

การบริหารจัดการน้ำและประเมินศักยภาพของโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ ภายใต้ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ : กรณีศึกษา เขื่อนจุฬาภรณ์ The impact of Climate Change on Water Management and Pumped Storage Hydropower Capacity : A Case Study of Chulabhorn Dam

กัลยรัตน์ แช่ว่อง¹ จิระวัฒน์ กณะสุต¹ และ คนย์ปภ มณี^{1,*}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

*Corresponding author; E-mail address: donpapob.m@ku.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันความต้องการใช้ไฟฟ้ามีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นแต่ทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้ามีจำกัด อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความรุนแรงเพิ่มขึ้น ส่งผลกระทบต่อพลังงานหมุนเวียนของประเทศ การศึกษาจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางในการบริหารจัดการน้ำอย่างเหมาะสมและประเมินศักยภาพของโรงไฟฟ้าพลังน้ำในสภาพปัจจุบันและอนาคต รวมถึงการวิเคราะห์ปริมาณฝนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าและการผลิตไฟฟ้า โดยงานวิจัยนี้จะประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-ResSim และวิเคราะห์ปริมาณฝนด้วยการใช้ข้อมูลฝนในฉากทัศน์ที่ SSP245 SSP370 และ SSP585 ช่วงปี ค.ศ. 2025-2050 (26 ปี) ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองสภาพภูมิอากาศที่ใช้ในการศึกษานี้มีอยู่ 3 แบบจำลอง ได้แก่ ACCESS-ESM1-5, IPSL-CM6A-LR และ UKESM1-0-LL โดยมีปริมาณฝนในฉากทัศน์ SSP245 เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 1.43 – 8.19 ฉากทัศน์ SSP370 ลดลงร้อยละ 0.19 – 7.31 และฉากทัศน์ SSP585 เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 0.41 – 3.44 ซึ่งปริมาณฝนรายปีในช่วงฤดูแล้งน้อยกว่าปริมาณฝนในอดีตเฉลี่ยประมาณ 0.69 – 27.71 มม. และในช่วงฤดูฝนมากกว่าปริมาณฝนในอนาคตเฉลี่ยประมาณ 2.68 – 36.46 มม. ดังนั้นช่วงฤดูกาลก็จะมีผลต่อปริมาณฝนเช่นเดียวกัน สำหรับผลการจำลองมีผลการสอบเทียบ $R^2 = 0.98 - 0.99$ และค่า RMSE อยู่ที่ 0.77 ม. (ระดับน้ำ), 3.77 ล้าน ลบ.ม. (ปริมาตรน้ำ) ในการจำลองจะใช้ช่วงเวลาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548-2561 (14 ปี) ซึ่งผลการจำลองจะแบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 (โรงไฟฟ้าพลังน้ำในสภาพปัจจุบัน) สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้ารวม 92.21 จิกะวัตต์-ชม. และกรณีที่ 2 (โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับตามความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคต) ได้เพิ่มโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับที่มีการเดินเครื่อง 8 ชม. และสูบกลับ 11 ชม. สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้ารวม 2,403.53 จิกะวัตต์-ชม. ซึ่งผลผลิตของพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 2,506 เมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 แสดงให้เห็นว่าโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับช่วยเพิ่มศักยภาพการผลิตไฟฟ้าเพื่อตอบสนองความต้องการในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การบริหารจัดการน้ำ, โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ, พลังงานไฟฟ้า, การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, แบบจำลอง HEC-ResSim

Abstract

Currently, the growing electricity demand amid limited resources and escalating, climate change is becoming more severe. Impacting the country's renewable energy. The research aims to develop optimal water management strategies and assess the current and future potential of hydropower plants. It also analyzes rainfall patterns under climate change scenarios, which affect runoff and power generation. Using the HEC-ResSim and rainfall data under SSP245 SSP370 and SSP585 scenarios is period 2025–2050 (26 years), The study found climate models used include 3 models: ACCESS-ESM1-5, IPSL-CM6A-LR, and UKESM1-0-LL. Under the SSP245 scenario, rainfall is projected to increase by 1.43–8.19%, SSP370 scenario, it is expected to decrease by 0.19–7.31% and under the SSP585 scenario, rainfall is projected to increase by 0.41–3.44%. Annually, The dry season, rainfall is on average 0.69–27.71 mm lower than historical values, The wet season, it exceeds historical levels by approximately 2.68–36.46 mm, indicating that seasonal variations significantly affect rainfall amounts. The simulation results achieved a calibration R^2 of 0.98–0.99 and RMSE values of 0.77 m. (water level) and 3.77 MCM (Volume). The simulation covered the period from 2005 to 2018 (14 years) and was divided into two cases: Case 1 (current hydropower plants) generated a total of 92.21 GWh, while Case 2 (pumped storage hydropower plants designed to meet future electricity demand) incorporated a configuration of 8 hours of generation and 11 hours of pumping, achieving a total generation of 2,403.53 GWh. which represents a 2,506% increase compared to Case 1. These findings demonstrate that pumped storage hydropower plants can significantly enhance electricity generation capacity to efficiently meet future energy demands.

Keywords: Water Management, Pumped Storage Hydropower, Electrical Energy, Climate Change, HEC-ResSim

1. คำนำ

พลังงานไฟฟ้าถือเป็นพลังงานที่เป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ สังคม และการใช้ชีวิตของประชาชน จึงทำให้ประเทศไทยมีแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 ที่มุ่งเน้นและให้ความสำคัญใน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความมั่นคงทางพลังงาน ด้านเศรษฐกิจ และด้านสิ่งแวดล้อม [1] ซึ่งจากค่าสถิติและพยากรณ์พบว่าความต้องการไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้น ในขณะที่แหล่งพลังงานในการผลิตไฟฟ้ามีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วหมดไป เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ที่เป็นแหล่งพลังงานหลักในการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย โดยมีสัดส่วนกำลังผลิตรวมกันอยู่ที่ประมาณ 12,087 เมกะวัตต์ คิดเป็นร้อยละ 74.44 จากสัดส่วนกำลังผลิตไฟฟ้าทั้งหมด [2] ดังนั้นเพื่อเสริมสร้างเสถียรภาพและความมั่นคงทางด้านพลังงานในประเทศ จึงได้มีการสร้างหรือพัฒนาโรงไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนให้มีประสิทธิภาพและกำลังการผลิตเพิ่มมากขึ้น ซึ่งโรงไฟฟ้าพลังน้ำเป็นพลังงานหลักของพลังงานหมุนเวียน จึงส่งผลให้มีโครงการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับขึ้น

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำจะต้องอาศัยรูปแบบของฝนที่คงที่ หากเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศก็จะส่งผลกระทบต่อรูปแบบของฝน [3] ซึ่งปัจจุบันสภาวะอากาศและสภาพภูมิอากาศมีความแปรปรวนมากยิ่งขึ้น ส่งผลกระทบในทุกภาคส่วน โดยเฉพาะด้านเศรษฐกิจ สังคม และพลังงาน สร้างความเสียหายให้กับประเทศอย่างมหาศาล [4] นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อการจัดการทรัพยากรน้ำ และการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พลังงาน และเศรษฐกิจล้วนแล้วมีความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกันที่จะส่งผลกระทบต่อพัฒนาของประเทศไทย

