



วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. UBU Engineering Journal

บทความวิจัย

การประเมินระดับความรุนแรงของภัยแล้งในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนบน

Assessment of drought severity in the upper phong river basin

กึ่งแก้ว พรหมโคตร¹ กิตติเวช ชันติยวิชัย^{1*} เฉลิมชัย พาววัฒนา¹ ฉัตรชัย โชติษฐียงกูร²

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

² สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

Kingkao Prommacot¹ Kittiwet Kuntiyawichai^{1*} Chalermchai Pawattana¹ Chatchai Jothityangkoon²

¹ Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

² School of Civil Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima 30000

* Corresponding author.

E-mail: kkitti@kku.ac.th; Telephone: 081 718 4330

วันที่รับบทความ 17 กรกฎาคม 2563; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 17 สิงหาคม 2563; วันที่ตอบรับบทความ 24 สิงหาคม 2563

บทคัดย่อ

การประเมินระดับความรุนแรงของภัยแล้งในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนบนภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต จะเกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ร่วมกับแบบจำลอง WEAP ส่วนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต จะคาดการณ์จากแบบจำลองภูมิอากาศโลก CNRM-CM5, IPSL-CM5A-MR และ MIROC5 ภายใต้ภาพฉาย RCP 4.5 และ RCP 8.5 ในช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2642 ในการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง SWAT จะใช้ข้อมูลอัตราการไหลรายวันที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ช่วงปี พ.ศ. 2555 – 2560 และ 2550 – 2554 ตามลำดับ โดยการสอบเทียบมีค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.76 และค่า Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) เท่ากับ 0.82 และค่า R^2 เท่ากับ 0.70 และค่า NSE เท่ากับ 0.69 สำหรับการตรวจสอบแบบจำลอง SWAT ซึ่งชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ ในการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคต พบว่าค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดกรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5 มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากปัจจุบัน ส่วนปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งสองกรณี โดยกรณี RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรณี RCP 4.5 ส่วนผลการจำลองสภาพแบบจำลอง WEAP ในสภาพปัจจุบัน (ปี พ.ศ. 2543 – 2560) พบว่าเทศบาลตำบลโนนเมืองและตำบลดินดำมีความต้องการใช้น้ำมากที่สุดสองลำดับแรก ส่วนตำบลดินดำ ตำบลหนองแก และตำบลหนองแสง พบว่ามีการขาดแคลนน้ำสูงสุดสามลำดับแรก นอกจากนี้ยังพบว่าความต้องการใช้น้ำและการขาดแคลนน้ำในอนาคต กรณีด้านการเกษตรมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน ส่วนกรณีด้านการอุปโภคบริโภค อุตสาหกรรม และรักษาระบบนิเวศ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งภาพฉาย RCP 4.5 และ RCP 8.5 ในส่วนของการประเมินความรุนแรงของภัยแล้งจะพิจารณาจากค่าดัชนี DHI (Drought Hazard Index) ซึ่งคำนวณจากค่าดัชนี SPEI (Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index) และค่าดัชนี WSI (Water Scarcity Index) และแบ่งระดับความรุนแรงจากภัยแล้งเป็นปกติ, ปานกลาง, สูง และสูงมาก โดยพบว่าช่วงปี พ.ศ. 2543 – 2560 ปีที่ประสบปัญหาภัยแล้งในระดับความรุนแรงสูงถึงสูงมาก จะประกอบด้วยปี พ.ศ. 2548, 2550, 2551, 2553, 2555, 2556, 2558 และ 2559 ส่วนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตจะส่งผลให้ภัยแล้งมีแนวโน้มที่จะรุนแรงขึ้น โดยในกรณี RCP 4.5 ช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2582 และ 2583 – 2602 พื้นที่ 2,697.53 ตร.กม. จะมีความแห้งแล้งอยู่ในระดับสูง และพื้นที่ 688.86 ตร.กม. จะอยู่ในระดับสูงมาก ส่วนช่วงปี พ.ศ. 2603 – 2622 และ 2623 – 2642 พื้นที่ 3,386.39 ตร.กม. จะอยู่ในระดับที่สูงมาก กรณี RCP 8.5 พบว่าช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2582 และ 2583 – 2602 พื้นที่ 3,386.39 ตร.กม. จะมีความรุนแรงจากภัยแล้งอยู่ในระดับสูง ส่วนช่วงปี พ.ศ. 2603 – 2622

