

อกิันนทนาการ



สัญญาเลขที่ R2560C-026
สำนักหอสมุด

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการการประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่
ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

ผู้วิจัย สังกัด

ดร.วีรยุทธ ประทุมไชย

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเกษตร
วันลงทะเบียน - 1 ส.ค. 2562
เลขทะเบียน 10 20 3 30
เลขเรียกหนังสือ ๑ ๐๒

1402
๖๕๖๖
2560

สนับสนุนโดย

งบประมาณรายได้มหาวิทยาลัยเกษตร ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

บทคัดย่อ

น้ำท่วมถือได้ว่าเป็นพิบัติภัยทางธรรมชาติที่ก่อให้เกิดความเสียหายมากที่สุดสำหรับประเทศไทย อย่างไรก็ตาม น้ำท่วมได้ทำหน้าที่หลักที่สำคัญในตัวเองคือเป็นแหล่งน้ำเติมน้ำบาดาลกลับสู่ชั้นน้ำบาดาล และน้ำบาดาลนี้ถือได้ว่าเป็นแหล่งน้ำสำรองที่มีความมั่นคงสำหรับบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำผิวดิน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลักในการทำความเข้าใจในเชิงปริมาณระหว่างปฏิสัมพันธ์ของพื้นที่น้ำท่วมถึงกับปริมาณน้ำบาดาลในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง ซึ่งถือได้ว่าเป็นพื้นที่ที่มีการทำเกษตรกรรมอย่างหนาแน่นและมักจะประสบกับทั้งปัญหาภัยแล้งและน้ำท่วมอยู่เสมออีกทั้งปัญหามีแนวโน้มที่อาจขยายความรุนแรงมากขึ้น จากข้อมูลพบว่าในช่วงปี พ.ศ. 2543

ถึง พ.ศ. 2556 ลุ่มน้ำในพื้นที่ศึกษาได้เกิดน้ำท่วมซึ่งระหว่าง 1,950 ถึง 10,470 ตร.กม. การศึกษาบ่งชี้ว่าขนาดน้ำท่วมดังกล่าวได้เพิ่มปริมาณน้ำบาดาลประมาณ 0.5 ถึง 5.9 กม.³ แนวคิดการก่อสร้างทางระบายน้ำ (Floodways) ด้วยอัตราการระบายเท่ากับ 2,000 ลบ.ม./วินาที เป็นหนึ่งในมาตรการทางโครงสร้างที่ถูกเสนอขึ้นสำหรับใช้บรรเทาผลกระทบของน้ำท่วม ผลที่คาดว่าจะได้จากมาตรการนี้คือสามารถควบคุมพื้นที่น้ำท่วมและลดอัตราการไหลสูงสุดที่จะไหลลงสู่พื้นที่ตอนล่าง แต่มาตรการนี้จะมีผลกระทบต่อปริมาณน้ำบาดาลนั้นคือส่งผลให้ปริมาณลดลงประมาณ 3.4 กม.³ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการประกอบกิจกรรมการเกษตรของประชาชนในพื้นที่โดยเฉพาะการเพาะปลูกข้าวในฤดูแล้ง ถึงแม้ว่าการแก้ปัญหาน้ำท่วมจากมาตรการต่าง ๆ เป็นสิ่งที่จำเป็น แต่ก็ควรได้รับการพิจารณาให้รอบด้านโดยเฉพาะผลกระทบที่อาจมีต่อทรัพยากรน้ำบาดาลซึ่งถือได้ว่าเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญมากสำหรับพื้นที่ประกอบการเกษตรที่อยู่นอกพื้นที่ชลประทาน จากการศึกษาสมมูลน้ำเพื่อให้เกิดความมั่นคงและยั่งยืนของทรัพยากรน้ำ พบว่าควรกำหนดให้มีพื้นที่น้ำท่วมขนาด 1,820 ตร.กม. ในช่วงฤดูน้ำหลากเพื่อที่จะได้ปริมาณของการเติมน้ำสู่ชั้นน้ำบาดาลประมาณ 1.3 กม.³ ต่อปีโดยเฉลี่ย ปริมาณการข้างต้นจะทำให้การใช้ทรัพยากรน้ำบาดาลในพื้นที่เป็นไปอย่างยั่งยืน

Abstract:

An evaluation of groundwater storage induced by flood inundation in the Lower Yom and Nan River basins

Flood was designated as the largest natural disaster damages in Thailand. However, it is an important function for recharging groundwater storage which is an available and reliable ~~water source whenever surface water is not available/sufficient. This study try to understand an~~

interaction between flood characteristics and groundwater storage quantitatively in the Lower Yom and Nan River basins in Thailand, which are the intensive rice growing areas and usually content with both flooding and drought manifestations. Based upon the findings, the annual flood inundation areas varied from 1,950 to 10,470 km² from the period 2005 to 2013. The estimation showed those flooded areas yielded groundwater storage of approximately 0.5-5.9 km³. To mitigate flooding damage, the floodways of 2,000 m³ sec⁻¹ in drainage capacity were proposed. This measure aims at improving drainage efficiency and controlling inundation areas. Approximately 3.4 km³ of groundwater storage is estimated to reduce if the floodways are implemented and might limit dry season rice plantation areas. Even flood control is important but its associated function to groundwater is needed to consider explicitly for sustaining and sustainable development in the basis basin, especially for areas outside an irrigation project (rainfed) in the dry season. Thus, about 1,820 km² of the annual flood inundation areas should be allowed so as to harvest that flood surplus and discharge into groundwater storage of approximately 1.30 km³, on average.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการศึกษาวิจัยเรื่อง การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่าน ตอนล่าง นี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายได้ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

ข้อมูลต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่ในรายงานนี้ได้รับการสนับสนุนจาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน และกรมอุตุนิยมวิทยา เป็นต้น หากปราศจากการสนับสนุนด้านทุนการวิจัยและ ข้อมูลที่สำคัญต่าง ๆ จากหน่วยงานข้างต้นแล้ว การศึกษานี้ก็คงมีอาจสำเร็จลงได้

ผู้ดำเนินงานวิจัย

วีรยุทธ ประทุมไชย

29 สิงหาคม 2561



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
<hr/>	
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1-1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1-3
1.3 เป้าหมายและขอบเขตการวิจัย	1-3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1-3
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	2-1
2.2 ทฤษฎีและสมมติฐานของการศึกษา	2-3
2.2.1 แบบจำลองคณิตศาสตร์	2-5
2.2.2 สมมติฐานของการวิจัย	2-8
บทที่ 3 พื้นที่ศึกษาและอุตุนิยมวิทยา	
3.1 พื้นที่ศึกษา (ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง)	3-1
3.2 สภาพภูมิประเทศ	3-2
3.3 การใช้ประโยชน์ที่ดิน	3-4
3.4 อุตุนิยมวิทยา	3-6
3.4.1 สภาพภูมิอากาศและอุตุนิยมวิทยา	3-6
3.4.2 อุตุนิยมวิทยา	3-9
3.4.3 น้ำท่วม	3-14
3.5 ธรณีวิทยา	3-17
3.5.1 แผนที่ธรณีวิทยา	3-17

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า	
3.5.2	ชั้นหินให้น้ำ	3-17
3.5.3	สภาพน้ำบาดาลและการให้น้ำบาดาล	3-19
3.6	การสำรวจพื้นที่โครงการ	3-26

บทที่ 4 ผลลัพธ์ของการศึกษา

4.1	แบบจำลองชลศาสตร์ของแม่น้ำและพื้นที่น้ำท่วม	4-1
4.1.1	การจำลองชลศาสตร์ของแม่น้ำ	4-2
4.1.2	การจำลองชลศาสตร์ของน้ำหลาก	4-4
4.2	การจำลองน้ำบาดาล	4-8
4.2.1	แอ่งน้ำบาดาล	4-8
4.2.2	การจำลองระดับน้ำบาดาล	4-12
4.2.3	การประเมินปริมาณน้ำบาดาล	4-14
4.3	ทรัพยากรน้ำบาดาลเพื่อการเกษตร	4-17

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา

5.1	น้ำบาดาลกับบทบาทของการพัฒนาทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน	5-1
5.2	การพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์	5-2
5.3	ทรัพยากรน้ำผิวดินและน้ำบาดาล	5-2
5.4	การบริหารจัดการร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล	5-3
5.5	ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ	5-4

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1.1-1	การทรุดบ่อน้ำบาดาลเพื่อสูบน้ำมาใช้ประกอบการเกษตรในฤดูแล้งหรือในช่วงที่ฝนทิ้งช่วง	1-2
รูปที่ 2.1-1	แม่น้ำยมล้นตลิ่งเมื่อ กันยายน 2557 จ.สุโขทัย (ซ้าย) ที่บริเวณใกล้เคียงกันเมื่อ เมษายน 2558 ไม่มีน้ำ (ขวา)	2-1
รูปที่ 2.2-1	วัฏจักรของน้ำในระบบอุทกวิทยา	2-3
รูปที่ 2.2-2	วัฏจักรของน้ำในประเทศไทย	2-5
รูปที่ 2.2.1-1	การไหลล้นตลิ่งเข้าสู่พื้นที่ลุ่มน้ำท่วม (Floodplain)	2-6
รูปที่ 2.2.1-2	ปฏิสัมพันธ์ระหว่างแม่น้ำกับน้ำใต้ดิน (a) การแลกเปลี่ยนอัตราการไหลระหว่างแม่น้ำกับน้ำใต้ดิน (b) และ Node การคำนวณของแม่น้ำในแบบจำลองคณิตศาสตร์ (c): ดัดแปลงจาก Prickett และ Lonquist (1971)	2-7
รูปที่ 3.1-1	ขอบเขตพื้นที่ศึกษาของโครงการ	3-1
รูปที่ 3.1-2	แอ่งน้ำใต้ดินต่าง ๆ ในเขตภาคเหนือของประเทศไทย	3-2
รูปที่ 3.2-1	สภาพภูมิประเทศบริเวณพื้นที่ศึกษาโครงการ	3-3
รูปที่ 3.3-1	การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษาโครงการ	3-5
รูปที่ 3.4.1-1	การกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝน การระเหย และน้ำท่ารายปีเฉลี่ย	3-7
รูปที่ 3.4.1-1	การกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝน การระเหย และน้ำท่ารายปีเฉลี่ย	3-7
รูปที่ 3.4.2-1	สถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่โครงการศึกษา	3-11
รูปที่ 3.4.2-2	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีกับพื้นที่รับน้ำฝน	3-13
รูปที่ 3.4.2-3	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหลากสูงสุดกับรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ โดยวิธี Gumbel distribution	3-14
รูปที่ 3.4.3-1	พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากจากภาพถ่ายดาวเทียมโดย GISTDA	3-15
รูปที่ 3.4.3-2	พื้นที่น้ำท่วม พ.ศ. 2554 จากภาพถ่ายดาวเทียมโดย GISTDA	3-16
รูปที่ 3.5.1-1	แผนที่ธรณีวิทยา	3-18
รูปที่ 3.5.3-1	แผนที่ศักยภาพน้ำบาดาล	3-21
รูปที่ 3.5.3-2	ตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล	3-23
รูปที่ 3.5.3-2	ตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล	3-23

รูปที่ 3.6-1	ตัวอย่างการสูบน้ำบาดาลจากบ่อบาดาลน้ำตื้นเพื่อการทำนาปรัง	3-26
รูปที่ 3.6-2	การสำรวจสภาพอุทกวิทยาในพื้นที่โครงการ	3-27
รูปที่ 3.6-3	การสำรวจอาคารชลศาสตร์และโครงข่ายคลองผันน้ำในแม่น้ำยม	3-28
รูปที่ 3.6-4	ตัวอย่างลักษณะหน้าตัดขวางลำน้ำ	3-29
รูปที่ 3.6-5	การสำรวจด้านชุมชนและการใช้น้ำใต้ดินเพื่อการเกษตร	3-30
รูปที่ 3.6-6	บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล บ่อบาดาลน้ำตื้น และการปลูกพืชในฤดูแล้ง (อ.สวรรคโลก)	3-31
รูปที่ 4.1-1	ภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่น้ำท่วมในเขตภาคเหนือ	4-1
รูปที่ 4.1-1-1	โครงข่ายแม่น้ำในแบบจำลองชลศาสตร์	4-2
รูปที่ 4.1.1-2	ผลการสอบเทียบแบบจำลองและข้อมูลการตรวจวัดของระดับน้ำ ณ สถานี N.64	4-3
รูปที่ 4.1.1-3	ผลการสอบเทียบแบบจำลองและข้อมูลการตรวจวัดของระดับน้ำ ณ สถานี P.17	4-3
รูปที่ 4.1.1-3	ผลการสอบเทียบแบบจำลองและข้อมูลการตรวจวัดของระดับน้ำ ณ สถานี P.17	4-3
รูปที่ 4.1.2-1	การเปรียบเทียบขนาดน้ำท่วมสูงสุดรายปีระหว่างแบบจำลอง (Simulation) กับฐานข้อมูลของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (DDPM) และข้อมูลของ GISTDA	4-6
รูปที่ 4.1.2-2	การเปรียบเทียบพื้นที่น้ำท่วมสูงสุดรายปีระหว่างแบบจำลอง (Simulation, d และ e) กับฐานข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน (a) และข้อมูลของ GISTDA (b และ c)	4-7
รูปที่ 4.2.1-1	ภาพมโนทัศน์แอ่งน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาโครงการ	4-8
รูปที่ 4.2.1-2	แผนที่ธรณีอุทกธรณีวิทยา	4-10
รูปที่ 4.2.1-3	รูปตัดขวางธรณีอุทกธรณีวิทยา	4-11
รูปที่ 4.2.2-1	แสดงตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินสำหรับสอบเทียบแบบจำลองน้ำใต้ดิน	4-12
รูปที่ 4.2.2-2	เปรียบเทียบระดับน้ำใต้ดินระหว่างข้อมูลการตรวจวัด (จุด) กับการจำลอง (เส้นสีแดง)	4-13
รูปที่ 4.2.3-1	ภาพมโนทัศน์การประเมินปริมาณน้ำบาดาล	4-14
รูปที่ 4.2.3-2	ภาพตัดขวางของระดับน้ำบาดาลในช่วงปี พ.ศ. 2554 (ค.ศ. 2011)	4-15
รูปที่ 4.2.3-3	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำบาดาลกับพื้นที่น้ำท่วม	4-16
รูปที่ 4.3-1	พื้นที่เพาะปลูกข้าวในลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง	4-17

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 3.4.1-1	ลักษณะตัวแปรสภาพภูมิอากาศบริเวณพื้นที่ศึกษา	3-7
ตารางที่ 3.4.1-2	ปริมาณน้ำฝนรายปีของจังหวัดต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษาของโครงการ	3-8
ตารางที่ 3.4.1-3	การคายระเหยของพืชอ้างอิงรายเดือนโดยวิธี Penman-Monteith	3-8
ตารางที่ 3.4.2-1	ตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำท่าในพื้นที่ศึกษา	3-9
ตารางที่ 3.4.2-2	สถิติข้อมูลน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยและรายฤดูกาลในพื้นที่ศึกษา	3-10
ตารางที่ 3.4.2-3	ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของปี พ.ศ. 2554	3-12
ตารางที่ 3.5.3-1	อัตราการไหลซึมของน้ำฝนลงสู่แหล่งน้ำบาดาล	3-20
ตารางที่ 3.5.3-2	การเทียบเคียงบริเวณที่เป็นหินแข็งที่ให้น้ำได้ในอัตราต่างๆ	3-22
ตารางที่ 3.5.3-2	การเทียบเคียงบริเวณที่เป็นหินแข็งที่ให้น้ำได้ในอัตราต่างๆ	3-22
ตารางที่ 3.5.3-3	ระดับน้ำบาดาล (ม. รทก.)	3-24

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ประเทศไทยมีปัญหาด้านการจัดการทรัพยากรน้ำมาโดยตลอด อาทิเช่น น้ำมากเกินความต้องการการและไม่
สามารถควบคุมได้ (น้ำท่วม) น้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการ (น้ำแล้ง) และน้ำขาดคุณภาพ (น้ำเสีย) นอกจากนั้นยังมี
ภัยพิบัติธรรมชาติอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับน้ำ เช่น ฝนตกหนักแล้วทำให้เกิดดินถล่ม เป็นต้น ทุกรัฐบาลได้ตระหนัก
และเล็งเห็นภัยคุกคามที่อาจเกิดขึ้นจากน้ำ ล่าสุด (พฤษภาคม พ.ศ. 2558) ได้มีแผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการ
ทรัพยากรน้ำ ที่แบ่งออกเป็น 6 ด้าน ได้แก่ 1) การจัดการน้ำอุปโภคบริโภค 2) การสร้างความมั่นคงของน้ำภาค
การเกษตรและอุตสาหกรรม 3) การจัดการน้ำท่วมและอุทกภัย 4) การจัดการคุณภาพน้ำ 5) การอนุรักษ์ฟื้นฟู
สภาพป่าต้นน้ำที่เสื่อมโทรมและป้องกันการพังทลายของดิน และ 6) การบริหารจัดการน้ำ และคณะรัฐมนตรีได้มี
มติเห็นชอบแผนยุทธศาสตร์ดังกล่าว เมื่อ 7 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 พร้อมกับมอบหมายให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำ
แผนยุทธศาสตร์ข้างต้นไปปฏิบัติให้สัมฤทธิ์ผลในกรอบระยะเวลา 12 ปี (พ.ศ. 2558-2569) จากข้างต้นสรุปได้ว่า
ปัญหาทางด้านน้ำมีความจำเป็นเร่งด่วนที่จะต้องดำเนินการแก้ไขโดยเร็ว

ปัจจุบันสภาพสิ่งแวดล้อม สังคม การตั้งถิ่นฐาน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ฯลฯ มีความซับซ้อนมาก และน้ำเป็น
หนึ่งในปัจจัยที่บ่งชี้ถึงความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่รวมถึงขีดความสามารถในการพัฒนา เช่น คุณภาพชีวิตความ
เป็นอยู่ของประชาชนที่อาศัยอยู่ในเขตชลประทานจะดีกว่าผู้ที่อาศัยอยู่นอกเขตชลประทาน เป็นต้น การพยายาม
ควบคุมพื้นที่น้ำท่วม หรือการเร่งระบายน้ำออกจากพื้นที่หนึ่งอาจต้องไปท่วมอีกพื้นที่หนึ่งเพราะน้ำต้องการที่อยู่ ปี
มหาอุทกภัย พ.ศ. 2554 เป็นตัวอย่างที่ชัดเจนมากเมื่อชุมชนเหนือน้ำต้องการระบายน้ำลงท้ายน้ำแต่ชุมชนที่อยู่
ท้ายน้ำไม่ยอมแล้วสร้างคันป้องกันไม่ให้น้ำไหลเข้ามาในพื้นที่ของตัวเอง ท้ายที่สุดก็เกิดเป็นความขัดแย้งระหว่าง
ชุมชน

ในบริบทด้านวิศวกรรมพื้นที่น้ำท่วมถือได้ว่าเป็นแหล่งเติมน้ำใต้ดินที่ดี (groundwater-recharge area) ใน
กรณีที่เกิดน้ำแล้ง 3 ปีล่าสุด (พ.ศ. 2557 2558 และ 2559) พบว่าน้ำใต้ดินมีบทบาทสูงมากในการบรรเทาภัยแล้ง
แต่สถานการณ์ปัจจุบันพบว่าปริมาณน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลงโดยสังเกตได้จากระดับน้ำใต้ดินจากบ่อสังเกตการณ์
และภาพข่าวในสื่อสิ่งพิมพ์ทั่วไปที่ชานนาในเขตภาคเหนือตอนล่าง (สุโขทัย พิจิตร พิษณุโลก) ต้องทรุดบ่อทุกปี (รูป
ที่ 1.1-1 การทรุดบ่อหรือขุดบ่อให้ลึกตามระดับน้ำใต้ดินลงเพื่อติดตั้งเครื่องสูบน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้)

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

ดังนั้นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่น้ำท่วมกับปริมาณน้ำใต้ดิน อาจเป็นอีกทางเลือกสำหรับการบริหารจัดการน้ำท่วมและน้ำแล้งร่วมกัน โดยมีการกำหนดช่วงเวลาและพื้นที่สำหรับรองรับน้ำท่วมที่สภาพทางอุทก-ธรณีวิทยาเอื้ออำนวยเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำใต้ดินในฤดูน้ำหลาก การดำเนินการข้างต้นนั้นปริมาณน้ำท่วม (flood volume) ที่จะหลากลงสู่ด้านท้ายน้ำจะลดลงส่งผลให้การบริหารจัดการน้ำด้านท้ายน้ำทำได้คล่องตัวขึ้นสำหรับปริมาณน้ำใต้ดินที่ถูกเติมในฤดูน้ำหลากก็สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้ในฤดูแล้ง หากสามารถดำเนินการได้ตามข้างต้นปัญหาน้ำท่วมน้ำและน้ำแล้งซึ่งมีลักษณะเฉพาะและผลกระทบที่แตกต่างกันโดยสิ้นเชิงนั้นจะสามารถบริหารจัดการร่วมกันได้ แต่จำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาทางวิชาการรองรับและความเหมาะสมเชิงพื้นที่

ก่อน



รูปที่ 1.1-1 การทรุดต่อนำบาดาลเพื่อสูบน้ำขึ้นมาใช้ประกอบการเกษตรในฤดูแล้งหรือในช่วงที่ฝนทิ้งช่วง

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง (แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน) เพื่อที่จะสามารถนำผลลัพธ์ทางวิชาการเผยแพร่และเป็นฐานข้อมูลสนับสนุนในการวางแผนและบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดและมีความต้องการน้ำเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยมีวัตถุประสงค์ย่อยได้แก่

- พัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับจำลองพื้นที่น้ำท่วมและการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง
- สร้างพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม (Flood hazard map)
- หาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดพื้นที่น้ำท่วมกับปริมาณน้ำใต้ดิน
- หาพื้นที่ศักยภาพสำหรับพัฒนาเป็นพื้นที่เติมน้ำใต้ดิน
- หาศักยภาพของการพัฒนาน้ำใต้ดิน
- เสนอข้อเสนอแนะ/ ทางเลือก สำหรับบริหารจัดการน้ำท่วมและน้ำแล้ง

1.3 เป้าหมายและขอบเขตงาน

โครงการวิจัยมีเป้าหมายในการดำเนินงานคือสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง ซึ่งเป็นพื้นที่ประสบวิกฤติน้ำท่วมและภัยแล้งอยู่เสมอ ปริมาณน้ำใต้ดินอาจเป็นทรัพยากรทางเลือกหรือเป็นแหล่งน้ำเสริมสำหรับการบริหารจัดการทั้งน้ำท่วมและภัยแล้ง ขอบเขตของการวิจัยได้อาศัยข้อมูลการตรวจวัดด้าน อุตุ-อุทกวิทยา และอุทกธรณีวิทยา ที่ได้มีการบันทึกไว้ในอดีตร่วมกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้น โดยมีขอบเขตของการทำงานในพื้นที่ศึกษาของโครงการคือ

- 1) รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล อุตุ-อุทกวิทยา และอุทกธรณีวิทยา จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา กรมทรัพยากรน้ำบาดาล ภาคเอกชน เช่น บริษัทที่ปรึกษาด้านทรัพยากรน้ำ
- 2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เมื่อโครงการศึกษาวิจัยดำเนินการแล้วเสร็จ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการ หรืออนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ เช่น กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำ ฯลฯ หรือแม้แต่นักวิชาการในสาขาที่เกี่ยวข้อง สามารถที่จะทราบคุณลักษณะต่าง ๆ ของพื้นที่ศึกษาโครงการดังนี้

- 1) ลักษณะเฉพาะด้านอุทก-ชลศาสตร์ ระหว่างน้ำผิวดิน (น้ำท่วม) และน้ำใต้ดิน

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

- 2) แนวทางการบริหารจัดการน้ำท่วมและภัยแล้งโดยอาศัยปริมาณเก็บกักชั่วคราวของน้ำบาดาล
- 3) ศักยภาพของน้ำใต้ดินสำหรับสนับสนุนกิจกรรมด้านการเกษตร (ปลูกข้าว)
- 4) มาตรการ/ แนวทางใช้น้ำใต้ดินอย่างยั่งยืน



บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ประเทศไทยตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีมรสุมพัดผ่านทุกปีในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม มรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะพัดปกคลุมประเทศไทยซึ่งก่อให้เกิดฝนตกโดยเฉลี่ยพบว่ามปริมาณน้ำฝนแปรผันประมาณ 1,375 ถึง 1,455 มม./ปี กว่าร้อยละ 80 ของปริมาณฝนทั้งปีจะตกในฤดูฝน (คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, 2558) สำหรับพื้นที่ศึกษาของโครงการ (ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง) พบว่ามีฝนตกชุกที่สุดในช่วงเดือนสิงหาคมถึงกันยายน ทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวมักเกิดน้ำล้นตลิ่งเข้าท่วมพื้นที่อยู่อาศัยและพื้นที่เกษตรกรรมอยู่เสมอ

Hungspreug และคณะ (2000), Prajamwong และ Supparatarn (2009), Pavelic และคณะ (2012) เป็นต้นได้ชี้ให้เห็นว่าการเกิดน้ำท่วมในบริเวณจากภาคเหนือตอนล่างลงมาตามแม่น้ำเจ้าพระยาจนกระทั่งไหลออกสู่ทะเลไม่ใช่เรื่องผิดปกติแต่อย่างใด ซึ่งจากสถิติการวิเคราะห์พบว่าจะเกิดน้ำท่วมที่ส่งผลกระทบต่อเป็นบริเวณกว้าง 1 ครั้งในทุก ๆ 4 ปี (Pavelic และคณะ, 2012) เหตุการณ์ล่าสุดเช่น ปี พ.ศ. 2549, 2552 และ 2554 กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (2554) ได้สรุปข้อมูลความเสียหายจากอุทกภัยในช่วงปี พ.ศ. 2532 ถึง พ.ศ. 2554 มีมูลค่าความเสียหายรวมกันทั้งสิ้นประมาณ 248,838 ล้านบาท หลังจากเหตุการณ์น้ำท่วมผ่านไปหลายพื้นที่มักประสบกับภัยแล้ง โดยเฉพาะพื้นที่ที่ห่างไกลจากแม่น้ำและอยู่นอกเขตพื้นที่ชลประทาน พื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนล่างถือได้ว่าเป็นพื้นที่ที่ประสบกับปัญหาอุทกภัยและภัยแล้งเกือบทุกปี (รูปที่ 2.1-1) วงจรของปัญหาน้ำจะเกิดซ้ำ ๆ อย่างนี้เรื่อยไปหากไม่มีมาตรการหรือแนวทางใหม่ในการแก้ปัญหาหรือบริหารจัดการ



รูปที่ 2.1-1 แม่น้ำยมล้นตลิ่ง กันยายน 2557 จ.สุโขทัย (ซ้าย) ที่บริเวณใกล้เคียงกัน เมษายน 2558 ไม่มีน้ำ (ขวา)

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

จากผลการศึกษาของ Molle (2002) และ Pattanee (2006) ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาได้แสดงให้เห็นถึงความต้องการน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นทุกภาคส่วน และเมื่อคำนวณอัตราส่วนระหว่างการใช้น้ำต่อปริมาณน้ำท่าพบว่ามีค่าค่อนข้างสูง (Pratoomchai และคณะ 2015a) โดยทั่วไปอัตราส่วนนี้ถ้าเกิน 0.4 (Oki และคณะ, 2001) จะถือว่าพื้นที่นั้นเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำและอาจก่อให้เกิดความขัดแย้งระหว่างชุมชนตามมา

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2554 และ 2555) และ วจี และ สมชัย (2541) ได้ประเมินศักยภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบนและทั่วทั้งประเทศไทย พบว่าเป็นทรัพยากรที่มีศักยภาพสามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้อีกมาก อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำใต้ดินและสำรวจภาคสนามในพื้นที่ชลประทานน้ำบาดาล จ.

สุโขทัย พบว่าระดับน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ บางบ่อสูบไม่สามารถสูบได้เนื่องจากระดับน้ำลึกเกินกว่าระดับทำการของเครื่องสูบน้ำ (Pratoomchai และคณะ 2015b) ในขณะที่อัตราการเติมน้ำสู่ชั้นน้ำบาดาลจากน้ำฝนโดยเฉลี่ยมีค่าประมาณร้อยละ 9.3 ของปริมาณน้ำฝน (Pratoomchai และคณะ 2015a) Pavelic และคณะ (2012) เสนอว่าเพื่อให้เกิดความมั่นคงของการใช้น้ำใต้ดินและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เช่น แผ่นดินทรุดตัว ฯลฯ ควรต้องมีระบบเติมน้ำบาดาล อาทิเช่นบ่อเติมน้ำบาดาลเทียม (artificial groundwater recharge pond) เป็นต้น แต่ด้วยสภาพภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษาเป็นที่ราบรองรับน้ำหลากจากเทือกเขาและการระบายน้ำลงสู่ลุ่มน้ำตอนล่างผ่าน จ.นครสวรรค์ก็ทำได้ด้วยขีดจำกัดเพราะเป็นช่องแคบรวมทั้งความจำเป็นที่ต้องจำกัดปริมาณการระบายน้ำสู่ลุ่มน้ำด้านล่างโดยเขื่อนเจ้าพระยา จึงทำให้เกิดเป็นพื้นที่น้ำท่วมซึ่งเป็นบริเวณกว้าง (Prajamwong และ Supparatarn (2009) และ ชูเกียรติ (2557)) จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงปี พ.ศ. 2548 ถึง พ.ศ. 2555 และวิเคราะห์โดย GISTDA (<http://flood.gistda.or.th/>) พบว่าบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่างมีพื้นที่น้ำท่วมขังประมาณ 1,455 ตร.กม. ถึง 9,490 ตร.กม. ในฤดูน้ำหลาก

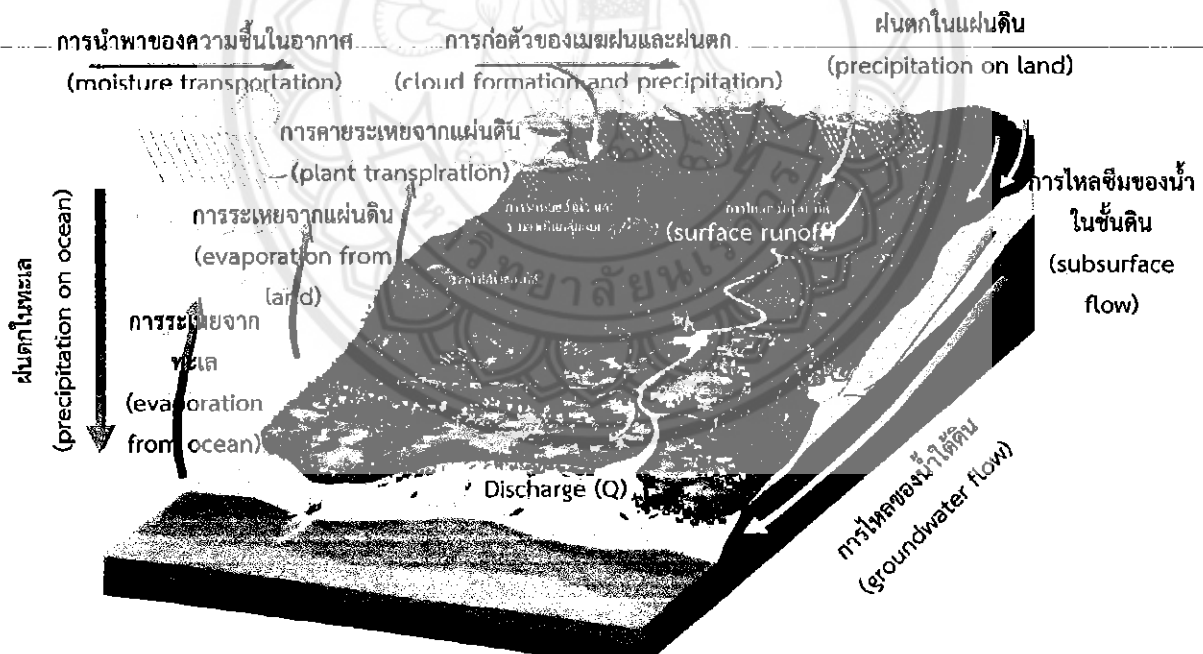
Kazama และคณะ (2007, 2009) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของพื้นที่น้ำท่วมกับปริมาณน้ำใต้ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงตอนล่างของประเทศกัมพูชา พบว่าอัตราการเติมน้ำสู่ชั้นน้ำใต้ดินจากพื้นที่น้ำท่วมมีความสำคัญมาก และปริมาณการเติมน้ำดังกล่าวจะไหลออกสู่แม่น้ำโขงในฤดูแล้งเพื่อหล่อเลี้ยงระบบนิเวศน์ และเกษตรกรที่อยู่ห่างไกลจากแม่น้ำสามารถสูบน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้งานได้ ถึงแม้ว่าการควบคุมพื้นที่น้ำท่วมมีความจำเป็นแต่ก็ควรคำนึงถึงผลกระทบต่อระบบอื่น ๆ เช่น การลดลงของปริมาณน้ำใต้ดินประกอบด้วย

ดังนั้นการศึกษานี้จะช่วยให้เข้าใจลักษณะเฉพาะของความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่น้ำท่วม-ระยะเวลา-ปริมาณน้ำใต้ดิน และการควบคุมพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาจะมีผลกระทบต่อปริมาณน้ำใต้ดินขนาดไหน สำหรับพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลจากแม่น้ำและอยู่นอกเขตชลประทานจะมีศักยภาพในการพัฒนาน้ำใต้ดินหรือไม่ และควรจะมีมาตรการใดที่จะช่วยให้การใช้น้ำใต้ดินมีความยั่งยืน การศึกษาด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์จะช่วยให้ย่นระยะเวลาให้เข้าใจพฤติกรรมทางด้านกายภาพและข้อจำกัดของพื้นที่น้ำท่วมและปริมาณน้ำใต้ดินได้เร็วขึ้น

2.2 ทฤษฎีและสมมติฐานของการศึกษา

สามารถที่จะกล่าวได้ว่าน้ำคือชีวิต สิ่งมีชีวิตทุกชนิดจะไม่สามารถดำรงความเป็นอยู่ได้หากปราศจากน้ำ ดังนั้นน้ำจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งต่อกระบวนการพื้นฐาน เช่น การเกิด การพัฒนาหรือการเจริญเติบโต และท้ายที่สุดคือการตาย ในอดีตที่ผ่านมามีการตั้งถิ่นฐานของเมืองขนาดใหญ่มักอยู่ติดอยู่กับแหล่งน้ำทั้งนี้ก็เพื่อจะสามารถนำน้ำมาประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างสะดวก นอกจากนั้นยังอาศัยน้ำเป็นเส้นทางคมนาคมและขนส่งสินค้า ยิ่งกว่านั้นน้ำจะกลายเป็นกำแพงธรรมชาติสำหรับป้องกันอิศัตรุที่อาจมารุกรานเมืองของตนได้

เมื่อชุมชนหรือเมืองมีขนาดใหญ่ขึ้น ประชากรเพิ่มขึ้น สิ่งที่มาอย่างแน่นอนคือความต้องการน้ำเพิ่มสูงขึ้น ในอดีตความต้องการน้ำอาจจำกัดอยู่เพียงเพื่อการอุปโภค-บริโภค และการเกษตร ต่อมาเป็นการอุตสาหกรรม และยังมีการตัดขวางน้ำเพื่อการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมมากยิ่งขึ้นก่อให้เกิดผลเสียหรือน้ำเสียซึ่งเป็นผลลัพธ์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกิจกรรมการผลิตนั้น ๆ เมื่อน้ำกลายเป็นสิ่งจำเป็นและเริ่มหายากขึ้นเรื่อย ๆ น้ำจะกลายเป็นทรัพยากร หรือ Resource ที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นจึงเริ่มมีการคิดมูลค่าของน้ำ



