

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าเชิงพื้นที่
จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวย จังหวัดเชียงราย

Application of SWAT Model for Spatial Runoff Analysis
from Land Use Change in Nam Mae Suai Sub-Watershed, Chiang Rai Province

นที สดชื่น¹Natee Sodchuen¹วันชัย อรุณประภารัตน์¹Wanchai Arunprapat¹วินัส ต่วนเครือ^{1*}Venus Tuankrua^{1*}¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: ffor.venus@gmail.com

รับต้นฉบับ 14 กรกฎาคม 2566

รับแก้ไข 29 สิงหาคม 2566

รับลงพิมพ์ 7 กันยายน 2567

ABSTRACT

The Nam Mae Suai sub-watershed has water resource problems, including flooding and water scarcity every year. Consequently, the amount of water flowing into the Nam Mae Suai Reservoir may fluctuate due to land use changes in the past. Therefore, the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model was applied to assess the mean runoff and to analyze the water balance from the land use change effects from 2013 to 2018. The results showed that the SWAT model was effective in runoff assessment and water balance analysis for the Nam Mae Suai sub-watershed. The results of model calibration gave values for the coefficient of determination (R^2) of 0.80, the Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) of 0.76 and the percentage bias (PBIAS) of -9.2. It was found that between 2013 and 2018, there was a decrease forest area of 2.9 percent, converted to agricultural and residential areas, causing the average annual runoff to decrease by less than 1 percent. So, it can be observed that the amount of runoff during the dry period decreased by approximately 2 percent, especially at the end of the rainy season from October to December, due to decreasing rainfall, and reduction of forest areas into agricultural areas, causing water loss from evapotranspiration to increase by 2 percent. This causes the soil water storage and streamflow to decrease and the water yields also only slightly decreased. It can be concluded that the runoff volume and water balance of Nam Mae Suai sub-watershed slightly decreased from land use changes. (Overall decreased by no more than 2 percent)

Keywords: Land use change; Nam Mae Suai sub-watershed; Runoff; Water balance; SWAT model

บทคัดย่อ

ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวยมีปัญหาด้านทรัพยากรน้ำทั้งน้ำท่วมและขาดแคลนน้ำทุกปี ปริมาณน้ำต้นทุนที่จะไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำแม่สรวยอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ดังนั้นจึงประยุกต์ใช้แบบจำลอง Soil and Water Assessment Tool (SWAT) เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยและวิเคราะห์สมดุลน้ำจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2556 และ 2561 ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง SWAT มีประสิทธิภาพในการประเมินปริมาณน้ำท่าและการวิเคราะห์สมดุลน้ำของลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวย โดยผลการเปรียบเทียบแบบจำลองให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.80 ค่า NSE เท่ากับ 0.76 และค่า PBIAS เท่ากับ -9.2 ซึ่งพบว่าในช่วงปีพ.ศ. 2556 และ 2561 มีการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 2.9 เปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและที่อยู่อาศัย ทำให้ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยลดลงน้อยกว่าร้อยละ 1 แต่จะสังเกตได้ว่าปริมาณน้ำท่าช่วงแล้งฝนลดลงประมาณร้อยละ 2 โดยเฉพาะในช่วงปลายฤดูฝนตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงธันวาคม เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ลดลงแล้วยังมีสาเหตุจากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรมทำให้เกิดการสูญเสียจากการคายระเหยเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.0 ทำให้น้ำในดินและน้ำไหลในลำธารมีปริมาณลดลง และผลผลิตน้ำของลุ่มน้ำมีปริมาณลดลงเล็กน้อย สรุปได้ว่าปริมาณน้ำท่าและสมดุลน้ำของลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวยลดลงจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินไม่มากนัก (ลดลงไม่เกินร้อยละ 2)

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงใช้ประโยชน์ที่ดิน ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวย น้ำท่า สมดุลน้ำ แบบจำลอง SWAT

คำนำ

ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวยตั้งอยู่ในจังหวัดเชียงรายมีพื้นที่ 438.1 ตารางกิโลเมตร ประสบปัญหาด้านทรัพยากรน้ำ สภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนานทำให้เกิดภาวะภัยแล้งนำมาซึ่งปัญหาการบุกรุกพื้นที่ป่า เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าจึงทำให้น้ำฝนน้ำไหลหลากอย่างรวดเร็วส่งผลให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน กิจกรรมการใช้น้ำต่างๆในพื้นที่ก็มีมากขึ้นทำให้เกิดสภาวะขาดแคลนน้ำ (Hydro Informatics Institute, 2018) จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ.2556 พบว่า ลุ่มน้ำมีพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 54.1 และพื้นที่เกษตรกรรมร้อยละ 42.5 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ.2561 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ลดลงเหลือร้อยละ 51.2 และพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 45.1 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (Land Development Department, 2013) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อลักษณะอุทกวิทยาในลุ่มน้ำ (Chilagane *et al.*, 2021) หากสามารถทราบผลผลิตน้ำของพื้นที่ต้นน้ำได้ล่วงหน้าจะทำให้ทราบปริมาณน้ำท่าที่จะไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำแม่สรวย ซึ่งมีความสำคัญต่อการวางแผนการใช้น้ำหรือการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยหากมีวิธีการประเมินปริมาณน้ำท่าที่แม่นยำย่อมสามารถวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ปัจจุบันมีวิธีการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าทั้งแบบใช้สถานีตรวจวัดปริมาณน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำได้โดยตรง ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลที่มีความละเอียดและทันสมัยอยู่เสมอ แต่ใช้เวลานานและค่าใช้จ่ายสูงและไม่สามารถทราบข้อมูลการกระจายเชิงพื้นที่ได้ อีกวิธีการหนึ่งคือการใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยาในการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในอนาคตหรือตามสถานการณ์จำลอง (scenarios) (THAICID, 2020) โดยแบบจำลองทางอุทกวิทยา (soil and water assessment tool, SWAT) ซึ่งเป็นแบบจำลองกึ่งกระจายเชิงพื้นที่ (semi distributed model) ที่สามารถวิเคราะห์ปัจจัยด้านภูมิอากาศ ด้านสภาพภูมิประเทศ สิ่งปกคลุมดิน และสมบัติของดิน ซึ่งสามารถแสดงผลการประเมินน้ำท่าที่กระจายเชิงพื้นที่ได้ (Neitsch *et al.*, 2005)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อประเมินผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2561 ต่อปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน รายฤดูกาล และรายปี เพื่อให้ทราบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าที่จะไหลสะสมเข้าสู่อ่างเก็บน้ำแม่สรวยจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมทั้งวิเคราะห์สมดุลน้ำในแต่ละประเภทการใช้ที่ดินและแต่ละลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวยเพื่อทราบถึงศักยภาพการให้น้ำของแต่ละพื้นที่ ซึ่งผลการศึกษาที่ได้รับสามารถใช้ประกอบการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการบริหารทรัพยากรน้ำให้สอดคล้องกันต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวย ครอบคลุมพื้นที่อำเภอแม่สรวย
อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย และอำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงใหม่
เป็นบางส่วน โดยมีลำน้ำแม่สรวยเป็นลำน้ำสายหลัก มีต้นน้ำอยู่
บริเวณดอยแม่วังน้อยและดอยหลุมข้าว ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือ

ของอำเภอแม่สรวย อยู่ระหว่างละติจูด $19^{\circ}39'11.62''$ N ถึง $19^{\circ}58'52.12''$ N และลองจิจูด $99^{\circ}22'56.27''$ E ถึง $99^{\circ}34'47.47''$ E โดยน้ำแม่สรวยไหลลงไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ แล้วไหลไปบรรจบกับน้ำแม่ลาวที่บ้านกาด ตำบลแม่สรวย อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย มีความยาวของลำน้ำประมาณ 60 กิโลเมตร (Hydro Informatics Institute, 2018) (Figure 1)

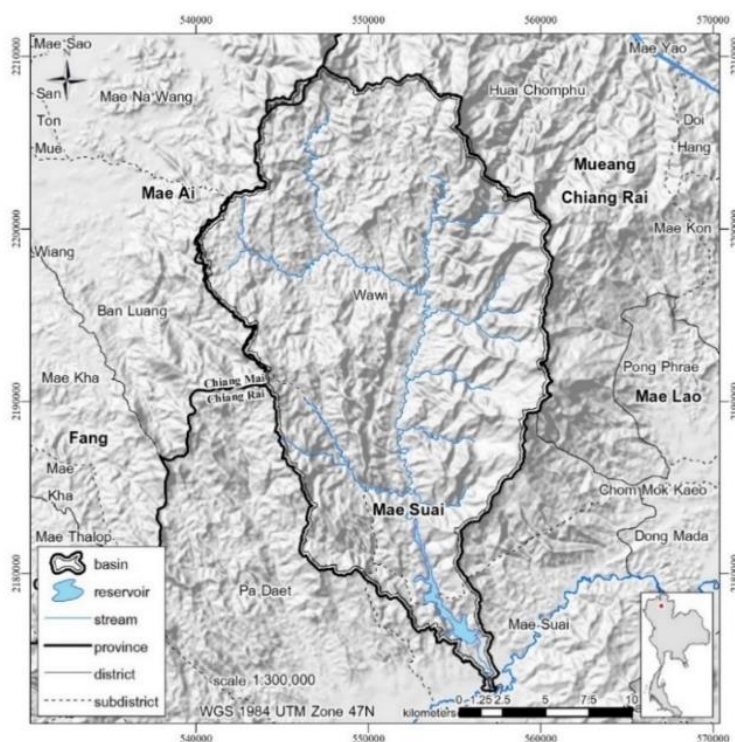


Figure 1 Topography of Nam Mae Suai sub-watershed.

วิธีการ

การประเมินปริมาณน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง SWAT จะใช้สมการสมดุลน้ำมาวิเคราะห์กระบวนการทางอุทกวิทยา โดยแบบจำลอง SWAT แบ่งการดำเนินงานของกลุ่มน้ำออกเป็น 2 องค์ประกอบหลัก คือ 1) ส่วนพื้นดินเป็นจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำ ตะกอน และสารอาหารจากพื้นดินปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำและ 2) ส่วนในลำน้ำ แสดงถึงการกำหนดเส้นทางขององค์ประกอบเหล่านี้ไปตามลำธารไปยังจุดออกของกลุ่มน้ำ โดยปริมาณฝนที่จะตกลงสู่พื้นดินจะถูกพื้ชกักไว้บางส่วน จากนั้นไหลซึมลงผ่านผิวดินลงในดิน และปริมาณฝนส่วนที่เหลือไหลบ่าหน้าดินหรือถูกขังตามผิวดินแล้วรวมตัวกัน ไหลลงสู่ที่ต่ำและแหล่งน้ำกลายเป็นน้ำท่า และอีกส่วนหนึ่งถูกเก็บไว้ในเนื้อดินซึ่งจะระเหยจากผิวดินและคายน้ำ โดยพืชคืนสู่บรรยากาศ และส่วนที่เหลือจะไหลซึมต่อไปยัง

ชั้นน้ำใต้ดินเป็นน้ำใต้ดินแล้วไหลกลับลงสู่ลำธารหรือแหล่งน้ำ
(Neitsch *et al.*, 2005) วิเคราะห์โดยใช้สมการสมดุลน้ำ
ดังสมการ (1)

$$SW_T = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}) \quad (1)$$

$$SW_t = \text{ปริมาณน้ำในดินสุดท้าย (มิลลิเมตร)}$$

SW_0 = ปริมาณน้ำในดินเริ่มต้นในวันที่ i (มิลลิเมตร)

t = เวลา (วัน)

$$R_{day} = \text{ปริมาณฝนในวันที่ } i \text{ (มิลลิเมตร)}$$
$$Q_{surf} = \text{ปริมาณน้ำผิวดินในวันที่ } i \text{ (มิลลิเมตร)}$$
$$E_{oi} = \text{ปริมาณการคายระเหยในวันที่ } i \text{ (มิลลิเมตร)}$$

W_{seep} = ปริมาณน้ำไหลซึมลงสู่ชั้นใต้ดินในวันที่ i (มิลลิเมตร)

Q_{gw} = ปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลกลับสู่ลำน้ำในวันที่ i
(มิลลิเมตร)

การประเมินปริมาณน้ำท่าเชิงพื้นที่และตามเวลาด้วยแบบจำลอง SWAT มีขั้นตอนตามกรอบแนวคิด Figure 2

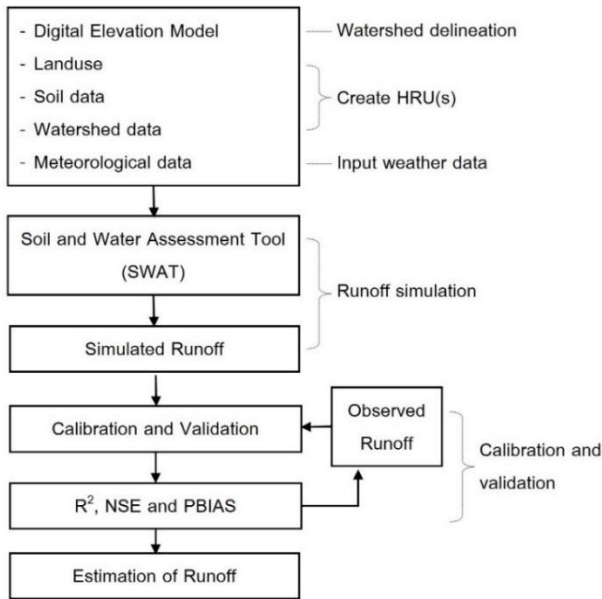


Figure 2 Conceptual framework of runoff analysis.

1. รวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงสถิติโดยเป็นข้อมูลที่ต้องนำเข้าแบบจำลอง SWAT และใช้ร่วมกันเพื่อให้แบบจำลองกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (The hydrologic response unit, HRUs) ซึ่งแหล่งที่มาของข้อมูลประกอบด้วย

- 1) เส้นชั้นความสูง (contour) ความละเอียด 20 เมตร ของกรมแผนที่ทหาร
- 2) แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2561 ของกรมพัฒนาที่ดิน
- 3) ข้อมูลแผนที่กลุ่มชุดดิน มาตราส่วน 1:25,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน
- 4) แผนที่และขอบเขตลุ่มน้ำหลักมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมทรัพยากรน้ำ
- 5) ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยารายวัน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555–2559 ของกรมอุตุนิยมวิทยา
- 6) ข้อมูลน้ำท่ารายเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555–2563 ของกรมชลประทาน

2. จัดเตรียมข้อมูล

2.1 ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (digital elevation model, DEM) และ ความลาดชัน (slope)

นำข้อมูลเส้นชั้นความสูง (contour) ในรูปแบบ shapefile ในโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยมีจุดระดับความสูงที่ห่างกันทุก ๆ ระยะ 20 เมตร จากนั้นสร้างข้อมูล DEM โดยใช้คำสั่ง Topo to Raster กำหนด cell size เท่ากับ 5 เมตร x 5 เมตร และสร้างข้อมูลร้อยละความลาดชัน จากข้อมูล DEM ใช้ระบบอ้างอิงทางภูมิศาสตร์คือ WGS1984 UTM 47N

2.2 ข้อมูลกลุ่มชุดดิน

นำเข้าข้อมูลกลุ่มชุดดิน ในรูปแบบ shapefile ในโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยจัดข้อมูลให้สอดคล้องกับฐานข้อมูล SWAT แล้วแปลงข้อมูลเป็นรูปแบบ Raster กำหนด cell size เท่ากับ 5 เมตร x 5 เมตร พบว่า กลุ่มชุดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวยมีทั้งหมด 7 กลุ่ม โดยกลุ่มชุดดินที่ 62 มีพื้นที่มากที่สุดคือร้อยละ 98.6

2.3 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

นำเข้าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบ shapefile ในโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยจัดข้อมูลให้สอดคล้องกับฐานข้อมูล SWAT แล้วแปลงข้อมูลเป็นรูปแบบ raster กำหนด cell size เท่ากับ 5 เมตร x 5 เมตร พบว่าพื้นที่ป่าผลัดใบคิดเป็นร้อยละ 54.1 พืชไร่เท่ากับร้อยละ 29.4 ไม้ผลเท่ากับร้อยละ 6.7 ไม้ยืนต้นเท่ากับร้อยละ 4.9 และพื้นที่อื่น ๆ

2.4 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศและปริมาณน้ำท่า

ข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายวันจากกรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่พ.ศ. 2555–2559 ได้แก่ปริมาณน้ำฝน (precipitation) อุณหภูมิ (temperature) ความเร็วลม (wind speed) ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) และรังสีดวงอาทิตย์ (solar radiation) และข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนได้จากสถานีตรวจวัด (observed runoff) เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลอง ตั้งแต่พ.ศ. 2555–2563 จำนวน 1 แห่งคือ สถานี G.9 (บ้านกะเหรี่ยงทุ่งพรวัว) ของกรมชลประทาน

3. ประเมินปริมาณน้ำท่าและอัตราการไหลของน้ำ

เป็นการประเมินปริมาณน้ำท่าและจำลองอัตราการไหลเชิงพื้นที่และตามเวลาด้วยแบบจำลอง SWAT จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2561 มีขั้นตอนดังนี้

3.1 การกำหนดเส้นแบ่งขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ (watershed delineation)

เป็นขั้นตอนแรกในการสร้างแบบจำลองทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยนำเข้าข้อมูล DEM โดยกำหนดค่าวิกฤต (threshold area) เท่ากับ 1,000 เฮกตาร์ เพื่อแบ่งขอบเขตและจำนวนลุ่มน้ำย่อยให้มีขนาดที่เหมาะสมกับลักษณะกายภาพลุ่มน้ำและความยาวของลำน้ำย่อย และกำหนดจุดไหลออกของลุ่มน้ำ (outlet) จากตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดน้ำคือ สถานี G.9 ซึ่งแบ่งได้เป็น 19 ลุ่มน้ำย่อยพบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นภูมิประเทศที่มีความลาดชันโดยเฉลี่ยร้อยละ 16.2-41.9 โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำที่มีลักษณะเป็นภูเขาสลับซับซ้อนและสูงชัน

3.2 การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs)

จากการกำหนดลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 10 ประเภท กลุ่มชุดดินที่อยู่ในพื้นที่ทั้งหมด 4 กลุ่มชุดดิน และความลาดชัน 4 ระดับ โดยใช้วิธีกำหนดค่าวิกฤตร้อยละ 10 ซึ่งเป็นวิธีที่ทำให้ได้ HRUs จากการใช้ที่ดิน กลุ่มชุดดิน และความลาดชันกลุ่มหลักเท่านั้น และช่วยกำจัดพื้นที่ขนาดเล็กออก ซึ่งทำให้ได้หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาที่มีความสำคัญกับลุ่มน้ำทั้งหมด 118 HRUs

3.3 การนำเข้าข้อมูลภูมิอากาศ (input weather data)

การนำเข้าข้อมูลสภาพภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝน ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดรายวัน ความเร็วลมรายวัน ความชื้นสัมพัทธ์รายวัน และรังสีดวงอาทิตย์รายวัน โดยต้องจัดทำข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบตารางตามที่แบบจำลองต้องการ ประกอบด้วยข้อมูลสถิติภูมิอากาศพิกัดที่ตั้งของสถานี และความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง จากนั้นจึงสร้างตารางฐานข้อมูลที่น่าเข้าแล้ว

3.4 การคำนวณแบบจำลอง (runoff simulation)

เมื่อทำการจำลองสภาพลุ่มน้ำและนำเข้าข้อมูลครบถ้วนตามที่แบบจำลอง SWAT ต้องการแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการประเมินปริมาณน้ำท่า โดยแบบจำลองจะคำนวณเพื่อหาปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้น (simulated runoff) แบบรายเดือน ในช่วงวัน เดือน ปี (output interval) ที่กำหนดคือ ปี พ.ศ. 2555-2559 โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2556

4. วิเคราะห์ประสิทธิภาพของแบบจำลอง SWAT

เป็นการประเมินความเหมาะสมในการปรับแก้พารามิเตอร์ว่าพารามิเตอร์ผ่านโปรแกรม SWAT-CUP โดยวิธี SUFI2 เพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองเมื่อมี

การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์โดยพิจารณาจากค่า P-Value ที่มีค่าต่ำกว่าค่าวิกฤตและค่า t-Stat ที่มีค่าสูง (Sahu *et al.*, 2016) เมื่อได้พารามิเตอร์จึงนำไปปรับเทียบแบบจำลอง (calibration) โดยต้องมีการปรับเทียบอัตราการไหลให้เรียบร้อยก่อน แล้วปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมโดยการนำเข้าปริมาณน้ำท่าที่รายเดือนจากแบบจำลอง (simulated runoff) และน้ำท่าที่ตรวจวัดได้ (observed runoff) ช่วงปี พ.ศ. 2555–2559 เข้าในโปรแกรม SWAT-CUP และใช้ข้อมูลตรวจวัดน้ำปี พ.ศ. 2560–2563 ในการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลอง (validation) โดยพิจารณาค่าสถิติคือ

4.1 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination, R^2)

เป็นค่าที่บอกถึงระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม โดยมีค่าตั้งแต่ 0–1 ถ้าค่า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันมาก ดังสมการ (2)

$$R^2 = \frac{[n(\sum xy)] - (\sum x)(\sum y)^2}{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]} \quad (2)$$

x, y = ตัวแปรที่นำมาพิจารณา

n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

4.2 ค่า Nash-Sutcliffe efficiency (NSE)

