



รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

ความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/
ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/
ภาวะโลกร้อน: **พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ**

9 มิถุนายน 2557

เสนอโดย

หน่วยวิจัยดินถล่ม ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ
ศูนย์วิจัยน้ำและภูมิอากาศ
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร



Geotechnical Engineering

Research & Development Center

รายงานฉบับสมบูรณ์
(Final Report)

ความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม
จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน:
พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

เสนอ

กรมทรัพยากรน้ำ

เสนอโดย :

หน่วยวิจัยดินถล่ม ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับ

ศูนย์วิจัยน้ำและภูมิอากาศ

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

9 มิถุนายน 2557

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
สัญลักษณ์และคำย่อ	3
ดัชนี	4
บทที่ 1 บทนำ	1-1
1.1 หลักการและเหตุผล	1-1
1.2 วัตถุประสงค์	1-6
1.3 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา	1-7
1.4 ข้อมูลเกี่ยวกับภารกิจของที่ปรึกษา	1-7
1.5 นิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการ	1-8
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน	1-8
บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร งานวิจัย แนวคิดและทฤษฎี	2-1
2.1 การศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อน	2-1
2.1.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน	2-1
2.1.2 แบบจำลองภูมิอากาศโลก (General Circulation Models, GCMs)	2-1
2.1.3 แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค (Regional Climate Models, RCMs)	2-9
2.1.4 แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS	2-10
2.1.5 การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตของประเทศไทย	2-11
2.1.6 ผลการวิเคราะห์สถานการณ์/แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตลอดจนผลกระทบที่เกิดขึ้น	2-15
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนต่อดินถล่ม	2-21
2.3 การศึกษาแนวทางการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่ม	2-36
2.3.1 ทฤษฎีการประเมินพื้นที่โอกาสเกิดดินถล่ม	2-36
2.3.2 ทฤษฎีการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ด้วยวิธีทางธรณีเทคนิค	2-50
2.3.3 ทฤษฎีการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ด้วยวิธีทางกึ่งสถิติ	2-61

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานศึกษาและข้อมูลที่ใช้ศึกษา	3-1
3.1 วิธีการดำเนินการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน	3-1
3.1.1 วิธีและขั้นตอนการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อปริมาณฝนในพื้นที่ศึกษา	3-1
3.1.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน	3-18
3.1.3 ข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก	3-41
3.2 วิธีการดำเนินการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนต่อดินถล่ม	3-55
3.2.1 วิธีและขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวและความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	3-55
3.2.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวและความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน	3-62
บทที่ 4 การศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน	4-1
4.1 ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (Model Calibration and Verification) ปริมาณฝนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ในพื้นที่ศึกษา	4-1
4.1.1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 กับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน	4-1
4.1.2 ผลการวิเคราะห์หาค่าปรับแก้ที่เหมาะสมตามลักษณะของพื้นที่และเวลาของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2	4-15
4.1.3 ผลการตรวจสอบประสิทธิผลค่าปรับแก้ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2	4-37
4.2 การประมวลผลแบบจำลองปริมาณน้ำฝนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในพื้นที่ศึกษา	4-51
4.2.1 ผลการวิเคราะห์หาค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของแต่ละเดือนในแต่ละกริดขนาด 1 กม. x 1 กม.	52

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.2 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปี อนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-68
4.2.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-80
4.2.4 ผลการวิเคราะห์ปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในแต่ละลุ่มน้ำของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-124
4.3 สรุปและอภิปรายผลการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน	4-128
4.4 ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน	4-130
บทที่ 5 การศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อนต่อการเกิดดินถล่ม	5-1
5.1 การปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (Model Calibration and Verification) การวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวและความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม	5-1
5.1.1 การตรวจพิสูจน์แบบจำลองทางเทคนิค DynaSlide Model	5-1
5.1.2 การตรวจพิสูจน์แบบจำลองปริมาณน้ำฝนสะสมวิกฤติ วิธีการกึ่งสถิติ (Semi-Statistical Model)	5-4
5.1.3 ข้อจำกัดของการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง	5-6
5.1.4 การพิจารณาเลือกแบบจำลองการวิเคราะห์	5-6
5.2 ผลการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวและความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อน	5-7
5.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ใช้วิเคราะห์ในแบบจำลอง	5-7
5.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤติ (APIcr)	5-8
5.2.3 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนร้อยละของปริมาณน้ำฝนที่กระตุ้นให้เกิดดินถล่ม (%RTL)	5-9
5.2.4 ผลการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากปริมาณน้ำฝนรูปแบบ A2	5-10
5.2.5 ผลการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากปริมาณน้ำฝนรูปแบบ B2	5-10

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 6 มาตรการรับมือกับปัญหาอุทกภัย/ดินถล่ม จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ ภาวะโลกร้อน	6-1
6.1 การจัดการพิบัติภัยดินถล่ม	6-1
6.1.1 ช่วงเกิดภัย หรือขณะเกิดเหตุการณ์ ภัยทางธรรมชาติ	6-2
6.1.2 ช่วงช่วยเหลือและฟื้นฟู ประกอบด้วย	6-3
6.1.3 ช่วงเหตุการณ์กลับสู่สภาวะปกติ ต้องดำเนินการเพื่อป้องกันภัยและลดผลกระทบ	6-3
6.1.4 ช่วงก่อนเกิดภัย เป็นช่วงที่มีการเริ่มเข้าสู่สถานการณ์เสี่ยงต่อภัย ต้องดำเนินการ	6-3
6.2 เกณฑ์กำหนดระดับความรุนแรง	6-4
6.3 บทบาทและหน้าที่ขององค์กรด้านการจัดการภัยธรรมชาติจากการเกิดเหตุการณ์ดินถล่มใน ประเทศไทย	6-5
6.3.1 กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย	6-5
6.4 บทบาทและหน้าที่ขององค์กรด้านการจัดการภัยธรรมชาติจากการเกิดเหตุการณ์ดินถล่มใน ต่างประเทศ	6-13
6.4.1 ประเทศไต้หวัน	6-13
6.4.2 ประเทศญี่ปุ่น	6-16
6.4.3 ประเทศอินโดนีเซีย	6-18
6.4.4 ประเทศศรีลังกา	6-19
6.4.5 มาเลเซีย	6-20
6.4.6 สหรัฐอเมริกา	6-21
6.5 ข้อเสนอแนะสำหรับมาตรการและวิธีการจัดการภัยดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก	6-23
6.5.1 ขั้นตอนการปฏิบัติของมาตรการระยะสั้น	6-23
6.5.2 ขั้นตอนการปฏิบัติของมาตรการระยะยาว	6-35
6.6 สรุปและข้อเสนอแนะ	6-38
บทที่ 7 การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการนำเสนอผลการศึกษาที่ได้จาก แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	7-1
7.1 การประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดสร้างแผนที่แสดงแนวโน้มการ เปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในอนาคต	7-1

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
7.2 การประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการใช้งานฐานข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่ม/ น้ำป่าไหลหลาก	7-2
7.2.1 การประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS 9.3.1) ในการใช้งาน ฐานข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลาก	7-2
7.2.2 การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดทำฐานข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่ม/ น้ำป่าไหลหลาก	7-2
7.3 แนวคิดและวิธีการจัดฝึกอบรมการใช้แบบจำลองวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวและความถี่ของการเกิด อุทกภัย/ดินถล่ม	7-4
บทที่ 8 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	8-1
8.1 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะ โลกร้อน	8-1
8.1.1 สรุปผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน	8-1
8.1.2 ข้อเสนอแนะการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน	8-2
8.2 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะ โลกร้อนต่อดินถล่ม	8-3
8.2.1 สรุปผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนต่อดินถล่ม	8-3
8.2.2 ข้อเสนอแนะการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อนต่อดินถล่ม	8-4
เอกสารอ้างอิง	อ-1
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ฤทธิ์การวิเคราะห์	ผ-1
ภาคผนวก ข ผลการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของสถานีวัดน้ำฝนรายวัน	ผ-7
ภาคผนวก ค อัตราส่วนคุณสมบัติของปริมาณน้ำในดิน (K) จากสถานีตรวจวัดในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ	ผ-35
ภาคผนวก ง การอบรมเชิงปฏิบัติการ	ผ-47
ภาคผนวก จ การจัดประชุมสัมมนาโครงการ	ผ-55

สารบัญญรูป

รูปที่	หน้า
1-1 โครงสร้างของการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนในรูปการจำลองแบบจำลอง	1-4
1-1 โครงสร้างของการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนในรูปการจำลองแบบจำลอง	1-4
1-2 ตำแหน่งการเกิดดินถล่มตั้งแต่ พ.ศ. 2513 - พ.ศ. 2553	1-5
1-3 ภาพรวมขั้นตอนในการดำเนินงาน	1-9
2-1 ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตจากรายงานของ IPCC (IPCC Special Report on Emission Scenario หรือ SRES) (IPCC, 2001)	2-3
2-2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากแบบจำลองภูมิอากาศ ภายใต้สถานการณ์ก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นแบบ A2	2-4
2-3 การคาดการณ์ความดันพื้นผิวล่วงหน้า 5 วัน ในพื้นที่แปซิฟิกตอนเหนือ อเมริกาเหนือ และมหาสมุทรแอตแลนติกตอนเหนือ	2-4
2-4 ไตอะแกรมการหมุนเวียนของ Modern thermohaline	2-5
2-5 แหล่งพลังงานของมวลอากาศโลก	2-5
2-6 ปริมาณน้ำจากฟ้าในพื้นที่อเมริกาเหนือที่วิเคราะห์จากแบบจำลองต่างๆ	2-6
2-7 การจำแนกสภาพภูมิอากาศทั่วโลก	2-6
2-8 แสดงการคาดการณ์การแพร่กระจายของอุณหภูมิในช่วงปลายของศตวรรษที่ 21 จากการใช้แบบจำลองภูมิอากาศ HadCM3 โดยใช้สมมติฐานการที่มีการเจริญเติบโตของธุรกิจและการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยผลจากแบบจำลองพบว่าอุณหภูมิจะสูงขึ้นโดยเฉลี่ย 3.0°C.	2-7
2-9 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศทั่วโลก	2-8
2-10 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ย (ก) โลก ในช่วงปี พ.ศ. 2393 – 2548 และ (ข) ประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ. 2498-2552	2-16
2-11 การเปลี่ยนแปลงของฝนในประเทศไทย	2-17
2-12 จำนวนภัยพิบัติจากธรรมชาติที่เกิดขึ้นทั่วโลกในระหว่างปี ค.ศ. 1987 - 2006	2-17
2-13 จำนวนภัยพิบัติจากธรรมชาติที่เกิดจากอิทธิพลสภาวะอากาศ (Hydrometeorological disasters) ที่เกิดขึ้นทั่วโลกในระหว่างปี ค.ศ. 1987 – 2006	2-18
2-14 การเกิดดินถล่มที่สำคัญในอดีตของประเทศไทย	2-20

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2-15 Multiple climate hazard map of Southeast Asia	2-22
2-16 ผลการจำลองปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตั้งแต่ปี ค.ศ. 1930-2080	2-23
2-17 ผลการตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินที่อยู่เหนือ shear surface และเหตุการณ์ดินถล่มในอดีต	2-24
2-18 ผลการวิเคราะห์ความถี่ในการเกิดดินถล่มในช่วงปี ค.ศ. 1990-2080	2-25
2-19 แนวคิดของกระบวนการสร้างแบบจำลองดินถล่มที่มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศ antecedent water status model (AWSM)	2-28
2-20 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของการเกิดดินถล่ม และ ปริมาณน้ำฝน, Wairoa, New Zealand	2-29
2-21 ความแตกต่างของการใช้พื้นที่ซึ่งเป็นสาเหตุในการเกิดดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงของมนุษย์	2-29
2-22 ตำแหน่งของพื้นที่ศึกษาและรอยดินถล่มที่เกิดขึ้นในอดีต	2-31
2-23 แบบจำลองเสถียรภาพของลาดดินที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ในลักษณะ 3 มิติ	2-31
2-24 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองเสถียรภาพในลักษณะ 3 มิติ	2-32
2-25 ลักษณะของกลุ่มน้ำที่ใช้ในการศึกษา	2-33
2-26 แผนที่ตำแหน่งการเกิดเหตุการณ์ดินถล่มในอดีต	2-33
2-27 ผลการทำนายปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง GCM ในช่วงปี 2010-2099	2-35
2-28 ผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการพิบัติของลาดดิน	2-35
2-29 กราฟแสดงระดับโอกาสเกิดดินถล่ม คำนวณได้จาก Normal Distribution	2-40
2-30 ตำแหน่งรอยการเกิดดินถล่มในพื้นที่ตำบลแม่พลู อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ เปรียบเทียบกับผลการประเมินพื้นที่โอกาสเกิดดินถล่ม	2-42
2-31 ผลการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่มเปรียบเทียบกับรอยดินถล่มจากการแปล ภาพถ่ายดาวเทียม	2-45
2-32 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นสะสมในแต่ละชั้นตามข้อมูลน้ำฝนรายชั่วโมง	2-46
2-33 การเปลี่ยนแปลงระดับความอ่อนไหวต่อดินถล่มตามข้อมูลน้ำฝนรายชั่วโมง	2-47
2-34 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่มกับรอยดินถล่มจากการแปลข้อมูล ภาพถ่ายดาวเทียม	2-48
2-35 ระดับน้ำใต้ดิน 2 ชั้น เนื่องจากฝนที่ตกหนักในระยะเวลาสั้นๆ	2-50
2-36 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดิน ความอึดตัวด้วยน้ำในมวลดิน (S) และแรงดันน้ำ (μ) เนื่องจากฝนตก	2-51
2-37 จำลองรูปแบบการไหลของน้ำแบบไม่คงที่ผ่านมวลดิน	2-52
2-38 การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินสำหรับ GA_Model	2-54

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2-39	2-55
2-40	2-56
2-41	2-57
2-42	2-58
2-43	2-59
2-44	2-60
2-45	2-65
2-46	2-68
3-1	3-2
3-2	3-3
3-3	3-4
3-4	3-4
3-5	3-9
3-6	3-12
3-7	3-14
3-8	3-17
3-9	3-18

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3-10 ตัวอย่างผลการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลปริมาณน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานด้วยวิธี Double mass curve (ก) สถานี 07013 ผ่านการตรวจสอบ และ (ข) สถานีวัด 07022 ไม่ผ่านการตรวจสอบ	3-19
3-11 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ที่ผ่านการตรวจสอบและไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลปริมาณน้ำฝน	3-20
3-12 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนของกรมทรัพยากรน้ำ 24 สถานี ที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ	3-26
3-13 ตัวอย่างผลการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนของกรมทรัพยากรน้ำด้วยวิธี Double mass curve (ก) สถานี 011001 ผ่านการตรวจสอบ และ (ข) สถานีวัด 010101 ไม่ผ่านการตรวจสอบ	3-27
3-14 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนของกรมทรัพยากรน้ำที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ที่ผ่านการตรวจสอบและไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลน้ำฝน	3-27
3-15 ตัวอย่างผลการตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติ (Normal distribution) ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ย (ก) สถานี 07013 และ (ข) สถานี 07092	3-29
3-16 ตัวอย่างข้อมูลแสดงตำแหน่งกริดและปริมาณน้ำฝนในแต่ละกริดจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในปี พ.ศ. 2554	3-31
3-17 ตัวอย่างข้อมูลเชิงบรรยายจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในปี พ.ศ. 2554	3-31
3-18 ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝน 10 สถานี ที่เลือกใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยในระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับของปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน	3-32
3-19 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยในระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับของปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน	3-33
3-20 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในแต่ละสถานีวัดน้ำฝนในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	3-35
3-21 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนพฤษภาคมในแต่ละสถานีวัดน้ำฝนในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	3-35

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3-22 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันของวันที่ 8 พฤษภาคม ในแต่ละสถานีวัดน้ำฝนในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	3-36
3-23 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในแต่ละกริดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	3-37
3-24 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนพฤษภาคมในแต่ละกริดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	3-37
3-25 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันของวันที่ 8 พฤษภาคม ในแต่ละกริดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	3-38
3-26 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในแต่ละกริดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	3-39
3-27 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนพฤษภาคมในแต่ละกริดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	3-39
3-28 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันของวันที่ 8 พฤษภาคม ในแต่ละกริดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	3-40
3-29 แสดงลักษณะข้อมูล ASTER GDEM 2 มิติ และ 3 มิติ	3-41
3-30 ขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ	3-56
3-31 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลการสร้างกริด	3-58
3-32 การสร้างข้อมูลระดับความสูง จากข้อมูล ASTER GDEM	3-58
3-33 ขั้นตอนการสร้างข้อมูลความชัน จากข้อมูล ASTER GDEM	3-59
3-34 ข้อมูล %RTL ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยน้ำริด ตำบลน้ำหมั้น อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์	3-62
3-35 ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ขอบเขตลุ่มน้ำภาคเหนือ	3-64
3-36 ความลาดชันตามค่ามุมเอียงของพื้นที่ขอบเขตลุ่มน้ำภาคเหนือ	3-65
3-37 แผนที่กลุ่มชุดหินทางธรณีวิศวกรรมที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในประเทศไทย	3-37
3-38 แผนที่กลุ่มชุดหินทางธรณีวิศวกรรมที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ศึกษา (7 ลุ่มน้ำ)	3-69
3-39 ผลการแปลข้อมูลรอยดินถล่มจากเหตุการณ์ดินถล่มวันที่ 23 พฤษภาคม 2549 (จ.อุตรดิตถ์)	3-71
3-40 พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือนตามระดับความอิ่มตัวของดิน	3-73

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3-41 พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือนตามระดับความอิ่มตัวของดิน ตามการจำแนกกลุ่มดินที่มีความอ่อนไหวต่อดินถล่ม	3-74
3-42 ลักษณะของค่า Cohesion ที่มีผลต่ออนุภาคของเม็ดดิน	3-76
3-43 ความสัมพันธ์ของค่า Cohesion และความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไป	3-77
3-44 ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติการระบายน้ำของดิน	3-79
3-45 ลักษณะทั่วไปของเส้นอัตราลักษณ์ของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (SWCC)	3-80
3-46 ขนาดคละของช่องว่างในดิน (Pore size distribution) ที่มีผลกับความชันของกราฟ	3-81
3-47 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของเม็ดดินกับเส้นอัตราลักษณ์	3-84
3-48 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในมวลดินกับแรงดึงน้ำในดิน	3-86
4-1 ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝน 8 สถานี ที่แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 กับของปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-2
4-2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน	4-3
4-3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 และปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน	4-4
4-4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนกรกฎาคม	4-6
4-5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 และปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนกรกฎาคม	4-7
4-6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนสิงหาคม	4-9

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 และปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนสิงหาคม	4-10
4-8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนสิงหาคม	4-12
4-9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 และปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนสิงหาคม	4-13
4-10 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายปีระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-16
4-11 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยเดือนมีนาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-17
4-12 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยเดือนเมษายน ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-18
4-13 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยเดือนกรกฎาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-19
4-14 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยเดือนสิงหาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-19
4-15 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยวันที่ 10 มีนาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-20

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-16 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยวันที่ 10 เมษายน ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-21
4-17 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยวันที่ 15 กรกฎาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-21
4-18 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยวันที่ 8 สิงหาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-22
4-19 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายปีระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-23
4-20 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยเดือนมีนาคม ระหว่างค่าปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-24
4-21 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยเดือนเมษายน ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-24
4-22 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยเดือนกรกฎาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-25
4-23 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยเดือนสิงหาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-26
4-24 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยวันที่ 10 มีนาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-27

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-25 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยวันที่ 10 เมษายน ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-27
4-26 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยวันที่ 15 กรกฎาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-28
4-27 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยวันที่ 8 สิงหาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-28
4-28 ค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยรายปี ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-30
4-29 ค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยเดือนกรกฎาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-30
4-30 ค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยวันที่ 15 กรกฎาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-31
4-31 ค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยรายปี ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-31
4-32 ค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยเดือนกรกฎาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-32
4-33 ค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยวันที่ 15 กรกฎาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-34 ค่า RMSE ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ด้วยค่าปรับแก้เฉลี่ยราย รายเดือนและรายวันในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-34
4-35 ค่า RMSE ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ด้วยค่าปรับแก้เฉลี่ยราย รายเดือนและรายวันในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี	4-34
4-36 สถานีวัดน้ำฝนที่ภายหลังปรับแก้ด้วยค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนแล้วมีค่าความถูกต้องเพิ่มขึ้นจำนวน 72 สถานีจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2	4-36
4-37 สถานีวัดน้ำฝนที่ภายหลังปรับแก้ด้วยค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนแล้วมีค่าความถูกต้องเพิ่มขึ้นจำนวน 76 สถานีจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2	4-36
4-38 ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝน 8 สถานี ที่แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้ กับของปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-38
4-39 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังการปรับ และปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน	4-39
4-40 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ และปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน	4-40
4-41 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้และปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนกรกฎาคม	4-42
4-42 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ และปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนกรกฎาคม	4-43

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-43 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ และปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนสิงหาคม	4-45
4-44 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ และปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนสิงหาคม	4-46
4-45 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ และปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนสิงหาคม	4-48
4-46 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ และปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนสิงหาคม	4-49
4-47 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์หาค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของแต่ละเดือนในแต่ละกริดขนาด 1 กม. x 1 กม.	4-53
4-48 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนมกราคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม. x 1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-55
4-49 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนกุมภาพันธ์ในแต่ละกริดขนาด 1 กม. x 1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-56
4-50 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนมีนาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม. x 1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-56

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-51 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนเมษายนในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-57
4-52 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนพฤษภาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม. x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-57
4-53 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนมิถุนายนในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-58
4-54 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนกรกฎาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-58
4-55 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนสิงหาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-59
4-56 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนกันยายนในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-59
4-57 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนตุลาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-60
4-58 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนพฤศจิกายนในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-60
4-59 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนธันวาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-61

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-60 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนมกราคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-62
4-61 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนกุมภาพันธ์ในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-62
4-62 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนมีนาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-63
4-63 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนเมษายนในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-63
4-64 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนพฤษภาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-64
4-65 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนมิถุนายนในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-64
4-66 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนกรกฎาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-65
4-67 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนสิงหาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-65
4-68 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนกันยายนในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-66

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-69 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนตุลาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-66
4-70 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนพฤศจิกายนในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-67
4-71 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนธันวาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612	4-67
4-72 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน	4-69
4-73 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน	4-70
4-74 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน ของเดือนกรกฎาคม	4-72
4-75 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน ของเดือนกรกฎาคม	4-73
4-76 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน ของเดือนสิงหาคม	4-75

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-76 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน ของเดือนสิงหาคม	4-75
4-77 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน ของเดือนสิงหาคม	4-76
4-78 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน	4-78
4-79 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน	4-79
4-80 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2564 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-81
4-81 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2565-2574 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-82
4-82 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2575-2584 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-82
4-83 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2585-2594 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-83

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-84 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2595-2604 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-83
4-85 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2605-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-84
4-86 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 (58 ปี) เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-84
4-87 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2564 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-85
4-88 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2565-2574 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-86
4-89 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2575-2584 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-86
4-90 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2585-2594 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-87
4-91 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2595-2604 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-87
4-92 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2605-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-88

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-93 แผนทีแสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีทีคาคการณได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหล้งปรับแก้ในช่วงปีอนาคตรหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานรหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-88
4-94 แผนทีแสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีทีคาคการณได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหล้งปรับแก้ในช่วงปีอนาคตรหว่างปี พ.ศ. 2555-2564 เทียบกับในช่วงปีฐานรหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-90
4-95 แผนทีแสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีทีคาคการณได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหล้งปรับแก้ในช่วงปีอนาคตรหว่างปี พ.ศ. 2565-2574 เทียบกับในช่วงปีฐานรหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-90
4-96 แผนทีแสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีทีคาคการณได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหล้งปรับแก้ในช่วงปีอนาคตรหว่างปี พ.ศ. 2575-2584 เทียบกับในช่วงปีฐานรหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-91
4-97 แผนทีแสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีทีคาคการณได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหล้งปรับแก้ในช่วงปีอนาคตรหว่างปี พ.ศ. 2585-2594 เทียบกับในช่วงปีฐานรหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-91
4-98 แผนทีแสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีทีคาคการณได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหล้งปรับแก้ในช่วงปีอนาคตรหว่างปี พ.ศ. 2595-2604 เทียบกับในช่วงปีฐานรหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-92
4-99 แผนทีแสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีทีคาคการณได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหล้งปรับแก้ในช่วงปีอนาคตรหว่างปี พ.ศ. 2605-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานรหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-92

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-100	4-93
4-101	4-94
4-102	4-95
4-103	4-95
4-104	4-96
4-105	4-96
4-106	4-97

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-107	4-97
4-108	4-99
4-109	4-99
4-110	4-100
4-111	4-100
4-112	4-101
4-113	4-101
4-114	4-102
4-115	4-103

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-116	4-104
4-117	4-104
4-118	4-105
4-119	4-105
4-120	4-106
4-121	4-106
4-122	4-108
4-123	4-108
4-124	4-109

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-125	4-109
4-126	4-110
4-127	4-110
4-128	4-111
4-129	4-112
4-130	4-112
4-131	4-113
4-132	4-113
4-133	4-114

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-134	4-114
4-135	4-115
4-136	4-116
4-137	4-117
4-138	4-117
4-139	4-118
4-140	4-118
4-141	4-119
4-142	4-119

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4-143	แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2564 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-120
4-144	แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2565-2574 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-121
4-145	แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2575-2584 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-121
4-146	แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2585-2594 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-122
4-147	แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2595-2604 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-122
4-148	แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2605-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-123
4-149	แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554	4-123
4-150	แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละลุ่มน้ำทั้ง 7 ลุ่มน้ำในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย	4-124
4-151	ปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในลุ่มน้ำกก โขง ปิง วัง ยม น่าน และสาละวิน ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2	4-126
4-152	ปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในลุ่มน้ำกก โขง ปิง วัง ยม น่าน และสาละวิน ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2	4-127
5-1	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันที่ใช้ในการวิเคราะห์ ช่วงวันที่ 19 – 22 พฤษภาคม 2549	5-2
5-2	พื้นที่ตรวจสอบความถูกต้อง บริเวณห้วยน้ำริด ตำบลน้ำหมัน อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์	5-3

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
5-3	พื้นที่ตรวจสอบความถูกต้อง บริเวณห้วยน้ำริด ตำบลน้ำหมัน อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์	5-5
5-4	ปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2	5-7
5-5	ค่าดัชนีความชุ่มชื้นวิกฤติของดินในแต่ละความลาดชัน	5-9
5-6	ค่าสัดส่วนร้อยละของปริมาณน้ำฝนที่กระตุ้นให้เกิดดินถล่ม %RTL ในแต่ละความชัน (Slope)	5-10
5-7	แผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากปริมาณน้ำฝนปีวิกฤต รูปแบบ A2	5-11
5-8	แผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากปริมาณน้ำฝนปีวิกฤต รูปแบบ B2	5-14
6-1	วัฏจักรการเกิดและการจัดการภัยธรรมชาติ	6-2
6-2	การปฏิบัติการและหน่วยงานร่วมบูรณาการในการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยและดินโคลนถล่ม ระดับจังหวัด	6-12
6-3	แผนการเตือนภัยในช่วงเกิดเหตุการณ์ดินถล่มในประเทศไต้หวัน	6-14
6-5	แผนงาน Community-Based Disaster Risk Reduction	6-15
6-6	แผนงานสำหรับการจัดการภัยดินถล่มในประเทศญี่ปุ่น	6-16
6-7	ตัวอย่างระบบการสื่อสารและส่งข้อมูลจากพื้นที่เฝ้าระวังเหตุการณ์	6-17
6-8	แผนงานสำหรับการบริหารในช่วงเกิดภัยดินถล่มในประเทศอินโดนีเซีย	6-18
6-9	แผนงานสำหรับการบริหารในช่วงเกิดภัยดินถล่มในประเทศศรีลังกา	6-19
6-10	ผังองค์กรในการจัดการภัยธรรมชาติของมาเลเซีย	6-20
6-11	ผังบริหารองค์กรของ FEMA	6-22
6-12	แผนการบริหารของศูนย์ป้องกันภัยทางธรรมชาติในสถานะฉุกเฉินในระดับอำเภอ ความรุนแรงระดับ 1	6-30
6-13	แผนการบริหารของศูนย์ป้องกันภัยทางธรรมชาติในสถานะฉุกเฉินในระดับจังหวัด ความรุนแรงระดับ 2	6-31
6-14	แผนการบริหารของศูนย์ป้องกันภัยทางธรรมชาติในสถานะฉุกเฉินในระดับภูมิภาค ความรุนแรงระดับ 3	6-32
6-15	แผนการบริหารของศูนย์ป้องกันภัยทางธรรมชาติในสถานะฉุกเฉินในระดับประเทศ ความรุนแรงระดับ 4	6-33
7-1	ตัวอย่างข้อมูลแสดงตำแหน่งที่เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลากตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2556)	7-3
7-2	ตัวอย่างข้อมูลเชิงบรรยายเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลากตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน	7-4

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1	2-9
2-2	2-21
2-3	2-26
2-4	2-30
2-5	2-41
2-6	2-69
3-1	3-21
3-2	3-25
3-3	3-28
3-4	28
3-5	3-42
3-6	3-63
3-7	3-67
3-8	3-70
3-9	3-73
3-10	3-78
3-11	3-87
4-1	4-54
4-2	4-54
5-1	5-2

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5-2 ผลการเปรียบเทียบร้อยละของพื้นที่ดินถล่มจากร่องรอยจริงในแต่ละระดับความอ่อนไหว ดินถล่มจากแบบจำลอง (Semi-Statistical Model)	5-5
5-3 ปีวิกฤตปริมาณน้ำฝนมากที่สุดจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS สำหรับวิเคราะห์ แบบจำลองพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม	5-8
5-4 สมการความสัมพันธ์ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตต่อความลาดชันต่างๆ	5-8
5-5 สมการความสัมพันธ์ค่า %RTL ต่อความลาดชันต่างๆ	5-9
6-1 ช่วงเวลาเหตุการณ์ต่างๆ เปรียบเทียบระหว่าง ภัยน้ำท่วม น้ำแล้ง ดินถล่ม	6-2
6-2 เกณฑ์การจัดระดับความรุนแรงของภัยจากแผ่นดินถล่ม	6-5
6-3 ขั้นตอนการปฏิบัติและหน้าที่ของหน่วยงานที่รับผิดชอบ	6-10

บทคัดย่อ

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนและผลกระทบต่อปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ได้แก่ สาละวิน โขงเหนือ กก ปิง วัง ยม และ น่าน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อน โดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS ซึ่งจำลองภูมิอากาศอนาคตโดยใช้ข้อมูลตั้งต้นจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM4 โดยคัดเลือกภาพฉายภูมิอากาศภายใต้สถานการณ์ที่ก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงตามข้อกำหนด IPCC Scenario แบบ A2 และ B2 ซึ่งทำการศึกษาโดยศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Southeast Asia START Regional Center, START) ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นในช่วงปีฐาน (พ.ศ. 2523-2554) และในช่วงปีอนาคต (พ.ศ. 2555-2612) ในการศึกษานี้ได้ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง PRECIS (ECHAM4) Scenario แบบ A2 และ B2 โดยเทียบกับปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทานและกรมทรัพยากรน้ำที่ผ่านการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลจำนวน 172 สถานีพบว่า ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองทั้ง 2 Scenarios มีค่าน้อยกว่าปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จากสถานีวัดน้ำฝน ดังนั้น โครงการวิจัยจึงได้ศึกษาหาวิธีปรับลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลฝนช่วงปีฐานจากแบบจำลองมาเทียบกับข้อมูลฝนที่ตรวจวัดได้จากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งที่สอดคล้องกัน เพื่อวิเคราะห์หาค่าปรับแก้ที่เหมาะสมในการลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเป็นค่าปรับแก้ที่เหมาะสม สามารถลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองในพื้นที่ศึกษาให้มีความสอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จากสถานีวัดน้ำฝนมากขึ้น โดยค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงฤดูแล้ง มีค่าเท่ากับ 2.48 และ 2.93 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนในช่วงฤดูฝนที่มีค่าเท่ากับ 1.56 และ 1.57 ตามลำดับ คณะผู้วิจัยได้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่ได้จากแบบจำลองในช่วงปีฐานและช่วงปีอนาคตด้วยค่าปรับแก้ที่เหมาะสมจากการศึกษาครั้งนี้ เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในอนาคตพบว่า โดยเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนในช่วงปีอนาคตที่ได้จากแบบจำลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับในช่วงปีฐาน (พ.ศ. 2523-2554) โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในบางพื้นที่ แต่ในบางพื้นที่มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากอิทธิพลของลักษณะภูมิประเทศที่ต่างกัน เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาในช่วงปีอนาคต 58 ปี (พ.ศ. 2555-2612) เทียบกับในช่วงปีฐาน (พ.ศ. 2523-2554) พบว่า ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario มีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวัน

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

สูงสุด เพิ่มขึ้น 5%, 3%, 16% และ 11% สำหรับแบบ A2 ส่วนแบบ B2 เพิ่มขึ้น 10%, 11%, 8% และ 16% ตามลำดับเช่นกัน

อีกทั้งในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อเป็นการศึกษาความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อน จึงได้วิเคราะห์หาปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดซึ่งอาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เสี่ยงภัยต่อดินถล่มในพื้นที่ทั้ง 7 ลุ่มน้ำภาคเหนือ พบว่า ปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario แบบ A2 ของลุ่มน้ำกกและโขงเหนือ คือปี พ.ศ. 2578 ส่วนลุ่มน้ำ ปิง วัง ยม น่าน และสาละวิน คือปี พ.ศ. 2569 สำหรับปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario แบบ B2 ของลุ่มน้ำกกและโขงเหนือ คือปี พ.ศ. 2576 ส่วนลุ่มน้ำ ปิง วัง ยม น่าน และสาละวิน คือปี พ.ศ. 2558 โดยปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภายหลังปรับแก้ จะนำไปใช้กับแบบจำลองการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดภัยดินถล่มในพื้นที่ศึกษา ด้วยวิธีการกึ่งสถิติ (Semi Statistical Method) ที่เรียกว่า %RTL Model ซึ่งแบบจำลองดังกล่าว ได้นำค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) มาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากค่าดัชนีดังกล่าว มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายและรู้จักกันดี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรมทรัพยากรน้ำ ได้นำค่า API มาใช้ในการเฝ้าระวังและเตือนภัยน้ำท่วม/ดินถล่มด้วย ดังนั้น การนำค่า API มาใช้ในการศึกษาในโครงการนี้จึงเหมาะสมและเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนภัยเป็นอย่างดี

นอกจากนี้ คณะที่ปรึกษายังได้รวบรวมข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2556) ที่เกิดขึ้นใน 7 ลุ่มน้ำภาคเหนือ จัดทำเป็นฐานข้อมูลที่สามารถสืบค้นได้ง่ายในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จากข้อมูลเหตุการณ์ที่บันทึกไว้ พบว่า การเกิดเหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากอดีต อย่างไรก็ตามผลการศึกษาเป็นเพียงการคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในอนาคต โดยบอกถึงแนวโน้มและทิศทางของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในอนาคตที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง PRECIS แบบ A2 และ B2 เท่านั้น และควรพิจารณาเป็นช่วงทศวรรษ สำหรับปริมาณน้ำฝนในอนาคตที่คาดการณ์ได้นี้ เนื่องจากการนำปริมาณน้ำฝนในอนาคตปีใดปีหนึ่งไปใช้ สถานการณ์ของปริมาณน้ำฝนในปีที่พิจารณานั้น อาจเกิดขึ้นในช่วงทศวรรษนั้น หากแต่ไม่ได้หมายถึงปีนั้นๆ ประโยชน์ที่เห็นได้ชัดจากผลของการศึกษาโครงการวิจัยนี้ คือ สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนระยะยาวในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้

สัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์

G/P	แพคเตอร์ปรับแก้เฉลี่ยรายปี รายเดือน หรือรายวัน เพื่อใช้ปรับแก้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2
\bar{G}	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี รายเดือน หรือรายวัน ที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำฝน
\bar{P}	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี รายเดือน หรือรายวันที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2
RMSE	ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error)
P	ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2
G	ปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน
N	จำนวนสถานีวัดน้ำฝน
N_t	ช่วงเวลาของปริมาณน้ำฝน (วัน)
Accuracy	ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง (%)

คำย่อ

GCMs	General Circulation Models
RCMs	Regional Climate Models
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
PRECIS	Providing REgional Climates for Impacts Studies
START	Southeast Asia START Regional Center
GDEM	Global Digital Elevation Model
UTM	Universal Transverse Mercator

ดัชนี

หน้า

Air entry value, h_b = ค่าแรงดึงน้ำในจุดที่อากาศสามารถเข้าไปในมวลดินได้	3-84
Antecedent Precipitation Index, API = ดัชนีความชุ่มชื้นของดิน	2-57
Antecedent Precipitation Index at time, API_t = ดัชนีความชุ่มชื้นของดินในเวลาปัจจุบัน	2-57
Bulk Density of soil, B.D = ค่าความหนาแน่นของดิน	2-59
Cohesion, C = แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน	2-56
Critical antecedent Precipitation Index, API_{cr} = ดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤต	2-61
Critical degree of saturation, $S_{r_{cr}}$ = ระดับความอิ่มตัวด้วยน้ำในมวลดินวิกฤต	2-61
Critical thickness of soil, T_{cr} = ความหนาของชั้นดินวิกฤต	2-61
Degree of saturation, S_r = ระดับความอิ่มตัวด้วยน้ำในมวลดิน	2-56
Factor of safety, FS = ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของลาดดิน	2-56
Internal friction angle, ϕ = มุมเสียดทานภายใน	2-56
Maximum evaporation at time, $E_{t(t)}$ = ค่าการคายระเหยน้ำสูงสุดของวันที่ t	2-59
Maximum soil water available at time, $W_{m(t)}$ = ค่าสูงสุดของปริมาณน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการคายระเหยน้ำ	2-59
Normal stress, σ = หน่วยแรงกดทับของลาดดิน	3-69
Porosity, n = ค่าความพรุนของมวลดิน	2-61
Pore size index, λ = ดัชนีแสดงขนาดคละของช่องว่างในดิน	3-84
Precipitation at time, $P_{(t)}$ = ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในเวลาปัจจุบัน	2-59
Rainfall Triggered Landslide, %RTL = ร้อยละของดัชนีชี้การเกิดดินถล่มด้วยปริมาณน้ำสะสมในดิน	3-57
Residual volumetric water content, θ_r = ปริมาณน้ำคงค้างในดินโดยปริมาตร	3-84
Saturated Hydraulic conductivity, K_s = ความสามารถในการซึมน้ำของดินที่สภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ	2-48
Saturated volumetric water content, θ_s = ปริมาณน้ำในดินโดยปริมาตรเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ	3-84
Slope angle, β = มุมความชันของลาดดิน	2-56
Shear strength of soil, τ = กำลังรับแรงเฉือนของดิน	3-69
Unit weight of soil, γ = หน่วยน้ำหนักของมวลดิน	2-56
Volumetric water content, θ = ปริมาณน้ำในดินโดยปริมาตร	2-53
Water Holding Capacity, WHC = ปริมาณน้ำที่มวลดินสามารถเก็บกักไว้ได้	2-59

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนเป็นที่แน่ชัดว่ายังคงจัดให้เป็นเรื่องสภาวะที่ไม่แน่นอน ประเทศส่วนใหญ่ยังคงถกเถียงถึงวิธีการจัดการกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน และผลที่จะเกิดขึ้นตามมา แต่สิ่งที่สรุปได้ในปัจจุบันคือทำอย่างไรที่จะรักษาสภาพทรัพยากรทางธรรมชาติไว้ โดยการเรียนรู้ถึงวิธีการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอนที่กำลังเกิดขึ้นนี้ สาเหตุหลักอันหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมาจากการใช้พลังงานของโลกในปัจจุบัน ซึ่งทำให้เกิดผลตามมาที่เห็นได้ชัดเจนคือเรื่องเกี่ยวกับน้ำ เช่น การเกิดพายุที่รุนแรงขึ้น ฤดูกาลเปลี่ยนไป การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในรอบปีส่งผลให้เกิด ความถี่และความรุนแรงของสภาพน้ำท่วมหรือภัยแล้งเพิ่มขึ้น เพราะฉะนั้นการเปลี่ยนไปของทรัพยากรน้ำซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญที่สุดตัวหนึ่งย่อมส่งผลกระทบต่อ มนุษย์ เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม

ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนต่อมนุษย์ในทางตรงที่เห็นได้ชัดคือรูปแบบของสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนไป และผลกระทบทางอ้อมที่มาจาก การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงด้านน้ำ อากาศ อาหาร เกษตร ระบบนิเวศ และโครงสร้างทางเศรษฐกิจ ในภูมิภาคเดียวกับประเทศไทย เช่น ในพื้นที่แจมมู ประเทศอินเดียมีปรากฏการณ์ฝนตกถี่ขึ้น (Sharma et al, 2011) น้ำเป็นศูนย์กลางสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบต่อทั้งมนุษย์และสิ่งแวดล้อม และมีบทบาทสำคัญในการบรรเทาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงนี้ซึ่งเชื่อกันว่าถ้ามนุษย์ชาติสามารถควบคุมการใช้น้ำได้อย่างต่อเนื่องจะเป็นปัจจัยหนึ่งในการพยายามลดปริมาณคาร์บอนที่ปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ

การเกิดภาวะฝนตกหนักและอุทกภัย ย่อมส่งผลให้เกิดภัยด้านดินถล่มตามมาในพื้นที่ลาดชันเชิงเขา ซึ่งมีการสะสมตัวของชั้นดินและชั้นหินผุ เมื่อระดับน้ำใต้ดินบริเวณนั้นยกตัวสูงขึ้น การแทรกตัวของน้ำในช่องว่างระหว่างเม็ดดินมีมากขึ้นทำให้ความดันระหว่างมวลเม็ดดินหรือหิน (pore pressure) เพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อความดันน้ำสูงขึ้นจนถึงจุดวิกฤต มวลดินหรือหินเหล่านั้นไม่สามารถคงสภาพเสถียรอยู่ได้ ก็เกิดการวิบัติขึ้น เป็นปรากฏการณ์ดินถล่ม นอกจากนี้จะเป็นปัจจัยสำคัญในการกระตุ้นให้เกิดดินถล่มแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆควบคู่กันอีกด้วย อาทิเช่น ชนิดและคุณสมบัติของดิน คือ ความร่วนซุย สภาพความซึมผ่านของน้ำ (permeability or hydraulic conductivity) ลักษณะแนวแตก (fracture) และการวางตัวของชั้นหิน (bedding orientation) ระดับความลาดเอียง (Slope) ความหนาของชั้นดิน (overburden) และหินลอย (loose blocks or float rocks) เหล่านี้ เป็นคุณสมบัติทางวิศวกรรมธรณีที่ต้องเข้าใจในพื้นที่วิกฤตหนึ่งๆที่มี

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

ความแตกต่างกันไปตามลักษณะเฉพาะในจุดนั้นๆ อีกประเด็นหนึ่ง เกิดขึ้นจากความรุนแรงของการไหลของน้ำผิวดิน (surface runoff) ทำให้เกิดการกัดเซาะพังทลายของหน้าดินและร่องน้ำด้านข้างที่ไหลผ่าน ในกรณีนี้จะเกิดขึ้นในพื้นที่เสื่อมโทรม ไม่มีต้นไม้ใหญ่ตามธรรมชาติปกคลุมผิวดิน ซึ่งเป็นตัวยึดประสานหน้าดิน ชะลอและลดพลังงานการไหลของน้ำ (hydraulic jump) ผลที่ตามมาคือ การเกิดสภาพโคลนถล่มส่งผลกระทบต่อพื้นที่ต่ำด้านล่าง

ประเทศไทยในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาเมื่ออัตราการความถี่ของการเกิดภัยธรรมชาติต่างๆเพิ่มมากขึ้น และรุนแรงขึ้นทั้งที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน เช่น สึนามิ และที่เคยเกิดขึ้นพายุและมรสุมตามฤดูกาล ทำให้เกิดอุทกภัย/ดินถล่มตามมา แต่ในช่วงสองถึงสามปีที่ผ่านมาสามารถสังเกตได้ถึงความไม่ปกติของฤดูกาล และความแปรปรวนของอากาศ ที่เห็นได้เด่นชัดคือตั้งแต่ปี 2553 อุทกภัย 21 จังหวัดภาคกลางและภาคอีสาน มาจนตลอดปี ประเทศไทยเจอวิกฤตด้านอุทกภัยที่ต่อเนื่องและยาวนาน ในช่วงต้นปีซึ่งเป็นหน้าแล้งกลับเจออากาศหนาว และฝนตกหนักสลับกัน ทำให้เกิดอุทกภัยในภาคใต้ช่วงต้นปี และ ในที่ราบลุ่มภาคเหนือกับภาคกลาง ในช่วงกลางปี เริ่มจากอิทธิพลของพายุ “ไหหมา” (Haima) เข้าเมืองไทยเมื่อ 26 มิถุนายน 2554 แถวจังหวัดน่าน “นกเตน”(Nok-Ten) ปลายเดือนกรกฎาคม 2554 ต่อมาประเทศไทยยังได้รับอิทธิพลจากพายุหมุนเขตร้อนอีก 3 ลูก คือ พายุโซนร้อน “ไหถาง” (Haitang) ซึ่งเคลื่อนเข้าปกคลุมภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือของประเทศไทยในวันที่ 28 กันยายน. 2554 ได้ฝุ่น “เนสาด” (Nesat) และพายุโซนร้อน “นาลแก” (Nalgae) เข้าสู่ประเทศไทยเมื่อต้นตุลาคม 2554 ส่งผลให้ประเทศไทยตอนบนมีฝนตกชุกหนาแน่นโดยอุทกภัยครั้งนี้เป็นครั้งที่มีระดับความรุนแรงสูงสุด พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมีมากที่สุดในด้านปริมาณน้ำและจำนวนผู้ที่ประสบภัยมากที่สุด นส.รัจจา เนตรแสงทิพย์ รองผู้อำนวยการสำนักงานสถิติแห่งชาติ กล่าวว่าผลการสำรวจครัวเรือนที่ประสบภัยในพื้นที่น้ำท่วมว่า ในช่วงเดือน ก.ค. - ธ.ค. 2554 ประเทศไทยมีพื้นที่ประสบภัยน้ำท่วมถึง 61 จังหวัด ในจำนวนนี้เป็นครัวเรือนที่ถูกน้ำท่วมถึง 3.9 ล้านครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 19 ของครัวเรือนทั้งประเทศ และมีสมาชิกในครัวเรือน 12.9 ล้านคน หรือร้อยละ 19.6 ของประชากรทั่วประเทศ (<http://www.thaigov.go.th/th/news-ministry/2012-08-15-09-44-34/item/71735>) ผลหาอุทกภัยปี 54 ทำเศรษฐกิจสูญ 1.425 ล้านล้านบาท ธนาकरโลกขึ้นแทนจัดให้เป็นความเสียหายอันดับ 4 ของโลก ซึ่งนักวิชาการได้สรุปว่าเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเหล่านี้เป็นผลกระทบมาจากปรากฏการณ์ลานินยา (La Niña) ในระยะหลังๆนี้ปรากฏการณ์เหล่านี้จะทวีความรุนแรงมากขึ้นกว่าในอดีตซึ่งไม่เคยปรากฏขึ้นมาก่อน ทำให้มนุษย์เริ่มตระหนักถึงการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมธรรมชาติและภัยธรรมชาติที่รุนแรง ความถี่ในการเกิดและยาวนานขึ้น ดังนั้นเพื่อเป็นการเตรียมพร้อมสำหรับการอยู่ร่วมกับธรรมชาติที่กำลังเปลี่ยนแปลงเนื่องจากผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน งานวิจัยเพื่อศึกษาการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มที่เป็นผลมาจากเหตุการณ์นี้เพื่อป้องกันหรือบรรเทาเบาบางในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม โดยเริ่มพิจารณาศึกษาในเขตภาคเหนือของประเทศไทยเนื่องจากลักษณะภูมิประเทศที่มีศักยภาพและสถิติการเกิดเหตุการณ์อุทกภัย/ดินถล่มสูง

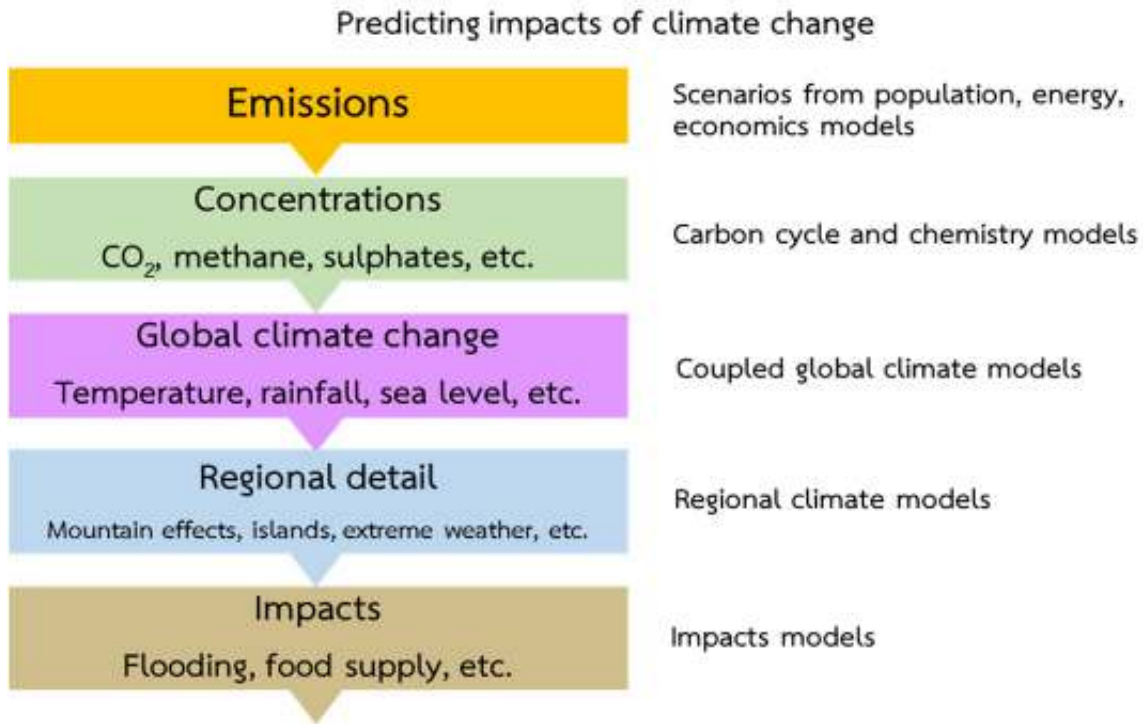
การศึกษาความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนจำเป็นต้องใช้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศในอนาคตเข้าช่วย ซึ่งการจำลองสภาพภูมิอากาศในระดับภูมิภาคหรือท้องถิ่นต้องใช้ข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศที่มีการลดขนาดพื้นที่โดยมีตัวแปรด้านภูมิประเทศ และสภาวะอากาศรุนแรงในท้องถิ่น และอื่นๆเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังรูปที่ 1-1

แบบจำลองสภาพภูมิอากาศ ภาพภูมิอากาศคือภาพที่ได้จากการศึกษามาจากรูปแบบการจำลองสภาพภูมิอากาศโลกบวกกับการจำลองสภาพภูมิอากาศภูมินั้นๆ ส่วนภาพการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเกิดจากความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงที่ต่อเนื่องในองค์ประกอบของบรรยากาศระหว่างสภาพอากาศในปัจจุบันกับสภาพอากาศในอนาคต

รายงานของ IPCC ฉบับพิเศษ Special Report on Emissions Scenarios (SRES) (Nakicenovic et al., 2000) ได้จัดรูปแบบการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตที่เรียกว่า “SRES scenarios” ซึ่งใช้เป็นจุดสำหรับการพัฒนาภาพภูมิอากาศ โดยแบ่งภาพภูมิอากาศในศตวรรษที่ 21 ออกเป็น 4 รูปแบบใหญ่คือ A1, A2, B1 และ B2 โดยพิจารณาจาก ความสัมพันธ์ระดับภูมิภาค ความแพร่หลายของการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ การเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจระดับภูมิภาค การอนุรักษ์สภาพสิ่งแวดล้อมในระดับท้องถิ่นและภูมิภาค การเปลี่ยนแปลงสภาพโครงสร้างของประชากร ในแต่ละรูปแบบยังแบ่งย่อยๆเช่น

กลุ่ม A1 ประกอบด้วยกลุ่มย่อยๆ A1T, A1FI และ A1B ภาพภูมิอากาศแบบ A1 แสดงถึงภาพโลกอนาคตที่มีการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว อัตราการเพิ่มของประชากรน้อย มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วทางการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ โลกมีแนวทางการดำเนินชีวิตในทิศทางเดียวกันในทุกภูมิภาค

- A1FI เน้นด้านการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ (fossil fuel)
- A1B มีการใช้พลังงานสมดุลกันในทุกแหล่งพลังงาน
- A1T เน้นการใช้พลังงานซึ่งไม่ใช่เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ (fossil fuel)



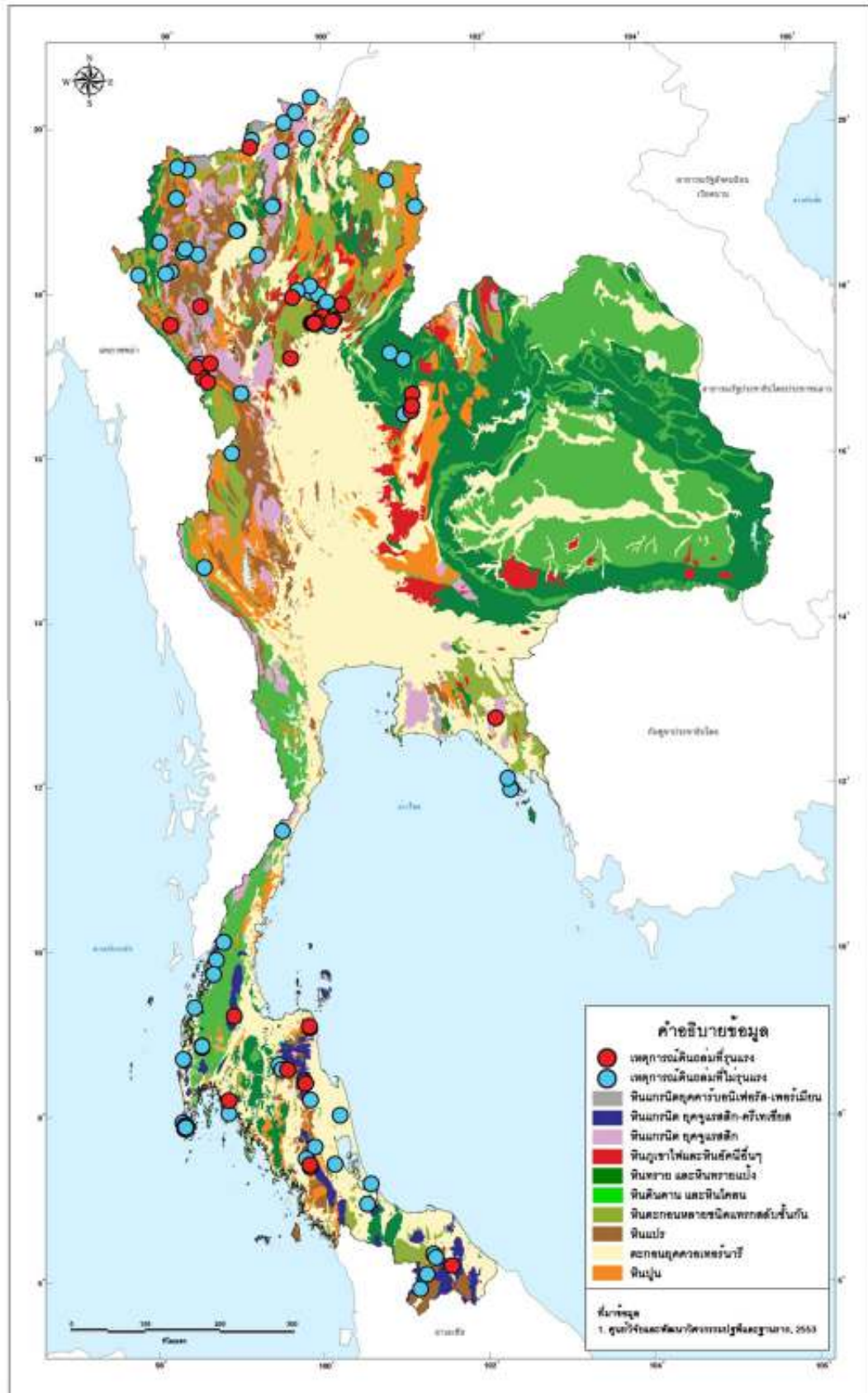
รูปที่ 1-1 โครงสร้างของการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนในรูปการจำลองแบบจำลอง

ที่มา: Jones et al. (2004)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนที่เป็นสาเหตุอย่างหนึ่งของการเกิดพิบัติภัยธรรมชาติ ได้แก่ การเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม อันเนื่องมาจากลักษณะของฝนที่มีความรุนแรงมากขึ้น และเป็นปัจจัยกระตุ้นให้เกิดความไม่มั่นคงต่อลาดชันจากความชื้นที่เพิ่มขึ้นเมื่อน้ำฝนไหลซึมลงสู่ดินชั้นล่าง

ภัยดินถล่มเป็นพิบัติภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มของการเกิดผลกระทบที่รุนแรงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทศวรรษที่ผ่านมา ดังแสดงจากฐานข้อมูลดินถล่มของศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก (รูปที่ 1-2) ผลกระทบจากพิบัติภัยดังกล่าวส่งผลโดยตรงกับชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชนทั้งด้านความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินรวมทั้งสุขภาพจิตของผู้ที่มีแนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบ ผลกระทบทางตรงอีกด้านหนึ่งคือผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจและความมั่นคงของประเทศซึ่งเป็นผลกระทบที่ส่งผลกระทบต่อประชากรทั้งประเทศ ภัยพิบัติที่เกิดขึ้นถี่และส่งผลกระทบรุนแรงดังกล่าวอาจมีสมมุติฐานของสาเหตุได้ 2 กรณี อันได้แก่

1. สาเหตุจากธรรมชาติ ประกอบด้วย สภาพภูมิประเทศ ได้แก่ ความสูง ความลาดชัน ลักษณะของความลาดเอียง ความต่างระดับของพื้นที่ รูปแบบและปริมาณฝน พืชพรรณและการใช้ที่ดิน คุณสมบัติทางกายภาพของดิน ธรณีวิทยา ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดิน การสั่นสะเทือนอันเนื่องมาจากแผ่นดินไหว การระเบิดของภูเขาไฟ การเกิดคลื่นยักษ์ การกัดเซาะหน้าผาและตลิ่งโดยคลื่นหรือแม่น้ำ และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก เป็นต้น



รับ

รูปที่ 1-2 ตำแหน่งการเกิดดินถล่มตั้งแต่ พ.ศ. 2513 - พ.ศ. 2553

ที่มา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก (2553)

2. สาเหตุจากการกระทำมนุษย์ ประกอบด้วย การบุกรุกและตัดไม้ทำลายป่า การแผ้วถางป่า เพื่อปลูกพืชไร่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่สูงโดยไม่มีมาตรการควบคุม เช่นการก่อสร้างที่อยู่อาศัยในพื้นที่ที่มีแนวโน้มเกิดดินถล่ม การสร้างถนน หรือเส้นทางคมนาคมในพื้นที่ที่เป็นภูเขา นอกจากนั้นแล้วการก่อสร้างบ้านเรือน และโครงสร้างพื้นฐานกีดขวางลำน้ำ การขุดเจาะเพื่อฝังท่อ หรือการขุดเจาะเคลื่อนย้ายหิน รวมทั้งการสันตะเทือนจากการจรรจรและการระเบิดที่รุนแรง ก็เป็นสาเหตุและปัจจัยที่ก่อให้เกิดดินถล่มได้เช่นกัน

ถึงแม้ว่าปัจจุบันจะมีหน่วยงานภาครัฐฯ หลายหน่วยงานที่รับผิดชอบในการแก้ไขและป้องกันภัยดินถล่ม แต่ปัญหายังคงปรากฏอยู่ทุกปี ทั้งนี้เนื่องจากการแก้ปัญหาที่จะส่งผลถึงการปฏิบัติได้จำเป็นต้องได้คำตอบที่ชัดเจนจากการวิจัยในหลายศาสตร์ประกอบกัน นอกจากนั้นการแก้ปัญหาให้ได้พร้อมกันทั้งประเทศเป็นไปได้ยากเพราะการประเมินน้ำท่วมดินถล่มต้องอาศัยปัจจัย อันได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ หรือลักษณะทางธรณีวิทยา เป็นต้น มาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งปัจจัยดังกล่าวนี้เป็นปัจจัยเฉพาะพื้นที่ (Local Factor) ที่มีความหลากหลายตลอดพื้นที่ประเทศ

จากเหตุผลข้างต้น ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานรากได้เล็งเห็นปัญหาเป็นอย่างดีและได้พยายามดำเนินการวิจัยอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ในข้อเสนอโครงการนี้ คณะผู้วิจัยได้มุ่งเน้นถึงการนำศาสตร์ด้านวิศวกรรมปฐพีและธรณีวิทยา มาใช้ในการแก้ปัญหา ด้วยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากข้อมูลคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนด้วยแบบจำลองอุทกวิทยาจากผลการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ/ภาวะโลกร้อน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวและความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

1.2.2 เพื่อสร้างชุดความรู้ในการเตรียมพร้อมรับมือกับปัญหาอุทกภัย/ดินถล่ม จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน

1.2.3 เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการวางแผนระยะยาวเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

1.2.4 เพื่อให้ผู้กำหนดนโยบายเตรียมพร้อมในการกำหนดนโยบายสำหรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

1.3 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา

โครงการวิจัยฯ นี้ ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยต่อปริมาณฝนซึ่งอาจก่อให้เกิดอุทกภัย/ดินถล่มบริเวณพื้นที่ในขอบเขตลุ่มน้ำภาคเหนือจำนวน 7 ลุ่มน้ำ ได้แก่ สาละวิน โขงเหนือ กก ปิง วัง ยม และ น่าน ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ในจังหวัดต่างๆ ทางภาคเหนือทั้งหมด 16 จังหวัด อันได้แก่ กำแพงเพชร เชียงราย เชียงใหม่ ตาก นครสวรรค์ น่าน พะเยา พิจิตร พิษณุโลก แม่ฮ่องสอน เพชรบูรณ์ แพร่ ลำปาง ลำพูน สุโขทัย และ อุตรดิตถ์

1.4 ข้อมูลเกี่ยวกับภารกิจของที่ปรึกษา

1.4.1 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง อาทิ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม ฯลฯ

1.4.2 รวบรวมข้อมูลสถานการณ์และแนวโน้มผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยและต่างประเทศ จากการศึกษาวิจัยของสถาบันการศึกษา ภาคเอกชน และภาครัฐ

1.4.3 รวบรวมข้อมูลการตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ อุทกวิทยา ของหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง อาทิ

- ข้อมูลภูมิอากาศ จากสถานีตรวจวัดอุตุนิยมท้องถิ่นในเขตภาคเหนือ

- ข้อมูลการจำลองสภาพภูมิอากาศอนาคตของประเทศไทย จากสถาบัน Southeast Asia START Regional Center, Thailand ตลอดจนการรวบรวมเหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันในพื้นที่ศึกษา โดยจัดเก็บข้อมูลดังกล่าวในรูปแบบที่สามารถสืบค้นได้ง่าย

1.4.4 ประเมินพื้นที่อ่อนไหวและความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองตามความเหมาะสม ทั้งนี้แบบจำลองดังกล่าวต้องสามารถแสดงผลเชิงพื้นที่ (GIS) และระดับความอ่อนไหว สามารถนำผลมาใช้ในการประกอบการตัดสินใจ

1.4.5 จัดทำโปสเตอร์/แผนที่แสดงพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน และปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ทั้งปัจจุบันและอนาคต โดยใช้มาตราส่วนที่เหมาะสม สามารถจำแนกระดับความอ่อนไหว ทั้งนี้แผนที่ดังกล่าวควรจัดพิมพ์ลงบนวัสดุที่มีความทนทาน ขนาดไม่เล็กกว่า A0 (84.1 x 118.9 ซม.) จำนวน 20 ชุด และในรูปแบบของ Electronic files

1.4.6 จัดทำนโยบาย/มาตรการรับมือกับปัญหาอุทกภัย/ดินถล่ม จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งมาตรการระยะสั้นและระยะยาว

1.4.7 จัดฝึกอบรมการใช้แบบจำลองวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวและความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ให้กับบุคลากรของกรมทรัพยากรน้ำ จำนวน 1 ครั้ง ผู้เข้าร่วมไม่น้อยกว่า 50 คนและการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการการใช้โปรแกรมการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่มให้แก่บุคลากรของกรมทรัพยากรน้ำ จำนวน 1 ครั้ง ผู้เข้าร่วมไม่เกิน 8 คน

1.5 นิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการ

ในครั้งนี้ได้นิยามความหมายของคำสำคัญ ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย ดังนี้

อุทกภัย หมายถึง ภัยที่เกิดขึ้นเนื่องจากมีน้ำเป็นสาเหตุ อาจจะเป็นน้ำท่วม น้ำป่า หรืออื่น ๆ โดยปกติ อุทกภัยเกิดจากฝนตกหนักต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน บางครั้งทำให้เกิดแผ่นดินถล่ม อาจมีสาเหตุจากพายุหมุนเขตร้อนลมมรสุมมีกำลังแรง ร่องความกดอากาศต่ำมีกำลังแรง อากาศแปรปรวน น้ำทะเลหนุนแผ่นดินไหว

ดินถล่ม หมายถึง การเคลื่อนที่ของแผ่นดินและขบวนการซึ่งเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของ ดิน หิน ตามแนวลาดชัน โดยแรงดึงดูดของโลก ซึ่งมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย เช่น ปริมาณน้ำฝน ปริมาณการเปลี่ยนแปลงของน้ำใต้ดิน คุณลักษณะของดิน (ค่าความชื้นผ่านของน้ำ) ความลาดชันและความหนาของชั้นดินชั้นหินที่รองรับ แผ่นดินไหว การเคลื่อนที่ของมวลดินเหล่านี้มีความเร็วปานกลางถึงเร็วมาก

อุทกภัย/ดินถล่ม หมายถึง การเคลื่อนที่ของดิน หิน ตามแนวลาดชัน โดยแรงดึงดูดของโลก ที่มีสาเหตุหลักมาจากปริมาณน้ำฝนมากผิดปกติ/ฝนตกหนักต่อเนื่องกันเป็นเวลานานทำให้ดัชนีความชื้นในดินเปลี่ยนแปลง

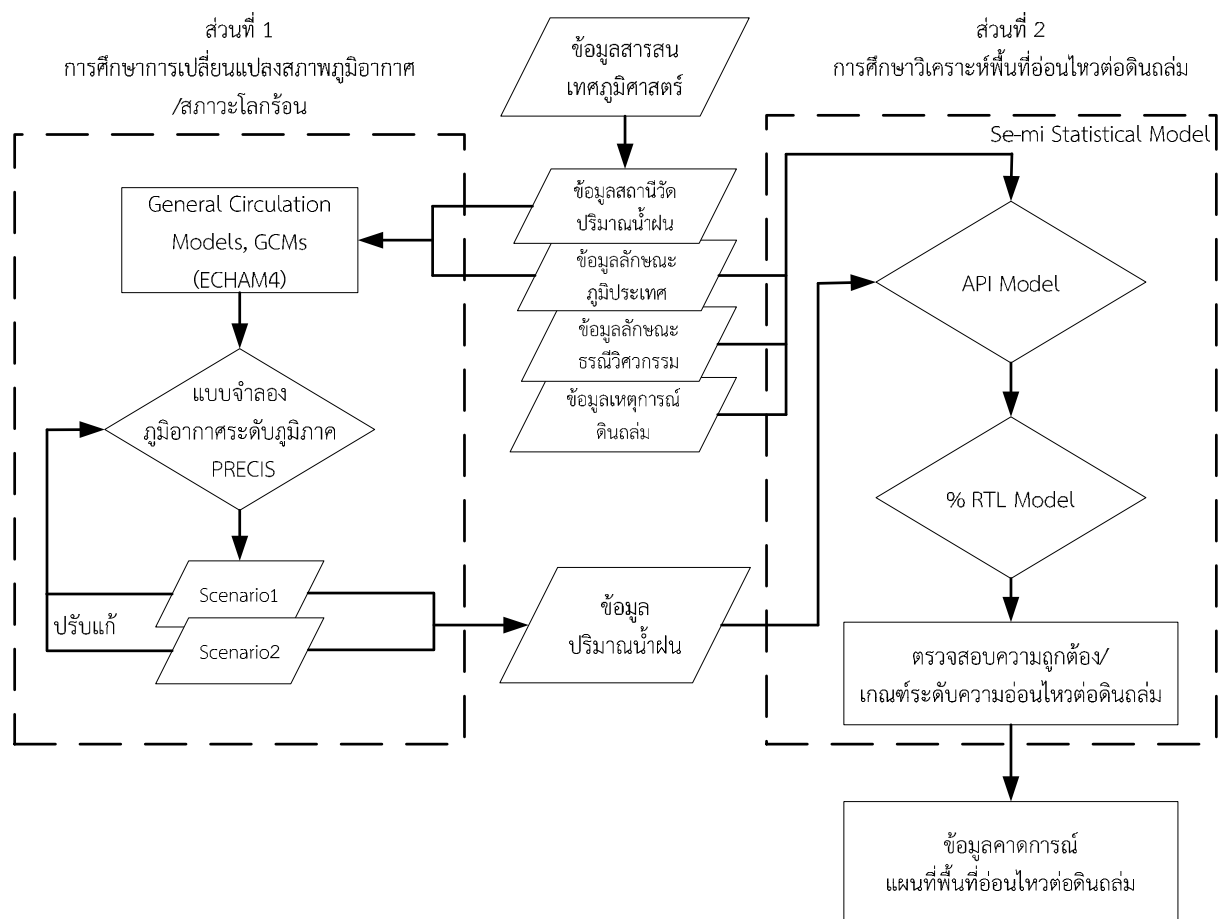
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน หมายถึง ภาวะซึ่งเกิดจากการเพิ่มระดับ Green house gases (คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ ฯ) ในบรรยากาศโลก จากการประชุมที่เมืองวิลลาช ประเทศออสเตรีย (Villach, Austria) ในปี 2528 WMO, UNEP และ ICSU สรุปว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นของก๊าซ GHGs ส่งผลสำคัญให้เกิดสภาวะโลกร้อนในศตวรรษที่ 21

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ สามารถจำแนกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อน เพื่อวิเคราะห์และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงข้อมูลปริมาณน้ำฝน โดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค PRECIS ซึ่งจำลองภูมิอากาศอนาคตโดยใช้ข้อมูลตั้งต้นจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก (GCM) ECHAM4 โดยคัดเลือกภาพฉายภูมิอากาศภายใต้สถานการณ์ที่ก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงตามข้อกำหนด IPCC (SRES Scenario) ในอนาคต 2 รูปแบบ ได้แก่ A2 และ B2 ซึ่งทำการศึกษาโดยสถาบัน Southeast Asia START Regional Center (START) ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นในช่วง

ปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 และศึกษาหาวิธีเพิ่มความถูกต้องในการประเมินฝนโดยใช้ข้อมูลฝนช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 จากแบบจำลองมาหาค่าปรับแก้เทียบกับข้อมูลฝนที่ตรวจวัดได้จริง ณ ตำแหน่งที่สอดคล้องกัน เพื่อใช้ในการปรับแก้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612

ส่วนที่สอง เป็นส่วนของการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่มด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามหลักธรณีวิศวกรรม อันได้แก่ แบบจำลองการวิเคราะห์การไหลซึมของน้ำในมวลดิน, แบบจำลองการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินในสภาวะความชื้นที่เปลี่ยนไปเนื่องจากฝนตกที่ได้ข้อมูลมาจากการศึกษาของส่วนแรก โดยขั้นตอนการดำเนินงานในภาพรวมดังแสดงในรูปที่ 1-3



รูปที่ 1-3 ภาพรวมขั้นตอนในการดำเนินงาน

บทที่ 2

บททวนเอกสาร งานวิจัย แนวคิดและทฤษฎี

2.1 การศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อน

2.1.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน

ตามกรอบของอนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC หรือ FCCC) ให้ความหมายของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อันเป็นผลทางตรง หรือทางอ้อมจากกิจกรรมของมนุษย์ ที่ทำให้องค์ประกอบของบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป นอกเหนือจากความผันแปรตามธรรมชาติ สำหรับความหมายของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่ใช้ในคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ไม่ว่าจะเนื่องมาจาก ความผันแปรตามธรรมชาติ หรือกิจกรรมของมนุษย์ (ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา)

จากคำจำกัดความข้างต้นอาจกล่าวได้ว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เป็นผลจากกิจกรรมของมนุษย์โดยตรงหรือทางอ้อมที่เปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของบรรยากาศโลกและที่เพิ่มเติมจากความแปรปรวนของสภาพอากาศตามธรรมชาติที่สังเกตได้ ในช่วงระยะเวลาเดียวกัน ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน ฤดูกาล ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิตที่จะต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพภูมิอากาศในบริเวณที่สิ่งมีชีวิตนั้นอาศัยอยู่ โดยนักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าสาเหตุสำคัญที่ทำให้ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) ในบรรยากาศเพิ่มขึ้น ซึ่งก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effect) หรือภาวะโลกร้อน (Global warming) และเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ คือการเผาผลาญเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil fuel) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมในช่วง 200 ปีที่ผ่านมา

2.1.2 แบบจำลองภูมิอากาศโลก (General Circulation Models, GCMs)

การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคต สามารถทำได้โดยการประยุกต์ใช้ผลลัพธ์จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่จำลองสภาพภูมิอากาศโลก (General Circulation Models, GCMs) แบบจำลองดังกล่าวได้ลอกเลียนแบบกระบวนการหมุนเวียน-การถ่ายเทของมวลและพลังงาน ระหว่างส่วนประกอบของภูมิอากาศโลก ข้อมูลผลลัพธ์จากแบบจำลองได้ถูกนำมาเผยแพร่แก่สาธารณชนโดยแสดงผลเป็นค่าเฉลี่ยรายวันของข้อมูลปริมาณฝน, อุณหภูมิ, ปริมาณการระเหย, ความดันไอ และ ความเร็วลม ทั้งในอดีตและที่จะเกิดขึ้นในอนาคตภายใต้การดำเนินกิจกรรมของสังคมโลกต่างๆ (Emission scenarios) ที่กำหนดโดย Intergovernment Panel of Climate

Change (IPCC) อย่างไรก็ตามแบบจำลองสภาพภูมิอากาศข้างต้นให้ผลลัพธ์ในพื้นที่กว้าง กล่าวคือ พื้นที่ที่กริดขนาด 300 กม. X 300 กม. การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ที่สนใจจำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่มีความละเอียดทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา การนำข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ GCMs มาใช้โดยไม่มี การปรับแก้ (Multiplicative factor) หรือย่อส่วน (Downscaling) ผลลัพธ์จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่ศึกษาจะก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูง ดังนั้นการนำผลลัพธ์จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ GCMs เพื่อใช้ในการคาดการณ์ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจำเป็นต้องมีการทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองตลอดจนศึกษาวิธีการปรับแก้หรือย่อส่วนที่เหมาะสมสำหรับแต่ละพื้นที่ศึกษา เพื่อให้ผลลัพธ์ของแบบจำลองของสภาวะภูมิอากาศปัจจุบัน (Current climate) สอดคล้องกับข้อมูลที่ตรวจวัดได้จริง และนำวิธีการปรับแก้หรือย่อส่วนดังกล่าวไปประยุกต์ใช้เพื่อปรับแก้หรือย่อส่วนข้อมูลสภาวะอากาศในอนาคต (Future climate) เพื่อให้ผลการคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

2.1.2.1 การจำลองปริมาณก๊าซเรือนกระจกในอนาคต IPCC SRES Scenarios (Special Report on Emission Scenarios)

ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในโลกอนาคตจะขึ้นอยู่กับการพัฒนาทางเศรษฐกิจ สังคม การเติบโตของประชากรและเทคโนโลยี ซึ่งหน่วยงาน IPCC ทำการประเมินภาพจำลองของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก Emission Scenarios (IPCC SRES) เป็น 4 แบบหลัก คือ A1 A2 B1 B2 ดังแสดงในรูปที่ 2-1 โดย A Scenarios เป็นการพัฒนามุ่งเน้นด้านเศรษฐกิจเป็นหลัก (More economic) หมายเลข 1 Scenarios เป็นการพัฒนามีความร่วมมือระหว่างประเทศ มีการถ่ายทอดเทคโนโลยี (More global) หมายเลข 2 Scenarios เป็นความร่วมมือระหว่างภูมิภาค (More regional) A1FI คือ ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์อย่างเข้มข้น A1T คือ ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์น้อย A1B คือ ใช้พลังงานสมดุลกันในทุกแหล่งพลังงาน และ B Scenarios เป็นการพัฒนามีแนวโน้มมิตรกับสิ่งแวดล้อม (More environmental) เป็นต้น

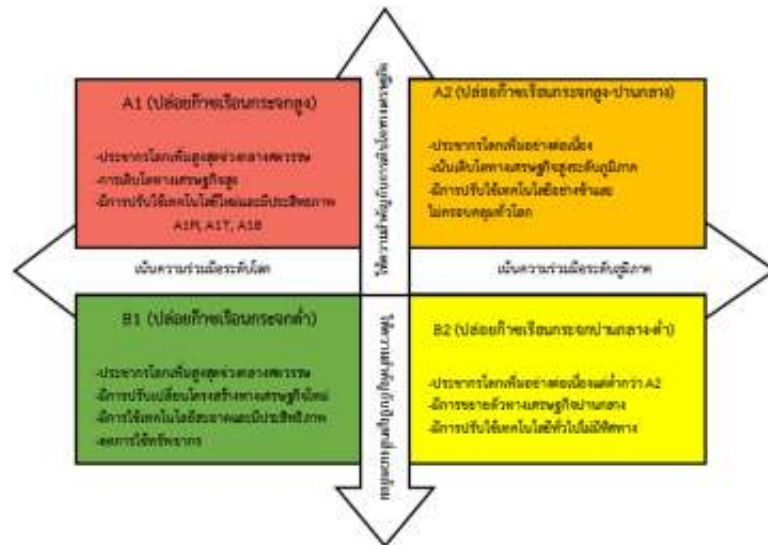
จากรายงานการประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกครั้งที่ 3 กำหนดสมมติฐานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังต่อไปนี้

- **สมมติฐาน A1** เป็นการคาดการณ์ว่าโลกในอนาคตจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วทางเศรษฐกิจ ประชากรมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและในปี พ.ศ. 2593 จะเป็นปีที่มีประชากรสูงที่สุด มีการพัฒนาทางเทคโนโลยีที่ทันสมัยอย่างมากมาย ประเทศต่าง ๆ มีความร่วมมือกันและช่องว่างระหว่างรายได้ที่แตกต่างกันจะลดลง และภายในสมมติฐานนี้สามารถแบ่งเป็น 3 สมมติฐานย่อยตามลักษณะการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่แตกต่างกัน คือ A1FI คือ ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์อย่างเข้มข้น A1T คือ ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์น้อย A1B คือ ใช้พลังงานสมดุลกันในทุกแหล่งพลังงาน

- **สมมติฐาน A2** เป็นการคาดการณ์ว่าโลกในอนาคตแต่ละภูมิภาคมีความแตกต่างกัน เนื่องจากระบบเศรษฐกิจและรายได้มีความแตกต่างกัน ประชากรโลกมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีจะช้ากว่าสมมติฐานอื่น

• **สมมุติฐาน B1** เป็นการคาดการณ์ว่าโลกในอนาคตประเทศต่างๆมีความร่วมมือกันเป็นอย่างดี ประชากรมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและสูงสุดในช่วงกลางศตวรรษ ระบบเศรษฐกิจและเทคโนโลยีของแต่ละภูมิภาคมีลักษณะคล้ายคลึงกัน และเน้นการพัฒนาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

• **สมมุติฐาน B2** เป็นการคาดการณ์ว่าโลกในอนาคตแต่ละภูมิภาคมีความแตกต่างกัน ทางด้านเศรษฐกิจ สังคมและความเป็นอยู่ ประชากรมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องแต่น้อยกว่าสมมุติฐาน A2 มีความเจริญทางเศรษฐกิจและเทคโนโลยีที่ช้ากว่าสมมุติฐาน A1 และ B1 แต่ดีกว่า A2 สมมุติฐานนี้มีการพัฒนาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและจะแตกต่างกันในแต่ละภูมิภาคของโลก



รูปที่ 2-1 ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตจากรายงานของ IPCC (IPCC Special Report on Emission Scenario หรือ SRES) (IPCC, 2001)

ที่มา: การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย เล่มที่ 2 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิอากาศในอนาคต (2553)

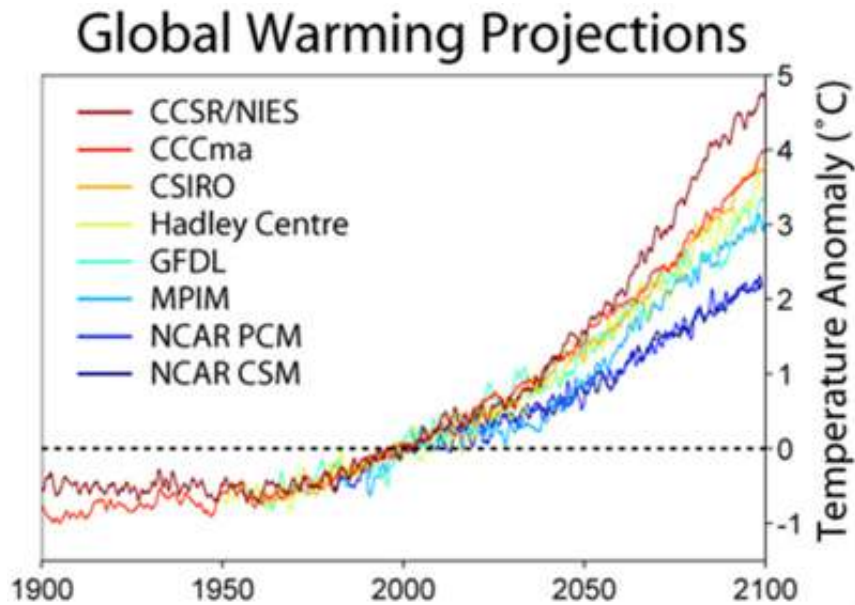
2.1.2.2 การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกในอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก (GCMs)

จากหลักฐานการศึกษาและผลการรายงานทางวิทยาศาสตร์สามารถกล่าวได้ว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เป็นผลอันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นหลัก ทั้งทางตรงและทางอ้อม ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (รูปที่ 2-2) ความกดอากาศ (รูปที่ 2-3) กระแสน้ำในมหาสมุทร (รูปที่ 2-4) การไหลเวียนของมวลในอากาศ (รูปที่ 2-5) ความเร็วลม ปริมาณฝนที่ตก (รูปที่ 2-6) และความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งจะแปรเปลี่ยนไปตามสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกัน (รูปที่ 2-7) ก่อให้เกิดปัญหาตามมา ตัวอย่างเช่น การเกิดฝนตกหนักในบางพื้นที่เป็นเวลานาน ทำให้เกิดน้ำท่วม/ดินถล่ม หรือในบางพื้นที่เกิดภาวะฝนแล้งติดต่อกันเวลานาน ทำให้เกิดสภาวะแห้งแล้งจนเป็นปัญหาต่อการเพาะปลูก และการจัดระบบชลประทาน สภาพภูมิอากาศในอนาคตสามารถประเมินจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก (GCMs) ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวใช้ข้อมูลของส่วนประกอบที่สำคัญของโลก 5 ส่วน ได้แก่ บรรยากาศ (Atmosphere) อุทกภาค

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

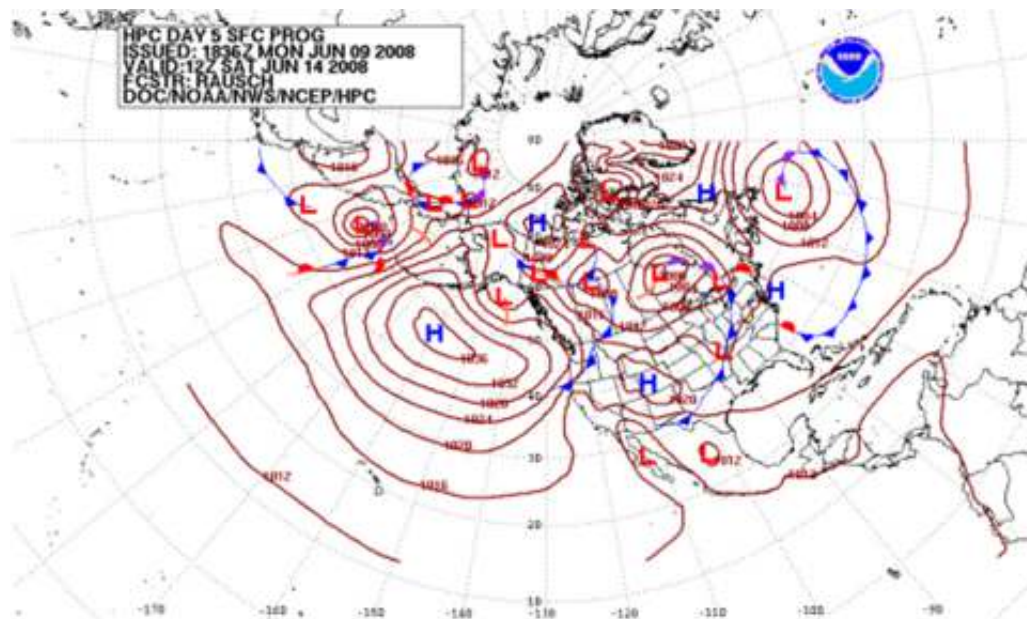
โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

(Hydrosphere) พื้นธรณี (Geosphere) ชีวภาพ (Biosphere) และพื้นน้ำแข็ง (Cryosphere) เพื่อรักษาระบบสมดุลของพลังงานโลก การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกสามารถจำลองได้โดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศ GCMs โดยพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก Emission Scenarios ที่คาดการณ์ในอนาคตตั้งที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น



รูปที่ 2-2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากแบบจำลองภูมิอากาศ ภายใต้สถานการณ์ก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นแบบ A2

ที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/Global_climate_model



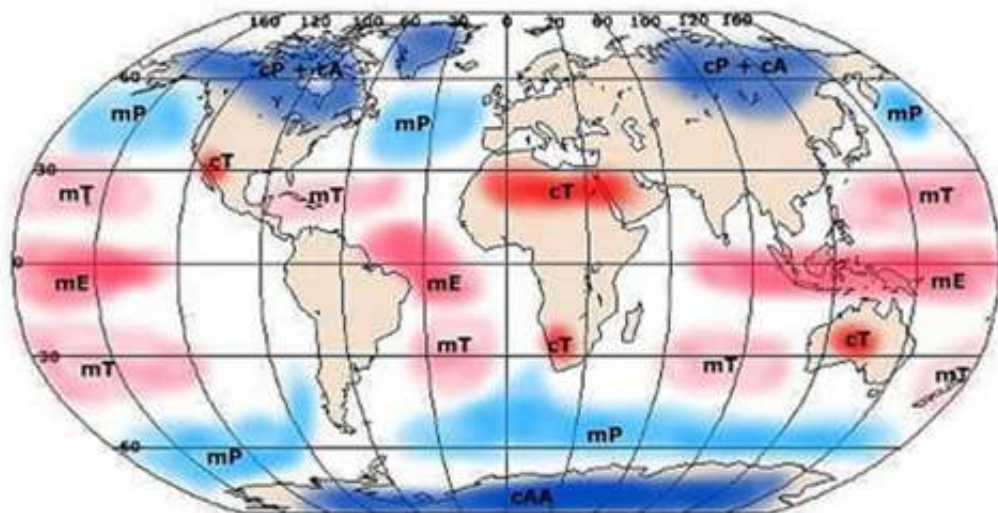
รูปที่ 2-3 การคาดการณ์ความดันพื้นผิวล่วงหน้า 5 วัน ในพื้นที่แปซิฟิกตอนเหนือ อเมริกาเหนือ และมหาสมุทรแอตแลนติกตอนเหนือ

ที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/Weather_forecasting



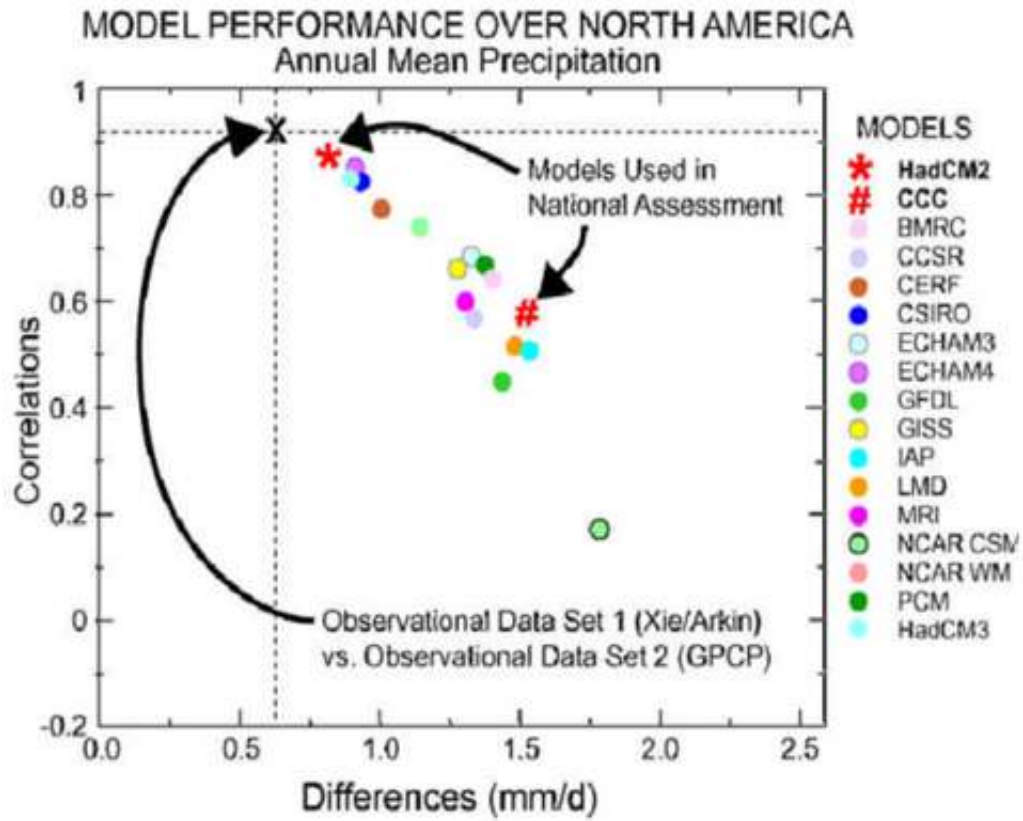
รูปที่ 2-4 ไดอะแกรมการหมุนเวียนของ Modern thermohaline

ที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/Climate_change

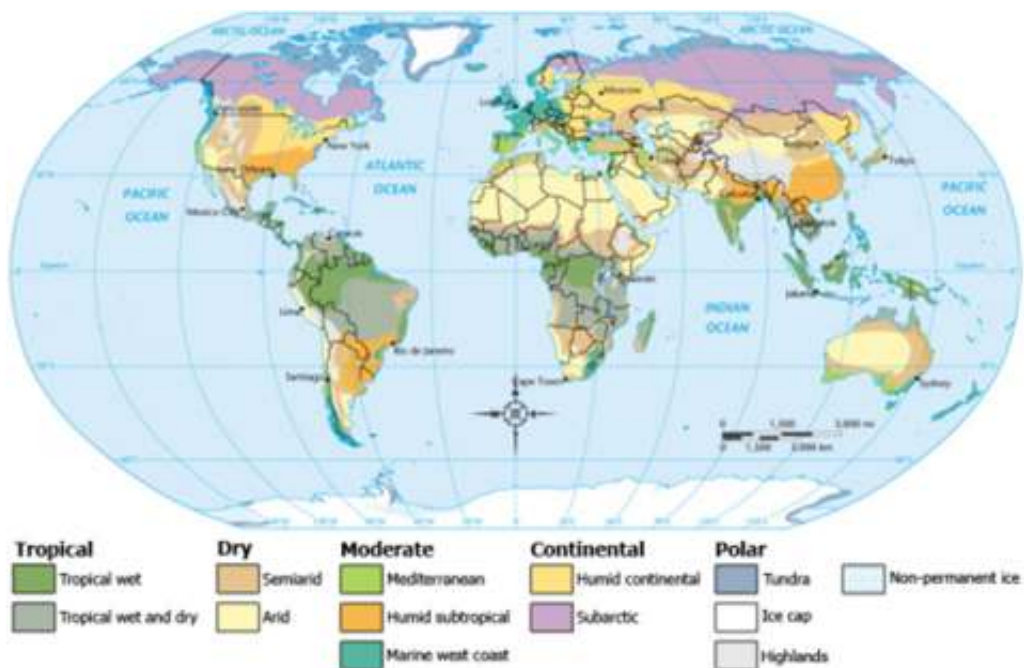


รูปที่ 2-5 แหล่งพลังงานของมวลอากาศโลก

ที่มา: <http://en.wikipedia.org/wiki/Climate>



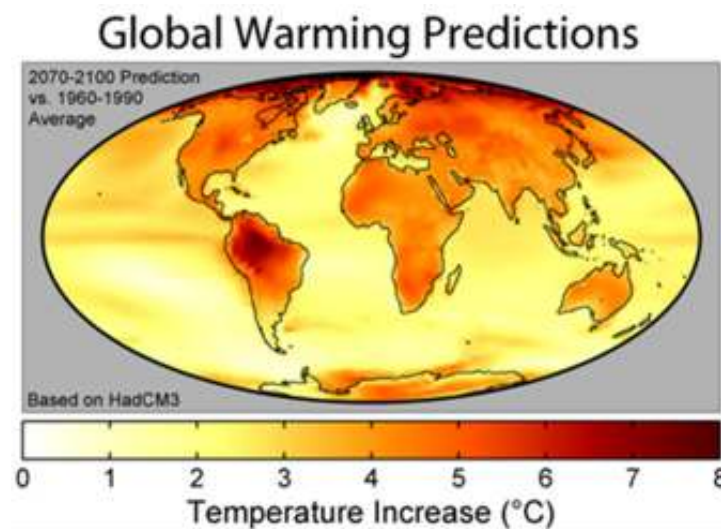
รูปที่ 2-6 ปริมาณน้ำจากฟ้าในพื้นที่อเมริกาเหนือที่วิเคราะห์จากแบบจำลองต่างๆ
ที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/Global_climate_model



รูปที่ 2-7 การจำแนกสภาพภูมิอากาศทั่วโลก
ที่มา: <http://en.wikipedia.org/wiki/Climate>

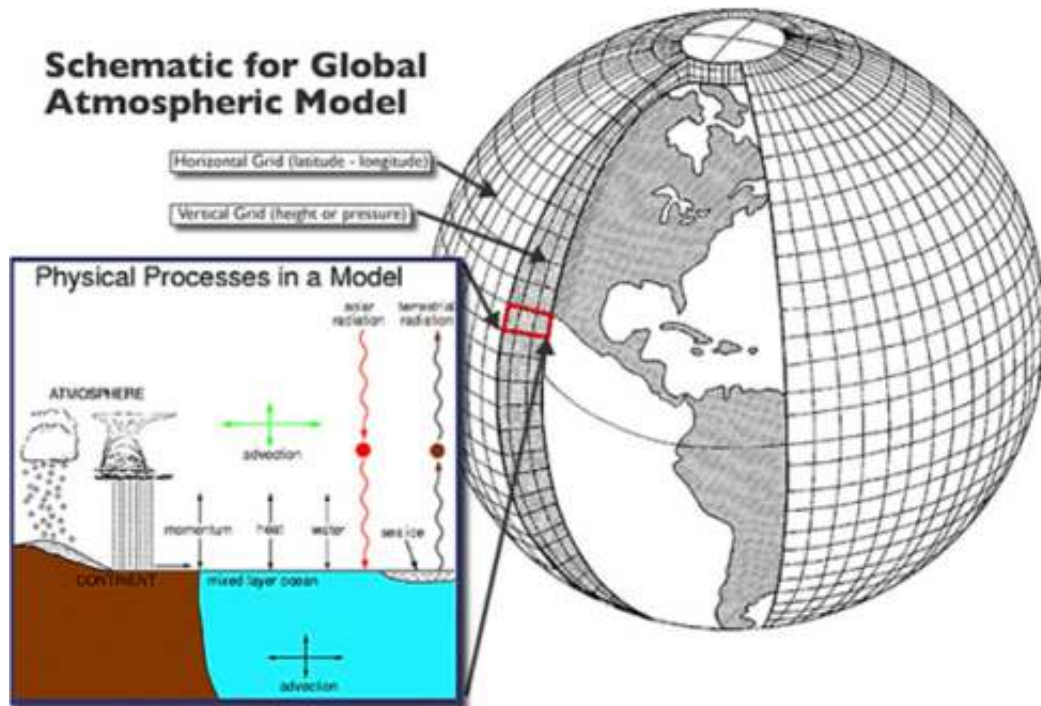
ซึ่งปรากฏการณ์ต่างๆ เหล่านี้ ได้รับผลกระทบมาจากภาวะเรือนกระจก (Green House effect) ซึ่งมีผลมาจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรมทำให้บรรยากาศชั้นโอโซนบางลงจนทำให้รังสีความร้อนที่แผ่ลงมาถึงผิวโลก สะท้อนกลับน้อยลง ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นเรียกว่าภาวะโลกร้อน (Global Warming) ดังแสดงในรูปที่ 2-8 และในอดีตได้มีการศึกษาผลกระทบต่างๆ เหล่านี้ โดยศึกษาค่าตัวแปรทางกายภาพเช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความกดอากาศ และ ความเร็วลม โดยข้อมูลที่ได้มาจากการตรวจวัดตามสถานีตรวจวัดต่างๆ ซึ่งอาจมีค่าคลาดเคลื่อน จึงจำเป็นต้องมีการคัดกรองข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์มาใช้ในการวิเคราะห์

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาแบบจำลองที่สามารถทำนายสภาพภูมิอากาศทั่วโลกโดยอาศัยข้อมูลทางกายภาพต่างๆ ทั่วโลกมาทำการจำลองและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติในช่วงเวลาต่างๆ ที่ต้องการพิจารณา โดยแบบจำลองที่นักวิจัยในปัจจุบันให้การยอมรับและนำผลมาใช้กันอย่างกว้างขวางคือแบบจำลอง GCMs ซึ่งทำการจำลองสภาพสมดุลของพลังงานและสมดุลของมวลที่อยู่บนผิวโลก โดยพิจารณาการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ เป็นข้อมูลหลักในการนำเข้า รวมถึงข้อมูลสภาพบนบรรยากาศ สภาพบนผิวโลก และสภาพในมหาสมุทร ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ จะอยู่ในรูปของอนุกรมเวลาของตัวแปรสภาพภูมิอากาศ ณ ตำแหน่งพิกัด 3 มิติ (รูปที่ 2-9) ที่ต้องการพิจารณา แบบจำลองสภาพภูมิอากาศ คือ ระบบที่ใช้การคำนวณจากสมการ Differential บนพื้นฐานของฟิสิกส์ การเคลื่อนที่ของของไหล และ เคมี แบบจำลองบรรยากาศจะคำนวณลม การถ่ายเทความร้อนการแผ่รังสี ความชื้นสัมพัทธ์ และ ลักษณะอุทกวิทยาของแต่ละกริด และประเมินค่าความสัมพันธ์ระหว่างกริดข้างเคียง



รูปที่ 2-8 แสดงการคาดการณ์การแพร่กระจายของอุณหภูมิในช่วงปลายของศตวรรษที่ 21 จากการใช้แบบจำลองภูมิอากาศ HadCM3 โดยใช้สมมติฐานการที่มีการเจริญเติบโตของธุรกิจและการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยผลจากแบบจำลองพบว่าอุณหภูมิจะสูงขึ้นโดยเฉลี่ย 3.0°C.

ที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/Global_climate_model



รูปที่ 2-9 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศทั่วโลก

ที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/Global_climate_model

อย่างไรก็ดี ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง GCMs ยังคงมีค่าคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ความสมบูรณ์ของข้อมูลที่ใช้ รวมถึงความไม่แน่นอนของข้อมูลและกำหนดค่า พิกัดในมาตราส่วนขนาดใหญ่ทำให้ได้ข้อมูลที่ค่อนข้างหยาบ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับพื้นที่ที่ทำการ พิจารณา จึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์อย่างละเอียดสำหรับการจำลองเหตุการณ์ต่างๆ ที่พิจารณาบน เงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แบบจำลอง GCMs มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจากหลายๆ สถาบัน ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก (GCMs)

Center	Acronym	Model	SRES Scenario Runs					
Max Planck Institute für Meteorologie	MPIFM	ECHAM4/O PYC3	A2		B2			
Hadley Centre for Climate Prediction and Research	HCCPR	HADCM3	A1F1	A2	B1	B2		
				A2b	B2b			
				A2c				
Australia’s Commonwealth Scientific and industrial Research Organization	CSIRO	CSIRO-Mk2	A1	A2	B1	B2		
National Center for Atmospheric Research	NCAR	NCAR-CSM	A2					
		NCAR-PCM	A2		B2			
Geophysical Fluid Dynamics Research	GFDL	R3O	A2			B2		
Canadian Center for Climate Modeling and Analysis	CCCma	CGCM2	A2				B2	
			A2b				B2b	
			A2c				B2b	
Center for Climate Research Studies (CCSR)	CCSR/	CCSR/NIES	A1	A1F1	A1T	A2	B1	B2
National Institute for Environmental Studies (NTES)	NIES	AGCM CCSR OGCM						

ที่มา: IPCC, 2001 “Climate Change 2001 : Synthesis Report”

2.1.3 แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค (Regional Climate Models, RCMs)

เนื่องจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกโดยส่วนใหญ่ที่ดำเนินการในปัจจุบันมีความละเอียดต่ำ โดยทำการคำนวณเป็นตารางขนาดประมาณด้านละ 200-300 กม. ดังนั้นผลที่ได้จึงไม่สามารถใช้ในการอธิบายถึงลักษณะสภาพอากาศของภูมิภาคหรือประเทศที่มีขนาดพื้นที่ไม่มากนัก ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับภูมิภาคหรือประเทศ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการคำนวณเพื่อเพิ่มความละเอียดของผลที่เนื่องจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก

แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค (Regional Climate Models, RCMs) เป็นแบบจำลองภูมิอากาศที่มีความละเอียดสูงในพื้นที่ขนาดจำกัด ซึ่งส่วนใหญ่จะนำไปใช้กับพื้นที่ขนาดประมาณไม่เกิน 5,000 กม. X 5,000 กม. ด้วยความละเอียดในทางราบประมาณ 25-50 กม. สร้างบนพื้นฐานของกระบวนการทางฟิสิกส์ของบรรยากาศที่มีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพทางภูมิอากาศ เช่น เมฆการแผ่รังสีผิวน้ำและดิน ซึ่งบางกระบวนการที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กกว่าขนาดของกริดที่ใช้ในการคำนวณ จะถูกแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่เรียกว่า “Parameterization” โดยอาศัยความสัมพันธ์ทางด้านพื้นที่และเวลาเฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ย่อยๆ ของการคำนวณนำไปสู่การไหลเวียนในพื้นที่ขนาดใหญ่ต่อไป แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาคสามารถใช้ประเมินผลกระทบและความอ่อนไหวในระดับภูมิภาคหรือประเทศได้ดีกว่าแบบจำลองภูมิอากาศโลก ซึ่งแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาคประมวลผลโดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกเป็นขอบเขต และใช้ปัจจัยที่

ซับซ้อนในระดับท้องถิ่นประกอบด้วย เช่น อุณหภูมิ คลื่นลม และ ฝน เป็นต้น ทำให้สามารถคาดการณ์ถึงภัยพิบัติทางภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นในท้องถิ่นได้อย่างค่อนข้างแม่นยำกว่าแบบจำลองภูมิอากาศโลก

2.1.4 แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS

แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Providing REgional Climates for Impacts Studies) เป็นแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค (RCM) ที่พัฒนาขึ้นโดย The Met Office Hadley Centre for Climate Prediction and Research ประเทศอังกฤษ โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้ได้กับทุกพื้นที่ทั่วโลก โดยมีหลักการจำลองสภาพภูมิอากาศภายในแบบจำลองดังนี้ (ที่มา: ศุภกร และคณะ, 2552)

ก) จำลองพลศาสตร์การไหลเวียนของสภาพภูมิอากาศในทางอุตุนิยมวิทยาและเทอร์โมไดนามิก รวมถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นบริเวณผิวพื้นและการรบกวนการไหลเวียนของสภาพภูมิอากาศเนื่องจากอิทธิพลของความสูงของพื้นที่

ข) วัฏจักรของซัลเฟอร์ในบรรยากาศ พิจารณาการกระจายตัวและช่วงชีวิตของผงซัลเฟตในบรรยากาศ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของความหนาแน่นและปริมาณการปลดปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งจากธรรมชาติและมนุษย์

ค) เมฆและหยาดน้ำฟ้า พิจารณาจากการก่อตัวของเมฆในแนวตั้ง (Convective) และเมฆแผ่นขนาดใหญ่ในแนวราบ (Stratiform) จากผลของหยาดน้ำฟ้ารวมถึงปริมาณรังสีที่บรรยากาศได้รับ

ง) กระบวนการรับและแผ่รังสี ภายในแบบจำลองจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้น ความหนาแน่น คุณสมบัติของก๊าซในบรรยากาศ ความหนาแน่นของซัลเฟต ผุ่นควันแขวนลอยในบรรยากาศ เมฆ และการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณรังสีที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลาของปี

จ) คุณสมบัติของพื้นดิน พิจารณาถึงการปกคลุมดินในแง่ผลกระทบต่อ การไหลเวียนของอากาศ การรับพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ หยาดน้ำฟ้า การปลดปล่อยพลังงานความร้อนและความชื้นกลับสู่บรรยากาศ การไหลบ่าของน้ำที่เกิดจากฝน อุณหภูมิตามความลึกของดิน ความสามารถในการรองรับและการดูดซึมน้ำ

เงื่อนไขขอบเขตการคำนวณของแบบจำลอง PRECIS แบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่

1) ขอบเขตบนพื้นผิวของการคำนวณ ต้องการข้อมูลนำเข้าเฉพาะในบริเวณที่ปกคลุมด้วยน้ำเท่านั้น โดยปัจจัยที่ต้องการได้แก่ อุณหภูมิบริเวณพื้นผิวและการปกคลุมของน้ำแข็งตลอดช่วงเวลาที่ทำกรคำนวณด้วยแบบจำลอง

2) ขอบเขตด้านข้างของการคำนวณ ต้องการข้อมูลทางพลศาสตร์ของบรรยากาศที่ขอบของการคำนวณประกอบด้วยข้อมูล ความกดอากาศที่ผิวพื้น ลม อุณหภูมิ ความชื้นและข้อมูลทางเคมีของบรรยากาศ สำหรับขอบเขตด้านบนของการคำนวณต้องการเพียงข้อมูลปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์เท่านั้น

2.1.5 การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตของประเทศไทย

Boonpragob K (1999) สร้างภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตของประเทศไทยจากการเปรียบเทียบแบบจำลองภูมิอากาศโลก 6 แบบได้แก่ GISS (Hansen et al., 1988), GFD3 (Manabe et al., 1990), CCCM (Boer et al., 1992), GF01 (Manabe et al., 1990), UK89 (Mitchell et al., 1989) และ UKMO (Wilson et al., 1987) พบว่า ภาพจำลองภูมิอากาศพื้นฐาน(Baseline scenarios) ของแบบจำลองทั้งหกในภาวะปัจจุบันที่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 1 เท่า ($1 \times \text{CO}_2$) มีอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนรายเดือนแตกต่างกัน และแตกต่างจากข้อมูลภายในประเทศที่ได้จากบันทึกของสถานีตรวจวัดภูมิอากาศในประเทศไทย 74 แห่ง ทั่วประเทศ ระหว่างปี 1951-1980 (พ.ศ. 2494-2523) รวมทั้งอุณหภูมิและน้ำฝนรายเดือนในภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ กลาง ตะวันตก และได้ โดยข้อมูลพื้นฐานจากแบบจำลอง UK89 มีความเบี่ยงเบนจากข้อมูลภายในประเทศน้อยที่สุด และข้อมูลจาก UKMO และ GISS มีความใกล้เคียงรองลงมา

ศุภกร (2551) คาดการณ์สภาพอากาศไทยในอนาคตโดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศ PRECIS (Providing REgional Climates for Impacts Studies) และใช้ชุดข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM4 เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณ โดยใช้รูปแบบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นตามการคาดการณ์แบบ IPCC SRES A2 ผลการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในอนาคต (ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2553-2642) มีแนวโน้มที่อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดจะเพิ่มสูงขึ้นกว่าเดิมเล็กน้อย แต่พื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าเดิมนั้นจะแผ่ขยายครอบคลุมพื้นที่มากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นระยะเวลาที่มีอากาศร้อนในรอบปีหรือฤดูร้อนจะยืดยาวขึ้นมาก และในทางกลับกันพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำจะมีขอบเขตลดลงไปจากเดิมและระยะเวลาที่มีอากาศเย็นก็จะหดสั้นลงอย่างชัดเจนในอนาคต ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทั่วทุกภาคของประเทศไทย ทั้งในด้านปริมาณและการกระจายตัวของพื้นที่ที่มีฝนตกเพิ่มมากขึ้น แต่จำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยในแต่ละปีในเกือบทุกพื้นที่ยังคงใกล้เคียงกับที่เคยเป็นมาในอดีต

กรมอุตุนิยมวิทยา (2552) คาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอดีตและอนาคตโดยใช้แบบจำลอง PRECIS ผลการศึกษาพบว่าปริมาณฝนรายทศวรรษในอดีตและอนาคต ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2504-2633 ไม่สามารถคาดการณ์ได้ชัดเจนว่าปริมาณฝนในแต่ละพื้นที่จะมีความผันแปรในแต่ละช่วงทศวรรษอย่างไร แต่เมื่อพิจารณาในช่วงทศวรรษที่ 2543 (พ.ศ. 2534-2543) เปรียบเทียบกับช่วงทศวรรษที่ 2633 (พ.ศ. 2624-2633) ปรากฏว่า พื้นที่ที่มีปริมาณฝนลดน้อยลงอยู่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนพื้นที่ที่มีปริมาณฝนเพิ่มขึ้นอยู่บริเวณภาคใต้โดยเฉพาะภาคใต้ตอนล่างและบางส่วนของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียง

ดุขฎี และ สุกันยาณี (2552) ทดสอบความสามารถของแบบจำลอง WRF ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2547 โดยใช้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา และ National Centers for Environmental Prediction, USA การศึกษาครั้งนี้กำหนดค่าตัวแปรเสริมสำหรับเมฆพาความร้อนที่ต่างกัน 3 วิธี คือ Kain-Fritsch (KF), Bett-Miller-Janjic (BM) และ Grell-Deveny Ensemble (GR) ผลการศึกษาพบว่า 1) วิธี KF ให้ผลการคาดการณ์อุณหภูมิที่ถูกต้องมากกว่าวิธีอื่น ๆ 2) ผลการคาดการณ์ฝนจากแบบจำลอง WRF มีปริมาณฝนที่ต่ำกว่าค่าที่ตรวจวัดได้จริงมากในช่วงฤดูฝน 3) สรุปได้ว่าแบบจำลอง WRF รุ่นที่ใช้ในการศึกษานี้เหมาะที่จะใช้ในการคาดการณ์อุณหภูมิ แต่ยังไม่เหมาะที่จะใช้ในการคาดการณ์ปริมาณฝนของประเทศไทย

วนิดา (2552) ศึกษาผลกระทบจากสภาวะโลกร้อนที่มีผลต่อความแปรปรวนในบรรยากาศโลก และใช้แบบจำลองการคาดการณ์ภูมิอากาศระดับภูมิภาค PRECIS คาดการณ์ถึงความแปรปรวนของสภาพอากาศในอนาคตของประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยมีพื้นที่ของอากาศร้อนเพิ่มมากขึ้นในแต่ละทศวรรษ ส่วนอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยจะมีพื้นที่ลดลง สำหรับปริมาณฝนมีแนวโน้มไม่ชัดเจน แต่หากเปรียบเทียบทศวรรษที่ 2633 (พ.ศ. 2624 – 2633) กับทศวรรษที่ 2543 (พ.ศ. 2534 – 2543) ปริมาณฝนจะเพิ่มทางบริเวณภาคใต้ โดยเฉพาะภาคใต้ตอนล่าง และบางพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ศุภย์ เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (2552) จัดทำภาพฉายอนาคตสภาพภูมิอากาศ (Climate scenario) ของพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ PRECIS (Providing REgional Climates for Impacts Studies) ทำการคำนวณขึ้นจากชุดข้อมูล Global Circulation Model ECHAM4 เป็นชุดข้อมูลตั้งต้นในการคำนวณโดยมีความละเอียดเชิงพื้นที่ขนาดตารางกริด (grid) ขนาด 20 กม. X 20 กม. ครอบคลุมช่วงเวลาปีฐานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2503 – 2542 เพื่อใช้สำหรับการเปรียบเทียบและครอบคลุมช่วงเวลาอนาคตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 -2642 ซึ่งประกอบด้วยภาพฉายอนาคตที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นตามแนวทาง A2 และ B2 ตามที่ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) กำหนดขึ้น ผลจากการดำเนินการได้ให้ผลการคาดหมายลักษณะภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นไปจนถึงปลายศตวรรษนี้ ซึ่งนำมาผ่านกระบวนการปรับแต่งทางสถิติ (Rescale) อีกครั้งหนึ่งเพื่อให้ได้ผลที่สอดคล้องกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงมากขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงการคาดหมายการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิอากาศในพื้นที่ประเทศไทยในทิศทางที่จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในที่ราบภาคกลางในเขตลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและภาคอีสานตอนล่าง และระยะเวลาที่จะมีอากาศร้อนในรอบปีก็จะยาวนานขึ้นเกือบทุกพื้นที่ในประเทศไทย ส่วนปริมาณฝนรายปีจะเกิดความผันผวนในช่วงต้นศตวรรษและจะเปลี่ยนแปลงไปในทางที่จะมีปริมาณฝนรายปีเพิ่มสูงขึ้นโดยเห็นได้ชัดตั้งแต่ช่วงกลางศตวรรษเป็นต้นไป โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคอีสานในเขตพื้นที่ใกล้เคียงกับแม่น้ำโขงและภาคใต้ ยกเว้นพื้นที่ชายแดนด้านตะวันตกซึ่งอาจจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปีมากนักในอนาคต

กัณฑ์รี และคณะ (2553) จำลองสภาพภูมิอากาศโดยใช้ภาพฉายอนาคตของสมมติฐาน A2 และ B2 จากแบบจำลองภูมิอากาศโลก GFDL-R30 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory-R30) เป็นข้อมูลตั้งต้นในการคำนวณและใช้หลักการทางสถิติในการย่อส่วนผลลัพธ์จากแบบจำลอง GFDL-R30 ให้มีรายละเอียดครอบคลุมพื้นที่ทั่วทั้งประเทศขนาดกริด 50 กม. x 50 กม. ผลการศึกษาพบว่า 1) จำนวนวันที่อากาศร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและครอบคลุมบริเวณกว้างขึ้นภายใต้ภาพฉายอนาคตของสมมติฐาน A2 และ B2, 2) จำนวนวันที่อากาศเย็นมีแนวโน้มลดลงภายใต้ภาพฉายอนาคตของสมมติฐาน A2 และ B2, 3) ภาพฉายอนาคตของสมมติฐาน B2 มีจำนวนวันที่ฝนตกต่อเนื่องเพิ่มขึ้นในปีก่อนาคต 4) พื้นที่ซึ่งมีฝนตกต่อเนื่อง 40 วัน ของภาพฉายอนาคตของสมมติฐาน B2 ครอบคลุมพื้นที่มากกว่า A2

เจียมใจ และคณะ (2553) จำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2513-2533 และในอนาคต 30 ปี พ.ศ. 2553-2582 โดยใช้ภาพฉายอนาคตของสมมติฐาน A1B และ A2 จากแบบจำลองระดับภูมิภาค CCSM3 (Community Climate System Model 3.0) เป็นข้อมูลตั้งต้นในการคำนวณและใช้แบบจำลองระดับภูมิภาค MM5 ทำการ Downscale ผลการศึกษาให้เหมาะที่จะใช้สำหรับวิเคราะห์สภาพอากาศในประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้าน ผลการศึกษาพบว่าภาพฉายอนาคตของสมมติฐาน A1B และ A2 มีทิศทางการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ทำให้รูปแบบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศตามฤดูกาลในอนาคตต่างกัน ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสภาพภูมิอากาศอาจไม่ถูกต้องทั้งหมด แต่คณะผู้วิจัยได้ปรับให้มีความใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด โดยเปรียบเทียบผลจากการจำลอง MM5 กับค่าตรวจวัดจากกรมอุตุนิยมวิทยา พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าตรวจวัดจริง แต่ปริมาณฝนจากแบบจำลองมีค่าน้อยกว่าที่ตรวจวัดจริง เนื่องจากปัจจุบันยังไม่มี physic scheme ที่เหมาะสมสำหรับการจำลองปริมาณฝนในเขตร้อน โดยเฉพาะประเทศไทย แต่นักวิทยาศาสตร์ในสาขานี้ในประเทศที่พัฒนายังคงมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง อนาคตอาจมี physic scheme ที่ดีและเหมาะสมต่อการศึกษาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสำหรับประเทศไทยในอนาคตได้

ศุภกร และคณะ (2553) คาดการณ์สภาพอากาศในประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงโดยใช้ผลของการจำลองสภาพอากาศอนาคตจากแบบจำลอง ECHAM4 เป็นข้อมูลตั้งต้นในการคำนวณและใช้แบบจำลองระดับภูมิภาค PRECIS ทำการ Downscale ผลการศึกษาให้เหมาะที่จะใช้สำหรับวิเคราะห์สภาพอากาศในประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่าในอนาคตสำหรับประเทศไทยจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นทั้งในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน โดยที่อุณหภูมิช่วงกลางคืนจะเปลี่ยนแปลงมากกว่าอุณหภูมิช่วงกลางวัน อีกทั้งจะมีช่วงเวลาที่อากาศร้อนในรอบปียาวนานมากขึ้น ซึ่งอาจอนุมานได้ว่า ฤดูร้อนยืดยาวขึ้นโดยที่ฤดูหนาวจะหดสั้นลง โดยที่ฤดูฝนมีฝนตกชุกมากขึ้น

สุจรี และคณะ (2553) ศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อประเทศไทยโดยใช้ภาพฉายอนาคตของสมมติฐาน A2 และ B2 จากชุดข้อมูลในการศึกษาดังนี้ 1) ใช้ชุดข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก Global Circulation Model CGCM2 และข้อมูลจากแบบจำลองสภาพ

ภูมิอากาศระดับท้องถิ่น HadCM3, MRI, PRECIS โดยตรง 2) นำชุดข้อมูลในข้อ 1) มาปรับแก้ข้อมูลเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจริง และ 3) นำข้อมูลแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก Global Circulation Model CGCM2 มาทำการเพิ่มข้อมูลโดยใช้แบบจำลองที่มีความละเอียดสูง ASD ผลการศึกษาในภาพรวมพบว่าในอนาคตอุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้น และปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลง ซึ่งจากการเลือกใช้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศและการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเลือกข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การนำชุดข้อมูลในข้อ 1 มาปรับแก้ข้อมูลเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจริงค่อนข้างเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์เพื่อศึกษาผลกระทบและการปรับตัวในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมากที่สุด เนื่องจากแนวโน้มค่าเฉลี่ยรายปี ลักษณะค่าเฉลี่ยรายเดือน และพฤติกรรมที่คาบการเกิดซ้ำที่ 1 ปี มีความสอดคล้องโดยรวมกับข้อมูลที่ตรวจวัดจริงมากที่สุด

โครงการเครือข่ายเมืองในเอเชียเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (2554)

(Asian Cities Climate Change Resilience Network) นำข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิที่ได้จากแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค PRECIS จากสมมติฐานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคต A2 (มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับสูง-ปานกลาง มีประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เน้นการเติบโตทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาคมีการปรับใช้เทคโนโลยีอย่างช้าๆ และไม่ครอบคลุมทั่วโลก) มาทำการวิเคราะห์แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเมืองเชียงราย และหาดใหญ่ ผลการศึกษาพบว่า ในอนาคตช่วงฤดูแล้งจะมีความยาวนานมากขึ้นและปริมาณฝนมีความแปรปรวนค่อนข้างมากซึ่งในช่วงฤดูแล้งจะส่งผลทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำต่อการใช้น้ำภาคการเกษตร น้ำสำหรับอุปโภคบริโภค

โครงการเครือข่ายเมืองในเอเชียเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (2554)

(Asian Cities Climate Change Resilience Network) คาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2523 – 2643 โดยใช้แบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค PRECIS จากสมมติฐานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคต A2, B2, A1B ในการวิเคราะห์สภาพอากาศโดยแบ่งช่วงการศึกษาเป็น 4 คาบเวลา คาบละ 30 ปี คือ ปี ค.ศ.1980-2009 ซึ่งกำหนดเป็นปีฐาน (baseline) ของการศึกษา และปีอนาคต 3 คาบเวลา คือ ปี ค.ศ. 2010-2039, 2040-2069 และ 2070-2099 (ช่วงต้น, กลาง และปลายศตวรรษ) ผลการศึกษาพบว่า 1) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในทุกภาคของประเทศไทยทั้งในด้านปริมาณและการกระจายตัวของพื้นที่ที่มีปริมาณฝนตกเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในช่วงปลายศตวรรษ ในส่วนของจำนวนวันที่ฝนตกในรอบปีซึ่งใช้เกณฑ์คือ วันที่มีฝนตกเกินกว่า 3 มิลลิเมตรขึ้นไป ซึ่งพบว่าจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยในแต่ละปีในเกือบทุกพื้นที่ยังคงใกล้เคียงกับที่เคยเป็นมาในอดีต แสดงให้เห็นถึงลักษณะและ ความยาวนานของฤดูฝนที่อาจจะเป็นไปได้ในอนาคตว่ายังคงไม่เปลี่ยนแปลงไปจากที่เคยเป็นอยู่มากนัก ประเทศไทยในอนาคตจะมีฤดูฝนที่ยังคงความยาวนานเช่นที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน แต่ปริมาณน้ำฝนในแต่ละปีของเกือบทุกพื้นที่จะเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะบ่งชี้ว่าปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละครั้งในอนาคตจะเพิ่มสูงขึ้นหรืออาจจะเรียกได้ว่าฝนที่ตกแต่ละครั้งจะตกหนักมากขึ้นกว่าที่เป็นมาในอดีต ซึ่ง

หมายถึงความเสี่ยงต่อภาวะน้ำท่วมฉับพลัน น้ำหลาก และภัยธรรมชาติที่จะเกิดตามมาจากอุทกภัยอีกหลายชนิด

สิรินทรเทพ และคณะ (2554) จำลองสภาพภูมิอากาศในช่วงอดีตและอนาคตในช่วงปี 2504-2613 โดยใช้ภาพฉายอนาคตของสมมติฐาน A1B จากแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค RegCM3 ซึ่งมีความละเอียดครอบคลุมพื้นที่ทั่วทั้งประเทศขนาดกริดเซลล์ 20 กม. X 20 กม. ผลการศึกษาพบว่า 1) ฝนเฉลี่ยในอนาคตเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาในอดีตมีรูปแบบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของฝนในแต่ละภาคและช่วงเวลาต่างๆ ของปีมีความคล้ายคลึงกัน และ 2) พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยในอนาคตไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนมากนักเมื่อเทียบกับในอดีต ยกเว้นภาคใต้ซึ่งจะมีฝนน้อยลงประมาณ 3-5 มม./วัน

World bank (2011) ศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อแหล่งน้ำต้นทุนตามธรรมชาติและผลผลิตทางการเกษตรในอนาคตโดยใช้แบบจำลอง HAE model การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลนำเข้าจากแบบจำลอง PRECIS (Providing REgional Climates for Impacts Studies) ที่คำนวณขึ้นจากชุดข้อมูลตั้งต้นจากแบบจำลอง Global Circulation Model ECHAM4 โดยมีความละเอียดเชิงพื้นที่ขนาดตารางกริด (grid) ขนาด 20 กม. X 20 ก.ม. โดยใช้ภาพฉายอนาคตของสมมติฐาน A2 และ B2 ครอบคลุมช่วงเวลาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523-2602 ผลข้อมูลจากแบบจำลอง PRECIS ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2552 ถูกนำมาใช้ในการศึกษาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับปริมาณฝนที่ตรวจวัดได้จากสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมด 13 สถานี ที่กระจายตัวครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาเพื่อหาค่าปรับแก้ที่เหมาะสมในแต่ละสถานี จากนั้นนำค่าปรับแก้ในแต่ละสถานีวัดน้ำฝนดังกล่าวมาหาค่าปรับแก้เชิงพื้นที่ (Spatial adjustment) และนำค่าปรับแก้ดังกล่าวไปทำการปรับแก้ฝนจากแบบจำลอง PRECIS จากภาพฉายอนาคตของสมมติฐาน A2 และ B2 และสำหรับค่าข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และ ความเข้มแสงอาทิตย์ ก็ทำการปรับแก้คล้ายคลึงกับข้อมูลปริมาณฝน ภายหลังจากปรับแก้ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสงอาทิตย์ และข้อมูลปริมาณฝน จากแบบจำลอง PRECIS จากภาพฉายอนาคตของสมมติฐาน A2 และ B2 เรียบร้อยแล้วจึงนำเข้าข้อมูลดังกล่าวเพื่อศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อแหล่งน้ำต้นทุนตามธรรมชาติและผลผลิตทางการเกษตรในอนาคตโดยใช้แบบจำลอง HAE model ต่อไป ผลการศึกษาครั้งนี้นำเสนอแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนรายปี รายเดือน และรายวัน ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ในช่วงปี พ.ศ. 2593-2603 จากภาพฉายอนาคตของสมมติฐาน A2 และ B2 เทียบกับข้อมูลจากแบบจำลอง PRECIS ในช่วงปีฐานที่ปรับแก้แล้วที่รอบปีการเกิดซ้ำเดียวกัน

2.1.6 ผลการวิเคราะห์สถานการณ์/แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตลอดจน

ผลกระทบที่เกิดขึ้น

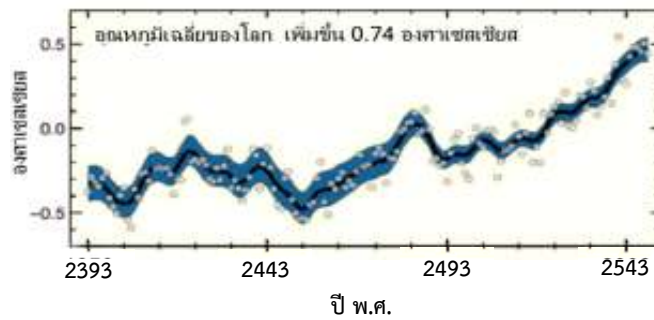
จากการทบทวนรายงานโครงการและงานวิจัยต่างๆ ที่มีการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ พบว่าหน่วยงานต่างๆ มีการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ต่างๆ โดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ตลอดจนใช้สมมติฐานของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

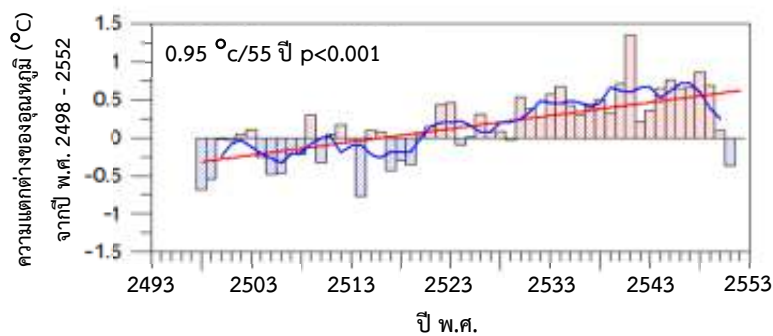
โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

(Emission scenarios) และกฎเกณฑ์ต่างๆ ที่ใช้ในการประมวลผลที่แตกต่างกัน โดยผลจากการศึกษาข้างชี้ว่า ภายในปี 2100 เหตุการณ์น้ำท่วมรุนแรง จะเกิดเพิ่มขึ้นหลายเท่าจากอดีต โดยมีโอกาสเกิด 3-6 ครั้ง ในช่วง 100 ปี ต่างจากในอดีตที่เกิดเพียง 1 ครั้งต่อ 100 ปี เขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีแนวโน้มที่จะเกิดฝนตกหนัก และน้ำท่วมบ่อยครั้งขึ้น ทั้งนี้ก็เนื่องจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งสอดคล้องกับ รายงานของ IPCC (2001) ที่คาดว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกในช่วงศตวรรษที่ 21 จะก่อให้เกิด เหตุการณ์รุนแรงด้านภูมิอากาศมากขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมและดินถล่มมากขึ้น ภูมิอากาศในฤดู มรสุมหน้าร้อนเขตเอเชียแปซิฟิกจะรุนแรงมากขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดอุทกภัยและภัยแล้งที่รุนแรงขึ้นในเขตเอเชียและเขต ออสเตรเลีย [ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน, 2550)]

จากการศึกษาของ อัสมนและแสงจันทร์ (2554) พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2393 – 2548 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.74°C ดังแสดงในรูปที่ 2-10 (ก) สำหรับอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศ ไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2498 – 2552 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.95°C ดังแสดงในรูปที่ 2-10 (ข) ซึ่งสอดคล้องกับ อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกที่เพิ่มขึ้น



ปี พ.ศ.
(ก)

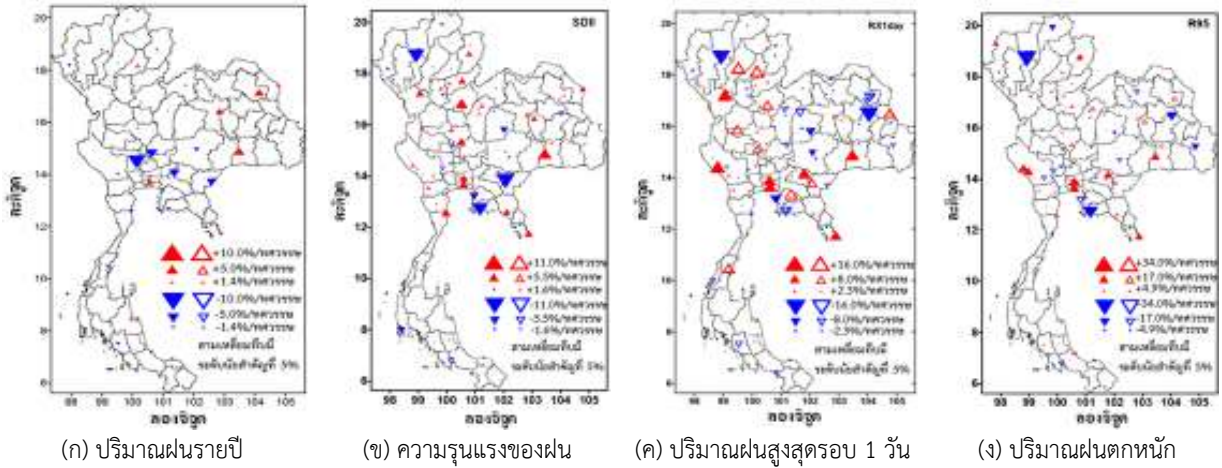


ปี พ.ศ.
(ข)

รูปที่ 2-10 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ย (ก) โลก ในช่วงปี พ.ศ. 2393 – 2548 และ (ข) ประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ. 2498-2552

ที่มา: อัสมน และแสงจันทร์ (2554)

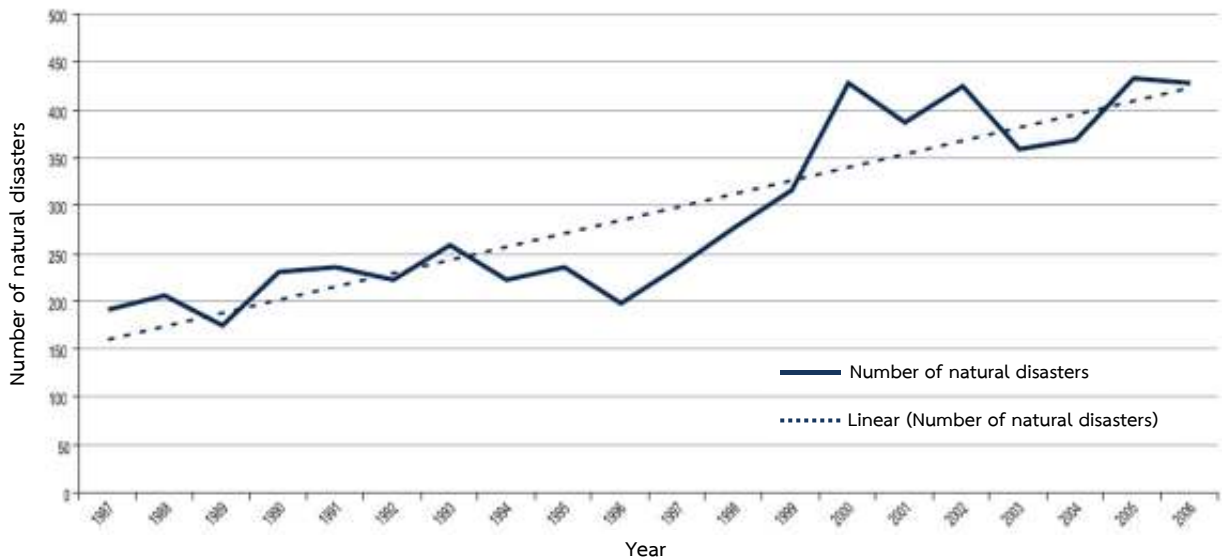
นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณฝนรายปี ความรุนแรงของฝน ปริมาณฝนสูงสุดรอบ 1 วัน และ ปริมาณฝนตกหนัก ในประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2498-2552 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ซึ่งบางพื้นที่มี แนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ในบางพื้นที่มีแนวโน้มลดลง ดังแสดงในรูปที่ 2-11



รูปที่ 2-11 การเปลี่ยนแปลงของฝนในประเทศไทย

ที่มา: อัสมน และแสงจันทร์ (2554)

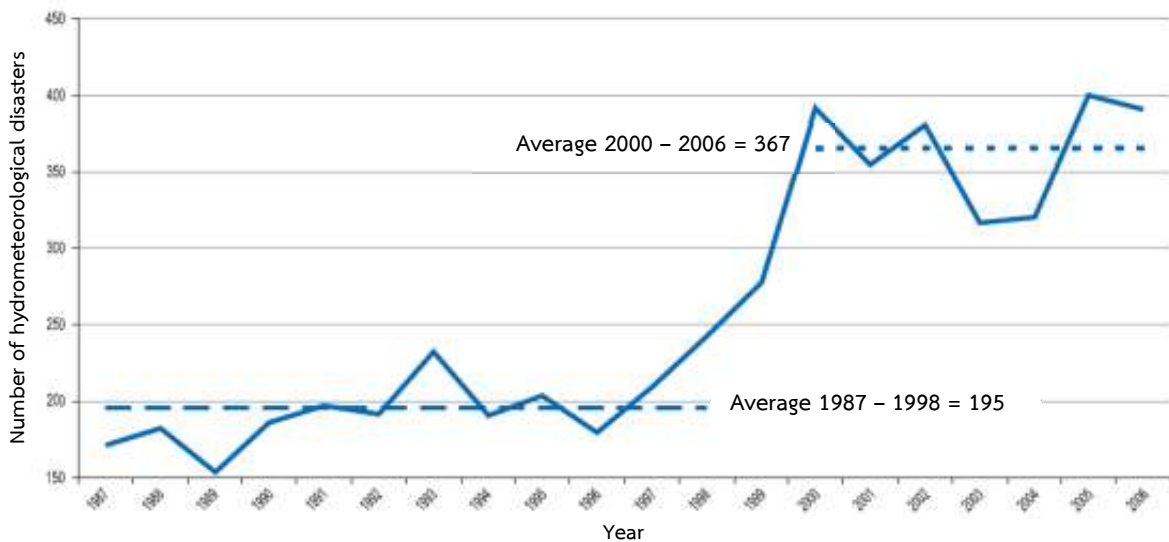
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกก่อให้เกิดผลกระทบต่างๆ โดยเฉพาะภัยพิบัติทางธรรมชาติที่อาจมีความรุนแรงขึ้นได้ ทั้งความถี่และความรุนแรงของพายุ แผ่นดินไหว ความแห้งแล้ง น้ำท่วม ดินถล่ม เป็นต้น จากข้อมูลของ Annual Disaster Statistical Review: Numbers and Trends 2006 ได้รายงานจำนวนภัยพิบัติจากธรรมชาติที่เกิดขึ้นทั่วโลกในระหว่างปี ค.ศ. 1987 - 2006 ดังแสดงในรูปที่ 2-12 ซึ่งจะเห็นได้ว่าภัยพิบัติจากธรรมชาติมีแนวโน้มการเกิดที่เพิ่มสูงขึ้น



รูปที่ 2-12 จำนวนภัยพิบัติจากธรรมชาติที่เกิดขึ้นทั่วโลกในระหว่างปี ค.ศ. 1987 - 2006

ที่มา: Hoyois et al. (2007)

ในรายงานดังกล่าวยังแสดงให้เห็นชัดว่าภัยพิบัติที่เกี่ยวข้องกับสภาวะอากาศและฝน เช่น พายุ น้ำท่วม ดินถล่ม เป็นต้น เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 เป็นต้นมาดังในรูปที่ 2-13 ในช่วงปี ค.ศ. 1987 – 1998 จำนวนภัยพิบัติจากธรรมชาติที่เกิดจากอิทธิพลสภาวะอากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 195 ครั้ง ซึ่งค่าเฉลี่ยของจำนวนภัยพิบัติจากธรรมชาติที่เกิดจากอิทธิพลสภาวะอากาศที่เกิดในช่วงปี ค.ศ. 2000 – 2006 เท่ากับ 367 ครั้ง จะเห็นได้ว่ามีจำนวนภัยพิบัติเพิ่มถึง 187%



รูปที่ 2-13 จำนวนภัยพิบัติจากธรรมชาติที่เกิดจากอิทธิพลสภาวะอากาศ (Hydrometeorological disasters) ที่เกิดขึ้นทั่วโลกในระหว่างปี ค.ศ. 1987 – 2006

ที่มา: Hoyois et al. (2007)

ภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นนำความเสียหายอย่างมากมาสู่ชีวิตและทรัพย์สิน จากข้อมูลของ Annual Disaster Statistical Review 2011: The numbers and trends รายงานว่าในปี ค.ศ. 2011 มีผู้เสียชีวิตจากภัยพิบัติทางธรรมชาติทั่วโลกจำนวน 30,773 คน และก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจมีมูลค่าถึง 366.1 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ ในรายงานดังกล่าวยังแสดงจำนวนผู้เสียชีวิตและผู้ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับสภาวะอากาศและฝนในปี ค.ศ. 2011 มีจำนวน 139.8 ล้านคน ซึ่งเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยในช่วงปี ค.ศ. 2001 -2010 ที่มีจำนวน 106.7 ล้านคน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าภัยพิบัติจากธรรมชาติที่เกิดจากอิทธิพลสภาวะอากาศได้ทวีความรุนแรงมากขึ้นจากในอดีตตามการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก

ในหลายประเทศได้เผชิญกับภัยพิบัติจากดินถล่มที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก ซึ่งมีผลการศึกษาที่สามารถสรุปได้ดังนี้

Bo M W et al. (2008) ศึกษาผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะโลกร้อนส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของดิน ผลการศึกษาพบว่าในพื้นที่ ลุ่มน้ำ Pic ที่อยู่ใกล้เมือง Marathon ในรัฐ Ontario ประเทศแคนาดา เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม ซึ่งสาเหตุเกิดเนื่องจาก 1) การเพิ่มขึ้นของแรงดันเนื่องจาก

น้ำใต้ดิน การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำใต้ดินและอุณหภูมิของน้ำใต้ดิน ส่งผลให้แรงยึดเกาะระหว่างอนุภาคของเม็ดดินมีค่าลดลง 2) การเปลี่ยนแปลงพีชที่ปกคลุมดินซึ่งบางส่วนเกิดการแห้งตาย 3) การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝน ซึ่งสาเหตุที่กล่าวมานี้ทั้งนี้เกิดจากผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งส่งผลให้ค่าแฟคเตอร์ความปลอดภัย (FOS) ของเสถียรภาพของดินมีค่าน้อยลงจึงเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดเหตุการณ์ดินถล่มในพื้นที่

Nawagamuwa U P et al. (2012) ศึกษาผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งมีผลต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ลาดชันในประเทศศรีลังกา ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าได้จากการรวบรวมข้อมูลปริมาณฝนรายเดือน ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด ข้อมูลอุณหภูมิต่ำสุด และข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่มจากกรมอุตุนิยมวิทยาของศรีลังกาและสถาบันวิจัยแห่งชาติศรีลังกา การศึกษาค้นคว้าพบว่าในช่วงปี ค.ศ. 2002-2008 ประเทศศรีลังกาประสบภัยพิบัติดินถล่มเพิ่มมากขึ้น และผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้ปริมาณฝนรายปี, ปริมาณฝนในช่วงฤดูฝนในพื้นที่ศึกษามีค่าปริมาณฝนเพิ่มมากขึ้น ส่วนปริมาณฝนในช่วงฤดูแล้งมีแนวโน้มลดลง สำหรับอุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดรายปีมีแนวโน้มลดลง และผลการศึกษาพบว่าพฤติกรรมของฝนที่ตกในพื้นที่มีพฤติกรรมการตกของฝนที่เปลี่ยนแปลงไปจากอดีต โดยผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้ฝนที่ตกมีความเข้มข้นที่มากขึ้นและตกในช่วงสั้นๆ เมื่อเทียบกับในอดีต และจากพฤติกรรมของปริมาณฝนที่เปลี่ยนไปเมื่อนำมาหาความสัมพันธ์กับความถี่การเกิดเหตุการณ์ดินถล่มในพื้นที่พบว่ามีความสัมพันธ์กัน และจากผลการศึกษาที่กล่าวมานี้สามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้ปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ที่มีปริมาณมากขึ้นและความเข้มข้นมีปริมาณสูงขึ้น ส่งผลให้มีความเสี่ยงในการเกิดดินถล่มเพิ่มมากขึ้นในพื้นที่ศึกษา

Kubota T et al. (2013) ศึกษาผลกระทบเนื่องจากการเกิดน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มทางตอนเหนือของเมือง Kyushu ของประเทศญี่ปุ่น โดยในการศึกษาได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝนในช่วงเวลา 30 ปี ที่ได้จากการตรวจวัดฝนภาคพื้นดินเพื่อนำมาศึกษาผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งผลการศึกษาพบว่าปริมาณฝนในแต่ละพื้นที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ต่างกันโดยในพื้นที่ที่ตั้งอยู่บนภูเขาหรือในพื้นที่สูงได้รับผลกระทบน้อยมากหรือแทบจะไม่ได้รับผลกระทบเลย และจากผลการศึกษาสามารถกล่าวได้ว่าในพื้นที่ทางตอนเหนือของเมือง Kyushu ของประเทศญี่ปุ่นอาจได้รับผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้ปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ที่มีความถี่และความแรงของปริมาณฝนที่มากขึ้น โดยความความเข้มข้นที่ตกมีค่ามากขึ้นถึง 20-40 มม./ชม. และปริมาณฝนที่ตกที่มีความเข้มข้นมากกว่า 40 มม./ชม. มีค่ามากขึ้น 1.5 เท่าเมื่อเทียบกับข้อมูลปริมาณฝนในอดีตในช่วง 30 ปี และจากผลกระทบดังกล่าวส่งผลให้เสถียรภาพของดินในพื้นที่มีค่าน้อยลง จึงทำให้เกิดเหตุการณ์น้ำป่าไหลหลากและดินถล่ม ในช่วงเดือน กรกฎาคม 2012 ในทางตอนเหนือของเมือง Kyushu ของประเทศญี่ปุ่น

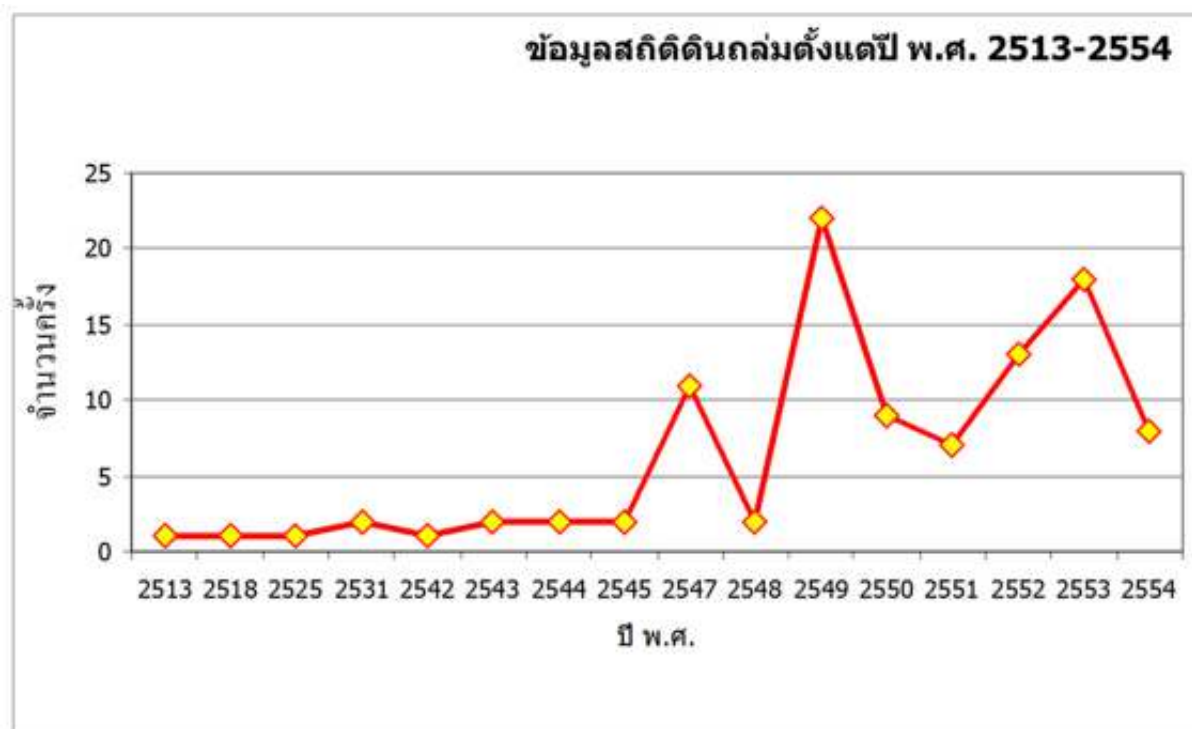
Tremblay M et al. (2013) การศึกษาค้นคว้านี้เป็นความร่วมมือระหว่างรัฐบาลและสถาบันธรณีวิทยา ประเทศสวีเดน เพื่อศึกษาผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งมีผลต่อการเกิดดินถล่มในแม่น้ำ Göta ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่หุบเขาในประเทศสวีเดน เพื่อหาแนวทางในการป้องกันความสูญเสียที่จะ

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

เกิดขึ้นต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชากรโดยผลการศึกษาในครั้งนี้ถูกจัดสร้างเป็นแผนที่เสี่ยงภัยดินถล่มในพื้นที่ การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลในสภาวะปัจจุบันและข้อมูลที่คาดการณ์ขึ้นจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศทั้งหมด 16 แบบจำลอง ผลการศึกษาพบว่าผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะโลกร้อนส่งผลให้ปริมาณฝนในช่วงฤดูฝนและความเข้มข้นมีค่าสูงขึ้น และส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝนที่ไหลในลำน้ำมีค่าสูงขึ้นทำให้เกิดการกัดเซาะตามลำน้ำเพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลกระทบดังกล่าวทำให้ในพื้นที่ตามลำน้ำ Göta เกิดเหตุการณ์ดินถล่มที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับในอดีตในช่วงเวลา 100 ปีที่ผ่านมา

สภาวะของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกได้ส่งผลกระทบต่อประเทศไทย เช่นเดียวกัน จำนวนเหตุการณ์ดินถล่มต่อปีและความเสียหายที่เกิดขึ้นในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นดังในรูปที่ 2-14 ที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลสถิติดินถล่มในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ.2513-2554 โดย Soralump (2011)



รูปที่ 2-14 การเกิดดินถล่มที่สำคัญในอดีตของประเทศไทย

ที่มา: Soralump (2011)

อย่างไรก็ตามภัยพิบัติจากดินถล่มสามารถคาดการณ์ล่วงหน้าและมีแนวทางป้องกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถ้าสามารถคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เป็นสาเหตุของการเกิดดินถล่มได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจะทำให้ลดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินที่เกิดจากภัยพิบัติจากดินถล่มได้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนต่อดินถล่ม

ปัญหาเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) เป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติบางประการเปลี่ยนแปลงไป เช่น เกิดการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล, ฝนที่ตกหนักจนผิดปกติ, อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป เป็นต้น ซึ่งจากปรากฏการณ์ดังกล่าว เป็นสาเหตุของภัยพิบัติทางธรรมชาติตามมา ซึ่งความรุนแรงของภัยพิบัติทางธรรมชาติจะมีความรุนแรงมากขึ้นหรือมีความถี่ของการเกิดที่แตกต่างออกไป

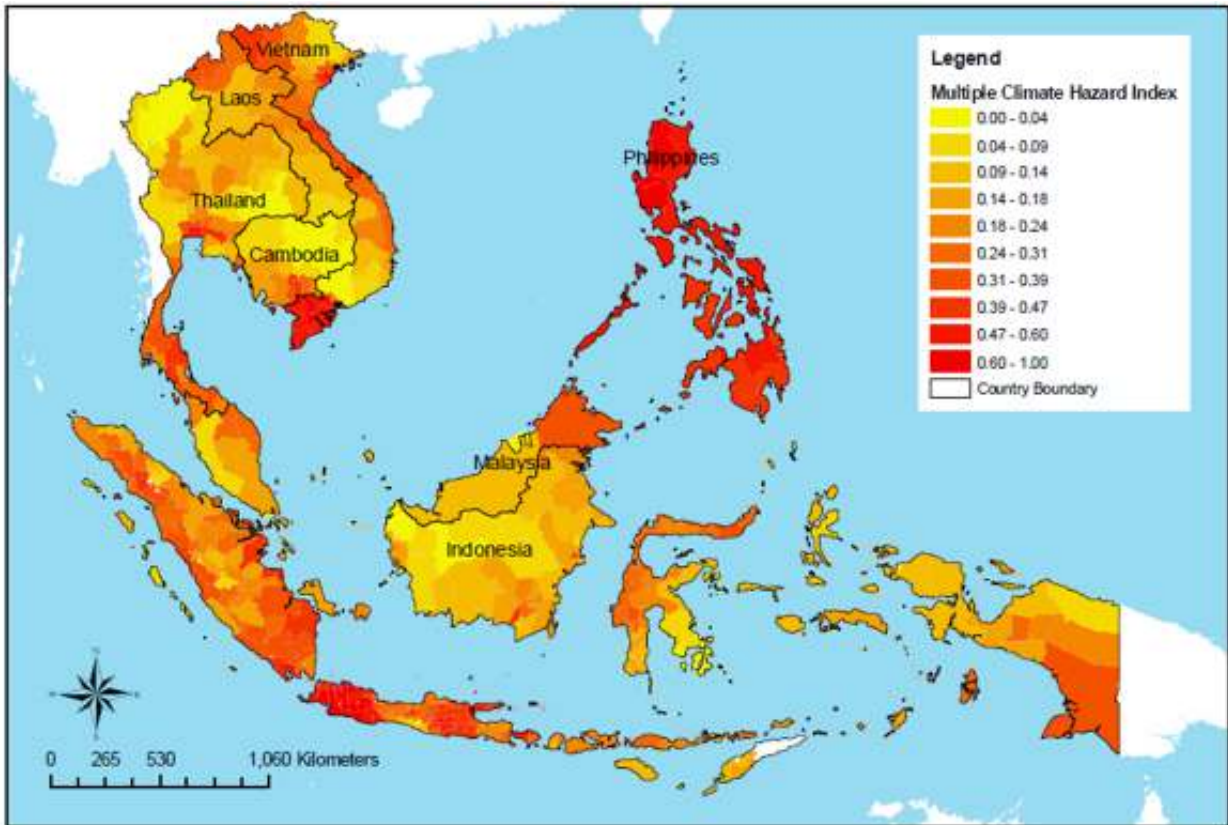
ดังนั้นในการศึกษาภัยพิบัติทางธรรมชาติในด้านการเกิดดินถล่มจำเป็นต้องนำปัจจัยดังกล่าวมาพิจารณาประกอบด้วยเพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์และพัฒนาแบบจำลองให้เหมาะสมกับสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งมีนักวิจัยหลายท่านให้ความสำคัญและทำการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีผลกระทบกับการเกิดดินถล่มดังต่อไปนี้

Yusuf and Francisco (2009) นำเสนอบทความ “Climate Change Vulnerability Mapping for Southeast Asia” ซึ่งบทความดังกล่าวได้นำเสนอแผนที่ ประเทศที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในพื้นที่ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตารางที่ 2-2 แสดงพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบของภัยพิบัติในรูปแบบต่างๆ และรูปที่ 2-15 แสดงประเทศที่ได้รับผลกระทบและดัชนีของความรุนแรง พบว่าในประเทศไทยถูกกำหนดว่ามีผลกระทบทางภัยพิบัติในลักษณะของน้ำท่วมและภัยแล้ง ในส่วนของประเทศฟิลิปปินส์และอินโดนีเซียจะได้รับผลกระทบจากภัยดินถล่ม

ตารางที่ 2-2 Climate hazard hotspots and dominant hazards

Climate hazard hotspots	Dominant hazards
Northwestern Vietnam	Droughts
Eastern coastal areas of Vietnam	Cyclones, droughts
Mekong region of Vietnam	Sea level rise
Bangkok and its surrounding area in Thailand	Sea level rise, floods
Southern regions of Thailand	Droughts, floods
The Philippines	Cyclones, landslides, floods, droughts
Sabah state in Malaysia	Droughts
Western and eastern area of Java Island, Indonesia	Droughts, floods, landslides, sea level rise

ที่มา: Yusuf and Francisco (2009)



รูปที่ 2-15 Multiple climate hazard map of Southeast Asia

ที่มา: Yusuf and Francisco (2009)

Collison et. al. (2000) นำเสนอบทความเรื่อง “Modelling the impact of predicted climate change on landslide frequency and magnitude in SE England” เป็นการศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลอง General circulation models (GCMs) เพื่อใช้ในการทำนายการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ ที่ส่งผลต่อความถี่ในการเกิดดินถล่ม ในประเทศอังกฤษ ซึ่งเป็นผลกระทบที่เกิดจากปรากฏการณ์เรือนกระจกของชั้นบรรยากาศ ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ฐานข้อมูลบนระบบ GIS ประกอบกับแบบจำลองเสถียรภาพของลาดดินและแบบจำลองอุทกวิทยาร่วมกัน ผลการจำลองปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตั้งแต่ปี ค.ศ. 1930-2080 แสดงดังรูปที่ 2-16



รูปที่ 2-16 ผลการจำลองปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตั้งแต่ปี ค.ศ. 1930-2080

ที่มา: Collison et. al. (2000)

ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณน้ำฝนของ UK Hadley Centre GCM (HADCM2) ซึ่งสามารถทำนายได้ทั้ง ปริมาณน้ำฝน, อุณหภูมิ และ ความดันบรรยากาศ ที่เปลี่ยนไปเนื่องจากปรากฏการณ์เรือนกระจก พื้นที่ศึกษาอยู่ที่เมือง Hythe, Kent, SE England เป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงภัยต่อการเกิดดินถล่มและเคยมีสถิติเหตุการณ์ในอดีต จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์แบบจำลองทางอุทกวิทยาและแบบจำลองเสถียรภาพของลาดดิน โดย แบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางอุทกวิทยามีลักษณะการไหลในรูปแบบ 1D (matrix flow) และกำหนดระดับชั้นในการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ระดับชั้น คือชั้นที่ 1 เป็น root zone (0-30 cm), ชั้นที่ 2 เป็น Landslide colluvium (30-200 cm) และชั้นที่ 3 Weald clay (200-400 cm) ได้ shear surface ตามลำดับ โดยจะกำหนดให้ชั้นที่ 1 มีการไหลในลักษณะ saturation excess over land flow, evapotranspiration, bypass flow, percolation and water storage ส่วนในชั้นอื่นๆ จะอยู่ในลักษณะของ percolation and water storage เท่านั้น การวิเคราะห์จะทำการแปลงปริมาณความชื้นให้เป็นระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำใต้ดิน และการเกิดระดับน้ำเสมือน (perched water table) สมการการไหลซึมที่ใช้จะอ้างอิงจากกฎของ Darcy สำหรับสถานะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ แต่ในสถานะที่ดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำจะใช้ความสัมพันธ์ของ Van Genuchten (1980) อีกทั้งเมื่อพิจารณา ระดับชั้นที่ 1 พบว่ามีปัจจัยที่สำคัญต่อการไหลซึมของน้ำลงสู่ลาดดินคือ ปัจจัยด้านการไหลซึมผ่านรอยแตกของลาดดิน (tension crack or desiccation crack) พบว่าเมื่อลาดดินเกิดรอยแตกน้ำที่ไหลซึมลงมาจะผ่านไปสู่อันดับชั้นที่ 2 โดยตรง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งในการเกิดดินถล่ม ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ความสัมพันธ์ของการไหลแบบ macropore (bypass flow) ที่นำเสนอโดย Coles and Trudgill (1985) เป็นความสัมพันธ์ในเชิงลักษณะปริมาณน้ำฝนที่ไหลซึมผ่านรอยแตกลงไปสู่ดินในชั้นที่ 2 ได้ แสดงดังสมการที่ (2-1)

$$B_y = a \ln(i) + b \tag{2-1}$$

โดยที่ i = the hourly rainfall intensity (mm)
 B_y = the percentage of effective rainfall (HER)

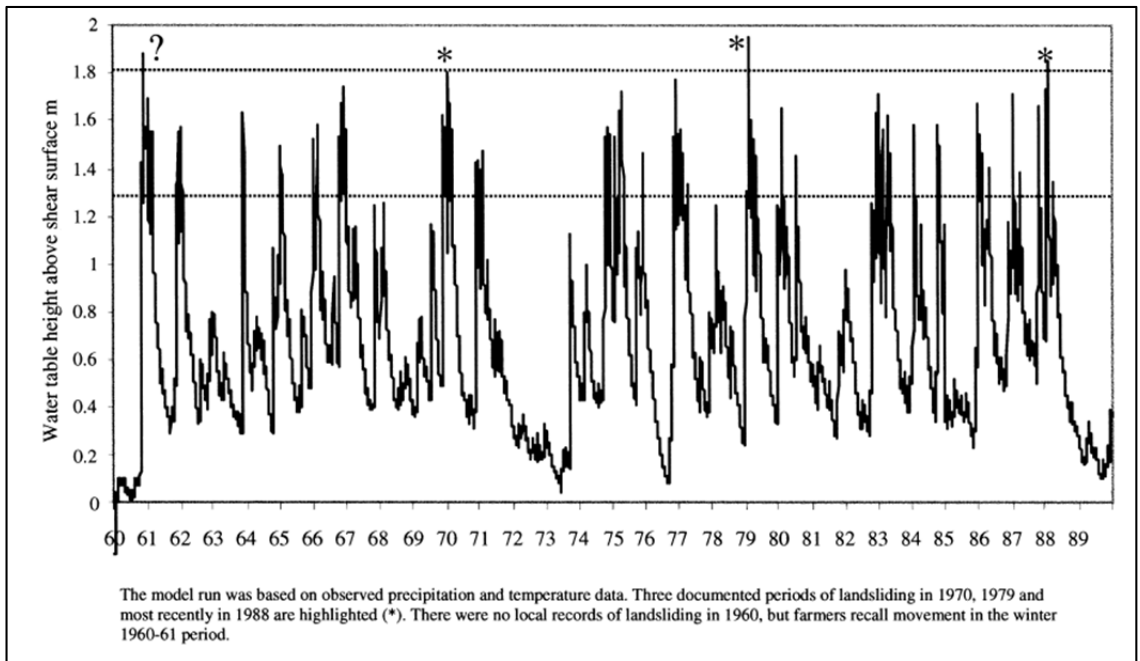
อัตราการระเหยของน้ำที่ชั้น root zone จะคำนวณจากการประมาณค่า potential evapotranspiration (EVT₀) ดังสมการที่ (2-2)

$$EVT_a = EVT_0 (1 - SMD/AW) \text{ where } SMD < AWC \tag{2-2}$$

$$EVT_a = 0 \text{ where } SMD > AWC$$

โดยที่ EVT_a = Actual evapotranspiration
 AWC = water capacity
 SMD = Soil moisture deficit

ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางอุทกวิทยา คือ ปริมาณความชื้นในดินที่เปลี่ยนแปลงไป นำมาคำนวณให้อยู่ในรูปของค่าระดับน้ำใต้ดิน เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงจากผลการตรวจวัดในอดีต ดังรูปที่ 2-17 แสดงผลการตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินที่อยู่เหนือ shear surface และเหตุการณ์ดินถล่มในอดีต



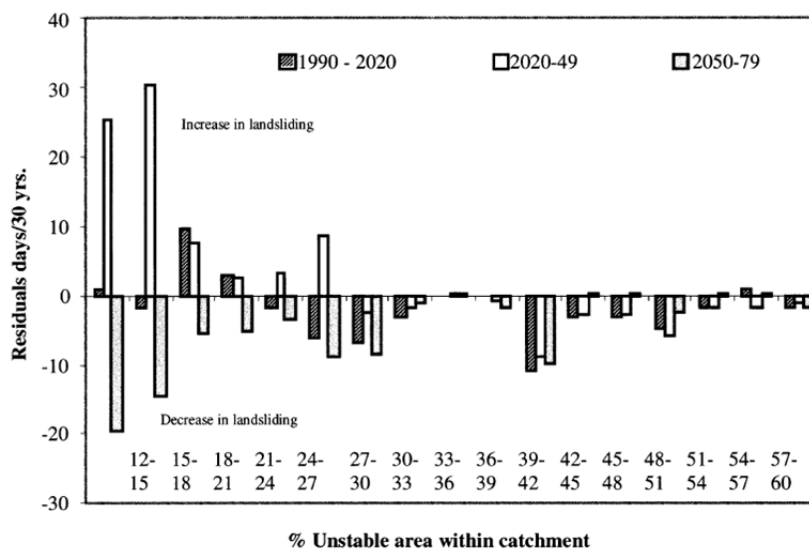
รูปที่ 2-17 ผลการตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินที่อยู่เหนือ shear surface และเหตุการณ์ดินถล่มในอดีต
 ที่มา: Collison et. al. (2000)

แบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินจะอยู่ในลักษณะการพิบัติรูปแบบลาดอนันต์ (Infinite slope model) ซึ่งคุณสมบัติที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์จะประกอบไปด้วย คุณสมบัติของดินในทางธรณีวิศวกรรม ระดับความชื้นของลาดดิน และระดับของน้ำใต้ดิน แสดงในสมการที่ (2-3)

$$\frac{T}{z} = 1 - \frac{\rho_s}{\rho_w} \left[1 - \frac{1}{\tan \phi} \left(\tan \theta - \frac{C_r + C_{sw}}{z \rho_s g \cos^2 \theta} \right) \right] \quad (2-3)$$

- โดยที่
- ρ_s = wet soil density [ton/m³]
 - ρ_w = the density of water [ton/m³]
 - C_r = root cohesion [ton/m³]
 - C_{sw} = soil cohesion [ton/m³]
 - θ = slope angle [deg]
 - ϕ = the internal friction angle of the soil [deg]
 - g = Gravity [m/s²]
 - T = soil Thickness [m.]
 - Z = depth of water table [m.]

ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงอยู่ในระบบ GIS โดยนำข้อมูลระดับน้ำใต้ดินที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองอุทกวิทยามาใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพ ดังรูปที่ 2-18 แสดงผลการวิเคราะห์ความถี่ในการเกิดดินถล่มในอนาคตจากการนำผลการทำนายปริมาณน้ำฝนมาประกอบการวิเคราะห์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนจะสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของอัตราการระเหยของน้ำ ซึ่งส่งผลให้เกิดอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในดิน ทำให้ความถี่ในการเกิดดินถล่มขนาดเล็กลดลงในช่วง 80 ปีข้างหน้า



รูปที่ 2-18 ผลการวิเคราะห์ความถี่ในการเกิดดินถล่มในช่วงปี ค.ศ. 1990-2080

ที่มา: Collison et. al. (2000)

Crozier (2010) นำเสนอบทความ “Deciphering the effect of climate change on landslide activity: A review” ศึกษาเกี่ยวข้องกับทฤษฎีและทฤษฎีในเชิงประสบการณ์ที่สามารถอธิบายกลไกในการเกิดดินถล่มซึ่งมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมทั้งปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่ม เริ่มต้นจากการศึกษาค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของลาดดินซึ่งเป็นดัชนีบอกเสถียรภาพของลาดดินได้ โดยค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินนั้น จะพิจารณาจากค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินเทียบกับความเค้นเฉือนบนหน้าตัดของการการกับัติ คุณสมบัติของกำลังรับแรงเฉือนที่นำมาใช้จะประกอบไปด้วย ค่าแรงยึดเหนี่ยวภายใน (cohesion) และ มุมเสียดทานภายใน (internal friction angle) คุณสมบัติดังกล่าวจะมีผลกระทบกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำในลาดดิน จากการที่น้ำฝนไหลซึมลงสู่ลาดดิน อีกทั้งคุณสมบัติดังกล่าว เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศอาจทำให้เกิดความผุพังของลาดดินเพิ่มขึ้นจนทำให้กำลังรับแรงเฉือนถูกลดทอนลงไปอีก แต่สาเหตุดังกล่าวต้องใช้ระยะเวลาที่ค่อนข้างนาน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลถึงค่าอัตราส่วนความปลอดภัยอีกแสดงในตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่อาจส่งต่อการเกิดดินถล่มได้

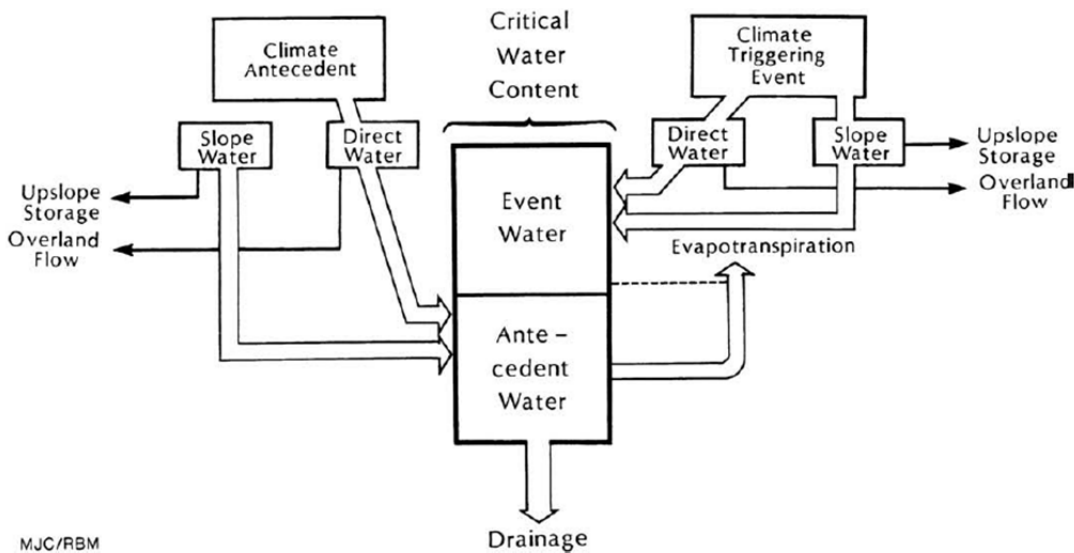
Climate change	Condition/ process affected	Slope stability response
Increase in precipitation totals	Wetter antecedent conditions	Less rainfall in an event required to achieve critical water content Reduction in soil capillary suction-reduction in cohesion. Softened layers can act as lubricants Higher water tables – reduction in shear strength
	Increased weight (surcharge)	Increased bulk density, leading to decrease in shear strength/stress ratio in cohesive material
	Higher water tables for longer periods	More frequent attainment of critical water content during rainfall events
	Increased lubrication of contact surfaces between certain minerals	Reduction in friction (only occurs with platy minerals e.g. micas)
	Increase in river discharge	Increase bank scour and removal of lateral and basal support from slopes Higher lake levels, increase in bordering slope water tables Increase in rapid draw down events and higher drag forces, removal of lateral confining pressure plus perched groundwater levels on flood recession, increasing shear stress.