รูปที่ 2.2-1 วัฏจักรของน้ำในระบบอุทกวิทยา

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเข้าใจกระบวนการพื้นฐานของน้ำ (การเกิด การเคลื่อนที่ การเก็บกัก และการกระจาย) ทั้งนี้ก็เพื่อที่จะสามารถนำทรัพยากรน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด น้ำมีการเคลื่อนที่โดยอิสระ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำในชั้นบรรยากาศไม่สามารถควบคุมได้ ความรู้ความเข้าใจในกระบวนการพื้นฐานจะทำให้สามารถบริหารจัดการน้ำเพื่อบรรเทาผลกระทบจากการผันแปรของน้ำซึ่งมีอยู่ไม่เท่ากันในแต่ละพื้นที่ นับตั้งแต่การปฏิวัติอุตสาหกรรมราว ๆ ปี ค.ศ. 1950 เป็นต้นมา จากการตรวจวัดข้อมูล เช่น น้ำฝน พบว่ามีความผันแปรทั้งในเชิงปริมาณและเชิงพื้นที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมต่าง ๆ เป็นอีกหนึ่งตัวแปรที่ยอมรับกันว่ามีส่วนต่อการเปลี่ยนแปลงต่อตัวแปรทางอุทกวิทยา หรือสามารถที่จะกล่าวได้ว่านอกจากธรรมชาติแล้ว ปัจจุบันมนุษย์ก็มีส่วนที่ทำให้การเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรน้ำผันแปรมากขึ้น ซึ่งยังผลให้เกิดการบริหารจัดการยากขึ้น

วัฏจักรของน้ำ (Water cycle หรือ Hydrological cycle) คือการหมุนเวียนของน้ำในระบบ (System) ซึ่งอาจจะเป็นขอบเขตใด ๆ เช่น ลุ่มน้ำ ประเทศ หรือแม้แต่บนโลก โดยจากชื่อเรียกก็เห็นได้ชัดอยู่แล้วว่าไม่มีจุดเริ่มต้นหรือจุดสิ้นสุดของกระบวนการหมุนเวียน วัฏจักรของน้ำถือว่าเป็นกระบวนการทางกายภาพที่มีความซับซ้อนมาก แต่ก็สามารถที่จะจำลองกระบวนการต่าง ๆ ให้ง่ายขึ้นได้ดังแสดงในรูปที่ 2.2-1

สำหรับประเทศไทย (รูปที่ 2.2-2) พบว่ามีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีอยู่ที่ 1,455 มม. ซึ่งสามารถคิดเป็นปริมาณน้ำที่เกิดจากน้ำฝนได้เท่ากับ 747,881 ล้าน ลบ.ม. ในจำนวนนี้ประมาณ 359,845 ล้าน ลบ.ม. (ร้อยละ 48 ของปริมาณน้ำฝน) คายระเหยกลับสู่ชั้นบรรยากาศ ส่วนอีก 285,227 และ 102,809 ล้าน ลบ.ม. กลายเป็นน้ำท่าผิวดินและซึมลงใต้ดินตามลำดับ จากตัวเลขข้างต้นพบว่าประเทศไทยอุดมสมบูรณ์ไปด้วยน้ำท่า แต่ปริมาณเก็บกัก (อ่างเก็บน้ำ) ทั้งหมดของประเทศสามารถรองรับได้เพียง 97,140 ล้าน ลบ.ม. หรือคิดเป็นเพียงร้อยละ 34 ของปริมาณน้ำท่าผิวดินโดยเฉลี่ยเท่านั้น สำหรับการใช้น้ำในประเทศโดยส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 70 เป็นการใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรม ทั้งนี้พบว่ามีพื้นที่เกษตรกรรมทั้งประเทศอยู่ประมาณ 149 ล้าน ไร่ ในจำนวนนี้มีเพียง 30.2 ล้าน ไร่ เท่านั้นที่อยู่ในเขตชลประทาน ส่วนที่เหลือเป็นพื้นที่เกษตรน้ำฝน บางพื้นที่ที่อยู่ในเขตที่ศักยภาพน้ำบาดาลเหมาะสมจะมีการสูบน้ำบาดาลขึ้นเสริมในกรณีที่น้ำผิวดินไม่เพียงพอ (ฝนขาดแคลน) โดยจากข้อมูลพบว่าการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้โดยเฉลี่ยมากถึง 3,500 ล้าน ลบ.ม. ทั้งนี้การสูบน้ำบาดาลมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี

สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง (พื้นที่ศึกษาของโครงการ) เป็นหนึ่งในพื้นที่ที่มีศักยภาพของน้ำบาดาลสูงพื้นที่หนึ่งในประเทศ การใช้น้ำบาดาลส่วนใหญ่เพื่อการเกษตรกรรมทั้งในพื้นที่เขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน นอกจากนั้นพบว่าสถานการณ์ใช้น้ำบาดาลในพื้นที่เริ่มเกินศักยภาพ (ปริมาณการสูบขึ้นมาใช้เกินปริมาณการเติมกลับ) ซึ่งสังเกตได้จากการลดลงของระดับน้ำบาดาลอย่างต่อเนื่องประมาณปีละ 25 ซม. ดังนั้นการศึกษาความปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจมีผลต่อปริมาณน้ำบาดาลจึงมีความจำเป็นเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจสำหรับการใช้ทรัพยากรน้ำในพื้นที่ให้มีความยั่งยืนต่อไป



รูปที่ 2.2-2 วัฏจักรของน้ำในประเทศไทย (ที่มา: แผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, 2558)

2.2.1 แบบจำลองคณิตศาสตร์

การศึกษานี้จะพัฒนาและปรับแก้แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับคำนวณพลศาสตร์ของแม่น้ำ (hydrodynamics of river network) พื้นที่น้ำท่วมถึง (floodplain) และปริมาณน้ำใต้ดิน (groundwater storage) ที่เสนอโดย Kazama และคณะ (2007, 2009) ที่มีสมการการคำนวณย่อยของแบบจำลองต่าง ๆ ได้แก่

ก) แบบจำลองพลศาสตร์ของแม่น้ำ (1-D Saint Venance equation) ซึ่งเป็นแบบจำลองสำหรับคำนวณอัตราการไหลและระดับน้ำ ณ จุดต่าง ๆ ของลำน้ำในพื้นที่ศึกษา โดยมีสมการควบคุมดังนี้

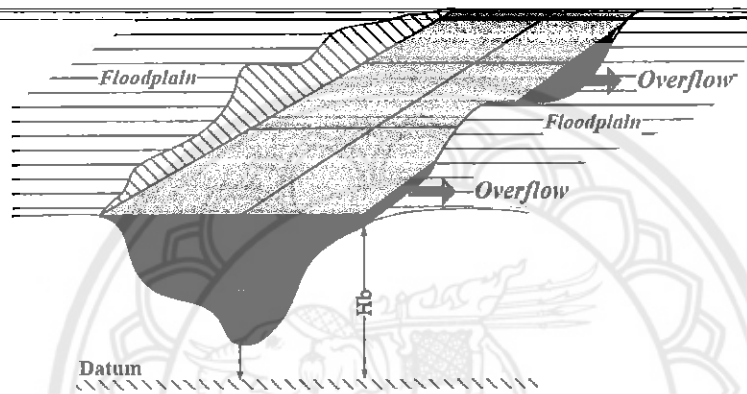
$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q = 0 \quad (2.1)$$

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

$$\frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{2g} \frac{\partial v^2}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 |M| v}{h^{4/3}} = 0 \quad (2.2)$$

ในสมการที่ (1) และ (2) A คือหน้าตัดการไหล (ม.²) Q คืออัตราการไหล (ม.³/วินาที) q คืออัตราการไหลเสริมด้านข้าง หรือ side flow (ม.³/วินาที/ม.) h คือความลึกของการไหล (ม.) v คือความเร็วของการไหล (ม./วินาที) H คือระดับเส้นลาดชลศาสตร์ (ม./ม.) g คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (ม/วินาที²) และ n คือค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของ Manning



รูปที่ 2.2.1-1 การไหลล้นตลิ่งเข้าสู่พื้นที่ลุ่มน้ำท่วม (Floodplain)

ข) แบบจำลองน้ำท่วม (2-D Flood inundation model) ในส่วนนี้จะเป็นการคำนวณการไหลหลากของน้ำท่วมบนพื้นที่น้ำท่วมถึง โดยมีสมการควบคุมอยู่ 2 ชุด ได้แก่สมการความต่อเนื่อง (สมการที่ 2.3) สำหรับคำนวณระดับความลึกของน้ำท่วม และสมการโมเมนตัมในทิศทาง x และ y (สมการที่ 2.4 และ 2.5) สำหรับคำนวณ discharge (flux) ต่อหน่วยความกว้างของการไหลในทิศทาง x และ y ตามลำดับ

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (2.3)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - gn^2 \frac{M \sqrt{M^2 + N^2}}{h^{7/3}} \quad (2.4)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - gn^2 \frac{N \sqrt{M^2 + N^2}}{h^{7/3}} \quad (2.5)$$

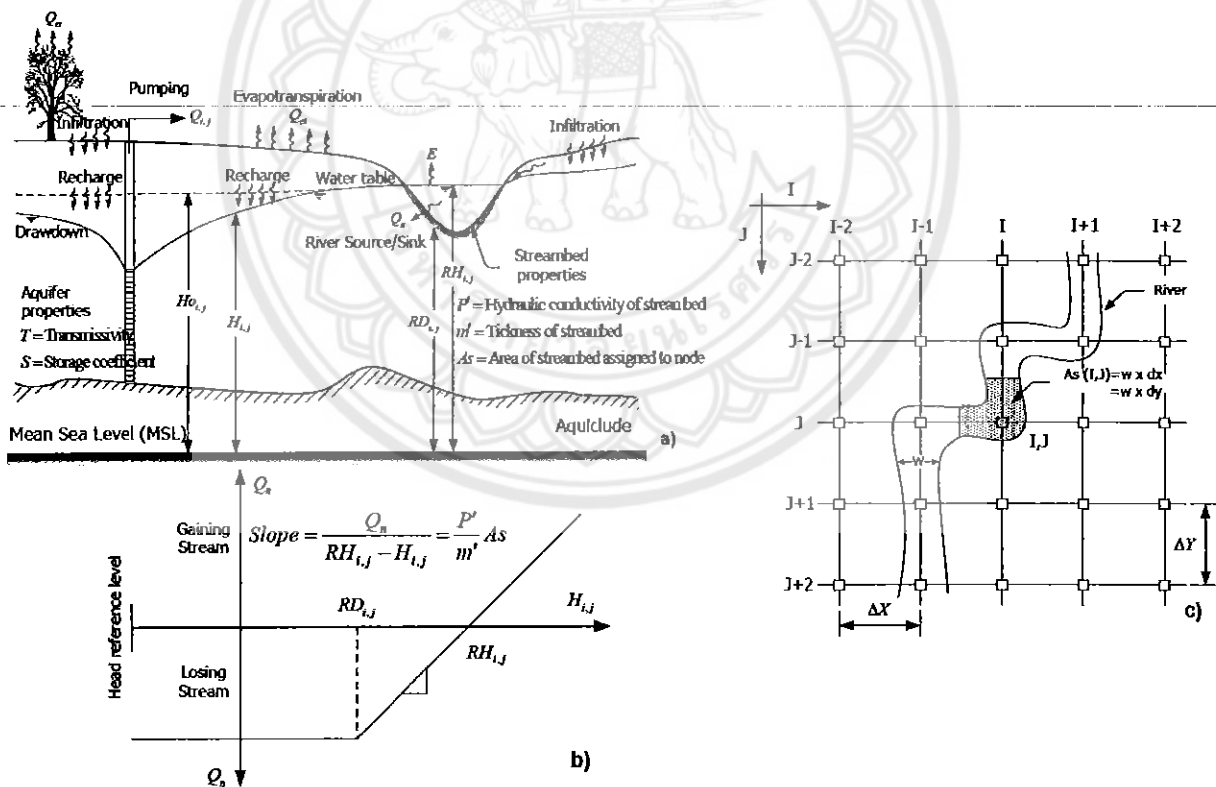
รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

ในสมการที่ (2.4) และ (2.5) M และ N คือ discharge (flux) ต่อหนึ่งหน่วยความกว้างของการไหลในทิศทาง x และ y ตามลำดับจะเห็นได้ว่าได้ตัดเทอมไม่เชิงเส้นออก ทั้งนี้ก็เพื่อให้การหาผลเฉลยของสมการทำได้ง่ายขึ้น แต่ผลลัพธ์ของการคำนวณก็ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เนื่องจากลักษณะทางกายภาพหรือพฤติกรรมของน้ำท่วมในบริเวณพื้นที่ที่ศึกษาค่อนข้างง่าย แผ่นดินหลังจากลำน้ำออกไป (Kazama และคณะ (2009)) ส่วนการไหลล้นตลิ่งของแม่น้ำกับพื้นที่ข้างเคียง ($Q_{overflow}$) จะประยุกต์ใช้สมการผายดังแสดงในสมการที่ (2.6) และรูปที่ 2.2.1-1

$$Q_{overflow} = C \times L \times H_0 \times \sqrt{2gH_0} \quad (2.6)$$

เมื่อ C คือสัมประสิทธิ์ของการไหลล้น L คือความกว้างของการไหลล้น และ H_0 คือระดับความแตกต่างระหว่างระดับน้ำในแม่น้ำกับระดับของตลิ่ง ($H_a - H_b$)



รูปที่ 2.2.1-2 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างแม่น้ำกับน้ำใต้ดิน (a) การแลกเปลี่ยนอัตราการไหลระหว่างแม่น้ำกับน้ำใต้ดิน (b) และ Node การคำนวณของแม่น้ำในแบบจำลองคณิตศาสตร์ (c): ดัดแปลงจาก Prickett และ Lonquist (1971)

ค) แบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน (Groundwater flow model) จากรูปที่ 2.2.1-2 ได้แสดงความสัมพันธ์ของน้ำผิวดิน (แม่น้ำและอัตราการเติมน้ำจากการซึมที่บริเวณอื่น ๆ) โดยการอัตราการซึมที่ก่อให้เกิด groundwater recharge จากพื้นที่น้ำท่วมจะขึ้นอยู่กับ ค่า hydraulic conductivity และความลึกน้ำท่วม ณ จุดใด ๆ (แต่ละกริด) ส่วนการแลกเปลี่ยนน้ำระหว่างแม่น้ำกับน้ำใต้ดินจะประเมินได้จากสมการที่ (2.7)

$$Q_n = \left(\frac{P'}{m'} \right) \times \Delta h \times A_s \quad (2.7)$$

โดยที่ Q_n คืออัตราการแลกเปลี่ยนระหว่างน้ำในแม่น้ำกับน้ำใต้ดิน P' คือค่า hydraulic conductivity ของท้องน้ำ m' คือความหนาของชั้นตะกอนท้องน้ำ Δh คือค่าความแตกต่างของระดับน้ำในแม่น้ำและระดับน้ำใต้ดิน ณ จุด (node) ของการคำนวณ และ A_s คือพื้นที่ของการซึมจากแม่น้ำ (รูปที่ 2.2.1-2c) ส่วนการไหลของน้ำใต้ดินในชั้นดินอุ้มน้ำ (Aquifer) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.8)

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) = s \left(\frac{\partial h}{\partial t} \right) + Q_i + Q_n \quad (2.8)$$

เมื่อ T_x และ T_y คือสัมประสิทธิ์ Transmissivity ในทิศทางกริดไหล x และ y ตามลำดับ S คือค่าสัมประสิทธิ์การเก็บของชั้นดินอุ้มน้ำ h คือระดับของน้ำใต้ดิน Q_i คือ groundwater recharge จากพื้นที่น้ำท่วม และ Q_n คืออัตราการแลกเปลี่ยนระหว่างน้ำในแม่น้ำกับน้ำใต้ดิน

โดยสมการควบคุมทั้งหมดที่แสดงข้างต้นจะถูกนำมาเขียนเป็น Code ด้วยภาษา Fortran (G-Fortran ในระบบปฏิบัติการ Unix) และหาคำตอบด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Numerical Finite Difference Method) ร่วมกับโปรแกรม ArcGIS และ MS Excel สำหรับแสดงผลในเชิงพื้นที่และกราฟ

2.2.2 สมมติฐานของการวิจัย

การจำลองสภาพธรรมชาติโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์นั้นถือว่าเป็นความท้าทายต่อการวิจัย และเป็นไปได้อย่างที่จำลองให้ได้เหมือนกับสภาพจริง เนื่องจากความซับซ้อนทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา ชุดสมการควบคุมที่ต้องประยุกต์ใช้ เทคนิคการหาผลเฉลยของชุดสมการ รวมถึงทรัพยากรและระยะเวลาการคำนวณของเครื่องคอมพิวเตอร์ ตลอดจนข้อมูลนำเข้าให้กับแบบจำลองที่มีอยู่อย่างจำกัด ด้วยเหตุนี้จึงต้องตั้งสมมติฐานเพื่อให้ได้ชุด

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

สมการที่ง่ายขึ้นและการหาคำตอบของสมการไม่ซับซ้อนมากนัก อย่างไรก็ตามการปรับเทียบและสอบทานแบบจำลองกับผลการตรวจวัดจริงที่มีอยู่ในพื้นที่จะสามารถบ่งชี้ถึงระดับความน่าเชื่อถือของแบบจำลองได้ โดยจะมีการทดสอบและมีสมมติฐานของการศึกษาต่าง ๆ ดังนี้

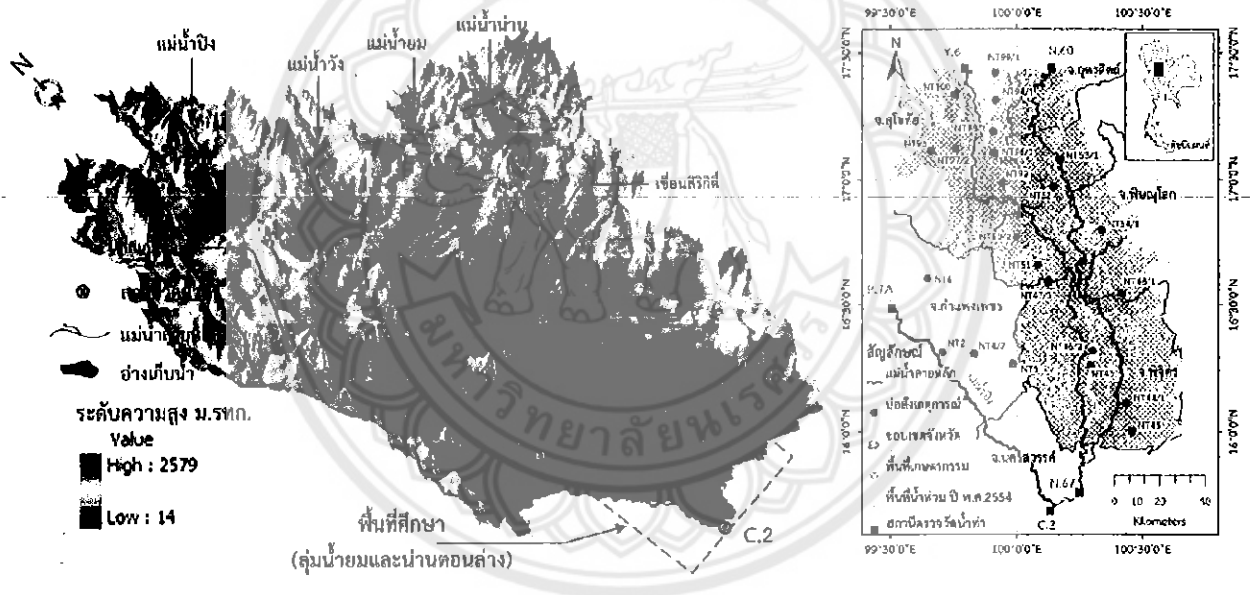
- ข้อมูลอนุกรมเวลา (time series) ของระดับน้ำในแม่น้ำระหว่างค่าตรวจวัดกับจากแบบจำลองจะถูกประเมินด้วยค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of determination) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน
- เนื่องจากข้อมูลการตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินมักมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นการที่จะเอาข้อมูลอนุกรมเวลาจากบ่อสังเกตการณ์มาเทียบกับผลลัพธ์จากแบบจำลองอาจไม่เหมาะสม ฉะนั้นจึงจะประเมินความน่าเชื่อถือของแบบจำลองกับข้อมูลการตรวจวัดในเชิงพื้นที่และใช้ค่า Root Mean Square Error (RMSE) เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง
- ขนาดของพื้นที่น้ำท่วมจะเปรียบเทียบกับภาพถ่ายดาวเทียม และอาจเปรียบเทียบเฉพาะขนาดพื้นที่น้ำท่วมสูงสุดของแต่ละเหตุการณ์ เช่น พื้นที่น้ำท่วมสูงสุดของปี พ.ศ. 2554 จากภาพถ่ายดาวเทียมกับขนาดน้ำท่วมสูงสุดที่ได้จากแบบจำลอง
- การศึกษาจะครอบคลุมน้ำท่วมขนาดเล็ก กลาง และขนาดใหญ่ โดยพิจารณาจากขนาดของกราฟน้ำท่า (hydrograph) ที่หลากเข้ามาในพื้นที่ศึกษา และเป็นปีหรือเหตุการณ์ที่มีข้อมูลการตรวจวัดน้ำใต้ดินเพื่อที่จะสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ได้
- ใช้ข้อมูลภูมิประเทศ (DEM) จาก <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp> (SRTM Data) หรือข้อมูลจากแหล่งอื่น ๆ ที่สามารถหาได้
- ชั้นน้ำใต้ดินจำเป็นเป็นแบบไม่มีความดัน 1 ชั้น (Single unconfined aquifer) เนื่องจากเป็นการศึกษาปฏิสัมพันธ์ของน้ำใต้ดินระดับตื้น (Shallow groundwater)

บทที่ 3

พื้นที่ศึกษาและอุทกธรณีวิทยา

3.1 พื้นที่ศึกษา (ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง)

พื้นที่ศึกษาของโครงการในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่างมีพื้นที่รวมทั้งสิ้นประมาณ 23,800 ตร.กม. ซึ่งตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15° 42' เหนือถึงเส้นรุ้งที่ 17° 27' เหนือ และระหว่างเส้นแวงที่ 99° 31' ตะวันออก ถึงเส้นแวงที่ 100° 39' ตะวันออก ดังแสดงได้ดังรูปที่ 3.1-1 (ในกรอบเส้นประรูปซ้าย และรายละเอียดของสถานีวัดน้ำท่าที่เป็นเงื่อนไขขอบเขตของพื้นที่ศึกษาในรูปด้านขวา)



รูปที่ 3.1-1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาของโครงการ

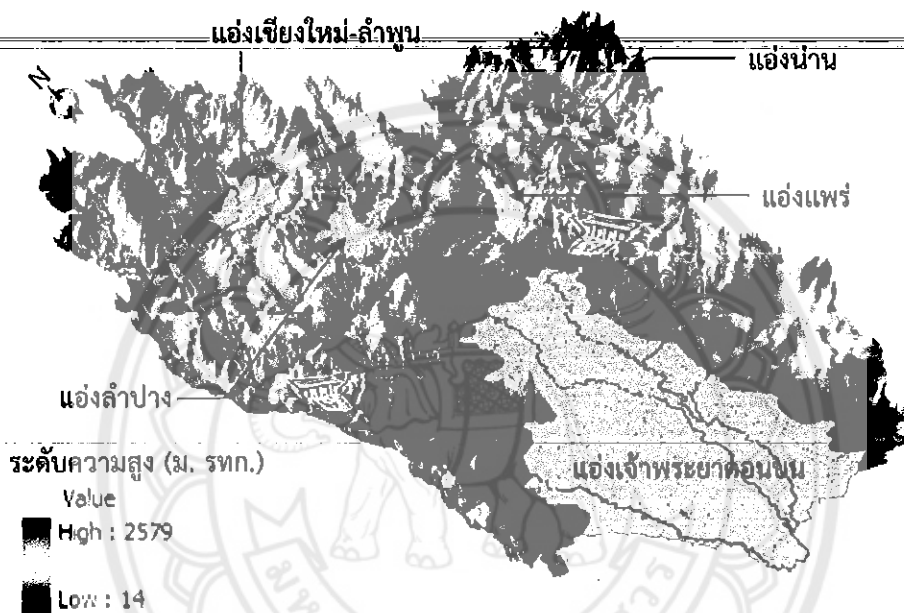
จากรูปที่ 3.1-1 พบว่าพื้นที่ศึกษาพบว่าทิศเหนือติดกับ จ.สุโขทัย และ จ.อุตรดิตถ์ (ลุ่มน้ำยม และลุ่มน้ำน่าน) ทิศใต้ติดกับ จ. นครสวรรค์ (ลุ่มน้ำปิง) ทิศตะวันตกอยู่ในขอบเขตของลุ่มน้ำปิง และทิศตะวันออกอยู่ในลุ่มน้ำน่าน หรือครอบคลุมเขตการปกครองประมาณ 6 จังหวัด ได้แก่ สุโขทัย พิษณุโลก อุตรดิตถ์ พิจิตร กำแพงเพชร และ นครสวรรค์ และเมื่อพิจารณาโดยใช้สถานีตรวจวัดน้ำท่า (ขอบเขตการศึกษาด้านอุทกวิทยาเป็นเกณฑ์) พบว่าด้านทิศเหนือมีสถานี Y.6 (แม่น้ำยม) และ N.60 (แม่น้ำน่าน) เป็นขอบเขตด้านบน ด้านทิศใต้มีสถานี C.2 ซึ่งเป็นจุดบรรจบระหว่างแม่น้ำน่านและแม่น้ำปิงเป็นขอบเขตด้านล่าง ด้านทิศตะวันตกมีสถานี P.7A (แม่น้ำปิง) เป็น

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

ขอบเขต ส่วนด้านทิศตะวันออกไม่มีสถานีวัดน้ำหลักเป็นขอบเขตเนื่องจากเป็นแนวเทือกเขา (No flow boundary)

โดยขอบเขตที่ได้อธิบายในข้างต้นคือขอบเขตของกลุ่มน้ำผิวดิน (ประเทศไทยแบ่งออกเป็น 25 ลุ่มน้ำหลัก) แต่ถ้าพิจารณาโดยอาศัยข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลซึ่งแบ่งแอ่งน้ำบาดาลหรือน้ำใต้ดินออกเป็น 27 แอ่งทั่วประเทศแล้ว พบว่าพื้นที่ศึกษาของโครงการอยู่ในบริเวณแอ่งน้ำใต้ดินเจ้าพระยาตอนบน ดังแสดงในรูปที่ 3.1-2



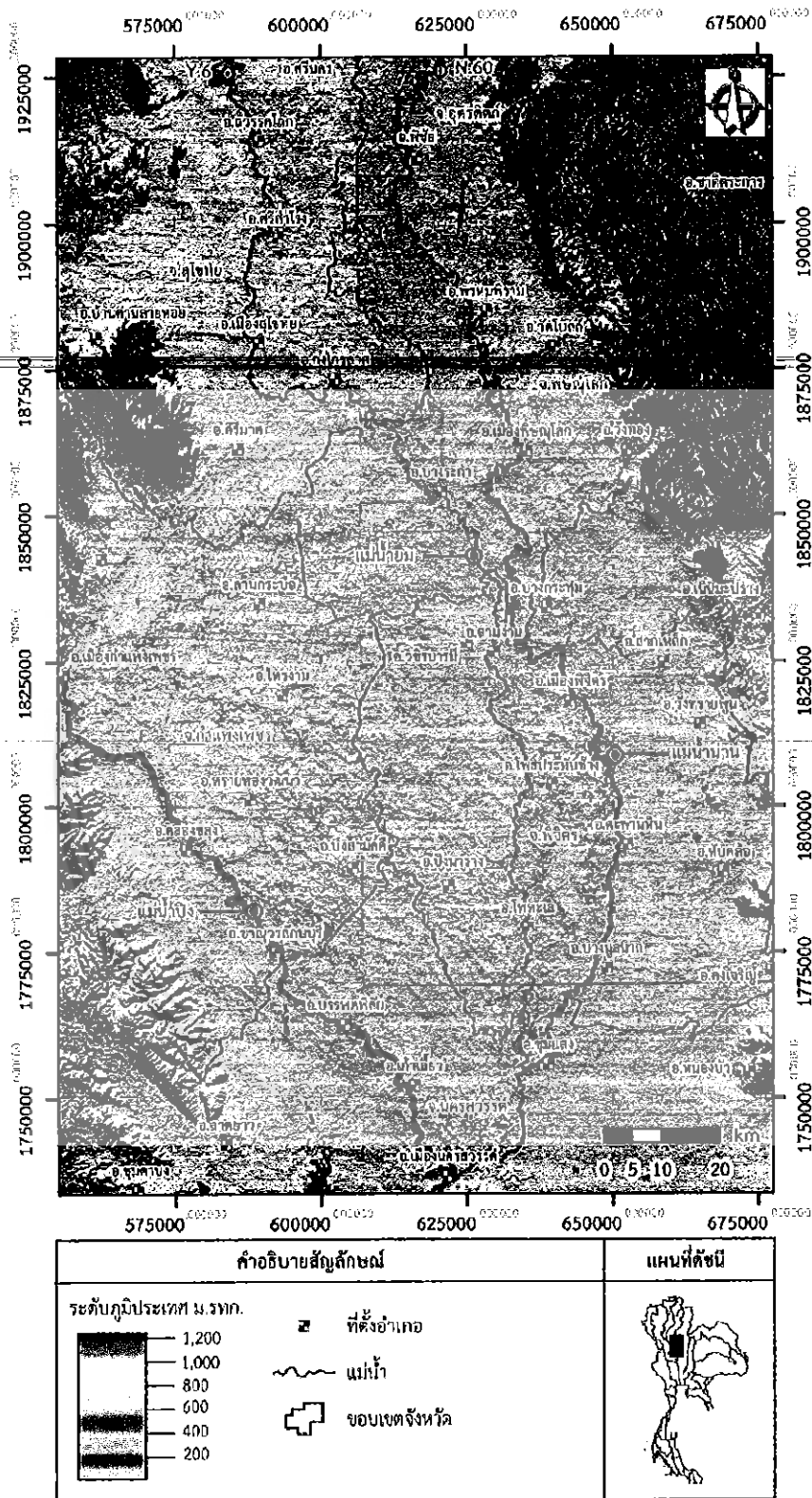
รูปที่ 3.1-2 แอ่งน้ำใต้ดินต่าง ๆ ในเขตภาคเหนือของประเทศไทย

3.2 สภาพภูมิประเทศ

พื้นที่ศึกษาของโครงการส่วนใหญ่อยู่ในลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่างแต่มีบางส่วนอยู่ในลุ่มน้ำปิง (บริเวณจังหวัดกำแพงเพชร และนครสวรรค์) ดังแสดงในรูปที่ 3.2-1 สำหรับลุ่มน้ำยมมีแม่น้ำยมเป็นแม่น้ำสายหลักและถือได้ว่าเป็นแม่น้ำสายหลักของประเทศที่ยังไม่มีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ (ความจุมากกว่า 100 ล้าน ลบ.ม.) ในลุ่มน้ำ แม่น้ำยมมีต้นกำเนิดจากตอยขุนยวมในทิวเขาผีปันน้ำ อยู่ในเขตอำเภอปงและอำเภอเชียงม่วน จังหวัดพะเยา ไหลผ่านหุบเขาที่มีความลาดชันมากโดยมีความลาดชันลำน้ำ ประมาณ 1:700 และมีระดับความสูงที่ 180-360 ม. รทก. มีที่ราบแคบ ๆ ริมแม่น้ำเป็นบางตอนก่อนไหลเข้าสู่เขตจังหวัดแพร่ จากนั้นจะไหลออกสู่ที่ราบผืนใหญ่ ผ่านอำเภอสอง อำเภอสูงเม่น อำเภอเด่นชัย จากนั้นจะไหลเข้าหุบเขาทางทิศตะวันตก ผ่านอำเภอลอง อำเภอวังชิ้น แล้วไหลลงทางใต้เข้าสู่ที่ราบบริเวณเขตอำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย ในช่วงนี้แม่น้ำยมจะไหลคู่ขนานกันกับแม่น้ำน่าน

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง



รูปที่ 3.2-1 สภาพภูมิประเทศบริเวณพื้นที่ศึกษาโครงการ

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

และเริ่มมีความลาดชันลดลง โดยมีความลาดชันลำน้ำประมาณ 1:2,300 ระดับความสูงของพื้นที่ริมฝั่งแม่น้ำอยู่ที่ระดับ 50-180 ม.รทก. จากนั้นจะไหลผ่านอำเภอสวรรคโลก อำเภอศรีสำโรง อำเภอกงไกรลาศ และไหลผ่านอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลกเข้าสู่อำเภอสว่างงาม จังหวัดพิจิตร ผ่านอำเภอโพทะเล จนเข้าเขตจังหวัดนครสวรรค์ แล้วไหลมาบรรจบกับแม่น้ำน่านบริเวณอำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ โดยมีความลาดชันลำน้ำต่ำประมาณ 1:5,000 ถึง 1:35,000 มีระดับความสูงของพื้นที่อยู่ระหว่าง 20-50 ม.รทก. รวมความยาวตลอดลำน้ำประมาณ 735 กม. (ประมาณ 335 กม. ในพื้นที่ศึกษาของโครงการ)

สำหรับลุ่มน้ำน่าน จัดได้ว่าเป็นลุ่มน้ำหลักที่สำคัญในภาคเหนือของประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่รับน้ำฝนประมาณ 34,139 ตร.กม. มีต้นกำเนิดบริเวณอำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน ความลาดชันของแม่น้ำบริเวณจังหวัดน่านนั้นลาดชันเหมือนกับแม่น้ำยม จนกระทั่งเริ่มเข้าสู่เขตจังหวัดอุตรดิตถ์ความลาดชันของแม่น้ำค่อย ๆ ลดลงและบริเวณอำเภอท่าปลาได้มีการก่อสร้างเขื่อนสิริกิติ์ (พ.ศ. 2511) ซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และเป็นเขื่อนอเนกประสงค์กั้นลำน้ำ จากนั้นแม่น้ำน่านไหลเข้าสู่จังหวัดพิษณุโลก พิจิตร นครสวรรค์ โดยมีแม่น้ำยมไหลมาบรรจบกับแม่น้ำน่านที่บ้านเกยชัย อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ แล้วท้ายที่สุดแม่น้ำน่านก็ไหลไปบรรจบกับแม่น้ำปิงบริเวณปากน้ำโพและกลายเป็นต้นน้ำเจ้าพระยาก่อนที่จะไหลลงสู่ภาคกลางต่อไป

3.3 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

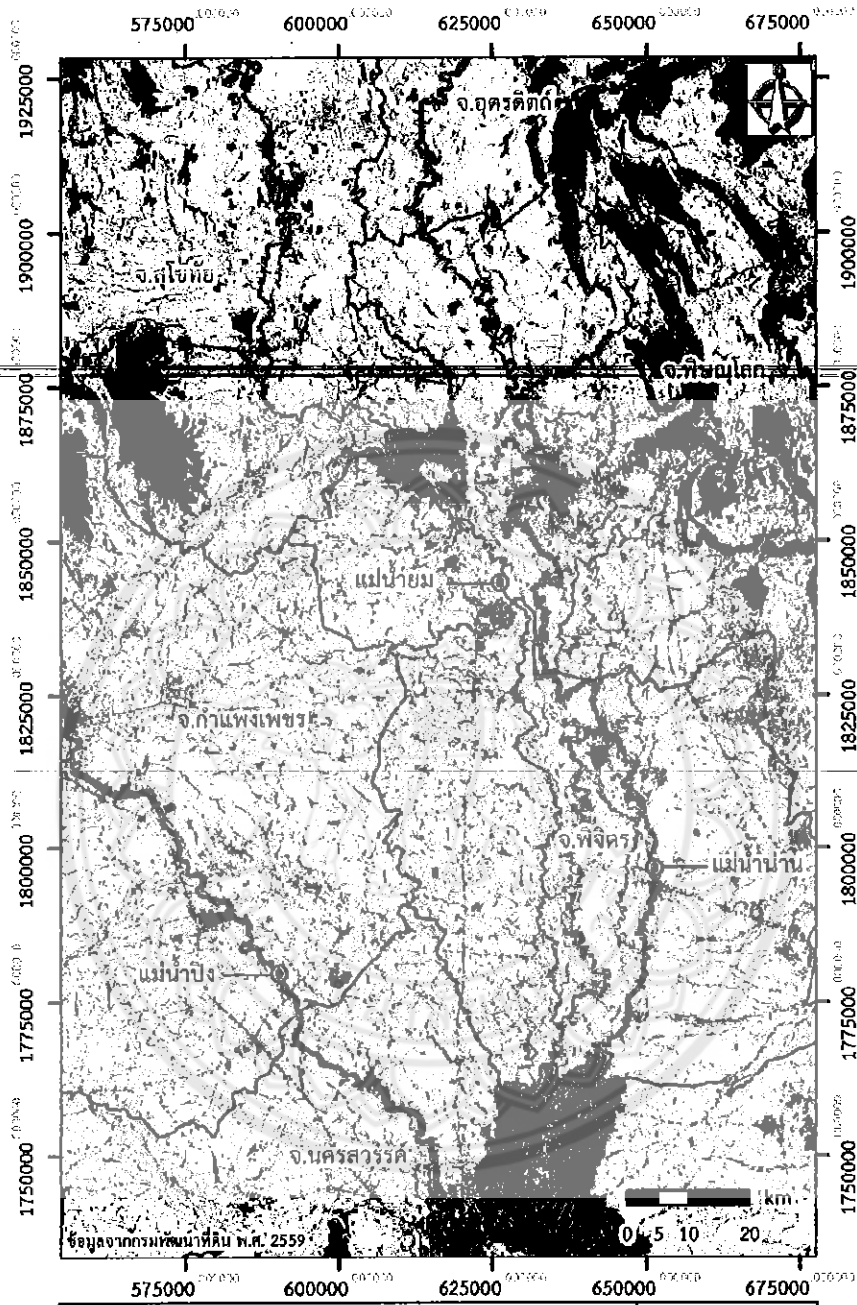
สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2559 พบว่าในพื้นที่ศึกษาของโครงการประกอบด้วยการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลาย อย่างไรก็ตามการศึกษาได้จำแนกหรือรวมการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ที่สำคัญดังแสดงรูปที่ 3.3-1