ในการศึกษานี้ได้เลือกพื้นที่เขื่อนจุฬาภรณ์เป็นกรณีศึกษา เนื่องจากพื้นที่เขื่อนจุฬาภรณ์เป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง โดยมีค่าความต่างระดับระหว่างเขื่อนจุฬาภรณ์กับโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์อยู่ที่ 375 เมตร ตามรายงานการศึกษาความเหมาะสมโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์แบบสูบกลับ [5] จึงทำให้เขื่อนจุฬาภรณ์เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ

2. วิธีการศึกษา

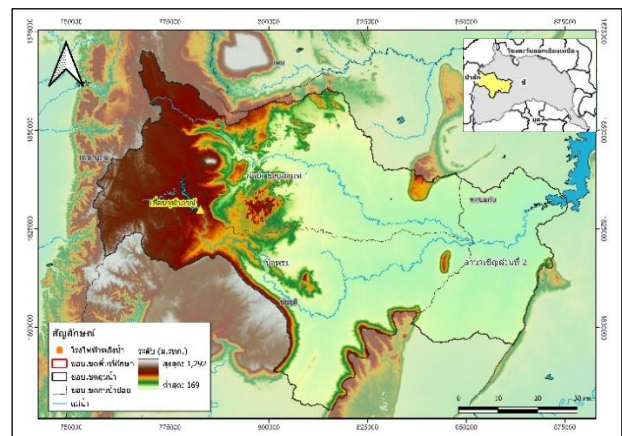
2.1 พื้นที่ศึกษา

2.1.1 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ลุ่มน้ำชีอยู่ในระบบลุ่มน้ำหลัก 22 ลุ่มน้ำของสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีความยาวแม่น้ำรวมทั้งสิ้น 1,030 กม. และขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ 49,273.86 ตร.กม. [6] โดยพื้นที่ศึกษาจะอยู่ในลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำชี ได้แก่ น้ำพรม (0414) และลำน้ำเชิญ (0415) ซึ่งมีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ 2,264.66 และ 1,899.65 ตร.กม. ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 1

2.1.2 สภาพอุทกนิเวศวิทยาและอุทกวิทยา

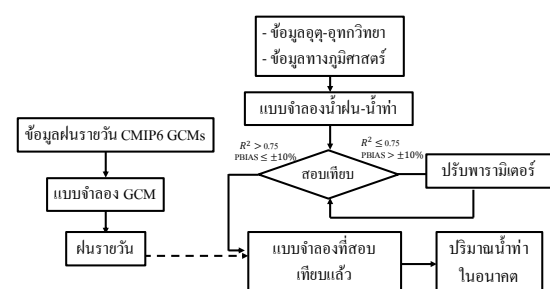
สภาพอุทกนิเวศวิทยาของพื้นที่ศึกษาระหว่าง พ.ศ. 2535 – 2564 ตามข้อมูลอุทกนิเวศวิทยาในคาบ 30 ปี พบว่ามีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีสะสม 1,115.71 มม. การกระจายตัวของปริมาณฝนอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคม – กันยายน อุณหภูมิรายปีเฉลี่ยเท่ากับ 27.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าร้อยละ 69.3 ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 1.8 นอต และปริมาณการระเหยจากผิวดินรายปีเฉลี่ยเท่ากับ 154.45 มม. สำหรับสภาพอุทกวิทยาในการศึกษาจะพิจารณาปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยจากพื้นที่รับน้ำของเขื่อนจุฬาภรณ์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 – 2564 (30 ปี) พบว่ามีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยเท่ากับ 168.75 ล้าน ลบ.ม. และในเดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 1.5 ล้าน ลบ.ม. เดือนกันยายนมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 55.00 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ศึกษา



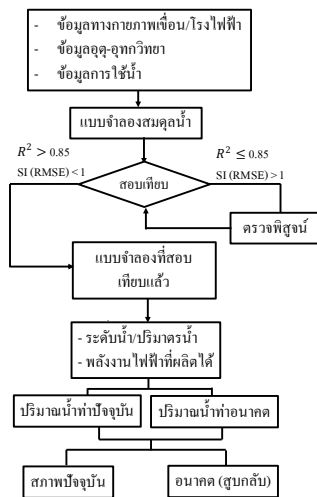
รูปที่ 1 ขอบเขตและที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา

2.2 วิธีการศึกษา

ขั้นตอนในการศึกษาการบริหารจัดการน้ำและประเมินศักยภาพของโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ ภายใต้ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ : กรณีศึกษา เขื่อนจุฬาภรณ์ ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-HMS ร่วมกับแบบจำลอง HEC-ResSim เพื่อบริหารจัดการน้ำและวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในสภาพปัจจุบัน และอนาคต โดยการดำเนินงานจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า และแบบจำลองสมดุลน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 2 ขั้นตอนผังกระบวนการทำงานของ
การวิเคราะห์ปริมาณฝนในอนาคตและแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า



รูปที่ 3 ขั้นตอนผังกระบวนการทำงานของแบบจำลองสมมูลน้ำ

2.3 รวบรวมข้อมูลที่ใช้สำหรับการศึกษาและวิเคราะห์

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การทำแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า และการทำแบบจำลองสมมูลน้ำ จะประกอบไปด้วยข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา ดังแสดงในตารางที่ 1

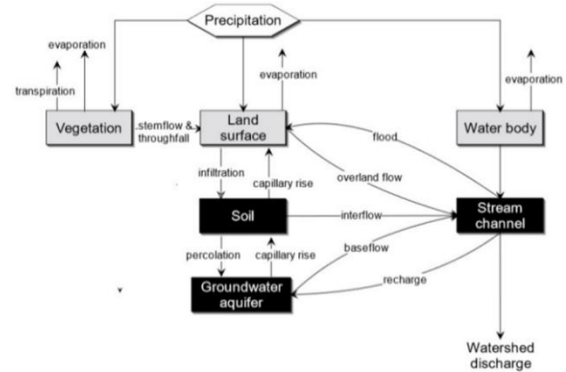
ตารางที่ 1 ข้อมูลที่ใช้สำหรับการศึกษาและวิเคราะห์

ข้อมูล	ประเภท	ปี (พ.ศ.)	แหล่งข้อมูล
แผนที่ระดับความสูงเชิงตัวเลข	ราสเตอร์	2565	กรมแผนที่ทหาร
ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝน	เวกเตอร์	2565	กรมอุตุนิยมวิทยา
ข้อมูลฝนตรวจวัด	รายวัน	2535-2566	กรมอุตุนิยมวิทยา/ กรมชลประทาน
ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา	ราย 30 ปี	2534-2564	กรมอุตุนิยมวิทยา
ลักษณะทางกายภาพของเขื่อน	คุณลักษณะ	2565	การไฟฟ้าฝ่ายผลิต แห่งประเทศไทย
ข้อมูลตรวจวัดของเขื่อน (ระดับน้ำ/ปริมาณน้ำ)	รายวัน	2534-2566	การไฟฟ้าฝ่ายผลิต แห่งประเทศไทย
ลักษณะทางกายภาพของ โรงไฟฟ้า	คุณลักษณะ	2565	การไฟฟ้าฝ่ายผลิต แห่งประเทศไทย
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก โรงไฟฟ้าพลังน้ำ	รายวัน	2534-2566	การไฟฟ้าฝ่ายผลิต แห่งประเทศไทย

2.4 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า

2.4.1 แบบจำลอง HEC-HMS

แบบจำลอง Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) พัฒนาขึ้นโดย Hydrologic Engineering Center of U.S. Army Corps of Engineering ซึ่งออกแบบให้จำลองกระบวนการของน้ำฝนและน้ำท่าออกมาในรูปแบบโปรแกรมสำเร็จรูปที่สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ปริมาณน้ำท่าที่มาจากน้ำฝนและการไหลในสภาพทั่วไปและสภาพที่มีการควบคุม โดยหลักการทำงานของแบบจำลองจะเปลี่ยนแบบลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำ สำหรับรายละเอียดกระบวนการเกิดน้ำท่าดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 กระบวนการเกิดน้ำท่าของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า [7]