ตารางที่ 2-3 (ต่อ) ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศที่อาจส่งผลต่อการเกิดดินถล่มได้

Climate change	Condition/ process affected	Slope stability response
Increase in rainfall intensity	Infiltration more likely to exceed subsurface Drainage rates. Rapid build up to perched water tables Increased throughflow	Landslide triggering by reduction in effective normal stress leading to reduction in shear strength. Increase in cleft water pressures. Increase in seepage and drag forces, particle detachment and piping. Piping removes underlying structural support. Enhances drainage unless blockage occurs
Shift in cyclone tracks and other rain bearing weather systems	Areas previously unaffected, subject to high rainfall	Rapid adjustment of slope to new climate regime
Increased variability in precipitation and temperature	More frequent wetting and drying cycles	Increase fissuring, widening of joint systems Reduction in cohesion and rock mass joint friction
Increased temperature	Reduction in antecedent water conditions through evapotranspiration	Lower antecedent water status-more rain required to triggers slides
	Reduction in interstitial ice and permafrost	Reduction in cohesion in jointed rock masses, debris and soil
	Rapid snow melt-runoff and infiltration	Build up of porewater pressure and strength reduction
	Reduction in glacier volume	Removal of lateral support to valley side slopes
	Increased sea level	Enhanced basal erosion on coasts, increase in groundwater levels on coastal slopes
Increased wind speed and duration	Enhanced evapotranspiration	Reduction of soil moisture Enhanced drying and cracking
	Enhanced root levering by trees Increased wave action on shorelines (enhanced by higher sea levels)	Loosening and dislodging joint blocks Removal of slope lateral support

ที่มา: Crozier (2010)

สาเหตุในการเกิดดินถล่มจากผลการศึกษางานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา พบว่า การเกิดในลักษณะ Deep-seated landslide มักจะมีผลมาจากการเกิดแรงดันน้ำในลาดดิน เนื่องจากการยกตัวขึ้นของระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งมักจะเกิดหลังจากค่าสูงสุดของฝนที่ตกในช่วงเวลานั้นๆ เป็นระยะเวลาประมาณ 1 สัปดาห์ หรือ 1 เดือน หลังจากนั้น ซึ่งมีความแตกต่างจากการเกิดดินถล่มในลักษณะ Shallow landslide ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ในทันทีเมื่อฝนตกจนถึงค่าสูงสุดของปริมาณน้ำฝน หรือในช่วงเริ่มต้นของการเกิดพายุ เนื่องจากการลดลงของค่าแรงยึดเหนี่ยวภายในและแรงดันน้ำด้านลบ (matric suction) หรือ การเกิดระดับน้ำใต้ดินเสมือน (perched water table) หลายๆ สาเหตุที่แตกต่างกันส่งผลให้เกิดลักษณะการพิบัติที่ต่างกันออกไป สาเหตุทั้งหมดนี้เกิดขึ้นจากปริมาณของน้ำฝนซึ่งมีผลกระทบโดยตรงมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศ ดังนั้นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดดินถล่มคือ การที่ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นทำให้เสถียรภาพของลาดดินลดลง ดังรูปที่ 2-19 แสดงแนวคิดของการวิเคราะห์แบบจำลองในการเกิดดินถล่มที่มีผลมาจากการเปลี่ยนปริมาณน้ำในดิน (climatic water balance model)

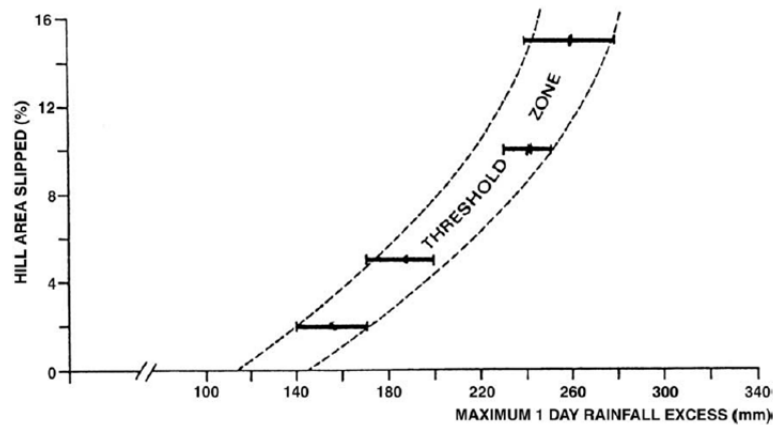


รูปที่ 2-19 แนวคิดของกระบวนการสร้างแบบจำลองดินถล่มที่มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศ antecedent water status model (AWSM)

ที่มา: Crozier (2010)

ในบทความนี้ผู้เขียนได้นำเสนอแบบจำลอง ที่นำผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศที่เป็นตัวกระตุ้นต่อการเกิดดินถล่ม พัฒนาขึ้นโดย Wellington, New Zealand (Crozier, 1999; Glade et al., 2000; Brooks et al., 2004) เป็นการกำหนดเกณฑ์ของค่าปริมาณความชื้นในดินวิกฤต (critical water content) ซึ่งเป็นค่าความชื้นที่สามารถทำให้เกิดดินถล่มขึ้นได้ คำนวณได้จาก climatic water balance model ในช่วงเวลา 10 วัน และปริมาณน้ำฝนในวันที่เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม ตามรูปที่ 2-20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของการเกิดดินถล่ม และ ปริมาณน้ำฝน ที่เมือง Wairoa ประเทศ New Zealand

นอกจากสาเหตุหลายประการ ผู้เขียนยังได้นำเสนอ ปัจจัยในการเกิดดินถล่มเนื่องจากมนุษย์ ซึ่งเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้งาน, การเติบโตของจำนวนประชากร ดังรูปที่ 2-21 แสดงตัวอย่างของการใช้พื้นที่ที่แตกต่างกันในประเทศ New Zealand เมื่อพิจารณาจะพบว่าพื้นที่ดังกล่าวจะประกอบไปด้วยพื้นที่ป่าและพื้นที่ที่ใช้ในการปศุสัตว์ พบว่า พื้นที่ป่าจะไม่เกิดเหตุการณ์ดินถล่มเลย แต่พื้นที่ที่ถูกเปลี่ยนแปลงเพื่อใช้ในการปศุสัตว์ โดยฝีมือมนุษย์จะพบเหตุการณ์ดินถล่มเกิดขึ้น ซึ่งสามารถสรุปได้ว่านอกจากการพิจารณาปัจจัยในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแล้ว การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากมนุษย์เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ต้องนำมาพิจารณาถึงสาเหตุของการเกิดดินถล่มประกอบด้วย



รูปที่ 2-20 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของการเกิดดินถล่ม และ ปริมาณน้ำฝน, Wairoa, New Zealand
ที่มา: Crozier (2010)



รูปที่ 2-21 ความแตกต่างของการใช้พื้นที่ซึ่งเป็นสาเหตุในการเกิดดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงของมนุษย์
ที่มา: Crozier (2010)

Buma and Dehn (1998) นำเสนอบทความ “A method for predicting the impact of climate change on slope Stability” ในบทความนี้ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาศที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ส่งผลให้เกิดความถี่ของฝนมีค่าสูงขึ้น ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นของการเกิดดินถล่ม พื้นที่ศึกษาอยู่ในประเทศฝรั่งเศส วิธีการศึกษาเริ่มจากการปรับขนาดของแบบจำลอง GCM ให้เหมาะสมกับการใช้ใน พื้นที่ขนาดเล็ก จากนั้นนำแบบจำลองที่ถูกย่อขนาด (down scale) มาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำฝน แล้วนำมาวิเคราะห์ในแบบจำลองเสถียรภาพของลาดดิน ตารางที่ 2-4 แสดงประเภทของการเกิดดินถล่มในลักษณะต่างที่มีตัวกระตุ้นมาจากสภาวะภูมิอากาศ

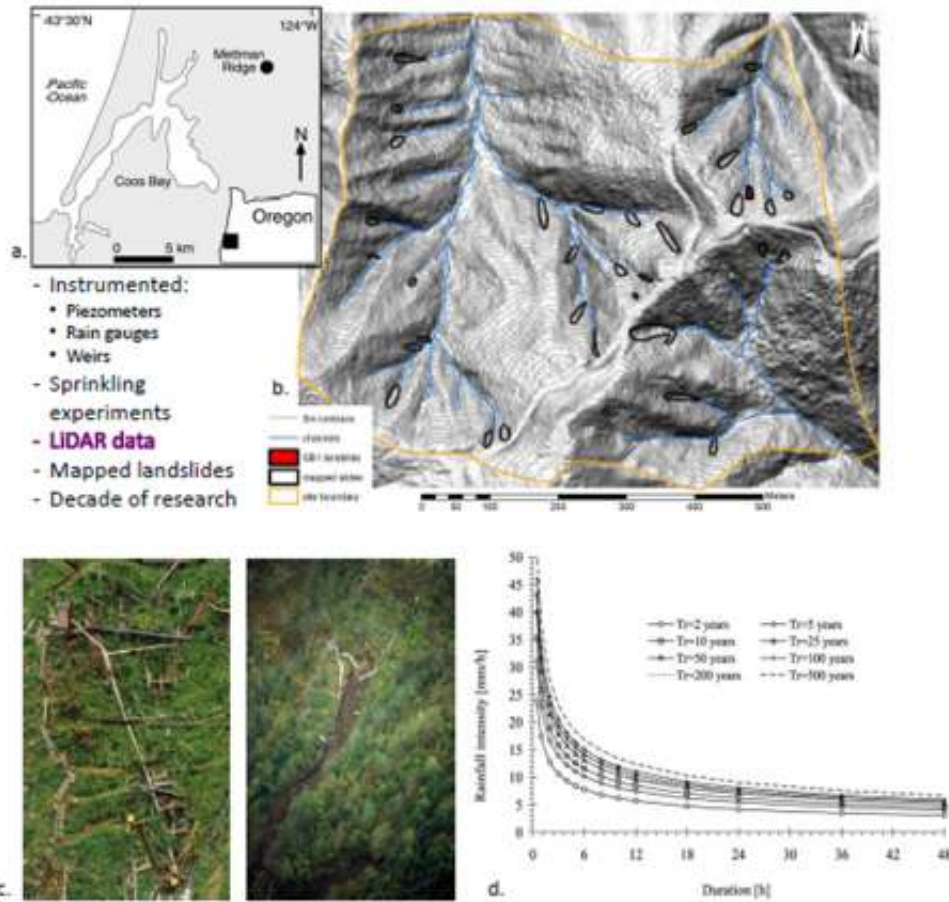
ตารางที่ 2-4 ประเภทของการเกิดดินถล่มในลักษณะต่างที่มีตัวกระตุ้นมาจากสภาวะภูมิอากาศ

	Debris flows	Flat slides	Deep seated slides
Dept of shear plane	Superficial	1-10 m	10-40 m
Hydrological system	Surface flow	Infiltration, percolation, evapotranspiration	(regional) groundwater flow
Climatic trigger	High event-based precipitation intensities	High daily monthly effective precipitation	High monthly/yearly effective precipitation

ที่มา: Buma and Dehn (1998)

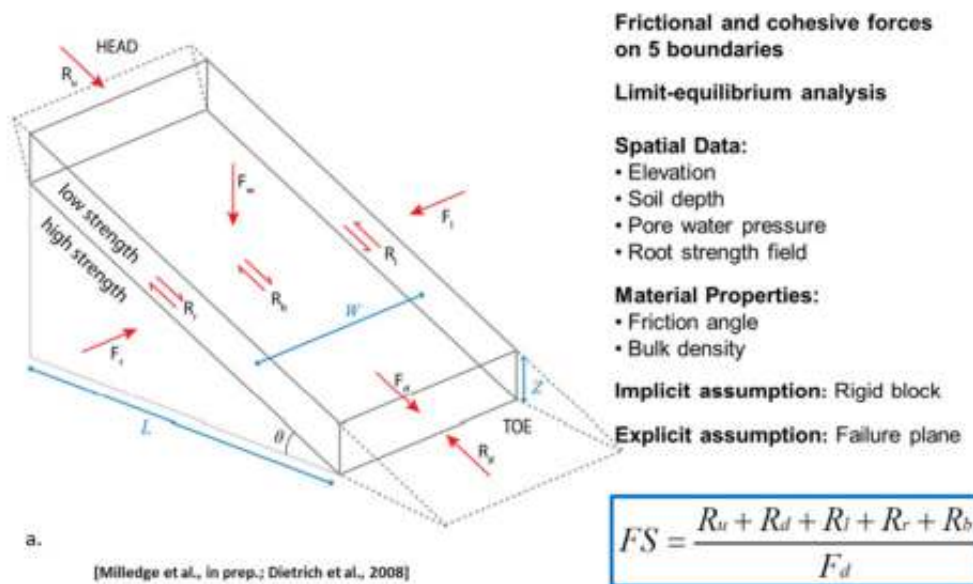
Bellugi et al. (2010) นำเสนอบทความ “Assessing the Impact of Changes in Extreme Precipitation Events on Shallow Landslide Abundance, Location, and Size” ศึกษาเกี่ยวข้องกับ การเกิดดินถล่มในระดับตื้น (Shallow landslide) ที่ได้รับผลกระทบมาจากปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากการเปลี่ยนสภาวะภูมิอากาศ ซึ่งทำการศึกษาในพื้นที่ Oregon Coast Range, Oregon, ประเทศ สหรัฐอเมริกา รูปที่ 2-22 แสดงตำแหน่งของพื้นที่ศึกษา ในพื้นที่ศึกษาจะทำการติดตั้งเครื่องมือวัดเพื่อเก็บข้อมูล ประกอบด้วย เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน, เครื่องมือวัดแรงดันน้ำ และมีการเก็บข้อมูลพื้นฐานเพิ่มเติม เช่น ลักษณะของพืชปกคลุมดิน และกำลังของรากพืช เป็นต้น

ข้อมูลที่ได้จากพื้นที่ศึกษาถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลองเสถียรภาพของลาดดิน โดยทำการ สร้างแบบจำลองในลักษณะ 3 มิติ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์ในลักษณะกริด (grid base) ข้อมูลที่ นำมาใช้ในการวิเคราะห์ประกอบไปด้วย แรงดันน้ำที่เกิดขึ้นในลาดดิน, ความลึกของลาดดินและกำลังของราก พืช โดยรูปที่ 2-23 แสดงขอบเขตและลักษณะของแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ และตัวอย่างผลการ วิเคราะห์ดังรูป 2-24



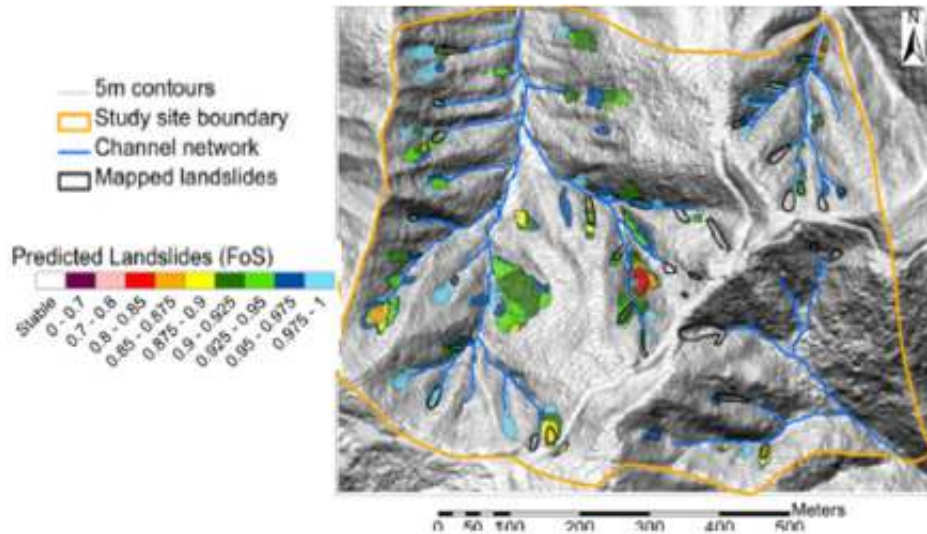
รูปที่ 2-22 ตำแหน่งของพื้นที่ศึกษาและรอยดินถล่มที่เกิดขึ้นในอดีต

ที่มา: Bellugi et al. (2010)



รูปที่ 2-23 แบบจำลองเสถียรภาพของลาดดินที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ในลักษณะ 3 มิติ

ที่มา: Bellugi et al. (2010)

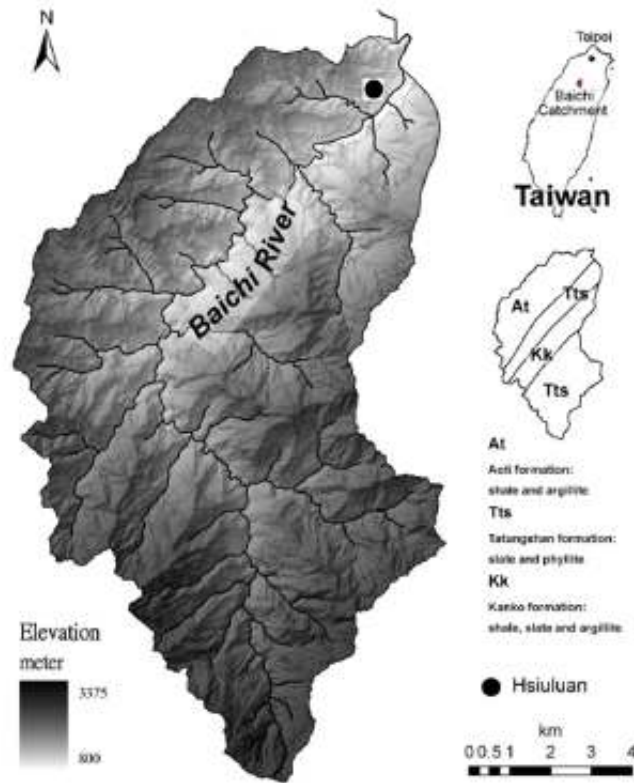


รูปที่ 2-24 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองเสถียรภาพในลักษณะ 3 มิติ

ที่มา: Bellugi et al. (2010)

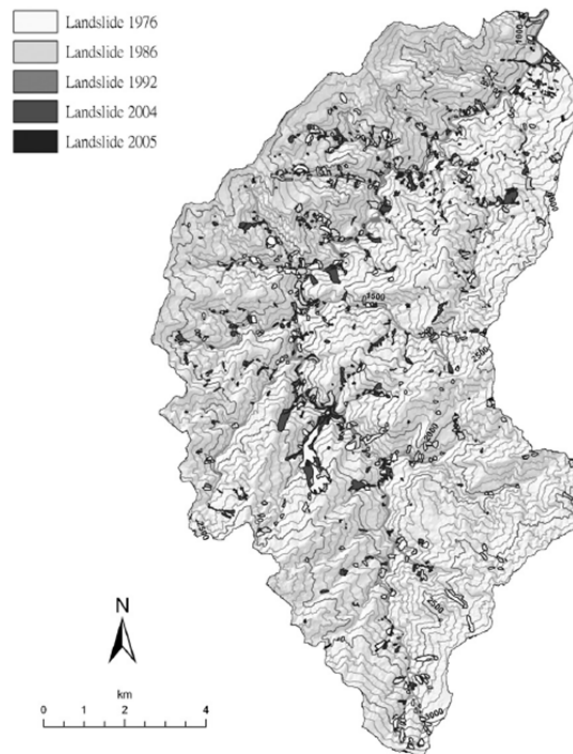
Chiang and Chang (2011) ได้นำเสนอบทความเรื่อง “The potential impact of climate change on typhoon-triggered landslides in Taiwan, 2010–2099” ซึ่งทำการศึกษาการเกิดดินถล่มระดับตื้น (shallow landslide) ในลุ่มน้ำประเทศไต้หวัน ที่มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาอัตราส่วนความปลอดภัยของลาดดินสำหรับการวิเคราะห์เหตุการณ์ดินถล่ม ซึ่งแบบจำลองที่ใช้สำหรับการทำนายปริมาณน้ำฝนคือแบบจำลอง GCM (global climate models) โดยใช้แบบจำลองดังกล่าวมาทำการปรับแก้ค่าปริมาณน้ำฝนในอดีตก่อนที่จะนำมาใช้ทำนายข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่จะเกิดขึ้นในอนาคต รูปที่ 2-25 แสดงขอบเขตลุ่มน้ำในพื้นที่ที่ทำการศึกษาและรูปที่ 2-26 แสดงตำแหน่งเหตุการณ์ดินถล่มในอดีตของพื้นที่

ผลการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนในอดีตของประเทศไต้หวัน พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนที่สูงที่สุดในช่วงปี ค.ศ. 1960-2008 เท่ากับ 322 มิลลิเมตร จากนั้นในแบบจำลองในการทำนายปริมาณน้ำฝนที่มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (GCM) นำมาทำการวิเคราะห์ในช่วงปี ค.ศ. 2010-2099 พบว่า มีปริมาณน้ำฝนสูงกว่าในอดีตมีค่าเท่ากับ 371 มิลลิเมตร



รูปที่ 2-25 ลักษณะของกลุ่มน้ำที่ใช้ในการศึกษา

ที่มา: Chiang and Chang (2011)



รูปที่ 2-26 แผนที่ตำแหน่งการเกิดเหตุการณ์ดินถล่มในอดีต

ที่มา: Chiang and Chang (2011)

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

แบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน นำเสนอโดย (O'Loughlin, 1986; Montgomery and Dietrich, 1994; Pack et al., 1998, 2001) เป็นลักษณะการพิบัติในรูปแบบ Infinite slope ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการเกิดดินถล่มตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นการพิบัติในระดับตื้น (Shallow slope failure) แสดงในสมการที่ 2-4

$$FS = \frac{C + \cos\theta \left[1 - \min\left(\frac{R_0}{aT}, 1\right) \left(\frac{\rho_w}{\rho_s}\right) \right] \tan\phi}{\sin\theta} \quad (2-4)$$

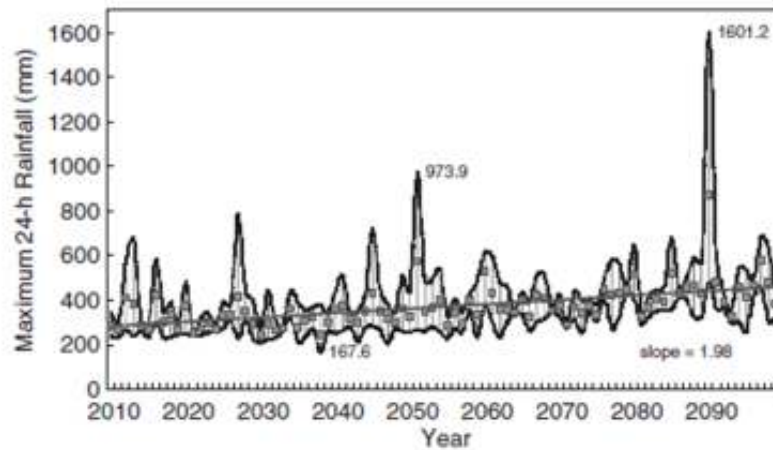
โดยที่	ρ_s	=	wet soil density [kg/m ³]
	ρ_w	=	the density of water [1.0 kg/m ³]
	θ	=	slope angle [deg]
	ϕ	=	the internal friction angle of the soil [deg]
	R	=	the daily net rainfall; a [m ²] is the upslope [m/d]
	a	=	contributing drainage area
	b	=	the unit contour length [m]
	T	=	the soil transmissivity [m ² /d]
	C	=	combined cohesion [—] แสดงในสมการที่ (2-5)
	D	=	dimensionless relative to soil depth [L]

$$C = \frac{C_r + C_s}{D\rho_s g} \quad (2-5)$$

โดยที่	C_r	=	root cohesion [N/m ²]
	C_s	=	soil cohesion [N/m ²]
	g	=	gravitational acceleration constant [m/s ²]

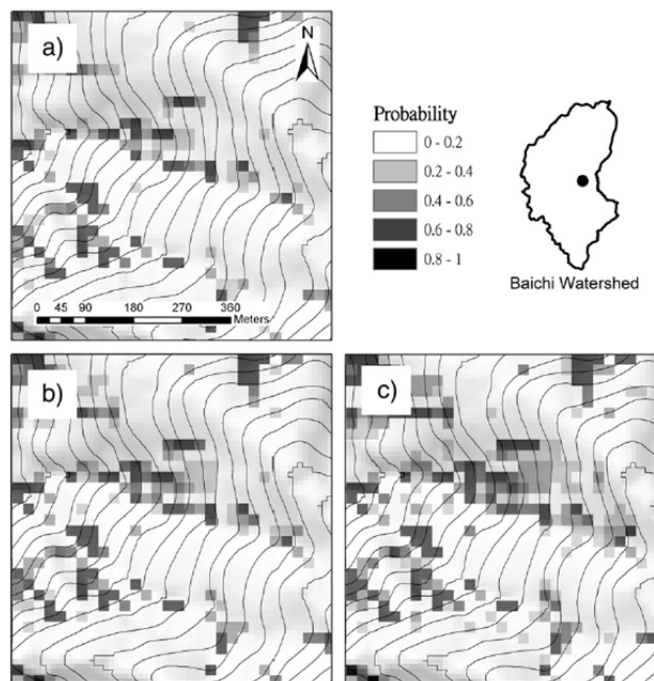
สมการที่ (2-5) สำหรับใช้ในการวิเคราะห์นี้จะทำการรวมค่าแรงยึดเหนี่ยวของดินให้อยู่ในลักษณะของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน (Cohesion) และค่าแรงยึดเหนี่ยวเนื่องจากรากพืช

ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์จะอยู่ในรูปของอัตราส่วนความปลอดภัย จากนั้นนำค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่ได้มาหาความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ดินถล่มเชิงพื้นที่ รูปที่ 2-27 แสดงปริมาณน้ำฝนที่ได้จากการทำนายด้วย GCM และ รูปที่ 2-28 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์



รูปที่ 2-27 ผลการทำนายปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง GCM ในช่วงปี 2010-2099

ที่มา: Chiang and Chang (2011)



รูปที่ 2-28 ผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการพิบัติของลาดดิน

ที่มา: Chiang and Chang (2011)

เมื่อพิจารณาพื้นที่ที่เกิดการพิบัติของลาดดินการวิเคราะห์ด้วยปริมาณน้ำฝนในช่วง ค.ศ. 1960-2008 มีค่าเท่ากับ 1135 ha และเมื่อนำปริมาณน้ำฝนที่ได้จากการทำนายในปี ค.ศ. 2010-2099 มีค่าเท่ากับ 1280 ha พบว่า มีพื้นที่ที่เกิดการพิบัติเพิ่มขึ้นร้อยละ 12 ที่มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อน

2.3 การศึกษาแนวทางการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่ม

2.3.1 ทฤษฎีการประเมินพื้นที่โอกาสเกิดดินถล่ม

การเลือกเทคนิคในการประเมินพื้นที่โอกาสดินถล่มนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ ความละเอียดของข้อมูลและความสามารถของผู้ประเมิน โดยทั่วไปวิธีการประเมินประกอบด้วยวิธีการเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ซึ่งการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม เพื่อจัดจำแนกระดับความเสี่ยงภัยต่อการเกิดดินถล่มในแต่ละพื้นที่ นำไปสู่การวางแผนหรือเตรียมการลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นให้น้อยที่สุดนั้น สามารถสรุปผลการวิเคราะห์พื้นที่โอกาสเกิดดินถล่มด้วยวิธีการต่างๆ ได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.3.1.1 วิธีการเชิงคุณภาพ (Qualitative Method) ขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้ทำการประเมิน ซึ่งมีวิธีการ 2 วิธี คือ

ก) วิธีการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ (Expert method)

เป็นการประเมินเชิงคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้องกับดินถล่ม ซึ่งพิจารณาจากปัจจัยพื้นฐาน อันได้แก่ คุณสมบัติทางธรณีศาสตร์ ลักษณะภูมิประเทศ ร่องน้ำ และลาดเขา ร่วมกับเหตุการณ์เกิดดินถล่มในอดีต

ตัวอย่างการประเมินพื้นที่โอกาสเกิดดินถล่มด้วยวิธีนี้ดังเช่นงานศึกษาของ วรวุฒิ (2535) ซึ่งพบว่าการเกิดดินถล่มบริเวณลุ่มน้ำคลองกะทูน เมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2531 มักเกิดตามทางน้ำเดิมหรือเกิดบนร่องเล็กๆ บนไหล่เขาที่น้ำไหลมารวมกัน ชนิดของดินถล่มมีลักษณะแบบ Flow slides เป็นส่วนใหญ่ โดยปัจจัยสำคัญที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดดินถล่มบริเวณลุ่มน้ำคลองกะทูนนั้น แบ่งออกได้ 4 ปัจจัย ดังนี้

1. ลักษณะภูมิประเทศ พบว่า บริเวณที่เกิดดินถล่มของลุ่มน้ำคลองกะทูนอยู่ในช่วงความลาดชัน 30-45 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ในระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 200 เมตรขึ้นไป

2. ลักษณะทางธรณีและปฐพีวิทยา พบว่า บริเวณที่เกิดดินถล่มของลุ่มน้ำคลองกะทูนส่วนใหญ่เกิดในบริเวณที่เป็นหินแกรนิตเท่านั้น และมีความลึกของดินเฉลี่ย 1.5 เมตร สภาพหินเป็นหินผุ และมีรอยแยกมากทำให้เกิดการพังทลายของภูเขาตามแนวรอยแยกได้ง่ายขึ้น

3. ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่า บริเวณที่เกิดดินถล่มของลุ่มน้ำคลองกะทูนส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ป่าไม้และสวนยางพารา ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนอกจากต้นไม้จะช่วยเพิ่มค่าแรงต้านแรงเฉือนของดินแล้ว น้ำหนักของต้นไม้ยังทำให้เสถียรภาพของลาดดินลดลงด้วย ประกอบกับพื้นที่ป่าไม้และสวนยางพารามักอยู่ในตำแหน่งที่มีความลาดชันค่อนข้างสูงจึงทำให้เกิดดินถล่มถี่และมีพื้นที่การเกิดมากกว่าการใช้ประโยชน์พื้นที่ดินแบบอื่น

4. ลักษณะภูมิอากาศ โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด ในการทำให้เกิดดินถล่ม พบว่า บริเวณที่เกิดดินถล่มของกลุ่มน้ำคลองกะทูน เป็นช่วงที่มีลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทยและอ่าวไทย และหย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรง ปกคลุมทะเลอันดามันและภาคใต้ของประเทศไทย ลักษณะดังกล่าวทำให้เกิดฝนตกติดต่อกันเป็นเวลานานหลายวัน โดยในวันที่ 21 พฤศจิกายน 2531 วัดปริมาณน้ำฝนที่สถานีนครศรีธรรมราชภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ได้เท่ากับ 447.8 มิลลิเมตร (เทียบได้กับระยะเวลาการเกิดซ้ำ 150 ปี) จึงทำให้เกิดดินถล่มลงมาหลายจุดในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีและจังหวัดนครศรีธรรมราช (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2535)

การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่ามีข้อจำกัดของการประเมิน คือ ไม่สามารถทำซ้ำหรือตรวจสอบได้โดยผู้ประเมินท่านอื่น และความน่าเชื่อถือขึ้นอยู่กับทักษะและประสบการณ์ของผู้ประเมิน การกำหนดระดับโอกาสเกิดดินถล่มจึงไม่มีเกณฑ์ที่แน่นอนตายตัว อาจแตกต่างกันได้ในแต่ละพื้นที่ศึกษา

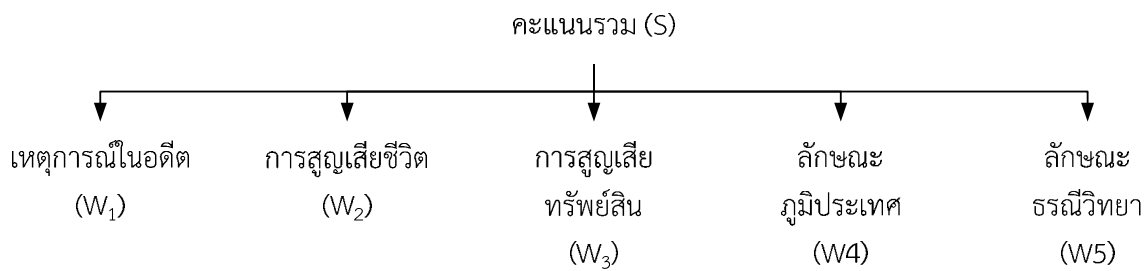
ข) วิธีดัชนีปัจจัยร่วม (Weighted factor index method)

การวิเคราะห์แผนที่โอกาสเกิดดินถล่มโดยวิธีดัชนีปัจจัยร่วมเป็นวิธีที่ใช้ในการจัดระดับศักยภาพการเกิดดินถล่มในเชิงสมการทางคณิตศาสตร์บนพื้นฐานของทฤษฎีทางตรรกศาสตร์ ซึ่งพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่มีนัยสำคัญต่อการเกิดดินถล่ม อันได้แก่ ปัจจัยคงที่ และปัจจัยกระตุ้น โดยส่วนของปัจจัยคงที่ได้แก่ ปัจจัยทางธรณีวิทยา ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ เช่น ความลาดชัน, ระดับความสูง ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับแหล่งน้ำเปิด ปัจจัยลักษณะเมื่อดิน ปัจจัยพืชปกคลุมดิน และปัจจัยคุณสมบัติดินทางวิศวกรรม สำหรับปัจจัยกระตุ้น ได้แก่ ปัจจัยน้ำฝนและแผ่นดินไหว เป็นต้น ในแต่ละปัจจัยดังที่กล่าวมาอาจเกิดจากการรวมมาจากกลุ่มของปัจจัยหลายๆ ปัจจัย ดังนั้นในแต่ละกลุ่มของปัจจัยคงที่ และปัจจัยกระตุ้น จะเรียกว่า “ปัจจัยหลัก” และในส่วนของปัจจัยย่อยที่ประกอบอยู่ในกลุ่มของปัจจัยหลัก จะเรียกว่า “ปัจจัยรอง” อิทธิพลของแต่ละปัจจัยจะถูกกำหนดค่าคะแนนน้ำหนักตามลำดับความสำคัญต่อการเกิดดินถล่ม และแต่ละปัจจัยหลักจะมีการกำหนดค่าคะแนนน้ำหนักร่วมกับค่าคะแนนน้ำหนักของปัจจัยย่อย

การวิเคราะห์ศักยภาพของการเกิดดินถล่มเชิงพื้นที่โดยการใช้ค่าดัชนีปัจจัยร่วมสามารถกำหนดได้จากผลรวมของน้ำหนักปัจจัยหลักคูณกับคะแนนปัจจัยหลัก ดังสมการดังต่อไปนี้

$$S = W_1R_1+W_2R_2+W_3R_3+.....+W_nR_n \quad (2-6)$$

เมื่อ	S	คือ	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	W	คือ	น้ำหนักของปัจจัยหลัก
	R	คือ	คะแนนปัจจัยหลักอันเกิดจากผลรวมของน้ำหนักปัจจัยรองคูณคะแนนปัจจัยรอง



มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์โดยการสนับสนุนของสภาพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2540) ได้ทำการศึกษาพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดแผ่นดินถล่มในภาคใต้ โดยกำหนดแนวทางการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยโดยวิธีการให้ค่าคะแนนน้ำหนักจากปัจจัยสำคัญ 5 ปัจจัยเรียงตามลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยคือ ชนิดหิน ความลาดชันของพื้นที่ ปริมาณน้ำฝน สภาพการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุม และ ระดับความสูงของพื้นที่

กรมพัฒนาที่ดิน (2544) ได้จัดทำแผนที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดดินถล่มโดยการศึกษาปัจจัยที่ใช้ในการประเมินและจัดทำพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดดินถล่มในภาคใต้ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และนำมาปรับปรุงโดยมีการประชุมร่วมกับผู้เชี่ยวชาญจากกรมทรัพยากรธรณี กรมอุตุนิยมวิทยา กรมป่าไม้ กรมชลประทาน และสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม เพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆ โดยปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์การจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยโดยเรียงลำดับตามความสำคัญจากมากไปน้อยได้แก่ ชนิดของหิน ความลาดชันของพื้นที่ สภาพการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุม ลักษณะและสมบัติบางประการของดินและปริมาณฝน

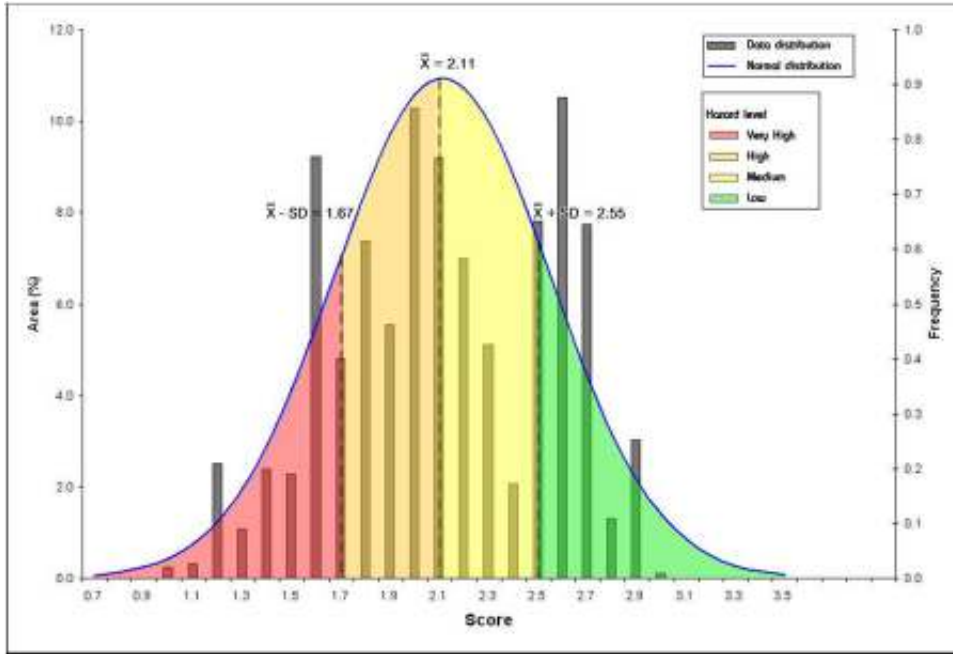
ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับ สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (2537) ทำการศึกษาพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดดินถล่มและอุทกภัยของกลุ่มน้ำตาปี โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลพื้นฐานที่มีผลต่อการเกิดแผ่นดินถล่ม จากแผนที่ต่างๆ ได้แก่ แผนที่ธรณีวิทยา แผนที่สภาพภูมิประเทศ แผนที่ภูมิอากาศ และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งการเกิดดินถล่ม โดยมีการนำเอาข้อมูลทางด้านวิศวกรรมของหินและดินเข้ามาร่วมพิจารณา เปรียบเทียบกับค่าที่มีผู้ศึกษาไว้แล้ว โดยไม่ได้มีการทดสอบทางด้านวิศวกรรมโดยตรง กำหนดให้น้ำหนักของแต่ละส่วนมีค่าเท่ากัน และทำการวิเคราะห์หาค่าปัจจัยเสี่ยง (Landslide risk factor) โดยการนำแผนที่ต่างๆ มาซ้อนทับกัน ทำให้ทราบว่าจุดที่เกิดดินถล่มนั้นอยู่ในสภาพทางธรณีวิทยาสภาพใด ระดับความลาดชันเท่าใด สภาพการใช้ที่ดินเป็นอะไรและอยู่ในระดับความสูงช่วงไหน การจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยลักษณะนี้จะให้ผลที่เชื่อถือได้ถ้ามีการใช้ข้อมูลสถิติการพิบัติอย่างเพียงพอในการตัดสินใจให้น้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่นำมาพิจารณา

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้พัฒนาการจัดทำแผนที่โอกาสเกิดดินถล่มในพื้นที่ 6 จังหวัดภาคใต้ ร่วมกับกรมทรัพยากรธรณี (2549) ในโครงการศึกษาหาแนวทางป้องกันและลดผลกระทบจากภัยดินถล่ม โดยใช้วิธีดัชนีปัจจัยร่วม โดยนำปัจจัยทางด้านคุณสมบัติของดินทางวิศวกรรม เข้ามาร่วมพิจารณาในการจัดทำแผนที่โอกาสเกิดดินถล่ม ซึ่งมีปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ลักษณะทางธรณีวิทยา (ชนิดหินและบริเวณกลุ่มรอยแตก), สภาพภูมิประเทศ (ความลาดชันและระดับความสูง), ระยะจากบริเวณน้ำผิวดิน, การใช้ประโยชน์ที่ดิน, ลักษณะของดิน, ปริมาณน้ำฝน และคุณสมบัติดินทางวิศวกรรม

นอกจากนั้น ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานรากได้วิเคราะห์และพัฒนาการจัดทำแผนที่โอกาสเกิดดินถล่ม เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2552) ในโครงการการศึกษาพฤติกรรมการเกิดน้ำท่วม-ดินถล่ม ในพื้นที่ต้นแบบ เพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับกำหนดเกณฑ์ และวิธีการในการเตือนภัย โดยใช้วิธีดัชนีปัจจัยร่วมโดยพิจารณาปัจจัยค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของลาดชัน ประกอบการวิเคราะห์และประเมินพื้นที่โอกาสเกิดดินถล่ม ซึ่งได้ประมวลวิธีวิเคราะห์การเกิดดินถล่มในประเทศและต่างประเทศ มากำหนดค่าคะแนนของดัชนีปัจจัยต่างๆ โดยกำหนดระดับค่าคะแนนตามความสำคัญของปัจจัย จากการรวบรวมปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่มในอดีต นำมาทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยเหล่านี้กับการเกิดดินถล่มด้วยวิธีการทางสถิติ และนำผลที่ได้มาจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ทำให้พื้นที่นั้นมีศักยภาพการเกิดดินถล่มจากน้อยไปหามาก ปัจจัยที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์แผนที่โอกาสเกิดดินถล่ม ได้แก่ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของลาดชัน ระดับความสูง ปริมาณน้ำฝนสะสม ทิศด้านลาด การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

การให้ค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักสามารถใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ AHP (Analysis Hierarchy Process) ที่ถูกสร้างขึ้นโดย Saaty (1980) ซึ่งทำการเปรียบเทียบ “ความสำคัญ” ของเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเพื่อหา “น้ำหนัก” ของแต่ละเกณฑ์ก่อนหลัง โดยการเปรียบเทียบสิ่งที่ถูกเลือกที่ละคู่ (Pairwise comparison) ให้ครบทุกคู่และทุกเกณฑ์ เมื่อทำการเปรียบเทียบครบจึงทำการจัดทำเมทริกซ์ของการเปรียบเทียบความสำคัญแต่ละปัจจัย ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาเป็นค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก จากนั้นนำรายละเอียดของแต่ละปัจจัยมาจัดลำดับความสำคัญของปัจจัย ด้วยวิธี Ranking technique โดยการนำรายละเอียดของแต่ละปัจจัยและตำแหน่งการพิบัติจริงมาทำการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์กันเพื่อคำนวณหาสถิติของตำแหน่งการพิบัติจริงต่อปัจจัยรายละเอียดย่อยในแต่ละปัจจัย

สำหรับการจัดทำแผนที่โอกาสเกิดดินถล่ม สามารถดำเนินการโดยการประมวลข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม ทุกปัจจัยในรูปแบบข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ และทำการแบ่งพื้นที่วิเคราะห์ออกเป็น Grid สี่เหลี่ยม ในแต่ละ Grid จะมีข้อมูลปัจจัย โดยปัจจัยที่พิจารณารวมถึงคะแนนที่แสดงศักยภาพการเกิดดินถล่ม สำหรับงานวิจัยของสุทธิศักดิ์และคณะ (2552) ได้พิจารณาปัจจัย 7 ปัจจัยภายใต้ Grid ขนาด 5x5 เมตรและสามารถสรุประดับโอกาสเกิดดินถล่มออกเป็น 4 ระดับ โดยการนำค่าคะแนนที่ได้ในแต่ละกริด มาสร้างกราฟในรูปแบบการแจกแจงแบบโค้งปกติ (Normal Distribution) ดังรูปที่ 2-29



รูปที่ 2-29 กราฟแสดงระดับโอกาสเกิดดินถล่ม คำนวณได้จาก Normal Distribution

ที่มา: สุทธิศักดิ์และคณะ (2552)

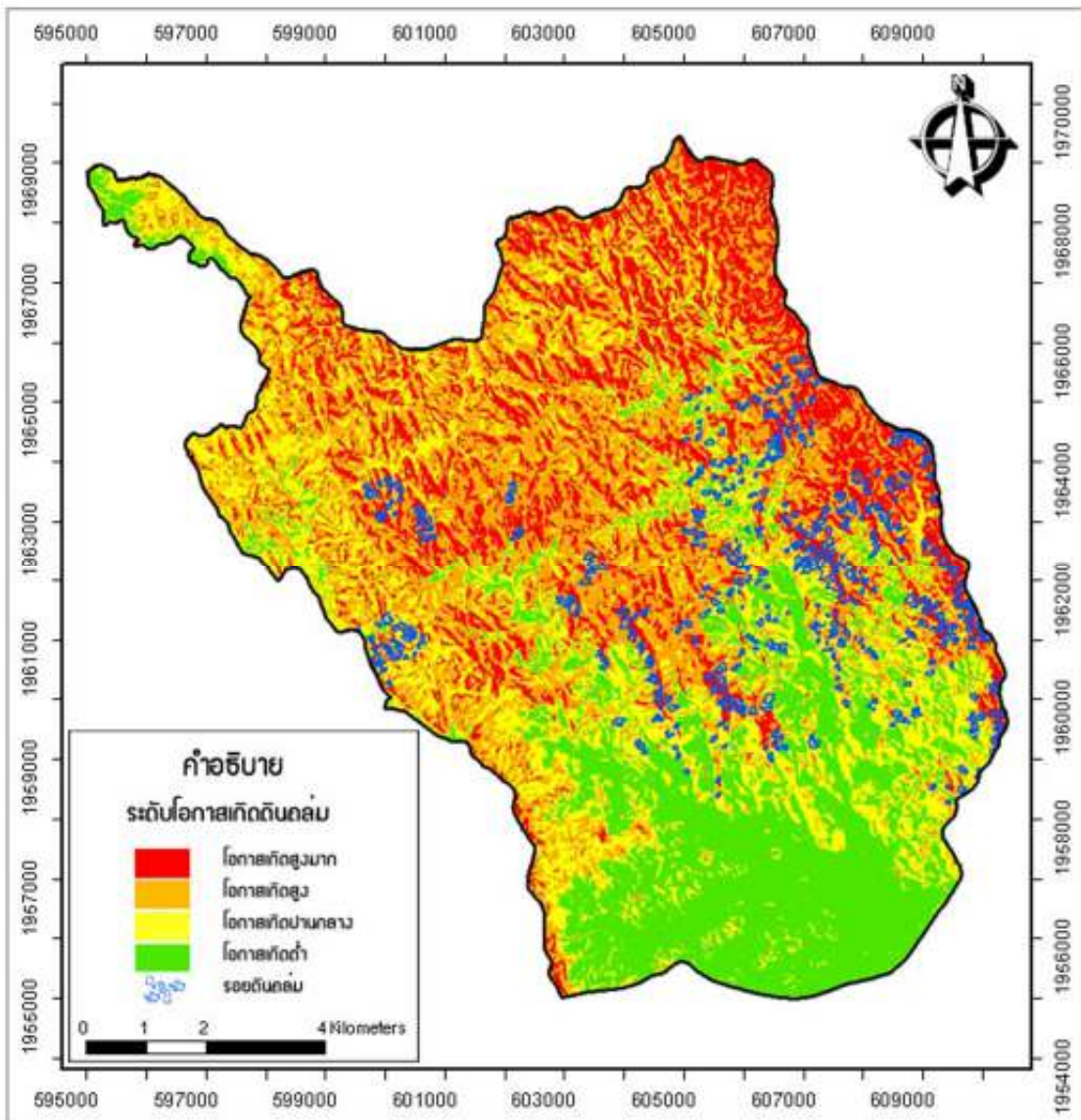
ทั้งนี้คะแนนที่ใช้ในการแบ่งระดับโอกาสเกิดดินถล่ม สามารถนำมาวิเคราะห์หาความน่าจะเป็น เพื่อให้ทราบว่าเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง มีโอกาสเกิดขึ้นมากหรือน้อยเพียงใด และทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลกับการตัดสินใจเชิงตัวเลขและช่วงของความรู้สึกต่อโอกาสความน่าจะเป็น 18 ช่วง (Reagan, et. al., 1989) ดังตารางที่ 2-5 พบว่าที่ระดับโอกาสเกิดสูงมาก มีระดับโอกาสเกิดอยู่ที่ 84% ระดับโอกาสเกิดสูงมีระดับโอกาสเกิดอยู่ที่ 50% ระดับโอกาสเกิดปานกลางมีระดับโอกาสเกิดอยู่ที่ 16% และระดับโอกาสเกิดต่ำมีระดับโอกาสเกิดน้อยกว่า 16%

ตัวอย่างผลของการวิเคราะห์ที่ได้ถูกตรวจสอบโดยการนำข้อมูลที่เกิดเหตุการณ์ดินถล่มขึ้นจริงในพื้นที่ ต.แม่พูล อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์ เมื่อวันที่ 22-23 พฤษภาคม 2549 มาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์โดยใช้วิธีดัชนีปัจจัยรวม พบว่า ประมาณร้อยละ 75 ของพื้นที่เกิดดินถล่มจริงอยู่ในพื้นที่โอกาสเกิดดินถล่มระดับสูงดังแสดงในรูปที่ 2-30

ตารางที่ 2-5 Numerical responses and ranges for 18 probability expressions

Expression	Single-number probability equivalent, % (median of responses)	Specified range, % (median upper and lower bounds)
Almost impossible	2	0 to 5
Very improbable	5	1 to 15
Very unlikely	10	2 to 15
Very low chance	10	5 to 15
Improbable	15	5 to 20
Unlikely	15	10 to 25
Low chance	20	10 to 20
Possible	40	40 to 70
Medium chance	50	40 to 60
Even chance	50	45 to 55
Probable	70	60 to 75
Likely	70	65 to 85
Very possible	80	70 to 87.5
Very probable	80	75 to 92
High chance	80	80 to 92
Very likely	85	75 to 90
Very high chance	90	85 to 99
Almost certain	90	90 to 99.5

ที่มา: Reagan, et. al. (1989)



รูปที่ 2-30 ตำแหน่งรอยการเกิดดินถล่มในพื้นที่ตำบลแม่พลู อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ เปรียบเทียบกับผลการประเมินพื้นที่โอกาสเกิดดินถล่ม

ที่มา: สุทธิศักดิ์และคณะ (2552)

การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มโดยการนำปัจจัยที่เกิดจากธรรมชาติและมนุษย์กระทำ มาจัดจำแนกลำดับความรุนแรงและให้น้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย แล้วคิดออกมาเป็นแต้มคะแนนรวม เพื่อจัดลำดับความรุนแรงในแต่ละพื้นที่ วิธีนี้ต้องปรับแก้ความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ให้เข้ากับเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องมีข้อมูลตำแหน่งรอยดินถล่มในการเปรียบเทียบกับ

2.3.1.2 วิธีการเชิงปริมาณ (Quantitative) เป็นพื้นฐานของการแสดงตัวเลขของความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยควบคุมและปัจจัยการเกิด landslide มี 2 วิธี คือ
ก) วิธีทางธรณีเทคนิค (Geotechnical engineering method)

ใช้หลักการทางวิศวกรรมศาสตร์ ของความไม่มั่นคงของความลาดชันที่แน่นอนในส่วนที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย โดยการสำรวจและทดสอบคุณสมบัติทางธรณีวิทยาและวิศวกรรมปฐพีของชั้นดินและหิน ร่วมกับอิทธิพลของความชื้นที่เปลี่ยนไป แล้ววิเคราะห์ความมั่นคงของลาดดินและหินจากรูปแบบทางกลศาสตร์เพื่อหาระดับความมั่นคง ซึ่งวิธีนี้จะได้ ข้อมูลที่แน่นอน มีความละเอียดถี่ถ้วนของลักษณะความลาดชัน ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการทำแผนที่สำหรับพื้นที่ขนาดเล็ก

นงลักษณ์ (2546) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการพิบัติของลาดดิน ที่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณน้ำฝน เพื่อนำไปใช้ในการประเมินเสถียรภาพของลาดดินภูเขาในบริเวณลุ่มน้ำย่อยน้ำก้อ ต.น้ำก้อ อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ โดยทำการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินที่ลดลงเมื่อมีปริมาณน้ำในดินเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในกรณีฝนตกหนัก (Rainfall induced landslide) ซึ่งมักจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดลาดดินถล่มได้ จากการศึกษาพบว่าเมื่อระดับความชื้นในดินมีค่ามากขึ้น กำลังรับแรงเฉือนจะมีค่าลดลง เนื่องจากปริมาณน้ำในดินที่เพิ่มมากขึ้นได้ไปทำลายแรงตึงผิวของอากาศในดิน และปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นยังลดแรงเสียดทานระหว่างเม็ดดิน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงความชื้นและระดับน้ำใต้ดินของลาดดินจึงขึ้นอยู่กับรูปแบบของฝน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อเสถียรภาพของลาดดิน

ศุภวิทย์และพัฒน์วิศกรรมปฐพีและฐานราก (2548) ภายใต้โครงการบรรเทาอุทกภัย จังหวัดจันทบุรี ของกรมชลประทาน ได้ทำการศึกษาพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดดินถล่มบริเวณน้ำตกกระทิง บริเวณคลองทุ่งพล คลองตะเคียน เขตอุทยานแห่งชาติเขาคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี ศึกษาถึงพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงกำลังของดินที่มีผลต่อความมั่นคงของความลาดชันของพื้นที่กับปริมาณความชื้นในมวลดิน ทำให้สามารถสร้างแผนที่โอกาสเกิดดินถล่มในช่วงเวลาต่างๆ ได้ตามลักษณะของความชื้นของฝนหรือความชื้นในดินที่เปลี่ยนแปลงไป

กรมทรัพยากรธรณี (2550) โดยศุภวิทย์และพัฒน์วิศกรรมปฐพีและฐานราก ได้พัฒนาการประเมินพื้นที่โอกาสเกิดดินถล่ม โดยการศึกษาเสถียรภาพของลาดชันในพื้นที่โครงการพัฒนาอุทยานตุ้ง และได้นำข้อมูลความลาดชันในพื้นที่ศึกษามาประกอบกับข้อมูลตัวแปรด้านกำลังรับน้ำหนักของดินทำให้สามารถวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดชันธรรมชาติได้ ซึ่งจากการวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถแบ่งช่วงความลาดชันตามระดับโอกาสเกิดดินถล่ม โดยพิจารณาช่วงของความลาดชันที่ให้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่มากกว่า 1.2 ถือว่ามีโอกาสเกิดต่ำ หากเท่ากับ 1.2 ถือว่าปานกลาง และหากต่ำกว่า 1.2 ถือว่ามีโอกาสเกิดดินถล่มสูง

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

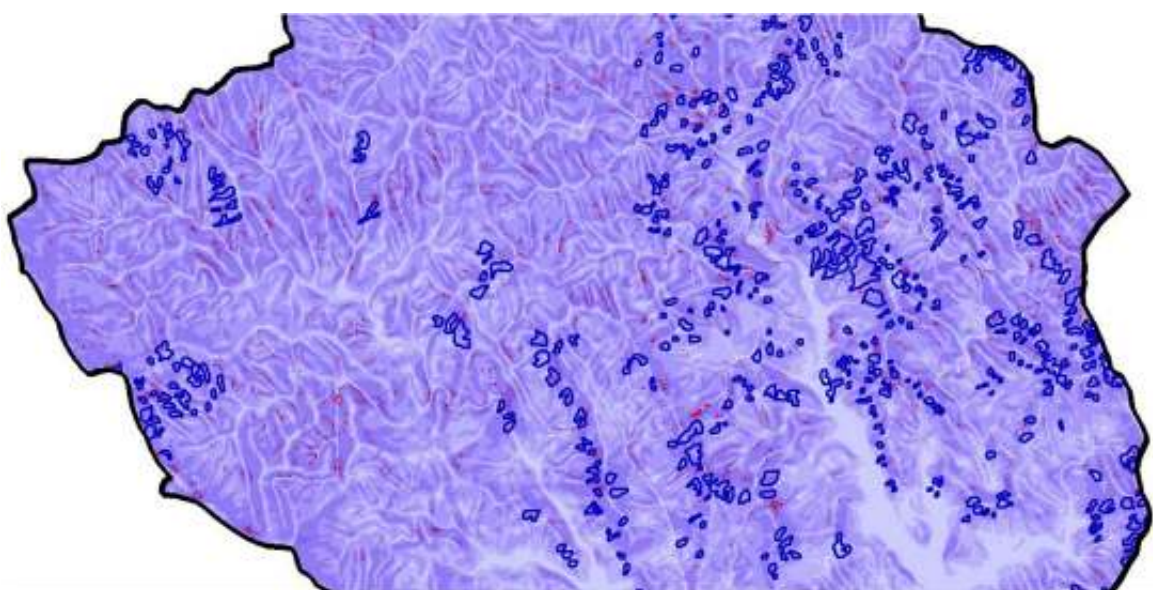
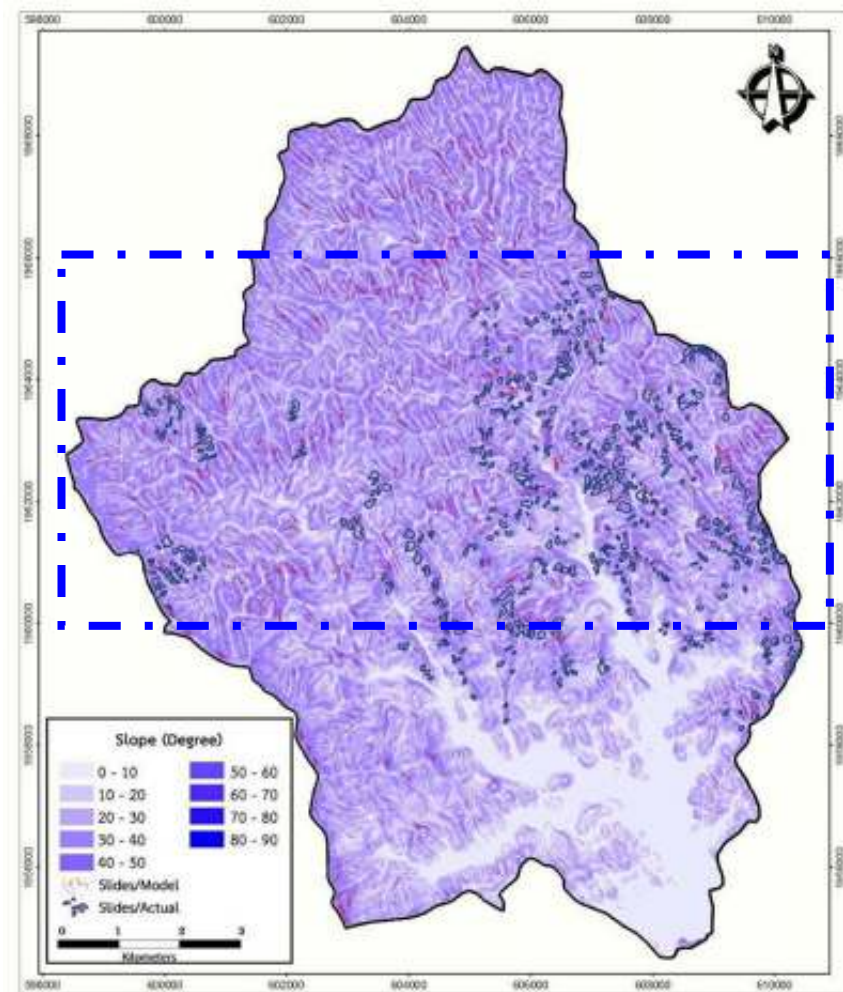
โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

สุทธศักดิ์และคณะ (2554) ได้ศึกษาวิธีทางธรณีเทคนิคและพัฒนาแบบจำลองการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มเชิงพลวัต โดยอาศัยพื้นฐานทฤษฎีการไหลซึมของน้ำผ่านชั้นดินที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturated Soil) ด้วยแบบจำลองการประยุกต์ใช้วิธีของ Green and Ampt (1911) สำหรับการวิเคราะห์การไหลซึมที่พิจารณาอิทธิพลของลาดเอียงที่เสนอโดย Li and Young (2006) สำหรับพิจารณาการไหลซึมแบบ 1 มิติ (One-Dimensional Flow) ในทิศทางตั้งฉากกับผิวเอียงของลาด ส่วนการไหลในทิศทางขนานกับผิวเอียงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดิน ร่วมกับทฤษฎีการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินแบบลาดอนันต์ (Infinite Slope Stability) เนื่องจากลักษณะการพิบัติของลาดดินธรรมชาติจากปริมาณน้ำฝนมากเกินไปหรือที่เรียกว่า Extream Rainfall มีรูปแบบการพิบัติแบบผิวการเคลื่อนพังที่สอดคล้องกับทฤษฎีการพิบัติของลาดดินแบบลาดอนันต์ เพื่อให้สามารถนำผลการวิเคราะห์ไปใช้สร้างข้อมูลแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มเชิงพลวัตได้สะดวกและรวดเร็วจึงได้พัฒนาการวิเคราะห์บนระบบ GIS ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากแบบจำลองและเปรียบเทียบกับรอยดินถล่มของเหตุการณ์ดินถล่มวันที่ 22 พฤษภาคม 2549 พื้นที่ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ดังรูปที่ 2-31 พบว่า มีความสอดคล้องกับตำแหน่งรอยการเกิดดินถล่มในอดีตมากกว่าร้อยละ 60 ซึ่งอาจเนื่องมาจากรอยการเกิดดินถล่มจากการแปรสภาพทางอากาศนั้นรวมขอบเขตของการไหลลงมากองกันบริเวณตีนลาดด้วยจึงเห็นเป็นรอยใหญ่กว่าความเป็นจริง

สุทธศักดิ์และคณะ (2555) ได้พัฒนาต่อยอดแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มแบบพลวัต ราชวโง่งหน้า 48 ชั่วโมง ด้วยข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศทางอุทกวิทยา โดยสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (สสนก.) เพื่อใช้เพิ่มขีดความสามารถในการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนภัยดินถล่มของศูนย์ปฏิบัติการธรณีพิบัติภัย กรมทรัพยากรธรณี บนข้อจำกัดของแบบจำลอง ดังนี้

- ชั้นดินมีคุณสมบัติสม่ำเสมอตลอดความหนา (Homogenous Soil)
- แบ่งชั้นดินออกเป็น 12 ชั้นดิน แต่ละชั้นดินมีความหนา 0.5 เมตร
- ไม่พิจารณาการไหลด้านข้าง
- ขอบเขตล่างสุดมีคุณสมบัติการไหลเหมือนชั้นดินชั้นสุดท้ายและเป็น Infinite

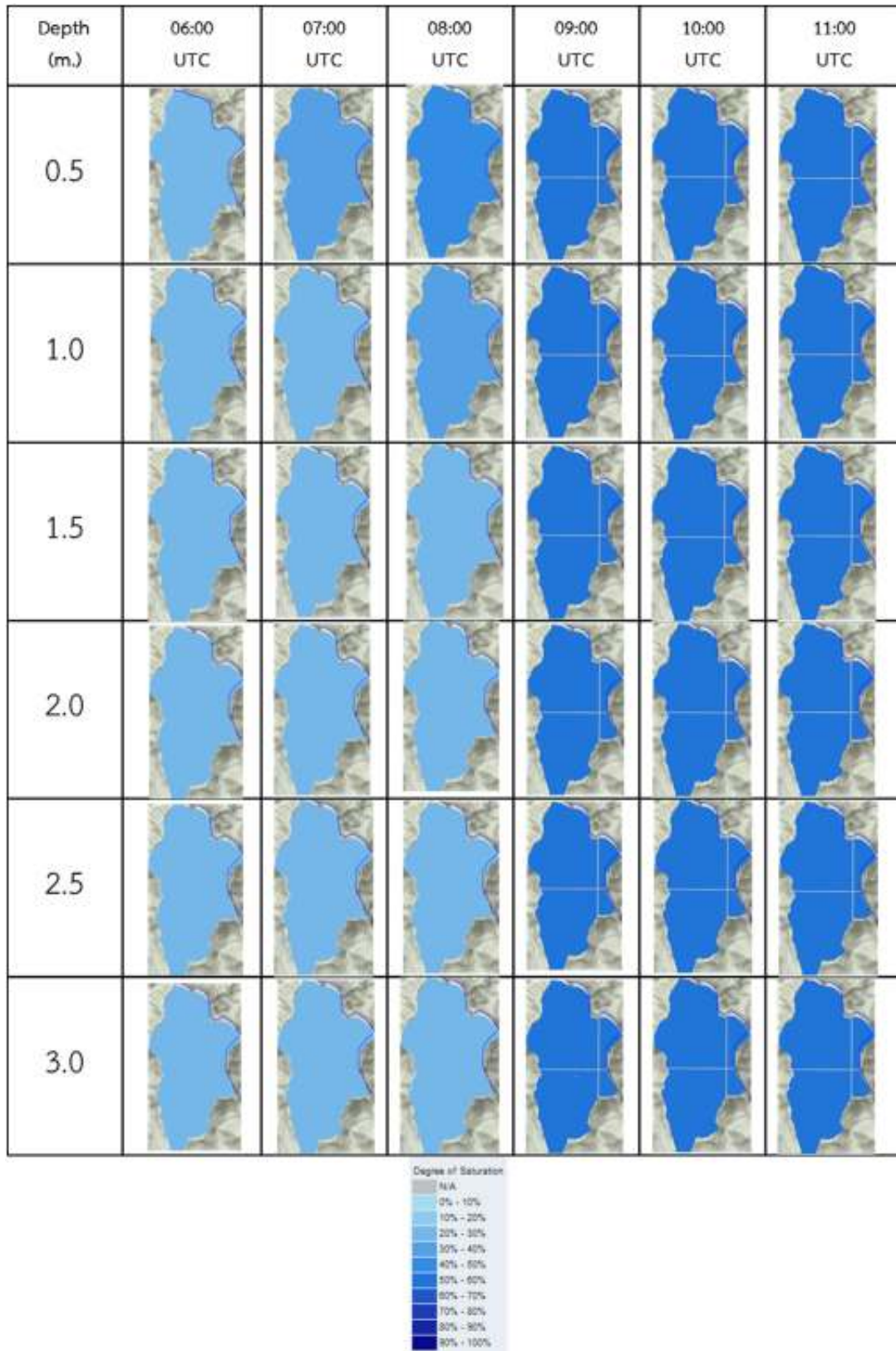
รูปที่ 2-32 ถึง 2-34 แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มแบบพลวัตและการเปรียบเทียบผลความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยบ้านห้วยใต้ ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่า มีความสอดคล้องของพื้นที่ดินถล่มร้อยละ 46.12



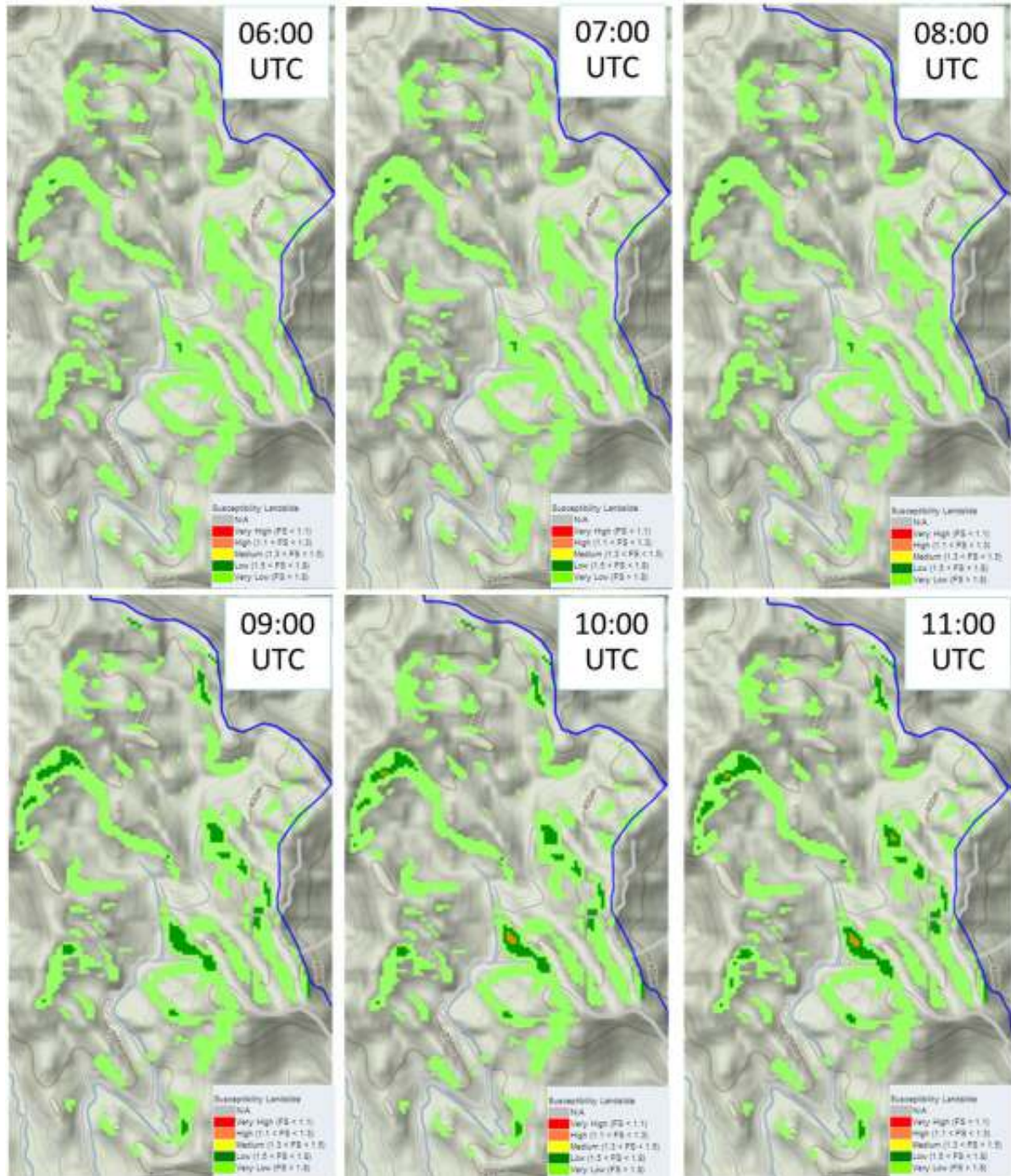
รูปที่ 2-31 ผลการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่มเปรียบเทียบกับรอยดินถล่มจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

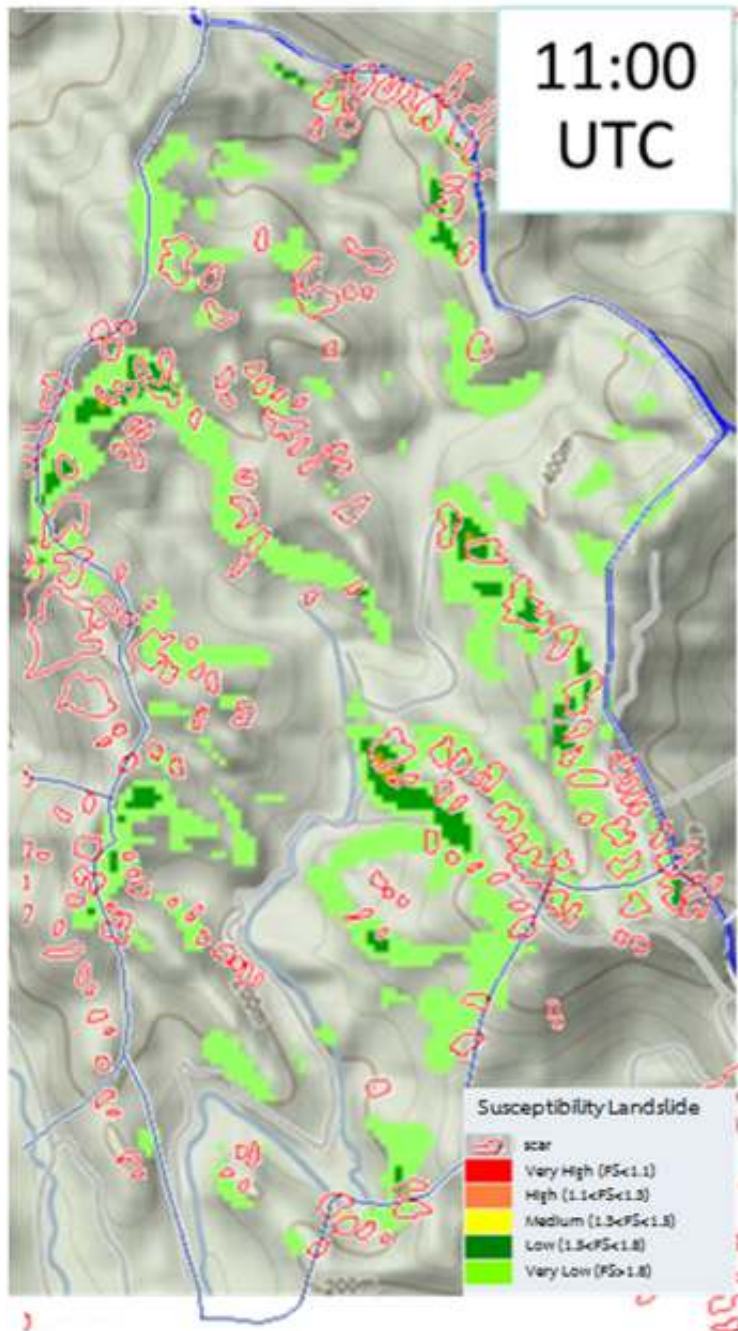
โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ 2-32 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นสะสมในแต่ละชั้นตามข้อมูลน้ำฝนรายชั่วโมง



รูปที่ 2-33 การเปลี่ยนแปลงระดับความอ่อนไหวต่อดินถล่มตามข้อมูลน้ำฝนรายชั่วโมง



รูปที่ 2-34 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่มกับรอยดินถล่มจากการแปลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

วิธีทางธรณีเทคนิค พบว่า มีข้อจำกัดของการประเมิน คือ ผลวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องสมบัติของดิน ทั้งกำลังรับแรงเฉือนและการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อม ซึ่งมีผลต่อกำลังของมวลดิน และความคลาดเคลื่อนสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดทุกขั้นตอนการดำเนินงาน

ข) วิธีการประเมินโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical Approach)

การประเมินพื้นที่ดินถล่มด้วยวิธีนี้ ดำเนินการโดยการรวบรวมปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่มในอดีต มาทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยเหล่านี้กับการเกิดดินถล่มโดยวิธีการทางสถิติ และผลที่ได้จะนำมาใช้ในการพยากรณ์โอกาสเกิดดินถล่มในพื้นที่ซึ่งมีสภาพพื้นที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งรูปแบบของสถิติที่นิยมใช้คือ Logistic Regression เพราะเป็นเทคนิคที่ใช้ในการคาดคะเนหรือพยากรณ์ค่าของตัวแปรที่สนใจศึกษา โดยอาศัยความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยตัวแปรตาม (Y) ที่ต้องการศึกษาจะเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ ในลักษณะของโอกาสในการเกิดความเสียหายต่างๆ ส่วนตัวแปรอิสระ (X) เป็นได้ทั้งตัวแปรเชิงปริมาณและตัวแปรเชิงคุณภาพ

เลิศ (2538) ได้ใช้ข้อมูลระยะไกลเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดดินถล่ม บริเวณอำเภอพิปูน จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยการกำหนดความชัน (Slope), ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use), ลักษณะทางธรณีสัณฐาน (Landform), ลักษณะทางธรณีวิทยา (Geology), ลักษณะทางปฐพีวิทยา (Soil), และปริมาณน้ำฝน (Rainfall) เป็นตัวแปรอิสระ และร้อยละการเกิดดินถล่มซึ่งวิเคราะห์จากภาพถ่ายดาวเทียมเป็นตัวแปรตาม ดังแสดงในสมการที่ 2-1 และสร้างสมการถดถอยพหุคูณโดยวิธี stepwise ในการทำนายพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ดังแสดงในสมการที่ 2-7 ต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{Log Y} = & 1.3285 - 0.0101 (\text{Slope}) + 0.1021 (\text{Landform}) + 0.9178 (\text{Land use}) \\ & + 0.5189 (\text{Geology}) - 0.8939 (\text{Soil}) + 0.3213 (\text{Rainfall}) \end{aligned} \quad (2-7)$$

กรมทรัพยากรธรณี (2547) ได้ทำการศึกษาพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดดินถล่มในประเทศไทย โดยใช้วิธีดัชนีปัจจัยร่วม (Weighted factor index) โดยการศึกษาหาความเป็นไปได้ของพื้นที่ที่มีความเสี่ยงภัยต่อดินถล่ม (Landslide probability) ระดับต่างๆ ของประเทศ ในมาตราส่วน 1:250,000 ทั้งนี้โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Landslide predictive model) ที่นำเสนอโดย Pantanahiran (1994) ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยที่ใช้ในการคำนวณ ได้แก่ ระดับความสูง (Elevation), หน้ารับน้ำฝน (Adjusted aspect), ความลาดชัน (Slope), ทิศทางการไหลของน้ำ (Flow direction), การไหลรวมของน้ำ (Flow accumulation), พืชพรรณ (TM4), คุณลักษณะของดิน (Brightness) และความชื้นของพื้นที่ (Wetness) ดังแสดงในสมการที่ 2-8

$$\begin{aligned} Y = & 1.8914 - 0.00281 (\text{Elevation}) + 1.4215 (\text{Adjusted aspect}) \\ & + 0.00698 (\text{Slope}) + 0.00073 (\text{Flow accumulation}) \\ & - 0.00165 (\text{Flow direction}) - 0.00505 (\text{TM4}) - 0.0042 (\text{Brightness}) \\ & - 0.00504 (\text{Wetness}) \end{aligned} \quad (2-8)$$

และ $P = 1 / (1 + \exp(-Y))$

เมื่อ P หมายถึง ค่าคาดคะเนความเสี่ยงของแต่ละหน่วยพื้นที่

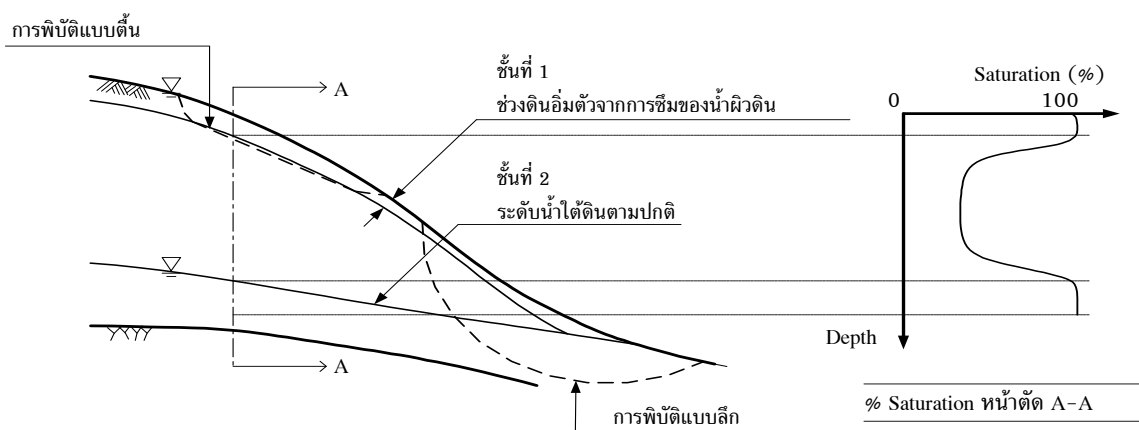
การแสดงระดับพิบัติภัย (Hazard Class) ในแผนที่ ได้จัดแบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ระดับสูงมาก (Very high) เมื่อค่าความเสี่ยงมากกว่า 60 %, ระดับสูง (High) เมื่อค่าความเสี่ยงอยู่ระหว่าง 41 - 60%, ระดับปานกลาง (Medium) เมื่อค่าความเสี่ยงอยู่ระหว่าง 21 - 40 % และระดับต่ำ (Low) เมื่อค่าความเสี่ยงน้อยกว่า 21%

2.3.2 ทฤษฎีการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ด้วยวิธีทางธรณีเทคนิค

การวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มเป็นการวิเคราะห์โดยอาศัยข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์และประมวลผลโดยวิธีการต่างๆ จากการวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การใช้วิธีทางธรณีเทคนิคเป็นวิธีที่ให้ความแม่นยำดีแต่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่จะเอียงรวมถึงต้องการแบบจำลองทางกลศาสตร์ที่เหมาะสม สุทธิศักดิ์และคณะ 2555 ได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มแบบพลวัต โดยอาศัยหลักทฤษฎีทางธรณีวิศวกรรม 2 ส่วน ได้แก่ ทฤษฎีการไหลซึมของน้ำผ่านมวลดินสำหรับดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated Soil) และทฤษฎีเสถียรภาพของลาดดินแบบลาดอนันต์ (Infinite Slope Stability) โดยเรียกแบบจำลองว่า “DynaSlide Model” ซึ่งทฤษฎีทั้ง 2 ได้แสดงรายละเอียดต่อไปนี้

2.3.2.1 ทฤษฎีการสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์การไหลซึมของน้ำในมวลดิน

ผลของน้ำใต้ดินจะมีอิทธิพลต่อเสถียรภาพของลาดดินในธรรมชาติเป็นอย่างมาก เนื่องจากกำลังรับแรงเฉือนของดินจะลดลงเมื่อระดับความอิ่มตัวเพิ่มขึ้น โดยฝนที่ตกหนักในระยะเวลาสั้นๆ จะทำให้เกิดระดับน้ำใต้ดิน 2 ชั้น ชั้นล่างเป็นระดับน้ำใต้ดินปกติ ชั้นบนเป็นระดับน้ำใต้ดินเสมือนเกิดในระยะเวลาสั้น ส่วนกรณีฝนตกน้อยๆ ในระยะเวลานาน จะทำให้ระดับน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้นปกติ (นงลักษณ์, 2546) ซึ่งผลเนื่องจากน้ำใต้ดินชั้นที่ 1 จะทำให้เกิดการพิบัติแบบตื้นๆ แต่ในบริเวณที่ระดับน้ำใต้ดินชั้นที่ 2 อยู่สูงหรือบริเวณที่น้ำใต้ดินทั้ง 2 ชั้น มาบรรจบกันจะมีโอกาสเกิดการพิบัติแบบลึกได้ ดังรูปที่ 2-35 นอกจากนั้นชนิดของดิน และลักษณะการใช้พื้นที่ที่แตกต่างกัน จะมีผลทำให้การซึมน้ำลงใต้ดินต่างกันด้วย

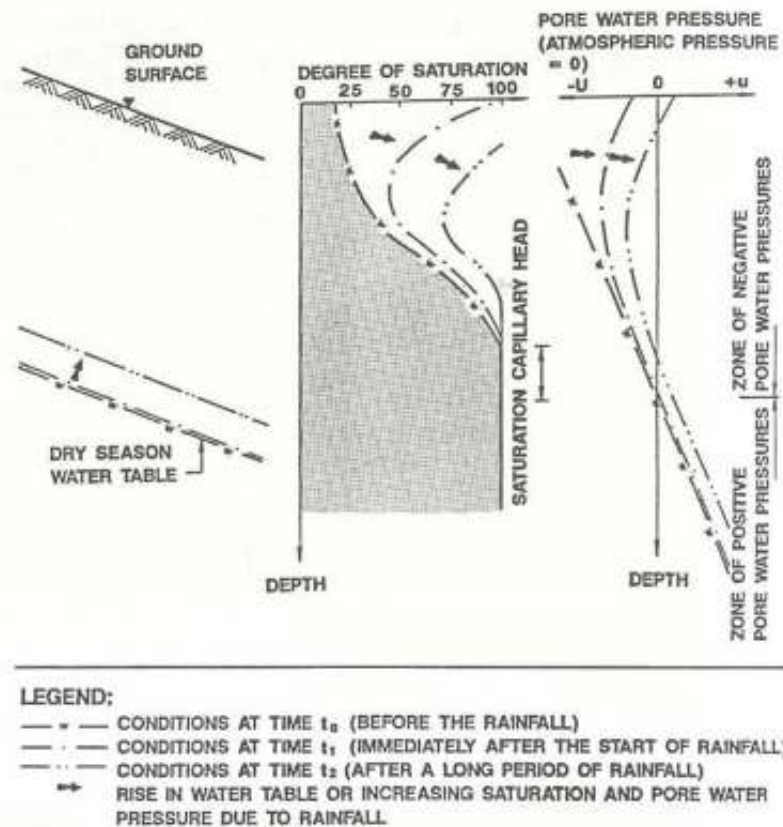


รูปที่ 2-35 ระดับน้ำใต้ดิน 2 ชั้น เนื่องจากฝนที่ตกหนักในระยะเวลาสั้นๆ

ที่มา: นงลักษณ์ (2546)

ปริมาณน้ำในดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม ซึ่งมีลักษณะที่ไม่คงที่แปรผันไปตามปริมาณน้ำฝนที่ไหลซึมลงสู่ชั้นดิน โดยทั่วไปลาดเอียงในธรรมชาติมีลักษณะเป็นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated soil) ซึ่งอยู่เหนือระดับน้ำใต้ดินขึ้นไป การศึกษาของ Abramson et al. (1996) พบว่า ดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ คือ ดินที่ช่องว่างระหว่างเม็ดดินจะประกอบด้วยน้ำและอากาศ แรงดันน้ำจะมีค่าต่ำกว่าความดันบรรยากาศ และมีค่าเป็นลบเรียกว่าแรงดึงน้ำในมวลดิน (Matric suction) ซึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะทางที่ห่างออกจากระดับน้ำใต้ดิน การเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำในมวลดินจะทำให้กำลังรับแรงเฉือนของดินเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะส่งผลต่อเสถียรภาพของลาดเอียง

เมื่อฝนตกลงสู่พื้นดิน ปริมาณน้ำฝนส่วนหนึ่งจะไหลไปตามผิวดิน (Surface runoff) ด้วยแรงดึงดูดของโลก ลงสู่แหล่งน้ำ อีกส่วนหนึ่งจะไหลซึมลงสู่ชั้นใต้ดิน (Infiltration) น้ำฝนส่วนที่ซึมลงไปในชั้นใต้ดินจะไหลไปยังชั้นน้ำใต้ดิน โดยผ่านชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวที่อยู่ด้านบน ซึ่งการที่จะผ่านชั้นนี้ลงไปได้ ปริมาณน้ำต้องมีมากเพียงพอที่จะลดแรงดึงน้ำ (Capillary) ที่จะกักไม่ให้น้ำไหลผ่าน ซึ่งการไหลซึมผ่านนี้จะมีผลทำให้ความชื้นในดินที่ไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น ทำให้แรงดึงน้ำในมวลดินลดลงมีผลทำให้หน่วยแรงประสิทธิผลลดลง และกำลังรับแรงเฉือนลดลง และระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้น ซึ่งมีผลทำให้เสถียรภาพของดินลดลง ดังแสดงในรูปที่ 2-36



รูปที่ 2-36 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดิน ความอิ่มตัวด้วยน้ำในมวลดิน (S) และแรงดันน้ำ (μ) เนื่องจากฝนตก

ที่มา: Geotechnical Control Office (1984)

การไหลของน้ำผ่านมวลดินเกิดขึ้นจากการไหลจากจุดที่มีความดันสูงไปสู่จุดที่มีความดันต่ำกว่าตามกฎของ Darcy (Darcy's law) โดยได้แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วในการไหลซึมของน้ำในดินกับความต่างศักย์ระหว่างเหนือน้ำและท้ายน้ำ ดังนี้

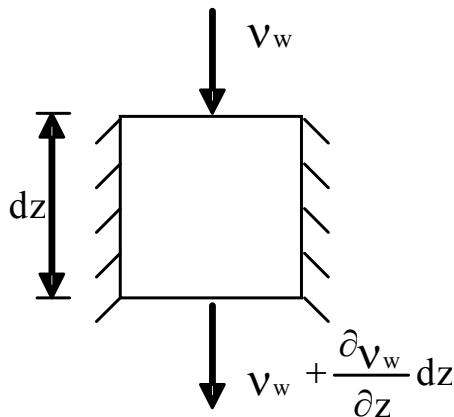
$$v = K \frac{\partial H}{\partial z} \quad (2-9)$$

โดยที่ K = ความสามารถในการซึมผ่านของดิน (Hydraulic conductivity (m/s))

H = แร่งดันรวมของน้ำ (m)

$\frac{\partial H}{\partial z}$ = ความชันทางชลศาสตร์ (Hydraulic gradient, i)

พฤติกรรมการไหลของน้ำผ่านมวลดินที่ไม่อิมพัลส์ด้วยน้ำมีลักษณะเป็นการไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady flow) ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านมวลดินจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา และอัตราการไหลจะเปลี่ยนแปลงไปตามระยะทาง (Kumar, 2002) ดังแสดงในรูปที่ 2-37 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังแสดงในสมการที่ 2-10



รูปที่ 2-37 จำลองรูปแบบการไหลของน้ำแบบไม่คงที่ผ่านมวลดิน

$$\frac{\partial V_w}{\partial t} = \left(v_w + \frac{\partial v_w}{\partial z} dz \right) dx dy - v_w dx dy \quad (2-10)$$

โดยที่ $\frac{\partial V_w}{\partial t}$ = อัตราการไหลของน้ำผ่านมวลดินในช่วงเวลาหนึ่ง

v_w = ความเร็วในการไหล

$\frac{\partial v_w}{\partial z}$ = การเปลี่ยนแปลงความเร็วในการไหลตามระยะทาง

dz = ระยะทางการไหล

$dx dy$ = พื้นที่หน้าตัดที่น้ำไหลผ่าน

สมการที่ 2-10 สามารถเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$\frac{\partial V_w}{\partial t} = \left(\frac{\partial v_w}{\partial z} dz \right) dx dy \quad (2-11)$$

ค่า $dz dx dy$ เป็นปริมาตรของมวลดินที่น้ำไหลผ่าน เท่ากับ V_0 ดังนั้น

$$\frac{\partial V_w}{\partial t} = \frac{\partial v_w}{\partial z} V_0 \quad (2-12)$$

และ

$$\frac{\partial V_w / V_0}{\partial t} = \frac{\partial v_w}{\partial z} \quad (2-13)$$

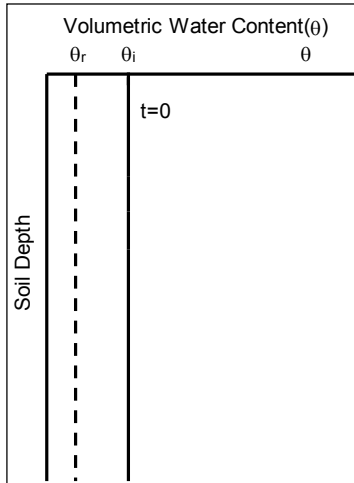
โดยที่ $v_w/V_0 = \theta =$ ปริมาณความชื้นในมวลดินโดยปริมาตร ดังนั้น

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial v_w}{\partial z} \quad (2-14)$$

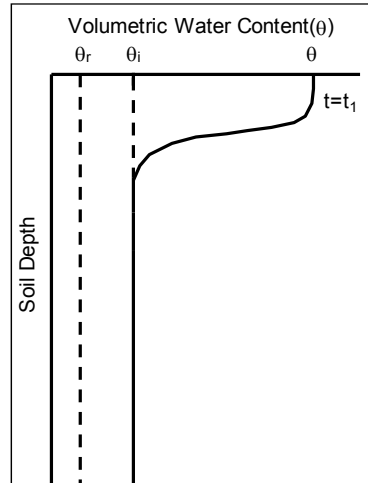
จากกฎของ Darcy ในสมการที่ 2-9 จะได้สมการแสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินเนื่องจากการไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady flow)

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} K \frac{\partial H}{\partial z} \quad (2-15)$$

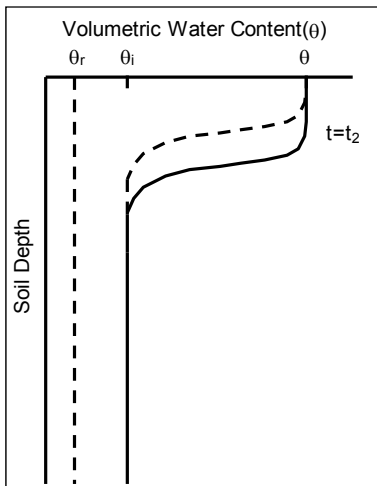
ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินเนื่องจากฝนตกบนพื้นที่ลาดเอียง สุทธิศักดิ์และคณะ(2554) ได้พัฒนาแบบจำลองวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดิน โดยพิจารณาถึงพฤติกรรมของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated Soil) ตามแบบจำลองของ Green and Ampt (1911) ในแบบจำลองพิจารณาให้การไหลซึม (Infiltration) ในชั้นดินที่มีคุณสมบัติสม่ำเสมอ (Homogeneous) เกิดขึ้นทันทีเมื่อเกิดฝนตก โดยมีอัตราการไหลซึม (Hydraulic conductivity, K) เท่ากับความเข้มข้นน้ำฝนแต่ไม่เกินอัตราการไหลซึมที่ดินอิ่มตัว (Saturated hydraulic conductivity, K_s) ปริมาณน้ำในมวลดินเพิ่มขึ้นตามความลึก ดังแสดงในรูปที่ 2-38



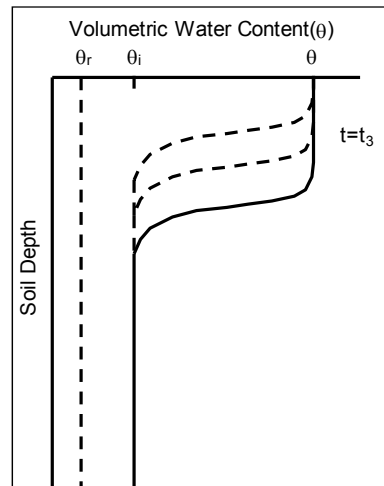
ก) ปริมาณน้ำในดินที่เวลา t_0



ข) ปริมาณน้ำในดินที่เวลา t_1



ค) ปริมาณน้ำในดินที่เวลา t_2

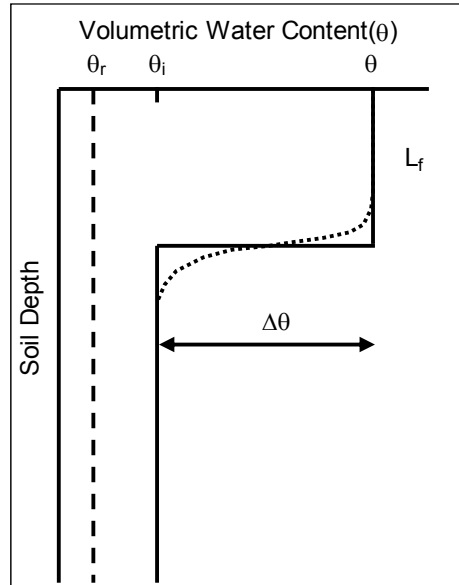


ง) ปริมาณน้ำในดินที่เวลา t_3

รูปที่ 2-38 การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินสำหรับ GA_Model

จากรูปที่ 2-38 ก) กำหนดให้ปริมาณน้ำในดินเริ่มต้นที่เวลา t_0 เท่ากับ θ_i ตลอดทั้งความลึกของชั้นดินที่พิจารณา โดยที่ θ_r เป็นความชื้นต่ำสุดของดิน เมื่อเกิดฝนตกที่อัตราคงที่ ความชื้นจะเพิ่มขึ้นทันที ดังแสดงในรูปที่ 2-38 ข) และเมื่อเวลาผ่านไปความชื้นในมวลดินที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าคงที่และขยายขอบเขตลงสู่ชั้นดินด้านล่างดังแสดงในรูปที่ 2-38 ค) และ 2-38 ง) ขอบเขตของชั้นดินที่มีความชื้นเพิ่มขึ้นเรียกว่า Wetting front

การเปลี่ยนแปลงความชื้นของดินดังกล่าวสามารถเขียนเป็นรูปอย่างง่ายได้ดังแสดงในรูปที่ 2-39 ในการวิเคราะห์พิจารณาให้การไหลของน้ำผ่านมวลดินเป็นไปตามกฎของ Darcy (Darcy's law) ดังได้กล่าวไว้แล้ว



รูปที่ 2-39 แบบจำลองการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินของ GA_Model

ในกรณีที่ ดินเป็นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ การไหลเป็นแบบไม่คงที่ (Unsteady flow) โดยมีอิทธิพลของแรงดึงน้ำในดิน (Matric suction) เข้ามาเกี่ยวข้อง และความลึกของ Wetting front เพิ่มขึ้นตามเวลาที่ผันตงดังแสดงในสมการที่ 2-16

$$\Delta\theta \frac{dL_f}{dt} = K \frac{H_0 - H_f + L_f}{L_f} \quad (2-16)$$

- เมื่อ $\Delta\theta$ = ปริมาณน้ำในดินที่เพิ่มขึ้น ($\theta_i - \theta_r$)
 K = ความสามารถในการซึมน้ำของดิน (L/T)
 H_0 = แรงดึงน้ำในดินที่อยู่ด้านล่างของ Wetting front (L)
 H_f = แรงดึงน้ำในดินที่ผิวดิน (L)
 L_f = ความลึกของ Wetting front (L)

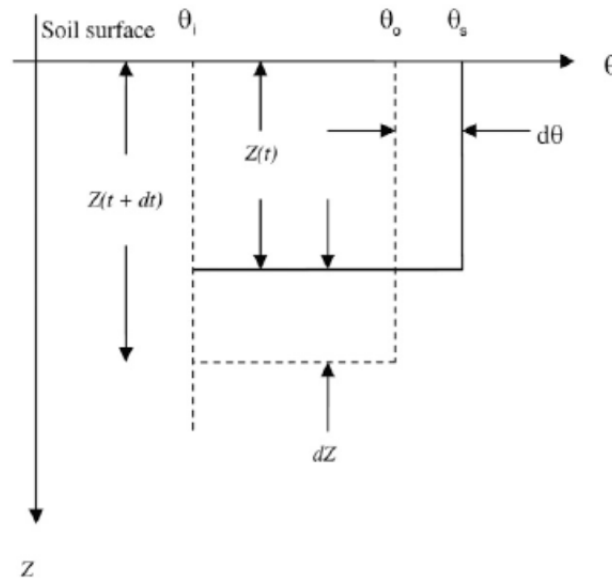
คำนวณหาค่า L_f โดยทำการ Integration สมการที่ 2-16 จะได้ผลดังนี้

$$L_f = \frac{Kt}{\Delta\theta} + (H_0 - H_f) \ln \left[1 + \frac{L_f}{(H_0 - H_f)} \right] \quad (2-17)$$

ในกรณีที่ต้องการวิเคราะห์หาความลึกของ Wetting front ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากฝนตกคงที่ในช่วงเวลา $\Delta t = t^{j+1} - t^j$

$$L_f^{j+1} = L_f^j + \frac{K\Delta t}{\Delta\theta} + (H_0 - H_f) \ln \left[\frac{H_0 - H_f + L_f^{j+1}}{H_0 - H_f + L_f^j} \right] \quad (2-18)$$

กรณีที่ฝนตกไม่คงที่ (Non-uniform rainfall) หรือไม่ต่อเนื่อง ปริมาณน้ำในมวลดินสามารถเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นได้เมื่อฝนตกในอัตราที่สูงกว่าความสามารถในการซึมน้ำของดินขณะที่พิจารณาและลดลงได้เมื่อฝนหยุดตกหรือมีความเข้มข้นต่ำกว่าความสามารถในการซึมน้ำของดิน จากผลงานวิจัยของ Krzysztof (1994) และ Ogden and Saghafian (1997) ได้นำเสนอการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินเนื่องจากฝนตกไม่คงที่ด้วยแบบจำลองของ Green and Ampt โดยที่ Krzysztof (1994) ได้พัฒนาแบบจำลอง Piston Model ส่วน Ogden and Saghafian (1997) ได้พัฒนาแบบจำลอง Green-Ampt Infiltration with Redistribution Model โดยมีหลักการสมดุลความชื้นดังแสดงในรูปที่ 2-40



รูปที่ 2-40 แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินเนื่องจากฝนตกไม่คงที่

ที่มา: Ogden and Saghafian (1997)

เมื่อความเข้มข้นของน้ำฝน (r) ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ในช่วงเวลา dt ทำให้ปริมาณน้ำส่วนที่อยู่เหนือ Wetting front เกิดการเปลี่ยนแปลง ขณะเดียวกันความลึกของ Wetting front ยังคงเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 2-40 และสมการที่ 2-19

$$\frac{dZ}{dt}(\theta_0 - \theta_i) + Z \frac{d\theta}{dt} = r - K(\theta_i) \quad (2-19)$$

- โดยที่
- $\frac{dZ}{dt}$ = อัตราการเปลี่ยนแปลงความลึกของ Wetting front ต่อเวลา
 - $\theta_0 - \theta_i$ = ปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไป
 - Z = ความลึกของ Wetting front (L)
 - $\frac{d\theta}{dt}$ = อัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นตามเวลา
 - r = ความเข้มข้นน้ำฝน (L/T)
 - $K(\theta_i)$ = ความสามารถในการซึมน้ำของดินที่ความชื้น θ_i

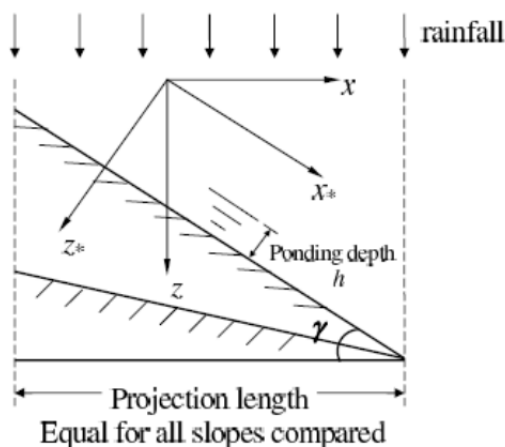
เนื่องจากความสามารถในการซึมน้ำของดิน (K) ความชื้นในมวลดิน (Θ) และแรงดึงน้ำในดิน (Matric suction) สัมพันธ์กัน ซึ่งมีนักวิจัยได้สร้างรูปแบบความสัมพันธ์ดังกล่าวไว้หลายท่าน ตัวอย่างเช่น Brooks and Corey (1964) ดังแสดงในสมการที่ 2-20

$$\Theta = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \left(\frac{h_b}{h} \right)^\lambda \quad (2-20)$$

$$K_r = \frac{K(h)}{K_s} = \Theta^{3+2/\lambda} \quad (2-21)$$

- โดยที่
- Θ = ปริมาตรความชื้นสัมพัทธ์
 - θ = ปริมาตรความชื้นใดๆ
 - θ_r = ปริมาตรความชื้นต่ำสุด
 - θ_s = ปริมาตรความชื้นเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ
 - K_r = ความสามารถในการซึมน้ำสัมพัทธ์
 - $K(h)$ = ความสามารถในการซึมน้ำที่แรงดึงน้ำใดๆ
 - K_s = ความสามารถในการซึมน้ำเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ
 - h = แรงดึงน้ำในดิน
 - h_b = แรงดึงน้ำในดินที่ความชื้นต่ำสุด

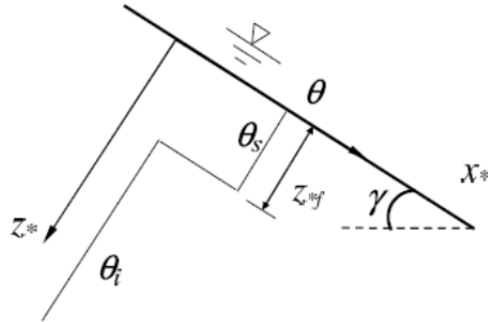
แบบจำลอง GA_Model สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินบนลาดเอียง ได้แก่ผลงานวิจัยของ Li and Young (2006) ดังแสดงในรูปที่ 2-41 โดยพิจารณาให้ดินมีคุณสมบัติสม่ำเสมอ และเท่ากันทุกทิศทาง (Homogeneous and Isotropic properties)



รูปที่ 2-41 แบบจำลองการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินบนลาดเอียง

ที่มา: Li and Young (2006)

การวิเคราะห์ดำเนินการเช่นเดียวกับในแนวราบโดยหมุนแกนจากพิกัด X-Z ซึ่งเป็นแนวราบและแนวตั้งตามทิศทางของแรงโน้มถ่วง ไปเป็น X^*-Z^* ซึ่งเป็นแกนขนานกับลาดเอียงที่มีมุมความลาดชันเท่ากับ γ และใช้แบบจำลอง GA_Model ในการวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 2-42



รูปที่ 2-42 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินบนลาดเอียงด้วยแบบจำลอง GA_Model

ที่มา: Li and Young (2006)

การวิเคราะห์ความลึกของ Wetting front พิจารณาอิทธิพลของลาดเอียงดังแสดงในสมการที่ 2-23 และ 2-23

$$\Delta\theta \frac{dZ_{*f}}{dt} = K_e \frac{Z_{*f} \cos \gamma + S_f + H}{Z_{*f}} \quad (2-22)$$

$$Z_{*f} = \frac{K_e \cos \gamma}{\Delta\theta} + \frac{(S_f + H)}{\cos \gamma} \ln \left[\frac{Z_{*f} \cos \gamma + S_f + H}{S_f + H} \right] \quad (2-23)$$

โดยที่ Z_{*f} = ความลึกของ Wetting front ในแนวแกน Z^*

γ = มุมของลาดเอียง

S_f = $H_0 - H_f$

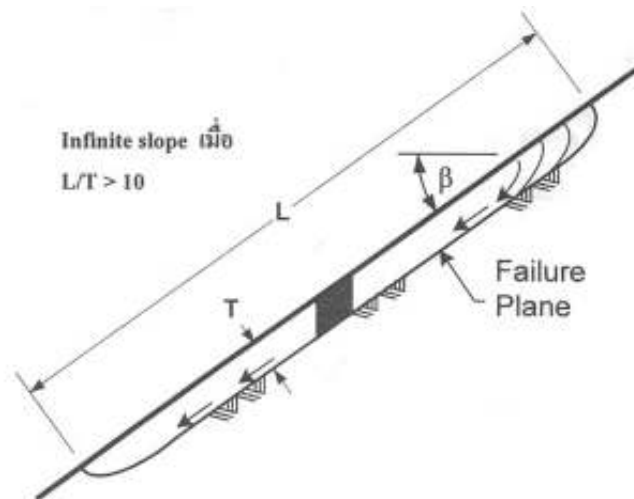
H = ความลึกของน้ำกรณีที่มีน้ำท่วมผิวดิน

สำหรับการไหลในทิศทางขนานกับลาดเอียง (X^*) ที่ความยาวของลาดเอียงยาวกว่าความลึกมากๆ จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในมวลดินน้อยมาก (Iverson, 2000 และ Li and Young, 2006) เนื่องจากปริมาณน้ำที่ไหลเข้าจะเท่ากับปริมาณน้ำที่ไหลออกไป

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินบนลาดเอียง มีขอบเขตการวิเคราะห์เป็นแบบ 1 มิติ (One Dimensional infiltration analysis) โดยมีทิศทางตั้งฉากกับระนาบเอียงซึ่งพิจารณาให้เป็นลาดอนันต์ (Infinite slope) สามารถนำมาวิเคราะห์ในเชิงพื้นที่ร่วมกับข้อมูลความชันในระบบ GIS ได้ และเนื่องจากเป็นการวิเคราะห์แบบ 1 มิติ ทำให้สามารถดำเนินการได้ในแต่ละ Pixel แยกเป็นอิสระต่อกัน

2.3.2.2 ทฤษฎีการพัฒนาแบบจำลองการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน

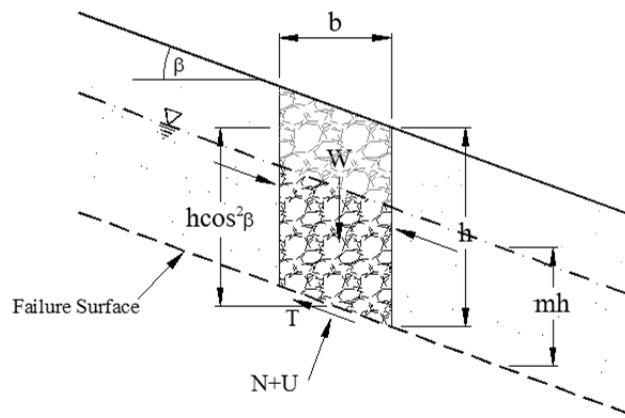
วิธีการในการวิเคราะห์เสถียรภาพ ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งแต่ละวิธี ต่างมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันไป โดยในแต่ละวิธีมีสมมติฐานและรูปแบบในการนำไปใช้งานที่แตกต่างกัน เช่น บางวิธีเหมาะสำหรับการวิเคราะห์ลักษณะของผิวเคลื่อนพังที่เป็นเส้นตรง บางวิธีเหมาะกับผิวที่เป็นส่วนโค้งของวงกลม หรือบางวิธีสามารถใช้ได้กับลักษณะของผิวเคลื่อนพังที่เป็นทั้งเส้นตรงและส่วนโค้งของวงกลม เป็นต้น ซึ่งทฤษฎีในการวิเคราะห์ดังกล่าว มีอยู่มากมายหลายวิธี ในที่นี้จึงขอกกล่าวถึงแต่บางวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วๆไป คือวิธีวิเคราะห์แบบลาดอนันต์ (Infinite Slope Analysis) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ในกรณีที่รูปร่างของผิวเคลื่อนพังมีลักษณะเป็นแผ่นบางขนานกับผิวลาดดิน ความหนาของชั้นดินที่เคลื่อนน้อยกว่า 1 ใน 10 ของความยาวของมวลดินที่เคลื่อนพัง ดังรูปที่ 2-43 วิธีนี้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ในกรณีของดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่น หรือมีน้อย (Non-Cohesive Soil)



รูปที่ 2-43 ลักษณะการวิเคราะห์ด้วยวิธี Infinite Slope

ที่มา: วรากร (2542)

จากการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดิน โดยการทดสอบแบบเฉือนตรง (Direct shear test) ด้วยวิธี KU-MDS Direct Shear Test วรากรและคณะ (2546) เพื่อหาความสัมพันธ์ของระดับความอิ่มตัวต่อกำลังรับแรงเฉือนที่เปลี่ยนแปลงไป ผลจากการทดสอบดังกล่าวได้นำมาสร้างเป็นแบบจำลองของกำลังรับแรงเฉือนของดิน เพื่อใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของชั้นดินบนความลาดชันต่างๆ กับระดับความอิ่มตัวของน้ำในมวลดินที่เปลี่ยนแปลงไป โดยกำหนดให้ลักษณะการพิบัติเป็นแบบลาดอนันต์ (Infinite Slope) โดยกำหนดให้อัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) ของพื้นที่ลาดชันเท่ากับ 1.0 เป็นเป้าหมายของการวิเคราะห์ ซึ่งหน้าตัดการวิเคราะห์ด้วยวิธี Infinite Slope แสดงในรูปที่ 2-44 และการวิเคราะห์ดังสมการที่ 2-24



รูปที่ 2-44 หน้าตัดการวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยวิธี Infinite Slope

ที่มา: บรรพต (2548)

$$F.S. = \frac{c' + h \cos^2 \beta \tan \phi' [(1-m)\gamma' + m(\gamma_{sat} - \gamma_w)] + S_r \tan \alpha}{h \sin \beta \cos \beta [(1-m)\gamma' + m\gamma_{sat}]} \quad (2-24)$$

- โดยที่
- c' = แรงแยัดเหนียวประสิทธิผล (Effective cohesion)
 - ϕ' = มุมเสียดทานภายใน (Angle of internal friction)
 - S_r = ระดับความอิ่มตัวของชั้นดิน (Degree of saturation)
 - γ_{sat} = หน่วยน้ำหนักอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน (Saturation unit weight)
 - γ' = หน่วยน้ำหนักแห้งของดิน (Dry unit weight)
 - γ_w = หน่วยน้ำหนักของน้ำ (Water unit weight)
 - h = ความสูงของชั้นดินที่พิจารณา
 - β = มุมของลาดชั้นที่พิจารณาใช้หน่วยเป็นองศา
 - m = ความสูงของระดับน้ำใต้ดิน

2.3.3 ทฤษฎีการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ด้วยวิธีทางกึ่งสถิติ

2.3.3.1 ทฤษฎีการประเมินความสัมพันธ์ปริมาณน้ำฝนกับความชื้นสะสมในมวลดิน

พงษ์ศักดิ์และวารินทร์ (2548) กล่าวว่าอุทกภัยและดินถล่ม เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกันมาตั้งแต่อดีตกาล โดยมีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากฝนที่ตกหนัก และ/หรือ ฝนที่ตกนาน ในปัจจุบันอุทกภัยและดินถล่มเกิดขึ้นบ่อยครั้ง และนับวันจะทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากกิจกรรมของมนุษย์ นั่นคือ การตัดไม้ทำลายป่า เพื่อเป็นการบรรเทาความเสียหายของชีวิตและทรัพย์สิน มนุษย์พยายามศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน กับน้ำท่าหรือน้ำไหลในลำธาร โดยมีการศึกษาครั้งแรกเมื่อประมาณ 325 ปีที่ผ่านมา ที่แม่น้ำ Seine ใกล้กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส การศึกษาในครั้งนั้นพบว่าปริมาณน้ำท่ารายปี (Qa) กับปริมาณน้ำฝนรายปี (Pa) มีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$Q_a = P_a/6 \quad (2-25)$$

การศึกษาในครั้งนั้น ถือได้ว่าเป็นการศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองน้ำท่าเป็นครั้งแรก ซึ่งต่อมาได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ภายใต้แบบจำลองมาตรฐานที่ใช้เป็นหลัก โดยมีรูปลักษณะดังต่อไปนี้

$$Q = P - E \quad (2-26)$$

เมื่อ Q เป็นปริมาณน้ำท่ารายปี P เป็นปริมาณน้ำฝนรายปี และ E เป็นปริมาณน้ำรายปีที่สูญเสียบอกไปจากลุ่มน้ำโดยกระบวนการคายระเหยน้ำ และเล็ดลอดผ่านชั้นหินที่อยู่ใต้ชั้นดินออกนอกลุ่มน้ำไป (Mishra and Singh, 2003)

สมการที่ 2-26 นี้ มีชื่อเรียกว่าสมการสมดุลน้ำ หรือ water budget equation ซึ่งกำหนดให้ใช้กับข้อมูลระยะยาว คือ ข้อมูลรายปี สำหรับข้อมูลระยะสั้น เช่น การเกิดน้ำท่ารายเดือน และ/หรือน้ำท่าที่เกิดขึ้นจากการตกของฝนแต่ละครั้ง สำหรับปัจจัยที่ก่อให้เกิดอุทกภัยและดินถล่มนั้น จะมีปัจจัยของปริมาณน้ำที่คงอยู่ก่อนในดิน หรือ ปริมาณน้ำในดิน หรือ ปริมาณความชื้นในดิน (S) เข้ามาร่วมในการประเมินค่าอีกปัจจัยหนึ่ง ทำให้สมการที่ 2-26 เปลี่ยนแปลงรูปแบบไปเป็นดังสมการที่ 2-27 (Lee, 1980)

$$Q = P - E - S \quad (2-27)$$

Viessman et al. (1989) อธิบายว่า ปริมาณความชื้นในดินจะมีความผันแปรไปในแต่ละจุดของพื้นที่ลุ่มน้ำ จึงไม่นิยมเก็บวัดจากพื้นที่จริง แต่มักจะใช้ค่าดัชนีที่เรียกว่า Antecedent Precipitation Index หรือค่า API เป็นตัวแทน ค่า API นี้จะมีความสัมพันธ์กับปัจจัยต่าง ๆ อาทิ ปริมาณน้ำฝน การระเหยน้ำ และปริมาณน้ำใต้ดิน เป็นต้น

เนื่องจากปริมาณน้ำฝนเป็นข้อมูลที่เก็บวัดได้ง่าย และมีบทบาทโดยตรงต่อปริมาณความชื้นในดิน จึงนิยมใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเป็นตัวหาค่าดัชนีความชื้นที่มีอยู่ก่อนในดิน โดยมีรูปแบบของสมการคณิตศาสตร์ที่ใช้หาดังต่อไปนี้ คือ

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

$$Pa = a.P0 + b.P1 + c.P2 \quad (2-28)$$

เมื่อ Pa เป็นค่า API มีหน่วยเป็น มม.
P0, P1 และ P2 เป็นค่าปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตกในปีนั้น, ตกในปีที่แล้ว,
และตกเมื่อสองปีก่อน
a, b และ c เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่รวมกันแล้วมีค่าเท่ากับ 1

ต่อมาได้มีการพัฒนาสมการที่ (2-28) มาใช้กับฝนที่ตกในแต่ละครั้ง โดยมีรูปแบบ
ดังนี้ คือ

$$Pa = b1.P1 + b2.P2... + ...bt.Pt \quad (2-29)$$

เมื่อ Pt เป็นปริมาณน้ำฝนที่ตกก่อนหน้า t วัน ส่วนค่า b เป็น
ค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นฟังก์ชันกับค่า t

จากการศึกษาของ Linsley et al.(1982) พบว่าปริมาณความชื้นในดิน ที่เกิดขึ้น
จากการสะสมของฝนที่ตกลงมาในแต่ละครั้ง โดยปกติจะมีค่าลดลงตามช่วงระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้นหลังจากฝน
หยุดตก ทั้งนี้ลักษณะของการลดลงจะเป็นไปในรูปของ logarithm ซึ่งสามารถอธิบายออกมาเป็นสมการ
คณิตศาสตร์ได้ดังต่อไปนี้ คือ

$$API_{(t)} = API_{(0)} \cdot K_{(t)} \quad (2-30)$$

เมื่อ $API_{(0)}$ เป็นค่าเริ่มต้นของ API
 $API_{(t)}$ เป็นค่าของ $API_{(0)}$ ที่ลดลงตามเวลา t
 $K_{(t)}$ เป็นค่าคูณลดคงที่ ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.85 ถึง 0.98

จากสมการที่ (2-30) เมื่อจะคิดหาค่า API ในลักษณะวันต่อวันแล้ว รูปแบบของ
สมการจะเปลี่ยนแปลงไปเป็น

$$API_{(t)} = API_{(t-1)} \cdot K_{(t)} \quad (2-31)$$

นั่นคือค่าดัชนีความชื้นที่มีอยู่ก่อนในดินของวันใด ๆ ($API_{(t)}$) จะมีค่าเท่ากับดัชนี
ความชื้นในดินของวันก่อนหน้า ($API_{(t-1)}$) คูณด้วยค่าคูณลดคงที่ (K) หรือค่า $K_{(t)}$ โดยที่ค่า k จะเป็นฟังก์ชันกับ
ปริมาณการคายระเหยน้ำ (evapotranspiration) ในกรณีในวันดังกล่าวมีฝนตกลงมา ค่าดัชนีความชื้นที่มีอยู่
ก่อนในดิน จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาด้วย ทำให้รูปแบบของสมการที่ (2-31) เปลี่ยนแปลง
ไปเป็นสมการที่ 2-32

$$PI_{(t)} = (API_{(t-1)} \cdot K_{(t)}) + P_{(t)} \quad (2-32)$$

เมื่อ	$API_{(t)}$	เป็นค่า API ของวันที่ t (มม.)
	$API_{(t-1)}$	เป็นค่า API ของวันก่อนหน้า หรือ t-1 (มม.)
	$P_{(t)}$	เป็นปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในวันนั้น (มม.)
	$K_{(t)}$	เป็นค่า recession constant ที่หาได้จาก

$$K_{(t)} = e^{- (Et_{(t)}/Wm_{(t)})} \quad (2-33)$$

เมื่อ	$Et_{(t)}$	เป็นค่าการคายระเหยน้ำสูงสุดของวันที่ t (มม.)
	$Wm_{(t)}$	เป็นค่าสูงสุดของปริมาณน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการคายระเหยน้ำ หรือ maximum soil water available ของวันที่ t (มม.) (Bothale et al., 2005) $(WHC/100) \times B.D. \times 100$
	WHC	Water Holding Capacity (%)
	B.D	Bulk Density of soil (g/cm^3)

การหาค่า Water Holding Capacity (WHC) จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยการทดสอบกับตัวอย่างดินที่เก็บแบบคงสภาพ 2 ตัวอย่าง เพื่อหาปริมาณน้ำในมวลดินสองสถานะคือ ปริมาณน้ำในมวลดินสถานะดินอิ่มตัว (Saturation) และปริมาณน้ำในมวลดินสถานะที่ปล่อยให้ดินแห้ง ณ อุณหภูมิห้องเรียกว่า Field Capacity (FC) โดยปริมาณน้ำทั้งสองสถานะนำไปคำนวณหาค่า Water Holding Capacity (WHC) จากความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2-34

$$WHC = Saturation-FC \quad (2-34)$$

การคำนวณหาค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API_t) ณ เวลาใดๆ ประกอบด้วย การวิเคราะห์ค่าการคายระเหยน้ำของพืชเฉลี่ยรายวัน การวิเคราะห์ค่าสูงสุดของปริมาณน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการคายระเหยน้ำ และการวิเคราะห์อัตราส่วนการลดของปริมาณน้ำในดิน ดังนี้

ก) การวิเคราะห์หาค่าการคายระเหยน้ำสูงสุด

การวิเคราะห์ค่าการคายระเหยน้ำสูงสุด โดยการใช้ข้อมูลภูมิอากาศ อาทิเช่น ข้อมูลอุณหภูมิของอากาศ (สูงสุด ต่ำสุด เฉลี่ย) ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (เฉลี่ย) ความเร็วลมผิวดินหรือที่ระดับ 2.00 เมตร (เฉลี่ย) และจำนวนชั่วโมงแสงแดด หรือค่าความครึ้มเมฆ (เฉลี่ย) นำมาคำนวณค่าการคายระเหยน้ำสูงสุดด้วยวิธี FAO Penman Monteith ซึ่งมีสมการดังนี้

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 U_2)} \quad (2-35)$$

เมื่อ	ET _o	=	ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มม./วัน)
	R _n	=	ปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ทั้งหมดที่พืชได้รับ (MJ/m ² /d)
	G	=	flux ค่าความร้อนของพื้นดิน (MJ/m ² /d)
	T	=	อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ย (°C)
	Δ	=	ค่าความลาดเทของเส้น curve แรงดันไอ (kPa/°C)
	γ	=	ค่าคงที่ของ psychrometric (kPa/°C)
	U ₂	=	ค่าความเร็วลมที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 2 ม. (m/s)
	(e _a - e _d)	=	ค่าความต่างของแรงดันไอ (kPa)
	900	=	factor ปรับแก้

ข) ปริมาณน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการคายระเหยน้ำ

คำนวณค่าสูงสุดของปริมาณน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการคายระเหยน้ำ (Maximum Soil Moisture Available for Evaporation, W_m) โดยค่าดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นของดิน (Bulk Density, BD) และค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (Water Holding Capacity, WHC) ซึ่งหาได้จากการเก็บตัวอย่างดินและทำการวิเคราะห์คุณสมบัติดินพื้นฐานจากห้องปฏิบัติการของตัวอย่างดินในพื้นที่ศึกษาจากข้อมูล “โครงการกำหนดค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (Antecedent Precipitation Index : API) เพื่อสนับสนุนการเตือนภัยล่วงหน้าน้ำท่วมฉับพลันและแผ่นดินถล่ม” ของกรมทรัพยากรน้ำ

ค) อัตราส่วนการลดของปริมาณน้ำในดิน (K)

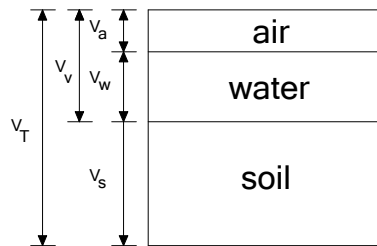
จากค่าการคายระเหยน้ำสูงสุดและค่าสูงสุดของปริมาณน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการคายระเหยน้ำ (W_m) นำมาคำนวณหาอัตราส่วนการลดของปริมาณน้ำในดิน (K) ได้ตามสมการที่ 2-33

2.3.3.2 ทฤษฎีการเตือนภัยดินถล่มเชิงพื้นที่โดยค่า API

การนำค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินหรือค่า API มาใช้สำหรับการเตือนภัยด้านดินถล่มในเชิงพื้นที่ที่มีความเหมาะสม เนื่องจากค่า API ได้พิจารณาความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน การระเหยและปัจจัยอื่นๆ ที่สอดคล้องกับสภาวะธรรมชาติหรืออีกนัยหนึ่ง คือ เป็นการพิจารณาการคำนวณค่าปริมาณน้ำฝนที่สะสมในมวลดินที่มีผลโดยตรงต่อการลดกำลังรับแรงเฉือนของดิน อีกทั้ง ยังได้แนวคิดจากการที่กรมทรัพยากรน้ำได้เริ่มนำค่าดัชนีความชุ่มชื้นในดิน (API) มาใช้ในการเฝ้าระวังภัยน้ำท่วม/ดินถล่ม อีกด้วย ซึ่งการใช้ค่า API ในการเตือนภัยดินถล่มจำเป็นต้องทราบถึงค่า API_{cr} (ค่าวิกฤติ) สำหรับการเกิดดินถล่ม โดยสามารถคำนวณได้ด้วยวิธีการทางธรณีเทคนิค ดังต่อไปนี้

ก) การประมาณค่า API โดยอาศัยหลักทฤษฎีทางธรณีเทคนิค

สุทธิศักดิ์และคณะ(2552) และวรวัชร(2552) ซึ่งได้เสนอการคำนวณหาค่า ปริมาณน้ำหรือค่า API จากความสัมพันธ์ของระดับความอิ่มตัว ปริมาณน้ำที่ได้จะมีค่าสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับ ปริมาณช่องว่างในมวลดินหรือความพรุนของดิน และความหนาของชั้นดิน รูปที่ 2-45 แสดงส่วนประกอบของ มวลดิน ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน อันได้แก่ ส่วนที่มีสถานะเป็นของแข็ง คือ เนื้อดิน ส่วนที่มีสถานะ เป็นของเหลว คือ น้ำในมวลดิน และส่วนที่มีสถานะเป็นก๊าซ คือ อากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่างๆ ของมวลดินนั้นสามารถหาค่าปริมาณน้ำหรือค่า API ดังความสัมพันธ์จากสมการที่ 2-36 ถึงสมการที่ 2-43



รูปที่ 2-45 ผังแสดงส่วนประกอบของดิน

ที่มา: Fredlund and Morganstern (1977)

1. ความพรุน (Porosity) ;
$$n = \frac{V_v}{V_T} \quad (2-36)$$

2. Volumetric water content;
$$\theta = \frac{V_w}{V_T} \quad (2-37)$$

3. ระดับความอิ่มตัว (Degree of saturation)
$$Sr = \frac{V_w}{V_v} \quad (2-38)$$

จากสมการที่ 2-36 จัดรูปใหม่จะได้
$$V_v = nV_T \quad (2-39)$$

จากสมการที่ 2-38 จัดรูปใหม่จะได้
$$V_w = \theta V_T \quad (2-40)$$

ดังนั้นนำสมการที่ 2-39 และ 2-40 แทนค่าลงในสมการที่ 2-38 จะได้

$$Sr = \frac{\theta V_T}{nV_T} \quad (2-41)$$

จัดรูปสมการที่ 2-41 ใหม่จะได้ว่า
$$\theta = nSr \quad (2-42)$$

จากสมการที่ 2-42 สามารถนำไปหาค่า API ได้จากความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2-43

$$API_T = nSrT \quad (2-43)$$

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

เมื่อ	API_T	=	ดัชนีความชุ่มชื้นของดิน พิจารณาความหนาของชั้นดินเท่ากับ T (mm.)
	V_T	=	ปริมาตรของดินทั้งหมด (m^3)
	V_S	=	ปริมาตรของเม็ดดิน (m^3)
	V_v	=	ปริมาตรของช่องว่าง (m^3)
	V_w	=	ปริมาตรของน้ำ (m^3)
	V_a	=	ปริมาตรของอากาศ (m^3)
	T	=	ความหนาของชั้นดิน (mm.)

ข) การหาค่า API วิกฤติโดยอาศัยหลักทฤษฎีทางธรณีเทคนิค

การคำนวณค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤติสามารถหาได้จากสมการที่ 2-44 โดยมีองค์ประกอบสำคัญในการคำนวณอยู่ 3 ส่วน คือ ค่าความพรุนของดิน (Porosity, n) ซึ่งได้จากการคำนวณตามความสัมพันธ์ของอัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratio, e) ของตัวอย่างที่เก็บด้วยกระบอกเก็บตัวอย่างแบบคงสภาพ (Undisturbed Sample) ระดับความอิ่มตัวของดินวิกฤติ (Critical Degree of Saturation, Sr_{cr}) และความหนาวิกฤติของชั้นดินถึงผิวการเคลื่อนพัง (Critical Thickness, T_{cr})

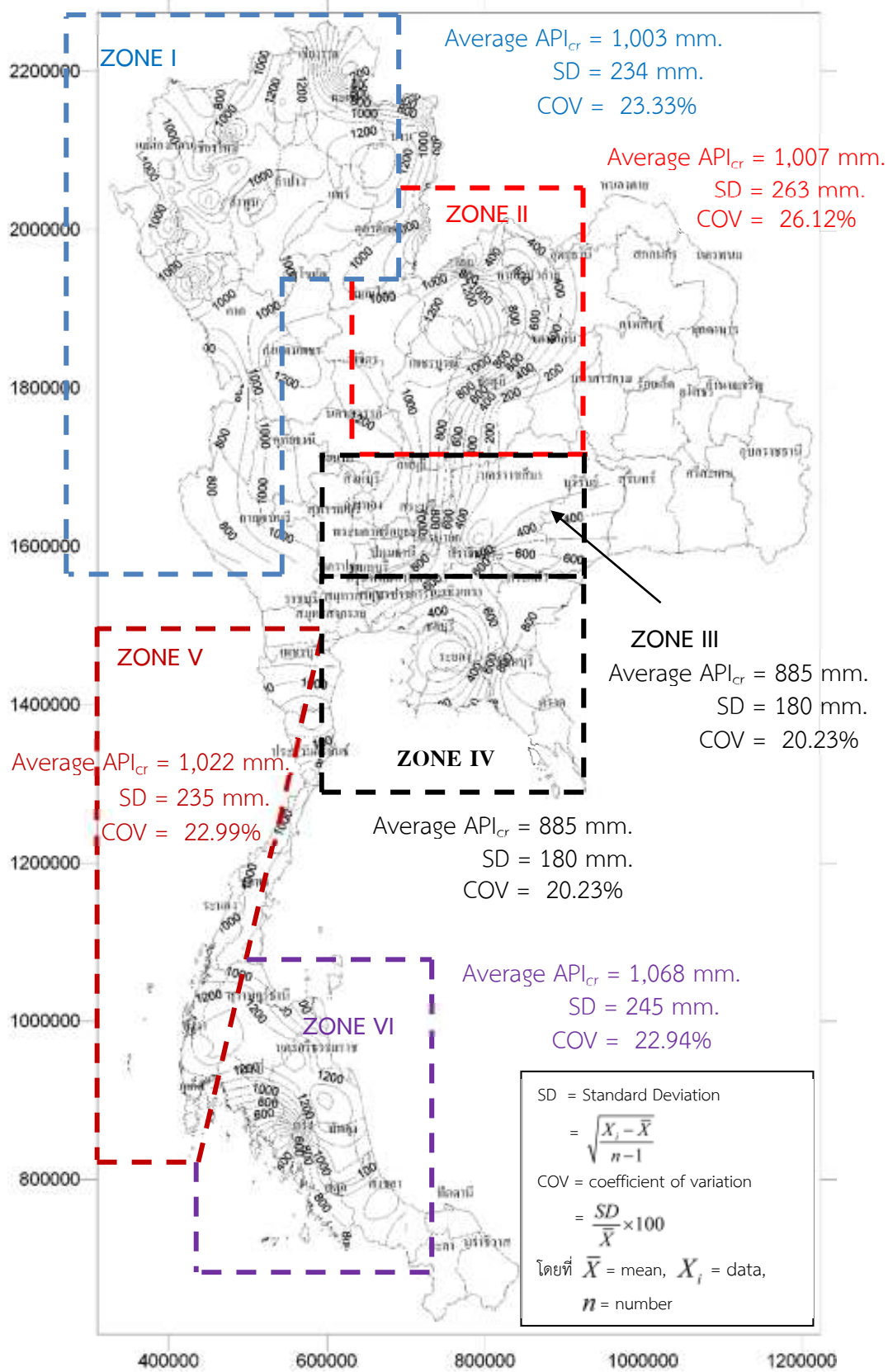
$$API_{cr} = nSr_{cr}T_{cr} \quad (2-44)$$

เมื่อ	API_{cr}	=	ดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤติ (mm.)
	n	=	ความพรุนของดิน (Porosity)
	Sr_{cr}	=	ระดับความอิ่มตัวของดินวิกฤติ (%)
	T_{cr}	=	ความหนาชั้นดินถึงผิวการเคลื่อนพัง (mm.)

สุทธิศักดิ์และคณะ(2552), วรวัชร(2552) ได้ศึกษาถึงค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤติ (API_{cr}) โดยคำนวณจากความสัมพันธ์องค์ประกอบของมวลดินทางด้านธรณีวิศวกรรม และได้จัดกลุ่มพื้นที่ในการเตือนภัยดินถล่มตามลักษณะสภาพภูมิประเทศ ธรณีวิทยาและค่าน้ำฝนสะสมวิกฤติ API_{cr} สร้างเป็นข้อมูลเส้นชั้นดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤติ (API_{cr} Contour) ของทั้งประเทศออกเป็น 6 กลุ่ม พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 800-1,000 มม. และมีสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนประมาณร้อยละ 20 ดังแสดงในรูปที่ 2-46

การเลือกใช้วิธีการประเมินพื้นที่โอกาสเกิดดินถล่มที่เหมาะสมทั้ง วิธีการเชิงคุณภาพ (qualitative method) และเชิงปริมาณ (quantitative method) นั้น เป็นการสร้างและพัฒนาองค์ความรู้ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญสำหรับทางภาครัฐในการวางแผนบรรเทาหรือป้องกันภัยที่จะเกิดขึ้นจากเหตุการณ์ดินถล่มได้ ซึ่งได้ทำการสรุปข้อดี-ข้อด้อย ของผลการศึกษาการประเมินพื้นที่โอกาสเกิดดินถล่มด้วย

วิธีต่างๆ ตามตารางที่ 2-6 จากการรวบรวมบททวนเอกสาร งานวิจัย แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาแบบจำลองในการวิเคราะห์การเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน โดยตัวแปรสำคัญในการกระตุ้นให้เกิดพิบัติภัยดังกล่าวคือ ปริมาณน้ำฝน ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกัน หากแต่การนำวิธีการใดวิธีการหนึ่งมาใช้ในการศึกษาสำหรับโครงการนี้ อาจจะไม่เหมาะสมนัก ดังนั้น คณะที่ปรึกษาได้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางธรณีเทคนิคร่วมกับวิธีการทางสถิติ ซึ่งเรียกว่า วิธีการกึ่งสถิติ (Se-mi Statistical Model) ซึ่งจะสอดคล้องกับลักษณะของข้อมูลการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS ซึ่งเป็นการจำลองภูมิอากาศอนาคตในภาพรวมของพื้นที่ เพื่อเป็นการคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนต่อการเกิดดินถล่มเชิงพื้นที่ในปีอนาคต



รูปที่ 2-46 เส้นชั้นดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤติ

ที่มา: วรวัชร (2552)

ตารางที่ 2-6 ข้อดี-ข้อด้อย การประเมินพื้นที่โอกาสเกิดดินถล่มวิธีต่างๆ

วิธีการศึกษา	ข้อดี	ข้อด้อย
วิธีประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ (expert method)	<ol style="list-style-type: none"> ประเมินเชิงคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ พิจารณาจากปัจจัยพื้นฐาน เหตุการณ์เกิดดินถล่มในอดีต 	<ol style="list-style-type: none"> ไม่สามารถทำซ้ำหรือตรวจสอบโดยผู้ประเมินท่านอื่น ความน่าเชื่อถือขึ้นอยู่กับทักษะและประสบการณ์ ส่วนใหญ่เป็นการประเมินภายหลังจากการเกิดดินถล่ม
วิธีดัชนีปัจจัยรวม (weighted factor index method)	<ol style="list-style-type: none"> ประเมินจากปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม ให้ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighting) ในแต่ละปัจจัยตาม ความสำคัญ 	<ol style="list-style-type: none"> ต้องใช้ความรู้และประสบการณ์เฉพาะในพื้นที่เป็นอย่างมาก
วิธีทางธรณีเทคนิค (geotechnical engineering method)	<ol style="list-style-type: none"> เป็นการวิเคราะห์หาอัตราส่วนปลอดภัย (Safety factor) ของลาดดิน 	<ol style="list-style-type: none"> เหมาะสำหรับลาดดินที่ยาวและดินมีความลึกไม่มาก และมีคุณสมบัติเหมือนกันตลอดความยาวของลาดดิน ผลวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของดิน ซึ่งความคลาดเคลื่อนสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดทุกขั้นตอนการดำเนินงาน อาจมีการตัดปัจจัยบางประการออก เนื่องจากข้อจำกัดในการสำรวจ และทดสอบ
วิธีการประเมินโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ (statistical approach)	<ol style="list-style-type: none"> ประเมินจากการรวบรวมปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่มในอดีต วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยกับการเกิดดินถล่มโดยวิธีการทางสถิติ พยากรณ์ในพื้นที่ซึ่งมีสภาพพื้นที่ใกล้เคียงกันได้ 	<ol style="list-style-type: none"> การวิเคราะห์ข้อมูลที่หลากหลาย ปริมาณงานมาก ต้องการรายละเอียดของร่องรอยการเกิดดินถล่ม (Landslide inventory) ที่มีเหตุการณ์เกิดแผ่นดินถล่มเป็นจำนวนมาก

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานศึกษาและข้อมูลที่ใช้ศึกษา

3.1 วิธีการดำเนินการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน

3.1.1 วิธีและขั้นตอนการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อปริมาณฝนในพื้นที่ศึกษา

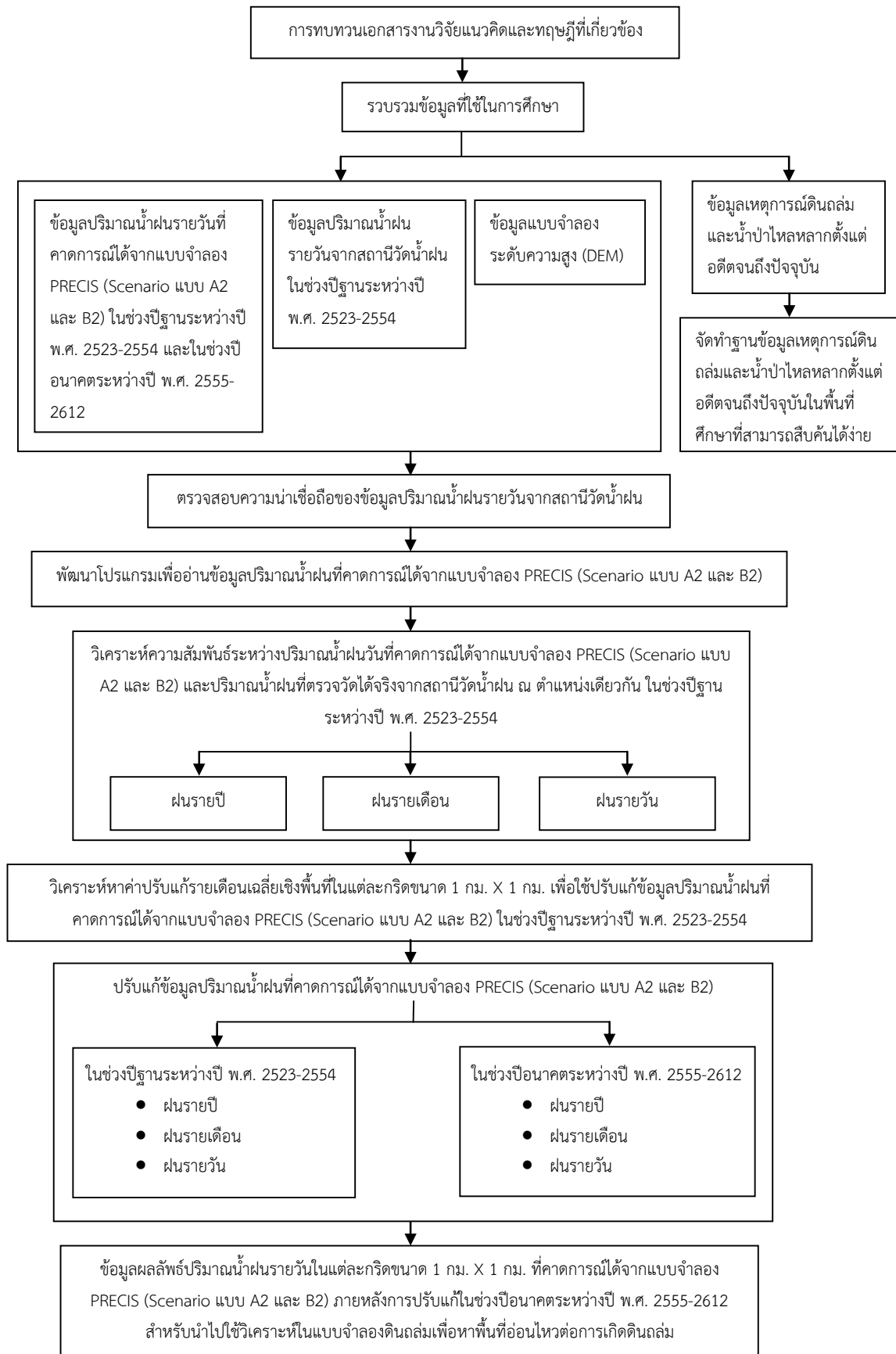
ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ขอบเขตลุ่มน้ำภาคเหนือทั้ง 7 ลุ่มน้ำ ได้แก่ สาละวิน โขงเหนือ กก ปิง วัง ยม น่าน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงข้อมูลปริมาณน้ำฝนเนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อน โดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS ซึ่งจำลองภูมิอากาศอนาคตโดยใช้ข้อมูลตั้งต้นจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM4 โดยคัดเลือกภาพฉายภูมิอากาศภายใต้สถานการณ์ที่ก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงตามข้อกำหนด IPCC (SRES Scenario) ในอนาคต 2 รูปแบบ ได้แก่ A2 และ B2 ซึ่งทำการศึกษาโดยศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Southeast Asia START Regional Center, START) ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612

การศึกษาคั้งนี้จะทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS ภายใต้สถานการณ์ที่ก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงตามข้อกำหนด IPCC (SRES Scenario) ของ Scenario แบบ A2 และ B2 กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จากสถานีวัดน้ำฝนที่กระจายตัวครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 เพื่อหาค่าปรับแก้ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละช่วงเวลาและพื้นที่ ซึ่งได้รับผลกระทบเนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาลและลักษณะภูมิประเทศที่ต่างกันส่งผลให้ค่าปรับแก้ในแต่ละช่วงเวลาและแต่ละพื้นที่มีค่าแตกต่างกันด้วย ซึ่งค่าปรับแก้ดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ปรับแก้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เพื่อเพิ่มความถูกต้องของข้อมูลปริมาณน้ำฝนซึ่งข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ปรับแก้แล้วจะถูกนำไปใช้วิเคราะห์ในแบบจำลองดินถล่มต่อไป

วิธีและขั้นตอนในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงข้อมูลปริมาณน้ำฝนเนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อน แสดงดังในรูปที่ 3-1

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

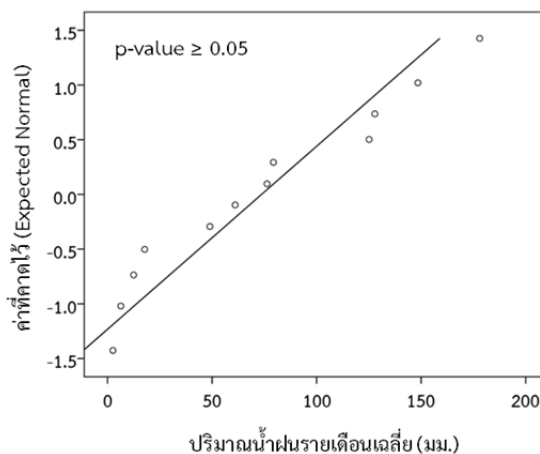


รูปที่ 3-1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน

โดยรายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนมีดังต่อไปนี้

3.1.1.1 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน

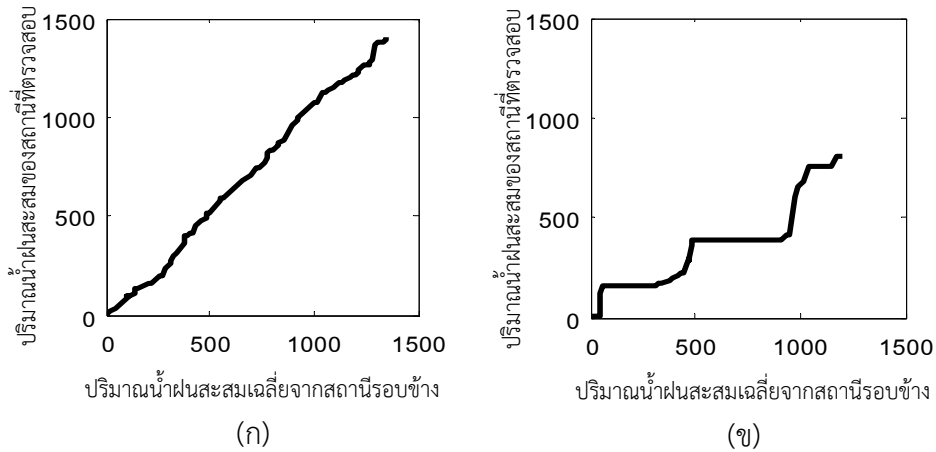
การศึกษารังนี้ได้ทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ศึกษาด้วยวิธี Double mass curve ซึ่งข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบความน่าเชื่อถือจะถูกคัดเลือกเพื่อนำมาใช้ในการศึกษาโดยพิจารณาจากเกณฑ์ดังนี้ 1) ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีจะต้องกระจายตัวครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา, 2) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนจะต้องมีการเก็บข้อมูลในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และ 3) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยในแต่ละเดือนของสถานีน้ำฝนจะต้องมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal distribution) โดยทำการทดสอบทางสถิติด้วยวิธี Shapiro-Wilk ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p\text{-value} \geq 0.05$) ตัวอย่างสถานีวัดน้ำฝนที่มีการกระจายตัวแบบปกติแสดงในรูปที่ 3-2



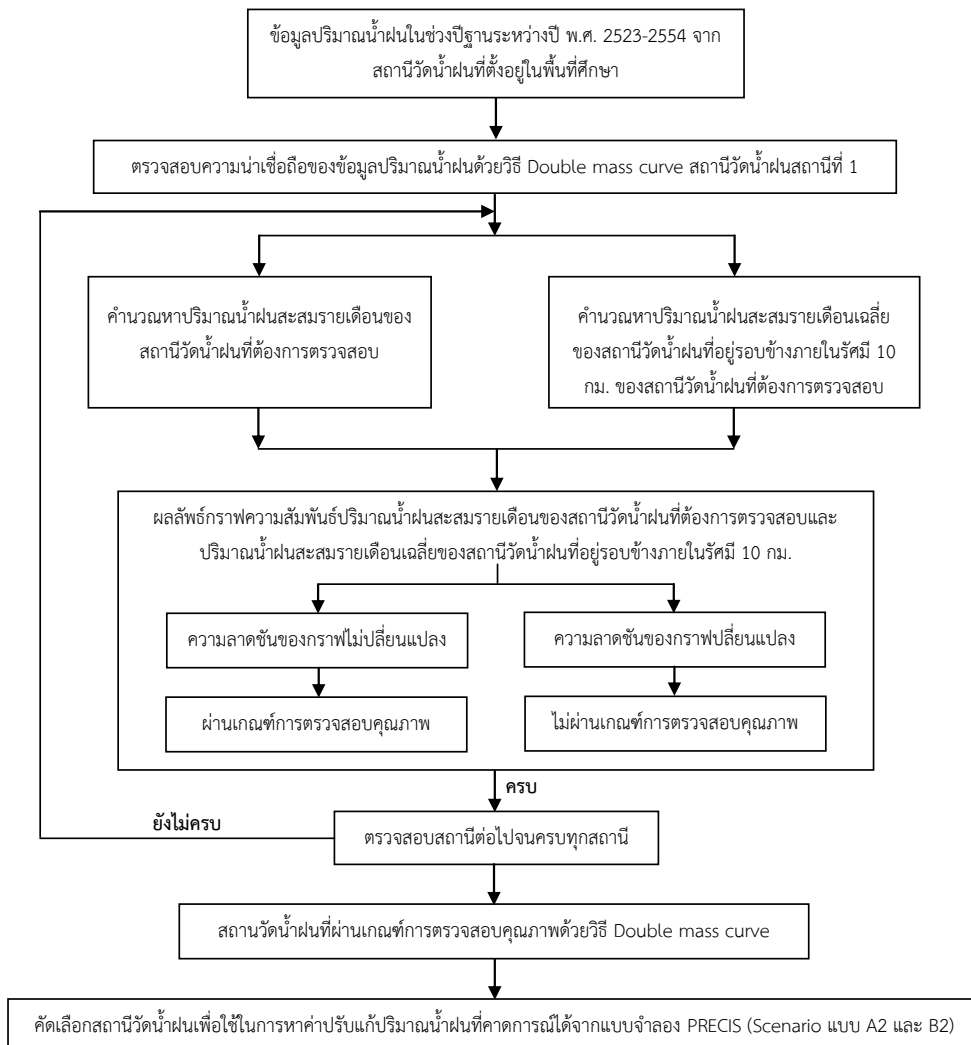
รูปที่ 3-2 แสดงตัวอย่างข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนที่มีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal distribution)

สถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านการคัดเลือกจะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบA2 และ B2) โดยใช้ข้อมูลในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

วิธี Double mass curve ที่ใช้ตรวจสอบความน่าเชื่อถือได้ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสถานีใดสถานีหนึ่งนั้น จะทำโดยการเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนของสถานีที่ต้องการตรวจสอบกับค่าปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนที่เฉลี่ยมาจากสถานีที่อยู่รอบข้างภายในรัศมี 10 กม. ถ้าข้อมูลปริมาณน้ำฝนของสถานีที่ต้องการตรวจสอบพร้อมทั้งสถานีรอบข้าง ความลาดชันของเส้นกราฟ Double mass จะต้องไม่เปลี่ยนแปลง ตัวอย่างสถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านการตรวจสอบและไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลปริมาณน้ำฝนแสดงไว้ในรูปที่ 3-3 สำหรับขั้นตอนการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนแสดงในรูปที่ 3-4



รูปที่ 3-3 แสดงตัวอย่างข้อมูลสถานีวัดน้ำฝน (ก) ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบคุณภาพ และ (ข) ไม่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบคุณภาพ ด้วยวิธี Double mass curve



รูปที่ 3-4 แสดงขั้นตอนการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ศึกษา

3.1.1.2 การพัฒนาโปรแกรมเพื่ออ่านข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2)

โครงการวิจัยฯ ได้พัฒนาโปรแกรมเพื่ออ่านข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ซึ่งได้จากการศึกษาของ Southeast Asia START Regional Center (START) ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 สำหรับนำไปใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงข้อมูลปริมาณน้ำฝนเนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อนในพื้นที่ศึกษาต่อไป

3.1.1.3 การศึกษาวิธีการปรับแก้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS

เนื่องจากการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคตบนพื้นฐานของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศนั้นมีข้อจำกัดที่มักเกิดความคลาดเคลื่อนได้เนื่องจากข้อจำกัดของแบบจำลองหลายประการ ดังนั้นการนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS ไปใช้จำเป็นต้องมีการทดสอบความถูกต้องของข้อมูล (ที่มา: ศุภกรและคณะ, 2553) ตลอดจนศึกษาวิธีการปรับแก้ข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับแต่ละช่วงเวลาและตามลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาที่แตกต่างกัน เพื่อให้ผลลัพธ์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) มีความสอดคล้องกับข้อมูลที่ตรวจวัดได้จริง

ดังนั้นการศึกษารังนี้จึงได้ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันที่กระจายตัวครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนแบบรายปี รายเดือน และรายวัน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) โดยพิจารณาจากค่าทางสถิติดังนี้

1) ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) และปริมาณฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานี โดยใช้วิธีการแจกแจงความถี่แบบกัมเบล (Gumbel distribution) ซึ่งมีรายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ก.1

2) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) และปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานี โดยรายละเอียดของการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แสดงไว้ในภาคผนวก ก.2

ผลลัพธ์ดังกล่าวจะถูกใช้เป็นแนวทางในการหาค่าปรับแก้ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละช่วงเวลาและพื้นที่ซึ่งได้รับผลกระทบเนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาลและลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน และจากข้อเสนอแนะของ START ในการนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS ไปใช้พิจารณาถึงภาพรวมของการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่งๆ ที่ยาวพอสมควร แต่ไม่ควรใช้งานโดยยึดถือปี ค.ศ. แต่ละปีเป็นการเฉพาะ เนื่องจากปี ค.ศ. ที่แบบจำลองสภาพภูมิอากาศทำการคำนวณสภาพอากาศอนาคตออกมาไม่ใช่ปีปฏิทินจริง และจำนวนวันในรอบปีจากแบบจำลองมีเพียง 360 วันเท่านั้น (ที่มา: http://cc.start.or.th/index_th.asp) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงพิจารณาหาค่าปรับแก้รายเดือนเฉลี่ยในแต่ละเดือน ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และผลลัพธ์ของค่าปรับแก้ดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Kriging ร่วมกับแบบจำลอง Semivariogram ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละกริด (Grid) ขนาด 1 กม. x 1 กม. เพื่อใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนรายวันในช่วงเดือนที่พิจารณาจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ซึ่งรายละเอียดของวิธี Kriging และแบบจำลอง Semivariogram แสดงไว้ในภาคผนวก ก.3 โดยผลลัพธ์ปริมาณน้ำฝนภายหลังการปรับแก้ที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) จะถูกนำมาตรวจสอบประสิทธิภาพของค่าปรับแก้กับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 โดยพิจารณาเปรียบเทียบค่าทางสถิติของข้อมูลปริมาณน้ำฝนแบบรายปี รายเดือน และรายวัน

ประยุกต์ใช้ค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละกริด (Grid) ขนาด 1 กม. x 1 กม. ในการปรับแก้ปริมาณน้ำฝนรายวันจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เพื่อเพิ่มความถูกต้องของข้อมูลปริมาณน้ำฝนผลลัพธ์ของข้อมูลน้ำฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ภายหลังการปรับแก้จะนำเสนอในรูปผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1) ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายปี รายเดือน และรายวันที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 และในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานีวัดน้ำฝน

2) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันในแต่ละกริด (Grid) ขนาด 1 กม. x 1 กม. ที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันในแต่ละกริด (Grid) ขนาด 1 กม. x 1 กม. ที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ภายหลังการปรับแก้จะถูกนำไปใช้วิเคราะห์ในแบบจำลองดินถล่มต่อไป

ขั้นตอนการศึกษาวิธีการปรับแก้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1: วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ ตำแหน่งเดียวกันและตรวจวัดในช่วงเวลาเดียวกัน สำหรับสถานีวัดน้ำฝนแต่ละสถานี ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) และ เพื่อศึกษาวิธีการปรับแก้ข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับแต่ละช่วงเวลาและพื้นที่ซึ่งได้รับผลกระทบเนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาลและลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนแบบรายปี รายเดือน และรายวัน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ปริมาณน้ำฝนรายปี

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ได้พิจารณาความสัมพันธ์จากค่าทางสถิติดังนี้

- กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝน ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) และปริมาณฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานี
- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) และปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานี

2) ปริมาณน้ำฝนรายเดือน

- วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) และปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานี โดยพิจารณาจากค่าทางสถิติ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนแบบรายปี

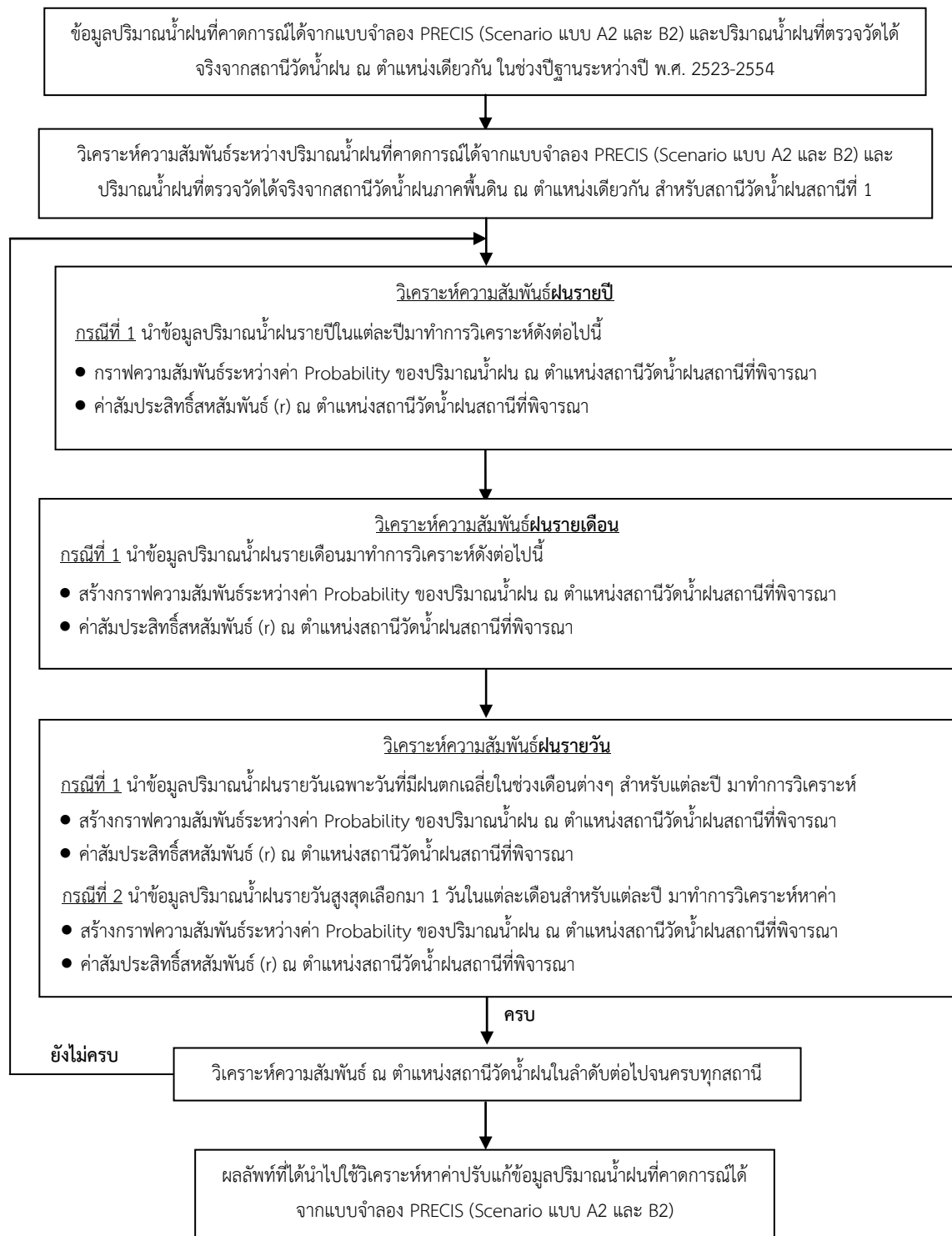
3) ปริมาณน้ำฝนรายวัน

- วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยในช่วงเดือนต่างๆ ของแต่ละปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) และปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยในช่วงเดือนต่างๆ ของ

แต่ละปี ที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานี โดยพิจารณาจากค่าทางสถิติเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนแบบรายปี

- วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปีที่เกิดเหตุการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) และปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปี ที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานี โดยพิจารณาจากค่าทางสถิติเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนแบบรายปี

ขั้นตอนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่เกิดเหตุการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนแสดงในรูปที่ 3-5



รูปที่ 3-5 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน

ขั้นตอนที่ 2: ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่ได้จากในขั้นตอนที่ 1 จะนำมาใช้วิเคราะห์หาค่าปรับแก้ที่เหมาะสมตามลักษณะของพื้นที่และเวลาของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) โดยมีรายละเอียดของการวิเคราะห์หาค่าปรับแก้ดังนี้

1) คำนวณหาค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนในแต่ละเดือน ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. คำนวณหาปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยในแต่ละวันในช่วงปีฐานของข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) และปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนสำหรับสถานีวัดน้ำฝนแต่ละสถานี
2. คำนวณหาจำนวนวันที่ฝนตกในช่วงปีฐานจากข้อมูลในข้อ 1) ในแต่ละเดือนของข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) และปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนสำหรับสถานีวัดน้ำฝนแต่ละสถานี (หมายเหตุ : วันที่มีฝนตกพิจารณาจากปริมาณฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินที่มีปริมาณฝนสะสมในวันดังกล่าว ≥ 0.1 มม.)
3. คำนวณหาปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนในแต่ละเดือนในช่วงปีฐานจากข้อมูลในข้อ 2) ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) และปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนสำหรับสถานีวัดน้ำฝนแต่ละสถานี

2) คำนวณหาค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนในแต่ละเดือนในช่วงปีฐานของข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) และปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนสำหรับสถานีวัดน้ำฝนแต่ละสถานี โดยสามารถหาค่าได้จากสมการ

$$(G/P)_{i,j} = \frac{\overline{G}_{i,j}}{P_{i,j}} \quad (3-1)$$

โดยที่ $(G/P)_{i,j}$ = แฟคเตอร์การปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนของสถานีวัดน้ำฝน i ณ เวลาเดือน j
 $\overline{G}_{i,j}$ = ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำฝน i ณ เวลาเดือน j
 $\overline{P}_{i,j}$ = ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ที่ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝน i ณ เวลาเดือน j

- คำนวณหาค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ในแต่ละกริด (Grid) ขนาด 1 กม. x 1 กม. เพื่อใช้ปรับแก้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS โดยใช้ข้อมูลค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนในแต่ละสถานีวัดน้ำฝนที่คำนวณได้ในข้อ 4) โดยประยุกต์ใช้วิธีสถิติเชิงพื้นที่ในการประเมินหาค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Kriging ร่วมกับแบบจำลอง Semivariogram model ที่เหมาะสมที่พิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อความสัมพันธ์ของค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ ผลลัพธ์ค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ ที่หาค่าได้ถูกนำไปวิเคราะห์หาค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนในแต่ละกริดเพื่อใช้ปรับแก้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS โดยมีหลักการในการวิเคราะห์หาค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนในแต่ละกริดดังนี้

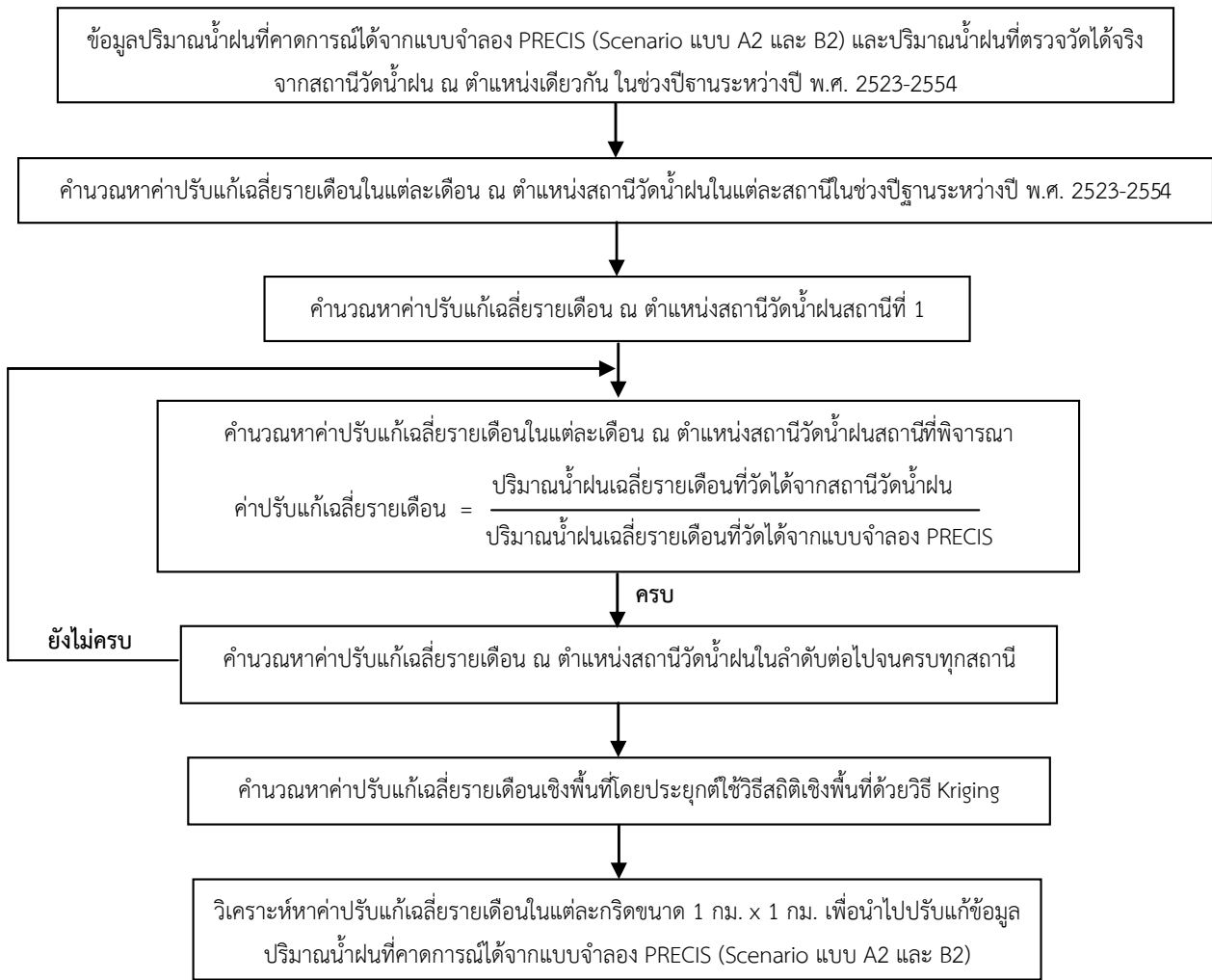
3) ภายในกริดจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS ที่พิจารณามีค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนที่คำนวณได้จากวิธีสถิติเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Kriging ค่าเดียว ค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนในกริดดังกล่าวมีค่าเท่ากับค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนที่คำนวณได้จากวิธีสถิติเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Kriging

- ภายในกริดจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS ที่พิจารณาขนาด 20 กม. x 20 กม. จะมีค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนที่คำนวณได้จากวิธีสถิติเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Kriging ขนาด 1 กม. x 1 กม. จำนวน 400 กริด โดยในแต่ละกริดจะมีค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือน 1 ค่า

ขั้นตอนการวิเคราะห์หาค่าปรับแก้ที่เหมาะสมตามลักษณะของพื้นที่และเวลาของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) แสดงในรูปแบบที่ 3-6

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ 3-6 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์หาค่าปรับแก้ที่เหมาะสมตามลักษณะของพื้นที่และเวลาของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2)

ขั้นตอนที่ 3: ตรวจสอบประสิทธิผลของค่าปรับแก้ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 โดยนำค่าปริมาณน้ำฝนรายวันในแต่ละกริดขนาด 20 กม. x 20 กม. ที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 คูณด้วยค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนในแต่ละกริดขนาด 1 กม. x 1 กม. ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 ผลลัพธ์ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ภายหลังจากการปรับแก้ถูกนำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานี แล้ววิเคราะห์ค่าทางสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนแบบรายปี รายเดือน และรายวัน โดยทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เป็น 5 กรณีนี ดังนี้

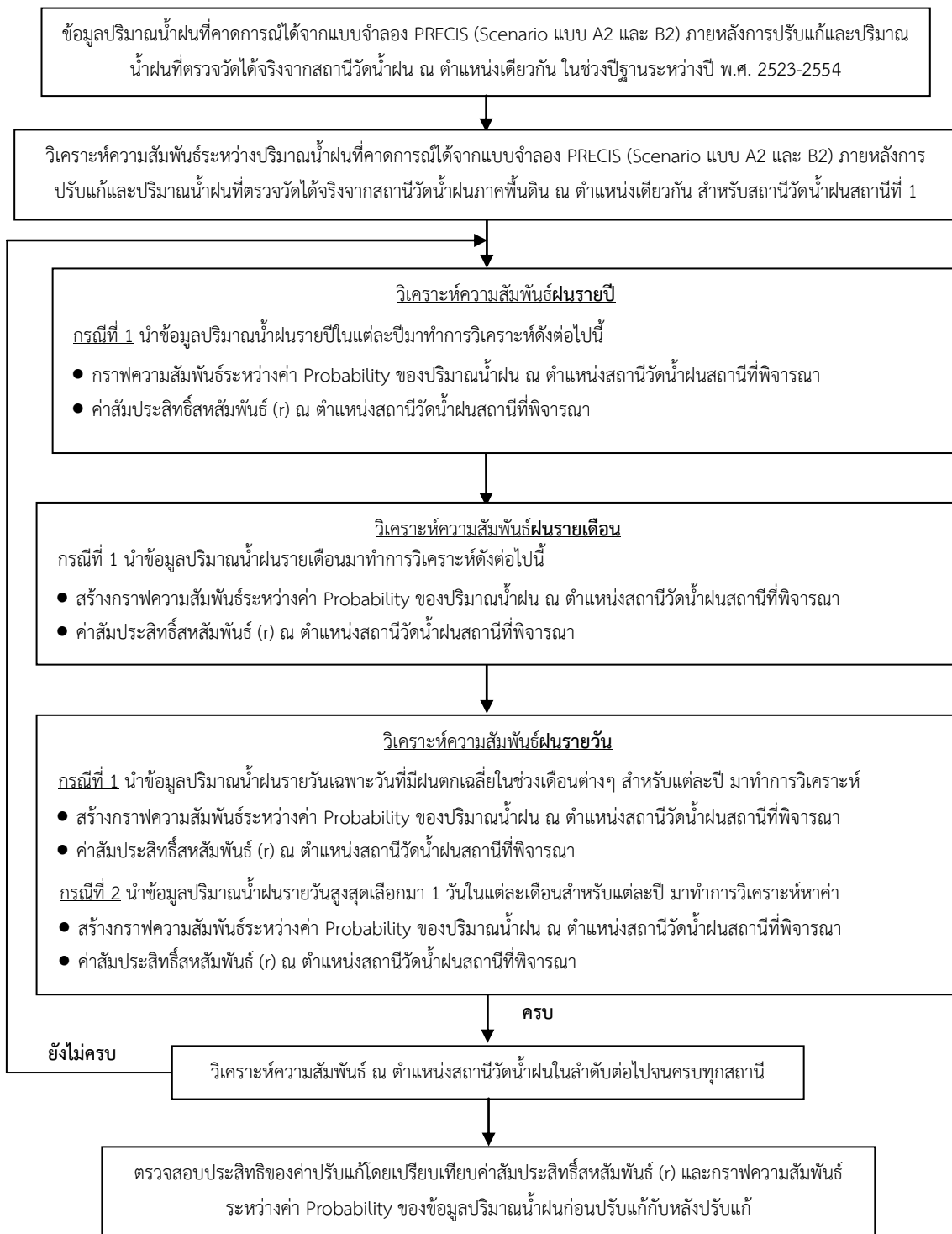
- 1) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายปีที่ปรับแก้แล้วที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานี
- 2) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ปรับแก้แล้วที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานี
- 3) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยในช่วงเดือนต่างๆ ของแต่ละปีที่ปรับแก้แล้วที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกในช่วงเดือนต่างๆ ของแต่ละปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานี
- 4) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปีที่ปรับแก้แล้วที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานี

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนหลังปรับแก้ของทั้ง 4 กรณีดังกล่าว จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนก่อนปรับแก้ของแต่ละกรณี เพื่อตรวจสอบประสิทธิผลของค่าปรับแก้ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 แล้วจึงนำค่าปรับแก้ที่ได้นี้ไปปรับแก้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปี อนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612

ขั้นตอนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่ปรับแก้แล้วที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนสำหรับตรวจสอบประสิทธิผลของค่าปรับแก้ แสดงในรูปที่ 3-7

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ 3-7 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่ปรับแก้แล้วที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน สำหรับตรวจสอบประสิทธิผลของค่าปรับแก้

ขั้นตอนที่ 4: เมื่อตรวจสอบประสิทธิผลของค่าปรับแก้ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 แล้ว จะนำค่าปรับแก้ที่ได้ไปปรับแก้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันในแต่ละกริดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 โดยนำค่าปริมาณน้ำฝนรายวันในแต่ละกริดขนาด 20 กม. x 20 กม. ที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) คูณด้วยค่าปรับเฉลี่ยรายเดือนในแต่ละกริดขนาด 1 กม. x 1 กม. เพื่อเป็นตัวแทนข้อมูลปริมาณน้ำฝนในอนาคต สำหรับนำไปใช้วิเคราะห์ในแบบจำลองดินถล่ม เพื่อหาพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดภัยดินถล่มต่อไป นอกจากนี้ผลลัพธ์ของปริมาณน้ำฝนภายหลังการปรับแก้จะถูกนำเสนอในรูปผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1) ผลลัพธ์ปริมาณน้ำฝนรายปี

- เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายปี ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ที่ปรับแก้แล้วที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับค่า Probability ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน
- นำเสนอแผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในแต่ละกริดที่ปรับแก้แล้วที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยที่ปรับแก้แล้วที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554
- นำเสนอแผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของปริมาณน้ำฝนรายปีในแต่ละกริดที่ปรับแก้แล้วที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำฝนรายปีที่ปรับแก้แล้วที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

2) ผลลัพธ์ปริมาณฝนรายเดือน

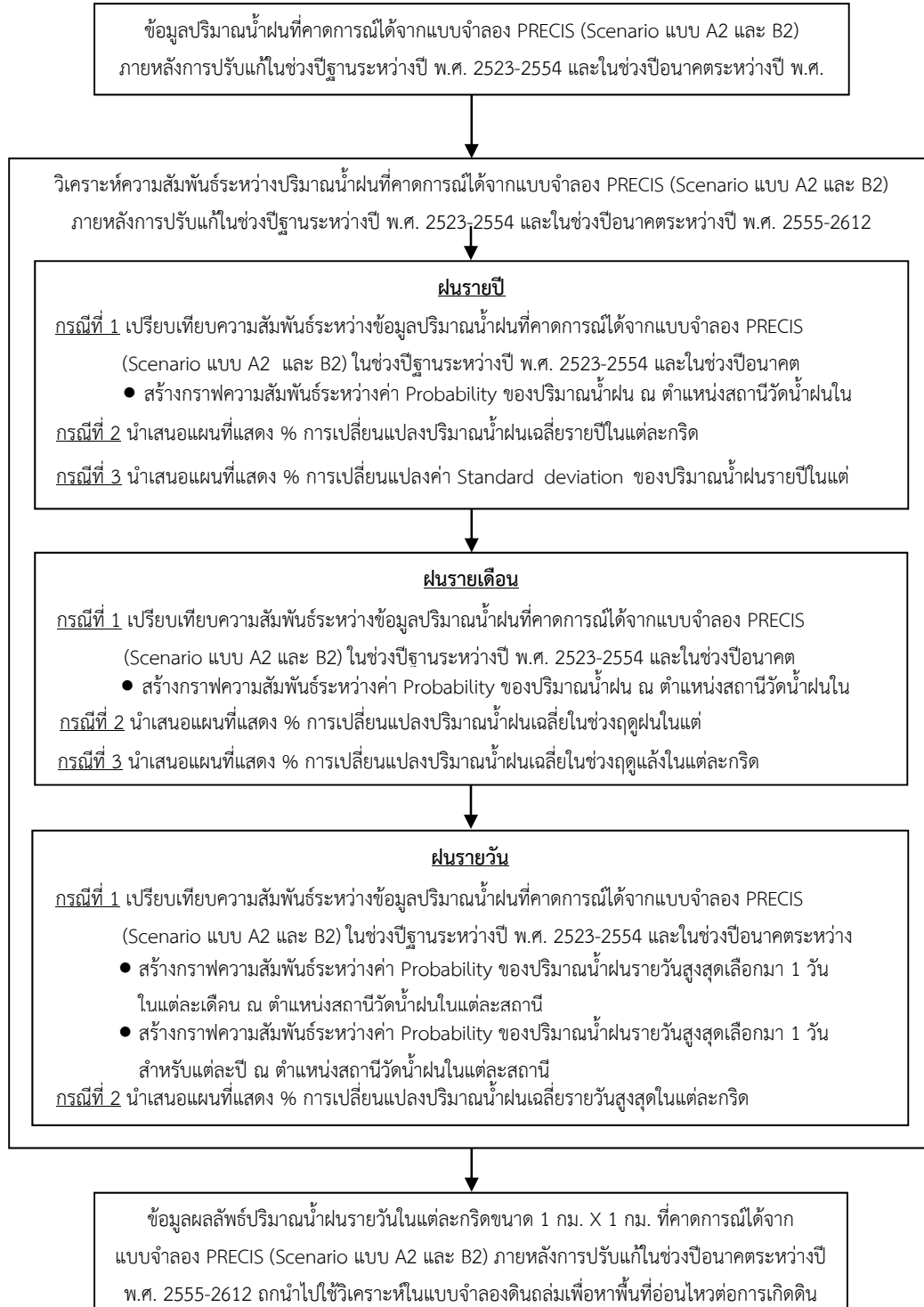
- เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายเดือนในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ที่ปรับแก้แล้วที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับค่า Probability ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน

- นำเสนอแผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนในแต่ละกริดที่ปรับแก้แล้วที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่ปรับแก้แล้วที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554
- นำเสนอแผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งในแต่ละกริดที่ปรับแก้แล้วที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่ปรับแก้แล้วที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

3) ผลลัพธ์ปริมาณฝนรายวัน

- เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปีในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ที่ปรับแก้แล้วที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับค่า Probability ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน
- เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันของแต่ละปีในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ที่ปรับแก้แล้วที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับค่า Probability ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน
- นำเสนอแสดงแผนที่เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุด 1 วัน ในแต่ละกริดที่ปรับแก้แล้วที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่ปรับแก้แล้วที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของปริมาณน้ำฝนภายหลังการปรับแก้ที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 แสดงในรูปที่ 3-8



รูปที่ 3-8 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของปริมาณน้ำฝนภายหลังการปรับแก้ที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612

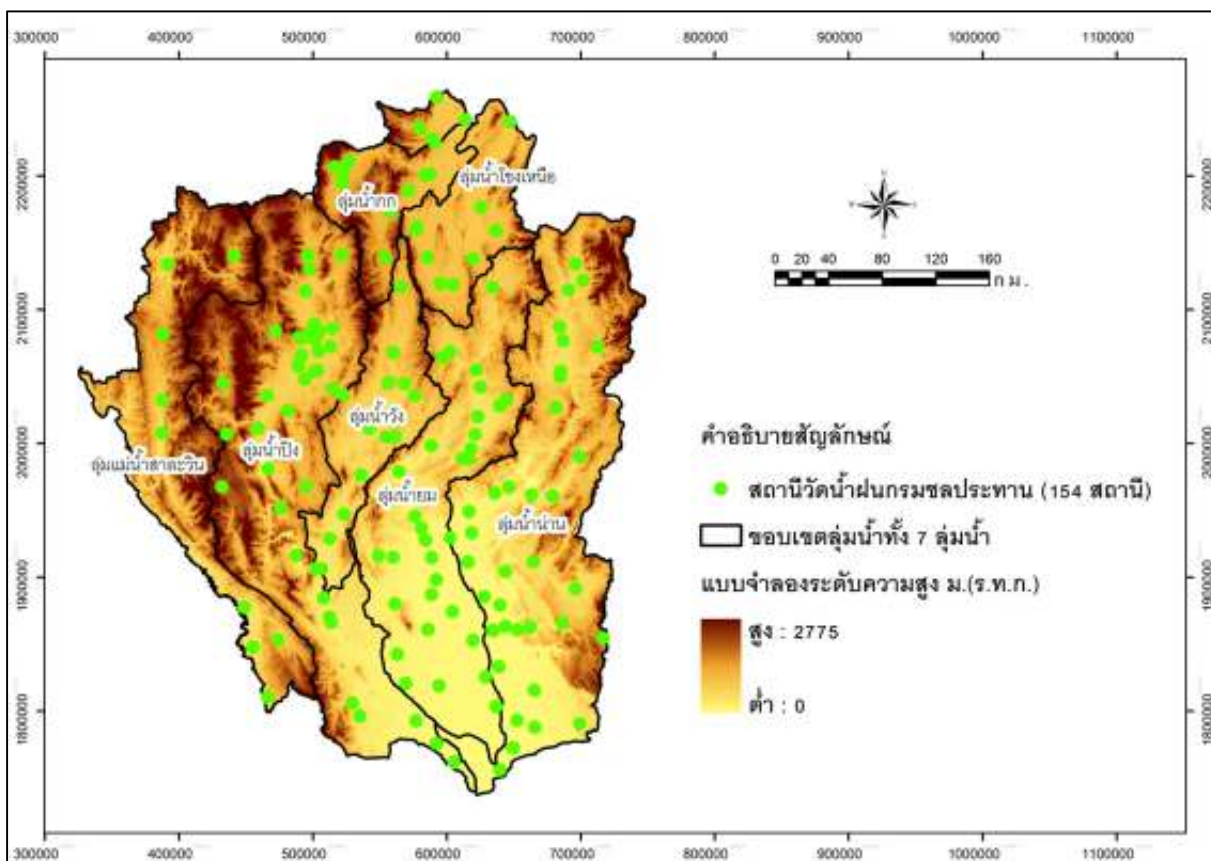
3.1.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ มีดังต่อไปนี้

3.1.2.1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนรายวัน

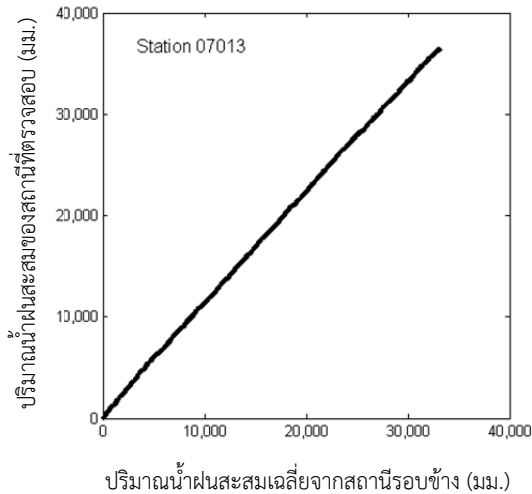
ก) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทาน

สถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ และมีข้อมูลปริมาณน้ำฝนในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 มีจำนวน 154 สถานี ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนแสดงในรูปที่ 3-9 ซึ่งจะถูกนำมาตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณน้ำฝนด้วยวิธี Double mass curve ต่อไป

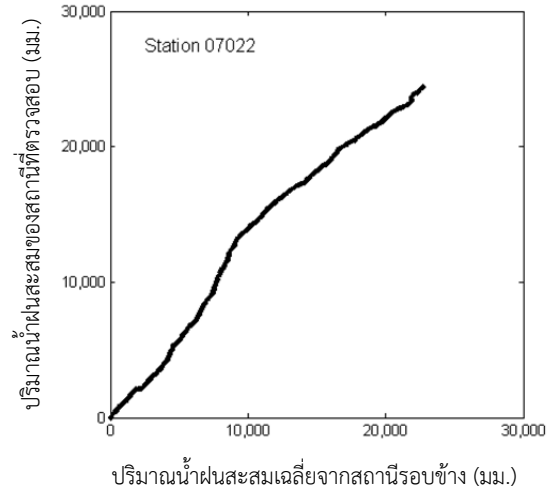


รูปที่ 3-9 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทานจำนวน 154 สถานี ที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ

การตรวจสอบคุณภาพข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานและการคัดเลือกข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณานำข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ จำนวน 154 สถานีมาทำการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลโดยใช้วิธี Double mass curve ซึ่งข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนจะต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้วยวิธีดังกล่าว จึงจะพิจารณานำมาใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ โดยรายละเอียดของการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลปริมาณน้ำฝนด้วยวิธี Double mass curve มีรายละเอียด คือ ใช้ตรวจสอบความเชื่อถือได้ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสถานีใดสถานีหนึ่ง โดยการเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนของสถานีที่ต้องการตรวจสอบกับค่าปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนที่เฉลี่ยมาจากสถานีที่อยู่รอบข้างภายในรัศมี 10 กม. ถ้าข้อมูลของสถานีที่ต้องการตรวจสอบพร้อมทั้งสถานีข้างเคียงความลาดชันของเส้นกราฟ Double mass จะต้องไม่เปลี่ยนแปลง จากการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลปริมาณน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนทั้ง 154 สถานี พบว่ามีสถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านการตรวจสอบทั้งหมด 150 สถานี และไม่ผ่านการตรวจสอบทั้งหมด 4 สถานี ตัวอย่างสถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านการตรวจสอบและไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลปริมาณน้ำฝนแสดงในรูปที่ 3-10 สำหรับผลการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลปริมาณน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมดได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข หัวข้อ ข.1 ส่วนตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านการตรวจสอบและไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลแสดงดังในรูปที่ 3-11 และรายละเอียดของสถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านการตรวจสอบและไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลแสดงในตารางที่ 3-1 และ 3-2 ตามลำดับ