จากข้อมูลพบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตร (เพาะปลูกข้าว) มีพื้นที่รวม 12,313 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 54.1 นั่นคือมากกว่าครึ่งของพื้นที่ศึกษาเป็นนาข้าว นอกจากนี้ยังมีพื้นที่สำหรับทำพืชไร่ซึ่งโดยส่วนใหญ่คือไร่อ้อย บางส่วนเป็นสวนยางพาราและไม้ผลอีกประมาณ 4,457 760 และ 679 ตร.กม. ตามลำดับ อีกประมาณร้อยละ 9.2 (2,089 ตร.กม.) เป็นพื้นที่ป่า และอีกประมาณ 1,728 และ 716 ตร.กม. สามารถจำแนกออกได้เป็นพื้นที่เมือง/ที่อยู่อาศัย/ถนน ฯลฯ และพื้นที่แหล่งน้ำ (แม่น้ำ บึง หนอง เป็นต้น) ตามลำดับ

พื้นที่นาข้าวเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรที่มีสัดส่วนมากที่สุด ซึ่งกระจายอยู่ทั่วพื้นที่โดยไม่จำกัดอยู่เฉพาะในบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำ โดยทั่วไปการเพาะปลูกข้าวซึ่งถือว่าเป็นพืชที่ใช้น้ำมากจะให้ผลผลิตไม่ดีหากขาดแคลนน้ำ แต่ในพื้นที่ศึกษาพบว่าแม้ที่นาจะอยู่นอกพื้นที่โครงการชลประทานหรืออยู่ห่างไกลจากแหล่งน้ำ การปลูกข้าวก็ยังสามารถดำเนินการได้โดยอาศัยน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำหลัก อย่างไรก็ตามการใช้น้ำบาดาลเริ่มมีปัญหา คือมีปริมาณการใช้เกินศักยภาพส่งผลให้ระดับน้ำบาดาลลดลงประมาณปีละ 10-25 ซม. ดังนั้นการบริหารจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสมจึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาลร่วมกัน

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง



คำอธิบายสัญลักษณ์			แผนที่ดัชนี
	แม่น้ำ	ขนาดเหตุ:	
	เขื่อนกั้นน้ำ	- นาข้าว	
	นาข้าว	(รวมในเขตนอกเขตชลประทาน)	
	พื้นที่ป่า/ที่อนุรักษ์	- พืชไร่ (ข้าวโพด ทุเรียน และอื่น ๆ)	
	พื้นที่เมือง/ที่อยู่อาศัย	- เมือง/ที่อยู่อาศัย	
	แหล่งน้ำ	(รวมพื้นที่อุตสาหกรรม)	
	เขื่อนกั้นน้ำ	- แหล่งน้ำ	
	เขื่อนกั้นน้ำ	(รวมบ่อปลา)	

รูปที่ 3.3-1 การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษาโครงการ

3.4 อุตุ-อุทกวิทยา

3.4.1 สภาพภูมิอากาศและอุตุนิยมวิทยา

พื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่างอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังมีพายุดีเปรสชันและพายุไต้ฝุ่น ซึ่งมาจากทะเลจีนใต้พัดผ่านเข้ามาเป็นครั้งคราว ซึ่งส่งผลทำให้เกิดฤดูกาลต่าง ๆ ได้แก่ ฤดูฝนจะเกิดในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาวจะเกิดในช่วงปลายเดือนตุลาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ และฤดูร้อนจะเกิดในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน

การศึกษาสภาพภูมิอากาศ ประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น การคำนวณหาปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง และการคำนวณหาปริมาณการระเหยของน้ำ

1) จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่าน จำนวน 5 สถานี ได้แก่ สถานีตรวจอากาศจังหวัด จังหวัดอุดรดิตถ์ จังหวัดสุโขทัย จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดกำแพงเพชร และจังหวัดนครสวรรค์ แสดงการผันแปรรายเดือนของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญไว้ดังตารางที่ 3.4.1-1

2) ปริมาณน้ำฝน การศึกษาปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่างแบ่งออกเป็น การวิเคราะห์ปริมาณฝนรายปี การผันแปรตามฤดูกาล การกระจายของปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย การวิเคราะห์ข้อมูล นี้ก็เพื่อที่จะนำไปใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่า หาความสัมพันธ์ของน้ำฝนน้ำท่า รวมถึงเป็นประโยชน์ในการคำนวณหาปริมาณฝนใช้การได้สำหรับพืชชนิดต่าง ๆ

จากข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนและรายปี ทั้ง 76 สถานี การกระจายของปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของแต่ละสถานีไว้ในตารางที่ 3.4.1-2 โดยทั่วไปพบว่าพื้นที่ศึกษามีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรอยู่ระหว่าง 1,140-1,400 มม. โดยเป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน (พ.ค.-ต.ค.) ประมาณร้อยละ 85 ถึงร้อยละ 90 ของปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย และเป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูแล้ง (พ.ย.-เม.ย.) ประมาณร้อยละ 10 ถึงร้อยละ 15 ของปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย จากสัดส่วนปริมาณน้ำฝนระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้งที่แตกต่างกันมากนี้เอง จึงเป็นหนึ่งในสาเหตุที่มักเกิดน้ำท่วม (มากเกินไปจะบริหารจัดการได้) ในฤดูฝน โดยเฉพาะบริเวณที่ราบลุ่มริมฝั่งแม่น้ำยมจังหวัด สุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร เนื่องจากขาดมาตรการด้านโครงสร้าง เช่น อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น

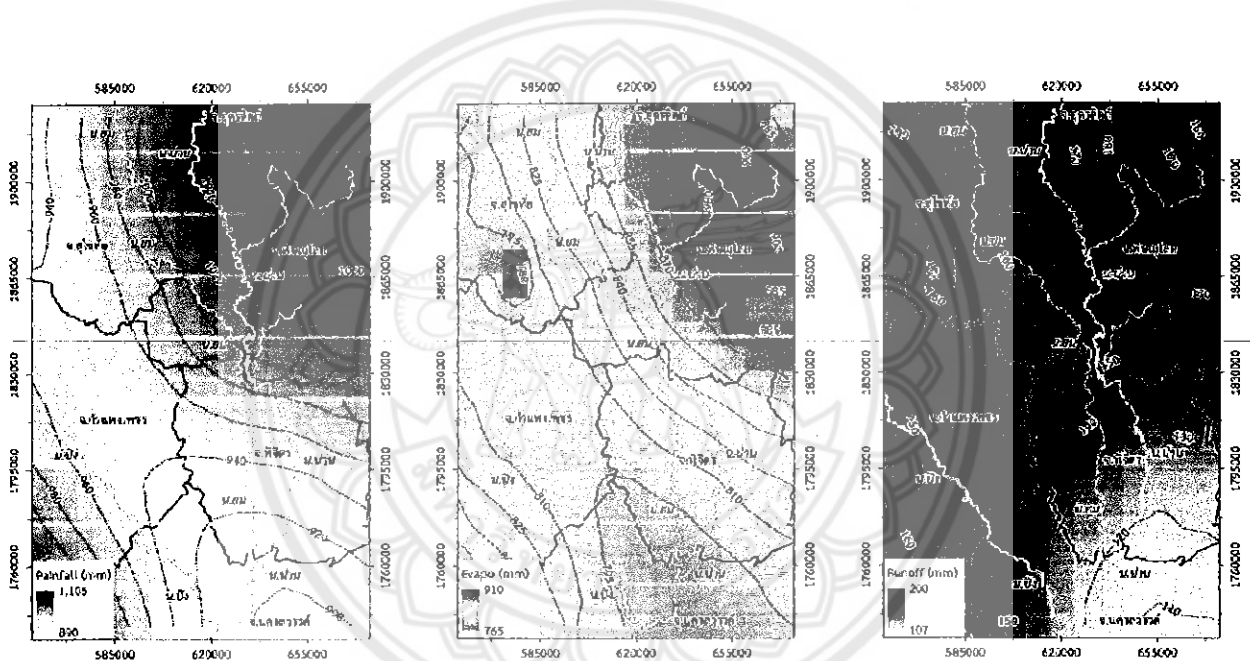
รูปที่ 3.4.1-1 เป็นการนำข้อมูลรายปีเฉลี่ยของสถานีตรวจวัด (Point data) มาทำการ Interpolate โดยวิธี Invert Distance Method ของปริมาณน้ำฝน การระเหย และปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย (ค.ศ. 1981-2000) โดยที่การระเหยและปริมาณน้ำท่าสามารถคำนวณได้จากหลักสมดุลงน้ำ ทั้งนี้ขนาดกริดของการ Interpolate อยู่ที่ 10 กม. x 10 กม. จากรูปพบว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 981 มม. ในจำนวนนั้นประมาณร้อยละ 84.7 หรือ (831.5 มม.) เป็นการคายระเหยกลับสู่ชั้นบรรยากาศ ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 15.5 (149.5 มม.) คือน้ำท่ารวม (น้ำท่าผิวดินและน้ำท่าใต้ผิวดิน) โดยภาพรวมพบว่าบริเวณจังหวัดพิษณุโลกมีการกระจายของปริมาณน้ำฝน

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

มากกว่าพื้นที่อื่น ๆ และเมื่อได้รับน้ำฝนหรือความชื้นมากก็มีการระเหยมากที่สุดเช่นกัน ซึ่งจากการกระจายเฉลี่ยของรูปพบว่ามรสุมจะมีความรุนแรงและเคลื่อนตัวจากด้านทิศตะวันออกไปด้านทิศตะวันตกของพื้นที่ และเมื่อพิจารณาการกระจายของปริมาณน้ำท่าแล้วพบว่าจริง ๆ พื้นที่ด้านล่างแถบจังหวัดพิจิตร นครสวรรค์ ไม่ได้ก่อให้เกิดน้ำท่ามากนัก แต่จากข้อมูลอุทกภัยพบว่าพื้นที่ดังกล่าวมักประสบกับอุทกภัยเป็นประจำหรือเป็นพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าน้ำที่มาท่วมพื้นที่ดังกล่าวคือน้ำเหนือ ด้วยเหตุนี้มาตรการสำหรับตัดยอดน้ำเหนือเพื่อบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ตอนล่างนี้จึงควรที่จะศึกษาในรายละเอียดต่อไป เช่น มาตรการหน่วงน้ำเพื่อให้ปริมาณน้ำบางส่วนนี้ได้ซึมลึกลงไปเติมน้ำบาดาล ส่วนในฤดูแล้งก็สามารถพัฒนา (สูบ) ขึ้นมาใช้ได้เมื่อน้ำผิวดินขาด

แคลน



รูปที่ 3.4.1-1 การกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝน การระเหย และน้ำท่ารายปีเฉลี่ย

ตารางที่ 3.4.1-1 ลักษณะตัวแปรสภาพภูมิอากาศบริเวณพื้นที่ศึกษา

ตัวแปรภูมิอากาศ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่าเฉลี่ยรายปี	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี	องศาเซลเซียส	25.3 - 28.2	26.9
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปี	เปอร์เซ็นต์	70.4 - 75.3	73.2
ความเร็วลมเฉลี่ยรายปี	น็อต	0.9 - 3.0	1.5
เมฆปกคลุมเฉลี่ยรายปี	0-10 อ็อกต้า	5.1 - 5.8	5.4
ปริมาณการระเหยจากผิวน้ำเฉลี่ยรายปี	มิลลิเมตร	1,429.4 - 2,018.0	1,616.9

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

ตารางที่ 3.4.1-2 ปริมาณน้ำฝนรายปีของจังหวัดต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษาของโครงการ

จังหวัด	จำนวนสถานี วัดน้ำฝน	ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย (มม.)			สัดส่วนปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน (พ.ค. - ต.ค.) (%)		
		เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
สุโขทัย	16	1,327.6	2,200.6	759.6	87.74	89.92	85.98
อุตรดิตถ์	22	1,228.9	1,454.2	1,037.7	89.44	93.83	86.50
พิษณุโลก	21	1,314.4	1,692.6	1,031.8	89.45	91.84	86.58
พิจิตร	10	1,141.3	1,318.2	993.6	89.45	91.07	86.21
นครสวรรค์	5	1,138.8	1,377.8	1,023.2	88.04	92.36	85.76
กำแพงเพชร	2	1,405.7	1,491.6	1,319.7	89.70	90.04	89.35
	76	1,260.0	2,200.6	759.6	89.00	93.83	85.76

3) การคำนวณปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง ใช้วิธี Penman-Monteith สำหรับใช้คำนวณหรือประเมินความต้องการใช้น้ำของพืชโดยคำนวณจากข้อมูลภูมิอากาศ แต่การคำนวณค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิงนี้จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจำนวนมากหรือมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องจำนวนมากและอยู่นอกเหนือขอบเขตของการศึกษา อย่างไรก็ตามเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ของการศึกษาจึงได้รวบรวมผลการศึกษาค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิงรายเดือนในพื้นที่โครงการที่ศึกษาโดยกรมชลประทานดังแสดงในตารางที่ 3.4.1-3

ตารางที่ 3.4.1-3 การคายระเหยของพืชอ้างอิงรายเดือนโดยวิธี Penman-Monteith

จังหวัด	การคายระเหยของพืชอ้างอิง (ET _o) โดยวิธี Penman-Monteith (มม./วัน)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
สุโขทัย	3.36	4.03	4.66	5.72	4.44	4.32	3.94	3.78	3.66	3.66	3.51	3.26
อุตรดิตถ์	3.25	3.88	4.77	4.91	4.43	3.59	3.50	3.40	3.52	3.59	3.48	2.99
พิษณุโลก	3.27	4.01	4.99	5.32	4.71	3.78	3.65	3.51	3.27	3.55	3.42	3.19
พิจิตร	3.28	3.89	4.35	4.60	4.05	3.98	3.50	3.40	3.19	3.47	3.58	3.24
นครสวรรค์	3.71	4.87	6.06	6.06	4.55	4.10	3.92	3.71	3.32	3.57	3.51	3.37

หมายเหตุ: ที่กรมชลประทาน (2554)

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

3.4.2 อุทกวิทยา

รูปที่ 3.4.2-1 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำท่าหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำ ปิง ยม และน่าน รวมจำนวน 15 สถานี (ตารางที่ 3.4.2-1) โดยการศึกษาปริมาณน้ำท่าจะประกอบด้วย การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือน รายปี ปริมาณน้ำท่าต่อหน่วยพื้นที่ดังแสดงในตารางที่ 3.4.2-2

ตารางที่ 3.4.2-1 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำท่าในพื้นที่ศึกษา

ลำดับที่	สถานี	พิกัด		อำเภอ	จังหวัด	ขนาดพื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ลุ่มน้ำ	หมายเหตุ
		ละติจูด	ลองจิจูด					
1	Y.6	17.434	99.792	ศรีสัชชนาลัย	สุโขทัย	12,769	ยม	ตรงข้ามอุทยานศรีสัชชนาลัย
2	Y.4	17.005	99.825	เมือง	สุโขทัย	17,731	ยม	หน้าศาลากลางจังหวัด
3	Y.16	16.759	100.13	บางระกำ	พิษณุโลก	20,201	ยม	
4	Y.17	16.514	100.21	สามง่าม	พิจิตร	22,034	ยม	
5	Y.5	16.093	100.26	โพธิ์ทะเล	พิจิตร	22,344	ยม	
6	N.60	17.413	100.13	ตรอน	อุตรดิตถ์	18,447	น่าน	ท้ายจุดบรรจบคลองตรอนกับแม่น้ำน่าน
7	N.27A	17.031	100.18	พรหมพิราม	พิษณุโลก	19,360	น่าน	ท้ายเขื่อนนเรศวร
8	N.5A	16.821	100.26	เมือง	พิษณุโลก	25,039	น่าน	สะพานเอกาทศรถ
9	N.7A	16.467	100.34	เมือง	พิจิตร	27,897	น่าน	
10	N.8A	16.079	100.4	บางมูลนาก	พิจิตร	31,472	น่าน	
11	N.67	15.869	100.27	ชุมแสง	นครสวรรค์	57,384	น่าน	ท้ายจุดบรรจบแม่น้ำยมกับแม่น้ำน่าน
12	P.7A	16.477	99.518	เมือง	กำแพงเพชร	42,462	ปิง	
13	P.15	16.214	99.724	คลองคลุ้ง	กำแพงเพชร	44,461	ปิง	
14	P.17	15.993	99.98	บรรพตพิสัย	นครสวรรค์	45,297	ปิง	
15	C.2	15.67	100.11	เมือง	นครสวรรค์	109,973	เจ้าพระยา	ท้ายสะพานเดชาติวงศ์ (ค่ายจระเข้ประวัต)

จากข้อมูลในช่วงปี พ.ศ.2540-2559 พบว่าสถานีมีช่วงพิสัยของค่าปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ อยู่ระหว่าง 3.25-13.55 ลิตร/วินาที/ตร.กม. โดยเดือนที่มีปริมาณน้ำท่าสูงสุดได้แก่เดือนกันยายน และเดือนที่มีปริมาณน้ำท่าต่ำสุดได้แก่ช่วงเดือนกุมภาพันธ์และมีนาคมดังแสดงในตารางที่ 3.4.4-2 อนึ่งถ้าการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าต่อหน่วยพื้นที่ได้ใช้ข้อมูลเฉพาะสถานีวัดน้ำท่าในแม่น้ำยมจะได้ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่อยู่ระหว่าง 3.25-7.75 ลิตร/วินาที/ตร.กม. ทั้งนี้เพราะข้อมูลน้ำท่าของแม่น้ำน่านและแม่น้ำปิงอยู่ภายใต้การบริหารจัดการของเขื่อนสิริกิติ์และเขื่อนภูมิพล การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าต่อหน่วยพื้นที่ควรใช้ข้อมูลที่ปราศจากหรือมีผลกระทบจากการบริหารจัดการน้ำโดยมนุษย์น้อยที่สุด

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

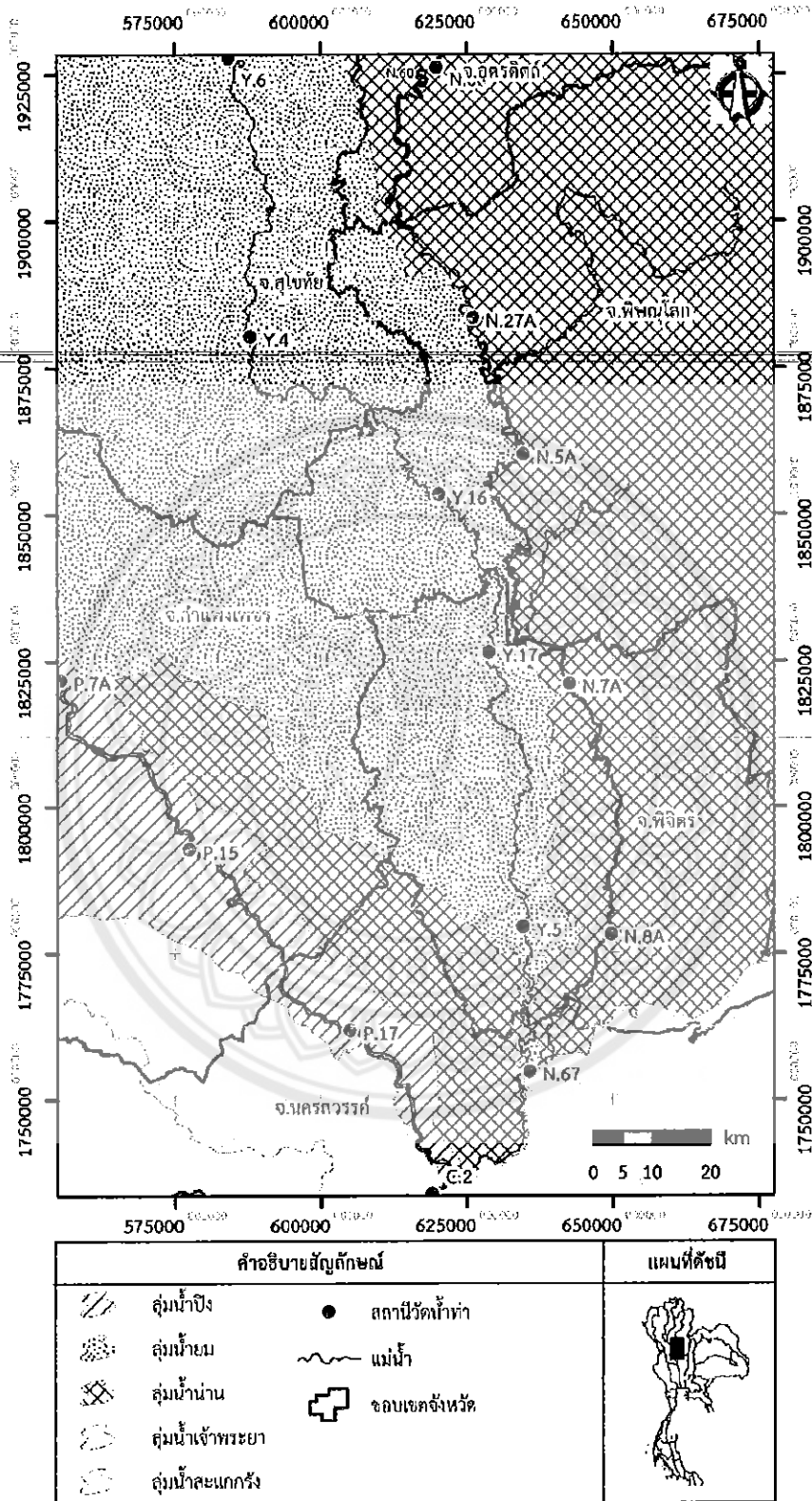
ตารางที่ 3.4.2-2 สถิติข้อมูลน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยและรายฤดูกาลในพื้นที่ศึกษา

สถานี	อัตราการไหลรายเดือนเฉลี่ย (ลบ.ม./วินาที)												ปริมาณน้ำท่า (ลบ.ม.)		น้ำท่า/หน่วยพื้นที่ (ลิตร/วินาที/ตร.กม.)	
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน		รายปี
Y.6	18.40	5.62	5.12	10.10	60.28	65.05	85.01	246.65	389.15	180.98	79.39	38.33	411.63	2,709.22	3,120.85	7.75
Y.4	16.76	2.46	1.07	15.87	49.53	40.24	68.72	113.18	144.73	109.67	74.09	51.72	425.85	1,394.47	1,820.33	3.26
Y.16	5.64	2.54	7.24	4.26	39.97	100.38	103.91	193.54	413.71	483.44	232.06	41.41	764.87	3,534.68	4,299.55	6.75
Y.17	12.38	11.17	17.38	7.15	43.20	89.73	98.03	180.04	358.65	410.74	188.08	46.95	739.25	3,125.99	3,865.24	5.56
Y.5	5.98	5.22	7.34	29.34	53.82	102.11	104.71	179.95	525.14	538.83	245.78	60.65	924.81	3,979.64	4,904.45	6.96
N.60	286.87	345.21	317.75	288.42	258.76	202.31	198.46	261.49	300.54	164.23	155.44	224.90	4,211.68	3,672.01	7,883.69	13.55
N.27A	157.98	197.04	184.71	174.02	171.97	141.64	127.15	198.40	302.19	158.21	102.75	129.17	2,460.39	2,909.63	5,370.02	8.80
N.5A	176.80	220.18	204.44	194.50	206.36	191.97	193.17	293.83	456.91	272.61	151.64	157.00	2,874.43	4,273.52	7,147.95	9.05
N.7A	218.68	266.33	248.27	235.12	265.99	290.27	314.12	465.01	785.56	624.11	304.77	209.27	3,858.82	7,266.80	11,125.61	12.65
N.8A	168.47	207.95	197.63	186.57	227.52	272.08	293.94	438.92	761.82	673.71	358.28	178.98	3,378.74	7,063.79	10,442.54	10.52
N.67	191.05	229.80	219.84	197.45	280.72	362.53	391.80	559.38	892.06	910.72	554.23	238.92	4,249.10	8,999.85	13,248.95	7.32
P.7A	230.62	264.70	242.93	222.36	242.72	186.07	156.15	190.17	340.59	396.46	236.67	190.97	3,618.88	4,008.73	7,627.61	5.70
P.15	293.71	329.20	311.61	291.54	338.76	274.92	221.13	253.38	491.84	539.81	297.76	241.34	4,596.24	5,617.25	10,213.50	7.28
P.17	223.06	257.08	236.95	205.38	281.38	230.31	173.10	236.43	475.32	496.82	298.10	189.98	3,671.64	5,015.33	8,686.97	6.08
C.2	367.56	433.96	416.95	371.01	496.49	557.01	553.04	756.63	1,365.42	1,782.01	1,074.18	430.37	8,057.93	14,608.36	22,666.29	6.54

หมายเหตุ: ข้อมูลน้ำท่าตรวจวัดโดยกรมชลประทานในช่วงปี พ.ศ. 2540-2559

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง



รูปที่ 3.4.2-1 สถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่โครงการศึกษา

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

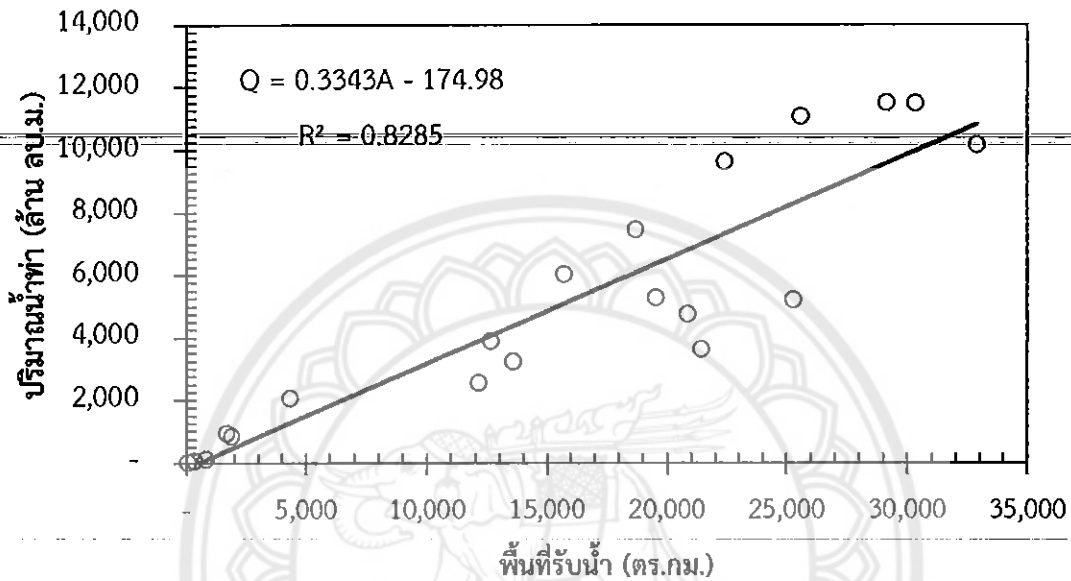
ตารางที่ 3.4.2-3 ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยและปริมาณน้ำหลากสูงสุดของปี พ.ศ. 2554

สถานี	ลุ่มน้ำ	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)	น้ำหลากสูงสุด ปี พ.ศ. 2554 (ม. ³ /วินาที)
Y.3A	น้ำยม	13,583.00	3,235.10	1,365.00
Y.4	น้ำยม		3,274.10	685.20
Y.6	น้ำยม	12,658.00	3,891.70	2,307.00
Y.14	น้ำยม	12,131.00	2,550.00	
Y.16	น้ำยม	20,841.00	4,746.80	1,276.80
Y.17	น้ำยม	21,415.00	3,625.24	1,402.00
Y.21	น้ำยม	306.00	65.16	190.80
Y.26	น้ำยม	785.00	108.43	
Y.29	น้ำยม	57.00	12.10	15.50
Y.33	น้ำยม		3,301.14	1,198.00
N.5A	น้ำน่าน	25,286.00	5,203.30	1,753.00
N.7A	น้ำน่าน	29,153.00	11,503.80	1,389.00
N.8A	น้ำน่าน	32,878.00	10,164.00	1,211.80
N.10A	น้ำน่าน	30,327.00	11,487.60	1,194.00
N.12A	น้ำน่าน	15,718.00	6,022.16	1,211.25
N.22	น้ำน่าน		1,899.20	439.55
N.24A	น้ำน่าน	1,861.00	849.22	466.00
N.27A	น้ำน่าน	19,540.00	5,270.80	1,209.40
N.28A	น้ำน่าน		108.78	263.15
N.36	น้ำน่าน	1,651.00	942.30	457.00
N.40	น้ำน่าน	4,340.00	2,064.50	595.40
N.60	น้ำน่าน	18,692.00	7,448.70	1,498.00
N.68	น้ำน่าน	22,413.00	9,625.80	1,403.10
N.74	น้ำน่าน	25,589.00	11,071.40	1,318.40

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

และจากข้อมูลของกรมชลประทานที่ได้รวบรวมมาจำนวน 24 สถานี (ตารางที่ 3.4.2-3) โดยมีขนาดพื้นที่รับน้ำฝน อยู่ในช่วงพิสัย 57 – 32,878 ตร.กม. มาวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าตามรูปแบบของสมการถดถอยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีกับพื้นที่รับน้ำฝนของแต่ละสถานีสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.4.2-2

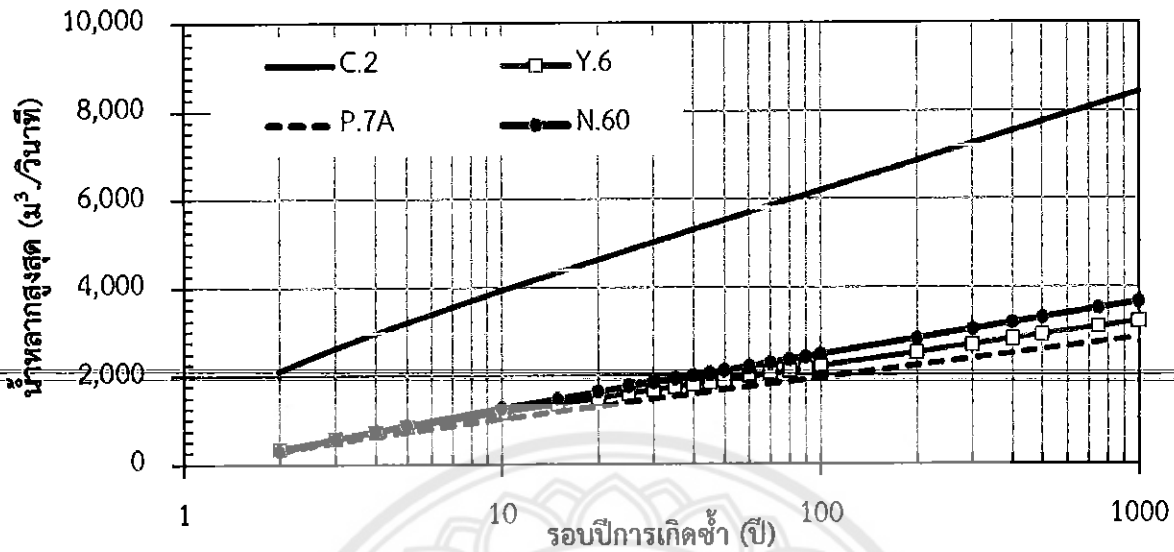


รูปที่ 3.4.2-2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีกับพื้นที่รับน้ำฝน

สำหรับปริมาณน้ำหลากสูงสุด (Momentary peak discharge) ของ 24 สถานีในปี พ.ศ. 2554 ของกรมชลประทานซึ่งเป็นปีที่เกิดความเสียหายด้านน้ำท่วมสูงสุดได้สรุปในตารางที่ 3.4.2-3 นอกจากนั้นยังเอาสถิติน้ำหลากสูงสุดไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างรอบปีการเกิดซ้ำกับขนาดน้ำท่วมหรือน้ำหลากสูงสุดโดยวิธี Gumble distribution การวิเคราะห์สถานีที่เป็นขอบเขตของพื้นที่ศึกษาจำนวน 4 สถานี ได้แก่ สถานี Y.6, N.60, P.7A และ C.2 ซึ่งมีผลลัพธ์แสดงได้ดังรูปที่ 3.4.2-3

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง



รูปที่ 3.4.2-3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหลากสูงสุดกับรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ โดยวิธี Gumbel distribution

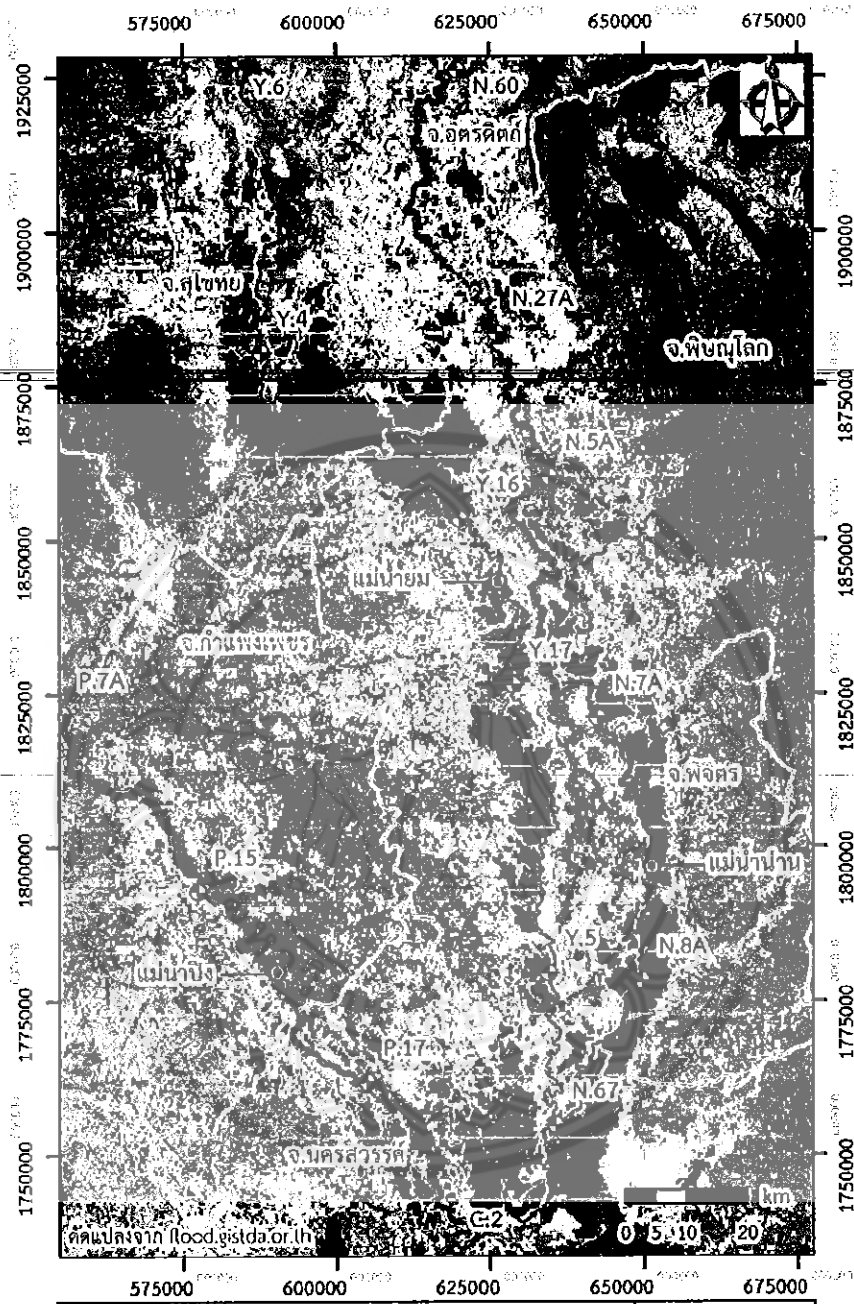
3.4.3 น้ำท่วม

ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่างมักประสบกับปัญหาอุทกภัยในพื้นที่เขตเศรษฐกิจชุมชนเมืองที่สำคัญ พื้นที่เกษตรกรรมที่ก่อให้เกิดความเสียหายเป็นอันมากดังแสดงในรูปที่ 3.4.3-1 และรูปที่ 3.4.3-2 ซึ่งได้มาจากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมโดย GISTDA ที่แสดงถึงระดับความถี่ของการเกิดน้ำท่วมหรือพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากในรอบ 11 ปี (พ.ศ. 2548-2558) ในเขตพื้นที่ศึกษา ด้วยเหตุนี้แนวทางและมาตรการที่สำคัญในการแก้ไขปัญหาควรดำเนินการดังนี้

