



การประยุกต์ใช้แบบจำลองความสัมพัทธ์ดินและน้ำในการประเมินปริมาณน้ำท่า กับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำบางนรา

Application of Soil and Water Assessment Tool Model to Estimate Stream Flow Due to a Change in Land Use in Bangnara Basin

วันัชร แมงสาโมง^{1*}, อิมรอน หะยิโยโซ¹

Wannachaporn Mangsamong^{1*}, Imron Hayiyusoh¹

(Received: October 4, 2019; Revised: December 18, 2019; Accepted: January 29, 2020)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการประเมินปริมาณน้ำท่า จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำบางนรา และสอบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองจากข้อมูลการตรวจวัดจริงที่สถานี X.73 โดยการปรับค่าสัมประสิทธิ์พารามิเตอร์ที่อ่อนไหวต่อปริมาณน้ำท่า 8 ตัวในแบบจำลอง ซึ่งความถูกต้องและความเหมาะสม พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (R^2) อยู่ในช่วง 0.750 ถึง 0.848 และค่า Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) อยู่ในช่วง 0.438 ถึง 0.598 ซึ่งเป็นสถิติที่ยอมรับได้ ผลการศึกษาพบว่าลุ่มน้ำบางนรา มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 603.57 ตารางกิโลเมตร 263 หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา และผลการประเมินปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง SWAT ในช่วงวันที่ 1 มกราคม 2560 ถึง 31 ธันวาคม 2560 พบว่าปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2552 และปี 2559 รายปีรวม 1,170.17 ล้านลูกบาศก์เมตรและ 1,194.65 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ โดยปริมาณน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปี 2559 ที่มีพื้นที่ป่าลดน้อยลงร้อยละ 5 ของพื้นที่ และมีพื้นที่ชุมชนเมืองและพื้นที่การเกษตรเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.17 ของพื้นที่ ส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำลดลง 24.48 ล้านลูกบาศก์เมตร และพบว่าปริมาณอัตราไหลการสูงสุดในช่วงฤดูฝนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ปริมาณน้ำท่า แบบจำลอง SWAT การใช้ประโยชน์ที่ดิน ลุ่มน้ำบางนรา

¹สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

¹Department of Civil Engineering, Princess of Naradhiwas University

*Corresponding Author: wannachaporn.n@gmail.com



Abstract

The objective of this work was to study the land use changes on runoff. SWAT (Soil and Water Assessment Tool) model and GIS (Geographic Information System) were applied to estimate amount of the runoff from the land use changes in Bangnara Basin. The reliability of the model was calibrated with the observed data from X.73 station by adjusting the coefficient of 8 parameters that were sensitive to runoff in SWAT Model. The goodness of the calibration results were assessed based on the determination coefficient (R^2), found in the ranges of 0.750 to 0.848 and Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) found in the ranges of 0.438 to 0.598, which were statistically acceptable. The results showed that the Bangnara Basin is 603.57 km², 263 hydrological response units. The assessment of runoff was done during January 1, 2017 to December 31, 2017 from land use data in 2009 and 2016 indicated the total annual runoff volume 1,170.17 MCM and 1,194.65 MCM, respectively. According to the runoff from the land use in 2016, the forest area has decreased by 15% and urban areas and agricultural areas has increased by 7.17%. This led to the decrease of watershed area 16.43 MCM. Moreover, the results indicated that the peak flow significantly increased during the rainy season.

Key Words: Run-off, SWAT Model, Land use, Bangnara basin

บทนำ

การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องรู้ถึงปริมาณน้ำ ในลุ่มน้ำอย่างแท้จริง ปริมาณน้ำท่า เป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญทางอุทกวิทยา สำหรับใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในด้านต่าง ๆ เช่นเกษตรกรรมหรืออุตสาหกรรม และแนวทางในการประเมินปริมาณน้ำท่า ในปัจจุบันมีอยู่หลายวิธีการ โดยแบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาหนึ่ง ที่เป็นเครื่องมือสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่า เป็นแบบจำลองชนิดกึ่งกระจายพื้นที่ สามารถประเมินสภาพลุ่มน้ำที่มีความซับซ้อนทางอุทกวิทยาได้ดี (Neitsch, Arnold, Kiniry, & Williams, 2011) โดยมีกระบวนการคำนวณที่มีประสิทธิภาพ ได้รับการยอมรับและประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในระดับสากล

ปัจจุบันจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดิน เช่น การเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่ทำกินทางเกษตรกรรม การใช้พื้นที่สำหรับก่อสร้างบ้านพักอาศัย อาคารสำนักงาน ถนน ฯลฯ ต่าง ๆ มากมาย โดยเป็นผลมาจากการขยายตัวของชุมชนอย่าง



รวดเร็ว ซึ่งทำให้พื้นที่ป่าไม้และสิ่งทีคลุมดินมีจำนวนลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะพื้นที่ในจังหวัดนราธิวาสมีการขยายตัวของพื้นที่ชุมชนเมืองมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากมีการก่อตั้งมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ตำบลโคกเคียน อำเภอเมืองจังหวัดนราธิวาส ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำบางนรา โดยการขยายตัวทางเศรษฐกิจของชุมชนและมหาวิทยาลัยเสมือนกับการเพิ่มพื้นที่ที่บ้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อระบบอุทกวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำ และอาจก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนตามมา