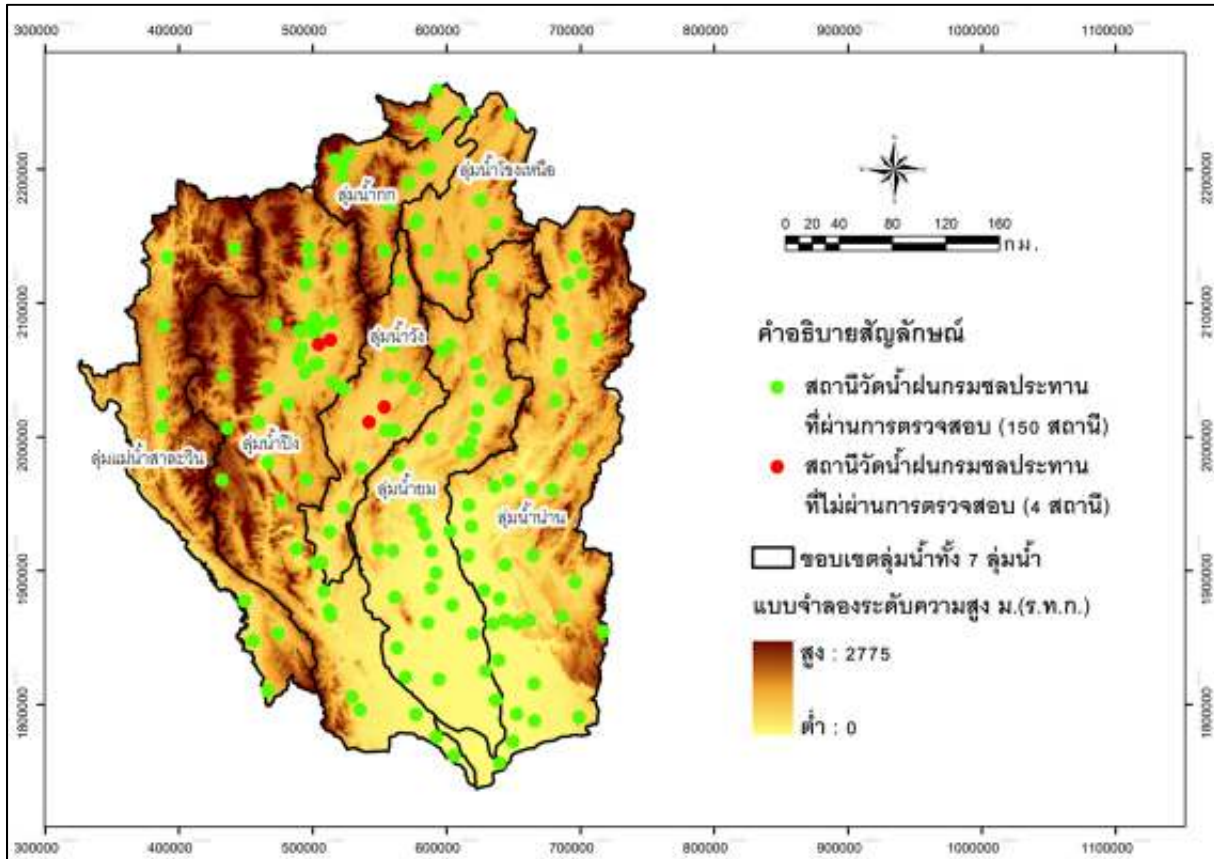


(ก)



(ข)

รูปที่ 3-10 ตัวอย่างผลการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลปริมาณน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานด้วยวิธี Double mass curve (ก) สถานี 07013 ผ่านการตรวจสอบ และ (ข) สถานีวัด 07022 ไม่ผ่านการตรวจสอบ



รูปที่ 3-11 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ที่ผ่านการตรวจสอบและไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลปริมาณน้ำฝน

ตารางที่ 3-1 รายละเอียดสถานีวัดน้ำของกรมชลประทานที่ผ่านการตรวจสอบโดยวิธี Double mass curve

ลำดับ	รหัสสถานี	พิกัด		จังหวัด	อำเภอ	ตำบล
		แนวราบ	แนวตั้ง			
1	07013	497425	2083093	เชียงใหม่	แม่ริม	ดอนแก้ว
2	07042	505092	2083954	เชียงใหม่	สันทราย	สันทรายหลวง
3	07052	514688	2086326	เชียงใหม่	ดอยสะเก็ด	เชิงคอย
4	07072	491769	2066099	เชียงใหม่	หางดง	หางดง
5	07082	489335	2059554	เชียงใหม่	สันป่าตอง	ทุ่งด้อม
6	07092	459228	2011311	เชียงใหม่	ฮอด	หางดง
7	07102	522676	2202336	เชียงใหม่	ฝาง	เวียง
8	07112	494508	2113983	เชียงใหม่	แม่แตง	สันมหาพน
9	07122	521500	2141166	เชียงใหม่	พร้าว	ทุ่งหลวง
10	07132	496499	2141184	เชียงใหม่	เชียงดาว	เชียงดาว
11	07142	472171	2084005	เชียงใหม่	สะเมิง	สะเมิงใต้
12	27152	432967	2045438	เชียงใหม่	แม่แจ่ม	ช่างเคิ่ง
13	27162	432169	1967713	เชียงใหม่	อมก๋อย	อมก๋อย
14	07172	516799	2207032	เชียงใหม่	ฝาง	โป่งน้ำร้อน
15	07182	466175	2036223	เชียงใหม่	จอมทอง	บ้านหลวง
16	07222	522250	2194896	เชียงใหม่	ฝาง	แม่คะ
17	07242	492097	2079007	เชียงใหม่	เมืองเชียงใหม่	สุเทพ
18	07252	497431	2130549	เชียงใหม่	เชียงดาว	แม่่นะ
19	07262	489814	2079439	เชียงใหม่	เมืองเชียงใหม่	สุเทพ
20	07282	435801	2006918	เชียงใหม่	ฮอด	บ่อหลวง
21	07292	489509	2057802	เชียงใหม่	สันป่าตอง	ยูหว่า
22	07303	501141	2089394	เชียงใหม่	สันทราย	หนองหาร
23	07391	501786	2077500	เชียงใหม่	เมืองเชียงใหม่	วัดเกต
24	07472	466461	1980994	เชียงใหม่	ดอยเต่า	ดอยเต่า
25	07492	527111	2211103	เชียงใหม่	แม่อาว	แม่สาว
26	08013	587486	2201432	เชียงราย	เมืองเชียงราย	รอบเวียง
27	08022	577918	2162070	เชียงราย	พาน	เมืองพาน
28	08042	625550	2176882	เชียงราย	เทิง	เวียง
29	08062	589445	2227757	เชียงราย	แม่จัน	แม่จัน
30	08072	592529	2259009	เชียงราย	แม่สาย	แม่สาย
31	08082	553683	2139235	เชียงราย	เวียงป่าเป้า	เวียง
32	08092	647203	2240911	เชียงราย	เชียงของ	เวียง
33	08102	557308	2173396	เชียงราย	แม่สรวย	แม่สรวย
34	08112	613913	2242197	เชียงราย	เชียงแสน	เวียง
35	08123	583739	2200614	เชียงราย	เมืองเชียงราย	รอบเวียง
36	08132	576936	2160006	เชียงราย	พาน	เมืองพาน

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

ตารางที่ 3-1 (ต่อ) รายละเอียดสถานีวัดน้ำของกรมชลประทานที่ผ่านการตรวจสอบโดยวิธี Double mass curve

ลำดับ	รหัสสถานี	พิกัด		จังหวัด	อำเภอ	ตำบล
		แนวราบ	แนวตั้ง			
37	08142	580089	2235643	เชียงราย	แม่จัน	ศรีคำ
38	08152	571571	2189494	เชียงราย	แม่ลาว	โป่งแพ้ว
39	08204	591405	2224939	เชียงราย	แม่จัน	แม่จัน
40	12022	577072	1792792	กำแพงเพชร	คลองขลุง	คลองขลุง
41	12032	563121	1842405	กำแพงเพชร	พรานกระต่าย	ท่ากระต่ายทอง
42	12042	592374	1775796	กำแพงเพชร	ขามเฒ่า	แสนตอ
43	12052	569382	1820668	กำแพงเพชร	เมืองกำแพงเพชร	เทพนคร
44	12102	594298	1818919	กำแพงเพชร	ไทรงาม	หนองแม่แตง
45	12121	529344	1805919	กำแพงเพชร	คลองลาน	สักงาม
46	12132	535293	1796218	กำแพงเพชร	คลองลาน	สักงาม
47	16022	560129	2067945	ลำปาง	แจ้ห่ม	วิเชตนคร
48	16042	536077	1976850	ลำปาง	สบปราบ	สบปราบ
49	16052	554655	2004952	ลำปาง	แม่ทะ	นาคร้ว
50	16062	522882	2036299	ลำปาง	ห้างฉัตร	เวียงตาล
51	16072	523222	1947144	ลำปาง	เถิน	ล้อมแรด
52	16082	512507	1929003	ลำปาง	แม่พริก	แม่พริก
53	16092	602508	2068681	ลำปาง	งาว	บ้านโป่ง
54	16102	596673	2064193	ลำปาง	งาว	บ้านหวด
55	16112	565433	2116988	ลำปาง	วังเหนือ	วังเหนือ
56	16151	561501	2005311	ลำปาง	แม่ทะ	นาคร้ว
57	16162	522882	2036299	ลำปาง	ห้างฉัตร	เวียงตาล
58	16172	568472	2044829	ลำปาง	เมืองลำปาง	บ้านแลง
59	16194	576396	2035976	ลำปาง	แม่เมาะ	บ้านดง
60	16214	556299	2045588	ลำปาง	แจ้ห่ม	บ้านสา
61	16220	549055	1916029	ลำปาง	เถิน	เวียงมอก
62	17012	500997	2054049	ลำพูน	เมืองลำพูน	เวียงยอง
63	17022	495201	1968090	ลำพูน	ลี้	ลี้
64	17032	494078	2048118	ลำพูน	เมืองลำพูน	บ้านแป้น
65	17042	514489	2041054	ลำพูน	แม่ทา	ทาสามเส้า
66	17052	481243	2024984	ลำพูน	บ้านโฮ้ง	บ้านโฮ้ง
67	17062	476135	1952092	ลำพูน	ลี้	ก้อ
68	17093	503517	2054726	ลำพูน	เมืองลำพูน	บ้านกลาง
69	20013	391578	2134130	แม่ฮ่องสอน	เมืองแม่ฮ่องสอน	จองคำ
70	20023	387322	2007845	แม่ฮ่องสอน	แม่สะเรียง	แม่สะเรียง
71	20032	388258	2082259	แม่ฮ่องสอน	ขุนขวม	ขุนขวม
72	20042	441420	2140541	แม่ฮ่องสอน	ปาย	เวียงใต้

ตารางที่ 3-1 (ต่อ) รายละเอียดสถานีวัดน้ำของกรมชลประทานที่ผ่านการตรวจสอบโดยวิธี Double mass curve

ลำดับ	รหัสสถานี	พิกัด		จังหวัด	อำเภอ	ตำบล
		แนวราบ	แนวตั้ง			
73	20062	387700	2032464	แม่ฮ่องสอน	แม่ลาน้อย	แม่ลาน้อย
74	26022	639777	1756098	นครสวรรค์	ชุมแสง	ชุมแสง
75	26062	605485	1761841	นครสวรรค์	บรรพตพิสัย	ท่าจิว
76	28013	686973	2077018	น่าน	เมืองน่าน	ในเวียง
77	28022	685119	2054091	น่าน	เวียงสา	กลางเวียง
78	28032	681475	2027121	น่าน	นาน้อย	นาน้อย
79	28042	701625	2122130	น่าน	ปัว	ปัว
80	28062	684718	2050090	น่าน	เวียงสา	सान
81	28073	690744	2114848	น่าน	ท่าวังผา	ท่าวังผา
82	28102	696060	2134247	น่าน	เชียงกลาง	เชียงกลาง
83	28142	684356	2086985	น่าน	เมืองน่าน	ผาสิงห์
84	28152	712625	2072524	น่าน	แม่จริม	หนองแดง
85	36052	699204	1790579	เพชรบูรณ์	ชนแดน	ชนแดน
86	36104	716799	1854761	เพชรบูรณ์	เขาค้อ	แคมป์สน
87	38022	649633	1772359	พิจิตร	บางมูลนาก	เนินมะกอก
88	38042	652403	1792940	พิจิตร	ตะพานหิน	จิวราย
89	38052	629048	1825399	พิจิตร	สามง่าม	สามง่าม
90	38062	636777	1803379	พิจิตร	โพธิ์ประทับช้าง	โพธิ์ประทับช้าง
91	38072	665506	1815658	พิจิตร	วังทรายพูน	วังทรายพูน
92	38082	665716	1787995	พิจิตร	ทับคล้อ	ทับคล้อ
93	39013	634519	1860440	พิจญ์โลก	เมืองพิจญ์โลก	ในเมือง
94	39022	619553	1852943	พิจญ์โลก	บางระกำ	บางระกำ
95	39032	652724	1860595	พิจญ์โลก	วังทอง	วังทอง
96	39042	696047	1891422	พิจญ์โลก	นครไทย	นครไทย
97	39052	628091	1885358	พิจญ์โลก	พรหมพิราม	หนองแยม
98	39062	638989	1833299	พิจญ์โลก	บางกระทุ่ม	บางกระทุ่ม
99	39072	639634	1879223	พิจญ์โลก	วัดโบสถ์	วัดโบสถ์
100	39082	643823	1863453	พิจญ์โลก	เมืองพิจญ์โลก	สมอแข
101	39101	662181	1862818	พิจญ์โลก	วังทอง	วังนกแอ่น
102	39132	686431	1865631	พิจญ์โลก	วังทอง	แก่งโสกา
103	39151	634728	1860165	พิจญ์โลก	เมืองพิจญ์โลก	ในเมือง
104	39161	643836	1904457	พิจญ์โลก	วัดโบสถ์	คันไช้
105	40013	621119	2006666	แพร่	เมืองแพร่	ในเวียง
106	40022	617981	1996012	แพร่	สูงเม่น	สูงเม่น
107	40032	639479	2028216	แพร่	ร้องกวาง	ร้องกวาง
108	40043	625266	2042412	แพร่	สอง	บ้านกลาง

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

ตารางที่ 3-1 (ต่อ) รายละเอียดสถานีวัดน้ำของกรมชลประทานที่ผ่านการตรวจสอบโดยวิธี Double mass curve

ลำดับ	รหัสสถานี	พิกัด		จังหวัด	อำเภอ	ตำบล
		แนวราบ	แนวตั้ง			
109	40052	588479	1998530	แพร่	ลอง	ห้วยอ้อ
110	40062	564261	1979104	แพร่	วังชิ้น	วังชิ้น
111	40072	616466	1988687	แพร่	เด่นชัย	แม่จั่ว
112	40082	623326	2020083	แพร่	หนองม่วงไข่	น้ำริด
113	40092	611643	1988536	แพร่	เด่นชัย	เด่นชัย
114	40111	621840	2055209	แพร่	สอง	เตาปูน
115	40124	644374	2033140	แพร่	ร้องกวาง	ร้องกวาง
116	59022	581146	1936722	สุโขทัย	ศรีสัชนาลัย	หาดเสี้ยว
117	59032	588792	1914626	สุโขทัย	สวรรคโลก	เมืองสวรรคโลก
118	59042	604286	1874407	สุโขทัย	กงไกรลาส	บ้านกร่าง
119	59062	561441	1880137	สุโขทัย	บ้านด่านลานหอย	ลานหอย
120	59072	592172	1898198	สุโขทัย	ศรีสำโรง	คลองตาล
121	59082	585824	1861139	สุโขทัย	คีรีมาศ	โตนด
122	59092	559920	1915043	สุโขทัย	ทุ่งเสลี่ยม	ทุ่งเสลี่ยม
123	59121	584132	1927760	สุโขทัย	ศรีสัชนาลัย	ท่าชัย
124	59131	576277	1945524	สุโขทัย	ศรีสัชนาลัย	แม่ตำ
125	59162	602650	1929597	สุโขทัย	ศรีนคร	นครคีรี
126	59182	588674	1887119	สุโขทัย	ศรีสำโรง	ทับผึ้ง
127	63013	513491	1866346	ตาก	เมืองตาก	หนองหลวง
128	63022	508100	1884658	ตาก	บ้านตาก	ตากออก
129	63033	455107	1847737	ตาก	แม่สอด	แม่สอด
130	63052	448961	1877466	ตาก	แม่ระมาด	แม่ระมาด
131	63062	502599	1906351	ตาก	สามเงา	สามเงา
132	63075	506644	1906291	ตาก	สามเงา	สามเงา
133	63152	512424	1870340	ตาก	เมืองตาก	ไม้งาม
134	63162	487604	1916434	ตาก	สามเงา	สามเงา
135	63181	473770	1853267	ตาก	แม่สอด	พะวอ
136	63202	466391	1810381	ตาก	พบพระ	พบพระ
137	70013	616610	1949098	อุตรดิตถ์	เมืองอุตรดิตถ์	ท่าอิฐ
138	70022	679026	1960718	อุตรดิตถ์	น้ำปาด	แสนตอ
139	70042	615971	1911350	อุตรดิตถ์	พิชัย	ในเมือง
140	70052	618560	1933157	อุตรดิตถ์	ตรอน	วังแดง
141	70062	646362	1967553	อุตรดิตถ์	ท่าปลา	ท่าปลา
142	70072	699327	1990122	อุตรดิตถ์	ฟากท่า	ฟากท่า
143	70151	663403	1961660	อุตรดิตถ์	ท่าปลา	ผาเลือด
144	70192	636057	1962991	อุตรดิตถ์	เมืองอุตรดิตถ์	วังคิน

ตารางที่ 3-1 (ต่อ) รายละเอียดสถานีวัดน้ำของกรมชลประทานที่ผ่านการตรวจสอบโดยวิธี Double mass curve

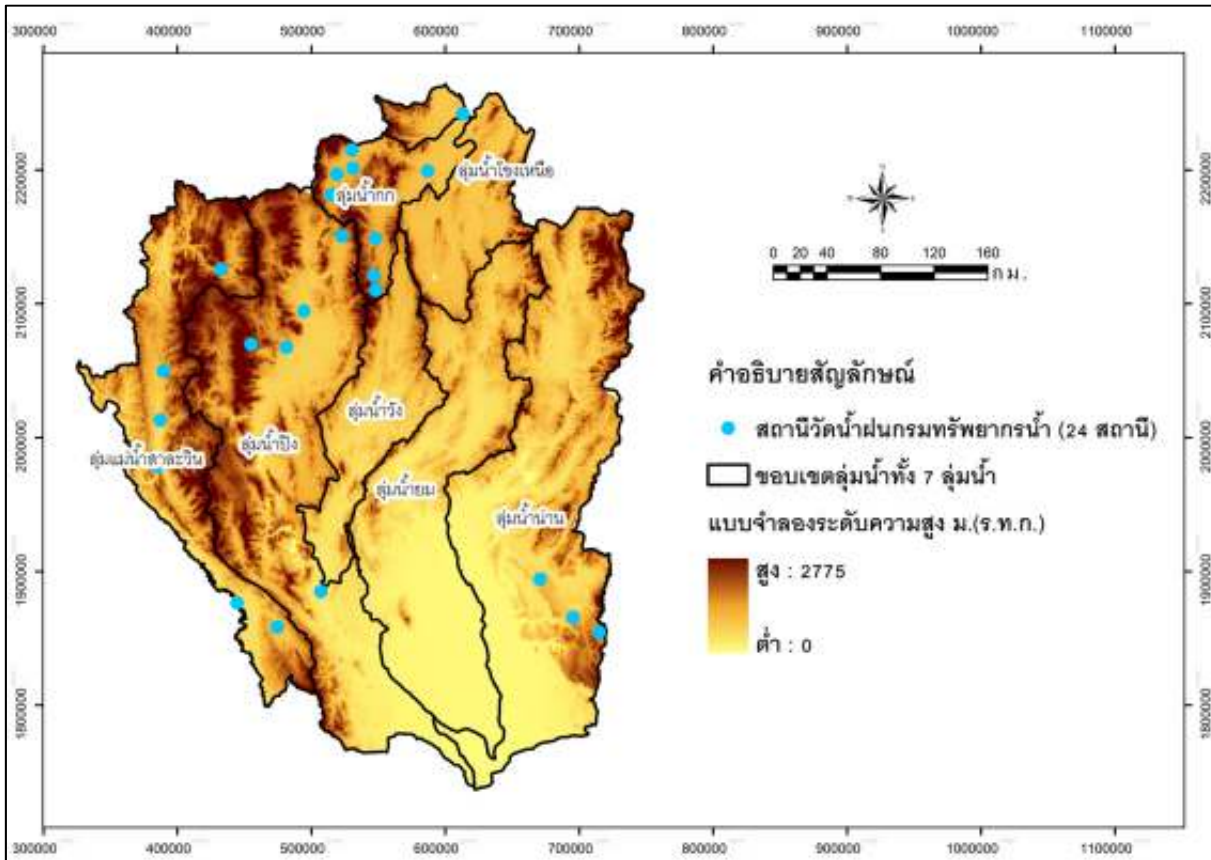
ลำดับ	รหัสสถานี	พิภัก		จังหวัด	อำเภอ	ตำบล
		แนวราบ	แนวตั้ง			
145	73013	595275	2119670	พะเยา	เมืองพะเยา	ท่าวังทอง
146	73022	636751	2159132	พะเยา	เชียงคำ	ห้วยวน
147	73032	634380	2117056	พะเยา	ปง	ปง
148	73042	604743	2118953	พะเยา	ดอกคำใต้	ดอนศรีชุม
149	73052	585778	2139204	พะเยา	แม่ใจ	แม่ใจ
150	73062	619603	2138350	พะเยา	จุน	พระธาตุขิงแกง

ตารางที่ 3-2 รายละเอียดสถานีวัดน้ำของกรมชลประทานที่ไม่ผ่านการตรวจสอบโดยวิธี Double mass curve

ลำดับ	รหัสสถานี	พิภัก		จังหวัด	อำเภอ	ตำบล
		แนวราบ	แนวตั้ง			
1	07022	504364	2069109	เชียงใหม่	สารภี	ยางน่อง
2	07032	513118	2072525	เชียงใหม่	สันกำแพง	ทรายมูล
3	16013	553637	2022314	ลำปาง	เมืองลำปาง	หัวเวียง
4	16032	542006	2011160	ลำปาง	เกาะคา	ท่าเสา

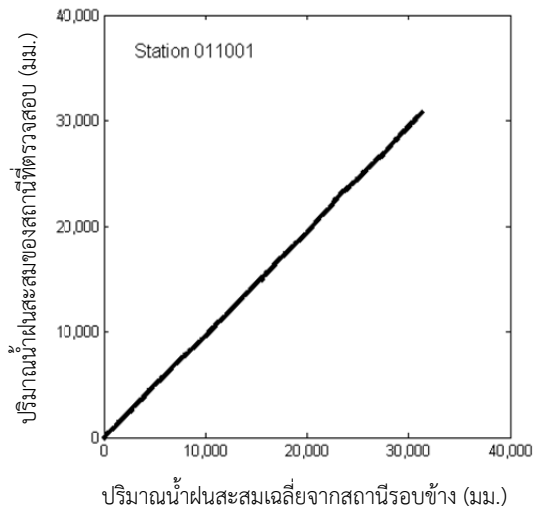
ข) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมทรัพยากรน้ำ

สถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมทรัพยากรน้ำที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ และมีข้อมูลปริมาณน้ำฝนในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 มีจำนวน 24 สถานี ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนแสดงในรูปที่ 3-12 ซึ่งจะถูกนำมาตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณน้ำฝนด้วยวิธี Double mass curve ต่อไป

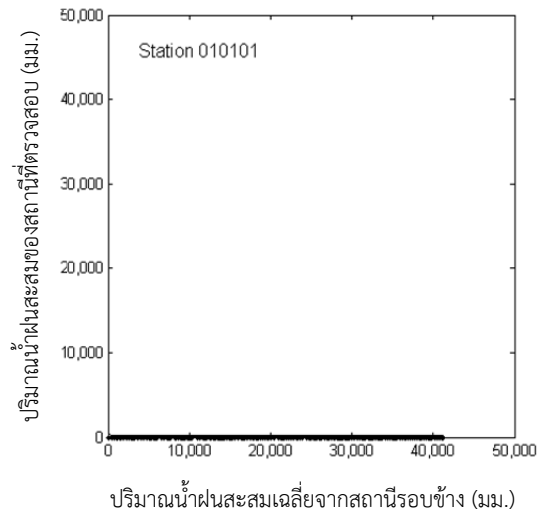


รูปที่ 3-12 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนของกรมทรัพยากรน้ำ 24 สถานี ที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ

การตรวจสอบคุณภาพข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมทรัพยากรน้ำและการคัดเลือกข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณานำข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ จำนวน 24 สถานีมาทำการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลโดยใช้วิธี Double mass curve เช่นเดียวกัน ซึ่งข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนจะต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้วยวิธีดังกล่าว จึงจะพิจารณานำมาใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ จากการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลปริมาณน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนทั้ง 24 สถานี พบว่ามีสถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านการตรวจสอบทั้งหมด 22 สถานี และไม่ผ่านการตรวจสอบทั้งหมด 2 สถานี ตัวอย่างสถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านการตรวจสอบและไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลน้ำฝนแสดงไว้ในรูปที่ 3-13 สำหรับผลการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลปริมาณน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมดได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข หัวข้อ ข.2 ส่วนตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านการตรวจสอบและไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลแสดงดังในรูปที่ 3-14 และรายละเอียดของสถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านการตรวจสอบและไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลแสดงไว้ในตารางที่ 3-3 และ 3-4 ตามลำดับ

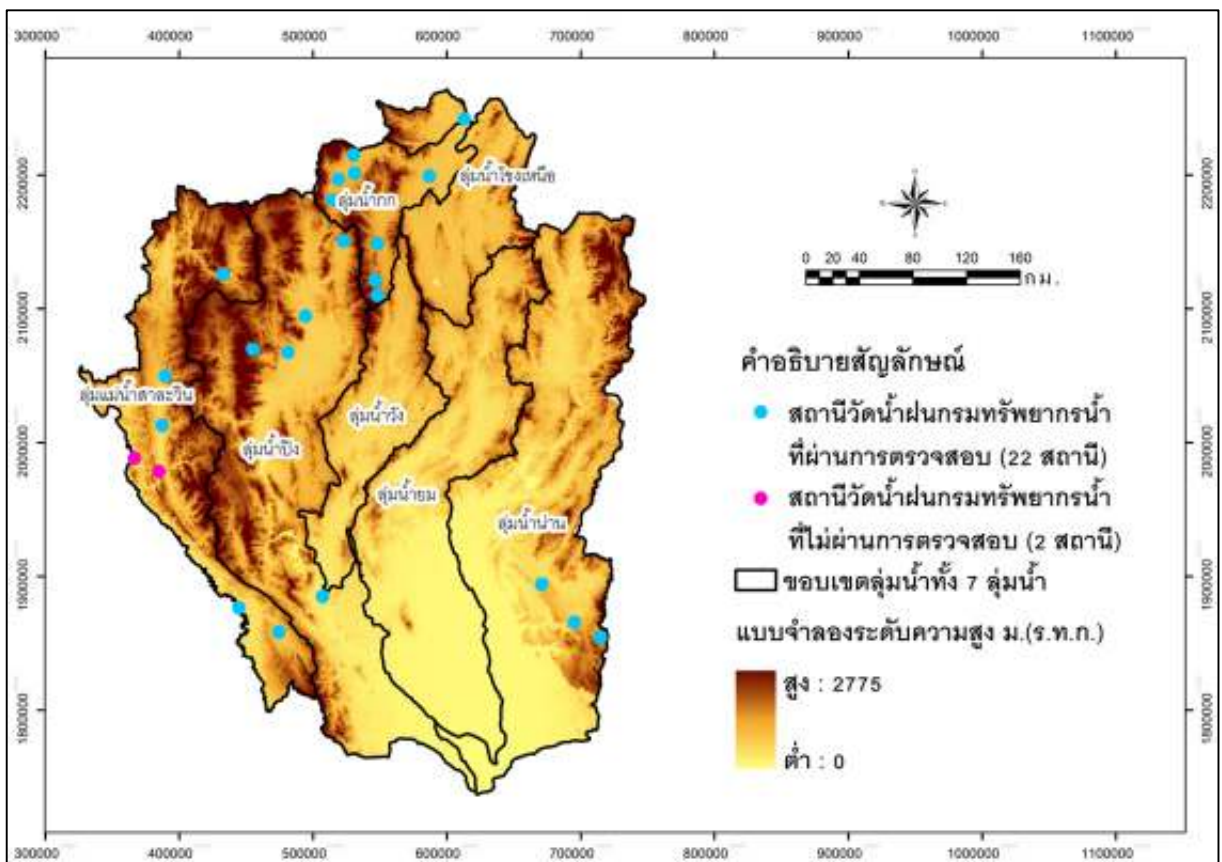


(ก)



(ข)

รูปที่ 3-13 ตัวอย่างผลการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนของกรมทรัพยากรน้ำด้วยวิธี Double mass curve (ก) สถานี 011001 ผ่านการตรวจสอบ และ (ข) สถานีวัด 010101 ไม่ผ่านการตรวจสอบ



รูปที่ 3-14 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนของกรมทรัพยากรน้ำที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำที่ผ่านการตรวจสอบและไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลน้ำฝน

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

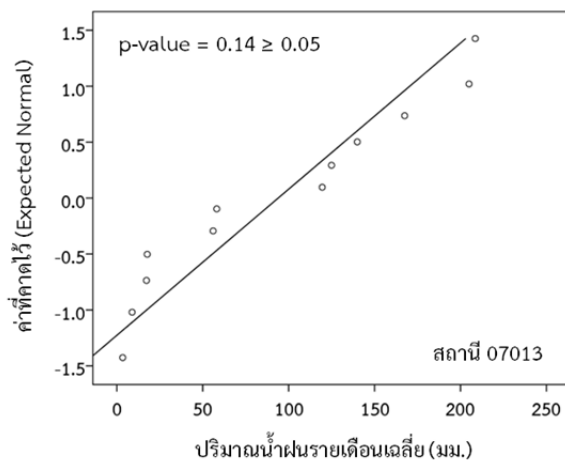
ตารางที่ 3-3 รายละเอียดสถานีวัดน้ำของกรมทรัพยากรน้ำที่ผ่านการตรวจสอบโดยวิธี Double mass curve

ลำดับ	รหัสสถานี	พิภัก		จังหวัด	อำเภอ	ตำบล
		แนวราบ	แนวตั้ง			
1	020102	613131	2242100	เชียงราย	เชียงแสน	เวียงเชียงแสน
2	030304	548114	2148840	เชียงราย	เวียงป่าเป้า	สันสลี
3	030308	548216	2110111	เชียงราย	เวียงป่าเป้า	แม่เจดีย์ใหม่
4	030309	546609	2121357	เชียงราย	เวียงป่าเป้า	แม่เจดีย์
5	030501	586887	2199154	เชียงราย	เมืองเชียงราย	บ้านตุ๋น
6	030205	514961	2181395	เชียงใหม่	ไชยปราการ	หนองบัว
7	030206	519106	2196860	เชียงใหม่	ฝาง	สันทราย
8	030207	530271	2215012	เชียงใหม่	แม่สาย	แม่สาย
9	030211	531080	2201242	เชียงใหม่	แม่สาย	บ้านหลวง
10	060301	522859	2150696	เชียงใหม่	พร้าว	ป่าไหล่
11	060601	494385	2094743	เชียงใหม่	แมริม	สันป่าสัก
12	060801	481197	2067643	เชียงใหม่	สันป่าตอง	สันกลาง
13	060803	454960	2069747	เชียงใหม่	แม่วาง	ดอนเป่า
14	011701	474428	1858552	ตาก	แม่สอด	พะวอ
15	011802	444464	1876679	ตาก	แม่ระมาด	แม่ระมาด
16	060101	507094	1885088	ตาก	บ้านตาก	ตากออก
17	091401	670745	1894272	พิษณุโลก	วังทอง	บ้านกลาง
18	091603	695311	1865712	พิษณุโลก	นครไทย	บ้านแยง
19	091601	714962	1854835	เพชรบูรณ์	เขาค้อ	แคมป์สน
20	010504	432379	2125726	แม่ฮ่องสอน	ป่าาย	เมืองแปง
21	010901	389532	2049883	แม่ฮ่องสอน	แม่ลาน้อย	แม่ลาหลวง
22	011001	387205	2013010	แม่ฮ่องสอน	แม่สะเรียง	บ้านกาต

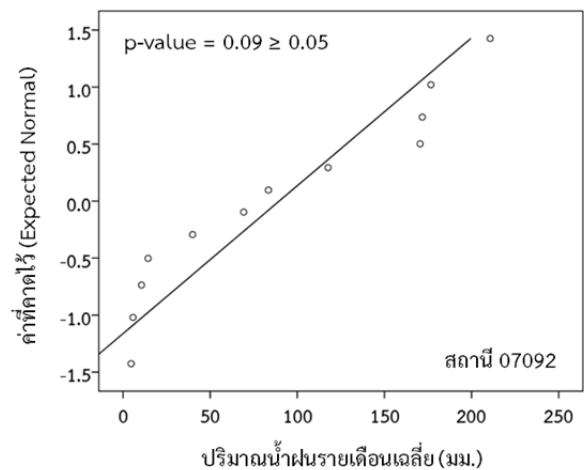
ตารางที่ 3-4 รายละเอียดสถานีวัดน้ำของกรมทรัพยากรน้ำที่ไม่ผ่านการตรวจสอบโดยวิธี Double mass curve

ลำดับ	รหัสสถานี	พิภัก		จังหวัด	อำเภอ	ตำบล
		แนวราบ	แนวตั้ง			
1	010101	366589	1988426	แม่ฮ่องสอน	สบเมย	แม่สามแลบ
2	011002	384886	1978351	แม่ฮ่องสอน	สบเมย	สบเมย

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบความน่าเชื่อถือ ด้วยวิธี Double mass curve ของกรมชลประทานจำนวน 150 สถานี และของกรมทรัพยากรน้ำจำนวน 22 สถานี รวมทั้งหมดจำนวน 172 สถานี ได้ถูกนำมาตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติ (Normal distribution) โดยใช้การทดสอบทางสถิติด้วยวิธี Shapiro-Wilk ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p\text{-value} \geq 0.05$) จากผลการทดสอบพบว่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยของสถานีน้ำฝนที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบความน่าเชื่อถือ ทั้งหมดจำนวน 172 สถานี มีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal distribution) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังตัวอย่างสถานีวัดน้ำฝน 07013 และ 07092 แสดงไว้ในรูปที่ 3-15 โดยข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน ทั้งหมดจำนวน 172 สถานีนี้จะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ต่อไป



(ก)



(ข)

รูปที่ 3-15 ตัวอย่างผลการตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติ (Normal distribution) ของข้อมูล ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ย (ก) สถานี 07013 และ (ข) สถานี 07092

3.1.2.2 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS บนสมมติฐานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตตามข้อกำหนด IPCC (SRES Scenario) Scenario แบบ A2 และ B2

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 จาก Southeast Asia START Regional Center (START) ซึ่งข้อมูลปริมาณน้ำฝนถูกจัดเก็บในรูปแบบของ text file โดยใน 1 ไฟล์ จะจัดเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝน 1 ปี ของหนึ่ง Scenario (หมายเหตุ : จำนวนวันในรอบปีตาม Climate model PRECIS จะมี 360 วันเท่านั้น) และมีขนาดของตารางกริด

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

เท่ากับ 20 กม. X20 กม. ซึ่ง Latitude / Longitude ที่อ้างอิงในแต่ละกริดคือจุดกึ่งกลางของแต่ละกริด โดยพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ที่ทำการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศอนาคตมีขอบเขตอยู่ที่ Latitude 15.32 - 20.90°N และ Longitude 96.75°E - 102.11°E การศึกษาครั้งนี้นำข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในแต่ละปีมาจัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยรายละเอียดของฐานข้อมูลที่ได้จัดทำขึ้นมีรายละเอียดดังนี้

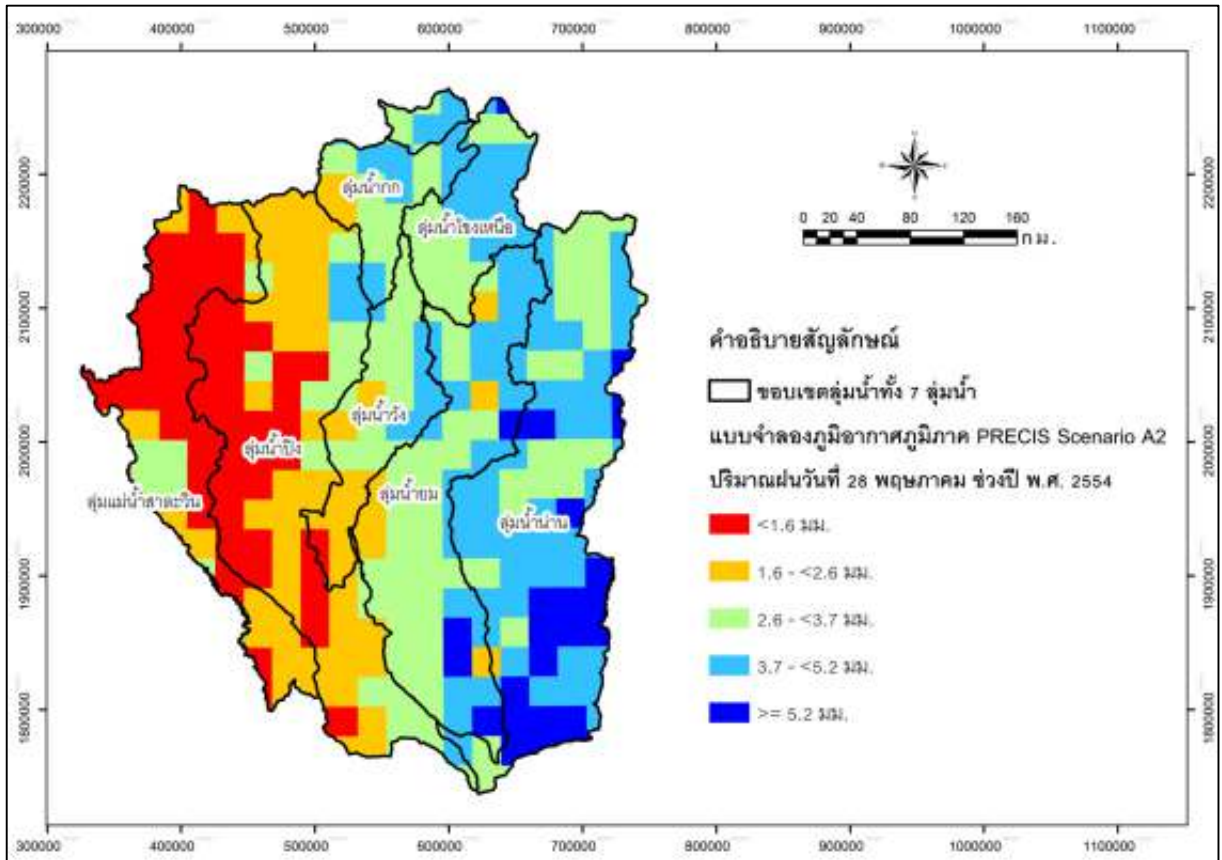
ข้อมูลแสดงตำแหน่งกริดและปริมาณน้ำฝนในแต่ละกริดจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และ ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ดังตัวอย่างข้อมูลแสดงตำแหน่งกริดและปริมาณน้ำฝนในแต่ละกริดจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในปี พ.ศ. 2554 แสดงในรูปแบบที่ 3-16

ข้อมูลเชิงบรรยายจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และ ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ดังตัวอย่างข้อมูลในปี พ.ศ. 2554 แสดงในรูปแบบที่ 3-17 โดยสามารถอธิบายความหมายของรหัสในแต่ละคอลัมน์ได้ดังนี้

lat	Long	grid	x	Y	DAY1	DAY2	DAY3
-----	------	------	---	---	------	------	------

รหัสและคำอธิบายรายละเอียด

lat	พิกัดละติจูดที่จุดกึ่งกลางกริด
long	พิกัดลองจิจูดที่จุดกึ่งกลางกริด
grid	ลำดับกริด
x	พิกัดละติจูดในระบบ UTM
y	พิกัดลองจิจูดในระบบ UTM
DAY1	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง PRECIS A2 วันที่ 1 ม.ค. ปี พ.ศ. 2554
DAY2	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง PRECIS A2 วันที่ 2 ม.ค. ปี พ.ศ. 2554
DAY3	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง PRECIS A2 วันที่ 3 ม.ค. ปี พ.ศ. 2554
	สำหรับช่วงวันที่ 4 ม.ค. - 26 ธ.ค. มีลักษณะฐานข้อมูลเช่นเดียวกับตัวอย่างวันที่ 1-3 ม.ค. และสำหรับในปีที่เหลือก็มีลักษณะฐานข้อมูลเชิงบรรยายเช่นเดียวกับตัวอย่างในปี พ.ศ. 2554



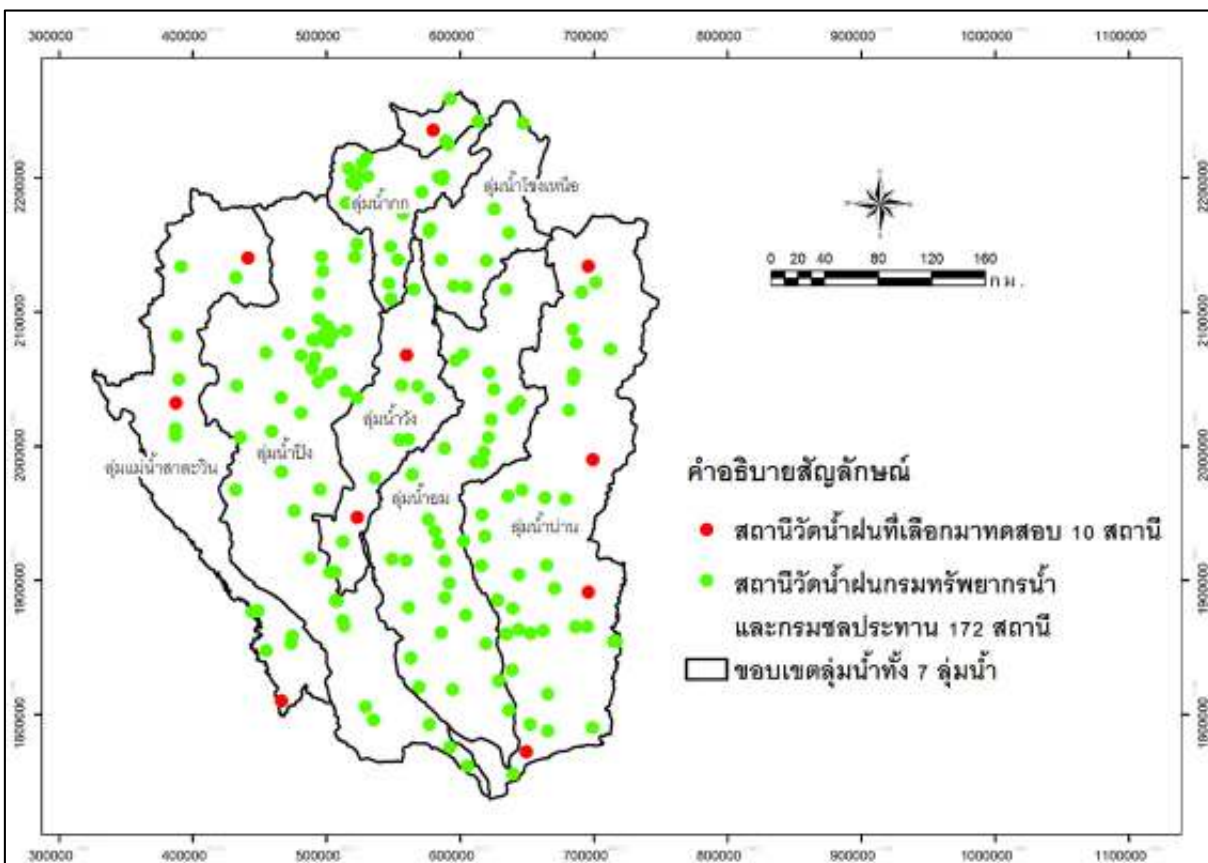
รูปที่ 3-16 ตัวอย่างข้อมูลแสดงตำแหน่งกริดและปริมาณน้ำฝนในแต่ละกริดจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในปี พ.ศ. 2554

FID	Shape	lat	long	grid	x	y	DAY1	DAY2	DAY3	DAY4	DAY5	DAY6	DAY7	DAY8	DAY9	DAY10	DAY11	DAY12	DAY13
0	Polygon	20.4	99.4	588	541735.642776	2255797.09611	0312	071033	22726	0542	097297	294047	18611	158867	053323	025793	008767	702233	1.87
1	Polygon	20.4	99.8	589	562603.949877	2259990.57643	025433	0688	418483	082	180713	416173	348483	182883	09914	038217	04217	888	2.134
2	Polygon	20.4	99.8	590	563472.63601	2259949.46355	03153	11041	820483	102357	183907	447217	434307	13845	047927	051177	09199	104404	2.032
3	Polygon	20.4	100	591	604342.498614	2260063.73216	058243	108043	374237	064917	05987	334807	26184	080633	042553	055113	10485	789427	1.708
4	Polygon	20.4	100.2	592	605213.130363	2260203.41825	1207	123183	349073	066667	025997	361337	326677	141363	048977	056733	094843	800073	2.231
5	Polygon	20.4	100.4	593	646094.926122	2256369.5192	188003	226953	326973	086633	041923	27463	38444	189407	062153	060633	094913	89841	2.458
6	Polygon	20.3	99	582	500000	2233613.55916	148233	161847	249733	062267	112633	388423	243897	232763	030173	035967	012413	954833	2.351
7	Polygon	20.3	98.2	583	520094.526225	2233026.16148	112363	212977	38044	0733	18853	48611	338513	257797	056437	052347	01718	1.1382	2.676
8	Polygon	20.3	99.4	584	541799.251605	2233063.92909	055827	16317	343777	0734	187487	43237	30288	18489	090373	036303	012047	1.032633	2.447
9	Polygon	20.3	98.8	585	562694.365581	2233726.98398	030983	117113	38060	07082	180747	389127	32511	11586	039383	02211	003893	170817	2.18
10	Polygon	20.3	98.8	586	563580.06508	2233818.04945	042133	142597	444007	080787	111657	412133	370173	085897	0282	031887	133713	88989	2.08
11	Polygon	20.3	100	587	604476.545558	2233926.40021	0534	114023	300703	025860	024723	331083	227827	05173	028217	04072	102	758837	1.884
12	Polygon	20.2	100.2	588	628374.002229	2234086.9502	062347	108707	195383	024363	020187	220873	27388	08016	032947	035437	05384	581587	1.97
13	Polygon	20.2	100.4	589	646272.830411	2234230.71276	031387	085997	134097	024733	013857	118693	178043	036333	022797	017723	037483	38777	1.895
14	Polygon	20.2	100.8	570	687172.625482	2234419.69092	023383	039183	098563	035641	01827	05303	101193	036153	023083	014383	02421	238853	1.810
15	Polygon	20	99	538	500000	2211481.30797	078483	154553	252483	049197	18823	379897	2299	175807	026247	01478	0048	1.032687	2.307
16	Polygon	20	98.2	539	520921.078295	2211493.79829	04058	141407	348583	040	18375	3861	237707	18741	044967	018717	009243	3283	2.320
17	Polygon	20	99.4	540	541842.363148	2211531.2628	04300	203483	352317	069703	202483	514243	364247	177157	048	018477	034293	105131	2.542
18	Polygon	20	99.8	541	562784.021275	2211593.70919	038377	1640	383893	062023	16925	478797	374433	13038	031353	018237	091473	89816	2.347
19	Polygon	20	99.8	542	563666.976942	2211681.19877	035887	07600	098113	036477	024183	380603	344423	034617	014217	009207	13094	881643	1.831

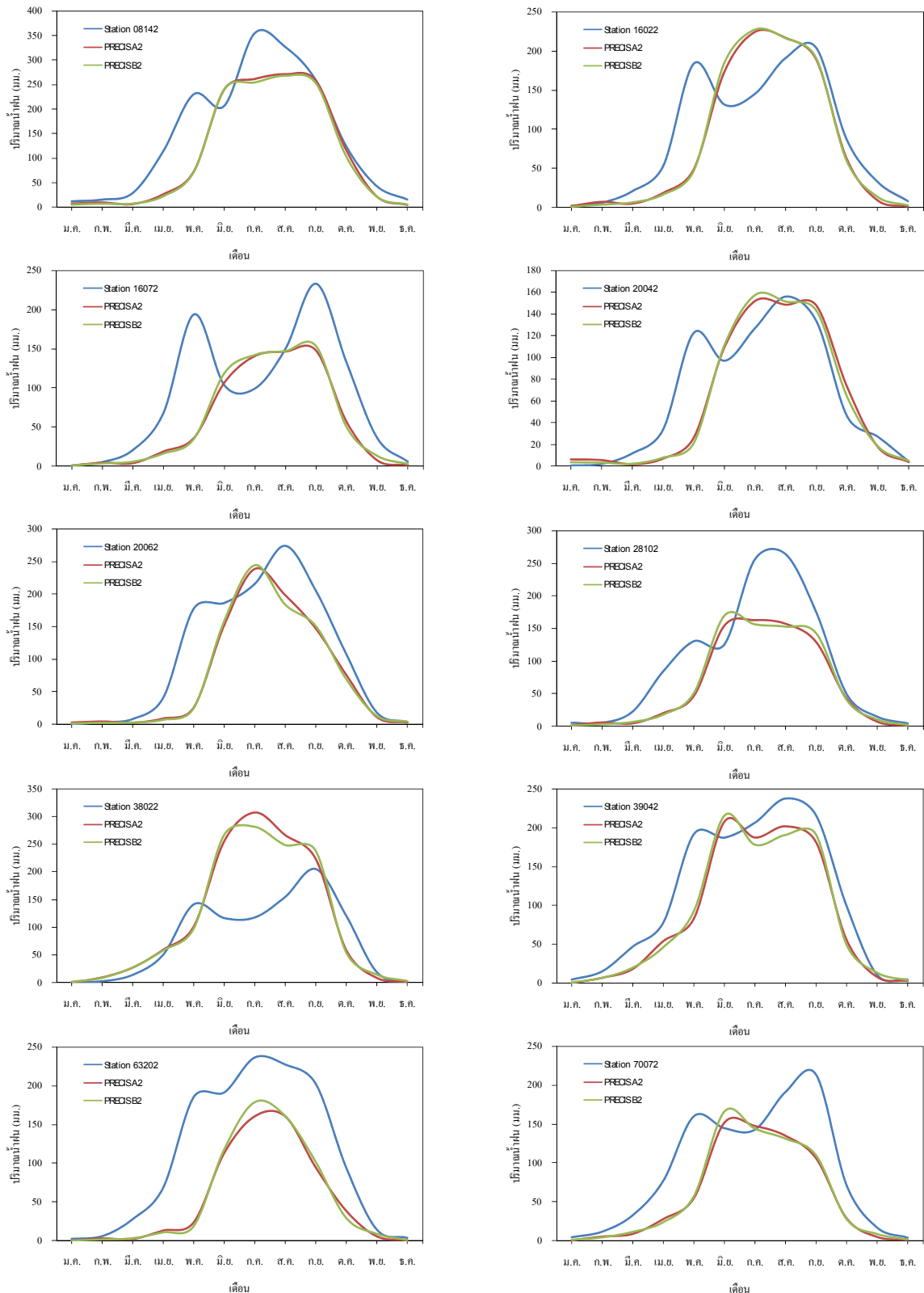
รูปที่ 3-17 ตัวอย่างข้อมูลเชิงบรรยายจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในปี พ.ศ. 2554

3.1.2.3 การตรวจสอบช่วงเวลาในการคาดการณ์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2)

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างช่วงเวลาในการคาดการณ์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับช่วงเวลาการตรวจวัดข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากจากสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทานและกรมทรัพยากรน้ำที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบคุณภาพข้อมูลดังรายละเอียดในหัวข้อ 3.1.2.1 โดยทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับของปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี ณ ตำแหน่งกริดที่สถานีวัดน้ำฝนดังกล่าวตั้งอยู่ ในการศึกษารัั้งนี้ได้พิจารณาเลือกสถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ในลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกันในพื้นที่ศึกษาที่ครอบคลุมทุกลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่ พื้นที่หน้าเขา พื้นที่หลังเขา พื้นที่สูง และพื้นที่ราบ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษาจำนวน 10 สถานี ซึ่งประกอบด้วยสถานี 08142, 16022, 16072, 20042, 20062, 28102, 38022, 39042, 63202 และ 70072 ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนที่เลือกใช้ในการศึกษาแสดงในรูปที่ 3-18 โดยผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังกล่าว ณ ตำแหน่งกริดที่สถานีวัดน้ำฝนทั้ง 10 สถานีตั้งอยู่แสดงในรูปที่ 3-19



รูปที่ 3-18 ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝน 10 สถานี ที่เลือกใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยในระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับของปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน



รูปที่ 3-19 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยในระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) กับของปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน

ผลการศึกษาจากรูปที่ 3-19 พบว่าปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) มีแนวโน้มที่สอดคล้องกับของปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งกริดที่สถานีวัดน้ำฝนทั้ง 10 สถานี ตั้งอยู่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าช่วงเวลาในการคาดการณ์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) มีความสอดคล้องกับช่วงเวลาการตรวจวัดข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทานและกรมทรัพยากรน้ำ

3.1.2.4 การจัดเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำฝนสำหรับใช้ในการศึกษา

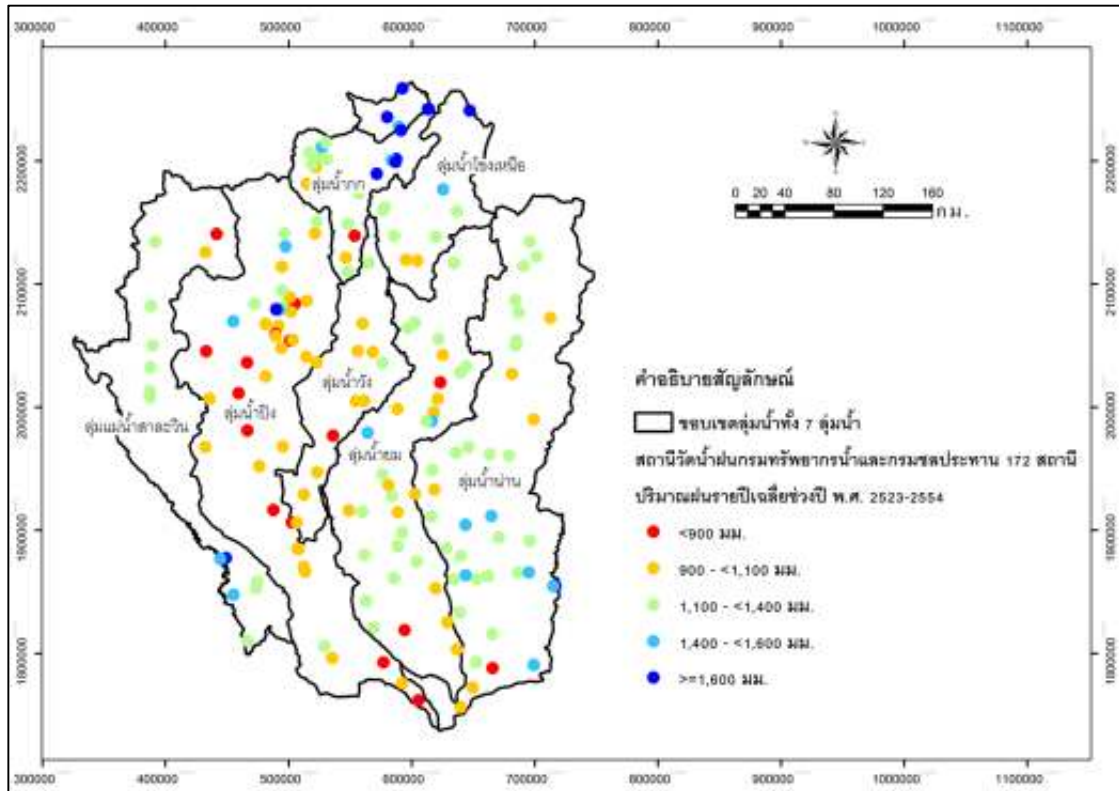
ก) การจัดเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ

คุณภาพข้อมูล

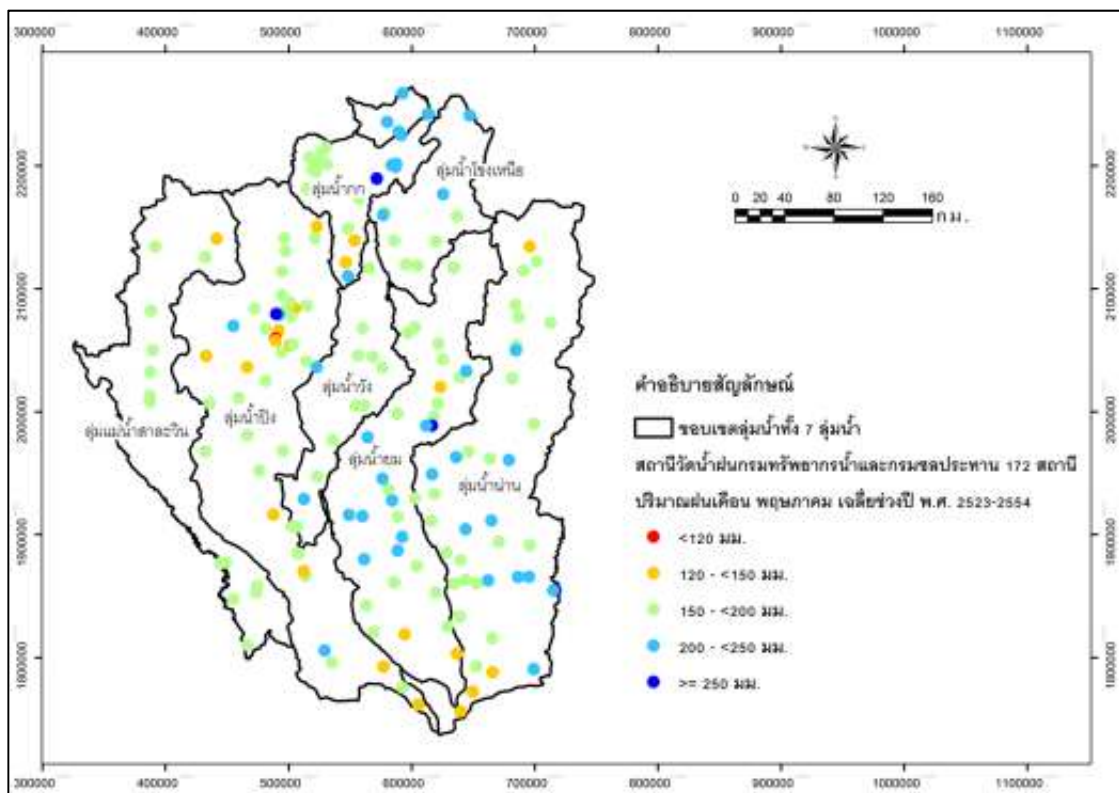
การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการจัดเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบคุณภาพข้อมูลในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาค่าปรับแก้สำหรับใช้ปรับแก้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) โดยมีการจัดเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำฝนดังนี้

- ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในแต่ละสถานีวัดน้ำฝนแสดงดังรูปที่ 3-20
- ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงธันวาคมของแต่ละสถานีวัดน้ำฝน ดังตัวอย่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนเดือนพฤษภาคมเฉลี่ยแสดงในรูปที่ 3-21
- ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันในช่วง 360 วัน (ระหว่างวันที่ 1 มกราคม - 26 ธันวาคม) ของแต่ละสถานีวัดน้ำฝน ดังตัวอย่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันของวันที่ 8 พฤษภาคม แสดงในรูปที่ 3-22

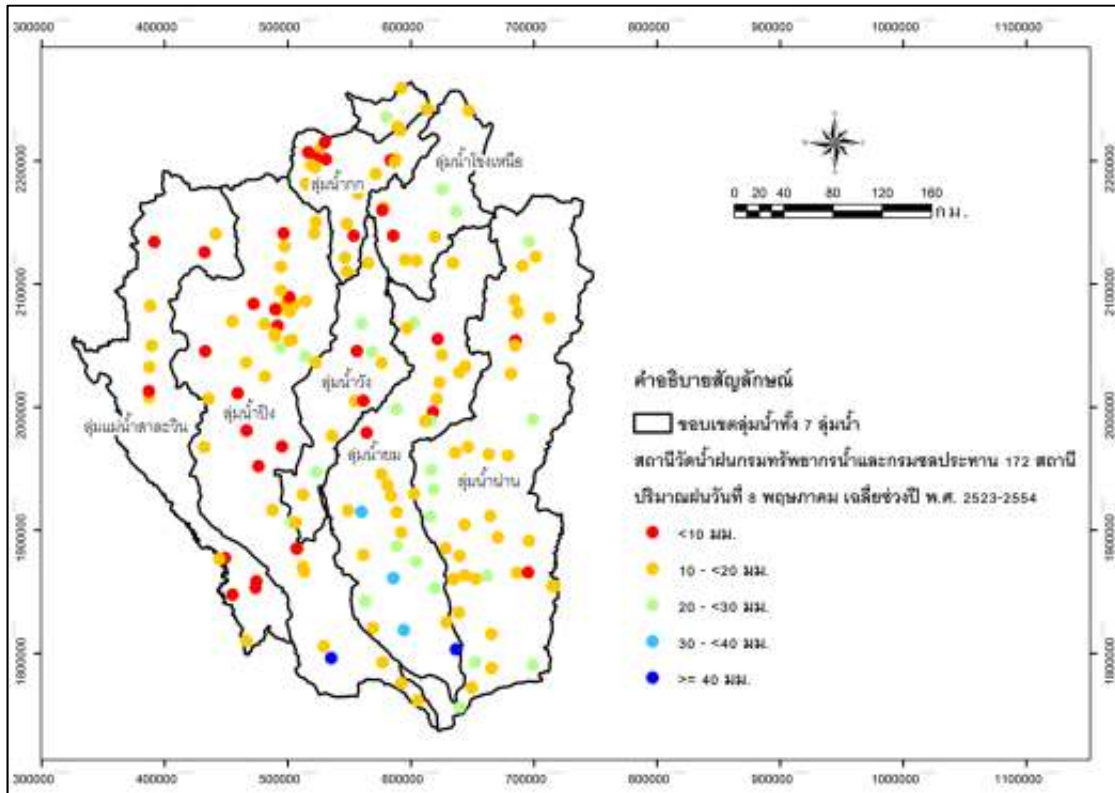
หมายเหตุ : ในการศึกษาที่พิจารณาใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 360 วัน เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ที่มีจำนวน 360 วัน



รูปที่ 3-20 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในแต่ละสถานีวัดน้ำฝนในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 3-21 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนพฤษภาคมในแต่ละสถานีวัดน้ำฝนในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



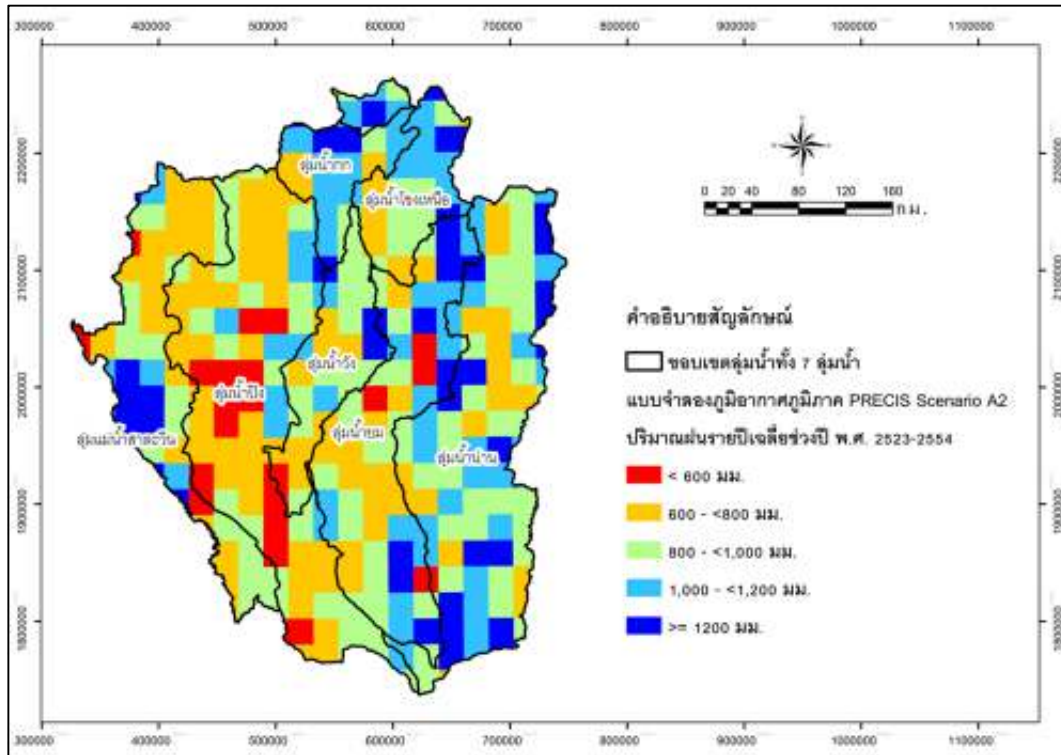
รูปที่ 3-22 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันของวันที่ 8 พฤษภาคม ในแต่ละสถานีวัดน้ำฝนในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

ข) การจัดเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศ

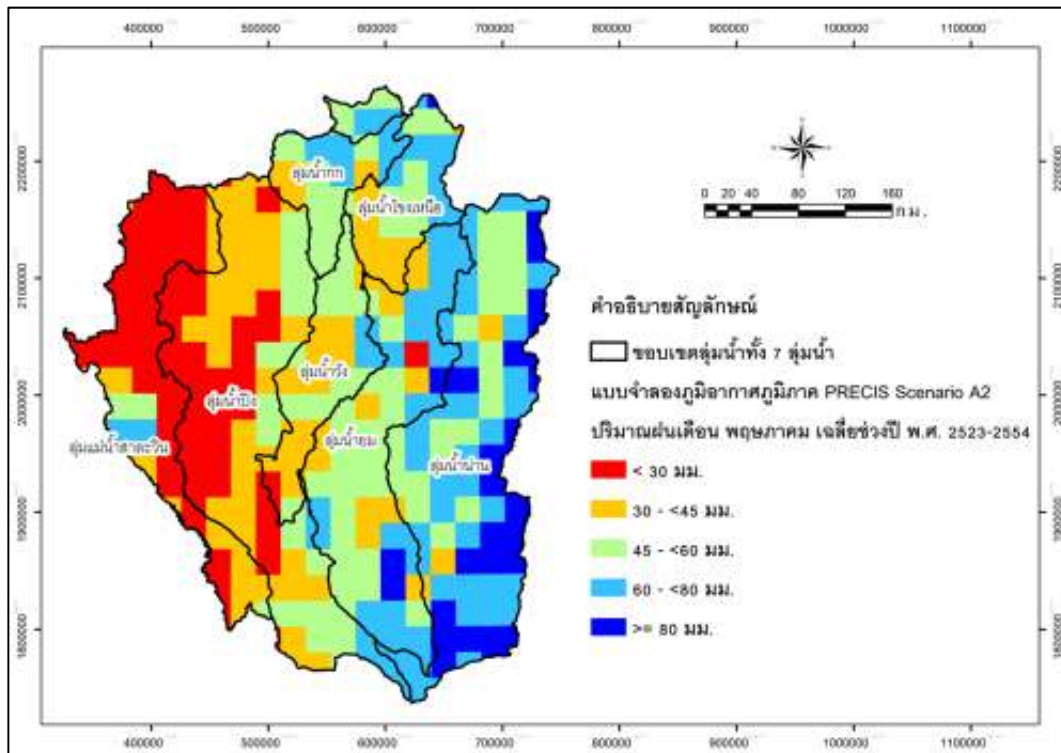
ภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2

ในการจัดเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศ ภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในแต่ละกริดในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาค่าปรับแก้ ณ ตำแหน่งกริดในแต่ละกริดที่มีสถานีวัดน้ำฝนตั้งอยู่ ผลลัพธ์ของค่าปรับแก้ดังกล่าวจะถูกใช้ในการปรับแก้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ณ ตำแหน่งกริดในแต่ละกริดที่มีสถานีวัดน้ำฝนตั้งอยู่ โดยมีการจัดเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำฝนดังนี้

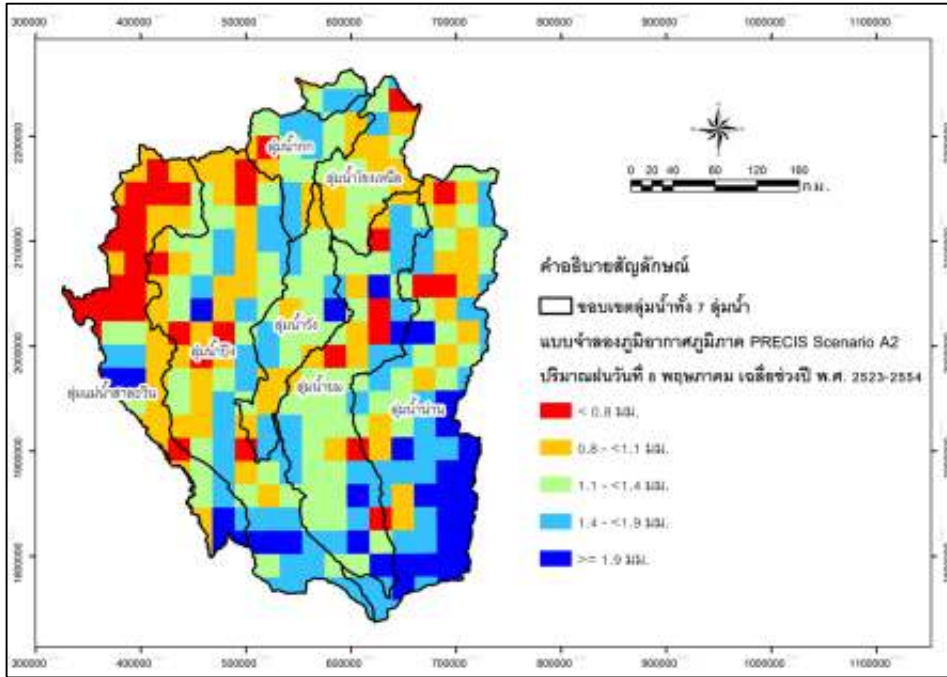
- ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในแต่ละกริดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 แสดงดังรูปที่ 3-23
- ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงธันวาคมในแต่ละกริดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 แสดงตัวอย่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนพฤษภาคมดังรูปที่ 3-24
- ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันในช่วงระหว่างวันที่ 1 มกราคม - 26 ธันวาคมในแต่ละกริดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ดังตัวอย่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันของวันที่ 8 พฤษภาคม แสดงในรูปที่ 3-25



รูปที่ 3-23 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในแต่ละกริดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 3-24 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนพฤษภาคมในแต่ละกริดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

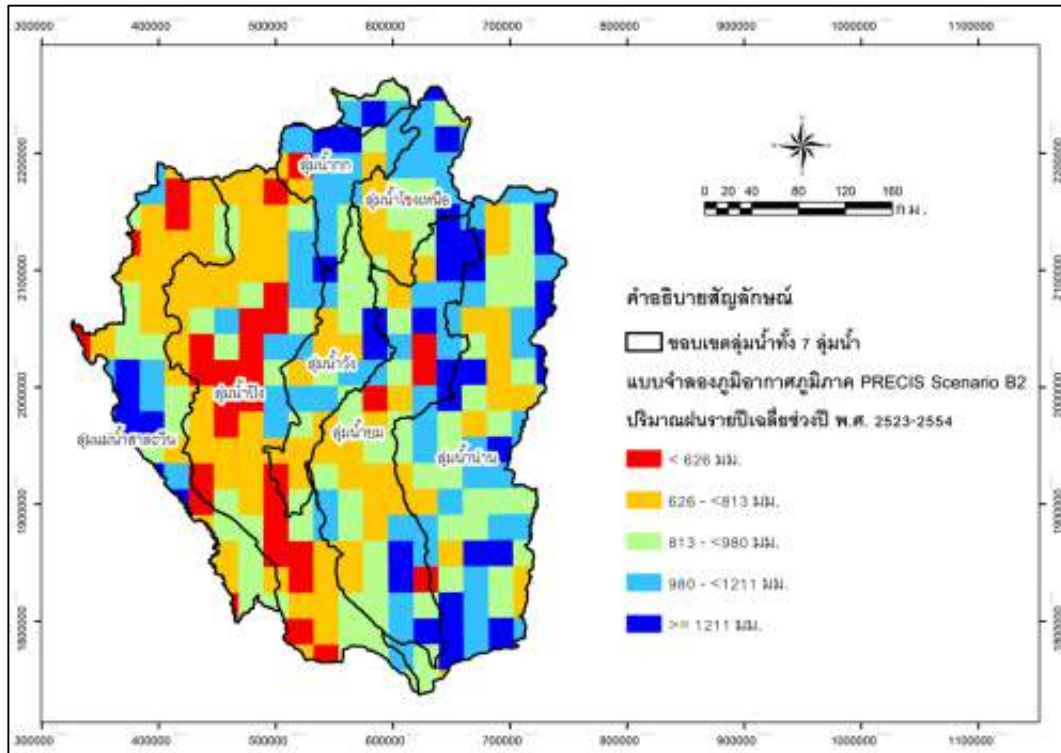


รูปที่ 3-25 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันของวันที่ 8 พฤษภาคม ในแต่ละกริดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

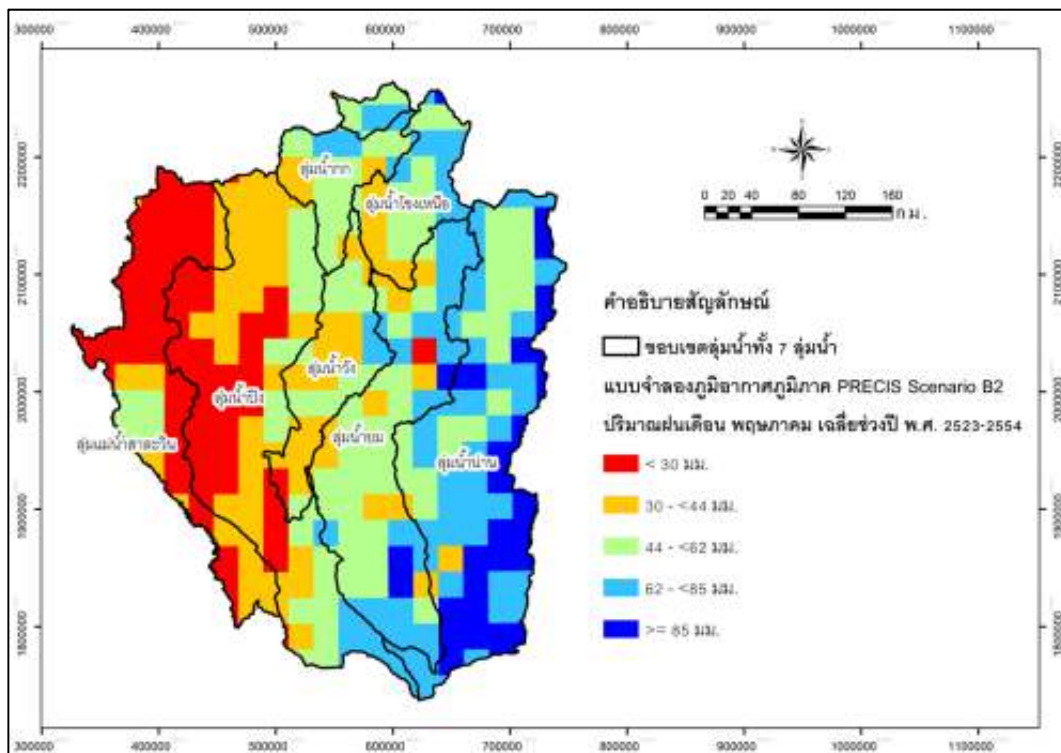
ค) การจัดเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2

ในการจัดเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในแต่ละกริดในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาค่าปรับแก้ ณ ตำแหน่งกริดในแต่ละกริดที่มีสถานีวัดน้ำฝนตั้งอยู่ ผลลัพธ์ของค่าปรับแก้ดังกล่าวจะถูกใช้ในการปรับแก้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ณ ตำแหน่งกริดในแต่ละกริดที่มีสถานีวัดน้ำฝนตั้งอยู่ โดยมีการจัดเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำฝนดังนี้

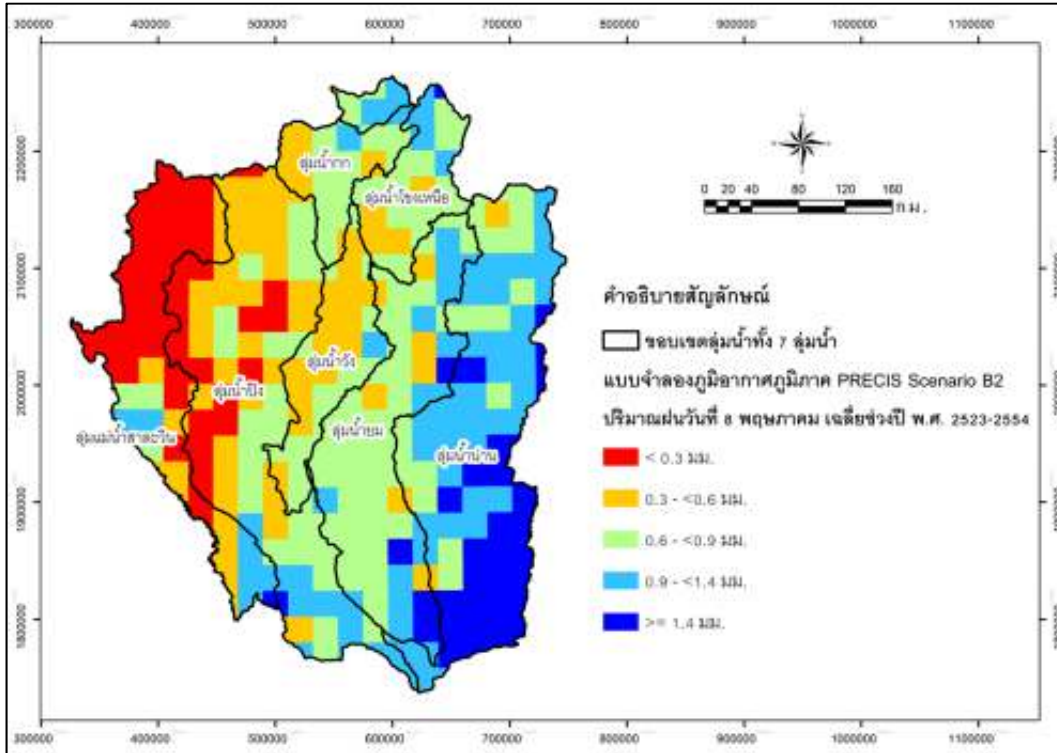
- ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในแต่ละกริดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 แสดงดังรูปที่ 3-26
- ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงธันวาคมในแต่ละกริดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 แสดงตัวอย่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนเดือนพฤษภาคมเฉลี่ยดังรูปที่ 3-27
- ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันในช่วงระหว่างวันที่ 1 มกราคม - 26 ธันวาคมในแต่ละกริดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ดังตัวอย่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันของวันที่ 8 พฤษภาคม แสดงในรูปที่ 3-28



รูปที่ 3-26 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในแต่ละกริดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



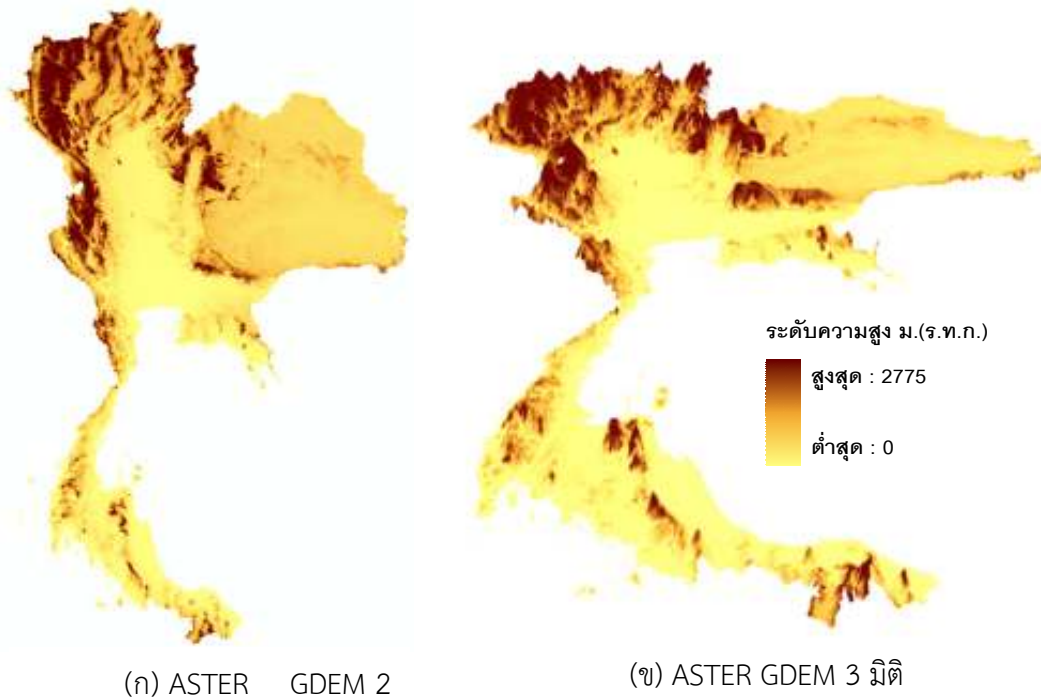
รูปที่ 3-27 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนพฤษภาคมในแต่ละกริดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 3-28 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันของวันที่ 8 พฤษภาคม ในแต่ละกริดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

3.1.2.5 ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูง ASTER GDEM

การศึกษารั้วนี้ได้ใช้ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (ASTER GDEM) เพื่อพิจารณาถึงลักษณะภูมิประเทศที่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำฝนในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ โดยข้อมูล ASTER GDEM ที่ใช้ในการศึกษานี้ได้จากโครงการความร่วมมือระหว่างองค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (National Aeronautics and Space Administration, NASA) และกระทรวงเศรษฐกิจการค้าและอุตสาหกรรม ประเทศญี่ปุ่น (Ministry of Economy, Trade and Industry, METI) โดยสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ <http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/search.jsp> ข้อมูล ASTER GDEM ที่ดาวน์โหลดได้นี้เป็นข้อมูลในรูปแบบราสเตอร์ (Raster) ซึ่งมีการจัดเก็บแบบ Digital File Format (*.adf) มีความละเอียดในแนวราบ 30 ม. x 30 ม. และความละเอียดในแนวดิ่ง 1 ม. โดยในหนึ่งตารางกริดเซลล์จะทำการเก็บค่าระดับความสูงที่เป็นตัวแทนของตารางกริด 1 ค่า ซึ่งสามารถแสดงผลข้อมูล ASTER GDEM โดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ดังแสดงในรูปที่ 3-29



รูปที่ 3-29 แสดงลักษณะข้อมูล ASTER GDEM 2 มิติ และ 3 มิติ

3.1.3 ข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ จากหน่วยงานต่างๆ ที่มีการบันทึกข้อมูลไว้ โดยมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 3-5 จากข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากที่รวบรวมได้นี้จะนำไปจัดทำฐานข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันในพื้นที่ศึกษาที่สามารถสืบค้นได้ง่ายต่อไป

ตารางที่ 3-5 เหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ.2556)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	วันที่เกิดเหตุ	ความเสียหาย	แหล่งที่มาของข้อมูล
เชียงราย	แม่สาย	เวียงพางคำ	หมู่ 6	2 สิงหาคม 2548	มีฝนตกหนักในพื้นที่ติดต่อกัน 3 วัน (ปริมาณฝนสะสม 100 มม.) ทำให้ดินในบริเวณพื้นที่ไม่สามารถระบายน้ำหนักไว้ได้ จึงทำให้ดินพังและไหลลงมา	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงราย	แม่ฟ้าหลวง	แม่ฟ้าหลวง	บ้านอ็อกปากกล้วย	7 สิงหาคม 2548	ชั้นดินอุ้มน้ำไว้มากจนกระทั่งไม่สามารถทนรับน้ำหนักได้จึงมีการไหลถล่มลงมาตามความลาดชัน	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงราย	เชียงของ	ริมโขง	บ้านสองพี่น้อง	15 สิงหาคม 2548	มีฝนตกหนัก จึงทำให้ชั้นดินมีการอุ้มน้ำไว้มาก จนกระทั่งไม่สามารถทนรับน้ำหนักได้ ดินจึงไหลลงมา	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงราย	เวียงป่าเป้า	แม่เจดีย์	บ้านปางมะกาด	28 สิงหาคม 2548	มีฝนตกหนักจึงทำให้ชั้นดินมีการอุ้มน้ำไว้มาก จนกระทั่งไม่สามารถทนรับน้ำหนักได้จึงมีการไหลถล่มลงมาตามความลาดชัน	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงราย	แม่ฟ้าหลวง	แม่ฟ้าหลวง	บ้านจะลอ	7 สิงหาคม 2549	ฝนตกหนักอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านภาคใต้ตอนบนและห่อมความกดอากาศต่ำพาดผ่านบริเวณภาคเหนือ	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงราย	แม่สาย	เวียงพางคำ	บ้านดอยงาม	21 กันยายน 2549	มีบ้านเรือนเสียหาย 2 หลัง สาเหตุเกิดเนื่องจากฝนตกหนักในพื้นที่	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงราย	เชียงแสน	เวียง	บ้านสบรวก หมู่ที่ 1	7 สิงหาคม 2552	เกิดจากฝนตกหนักวัดปริมาณน้ำฝนได้ 199 มม. จากอิทธิพลของพายุโกนีย์ ประกอบกับมีร่องความกดอากาศต่ำซึ่งพาดผ่านทางตอนเหนือของจังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงราย	เชียงของ	ริมโขง	บ้านห้วยเย็น, บ้านกิวกาญจน์	17 สิงหาคม 2553	ดินไหลปิดทับทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1129 สายเชียงแสน-เชียงของ ระหว่างหลักกิโลเมตรที่ 15-19 จากอิทธิพลของร่องมรสุมพาดผ่านบริเวณประเทศไทยตอนบน ประกอบกับมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีกำลังค่อนข้างแรง ทำให้มีฝนตกหนักและตกต่อเนื่อง	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงราย	เวียงป่าเป้า	แม่เจดีย์ใหญ่	-	22 สิงหาคม 2553	เกิดน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วม จากอิทธิพลของพายุโซนร้อน “มินดอน เล” บริเวณทะเลจีนใต้ตอนกลาง ส่งผลให้ร่องมรสุมที่พาดผ่านภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีกำลังแรงขึ้นทำให้เกิดฝนตกหนักและตกต่อเนื่อง	กรมทรัพยากรธรณี

ตารางที่ 3-5 (ต่อ) เหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ.2556)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	วันที่เกิดเหตุ	ความเสียหาย	แหล่งที่มาของข้อมูล
เชียงราย	ขุนตาล เทิง เวียงเชียงรุ้ง เชียงของ และ พญาเม็งราย	-	-	24 สิงหาคม 2553	เกิดน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมในพื้นที่ 5 อำเภอ รวม 15 ตำบล 64 หมู่บ้านราษฎรได้รับความเดือดร้อน 9,330 ครัวเรือน พื้นที่การเกษตรได้รับความเสียหาย 5,400 ไร่	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงราย	แม่สรวย	วาวี	-	29 กรกฎาคม 2556	ฝนตกหนักทำให้เกิดดินสไลด์พาดันไม้ใหญ่ทับชาวอาข่าเสียชีวิต 2 คน	www.thairath.co.th
เชียงราย	แม่ฟ้าหลวง	เทอดไทย	-	29 กรกฎาคม 2556	วิกฤติฝนตกหนัก ทำให้ดินภูเขาถล่มลงมาปิดถนนในพื้นที่	www.dailynews.co.th
เชียงราย	แม่ฟ้าหลวง	แม่สลองใน	-	29 กรกฎาคม 2556		
เชียงใหม่	แม่แจ่ม	-	บ้านน้ำแม่แรก	14 กันยายน 2545	มีการอพยพชาวบ้านออกจากพื้นที่จำนวน 180 ครอบครัวยและเส้นทางแม่แจ่ม – สอด ได้รับความเสียหายเนื่องจากดินถล่ม	สำนักธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี
เชียงใหม่	แม่แจ่ม	ท่าผา	บ้านยางหลวง	17 กันยายน 2545	น้ำป่าไหลหลาก มีบ้านเรือนเสียหายทั้งหมดจำนวน 12 หลัง นอกจากนี้พื้นที่เกษตรกรรมซึ่งอยู่ตลอดทั้งสองฝั่ง น้ำแม่แรกมีความเสียหายจำนวน 4,044 ไร่	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงใหม่	อมก๋อย	-	-	20 พฤษภาคม 2547	เสียหาย 4 ตำบล 14 หมู่บ้าน ประชาชนเดือดร้อน 100 คน 120 ครัวเรือน เสียชีวิต 1 คน	สำนักธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี
เชียงใหม่	อมก๋อย	ยางเปียง	-	23 พฤษภาคม 2547	เกิดน้ำป่าไหลหลากดินถล่ม ผู้เสียชีวิต 1 คน บาดเจ็บ 4 คน บ้านเรือนเสียหาย 14 หลัง	http://www.bangkokbiznews.com
เชียงใหม่	อมก๋อย	แม่ตื่น	-	23 พฤษภาคม 2547		
เชียงใหม่	อมก๋อย	ม่อนจอง	-	23 พฤษภาคม 2547		
เชียงใหม่	แม่อาย	ท่าตอน	บ้านแสนสุข	16 กันยายน 2547	ลาดเนินเขาได้ถล่มลงมาทำให้บ้านเรือนราษฎรเสียหายทั้งหมด และเจ้าของบ้านได้รับบาดเจ็บจำนวน 1 ราย	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงใหม่	ฝาง	แม่จอน	บ้านปางควาย, บ้านยาง	8 สิงหาคม 2549	ผู้เสียชีวิต 8 คน (บ้านปางควาย 2 คน บ้านยาง 6 คน) บ้านเรือนเสียหายทั้งหมด 9 หลังเสียหายบางส่วน 24 หลัง	สำนักธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี
เชียงใหม่	เชียงดาว	แม่ณะ	-	11 กันยายน 2555	ฝนตกหนักติดต่อกันหลายวัน จนดินอุ้มน้ำไม่ไหวเลื่อนไหลลงมาจากบนดอย พาดันไม้ขนาดใหญ่ถล่มลงมาปิดขวางทางจราจร	www.thairath.co.th

ตารางที่ 3-5 (ต่อ) เหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ.2556)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	วันที่เกิดเหตุ	ความเสียหาย	แหล่งที่มาของข้อมูล
ตาก	แม่ระมาด	-	-	20 พฤษภาคม 2547	เสียหาย 4 ตำบล 16 หมู่บ้าน ประชาชนเดือดร้อน 8,846 คน 2,135 ครัวเรือน เสียชีวิต 5 คน บาดเจ็บ 391 คน	สำนักธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี
ตาก	แม่สอด	แม่กุ	บ้านหนองน้ำเขียว	2 กรกฎาคม 2554	มีน้ำฝนปริมาณมากไหลซึมลงไปในชั้นดิน ทำให้ชั้นดินขาด เสถียรภาพและไหลลงมา ห่างจากสำนักสงฆ์บ้านหนองน้ำเขียว ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ 50 เมตร	กรมทรัพยากรธรณี
น่าน	เฉลิมพระเกียรติ	ห้วยโก๋น	บ้านสบปิ่น หมู่ 2	25 สิงหาคม 2549	ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก เนื่องจากมีฝนตกติดต่อกัน 4-5 วัน บ้านเรือนเสียหายทั้งหลังจำนวน 1 หลัง และเสียหายบางส่วนอีกหลายหลัง	กรมทรัพยากรธรณี
น่าน	ทุ่งช้าง	ทุ่งช้าง	บ้านน้ำทิ	25 สิงหาคม 2549	ฝนตกหนักติดต่อกันหลายวัน มีบ้านเรือนเสียหายทั้งหลัง 2 หลัง	กรมทรัพยากรธรณี
น่าน	ท่าวังผา	ตาสุม	บ้านห้วยธนู หมู่ที่ 9, บ้านน้ำปึก หมู่ที่ 7	5 กันยายน 2551	น้ำป่าไหลหลาก บ้านเสียหายทั้งหลัง 10 หลัง บ้านพังเสียหายบางส่วน 51 หลัง ถนนเสียหาย 2 สาย ฝาย 3 แห่ง มีผู้บาดเจ็บ 10 ราย และมีผู้เสียชีวิต 3 ราย	กรมทรัพยากรธรณี
น่าน	ท่าวังผา	ศรีภูมิ	บ้านม่วง	5 กันยายน 2551	น้ำป่าไหลหลาก บ้านพังเสียหายบางส่วน 6 หลัง	กรมทรัพยากรธรณี
น่าน	เมือง	สะเนียน	บ้านสองแคว หมู่ 5, บ้านปางเป็ย หมู่ 6	12 กันยายน 2552	น้ำป่าไหลหลากอย่างรวดเร็ว ทำให้ถนนเสียหาย 4 สาย ท่อระบายน้ำ 2 แห่ง ราษฎรได้รับความเดือดร้อนประมาณ 500 ครัวเรือน 2,500 คน และมีผู้เสียชีวิต 4 ราย	กรมทรัพยากรธรณี
น่าน	ท่าวังผา	ผาทอง	บ้านน้ำกิ หมู่ 5, บ้านสันเจริญ หมู่ 6	18 กรกฎาคม 2553	มีดินไหลลงมาเป็นระยะตลอดเส้นทาง บ้านเรือนราษฎรที่อยู่ติดทางน้ำเสียหายประมาณ 10 หลัง สัตว์เลี้ยงถูกน้ำพัดพาเสียหาย พื้นที่ทางการเกษตรเสียหายจำนวนมาก	กรมทรัพยากรธรณี
น่าน	เวียงสา	แม่ชะนึ่ง	-	11 มิถุนายน 2556	เสียชีวิต 1 คน สูญหาย 1 คน บ้านเรือนเสียหาย 20 หลัง	www.dailynews.co.th
เพชรบูรณ์	หล่มสัก	บุงน้ำเต้า	บ้านธารทิพย์(หมูบุด)	11 กันยายน 2543	เสียชีวิต 10 คน สูญหาย 2 คน บ้านเรือนเสียหาย 363 หลัง การปศุ	สำนักธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี
เพชรบูรณ์	เมือง	ท่าพล	บ้านโพธิ์เงิน	11 กันยายน 2543	สัตว์ พื้นที่ทางการเกษตรเสียหายมากมาย	กรมทรัพยากรธรณี

ตารางที่ 3-5 (ต่อ) เหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ.2556)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	วันที่เกิดเหตุ	ความเสียหาย	แหล่งที่มาของข้อมูล
เพชรบูรณ์	หล่มสัก	น้ำก้อ	-	11 สิงหาคม 2544	เสียชีวิต 136 คน บาดเจ็บ 109 คน สูญหาย 4 คน บ้านเรือนพังทลาย 188 หลัง คิดเป็นมูลค่าประมาณ 645 ล้านบาท	สำนักธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี
แพร่	วังชิ้น	-	-	4 พฤษภาคม 2544	มีบ้านเรือนเสียหาย 18 หลัง ผู้เสียชีวิต 43 คน สูญหาย 4 คน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 100 ล้านบาท	สำนักธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี
แพร่	เมือง	ช่อแฮ	บ้านนาตอง, บ้านน้ำจ้อม, บ้านปากกลาย, บ้านผาตรึม	23 พฤษภาคม 2549	ผู้เสียชีวิต 5 คน บ้านเรือนเสียหายทั้งหมด 135 หลัง เสียหายบางส่วน 345 หลัง	สำนักธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี
แพร่	เด่นชัย	ห้วยไร่	-	18 มิถุนายน 2552	เกิดน้ำป่าไหลหลาก เนื่องจากอิทธิพลของร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน	กรมทรัพยากรธรณี
แพร่	วังชิ้น	นาพูน	-	18 มิถุนายน 2552		
แพร่	เด่นชัย	ห้วยไร่	บ้านน้ำแรม หมู่ 4	3 สิงหาคม 2553	เกิดน้ำป่าไหลหลาก บริเวณถนนทางหลวงหมายเลข 11 ช่วง กิโลเมตรที่ 151 เนื่องจากอิทธิพลของร่องความกดอากาศต่ำ (ร่องฝน)	กรมทรัพยากรธรณี
แพร่	ร้องกวาง	แม่ียงตาล	-	22 สิงหาคม 2553		
แพร่	เมือง	วังธง	-	22 สิงหาคม 2553		
แพร่	ลอง	บ้านปิน	-	22 สิงหาคม 2553	เกิดน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมบ้านกว่า 300 หลัง บ่อปลา 40 บ่อ และพื้นที่การเกษตรเสียหายประมาณ 1,500 ไร่ เนื่องจากอิทธิพลของพายุไซร่อน “มินดอนเล” บริเวณทะเลจีนใต้ตอนกลาง	กรมทรัพยากรธรณี
แพร่	วังชิ้น	วังชิ้น, ป่าสัก, แม่พุง, แม่เก็ง, สร้อย	-	22 สิงหาคม 2553		
แพร่	เมือง	ป่าแดง	หมู่ 8	28 พฤษภาคม 2555	เกิดฝนตกหนักทำให้ดินภูเขาถล่มทับเส้นทางลอยฟ้าเชื่อมต่อไปยัง อ.ท่าปลา จ.อุตรดิตถ์ บริเวณหลักกิโลเมตรที่ 21-22 หรือที่เรียกว่า สะพาน 1 นอกจากนี้บริเวณสะพาน 8 ยังมีดินถล่มทับเส้นทางรถไม่สามารถสัญจรได้	www.dailynews.co.th
พะเยา	ปง	-	-	20 สิงหาคม 2504	เกิดดินถล่มรุนแรง และทำให้เกิดน้ำป่าไหลหลากเกือบทุกร่องห้วยของพื้นที่ต้นน้ำของแม่น้ำยม ประชาชนได้รับความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินจำนวนมาก	กรมทรัพยากรธรณี

ตารางที่ 3-5 (ต่อ) เหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ.2556)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	วันที่เกิดเหตุ	ความเสียหาย	แหล่งที่มาของข้อมูล
พะเยา	เมือง, เชียงคำ	-	-	27 สิงหาคม 2538	พายุไซร่อน Lois ทำให้เกิดฝนตกหนักมากเป็นเหตุให้เกิดดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก ราษฎรจำนวนมากได้รับความสูญเสียทรัพย์สินและบ้านเรือน	กรมทรัพยากรธรณี
แม่ฮ่องสอน	สบเมย	-	-	20 พฤษภาคม 2547	ผู้ประสบภัย 400 คน 120 คริวเรือน บ้านเรือนเสียหาย 100 หลัง	สำนักธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี
แม่ฮ่องสอน	ปาย	เวียงใต้	บ้านเทศบาล	13 สิงหาคม 2548	บ้านเรือนเสียหาย 11 หลัง เสียชีวิต 2 คน บาดเจ็บ 21 คน สูญหาย 9 คน	สำนักธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี
แม่ฮ่องสอน	ปางมะผ้า	-	บ้านน้ำริน	13 สิงหาคม 2548	ราษฎรเสียชีวิต 5 คน บ้านเรือนเสียหายทั้งหลัง 15 หลัง ทางหลวงแผ่นดินชำรุด 3 แห่ง	สำนักธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี
แม่ฮ่องสอน	สบเมย	แม่สามแลบ	บ้านปู่ทา หมู่ 6	3 สิงหาคม 2554	เกิดดินถล่มลงมาปิดทับบ้านเรือนประชาชน ทำให้มีผู้เสียชีวิต 9 ราย ผู้ได้รับบาดเจ็บ 12 คน และบ้านเรือนราษฎรเสียหายทั้งหลัง 1 หลัง และเสียหายบางส่วน 9 หลัง	สำนักธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี
แม่ฮ่องสอน	แม่สะเรียง	แม่ยวม	บ้านจอมกิตติ (บ้านน้ำดิบ) หมู่ 13	3 สิงหาคม 2554	เกิดดินถล่มพื้นที่บ้านจอมกิตติ ดินโคลนไหลทับบ้านเรือนราษฎรเสียหาย 10 หลัง และถนนทางเข้าหมู่บ้านเสียหาย 2 จุด	สำนักธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี
แม่ฮ่องสอน	สบเมย	-	-	15 กันยายน 2555	มีดินถล่มลงมาปิดทับถนน สูง 3 เมตร ยาวประมาณ 5 เมตร รถทุกชนิดไม่สามารถผ่านไปมาได้ ทำให้รถเริ่มติดยาวหลายสิบกิโล	www.thannews.th.com
ลำปาง	วังเหนือ	-	-	27 สิงหาคม 2538	พายุไซร่อน Lois ทำให้เกิดฝนตกหนักมาก เป็นเหตุให้เกิดดินไหลและน้ำป่าไหลหลากราษฎรจำนวนมากได้รับผลกระทบ	กรมทรัพยากรธรณี
ลำปาง	เถิน	-	-	3 พฤษภาคม 2544	เกิดดินไหลและน้ำป่าไหลหลาก ทำให้ไร่นา สัตว์เลี้ยง ข้าวของเครื่องใช้และบ้านเรือนเสียหายจำนวนมาก	กรมทรัพยากรธรณี
ลำปาง	วังเหนือ, เมืองปาน, แจ้ห่ม, เมือง	-	-	28 กันยายน 2548	เกิดดินไหลและทำให้เกิดน้ำป่าไหลหลากเกือบทุกร่องห้วยของพื้นที่ต้นน้ำของแม่น้ำวัง รวมทั้งเกิดน้ำล้นเขื่อนกิ่วลม ประชาชนได้รับความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินจำนวนมาก	รายงานเครือข่ายแจ้งเหตุ ธรณีพิบัติภัยจังหวัดลำปาง 2550

ตารางที่ 3-5 (ต่อ) เหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ.2556)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	วันที่เกิดเหตุ	ความเสียหาย	แหล่งที่มาของข้อมูล
ลำปาง	เมืองปาน	ทุ่งกว่า	-	21 มิถุนายน 2553	เกิดน้ำป่าไหลหลาก เนื่องจากฝนตกหนักจากอิทธิพลของหย่อมความกดอากาศต่ำ ทำให้บ้านเรือนราษฎรได้รับความเสียหายประมาณ 300 หลังคา โรงเรียน สะพาน ถนนชำรุดเสียหายจำนวนมาก	กรมทรัพยากรธรณี
ลำปาง	วังเหนือ	วังทอง, วังซ้าย, วังทรายดำ, วังใต้	-	11 กันยายน 2553	เกิดน้ำป่าไหลหลาก ทำให้บ้านเรือนราษฎรและพื้นที่การเกษตรเสียหาย ทำให้สะพานไม่ได้รับความเสียหาย 3 แห่ง คอสะพาน 4 แห่ง	กรมทรัพยากรธรณี
ลำพูน	แม่ทา	ทาปลาตูก	บ้านขุนตาน หมู่ 8	31 สิงหาคม 2549	มีฝนตกหนักวัดปริมาณน้ำฝนได้ 185 มม. เกิดดินไหลบริเวณไหล่เขา ดินและเศษซากต้นไม้จำนวนมากได้ถูกกระแสน้ำพัดพาไปติดบริเวณฝายบ้านทาปลาตูก ทำให้ระดับน้ำสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว กระแสน้ำจึงไหลเปลี่ยนทิศทางเข้าท่วมบ้านเรือนของประชาชน มีมูลค่าความเสียหายมากกว่า 100 ล้านบาท	กรมทรัพยากรธรณี
ลำพูน	ลี้, บ้านโฮ้ง	-	-	10 พฤษภาคม 2554	น้ำป่าไหลหลากและน้ำท่วมฉับพลัน โดยเฉพาะพื้นที่สองฝั่งแม่น้ำลี้ใน 7 ตำบลของอำเภอลี้	กรมทรัพยากรธรณี
สุโขทัย	ศรีสัชนาลัย	-	บ้านห้วยตม, บ้านดงหญ้าป่า, บ้านแม่คู	23 พฤษภาคม 2549	ผู้เสียชีวิต 7 คน บ้านเรือนเสียหายทั้งหมด 89 หลัง เสียหายบางส่วน 156 หลัง	สำนักธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี
อุตรดิตถ์	ท่าปลา	น้ำหมั้น	บ้านน้ำต๊ะ, บ้านน้ำรี	23 พฤษภาคม 2549	ผู้เสียชีวิต 75 คน บ้านเรือนเสียหายทั้งหมด 483 หลัง เสียหายบางส่วน 3,478 หลัง	สำนักธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี
อุตรดิตถ์	ลับแล	แม่พูล	บ้านผามอบ, บ้านมหาราช	23 พฤษภาคม 2549		
อุตรดิตถ์	เมือง	-	บ้านโฮ้ฮ้า, บ้านน้ำไคร้	23 พฤษภาคม 2549		
อุตรดิตถ์	ลับแล	แม่พูล	-	19 สิงหาคม 2553	น้ำฝนซึมลงไปตามรอยแยกเกิดดินถล่ม มีบ้านเรือนเสียหาย 2 หลัง	กรมทรัพยากรธรณี
อุตรดิตถ์	น้ำปาด	น้ำไผ่	บ้านต้นขนุน, บ้านห้วยเตือ	9 กันยายน 2554	บ.ต้นขนุน ม.3 มีผู้เสียชีวิต 6 ราย สูญหาย 1 ราย และบ้านเรือนเสียหายทั้งหมด 31 หลัง เสียหายบางส่วนจำนวน 30 หลัง บ.ห้วยเตือ บ้านเรือนเสียหาย 10 หลัง เสียหายบางส่วนจำนวน 20 หลัง ส่วนบ้านห้วยคอม บ้านคลองเนียน และบ้านก๊กมี ได้รับความเสียหายบางส่วน	สำนักธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี

ตารางที่ 3-5 (ต่อ) เหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ.2556)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	วันที่เกิดเหตุ	ความเสียหาย	แหล่งที่มาของข้อมูล
เชียงราย	แม่ฟ้าหลวง	แม่สองโน	บ้านเล้าลัว หมู่ 14	26 กรกฎาคม 2555	เกิดดินไหล ปิดทับเส้นทางสายเทอดไทย - หัวแม่คำ 1 ช่องทางจราจร ขณะนี้สามารถใช้เส้นทางได้ตามปกติแล้ว	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงราย	แม่ฟ้าหลวง	เทอดไทย	บ้านแสนเมืองโก หมู่ที่ 2	26 กรกฎาคม 2555	เกิดดินไหล ปิดทับเส้นทางสัญจรขนาดกว้าง 5 เมตร ยาว 400 เมตร ส่งผลให้ราษฎรในพื้นที่ 2 ตำบล 8 หมู่บ้าน ไม่สามารถใช้เส้นทางสัญจรไปมาได้	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงราย	เชียงแสน	บ้านแซว	บ้านแซวกลาง หมู่ที่ 14	26 กรกฎาคม 2555	เกิดดินไหล ลงมาปิดทับบ้านเรือนราษฎร ได้รับความเสียหายบางส่วน 1 หลังไม่มีผู้ได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิต	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงราย	แม่ฟ้าหลวง	เทอดไทย	บ้านเทอดไทย หมู่ที่ 1	5 สิงหาคม 2555	ส่งผลให้บ้านเรือนราษฎรได้รับความเสียหายบางส่วน 2 หลัง	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงราย	แม่ฟ้าหลวง	เทอดไทย	บ้านแสนเมืองโก, ทุ่งหมอบ อาเน	5 สิงหาคม 2555	ส่งผลไม่สามารถสัญจรไปมาได้	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงราย	แม่ฟ้าหลวง	เทอดไทย	บ้านแสนเมืองโก หมู่ที่ 4	6 กันยายน 2555	ดินไหลปิดทับเส้นทางระยะทางขนาดกว่า 100 เมตร	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงใหม่	เชียงดาว	ทุ่งช้างพวง	บ้านห้วยทรายขาวหมู่ที่ 5	6 กันยายน 2555	น้ำป่าไหลหลากและดินถล่ม มีผู้เสียชีวิต 1 ราย บาดเจ็บ 1 คน	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงใหม่	ฝาง		เส้นทางขึ้นดอยอ่างขาง	6 กันยายน 2555	ส่งผลให้รถยนต์ไม่สามารถสัญจรผ่านไปมาได้	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงใหม่	ดอยสะเก็ด	เทพเสด็จ	บ้านแม่ตอน หมู่ที่ 4	7 กันยายน 2555	ดินไหลลงมาปิดทับบ้านเรือนประชาชน ส่งผลให้ต้นไม้ล้มทับบ้าน ได้รับความเสียหายบางส่วน 1 หลัง	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงใหม่				6 กันยายน 2555	น้ำท่วมและน้ำป่าไหลหลาก พื้นที่อำเภอแม่ออน ตำบลแม่ทา หมู่ที่ 5 และ 6 ส่งผลให้น้ำกัดเซาะคอสะพาน และเสาไฟฟ้าโค่นล้ม อำเภอฝาง ตำบลแม่งอน หมู่ที่ 2 และ 10 ส่งผลให้พื้นที่ทางการเกษตร ได้รับความเสียหายเล็กน้อย อำเภอดอยสะเก็ดตำบลป่าป้อง หมู่ที่ 4 และตำบลตลาดใหญ่ หมู่ที่ 2-4 ส่งผลให้พื้นที่ทางการเกษตร ได้รับความเสียหายเล็กน้อย อำเภอไชยปราการ ตำบลศรีดงเย็น ส่งผลให้การเกษตร 15 ไร่ ถนนลูกรัง 1 สาย สะพาน 2 แห่ง เสียหาย	กรมทรัพยากรธรณี
เชียงใหม่	เชียงดาว	ทุ่งข้าวพวง	บ้านแม่กอน หมู่ที่ 2	7 กันยายน 2555	น้ำป่าไหลหลากส่งผลให้สะพานในหมู่บ้านขาด 2 แห่ง (สะพานเชื่อมระหว่างบ้านดอยนางหลวง กับบ้านกะเหรี่ยง)	กรมทรัพยากรธรณี

ตารางที่ 3-5 (ต่อ) เหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ.2556)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	วันที่เกิดเหตุ	ความเสียหาย	แหล่งที่มาของข้อมูล
ตาก	แม่สอด	แม่กาษา	โรงเรียนบ้านแม่กีดสามท่า	18 มิถุนายน 2555	พบรอยแยกปรากฏบนผิวดินเป็นแนวเส้นโค้ง รัศมีประมาณ 10 เมตร ห่างจากตัวอาคารเรียนชั้นอนุบาล 15 เมตร และพบลักษณะการทรุดตัวของชั้นดินบริเวณฐานอาคารเรียนทุกอาคาร จนทำให้พื้นผนัง และคานของตัวอาคารมีการแตกร้าวเป็นแนวยาวทุกหลัง อาจทำให้อาคารถล่มลงมาจนเป็นอันตรายต่อนักเรียนได้	กรมทรัพยากรธรณี
ตาก	แม่สอด			7 กันยายน 2555	ทำให้มีดินและก้อนหินขนาดใหญ่ร่วงลงมาขวางถนน บริเวณกิโลเมตรที่ 35 - 36 (ถนนสายแม่สอด - ตาก) ส่งผลให้รถไม่สามารถสัญจรได้ชั่วคราว	กรมทรัพยากรธรณี
ตาก	แม่สอด	พระธาตุผาแดง	โรงเรียนบ้านพะเต๊ะ หมู่ที่ 4	17 กันยายน 2555	เกิดรอยแยกและดินไหลลงมาบริเวณภูเขาด้านหลังอาคารเรียน หลังจากที่ดินตกรัดต่อกัน เป็นแนวยาวโค้งประมาณ 100 เมตร กว้าง 80 เซนติเมตรทรุดตัวลงไป 1.6 เมตร และมีรอยแยกบนลาดเขาในระดับความสูงต่างๆอีกจำนวนมากกว่า 5 แนว	กรมทรัพยากรธรณี
ตาก				7 กันยายน 2555	น้ำท่วมและน้ำป่าไหลหลาก พื้นที่อำเภออุ้มผาง ได้แก่ ตำบลอุ้มผาง (หมู่ที่ 1,6) แม่ละมุ้ง (หมู่ที่ 4) ส่งผลให้ถนนเสียหาย 1 สาย และสะพาน 3 แห่ง	กรมทรัพยากรธรณี
ตาก	แม่สอด	พระธาตุผาแดง	โรงเรียนบ้านพะเต๊ะ หมู่ที่ 4	28 กรกฎาคม 2556	ดินสไลด์ทับอาคารเรียนเสียหาย	www.thairath.com
น่าน	นาหมื่น	นาทะนุง	บ้านเขาแก้ว	18 ตุลาคม 2554	เกิดดินไหลลงมาทับบ้านนายทองอยู่ อินเขียว ทำให้บ้านเสียหายบางส่วน	กรมทรัพยากรธรณี
น่าน	ทุ่งช้าง	งอบ	บ้านงอบใต้ หมู่ 8	18 กันยายน 2554	เกิดดินไหลลงมาปิดทับบ้านเรือนของนายตัน อินทร์ซี่ และหอประชุม เอนกประสงค์ รวม 3 หลัง	กรมทรัพยากรธรณี
น่าน	ปัว	ภูคา		26 มิถุนายน 2554	เกิดดินไหลทำให้ถนนขาดเป็นระยะทางยาวประมาณ 300 เมตร ไม่สามารถใช้เส้นทางสัญจรผ่านไปมาได้	กรมทรัพยากรธรณี
น่าน	ภูเพียง	ฝายแก้ว	บ้านแหด หมู่12	30 กันยายน 2554	เกิดดินไหลบริเวณสวนยางท้ายหมู่บ้าน ไม่มีบ้านเรือนเสียหาย	กรมทรัพยากรธรณี

ตารางที่ 3-5 (ต่อ) เหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ.2556)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	วันที่เกิดเหตุ	ความเสียหาย	แหล่งที่มาของข้อมูล
น่าน				10 สิงหาคม 2555	น้ำท่วมและน้ำป่าไหลหลาก พื้นที่ 4 อำเภอ 30 ตำบล 192 หมู่บ้าน ส่งผลให้พื้นที่และทรัพย์สินทางการเกษตร ประมาณ 8,188 ไร่ ถนน 68 สาย สะพาน/คอสระพาน 37 แห่ง ฝาย/รางริน 38 แห่ง ท่อลอด เหลี่ยม 20 แห่ง	กรมทรัพยากรธรณี
น่าน	ท่าวังผา			6 กันยายน 2555	น้ำท่วมและน้ำป่าไหลหลาก พื้นที่ 2 ตำบล ได้แก่ ตำบลยม หมู่ที่ 9 และตำบลจอมพระ หมู่ที่ 1 ส่งผลให้ราษฎรได้รับความเดือดร้อน 30 หลังคาเรือน	กรมทรัพยากรธรณี
แพร่	วังชิ้น	สรอย	บ้านปางจุ่น หมู่ 6	3 ตุลาคม 2555	เกิดดินไหลปิดทับบ้านเรือนประชาชนบริเวณบ้านปางจุ่น หมู่ที่ 6 ตำบลสรอย อำเภอวังชิ้น และเกิดน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมพื้นที่หมู่ที่ 1-11 ส่งผลให้น้ำกัดเซาะตลิ่งในหลายจุด และพื้นที่การเกษตรได้รับความเสียหายเป็นจำนวนมาก	กรมทรัพยากรธรณี
แพร่				10 มิถุนายน 2555	น้ำท่วมและน้ำป่าไหลหลากพื้นที่ 2 อำเภอ (ได้แก่ อำเภอเด่นชัย และลอง) 4 ตำบล 20 หมู่บ้าน ส่งผลให้คอสระพานคอนกรีตชำรุดเสียหาย 4 แห่ง และเส้นทางรถไฟสายเหนือบริเวณบ้านห้วยไร่ ตำบลห้วยไร่ อำเภอเด่นชัย น้ำได้กัดเซาะดินและหินใต้รางรถไฟขณะน้ำกรรไหลแห่งประเทศไทย ได้ซ่อมแซมเส้นทางจนสามารถใช้งานได้	กรมทรัพยากรธรณี
แพร่				6 กันยายน 2555	น้ำท่วมและน้ำป่าไหลหลาก พื้นที่อำเภอเมือง 2 ตำบล บ้านถิ่น หมู่ที่ 1-9 ตำบลทุ่งกวาว หมู่ที่ 1-6 พื้นที่ทางการเกษตรได้รับความเสียหายเล็กน้อย และอำเภอเด่นชัย 5 ตำบล ได้แก่ ตำบลเด่นชัย (หมู่ที่ 1-11) แม่จิวะ (หมู่ที่ 1-10) ปงห้วย (หมู่ที่ 1-9) ห้วยไร่ (หมู่ที่ 1-10) ตำบล ไทรย้อย (หมู่ที่ 1-12) ราษฎรได้รับความเดือดร้อน 1,246 ครัวเรือน 2,535 คน ส่งผลให้สะพานแบร็งข้ามห้วยพวกเสียหาย	กรมทรัพยากรธรณี
แพร่				18 กันยายน 2555	น้ำป่าไหลหลาก พื้นที่อำเภอวังชิ้น 2 ตำบล ได้แก่ ตำบลวังชิ้น หมู่ที่ 4,6 นาพูน หมู่ที่ 1,11 ส่งผล ให้พื้นที่การเกษตร และสิ่ง สาธารณประโยชน์เสียหายเล็กน้อย	กรมทรัพยากรธรณี

ตารางที่ 3-5 (ต่อ) เหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ.2556)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	วันที่เกิดเหตุ	ความเสียหาย	แหล่งที่มาของข้อมูล
แม่ฮ่องสอน	สบเมย	แม่สวด	บ้านแม่เงา,บ้านแม่หลุย	26 กรกฎาคม 2555	เกิดดินไหลปิดทับเส้นทางสัญจรขนาดกว้าง 8 เมตรยาว 4 เมตรสูง 4 เมตร	กรมทรัพยากรธรณี
แม่ฮ่องสอน	ปาย	ทุ่งยาว	บ้านอีแลบ,บ้านปางตอง	10 สิงหาคม 2555	บริเวณพื้นที่บ้านอีแลบ หมู่ที่ 7 และบ้านปางตอง หมู่ที่ 8 คอสะพานเสียหายเล็กน้อย และบ้านมะโนรา หมู่ที่ 12 พบดินไหลขนาดเล็กจำนวน 5 แห่ง ส่งผลให้การสัญจรไปมาไม่สะดวก	กรมทรัพยากรธรณี
แม่ฮ่องสอน	สบเมย	-	บ้านแม่สามแลบ หมู่1	3 กันยายน 2555	บ้านเรือนได้รับความเสียหาย 2 หลัง	กรมทรัพยากรธรณี
แม่ฮ่องสอน	สบเมย	ป่าโป่ง		18 กันยายน 2555	ดินไหลเส้นทางหมายเลข ๑๐๘ (แม่สะเรียง - ฮอด) ส่งผลให้รถไม่สัญจรไปมาได้	กรมทรัพยากรธรณี
แม่ฮ่องสอน	สบเมย	แม่สามแลบ	บ้านแม่สามแลบ หมู่ที่ 1	10 มิถุนายน 2555	ส่งผลทำให้ถนนทางเข้าหมู่บ้านถูกกระแสน้ำพัดเสียหาย	กรมทรัพยากรธรณี
แม่ฮ่องสอน	สบเมย	สบเมย	บ้านแม่ทะลุ หมู่ที่ 5	26 กรกฎาคม 2555	น้ำท่วมและน้ำป่าไหลหลาก ระดับน้ำสูงจากถนน 30 เซนติเมตร พื้นที่ถนนสายแม่ฮ่องสอน - กุงไม้สักน้ำกัดเซาะถนนและคอสะพาน ส่งผลให้รถไม่สามารถสัญจรไปมาได้	กรมทรัพยากรธรณี
แม่ฮ่องสอน	แม่สะเรียง	เสาหิน		1 ตุลาคม 2556	ดินสไลด์ทับถนนไม่สามารถสัญจรได้	www.naewna.com
ลำปาง	แม่ทะ	-	บ้านปางมะโอ	8 พฤษภาคม 2555	ในเขตพื้นที่บ้านปางมะโอ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง ห่างจากสันเขาเขตต่อแดนไปทางทิศตะวันตกประมาณ 300 เมตร โดยเกิดดินถล่มและกัดเซาะใต้ผิวถนนทำให้ผิวถนนลาดยางพังเสียหายไป 1 ช่องทางจราจร เป็นระยะทางกว้างประมาณ 30 เมตร ยาวประมาณ 30 เมตร และลึกประมาณ 20 เมตร	กรมทรัพยากรธรณี
ลำปาง				3 ตุลาคม 2554	เกิดดินไหลบริเวณทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 ช่วงหลักกิโลเมตรที่ 734-735 และบริเวณทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 11 ช่วงหลักกิโลเมตรที่ 8-9 ส่งผลให้การจราจรใช้ได้เพียงช่องทางเดียว	กรมทรัพยากรธรณี
ลำปาง	อำเภอเมืองปาน	ตำบลแจ้ซ้อน	บ้านปางต้นหนูน หมู่ที่ 10	7 กันยายน 2555	ส่งผลให้รถไม่สามารถสัญจรได้ชั่วคราว	กรมทรัพยากรธรณี

ตารางที่ 3-5 (ต่อ) เหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ.2556)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	วันที่เกิดเหตุ	ความเสียหาย	แหล่งที่มาของข้อมูล
ลำปาง				3 ตุลาคม 2554	น้ำท่วมและน้ำป่าไหลหลาก พื้นที่อำเภอห้างฉัตร จำนวน 3 ตำบล 11 หมู่บ้าน (ตำบลห้างฉัตร ตำบลปงยางคคตำบลเวียงตาล) อำเภอเกาะคา จำนวน 4 ตำบล 15 หมู่บ้าน (ตำบลไหลหินตำบลเกาะคา ตำบลท่าผา ตำบลใหม่พัฒนา) อำเภอเสริมงาม จำนวน 4 ตำบล43 หมู่บ้าน (ตำบลเสริมขวา ตำบลทุ่งงาม ตำบลเสริมซ้าย ตำบลเสริมกลาง) อำเภอแม่ทะ จำนวน 5 ตำบล 22 หมู่บ้าน (ตำบลบ้านบอม ตำบลน้ำโจ้ ตำบลแม่ทะตำบลนาครีว ตำบลป่าตัน) อำเภอสบปราม 3 ตำบล 9 หมู่บ้าน (ตำบลสมัย ตำบลสบปราม ตำบลนายาง) ส่งผลให้สิ่งสาธารณประโยชน์เสียหายจำนวนมาก	กรมทรัพยากรธรณี
ลำปาง	เมือง	บ้านเอื้อม	บ้านสัก หมู่ที่ 3	7 พฤษภาคม 2555	ส่งผลให้น้ำพัดบ้านเรือนเสียหายทั้งสิ้น 1 หลัง	กรมทรัพยากรธรณี
ลำปาง				6 กันยายน 2555	น้ำท่วมและน้ำป่าไหลหลาก พื้นที่อำเภอเมือง ตำบลบ้านเสด็จ หมู่ที่ 1-17 ราษฎรได้รับความเดือดร้อน400 ครัวเรือน บ้านพัก 30 หลัง พื้นที่การเกษตรพืชไร่ 50 ไร่ นา 50 ไร่สวน 10 ไร่ บ่อปลา 2 บ่อ อำเภอแม่เมาะ พื้นที่ 3 ตำบล ได้แก่ ตำบลแม่เมาะ(หมู่ที่ 1-2,4,6) และตำบลบ้านดง (หมู่ที่ 4) ราษฎรได้รับความเดือดร้อน2,978 ครัวเรือน พื้นที่การเกษตรได้รับความเสียหายจำนวนมาก อำเภอแม่ทะตำบลคอนไฟ หมู่ที่ 5 พื้นที่ทางการเกษตรได้รับความเสียหายเล็กน้อย อำเภอเมืองปาน ตำบลหัวเมือง หมู่ที่ 8 และตำบลแจ้ซ้อน (หมู่ที่ 4,8,11) พื้นที่ทางการเกษตร ได้รับความเสียหายเล็กน้อย อำเภอวังเหนือ ตำบลวังแก้ว (หมู่ที่1,4-7) ทุ่งอั่ว (หมู่ที่ 1-2,4,10-12) วังทอง (หมู่ที่ 2-8) วังซ้าย (หมู่ที่ 1,3,5-9) และตำบลวังทรายคำ พื้นที่ทางการเกษตรได้รับความเสียหายเล็กน้อย อำเภองาวตำบลบ้านโป่ง ปงเตา และตำบลนาแก พื้นที่ทางการเกษตรได้รับความเสียหายเล็กน้อย อำเภอแจ้ห่ม ตำบลเมืองมาย ทุ่งผึ้ง ปงดอง วิเขตนคร และแม่สุกพื้นที่ทางการเกษตรได้รับความเสียหายเล็กน้อย	กรมทรัพยากรธรณี

ตารางที่ 3-5 (ต่อ) เหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ.2556)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	วันที่เกิดเหตุ	ความเสียหาย	แหล่งที่มาของข้อมูล
ลำปาง				7 กันยายน 2555	น้ำป่าไหลหลากพื้นที่อำเภอเมืองปาน ตำบลแจ้ซ้อน หมู่ที่ 2,4,5 ราษฎรได้รับความเดือดร้อนประมาณ 40 – 50 หลังคาเรือน	กรมทรัพยากรธรณี
ลำปาง				18 กันยายน 2555	น้ำป่าไหลหลาก อำเภอเมือง ตำบลบ้านคำ หมู่ที่ 1, 2 ความเสียหาย อยู่ระหว่างการสำรวจอำเภอแม่เมาะ 3 ตำบล ได้แก่ ตำบลสบป่าด หมู่ที่ 2 น้ำป่าพัดคอสะพานข้ามลำน้ำแม่จาง บริเวณบ้านสบเติน ส่งผลให้รถไม่สามารถสัญจรไปมาได้ ตำบลนาสักหมู่ที่ 1 ถนนบริเวณบ้านสบจางเสียหาย และตำบลแม่เมาะ บริเวณบริษัท สหกลอควิพมันท์ จำกัด น้ำป่าพัดรถจักรยานยนต์สูญหายไป 2 คัน	กรมทรัพยากรธรณี
ลำพูน	แม่ทา	ทาปลาตุก	บ้านทาปลาตุก หมู่ที่ 5	7 กันยายน 2555	ดินไหลปิดทับเส้นทางถนนลาดยาง ความยาว 150 เมตร ส่งผลให้รถไม่สามารถสัญจรได้ชั่วคราว	กรมทรัพยากรธรณี
ลำพูน	เส้นทางรถไฟสายเชียงใหม่ – กรุงเทพฯ			7 กันยายน 2555	ดินไหลขนาดกว้าง 10 เมตร ลึก 30 เมตร ยาว 70 เมตร ระหว่างสถานี ทาชมพู - สถานีขุนตาล กิโลเมตรที่ 684 ส่งผลให้ไม่สามารถเดินรถไฟได้	กรมทรัพยากรธรณี
ลำพูน				3 ตุลาคม 2554	น้ำท่วมและน้ำป่าไหลหลากในพื้นที่ 8 อำเภอ 40 ตำบล 375 หมู่บ้าน (ได้แก่ อำเภอลี้ ป่าซาง บ้านโฮ่งทุ่งหัวช้างเวียงหนองล่อง เมืองลำพูน บ้านธิ และแม่ทา)	กรมทรัพยากรธรณี

ตารางที่ 3-5 (ต่อ) เหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ.2556)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	วันที่เกิดเหตุ	ความเสียหาย	แหล่งที่มาของข้อมูล
สุโขทัย				18 กันยายน 2555	น้ำป่าไหลหลากและน้ำท่วม อำเภอเมืองสุโขทัย พื้นที่ 4 ตำบล 16 หมู่บ้าน 12 ชุมชน ราษฎรได้รับความเดือดร้อน 3,522 ครัวเรือน ถนน 7 สาย สะพาน 1 แห่ง โรงงาน 7 แห่งสถานที่ราชการ 4 แห่ง อำเภอศรีสัชชนาลัย ราษฎรได้รับความเดือดร้อน 600 ครัวเรือนพื้นที่ทางการเกษตรเสียหาย 1,200 ไร่ อำเภอกงไกรลาศ พื้นที่ 9 ตำบล 42 หมู่บ้านราษฎรได้รับความเดือดร้อน 2,171 ครัวเรือน ถนน 5 สาย ถนนลูกรัง 17 สาย คอสะพาน 1 แห่ง ท่อระบายน้ำ 3 แห่ง พื้นที่นาข้าว 15,430 ไร่ อำเภอสวรรคโลก พื้นที่ 4 ตำบล 18 หมู่บ้าน ราษฎรได้รับความเดือดร้อน 93 ครัวเรือน บ้านเรือนเสียหายบางส่วน 93 หลัง พื้นที่ทางการเกษตร นาข้าว พืชไร่/พืชสวน 3,900 ไร่	กรมทรัพยากรธรณี
อุตรดิตถ์	เมือง	บ้านด่านนาขาม	บ้านไฮ้อ้า หมู่ที่ 7	6 กันยายน 2555	ดินไหลปิดทับเส้นทางเข้าออกหมู่บ้านกับถนนสายหลักจำนวน 4 จุด	กรมทรัพยากรธรณี
อุตรดิตถ์				10 มิถุนายน 2555	บ้านเรือนได้รับผลกระทบ 300 หลังคาเรือนถนนชำรุด 3 สาย สะพาน 17	กรมทรัพยากรธรณี
อุตรดิตถ์	เมือง	ด่านนาขาม	บ้านไฮ้อ้า หมู่ที่ 7	6 กันยายน 2555	ระดับน้ำสูง 1 เมตร ส่งผลให้ราษฎรได้รับความเดือดร้อน 20 หลังคาเรือน	กรมทรัพยากรธรณี

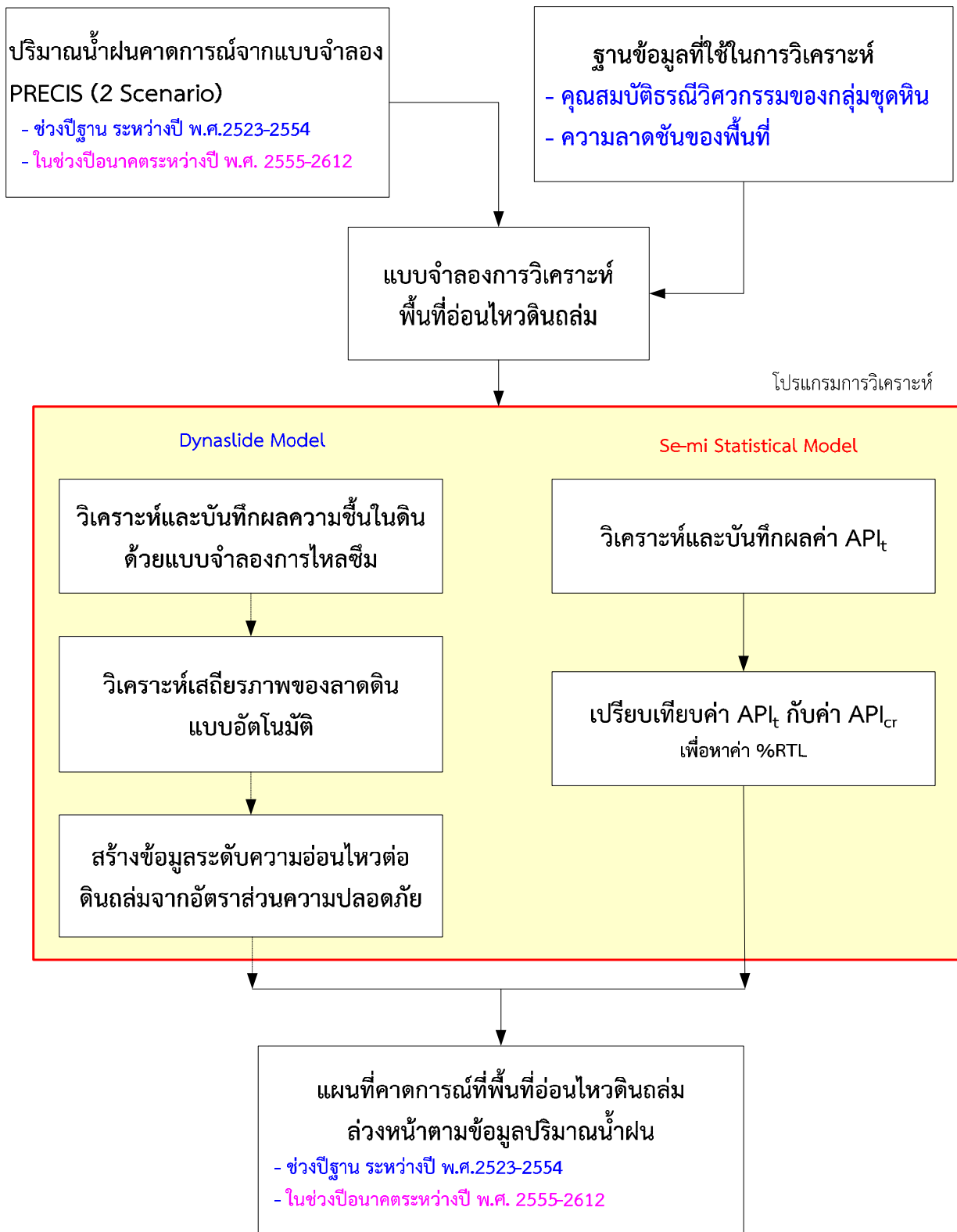
3.2 วิธีการดำเนินการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนต่อดินถล่ม

3.2.1 วิธีและขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวและความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ที่ปรึกษานำเสนอวิธีการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 2 วิธี เพื่อแสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมและข้อจำกัดของแบบจำลองในแต่ละวิธี จากนั้นจึงได้พิจารณาเลือกใช้แบบจำลองที่เหมาะสมต่อการศึกษาโครงการครั้งนี้ โดยวิธีแรก คือ วิธีการทางธรณีเทคนิค เรียกว่าแบบจำลอง DynaSlide ที่พัฒนาโดย รศ.ดร.สุทธิศักดิ์และคณะ(2555) จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งการวิเคราะห์อาศัยหลักทฤษฎีทางธรณีวิศวกรรม 2 ขั้นตอนคือ การวิเคราะห์การไหลซึมของน้ำในมวลดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated Soil Infiltration) เพื่อคำนวณหาปริมาณความชื้นของดินที่เพิ่มขึ้นจากอิทธิพลของฝนที่ตกและไหลซึมลงสู่ดินชั้นล่าง ทั้งนี้ความชื้นในดินที่เพิ่มขึ้นส่งผลโดยตรงต่อการลดกำลังรับแรงเฉือนของดิน จากนั้นจึงวิเคราะห์หาอัตราส่วนความปลอดภัยของลาดดินด้วยทฤษฎีการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดอนันต์ (Infinite Slope Stability) แล้วจึงจัดลำดับระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากเกณฑ์อัตราส่วนความปลอดภัย สำหรับวิธีที่สองคือ วิธีการกึ่งสถิติ คือการนำวิธีทางธรณีเทคนิคร่วมกับวิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ โดยนำค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) มาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลอง กล่าวคือ การคำนวณหาค่า API วิฤติ ด้วยวิธีทางธรณีเทคนิคและการหาค่า API ณ เวลาใดๆ จากข้อมูลปริมาณน้ำฝน และเปรียบเทียบกับค่า API วิฤติ เพื่อหาสัดส่วนร้อยละของปริมาณน้ำฝนที่กระตุ้นให้เกิดดินถล่ม ที่เรียกว่า Percentage of Rainfall Trigger Landslide (%RTL) ใช้ในการเตือนภัยต่อการเกิดดินถล่มต่อไป โดยขั้นตอนการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 3-30

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ 3-30 ขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ

โดยรายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินการศึกษาวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวและความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมี ดังนี้

3.2.1.1 การรวบรวมข้อมูลพื้นฐานและการสร้างข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์

ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาด้านดินถล่ม ประกอบด้วย ข้อมูลด้านธรณีวิทยา ข้อมูลความลาดชันของพื้นที่ ข้อมูลระดับความสูงภูมิประเทศ และข้อมูลรอยดินถล่มที่เคยเกิดขึ้นเพื่อใช้ตรวจสอบผลการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่มด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่อาศัยหลักการทางธรณีวิศวกรรม ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ จะต้องทำการจัดเก็บในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่เป็นระบบเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบของข้อมูลแผนที่ภูมิศาสตร์ ดังรายละเอียดขั้นตอนการสร้างข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับงานศึกษาด้านดินถล่มต่อไปนี้

1) การสร้างกริด

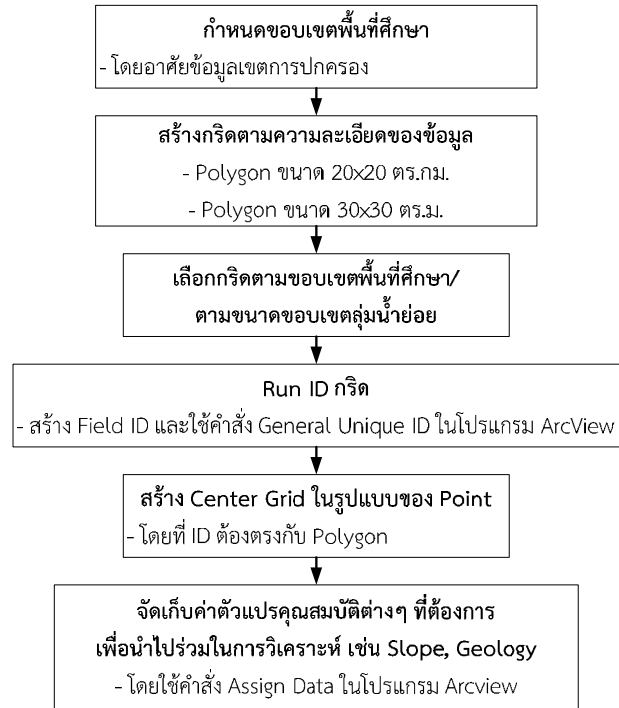
กริด (Grid) เป็นข้อมูลขนาดของพื้นที่เพื่อใช้กำหนดความละเอียดของการวิเคราะห์ข้อมูลและการประมวลผลทางด้านดินถล่ม ถ้ามีความละเอียดมาก จำนวนข้อมูลกริดก็จะมาก (ขนาดกริดเล็กมีความละเอียดสูง ขนาดกริดใหญ่มีความละเอียดต่ำ) ซึ่งหมายถึงเวลาที่มากขึ้นในการเตรียมข้อมูลที่อาจตามมาด้วย โดยขนาดของกริดขึ้นอยู่กับความละเอียดของระดับข้อมูลที่ได้นำมาพิจารณา การสร้างข้อมูลความลาดชันจากแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (ASTER GDEM) โดยข้อมูล ASTER GDEM ที่ใช้ในการศึกษานี้ได้จากโครงการความร่วมมือระหว่างองค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (National Aeronautics and Space Administration, NASA) และกระทรวงเศรษฐกิจการค้าและอุตสาหกรรม ประเทศญี่ปุ่น (Ministry of Economy, Trade and Industry, METI) โดยสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ <http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/search.jsp> ข้อมูลที่ดาวน์โหลดได้จะอยู่ในรูปแบบ Digital File Format (*.adf) มีความละเอียดในแนวราบ 30 ม. x 30 ม. และความละเอียดในแนวตั้ง 1 ม. สำหรับการสร้างขนาดกริดที่ใช้ในโครงการนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ กริดขนาด 20x20 ตร.กม. แล้วสร้างกริดย่อยขนาด 1x1 ตร.กม. ภายในเพื่อใช้สำหรับการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนเนื่องจากความละเอียดของข้อมูลน้ำฝนรายกริดตามแหล่งข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ (PRECIS) และกริดขนาด 30x30 ตร.ม. ใช้จัดเตรียมข้อมูลพื้นฐานด้านดินถล่ม เช่น ระดับความสูง ความลาดชัน ลักษณะธรณีวิทยา เป็นต้น ขั้นตอนการสร้างกริดแสดงดังรูปที่ 3-31

2) การสร้างข้อมูลระดับความสูง

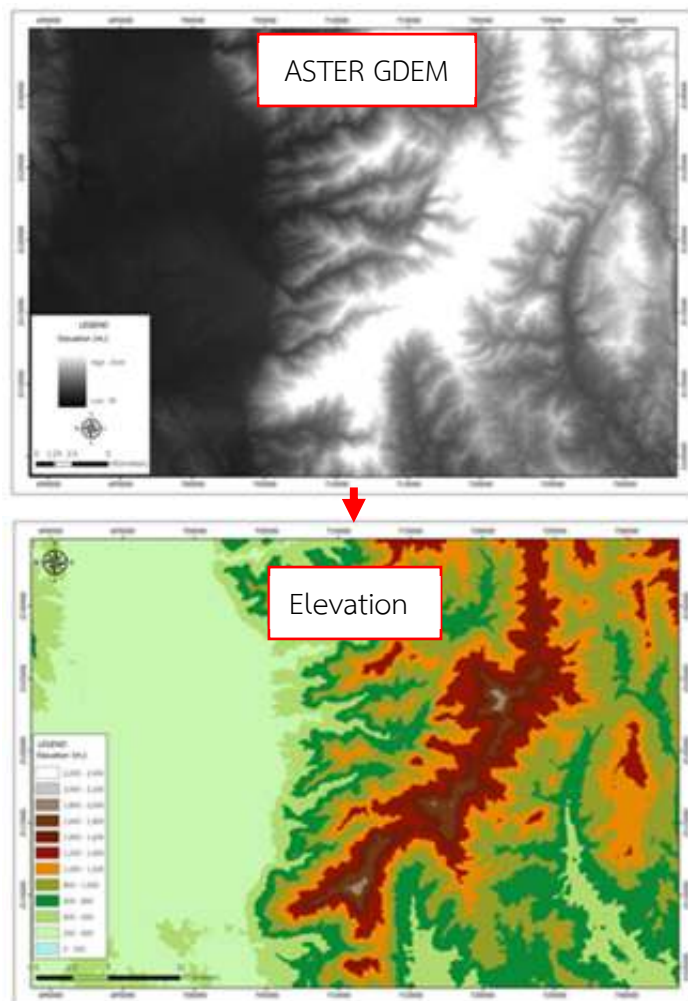
ระดับความสูง (Elevation) เป็นข้อมูลที่แสดงถึงระดับความสูงของพื้นผิวภูมิประเทศเปรียบเทียบกับระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea level) ซึ่งมีหน่วยเป็นเมตร ข้อมูลระดับความสูงบ่งบอกถึงลักษณะของภูมิประเทศว่าเป็นที่ราบ ที่ลาดชัน หรือเป็นแอ่ง โดยแหล่งข้อมูลที่สำคัญได้มาจากกรมพัฒนาที่ดินหรือกรมแผนที่ทหาร ขั้นตอนการสร้างข้อมูลระดับความสูงตามแหล่งที่มาของข้อมูล แสดงดังรูปที่ 3-32

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



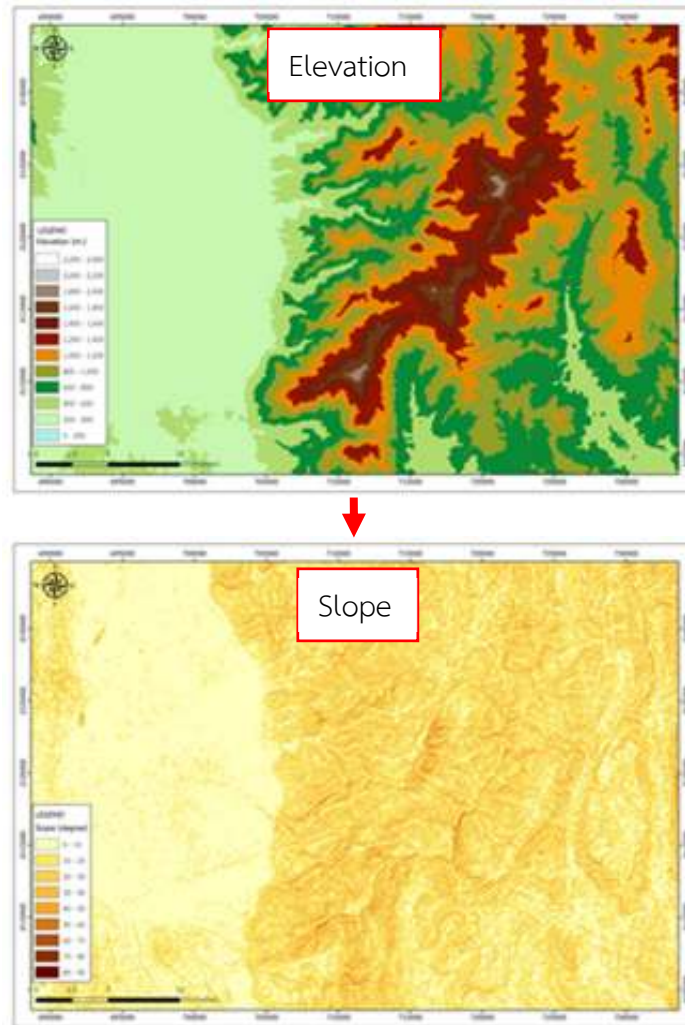
รูปที่ 3-31 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลการสร้างกริด



รูปที่ 3-32 การสร้างข้อมูลระดับความสูง จากข้อมูล ASTER GDEM

3) การสร้างข้อมูลความลาดชันของพื้นที่

ความลาดชันตามค่ามุมเอียงหมายถึง มุมความลาดเอียงของผิวดินหรือผิวพื้นที่จากแนวระดับมาตรฐาน โดยแหล่งข้อมูลที่สำคัญได้มาจากข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข (ASTER GDEM) มาสร้างเป็นข้อมูลความลาดชันของพื้นที่ตามรูปที่ 3-33



รูปที่ 3-33 ขั้นตอนการสร้างข้อมูลความชัน จากข้อมูล ASTER GDEM

4) สร้างฐานข้อมูลการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่มตามพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย เพื่อแบ่งพื้นที่ในประมวลผลด้วยโปรแกรมการวิเคราะห์ เนื่องจากกริดของการวิเคราะห์มีความละเอียดและมีจำนวนมาก ดังนั้น จึงใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างนานจึงจำเป็นต้องสร้างพื้นที่วิเคราะห์ตามลุ่มน้ำย่อยหลายลุ่มน้ำประกอบกัน

3.2.1.2 การวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มด้วยวิธีทางธรณีเทคนิคโดย แบบจำลอง DynaSlide

จากการเตรียมข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการวิเคราะห์แบบลุ่มน้ำย่อยแล้ว
ฐานข้อมูลที่น่าไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มด้วยวิธีทางธรณีเทคนิคตามขั้นตอน
ต่อไปนี้

1) นำข้อมูลกริดน้ำฝนคาดการณ์เข้าสู่การวิเคราะห์การไหลซึมด้วยแบบจำลอง
การวิเคราะห์การไหลซึม (Infiltration Model) ที่พิจารณาการไหลซึมของฝนลงสู่ชั้นดินที่ไม่อิ่มตัว เพื่อ
คำนวณหาระดับความชื้นในดินของแต่ละความลึกของดิน

2) ผลลัพธ์ความชื้นในดินแต่ละความลึกของดินนำไปสู่การคำนวณหาอัตราส่วน
ความปลอดภัยของลาดดินในแต่ละความลึกด้วยแบบจำลองการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน (Stability
Model) ที่พิจารณาการพิบัติของลาดดินแบบ Infinite Slope โดยพิจารณากำลังรับแรงเฉือนของดินที่
เปลี่ยนไปตามความชื้นที่เปลี่ยนไป

3) สร้างข้อมูลแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่มในเบื้องต้นได้นำเกณฑ์การจำแนก
ระดับความอ่อนไหวที่กำหนดไว้ตามช่วงของอัตราส่วนความปลอดภัยจากงานศึกษาวิจัยโดยสุทธิศักดิ์และคณะ
(2555) เป็นเกณฑ์กำหนด ดังนี้

ระดับความอ่อนไหวสูงมาก	$FS < 1.1$
ระดับความอ่อนไหวสูง	$1.1 < FS < 1.3$
ระดับความอ่อนไหวปานกลาง	$1.3 < FS < 1.5$
ระดับความอ่อนไหวต่ำ	$1.5 < FS < 1.8$
ระดับความอ่อนไหวต่ำมาก	$FS > 1.8$

อย่างไรก็ตาม เกณฑ์ดังกล่าวสามารถเปลี่ยนแปลงได้ในภายหลังหากมีข้อมูลหรือ
เหตุการณ์ดินถล่มในแต่ละพื้นที่ไว้เปรียบเทียบเมื่อใช้วิธีการคำนวณย้อนกลับ (Back Analysis) จะทำให้
แบบจำลองมีความถูกต้องและเกณฑ์กำหนดในการเตือนภัยดินถล่มเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ไป

3.2.1.3 การวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มด้วยวิธีการกึ่งสถิติ

การเตือนภัยดินถล่มจากค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) นั้นพิจารณาจากค่าดัชนี
ความชุ่มชื้นของดิน ณ เวลาปัจจุบันเปรียบเทียบกับค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤติ (API_t / API_{cr}) ใช้เป็น
ดัชนีบ่งชี้ให้ทราบถึงสถานะของปริมาณน้ำที่สะสมในมวลดินเทียบกับปริมาณน้ำที่ดินสามารถอุ้มไว้ได้สูงสุดก่อน
เกิดการพิบัติของลาดดิน เรียกว่า Rainfall Triggered Landslide (%RTL) ด้วยค่าดัชนีดังกล่าว นำไป
ประยุกต์ใช้กับการสร้างแผนที่เตือนภัยดินถล่มแบบพลวัต (Dynamic Map of Landslide) โดยการนำข้อมูล
ปริมาณน้ำฝนคาดการณ์จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (รายชั่วโมง) นำไปคำนวณหาค่าดัชนีความ

ชุ่มชื้นของดิน (API_t) แล้วเปรียบเทียบกับค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤติ (API_{cr}) ก็จะสามารถทราบถึงพื้นที่ที่มีแนวโน้มต่อการเกิดดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนได้ต่อไป

ขั้นตอนการวิเคราะห์ประกอบด้วย การเตรียมข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการวิเคราะห์แบบลุ่มน้ำย่อย นำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มด้วยวิธีการกึ่งสถิติ ดังนี้

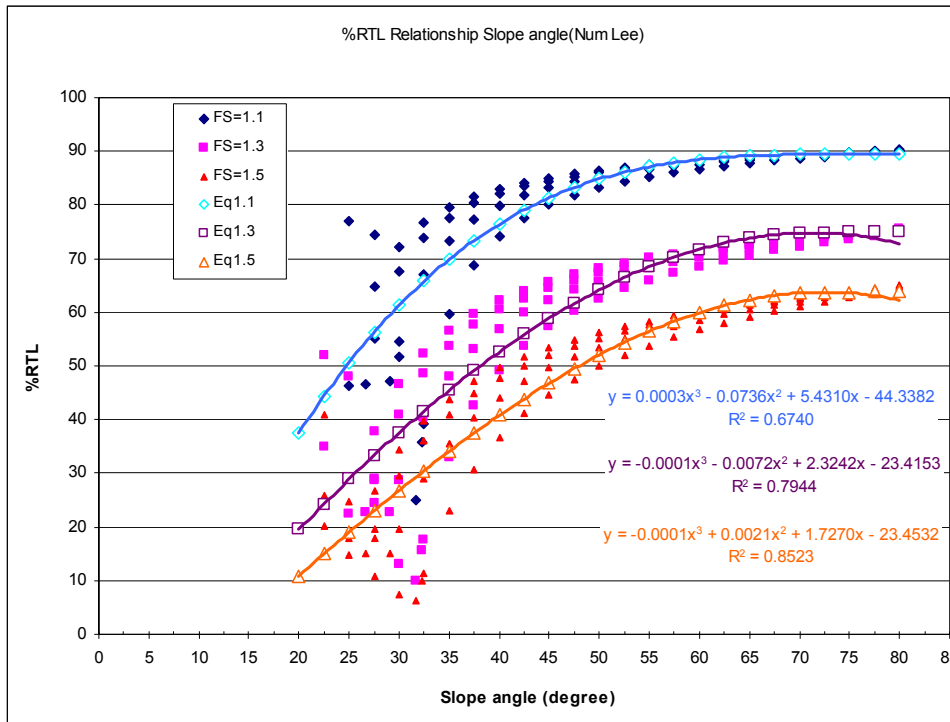
1) นำข้อมูลปริมาณน้ำฝนคาดการณ์เข้าสู่การวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน ณ เวลาใดๆ (API_t)

2) ผลลัพธ์ค่า API_t แต่ละกริด ณ เวลาใดๆ นำไปเปรียบเทียบกับค่า API_{cr} เพื่อคำนวณหาร้อยละของดัชนีชี้การเกิดดินถล่มด้วยปริมาณน้ำสะสมในดินที่เรียกว่า Rainfall Triggered Landslides (%RTL) ตามสมการที่ 3-2

$$\%RTL = \frac{API_t}{API_{cr}} \times 100 \quad (3-2)$$

3) สร้างข้อมูลแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มตามเกณฑ์การจำแนกระดับความอ่อนไหวที่กำหนดไว้ตามช่วงสัดส่วนร้อยละของปริมาณน้ำฝนที่กระตุ้นให้เกิดดินถล่ม ที่เรียกว่า Percentage of Rainfall Trigger Landslide (%RTL) จากการศึกษาของ สุทธิศักดิ์และคณะ (2553) ซึ่งได้เสนอเกณฑ์การให้ระดับความรุนแรงของการเกิดดินถล่มจากค่า %RTL อาศัยหลักการทางธรณีเทคนิคโดยวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินแบบลาดอนันต์ในสภาวะดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำที่ระดับความอิ่มตัวสูงสุด (Sr_{cr}) 90% กำหนดให้อัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety, FS) เท่ากับ 1.0 ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วถือว่าลาดดินอยู่ในสภาวะสมดุลหรือเกิดการพิบัติพอดี จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของชั้นดินวิกฤติ (T_{cr}) ต่อความลาดชัน (Slope) ต่างๆ ที่สามารถคำนวณหาปริมาณน้ำสะสมในดินวิกฤติ (API_{cr}) ได้ตามความลาดชันต่างๆ เช่นเดียวกัน จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณน้ำฝนสะสมในดิน (API) ในแต่ละกรณีของอัตราส่วนความปลอดภัยโดยกำหนดให้ FS. เท่ากับ 1.1, 1.3 และ 1.5 นำไปสร้างความสัมพันธ์ของค่า %RTL แต่ละระดับความปลอดภัย ในแต่ละระดับความลาดชัน เพื่อกำหนดเกณฑ์ระดับการเตือนภัย ดังรูปที่ 3-34 โดยเกณฑ์การจำแนกระดับโอกาสเกิดดินถล่มกำหนดไว้ตามช่วงของอัตราส่วนความปลอดภัยดังนี้

ระดับโอกาสเกิดการพิบัติสูงมาก	FS<1.1
ระดับโอกาสเกิดการพิบัติสูง	1.1<FS<1.3
ระดับโอกาสเกิดการพิบัติปานกลาง	1.3<FS<1.5
ระดับโอกาสเกิดการพิบัติต่ำ	FS>1.5



รูปที่ 3-34 ข้อมูล %RTL ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยน้ำริด ตำบลน้ำหมั้น อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์
ที่มา: สุทธิศักดิ์ และคณะ (2553)

3.2.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวและความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน

3.2.2.1 ข้อมูลด้านภูมิศาสตร์และการปกครอง

ก. ข้อมูลการปกครอง (Municipal)

ข้อมูลที่แสดงขอบเขตการปกครองและตำแหน่งที่ตั้งตำบล, อำเภอและจังหวัด

ข. ข้อมูลระดับความสูงและภูมิประเทศ (Contour or Elevation point)

ข้อมูลที่แสดงถึงระดับความสูงของพื้นผิวภูมิประเทศเปรียบเทียบกับระดับทะเลปานกลาง (Mean sea level) ซึ่งมีหน่วยเป็นเมตร ข้อมูลระดับความสูงนี้อาจมีลักษณะเป็นจุด (Elevation point) หรือ เป็นเส้นชั้น (Contour) ข้อมูลระดับความสูงสามารถบ่งบอกถึงลักษณะของภูมิประเทศว่าเป็นที่ราบ ที่ลาดชัน หรือเป็นแอ่ง และยังสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์หาความลาดชัน (Slope) ของพื้นที่ โดยอาศัยเทคนิคและโปรแกรมช่วยสร้างข้อมูล อาทิ โปรแกรม ArcGIS เป็นต้น โดยรายละเอียดของข้อมูลที่พื้นที่ศึกษาโครงการมีดังต่อไปนี้

- ลักษณะภูมิประเทศ

การสร้างข้อมูลระดับความสูงของพื้นที่เพื่อให้ทราบถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลางในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ โดยอาศัยข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (ASTER GDEM) มีความละเอียดในแนวราบ 30 ม. x 30 ม. และความละเอียดในแนวตั้ง 1 ม. สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3-35 พบว่าภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาเต็มไปด้วยขุนเขาน้อยใหญ่สลับซับซ้อน มีค่าระดับความสูงวัดจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ตั้งแต่ 0 ถึง 2,569 เมตร โดยพื้นที่ตอนกลางของพื้นที่ศึกษาเป็นที่ราบลุ่ม ซึ่งมีตอยอินทนนท์เป็นภูเขาที่มีความสูงที่สุด

- ความลาดชันตามค่ามุมเอียง (Slope Angle)

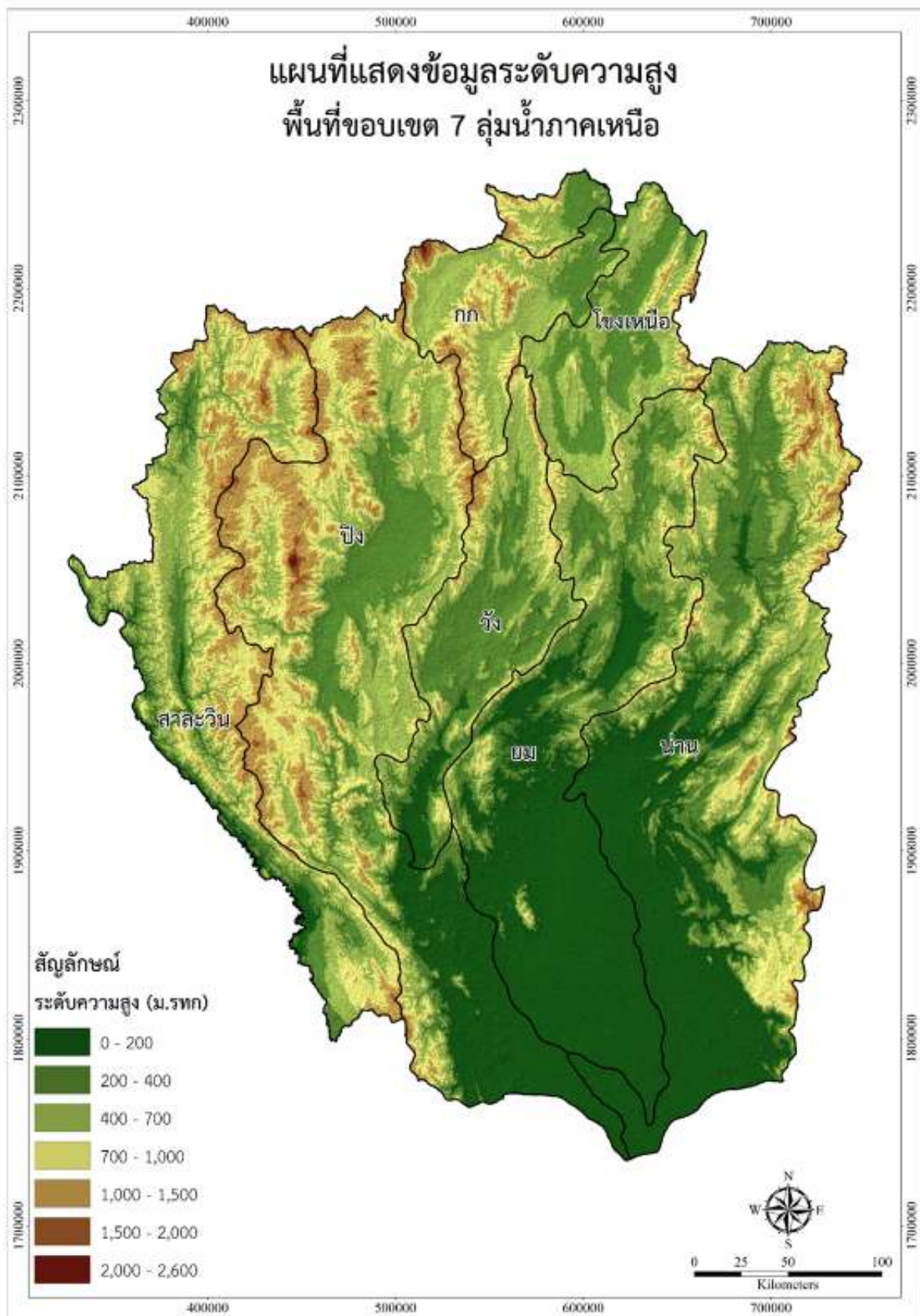
การสร้างข้อมูลความลาดชันของพื้นที่ ตามวิธีที่ได้กล่าวไว้แล้ว ซึ่งอาศัยข้อมูลจากแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (ASTER GDEM) โดยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลในพื้นที่ศึกษาแสดงดังตารางที่ 3-6 และรูปที่ 3-36 ในพื้นที่ที่มีความลาดชันส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 0-10 องศา สภาพภูมิประเทศโดยรวมจะมีความลาดเทมาตามร่องเขา

ตารางที่ 3-6 แสดงช่วงค่าความลาดชันตามค่ามุมเอียงกับร้อยละของพื้นที่ศึกษา 7 ลุ่มน้ำภาคเหนือ

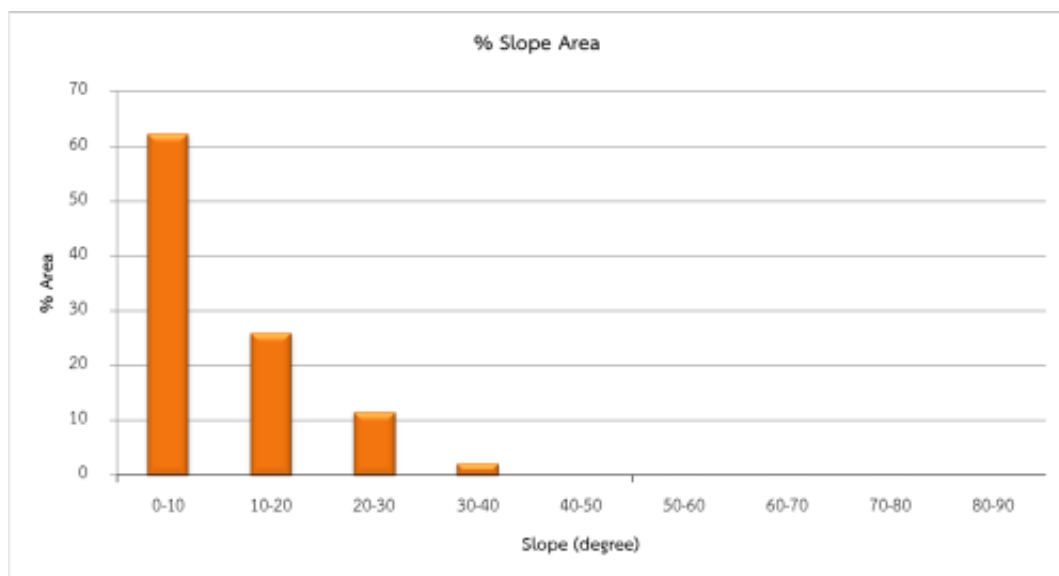
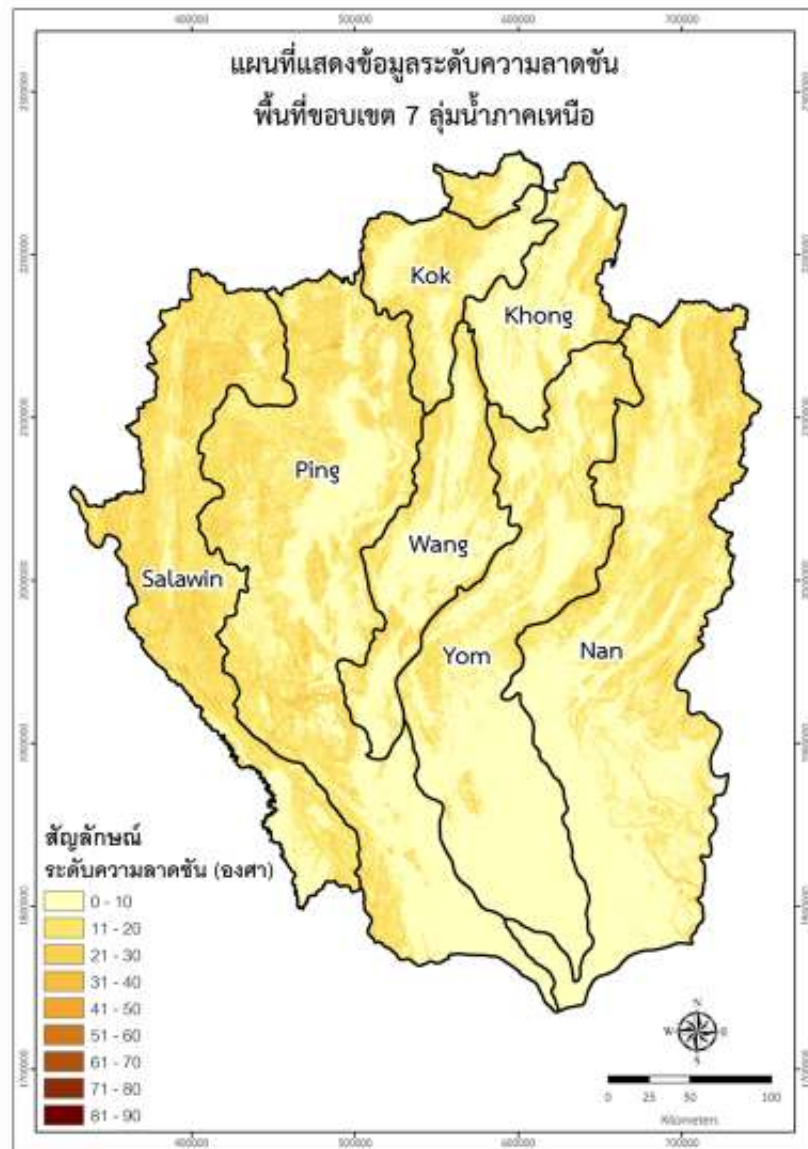
ความลาดชัน (องศา)	ร้อยละต่อพื้นที่ทั้งหมด
0-10	62.2815
10-20	26.0309
20-30	11.5118
30-40	2.2480
40-50	0.2627
50-60	0.0251
60-70	0.0021
70-80	0.0001
80-90	0.0000

ค. ข้อมูลแม่น้ำและทางน้ำหลัก (Drainage)

ข้อมูลที่แสดงถึงสภาพทางน้ำ และแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่ ได้แก่ แม่น้ำลำคลอง ลำธาร ลำห้วย ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ หนอง และบึง



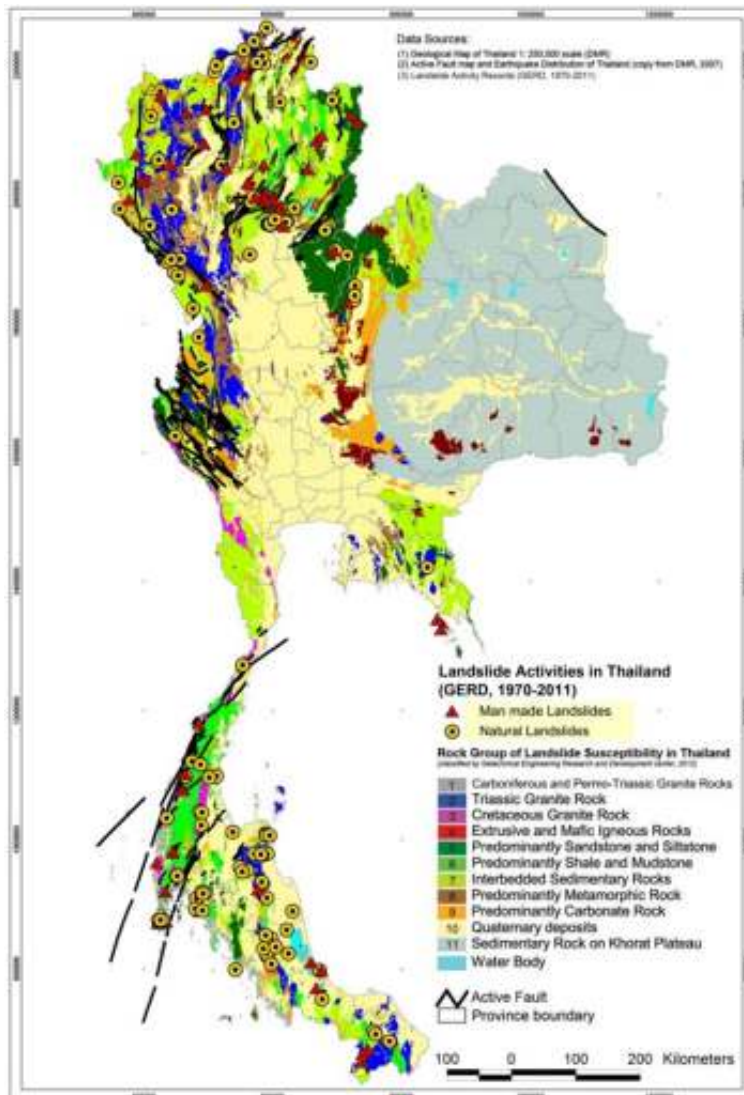
รูปที่ 3-35 ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ขอบเขตลุ่มน้ำภาคเหนือ



รูปที่ 3-36 ความลาดชันตามค่ามุมเอียงของพื้นที่ขอบเขตลุ่มน้ำภาคเหนือ

3.2.2.2 ข้อมูลด้านธรณีวิทยา (Geology)

ข้อมูลที่บ่งชี้รูปแบบทางธรณีวิทยาตามธรรมชาติของเปลือก หรือผิวโลก ที่มีรูปพรรณสัณฐานต่าง ๆ กัน สุทธิศักดิ์และคณะ (2555) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของดินที่ผุสลายมาจากหิน โดยอาศัยข้อมูลจากแผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1: 250,000 ของกรมทรัพยากรธรณี เพื่อนำคุณสมบัติที่ได้มาทำการจำแนกกลุ่มชุดหินที่มีความหมายทางวิศวกรรม เรียกว่า “กลุ่มชุดหินทางธรณีวิศวกรรมที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม” (แต่ละกลุ่มชุดหินประกอบด้วยหลายชุดหิน) ซึ่งจำแนกได้ทั้งหมด 11 กลุ่ม สำหรับกลุ่มที่ 9, 10 และ 11 ไม่ถูกนำมาพิจารณาด้านดินถล่ม เนื่องจากกลุ่มที่ 9 เป็นหินปูน การพิบัติมีลักษณะเป็นหินร่วงหล่นต่างจากการพิบัติของลาดดินซึ่งมีลักษณะการพิบัติเป็นแบบผิวการเคลื่อนพัง กลุ่มที่ 10 เป็นดินตะกอน มีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบ และกลุ่มที่ 11 เป็นกลุ่มหินตะกอนที่ราบสูงโคราช มีพฤติกรรมการพิบัติแบบหินร่วงและพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบ สามารถสรุปรายละเอียดข้อมูลดังรูปที่ 3-37 และตารางที่ 3-7 ตามลำดับ



รูปที่ 3-37 แผนที่กลุ่มชุดหินทางธรณีวิศวกรรมที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในประเทศไทย
ที่มา: สุทธิศักดิ์และคณะ (2555)

ตารางที่ 3-7 กลุ่มชุดหินทางธรณีวิศวกรรมที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในประเทศไทย

ลำดับ	ลักษณะดินของแต่ละกลุ่มชุดหิน	พื้นที่	
		ตร.กม.	ร้อยละ
1	หินแกรนิตยุคคาร์บอนิเฟอรัสและยุคเพอร์มี-ไตรแอสสิก Carboniferous and Permo-Triassic Granite Rocks	625.11	0.12
2	หินแกรนิตยุคไตรแอสสิก Triassic Granite Rock	30,090.67	5.87
3	หินแกรนิตยุคครีเทเชียส Cretaceous Granite Rock	4,758.89	0.93
4	หินอัคนีพุและหินอัคนีแทรกซอนสีเข้ม Extrusive and Mafic Igneous Rocks	14,208.13	2.77
5	หินทรายและหินทรายแป้งเป็นส่วนใหญ่ Predominantly Sandstone and Siltstone	28,084.29	5.48
6	หินดินดานและหินโคลนเป็นส่วนใหญ่ Predominantly Shale and Mudstone	19,560.09	3.82
7	หินตะกอนหลายชนิดแทรกสลับชั้นกัน Interbedded Sedimentary Rocks	71,151.78	13.88
8	หินแปร Metamorphic Rock	17,666.18	3.45
9	หินคาร์บอเนต Carbonate Rock	28,185.39	5.5
10	ตะกอนยุคควอเทอร์นารี Quaternary deposits	164,919.41	32.18
11	หินตะกอนบนที่ราบสูงโคราช Sedimentary Rock on Khorat Plateau	133,294.27	26.01
รวม		512,544.21	100

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

เมื่อพิจารณาข้อมูลดังกล่าวในพื้นที่ศึกษาซึ่งแบ่งเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำ (Basin) ทั้งหมด 7 ลุ่มน้ำ (รายละเอียดดังรูปที่ 3-38 และ ตารางที่ 3-8) สามารถสรุปกลุ่มชุดหินทางธรณีวิศวกรรมที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ศึกษาได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 (หินแกรนิตยุคคาร์บอนิเฟอรัสและยุคเพอร์โม-ไตรแอสสิก) ปรากฏอยู่ในเฉพาะพื้นที่ลุ่มน้ำปิงเพียงลุ่มน้ำเดียว

กลุ่มที่ 2 (หินแกรนิตยุคไตรแอสสิก) กระจายตัวอยู่ทั่วทั้ง 7 พื้นที่ลุ่มน้ำ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ปรากฏอยู่ในลุ่มน้ำกก ปิง และสาละวิน ตามลำดับ

กลุ่มที่ 3 (หินแกรนิตยุคครีเทเชียส) ปรากฏอยู่ในเฉพาะพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือและลุ่มน้ำวัง

กลุ่มที่ 4 (หินอัคนีฟูและหินอัคนีแทรกซอนสีเข้ม) กระจายตัวอยู่ใน 6 พื้นที่ลุ่มน้ำ ยกเว้นลุ่มน้ำสาละวิน โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ปรากฏอยู่ในลุ่มน้ำโขงเหนือ

กลุ่มที่ 5 (หินทรายและหินทรายแป้ง) กระจายตัวอยู่ใน 6 พื้นที่ลุ่มน้ำ ยกเว้นลุ่มน้ำสาละวิน โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ปรากฏอยู่ในลุ่มน้ำน่าน

กลุ่มที่ 6 (หินดินดานและหินโคลน) กระจายตัวอยู่ทั่วทั้ง 7 พื้นที่ลุ่มน้ำ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ปรากฏอยู่ในลุ่มน้ำยม

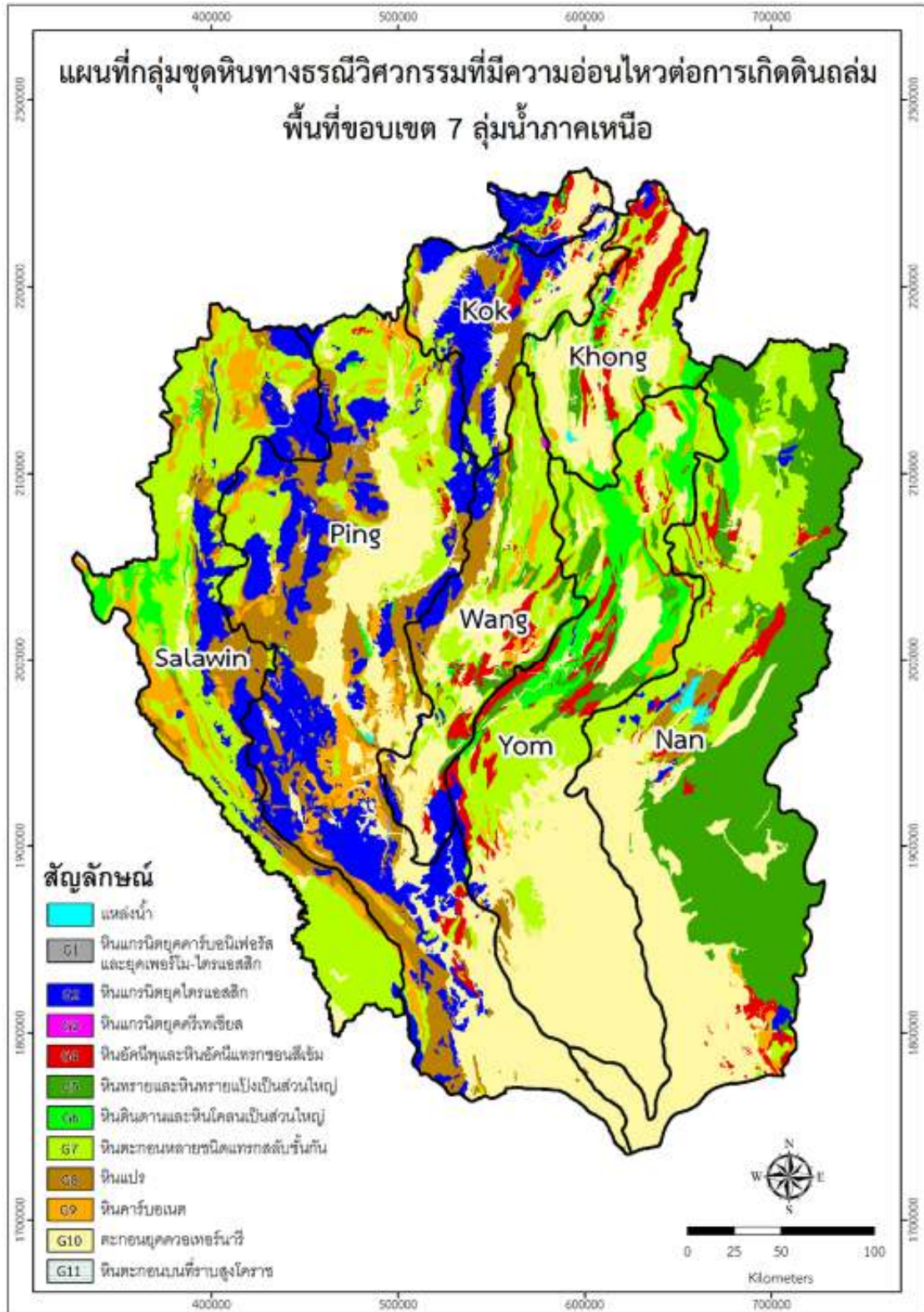
กลุ่มที่ 7 (หินตะกอนหลายชนิดแทรกสลับชั้นกัน) กระจายตัวอยู่ทั่วทั้ง 7 พื้นที่ลุ่มน้ำ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ปรากฏอยู่ในลุ่มน้ำสาละวิน