2.4.2 หลักการทำงานของแบบจำลอง HEC-HMS

ในส่วนของหลักการทำงานของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำท่า จะมีส่วนประกอบต่าง ๆ ในการสร้างน้ำท่า ได้แก่ วิธีการสูญเสีย (Loss Method) ในการศึกษานี้จะใช้วิธี SCS curve number loss และวิธีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน (Transform Method) จะใช้วิธี SCS unit Hydrograph โดยจะวิเคราะห์ตามสมการดังแสดงในสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ

$$Q = \frac{(P-I_a)^2}{P-I_a+S} \quad (1)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณน้ำฝนส่วนเกินหรือปริมาณน้ำท่าจริง (มม.), P คือ ปริมาณน้ำฝนสะสม (มม.), I_a คือการสูญเสียเริ่มต้น (มม.), S คือ ศักยภาพการเก็บกักน้ำในลุ่มน้ำสูงสุด

$$T_c = 0.663 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^2 \quad (2)$$

เมื่อ T_c คือ ระยะเวลาที่น้ำใช้ในการไหลจากจุดต้นน้ำจนถึงจุดออก (ชม.), L คือ ความยาวของลำน้ำสายหลัก (กม.), S คือ ค่าเฉลี่ยความลาดชันของลำน้ำ (ม./ม.)

2.5 แบบจำลองสมมูลน้ำ

2.5.1 แบบจำลอง HEC-ResSim

แบบจำลอง Reservoir System Simulation (HEC-ResSim) ได้ถูกออกแบบและพัฒนาโดย Hydrologic Engineering Center (HEC) ภายใต้ U.S. Army Corps of Engineers ใช้สำหรับจำลองระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำและเป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจ สำหรับผู้ควบคุมการทำงานของอ่างเก็บน้ำ นอกจากนี้แบบจำลองยังสามารถวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้อีกด้วย [8] การคำนวณสมมูลน้ำพิจารณาหลักการพื้นฐานตามสมการดังแสดงในสมการที่ (3)

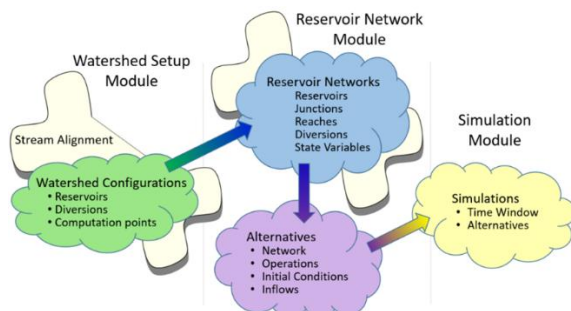
$$S_i = S_{i+1} + I_i - Q_i - E_i - L_i \quad (3)$$

เมื่อ S_i คือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำตอนต้นเดือน (ล้าน ลบ.ม.), S_{i+1} คือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำตอนต้นเดือน (ล้าน ลบ.ม.), I_i คือ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเดือน (ล้าน ลบ.ม.), Q_i คือ ปริมาณความต้องการน้ำจากอ่าง

เก็บน้ำ (ล้าน ลบ.ม.), E_i คือ ปริมาณการระเหยจากผิวน้ำในเดือน (ล้าน ลบ.ม.), L_i คือ ปริมาณการรั่วซึมในเดือน (ล้าน ลบ.ม.)

2.5.2 องค์ประกอบของแบบจำลอง HEC-ResSim

แบบจำลอง HEC-ResSim ประกอบไปด้วย 3 โมดูลที่สำคัญ ได้แก่ Watershed Setup, Reservoir Network และ Simulation ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ส่วนประกอบหลักของโปรแกรม HEC-ResSim [9]

Watershed Setup Module เป็นเครื่องมือที่ใช้สร้างและรวบรวมข้อมูลคุณลักษณะของกลุ่มน้ำที่ประกอบไปด้วยลำน้ำ ลำน้ำสาขาโครงการอ่างเก็บน้ำ เขื่อน ช่วงเวลาการจำลองและคุณลักษณะชลศาสตร์ทางอุทกวิทยา

Reservoir Network Module มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะสร้างและพัฒนาแบบจำลองอ่างเก็บน้ำที่ได้จำลองแล้วนำผลที่ได้จากการจำลองมาพัฒนาเป็นทางเลือก

Simulation Module เป็นส่วนของการกำหนดช่วงเวลาในการจำลองและการแสดงผลจากแบบจำลอง

2.6 การจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ในการศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศในอนาคตระดับรายวันระหว่าง พ.ศ. 2568 – 2593 (2025-2050) จำนวน 26 ปี คือ ข้อมูลปริมาณฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศระดับโลกหรือ GCM (Global Climate Model) จาก NASA Center for Climate Simulation (NCCS) โครงการ CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6) ที่มีการปรับขนาดกริดเท่ากับ $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ โดยแต่ละแบบจำลองจะใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตภายใต้สภาวะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกัน ซึ่งมีทั้งหมด 35 แบบจำลอง

สำหรับการคัดเลือกแบบจำลองที่จะนำมาวิเคราะห์จะใช้ข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดในอดีตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 – 2556 มาสอบเทียบกับข้อมูลปริมาณฝนจากแบบจำลองทั้ง 35 แบบจำลอง พร้อมตรวจสอบความใกล้เคียงของข้อมูลด้วยวิธี Taylor Diagrams ที่ประกอบไปด้วยค่าสถิติ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

โดยการศึกษาจะระบุกรณีคาดการณ์ในรูปแบบ Shared Socioeconomic Pathways (SSP) 3 กรณี คือ SSP245 เป็นสถานการณ์ทางสายกลางที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับปานกลางและมีอุณหภูมิพื้นผิวโลกเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2.7 องศาเซลเซียส SSP370 เป็นสถานการณ์ที่มีการแข่งขันระดับ

ภูมิภาคที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับสูง และ SSP585 เป็นสถานการณ์การพัฒนาแบบดั้งเดิมบนพื้นฐานการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับสูงมาก ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 4.4 องศาเซลเซียส [10]

2.7 การวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า

โรงไฟฟ้าพลังน้ำมีบทบาทและความสำคัญ เนื่องจากเป็นพลังงานสะอาดที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือลดการปล่อยมลพิษ และในช่วงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงก็จะมีการผลิตไฟฟ้าจากเขื่อนมาเสริม เพื่อให้เพียงพอสำหรับความต้องการใช้ไฟฟ้าที่มีความยืดหยุ่นในกระบวนการสูง สามารถเดินเครื่องได้รวดเร็วตามความต้องการ โดยสมการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ และสมการคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ดังแสดงในสมการที่ (4) และ (5)

$$P = \gamma \times Q \times H \times \text{Eff}_{(G\&T)} \quad (4)$$

เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์), γ คือ 9.81 (กิโลนิวตัน/ลบ.ม.), Q คือ อัตราการไหลของน้ำผ่านโรงไฟฟ้า (ลบ.ม./วินาที), H คือ ความสูงหัวน้ำสุทธิ (เมตร), $\text{Eff}_{(G\&T)}$ คือ ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเครื่องกังหันน้ำ (%)

$$E = P \times T \quad (5)$$

เมื่อ E คือ พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ - ชั่วโมง), P คือ กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์), T คือ ช่วงเวลาการเดินเครื่อง (ชั่วโมง)

