

การประมาณการเติมน้ำใต้ดินโดยใช้แบบจำลอง SWAT ในลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนล่าง Estimation of Ground Water Recharge Using SWAT Model In the Lower Prachin Buri Basin

วรวัฒน์ นิ่มเวไนย์ (Worawat Nimwenai)* ดร.พิพัทธ์ เรืองแสง (Dr.Pipat Reungsang)**

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการประมาณการเติมน้ำใต้ดินจากปริมาณน้ำผิวดินส่วนเกินที่จะสามารถเติมน้ำใต้ดินได้ โดยใช้แบบจำลอง SWAT ซึ่งเป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาเชิงกายภาพ มาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนล่าง แบบจำลอง SWAT จะอาศัยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลจากแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) ข้อมูลกลุ่มชุดดิน และข้อมูลภูมิอากาศ เพื่อสร้างเป็นหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRU) ในพื้นที่ลุ่มน้ำ ทำการสอบเทียบและตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง SWAT ในช่วงปี พ.ศ. 2551 – 2560 กับจุดสถานีวัดน้ำท่า Kgt.3 ผลการศึกษาจากการสำรวจพบว่า ปริมาณความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนล่างมีประมาณ 1,046.80 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี และผลลัพธ์จากแบบจำลอง SWAT พบมีความถูกต้องอยู่ในระดับที่น่าพอใจ โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (R^2) ของการ Calibrate และ Validate อยู่ที่ 0.959 ช่วงปี พ.ศ. 2551 – 2555 และอยู่ที่ 0.948 ช่วงปี พ.ศ. 2556 – 2560 ตามลำดับ และยังพบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนล่างมีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยประมาณ 1,621.76 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี เป็นปริมาณน้ำผิวดินส่วนเกิน (Surface Runoff) รายปีเฉลี่ยประมาณ 772.32 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี

ABSTRACT

This research aimed to estimate the groundwater recharge from excess surface runoff which can be added to the groundwater by using SWAT mode that is physical hydrology model in applying to the lower Prachinburi basin. The information needed in SWAT model comprised of landuse data, digital elevation model data (DEM), soil group data and climate data in order to make hydrologic respond unit (HRU) in the basin. Information was calibrated and validated the results from SWAT model during 2008 to 2017 with gauging station at Kgt.3. The result of the study revealed that the amount of water needed in the lower of Prachinburi basin was approximately 1,046.80 million cubic meters a year. The result from the SWAT model indicated that the accuracy was satisfied. The coefficient of detemination (R^2) in calibration and validation during 2008 to 2012 was 0.959 and during 2013 to 2017 was 0.948, and found that the average annually runoff was approximately 1,621.76 million cubic meters a year which was approximately the surface runoff 772.32 million cubic meters a year in the lower of Prachinburi basin.

คำสำคัญ: แบบจำลอง SWAT ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนล่าง ปริมาณน้ำผิวดินส่วนเกิน

Keywords: SWAT model, Lower Prachinburi basin, Surface runoff

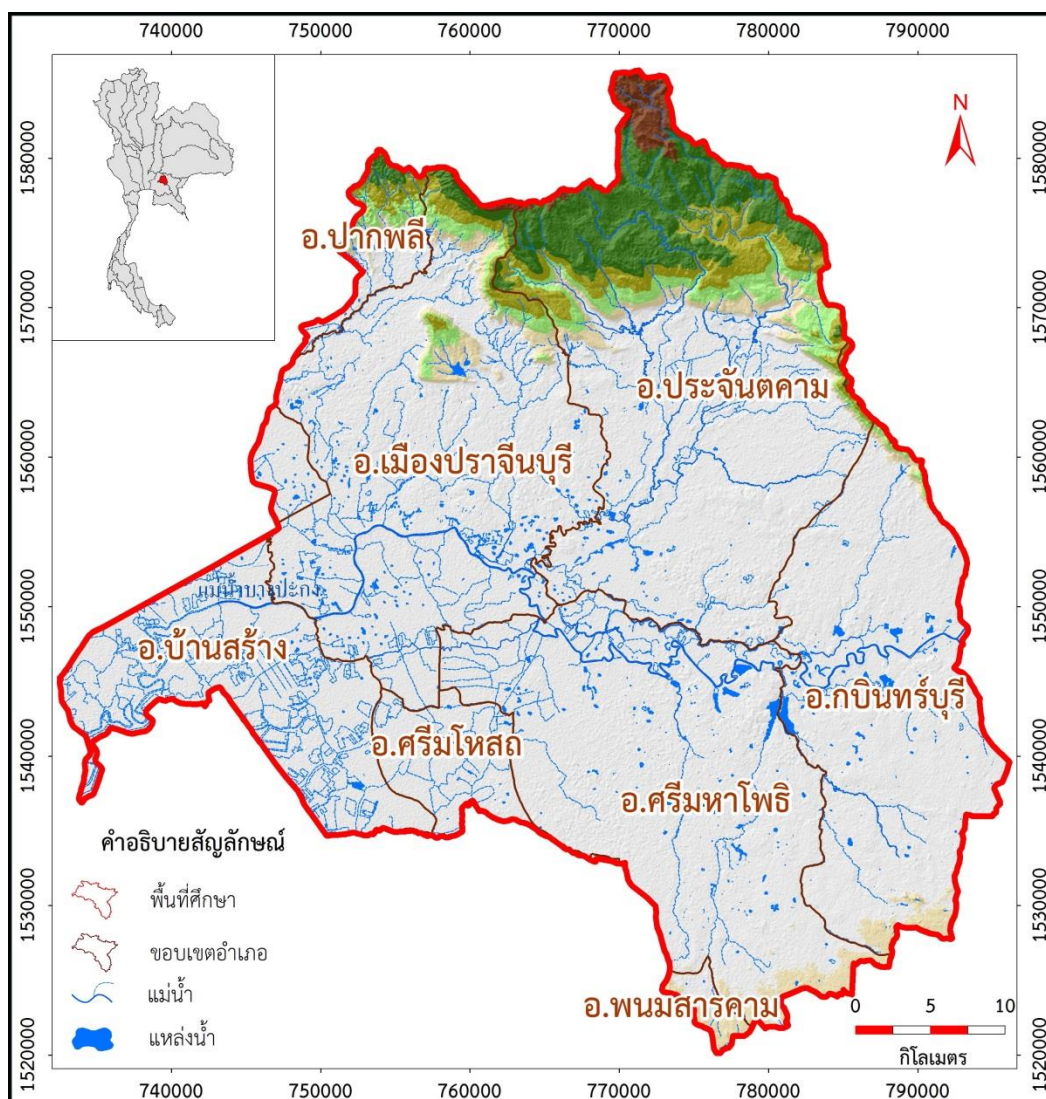
*นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