กลุ่มที่ 8 (หินแปร) กระจายตัวอยู่ทั่วทั้ง 7 พื้นที่ลุ่มน้ำ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ปรากฏอยู่ในลุ่มน้ำปิง กก และสาละวิน ตามลำดับ

กลุ่มที่ 9 (หินคาร์บอนेट) กระจายตัวอยู่ทั่วทั้ง 7 พื้นที่ลุ่มน้ำ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ปรากฏอยู่ในลุ่มน้ำสาละวิน

กลุ่มที่ 10 (ตะกอนยุคควอเทอร์นารี) กระจายตัวอยู่ทั่วทั้ง 7 พื้นที่ลุ่มน้ำ ยกเว้นลุ่มน้ำสาละวินที่มีพื้นที่น้อยที่สุด

กลุ่มที่ 11 (หินตะกอนบนที่ราบสูงโคราช) ไม่ปรากฏอยู่ในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 3-38 แผนที่กลุ่มชุดหินทางธรณีวิศวกรรมที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ศึกษา (7 ลุ่มน้ำ)

ตารางที่ 3-8 กลุ่มชุดหินทางธรณีวิศวกรรมที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ศึกษา (7 กลุ่มน้ำ)

ลำดับ	ชื่อพื้นที่ลุ่มน้ำ	พื้นที่ของกลุ่มชุดหินที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม (ตร.กม.)											ขอบเขตของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)
		G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	
1	โขงเหนือ	0	771	11	1,421	332	478	2,433	8	152	4,141	0	9,872
2	กก	0	2,314	0	280	14	29	1,074	1,098	120	2,236	0	7,167
3	ปิง	95	9,101	0	380	6	100	5,322	6,876	2,940	10,324	0	35,170
4	สาละวิน	0	2,873	0	0	0	857	9,555	2,441	2,706	636	0	19,219
5	น่าน	0	315	0	1,224	14,161	583	7,322	603	301	9,766	0	34,563
6	วัง	0	1,006	22	805	702	145	3,154	1,198	603	3,086	0	10,722
7	ยม	0	199	0	1,508	1,252	3,005	6,087	189	599	11,762	0	24,602
รวม		95	16,580	33	5,618	16,467	5,197	34,948	12,412	7,422	41,952	0	141,315

3.2.2.3 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน

ข้อมูลที่แสดงตำแหน่งของสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนของหน่วยงานต่างๆ ในพื้นที่ศึกษาและความละเอียดของข้อมูลที่บันทึก ซึ่งจะบ่งชี้ให้เห็นถึงปริมาณน้ำฝนและความเข้มข้นน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา โดยในการศึกษาคั้งนี้ จะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงในอนาคตที่จะเกิดขึ้นสำหรับใช้วิเคราะห์พื้นที่ที่อ่อนไหวต่อดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อน

3.2.2.4 ข้อมูลเหตุการณ์การพิบัติและรอยดินถล่มในอดีต

ข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่มที่สำคัญในอดีตจากหน่วยงานต่างๆ ได้แก่ กรมทรัพยากรธรณี กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย สื่อ สิ่งพิมพ์ และข้อมูลการแปลรอยดินถล่มที่เกิดขึ้นในอดีตโดยได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากกรมทรัพยากรธรณี จากเหตุการณ์ดินถล่ม เมื่อวันที่ 23 พฤษภาคม 2549 ในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดข้างเคียง ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่อ่อนไหวต่อดินถล่มจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการตรวจสอบความแม่นยำและปรับแก้แบบจำลอง รูปที่ 3-39 แสดงรอยดินถล่มที่ได้จากการแปลภาพถ่ายทางอากาศบนแผนที่ Google Earth



รูปที่ 3-39 ผลการแปลข้อมูลรอยดินถล่มจากเหตุการณ์ดินถล่มวันที่ 23 พฤษภาคม 2549 (จ.อุตรดิตถ์)

3.2.2.5 ข้อมูลคุณสมบัติของดินทางธรณีวิศวกรรมสำหรับแบบจำลองทางธรณีวิศวกรรม (Dynaslide Model)

คุณสมบัติทางธรณีวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่มนั้นประกอบด้วยคุณสมบัติของดินทางวิศวกรรมหลัก 2 ประการ อันได้แก่ คุณสมบัติการไหลซึมน้ำผ่านมวลดิน ตามทฤษฎีของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated Soil) และคุณสมบัติการลดลงกำลังรับแรงเฉือนของดินที่เปลี่ยนไปตามระดับความชื้นของดินที่เพิ่มขึ้น คุณสมบัติดังกล่าวได้มาจากการทดสอบในสนามและเก็บตัวอย่างดินทั้งแบบถูกรบกวน (Disturbed samples) และไม่ถูกรบกวน (Undisturbed samples) ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา เพื่อการทดสอบหาคุณสมบัติของดินต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าว ได้ศึกษาและรวบรวมเป็นฐานข้อมูลธรณีวิศวกรรม โดยหน่วยวิจัยดินถล่ม ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ไว้เป็นอย่างดีแล้ว ข้อมูลคุณสมบัติทางธรณีวิศวกรรมได้จำแนกออกเป็น 11 กลุ่ม ตามการจำแนกกลุ่มชุดหินที่มีศักยภาพการเกิดดินถล่มโดย สุทธิศักดิ์ และคณะ (2555) รายละเอียดข้อมูลและแหล่งที่มารวบรวมจากโครงการศึกษาวิจัยโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังต่อไปนี้

โครงการกำหนดค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (Antecedent Precipitation Index : API) เพื่อสนับสนุนการเตือนภัยล่วงหน้าน้ำท่วมฉับพลัน-แผ่นดินถล่ม (กรมทรัพยากรน้ำ) , โครงการการศึกษาพฤติกรรมน้ำท่วม-ดินถล่ม ในพื้นที่ต้นแบบเพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับกำหนดเกณฑ์ และ

วิธีการในการเตือนภัย (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ) , โครงการศึกษาพฤติกรรมของดินถล่มในจังหวัดภูเก็ต (สำนักงานกองทุนและสนับสนุนงานวิจัย) , โครงการศึกษาหาแนวทางป้องกันและลดผลกระทบจากภัยดินถล่ม (กองธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อมและธรณีพิบัติภัย กรมทรัพยากรธรณี) , โครงการ Preliminary Geological Survey Phuket (OYO, Japan, 2011), งานวิจัยเรื่อง การศึกษาพฤติกรรมการพิบัติของลาดดินในพื้นที่ต้นน้ำของกลุ่มน้ำย่อย แม่น้ำจันทบุรี (บรรพต, 2548), งานวิจัยเรื่อง พฤติกรรมด้านกำลังทางวิศวกรรมในจังหวัดภูเก็ต (ทิพย์มณี, 2552), งานวิจัยเรื่อง พฤติกรรมทางกลศาสตร์ของดินในพื้นที่ อ.ลับแล จ. อุตรดิตถ์ ที่มีผลต่อการพิบัติของลาดดิน (จิตติมา, 2553), งานวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์โอกาสเกิดดินถล่มโดยวิธีทางธรณีวิศวกรรมโดยพิจารณาจากปัจจัยที่ไม่คงที่ในภาคใต้ของประเทศไทยพื้นที่ฝั่งทะเลอันดามัน (สันติ, 2553)

1) คุณสมบัติด้านกำลังรับแรงเฉือนต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน

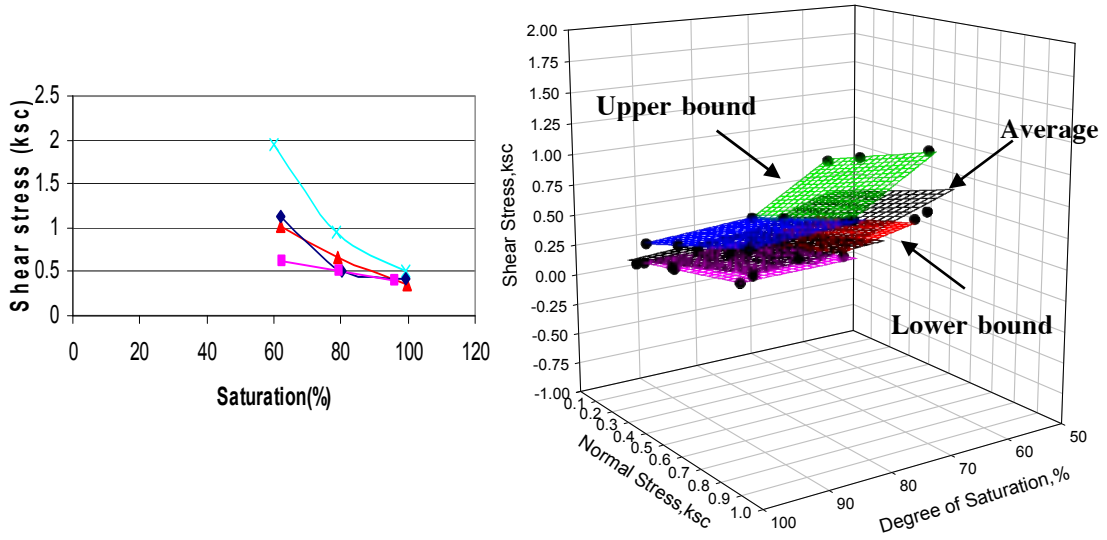
พฤติกรรมการลดลงของกำลังรับแรงเฉือนที่เปลี่ยนไปตามระดับความชื้นนั้นได้มาจากการทดสอบเฉือนตรงแบบเปลี่ยนแปลงความชื้น (KU-MDS Shear Test) โดย สุทธิศักดิ์และวรวิษฐ์ (2553) ได้นำผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินที่เปลี่ยนแปลงตามระดับความอิ่มตัวของดินไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในระบบ 3 แกน สำหรับกลุ่มหินที่ได้ทำการแบ่งกลุ่มไว้ ดังรูปที่ 3-40 โดยให้แกน Z แทนกำลังรับแรงเฉือนของดิน (Shear Strength) แกน Y แทนแรงกดทับของดิน (Normal Stress) และแกน X แทนระดับความอิ่มตัวของดิน (Degree of Saturation) โดยผ่านการวิเคราะห์ในเชิงสถิตินำมาสร้างเป็นสมการความสัมพันธ์ของกลุ่มหินที่อ่อนไหวต่อดินถล่มได้ ดังนี้

จากรูปแบบความสัมพันธ์ในระบบ 3 แกนของฟังก์ชัน $f = y_0 + a(x) + b(y)$ ได้

$$\tau = y_0 - a(Sr) + b(\sigma) \quad (3-3)$$

โดยที่	τ	=	กำลังรับแรงเฉือน (Shear Strength)
	y_0	=	ค่าคงที่ของสมการความสัมพันธ์ของแต่ละชุดดินที่ผุพังมาจากหิน
	a	=	ความชันของความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงเฉือนและระดับความอิ่มตัวด้วยน้ำ
	Sr	=	ระดับความอิ่มตัวด้วยน้ำ (Degree of Saturation)
	b	=	ความชันของความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงเฉือนและแรงกดทับของดิน
	σ	=	แรงกดทับของดิน (Normal Stress)

ตัวแปรที่ใช้ในสมการจะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ที่ได้มาจากการวิเคราะห์ทางสถิติ และขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของหินต้นกำเนิดในด้านการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือนเมื่อมีความชื้นเพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังกล่าวพบว่าโดยส่วนใหญ่เมื่อดินที่มีระดับความอิ่มตัวด้วยน้ำเกินร้อยละ 80 จนถึง 100 จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือนค่อนข้างสูงเมื่อมีความชื้นหรือระดับอิ่มตัวด้วยน้ำเพิ่มขึ้น



รูปที่ 3-40 พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือนตามระดับความอิ่มตัวของดิน

ที่มา: สุทธิศักดิ์และวรวิษฐ์ (2553)

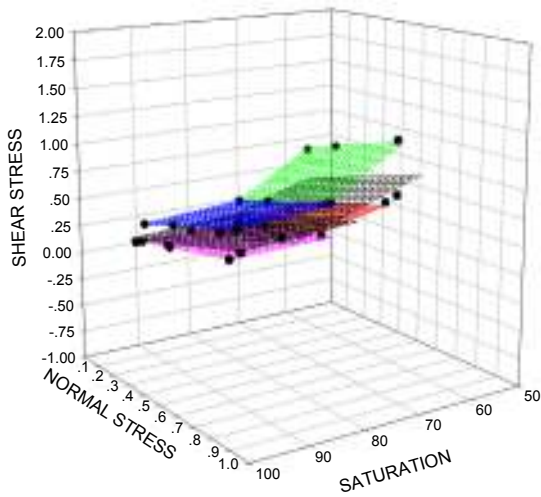
ตารางที่ 3-9 แสดงสมการความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือนต่อระดับความอิ่มตัวของดินกลุ่มต่างๆ และ รูปที่ 3-41 แสดงถึงพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือนตามระดับความอิ่มตัวของดินที่ได้จากการทดสอบตัวอย่างดินของกลุ่มหินชุดหินที่อ่อนไหวต่อดินถล่มกลุ่มต่างๆ

ตารางที่ 3-9 สมการความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงเฉือนที่เปลี่ยนไปตามความชื้นของดิน

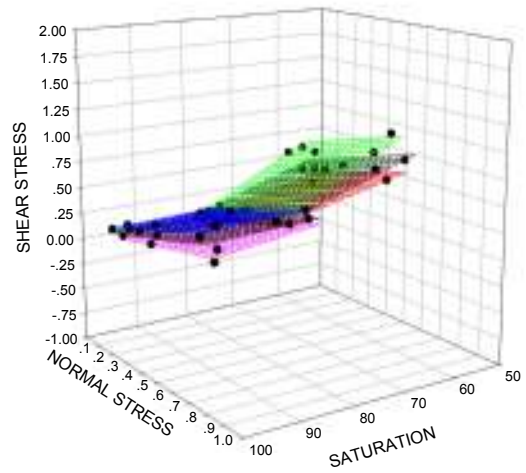
Group	สมการกำลังรับแรงเฉือนที่เปลี่ยนไปตามความชื้นในรูปแบบ 3 แกน	
	τ	$= y_0 - a (Sr)+b (\sigma)$
1	τ	$= 0.189 - 0.104 (Sr)+0.372 (\sigma)$
2	τ	$= 0.774 - 0.762 (Sr)+0.457 (\sigma)$
3	τ	$= 0.642 - 0.634 (Sr)+0.387 (\sigma)$
4	τ	$= 0.743 - 0.690 (Sr)+0.507 (\sigma)$
5	τ	$= 0.794 - 0.769 (Sr)+0.461 (\sigma)$
6	τ	$= 1.393 - 1.392 (Sr)+0.426 (\sigma)$
7	τ	$= 0.341 - 0.318 (Sr)+0.596 (\sigma)$
8	τ	$= 0.247 - 0.189 (Sr)+0.534 (\sigma)$

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

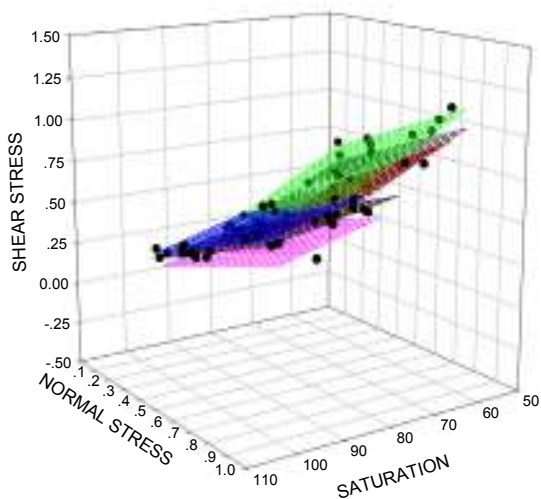
โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



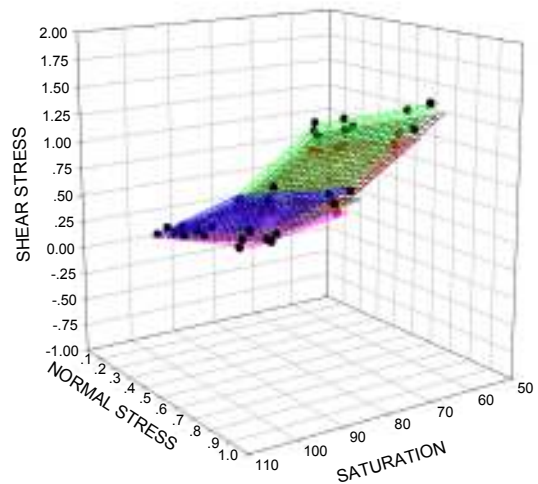
ก) ชุดกลุ่มหิน กลุ่มที่ 1



ข) ชุดกลุ่มหิน กลุ่มที่ 2



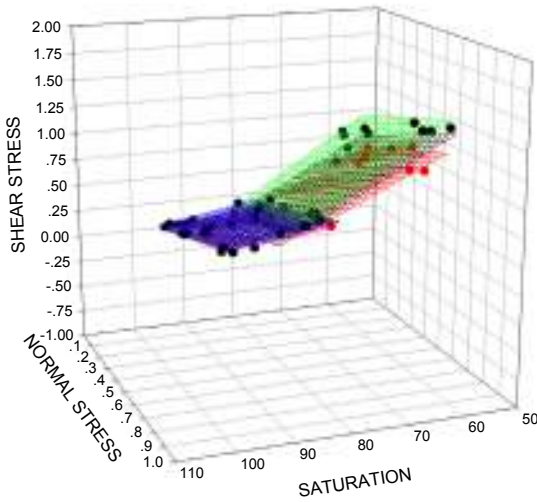
ค) ชุดกลุ่มหิน กลุ่มที่ 3



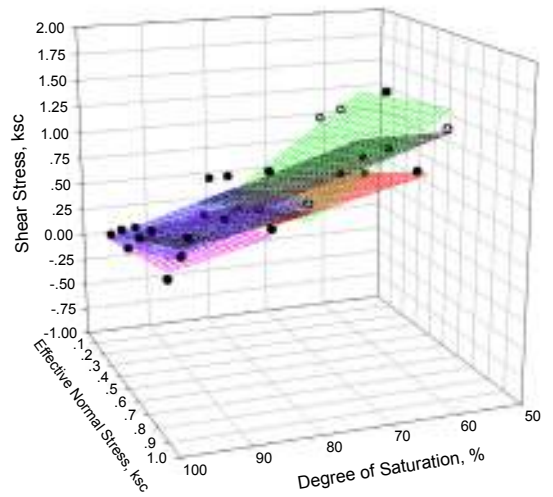
ง) ชุดกลุ่มหิน กลุ่มที่ 4

รูปที่ 3-41 พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือนตามระดับความอิ่มตัวของดิน ตามการจำแนกกลุ่มหินที่มีความอ่อนไหวต่อดินถล่ม

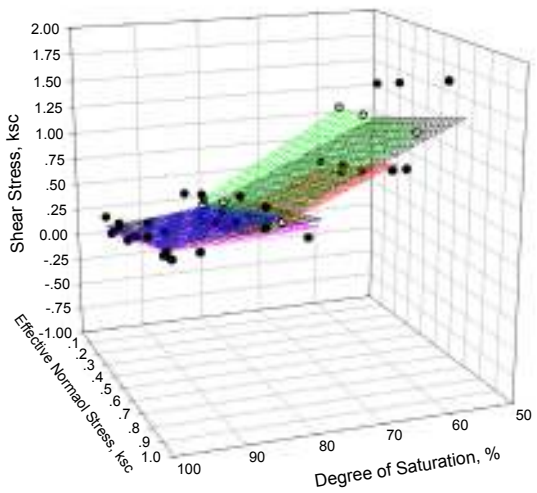
ที่มา: สุทธิศักดิ์และวรวัชร (2553)



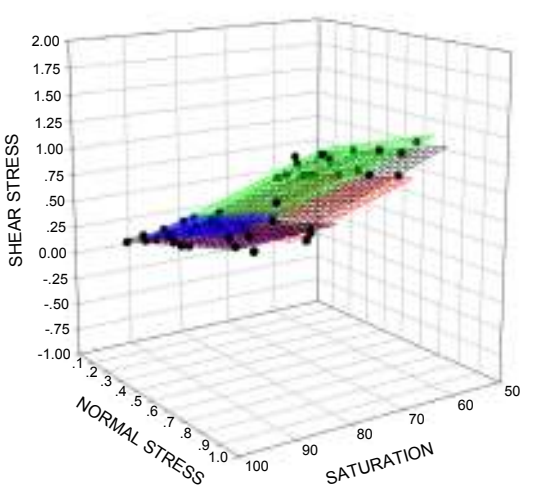
จ) ชุดกลุ่มหิน กลุ่มที่ 5



ฉ) ชุดกลุ่มหิน กลุ่มที่ 6



ช) ชุดกลุ่มหิน กลุ่มที่ 7

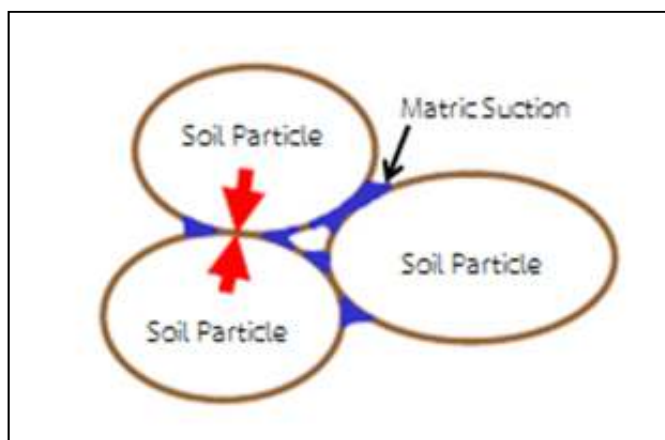


ซ) ชุดกลุ่มหิน กลุ่มที่ 8

รูปที่ 3-41 (ต่อ) พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือนตามระดับความอิ่มตัวของดิน ตามการ
จำแนกกลุ่มหินที่มีความอ่อนไหวต่อดินถล่ม

ที่มา: สุทธิศักดิ์และวรวัชร (2553)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงเฉือนที่ลดลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นพบว่า ค่า Cohesion จะมีค่าลดลงเมื่อมีความชื้นเพิ่มขึ้นแต่ค่า Friction Angle จะมีค่าคงที่ และเมื่อศึกษาพฤติกรรมของค่า Cohesion พบว่ามีองค์ประกอบแรงดึงดูดจากประจุของแร่ประกอบดินที่อยู่ในอนุภาคของดินแต่ละชนิด และ จากค่าแรงดูดน้ำในดิน (Matric Suction) ดังแสดงในรูปที่ 3-42 สาเหตุที่ทำให้ค่า Cohesion ลดลงเมื่อมีความชื้นเพิ่มขึ้นนั้นเกิดจากเมื่อมีปริมาณน้ำในดินเพิ่มขึ้น ทำให้เม็ดดินถูกผลักออกจากกันจนทำให้ประจุที่มีแรงดูดต่อกันมีความสามารถในการดึงดูดลดลง และ ยังทำให้ค่าแรงดูดน้ำในดินมีค่าลดลงตามไปด้วย ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จำเป็นต้องนำความรู้ในเรื่องกำลังรับแรงเฉือนของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำมาประกอบด้วย



รูปที่ 3-42 ลักษณะของค่า Cohesion ที่มีผลต่ออนุภาคของเม็ดดิน

จากการศึกษาวิจัยของ Ho and Fredlund (1982b) พบว่าค่า Cohesion ของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำที่ทำการทดสอบได้นั้นจะเปลี่ยนไปตามค่าแรงดูดน้ำในดิน (Matric Suction) ค่า Cohesion ที่ทำการทดสอบได้จะเป็นค่า Total Cohesion เป็นค่าที่ได้จากการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนแบบปกติที่ไม่ได้ติดตั้งเครื่องมือวัดแรงดูดน้ำในดิน ดังนั้นในการวิเคราะห์ลาดดินธรรมชาติที่อยู่ในสภาวะที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำนั้นจำเป็นต้องใช้พารามิเตอร์กำลังรับแรงเฉือนของดินในสภาวะไม่อิ่มตัวด้วยน้ำประกอบไปด้วย จากผลของงานวิจัยดังกล่าวสามารถแยกออกเป็นความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 3-4

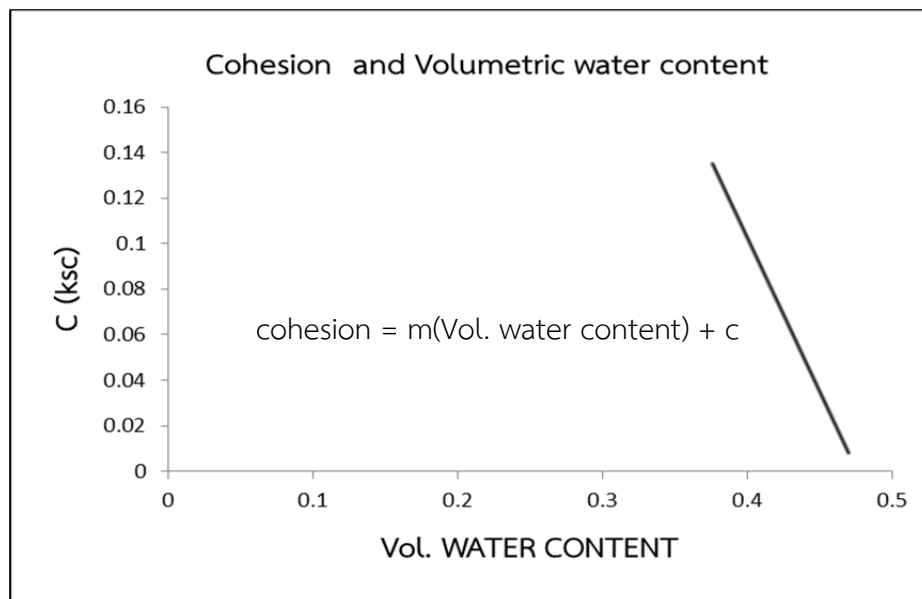
$$C_{app} = C_d - C' \quad (3-4)$$

- โดยที่
- C_{app} = apparent cohesion ของดินที่อยู่ในสภาวะไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ
 - C_d = total cohesion ที่ทำการทดสอบตัวอย่างดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำในสภาวะการเฉือนแบบระบายน้ำ
 - C' = effective cohesion ที่ทำการทดสอบในสภาวะ saturated condition

การศึกษางานวิจัยดังกล่าวทำให้ทราบว่าค่า cohesion ที่นำมาใช้นั้นจะเป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามความชื้นที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์จากผลของงานวิจัยดังกล่าวคือทำการแยกพจน์ของค่า Cohesion ออกเป็น apparent cohesion ที่จะเปลี่ยนไปตามความชื้นและ effective cohesion คือค่า cohesion (initial) ที่ไม่เปลี่ยนไปตามความชื้นที่เพิ่มขึ้น ทำการสร้างสมการความสัมพันธ์จากสมการเส้นตรงโดยใช้ช่วงระดับความอิ่มตัวที่ร้อยละ 80-100 ในการสร้างสมการ ดังแสดงในรูปที่ 3-43 และสมการของความสัมพันธ์ของค่า Cohesion แต่ละกลุ่มชุดหินตามตารางที่ 3-10

$$\text{จาก } y = m(x)+c \text{ ได้ว่า } \text{cohesion} = m(\theta) + C \text{ (initial)} \quad (3-5)$$

- โดยที่
- y = cohesion (ksc)
 - m = ความชันของสมการเส้นตรง (ค่าคงที่)
 - θ = ค่าปริมาณความชื้นโดยปริมาตร (volumetric water content)
 - C (initial) = ค่า Cohesion (initial) หรือ จุดตัดแกน (ค่าคงที่)



รูปที่ 3-43 ความสัมพันธ์ของค่า Cohesion และความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไป

ที่มา: สุทธิศักดิ์และคณะ (2555)

ตารางที่ 3-10 สมการความสัมพันธ์ของค่า Cohesion ที่เปลี่ยนไปตามความชื้นที่เพิ่มขึ้น ของกลุ่มชุดหินที่อ่อนไหวต่อดินถล่ม

Group	Strength Equation $y = m(\theta) + C$ (initial)	m(slope) (t/m ²)	c(initial) (t/m ²)	friction angle (degree)	Unit Weight (t/m ³)
1	$C = -2.62(\theta) + 1.89$	-2.62	1.89	20.43	1.92
2	$C = -18.54(\theta) + 7.74$	-18.54	7.74	24.56	1.88
3	$C = -14.22(\theta) + 6.42$	-14.22	6.42	21.16	1.83
4	$C = -15.40(\theta) + 7.43$	-15.40	7.43	26.91	1.83
5	$C = -19.73(\theta) + 7.94$	-19.73	7.94	24.78	1.97
6	$C = -35.24(\theta) + 13.93$	-35.24	13.93	23.08	1.96
7	$C = -7.87(\theta) + 3.41$	-7.87	3.41	30.79	1.95
8	$C = -4.29(\theta) + 2.47$	-4.29	2.47	28.14	1.85

ที่มา: สุทธิศักดิ์และคณะ (2555)

2) คุณสมบัติด้านการไหลซึมของน้ำผ่านดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ

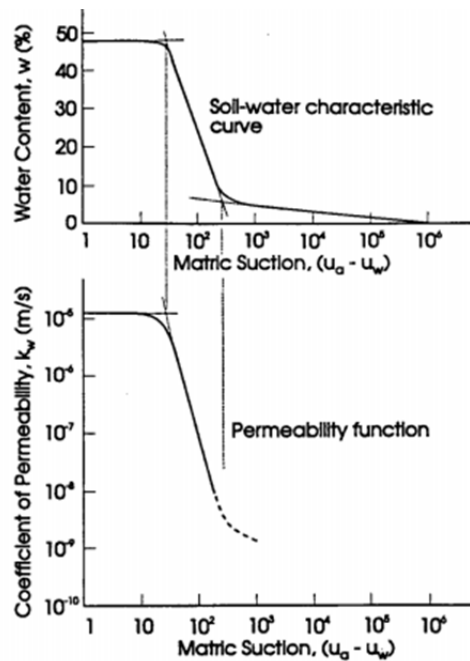
พฤติกรรมในการพิบัติของลาดดินธรรมชาตินั้นจะเกิดขึ้นเมื่อลาดดินนั้นมีการลดลงของกำลังรับแรงเฉือนอันเนื่องมาจากการเพิ่มความชื้นในมวลดิน ซึ่งปัจจัยนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีน้ำฝนไหลซึมลงสู่ดินชั้นล่างทำให้ต้องมีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางการไหลซึมของน้ำผ่านมวลดิน โดยการวิเคราะห์นั้นต้องใช้ความรู้ในด้าน กลศาสตร์ของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated Soil Mechanic) เนื่องจากในลาดดินธรรมชาติส่วนใหญ่มักจะอยู่ในสถานะไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ

คุณสมบัติต่างๆ ของดินที่เกี่ยวข้องกับการซึมน้ำจากน้ำฝนในลาดดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำนั้น ได้แก่ ความสามารถในการซึมน้ำของดิน (Hydraulic Conductivity) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการหรือในสนาม, เส้นอัตรลักษณ์ของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Soil Water Characteristic Curve, SWCC) และ Permeability Function (PF) คุณสมบัติเหล่านี้จำเป็นในการวิเคราะห์เพื่อสร้างแบบจำลองการไหลซึมของน้ำสู่มวลดิน สำหรับการหาความสัมพันธ์ของคุณสมบัติดังกล่าวจะใช้แบบจำลองความสัมพันธ์ของ Brook & Corey (1964), Van Genuchten (1980), Zapata (1999)

- เส้นอรรถลักษณะของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ

(Soil Water Characteristic Curve)

คุณสมบัติการซึมน้ำของดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำนั้นจะขึ้นอยู่กับเส้นอรรถลักษณะของดิน Soil-water characteristic curve (SWCC) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในมวลดินโดยปริมาตร (Volumetric water content) กับแรงดูดน้ำในดิน (Matric suction) และ Permeability function (PF) (Fredlund et al., 1997) ดังแสดงในรูปที่ 3-44

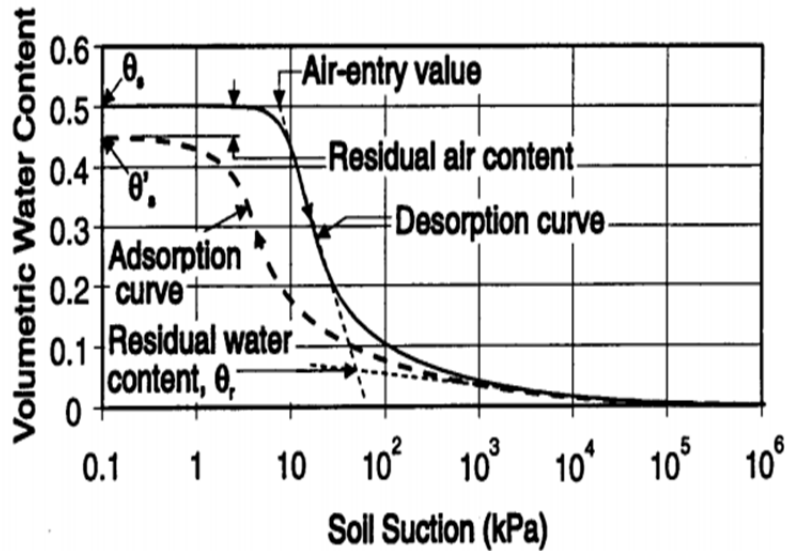


รูปที่ 3-44 ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติการระบายน้ำของดิน

ที่มา: Fredlund *et al.* (1997)

รูปแบบความสัมพันธ์ของทั้ง SWCC และ PF ดังกล่าวนี้ ได้มีผู้วิจัยหลายท่านพยายามสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลสามารถสรุปแบบจำลองที่ใช้กันอยู่ในสาขาวิชาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องโดยพิจารณาจากลักษณะทั่วไปของ SWCC ดังแสดงในรูปที่ 3-45 โดยที่ค่าแรงดึงน้ำในมวลดินเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำในมวลดินลดลง แรงดึงน้ำจะลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงจุดหนึ่ง ปริมาณน้ำจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เรียกจุดนี้ว่า จุดที่อากาศเข้าไปในช่องว่างในมวลดิน (Air entry value) เป็นจุดที่แรงดูดน้ำมากพอที่จะทำให้อากาศแทรกเข้าแทนที่น้ำไปในช่องว่างที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในมวลดินได้ หลังจากนั้นปริมาณน้ำจะลดลงไปเรื่อยๆ จนถึงจุดที่อัตราการลดลงของปริมาณน้ำในมวลดินลดลงเรียกจุดนี้ว่า จุดที่ปริมาณน้ำค้างในมวลดิน (Residual water content) เป็นจุดที่แรงดึงน้ำไม่สามารถดึงน้ำออกจากมวลดินได้โดยง่าย ซึ่งจะขึ้นกับขนาดช่องว่างเล็กที่สุดของมวลดินและแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับเม็ดดิน

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการประมาณ Soil-water characteristic curve (SWCC) และ Permeability function (PF) ที่ได้ทำการค้นคว้ามานั้นส่วนใหญ่จะได้มาจากการประมาณการกระจายตัวของเม็ดดิน (Grain Size Distribution) , คุณสมบัติพื้นฐานทางกายภาพของดิน และขนาดของช่องว่างของดิน



รูปที่ 3-45 ลักษณะทั่วไปของเส้นอัตตลักษณ์ของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (SWCC)

ที่มา: Fredlund *et al.* (1997)

- การประมาณค่าเส้นอัตตลักษณ์ของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ

สำหรับการหาค่าเส้นอัตตลักษณ์ของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (SWCC) นั้นสามารถทำได้ 2 วิธีคือวิธีการวัดโดยตรง (Point Wise Measurement) และ วิธีการประมาณทางอ้อมจากคุณสมบัติของดินทางกายภาพโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ (Math Model) ดังนี้

ก. วิธีการวัดโดยตรง (Point Wise Measurement) เป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในมวลดิน และแรงดึงน้ำในดิน โดยใช้เครื่องมือวัดแรงดูดศักย์ของน้ำด้านลบ (Tensiometer) วิธีนี้เป็นวิธีที่ให้ค่าตัวแปร (Parameter) ที่ใกล้เคียงกับคุณสมบัติที่แท้จริงของดินตัวอย่าง แต่การดำเนินการโดยวิธีนี้ต้องใช้ระยะเวลาานาน และมีค่าใช้จ่ายสูงตามจำนวนตัวอย่างที่ทดสอบ

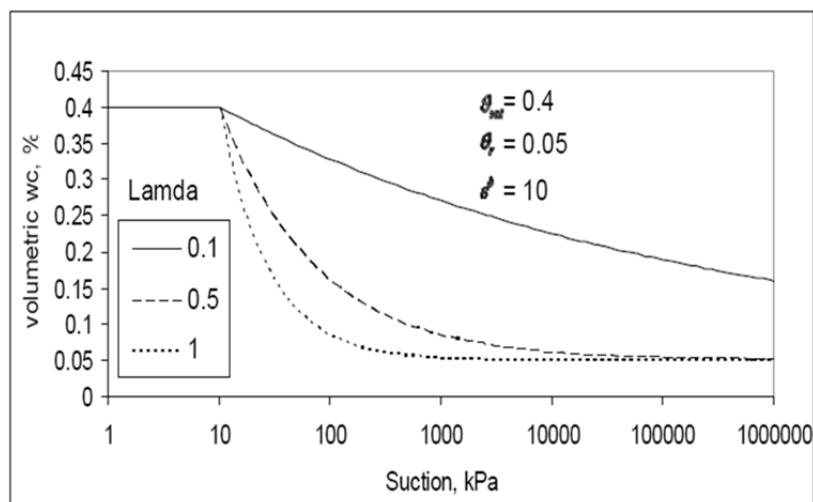
ข. วิธีการประมาณทางอ้อมจากคุณสมบัติของดินทางกายภาพโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ (Math Model) เป็นวิธีที่ให้ค่าตัวแปร (Parameter) ที่มีความถูกต้องน้อยกว่าวิธีการวัดโดยตรง แต่สามารถดำเนินการได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม ความละเอียดของค่าที่ประมาณได้ ขึ้นอยู่กับงานที่นำไปใช้ สำหรับวิธีการประมาณทางอ้อมนี้ได้มีผู้วิจัยเสนอไว้หลายท่าน ซึ่งวิธีที่มีความเหมาะสมและดำเนินการได้ง่ายในงานทางด้านวิศวกรรมได้แก่ Brook & Corey (1964), Van Genuchten model (1980), Fredlund and Xing (1994) และ Zapata (1999) เป็นต้น

Brook & Corey (1964) เป็นความสัมพันธ์ระหว่าง ความชื้นโดยปริมาตร (Volumetric water content) และแรงดูดน้ำของดิน (Matric suction) ในลักษณะ Power law ดังนี้

$$\Theta = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_{sat} - \theta_r} = \left(\frac{s^b}{s} \right)^\lambda \quad (3-6)$$

- โดยที่
- θ_{sat} = ความชื้นโดยปริมาตร ที่สภาวะอิ่มตัว (saturated vol. water content)
 - θ_r = ความชื้นโดยปริมาตร ที่สภาวะความชื้นคงค้าง (residual vol. water content)
 - s^b = ค่าแรงดึงที่จุด Air entry คือสภาวะที่อากาศเริ่มเข้าไปในตัวอย่างดิน
 - λ = ตัวแปรที่ใช้แสดงถึงความชันของกราฟ SWCC เมื่อดินแห้งเลยจุด Air-entry

ซึ่ง λ จะแสดงถึงขนาดคละของช่องว่างในดิน (Pore size distribution) ถ้า λ มีค่าสูงขึ้นแสดงว่า Pore size มีความสม่ำเสมอมากขึ้น ดังรูปที่ 3-46 (อภินิติ, 2554) สมการของ Brook & Corey นั้นจะมีข้อด้อยคือไม่สามารถจำลองส่วนที่เป็นเส้นโค้งในช่วงแรกของการประมาณได้ ซึ่งในความเป็นจริงจากผลการทดสอบนั้นในช่วงแรกที่ดินมีสถานะใกล้อิ่มตัวด้วยน้ำลักษณะของกราฟจะเป็นเส้นโค้ง แต่มีข้อดีคือใช้ตัวแปรในการคำนวณน้อยง่ายต่อการนำไปทำการวิเคราะห์



รูปที่ 3-46 ขนาดคละของช่องว่างในดิน (Pore size distribution) ที่มีผลกับความชันของกราฟ ที่มา: อภินิติ (2554)

Van Genuchten model (1980) เป็นความสัมพันธ์ของรูปกราฟลักษณะ Symmetric sigmoidal (S-curve สมมาตร) ดังนี้

$$\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \left[\frac{1}{1 + (\alpha h)^n} \right]^m \quad (3-7)$$

- โดยที่
- θ = ความชื้นโดยปริมาตรในมวลดิน
 - θ_s = ความชื้นโดยปริมาตรในมวลดินในสภาวะอิ่มตัว
 - θ_r = ความชื้นต่ำสุดโดยปริมาตรในมวลดิน
 - α = Parameter ซึ่งเป็นฟังก์ชันของจุดที่อากาศเข้าไปในช่องว่างในมวลดิน
 - n = Parameter ซึ่งเป็นฟังก์ชันแสดงอัตราการลดลงของความชื้นในดิน หลังจากจุดที่อากาศเข้าไปในช่องว่างของมวลดิน
 - m = Parameter ซึ่งเป็นฟังก์ชันแสดงจุดที่ความชื้นคงค้างในมวลดิน, $m=1-1/n$
 - h = แรงดึงน้ำในมวลดิน (matric suction)

ซึ่งสมการของ Van Genuchten สามารถจำลองพฤติกรรมในช่วงใกล้อิ่มตัว (Air-entry suction) และช่วงใกล้จุด Residual ซึ่งกราฟมีลักษณะโค้งมนได้ดีกว่าสมการของ Brook & Corey แต่มีข้อด้อยคือ ตัวแปรบางตัวที่นำมาใช้ในสมการนั้นต้องได้มาจาก Curve fitting ของผลการทดสอบของดิน ในห้องปฏิบัติการสำหรับสมการของ Van Genuchten นั้นเป็นที่นิยมใช้ในทางปฏิบัติ สุนทรี (2535) Yingjajaval (1993) ได้ทดสอบประเมินค่าพารามิเตอร์ p , n และ m ไว้สำหรับชุดดินในประเทศไทยจำแนกตามกรมพัฒนาที่ดินจำนวน 60 ชุดดิน สำหรับดินในระดับตื้น 0-1 เมตร

Fredlund and Xing (1994) เป็นความสัมพันธ์ของกราฟลักษณะ Unimodal

$$\theta = C(h) \frac{\theta_s}{\left[\ln \left[\exp(1) + \left(\frac{h}{a} \right)^b \right] \right]^c} \quad (3-8)$$

$$C(h) = 1 - \frac{\ln \left(1 + \frac{h}{h_r} \right)}{\ln \left(1 + \frac{10^6}{h_r} \right)} \quad (3-9)$$

โดยที่	θ	= ความชื้นโดยปริมาตรในมวลดิน (Volumetric water content)
	θ_s	= ความชื้นโดยปริมาตรในมวลดินในสภาวะอิ่มตัว
	a	= Parameter ซึ่งเป็นฟังก์ชันของจุดที่อากาศเข้าไปในช่องว่างในมวลดิน
	b	= Parameter ซึ่งเป็นฟังก์ชันแสดงอัตราการลดลงของความชื้นในดินหลังจากจุดที่อากาศเข้าไปในช่องว่างในมวลดิน
	c	= Parameter ซึ่งเป็นฟังก์ชันแสดงจุดที่ความชื้นคงค้างในมวลดิน
	h	= แรงดึงน้ำในมวลดิน (matric suction)
	h_r	= แรงดึงน้ำในมวลดินที่ความชื้นต่ำสุดโดยปริมาตร

สามารถนำความสัมพันธ์ข้างต้นไปประมาณหาเส้นอัตรลักษณ์ โดยใช้ขนาดการกระจายตัวของเม็ดดิน (Fredlund et al., 1997) ในการประมาณค่า Parameter สำหรับใช้ในการหาเส้นอัตรลักษณ์ แทนการ Curve fitting ผลการทดสอบได้ทำให้ได้ผลการทำนายที่ค่อนข้างแม่นยำ

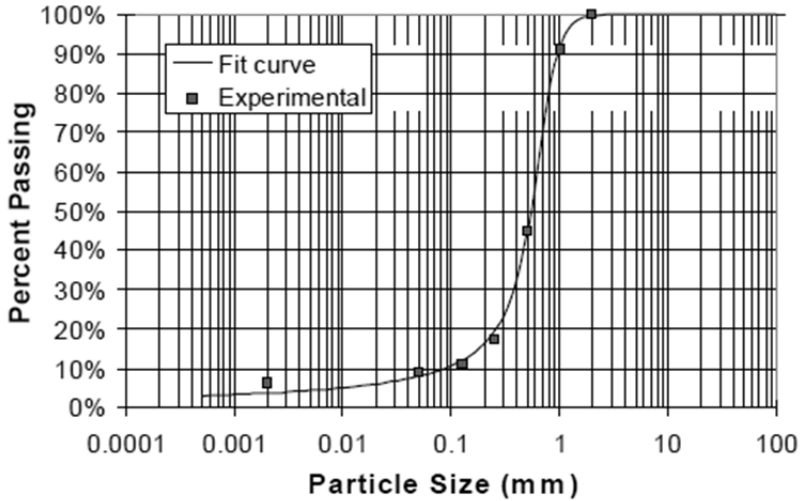
$$P_p(d) = C(d_r) \frac{1}{\ln \left[e + \left(\frac{g_a}{d} \right)^{g_m} \right]^{g_m}} \quad (3-10)$$

$$C(d_r) = 1 - \frac{\ln \left(1 + \frac{d_r}{d} \right)}{\ln \left(1 + \frac{d_r}{d_m} \right)} \quad (3-11)$$

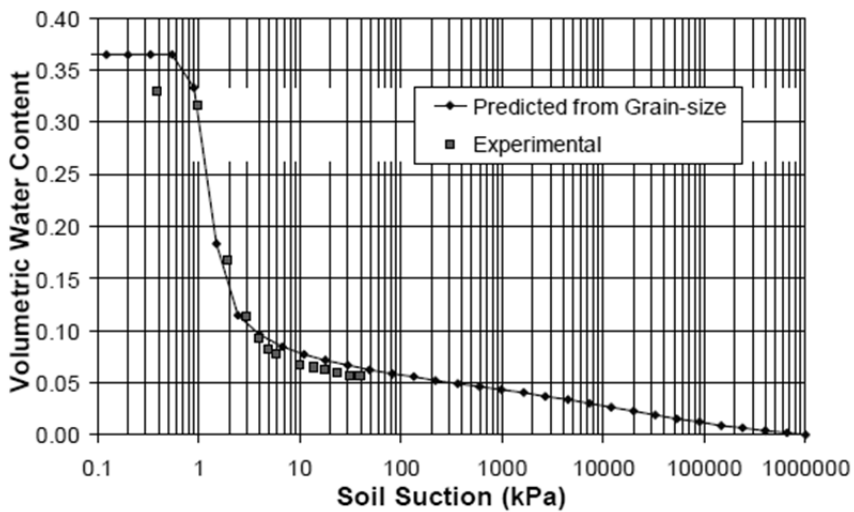
เมื่อ

โดยที่	P_p	= ปริมาณมวลดินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าขนาดที่ระบุ (d) โดยน้ำหนักหน่วยเป็น %
	g_a	= Parameter กำหนดจุดเปลี่ยนแปลงความชันของกราฟด้านบน
	g_n	= Parameter กำหนดจุดที่กราฟมีความชันสูงสุด
	g_m	= Parameter กำหนดจุดเปลี่ยนแปลงความชันของกราฟด้านล่าง
	d	= ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดดิน (mm)
	d_r	= ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคงค้างของเม็ดดิน (mm)
	d_m	= ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดของเม็ดดิน (mm)

ความสัมพันธ์ข้างต้นมีความใกล้เคียงกับเส้นอัตตลักษณ์ของดิน จะเห็นว่าแบบจำลองรูปแบบของโค้งการกระจายของเม็ดดินจากสมการข้างต้น มีลักษณะใกล้เคียงกับแบบจำลอง SWCC ที่ใช้ค่า Parameter ที่ได้จากแบบจำลองการกระจายตัวของเม็ดดินจึง สามารถนำมาสร้างแบบจำลอง SWCC ได้ (Fredlund, 1997) ดังแสดงในรูปที่ 3-47



ก) Grain size distribution curve



ข) Soil-water characteristic curve

รูปที่ 3-47 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของเม็ดดินกับเส้นอัตตลักษณ์

ที่มา : Fredlund *et al.* (1997)

Zapata (1999) ได้ทำการศึกษาจากดิน 190 ประเภท โดยจำแนกดินออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ดินที่มีความเหนียว ($PI > 0$) ประมาณ 70 ชนิด และดินที่ไม่มีความเหนียว ($PI = 0$) ประมาณ 120 ชนิด โดยที่ดินกลุ่มที่มีความเหนียวจะพิจารณาความสัมพันธ์จากปริมาณของมวลดินที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 200 และดัชนีความเหนียว (PI) ส่วนกลุ่มดินที่ไม่มีความเหนียวจะพิจารณาจากขนาดของเม็ดดินที่มีปริมาณของดินขนาดเล็กกว่าอยู่ 60% โดยน้ำหนัก (D_{60}) ค่า Parameter ต่างๆ หาได้ดังนี้

สำหรับดินที่มีความเหนียว ($PI > 0$)

$$a = 0.00364(wPI)^{3.35} + 4(wPI) + 11$$

$$\frac{b}{c} = -2.313(wPI)^{0.14} + 5$$

$$c = 0.0514(wPI)^{0.465} + 0.5$$

$$\frac{h_r}{a} = 32.44e^{0.0186(wPI)}$$

โดยที่ wPI = Passing#200×PI
 Passing#200 = ปริมาณของมวลดินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 200 เทียบเป็นทศนิยม
 PI = ดัชนีความเหนียว (Plasticity Index)
 สำหรับดินที่ไม่มีความเหนียว ($PI = 0$)

$$a = 0.8627(D_{60})^{-0.751}$$

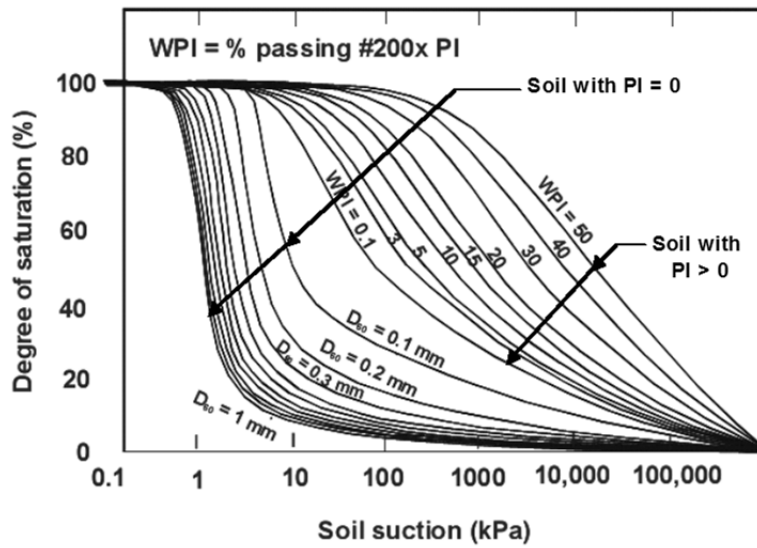
$$\bar{b} = 7.5$$

$$c = 0.1772 \ln(D_{60}) + 0.7734$$

$$\frac{h_r}{a} = \frac{1}{D_{60} + 9.7e^{-4}}$$

โดยที่ D_{60} = ขนาดของเม็ดดินที่มีปริมาณของดินขนาดเล็กกว่าอยู่ 60% (mm)

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงน้ำในมวลดินกับปริมาณน้ำในมวลดินซึ่งพิจารณาในรูปของระดับความอิ่มตัวด้วยน้ำ ตามค่า wPI และ D_{60} โดยวิธีการประมาณของ Zapata (1999) แสดงในรูปที่ 3-48



รูปที่ 3-48 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในมวลดินกับแรงดึงน้ำในดิน (Zapata, 1999)

- ความสามารถในการไหลซึมของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ
(Permeability Function)

ความสัมพันธ์นี้จะขึ้นอยู่กับค่าแรงดูดน้ำในมวลดิน (Matric Suction) และค่าความสามารถในการซึมผ่านของน้ำในมวลดิน (Hydraulic Conductivity) ในขณะที่แรงดูดน้ำมีค่าเปลี่ยนไปซึ่งพฤติกรรมนี้จะขึ้นอยู่กับเส้นอัตรลักษณ์ของดินเมื่อเกิดฝนตกลงมาบนลาดชันทำให้ความชื้นในมวลดินเปลี่ยนไปค่าแรงดูดน้ำจะเปลี่ยนไปตามความชื้นด้วย ส่งผลให้ความชื้นน้ำมีค่าเปลี่ยนไปตามความสัมพันธ์

ค่าคุณสมบัติดังกล่าวสามารถหาได้จากการทดสอบ (Permeability Function Test) และการประมาณค่าจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการศึกษาครั้งนี้ จะใช้การประมาณผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Brook & Corey (1964) ดังนี้

เนื่องจากความสามารถในการซึมน้ำของดิน (K) ความชื้นในมวลดิน (Θ) และแรงดึงน้ำในดิน (Matric suction) สัมพันธ์กัน ซึ่งมีนักวิจัยได้สร้างรูปแบบความสัมพันธ์ดังกล่าวไว้หลายท่าน ตัวอย่างเช่น Brooks and Corey (1964) ดังแสดงในสมการโดยแบ่งเป็นการคำนวณหาเส้นอัตรลักษณ์ของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ และสมการหาความสามารถในการไหลซึมของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ดังนี้

สมการประมาณเส้นอัตรลักษณ์ของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ

$$\Theta = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \left(\frac{S_b}{S} \right)^2 \quad (3-12)$$

สมการประมาณความสามารถในการไหลซึมของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ

$$K_r = \frac{K(S)}{K_s} = \Theta^{3+2/\lambda} \tag{3-13}$$

- โดยที่
- Θ = ความชื้นโดยปริมาตรสัมพัทธ์ (m^3/m^3)
 - θ = ความชื้นโดยปริมาตร ณ จุดที่พิจารณา (m^3/m^3)
 - θ_r = ความชื้นโดยปริมาตร ที่สภาวะความชื้นคงค้าง (m^3/m^3)
 - θ_s = ความชื้นโดยปริมาตร ที่สภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ (m^3/m^3)
 - K_r = ความสามารถในการซึมผ่านสัมพัทธ์ (m/sec)
 - $K(S)$ = ความสามารถในการซึมผ่านที่แรงดันน้ำ ณ จุดที่พิจารณา (m/sec)
 - K_s = ความสามารถในการซึมผ่านเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (m/sec)
 - S = แรงดันน้ำในมวลดินที่สภาวะไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (m)
 - S_b = ค่าแรงดึงที่จุด Air entry คือสภาวะที่อากาศเริ่มเข้าไปในตัวอย่างดิน (m)
 - λ = ตัวแปรที่แสดงถึงความชันของกราฟ SWCC เมื่อดินแห้งเลยจุด Air-entry

จากการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลคุณสมบัติของดินด้านการไหลซึม เพื่อหาค่าตัวแปรสำคัญต่อการวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลซึมของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำของกลุ่มชุดหินที่อ่อนไหวต่อดินถล่ม ตามการจำแนกกลุ่มชุดหินทางธรณีวิทยา สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3-11 ซึ่งจะนำไปใช้สร้างและวิเคราะห์แบบจำลองการไหลซึมต่อไป

ตารางที่ 3-11 คุณสมบัติด้านการไหลซึมของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ตามกลุ่มชุดหินที่อ่อนไหวต่อดินถล่ม)

Group	Vol.water content	Shape Factor for Brook and Corey Model			Hydraulic conductivity (Ks)
	θ_s	θ_r (BC)	hb (cm)	λ	(cm/sec)
1	0.391	0.010	137.81	0.390	6.53E-04
2	0.399	0.012	115.274	0.465	3.82E-03
3	0.408	0.008	100.1147	0.380	1.40E-03
4	0.415	0.016	122.6972	0.552	2.05E-03
5	0.412	0.010	125.825	0.480	2.45E-03
6	0.396	0.007	128.785	0.446	4.35E-03
7	0.414	0.011	119.306	0.451	2.31E-03
8	0.431	0.013	123.296	0.475	1.73E-03

ที่มา: สุทธิศักดิ์และคณะ (2555)

3.2.2.6 ข้อมูลคุณสมบัติของดินพื้นฐานสำหรับแบบจำลองปริมาณน้ำฝนสะสมวิฤติ วิธีการกึ่งสถิติ (Semi-Statistical Model)

คุณสมบัติของดินพื้นฐาน อันได้แก่ ค่าสูงสุดของปริมาณน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการคายระเหยน้ำ (Maximum Soil Moisture Available for Evaporation, W_m) ค่าความหนาแน่นของดิน (Bulk Density, BD) ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (Water Holding Capacity, WHC) และค่าอัตราส่วนการลดของปริมาณน้ำในดิน (K) ที่ได้จากข้อมูล “โครงการกำหนดค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (Antecedent Precipitation Index, API) เพื่อสนับสนุนการเตือนภัยล่วงหน้าท่วมฉับพลันและดินถล่ม” โดยกรมทรัพยากรน้ำ ที่ได้ศึกษาไว้แล้ว ซึ่งที่ปรึกษาได้รวบรวมและสรุปค่าอัตราส่วนการคูณลดของปริมาณน้ำในดิน (K) จากสถานีตรวจวัดในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำไว้ในภาคผนวก ค.

บทที่ 4

การศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน

4.1 ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (Model Calibration and Verification) ปริมาณฝนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ในพื้นที่ศึกษา

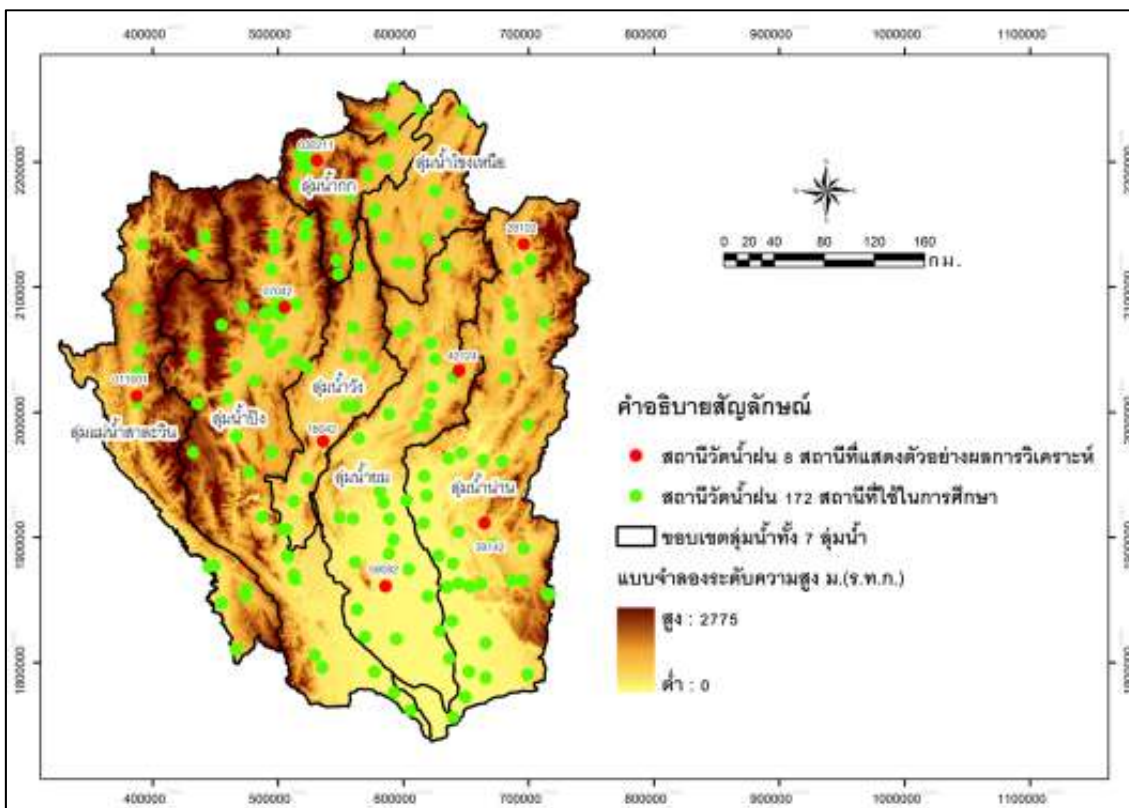
การนำปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS มาใช้จำเป็นต้องมีการทดสอบความถูกต้องของข้อมูลเนื่องจากการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคตบนพื้นฐานของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศนั้นมีข้อจำกัดที่มักเกิดความคลาดเคลื่อนได้เนื่องจากข้อจำกัดของแบบจำลองหลายประการ ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 และได้ศึกษาวิธีการปรับแก้ข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับแต่ละช่วงเวลาและพื้นที่ซึ่งได้รับผลกระทบเนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาลและลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน ตลอดจนตรวจสอบประสิทธิผลของค่าปรับแก้ที่ได้ โดยมีรายละเอียดของผลการศึกษา ดังนี้

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 กับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 กับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันและตรวจวัดในช่วงเวลาเดียวกัน สำหรับสถานีวัดน้ำฝนแต่ละสถานีที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลจำนวน 172 สถานี ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 โดยพิจารณาจากค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 และปริมาณฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานี โดยใช้วิธีการแจกแจงความถี่แบบกัมเบล (Gumbel distribution) และ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 และปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานี รายละเอียดของผลการวิเคราะห์มีดังนี้

ก) ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝน

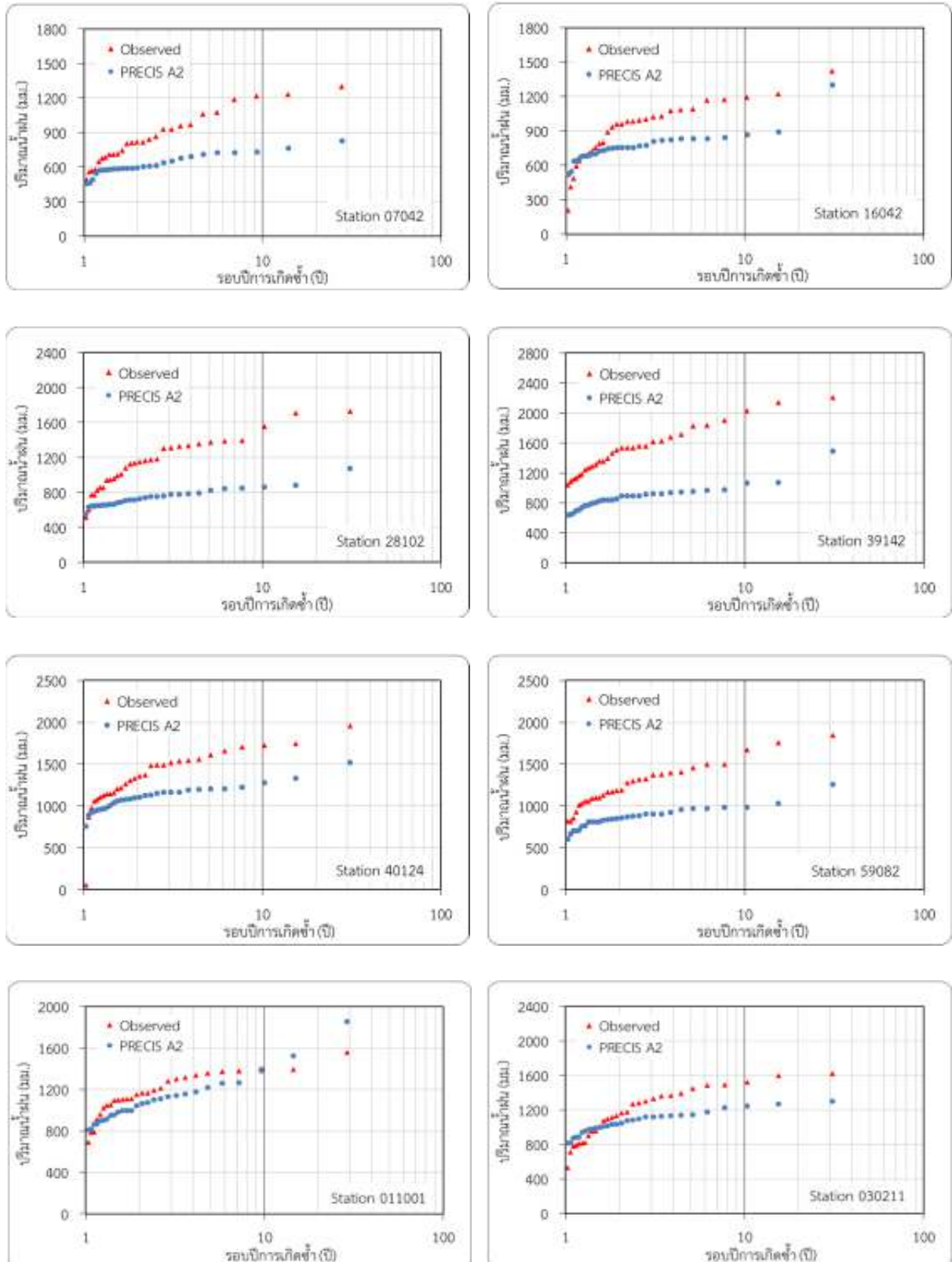
ในรายงานฉบับนี้ได้แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 8 สถานี ได้แก่ สถานี 07042, 16042, 28102, 39142, 40124, 59082, 011001 และ 030211 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนทั้ง 8 สถานีแสดงในรูปที่ 4-1 สำหรับผลการวิเคราะห์ของสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมดได้จัดเก็บในรูปแบบดิจิทัลไฟล์ การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability และปริมาณน้ำฝนแบบรายปี รายเดือน และรายวันโดยมีรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ดังนี้



รูปที่ 4-1 ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝน 8 สถานี ที่แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 กับของปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

• ปริมาณน้ำฝนแบบรายปี

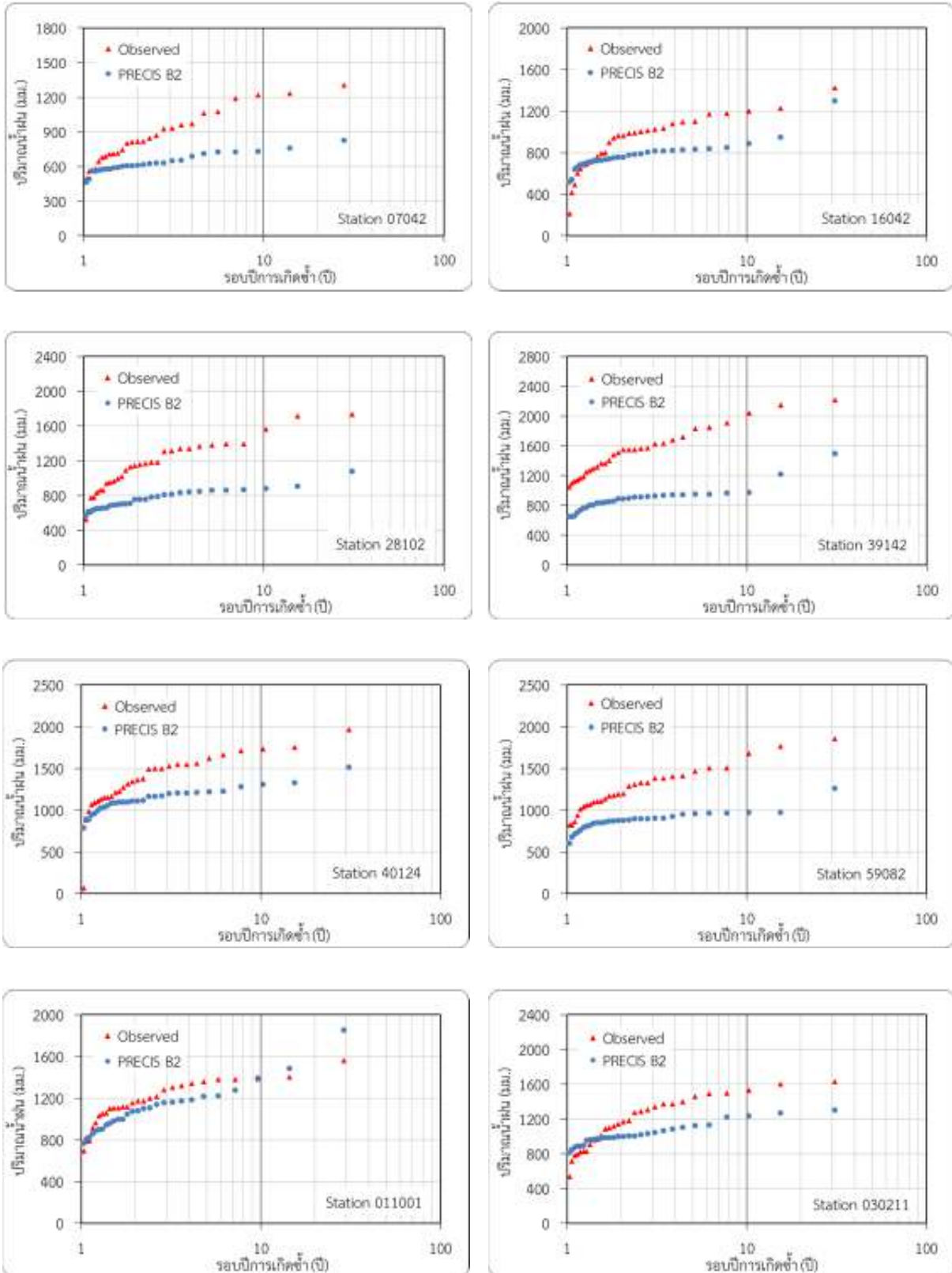
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 และปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน แสดงตัวอย่างในรูปที่ 4-2 และ 4-3 ตามลำดับ



รูปที่ 4-2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ 4-3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 และปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน

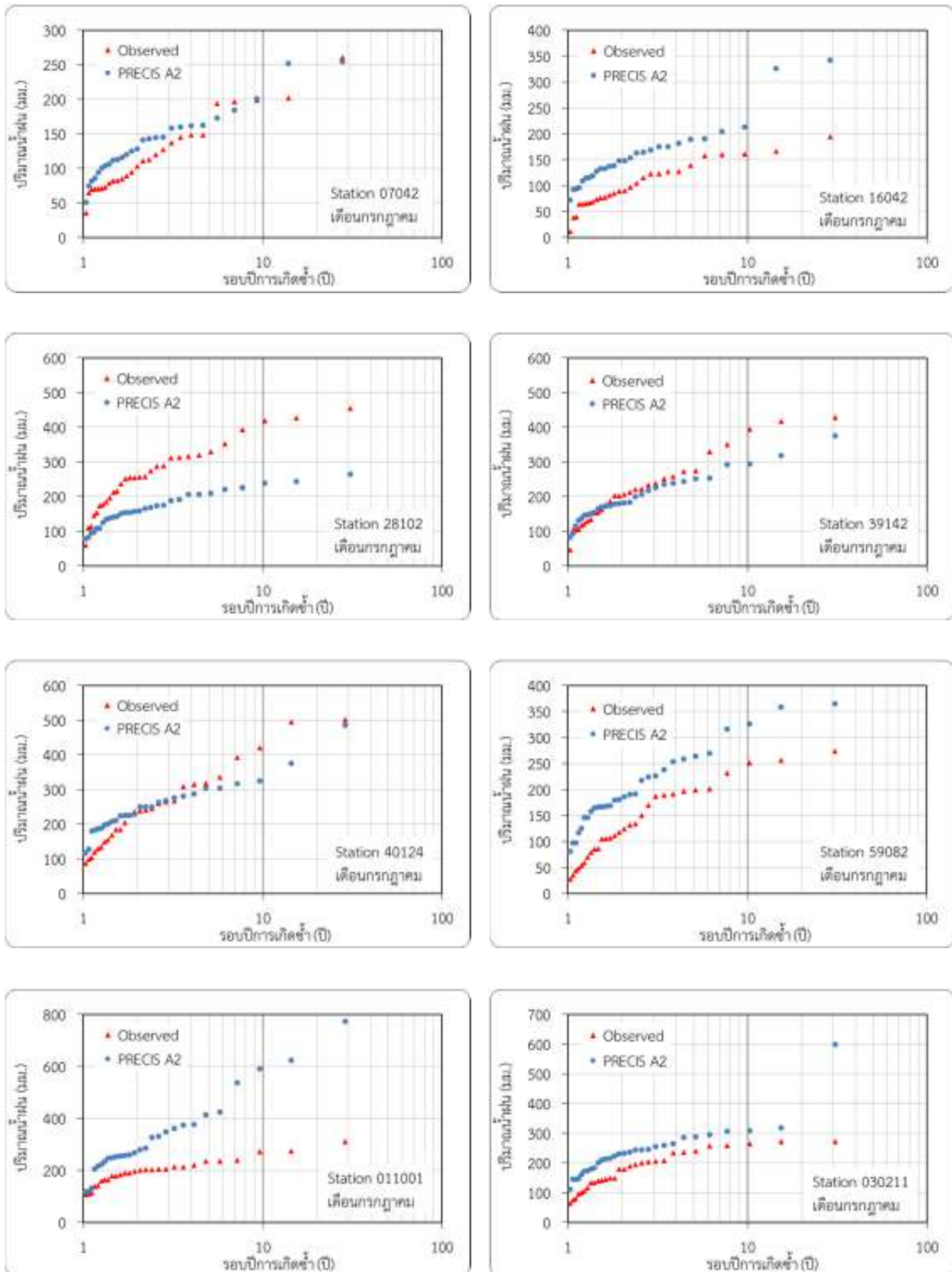
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 และปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันทั้ง 172 สถานีในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 พบว่าแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายปีได้ต่ำกว่าที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนในเกือบทุกสถานีวัดน้ำฝน โดยเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 มีค่าใกล้เคียงกันคือ 850 มม. ส่วนปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,179 มม. แต่จะมีบางสถานีที่แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายปีได้ใกล้เคียงหรือสูงกว่าที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ซึ่งปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในแต่ละสถานีจะมีความแตกต่างกันเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากลักษณะภูมิประเทศที่ต่างกัน ดังนั้นจึงควรทำการปรับแก้ปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ให้มีความคลาดเคลื่อนลดลงก่อนนำไปใช้ในแบบจำลองดินถล่ม

- ปริมาณน้ำฝนแบบรายเดือน

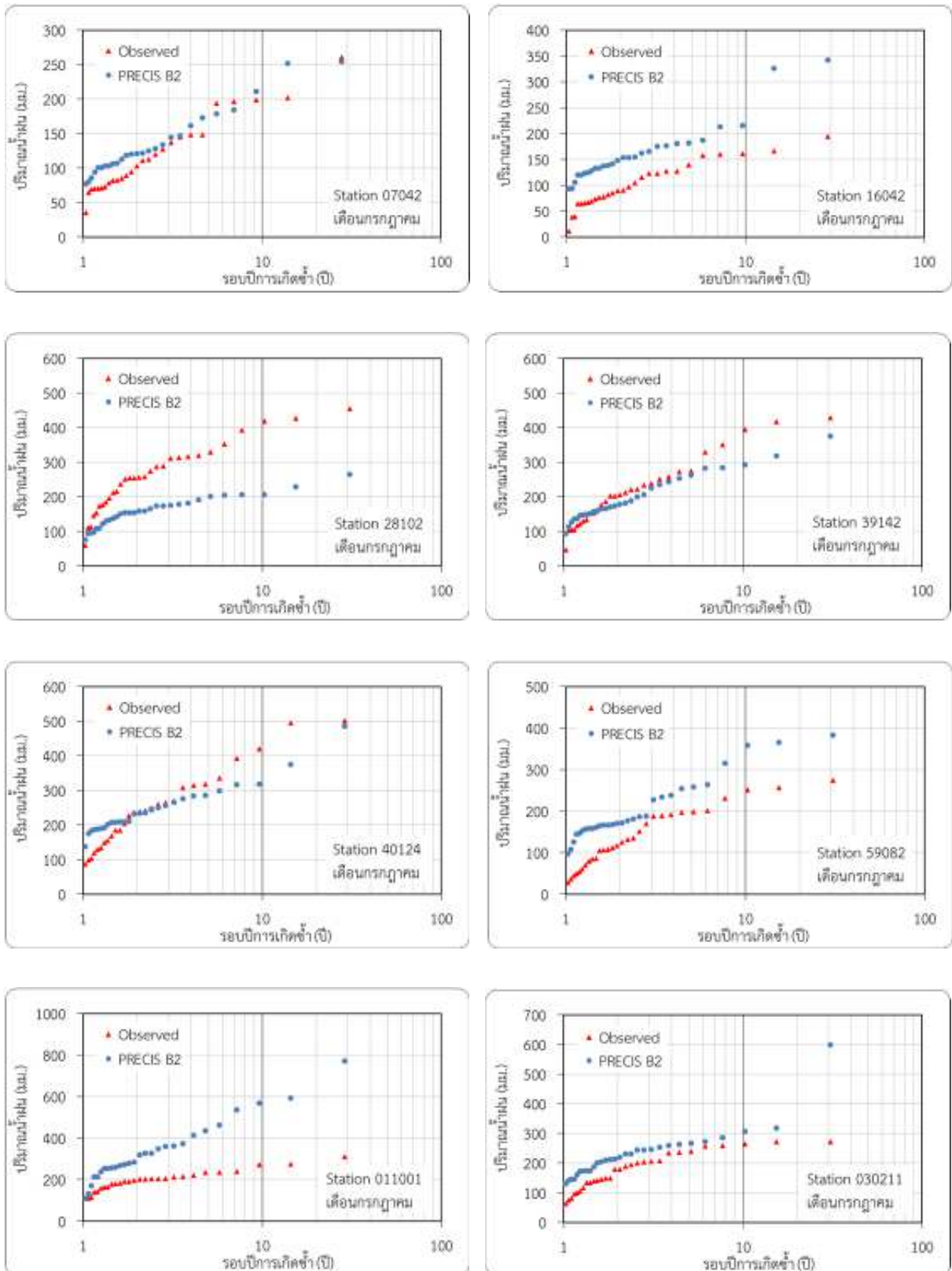
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 และปริมาณฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันแสดงตัวอย่างของเดือนกรกฎาคมในรูปที่ 4-4 และ 4-5 ตามลำดับ

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ 4-4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนกรกฎาคม



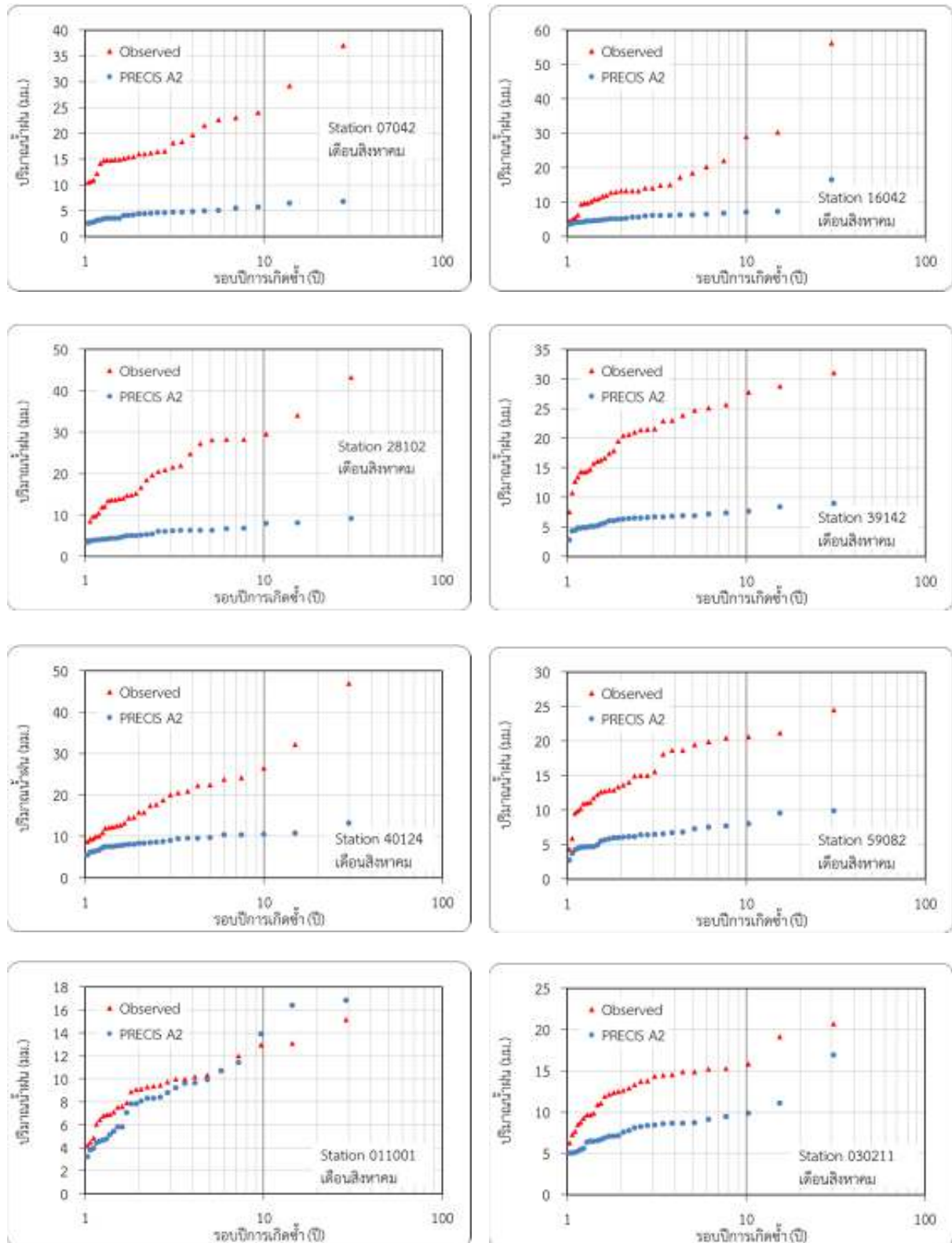
รูปที่ 4-5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 และปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนกรกฎาคม

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 และปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันทั้ง 172 สถานีในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 พบว่าในทุกเดือนยกเว้นเดือนมิถุนายนและกรกฎาคมแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนได้ต่ำกว่าที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนในทุกสถานีวัดน้ำฝน แต่คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนของเดือนมิถุนายนและกรกฎาคมได้สูงกว่าที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนในเกือบทุกสถานีวัดน้ำฝน และมีบางสถานีที่แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนของเดือนมิถุนายนและกรกฎาคมได้ต่ำกว่าที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในแต่ละเดือนและแต่ละสถานีมีความแตกต่างกัน เนื่องจากได้รับอิทธิพลของฤดูกาลและลักษณะภูมิประเทศที่ต่างกัน ดังนั้นจึงควรทำการปรับแก้ปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ให้มีความคลาดเคลื่อนลดลงก่อนนำไปใช้ในแบบจำลองดินถล่ม

● ปริมาณน้ำฝนแบบรายวัน

1) ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ย

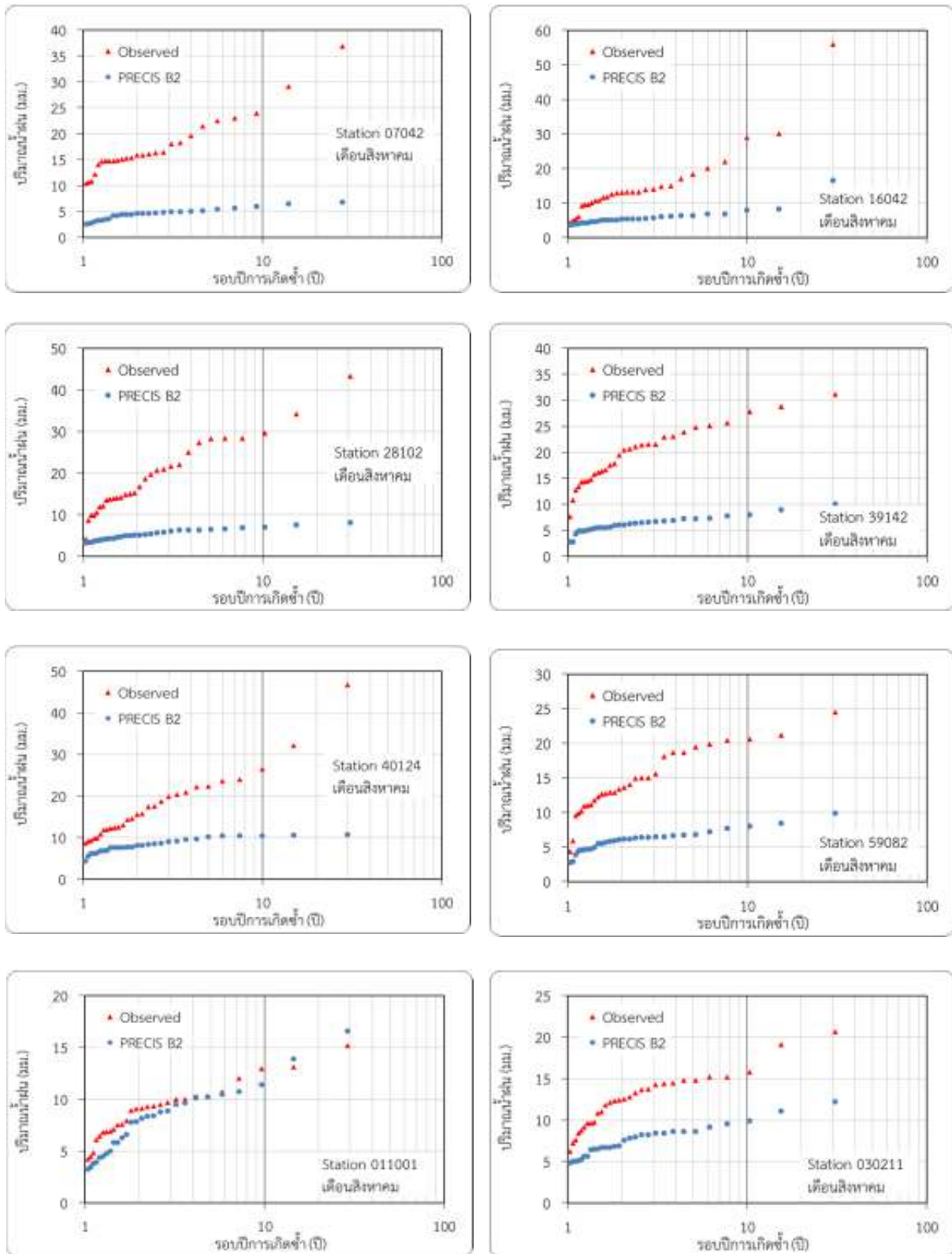
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 และปริมาณฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน แสดงตัวอย่างของเดือนสิงหาคมในรูปที่ 4-6 และ 4-7 ตามลำดับ (หมายเหตุ : วันที่มีฝนตกพิจารณาจากปริมาณฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนที่มีปริมาณฝนสะสมในวันดังกล่าว ≥ 0.1 มม.)



รูปที่ 4-6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันของเดือนสิงหาคม

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ 4-7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 และปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันของเดือนสิงหาคม

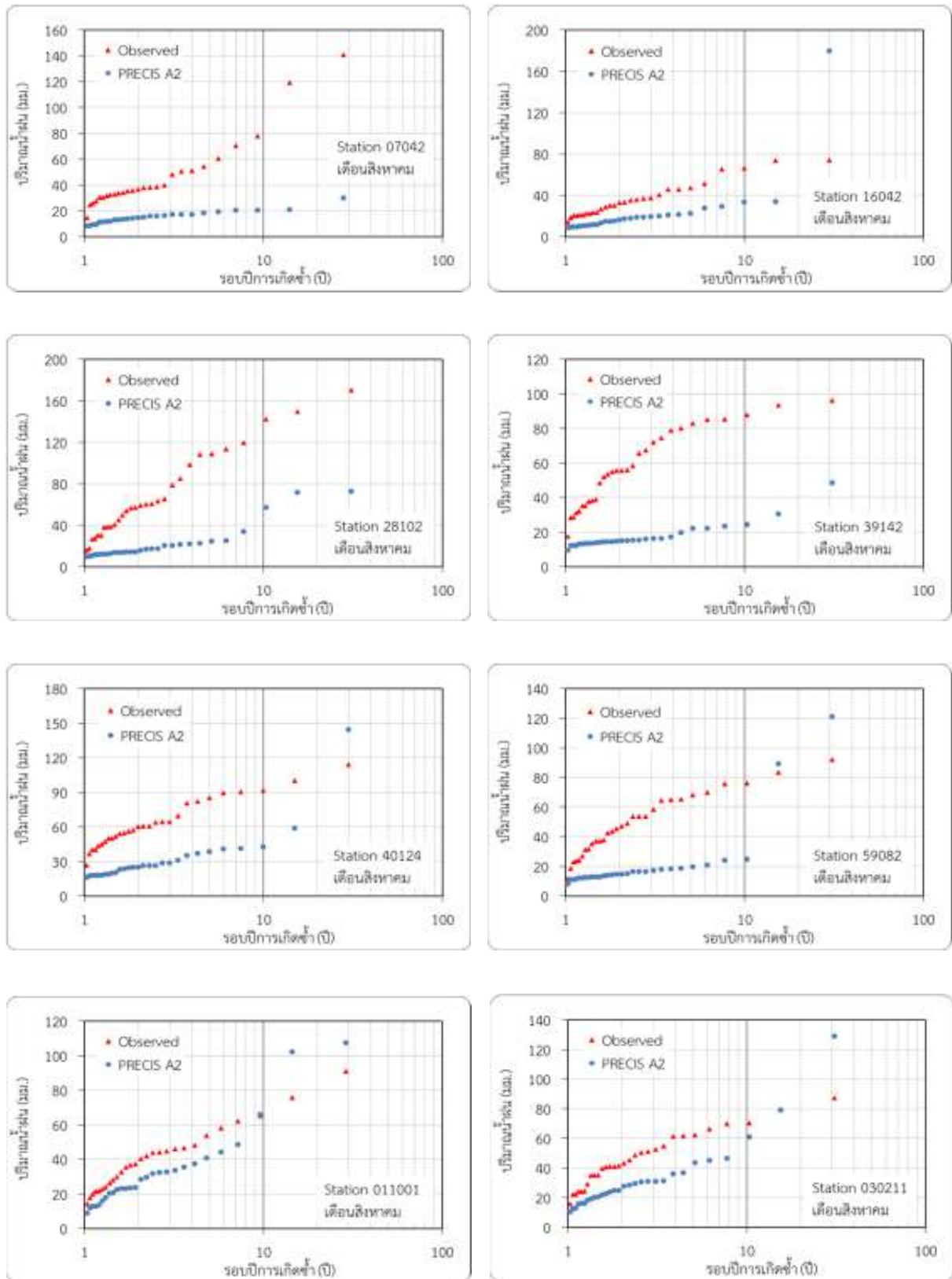
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 และปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันทั้ง 172 สถานีในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 พบว่าในทุกเดือนยกเว้นเดือนมิถุนายนและกรกฎาคมแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยได้ต่ำกว่าที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนในทุกสถานีวัดน้ำฝน แต่คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยของเดือนมิถุนายนและกรกฎาคมได้สูงกว่าที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนในเกือบทุกสถานีวัดน้ำฝน และมีบางสถานีที่แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยของเดือนมิถุนายนและกรกฎาคมได้ต่ำกว่าที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในแต่ละเดือนและแต่ละสถานีมีความแตกต่างกัน เนื่องจากได้รับอิทธิพลของฤดูกาลและลักษณะภูมิประเทศที่ต่างกัน ดังนั้นจึงควรทำการปรับแก้ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ให้มีความคลาดเคลื่อนลดลงก่อนนำไปใช้ในแบบจำลองดินถล่ม

2) ปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปี

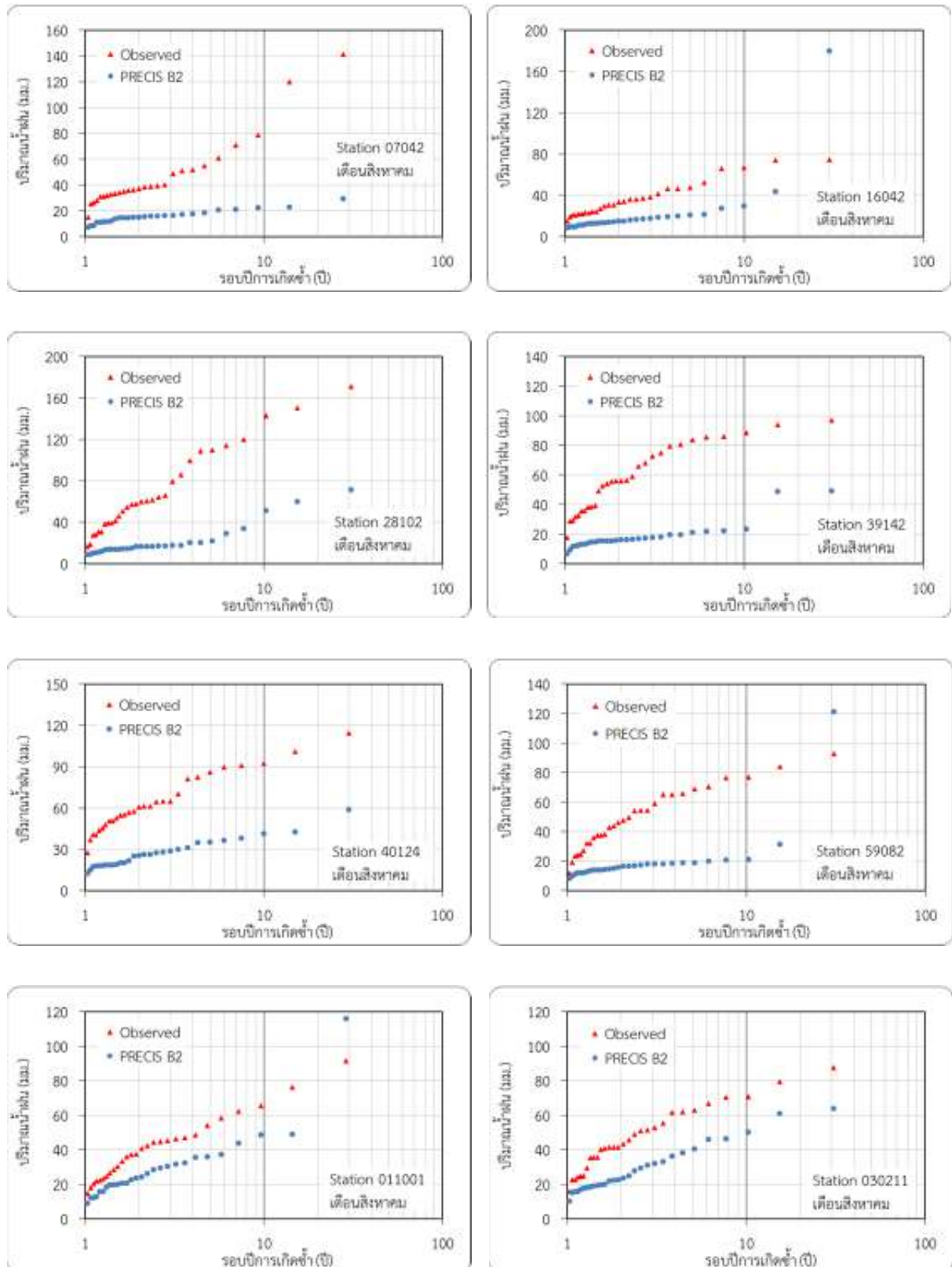
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 และปริมาณฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันแสดงตัวอย่างของเดือนสิงหาคมในรูปที่ 4-8 และ 4-9 ตามลำดับ

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ 4-8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนสิงหาคม



รูปที่ 4-9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 และปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนสิงหาคม

เมื่อพิจารณากรณีปริมาณน้ำฝนสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปี พบว่าได้ผลลัพธ์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 กับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนเช่นเดียวกับกรณีปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ย คือในทุกเดือนยกเว้นเดือนมิถุนายนและกรกฎาคมแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดได้ต่ำกว่าที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนในทุกสถานีวัดน้ำฝน แต่คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดของเดือนมิถุนายนและกรกฎาคมได้สูงกว่าที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนในเกือบทุกสถานีวัดน้ำฝน และมีบางสถานีที่แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเดือนมิถุนายนและกรกฎาคมได้ต่ำกว่าที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในแต่ละเดือนและแต่ละสถานีมีความแตกต่างกันเนื่องจากได้รับอิทธิพลของฤดูกาลและลักษณะภูมิประเทศที่ต่างกัน ดังนั้นจึงควรทำการปรับแก้ปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ให้มีความคลาดเคลื่อนลดลงก่อนนำไปใช้ในแบบจำลองดินถล่ม

ข) ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS และปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน

การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 และปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานีทั้ง 172 สถานีในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 กับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนในการศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนทั้งหมด 5 กรณีเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability และปริมาณน้ำฝน ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนแบบรายปี, รายเดือน, รายเดือนเฉพาะวันที่มีฝนตก, รายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ย และรายวันสูงสุด ผลของการวิเคราะห์ทั้ง 5 กรณีพบว่าโดยเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 กับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างต่ำ โดยบางสถานีวัดน้ำฝนมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน (ค่า r มีค่าเป็นบวก) คือปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนเพิ่มขึ้น แต่บางสถานีวัดน้ำฝนมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้ามกัน (ค่า r มีค่าเป็นลบ) ซึ่งแสดงว่าปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนลดลงหรือเพิ่มขึ้น จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าควรทำการปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ให้มีความคลาดเคลื่อนลดลงก่อนนำไปใช้ในแบบจำลองดินถล่ม

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 กับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนตั้งที่กล่าวข้างต้นทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นถึงความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงได้ทำการวิเคราะห์หาค่าปรับแก้ที่เหมาะสมสำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ให้มีความคลาดเคลื่อนลดลงก่อนนำไปใช้ในแบบจำลองดินถล่ม ซึ่งนำเสนอไว้ในหัวข้อต่อไป

4.1.2 ผลการวิเคราะห์หาค่าปรับแก้ที่เหมาะสมตามลักษณะของพื้นที่และเวลาของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2

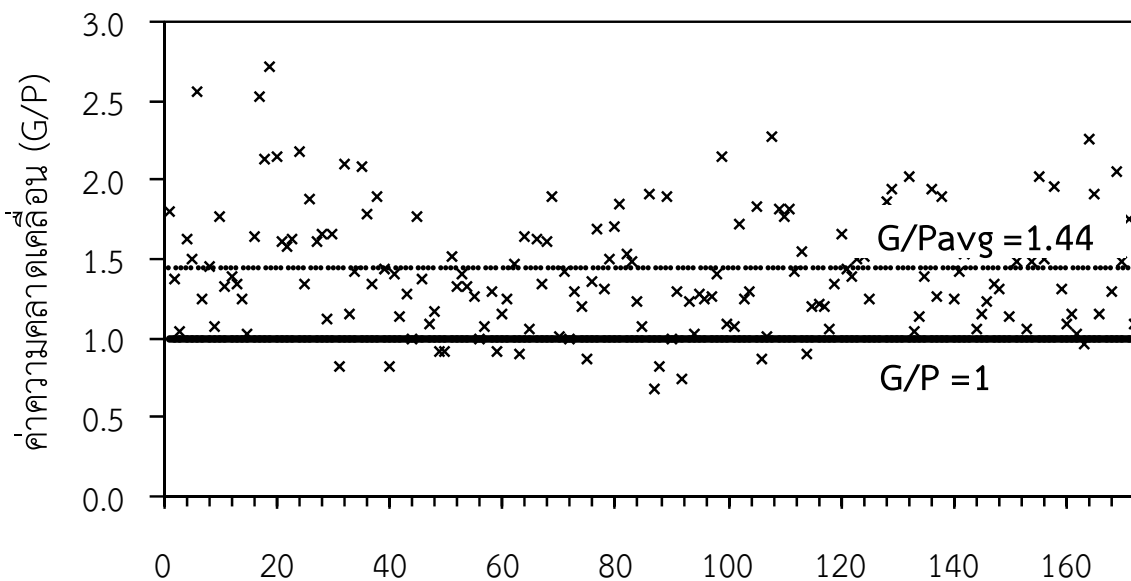
ผลจากการวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 และปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ในหัวข้อที่ 4.1.1 แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 มีความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ซึ่งความคลาดเคลื่อนดังกล่าวเป็นผลเนื่องจากการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคตบนพื้นฐานของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศนั้นมีข้อจำกัดที่มักเกิดความคลาดเคลื่อนได้เนื่องจากข้อจำกัดของแบบจำลองหลายประการ ดังนั้นในการนำปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ไปใช้ในแบบจำลองดินถล่มจำเป็นต้องมีการปรับแก้ฝนดังกล่าวให้มีความคลาดเคลื่อนลดลง การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์หาค่าปรับแก้ที่เหมาะสมแต่ละช่วงเวลาและพื้นที่ซึ่งได้รับผลกระทบเนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาลและลักษณะภูมิประเทศที่ต่างกันส่งผลให้ค่าปรับแก้ในแต่ละช่วงเวลาและแต่ละพื้นที่มีค่าแตกต่างกัน โดยใช้สมการที่ 3-1 วิเคราะห์หาค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนแบบรายปี รายเดือน และรายวัน ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน (G) และปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 (P) ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี ถ้าค่า G/P มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 และปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จากสถานีวัดน้ำฝนมีค่าเท่ากัน สำหรับค่า G/P ที่มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนได้มากกว่าปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน (Over-estimation) ส่วนค่า G/P ที่มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนได้น้อยกว่าปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน (Under-estimation) รายละเอียดของผลการวิเคราะห์ค่า G/P เฉลี่ยรายปี รายเดือน และรายวัน ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่

คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานีมีดังนี้

ก) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2

- ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายปี

ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายปีระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานีแสดงในรูปที่ 4-10 แสดงให้เห็นถึงผลกระทบจากอิทธิพลของลักษณะภูมิประเทศที่ต่างกัน ส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายปีในแต่ละสถานีวัดน้ำฝนมีค่าแตกต่างกัน และพบว่าค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายปีของสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมด 172 สถานีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.44 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโดยเฉลี่ยแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายปีได้น้อยกว่าปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน



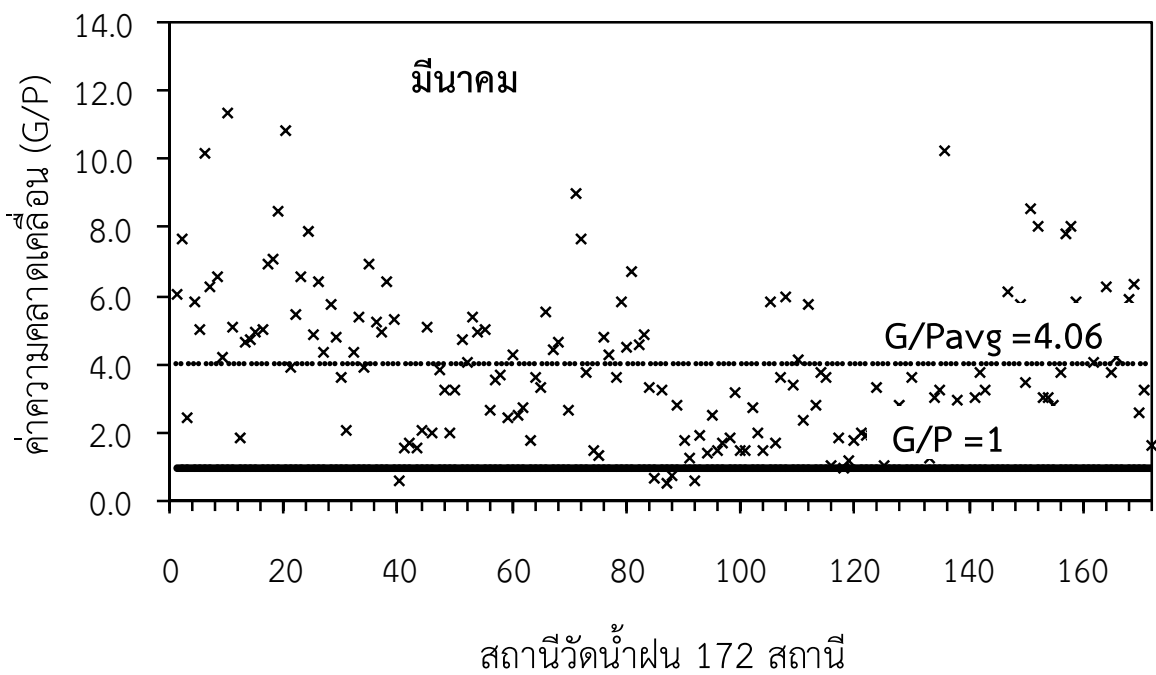
สถานีวัดน้ำฝน 172 สถานี

รูปที่ 4-10 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายปีระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี

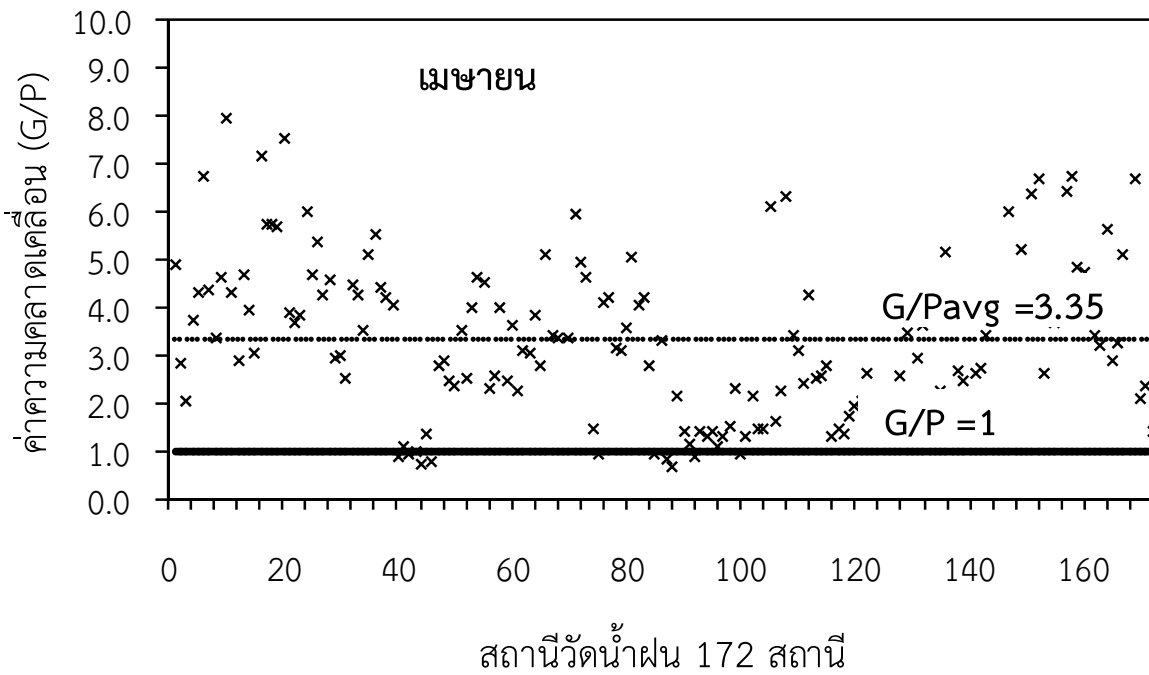
- ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายเดือน

ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายเดือนระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานีในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน มีรายละเอียดดังนี้

- 1) ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายเดือนในช่วงฤดูแล้ง แสดงตัวอย่างของเดือนมีนาคมและเมษายนดังในรูปที่ 4-11 และ 4-12 ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงผลกระทบเนื่องจากอิทธิพลของลักษณะภูมิประเทศและช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายเดือนของเดือนมีนาคมและเมษายนในแต่ละสถานีวัดน้ำฝนมีค่าแตกต่างกัน และพบว่าค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายเดือนในเดือนมีนาคมและเมษายนของสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมด 172 สถานีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.06 และ 3.35 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโดยเฉลี่ยแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนได้น้อยกว่าปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนในช่วงฤดูแล้ง

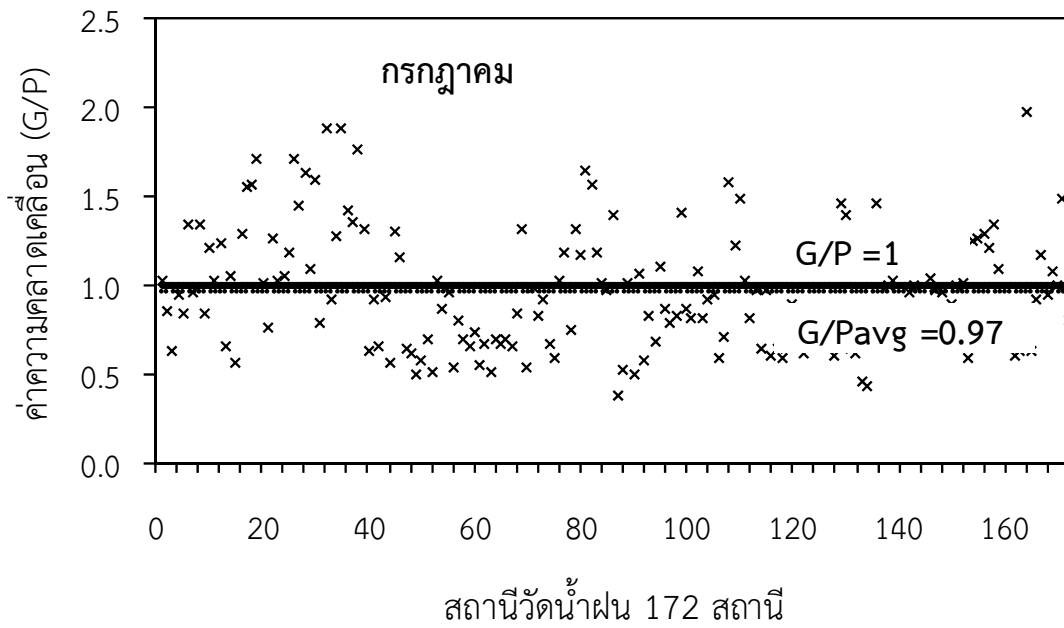


รูปที่ 4-11 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยเดือนมีนาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี

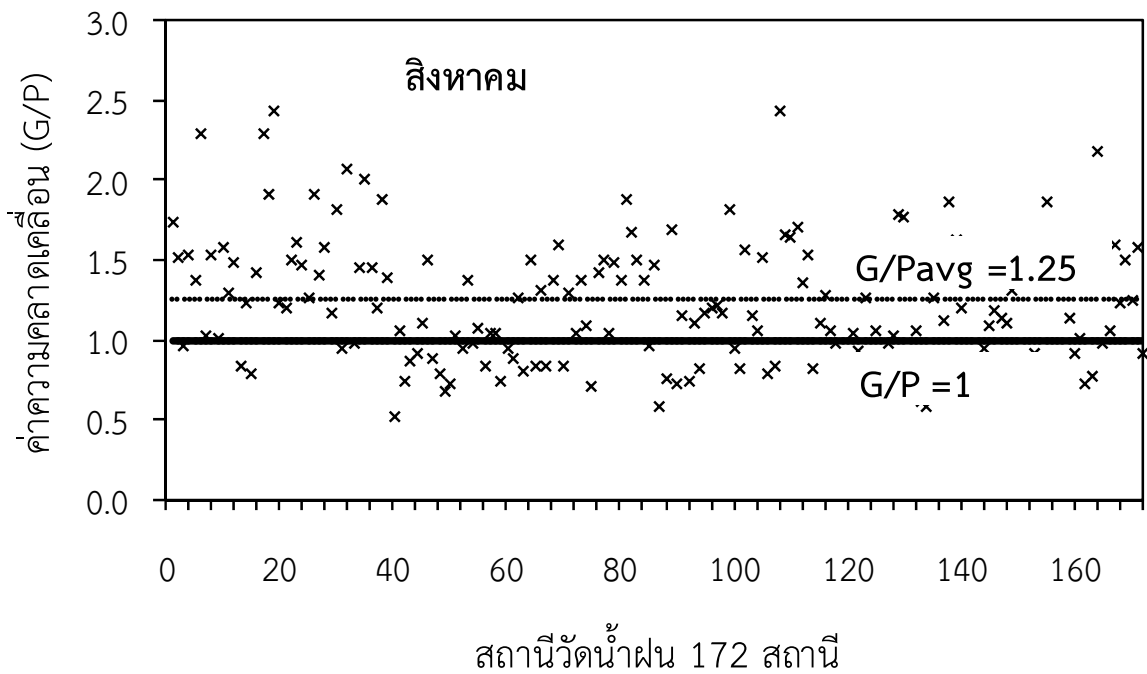


รูปที่ 4-12 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยเดือนเมษายน ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี

- 2) ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายเดือนในช่วงฤดูฝน แสดงตัวอย่างของเดือนกรกฎาคมและสิงหาคมดังในรูปที่ 4-13 และ 4-14 ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงผลกระทบเนื่องจากอิทธิพลของลักษณะภูมิประเทศและช่วงเวลาที่ต่างกัน ส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายเดือนของเดือนกรกฎาคมและสิงหาคมในแต่ละสถานีวัดน้ำฝนมีค่าแตกต่างกัน และพบว่าค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายเดือนในเดือนกรกฎาคมและสิงหาคมของสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมด 172 สถานีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.97 และ 1.25 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโดยเฉลี่ยแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนในเดือนกรกฎาคมได้ใกล้เคียงกับปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน แต่ในเดือนสิงหาคมแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนได้น้อยกว่าปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน



รูปที่ 4-13 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยเดือนกรกฎาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน และปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี



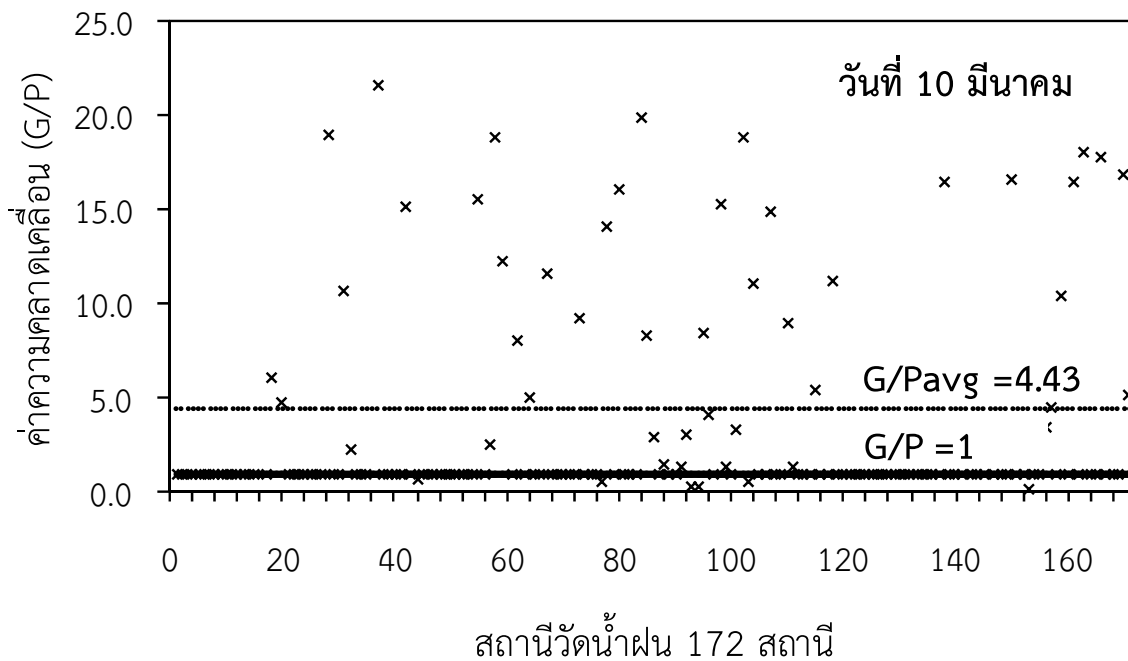
รูปที่ 4-14 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยเดือนสิงหาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและ ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี

- ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายวัน

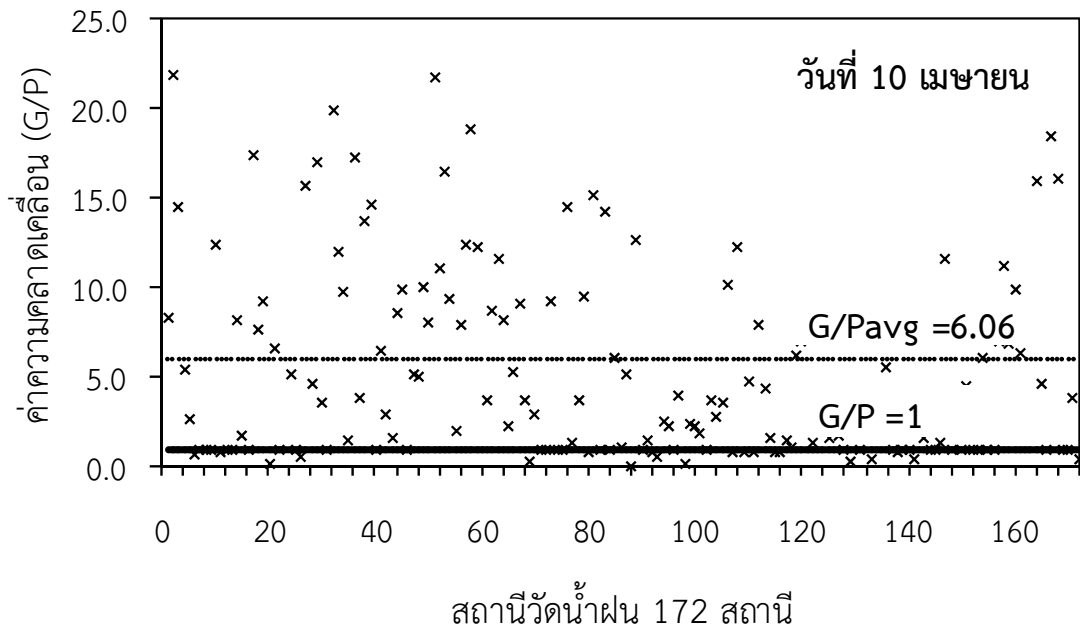
รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

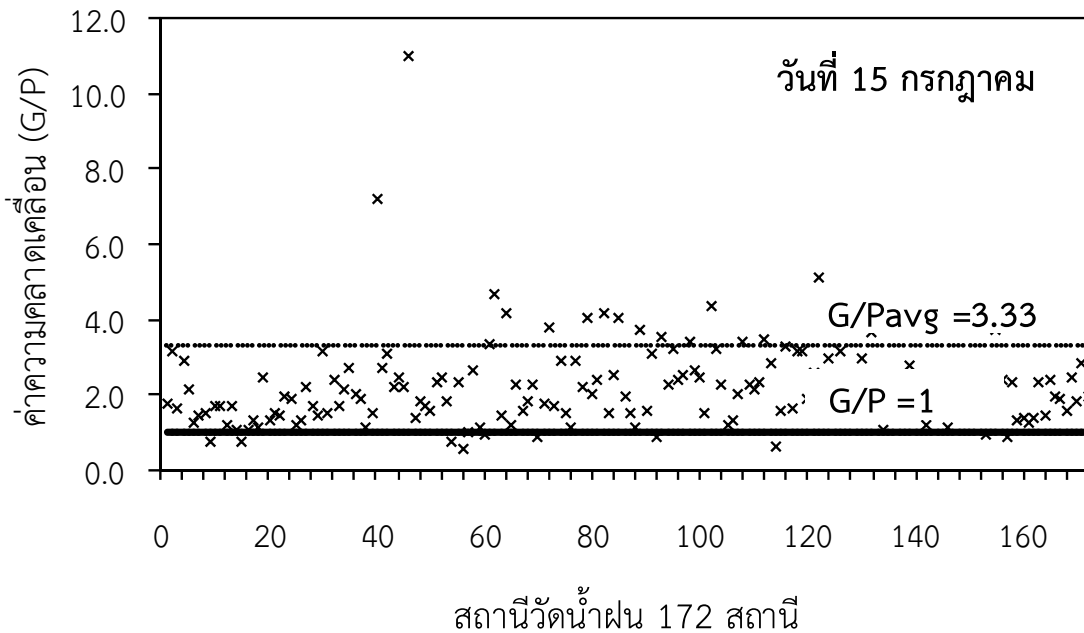
ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายวันในช่วงฤดูแล้งแสดงตัวอย่างของวันที่ 10 มีนาคม และ 10 เมษายน ดังในรูปที่ 4-15 และ 4-16 ตามลำดับ สำหรับในช่วงฤดูฝน แสดงตัวอย่างของวันที่ 15 กรกฎาคม และ 8 สิงหาคมในรูปที่ 4-17 และ 4-18 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลกระทบเนื่องจากอิทธิพลของลักษณะภูมิประเทศและเวลาที่ต่างกัน ส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายวันมีค่าแตกต่างกันในแต่ละสถานีวัดน้ำฝน และพบว่าค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายวันของวันที่ 10 มีนาคม, 10 เมษายน, 15 กรกฎาคมและ 8 สิงหาคม ของสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมด 172 สถานีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.43, 6.06, 3.33 และ 3.55 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าโดยเฉลี่ยแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายวันได้น้อยกว่าปริมาณน้ำฝนรายวันที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนทั้งในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน



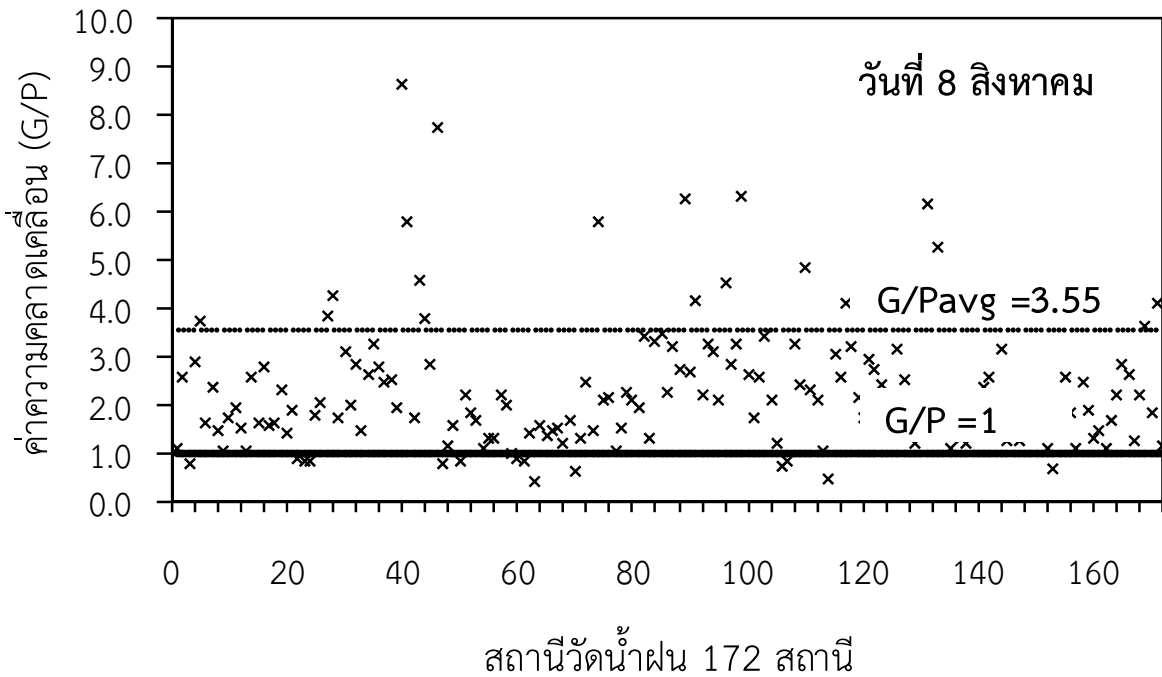
รูปที่ 4-15 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยวันที่ 10 มีนาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน และปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี



รูปที่ 4-16 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยวันที่ 10 เมษายน ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน และปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี



รูปที่ 4-17 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยวันที่ 15 กรกฎาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี

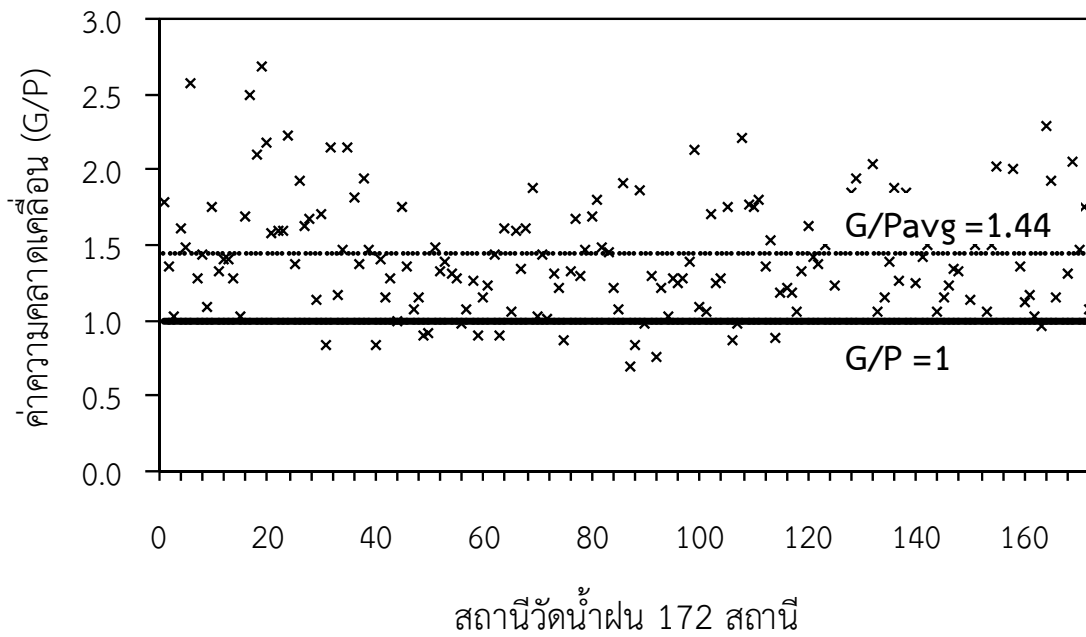


รูปที่ 4-18 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยวันที่ 8 สิงหาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน และปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี

ข) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2

- ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายปี

ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายปีระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานีแสดงในรูปที่ 4-19 แสดงให้เห็นถึงผลกระทบจากอิทธิพลของลักษณะภูมิประเทศที่ต่างกัน ส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายปีในแต่ละสถานีวัดน้ำฝนมีค่าแตกต่างกัน และพบว่าค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายปีของสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมด 172 สถานีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.44 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโดยเฉลี่ยแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายปีได้น้อยกว่าปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน

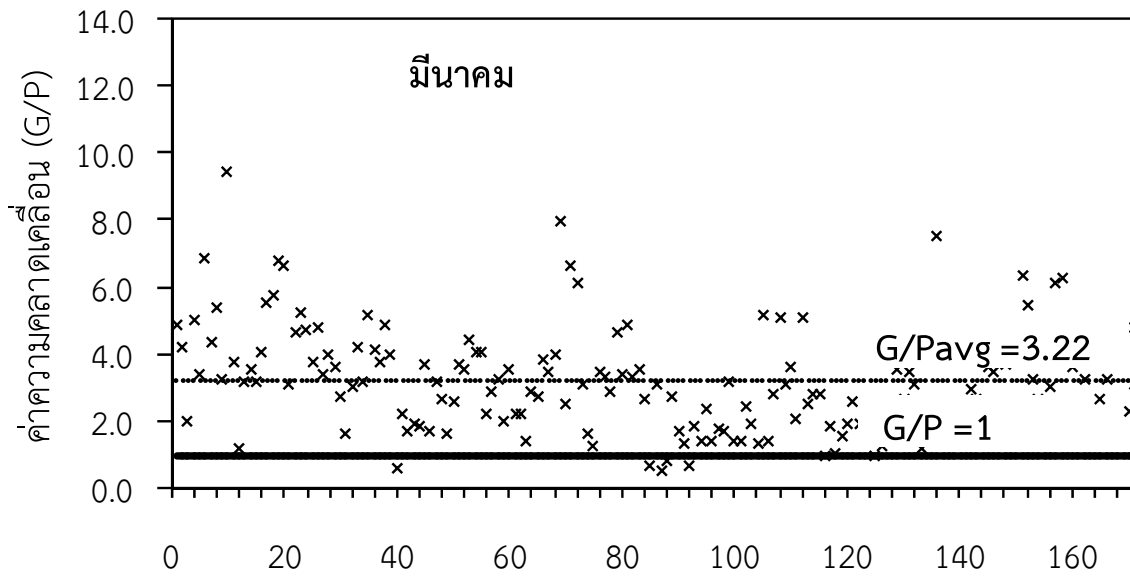


รูปที่ 4-19 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายปีระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี

- ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายเดือน

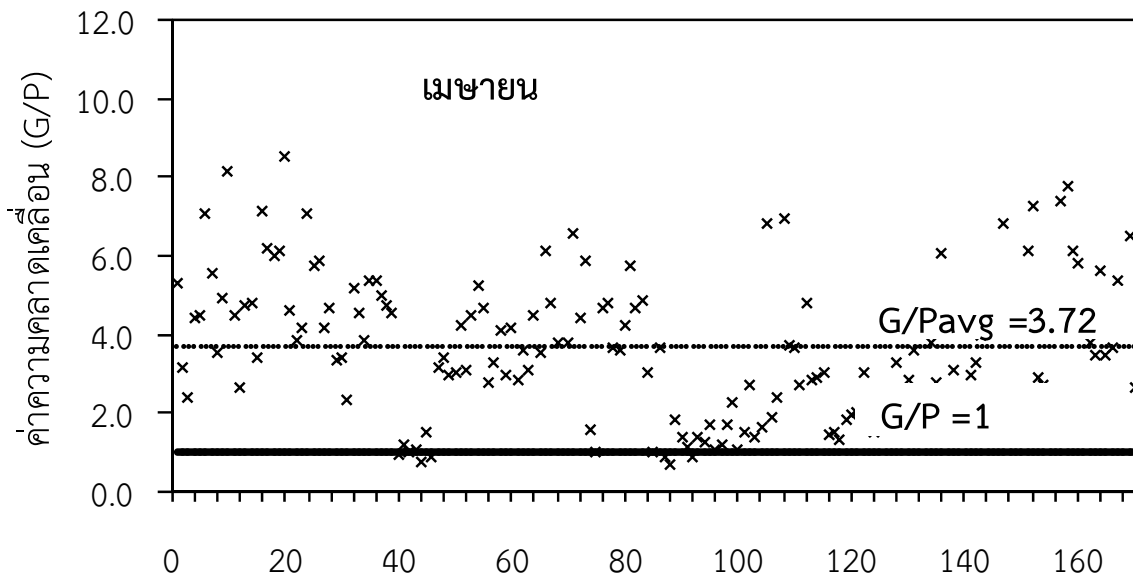
ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายเดือนระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานีในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน มีรายละเอียดดังนี้

- 1) ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายเดือนในช่วงฤดูแล้ง แสดงตัวอย่างของเดือนมีนาคมและเมษายนดังในรูปที่ 4-20 และ 4-21 ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงผลกระทบเนื่องจากอิทธิพลของลักษณะภูมิประเทศและช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายเดือนของเดือนมีนาคมและเมษายนในแต่ละสถานีวัดน้ำฝนมีค่าแตกต่างกัน และพบว่าค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายเดือนในเดือนมีนาคมและเมษายนของสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมด 172 สถานีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.22 และ 3.72 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโดยเฉลี่ยแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนได้น้อยกว่าปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนในช่วงฤดูแล้ง



สถานีวัดน้ำฝน 172 สถานี

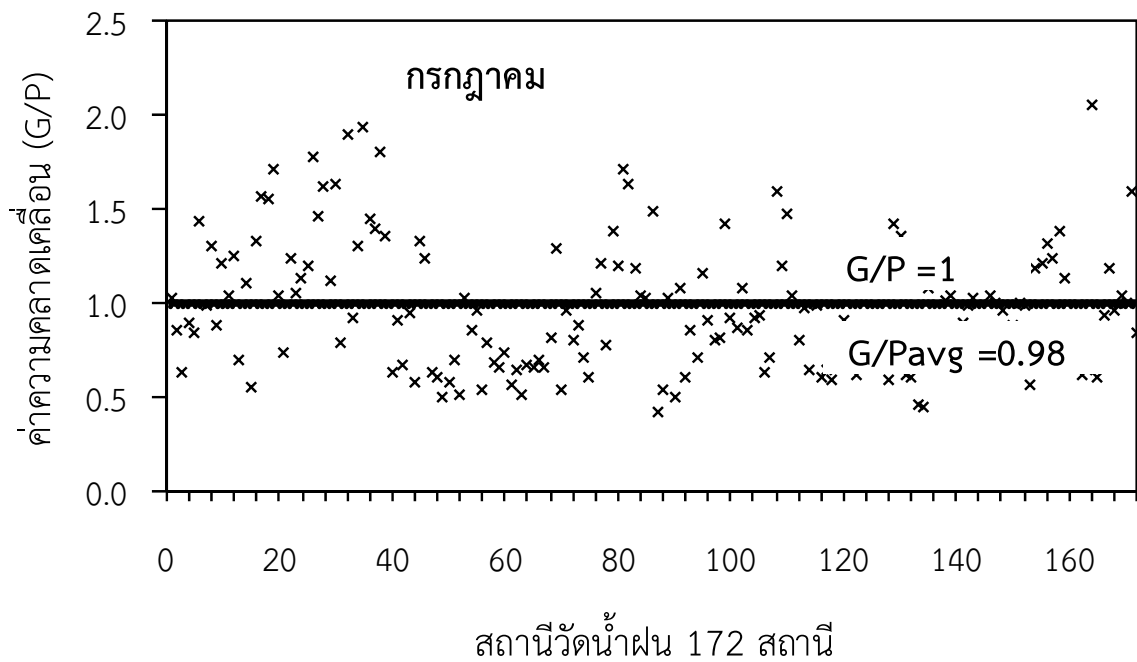
รูปที่ 4-20 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยเดือนมีนาคม ระหว่างค่าปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน และปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี



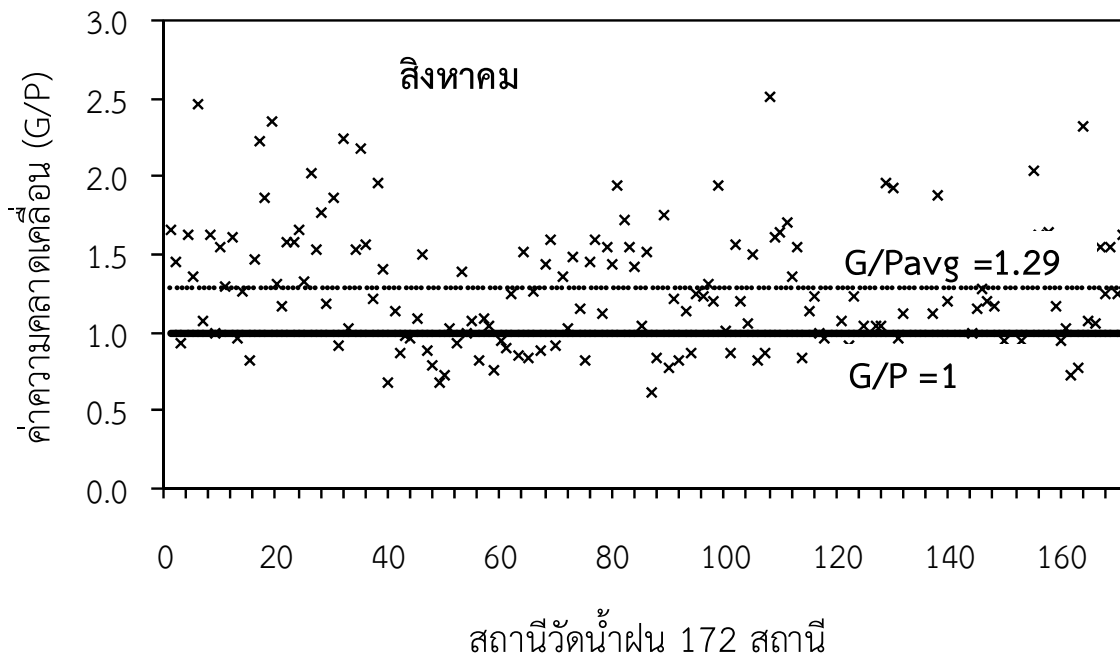
สถานีวัดน้ำฝน 172 สถานี

รูปที่ 4-21 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยเดือนเมษายน ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและ ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี

2) ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายเดือนในช่วงฤดูฝน แสดงตัวอย่างของเดือนกรกฎาคมและสิงหาคมดังในรูปที่ 4-22 และ 4-23 ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงผลกระทบเนื่องจากอิทธิพลของลักษณะภูมิประเทศและช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายเดือนของเดือนกรกฎาคมและสิงหาคมในแต่ละสถานีวัดน้ำฝนมีค่าแตกต่างกัน และพบว่าค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายเดือนในเดือนกรกฎาคมและสิงหาคมของสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมด 172 สถานีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.98 และ 1.29 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโดยเฉลี่ยแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนในเดือนกรกฎาคมได้ใกล้เคียงกับปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน แต่ในเดือนสิงหาคมแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนได้น้อยกว่าปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน



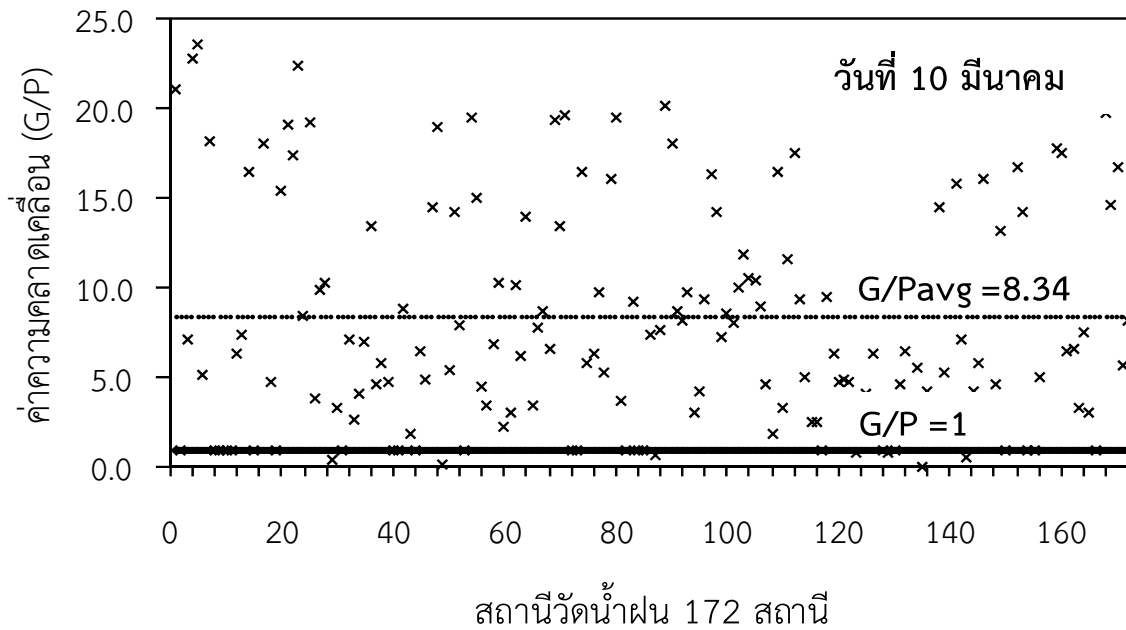
รูปที่ 4-22 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยเดือนกรกฎาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี



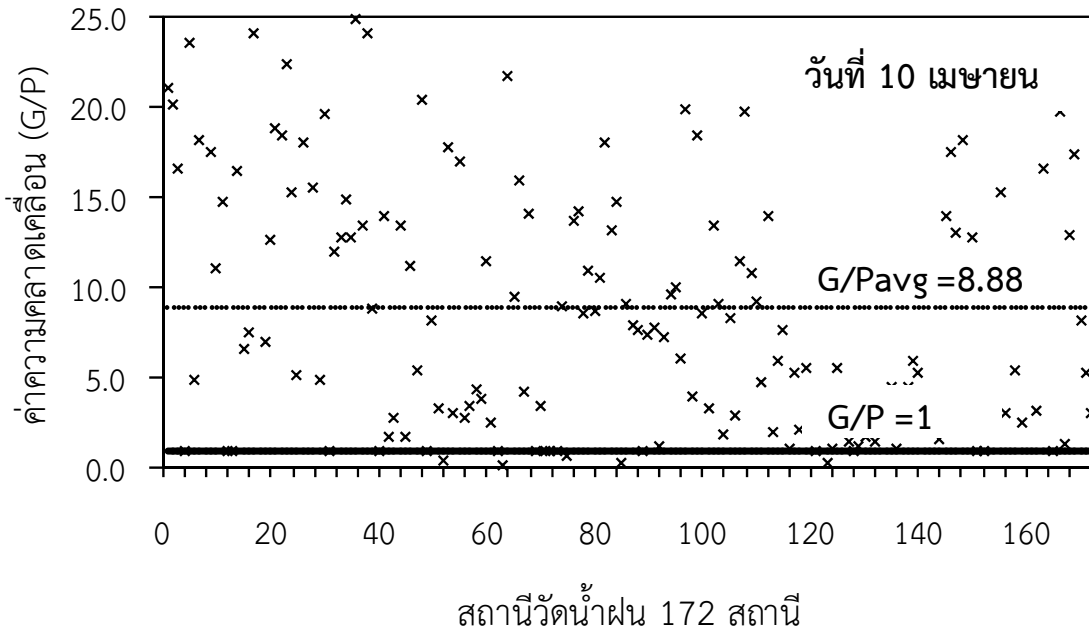
รูปที่ 4-23 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยเดือนสิงหาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี

- ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายวัน

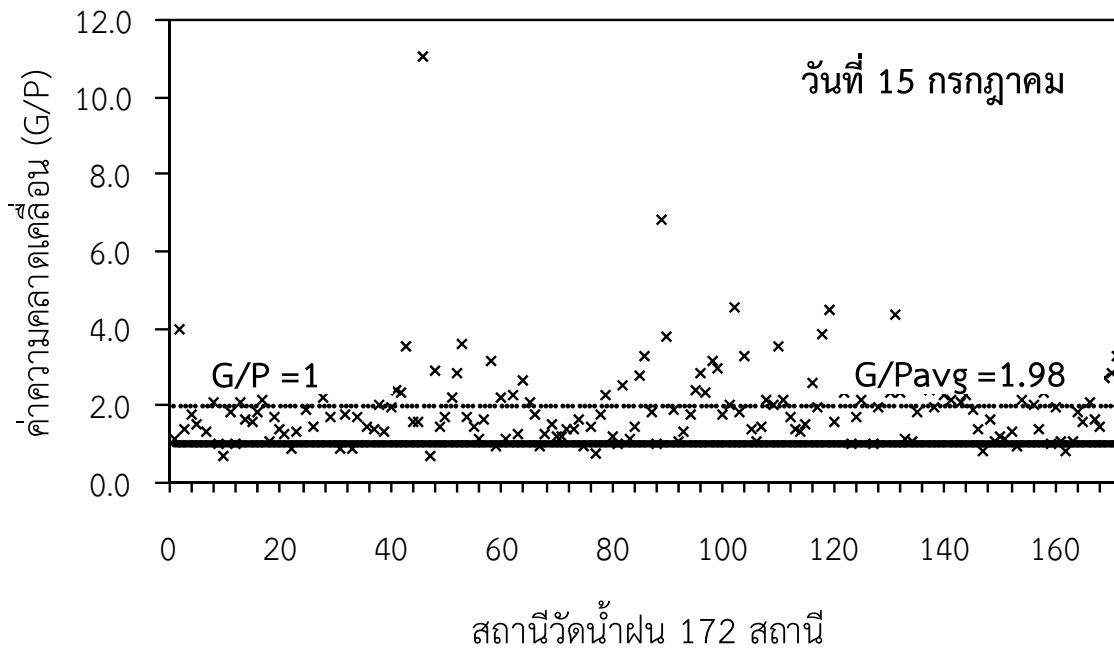
ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายวันในช่วงฤดูแล้งแสดงตัวอย่างของวันที่ 10 มีนาคม และ 10 เมษายน ดังในรูปที่ 4-24 และ 4-25 ตามลำดับ สำหรับในช่วงฤดูฝนแสดงตัวอย่างของวันที่ 15 กรกฎาคม และ 8 สิงหาคมในรูปที่ 4-26 และ 4-27 ตามลำดับซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลกระทบเนื่องจากอิทธิพลของลักษณะภูมิประเทศและช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายวันมีค่าแตกต่างกันในแต่ละสถานีวัดน้ำฝน และพบว่าค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายวันของวันที่ 10 มีนาคม, 10 เมษายน, 15 กรกฎาคมและ 8 สิงหาคม ของสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมด 172 สถานีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.34, 8.88, 1.98 และ 2.53 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าโดยเฉลี่ยแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนรายวันได้น้อยกว่าปริมาณน้ำฝนรายวันที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนทั้งในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน



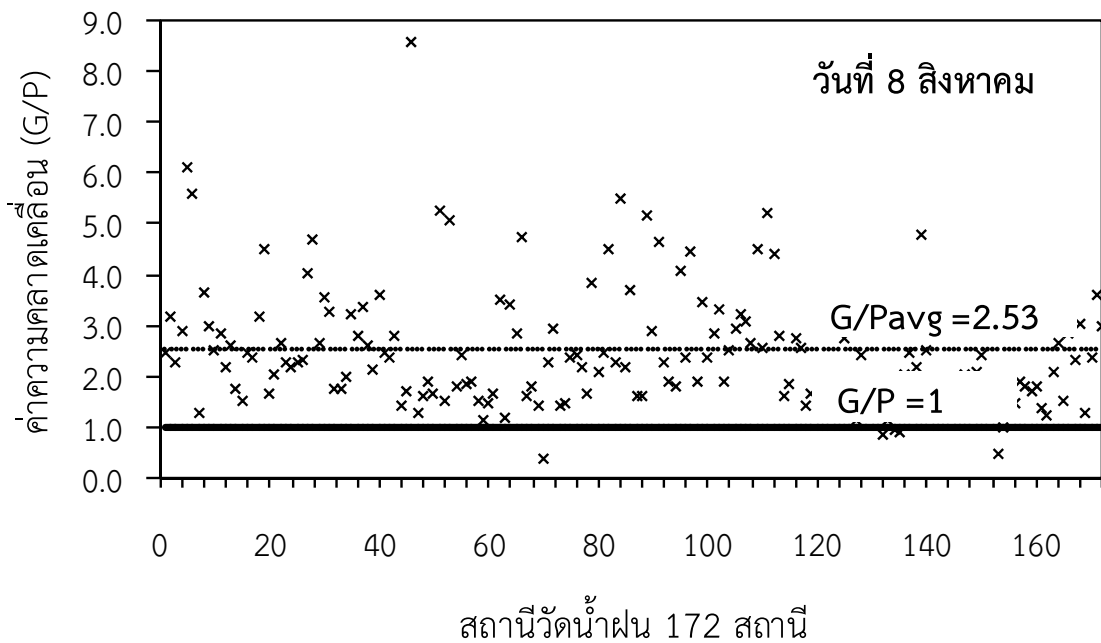
รูปที่ 4-24 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยวันที่ 10 มีนาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน และปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี



รูปที่ 4-25 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยวันที่ 10 เมษายน ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน และปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี



รูปที่ 4-26 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยวันที่ 15 กรกฎาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี



รูปที่ 4-27 ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยวันที่ 8 สิงหาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี

ค) ผลการวิเคราะห์หาค่าปรับแก้ (G/P) ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จาก
แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2

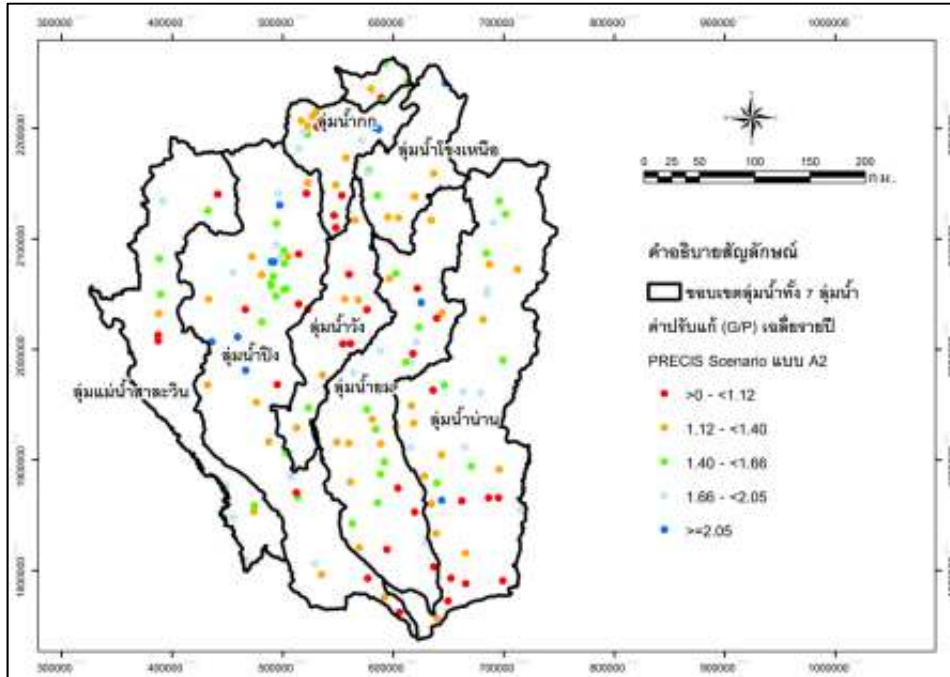
การศึกษารังนี้ประยุกต์ใช้ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อน (G/P) เฉลี่ยรายปี รายเดือนและรายวัน ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี มาใช้วิเคราะห์หาค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยรายปี รายเดือนและรายวันในแต่ละสถานีวัดน้ำฝนโดยพิจารณาให้ค่าปรับแก้ (G/P) มีค่าเท่ากับค่าคลาดเคลื่อน (G/P) และพิจารณาหาค่าปรับแก้ (G/P) ที่ผิดปกติโดยใช้วิธีทางสถิติด้วยกราฟ Boxplot (กัลยา, 2552) ซึ่งค่าปรับแก้ (G/P) ที่ผิดปกติ (Outlier) ที่มีค่าสูงมากได้ถูกปรับให้เท่ากับค่าสูงสุดของค่าปรับแก้ (G/P) ที่ไม่ผิดปกติ สำหรับค่าปรับแก้ (G/P) ที่ผิดปกติ (Outlier) ที่มีค่าต่ำมากจะถูกปรับให้เท่ากับค่าต่ำสุดของค่าปรับแก้ (G/P) ที่ไม่ผิดปกติ จากหลักการดังกล่าวนี้ทำให้ได้ค่าปรับแก้ (G/P) ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 โดยมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ดังนี้

- ค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยรายปี รายเดือน และรายวัน จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2

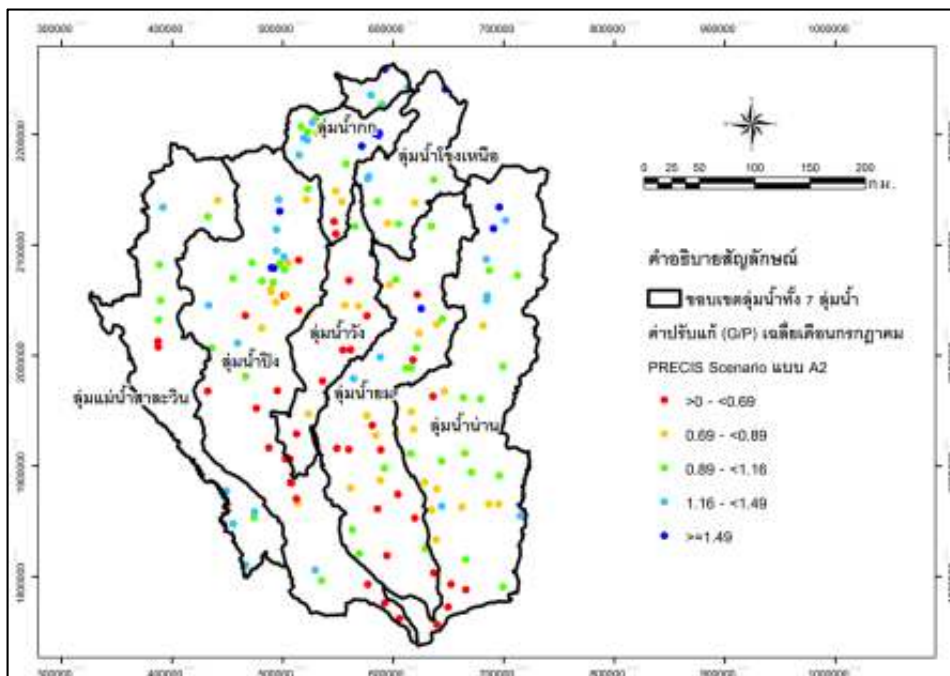
ผลการวิเคราะห์ค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยรายปี รายเดือน และรายวัน ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี แสดงตัวอย่างในรูปแบบที่ 4-28 ถึง 4-30 ตามลำดับ

- ค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยรายปี รายเดือน และรายวัน จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2

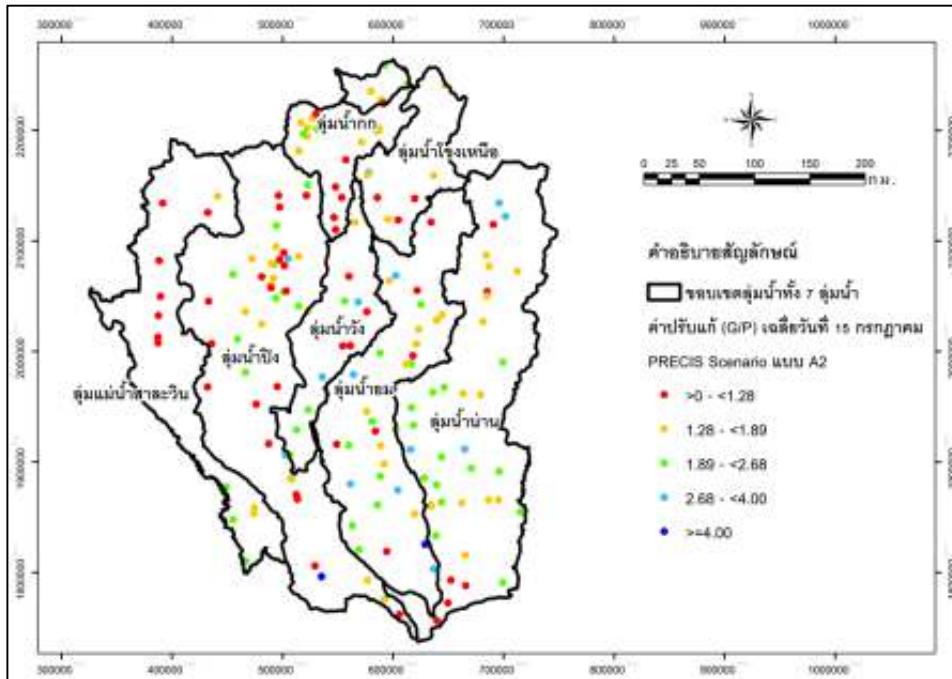
ผลการวิเคราะห์ค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยรายปี รายเดือนและรายวัน ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี แสดงตัวอย่างในรูปแบบที่ 4-31 ถึง 4-33 ตามลำดับ



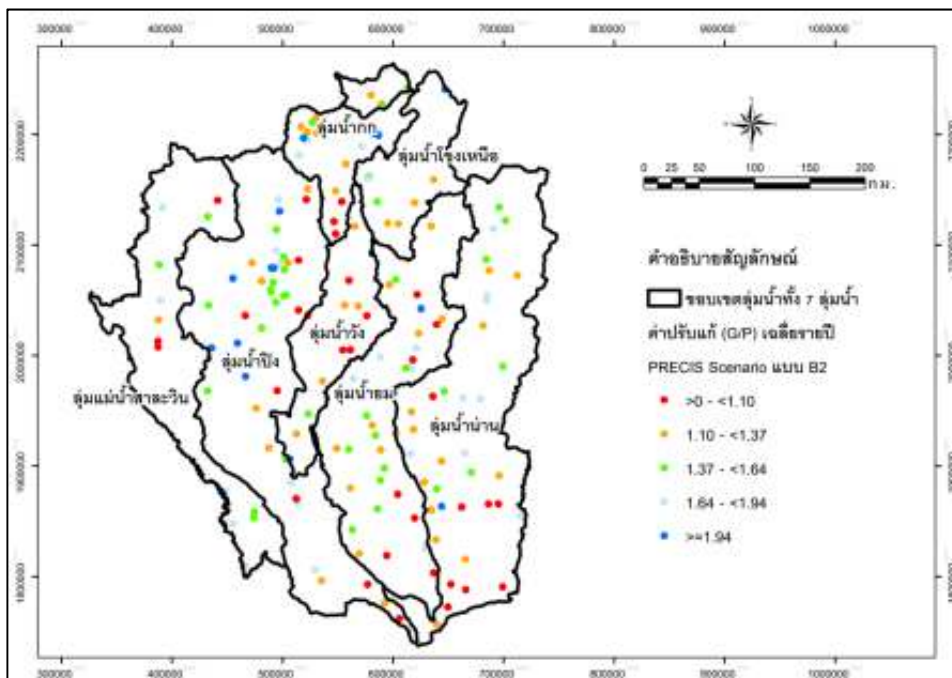
รูปที่ 4-28 ค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยรายปี ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี



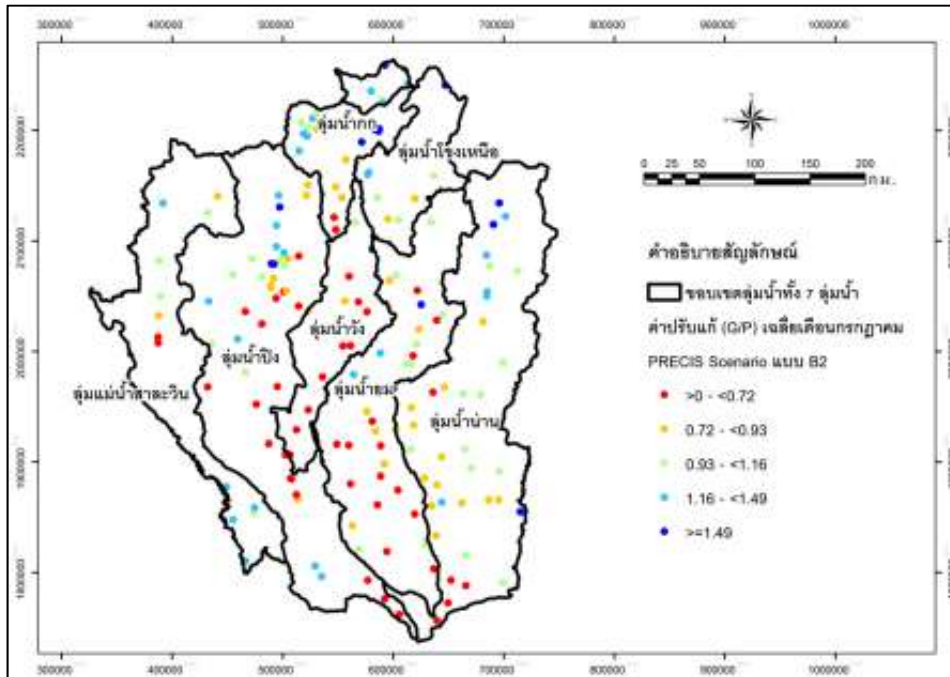
รูปที่ 4-29 ค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยเดือนกรกฎาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี



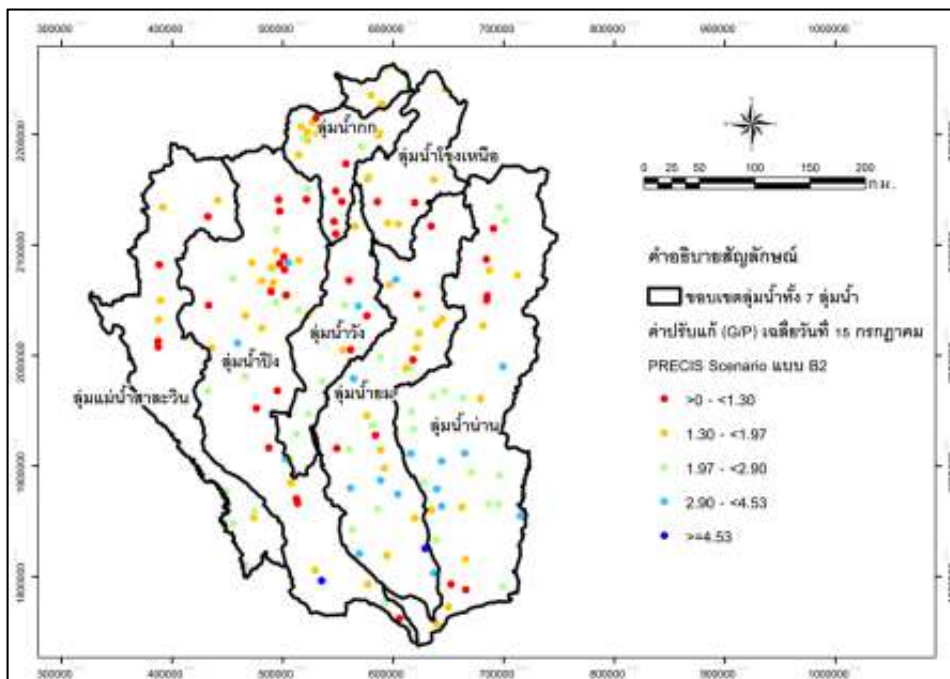
รูปที่ 4-30 ค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยวันที่ 15 กรกฎาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี



รูปที่ 4-31 ค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยรายปี ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี



รูปที่ 4-32 ค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยเดือนกรกฎาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี



รูปที่ 4-33 ค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยวันที่ 15 กรกฎาคม ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี

จากรูปที่ 4-28 ถึง 4-33 จะเห็นได้ว่าค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยรายปี รายเดือนและรายวัน ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานีมีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากผลกระทบของอิทธิพลของลักษณะภูมิประเทศและช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้ทำการวิเคราะห์หาค่าปรับแก้ที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ศึกษาเพื่อนำไปปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ต่อไป

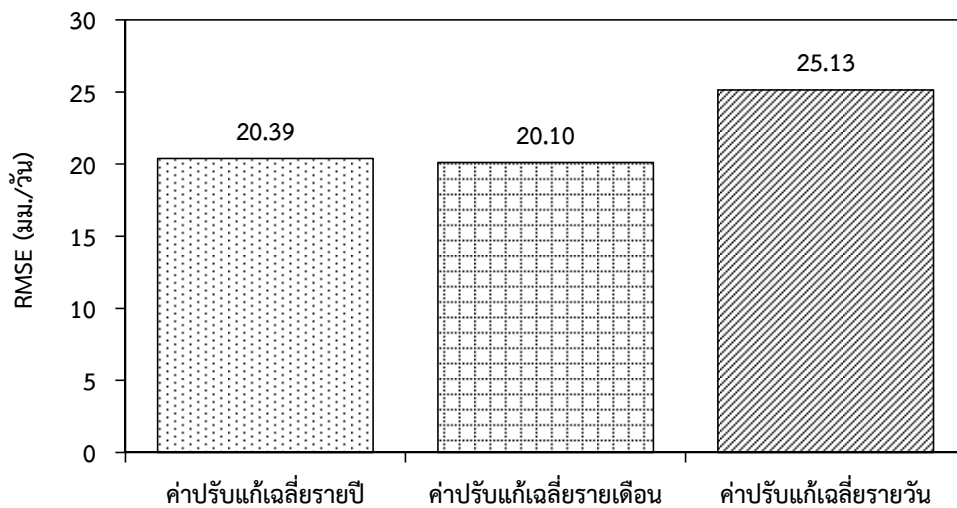
ง) ผลการวิเคราะห์หาค่าปรับแก้ (G/P) ที่เหมาะสมของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2

ผลการวิเคราะห์ค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยรายปี รายเดือน และรายวัน ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในหัวข้อที่ผ่านมาได้ถูกนำมาตรวจสอบเพื่อหาค่าปรับแก้ที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ศึกษาโดยพิจารณาจากค่า Root Mean Square Error (RMSE) ที่หาค่าได้จากสมการที่ 4-1 (ศิริลักษณ์ และ คณะ, 2552) ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้ ด้วยค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยรายปี รายเดือน และรายวัน จากสถานีวัดน้ำฝนทั้ง 172 สถานี ที่น้อยที่สุด

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N \times N_t} \sum_{i=1}^{N_i} \sum_{t=1}^{N_t} (P_{i,t} - G_{i,t})^2} \quad (4-1)$$

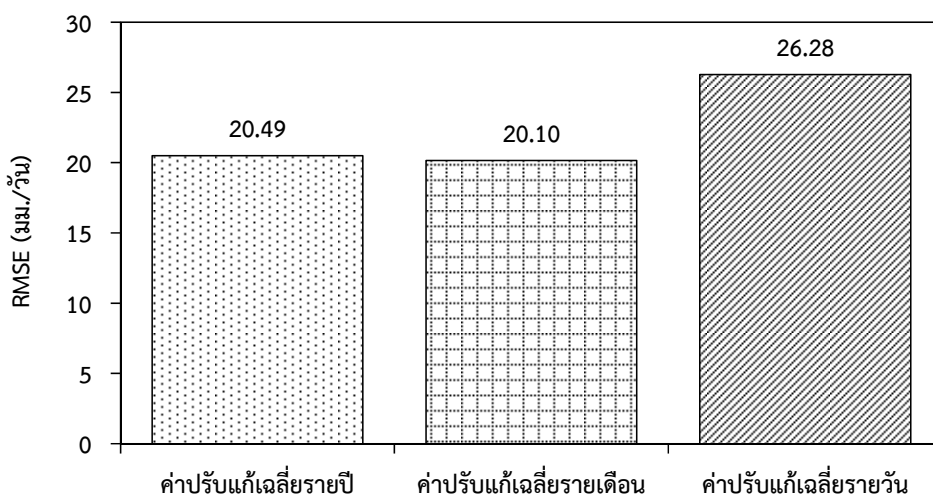
- เมื่อ
- $P_{i,t}$ = ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้ด้วยค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยรายปี, รายเดือนหรือรายวัน ที่สถานีวัดน้ำฝน i ณ เวลา t (มม./วัน)
 - $G_{i,t}$ = ปริมาณฝนจากสถานีวัดน้ำฝน i ณ เวลา t (มม./วัน)
 - N = จำนวนสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมดที่ใช้
 - N_t = ช่วงเวลาของปริมาณน้ำฝน (วัน)

ผลการวิเคราะห์ค่าปรับแก้ (G/P) ที่เหมาะสมระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 พบว่าค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเป็นค่าปรับแก้ที่เหมาะสมที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4-34 โดยให้ค่า RMSE เท่ากับ 20.10 มม./วัน ซึ่งน้อยกว่าค่า RMSE จากค่าปรับแก้เฉลี่ยรายปี และรายวันซึ่งเท่ากับ 20.39 และ 25.13 ตามลำดับ



รูปที่ 4-34 ค่า RMSE ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2ภายหลังปรับแก้ด้วยค่าปรับแก้เฉลี่ยราย รายเดือนและรายวันในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี

สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าปรับแก้ (G/P) ที่เหมาะสมระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 พบว่าค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเป็นค่าปรับแก้ที่เหมาะสมที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4-35 โดยให้ผลค่า RMSE เท่ากับ 20.10 มม./วัน ซึ่งน้อยกว่าค่า RMSE จากค่าปรับแก้เฉลี่ยรายปี และรายวันซึ่งเท่ากับ 20.49 และ 26.28 ตามลำดับ



รูปที่ 4-35 ค่า RMSE ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2ภายหลังปรับแก้ด้วยค่าปรับแก้เฉลี่ยราย รายเดือนและรายวันในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี

ผลการวิเคราะห์ค่าปรับแก้ (G/P) ที่เหมาะสมระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค Scenario แบบ A2 และ B2 พบว่าค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเป็นค่าปรับแก้ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ World Bank (2011) ที่ใช้ค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนในการปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค Scenario แบบ A2 และ B2 ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำโขง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

จ) ผลการคัดเลือกค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยรายเดือน ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการหาค่าปรับแก้เชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2

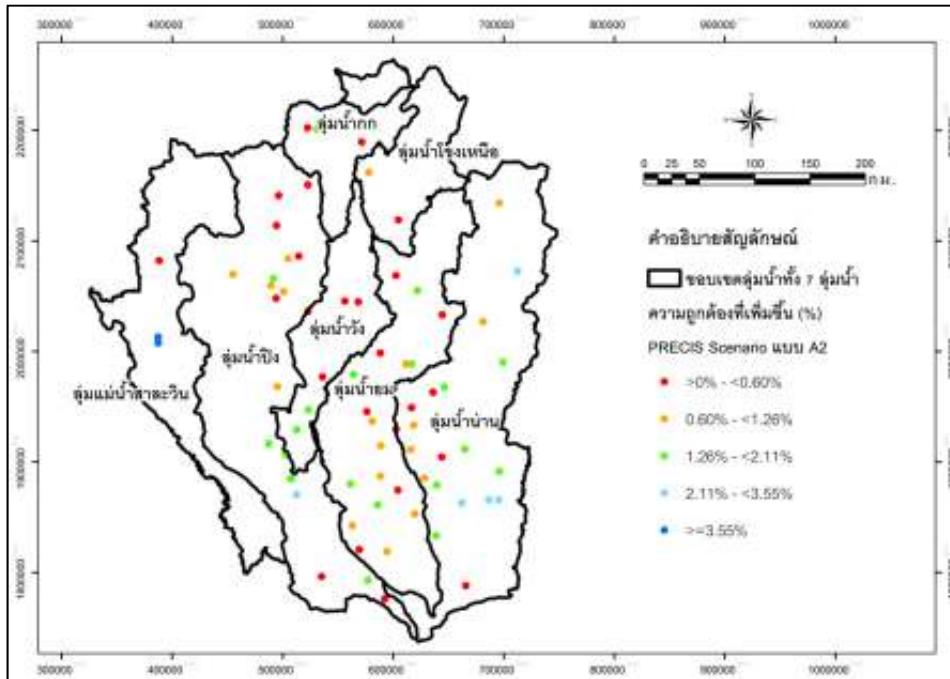
การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ทำการคัดเลือกค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยรายเดือน ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากค่า Root Mean Square Error (RMSE) ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้ด้วยค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยรายเดือนที่น้อยลงเมื่อเทียบกับค่า RMSE ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ที่ไม่ปรับแก้ ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน โดยวิเคราะห์เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องดังสมการที่ 4-2 สถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกต้องมีค่าความถูกต้องมากกว่าศูนย์

$$Accuracy_i = [(RMSE_{before,i} - RMSE_{after,i}) / RMSE_{before,i}] * 100 \quad (4-2)$$

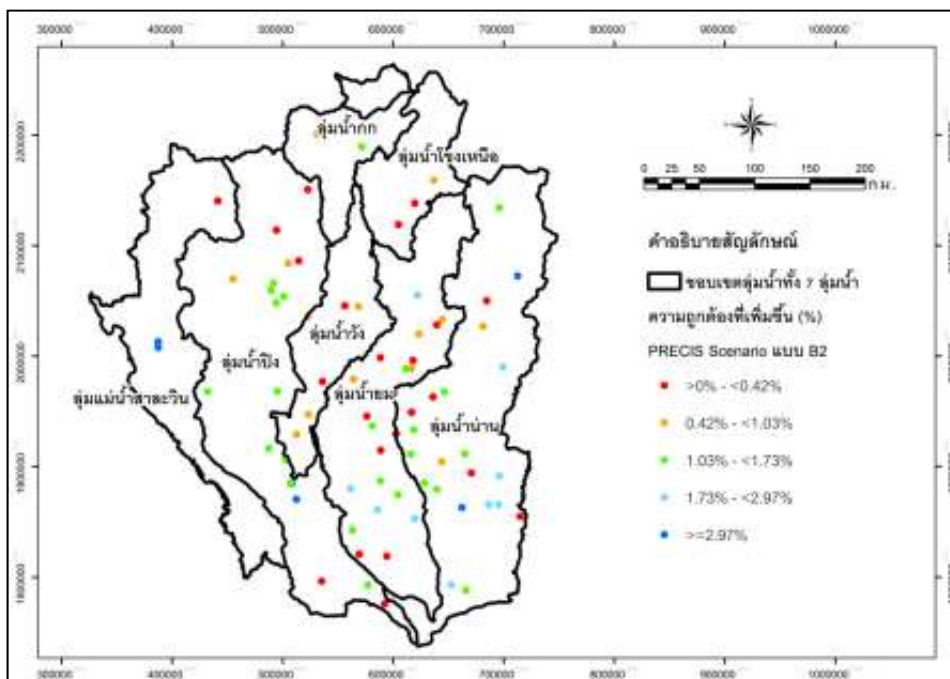
- เมื่อ Accuracy = ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำ i (%)
- RMSE_{before,i} = ค่า RMSE ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำ i ก่อนปรับแก้ (มม./วัน)
- RMSE_{after,i} = ค่า RMSE ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำ i หลังปรับแก้ (มม./วัน)

ผลการคัดเลือกค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยรายเดือนของแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 พบว่าสถานีวัดน้ำฝนที่ภายหลังปรับแก้ด้วยค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนแล้วมีค่าความถูกต้องเพิ่มขึ้นมีจำนวนทั้งหมด 72 สถานี โดยในแต่ละสถานีมีค่าความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นแตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 4-36

ผลการคัดเลือกค่าปรับแก้ (G/P) เฉลี่ยรายเดือนของแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 พบว่าสถานีวัดน้ำฝนที่ภายหลังปรับแก้ด้วยค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนแล้วมีค่าความถูกต้องเพิ่มขึ้นมีจำนวนทั้งหมด 76 สถานี โดยในแต่ละสถานีมีค่าความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นแตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 4-37



รูปที่ 4-36 สถานีวัดน้ำฝนที่ภายหลังปรับแก้ด้วยค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนแล้วมีค่าความถูกต้องเพิ่มขึ้นจำนวน 72 สถานีจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2



รูปที่ 4-37 สถานีวัดน้ำฝนที่ภายหลังปรับแก้ด้วยค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนแล้วมีค่าความถูกต้องเพิ่มขึ้นจำนวน 76 สถานีจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2

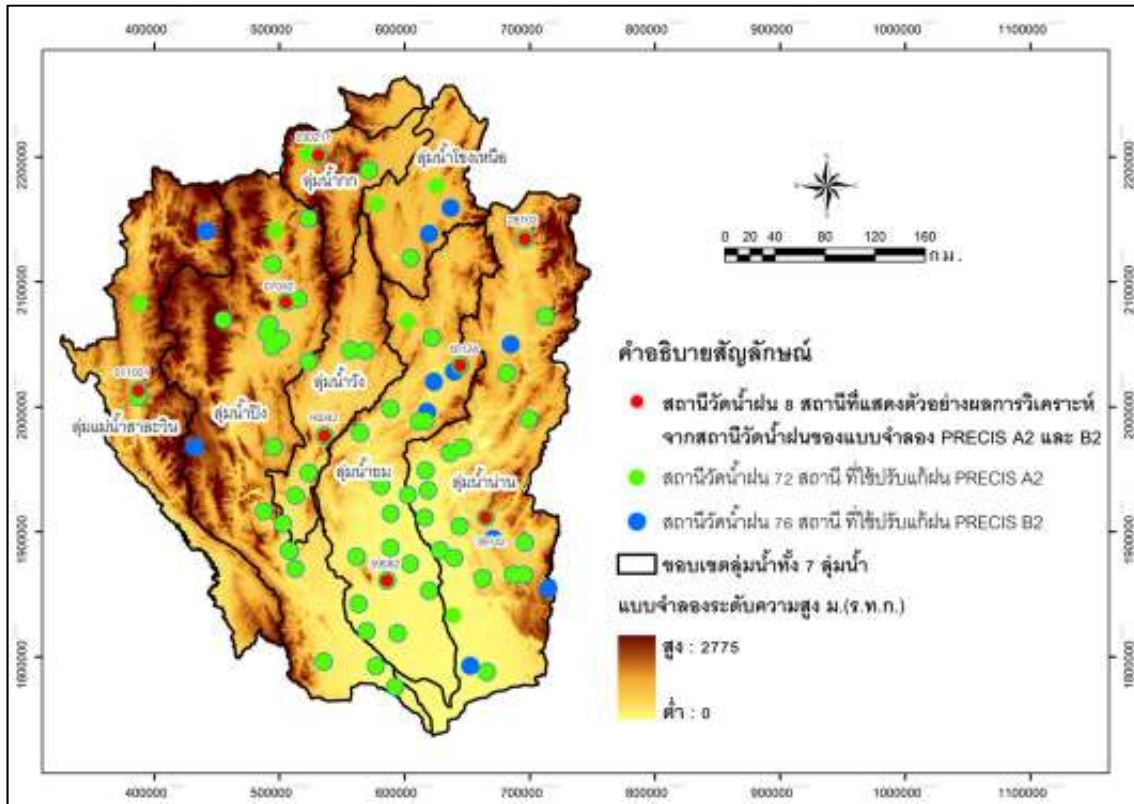
ผลการศึกษาค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือน ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก จำนวน 72 และ 76 สถานี ของแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ตามลำดับ จะถูกใช้ในการคำนวณหาค่าปรับแก้เชิงพื้นที่โดยการประยุกต์ใช้วิธีสถิติเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Kriging ในการคำนวณหาค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนในแต่ละกริดขนาด 1 กม. x 1 กม. เพื่อใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ซึ่งจะได้นำเสนอไว้ในหัวข้อที่ 4.2.1

4.1.3 ผลการตรวจสอบประสิทธิผลค่าปรับแก้ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2

การศึกษาครั้งนี้ทำการตรวจสอบประสิทธิผลของค่าปรับแก้ที่ได้จากหัวข้อที่ 4.1.2 โดยนำค่าปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 คูณด้วยค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเฉลี่ย ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานีที่ได้จากหัวข้อที่ 4.1.2 ผลลัพธ์ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้ได้นำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานี โดยสถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกและนำมาใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 มีจำนวน 72 สถานี และ 76 สถานี ตามลำดับ ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนดังกล่าวแสดงในรูปที่ 4-38 โดยการตรวจสอบประสิทธิผลของค่าปรับแก้นี้ได้พิจารณาจากค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้ และปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานี โดยใช้วิธีการแจกแจงความถี่แบบกัมเบล (Gumbel distribution) และ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้ และปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานี รายละเอียดของผลการวิเคราะห์มีดังนี้

ก) ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝน

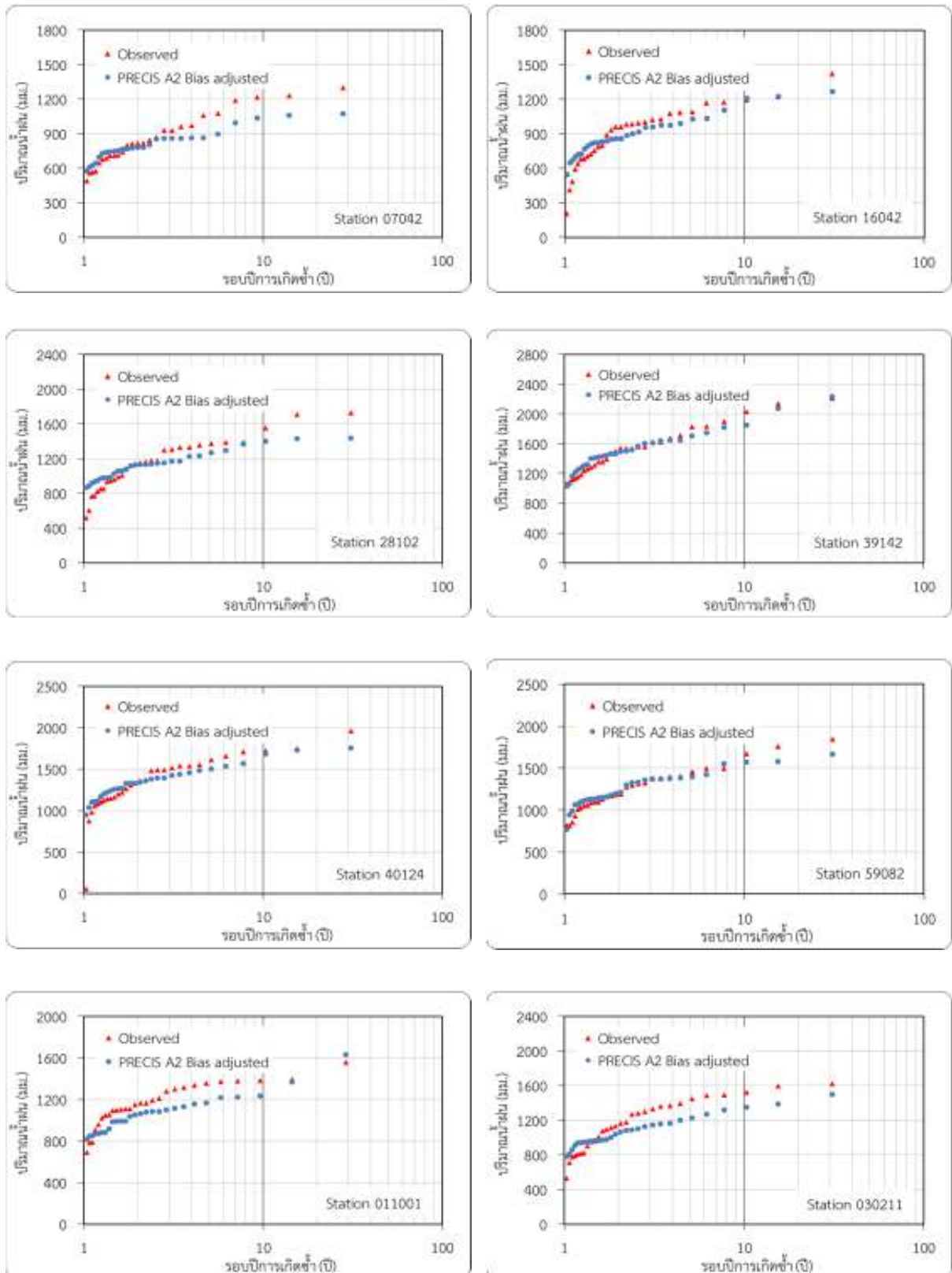
ในรายงานฉบับนี้ได้แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 8 สถานี ได้แก่ สถานี 07042, 16042, 28102, 39142, 40124, 59082, 011001 และ 030211 ซึ่งสถานีวัดน้ำฝนทั้ง 8 สถานีเป็นสถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกทั้งจากแบบจำลอง PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 จำนวน 72 สถานี และ 76 สถานี ตามลำดับ ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนทั้ง 8 สถานีแสดงในรูปที่ 4-38 สำหรับผลการวิเคราะห์ของสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมดได้จัดเก็บในรูปแบบดิจิทัลไฟล์ การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนแบบรายปี รายเดือน และรายวัน โดยมีรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ดังนี้



รูปที่ 4-38 ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝน 8 สถานี ที่แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้ กับของปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

- ปริมาณน้ำฝนแบบรายปี

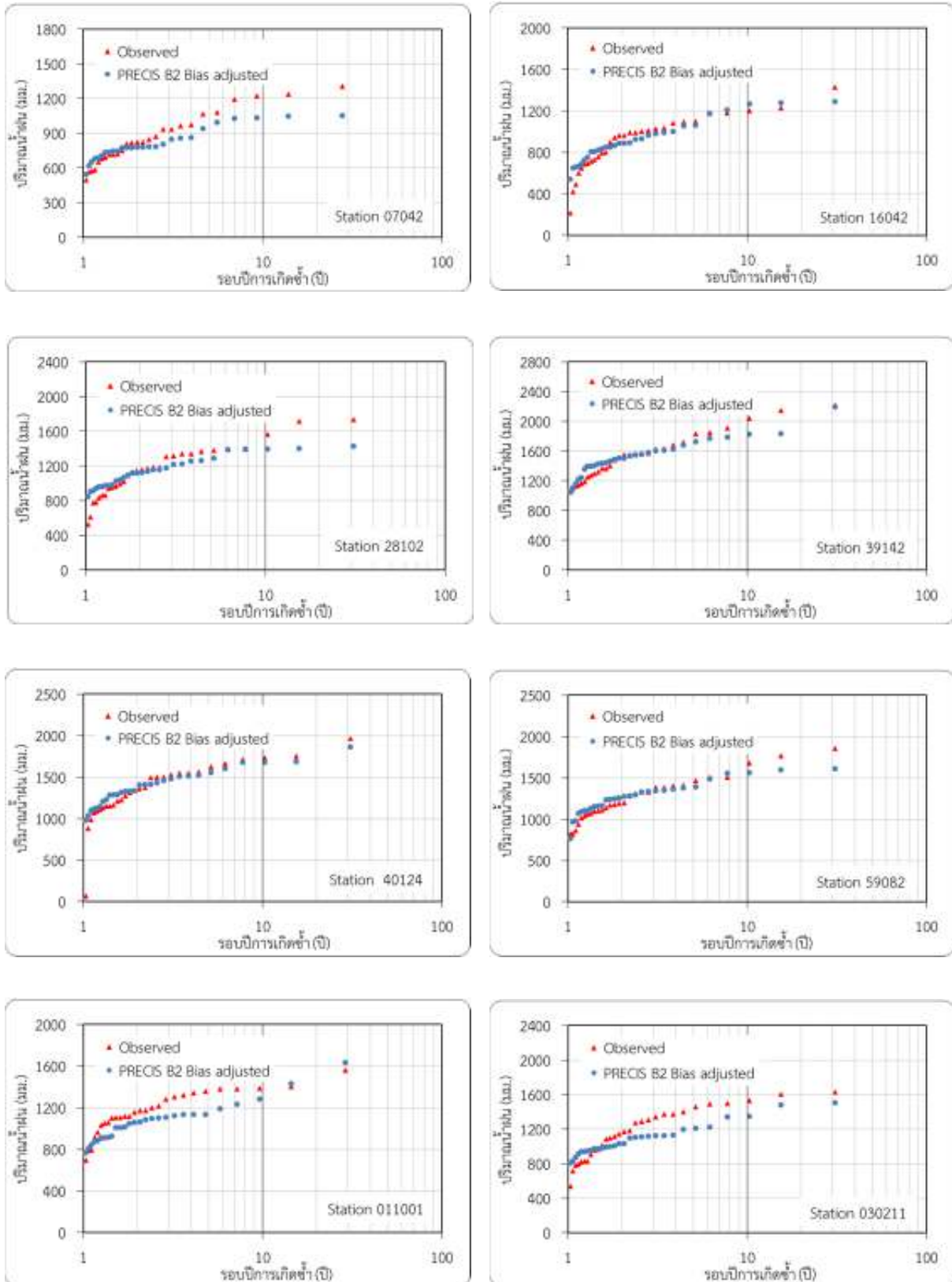
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้ และปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน แสดงตัวอย่างในรูปที่ 4-39 และ 4-40 ตามลำดับ



รูปที่ 4-39 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับ และปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ 4-40 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ และปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน

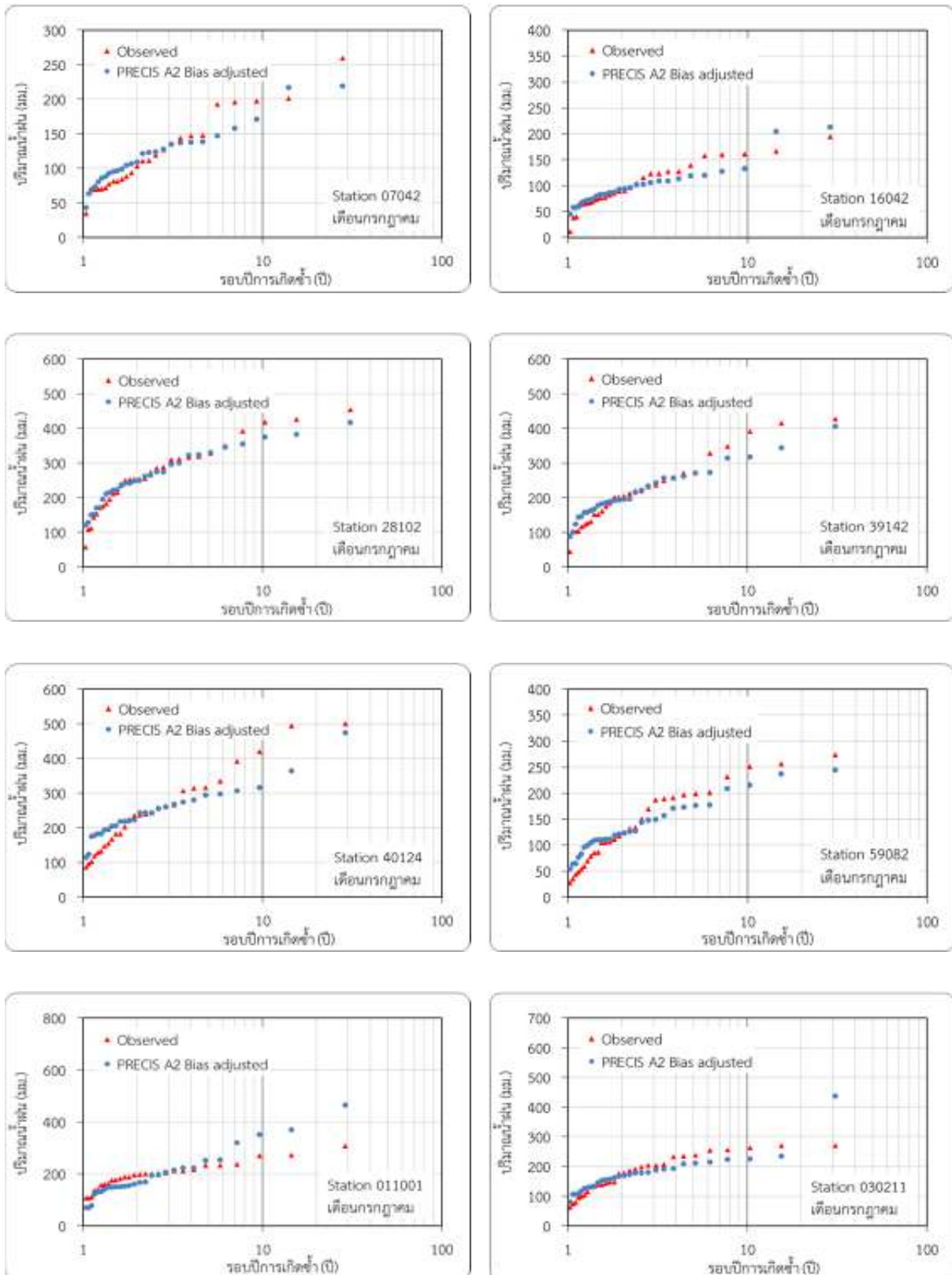
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้และปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันทั้ง 172 สถานีในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 พบว่าปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้มีค่าคลาดเคลื่อนลดลงโดยมีค่าเข้าใกล้ปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนในทุกสถานีวัดน้ำฝน โดยเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้มีค่าเท่ากับ 1,163 มม. และ 1,168 มม. ตามลำดับ ส่วนปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,179 มม. ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ได้

- ปริมาณน้ำฝนแบบรายเดือน

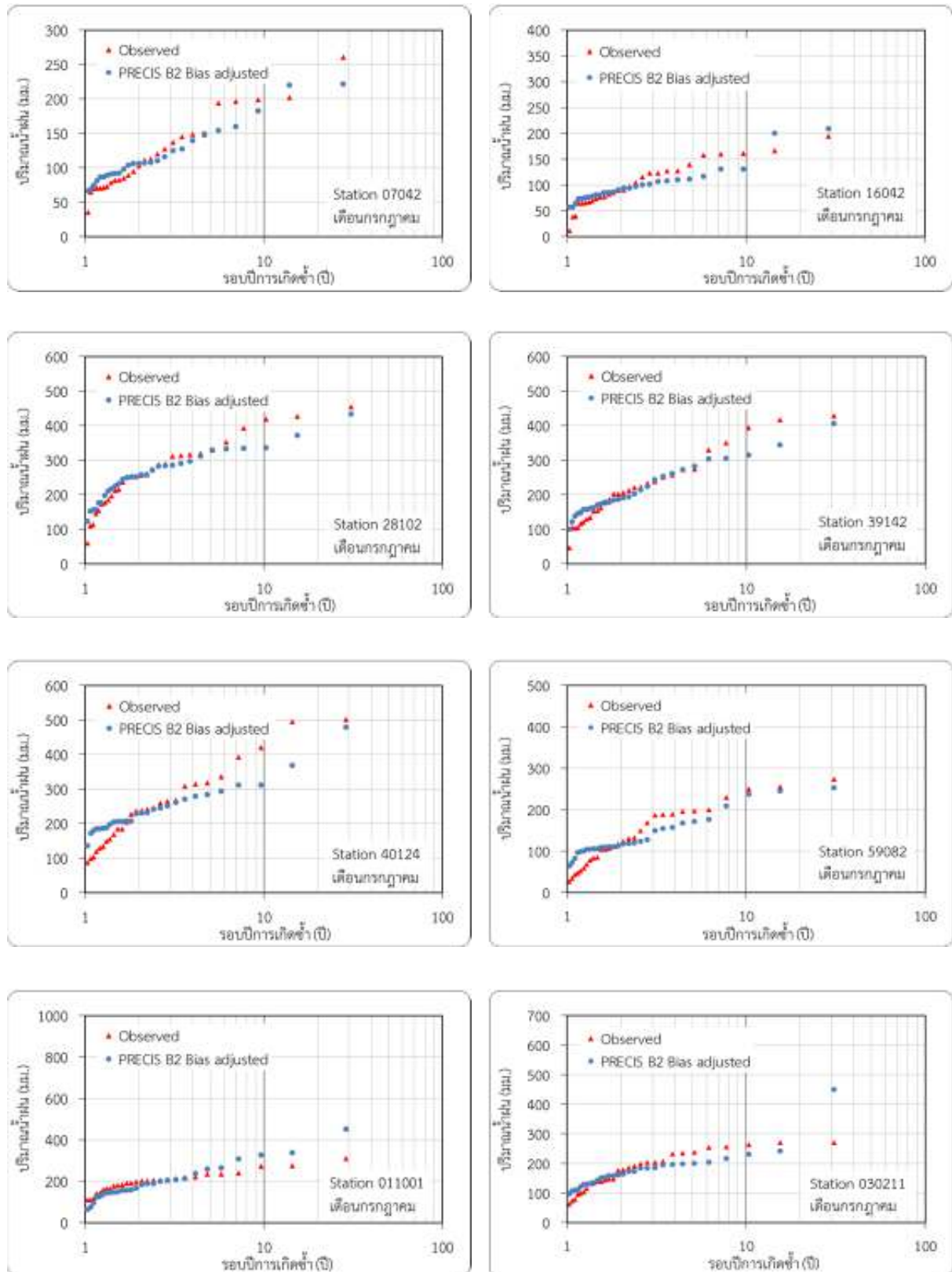
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability และปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้และปริมาณฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน แสดงตัวอย่างของเดือนกรกฎาคมในรูปที่ 4-41 และ 4-42 ตามลำดับ

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ 4-41 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้และปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนกรกฎาคม



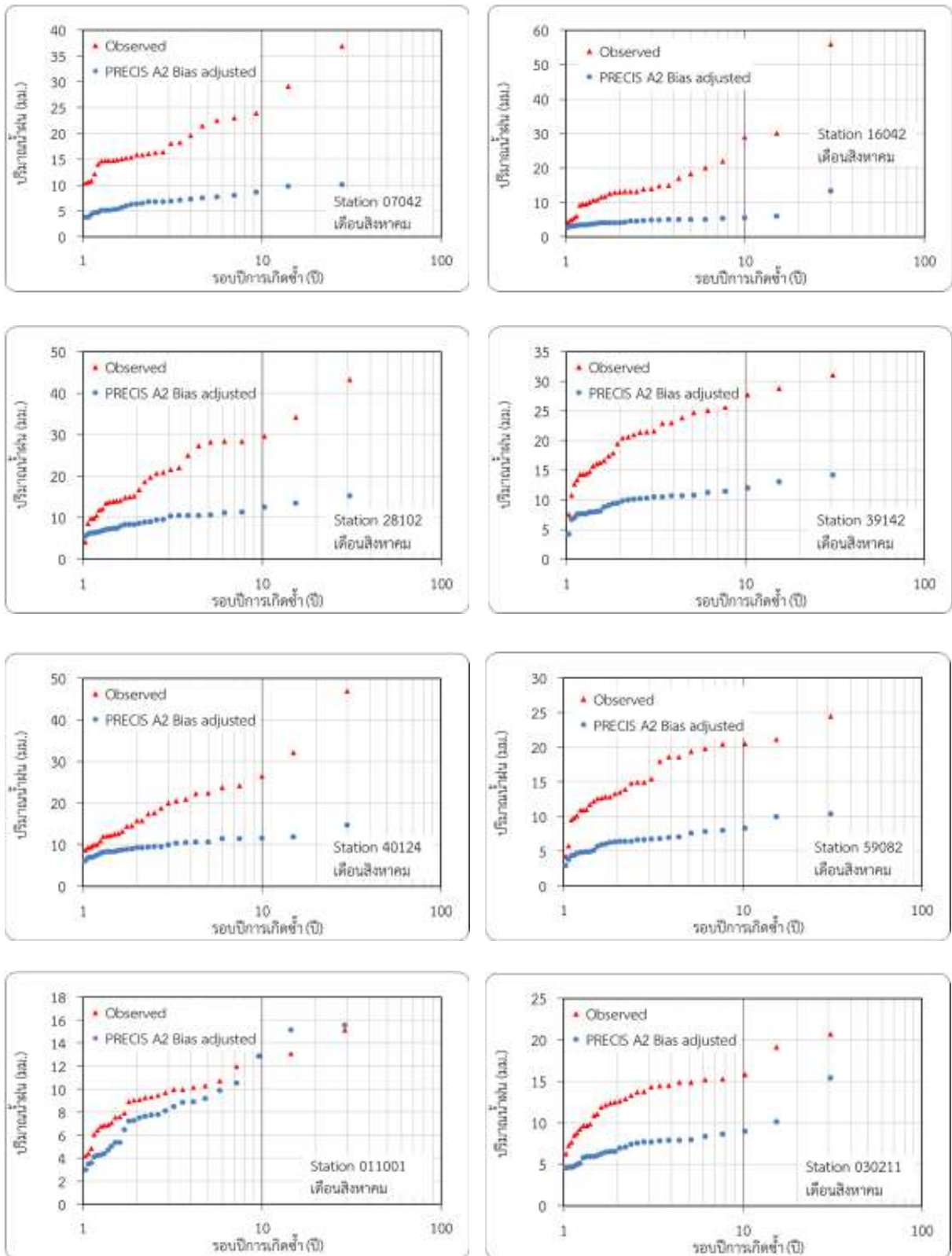
รูปที่ 4-42 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ และปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนกรกฎาคม

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้และปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 พบว่าในทุกเดือนปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้มีค่าคลาดเคลื่อนลดลงโดยมีค่าเข้าใกล้ปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนในทุกสถานีวัดน้ำฝน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ได้

- ปริมาณน้ำฝนแบบรายวัน

- 1) ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ย

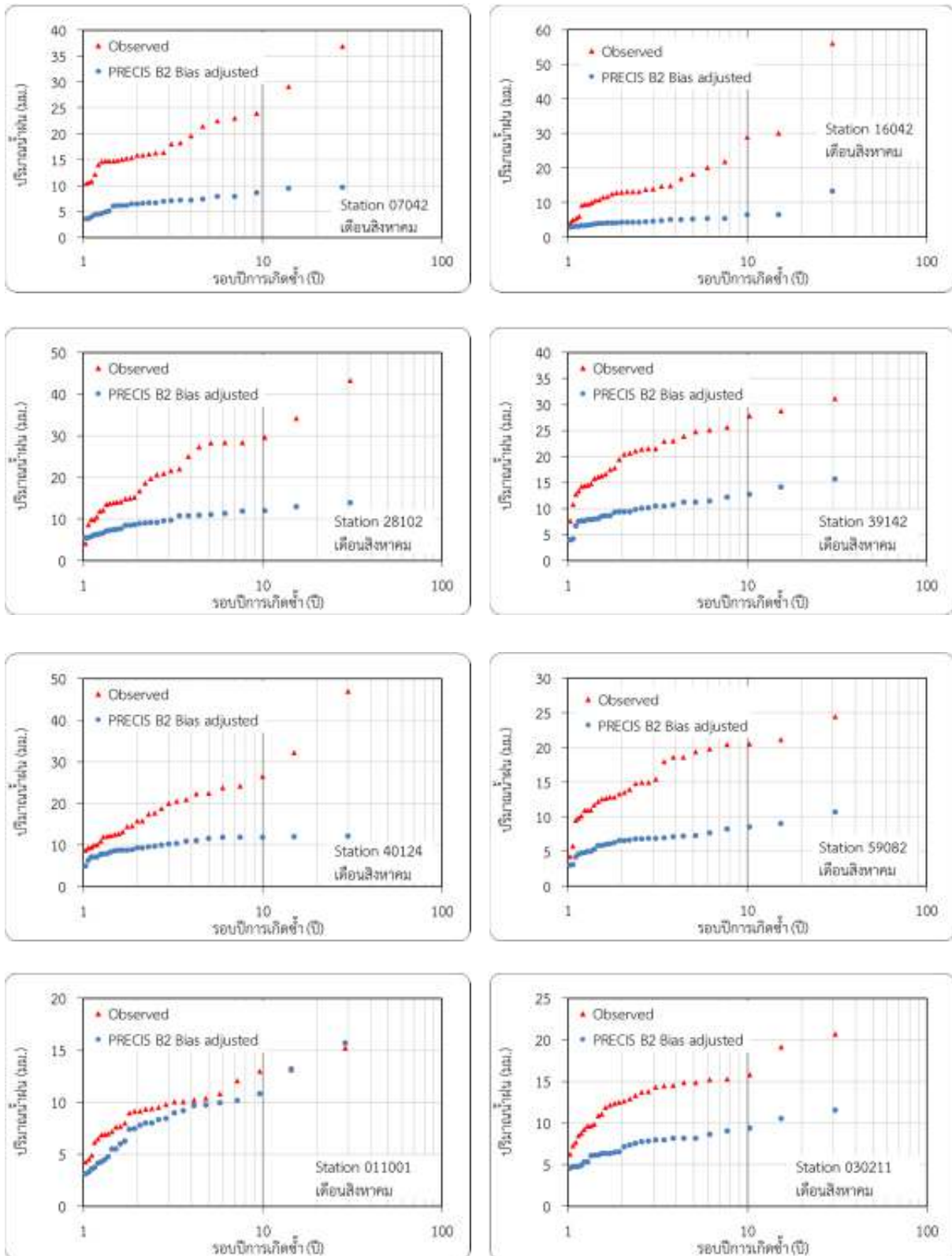
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้และปริมาณฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน แสดงตัวอย่างของเดือนสิงหาคมในรูปแบบที่ 4-43 และ 4-44 ตามลำดับ (หมายเหตุ : วันที่มีฝนตกพิจารณาจากปริมาณฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนที่มีปริมาณฝนสะสมในวันดังกล่าว ≥ 0.1 มม.)



