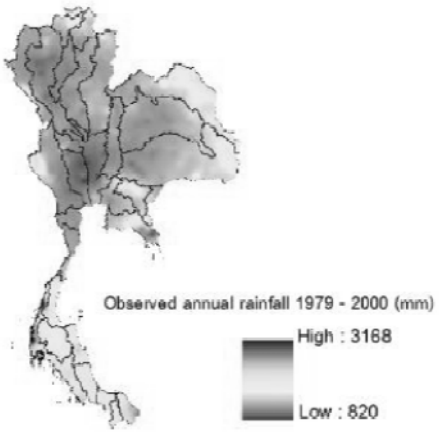
1) ฝนสังเกตการณ์รายปี (1979 - 2006)

2) ฝนAR4 GCM (1979 - 2006)

3) ฝนAR4 GCM ปรับแก้ (1979 - 2006)

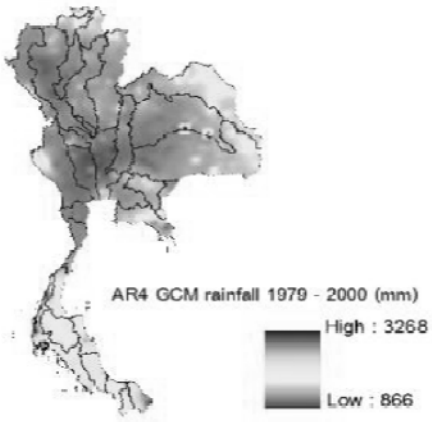
ประสิทธิภาพการปรับแก้ข้อมูลฝนภูมิอากาศโลก: 1979 - 2000

MRI – AGCM 3.1S (AR4)



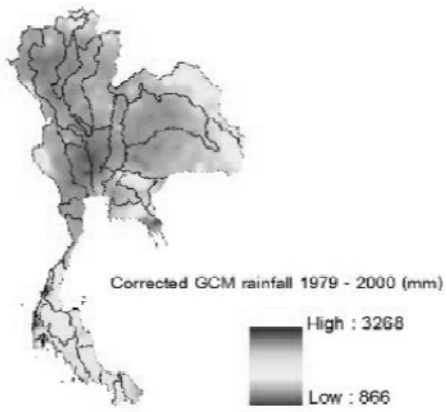
1) ฝนสังเกตการณ์รายปี

(1979 - 2000)



2) ฝนAR4 GCM

(1979 - 2000)

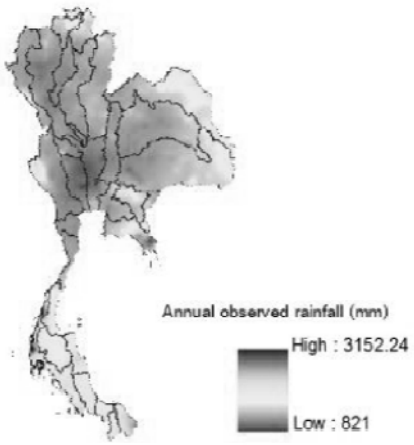


3) ฝนAR4 GCMปรับแก้

(1979 - 2000)

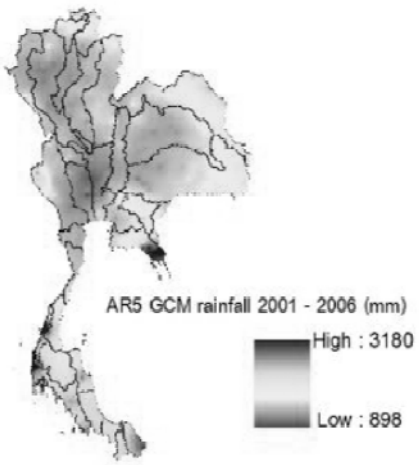
ประสิทธิภาพการปรับแก้ข้อมูลฝนภูมิอากาศโลก: 2001 - 2006

MRI – AGCM 3.1S (AR4)



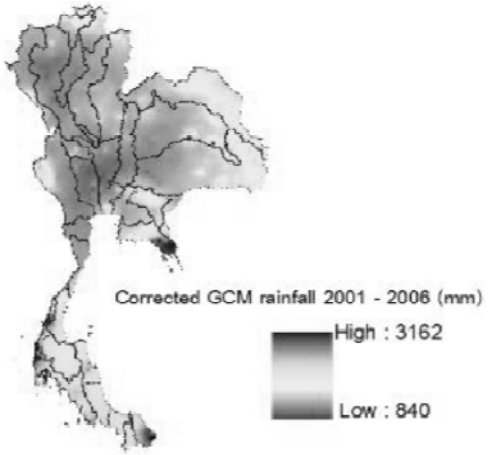
1) ฝนสังเกตการณ์รายปี

(2001 - 2006)



2) ฝนAR5 GCM

(2001 - 2006)



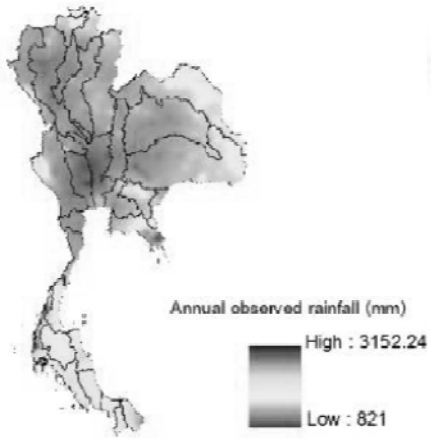
3) ฝนAR5 GCM ปรับแก้

(2001 - 2006)

ประสิทธิภาพการปรับแก้ข้อมูลฝนภูมิอากาศโลก:

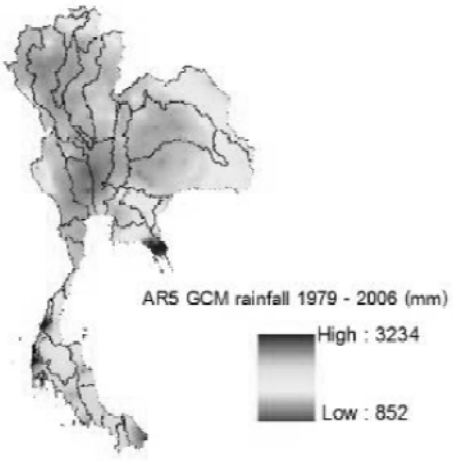
1979 - 2006

MRI – AGCM 3.2S (AR5)



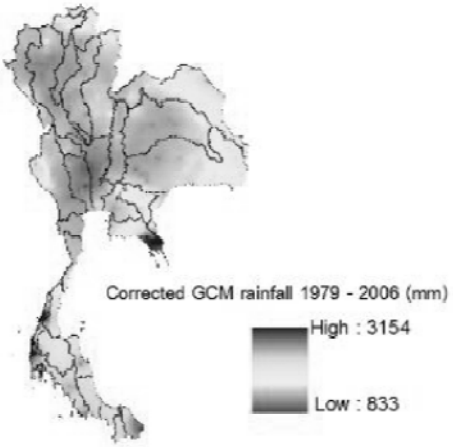
1) ฝนสังเกตการณ์รายปี

(1979 - 2006)



2) ฝนAR5 GCM

(1979 - 2006)



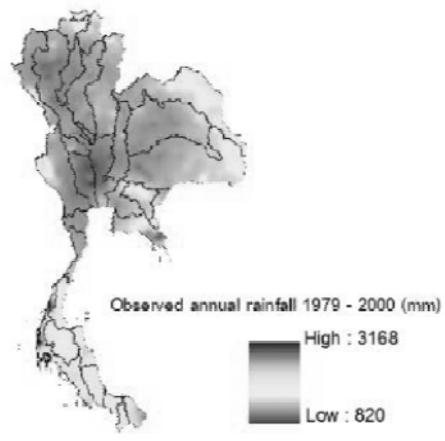
3) ฝนAR5 GCM ปรับแก้

(1979 - 2006)

ประสิทธิภาพการปรับแก้ข้อมูลฝนภูมิอากาศโลก:

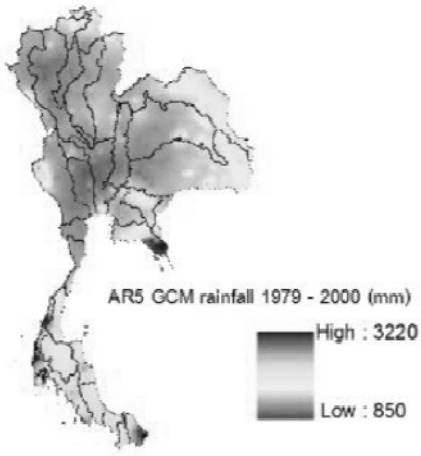
1979 - 2000

MRI – AGCM 3.2S (AR5)



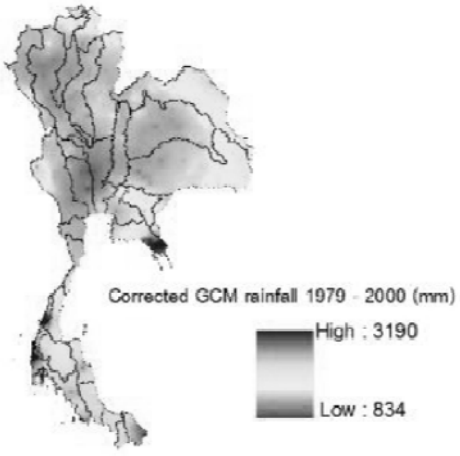
1) ฝนสังเกตการณ์รายปี

(1979 - 2000)



2) ฝนAR5 GCM

(1979 - 2000)

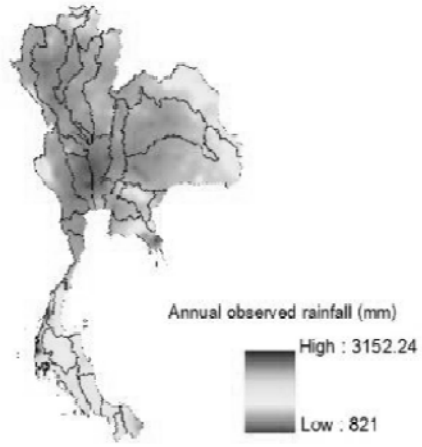


3) ฝนAR5 GCMปรับแก้

(1979 - 2000)

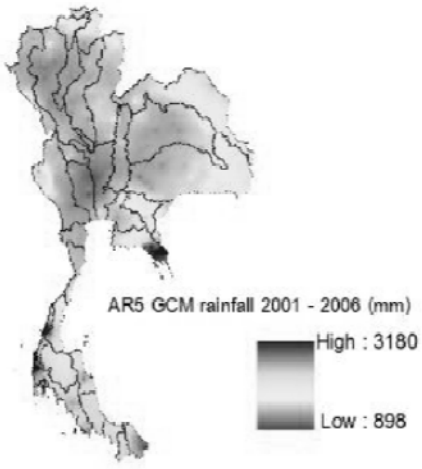
ประสิทธิภาพการปรับแก้ข้อมูลฝนภูมิอากาศโลก: 2001 - 2006

MRI – AGCM 3.2S (AR5)



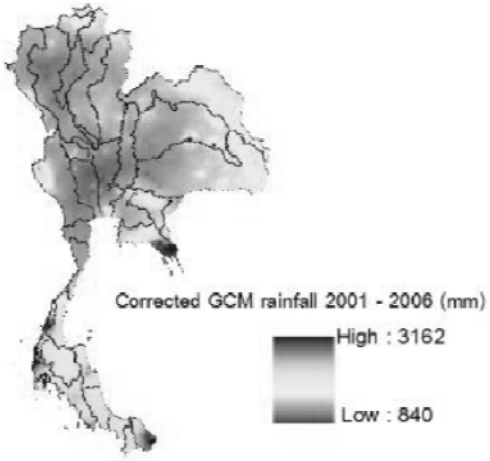
1) ฝนสังเกตการณ์รายปี

(2001 - 2006)



2) ฝนAR5 GCM

(2001 - 2006)



3) ฝนAR5 GCM ปรับแก้

(2001 - 2006)

ประสิทธิภาพการปรับแก้ข้อมูลฝนภูมิอากาศโลก:AR4

ตารางที่ 4 – 1 ค่าของฝนเฉลี่ยจากแบบจำลองภูมิอากาศที่ยังไม่ได้ปรับแก้ข้อมูลเชิงสถิติ

Observed rainfall (mm / year)			1979 - 2000		2001 - 2006		1979 - 2006	
1979 2000	2001 2006	1979 2006	Raw GCM rainfall (mm/year)	RMSE	Raw GCM rainfall (mm/year)	RMSE	Raw GCM rainfall (mm/year)	RMSE
1,297	1,286	1,298	1,307	100.35	1,307.12	156.0439	1,306.85	100.35

ตารางที่ 4 – 2 ค่าของฝนเฉลี่ยจากแบบจำลองภูมิอากาศที่ปรับแก้ข้อมูลเชิงสถิติแล้ว

Observed rainfall (mm / year)			1979 - 2000		2001 - 2006		1979 - 2006	
1979 - 2000	2001 - 2006	1979 -2006	Raw GCM rainfall (mm/year)	RMSE	Raw GCM rainfall (mm/year)	RMSE	Raw GCM rainfall (mm/year)	RMSE
1,297	1,286	1,298	1,316.47	25.16	1,316.76	56.67	1,316.37	22.9

ประสิทธิภาพการปรับแก้ข้อมูลฝนภูมิอากาศโลก:AR4

ตารางที่ 4 – 3 ค่าของฝนเฉลี่ยจากแบบจำลองภูมิอากาศที่ยังไม่ได้ปรับแก้ข้อมูลเชิงสถิติ

Observed rainfall (mm / year)			1979 - 2000		2001 - 2006		1979 - 2006	
1979 - 2000	2001 - 2006	1979 -2006	Raw GCM rainfall (mm/year)	RMSE	Raw GCM rainfall (mm/year)	RMSE	Raw GCM rainfall (mm/year)	RMSE
1,297	1,286	1,298	1,296	83.33	1,310	92.56	1,302	98.82

ตารางที่ 4 4 ค่าของฝนเฉลี่ยจากแบบจำลองภูมิอากาศที่ปรับแก้ข้อมูลเชิงสถิติแล้ว

Observed rainfall (mm / year)			1979 - 2000		2001 - 2006		1979 - 2006	
1979 - 2000	2001 - 2006	1979 -2006	Raw GCM rainfall (mm/year)	RMSE	Raw GCM rainfall (mm/year)	RMSE	Raw GCM rainfall (mm/year)	RMSE
1,297	1,286	1,298	1,306	20.22	1,299	47.28	1,308	21.63

แผนการดำเนินงานต่อไป

- กำหนดดัชนีปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่เหมาะสมกับประเทศไทย
- คำนวณดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในอดีตจากข้อมูลฝน
- คำนวณดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในอนาคตจากผลของแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่มีการปรับแก้แล้ว
- วิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการเปลี่ยนแปลงของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด
- แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับทีมวิจัยจากประเทศจีน เกี่ยวกับดัชนีชี้วัดปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด และแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกที่เลือกใช้ในการศึกษา

ปัญหาและอุปสรรค

- ข้อมูลในจาก GCMs มีขนาดใหญ่มากและจัดเก็บในนามสกุลไฟล์ ซึ่งต้องใช้เทคนิคในการดัดแปลงและเปิดไฟล์มาเป็นนามสกุล .xlsx ของโปรแกรม Microsoft Excel
- เนื่องจากข้อมูลมีจำนวนมาก ทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลใช้เวลามากตามไปด้วย
- ประสิทธิภาพของ Bias correction ด้วยวิธี Gamma – Gamma transformation ส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับการเลือกค่าปริมาณฝนรายวันขีดเริ่ม (threshold daily rainfall) เพื่อเป็นจุดแบ่งสำหรับกรองค่าฝนที่ไม่ได้ตกจริงๆออกไป ซึ่งการเลือกค่าดังกล่าวให้เหมาะสม ต้องผ่านขั้นตอนการลองผิดลองถูก (trial and error)

จบการนำเสนอ

ภาคผนวก ค-2

การนำเสนอความก้าวหน้าโครงการครั้งที่ 2

การนำเสนอความก้าวหน้าโครงการวิจัย
ครั้งที่ 2
"การคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยและจีน"

ณ โรงแรม เดอะ สุโกศล กรุงเทพ

วันที่ 24 เมษายน 2556

ผู้รับผิดชอบ รศ. ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ

เนื้อหาการนำเสนอ

- วัตถุประสงค์ของงานวิจัย
- ขอบเขตของงานวิจัย
- ความก้าวหน้าในปัจจุบันของรายงานความก้าวหน้า 6 เดือนที่ 2
- แผนการดำเนินการต่อไป

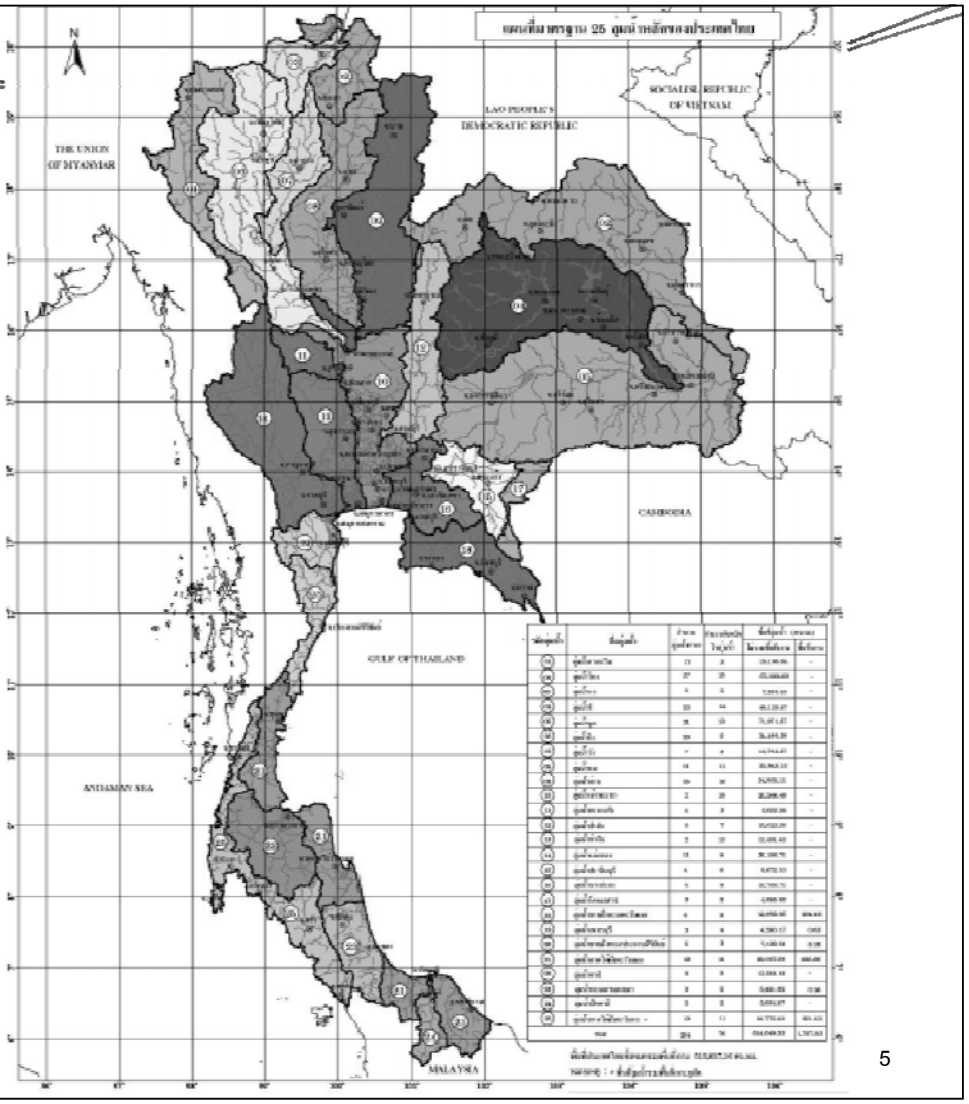
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- ✓ เพื่อทบทวนข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 และปรับแก้ค่าความเบี่ยงเบน (Bias correction)
- ➢ เพื่อศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย
- ➢ เพื่อจัดทำและวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดของไทยจาก AR4 และ AR5
- เพื่อศึกษาสภาวะน้ำหลากในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยในแม่น้ำที่วิกฤติ
- เพื่อเปรียบเทียบสภาวะน้ำหลากด้วยปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดระหว่างจีนและไทย ที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง

ขอบเขตของงานวิจัย

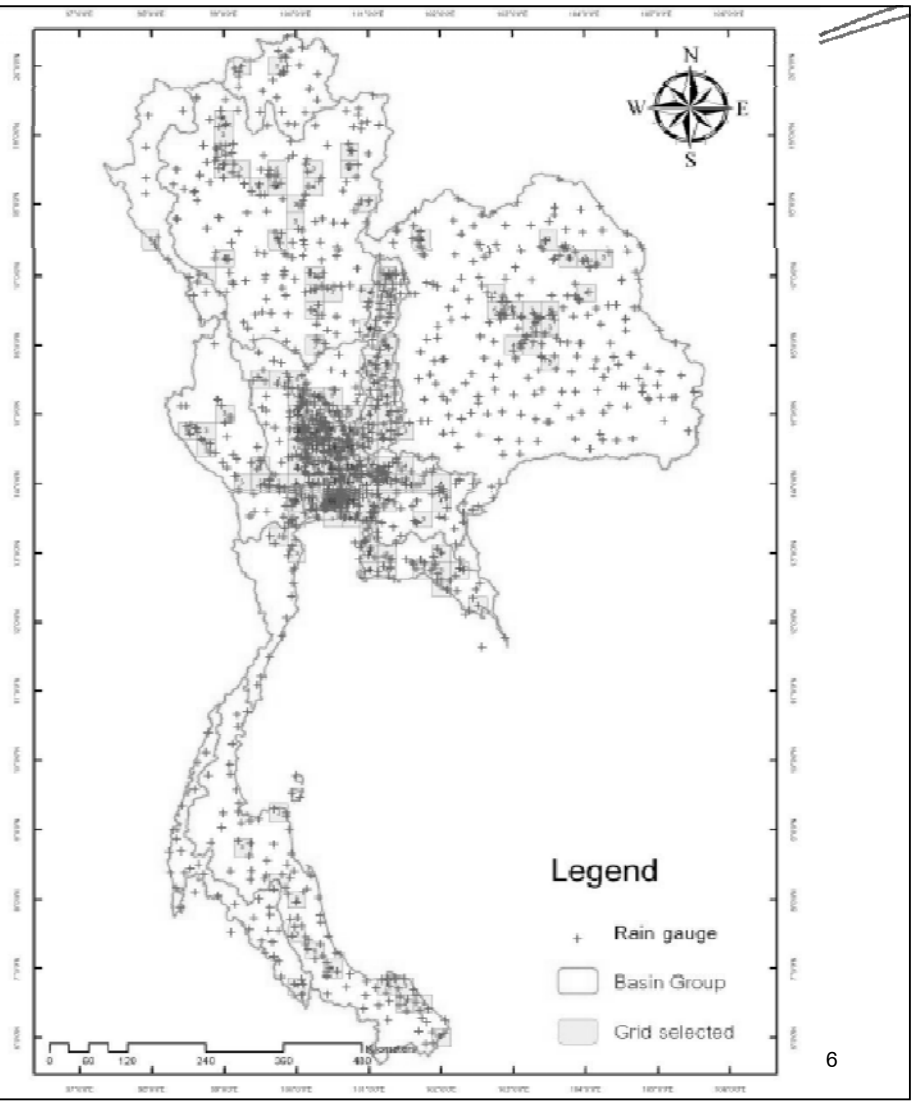
- การศึกษาครอบคลุมพื้นที่ในทุกกลุ่มลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย โดยมีขนาดของกริดเท่ากับ 20 x 20 km
- ศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดจากข้อมูลฝนสังเกตการณ์ และแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ MRI – AGCM 3.2S (AR5)
- ข้อมูลฝนที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย ข้อมูลฝนจากกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน รวมทั้งสิ้น 1,528 สถานี มากระจายด้วยวิธี Inverse Distance Weighted (IDW method) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำฝนจาก GCM ทั้ง AR4 และ AR5 แบบกริดเซลล์ต่อกริดเซลล์
- การศึกษาสภาวะน้ำหลาก เป็นการศึกษาในลุ่มน้ำตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของสภาพทางกายภาพและลักษณะการกระจายตัวของฝนที่แตกต่างกันไป

พื้นที่ศึกษา



ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ, 2549

แผนที่แสดงที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา



แผนกิจกรรมหลักใน 6 เดือนแรก

6 เดือนที่ 1	1. ทบทวนและรวบรวมผลการจำลองและการทำนายจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 (บทที่ ๓)	1. ได้ข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 สำหรับประเทศไทย
	2. วิเคราะห์ downscaled products จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 (บทที่ ๓)	2. ได้ผลการวิเคราะห์ downscaled products จาก AR4 และ AR5
	3. รวบรวมข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทยจากกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน (บทที่ ๒)	3. ได้ฐานข้อมูลฝนในคดีตของประเทศไทย

แผนกิจกรรมหลักใน 6 เดือนที่สอง

6 เดือนที่ 2	1. ทำ Bias correction ของผลที่ได้จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 ที่เลือกใช้ในการศึกษาด้วยข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝน	1. ได้ข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 สำหรับประเทศไทยที่ทำการปรับแก้ bias แล้วด้วยข้อมูลฝนในอดีต
	2. กำหนดดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย	2. ได้ดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย เช่น ปริมาณฝน 5 วันสูงสุด, จำนวนวันสูงสุดที่มีฝนตกติดต่อกัน เป็นต้น
	3. คำนวณดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด	3. ได้ดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในอดีตและที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตจากข้อมูลแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ
	4. แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับทีมวิจัยจีนและจัดทำรายงานความก้าวหน้าปีที่ 1	4. ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและผลการวิจัยกับทีมวิจัยจีน และรายงานความก้าวหน้าปีที่ 1

แผนกิจกรรมหลักใน 6 เดือนที่สาม

6 เดือนที่ 3	1. เปรียบเทียบดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดระหว่าง AR4 และ AR5	1. ได้ผลการเปรียบเทียบปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่คำนวณได้จากข้อมูล AR4 และ AR5
	2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดทั้งในมิติของพื้นที่และเวลาระหว่าง AR4 และ AR5	2. ได้ผลการเปรียบเทียบรูปแบบปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดทั้งในมิติของพื้นที่และเวลาระหว่าง AR4 และ AR5
	3. เลือกแบบจำลองการไหลในแม่น้ำและรวบรวมข้อมูลสำหรับแบบจำลอง	3. ได้แบบจำลองการไหลในแม่น้ำ และค่าพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลอง
	4. จำลองสภาพน้ำท่าในแม่น้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า	4. ได้การจำลองสภาพน้ำท่าในแม่น้ำ และการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ความก้าวหน้าในปัจจุบัน

- กำหนดดัชนีปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด
- คำนวณดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในอดีตจากข้อมูลฝน
- คำนวณดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในอนาคตจากผลของแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่มีการปรับแก้แล้ว
- วิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการเปลี่ยนแปลงของดัชนีปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุด

Extreme Precipitation Indices

- Joint World Meteorological Organization (WMO) Commission for Climatology (CCI) / World Climate Research Program (WCRP), Climate Variability and Predictability (CLIVAR) project's Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI)
- ดร.แสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล และคณะ, โครงการ "การประเมินสภาวะความรุนแรงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย: การวิเคราะห์ความเสี่ยง และความล่อแหลมของพื้นที่วิกฤติ"
  - การคานวณดัชนีสภาวะความรุนแรงของฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จากอนุกรมข้อมูลรายวันของแต่ละสถานี ปี 1985-2006
  - ดัชนีสภาวะความรุนแรงของฝน: ปริมาณฝนและจำนวนฝนตก ความแรงฝน ปริมาณฝนที่มากผิดปกติ จำนวนวันที่ฝนไม่ตกและจำนวนวันที่ฝนตกต่อเนื่อง

Extreme Precipitation Indices

Index	Definition	Unit
CDD	Maximum number of consecutive dry days (R < 1 mm/d)	days
CWD	Maximum number of consecutive wet days (R >= 1 mm/d)	days
R10	Number of days with precipitation >= 10 mm/d	days
R5D	Maximum 5-day precipitation	mm
R95T	Fraction of annual total precipitation due to events exceeding the 1979-2006 95th percentile	%
SDII	Simple daily intensity index: annual total/number of days R >= 1mm/d	mm/day

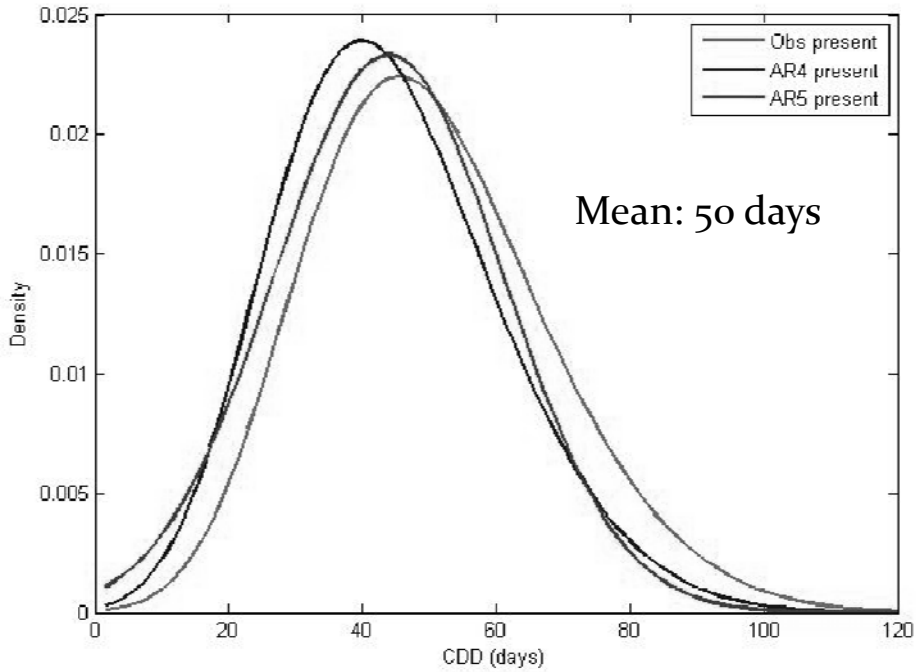
Six precipitation extreme indices used in Xu et al.'s study

GCM Simulation for the Present Extreme Precipitation

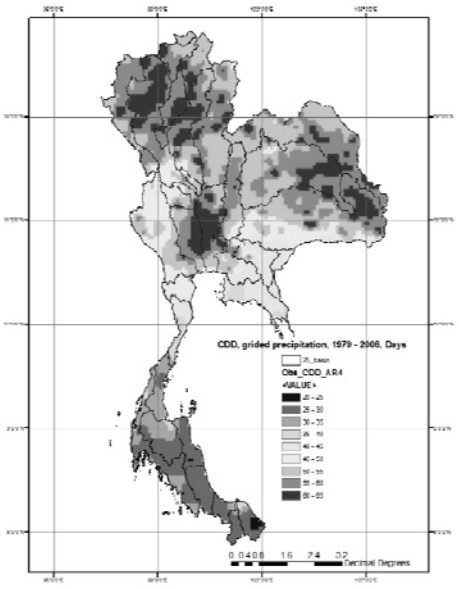
- 1979-2006 Precipitation Extreme Indices
- Comparison between observations, AR 4 and AR5 simulations
- Probability Distribution of Extreme Indices (GEV)
- Spatial Distribution of Extreme Indices

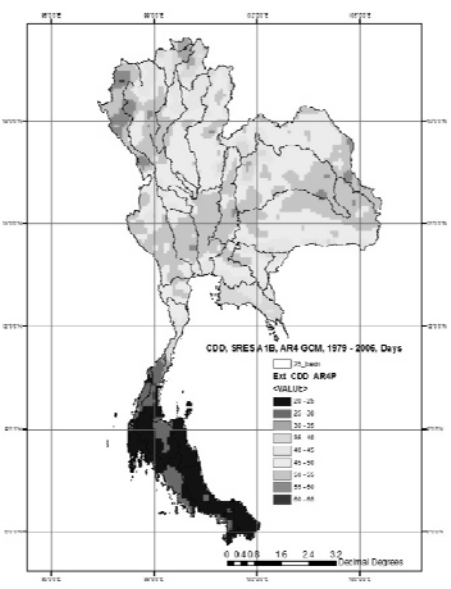
CDD (days)

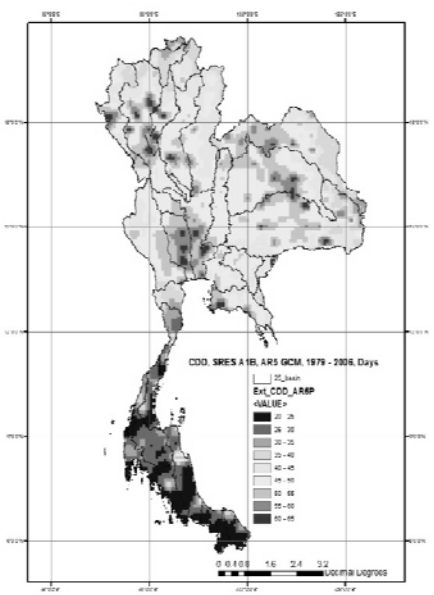
Max. number of consecutive dry days (R < 1 mm/day)



CDD (days)



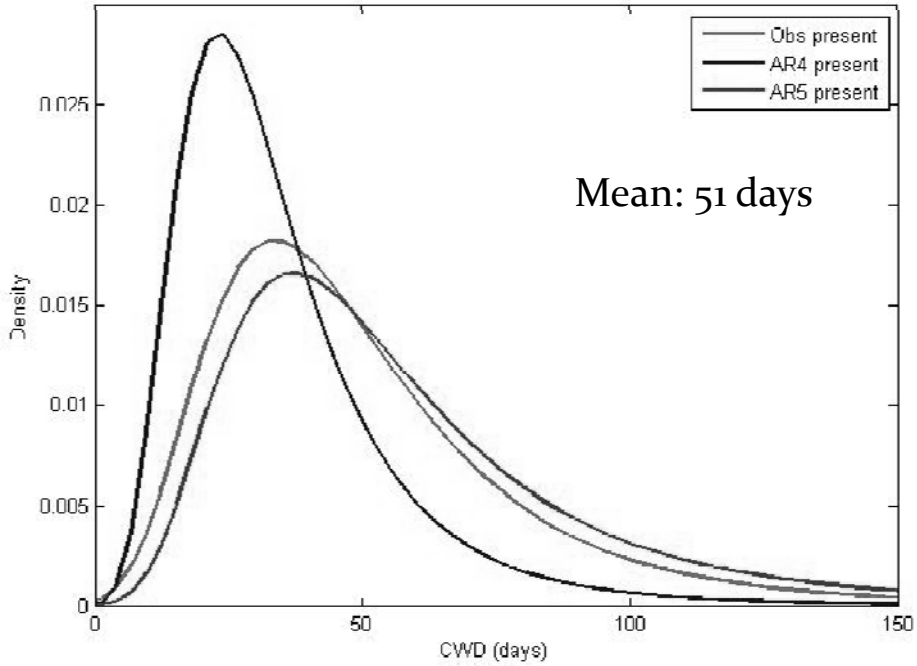




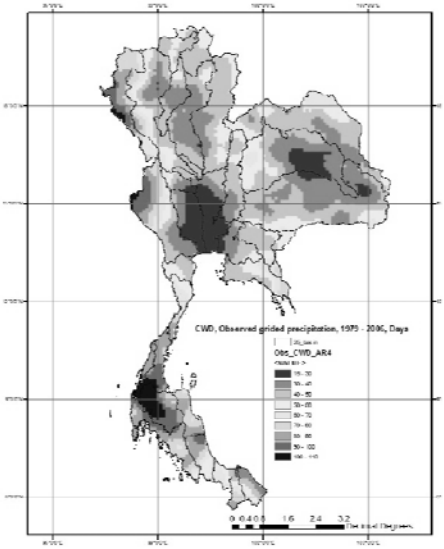
Observed AR4 AR5

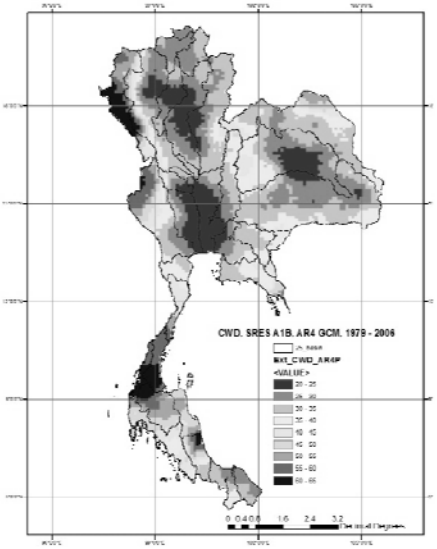
CWD (days)

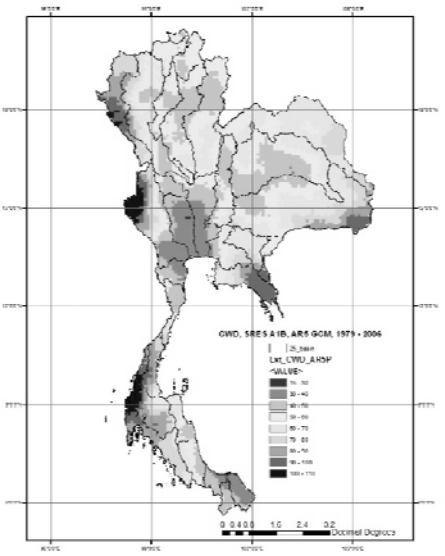
Max. number of consecutive wet days (R ≥ 1 mm/day)



CWD (days)



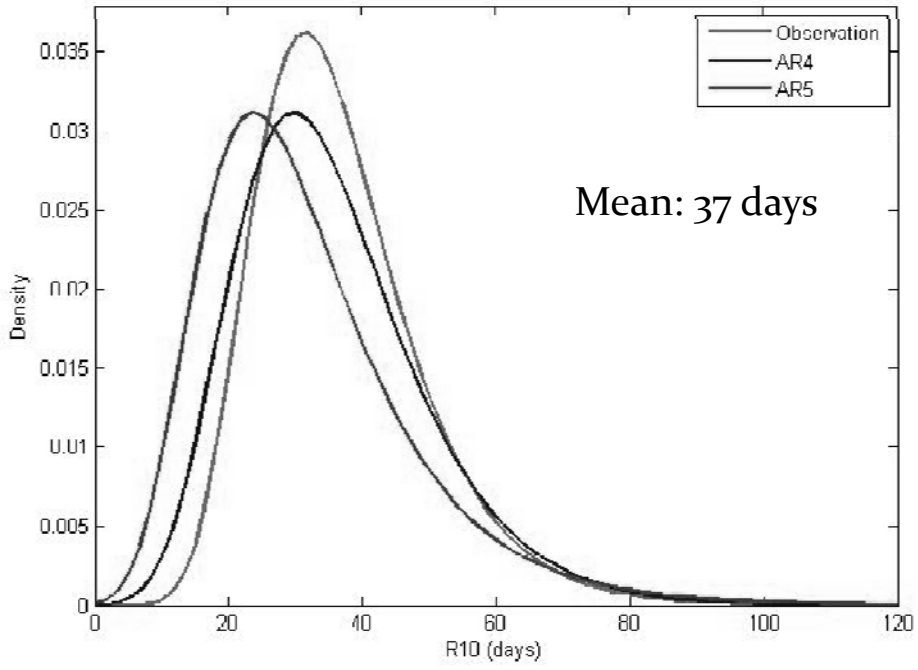




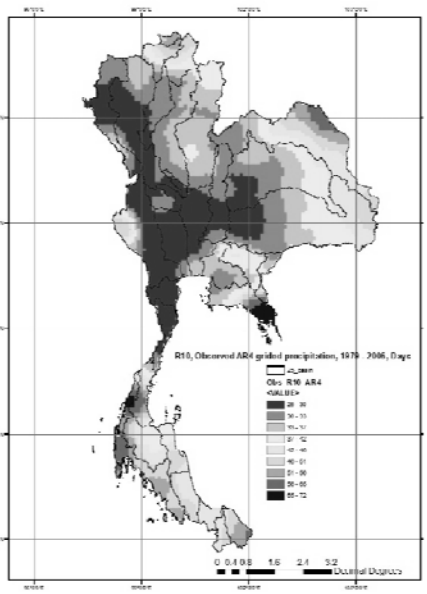
Observed AR4 AR5

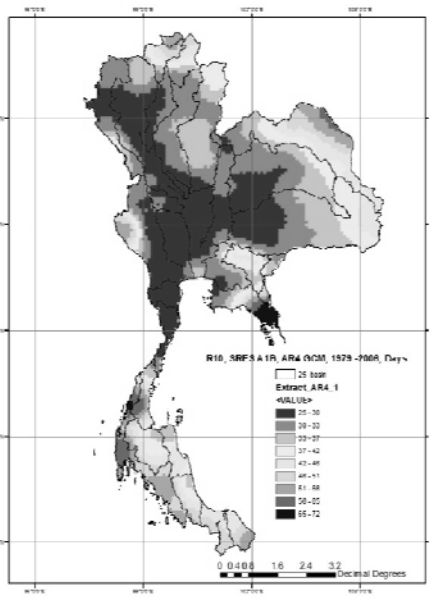
R10 (days)

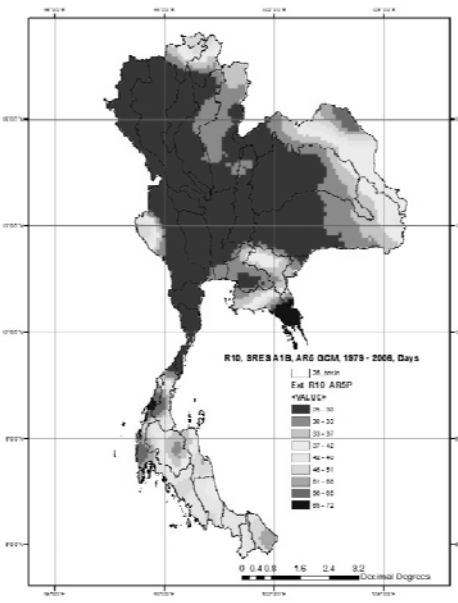
Number of days with precipitation ≥ 10 mm/day



R10 (days)