พื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี เป็นอีกหนึ่งพื้นที่ที่มีการใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะการใช้น้ำในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ การใช้น้ำเพื่อการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ และการอุปโภค-บริโภค และเป็นพื้นที่ที่ประสบกับปัญหาความมั่นคงด้านทรัพยากรแหล่งน้ำ ในฤดูแล้งขาดแคลนน้ำ ฤดูฝนน้ำท่วมซ้ำซากทุกปี โดยในฤดูฝนมีพื้นที่ประมาณร้อยละ 15 ประสบกับปัญหาน้ำท่วม จากการประเมินปริมาณน้ำผิวดินในช่วงน้ำหลากพบว่าปริมาณน้ำเฉลี่ยประมาณ 6,100 ล้าน ลบ.ม./ ปี ในขณะที่ความต้องการใช้น้ำจากทุกกิจกรรมประมาณ 4,000 ล้าน ลบ.ม./ ปี (สสนก, 2555) แต่มีการกักเก็บน้ำโดยประมาณ 200 ล้าน ลบ.ม./ ปี ทำให้น้ำผิวดินไหลทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์เป็นจำนวนมาก เนื่องจากน้ำส่วนเกินที่ไม่สามารถไหลซึมลงสู่ชั้นดินและชั้นน้ำใต้ดินได้ จึงก่อให้เกิดปัญหาการระบายน้ำได้ช้า ทำให้น้ำที่ไหลบ่าบนผิวดิน (Runoff) มีปริมาณมากขึ้นและไหลลงสู่แม่น้ำลำธารเกิดเป็นน้ำเอ่อล้น (Overflow) ท่วมในฤดูฝน การวิจัยครั้งนี้จึงใช้แบบจำลอง SWAT model ในการวิเคราะห์ความสมดุลของน้ำผิวดินเพื่อการประมาณการเติมน้ำใต้ดินจากปริมาณน้ำผิวดินส่วนเกินที่สามารถนำมาเติมน้ำใต้ดินได้ และเพื่อให้ทราบถึงอัตราการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินได้ (Recharge) โดยใช้โปรแกรม ArcGIS เพื่อสนับสนุนการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของการทำงานวิจัยนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Saraf, Choudhury, 1998) โดยได้เลือกดำเนินการศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำปราจีนบุรีตอนล่างดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนล่าง

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อการประมาณการเติมน้ำใต้ดินจากปริมาณน้ำผิวดินส่วนเกินที่จะสามารถเติมน้ำใต้ดินได้ โดยใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อวางแผนการพัฒนาโครงการในลุ่มน้ำอย่างเหมาะสม

วิธีการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

สภาพทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาปราจีนบุรีตอนล่าง ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของลุ่มน้ำปราจีนบุรี มีพื้นที่ประมาณ 2,180 ตารางกิโลเมตร หรือ 1,362,500 ไร่ อาณาเขตด้านทิศเหนือติดลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำนครนายกและลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำปราจีนบุรีสายหลักตอนบน ทิศตะวันออกติดลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำปราจีนบุรีสายหลักตอนบน ทิศใต้ติดลุ่มน้ำสาขาลองท่าลาด และลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำบางปะกงสายหลัก ทิศตะวันตกติดลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำบางปะกงสายหลักและลุ่มน้ำสาขานครนายก มีแม่น้ำหลักๆที่ไหลผ่านพื้นที่ คือ แม่น้ำบางปะกง และคลองประจันตคาม โดยคลองประจันตคามเป็นคลองที่รวมน้ำจากลำน้ำย่อยอื่นๆ แล้วไหลลงสู่แม่น้ำบางปะกง และแม่น้ำบางปะกงในส่วนของลุ่มน้ำสาขาปราจีนบุรีตอนล่างนี้เป็นส่วนท้ายน้ำของแม่น้ำที่จะไหลออกจากลุ่มน้ำปราจีนบุรี แล้วไหลเข้าสู่ลุ่มน้ำบางปะกงต่อไป

การรวบรวมข้อมูล สํารวจภาคสนาม และวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษารวบรวมข้อมูลแบ่งตามประเภทของข้อมูลดังตารางที่ 1 ข้อมูลที่รวบรวมจากหน่วยงานต่างๆ และทำการวิเคราะห์เพื่อใช้ในการวางแผนการดำเนินงาน และการเก็บข้อมูลในสนาม

ตารางที่ 1 การรวบรวมข้อมูล และแหล่งข้อมูล

ประเภทข้อมูล	ชนิดข้อมูล	ลักษณะข้อมูล	แหล่งข้อมูล
ภูมิอากาศ	ปริมาณฝนและสภาพภูมิอากาศ	ย้อนหลัง 10 ปี (พ.ศ. 2550-2560)	สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร
ภูมิประเทศ	SRTM DEM 30 m	แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข	USGS (https://earthexplorer.usgs.gov/)
	ขอบเขตการปกครองหมู่บ้าน ถนน	มาตราส่วน 1:50000	กรมทรัพยากรน้ำ พ.ศ. 2560
ดิน และการใช้ที่ดิน	กลุ่มชุดดิน	มาตราส่วน 1:50000	กรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2559
	การใช้ที่ดิน	มาตราส่วน 1:25000	กรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2559
อุทกวิทยา	แหล่งน้ำ	มาตราส่วน 1:50000	กรมแผนที่ทหาร ปี พ.ศ. 2549
ธรณีวิทยา	แผนที่อุทกธรณีวิทยา	แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัด	กรมทรัพยากรธรณี และกรมทรัพยากรน้ำบาดาล
อุทกธรณีวิทยา	การใช้น้ำบาดาล	บ่อบาดาล	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล และการสำรวจในพื้นที่
	ระดับน้ำ ปริมาณ	ระดับน้ำบาดาลในช่วงเวลาต่างๆ	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล และการสำรวจในพื้นที่

สำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบและปรับปรุงความถูกต้องของข้อมูล และสำรวจชั้นรายละเอียด โดยทำการสำรวจสภาพทั่วไปของพื้นที่ อุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยา พื้นที่น้ำท่วม การใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน อาคารชลศาสตร์ รูปแบบการเกษตรกรรม การใช้ที่ดิน และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับภาคสนาม โดยสำรวจลักษณะทางอุทกวิทยา ทางน้ำ แหล่งน้ำ ทิศทางการไหลของน้ำผิวดิน ปริมาณน้ำผิวดินที่มีในฤดูแล้งและฤดูฝน ทำการสำรวจการใช้น้ำ ความต้องการใช้น้ำ ทั้งน้ำใต้ดิน และน้ำผิวดินของกิจกรรมต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการประเมินปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ทั้งหมด และปริมาณน้ำที่ต้องการเติมน้ำใต้ดินเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ (Dillon et al., 2009)

การรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ พื้นฐานด้านสภาพภูมิอากาศ อุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยา การใช้ที่ดิน และการเกษตร

ทบทวนและรวบรวมข้อมูลด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเติมน้ำใต้ดิน เช่น ข้อมูลธรณีวิทยา ธรณีวิทยาโครงสร้าง ข้อมูลแหล่งน้ำผิวดิน อุทกวิทยา พื้นที่น้ำท่วม ข้อมูลอุทกนิเวศวิทยา ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลกลุ่มชุดดิน ข้อมูลทางอุทกธรณีวิทยา ศักยภาพแหล่งน้ำใต้ดิน คุณภาพน้ำของชั้นน้ำใต้ดิน อัตราการให้น้ำ ระดับและทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน จัดเก็บข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ประกอบด้วย เส้นชั้นน้ำฝน พื้นที่รับน้ำพื้นที่สูญเสียทางน้ำ ทางน้ำธรรมชาติ คลองชลประทาน แหล่งน้ำผิวดิน บ่อบาดาล ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน คุณภาพน้ำใต้ดิน ธรณีวิทยา ชั้นหินอุ้มน้ำ ชุดดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น