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และแบบจำลองความสัมพันธ์ดินและน้ำ (Soil and Water Assessment Tool, SWAT) ในการประเมินและเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่า ลุ่มน้ำบางนราตอนบน จากลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2552 ในอดีต กับลักษณะใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2559 ซึ่งใกล้เคียงกับสภาพปัจจุบันมากที่สุด ทั้งนี้เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำบางนรา ที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่ารวมรายปี โดยผลการศึกษาสามารถประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำบางนรา ภายใต้การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต สามารถเป็นแนวทางในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ และวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำบางนรา ให้เกิดความเหมาะสมอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่ารวมรายปี จากกรณีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำบางนราตอนบน โดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ในการวิเคราะห์ข้อมูล

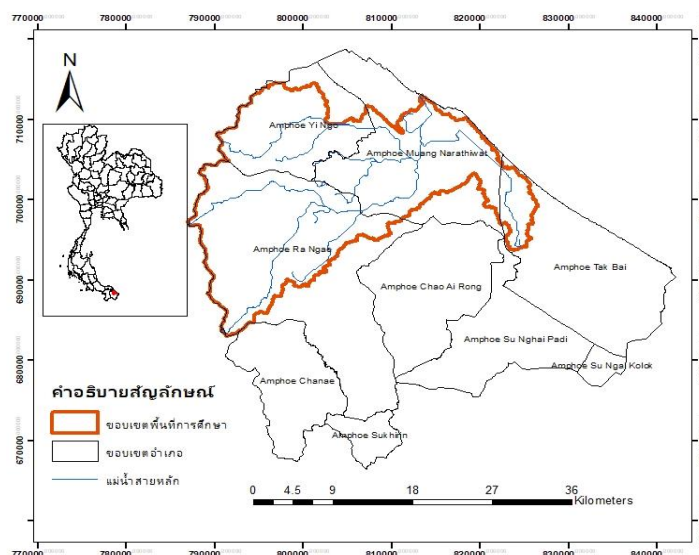
วิธีการวิจัย

1. สภาพทั่วไปของพื้นที่การศึกษา

พื้นที่ลุ่มน้ำบางนรา มีพื้นที่ประมาณ 1,655.37 ตารางกิโลเมตร อยู่ในเขตจังหวัดนราธิวาส ลุ่มน้ำแม่น้ำบางนรา มีลักษณะแบบพัด มีลำน้ำหลายสายและความยาวไม่มาก มีแม่น้ำบางนราเป็นลำน้ำสายหลัก ทอดตัวขนานกับชายฝั่งทะเล มีความยาวประมาณ 60 กิโลเมตร โดยสามารถระบายน้ำออกสู่ทะเลได้ 3 ทาง คือ ที่ปากน้ำบางนรา อ.เมือง จ.นราธิวาส ปากน้ำที่ อ.ตากใบ จ.นราธิวาส และระบายผ่านคลองน้ำแบ่งคลอง ซึ่งการศึกษานี้จะศึกษาเฉพาะขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำบางนราตอนบน ที่ระบายออกที่จุดออกของปากแม่น้ำบางนรา โดยมีพื้นที่การศึกษา 603.57 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 36.46% ของพื้นที่



ลุ่มน้ำบางนราทั้งหมด และสาขาในลุ่มน้ำบางนราตอนบน ส่วนใหญ่เป็นคลองขนาดเล็กสายสั้น คลองสาขาที่สำคัญ ได้แก่คลองสุไหงปาดี และคลองตันหยงมัส แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ที่ตั้งและสภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำบางนราตอนต้น

2. แบบจำลอง SWAT

แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) ได้ถูกพัฒนาขึ้นด้วยความร่วมมือกันระหว่าง USDA Agricultural Research Service และ Blackland Research & Extension Center ประเทศสหรัฐอเมริกา (Neitsch, Arnold, Kiniry, & Williams, 2011) โดยเป็นแบบจำลองอุทกวิทยาระดับลุ่มน้ำที่ใช้ในการทำนายผลกระทบของการบริหารจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า เป็นแบบจำลองที่สามารถยอมรับได้ ในการประเมินปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Samie, Ghazav, Vali, & Pakparvar, 2019) ซึ่งเหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาประเมินปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำบางนรา โดย (Bouraoui, Benabdallah, Jrad, & Bidoglio, 2005; Xiaobo, Huang, & Ruan, 2008) ได้ใช้แบบจำลอง SWAT ร่วมกับระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System; GIS) ในการประเมินผลกระทบการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการ ต่อ ปริมาณน้ำท่าและตะกอนของลุ่มน้ำเชิงพื้นที่ รวมทั้งได้จำลองสถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการที่ดิน เพื่อทำนายผลการประเมินน้ำท่าและตะกอน ทั้งนี้ผู้ใช้สามารถแบ่งลุ่มน้ำที่ต้องการศึกษาออกเป็นลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ เพื่อให้แต่ละลุ่มน้ำย่อยมีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน หรือประเภทดิน ที่คล้ายคลึงหรือแตกต่างกันได้ ซึ่งจะมีผลต่อลักษณะทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำ (Arnold & Fohrer, 2005; Neitsch, Arnold, Kiniry, & Williams, 2011)



โดยแบบจำลอง SWAT ใช้ข้อมูลที่สำคัญประกอบด้วยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use data) ข้อมูลดิน (soil data) และข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (climate data) โดยแบบจำลองจะทำการคำนวณปริมาณการไหลจากหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrologic Response Units: HRUs) ของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยตามลำดับ ซึ่งในการวิเคราะห์ส่วนพื้นดินใช้สมการสมมูลน้ำ มาพิจารณากระบวนการทางอุทกวิทยา ดังสมการที่ (1) (Neitsch, Arnold, Kiniry, & Williams, 2011)

$$SW_t = SW_o + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seep} - Q_{gw}) \quad (1)$$

โดยที่ SW_t = ปริมาณน้ำในดินสุดท้าย (มม.)
 SW_o = ปริมาณน้ำในดินเริ่มต้นในวันที่ i (มม.)
 t = เวลา (วัน)
 R_{day} = ปริมาณฝนในวันที่ i (มม.)
 Q_{surf} = ปริมาณน้ำผิวดินในวันที่ i (มม.)