และ 2623 – 2642 พื้นที่ 3,386.39 ตร.กม. จะอยู่ในระดับสูงมาก โดยสรุปผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นข้อมูลสำคัญในการวิเคราะห์และคาดการณ์ระดับความรุนแรงจากภัยแล้ง เพื่อใช้กำหนดมาตรการ เตรียมความพร้อม และรับมือกับปัญหาภัยแล้งที่อาจเกิดขึ้น ที่อาจส่งผลกระทบต่อดำรงชีวิตของประชาชนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนบน รวมถึงนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำอื่นๆ ที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งต่อไป

คำสำคัญ

ภัยแล้ง ดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ SWAT WEAP ลุ่มน้ำพองตอนบน

Abstract

The assessment of drought severity in the upper phong river basin under future climate change impacts was based on the applications of SWAT and WEAP models. For future climate change during 2020 – 2099, the global climate models, i.e. CNRM - CM5, IPSL - CM5A – MR, and MIROC5, were used to project future climate under RCPs 4.5 and 8.5. The SWAT was calibrated and validated using R^2 and Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) by comparing simulated with observed daily inflow to Ubol Ratana Reservoir during 2012 – 2017 and 2007 – 2011, respectively. The results indicated the R^2 values of 0.76 and 0.70 and NSE values of 0.82 and 0.69 during calibration and validation, respectively, which give confidence on the result reliability. Considering the future climate prediction for 2020 – 2099, it was found that the maximum and minimum temperatures, and the mean annual rainfall, under RCPs 4.5 and 8.5 tend to be higher than the present, in which the mean annual rainfall under RCP 8.5 seems to be higher than RCP 4.5. Regarding the WEAP simulation results, during 2000 – 2017, it was found that Non Mueang Subdistrict Municipality and Din Dam Subdistrict are the areas with highest water demand, whereas the subdistricts of Din Dam, Nong Kae, and Nong Saeng are the areas with highest water scarcity. In addition, under both RCPs 4.5 and 8.5, the future water demand and water scarcity for agriculture tend to be decreasing, whereas for domestic, industry, and ecology, seem to be increasing. Thereafter, the assessment of drought severity was carried out based on Drought Hazard Index (DHI) which was calculated from Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI) and Water Scarcity Index (WSI), and the severity was categorized as normal, moderate, high, and very high. As a result, during 2000 – 2017, the years 2005, 2007, 2008, 2010, 2012, 2013, 2015, and 2016 are the periods with drought severity fluctuating between high and very high levels. The future climate change was also found to induce severe drought. As can be seen that under RCP 4.5 during 2020 – 2039 and 2040 – 2059, the area of 2,697.53 km^2 is expected to fall in high level, whereas 688.86 km^2 is anticipated in a very high level. In years 2060 – 2079 and 2080 – 2099, the area of 3,386.39 km^2 might fall in a very high level. Under RCP 8.5, a high level is likely to occupied 3,386.39 km^2 during 2020 – 2039 and 2040 – 2059, whereas a very high level is predicted throughout 3,386.39 km^2 during 2060 – 2079 and 2080 – 2099. In conclusion, the main findings will be the information for analyzing and predicting drought severity levels. The action measures, preparedness, and coping strategies to mitigate future drought impacts, which might affect the residents in the upper phong river basin, can be determined, and the findings can also be used as a guideline for other river basins experiencing drought.