การสำรวจภาคสนามด้านอุทกวิทยา ธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา การใช้ที่ดิน การใช้น้ำ

สำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และสำรวจชั้นรายละเอียดโดยทำการสำรวจสภาพทั่วไปของพื้นที่ อุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยา พื้นที่น้ำท่วม การใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน อาคารชลศาสตร์ รูปแบบการเกษตรกรรม การใช้ที่ดิน และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในภาคสนาม

ปริมาณความต้องการใช้น้ำทั้งหมดของกลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนล่าง

จากผลการรวบรวมและทบทวนข้อมูลความต้องการใช้น้ำในด้านต่างๆ จากแบบสอบถามเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องเหมาะสม รวมทั้งศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการประเมินการใช้น้ำของคนในประเทศไทย เช่น จากเอกสารคู่มือการปฏิบัติงาน คู่มือการประเมินการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆ (กรมชลประทาน, 2554) สามารถสรุปปริมาณความต้องการใช้น้ำทั้งหมด

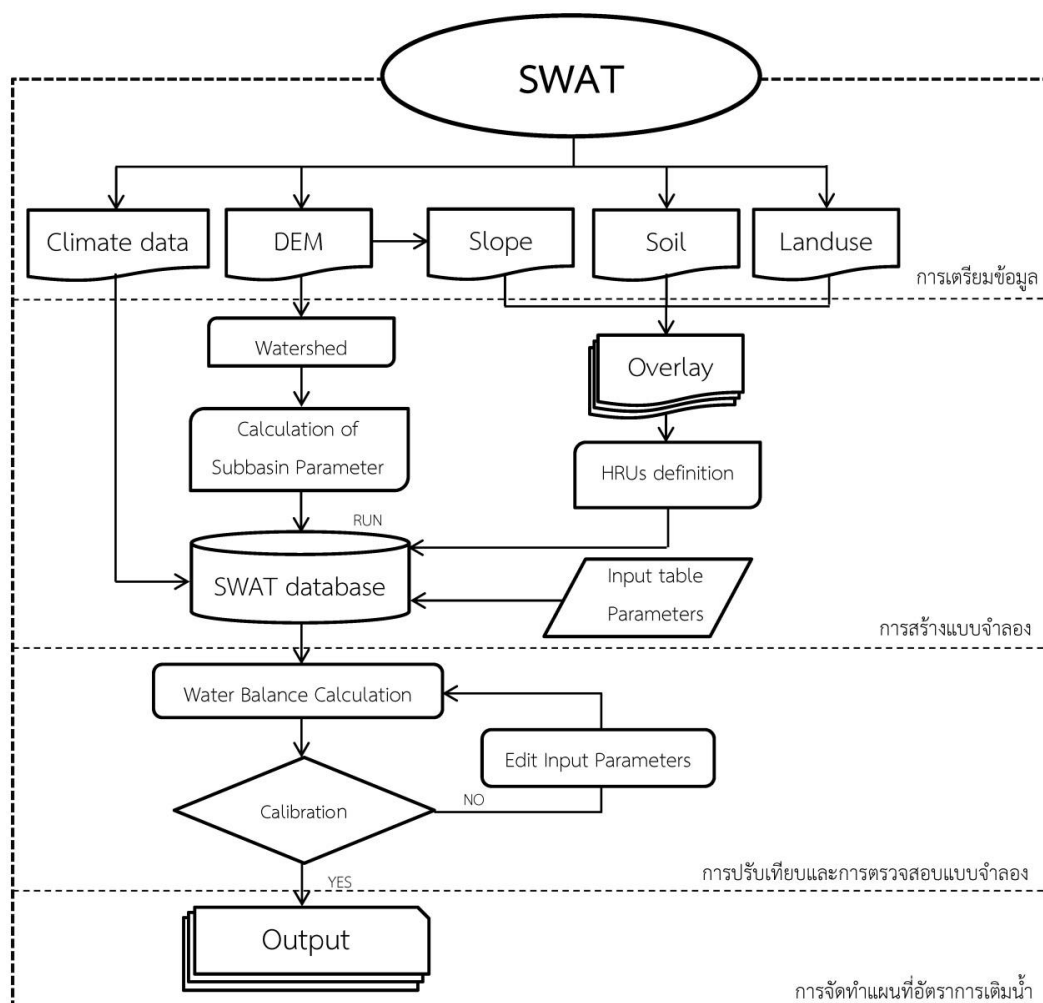
ปราจีนบุรีตอนล่าง ได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปปริมาณความต้องการใช้น้ำ กลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนล่าง

รายการ	ปริมาณน้ำ (ล้านลบ.ม. / ปี)
1. การใช้น้ำบาดาล	371.45
1.1 การใช้น้ำบาดาลเพื่ออุปโภค-บริโภค	6.8
1.2 การให้น้ำบาดาลเพื่อการเกษตร	311.11
1.3 การใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรม	53.54
2. การใช้น้ำผิวดิน	675.35
2.1 การใช้น้ำผิวดินเพื่ออุปโภค-บริโภค	6.56
2.2 การให้น้ำผิวดินเพื่อการเกษตร	590.83
2.3 น้ำใช้เพื่อการรักษาระบบนิเวศท้ายน้ำ	77.96
ปริมาณความต้องการใช้น้ำในกลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนล่าง	1046.80