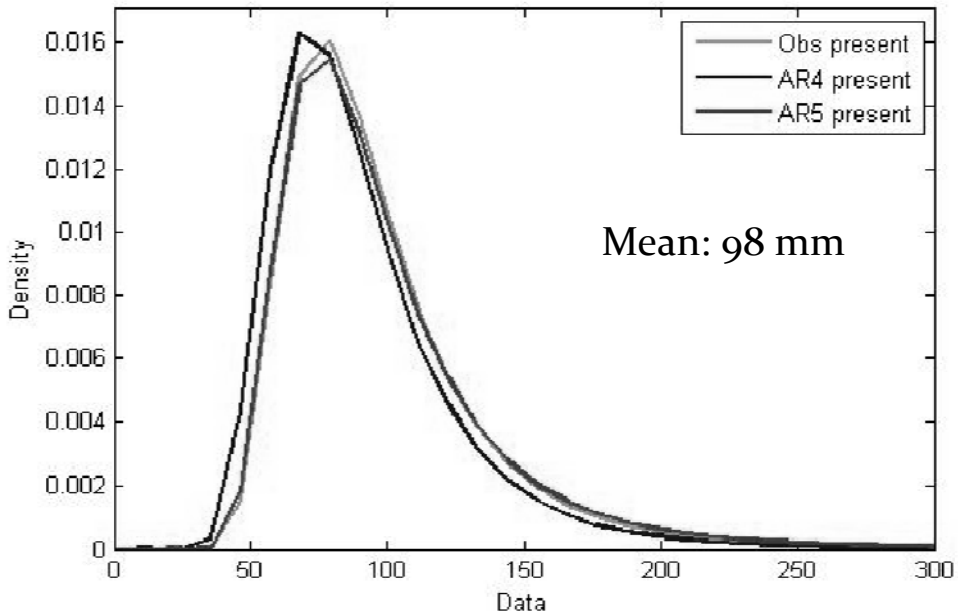




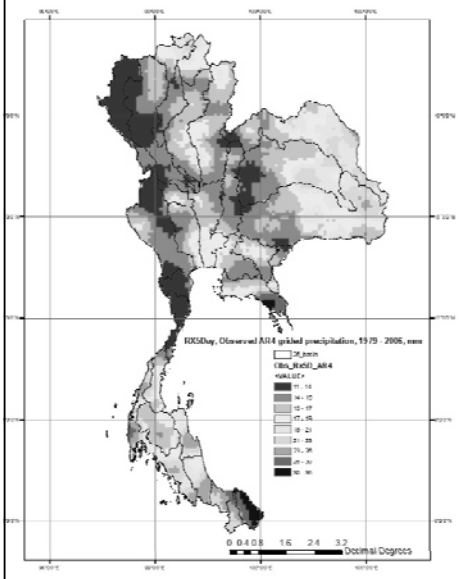
Observed AR4 AR5

R5D (mm)

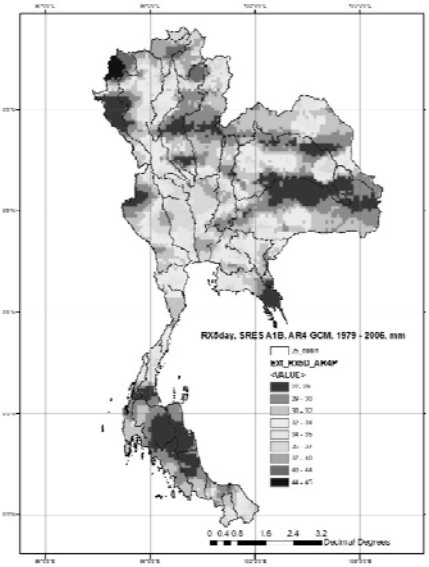
Maximum 5-day precipitation total



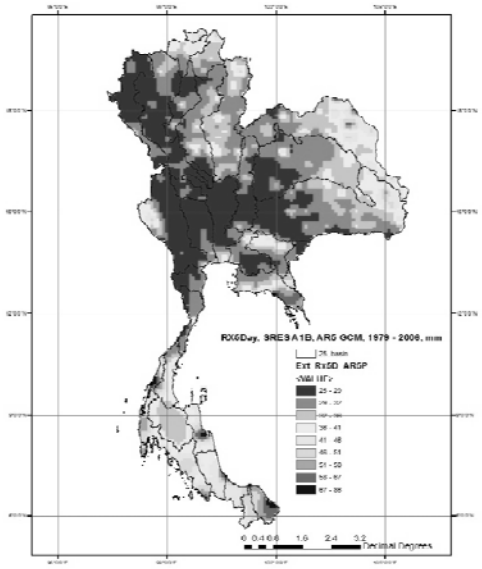
R5D (mm)



Observed



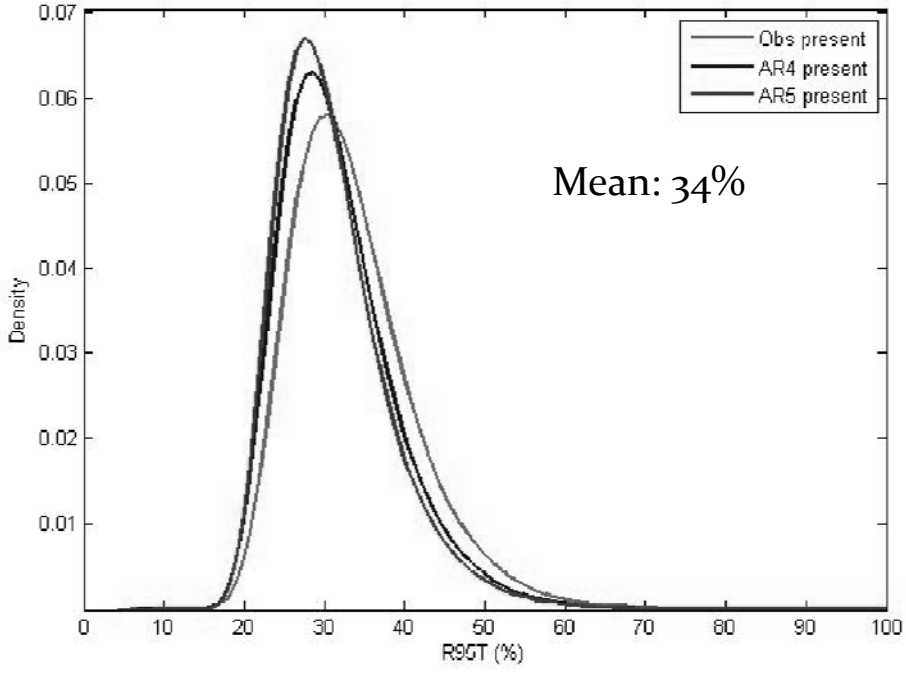
AR4



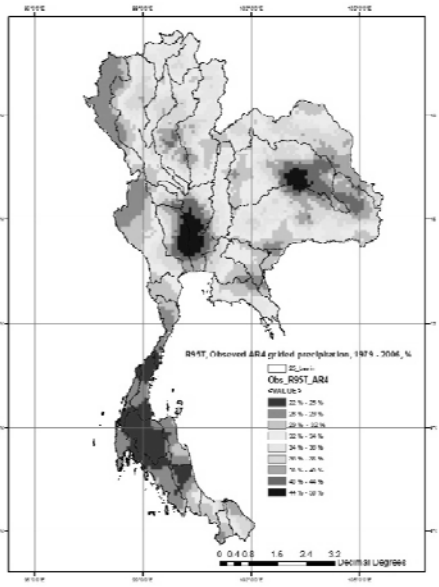
AR5

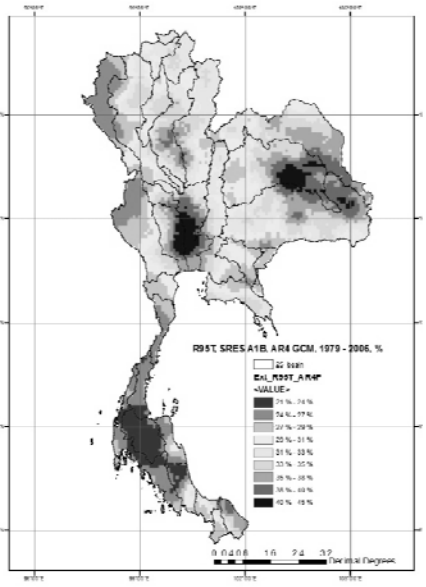
R95T (%)

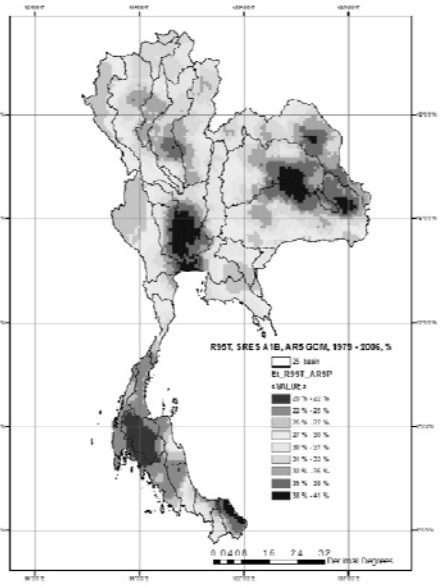
Fraction of annual precipitation due to events exceeding the 1979-2006 95th percentile



R95T (%)



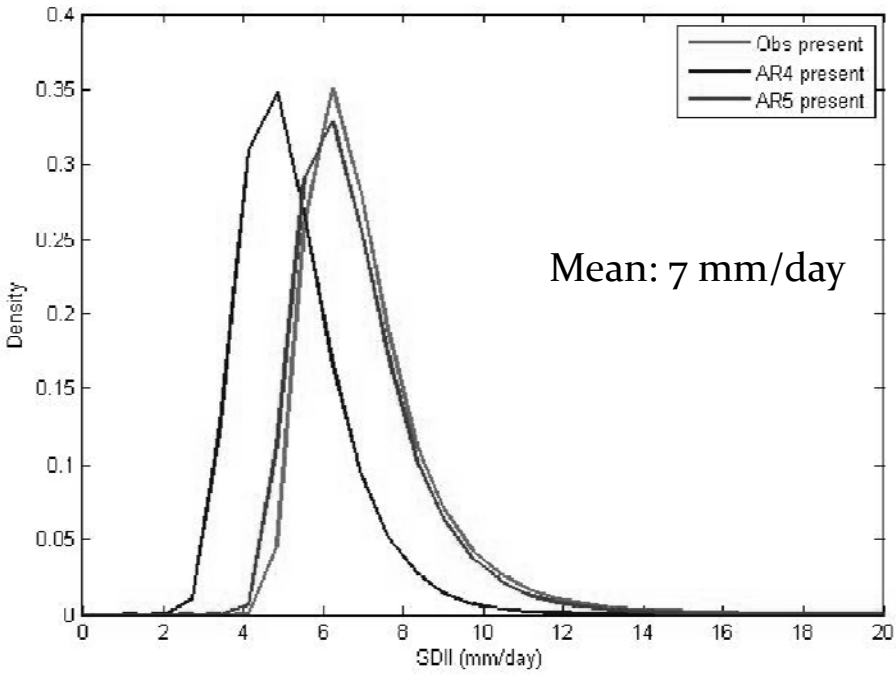




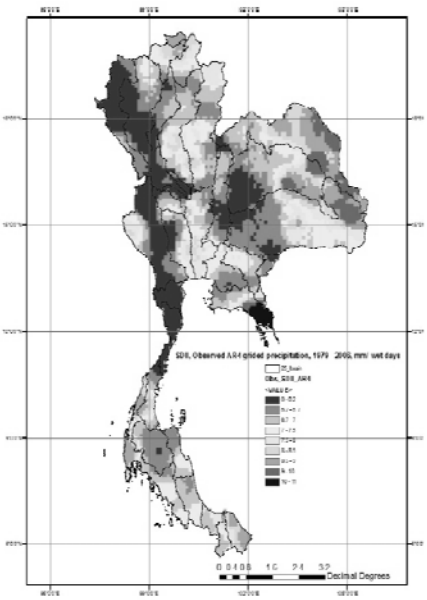
Observed AR4 AR5

SDII (mm/day)

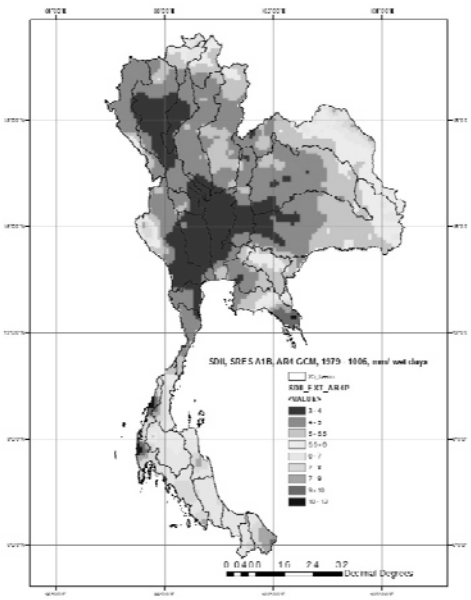
Simple daily intensity index:
annual total precipitation/number of R ≥ 1 mm/day



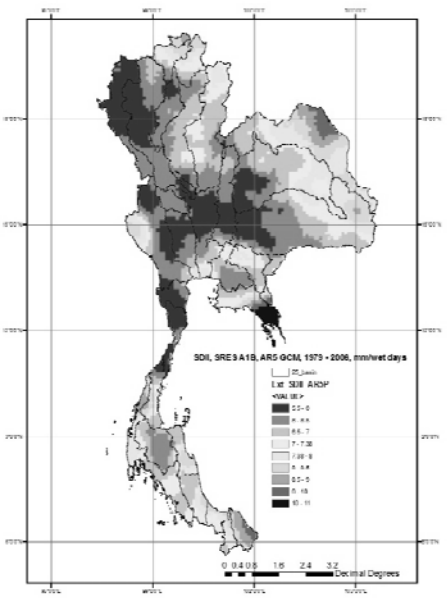
SDII (mm/day)



Observed



AR4

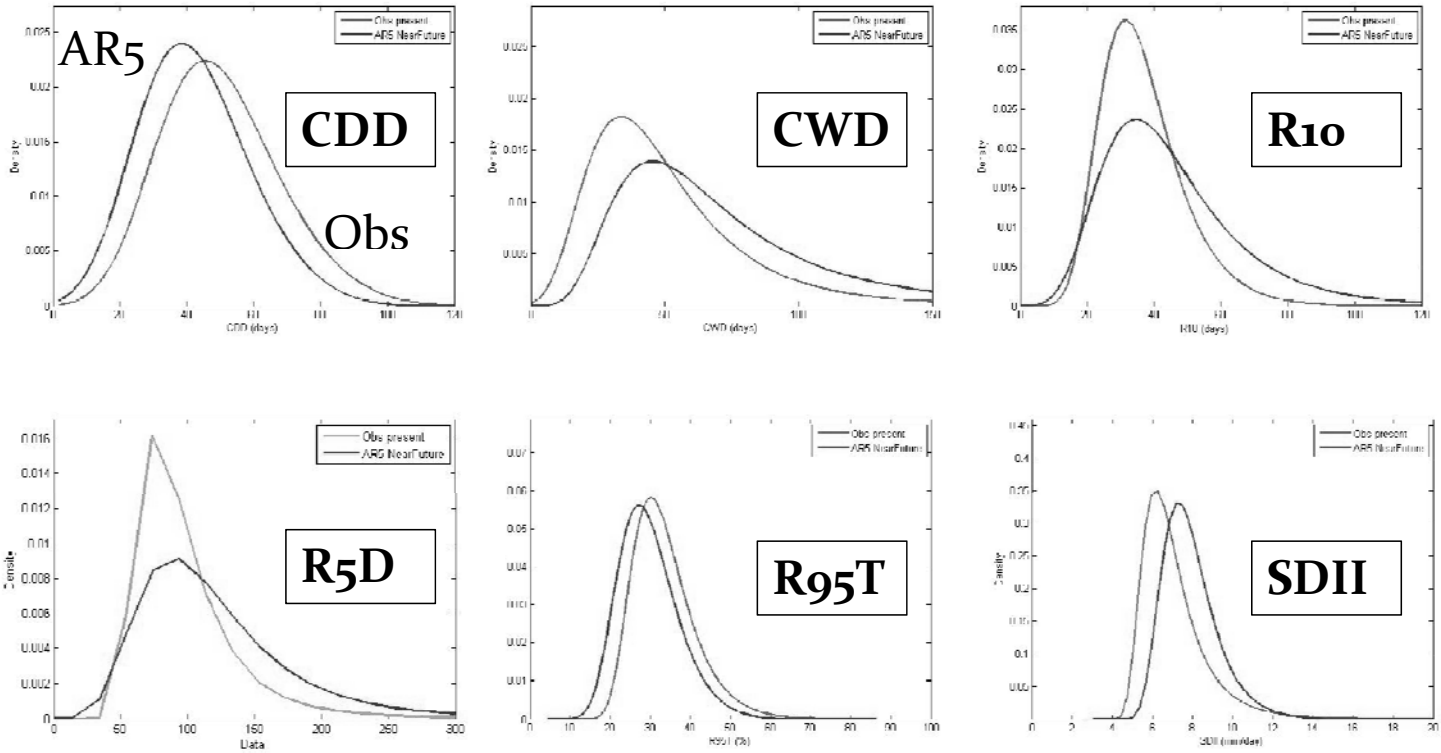


AR5

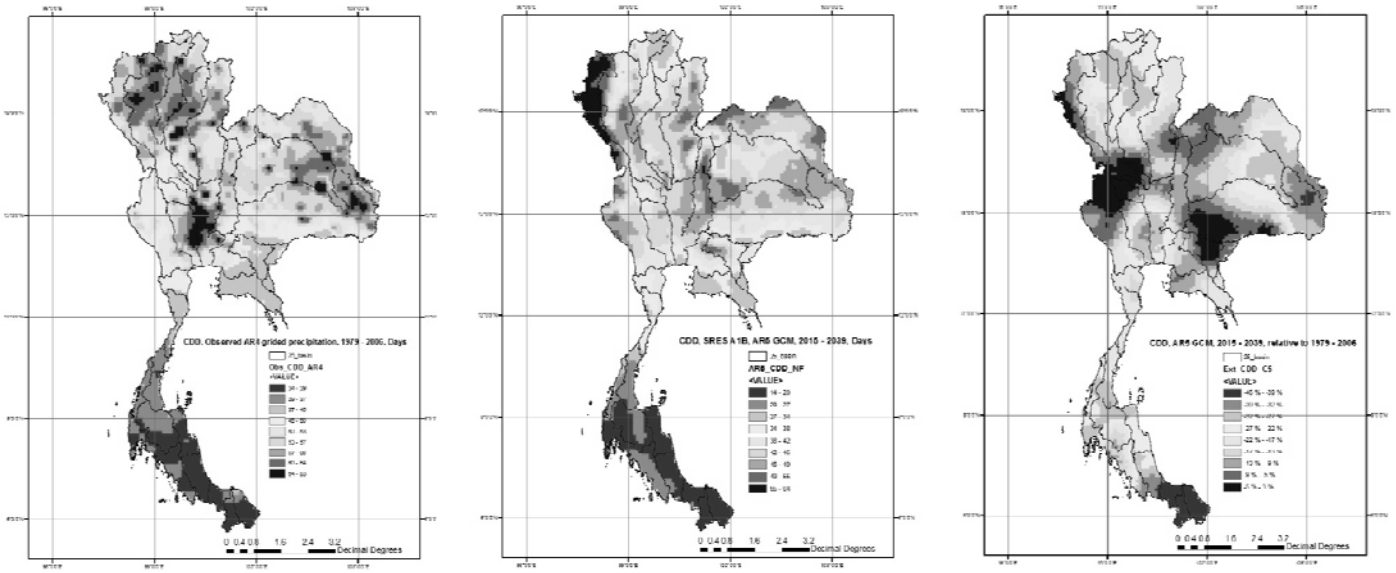
Projected Change in Extreme Indices

- Near future scenarios: 2015-2039
- Comparison between observation (1979-2006) and AR5 (2015-2039)

Projected Change in Extreme Indices



CDD (days)

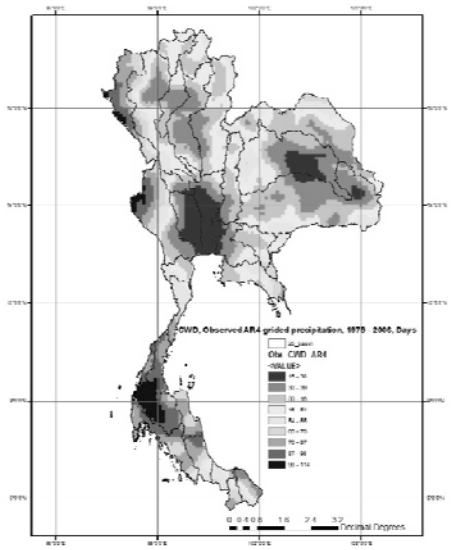


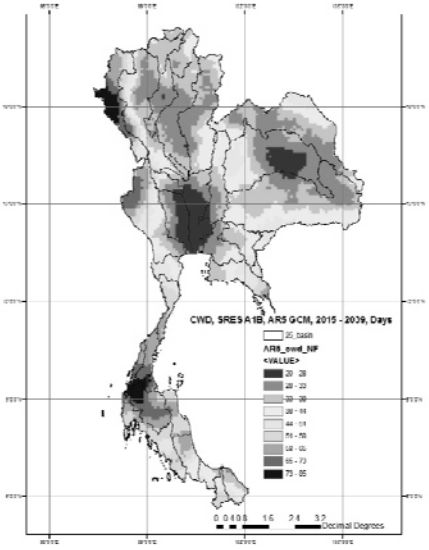
Observed
(1979-2006)

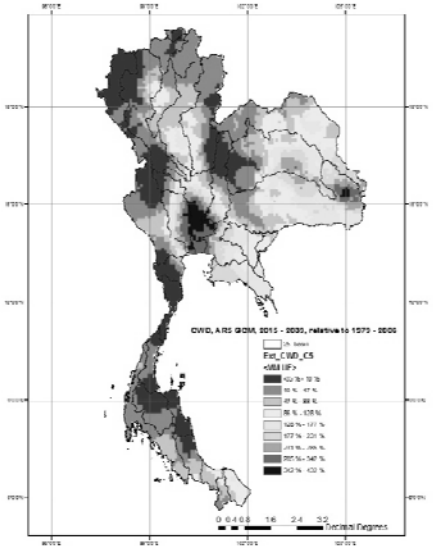
AR5
(2015-2039)