NSE เป็นค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับข้อมูลที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลอง ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0–1 โดยเป็นดัชนีที่ใช้ในการบอกความแม่นยำของแบบจำลอง หรือประสิทธิภาพ-ประสิทธิผลของแบบจำลอง (model performance) (Nash and Sutcliffe, 1970) ดังสมการ (3)

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (3)$$

Y_i = ค่าจากการวัดจริงที่ i เมื่อ i มีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง n

$\hat{Y}_i$ = ค่าคาดคะเนจากแบบจำลองของค่า i

$\bar{Y}$ = ค่าเฉลี่ยของ i

4.3 ค่า Percent bias (PBIAS)

PBIAS เป็นดัชนีชี้วัดค่าจากแบบจำลองว่ามีค่าสูงหรือต่ำกว่าค่าการตรวจวัดจริง ค่าเหมาะสมนั้นควรเข้า

ใกล้เคียง โดยหาค่าเป็นบวกหมายถึงค่าจากการจำลองต่ำกว่าค่าจากการตรวจวัด และหาค่าเป็นลบหมายถึงค่าจากการจำลองสูงกว่าค่าจากการตรวจวัดจริง (Gupta *et al.*, 1999) ดังสมการ (4)

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs})} \times 100 \quad (4)$$

Y_i^{obs} = ค่าจากการตรวจวัด

Y_i^{sim} = ค่าจากแบบจำลอง

4.4 เกณฑ์ในการพิจารณาความแม่นยำของแบบจำลอง

เกณฑ์ในการประเมินความเหมาะสมในการปรับแก้พารามิเตอร์อัตราการไหลของน้ำทำใช้เกณฑ์ตาม

Table 1

Table 1 General performance ratings for recommended statistics in monthly

Performance Rating (Stream flow)	R ²	NSE	PBIAS (%)
Very good	0.75 < R ² < 1.00	0.75 < NSE < 1.00	PBIAS < ±10
Good	0.60 < R ² < 0.75	0.65 < NSE < 0.75	±10 < PBIAS < ±15
Satisfactory	0.50 < R ² < 0.60	0.50 < NSE < 0.65	±15 < PBIAS < ±25
Unsatisfactory	R ² < 0.50	NSE < 0.50	PBIAS > ±25

Remarks: R² is coefficient of determination (Fernandez *et al.*, 2005), NSE is Nash-Sutcliffe efficiency (Moriassi *et al.*, 2007) and PBIAS is percent bias (Moriassi *et al.*, 2007).

ผลและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแบบจำลอง

จากการประเมินความเหมาะสมของพารามิเตอร์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพพบว่า พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวสำหรับอัตราการไหลของน้ำท่า ได้แก่ ค่า CN2 (curve number) ค่าปัจจัยของการไหลพื้นฐาน (ALPHA_BF) ความล่าช้าในการไหลของน้ำใต้ดิน (GW_DELAY) ปัจจัยขดเคยการระเหยจากผิวดิน (ESCO) ค่าสัมประสิทธิ์ revap ของน้ำใต้ดิน (GW_REVAP) ความลึกชั้นตื้นในชั้น Shallow aquifer ที่ทำให้เกิดการไหลย้อนกลับและระเหยออกจากดิน (REVAPMN)

ค่าแฟคเตอร์ในการซึมสู่ชั้น Deep aquifer (RCHRG_DP) ค่าปริมาณน้ำที่ชั้นดินสามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ (SOL_AWC) ค่าความสามารถการนำน้ำของดิน (SOL_K) ค่าประสิทธิผลความนำทางชลศาสตร์ในทางน้ำ (CH_K2)

เมื่อได้พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำท่ามากที่สุดก็จะถูกนำไปปรับแก้พารามิเตอร์ในแบบจำลอง SWAT และทำการสอบเทียบแบบจำลองต่อไป สรุปได้ว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับประเมินน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง SWAT แสดงดัง Table 2

Table 2 Sensitive parameters obtained from SWAT-CUP used for model.

No.	Parameter	Definition	Optimal value	Min	Max
1	CN2.mgt	Curve number	0.0908	-0.2	0.2
2	ALPHA_BF.gw	Baseflow alpha factor (1/day)	0.0865	0.05	0.1
3	GW_DELAY.gw	Delay time	435.30	30	450
4	ESCO.hru	Soil evaporation compensation factor	0.413	0	1
5	GW_REVAP.gw	Groundwater "revap" coefficient	0.0558	0.02	0.2
6	REVAPMN.gw	Threshold depth of water in shallow aquifer for "revap" or percolation to deep aquifer to occur (mm H ₂ O)	445	0	1000
7	RCHRG_DP.gw	Deep aquifer percolation fraction	0.637	0	1
8	SOL_AWC.sol	Available water capacity of soil layer (mm H ₂ O/mm soil)	0.129	0	1
9	SOL_K.sol	Saturated hydraulic conductivity (mm/hr)	22	0	2000
10	CH_K2.rte	Effective hydraulic conductivity in main channel alluvium (mm/hr)	493.5	200	700

การทดสอบความอ่อนไหวของพารามิเตอร์แบบจำลอง ร่วมกับปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดได้โดยใช้ โปรแกรม SWAT-CUP จะพิจารณาจากค่า *P*-Value ที่มีค่าใกล้ศูนย์ และค่า *t*-test ที่มีค่าสูงสุด (Sahu *et al.*, 2016) โดยพบว่า ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองมีค่า R^2 , NSE และ PBIAS เท่ากับ 0.80, 0.76 และ -9.2 ตามลำดับ แสดงถึงผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลอง SWAT มีระดับความน่าเชื่อถือในระดับดีมาก (very good) และ

แสดงให้เห็นว่าปริมาณการไหลจากแบบจำลอง (simulation runoff) มีค่ามากกว่าปริมาณการไหลจากการตรวจวัด (observed runoff) เมื่อทำการปรับเทียบจนให้ค่าสถิติการทดสอบที่ดีที่สุดแล้วจึงนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปทำการตรวจสอบความถูกต้อง (validation) ของแบบจำลองและนำไปประเมินปริมาณน้ำท่า ผลการเปรียบเทียบและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองดัง Figure 3