รูปที่ 4-43 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้และปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนสิงหาคม

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ 4-44 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ และปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนสิงหาคม

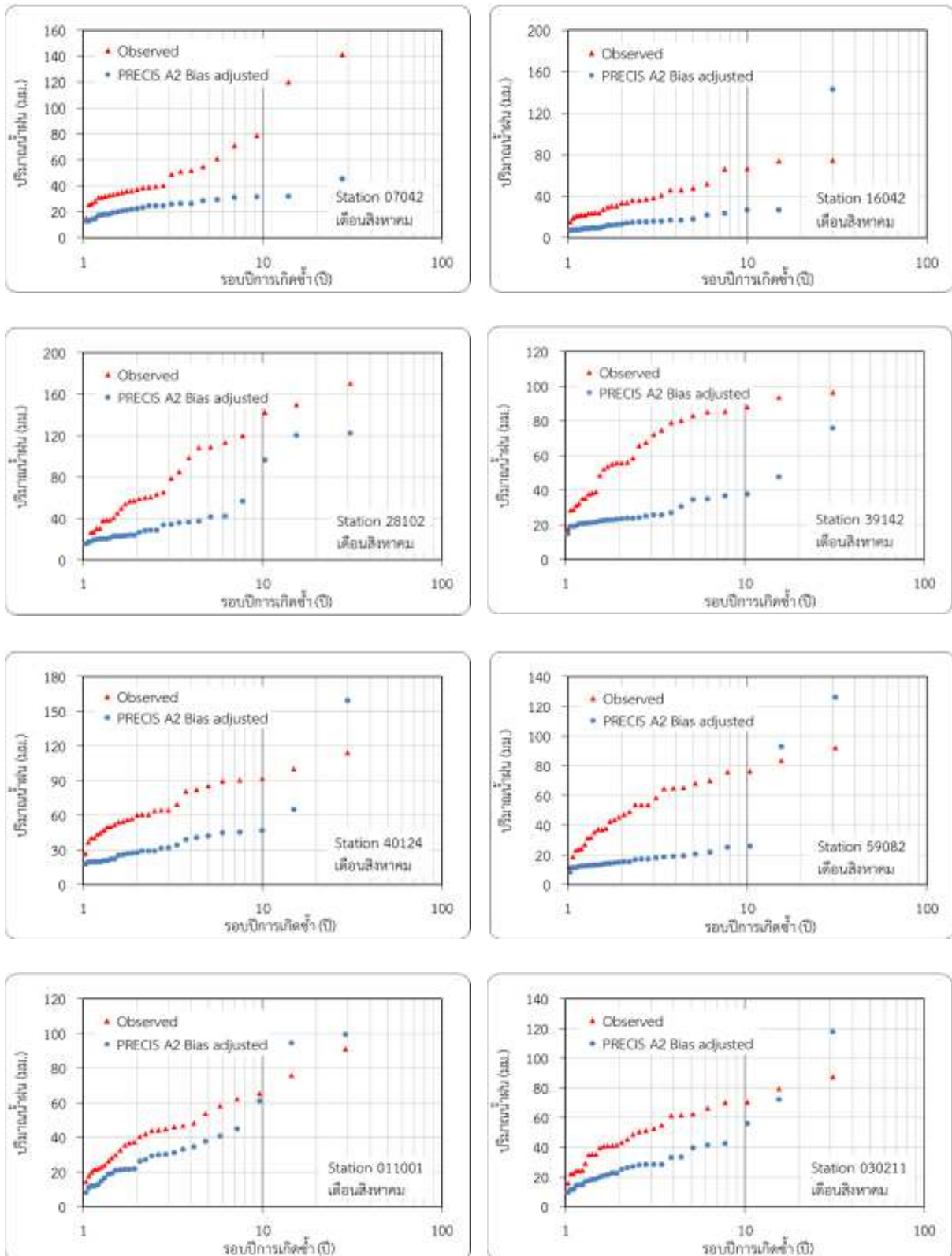
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้และปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 พบว่าในทุกเดือนปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้มีค่าคลาดเคลื่อนลดลง แต่ค่าปริมาณน้ำฝนภายหลังจากปรับแก้ยังไม่เข้าใกล้ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนในทุกสถานีวัดน้ำฝน เนื่องจากในการศึกษานี้พิจารณาใช้ปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 360 วัน เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ที่มีจำนวน 360 วัน ดังนั้นช่วงวันจากปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 อาจจะมีมีความคลาดเคลื่อนจากช่วงวันของปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนอยู่บ้าง จากสาเหตุดังกล่าวจึงส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้ยังคงมีคลาดเคลื่อน ซึ่งต่างจากผลลัพธ์ที่พิจารณาในภาพรวมของปริมาณน้ำฝนรายปีและรายเดือนภายหลังจากปรับแก้ที่มีค่าเข้าใกล้ปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน อย่างไรก็ตามค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากการศึกษารังนี้สามารถลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ยที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ได้

2) ปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปี

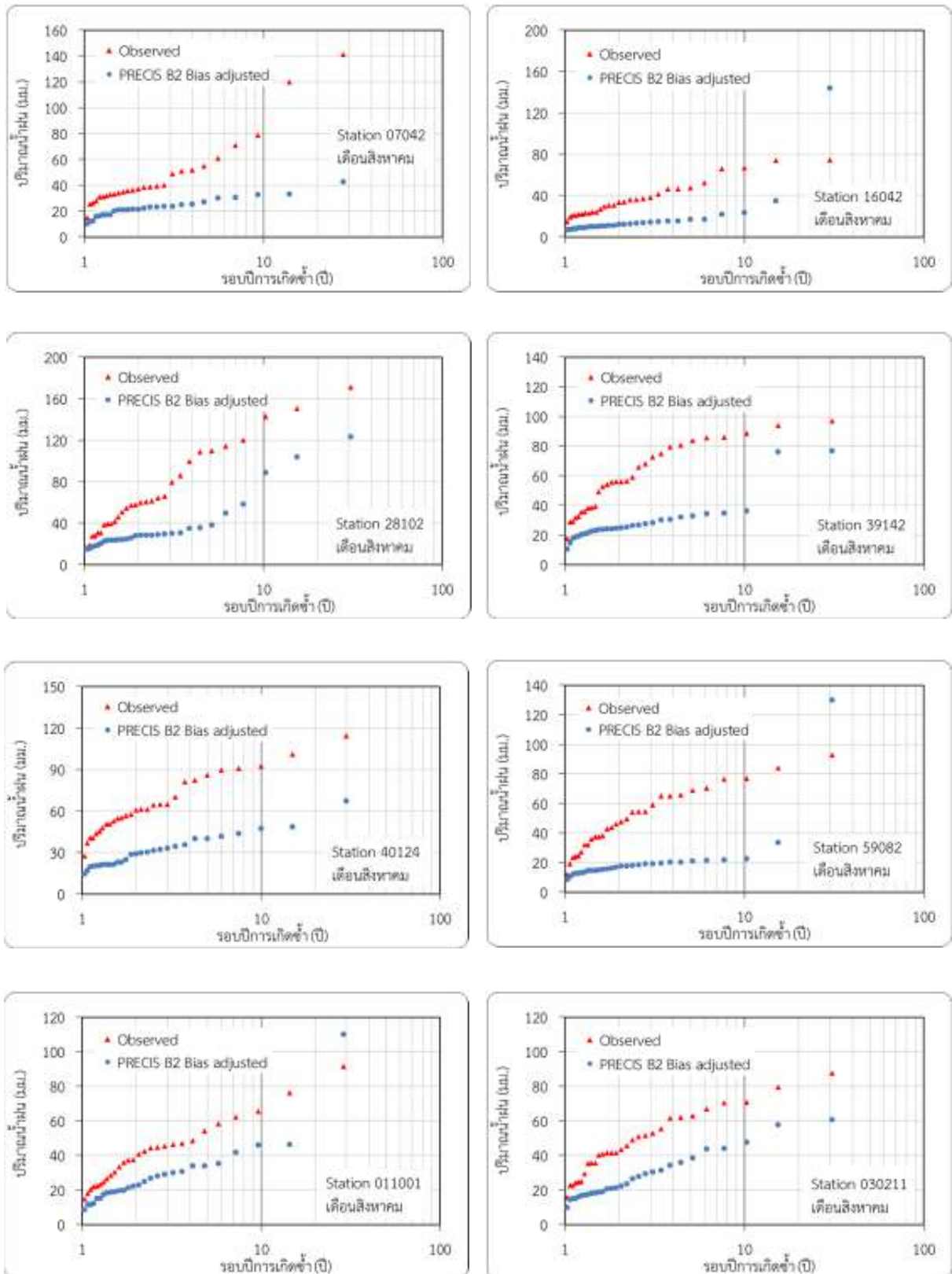
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้ และปริมาณฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปีที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน แสดงตัวอย่างของเดือนสิงหาคมในรูปแบบที่ 4-45 และ 4-46 ตามลำดับ

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ 4-45 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ และปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนสิงหาคม



รูปที่ 4-46 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ และปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกัน ของเดือนสิงหาคม

เมื่อพิจารณากรณีปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปี พบว่าได้ผลลัพธ์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้ กับปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนเช่นเดียวกับกรณีปริมาณน้ำฝนรายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ย คือในทุกเดือนปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้มีค่าคลาดเคลื่อนลดลง แต่ค่าปริมาณน้ำฝนภายหลังปรับแก้ยังไม่เข้าใกล้ปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนในทุกสถานีวัดน้ำฝน เนื่องจากในการศึกษานี้พิจารณาใช้ปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 360 วัน เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ที่มีจำนวน 360 วัน ดังนั้นช่วงวันจากปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 อาจจะมีการคลาดเคลื่อนจากช่วงวันของปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนอยู่บ้าง จากสาเหตุดังกล่าวจึงส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้ ยังคงมีความคลาดเคลื่อน ซึ่งต่างจากผลลัพธ์ที่พิจารณาในภาพรวมของปริมาณน้ำฝนรายปีและรายเดือน ภายหลังจากปรับแก้ที่มีค่าเข้าใกล้ปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน อย่างไรก็ตามค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากการศึกษานี้สามารถลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ได้

ข) ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS ภายหลังจากปรับแก้ และปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน

การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้ และปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานีในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 เพื่อตรวจสอบประสิทธิผลค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากหัวข้อที่ 4.1.2 โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้ กับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝน ในการศึกษาได้ทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนทั้งหมด 5 กรณีเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability และปริมาณน้ำฝน ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนแบบรายปี, รายเดือน, รายเดือนเฉพาะวันที่มีฝนตก, รายวันเฉพาะวันที่มีฝนตกเฉลี่ย และรายวันสูงสุด ผลของการวิเคราะห์ทั้ง 5 กรณีพบว่าโดยเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้ กับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนมีความสัมพันธ์กันดีขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนปรับแก้ แต่ค่าความสัมพันธ์โดยเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นยังคงค่อนข้างต่ำ โดยบางสถานีวัดน้ำฝนมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน (ค่า r มีค่าเป็นบวก) คือปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2

และ B2 เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนเพิ่มขึ้น ซึ่งพบว่าค่า r มีค่าบวกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และบางสถานีวัดน้ำฝนมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้ามกัน (ค่า r มีค่าเป็นลบ) ซึ่งแสดงว่าปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนลดลงหรือเพิ่มขึ้น โดยพบว่าค่า r มีค่าติดลบที่น้อยลงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจจะเป็นผลเนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 มีความแปรปรวนค่อนข้างสูงจากข้อจำกัดของแบบจำลองหลายประการ อย่างไรก็ตามค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ได้

ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือน ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกจำนวน 72 และ 76 สถานี ของแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ตามลำดับ ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ดังที่กล่าวข้างต้นทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ได้ โดยค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนนี้ถูกใช้ในการคำนวณหาค่าปรับแก้เชิงพื้นที่โดยการประยุกต์ใช้วิธีสถิติเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Kriging ในการคำนวณหาค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนในแต่ละกริดขนาด 1 กม. x 1 กม. เพื่อใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 สำหรับใช้ในแบบจำลองดินถล่ม ซึ่งได้นำเสนอไว้ในหัวข้อต่อไป

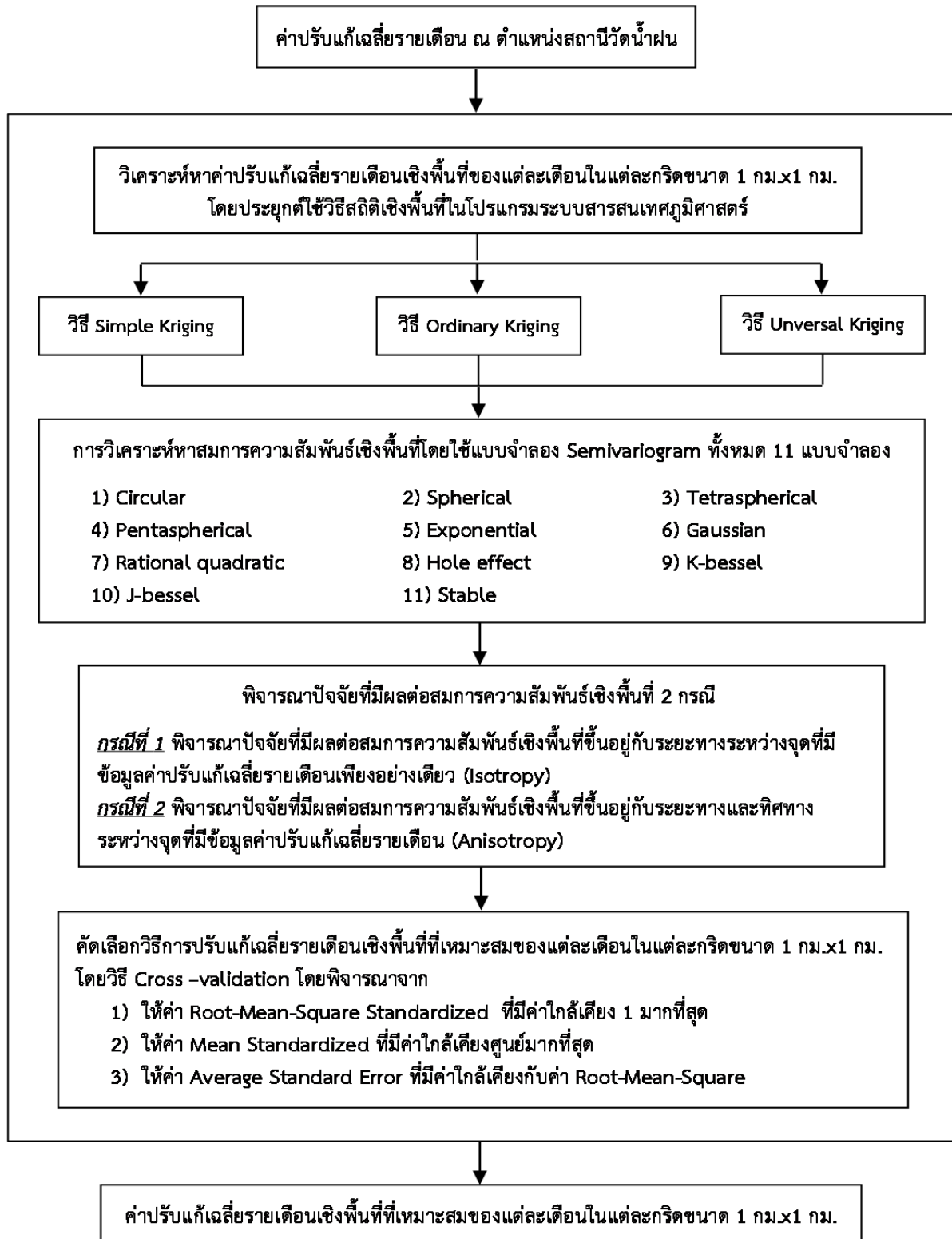
4.2 การประมวลผลแบบจำลองปริมาณน้ำฝนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในพื้นที่ศึกษา

ผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองปริมาณน้ำฝนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในพื้นที่ศึกษาดังแสดงในหัวข้อที่ 4.1 พบว่าค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือน (ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝน) เป็นค่าปรับแก้ที่เหมาะสมสำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ให้มีความคลาดเคลื่อนลดลงก่อนนำไปใช้ในแบบจำลองดินถล่ม โครงการวิจัยฯ ได้นำค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนนี้ไปทำการวิเคราะห์หาค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ เพื่อนำไปปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ที่มีการจัดเก็บในรูปแบบตารางกริด ซึ่งปริมาณน้ำฝนในช่วงปีอนาคตภายหลังปรับแก้นี้ได้ถูกนำไปวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในอนาคตและนำไปใช้ในแบบจำลองดินถล่มเพื่อหาพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มต่อไป โดยมีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้

4.2.1 ผลการวิเคราะห์หาค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของแต่ละเดือนในแต่ละกริด ขนาด 1 กม.x1 กม.

การศึกษานี้ได้วิเคราะห์หาค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของแต่ละเดือนในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. เพื่อใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 โดยประยุกต์ใช้วิธีสถิติเชิงพื้นที่ในโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 4-47

ผลการคัดเลือกวิธีการปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ที่เหมาะสมในแต่ละเดือนเพื่อใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 แสดงในตารางที่ 4-1 และ 4-2 ตามลำดับ



รูปที่ 4-47 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์หาค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของแต่ละเดือนในแต่ละกริดขนาด 1 กม. x 1 กม.

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

ตารางที่ 4-1 วิธีการปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ที่เหมาะสมในแต่ละเดือนเพื่อใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2

เดือน	Kriging	Semivariogram	ปัจจัยที่มีผลต่อความสัมพันธ์
มกราคม	Simple	K-bessel	Anisotropy
กุมภาพันธ์	Ordinary	Pentaspherica	Anisotropy
มีนาคม	Universal	Pentaspherica	Isotropy
เมษายน	Universal	J-Bessel	Isotropy
พฤษภาคม	Ordinary	Stable	Isotropy
มิถุนายน	Ordinary	Exponential	Anisotropy
กรกฎาคม	Universal	Pentaspherica	Anisotropy
สิงหาคม	Universal	Rational Quadratic	Anisotropy
กันยายน	Ordinary	Hole effect	Anisotropy
ตุลาคม	Simple	Circular	Isotropy
พฤศจิกายน	Ordinary	K-bessel	Isotropy
ธันวาคม	Ordinary	Exponential	Isotropy

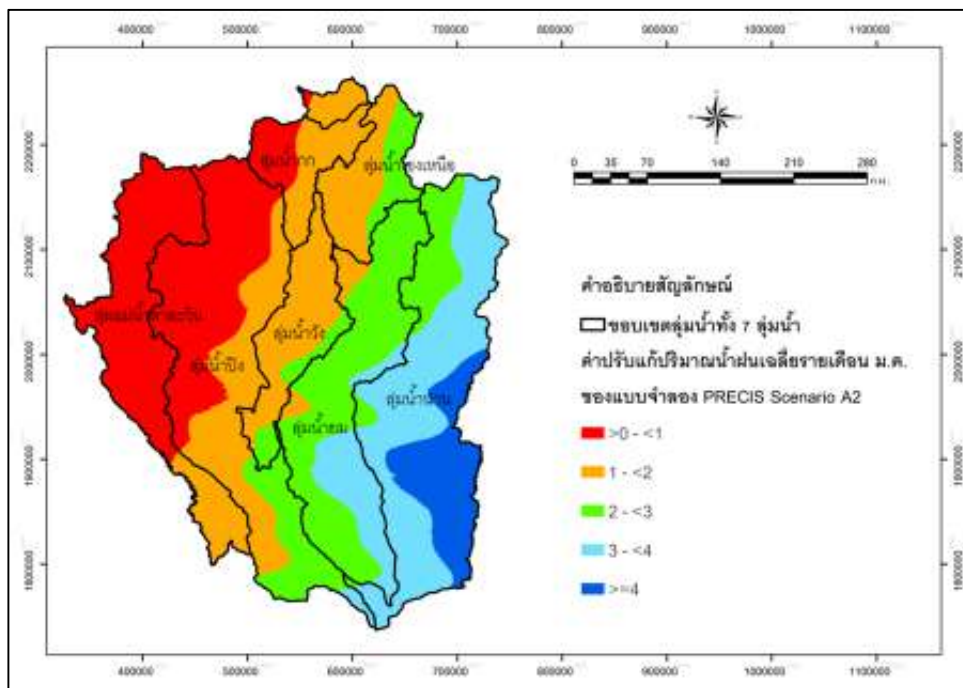
ตารางที่ 4-2 วิธีการปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ที่เหมาะสมในแต่ละเดือนเพื่อใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2

เดือน	Kriging	Semivariogram	ปัจจัยที่มีผลต่อความสัมพันธ์
มกราคม	Ordinary	Pentaspherical	Anisotropy
กุมภาพันธ์	Universal	Tetraspherical	Isotropy
มีนาคม	Universal	Exponential	Isotropy
เมษายน	Ordinary	Spherical	Isotropy
พฤษภาคม	Ordinary	Stable	Isotropy
มิถุนายน	Universal	Circular	Isotropy
กรกฎาคม	Simple	Circular	Anisotropy
สิงหาคม	Ordinary	Stable	Isotropic
กันยายน	Simple	J-Bessel	Anisotropy
ตุลาคม	Ordinary	J-Bessel	Isotropy
พฤศจิกายน	Universal	Gaussian	Isotropy
ธันวาคม	Ordinary	Rational Quadratic	Anisotropy

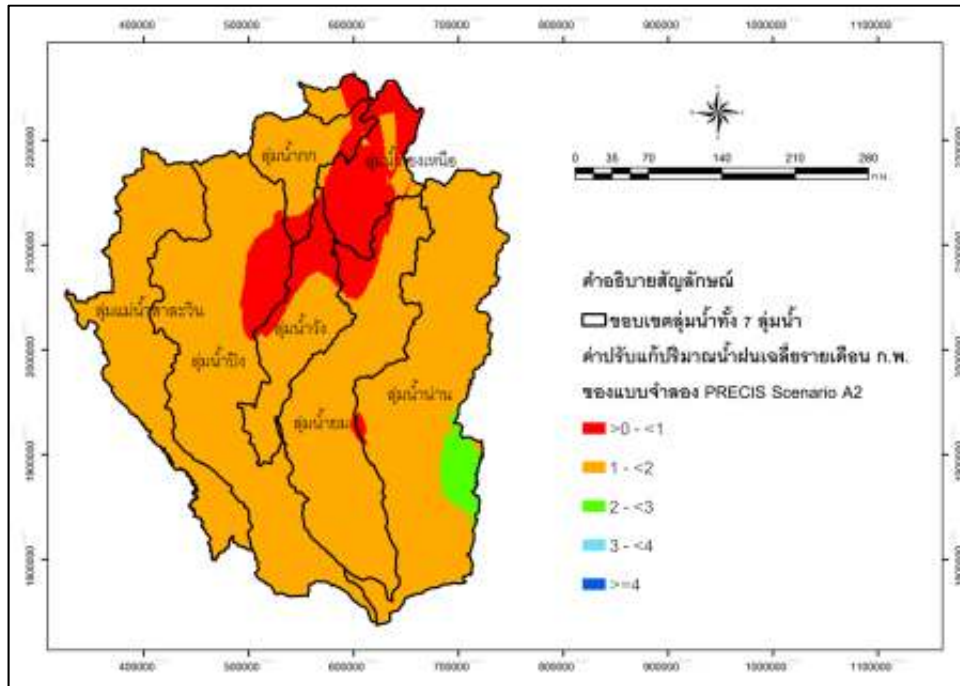
การศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จัดสร้างแผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของแต่ละเดือนในแต่ละกริดขนาด 1 กม. x 1 กม. ตามวิธีที่แสดงในตารางที่ 4-1 และ 4-2 ดังนี้

ก) แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของแต่ละเดือนสำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2

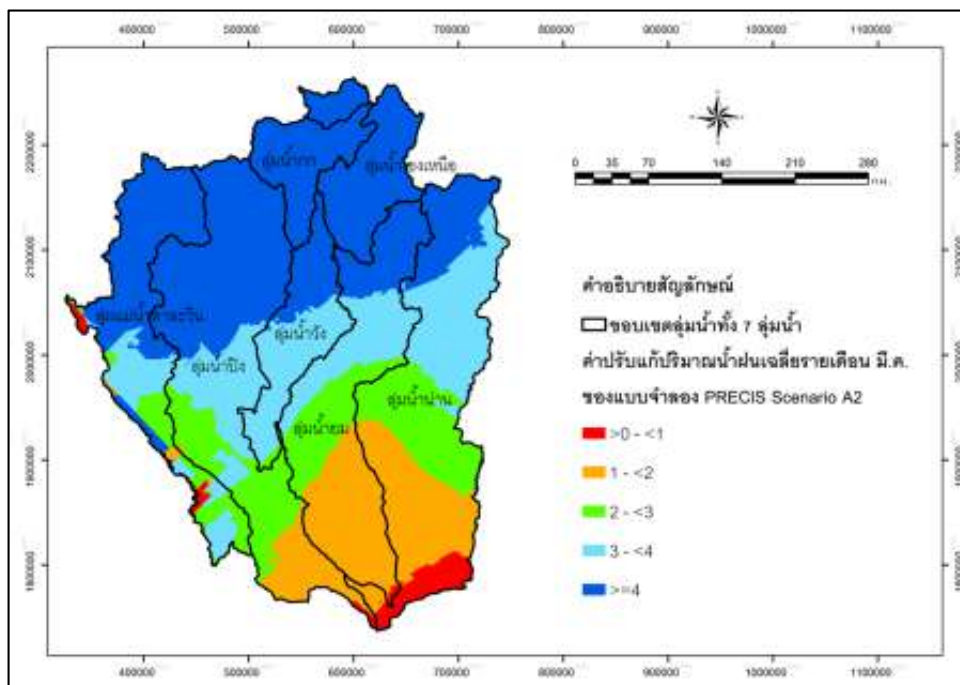
แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของแต่ละเดือนในแต่ละกริดขนาด 1 กม. x 1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 แสดงในรูปที่ 4-48 ถึง 4-59



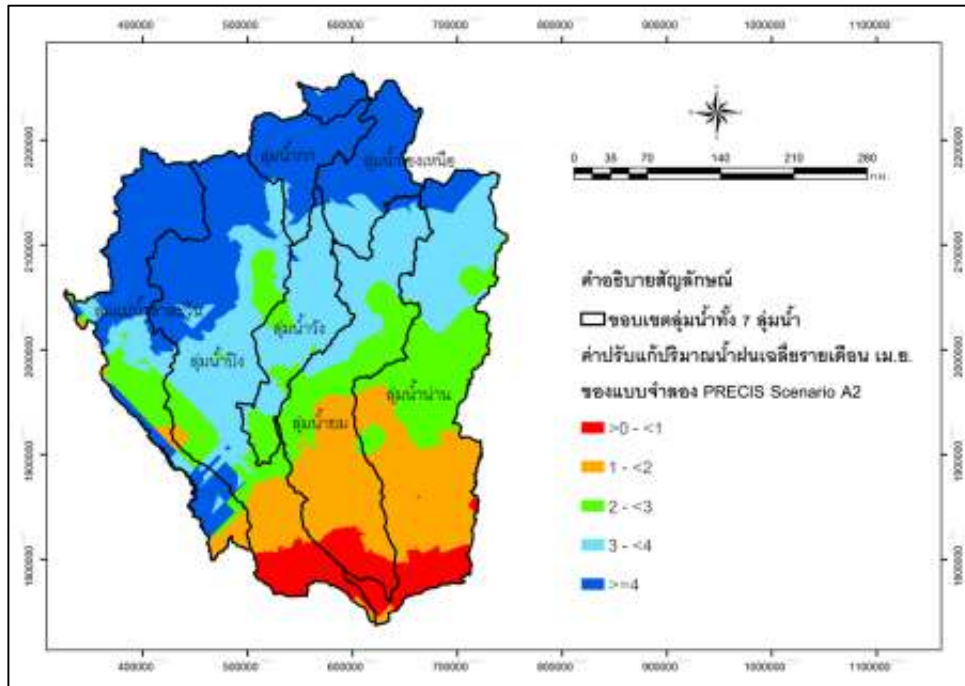
รูปที่ 4-48 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนมกราคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม. x 1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



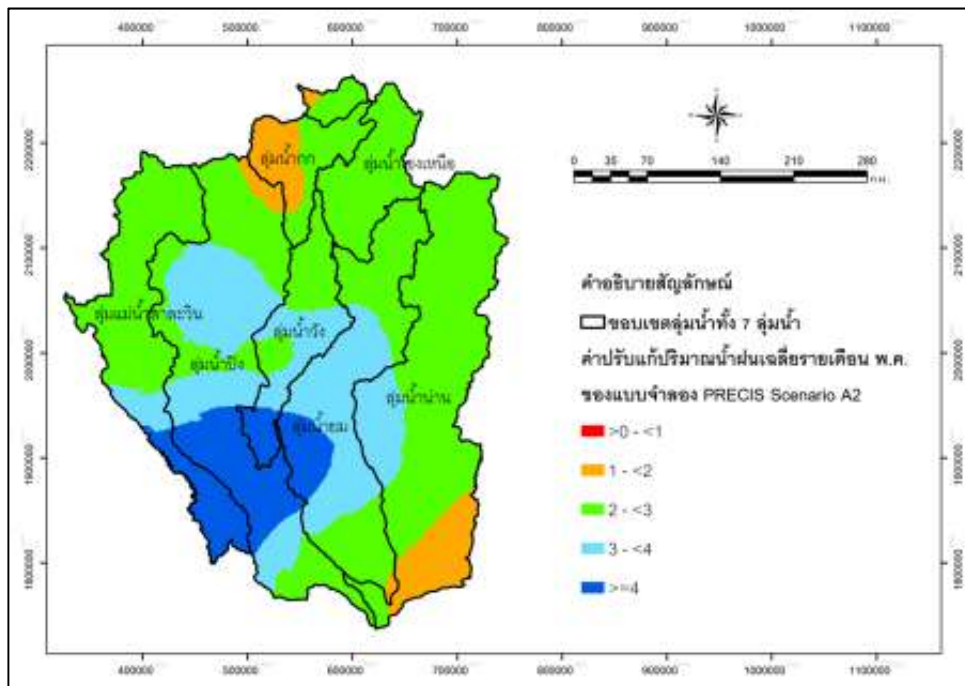
รูปที่ 4-49 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนกุมภาพันธ์ในแต่ละกริดขนาด 1 กม.×1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



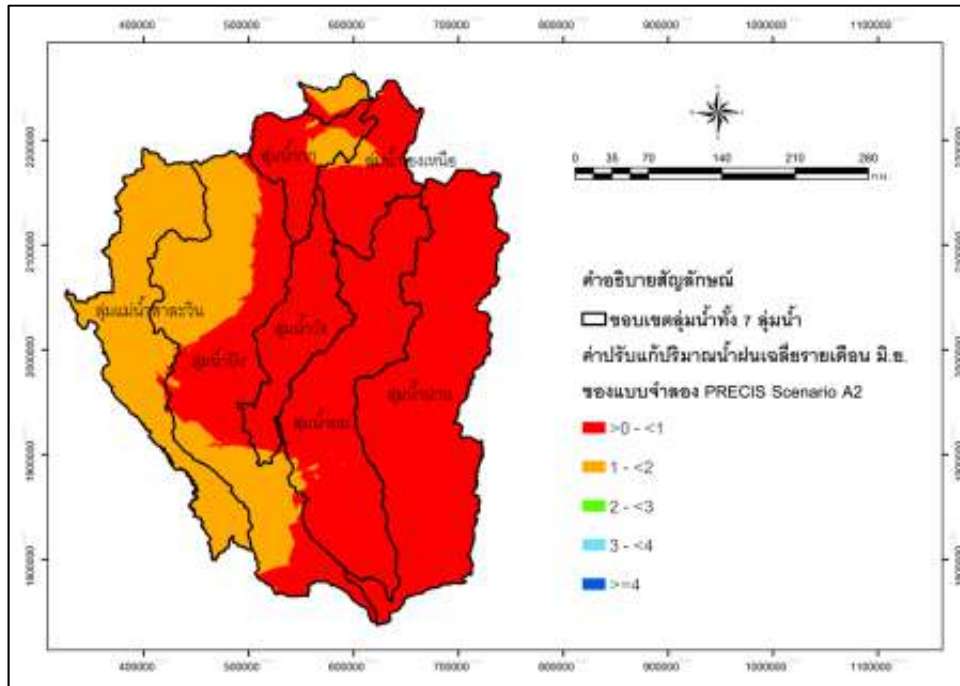
รูปที่ 4-50 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนมีนาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.×1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



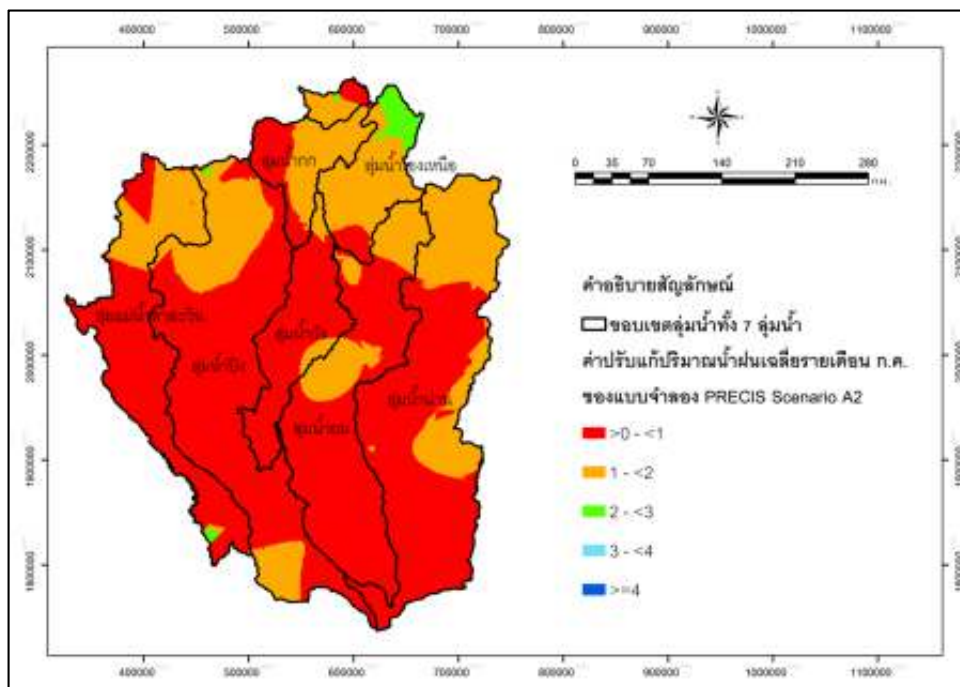
รูปที่ 4-51 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนเมษายนในแต่ละกริดขนาด 1 กม. x 1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



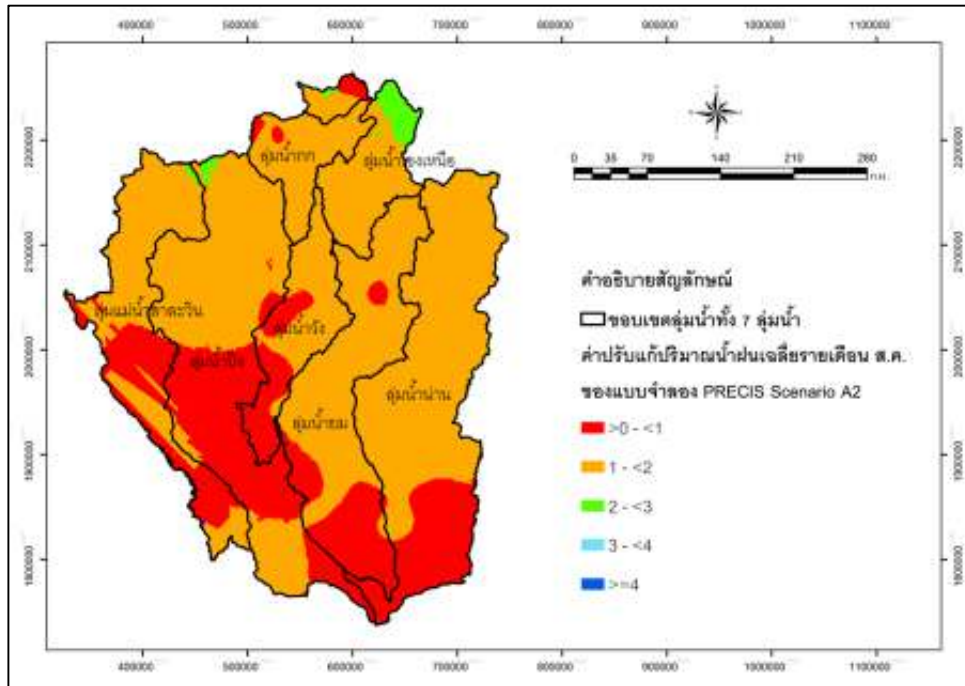
รูปที่ 4-52 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนพฤษภาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม. x 1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



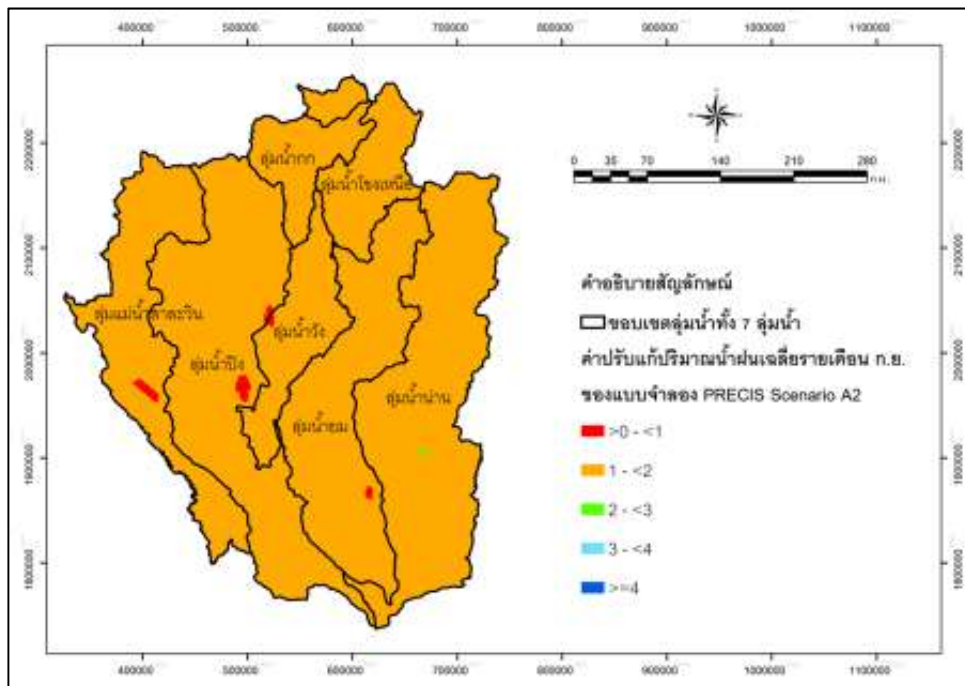
รูปที่ 4-53 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนมิถุนายนในแต่ละกริดขนาด 1 กม.×1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



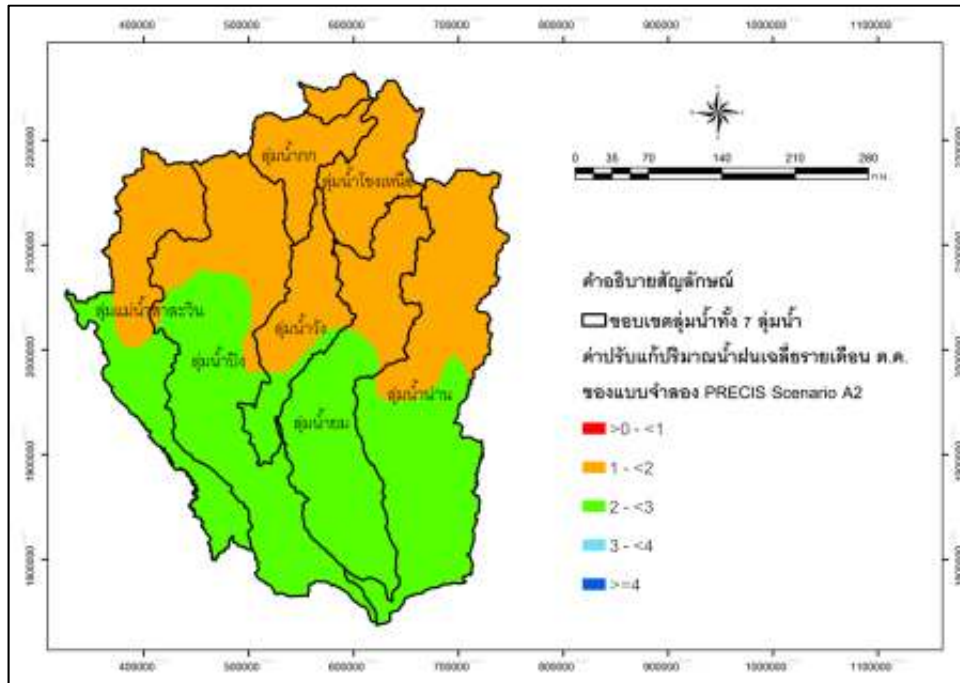
รูปที่ 4-54 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนกรกฎาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.×1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



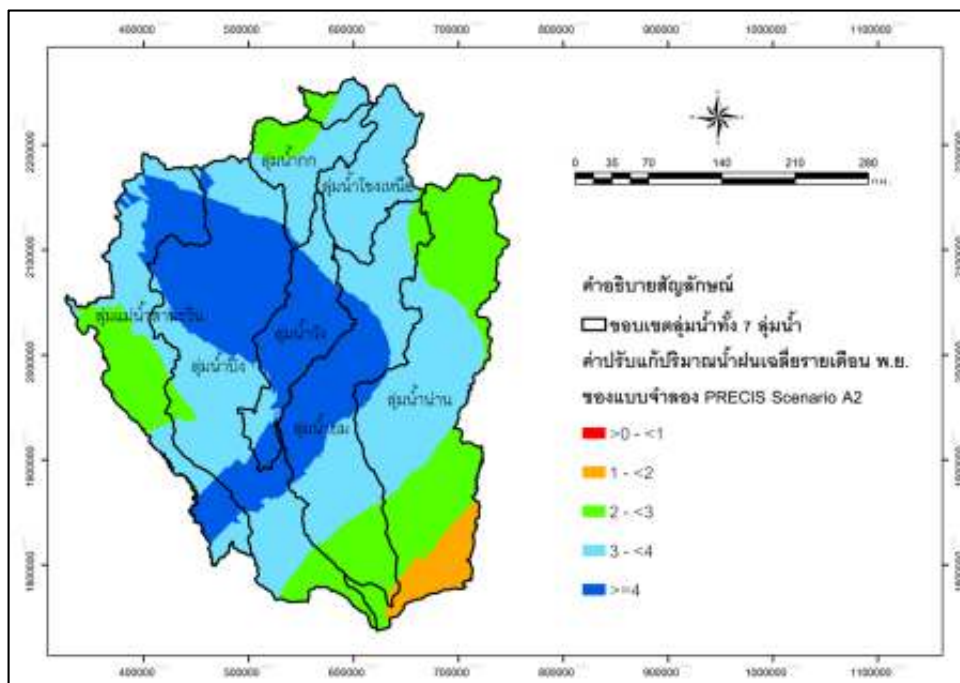
รูปที่ 4-55 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนสิงหาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.×1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



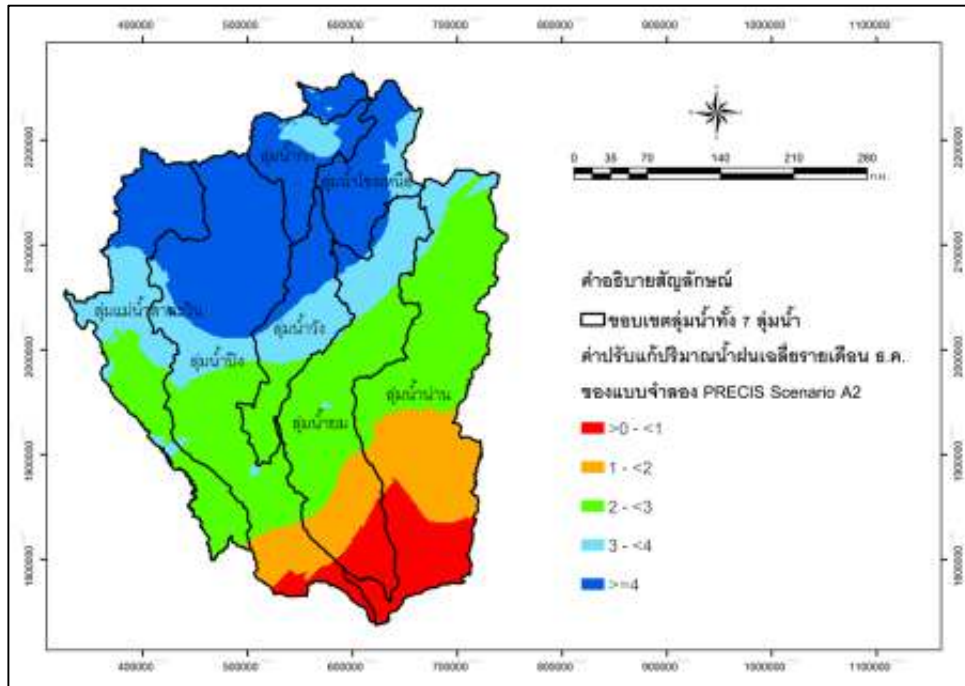
รูปที่ 4-56 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนกันยายนในแต่ละกริดขนาด 1 กม.×1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



รูปที่ 4-57 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนตุลาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.×1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



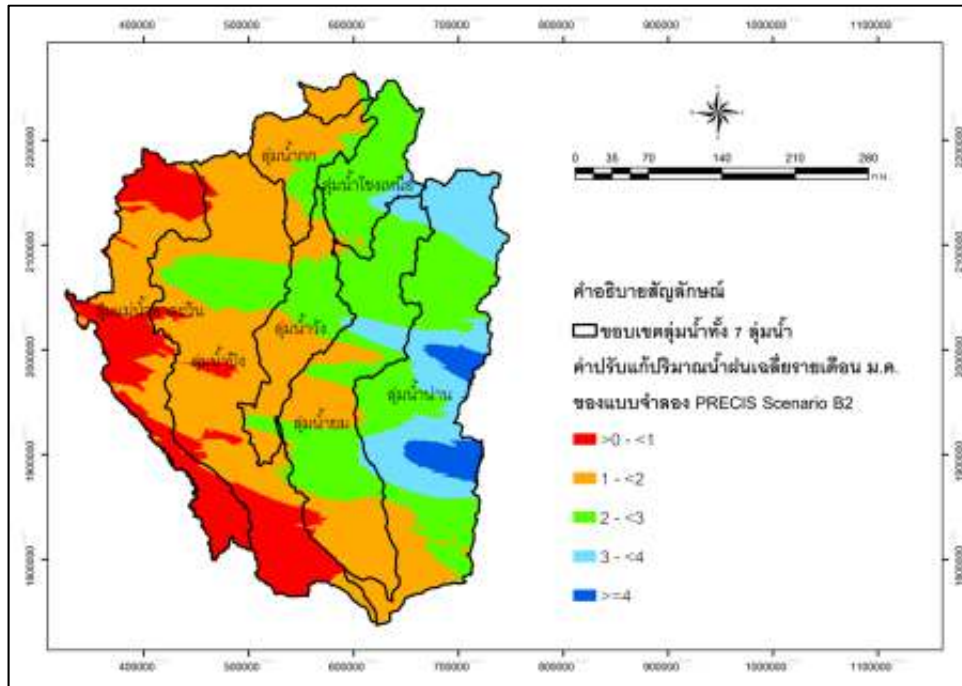
รูปที่ 4-58 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนพฤศจิกายนในแต่ละกริดขนาด 1 กม.×1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



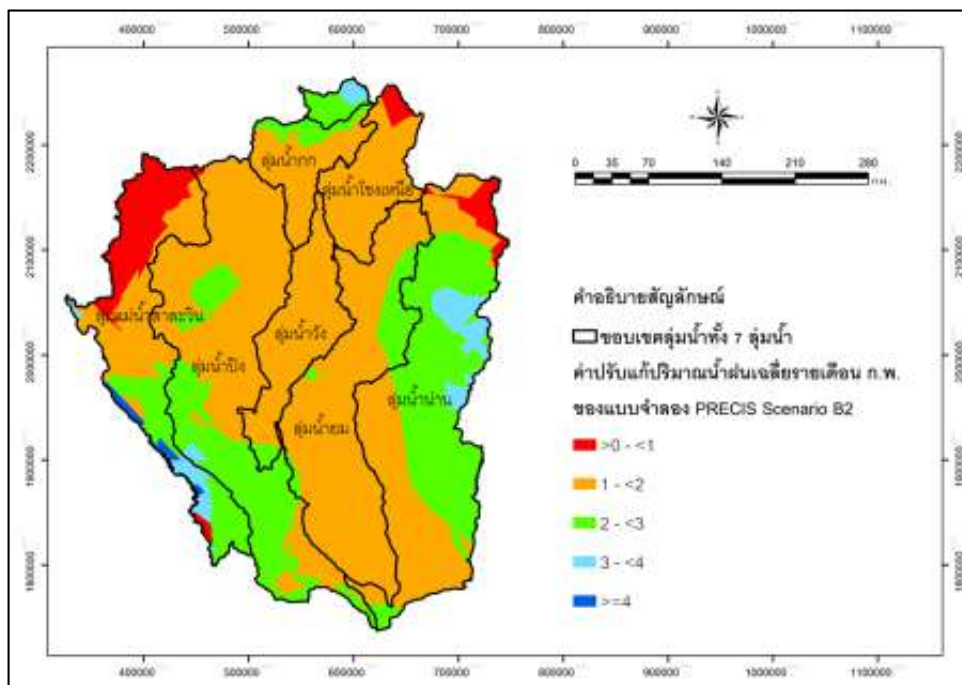
รูปที่ 4-59 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนธันวาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิอากาศ PRECIS Scenario แบบ A2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612

ข) แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของแต่ละเดือนสำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิอากาศ PRECIS Scenario แบบ B2

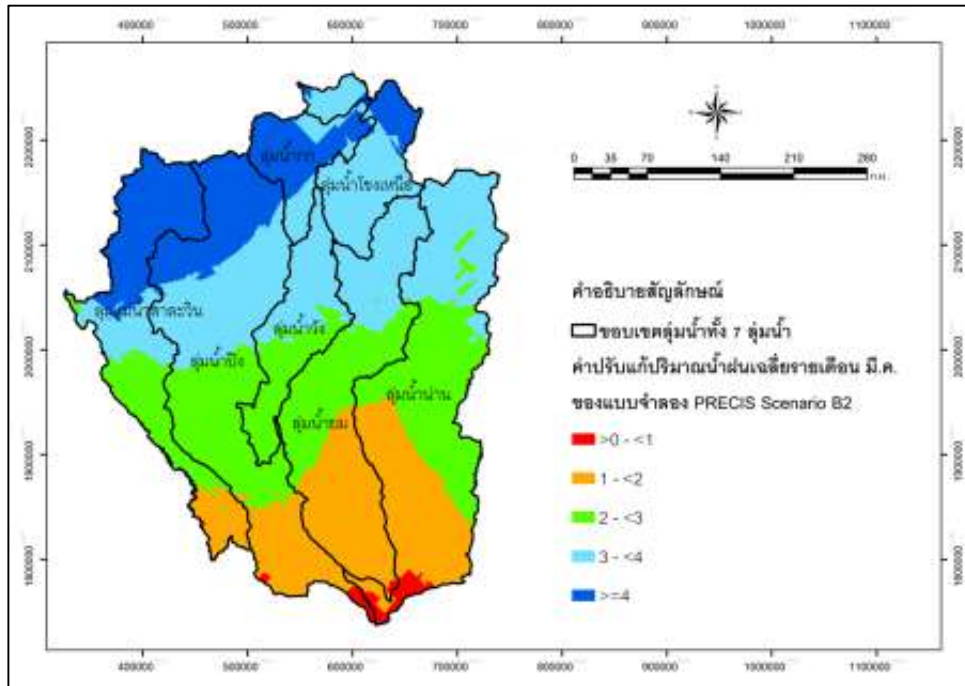
แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของแต่ละเดือนในแต่ละกริดขนาด 1 กม.x1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิอากาศ PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 แสดงในรูปที่ 4-60 ถึง 4-71



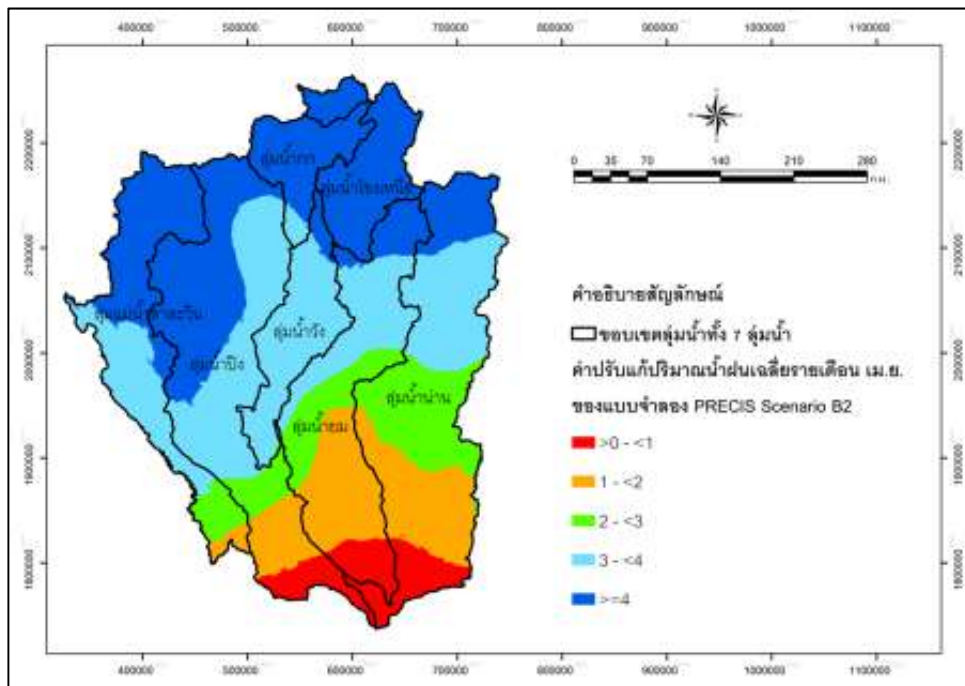
รูปที่ 4-60 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนมกราคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.×1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



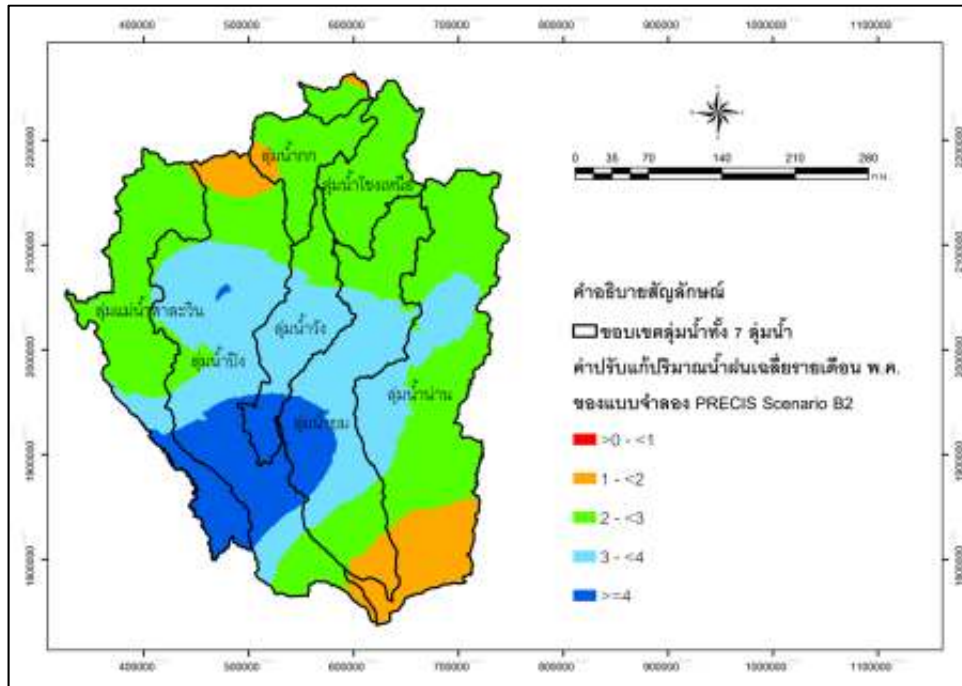
รูปที่ 4-61 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนกุมภาพันธ์ในแต่ละกริดขนาด 1 กม.×1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



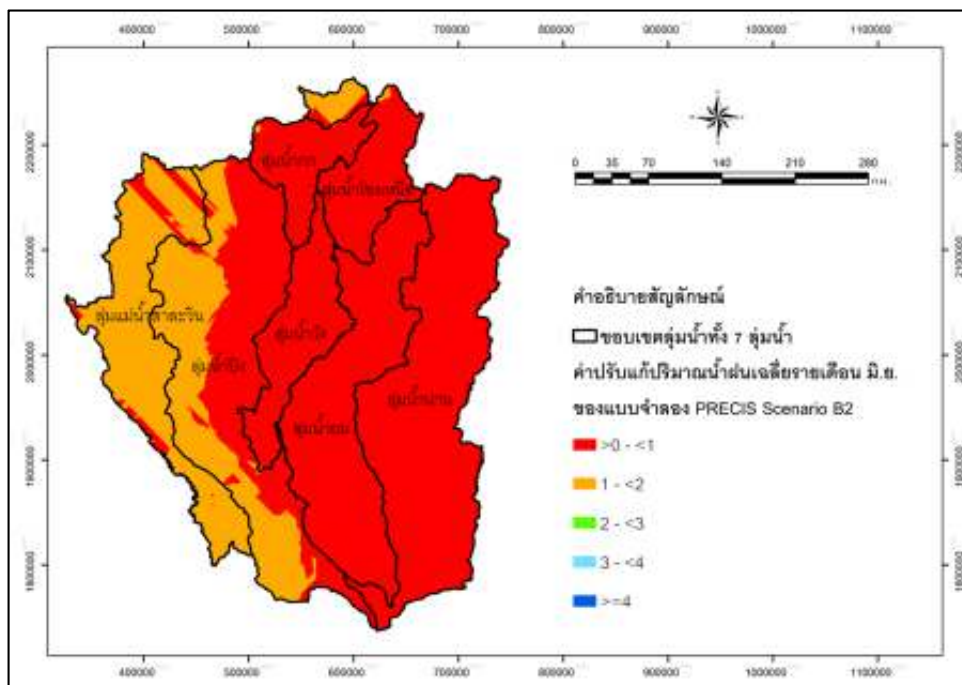
รูปที่ 4-62 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนมีนาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.×1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



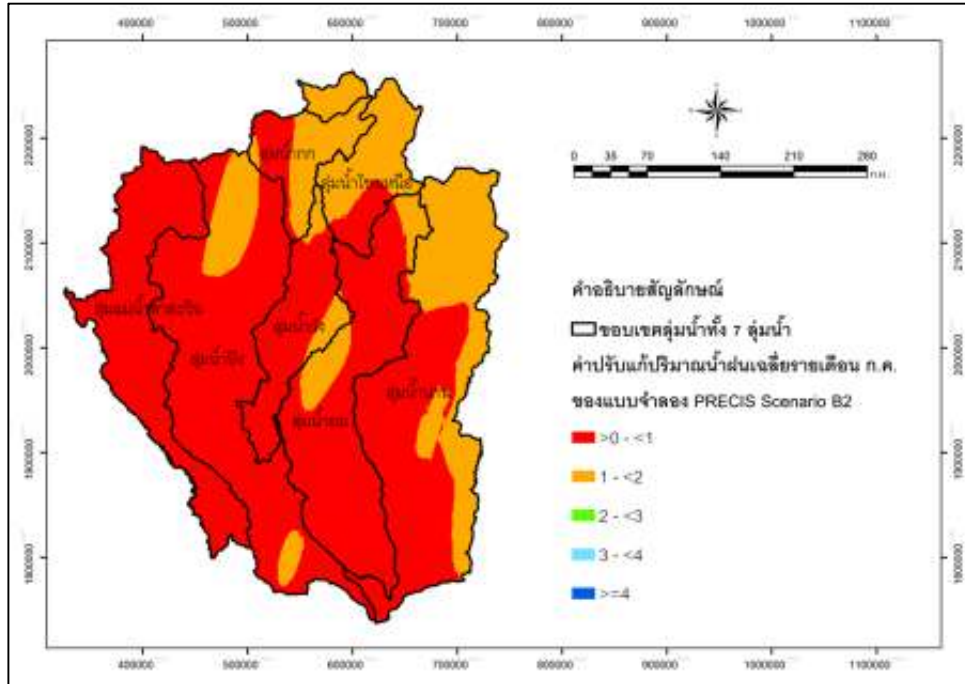
รูปที่ 4-63 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนเมษายนในแต่ละกริดขนาด 1 กม.×1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



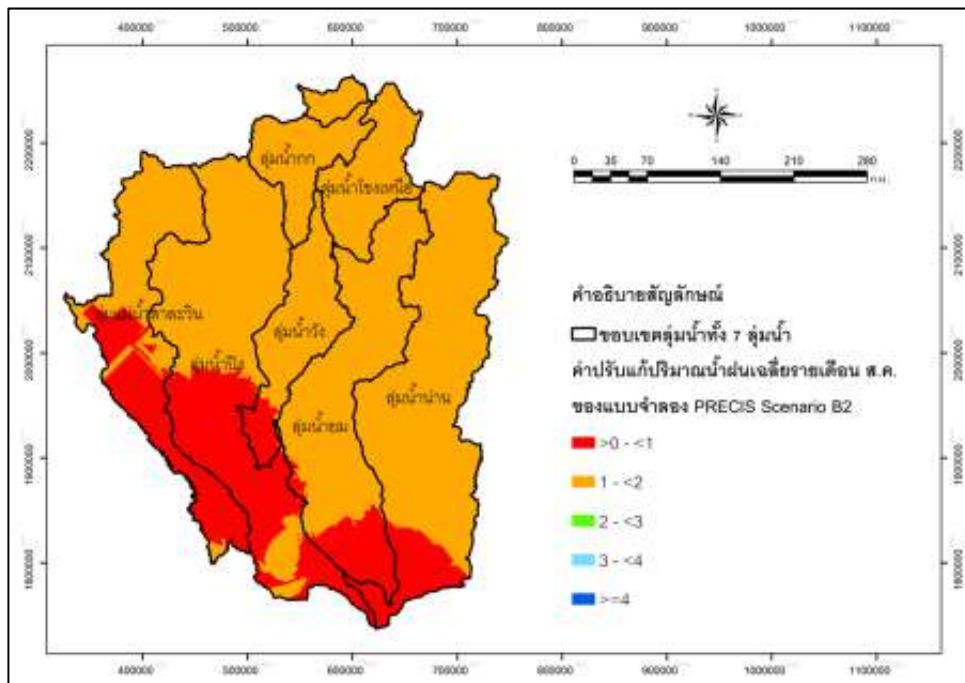
รูปที่ 4-64 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนพฤษภาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.×1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



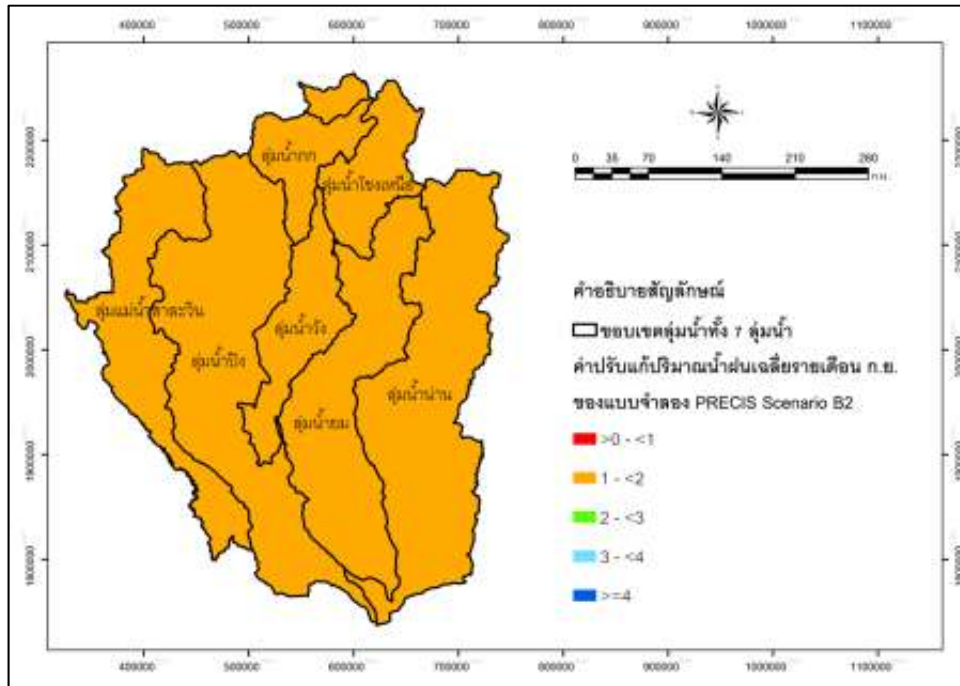
รูปที่ 4-65 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนมิถุนายนในแต่ละกริดขนาด 1 กม.×1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



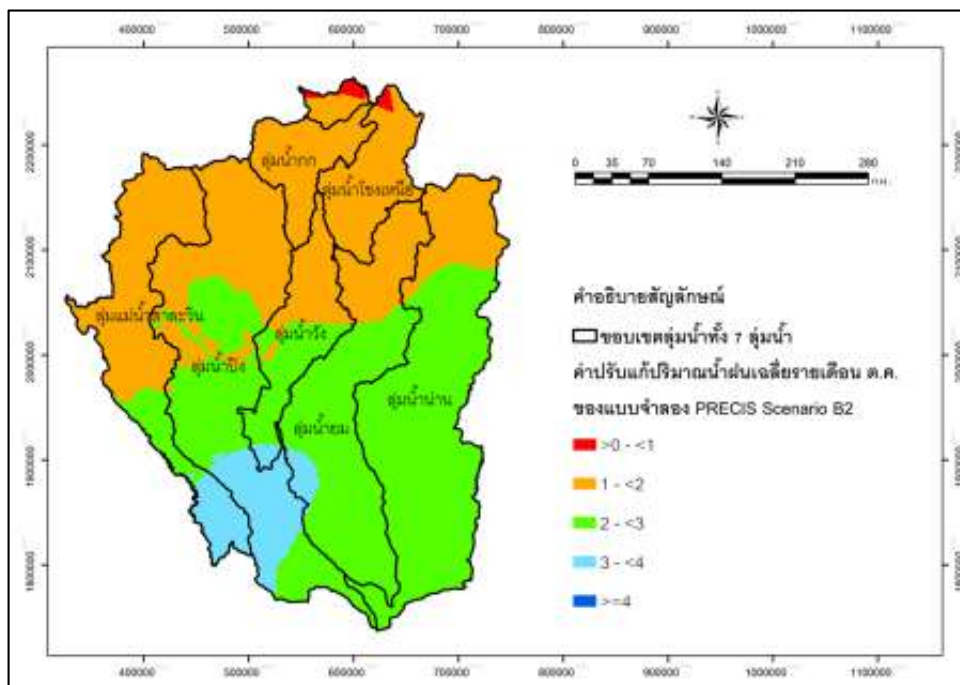
รูปที่ 4-66 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนกรกฎาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.×1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



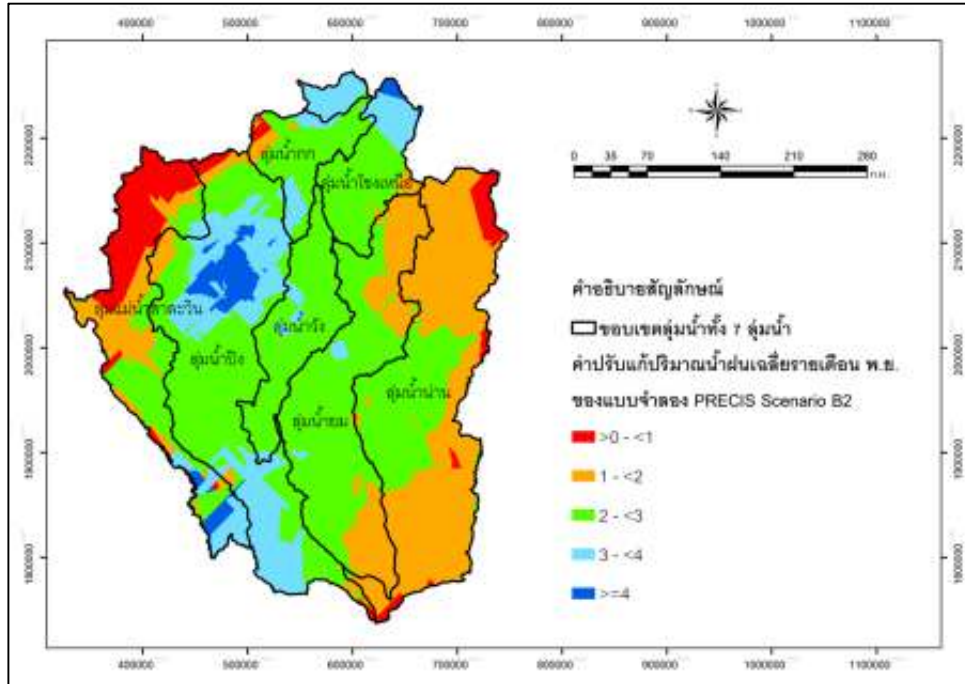
รูปที่ 4-67 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนสิงหาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.×1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



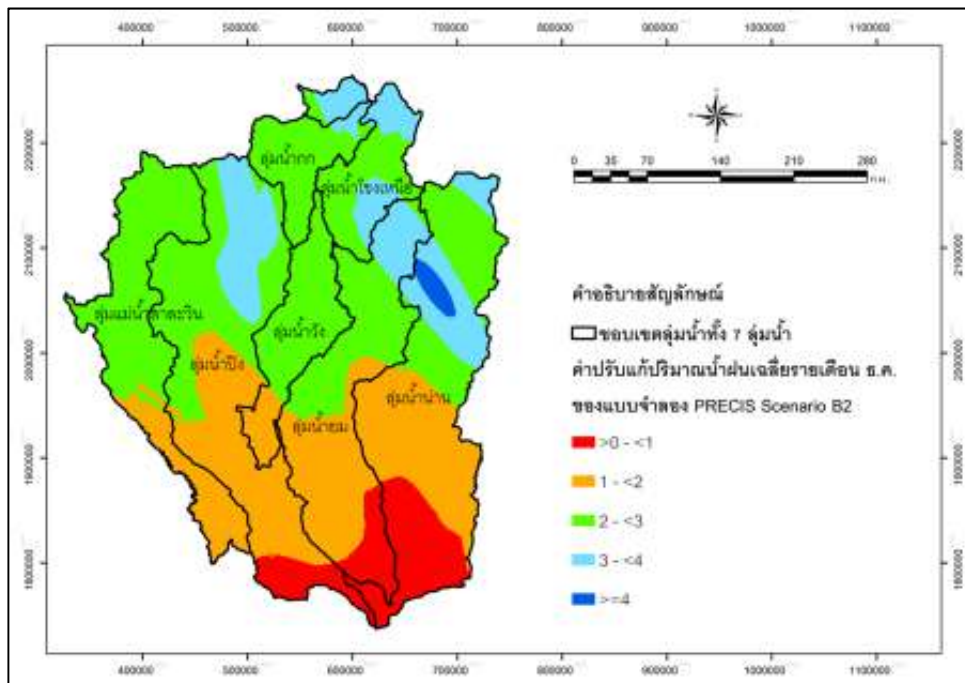
รูปที่ 4-68 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนกันยายนในแต่ละกริดขนาด 1 กม.×1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



รูปที่ 4-69 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนตุลาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม.×1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



รูปที่ 4-70 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนพฤศจิกายนในแต่ละกริดขนาด 1 กม. x 1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612



รูปที่ 4-71 แผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ของเดือนธันวาคมในแต่ละกริดขนาด 1 กม. x 1 กม. สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612

ผลการจัดทำแผนที่แสดงค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่สำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ดังในรูปที่ 4-48 ถึง 4-59 และแบบ B2 ดังในรูปที่ 4-60 ถึง 4-71 แสดงให้เห็นว่าผลกระทบเนื่องจากอิทธิพลของลักษณะภูมิประเทศและช่วงเวลาที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนของแต่ละเดือน ณ ตำแหน่งพื้นที่และช่วงเวลาที่แตกต่างกันมีค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนที่ต่างกัน

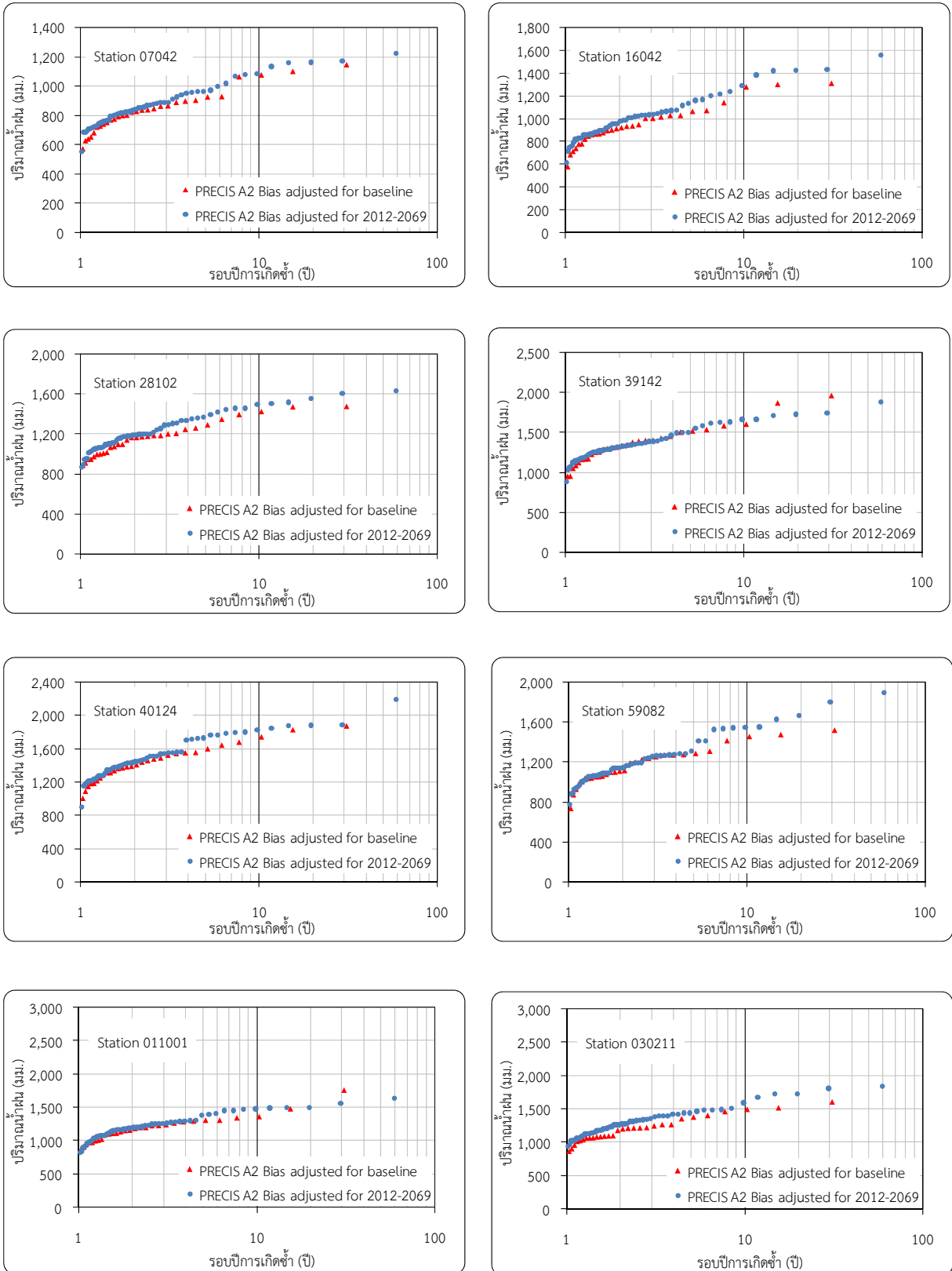
4.2.2 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จาก

แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612

โครงการวิจัยได้ใช้ค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเชิงพื้นที่ที่วิเคราะห์ได้จากหัวข้อที่ 4.2.1 มาทำการปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 แล้วนำมาวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในอนาคตโดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกันในแต่ละสถานี โดยใช้วิธีการแจกแจงความถี่แบบกัมเบล (Gumbel distribution) ในรายงานฉบับนี้ได้แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนแบบรายปี รายเดือน และรายวัน ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 8 สถานี ได้แก่ สถานี 07042, 16042, 28102, 39142, 40124, 59082, 011001 และ 030211 เช่นเดียวกับในหัวข้อที่ 4.1.1 สำหรับผลการวิเคราะห์ ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมดได้จัดเก็บในรูปแบบดิจิทัลไฟล์รายละเอียดของผลการวิเคราะห์มีดังนี้

ก) ปริมาณน้ำฝนรายปี

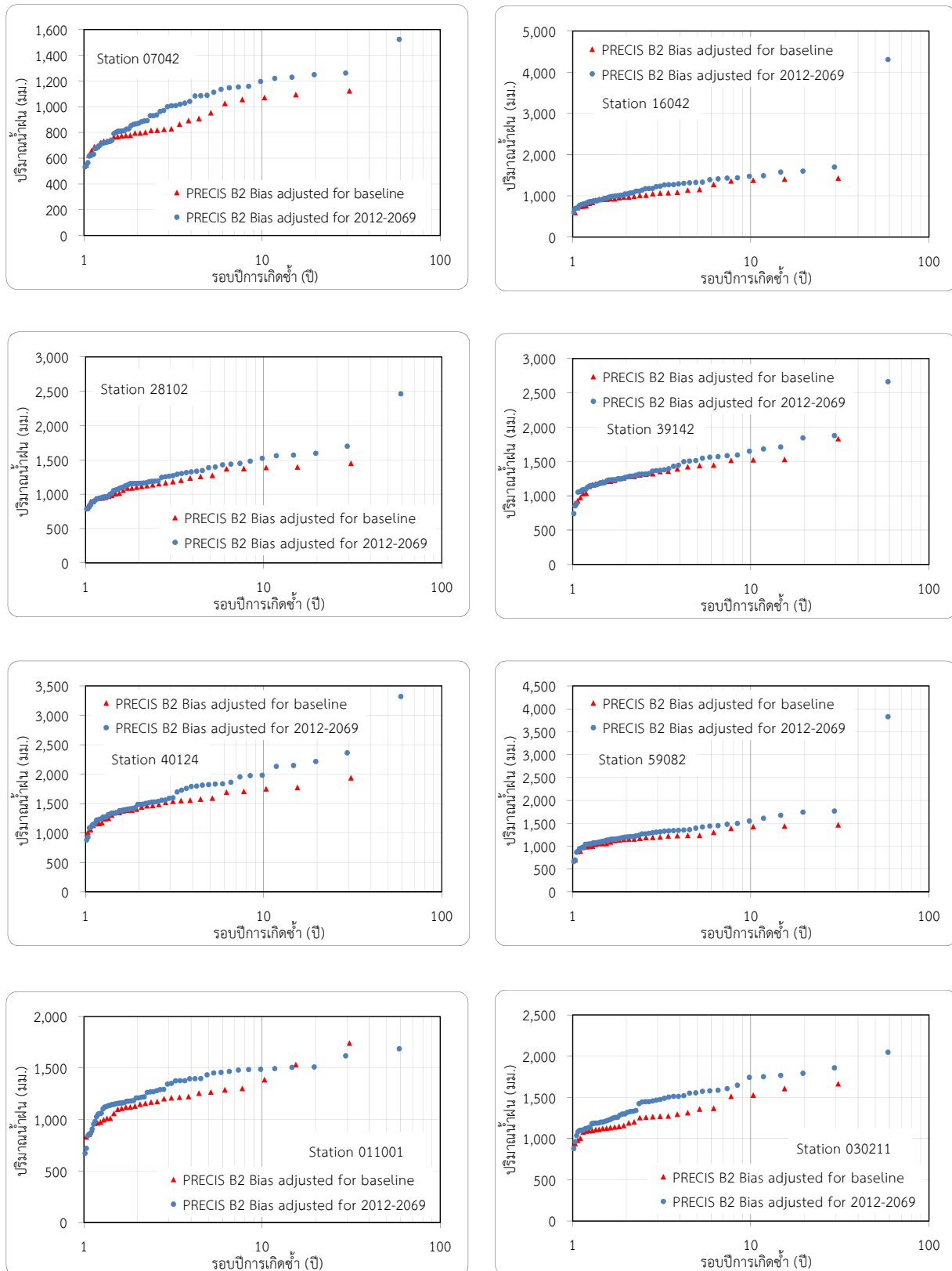
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน แสดงตัวอย่างในรูปที่ 4-72 และ 4-73 ตามลำดับ



รูปที่ 4-72 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ 4-73 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน

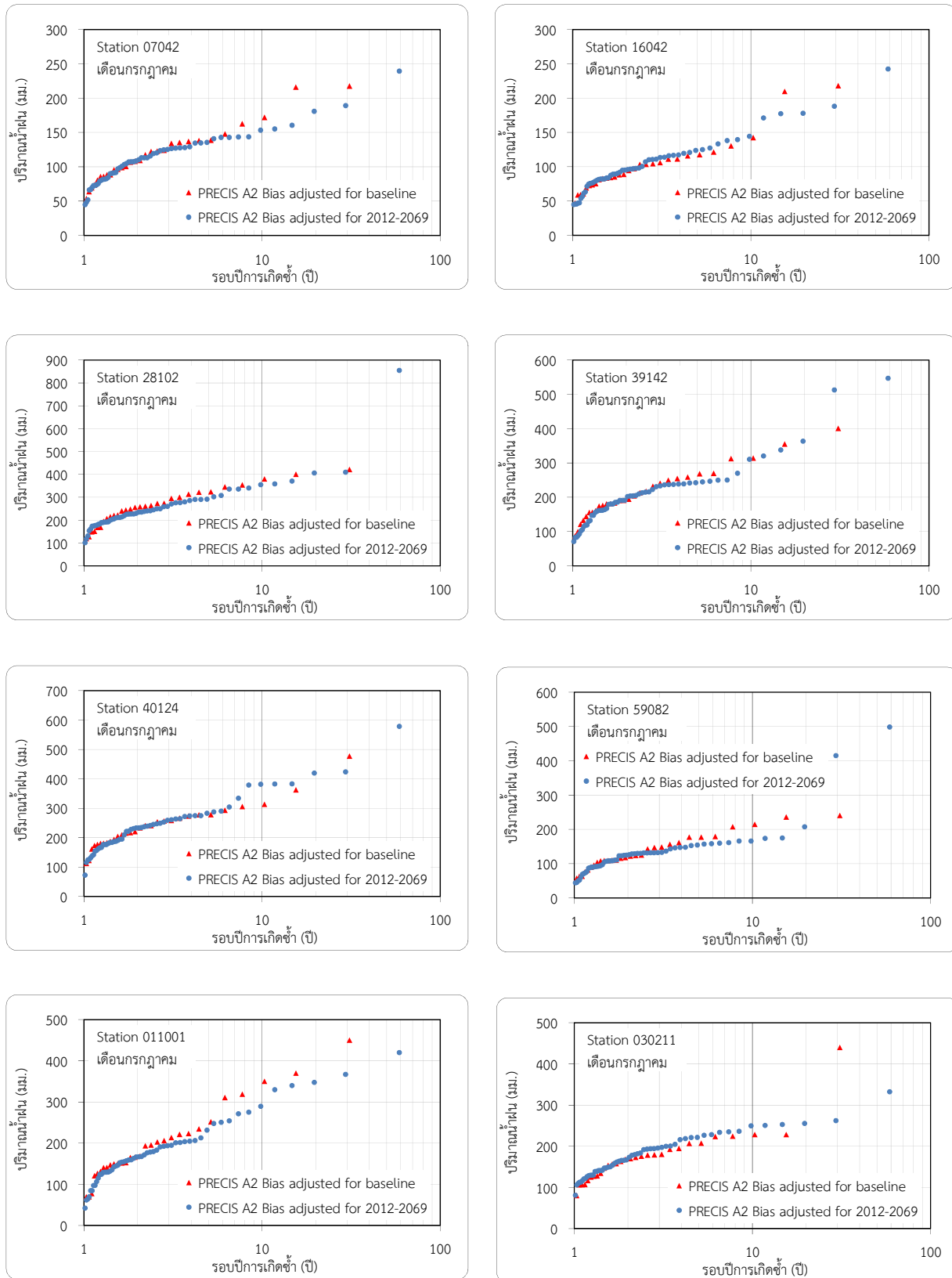
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายปี ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกันทั้ง 172 สถานี พบว่าปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 มีค่ามากกว่าปริมาณน้ำฝนในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 โดยเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,212 มม. และ 1,237 มม. ตามลำดับ สำหรับปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,156 มม. และ 1,124 มม. ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีอนาคต (58 ปี) บริเวณพื้นที่ศึกษาจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น

ข) ปริมาณน้ำฝนรายเดือน

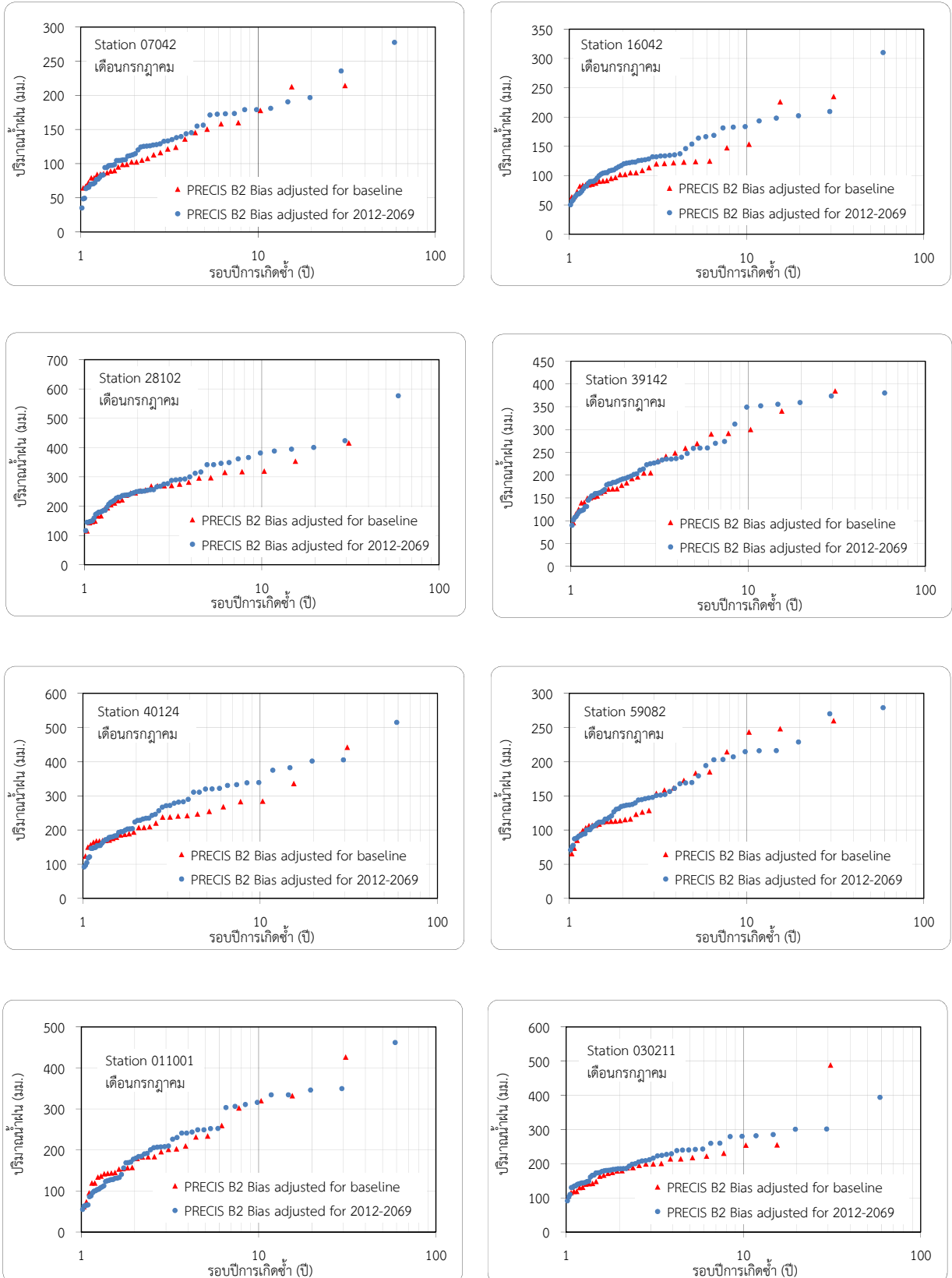
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน แสดงตัวอย่างของเดือนกรกฎาคมในรูปที่ 4-74 และ 4-75 ตามลำดับ

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ 4-74 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน ของเดือนกรกฎาคม



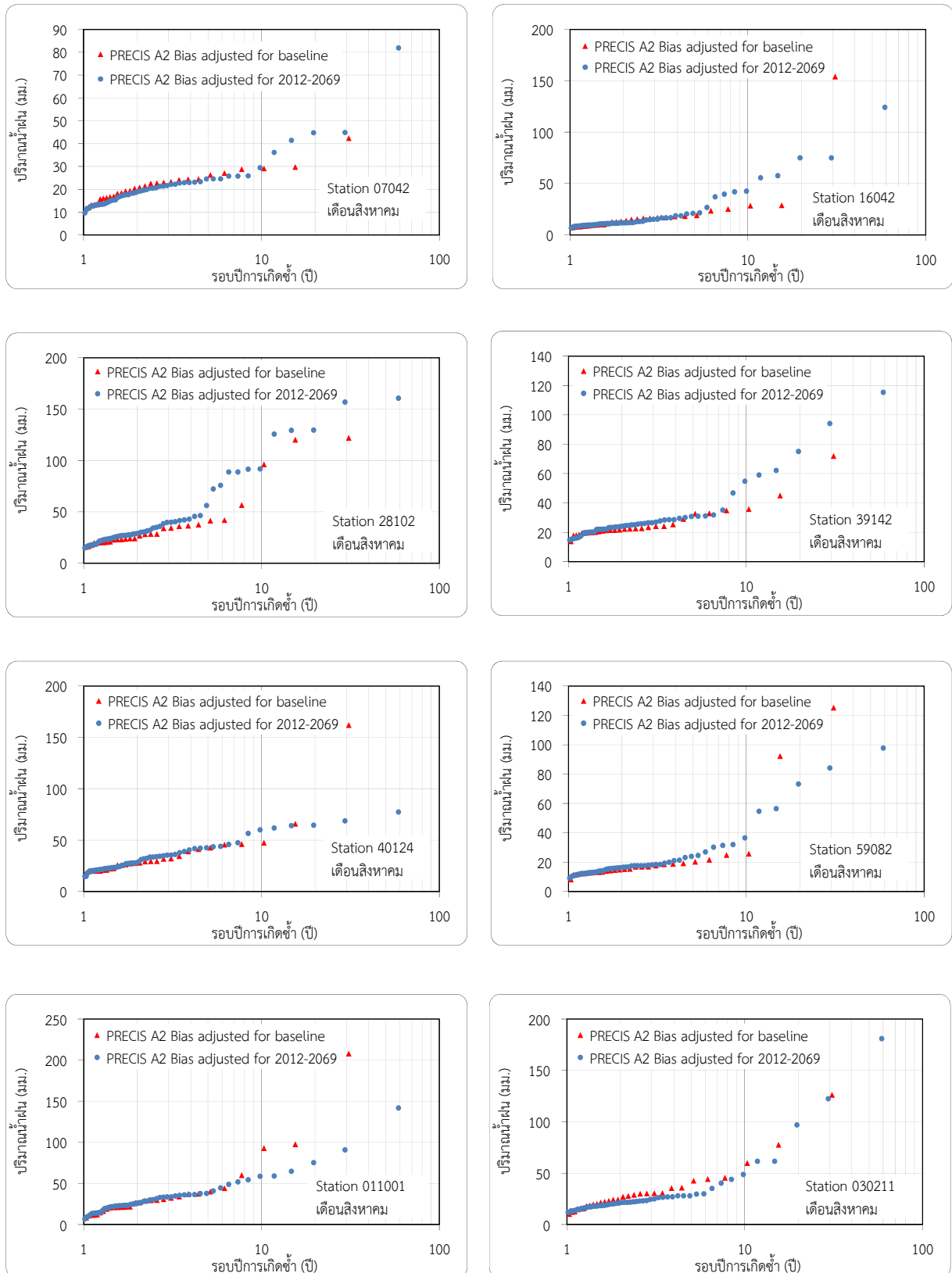
รูปที่ 4-75 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน ของเดือนกรกฎาคม

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายเดือน ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกันทั้ง 172 สถานี พบว่าปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ในเดือนมกราคม, กุมภาพันธ์, มีนาคม, เมษายน, กันยายน, ตุลาคม และ ธันวาคม มีค่าสูงกว่าปริมาณน้ำฝนในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ในเกือบทุกสถานี ส่วนในเดือนพฤษภาคม, มิถุนายน, กรกฎาคม, สิงหาคม และ พฤศจิกายน ปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 มีค่าต่ำกว่าปริมาณน้ำฝนในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ในเกือบทุกสถานีเช่นกัน สำหรับปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ของทุกเดือนยกเว้นเดือนมกราคม และ ธันวาคม มีค่าสูงกว่าปริมาณน้ำฝนในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ในเกือบทุกสถานี ส่วนในเดือนมกราคม และ ธันวาคม ปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 มีค่าต่ำกว่าปริมาณน้ำฝนในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ในเกือบทุกสถานีเช่นกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีอนาคต (58 ปี) บริเวณพื้นที่ศึกษาจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในบางเดือน ส่วนในบางเดือนจะมีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนรายเดือนลดลง

ก) ปริมาณน้ำฝนรายวัน

- ปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปี

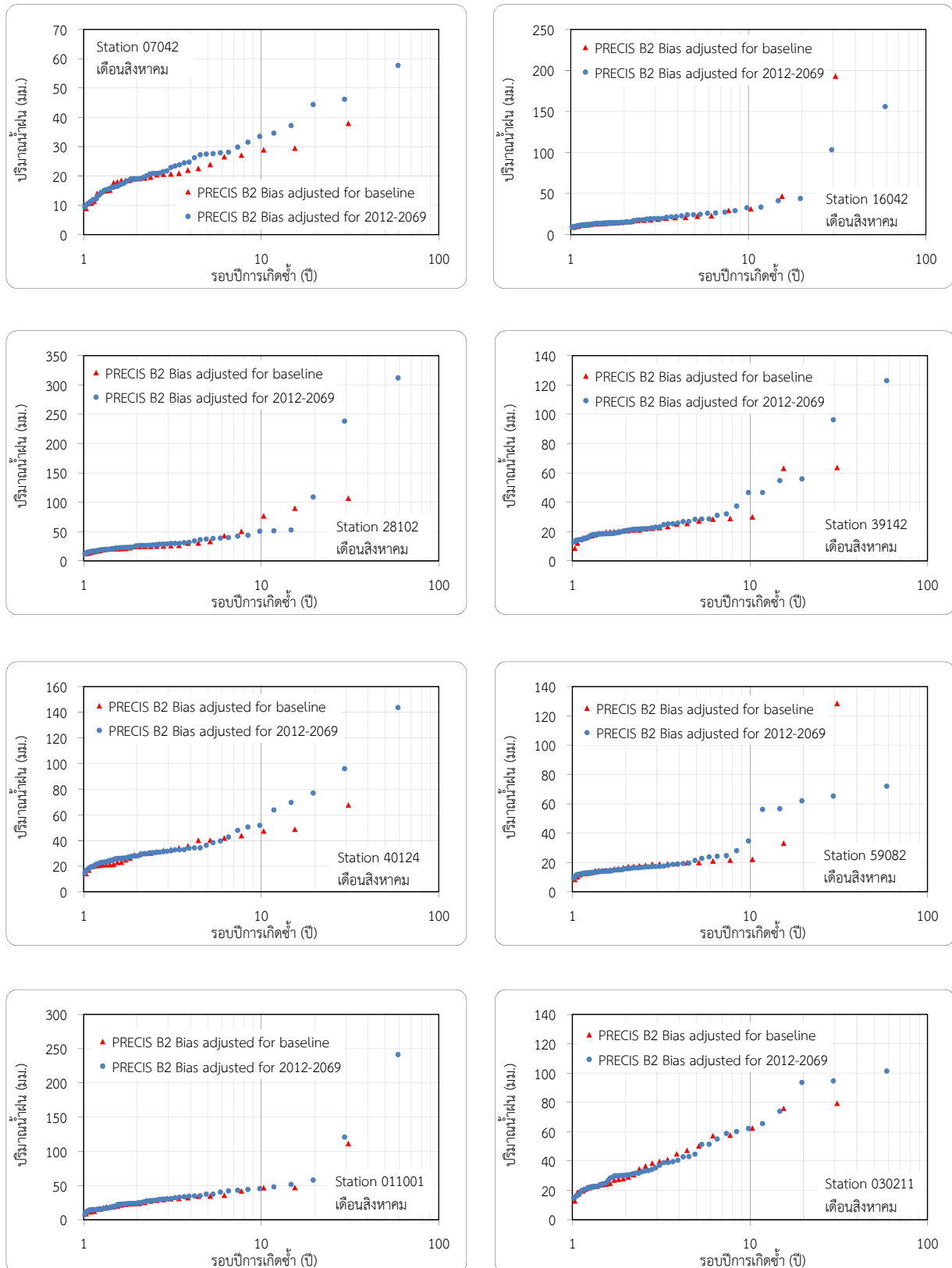
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน แสดงตัวอย่างของเดือนสิงหาคมในรูปที่ 4-76 และ 4-77 ตามลำดับ



รูปที่ 4-76 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน ของเดือนสิงหาคม

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ 4-77 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน ของเดือนสิงหาคม

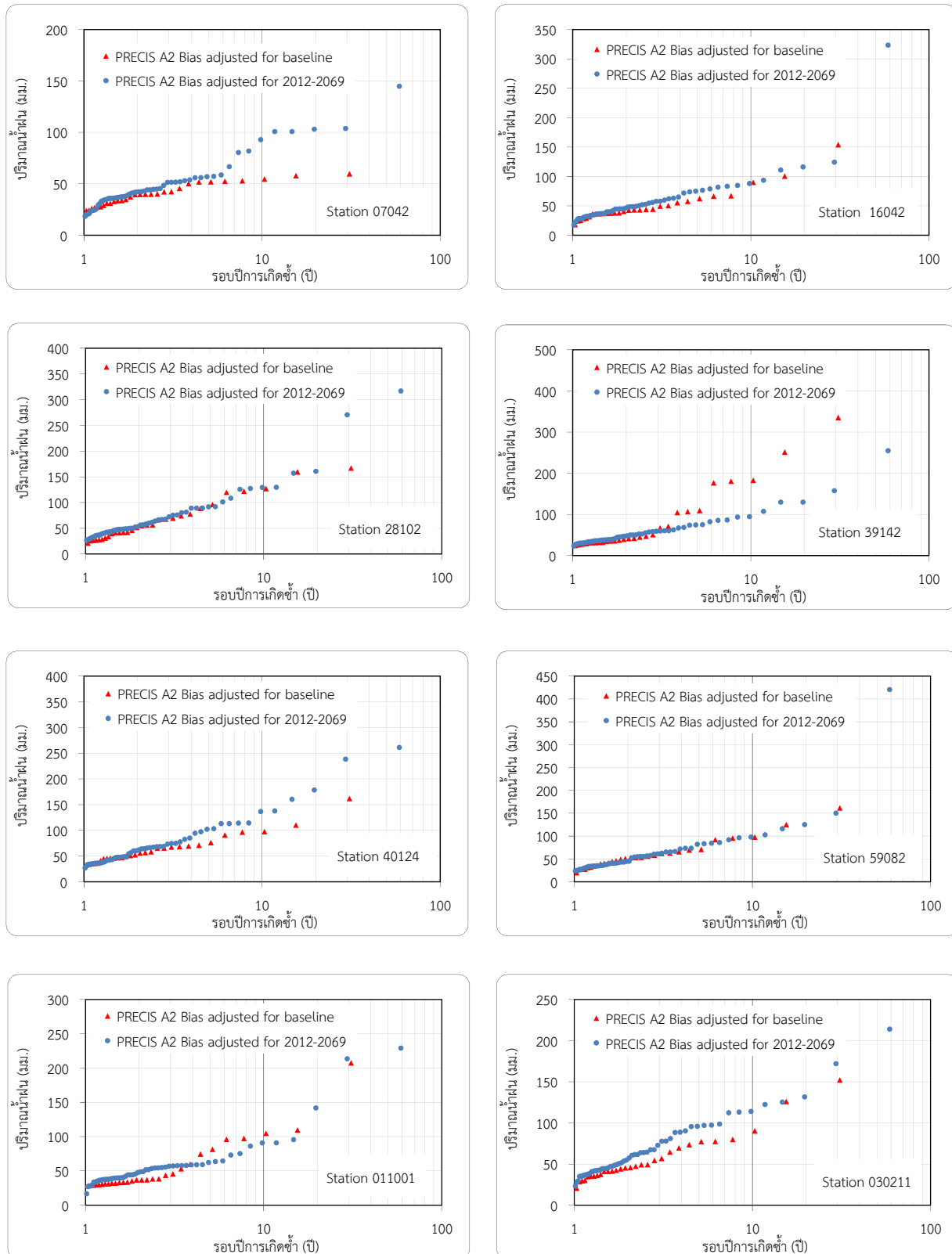
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปี ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกันทั้ง 172 สถานี พบว่าปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 มีค่าสูงกว่าปริมาณน้ำฝนในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ในเกือบทุกสถานีของทุกเดือนยกเว้นในเดือนกุมภาพันธ์, มิถุนายน, สิงหาคม และพฤศจิกายน ที่มีปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 มีค่าต่ำกว่าปริมาณน้ำฝนในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ในเกือบทุกสถานีเช่นกัน สำหรับปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 มีค่าสูงกว่าปริมาณน้ำฝนในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ในเกือบทุกสถานีของทุกเดือนยกเว้นในเดือนมกราคม, เมษายน, มิถุนายน และ ธันวาคม ที่มีค่าต่ำกว่าปริมาณน้ำฝนในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ในเกือบทุกสถานีเช่นกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีอนาคต (58 ปี) บริเวณพื้นที่ศึกษาจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในบางเดือน ส่วนในบางเดือนจะมีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละเดือนของแต่ละปีลดลง

- ปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละปี

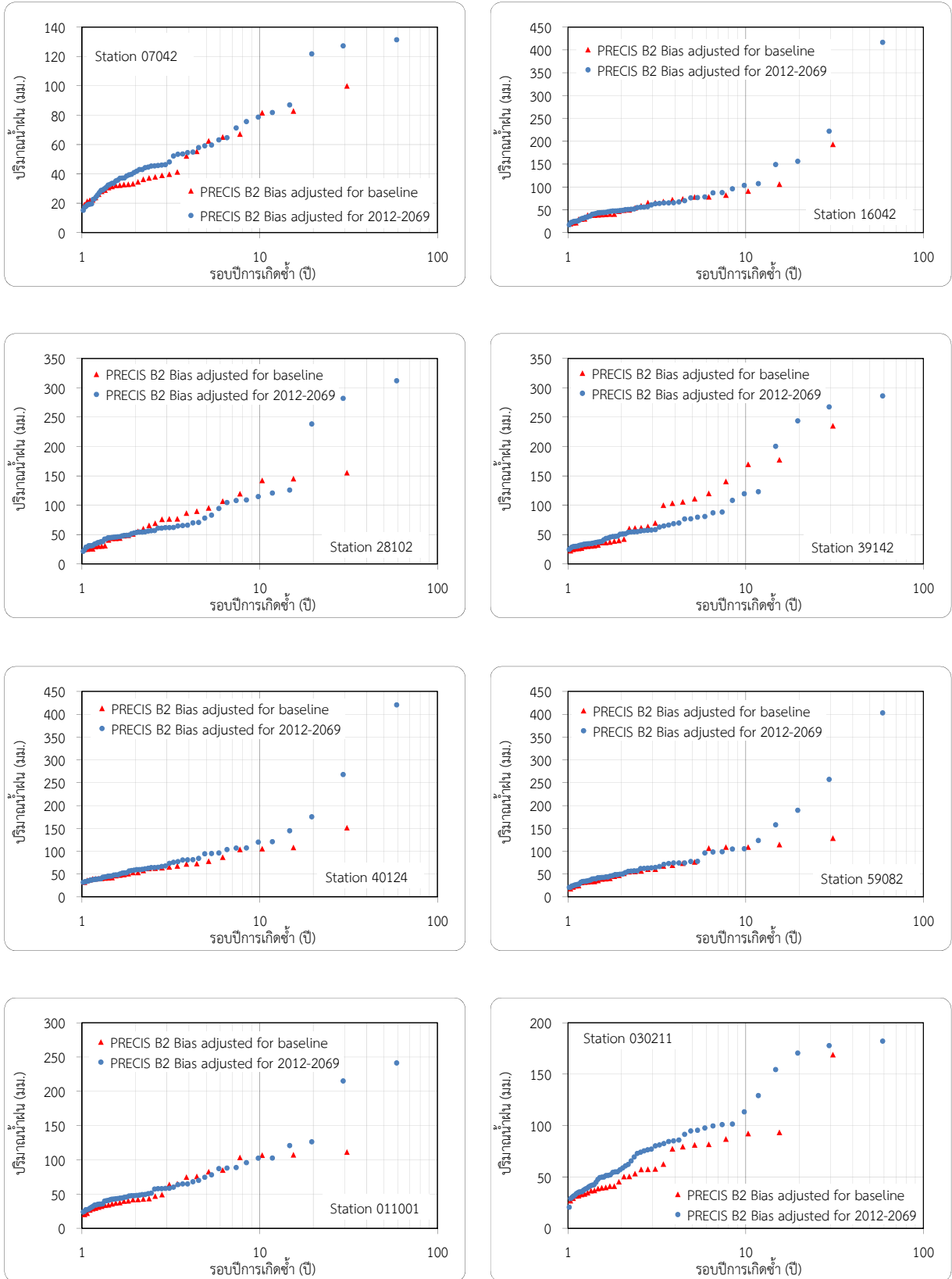
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน แสดงตัวอย่างในรูปแบบที่ 4-78 และ 4-79 ตามลำดับ

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ 4-78 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน



รูปที่ 4-79 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกัน

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละปี ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนเดียวกันทั้ง 172 สถานี พบว่าปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละปีที่ได้จากการได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 มีค่าสูงกว่าปริมาณน้ำฝนในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ในเกือบทุกสถานี โดยเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละปีที่ได้จากการได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 73 มม. และ 69 มม. ตามลำดับ ส่วนปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละปีที่ได้จากการได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 65 มม. และ 61 มม. ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดเลือกมา 1 วันในแต่ละปีที่ได้จากการได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีอนาคต (58 ปี) จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น

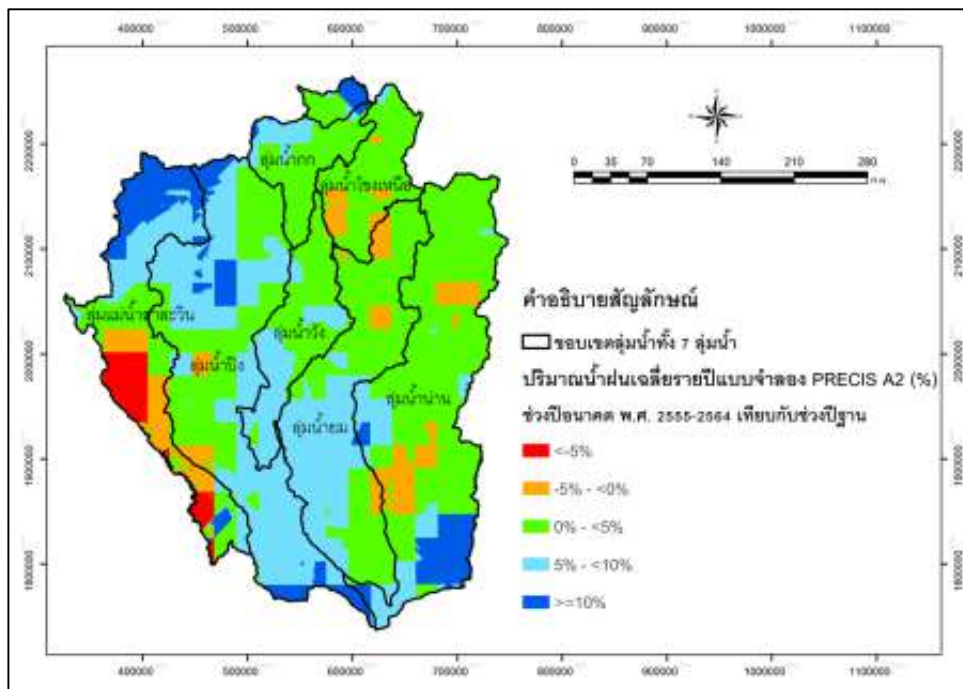
4.2.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

ในรายงานฉบับนี้นำเสนอแผนผังที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 โดยได้จัดทำแผนผังที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี แผนผังที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปี แผนผังที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง และแผนผังที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุด โครงการวิจัยได้ทำการแบ่งช่วงเวลาสำหรับจัดทำแผนผังที่ออกเป็น 6 ช่วงช่วงละ 10 ปี ได้แก่ ช่วงที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ. 2555-2564, ช่วงที่ 2 ระหว่างปี พ.ศ. 2565-2574, ช่วงที่ 3 ระหว่างปี พ.ศ. 2575-2584, ช่วงที่ 4 ระหว่างปี พ.ศ. 2585-2594, ช่วงที่ 5 ระหว่างปี พ.ศ. 2595-2604 และ ช่วงที่ 6 ระหว่างปี พ.ศ. 2605-2612 (8 ปี) เพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในแต่ละช่วงเวลา และได้จัดทำแผนผังที่แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในภาพรวม 58 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 โดยมีรายละเอียดดังนี้

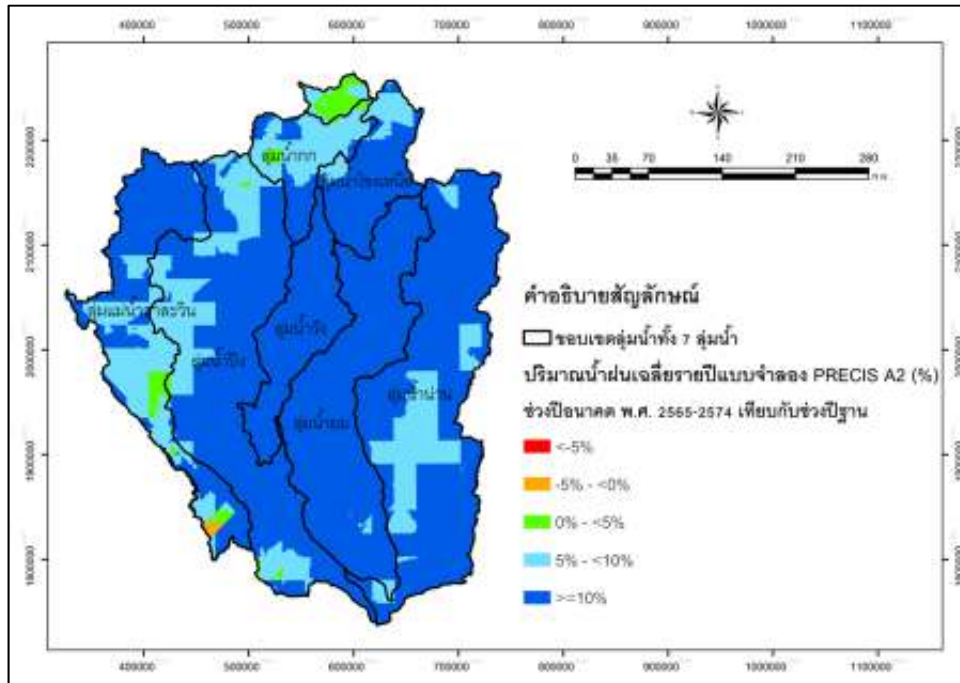
ก) แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

- แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2

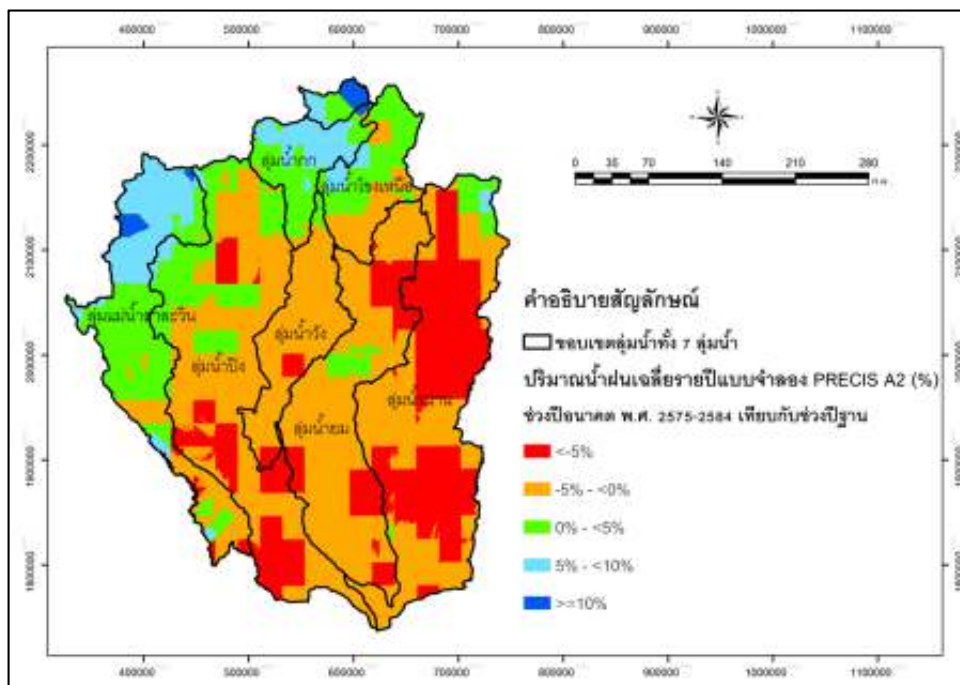
ผลการจัดทำแผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ของช่วงที่ 1 ถึง 6 และในภาพรวม 58 ปี แสดงในรูปที่ 4-80 ถึง 4-86 ตามลำดับ



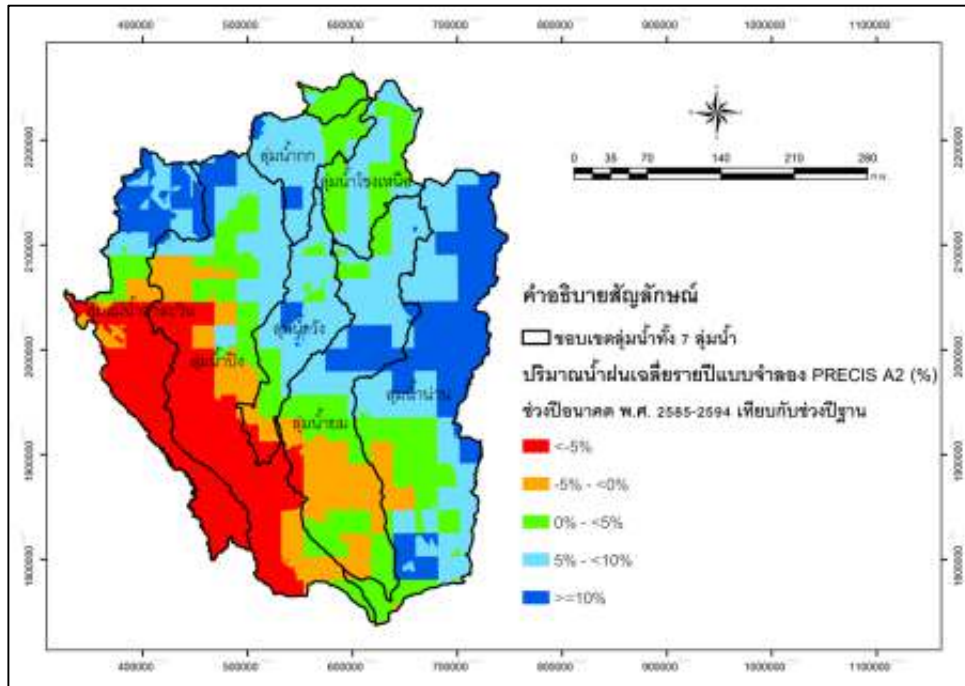
รูปที่ 4-80 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2564 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



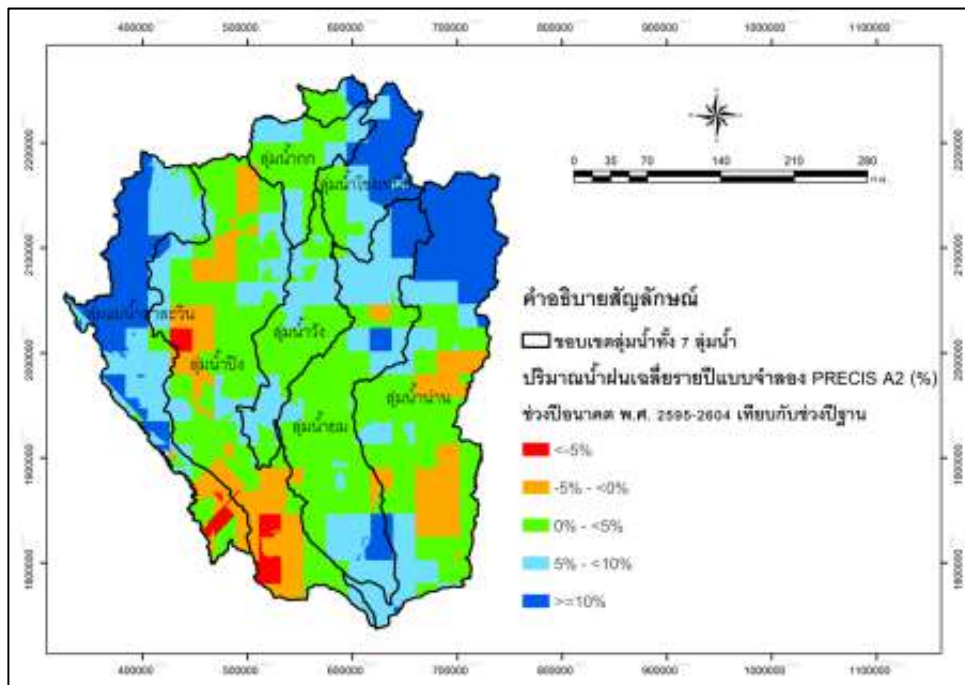
รูปที่ 4-81 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2565-2574 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



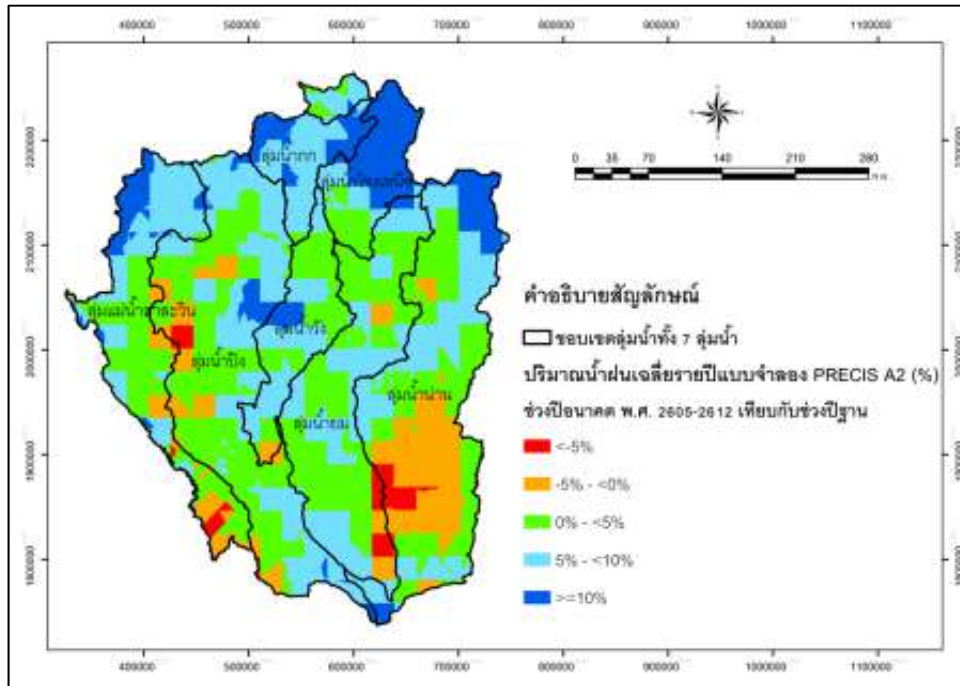
รูปที่ 4-82 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2575-2584 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



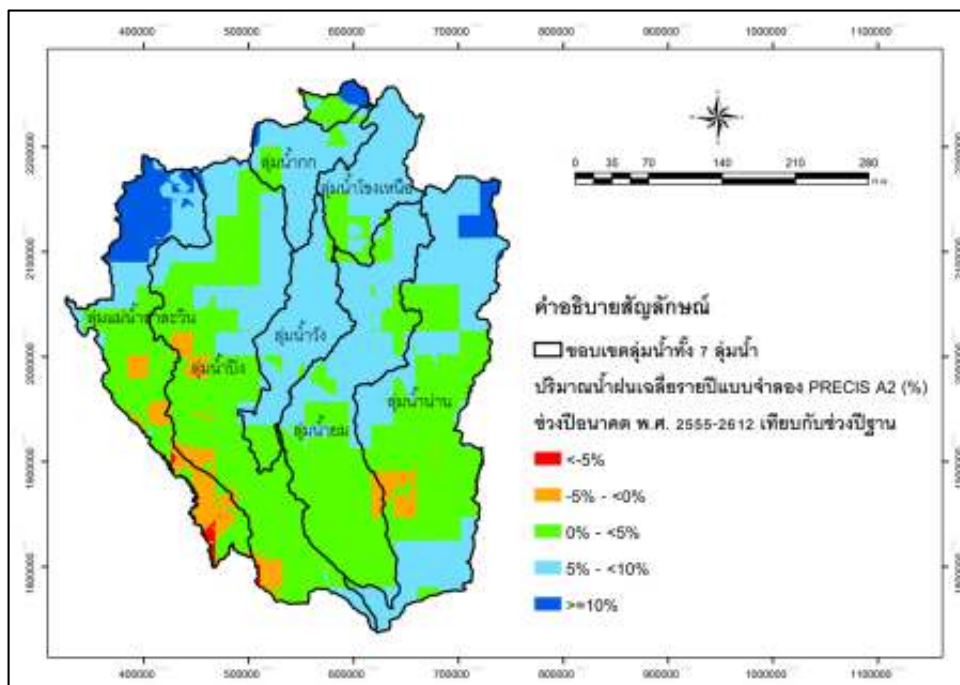
รูปที่ 4-83 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2585-2594 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 4-84 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2595-2604 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 4-85 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2605-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

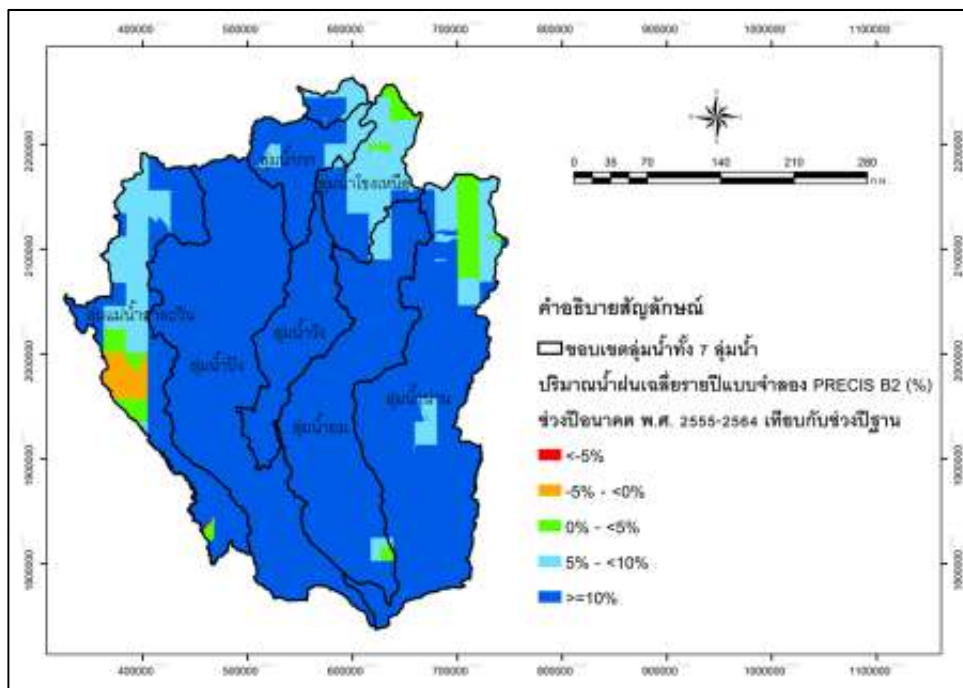


รูปที่ 4-86 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 (58 ปี) เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

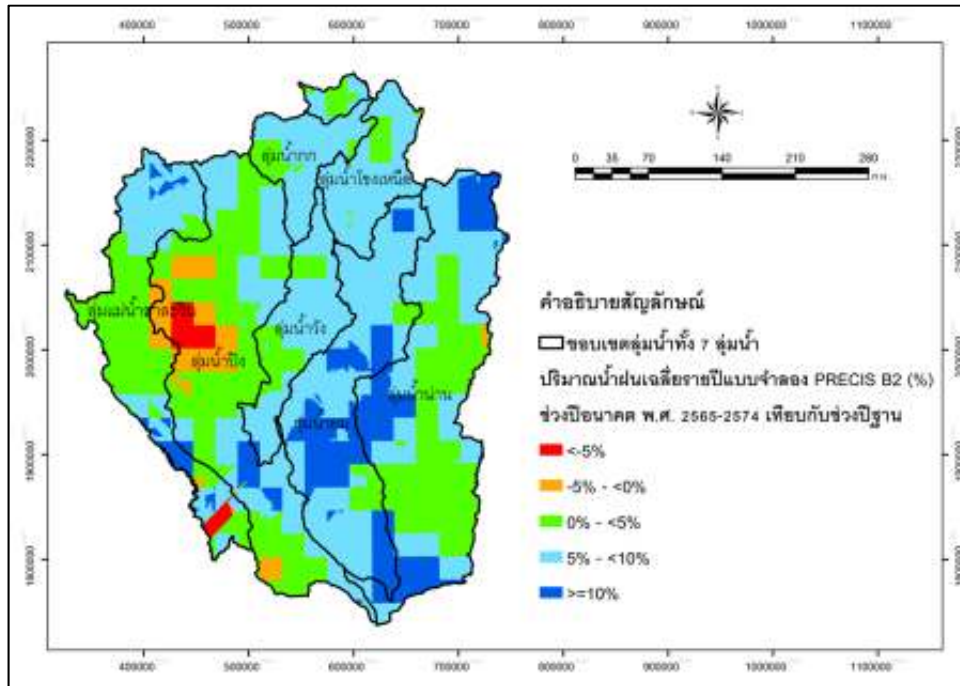
ผลลัพธ์แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่เกิดจากการคาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในรูปที่ 4-80 ถึง 4-86 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในบางพื้นที่ แต่ในบางพื้นที่มีแนวโน้มลดลง เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีเฉลี่ยทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาทั้ง 7 ลุ่มน้ำ พบว่าในช่วงที่ 1 (พ.ศ. 2555-2564), ช่วงที่ 2 (พ.ศ. 2565-2574), ช่วงที่ 4 (พ.ศ. 2585-2594), ช่วงที่ 5 (พ.ศ. 2595-2604) และช่วงที่ 6 (พ.ศ. 2605-2612) มีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีเพิ่มขึ้น 4%, 13%, 3%, 5%, และ 5% ตามลำดับ ส่วนในช่วงที่ 3 (พ.ศ. 2575-2584) มีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีลดลง 2% สำหรับในภาพรวม 58 ปี (พ.ศ. 2555-2612) พบว่ามีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีเพิ่มขึ้น 5% เมื่อเทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

- **แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่เกิดจากการคาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2**

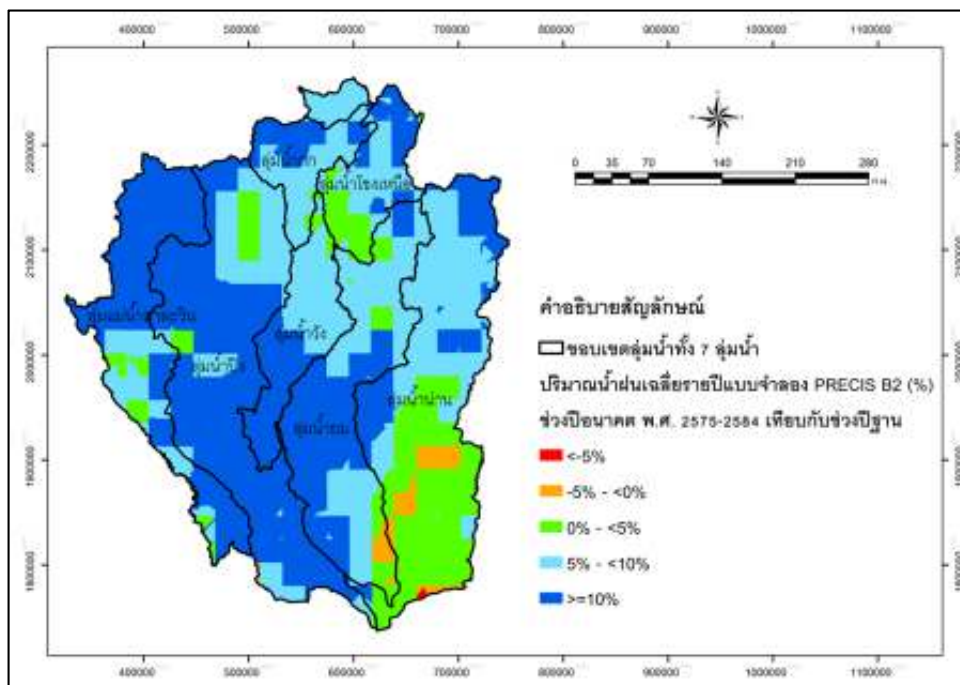
ผลการจัดทำแผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่เกิดจากการคาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ของช่วงที่ 1 ถึง 6 และในภาพรวม 58 ปี แสดงในรูปที่ 4-87 ถึง 4-93 ตามลำดับ



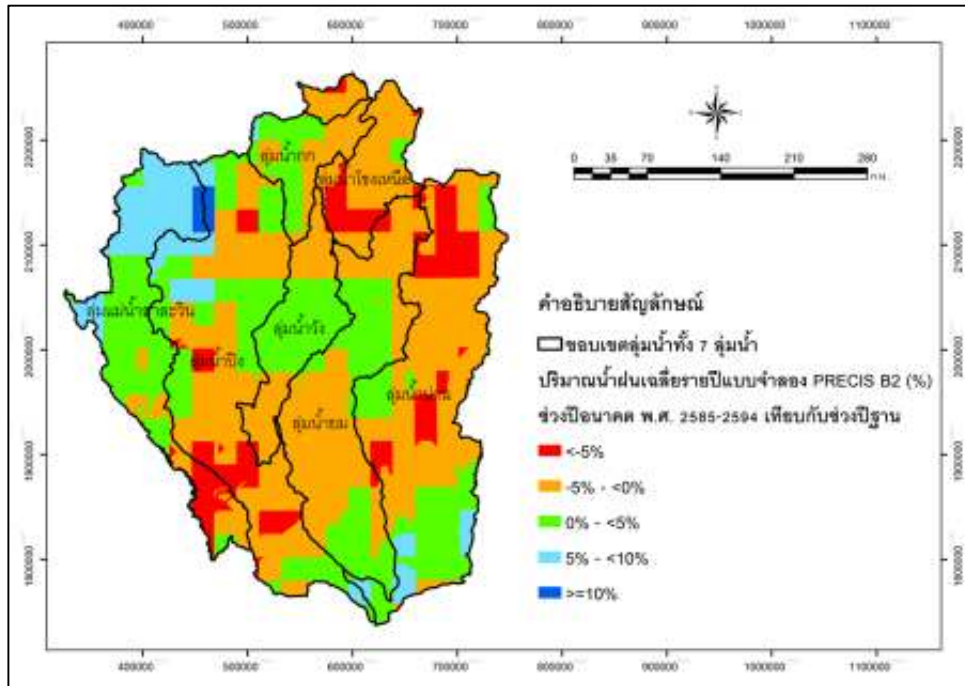
รูปที่ 4-87 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่เกิดจากการคาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2564 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



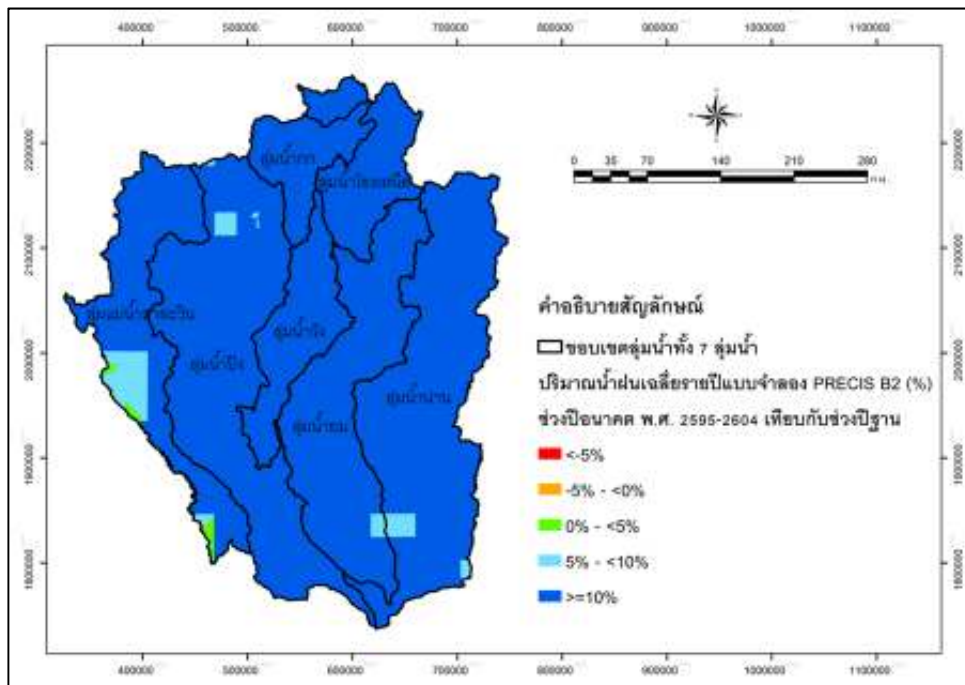
รูปที่ 4-88 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2565-2574 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



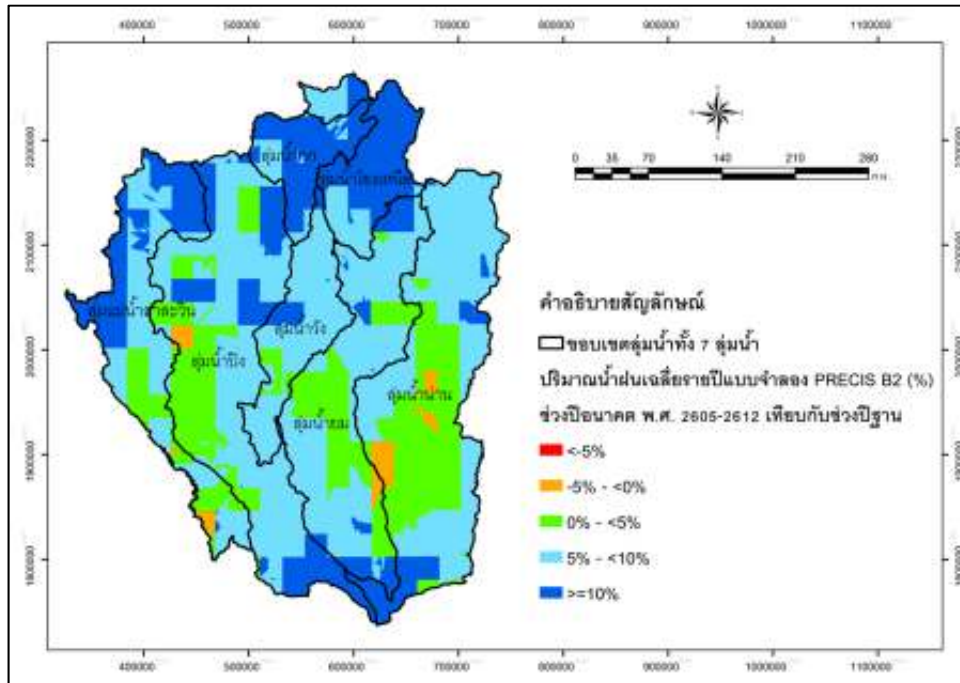
รูปที่ 4-89 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2575-2584 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



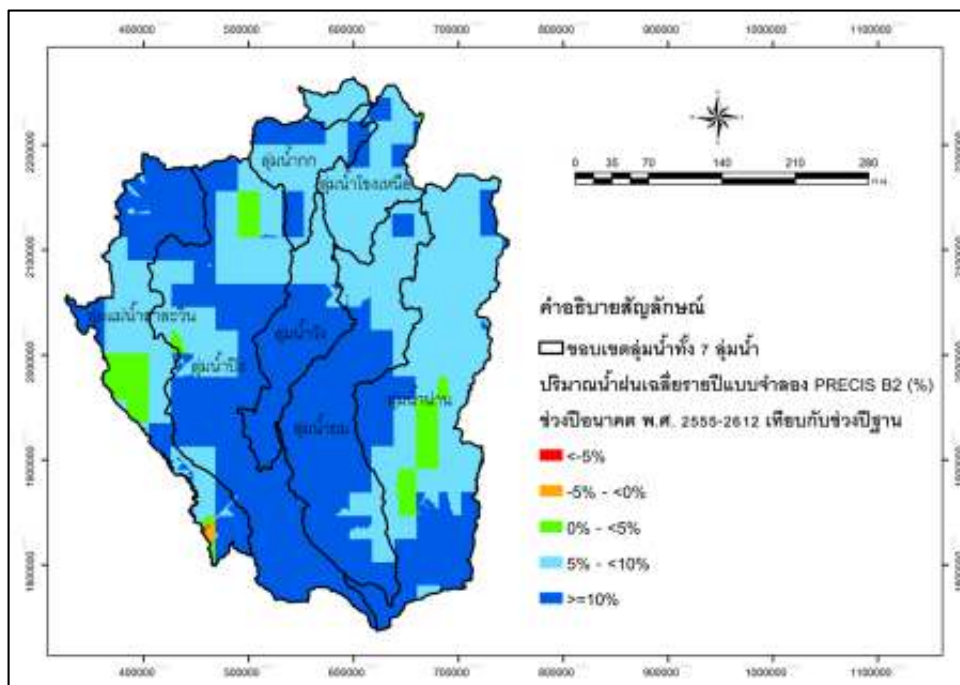
รูปที่ 4-90 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2585-2594 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 4-91 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2595-2604 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 4-92 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2605-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



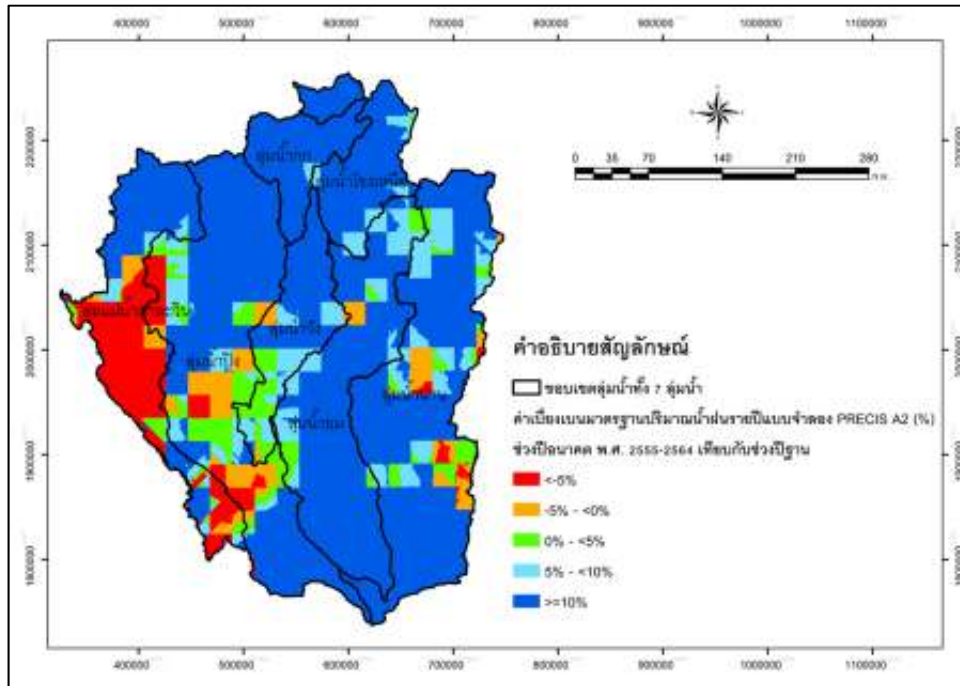
รูปที่ 4-93 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

ผลลัพธ์แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในรูปที่ 4-87 ถึง 4-93 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในบางพื้นที่ แต่ในบางพื้นที่มีแนวโน้มลดลง เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีเฉลี่ยทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาทั้ง 7 ลุ่มน้ำ พบว่าในช่วงที่ 1 (พ.ศ. 2555-2564), ช่วงที่ 2 (พ.ศ. 2565-2574), ช่วงที่ 3 (พ.ศ. 2575-2584), ช่วงที่ 5 (พ.ศ. 2595-2604) และช่วงที่ 6 (พ.ศ. 2605-2612) มีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีเพิ่มขึ้น 22%, 6%, 10%, 18%, และ 8% ตามลำดับ ส่วนในช่วงที่ 4 (พ.ศ. 2585-2594) มีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีลดลง 1% สำหรับในภาพรวม 58 ปี (พ.ศ. 2555-2612) พบว่ามีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีเพิ่มขึ้น 10% เมื่อเทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

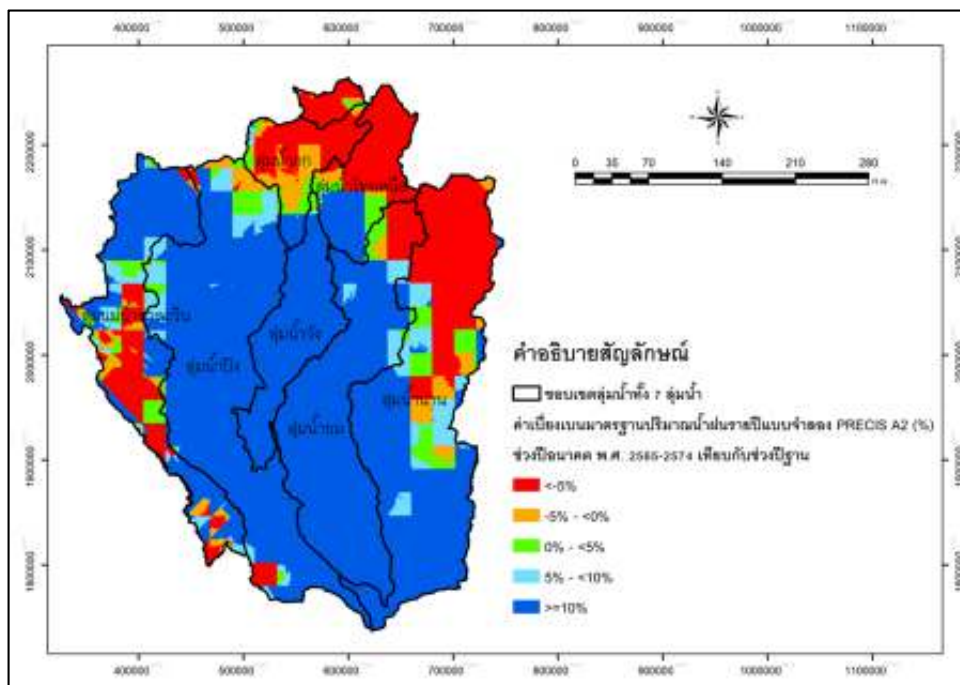
ข) แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

- แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2

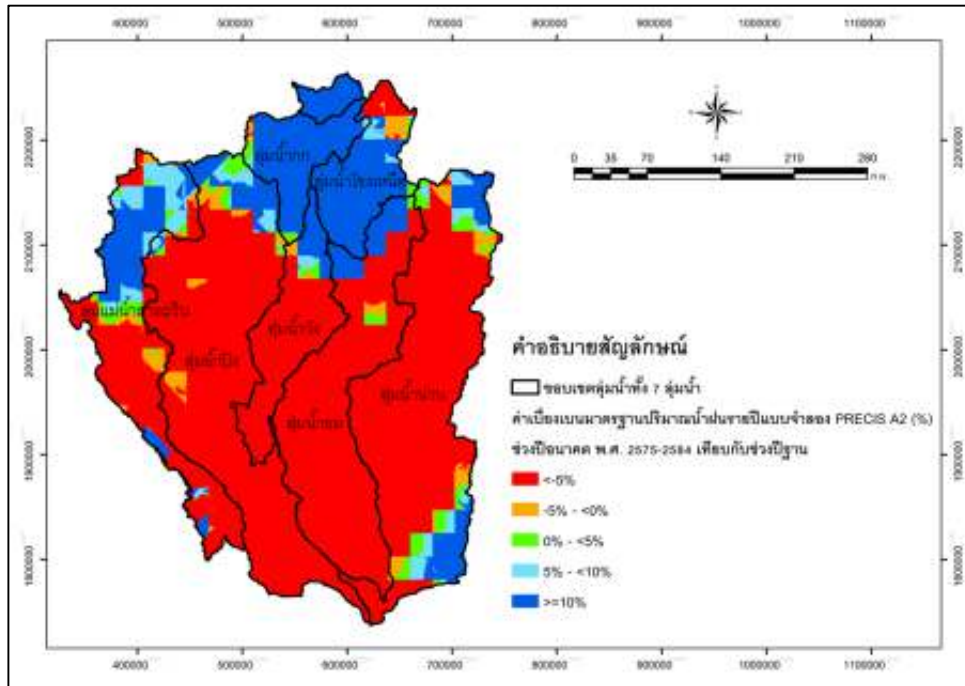
ผลการจัดทำแผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ของช่วงที่ 1 ถึง 6 และในภาพรวม 58 ปี แสดงในรูปที่ 4-94 ถึง 4-100 ตามลำดับ



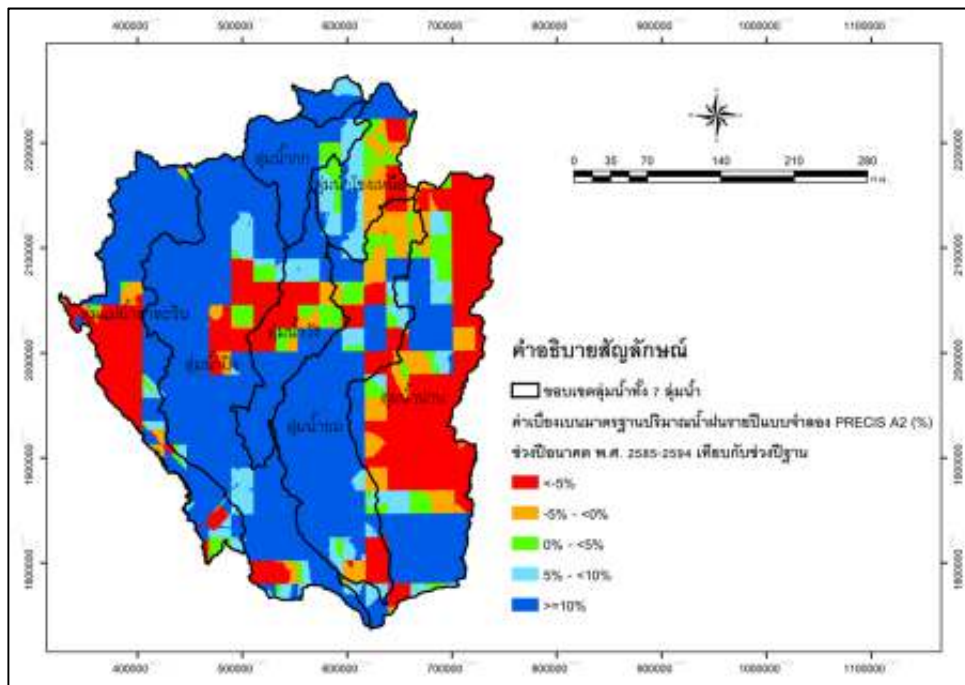
รูปที่ 4-94 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2564 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



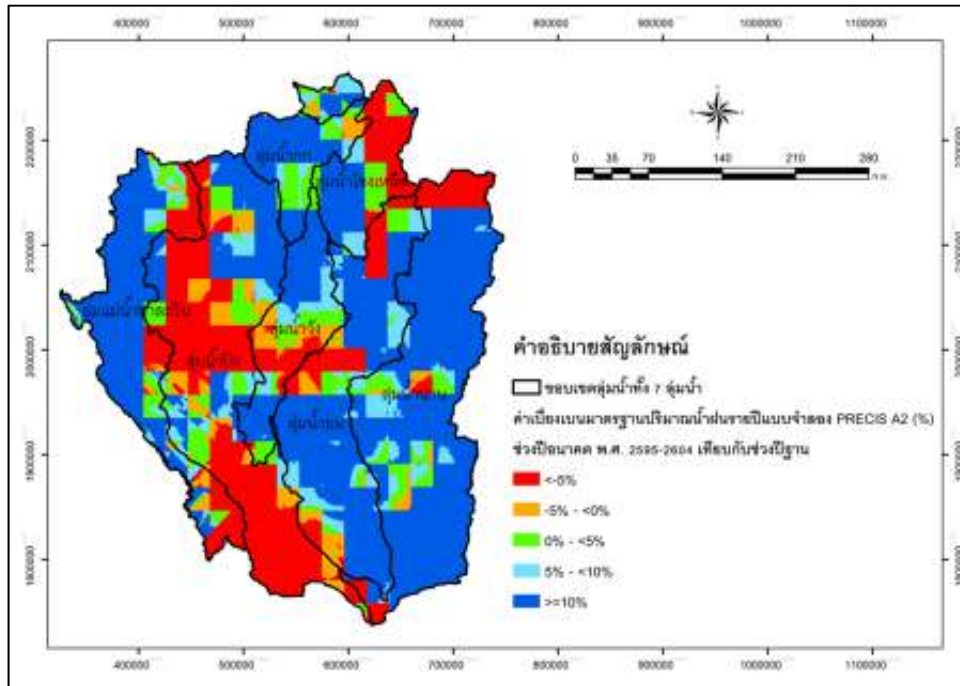
รูปที่ 4-95 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2565-2574 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