2.8 สถิติการสอบเทียบแบบจำลอง

ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง จะต้องผ่านการสอบเทียบระหว่างข้อมูลตรวจวัดและข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง เพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีความถูกต้องและแม่นยำ โดยสถิติการสอบเทียบจะสมการในการวิเคราะห์ และมีเกณฑ์สำหรับผลการสอบเทียบที่สามารถยอมรับได้ ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งสมการที่ใช้ในการสอบเทียบมีรายละเอียดดังนี้

2.8.1 R^2 (R-squared) คือ ตัวชี้วัด ที่ใช้ในการประเมินความสามารถของแบบจำลองเชิงเส้นหรือการถดถอย ในการอธิบายความแปรปรวน (Variance) ของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดยทั่วไปจะใช้ในการวิเคราะห์และประเมินว่าแบบจำลองสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (Independent variable) และตัวแปรตาม (Dependent variable) ดังแสดงในสมการที่ (6)

$$R^2 = \left[\frac{\sum (Q_m - \bar{Q}_m)(Q_s - \bar{Q}_s)}{\sqrt{\sum (Q_m - \bar{Q}_m)^2} \sqrt{\sum (Q_s - \bar{Q}_s)^2}} \right]^2 \quad (6)$$

2.8.2 PBIAS (Percent Bias) คือ ตัวชี้วัดทางสถิติ ที่ใช้ในการประเมินความเอนเอียง (bias) ของแบบจำลองในการทำนายค่าเปรียบเทียบกับค่าจริง (observed values) โดยแสดงถึงความแตกต่างระหว่างผลลัพธ์ที่ทำนายได้จากแบบจำลองกับค่าจริงในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในสมการที่ (7)

$$PBIAS = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^n (Q_m - Q_s)^2}{\sum_{i=1}^n Q_{m,i}} \quad (7)$$

2.8.3 RMSE (Root Mean Square Error) คือ ตัวชี้วัด ที่ใช้ในการประเมินความแม่นยำของแบบจำลองการทำนาย โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าที่ทำนายและค่าจริง จากนั้นหาค่ารากที่สองของผลลัพธ์ ดังแสดงในสมการที่ (8) และตัวชี้วัดค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองมาตรฐาน (Standardized Index) ดังแสดงในสมการที่ (9)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_s - Q_m)^2} \quad (8)$$

$$SI = \frac{RMSE}{Q_m} \quad (9)$$

เมื่อ n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด, Q_m คือ ค่าจากการตรวจวัด, Q_s คือ ค่าจากแบบจำลอง, $\overline{Q_m}$ คือ ค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัดทั้งหมด, $\overline{Q_s}$ คือ ค่าเฉลี่ยจากแบบจำลองทั้งหมด

ตารางที่ 2 เกณฑ์การสอบเทียบแบบจำลอง

เกณฑ์การประเมินผล	R^2	PBIAS	RMSE
ดีมาก (Very good)	> 0.85	$< \pm 5\%$	-
ดี (Good)	$0.75 < R^2 < 0.85$	$\pm 5\% < PBIAS < \pm 10\%$	-
พอใช้ (Satisfactory)	$0.60 < R^2 < 0.75$	$\pm 10\% < PBIAS < \pm 15\%$	$SI < 1$
ไม่เป็นที่น่าพอใจ (Unsatisfactory)	< 0.60	$> \pm 15\%$	$SI > 1$
ยอมรับได้ (Acceptable)	> 0.60	$< \pm 15\%$	-
ไม่สามารถยอมรับได้ (Unacceptable)	< 0.60	$> \pm 15\%$	-

3. ผลการศึกษา

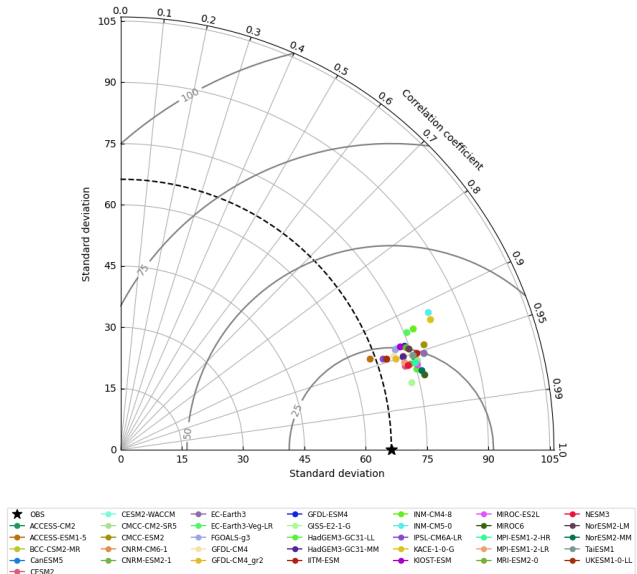
3.1 การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคต

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนตรวจวัดและฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศหรือ GCM ดังแสดงในรูปที่ 6 พบว่าข้อมูลฝนตรวจวัดค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ที่ 1 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 66.26 ซึ่งได้คัดเลือกแบบจำลองที่มีค่าสถิติใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดจำนวน 3 แบบจำลอง ดังนี้

ตารางที่ 3 เกณฑ์การสอบเทียบแบบจำลอง

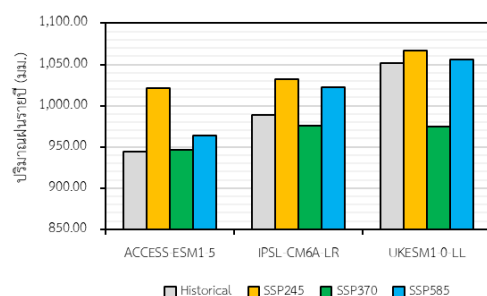
แบบจำลองภูมิอากาศ	หน่วยงาน/ประเทศ	R^2	SD
ACCESS-ESM1-5	ออสเตรเลีย (Australia)	0.94	64.95
IPSL-CM6A-LR	ฝรั่งเศส (France)	0.94	67.87
UKESM1-0-LL	สหราชอาณาจักร (United Kingdom)	0.95	68.76

โดยงานวิจัยของพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่างที่อยู่ในลุ่มน้ำได้ใช้แบบจำลองภูมิอากาศ IPSL-CM6A-LR วิเคราะห์ปริมาณฝนในลุ่มน้ำซึ่งเช่นเดียวกันกับพื้นที่ศึกษาของการศึกษานี้ที่อยู่ในลุ่มน้ำ[12]

