

การจำลองแบบพลวัตเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำท่าจีนตอนบน

Dynamic Modeling for the Investigation of Changes in Land Uses on Streamflow in the Upper Tha Chin Watershed

บรรจงศักดิ์ ฟักสมบุญ^{1*} สุรัตน์ บัวเลิศ¹ นฤชิต ดำปิ่น และ นิพนธ์ ตั้งธรรม²

Banchongsak Faksomboon^{1*}, Surat Bualert¹, Narouchit Dampin¹, Nipon Thangtham²

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

² ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

¹ Department of Environmental Science, Faculty of Environment, Kasetsart University

² Forestry Research Center, Faculty of Forestry, Kasetsart University

Received : 17 March 2017

Accepted : 6 May 2017

Published online : 11 May 2017

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำท่าจีนตอนบน โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา (Soil and Water Assessment Tool; SWAT) ในการประเมินปริมาณน้ำท่าจากการใช้ประโยชน์ที่ดินจากเดือนมกราคม พ.ศ.2556 ถึงเดือนธันวาคม 2557 (กรณี 1) และสอบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองจากข้อมูลการตรวจวัดของ 2 สถานี โดยปรับค่าสัมประสิทธิ์พารามิเตอร์ที่สำคัญโดยใช้โปรแกรม SWAT CUP ซึ่งความถูกต้องและความเหมาะสมพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) ความแม่นยำของแบบจำลอง (NSE) และร้อยละของความแตกต่าง (MSE) พร้อมทั้งจำลองสถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2563 (กรณี 2) ผลการศึกษาที่ได้จากแบบจำลอง SWAT พบว่า ลุ่มน้ำท่าจีนตอนบนมีขนาดพื้นที่ เท่ากับ 5,253.96 ตารางกิโลเมตร ความยาวลำน้ำ 1,906 กิโลเมตร แบ่งออกเป็น 14 ลุ่มน้ำย่อย และ 286 หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา จากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ในช่วงกรณี 1 พบว่า ลุ่มน้ำท่าจีนตอนบนมีปริมาณน้ำท่า เท่ากับ 374.74 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ส่วนช่วงกรณี 2 คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่จะเกิดขึ้นในปี พ.ศ.2563 พบว่า ปริมาณน้ำท่าลดลง เท่ากับ 65.72 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี เมื่อเทียบกับช่วงกรณี 1 เนื่องการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ผลัดใบและการเพิ่มขึ้นของพื้นที่พืชไร่

คำสำคัญ : แบบจำลองพลวัต การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปริมาณน้ำท่า ลุ่มน้ำท่าจีนตอนบน

*Corresponding author. E-mail: banchongsakf@gmail.com

Abstract

The objective of this study was to apply a dynamic modeling for the investigation of changes in land uses on streamflow in the Upper Tha Chin Watershed (UTCW). The Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model was applied in order to estimate the amount of the streamflow from land utilization from January 2013 to December 2014 as presented (Scenario 1). The reliability of the model was calibrated with the observed data from two hydrologic stations by adjusting the coefficient of the key parameters by using SWAT CUP program. The goodness of the calibration results were assessed based on the coefficient of determination (R^2), Nash-Sutcliffe efficiency coefficient (NSE) and mean squared error (MSE) along with simulating the impact of land utilization in the year 2020 (Scenario 2). The results obtained from the SWAT model showed that the UTCW area was 5,253.96 km² with a stream length of 1,906 km, 14 sub-watersheds and 286 hydrological response units (HRUs). The Scenario 1 indicated that the streamflow of the UTCW was 374.74 Mm³/year. The simulation of Scenario 2, forecasting the expected land use change in year 2020, showed that the amount of the streamflow decreased to 65.09 Mm³/year, when compared with Scenario 1, because of decreasing in forest-deciduous and increasing in field crops.

Keywords : dynamic modeling, land use, streamflow, Upper Tha Chin Watershed

บทนำ

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ปัจจุบันจำนวนประชากรภายในประเทศมีเพิ่มมากขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้มีความต้องการในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมต่างๆ มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งทรัพยากรน้ำ ซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญและจำเป็นสำหรับทุกสรรพสิ่งอีกทั้งยังเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการพัฒนาเศรษฐกิจขั้นพื้นฐาน เช่น การอุตสาหกรรม การสาธารณสุข การคมนาคม การเกษตรกรรม เป็นต้น การนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ในการพัฒนาประเทศหรือเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์โดยปราศจากการบริหารจัดการที่ดีไม่ว่าจะเป็นการใช้ที่ดินอย่างไม่เหมาะสมกับสมรรถนะของดิน การตัดไม้ทำลายป่า การบุกรุกพื้นที่ต้นน้ำ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ฯลฯ นับวันจะเพิ่มปริมาณสูงขึ้นตามจำนวนของประชากรที่เพิ่มขึ้น (Oning, 2008) โรงงานอุตสาหกรรมมีการปล่อยของเสียในรูปแบบต่างๆ โดยไม่มีการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่แม่น้ำ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งที่มีปริมาณน้ำน้อยทำให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำอย่างรุนแรง (Nopparmard, 2004) รวมถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบต่างๆ ทำให้มีความต้องการน้ำในการอุปโภค บริโภคด้านต่างๆ เพิ่มขึ้น และมีการปล่อยของเสียลงสู่แหล่งน้ำในรูปสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เช่น ปุ๋ย สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น ก่อให้เกิดปัญหาทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม (Pollution Control Department, 2002) ลุ่มน้ำท่าจีนตอนบนเป็นหนึ่งในลุ่มน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมที่ยังคงสภาพของระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมที่ดี มีการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือกิจกรรมต่างๆ ภายในพื้นที่ยังไม่เติบโตและขยายตัวมากนัก แต่ปัจจุบันปัญหาด้านทรัพยากรน้ำ โดยเฉพาะการขาดแคลนน้ำ ความแห้งแล้งมีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากขึ้น สาเหตุหลักเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การขยายตัวของชุมชน กิจกรรมทางการเกษตรบริเวณสองฝั่งของแม่น้ำ รวมถึงการบุกรุกพื้นที่แหล่งต้นน้ำลำธารเพื่อขยายพื้นที่เกษตรกรรมมีเพิ่มมากขึ้น ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่

อย่างจำกัดลดน้อยลงอย่างน่าเป็นห่วง ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม รวมถึงประชาชนที่อาศัยอยู่ริมสองฝั่งของแม่น้ำท่าจีนตอนบนและบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงเพิ่มมากขึ้น

การจัดการปัญหาหรือผลกระทบที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำและความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติจึงเป็นแรงบันดาลใจให้ผู้วิจัยมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าทั้งที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและอนาคต นำไปสู่การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่าให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น พร้อมนำผลที่ได้จากการศึกษาใช้เป็นแนวทางในวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมถึงป้องกันไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าจนกลายเป็นปัญหาต่อสิ่งมีชีวิต ระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดความเหมาะสมอย่างเป็นระบบและเกิดความยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์

