

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ต้นน้ำต่อปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลานจังหวัดกำแพงเพชร

Land Use Changes of Head Watershed Area on Streamflow, Suspended Sediment and Water Quality in Khlong Lan Watershed, Kamphaeng Phet Province

บรรจงศักดิ์ พักสมบุญ^{1*}, วิลัยลักษณ์ สอนมะลิ¹, นพรัตน์ ไชยวิโน¹, นเรศ ขำเจริญ¹ และ สินีภา บัวสรวง²

Banchongsak Faksomboon^{1*}, Wilailak Suanmali¹, Nopparat Chaivino¹, Nares Khamcharoen¹

and Sineepa Buasruang²

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

² สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (สำนักงานใหญ่)

¹ Department of Environmental Sciences, Faculty of Science and Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University

² Geo-Informatics & Space Technology Development Agency (Public Organization)

Received : 2 January 2019

Revised : 11 March 2019

Accepted : 20 March 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ต้นน้ำต่อปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการประเมินปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์บริเวณพื้นที่ต้นน้ำในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2560 ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ.2561 และสอบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองจากข้อมูลการตรวจวัดจริง โดยการปรับค่าสัมประสิทธิ์พารามิเตอร์ที่สำคัญโดยใช้โปรแกรม SWAT CUP ซึ่งความถูกต้องและความเหมาะสมพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) ความแม่นยำของแบบจำลอง (NSE) และร้อยละของความแตกต่าง (MSE) ผลการศึกษา พบว่า ลุ่มน้ำคลองลานมีขนาดพื้นที่เท่ากับ 90.07 ตารางกิโลเมตร 11 หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา โดยช่วงกรณี Scenario 1 สถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในสภาพที่เป็นอยู่จริง มีปริมาณน้ำท่ารวมเท่ากับ 28.73 ล้านลูกบาศก์เมตร ตะกอนแขวนลอยรวมเท่ากับ 2.386 ตัน และคุณภาพน้ำ (BOD) เฉลี่ยเท่ากับ 0.55 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนช่วงกรณี Scenario 2 สถานการณ์จำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยยึดตามหลักขอบเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติคลองลาน พบว่า มีปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 10.15 ล้านลูกบาศก์เมตร ตะกอนแขวนลอยลดเท่ากับ 0.655 ตัน และคุณภาพน้ำ (BOD) เฉลี่ยลดลงเท่ากับ 0.076 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเทียบกับช่วงกรณี Scenario 1 เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้และการลดลงของพื้นที่พืชไร่ สวนผลไม้ ผสม พื้นที่เบ็ดเตล็ด และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง

คำสำคัญ : การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน, พื้นที่ต้นน้ำ, ปริมาณน้ำท่า, ตะกอนแขวนลอย, ลุ่มน้ำคลองลาน

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

Abstract

The objective of this work was to study the land use changes of head watershed area on streamflow (Q), suspended sediment (SS) and water quality (Biochemical Oxygen Demand; BOD) in Khlong Lan Watershed (KLW). The SWAT (Soil and Water Assessment Tool) model and GIS (Geographic Information System) were applied to estimate amount of the streamflow, suspended sediment and BOD from the land use changes of head watershed area during November 2017 to October 2018. The reliability of the model was calibrated with the observed data 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 (NSE) and mean squared error (MSE). The results showed that the KLW area was 90.07 km², 11 hydrological response units. The Scenario 1: The land use at the existing condition, indicated that the total amount of streamflow was 28.73 MCM, total suspended sediment was 2.386 tons and average BOD was 0.55 mg/L. The simulation of the Scenario 2: The land use based on the Khlong Lan National Park boundary, implied that the total amount of the streamflow an increasing to 10.15 MCM, suspended sediment was decreased to 0.655 tons and average BOD was decreased 0.076 mg/L when compared to the Scenario 1 because of increasing in forest area and decreased field crops, orchard, other area and urban area.

Keywords : land use changes, head watershed area, streamflow, suspended sediment, Khlong Lan Watershed

บทนำ

มนุษย์ดำรงชีวิตอยู่ท่ามกลางปัญหาวิกฤติน้ำ ทั้งปัญหาการขาดแคลนน้ำและปัญหาคุณภาพน้ำ น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความจำเป็นสำหรับทุกสรรพสิ่ง ปัจจุบันจำนวนประชากรภายในประเทศมีเพิ่มมากขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจึงทำให้มีความต้องการในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบุกรุกพื้นที่ต้นน้ำเพื่อทำการเกษตรในพื้นที่สูงก่อให้เกิดปัญหาต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ พื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร เป็นหนึ่งในลุ่มน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเพิ่มสูงขึ้น มีการใช้ประโยชน์ที่ดินผิดประเภท ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านผลผลิตน้ำทั้งในส่วนของปริมาณ คุณภาพ และระยะเวลาไหลของน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงและมีแนวโน้มเสื่อมโทรมที่ความรุนแรงมากขึ้น สาเหตุหลักเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ รวมถึงการบุกรุกพื้นที่ต้นน้ำลำธารเพื่อขยายพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้น ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่อย่างจำกัดลดน้อยลงจนน่าเป็นห่วง การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ต้นน้ำต่อปริมาณน้ำท่า และคุณภาพน้ำ ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน ได้ประยุกต์แบบจำลองทางอุทกศาสตร์ (SWAT) ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อคาดการณ์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ต้นน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน ซึ่ง Nopparmard (2004); Neitsch *et al.* (2011) รายงานว่า แบบจำลอง SWAT เป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินปริมาณน้ำท่าและคุณภาพน้ำภายในพื้นที่ลุ่มน้ำ สามารถคำนวณได้เป็นรายวัน รายเดือน รวมถึงช่วงเวลาต่อเนื่องที่ยาวนานได้

จากสถานการณ์ปัญหาดังกล่าวจึงควรได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน เพื่อบรรเทาปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณพื้นที่ป่าต้นน้ำ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งยวดต่อสิ่งมีชีวิต ระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม ตลอดจนสามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดความเหมาะสมอย่างเป็นระบบและเกิดความยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์และข้อมูล