การประมาณการเติมน้ำใต้ดินโดยใช้แบบจำลอง SWAT

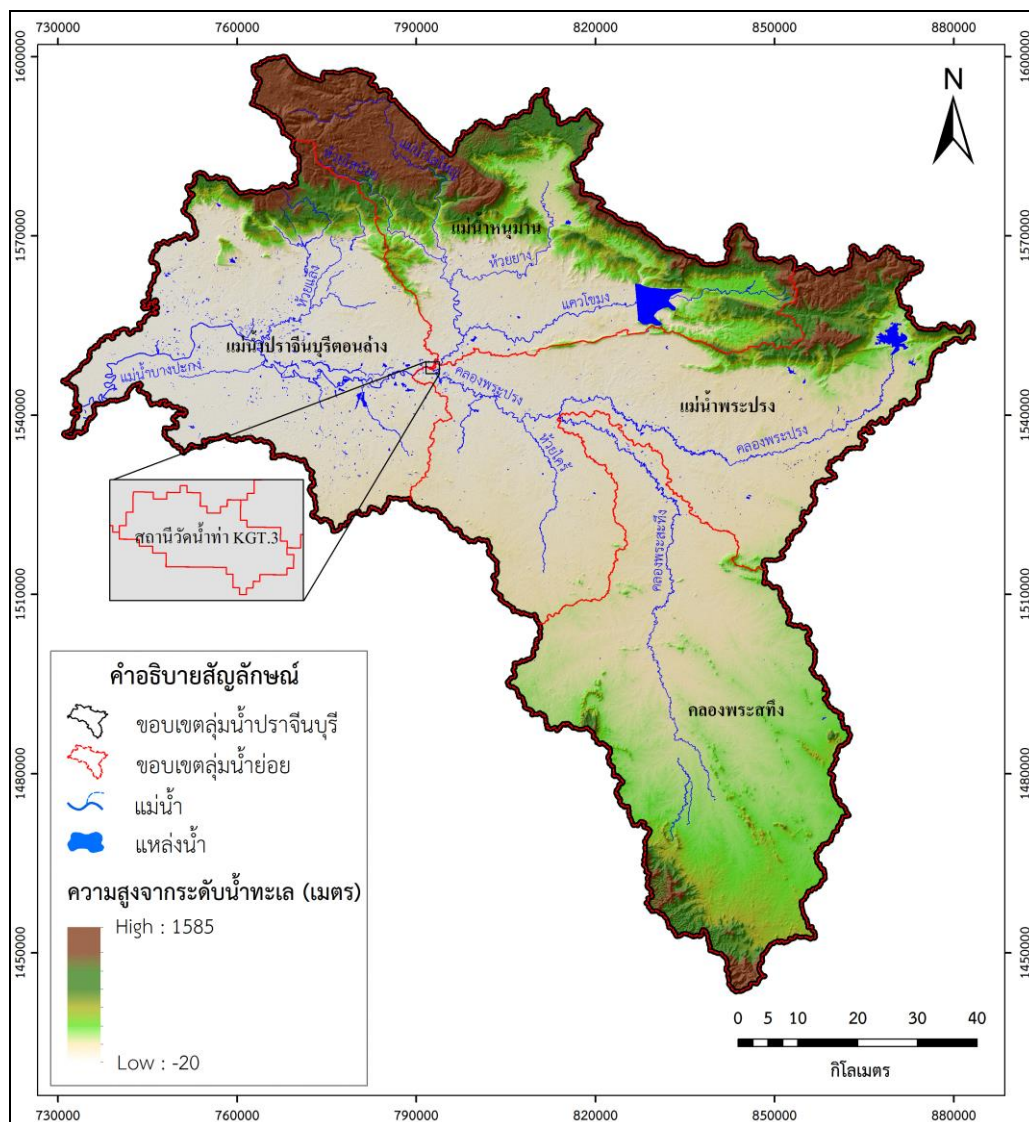
ในการประมาณการเติมน้ำใต้ดินโดยการวิเคราะห์ความสมดุลของวัฏจักรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ เพื่อหาปริมาณน้ำผิวดินส่วนเกินที่สามารถนำมาเติมน้ำใต้ดินได้ และอัตราการเติมน้ำใต้ดินโดยใช้แบบจำลอง SWAT ในการสร้างแบบจำลองน้ำผิวดินจะอาศัยข้อมูลพื้นฐานเชิงกายภาพ ในการเชื่อมโยงและอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่น่าเข้ากับผลลัพธ์ที่ได้ (Arnold et al., 1998) ดังรูปที่ 2 มีข้อมูลพื้นฐานเชิงกายภาพหลักที่แบบจำลอง SWAT ใช้ประกอบไปด้วยข้อมูลลักษณะความสูงต่ำของภูมิประเทศ (DEM) ข้อมูลการใช้ที่ดิน ข้อมูลคุณสมบัติของดิน ข้อมูลทางภูมิอากาศ ข้อมูลพฤติกรรมการปลูกพืช และการวิเคราะห์ โดยมี 4 ขั้นตอนหลัก คือ 1) การจัดเตรียมข้อมูล โดยรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) ประกอบด้วย ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) ข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดิน (Landuse map) ข้อมูลแผนที่กลุ่มดิน (Soil group map) และข้อมูลภูมิอากาศ (Climate data) ที่ประกอบไปด้วย ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและสูงสุดรายวัน ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน จากนั้นทำการ 2) สร้างแบบจำลองโดยการ กำหนดขอบเขตลุ่มน้ำใหญ่และลุ่มน้ำย่อยดังตารางที่ 3 และรูปที่ 3 แล้วสร้างหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRU) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย (Kim et al., 2008) รวมถึงกำหนดขอบเขตการใช้ข้อมูลภูมิอากาศ ช่วงเวลาการปลูกพืช และกำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการคำนวณของแบบจำลอง SWAT และ 3) ทำการสอบเทียบ (Calibration) และตรวจสอบ (Verification) แบบจำลอง สุดท้าย 4) เมื่อผลการสอบเทียบและตรวจสอบมีความน่าเชื่อถือแล้ว นำผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมาจัดทำเป็นแผนที่อัตราการเติมน้ำใต้ดิน



รูปที่ 2 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำท่าของแบบจำลอง SWAT

ตารางที่ 3 ขอบเขตลุ่มน้ำย่อย

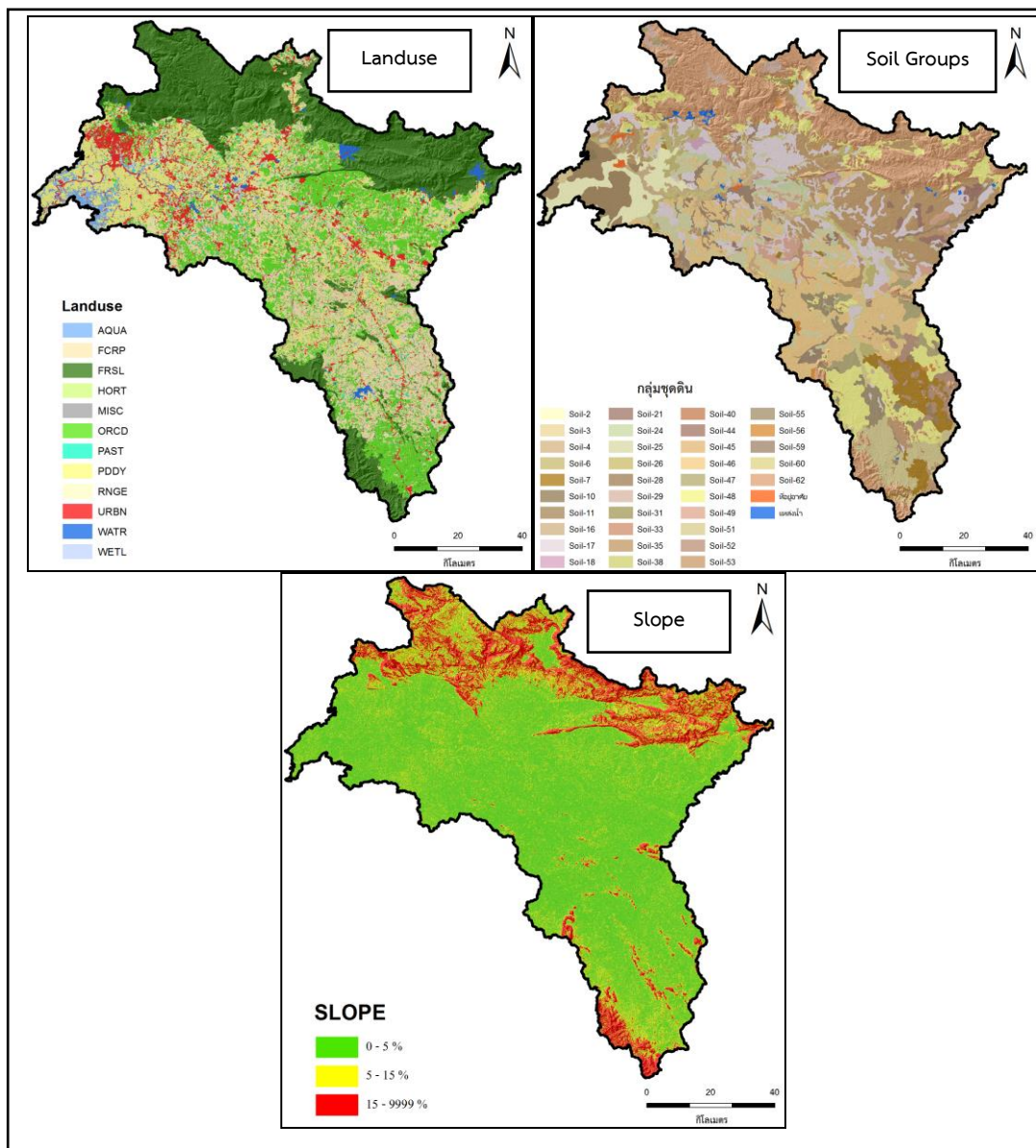
ลำดับ	ชื่อลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่		ความลาดชันเฉลี่ย %	ความสูงเฉลี่ย ม.รทก.
		ตร.กม.	ไร่		
1	แม่น้ำพรมาน	2,138.30	1,336,446.00	12.96	322.30
2	สถานีวัดน้ำท่า Kgt.3	0.20	120.90	4.39	12.20
3	แม่น้ำพระปรัง	2,665.40	1,665,897.20	5.30	107.10
4	แม่น้ำปราจีนบุรีตอนล่าง	2,194.40	1,371,480.20	4.69	63.70
5	คลองพระสทิง	2,672.60	1,670,359.50	5.92	141.60
รวม / เฉลี่ย		9,670.90	6,044,303.80	6.65	129.38