การคำนวณปริมาณของน้ำท่า ของแบบจำลอง SWAT สามารถคำนวณได้ 2 วิธี แต่วิธีที่นิยมกันใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย (Pongpetch, & Pongpetch, 2013; Suwanlertcharen, 2011) ในการทำนายน้ำท่าผิวดินคือ SCS curve number ดังสมการ (2) และ (3)

$$Q = \frac{(R - 0.2s)^2}{R + 0.8s}, \quad R > 0.2s \quad (2)$$

$$Q = 0.0, \quad R \leq 0.2s \quad (3)$$

โดยที่ Q = ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน (ลบ.ม./วินาที)
 R = คือปริมาณน้ำฝนรายวัน (มม.)
 S = ปริมาณศักยภาพในการดูดซับน้ำของพื้นที่ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่า CN (Curve number) ดังสมการ (4)

$$S = 254 \cdot \left[\frac{100}{CN} - 1 \right] \quad (4)$$

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่า CN (curve number) คือ คุณสมบัติทางอุทกวิทยาของดิน (hydrologic soil group) สิ่งปกคลุม (land cover) สภาพอุทกวิทยา (hydrologic condition) การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use classification) และเงื่อนไขความชื้นในดินเริ่มต้น (antecedent moisture content: AMC)



3. การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ คือ ข้อมูลรายละเอียดทางกายภาพ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ และข้อมูลปริมาณน้ำท่า โดยข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง SWAT แสดงดังตารางที่ 1 และภาพที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลที่ใช้สำหรับแบบจำลอง SWAT

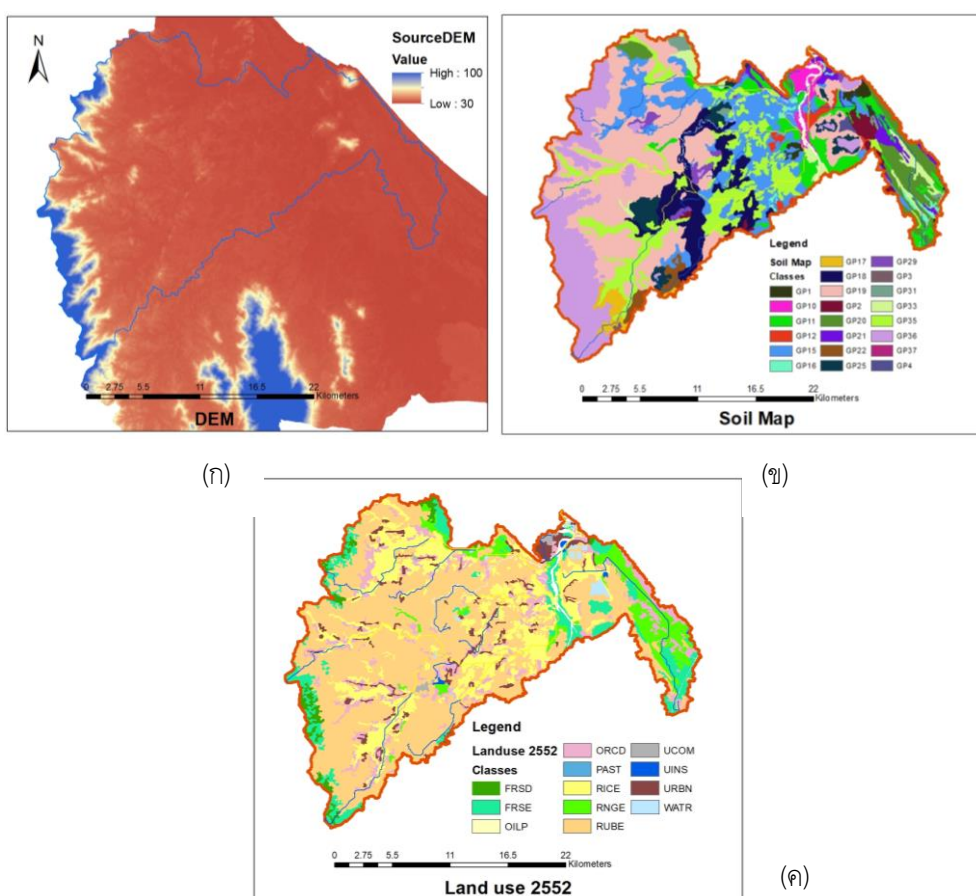
ลำดับ	ข้อมูล	ลักษณะข้อมูล	ที่มา
1	ข้อมูลระดับความสูงเชิงตัวเลข (DEM)	GIS file	กรมแผนที่ทหาร
2	ข้อมูลกลุ่มชุดดิน (ปี 2554)	GIS file	กรมพัฒนาที่ดิน
3	ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ปี 2552 และปี 2559)	GIS file	กรมพัฒนาที่ดิน
4	ข้อมูลตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำฝน	GIS file	กรมอุตุนิยมวิทยา
5	ข้อมูลตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำท่า	GIS file	กรมอุตุนิยมวิทยา
6	ข้อมูลตำแหน่งสถานีตรวจวัดอากาศ	GIS file	กรมอุตุนิยมวิทยา
7	ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน (ปี 2553 - ปี 2555)	ตาราง	กรมชลประทาน
8	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน (ปี 2549 - ปี 2560)	ตาราง	กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน
9	ข้อมูลอุณหภูมิรายวัน (ปี 2549 - ปี 2560)	ตาราง	กรมอุตุนิยมวิทยา