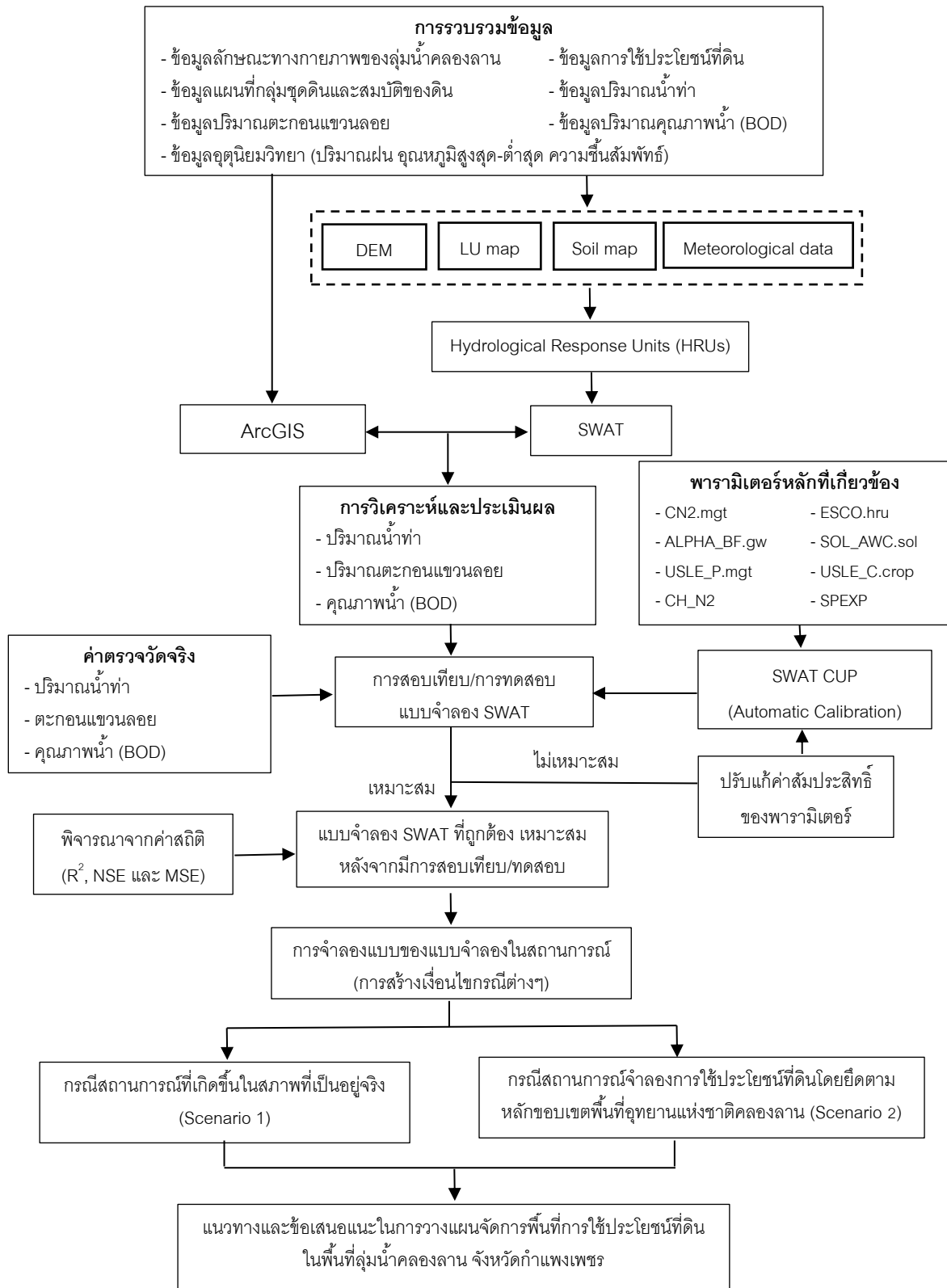
อุปกรณ์หลักที่ใช้สำหรับการศึกษารุ่นนี้ประกอบด้วย เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal computer) โดยติดตั้งระบบปฏิบัติการ Microsoft windows 10, แบบจำลองประเมินอุทกวิทยา (Soil and Water Assessment Tool; SWAT), โปรแกรม SWAT Calibration Uncertainty Procedure (SWAT CUP), โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System; GIS), โปรแกรม Microsoft office 2013, โปรแกรม EditPlus text editor, ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลชุดดิน, ข้อมูลปริมาณน้ำท่า, ข้อมูลปริมาณตะกอนแขวนลอย, ข้อมูลคุณภาพน้ำ (Biochemical Oxygen Demand; BOD), กล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Digital camera)

วิธีการ

การศึกษากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ต้นน้ำต่อปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน มีกรอบแนวคิด วิธีการ และขั้นตอนการดำเนินงานของการศึกษาที่สำคัญ ดังภาพที่ 1 มีรายละเอียดดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ดังตารางที่ 1 ประกอบด้วยข้อมูลเส้นชั้นความสูง (Contour) แล้วนำมาสร้างแบบจำลองพื้นผิวเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model; DEM) โดยจัดระดับความสูงที่ห่างกันทุกๆ ระยะ 10 เมตร เพื่อเพิ่มความละเอียดในการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use map) ในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2559 นำมาวิเคราะห์และจัดรวมกลุ่มประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีความเหมือนและคล้ายคลึงกันให้อยู่ในกลุ่มหรือชนิดเดียวกัน ข้อมูลชุดดิน (Soil map) มาตราส่วน 1:50,000 และการกระจายตัวของดินชุดต่างๆ ของกรมพัฒนาที่ดิน ข้อมูลปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) จากการตรวจวัดจริงในพื้นที่ศึกษาบริเวณจุดออกของน้ำ (Outlet) ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2560 ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ.2561 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (Meteorological data) ซึ่งเป็นข้อมูลการตรวจวัดเป็นแบบอัตโนมัติ (ข้อมูลรายวัน) ประกอบด้วยข้อมูลปริมาณฝน ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ (ต่ำสุด-สูงสุด) ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ จากสถานีตรวจสภาพภูมิอากาศจังหวัดกำแพงเพชร และข้อมูลขอบเขตการปกครอง ซึ่งแบบจำลอง SWAT จะมีการทำงานร่วมกับโปรแกรม GIS ในการจำลองลักษณะทางอุทกวิทยาและการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ต้นน้ำต่อปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของการศึกษา

ตารางที่ 1 ข้อมูลหลักที่ได้จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและได้รับการตรวจวัดจริงในพื้นที่ศึกษา

ลำดับ	รายละเอียด	ลักษณะข้อมูล	แหล่งที่มา
1	ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	Gis file	กรมพัฒนาที่ดิน
2	ข้อมูลกลุ่มชุดดินและสมบัติดิน	Gis file	กรมพัฒนาที่ดิน
3	ข้อมูลขอบเขตการปกครอง	Gis file	กรมพัฒนาที่ดิน
4	ข้อมูลเส้นชั้นความสูง	Gis file	กรมแผนที่ทหาร
5	ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา	Gis file	กรมอุตุนิยมวิทยา
6	ข้อมูลปริมาณน้ำท่า	Excel file	ตรวจวัดจริง
7	ข้อมูลปริมาณตะกอนแขวนลอย	Excel file	ตรวจวัดจริง
8	ข้อมูลคุณภาพน้ำ (BOD)	Excel file	ตรวจวัดจริง

2. การวิเคราะห์และประเมินผลข้อมูล

การวิเคราะห์และประเมินผลข้อมูลในการศึกษาค้างนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) ที่ได้จากการตรวจวัดจริงในพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้ในการเป็นฐานข้อมูลการปรับเทียบ/ทดสอบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT และ 2) การประเมินผลวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) ด้วยแบบจำลอง SWAT โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนการศึกษาดังนี้

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) รายเดือนในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2560 ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ.2561 เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการปรับเทียบ/ทดสอบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT ให้มีความใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดมากที่สุดก่อนนำแบบจำลองที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ต่างๆ

2.2 การประเมินผลปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) ด้วยแบบจำลอง SWAT ซึ่งเป็นเครื่องมือในการศึกษา โดยนำเข้าข้อมูล 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) การนำเข้าข้อมูลทางด้านกายภาพเชิงพื้นที่ และ 2) การนำเข้าข้อมูลในรูปแบบของตารางข้อมูล โดยมีขั้นตอนและรายละเอียดในการประเมินดังนี้

2.2.1 การกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาหรือขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร เริ่มจากการนำเข้าข้อมูล DEM ซึ่งถูกแปลงให้เป็นข้อมูลในรูปแบบของราสเตอร์หรือเป็นข้อมูลในรูปแบบของกริดเซลล์รูปเหลี่ยม โดยข้อมูล DEM นี้จะใช้ในการประเมินสภาพทางกายภาพโดยทั่วไปภายในพื้นที่ลุ่มน้ำ เช่น การสร้างขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน การสร้างทิศทางการไหลของน้ำ การสร้างผลรวมของการไหลสะสมของน้ำ การสร้างระดับความลาดชันของพื้นที่ การสร้างระบบโครงข่ายลำน้ำภายในพื้นที่ลุ่มน้ำ รวมถึงการสร้างพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร เป็นต้น

2.2.2 การกำหนดลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยทำการรวมประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีลักษณะใกล้เคียงหรือคล้ายคลึงกันจัดให้อยู่ในกลุ่มหรือประเภทเดียวกัน พร้อมทั้งกำหนดรหัสตัวอักษรหลัก 4 ตัว (A - Z) ให้กับกลุ่มหรือประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นๆ โดยพิจารณาจากฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหลัก เพื่อให้ข้อมูลดังกล่าวมีการเชื่อมโยงตรงกันระหว่างข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ศึกษากับข้อมูลพื้นฐานของแบบจำลอง SWAT (Neitsch *et al.*, 2011)