Keywords

drought; drought index; climate change; SWAT; WEAP; upper phong river basin

1. บทนำ

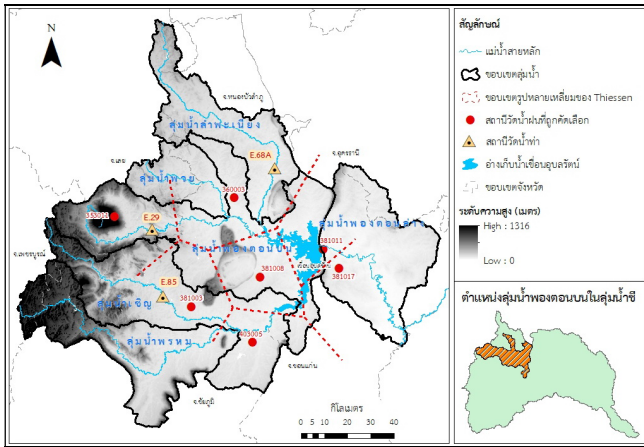
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้ปริมาณฝนตกน้อยลงหรือไม่ตกตามฤดูกาล และทำให้เกิดปัญหาภัยแล้งในบางพื้นที่ โดยที่ปัญหาภัยแล้งส่งผลกระทบต่อประชาชนในพื้นที่ที่ประสบภัย ทั้งด้านการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และการใช้น้ำเพื่อการเกษตร ซึ่งภัยแล้งนั้นเป็นสาเหตุที่ทำให้พืชพรรณต่างๆ หยุดการเจริญเติบโต ผลผลิตที่ได้ไม่สมบูรณ์ เกิดความเสียหายทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ความแห้งแล้งถือเป็นภัยธรรมชาติประเภทหนึ่งที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี เนื่องจากเป็นบริเวณที่อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เข้าไปไม่ถึง หากปีใดที่ไม่มีพายุเคลื่อนที่ผ่านจะส่งผลให้ความรุนแรงของความแห้งแล้งเพิ่มมากขึ้น โดยภัยแล้งที่เกิดขึ้นทุกปีจะอยู่ในช่วงระหว่างเดือนมิถุนายนต่อเนื่องถึงเดือนกรกฎาคม ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวการเพาะปลูกพืชจะเกิดการขาดแคลนน้ำ ทำให้พืชได้รับความเสียหาย อีกทั้งประชากรในเขตพื้นที่นั้นๆ ยังประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำอุปโภคบริโภค และส่งผลกระทบต่อการค้าทางซีพรวมถึงด้านเศรษฐกิจและสังคม [1] เช่นเดียวกับพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนบน (ซึ่งเป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่ และเป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำชี ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดขอนแก่น หนองบัวลำภู และเลย โดยมีแม่น้ำพองเป็นแม่น้ำสายหลัก) ที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งเป็นอย่างมาก เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมมักจะประสบกับปัญหาการขาดแคลนน้ำในช่วงต้นฤดูทำนาปีและฤดูแล้ง และส่งผลให้เกิดความเสียหายอยู่เป็นประจำเกือบทุกปี [2] จึงเป็นที่มาของการศึกษานี้ เพื่อประเมินระดับความรุนแรงของภัยแล้งภายใต้สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกวิทยาร่วมกับแบบจำลองการจัดสรรน้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ลุ่มน้ำ ข้อมูลน้ำท่า ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ตลอดจนความต้องการใช้น้ำของพืช ในส่วนของการประเมินผลกระทบจากภัยแล้งจะพิจารณาจากดัชนีความแห้งแล้งเชิงเกษตรกรรม (Agricultural drought) และดัชนีความแห้งแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา (Meteorological drought) โดยที่ความแห้งแล้งเชิงเกษตรกรรมจะใช้ดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index, SPEI) ที่อยู่บนพื้นฐานของปริมาณฝนรายเดือนและอุณหภูมิ

รายเดือน โดยจะเป็นค่าดัชนีที่แสดงถึงผลกระทบที่เกิดกับพืชที่กำลังเจริญเติบโต อันเนื่องมาจากการขาดแคลนความชื้นในดิน และจะทำให้ทราบถึงสภาวะโดยทั่วไปของพืช [3] ในส่วนของความแห้งแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา จะเป็นความแห้งแล้งที่เกิดจากช่วงฤดูกาลที่มีปริมาณฝนตกน้อยหรือไม่มีฝนตก ซึ่งส่งผลให้ระดับน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน (น้ำในแม่น้ำ อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบ และน้ำบาดาล) ลดระดับลง โดยที่ความแห้งแล้งดังกล่าวจะพิจารณาในระดับลุ่มน้ำ เนื่องจากเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างซ้ำๆ และมีลักษณะที่แตกต่างจากความแห้งแล้งเชิงเกษตรกรรม [4] นอกจากนี้ยังพิจารณาถึงการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตด้วย โดยผลการประเมินระดับความรุนแรงของภัยแล้งในลุ่มน้ำพองตอนบน จะช่วยให้สามารถรับมือกับปัญหาภัยแล้งในอนาคต และนำไปสู่การวางแผนการจัดสรรน้ำในลุ่มน้ำพองตอนบนอย่างบูรณาการและยั่งยืนต่อไป