ภาพที่ 2 ประกอบด้วยข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ ได้แก่ DEM (digital elevation model) คือแบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลขชนิดแรสเตอร์ (raster) ขนาดของพื้นที่ที่กำหนดด้วย pixel ซึ่งมีขนาด 30 x 30 เมตร ข้อมูลลักษณะกลุ่มชุดดิน ได้รวบรวมข้อมูลจากแผนที่กลุ่มชุดดินของกรมพัฒนาที่ดิน มาตราส่วน 1:50,000 โดยพบว่าข้อมูลชุดดินพื้นที่ลุ่มน้ำบางนราตอนบนมี 22 กลุ่มชุดดิน และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use data) ได้รวบรวมข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน มาตราส่วน 1:50,000 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้มาจากการแปลภาพถ่ายทางอากาศ และภาพถ่ายดาวเทียม โดยทั้งหมดเป็นข้อมูลที่ต้องใช้ร่วมกับข้อมูลดินเพื่อให้แบบจำลองกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) ซึ่งกำหนดลักษณะการใช้ที่ดินตามรหัสของแบบจำลอง SWAT ในการจำลองปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำบางนรา

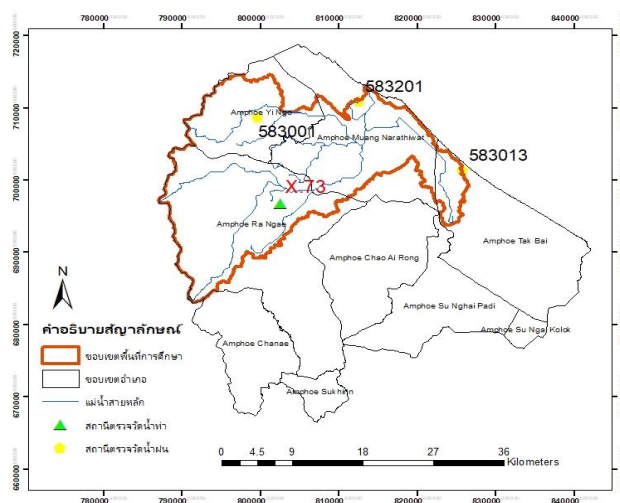
ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของพื้นที่การศึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลสถิติภูมิอากาศ จากกรมอุตุนิยมวิทยา และกรมชลประทาน โดยอาศัยข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติที่กระจายอยู่ในพื้นที่การศึกษา เป็นข้อมูลที่เก็บบันทึกเป็นตัวเลขชนิดรายวัน (daily) เริ่มต้นวันที่ 1 เดือนมกราคม ปี



พ.ศ. 2545 ถึง วันที่ 31 เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2560 รวมระยะเวลา 12 ปี ซึ่งเป็นช่วงข้อมูลสถิติ 10 ปี ย้อนหลังในอดีตที่เกิดขึ้น ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำฝน (precipitation) ได้จากสถานีวัดน้ำฝนของ กรมอุตุนิยมวิทยา 3 สถานี ได้แก่ สถานีเมืองนราธิวาส (รหัสสถานี 583201) สถานีอำเภอเมือง (รหัส สถานี 583201) และสถานีอำเภอตากใบ (รหัสสถานี 583013) สำหรับข้อมูลอุณหภูมิ (temperature) สูงสุดและต่ำสุด ได้จากสถานีตรวจอากาศของ กรมอุตุนิยมวิทยา 1 สถานี คือ สถานีเมืองนราธิวาส (583201) แสดงตำแหน่งที่ตั้งสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ (Thai Meteorological Department, 2018) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 Digital elevation model (ก) ลักษณะกลุ่มชุดดิน (ข) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2552 (ค) ของพื้นที่ลุ่มน้ำบางนรา



ภาพที่ 3 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนและสถานีวัดน้ำท่าที่กระจายอยู่บริเวณลุ่มน้ำบางนราตอนบน

4. การวิเคราะห์และประเมินผลข้อมูล

การศึกษาในครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลอง SWAT 2 แบบจำลองโดยแตกต่างกันที่ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 และปี พ.ศ. 2559 ที่นำเข้าสู่แบบจำลอง โดยจากข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษา จะเริ่มจากการนำเข้าข้อมูลรายละเอียดทางกายภาพของกลุ่มน้ำในแบบจำลอง SWAT คือการกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำ (Watershed Delineator) ตามข้อมูล DEM แล้วทำการนำเข้าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน กลุ่มชุดดิน และกำหนดเกณฑ์ความลาดชันของพื้นที่ จากนั้นทำการกำหนดหน่วยจัดการทางอุทกวิทยา (Hydrologic Response Unit) และนำเข้าข้อมูลตาราง (Write Input Table) ซึ่งประกอบด้วย ตำแหน่งของสถานีอุทกวิทยา ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลอุณหภูมิ และข้อมูลสภาพภูมิอากาศอื่น ๆ ตามลำดับ และขั้นตอนสุดท้ายคือการประมวลผลแบบจำลอง SWAT (SWAT Simulation) ซึ่งการศึกษานี้จะพิจารณาเฉพาะในส่วนของการประมาณน้ำท่าเท่านั้น

5. วิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของพารามิเตอร์ต่อปริมาณน้ำท่า