2.2.3 การกำหนดลักษณะของกลุ่มชุดดินและสมบัติของดิน โดยการนำเข้าสู่ข้อมูลแผนที่ลักษณะของกลุ่มชุดดิน และสมบัติของดินเข้าสู่แบบจำลอง SWAT พร้อมทั้งสร้างตารางเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลชุดดินและสมบัติของดินของพื้นที่ศึกษา กับแบบจำลองให้ตรงกัน (Neitsch *et al.*, 2011) ในลักษณะเดียวกันกับการกำหนดลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

2.2.4 การกำหนดหน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrological Response Units; HRUs) เป็นการกำหนดความละเอียดของหน่วยพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน โดยให้พื้นที่ลุ่มน้ำสามารถมีลักษณะ HRUs ที่หลากหลาย เช่น ตามลักษณะประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ลักษณะของกลุ่มชุดดินและสมบัติของดิน ความลาดชันของพื้นที่ เป็นต้น ซึ่งในแต่ละ HRUs จะมีความแตกต่างของแต่ละพื้นที่หรือแต่ละกริดเซลล์ รวมถึงการกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ทางด้านอุทกวิทยาที่เกิดจากปัจจัยทางด้านอุทกนิยมนวิทยา ซึ่งการกำหนด HRUs มีผลต่อการประเมินของแบบจำลอง SWAT สูง

2.2.5 การนำเข้าสู่ข้อมูลด้านอุทกนิยมนวิทยา ข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่นำเข้าสู่ในการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT ประกอบด้วย 3 พารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ 1) ข้อมูลปริมาณฝน 2) ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ (สูงสุด-ต่ำสุด) และ 3) ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งข้อมูลอุทกนิยมนวิทยาที่นำเข้าสู่ในแบบจำลองเป็นข้อมูลรายวัน (Thai Meteorological Department, 2018) โดยจะต้องจัดทำข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของตารางลำดับเรียงกันอย่างต่อเนื่องตามที่แบบจำลอง SWAT ต้องการตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2560 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2561 และก่อนการนำเข้าสู่ข้อมูลจะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อนนำมาใช้ในการประเมิน เช่น ข้อมูลค่าคลาดเคลื่อน ข้อมูลขาดหาย ข้อมูลผิดปกติหรือไม่สามารถตรวจวัดได้ เป็นต้น เพื่อให้ข้อมูลที่ใช้ในการนำเข้าสู่แบบจำลอง SWAT มีความถูกต้องมากที่สุด

2.3 การสอบเทียบและปรับเทียบแบบจำลอง SWAT เป็นกระบวนการที่ทำให้แบบจำลองให้ผลลัพธ์มีความถูกต้องสอดคล้อง และมีความสมเหตุสมผลต่อสภาพธรรมชาติหรือลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำที่เป็นอยู่จริงให้มากที่สุด ซึ่ง Nipon (2006); Donigain (2002); Guan *et al.* (2011) กล่าวว่า การสอบเทียบหรือการปรับเทียบ คือ การทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นด้วยข้อมูลสารสนเทศที่มีการตรวจวัดไว้แล้วทั้งส่วนที่เป็นข้อมูลสารสนเทศนำเข้าและข้อมูลสารสนเทศที่เป็นผลลัพธ์ เพื่อเป็นการปรับ หรือประมาณค่าปัจจัยในกรณีที่ยังไม่มีข้อมูลปรากฏ ส่วนการทดสอบเพื่อความมั่นใจ เป็นการเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ตรวจวัดจากระบบสิ่งแวดล้อมจริง โดยการสอบเทียบแบบจำลอง SWAT ใช้ข้อมูลจากผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดหรือจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2560 ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ.2561 โดยการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม SWAT CUP (Abbaspour *et al.*, 2007; Abbaspour *et al.*, 2014) เป็นวิธีการในการปรับเทียบผลของข้อมูลปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) ที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT ซึ่งจุดเด่นของโปรแกรม SWAT CUP จะเป็นการปรับเทียบข้อมูลแบบอัตโนมัติเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมของพารามิเตอร์และเมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์ที่มีความถูกต้องเหมาะสมแล้วจะนำไปใช้แทนค่าสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SWAT อีกครั้ง เพื่อให้ผลการประเมินที่เกิดขึ้นจากแบบจำลอง SWAT มีค่าเข้าใกล้หรือใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดจริงในพื้นที่ศึกษามากที่สุดจึงจะสามารถนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้

2.4 เกณฑ์ในการพิจารณาความเหมาะสมของแบบจำลอง สำหรับวิธีการที่นำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาการปรับเทียบความถูกต้องและเหมาะสมของปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) ที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ประกอบด้วย การใช้รูปแบบของกราฟในการปรับเทียบ ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (Coefficient of Determination; R^2) ค่า Nash-Sutcliffe

Efficiency (NSE) (Nash and Sutcliffe, 1970) และค่าร้อยละของความแตกต่างระหว่างการคำนวณที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง (Mean Squared Error; MSE)

2.5 การประเมินปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) การประเมินผลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ต้นน้ำต่อปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ประกอบด้วยการประเมินปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) ที่เกิดขึ้นรายเดือน ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2560 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2561

2.6 การจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ต้นน้ำต่อปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD)

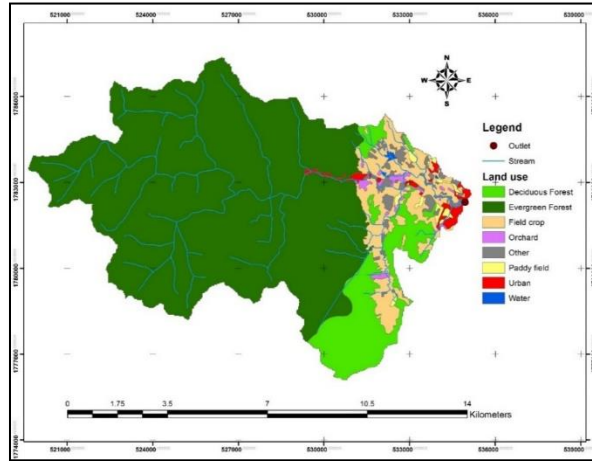
2.6.1 กรณี Scenario 1 การจำลองสถานการณ์กรณีการใช้ประโยชน์ที่ดินภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2560 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2561 ซึ่งเป็นกรณีศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและสอดคล้องกับสภาพที่เป็นอยู่จริง

2.6.2 กรณี Scenario 2 สถานการณ์จำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยยึดตามหลักขอบเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติคลองลานที่ควรจะเป็นพื้นที่ป่าไม้แต่ถูกเปลี่ยนรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นรูปแบบต่างๆ เช่น เกษตรกรรม ที่ชุมชนอยู่อาศัย สวนไม้ผล เป็นต้น ซึ่งเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินดังกล่าวเพิ่มขึ้นให้กลับมาเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้ เพื่อนำผลการศึกษาใช้เป็นแนวทางและข้อเสนอแนะในการวางแผนจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ให้เกิดความเหมาะสม อย่างเป็นระบบ และเกิดความยั่งยืน

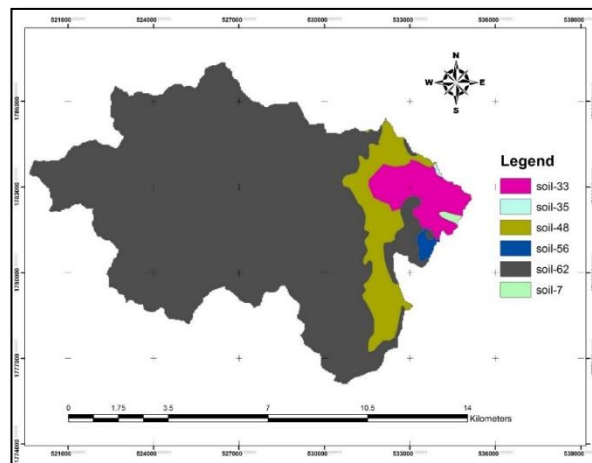
ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพ ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร

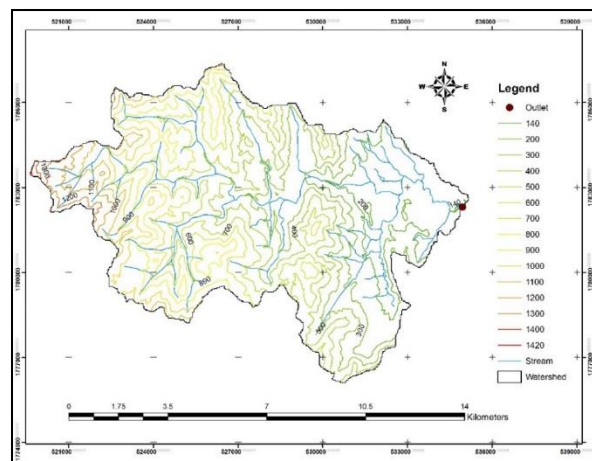
การศึกษาค้นคว้าได้ใช้ข้อมูล DEM ที่มีขนาดความละเอียดเท่ากับ 10 x 10 เมตร และกำหนดจุดออกของน้ำ (Outlet) บริเวณตอนล่างของลุ่มน้ำคลองลาน ซึ่งเป็นตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างในการตรวจวัดปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2560 ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ.2561 พบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 90.07 ตารางกิโลเมตร โดยลักษณะทางกายภาพภายในพื้นที่ลุ่มน้ำมีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันค่อนข้างสูง เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้และบางส่วนอยู่ในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติคลองลาน โดยแบ่งลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 8 ประเภท ดังภาพที่ 2 ได้แก่ 1) พื้นที่ป่าผลัดใบ (FRSD) 2) พื้นที่ป่าไม่ผลัดใบ (FRSE) 3) พื้นที่พืชไร่ (FCRP) 4) พื้นที่ไม้ผล (ORCD) 5) พื้นที่นาข้าว (PDDY) 6) พื้นที่เบ็ดเตล็ด (OTHR) 7) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (URBN) และ 8) พื้นที่แหล่งน้ำ (WATR) ชุดดินแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ดังภาพที่ 3 ได้แก่ ชุดดินที่ 7, 33, 35, 48, 56 และ 62 และเส้นชั้นความสูงภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ดังภาพที่ 4 ซึ่งแบ่งความลาดชันออกเป็น 5 ระดับชั้น ตามการแบ่งระดับชั้นของกรมพัฒนาที่ดิน (Land Development Department, 2002) ได้แก่ ระดับความลาดชันชั้นที่ 1 ความลาดชันร้อยละ 0 - 2 (ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ) ระดับความลาดชันชั้นที่ 2 ความลาดชันร้อยละ 2 - 5 (ลาดชันเล็กน้อย) ระดับความลาดชันชั้นที่ 3 ความลาดชันร้อยละ 5 - 12 (ลาดชันเล็กน้อย) ระดับความลาดชันชั้นที่ 4



ภาพที่ 2 การใช้ประโยชน์ที่ดินภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร



ภาพที่ 3 กลุ่มชุดดินภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร



ภาพที่ 4 เส้นชั้นระดับความสูงภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร

ความลาดชันร้อยละ 12 - 35 (ลาดชันสูงถึงสูงชันปานกลาง) และระดับความลาดชันชั้นที่ 5 ความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 (สูงชันถึงสูงชันมากที่สุด) โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ร้อยละ 62.75 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด เป็นพื้นที่ไม่ผลัดใบหรือป่าดิบสมบูรณ์ รองลงมาคือพื้นที่ป่าผลัดใบ พื้นที่พีชไร่ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด คิดเป็นร้อยละ 9.91, 7.35 และ 1.68 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด ตามลำดับ ส่วนพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีขนาดพื้นที่น้อยที่สุด ได้แก่ พื้นที่แหล่งน้ำ คิดเป็นร้อยละ 0.11 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด

2. ผลการศึกษาหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา

การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นการกำหนดรายละเอียดภายในพื้นที่ลุ่มน้ำให้สามารถมีลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่ให้มีความหลากหลายตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ลักษณะของกลุ่มชุดดิน และความลาดชันภายในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ได้แบ่งลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 8 ประเภท 6 กลุ่มชุดดิน และความลาดชัน 5 ระดับชั้น ตามการแบ่งระดับชั้นของกรมพัฒนาที่ดิน (Land Development Department, 2002) ซึ่งผลจากการกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำทำจินตอนบนทำให้ได้หน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยาทั้งหมดจำนวน 11 HRUs

3. ผลการศึกษาความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ต่อปริมาณตะกอนแขวนลอย

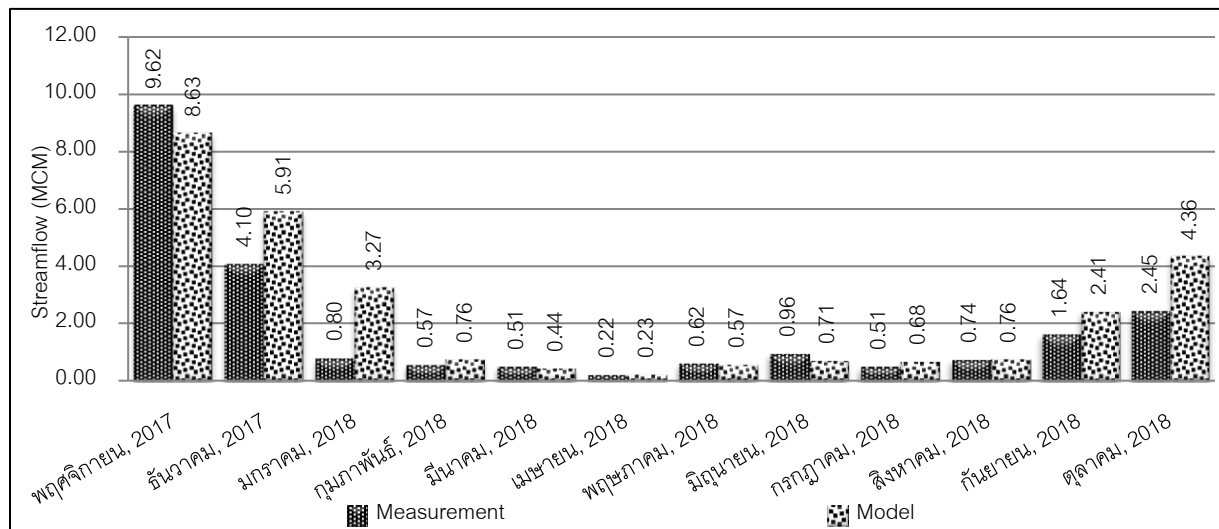
การศึกษาค้นคว้านี้ได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่าสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรม SWAT CUP (Abbaspour, 2013; Arnold *et al.*, 2012) พารามิเตอร์ที่สำคัญและส่งผลต่อปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) ได้แก่ ปัจจัยการไหลพื้นฐาน (ALPHA_BF) เท่ากับ 0.56 (ค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1) ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของลำน้ำ (CH_N2) เท่ากับ 0.18 (ค่าอยู่ระหว่าง -0.01 - 0.3) ค่า curve number หรือค่าการไหล (CN2) เท่ากับ 75.14 (ค่าอยู่ระหว่าง 35-98) ค่าปริมาณน้ำที่ดินสามารถเก็บน้ำไว้ได้ (SOL_AWC) เท่ากับ 0.41 (ค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1) ค่าปัจจัยขดเคยการระเหยจากผิวดิน (ESCO) เท่ากับ 0.37 (ค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1) ค่าพารามิเตอร์เอกซ์โพเนนเชียลของตะกอนในลำน้ำ (SPEXP) เท่ากับ 1.23 (ค่าอยู่ระหว่าง 1 - 1.5) รวมถึงค่าปัจจัยของชนิดพืชพรรณ (USLE_P) และการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (USLE_C) ซึ่งขึ้นกับรูปแบบของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับแก้ให้เกิดความถูกต้องและเหมาะสมเหล่านี้จะถูกนำมาใช้ในการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SWAT

4. ผลการศึกษาการปรับเทียบปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD)

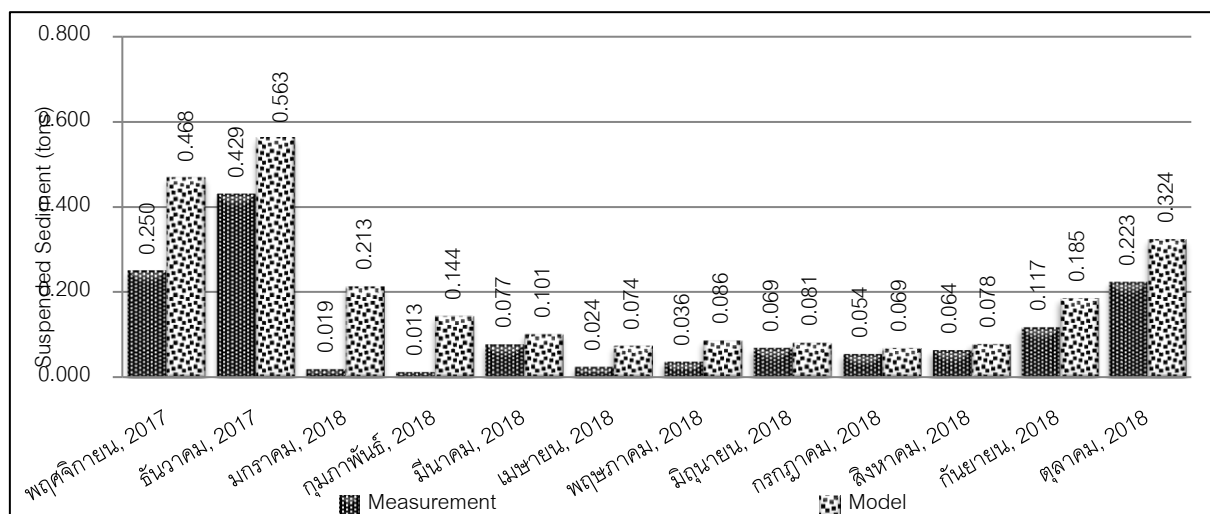
การปรับเทียบปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) ที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT กับค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2560 ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ.2561 อ้างอิงเกณฑ์ของ Nipon (2006) ดัดแปลงจาก Donigain (2002) ดังตารางที่ 2 และ ดังภาพที่ 5 - 7 พบว่า ค่าความถูกต้องและความเหมาะสมพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) ของปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) จัดอยู่ในระดับดี ค่าความแม่นยำของแบบจำลอง (NSE) จัดอยู่ในระดับยอมรับได้ และร้อยละของความแตกต่าง (MSE) จัดอยู่ในระดับดีมาก ตามลำดับ

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) ที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT กับค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร

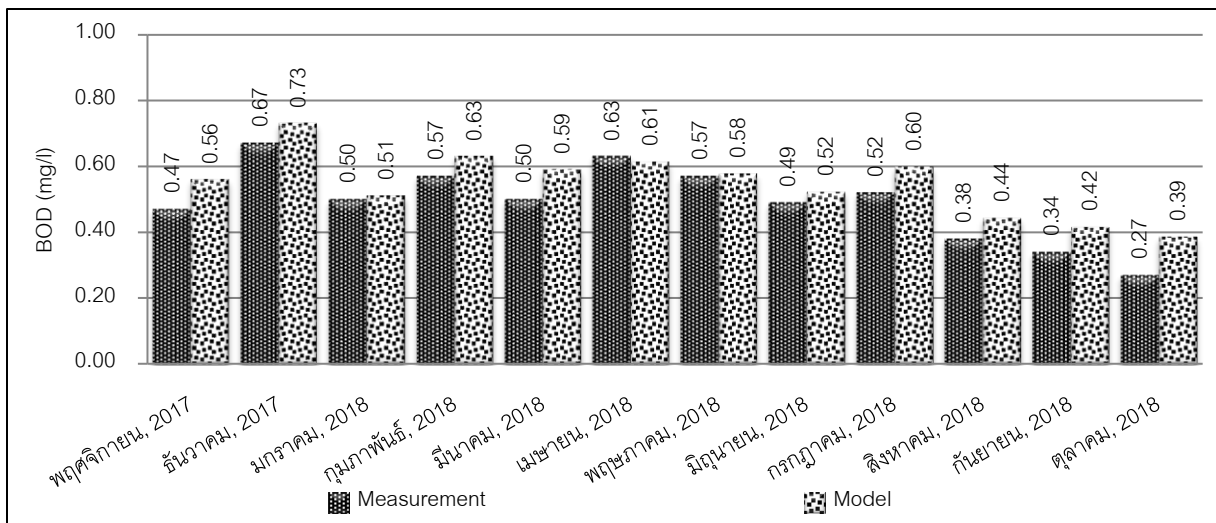
Parameter	R ²	NSE	MSE	Period of Observed Data
Streamflow	0.82	0.81	5.68	November, 2017 - October, 2018
Suspended Sediment	0.78	0.79	6.14	November, 2017 - October, 2018
Water Quality (BOD)	0.76	0.64	7.87	November, 2017 - October, 2018



ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT



ภาพที่ 6 ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT



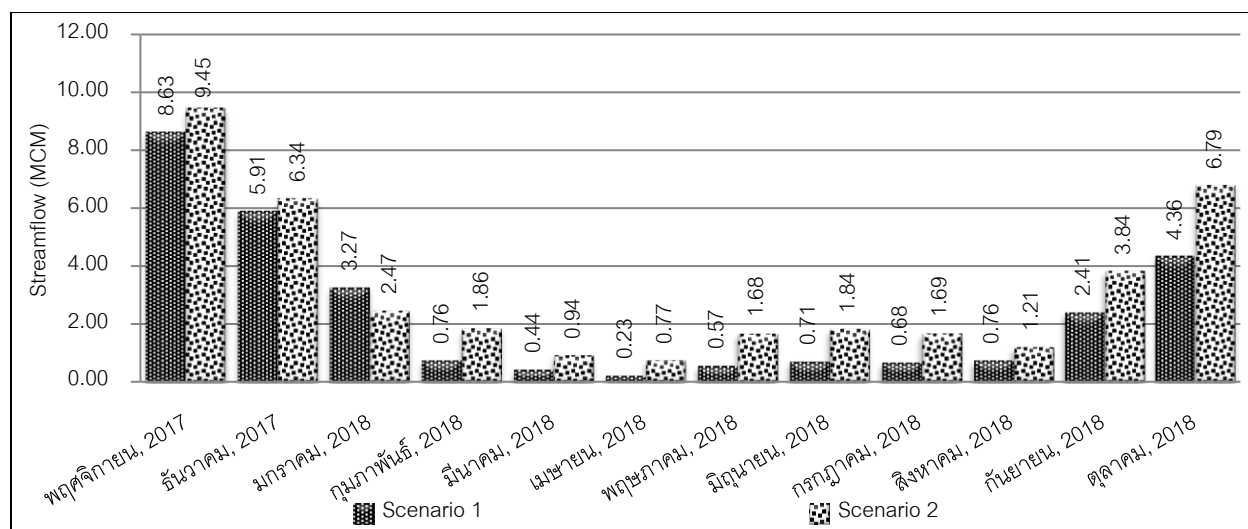
ภาพที่ 7 คุณภาพน้ำ (BOD) ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับคุณภาพน้ำ (BOD) ที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT

5. ผลการศึกษาการจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD)

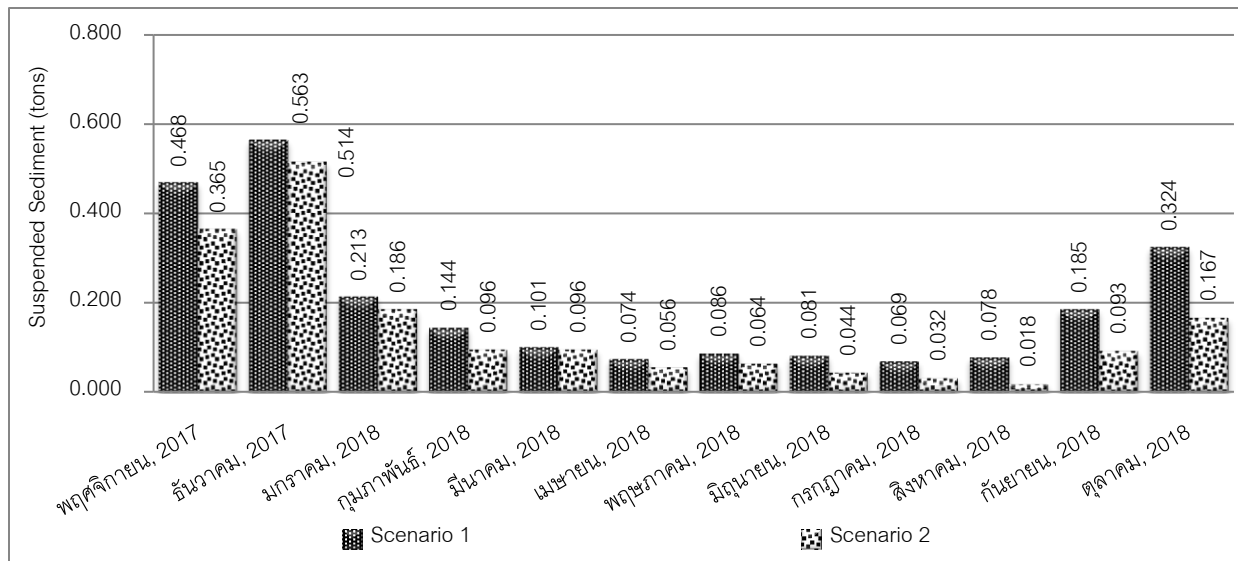
การจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ทั้ง 2 กรณี (กรณี Scenario 1 และ กรณี Scenario 2) ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2560 ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ.2561 ดังตารางที่ 3 พบว่า ในช่วงกรณี Scenario 1 ปริมาณน้ำท่ามีค่าสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน เท่ากับ 8.63 ล้านลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือ เดือนธันวาคม ตุลาคม และมกราคม มีค่าเท่ากับ 5.91, 4.36 และ 3.27 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และต่ำสุดในเดือนเมษายน เท่ากับ 0.23 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนในช่วงกรณี Scenario 2 พบว่า ปริมาณน้ำท่ามีค่าสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน เท่ากับ 9.45 ล้านลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือ เดือนตุลาคม ธันวาคม และกันยายน มีค่าเท่ากับ 6.79, 6.34, และ 3.84 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และต่ำสุดในเดือนเมษายน เท่ากับ 0.77 ล้านลูกบาศก์เมตร ดังภาพที่ 8 ปริมาณตะกอนแขวนลอยในช่วงกรณี Scenario 1 มีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 0.563 ตัน รองลงมาคือ เดือนพฤศจิกายน ตุลาคม และกุมภาพันธ์ มีค่าเท่ากับ 0.468, 0.324 และ 0.144 ตัน ตามลำดับ และต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม เท่ากับ 0.069 ตัน ส่วนในช่วงกรณี Scenario 2 พบว่า ปริมาณตะกอนแขวนลอยมีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 0.514 ตัน รองลงมาคือ เดือนพฤศจิกายน มกราคม และตุลาคม มีค่าเท่ากับ 0.365, 0.186 และ 0.167 ตัน ตามลำดับ และต่ำสุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 0.018 ตัน ดังภาพที่ 9 ส่วนคุณภาพน้ำ (BOD) ในช่วงกรณี Scenario 1 มีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 0.73 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ เดือนกุมภาพันธ์ เมษายน และกรกฎาคม มีค่าเท่ากับ 0.63, 0.61 และ 0.60 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และต่ำสุดในเดือนตุลาคม เท่ากับ 0.39 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในช่วงกรณี Scenario 2 พบว่า คุณภาพน้ำ (BOD) มีค่าสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ เท่ากับ 0.62 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ เดือนธันวาคม พฤษภาคม และเมษายน เท่ากับ 0.60, 0.56 และ 0.54 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และต่ำสุดในเดือนตุลาคม เท่ากับ 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังภาพที่ 10

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร (กรณี Scenario 1 และ กรณี Scenario 2)

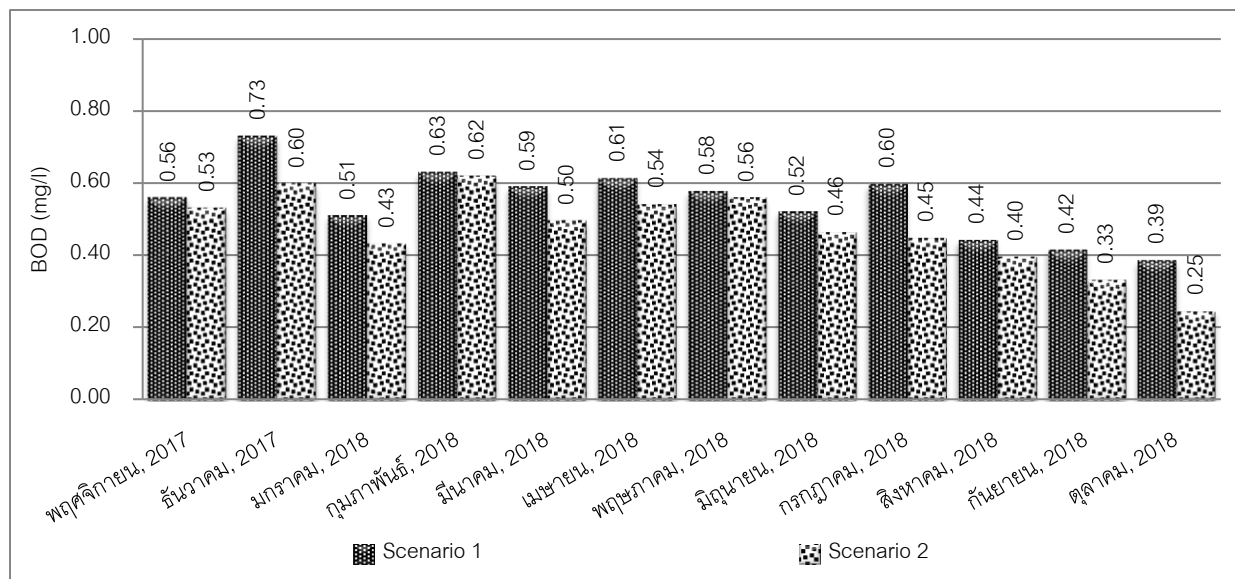
Month	Streamflow (MCM)		Suspended Sediment (tons)		BOD (mg/l)	
	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 1	Scenario 2
November, 2017	8.63	9.45	0.468	0.365	0.56	0.53
December, 2017	5.91	6.34	0.563	0.514	0.73	0.60
January, 2018	3.27	2.47	0.213	0.186	0.51	0.43
February, 2018	0.76	1.86	0.144	0.096	0.63	0.62
March, 2018	0.44	0.94	0.101	0.096	0.59	0.50
April, 2018	0.23	0.77	0.074	0.056	0.61	0.54
May, 2018	0.57	1.68	0.086	0.064	0.58	0.56
June, 2018	0.71	1.84	0.081	0.044	0.52	0.46
July, 2018	0.68	1.69	0.069	0.032	0.60	0.45
August, 2018	0.76	1.21	0.078	0.018	0.44	0.40
September, 2018	2.41	3.84	0.185	0.093	0.42	0.33
October, 2018	4.36	6.79	0.324	0.167	0.39	0.25
Total	28.73	38.88	2.386	1.731	-	-