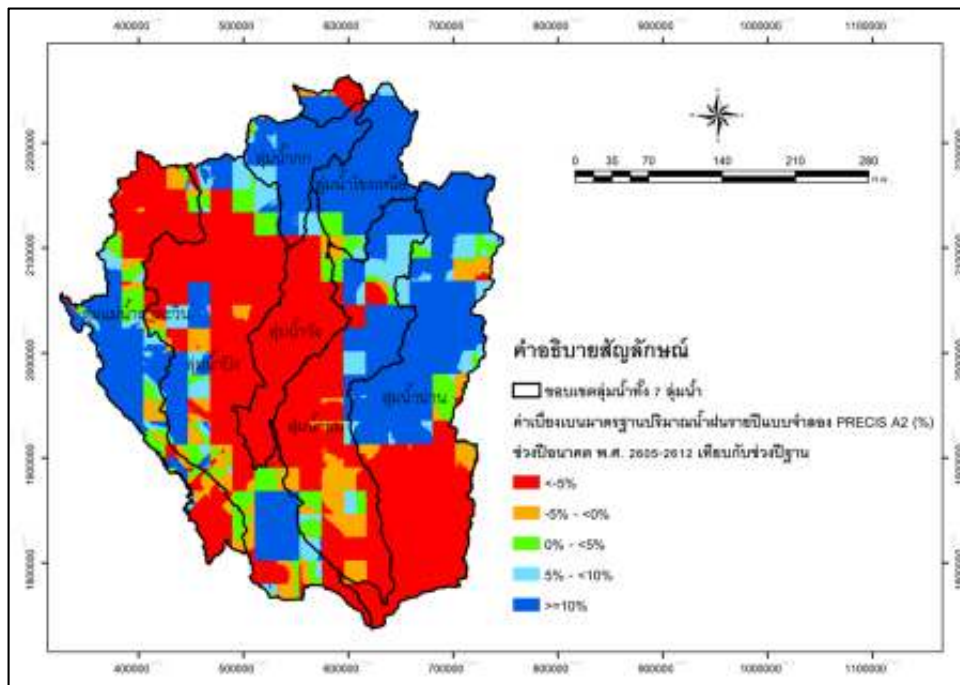
รูปที่ 4-96 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2575-2584 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



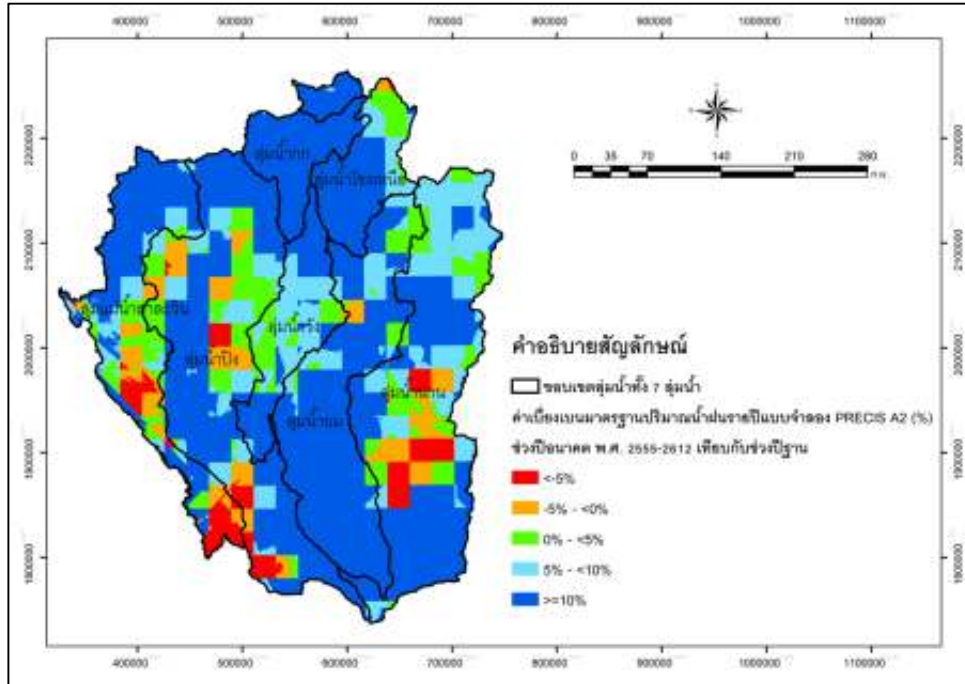
รูปที่ 4-97 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2585-2594 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 4-98 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2595-2604 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 4-99 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2605-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

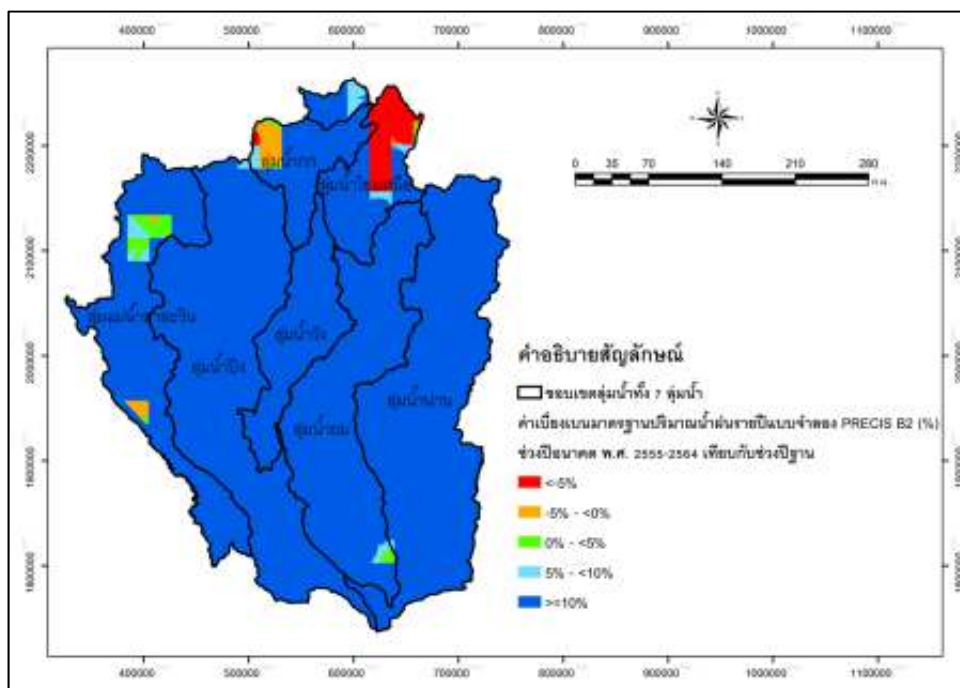


รูปที่ 4-100 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

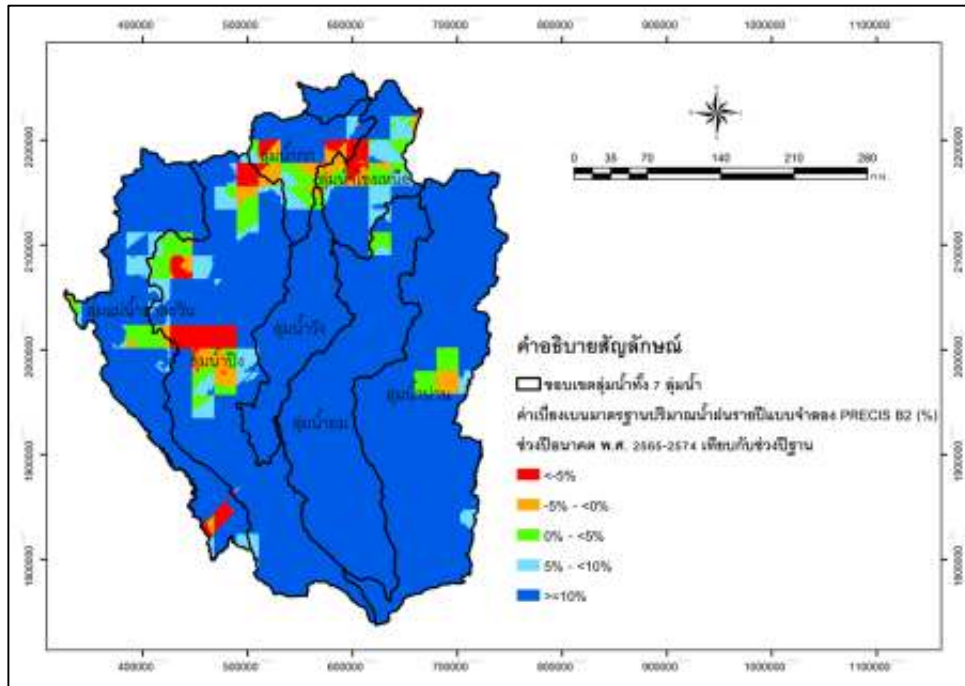
ผลลัพธ์แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในรูปที่ 4-94 ถึง 4-100 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในบางพื้นที่ แต่ในบางพื้นที่มีแนวโน้มลดลง ซึ่งแสดงว่าในแต่ละพื้นที่ที่มีความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในอนาคตที่ต่างกัน เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาทั้ง 7 ลุ่มน้ำ พบว่าในช่วงที่ 1 (พ.ศ. 2555-2564), ช่วงที่ 2 (พ.ศ. 2565-2574), ช่วงที่ 4 (พ.ศ. 2585-2594), ช่วงที่ 5 (พ.ศ. 2595-2604) และช่วงที่ 6 (พ.ศ. 2605-2612) มีแนวโน้มค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีเพิ่มขึ้น 23%, 24%, 14%, 10%, และ 1% ตามลำดับ ส่วนในช่วงที่ 3 (พ.ศ. 2575-2584) มีแนวโน้มค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีลดลง 13% สำหรับในภาพรวม 58 ปี (พ.ศ. 2555-2612) พบว่ามีแนวโน้มค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีเพิ่มขึ้น 15% เมื่อเทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

- แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2

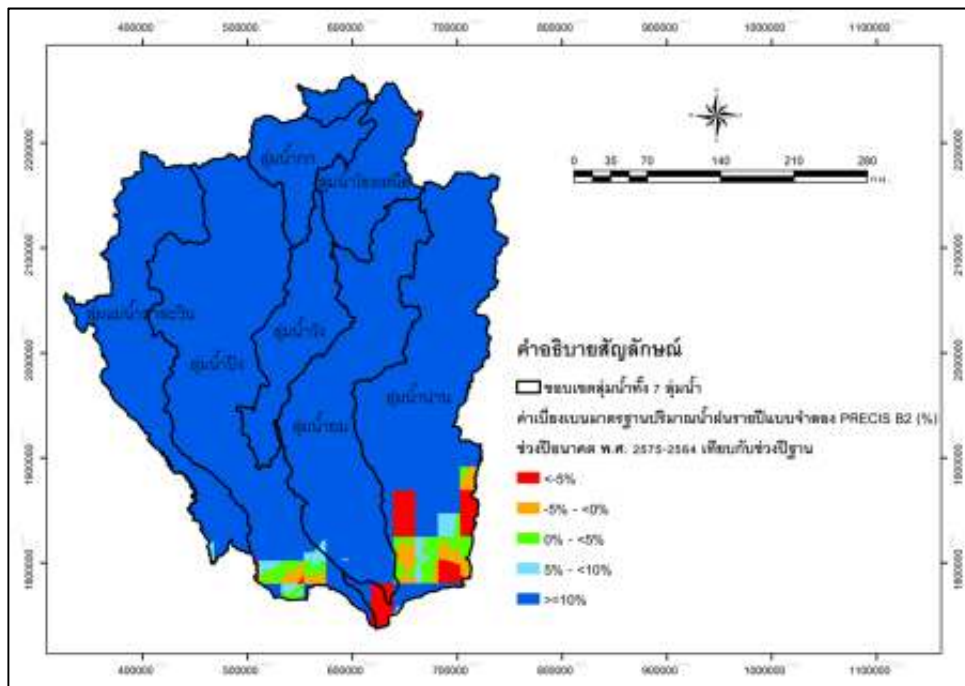
ผลการจัดทำแผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ของช่วงที่ 1 ถึง 6 และในภาพรวม 58 ปี แสดงในรูปที่ 4-101 ถึง 4-107 ตามลำดับ



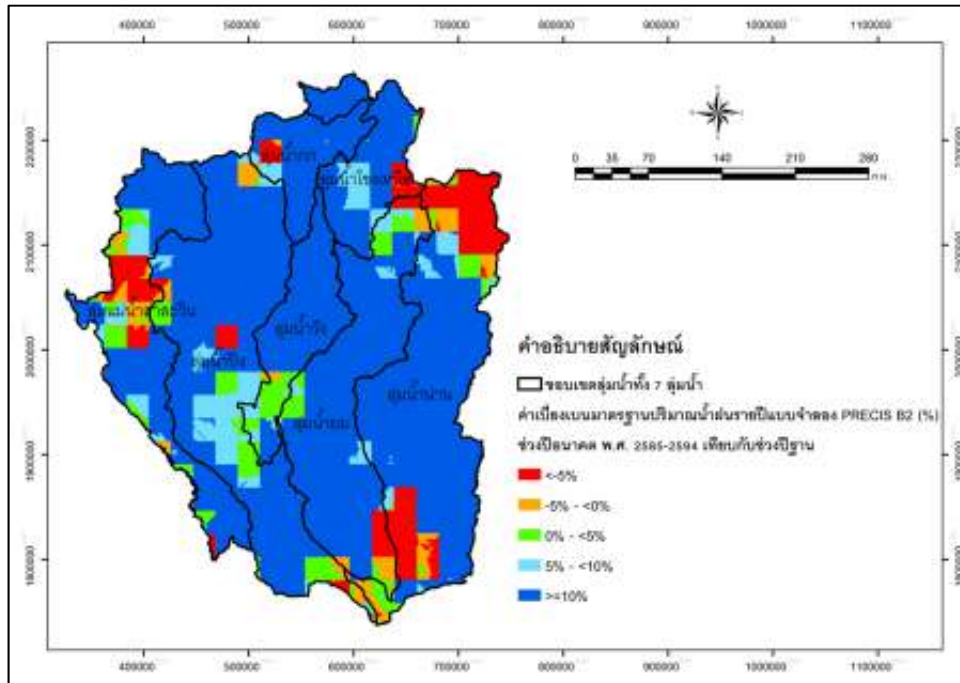
รูปที่ 4-101 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2564 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



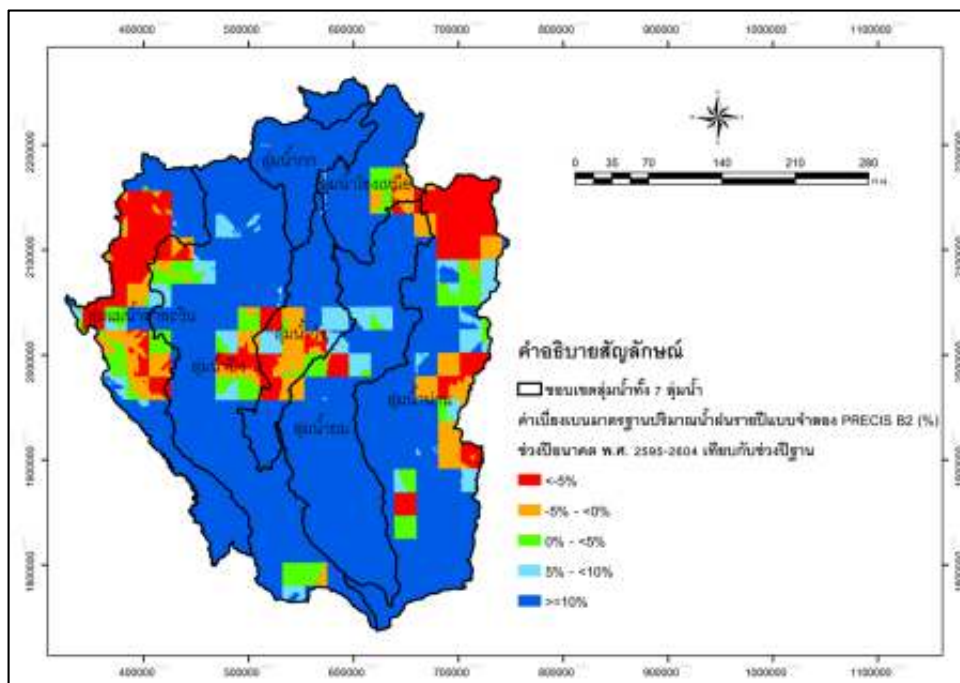
รูปที่ 4-102 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2565-2574 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2555



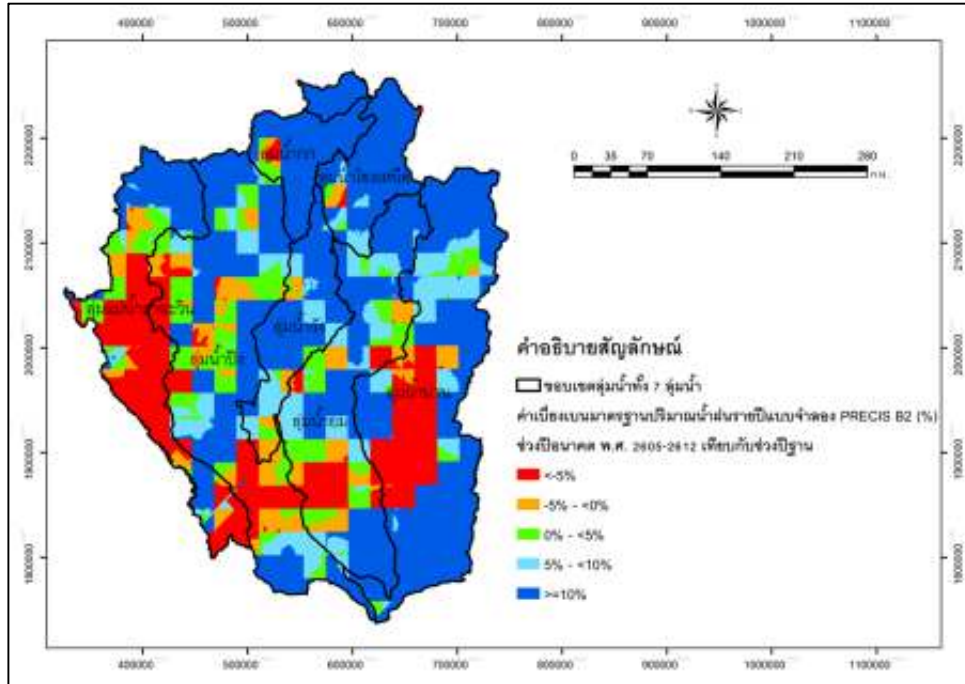
รูปที่ 4-103 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2575-2584 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



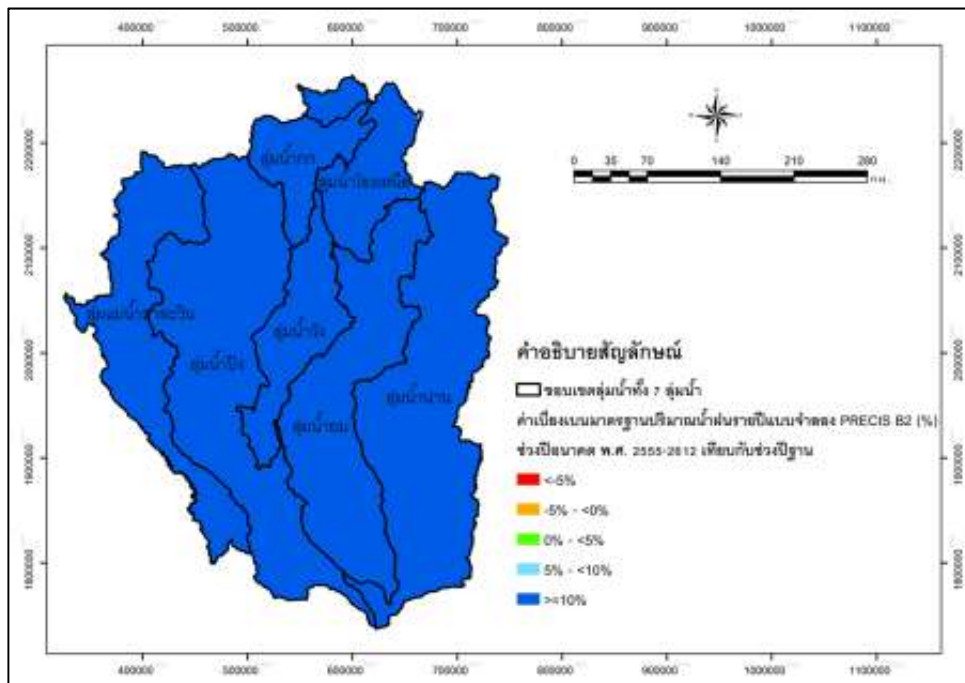
รูปที่ 4-104 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2585-2594 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 4-105 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2595-2604 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 4-106 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2605-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



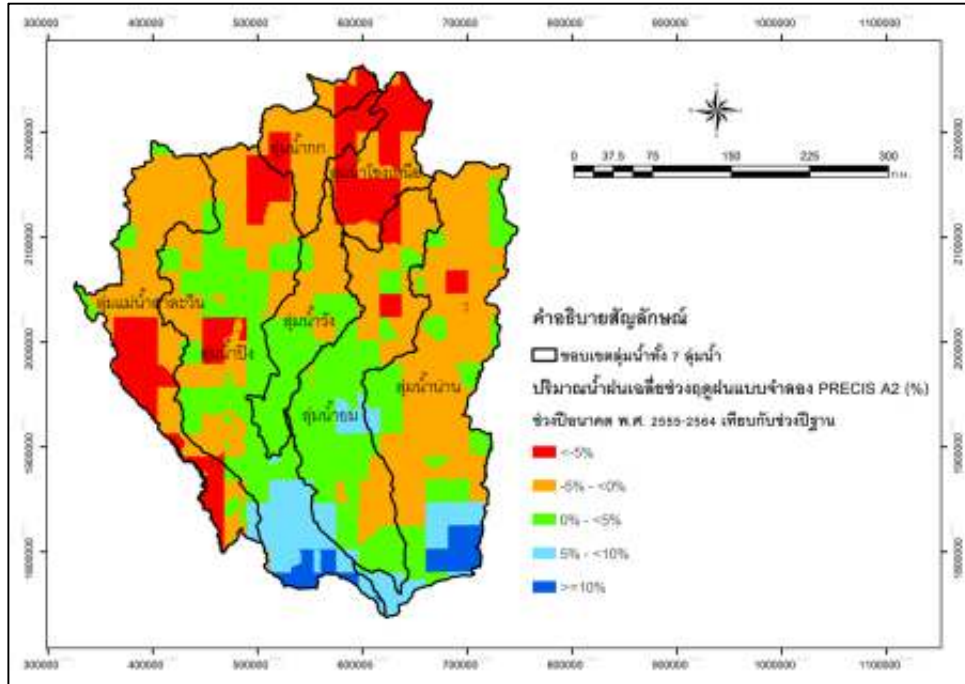
รูปที่ 4-107 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

ผลลัพธ์แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในรูปที่ 4-101 ถึง 4-107 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในบางพื้นที่ แต่ในบางพื้นที่มีแนวโน้มลดลง ซึ่งแสดงว่าในแต่ละพื้นที่มีความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในอนาคตที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาทั้ง 7 ลุ่มน้ำ พบว่าในช่วงที่ 1 (พ.ศ. 2555-2564), ช่วงที่ 2 (พ.ศ. 2565-2574), ช่วงที่ 3 (พ.ศ. 2575-2584), ช่วงที่ 4 (พ.ศ. 2585-2594), ช่วงที่ 5 (พ.ศ. 2595-2604) และช่วงที่ 6 (พ.ศ. 2605-2612) มีแนวโน้มค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีเพิ่มขึ้น 239%, 31%, 72%, 20%, 23% และ 13% ตามลำดับ สำหรับในภาพรวม 58 ปี (พ.ศ. 2555-2612) พบว่ามีแนวโน้มค่า Standard deviation ของปริมาณน้ำฝนรายปีเพิ่มขึ้น 94% เมื่อเทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

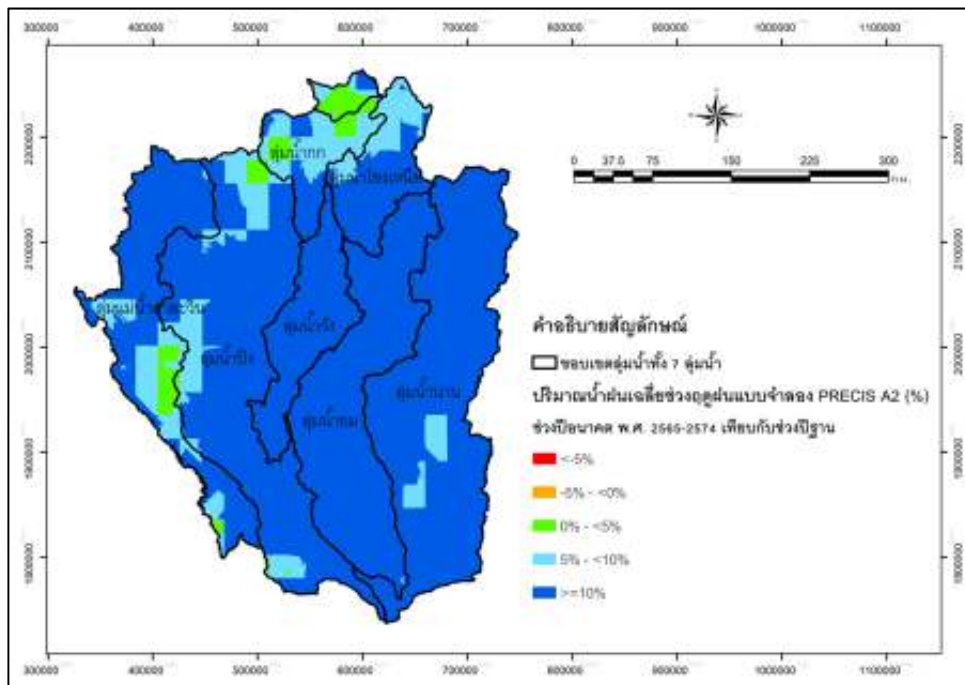
ค) แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

- แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2

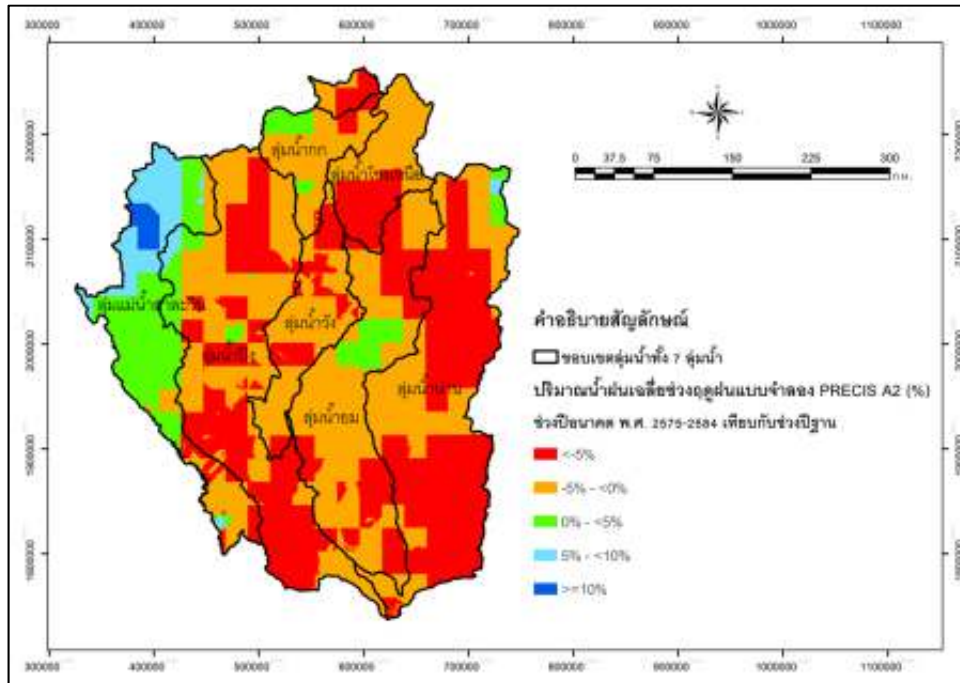
ผลการจัดทำแผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ของช่วงที่ 1 ถึง 6 และในภาพรวม 58 ปี แสดงในรูปที่ 4-108 ถึง 4-114 ตามลำดับ



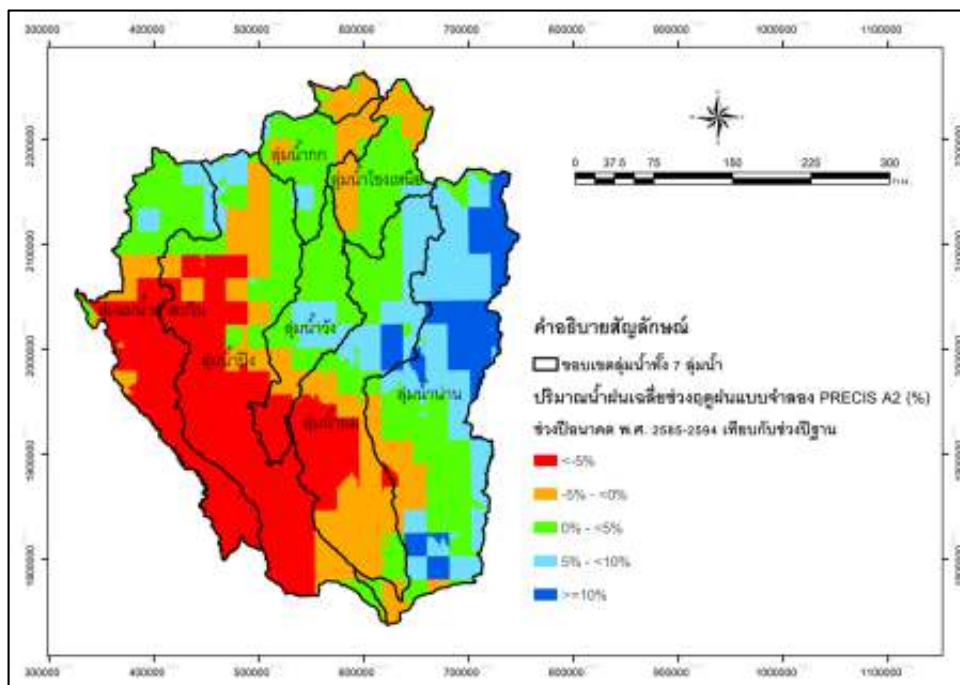
รูปที่ 4-108 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2564 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



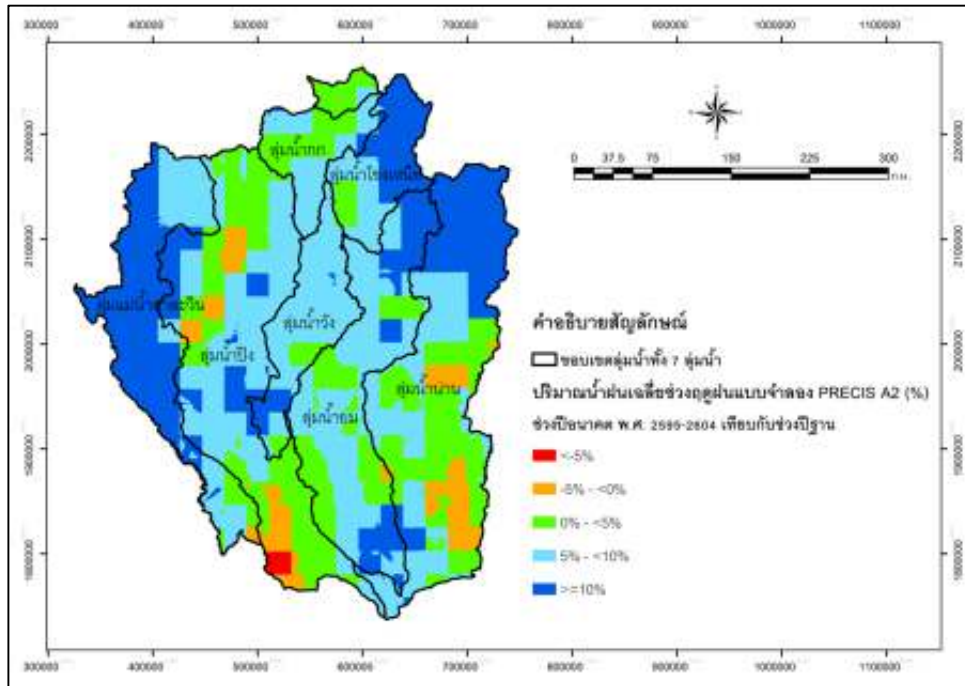
รูปที่ 4-109 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2565-2574 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



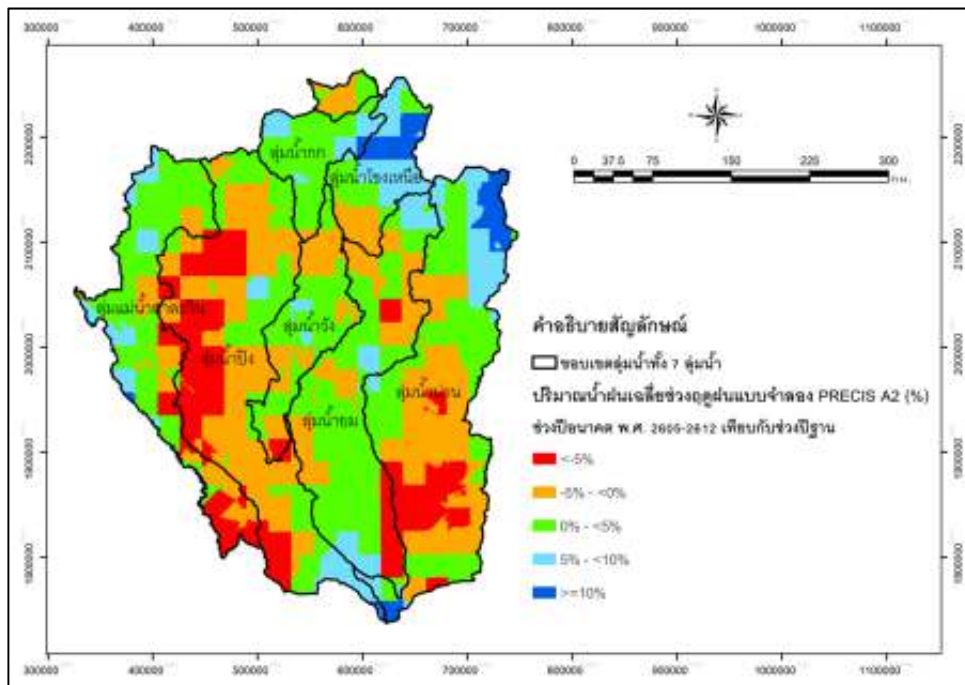
รูปที่ 4-110 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2575-2584 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



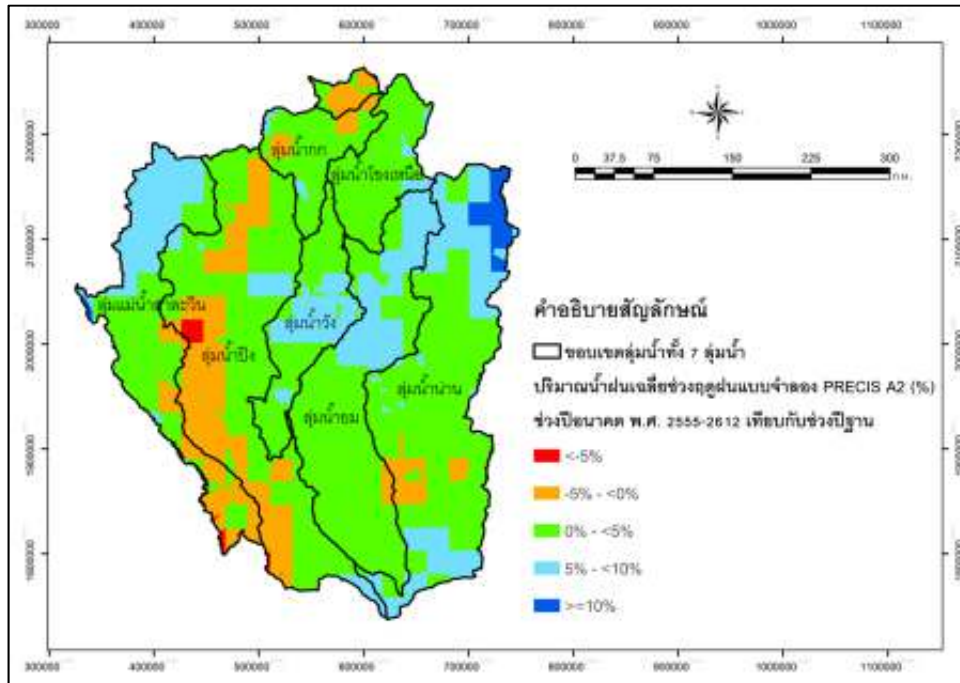
รูปที่ 4-111 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2585-2594 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 4-112 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2595-2604 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 4-113 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2605-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

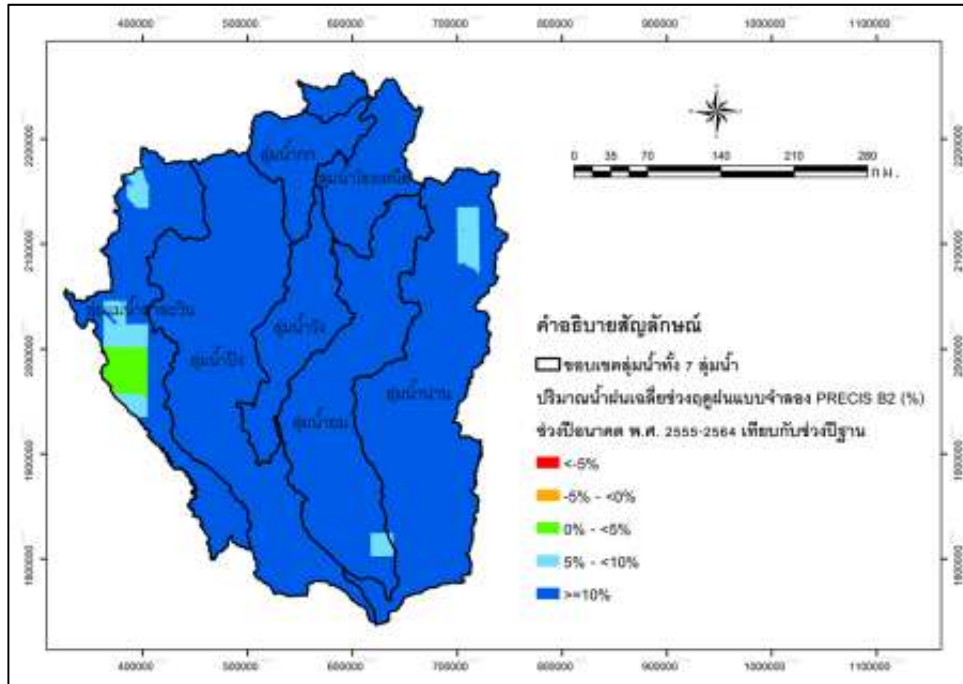


รูปที่ 4-114 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

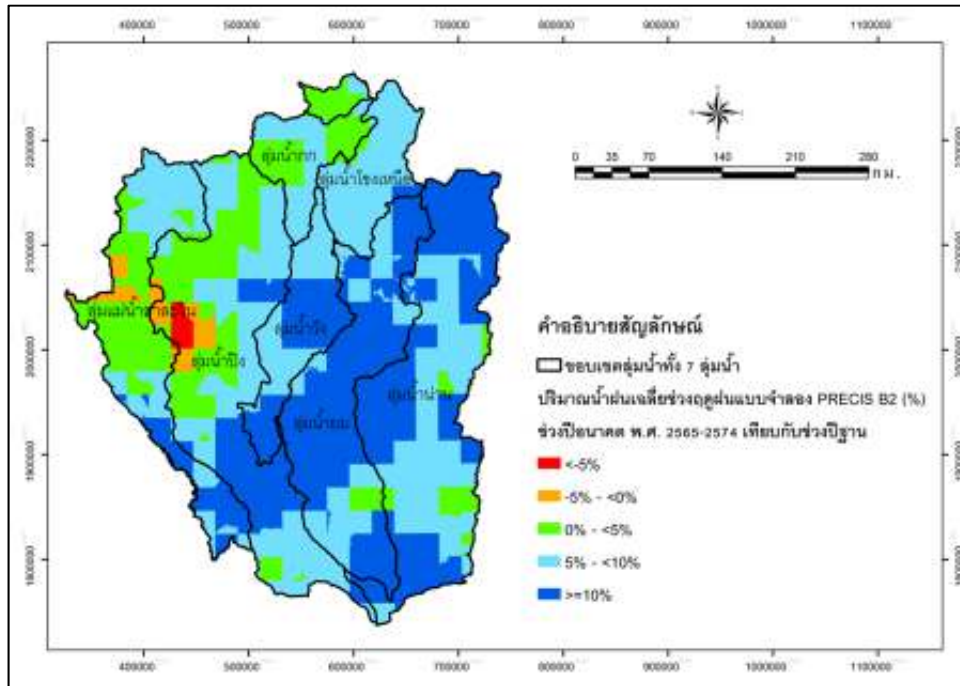
ผลลัพธ์แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในรูปที่ 4-108 ถึง 4-114 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยช่วงฤดูฝนในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในบางพื้นที่ แต่ในบางพื้นที่มีแนวโน้มลดลง เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนเฉลี่ยทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาทั้ง 7 ลุ่มน้ำ พบว่าในช่วงที่ 2 (พ.ศ. 2565-2574), ช่วงที่ 5 (พ.ศ. 2595-2604) และช่วงที่ 6 (พ.ศ. 2605-2612) มีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนเพิ่มขึ้น 15%, 8%, และ 0.5% ตามลำดับ ส่วนในช่วงที่ 1 (พ.ศ. 2555-2564), ช่วงที่ 3 (พ.ศ. 2575-2584) และ ช่วงที่ 4 (พ.ศ. 2585-2594) มีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนลดลง 1%, 4%, และ 1% ตามลำดับ สำหรับในภาพรวม 58 ปี (พ.ศ. 2555-2612) พบว่ามีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนเพิ่มขึ้น 3% เมื่อเทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

- แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2

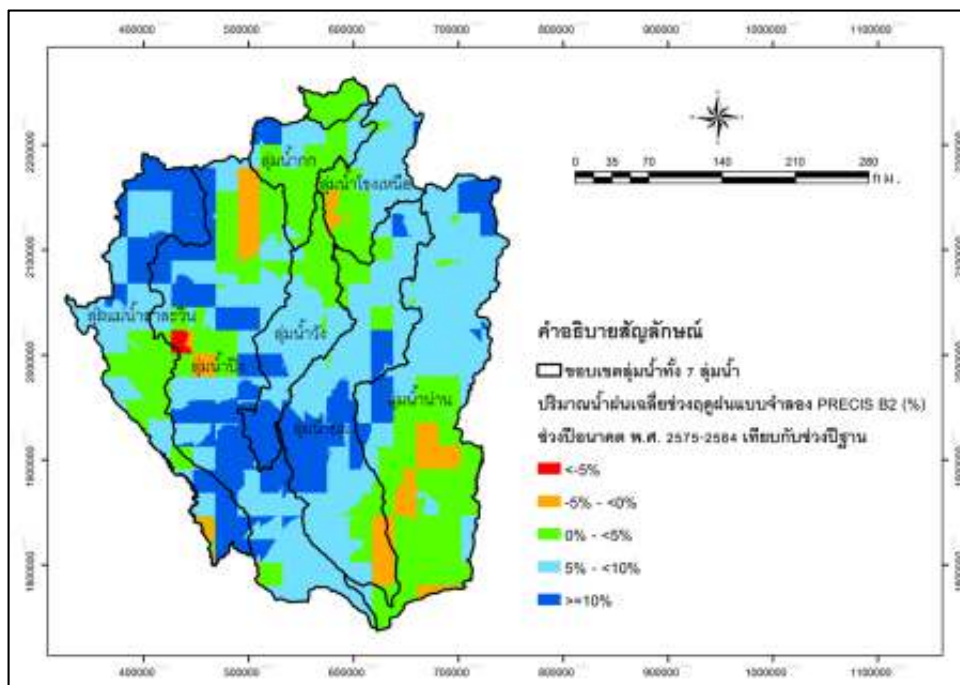
ผลการจัดทำแผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ของช่วงที่ 1 ถึง 6 และในภาพรวม 58 ปี แสดงในรูปที่ 4-115 ถึง 4-121 ตามลำดับ



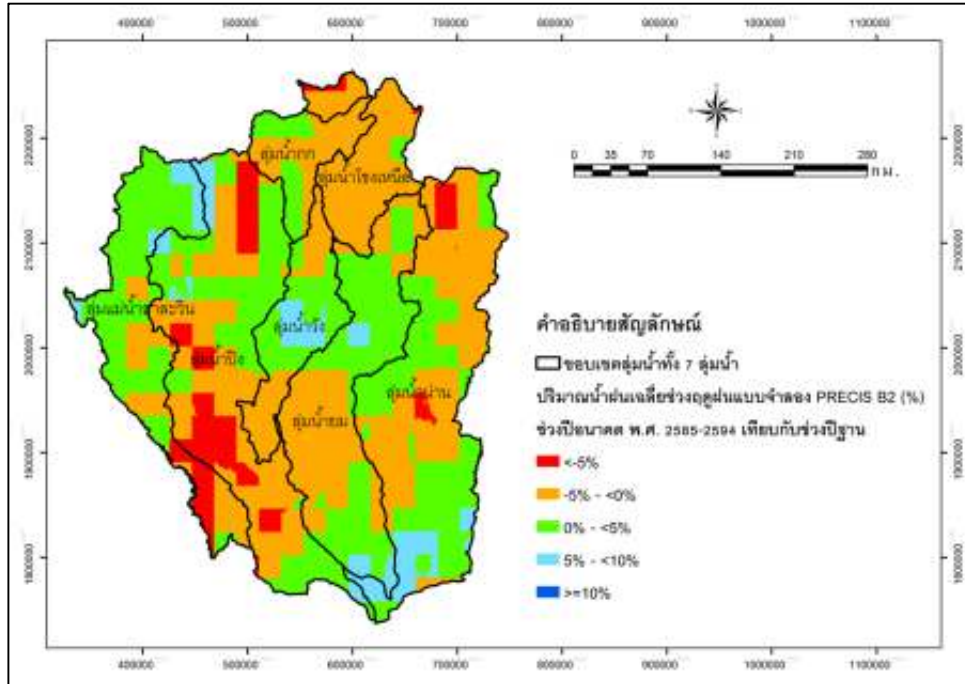
รูปที่ 4-115 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2564 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



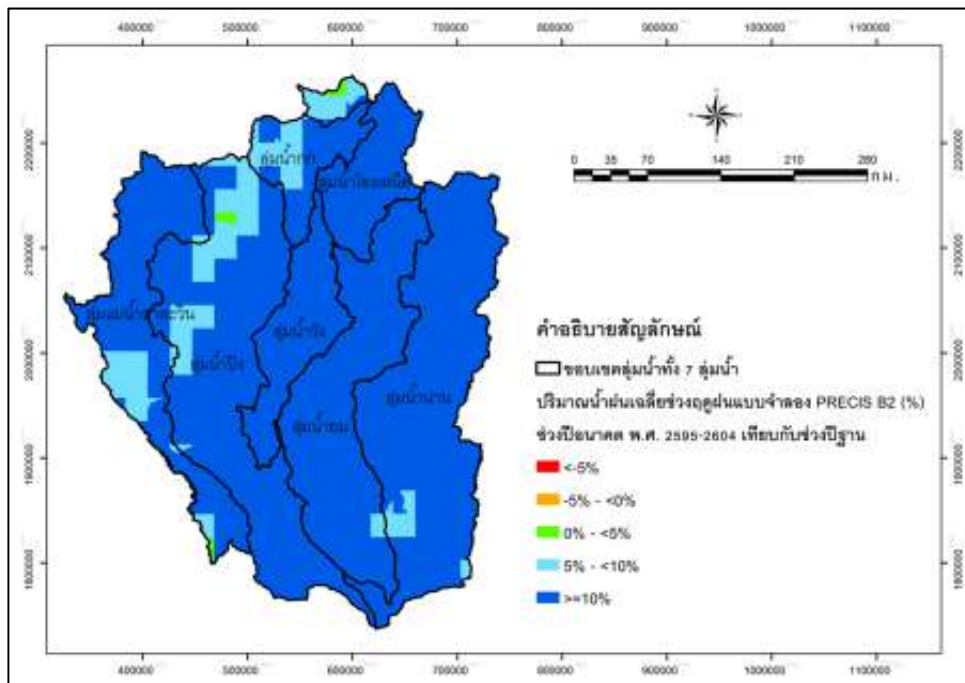
รูปที่ 4-116 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2565-2574 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



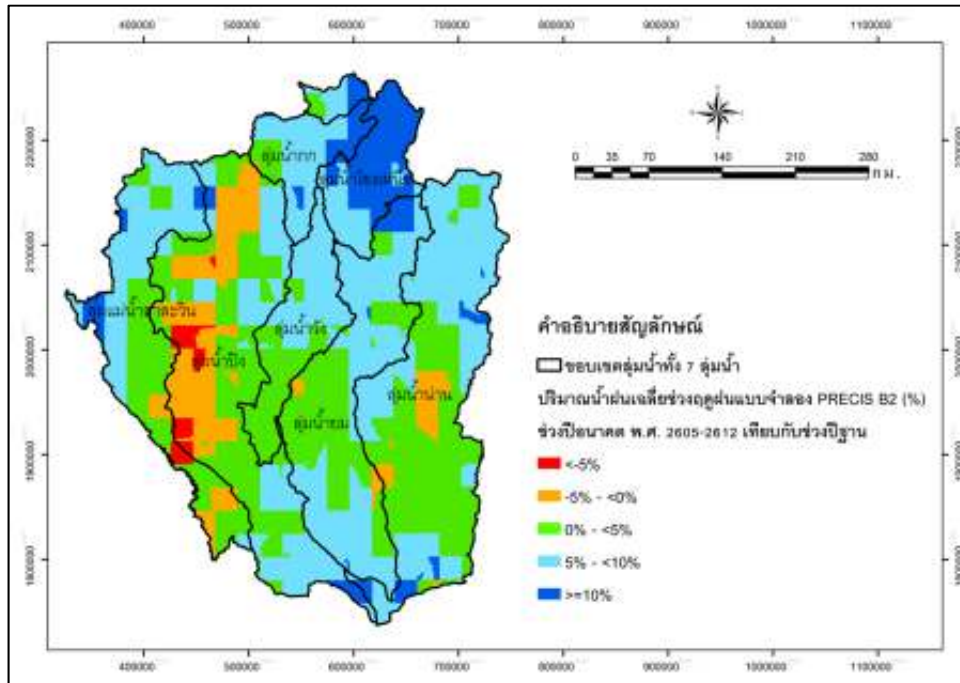
รูปที่ 4-117 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2575-2584 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



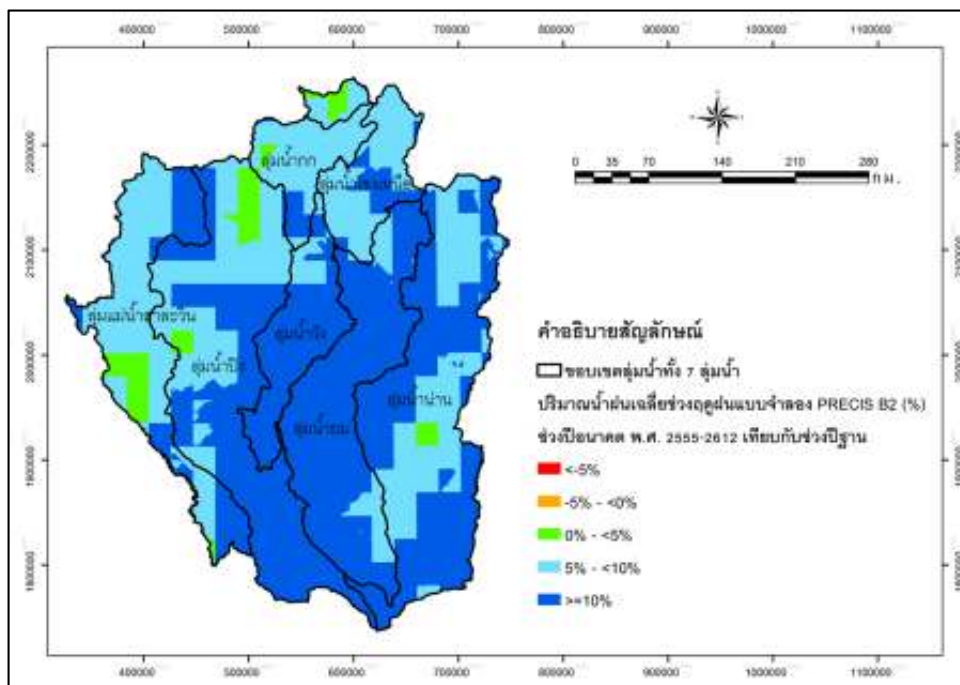
รูปที่ 4-118 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2585-2594 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 4-119 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2595-2604 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 4-120 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2605-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



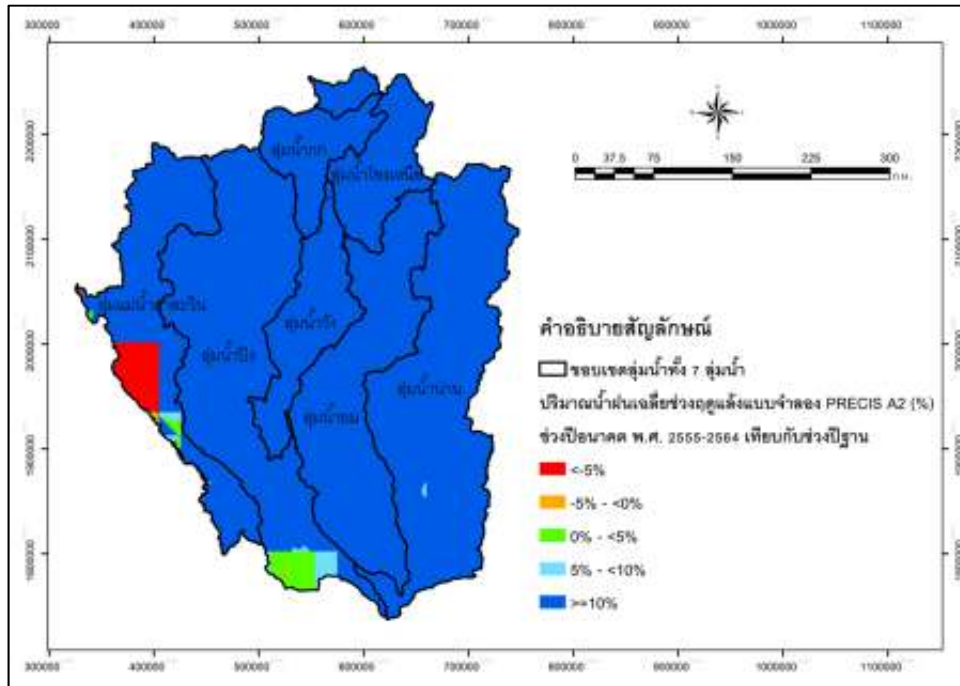
รูปที่ 4-121 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

ผลลัพธ์แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในรูปที่ 4-115 ถึง 4-121 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยช่วงฤดูฝนในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในบางพื้นที่ แต่ในบางพื้นที่มีแนวโน้มลดลง เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนเฉลี่ยทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาทั้ง 7 ลุ่มน้ำ พบว่าในช่วงที่ 1 (พ.ศ. 2555-2564), ช่วงที่ 2 (พ.ศ. 2565-2574), ช่วงที่ 3 (พ.ศ. 2575-2584), ช่วงที่ 5 (พ.ศ. 2595-2604) และช่วงที่ 6 (พ.ศ. 2605-2612) มีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนเพิ่มขึ้น 28%, 8%, 7%, 15% และ 5% ตามลำดับ ส่วนในช่วงที่ 4 (พ.ศ. 2585-2594) มีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนลดลง 0.1% สำหรับในภาพรวม 58 ปี (พ.ศ. 2555-2612) พบว่ามีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนเพิ่มขึ้น 11% เมื่อเทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

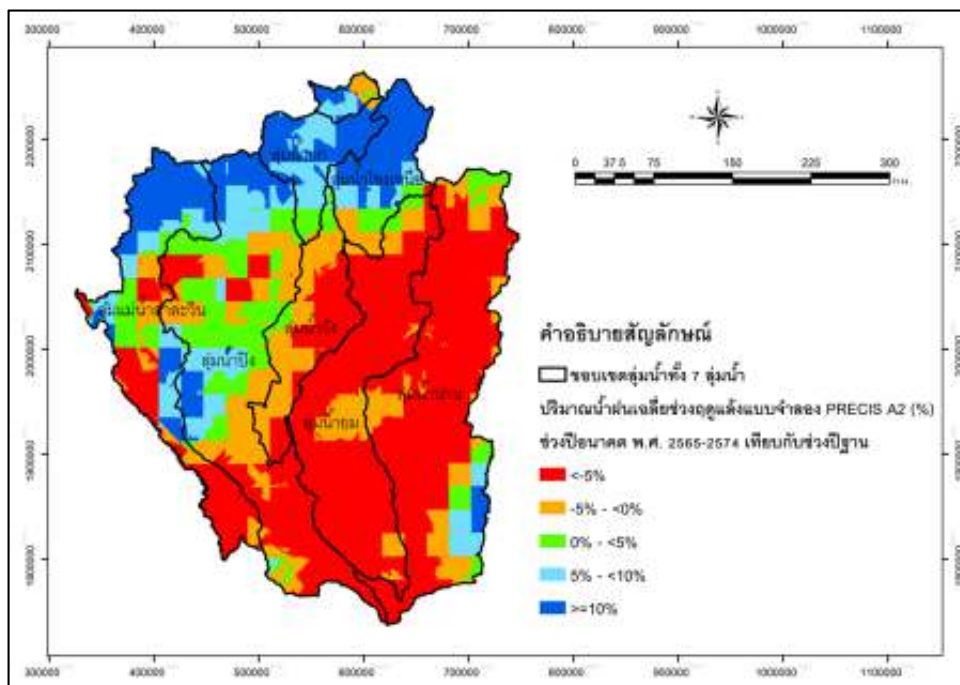
- ง) แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

- แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2

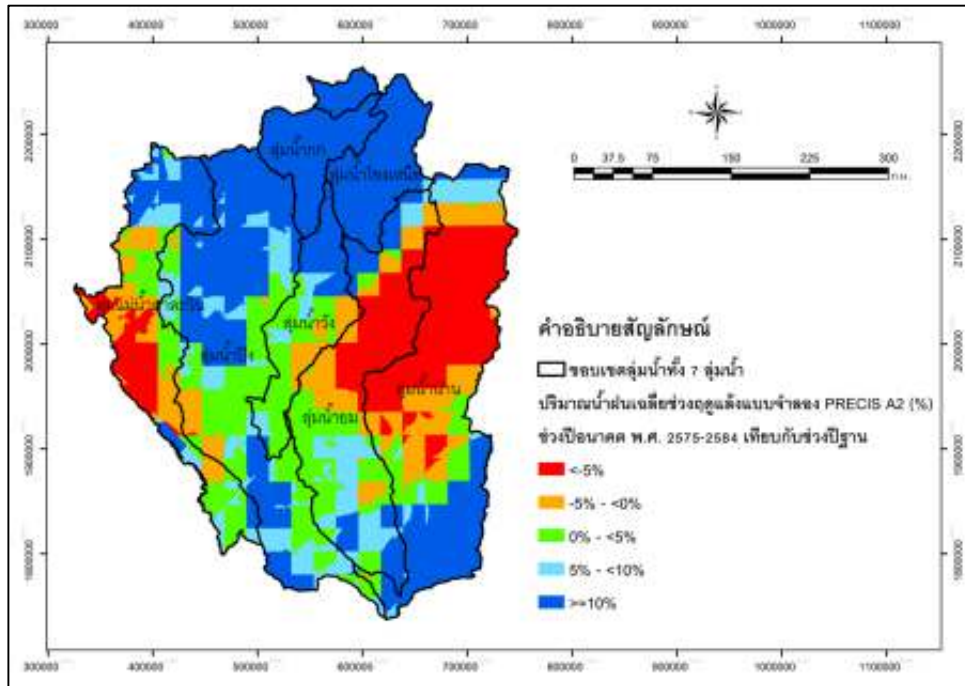
ผลการจัดทำแผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ของช่วงที่ 1 ถึง 6 และในภาพรวม 58 ปี แสดงในรูปที่ 4-122 ถึง 4-128 ตามลำดับ



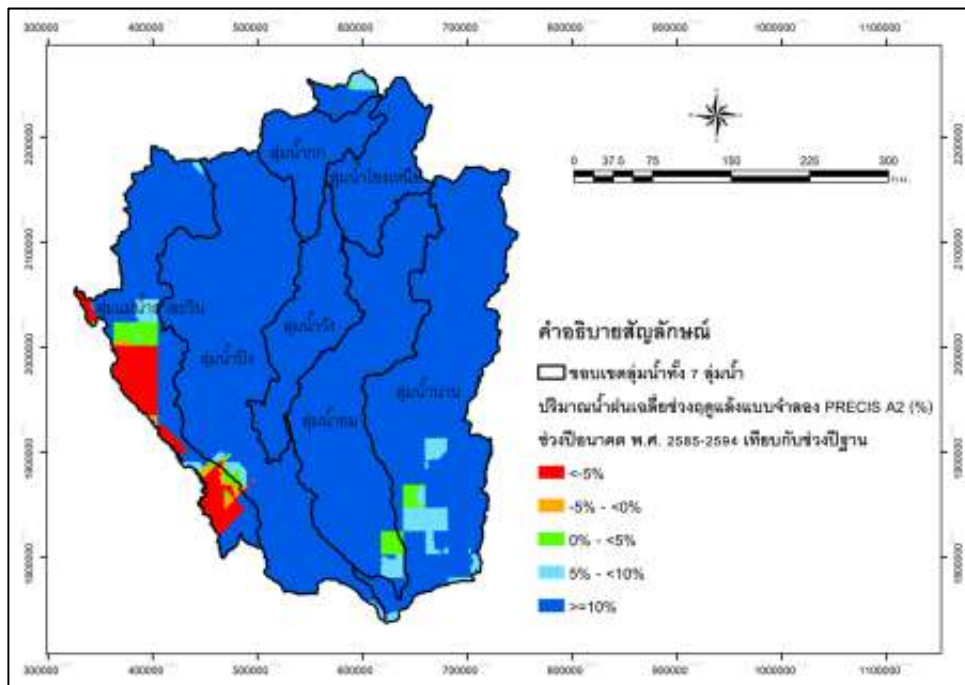
รูปที่ 4-122 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2564 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



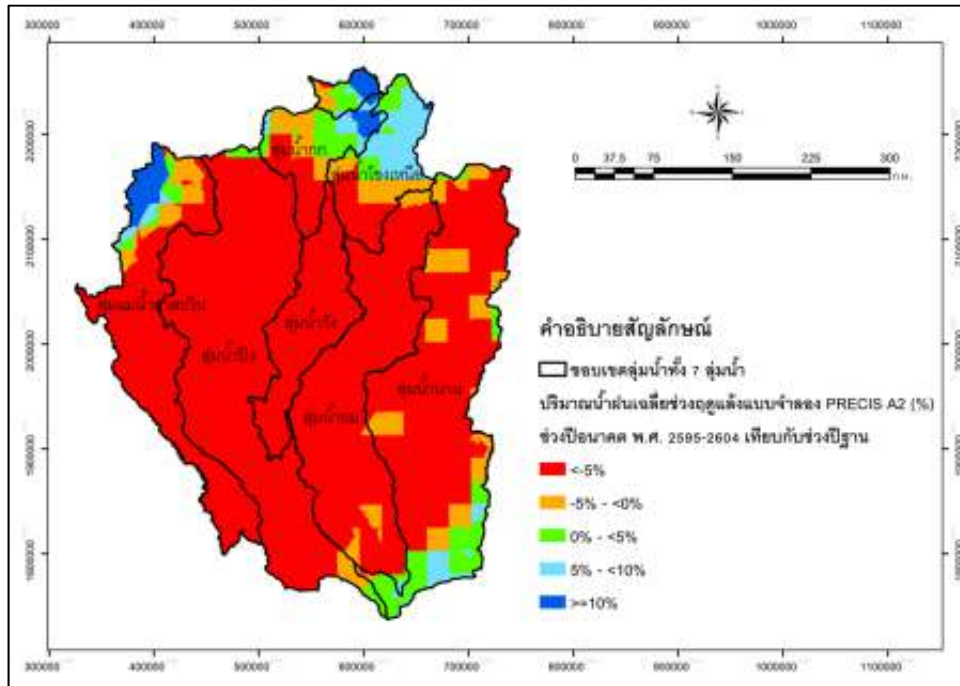
รูปที่ 4-123 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2565-2574 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



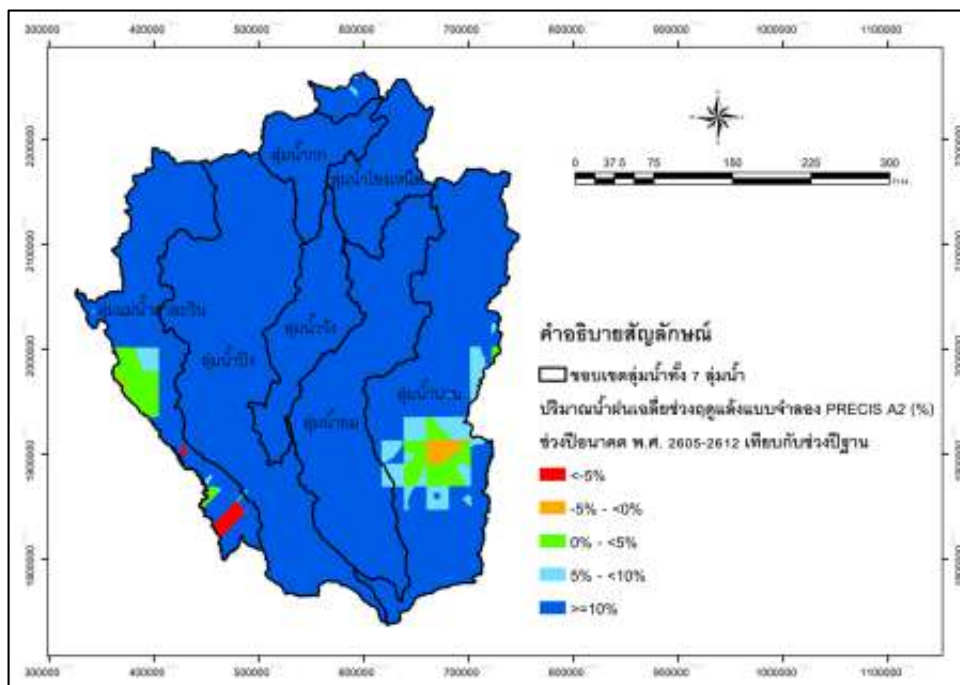
รูปที่ 4-124 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2575-2584 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



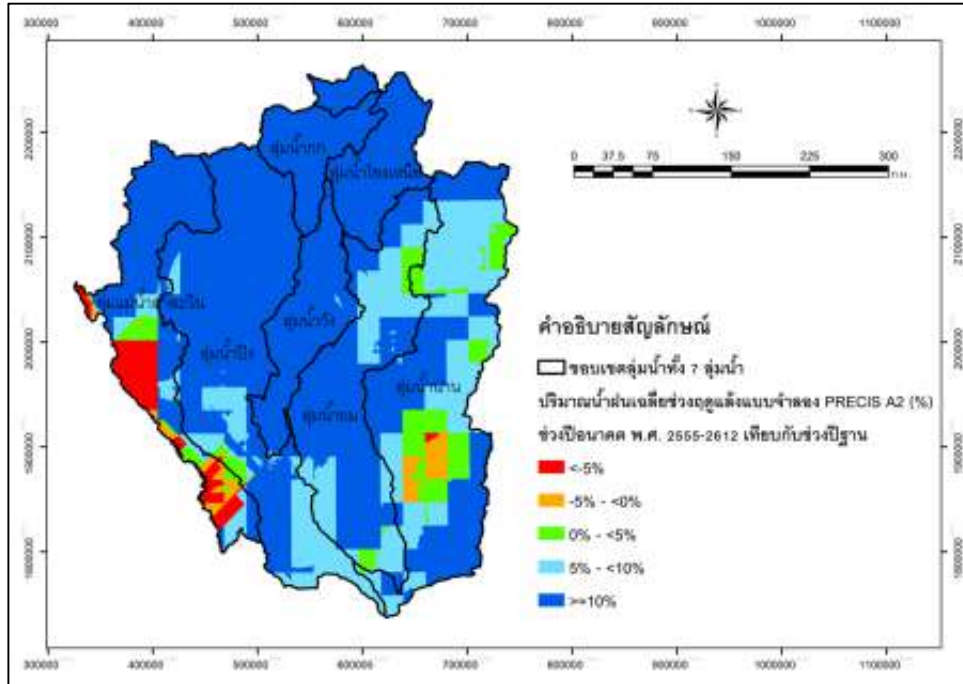
รูปที่ 4-125 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2585-2594 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 4-126 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2595-2604 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 4-127 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2605-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

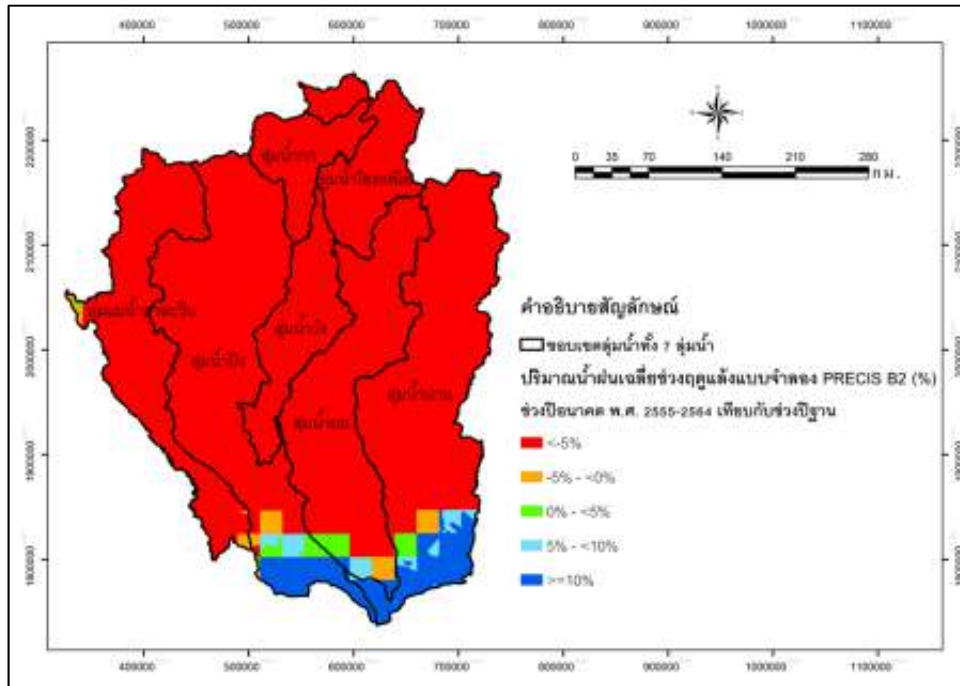


รูปที่ 4-128 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

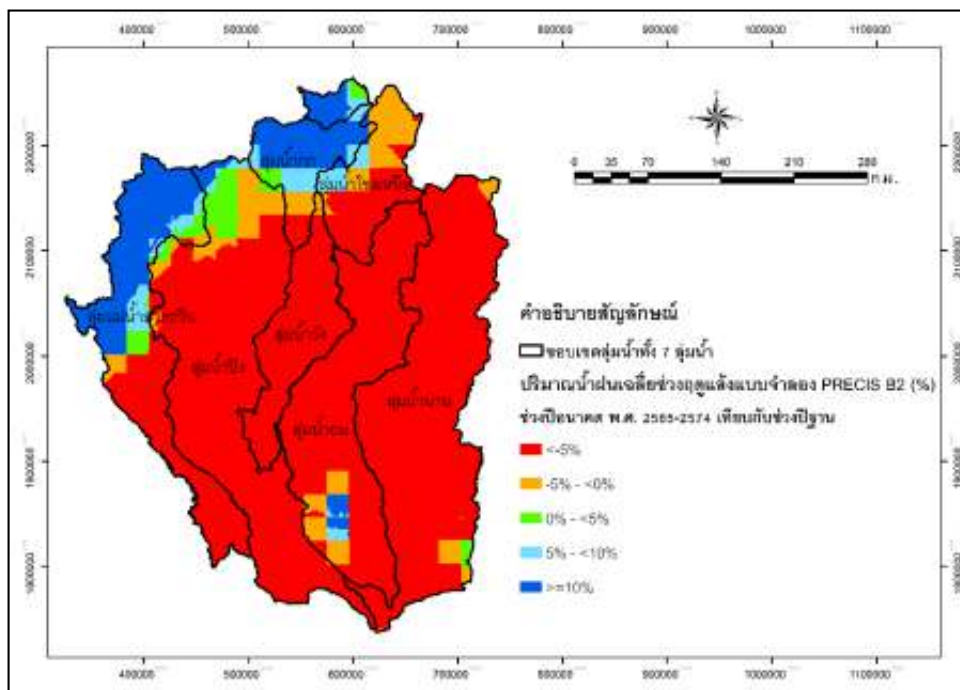
ผลลัพธ์แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในรูปที่ 4-122 ถึง 4-128 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยช่วงฤดูแล้งในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในบางพื้นที่ แต่ในบางพื้นที่มีแนวโน้มลดลง เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งเฉลี่ยทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาทั้ง 7 กลุ่มน้ำ พบว่าในช่วงที่ 1 (พ.ศ. 2555-2564), ช่วงที่ 3 (พ.ศ. 2575-2584), ช่วงที่ 4 (พ.ศ. 2585-2594) และช่วงที่ 6 (พ.ศ. 2605-2612) มีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งเพิ่มขึ้น 37%, 10%, 29%, และ 36% ตามลำดับ ส่วนในช่วงที่ 2 (พ.ศ. 2565-2574), และช่วงที่ 5 (พ.ศ. 2595-2604) มีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งลดลง 1% และ 13% ตามลำดับ สำหรับในภาพรวม 58 ปี (พ.ศ. 2555-2612) พบว่ามีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งเพิ่มขึ้น 16% เมื่อเทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

- **แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2**

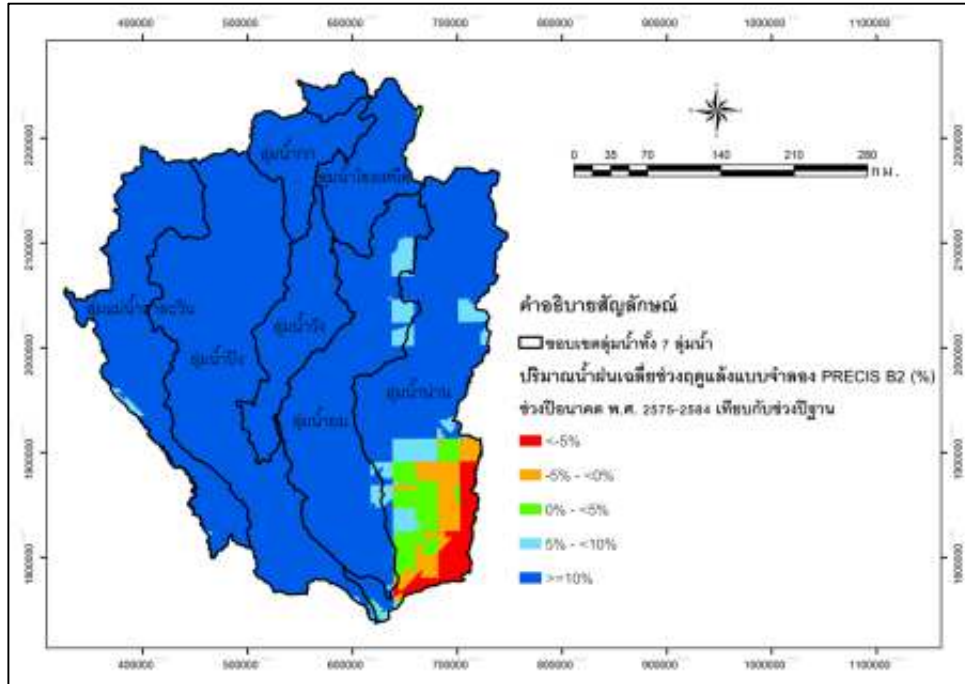
ผลการจัดทำแผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ของช่วงที่ 1 ถึง 6 และในภาพรวม 58 ปี แสดงในรูปที่ 4-129 ถึง 4-135 ตามลำดับ



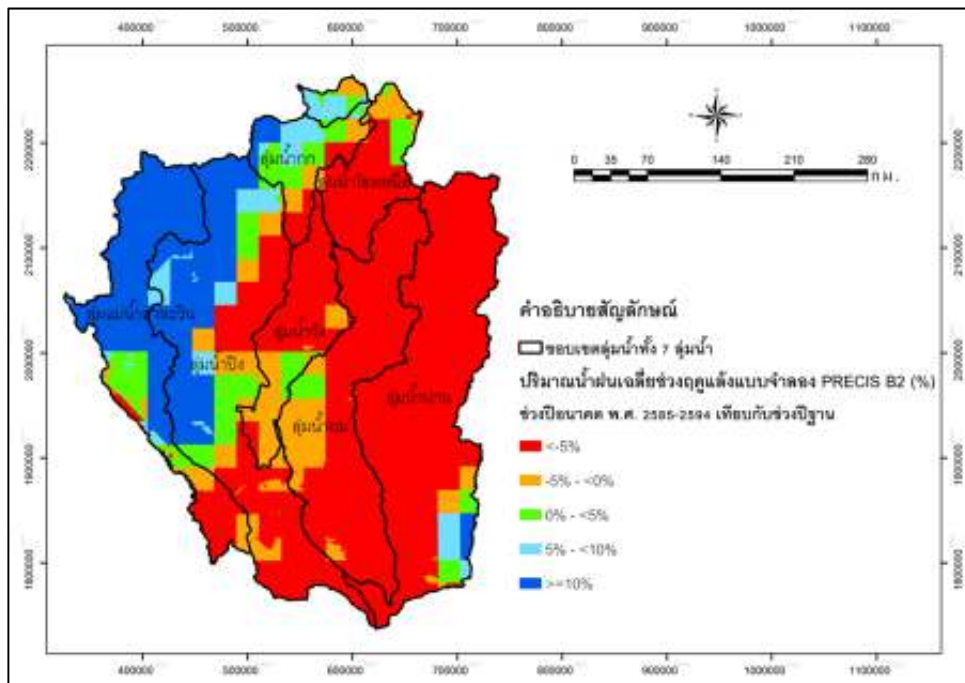
รูปที่ 4-129 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2564 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



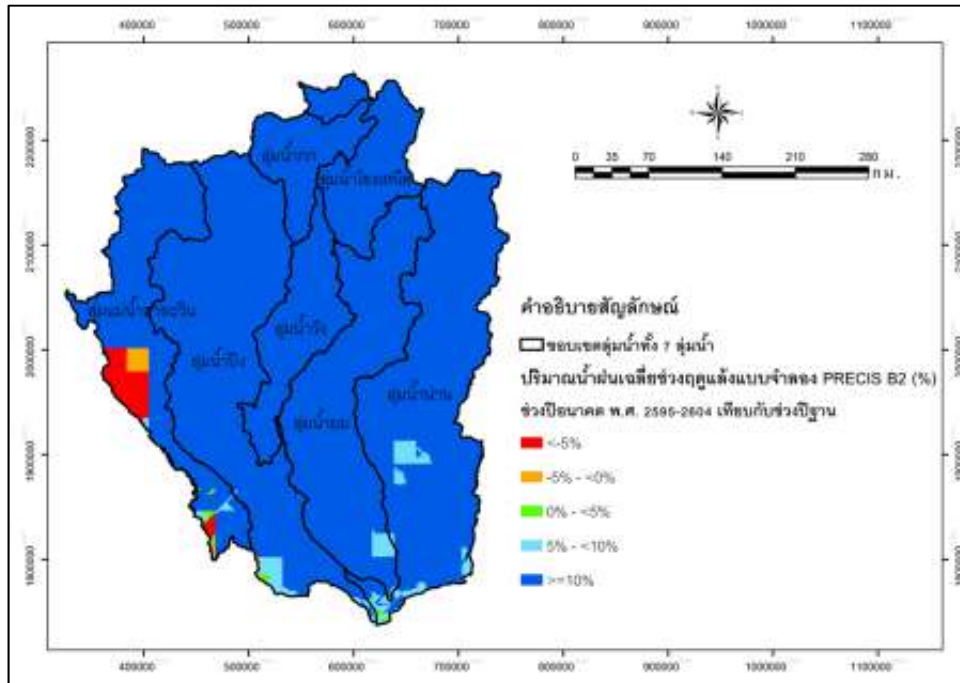
รูปที่ 4-130 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2565-2574 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



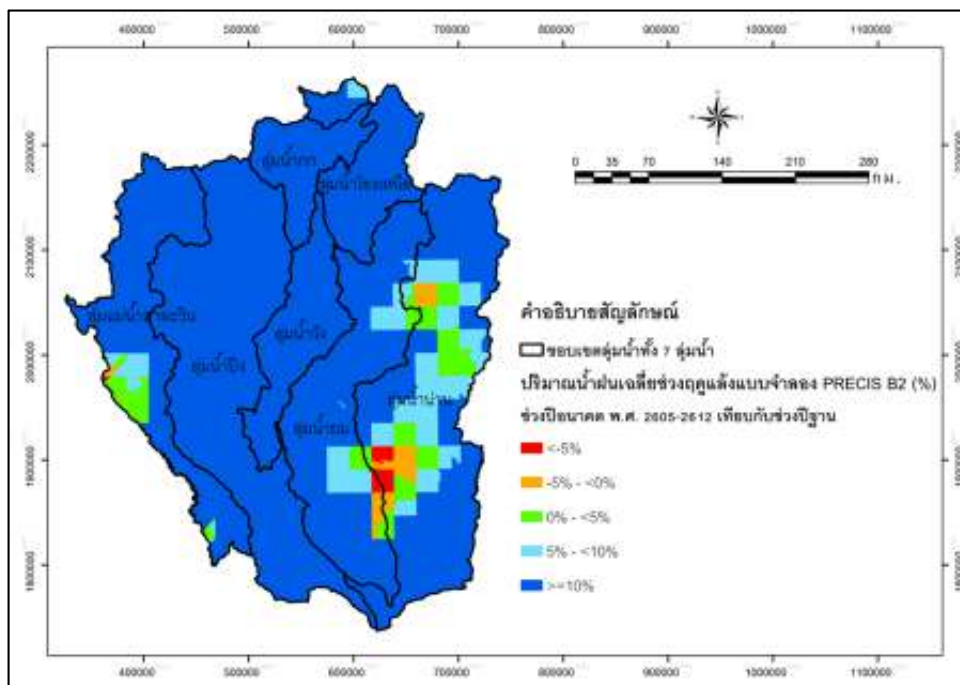
รูปที่ 4-131 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2575-2584 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



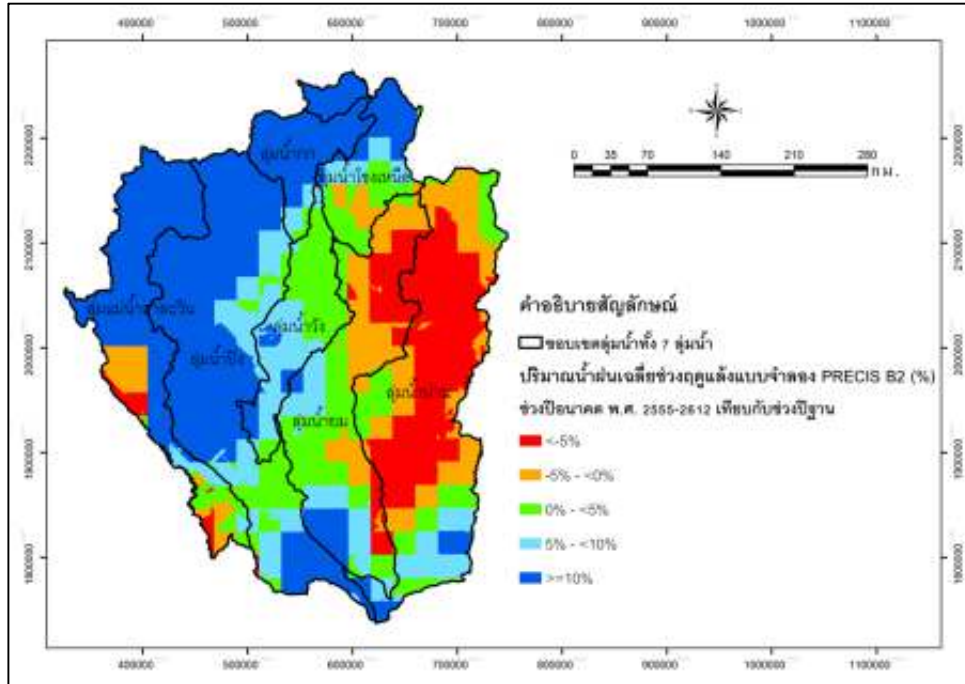
รูปที่ 4-132 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2585-2594 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 4-133 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2595-2604 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 4-134 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2605-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



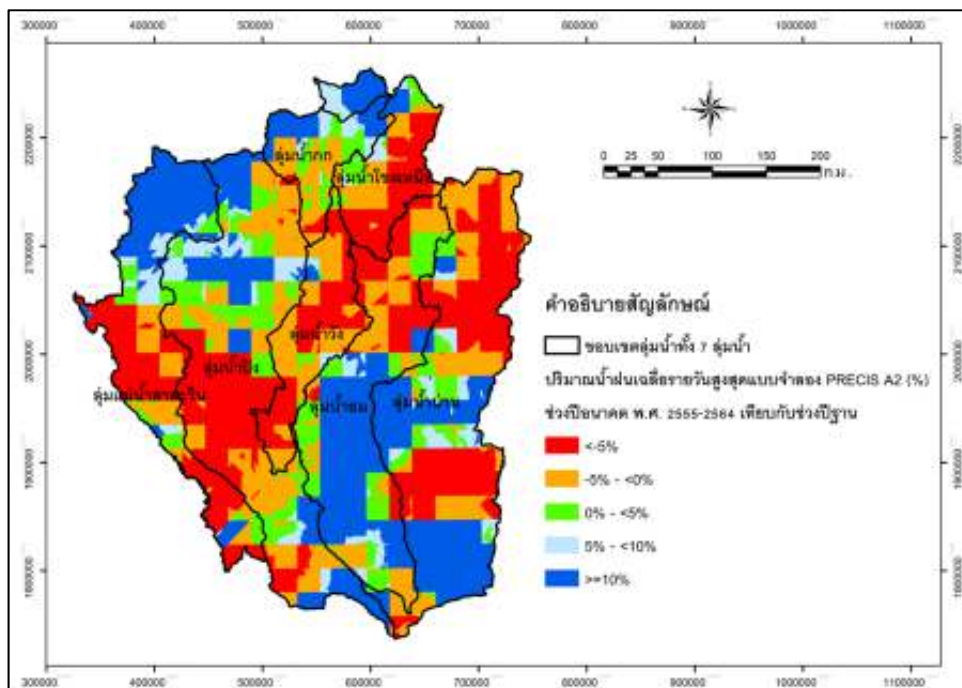
รูปที่ 4-135 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

ผลลัพธ์แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในรูปที่ 4-129 ถึง 4-135 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยช่วงฤดูแล้งในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในบางพื้นที่ แต่ในบางพื้นที่มีแนวโน้มลดลง เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งเฉลี่ยทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาทั้ง 7 ลุ่มน้ำ พบว่าในช่วงที่ 3 (พ.ศ. 2575-2584), ช่วงที่ 5 (พ.ศ. 2595-2604) และช่วงที่ 6 (พ.ศ. 2605-2612) มีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งเพิ่มขึ้น 33%, 33%, และ 29% ตามลำดับ ส่วนในช่วงที่ 1 (พ.ศ. 2555-2564), ช่วงที่ 2 (พ.ศ. 2565-2574) และช่วงที่ 4 (พ.ศ. 2585-2594) มีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งลดลง 27%, 13% และ 4% ตามลำดับ สำหรับในภาพรวม 58 ปี (พ.ศ. 2555-2612) พบว่ามีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งเพิ่มขึ้น 8% เมื่อเทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

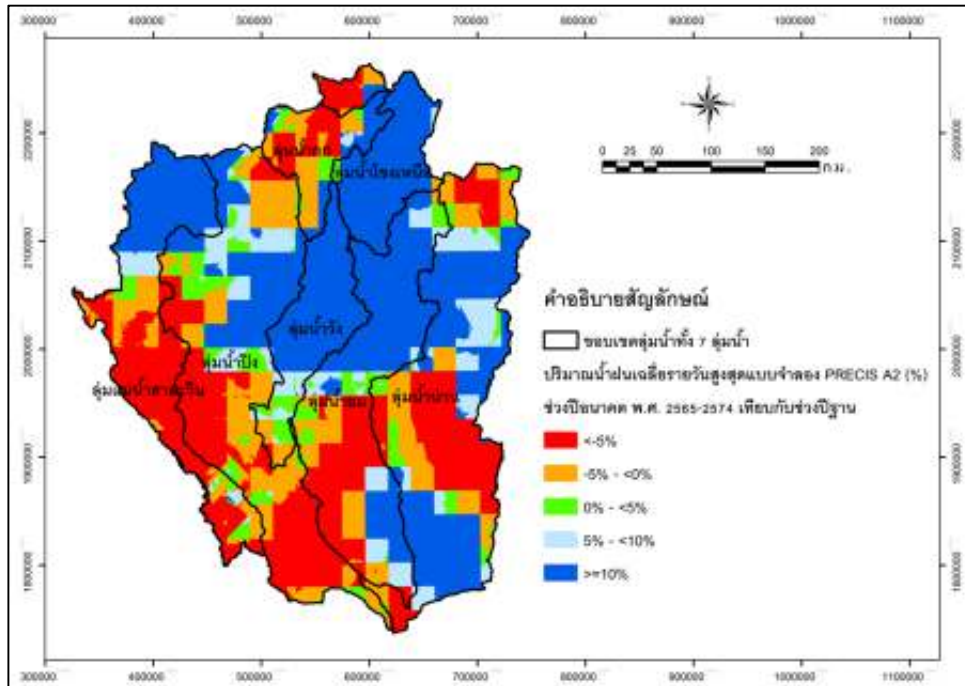
จ) แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

- แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2

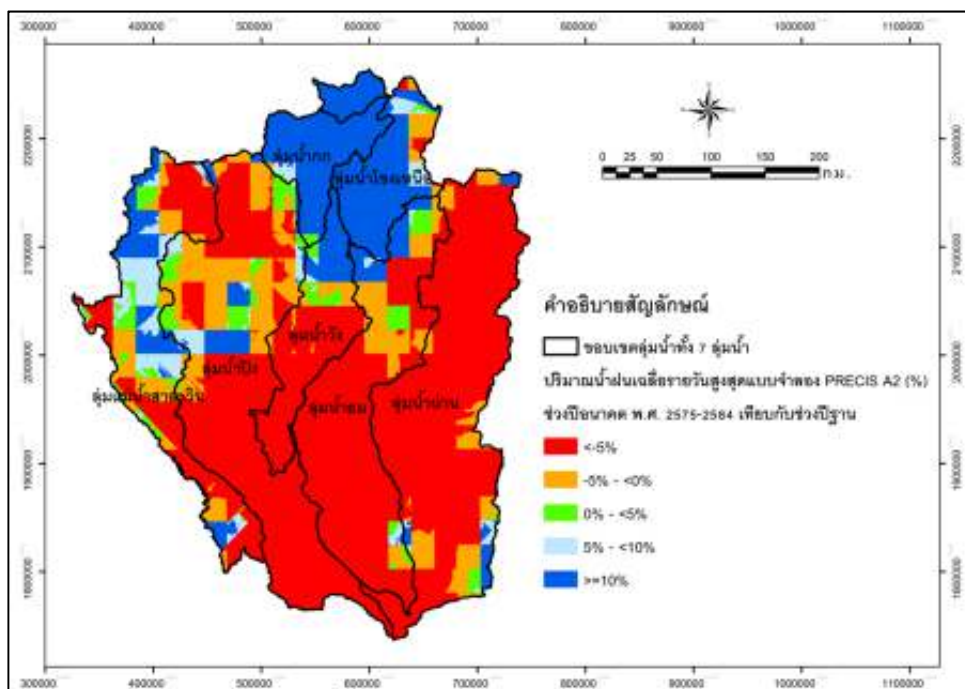
ผลการจัดทำแผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ของช่วงที่ 1 ถึง 6 และในภาพรวม 58 ปี แสดงในรูปที่ 4-136 ถึง 4-142 ตามลำดับ



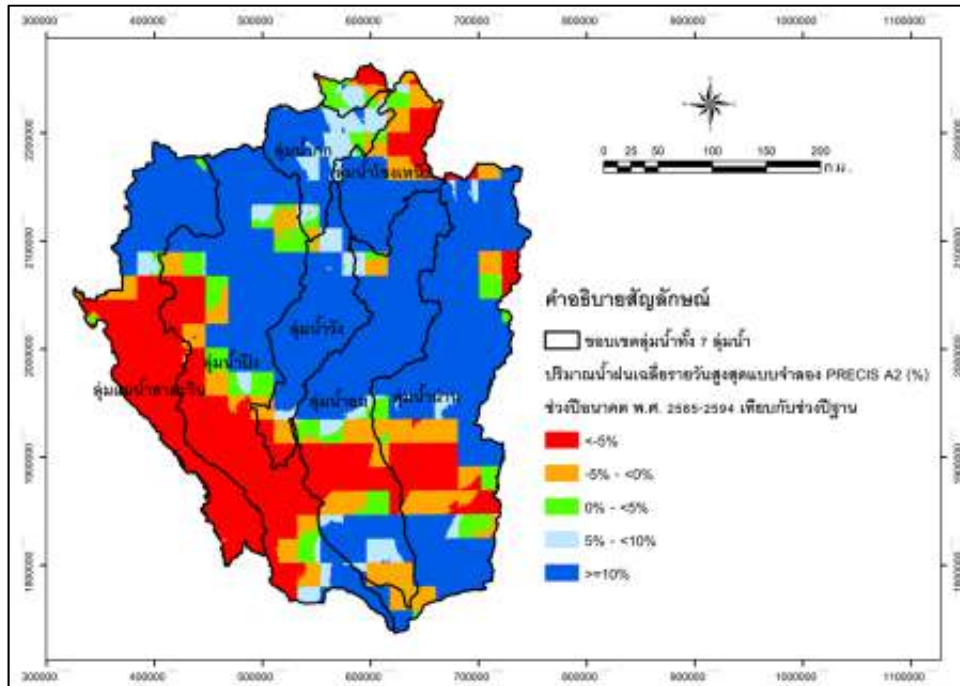
รูปที่ 4-136 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



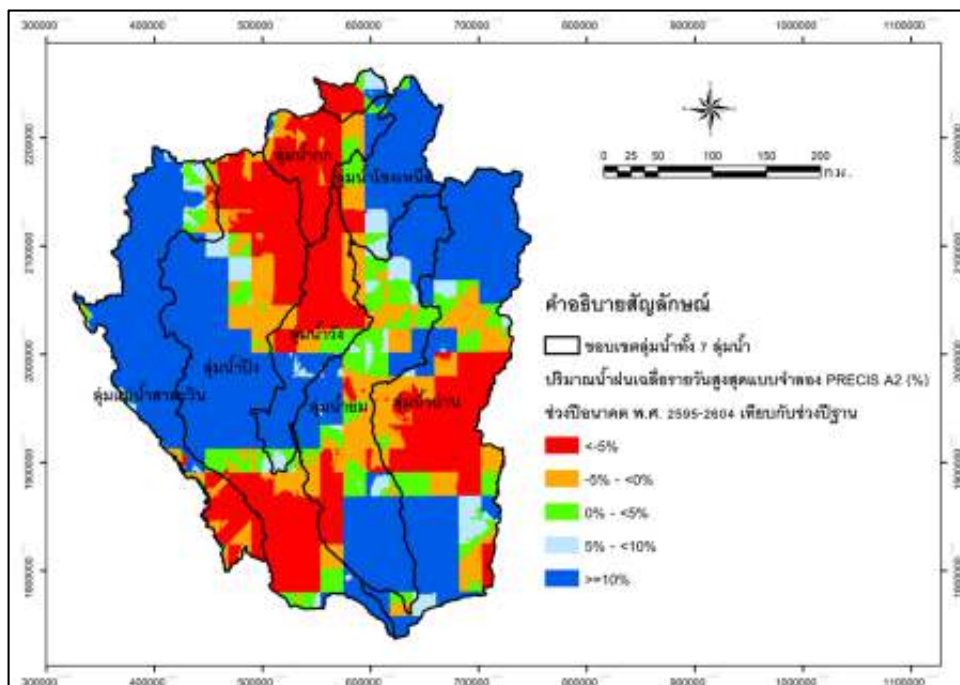
รูปที่ 4-137 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2565-2574 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



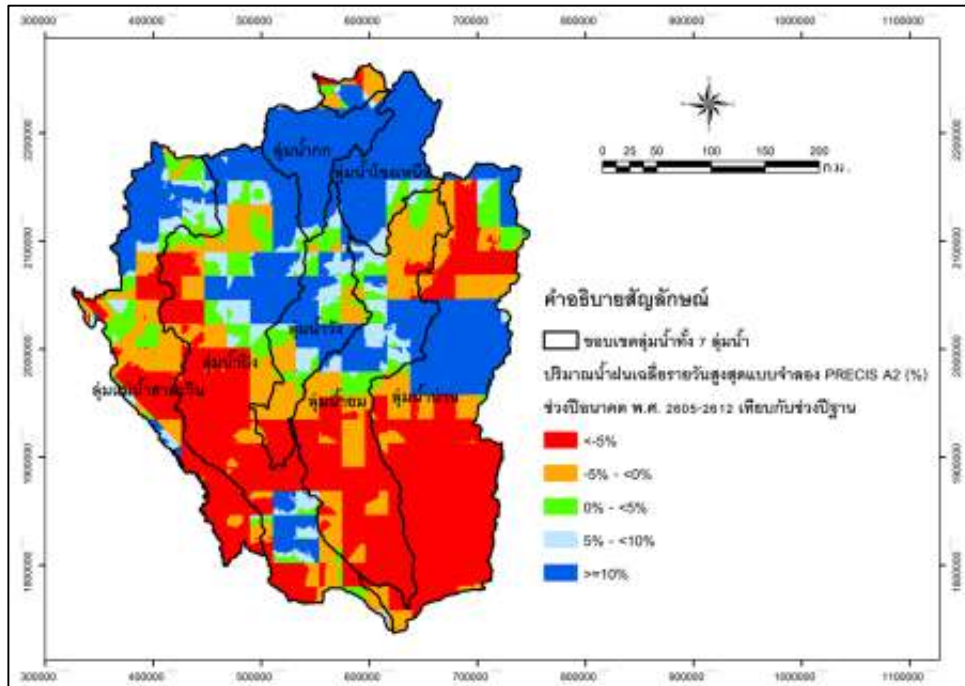
รูปที่ 4-138 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2575-2584 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



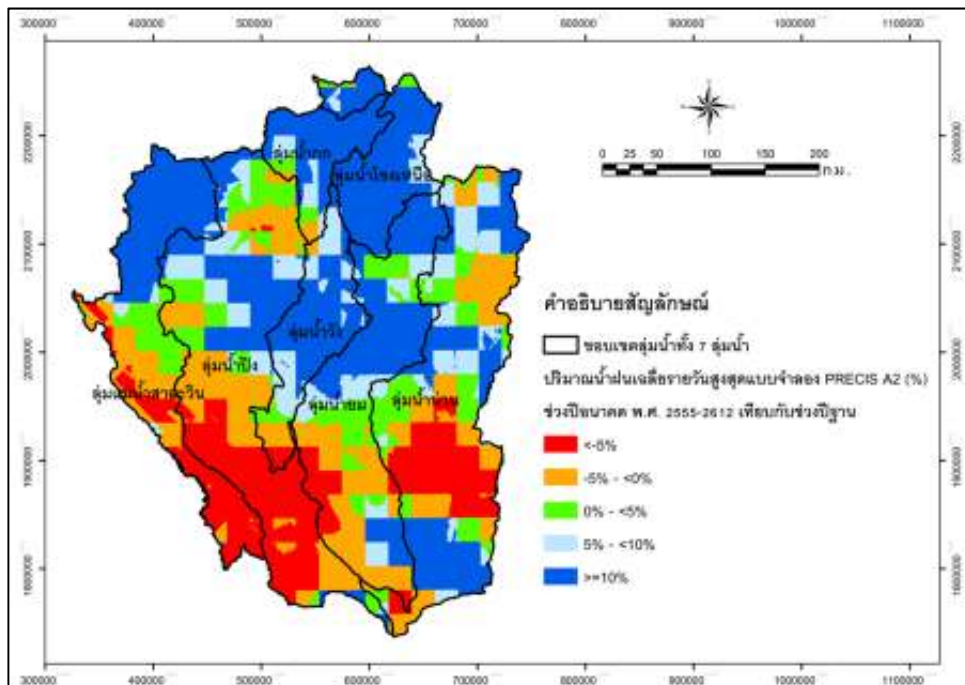
รูปที่ 4-139 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2585-2594 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 4-140 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2595-2604 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 4-141 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2605-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

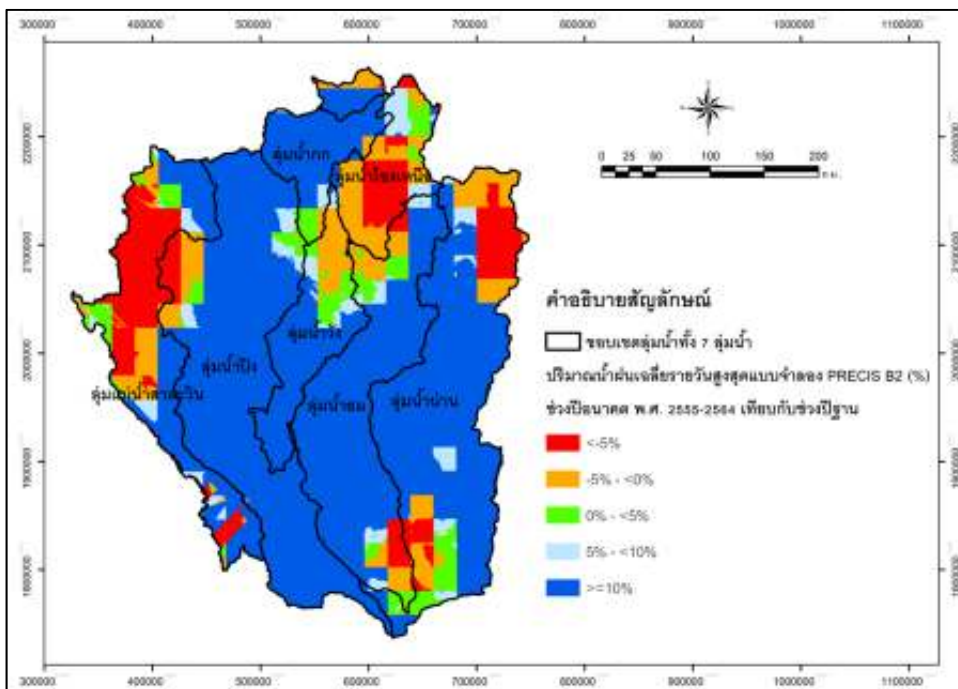


รูปที่ 4-142 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

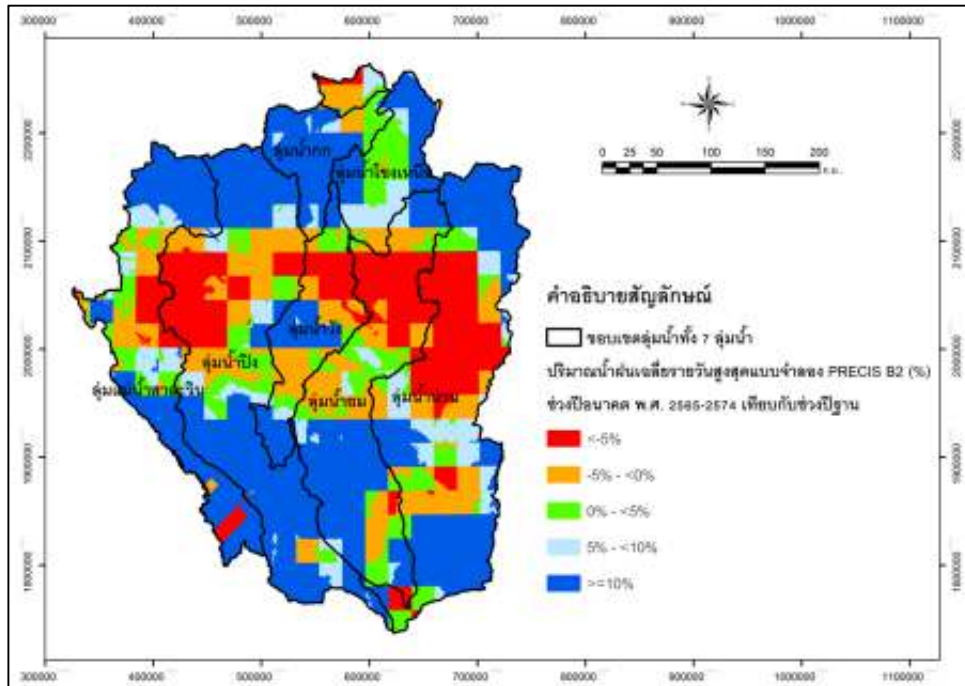
ผลลัพธ์แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในรูปที่ 4-136 ถึง 4-142 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในบางพื้นที่ แต่ในบางพื้นที่มีแนวโน้มลดลง เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดเฉลี่ยทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาทั้ง 7 กลุ่มน้ำ พบว่าในช่วงที่ 1 (พ.ศ. 2555-2564), ช่วงที่ 2 (พ.ศ. 2565-2574), ช่วงที่ 4 (พ.ศ. 2585-2594), ช่วงที่ 5 (พ.ศ. 2595-2604) และช่วงที่ 6 (พ.ศ. 2605-2612) มีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดเพิ่มขึ้น 8%, 15%, 19%, 19% และ 6% ตามลำดับ ส่วนในช่วงที่ 3 (พ.ศ. 2575-2584) มีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดลดลง 1% สำหรับในภาพรวม 58 ปี (พ.ศ. 2555-2612) พบว่ามีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดเพิ่มขึ้น 11% เมื่อเทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

- **แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2**

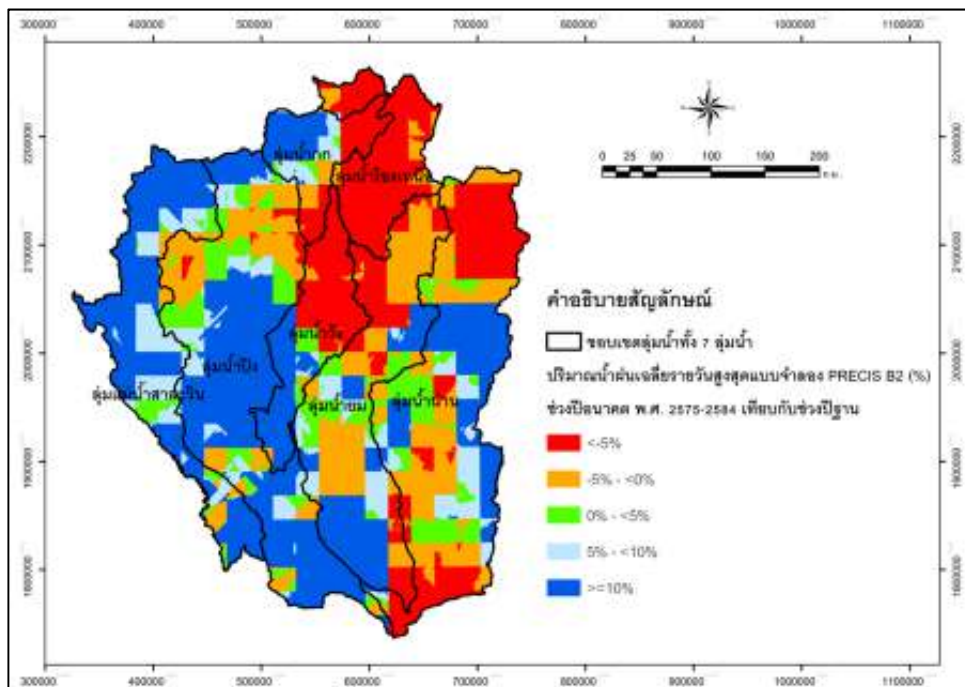
ผลการจัดทำแผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ของช่วงที่ 1 ถึง 6 และในภาพรวม 58 ปี แสดงในรูปที่ 4-143 ถึง 4-149 ตามลำดับ



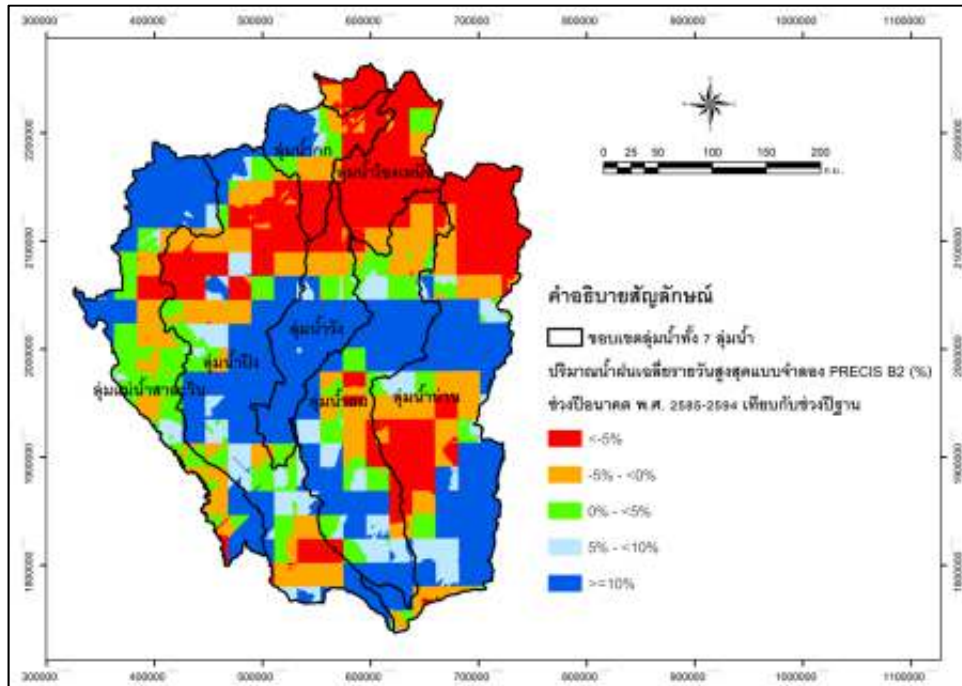
รูปที่ 4-143 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2564 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



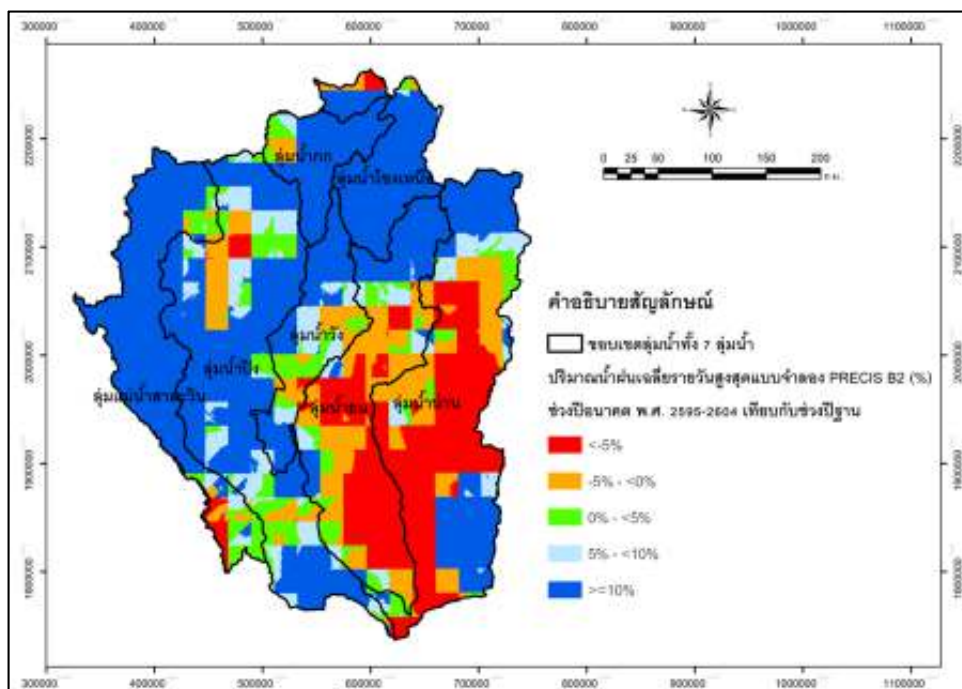
รูปที่ 4-144 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2565-2574 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



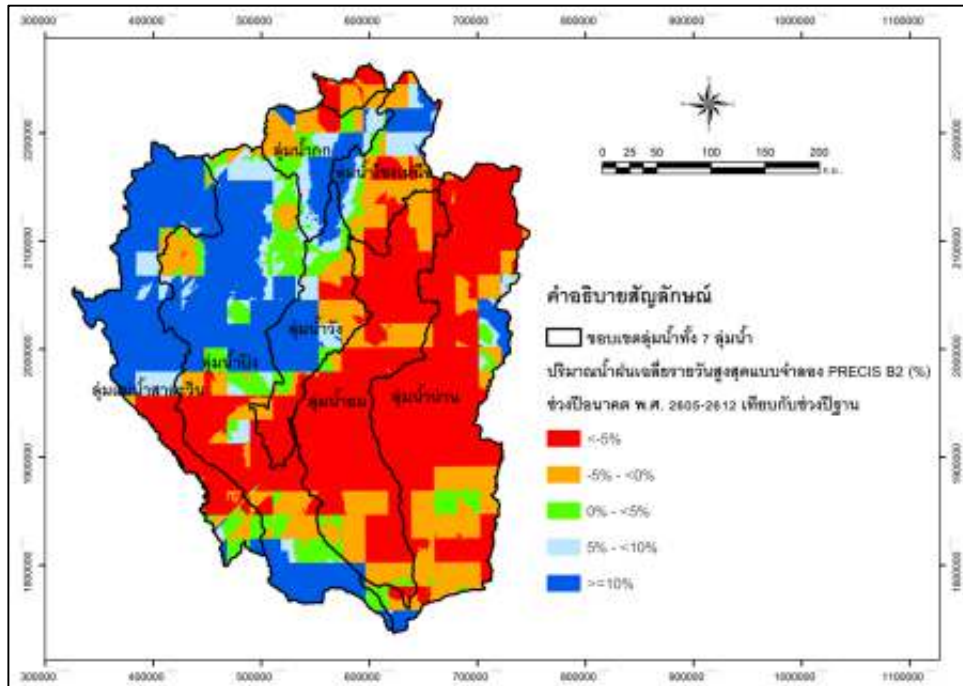
รูปที่ 4-145 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2575-2584 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



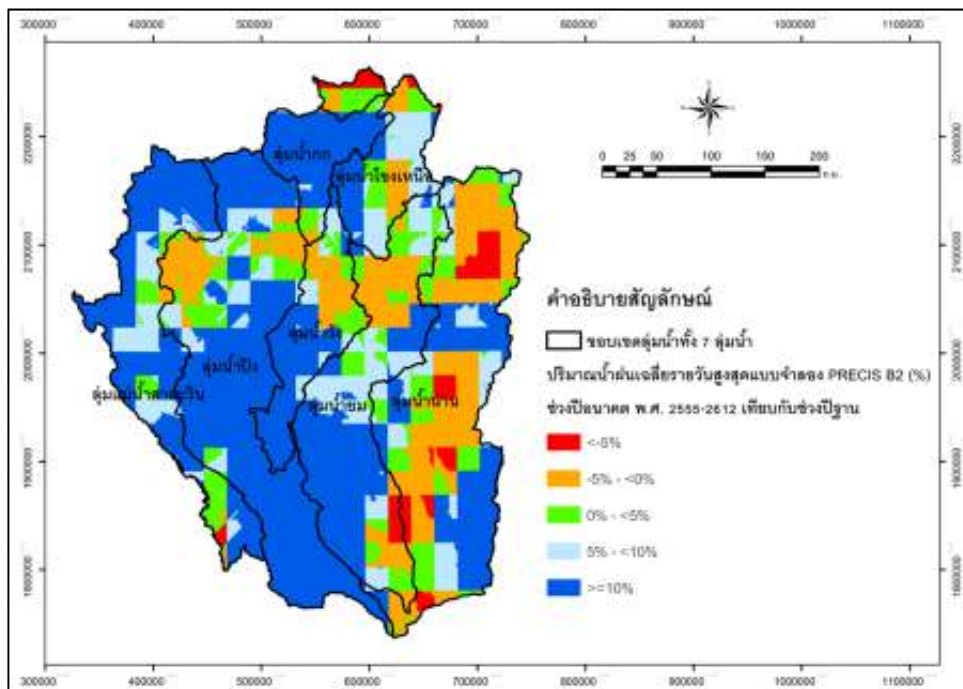
รูปที่ 4-146 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2585-2594 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 4-147 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2595-2604 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554



รูปที่ 4-148 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2605-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

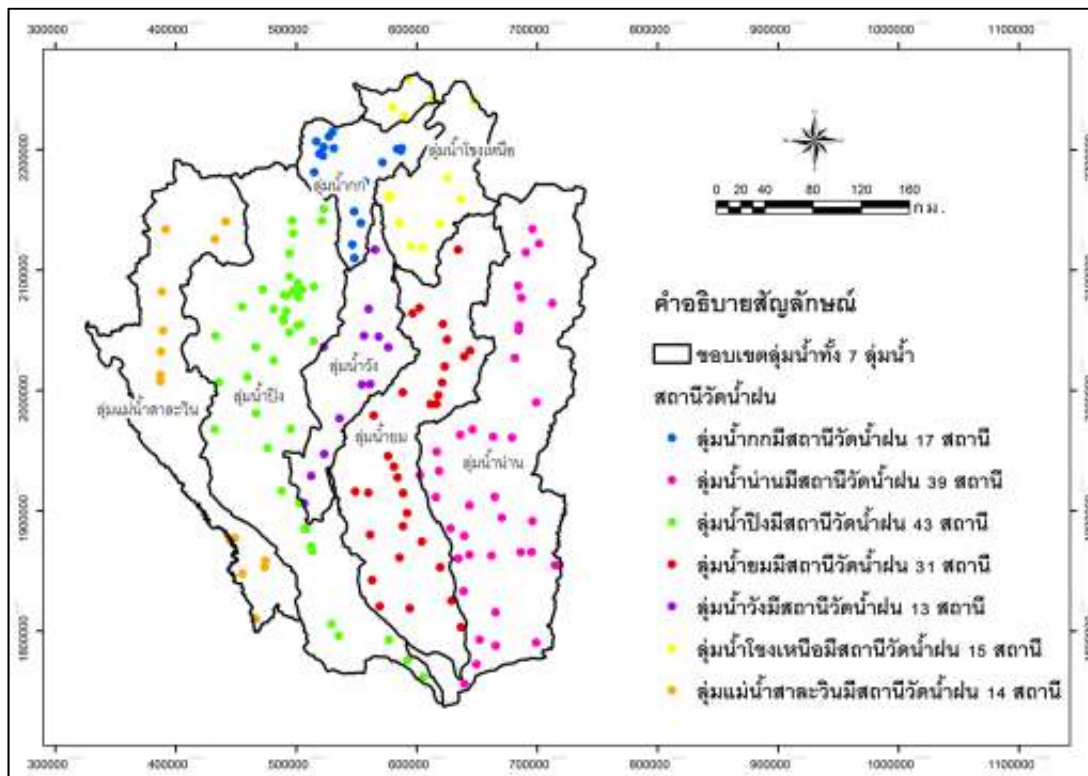


รูปที่ 4-149 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 เทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

ผลลัพธ์แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในรูปที่ 4-143 ถึง 4-149 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในบางพื้นที่ แต่ในบางพื้นที่มีแนวโน้มลดลง เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดเฉลี่ยทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาทั้ง 7 กลุ่มน้ำ พบว่าในช่วงที่ 1 (พ.ศ. 2555-2564), ช่วงที่ 2 (พ.ศ. 2565-2574), ช่วงที่ 3 (พ.ศ. 2575-2584), ช่วงที่ 4 (พ.ศ. 2585-2594), ช่วงที่ 5 (พ.ศ. 2595-2604) และช่วงที่ 6 (พ.ศ. 2605-2612) มีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดเพิ่มขึ้น 35%, 13%, 11%, 9%, 20% และ 3% ตามลำดับ สำหรับในภาพรวม 58 ปี (พ.ศ. 2555-2612) พบว่ามีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดเพิ่มขึ้น 16% เมื่อเทียบกับในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554

4.2.4 ผลการวิเคราะห์ปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในแต่ละกลุ่มน้ำของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612

โครงการวิจัยได้วิเคราะห์หาปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในแต่ละกลุ่มน้ำทั้ง 7 กลุ่มน้ำของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 โดยทำการหาปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานีที่ตั้งอยู่ในแต่ละกลุ่มน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4-150



รูปที่ 4-150 แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละกลุ่มน้ำทั้ง 7 กลุ่มน้ำในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย

การวิเคราะห์หาปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในแต่ละลุ่มน้ำมีขั้นตอนดังนี้

1. หาค่าผลต่างที่มีค่าเป็นบวกที่มากที่สุดระหว่างปริมาณฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ในแต่ละปี กับค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี

2. ค่าผลต่างที่มีมากกว่าศูนย์และมีค่าเป็นบวกที่มากที่สุดที่ได้จากข้อ 1 ทำให้ได้ปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานี

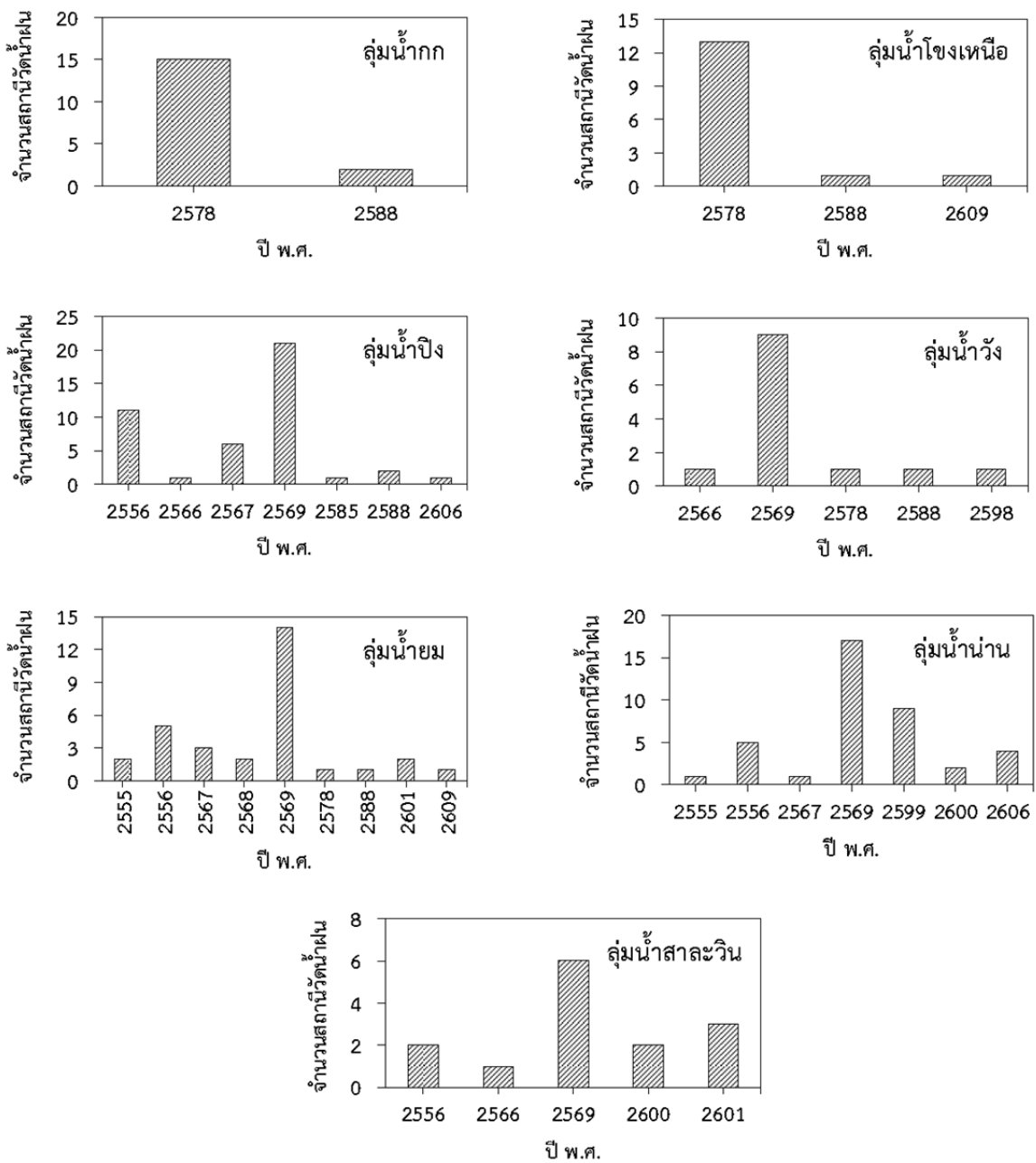
3. นำปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละสถานีที่อยู่ในแต่ละลุ่มน้ำมาพล็อตกราฟ Histogram ระหว่างจำนวนสถานีและปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด

4. จากผลที่ได้ในข้อ 3 ปีที่มีจำนวนสถานีวัดน้ำฝนมากที่สุดในแต่ละลุ่มน้ำได้ถูกพิจารณาให้เป็นปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดของกลุ่มน้ำนั้นๆ

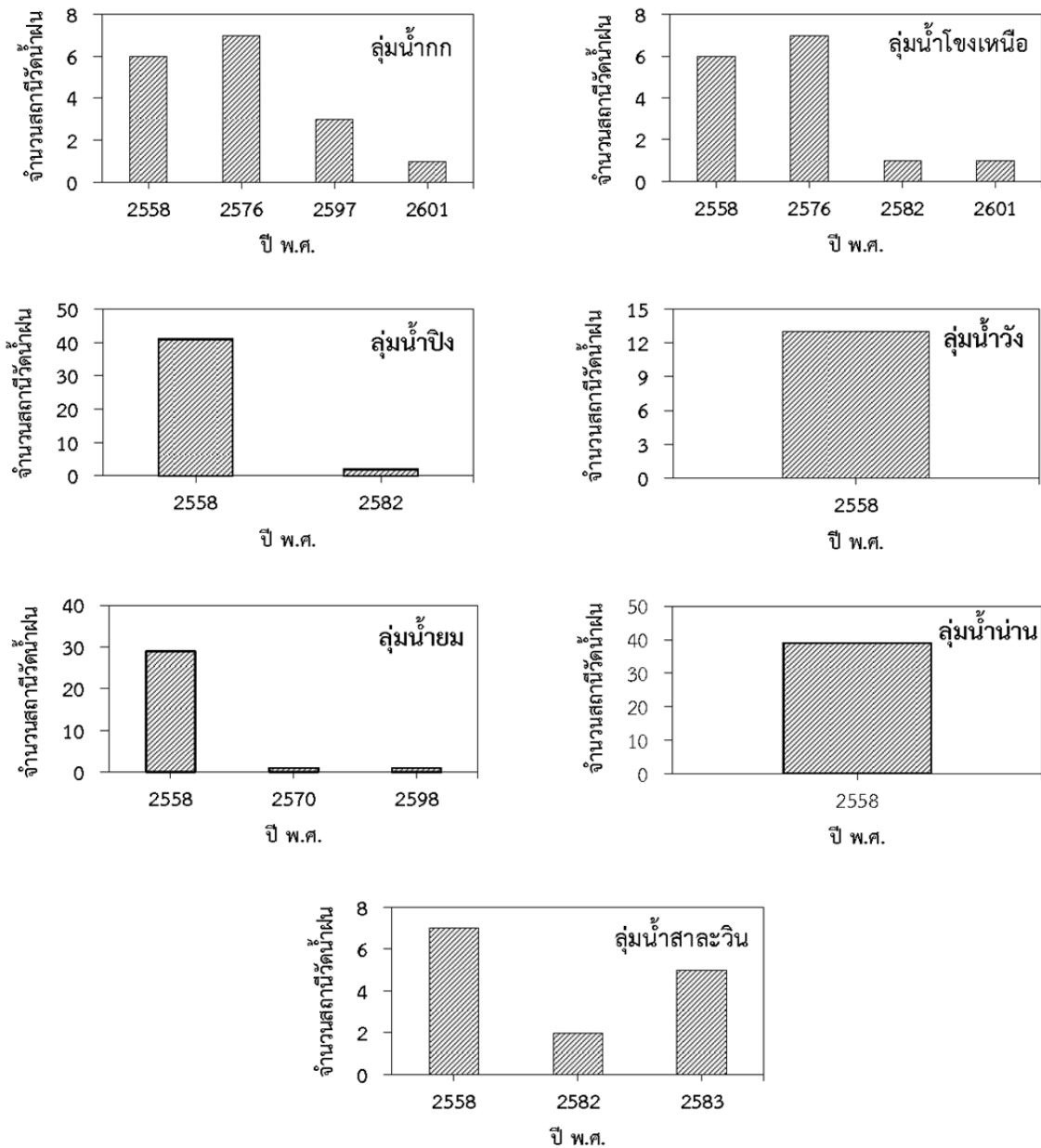
ผลการวิเคราะห์หาปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในลุ่มน้ำทั้ง 7 ลุ่มน้ำ ได้แก่กลุ่มน้ำกก โขง ปิง วัง ยม น่าน และสาละวิน ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 แสดงในรูปแบบที่ 4-151 และ 4-152 ตามลำดับ

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ 4-151 ปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในกลุ่มน้ำก โขง ปิง วัง ยม น่าน และสาละวิน ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2



รูปที่ 4-152 ปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในกลุ่มน้ำกัก โขง ปิง วัง ยม น่าน และสาละวิน ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2

ผลการวิเคราะห์ห่าปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในลุ่มน้ำกก โขง ปิง วัง ยม น่าน และสาละวิน ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ในรูปที่ 4-151 พบว่าปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในลุ่มน้ำกกและโขง คือปี พ.ศ. 2578 ส่วนลุ่มน้ำ ปิง วัง ยม น่าน และสาละวิน คือปี พ.ศ. 2569 สำหรับปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ในรูปที่ 4-152 พบว่าปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดของลุ่มน้ำกกและโขง คือปี พ.ศ. 2576 ส่วนลุ่มน้ำ ปิง วัง ยม น่าน และสาละวิน คือปี พ.ศ. 2558

ปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดที่วิเคราะห์ได้นี้ทำให้ทราบว่าในช่วงอนาคต 58 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 มีปีใดที่มีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนมากที่สุดที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดเหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากในแต่ละลุ่มน้ำบริเวณภาคเหนือเนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่มีปริมาณมากได้ โดยปริมาณน้ำฝนในปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดสามารถนำไปใช้ในแบบจำลองดินถล่มเพื่อหาพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มต่อไป และสามารถนำไปใช้ประกอบการวางแผนการบริหารจัดการน้ำในอนาคต รวมถึงการวางนโยบาย/มาตรการรับมือกับปัญหาอุทกภัย/ดินถล่มเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตได้

4.3 สรุปและอภิปรายผลการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน

ผลการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือที่ได้จากโครงการวิจัยนี้ พบว่าการนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 มาใช้ควรมีการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของข้อมูลโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จากสถานีวัดน้ำฝนเนื่องจากแบบจำลองมีข้อจำกัดหลายประการ ซึ่งผลการตรวจสอบพบว่าปริมาณน้ำฝนที่ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 มีความคลาดเคลื่อนโดยมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จากสถานีวัดน้ำฝน ในการศึกษาของ ศุภกร และคณะ (2553) และ World Bank (2011) ได้ทำการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ได้จากแบบจำลอง PRECIS ซึ่งพบว่ามีความคลาดเคลื่อนเช่นเดียวกัน

ดังนั้นโครงการวิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ห่าค่าปรับแก้ที่เหมาะสมเพื่อปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำฝนที่ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ซึ่งพบว่าค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนเป็นค่าปรับแก้ที่เหมาะสมที่สุด โดยผลการศึกษาข้อนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ World Bank (2011) ที่ใช้ค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนในการปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค Scenario แบบ A2 และ B2 ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำโขง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

โครงการวิจัยได้นำปริมาณน้ำฝนที่ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังปรับแก้ด้วยค่าปรับแก้ที่เหมาะสมแล้วมาศึกษาถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน

ร้อนที่มีต่อปริมาณน้ำฝนในช่วงปีอนาคต (พ.ศ. 2555-2612) พบว่าโดยเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนในช่วงปีอนาคตที่ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario A2 และ B2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับในช่วงปีฐาน (พ.ศ. 2523-2554) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของหน่วยงานต่างๆ ดังนี้

- โครงการเครือข่ายเมืองในเอเชียเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (2554) คาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2523 – 2643 โดยใช้แบบจำลอง PRECIS Scenario A2, B2, A1B ผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในทั่วทุกภาคของประเทศไทย
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2553) สรุปผลการคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2553 – 2642 โดยใช้แบบจำลอง PRECIS พบว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น ในทั่วทุกภาคของประเทศไทย
- ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (2552) คาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2523 – 2633 โดยใช้แบบจำลอง PRECIS Scenario A2 และ B2 ผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั่วทุกภาคของประเทศไทยโดยเฉลี่ยประมาณ 15-25% และในบางพื้นที่โดยเฉพาะพื้นที่ภาคกลางต่อกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 25-50%
- กัญชรีย์ และคณะ (2553) คาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2553 – 2602 โดยใช้ภาพถ่ายอนาคตของสมมติฐาน B2 จากแบบจำลองภูมิอากาศโลก GFDL-R30 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory-R30) เป็นข้อมูลตั้งต้นในการคำนวณและใช้หลักการทางสถิติในการย่อส่วนผลลัพธ์จากแบบจำลอง GFDL-R30 ให้มีความละเอียดครอบคลุมพื้นที่ทั่วทั้งประเทศขนาดกริด 50 กม. x 50 กม. ผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีทั่วทั้งประเทศมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น

ผลการศึกษาที่ได้จากโครงการวิจัยนี้และจากหน่วยงานต่างๆ ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนได้ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำฝนในอนาคตบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยปริมาณน้ำฝนในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากปัจจุบัน ปริมาณน้ำฝนที่สูงขึ้นนี้อาจส่งผลให้มีความเสี่ยงในการดินถล่มเพิ่มมากขึ้นในพื้นที่ศึกษาได้ ดังนั้นปริมาณน้ำฝนในอนาคตที่คาดการณ์ได้นี้สามารถนำไปใช้ในแบบจำลองดินถล่มเพื่อหาพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มได้ ซึ่งจะทำให้สามารถวางนโยบาย/มาตรการรับมือกับปัญหาดินถล่มเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตได้ต่อไป

4.4 ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน

ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ ประกอบไปด้วย

1) ฐานข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario A2 และ B2 (ก่อนและหลังปรับแก้) ในช่วงปีฐาน (พ.ศ. 2523-2554) และในช่วงปีอนาคต (พ.ศ. 2555-2612)

2) ฐานข้อมูลข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันจากสถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลในช่วงปีฐาน (พ.ศ. 2523-2554)

3) ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario A2 และ B2 (ก่อนและหลังปรับแก้) กับปริมาณน้ำฝนที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนในช่วงปีฐาน (พ.ศ. 2523-2554)

4) ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Probability ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario A2 และ B2 ในช่วงปีฐาน (พ.ศ. 2523-2554) กับช่วงปีอนาคต (พ.ศ. 2555-2612) ภายหลังปรับแก้

5) แผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนในอนาคตที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario A2 และ B2

6) ปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในแต่ละลุ่มน้ำบริเวณพื้นที่ภาคเหนือของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario A2 และ B2

7) ฐานข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2556) ในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือของประเทศไทย

บทที่ 5

การศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อน

ต่อการเกิดดินถล่ม

5.1 การปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (Model Calibration and Verification) การวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวและความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม

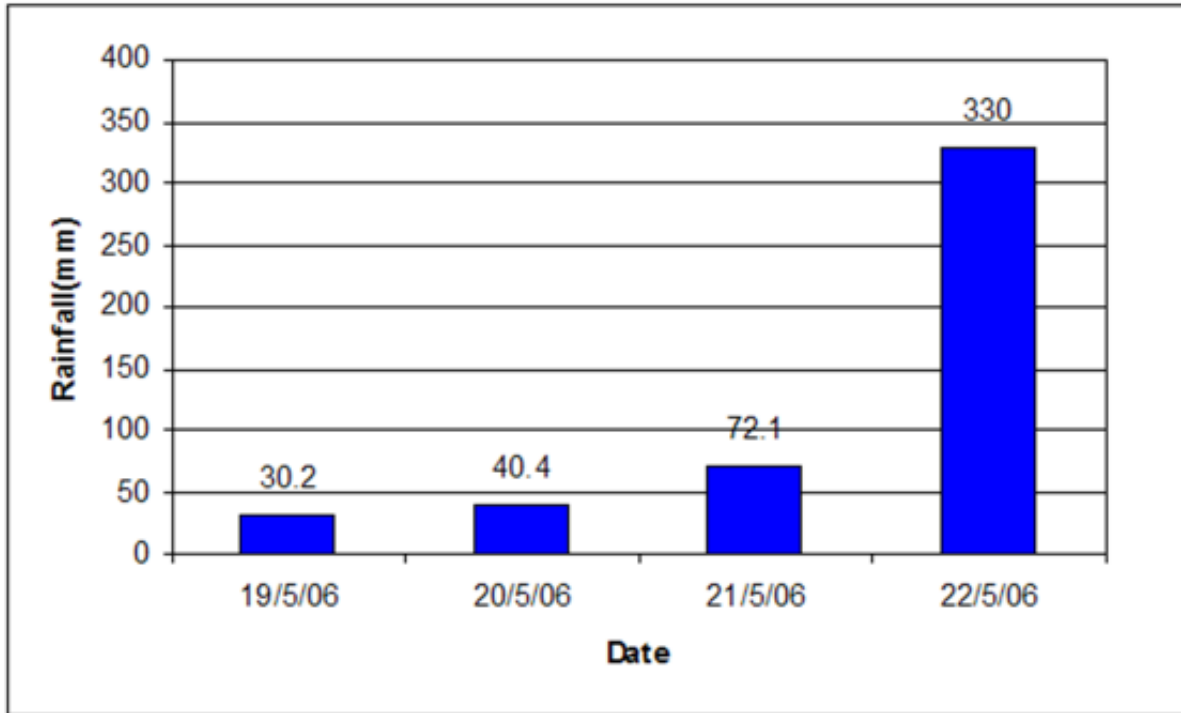
การศึกษาแบบจำลองการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อน ได้นำเสนอแบบจำลองการวิเคราะห์ 2 รูปแบบ คือ แบบจำลองทางธรณีเทคนิค (DynaSlide Model) และแบบจำลองกึ่งสถิติ (Se-mi Statistical Model) แบบจำลองแรกเป็นแบบจำลองการวิเคราะห์ด้วยกริดขนาด 30x30 m. เมื่อพิจารณาลักษณะของข้อมูลปริมาณน้ำฝนซึ่งเป็นการพยากรณ์ในป้อนาคตเห็นว่าความละเอียดของกริดเกินความจำเป็นในการวิเคราะห์ ส่วนแบบจำลองที่สอง เป็นการวิเคราะห์ด้วยกริดขนาด 1x1 km. ที่เท่ากับขนาดของกริดน้ำฝนที่ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค ซึ่งมีความเหมาะสมของข้อมูลมากกว่าแบบจำลองแรก ดังนั้น การศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อนต่อการเกิดดินถล่ม จึงเลือกแบบจำลองกึ่งสถิติในการศึกษาในครั้งนี้ อย่างไรก็ตาม ที่คณะปรึกษาได้นำเสนอวิธีการและการตรวจพิสูจน์แบบจำลองทั้งสองวิธี เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางเบื้องต้นให้กับกรมทรัพยากรน้ำได้พิจารณาเลือกใช้ศึกษาวิจัยในอนาคตได้อีกด้วย

5.1.1 การตรวจพิสูจน์แบบจำลองทางธรณีเทคนิค DynaSlide Model

แบบจำลองประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มด้วยวิธีทางธรณีเทคนิค เพื่อให้มีข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ดังนั้นจึงได้พิจารณาเลือกใช้ข้อมูลน้ำฝนในช่วงวันที่ 19 – 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2549 ที่ได้จากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนจังหวัดอุดรดิตถ์โดยกรมอุตุนิยมวิทยา ดังรูปที่ 5-1 เป็นข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ในแบบจำลอง ซึ่งเป็นช่วงที่เคยเกิดเหตุการณ์ดินถล่มของจังหวัดอุดรดิตถ์ (วันที่ 23 พฤษภาคม 2549) และมีข้อมูลการแปรรอยดินถล่มจากภาพถ่ายดาวเทียมโดยกรมทรัพยากรธรณี (2549) และผลวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่พิจารณาจากอัตราส่วนความปลอดภัยน้อยที่สุดตลอดความหนาชั้นดินของวันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2549 ซึ่งเป็นวันที่เกิดเหตุการณ์น้ำท่วม-ดินถล่มจริงในพื้นที่อำเภอท่าปลา จังหวัดอุดรดิตถ์ การเปรียบเทียบเพื่อตรวจพิสูจน์แบบจำลองได้พิจารณาเลือกพื้นที่บริเวณบ้านห้วยน้ำริด ตำบลน้ำหมัน อำเภอท่าปลา จังหวัดอุดรดิตถ์ โดยนำผลการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มมาซ้อนทับกับข้อมูลการแปรรอยดินถล่มจากภาพถ่ายดาวเทียม แล้วทำการเปรียบเทียบคำนวณหาร้อยละของพื้นที่ดินถล่มในแต่ละระดับความอ่อนไหวตามตารางที่ 5-1 และรูปที่ 5-2 ตามลำดับ

ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ (Draft Final Report)

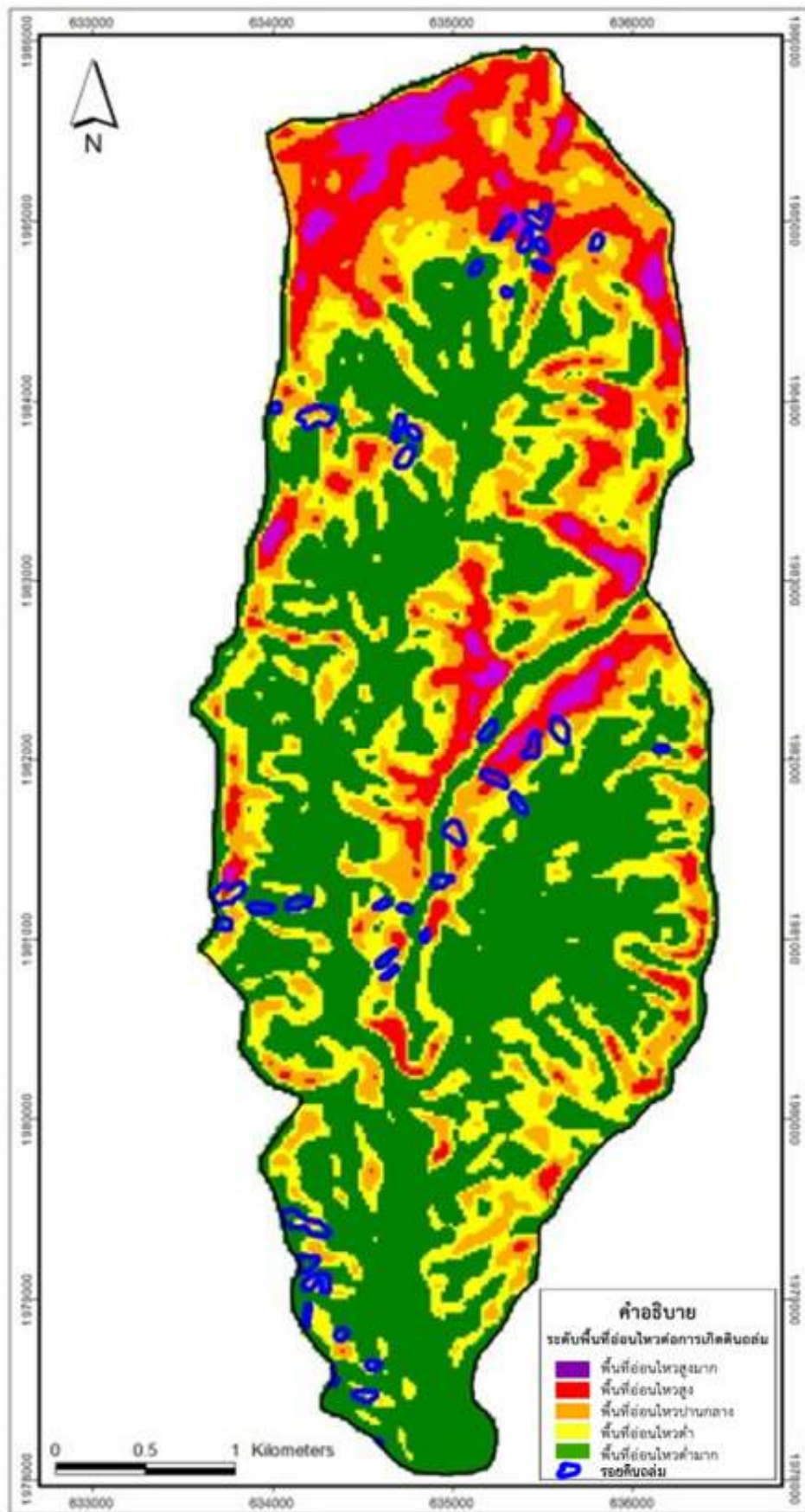
โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ 5-1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันที่ใช้ในการวิเคราะห์ ช่วงวันที่ 19 - 22 พฤษภาคม 2549

ตารางที่ 5-1 ผลการเปรียบเทียบร้อยละของพื้นที่ดินถล่มจากร่องรอยจริงในแต่ละระดับความอ่อนไหวดินถล่มจากแบบจำลอง (DynaSlide Model)

ระดับความอ่อนไหว	อัตราส่วนความปลอดภัย (FS)	พื้นที่รอยดินถล่มที่ตรงกับแบบจำลอง (ตร.ม)	ร้อยละของพื้นที่ดินถล่ม
อ่อนไหวสูงมาก	FS<1.1	1,084.78	0.48
อ่อนไหวสูง	1.1<FS<1.3	38,722.57	17.10
อ่อนไหวปานกลาง	1.3<FS<1.5	50,220.97	22.18
อ่อนไหวต่ำ	1.5<FS<1.8	58,953.30	26.03
อ่อนไหวต่ำมาก	FS>1.8	77,493.29	34.22
รวมพื้นที่จากรอยดินถล่มทั้งหมด		226,474.90	100.00

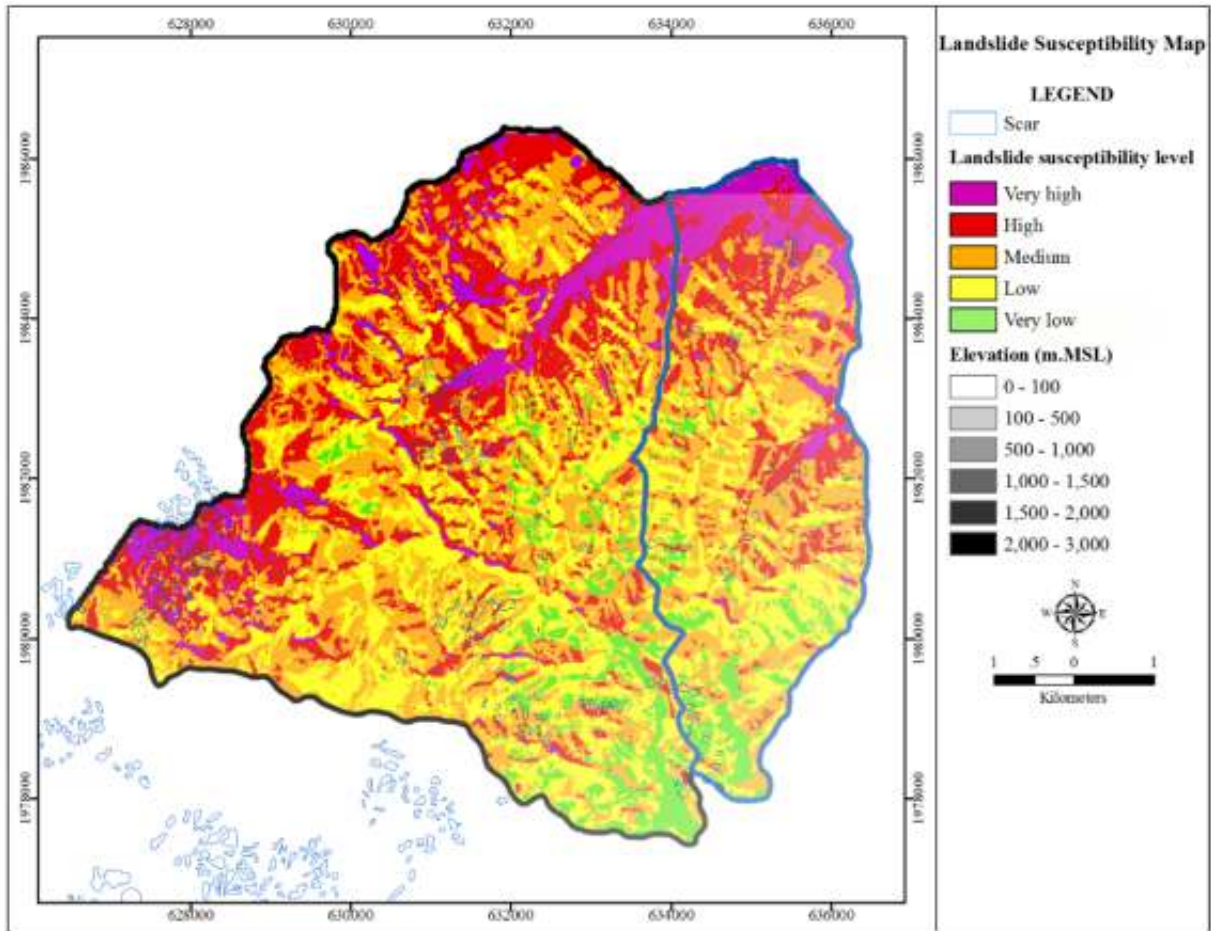


รูปที่ 5-2 พื้นที่ตรวจสอบความถูกต้อง บริเวณห้วยน้ำริด ตำบลน้ำหมั้น อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์

หากกำหนดให้ระดับความอ่อนไหวสูงมากเป็นพื้นที่ที่เกิดการพิบัติแล้ว จากตารางการเปรียบเทียบความถูกต้องจะเห็นว่าร้อยละของพื้นที่ดินถล่มที่มีความอ่อนไหวสูงมากนั้นยังมีร้อยละความตรงกันต่ำ ซึ่งมีความเป็นไปได้เนื่องจากในสภาวะจริงพฤติกรรมการตกของฝนในพื้นที่มีโอกาสน้อยที่จะตกอย่างสม่ำเสมอเท่าๆ กันทั้งพื้นที่ ในขณะที่การวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กำหนดให้ฝนมีความสม่ำเสมอทั้งพื้นที่จึงทำให้ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับรอยดินถล่มจากเหตุการณ์จริงจึงมีความแตกต่างกันได้ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับการแปลผลร่องรอยดินถล่มอีกด้วย เนื่องจากดินถล่มจะไหลจากส่วนที่มีโอกาสเกิดสูงลงไปสู่ส่วนที่ราบที่มีโอกาสเกิดดินถล่มต่ำ เมื่อแปลผลรอยดินถล่มออกมาจะเห็นว่า รอยดินถล่มนั้นมีอยู่ในทุกระดับโอกาสเกิดดินถล่ม แต่ถ้าหากพิจารณาจากอัตราส่วนความปลอดภัยทางด้านวิศวกรรมสำหรับลาดชันธรรมชาติโดยส่วนใหญ่แล้วจะกำหนดให้มีอัตราส่วนความปลอดภัยที่ยอมให้อย่างน้อยเท่ากับ 1.5 ดังนั้นเมื่อนำเกณฑ์ดังกล่าวมาใช้เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง พบว่า ร้อยละของพื้นที่ดินถล่มที่ตรงกับรอยดินถล่มจริงที่เกิดขึ้นคิดเป็นร้อยละ 40 โดยประมาณ

5.1.2 การตรวจพิสูจน์แบบจำลองปริมาณน้ำฝนสะสมวิกฤติ วิธีการกึ่งสถิติ (Semi-Statistical Model)

การใช้เกณฑ์ปริมาณน้ำฝนสะสมวิกฤติ จากแบบจำลองการวิเคราะห์สัดส่วนร้อยละของค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) ที่เปรียบเทียบกับค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤติ (API_c) เพื่อประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ซึ่งเรียกว่า Percent Rainfall Trigger Landslide (%RTL) สุทธิศักดิ์และคณะ (2553) ได้เคยศึกษาไว้ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยน้ำริด ตำบลน้ำหมัน อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ และได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองดังกล่าว ด้วยเหตุการณ์ดินถล่มของจังหวัดอุตรดิตถ์ (วันที่ 23 พฤษภาคม 2549) เทียบกับข้อมูลการแปลรอยดินถล่มจากภาพถ่ายดาวเทียมโดยกรมทรัพยากรธรณี (2549) พบว่า ในภาพรวมของการพิบัติมีความสอดคล้องกันกับแบบจำลองที่วิเคราะห์ได้ ดังรูปที่ 5-3 อีกทั้งหากพิจารณาถึงร้อยละของพื้นที่ดินถล่มที่ตรงกับแบบจำลองในแต่ละระดับความอ่อนไหวตามตารางที่ 5-2 จะเห็นว่า มีพื้นที่ที่ตรงกันร้อยละ 68.22 ในช่วงระดับความอ่อนไหวปานกลาง และมีค่าที่ลดลงในระดับที่มีความอ่อนไหวสูงขึ้นไปตามลำดับ



รูปที่ 5-3 พื้นที่ตรวจสอบความถูกต้อง บริเวณห้วยน้ำริด ตำบลน้ำหมั้น อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์

ตารางที่ 5-2 ผลการเปรียบเทียบร้อยละของพื้นที่ดินถล่มจากร่องรอยจริงในแต่ละระดับความอ่อนไหวดินถล่มจากแบบจำลอง (Semi-Statistical Model)

ระดับความอ่อนไหว	อัตราส่วนความปลอดภัย (FS)	ร้อยละพื้นที่ดินถล่มที่ตรงกับแบบจำลอง (%)
สูงมาก	$FS < 1.1$	10.05
สูง	$1.1 < FS < 1.3$	38.76
ปานกลาง	$1.3 < FS < 1.5$	68.22

5.1.3 ข้อจำกัดของการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

การตรวจพิสูจน์ความถูกต้องของแบบจำลองการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่อาจเป็นสาเหตุทำให้ผลการตรวจสอบมีความถูกต้องไม่สูงมากเท่าที่ควร ซึ่งมีปัจจัยและข้อจำกัดของข้อมูลที่น่ามาตรวจสอบในหลายๆ ด้านประกอบกันดังนี้

1. พฤติกรรมการตกของฝนจริงในพื้นที่ที่มีปัจจัยของทิศทาง จากกระแสลม, ระดับความกดอากาศที่ทำให้การตกของฝนไม่กระจายเท่ากันทั้งพื้นที่ แต่ในแบบจำลองเป็นการตกของฝนในแนวตั้ง
2. ทิศทางความลาดชัน (Aspect Slope) เมื่อมองในแนวลักษณะของรูปแปลน (Plan View) จึงไม่ทราบถึงทิศทางหรือตำแหน่งของยอดความชัน (Top Slope) ในการแปลรอยดินถล่มจากภาพถ่ายดาวเทียมจึงเป็นการแปลรวมรอยที่มีการไหลลงมาด้านล่างของความชัน (Toe slope) ด้วย
3. ภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาแปลร่องรอยการพิบัติ ในช่วงเวลาที่มีข้อมูลภาพถ่ายจะมีส่วนที่ถูกบังด้วยกลุ่มเมฆ ซึ่งทำให้พื้นที่ในการแปลรอยดินถล่มขาดหายไปบ้าง
4. เกิดจากตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เอง ซึ่งปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเกิดดินถล่มไม่อาจจำลองสมการทางคณิตศาสตร์เข้าไปในแบบจำลองการวิเคราะห์ได้ เช่น ปัจจัยของการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น

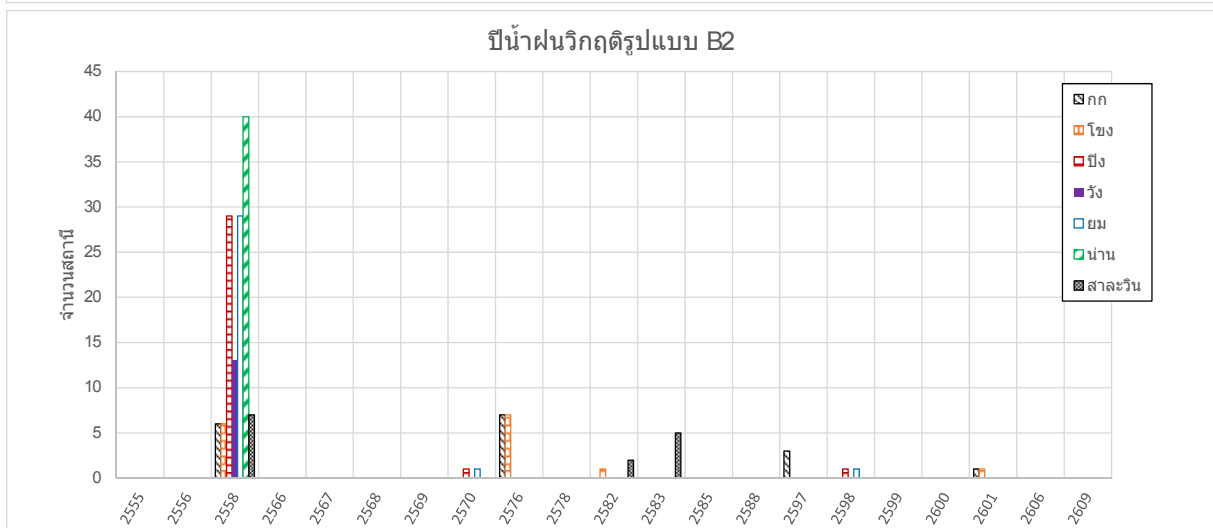
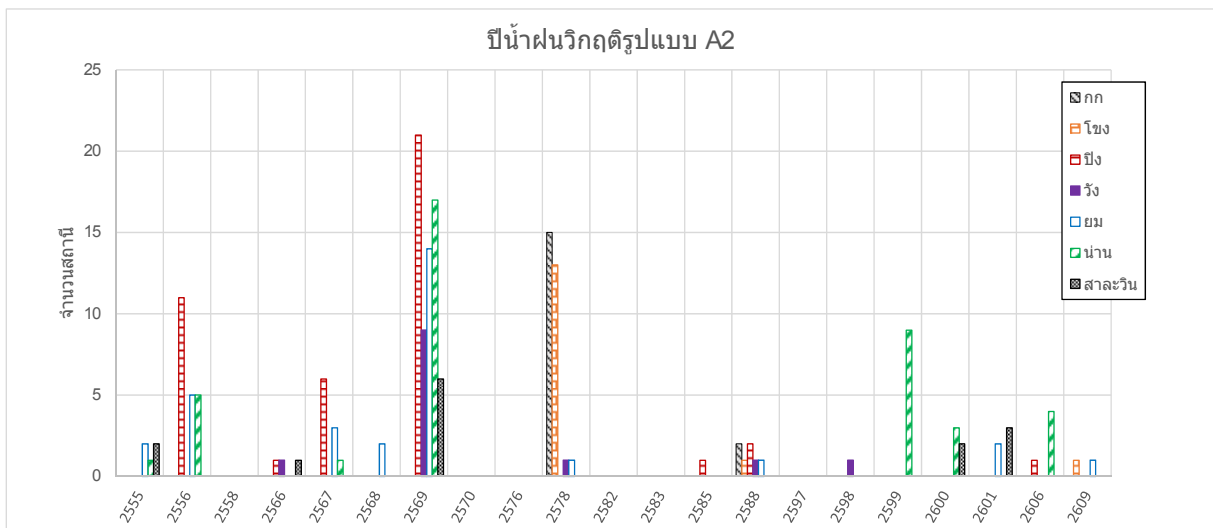
5.1.4 การพิจารณาเลือกแบบจำลองการวิเคราะห์

การพิจารณาเลือกแบบจำลองการวิเคราะห์พื้นที่การเกิดดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน ที่ได้จากการคาดการณ์แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศในอนาคตด้วยแบบจำลอง PRECIS ทั้ง 2 รูปแบบ ได้แก่ A2 และ B2 การใช้แบบจำลองทางธรณีวิศวกรรม DynaSlide Model ซึ่งเป็นแบบจำลองการวิเคราะห์แบบละเอียด ใช้ข้อมูลทางธรณีวิศวกรรมและขั้นตอนการวิเคราะห์ที่ซับซ้อน ทำให้ต้องใช้เวลาค่อนข้างนานและจำกัดพื้นที่ในการวิเคราะห์ เพื่อให้แบบจำลองมีความเหมาะสมสอดคล้องกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่นำมาใช้วิเคราะห์ในเชิงภาพรวมของพื้นที่ ดังนั้น คณะที่ปรึกษาจึงขอเสนอให้ใช้แบบจำลองการประเมินพื้นที่การเกิดดินถล่มโดยอาศัยปริมาณน้ำฝนสะสม วิธีการกึ่งสถิติ (Semi-Statistic Method) แทน ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้สมการคำนวณที่ไม่ซับซ้อน สามารถวิเคราะห์ในเชิงพื้นที่ได้อย่างง่าย และสอดคล้องกับการวิเคราะห์ทางอุทกวิทยาของกรมทรัพยากรน้ำที่มีความเชี่ยวชาญอยู่แล้ว คือ ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) อีกทั้ง สามารถนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ร่วมกับสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนและโทรมาตรของกรมทรัพยากรน้ำ เป็นการบูรณาการสร้างระบบเฝ้าระวังและเตือนภัยดินถล่มโดยกรมทรัพยากรน้ำได้ในอนาคตอีกด้วย

5.2 ผลการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวและความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน

5.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ใช้วิเคราะห์ในแบบจำลอง

การเลือกข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลองพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม พิจารณาจากการวิเคราะห์หาปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในแต่ละลุ่มน้ำ ดังได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 4 ที่ผ่านมา ซึ่งพบว่า ปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดจากรูปแบบ A2 ที่เห็นได้ชัด ได้แก่ ปีพ.ศ. 2569 และปีพ.ศ. 2578 สำหรับรูปแบบ B2 แสดงปีน้ำฝนวิกฤตที่เห็นชัดคือ ปีพ.ศ. 2558 ดังรูปที่ 5-4 ดังนั้น ที่ปรึกษาจึงได้เลือกปีวิกฤตของปริมาณน้ำฝนสำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ดังตารางที่ 5-3



รูปที่ 5-4 ปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2

ตารางที่ 5-3 ปีวิกฤตปริมาณน้ำฝนมากที่สุดจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS สำหรับวิเคราะห์แบบจำลองพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

PRECIS Scenario	ปีวิกฤตปริมาณน้ำฝนมากที่สุด
A2	พ.ศ. 2558*
	พ.ศ. 2569
	พ.ศ. 2578
B2	พ.ศ. 2558
	พ.ศ. 2576

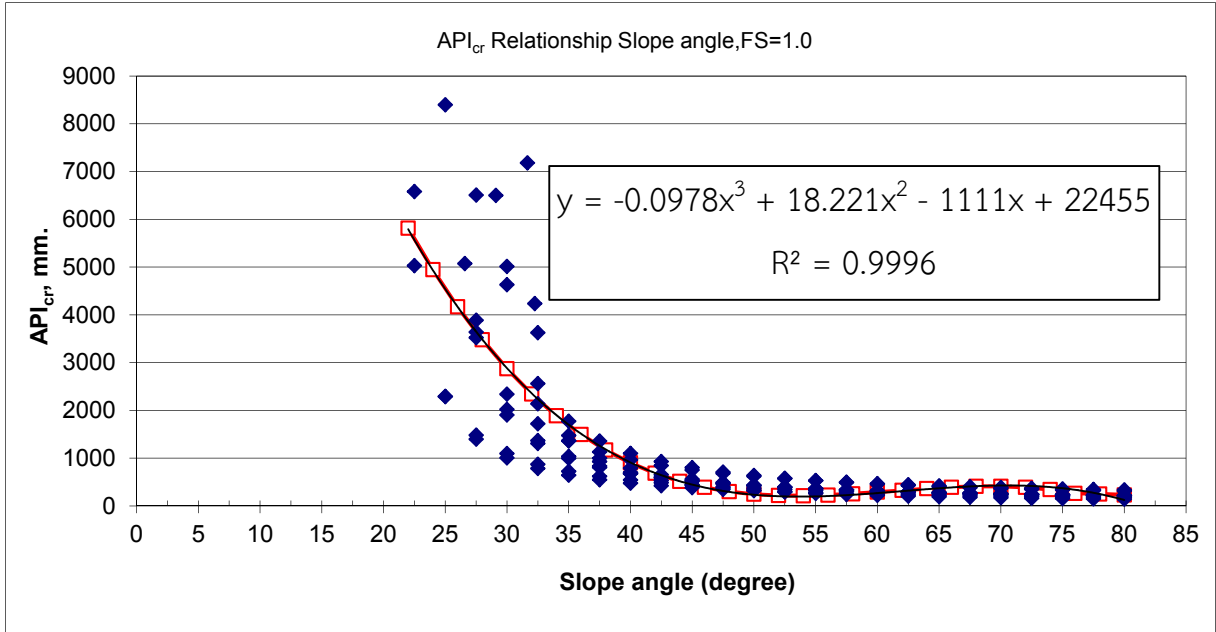
หมายเหตุ รูปแบบ A2 พ.ศ.2558 วิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบกับรูปแบบ B2 ในปีเดียวกัน

5.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤติ (API_{cr})

ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) ในทางวิศวกรรมปฐพีสามารถคำนวณหาได้จากความสัมพันธ์องค์ประกอบของมวลดิน ที่ประกอบไปด้วย ส่วนของของแข็ง คือ เม็ดดิน และส่วนของช่องว่างในมวลดินที่มีของเหลว (น้ำ) และก๊าซ (อากาศ) ซึ่งเป็นการคำนวณหาค่าปริมาณความชื้นในมวลดิน ดังนั้น การหาค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤติ (API_{cr}) หรือ ค่าปริมาณความชื้นในดินที่ทำให้มวลดินสมดุลย์อยู่ได้บนลาดชัน ทำได้โดยการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินแบบลาดอนันต์ (Infinite Slope Stability) จากการกำหนดเงื่อนไขของการวิเคราะห์ให้อัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety, FS) มีค่าเท่ากับ 1.0 และความชื้นในดินมีค่าความอิ่มตัวร้อยละ 90 ซึ่งเป็นความชื้นที่ทำให้ดินมีกำลังรับแรงเฉือนของดินใกล้เคียงกับค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับความอิ่มตัวร้อยละ 100 ของดิน บนความลาดชันต่างๆ (Slope) เพื่อหาความหนาของชั้นดินวิกฤติ (T_{cr}) ในการคำนวณค่า API_{cr} ในแต่ละความลาดชัน จากนั้นทำการหาความสัมพันธ์เชิงสมการทางคณิตศาสตร์ในรูปของสมการ Polynomial Order 3 สำหรับนำไปใช้กับแบบจำลองการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มตามตารางที่ 5-4 และรูปที่ 5-5

ตารางที่ 5-4 สมการความสัมพันธ์ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤติต่อความลาดชันต่างๆ

$y = ax^3 + bx^2 + cx + d$					
$y = -0.0978x^3 + 18.221x^2 - 1111x + 22455, R^2=0.9996$					
y =	a	b	c	d	R^2
$API_{cr} =$	-0.0978	18.221	-1111	22455	0.9996



รูปที่ 5-5 ค่าดัชนีความชุ่มชื้นวิกฤติของดินในแต่ละความลาดชัน

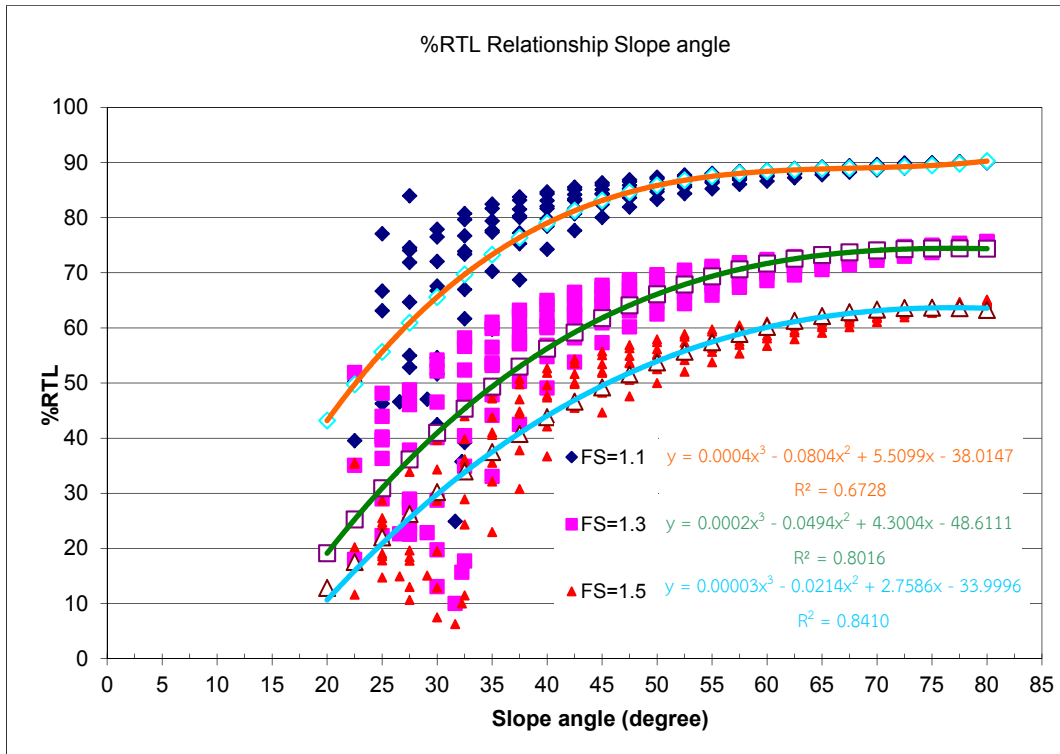
5.2.3 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนร้อยละของปริมาณน้ำฝนที่กระตุ้นให้เกิดดินถล่ม (%RTL)

เกณฑ์กำหนดระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากค่าสัดส่วนร้อยละของปริมาณน้ำฝนที่กระตุ้นให้เกิดดินถล่ม Percentage of Rainfall Trigger Landslide (%RTL) ในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ ได้แบ่งระดับความอ่อนไหวตามการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัยออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับความอ่อนไหวสูงมาก, สูง, ปานกลางและต่ำ ตามลำดับ โดยแต่ละระดับการเตือนภัยได้กำหนดสมการความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของค่า %RTL ในแต่ละความชัน (Slope) ไว้ดังตารางที่ 5-5 และรูปที่ 5-6

ตารางที่ 5-5 สมการความสัมพันธ์ค่า %RTL ต่อความลาดชันต่างๆ

FS	$y = ax^3 + bx^2 + cx + d$						Equation
	y =	a	b	c	d	R ²	
1.1	%RTL =	0.00040	-0.08040	5.50990	-38.01470	0.67280	1
1.3	%RTL =	0.00020	-0.04940	4.30040	-48.61110	0.80160	2
1.5	%RTL =	0.00003	-0.02140	2.75860	-33.99960	0.84100	3

ระดับความอ่อนไหวสูงมาก FS<1.1
 ระดับความอ่อนไหวสูง 1.1<FS<1.3
 ระดับความอ่อนไหวปานกลาง 1.3<FS<1.5
 ระดับความอ่อนไหวต่ำ FS>1.5



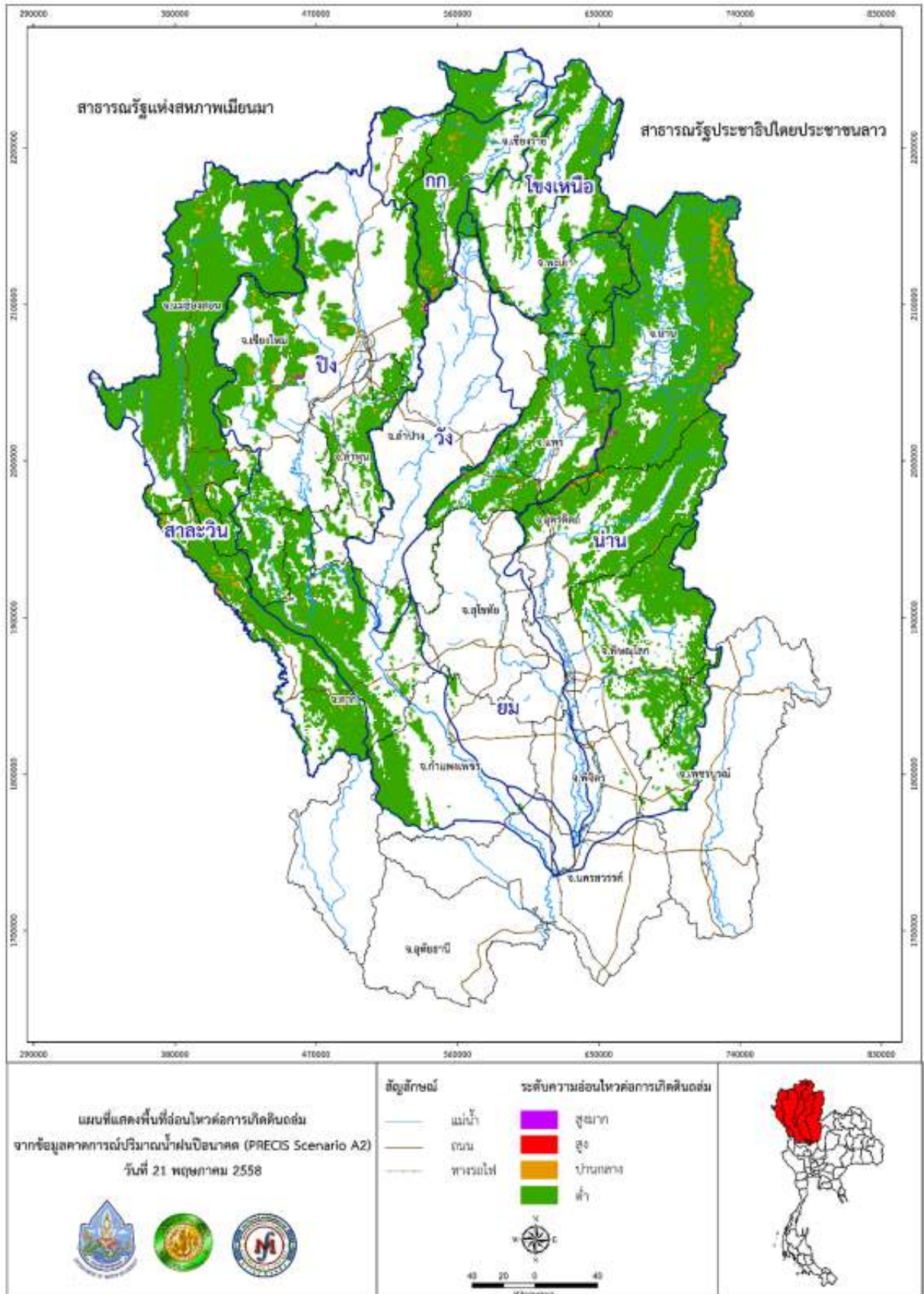
รูปที่ 5-6 ค่าสัดส่วนร้อยละของปริมาณน้ำฝนที่กระตุ้นให้เกิดดินถล่ม %RTL ในแต่ละความชัน (Slope)

5.2.4 ผลการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากปริมาณน้ำฝนรูปแบบ A2

ปีวิกฤตปริมาณน้ำฝนมากที่สุดจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario A2 ทั้ง 3 ปี ได้แก่ พ.ศ.2558, พ.ศ.2569 และ พ.ศ.2578 ได้นำมาวิเคราะห์เพื่อหาพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ/สภาวะโลกร้อน และจัดทำเป็นข้อมูลแผนที่ระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม พบว่า ลุ่มน้ำปิงและลุ่มน้ำ่านแสดงพื้นที่ที่มีระดับความอ่อนไหวสูงมากในปี พ.ศ.2558 และ 2569 แต่ในปี พ.ศ. 2578 พบอย่างชัดเจนในพื้นที่ลุ่มน้ำกกและลุ่มน้ำโขงเหนือ โดยข้อมูลแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มของปีวิกฤตทั้ง 3 ปีได้แสดงไว้ตามรูปที่ 5-7

5.2.5 ผลการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากปริมาณน้ำฝนรูปแบบ B2