2. วิธีการศึกษา

2.1 พื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้จะพิจารณาลุ่มน้ำพองตอนบนเป็นพื้นที่ศึกษา โดยมีพื้นที่ 4,127 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดขอนแก่น หนองบัวลำภู และเลย รวม 20 อำเภอ 53 ตำบล มีอาณาเขตด้านทิศตะวันตกติดกับอำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งมียอดภูกระดึงเป็นจุดสูงสุดประมาณ 1,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (ม.รทก.) ลาดต่ำลงมาที่บริเวณอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ที่มีระดับความสูง 150 ม.รทก. บริเวณทิศเหนือติดกับอำเภอเมือง จังหวัดหนองบัวลำภู ซึ่งมีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาดและมีระดับความสูง 250 ม.รทก. ส่วนทิศเหนือของลุ่มน้ำจะมีระดับความสูง 300 – 400 ม.รทก. โดยมีแอ่งก้นเวียงอยู่ตรงกลางของพื้นที่ลุ่มน้ำ ลักษณะเป็นแอ่งรูปไข่มีภูเขาตั้งอยู่ทั้งด้านทางทิศเหนือและทิศใต้ และมีระดับความสูงของภูเขาทั้งสอง 700 – 800 ม.รทก. ส่วนบริเวณกลางแอ่งจะมีระดับความสูงประมาณ 300 ม.รทก. ในขณะที่ปากแอ่งที่น้ำไหลออกจะอยู่บริเวณทางด้านทิศตะวันออกและจะไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ [2] ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศ ตำแหน่งของสถานีวิัดน้ำฝน และข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มน้ำพองตอนบนและกลุ่มน้ำใกล้เคียง

2.2 การรวบรวมข้อมูล

2.2.1 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา

การศึกษานี้จะใช้ข้อมูลฝนรายวันและอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดรายวัน ในช่วงปี พ.ศ. 2543 ถึง พ.ศ. 2560 ที่รวบรวมจากสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 2 สถานี ได้แก่ สถานี 381201 อำเภอเมืองขอนแก่น และสถานี 353301 สถานีเกษตรหลวง สำหรับสถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 15 สถานี ได้แก่ สถานี 403002 อ.ภูเขียว จ.ชัยภูมิ, สถานี 403005 อ.บ้านแท่น จ.ชัยภูมิ, สถานี 403006 อ.หนองบัวแดง จ.ชัยภูมิ, สถานี 403010 เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว อ.คอนสาร จ.ชัยภูมิ, สถานี 403012 สถานีส่งเสริมการอนุรักษ์สัตว์ป่าห้วยกุ่ม จ.ชัยภูมิ, สถานี 353001 อ.วังสะพุง จ.เลย, สถานี 353011 อุทยานแห่งชาติภูกระดึง จ.เลย, สถานี 360003 อ.ศรีบุญเรือง จ.หนองบัวลำภู, สถานี 360004 อ.สุวรรณคูหา จ.หนองบัวลำภู, สถานี 381003 อ.ชุมแพ จ.ขอนแก่น, สถานี 381005 อ.มัญจาคีรี จ.ขอนแก่น, สถานี 381008 อ.ภูเวียง จ.ขอนแก่น, สถานี 381011 อ.อุบลรัตน์ จ.ขอนแก่น, สถานี 381017 นิคมสร้างตนเองเขื่อนอุบลรัตน์ อ.อุบลรัตน์ จ.ขอนแก่น, และสถานี 354019 อ.ศรีธาตุ จ.อุดรธานี เป็นต้น ส่วนข้อมูลอุทกวิทยาจะใช้ข้อมูลอัตราการไหลรายวันที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ปี พ.ศ. 2550 – 2560 ที่ได้จากการตรวจวัดจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กฟผ.)