รูปที่ 3 ขอบเขตลุ่มน้ำย่อยจากแบบจำลอง SWAT

การสร้างหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs)

หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrologic Response Units, HRUs) ที่ได้จากการซ้อนทับกันของข้อมูลในแบบจำลอง SWAT โดยการนำชั้นข้อมูล GIS จำนวน 3 ชั้นข้อมูล ได้แก่ ชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ชั้นข้อมูลกลุ่มชุดดิน และชั้นข้อมูลความลาดชันของพื้นที่ แสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งคำนวณโดยโปรแกรม ArcGIS จากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM) ที่ทำการแบ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยแล้วนำข้อมูลทั้ง 3 ชั้นมาทำการซ้อนทับกันจะทำให้ได้ชั้นข้อมูลใหม่ และในแต่ละขอบเขตจะเกิดจากการตัดกันของ 3 ชั้นข้อมูลประกอบด้วย การใช้ประโยชน์ที่ดิน กลุ่มชุดดิน และความลาดชัน โดยข้อมูลจะมีความแตกต่างกันออกไปตาม ซึ่งเรียกแต่ละขอบเขตนี้ว่าหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrologic Response Units) หรือ HRUs โดยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยหนึ่งในแบบจำลอง SWAT อาจจะประกอบไปด้วย HRUs มากกว่า 1 HRUs ขึ้นไป และในแต่ละ HRUs ก็สามารรถที่จะทำการป้อนค่าพารามิเตอร์ทางอุทกวิทยาที่แตกต่างกันออกไปตามแต่ละ HRUs โดยการคำนวณในลักษณะนี้จะทำให้แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 4 ชั้นข้อมูลในการสร้างหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs)

การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีผลต่อการคำนวณปริมาณการไหล

ค่าพารามิเตอร์สำคัญที่มีผลต่อการคำนวณปริมาณการไหล ประกอบไปด้วย

- CN คือ SCS runoff Curve number
- SOL_AWC คือ ปริมาณน้ำที่ดินสามารถเก็บไว้ได้
- ESCO คือ แพลคเตอร์ชดเชยการระเหยในดิน
- GW_REVAP คือ ค่าสัมประสิทธิ์น้ำใต้ดินที่ไหลจาก Shallow Aquifer ไปสู่ชั้นดินเขตรากพืช
- REVAPMN คือ ปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดใน Shallow aquifer ที่ทำให้เกิดการไหลของน้ำใต้ดินที่ไหลจาก Shallow aquifer ขึ้นสู่ชั้นดินเขตรากพืช
- GWQMN คือ ปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดใน Shallow aquifer ที่ทำให้เกิดการไหลของน้ำใต้ดินที่ไหลจาก Shallow aquifer เป็นปริมาณน้ำไหลกลับ (Return flow)

การปรับแก้ค่า Curve number (CN) สามารถปรับแก้ค่าได้ 2 วิธี คือ การแก้ไขจากหน้าจอโปรแกรม หรือในไฟล์ DBF (พงษ์ศักดิ์ วิทวัสสุติกุล และคณะ, 2552)

การแสดงผลของแบบจำลอง

แบบจำลอง SWAT เป็นการจำลองน้ำผิวดินตามวัฏจักรของน้ำ (Water Cycle) โดยอาศัยหลักการสมดุลของน้ำในแต่ละส่วนเพื่อให้เหมือนกับกระบวนการทางธรรมชาติให้มากที่สุด (วินัย วังพิมูล, 2552) **ดังสมการที่ (1)** เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองจนมีความน่าเชื่อถือ แบบจำลองสามารถประเมินปริมาณน้ำในแต่ละส่วน และแสดงผลลัพธ์ในการคำนวณต่างๆ ไว้ในไฟล์ตาราง (Bailey, 2015) ที่สามารถนำค่าการคำนวณแสดงผลเป็นกราฟได้ โดยตารางผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง สามารถบอกปริมาณน้ำในแต่ละองค์ประกอบทางอุทกวิทยาได้ละเอียดในระดับ HRUs ของแต่ละลุ่มน้ำย่อยหรือภาพรวมของทั้งลุ่มน้ำได้ รวมถึงปริมาณการเติมน้ำใต้ดิน (Recharge) ในแต่ละ HRUs ซึ่งสามารถนำมาจัดทำเป็นแผนที่บอกถึงอัตราการเติมน้ำเชิงพื้นที่ได้

$$SW_t = SW + \sum_{i=1}^t (R_i - Q_i - ET_i - P_i - QR_i) \quad (1)$$

เมื่อ	SW_t	คือ	ปริมาณน้ำในดินสุดท้าย
	SW	คือ	ปริมาณน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ (มิลลิเมตร)
	t	คือ	ช่วงระยะเวลา i คือ เวลา (วัน)
	R_i	คือ	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)
	Q_i	คือ	ปริมาณน้ำไหลบ่า (มิลลิเมตร)
	ET_i	คือ	ปริมาณการคายระเหย (มิลลิเมตร)
	P_i	คือ	ปริมาณน้ำที่ซึมลงไปในดิน (มิลลิเมตร)
	QR_i	คือ	ปริมาณน้ำที่ไหลลงแม่น้ำ (มิลลิเมตร)

ปริมาณการเติมน้ำใต้ดิน (GW_RCHRG) คำนวณจากน้ำที่เคลื่อนที่ผ่านความลึกชั้นดิน (Venetis, 1969; Sangrey et al., 1984) โดยการซึมผ่านชั้นดินก่อนที่จะกลายไประดับต้น (และ / หรือ) ลึก เวลาในการเคลื่อนที่ของน้ำที่ไหลออกจากชั้นดิน และเข้าสู่ชั้นหินอุ้มน้ำระดับต้นจะขึ้นอยู่กับความลึกของระดับน้ำใต้ดินและคุณสมบัติความนำไฮดรอลิกทางธรณีวิทยา สามารถคำนวณปริมาณการเติมน้ำใต้ดินใน SWAT สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2)

$$W_{rchrg,i} = (1 - \exp[-1/\delta_{gw}]) W_{seep} + \exp[-1/\delta_{gw}] W_{rchrg,i-1} \quad (2)$$