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SWAT ต่อปริมาณน้ำท่า รายปีเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา ได้วิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ 8 ตัวจากแบบจำลองประกอบไปด้วย Cn2, Sol_Awc, Esco, Gwqmn, Gw_Revap, Soil_K, Gw_Delay และ Alpha_Bf ซึ่งเป็นชุดพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อการคำนวณปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำ (Mangsamong & Kodeh, 2018; Suwanlertcharen, 2011) โดยจะกำหนดชุดค่าพารามิเตอร์ 1 ชุด เป็นชุดพื้นฐาน และทำการเพิ่มค่าและลดค่าพารามิเตอร์จากชุดพารามิเตอร์พื้นฐาน ที่ละตัวขณะที่พารามิเตอร์ตัวอื่น ๆ คงที่ ซึ่งรายละเอียดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ แสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 2



ตารางที่ 2 คำอธิบายพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาวิเคราะห์ความอ่อนไหวสำหรับปริมาณน้ำท่า

อันดับ	พารามิเตอร์	คำอธิบาย	ชนิดไฟล์
1	Cn2	ค่าสัมประสิทธิ์ในลำน้ำที่ความชื้นในดินระดับที่สอง	.Mgt
2	Sol_Awc	ค่าปริมาณน้ำที่ดินสามารถเก็บไว้ได้	.Soil
3	Esco	ค่าขีดเซยจากการระเหยของน้ำในดิน	.hru
4	Gwqmn	ค่าระดับความลึกเริ่มต้นในการไหลของชั้นให้น้ำใต้ดินระดับต้น	.gw
5	Gw_Revap	ค่าสัมประสิทธิ์น้ำใต้ดินที่ไหลออกจากชั้น Shallow Aquifer ไปสู่ชั้นเขตรากพืช	.gw
6	Soil_K	ค่าความสามารถนำน้ำของดิน	.soil
7	Gw_Delay	ค่าการหน่วงเวลาการไหลของน้ำใต้ดิน	.gw
8	Alpha_Bf	ค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงการไหลพื้นฐานในชั้นให้น้ำใต้ดิน	.gw

6. การสอบเทียบ (Calibration) และตรวจพิสูจน์ (Validation) แบบจำลอง SWAT

ในการสอบเทียบแบบจำลอง และตรวจพิสูจน์แบบจำลอง เป็นกระบวนการที่ทำให้แบบจำลองให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องสอดคล้อง และมีความสมเหตุสมผลต่อสภาพธรรมชาติ ซึ่งเป็นขั้นตอนในการสอบเทียบข้อมูลที่ได้จากการคำนวณพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SWAT เพื่อให้กราฟน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีความสัมพันธ์หรือเข้ากันได้มากที่สุดกับกราฟน้ำท่าที่ได้จากข้อมูลของสถานีตรวจวัด (Thangtham, 2006; Guan et al., 2011) โดยจะตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) และค่า Nash-Sutcliffe Efficiency (ESE) ดังสมการที่ (5) และ (6) ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ใช้ข้อมูลการน้ำท่าที่สถานีตรวจวัด X.73 ในช่วงปี พ.ศ. 2553-2556 ในการปรับเทียบแบบจำลอง และใช้ข้อมูลน้ำท่าปี พ.ศ. 2557-2558 ในการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง โดยใช้ข้อมูล Land use ปี 2559 เป็นฐานในการการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

$$R^2 = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - O_{avg}) \sum_{i=1}^n (P_i - P_{avg})}{\left[\sum_{i=1}^n (O_i - O_{avg})^2 \sum_{i=1}^n (P_i - P_{avg})^2 \right]^{0.5}} \right)^2}{(5)}$$



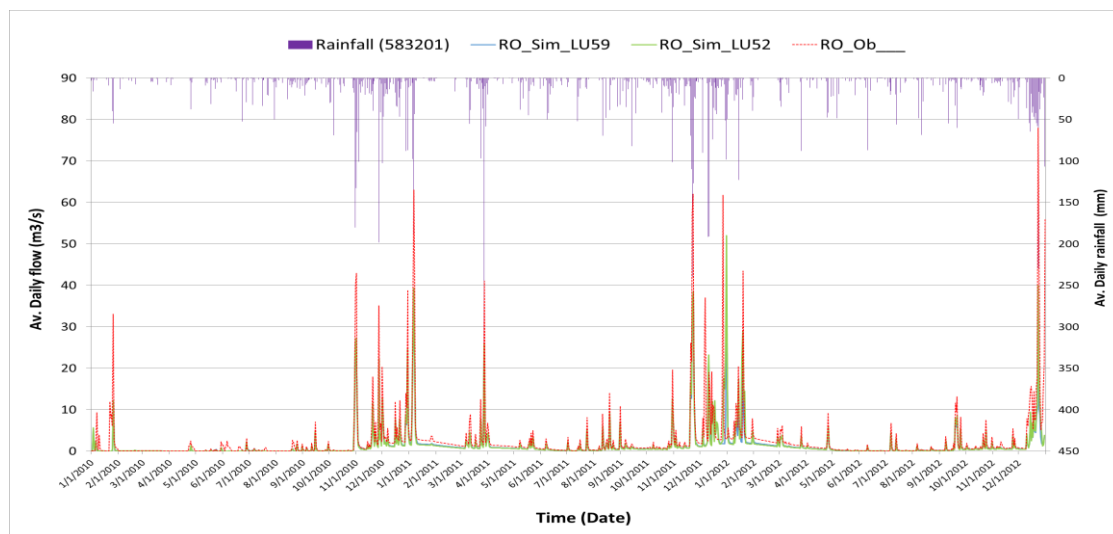
$$E_{ns} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - O_{avg})^2} \quad (6)$$

โดยที่ i เท่ากับ ลำดับที่ของข้อมูล n เท่ากับ จำนวนข้อมูลทั้งหมด Q_i คือ ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด O_{avg} คือ ค่าเฉลี่ยข้อมูลจากการตรวจวัด P_i ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง P_{avg} ค่าเฉลี่ยข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง

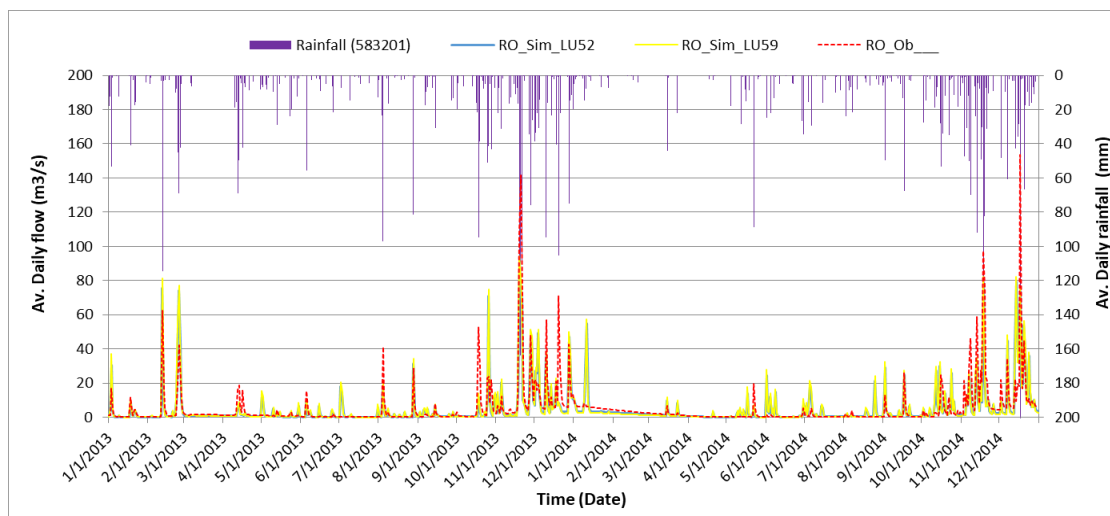
ผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

ในการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง ได้พิจารณาการใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 และ 2559 ดังตารางที่ 5 คำนวณแบบจำลองซ้ำหลายครั้ง โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ 8 ตัว ดังตารางที่ 2 หลังจากการปรับค่าพารามิเตอร์ จนได้ชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด 1 ชุด แสดงผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองดัง ตารางที่ 3 ภาพที่ 4 และ 5



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบแบบจำลอง เปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง โดยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2552 และปี 2559 กับปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดแบบรายวัน (Observed) ที่สถานี X.73



ภาพที่ 5 การตรวจพิสูจน์แบบจำลองเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง โดยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2552 และปี 2559 กับปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดแบบรายวัน (Observed) ที่สถานี X.73

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองของปริมาณน้ำท่า

ปีข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ช่วงเวลาในการเปรียบเทียบ	เกณฑ์การวัด	
		R^2	NSE
2552	2553-2556	0.845	0.621
	2557-2558	0.761	0.569
2559	2553-2556	0.848	0.598
	2557-2558	0.750	0.438

2. ผลการประเมินและเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่า จากการคำนวณแบบจำลอง SWAT

ผลการประเมินและเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2552 และปี 2559 ที่จุดออกของกลุ่มน้ำบางนาคอนต้น ผลการคำนวณจากแบบจำลอง SWAT ในช่วงระยะเวลา 1 ปี ระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2560 ถึง 31 ธันวาคม 2560 แสดงดังตารางที่ 4 โดยมีปริมาณน้ำฝนรายปีเท่ากับ 4,397.7 มิลลิเมตร



ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำท่ารายปีที่จุดออกของกลุ่มน้ำบางนราตอนต้น ในช่วงการคำนวณระหว่างเดือนมกราคม - เดือนธันวาคม 2560

ช่วงเวลา	ปริมาณน้ำฝนรายปี (มิลลิเมตร)	ปริมาณน้ำท่ารายปี (ล้านลูกบาศก์เมตร)	
		LU 2552	LU 2559
มกราคม	1107.95	303.99	314.13
กุมภาพันธ์	90.02	45.29	42.27
มีนาคม	44.06	24.89	25.71
เมษายน	281.2	66.29	64.21
พฤษภาคม	255.72	36.69	34.21
มิถุนายน	206.55	43.81	44.32
กรกฎาคม	206.72	42.16	43.56
สิงหาคม	300.22	66.17	68.38
กันยายน	192.28	52.60	52.72
ตุลาคม	57.36	21.13	21.83
พฤศจิกายน	935.56	239.31	247.87
ธันวาคม	720.11	227.84	235.44
รวม	4,397.75	1,170.16	1,194.65