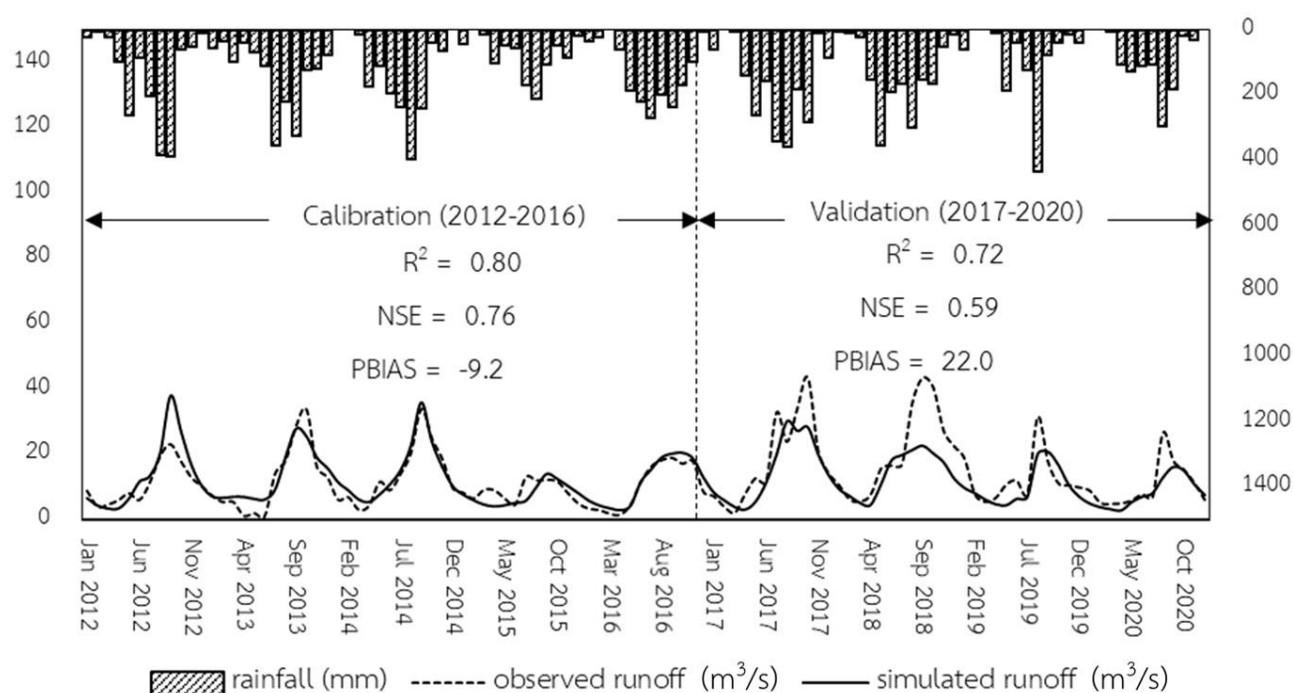


Figure 3 Results of calibration and validation using SWAT.

ผลการประเมินปริมาณน้ำท่าและอัตราการไหลของน้ำ

ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยเท่ากับ 1,408.8 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 1,024.4 มิลลิเมตร โดยปริมาณน้ำท่าจะมีมากขึ้นเรื่อย ๆ เริ่มจากเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม ปริมาณฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจากเดือนเมษายน และเพิ่มมากขึ้นจากเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายนซึ่งเป็นช่วงต้นของหน้าน้ำหลาก (พฤษภาคม-ตุลาคม) โดยเพิ่มขึ้นสูงสุดในเดือนสิงหาคม และหลังจากเดือนกันยายนจะลดลงอย่างรวดเร็ว แสดงถึงปริมาณฝนมีความผันแปรมากดัง Table 3

ลุ่มน้ำมีน้ำไหลตลอดปีแต่ในช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเมษายนปริมาณน้ำท่าจะมีน้อย ซึ่งน้ำท่าถูกดินดูดซับไว้ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินในช่วงฤดูฝน และเกิดการซึมซับน้ำสู่ดินชั้นล่างใต้ดิน จากนั้นจึงค่อย ๆ ซึมผ่านผิวดินไหลลงสู่ลำน้ำสายหลัก เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำหลากและ

ช่วงแล้งฝนพบว่ามีแตกต่างกันมาก ช่วงต้นหน้าน้ำหลากแม้ปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นมากในแต่ละเดือนแต่ปริมาณการไหลยังไม่สูงขึ้นตามปริมาณฝนมากนัก เมื่อพิจารณาจากช่วงหลังเดือนสิงหาคม พบว่าปริมาณการไหลของน้ำก็ยังเพิ่มมากขึ้นต่อไปจนสูงสุดในเดือนกันยายน ปริมาณการไหลหลังเดือนกันยายนยังมีปริมาณสูงแล้วลดลงอย่างช้า ๆ แม้ว่าปริมาณฝนจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากน้ำในดินในช่วงน้ำหลากจะค่อย ๆ ถูกปล่อยออกมาจากชั้นดินสู่ลำน้ำ การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ การเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนในบางลุ่มน้ำย่อมมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำท่าทำให้ปริมาณน้ำท่าเปลี่ยนแปลงทั้งลักษณะเพิ่มขึ้นและลดลง โดยเมื่อทำการวิเคราะห์โดยเฉลี่ยรวมทั้งปีแล้วพบว่าการเปลี่ยนแปลงในลักษณะลดลงทั้งปริมาณน้ำท่าและปริมาณการไหลของน้ำในลำธาร

Table 3 Simulated water yield and runoff in 2013 and 2018.

Month	Rainfall (mm)	Simulated water yield				Simulated runoff (m ³ /s)	
		Based on land use in 2013		Based on land use in 2018		Based on land use in 2013	Based on land use in 2018
		mm	10 ⁶ m ³	mm	10 ⁶ m ³		
January	30.5	33.1	12.7	32.4	12.4	2.3	2.2
February	12.1	27.7	10.6	27.2	10.4	1.9	1.9
March	29.1	32.5	12.5	31.9	12.2	1.7	1.6
April	93.9	46.4	17.8	45.9	17.6	1.7	1.6
May	134.7	81.5	31.2	80.9	31.0	2.4	2.4
June	132.9	90.9	34.9	90.4	34.7	3.6	3.6
July	245.8	148.8	57.1	148.5	57.0	4.4	4.4
August	281.4	200.1	76.7	199.8	76.6	6.9	6.9
September	258.1	188.0	72.1	187.6	72.0	9.4	9.3
October	87.4	72.4	27.8	71.6	27.4	6.9	6.9
November	82.5	66.3	25.4	65.5	25.1	4.9	4.9
December	20.4	36.8	14.1	36.1	13.9	3.4	3.4
Wet period	1,140.4	781.7	299.8	778.9	298.7	5.60	5.58
Dry period	268.4	242.8	93.1	238.8	91.6	2.65	2.60
Total	1,408.8	1,024.4	392.9	1,017.7	390.4	4.13	4.09

ผลการประเมินการกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำท่าและอัตราการไหลของน้ำ

จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2556 เมื่อแยกเป็นรายลุ่มน้ำย่อยพบว่า ลุ่มน้ำย่อยที่มีปริมาณน้ำท่ารวมสูงสุด

คือลุ่มน้ำย่อยที่ 1 เท่ากับ 56.5 ล้านลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือลุ่มน้ำย่อยที่ 3 เท่ากับ 46.7 ล้านลูกบาศก์เมตร และลุ่มน้ำย่อยที่มีปริมาณน้ำท่ารวมต่ำสุดคือลุ่มน้ำย่อยที่ 18 เท่ากับ 0.1 ล้านลูกบาศก์เมตร แสดงดัง Figure 4