2.2.2 ข้อมูลสภาพพื้นที่ของกลุ่มน้ำพองตอนบน

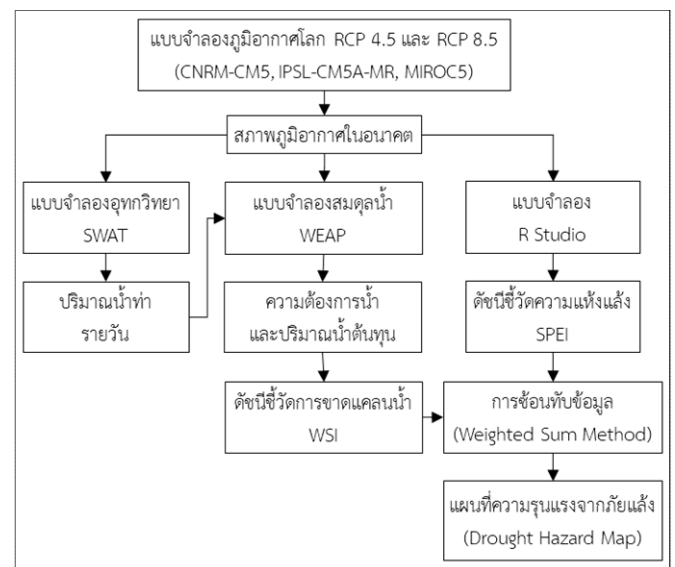
ข้อมูลสภาพพื้นที่กลุ่มน้ำที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยข้อมูลขอบเขตกลุ่มน้ำและเส้นลำน้ำ รวมถึงขอบเขตการปกครองระดับตำบลและจังหวัด ข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM) ความละเอียดในแนวราบขนาด 30 เมตร x 30 เมตร รวมถึงแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use map) และแผนที่กลุ่มชุดดิน (Soil map) มาตราส่วน 1:25,000 ปี พ.ศ. 2558 ที่จัดทำขึ้นโดยกรมพัฒนาที่ดิน

2.2.3 ข้อมูลสำหรับการคำนวณปริมาณการใช้น้ำ

ข้อมูลที่ใช้คำนวณปริมาณการใช้น้ำจะครอบคลุมถึงจำนวนประชากรรายตำบล ข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรม ค่าสัมประสิทธิ์พืช (K_c) ปฏิทินการปลูกพืช และผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัด (Gross Provincial Product, GPP) นอกภาคการเกษตร เป็นต้น

2.3 กรอบแนวคิดในการศึกษา

การประเมินระดับความรุนแรงของภัยแล้งในเขตพื้นที่กลุ่มน้ำพองตอนบนภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ มีกรอบแนวคิดดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กรอบแนวคิดในการศึกษา

การศึกษาดังกล่าวจะอาศัยข้อมูลสภาพภูมิอากาศในอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก ร่วมกับการประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกวิทยา SWAT สำหรับคำนวณปริมาณน้ำท่ารายวันซึ่งจะถูกนำเข้าสู่วิธีการจำลองสมการน้ำ WEAP สำหรับ

คำนวณปริมาณความต้องการใช้น้ำและปริมาณน้ำต้นทุน แล้วนำไปคำนวณดัชนีชี้วัดการขาดแคลนน้ำ ในขณะที่แบบจำลอง R Studio จะถูกใช้สำหรับการคำนวณดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง หลังจากนั้นดัชนีชี้วัดทั้งสองจะถูกนำมาซ้อนทับกันเพื่อสร้างแผนที่ความรุนแรงจากภัยแล้ง ซึ่งจะเป็นผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้

2.4 การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคต

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตจะใช้แบบจำลองภูมิอากาศโลก จากรายงานการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศฉบับที่ 5 (The Fifth Assessment Report, AR5) ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ซึ่งเป็นภาพฉายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบใหม่ “Representative Concentration Pathways (RCPs)” จาก [5] ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าเอนเอียง (Bias) และค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error, RMSE) พบว่าแบบจำลองที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้สำหรับประเทศไทยโดยพิจารณาจากค่า Bias ใน 5 อันดับแรกจะประกอบด้วย แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR, GFDL-CM3, MRI-CGCM3, CNRM-CM5 และ MIROC5 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากค่า RMSE ใน 5 อันดับแรก ได้แก่ แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR, MIROC5, CNRM-CM5, GFDL-CM3 และ CCSM4 ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกใช้แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR, MIROC5 และ CNRM-CM5 ซึ่งอยู่ในฐานข้อมูล Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) เนื่องจากค่า Bias ที่ใกล้เคียงกับ 1 และค่า RMSE ที่ต่ำที่สุด ซึ่งแสดงถึงการจำลองปริมาณฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกที่ใกล้เคียงปริมาณฝนที่ได้จากการตรวจวัด โดยที่การจำลองสภาพภูมิอากาศจะอยู่ภายใต้ภาพฉาย RCP 4.5 และ RCP 8.5 (หมายเหตุ: ค่าที่กำหนดต่อท้าย RCPs แสดงถึงเป้าหมายโดยประมาณในปี ค.ศ. 2100 ที่ปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีจะเพิ่มเป็น 4.5 และ 8.5 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และปริมาณฝนเฉลี่ยมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปจากปัจจุบัน)