โดยที่	$W_{rchrg,i}$	คือ	ปริมาณการเติมน้ำเข้าไปในชั้นหินอุ้มน้ำในวันที่ i (mm H ₂ O)
	δ_{gw}	คือ	เป็นเวลาหน่วงหรือความล่าช้าของการระบายน้ำตามการวางตัวทางธรณีวิทยา (days)
	W_{seep}	คือ	ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ไหลออกจากด้านล่างของโปรไฟล์ดินในวันที่ i (mm H ₂ O)
	$W_{rchrg, i-1}$	คือ	ปริมาณการเติมน้ำเข้าไปในชั้นหินอุ้มน้ำในวันที่ i-1 (mm H ₂ O)

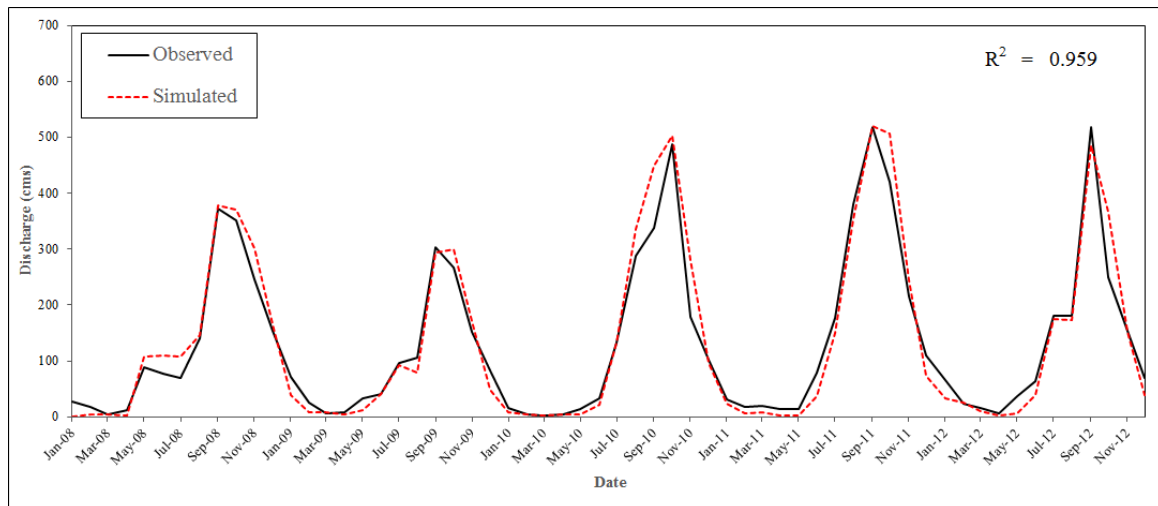
ผลการวิจัย

ผลการสร้างแบบจำลอง SWAT เพื่อประมาณการเติมน้ำใต้ดิน

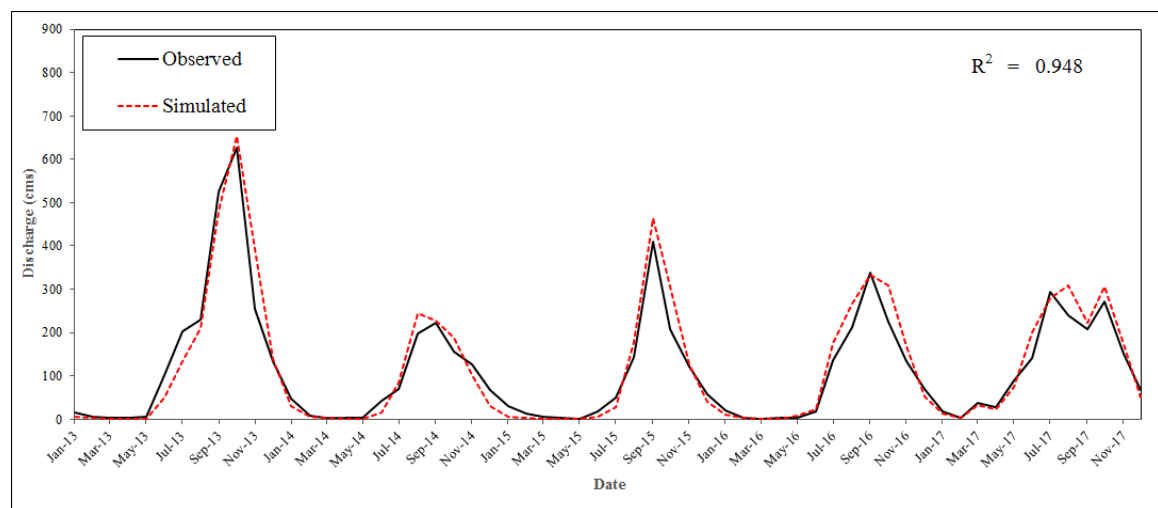
ในการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองของปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำปราจีนตอนล่าง ได้ทำการเลือกใช้สถานีวัดน้ำท่า Kgt.3 ตั้งอยู่บริเวณต้นน้ำของลุ่มน้ำปราจีนตอนล่าง เพื่อใช้ในการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลเป็นรายวันช่วงปี พ.ศ.2551 ถึง 2560 และการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ การตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง ในการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากตรวจวัดจริงในภาคสนาม ซึ่งกระบวนการในการประเมินความแม่นยำของแบบจำลองจะพิจารณาความสอดคล้องกัน โดยการตรวจสอบกราฟที่เปรียบเทียบค่าทั้งสอง โดยใช้สัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R²) เป็นการตรวจสอบชุดพารามิเตอร์ว่าสามารถคำนวณค่าปริมาณน้ำท่าได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าตรวจวัดจริงหรือไม่ ถ้าหากแบบจำลองคำนวณค่าออกมาไม่ใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดจริงหมายความว่าชุดพารามิเตอร์ที่ยังไม่ถูกต้อง และต้องกลับไปปรับค่าตัวแปรในขั้นตอนปรับเทียบแบบจำลองใหม่ เพื่อให้ได้ชุดตัวแปรที่มีความถูกต้องน่าเชื่อถือมากที่สุด ซึ่งผลการสอบเทียบและการตรวจสอบระหว่างปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดจริงกับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองมีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับที่ดี แสดงดังตารางที่ 4 และรูปที่ 5 และรูปที่ 6 และจากผลลัพธ์ที่ได้จากหลังการสอบเทียบและตรวจสอบแล้ว ปริมาณน้ำส่วนเกินผิวดินมีค่าเฉลี่ยในช่วง 10 ปีอยู่ประมาณ 772.32 ล้าน ลบ.ม. เป็นปริมาณน้ำส่วนที่เหลือจากกระบวนการกักเก็บต่างๆ ที่ไหลลงสู่แม่น้ำ และเป็นน้ำส่วนที่คาดว่าจะจะเป็นน้ำที่สามารถเติมลงในระบบเติมน้ำได้ และมีปริมาณน้ำท่าทั้งหมดเฉลี่ยช่วง 10 ปีของลุ่มน้ำอยู่ที่ 1621.76 ล้าน ลบ.ม.