Difference

CWD (days)





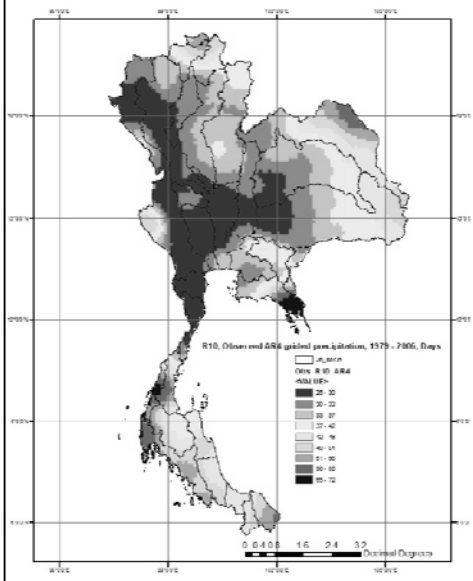


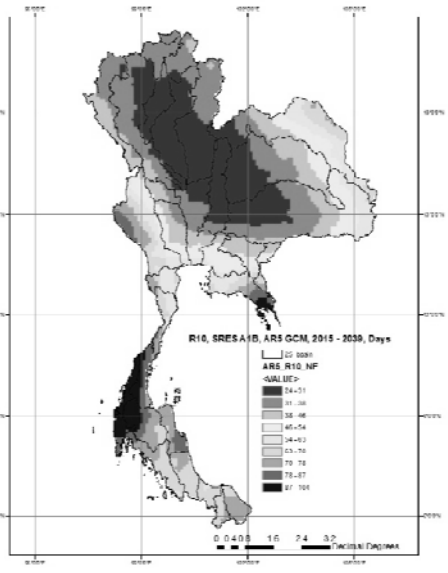
Observed (1979-2006)

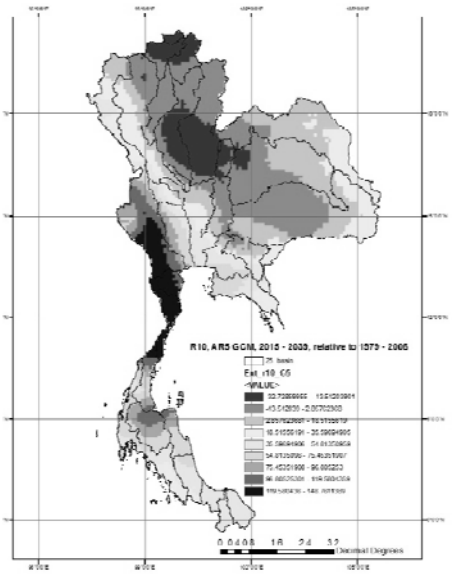
AR5 (2015-2039)

Difference

R10 (days)







Observed (1979-2006)

AR5 (2015-2039)

Difference

แผนการดำเนินงานต่อไป

- เลือกลุ่มน้ำเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลาก
- เลือกแบบจำลองการไหลในแม่น้ำและรวบรวมข้อมูลสำหรับแบบจำลอง
- จำลองสภาพน้ำท่าในแม่น้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า

Thank You

for Your Attention

ภาคผนวก ค-3

การนำเสนอความก้าวหน้าโครงการครั้งที่ 3

การนำเสนอความก้าวหน้าโครงการวิจัย ครั้งที่ 3 "การคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยและจีน"

ห้องประชุมชั้น 34 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.)
11 ตุลาคม 2556

ผู้รับผิดชอบ รศ. ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ

เนื้อหาการนำเสนอ

- วัตถุประสงค์ของงานวิจัย
- ขอบเขตของงานวิจัย
- ความก้าวหน้าในปัจจุบันของรายงานความก้าวหน้า 6 เดือนที่ 3
- แผนการดำเนินงานในระยะต่อไป

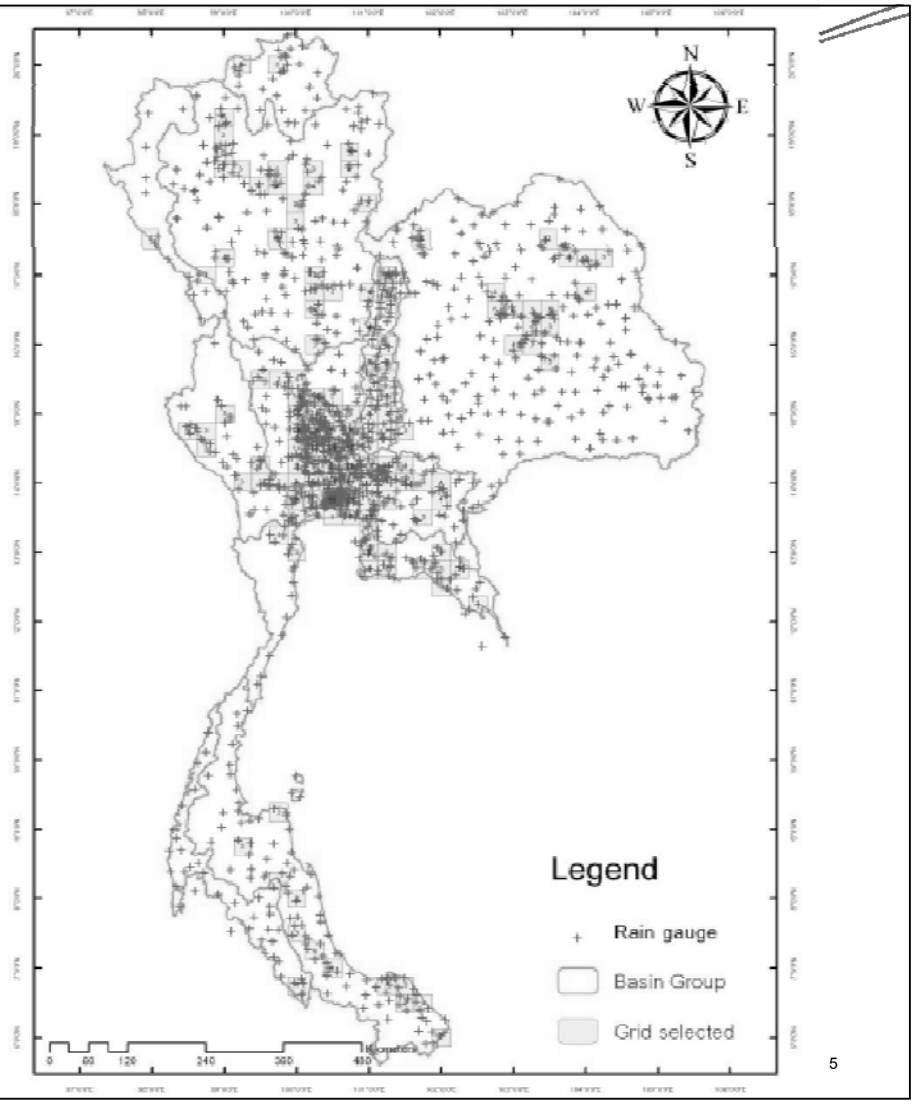
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- ✓ เพื่อทบทวนข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 และปรับแก้ค่าความเบี่ยงเบน (Bias correction)
- ✓ เพื่อศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย
- ✓ เพื่อจัดทำและวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดของไทยจาก AR4 และ AR5
- ➢ เพื่อศึกษาสภาวะน้ำหลากในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยในแม่น้ำที่วิกฤติ
- ➢ เพื่อเปรียบเทียบสภาวะน้ำหลากด้วยปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดระหว่างจีนและไทย ที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง

ขอบเขตของงานวิจัย

- การศึกษาครอบคลุมพื้นที่ในทุกกลุ่มลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย โดยมีขนาดของกริดเท่ากับ 20 x 20 km
- ศึกษาปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดจากข้อมูลฝนสังเกตการณ์ และแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI – AGCM 3.1S (AR4) และ MRI – AGCM 3.2S (AR5)
- ข้อมูลฝนที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย ข้อมูลฝนจากกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน รวมทั้งสิ้น 1,528 สถานี มากระจายด้วยวิธี Inverse Distance Weighted (IDW method) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำฝนจาก GCM ทั้ง AR4 และ AR5 แบบกริดเซลล์ต่อกริดเซลล์
- การศึกษาสภาวะน้ำหลาก เป็นการศึกษาในลุ่มน้ำตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของสภาพทางกายภาพและลักษณะการกระจายตัวของฝนที่แตกต่างกันไป

แผนที่แสดงที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา



Statistical Bias Correction Methods

- Gamma – Gamma transformation method: intensity, frequency and mean rainfall correction
- Hybrid quantile method: extreme precipitation correction

Bias correction method: Gamma – Gamma transformation

Bias correction method for daily GCM rainfall

Purpose: To reconcile the difference between GCM and local observed data

Rainfall frequency correction

1. Establish the empirical distribution, F(x)

$$F(x) = \frac{n}{m+1}$$

2. Calculate a threshold value (%xGCM), derived from the empirical distribution of daily historical rainfall, to truncate the empirical distribution of the raw daily GCM rainfall for that particular month. Basically, we have to determine F(xhis=0.0) then map it to the daily GCM rainfall distribution

Bias correction method: Gamma – Gamma transformation

Rainfall Intensity correction

1. Gamma – Gamma transformation

$$f(x;\alpha,\beta) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right);$$

$$x > x_{trunc}$$

$$F(x;\alpha,\beta) = \int_{x_{trunc}}^{x} f(t)dt$$

$$F(x_{GCM};\alpha,\beta|_{GCM}) \Rightarrow F(x_{His};\alpha,\beta|_{His})$$

2. The corrected GCM rainfall amount for that day can be calculated by taking the inverse eq. (4) such that

$$x'_{GCM} = F^{-1}\{F(x_{His};\alpha,\beta|_{His})\}$$

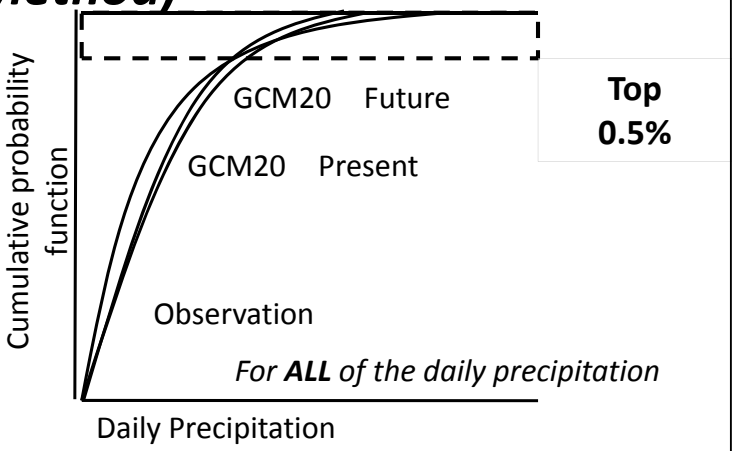
Concept of bias correction method for MRI GCM

(Hybrid Method)

Remark: Inomata et al. (2011)

A) Extreme Value
⇒The samples in top 0.5% of prob. of non exceedance are considered.
B) Other value
⇒They are divided into each flood event.

①The samples in top 0.5% on cumulative probability density function for observation, GCM20 Present and GCM20 Future are abstracted.

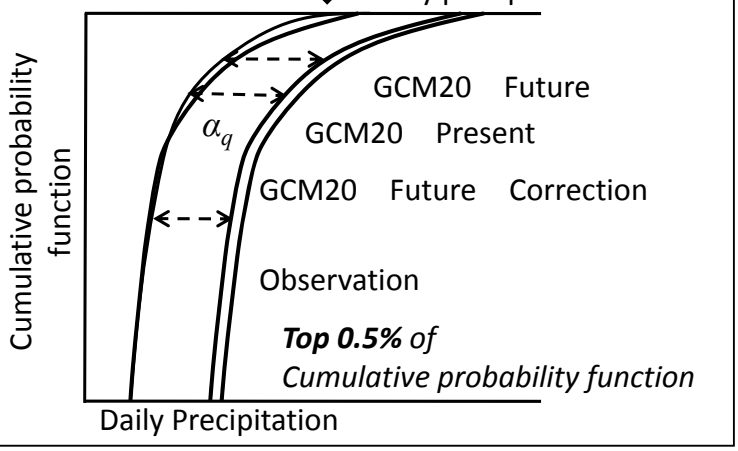


Abstraction of top 0.5% daily precipitation

②The ration for each quantile (α_q) between observation (P_Obs_q) and GCM20 Present ($GCM20_Pre_q$) is estimated. α_q is regarded as a correction coefficient for each quantile and multiplied to the value of GCM20 Future of same quantile ($GCM20_Fut_q$) and corrected value (P_Fut_q) is obtained.

$$\alpha_q = \frac{P_Obs_q}{GCM20_Pre_q}$$

$$P_Fut_q = \alpha_q \times GCM20_Fut_q$$

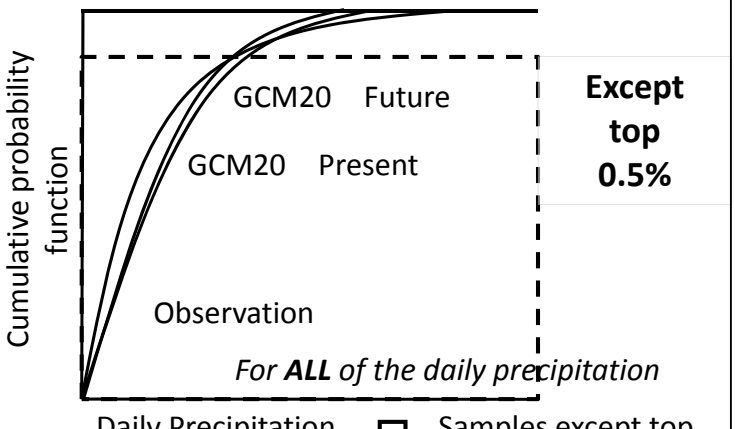


Concept of bias correction method for GCM20 (cont.)

Hybrid Method

Ref: Inomata et al. (2011)

③Samples except top 0.5% on observation, GCM20 Present and Future are divided into each month.

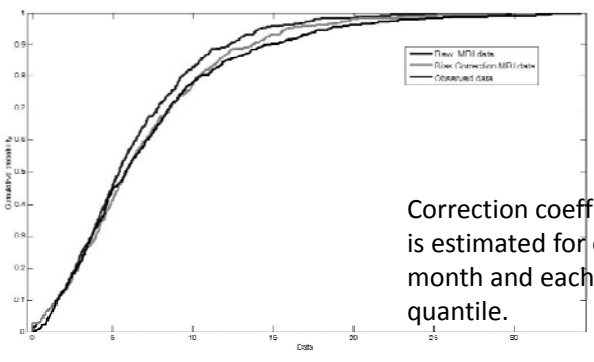


Samples except top 0.5% is divided into each month.

④The ratio between observation ($P_Obs_{m_q}$) and GCM20 Present ($GCM20_Pre_{m_q}$) is estimated for each flood event and each quantile (α_{m_q}). α_{m_q} is regarded as correction coefficient and multiplied to GCM20 Future of same flood event and same quantile ($GCM20_Fut_{m_q}$) and corrected value ($P_Fut_{m_q}$) is obtained.

$$\alpha_{m_q} = \frac{P_Obs_{m_q}}{GCM20_Pre_{m_q}}$$

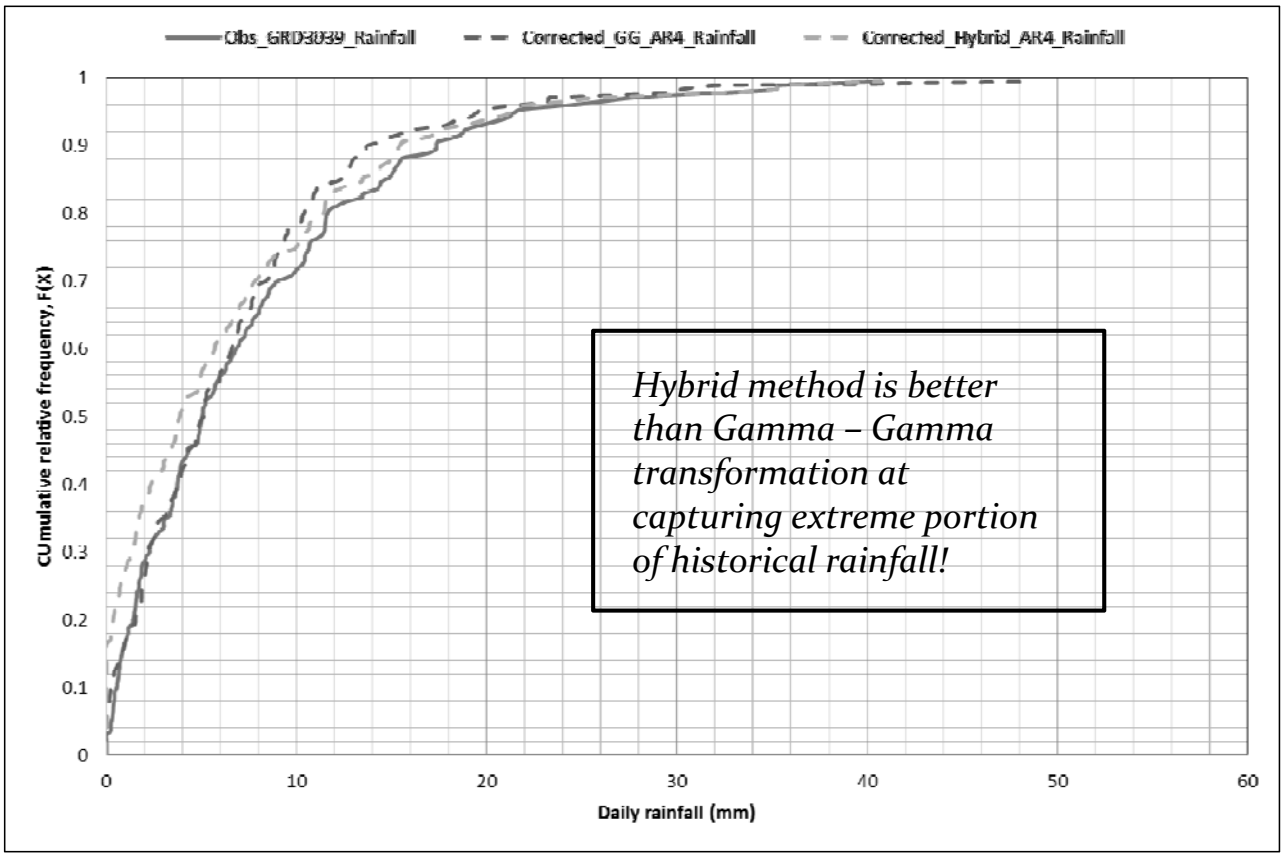
$$P_Fut_{m_q} = \alpha_{m_q} \times GCM20_Fut_{m_q}$$



Correction coefficient is estimated for each month and each quantile.

Comparison of bias correction method

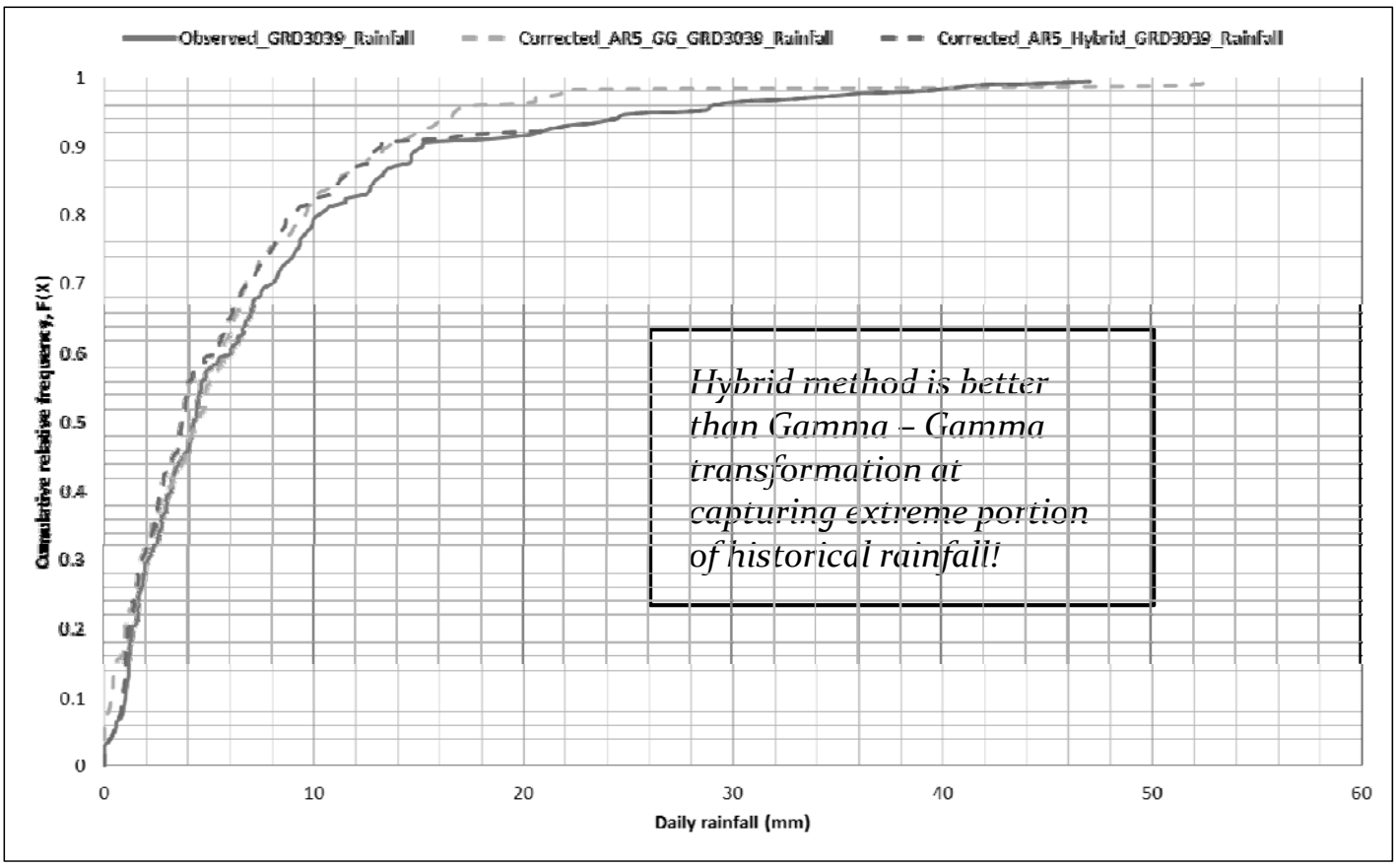
Cumulative frequency analysis_AR4 Rainfall



Hybrid method is better than Gamma – Gamma transformation at capturing extreme portion of historical rainfall!