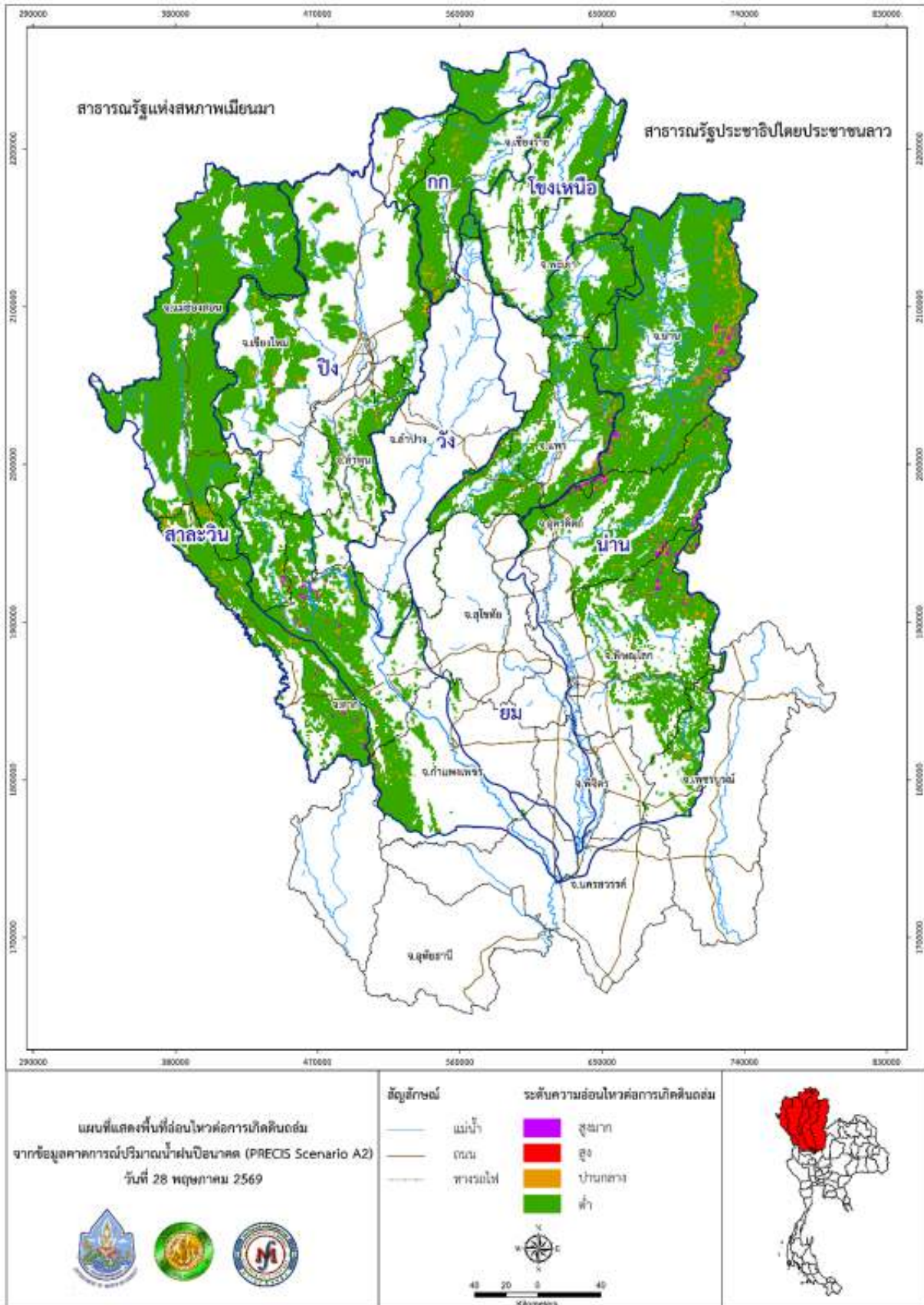
ปีวิกฤตปริมาณน้ำฝนมากที่สุดจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario B2 ของปี พ.ศ.2558, และ พ.ศ.2576 ได้นำมาวิเคราะห์เพื่อหาพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ/สภาวะโลกร้อน และจัดทำเป็นข้อมูลแผนที่ระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม พบว่า ในปีน้ำฝนวิกฤต พ.ศ.2558 พบพื้นที่ที่แสดงระดับความอ่อนไหวสูงมากทั่วทั้ง 7 ลุ่มน้ำอย่างชัดเจน ส่วนปี พ.ศ. 2576 ปรากฏในลุ่มน้ำ่านและลุ่มน้ำกกบ้างในบางพื้นที่ โดยข้อมูลแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มของปีวิกฤตได้แสดงไว้ตามรูปที่ 5-8



รูปที่ 5-7 แผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากปริมาณน้ำฝนปีวิกฤต รูปแบบ A2

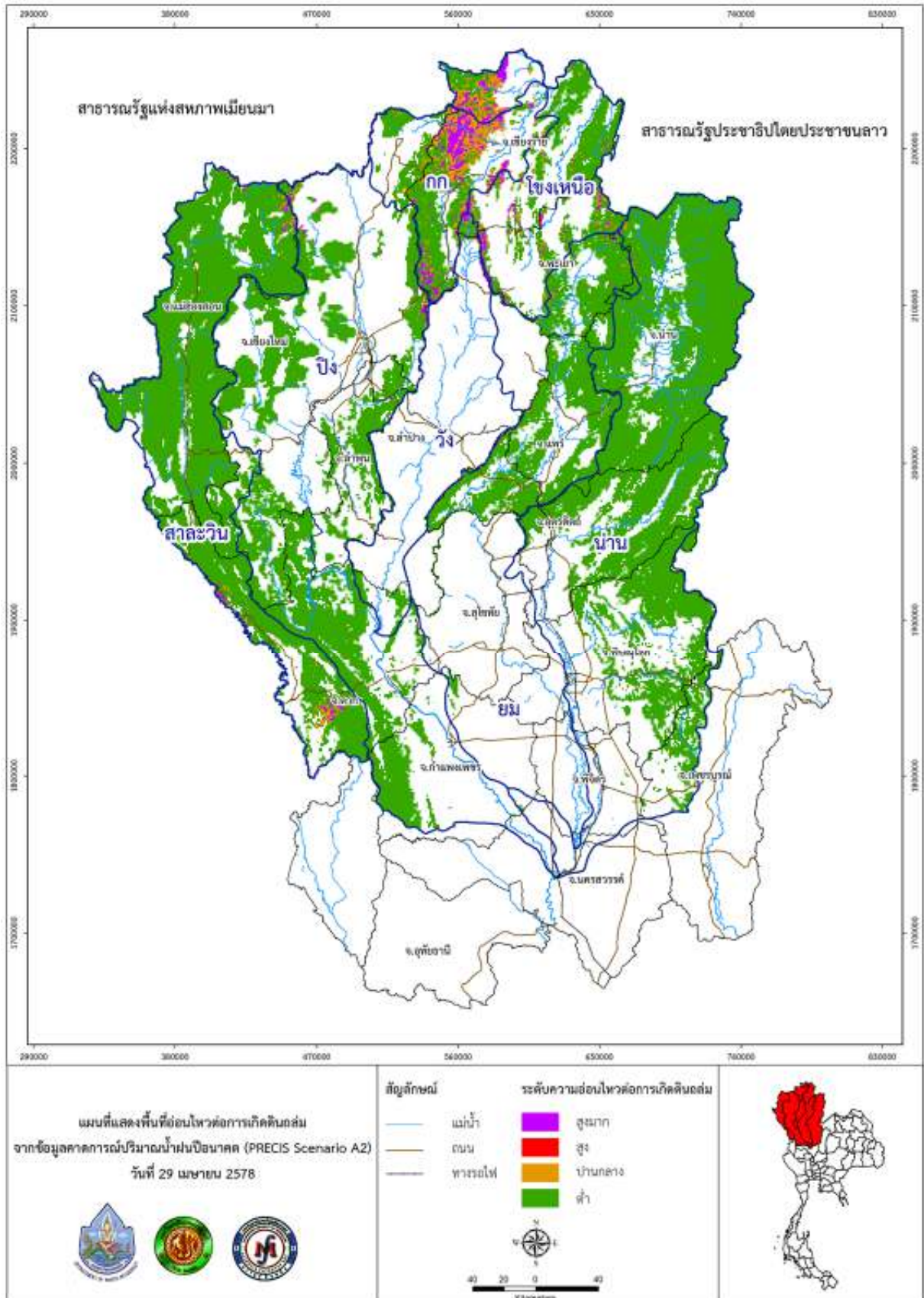
ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ (Draft Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



ข) ปีวิกฤต พ.ศ.2569

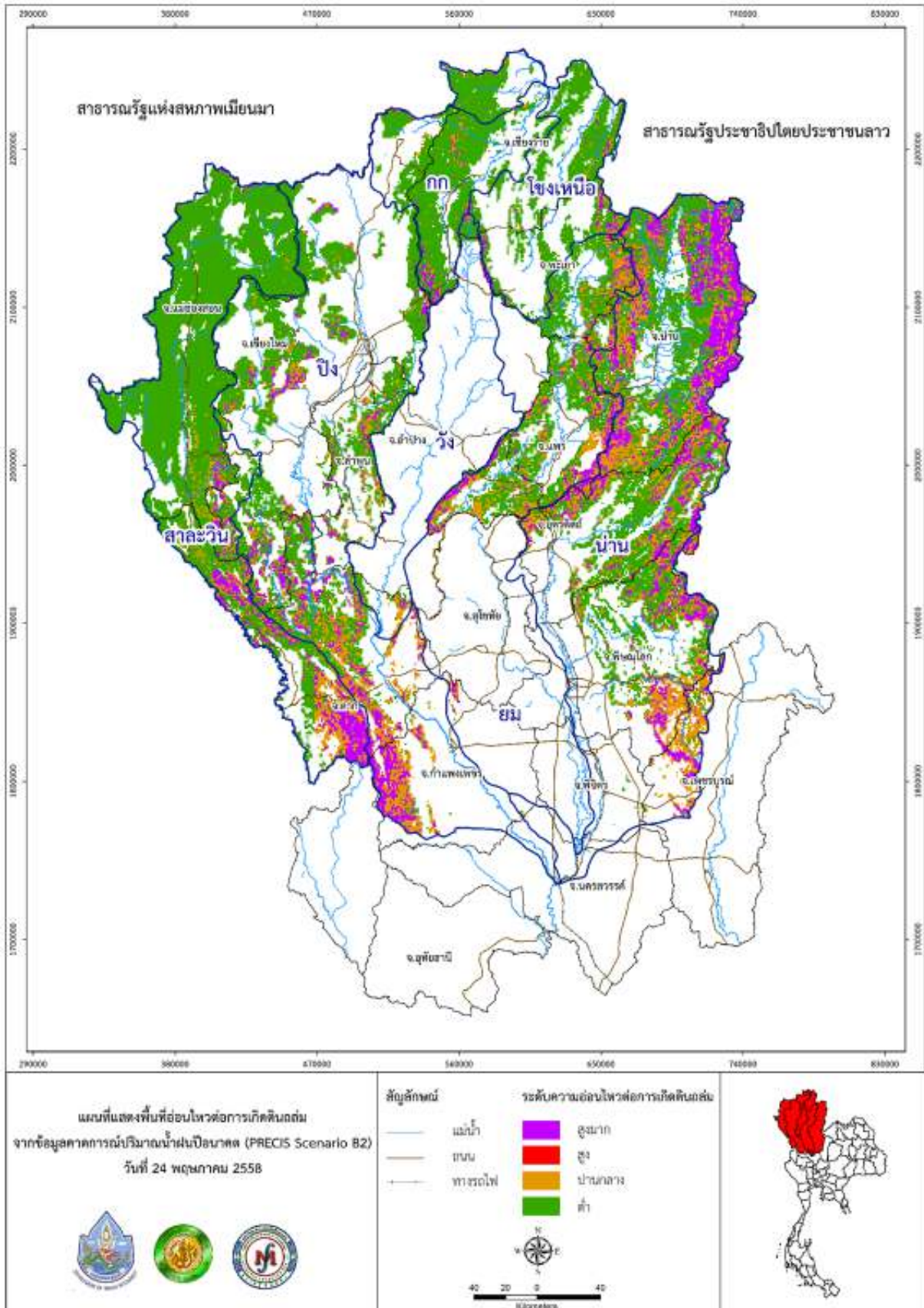
รูปที่ 5-7 (ต่อ) แผนที่พื้นที่ที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากปริมาณน้ำฝนปีวิกฤต รูปแบบ A2



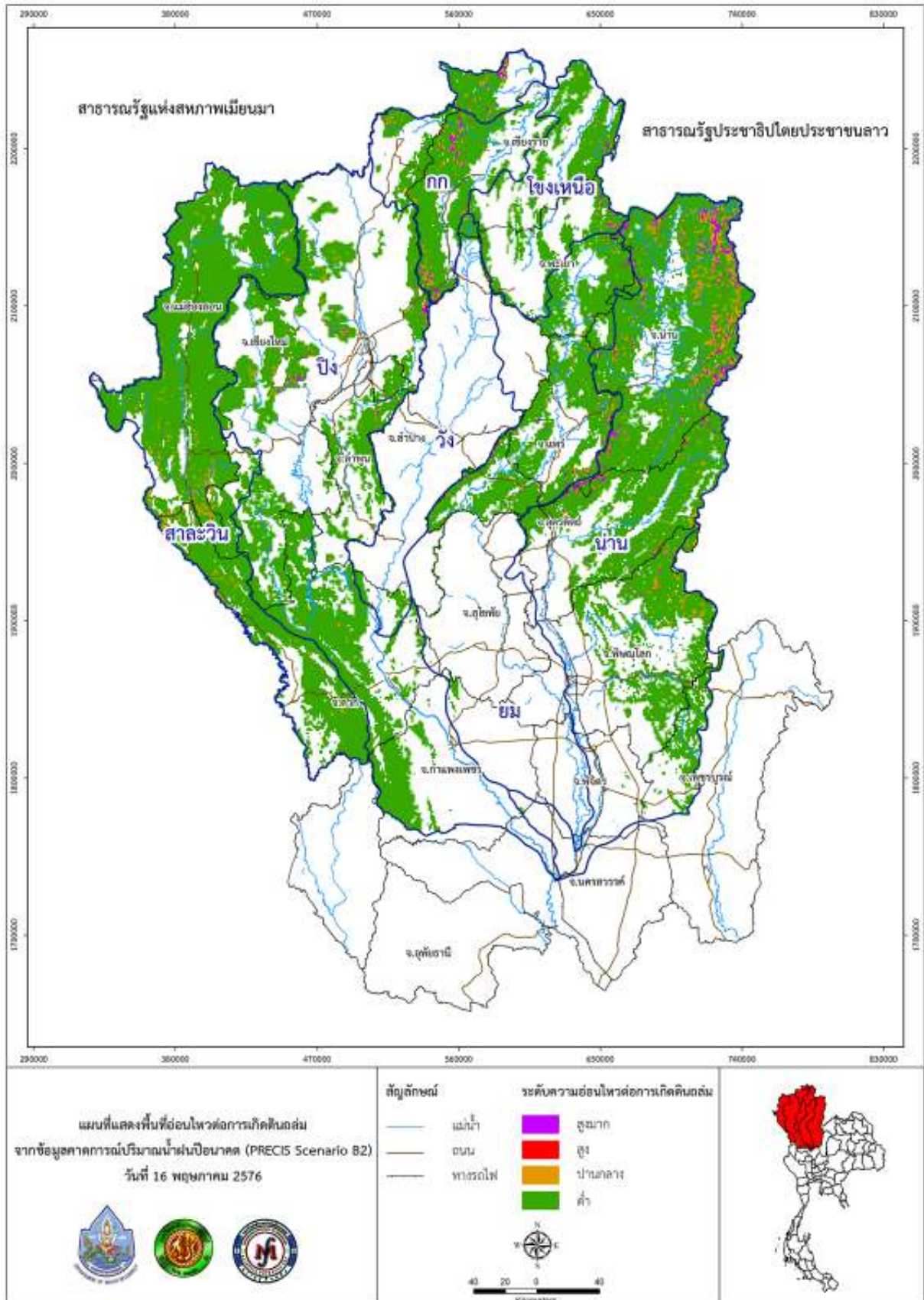
รูปที่ 5-7 (ต่อ) แผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากปริมาณน้ำฝนปีวิกฤต รูปแบบ A2

ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ (Draft Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ 5-8 แผนที่พื้นที่ที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากปริมาณน้ำฝนปีวิกฤต รูปแบบ B2



ข) ปีวิกฤต พ.ศ.2576

รูปที่ 5-8 (ต่อ) แผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากปริมาณน้ำฝนปีวิกฤต รูปแบบ B2

บทที่ 6

มาตรการรับมือกับปัญหาอุทกภัย/ดินถล่ม จากการเปลี่ยนแปลงสภาพ
ภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อน

เนื่องจากผลการศึกษาเหตุการณ์ในการเกิดดินถล่มในอดีต (สุทธิศักดิ์และคณะ, 2554) พบว่าประเทศไทยมีเหตุการณ์ดินถล่มเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากและพบว่ามีแนวโน้มสูงขึ้นจากผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่ทำให้เกิดฝนที่ตกหนักผิดปกติ การขยายตัวของประชากรที่มีแนวโน้มสูงขึ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ เป็นต้น ซึ่งจากสาเหตุดังกล่าวส่งผลให้เกิดความเสียหายขึ้นทั้งทางชีวิตและทรัพย์สินเป็นจำนวนมาก ดังนั้น จำเป็นต้องมีการกำหนดมาตรการและวิธีในการจัดการภัยธรรมชาติที่เหมาะสมกับประเทศไทยเพื่อลดผลกระทบที่เกิดขึ้น ในการศึกษาค้นคว้าได้ทำการตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้องกับมาตรการและวิธีการของต่างประเทศและในประเทศไทยประกอบด้วยกันเพื่อนำมาประยุกต์ใช้

6.1 การจัดการพิบัติภัยดินถล่ม

ดินถล่มเป็นสาธารณภัยประเภทหนึ่งที่มีวัฏจักรการเกิดและขบวนการจัดการภัยคล้ายกับภัยประเภทอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 6-1 ซึ่งเป็นขบวนการต่อเนื่องมิใช่การดำเนินการเฉพาะเมื่อเกิดภัยและภายหลังการช่วยเหลือฟื้นฟูเสร็จสิ้นลงแล้วเท่านั้น แต่ยังมีขบวนการที่ต้องดำเนินการในช่วงปกติเมื่อไม่มีภัยและช่วงก่อนเกิดภัยเพื่อลดผลกระทบของภัยให้น้อยที่สุดด้วย หากมีการจัดการให้มีการปฏิบัติได้ครบถ้วนก็จะสามารถลดความเสี่ยงและการสูญเสียเนื่องจากดินถล่มลงได้มาก ดังจะเห็นจากตัวอย่างของรัฐแคลิฟอร์เนีย Leighton (1976) ได้ประมาณว่าจากการที่ร่วมมือกันป้องกันภัยแผ่นดินถล่มอย่างจริงจัง ในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตั้งแต่การสำรวจ การวิเคราะห์ การออกแบบ และการก่อสร้าง ที่คำนึงถึงภัยดินถล่ม ทำให้มีการลดความเสียหายลงได้ กว่าร้อยละ 95

การเกิดดินถล่มและขบวนการฟื้นฟูที่เกี่ยวข้องจะมีช่วงเวลาที่สั้นกว่า เสียขบวนการกว่ากรณีของน้ำท่วมและน้ำแล้ง ดังแสดงในตารางที่ 6-1 ดังนั้นการดำเนินการจัดการภัยดินถล่ม เช่น การเตือนภัย การอพยพ การช่วยเหลือกู้ภัย จะต้องนำเอาปัจจัยด้านเวลาเข้ามาพิจารณาด้วย

วัฏจักร การเกิดและการจัดการภัยธรรมชาติ



รูปที่ 6-1 วัฏจักรการเกิดและการจัดการภัยธรรมชาติ

ที่มา: The Philippine National Red Cross (1999)

ตารางที่ 6-1 ช่วงเวลาเหตุการณ์ต่างๆ เปรียบเทียบระหว่าง ภัยน้ำท่วม น้ำแล้ง ดินถล่ม

ช่วงเหตุการณ์	ระยะเวลาในการเกิด		
	น้ำท่วม	น้ำแล้ง	ดินถล่ม
1. ช่วงเกิดภัย	2 - 3 วัน ถึง 1- 2 เดือน	1 - 3 เดือน	20 นาที - 2 ชม.
2. ช่วงช่วยเหลือและฟื้นฟู	1 - 3 เดือน	1 - 3 เดือน	1 - 15 วัน
3. ช่วงเหตุการณ์กลับสู่สภาวะปกติ	6 - 10 เดือน	6 - 10 เดือน	8 - 11 เดือน
4. ช่วงก่อนเกิดภัย	5 - 10 วัน	15 - 20 วัน	1 - 5 วัน

ที่มา: วรากรและคณะ (2546)

สำหรับเหตุการณ์และช่วงของการจัดการภัยดินถล่มนั้น ได้แก่

6.1.1 ช่วงเกิดภัย หรือขณะเกิดเหตุการณ์ ภัยทางธรรมชาติ

ในช่วงเวลานี้เป็นช่วงที่เกิดภัยธรรมชาติขึ้นซึ่งจะเป็นช่วงเวลาที่มึระยะเวลาค่อนข้างสั้นเมื่อเทียบกับช่วงอื่นๆ แต่เป็นช่วงที่มีความสำคัญและส่งผลกระทบต่อเหตุการณ์และวิธีการปฏิบัติในช่วงเวลาอื่นที่จะตามมาซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดของความรุนแรงและระดับความเสียหายที่เกิดขึ้น

6.1.2 ช่วงช่วยเหลือและฟื้นฟู ประกอบด้วย

1) การช่วยเหลือเร่งด่วน (Emergency response)

ได้แก่ การกู้ภัย ช่วยเหลือ ค้นหาผู้บาดเจ็บ จัดการศพ ขนย้ายซากสิ่งก่อสร้าง ต้นไม้ รากไม้ และประเมินค่าความเสียหายเบื้องต้น

2) การช่วยเหลือเบื้องต้น (Rehabilitation)

ได้แก่ การช่วยเหลือให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ชั่วคราว เช่น สร้างเต็นท์ที่พักอาศัย จัดหาอาหาร น้ำ และการปฐมพยาบาล

3) การช่วยเหลือฟื้นฟูเข้าสู่สภาพปกติ (Reconstruction)

ได้แก่ การสร้างบ้านพักชั่วคราว ซ่อมบ้านเดิมที่เสียหาย จ่ายค่าทดแทน ซ่อมแซมสาธารณูปโภคให้เข้าสู่สภาพปกติ

6.1.3 ช่วงเหตุการณ์กลับสู่สภาวะปกติ ต้องดำเนินการเพื่อป้องกันภัยและลดผลกระทบ

1) การพัฒนาเพื่อลดความเสี่ยง (Development)

ได้แก่ การก่อสร้าง เพื่อลดความเสี่ยง เช่น คันดิน เขื่อน ป้องกันหมู่บ้าน และการให้ความรู้ในการป้องกันตนเอง

2) การป้องกันภัย (Prevention)

ได้แก่การดำเนินการไม่ให้เกิดขึ้น มุ่งที่จุดเกิดการพิบัติ เช่น ฟื้นฟูสภาพป่าไม้ ปรับสภาพภูมิประเทศ เสริมความแข็งแรงของดิน และการให้ความรู้ในการอนุรักษ์ป่าต้นน้ำ

3) การบรรเทาผลกระทบ (Mitigation)

ได้แก่การสร้างสิ่งก่อสร้างหรือขบวนการในการลดผลกระทบที่ทำให้เกิดความเสียหาย เช่น ติดตั้งระบบเตือนภัย แต่งตั้งและอบรมอาสาสมัครป้องกันภัย

6.1.4 ช่วงก่อนเกิดภัย เป็นช่วงที่มีการเริ่มเข้าสู่สถานการณ์เสี่ยงต่อภัย ต้องดำเนินการ

1) การเตรียมพร้อมรับภัย (Preparedness)

ได้แก่ ช่วงเวลาที่ภัยดินถล่มมีโอกาสเกิดขึ้น เช่น ช่วงต้นฤดูมีฝนตกชุก เป็นต้น ในช่วงนี้จะต้องมีการเตรียมตัวของราษฎร ชักซ้อม ทำความเข้าใจถึงการหนีภัย การแจ้งภัย และการปฏิบัติตัวในระหว่างเกิดภัย ตรวจสอบระบบเตือนภัย

2) การเตือนภัย (Warning)

ได้แก่ ช่วงที่เริ่มวิกฤต เช่น พายุฝนต่อเนื่องใกล้เคียงระดับคาดการณ์หรือเคยเกิดภัยพิบัติ มีรอยเลื่อนบนไหล่เขา เป็นต้น ช่วงนี้ ต้องมีการเฝ้าระวังโดยอาสาสมัคร มีการแจ้งข่าวสถานการณ์ และการเตือนภัยเป็นระยะ ตามระดับความรุนแรงที่คาดว่าจะเกิดขึ้น และสั่งการให้มีการอพยพไปในที่ปลอดภัย

6.2 เกณฑ์กำหนดระดับความรุนแรง

เกณฑ์การกำหนดความรุนแรงของภัยพิบัติที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินถล่มในประเทศไทยนั้นอ้างอิงจากรายงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาแผนหลักการจัดการภัยธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินถล่ม โดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (วรากรและคณะ, 2546)

ระดับ 1 ความรุนแรงน้อยมาก มีจำนวนรอยถล่มน้อยกว่า 5 แห่งในพื้นที่ที่เกิดการถล่มที่ น้อยกว่า 5 ตร.กม. ไม่มีผู้เสียชีวิตโดยนายอำเภอสามารถควบคุมสถานการณ์ได้เป็นผู้อำนวยการสั่งการ โดยได้รับความช่วยเหลือสนับสนุนจากหน่วยงานส่วนราชการภายในอำเภอ

ระดับ 2 ระดับความรุนแรงน้อย เป็นระดับที่มีจำนวนรอยถล่ม 5-50 แห่งในพื้นที่ 5-30 ตร.กม. ทำให้มีผู้เสียชีวิต 1-5 คน และทำให้สูญเสียสิ่งก่อสร้างและทรัพย์สินมากขึ้นซึ่งนายอำเภอไม่สามารถควบคุมสถานการณ์ได้ ต้องอาศัยหน่วยงานระดับจังหวัดให้ความช่วยเหลือสนับสนุนโดยมีผู้ที่ได้รับมอบหมายในฐานะผู้อำนวยการป้องกันสาธารณภัยระดับจังหวัดเป็นผู้อำนวยการสั่งการโดยมีผู้แทนส่วนราชการระดับภาคและภาคเอกชนร่วมในการอำนวยความสะดวกในพื้นที่

ระดับ 3 ความรุนแรงปานกลาง มีจำนวนรอยถล่ม 50-500 แห่งในพื้นที่ที่เกิด 30-100 ตร.กม. มี ผู้เสียชีวิต 5-35 คนมีพื้นที่ที่เกิดมากกว่า 1 อำเภอซึ่งคณะกรรมการป้องกันสาธารณภัยระดับที่ 2 ไม่สามารถควบคุมสถานการณ์ได้ต้องอาศัยหน่วยงานภายนอกจังหวัดให้ความช่วยเหลือสนับสนุนโดยมีการจัดตั้งคณะกรรมการความมั่นคงแห่งชาติหรือผู้ที่ได้รับมอบหมายในฐานะผู้อำนวยการป้องกันสาธารณภัยระดับภาคเป็นผู้อำนวยการสั่งการโดยมีผู้แทนส่วนราชการระดับภาคและภาคเอกชนร่วมในการอำนวยความสะดวกในพื้นที่

ระดับ 4 ความรุนแรงมาก เป็นภัยพิบัติขนาดใหญ่ มีรอยถล่มมากกว่า 500 แห่งในพื้นที่ที่เกิดมากกว่า 100 ตร.กม. ทำให้มีผู้เสียชีวิต มากกว่า 35 คนและมีพื้นที่ที่เกิดมากกว่า 1 จังหวัด ซึ่งคณะกรรมการป้องกันสาธารณภัยระดับที่ 3 ไม่สามารถควบคุมสถานการณ์ได้ต้องอาศัยความช่วยเหลือสนับสนุนจากหน่วยงานระดับกระทรวง ทบวง กรมรวมทั้งคณะกรรมการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีนายกรัฐมนตรีเป็นผู้อำนวยการเหตุการณ์

โดยมีองค์ประกอบที่ใช้ในการพิจารณา 3 องค์ประกอบคือ พื้นที่ที่เกิดแผ่นดินถล่ม จำนวนผู้เสียชีวิต และพื้นที่ปกครอง โดยระดับความรุนแรงจะพิจารณาได้จากองค์ประกอบที่เกิดขึ้น 2 ใน 3 เกณฑ์การจัดระดับความรุนแรงของภัยจากแผ่นดินถล่มแสดงได้ดังตารางที่ 6-2

ตารางที่ 6-2 เกณฑ์การจัดระดับความรุนแรงของภัยจากแผ่นดินถล่ม

ระดับความรุนแรง	ลักษณะทั่วไป	พื้นที่ที่เกิดแผ่นดินถล่ม (ตร.กม.)	จำนวนผู้เสียชีวิต (คน)	พื้นที่ปกครอง (อำเภอ-จังหวัด)
1	ความรุนแรงน้อยมาก มีจำนวนรอยถล่มน้อยกว่า 5 แห่ง	< 5	ไม่มีผู้เสียชีวิต	1 อำเภอ
2	ความรุนแรงน้อย มีจำนวนรอยถล่ม 5-50 แห่ง	5 – 30	1 – 5	1 อำเภอ
3	ความรุนแรงปานกลาง มีจำนวนรอยถล่ม 50-500 แห่ง	30 – 100	5 – 35	> 1 อำเภอ
4	ความรุนแรงมาก มีจำนวนรอยถล่ม มากกว่า 500 แห่ง	> 100	> 35	> 1 จังหวัด

ที่มา: วรารและคณะ (2546)

6.3 บทบาทและหน้าที่ขององค์กรด้านการจัดการภัยธรรมชาติจากการเกิดเหตุการณ์ดินถล่มในประเทศไทย

6.3.1 กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

ได้จัดทำแผนแม่บทการป้องกันและให้ความช่วยเหลือ ผู้ประสบภัยจากอุทกภัย วาตภัย และโคลนถล่ม (ระยะ 5 ปี) นำเสนอคณะรัฐมนตรีให้ความเห็นชอบเมื่อวันที่ 25 กันยายน 2550 เพื่อให้เป็นกรอบและทิศทางการบริหารจัดการและประสานการปฏิบัติในการแก้ไข ปัญหาและผลกระทบจากภัยธรรมชาติ และเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2552 คณะรัฐมนตรีได้ให้ความเห็นชอบแผนปฏิบัติการและงบประมาณ พ.ศ.2553 – 2555

วัตถุประสงค์

1. เพื่อป้องกันและบรรเทาผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนที่เกิดจากอุทกภัยและดินโคลนถล่ม
2. เพื่อให้การดำเนินการช่วยเหลือผู้ประสบภัยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถฟื้นฟูพื้นที่ประสบภัยให้กลับสู่สภาวะปกติโดยเร็ว

3. เพื่อกำหนดหน้าที่ ความรับผิดชอบของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและองค์กรเครือข่าย ทุกภาคส่วน ในการป้องกันและบรรเทาสถานการณ์ฉุกเฉินจากอุทกภัยและดินโคลนถล่ม ให้ชัดเจน บูรณาการ และมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนการปฏิบัติ

กองบัญชาการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ กองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยในเขตพื้นที่ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เตรียมพร้อมรับสถานการณ์การเกิดอุทกภัย และดินโคลนถล่ม ดังนี้

1. ก่อนเกิดภัย ประกอบด้วย

1) การป้องกันและลดผลกระทบ มีแนวทาง ดังนี้

- 1.1) ประเมินความเสี่ยงภัยจากอุทกภัยและดินโคลนถล่ม โดยการประเมินภัยและความล่าช้าเพื่อประเมินโอกาสหรือความเป็นไปได้ที่จะเกิดอุทกภัยและดินโคลนถล่ม รวมทั้งศึกษาวิธีลดผลกระทบเพื่อนำไปกำหนดมาตรการที่เหมาะสมในการบริหารจัดการภัยจากอุทกภัยและดินโคลนถล่ม
- 1.2) ตรวจสอบและปรับปรุงข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย รวมทั้งข้อมูลพื้นที่ปลอดภัยเพื่อรองรับการอพยพให้เป็นปัจจุบัน
- 1.3) จัดทำแผนที่พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยและดินโคลนถล่ม ให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ทั้งในเรื่องมาตราส่วนและรายละเอียดของแผนที่
- 1.4) เตรียมการด้านโครงสร้าง โดยการสำรวจและก่อสร้างหรือปรับปรุงแหล่งน้ำหรือเส้นทาง เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาอุทกภัยและดินโคลนถล่มในพื้นที่รับผิดชอบ
- 1.5) จัดทำฐานข้อมูลกำลังเจ้าหน้าที่ อาสาสมัคร เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์การกู้ชีพกู้ภัย เพื่อให้พร้อมเรียกใช้งานได้ทันทีเมื่อเกิดภาวะฉุกเฉิน
- 1.6) พัฒนาระบบเครือข่ายฐานข้อมูลสารสนเทศด้านอุทกภัยและดินโคลนถล่มให้มีความเชื่อมโยงระหว่างหน่วยงาน
- 1.7) เสริมสร้างความรู้และความตระหนักแก่ประชาชน นักเรียน นักศึกษา และเยาวชน เกี่ยวกับการป้องกันและการปฏิบัติตนอย่างถูกต้องและปลอดภัยจากอุทกภัยและดินโคลนถล่ม

- 1.8) จัดทำสรุปบทเรียน (Lesson Learnt) ของการเกิดอุทกภัยและดินโคลนถล่มครั้งสำคัญ เพื่อประโยชน์ในการบริหารจัดการในอนาคต

2) การเตรียมความพร้อม มีแนวทาง ดังนี้

- 2.1) จัดตั้งและฝึกอบรมอาสาสมัครเพื่อช่วยเหลืองานเจ้าหน้าที่ เช่น อาสาสมัครป้องกันภัยฝ่ายพลเรือน (อปพร.) อาสาสมัครแจ้งเตือนภัย อาสาสมัครกู้ชีพกู้ภัย
- 2.2) ให้ความรู้แก่ชุมชนโดยเน้นการจัดการความเสี่ยงจากภัยพิบัติโดยอาศัยชุมชนเป็นฐาน (Community Based Disaster Risk Management: CBDRM)
- 2.3) จัดทำบัญชีผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านอุทกภัยและดินโคลนถล่ม หรือเจ้าหน้าที่จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
- 2.4) จัดทำแผนปฏิบัติการป้องกันและแก้ไขปัญหาอุทกภัยและดินโคลนถล่ม แบบบูรณาการในทุกระดับ ทั้งระดับชาติ/จังหวัด/อำเภอ/ท้องถิ่น ให้สอดคล้องกับแผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ และแผนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
- 2.5) พัฒนาระบบการพยากรณ์ และติดตั้งอุปกรณ์เตือนภัยในพื้นที่เสี่ยงภัย พร้อมทั้ง จัดเจ้าหน้าที่เฝ้าระวังเพื่อการเตือนภัยจากอุทกภัยและดินโคลนถล่ม
- 2.6) สำรองปัจจัยสี่ที่จำเป็นและเหมาะสมเพื่อรองรับการอพยพและให้ความช่วยเหลือ ผู้ประสบภัยได้ทันทีเมื่อเกิดภัย
- 2.7) เตรียมความพร้อมและสำรองพลังงาน
- 2.8) จัดเตรียมระบบสื่อสารหลัก ระบบสื่อสารรอง และระบบสื่อสารสำรอง ที่จำเป็น พร้อมทั้งจัดหาเครื่องมือ อุปกรณ์สื่อสาร ให้เพียงพอและใช้งานได้ตลอดเวลา
- 2.9) จัดเตรียมสถานที่ปลอดภัยเพื่อรองรับผู้ประสบภัยพร้อมสิ่งสาธารณูปโภค ที่จำเป็น
- 2.10) ฝึกซ้อมแผนปฏิบัติการป้องกันและแก้ไขปัญหาอุทกภัยและดินโคลนถล่ม

2. ภาวะเกิดภัย

การบริหารจัดการในภาวะฉุกเฉิน มีแนวทาง ดังนี้

- 1) เมื่อได้รับข้อมูลการเกิดอุทกภัยและดินโคลนถล่ม ให้จัดตั้งศูนย์อำนวยการเฉพาะกิจ ป้องกันและแก้ไขปัญหาอุทกภัยและดินโคลนถล่ม ตามระดับความรุนแรง
- 2) กรณีจำเป็นต้องรับบริจาคความช่วยเหลือด้านต่างๆ จากสาธารณชนให้ศูนย์อำนวยการเฉพาะกิจฯ จัดตั้งศูนย์รับบริจาคและประสานหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการกำหนดสถานที่ เก็บรักษาสินของและเงินบริจาค รวมทั้งวิธีการแจกจ่ายเพื่อให้เกิดเอกภาพ และเป็นประโยชน์แก่ผู้ประสบภัยอย่างเสมอภาค และทันเหตุการณ์
- 3) กรณีที่จำเป็นต้องประสานความช่วยเหลือจากต่างประเทศให้ศูนย์อำนวยการเฉพาะกิจฯ ประสานไปยังกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยเพื่อแจ้งกระทรวงการต่างประเทศ ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักในการประสานความช่วยเหลือจากต่างประเทศดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องต่อไป
- 4) ดำเนินการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลในกรณีมีผู้เสียชีวิต

3. หลังเกิดภัย การจัดการหลังเกิดภัยมีแนวทาง ดังนี้

- 1) ให้ศูนย์อำนวยการเฉพาะกิจฯ ในเขตพื้นที่รับผิดชอบ ดำเนินการประเมินความเสียหายและความต้องการเบื้องต้น โดยจัดทำบัญชีรายชื่อผู้ประสบภัยและทรัพย์สินที่เสียหายไว้เป็นหลักฐานพร้อมทั้งออกหนังสือรับรองให้ผู้ประสบภัยไว้เป็นหลักฐานในการรับการสงเคราะห์และฟื้นฟู
- 2) จัดหาที่พักอาศัยชั่วคราวและให้ความช่วยเหลือแก่ผู้ประสบภัยด้านสุขภาพอนามัยสภาพจิตใจ
- 3) การจัดการศพผู้เสียชีวิต
- 4) ป้องกัน ฝ้าระวัง และควบคุมโรคที่อาจเกิดขึ้นทั้งด้านร่างกายและจิตใจ
- 5) ฟื้นฟูคุณภาพชีวิต และฟื้นฟูอาชีพของผู้ประสบภัย ทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ ให้สามารถดำรงชีวิตและประกอบอาชีพได้อย่างปกติ
- 6) ฟื้นฟูและจัดการระบบสิ่งแวดล้อมชุมชน ทั้งระบบบำบัดน้ำเสีย สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย และบ่อน้ำบาดาลที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัยและดินโคลนถล่ม ให้ใช้การได้ดังเดิม

7) พื้นฟูโครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งสิ่งสาธารณประโยชน์อื่นๆ ที่ได้รับความเสียหายให้กลับสู่สภาพเดิม เช่น สถานที่ราชการ โรงเรียน สถานที่ท่องเที่ยว และสิ่งแวดล้อมที่ได้รับความเสียหาย รวมทั้งแก้ไขปัญหาภาวะมลพิษต่างๆ

8) ให้ศูนย์อำนวยการเฉพาะกิจฯ ในเขตพื้นที่ที่เกิดเหตุดำเนินการฟื้นฟูบูรณะความเสียหายในเบื้องต้นโดยใช้งบประมาณขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ก่อน กรณีที่เกินขีดความสามารถ ให้พิจารณาช่วยเหลือผู้ประสบภัยตามระเบียบกระทรวงการคลัง ว่าด้วยเงินทดรองราชการเพื่อช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติกรณีฉุกเฉิน พ.ศ.2546 และที่แก้ไขเพิ่มเติม

9) จัดให้มีการศึกษาผลกระทบจากอุทกภัยและดินโคลนถล่มที่มีต่อชีวิต ทรัพย์สินของประชาชน เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการบริหารจัดการภัยจากอุทกภัยและดินโคลนถล่มในอนาคต

หน้าที่รับผิดชอบและขั้นตอนการปฏิบัติงานตามแผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2553 - 2557 แสดงในตารางที่ 6-3 และ รูปที่ 6-2 แสดงขั้นตอนการบริหารงานในสภาวะฉุกเฉิน

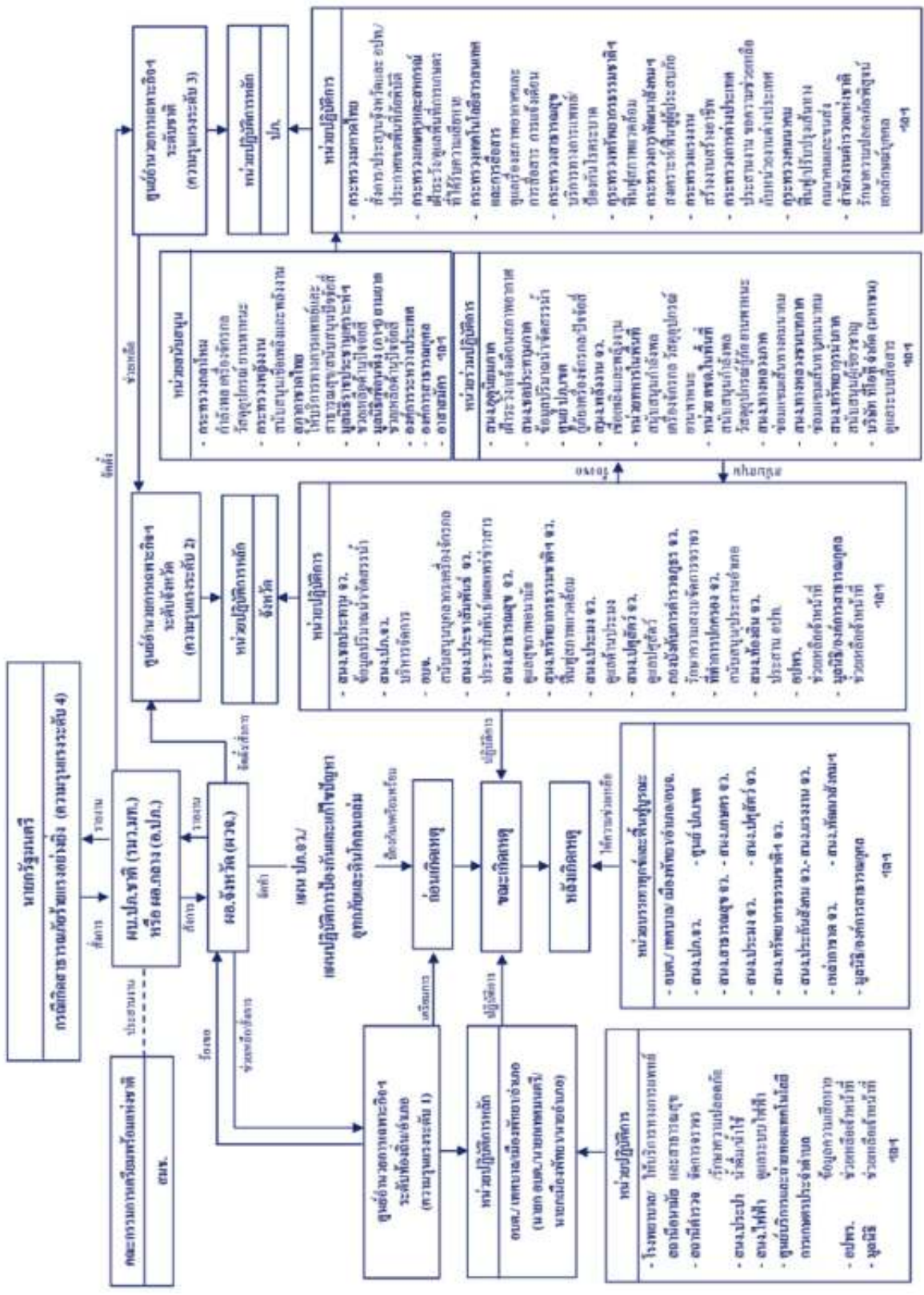
ตารางที่ 6-3 ขั้นตอนการปฏิบัติและหน้าที่ของหน่วยงานที่รับผิดชอบ

ขั้นตอนการปฏิบัติ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ
1. ก่อนเกิดภัย	
1.1 การป้องกันและลดผลกระทบ	
- ประเมินความเสี่ยงภัย	กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรมทรัพยากรธรณี, กรมพัฒนาที่ดิน, กรมทรัพยากรน้ำ, กรมชลประทาน, กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช, จังหวัด, อำเภอ, องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นและกรุงเทพมหานคร
- ศึกษาวิธีการป้องกันและวางแผน	กรมทรัพยากรน้ำ, กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, กรมชลประทาน, กรมทางหลวง, กรมทางหลวงชนบท, จังหวัด, อำเภอ และองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น
- จัดทำสรุปทเรียน	กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, กรมทรัพยากรธรณี, กรมทรัพยากรน้ำ, กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช, จังหวัด, อำเภอ, องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นและกรุงเทพมหานคร
1.2 การเตรียมความพร้อม	
- จัดตั้งและฝึกอบรมอาสาสมัคร	สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข, กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, กรมทรัพยากรธรณี, กรมทรัพยากรน้ำ, กรมพัฒนาที่ดิน, จังหวัด, อำเภอ, องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น, กรุงเทพมหานคร และมูลนิธิ
- ให้ความรู้แก่ชุมชน	สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ, กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, จังหวัด, อำเภอ, องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น สถาบันการศึกษาและสภาวิชาชีพ
- พัฒนาระบบการพยากรณ์ และติดตั้งอุปกรณ์เตือนภัย	กรมอุตุนิยมวิทยา, กรมทรัพยากรน้ำ, กรมชลประทาน, กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ, กรมทรัพยากรธรณี, กรมอุทกศาสตร์, กองทัพเรือ, กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และกรุงเทพมหานคร
2. ขณะเกิดภัย (การบริหารจัดการในภาวะฉุกเฉิน)	
- จัดตั้งศูนย์อำนวยการเฉพาะกิจ	กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

ตารางที่ 6-3 (ต่อ) ขั้นตอนการปฏิบัติและหน้าที่ของหน่วยงานที่รับผิดชอบ

ขั้นตอนการปฏิบัติ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ
3. หลังเกิดภัย (การจัดการหลังเกิดภัย)	
- ดำเนินการประเมินความเสียหายและความต้องการเบื้องต้น	ศูนย์อำนวยการเฉพาะกิจ
- จัดหาที่พักอาศัยชั่วคราวและให้ความช่วยเหลือแก่ผู้ประสบภัยด้านสุขภาพอนามัย	สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข, กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, จังหวัด, อำเภอ, องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและกรุงเทพมหานคร
- ฟื้นฟูระบบสาธารณูปโภคและโครงสร้างพื้นฐานต่างๆในชุมชน	กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์, สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข, สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ, สำนักงานปลัดกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน), และบริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน), กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, กรมโยธาธิการและผังเมือง, กรมทางหลวง, กรมทางหลวงชนบท, กรมชลประทาน, จังหวัดและอำเภอ
- จัดให้มีการศึกษาผลกระทบจากอุทกภัยและดินโคลนถล่มที่มีต่อชีวิต	กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, กรมชลประทาน, กรมทรัพยากรน้ำ, กรมทรัพยากรธรณี, กรมพัฒนาที่ดิน, กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช, กรุงเทพมหานครและสถาบันการศึกษา

ที่มา: กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (2552)



รูปที่ 6-2 การปฏิบัติการและหน่วยงานร่วมบูรณาการในการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยและดินโคลนถล่ม ระดับจังหวัด

ที่มา: กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (2552)

จากการศึกษาแผนการป้องกันภัยธรรมชาติของหน่วยงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักในการจัดการภัยธรรมชาตินั้นพบว่า หน้าที่ของหน่วยงานที่เข้ามาให้ความร่วมมือและมีหน้าที่รับผิดชอบนั้นจะขึ้นอยู่กับช่วงเวลาในการเกิดภัยธรรมชาติ ในส่วนของแผนการบริหารนั้นจะขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้น ซึ่งแผนดังกล่าวได้แบ่งความรุนแรงออกเป็น 4 ระดับ แต่ละระดับความรับผิดชอบจะแบ่งออกได้ตามนี้ คือ ระดับที่ 1 ผู้รับผิดชอบคือหน่วยงานในอำเภอ, ระดับที่ 2 ผู้รับผิดชอบคือหน่วยงานในจังหวัด, ระดับที่ 3 ผู้รับผิดชอบคือศูนย์อำนวยการเฉพาะกิจระดับชาติ และระดับที่ 4 ผู้รับผิดชอบคือ นายกรัฐมนตรีในฐานะหัวหน้าศูนย์อำนวยการเฉพาะกิจระดับชาติ

เมื่อพิจารณาจากแผนการดังกล่าว พบว่าแผนการดังกล่าวมีความเหมาะสมในเรื่องการวางหน้าที่รับผิดชอบของหน่วยงานราชการค่อนข้างดี แต่ในปัจจุบันปัญหาที่พบโดยทั่วไปในขณะเกิดเหตุการณ์นั้นคือปัญหาในเรื่องการสื่อสารขัดข้องดังนั้น มาตรการและวิธีการที่นำมาใช้ในการจัดการภัยควรจะมีเน้นในด้าน การให้ความรู้กับประชาชนในพื้นที่ ที่มีความเสี่ยง เพื่อลดผลกระทบของการเตือนภัยและการตัดสินใจที่ต้องมาจากส่วนกลางเมื่อเกิดเหตุขัดข้องดังกล่าว

6.4 บทบาทและหน้าที่ขององค์กรด้านการจัดการภัยธรรมชาติจากการเกิดเหตุการณ์ดินถล่มในต่างประเทศ

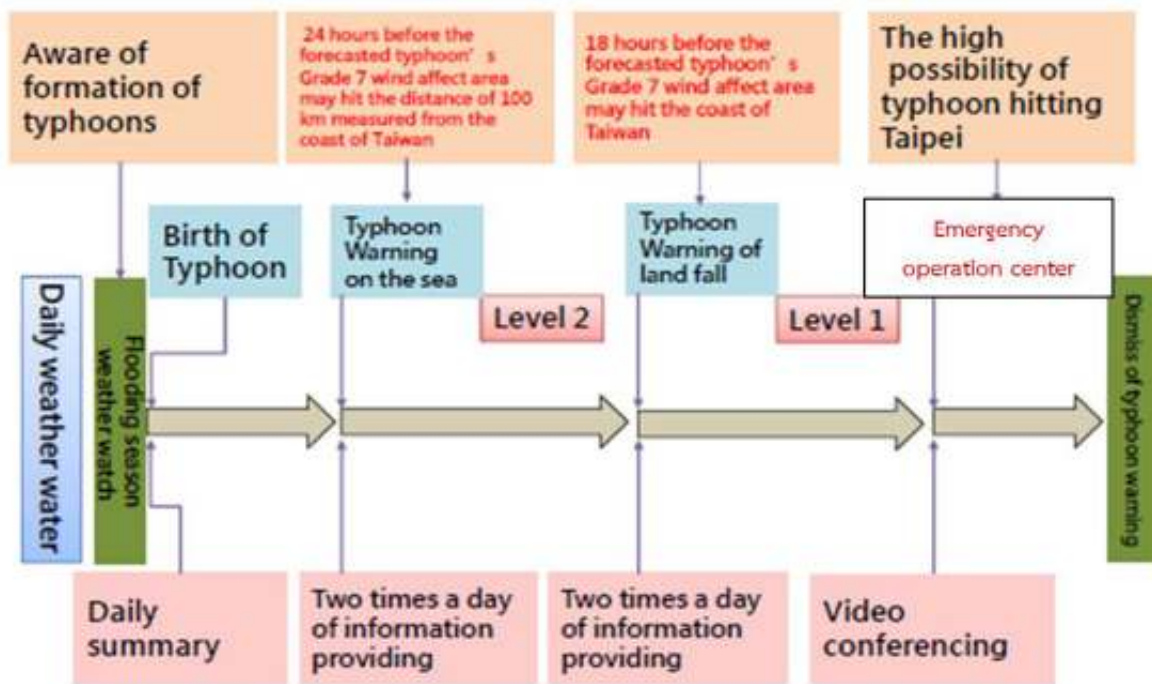
6.4.1 ประเทศไต้หวัน

ประเทศไต้หวันเป็นประเทศที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากเหตุการณ์น้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มค่อนข้างมากเนื่องจากมีลักษณะเป็นเกาะและมีการพาดผ่านของมรสุมที่ก่อให้เกิดพายุไต้ฝุ่น ในช่วงปี 2009 ซึ่งเกิดพายุไต้ฝุ่นมรกตก่อตัวขึ้นกลางทะเลใกล้ชายฝั่ง เหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นในวันที่ 9 สิงหาคม 2009 ในบริเวณพื้นที่หมู่บ้าน Xiaolin ตั้งอยู่ในบริเวณจังหวัด Kaohsiung ทางตอนใต้ของประเทศ ส่งผลให้ผู้มีเสียชีวิตประมาณ 400 คน

จากเหตุการณ์ดังกล่าวและเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้นในอดีตทำให้รัฐบาลได้จัดทำแผนในการเตือนภัย ซึ่งมีการจัดตั้งหน่วยงานสำหรับปฏิบัติงานในภาวะฉุกเฉิน (Emergency Operation Center, EOC) ประกอบไปด้วยหน่วยงานภาครัฐหลายหน่วยงานแต่หน่วยงานหลักที่ทำหน้าที่รับผิดชอบคือหน่วยงาน SWCB (Soil and Water Conservation Bureau) เป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการบริหารจัดการพื้นที่ต้นน้ำรวมทั้งทำการติดตั้งเครื่องมือสำหรับเฝ้าระวังในพื้นที่ต้นน้ำ รูปแบบของการบริหารจัดการในช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงในการเกิดภัยนั้นแสดงในรูปที่ 6-3 นอกจากนี้หน่วยงานที่บริหารในสภาวะฉุกเฉินนั้นยังมีรูปแบบของการสร้างแผนงานที่เรียกว่า “Community-Based Disaster Risk Reduction” เป็นการกระจายความรู้และหน้าที่รับผิดชอบจากส่วนกลางสู่ประชาชนหรือหน่วยงานในท้องถิ่นเพื่อลดผลกระทบจากการขาดการติดต่อสื่อสารกับส่วนกลางในช่วงเกิดเหตุการณ์ อีกทั้งยังเป็นการช่วยเพิ่มความรู้ความเข้าใจของประชาชนในพื้นที่อีกด้วย รูปแบบของกระบวนการดังกล่าวแสดงในรูปที่ 6-4

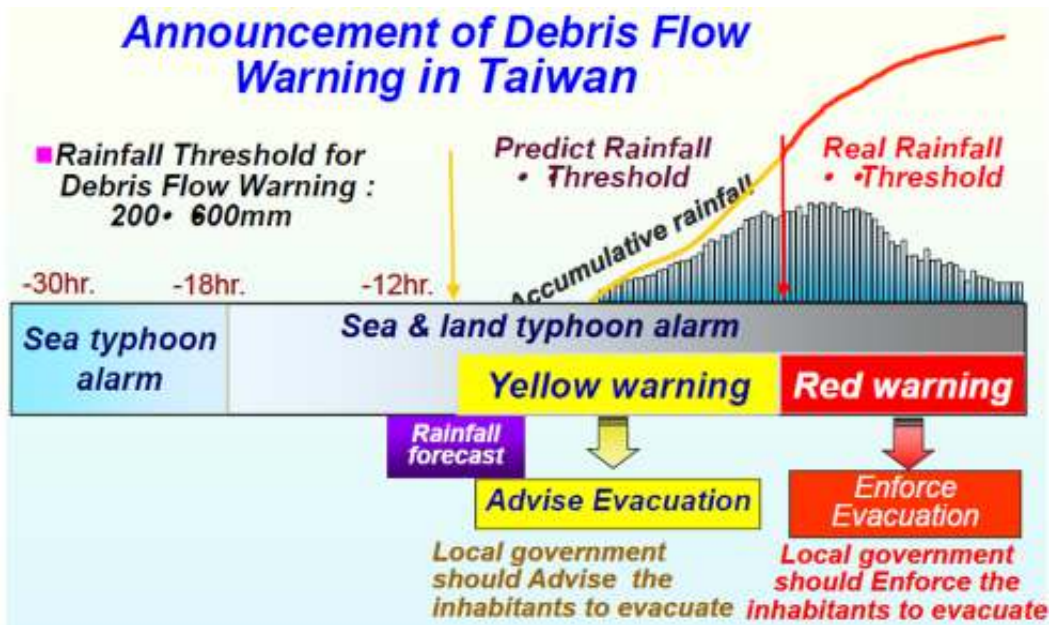
การบริหารงานในช่วงเกิดภัยนั้นจะเริ่มขึ้นตั้งแต่มีการเตือนของไต้ฝุ่นที่เริ่มก่อตัวขึ้นในทะเล (จากข้อมูลพยากรณ์ล่วงหน้า 24 ชั่วโมง) จนกระทั่งพายุเริ่มขึ้นสู่ชายฝั่ง (ข้อมูลพยากรณ์ 12 ชั่วโมง) เมื่อพายุเริ่มก่อตัวและเกิดฝนตกในพื้นที่เสี่ยงจะใช้ข้อมูลจากเครื่องมือที่ทำการติดตั้งไว้ในพื้นที่เสี่ยงเพื่อทำการตัดสินใจเตือนภัยและสั่งอพยพ

ในส่วนของการบริหารงานในช่วงเหตุการณ์ปกตินั้น นอกจากจะใช้แผนงาน “Community-Based Disaster Risk Reduction” แล้วนั้นภาครัฐยังมีหน้าที่ที่จะเข้าไปในบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัยเพื่อให้ความรู้ในเรื่องการอพยพและจัดลำดับความสำคัญของบุคคลในช่วงเวลาดังกล่าว (set priority) รวมทั้งให้คำปรึกษาหน่วยงานในท้องถิ่นสำหรับการวางแผนอพยพและคัดเลือกสถานที่อพยพแสดงในรูปแบบที่ 6-5



รูปที่ 6-3 แผนการเตือนภัยในช่วงเกิดเหตุการณ์ดินถล่มในประเทศไต้หวัน

ที่มา: SWCB (2012)



รูปที่ 6-4 (ต่อ) แผนการเตือนภัยในช่วงเกิดเหตุการณ์ดินถล่มในประเทศไทยได้หวั่น

ที่มา: SWCB (2012)

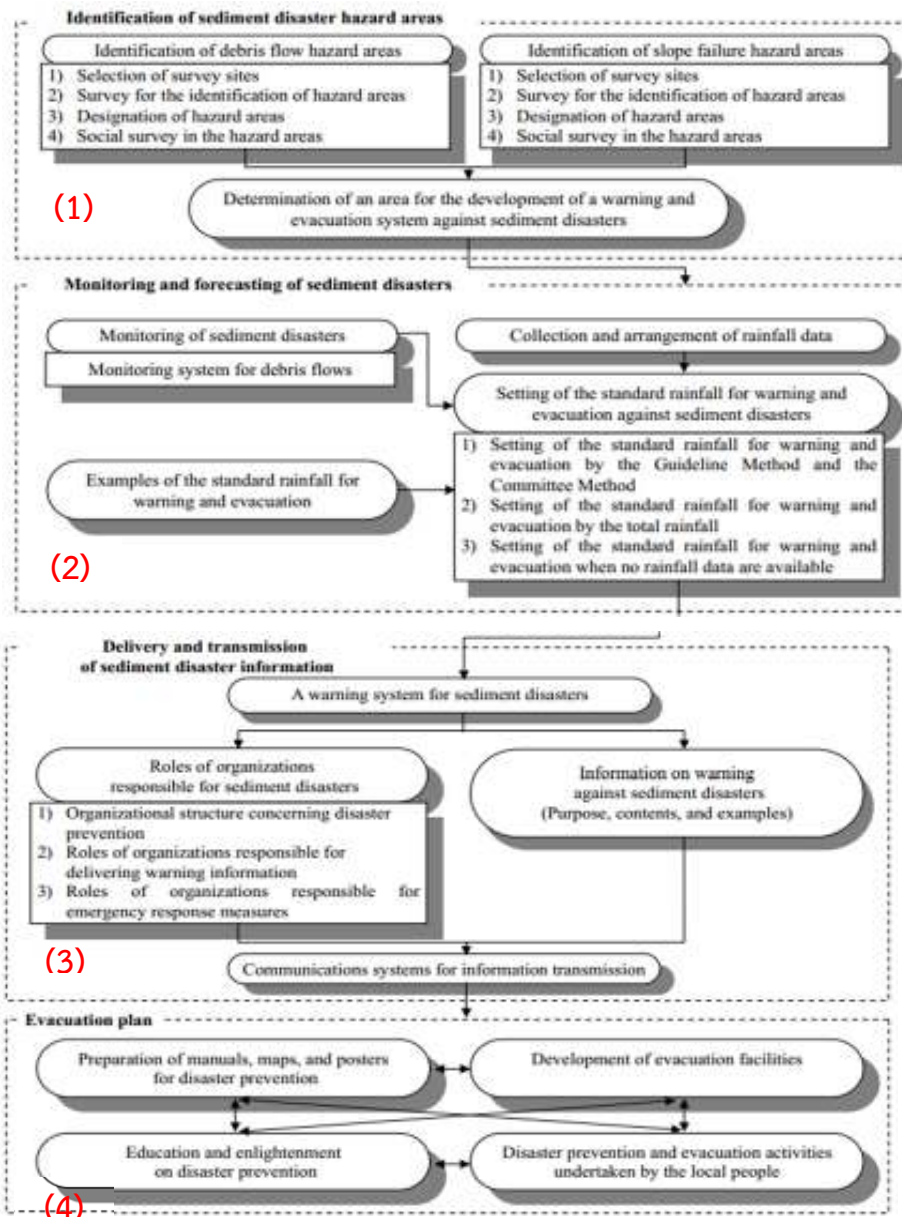


รูปที่ 6-5 แผนงาน Community-Based Disaster Risk Reduction

ที่มา: Chen and Liu 2006.

6.4.2 ประเทศญี่ปุ่น

ประเทศญี่ปุ่นเป็นหนึ่งในประเทศที่มีเหตุการณ์ดินถล่มบ่อยครั้ง ทั้งจากสาเหตุของฝนที่ตกหนัก ผิดปกติเนื่องจากภูมิประเทศที่เป็นเกาะ และจากการเกิดแผ่นดินไหว อีกทั้งลักษณะภูมิประเทศมีพื้นที่เป็นภูเขาถึง 75% มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1400-4000 มม. ต่อปี จากบทความ Development of Warning and Evacuation System against Sediment Disasters in Japan ที่นำเสนอโดยหน่วยงาน Ministry of Land, Infrastructure and Transport Infrastructure Development Institute ของประเทศญี่ปุ่นนั้นได้นำเสนอรูปแบบของการจัดการและบริหารงานเพื่อลดผลกระทบในการเกิดภัยดินถล่ม แสดงในรูปที่ 6-6



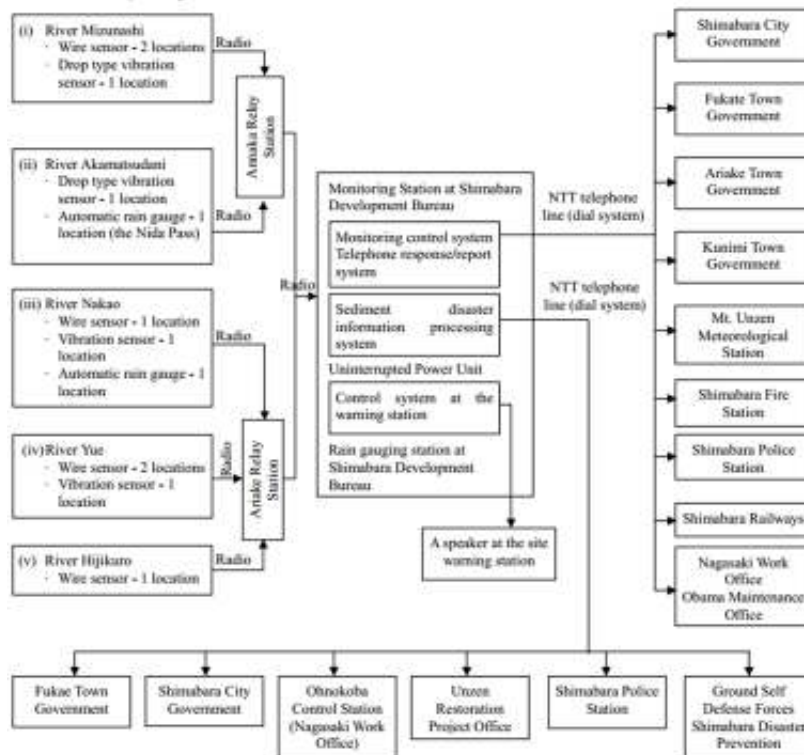
รูปที่ 6-6 แผนงานสำหรับการจัดการภัยดินถล่มในประเทศญี่ปุ่น

ที่มา: Ministry of Land, Infrastructure and Transport Infrastructure Development Institute Japan (2004)

แผนงานดังกล่าวได้แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนประกอบไปด้วย

- 1) กำหนดขอบเขตพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดเหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก เพื่อพัฒนาระบบเตือนภัยและกำหนดแผนในการวางพื้นที่อพยพ
- 2) ตรวจสอบพฤติกรรมการในพื้นที่เฝ้าระวังและกำหนดเกณฑ์ในการเตือนภัย โดยทำการศึกษาเพื่อสร้างเกณฑ์ในการเตือนและอพยพจากข้อมูลน้ำฝน
- 3) กำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละองค์กรในการจัดการภัย และให้ข้อมูลเกี่ยวกับระบบการเตือนภัยที่ได้ทำการศึกษาไว้
- 4) เตรียมแผนการอพยพและมาตรการป้องกัน โดยการทำความมือที่ประกอบไปด้วยการสร้างแผนที่เสี่ยงภัยและแผนที่สำหรับการอพยพในช่วงเกิดเหตุการณ์ ซึ่งดำเนินการรับผิดชอบโดยหน่วยงานท้องถิ่นและประชาชนในพื้นที่

นอกจากการวางแผนเพื่อรับมือกับภัยพิบัติแล้วหน่วยงานทางรัฐได้วางแผนในการสร้างโครงสร้างป้องกันประเภทต่างๆ(Counter measure) และวางแผนระบบการสื่อสารของข้อมูลที่ได้ตรวจวัดในพื้นที่เสี่ยงเพื่อส่งข้อมูลไปยังหน่วยงานในพื้นที่โดยตรงเพื่อป้องกันปัญหาที่เกิดจากการขาดการติดต่อกับส่วนกลางในช่วงเกิดเหตุการณ์ รูปที่ 6-7 แสดงตัวอย่างระบบการสื่อสารที่ใช้ในพื้นที่ ภูเขา Unzen-Fugen ทางใต้ประเทศญี่ปุ่น



รูปที่ 6-7 ตัวอย่างระบบการสื่อสารและส่งข้อมูลจากพื้นที่เฝ้าระวังเหตุการณ์

ที่มา: Ministry of Land, Infrastructure and Transport Infrastructure Development Institute Japan (2004)

6.4.3 ประเทศอินโดนีเซีย

อินโดนีเซียเป็นประเทศเพื่อนบ้านมีภูมิประเทศเป็นลักษณะของหมู่เกาะ ซึ่งจากการเก็บข้อมูลสถิติเหตุการณ์ในอดีตพบว่าในช่วงปี 1990-2007 มีจำนวนเหตุการณ์ดินถล่มสูงถึง 1,215 เหตุการณ์ มีประชาชนเสียชีวิตประมาณ 2,886 คน และสูญเสียชีวิตสินที่อยู่อาศัยอีกเป็นจำนวนมาก เหตุการณ์ดินถล่มส่วนใหญ่ในประเทศอินโดนีเซียจะเกิดในช่วงเดือนมกราคมซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกหนักมากที่สุดในปี

หน่วยงานที่รับผิดชอบบริหารจัดการในช่วงเกิดเหตุการณ์ภัยธรรมชาติคือ BNPB ประกอบไปด้วยหน่วยงานทางรัฐที่เกี่ยวข้องกับการจัดการภัย เช่น Ministry of Interior, Ministry of Social Affairs, Ministry of Public Works, Ministry of Health, Ministry of Finance, Ministry of Transportation, Ministry of Energy and Mineral Resources, Police and Armed Forces หน่วยงานทั้งหมดจะอยู่ภายใต้การบริหารงานของประธานาธิบดีของประเทศอินโดนีเซีย อีกทั้งยังมีผู้เชี่ยวชาญในสาขาต่างๆคอยช่วยให้คำช่วยเหลือในการตัดสินใจ รูปที่ 6-8 แสดงแผนผังการบริหารงาน จากการศึกษาพบว่า การตัดสินใจในการเตือนภัยและอพยพนั้นจะมีคำสั่งออกมาจากส่วนกลาง



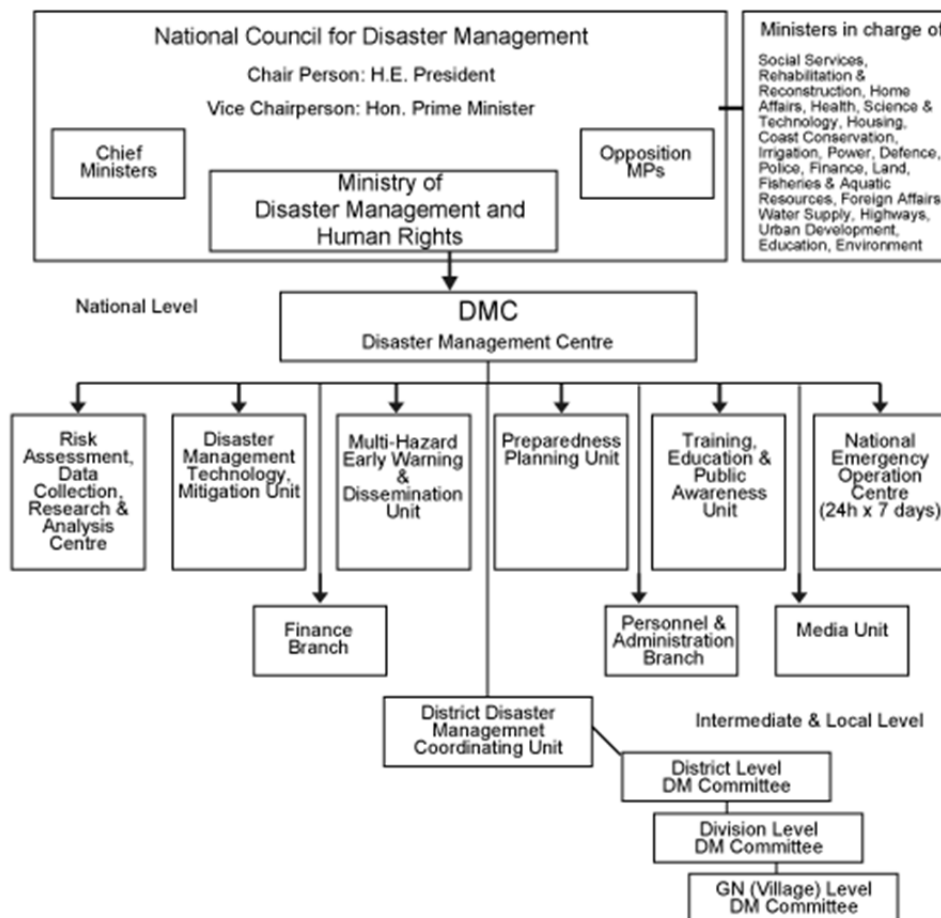
รูปที่ 6-8 แผนงานสำหรับการบริหารในช่วงเกิดภัยดินถล่มในประเทศอินโดนีเซีย

ที่มา: Asian Disaster Reduction Center (ADRC)

6.4.4 ประเทศศรีลังกา

ประเทศศรีลังกามีลักษณะภูมิประเทศเป็นเกาะทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของอินเดีย มีลักษณะของที่ราบสูงกระจายตัวในภาคเหนือของประเทศในขณะที่ภาคใต้จะเป็นที่อกเขา Pidurutalagala ซึ่งล้อมรอบด้วยที่ราบชายฝั่งทะเล สภาพภูมิอากาศเขตร้อนส่วนใหญ่ร้อนและชื้นยังเย็นและเย็นในที่ราบสูง ในพื้นที่ส่วนใหญ่ฤดูฝนมาระหว่างเดือนพฤษภาคมและตุลาคม ประเทศศรีลังกาเป็นพื้นที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมในมหาสมุทรอินเดีย ทำให้เกิดภัยดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากเป็นจำนวนมาก

การบริหารงานในช่วงเกิดภัยธรรมชาตินั้นจะขึ้นตรงกับประธานาธิบดีซึ่งจะจัดตั้งหน่วยงานความมั่นคงแห่งชาติสำหรับจัดการภัยพิบัติ (National Council for Disaster Management) ประกอบไปด้วยหน่วยงานทางภาครัฐที่รับผิดชอบในเรื่องต่างๆทั้งหมดจากส่วนกลางจะออกคำสั่งไปที่ หน่วยงานที่รับผิดชอบหลักคือ Disaster Management Center (DMC) ซึ่งมีหน้าที่โดยตรง หน้าที่หลักคือ ประเมินความเสี่ยงของเหตุการณ์, พัฒนาระบบเตือนภัย, วางแผนการอพยพ และให้ความรู้กับประชาชน โดยที่เมื่อเกิดเหตุการณ์ภัยธรรมชาติขึ้นหน่วยงานนี้จะจัดตั้ง Emergency operation center ขึ้นเพื่อคอยให้ความช่วยเหลือประชาชน รูปที่ 6-9 แสดงโครงสร้างบริหารจัดการภัยธรรมชาติของประเทศศรีลังกา



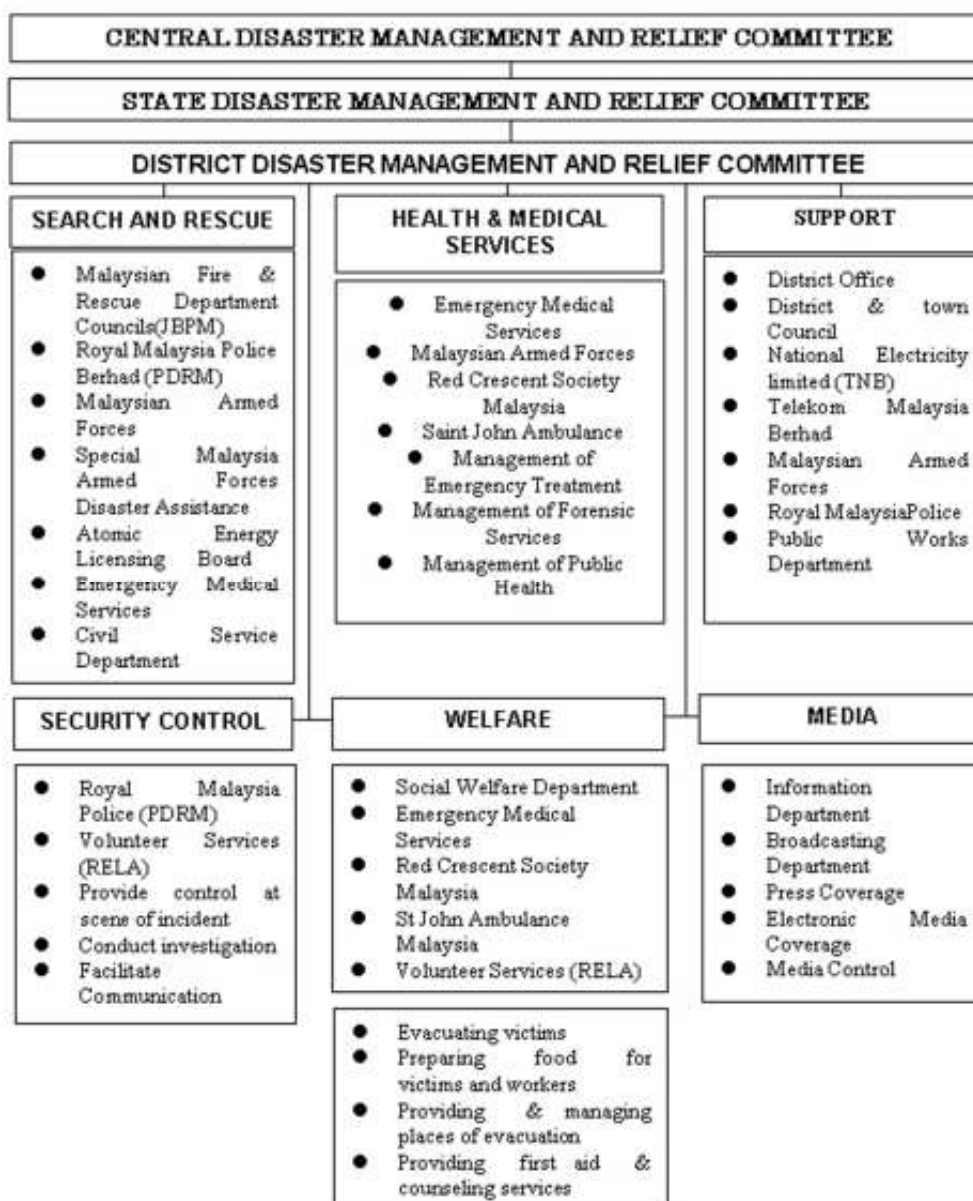
รูปที่ 6-9 แผนงานสำหรับการบริหารในช่วงเกิดภัยดินถล่มในประเทศศรีลังกา

ที่มา: Asian Disaster Reduction Center (ADRC)

6.4.5 มาเลเซีย

มาเลเซีย ประเทศเพื่อนบ้านของประเทศไทย ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศและสภาพอากาศคล้ายประเทศไทย ได้มีความเสียหายจากดินถล่มมากประเทศหนึ่งในช่วง 10 ปีมานี้มีการพิบัติใหญ่ 3 ครั้ง คือ ที่ Genting Highlands, ที่รัฐเปรัก และที่รัฐซาบารัน มีคนเสียชีวิตรวมกัน 81 คน ได้มีการดำเนินการด้านการจัดการไปแล้วดีพอสมควร โดยมีการจัดตั้งหน่วยงานที่รับผิดชอบ คือ Disaster Management and Relief Committee (DMRC) โดยแบ่งการบริหารเป็น 3 ระดับ คือ ระดับประเทศ ระดับรัฐ และระดับอำเภอ ดังผังการบริหารงานแสดงในรูปที่ 6-10

Disaster Management Organization of Malaysia



รูปที่ 6-10 ผังองค์กรในการจัดการภัยธรรมชาติของมาเลเซีย

ที่มา: Asian Disaster Reduction Center (ADRC)

ระดับประเทศ จะมีระดับรัฐมนตรีเป็นประธาน และมีตั้งแต่ระดับรัฐมนตรีไปจนถึงระดับอธิบดีที่เกี่ยวข้องเป็นกรรมการ ผู้บัญชาการทหารบก และตำรวจก็เป็นกรรมการด้วย ระดับรัฐ มีเลขาธิการรัฐเป็นประธาน ระดับอำเภอ มีนายอำเภอเป็นประธาน

การจัดการด้านแผ่นดินถล่ม ทางรัฐบาลกลางได้ออกเป็นมาตรการทางกฎหมายและมาตรการอื่นๆ เช่น ทำแผนที่เขตเกิดแผ่นดินถล่ม สร้างระบบการใช้ที่ดินในเขตเสี่ยง สร้างข้อบัญญัติในการออกแบบและก่อสร้างที่เหมาะสม ใช้กฎหมายอนุรักษ์ดินบนที่ลาดไหล่เขา (1960) และกฎหมายประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (1987) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีมาตรการให้ความรู้แก่สาธารณะโดยเฉพาะประชาชนที่อาศัยตามแนวลำน้ำ โดยผ่านทางโทรทัศน์ วิทยุ และเอกสารสิ่งตีพิมพ์

6.4.6 สหรัฐอเมริกา

ภัยพิบัติดินถล่มในสหรัฐอเมริกาเกิดขึ้นเกือบทุกรัฐในประเทศ ทำความเสียหาย 1,000-2,000 ล้านเหรียญสหรัฐ และมีราษฎรเสียชีวิตมากกว่า 25 คนต่อปี บริเวณที่เกิดภัยพิบัติมากที่สุด ได้แก่ รัฐทางตะวันตกและตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศ เช่น แคลิฟอร์เนีย โอเรกอน เป็นต้น สหรัฐอเมริกาเป็นประเทศที่มีการบริหารจัดการอย่างเป็นระบบโดยมีองค์กรที่เกี่ยวข้อง หลายระดับ และมีการประสานงานอย่างดีโดยในระดับประเทศประกอบไปด้วย 2 หน่วยงานหลัก คือ

Federal Emergency Management Agency (FEMA) เป็นผู้ดูแลประสานงาน การจัดการภัยที่ครอบคลุมเกือบทุกด้าน เช่น น้ำท่วม ไฟไหม้ ดินถล่ม พายุ แผ่นดินไหว การก่อการร้าย และอื่นๆ โดยจะทำงานประสานกับองค์กรหรือหน่วยงานของรัฐต่างๆ องค์กรระหว่างประเทศด้วยกัน 27 แห่ง และสภากาชาด มีผังองค์กรดังแสดงในรูปที่ 6-11

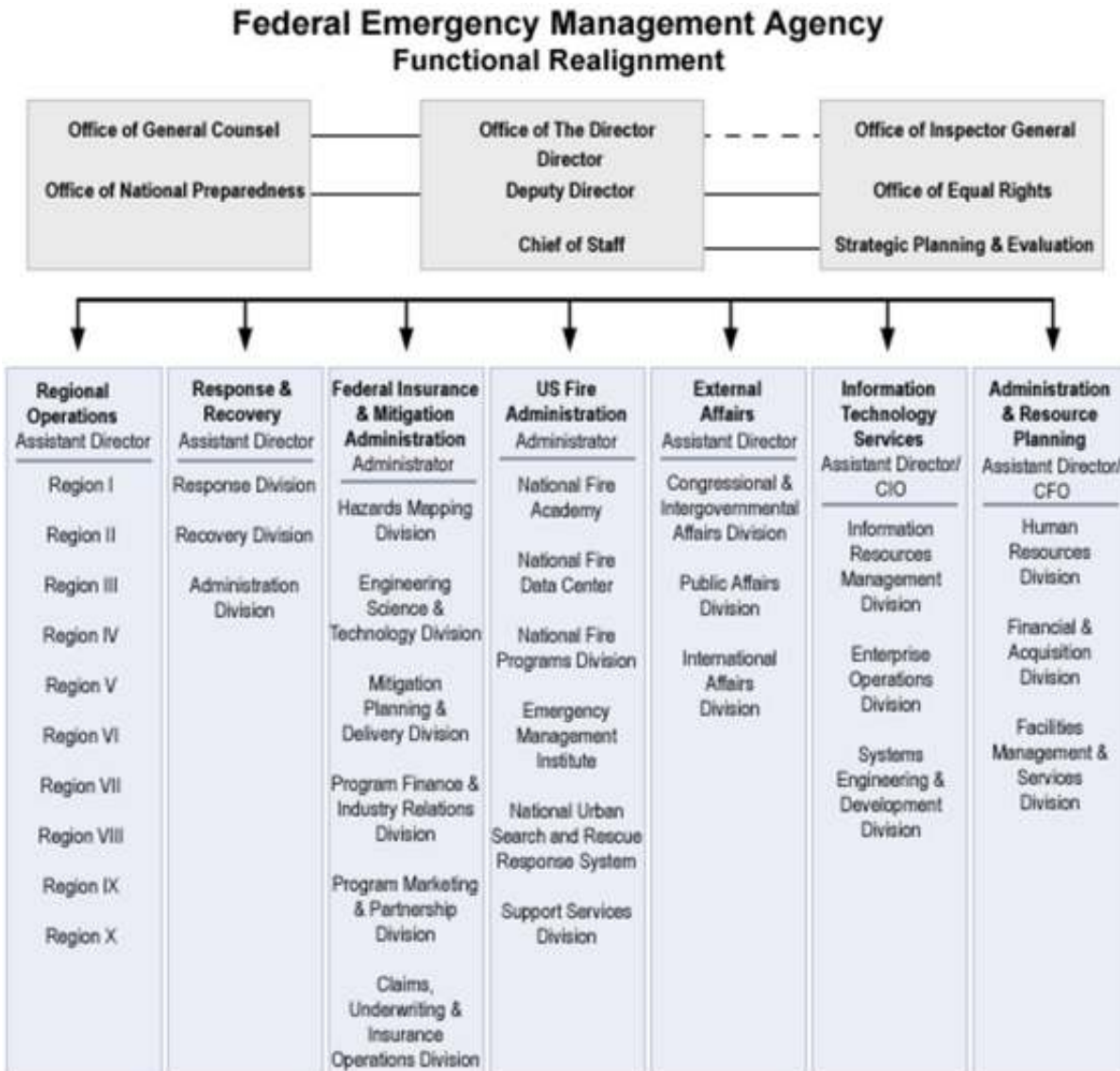
United State Geological Survey (USGS) มีหน้าที่สำรวจ ศึกษาและให้คำแนะนำทางด้านธรณีวิทยา แผ่นดินไหว น้ำใต้ดิน รวมทั้งพิบัติภัยที่เกิดจากแผ่นดินถล่ม น้ำท่วม ภูเขาไฟระเบิด พายุเฮอริเคน เป็นต้น ทางด้านแผ่นดินถล่มจะเป็นหน่วยงานหลักที่จะให้ความรู้ทางด้านวิชาการ และตรวจสอบสาเหตุของการเกิดและแนวทางแก้ไข USGS มีวิธีการบริหารจัดการด้านแผ่นดินถล่มโดยมีเครือข่ายผู้ร่วมงานในระดับต่างๆ คือ

ระดับประเทศ: เช่น National Weather Service ในการพยากรณ์อากาศ, Federal Emergency Management Agency, Federal Insurance Administration, U.S. Army Corps of Engineering, U.S. Forest Service, Department of Transportation เป็นต้น

ระดับมลรัฐ: เช่นหน่วยงานทางด้าน ทรัพยากรธรรมชาติ ขนส่ง ธรณีวิทยา พิบัติภัย การใช้ที่ดิน เป็นต้น

เอกชน: บริษัทเอกชนและสมาคมวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

นอกจากหน่วยงานการจัดการแล้ว ยังมีหน่วยงานที่ดำเนินการทางการวิจัยและให้การศึกษาผ่านหน่วยงานการจัดการของประเทศ หรือมลรัฐ ทำการอุดหนุนงานวิจัยเข้าสู่มหาวิทยาลัย ทางสาขาที่เกี่ยวข้อง เช่น ธรณีวิทยา วิศวกรรมปฐพี ปฐพีวิทยา สารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ป่าไม้และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เป็นต้น และผลงานวิจัยเหล่านี้จะย้อนมาสู่การประยุกต์ใช้โดยหน่วยงานผู้ให้ทุนต่อไป



รูปที่ 6-11 ผังบริหารองค์กรของ FEMA

ที่มา: Federal Emergency Management Agency (FEMA)

6.5 ข้อเสนอแนะสำหรับมาตรการและวิธีการจัดการภัยดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก

จากการศึกษาวิธีการบริหารจัดการภัยดินถล่มของทั้งประเทศไทยและต่างประเทศ ที่พบในปัจจุบันแล้ว พบว่าโดยส่วนมากจะเป็นการวางแผนบริหารจากส่วนกลางลงมายังหน่วยงานท้องถิ่นซึ่งขาดการให้ความร่วมมือ ความรู้ และความเข้าใจ จากประชาชนในพื้นที่ ที่มีความเสี่ยง ดังนั้นมาตรการที่จะนำเสนอในโครงการศึกษาครั้งนี้ควรจะมุ่งเน้นในการส่งผ่านความรู้และความร่วมมือจากภาคประชาชนในพื้นที่ด้วย

รูปแบบของมาตรการที่นำเสนอจะประกอบไปด้วยแผนในระยะสั้นและระยะยาว รวมทั้งแผนการบริหารในสถานะฉุกเฉินสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและภาคประชาชน มาตรการนั้นจะแบ่งช่วงเวลาในการวางแผนตามวัฏจักรของการเกิดเหตุการณ์ ประกอบไปด้วย ช่วงก่อนเกิดภัย ช่วงเกิดภัย และช่วงหลังเกิดภัย (สถานะฟื้นฟู) ในส่วนของแผนการบริหารฉุกเฉินนั้นจะแบ่งตามระดับความรุนแรงของเหตุการณ์

วิธีในการกำหนดช่วงเวลาระยะสั้นและระยะยาวนั้นแบ่งตามข้อมูลการศึกษาสถิติความถี่ของเหตุการณ์ดินถล่มที่เคยเกิดขึ้นในอดีต (สุทธิศักดิ์และคณะ, 2554) จากผลการศึกษาพบว่าความถี่ของการเกิดเหตุการณ์ดินถล่มจากในอดีตจนถึงปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงระยะเวลาประมาณ 5 ปี ดังนั้นในการนำเสนอมาตรการครั้งนี้จะแบ่งช่วงระยะเวลาของมาตรการออกเป็นระยะสั้นอยู่ในช่วงไม่เกิน 5 ปีนับจากนำมาตรการออกใช้ปฏิบัติงานและระยะยาวเริ่มจากระยะเวลาที่สิ้นสุดมาตรการระยะสั้น

6.5.1 ขั้นตอนการปฏิบัติของมาตรการระยะสั้น

ขั้นตอนการปฏิบัติงานนั้นจะแบ่งขั้นตอนออกตามช่วงของวัฏจักรของการจัดการภัยธรรมชาติ แบ่งออกเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

6.5.1.1 ช่วงการพัฒนาระบบเฝ้าระวัง

1) มาตรการสำหรับกำหนดขอบเขตของพื้นที่เสี่ยงภัย

การวางแผนมาตรการเริ่มต้นสำหรับการลดผลกระทบจากภัยดินถล่มนั้น เริ่มจากขั้นตอนในการศึกษาพื้นที่ ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม ซึ่งในโครงการศึกษาครั้งนี้ จะศึกษาในพื้นที่ 7 ลุ่มน้ำในพื้นที่ภาคเหนือ การกำหนดพื้นที่นั้นจะเริ่มจากขั้นตอนการศึกษาเหตุการณ์ดินถล่มที่เคยเกิดในอดีต ประกอบกับ ปัจจัยทางธรณีวิทยา, ภูมิประเทศ และปัจจัยด้านการใช้พื้นที่ เป็นต้น เมื่อพิจารณาปัจจัยที่กล่าวไว้พบว่าปัจจัยที่มีแนวโน้มจะเปลี่ยนแปลงขึ้นในอนาคต คือ ปัจจัยทางด้านสภาพภูมิอากาศ เช่น ปริมาณน้ำฝน, ความชื้นในอากาศ และปัจจัยด้านการใช้พื้นที่ ซึ่งปัจจัยนี้จะขึ้นกับอัตราการขยายตัวของประชากรในแต่ละพื้นที่

ดังนั้นในการวางแผนมาตรการควรจะมีการกำหนดช่วงเวลาออกเป็นระยะสั้นและระยะยาวประกอบกัน โดยระยะเวลาดังกล่าวจะพิจารณาจากสถิติความถี่ของการเกิดดินถล่ม ซึ่งพบว่า ส่วนมากดินถล่มจะมีรอบของความถี่การเกิดอยู่ในช่วง 5 ปีขึ้นไป สำหรับการกำหนดขอบเขตพื้นที่เสี่ยงภัยนั้น กำหนดให้มี

การศึกษาจากปัจจัยที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาหรือปัจจัยคงที่ ซึ่งประกอบไปด้วยลักษณะทางธรณีวิทยา, ลักษณะภูมิประเทศ, ความชันและการวางตัวของลาดดิน เป็นต้น จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมไว้มาทำการสร้างแผนที่เสี่ยงภัยดินถล่มเพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่เสี่ยงภัย

2) มาตรการสำหรับสำรวจพื้นที่เสี่ยงภัย

ภายหลังจากกำหนดขอบเขตพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม จำเป็นต้องทำการเข้าสำรวจในพื้นที่ที่ได้กำหนดไว้เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของขอบเขตในแผนที่และทำการสอบถามกับประชาชนในพื้นที่อีกด้วย

ระยะสั้นจะเริ่มจากการลงพื้นที่เพื่อตรวจสอบข้อมูลในแผนที่จากนั้นนำมาปรับแก้เพื่อเพิ่มความถูกต้องและสอบถามข้อมูลจากประชาชนพร้อมทั้งให้ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องขอบเขตพื้นที่เสี่ยงภัย

3) มาตรการสำหรับพัฒนาระบบพยากรณ์

ระบบพยากรณ์นั้นมีความสำคัญมากสำหรับการเฝ้าระวังและเป็นอุปกรณ์หลักสำหรับการเตือนภัย ในปัจจุบันนั้นความสามารถในการพยากรณ์ข้อมูลน้ำฝนเพื่อนำไปวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยในช่วงเวลาล่วงหน้าเกิน 3 วันยังมีความถูกต้องค่อนข้างต่ำ อีกทั้งยังไม่สามารถพัฒนาเพื่อใช้ในการพยากรณ์พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มแบบพลวัตได้ (Landslide dynamic model) ดังนั้นในระยะสั้นควรมีการวางมาตรการให้สามารถใช้ระบบแบบจำลองในลักษณะพลวัตได้ เพื่อเตือนภัยได้อย่างทันท่วงที

4) มาตรการสำหรับสร้างระบบเตือนภัย

ในปัจจุบันระบบเตือนภัยที่ใช้ จะเป็นระบบเตือนภัยที่ส่งออกมาจากส่วนกลาง จากนั้นจะส่งต่อมายังพื้นที่เสี่ยงและมีการจัดตั้งอาสาสมัครประจำพื้นที่สำหรับเฝ้าระวังเหตุการณ์

ระบบเตือนภัยที่นำมาใช้ในปัจจุบันนั้นส่วนใหญ่จะเกิดปัญหาจากการขาดการติดต่อสื่อสารกับส่วนกลาง ดังนั้นในการวางแผนในระยะสั้นควรมีการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการเตือนภัยที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นในพื้นที่เสี่ยง รวมทั้งการให้ความรู้จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย

5) มาตรการสำหรับติดตั้งเครื่องมือเฝ้าระวัง

แนวทางการในการสร้างระบบเตือนภัยนั้นข้อมูลที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งคือข้อมูลที่ได้รับจากพื้นที่เสี่ยงภัย ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความถูกต้องค่อนข้างสูง

สำหรับมาตรการในระยะสั้นนั้นจำเป็นต้องมีการติดตั้งระบบเครื่องมือเฝ้าระวังในพื้นที่ที่ได้กำหนดว่ามีความเสี่ยงแล้วซึ่งในเบื้องต้นอาจจะ ทำการติดตั้งกระบอกวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติพร้อมอุปกรณ์ส่งสัญญาณส่วนพื้นที่ ที่ทำการศึกษาแล้วพบว่ามีผลกระทบจากเหตุการณ์หรือมีจำนวนประชากรในพื้นที่ค่อนข้างมากอาจจำเป็นต้องมีเครื่องมือสำหรับการเตือนภัยดินถล่มโดยตรงเช่น เครื่องมือตรวจวัดการ

พิบัติของลาดดิน, เครื่องมือตรวจวัดความชื้นในดิน นอกจากนั้นจำเป็นต้องวางแผนงบประมาณในระยะยาวเพื่อกำหนดจุดติดตั้งที่มีความเสี่ยงให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด

6) มาตรการสำหรับพัฒนาระบบโครงสร้างป้องกันภัยดินถล่ม

ระบบป้องกันภัยดินถล่มในประเทศนั้นมีค่อนข้างน้อย ที่พบโดยส่วนมากจะอยู่ในลักษณะของการป้องกันลาดดินที่ถูกตัดเพื่อทำถนนหรือโครงสร้างที่พังกาศัย ซึ่งจะอยู่ในลักษณะของการซ่อมแซมลาดดินเพื่อป้องกันการพังถล่มมากกว่า

มาตรการในระยะนี้เริ่มจากการศึกษาระบบป้องกันภัยดินถล่มจากต่างประเทศและที่มีอยู่ในประเทศเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับพื้นที่ที่เหมาะสมโดยที่ในระยะสั้นอาจจะทำการวางแผนออกแบบและก่อสร้างในพื้นที่ต้นแบบที่มีความเสี่ยงหลังจากทำการศึกษาในพื้นที่ต้นแบบแล้วเสร็จจึงนำข้อมูลที่ได้ไปทำการพิจารณาเพื่อเสนอแผนการออกแบบและก่อสร้างเพื่อของบประมาณในระยะยาวรวมทั้งเตรียมแผนเพื่อทำประชาพิจารณ์กับประชาชนและเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

7) มาตรการสำหรับการให้ความรู้กับประชาชนในพื้นที่

หน้าที่หลักของหน่วยงานราชการภายหลังจากศึกษาขอบเขตพื้นที่เสี่ยงภัยและติดตั้งระบบเตือนภัยในรูปแบบต่างๆแล้วคือการส่งผ่านความรู้ให้กับประชาชน เนื่องจากประชาชนในพื้นที่นั้นต้องการแนวทางในการปฏิบัติและความเข้าใจถึงกลไกและสาเหตุในการเกิดดินถล่ม

ระยะนี้เริ่มจากการอบรมเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานระดับภูมิภาคก่อนเพื่อปรับให้มีความรู้ความเข้าใจที่ตรงกัน โดยอาจจะทำการอบรมตามหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบตามขอบเขตการปกครอง จากนั้นจัดการอบรมให้กับประชาชนในพื้นที่เสี่ยงโดยนำเจ้าหน้าที่ที่ได้รับการอบรมแล้วและหน่วยงานหลักที่ทำการศึกษามาจากส่วนกลาง เพื่อแลกเปลี่ยนทัศนคติความรู้ประกอบกันด้วย

8) มาตรการสำหรับปฏิรูปหน่วยงานทางภาครัฐที่มีหน้าที่รับผิดชอบ

หน่วยงานทางราชการที่มีหน้าที่ในการศึกษาเกี่ยวกับการเกิดภัยดินถล่มนั้นในปัจจุบันพบว่ามีภาระของหน้าที่ในการทำงานค่อนข้างมากทำให้เกิดปัญหาในเรื่องการประสานงานและส่งผ่านความรู้ระหว่างองค์กร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องบูรณาการวิธีการทำงานของแต่ละหน่วยงาน

ระยะสั้นจำเป็นต้องมีการจัดประชุมสัมมนาระหว่างหน่วยงานทางราชการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการภัยธรรมชาติ เพื่อแลกเปลี่ยนและปรับทัศนคติในการทำงาน จากนั้นทำการวางแผนและกำหนดหน้าที่ในแต่ละหน่วยงานใหม่ตามแผนวัฏจักรในการจัดการภัยธรรมชาติซึ่งอาจจะแบ่งตามช่วงเวลา

ช่วงก่อนเกิดภัยหน่วยงานหลักควรเป็นหน่วยงานที่เน้นทางการศึกษาวิจัยและสถาบันทางการศึกษา

ช่วงเกิดภัยควรเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่ให้ความช่วยเหลือและมีการจัดตั้งอาสาสมัครในพื้นที่ ส่วนหน่วยงานอื่นๆควรมีหน้าที่ในการสนับสนุนข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจและปัจจัยอื่นที่มีความจำเป็น

ช่วงหลังเกิดภัยนั้นหน่วยงานที่มีหน้าที่หลักประกอบไปด้วยหน่วยงานที่มีหน้าที่ช่วยเหลือและหน่วยงานทางด้านสาธารณสุข หน่วยงานที่เกี่ยวกับระบบสาธารณสุขภาค

ทั้งนี้หลังจากวางแผนการทำงานของหน่วยงานราชการเสร็จควรจะเพิ่มหน้าที่และบทบาทขององค์กรภาคเอกชนและมูลนิธิที่เป็นหน่วยงานอิสระเข้าร่วมด้วย เนื่องจากองค์กรเหล่านี้มีความสำคัญในฐานะหน่วยงานสนับสนุน

6.5.1.2 ช่วงเตรียมความพร้อม

มาตรการในช่วงเตรียมความพร้อมนั้นควรจะมุ่งเน้นไปในการส่งเสริมความรู้ที่สร้างได้ไปยังประชาชน เพื่อลดผลกระทบจากการที่พื้นที่เสี่ยงเมื่อเกิดเหตุการณ์ขาดการติดต่อกับส่วนกลางและปัญหาในเรื่องการขาดความพร้อมของกำลังคนเจ้าหน้าที่ที่จะเข้ามาช่วยเหลือ

1) มาตรการสำหรับอบรมเจ้าหน้าที่ท้องถิ่นที่มีหน้าที่ให้ความช่วยเหลือ

ขั้นตอนในการเตรียมความพร้อมที่จะรับมือภัยธรรมชาตินั้นควรจะเริ่มจากการอบรมเจ้าหน้าที่ที่มีหน้าที่ช่วยเหลือในช่วงเกิดภัย เนื้อหาในการอบรมนั้นควรจะเกี่ยวข้องกับวิธีการปฐมพยาบาลเบื้องต้นการวางแผนในการอพยพ การขนย้ายประชาชนออกจากพื้นที่เสี่ยง เป็นต้น ในขั้นตอนนี้ควรเริ่มจากการร่างหลักสูตรโดยทำเป็นคู่มือเพื่อแจกเจ้าหน้าที่

ร่างคู่มือประกอบการอบรมเนื้อหาหลักควรเน้นไปในเรื่องการให้ความช่วยเหลือ, การให้ข้อมูลวิธีการปฏิบัติในขณะอพยพ, การจัดลำดับความสำคัญของประเภทบุคคลในการอพยพ, การวางแผนจัดตั้งศูนย์อพยพฉุกเฉินและวิธีการคัดเลือกพื้นที่

2) มาตรการสำหรับร่างคู่มือวิธีปฏิบัติในช่วงเกิดภัย

เขียนคู่มือสำหรับประชาชนในพื้นที่เสี่ยง เนื้อหาในคู่มือควรจะประกอบไปด้วยกลไกในการเกิดภัยธรรมชาติ, วิธีการปฏิบัติตัวเมื่อเกิดเหตุการณ์, แผนที่ขอบเขตพื้นที่เสี่ยง, แผนที่เส้นทางในการอพยพและการจัดลำดับความสำคัญของประเภทบุคคลในการอพยพ เป็นต้น

ประชุมคณะกรรมการที่มาจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อร่างคู่มือขึ้น, สสำรวจในพื้นที่เพื่อกำหนดความเป็นไปได้ของข้อมูลในแต่ละพื้นที่ให้มีความสอดคล้องกับแผนที่เสี่ยงภัยและแลกเปลี่ยนความรู้ความต้องการกับตัวแทนประชาชนของแต่ละพื้นที่

3) มาตรการสำหรับอบรมประชาชนในพื้นที่เสี่ยง

ภายหลังจากการอบรมเจ้าหน้าที่เสร็จสิ้นจากนั้นควรมีการอบรมและแจกคู่มือให้กับประชาชนในพื้นที่ เมื่อจบการอบรมแล้วควรมีการประชุมกันในเรื่องของการจัดตั้งอาสาสมัครช่วยเหลือใน

พื้นที่ เพื่อลดปัญหาในกรณีที่เกิดภัยธรรมชาติขึ้น เจ้าหน้าที่ไม่สามารถเข้ามาช่วยเหลือในพื้นที่ได้ ประชาชนในพื้นที่ควรมีอาสาสมัครที่คอยช่วยเหลือกันเองได้

ประชาชนในพื้นที่จัดตั้งอาสาสมัครเฝ้าระวังภัย, ติดต่อประสานงานแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานราชการได้ และมีความพร้อมในการอพยพเมื่อภัยมา

4) มาตรการสำหรับจัดตั้งอาสาสมัครในพื้นที่

อาสาสมัครในพื้นที่เป็นบุคลากรที่มีความสำคัญอย่างมากเนื่องจากทำการคัดเลือกมาจากประชาชนในพื้นที่โดยตรงเพื่อให้เกิดความเข้าใจและมีความสำนึกในหน้าที่รับผิดชอบ มาตรการในขั้นตอนนี้จะมุ่งเน้นไปในทางการอบรมให้เห็นถึงประโยชน์ของการมีอาสาสมัครในพื้นที่และให้อาสาสมัครที่ได้รับการคัดเลือกเข้ามามีส่วนร่วมในการร่างคู่มือสำหรับการรับมือภัยธรรมชาติและใช้ในการอพยพ

5) มาตรการสำหรับจัดเตรียมความพร้อมของระบบสาธารณสุขปโภค

ช่วงก่อนเกิดภัยธรรมชาตินั้นควรมีการเตรียมความพร้อมของระบบสาธารณสุขปโภคที่จำเป็นต้องใช้ในช่วงเวลาเกิดภัยและจำเป็นต้องทำการอพยพ

สำรองระบบสาธารณสุขปโภคในด้านของสิ่งของเช่น อาหาร, ยารักษาโรคและน้ำประปาเป็นต้น ควรจะทำการเตรียมไว้ในพื้นที่ที่มีการจัดตั้งเป็นศูนย์อพยพเมื่อเกิดภัยขึ้น

6) มาตรการสำหรับวางแผนระบบการสื่อสาร

ระบบที่มีความจำเป็นต้องเตรียมพร้อมในช่วงก่อนเกิดเหตุการณ์นอกจากระบบสาธารณสุขปโภคแล้วยังมีอีกหนึ่งระบบที่มีความจำเป็น คือระบบการสื่อสารเนื่องจากในช่วงการเกิดภัยธรรมชาติจำเป็นต้องติดต่อจากส่วนกลางมายังพื้นที่ที่มีความเสี่ยง อีกทั้งจำเป็นต้องใช้ในการประสานงานให้ความช่วยเหลือรับของบริจาค ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีมาตรการสำหรับระบบการสื่อสารด้วย

ระยะสั้นจำเป็นต้องทำการศึกษาและพัฒนาาระบบสื่อสารจากส่วนกลางไปยังพื้นที่เสี่ยงพร้อมทั้งกำหนดปัญหาของระบบที่จะเกิดการขัดข้องในช่วงเกิดเหตุการณ์ ผลที่ได้จากการสื่อสารนำไปเสนอในลักษณะของแผนงบประมาณในการพัฒนาเพื่อแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้ว่าจะเกิดขึ้น

7) มาตรการสำหรับวางแผนระบบการคมนาคม

ในช่วงเวลาเกิดภัยธรรมชาติมักจะมีปัญหาของการเดินทางเข้าไปช่วยเหลือประชาชนในพื้นที่เกิดภัยและการลำเลียงสิ่งของที่ได้รับบริจาค ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการกำหนดมาตรการในการปรับปรุงวางแผนระบบการคมนาคมเพื่อรับมือภัยธรรมชาติ

มาตรการระยะนี้เริ่มจากการศึกษาเส้นทางระบบคมนาคมจากบริเวณพื้นที่เสี่ยงไปยังหน่วยงานที่มีหน้าที่ให้ความช่วยเหลือของแต่ละพื้นที่รับผิดชอบ ทำการตรวจสอบแผนที่เสี่ยงภัยที่ได้กำหนดไว้ว่าในเส้นทางที่ใช้มีแนวโน้มจะได้รับผลกระทบจากการเกิดภัย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวางแผนเพื่อสร้างแผนที่สำหรับใช้ในการคมนาคมเข้าไปสู่พื้นที่เสี่ยงในช่วงเกิดภัยได้

8) มาตรการสำหรับวางแผนซ้อมอพยพ

แผนอพยพที่ได้กำหนดเป็นมาตรการไว้จำเป็นต้องมีการเตรียมพร้อมโดยการกำหนดให้ในช่วงเวลาที่มีเหตุการณ์ปกติของแต่ละปีมีการซักซ้อม เพื่อลดปัญหาของการเกิดความวุ่นวายในช่วงเกิดเหตุการณ์ ซึ่งรูปแบบในการซ้อมจะนำมาจากร่างคู่มือที่ได้นำเสนอไว้และมีการกำหนดหน้าที่ความสำคัญของประเภทบุคคลที่ต้องได้รับความช่วยเหลือก่อน โดยที่ในขั้นตอนนี้จำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

กำหนดให้ในระยะเริ่มต้นเจ้าหน้าที่จากส่วนกลางเป็นผู้มีหน้าที่หลักในการอบรมและซักซ้อมแผนอพยพ โดยมีเจ้าหน้าที่จากหน่วยงานในพื้นที่มีหน้าที่สำหรับประสานงานกับประชาชน ช่วยกันหาหรือถึงความเป็นไปได้ของการกำหนดพื้นที่อพยพ, เส้นทางคมนาคมในพื้นที่, ระยะเวลาในการซักซ้อม เป็นต้น จากนั้นนำมาสรุปทำเป็นแผนและปรับร่างคู่มือเฉพาะพื้นที่นั้นๆ สำหรับใช้ในระยะเวลาต่อไป

9) มาตรการสำหรับประสานงานกับหน่วยงานเอกชนและองค์กรอิสระ

หน่วยงานดังกล่าวมีความสำคัญมากต่อการช่วยเหลือและการสนับสนุนระบบต่างๆ ที่ต้องใช้ในช่วงเกิดภัยธรรมชาติ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการกำหนดมาตรการให้กับเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานส่วนกลางมีหน้าที่ในการติดต่อประสานงานและกำหนดหน้าที่ในการสนับสนุนหน่วยงานทางราชการ มาตรการนี้มุ่งเน้นไปในการกำหนดหน้าที่เจ้าหน้าที่ทางราชการในการติดต่อประสานงานให้ความร่วมมือและทำความเข้าใจกับหน่วยงานเอกชนและองค์กรอิสระ

10) มาตรการสำหรับกำหนดหลักสูตรและแบบเรียนเกี่ยวกับภัยธรรมชาติ

ภายหลังจากจัดเตรียมความพร้อมในรูปแบบต่างๆ เรียบร้อย ประเด็นที่สำคัญคือการให้ความรู้ความเข้าใจกับเยาวชนซึ่งในอนาคตจะได้มีความรู้และเข้าใจเหตุการณ์ภัยธรรมชาติ ดังนั้นจึงต้องมีการจัดทำแบบเรียนเนื้อหาเกี่ยวข้องกับภัยธรรมชาติโดยทั่วไปและเพิ่มเติมภัยประเภทที่มีโอกาสเกิดขึ้นในพื้นที่นั้น

จัดการประชุมหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับระบบการศึกษาเพื่อหาหรือถึงความเป็นไปได้ในการร่างแบบเรียนเกี่ยวกับภัยธรรมชาติและเพิ่มไปในหลักสูตรของแต่ละโรงเรียน จากนั้นสรุปผลการประชุมเพื่อเสนอต่อหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรง เมื่อมีการอนุมัติหลักสูตรแบบเรียนให้จัดตั้งคณะกรรมการที่มีหน้าที่อบรมเนื้อหาของแบบเรียนให้กับบุคลากรที่มีหน้าที่ในการสอนโดยเริ่มจากโรงเรียนต้นแบบที่เคยเกิดเหตุการณ์ภัยธรรมชาติมาก่อนในอดีต ภายหลังจากการอบรมเสร็จสิ้นให้แต่ละโรงเรียนต้นแบบนำแบบเรียนที่ได้ไปปรับในหลักสูตรสำหรับการศึกษา

6.5.1.3 ช่วงรับมือภัย(เกิดภัยธรรมชาติ)

ช่วงเวลาที่เกิดภัยธรรมชาตินั้นสิ่งที่มีความจำเป็นมากเป็นลำดับต้นคือ การจัดตั้งศูนย์อำนวยการเฉพาะกิจฉุกเฉิน โดยที่มีการกำหนดแผนการบริหารหรือแผนการปฏิบัติงานสำหรับช่วงเกิดภัย

ธรรมชาติเพื่อกำหนดหน้าที่สำหรับเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานทางราชการและอำนาจสั่งการลงมายังพื้นที่ประสบภัย ซึ่งแผนดังกล่าวจะกำหนดตามระดับความรุนแรงและตามเขตของการบริหารงานแบ่งออกเป็น 4 ระดับ

ระดับที่ 1 เป็นการบริหารสำหรับเจ้าหน้าที่ในระดับอำเภอประกอบไปด้วยผู้มีอำนาจสูงสุดคือ นายอำเภอ หน่วยงานที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องหลักคือ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยระดับอำเภอและหน่วยงานทางราชการที่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง โดยที่มีหน่วยงานเอกชน,องค์กรอิสระและอาสาสมัครในพื้นที่ เป็นผู้ประสานงาน แผนการบริหารงานแสดงในรูปที่ 6-12

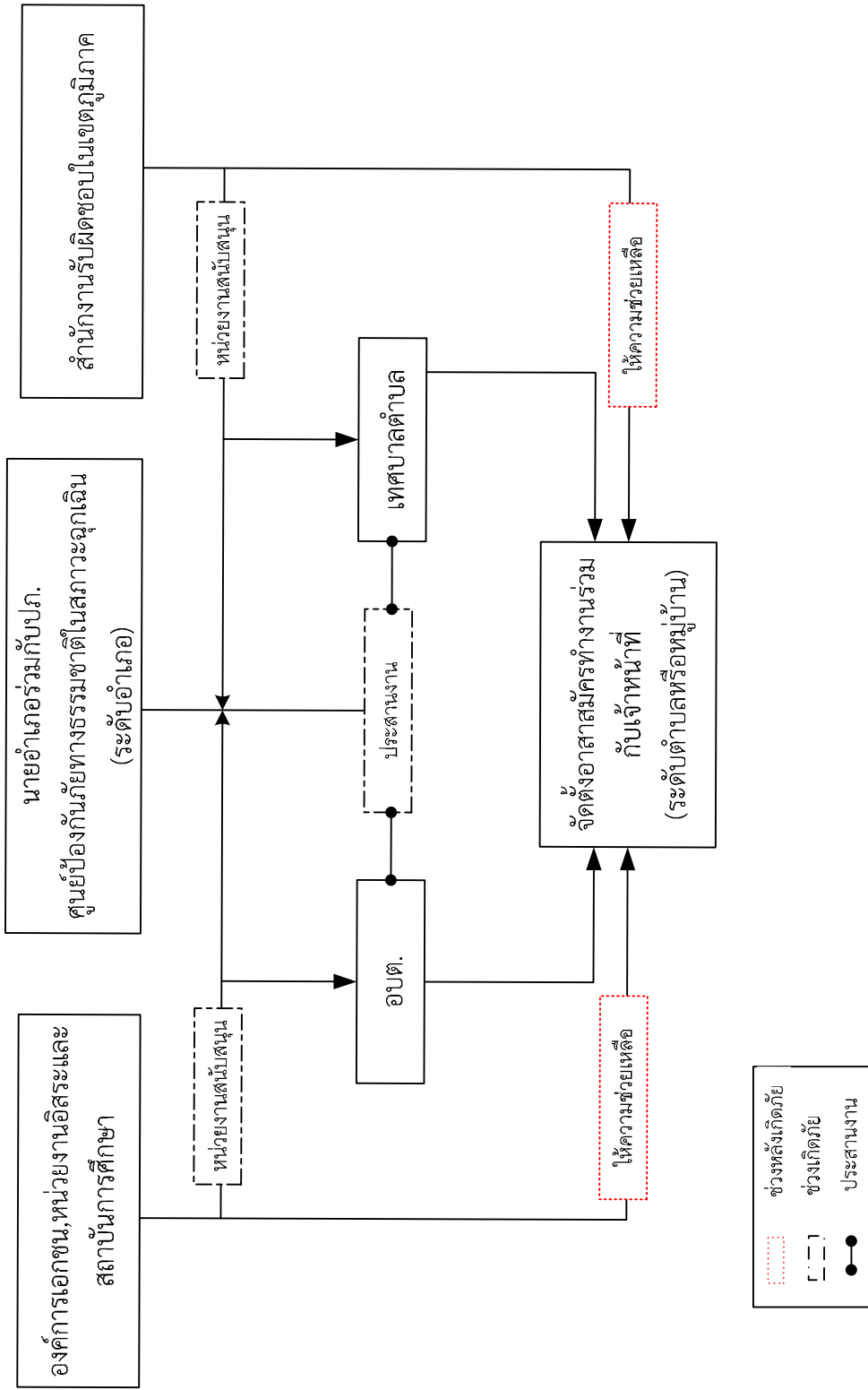
ระดับที่ 2 การบริหารสำหรับเจ้าหน้าที่ในระดับจังหวัดประกอบไปด้วยผู้มีอำนาจสูงสุดคือ ผู้ว่าราชการจังหวัด หน่วยงานที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องหลักคือ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยระดับจังหวัดและหน่วยงานทางราชการที่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง โดยที่มีหน่วยงานเอกชน,องค์กรอิสระและอาสาสมัครในพื้นที่ เป็นผู้ประสานงาน แผนการบริหารงานแสดงในรูปที่ 6-13

ระดับที่ 3 การบริหารสำหรับเจ้าหน้าที่ในระดับภูมิภาคประกอบไปด้วยผู้มีอำนาจสูงสุดคือ คณะกรรมการความมั่นคงแห่งชาติ ในส่วนของผู้อำนวยการกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยระดับภูมิภาคทำหน้าที่ให้คำปรึกษาและรับคำสั่งการปฏิบัติงานประสานกับผู้ว่าราชการจังหวัดในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภัยธรรมชาติและหน่วยงานทางราชการที่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง โดยที่มีหน่วยงานเอกชน,องค์กรอิสระและอาสาสมัครในพื้นที่ เป็นผู้ประสานงาน แผนการบริหารงานแสดงในรูปที่ 6-14

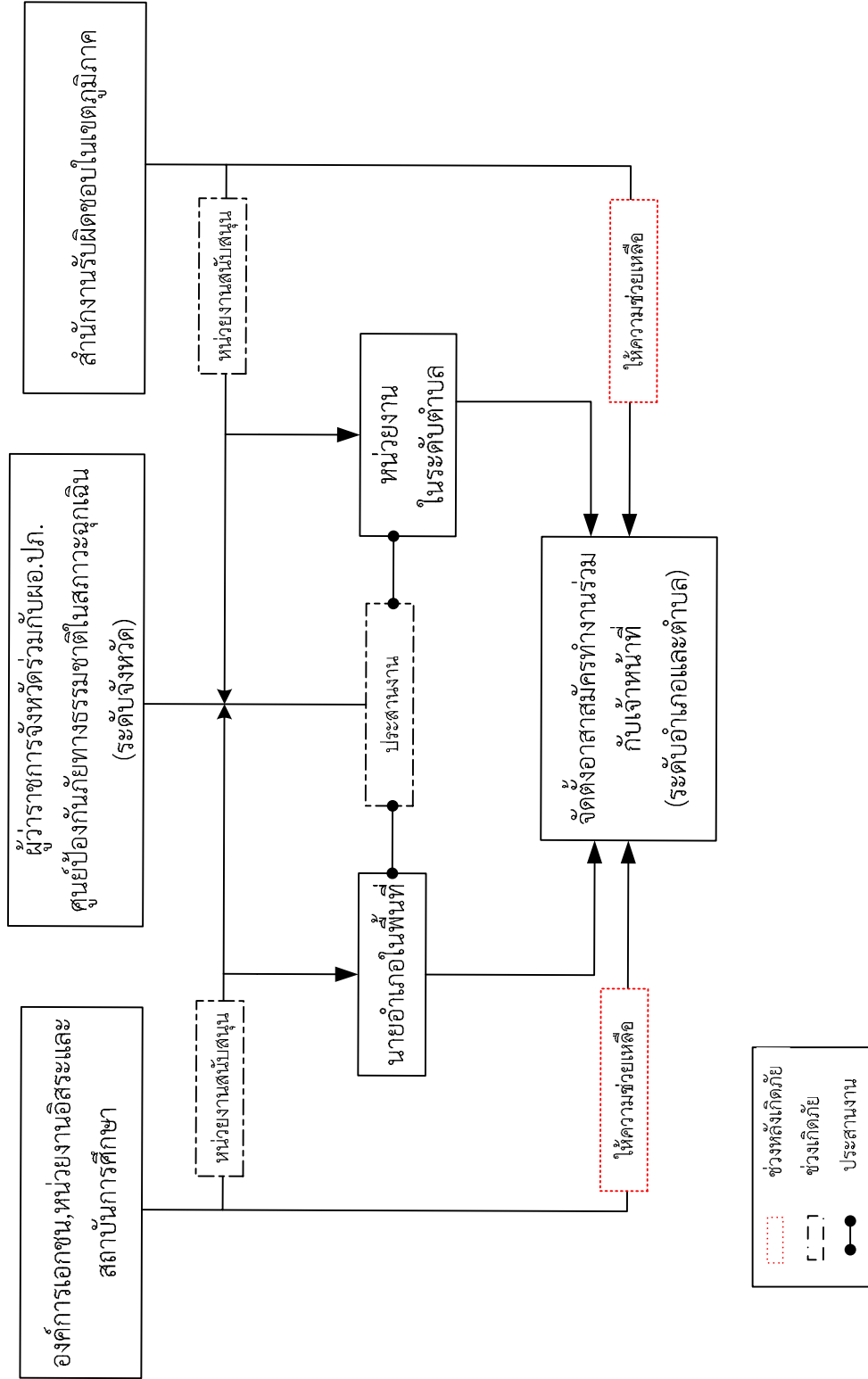
ระดับที่ 4 การบริหารสำหรับเจ้าหน้าที่ในระดับประเทศประกอบไปด้วยผู้มีอำนาจสูงสุดคือ นายกรัฐมนตรีหรือรองนายกรัฐมนตรีในกรณีที่ติดภารกิจ ซึ่งผู้มีหน้าที่ให้คำปรึกษาช่วยในการตัดสินใจประกอบไปด้วยคณะกรรมการความมั่นคงแห่งชาติที่รับคำสั่งโดยตรง, ผู้อำนวยการกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยและผู้บริหารหน่วยงานราชการที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องออกคำสั่งจากส่วนกลางลงมายังพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบโดยที่มีหน่วยงานเอกชน,องค์กรอิสระและอาสาสมัครในพื้นที่เป็นผู้ประสานงานแผนการบริหารงานแสดงในรูปที่ 6-15

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Draft Final Report)

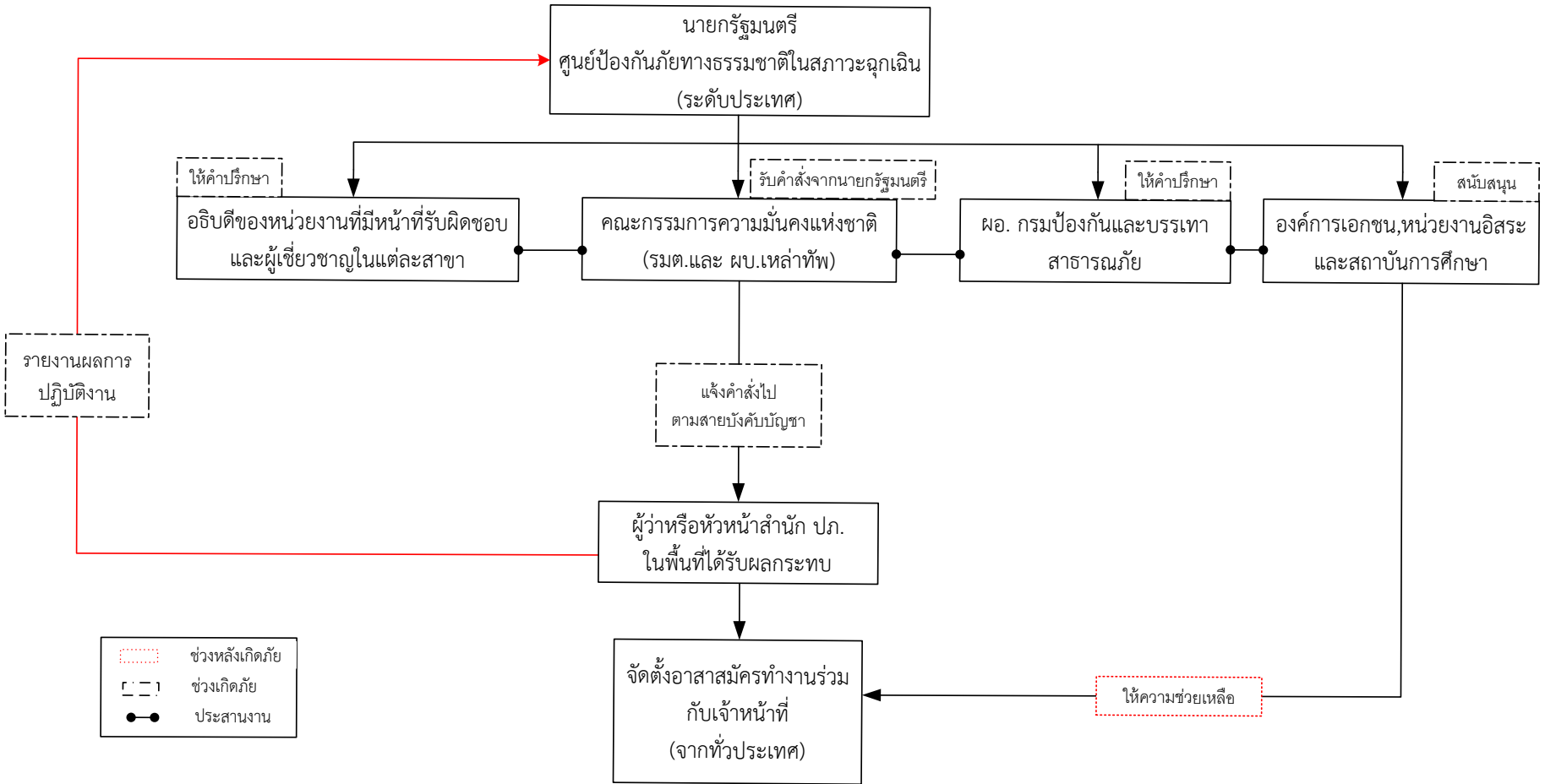
โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ 6-12 แผนการบริหารของศูนย์ป้องกันภัยทางธรรมชาติในสภาวะฉุกเฉินในระดับอำเภอความรุนแรงระดับ 1



รูปที่ 6-13 แผนการบริหารของศูนย์ป้องกันภัยทางธรรมชาติในสภาวะฉุกเฉินในระดับจังหวัดความรุนแรงระดับ 2



รูปที่ 6-15 แผนการบริหารของศูนย์ป้องกันภัยทางธรรมชาติในสภาวะฉุกเฉินในระดับประเทศความรุนแรงระดับ 4

6.5.1.4 ช่วงสภาวะฟื้นฟู (หลังเกิดภัยธรรมชาติ)

ในช่วงเวลานี้เป็นช่วงเวลาที่มีความสำคัญ เนื่องจากประชาชนในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบทั้งทางชีวิตและทรัพย์สินเป็นจำนวนมาก ดังนั้น จึงจำเป็นต้องได้รับการเยียวยาโดยเร่งด่วน มาตรการในช่วงนี้ควรจะเป็นการกำหนดหน้าที่และขั้นตอนในการช่วยเหลือ ซึ่งสอดคล้องกับแผนการบริหารงานในสภาวะเกิดภัย เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องในการปฏิบัติงานของศูนย์อำนวยการเฉพาะกิจฉุกเฉิน

1) มาตรการสำหรับประเมินความเสียหาย

ระดับแรกศูนย์อำนวยการเฉพาะกิจฉุกเฉินมีหน้าที่สำรวจพื้นที่เพื่อตรวจสอบความเสียหายและรายงานกลับไปยังผู้บริหาร เพื่อทำการประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้นจากนั้นเริ่มกำหนดแนวทางในการช่วยเหลือ

2) มาตรการสำหรับช่วยเหลือประชาชนในพื้นที่อพยพ

จัดตั้งทีมปฏิบัติงานหรือออกคำสั่งลงไปยังเจ้าหน้าที่ในพื้นที่ที่ได้รับการมอบหมายหน้าที่ไว้ เพื่อไปยังพื้นที่ที่ประชาชนได้อพยพ จากนั้นทำการตรวจสอบประเมินสภาพพื้นที่อพยพที่ได้จัดตั้งไว้ หากพบว่ามีปัญหาไม่สมบูรณ์ในด้านเสถียรภาพ ยารักษาโรคและระบบสาธารณสุขโรคให้ส่งรายงานกลับมายังส่วนกลางเพื่อช่วยตัดสินใจย้ายไปยังพื้นที่อพยพแห่งใหม่ที่มีความพร้อมมากกว่า

3) มาตรการสำหรับฟื้นฟูระบบสาธารณสุขโรคและระบบโครงสร้างพื้นฐาน

ภายหลังจากย้ายประชาชนไปยังพื้นที่อพยพแห่งใหม่หรือประเมินสภาพพื้นที่อพยพแล้ว ให้ศูนย์อำนวยการเฉพาะกิจฉุกเฉินจัดตั้งหน่วยงานราชการและประสานงานขอความช่วยเหลือกับองค์กรเอกชนที่เกี่ยวข้องกับการฟื้นฟูระบบสาธารณสุขโรคและระบบโครงสร้างพื้นฐานเพื่อลงไปยังพื้นที่ประสบภัยสำหรับฟื้นฟูพื้นที่

4) มาตรการสำหรับจัดตั้งศูนย์รับบริการบริจาค

ประสานงานไปยังหน่วยงานราชการในแต่ละพื้นที่และขอความร่วมมือองค์กรเอกชนและองค์กรอิสระเพื่อจัดตั้งศูนย์รับบริการบริจาค โดยศูนย์อำนวยการเฉพาะกิจฉุกเฉินนั้นมีหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการรวบรวมและส่งของที่ได้รับการบริจาคไปสู่พื้นที่ประสบภัยหรือทำหน้าที่เป็นคนดำเนินการพาหน่วยงานที่ต้องการบริจาคเข้าไปสู่พื้นที่

5) มาตรการสำหรับจัดตั้งศูนย์เยียวยาผู้ประสบภัย

ขั้นตอนนี้จำเป็นต้องปฏิบัติการหลังจากที่ฟื้นฟูระบบต่างๆเรียบร้อยแล้ว ให้เจ้าหน้าที่จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับสาธารณสุขประกอบไปด้วย กระทรวงสาธารณสุข, หน่วยงานทางการแพทย์หรือโรงพยาบาลและอาสาสมัครที่มีความรู้ เข้าไปยังพื้นที่เพื่อฟื้นฟูสภาพจิตใจและให้คำแนะนำในการปรับตัวกับประชาชนในพื้นที่ให้กลับคืนสู่สภาวะปกติ

6) มาตรการสำหรับสรุปผลปฏิบัติงานและสรุปบทเรียนจากเหตุการณ์

ศูนย์อำนวยการเฉพาะกิจฉุกเฉินทำการจัดการประชุมเพื่อสรุปผลการปฏิบัติงานสำหรับปรับแก้ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นและเตรียมพร้อมรับมือภัยธรรมชาติที่จะเกิดขึ้น ทั้งนี้ นำผลที่ได้ไปปรับมาตรการในช่วงสภาวะก่อนเกิดภัยเพื่อใช้รับมือในครั้งต่อไป

6.5.2 ขั้นตอนการปฏิบัติของมาตรการระยะยาว

ขั้นตอนการปฏิบัติงานนั้นจะแบ่งขั้นตอนออกตามช่วงของวัฏจักรของการจัดการภัยธรรมชาติ แบ่งออกเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

6.5.2.1 ช่วงการพัฒนาระบบเฝ้าระวัง

การกำหนดมาตรการในระยะยาวสำหรับการพัฒนาระบบเฝ้าระวังนั้นส่วนมากจะดำเนินงานต่อเนื่องจากมาตรการที่กำหนดไว้ในระยะสั้น เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องและพัฒนาระบบเป็นไปได้อย่างดี

1) มาตรการสำหรับกำหนดขอบเขตของพื้นที่เสี่ยงภัย

ศึกษาจากปัจจัยคงที่และปัจจัยที่มีแนวโน้มจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นในอนาคต โดยเริ่มจากการศึกษาในเรื่องสภาพภูมิอากาศ (climate change) ที่จะเปลี่ยนไปอีกในช่วง 5 ปีข้างหน้าและอัตราการเติบโตของจำนวนประชากร (population growth rate) ที่จะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อทำการรวบรวมข้อมูลดังกล่าวได้แล้วนำมาสร้างแผนที่เสี่ยงภัยดินถล่มสำหรับนำมาใช้ในระยะเวลา

2) มาตรการสำหรับสำรวจพื้นที่เสี่ยงภัย

จัดตั้งอาสาสมัครจากเจ้าหน้าที่หน่วยงานท้องถิ่นหรือประชาชนในพื้นที่เพื่อช่วยในการสำรวจและจัดเก็บข้อมูลสำหรับนำไปใช้ในการปรับแก้ขอบเขตพื้นที่เสี่ยงภัย

3) มาตรการสำหรับพัฒนาระบบพยากรณ์

ในส่วนของการพัฒนาระยะยาวควรจะมุ่งเน้นให้มีการพัฒนาความถูกต้องของระบบพยากรณ์ข้อมูลสภาพน้ำฝนและสภาพอากาศให้สามารถพยากรณ์ล่วงหน้าเกิน 3 วันได้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น นอกจากนี้ควรจะพัฒนาความถูกต้องของระบบแบบจำลองพยากรณ์พื้นที่เสี่ยงแบบพลวัตให้มีความถูกต้องมากขึ้นด้วย

4) มาตรการสำหรับสร้างระบบเตือนภัย

ระยะยาวนั้นหลังจากการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการเตือนภัยในพื้นที่เสี่ยงแล้ว จากนั้นควรมีการสร้างระบบการเตือนภัยกันเองในชุมชน (Community base) เพื่อลดปัญหาในการขาดการติดต่อกับส่วนกลางอีกทั้งยังเป็นการสร้างความรับผิดชอบและจิตสำนึกกับประชาชนในพื้นที่ด้วย นอกจากนี้กำหนดแผนการศึกษาเป็นระยะเวลาปีต่อปีเพื่อพัฒนาระบบเดิมให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

5) มาตรการสำหรับติดตั้งเครื่องมือเฝ้าระวัง

ติดตั้งเครื่องมือให้ครบทุกจุดที่มีความเสี่ยง พร้อมทั้งเพิ่มและพัฒนาอุปกรณ์บางอย่างที่จำเป็นเช่น กล้องวงจรปิด เพื่อเฝ้าระวังเหตุการณ์ ที่จะเกิดขึ้นภายหลังที่ดำเนินการติดตั้งเครื่องมือเสร็จสิ้นควรที่จะสร้าง เว็บไซต์ที่ทำหน้าที่เป็นฐานข้อมูลสำหรับการเฝ้าระวังในพื้นที่เสี่ยงแต่ละจุด เพื่อให้เจ้าหน้าที่และประชาชนทั่วไปเข้าไปใช้งานได้สำหรับประกอบการตัดสินใจ

6) มาตรการสำหรับพัฒนาระบบโครงสร้างป้องกันภัยดินถล่ม

ดำเนินการต่อจากมาตรการก่อนระยะสั้นทำการก่อสร้างสิ่งป้องกันที่ได้ทำการศึกษาและออกแบบไว้ต่อเนื่องจากมาตรการในระยะสั้นภายหลังจากทำการก่อสร้างเสร็จสิ้นแล้วจำเป็นต้องทำการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดเพื่อเฝ้าระวังในพื้นที่ดังกล่าวเพิ่มเติมรวมทั้งให้ความรู้กับประชาชนแล้วเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานท้องถิ่นด้วย

7) มาตรการสำหรับการให้ความรู้กับประชาชนในพื้นที่

ภายหลังจากการเข้าไปให้ความรู้ประชาชนในพื้นที่และเจ้าหน้าที่หน่วยงานในท้องถิ่นแล้วนั้น ควรจะเริ่มการพัฒนากระบวนการศึกษาโดยการปรับหลักสูตรให้มีเนื้อหาเกี่ยวกับภัยธรรมชาติที่มีในท้องถิ่นนั้น เพื่อให้เยาวชนได้มีส่วนร่วม มีความรู้ความเข้าใจและเป็นการสร้างองค์ความรู้ในอนาคต หลักสูตรดังกล่าวอาจจะอยู่ในรูปแบบของสื่อที่เข้าใจง่าย เช่น การ์ตูน, ภาพวีดิทัศน์ และสารคดีภาพเป็นต้น

8) มาตรการสำหรับปฏิรูปหน่วยงานทางภาครัฐที่มีหน้าที่รับผิดชอบ

ระยะยาวหลังจากวางแผนการปฏิรูปหน้าที่การทำงาน ควรจะเสนอเป็นมาตรการหลักสำหรับทุกหน่วยงานราชการเพื่อให้มีความเข้าใจและทัศนคติในการทำงานที่ตรงกัน

6.5.2.2 ช่วงเตรียมความพร้อม

มาตรการในช่วงเตรียมความพร้อมนั้นควรจะมุ่งเน้นไปในด้านการส่งความรู้ที่สร้างได้ไปยังประชาชน เพื่อลดผลกระทบจากการที่พื้นที่เสี่ยงเมื่อเกิดเหตุการณ์ขาดการติดต่อกับส่วนกลางและปัญหาในเรื่องการขาดความพร้อมของกำลังคนเจ้าหน้าที่ที่จะเข้ามาช่วยเหลือ

1) มาตรการสำหรับอบรมเจ้าหน้าที่ท้องถิ่นที่มีหน้าที่ให้ความช่วยเหลือ

เจ้าหน้าที่มีความรู้ความเข้าใจในวิธีการปฏิบัติงานและสามารถถ่ายทอดวิธีการความรู้ที่ได้รับไปสู่ประชาชนในพื้นที่ได้

2) มาตรการสำหรับร่างคู่มือวิธีปฏิบัติในช่วงเกิดภัย

กำหนดให้ประชาชนในพื้นที่เสี่ยงมีความรู้ความเข้าใจกับคู่มือและสามารถปฏิบัติตามแผนการในคู่มือได้

3) มาตรการสำหรับอบรมประชาชนในพื้นที่เสี่ยง

ประชาชนในพื้นที่ที่สามารถเฝ้าระวังและแจ้งเตือนกันเองในพื้นที่ได้เมื่อขาดการติดต่อกับหน่วยงานราชการ ,เลือกพื้นที่อพยพจากแผนที่ขอบเขตพื้นที่เสี่ยงภัยได้และเมื่อเกิดภัยสามารถเตรียมความพร้อมในการรับมืออพยพได้

4) มาตรการสำหรับจัดตั้งอาสาสมัครในพื้นที่

ดำเนินการต่อจากมาตรการในระยะสั้นพร้อมทั้งเพิ่มจำนวนของอาสาสมัครให้เพียงพอต่อความต้องการมากขึ้น

5) มาตรการสำหรับจัดเตรียมความพร้อมของระบบสาธารณูปโภค

สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นจากมาตรการที่กำหนดไว้ในระยะสั้นและสำรองระบบสาธารณูปโภค, จัดตั้งหน่วยงานที่มีหน้าที่คอยดูแลสิ่งของที่มีการสำรองไว้ในเวลาที่มีการเปิดรับบริจาค, มีการติดตั้งระบบพลังงานสำรองต่างๆในพื้นที่อพยพฉุกเฉิน เช่น ระบบไฟฟ้าและน้ำประปา

6) มาตรการสำหรับวางแผนระบบการสื่อสาร

ระยะยาวนำแผนงบประมาณและผลการศึกษาที่ได้นำเสนอไว้ในช่วงระยะสั้นมาใช้ในการวางระบบจากพื้นที่ส่วนกลางไปยังพื้นที่เสี่ยง นอกจากนั้นกำหนดแผนการศึกษาเป็นระยะเวลาปีต่อปีเพื่อพัฒนาระบบเดิมให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

7) มาตรการสำหรับวางแผนระบบการคมนาคม

ระยะยาวนั้นหลังจากที่ได้มีการกำหนดเส้นทางและแผนที่ที่ใช้สำหรับการคมนาคมในช่วงเกิดภัยในระยะนี้กำหนดให้มีการสร้างโครงสร้างป้องกันในบริเวณเส้นทางที่ได้กำหนดไว้

8) มาตรการสำหรับวางแผนซ้อมอพยพ

ระยะนี้จะลดความสำคัญของเจ้าหน้าที่จากส่วนกลางลง หน้าที่หลักในการซ้อมแผนจะมอบหมายให้กับเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานท้องถิ่นและประชาชนเท่านั้น เพื่อต้องการให้เกิดการประสานงานและความเข้าใจที่ดี โดยที่กำหนดช่วงเวลาในการซ้อมอย่างน้อยปีละ 1 ครั้งและกำหนดให้มีการบำรุงรักษาเครื่องมือที่ใช้ในการเตือนภัยประกอบไปด้วยในช่วงเวลาดังกล่าว

9) มาตรการสำหรับประสานงานกับหน่วยงานเอกชนและองค์กรอิสระ

สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในมาตรการระยะสั้นในแง่ของการติดต่อประสานงานจากนั้นนำมาปรับแก้เพื่อดำเนินการต่อในมาตรการระยะยาว

10) มาตรการสำหรับกำหนดหลักสูตรและแบบเรียนเกี่ยวกับภัยธรรมชาติ

ภายหลังจากเริ่มการเรียนในรูปแบบเรียนของโรงเรียนต้นแบบแล้วให้ติดตามประเมินผลสำหรับการดำเนินการในมาตรการระยะสั้นแล้ว จากนั้นนำผลที่ได้มาปรับแก้แบบเรียนเพื่อนำไปใช้กับโรงเรียนในทั่วประเทศ

6.5.2.3 ช่วงรับมือภัย(เกิดภัยธรรมชาติ)

มาตรการระยะยาวสำหรับช่วงนี้ซึ่งถูกกำหนดในข้อเสนอของการบริหารงานจะนำแผนที่ได้นำเสนอในระยะสั้นมาทำการพิจารณาปรับแก้มุ่งเน้นไปในเชิงกระจายอำนาจสู่พื้นที่รับผิดชอบโดยตรงมากขึ้น ซึ่งอาจจะนำเสนอเป็นวาระการประชุมของหน่วยงานทางราชการที่มีความเกี่ยวข้องเพื่อให้แผนงานดังกล่าวมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

6.5.2.4 ช่วงสภาวะฟื้นฟู (หลังเกิดภัยธรรมชาติ)

มาตรการระยะยาวสำหรับสภาวะฟื้นฟูนั้นจะใช้มาตรการแบบเดียวกับในระยะสั้น แต่จะมีการมุ่งเน้นการเพิ่มบทบาทของหน่วยงานที่มีหน้าที่ประสานงานและให้ความช่วยเหลือ โดยเฉพาะหน่วยงานเอกชนให้มีหน้าที่มากขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องนำมาตราการที่เคยใช้มาทำการเสนอเป็นวาระการประชุมของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อพัฒนา

6.6 สรุปและข้อเสนอแนะ

มาตรการที่นำเสนอขึ้นอ้างอิงมาจากแผนรับมือภัยธรรมชาติทั้งในประเทศที่เคยนำเสนอไว้ในอดีตและในต่างประเทศ จากการศึกษาพบว่าในอดีตแผนการในการรับมือภัยธรรมชาติของประเทศไทยส่วนมากจะเน้นการตัดสินใจและให้ความช่วยเหลือที่ส่งมาจากส่วนกลางเป็นส่วนมาก ดังนั้นในข้อเสนอครั้งนี้จึงนำรูปแบบของประเทศที่มีการพัฒนาโดยเน้นการกระจายความรู้ ความสามารถให้กับประชาชนมาประยุกต์ใช้ในการเขียนข้อเสนอขึ้น

แผนสำหรับระยะเริ่มต้นส่วนมากจะเริ่มจากการศึกษาจากหน่วยงานในส่วนกลางที่มีบุคลากรที่มีความรู้ในด้านภัยธรรมชาติเป็นอย่างดีเข้าไปศึกษา จากนั้นจะนำองค์ความรู้ที่ได้นำไปเสนอให้กับประชาชนในพื้นที่เพื่อให้มีความเข้าใจในการปฏิบัติตัวเมื่ออยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยธรรมชาติ อีกทั้งยังสามารถให้ช่วยเหลือกันเองภายในพื้นที่ได้เพื่อลดความสูญเสียที่ตามมาเมื่อเกิดเหตุการณ์

ภัยธรรมชาติทางด้านดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากนั้น ในอนาคตมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากสภาวะอากาศและปัจจัยต่างๆที่เปลี่ยนไป มาตรการที่นำเสนอไปนั้นควรจะมีการปรับแก้ตามผลการศึกษาหรืองานวิจัยใหม่ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเพิ่มปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงประกอบไปด้วยได้ในภายหลัง

บทที่ 7

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการนำเสนอผลการศึกษา ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

โครงการวิจัยนี้ได้มีการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดทำฐานข้อมูลและนำเสนอผลการวิเคราะห์ที่ได้จากแบบจำลองปริมาณน้ำฝนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และแบบจำลองดินถล่ม เพื่อหาพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ดังนั้นโครงการวิจัยจึงได้กำหนดแนวคิดและวิธีการจัดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS 9.3.1) ในการนำเสนอผลการศึกษาที่วิเคราะห์ได้จากแบบจำลองทั้งสองที่ได้จัดทำฐานข้อมูลไว้แล้วเพื่อให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ตามความต้องการของกรมทรัพยากรน้ำ โดยแผนงานในการจัดฝึกอบรมครั้งนี้ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การฝึกอบรมการประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดสร้างแผนที่แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 ส่วนที่ 2 การฝึกอบรมการประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการใช้งานฐานข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลากที่จัดสร้างขึ้น และ ส่วนที่ 3 การฝึกอบรมการประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวและความถี่ของการเกิดดินถล่ม รายละเอียดของแนวคิดและวิธีการจัดฝึกอบรมมีดังนี้

7.1 การประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดสร้างแผนที่แสดง แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในอนาคต

แผนงานในการจัดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS 9.3.1) ในการจัดสร้างแผนที่แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 มีดังนี้

- 1) อธิบายปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2
- 2) อธิบายระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems)
- 3) แนะนำโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS 9.3.1)
- 4) อธิบายฐานข้อมูลของผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2

5) แนะนำการประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS 9.3.1) ในการจัดสร้างแผนที่แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612

7.2 การประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการใช้งานฐานข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลาก

7.2.1 การประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS 9.3.1) ในการใช้งานฐานข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลาก

การฝึกอบรมการประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS 9.3.1) ในการใช้งานฐานข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลากที่จัดสร้างขึ้นดังแสดงในหัวข้อ 7.2.2 มีดังนี้

1) แนะนำการสร้างแผนที่แสดงตำแหน่งที่เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลากตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2556)

2) แนะนำข้อมูลเชิงบรรยายซึ่งประกอบด้วย สถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ในหรือใกล้เคียงพื้นที่ที่เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลาก, พิกัดในระบบ UTM ในแนวราบ, พิกัดในระบบ UTM ในแนวตั้ง, จังหวัด อำเภอ ตำบล หมู่บ้าน ,ความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อชีวิตและทรัพย์สิน และ แหล่งที่มาของข้อมูลที่เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลากในแผนที่แสดงตำแหน่งที่เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลากตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2556)

7.2.2 การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดทำฐานข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลาก

ข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลากตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2556) ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ จากหน่วยงานๆ ที่มีการบันทึกข้อมูลไว้ในหัวข้อที่ 3.1.3 ถูกนำมาจัดสร้างฐานข้อมูลข้อมูลเหตุการณ์น้ำดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลากที่สามารถสืบค้นได้ง่ายในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยรายละเอียดของฐานข้อมูลที่ได้จัดทำขึ้นดังนี้

1) ข้อมูลแสดงตำแหน่งที่เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลากตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2556) ดังแสดงในรูปที่ 7-1

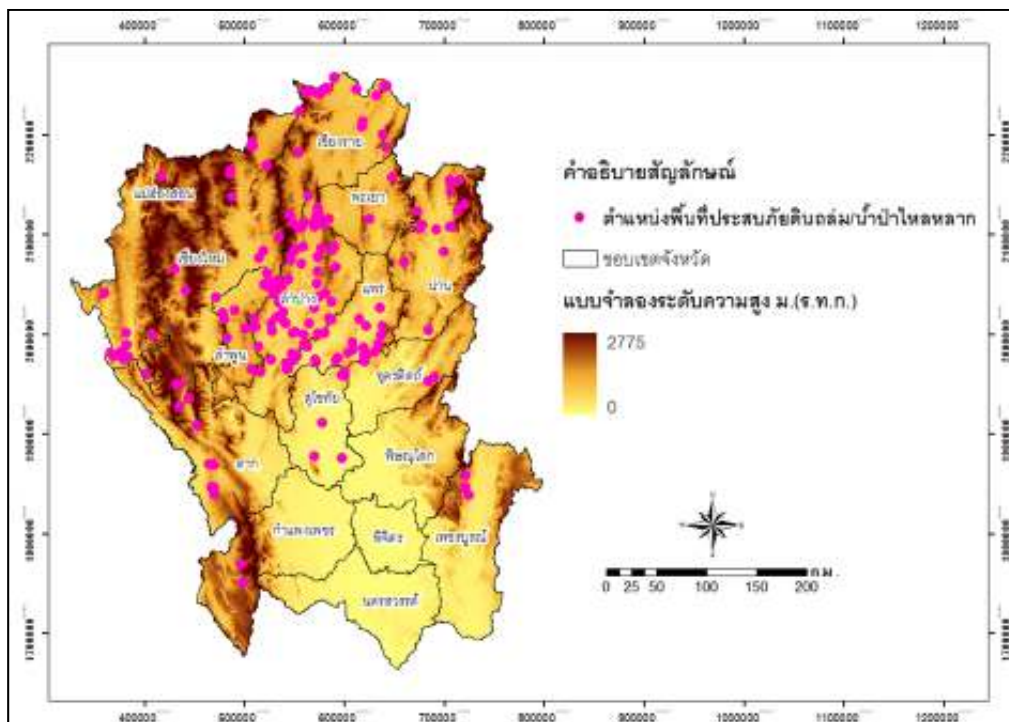
2) ข้อมูลเชิงบรรยายของเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลาก แสดงในรูปที่ 7-2 ซึ่งมีรายละเอียดของข้อมูลเชิงบรรยายดังนี้

STATION	UTM_X	UTM_Y	PROVINCE	AMPHUR
---------	-------	-------	----------	--------

TAMBON	VILLAGE	DAY	DAMAGE	SOURCE
--------	---------	-----	--------	--------

รหัสและคำอธิบายรายละเอียด

STATION	คือ	สถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ในหรือใกล้เคียงพื้นที่ที่เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลาก
UTM_X	คือ	พิกัดในระบบ UTM ในแนวราบ
UTM_Y	คือ	พิกัดในระบบ UTM ในแนวตั้ง
PROVINCE	คือ	ชื่อ จังหวัดที่เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลาก
AMPHUR	คือ	ชื่อ อำเภอที่เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลาก
TAMBON	คือ	ชื่อ ตำบลที่เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลาก
VILLAGE	คือ	ชื่อ หมู่บ้านที่เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลาก
DAY	คือ	วันที่เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลาก
DAMAGE	คือ	ความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อชีวิตและทรัพย์สิน
SOURCE	คือ	แหล่งที่มาของข้อมูลที่เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลาก



รูปที่ 7-1 ตัวอย่างข้อมูลแสดงตำแหน่งที่เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลากตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2556)

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

POU	SHAPE	UTM_X	UTM_Y	DISTRICT	PROVINCE	AMPHUR	TAMBON	VILLAGE	DVT
0	90983.902	225707.189	00724.148	เมือง	เชียงใหม่	เมืองเชียงใหม่	ทุ่ง		00-0-00
1	92711.807	224801.121	08142.A, Mae Chan Tribe-HH Development Unit	เชียงใหม่	แม่อิง	แม่อิง	บ้านป่าห้วย		00-0-00
2	93844.184	224888.183	0802.A, Chang Khong	เชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	บ้านหนองบัว		00-0-00
3	94241.177	220171.873	08142.A, Mae Chaem	เชียงใหม่	แม่อิง	แม่อิง	บ้านหนองบัว		00-0-00
4	98108.888	224728.298	08142.A, Mae Chan Tribe-HH Development Unit	เชียงใหม่	แม่อิง	แม่อิง	บ้านหนองบัว		00-0-00
5	98912.478	228735.482	00724.148	เชียงใหม่	เมือง	เมืองเชียงใหม่	บ้านหนองบัว		00-0-00
6	93823.188	224888.121	0802.A, Chang Khong	เชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	บ้านหนองบัว		00-0-00
7	94738.776	211683.822	08142.A, Mae Chaem	เชียงใหม่	แม่อิง	แม่อิง			00-0-00
8	93743.862	220282.817	0802.A, Thung	เชียงใหม่	ทุ่ง				00-0-00
9	94288.728	218788.838	0802.A, Thung	เชียงใหม่	ทุ่ง				00-0-00
10	91787.274	221373.711	0820.A, Mae Chaem	เชียงใหม่	แม่อิง				00-0-00
11	94218.873	224888.288	0802.A, Chang Khong	เชียงใหม่	เชียงใหม่				00-0-00
12	91741.888	220887.162	0820.A, Mae Chaem	เชียงใหม่	แม่อิง				00-0-00
13	96128.882	224281.231	08142.A, Mae Chan Tribe-HH Development Unit	เชียงใหม่	แม่อิง	แม่อิง	บ้านป่าห้วย		00-0-00
14	97348.203	224172.761	08142.A, Mae Chan Tribe-HH Development Unit	เชียงใหม่	แม่อิง	แม่อิง	บ้านป่าห้วย		00-0-00
15	93261.273	223078.188	0802.A, Chang Khong	เชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	บ้านป่าห้วย		00-0-00
16	96204.238	224328.441	08142.A, Mae Chan Tribe-HH Development Unit	เชียงใหม่	แม่อิง	แม่อิง	บ้านป่าห้วย		00-0-00
17	97810.888	224282.808	08142.A, Mae Chan Tribe-HH Development Unit	เชียงใหม่	แม่อิง	แม่อิง	บ้านป่าห้วย		00-0-00
18	97748.888	224408.888	08142.A, Mae Chan Tribe-HH Development Unit	เชียงใหม่	แม่อิง	แม่อิง	บ้านป่าห้วย		00-0-00
19	98388.882	216287.873	08142.A, Mae Chaem	เชียงใหม่	แม่อิง	แม่อิง			00-0-00
20	97318.117	224107.238	08142.A, Mae Chan Tribe-HH Development Unit	เชียงใหม่	แม่อิง	แม่อิง			00-0-00
21	98387.108	224387.007	08142.A, Mae Chan Tribe-HH Development Unit	เชียงใหม่	แม่อิง	แม่อิง			00-0-00
22	42931.851	208483.63	07182.A, Mae Chaem	เชียงใหม่	แม่อิง				00-0-00
23	44218.888	204383.838	07182.A, Mae Chaem	เชียงใหม่	แม่อิง				00-0-00
24	43628.472	198128.888	07182.A, Mae Chaem	เชียงใหม่	แม่อิง				00-0-00
25	43872.888	198128.888	07182.A, Mae Chaem	เชียงใหม่	แม่อิง				00-0-00

รูปที่ 7-2 ตัวอย่างข้อมูลเชิงบรรยายเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลากตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2556)

7.3 แนวคิดและวิธีการจัดฝีกอบรวมการใช้แบบจำลองวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวและความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม

การฝีกอบรวมการใช้โปรแกรมแบบจำลองปริมาณน้ำฝนสะสมวิกฤติ ด้วยวิธีการกึ่งสถิติ (Semi-Statistical Model) โดยการนำค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) มาประยุกต์ใช้สำหรับการสร้างแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ดังนี้

- 1) แนะนำแบบจำลองการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม (%RTL Model)
- 2) แนะนำการเตรียมรูปแบบข้อมูลปริมาณน้ำฝนคาดการณ์จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศภูมิภาค PRESIC เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าวิเคราะห์ในแบบจำลองวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่ม (%RTL Model)
- 3) แนะนำการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดทำแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองปริมาณน้ำฝนสะสมวิกฤติ

บทที่ 8

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน

8.1.1 สรุปผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน

การศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีฐาน (พ.ศ. 2523-2554) และในช่วงปีอนาคต (พ.ศ. 2555-261) สามารถสรุปการศึกษาได้ดังนี้

1) ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 มีความคลาดเคลื่อนโดยมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จากสถานีวัดน้ำฝน

2) ค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือน (G/P) เป็นค่าปรับแก้ที่เหมาะสมสำหรับใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario A2 และ B2 โดยค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนของปริมาณน้ำฝนที่ได้จาก PRECIS Scenario A2 และ B2 ในช่วงฤดูแล้งมีค่าเท่ากับ 2.48 และ 2.93 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนของปริมาณน้ำฝนที่ได้จาก PRECIS Scenario A2 และ B2 ในช่วงฤดูฝนที่มีค่าเท่ากับ 1.56 และ 1.57 ตามลำดับ

3) ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้ด้วยค่าปรับแก้เฉลี่ยรายเดือนแล้ว มีความสอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนมากขึ้น

4) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนมีผลกระทบต่อปริมาณน้ำฝนในช่วงปีอนาคต (พ.ศ. 2555-2612) โดยเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนในช่วงปีอนาคตที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario A2 และ B2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับในช่วงปีฐาน (พ.ศ. 2523-2554)

5) ในช่วงปีอนาคต (พ.ศ. 2555-2612) การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario A2 และ B2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 5% และ 10% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับในช่วงปีฐาน (พ.ศ. 2523-2554)

6) การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงปีอนาคต (พ.ศ. 2555-2612) ของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario A2 และ B2 ในช่วงฤดูฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 3% และ 11% ตามลำดับ สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในฤดูแล้งของ PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 16% และ 8% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับในช่วงปีฐาน (พ.ศ. 2523-2554)

7) ในช่วงปีอนาคต (พ.ศ. 2555-2612) การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario A2 และ B2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 11% และ 16% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับในช่วงปีฐาน (พ.ศ. 2523-2554)

8) ปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 ของลุ่มน้ำกกและโขงเหนือ คือปี พ.ศ. 2578 ส่วนลุ่มน้ำ ปิง วัง ยม น่าน และสาละวิน คือปี พ.ศ. 2569 สำหรับปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ B2 ของลุ่มน้ำกกและโขงเหนือ คือปี พ.ศ. 2576 ส่วนลุ่มน้ำ ปิง วัง ยม น่าน และสาละวิน คือปี พ.ศ. 2558

9) การเกิดเหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากอดีต

8.1.2 ข้อเสนอแนะการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน

จากผลการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนในโครงการวิจัยฯ นี้ สามารถสรุปข้อเสนอแนะได้ดังนี้

1) ผลการศึกษานี้เป็นเพียงการคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในอนาคตไม่ใช่การพยากรณ์ โดยบอกถึงแนวโน้มและทิศทางของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในอนาคตภายใต้สถานการณ์ที่ก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงตามข้อกำหนดของ IPCC (Special Report on Emission Scenarios, SRES Scenarios) แบบ A2 และ B2 เท่านั้น

2) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนในอนาคตที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 เป็นช่วงทศวรรษ เช่น สถานการณ์ของปริมาณน้ำฝนในปีที่พิจารณาว่าอาจจะเกิดขึ้นในช่วงทศวรรษนั้นแต่ไม่ได้หมายถึงปีนั้นๆ

3) ค่าปรับแก้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ได้จากการศึกษานี้สามารถใช้ได้เฉพาะกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยเท่านั้น ในพื้นที่ศึกษาอื่นๆ ควรทำการวิเคราะห์หาค่าปรับแก้ที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ศึกษา เพื่อให้ผลการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 มีความถูกต้อง เนื่องจาก

ค่าปรับแก้ที่เหมาะสมมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา โดยสามารถประยุกต์ใช้วิธีการปรับแก้ที่ได้จากโครงการวิจัยนี้ไปใช้ในการหาค่าปรับแก้ที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ศึกษานั้นๆ

4) ในการศึกษาครั้งต่อไปควรทำการเปรียบเทียบผลการปรับแก้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 กับผลการปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศภูมิภาคอื่นๆ เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลปริมาณน้ำฝนในอนาคตต่อไป

5) ในการศึกษาครั้งต่อไปควรทำการศึกษาโดยใช้วิธีการลดขนาด (Downscaling) วิธีอื่นๆ เพื่อนำผลการศึกษามาเปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่ได้จากโครงการวิจัยนี้

6) เนื่องจากการเกิดลักษณะอากาศที่รุนแรง (Extreme weather events) จะก่อให้เกิดความเสียหายมากกว่าลักษณะอากาศในสภาวะปกติ ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรทำการศึกษาถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเกิดลักษณะอากาศที่รุนแรง

7) ในการศึกษาครั้งต่อไปควรทำการศึกษาโดยใช้ภาพฉายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบใหม่ (New emission scenarios) ที่เสนอไว้ในรายงานการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของ IPCC ฉบับที่ 5 (IPCC Fifth Assessment Report, AR5) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลปริมาณน้ำฝนในอนาคตต่อไป

8.2 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนต่อดินถล่ม

8.2.1 สรุปผลการศึกษากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนต่อดินถล่ม

- 1) ผลกระทบจากดินถล่มเกิดโดยตรงที่จังหวัด น่าน พะเยา เชียงราย แม่ฮ่องสอน และตาก
- 2) เมื่อเปรียบเทียบกับแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในปัจจุบัน พบว่ามีความสอดคล้องกัน แต่จะแตกต่างกันในจังหวัด น่านและแม่ฮ่องสอนที่ผลการวิเคราะห์แสดงค่าความอ่อนไหวที่รุนแรงกว่าจังหวัดอื่นมาก
- 3) การรับมือด้านการจัดการภัยดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อนต้องเป็นการเตือนภัยโดยชุมชน (Community Based Warning) และหลักการของทุกคนเฝ้าดู/เฝ้าเตือน (Everyone Warning) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในช่วงเวลาอันสั้นที่ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์ดินถล่มขึ้นจะไม่สามารถแจ้งเตือนจากส่วนกลางได้ทัน

8.2.2 ข้อเสนอแนะการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนต่อดินถล่ม

1) ประเมินความเพียงพอของระบบตรวจวัดปริมาณน้ำฝนเพื่อวางแผนการติดตั้งเพิ่มเติม และประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประมวลผลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อนต่อดินถล่มประจำสถานีตรวจวัดสภาพอากาศและเฝ้าระวังภัยดินถล่ม

2) ผลกระทบของความถี่/การเกิดพื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ (Land Used) มีผลกระทบอย่างเห็นได้ชัดมากกว่าจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน (Climate Change) จากการศึกษาของ Crozier (2010)

3) ประเมินคาดการณ์ความสูญเสียจากผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพดินถล่มที่ได้จากผลการวิเคราะห์คาดการณ์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มเพื่อจัดลำดับการจัดการและกำหนดขอบเขตพื้นที่เฝ้าระวังภัยดินถล่ม (Zoning Areas)

4) สร้างระบบที่ให้ทุกส่วนเห็นข้อมูลและช่วยกันดูความเปลี่ยนแปลง เพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนภัย ซึ่งเรียกว่าระบบ Everyone Watching

5) จัดระบบการประเมินผลกระทบจาก climate change ต่อโครงการก่อสร้างที่จะเกิดขึ้นใหม่ในพื้นที่เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมและกำหนดโครงสร้างการป้องกันที่เหมาะสมของโครงการต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี, 2549. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาหาแนวทางป้องกันและลดผลกระทบจากภัยดินถล่ม 6 จังหวัดภาคใต้. ศึกษาโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กรมทรัพยากรธรณี, 2549. แผนที่แปลรอยดินถล่ม อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์
- กรมทรัพยากรธรณี, 2550. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาความเสถียรของลาดชันในพื้นที่โครงการพัฒนาออยตุง. ศึกษาโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- กรมทรัพยากรธรณี, 2555. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาพัฒนาระบบแบบจำลองเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนภัยพื้นที่ภาคใต้และภาคเหนือ. ศึกษาโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2552. แผนป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2553-2557
- กรมพัฒนาที่ดิน, 2544. แผนที่โอกาสเกิดดินถล่ม.
- กรมทรัพยากรน้ำ, 2556. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายสถานี.
- กรมอุตุนิยมวิทยา, 2535. แนวทางป้องกันและลดความสูญเสียจากการเกิดอุทกภัย แผ่นดินเลื่อน แผ่นดินถล่ม. กองการศึกษาและวิจัย กรมอุตุนิยมวิทยา, กรุงเทพฯ
- กรมอุตุนิยมวิทยา, 2552. การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต. ศูนย์ภูมิอากาศสำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, กรุงเทพฯ.
- กัณฑ์ บุญประกอบ, จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์, จารุทัศน์ สันติสิริสมบูรณ์, วรณัฐ วงษ์เสรี, พิชมณ แก้วแพรง, กัมพล พรหมจระประวัตติ, สิริวิรินทร์ เพชรรัตน์, ยอด สุขะมงคล, ปวันรัตน์ อักษรสิงห์ชัย และขวัญฤทัย ศรีแสงฉาย, 2553. ภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย จากผลของการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก - GFDL-R30. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
- กัลยา วานิชย์บัญชา, 2552. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- โครงการเครือข่ายเมืองในเอเชียเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, 2554. ปรับตัวรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. ฉบับที่ 5, กันยายน-ตุลาคม 2554

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

โครงการเครือข่ายเมืองในเอเชียเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, 2554. **ศึกษาด้านผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคตและการปรับตัวของภาคส่วนที่สำคัญ.** กรุงเทพฯ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จิตติมา เทพพานิช. 2553. **พฤติกรรมทางกลศาสตร์ของดินในพื้นที่ อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่มีผลต่อการพิบัติของลาดดิน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เจียมใจ เครือสุวรรณ, ชาคกริต โชติอมรศักดิ์, อรรพรรณ วิรัชท์เวชยันต์, ภาคภูมิ รัตนจิรานุกุล, ชีรชัย อำนวนลัยอ-เจริญ และ ปิยะ ผ่านศึก, 2553. **ภาพถ่ายอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยจากผลของแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค - MM5.** สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

ดุขฎี ศุขวัฒน์ และ สุกันยาณี ยะวิญญาณู, 2552. **การทดสอบและปรับปรุงแบบจำลอง Weather Research and Forecasting (WRF) ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย,** สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

ทิพย์มณี เชียงทอง. 2552. **พฤติกรรมด้านกำลังทางวิศวกรรมของดินถล่มในจังหวัดภูเก็ต.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นงลักษณ์ ไทยเจียมอารีย์. 2546. **คุณสมบัติดินทางวิศวกรรมเพื่อการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำน้ำก้อ ต.น้ำก้อ อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บรรพต กุลสุวรรณ, 2548. **การศึกษาพฤติกรรมการพิบัติของลาดดินในพื้นที่ต้นน้ำของกลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำจันทบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล และ วารินทร์ จิระสุขทวีกุล, 2548. **การหาค่า Antecedent Precipitation Index (API) เพื่อการเตือนอุทกภัยและแผ่นดินถล่ม.** เอกสารเผยแพร่ที่ 3/2548 มีนาคม. สถานีวิจัยลุ่มน้ำห้วยหินดาด.

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. **การจัดการสาธารณสุขในภาคใต้ของประเทศไทย.** สงขลา: มหาวิทยาลัย, 2540.

เลิศ เอื้อทวีผล, 2538. **การใช้ข้อมูลระยะไกล เพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดดินถล่ม บริเวณอำเภอบึงปวน จังหวัดนครศรีธรรมราช.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วนิดา สุขสุวรรณ, 2552. **สภาวะโลกร้อนกับการผันแปรภูมิอากาศในประเทศไทย.** กรมอุตุนิยมวิทยา, กรุงเทพฯ.

วรวัชร ต่อวิวัฒน์, 2552. แบบจำลอง API วิกฤติเพื่อการเตือนภัยดินถล่มสำหรับดินที่เกิดจากการสลายของหิน ณ ที่ตั้งในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วรวุฒิ ต้นติวณิช, 2535. ธรณีวิทยาภัยพิบัติเนื่องจากดินถล่มที่บ้านกระทุงเหนือ จังหวัดนครศรีธรรมราช. กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพฯ.

วรารกร ไม้เรียง, วรณิ ศุขสาทร, สุนันท์ คุณาภรณ์, วรวุฒิ ต้นติวณิช และบุญชัย เชิญเกียรติประดับ, 2546. การพัฒนาแผนหลักการจัดการภัยธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับดินถล่ม, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

วรารกร ไม้เรียง, ก่อโชค จันทรวงกูร, ธนาตล คงสมบูรณ์ และ สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์, 2549. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการ การศึกษาพฤติกรรมของดินถล่มในจังหวัดภูเก็ต. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สัญญาเลขที่ RDG4630040, กรุงเทพฯ

วรารกร ไม้เรียง. 2542. วิศวกรรมเขื่อนดิน. พิมพ์ครั้งที่ 2. ไลบรารี นาย, กรุงเทพฯ

วรารกร ไม้เรียง. 2546. วิศวกรรมเขื่อนดิน. พิมพ์ครั้งที่ 3. ไลบรารี นาย, กรุงเทพฯ

ศิริลักษณ์ ชุ่มชื่น, สาคร มณีสาร, นพดล สุยะหลาน, ธนัท นกเอี้ยงทอง, ธนากร จันท์ทิพย์, รัชเวช หาญชูวงศ์ สุดาใจ โล่ห์วนิชชัย, อนุสรณ์ หอมเมือง, วลัยรัตน์ บุญไทย, สุณัฐพงศ์ สูงสุมาลย์, 2552. แผนงานวิเคราะห์ประเมินผลการปฏิบัติการฝนหลวงกรณีศึกษา : การประเมินปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ที่ได้รับประโยชน์จากการปฏิบัติการฝนหลวง. สำนักฝนหลวงและการบินเกษตร.

ศุภกร ชินวรรณ, 2551. การคาดการณ์สภาพอากาศอนาคตสำหรับประเทศไทย: ผลการจำลองสภาพภูมิอากาศโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์. การประชุมสัมมนาวิชาการระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 4, เชียงใหม่, 27-28 พฤษภาคม 2551.

ศุภกร ชินวรรณ, วิริยะ เหลืองอร่าม, เฉลิมรัฐ แสงมณี และ จุฑาทิพย์ ธนภิตดีเมธาวุฒิ, 2552. การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศอนาคตสำหรับประเทศไทยและภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ PRECIS และ ECHAM4. ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้, กรุงเทพฯ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภกร ชินวรรณ, วิริยะ เหลืองอร่าม, เฉลิมรัฐ แสงมณี และ จุฑาทิพย์ ธนภิตดีเมธาวุฒิ, 2553. การจัดทำภาพถ่ายอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยจากผลของแบบจำลองภูมิอากาศระดับท้องถิ่น PRECIS. ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้, กรุงเทพฯ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

- ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้, 2552. การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศอนาคตสำหรับประเทศไทยและภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ PRECIS และ ECHAM4. กรุงเทพฯ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์วิจัยป่าไม้, 2537. รายงานฉบับสุดท้าย โครงการศึกษาเพื่อกำหนดพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยและภัยธรรมชาติในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้, คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก, 2549. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาหาแนวทางป้องกันและลดผลกระทบจากภัยดินถล่ม 6 จังหวัดภาคใต้. กรมทรัพยากรธรณี, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก, 2548. รายงานด้านปฐพี-ธรณีเทคนิค โครงการบรรเทาอุทกภัย จังหวัดจันทบุรี. กรมชลประทาน. ภายใต้โครงการของบริษัท ชิกม่า ไฮโดร คอนซัลแตนท์ จำกัด
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก, 2552. แผนที่ตำแหน่งดินถล่มตามการจำแนกกลุ่มหินทางธรณีวิทยาที่มีความอ่อนไหวต่อดินถล่มในประเทศไทย
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก, 2553. ฐานข้อมูลดินถล่ม. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สันติ ไทยยืนวงศ์. 2553. การจัดทำแผนที่โอกาสเกิดดินถล่มโดยวิธีทางธรณีวิศวกรรมโดยพิจารณาจากปัจจัยที่ไม่คงที่ในภาคใต้ของประเทศไทยพื้นที่ฝั่งทะเลอันดามัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2552. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการการศึกษาพฤติกรรมการณ์เกิดน้ำท่วม-ดินถล่ม ในพื้นที่ต้นแบบ เพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับกำหนดเกณฑ์ และวิธีการในการเตือนภัย. ศึกษาโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
- สิรินทรเทพ เต่าประยูร, เกษมสันต์ มโนมัยพิบูลย์, เมกา ออกทาเวียอานี และ กฤตนิย ต่อศรี, 2554. การศึกษาและพัฒนาแบบจำลองสภาพภูมิอากาศระดับภูมิภาค RegCM3 สำหรับประเทศไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

สุจริต คุณธนกุลวงศ์, วิรัช ฉัตรตรงค์, วินัย เขาวนวิวัฒน์, โชคชัย สุทธิธรรมจิต, วิชญาณ เจริญกุล และ วิชุตา เหมเสถียร, 2553. ผลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อปริมาณน้ำฝน/น้ำท่ารายเดือนของประเทศไทยและผลกระทบต่อการบริหารจัดการน้ำในภาคตะวันออก. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

สุนทรีย์ ชัยชวัล. 2535. “ชลศาสตร์ในระบบดิน-พืช”. ภาควิชาปฐพีวิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กำแพงแสน.

สุทธิศักดิ์ ศรีลัมภ์, บรรพต กุลสุวรรณ และ วรวัชร ต่อวิวัฒน์, 2550. การวิเคราะห์ค่า API วิกฤติเพื่อใช้ในการเตือนภัยดินถล่มจากฝนตกหนัก, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12, พฤษภาคม 2550, โรงแรมอมรินทร์ลากูน จ.พิษณุโลก ประเทศไทย

สุทธิศักดิ์ ศรีลัมภ์, วรวัชร ต่อวิวัฒน์ และ วรากร ไม้เรียง, 2550. การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินเพื่อสนับสนุนการเตือนภัยดินถล่มจากฝนตกหนัก, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12, พฤษภาคม 2550, โรงแรมอมรินทร์ลากูน จ.พิษณุโลก ประเทศไทย

สุทธิศักดิ์ ศรีลัมภ์ และ วรวัชร ต่อวิวัฒน์, 2552. พฤติกรรมการรับแรงเฉือนเมื่อความชื้นเปลี่ยนแปลงไปของดินที่ผุสลายอยู่กับที่ในประเทศไทย เพื่อสนับสนุนการเตือนภัยดินถล่มและการออกแบบทางธรณีวิศวกรรม, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14, พฤษภาคม 2552, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา ประเทศไทย

สุทธิศักดิ์ ศรีลัมภ์ และ วรวัชร ต่อวิวัฒน์, 2553. พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือนตามความชื้นของดินที่ผุสลายอยู่กับที่ของกลุ่มหินที่มีความอ่อนไหวต่อดินถล่มในประเทศไทย. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 15, จ.อุบลราชธานี.

สุทธิศักดิ์ ศรีลัมภ์, อภิชาติ ลำจวน, สันติ ไทยยืนวงษ์, มนันยา จันทศร, วรวัชร ต่อวิวัฒน์, ดำรง ปึงสุวรรณ, สิริศาสตร์ ยังแสนภู, ลักษมี ศรีเจริญ และ ศิริลักษณ์ ศิริสิงห์ , 2552. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการการศึกษาพฤติกรรมน้ำท่วม-ดินถล่ม ในพื้นที่ต้นแบบ เพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับกำหนดเกณฑ์ และวิธีการในการเตือนภัย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2552

สุทธิศักดิ์ ศรีลัมภ์, อภิชาติ ลำจวน, สันติ ไทยยืนวงษ์, มนันยา จันทศร, วรวัชร ต่อวิวัฒน์, ดำรง ปึงสุวรรณ, สิริศาสตร์ ยังแสนภู, ลักษมี ศรีเจริญ, ศิริลักษณ์ ศิริสิงห์, สุรย์ พัฒนาประทีป และ อีร์ไนย์ น้อยมาก, 2555. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาพัฒนาระบบแบบจำลองเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนภัยพื้นที่ภาคใต้และภาคเหนือ. กรมทรัพยากรธรณี, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก 2550. **โครงการศึกษาเพื่อจัดทำนโยบายและแผนงาน 15 ปี ด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการพลังงานของประเทศไทย.** สำนักงานนโยบายและพลังงาน, กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.

อภินิติ โชติสังกาศ. 2554. “**กลศาสตร์ของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ**”. เอกสารคำสอน. หจก.พีริ-วัน. กรุงเทพมหานคร.

อัศมน ลิมสกุล และ แสงจันทร์ ลิมจิรกาล, 2554. **ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง/ความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย.** Website:
www.measwatch.org/sites/default/files/.../Limsakul-_khon%20kaen.pdf

Abramson, L.W., Lee, T.S., Sharma, S. and Boyce, G.M., 1996. **Slope Stability and Stabilization Methods.** John Wiley & Sons, Inc., New York.

Asian Disaster Reduction Center (ADRC). Disaster Manage in Asian country.
<http://www.adrc.asia/>

Ayalew, L. and Yamagishi, H., 2005. **The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan.** Geomorphology, 65:15-31.

Bellugi, D., Slesnick, C., Leidy, E., Markuzon, N., Gorman, P., Taylor Perron, J., Regan, J., Schlosser, A. and West, J., 2010. **Assessing the Impact of Changes in Extreme Precipitation Events on Shallow Landslide Abundance, Location, and Size.** Funded by NASA ROSES grant number 09-IDS09-0049.

Boer, G.J., McFarlane, N. A. and Lazare, M., 1992. **Greenhouse gas-induced climate change simulated with the CCC second-generation general circulation model.** Journal of Climate, 5:1045-1077.

Bo, M W., Fabius, M. and Fabius, K., 2008. **Impact of global warming on stability of natural slopes.** Proceedings of the 4th Canadian Conference on Geohazards : From Causes to Management. Presse de l'Université Laval, Québec, 594 p.

BoonpragobK, 1999. **Climate change in Thailand simulated by General Circulation Models.** Page 10-1 to 10-29. In Boonprogob K. (ed.) Thailand' s country study on climate change 1990. TEI, Bangkok.