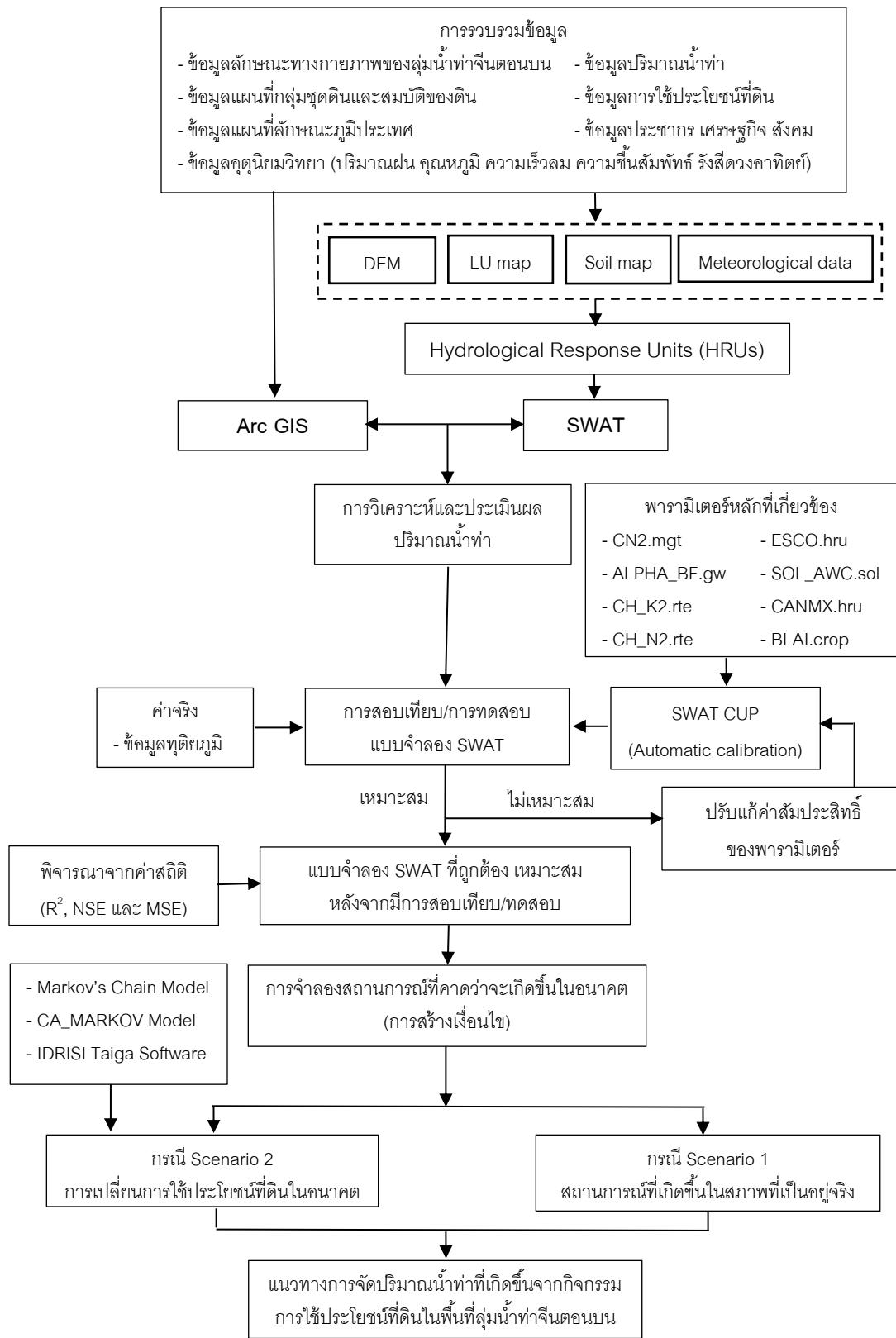
อุปกรณ์หลักที่ใช้สำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ประกอบด้วย เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal computer) โดยติดตั้งระบบปฏิบัติการ Microsoft windows 7 แบบจำลองทางอุทกวิทยา (Soil and Water Assessment Tool; SWAT) โปรแกรม SWAT Calibration Uncertainty Procedure (SWAT CUP), โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System; GIS) โปรแกรม Microsoft office 2013, โปรแกรม Editplus text editor, ข้อมูลชุดดิน ปี พ.ศ.2553 (Land Development Department, 2010) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ.2553 ถึง พ.ศ.2556 (Land Development Department, 2014) ข้อมูลปริมาณน้ำท่าในช่วงปี พ.ศ.2556 ถึง พ.ศ.2557 (Royal Irrigation Department, 2014) และกล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Digital camera)

วิธีการ

การจำลองแบบพลวัตเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำท่าจีนตอนบน มีกรอบแนวคิด วิธีการ และขั้นตอนการดำเนินงานของการศึกษาที่สำคัญ ดังภาพที่ 1 มีรายละเอียดดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูล

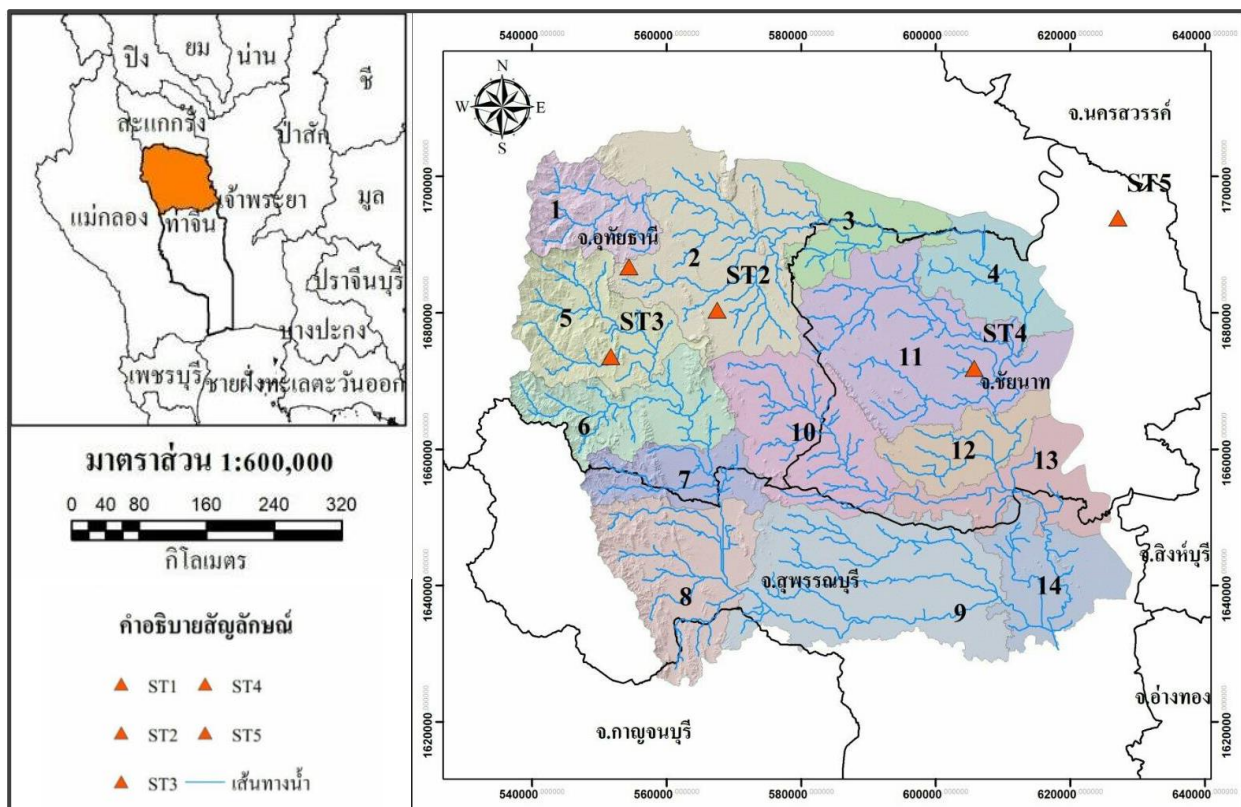
การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ดังตารางที่ 1 ประกอบด้วยข้อมูลเส้นชั้นความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model; DEM) จัดระดับความสูงที่ห่างกันทุกๆ ระยะ 10 เมตร ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2553 ถึง พ.ศ.2556 นำมาวิเคราะห์และจัดรวมกลุ่มประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีความเหมือนและคล้ายคลึงกันให้อยู่ในกลุ่มหรือชนิดเดียวกัน ข้อมูลชุดดินมาตราส่วน 1 : 50,000 และการกระจายตัวของดินชุดต่างๆ ของกรมพัฒนาที่ดิน ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดของกรมชลประทานในช่วงปี พ.ศ.2556 ถึง พ.ศ.2557 จำนวน 2 สถานี ได้แก่ สถานีตรวจวัดบ้านกุดจอก อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท (C 51) และสถานีตรวจวัดบ้านทัพหลวง อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี (T12 A) และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (Meteorological data) ซึ่งเป็นข้อมูลการตรวจวัดเป็นแบบอัตโนมัติ (ข้อมูลรายวัน) ประกอบด้วยข้อมูลปริมาณฝน ข้อมูลอุณหภูมิกอากาศ (ต่ำสุด - สูงสุด) ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ ข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ และข้อมูลความเร็วลมจากสถานีตรวจสภาพภูมิอากาศ 5 สถานี ได้แก่ สถานีบ้านทัพ ได้แก่ สถานีบ้านทัพคล้าย อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี (ST 1) สถานีบ้านหาดทอง อำเภอเมืองจังหวัดอุทัยธานี (ST 2) สถานีบ้านทับเสลา อำเภอลานสัก จังหวัดอุทัยธานี (ST 3) สถานีเจ้าพระยา อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท (ST 4) และสถานีสถานีตรวจวัดอากาศ จังหวัดชัยนาท (ST 5) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของการศึกษา

ตารางที่ 1 ข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT

ลำดับ	รายละเอียด	ลักษณะข้อมูล	แหล่งที่มา
1	ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	GIS file	กรมพัฒนาที่ดิน
2	ข้อมูลกลุ่มชุดดิน	GIS file	กรมพัฒนาที่ดิน
3	ข้อมูลขอบเขตของเขตการปกครอง	GIS file	กรมพัฒนาที่ดิน
4	ข้อมูลระดับความสูงเชิงตัวเลข	GIS file	กรมแผนที่ทหาร
5	ข้อมูลเส้นทางลำน้ำ	GIS file	กรมแผนที่ทหาร
6	ข้อมูลตำแหน่งสถานีตรวจวัดอากาศ	GIS file	กรมอุตุนิยมวิทยา
7	ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา	GIS file	กรมอุตุนิยมวิทยา
8	ข้อมูลตำแหน่งสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำท่า	Excel file	กรมชลประทาน
9	ข้อมูลปริมาณน้ำท่า	Excel file	กรมชลประทาน



ภาพที่ 2 ตำแหน่งสถานีตรวจสภาพภูมิอากาศ บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนตอนบน

ซึ่งแบบจำลอง SWAT จะมีการทำงานร่วมกับโปรแกรม GIS ในการจำลองลักษณะทางอุทกวิทยาและการประเมินผลกระทบของกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนตอนบน

2. การวิเคราะห์และประเมินผลข้อมูล

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดของกรมชลประทานในช่วงปี พ.ศ.2556 ถึง พ.ศ.2557 เพื่อใช้ในการเป็นฐานข้อมูลการเปรียบเทียบ/ทดสอบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT และ 2) การประเมินผลปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนการศึกษาดังนี้

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนของแต่ละสถานีหรือจุดตรวจวัดที่ได้จากการตรวจวัดของกรมชลประทาน ในช่วงปี พ.ศ.2556 ถึง พ.ศ.2557 เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการเปรียบเทียบ/ทดสอบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT ให้มีความใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดมากที่สุดก่อนนำแบบจำลองที่ได้ไปประยุกต์ใช้

2.2 การประเมินผลปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT ประกอบด้วยการนำเข้าข้อมูล 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) การนำเข้าข้อมูลทางด้านกายภาพเชิงพื้นที่ และ 2) การนำเข้าข้อมูลในรูปแบบของตารางข้อมูล ดังนี้

2.2.1 การกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา

การกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาหรือขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจินตอนบน โดยเริ่มจากการนำเข้าข้อมูล DEM ซึ่งถูกแปลงให้เป็นข้อมูลในรูปแบบของราสเตอร์หรือเป็นข้อมูลในรูปของกริดเซลล์รูปเหลี่ยม โดยข้อมูล DEM นี้จะใช้ในการประเมินสภาพทางกายภาพโดยทั่วไปของพื้นที่ศึกษาได้หลายประเภท เช่น การสร้างเส้นทิศทางการไหลของน้ำ การสร้างระดับความลาดชันของพื้นที่ การสร้างผลรวมของการไหลสะสมของน้ำ การสร้างระบบโครงข่ายลำน้ำภายในพื้นที่ลุ่มน้ำ การสร้างขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่ศึกษา รวมถึงการสร้างพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยภายในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจินตอนบน เป็นต้น

2.2.2 การกำหนดลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การกำหนดลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการนำเข้าข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเข้าสู่แบบจำลอง SWAT โดยทำการรวมประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีลักษณะใกล้เคียงหรือคล้ายคลึงกันจัดให้อยู่ในกลุ่มหรือประเภทเดียวกัน พร้อมทั้งกำหนดรหัสตัวอักษรหลัก 4 ตัว (A - Z) ให้กับกลุ่มหรือประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นๆ โดยพิจารณาจากฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหลักของแบบจำลอง SWAT เพื่อให้ข้อมูลดังกล่าวมีการเชื่อมโยงตรงกันระหว่างข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ศึกษาและข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลพื้นฐานของแบบจำลอง SWAT

2.2.3 การกำหนดลักษณะของกลุ่มชุดดิน

การกำหนดลักษณะของกลุ่มชุดดิน โดยการนำเข้าข้อมูลแผนที่ลักษณะของกลุ่มชุดดินเข้าสู่แบบจำลอง SWAT พร้อมทั้งสร้างตารางเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลดินของพื้นที่ศึกษาและข้อมูลดินของแบบจำลองให้ตรงกัน เพื่อนำเข้าสู่ฐานข้อมูลการประเมินของแบบจำลอง SWAT ในลักษณะเดียวกันกับการกำหนดลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

2.2.4 การกำหนดหน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยา

การกำหนดหน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrological Response Units; HRUs) เป็นการกำหนดความละเอียดของหน่วยพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยให้พื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสามารถมีลักษณะ HRUs ที่หลากหลาย เช่น ตามลักษณะประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ลักษณะของกลุ่มชุดดิน ความลาดชันของพื้นที่จริงให้มากที่สุด เป็นต้น ซึ่งในแต่ละ HRUs จะมีความแตกต่างกันของแต่ละพื้นที่หรือแต่ละกริดเซลล์ รวมถึงการกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ทางด้านอุทกวิทยาที่เกิดจากปัจจัยทางด้านอุทกนิเวศวิทยาของแต่ละ HRUs ซึ่งการกำหนด HRUs มีผลต่อผลที่ได้จากการประเมินของแบบจำลอง SWAT สูง