Comparison of bias correction method

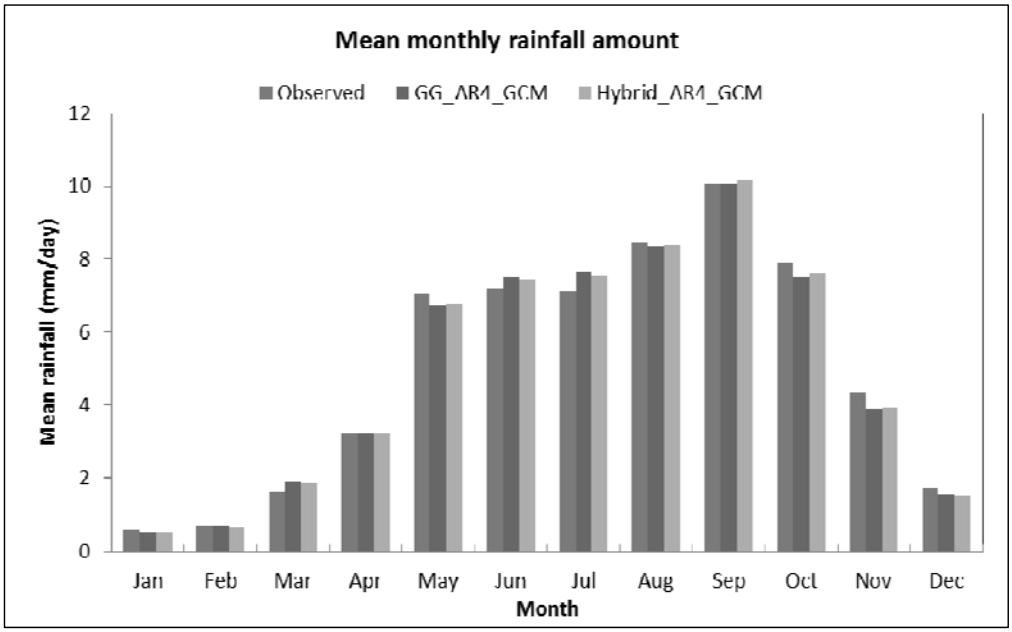
Cumulative frequency analysis_AR5 Rainfall



Hybrid method is better than Gamma – Gamma transformation at capturing extreme portion of historical rainfall!

Comparison of bias correction method

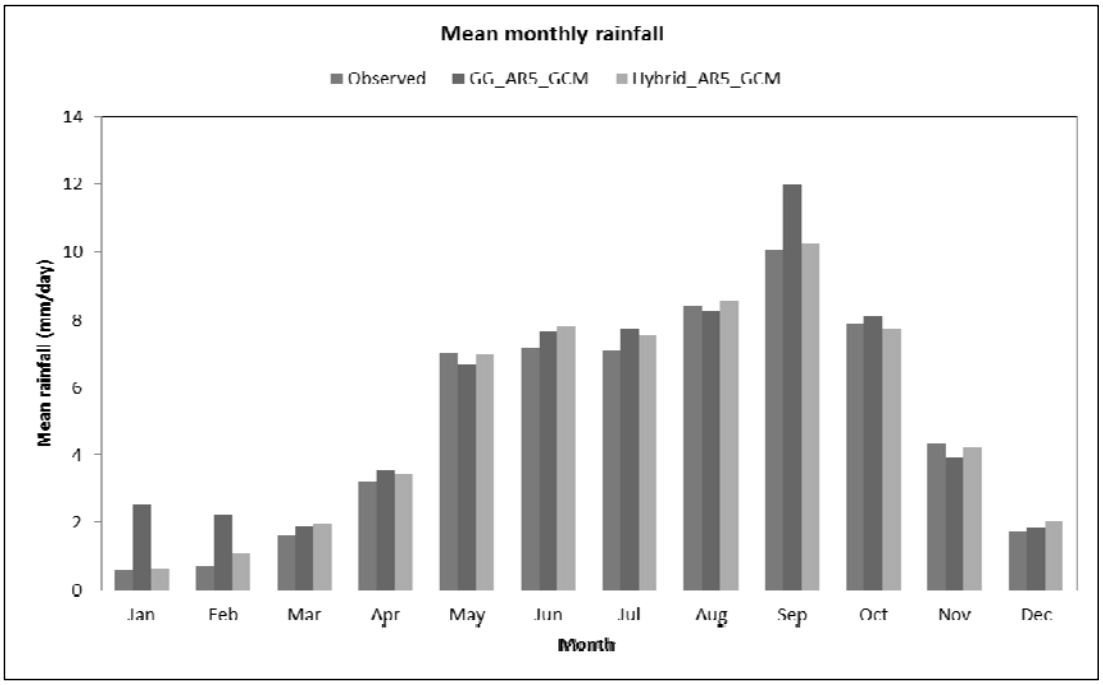
Mean rainfall amount (AR4)



Sample grid 3667: Sri Satchanalai, Sukhothai, Thailand

Comparison of bias correction method

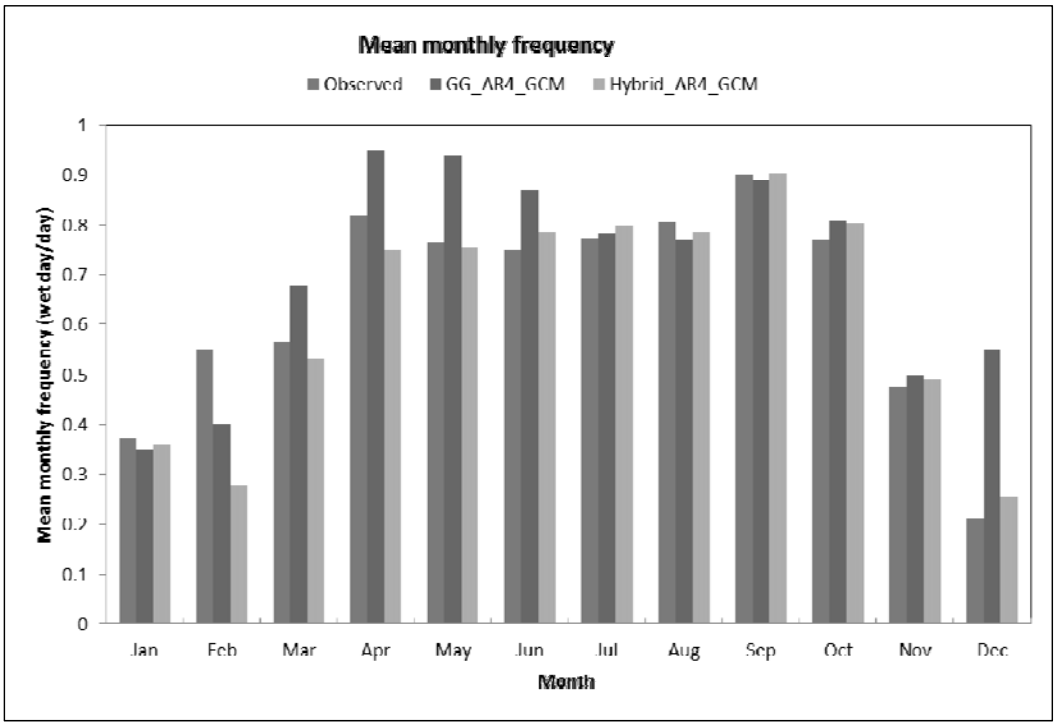
Mean rainfall amount (AR5)



Sample grid 3667: Sri Satchanalai, Sukhothai, Thailand

Comparison of bias correction method

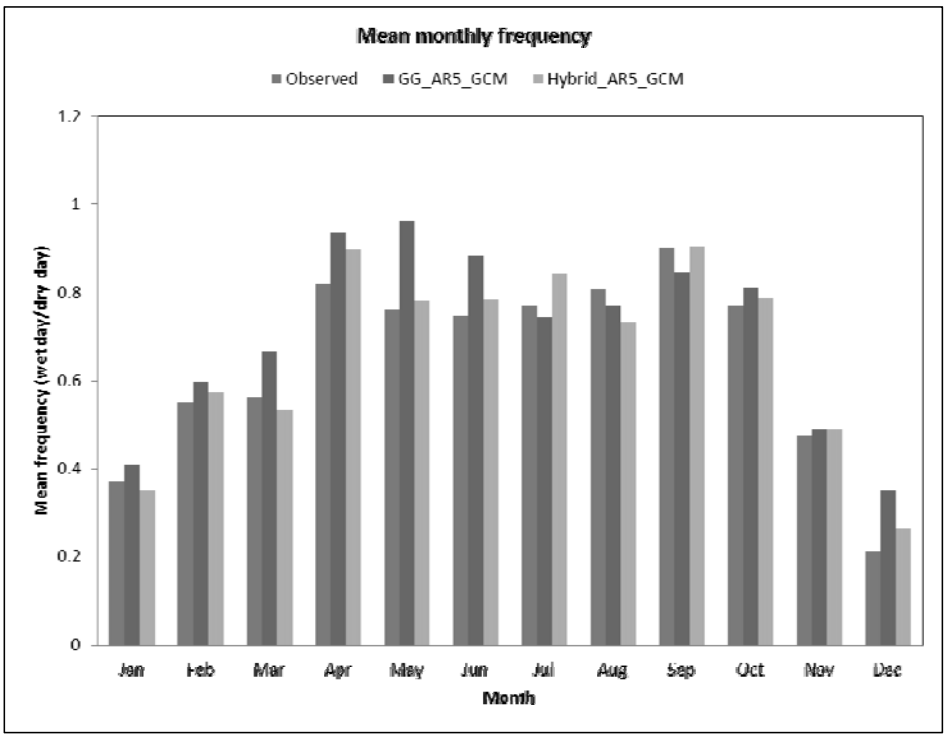
Mean monthly frequency (AR4)



Sample grid 3667: Sri Satchanalai, Sukhothai, Thailand

Comparison of bias correction method

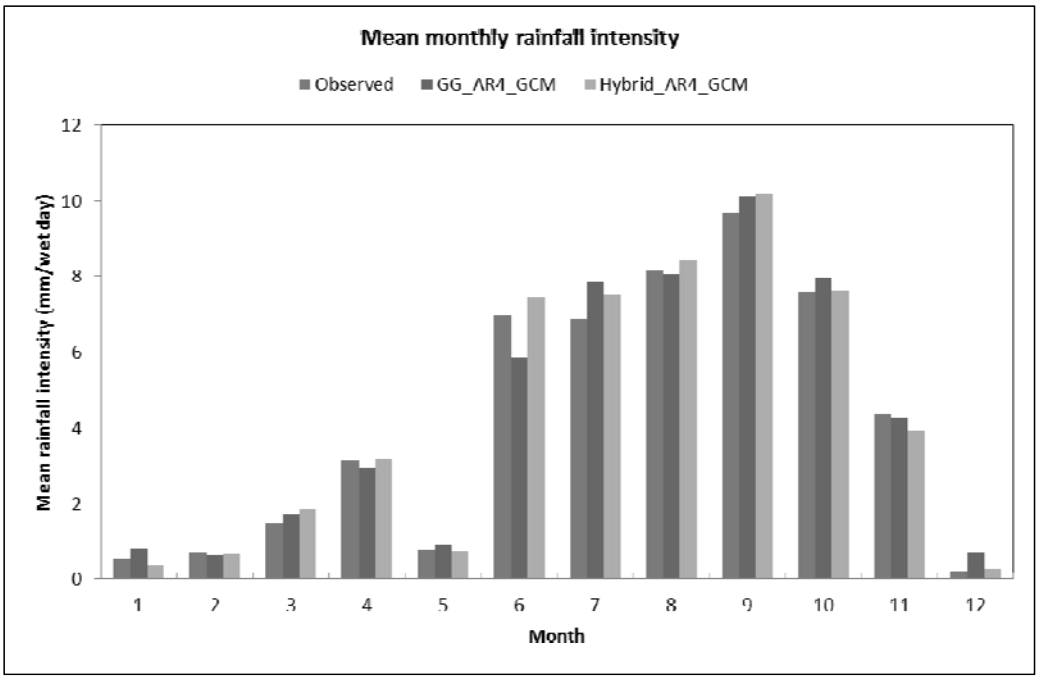
Mean monthly frequency (AR5)



Sample grid 3667: Sri Satchanalai, Sukhothai, Thailand

Comparison of bias correction method

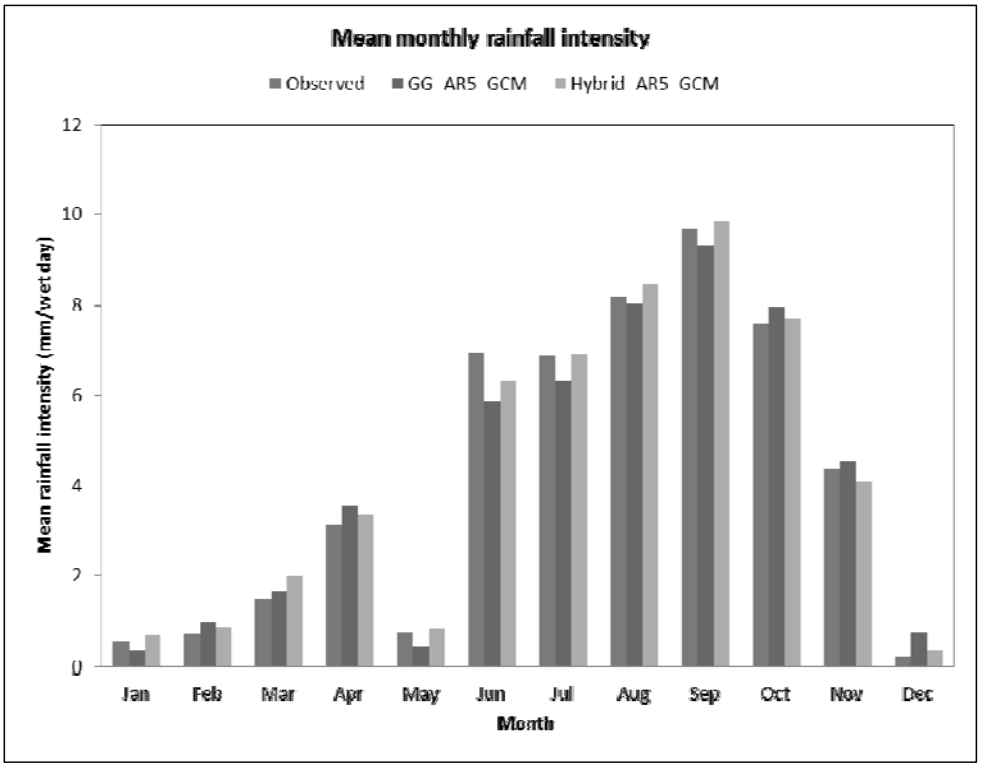
Mean monthly Intensity (AR4)



Sample grid 3667: Sri Satchanalai, Sukhothai, Thailand

Comparison of bias correction method

Mean monthly Intensity (AR5)



Sample grid 3667: Sri Satchanalai, Sukhothai, Thailand

แผนการดำเนินงานในระยะต่อไป

- จำลองสภาพน้ำท่าในแม่น้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า
- วิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อสภาวะน้ำหลากในแม่น้ำที่สนใจ
- แลกเปลี่ยนผลการวิเคราะห์สภาวะน้ำหลากกับทีมวิจัยจีน

ภาคผนวก ค-4

การนำเสนอแนวโน้มและความรุนแรงของฝนในประเทศไทยเปรียบเทียบระหว่าง AR4 และ AR5

Precipitation Patterns and Extremes in Thailand: Comparison between MRI-AGCM 3.1S and 3.2S

The Third China – Thailand Joint Seminar on Climate Change

Katathani Phuket Beach Resort, Phuket

27-31 October 2013

Assoc. Prof. Dr. Sucharit KOONTANAKULVONG

Dr. Piyatida HOISUNGWAN

Patinya HANITTINAN

Department of Water Resources Engineering, Chulalongkorn University

Effects of Climate Change

- Food security
- Public Health
- Mass Migration
- Monsoon Intensity
- Precipitation Patterns

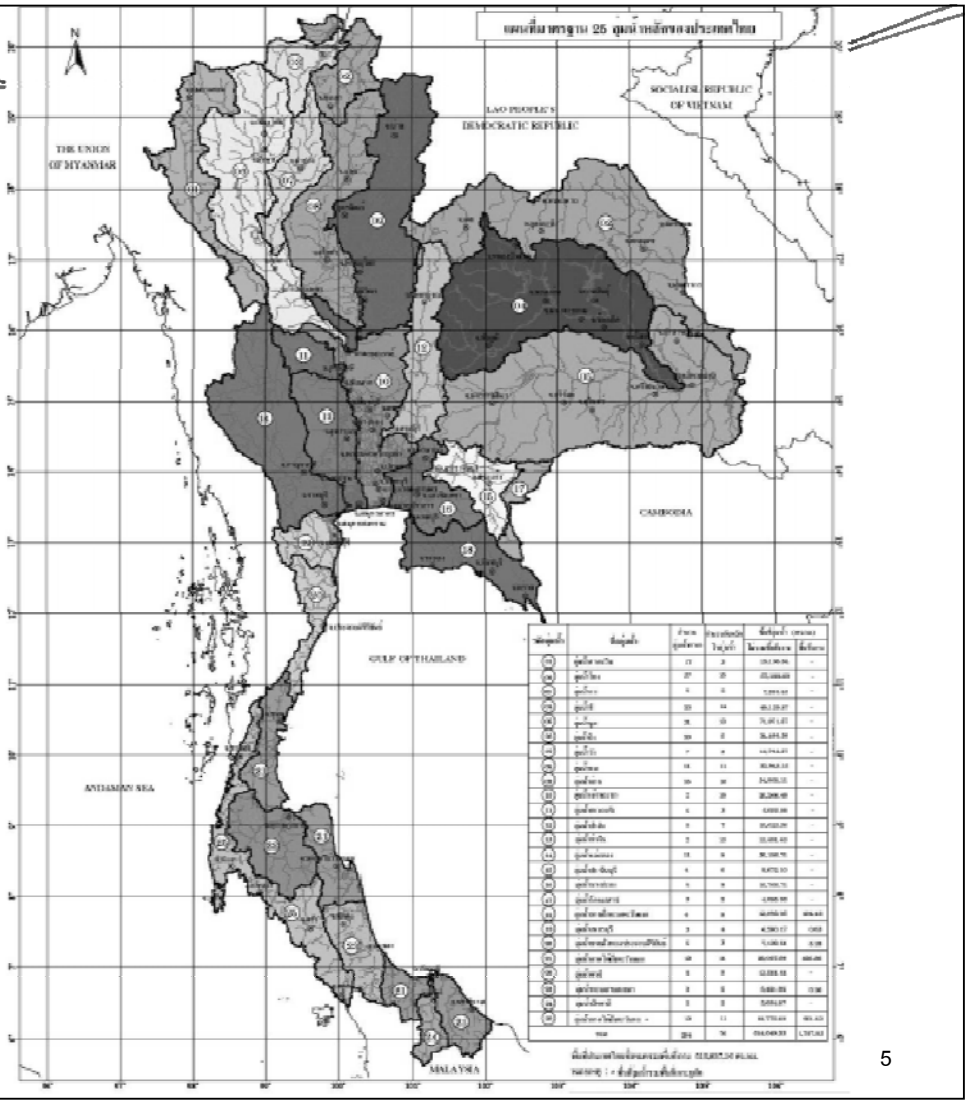
Research Objectives

- Review outputs from AGCMs and correct AGCM precipitation bias with the focus on extreme values
- Study precipitation extremes in river basins in Thailand
- Compare precipitation extreme patterns in the future between AR4 and AR5