ภาพที่ 8 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2560 ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ.2561 (กรณี Scenario 1 และ กรณี Scenario 2)



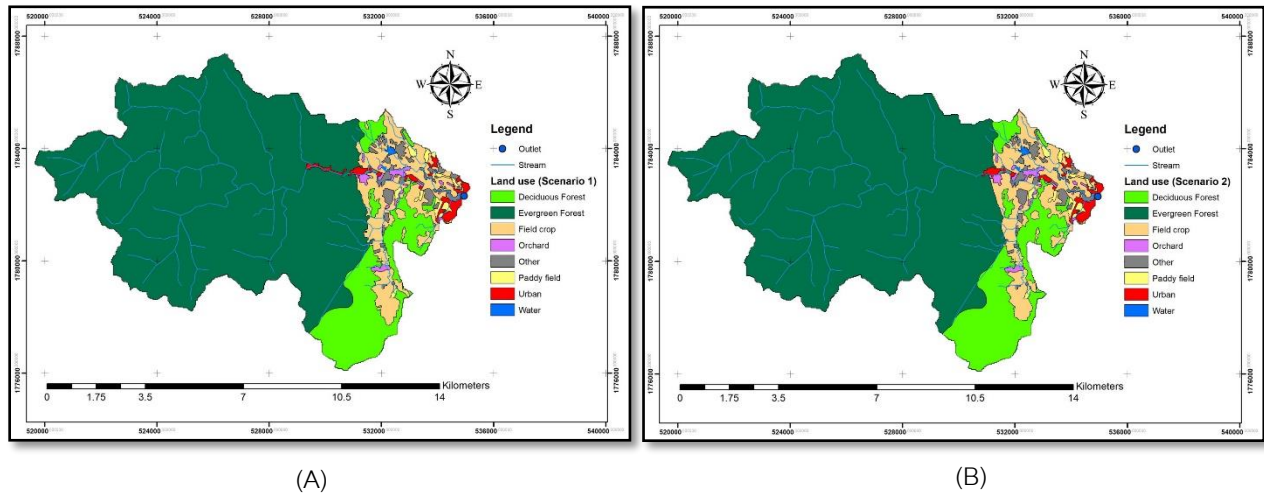
ภาพที่ 9 ปริมาณตะกอนแขวนลอยรายเดือนภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2560 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2561 (กรณี Scenario 1 และ กรณี Scenario 2)



ภาพที่ 10 คุณภาพน้ำ (BOD) รายเดือนภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2560 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2561 (กรณี Scenario 1 และ กรณี Scenario 2)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงขนาดพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ในช่วงกรณี Scenario 1 และ กรณี Scenario 2 ดังภาพที่ 11 และ ดังตารางที่ 4 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ผลัดใบมีการเพิ่มขนาดพื้นที่

สูงสุด เท่ากับ 0.30 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.33 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด รองลงมา ได้แก่ พื้นที่ป่าผลัดใบ และ พื้นที่นาข้าว เท่ากับ 0.21 และ 0.05 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.23 และ 0.05 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด ตามลำดับ ส่วนพื้นที่พืชไร่ มีการลดขนาดพื้นที่ต่ำสุด เท่ากับ 0.30 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.34 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด รองลงมา ได้แก่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เบ็ดเตล็ด และพื้นที่ไม้ผล เท่ากับ 0.15, 0.08 และ 0.03 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.16, 0.09 และ 0.03 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด ตามลำดับ



ภาพที่ 11 การใช้ประโยชน์ที่ดิน ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ในช่วงกรณี Scenario 1 (A) และกรณี Scenario 2 (B)

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงขนาดพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ในช่วงกรณี Scenario 1 และ กรณี Scenario 2

Order	Type of land use	Scenario 1		Scenario 2		Land use change	
		Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
1	Evergreen forest	68.75	76.33	69.05	76.66	0.30	0.33
2	Deciduous forest	9.91	11.00	10.12	11.23	0.21	0.23
3	Field crop	7.35	8.16	7.05	7.83	- 0.30	- 0.34
4	Orchard	0.62	0.68	0.59	0.66	- 0.03	- 0.03
5	Urban	1.04	1.16	0.90	1.00	- 0.15	- 0.16
6	Paddy field	0.61	0.67	0.66	0.73	0.05	0.05
7	Other	1.68	1.87	1.60	1.78	- 0.08	- 0.09
8	Water	0.11	0.12	0.11	0.12	- 0.00	- 0.00
Total		90.07	100.00	90.07	100.00	-	-