ตารางที่ 4 ผลการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง

ช่วงการคำนวณ	R^2
การสอบเทียบ (พ.ศ. 2551 - 2555)	0.959
การตรวจสอบ (พ.ศ. 2556 - 2560)	0.948



รูปที่ 5 ผลการสอบเทียบปริมาณน้ำท่าในแบบจำลอง SWAT ช่วงปี พ.ศ.2551 – 2555 (ค.ศ. 2008 – 2012)



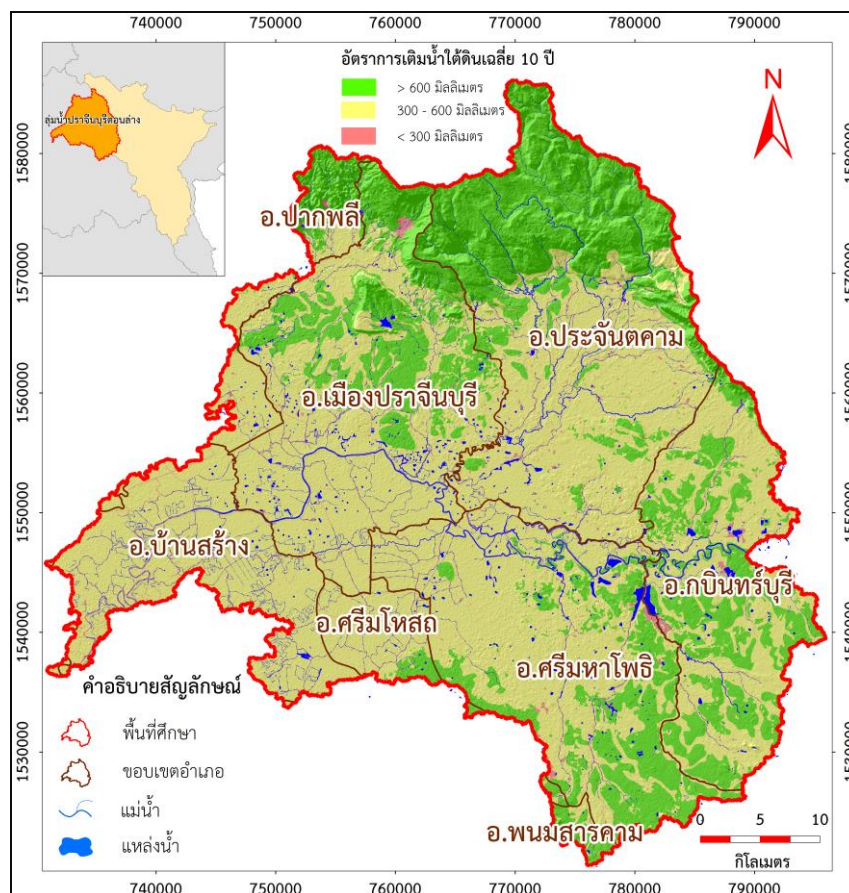
รูปที่ 6 ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำท่าในแบบจำลอง SWAT ช่วงปี พ.ศ.2556 – 2560 (ค.ศ. 2013 – 2017)

เมื่อดูจากกราฟผลลัพธ์จะเห็นได้ว่า แนวโน้มของข้อมูลทั้งสองไปในทิศทางเดียวกัน แต่สังเกตดูในส่วนของอัตราการไหลสูงสุด ในช่วงฤดูฝนบางช่วงปีผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง SWAT จะมีค่าที่สูงกว่าข้อมูลที่ได้จากการวัดจริงในสนาม อย่างไรก็ตามการประเมินในส่วนองปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นในระดับลุ่มน้ำแล้วถือว่ามีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากค่าสถิติความสัมพันธ์ของข้อมูลระหว่างผลลัพธ์ของปริมาณที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลปริมาณน้ำที่ได้จากการตรวจวัดจริงมีความสัมพันธ์กันอยู่ระดับที่ดี

ผลการประเมินอัตราการเติมน้ำใต้ดินจากแบบจำลอง SWAT

อัตราการเติมน้ำใต้ดิน (GW_RCHGmm) เป็นผลลัพธ์ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง SWAT หลังจากการปรับเทียบและสอบเทียบแบบจำลองทำให้สามารถบอกได้ถึงอัตราการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินในระดับ HRU โดยพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำปราจีนตอนล่างมีจำนวน HRUs อยู่ 656 HRUs จากข้อมูลอัตราการเติมน้ำที่ได้จากการคำนวณและการปรับเทียบสอบเทียบแล้วสามารถทำการเชื่อมตารางตามรหัสของแต่ละ HRUs เพื่อทำการสร้างแผนที่อัตราการเติมน้ำใต้ดินได้ เนื่องจาก HRUs มีจำนวนมาก และในแต่ละ HRUs มีอัตราการเติมน้ำที่แตกต่างกัน จึงทำการจัดช่วงค่าเพื่อแสดงผลบนแผนที่ให้สามารถตีความได้ง่าย โดยใช้วิธีกำหนดค่าเป็นช่วงแบบระยะห่างเท่ากัน (Equal Interval Range) โดยทำการจัดช่วงค่า 3 ระดับแสดงดังรูปที่ 7

จากช่วงค่าของอัตราการเติมน้ำใต้ดินที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลอง SWAT หลังการปรับเทียบแล้ว พบว่าอัตราการเติมน้ำใต้ดินเฉลี่ยในช่วง 10 ปี (2551-2560) จากพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนล่างที่ได้จากแบบจำลอง มีพื้นที่ 2,194 ตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่ที่มีอัตราการเติมน้ำใต้ดินมากกว่า 600 มิลลิเมตร ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 703 ตารางกิโลเมตร ส่วนมากเป็นพื้นที่ป่า เขา และพื้นที่ดอน และอัตราการเติมน้ำใต้ดินในช่วง 300 – 600 มิลลิเมตร ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 1,421 ตารางกิโลเมตร และอัตราการเติมน้ำใต้ดินที่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 70 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ส่วนมากเป็น แหล่งน้ำ แม่น้ำ การเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินมีปริมาณที่น้อย อย่างไรก็ตาม ค่าอัตราการเติมน้ำใต้ดินของแบบจำลอง SWAT เป็นการซึมผ่านของน้ำในดินลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน ผลลัพธ์ที่ได้เป็นการสร้างแผนที่อัตราการเติมน้ำใต้ดิน (Groundwater Recharge) เพื่อให้ทราบถึงพื้นที่ที่มีศักยภาพในการซึมผ่านของน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน เพื่อเป็นแนวทางในการสอบเทียบกับแผนที่ความเหมาะสมในการสร้างระบบเติมน้ำใต้ดินให้มีศักยภาพมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 7 แผนที่แสดงพื้นที่อัตราการเติมน้ำใต้ดิน (Groundwater Recharge) เฉลี่ย 10 ปี (2551 - 2560)