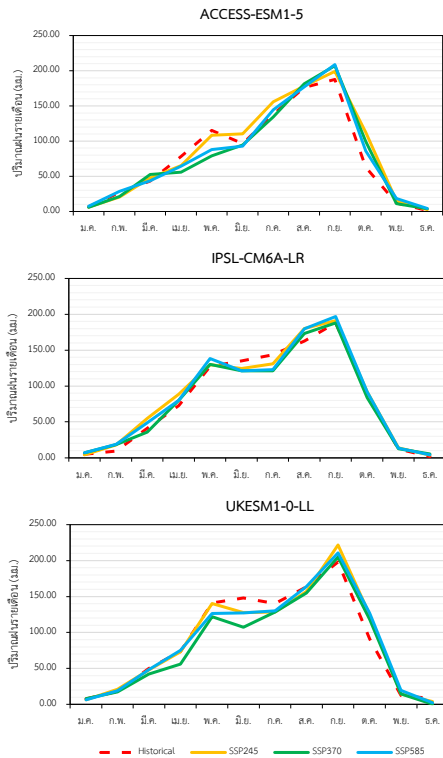


รูปที่ 6 แผนภาพค่าสถิติของข้อมูลฝนตรวจวัดและแบบจำลองภูมิอากาศ

ในการศึกษานี้ได้วิเคราะห์ปริมาณฝนอนาคตในปี พ.ศ. 2568 – 2593 (2025-2050) ภายใต้กรณีสมมุติ 3 กรณี ได้แก่ SSP245 SSP370 และ SSP585 พบว่าปริมาณฝนของแบบจำลองทั้ง 3 มีความสอดคล้องกัน ดังแสดงในรูปที่ 7 โดยปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของฉากทัศน์ที่ SSP245 เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 1.43 – 8.19 และฉากทัศน์ที่ SSP585 เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.41 – 3.44 แต่ฉากทัศน์ที่ SSP370 ลดลงร้อยละ 0.19 – 7.31 ซึ่งแบบจำลองภูมิอากาศจะให้ผลของปริมาณฝนในแต่ละฉากทัศน์ที่แตกต่างกัน [12] เนื่องจากแบบจำลองภูมิอากาศมีข้อจำกัดของขนาดกริดและปัจจัยในการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้ข้อมูลการคาดการณ์มีความไม่แน่นอน และจากการวิเคราะห์ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของทั้ง 3 แบบจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 8 จะเห็นได้ว่าแบบจำลอง ACCESS-ESM1-5, IPSL-CM6A-LR และ UKESM1-0-LL ของแต่ละฉากทัศน์มีรูปแบบฝนที่สอดคล้องกัน แต่ภาพรวมจะเห็นว่าปริมาณฝนในช่วงหน้าแล้งหรือช่วงก่อนที่จะเกิดปริมาณฝนสูงสุดจะมีปริมาณของฝนจากแบบจำลองจะน้อยกว่าฝนในอดีตเฉลี่ยประมาณ 0.69 – 27.21 มม. ในช่วงที่มีปริมาณฝนตกสูงสุดค่าจากแบบจำลองก็จะมากกว่าปริมาณฝนในอดีตเฉลี่ยประมาณ 2.68 – 36.46 มม. ดังนั้นช่วงฤดูกาลก็จะมีผลต่อปริมาณฝนเช่นเดียวกัน



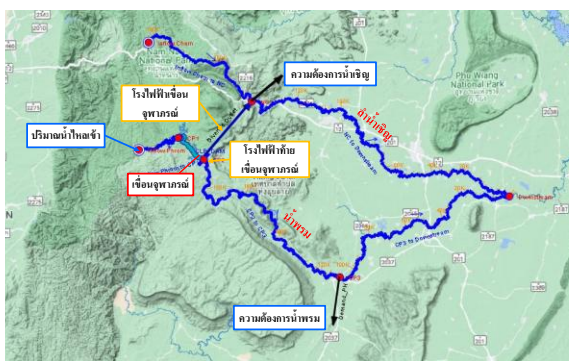
รูปที่ 7 ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของแบบจำลองภูมิอากาศในช่วงฉากทัศน์ต่างๆ



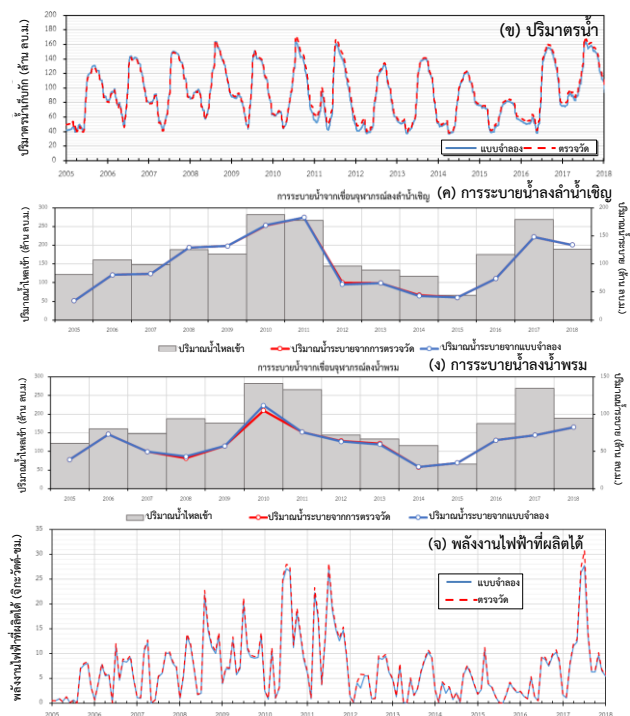
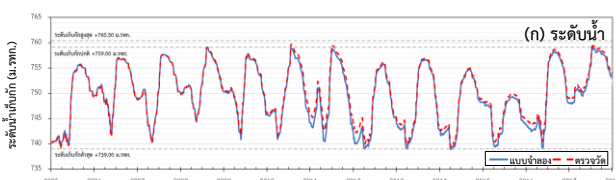
รูปที่ 8 ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลองในช่วงจากที่ค้นต่างๆ

3.2 การประเมินความถูกต้องของแบบจำลอง HEC-ResSim

ผลการประเมินความถูกต้องของแบบจำลองสมมูลน้ำได้จัดทำโครงข่ายสมมูลของเขื่อนจุฬาภรณ์ที่จะมีการระบายน้ำ 2 ส่วน ได้แก่ น้ำพรหม และลำน้ำเชิญ ดังแสดงในรูปที่ 9 โดยวิเคราะห์ข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2561 จากผลการวิเคราะห์ระหว่างข้อมูลตรวจวัดและแบบจำลองพบว่าทางสถิติของระดับน้ำ ปริมาณน้ำ ปริมาณน้ำระบาย และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ดังแสดงในรูปที่ 10 มีค่า RMSE อยู่ที่ 0.77 ม., 3.77 ล้าน ลบ.ม., 3.22 ล้าน ลบ.ม. และ 0.52 จิกะวัตต์-ชม. ตามลำดับ และ R^2 อยู่ในช่วง 0.98 – 0.99 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

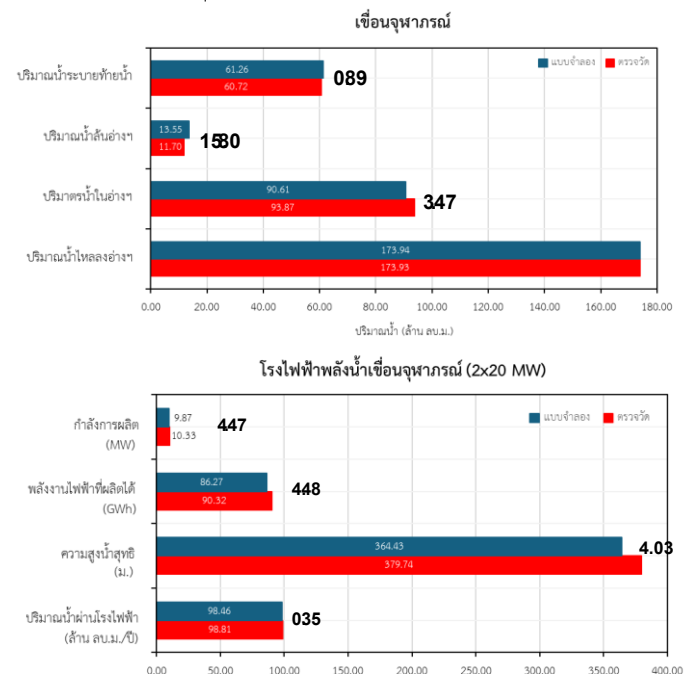


รูปที่ 9 โครงข่ายแบบจำลองสมมูลน้ำที่ใช้สำหรับการสอบเทียบ



รูปที่ 10 ผลการสอบเทียบแบบจำลองสมมูลน้ำ: (ก) ระดับน้ำ, (ข) ปริมาณน้ำ, (ค) การระบายน้ำลงลำน้ำเชิญ, (ง) การระบายน้ำลงน้ำพรหม และ (จ) พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