Scope of Research

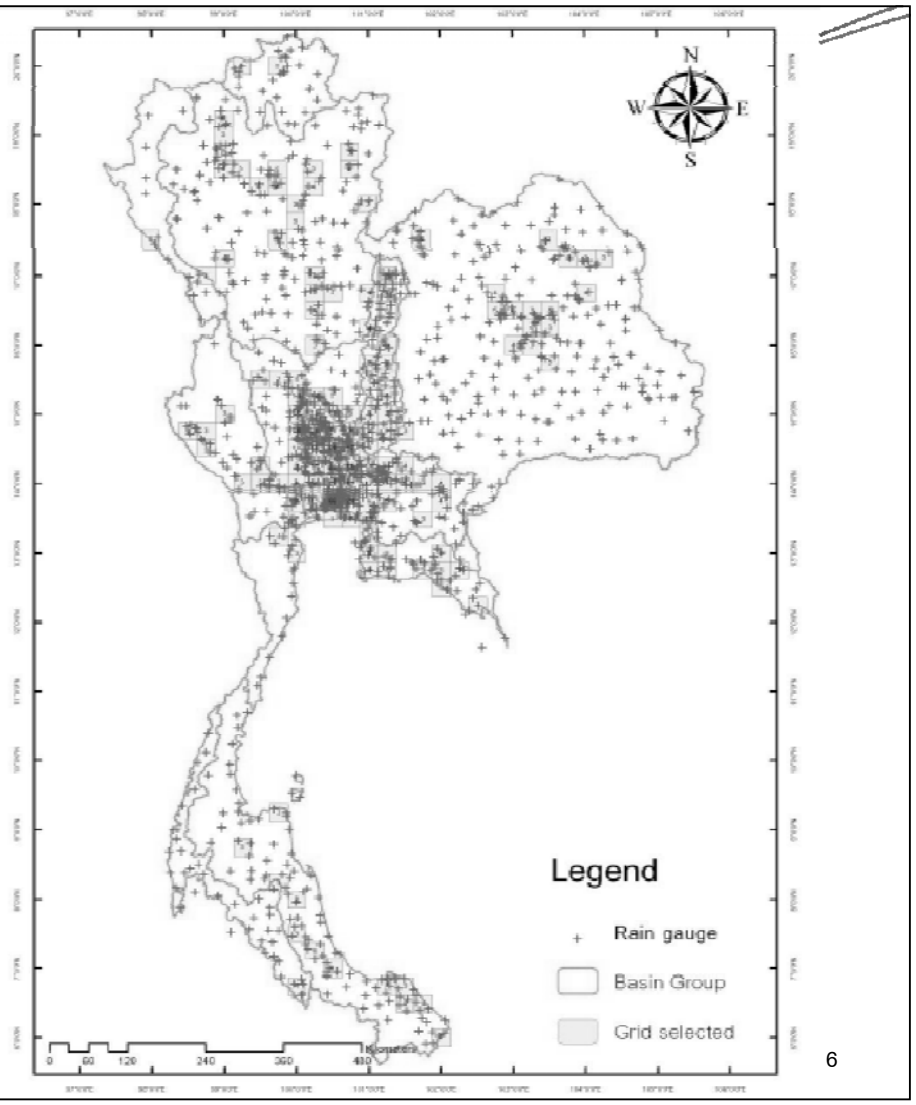
- Study area covers all river basins in Thailand
- Observed rainfall obtained from Thai Meteorological Department (TMD) and Royal Irrigation Department (RID) during the period of 1979-2006
- Use outputs from MRI – AGCM 3.1S (AR4) and MRI – AGCM 3.2S (AR5) with the grid size of 20 x 20 km during the period of 1979-2006 and 2015-2039

Study Area



Source: Department of Water Resources

Map of rain gauges



Studies on Extreme Precipitation

- Joint World Meteorological Organization (WMO) Commission for Climatology (CCI) / World Climate Research Program (WCRP), Climate Variability and Predictability (CLIVAR) project's Expert Team on Climate Change Detection and Indices (**ETCCDI**)
- **Limjirakan et al (2010)** studied trends in climate change indices in Thailand, with a focus on weather extreme events during 1956-2006.
  - Total rainfall, number of rainy days and frequency of heavy rainfall days showed widespread and general decrease in the central, north and south. Associated changes were noticed by spatially coherent increases in daily intensity rainfall and consecutive dry day

Studies on Extreme Precipitation

- **Xu et al. (2011)** applied observed precipitation data and three GCMs (CSIRO-MK3, MPI-ECHAM5 and NCAR-CCSM 3.0) - with SRES A1B scenarios, to simulate extreme precipitation
  - These GCMs are able to reproduce trends of spatial distribution with degree of high fidelity, compare with observed precipitation. But they are failed to correctly represent inter-annual variation.
  - Analyzed rainfall indices were: Simple Daily Precipitation (SDII) R95T Consecutive Dry Days (CDD) Consecutive Wet Days (CWD) R10
  - All of them have shown increasing trend in every major river basin in China

Statistical Bias Correction Methods

- Gamma – Gamma transformation method: intensity, frequency and mean rainfall correction
- Hybrid quantile method: extreme precipitation correction

Bias correction method: Gamma – Gamma transformation

Bias correction method for daily GCM rainfall

Purpose: To reconcile the difference between GCM and local observed data

Rainfall frequency correction

1. Establish the empirical distribution, F(x)

$$F(x) = \frac{n}{m+1}$$

2. Calculate a threshold value (%xGCM), derived from the empirical distribution of daily historical rainfall, to truncate the empirical distribution of the raw daily GCM rainfall for that particular month. Basically, we have to determine F(xhis=0.0) then map it to the daily GCM rainfall distribution

Bias correction method: Gamma – Gamma transformation

Rainfall Intensity correction

1. Gamma – Gamma transformation

$$f(x;\alpha,\beta)=\frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)}x^{\alpha-1}\exp\left(-\frac{x}{\beta}\right);$$

$$x \geq x_{trunc}$$

$$F(x;\alpha,\beta)=\int_{x_{trunc}}^{x} f(t)dt$$

$$F(x_{GCM};a,\beta|_{GCM}) \Rightarrow F(x_{His};\alpha,\beta|_{His})$$

2. The corrected GCM rainfall amount for that day can be calculated by taking the inverse eq. (4) such that

$$x'_{GCM}=F^{-1}\left\{F\left(x_{His};\alpha,\beta|_{His}\right)\right\}$$

Concept of bias correction method for MRI GCM *(Hybrid Method)*

Remark: Inomata et al. (2011)

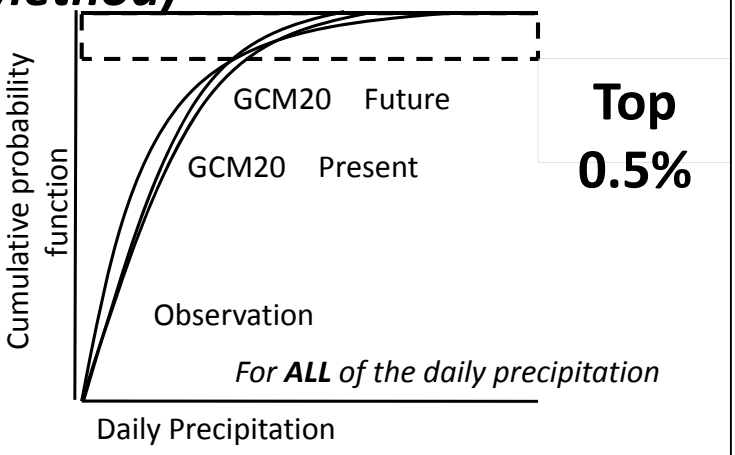
A) Extreme Value

⇒The samples in top 0.5% of prob. of non exceedance are considered.

B) Other value

⇒They are divided into each flood event.

①The samples in top 0.5% on cumulative probability density function for observation, GCM20 Present and GCM20 Future are abstracted.

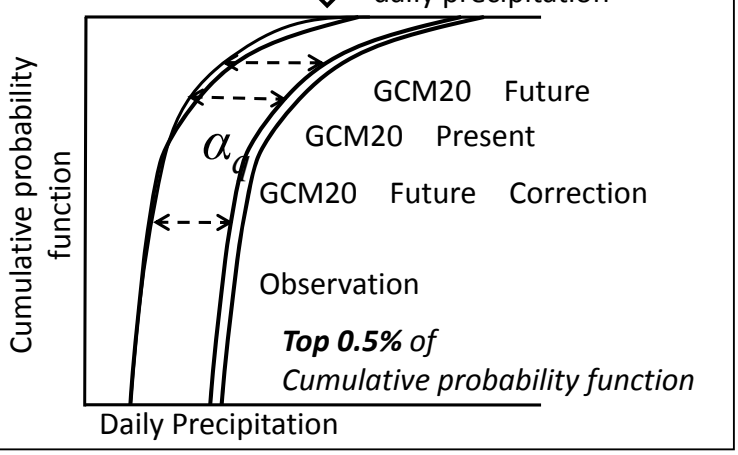


Abstraction of top 0.5% daily precipitation

②The ration for each quantile (α_q) between observation (P_Obs_q) and GCM20 Present ($GCM20_Pre_q$) is estimated. α_q is regarded as a correction coefficient for each quantile and multiplied to the value of GCM20 Future of same quantile ($GCM20_Fut_q$) and corrected value (P_Fut_q) is obtained.

$$\alpha_q=\frac{P_Obs_q}{GCM20_Pre_q}$$

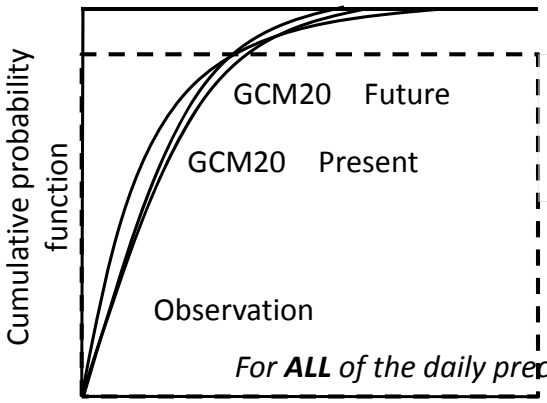
$$P_Fut_q=\alpha_q\times GCM20_Fut_q$$



Concept of bias correction method for GCM20 (cont.)

Hybrid Method **Ref: Inomata et al. (2011)**

③Samples except top 0.5% on observation, GCM20 Present and Future are divided into each month.



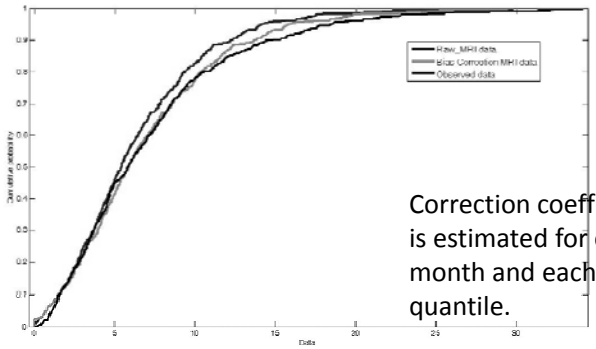
Except top 0.5%

Samples except top 0.5% is divided into each month.

④The ratio between observation ($P_Obs_{m_q}$) and GCM20 Present ($GCM20_Pre_{m_q}$) is estimated for each flood event and each quantile (α_{m_q}). α_{m_q} is regarded as correction coefficient and multiplied to GCM20 Future of same flood event and same quantile ($GCM20_Fut_{m_q}$) and corrected value ($P_Fut_{m_q}$) is obtained.

$$\alpha_{m_q}=\frac{P_Obs_{m_q}}{GCM20_Pre_{m_q}}$$

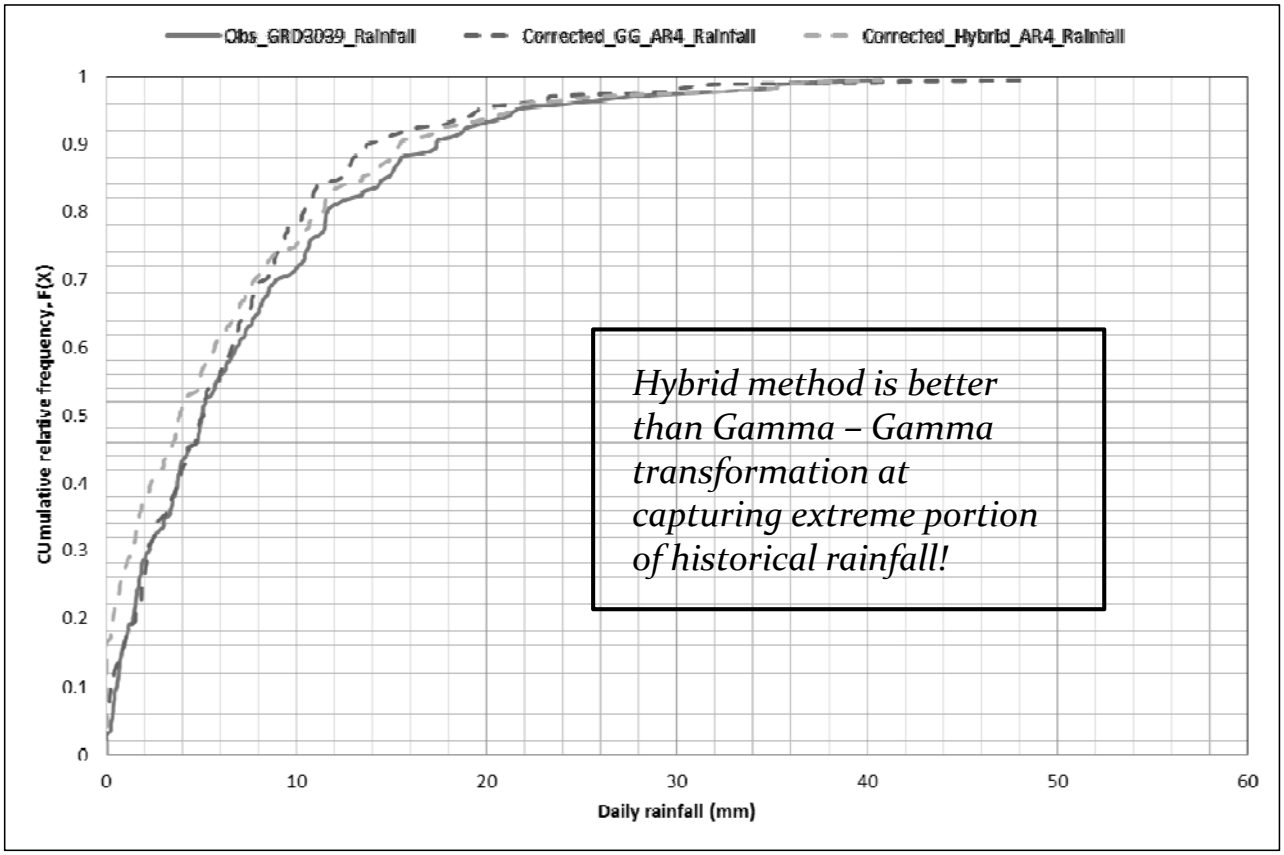
$$P_Fut_{m_q}=\alpha_{m_q}\times GCM20_Fut_{m_q}$$



Correction coefficient is estimated for each month and each quantile.

Comparison of bias correction method

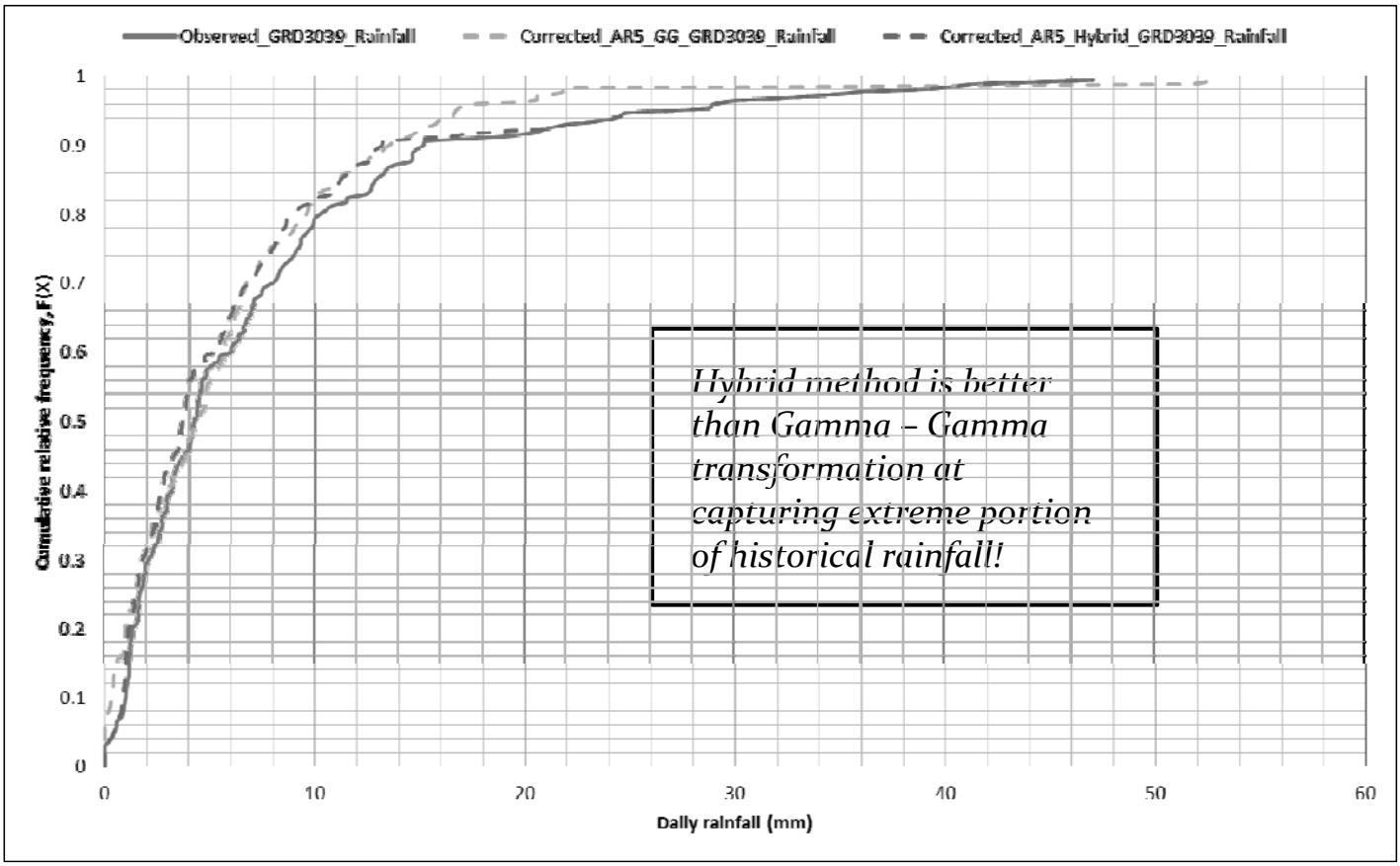
Cumulative frequency analysis_AR4 Rainfall



Hybrid method is better than Gamma – Gamma transformation at capturing extreme portion of historical rainfall!

Comparison of bias correction method

Cumulative frequency analysis_AR5 Rainfall



Extreme Precipitation Indices

Index	Definition	Unit
CDD	Maximum number of consecutive dry days (Rday < 1 mm)	Days
CWD	Maximum number of consecutive wet days (Rday $\geq$ 1 mm)	Days
R10	Number of days with precipitation $\geq$ 10 mm	Days
R20	Number of days with precipitation $\geq$ 20 mm	Days
Rx1Day	Maximum 1-day rainfall amount	mm
Rx5Day	Maximum 5-day rainfall amount	mm
SDII	Simple daily intensity index	mm/day
R95T	Fraction of 95th percentile to annual precipitation	%

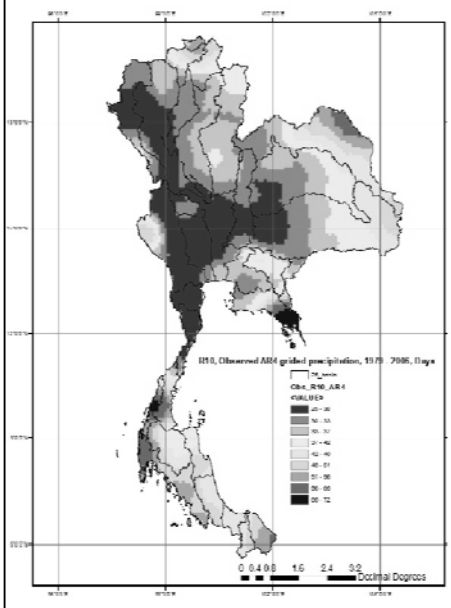
GCM Simulation of

Present Extreme Precipitation

- 1979-2006 Precipitation Extreme Indices
- Comparison between observations, AR 4 and AR5 simulations
- Spatial Distribution of Extreme Indices

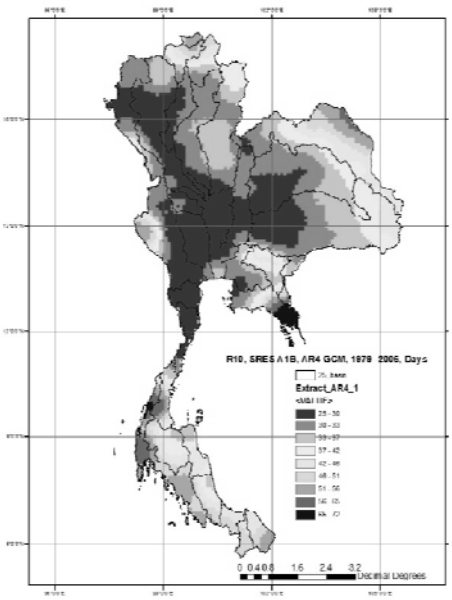
R10 (days)