2.5 แบบจำลองอุทกวิทยา SWAT

แบบจำลองอุทกวิทยา Soil and Water Assessment Tool (SWAT) ใช้ข้อมูลทางกายภาพของกลุ่มน้ำและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าและปริมาณตะกอนภายในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อน [6] โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนการสร้างแบบจำลองดังนี้

1) การเตรียมข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง SWAT ได้แก่ ข้อมูลสภาพพื้นที่ ได้แก่ ขอบเขตลุ่มน้ำ ข้อมูล DEM แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและกลุ่มชุดดิน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ข้อมูลฝนและภูมิอากาศรายวัน ช่วงปี พ.ศ. 2543 – 2560

2) การสร้างแบบจำลอง SWAT จะเริ่มจากการสร้างขอบเขตของกลุ่มน้ำและเครือข่ายของลำน้ำโดยใช้ข้อมูล DEM ขั้นตอนต่อไปเป็นการกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrologic Response Units, HRUs) จาก 3 ปัจจัย ได้แก่ ประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน กลุ่มชุดดิน และความลาดชันของพื้นที่ โดยได้กำหนดให้แต่ละลุ่มน้ำย่อยมีค่า HRUs แบบ Multiple HRUs และมีสัดส่วนของแต่ละปัจจัยเท่ากับ 5% 10% และ 10% ตามลำดับ ซึ่งการกำหนดสัดส่วนจะส่งผลต่อผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง SWAT [7] ส่วนขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการนำเข้าข้อมูลภูมิอากาศ และประมวลผลข้อมูลนำเข้าทั้งหมดสำหรับคำนวณหาปริมาณน้ำท่ารายวัน

3) การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง (Model calibration and validation) จะเกี่ยวข้องกับการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวด้วยหลักการลองผิดลองถูก (Trial and error) เพื่อให้แบบจำลอง SWAT คำนวณผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องและสอดคล้องกับสภาพของกลุ่มน้ำพองตอนบน และใช้ข้อมูลอัตราการไหลรายวันที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ช่วงปี พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2554 สำหรับการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง ตามลำดับ (หมายเหตุ: การเลือกช่วงเวลาในการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง จะพิจารณาช่วงเวลาที่มียัตราการไหลสูงสุด (Peak flow) ของน้ำหลากที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ร่วมกับช่วงเวลาที่ข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง SWAT ได้แก่ ข้อมูลฝนรายวัน และอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดรายวัน ที่ตรวจวัด ณ สถานีวัดน้ำฝนและสถานีตรวจวัดอากาศที่ตั้งอยู่ในเขตลุ่มน้ำพองตอนบนและบริเวณใกล้เคียง มีความต่อเนื่องและสมบูรณ์มากที่สุด) ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์

การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) และค่า Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) จะถูกใช้สำหรับการตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง

2.6 การประเมินการจัดสรรน้ำสำหรับกิจกรรมต่างๆ

การประเมินการจัดสรรน้ำสำหรับกิจกรรมต่างๆ จะประยุกต์ใช้แบบจำลอง WEAP (Water Evaluation And Planning System) สำหรับคำนวณปริมาณความต้องการใช้น้ำในลุ่มน้ำพองตอนบน โดยมีขั้นตอนการสร้างแบบจำลองดังนี้

- 1) การนำข้อมูลเข้าสู่แบบจำลอง WEAP ได้แก่ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ข้อมูล GIS (เส้นลำน้ำ แหล่งน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ฯลฯ) และข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันจากแบบจำลอง SWAT
- 2) การคำนวณความต้องการใช้น้ำด้วยแบบจำลอง WEAP โดยแบ่งเป็น (1) เพื่อการเกษตร ด้วยวิธี MABIA Method (2) เพื่อการอุปโภคบริโภค จะอาศัยข้อมูลจำนวนประชากรรายตำบล และอัตราการใช้น้ำของประชากรต่อคน ตามมาตรฐานของการสำรวจความจำเป็นพื้นฐาน (จปฐ.) นั่นคือ เขตเทศบาลตำบล 120 ลิตร/คน/วัน นอกเขตเทศบาล 50 ลิตร/คน/วัน [8] (3) เพื่อการอุตสาหกรรม จะใช้ข้อมูลพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมรายตำบลและอัตราการใช้น้ำของโรงงานอุตสาหกรรมต่อพื้นที่ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม [8] และ (4) เพื่อรักษาระบบนิเวศท้ายน้ำ จะใช้ฟังก์ชัน Flow Duration Curve shift (FDCshift) [9]