- การป้องกันและฟื้นฟูสภาพป่าให้คงสภาพนิเวศป่าให้สมบูรณ์ซึ่งควรดำเนินการในพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนเพื่อรักษาสภาพพื้นที่ต้นน้ำลำธาร
- การฟื้นฟูแหล่งน้ำ ทางน้ำและพื้นที่ชุ่มน้ำ
- การพัฒนา ปรับปรุง แหล่งน้ำ ระบบระบายน้ำและโครงข่ายผันน้ำ
- การจัดการด้านการใช้ที่ดินและการป้องกันน้ำท่วมพื้นที่เศรษฐกิจที่สำคัญ
- การปรับปรุงรูปแบบการเกษตร (ปฏิทินการเพาะปลูก) และการใช้พื้นที่การเกษตรเป็นพื้นที่รับน้ำนอง (ปัจจุบันเริ่มดำเนินการและเริ่มเห็นผลเป็นรูปธรรมในกรณีของปี พ.ศ. 2560)

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

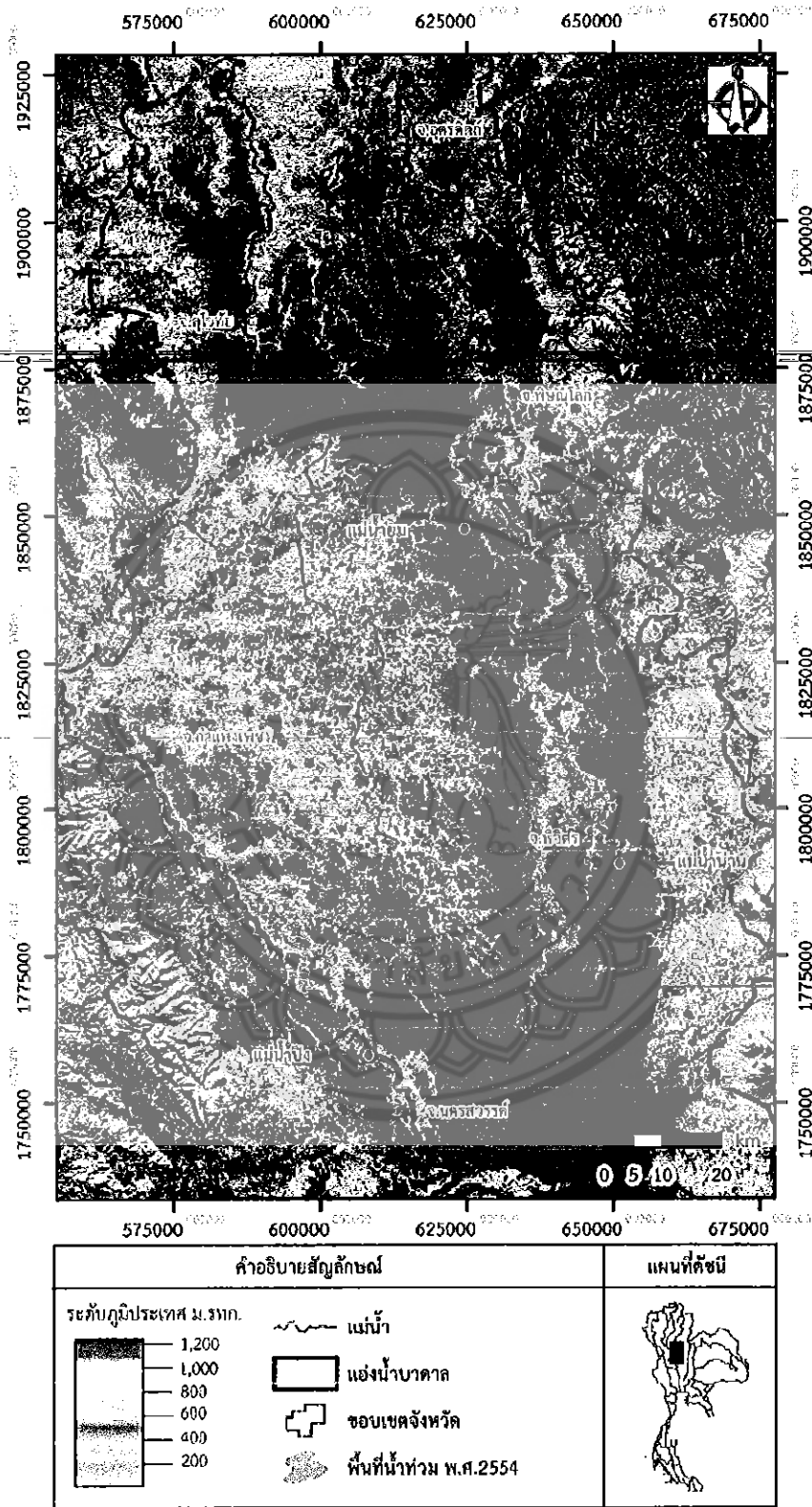


คำอธิบายสัญลักษณ์		แผนที่ดัชนี
ระดับความถี่ของการเกิดน้ำท่วม	สถานีวัดน้ำท่า	
<ul style="list-style-type: none"> ทุกปี ประมาณ 2-4 ครั้งในรอบ 10 ปี ประมาณ 5-7 ครั้งในรอบ 10 ปี ประมาณ 8-10 ครั้งในรอบ 10 ปี 	<ul style="list-style-type: none"> สถานีวัดน้ำท่า แม่น้ำ ขอบเขตจังหวัด 	
หมายเหตุ: ช่วงข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ พ.ศ.2548-2558		

รูปที่ 3.4.3-1 พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากจากภาพถ่ายดาวเทียมโดย GISTDA

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง



รูปที่ 3.4.3-2 พื้นที่น้ำท่วม พ.ศ. 2554 จากภาพถ่ายดาวเทียมโดย GISTDA

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

3.5 อุทกธรณีวิทยา

3.5.1 แผนที่ธรณีวิทยา

จากข้อมูลกรมทรัพยากรธรณี (รูปที่ 3.5.1-1) พบว่าบริเวณพื้นที่ศึกษาของโครงการนั้นประกอบด้วยชั้นหินตะกอนและหินแปรที่หลากหลาย อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเฉพาะในบริเวณแอ่งน้ำบาดาลพบว่ามีกระจายของหินตะกอนและหินแปรอยู่ 3 รูปแบบด้วยกันนั้นคือ

Qa คือพวกตะกอนธารน้ำพา กรวด ทรายแป้งและดินเหนียวที่สะสมตัวตามร่องน้ำคันดินของแม่น้ำ และบริเวณน้ำท่วมถึง Qaf คือพวกตะกอนน้ำพารูปพัด กรวดทราย และทรายแป้งโดยมีส่วนประกอบของดินเหนียวโดยมักสะสมตัวตามท้องน้ำและบริเวณขอบของแอ่งน้ำบาดาล และ Qt คือตะกอนตะพักลำน้ำ ประกอบด้วยกรวด ทราย ทรายแป้งและศิลาแลง จากคุณลักษณะเฉพาะของชั้นตะกอนโดยส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นตะกอน ทรายแป้ง และดินเหนียวปนทราย จึงทำให้พื้นที่บริเวณนี้เป็นหนึ่งในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมสำหรับพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ร่วมกับน้ำผิวดิน

3.5.2 ชั้นหินให้น้ำ

กรมทรัพยากรธรณีและกรมทรัพยากรน้ำบาดาลคือ 2 หน่วยงานหลักที่ดำเนินการสำรวจชั้นหินให้น้ำ จากข้อมูลพบว่าสภาพน้ำบาดาลในบริเวณลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง สามารถจำแนกชั้นน้ำบาดาลออกได้เป็นสามประเภทใหญ่ ๆ คือ ชั้นน้ำในหินร่วน (Unconsolidated aquifers) ชั้นน้ำในหินร่วนกึ่งแข็ง (Semi-consolidated aquifer) และชั้นน้ำในหินแข็ง (Consolidated aquifer) โดยมีรายละเอียดโดยสังเขปดังต่อไปนี้

1) ชั้นน้ำในหินร่วน (Unconsolidated Aquifers) ชั้นน้ำในหินร่วนประกอบขึ้นด้วย ตะกอนจำพวกกรวด ทราย ทรายแป้ง เศษหิน และดินเหนียวที่ยังไม่สมานตัวหรือจับตัวกันแข็ง โดยทั่วไปแล้วในชั้นน้ำบาดาลประเภทนี้ น้ำบาดาลจะถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอนต่าง ๆ และปริมาณน้ำบาดาลจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความหนาของแหล่งสะสมตะกอน ขนาด ความกลมมน และการคัดขนาดของเม็ดตะกอน ทั้งนี้ชั้นน้ำในหินร่วนของพื้นที่โครงการแบ่งย่อยออกได้เป็น 3 หน่วย ดังนี้

ก) ชั้นน้ำที่ราบน้ำหลาก (Quaternary Flood-plain Deposits Aquifers; Qfd)

ประกอบขึ้นด้วยชั้นตะกอนจำพวกกรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ที่เกิดจากการพัดพาของแม่น้ำยมและทางน้ำสาขาต่าง ๆ จัดเป็นชั้นน้ำบาดาลระดับตื้นที่มีอายุอ่อนที่สุด โดยมีความลึกเฉลี่ยของชั้นให้น้ำตั้งแต่ประมาณไม่เกิน 10 เมตร จนถึง 70 เมตร และมีความสามารถในการให้น้ำได้ในเกณฑ์ตั้งแต่น้อยกว่า 2 ลบ.ม./ชม. จนถึงมากกว่า 20 ลบ.ม./ชม.

ข) ชั้นน้ำตะพักกลุ่มน้ำขั้นต่ำ (Quaternary Lower-terrace Deposits Aquifers; Qht)

ประกอบขึ้นด้วยชั้นตะกอนจำพวกกรวด ทราย ทรายแป้ง เศษหิน และดินเหนียว ที่เป็นตะกอนตะพักกลุ่มน้ำยุคใหม่ โดยวางตัวอยู่ใต้ชั้นน้ำที่ราบน้ำหลากซึ่งมีอายุน้อยกว่า มีความลึกเฉลี่ยของชั้นให้น้ำอยู่ที่ 15-50 เมตร และมีความสามารถในการให้น้ำได้ในเกณฑ์ตั้งแต่น้อยกว่า 2 ลบ.ม./ชม. จนถึงมากกว่า 20 ลบ.ม./ชม.

ค) ชั้นน้ำตะพักกลุ่มน้ำขั้นสูง (Quaternary Higher-terrace Deposits Aquifers; Qlt)

ประกอบขึ้นด้วยชั้นตะกอนจำพวกกรวด ทราย ทรายแป้ง เศษหิน และดินเหนียว ที่เป็นตะกอนตะพักกลุ่มน้ำยุคเก่า โดยวางตัวอยู่ใต้ชั้นน้ำตะพักกลุ่มน้ำขั้นต่ำและชั้นน้ำที่ราบน้ำหลาก มีความลึกเฉลี่ยของชั้นให้น้ำอยู่ที่ 15-100 เมตร และมีความสามารถในการให้น้ำได้ในเกณฑ์ตั้งแต่น้อยกว่า 2 ลบ.ม./ชม. จนถึงมากกว่า 20 ลบ.ม./ชม.

2) ชั้นน้ำในหินร่วนกึ่งแข็ง (Tertiary Semi-consolidated aquifers; Tsc)

ประกอบขึ้นด้วยหินชนิดต่าง ๆ ในกลุ่มหินยุคเทอร์เชียรีซึ่งยังไม่แข็งตัวเต็มที่ อันได้แก่ หินกรวดมน หินทรายสีเทาอ่อน หินดินดานสีเทาอ่อนถึงเทาเข้ม มีหินดินดานเนื้อปูนและลิกไนต์อยู่ร่วมอยู่ด้วย และหินปูนสีเทาอ่อนถึงขาว หรือชมพู ซึ่งชั้นหินต่าง ๆ เหล่านี้คือชั้นหินของกลุ่มหินแม่เมาะ (Mae Mo Group) โดยน้ำบาดาลจะถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างของโครงสร้างต่าง ๆ อันได้แก่ รอยแตก รอยแยก รอยเลื่อน และรอยต่อระหว่างชั้นหิน ความลึกของชั้นให้น้ำและความสามารถในการให้น้ำของชั้นน้ำในหินร่วนกึ่งแข็งมีความไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับความลึกขนาด และความต่อเนื่องกันของโครงสร้างต่าง ๆ ดังกล่าวที่เจาะพบ

3) ชั้นน้ำในหินแข็ง (Consolidated Aquifers)

ประกอบขึ้นด้วยหินชนิดต่าง ๆ ที่มีอายุแก่กว่ายุคเทอร์เชียรีลงไป และมีการแข็งตัวเต็มที่แล้ว โดยน้ำบาดาลจะถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างของโครงสร้างต่าง ๆ อันได้แก่ รอยแตก รอยแยก รอยเลื่อน และรอยต่อระหว่างชั้นหิน ตลอดจนโพรงหรือถ้ำในชั้นหินและช่องว่างในชั้นหินผุ ปริมาณน้ำบาดาลจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดและความต่อเนื่องกันของโครงสร้างที่มีอยู่ในชั้นหินนั้น ๆ กล่าวคือ ถ้าโครงสร้างมีขนาดใหญ่และมีความต่อเนื่องกันดีก็จะมีน้ำบาดาลกักเก็บอยู่มาก และความลึกของชั้นให้น้ำก็มีความไม่แน่นอนเช่นเดียวกัน ขึ้นอยู่กับความลึกของโครงสร้างต่าง ๆ ดังกล่าวที่เจาะพบ

3.5.3 สภาพน้ำบาดาลและการให้น้ำบาดาล

เมื่อพิจารณาตามลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะทางธรณีวิทยา และลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำแล้ว พอลงกล่าวได้ว่าแหล่งน้ำใต้ดินในพื้นที่โครงการเป็นแหล่งน้ำที่เกิดอยู่ในพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศส่วน

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

ใหญ่หรือเกือบทั้งหมดเป็นที่ราบลุ่ม (ยกเว้นพื้นที่ส่วนน้อยที่เป็นภูเขาหรือเทือกเขาขนาดเล็กทางตอนบนของที่ราบลุ่ม) ถูกรองรับด้วยตะกอนชนิดต่าง ๆ มากมายหลายชนิด และชั้นน้ำที่ประกอบกันขึ้นเป็นแหล่งน้ำบาดาล ส่วนใหญ่เป็นชั้นน้ำประเภทชั้นน้ำในหินร่วน (unconsolidated aquifers) โดยมีปริมาณและคุณภาพน้ำบาดาลที่คาดว่าจะสามารถสรรหาได้ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.5.3-1 (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล)

ในการศึกษาและประเมินศักยภาพแหล่งน้ำใต้ดินในเบื้องต้นที่จะกล่าวถึงในหัวข้อนี้มีวัตถุประสงค์ที่สำคัญสองประการ คือ เพื่อประมาณปริมาณน้ำฝนที่ไหลเพิ่มเติมเข้าไปเก็บกักในแหล่งน้ำบาดาลตามธรรมชาติ (Natural Groundwater Recharge) และเพื่อประมาณปริมาณน้ำบาดาลที่จะสามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้โดยไม่เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาล (Safe Yield) ทั้งนี้โดยอาศัยวิธีการตามแนวทางการคำนวณหาศักยภาพน้ำบาดาลในประเทศไทยโดย วจิ รามณรงค์ และสมชัย วงศ์สวัสดิ์ (2541)

1) ปริมาณน้ำฝนที่ไหลเพิ่มเติมเข้าไปเก็บกักในแหล่งน้ำบาดาลตามธรรมชาติ

น้ำฝนที่ไหลซึมลงไปเก็บกักอยู่ในแหล่งน้ำบาดาล จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสามารถของชั้นหินใต้ดินที่จะเก็บกักน้ำไว้ได้ จากข้อมูลการศึกษาโดยทั่วไปกล่าวได้ว่า ปริมาณน้ำฝนที่ไหลซึมลงสู่แหล่งน้ำบาดาล เมื่อคิดเทียบกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปีแล้วมีค่าประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ในบริเวณที่เป็นหินร่วน 5 เปอร์เซ็นต์ ในบริเวณที่เป็นหินแข็งน้ำมาก 3 เปอร์เซ็นต์ ในบริเวณที่เป็นหินแข็งน้ำปานกลาง และ 2 เปอร์เซ็นต์ ในบริเวณที่เป็นหินแข็งน้ำน้อยตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 3.5.3-1

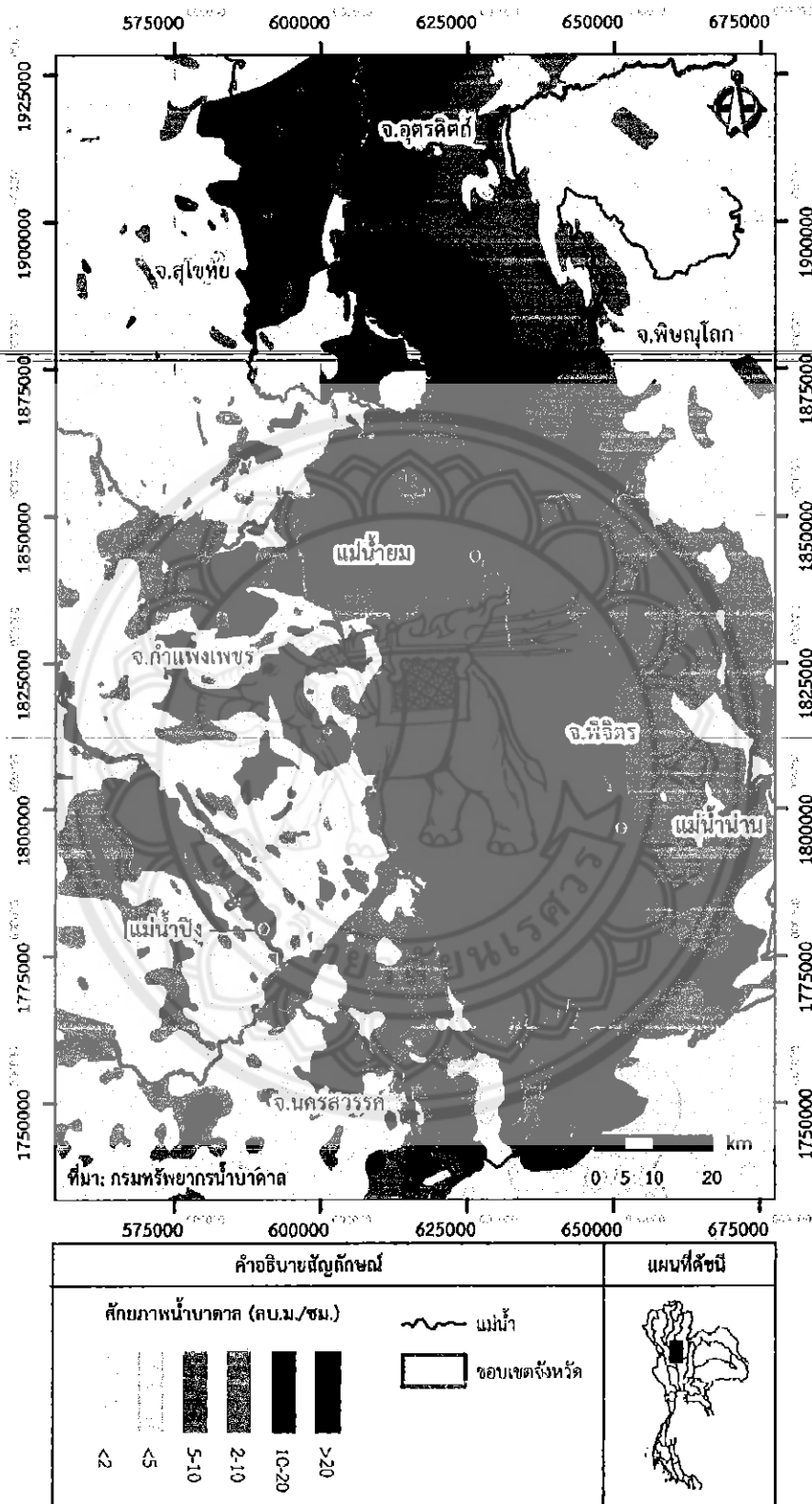
เพื่อความสะดวกในการศึกษาและประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในครั้งนี้ ในเบื้องต้นนี้จะกำหนดให้พื้นที่หินแข็งที่ให้น้ำได้ในอัตรามาก-น้อยต่าง ๆ กันดังกล่าว มีความสอดคล้อง หรือเทียบกันได้กับพื้นที่ที่เป็นหินแข็งที่ให้น้ำได้ในอัตรามาก-น้อยต่าง ๆ กันดังแสดงอยู่ในแผนที่น้ำบาดาลรายจังหวัดของจังหวัดต่าง ๆ มาตราส่วน 1:100,000 ที่จัดพิมพ์เผยแพร่โดยกรมทรัพยากรธรณีสั่งแสดงในตารางที่ 3.5.3-2

ตารางที่ 3.5.3-1 อัตราการไหลซึมของน้ำฝนลงสู่แหล่งน้ำบาดาล (วจิ รามณรงค์ และสมชัย วงศ์สวัสดิ์, 2541)

ประเภทหินอุ้มน้ำ	อัตราการไหลซึม (% ของฝนเฉลี่ยรายปี)
หินร่วน	10
หินแข็งน้ำมาก	5
หินแข็งน้ำปานกลาง	3
หินแข็งน้ำน้อย	2

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง



รูปที่ 3.5.3-1 แผนที่ศักยภาพน้ำบาดาล

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

2) ปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้โดยไม่เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาล

ในการคำนวณหาปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้โดยไม่เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาล (Safe Yield) นั้น ข้อมูลที่จำเป็นที่สุดคือ การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในชั้นน้ำบาดาลในรอบปี (ค่าระยะการคืนตัวของระดับน้ำสู่ระดับเดิมภายหลังการลดลงจนถึงระดับต่ำสุด) อย่างไรก็ตามจากการคำนวณหาปริมาณน้ำที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้โดยไม่เกิดผลกระทบของแอ่งน้ำบาดาลในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย โดย วจิ รามณรงค์ และสมชัย วงศ์สวัสดิ์ (2541) ได้ใช้ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในชั้นน้ำบาดาลในรอบปีเท่ากับ 5 เมตร และค่า ส.ป.ส. การกักเก็บน้ำของชั้นน้ำชนิดมีแรงดัน เท่ากับ 2×10^{-4} ชั้นน้ำชนิดกึ่งมีแรงดัน เท่ากับ 0.085 และชั้นน้ำชนิดไม่มีแรงดัน (ค่าปริมาณน้ำจำเพาะ) เท่ากับ 0.16 ตามสูตรการคำนวณข้างล่างนี้

ปริมาณน้ำที่เก็บกัก = การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ \times พื้นที่ของชั้นน้ำ \times ส.ป.ส. การเก็บกักน้ำหรือปริมาณน้ำจำเพาะ

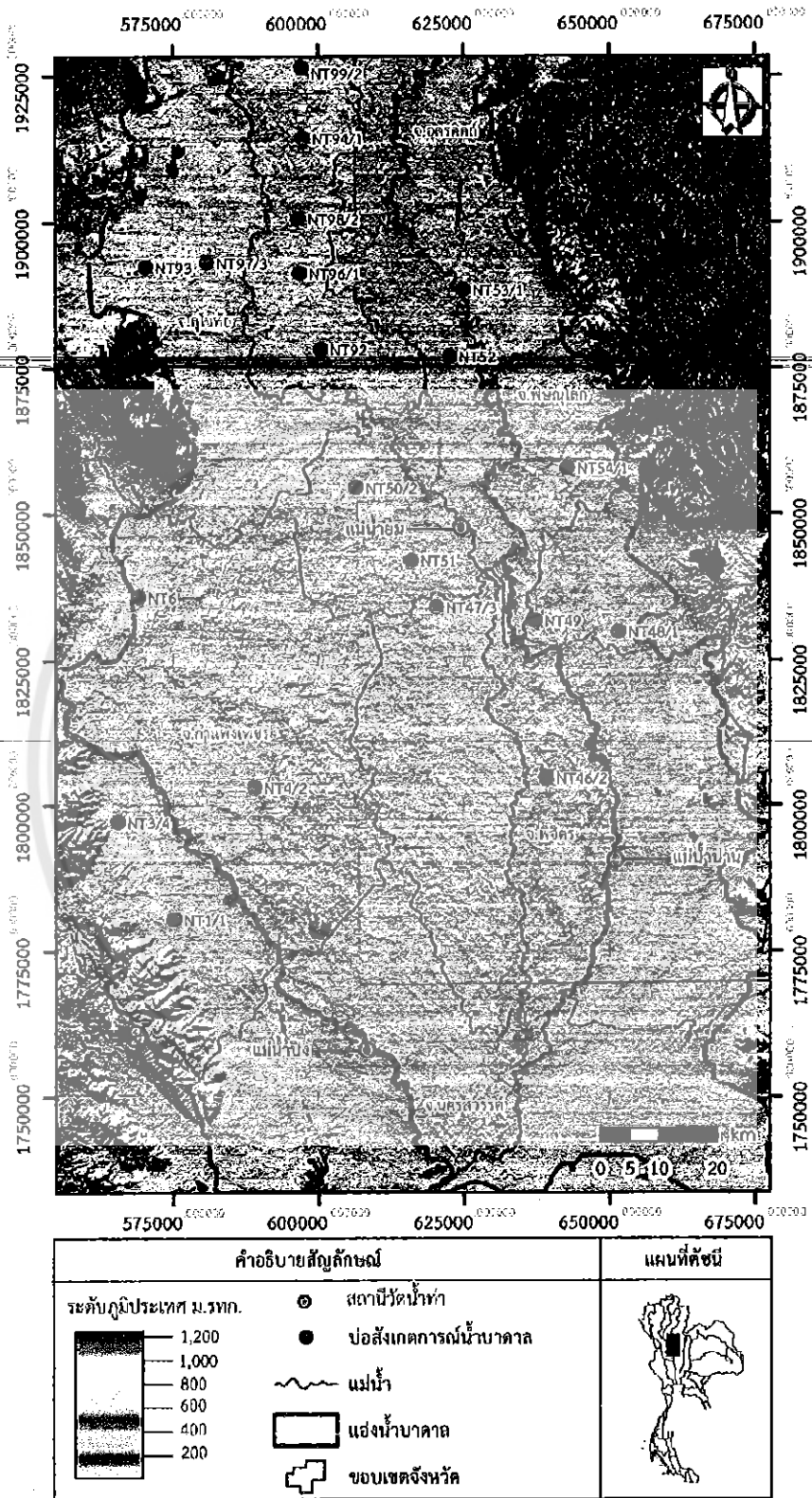
ตารางที่ 3.5.3-2 การเทียบเคียงบริเวณที่เป็นหินแข็งที่ให้น้ำได้อัตราต่างๆ

พื้นที่ที่เป็นหินแข็ง ตามการศึกษาและประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล	พื้นที่ที่เป็นหินแข็ง ตามแผนที่น้ำบาดาลรายจังหวัด
พื้นที่ที่เป็นหินแข็งน้ำมาก	ให้น้ำได้อัตรา ≥ 10 ลบ.ม./ชม.
พื้นที่ที่เป็นหินแข็งน้ำปานกลาง	ให้น้ำได้อัตรา 2 - 10 ลบ.ม./ชม.
พื้นที่ที่เป็นหินแข็งน้ำน้อย	ให้น้ำได้อัตรา < 2 ลบ.ม./ชม.

3) ระดับน้ำบาดาล ปัจจุบันกรมทรัพยากรน้ำบาดาลเป็นหน่วยงานหลักที่ดำเนินการเก็บสถิติข้อมูลน้ำบาดาลทั้งในเชิงปริมาณ (ระดับน้ำบาดาลจากบ่อสังเกตการณ์) และคุณภาพน้ำบาดาล เนื่องจากมีข้อจำกัดอยู่หลายประการข้อมูลน้ำบาดาลในประเทศไทยจึงไม่สมบูรณ์ นั่นคือถึงแม้ว่าจะมีการเก็บข้อมูลเพียงเดือนละครั้ง แต่ก็มีบางช่วงเวลาที่มีข้อมูลขาดหาย นอกจากนั้นการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบาดาลยังขึ้นอยู่กับปริมาณการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ในแต่ละช่วงเวลา แต่ข้อมูลปริมาณการสูบน้ำบาดาลนี้ไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดเนื่องจากส่วนใหญ่เกษตรกรสูบน้ำขึ้นมาใช้เองโดยไม่มีระบบบันทึกข้อมูล จึงทำให้เกิดข้อจำกัดในการศึกษาขึ้น สำหรับสถิติระดับน้ำบาดาลและตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาที่รวบรวมได้จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้แสดงในรูปที่ 3.5.3-2 และตารางที่ 3.5.3-3

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง



รูปที่ 3.5.3-2 ตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

ตารางที่ 3.5.3-3 ระดับน้ำบาดาล (ม. รทก.)