Number of days with precipitation ≥ 10 mm/day

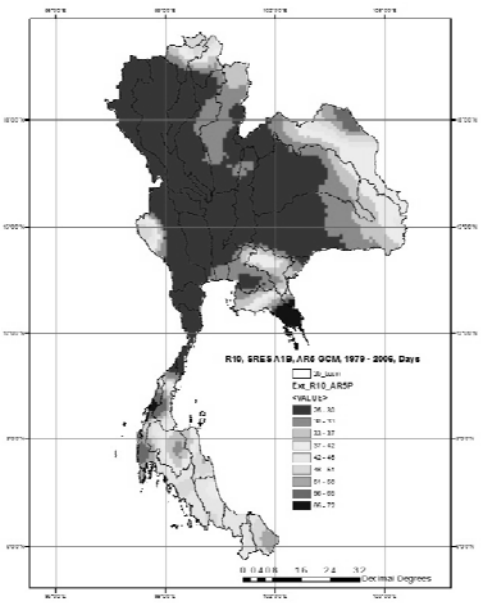


Observed

Mean: 37 days



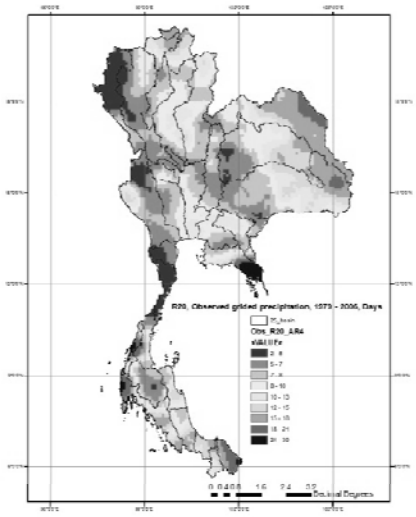
AR4



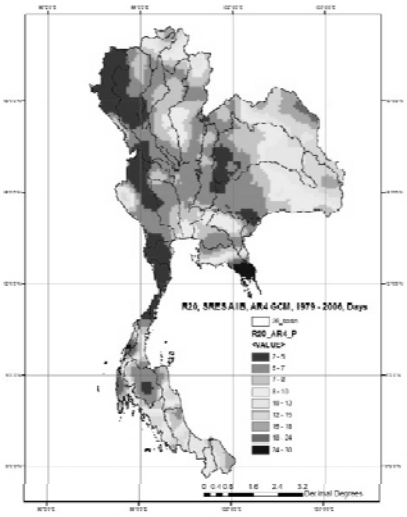
AR5

R20 (days)

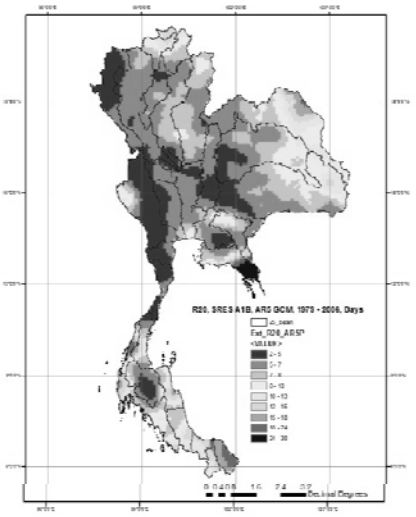
Number of days with precipitation ≥ 20 mm/day



Observed



AR4

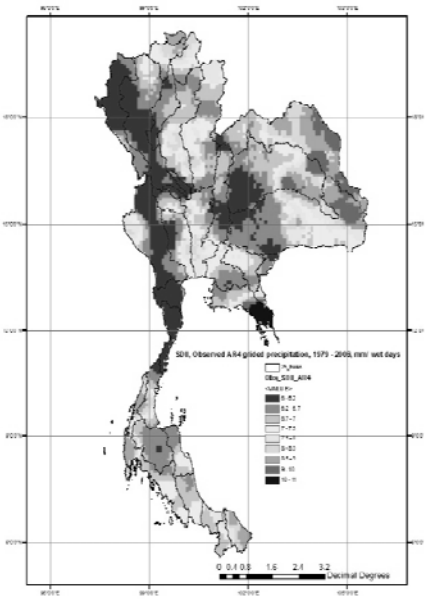


AR5

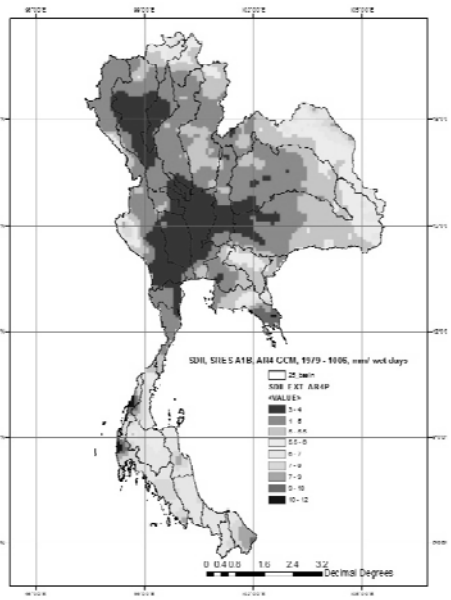
Mean: 9 days

SDII (mm/day)

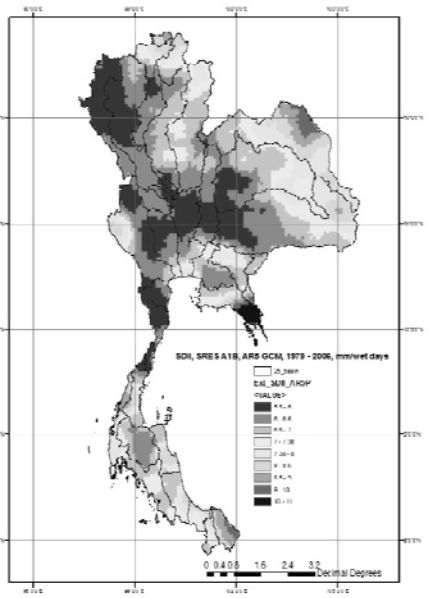
Simple daily intensity index:
annual total precipitation/number of R ≥ 1 mm/day



Observed



AR4

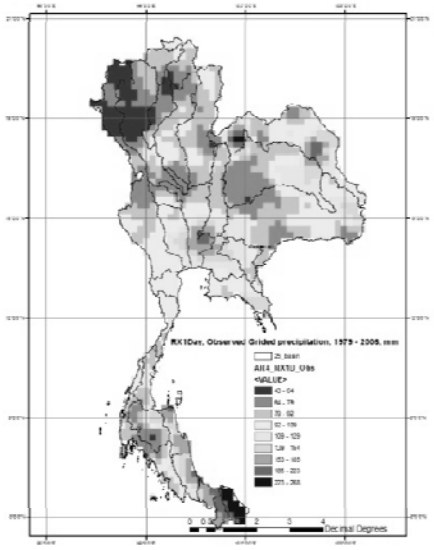


AR5

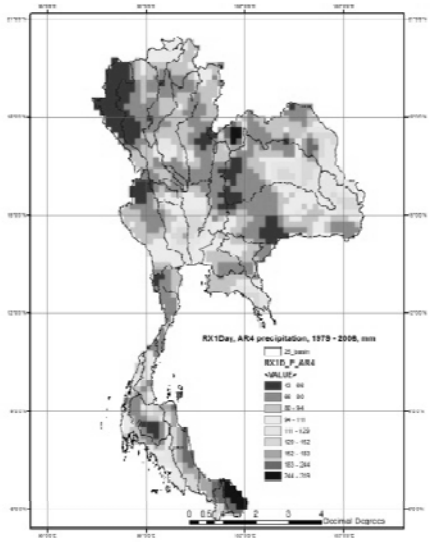
Mean: 7 mm/day

Rx1Day (mm)

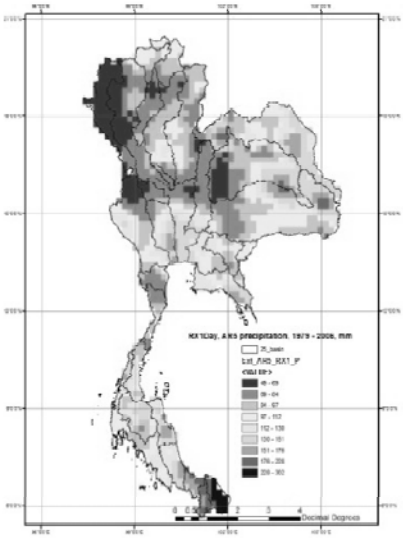
Maximum 1-day precipitation total



Observed



AR4

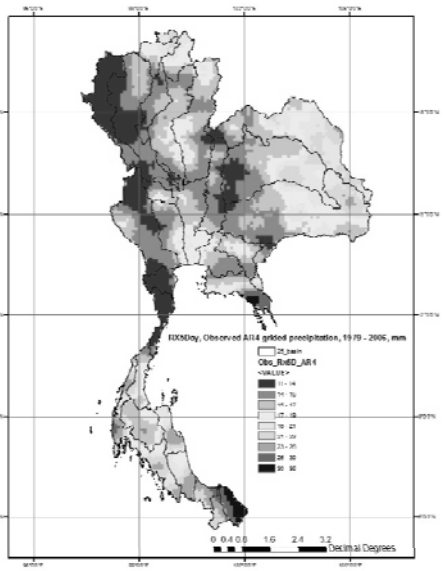


AR5

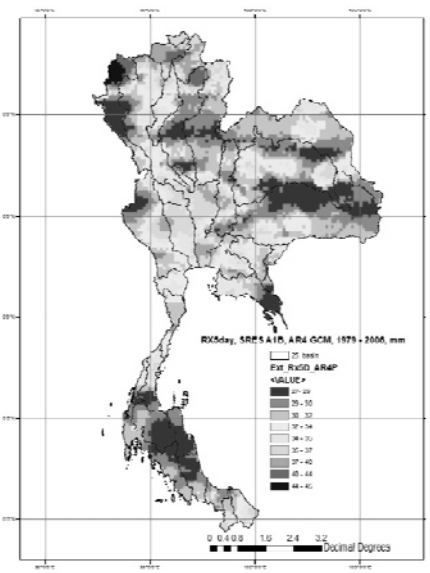
Mean: 47 mm

Rx5Day (mm)

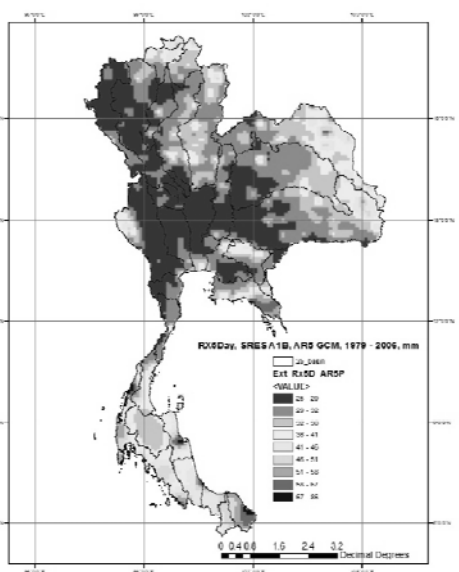
Maximum 5-day precipitation total



Observed



AR4

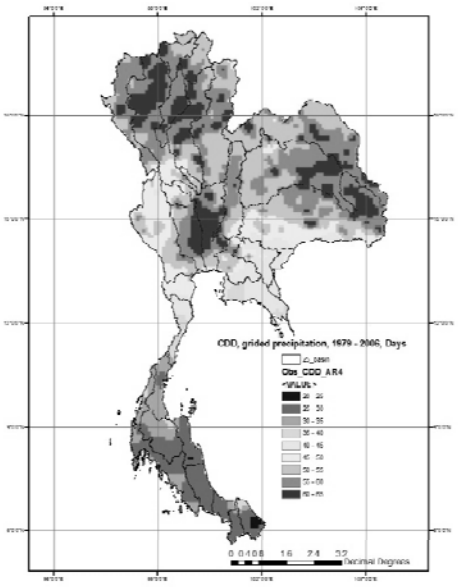


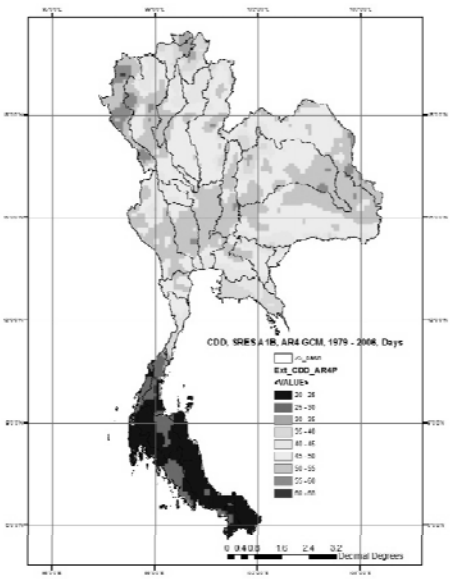
AR5

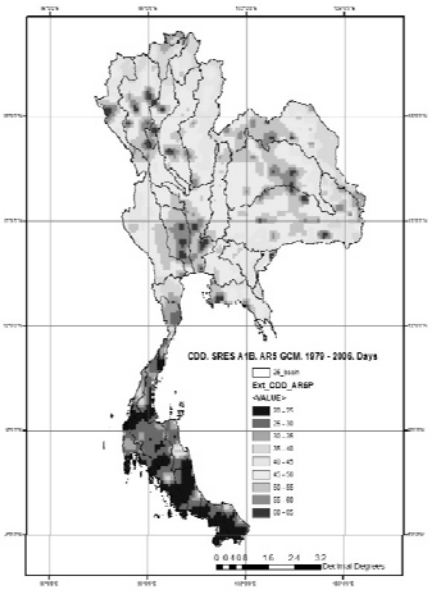
Mean: 98 mm

CDD (days)

Max. number of consecutive dry days (R < 1 mm/day)







Observed

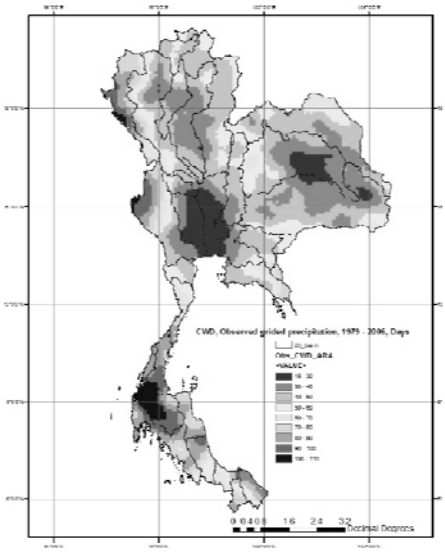
Mean: 50 days

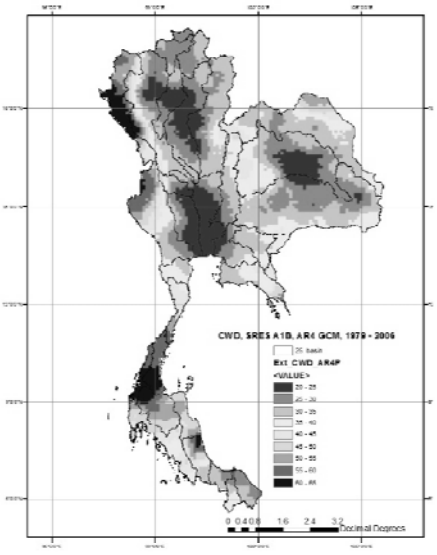
AR4

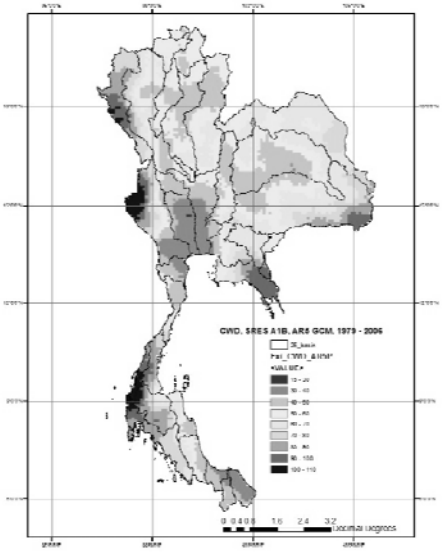
AR5

CWD (days)

Max. number of consecutive wet days (R ≥ 1 mm/day)







Observed

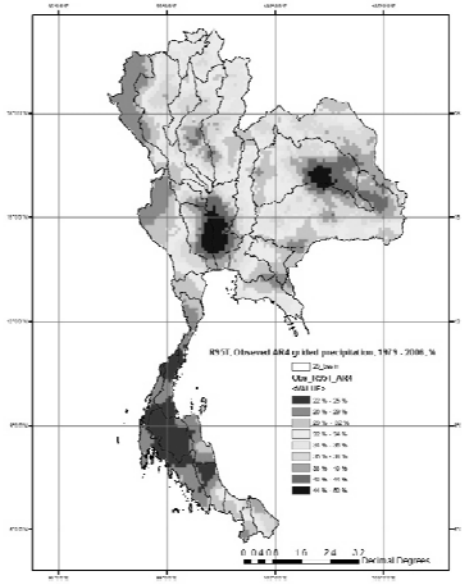
Mean: 51 days

AR4

AR5

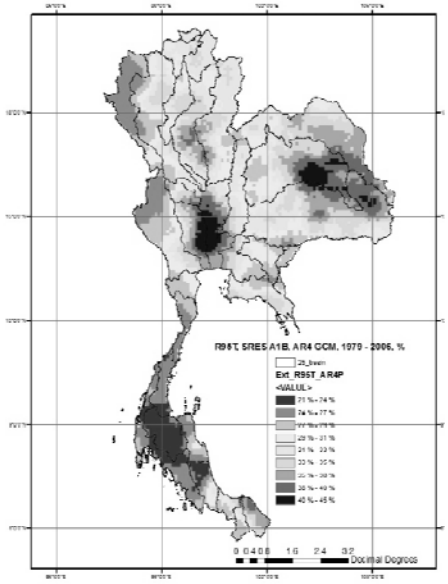
R95T (%)

Fraction of annual precipitation due to events exceeding the 1979-2006 95th percentile

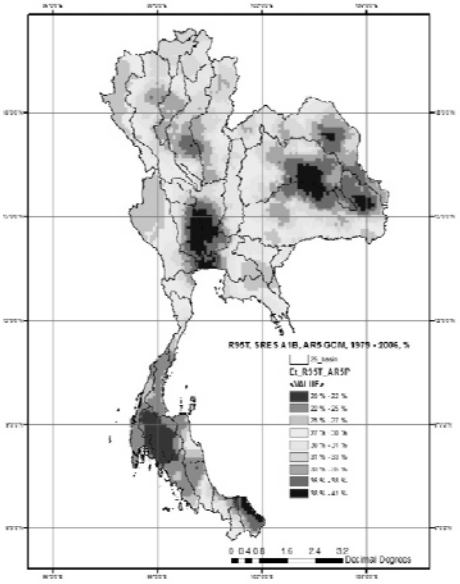


Observed

Mean: 34%



AR4

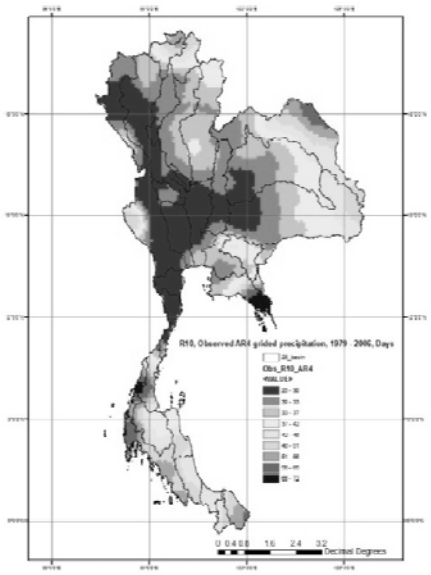


AR5

Projected Change in Extreme Indices

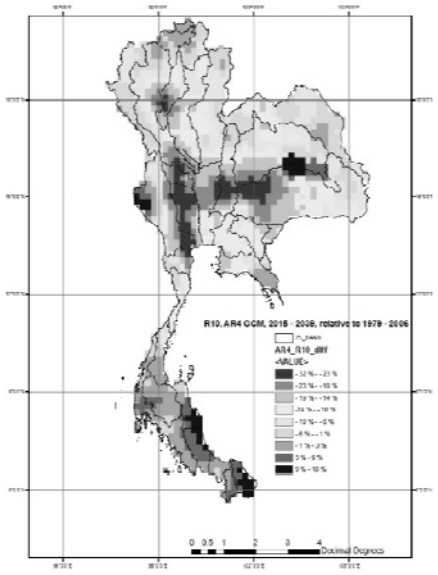
- Near future scenarios: 2015-2039
- Comparison between observation (1979-2006) and AR4 and AR5 (2015-2039)

R10 (days)

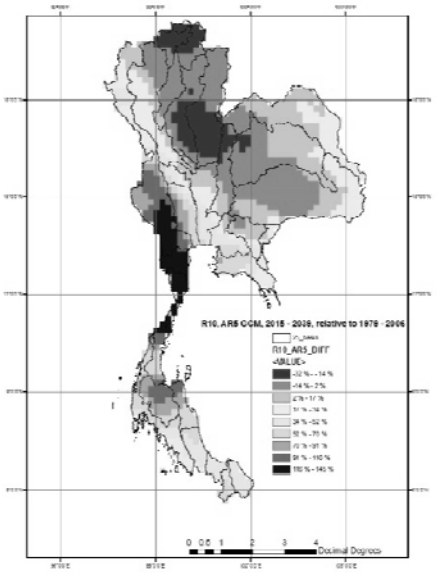


Observed

(1979-2006)

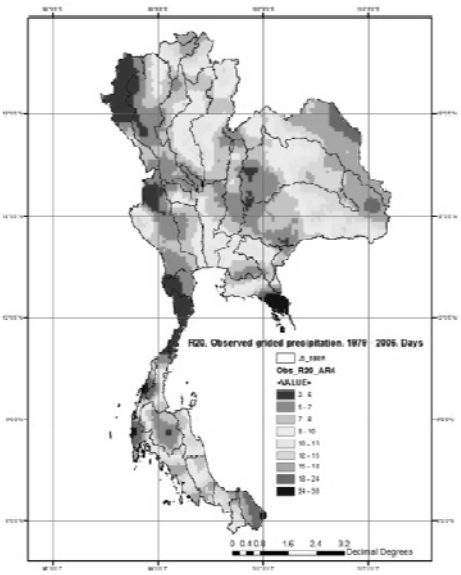


AR4 - Observed



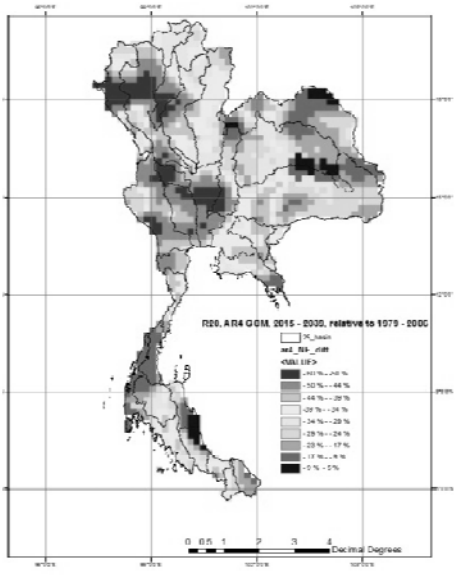
AR5 -Observed

R20 (days)