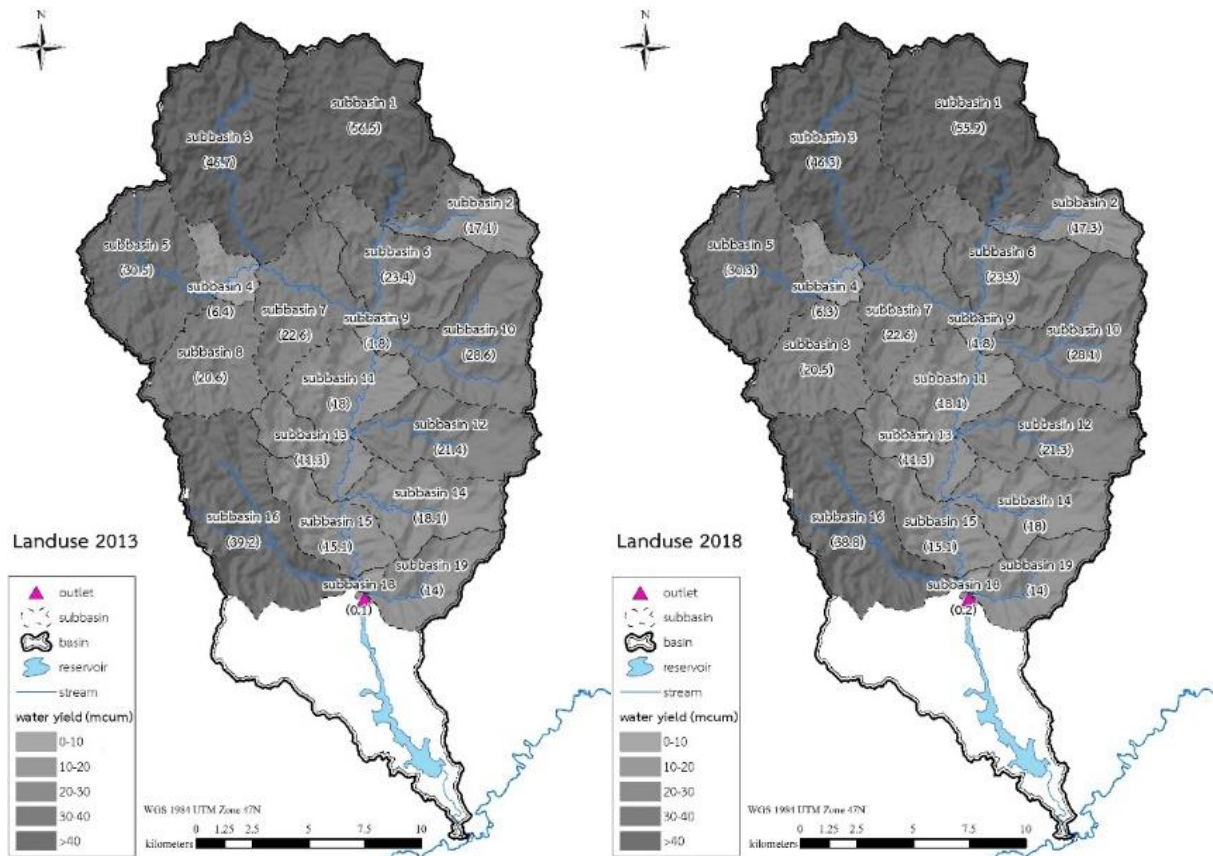


Figure 4 Spatial runoff distribution maps for Nam Mae Suai sub-watershed in 2013 and 2018.

จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2561 เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำท่ารายลุ่มน้ำย่อยพบว่า ลุ่มน้ำย่อยที่มีปริมาณน้ำท่าสูงสุดคือลุ่มน้ำย่อยที่ 1 เท่ากับ 55.9 ล้านลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือลุ่มน้ำย่อยที่ 3 เท่ากับ 46.3 ล้านลูกบาศก์เมตร และลุ่มน้ำย่อยที่มีปริมาณน้ำท่าต่ำสุดคือลุ่มน้ำย่อยที่ 18 เท่ากับ 0.15 ล้านลูกบาศก์เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2556 กับ พ.ศ. 2561 พบว่า ปริมาณน้ำท่ามีการเปลี่ยนแปลงไปในทางลดลงเล็กน้อยทั้งช่วงน้ำหลาก ช่วงแล้ง และรวมทั้งปี ลุ่มน้ำย่อยที่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณ

น้ำท่าในทางเพิ่มขึ้นได้แก่ ลุ่มน้ำย่อยที่ 2 โดยมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณในช่วงน้ำหลากเพิ่มขึ้น 0.2 ล้านลูกบาศก์เมตร ช่วงแล้งลดลง 0.1 ล้านลูกบาศก์เมตร รวมทั้งปีเพิ่มขึ้น 0.2 ล้านลูกบาศก์เมตร (เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.2) อัตราการไหลของน้ำในลำธารลดลงเล็กน้อยในช่วงแล้ง และรวมทั้งปี ลุ่มน้ำย่อยที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำลดลงได้แก่ ลุ่มน้ำย่อยที่ 6, 8, 11, 13, 17 และ 18 โดยลดลงเท่ากับ 0.1 ลูกบาศก์เมตร ต่อวินาที ในทุกลุ่มน้ำ ส่วนลุ่มน้ำอื่น ๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำ ดัง Figure 5

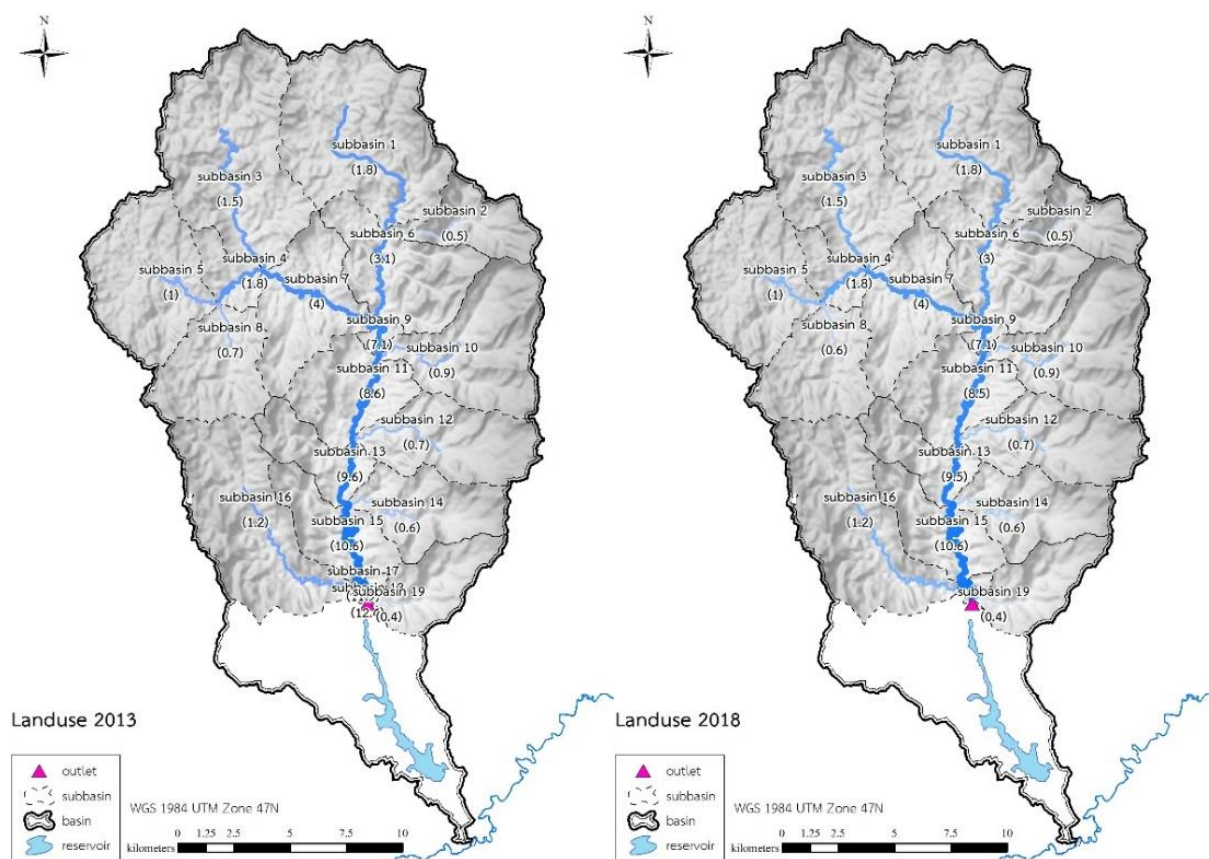


Figure 5 Changes in sub-basin water flow volume due to land use change from 2013 to 2018.