โดยผลการสอบเทียบรายปีของเขื่อนจุฬาภรณ์และโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 11 จะเห็นว่าความแตกต่างของตัวแปรสำคัญสำหรับเขื่อนและโรงไฟฟ้าพลังน้ำไม่ได้แตกต่างกันมาก แต่มีปริมาณน้ำต้นทุนของเขื่อนที่ต่างกัน 15.80% แต่โดยรวมแล้วตัวแปรที่สำคัญยังคงผ่านเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ดังนั้นจึงสามารถนำแบบจำลองที่สอบเทียบนี้ไปวิเคราะห์สมมูลน้ำตามการศึกษาต่อไปได้



รูปที่ 11 ผลการสอบเทียบรายปีของเขื่อนจุฬาภรณ์และโรงไฟฟ้า

3.3 ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลอง HEC-ResSim

การวิเคราะห์สมมูลน้ำจะแบ่งออกเป็น 2 ฉากทัศน์ คือ ปริมาณน้ำท่าในสภาพปัจจุบัน และปริมาณน้ำท่าในอนาคตจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งทั้ง 2 ฉากทัศน์ที่ได้กล่าวในข้างต้นจะต้องวิเคราะห์และประเมินศักยภาพของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

1. โรงไฟฟ้าพลังน้ำในสภาพปัจจุบัน
2. โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับตามความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคต

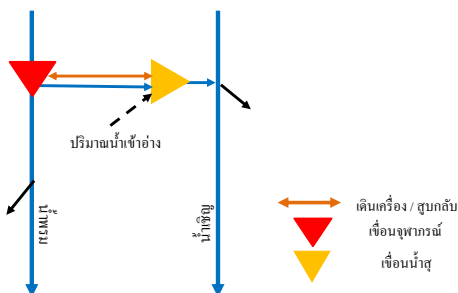
3.3.1 ปริมาณน้ำท่าในสภาพปัจจุบัน

กรณีที่ 1

สมมุติฐานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำในสภาพปัจจุบันจะใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2548 – 2561 (14 ปี) ซึ่งการจำลองนี้ได้จำลองระบบอ่างเก็บน้ำของเขื่อนจุฬาภรณ์กับโรงไฟฟ้าพลังน้ำทั้ง 2 โรงไฟฟ้า ประกอบด้วย โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์กำลังผลิตติดตั้ง 2 หน่วย หน่วยละ 20 เมกะวัตต์ รวมกำลังผลิตติดตั้ง 40 เมกะวัตต์ และโรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายเขื่อนจุฬาภรณ์กำลังผลิตติดตั้ง 1.25 เมกะวัตต์ ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าไหลเข้าอ่างรายปีเฉลี่ย 173.94 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำระบายลงลำน้ำเขื่อนรายปีเฉลี่ย 98.96 ล้าน ลบ.ม. และปริมาณน้ำระบายลงน้ำพรมารายปีเฉลี่ย 60.72 ล้าน ลบ.ม. ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากแบบจำลองระดับน้ำรายปีเฉลี่ย 751.69 ม.รทก. ปริมาณน้ำในอ่างรายปีเฉลี่ย 104.24 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนในลำน้ำเขื่อน 0.57 ล้าน ลบ.ม. และน้ำพรมา 0.33 ล้าน ลบ.ม. และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ 153.76 จิกะวัตต์-ชม. และโรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายเขื่อนจุฬาภรณ์ 2.99 จิกะวัตต์-ชม.

กรณีที่ 2

ในการวิเคราะห์โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับจะจำลองในช่วงเวลาเดียวกันกับฉากทัศน์ที่ 1 โดยช่วงเวลากการเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าจะเริ่มตั้งแต่ 15.00 – 23.00 น. (8 ชม.) และช่วงเวลากการเดินเครื่องสูบน้ำจะเริ่มตั้งแต่ 01.00 – 12.00 น. (11 ชม.) ตามการคาดการณ์จากความต้องการใช้ไฟฟ้า เนื่องจากการใช้พลังงานหมุนเวียนในอนาคต ซึ่งเครื่องผลิตไฟฟ้าจะมีอยู่ 3 หน่วย แต่ละหน่วยจะมีการระบายน้ำ 85 ลบ.ม./วินาที รวมทั้งสิ้น 255 ลบ.ม./วินาที ในส่วนของเครื่องสูบน้ำจะมีอยู่ 3 หน่วย แต่ละหน่วยจะมีการสูบน้ำหน่วยละ 65 ลบ.ม./วินาที รวมทั้งสิ้น 195 ลบ.ม./วินาที นอกจากนี้แบบจำลองนี้จะเพิ่มเขื่อนน้ำสุและโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์แบบสูบกลับกำลังผลิตติดตั้ง 3 หน่วย หน่วยละ 267 เมกะวัตต์ รวมกำลังผลิตติดตั้งทั้งหมด 800 เมกะวัตต์ ดังแสดงในรูปที่ 12

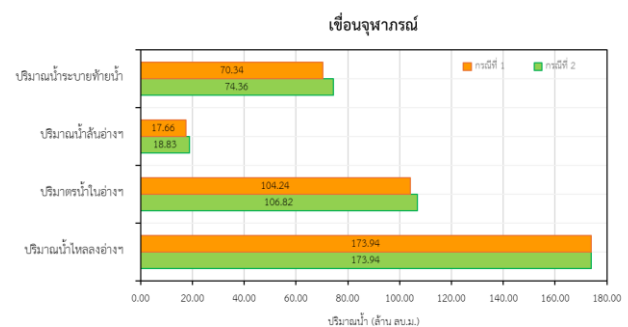


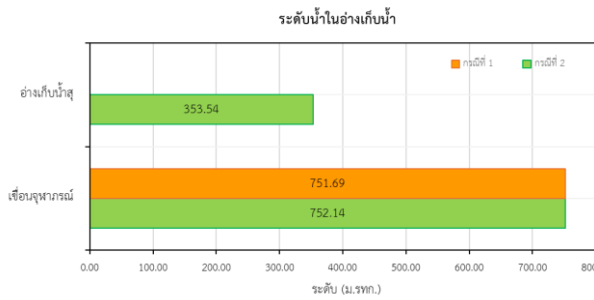
รูปที่ 12 โครงข่ายแบบจำลองสมมูลน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ

ในการวิเคราะห์กรณีที่มีโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับจะมีปริมาณน้ำท่าไหลเข้าอ่างรายปีเฉลี่ย 173.94 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำระบายลงลำน้ำเขื่อนรายปีเฉลี่ย 98.96 ล้าน ลบ.ม. และปริมาณน้ำระบายลงน้ำพรมารายปีเฉลี่ย 60.72 ล้าน ลบ.ม. ผลการวิเคราะห์แบบจำลองพบว่าระดับน้ำรายปีเฉลี่ยของเขื่อนจุฬาภรณ์เท่ากับ 752.14 ม.รทก. และเขื่อนน้ำสุเท่ากับ 353.54 ม.รทก. ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำรายปีเฉลี่ยของเขื่อนจุฬาภรณ์เท่ากับ 106.82 ล้าน ลบ.ม. และเขื่อนน้ำสุเท่ากับ 9.04 ล้าน ลบ.ม. ในส่วนของการระบายน้ำท้ายเขื่อนจุฬาภรณ์รายปีเฉลี่ยเท่ากับ 74.36 ล้าน ลบ.ม. และปริมาณน้ำระบายท้ายเขื่อนน้ำสุรายปีเฉลี่ยเท่ากับ 102.50 ล้าน ลบ.ม. และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์รายปีเฉลี่ย 87.40 จิกะวัตต์-ชม. โรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายเขื่อนจุฬาภรณ์รายปีเฉลี่ย 2.51 จิกะวัตต์-ชม. และโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์แบบสูบกลับ 2,313.62 จิกะวัตต์-ชม.