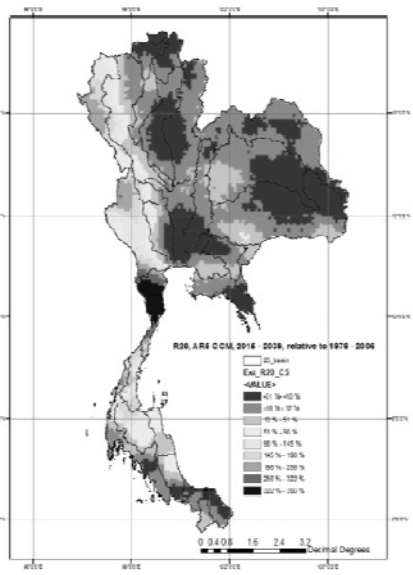


Observed

(1979-2006)

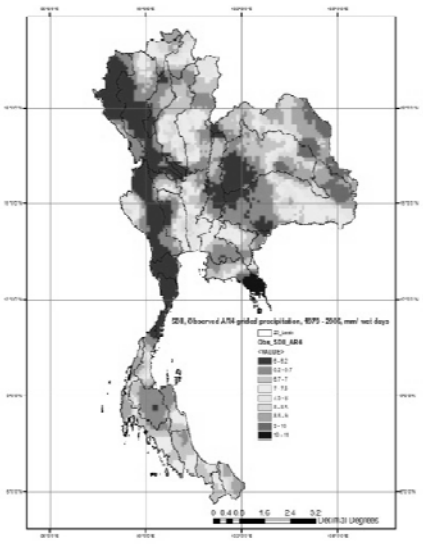


AR4 - Observed



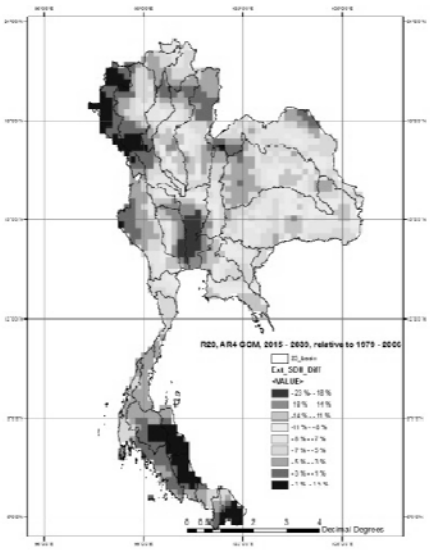
AR5 -Observed

SDII (mm/day)

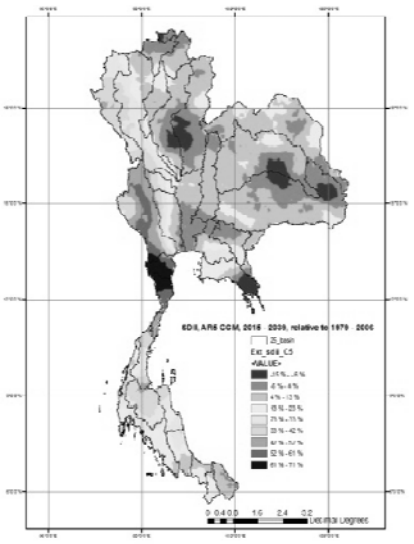


Observed

(1979-2006)

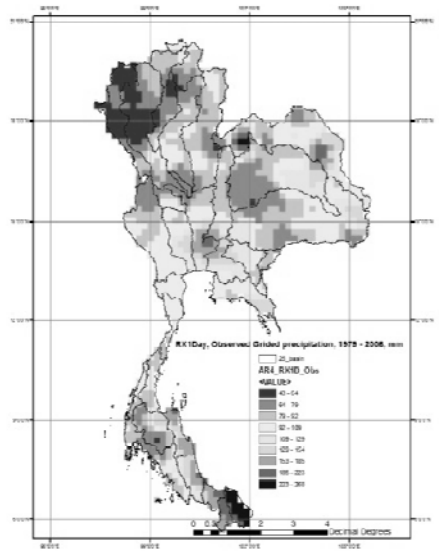


AR4 - Observed



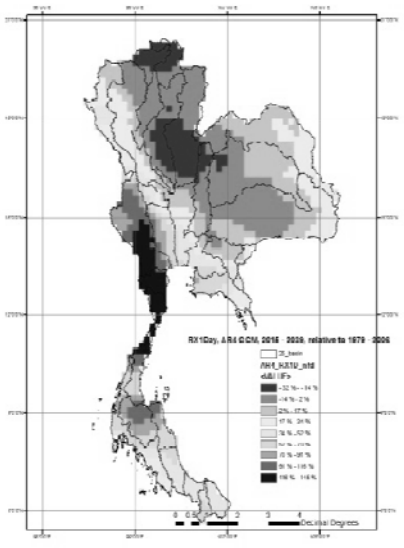
AR5 -Observed

Rx1Day (mm)

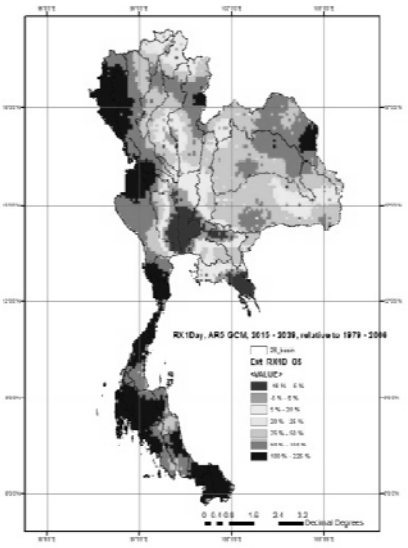


Observed

(1979-2006)

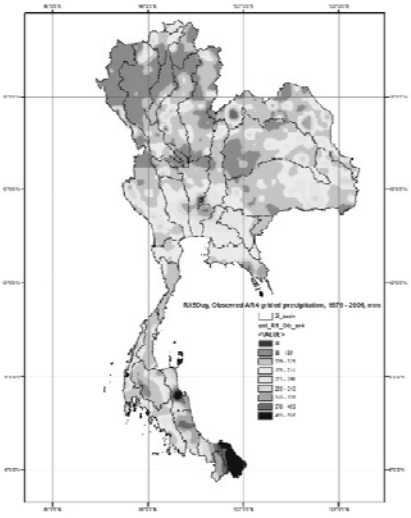


AR4 - Observed



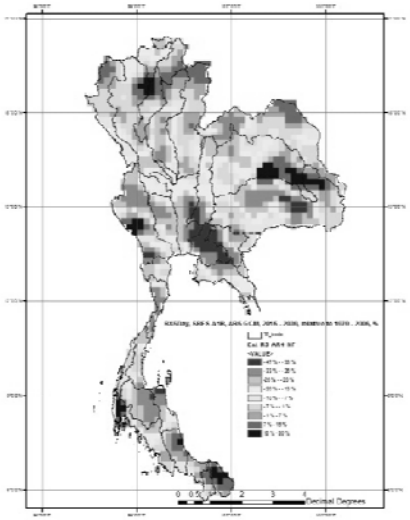
AR5 -Observed

Rx5Day (mm)

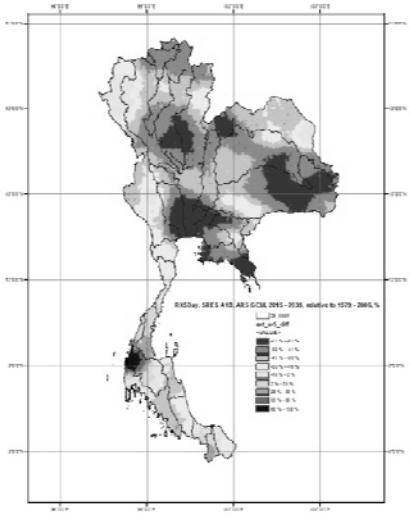


Observed

(1979-2006)

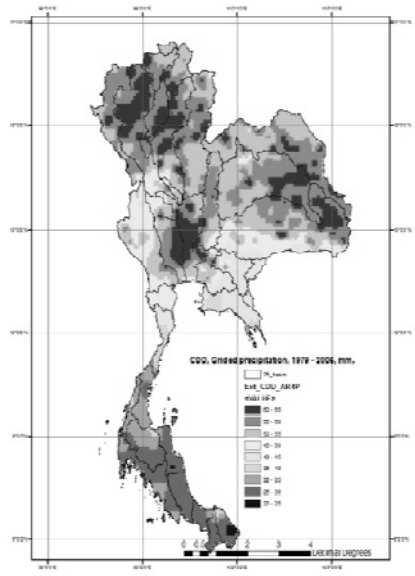


AR4 - Observed



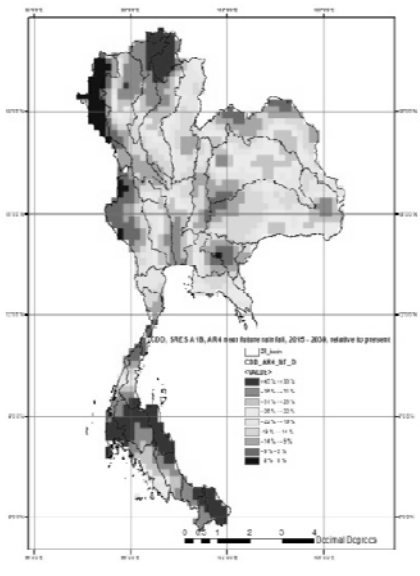
AR5 -Observed

CDD (days)

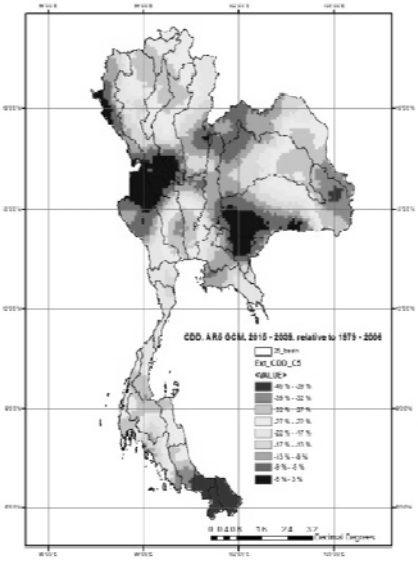


Observed

(1979-2006)

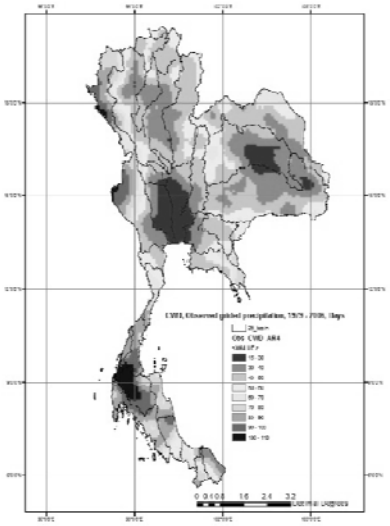


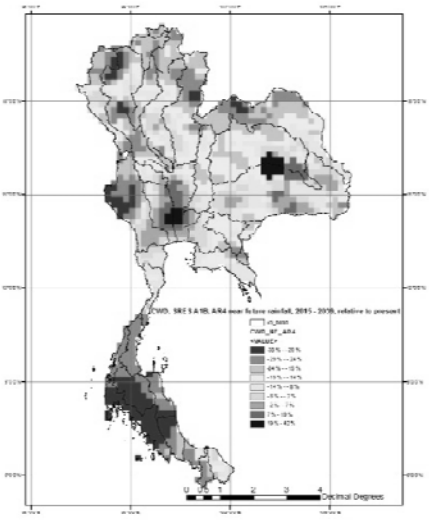
AR4 - Observed

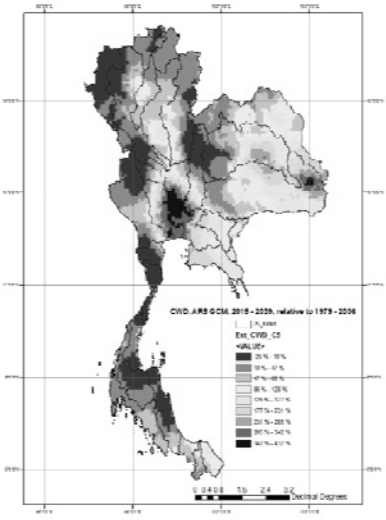


AR5 -Observed

CWD (days)





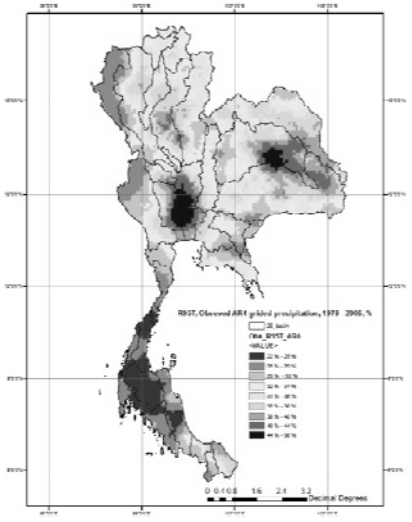


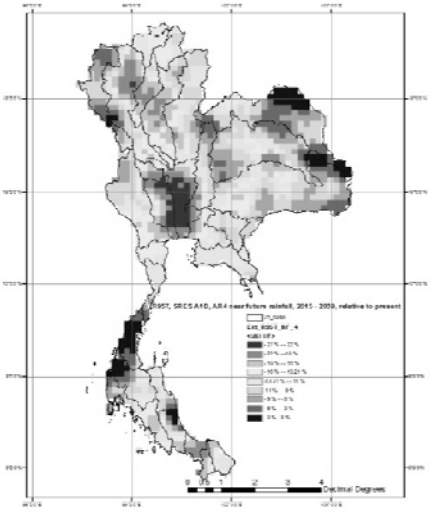
Observed (1979-2006)

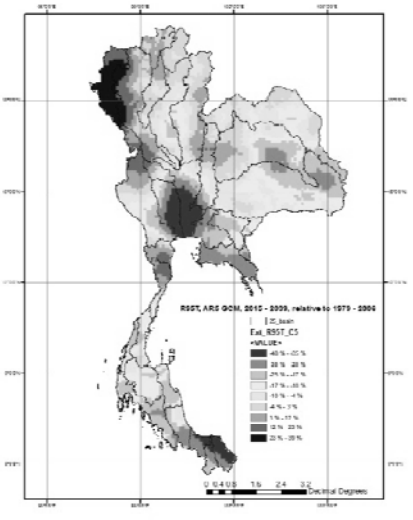
AR4 - Observed

AR5 -Observed

R95T (%)







Observed (1979-2006)

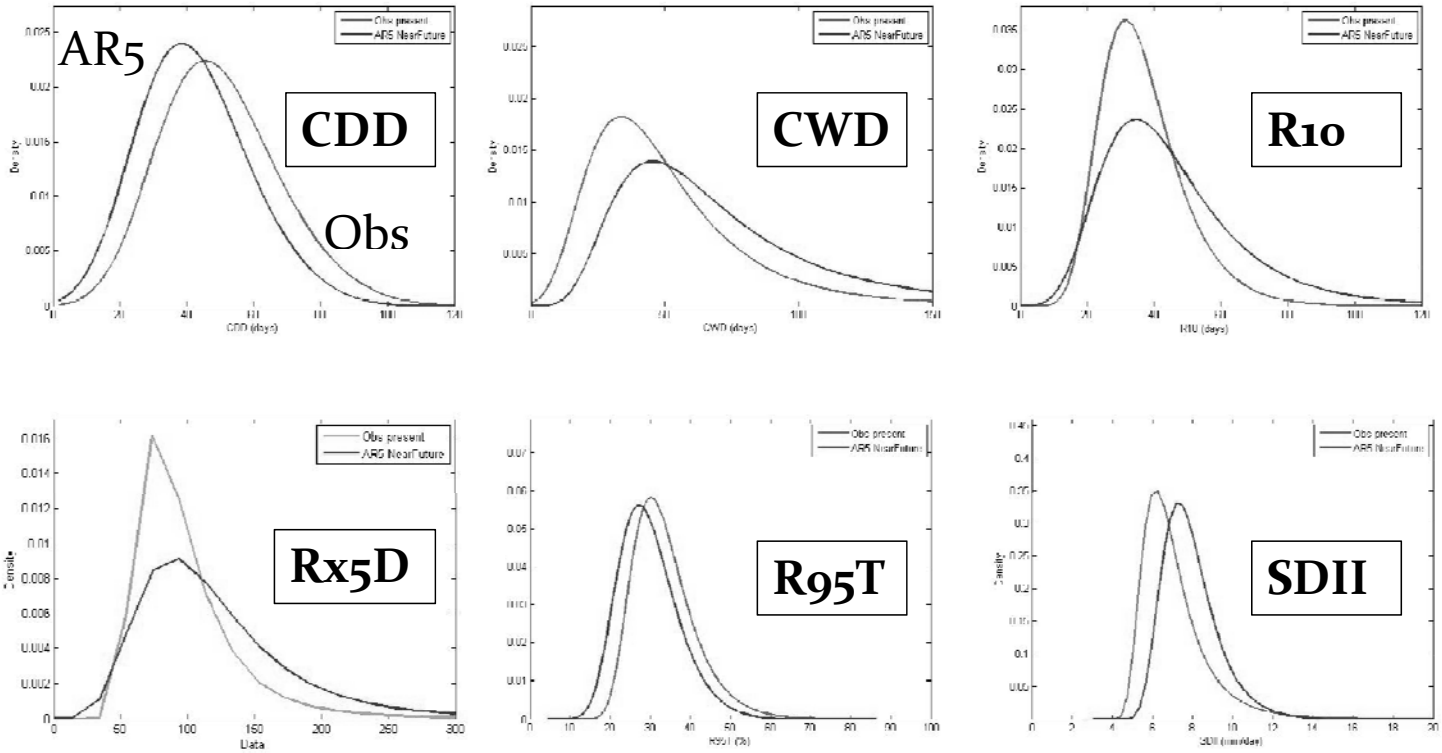
AR4 - Observed

AR5 -Observed

River Basin	Percentage change in near future (AR5)							
	Extreme Precipitation Indices							
	R10	R20	SDII	RX1D	RX5D	CWD	CDD	R95T
Salawin	34%	256%	42%	225%	63%	-35%	-17%	39%
Mekong	-32%	-51%	-6%	+ 50 %	25%	29%	-27%	3%
Kok	-32%	-51%	-6%	20%	-5%	29%	-27%	3%
Chi	17%	-51%	13%	50%	63%	29%	-5%	-4%
Mun	34%	-51%	13%	50%	10%	67%	-5%	-17%
Ping	34%	51%	23%	100%	63%	3%	-32%	39%
Wang	17%	51%	23%	100%	10%	29%	-32%	12%
Yom	17%	-16%	13%	50%	10%	29%	-27%	3%
Nan	17%	-16%	13%	75%	37%	29%	-22%	3%
Chao Phraya	52%	12%	13%	-46%	10%	387%	-5%	-48%
Sakaekrang	52%	51%	42%	75%	10%	24%	-5%	12%
Pasuk	17%	51%	4%	50%	-7%	-23%	-13%	12%
Tha Chin	91%	51%	23%	-46%	37%	204%	-32%	-48%
Mae Klong	145%	196%	52%	120%	63%	25%	-5%	23%
Prachinburi	17%	-16%	4%	-46%	-7%	107%	-5%	-25%
Bang Pakong	52%	-51%	13%	20%	-7%	204%	-13%	-25%
Tonle Sap	34%	51%	13%	50%	10%	107%	-5%	-17%

River Basin	Percentage change in near future (AR5)							
	Extreme Precipitation Indices							
	R10	R20	SDII	RX1D	RX5D	CWD	CDD	R95T
East-Coast Gulf	52%	-16%	23%	20%	-7%	153%	-13%	-35%
Phetchaburi	145%	322%	71%	100%	63%	-23%	-22%	12%
West-Coast Gulf	145%	396%	71%	163%	63%	-23%	-22%	12%
Peninsula-East Coast	52%	51%	42%	163%	200%	-23%	-27%	-17%
Tapi	116%	51%	42%	163%	125%	-23%	-32%	-17%
Thale sap Songkhla	52%	51%	23%	163%	63%	-23%	-32%	-35%
Pattani	70%	-16%	23%	163%	225%	68%	-46%	-35%
Peninsula-West Coast	52%	51%	23%	163%	225%	29%	-32%	-25%

Projected Change in Extreme Indices



PDF of generalized extreme values distribution

Summary

- Hybrid Method provides appropriate bias correction of seasonal patterns and extreme daily rainfall
- MRI AGCMs can capture spatial patterns of extreme rainfall during 1979-2006 well
- Changes in extreme precipitation in the near future are complex
- Consistent trend in decrease in CDD and R95T
- Increase trend in CWD and rainfall intensity (R10, Rx5Day, SDII)

Thank You

for Your Attention

ภาคผนวก ง

ผลสำรวจภาคสนาม

ผลสำรวจภาคสนาม

วันที่ออกสนาม: วันที่ 27 – 29 มีนาคม 2557