2.2.5 การนำเข้าข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

ข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่นำเข้าเพื่อใช้ในการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT ประกอบด้วย 5 พารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ 1) ข้อมูลปริมาณฝน 2) ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ (สูงสุด - ต่ำสุด) 3) ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ 4) ข้อมูลความเร็วลม และ 5) ข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่นำเข้าทั้งหมดในแบบจำลองเป็นข้อมูลรายวัน โดยจะต้องจัดทำข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของตารางลำดับเรียงกันอย่างถูกต้องตามที่แบบจำลอง SWAT ต้องการ และก่อนการนำเข้าข้อมูลจะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลสภาพภูมิอากาศต่างๆ ก่อนนำมาใช้ในการประเมิน เพื่อให้ข้อมูลที่ใช้ในการนำเข้าแบบจำลอง SWAT มีความถูกต้องมากที่สุด

3. การสอบเทียบและปรับเทียบแบบจำลอง SWAT

การสอบเทียบ (Verification) และการปรับเทียบแบบจำลอง (Model calibration) เป็นกระบวนการที่ทำให้แบบจำลองให้ผลลัพธ์มีความสอดคล้อง และมีความสมเหตุสมผลต่อสภาพธรรมชาติหรือลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำที่เป็นอยู่จริงในพื้นที่เป้าหมายที่สุด ซึ่ง Nipon (2006) กล่าวว่า การสอบเทียบหรือการปรับเทียบ คือ การทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นด้วยข้อมูลสารสนเทศที่มีการตรวจวัดไว้แล้วทั้งส่วนที่เป็นข้อมูลสารสนเทศนำเข้าและข้อมูลสารสนเทศที่เป็นผลลัพธ์ เพื่อเป็นการปรับหรือประมาณค่าปัจจัยในกรณีที่ยังไม่มีข้อมูลปรากฏ ส่วนการทดสอบเพื่อความมั่นใจ เป็นการเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ตรวจวัดจากระบบสิ่งแวดล้อมจริง โดยการสอบเทียบแบบจำลอง SWAT ใช้ข้อมูลจากผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลการตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดหรือจุดเก็บตัวอย่างจากกรมชลประทาน ในช่วง ปี พ.ศ.2556 ถึง พ.ศ.2557 โดยการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม SWAT CUP เป็นวิธีการในการปรับเทียบผลของข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT ซึ่งจุดเด่นของโปรแกรม SWAT CUP ที่แตกต่างจากการปรับเทียบวิธีอื่นๆ โดยจะเป็นการปรับเทียบข้อมูลแบบอัตโนมัติเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมของพารามิเตอร์นั้นๆ (Abbaspour *et al.*, 2004; Yang *et al.*, 2008; Arnold *et al.*, 2010; Oeurng *et al.*, 2011; Pinglot, 2012; Abbaspour, 2013) และเมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์ที่มีความถูกต้องเหมาะสมแล้วจะนำไปใช้แทนค่าสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SWAT อีกครั้ง เพื่อให้ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นจากแบบจำลอง SWAT มีค่าเข้าใกล้หรือใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดมากที่สุดจึงจะสามารถนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้

4. เกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกแบบจำลอง

สำหรับวิธีการที่นำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาการปรับเทียบความถูกต้องและเหมาะสมของปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดภายในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจินตอนบนของการศึกษาครั้งนี้มีวิธีการที่นำมาใช้ในการพิจารณาประกอบด้วย การใช้รูปแบบของกราฟในการปรับเทียบ ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (Coefficient of Determination; R^2) ค่า Nash - Sutcliffe Efficiency (NSE) (Nash & Sutcliffe, 1970) และค่าร้อยละของความแตกต่าง (Mean Squared Error; MSE)

5. การประเมินปริมาณน้ำท่า

การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า ประกอบด้วยปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นรายเดือน ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นรายลุ่มน้ำภายในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจินตอนบน โดยช่วงเวลาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ ช่วงปี พ.ศ.2556 ถึง พ.ศ.2557

6. การจำลองสถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า

6.1 กรณี Scenario 1 เป็นการจำลองสถานการณ์กรณีการใช้ประโยชน์ที่ดินภายในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจินตอนบนในช่วงปี พ.ศ.2556 ถึง พ.ศ.2557 ซึ่งเป็นกรณีศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและสอดคล้องกับสภาพที่เป็นอยู่จริง

6.2 กรณี Scenario 2 เป็นการจำลองสถานการณ์กรณีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต (ปี พ.ศ.2563) ซึ่งใช้ฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ.2549 และช่วงปี พ.ศ.2556 ในการวิเคราะห์และประเมินผล โดยการใช้แบบจำลองห่วงโซ่มาร์คอฟ (Markov's Chain Model) (Ross, 2010) ในการคาดการณ์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต (ปี พ.ศ.2563) และประยุกต์ใช้แบบจำลอง CA_MARKOV (Guan *et al.*, 2011; Sinha & Kimar, 2013) ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โปรแกรม IDRISI Taiga (Rutherford *et al.*, 2007; Eastman, 2009) ในการสร้างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ซึ่งทำงานร่วมกับแบบจำลอง SWAT ในการประเมินปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต (ปี พ.ศ. 2563)

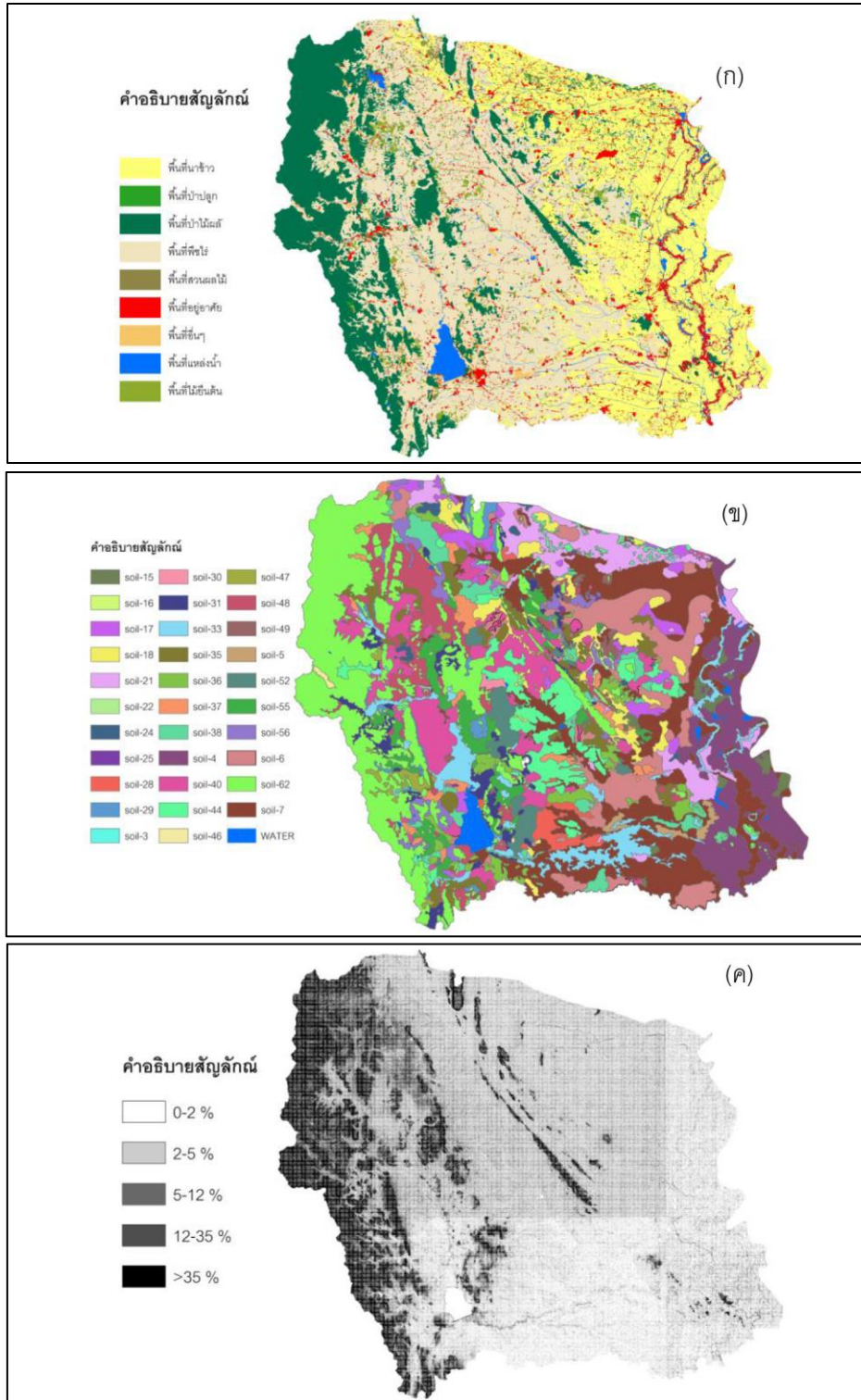
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจินตอนบน

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูล DEM ที่มีขนาดความละเอียดเท่ากับ 10 x 10 เมตร และกำหนดจุดออกของน้ำหรือจุดออกของกลุ่มน้ำ แบ่งเป็น 14 กลุ่มน้ำย่อย ซึ่งในการกำหนดจุดออกของน้ำได้กำหนดตามจุดเก็บตัวอย่างหรือจุดตรวจวัดปริมาณน้ำท่าที่มีการตรวจวัดของกรมชลประทาน ในช่วงปี พ.ศ.2556 ถึง พ.ศ.2557 เป็นเกณฑ์ในการกำหนด พบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำท่าจินตอนบนมีขนาดพื้นที่เท่ากับ 5,253.96 ตารางกิโลเมตร โดยลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำมีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย มีความลาดชันของเส้นลำน้ำน้อย เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ค่อนข้างราบ ซึ่งลักษณะกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำแบบนี้ส่งผลต่อการไหลของน้ำและปริมาณน้ำท่าในลำนน้ำที่ไหลลงสู่พื้นที่ตอนล่างค่อนข้างช้า โดยแบ่งลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 9 ประเภท ดังภาพที่ 3 ก ได้แก่ 1) การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่พืชไร่ (FCRP) 2) พื้นที่ป่าไม้ผลัดใบ (FRSD) 3) พื้นที่อื่นๆ (OTHR) 4) พื้นที่สวนผลไม้ผสม (ORCD) 5) พื้นที่นาข้าว (PDDY) 6) พื้นที่ป่าปลูก (PNFR) 7) พื้นที่ไม้ยืนต้น (PRNL) 8) พื้นที่ที่อยู่อาศัย (URBN) และ 9) พื้นที่แหล่งน้ำ (WATR) คิดเป็น ร้อยละ 38.20, 18.41, 1.74, 1.52, 28.95, 0.07, 2.86, 5.14 และ 3.11 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ แบ่งกลุ่มชุดดินแบ่งออกเป็น 32 กลุ่มชุดดิน ดังภาพที่ 3 ข และแบ่งความลาดชันออกเป็น 5 ระดับ ดังภาพที่ 3 ค ตามการแบ่งระดับชั้น (Land Development Department, 2002) โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ร้อยละ 82.32 (ความลาดชันตั้งแต่ร้อยละ 0 - 12) ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมดเป็นพื้นที่เกษตรกรรมประเภทพืชไร่ นาข้าว สวนผลไม้ผสม และที่อยู่อาศัย มีเพียงพื้นที่บางส่วนด้านทิศตะวันออกที่เป็นพื้นที่ป่าไม้ผลัดใบและพื้นที่ไม้ยืนต้นร้อยละ 7.38 (ความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35) ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด ส่วนอีกร้อยละ 10.3 เป็นพื้นที่ป่าปลูกและพื้นที่แหล่งน้ำ

2. ผลการศึกษาหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา

การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นการกำหนดรายละเอียดของพื้นที่ลุ่มน้ำให้สามารถมีลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่ให้มีความหลากหลายตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ลักษณะของกลุ่มชุดดิน และระดับความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาของการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ก) กลุ่มชุดดิน (ข) และระดับความลาดชัน (ค) ของพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนตอนบน

โดยพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนตอนบนได้แบ่งลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 9 ประเภท 32 กลุ่มชุดดิน และ 5 ระดับความลาดชันตามการแบ่งระดับชั้นของกรมพัฒนาที่ดิน (Land Development Department, 2002) ได้แก่ ระดับความลาดชันชั้นที่ 1 ความลาดชันร้อยละ 0 - 2 (ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ) ระดับความลาดชันชั้นที่ 2 ความลาดชันร้อยละ 2 - 5 (ลาดชันเล็กน้อยมาก) ระดับความลาดชันชั้นที่ 3 ความลาดชันร้อยละ 5 - 12 (ลาดชันเล็กน้อย) ระดับความลาดชันชั้นที่ 4 ความลาดชันร้อยละ 12 - 35 (ลาดชันสูงถึงสูงชันปานกลาง) และระดับความลาดชันชั้นที่ 5 ความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 (สูงชันถึงสูงชันมากที่สุด) ซึ่งผลจากการกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำท่าจีนตอนบนที่ได้จากการนำข้อมูลชุดดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลระดับความลาดชันมาวางซ้อน (Overlay) ร่วมกับการจัดเรียงประเภทรายการข้อมูล (Reclassification) ทำให้ได้หน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยาทั้งหมดจำนวน 286 HRUs

3. ผลการศึกษาความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ต่อปริมาณน้ำท่า

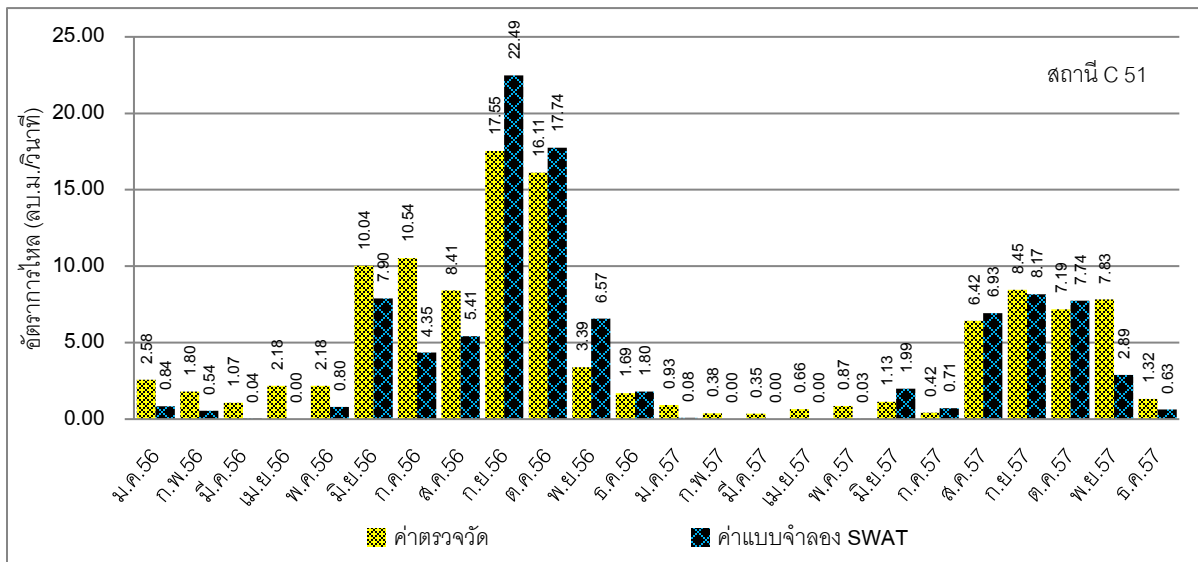
การศึกษาค้นคว้าได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่าสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรม SWAT CUP ในส่วนของพารามิเตอร์ที่สำคัญและส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่า ได้แก่ curve number หรือค่าการไหล (CN2) เท่ากับ 83.83 ปัจจัยการไหลพื้นฐาน (ALPHA_BF) เท่ากับ 0.22 ประสิทธิภาพการนำน้ำทางชลศาสตร์ (CH_K2) เท่ากับ 162.43 ปริมาณน้ำที่ดินสามารถเก็บน้ำไว้ได้ (SOL_AWC) เท่ากับ 0.82 สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของลำน้ำ (CH_N2) เท่ากับ 0.05 ปัจจัยชดเชยการระเหยจากผิวดิน (ESCO) เท่ากับ 0.03 ดัชนีพื้นที่ผิวใบที่มีศักยภาพสูงสุด (BLAI) เท่ากับ 1.45 และ การเก็บกักน้ำสูงสุดของพื้นที่ผิวใบ (CANMX) เท่ากับ 42.5 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับแก้ให้เกิดความถูกต้องและเหมาะสมเหล่านี้จะถูกนำมาใช้ในการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SWAT