เมื่อวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำ โดยพิจารณาพื้นที่ส่วนใหญ่และกิจกรรมหลักซึ่งได้แก่ พืชไร่ (field crop) ป่าผลัดใบ (deciduous forest) ไม้

ผล (orchard) ไม้ยืนต้น (perennial crop) และพื้นที่นา (paddy field) ร่วมกับน้ำไหลบ่าหน้าดิน (SURQ) และน้ำจากการคายระเหย (evapotranspiration, ET) แสดงดัง Table 4

Table 4 Effect of land use change on surface runoff and evapotranspiration.

Land use types	Area (km ²)		Surface runoff (mm)		Evapotranspiration (mm)	
	LU 2013	LU 2018	LU 2013	LU 2018	LU 2013	LU 2018
Field crop	125.6	132.8	530.6	531.8	461.1	461.2
Deciduous forest	223.6	208.9	291.1	290.9	328.8	328.7
Orchard	20.1	6.9	295.9	330.4	479.5	482.1
Perennial crop	14.2	34.8	298.5	273.2	516.7	514.9
Paddy field	0.1	0.09	419.5	419.6	499.3	498.7

จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2556 พบว่าพื้นที่เกษตรกรรม ได้แก่ พื้นที่พืชไร่และพื้นที่นา มีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินรวมกันเท่ากับ 950.1 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 51.8 จากปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินทั้งหมด และในปี พ.ศ. 2561 พบว่าน้ำไหลบ่าหน้าดินเพิ่มขึ้นเป็น 951.4 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 51.5 จากปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน

ทั้งหมด แสดงถึงการซึมลงดินของน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมลดลง ทำให้น้ำถูกเก็บไว้ในดินได้น้อยลง การคายระเหยในพื้นที่พืชไร่มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 461.1 มิลลิเมตร เป็น 461.2 มิลลิเมตร และการคายระเหยในพื้นที่ไม้ผลเพิ่มขึ้นจาก 479.5 มิลลิเมตร เป็น 482.1 มิลลิเมตร ทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ได้แก่

พืชไร่ หรือไม้ผล หรือการใช้ที่ดินแบบต่าง ๆ มีผลต่อการสูญเสียน้ำไปโดยการคายระเหยเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำท่าลดลงเล็กน้อย การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ทำให้ปริมาณน้ำที่ไหลในลำธารลดลง

ผลการวิเคราะห์สมดุลน้ำ

สัดส่วนองค์ประกอบทางอุทกวิทยาได้แก่ ปริมาณน้ำในลำธารต่อปริมาณฝนเท่ากับร้อยละ 60 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่สูง พื้นที่ลุ่มน้ำมีศักยภาพการให้น้ำท่ามาก และปริมาณ

การคายระเหยต่อปริมาณฝนมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 27 เป็นร้อยละ 28 แสดงถึงมีการสูญเสียน้ำจากการคายระเหยเพิ่มขึ้นดัง Table 5

เมื่อวิเคราะห์สมดุลน้ำโดยน้ำในดิน (soil water) รวมกับน้ำคายระเหย (evapotranspiration) และผลผลิตน้ำ (water yield) เท่ากับปริมาณฝน (precipitation) (Moriarty *et al.*, 2007) ได้ผลการวิเคราะห์ดัง Table 6

Table 5 SWAT model simulation of water balance ratios.

Water balance	LU 2013		LU 2018	
	ratio	%	ratio	%
Streamflow/Precipitation	0.6	60	0.6	60
Baseflow/Total flow	0.56	56	0.56	56
Surface runoff/Total flow	0.44	44	0.44	44
Percolation/Precipitation	0.18	18	0.18	18
Deep recharge/ Precipitation	0.13	13	0.12	12
Evapotranspiration/Precipitation	0.27	27	0.28	28

Table 6 Water balance summary from SWAT model.

Month	Precipitation (mm)	Soil water (mm)		Evapotranspiration (mm)		Water yield (mm)	
		LU 2013	LU 2018	LU 2013	LU 2018	LU 2013	LU 2018
January	30.5	55.6	55.2	18.9	19.0	33.1	32.4
February	11.8	39.8	39.5	22.5	22.92	27.7	27.2
March	29.1	27.9	27.6	28.7	28.5	32.5	31.9
April	93.9	48.3	48.2	40.4	40.6	46.4	45.9
May	134.7	57.2	57.1	52.1	52.7	81.5	80.9
June	132.9	61.8	61.6	39.3	39.6	90.9	90.4
July	245.8	78.6	78.6	36.0	36.7	148.8	148.5
August	281.4	76.7	76.7	38.3	39.3	200.1	199.8
September	258.1	75.5	75.4	37.7	39.0	188.0	187.6
October	87.4	66.7	66.4	33.8	35.1	72.4	71.6
November	82.4	67.6	67.1	24.0	25.1	66.3	65.5
December	20.4	56.9	56.2	15.4	16.1	36.8	36.1
Wet period	1,140.4	416.6	415.8	237.1	242.4	781.7	778.9
Dry period	268.2	296.0	293.8	149.9	152.3	242.8	238.9
Total	1,408.5	712.6	709.6	387.0	394.7	1,024.4	1,017.7

ปริมาณการคายระเหยรวมมีการเปลี่ยนแปลงจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยมีปริมาณเพิ่มเล็กน้อยแต่ในช่วงน้ำหลากมีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน โดยปริมาณการคายระเหยที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมทำให้น้ำถูกเก็บในดินได้น้อยลงและเกิดการระเหย

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำหลากและช่วงแล้งฝนพบว่า ปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำหลากมีปริมาณสูงกว่าช่วงแล้งฝนอย่างมาก ทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวยมีความเสี่ยงน้ำท่วมช่วงน้ำหลาก และเกิดภาวะแห้งแล้งช่วงแล้งฝน ในช่วงต้นหน้าน้ำหลากแม้ปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นมากในแต่ละเดือน แต่ปริมาณการไหลของน้ำยังไม่สูงขึ้นมากนักเนื่องจากลุ่มน้ำเก็บกักน้ำในดินไว้ได้มากทำให้ดินปล่อยน้ำออกสู่ลำธารได้ช้า