E	N	Sta	Location	District	Province	พ.ช.53	ม.ช.53	ก.ช.54	ก.ช.54	ก.ช.54	ก.ช.54	ก.ช.55	ก.ช.55	ก.ช.55	ก.ช.55	ก.ช.55	ก.ช.55	ก.ช.55	
575148	1780493	NT1/1	วัดหนองไม้พันขาม	เขตวังจันทน์	กำแพงเพชร	52.5	51.6	50.2	48.8	-	53.9	-	-	48.4	49.6	-	47.3	45.7	-
565468	1797138	NT3/4	วัดพิศของ	คลองสูง	กำแพงเพชร	57.3	57.0	57.0	56.5	-	57.0	56.7	-	56.3	56.6	-	55.3	54.8	-
588961	1803052	NT4/2	วัดโพนทรายของสันนา	ทรายทองสันนา	กำแพงเพชร	58.8	58.5	58.5	58.2	-	58.7	58.3	-	58.2	58.7	-	57.8	57.6	-
569092	1835860	NT6	วัดาศศิ	พนาจรตย	กำแพงเพชร	62.8	62.5	62.5	62.3	-	62.7	62.3	-	62.2	62.7	-	61.3	61.2	-
639145	1804629	NT4/2	วัดหนองต้นโพธิ์	โพธิ์ประทับช้าง	พิจิตร	33.4	33.2	32.9	32.2	-	33.5	33.9	-	32.7	33.7	-	33.0	33.0	29.9
620294	1834058	NT4/3	วัดหนองทูน	วังจันทน์	พิจิตร	33.3	32.9	29.8	26.8	-	32.7	-	-	36.5	33.6	-	31.4	26.8	-
651533	1829785	NT48/1	วัดเนินขม	บางกระทุ่ม	พิจิตร	34.8	34.8	34.8	34.1	-	33.7	34.2	35.1	33.5	32.6	-	32.4	26.8	-
637182	1831748	NT69	วัดบางกระทุ่ม	บางกระทุ่ม	พิจิตร	42.0	41.1	40.5	39.8	-	41.2	42.3	46.8	41.9	42.0	-	-	38.3	-
606457	1854502	NT50/2	วัดเขน	บางระกำ	พิจิตร	35.7	35.8	36.1	33.8	-	35.8	36.7	38.4	35.6	35.8	-	35.7	-	-
615891	1842061	NT51	วัดสันตา	บางระกำ	พิจิตร	33.4	32.8	31.7	27.7	-	32.7	33.9	35.6	28.9	33.4	-	28.5	25.5	-
622612	1876954	NT52	วัดนาข	พนาจรตย	พิจิตร	38.3	38.5	38.8	39.8	-	38.8	39.2	-	39.8	39.9	-	39.3	38.2	-
624936	1888352	NT53/1	วัดสามชัย	พนาจรตย	พิจิตร	38.6	38.7	38.9	38.9	-	39.4	39.4	-	-	-	-	39.2	39.4	-
642743	1857853	NT54/1	วัดจอย	วังทอง	พิจิตร	36.6	36.7	36.9	36.2	-	36.8	36.8	-	37.3	37.5	-	38.5	36.1	-
600433	1878172	NT92	วัดสันตติศรีวงษ์	กบิลดา	สุโขทัย	35.3	35.2	34.0	32.9	35.5	36.6	36.9	37.9	33.1	36.6	-	35.7	31.6	-
570339	1892280	NT93	วัดราชงาม	เมือง	สุโขทัย	52.9	52.9	52.9	52.9	53.0	53.8	53.2	53.0	53.1	53.2	-	52.9	52.9	52.9
597364	1914282	NT94/1	วัดทุ่งพ่าย	ศรีนคร	สุโขทัย	39.4	39.2	38.5	37.9	41.4	43.5	44.5	46.3	39.8	43.5	-	39.1	33.8	-
604572	1928890	NT95	บ้านหนองแต	ศรีนคร	สุโขทัย	45.9	45.8	45.4	45.1	45.9	46.4	46.6	47.5	44.6	46.9	-	47.0	43.9	-
594812	1891238	NT96/1	สถานีอนามัยบ้านวังซ่ง	ศรีสำโรง	สุโขทัย	27.6	27.7	25.3	25.0	31.3	31.8	33.1	34.8	24.6	-	-	25.5	23.8	-
580845	1893050	NT97/3	วัดตากะย	ศรีสำโรง	สุโขทัย	38.2	38.3	37.7	37.1	37.6	38.8	38.5	38.1	36.9	37.3	-	37.1	35.9	-
594571	1900580	NT98/2	วัดนิคมศรีสำโรง	ศรีสำโรง	สุโขทัย	43.7	43.2	42.2	41.2	43.6	45.4	45.5	46.8	42.3	43.8	-	41.9	37.5	-
597171	1926367	NT99/2	วัดโคกตะลอม	สวรรคโลก	สุโขทัย	43.6	43.3	42.8	42.4	43.8	44.8	45.1	46.2	44.2	44.5	-	44.0	44.0	39.4

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

ตารางที่ 3.5.3-3 ระดับน้ำบาดาล (ม. รทก.) (ต่อ)

E	N	Sta	Location	District	Province	ก.ค.56	ก.ค.57	ก.ค.58	ก.ค.59	ก.ค.59	ก.ค.59	ก.ค.59	ก.ค.59	ก.ค.59	ก.ค.60	ก.ค.60	ก.ค.60	ก.ค.60
575148	1780493	NT1/1	ห้วยหนองบัวพันนาธรรม	จตุรพักตรพิมาน	กาฬสินธุ์	46.7	45.8	-	51.2	48.4	-	-	-	53.6	-	-	-	53.3
565468	1797138	NT3/4	ห้วยทรายทอง	หนองสูง	กาฬสินธุ์	55.3	54.9	54.6	55.5	53.7	53.5	-	-	52.7	52.4	52.4	52.4	52.4
588961	1803052	NT4/2	ห้วยทรายทองพัฒนา	ทรายทองวัฒนา	กาฬสินธุ์	51.5	51.6	51.3	48.2	49.8	51.3	52.9	53.0	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3
569092	1835860	NT6	ห้วยทรายทอง	พนมไพร	กาฬสินธุ์	51.5	51.3	51.3	48.2	49.8	51.3	52.9	53.0	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3
639145	1804629	NT4/2	ห้วยทรายทอง	โพนทราย	กาฬสินธุ์	51.5	51.3	51.3	48.2	49.8	51.3	52.9	53.0	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3
620294	1834058	NT4/7	ห้วยทรายทอง	โพนทราย	กาฬสินธุ์	51.5	51.3	51.3	48.2	49.8	51.3	52.9	53.0	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3
651533	1829785	NT4/8/1	ห้วยทรายทอง	โพนทราย	กาฬสินธุ์	51.5	51.3	51.3	48.2	49.8	51.3	52.9	53.0	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3
637182	1831748	NT4/9	ห้วยทรายทอง	โพนทราย	กาฬสินธุ์	51.5	51.3	51.3	48.2	49.8	51.3	52.9	53.0	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3
606457	1854502	NT5/0/2	ห้วยทรายทอง	โพนทราย	กาฬสินธุ์	51.5	51.3	51.3	48.2	49.8	51.3	52.9	53.0	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3
615891	1842061	NT5/1	ห้วยทรายทอง	โพนทราย	กาฬสินธุ์	51.5	51.3	51.3	48.2	49.8	51.3	52.9	53.0	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3
622612	1876954	NT5/2	ห้วยทรายทอง	โพนทราย	กาฬสินธุ์	51.5	51.3	51.3	48.2	49.8	51.3	52.9	53.0	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3
624936	1888332	NT5/3/1	ห้วยทรายทอง	โพนทราย	กาฬสินธุ์	51.5	51.3	51.3	48.2	49.8	51.3	52.9	53.0	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3
642743	1857853	NT5/4/1	ห้วยทรายทอง	โพนทราย	กาฬสินธุ์	51.5	51.3	51.3	48.2	49.8	51.3	52.9	53.0	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3
600433	1878172	NT9/2	ห้วยทรายทอง	โพนทราย	กาฬสินธุ์	51.5	51.3	51.3	48.2	49.8	51.3	52.9	53.0	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3
570333	1892280	NT9/3	ห้วยทรายทอง	โพนทราย	กาฬสินธุ์	51.5	51.3	51.3	48.2	49.8	51.3	52.9	53.0	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3
597364	1914282	NT9/4/1	ห้วยทรายทอง	โพนทราย	กาฬสินธุ์	51.5	51.3	51.3	48.2	49.8	51.3	52.9	53.0	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3
604572	1928890	NT9/5	ห้วยทรายทอง	โพนทราย	กาฬสินธุ์	51.5	51.3	51.3	48.2	49.8	51.3	52.9	53.0	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3
596812	1891238	NT9/6/1	ห้วยทรายทอง	โพนทราย	กาฬสินธุ์	51.5	51.3	51.3	48.2	49.8	51.3	52.9	53.0	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3
580845	1893050	NT9/7/3	ห้วยทรายทอง	โพนทราย	กาฬสินธุ์	51.5	51.3	51.3	48.2	49.8	51.3	52.9	53.0	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3
596571	1900580	NT9/8/2	ห้วยทรายทอง	โพนทราย	กาฬสินธุ์	51.5	51.3	51.3	48.2	49.8	51.3	52.9	53.0	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3
597171	1926367	NT9/9/2	ห้วยทรายทอง	โพนทราย	กาฬสินธุ์	51.5	51.3	51.3	48.2	49.8	51.3	52.9	53.0	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3

3.6 การสำรวจพื้นที่โครงการ

ในการศึกษาวิจัยนี้ ผู้ศึกษาได้ดำเนินการสำรวจพื้นที่ภาคสนามในเบื้องต้น ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเข้าใจในพื้นที่ และลักษณะเฉพาะด้านอุทก-อุทกวิทยา น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน รวมถึงการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรน้ำในพื้นที่ โครงการที่เป็นปัจจุบันที่สุด โดยลักษณะของการสำรวจเป็นการ walk-through survey ซึ่งประกอบด้วย

- 1) ลักษณะเฉพาะด้านอุทก-ชลศาสตร์ สภาพลำน้ำ และอาคารควบคุมน้ำ เช่น ประตูระบายน้ำหลัก
- 2) การสูบน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ด้านการเกษตร
- 3) บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล

การสำรวจด้านอุทก-ชลศาสตร์หมายถึงการสำรวจและจัดหาข้อมูลอัตราการไหลรายวัน ระดับน้ำรายวัน ข้อมูลหน้าตัดสำรวจลำน้ำ ประตูระบายน้ำ ข้อมูลภูมิประเทศ สำหรับจำลองการไหลและผลของน้ำ การสูบน้ำใต้ดินก็เป็นการสำรวจด้านความต้องการน้ำและองค์ความรู้ของเกษตรกรในพื้นที่ต้องทรัพยากรน้ำใต้ดิน นอกจากนั้น เพื่อเป็นการติดตามสถานการณ์น้ำใต้ดินและปฏิสัมพันธ์กับเหตุการณ์อุทกวิทยาน้ำผิวดิน เป็นต้น

อนึ่ง เนื่องจากพื้นที่ศึกษาของโครงการมักประสบทั้งภัยแล้งและน้ำท่วม ดังนั้นการสำรวจจึงจำเป็นต้องดำเนินการทั้ง 2 ช่วงเวลา ทั้งนี้เพื่อจะได้เป็นการเปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างเชิงฤดูกาลที่มีผลต่อทรัพยากรน้ำผิวดินและใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ สำหรับการสำรวจที่ผ่านมาสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.6-1 ถึงรูปที่ 3.6-6



รูปที่ 3.6-1 ตัวอย่างการสูบน้ำบาดาลจากบ่อบาดาลน้ำตื้นเพื่อการทำนาปรัง

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง



สถานีวัดน้ำท่า Y.6 (แม่ข่ายม) ณ เดือนสิงหาคม 2559



ด้านเหนือน้ำ Y.6 (แม่ข่ายม) ณ เดือนสิงหาคม 2559



สถานีวัดน้ำท่า Y.4 (แม่ข่ายม) ณ เดือนสิงหาคม 2559



ด้านท้ายน้ำ Y.4 (แม่ข่ายม) ณ เดือนสิงหาคม 2559



บริเวณสถานีวัดน้ำท่า Y.4 (แม่ข่ายม) ณ เดือนมีนาคม 2560 (ไม่มีน้ำไหลเนื่องจากอัตราการไหลเข้าด้านเหนือ นำน้อยมาก)



ด้านเหนือน้ำ Y.4 (แม่ข่ายม) ณ เดือนมีนาคม 2560

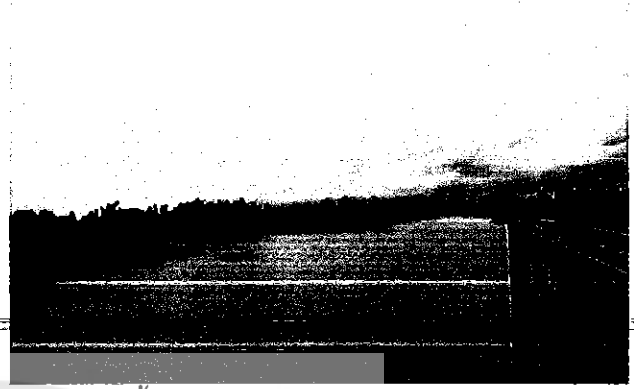
รูปที่ 3.6-2 การสำรวจสภาพอุทกวิทยาในพื้นที่โครงการ

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง



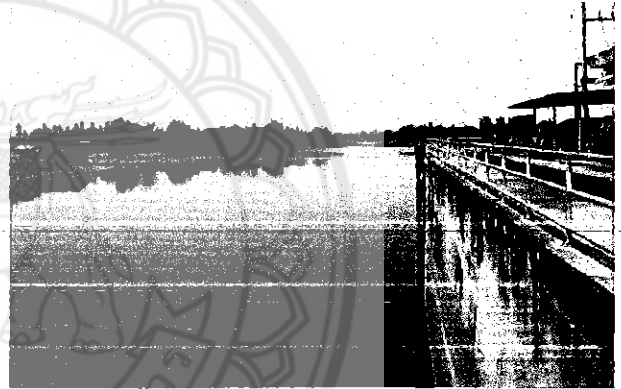
ปตร.บ้านหาดสะพานจันทร์ ณ เดือนสิงหาคม 2559



ด้านเหนือน้ำ ปตร.บ้านหาดสะพานจันทร์ ณ เดือนสิงหาคม 2559



ปตร.บ้านหาดสะพานจันทร์ ณ เดือนมีนาคม 2560



ด้านเหนือน้ำ ปตร.บ้านหาดสะพานจันทร์ ณ เดือนมีนาคม 2560



ปากคลองแม่ยมสายเก่าเพื่อช่วยผันน้ำอ้อมเมืองสวรรคโลก-สุโขทัย

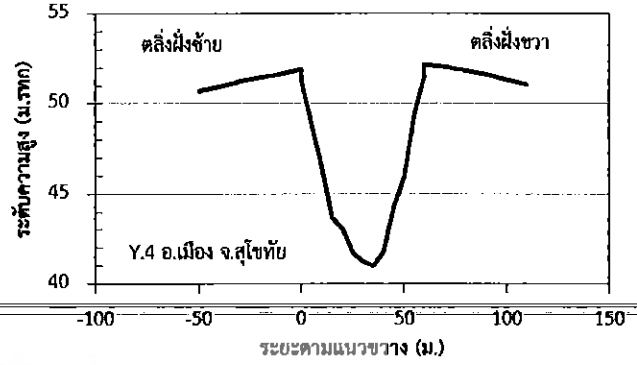
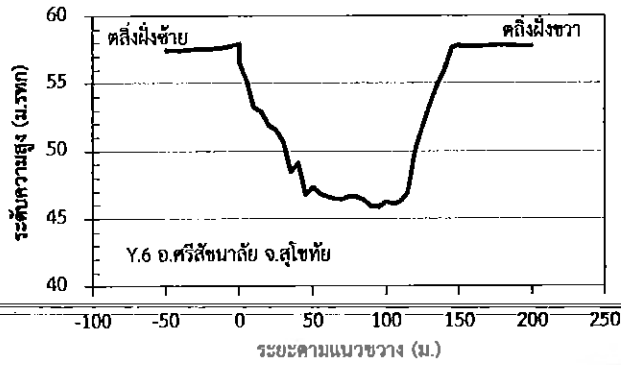


โครงข่ายคลองผันน้ำต่าง ๆ เพื่อช่วยลดอัตราการไหลในแม่น้ำยมสายหลัก

รูปที่ 3.6-3 การสำรวจอาคารชลศาสตร์และโครงข่ายคลองผันน้ำในแม่น้ำยม

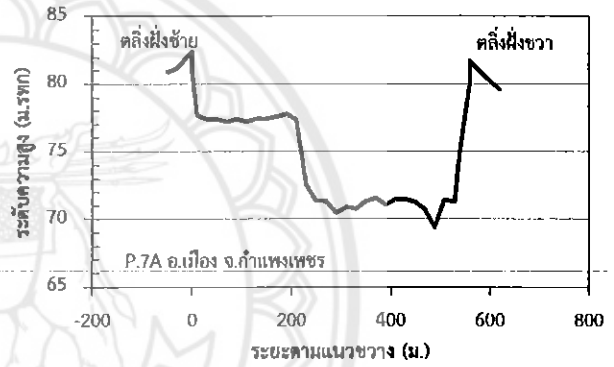
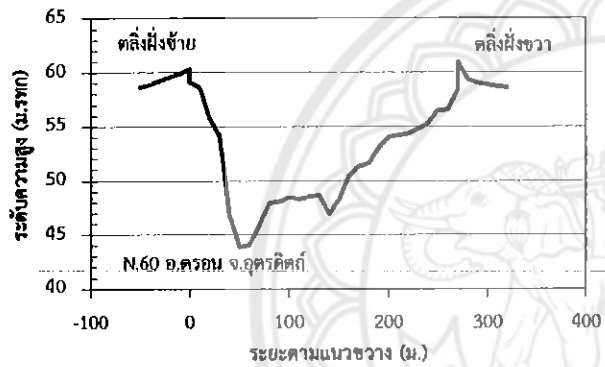
รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง



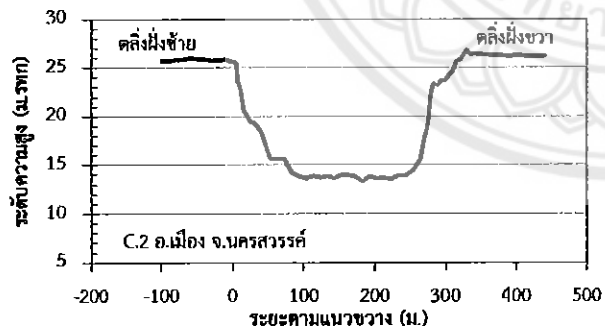
สถานี Y.6 (ขอบเขตด้านชลศาสตร์ด้านบน แม่น้ำยม)

สถานี Y.4 (ช่วงผ่านกลางเมืองสุโขทัย)



สถานี N.60 (ขอบเขตด้านชลศาสตร์ด้านบน แม่น้ำน่าน)

สถานี P.7A (ขอบเขตด้านชลศาสตร์ด้านบน แม่น้ำปิง)



สถานี C.2 (ขอบเขตด้านชลศาสตร์ด้านล่าง ท้ายจุดบรรจบแม่น้ำปิงกับแม่น้ำน่าน)

ภาพถ่ายจุดบรรจบแม่น้ำปิง-แม่น้ำน่าน (ด้านท้ายน้ำหรือแม่น้ำเจ้าพระยา)

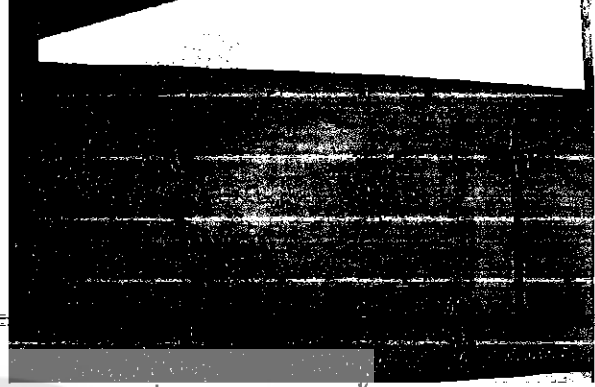
รูปที่ 3.6-4 ตัวอย่างลักษณะหน้าตัดขวางลำน้ำ

รายงานฉบับสมบูรณ์

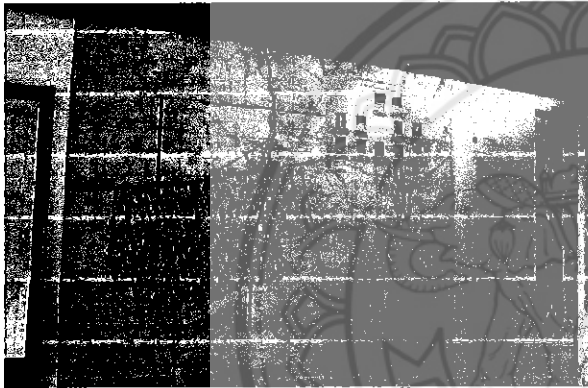
การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง



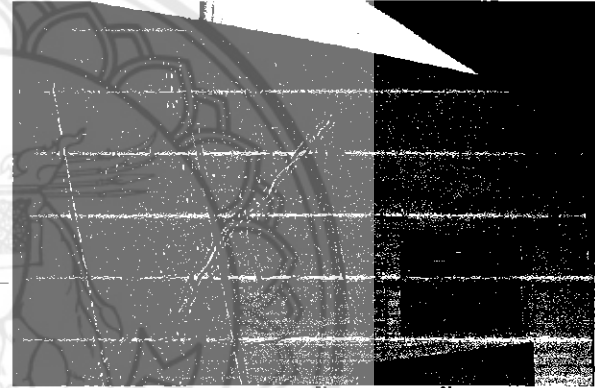
เกษตรกรผู้สูบน้ำใต้ดินเพื่อการเกษตร



แผนที่ขอบเขตโครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย



ตำแหน่งบ่อสูบน้ำใต้ดินโครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย



มีแผนรอบเวรการสูบน้ำ (จัดสรรน้ำใต้ดิน)



มีการวัดระดับน้ำใต้ดินก่อนและหลังจากการสูบ



Pump หรือเครื่องสูบน้ำใต้ดิน (อยู่ในโรงสูบน้ำ)

รูปที่ 3.6-5 การสำรวจด้านชุมชนและการใช้น้ำใต้ดินเพื่อการเกษตร

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง



บ่อสูบน้ำใต้ดินเพื่อการเกษตร



บ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน



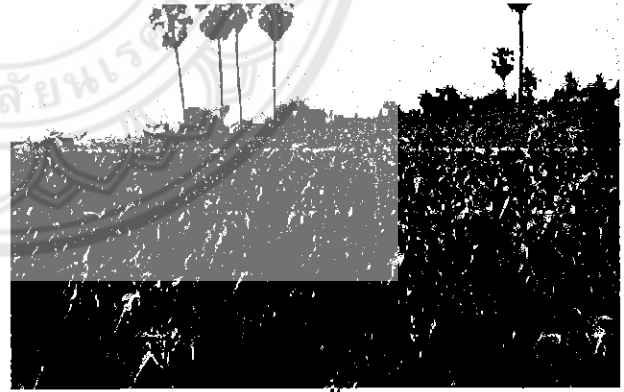
บ่อบาดาลน้ำตื้น



บ่อบาดาลน้ำตื้น (แนวโน้มลดลงทุกปี)



ประปาหมู่บ้านโดยใช้น้ำใต้ดิน



มะเขือ (ปลูกพืชใช้น้ำน้อยในฤดูแล้ง)

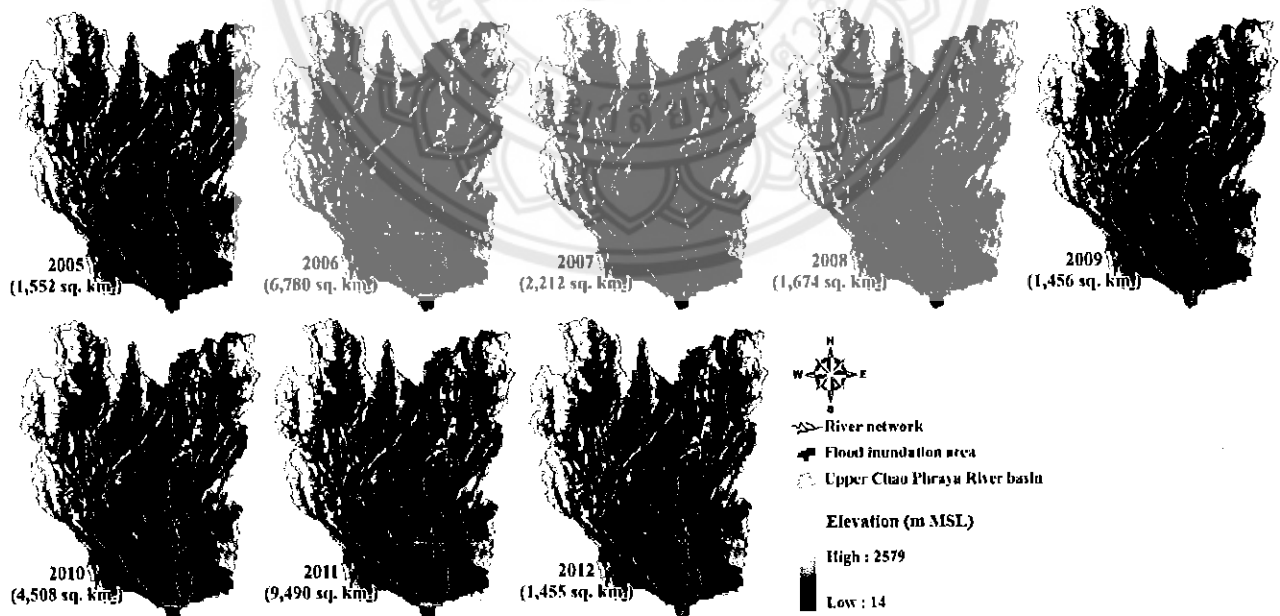
รูปที่ 3.6-6 บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล บ่อบาดาลน้ำตื้น และการปลูกพืชในฤดูแล้ง (อ.สวรรคโลก จ.สุโขทัย)

บทที่ 4

ผลลัพธ์ของการศึกษา

4.1 แบบจำลองชลศาสตร์ของแม่น้ำและพื้นที่น้ำท่วม

จากลักษณะเฉพาะของพื้นที่ศึกษาของโครงการพบว่าแม่น้ำยมและแม่น้ำน่านเป็นพื้นที่รองรับน้ำหลากที่ไหลจากแนวเทือกเขา (ลุ่มน้ำยมและน่านตอนบนจากจังหวัดแพร่และจังหวัดน่าน) ที่มีความลาดชันมาก สำหรับแม่น้ำน่านจะมีเขื่อนสิริกิติ์คอยบริหารจัดการมวลน้ำก่อนที่จะระบายลงสู่ด้านท้าย ในขณะที่แม่น้ำยมไม่มีเขื่อนขนาดใหญ่สำหรับบริหารจัดการน้ำหลากขนาดใหญ่ ๆ ได้ มีเพียงประตูระบายเพื่อบริหารจัดการตามสถานการณ์ เช่น ประตูระบายน้ำหาดสะพานจันทร์ (อำเภอศรีสัชชนาลัย) ด้วยเหตุนี้จึงเกิดน้ำหลากถล่มลงในแม่น้ำยมอยู่บ่อยครั้งหรือจะกล่าวได้ว่าเกือบทุกปีก็ว่าได้ จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรูปที่ 4.1-1 พบว่าในช่วงระยะเวลา 8 ปี (พ.ศ. 2548 – พ.ศ. 2555) ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่างประสบกับปัญหาน้ำท่วมทุกปี (พื้นที่สีแดง) โดยมีขนาดความรุนแรงแตกต่างกันไป เช่น ปี พ.ศ. 2549 และ พ.ศ. 2554 ได้เกิดน้ำท่วมขนาดใหญ่มีพื้นที่น้ำท่วมขังประมาณ 6,780 ถึง 9,490 ตร.กม. (รวมปิง วัง ยม และน่าน) ตามลำดับ เป็นต้น



รูปที่ 4.1-1 ภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่น้ำท่วมในเขตภาคเหนือ (สีแดงคือขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมสูงสุดรายปี)

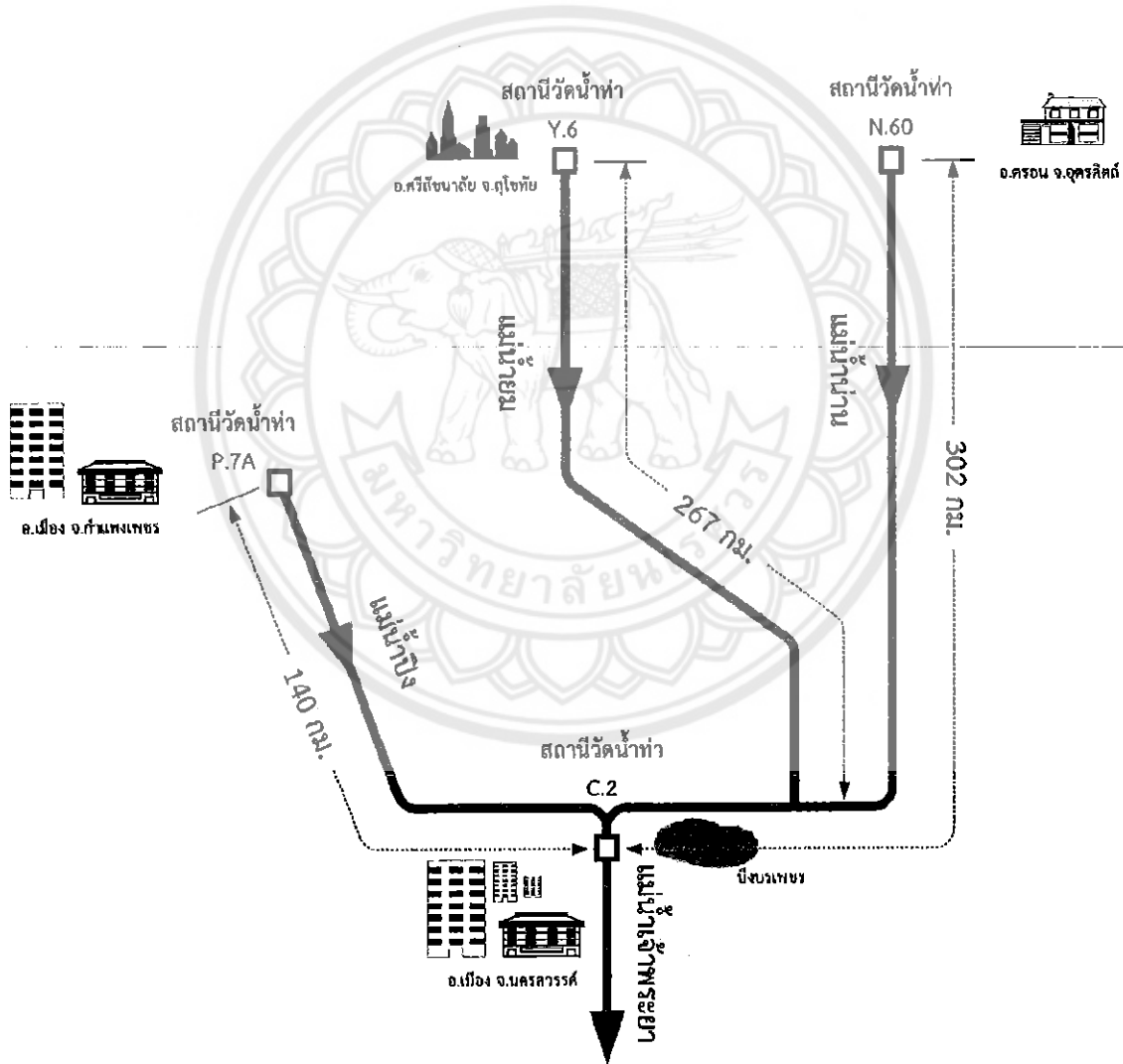
รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

สำหรับปีที่ฝนน้อย เช่น ปี พ.ศ. 2550 – พ.ศ. 2552 ตามริมฝั่งแม่น้ำยมโดยเฉพาะจังหวัดสุโขทัยก็ยังคงประสบปัญหาน้ำล้นตลิ่งอยู่เช่นเดิม หรืออาจกล่าวได้ว่าบริเวณแห่งนี้น้ำท่วมถือเป็นลักษณะปกติก็ว่าได้

4.1.1 การจำลองชลศาสตร์ของแม่น้ำ

รูปที่ 4.1.1-1 แสดงโครงข่ายของระบบแม่น้ำในพื้นที่ศึกษาของโครงการ ซึ่งประกอบด้วยแม่น้ำยม แม่น้ำน่าน และแม่น้ำปิง โดยแม่น้ำยมและน่านบรรจบกันที่จังหวัดนครสวรรค์ (อำเภอชุมแสง) ส่วนแม่น้ำปิงเริ่มจำลองจากอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร แล้วไหลไปบรรจบกับแม่น้ำน่านที่ปากน้ำโพ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ จากลักษณะดังกล่าวข้างต้นจึงสามารถพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์ด้านชลศาสตร์ที่มีเงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้



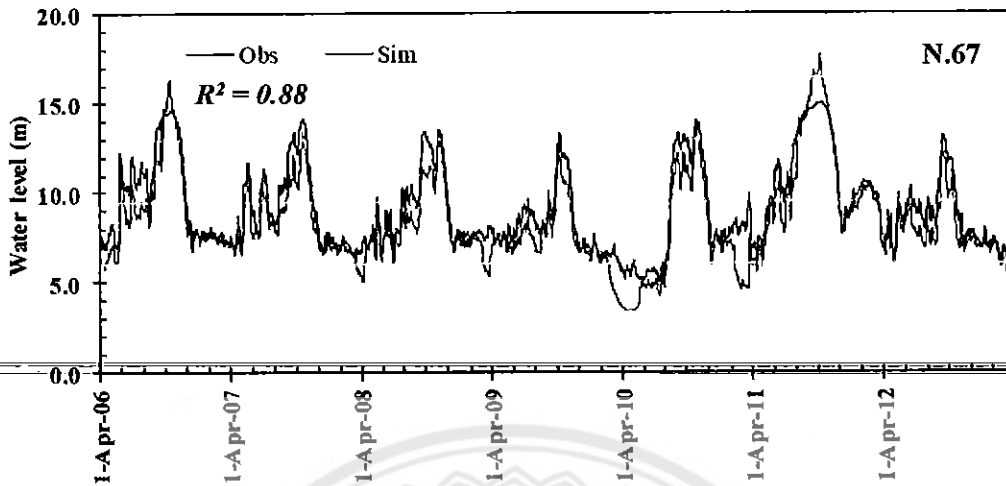
รูปที่ 4.1.1-1 โครงข่ายแม่น้ำในแบบจำลองชลศาสตร์

- 1) เงื่อนไขขอบเขตด้านบนหรืออัตราไหลเข้าสู่ระบบ/โครงข่ายลำน้ำ ได้แก่ ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน (Daily discharge) ณ สถานีวัดน้ำท่า P.7A (แม่น้ำปิง) Y.6 (แม่น้ำยม) และ N.60 (แม่น้ำน่าน)
- 2) ท้ายจุดบรรจบของแม่น้ำปิงและแม่น้ำน่านใช้ระดับน้ำ (Water level) เป็นเงื่อนไขขอบเขตด้านล่าง
- 3) สำหรับการสอบเทียบพารามิเตอร์ของแบบจำลองชลศาสตร์ (Manning's roughness coefficient, n หรือ Manning's n) ได้ใช้ข้อมูลการตรวจวัดของระดับน้ำ ณ สถานี P.17 และสถานี N.64 เป็นจุดสอบเทียบแบบจำลอง (Model calibration)
- 4) ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เป็นตัวบ่งชี้ถึงผลการจำลองจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ว่าสอดคล้องกับข้อมูลการตรวจวัดจริงหรือไม่ ถ้า R^2 เข้าใกล้หรือมีค่าเท่ากับหนึ่งแสดงว่าแบบจำลองและพารามิเตอร์ที่ใช้มีความเหมาะสมกับความเป็นจริงมาก แต่ถ้า R^2 เข้าใกล้ศูนย์แสดงว่าพารามิเตอร์ที่กำหนดในแบบจำลองไม่เหมาะสมต้องดำเนินการสอบเทียบแบบจำลองใหม่ โดยทั่วไปหากค่า $R^2 \geq 0.8$ ก็ถือว่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองมีความเหมาะสม

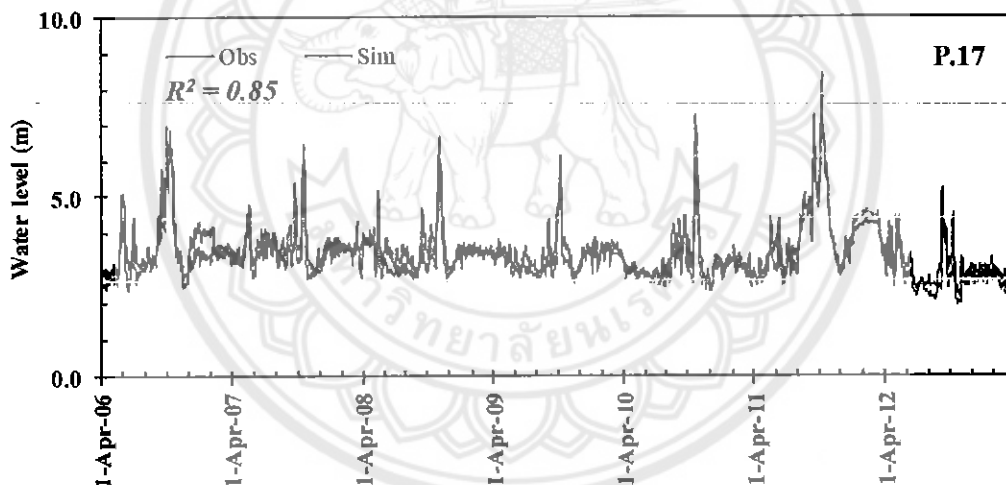
รูปที่ 4.1.1-2 และรูปที่ 4.1.1-3 แสดงผลการเปรียบเทียบหรือสอบเทียบค่าระดับน้ำรายวันที่ได้จากแบบจำลองชลศาสตร์ (เส้นสีแดง) กับข้อมูลการตรวจวัดระดับน้ำจริงที่ตรวจวัดโดยกรมชลประทาน (เส้นสีน้ำเงิน) ในช่วงปี ค.ศ. 2006-2012 หรือปี พ.ศ. 2549 ถึงปี พ.ศ. 2555 (รวมระยะเวลา 7 ปี) และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่าให้ค่า R^2 มากกว่าร้อยละ 80 หรือ 0.8 ทั้ง 2 สถานีการสอบเทียบโดยมีค่าเท่ากับ 0.85 และ 0.88 สำหรับสถานี P.17 และสถานี N.64 ตามลำดับ จากข้างต้นสรุปได้ว่าแบบจำลองชลศาสตร์ของแม่น้ำนี้และค่าความหยาบผิวของท้องน้ำ (Manning's n) ซึ่งมีค่าไม่เท่ากับตลอดลำน้ำ กล่าวคือมีค่าอยู่ระหว่าง 0.023-0.040 (ได้จากการสอบเทียบแบบลองผิดลองถูก) โดยตอนบนของลำน้ำมีความลาดชันของท้องน้ำมากส่งผลให้น้ำไหลได้เร็ว นั่นคือมีค่าความหยาบผิวของท้องน้ำต่ำ ในทางตรงกันข้ามช่วงลำน้ำตอนล่างมีความลาดชันน้อยและแม่น้ำกว้างมีวัชพืชต่าง ๆ ขึ้นหนาแน่นตลอดแนวตลิ่ง ส่งผลให้เกิดเป็นแรงต้านทางต่อการไหลหรือไหลไม่สะดวกซึ่งส่งผลให้การจำลองต้องกำหนดให้มีค่าสัมประสิทธิ์ความหยาบผิวของ Manning มากนั่นเอง ซึ่งจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลการตรวจวัดพบว่าให้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ ถึงแม้ว่าแบบจำลองไม่สามารถให้ค่าระดับน้ำสูงสุดได้ถูกต้องโดยเฉพาะกรณีปีวิกฤติ (พ.ศ. 2554) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมทั้งหมดในภาพรวมก็สามารถที่จะสรุปได้ว่าแบบจำลองแม่น้ำนี้มีความเหมาะสมในระดับหนึ่งสามารถนำไปใช้ร่วมกับการศึกษาน้ำหลากหรือน้ำท่วมต่อไปได้

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง



รูปที่ 4.1.1-2 ผลการสอบเทียบแบบจำลองและข้อมูลการตรวจวัดของระดับน้ำ ณ สถานี N.64



รูปที่ 4.1.1-3 ผลการสอบเทียบแบบจำลองและข้อมูลการตรวจวัดของระดับน้ำ ณ สถานี P.17

4.1.2 การจำลองชลศาสตร์ของน้ำหลาก

แบบจำลองน้ำหลากนี้เป็นการจำลองร่วมกันระหว่าง แบบจำลองชลศาสตร์ของแม่น้ำ (1-D) และแบบจำลองการไหลหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำท่วมถึง 2 มิติ (2-D) ดังแสดงชุดสมการความคุมต่าง ๆ แล้วในบทที่ 2 สำหรับการจำลองหรือการรันแบบจำลองได้ใช้ชุดพารามิเตอร์ที่ผ่านการสอบเทียบแล้วในข้างต้น (ความหยาบผิว