2.7 การวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง

ดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งจะใช้ระบุถึงความรุนแรงจากภัยแล้ง โดยเลือกใช้ดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) ซึ่งใช้ข้อมูลปริมาณฝนรายเดือน และข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดรายเดือน สำหรับคำนวณค่าศักยภาพการคายระเหยรายเดือน (Potential Evapotranspiration, PET) ด้วยวิธี Hargreaves โดยที่การวิเคราะห์ค่าดัชนี SPEI จะวิเคราะห์ที่แต่ละตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำพองตอนบนจำนวน 7 สถานี ได้แก่ สถานี 360003 สถานี 353011 สถานี 381003 สถานี 381008 สถานี 403005 สถานี 381017 และสถานี 381011 ร่วมกับข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดรายเดือนของสถานี 381201 และติดตามระดับความแห้งแล้งในช่วงเวลา (Time scale) 3 เดือน (SPEI-3), 12 เดือน (SPEI-12), และ 24 เดือน

(SPEI-24) โดยพบว่าค่าดัชนี SPEI ในช่วงเวลา 3 – 6 เดือน จะเหมาะสำหรับการตรวจสอบการเกิดภัยแล้งระยะสั้น (Short-term drought) ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงต่อการเพาะปลูกพืช โดยเฉพาะพื้นที่เกษตรกรรมที่อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก [10] ส่วนค่าดัชนี SPEI ในช่วงเวลา 12 – 24 เดือน จะชี้ให้เห็นถึงปริมาณน้ำสะสมทั้งบนดินและใต้ดินตลอดช่วงฤดูกาลและตลอดปี [11] ดังนั้นค่าดัชนี SPEI-3, SPEI-12, และ SPEI-24 จึงถูกใช้ในการติดตามระดับความแห้งแล้งของพื้นที่ศึกษา โดยที่เกณฑ์การจำแนกค่าดัชนี SPEI แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การจำแนกค่าดัชนี SPEI [10]

ค่า SPEI	ระดับความรุนแรงของความแห้งแล้ง
> 2.00	ชื้นมากเข้าขั้นวิกฤต (Extremely wet)
1.50 < SPEI < 1.99	ชื้นมาก (Very wet)
1.00 < SPEI < 1.49	ชื้นปานกลาง (Moderately wet)
-0.99 < SPEI < 0.99	ปกติ (Near normal)
-1.00 < SPEI < -1.49	แห้งแล้งปานกลาง (Moderately dry)
-1.50 < SPEI < -1.99	แห้งแล้งรุนแรง (Severely dry)
< -2.00	แห้งแล้งเข้าขั้นวิกฤติ (Extremely dry)

2.8 การวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดการขาดแคลนน้ำ

การวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดการขาดแคลนน้ำ (Water Scarcity Index, WSI) สำหรับลุ่มน้ำพองตอนบน จะใช้ปริมาณน้ำต้นทุน (Water supply) ที่ได้จากแบบจำลอง SWAT และปริมาณความต้องการใช้น้ำ (Water demand) ที่ได้จากแบบจำลอง WEAP และทำการคำนวณด้วยสมการที่ (1) โดยที่ค่าดัชนี WSI จะแบ่งเป็น 4 ระดับ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

$$WSI = \frac{\text{Water demand} - \text{Water supply}}{\text{Water supply}} \quad (1)$$

ตารางที่ 2 เกณฑ์การจำแนกค่าดัชนี WSI [12-14]

ค่า WSI	ประเภทของการขาดแคลนน้ำ
WSI < 0.1	ไม่ขาดแคลนน้ำ (No water stress)
0.1 ถึง 0.2	ขาดแคลนน้ำต่ำ (Low water stress)
0.2 ถึง 0.4	ขาดแคลนน้ำปานกลาง (Moderate water stress)
WSI > 0.4	ขาดแคลนน้ำรุนแรง (High water stress)