สรุปผลการวิเคราะห์

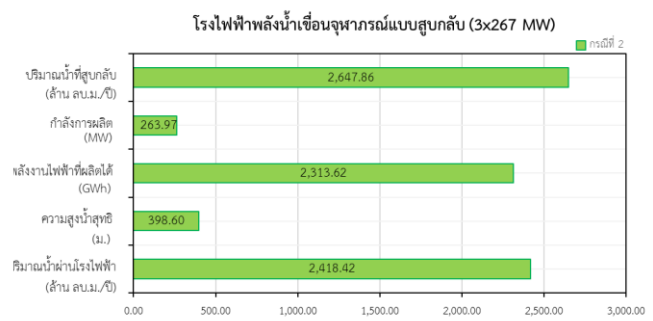
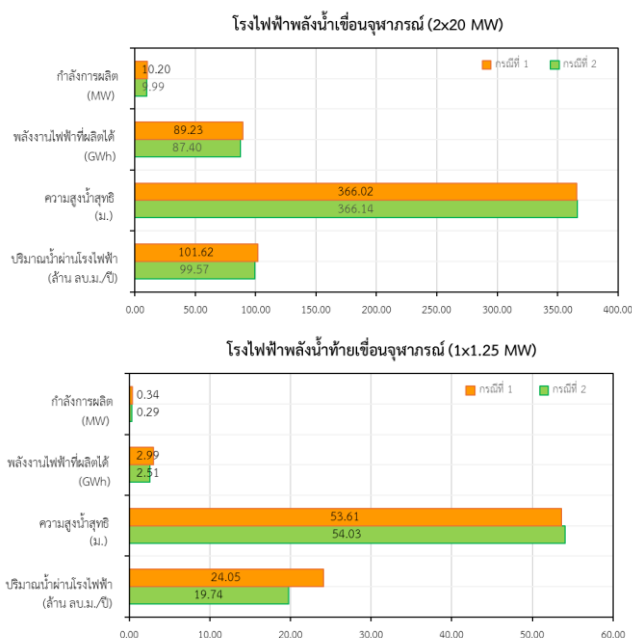
โดยผลการวิเคราะห์แบบจำลองของกรณีที่ 1 (โรงไฟฟ้าพลังน้ำในสภาพปัจจุบัน) และกรณีที่ 2 (โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับตามความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคต) จะมีผลวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน ซึ่งผลการวิเคราะห์ของเขื่อนจุฬาภรณ์ระหว่างกรณีที่ 1 และ 2 ดังแสดงในรูปที่ 13 พบว่าปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมีค่าเท่ากับ 173.94 ล้าน ลบ.ม. ทั้ง 2 กรณี และระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำจุฬาภรณ์มีความใกล้เคียงกันต่างกันเพียง 0.45 ม.รทก. แต่ปริมาณน้ำระบายท้ายน้ำ ปริมาณน้ำล้นอ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนจุฬาภรณ์ของกรณีที่ 2 มากกว่ากรณีที่ 1 อยู่ 4.02 , 1.17 , 2.58 ล้าน ลบ.ม./ปี ตามลำดับ ดังนั้นสำหรับเขื่อนจุฬาภรณ์กรณีที่มีโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับจะทำให้ตัวแปรที่สำคัญของเขื่อนจุฬาภรณ์ลดลงเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจจะเป็นผลจากการที่เขื่อนจุฬาภรณ์มีการส่งน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าและการสูบกลับของน้ำจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำสุมายังอ่างเก็บน้ำของเขื่อนจุฬาภรณ์ หากปริมาณน้ำท่าเกิดการเปลี่ยนแปลงตามสภาพภูมิอากาศก็จะส่งผลต่อปริมาณน้ำระบาย และความสูงน้ำสุทธิ ที่เป็นปัจจัยในการผลิตพลังงานไฟฟ้า [13] ผลการศึกษพบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยส่งผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า ซึ่งขึ้นอยู่กับแบบจำลองและฉากทัศน์ที่วิเคราะห์ ในการศึกษานี้มีแบบจำลองภูมิอากาศที่สอดคล้องกัน สำหรับประเทศไทยผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีฉากทัศน์สูงก็จะส่งผลต่อปริมาณน้ำท่า จึงทำให้การผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเพิ่มมากขึ้น



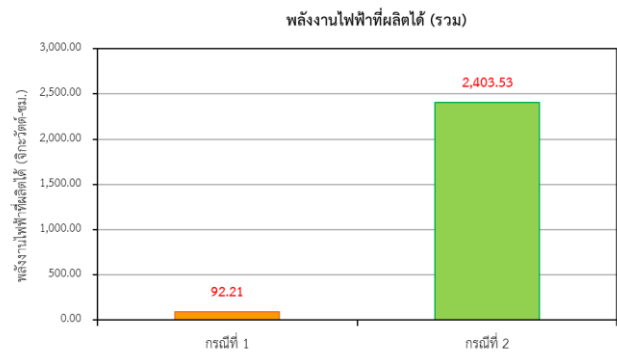


รูปที่ 13 ผลการวิเคราะห์ของเขื่อนจุฬาภรณ์ในกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2

ในส่วนของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ (2x20 MW) โรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายเขื่อนจุฬาภรณ์ (1x1.25 MW) และโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์แบบสูบกลับ (3x267 MW) ดังแสดงในรูปที่ 14 พบว่าโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์มีค่าของกรณีที่ 1 จะมากกว่ากรณีที่ 2 ได้แก่ กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ และปริมาณน้ำผ่านโรงไฟฟ้า แต่ความสูงน้ำสุทธิของกรณีที่ 2 มากกว่ากรณีที่ 1 เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในส่วนของโรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายเขื่อนจุฬาภรณ์มีค่าของกรณีที่ 2 มากกว่า กรณีที่ 1 ยกเว้นความสูงน้ำสุทธิที่มีความสอดคล้องกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ เนื่องจากความสูงน้ำจะแปรผันตามอัตราการไหลของน้ำผ่านโรงไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำจึงส่งผลต่อความสูงน้ำสุทธิ และส่วนสุดท้ายโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์แบบสูบกลับมีปริมาณน้ำที่ระบายผ่านโรงไฟฟ้าใกล้เคียงกับปริมาณน้ำที่สูบกลับ เพื่อรักษาระดับน้ำในอ่างของเขื่อนจุฬาภรณ์ให้คงเดิมสำหรับการระบายน้ำลงน้ำพรมและลำน้ำเชิญ จะเห็นได้ว่าระดับน้ำไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม แต่พลังงานไฟฟ้าสามารถผลิตได้เพิ่มมากขึ้น โดยในกรณีที่ 1 สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้ารวมได้ 92.21 จิกะวัตต์-ชม. แต่เมื่อมีโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้ารวมได้ 2,403.53 จิกะวัตต์-ชม. ดังแสดงในรูปที่ 15