อภิปรายผล

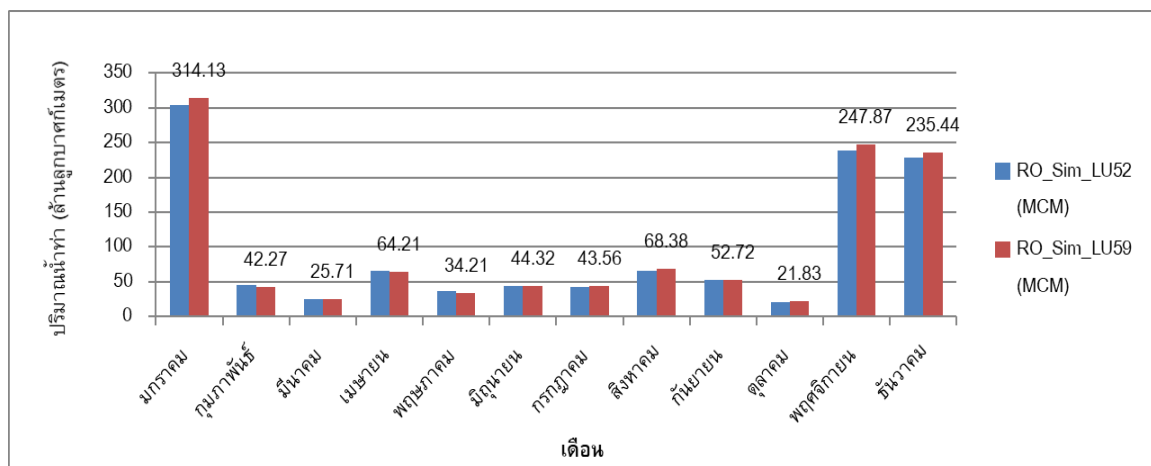
จากการศึกษาการประเมินปริมาณน้ำท่าจากลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2552 และปี 2559 ที่จุดออกของกลุ่มน้ำบางนราตอนต้นด้วยแบบจำลอง SWAT พบว่า การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าจะขึ้นอยู่กับสิ่งปกคลุมดินเป็นหลัก และปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Cao, Bowden, Davie, & Fenemor, 2009) ได้จำลองผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินต่อวิกฤตการณ์ทรัพยากรแหล่งน้ำของกลุ่มน้ำ Motueka ประเทศ นิวซีแลนด์ ซึ่งจำลองสถานการณ์ออกเป็น 2 กรณี คือ การจำลองสิ่งปกคลุมดินในอดีต และการจำลองการปลูกต้นไม้ให้เต็มพื้นที่ พบว่า การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินมีผลต่อปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ และ การศึกษาของ (Banchongsak, Bualert, Dampin, & Nipon, 2017) พบว่า ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากปริมาณฝนรวมถึงระดับน้ำใต้ดิน



ตารางที่ 5 ความแตกต่างข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2552 กับ ปี 2559 บริเวณพื้นที่การศึกษา

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ข้อมูล ปี 2552 (ตร.กม.)	ข้อมูล ปี 2559 (ตร.กม.)	% ความแตกต่าง
ป่าไม้ผลัดใบ(FRSE)	12.12	11.92	-0.20 (ลดลง)
ป่าผลัดใบ(FRSD)	49.64	44.84	-4.80 (ลดลง)
ป่าดง (OILP)	0.19	1.91	1.71 (เพิ่มขึ้น)
ไม้ผล (ORCD)	54.32	55.03	0.70 (เพิ่มขึ้น)
ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ (PAST)	0.18	0.23	0.04 (เพิ่มขึ้น)
ข้าว (RICE)	106.11	106.85	0.73 (เพิ่มขึ้น)
ทุ่งหญ้า (RNGE)	35.88	32.71	-3.17 (ลดลง)
ยาง (RUBR)	314.82	314.92	0.09 (เพิ่มขึ้น)
ร้านค้า (UCOM)	2.56	3.24	0.67 (เพิ่มขึ้น)
อาคารสถาบัน (UINS)	1.11	3.16	2.05 (เพิ่มขึ้น)
ชุมชนเมือง (URBN)	21.74	23.78	2.03 (เพิ่มขึ้น)
แหล่งน้ำ (WATR)	4.84	4.97	0.12 (เพิ่มขึ้น)
รวม	603.57	603.57	

ผลการประเมินปริมาณน้ำท่าที่จุดออกของกลุ่มน้ำบางนราตอนต้น จากการคำนวณแบบจำลอง SWAT มีค่าปริมาณน้ำท่ารายเดือนแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งโดยรวมแล้วอยู่ในแนวโน้มเดียวกัน แสดงดังภาพที่ 6 โดยปริมาณน้ำท่าในลำน้ำจะมีน้ำไหลตลอดทั้งปี ซึ่งในช่วงระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือน พฤษภาคม ปริมาณน้ำท่าจะมีน้อย เนื่องจากเป็นช่วงช่องว่างของฤดูมรสุม และปริมาณน้ำท่า ในช่วงนี้เป็นน้ำที่ดินดูดซับไว้ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินในช่วงฤดูฝน และเกิดการซึมซับน้ำสู่ดินชั้นล่าง เป็นน้ำที่ถูกเก็บไว้ใต้ดิน หลังจากนั้นจึงค่อย ๆ ซึมผ่านผิวดินไหลลงสู่ลำน้ำ และปริมาณน้ำท่าจะเริ่ม มากขึ้นในเดือนสิงหาคม ถึง เดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนของจังหวัดนราธิวาสที่เกิดจากลมมรสุม ตะวันตกเฉียงใต้ และพื้นที่ลุ่มน้ำบางนราจะมีปริมาณน้ำท่ามากสุดในช่วงเดือน พฤศจิกายน ถึง เดือน มกราคม เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่อยู่ทางด้านตะวันออกของภาคใต้ ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดผ่านอ่าวไทยเต็มที่



ภาพที่ 6 ปริมาณน้ำทำรายเดือนจากกลุ่มน้ำบางนราตอนต้น ในช่วงการคำนวณระหว่างเดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม 2560

สรุป

ผลการศึกษาการประเมินปริมาณน้ำท่าที่จุดออกของกลุ่มน้ำบางนราตอนต้น ในช่วงระยะเวลา 1 ปี ระหว่างวันที่ 1 มกราคม ถึง 31 ธันวาคม 2560 มีปริมาณน้ำท่ารายปีรวม จากลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2552 และปี 2559 เท่ากับ 1,170.16 ล้านลูกบาศก์เมตร และ 1,194.65 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