หลังเดือนสิงหาคมซึ่งเป็นเดือนที่มีปริมาณฝนสูงสุดพบว่าปริมาณการไหลของน้ำก็ยิ่งเพิ่มมากขึ้นต่อไปจนถึงปริมาณสูงสุดในเดือนกันยายน เป็นผลมาจากน้ำที่ถูกเก็บกักในชั้นดินในปริมาณมากแล้วถูกปล่อยไหลออกสู่ลำน้ำ รวมถึงน้ำไหลบ่าหน้าดินที่ไหลลงสู่ลำน้ำในช่วงน้ำหลาก ความสามารถในการเก็บน้ำของชั้นดินส่งผลให้ปริมาณการไหลของน้ำหลังเดือนกันยายนยังคงมีปริมาณที่สูงแล้วลดลงอย่างช้า ๆ แม้ว่าปริมาณฝนจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากน้ำที่ถูกเก็บไว้ในดินในช่วงน้ำหลากจะค่อย ๆ ถูกปล่อยออกมาจากชั้นดินแล้วไหลลงสู่ลำน้ำ

การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 2.9 เปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและที่อยู่อาศัยทำให้เกิดการสูญเสียน้ำจากการคายระเหยเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 2.0) น้ำในดินและน้ำที่ไหลในลำธารมีปริมาณลดลง และผลผลิตน้ำของกลุ่มน้ำมีปริมาณลดลง แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากปี พ.ศ. 2556-2561 รวมระยะเวลา 5 ปี ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมดุลน้ำเล็กน้อย เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Sujira (2019) ที่ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อบุคตน้ำในลุ่มน้ำน่านตอนบนพบว่า การเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 3 ทำให้ปริมาณการใช้น้ำของพืชและปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะลดลงทั้งปริมาณน้ำท่าและปริมาณการไหลของน้ำในลำธาร การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินส่งผลกระทบต่อความผันแปรของระบบอุทกวิทยา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nandini *et al.* (2019) ที่วิจัยพบว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินส่งผลกระทบต่อหน้าที่

ทางอุทกวิทยา และงานวิจัยของ Hong *et al.* (2020) ที่ศึกษาพบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินมีผลกระทบต่อความผันแปรของระบบอุทกวิทยา

สรุป

แบบจำลอง SWAT มีประสิทธิภาพในการประเมินปริมาณน้ำท่า และการวิเคราะห์สมดุลน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวย โดยผลการปรับเทียบแบบจำลองให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.80 ค่า NSE เท่ากับ 0.76 และค่า PBIAS เท่ากับ -9.2 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก

ปริมาณน้ำท่าในลำน้ำจะมีน้ำไหลตลอดทั้งปี แต่ในช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนเมษายน ปริมาณน้ำท่าจะน้อย เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำหลากและช่วงแล้งฝนพบว่า ปริมาณน้ำท่ามีความแตกต่างกันมากทั้งปริมาณน้ำท่าและปริมาณการไหล ทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำมีความเสี่ยงน้ำท่วมช่วงน้ำหลาก และเกิดภาวะแห้งแล้งช่วงแล้งฝน

ลุ่มน้ำย่อยที่พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าผลัดใบและไม่ยืนต้นจะมีปริมาณน้ำท่ามาก เนื่องจากชั้นดินสามารถเก็บน้ำไว้ได้ดี พื้นที่ของพืชสวนและพืชไร่จะให้น้ำทาน้อยเนื่องจากการสูญเสียน้ำจากการคายระเหย ปริมาณการไหลมีการเปลี่ยนแปลงโดยลดลงเล็กน้อยในช่วงแล้งฝนและรวมทั้งปี การลดลงของพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนทำให้ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินเพิ่มขึ้นและยังมีผลต่อการสูญเสียน้ำจากลุ่มน้ำโดยการคายระเหยและปริมาณน้ำท่าลดลงเล็กน้อย

ในส่วนสมดุลน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวยพบว่าจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2556 และ 2561 ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างทางอุทกวิทยาและสมดุลน้ำของกลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวยเล็กน้อย โดยการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรมทำให้เพิ่มการสูญเสียน้ำจากการคายระเหย น้ำในดินและน้ำที่ไหลในลำธารมีปริมาณลดลง และผลผลิตน้ำของกลุ่มน้ำมีปริมาณลดลง

คำนิยาม

ผู้วิจัยขอขอบคุณกรมอุตุนิยมวิทยา กรมพัฒนาที่ดิน และกรมชลประทานที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย

REFERENCES

- Chilagane, N., Kashaigili, J., Mutayoba, E., Lyimo, P., Munishi, P., Tam, C., Burgess, N. 2021. Impact of

- land use and land cover changes on surface runoff and sediment yield in the Little Ruaha River Catchment. **Open Journal of Modern Hydrology**, 11, 54-74. doi: 10.4236/ojmh.2021.113004.
- Gupta, H.V., Sorooshian, S., Yapo, P.O. 1999. Status of automatic calibration for hydrologic models: Comparison with multilevel expert calibration. **Journal of Hydrologic Engineering**, 4(2): 135-143. doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(1999)4:2(135)
- Fernandez, G., Chescheir, G., Skaggs, R., Amatya, D. 2005. Development and testing of watershed-scale models for poorly drained soils. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, 48:639-652. doi.org/10.13031/2013.18323
- Hong, Z., Wang, B., De, L.L., Mingxi, Z., Lance, L.M., Qiang, Y. 2020. Using an improved SWAT model to simulate hydrological responses to land use change: A case study of a catchment in tropical Australia. **Journal of Hydrology**, 585: 124822. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124822
- Hydro Informatics Institute. 2018. **Basic Information of 25 River Basins in Thailand: Kok River Basin**. <https://www.senate.go.th>, 10 April 2022. (in Thai)
- Land Development Department. 2013. **The Data of Classification Land Use Type 2013**. <http://dinonline.ddd.go.th>, 7 November 2021. (in Thai)
- Moriarty, P., Batchelor, C., Abd-Alhadi, F., Laban, P., Fahmy, H. 2007. **The EMPOWERS Approach to Water Governance: Guidelines, Methods and Tools**. https://www.ircwash.org/sites/default/files/empowers_guidelines_methods_and_tool_s.pdf, 4 March 2022.
- Moriasi, D., Arnold, J., Van, L.M., Bingner R., Harmel R.D., Veith, T. 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. **Transactions of the ASABE**, 50(3): 885-900. doi.org/10.13031/2013.23153
- Nandini, R., Kusumandari, A., Gunawan, T., Sadono, R. 2019. Assessment of land use impact on hydrological response using soil and water analysis tool (SWAT) in Babak Watershed, Lombok Island, Indonesia. **Agriculture and Natural Resources**, 53(6): 635-642.
- Nash, J.E., Sutcliffe, J.V. 1970. River flow forecasting through conceptual models, part 1: A discussion of principles. **Hydrology**, 10(3): 282-290.
- Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Srinivasan, R., Williams, J.R. 2005. **Soil and Water Assessment Tool Input/Output File Documentation (Version 2005)**. <http://swatmodel.tamu.edu/media/1291/SWAT2005io.pdf>, 4 March 2022.
- Sahu, M., Lahari, S., Gosain, A., Ohri, A. 2016. Hydrological modeling of Mahi Basin using SWAT. **Journal of Water Resource and Hydraulic Engineering**, 5: 68-79. doi.org/10.5963/JWRHE0503001.
- Sujira, S. 2019. **Climate Change and Land Use Change on Water Accounting in Upper Nan Sub-Watershed**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- THAICID. 2020. **Manual on Planning of Structural Approaches to Flood Management**. Mittrapap Karnpim and Studio, Bangkok, Thailand. (in Thai)