รูปที่ 14 ผลการวิเคราะห์โรงไฟฟ้าพลังน้ำของเขื่อนจุฬาภรณ์



รูปที่ 15 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รวมของกรณีที่ 1 และ 2

4. สรุปผลการศึกษา

4.1 ผลการวิเคราะห์การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคต

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนตรวจวัดและปริมาณฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศ (GCM) พบว่าแบบจำลองที่มีค่าสถิติใกล้เคียงกันกับข้อมูลตรวจวัดมากที่สุด ได้แก่ ACCESS-ESM1-5, IPSL-CM6A-LR และ UKESM1-0-LL จึงได้ใช้แบบจำลองเหล่านี้ในการวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณฝนในอนาคตช่วงปี พ.ศ. 2568-2593 ภายใต้ฉากทัศน์ SSP245 SSP370 และ SSP585 พบว่าจะมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของ SSP245 และ SSP585 ที่เพิ่มมากขึ้น 1.43-8.19% และ 0.41-3.44% ตามลำดับ ในขณะที่ SSP370 มีปริมาณที่ลดลง 0.19-7.31% นอกจากนี้ปริมาณฝนรายเดือนในอนาคตจะมีความแตกต่างกันตามฤดูกาลซึ่งมีผลกระทบต่อภูมิอากาศและอาจส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการน้ำและการผลิตไฟฟ้า ซึ่งในช่วงฤดูแล้งจะมีปริมาณฝนลดลง 0.69 – 27.21 มม. และช่วงฤดูฝนจะมีปริมาณฝนเพิ่มขึ้น 2.68 – 36.46 มม.

4.2 ผลการวิเคราะห์การบริหารจัดการน้ำและประเมินศักยภาพของโรงไฟฟ้าพลังน้ำด้วยแบบจำลองสมดุลงน้ำ HEC-ResSim

การวิเคราะห์และสอบเทียบแบบจำลองสมดุลงน้ำ HEC-ResSim ผลที่ได้จากแบบจำลองและข้อมูลตรวจวัด เมื่อนำผลวิเคราะห์ค่าทางสถิติแล้วมีค่า R² อยู่ในช่วง 0.98 – 0.99 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนั้นแบบจำลองนี้สามารถที่จะนำไปวิเคราะห์ผลที่ต้องการศึกษาต่อไปได้ผลการจำลองสมดุลงน้ำของปริมาณน้ำในสภาพปัจจุบันจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ โรงไฟฟ้าพลังน้ำในสภาพปัจจุบัน และโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบ

กลับตามความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคต จากการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเท่ากันที่ 173.94 ล้าน ลบ.ม./ปี ในทั้งสองกรณี ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำมีความแตกต่างเพียงเล็กน้อยประมาณ 0.45 ม.รทก. อย่างไรก็ตาม กรณีที่ 2 มีปริมาณน้ำระบายท้ายน้ำ ปริมาณน้ำล้นอ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำมากกว่ากรณีที่ 1 อยู่ที่ 4.02, 1.17 และ 2.58 ล้าน ลบ.ม./ปี ตามลำดับ ในส่วนของกำลังการผลิตไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์และโรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายเขื่อนจุฬาภรณ์ในกรณีที่ 1 มีกำลังการผลิตและปริมาณน้ำผ่านโรงไฟฟ้ามากกว่ากรณีที่ 2 แต่ความสูงน้ำสุทธิของกรณีที่ 2 สูงกว่าเพียงเล็กน้อย โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์แบบสูบกลับสามารถรักษาระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำให้คงที่ เนื่องจากปริมาณน้ำที่ระบายผ่านโรงไฟฟ้าใกล้เคียงกับปริมาณน้ำที่สูบกลับ ส่งผลให้การผลิตพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จาก 92.21 จิกะวัตต์-ชม. ในกรณีที่ 1 เป็น 2,403.53 จิกะวัตต์-ชม. ในกรณีที่ 2

จากการวิเคราะห์ข้างต้น แสดงให้เห็นว่าโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับสามารถเพิ่มปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนจุฬาภรณ์อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งในการศึกษานี้ได้สอดคล้องกับแผนการพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยที่เน้นการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนตามนโยบายพลังงานของประเทศ โดยโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์แบบสูบกลับเป็นโครงการที่กำลังจะดำเนินการในอนาคตสามารถจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบได้ระหว่างปีพ.ศ. 2577-2578 ตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้า

5. ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยนี้จะเน้นการศึกษาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าในอนาคตที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้า แต่ทั้งนี้ควรมีการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หรือการศึกษามลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและสังคมในอนาคตที่มีโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่กรุณาอนุเคราะห์ข้อมูลประกอบการทำวิจัย และงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงพลังงาน (2563). *แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.2561-2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1*. แผนนโยบายและพัฒนากำลังผลิต พลังงาน กระทรวงพลังงาน, หน้า 2-3.
- [2] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2566). *รายงานประจำปี 2566*. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, หน้า 198.

- [3] United Nations. (2021). *Water-at the center of climate crisis*. Climate Action, pp.12-13
- [4] กรมอุตุนิยมวิทยา (2559). การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณฝนจากการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต. ศูนย์ภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา, หน้า 1-8.
- [5] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2560). รายงานการศึกษาความเหมาะสมโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับเขื่อนจุฬาภรณ์ อำเภอกอนสาร จังหวัดชัยภูมิ. บริษัท ปัญญา คอนซัลแตนท์ จำกัด, หน้า 1-10.
- [6] สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (2562). *รายงานลุ่มน้ำ 22 ลุ่มน้ำ: ลุ่มน้ำชี*. กองบริหารจัดการลุ่มน้ำ สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ หน้า 1-25.
- [7] กรมชลประทาน (2561). *คู่มือปฏิบัติงานการใช้แบบจำลอง HEC-HMS*. ส่วนอุทกวิทยา กรมชลประทาน, หน้า 29.
- [8] กรมชลประทาน (2561). *คู่มือปฏิบัติงานการใช้แบบจำลอง HEC-ResSim*. ส่วนอุทกวิทยา กรมชลประทาน, หน้า 5.
- [9] Joan, D., Marilyn, B., Georage, C., Daniel, L. and Sara, M. (2021). *HEC-ResSim Reservoir System Simulation User's Manual Version 3.3*. US Army Corps of Engineers (HEC), pp.2-3
- [10] กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม (2567). *IPCC AR6รายงานการสังเคราะห์(สำหรับผู้กำหนดนโยบาย)*. กองขับเคลื่อนการลดก๊าซเรือนกระจก กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, หน้า 13-19.
- [11] กิตติเวช ชันดิยวิชัย (2563). *โครงการการเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและเหตุการณ์น้ำท่วม ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง: ผลกระทบและความเสียหาย*. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, หน้า 1-39.
- [12] Suryani, N. , Pawattana, C., Lohpaisankrit, W. and Muangthong, S. (2023). *Assessing the impact of climate change on surface runoff of the Ubolratana Reservoir Thailand*, Earth and Environmental Science, Montreal Republic, March 2024, pp.10.
- [13] Climate Change and Adaptation Initiative. (2017). Summary of the basin-wide assessments of climate change impacts on water and water related resources in the Lower Mekong Basin, Mekong River Commission, June 2017, pp.19-20.