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

ของท้องน้ำ) มาจำลองสภาพการไหลหลากในพื้นที่น้ำท่วมถึง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความหยาบผิวของพื้นที่น้ำท่วมถึงสูงอยู่ที่ 0.06 เช่นเดียวกันกับการไหลในแม่น้ำแบบจำลองน้ำท่วมก็ควรมีเกณฑ์บ่งชี้เช่นกันว่าแบบจำลองที่ดำเนินการศึกษาสามารถเลียนแบบพฤติกรรมน้ำท่วมในพื้นที่ได้ดีมากน้อยเพียงใด เนื่องจากวัตถุประสงค์หลักของการศึกษานี้มุ่งไปที่ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่น้ำท่วมกับปริมาณน้ำใต้ดิน ดังนั้นแบบจำลองน้ำท่วมที่เหมาะสมในที่นี้คือสามารถจำลองพื้นที่น้ำท่วมให้สอดคล้องกับข้อมูลการตรวจวัดให้มากที่สุด โดยทั่วไปมักจะเทียบกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมซึ่งส่วนใหญ่จะตีความจากภาพถ่ายดาวเทียม

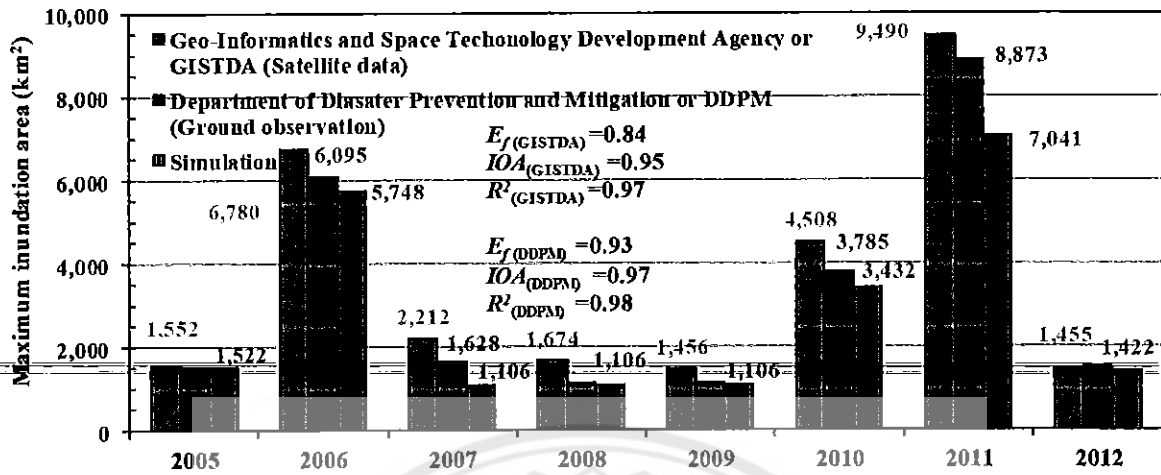
อย่างไรก็ตามข้อมูลการตรวจวัดพื้นที่น้ำท่วมถึงนั้นมิอาจทำได้โดยง่ายเพราะเป็นความสัมพันธ์กันทั้งเชิงพื้นที่และเวลา (Temporal and spatial distributions) โดยทั่วไปมักเป็นการสำรวจหลังจากน้ำท่วมได้ลดลงแล้วหรือการใช้เทคโนโลยีภาพถ่ายดาวเทียมแล้วแปลผลที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมนั้นให้เป็นขนาดพื้นที่น้ำท่วม แต่ก็มีข้อจำกัดในเรื่องของความถูกต้องด้วย โดยทั่วไปการแปลภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับพื้นที่น้ำท่วมนั้นอาจมีความผิดพลาดอยู่ประมาณร้อยละ 15-20 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้แปลภาพเอง ความซับซ้อนของพื้นที่ ความชัดเจนและความละเอียดของภาพถ่าย เป็นต้น

สำหรับประเทศไทยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) หรือ GISTDA ได้แปลภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่น้ำท่วมทั่วประเทศไทย สำหรับพื้นที่ศึกษาของโครงการพบว่าในช่วงปี พ.ศ. 2548 ถึง พ.ศ. 2555 พบว่ามีพื้นที่น้ำท่วมสูงสุดรายปีอยู่ระหว่าง 1,455 ถึง 9,490 ตร.กม. ดังแสดงในรูปที่ 4.1-1 การศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลดังกล่าวร่วมกับข้อมูลการสำรวจของกรมพัฒนาที่ดิน และกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยสำหรับประเมินความเหมาะสมของแบบจำลองน้ำหลาก โดยถือว่าข้อมูลที่รายงานจากหน่วยงานข้างต้นเป็นค่าการตรวจวัดที่ถูกต้อง อนึ่ง การประเมินหรือการตรวจวัดพื้นที่น้ำท่วมจริง ๆ เป็นเรื่องยากจึงไม่น่าแปลกที่อาจพบว่าข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมที่รายงานจากแต่ละหน่วยงานไม่ตรงกันหรือบางกรณีก็มีความขัดแย้ง

ดังแสดงในรูปที่ 4.1.2-1 เป็นการเปรียบเทียบขนาดน้ำท่วมสูงสุดรายปีระหว่างแบบจำลองน้ำหลาก (กราฟแท่งสีเขียว) กับข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมโดยกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (DDPM, กราฟแท่งสีแดง) และขนาดพื้นที่น้ำท่วมสูงสุดที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมโดย GISTDA (กราฟแท่งสีฟ้า) ในช่วงปี พ.ศ. 2548 ถึง พ.ศ. 2555 เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แล้วพบว่าแบบจำลองสามารถจำลองขนาดพื้นที่น้ำท่วมได้ดี ($R^2 \geq 0.8$) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในภาพรวมแล้วพบว่าแบบจำลองให้ผลการจำลองต่ำกว่าค่าการตรวจวัด โดยเฉพาะปีที่เกิดน้ำท่วมขนาดใหญ่ เช่น พ.ศ. 2554 (ค.ศ. 2011) แต่สำหรับกรณีที่น้ำท่วมขนาดไม่ใหญ่มากนั้นคือพื้นที่น้ำท่วมน้อยกว่า 2,000 ตร.กม. แล้วพบว่าแบบจำลองสามารถประมาณพื้นที่น้ำท่วมได้ใกล้เคียงกับฐานข้อมูลของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยและ GISTDA

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำที่ติดกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง



รูปที่ 4.1.2-1 การเปรียบเทียบขนาดน้ำท่วมสูงสุดรายปีระหว่างแบบจำลอง (Simulation) กับฐานข้อมูลของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (DDPM) และข้อมูลของ GISTDA

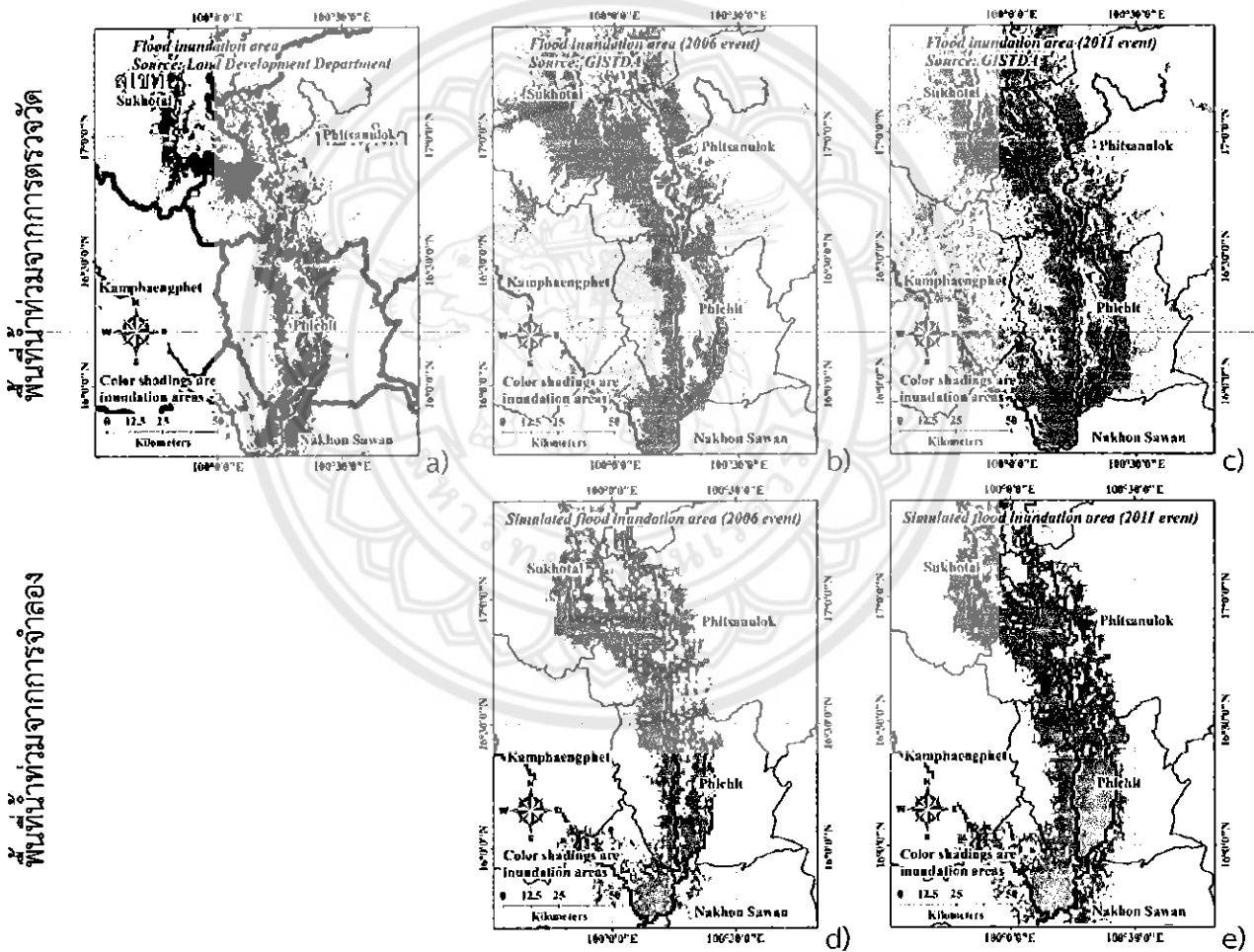
การศึกษาน้ำท่วมมีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาการกระจายเชิงพื้นที่หรือมีพื้นที่ตรงไหนบ้างที่โดนน้ำท่วมในกรณีนี้จะอาศัยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของ GISTDA และข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากที่ศึกษาโดยกรมพัฒนาที่ดินเป็นฐานข้อมูลสำหรับการเปรียบเทียบความเหมาะสมของแบบจำลองน้ำท่วม จากรูปที่ 4.1.2-2 โดยรูปที่ 4.1.2-2a เป็นแผนที่น้ำท่วมซ้ำซากบริเวณริมฝั่งแม่น้ำยมและน่านตอนล่าง ในขณะที่รูปที่ 4.1.2-b และ 4.1.2-c เป็นพื้นที่น้ำท่วม (พื้นที่สีฟ้า) ที่แปลผลมาจากภาพถ่ายดาวเทียมของปี พ.ศ. 2549 และ พ.ศ. 2554 โดยทั้งสองปีคัดเลือกมาเสนอเนื่องจากเป็นปีที่พื้นที่ประสบกับปัญหาน้ำท่วมขนาดใหญ่สร้างความเสียหายมาก สำหรับรูปที่ 4.1.2-2d และ 4.1.2-2e เป็นพื้นที่น้ำท่วม (พื้นที่สีฟ้า) ที่ได้จากแบบจำลองน้ำหลากที่พัฒนาขึ้นจากการศึกษานี้ เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมแล้วพบว่าแบบจำลองสามารถจำลองพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากได้ดี นั่นคือบริเวณที่เกิดน้ำท่วมซ้ำซากแบบจำลองก็แสดงให้เห็นว่าเกิดน้ำท่วมซึ่งสอดคล้องกับแผนที่น้ำท่วมของกรมพัฒนาที่ดิน และเมื่อเปรียบเทียบกับภาพถ่ายดาวเทียมพบว่าแบบจำลองน้ำหลากประมาณการพื้นที่น้ำท่วมต่ำกว่าความเป็นจริง (Lower estimate) ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดของแบบจำลองที่น้ำท่วมต้องค่อย ๆ ล้นตลิ่งจากฝั่งแม่น้ำแล้วแผ่ขยายเข้าไปท่วมในพื้นที่ราบที่มีระดับพื้นดินต่ำกว่าระดับน้ำ และขนาดกริดที่ใช้ในแบบจำลองด้วย (ผลการจำลองในรูปที่ 4.1.2-2d-e ใช้กริดขนาด 1 กม. x 1 กม.) หากใช้ขนาดกริดที่ละเอียดกว่านี้ผลการจำลองอาจมีความถูกต้องยิ่งขึ้น แต่ระยะเวลาในการจำลอง (Computational time) ก็จะมากขึ้น นอกจากนั้นยังอาจมีผลกระทบจากข้อมูลนำเข้าด้านระดับความสูงหรือสภาพภูมิประเทศ (Digital Elevation Model หรือ DEM) ที่มีความผิดพลาดอยู่ด้วย

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

ในขณะที่ภาพถ่ายดาวเทียมนั้นรวมเอาพื้นที่หนอง บึง สระ หรืออื่น ๆ เช่น พื้นดินที่มีความชื้นอยู่สูง (อึมตัวด้วยน้ำ) หรือพื้นที่ชุ่มน้ำ เข้าไปด้วยจึงแสดงให้เห็นว่ามีพื้นที่น้ำท่วมมาก

อย่างไรก็ตามการจำลองพื้นที่น้ำท่วมที่ถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วยังถือว่าเป็นหัวข้อที่ทำให้นักวิจัยอยู่มากเนื่องด้วยยังมีปัจจัยด้านการบริหารจัดการน้ำ (การผันน้ำในโครงข่ายลำน้ำซึ่งไม่อยู่ในขอบเขตของการศึกษานี้) การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ฯลฯ ซึ่งทั้งหมดย่อมมีผลต่อการจำลองพื้นที่น้ำท่วมด้วย จากผลการศึกษาที่ได้นำเสนอนี้ก็สามารที่จะบ่งชี้ได้ในระดับที่ดีว่าทฤษฎีและชุดสมการควบคุมต่าง ๆ ที่นำเสนอในบทที่ 2 นั้นก็สามารถจำลองระบบพลศาสตร์ของแม่น้ำและสร้างพื้นที่น้ำท่วมได้ดีพอที่จะสร้างเป็นแผนที่ประสภภัยน้ำท่วมได้

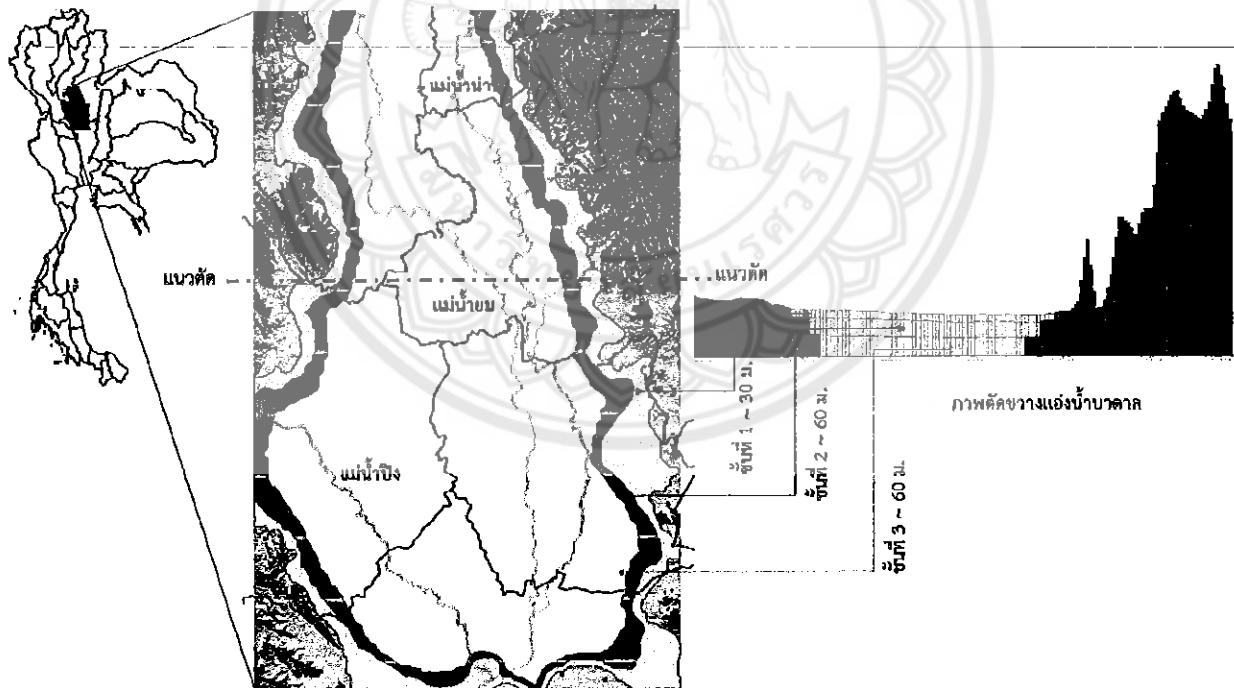


รูปที่ 4.1.2-2 การเปรียบเทียบพื้นที่น้ำท่วมสูงสุดรายปีระหว่างแบบจำลอง (Simulation, d และ e) กับฐานข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน (a) และข้อมูลของ GISTDA (b และ c)

4.2 การจำลองน้ำบาดาล

4.2.1 แอ่งน้ำบาดาล

รูปที่ 4.2.1-1 แสดงภาพโมทศน์ของแอ่งน้ำบาดาลบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง (หรือแอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน) จากข้อมูลธรณีวิทยาโดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาลพบว่าบริเวณนี้มีชั้นน้ำบาดาลอยู่ด้วยกัน 3 ชั้นซึ่งจำแนกตามอายุของชั้นน้ำบาดาล ได้แก่ ชั้นบนสุดจะเรียกว่าชั้นน้ำบาดาลเจ้าพระยา (Qcp) ชั้นนี้ จะมีความหนาโดยเฉลี่ยประมาณ 30 ม. จากระดับพื้นผิวดิน ชั้นที่สองหรือชั้นที่อยู่ตรงกลางคือชั้นน้ำบาดาล เชียงราย (Qcr) ซึ่งมีความหนาเฉลี่ยประมาณ 60 ม. และชั้นล่างสุดคือชั้นน้ำเชียงใหม่ (Qcm) โดยมีความหนาเฉลี่ยประมาณ 60 ม. เช่นเดียวกันกับชั้นน้ำเชียงราย อย่างไรก็ตามในสภาพธรรมชาตินั้นชั้นน้ำบาดาลมีความซับซ้อนมากดังแสดงในรูปที่ 4.2.1-2 ถึงรูปที่ 4.2.1-3 จากข้อมูลสำรวจพบว่าทั้งด้านซ้ายและขวาของแอ่งเป็นหินแข็ง (Bed rocks) แล้วมีความลาดลงมาด้านตรงกลางแอ่งทำให้เกิดเป็นรูปก้นกระทะขนานกันทั้ง 3 ชั้น การจำแนกชั้นน้ำออกเป็น 3 ชั้นก็เพื่อลดความซับซ้อนของสภาพธรรมชาติและประโยชน์ในการสร้างแบบจำลองเพื่อจำลองพฤติกรรมของการไหลเท่านั้น



รูปที่ 4.2.1-1 ภาพโมทศน์แอ่งน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาโครงการ

รายงานฉบับสมบูรณ์

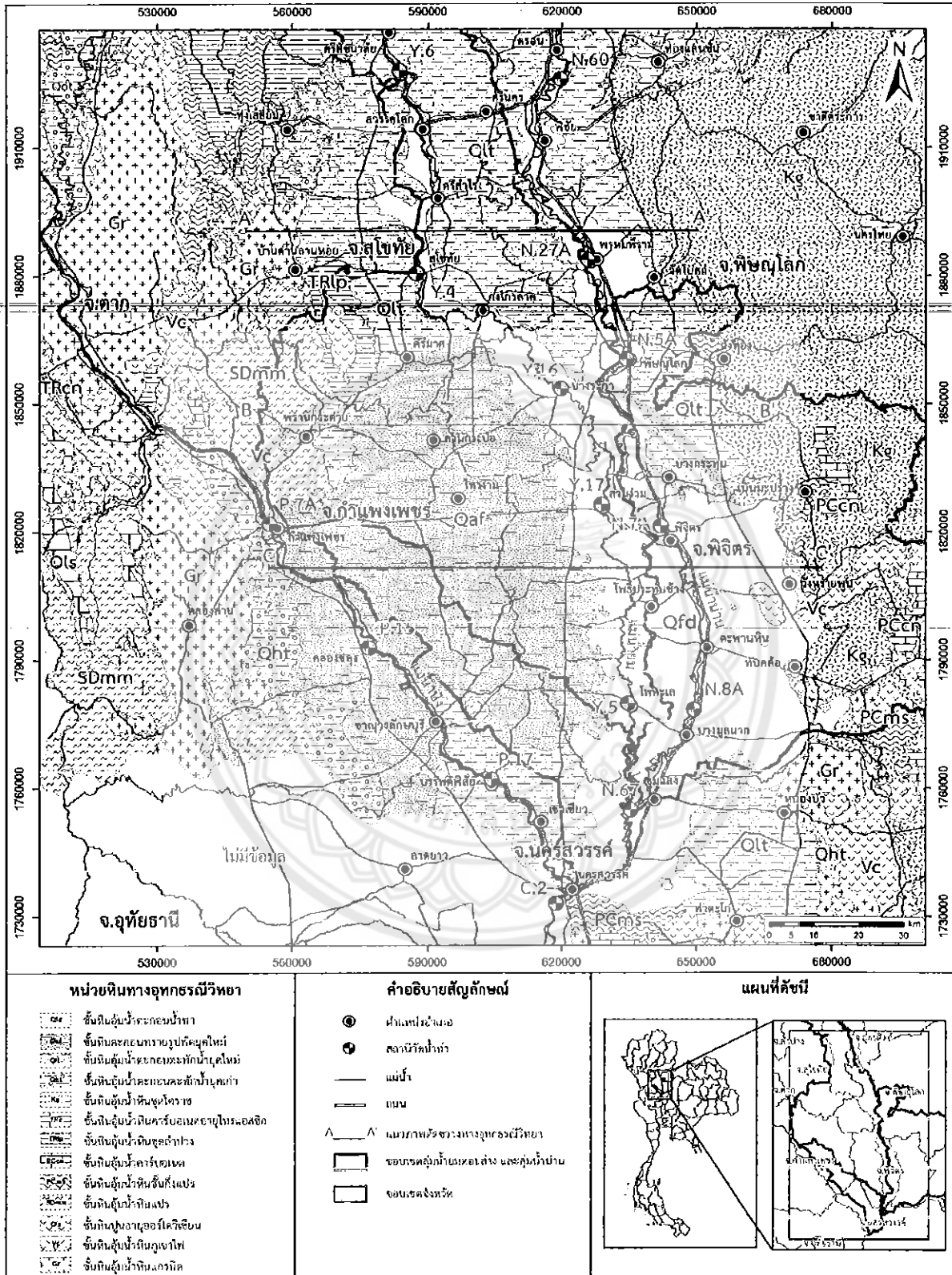
การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

สำหรับการศึกษานี้เน้นที่การทำความเข้าใจพฤติกรรมร่วมระหว่างขนาดน้ำท่วมกับน้ำบาดาล การเกิดน้ำท่วมในแต่ละเหตุการณ์ก็อาจครอบคลุมระยะเวลาสิ้นสุดประมาณ 2-3 เดือน พฤติกรรมการไหลในชั้นน้ำบาดาลนั้นช้ามาก เมื่อเทียบกับการไหลของน้ำบนผิวดินหรือในแม่น้ำ ด้วยเหตุนี้ชั้นน้ำบาดาลชั้นเจ้าพระยา (ชั้นบนสุดที่มีความหนาประมาณ 30 ม. จากระดับพื้นผิว) เท่านั้นที่จะได้รับหรือแสดงปฏิสัมพันธ์กับน้ำท่วมในแต่ละเหตุการณ์ โดยการจำลองแอ่งน้ำบาดาลของการศึกษานี้จึงเป็นแบบชั้นน้ำบาดาลชั้นเดียว (Single aquifer)



รายงานฉบับสมบูรณ์

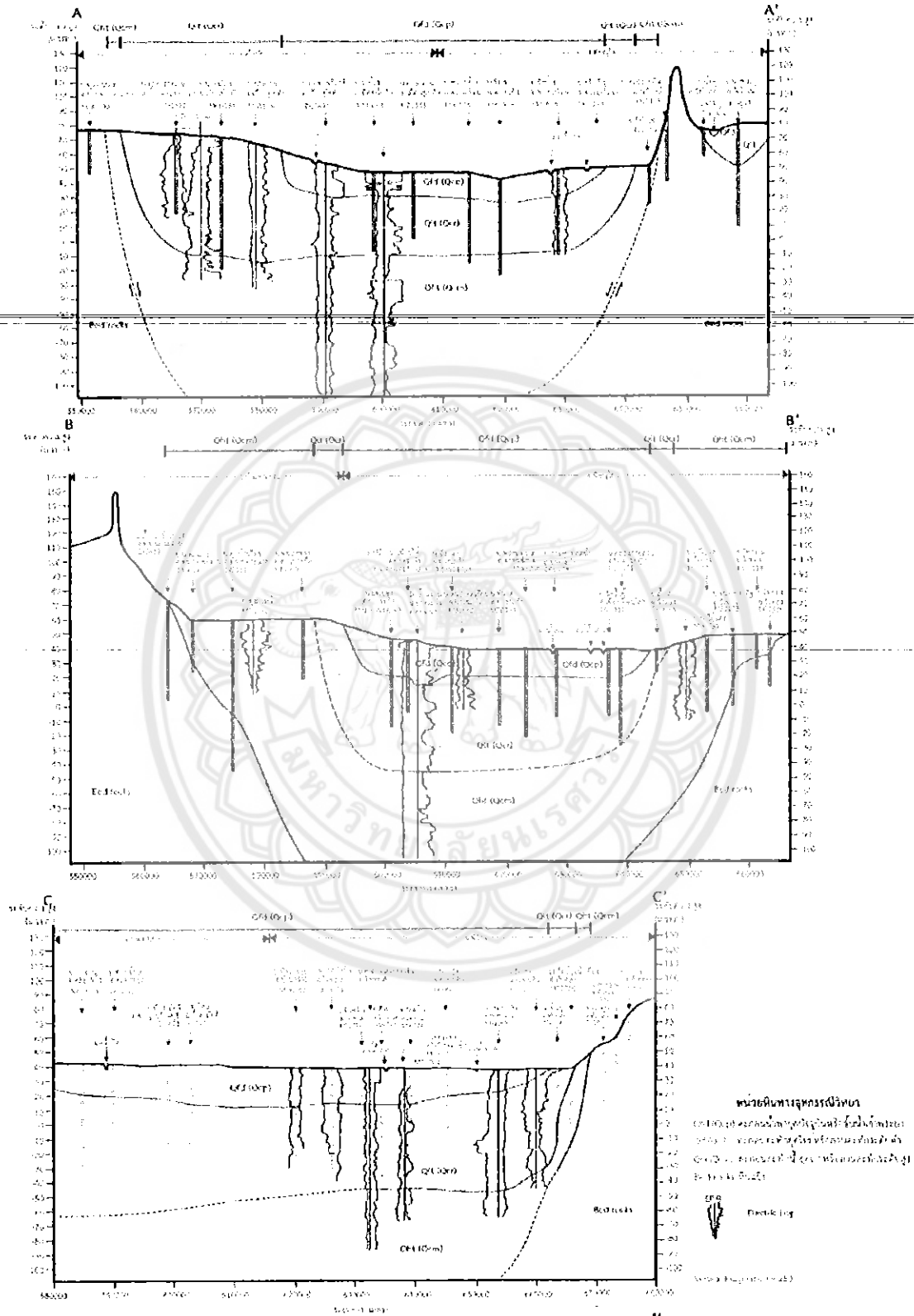
การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง



รูปที่ 4.2.1-2 แผนที่ธรณีอุทกธรณีวิทยา (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2558)

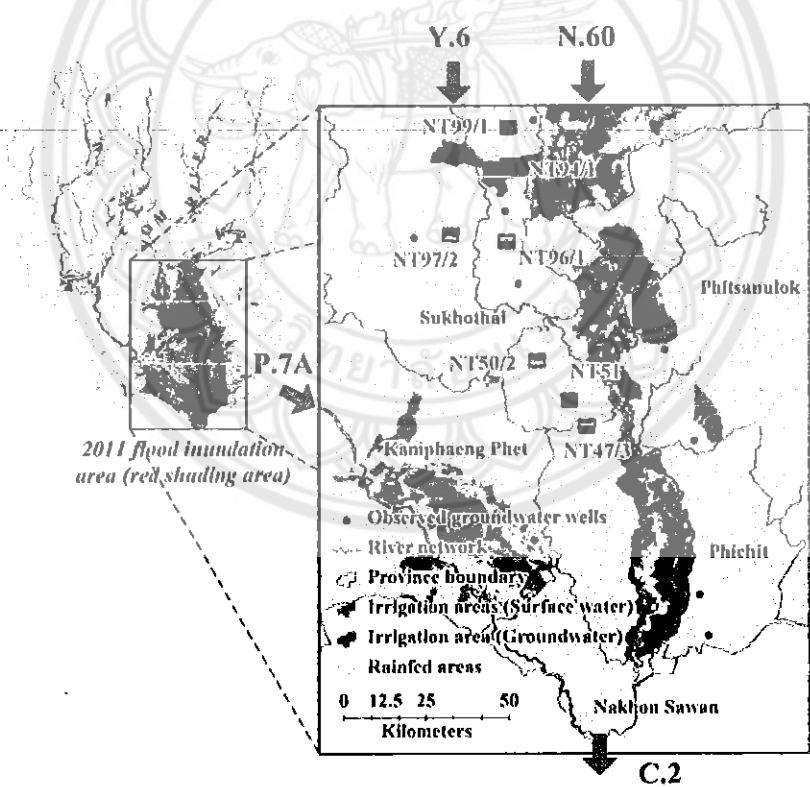
รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง



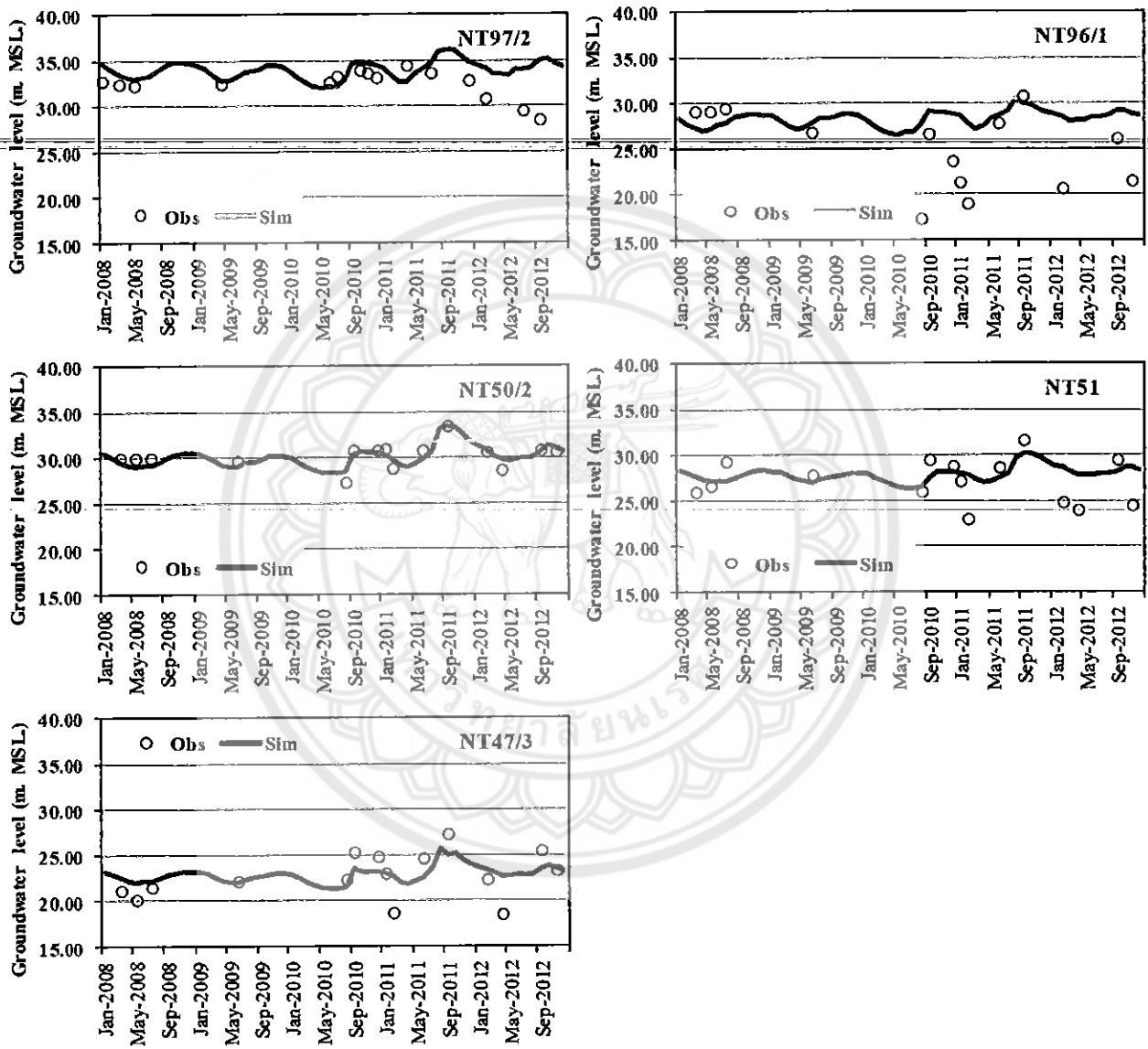
4.2.2 การจำลองระดับน้ำบาดาล

แบบจำลองน้ำหลากนี้เป็นการรันแบบจำลองร่วมกันระหว่าง แบบจำลองชลศาสตร์ของแม่น้ำ (1-D) และแบบจำลองการไหลหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำท่วมถึง 2 มิติ (2-D) ดังแสดงชุดสมการความคุมต่าง ๆ แล้วในบทที่ 2 แบบจำลองน้ำใต้ดินนี้เป็นการรวมสองแบบจำลองข้างต้น คือแบบจำลองชลศาสตร์ของแม่น้ำ (1-D) แบบจำลองน้ำหลาก (2-D) เข้ากับแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินซึ่งเป็นการจำลองการไหลแบบ 2 มิติ (2-D) เช่นกัน กล่าวคือน้ำในแม่น้ำจะมีการแลกเปลี่ยนกันกับน้ำในชั้นน้ำใต้ดิน ถ้าระดับน้ำในแม่น้ำสูงกว่าระดับน้ำในชั้นน้ำใต้ดินแล้วน้ำในแม่น้ำก็จะค่อยซึมผ่านท้องน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล (Losing river) ในทางตรงกันข้ามหากระดับน้ำในแม่น้ำอยู่ต่ำกว่าระดับชั้นน้ำใต้ดินบริเวณลำน้ำแล้ว น้ำในชั้นน้ำใต้ดินก็จะให้น้ำกลับสู่ลำน้ำ (Gaining river) สำหรับพื้นที่น้ำท่วมก็จะกลายเป็นแหล่งเติมน้ำให้กับชั้นน้ำใต้ดินโดยอัตราการเติมน้ำนี้จะขึ้นอยู่กับความลึกของน้ำท่วมและค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (Hydraulic conductivity) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองทั้งสามและสมการควบคุมได้แสดงไว้ในบทที่ 2



รูปที่ 4.2.2-1 แสดงตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินสำหรับสอบเทียบแบบจำลองน้ำใต้ดิน

อนึ่ง ข้อสมมุติฐานของการจำลองนี้ได้พิจารณาระบบชั้นน้ำใต้ดินเป็นแบบไม่มีแรงดัน (Unconfined aquifer) และยังกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการซึมผ่านทางราบมีค่าเท่ากันทั้งทิศทาง x และ y ด้วย ผลของการจำลองระดับน้ำของบ่อสังเกตการณ์ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในรูปที่ 4.2.2-1 (รายละเอียดแสดงในบทที่ 3)