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ต้นน้ำต่อปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ในช่วงการใช้ประโยชน์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและสอดคล้องกับสภาพที่เป็นอยู่จริง (กรณี Scenario 1) และ การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสม (กรณี Scenario 2) พบว่า ปริมาณน้ำท่าในช่วงกรณี Scenario 2 ส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นของเดือนเดียวกันในช่วงกรณี Scenario 1 โดยเดือนตุลาคมมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นสูงสุดจาก 4.36 ล้านลูกบาศก์เมตร ในช่วงกรณี Scenario 1 เป็น 6.79 ล้านลูกบาศก์เมตร ในช่วงกรณี Scenario 2 เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.43 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณตะกอนแขวนลอยของเดือนตุลาคมมีการเปลี่ยนแปลงลดลงสูงสุด จาก 0.324 ตัน ในช่วงกรณี Scenario 1 เป็น 0.167 ตัน ในช่วงกรณี Scenario 2 ลดลงเท่ากับ 0.157 ตัน ส่วนคุณภาพน้ำ (BOD) พบว่า เดือนกรกฎาคมมีการเปลี่ยนแปลงลดลงสูงสุดจาก 0.597 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงกรณี Scenario 1 เป็น 0.447 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงกรณี Scenario 2 ลดลงเท่ากับ 0.150 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่เกษตรกรรม ชุมชนอยู่อาศัย และสวนไม้ผล ถูกเปลี่ยนเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งพื้นที่ป่าจะทำหน้าที่คล้ายกับฟองน้ำในการซับน้ำเอาไว้ในดินได้มากกว่าพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นๆ ป่าไม้เป็นแหล่งกำเนิดต้นน้ำลำธารจะทำให้หน้าฝนที่ตกลงมาค่อยๆ ซึมซับลงในดินกลายเป็นน้ำใต้ดินซึ่งจะไหลซึมมาหล่อเลี้ยงให้แม่น้ำลำธารมีน้ำไหลอยู่ตลอดปี เกิดความชุ่มชื้นและควบคุมสภาวะอากาศ ใอน้ำซึ่งเกิดจากการหายใจของพืชที่เกิดขึ้นอยู่มากมายในพื้นที่ป่าไม้ทำให้มีความชื้นสูงเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง ใอน้ำจะกลั่นตัวกลายเป็นเมฆรวมตัวเกิดการควบแน่นกลายเป็นฝนตกลงมาทำให้บริเวณที่มีพื้นที่ป่าไม้มีความชุ่มชื้นอยู่เสมอจึงทำให้มีปริมาณน้ำเพิ่มสูงขึ้นในแต่ละเดือน อีกทั้งป่าไม้ช่วยป้องกันการกัดเซาะและพัดพาหน้าดินจากน้ำฝนและลมพายุ โดยลดแรงปะทะ การหลุดเคลื่อนของดินจึงเกิดขึ้นและยังเป็นการช่วยให้แม่น้ำลำธารต่างๆ ไม่ตื้นเขินอีกด้วยเนื่องจากป่าไม้มีชั้นเรือนยอดที่หลากหลายและมีการปกคลุมพื้นที่ผิวดินมากกว่าพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ซึ่งช่วยลดการชะล้างพังทลายและการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยลงสู่แหล่งน้ำจึงทำให้ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนของในช่วงกรณี Scenario 2 ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงกรณี Scenario 1 ซึ่งปริมาณตะกอนแขวนลอยลดลงส่งผลต่อค่าของคุณภาพน้ำ (BOD) ลดน้อยลง ทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ (Xiaobo *et al.*, 2008; Piyawat, 2012; Oeung *et al.*, 2011) พบว่า ปริมาณน้ำท่าและตะกอนมีความเชื่อมโยงกับพื้นที่เพาะปลูก โดยการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าจะขึ้นอยู่กับสิ่งปกคลุมดินเป็นหลัก รวมทั้ง Cao *et al.* (2009) ได้จำลองผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินต่อวิกฤตการณ์ภัยแล้งน้ำของลุ่มน้ำ Motueka ประเทศนิวซีแลนด์ ซึ่งจำลองสถานการณ์ออกเป็น 2 กรณี คือ การจำลองสิ่งปกคลุมดินในอดีต และการจำลองการปลูกต้นไม้ให้เต็มพื้นที่ พบว่า การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินมีผลต่อปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ และ การศึกษาของ Banchongsak *et al.* (2017) พบว่า ปริมาณตะกอนแขวนลอยและคุณภาพน้ำจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำท่าเป็นหลัก โดยปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากปริมาณฝนรวมถึงระดับน้ำใต้ดิน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ต้นน้ำต่อปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 พบว่า ในช่วงกรณี Scenario 1 ปริมาณน้ำท่ารวมเท่ากับ 28.73 ล้านลูกบาศก์เมตร ตะกอนแขวนลอยรวมเท่ากับ 2.386 ตัน และคุณภาพน้ำ (BOD) เฉลี่ยเท่ากับ 0.55 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนช่วงกรณี Scenario 2 ปริมาณน้ำท่ารวมเท่ากับ 38.88 ล้านลูกบาศก์เมตร ตะกอนแขวนลอยรวมเท่ากับ 1.731 ตัน และคุณภาพน้ำ (BOD) เฉลี่ยเท่ากับ 0.47 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษ ปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำ (BOD) ของ Scenario 1 และ Scenario 2 พบว่า ลุ่มน้ำคลองลาน ในช่วง Scenario 2 มีปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 10.15 ล้านลูกบาศก์เมตร ตะกอนแขวนลอยลดเท่ากับ 0.655 ตัน และคุณภาพน้ำ (BOD) เฉลี่ยลดลง 0.076 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นจึงควรมีการอนุรักษ์และฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณพื้นที่ต้นน้ำหรือพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 1 ควรรักษาไว้เป็นแหล่งต้นน้ำลำธารไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นการใช้ประโยชน์ประเภทอื่นๆ ส่วนพื้นที่ลุ่มและพื้นที่ตอนที่อยู่ตอนกลางของลุ่มน้ำซึ่งส่วนใหญ่เป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบของพื้นที่พืชไร่ พื้นที่ไม้ผล และพื้นที่เบ็ดเตล็ด ควรมีการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำร่วมด้วย เช่น การปลูกพืชแบบหมุนเวียน การปลูกพืชแทรกระหว่างแถว การปลูกพืชแบบปกป้องคลุมดิน การใช้เศษซากพืชและวัสดุคลุมดิน เป็นต้น รวมทั้งการใช้มาตรการด้านกฎหมายเข้ามาควบคุมอย่างเคร่งครัดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ต้นน้ำเพื่อเป็นการปกป้องและอนุรักษ์พื้นที่ป่าไม้ให้คงอยู่อย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการอนุรักษ์และฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณพื้นที่ต้นน้ำหรือพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 1 ที่มีความสูงมากกว่า 700 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ให้เป็นสภาพป่าต้นน้ำและไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นการใช้ประโยชน์ประเภทอื่นๆ ส่วนพื้นที่ลุ่มและพื้นที่ตอนที่อยู่ตอนกลางของลุ่มน้ำซึ่งส่วนใหญ่เป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบของพื้นที่พืชไร่ พื้นที่ไม้ผล และพื้นที่เบ็ดเตล็ด ควรมีการนำมามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำเข้ามาจัดการร่วมด้วย เช่น การปลูกพืชแบบหมุนเวียน การปลูกพืชแทรกระหว่างแถว การปลูกพืชแบบปกป้องคลุมดิน การใช้เศษซากพืชและวัสดุคลุมดิน การปลูกพืชแบบขั้นบันได การยกแปลงและซุดร่องไปตามแนวระดับ การทำคันชลความเร็วของน้ำ การปลูกพืชปุ๋ยสดหรือการปลูกพืชตระกูลถั่วเพื่อไถกลบคลุมเคล้ากับดิน การปลูกพืชสลัปลเป็นแถบที่มีระยะปลูกถี่และห่างสลัปลกันขวางความลาดเทของพื้นที่ตามแนวระดับ เป็นต้น รวมทั้งการใช้มาตรการด้านกฎหมายเข้ามาควบคุมอย่างเคร่งครัดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเป็นการปกป้องและอนุรักษ์พื้นที่ป่าไม้หรือพื้นที่ต้นน้ำรวมถึงลดปัญหาความขัดแย้งเป็นระบบและเกิดความอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่สนับสนุนทุนวิจัย และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณ คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่สนับสนุนให้ความช่วยเหลือในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์

ตั้งธรรม ที่ช่วยชี้แนะถ่ายทอดองค์ความรู้ อบรมสั่งสอนสิ่งที่เป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้า ขอขอบคุณ คุณพ่อบวรจง คุณแม่นารีรัตน์ พัทสนบูรณ ผู้ให้กำเนิด เลี้ยงดู อบรมสั่งสอน ให้คำปรึกษา ความห่วงใย ให้ทุกสิ่งทุกอย่างในชีวิตแก่ข้าพเจ้าจนมิได้ถึงวันนี้ รวมทั้ง นางสาวบวรจงศรี พัทสนบูรณ ที่เป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าอย่างดีตลอดการศึกษาวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- Abbaspour, K.C. (2013). SWAT-CUP 2012, SWAT Calibration and Uncertainty Programs – A User Manual. (pp. 103).
- Abbaspour, K. C., Rouholahnejad, E., Vaghefi, S., Srinivasan, R., & Klove, B. (2014). Modeling Hydrology and Water Quality of the European Continent at a Sub Basin Scale: Calibration of a High resolution Large-Scale SWAT Model. *Journal of Hydrology*, 524, 733-752.
- Abbaspour, K. C., Yang, J., Maximov, I., Siber, R., Bogner, K., Mieleitner, J., Zobrist, J., & Srinivasan, R. (2007). Modeling Hydrological and Water Quality in the Pre-Alpine/Alpine Thur Watershed using SWAT. *Journal of Hydrology*, 333, 413-430.
- 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.
- 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 Tha Chin Watershed, Thailand. *EnvironmentAsia*, 10, 33-42.
- 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.
- 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)
- 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.

- Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., & Williams, J.R. (2011). Soil and Water Assessment Tool. *Theoretical Documentation (Version 2009)*. Retrieved May 1, 2016, from <http://swat.tamu.edu/media/99192/swat2009-theory.pdf>
- Nipon, T. (2006). Watershed Management and Environment System Modelling. *Forestry Research Center, Faculty of Forestry*, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Nopparmard, 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.
- Piyawat, W. (2012). Study of the runoff and sediment in a basin scale using the SWAT model. *Rajamangala University of Technology Lanna*, Chiang rai. (in Thai)
- Thai Meteorological Department. (2018). *Kamphaeng Phet Meteorological Station*. Northern Meteorological Center, Ministry of Information and Communication Technology, Kamphaeng Phet. (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.