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การศึกษาการประมาณการน้ำผิวดินส่วนเกินที่คาดว่าจะสามารถเก็บเกี่ยวน้ำส่วนนี้เติมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินได้บ่งบอกถึงปริมาณน้ำส่วนที่เหลือจากการเก็บกักไว้และสูญเสียไปตามธรรมชาติ และการสร้างแผนที่อัตราการเติมน้ำใต้ดินโดยใช้แบบจำลองน้ำผิวดิน SWAT ในการประเมินในครั้งนี้ จากการใช้น้ำในพื้นที่เป็นการใช้น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดินโดยแบ่งประเภทการใช้น้ำผิวดินเป็น 3 ประเภท คือ การใช้น้ำผิวดินเพื่อการอุปโภค-บริโภค การใช้น้ำผิวดินเพื่อการเกษตร และการใช้น้ำผิวดินเพื่ออุตสาหกรรม ส่วนการใช้น้ำใต้ดิน แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ การใช้น้ำใต้ดินเพื่อการอุปโภค-บริโภค การใช้น้ำใต้ดินเพื่อการเกษตร และการใช้น้ำใต้ดินเพื่อการรักษาระบบนิเวศท้ายน้ำ ส่วนของคุณภาพน้ำใต้ดินเขตพื้นที่ราบลุ่มต่ำที่มีความลาดชันน้อยกว่า 2% ของด้านทิศตะวันตกมีคุณภาพน้ำที่เค็ม ส่วนมากเป็นพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากในฤดูฝน จากการหาสมดุลของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนล่าง ผลจากการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองเพื่อหาปริมาณน้ำท่าจากผลการสอบเทียบปริมาณน้ำท่าในสถานี Kgt.3 สรุปได้ว่าผลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยพิจารณาจาก R^2 เกิน 0.5 หรือเข้าใกล้ 1 และพบว่าปริมาณน้ำท่าที่ประมาณการได้จากแบบจำลอง SWAT ช่วง 10 ปี (พ.ศ.2551 – พ.ศ. 2560) ในลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนล่างทั้งหมดประมาณ 1,621.76 ล้าน ลบ.ม. โดยคิดเป็นปริมาณน้ำท่าช่วงนอกฤดูฝน (พ.ย. – เม.ย.) เท่ากับ 386.06 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 23.8 และปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝน (พ.ค. – ต.ค.) เท่ากับ 1,235.7 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 76.2 และในช่วงฤดูฝนจะมีน้ำหลากเป็นปริมาณน้ำส่วนเกินผิวดินที่เหลือจากการกักเก็บและสูญเสียไปตามกระบวนการทางธรรมชาติในรูปแบบต่างๆ คือ ส่วนของ Surface Runoff มีประมาณ 772.32 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 62.5 ของปริมาณน้ำท่าในฤดูฝน น้ำส่วนเกินนี้จึงเป็นน้ำที่สามารถกักเก็บไว้ในฤดูแล้งได้ จากผลสำรวจในพื้นที่ศึกษาการใช้น้ำผิวดินมากถึง 675.35 ล้าน ลบ.ม./ปี และความต้องการใช้น้ำใต้ดิน 371.45 ล้าน ลบ.ม./ปี โดยรวมทั้งหมดที่ต้องการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนล่างมีประมาณ 1,046.8 ล้าน ลบ.ม./ปี แม้ว่าปริมาณน้ำท่าในพื้นที่จะมีมากแต่ก็ไม่พอใช้ในฤดูแล้ง เนื่องจากแหล่งกักเก็บน้ำผิวดินมีน้อยจึงไม่สามารถเก็บเกี่ยวน้ำที่ไหลล้นบนผิวดินในฤดูน้ำหลากไว้ใช้ได้ โดยสภาพพื้นที่มีอัตราการเติมน้ำใต้ดิน (Recharge) ตามธรรมชาติเฉลี่ยในช่วง 10 ปี (2551-2560) ของน้ำผิวดินลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำประมาณ 426.08 มิลลิเมตร จากอัตราการเติมน้ำใต้ดินที่สูงอาจจะไม่ใช่พื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการสร้างระบบเติมน้ำใต้ดินได้ แต่สามารถบอกได้ว่าพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการสร้างระบบเติมน้ำใต้ดินมีอัตราการเติมน้ำมากเพียงใด สามารถใช้ผลจากแบบจำลองในการวิจัยครั้งนี้ใช้ในการวางแผนพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อเก็บเกี่ยวน้ำผิวดินส่วนเกินก่อนที่จะไหลบ่าลงสู่แม่น้ำลำธารไว้ในฤดูแล้งได้ เพื่อเป็นแนวทางในการช่วยเหลือและพัฒนาเชิงพื้นที่และการจัดการบริหารด้านทรัพยากรน้ำ และข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหาในวิทยานิพนธ์เรื่อง การหาพื้นที่ความเหมาะสมสำหรับการเติมน้ำใต้ดิน และการประมาณการเติมน้ำใต้ดินโดยใช้แบบจำลอง SWAT ในลุ่มน้ำปราจีนบุรีตอนล่าง สนับสนุนโดยสถาบันทรัพยากรน้ำใต้ดิน มหาวิทยาลัยขอนแก่น และขอขอบพระคุณ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร กรมทรัพยากรน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กรมทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรน้ำบาดาล ที่ให้การสนับสนุนข้อมูล และบุคลากรที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกในทุกๆ ด้าน และขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูงที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ ทำให้บทความนี้มีคุณภาพสมบูรณ์และมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน. คู่มือการปฏิบัติงาน [ออนไลน์] 2554 [อ้างเมื่อ 29 พฤษภาคม 2562] จาก

<http://water.rid.go.th/hwm/wmg/water/handbook.php>.

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสสุติกุล, ธรรมบุญ แก้วอำพท, พิณทิพย์ ธิติโรจนวัฒน์. การประยุกต์ใช้ SCS-CN methodology ประเมินการเปลี่ยนแปลงน้ำท่าหลังการทำลายป่าต้นน้ำ และการใช้ประโยชน์ที่ดินทำการเกษตร. บันทึกการวิจัยครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ส่วนวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช; 2552.

วินัย วังพิมูล. คู่มือปฏิบัติการประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง SWAT. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ส่วนงาน คณะกรรมการลุ่มน้ำโขง สำนักประสานความร่วมมือระหว่างประเทศ กรมทรัพยากรน้ำ; 2552.

สนสก. การดำเนินการด้านการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลโครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 ลุ่มน้ำและแบบจำลองน้ำท่วมน้ำแล้ง ลุ่มน้ำปราจีนบุรี. กรุงเทพฯ: สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน); 2555.

Arnold JG, Srinivasan R, Muttiah RS, Williams JR. LARGE AREA HYDROLOGIC MODELING AND ASSESSMENT PART I: MODEL DEVELOPMENT1. JAWRA Journal of the American Water Resources Association 1998; 34(1): 73-89.

Bailey RT. SWAT-MODFLOW Tutorial. Documentation for preparing model simulations: Dept. of Civil and Environmental Engineering Colorado State University; 2015.

Dillon PJ, Pavelic P, Page D, Beringen H, Ward J. Managed Aquifer Recharge: An Introduction. Waterlines Report Series No.13. Australia: the National Water Commission; 2009.

Kim NW, Chung IM, Won YS, Arnold JG. Development and application of the integrated SWAT-MODFLOW model. Journal of Hydrology 2008; 356: 1-16.

Sangrey DA, Harrop-Williams KO, Klaiber JA. Predicting ground-water response to precipitation. ASCE Journal of Geotechnical Engineering 1984; 110(7): 957-975.

Saraf AK, Choudhury PR. Integrated remote sensing and GIS for groundwater exploration and identification of artificial recharge sites. International Journal of Remote Sensing 1998; 19: 1825-1841.

Venetis C. A study of the recession of unconfined aquifers. Bulletin - International Association of Scientific Hydrology 1969; 14(4): 119-125.