รูปที่ 4.2.2-2 เปรียบเทียบระดับน้ำใต้ดินระหว่างข้อมูลการตรวจวัด (จุด) กับการจำลอง (เส้นสีแดง)

ในรูปที่ 4.2.2-2 แสดงการเปรียบเทียบระดับน้ำใต้ดินระหว่างข้อมูลการตรวจวัด (จุด) กับระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง โดยมีช่วงระยะเวลาการจำลองจาก ปี พ.ศ. 2551 ถึง ปี พ.ศ. 2554 เนื่องจากข้อมูลการตรวจวัดมี

รายงานฉบับสมบูรณ์

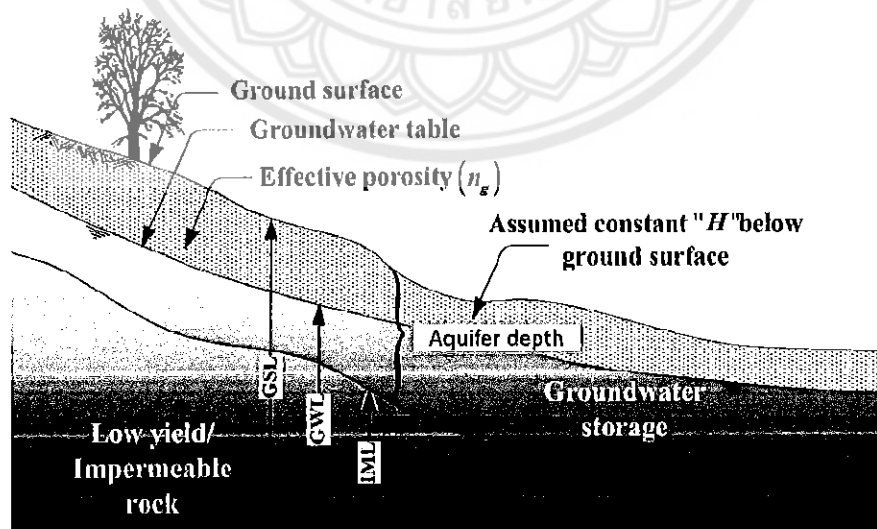
การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

อยู่อย่างจำกัด นอกจากนั้นความถี่บ่อยของการเก็บข้อมูลก็ไม่สม่ำเสมอ (โดยปกติคือรายเดือนแต่หลายเดือนก็ไม่มี การเก็บข้อมูล) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากข้อมูลทั้งสองก็พอที่จะสรุปได้ว่าแบบจำลองและพารามิเตอร์ที่กำหนดให้กับแบบจำลองสามารถเลียนแบบพฤติกรรมของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาได้ในระดับหนึ่ง เช่น สถานตรวจวัด NT50/2 พบว่าข้อมูลทั้งสองสอดคล้องกันดี แต่บางสถานีก็ไม่สอดคล้องกันดีมากนัก หรือบางตำแหน่ง เช่น บ่อ NT97/2 ในช่วงเริ่มต้นของการจำลองระดับน้ำทั้งสองมีความสอดคล้องกันดีและแปรผันบ้างตามฤดูกาล แต่เริ่มจากปลายปี พ.ศ. 2554 (2011) ระดับน้ำใต้ดินจากการตรวจวัดเริ่มลดลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากความเป็นจริงที่ว่าพื้นที่ที่มีการสูบน้ำใต้ดินขึ้นมาเพื่อประกอบการเกษตรในช่วงที่น้ำผิวดินไม่เพียงพอประกอบกับช่วงเวลาดังกล่าวรัฐบาลในขณะนั้นมีนโยบายประกันราคาข้าวทำให้พื้นที่เพาะปลูกข้าวเพิ่มขึ้นมาก สำหรับพื้นที่นาที่อยู่ นอกพื้นที่ชลประทานก็อาศัยการสูบน้ำใต้ดินขึ้นมาเพื่อให้ได้ผลผลิตที่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตามการบูรณาการระหว่างน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน (Conjunctive groundwater use) ก็อยู่นอกเหนือขอบเขตของการศึกษานี้

สำหรับการศึกษานี้เน้นที่น้ำท่วมกับปริมาณน้ำใต้ดิน นั่นคือสนใจเฉพาะช่วงน้ำหลากหรือระดับน้ำใต้ดินขึ้นสูงสุดและเมื่อพิจารณาผลการจำลองแล้วพบว่าโดยทั่วไปแบบจำลองสามารถระดับน้ำใต้ดินได้ดีพอควร จากลักษณะข้างต้นเมื่อทราบระดับน้ำใต้ดินทั่วทั้งพื้นที่บริเวณโครงการแล้วก็จะสามารถประเมินปริมาณของน้ำใต้ดินที่ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขด้านอุตุ-อุทกวิทยาได้

4.2.3 การประเมินปริมาณน้ำบาดาล

ปริมาณน้ำน้ำบาดาลคือน้ำที่อยู่ในช่องว่างเล็ก ๆ ในเม็ดดินหรือชั้นน้ำบาดาล (Aquifer) นั่นคือถ้าช่องว่างนั้นเต็มไปด้วยน้ำ (อิมน้ำ) ปริมาณน้ำบาดาลก็เท่ากับปริมาตรของช่องว่าง



รูปที่ 4.2.3-1 ภาพโมโนทัศน์การประเมินปริมาณน้ำบาดาล

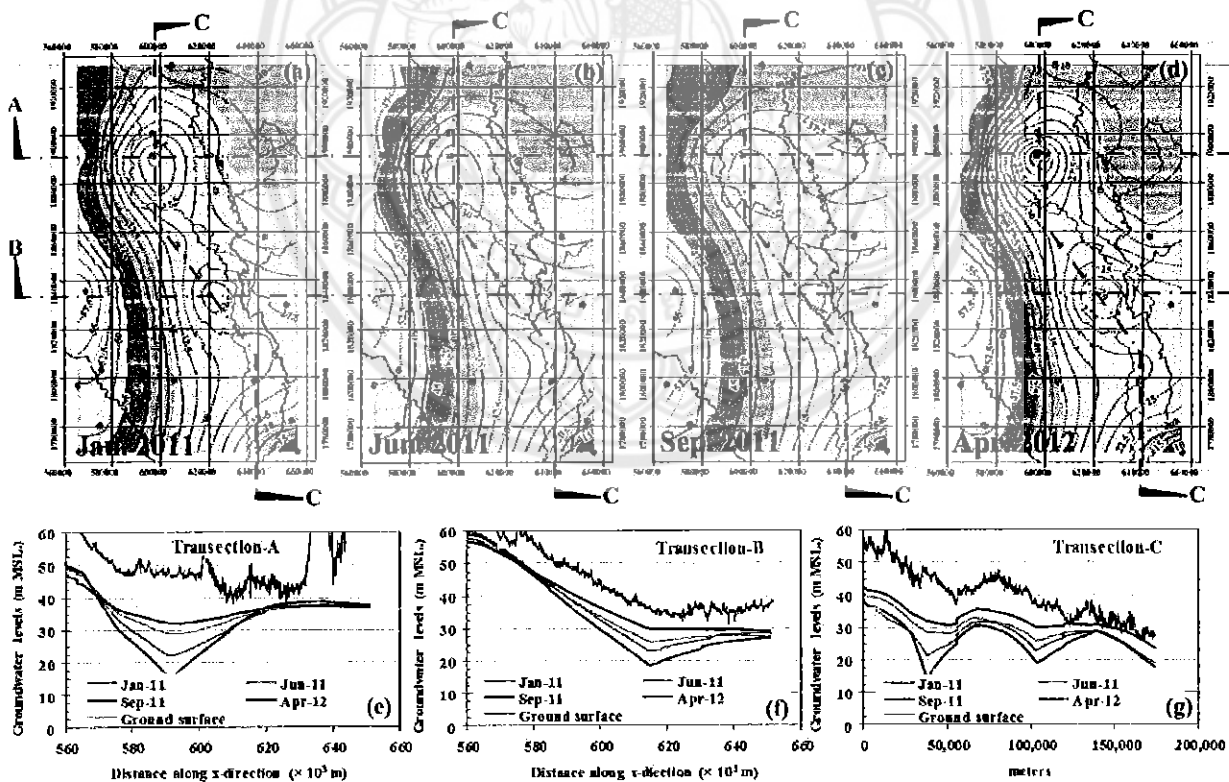
รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

โดยปกติปริมาตรของช่องว่างนี้จะเรียกว่าความพรุน (Porosity) ซึ่งมีความกระจายเชิงพื้นที่ที่สูงมาก กล่าวคือมีค่าไม่สม่ำเสมอในแต่ละพื้นที่ นอกจากนั้นยังเป็นการที่ยากมากที่จะได้ข้อมูลนี้ได้อย่างถูกต้องเพราะต้องได้จากการเจาะสำรวจ ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้อาศัยข้อมูลจากกรมทรัพยากรธรณีในการประมาณการ และพบว่าในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านนี้มีค่าความพรุนเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 22 หรือมีค่าเท่ากับ 0.22

จากรูปที่ 4.2.3-1 จะสามารถประเมินปริมาตรของน้ำบาดาลได้โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นกริดย่อย ๆ (ในกรณีนี้คือขนาด 1 ตร.กม.) จากแบบจำลองระดับน้ำบาดาลจะทำให้ทราบค่าระดับน้ำบาดาล (GWL) ขณะเดียวกันก็ทราบว่าความลึกของชั้นน้ำบาดาลคือมีค่าเท่ากับ 30 ม. จากระดับพื้นผิว (GSL) จากความสัมพันธ์นี้จะทำให้สามารถหาค่าความลึกของน้ำบาดาลได้ และเมื่อคูณความลึกกับพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลและค่าความพรุนของชั้นน้ำบาดาลจึงทำให้สามารถประมาณการปริมาตรน้ำบาดาลออกมาได้

การคำนวณจะมีความสะดวกยิ่งขึ้นหากใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ร่วมในการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 4.2.3-2 ซึ่งแสดงภาพตัดตามขวางและตามยาวกรณีปี พ.ศ. 2554 (น้ำท่วมสูงสุด) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นระดับเส้นความสูงของน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา

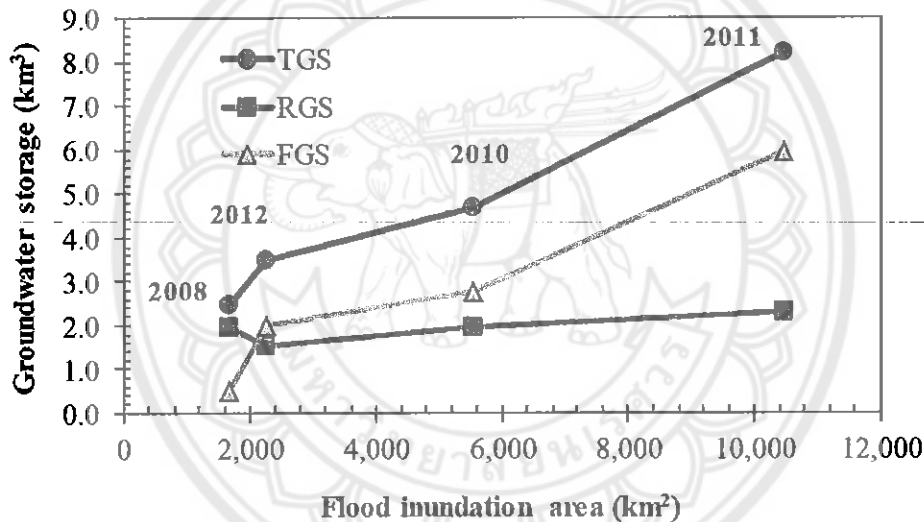


รูปที่ 4.2.3-2 ภาพตัดขวางของระดับน้ำบาดาลในช่วงปี พ.ศ. 2554 (ค.ศ. 2011)

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

ภาพตัดตามขวาง A (Transection-A) เป็นแนวตัดที่ตัดผ่านบริเวณจังหวัดสุโขทัย-พิษณุโลก ภาพตัดตามขวาง B (Transection-B) เป็นแนวตัดที่ตัดผ่านบริเวณจังหวัดกำแพงเพชร-พิจิตร ส่วนแนวตัด C (Transection-C) เป็นภาพตัดตามแนวยาวตามทิศทางการไหลของน้ำ (เหนือ-ใต้) เมื่อเปรียบเทียบการแปรผันของระดับน้ำบาดาลจากภาพตัดต่าง ๆ สามารถบ่งบอกปริมาณและการให้น้ำบาดาลได้ ในกรณีนี้พบว่าระดับน้ำบาดาลของหน้าตัด A (บริเวณจังหวัดสุโขทัย) อยู่ต่ำกว่าระดับผิวดินมากกว่าภาพตัด B (บริเวณจังหวัดพิจิตร) นั้นสามารถบ่งชี้ได้ว่าบริเวณจังหวัดสุโขทัยมีการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้มากกว่าจังหวัดพิจิตร นอกจากนี้ระดับน้ำบาดาลที่แปรผันตามเวลาต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับระดับพื้นผิวจะสามารถช่วยให้เข้าใจได้ว่าพื้นที่ใดบ้างสามารถพัฒนาหรือนำน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ได้โดยง่าย (อยู่ระดับตื้น) อย่างไรก็ตามการพัฒนาบ่อสูบน้ำบาดาลยังขึ้นอยู่กับอีกหลายปัจจัย เช่น ปริมาณการให้น้ำของแต่ละพื้นที่ (Groundwater yield) เป็นต้น

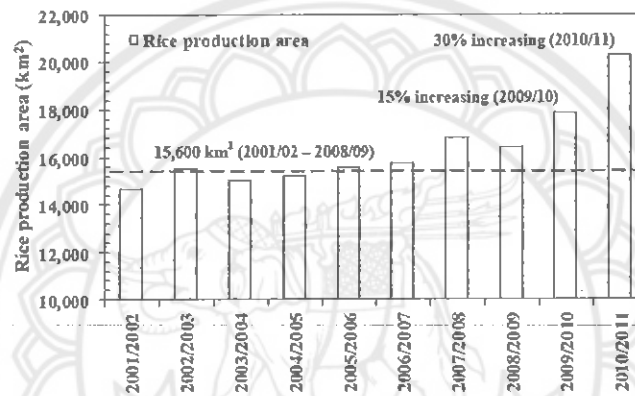


รูปที่ 4.2.3-3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำบาดาลกับพื้นที่น้ำท่วม

รูปที่ 4.2.3-3 แสดงการประเมินและสร้างความสัมพันธ์กับขนาดพื้นที่น้ำท่วม ซึ่งใช้กระบวนการเดียวกันกับการสร้างภาพตัดเช่นปี พ.ศ. 2554 (ค.ศ. 2011) รูปที่ 4.2.3-2 แล้วคำนวณปริมาณน้ำบาดาล แล้วทำกับปีอื่น ๆ ได้แก่ ปี ค.ศ. 2008 2010 และ 2012 รวมเป็น 4 ปีด้วยกัน ส่วนขนาดพื้นที่น้ำท่วมได้จากการจำลองขนาดพื้นที่น้ำท่วม (หัวข้อ 4.1.2) ในรูปที่ 4.2.3-3 TGS คือ ปริมาณน้ำบาดาลทั้งหมด RGS คือปริมาณน้ำบาดาลที่เกิดจากน้ำฝน และ FGS คือปริมาณน้ำบาดาลที่เกิดจากน้ำท่วมขัง (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก) ความสัมพันธ์ที่ได้นี้จะช่วยให้เข้าใจและสามารถบริหารจัดการน้ำท่วม (ขนาดน้ำท่วม) กับประโยชน์ที่จะได้ (ปริมาณน้ำบาดาลที่ฟื้นคืนตามขนาดน้ำท่วม) และเพื่อเป็นแนวทางสำหรับพัฒนาทรัพยากรน้ำให้มีความยั่งยืนและเหมาะสมต่อไป

4.3 ทรัพยากรน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรกรรม

มากกว่าร้อยละ 80 ของการใช้ทรัพยากรน้ำอยู่ในภาคส่วนของการเกษตร เช่น ปลูกข้าว อ้อย พืชสวน และอื่น ๆ ในจำนวนน้ำข้าวถือได้ว่าเป็นกิจกรรมเพาะปลูกหลักในพื้นที่ รูปที่ 4.3-1 แสดงพื้นที่เพาะปลูกข้าว และจากข้อมูลพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ปกติเกษตรกรจะปลูกข้าวอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง สำหรับพื้นที่บางส่วนที่อยู่ในจังหวัดกำแพงเพชร พิจิตร พิษณุโลก พิจิตร จะอยู่ในพื้นที่ชลประทานและมีน้ำต้นที่จากเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ สำหรับพื้นที่อยู่ในลุ่มน้ำยมโดยปกติจะอาศัยน้ำจากแม่น้ำยม ในกรณีฤดูแล้งน้ำต้นทุนหลักสำหรับการเกษตรคือน้ำบาดาล



รูปที่ 4.3-1 พื้นที่เพาะปลูกข้าวในลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง (ที่มา: สำนักงานสถิติการเกษตร, 2012)

จากผลการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 4.2.3-2 ระดับน้ำบาดาลลดระดับลงไปถึงมากถึง 33 ม. จากระดับพื้นผิว ข้างต้นแสดงให้เห็นว่าน้ำบาดาลคือแหล่งน้ำหลักสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำยมในฤดูแล้ง จากแผนพัฒนาพื้นที่เกษตรกรรมของกรมชลประทานพบว่าได้กำหนดให้พื้นที่ควรสามารถทำการเพาะปลูกได้ร้อยละ 100 ในฤดูฝน และร้อยละ 50 ในฤดูแล้ง หรือ Cropping intensity (CI) เท่ากับ 1.5 ด้วยเป้าหมายดังกล่าวสามารถที่จะประมาณการความต้องการน้ำจากการสมดุลน้ำได้ประมาณ 2.8-3.2 กม.³ ต่อปี (รายละเอียดในภาคผนวก) จากความต้องการน้ำทั้งหมดข้างต้นนั้นไม่เพียงพอหากใช้น้ำผิวดินเพียงแหล่งเดียว ด้วยเหตุนี้การใช้ทรัพยากรน้ำบาดาลจึงอาจเป็นทางเลือกและสภาพปัจจุบันก็มีการใช้น้ำบาดาลอยู่เป็นปกติอยู่แล้ว ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าโดยปกติแล้วฝนที่ตกโดยทั่วไปจะไปเติมน้ำบาดาลให้ประมาณ 1.9 กม.³ ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการที่เป้าหมาย CI = 1.5 ดังนั้นแหล่งเติมน้ำอื่นสำหรับน้ำบาดาลคือพื้นที่น้ำท่วม ในกรณีนี้พบว่าหากยอมให้เกิดพื้นที่น้ำท่วมประมาณ 1,820 ตร.กม. จะทำให้ได้ปริมาณน้ำบาดาลเพิ่มอีกประมาณ 1.3 กม.³ และเมื่อรวมกับแล้วจะสมดุลกับความต้องการ ฉะนั้นจึงสามารถที่จะสรุปได้ว่าหากเป้าหมายของการพัฒนาพื้นที่เกษตรกรรมที่ CI = 1.5 และยังมีแหล่งน้ำต้นทุนจาก

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

แหล่งอื่น ๆ การใช้ทรัพยากรน้ำบาดาลอาจเป็นหนึ่งในทางเลือกที่เหมาะสม และเพื่อให้ทรัพยากรนี้มีความยั่งยืน (ใช้ไม่เกินศักยภาพ) จึงจำเป็นที่จะต้องมีการจัดการอื่น ๆ สำหรับเติมน้ำ การยอมให้เกิดพื้นที่น้ำท่วมขังบางส่วนนั้น จะสามารถเติมน้ำบาดาลได้ในปริมาณที่มาก อย่างไรก็ตามตัวเลขที่ได้จากการศึกษาข้างต้นเป็นการศึกษาภายใต้เงื่อนไขสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน แต่ถ้าหากพิจารณาปัจจัยเรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศรวมตัวเลขประมาณการก็อาจเปลี่ยนแปลงได้



บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

5.1 น้ำบาดาลกับบทบาทของการพัฒนาทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน

น้ำบาดาลและน้ำผิวดินถึงแม้จะต่างกันในทรงกายภาพ กล่าวคือน้ำผิวดินคือน้ำที่อยู่บนผิวดิน เช่น ในแม่น้ำ คลอง หนอง บึง ทะเลสาบ ฯลฯ ส่วนน้ำบาดาลนั้นจะอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินหรือหินในชั้นที่อิ่มตัวด้วยน้ำ แต่ น้ำบาดาลและน้ำผิวดินอาจจะกล่าวได้ว่าเป็นแหล่งน้ำที่เนื่องด้วยกัน (Single source) เพราะการเปลี่ยนแปลงน้ำบาดาลมีผลกระทบต่อน้ำผิวดินหรือการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำผิวดินมีผลต่อปริมาณหรือระดับของน้ำบาดาล นั่นคือมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน (Surface water and groundwater Interaction)

การเข้าใจปัจจัยที่อาจมีผลกระทบต่อทรัพยากรทั้งสองจึงเป็นเรื่องจำเป็นเพื่อให้การบริหารจัดการน้ำเป็นไปอย่างเหมาะสมและยั่งยืน เพราะน้ำถือได้ว่าเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญมากสำหรับสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ในพื้นที่ศึกษาของโครงการคือลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่างที่ครอบคลุมบางส่วนของจังหวัด สุโขทัย อุตรดิตถ์ พิษณุโลก พิจิตร กำแพงเพชร และนครสวรรค์ บริเวณนี้เป็นหนึ่งในพื้นที่เกษตรกรรมขนาดใหญ่ของประเทศ ถึงแม้บางพื้นที่จะมีโครงการชลประทาน แต่โดยส่วนใหญ่อยู่นอกเขตพื้นที่ชลประทาน การประกอบกิจการเกษตรต้องอาศัยน้ำฝนหรือไม่ก็พยายามเอาชนะธรรมชาติโดยการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ในเวลาที่น้ำฝนขาดแคลน ทรัพยากรน้ำถึงแม้จะกล่าวได้ว่าเป็นทรัพยากรที่หมุนเวียน (ใช้ไปแล้วไม่หมดไปสามารถเกิดขึ้นอีกได้ใหม่) แต่การหมุนเวียนนั้นอาจใช้ระยะเวลาที่นานมากจนอาจก่อให้เกิดความเสียหายไปแล้ว หรือการใช้เกินศักยภาพอาจนำมาซึ่งเป็นหาอื่น ๆ เช่น การสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้เกินศักยภาพอาจทำให้เกิดพื้นดินทรุดตัว (เช่น บริเวณกรุงเทพมหานครและพื้นที่ข้างเคียง) ความแห้งแล้งทวีความรุนแรงมาก (ระดับน้ำบาดาลอยู่ลึกทำให้ดินขาดความชื้นมาก) เป็นต้น

ความเข้าใจในกระบวนการหรือปฏิสัมพันธ์หรือความสัมพันธ์ระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดินจะช่วยให้การบริหารจัดการทรัพยากรนี้เป็นไปอย่างถูกต้องใกล้เคียงความเป็นจริง นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันได้ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำ เพิ่มความไม่แน่นอนมากขึ้นและยากต่อการคาดการณ์และบริหารจัดการให้เหมาะสม ทั้งนี้สามารถสังเกตได้จากพิบัติภัยน้ำท่วมและภัยแล้งที่มีความรุนแรงขึ้นทั้งในด้านความรุนแรงและความถี่ ยิ่งไปกว่านั้นพื้นที่เดียวกันมักประสบทั้งปัญหาภัยแล้งและน้ำท่วม เช่น ลุ่มน้ำยม (ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในพื้นที่ศึกษา) อนึ่ง การพยายามบริหารจัดการน้ำท่วมอาจส่งผลกระทบต่อน้ำบาดาลที่ยอมรับกับว่าเป็นทรัพยากรที่ค่อนข้างมั่นคงและแน่นอน (ความมั่นคงของน้ำบาดาลสูงกว่าน้ำผิวดิน) เช่น การพยายามควบคุมพื้นที่น้ำท่วมอาจส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำบาดาลอย่างมีนัยสำคัญ ถึงแม้ว่าน้ำท่วมคือภัยพิบัติที่ก่อให้เกิดความ

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

เสียหายมากแต่การบริหารจัดการก็ควรพิจารณาให้ครบในหลาย ๆ มิติ โครงการศึกษานี้จึงได้พยายามทำความเข้าใจปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่น้ำท่วมกับน้ำบาดาล เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการพัฒนาแหล่งน้ำให้มีความยั่งยืนต่อไป

5.2 การพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์

การศึกษานี้เป็นการศึกษากระบวนการของน้ำผิวดินและน้ำบาดาล ซึ่งเป็นการกระบวนการต่าง ๆ ของระบบธรรมชาติที่มีความซับซ้อนมาก การอาศัยข้อมูลจากการตรวจวัดแล้วมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ต่าง ๆ เป็นหนึ่งใน

วิธีการที่ทำโดยปกติ และอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันคือการศึกษาด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการใช้ความรู้เชิงคณิตศาสตร์มาสร้างเป็นชุดสมการต่าง ๆ เพื่อให้เลียนแบบกระบวนการของธรรมชาติ แต่เนื่องจากกระบวนการทางธรรมชาตินั้นมีความซับซ้อนมาก บางกระบวนการยังไม่เป็นที่เข้าใจแน่ชัดจึงจำเป็นต้องทำให้ง่าย ๆ แต่รูปแบบของการจำลองที่ง่าย ๆ นั้นต้องให้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจสามารถยอมรับได้ในทางปฏิบัติ

การศึกษานี้ได้ใช้สมการเชิงอนุพันธ์ย่อยต่าง ๆ ดังแสดงในบทที่ 2 ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วเป็นสมการที่ผ่านการลดรูปให้เป็นแบบง่ายแล้ว (ไม่ได้พิจารณาพจน์แบบไม่เชิงเส้น) ถึงกระนั้นการหาคำตอบแบบแม่นยำก็ยังไม่ได้ง่ายจึงจำเป็นต้องหาคำตอบโดยใช้กระบวนการทางตัวเลข (Numerical method) ประกอบการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตและเงื่อนไขเริ่มต้นที่เหมาะสม โดยสรุปต้องดำเนินการแปลงสมการควบคุมต่าง ๆ ที่เป็นสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยให้อยู่ในรูปแบบของสมการระเบียบวิธีเชิงตัวเลข แล้วหาคำตอบผ่านระเบียบวิธีเชิงตัวเลขซึ่งเป็นค่าโดยประมาณการของสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยแทน ในการศึกษานี้ได้พัฒนาสมการระเบียบวิธีเชิงตัวเลขแบบผลต่างสี่เหลี่ยม (Finite Difference Method) แล้วเขียนเป็นคอมพิวเตอร์โปรแกรมโดยภาษาฟอร์แทรน (Fortran) ซึ่งประกอบด้วย 3 โปรแกรมย่อย ได้แก่ 1) โปรแกรมคำนวณการไหลในแม่น้ำ (ระดับน้ำและอัตราการไหล) 2) โปรแกรมคำนวณพื้นที่น้ำท่วม (การหลากของน้ำแบบ 2 มิติ) และ 3) โปรแกรมคำนวณการไหลของน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล

แบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นพบว่ามีความถูกต้องอยู่ในระดับที่น่าพอใจ กล่าวคือเมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองกับผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจวัดแล้วพบว่ามีความสอดคล้องกันถึงแม้ว่าจะได้สมบรูณ์ดังแสดงในผลการศึกษา (บทที่ 4) ด้วยเหตุนี้จึงสามารถกล่าวได้ว่าเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถประยุกต์ใช้กับพื้นที่จริงได้ แต่การใช้งานก็มีข้อจำกัดและมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาอีกต่อไป

5.3 ทรัพยากรน้ำผิวดินและน้ำบาดาล

ในบริเวณลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่างเป็นพื้นที่ที่ประกอบการเกษตรอย่างหนาแน่น การใช้น้ำมากกว่าร้อยละ 80 เป็นไปเพื่อการเกษตร ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยอยู่ที่ 1,300 มม. และกว่าร้อยละ 75 ระเหยกลับสู่ชั้น

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

บรรยากาศ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าประมาณร้อยละ 9.3 ของปริมาณน้ำฝนรายปีจะซึมลึกแล้วกลายเป็นการเติมน้ำบาดาล (Groundwater recharge) ด้วยข้อจำกัดทางกายภาพทำให้ลุ่มน้ำยมจะประสบกับทั้งภัยแล้งและน้ำท่วมเป็นปกติ ในขณะที่ลุ่มน้ำน่านอยู่ภายใต้การบริหารจัดการของเขื่อนสิริกิติ์ ดังนั้นปัญหาด้านวิกฤติน้ำของลุ่มน้ำน่านจะน้อยกว่าลุ่มน้ำยม แต่เนื่องจากขอบเขตพื้นที่ศึกษานั้นอยู่บริเวณตอนที่ราบของลุ่มน้ำทำให้เกิดการไหลหลากไปมาของมวลน้ำท่วมระหว่างลุ่มน้ำทั้งสอง โดยจะมีขนาดพื้นที่น้ำท่วมอยู่ระหว่าง 1,660-10,470 ตร.กม. ในด้านทรัพยากรน้ำแล้ว พื้นที่น้ำท่วมถือว่าเป็นแหล่งเติมน้ำบาดาลโดยธรรมชาติ โดยขนาดพื้นที่น้ำท่วมดังกล่าวได้ทำให้ได้ปริมาตรน้ำบาดาลเพิ่มขึ้นประมาณ 0.5-5.92 กม.³

จากการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าการใช้้บาดาลมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นโดยเฉพาะพื้นที่จังหวัดสุโขทัย และพิจิตร และภาพตัดแสดงชั้นระดับน้ำบาดาลจากแบบจำลองมีความแปรผันสูงมากระหว่างปี (ความแตกต่างของระดับน้ำบาดาลช่วงปลายฤดูฝนกับฤดูแล้งประมาณ 20 ม.) และมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ ซึ่งสามารถยืนยันได้จากข้อมูลการตรวจวัดระดับน้ำบาดาลและเกษตรกรในท้องถิ่นที่ต้องทรุดบ่อบาดาลลงไปเรื่อย ๆ ตามระดับน้ำบาดาลที่ลดลง เพื่อให้การอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำบาดาลให้มีใช้อย่างยั่งยืนจึงจำเป็นที่จะต้องมึพื้นที่น้ำท่วมในฤดูน้ำหลากประมาณ 1,820 ตร.กม. เพื่อเป็นแหล่งเติมน้ำกลับซดเซยกับที่สูบขึ้นมาใช้ในช่วงที่น้ำผิวดินไม่เพียงพอ อย่างไรก็ตามการประเมินข้างต้นนั้นยังไม่ครอบคลุมรายละเอียดบางประการ เช่น อัตราการซึม ฯลฯ ซึ่งมีการแปรผันไม่เท่ากันในแต่ละพื้นที่ อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่น้ำท่วมกับปริมาณน้ำบาดาลที่ได้เสนอนี้ถือได้ว่าเป็นความสัมพันธ์แรกที่ได้นำเสนอสำหรับลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่างหรือแม้แต่ในประเทศไทย และแนวความคิดนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำร่วมให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

5.4 การบริหารจัดการร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล

ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่างเป็นพื้นที่ที่ประสบกับปัญหาน้ำท่วมและภัยแล้งอยู่เสมอ หรืออาจกล่าวได้ว่าภัยแล้งและน้ำท่วมในพื้นที่นี้เป็นเรื่องปกติตามธรรมชาติ แต่เมื่อมีการพัฒนาพื้นที่ไปเรื่อย ๆ เมืองขยายเขตออกไปมากเรื่อย ๆ ทำให้มวลของน้ำท่วมไม่มีที่อยู่จึงเกิดปัญหาขึ้น ผลการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าบริเวณพื้นที่ศึกษามักจะมีน้ำท่วมขนาดใหญ่ ๆ 1 ครั้งในรอบ 4 ปี การบริหารจัดการน้ำผิวดินสามารถทำได้ในระดับหนึ่งสำหรับพื้นที่ที่มีโครงสร้างช่วยในการจัดการ เช่น เขื่อนขนาดใหญ่ แต่เป็นที่ทราบดีว่าลุ่มน้ำยมเป็นลุ่มน้ำที่ไม่มีเขื่อนขนาดใหญ่สำหรับบริหารจัดการน้ำ (ช่วยลดหรือหน่วงน้ำท่วมและเป็นแหล่งน้ำสำหรับฤดูแล้ง) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ระดับของปัญหามักรุนแรง อย่างไรก็ตามไม่ได้หมายความว่าถ้ามีเขื่อนแล้วปัญหาเหล่านี้จะหมดไป

ปัจจุบันการจัดการน้ำท่วมและภัยแล้งในพื้นที่ศึกษานี้ได้ทำอย่างเป็นระบบ ทุกภาคส่วนต่างมีส่วนร่วม จากการลงพื้นที่เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกพบว่าประชาชนในพื้นที่มีความรู้ความเข้าใจในระบบอุทกวิทยารวมถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล รวมถึงผลกระทบที่อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

change impacts) การปรับเปลี่ยนรูปแบบการเพาะปลูก (ปฏิทินและพืชที่เพาะปลูก) เริ่มดำเนินการ เช่น ปลูกพืชใช้น้ำน้อย เริ่มเพาะปลูกเร็วขึ้นเพื่อให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตก่อนน้ำท่วม ใช้น้ำร่วมกันระหว่างน้ำบาดาลเสริมกับน้ำผิวดินในกรณีที่น้ำผิวดินไม่เพียงพอ ปัญหาที่พบและคาดว่าจะเริ่มทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ คือการใช้ทรัพยากรน้ำบาดาลเกินศักยภาพ ผลกระทบโดยตรงที่เห็นได้อย่างเด่นชัดคือระดับน้ำบาดาลลดระดับลงปีละ 15-25 ซม. โดยเฉลี่ย ยิ่งกว่านั้นบ่อบาดาลน้ำตื้นก็มีเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ นั้นหมายความว่าแนวโน้มการใช้น้ำบาดาลในอนาคตจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นเพื่อเป็นการอนุรักษ์และใช้ทรัพยากรน้ำบาดาลอย่างยั่งยืนจึงจำเป็นต้องทราบบัณฑิตการเติมน้ำบาดาลในพื้นที่เพื่อให้เกิดความสมดุล ในกรณีนี้พบว่าจะมีค่าอยู่ที่ร้อยละ 9.3 ของปริมาณน้ำฝนรายปี นอกจากนั้นการศึกษายังชี้ว่าพื้นที่น้ำท่วมมีนัยสำคัญต่อปริมาณการเติมน้ำบาดาล ถึงแม้ว่าน้ำท่วมคือภัยพิบัติแต่หน้าที่ที่สำคัญของน้ำท่วมโดยธรรมชาติคือการเติมน้ำบาดาลกลับสู่ชั้นน้ำบาดาล จากแผนการพัฒนาพื้นที่ที่ต้องการให้สามารถทำการเพาะปลูกได้ร้อยละ 100 สำหรับฤดูฝน และร้อยละ 50 ในฤดูแล้ง ผลการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าพื้นที่จำเป็นต้องมีพื้นที่น้ำท่วมประมาณ 1,820 ตร.กม. สำหรับเป็นแหล่งเติมน้ำบาดาลในฤดูน้ำหลาก โดยคาดว่าจะได้ปริมาตรน้ำจากฟังก์ชันนี้เท่ากับ 1.3 กม.³ อนึ่ง การขยับช่วงเวลาการเพาะปลูกให้เร็วขึ้นจากปกติช่วงประมาณปลายพฤษภาคมเป็นเมษายนซึ่งเป็นช่วงที่แล้งที่สุดของปีนี้จำเป็นต้องมีแหล่งน้ำอื่น ๆ เข้ามาเสริม น้ำบาดาลเป็นหนึ่งในแหล่งน้ำที่มีศักยภาพอีกหนึ่งแหล่งนอกจากน้ำต้นทุนที่อยู่ในอ่างเก็บน้ำ ดังนั้นการบริหารจัดการร่วมระหว่างน้ำบาดาลและน้ำผิวดินจึงจะมีบทบาทสำคัญยิ่งในอนาคต

5.5 ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์หลักเพื่อที่จะเข้าใจกระบวนการที่ซับซ้อนของธรรมชาติ ผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลและการจำลองกระบวนการผ่านแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้น และความซับซ้อนของปัญหาที่ศึกษา ประกอบกับการที่ต้องอาศัยข้อมูลจากหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมอุตุนิยมวิทยา กรมทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรที่ดิน และอีกหลายหน่วยงาน จึงทำให้เกิดปัญหาเรื่องการขอความอนุเคราะห์ข้อมูล นอกจากนั้นข้อมูลบางส่วนขาดความสมบูรณ์ เช่น ข้อมูลระดับน้ำบาดาลที่มีอยู่อย่างจำกัดและไม่สมบูรณ์ ข้อมูลการใช้น้ำบาดาลที่ไม่มีการจดบันทึก จึงทำให้เกิดความล่าช้าในการศึกษา

ปัจจุบันแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนั้นได้จำลองเฉพาะองค์ประกอบตามธรรมชาติ กล่าวคือการไหลในแม่น้ำ การไหลล้นตลิ่งแม่น้ำแล้วทำให้เกิดเป็นพื้นที่น้ำท่วม และการไหลของน้ำบาดาล หากจะให้กระบวนการจำลองนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นควรมีการจำลองการบูรณาการร่วมของการใช้น้ำจากน้ำผิวดินและน้ำบาดาล ทั้งในสภาพปัจจุบันและภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่อาจเป็นตัวเร่งปัญหาด้านทรัพยากรน้ำให้ทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้น พร้อมกับทั้งการเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อเติมเต็มข้อมูลที่ขาดหาย อนึ่งพื้นที่บางส่วนภาครัฐได้สนับสนุนให้ประชาชน

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

ในพื้นที่ปรับตัวเพื่อให้เข้ากับสถานการณ์ทรัพยากรน้ำในปัจจุบัน เช่น โครงการบางระกำโมเดล คือเพาะปลูกเร็วขึ้นเพื่อให้สามารถเก็บเกี่ยวก่อนฤดูน้ำหลากแล้วใช้พื้นที่เก็บเกี่ยวนั้นเป็นพื้นที่หนองน้ำ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพื่อติดตามผลสำคัญของโครงการและการได้รับการยอมรับในทางปฏิบัติจากประชาชนในท้องถิ่น เพื่อจะได้นำมาเป็นองค์ประกอบและได้องค์ความรู้สำหรับแก้ไขปัญหาในพื้นที่อื่น ๆ ให้เหมาะสมต่อไป



เอกสารอ้างอิง

Hungspreug S., Khao-uppatum W., and Thanopanuwat S., 2000. Flood management in Chao Phraya River basin. In: Proceedings of the International Conference "The Chao Phraya Delta: Historical Development, Dynamics and Challenges of Thailand's Rice Bowl," Kasetsart University, Bangkok, Thailand.