ปริมาณน้ำท่าจากลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2559 เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.05 โดยปริมาณน้ำท่าช่วงฤดูฝน (สิงหาคม-มกราคม) เพิ่มขึ้น ร้อยละ 3.12 และปริมาณน้ำท่านอกช่วงฤดูฝน (กุมภาพันธ์-กรกฎาคม) ลดลงร้อยละ 1.90 โดยเดือนธันวาคม เป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำท่ามากที่สุด ทั้งลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2552 และ ปี 2559 คือ 303.99 ล้านลูกบาศก์เมตร และ 314.13 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และเดือนตุลาคม เป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำท่าจากกลุ่มน้ำน้อยที่สุด คือ 21.13 ล้านลูกบาศก์เมตร และ 21.83 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

การศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าในพื้นที่กลุ่มน้ำบางนราตอนต้น ที่มีพื้นที่ป่าไม้ลดลงเป็นส่วนใหญ่ และมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่ชุมชนเมือง อาคารสำนักงานมากขึ้น ส่งผลต่อน้ำท่าทำให้มีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝน และทำให้อัตราการไหลสูงสุด (Peak flow) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับงานวิจัย (Sajikumar & Remya, 2014) ที่ศึกษาประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าบริเวณพื้นที่ต้นน้ำลุ่มน้ำ karala ในอินเดีย พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ต้นน้ำขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าอย่างน้อยร้อยละ 20 ขึ้นไป



และส่งผลให้อัตราการไหลสูงสุดเพิ่มขึ้นร้อยละ 15 ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวอาจจะเกิดพื้นที่ชุมชนเมืองในพื้นที่ลุ่มน้ำเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการซึมลงดินน้อยลง ดังนั้นจึงควรมีการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ในปัจจุบันให้มากที่สุด โดยเฉพาะพื้นที่ลุ่มน้ำที่เป็นต้นน้ำลำธารที่สำคัญและควรมีการอนุรักษ์และฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ บริเวณพื้นที่ภูเขาสูง ที่เป็นแหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญให้คงอยู่ตลอดไป

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาในครั้งนี้ ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) ในการประเมินปริมาณน้ำท่าลุ่มน้ำบางระจอนต้น โดยผลการศึกษาสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่อาจจะขึ้นในอนาคตของพื้นที่ลุ่มน้ำได้ ซึ่งการศึกษานี้ไม่มีการพิจารณาผลความแตกต่างของฤดูกาลอย่างละเอียด มุ่งเน้นผลศึกษาและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในภาพรวม ถ้าหากต้องการนำไปประยุกต์ใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์อื่น ๆ เช่นการประเมินปริมาณน้ำท่วม หรือน้ำแล้ง ควรมีการศึกษาแยกสัดส่วนปัจจัยในด้านประเภทการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างละเอียดเพื่อความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง (References)

- Arnold, J.G. & Fohrer, N. (2005). SWAT2000: Current Capabilities and Research Opportunities in Applied Watershed Modeling. *Hydrological Processes*, 19(3), 563-572.
- Banchongsak, F., Bualert, S., Dampin, N. & Nipon, T. (2017). Dynamic Modeling of Water Storage Capacity for the Dilution of Waste Water of Land Utilization in the Upper The Chin Watershed, Thailand. *Environment Asia*, 10(2), 33-42.
- Bouraoui, F., Benabdallah, S., Jrad, A. & Bidoglio, G. (2005). Application of the SWAT model on the Medjerda river basin (Tunisia). *Physics and Chemistry of the Earth*, 30(2005): 497-507.
- Cao, W., Bowden, W.B., Davie, T. & Fenemor, A. (2009). Modeling Impact of Land Cover Change on Critical on Critical Water Resources in the Motueka River Catchments, New Zealand. *Water Resources Management*, 23, 137-151.



- Guan, D., Li, H., Inohae, T., Su, W., Nagaie, T., & Hokao, K. (2011). Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. *Ecological Modelling*, 222, 3761-3772.
- Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry J.R. & Williams, J.R. (2011). *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation (Version2009)*. Retrieved from <http://swat.tamu.edu/media/99192/swat2009-theory.pdf>.
- Sajikumar, N. & Remya, R.S. (2014). Impact of land cover and land use change on runoff characteristics. *Journal of Environmental Management*, 161, 460-468.
- Thangtham, N. (2006). *Watershed Management and Environment System Modelling*. Forestry Research Center, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Mangsamong, W. & Kodeh, H. (2018). The Study of Parameter Sensitivity of SWAT Model for Runoff and Groundwater: A Case Study of Phetchaburi Basin. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 10(2), 80-92.
- Pongpetch, N. & Pongpetch, S. (2013). Simulation of Stream Flow for Upper Lam Takongsub-Watershed Using SWAT Model. *International Journal of Environmental Science and Development*, 4(3), 261-263.
- Samie, M., Ghazavi, R., Vali, A. & Pakparvar, M. (2019). Evaluation of the effect of land use change on runoff using supervised classified satellite data. *Global NEST Journal*, 21(2), 245-252.
- Suwanlertcharen, T. (2011). *Application of the SWAT Model to Evaluate Runoff and Suspended Sediment from a Small Watershed: A Case Study of Mae Phun Subwatershed, Laplae District, Uttaradit Province*. Master's thesis, Department of Water resources Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University. (in Thai).
- Thai Meteorological Department. (2018). *Meang Naradhiwas Meteorological Station*. Eastern South Meteorological Center, Ministry of Information and Communication Technology, Naradhiwas. (in Thai).
- Xiaobo, J., Huang, C.H., & Ruan, F. (2008). Impacts of Land Cover Changes on Runoff and Sediment in the Cedar Creek Watershed, St. Joseph River, Indiana, United States. *Journal of Mountain Science*, 5, 113-121.