4. ผลการศึกษาการปรับเทียบปริมาณน้ำท่า

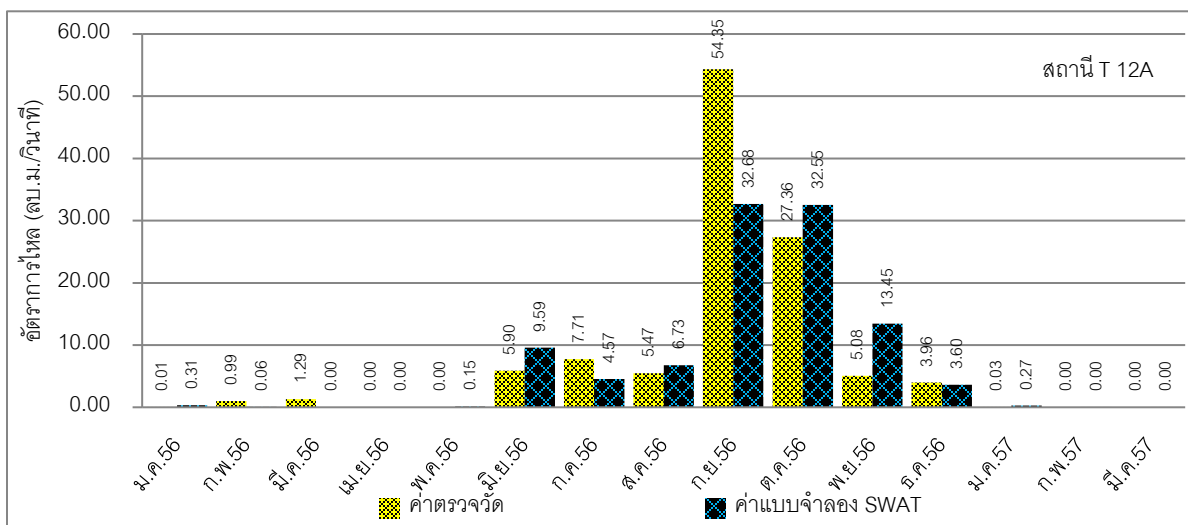
การปรับเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT กับค่าที่ได้จากการตรวจวัดภายในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนตอนบน ในช่วงระยะเวลา 2 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2556 ถึง ธันวาคม พ.ศ.2557 ที่ได้จากการตรวจวัดทั้ง 2 สถานี ได้แก่ ดังภาพที่ 4 และ สถานี T12 A ดังภาพที่ 5 อ้างอิงเกณฑ์ของ Nipon (2006) ดัดแปลงจาก Donigian (2002) และ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (Meteorological data) ซึ่งเป็นข้อมูลการตรวจวัดเป็นแบบอัตโนมัติ (ข้อมูลรายวัน) ประกอบด้วยข้อมูลปริมาณฝน ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ (ต่ำสุด - สูงสุด) ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ ข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ และข้อมูลความเร็วลมจาก สถานีตรวจสภาพภูมิอากาศ 5 สถานี (สถานี ST 1, ST 2, ST 3, ST 4 และ ST 5) ดังตารางที่ 2 ซึ่งผลของการปรับเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลที่ตรวจวัดปริมาณน้ำท่าในช่วงอาจมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ใช้ปรับเทียบเป็นข้อมูลรายเดือน ผลการศึกษามีดังนี้

4.1 สถานี C 51 (ลุ่มน้ำย่อยที่ 3) มีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ เท่ากับ 212.39 ตารางกิโลเมตร พบว่า การปรับเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT กับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด มีค่า R^2 เท่ากับ 0.83 อยู่ในระดับพอใช้ ค่า NSE เท่ากับ 0.80 อยู่ในระดับยอมรับได้ และค่า MSE เท่ากับ 7.32 อยู่ในระดับดีมาก Nipon (2006) ดัดแปลงจาก Donigian (2002)

4.2 สถานี T12 A (ลุ่มน้ำย่อยที่ 6) มีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 318.82 ตารางกิโลเมตร พบว่า การปรับเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT กับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด ค่า R^2 เท่ากับ 0.85 อยู่ในระดับพอใช้ ค่า NSE เท่ากับ 0.78 อยู่ในระดับยอมรับได้ และค่า MSE เท่ากับ 13.96 อยู่ในระดับดี Nipon (2006) ดัดแปลงจาก Donigian (2002)



ภาพที่ 4 ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT กับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดของลุ่มน้ำย่อยสถานี C51



ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT กับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดของลุ่มน้ำย่อยสถานี T 12A

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT กับค่าที่ได้จากการตรวจวัดภายในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจินตอนบน

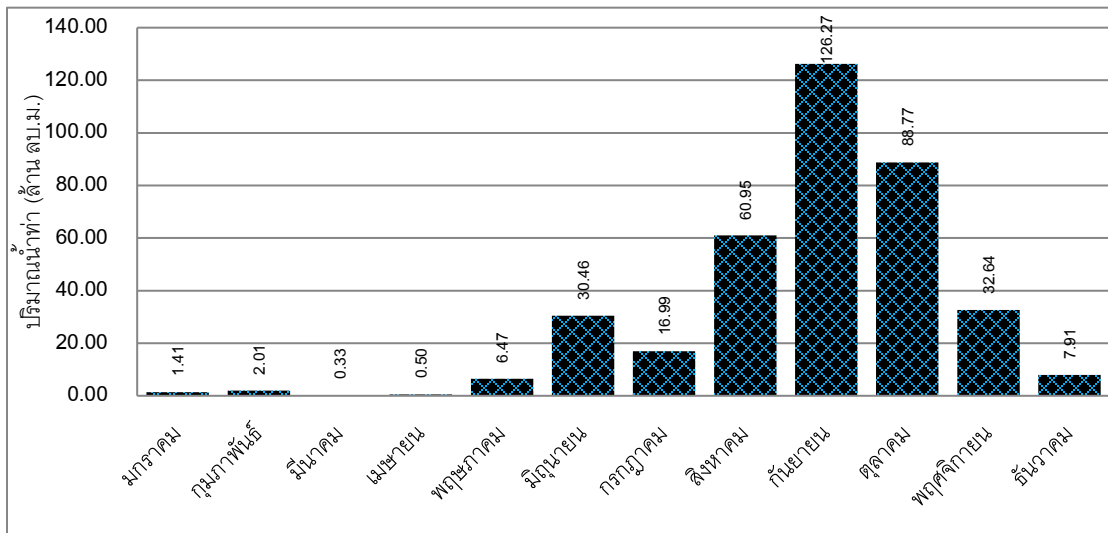
รหัสสถานี	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	R ²	NSE	MSE	ช่วงเวลาเปรียบเทียบ
C 51	ลุ่มน้ำย่อยที่ 3	212.39	0.83	0.80	7.32	ม.ค.56 – มี.ค.57
T12 A	ลุ่มน้ำย่อยที่ 6	318.82	0.85	0.78	13.96	ม.ค.56 - ธ.ค.57

5. ผลการศึกษาการจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่า

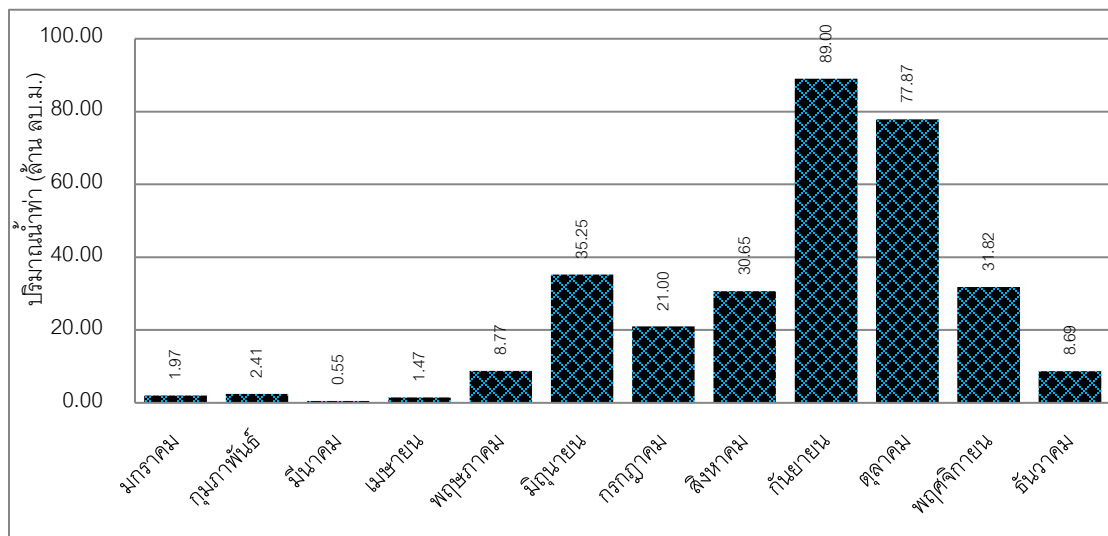
การจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำท่าจีน ตอนบน ทั้ง 2 กรณี (กรณี 1 และ 2) ดังตารางที่ 3 พบว่า ในช่วงกรณี 1 ลุ่มน้ำท่าจีนตอนบนมีปริมาณน้ำท่ารวม เท่ากับ 374.74 ล้าน ลูกบาศก์เมตรต่อปี แบ่งออกเป็นปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝน (Wet flow) ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม เท่ากับ 329.93 ล้าน ลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูแล้ง (Dry flow) ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน เท่ากับ 44.81 ล้านลูกบาศก์ เมตร คิดเป็นสัดส่วนของปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝนต่อปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูแล้งของพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนตอนบน เท่ากับ 7.36 : 1 ซึ่งเมื่อจำแนกปริมาณน้ำท่าออกเป็นช่วงรายเดือน พบว่า ในช่วงเดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำท่าสูงสุด เท่ากับ 126.27 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และเดือนมีนาคมเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำท่าต่ำสุด เท่ากับ 0.33 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อ เดือน ดังภาพที่ 6 ส่วนในช่วง กรณี 2 ปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำท่าจีนตอนบน มีค่าเท่ากับ 309.02 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี ซึ่งเป็น ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้ง (Dry flow) ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน เท่ากับ 46.91 ล้านลูกบาศก์เมตร และ ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูฝน (Wet flow) ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม เท่ากับ 262.52 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็น สัดส่วนของปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝนต่อปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูแล้งของพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนตอนบน เท่ากับ 5.60 : 1 และ เมื่อจำแนกปริมาณน้ำท่าออกเป็นช่วงรายเดือน พบว่า ในช่วงเดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำท่าสูงสุด เท่ากับ 89 ล้าน ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และเดือนมีนาคมเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำท่าต่ำสุด เท่ากับ 0.55 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ดังภาพ ที่ 7

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ.2556-2557 (กรณี 1) และ ปี พ.ศ.2563 (กรณี 2)

ประเภทการใช้ที่ดิน	การใช้ประโยชน์ที่ดิน (กรณี 1) (ตารางกิโลเมตร)	ร้อยละ (%)	การใช้ประโยชน์ที่ดิน (กรณี 2) (ตารางกิโลเมตร)	ร้อยละ (%)
พื้นที่พืชไร่	2,006.86	38.20	2,087.45	39.73
พื้นที่ป่าไม้ผลัดใบ	967.30	18.41	940.50	17.90
พื้นที่อื่นๆ	91.60	1.74	102.38	1.95
พื้นที่สวนผลไม้	79.85	1.52	68.39	1.30
พื้นที่นาข้าว	1,520.91	28.95	1,477.34	28.12
พื้นที่ป่าปลูก	3.85	0.07	3.27	0.06
พื้นที่ไม้ยืนต้น	150.11	2.86	152.70	2.91
พื้นที่ที่อยู่อาศัย	269.99	5.14	241.10	4.59
พื้นที่แหล่งน้ำ	163.49	3.11	180.84	3.44
รวม	5,253.96	100.00	5,253.96	100.00



ภาพที่ 6 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนภายในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจินตอนบนในช่วงปี พ.ศ.2556 ถึง พ.ศ.2557 (กรณี Scenario 1)



ภาพที่ 7 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของลุ่มน้ำท่าจินตอนบน ปี พ.ศ.2563 (กรณี Scenario 2)

ส่วนผลการศึกษาปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นทั้ง 2 กรณี (กรณี 1 และ 2) พบว่า ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในช่วงปี พ.ศ.2563 (กรณี 2) ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT พบว่า ในช่วงเดือนกันยายนมีปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นสูงสุด เนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝนและมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด และในช่วงเดือนธันวาคมถึงเมษายนมีปริมาณน้ำท่าที่น้อย เนื่องจากเป็นช่วงฤดูแล้งปริมาณฝนรายเดือนที่เกิดขึ้นน้อย ส่วนใหญ่ของปริมาณน้ำท่าในลำน้ำที่เกิดขึ้นมาจากน้ำใต้ดินที่ระบายออกมาเป็นหลัก ซึ่งปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำท่าจินตอนบนในช่วงกรณี 2 มีปริมาณลดน้อยลง เท่ากับ 65.09 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในช่วงกรณี 1 อาจเนื่องมาจากพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้ผลัดใบมีขนาดพื้นที่ลดน้อยลงและบางส่วนถูกเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่พืชไร่ มีการไถพรวนทำให้โครงสร้างดินเกิดการเปลี่ยนแปลงและเกิดการอัดแน่น จึงทำให้น้ำไม่สามารถซึมลงไปยังดินชั้นล่างเพื่อเก็บสะสมไว้เป็นน้ำใต้ดินและระบายออกมาในช่วงฤดูแล้ง เมื่อมีฝนตกลงมา

โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนที่มีปริมาณฝนรายเดือนสูง แต่ปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะกลายเป็นการไหลบนผิวดินและไหลสู่ลำน้ำออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำเร็วขึ้นจึงทำให้ปริมาณน้ำท่าที่เกิดลดน้อยลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Xiaob *et al.* (2008) พบว่า โดยใช้แบบจำลอง SWAT ในการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่าและสิ่งปกคลุมดินในลุ่มน้ำ Cedar Creek พบว่า ปริมาณน้ำท่าและตะกอนมีความเชื่อมโยงกับพื้นที่เพาะปลูก โดยการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าจะขึ้นอยู่กับสิ่งปกคลุมดินเป็นหลัก รวมทั้ง Cao *et al.* (2009) ได้จำลองผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินต่อวิกฤตการณ์ภัยแล้งน้ำของลุ่มน้ำ Motueka ประเทศนิวซีแลนด์ โดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ซึ่งจำลองสถานการณ์ออกเป็น 2 กรณี คือ การจำลองสิ่งปกคลุมดินในอดีต และการจำลองการปลูกต้นไม้เพิ่มเติมพื้นที่ พบว่า การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินมีผลต่อปริมาณน้ำท่า ดังนั้นจึงควรมีการอนุรักษ์และฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณพื้นที่ต้นน้ำควรรักษาไว้ไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นการใช้ประโยชน์ประเภทอื่นๆ ร่วมกับการใช้มาตรการด้านกฎหมายเข้ามาควบคุมอย่างเคร่งครัดเพื่อเป็นการปกป้องและอนุรักษ์พื้นที่ป่าไม้ให้คงอยู่อย่างยั่งยืน รวมถึงในช่วงฤดูฝนที่มีปริมาณน้ำท่าสูงควรหาพื้นที่กักเก็บน้ำ เช่น พื้นที่หนองน้ำ อ่างเก็บน้ำ ฝายชะลอน้ำ เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำไว้ใช้ในช่วงฤดูแล้ง เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

การจำลองแบบพลวัตเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำท่าจันทอนบน พบว่า การเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำท่าจันทอนบน ในปี พ.ศ. 2556 - 2557 (กรณี 1) มีปริมาณน้ำท่า เท่ากับ 374.74 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ในช่วงเดือนกันยายนมีปริมาณน้ำท่าสูงสุด เท่ากับ 126.27 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และต่ำสุดในเดือนมีนาคม เท่ากับ 0.33 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ส่วนการเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำท่าจันทอนบน ในปี พ.ศ. 2563 (กรณี 2) พบว่า ปริมาณน้ำท่าลดลง เท่ากับ 65.72 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี เมื่อเทียบกับช่วงกรณี 1 โดยในเดือนกันยายนมีปริมาณน้ำท่าสูงสุด เท่ากับ 89 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และต่ำสุดในเดือนมีนาคม เท่ากับ 0.55 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิชัยพัฒนาที่สนับสนุนเงินทุนวิจัยและเจ้าหน้าที่โครงการศึกษาและวิจัยสิ่งแวดล้อมหมักเบียร์อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างในครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบคุณ ศ.ดร. นิพนธ์ตั้งธรรม อาจารย์ที่ปรึกษา รวมถึงครอบครัวพี่สมบุญทุกท่านที่ให้กำลังใจ สนับสนุนมาโดยตลอดการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง (References)

- Abbaspour, K.C. (2013). SWAT-CUP 2012, SWAT Calibration and Uncertainty Programs – A User Manual. (pp. 103).
- Abbaspour, K.C., Johnson, C.A., & Van Genuchten, M.T. (2004). Estimating uncertain flow and transport parameters using a sequential uncertainty fitting procedure. *Vadose Zone Journal*, 3 (4), 1340-1352.

- Arnold, J.G., Moriasi, D.N., Gassman, P.W., Abbaspour, K.C., White, M.J., Srinivasan, R., Santhi, C., Harmel, R.D., Van Griensven, A., Van Liew, M.W., Kannan, N., & Jha, M.K. (2012). Swat: model use, calibration, and validation. *Transactions of the Asabe*, 55 (4), 1491-1508.
- 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.
- Donigain, A.S.Jr. (2002). Watershed Model Calibration and Validation-The HSPF Experience. AQUA TERRA Consultants, 2685 Marine Way, Suite 1314. *Mountain View. CA 94043*.
- Eastman, J.R. (2009). Idrisi Taiga, Guide to GIS and Image Processing, Manual Version 16.02. Clark University. (pp. 342).
- 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.
- Land Development Department. (2002). Evaluation of the Universal Soil Loss in Thailand. *Ministry of Agriculture and Cooperatives*. Bangkok. (in Thai)
- Land Development Department. (2010). Soil Resources Survey and Research Division. *Ministry of Agriculture and Cooperatives*. Bangkok. (in Thai)
- Land Development Department. (2014). Geographic Information System Soil and Land use. *Ministry of Agriculture and Cooperatives*. Bangkok. (in Thai)
- Nash, J.E. & Sutcliffe, J.V. (1970). River Flow Forecasting Through Conceptual Models, Part 1: A Discussion of Principles. *Journal of Hydrology*, 10 (3), 282-290.
- Nipon, T. (2006). Watershed Management and Environment System Modelling. *Forestry Research Center, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok*. (in Thai)
- Noppamard, N. (2004). Effects of Land Use Patterns on Surface Water Quality of Middle-Lower Tha-Chin River. *Master of Science (Environmental Science)*, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Oeurng, C., Sauvage, S., & Sanchez-Perez, J.M. (2011). Assessment of hydrology, sediment and particulate organic carbon yield in a large agricultural catchment using the SWAT model. *Journal of Hydrology*, 401 (3-4), 145-153.
- Oning, V. (2008). Study on Water Quality and Heavy Metals in Water, Sediment and some Aquatic Plants in the Tha Chin River. *Master of Science (Marine Science)*, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Pinglot, F. (2012). Mountainous River Stream Flow Modeling Via ArcSWAT: A Challenge, Toulouse.
- Pollution Control Department. (2002). Report on Thailand's Pollution Situation. *Ministry of Natural Resources and Environment*. Bangkok. (in Thai)

- Ross, S.M. (2010). Chapter 4 - Markov chains, in: S.M. Ross (Ed.), Introduction to Probability Models (Tenth Edition), tenth edition, *Academic Press*, Boston. (pp. 191-290).
- Royal Irrigation Department. (2014). Regional Irrigation office, *Ministry of Natural Resources and Environment*. Bangkok. (in Thai)
- Rutherford, G., Guisan, A., & Zimmermann, N. (2007). Evaluating sampling strategies and logistic regression methods for modelling complex land cover changes. *Journal of Applied Ecology*, 44(2), 414-424.
- Sinha, P., & Kimar, L. (2013). Markov land cover change modeling using Pairs of time-series satellite images. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 79, 1037-1051.
- 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.
- Yang, J., Reichert, P., Abbaspour, K.C., Xia, J., & Yang, H. (2008). Comparing uncertainty analysis techniques for a SWAT application to the Chaohe Basin in China. *Journal of Hydrology*, 358 (1-2), 1-23.