Kazama S., Hagiwara T., Ranjan P., and Sawamoto M., 2007. Evaluation of groundwater resources in wide inundation areas of the Mekong River basin. *Journal of Hydrology* 340: 233-243.

Kazama S., Kono T., Kakiuchi K., and Sawamoto M., 2009. Evaluation of flood control and inundation conservation in Cambodia using flood and economic growth models, *Hydrological Processes* 23(4): 623-632.

Molle F., 2002. The closure of the Chao Phraya River basin in Thailand: Its causes, consequences and policy implications. In: Proceeding of Asian Irrigation in Transition-Responding to the Challenges Ahead, 22-23 April 2002 workshop, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.

Nash J.E., and Sutcliffe J.V., 1970. River flow forecasting through conceptual models, part I: a discussion of principles. *Journal of Hydrology* 10:282-290.

Oki T., Agata Y., Kanae S., Saruhashi T., Yang D., and Musiak K., 2001. Global assessment of current water resources using total runoff integrating pathways, *Hydrological Sciences Journal* 46: 983-996.

Pattanee S., 2006. Challenges in Managing the Chao Phraya's water. In: Proceedings of 9th International River Symposium, 4-7 September 2006, Brisbane, Australia.

Pavelic P., Srisuk K., Saraphirom P., Nadee S., Pholkern K., Chusanathas S., Munyou S., Tangsutthinon T., Intarasut T., and Smakhtin V., 2012. Balancing-out floods and droughts: Opportunities to utilize floodwater harvesting and groundwater storage for agricultural development in Thailand, *Journal of Hydrology* 470-471: 55-64.

รายงานฉบับสมบูรณ์

การประเมินปริมาณน้ำใต้ดินกับขนาดพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและน่านตอนล่าง

Prajamwong S., and Suppataratarn P., 2009. Integrated flood mitigation management in the Lower Chao Phraya River basin. Expert group meeting on innovative strategies towards flood resilient cities in Asia-Pacific.

Pratoomchai W., Kazama S., Ekkawatpanit C., and Komori D., 2015 a. Opportunities and constraints in adapting to flood and drought conditions in the Upper Chao Phraya River basin in Thailand. International Journal of River Basin Management 13: 413-427.

Pratoomchai W., Kazama S., Manandhar S., Ekkawatpanit C., Saphaokham S., Komori D., and Tongduang J., 2015 b. Sharing of people's perceptions of past and future hydro-meteorological changes in the groundwater use area. Water Resources Management 29: 3807-3821.

Prickett TA., and Lonquist CG., 1971. Selected digital computer techniques for groundwater resource evaluation. Illinois State Water Survey, Bulletin 65.

Willmott CJ., 1981. On the validation of models, Physical Geography. 2: 184-194.

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2554. สถิติสถานการณ์อุทกภัยของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532-2554

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555. การศึกษาสำรวจและจัดทำแผนที่น้ำบาดาลชั้นรายละเอียดมาตราส่วน 1:50,000 พื้นที่แอ่งน้ำเจ้าพระยาตอนบน พื้นที่ที่ I

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2554. การศึกษาสำรวจและจัดทำแผนที่น้ำบาดาลชั้นรายละเอียดมาตราส่วน 1:50,000 พื้นที่แอ่งน้ำเจ้าพระยาตอนบน พื้นที่ที่ III

คณะกรรมการกำหนดนโยบายและบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, 2558. แผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล, 2557. อุทกภัยในลุ่มน้ำเจ้าพระยาและมาตรการแก้ไขเร่งด่วนที่จำเป็น, วิศวกรรมสาร ปีที่ 67 ฉบับที่ 4 หน้า 22-35

วชิ รามณรงค์ และ สมชัย วงศ์สวัสดิ์, 2541. ศักยภาพน้ำบาดาลในประเทศไทย, วารสารชมรมนักอุทกวิทยา 2, หน้า 240-276

favorable of weather conditions, thus, extracting groundwater is commonly conducted in rained. Furthermore, this practice shows an increasing trend that is observed from an increase in a number of groundwater pumping wells [18].

3. Variation of river discharge and flood inundation in the UCP

Fig. 2a,b shows a variability of annual discharge volume, momentary peak, and proportions of flow in a year at the C.2 station over the period 1956-2012 based on flow-duration analysis. In general, there was approximately $22,991 \times 10^6 \text{ m}^3$ ($729 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$) in mean annual discharge volume averaged over the period 1956-2013. During the period 1956-1980, there were more often high flows (above the mean) relative to the period 1981-2012. According to the Bhumibol and Siritkit reservoir operations, a number of flooding events and durations are reduced. [8] found a reducing trend of flood period by approximately 3 months from August-November to September-October is the function of reservoir operations. However, the flood magnitude (momentary peak) did not decrease. For example, the 1995, 2006, and 2011 flood peaks showed the same level as or even higher than the 1961 flood peak, which was free from human intervention. Indeed, an increase of normal flow is clearly observed after the reservoirs were operated and will be discussed later.

To assess the flow characteristics, a flow-duration analysis [23] and Man-Kendall test [24] were applied to the C.2 discharge. Q10, Q25, Q75, and Q90 (which are discharge values for 10, 25, 75, and 90 percent of time in a year) were approximately 1,600, 850, 317, and $188 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$, respectively. They were results from exceedence probability of the flow-duration curve using daily discharge in the analysis, which is a plot of the magnitude (discharge) vs. the percentage of time that the magnitude is equaled or exceeded. In this study, we defined high (blue), slightly high (light blue), normal (green), slightly low (light orange), and low (orange) flows if $Q \geq Q10$, $Q25 < Q < Q10$, $Q75 \leq Q \leq Q25$, $Q90 < Q < Q75$, and $Q \leq Q90$, respectively. Trends of the discharge will be considered as a statistically significant level if p-value by means of the Man-Kendall test ≤ 0.050 or at 95% confidence level.

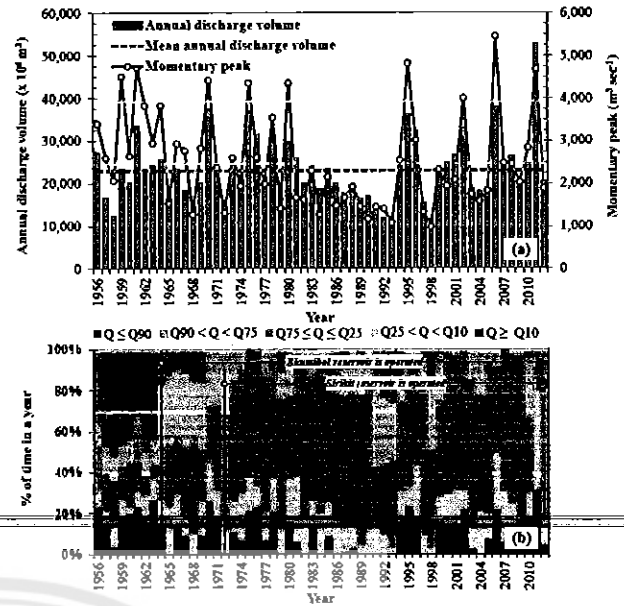


Fig. 2. Annual flood volume and momentary peak (a) and flow-duration analysis (b) at the C.2 gauging station

Based on the above conditions, a number of days in a year which were classified in high and low flows were feed into the Man-Kendall test. A decreasing trend with p-value of 0.171 was found for the high flow test. For low flow test, a 95% statistically significant decreasing trend (p-value = 0.000 \leq 0.050) was found. Furthermore, a number of days that classified into normal flow (green shading area in Fig. 2b) showed an increasing trend after the reservoirs operated. This evidence suggested that the reservoirs able to reduce the flood frequency in the basin but might not sufficient to reduce the flood magnitude (momentary peak still high even under the reservoirs operation period). However, the reservoirs contribute a great role to reduce a number of low flow and increase normal flow days, which is the benefit to riparian areas. Nevertheless, the basin was faced with drought that needs to further explore for a solution.

Flood is the thread of the basin production (rice growing area). As shown in Fig. 3, it is spatial distributions of annual flood inundation areas in the UCP over the period 2005-2013. They were satellite image data (the data available on <http://flood.gistda.or.th>) of flood inundation areas (red shading areas). Calculation of flooding areas varied from approximately 1,950 to 10,470 km^2 or counted for 1.7 to 9.5% of the UCP. The 2011 flood event was the largest natural disaster in the country's history. The inundation area covered almost low-lying area of the basin (red shading area – 65.4% of the UCP's flood prone). The event called for the government to setup a new policy on future flood management (details will be discussed latter). If we look at the distributions of inundated areas, we would note that along the

lower Yom and Nan Rivers are areas at higher risk to flooding. Especially the areas along the Yom River (Sukhothai province) is always suffered to flooding even the years that have low momentary peak such as in 2008, 2009, and 2012. Among

flooding countemeasures, floodways were proposed by Royal Irrigation Department, which is the main organization in charge to manage flood in Thailand, for mitigating and protecting potential loss from future floods [11].

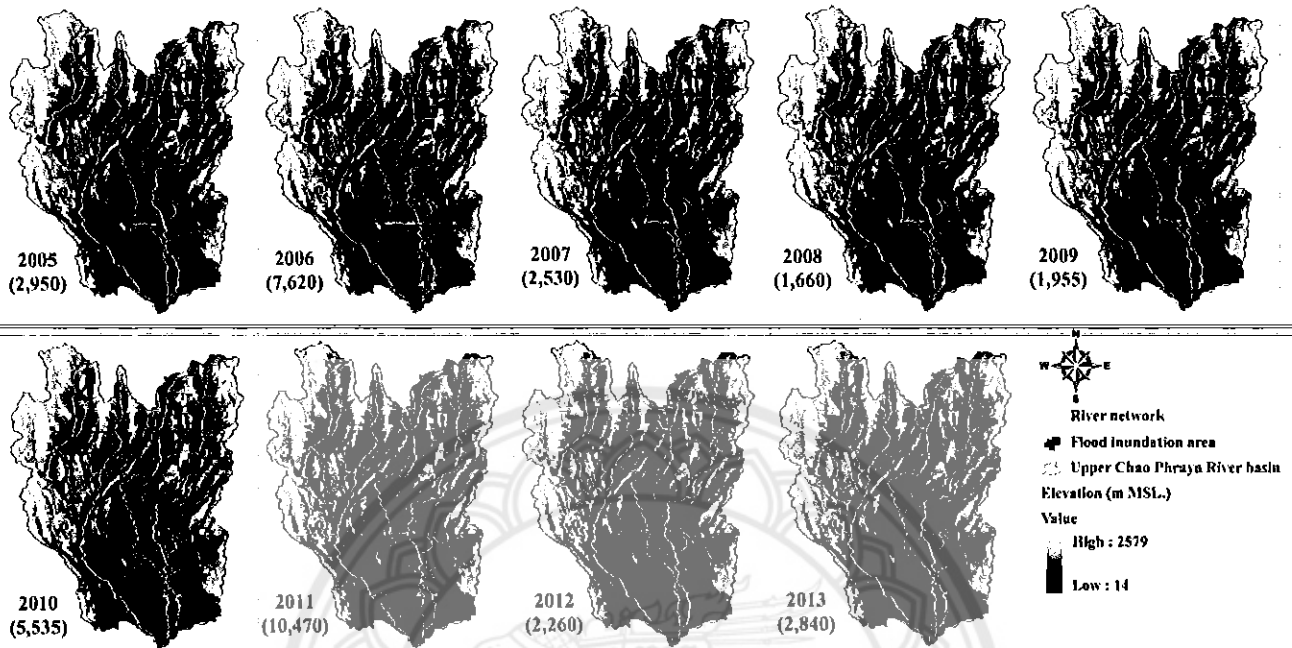


Fig. 3. Spatial distributions of annual flood inundation areas (figures in parentheses are in km²)

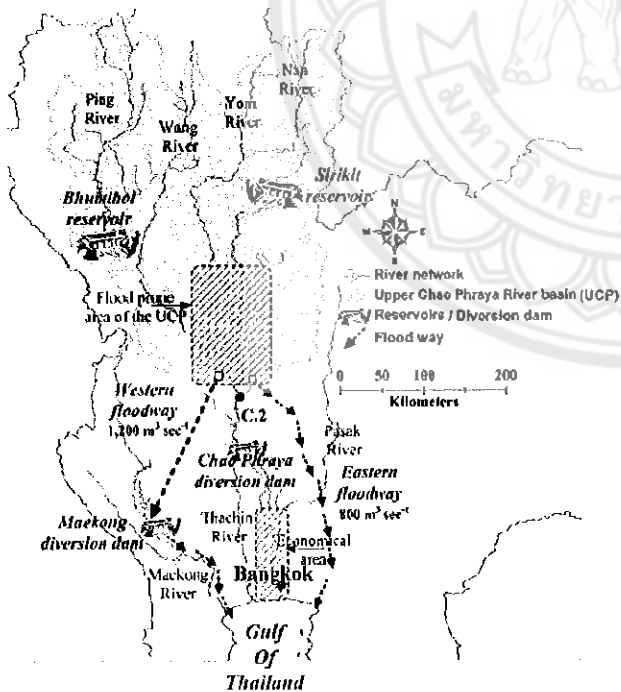


Fig. 4. The CP river network and floodways

4. Policy on flood control

There is no doubt that the government focus on flood rather than drought mitigations if look at economic loss as shown in

Fig. 1b. Several measures of flood protection and alleviation were proposed. In brief, they are classified into structural and nonstructural measures. According to the scope that we focus on, thus following sub-section will discuss only on floodways that would expect to reduce flood peak and inundation area in the UCP. Since the UCP has strongly influenced on flood management in the LCP (center of the country's economy and location of Bangkok the capital city), discussion in this section will cover the whole CP as shown in Fig. 4.

Since the physical condition of river flow in the CP, C.2 station (see Fig. 4) is a suitable location that uses for monitoring and warning water situations in the basin. Flood will occur if a flow overs a drainage capacity (channel capacity) for a particular area. There is approximately 3,500 m³ sec⁻¹ (channel capacity) at the C.2, but whenever the discharge reaches approximately 3,000 m³ sec⁻¹ there usually flood take place in the LCP because the drainage capacity in the LCP is low, for example, channel capacity of an area below Chao Phraya diversion dam (see Figure 4) is approximately 2,800 m³ sec⁻¹. According to [25], the LCP's flood will critical if the flow at the C.2 reaches to 4,000 m³ sec⁻¹, for example, the 1995, 2006, and 2011 flood events. Thus, limiting the flood peak at C.2 to 3,000 m³ sec⁻¹ by using the Chao Phraya diversion dam to diverse surplus flood to

Thachin River and some irrigation canals were the master plan to mitigate flood for the LCP [11]. In addition, there were 14 out of 57 years (1956-2012 – Fig. 2a) floods (momentary peaks $\geq 3,000 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$) or flood usually takes place approximately once in a 4-year.

Constructing floodways (western and eastern sides of the Chao Phraya River (see Fig. 4)) was proposed [11]. Approximately $1,200$ and $800 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$ were designed capacity for the western and eastern floodways, respectively. From the designed target, $2,000 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$ of flood peak is expected to reduce if the structures were implemented. Other measures such as constructing a big reservoir in the UCP to store flood surplus is difficult because no suitable location, environmental concerned, and some area, e.g., Yom basin, has strong protested from local people. The floodways would expect to operate with their full capacity once in 4 years. The flood magnitudes (events), for example, 2005, 2007, 2008, 2009, 2012, and 2013 might not take place again due to the floodways function.

Using a linear regression between momentary peaks (Fig. 2a) and flood inundation areas (Fig. 3), maximum allowable of future inundation area is approximately $4,650 \text{ km}^2$ – assumed $3,000 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$ of momentary peak allowable. Thus, approximately 47% of flooding area in the UCP is reducing relative to the 2011 flood event. Although the function of the floodways is clear in terms of diverting and cutting flood surplus; however, an effect of floodways (controlling inundation area) to available groundwater for supporting dry season product is needed to investigate.

5. Flood and groundwater relationship in the UCP

5.1 Agricultural land areas in the UCP's flood prone area

As shown in Fig. 5, there are 3 types of agricultural land areas, i.e., surface water irrigation (green area), groundwater irrigation (Sukhothai Groundwater Irrigation Project, red area), and rainfed (light yellow area). Surface irrigation areas lie along the Ping and Nan Rivers because they able to get water from the Bhumibol and Sirikit reservoirs. The rest area (a majority area – approximately 80%) is rainfed. In fact, this area (UCP's flood prone area) is one of intensive rice production areas of Thailand. In the past, only farmers in surface water irrigation areas able to grow their rice in the dry season. Currently, even the rainfed areas are growing rice in the dry season as the same as the area in irrigation projects. Extracting groundwater for maintaining rice water demand is conducted. The amount of groundwater extraction is increasing year by year [18]. Furthermore, extracting volume is expected increasing due to groundwater irrigation

areas are expanded [20]. Therefore, a role of groundwater and its driving factors should be investigated.

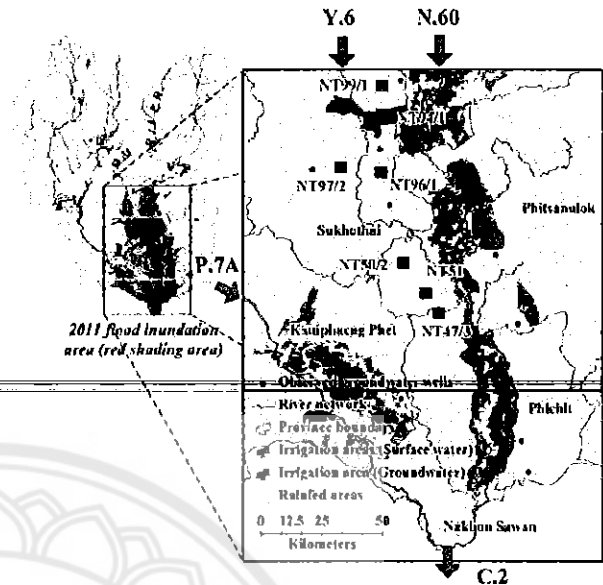


Fig. 5 The UCP's flood prone and agricultural areas

5.2 Variation of groundwater and its role in rainfed agriculture

We selected 7 out of 26 observation wells that locate along the Lower Yom River (pink squares in Fig. 5) for assessing a relationship between floods and groundwater levels because they were free from regulation – no reservoir in the Yom basin. Thus it is reasonable to discuss on an interrelationship between flood-induced-groundwater and its benefit for rainfed agriculture. Fig. 6 shows temporal variability of groundwater levels of the 7 observation wells (meters above mean sea level or m MSL.). In general, groundwater levels tended to decrease during the period 2008 (July) - 2010 (July). It was implied that groundwater recharge during the period is not balance to the extraction. From Fig. 3, the 2006 flood event was one of the big floods in the UCP. Comparing the groundwater levels (Fig. 6) in January 2007 (which was assumed as the consequence of the 2006 flood – $7,620 \text{ km}^2$ in flood inundation area) and in October 2011 ($10,470 \text{ km}^2$ in flood inundation area) there were not much different between 2 events. Based on the observation and in terms of flood control, we would note controlling the flood inundation area by $2,850 \text{ km}^2$ (the different between inundation areas in 2011 and 2006) will not much affect to groundwater storage in the basin.

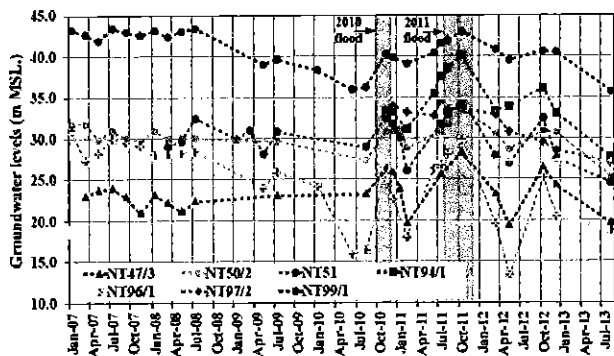


Fig. 6. Temporal variability of groundwater levels along the Yom River

Fig. 7a-d show temporal and spatial distributions of groundwater levels (m MSL.) in the UCP's flood prone area before and after the 2011 flood event. Contour lines of groundwater levels were interpolated from 26 observed wells using the Kriging method [26] of the ArcGIS tool that allowed us to construct groundwater surfaces. Usually the inundation period occupied approximately 1.0-1.5 months (from the ending of September to the middle of November) [3, 11]. To assess flood induced groundwater storage and spatial distribution of groundwater use, we created 3 transections, i.e., A, B, and C transections, as shown in Fig. 7a-d. Variability of groundwater levels for each transection line for the January (2011), June (2011), September (2011), and April (2012) were shown in Fig. 7e-g. Transection-A cut across Sukhothai and Phitsanulok provinces, Fig. 7e shows that variability of groundwater levels in the Sukhothai area (by the Yom River) is very high relative to the Phitsanulok area (by Nan River). Transection-B (Fig. 7f) cut across Kampaeng Phet and area between Phitsanulok and Phichit provinces, we noticed that groundwater levels on the right hand side of the Yom River were relatively depth than other areas along the transection. And transection-C (Fig. 7g) cut across longitudinal of the Yom River, we can figure out that the Sukhothai and western side of the Phitsanulok areas were high extracting groundwater for growing rice in the dry season – interpreting from a difference of groundwater levels between September (2011) and April (2012). In addition, we also added ground surface elevation (black line) in each particular transection in order to reveal the variability of groundwater depths. For instance, we can see an effort of Sukhothai's people (see Fig. 7e, between 580,000-600,000 m in x-direction) in pumping groundwater for their rice cultivation even groundwater levels were relatively depth (15-33 m below the ground surface) to other areas because surface water in the Yom River is not enough.

It would be reasonable to assume that groundwater levels during October-November of 2011, which was flooded by huge surplus water over the area, were the highest groundwater levels than other years. However, the groundwater suddenly decreasing its level in April (2012), which was resulting of high extraction for growing rice in the dry season and that motivating by price insurance policy [27]. In October (2012), there were flooded areas of 2,260 km² that yielded recharge into groundwater storage but not much enough to replenish the extracting volume. Based on the decreasing groundwater level trend, we would note that currently people making use benefit from groundwater for their production is not balance to the recharge. Indeed, if the recharge is not balance to the extraction volume, so there might be faced with future groundwater depletion and another consequence such as land settlement.

5.3 Flood inundation induced groundwater storage

Naturally there are 2 factors driving groundwater storage, i.e., rainfall over land area and flood inundation induced groundwater storage. Therefore, we need to separate groundwater storage which is driving by rainfall from total groundwater storage in order to understand an effect of flood inundation induced groundwater. In the UCP's flood prone area, the topography and soil properties (e.g., porosity) are fairly even [18, 21]. Indeed, there is also quite even in rainfall and evapotranspiration because no topographical barrier and the majority of land use is paddy field [3, 5, 17] used soil moisture deficit model and suggested approximately 9.3% of rainfall is recharged into groundwater storage. According to the study area is not complexity (e.g., fairly even in geo-hydrological conditions as well as land use), thus the constant proportion of 9.3% of rainfall was assumed for estimating rainfall driving groundwater storage (RGS). And we assumed that a difference of groundwater storages before and after monsoon season is total (temporary) groundwater storage (TGS), which is driving from rainfall and flood inundation (FGS). Thus subtraction RGS from TGS is the FGS.

Based on the 26 groundwater observation wells, we constructed groundwater surface in the UCP's flood prone area for the months that data were available as shown in Fig. 7a-d, for the examples. A different depth (after and before monsoon season) of groundwater surfaces (levels) is defined as hydrological driving groundwater depth (Fd) – from rainfall and flood inundation. Then the TGS can be estimated as expressed in Eq. (1).

$$TGS = \sum (Fd \times n_g \times dA) \quad (1)$$

where n_p and dA are effective porosity and interpolated grid size areas, respectively. According to hydro-geological survey of soil layers, the average value of n_p in the UCP's flood prone area is

fairly even and approximately 0.22 [17-18]. The interpolation of groundwater surfaces have done under a $300\text{ m} \times 300\text{ m}$ or dA equal to $90,000\text{ m}^2$.

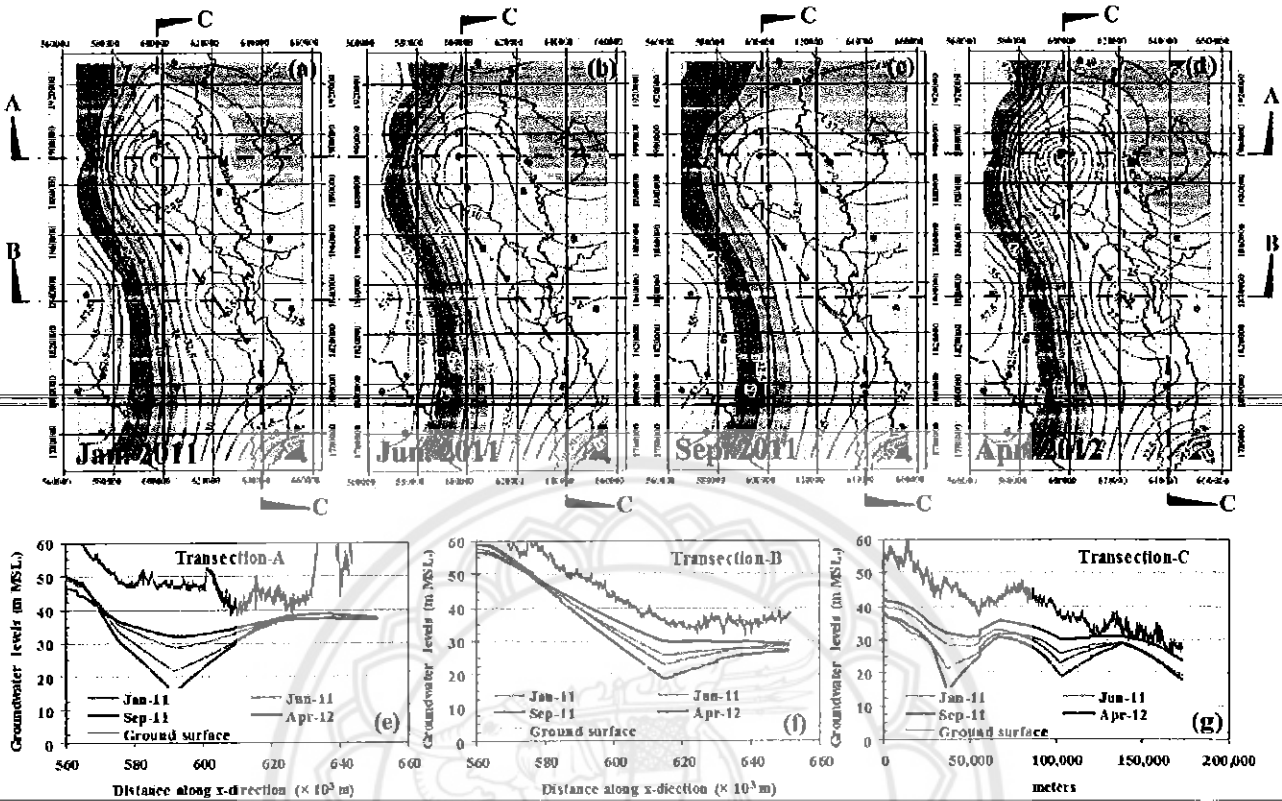


Fig. 7 Temporal and spatial variability of groundwater levels in the UCP's flood prone area before and after the 2011 flood event

Fig. 8 shows hydrological events (i.e., 2008, 2010, 2011, and 2012) driving groundwater storages, which are a difference of groundwater storages after and before the monsoon season in the UCP's flood prone area. 4 events (years) were selected because of the observed data available. However, the selected events covered small (2008), medium (2010), and large (2011) flood magnitudes (see Fig. 3) that will allow us to discuss the possible range of TGS. The finding showed TGS (black line) in the UCP's flood prone area were varying from 2.46 to 8.2 km^3 depending on hydrological conditions. As also shown in Fig. 8, there was quite certain amount of approximately 1.91 km^3 (or 119 mm) of groundwater storage induced by rainfall (RGS - green line). This amount showed quite stable because the rainfall (in rainy season) over that area was not much different. The blue line is FGS under various flood magnitudes, there were approximately 0.50 (305 mm), 1.98 (850 mm), 2.74 (495 mm), and 5.90 km^3 corresponding to the 1,660, 2,260, 5,535, and $10,470\text{ km}^2$ of flood inundation areas, respectively. Additionally, the amount of FGS of the 2011 event was relatively 50.8% of the effective reservoir storages. This figure reveals the

huge amount of FGS induced by flooding. Based on the figures, furthermore, we calculated that an effective infiltration rate over the study area is approximately $15\text{-}20\text{ mm day}^{-1}$. These values can provide informative parameter ranges for designing, for example, artificial groundwater recharge pond or such a similar system.

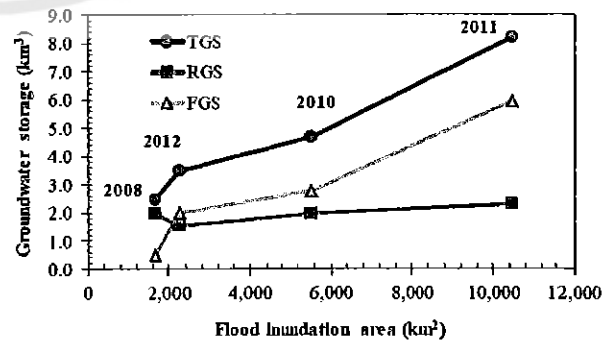


Fig. 8. Relationship between flood inundation areas and groundwater storages in the UCP's flood prone area

- modifying reservoir operation rules: tradeoff between flood mitigation and water supply. IAHS Publication, 362, pp. 33-40.
- [10] Pavelic, P., Srisuk, K., Saraphrom, P., Nadee, S., Pholkem, K., Chusanathas, S., Munyou, S., Tangsullhinon, T., Intarasut, T., Smakhtin, V. (2012) Balancing-out floods and droughts: opportunities to utilize floodwater harvesting and groundwater storage for agricultural development in Thailand. *J Hydrol*, 470-471, pp. 55-64.
- [11] Royal Irrigation Department (RID) (2014) Project of feasibility and environmental impact assessment study for the water management in the western Chao Phraya (in Thai). Royal Irrigation Department report, Bangkok, Thailand.
- [12] Kazama, S., Hagiwara, T., Ranjan, P., Sawamoto, M. (2007) Evaluation of groundwater resources in wide inundation areas of the Mekong River basin, *J Hydrol*, 340, pp. 233-243.
- [13] Zhang, X., Song, Y. (2014) Optimization of welland restoration siting and zoning in flood retention areas of river basins in China: a case study in Mengwa, Huaihe River basin. *J Hydrol*, 519, pp. 80-93.
- [14] Food and Agriculture Organization (FAO) (2014) FAO rice market monitor. Volume XVII, Issue No.3.
- [15] Molle, F. (2007) Scales and power in river management: the Chao Phraya River in Thailand. *Geogr J*, 173, pp. 358-373.
- [16] Pattanee, S. (2006) Challenges in managing the Chao Phraya's water. Proceedings of 8th International River Symposium, 4-7 September 2006, Brisbane, Australia.
- [17] Praloomchai, W., Kazama, S., Ekkawatpanit, C. and Komori, D. (2015) Opportunities and constraints in adapting to flood and drought conditions in the Upper Chao Phraya River basin in Thailand. *International Journal of River Basin Management*, 13, pp. 413-427.
- [18] Department of Groundwater Resources (DGR) (2011) The integrated conjunctive groundwater and surface water use and the pilot groundwater resources management in northern region of Thailand (in Thai). Department of Groundwater Resources report, Bangkok, Thailand.
- [19] Koontanakulvong, S., Chaowiwat, W., Miyazato, T. (2013) Climate change's impact on irrigation system and farmers' response: a case study of the Plaichumpol Irrigation Project, Phitsanulok Province, Thailand. *Paddy Water Environ*.
- [20] Royal Irrigation Department (RID) (2010) The systematic of irrigation plan under the framework of 60 million Rai (in Thai). Royal Irrigation Department Report, Bangkok, Thailand.
- [21] Department of Water Resources (DWR) (2007) Strategic Plan for Water Resources Management in 25 Basins. Final report (in Thai), Department of Water Resources, Bangkok, Thailand.
- [22] Haraguchi, M., Lall, U. (2014) Flood risks and impacts: a case study of Thailand's floods in 2011 and research questions for supply chain decision making. *Int J Disaster Risk Reduction*.
- [23] Dingman, S.L. (2008) *Physical hydrology*. Waveland Press, Inc, Illinois.
- [24] Helsel, D.R., Mueller, D.K., Slack, J.R. (2006) Computer program for the Kendall family of trend tests. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2005-5275.
- [25] Prajamwong, S., Suppataratarn, P. (2009) Integrated flood mitigation management in the Lower Chao Phraya River basin. Expert group meeting on innovative strategies towards flood resilient cities in Asia-Pacific.
- [26] Kennedy, K.H. (2009) *Introduction to 3D data: modeling with ArcGIS 3D analysis and Google earth*. John Wiley & Sons, Inc, New Jersey.
- [27] Office of Agricultural Economics (OAE) (2013) *Agricultural Statistics of Thailand 2012 (in Thai)*. Bangkok, Thailand.
- [28] Praloomchai, W., Kazama, S., Manandhar, S., Ekkawatpanit, C., Saphaokham, S., Komori, D. and Tongduang, J. (2015) Sharing of people's perceptions of past and future hydro-meteorological changes in the groundwater use area. *Water Resources Management*, 29, pp. 3807-3821.