- Bothale, R.V., Dulta, D. and Sharma, J.R., 2005. **Antecedent Precipitation Index - A Dual Approach Between Soil Moisture and Normalized Input to GIS Based Locust Control and Surveillance.**
- Brooks, S., Crozier, M.J., Glade, T. and Anderson, M.G., 2004. **Towards establishing climatic thresholds for slope instability: use of a physically-based combined soil hydrology-slope stability model.** Pure and Applied Geophysics 161, 881–905.
- Brooks, R.J. and Corey, A.T., 1964. **Hydraulic properties of porous media,** Hydrol. Pap. 3. Colorado State University. Fort Collins.
- Buma, J. and Dehn, M., 1998. **A method for predicting the impact of climate change on slope Stability.** Environmental Geology 35 (2–3) August 1998
- Chen, L.-C. and Liu, Y.C., 2006. **Integrated community-based disaster management program in Taiwan: a case study of Shang-An village.** Natural Hazards 37(1-2): 209-223.
- Chiang, S.H. and Chang, K.T., 2011. **The potential impact of climate change on typhoon-triggered landslides in Taiwan, 2010–2099.** Geomorphology 133 (2011) 143–151.
- Coles, N. and Trudgill, S.T., 1985. **The movement of nitrate fertilizer from the soil surface to drainage waters by preferential flow in weakly structured soils,** Slapton, S. Devon. Agric. Ecosyst. Environ. 13, 241-259.
- Collison, A., Wade, S., Griffith, J. and Dehn, M., 2000. **Modelling the impact of predicted climate change on landslide frequency and magnitude in SE England.** Engineering Geology 55(3): 205-218.
- Crozier, M.J., 1999. **Prediction of climatically-triggered landslides — a test of the antecedent water status model.** Earth Surface Processes and Landforms 24, 825–833 P.
- Crozier, M.J., 2010. **Deciphering the effect of climate change on landslide activity: A review.** Geomorphology 124, 260-267.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA). **Administration Organization Chart.**
<http://www.fema.gov/>

- Fredlund, D.G. and Xing, A., 1994. Equation for the soil-water characteristic curve. Canadian Geotechnical Jour. vol. 31, No. 3, pp.521-532.
- Fredlund and Morganstern, 1997. **Stress State Variables for Unsaturated Soils**. Cited by Fredlund, D.G. and Rahardjo, H., Soil Mechanics for Unsaturated Soils. John Wiley & Son, INC., New York
- Fredlund, M.D., Wilson, G.W. and Fredlund, D.G., 1997. **Indirect Procedures to Determine Unsaturated Soil Property Functions**. Proceedings of the 50th Canadian Geotechnical Conference Golden Jubilee Conference Ottawa, Ontario, Canada, October 20-22
- Geotechnical Control Office., 1979. **Geotechnical manual for slopes**. 1st ed. Civil Eng. Service Dept. Hong Kong.
- Geotechnical Control Office., 1984. **Geotechnical manual for slopes**. 2nd ed. Civil Eng. Service Dept. Hong Kong.
- Glade, T., Crozier, M.J. and Smith, P., 2000. **Establishing landslide-triggering rainfall thresholds using an empirical antecedent daily rainfall model**. Journal of Pure and Applied Geophysics 157, 1059–1079.
- Green, W.H. and Ampt, G.A., 1911. **Studies on soil Physics I : the flow of air and water through soils**. Journal of agricultural science, 4(1), 1-24 p.
- Gregory and John., 2003. **Using multiple logistic regression and GIS technology to predict landslide hazard in northeast Kansas, USA**. Engineering Geology 69 (2003) 331–343
- Guha-Sapir, D., Vos, F. and Below, R., 2012. **Annual Disaster Statistical Review 2011: The numbers and trends**. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) School of Public Health, Catholic University of Louvain Brussels, Belgium, July 2012.
- Hansen, J., Fung, I., Lacis, A., Rind, D., Lebedeff, S., Ruedy, R., Russel, G. and Stone, P., 1988. **Global Climate Changes as Forecast by Goddard Institute for Space Studies Three- dimensional model**. Journal of Geophysical Researches, 93: 9341 -9364.

- Ho, D.Y.F. and Fredlund, D.G., 1982b. Strain rates for unsaturated soil shear strength testing. 7th Southeast Asian Geotech. Conf., Hong Kong.
- Hoanh, C.T., Guttman, H., Droogers, P. and Aerts, J., 2003. **Water, climate, food and environment in the Mekong Basin in Southeast Asia**. Final report. International Water Management Institute (IWMI), Mekong River Commission Secretariat (MRCS), Institute of Environment Studies (IVM).
- Hoyois, P., Below R., Scheuren, J-M. and Guha-Sapir, D., 2007. **Annual Disaster Statistical Review: Numbers and Trends 2006**. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) School of Public Health, Catholic University of Louvain Brussels, Belgium, May 2007.
- IPCC, 2001. **Climate Change 2001 : Synthesis Report**. Wembley, United Kingdom, September 24-29.
- Iverson, R., 2000. **Landslide triggering by rain infiltration**. Water resource research, Vol. 36, no. 7, p. 1897-1910.
- Jones C., Carvalho L., Higgins R.W. and Schemm J-K E., 2004. **Climatology of Tropical Intraseasonal Convective Anomalies: 1979–2002**. Journal of Climate 2004, Vol. 17, American Meteorological Society.
- Jones, R.G., Noguer, M., Hassell, D.C., Hudson, D., Wilson, S., Jenkins, G. and Mitchell, J.F.B., 2004. **Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS**. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK, 40pp, April
- Kubota, T., Shinohara, Y. and Aditian, A., 2013. **Landslides induced by heavy rainfall in July 2012 in Northern Kyushu District, Japan and the influence of long term rainfall increase comparing with the slope destabilization due to strong seismic shaking**. EGU General Assembly, 15.
- Krzysztof, K.W., 1994. **The piston of transient infiltration in unsaturated soil**. Groundwater quality management (Proceedings of the GQM 93 Conference held at Tallin, September 1993). IAHS Publ. no. 220, 1994.
- Kumar, C. P., 2002. **Numerical Simulation Models for Seawater Intrusion**. Journal of Indian Water Resources Society, Volume 22, Number 3, July 2002, 125-130 P.

- Lee and Evangelista., 2005. **Landslide Susceptibility Mapping using Probability and Statistics Models in Baguio City, Philippines.**
- Lee, R., 1980. **Forest Hydrology.** Columbia University Press, New York. 249 P.
- Leighton, F. B., 1976. **Urban landslides: targets for land-use planning in California.** Geological Society of America Special Papers 174: 37-60.
- Li, C. and Young, M.H., 2006. **Green-Ampt infiltration model for sloping surface.** Water resources research. Vol. 42, W07420.
- Linsley, R.K., Kohler, M.A. and Paulhus, J.L.H., 1982. **Hydrology for Engineers.** McGraw-Hill Book Company. 508 P.
- Manabe, S., Bryan, K. and Spelman, M. D., 1990. **Transient response of a global ocean-atmosphere model to a doubling of atmospheric carbon dioxide.** Journal of Physical Oceanography, 20: 722-749.
- Mitchell, J.F.B., Senior, C.A. and Ingram, W.J., 1989. **CO² and Climate: A missing Feedback.** **Nature**, 341: 132-134.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport Infrastructure Development Institute – Japan, 2004. **Development of warning and eavacuation system against sediment disasters.** Guidelines for construction technology transfer.
- Montgomery, D.R. and Dietrich, W.E., 1994. **A physically based model for topographic control on shallow landsliding.** Water Resources Research 30, 1153–1171.
- Nawagamuwa, U.P., Rathnaweera, T.D., Palihawadana, M.P. and Rangana, H.L.L, 2012. **Effects of climate change on landslide frequencies in landslide prone districts in Sri Lanka.** Overview Civil Engineering Research Exchange Symposium 2012, Faculty of Engineering University of Ruhuna: Sri Lanka
- Ogden, F.L. and Saghafi, B., 1997. **Green and Ampt infiltration with redistribution.** J. Irrig. Drain. Eng. 123:386–393.
- O'Loughlin, E.M., 1986. **Prediction of surface saturation zones in natural catchments by topographic analysis.** Water Resources Research 22, 794–804.

- Pantanahiran, W., 1994. **The use of Landsat imagery and digital terrain models to assess and predict landslide activity in tropical area.** Doctoral Dissertation, University of Rhode Island, U.S.A.
- Pack, R.T., Tarboten, D.G. and Goodwin, C.N., 1998. **GIS-based landslide susceptibility mapping with SINMAP.** Proceedings: 34th Symposium on Engineering Geology and Geotechnical Engineering, April 28-30, Logan, Utah, pp. 219–231.
- Pack, R.T., Tarboton, D.G. and Goodwin, C.N., 2001. **Assessing terrain stability in a GIS using SINMAP.** The 15th Annual GIS Conference, GIS 2001, Vancouver, British Columbia.
- Rathnaweera, T.D., Palihawadana, M.P., Rangana, H.L.L., and Nawagamuwa, U.P, 2012. **Effects of climate change on landslide frequencies in landslide prone districts in Sri Lanka; Overview.** Civil Engineering Research Exchange Symposium, Ruhuna University.
- Reagan, R.T., Mosteller, F. and Youtz, C., 1989. **Quantitative meanings of verbal probability expressions,** Journal of Applied Psychology 74 (3), pp. 433–442.
- Saaty, T.L., 1980. **The Analytic Hierarchy Process,** McGraw Hill International.
- Soralump S., 2007. **Corporation of geotechnical engineering data for landslide hazard map in Thailand.** EIT-JSCE Joint Seminar on Rock Engineering 2007, Imperial Queen’s Park Hotel, September 17, 2007.
- Soralump S., 2011. **Disastrous Landslides at Khao Panom, Krabi, Thailand.** EIT-Japan Symposium 2011 on Human Security Engineering. 29-31 August 2011, Imperial Queen's Park Hotel. Bangkok, Thailand
- SWCB., 2012. **Debris Flow disaster prevention information.**
<http://246eng.swcb.gov.tw/>
- The Philippine National Red Cross, 1999. **Disaster Management Service.**
<http://www.redcross.org.ph/>
- Tremblay, M., Svahn, V. and Lundström, K., 2013. **Landslide risk assessment in the Göta river valley : effect of climate changes.** Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris.

Van Genuchten, M., 1980. A closed - form equation for predicting hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. J. 44(5):892-898

Viessman, W.Jr., Lewis, G.L. and Knapp, J.W., 1989. Introduction to Hydrology. Harper & Row Publishers. Singapore. 780 P.

Wilson, C.A., and Mitchell, J.F.B., 1987. A doubling of CO₂ Climate Sensitivity Experiment with a Global Climate Model Including a Simple Ocean. Journal of Geophysical Researches, 92: 315-343.

World Bank., 2011. Hydro-Agronomic-Economic Model for Mekong River Basin and Local Adaptation in Thailand. Department of water resources.

Yesilnacara, E. and Topal, T., 2005. Landslide susceptibility mapping: A comparison of logistic regression and neural networks methods in a medium scale study, Hendek region (Turkey), Eng. Geol., 79, 251–266 P.

Yingjajaval, S., 1993. A catalogue of water retention function of major soil series of Thailand. Department of Soil Science. Kasetsart University. Kamphaeng Saen.

Yusuf, A.A. and Francisco, H.A., 2009. Climate Change Vulnerability Mapping for Southeast Asia.

Zapata, C., 1999. Uncertainty in Soil-Water Characteristic Curve and Impact on Unsaturated Shear Strength Predictions . Ph.D. Dissertation. Arizona State University. Tempe. Arizona . USA.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ทฤษฎีการวิเคราะห์

ก.1 ทฤษฎีการวิเคราะห์ฟังก์ชันการแจกแจงความถี่แบบกัมเบล (Gumbel distribution)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎี Gumbel distribution ในการวิเคราะห์รอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS ภายใต้สถานการณ์ที่ก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงตามข้อกำหนด IPCC (SRES Scenario) ของ Scenario ที่ 1 และ 2 ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2555 , ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 และข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานี ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ทำให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับรอบปีการเกิดซ้ำ สำหรับการศึกษานี้ประยุกต์ใช้กราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวในการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระหว่างปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) และปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานี โดยสามารถคำนวณหาปริมาณน้ำฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงความถี่แบบกัมเบลได้จากสมการ

$$Y = Y_0 - \beta \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{Tr} \right) \right] \tag{ก-1}$$

เมื่อ	Y	คือ	ปริมาณน้ำฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ
	Y ₀	คือ	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณฝน - (0.45*ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานข้อมูลปริมาณฝน)
	β	คือ	0.7797*ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานข้อมูลปริมาณฝน
	Tr	คือ	รอบปีการเกิดซ้ำ

ก.2 ทฤษฎีของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันโปรดักโมเมนต์ (Pearson product moment correlation coefficient, r)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันโปรดักโมเมนต์ (r) ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2555, ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 กับข้อมูลฝนสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสถานี โดยสามารถคำนวณหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันโปรดักโมเมนต์ (r) ได้จากสมการ

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \tag{ก-2}$$

เมื่อ	r	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันโปรดักโมเมนต์
	n	คือ	จำนวนข้อมูลปริมาณน้ำฝน
	x	คือ	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน
	y	คือ	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง PRECIS

ก.3 ทฤษฎีการหาค่าปรับแก้ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Kriging

การศึกษาค้นคว้านี้ได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎี Kriging ร่วมกับแบบจำลอง Semivariogram model (i.e. Circular, Spherical, Tetraspherical, Pentaspherical, Exponential, Gaussian, Rational quadratic, Hole effect, K-bessel, J-bessel and Stable) ในการหาค่าปรับแก้รายเดือนเฉลี่ยเชิงพื้นที่สำหรับแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Scenario แบบ A2 และ B2) ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2555 เนื่องจากวิธีการดังกล่าวให้ค่าปรับแก้ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ที่ค่อนข้างแม่นยำโดยพิจารณาจากหลักการเบื้องต้นที่ว่าผลการประมาณค่าปรับแก้ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ที่ดีที่สุดจะต้องมีค่าตรงกับข้อมูลตั้งต้น จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการประมาณค่าปรับแก้ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Kriging นอกจากจะคำนวณค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) จากจุดที่อยู่รอบตำแหน่งที่ต้องการทำนายค่าเหมือนวิธี IDW และ Spline แล้ว วิธี Kriging ยังคำนวณค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ระหว่างจุดที่อยู่รอบข้างทั้งหมดที่จะนำมาใช้ในการทำนายค่าอีกด้วย โดยค่าดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ในการหาค่า Semivariance ในแบบจำลอง Semivariogram เพื่อใช้ในการประมาณค่าปรับแก้ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ต่อไปสำหรับทฤษฎีและสมมติฐานของวิธี Kriging มีรายละเอียดดังนี้

(Goovaerts, 1997) กล่าวถึงหลักการของวิธี Kriging มีสมมติฐานของสมการที่ใช้ในการทำนายค่าคล้ายคลึงกับสมการ Linear regression ดังแสดงในสมการที่ ก-3

$$\hat{Z}_{SK}(u) = m + \sum_{\alpha=1}^{n(u)} \lambda_{\alpha}^{SK}(u) [Z(u_{\alpha}) - m] \quad (ก-3)$$

เมื่อ u คือ ตำแหน่งของจุดที่ต้องการทำนาย, u_{α} คือ ตำแหน่งของจุดที่อยู่รอบข้างกับจุดที่ต้องการทำนาย, m คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา, $n(u)$ คือ จำนวนข้อมูลที่อยู่รอบข้างทั้งหมดที่จะนำมาใช้ในการทำนายค่า $\hat{Z}_{SK}(u)$, $\lambda_{\alpha}^{SK}(u)$ คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ของจุดที่อยู่รอบข้างทั้งหมด $Z(u_{\alpha})$ ที่จะนำมาใช้ในการทำนายค่า ณ ตำแหน่ง (u) ซึ่งสามารถหาค่าได้จากสมการที่ ก-4

$$\sum_{\beta=1}^{n(u)} \lambda_{\beta}^{SK}(u) C(u_{\alpha} - u_{\beta}) = C(u_{\alpha} - u) \quad \alpha = 1, \dots, n(u) \quad (ก-4)$$

เมื่อ $C(u_{\alpha} - u_{\beta})$ คือ ค่า Covariance ระหว่างจุดที่อยู่รอบข้างที่จะนำมาใช้ในการทำนาย, $C(u_{\alpha} - u)$ คือ ค่า Covariance ระหว่างจุดที่อยู่รอบข้างกับจุดที่ต้องการทำนาย โดยสมการที่ ก-4 สามารถทำให้อยู่ในรูป Matrix ได้ดังนี้

$$\lambda_{SK} = K^{-1}k \quad (ก-5)$$

เมื่อ λ_{SK} คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ของจุดที่อยู่รอบข้างทั้งหมด $Z(u_{\alpha})$ ที่จะนำมาใช้ในการทำนายค่าในรูป Matrix, K คือ ค่า Covariance ระหว่างจุดที่อยู่รอบข้างที่จะนำมาใช้ในการทำนายในรูป Matrix, ดังเช่นตัวอย่าง $K_{r,y} = C(u_r - u_y)$ คือ ค่า Covariance ระหว่างจุดที่อยู่รอบข้าง ที่ตำแหน่ง r และ y , k คือ ค่า Covariance ระหว่างจุดที่อยู่รอบข้างกับจุดที่ต้องการทำนายในรูป Matrix, ดังเช่นตัวอย่าง

$k_r = C(u_r - u)$ คือ ค่า Covariance ระหว่างจุดที่อยู่รอบข้าง ที่ตำแหน่ง r กับจุดที่ต้องการทำนายที่ตำแหน่ง u , ซึ่งค่า Covariance K และ k สามารถหาค่าได้จากสมการ

$$C(h) = Sill - \gamma(h) \quad (ก-6)$$

เมื่อ $C(h)$ คือ ค่า Covariance ระหว่างจุดที่พิจารณาที่ระยะห่างกันเท่ากับ h , $\gamma(h)$ คือ ค่า Semivariance ที่ระยะทางเท่ากับ h ซึ่งหาค่าได้จากแบบจำลอง Semivariogram model (i.e. Circular, Spherical, Tetraspherical, Pentaspherical, Exponential, Gaussian, Rational quadratic, Hole effect, K-bessel, J-bessel and Stable) และ *Sill* คือ ค่า Semivariance ที่มีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามระยะทางแม้ระยะทางจะเพิ่มมากขึ้น

ภาคผนวก ข

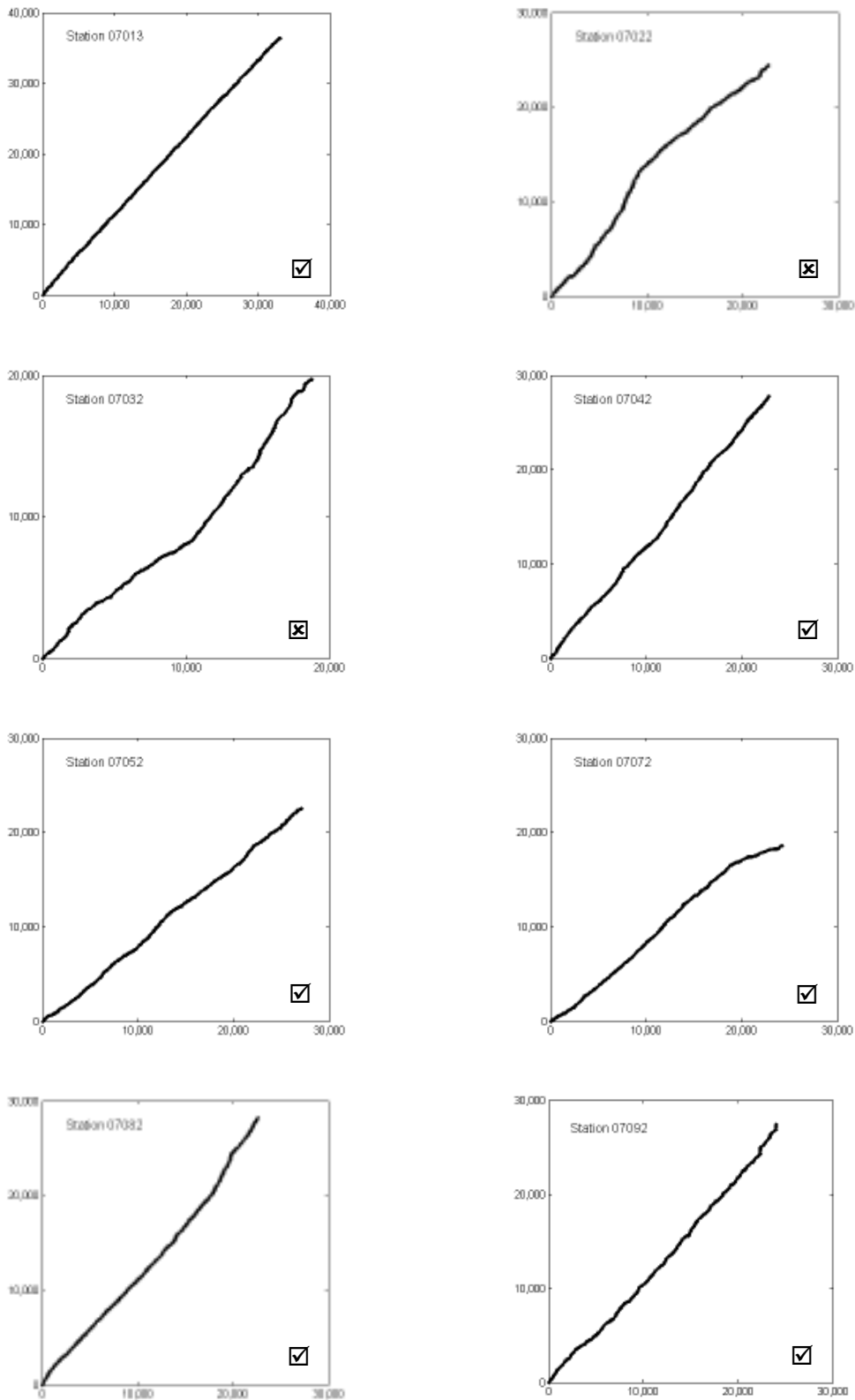
ผลการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ
ของสถานีวัดน้ำฝนรายวัน

ข.1 ผลการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานโดยวิธี Double mass curve ของสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมด 155 สถานี

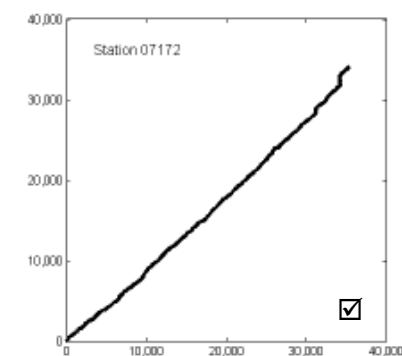
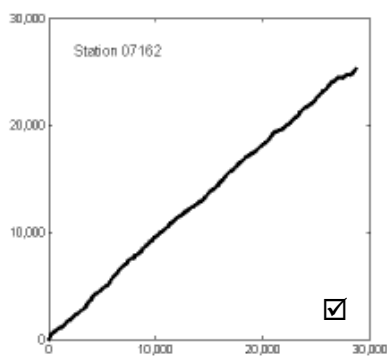
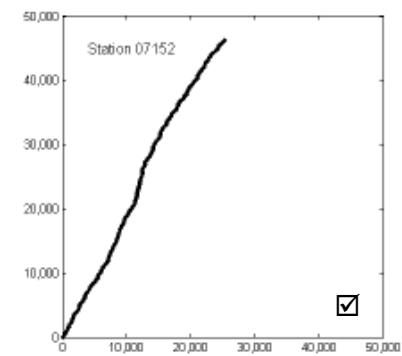
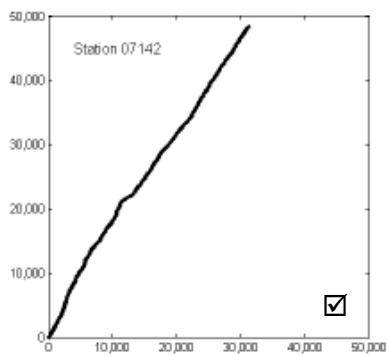
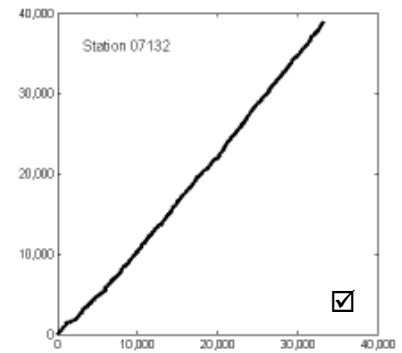
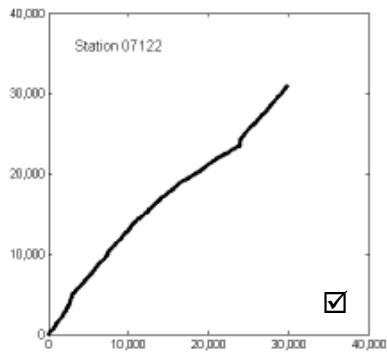
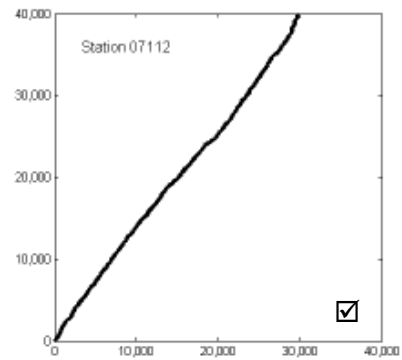
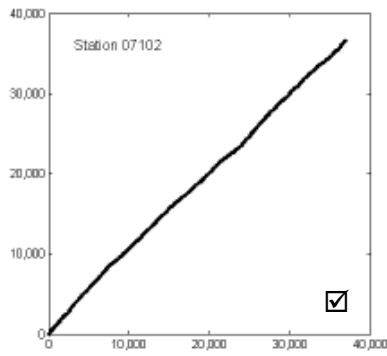
ผลการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทาน จำนวน 155 สถานี โดยวิธี Double mass curve พบว่ามีสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 151 สถานี ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพข้อมูล และมีสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 4 สถานี ที่ไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพข้อมูล ดังผลการตรวจสอบไว้ในรูปที่ ข-1 โดยที่แกน X คือ ปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ยสถานีข้างเคียงภายในรัศมี 10 กม. (มม.) และแกน Y คือ ปริมาณน้ำฝนสะสมของสถานีที่ตรวจสอบ (มม.)

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



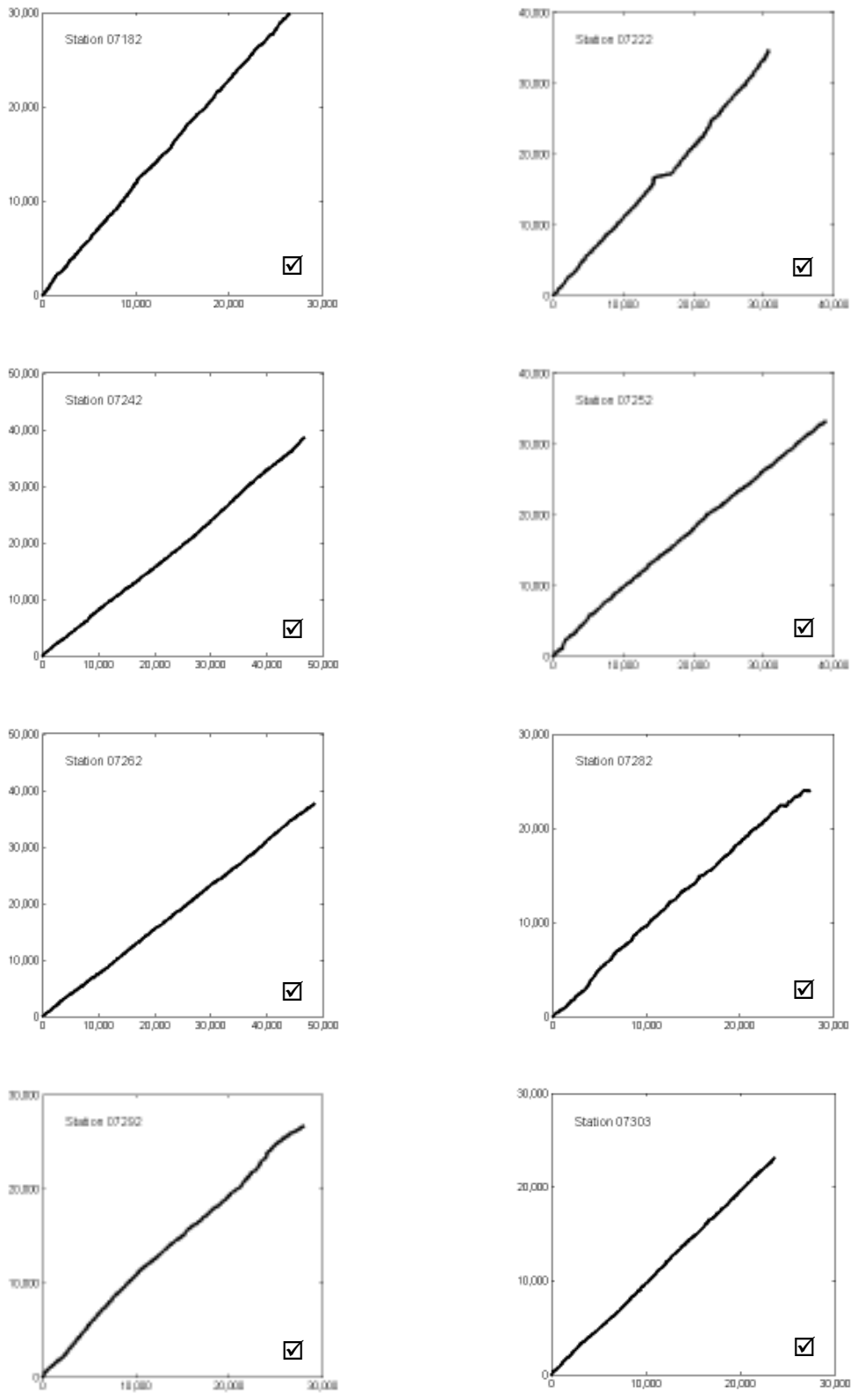
รูปที่ ข-1 แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve



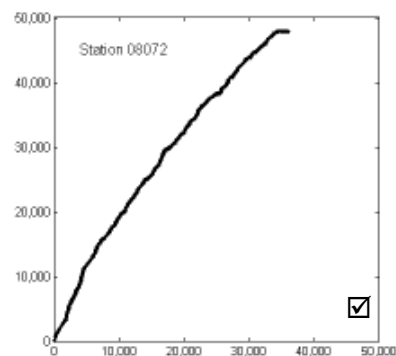
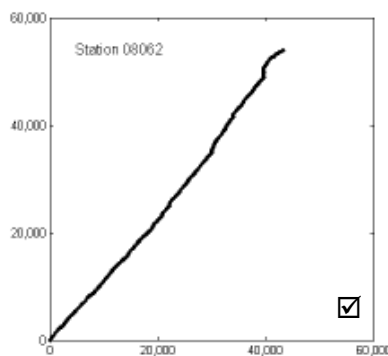
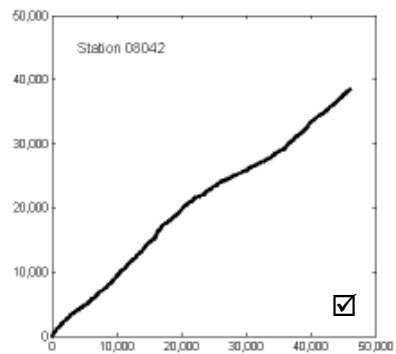
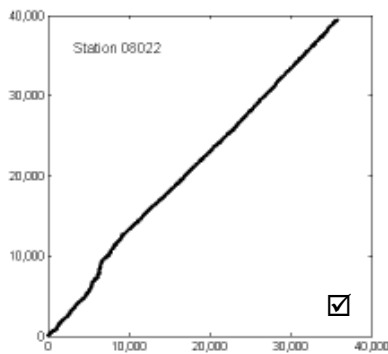
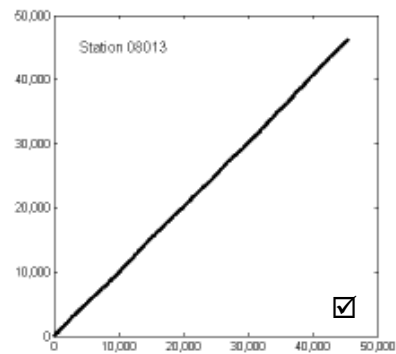
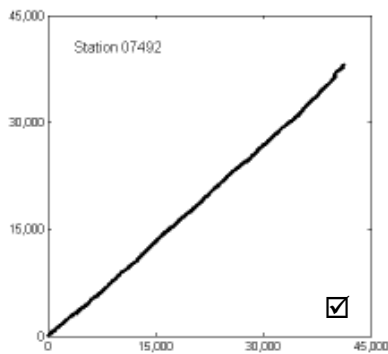
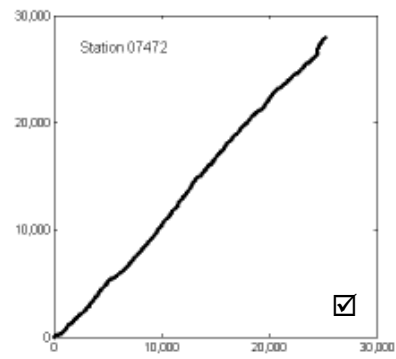
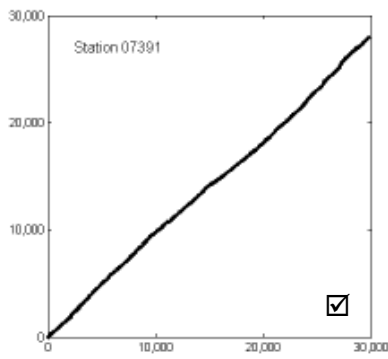
รูปที่ ข-1 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทาน
ที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



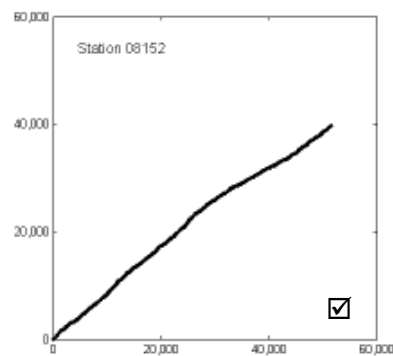
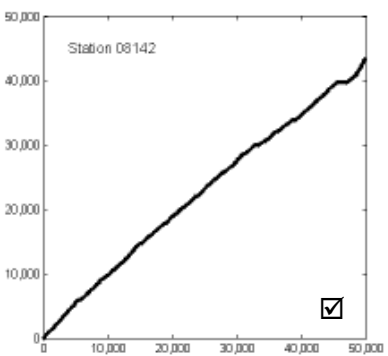
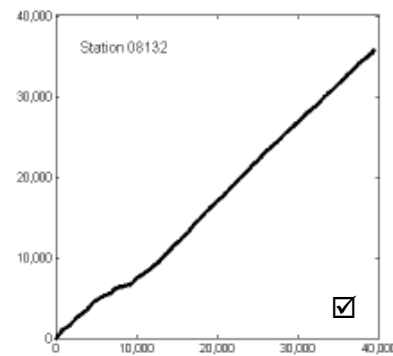
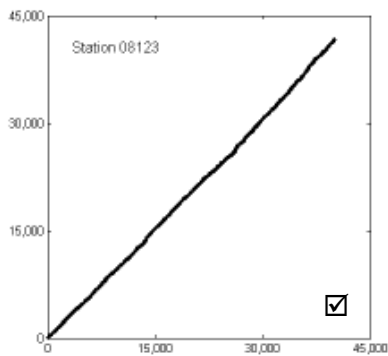
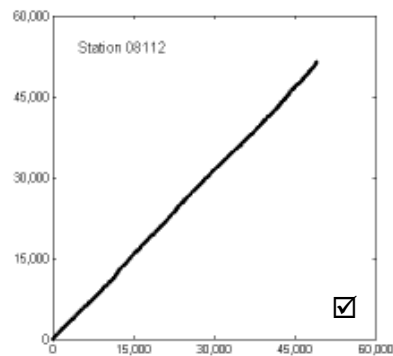
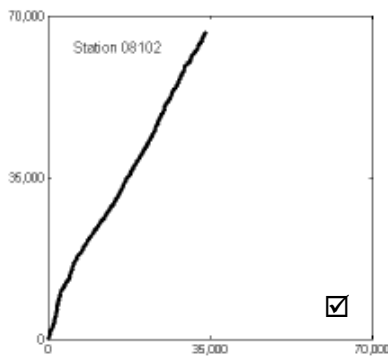
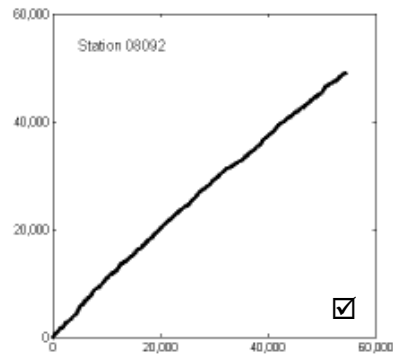
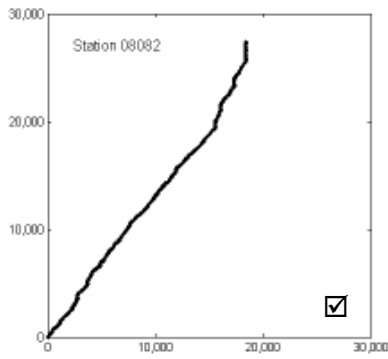
รูปที่ ข-1 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve



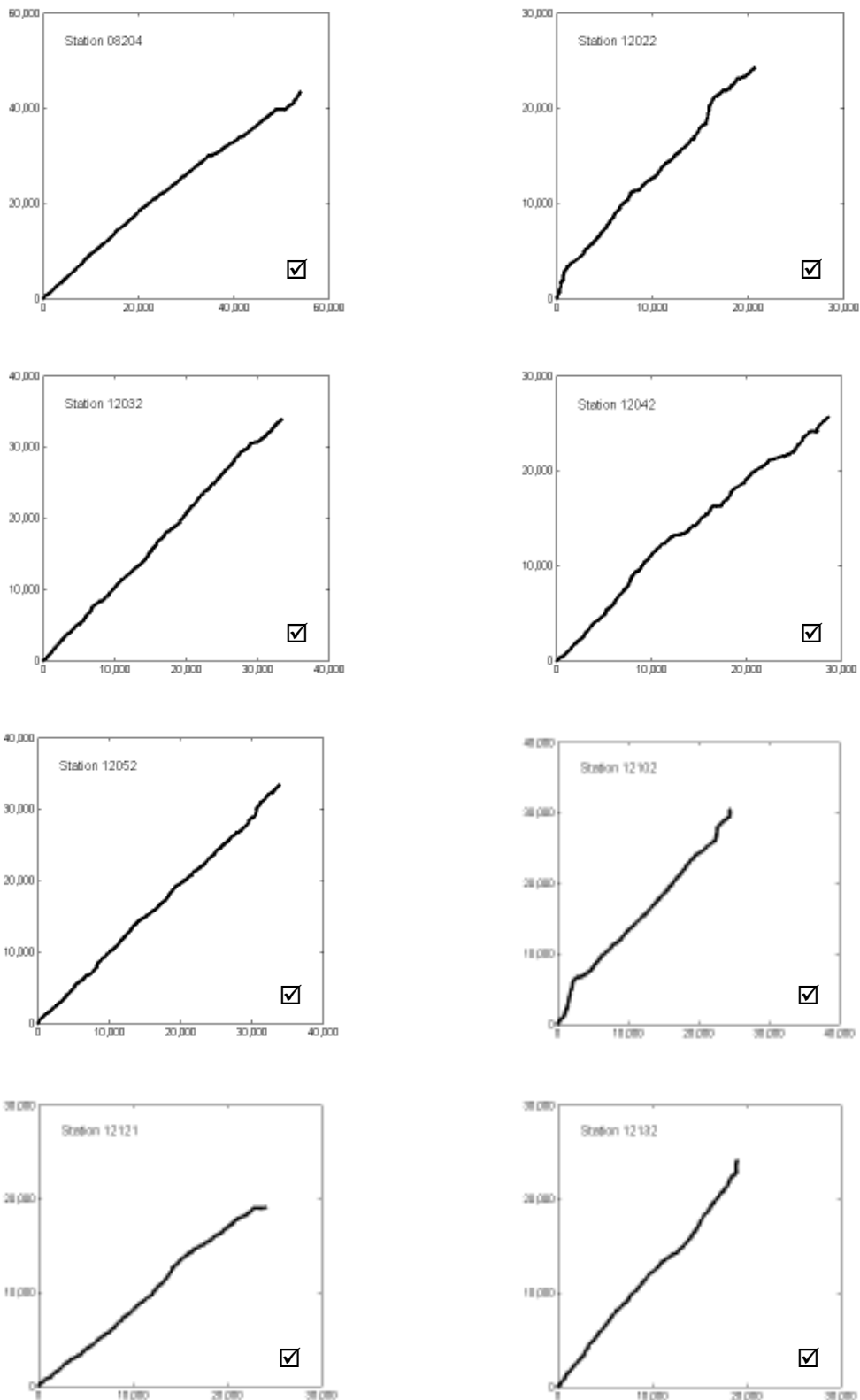
รูปที่ ข-1 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



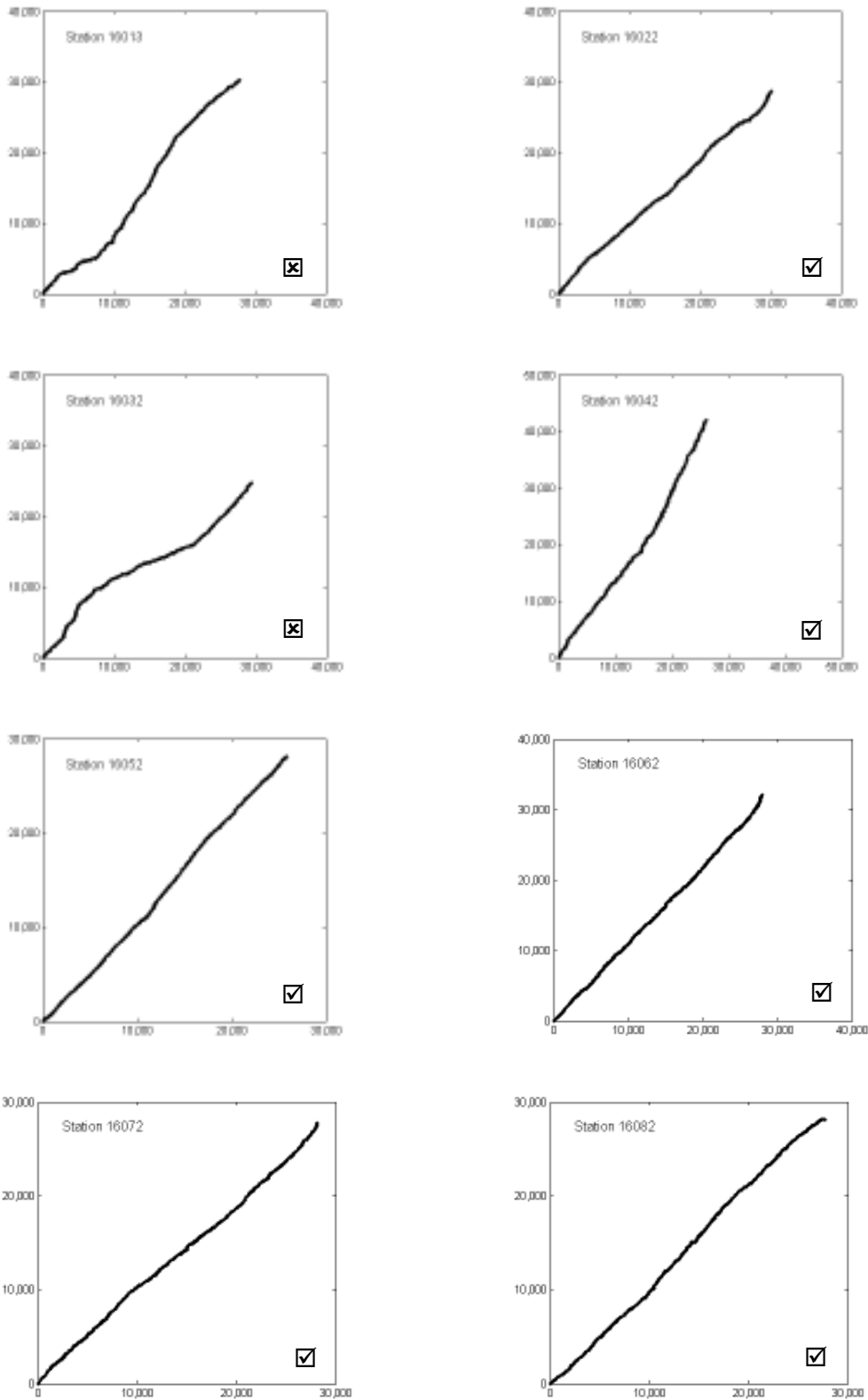
รูปที่ ข-1 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve



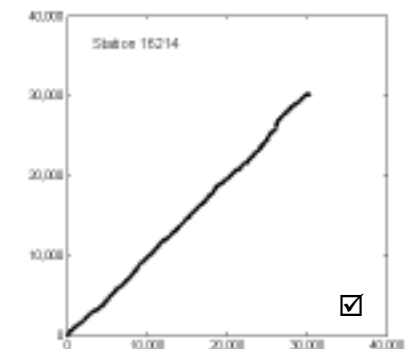
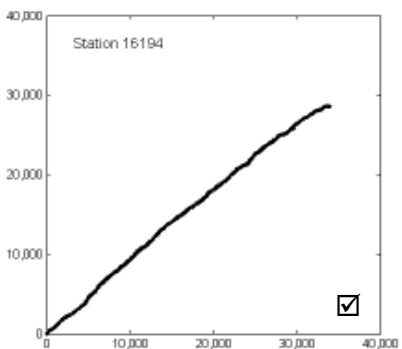
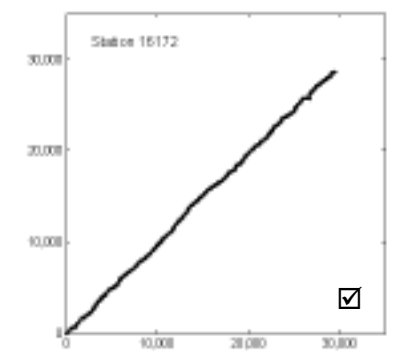
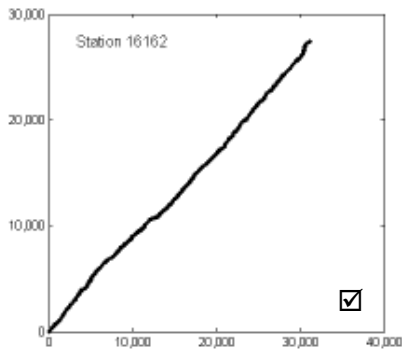
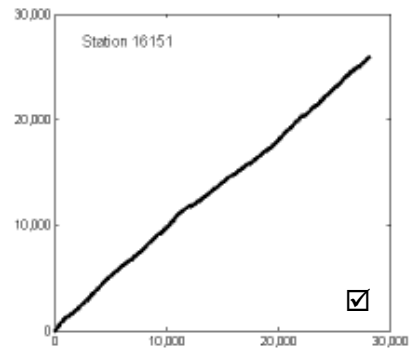
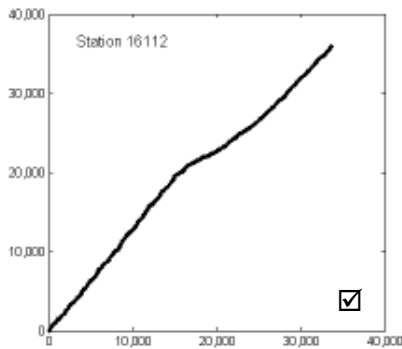
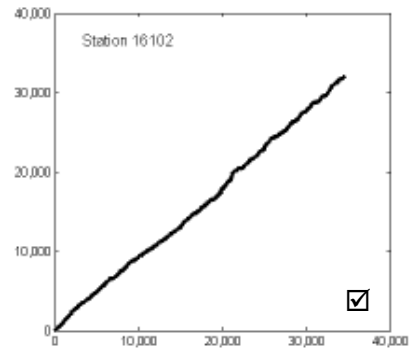
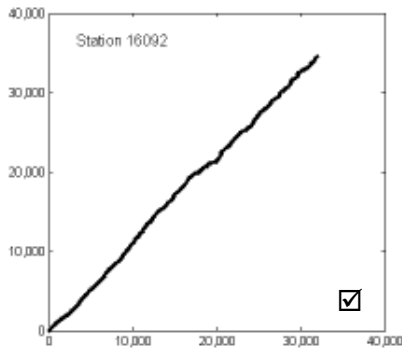
รูปที่ ข-1 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทาน
ที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



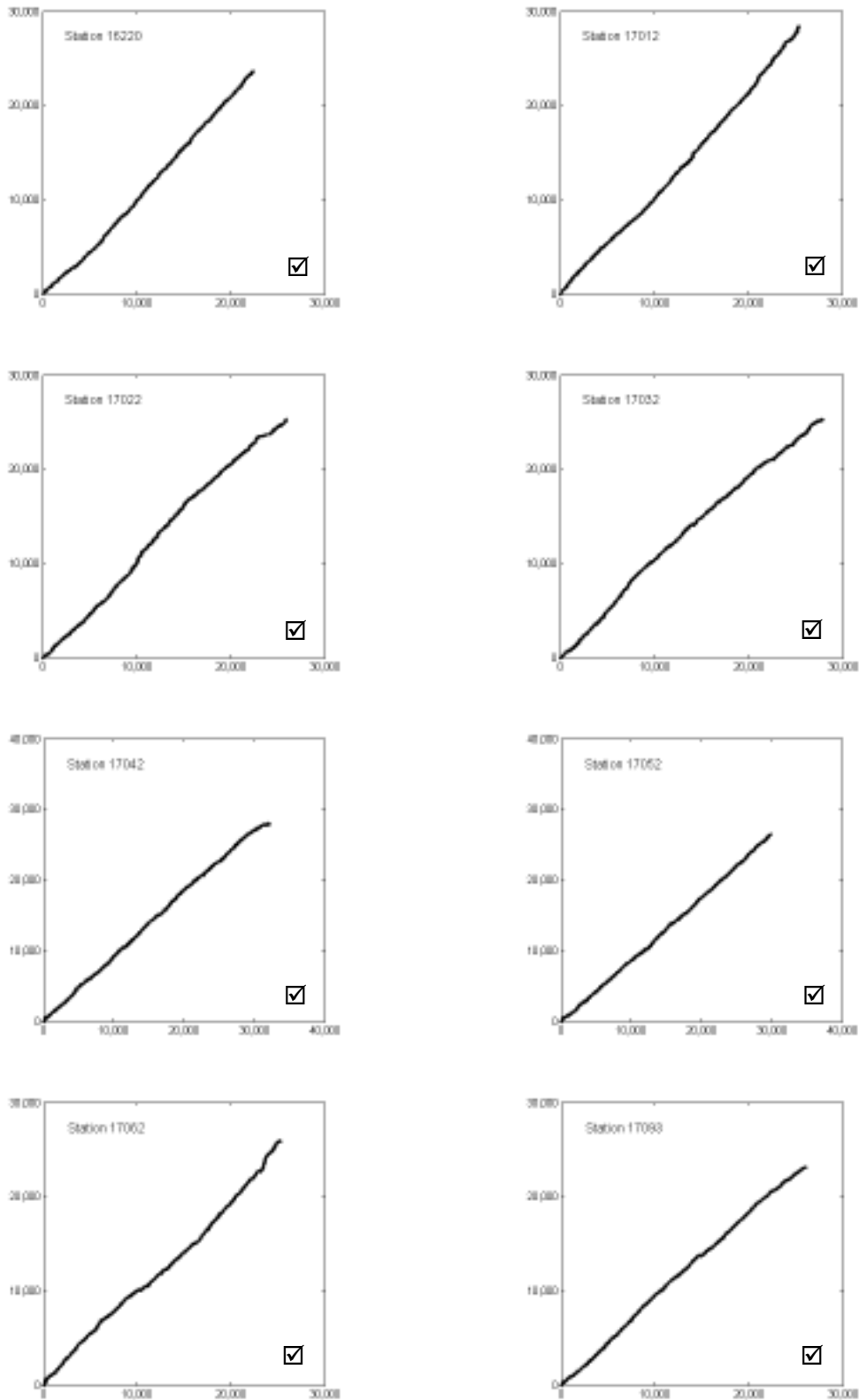
รูปที่ ข-1 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve



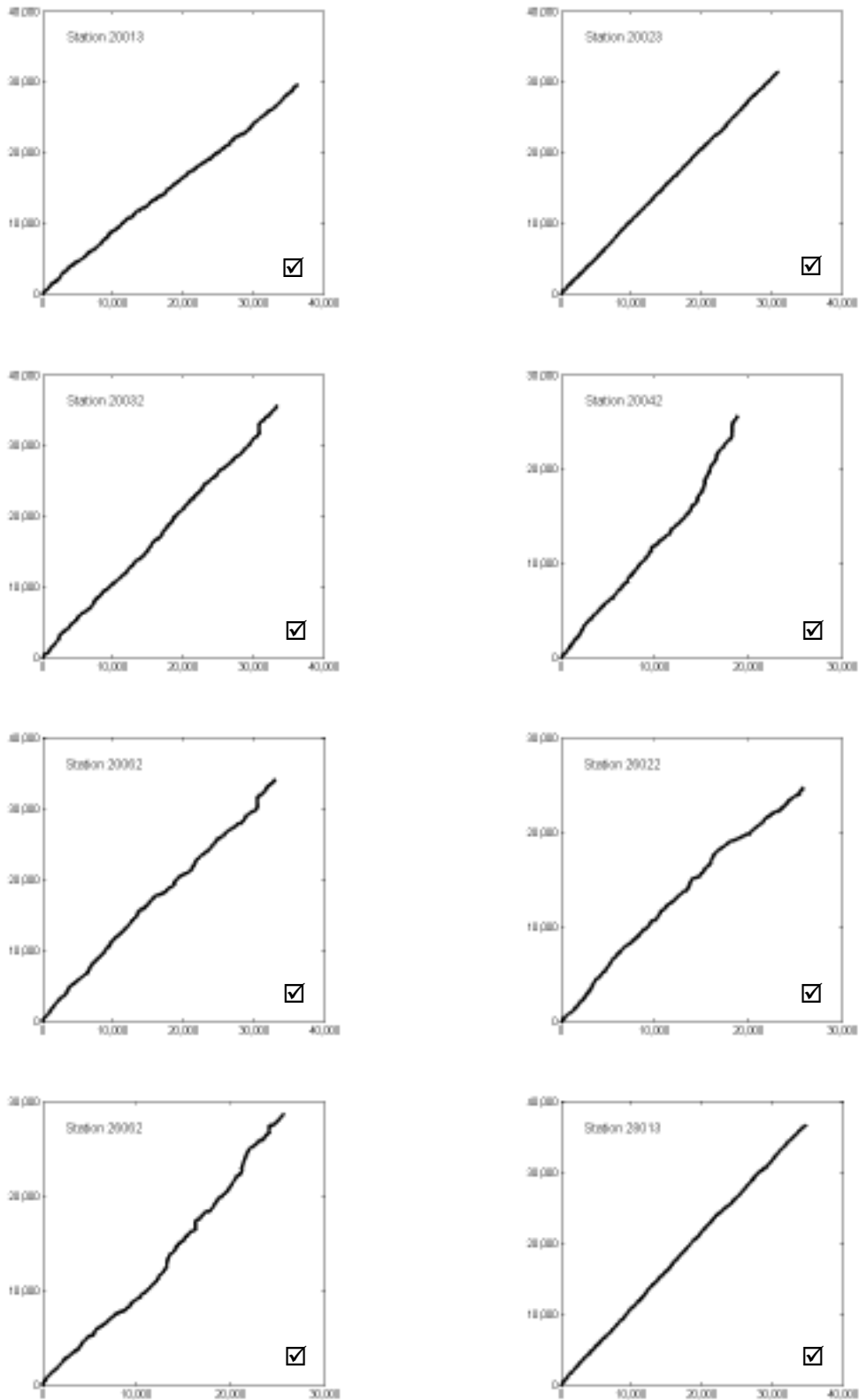
รูปที่ ข-1 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทาน
ที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



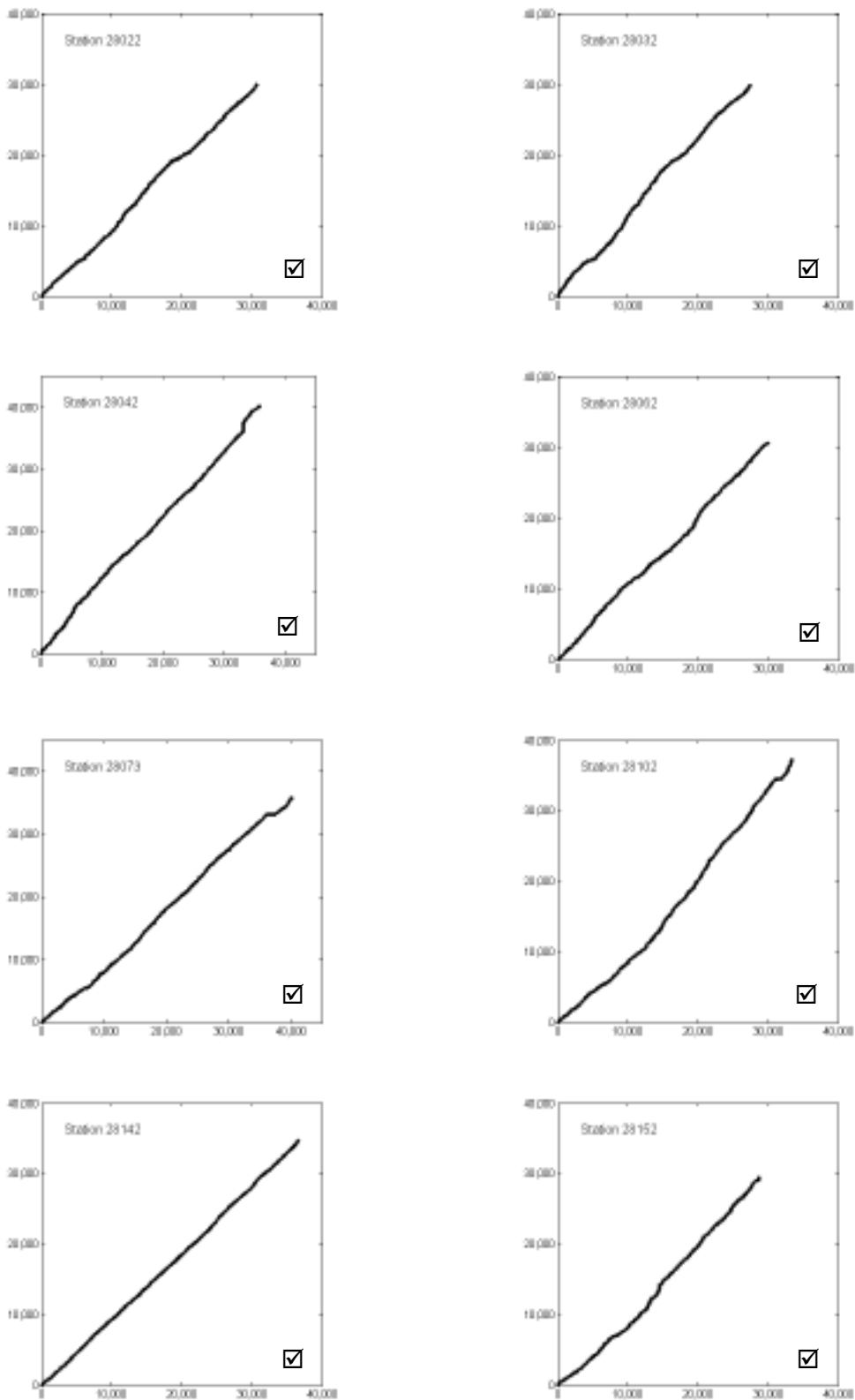
รูปที่ ข-1 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve



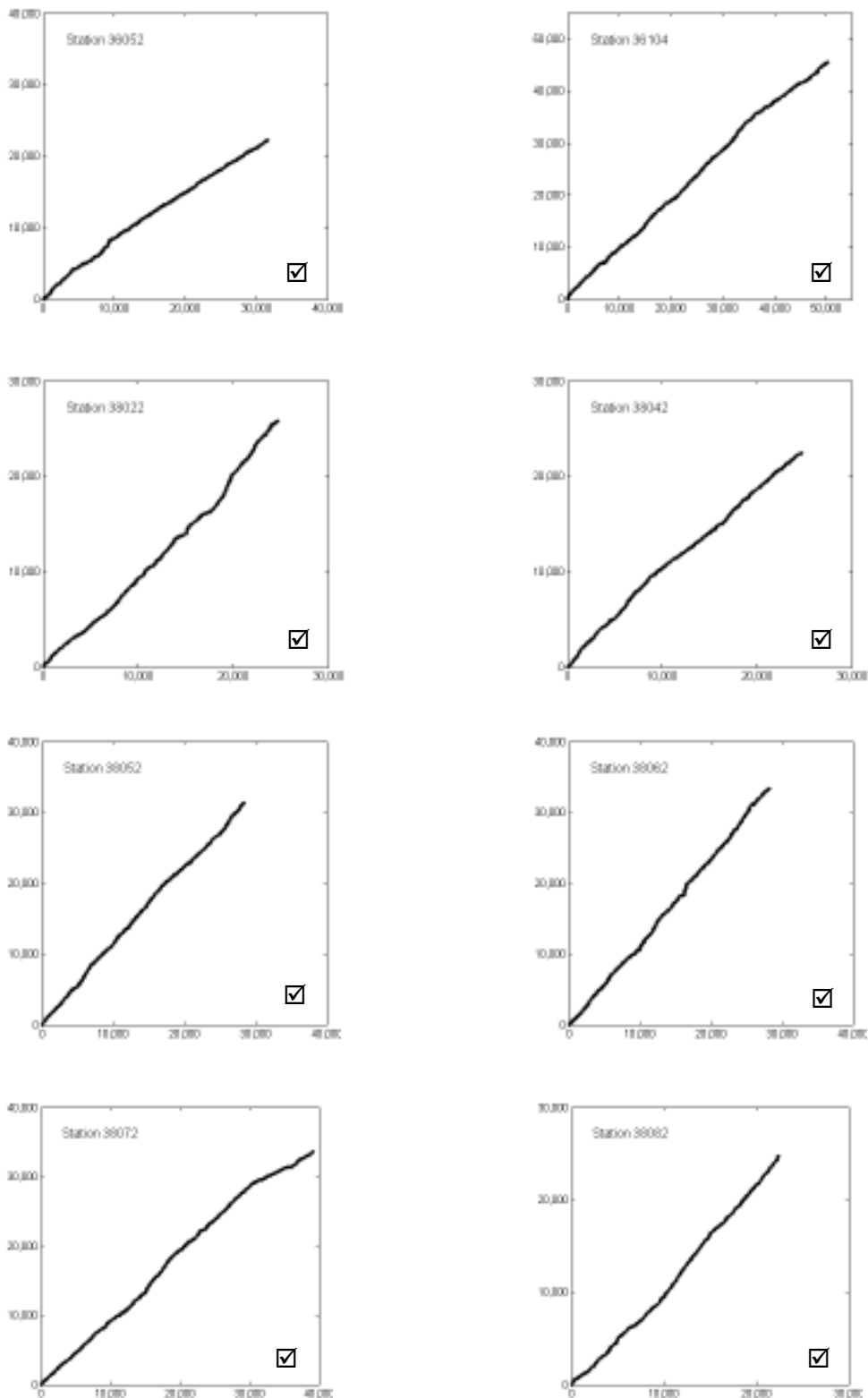
รูปที่ ข-1 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



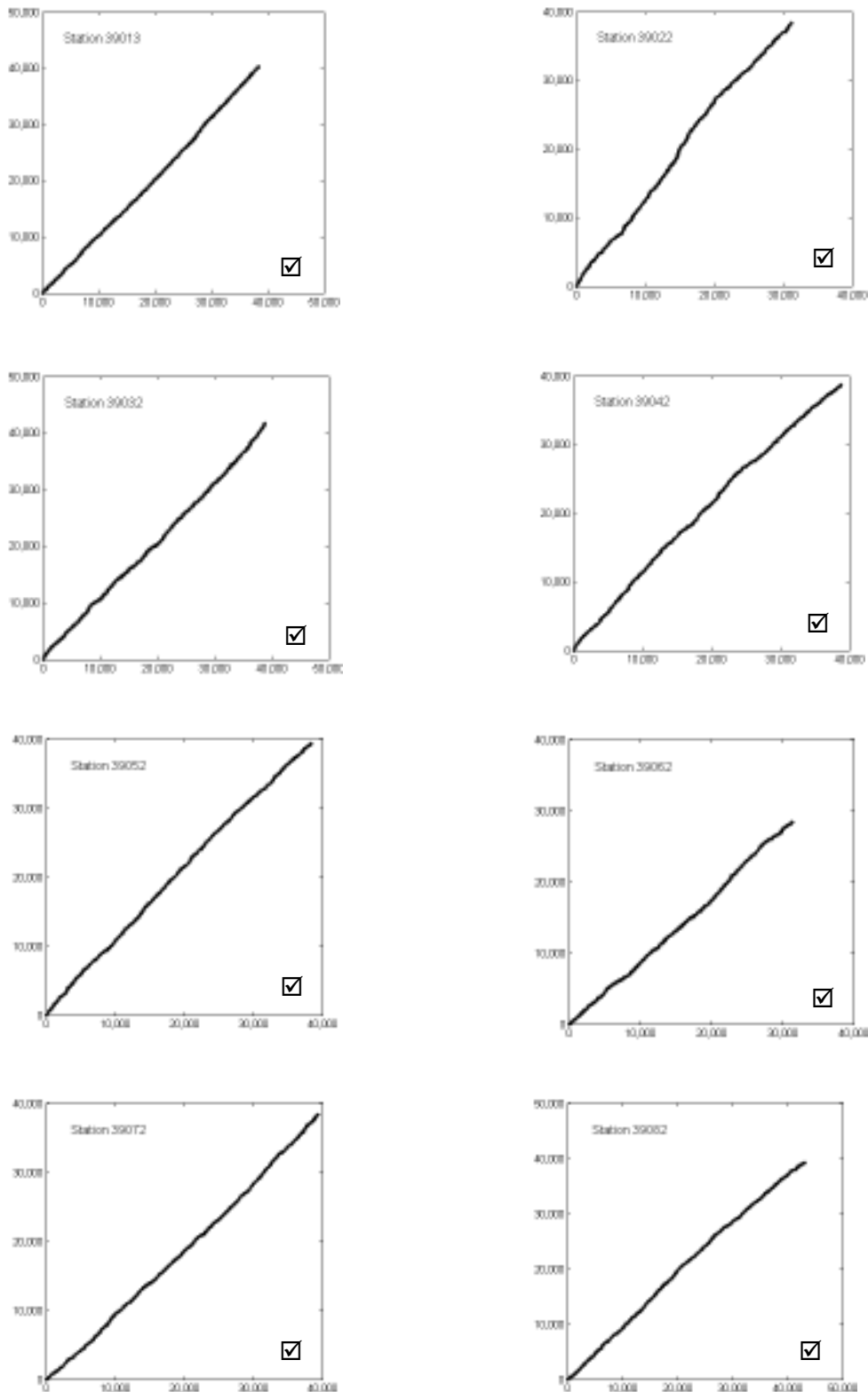
รูปที่ ข-1 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve



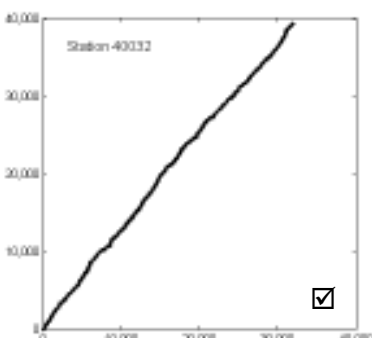
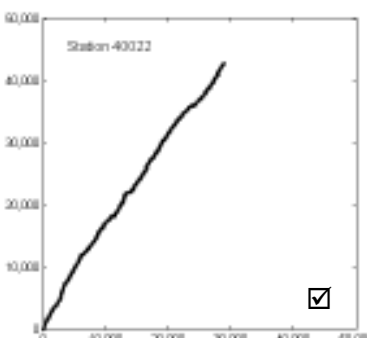
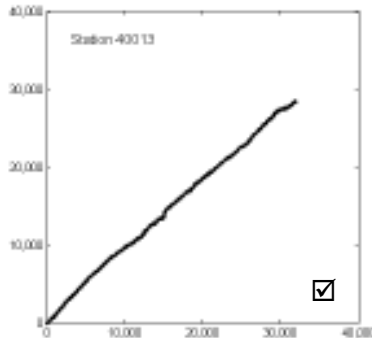
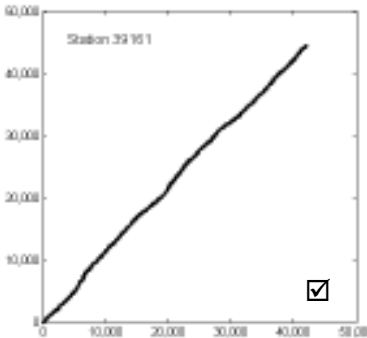
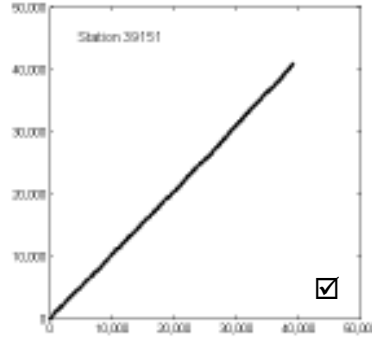
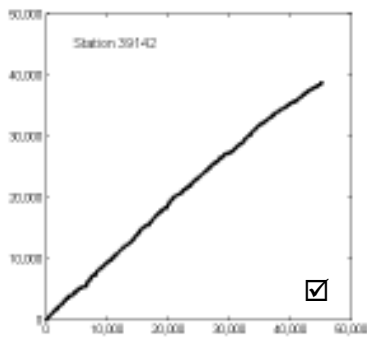
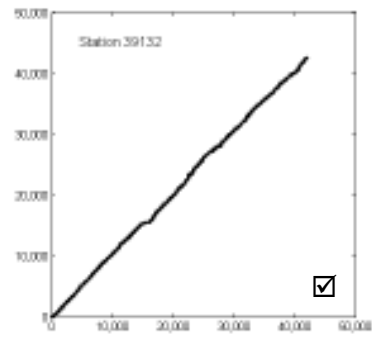
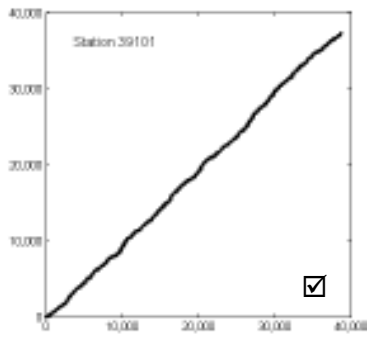
รูปที่ ข-1 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทาน
ที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



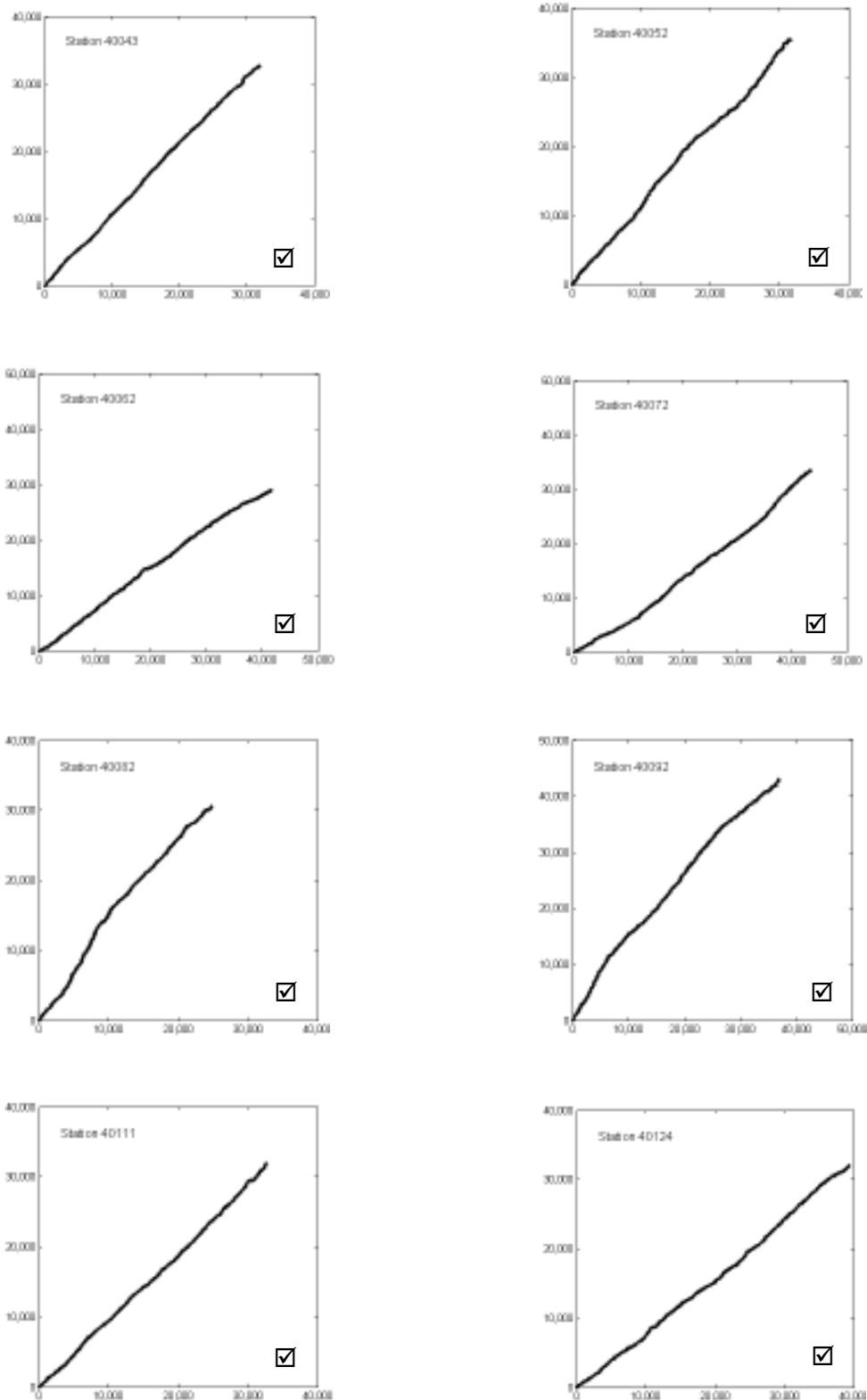
รูปที่ ข-1 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve



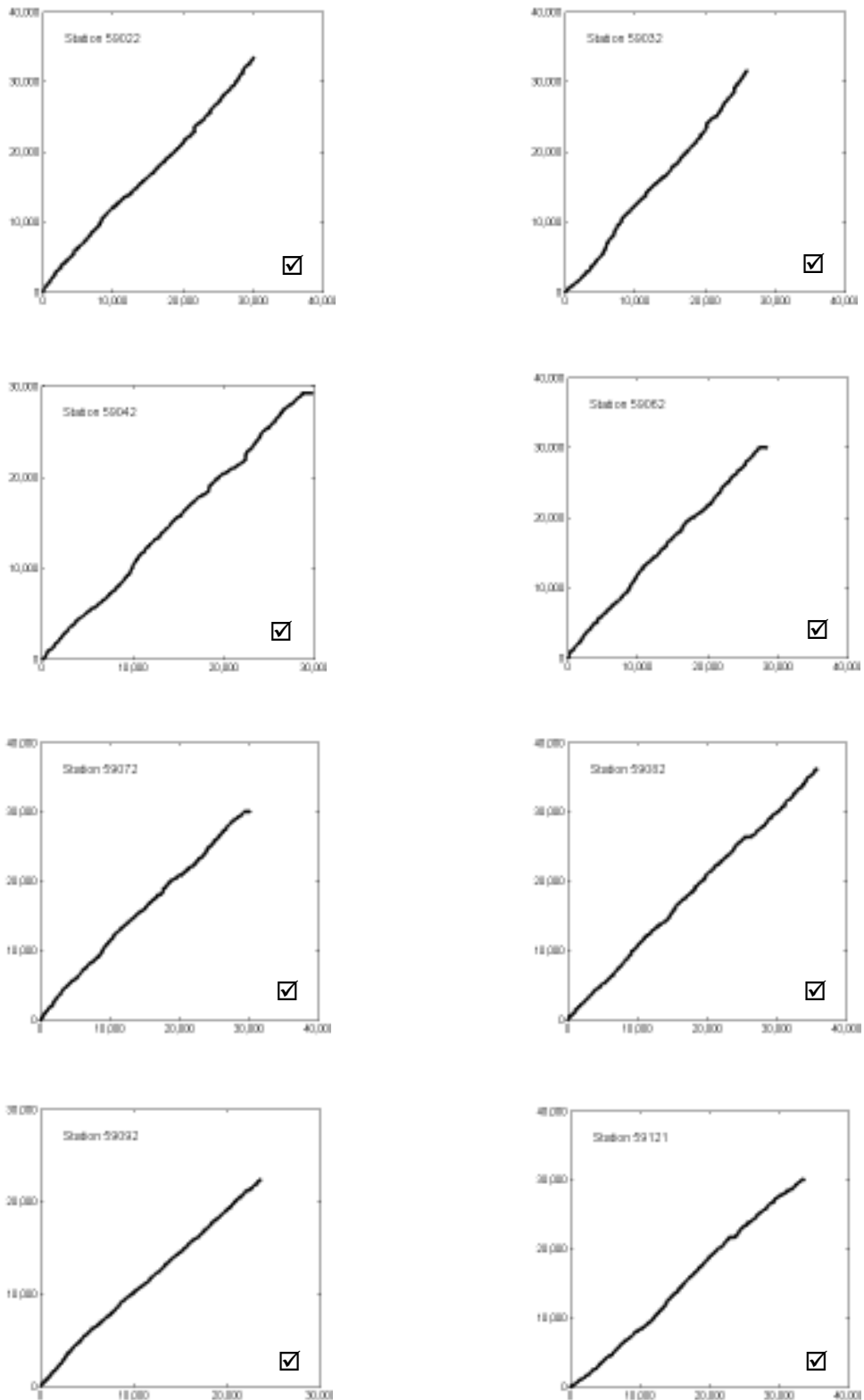
รูปที่ ข-1 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



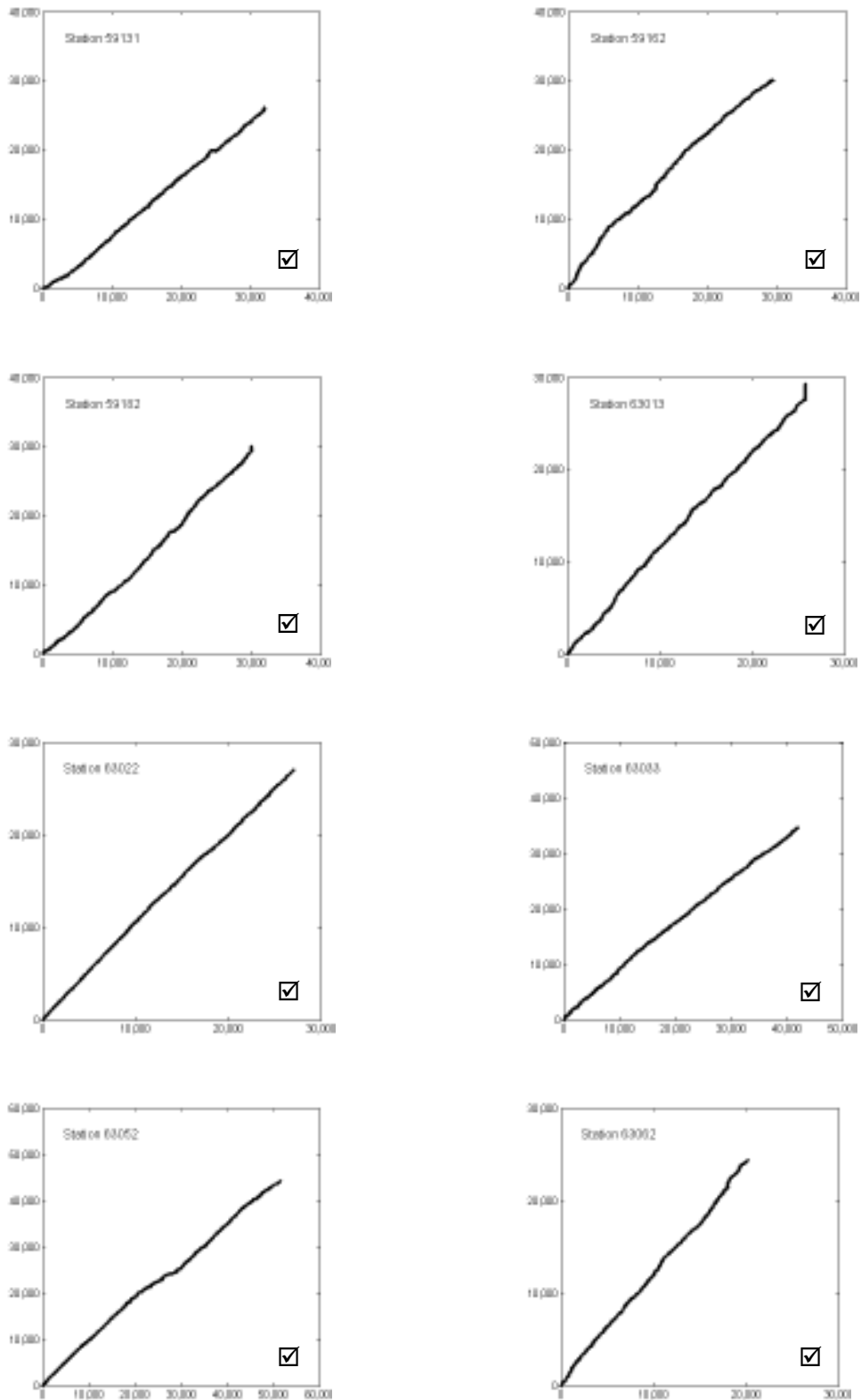
รูปที่ ข-1 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve



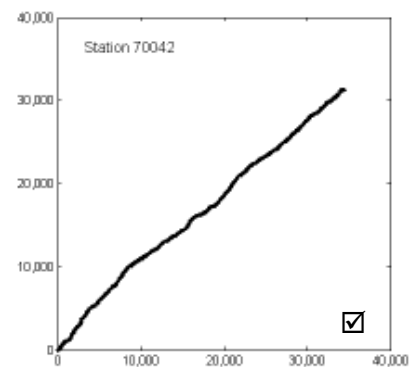
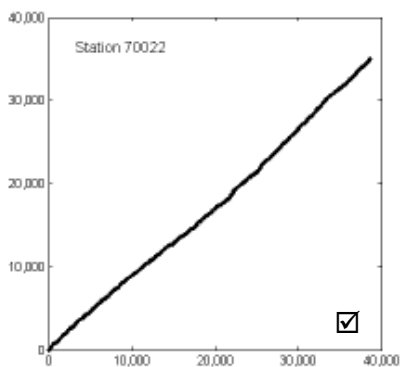
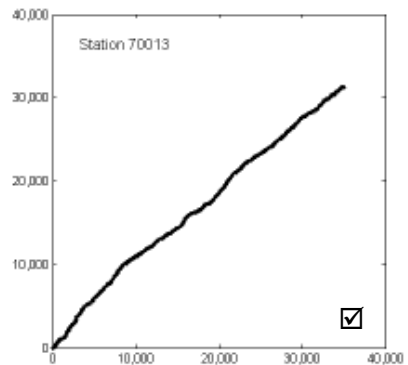
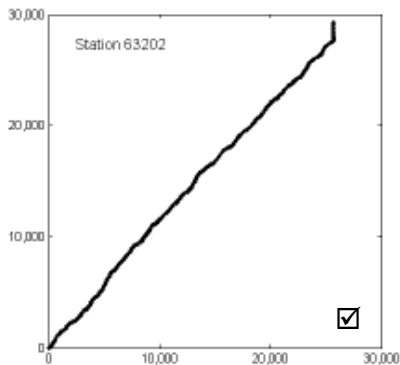
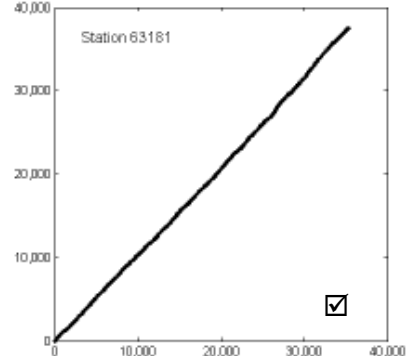
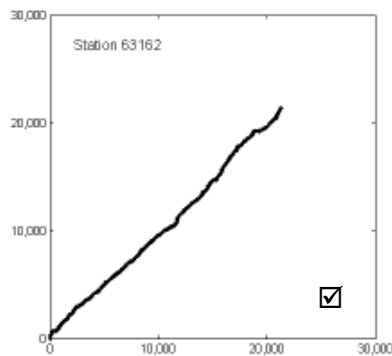
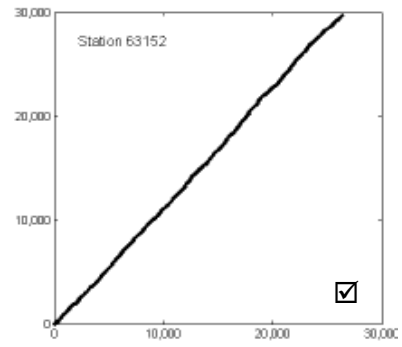
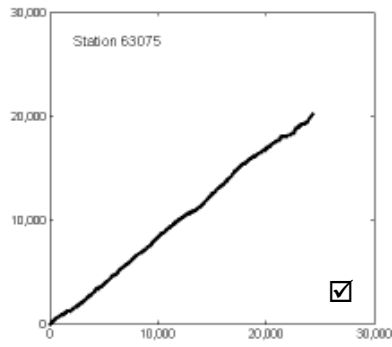
รูปที่ ข-1 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



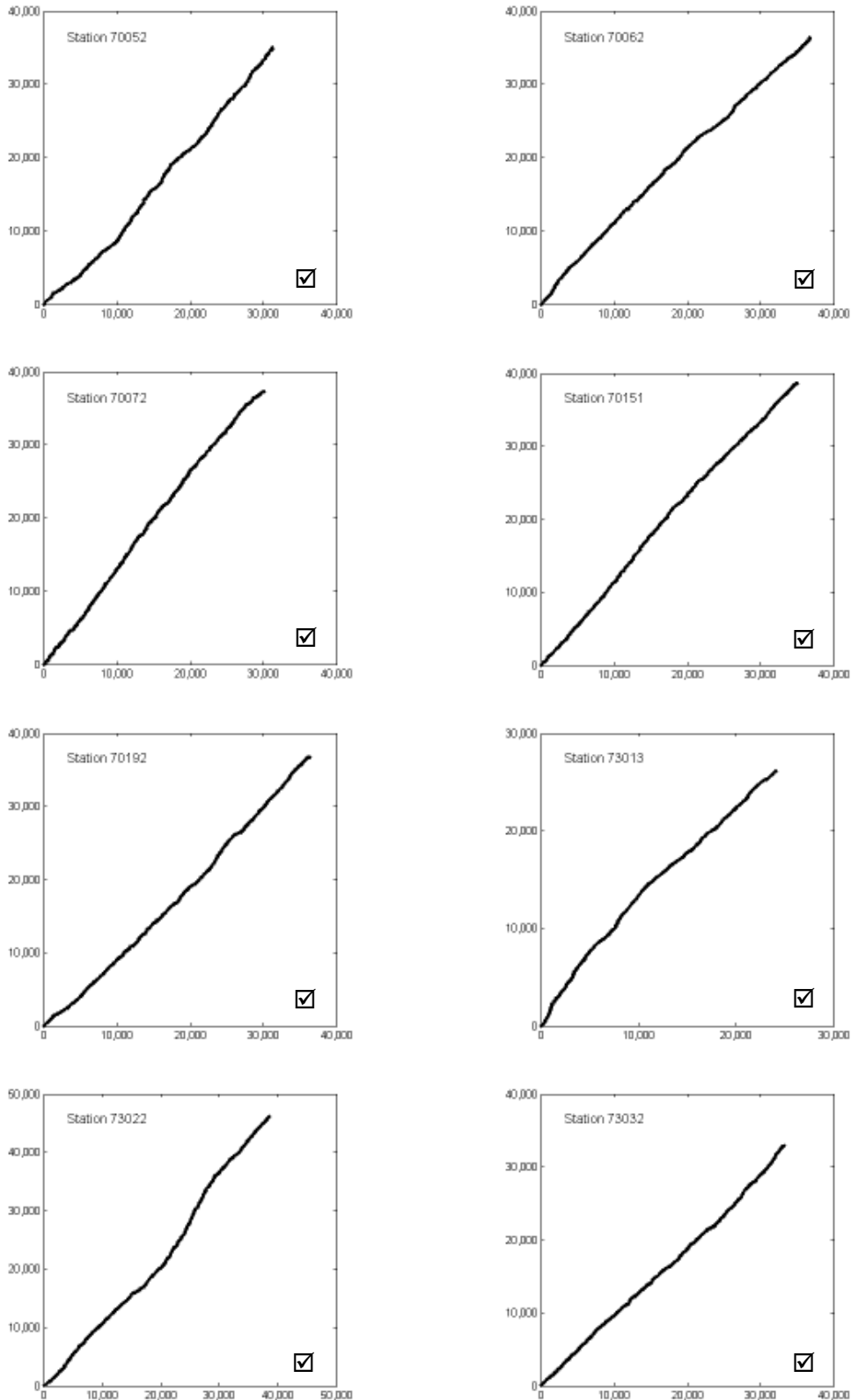
รูปที่ ข-1 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve



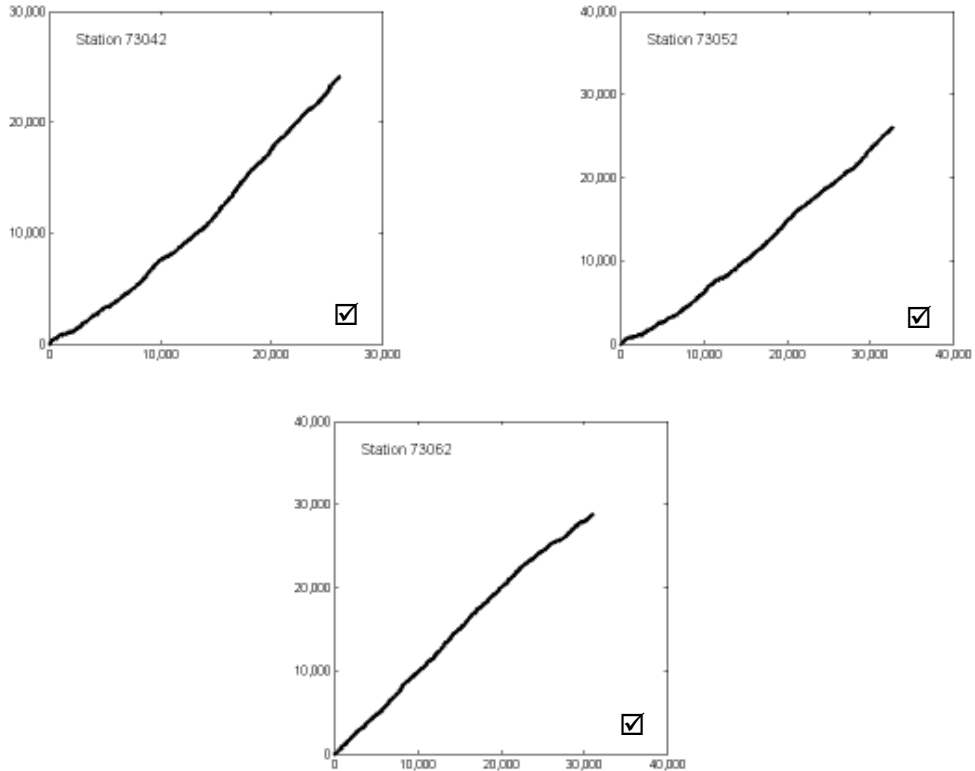
รูปที่ ข-1 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทาน
ที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



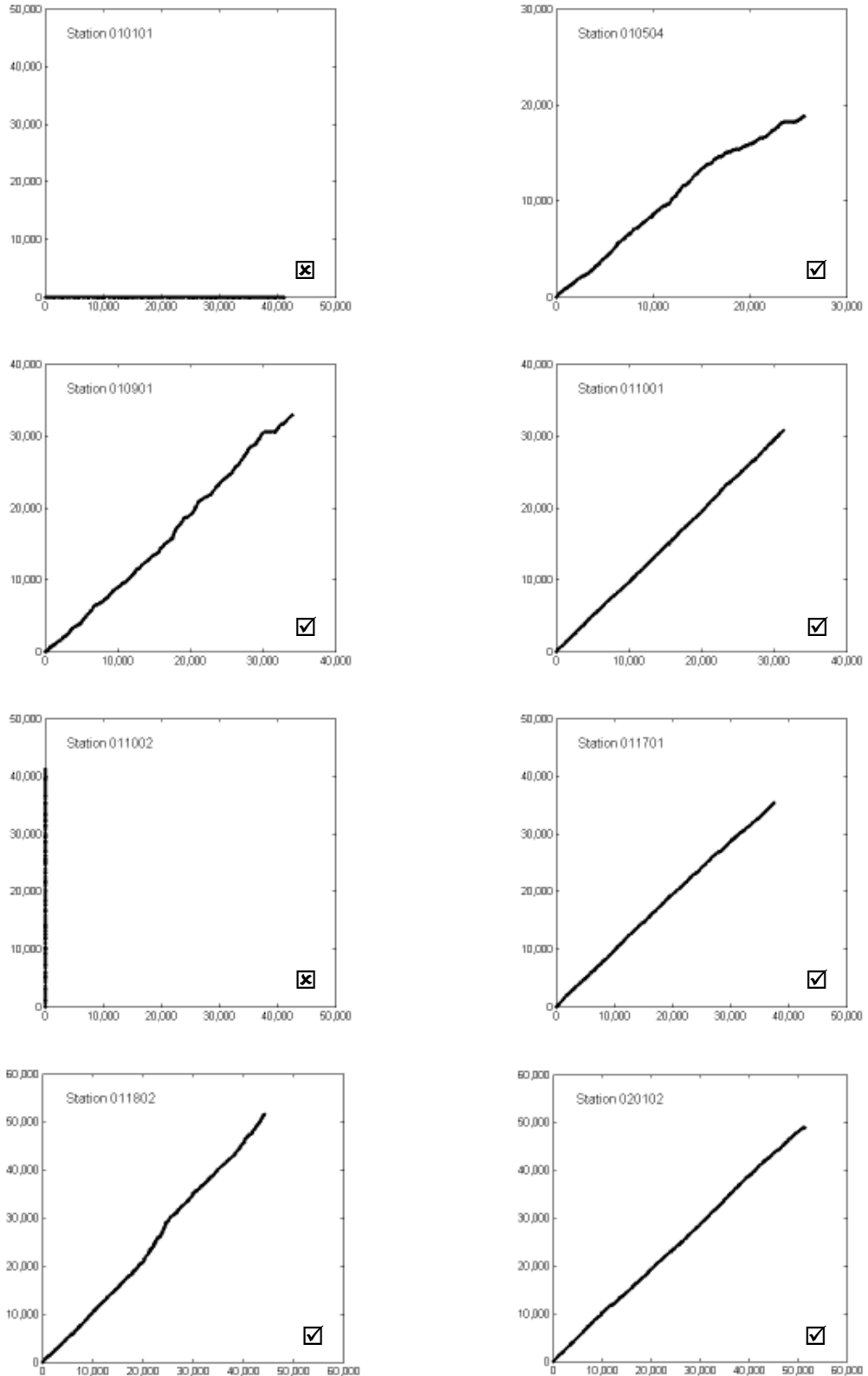
รูปที่ ข-1 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve



รูปที่ ข-1 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมชลประทานที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve

ข.2 ผลการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมทรัพยากรน้ำ โดยวิธี Double mass curve ของสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมด 24 สถานี

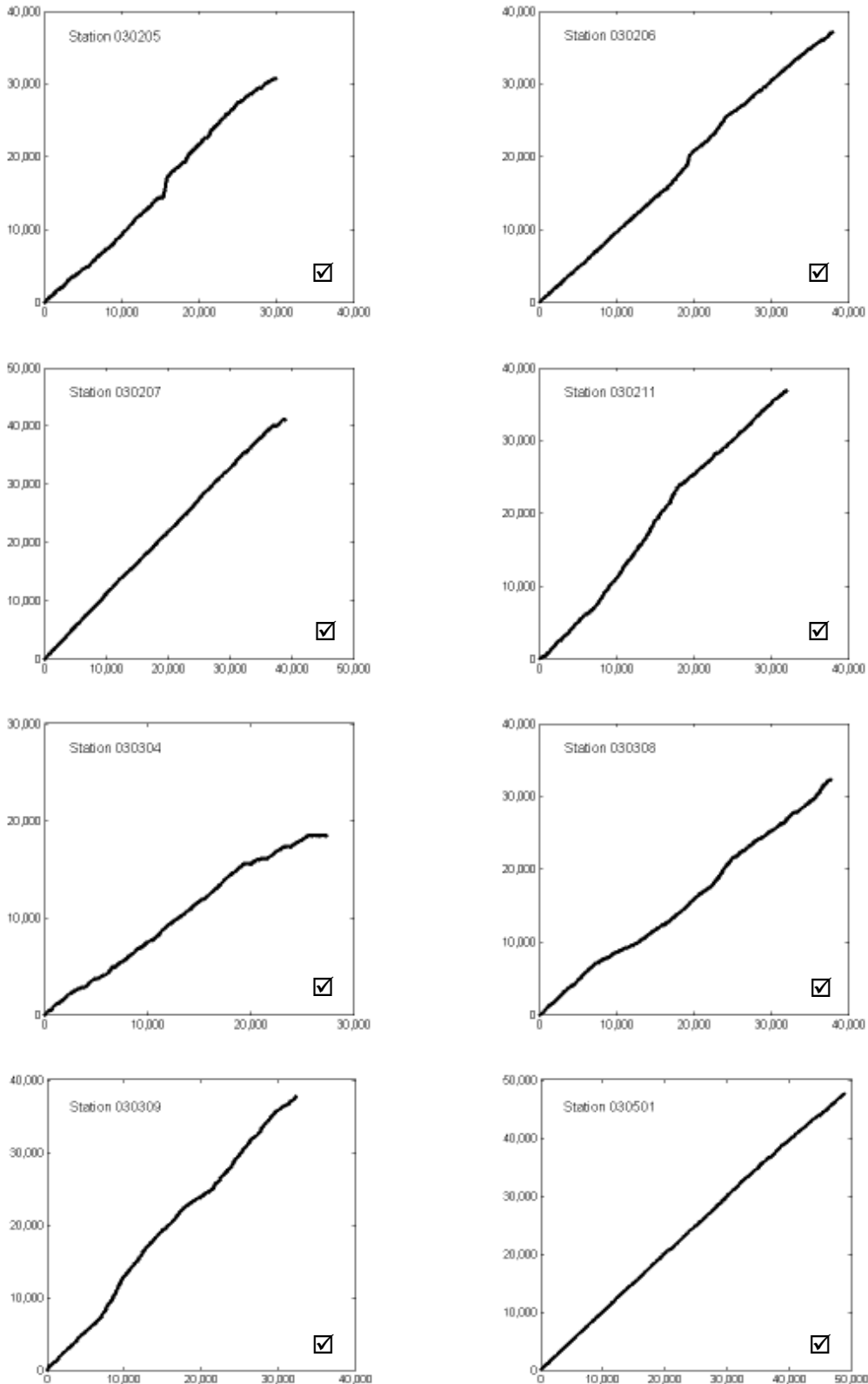
ผลการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมทรัพยากรน้ำ จำนวน 24 สถานี โดยวิธี Double mass curve พบว่ามีสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 22 สถานี ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพข้อมูล และมีสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 2 สถานี ที่ไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพข้อมูล ดังผลการตรวจสอบไว้ในรูปที่ ข-2



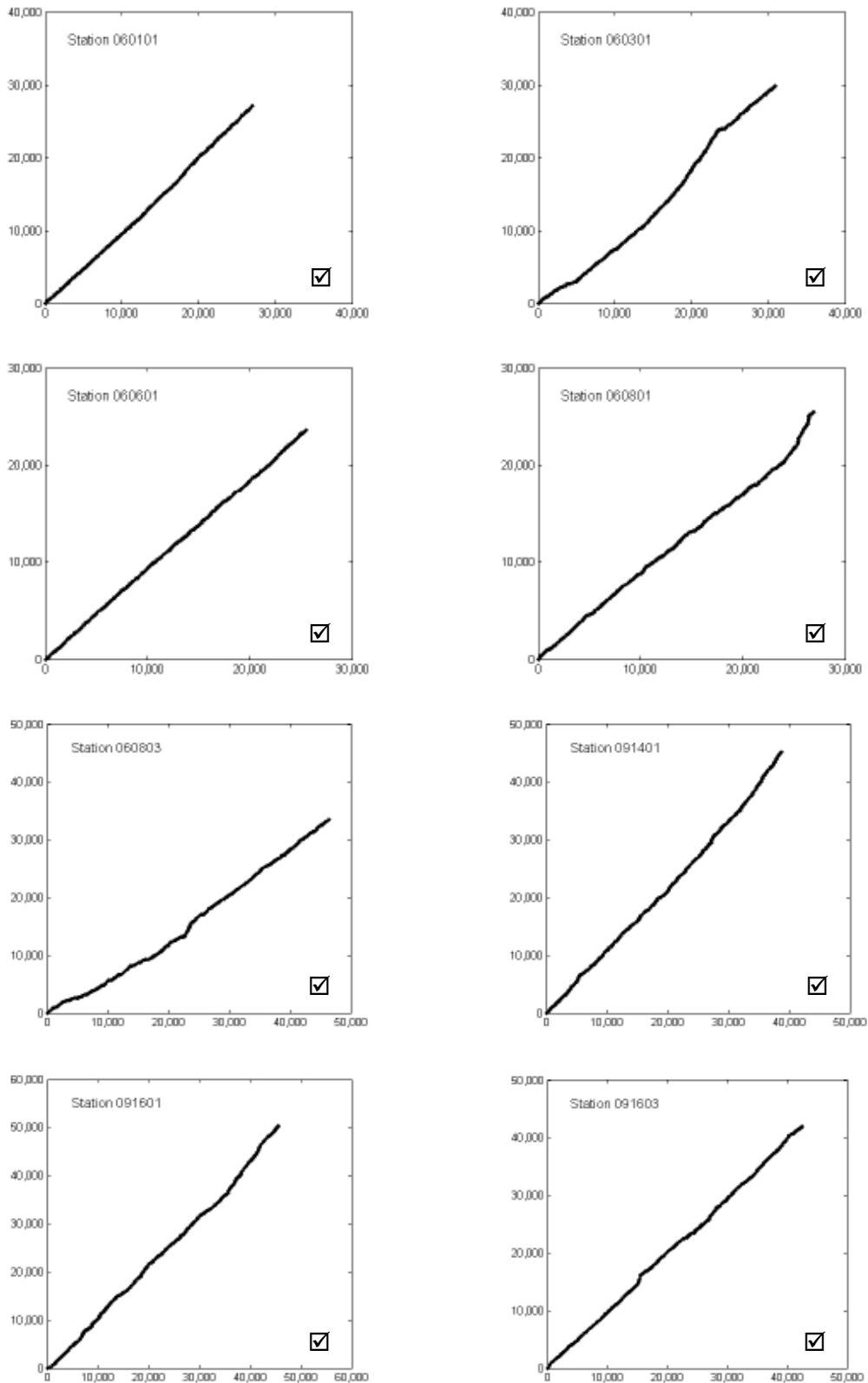
รูปที่ ข-2 แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมทรัพยากรน้ำที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ ข-2 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมทรัพยากรน้ำที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve



รูปที่ ข-2 (ต่อ) แสดงผลการตรวจสอบข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนรายวันของกรมทรัพยากรน้ำที่ใช้ในการศึกษาโดยวิธี Double mass curve

ภาคผนวก ค

อัตราส่วนคุณลดของปริมาณน้ำในดิน (K)
จากสถานีตรวจวัดในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ
7 ลุ่มน้ำ

ตารางที่ ค-1 อัตราส่วนคุณลดปริมาณน้ำในดิน (K) พื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ

สถานี	หมู่บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	k_jan	k_feb	k_mar	k_apr	k_may	k_jun	k_jul	k_aug	k_sep	k_oct	k_nov	K_dec	Annual_K
STN0002	บ้านไร่พิจิตร	โกสัมพี	โกสัมพีนคร	กำแพงเพชร	0.524	0.615	0.56	0.543	0.598	0.671	0.683	0.71	0.694	0.695	0.714	0.717	0.644
STN0003	บ้านสันติสุข	ท่าขุนราม	เมือง	กำแพงเพชร	0.563	0.649	0.597	0.581	0.634	0.702	0.713	0.738	0.723	0.723	0.741	0.744	0.676
STN0300	บ้านเพชรนิยม	สักงาม	คลองลาน	กำแพงเพชร	0.581	0.665	0.614	0.599	0.65	0.715	0.726	0.75	0.736	0.736	0.753	0.756	0.69
SCS03	บ้านหลวง	ศรี่ง	เชียงของ	เชียงราย	0.754	0.722	0.631	0.597	0.609	0.644	0.661	0.671	0.673	0.682	0.737	0.769	0.679
SCS04	บ้านแคววัวดำ	แม่ยาว	เมือง	เชียงราย	0.828	0.798	0.74	0.722	0.743	0.783	0.811	0.821	0.813	0.799	0.828	0.841	0.794
SCS05	บ้านบารา	ท่าก้อ	แม่สรวย	เชียงราย	0.818	0.786	0.724	0.71	0.751	0.793	0.805	0.814	0.816	0.812	0.831	0.839	0.792
SCS06	บ้านห้วยล้าน	แม่สรวย	แม่สรวย	เชียงราย	0.742	0.709	0.615	0.58	0.592	0.628	0.646	0.656	0.659	0.668	0.725	0.758	0.665
SCS07	บ้านดอนที	ริมโขง	เชียงของ	เชียงราย	0.754	0.722	0.631	0.597	0.609	0.644	0.661	0.671	0.673	0.682	0.737	0.769	0.679
STN0008	บ้านรวมมิตร	แม่ยาว	เมือง	เชียงราย	0.744	0.71	0.617	0.582	0.594	0.63	0.648	0.658	0.66	0.67	0.726	0.76	0.667
STN0012	บ้านดอยช้าง	วาวิ	แม่สรวย	เชียงราย	0.753	0.721	0.63	0.596	0.608	0.643	0.66	0.67	0.673	0.682	0.736	0.769	0.678
STN0013	บ้านห้วยสลัก	ป่าแดด	แม่สรวย	เชียงราย	0.82	0.789	0.728	0.714	0.755	0.796	0.808	0.817	0.819	0.814	0.834	0.841	0.795
STN0017	บ้านแม่ปูล่าง	เวียง	เวียงป่าเป้า	เชียงราย	0.818	0.786	0.724	0.71	0.751	0.793	0.805	0.814	0.816	0.812	0.831	0.839	0.792
STN0183	บ้านแม่สะแลบ	แม่สลองใน	แม่ฟ้าหลวง	เชียงราย	0.751	0.718	0.627	0.592	0.605	0.64	0.657	0.667	0.67	0.679	0.734	0.767	0.675
STN0190	บ้านดอยมด	แม่เจดีย์ใหม่	เวียงป่าเป้า	เชียงราย	0.848	0.801	0.724	0.724	0.789	0.821	0.828	0.837	0.847	0.841	0.865	0.872	0.817
STN0007	บ้านขาหย่าง	เทอดไทย	แม่ฟ้าหลวง	เชียงราย	0.753	0.72	0.629	0.595	0.607	0.642	0.659	0.669	0.672	0.681	0.736	0.768	0.678
STN0009	บ้านปางสา	ป่าตึง	แม่จัน	เชียงราย	0.752	0.72	0.629	0.595	0.607	0.642	0.659	0.669	0.672	0.681	0.735	0.768	0.677
STN0010	บ้านมูเซอปากกล้วย	แม่ฟ้าหลวง	แม่ฟ้าหลวง	เชียงราย	0.728	0.693	0.596	0.559	0.572	0.609	0.628	0.638	0.641	0.651	0.709	0.745	0.647
STN0029	บ้านแม่สาย(บ้าน)	เวียงพางคำ	แม่สาย	เชียงราย	0.728	0.693	0.596	0.559	0.572	0.609	0.628	0.638	0.641	0.651	0.709	0.745	0.647
STN0046	บ้านห้วยทาน	ปอ	เวียงแก่น	เชียงราย	0.755	0.723	0.633	0.599	0.611	0.645	0.663	0.673	0.675	0.684	0.738	0.771	0.681
STN0047	บ้านแม่แอบ	บ้านแซว	เชียงแสน	เชียงราย	0.721	0.685	0.586	0.55	0.563	0.6	0.619	0.63	0.632	0.642	0.702	0.738	0.639
STN0191	บ้านผาเรือ	ท่าข้าวเปลือก	แม่จัน	เชียงราย	0.752	0.72	0.629	0.595	0.607	0.642	0.659	0.669	0.672	0.681	0.735	0.768	0.677
STN0192	บ้านป่ายางอีโก้	แม่ฟ้าหลวง	แม่ฟ้าหลวง	เชียงราย	0.728	0.693	0.596	0.559	0.572	0.609	0.628	0.638	0.641	0.651	0.709	0.745	0.647
STN0193	บ้านพญาไพรเส	เทอดไทย	แม่ฟ้าหลวง	เชียงราย	0.753	0.72	0.629	0.595	0.607	0.642	0.659	0.669	0.672	0.681	0.736	0.768	0.678
STN0194	บ้านอาโก้	เทอดไทย	แม่ฟ้าหลวง	เชียงราย	0.753	0.72	0.629	0.595	0.607	0.642	0.659	0.669	0.672	0.681	0.736	0.768	0.678

ตารางที่ ค-1 (ต่อ) อัตราส่วนคุณลดปริมาณน้ำในดิน (K) พื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ

สถานี	หมู่บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	k_jan	k_feb	k_mar	k_apr	k_may	k_jun	k_jul	k_aug	k_sep	k_oct	k_nov	K_dec	Annual_K
STN0195	บ้านสันติคีรี	แม่สลองนอก	แม่ฟ้าหลวง	เชียงราย	0.751	0.718	0.627	0.592	0.605	0.64	0.657	0.667	0.67	0.679	0.734	0.767	0.675
STN0196	บ้านแม่มอญ	ห้วยชมภู	เมืองเชียงราย	เชียงราย	0.753	0.721	0.63	0.596	0.608	0.643	0.66	0.67	0.673	0.682	0.736	0.769	0.678
STN0197	บ้านห้วยฆมนอ	แม่ยาว	เมืองเชียงราย	เชียงราย	0.744	0.71	0.617	0.582	0.594	0.63	0.648	0.658	0.66	0.67	0.726	0.76	0.667
STN0198	บ้านห้วยกล้า	วาปี	แม่สรวย	เชียงราย	0.753	0.721	0.63	0.596	0.608	0.643	0.66	0.67	0.673	0.682	0.736	0.769	0.678
STN0199	บ้านดอยงาม	ท่าก้อ	แม่สรวย	เชียงราย	0.818	0.786	0.724	0.71	0.751	0.793	0.805	0.814	0.816	0.812	0.831	0.839	0.792
STN0231	บ้านอีโก้ฮัส	โป่งงาม	แม่สาย	เชียงราย	0.728	0.693	0.596	0.559	0.572	0.609	0.628	0.638	0.641	0.651	0.709	0.745	0.647
STN0232	บ้านผาหมี	เวียงพางคำ	แม่สาย	เชียงราย	0.728	0.693	0.596	0.559	0.572	0.609	0.628	0.638	0.641	0.651	0.709	0.745	0.647
STN0233	บ้านห้วยยาโน	ป่าตึง	แม่จัน	เชียงราย	0.751	0.718	0.627	0.592	0.605	0.64	0.657	0.667	0.67	0.679	0.734	0.767	0.675
STN0234	บ้านผาแตก	ท่าข้าวเปลือก	แม่จัน	เชียงราย	0.753	0.721	0.63	0.595	0.608	0.642	0.66	0.67	0.672	0.681	0.736	0.769	0.678
STN0235	บ้านกิวกาญจน์	ริมโขง	เชียงของ	เชียงราย	0.721	0.685	0.586	0.55	0.563	0.6	0.619	0.63	0.632	0.642	0.702	0.738	0.639
STN0236	บ้านธารทอง	แม่เงิน	เชียงแสน	เชียงราย	0.721	0.685	0.586	0.55	0.563	0.6	0.619	0.63	0.632	0.642	0.702	0.738	0.639
STN0237	บ้านดอยสะโงะ	ศรีดอนมูล	เชียงแสน	เชียงราย	0.728	0.693	0.596	0.559	0.572	0.609	0.628	0.638	0.641	0.651	0.709	0.745	0.647
STN0238	บ้านผาตั้ง	ปอ	เวียงแก่น	เชียงราย	0.755	0.723	0.633	0.599	0.611	0.645	0.663	0.673	0.675	0.684	0.738	0.771	0.681
STN0280	บ้านห้วยชมพู	ห้วยชมภู	เมืองเชียงราย	เชียงราย	0.828	0.798	0.74	0.722	0.743	0.783	0.811	0.821	0.813	0.799	0.828	0.841	0.794
STN0312	บ้านขุนลาว	แม่เจดีย์ใหม่	เวียงป่าเป้า	เชียงราย	0.854	0.809	0.734	0.735	0.797	0.828	0.835	0.843	0.854	0.848	0.871	0.877	0.824
STN0313	บ้านหัวฝาย	บ้านดู่	เมือง	เชียงราย	0.744	0.71	0.617	0.582	0.594	0.63	0.648	0.658	0.66	0.67	0.726	0.76	0.667
STN0314	บ้านปางกลาง	วาปี	แม่สรวย	เชียงราย	0.753	0.721	0.63	0.596	0.608	0.643	0.66	0.67	0.673	0.682	0.736	0.769	0.678
STN0315	บ้านดอยล้าน	วาปี	แม่สรวย	เชียงราย	0.742	0.709	0.615	0.58	0.592	0.628	0.646	0.656	0.659	0.668	0.725	0.758	0.665
STN0001	บ้านห้วยเสี้ยน	เวียง	ฝาง	เชียงใหม่	0.696	0.654	0.549	0.516	0.541	0.596	0.615	0.634	0.635	0.631	0.681	0.711	0.622
STN0018	บ้านห้วยยาบ	ห้วยแก้ว	กิ่ง อ.แม่ออน	เชียงใหม่	0.741	0.671	0.546	0.524	0.58	0.717	0.689	0.714	0.734	0.765	0.765	0.78	0.685
STN0021	บ้านหัวฝาย	ศรีดงเย็น	ไชยปราการ	เชียงใหม่	0.726	0.717	0.632	0.589	0.621	0.679	0.736	0.722	0.7	0.719	0.725	0.695	0.688
STN0022	บ้านป่าห่อ	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	0.713	0.673	0.571	0.539	0.563	0.616	0.635	0.653	0.654	0.651	0.698	0.727	0.641
STN0023	บ้านหนองหอย	โป่งแยง	แม่ริม	เชียงใหม่	0.798	0.765	0.709	0.684	0.696	0.756	0.77	0.776	0.773	0.773	0.802	0.814	0.76
STN0025	บ้านดอนชัย	แม่ทา	กิ่ง อ.แม่ออน	เชียงใหม่	0.741	0.671	0.546	0.524	0.58	0.717	0.689	0.714	0.734	0.765	0.765	0.78	0.685

ตารางที่ ค-1 (ต่อ) อัตราส่วนคุณลดปริมาณน้ำในดิน (K) พื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ

สถานี	หมู่บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	k_jan	k_feb	k_mar	k_apr	k_may	k_jun	k_jul	k_aug	k_sep	k_oct	k_nov	K_dec	Annual_K
STN0026	บ้านสบวาก	แม่่นาจร	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	0.772	0.76	0.705	0.689	0.729	0.795	0.809	0.819	0.795	0.778	0.79	0.782	0.769
STN0027	บ้านห้วยป่าช้าง	กีดช้าง	แม่แตง	เชียงใหม่	0.734	0.667	0.594	0.573	0.618	0.674	0.665	0.686	0.684	0.695	0.742	0.757	0.674
STN0037	บ้านสันต้นม่วง	ม่อนจอง	อมก๋อย	เชียงใหม่	0.749	0.747	0.714	0.719	0.759	0.815	0.827	0.839	0.827	0.793	0.775	0.763	0.777
STN0039	บ้านห้วยหลอคู	แม่ต๋ืน	อมก๋อย	เชียงใหม่	0.749	0.747	0.714	0.719	0.759	0.815	0.827	0.839	0.827	0.793	0.775	0.763	0.777
STN0041	บ้านมะหินหลวง	อมก๋อย	อมก๋อย	เชียงใหม่	0.78	0.731	0.637	0.636	0.683	0.753	0.799	0.799	0.777	0.776	0.8	0.793	0.747
STN0043	บ้านแม่แวน	บ่อสลี	ฮอด	เชียงใหม่	0.716	0.677	0.576	0.544	0.568	0.621	0.639	0.657	0.658	0.655	0.702	0.73	0.645
STN0044	บ้านห้วยข้าวสี	แม่วิน	กิ่ง อ.แม่วิน	เชียงใหม่	0.772	0.76	0.705	0.689	0.729	0.795	0.809	0.819	0.795	0.778	0.79	0.782	0.769
STN0045	บ้านปางยาง	บ้านปาง	หางดง	เชียงใหม่	0.714	0.675	0.573	0.541	0.565	0.618	0.637	0.655	0.656	0.653	0.7	0.729	0.643
STN0075	บ้านห้วยไทรง	น้ำบ่อหลวง	สันป่าตอง	เชียงใหม่	0.714	0.675	0.573	0.541	0.565	0.618	0.637	0.655	0.656	0.653	0.7	0.729	0.643
STN0077	บ้านผาปูนดง	อมก๋อย	อมก๋อย	เชียงใหม่	0.779	0.729	0.636	0.635	0.682	0.752	0.798	0.798	0.775	0.775	0.799	0.792	0.746
STN0115	บ้านแม่ชะนิล	บ้านปาง	หางดง	เชียงใหม่	0.714	0.675	0.573	0.541	0.565	0.618	0.637	0.655	0.656	0.653	0.7	0.729	0.643
STN0122	บ้านแม่โถหลวง	บ่อสลี	ฮอด	เชียงใหม่	0.839	0.828	0.786	0.786	0.811	0.844	0.865	0.866	0.859	0.834	0.847	0.847	0.834
STN0141	บ้านแม่ฮ้าง	แม่สาว	แม่เอย	เชียงใหม่	0.735	0.704	0.614	0.588	0.607	0.653	0.663	0.679	0.688	0.691	0.731	0.756	0.676
STN0157	บ้านปางปอย	แม่คะ	ฝาง	เชียงใหม่	0.71	0.67	0.568	0.536	0.56	0.614	0.632	0.651	0.652	0.648	0.696	0.725	0.639
STN0179	บ้านเหล่า	เมืองภัย	แม่แตง	เชียงใหม่	0.721	0.697	0.636	0.606	0.604	0.678	0.704	0.706	0.705	0.723	0.751	0.74	0.689
STN0180	บ้านลาน	ม่อนปิน	ฝาง	เชียงใหม่	0.71	0.67	0.568	0.536	0.56	0.614	0.632	0.651	0.652	0.648	0.696	0.725	0.639
STN0182	บ้านกองแหะ	โป่งแยง	แม่ริม	เชียงใหม่	0.714	0.675	0.573	0.541	0.565	0.618	0.637	0.655	0.656	0.653	0.7	0.729	0.643
STN0186	บ้านดงลอย	อมก๋อย	อมก๋อย	เชียงใหม่	0.779	0.729	0.636	0.635	0.682	0.752	0.798	0.798	0.775	0.775	0.799	0.792	0.746
STN0187	บ้านหลวง	ยางเปียง	อมก๋อย	เชียงใหม่	0.779	0.73	0.637	0.636	0.683	0.753	0.799	0.799	0.776	0.776	0.8	0.793	0.747
STN0011	บ้านทุ่งยาว	แม่สาบ	สะเมิง	เชียงใหม่	0.72	0.705	0.641	0.622	0.669	0.747	0.764	0.776	0.746	0.726	0.741	0.731	0.716
STN0024	บ้านแม่หลุ	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	0.713	0.673	0.571	0.539	0.563	0.616	0.635	0.653	0.654	0.651	0.698	0.727	0.641
STN0028	บ้านปางหก	อินทิล	แม่แตง	เชียงใหม่	0.796	0.742	0.681	0.663	0.701	0.748	0.74	0.757	0.755	0.764	0.802	0.814	0.747
STN0034	บ้านผาใต้	ท่าตอน	แม่เอย	เชียงใหม่	0.828	0.798	0.74	0.722	0.743	0.783	0.811	0.821	0.813	0.799	0.828	0.841	0.794
STN0035	บ้านสุขฤทัย	ท่าตอน	แม่เอย	เชียงใหม่	0.828	0.798	0.74	0.722	0.743	0.783	0.811	0.821	0.813	0.799	0.828	0.841	0.794

ตารางที่ ค-1 (ต่อ) อัตราส่วนคุณลดปริมาณน้ำในดิน (K) พื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ

สถานี	หมู่บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	k_jan	k_feb	k_mar	k_apr	k_may	k_jun	k_jul	k_aug	k_sep	k_oct	k_nov	K_dec	Annual_K
STN0036	บ้านปางต้นผึ้ง	มะลิกา	แม่ฮาด	เชียงใหม่	0.704	0.664	0.56	0.527	0.552	0.606	0.625	0.644	0.645	0.641	0.689	0.719	0.631
STN0084	บ้านหลวงเมืองคอง	เมืองคอง	เชียงดาว	เชียงใหม่	0.814	0.781	0.718	0.704	0.746	0.788	0.801	0.81	0.812	0.808	0.827	0.835	0.787
STN0014	บ้านแม่ปอน	บ้านหลวง	จอมทอง	เชียงใหม่	0.674	0.63	0.521	0.487	0.512	0.569	0.589	0.609	0.61	0.606	0.658	0.69	0.596
STN0019	บ้านป่าตึงงาม	ปิงโค้ง	เชียงดาว	เชียงใหม่	0.726	0.717	0.632	0.589	0.621	0.679	0.736	0.722	0.7	0.719	0.725	0.695	0.688
STN0042	บ้านปางหินฝน	ปางหินฝน	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	0.839	0.824	0.768	0.778	0.792	0.809	0.818	0.832	0.839	0.827	0.838	0.851	0.818
STN0051	บ้านยาง	แม่ฮอน	ฝาง	เชียงใหม่	0.792	0.784	0.725	0.72	0.781	0.804	0.803	0.824	0.838	0.827	0.817	0.807	0.793
STN0201	บ้านขุนแจ้	แม่แว่น	พร้าว	เชียงใหม่	0.742	0.733	0.664	0.658	0.729	0.757	0.756	0.781	0.799	0.785	0.772	0.76	0.745
STN0202	บ้านปางอัน	ป่าเมียง	ดอยสะเก็ด	เชียงใหม่	0.854	0.809	0.734	0.735	0.797	0.828	0.835	0.843	0.854	0.848	0.871	0.877	0.824
STN0203	บ้านแม่กำปอง	ห้วยแก้ว	กิ่ง อ.แม่ฮอน	เชียงใหม่	0.771	0.743	0.661	0.637	0.655	0.696	0.705	0.72	0.728	0.731	0.767	0.789	0.717
STN0204	บ้านเอือด	สันป่ายาง	แม่แตง	เชียงใหม่	0.734	0.667	0.594	0.573	0.618	0.674	0.665	0.686	0.684	0.695	0.742	0.757	0.674
STN0205	บ้านแม่มีงค์	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	0.713	0.673	0.571	0.539	0.563	0.616	0.635	0.653	0.654	0.651	0.698	0.727	0.641
STN0206	บ้านอุตุ่ม	นาเกียน	อมก๋อย	เชียงใหม่	0.616	0.595	0.5	0.49	0.522	0.584	0.579	0.606	0.576	0.565	0.605	0.636	0.573
STN0230	บ้านท่าข้าม	แม่ทา	กิ่ง อ.แม่ฮอน	เชียงใหม่	0.741	0.671	0.546	0.524	0.58	0.717	0.689	0.714	0.734	0.765	0.765	0.78	0.685
STN0247	บ้านปางฮ้าง	สบเปิง	แม่แตง	เชียงใหม่	0.734	0.667	0.594	0.573	0.618	0.674	0.665	0.686	0.684	0.695	0.742	0.757	0.674
STN0248	บ้านป่าแป๋	ป่าแป๋	แม่แตง	เชียงใหม่	0.734	0.667	0.594	0.573	0.618	0.674	0.665	0.686	0.684	0.695	0.742	0.757	0.674
STN0249	บ้านโป่งไฮ	แม่สว	แม่ฮาด	เชียงใหม่	0.696	0.654	0.549	0.516	0.541	0.596	0.615	0.634	0.635	0.631	0.681	0.711	0.622
STN0250	บ้านเด่นฮ่อม	บ่อแก้ว	สะเมิง	เชียงใหม่	0.772	0.76	0.705	0.689	0.729	0.795	0.809	0.819	0.795	0.778	0.79	0.782	0.769
STN0251	บ้านห้วยน้ำจาง	บ่อแก้ว	สะเมิง	เชียงใหม่	0.833	0.817	0.76	0.77	0.784	0.802	0.811	0.826	0.833	0.82	0.832	0.846	0.811
STN0252	บ้านอ่ากาน้อย	บ้านหลวง	จอมทอง	เชียงใหม่	0.702	0.662	0.558	0.525	0.549	0.604	0.623	0.642	0.643	0.639	0.687	0.717	0.629
STN0253	บ้านขุนแปะ	บ้านแปะ	จอมทอง	เชียงใหม่	0.713	0.673	0.571	0.539	0.563	0.616	0.635	0.653	0.654	0.651	0.698	0.727	0.641
STN0254	บ้านแม่แม่	แม่แรม	แม่ริม	เชียงใหม่	0.798	0.765	0.709	0.684	0.696	0.756	0.77	0.776	0.773	0.773	0.802	0.814	0.76
STN0255	บ้านหลวง	แม่ฮอน	ฝาง	เชียงใหม่	0.792	0.784	0.725	0.72	0.781	0.804	0.803	0.824	0.838	0.827	0.817	0.807	0.793
STN0308	บ้านยางครก	ยางเปียง	อมก๋อย	เชียงใหม่	0.779	0.73	0.637	0.636	0.683	0.753	0.799	0.799	0.776	0.776	0.8	0.793	0.747
STN0309	บ้านนาไคร้	ยางเปียง	อมก๋อย	เชียงใหม่	0.777	0.775	0.745	0.749	0.786	0.836	0.847	0.857	0.847	0.816	0.8	0.789	0.802

ตารางที่ ค-1 (ต่อ) อัตราส่วนคุณลตปริมาณน้ำในดิน (K) พื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ

สถานี	หมู่บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	k_jan	k_feb	k_mar	k_apr	k_may	k_jun	k_jul	k_aug	k_sep	k_oct	k_nov	K_dec	Annual_K
STN0310	บ้านมูเซอ	ม่อนจอง	อมก๋อย	เชียงใหม่	0.777	0.775	0.745	0.749	0.786	0.836	0.847	0.857	0.847	0.816	0.8	0.789	0.802
STN0311	บ้านพงษ์ทอง	เทพเสด็จ	กิ่ง อ.แม่อน	เชียงใหม่	0.771	0.743	0.661	0.637	0.655	0.696	0.705	0.72	0.728	0.731	0.767	0.789	0.717
SCS08	บ้านช่องแคบ	ช่องแคบ	พบพระ	ตาก	0.769	0.722	0.667	0.625	0.673	0.77	0.798	0.81	0.789	0.769	0.778	0.785	0.746
SCS09	บ้านห้วยน้ำก	พบพระ	พบพระ	ตาก	0.729	0.676	0.615	0.568	0.622	0.731	0.762	0.776	0.752	0.729	0.74	0.747	0.704
STN0048	บ้านท้อฟ้า	ท้อฟ้า	บ้านตาก	ตาก	0.792	0.743	0.66	0.629	0.682	0.724	0.723	0.743	0.777	0.808	0.822	0.82	0.743
STN0054	บ้านชะเนือ	ชะเนือ	แม่ระมาด	ตาก	0.65	0.6	0.496	0.472	0.526	0.593	0.587	0.608	0.631	0.637	0.665	0.681	0.596
STN0050	บ้านแม่ระมาด	ชะเนือ	แม่ระมาด	ตาก	0.662	0.613	0.51	0.487	0.54	0.606	0.6	0.621	0.643	0.649	0.676	0.692	0.608
STN0210	บ้านห้วยพลู	ท้อฟ้า	บ้านตาก	ตาก	0.792	0.743	0.66	0.629	0.682	0.724	0.723	0.743	0.777	0.808	0.822	0.82	0.743
STN0295	บ้านร่มเกล้าสท	คีรีราษฎร์	พบพระ	ตาก	0.551	0.639	0.586	0.57	0.623	0.693	0.704	0.73	0.715	0.715	0.733	0.736	0.666
STN0296	บ้านลือซอ	แม่ท้อ	เมืองตาก	ตาก	0.74	0.688	0.629	0.584	0.636	0.742	0.772	0.785	0.762	0.74	0.75	0.758	0.716
SCS10	บ้านหนองปลา	พระธาตุ	เขียงกลาง	น่าน	0.784	0.764	0.68	0.656	0.67	0.714	0.728	0.74	0.733	0.733	0.775	0.801	0.732
SCS13	บ้านเตยแก้วเห็น	ภูคา	ปัว	น่าน	0.782	0.74	0.653	0.624	0.667	0.735	0.758	0.771	0.769	0.764	0.783	0.794	0.737
SCS14	บ้านห้วยไฟ	แม่ชะนิง	เวียงสา	น่าน	0.737	0.689	0.589	0.558	0.606	0.682	0.709	0.724	0.722	0.716	0.738	0.751	0.685
SCS15	บ้านยานาเลิม	แม่ชะนิง	เวียงสา	น่าน	0.787	0.747	0.661	0.633	0.675	0.741	0.764	0.777	0.775	0.77	0.788	0.799	0.743
SCS16	บ้านฮากฮาน	ยาบหวนา	เวียงสา	น่าน	0.784	0.757	0.669	0.647	0.677	0.742	0.753	0.768	0.766	0.762	0.781	0.796	0.742
STN0020	บ้านห้วยละบัว	สะเนียน	เมือง	น่าน	0.791	0.751	0.666	0.638	0.68	0.745	0.768	0.781	0.779	0.774	0.792	0.802	0.747
STN0033	บ้านนาถิ่น	บ่อเกลือเหนือ	บ่อเกลือ	น่าน	0.735	0.687	0.587	0.555	0.604	0.68	0.707	0.723	0.721	0.715	0.736	0.749	0.683
STN0040	บ้านบ่อหยวกใต้	บ่อเกลือเหนือ	บ่อเกลือ	น่าน	0.73	0.681	0.58	0.547	0.596	0.674	0.701	0.717	0.715	0.709	0.731	0.744	0.677
STN0068	บ้านสันติสุข	แสนทอง	ทำวังผา	น่าน	0.684	0.656	0.547	0.517	0.534	0.591	0.609	0.624	0.615	0.615	0.671	0.707	0.614
STN0069	บ้านน้ำไคร้	ยม	ทำวังผา	น่าน	0.684	0.656	0.547	0.517	0.534	0.591	0.609	0.624	0.615	0.615	0.671	0.707	0.614
STN0072	บ้านน้ำสอด	และ	ทุ่งช้าง	น่าน	0.72	0.695	0.594	0.566	0.582	0.635	0.652	0.666	0.658	0.658	0.709	0.741	0.656
STN0076	บ้านสว่างเหนือ	ดงพญา	บ่อเกลือ	น่าน	0.763	0.718	0.625	0.595	0.641	0.712	0.737	0.751	0.749	0.744	0.763	0.775	0.715
STN0085	บ้านกอก	อวน	ปัว	น่าน	0.711	0.659	0.554	0.52	0.571	0.652	0.681	0.697	0.695	0.689	0.712	0.726	0.655
STN0086	บ้านสากดกลาง	สากด	ปัว	น่าน	0.805	0.768	0.687	0.661	0.701	0.762	0.783	0.795	0.794	0.789	0.806	0.816	0.764

ตารางที่ ค-1 (ต่อ) อัตราส่วนคุณลดปริมาณน้ำในดิน (K) พื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ

สถานี	หมู่บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	k_jan	k_feb	k_mar	k_apr	k_may	k_jun	k_jul	k_aug	k_sep	k_oct	k_nov	K_dec	Annual_K
STN0087	บ้านห้วยเขิน	ปิงหลวง	นาหมื่น	น่าน	0.779	0.746	0.659	0.63	0.684	0.746	0.745	0.736	0.756	0.744	0.778	0.783	0.732
STN0088	บ้านน้ำป่าน	ชนแดน	กิ่ง อ.สองแคว	น่าน	0.741	0.717	0.621	0.595	0.61	0.66	0.676	0.69	0.682	0.682	0.73	0.761	0.68
STN0089	บ้านวังไผ่	นาไร่หลวง	กิ่ง อ.สองแคว	น่าน	0.741	0.717	0.621	0.595	0.61	0.66	0.676	0.69	0.682	0.682	0.73	0.761	0.68
STN0169	บ้านผาเวียง	ภูคา	ปัว	น่าน	0.782	0.74	0.653	0.624	0.667	0.735	0.758	0.771	0.769	0.764	0.783	0.794	0.737
STN0181	บ้านปางยาง	ภูคา	ปัว	น่าน	0.7	0.647	0.539	0.506	0.557	0.64	0.669	0.686	0.684	0.677	0.701	0.716	0.643
STN0184	บ้านวังกอก	น้ำตก	นาน้อย	น่าน	0.749	0.712	0.617	0.585	0.644	0.712	0.711	0.701	0.723	0.71	0.747	0.754	0.697
STN0185	บ้านน้ำมิด	เปือย	เขียงกลาง	น่าน	0.697	0.67	0.564	0.535	0.551	0.607	0.624	0.639	0.631	0.63	0.684	0.719	0.629
STN0056	บ้านสบป็น	ห้วยโก๋น	เฉลิมพระเกียรติ	น่าน	0.823	0.806	0.734	0.714	0.725	0.764	0.776	0.786	0.78	0.78	0.815	0.837	0.778
STN0239	บ้านห้วยธนู	ตาลชุม	ท่าวังผา	น่าน	0.684	0.656	0.547	0.517	0.534	0.591	0.609	0.624	0.615	0.615	0.671	0.707	0.614
STN0240	บ้านห่างทางหล	ภูฟ้า	บ่อเกลือ	น่าน	0.779	0.737	0.649	0.62	0.663	0.731	0.755	0.768	0.766	0.761	0.78	0.791	0.733
STN0241	บ้านสมมาง	ภูฟ้า	บ่อเกลือ	น่าน	0.779	0.737	0.649	0.62	0.663	0.731	0.755	0.768	0.766	0.761	0.78	0.791	0.733
STN0336	บ้านห้วยโก๋น	ห้วยโก๋น	เฉลิมพระเกียรติ	น่าน	0.823	0.806	0.734	0.714	0.725	0.764	0.776	0.786	0.78	0.78	0.815	0.837	0.778
STN0337	บ้านผาน้ำน้อย	พญาแก้ว	เขียงกลาง	น่าน	0.784	0.764	0.68	0.656	0.67	0.714	0.728	0.74	0.733	0.733	0.775	0.801	0.732
STN0338	บ้านปอน L	ปอน	ทุ่งช้าง	น่าน	0.769	0.747	0.659	0.634	0.648	0.695	0.71	0.722	0.715	0.715	0.759	0.787	0.714
STN0339	บ้านงอบเหนือ	ปอน	ทุ่งช้าง	น่าน	0.769	0.747	0.659	0.634	0.648	0.695	0.71	0.722	0.715	0.715	0.759	0.787	0.714
STN0340	บ้านน้ำทิ	ทุ่งช้าง	ทุ่งช้าง	น่าน	0.72	0.695	0.594	0.566	0.582	0.635	0.652	0.666	0.658	0.658	0.709	0.741	0.656
STN0341	บ้านขุนสถาน	สันตะ	นาน้อย	น่าน	0.749	0.712	0.617	0.585	0.644	0.712	0.711	0.701	0.723	0.71	0.747	0.754	0.697
STN0342	บ้านผาหลัก	ตำบลยอด	สองแคว	น่าน	0.811	0.793	0.717	0.695	0.708	0.748	0.761	0.771	0.766	0.765	0.803	0.826	0.764
STN0343	บ้านน้ำกิติ	ผาทอง	ท่าวังผา	น่าน	0.684	0.656	0.547	0.517	0.534	0.591	0.609	0.624	0.615	0.615	0.671	0.707	0.614
STN0348	บ้านบ่อหลวง	บ่อเกลือใต้	บ่อเกลือ	น่าน	0.763	0.718	0.625	0.595	0.641	0.712	0.737	0.751	0.749	0.744	0.763	0.775	0.715
STN0349	บ้านห้วยตริม	บ้านพื	บ้านหลวง	น่าน	0.791	0.751	0.666	0.638	0.68	0.745	0.768	0.781	0.779	0.774	0.792	0.802	0.747
STN0351	บ้านปางแก	ทุ่งช้าง	ทุ่งช้าง	น่าน	0.697	0.67	0.564	0.535	0.551	0.607	0.624	0.639	0.631	0.63	0.684	0.719	0.629
STN0352	สะพานนาหนุน	ผาตอ	ท่าวังผา	น่าน	0.713	0.662	0.557	0.524	0.575	0.655	0.684	0.7	0.698	0.692	0.715	0.728	0.659
STN0353	บ้านนาผา L	จอมพระ	ท่าวังผา	น่าน	0.711	0.659	0.554	0.52	0.571	0.652	0.681	0.697	0.695	0.689	0.712	0.726	0.655

ตารางที่ ค-1 (ต่อ) อัตราส่วนคุณลตปริมาณน้ำในดิน (K) พื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ

สถานี	หมู่บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	k_jan	k_feb	k_mar	k_apr	k_may	k_jun	k_jul	k_aug	k_sep	k_oct	k_nov	K_dec	Annual_K
STN0354	บ้านโป่งศรี	บ้านฟ้า	บ้านหลวง	น่าน	0.737	0.689	0.589	0.558	0.606	0.682	0.709	0.724	0.722	0.716	0.738	0.751	0.685
STN0242	บ้านฮวก	ภูซาง	ภูซาง	พะเยา	0.755	0.723	0.633	0.599	0.611	0.645	0.663	0.673	0.675	0.684	0.738	0.771	0.681
STN0243	บ้านต้นผึ้ง	ร่มเย็น	เชียงคำ	พะเยา	0.741	0.717	0.621	0.595	0.61	0.66	0.676	0.69	0.682	0.682	0.73	0.761	0.68
STN0244	บ้านแม่ลาว	แม่ลาว	เชียงคำ	พะเยา	0.657	0.614	0.498	0.476	0.499	0.543	0.56	0.576	0.582	0.596	0.653	0.688	0.579
STN0245	บ้านกาญจนา	แม่ลาว	เชียงคำ	พะเยา	0.657	0.614	0.498	0.476	0.499	0.543	0.56	0.576	0.582	0.596	0.653	0.688	0.579
STN0344	บ้านปางมะโฮ	แม่ลาว	เชียงคำ	พะเยา	0.738	0.703	0.604	0.584	0.604	0.643	0.657	0.671	0.676	0.687	0.735	0.763	0.672
STN0104	บ้านน้ำกุ่ม	น้ำกุ่ม	นครไทย	พิษณุโลก	0.744	0.722	0.647	0.633	0.657	0.7	0.708	0.722	0.725	0.714	0.742	0.758	0.706
STN0294	บ้านท่าข้าม L	วังนกแอ่น	วังทอง	พิษณุโลก	0.709	0.684	0.603	0.587	0.613	0.661	0.669	0.684	0.688	0.676	0.706	0.725	0.667
STN0331	บ้านชมพูเหนือ	ชมพู	เนินมะปราง	พิษณุโลก	0.771	0.767	0.705	0.676	0.698	0.757	0.76	0.769	0.784	0.794	0.795	0.775	0.754
STN0105	บ้านเขาย่า	เขาค้อ	เขาค้อ	เพชรบูรณ์	0.668	0.643	0.557	0.543	0.577	0.627	0.634	0.655	0.658	0.633	0.662	0.682	0.628
STN0106	บ้านทางแดง	แคมป์สน	เขาค้อ	เพชรบูรณ์	0.685	0.661	0.578	0.564	0.597	0.646	0.652	0.672	0.675	0.652	0.679	0.698	0.647
STN0107	บ้านโป่งเจ็ดหัว	พุทธบาท	ชนแดน	เพชรบูรณ์	0.616	0.603	0.505	0.507	0.562	0.636	0.66	0.683	0.699	0.661	0.645	0.652	0.619
STN0108	บ้านโป่งตะแบก	พุทธบาท	ชนแดน	เพชรบูรณ์	0.616	0.603	0.505	0.507	0.562	0.636	0.66	0.683	0.699	0.661	0.645	0.652	0.619
STN0297	บ้านคักดีเฉลิม	เขาค้อ	เขาค้อ	เพชรบูรณ์	0.668	0.643	0.557	0.543	0.577	0.627	0.634	0.655	0.658	0.633	0.662	0.682	0.628
STN0298	บ้านเนินสะอาด	บึงน้ำเต้า	หล่มสัก	เพชรบูรณ์	0.65	0.625	0.536	0.522	0.556	0.608	0.615	0.637	0.64	0.614	0.644	0.665	0.609
STN0299	บ้านโป่งสามขา	ศิลา	หล่มเก่า	เพชรบูรณ์	0.609	0.582	0.487	0.473	0.508	0.564	0.571	0.595	0.598	0.57	0.602	0.624	0.565
STN0316	บ้านวังลาด	ชนแดน	ชนแดน	เพชรบูรณ์	0.649	0.636	0.543	0.545	0.598	0.668	0.69	0.711	0.726	0.691	0.676	0.682	0.651
STN0317	บ้านชัยอู่ปลูก	ชัยพุทธา	ชนแดน	เพชรบูรณ์	0.649	0.636	0.543	0.545	0.598	0.668	0.69	0.711	0.726	0.691	0.676	0.682	0.651
STN0318	บ้านชัยเปิบ	ชัยเปิบ	วังโป่ง	เพชรบูรณ์	0.734	0.728	0.676	0.694	0.721	0.731	0.73	0.746	0.765	0.748	0.743	0.737	0.729
STN0319	บ้านเขาขาด	ตะแบะ	เมืองเพชรบูรณ์	เพชรบูรณ์	0.734	0.728	0.676	0.694	0.721	0.731	0.73	0.746	0.765	0.748	0.743	0.737	0.729
STN0356	บ้านวังหว้า วังรุ	หินสาว	หล่มเก่า	เพชรบูรณ์	0.742	0.722	0.649	0.637	0.665	0.708	0.714	0.731	0.734	0.713	0.737	0.753	0.709
STN0357	บ้านน้ำพุ	พุทธบาท	ชนแดน	เพชรบูรณ์	0.649	0.636	0.543	0.545	0.598	0.668	0.69	0.711	0.726	0.691	0.676	0.682	0.651
STN0358	บ้านทุ่งสมอ	ทุ่งสมอ	เขาค้อ	เพชรบูรณ์	0.685	0.661	0.578	0.564	0.597	0.646	0.652	0.672	0.675	0.652	0.679	0.698	0.647
STN0032	บ้านหัวตะกร้า	บ้านป็น	ลอง	แพร่	0.703	0.639	0.507	0.483	0.536	0.648	0.666	0.693	0.703	0.711	0.732	0.728	0.646

ตารางที่ ค-1 (ต่อ) อัตราส่วนคุณลตปริมาณน้ำในดิน (K) พื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ

สถานี	หมู่บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	k_jan	k_feb	k_mar	k_apr	k_may	k_jun	k_jul	k_aug	k_sep	k_oct	k_nov	K_dec	Annual_K
STN0177	บ้านปากกลาย	ป่าแดง	เมือง	แพร่	0.708	0.672	0.573	0.55	0.591	0.681	0.7	0.721	0.722	0.704	0.727	0.728	0.673
STN0174	บ้านแพะดอนมู	สรอย	วังชิ้น	แพร่	0.767	0.742	0.634	0.606	0.641	0.737	0.724	0.76	0.747	0.738	0.773	0.782	0.721
STN0175	บ้านแม่แฮด	แม่พุง	วังชิ้น	แพร่	0.778	0.726	0.616	0.596	0.641	0.734	0.749	0.77	0.778	0.784	0.801	0.797	0.731
STN0176	บ้านนาตอง	ช่อแฮ	เมือง	แพร่	0.708	0.672	0.573	0.55	0.591	0.681	0.7	0.721	0.722	0.704	0.727	0.728	0.673
STN0052	บ้านนาพูน	นาพูน	วังชิ้น	แพร่	0.735	0.687	0.587	0.555	0.604	0.68	0.707	0.723	0.721	0.715	0.736	0.749	0.683
STN0261	บ้านห้วยฮ่อมพิ	บ้านเวียง	ร้องกวาง	แพร่	0.746	0.714	0.616	0.591	0.624	0.698	0.71	0.727	0.725	0.721	0.742	0.759	0.698
STN0262	บ้านโคกป่าหิน	แม่ปาน	ลอง	แพร่	0.778	0.726	0.616	0.596	0.641	0.734	0.749	0.77	0.778	0.784	0.801	0.797	0.731
STN0333	บ้านปางเคาะ	ไทรฮ้อย	เด่นชัย	แพร่	0.729	0.701	0.582	0.551	0.589	0.695	0.68	0.721	0.707	0.696	0.736	0.746	0.678
STN0334	บ้านแม่แขม	บ่อเหล็กทอง	ลอง	แพร่	0.778	0.726	0.616	0.596	0.641	0.734	0.749	0.77	0.778	0.784	0.801	0.797	0.731
STN0335	บ้านข่วงบุก	ห้วยไร่	เด่นชัย	แพร่	0.729	0.701	0.582	0.551	0.589	0.695	0.68	0.721	0.707	0.696	0.736	0.746	0.678
STN0345	บ้านแม่จอก	แม่ป่าก	วังชิ้น	แพร่	0.778	0.726	0.616	0.596	0.641	0.734	0.749	0.77	0.778	0.784	0.801	0.797	0.731
SCS01	บ้านห้วยแก้ว	แม่ฮี้	ป่า	แม่ฮ่องสอน	0.635	0.595	0.475	0.42	0.447	0.534	0.553	0.57	0.558	0.553	0.612	0.653	0.55
SCS02	บ้านเมืองแปง	เมืองแปง	ป่า	แม่ฮ่องสอน	0.769	0.704	0.597	0.562	0.608	0.702	0.732	0.746	0.734	0.719	0.767	0.789	0.703
SCS21	บ้านคูลาเปอร์	แม่มาจาง	แม่ลาน้อย	แม่ฮ่องสอน	0.777	0.765	0.71	0.694	0.734	0.799	0.813	0.823	0.799	0.782	0.794	0.786	0.773
STN0112	บ้านแม่สุริน	ขุนยวม	ขุนยวม	แม่ฮ่องสอน	0.876	0.838	0.771	0.748	0.778	0.837	0.855	0.863	0.855	0.846	0.875	0.887	0.836
STN0116	บ้านปางตอง	โป่งสา	ป่า	แม่ฮ่องสอน	0.72	0.705	0.641	0.622	0.669	0.747	0.764	0.776	0.746	0.726	0.741	0.731	0.716
STN0117	บ้านขุนสำไ	โป่งสา	ป่า	แม่ฮ่องสอน	0.796	0.742	0.681	0.663	0.701	0.748	0.74	0.757	0.755	0.764	0.802	0.814	0.747
STN0118	บ้านทับศอก	หมอกจำแป่	เมือง	แม่ฮ่องสอน	0.839	0.828	0.786	0.786	0.811	0.844	0.865	0.866	0.859	0.834	0.847	0.847	0.834
STN0119	บ้านแม่โถใต้	แม่โถ	แม่ลาน้อย	แม่ฮ่องสอน	0.766	0.754	0.697	0.681	0.722	0.79	0.804	0.814	0.789	0.772	0.785	0.776	0.762
STN0120	บ้านแม่จอ	แม่โถ	แม่ลาน้อย	แม่ฮ่องสอน	0.777	0.765	0.71	0.694	0.734	0.799	0.813	0.823	0.799	0.782	0.794	0.786	0.773
STN0121	บ้านแม่ซัด	แม่มาจาง	แม่ลาน้อย	แม่ฮ่องสอน	0.777	0.765	0.71	0.694	0.734	0.799	0.813	0.823	0.799	0.782	0.794	0.786	0.773
STN0123	บ้านหนองม่วง	ห้วยหอม	แม่ลาน้อย	แม่ฮ่องสอน	0.794	0.772	0.692	0.655	0.682	0.758	0.765	0.774	0.76	0.756	0.782	0.804	0.749
STN0124	บ้านดงใหม่	ห้วยหอม	แม่ลาน้อย	แม่ฮ่องสอน	0.794	0.772	0.692	0.655	0.682	0.758	0.765	0.774	0.76	0.756	0.782	0.804	0.749
STN0125	บ้านแม่ฮ่อมทอง	ป่าแป๋	แม่สะเรียง	แม่ฮ่องสอน	0.828	0.809	0.741	0.708	0.732	0.797	0.804	0.811	0.799	0.795	0.818	0.837	0.79

ตารางที่ ค-1 (ต่อ) อัตราส่วนคุณลตปริมาณน้ำในดิน (K) พื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ

สถานี	หมู่บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	k_jan	k_feb	k_mar	k_apr	k_may	k_jun	k_jul	k_aug	k_sep	k_oct	k_nov	K_dec	Annual_K
STN0126	บ้านฮากไม้เหนื	ป่าแป๋	แม่สะเรียง	แม่ฮ่องสอน	0.754	0.728	0.638	0.596	0.627	0.712	0.721	0.731	0.715	0.71	0.74	0.765	0.703
STN0127	บ้านผาป่อง	ผาป่อง	เมือง	แม่ฮ่องสอน	0.839	0.828	0.786	0.786	0.811	0.844	0.865	0.866	0.859	0.834	0.847	0.847	0.834
STN0128	บ้านไมโครเวฟ	ห้วยโป่ง	เมือง	แม่ฮ่องสอน	0.839	0.828	0.786	0.786	0.811	0.844	0.865	0.866	0.859	0.834	0.847	0.847	0.834
STN0130	บ้านสบสอย	ปางหมู	เมือง	แม่ฮ่องสอน	0.839	0.828	0.786	0.786	0.811	0.844	0.865	0.866	0.859	0.834	0.847	0.847	0.834
STN0129	บ้านใหม่	เวียงเหนือ	ปาย	แม่ฮ่องสอน	0.635	0.595	0.475	0.42	0.447	0.534	0.553	0.57	0.558	0.553	0.612	0.653	0.55
STN0131	บ้านห้วยหลวง	บ้านกาด	แม่สะเรียง	แม่ฮ่องสอน	0.628	0.61	0.532	0.511	0.566	0.662	0.683	0.698	0.661	0.636	0.655	0.642	0.624
STN0049	บ้านแม่เหาะ	แม่เหาะ	แม่สะเรียง	แม่ฮ่องสอน	0.758	0.734	0.644	0.603	0.633	0.717	0.726	0.736	0.72	0.715	0.745	0.77	0.709
STN0207	ห้วยโกะไม้หลู่	ป่าแป๋	แม่สะเรียง	แม่ฮ่องสอน	0.641	0.607	0.492	0.443	0.479	0.586	0.597	0.611	0.59	0.583	0.622	0.656	0.575
STN0208	บ้านอมพาย	ป่าแป๋	แม่สะเรียง	แม่ฮ่องสอน	0.716	0.677	0.576	0.544	0.568	0.621	0.639	0.657	0.658	0.655	0.702	0.73	0.645
STN0209	บ้านห้วยหมาก	ท่าผาป้อม	แม่ลาน้อย	แม่ฮ่องสอน	0.673	0.644	0.555	0.539	0.574	0.624	0.627	0.644	0.628	0.62	0.663	0.692	0.624
STN0256	บ้านห้วยกู่	ป่าโป่ง	สบเมย	แม่ฮ่องสอน	0.761	0.736	0.647	0.606	0.636	0.72	0.728	0.739	0.723	0.718	0.747	0.772	0.711
STN0257	บ้านน้ำริน	สบป่อง	ปางมะผ้า	แม่ฮ่องสอน	0.85	0.831	0.766	0.742	0.802	0.895	0.901	0.908	0.867	0.834	0.842	0.852	0.841
STN0258	บ้านเมืองน้อย	เวียงเหนือ	ปาย	แม่ฮ่องสอน	0.725	0.686	0.588	0.556	0.579	0.632	0.65	0.667	0.668	0.665	0.711	0.739	0.655
STN0307	บ้านปางตอง	แม่อุคอ	ขุนยวม	แม่ฮ่องสอน	0.876	0.838	0.771	0.748	0.778	0.837	0.855	0.863	0.855	0.846	0.875	0.887	0.836
SCS20	บ้านแม่แสดม	เวียงมอก	เถิน	ลำปาง	0.732	0.697	0.61	0.593	0.639	0.702	0.703	0.726	0.737	0.73	0.743	0.742	0.696
STN0143	บ้านปางอ้าย	เมืองปาน	เมืองปาน	ลำปาง	0.732	0.697	0.61	0.593	0.639	0.702	0.703	0.726	0.737	0.73	0.743	0.742	0.696
STN0144	บ้านแม่เลียงฟ้า	เสริมขวา	เสริมงาม	ลำปาง	0.771	0.743	0.661	0.637	0.655	0.696	0.705	0.72	0.728	0.731	0.767	0.789	0.717
STN0071	บ้านหลวงเมือง	เมืองปาน	เมืองปาน	ลำปาง	0.771	0.743	0.661	0.637	0.655	0.696	0.705	0.72	0.728	0.731	0.767	0.789	0.717
STN0200	บ้านขาม	หัวเมือง	เมืองปาน	ลำปาง	0.771	0.743	0.661	0.637	0.655	0.696	0.705	0.72	0.728	0.731	0.767	0.789	0.717
STN0246	บ้านปางปง-ปาง	เวียงตาล	ห้างฉัตร	ลำปาง	0.735	0.704	0.614	0.588	0.607	0.653	0.663	0.679	0.688	0.691	0.731	0.756	0.676
STN0347	บ้านบ่อสี่เหลี่ยม	ปงเตา	งาว	ลำปาง	0.713	0.68	0.584	0.557	0.577	0.625	0.635	0.653	0.662	0.665	0.708	0.734	0.649
SCS18	บ้านหัวขัว	ทุ่งหัวช้าง	ทุ่งหัวช้าง	ลำพูน	0.63	0.582	0.464	0.433	0.467	0.521	0.533	0.559	0.574	0.576	0.629	0.66	0.552
SCS19	บ้านห้วยทราย	แม่ลาน	ลี้	ลำพูน	0.635	0.588	0.471	0.44	0.474	0.528	0.539	0.565	0.58	0.582	0.635	0.665	0.558
STN0145	บ้านแม่เหล็ก	ทาขุมเงิน	แม่ทา	ลำพูน	0.764	0.699	0.581	0.561	0.614	0.742	0.716	0.739	0.758	0.786	0.786	0.8	0.712

ตารางที่ ค-1 (ต่อ) อัตราส่วนคุณลดปริมาณน้ำในดิน (K) พื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ 7 ลุ่มน้ำ

สถานี	หมู่บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	k_jan	k_feb	k_mar	k_apr	k_may	k_jun	k_jul	k_aug	k_sep	k_oct	k_nov	K_dec	Annual_K
STN0146	บ้านขุนตาน	ท่าปลา	แม่ทา	ลำพูน	0.741	0.671	0.546	0.524	0.58	0.717	0.689	0.714	0.734	0.765	0.765	0.78	0.685
STN0259	บ้านแม่ป๋อกใน	ศรีวิชัย	ลี้	ลำพูน	0.635	0.588	0.471	0.44	0.474	0.528	0.539	0.565	0.58	0.582	0.635	0.665	0.558
STN0030	บ้านห้วยตม	บ้านตึก	ศรีสันนาลัย	สุโขทัย	0.776	0.752	0.648	0.62	0.655	0.747	0.735	0.77	0.758	0.748	0.783	0.791	0.732
STN0110	บ้านห้วยห้วยก	บ้านแก่ง	ศรีสันนาลัย	สุโขทัย	0.767	0.742	0.634	0.606	0.641	0.737	0.724	0.76	0.747	0.738	0.773	0.782	0.721
STN0099	บ้านเชิงมา	กลางดง	ทุ่งเสลี่ยม	สุโขทัย	0.767	0.742	0.634	0.606	0.641	0.737	0.724	0.76	0.747	0.738	0.773	0.782	0.721
STN0229	บ้านนาต้นจั่น	บ้านตึก	ศรีสันนาลัย	สุโขทัย	0.776	0.752	0.648	0.62	0.655	0.747	0.735	0.77	0.758	0.748	0.783	0.791	0.732
STN0359	บ้านห้วยไคร้	ดงคู่	ศรีสันนาลัย	สุโขทัย	0.776	0.752	0.648	0.62	0.655	0.747	0.735	0.77	0.758	0.748	0.783	0.791	0.732
SCS17	บ้านปางคอม	บ่อเบี้ย	บ้านโคก	อุตรดิตถ์	0.734	0.696	0.597	0.565	0.625	0.696	0.695	0.685	0.707	0.694	0.733	0.739	0.681
STN0166	บ้านน้ำต๊ะ	น้ำหมัน	ท่าปลา	อุตรดิตถ์	0.708	0.672	0.573	0.55	0.591	0.681	0.7	0.721	0.722	0.704	0.727	0.728	0.673
STN0167	บ้านด่านห้วยใต้	หัวดง	ลับแล	อุตรดิตถ์	0.591	0.54	0.424	0.432	0.403	0.499	0.534	0.586	0.637	0.566	0.59	0.591	0.533
STN0168	บ้านกิวเคียน	จริม	ท่าปลา	อุตรดิตถ์	0.708	0.672	0.573	0.55	0.591	0.681	0.7	0.721	0.722	0.704	0.727	0.728	0.673
STN0170	บ้านน้ำลี	น้ำหมัน	ท่าปลา	อุตรดิตถ์	0.708	0.672	0.573	0.55	0.591	0.681	0.7	0.721	0.722	0.704	0.727	0.728	0.673
STN0188	บ้านขุนฝาง	ขุนฝาง	เมือง	อุตรดิตถ์	0.591	0.54	0.424	0.432	0.403	0.499	0.534	0.586	0.637	0.566	0.59	0.591	0.533
STN0189	บ้านห้วยไผ่	บ่อเบี้ย	บ้านโคก	อุตรดิตถ์	0.746	0.709	0.613	0.582	0.641	0.709	0.708	0.698	0.72	0.708	0.745	0.751	0.694
STN0222	บ้านม่อนหัวฝาย	ด่านนาขาม	เมือง	อุตรดิตถ์	0.708	0.672	0.573	0.55	0.591	0.681	0.7	0.721	0.722	0.704	0.727	0.728	0.673
STN0260	บ้านห้วยเกียงพ	บ้านด่านนาขาม	เมือง	อุตรดิตถ์	0.708	0.672	0.573	0.55	0.591	0.681	0.7	0.721	0.722	0.704	0.727	0.728	0.673
STN0332	บ้านโฮ๊ะฮ้า	บ้านด่านนาขาม	เมือง	อุตรดิตถ์	0.708	0.672	0.573	0.55	0.591	0.681	0.7	0.721	0.722	0.704	0.727	0.728	0.673
STN0346	บ้านห้วยนา	น่านกกก	ลับแล	อุตรดิตถ์	0.708	0.672	0.573	0.55	0.591	0.681	0.7	0.721	0.722	0.704	0.727	0.728	0.673

ภาคผนวก ง

การอบรมเชิงปฏิบัติการ

สรุปผลการอบรมเชิงปฏิบัติการ

การประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์/และแบบจำลองดินถล่ม

จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน

วันพฤหัสบดีที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2557

1. การประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับแสดงผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน

โครงการวิจัยได้จัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการสำหรับการประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการนำเสนอผลการศึกษาที่วิเคราะห์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 และ การใช้งานฐานข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลาก ที่ได้จัดทำฐานข้อมูลไว้เพื่อให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ตามความต้องการของกรมทรัพยากรน้ำในวันพฤหัสบดีที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 ซึ่งการอบรมเชิงปฏิบัติการได้แบ่งเป็น 2 ส่วน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 การประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดสร้างแผนที่แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612 มีหัวข้อในการอบรมดังนี้

1) อธิบายฐานข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันในแต่ละกริดขนาด 1 กม. x 1 กม. ที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ภายหลังจากปรับแก้ในช่วงปีฐานระหว่างปี พ.ศ. 2523-2554 และในช่วงปีอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2555-2612

2) อธิบายความหมายและองค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems, GIS)

3) แนะนำโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS 9.3.1) ที่ประยุกต์ใช้ในการศึกษา

4) อธิบายฐานข้อมูลผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ซึ่งประกอบด้วย

- การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในอนาคตที่ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario A2 (เทียบกับปี พ.ศ. 2523-2554)
- การเปลี่ยนแปลงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของฝนรายปีในอนาคตที่ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario A2 (เทียบกับปี พ.ศ. 2523-2554)

- การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยช่วงฤดูฝนในอนาคตที่ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario A2 (เทียบกับปี พ.ศ. 2523-2554)
- การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยช่วงฤดูแล้งในอนาคตที่ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario A2 (เทียบกับปี พ.ศ. 2523-2554)
- การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดในอนาคตที่ได้จากแบบจำลอง PRECIS Scenario A2 (เทียบกับปี พ.ศ. 2523-2554)

5) แนะนำการประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS 9.3.1) ในการจัดสร้างแผนที่แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศภาค PRECIS Scenario แบบ A2 และ B2 ในข้อ 4)

ส่วนที่ 2 การประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการใช้งานฐานข้อมูลและจัดสร้างแผนที่เหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลากที่จัดสร้างขึ้น มีหัวข้อในการอบรมดังนี้

- 1) อธิบายรายละเอียดของฐานข้อมูลที่จัดทำขึ้นในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยฐานข้อมูลแสดงตำแหน่งที่ตั้งและข้อมูลเชิงบรรยาย ณ ตำแหน่งที่ประสบภัยเหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลาก
- 2) แนะนำการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดสร้างแผนที่เหตุการณ์ดินถล่ม/น้ำป่าไหลหลาก

2. การประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลองวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวและความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน

การฝึกอบรมการใช้โปรแกรมแบบจำลองปริมาณน้ำฝนสะสมวิกฤติ ด้วยวิธีการกึ่งสถิติ (Semi-Statistical Model) โดยการนำค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) มาประยุกต์ใช้สำหรับการสร้างแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ดังนี้

- 1) แนะนำแบบจำลองการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม (%RTL Model)
- 2) แนะนำการเตรียมรูปแบบข้อมูลปริมาณน้ำฝนคาดการณ์จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศภาค PRECIS เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่ม (%RTL Model) ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel
- 3) แนะนำการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดทำแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองปริมาณน้ำฝนสะสมวิกฤติ

ภาพบรรยากาศการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการในวันพฤหัสบดีที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2557



รูปที่ ง-1 ผู้เข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการ

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ ง-2 การประยุกต์ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน



รูปที่ ง-3 การใช้โปรแกรม %RTL Model สำหรับวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน

3. สรุปผลการอบรมเชิงปฏิบัติการ

การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ การประยุกต์ใช้โปรแกรมวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน ผู้เข้าร่วมอบรมสามารถเข้าใจถึงกระบวนการวิเคราะห์และการนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ในการจัดการวางแผนเฝ้าระวังและแจ้งเตือนภัยด้านภัยพิบัติดินถล่มได้ อีกทั้งยังสามารถสืบค้นข้อมูลเหตุการณ์น้ำป่าไหลหลาก/ดินโคลนถล่ม ในระบบฐานข้อมูลด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่ได้จัดเตรียมไว้ นอกจากนี้ ยังสามารถเพิ่มฐานข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่มหรือน้ำป่าไหลหลากในฐานข้อมูลเดิมได้อีกด้วย

ภาคผนวก จ

การจัดประชุมสัมมนาโครงการ

รายงานสรุปการจัดประชุมสัมมนาโครงการ

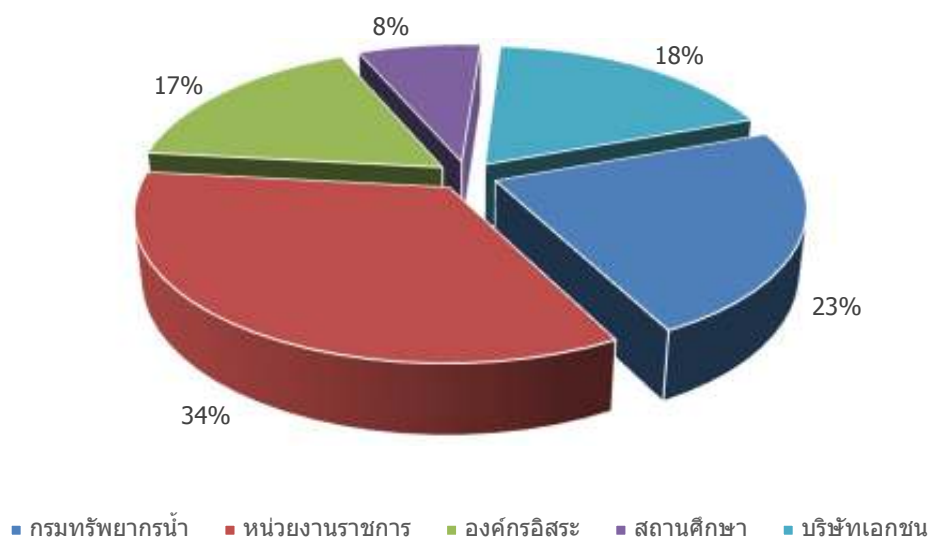
“การศึกษาคาดการณ์พื้นที่ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน”

ภายใต้ โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

1. การดำเนินงานจัดประชุมสัมมนา

การจัดประชุมสัมมนามีวัตถุประสงค์ เพื่อประชุมเสนอผลการดำเนินโครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ ซึ่งจัดโดยกรมทรัพยากรน้ำ ร่วมกับ หน่วยวิจัยดินถล่ม ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และศูนย์วิจัยน้ำและภูมิอากาศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร เสนอต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับพิบัติภัยดินถล่ม บุคลากรของกรมทรัพยากรน้ำ หน่วยงานราชการ สถานศึกษา รวมทั้งบริษัทเอกชน ซึ่งเป็นการจัดประชุมสัมมนาสรุปงานที่ให้ผู้เข้าร่วมสัมมนาได้รับฟัง และมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น ที่จะนำไปสู่การประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อผู้เข้าร่วมสัมมนาและคณะผู้จัดทำต่อไป

กลุ่มเป้าหมายสำหรับการเชิญเข้าร่วมการสัมมนาเพื่อรับฟังความคิดเห็น มีจำนวนทั้งสิ้น 131 คน โดยมีสัดส่วนในแต่ละกลุ่มดังรูปที่ จ.1 และมีรายละเอียดดังตารางที่ จ.1



รูปที่ จ-1 สัดส่วนกลุ่มเป้าหมายสำหรับการสัมมนา

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

ตารางที่ จ-1 สัดส่วนของกลุ่มเป้าหมายสำหรับการจัดสัมมนา

ลำดับที่	กลุ่มเป้าหมาย/รายละเอียดของกลุ่ม	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
1	กรมทรัพยากรน้ำ	30	23
2	หน่วยงานราชการ EGAT/ กรมโยธาธิการและผังเมือง/ กรมทางหลวง/ กรม ชลประทาน/ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล เป็นต้น	45	34
3	องค์กรอิสระ ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ/ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและ การเกษตร (องค์การมหาชน)/ สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย เป็นต้น	22	17
4	สถานศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร/ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต/ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นต้น	10	8
5	บริษัทเอกชน บริษัท กรุงเทพเอนิเนียริง คอนซัลแตนท์/ บริษัท ปัญญา คอนซัล แตนท์ จำกัดบริษัท จีเอ็มที คอร์ปอเรชั่น จำกัด เป็นต้น	24	18
รวมทั้งสิ้น		131	100.0

2. ผลการจัดประชุมสัมมนา

การสัมมนาสำหรับโครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน:พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ ได้จัดขึ้นในวันอังคารที่ 3 มิถุนายน 2557 เวลา 08.30-15.00น. ณ ห้องแมจิก 3 ชั้น 2 โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น ถนนวิภาวดีรังสิต หลักสี่ กรุงเทพฯ กำหนดการสัมมนาดังตารางที่ จ.2 มีจำนวนผู้เข้าร่วมทั้งสิ้น 138 คน ดังแสดงในตารางที่ จ.3 และรูปที่ จ.2

ตารางที่ จ-2 กำหนดการจัดประชุมสัมมนา

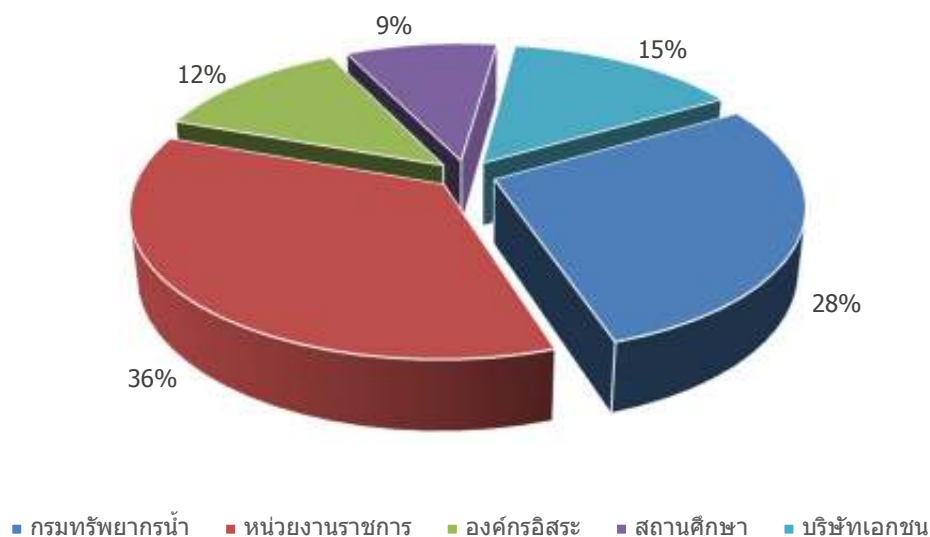
08:30-09:00 น.	ลงทะเบียนผู้เข้าร่วมสัมมนา
09:00-09:30 น.	พิธีเปิดการสัมมนา กล่าวต้อนรับ โดย หัวหน้าโครงการ/ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยฯ รศ.ดร.สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์ กล่าวรายงาน โดย ผู้อำนวยการสำนักวิจัยพัฒนาและอุทกวิทยา นายธีระวุฒิ สุคนธ์ประดิษฐ์ กล่าวเปิด โดย รองอธิบดีกรมทรัพยากรน้ำ นายนิวัติชัย คัมภีร์
09:45-10:00 น.	พักรับประทานอาหารว่าง
10:00-11:30	การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อน โดย ผศ.ดร.ศิริลักษณ์ ชุ่มชื่น ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำ ศูนย์วิจัยน้ำและภูมิอากาศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
11:30-12:00	รับประทานอาหารกลางวัน
13:00-14:30	การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อนที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม โดย รศ.ดร.สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมดินถล่ม ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
14:30-15:00	ตอบข้อซักถามและคำแนะนำ/ ปิดการสัมมนา รับประทานอาหารว่าง

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ

ตารางที่ จ-3 หน่วยงานที่เข้าร่วมการสัมมนา

ลำดับที่	กลุ่มเป้าหมาย/รายละเอียดของกลุ่ม	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
1	กรมทรัพยากรน้ำ	39	28
2	หน่วยงานราชการ EGAT/ กรมโยธาธิการและผังเมือง/ กรมทางหลวง/ กรม ชลประทาน/ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล เป็นต้น	49	36
3	องค์กรอิสระ ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ/ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและ การเกษตร (องค์การมหาชน)/ สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย เป็นต้น	17	12
4	สถานศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร/ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต/ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นต้น	13	9
5	บริษัทเอกชน บริษัท กรุงเทพเอนยีเนียร์ริ่ง คอนซัลแตนท์/ บริษัท ปัญญา คอนซัล แตนท์ จำกัดบริษัท จีเอ็มที คอร์ปอเรชั่น จำกัด เป็นต้น	20	15
รวมทั้งสิ้น		138	100.0



รูปที่ จ-2 สัดส่วนผู้เข้าร่วมการสัมมนา

การจัดสัมมนาเป็นการนำเสนอผลงานภายใต้การดำเนินการโครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่ม จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน:พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ เสนอต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับพิบัติภัยดินถล่ม บุคลากรของกรมทรัพยากรน้ำ หน่วยงานราชการต่างๆ สถานศึกษา รวมทั้งบริษัทเอกชน ดังแสดงบรรยากาศในงานดังรูปที่ จ.3



ก) กล่าวเปิดการประชุมสัมมนา โดยรองอธิบดีกรมทรัพยากรน้ำ นายนิวัติชัย คัมภีร์



ข) ผู้สนใจเข้าร่วมสัมมนาโครงการฯ

รูปที่ จ-3 บรรยากาศงานสัมมนาโครงการฯ

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



ค) ผู้สนใจเข้าร่วมสัมมนาโครงการฯ



ง) ผู้เข้าร่วมสัมมนาโครงการฯ เสนอแนะและซักถาม

รูปที่ จ-3 (ต่อ) บรรยายภาพงานสัมมนาโครงการฯ

การจัดสัมมนาได้มีการทำแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจในการเข้าร่วมกิจกรรม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เข้าร่วมสัมมนาได้แสดงความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ และประเมินความพึงพอใจในการเข้าร่วมกิจกรรมครั้งนี้ ทั้งนี้มีผู้เข้าร่วมสัมมนาส่งแบบสอบถามจำนวน 72 คน จากผู้เข้าร่วมทั้งสิ้น 138 คน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ จ.4

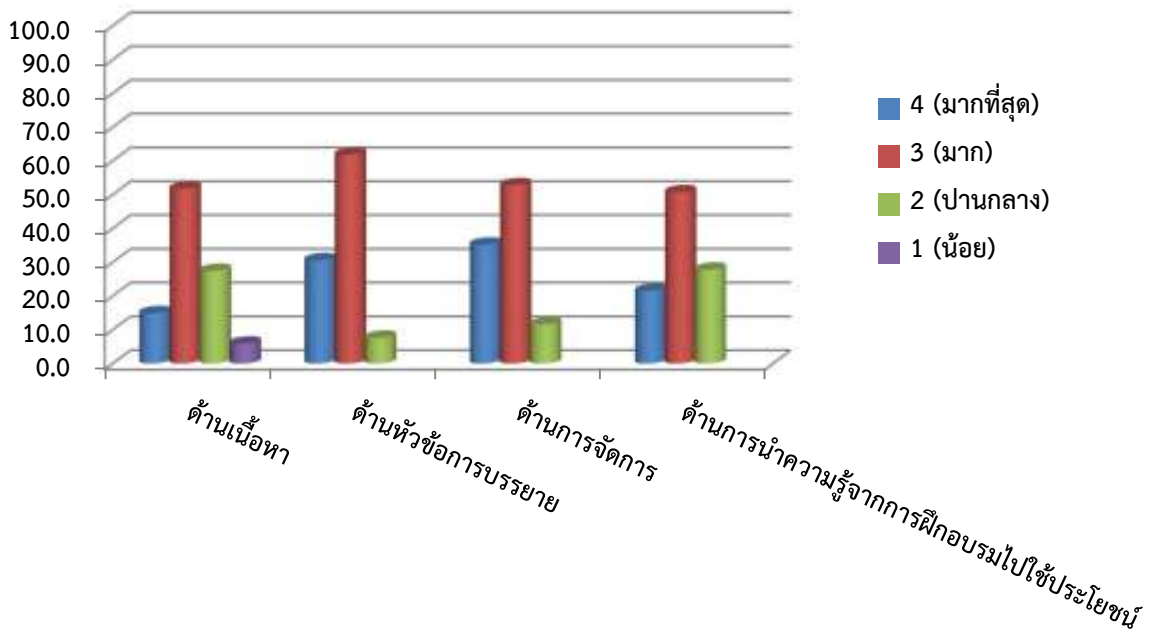
ตารางที่ จ-4 ผลสำรวจคะแนนความพึงพอใจ (คน)

หัวข้อประเมิน	4	3	2	1
	(มากที่สุด)	(มาก)	(ปานกลาง)	(น้อย)
ด้านเนื้อหา				
1. ความรู้ความเข้าใจของท่าน ในด้านเนื้อหา ก่อนเข้าสัมมนา	5	10	42	15
2. เหมาะสมและติดตามความคาดหวัง	11	43	18	-
3. ตรงกับความต้องการของท่าน	9	49	12	2
4. จัดได้เหมาะสมและสอดคล้องกับโครงการฯ	18	47	7	-
หัวข้อการบรรยาย				
1. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อน	16	48	8	-
2. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/สภาวะโลกร้อนต่อดินถล่ม	28	41	3	-
ด้านการจัดการ				
1. สถานที่จัดสัมมนาโครงการฯ	31	33	8	-
2. ระยะเวลาในการจัดสัมมนาโครงการฯ	26	34	11	1
3. ความพอใจต่อการจัดสัมมนาในภาพรวม	19	47	6	-
ด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์				
1. คุณค่าหรือประโยชน์ที่ได้รับ	19	35	18	-
2. ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ประโยชน์	12	38	22	-

ผลการตอบแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจในการเข้าร่วมกิจกรรม ซึ่งสามารถสรุปออกมาเป็นร้อยละ (%) ในแต่ละด้านของผู้เข้าร่วมประเมินทั้งหมด แสดงในลักษณะของแผนภูมิได้ดังรูปที่ จ-4

รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ



รูปที่ จ-4 ร้อยละ (%) ของผู้ประเมินความพึงพอใจในแต่ละด้าน

3. ข้อเสนอแนะ

จากการตอบแบบสอบถาม ผู้เข้าร่วมสัมมนาได้มีการแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) เอกสารประกอบการบรรยายควรพิมพ์สีเพื่อความชัดเจนของข้อมูล
- 2) เป็นเรื่องที่น่าสนใจที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงสร้างสรรค์องค์ความรู้ได้ แต่ในการใช้เพื่อการเตือนภัยจริงยังต้องมีการนำไปประยุกต์อีกมาก
- 3) ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมหรือต่อยอดในพื้นที่อื่นๆด้วย เช่น ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ เป็นต้น
- 4) ควรระบุแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS ใช้เป็นข้อมูลตั้งต้น ซึ่ง START ใช้ข้อมูลตั้งต้นจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM4 ในการประมวลผลแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS
- 5) สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนในอนาคตที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง PRECIS (ECHAM4) Scenario แบบ A2 และ B2 ควรพิจารณาเป็นช่วงทศวรรษ เช่น การพิจารณานำข้อมูลปริมาณน้ำฝนในอนาคต

ปีใดปีหนึ่งไปใช้ สถานการณ์ของปริมาณน้ำฝนในปีที่พิจารณานั้นอาจเกิดขึ้นในช่วงทศวรรษนั้นแต่ไม่ได้หมายถึงปีนั้นๆ

6) การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม สภาพภูมิอากาศ และสภาพการใช้งานปริมาณจราจร มีผลให้เกิดการพิบัติของลาดถนนอย่างชัดเจน จึงควรมีการปรับเปลี่ยนแบบมาตรฐานการตัดลาดชันเพื่อก่อสร้างเขตทางของกรมทางหลวง



ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ / โทรสาร : 0-2579-2265 www.gerd.eng.ku.ac.th