2.9 การวิเคราะห์ดัชนีความรุนแรงจากภัยแล้งและการสร้างแผนที่ความรุนแรงจากภัยแล้ง

การวิเคราะห์ดัชนีความรุนแรงจากภัยแล้ง (Drought Hazard Index, DHI) จะอาศัยค่าดัชนี SPEI ในช่วงเวลา 12 เดือน (SPEI-12) ร่วมกับค่าดัชนี WSI โดยที่ค่าดัชนีทั้งสองจะถูกกำหนดค่าคะแนน (Score, S) ตามช่วงของค่าดัชนีแต่ละตัว ส่วนเกณฑ์การกำหนดค่าคะแนน ตามระดับความรุนแรงของค่าดัชนี SPEI และค่าดัชนี WSI แสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การกำหนดค่าคะแนน (S) ตามระดับความรุนแรงของค่าดัชนี SPEI และค่าดัชนี WSI

ค่า SPEI	ค่า WSI	ระดับความรุนแรง	ค่าคะแนน (S)
-0.99 ถึง 0.99	WSI < 0.1	ปกติ (Normal)	1
-1.00 ถึง -1.49	0.1 ถึง 0.2	รุนแรงปานกลาง (Moderate)	2
-1.50 ถึง -1.99	0.2 ถึง 0.4	รุนแรงสูง (High)	3
-2.00 หรือน้อยกว่า	WSI > 0.4	รุนแรงสูงมาก (Very High)	4

ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการสร้างแผนที่ความรุนแรงจากภัยแล้งสำหรับกรณีอดีตถึงปัจจุบัน (ปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2560) รวมถึงกรณีอนาคตภายใต้ภาพฉาย RCP 4.5 และ RCP 8.5 ในช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2582 (ค.ศ. 2020 – 2039), 2583 – 2602 (ค.ศ. 2040 – 2059), 2603 – 2622 (ค.ศ. 2060 – 2079) และ 2623 – 2642 (ค.ศ. 2080 – 2099) โดยอาศัยค่าดัชนี SPEI ในช่วงเวลา 12 เดือน (SPEI-12) ร่วมกับค่าดัชนี WSI ที่ผ่านการกำหนดค่าคะแนน (S) และอยู่ในรูปแบบราสเตอร์ (Raster) แล้วนำมาซ้อนทับกันและประยุกต์ใช้เครื่องมือ Weighted Sum Method ในโปรแกรม ArcGIS ซึ่งจะกำหนดให้ค่าน้ำหนัก (Weighting Factor, WF) ของค่าดัชนี SPEI และค่าดัชนี WSI โดยอยู่บนสมมติฐานที่ว่าความรุนแรงจากความแห้งแล้งมีความสำคัญเทียบเท่ากับความรุนแรงจากการขาดแคลนน้ำ จึงส่งผลให้ค่าน้ำหนักของค่าดัชนี SPEI และค่าดัชนี WSI มีค่าเท่ากันคือ 0.5 หลังจากนั้นจึงคำนวณค่าดัชนีความรุนแรงจากภัยแล้ง DHI จากสมการที่ (2) ซึ่งค่าดัชนี DHI ที่คำนวณได้จะถูกนำไปจำแนกความรุนแรง

จากภัยแล้งตามเกณฑ์ในตารางที่ 4 และนำเสนอออกมาในรูปแบบของแผนที่ความรุนแรงจากภัยแล้ง

$$DHI = \frac{(S_{SPEI} \times WF_{SPEI}) + (S_{WSI} \times WF_{WSI})}{\text{Sum of Weighting Factor}} \quad (2)$$

โดยที่ S_{SPEI} คือ ค่าคะแนนของค่าดัชนี SPEI, S_{WSI} คือ ค่าคะแนนของค่าดัชนี WSI, WF_{SPEI} คือ ค่าน้ำหนักของค่าดัชนี SPEI, และ WF_{WSI} คือ ค่าน้ำหนักของค่าดัชนี WSI

ตารางที่ 4 เกณฑ์การจำแนกความรุนแรงจากภัยแล้งจากค่าดัชนี DHI

ค่า DHI	ประเภทของความรุนแรงจากภัยแล้ง
0.00 ถึง 1.00	ปกติ (Normal)
1.00 ถึง 2.00	ปานกลาง (Moderate)
2.00 ถึง 3.00	สูง (High)
3.00 ถึง 4.00	สูงมาก (Very High)

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

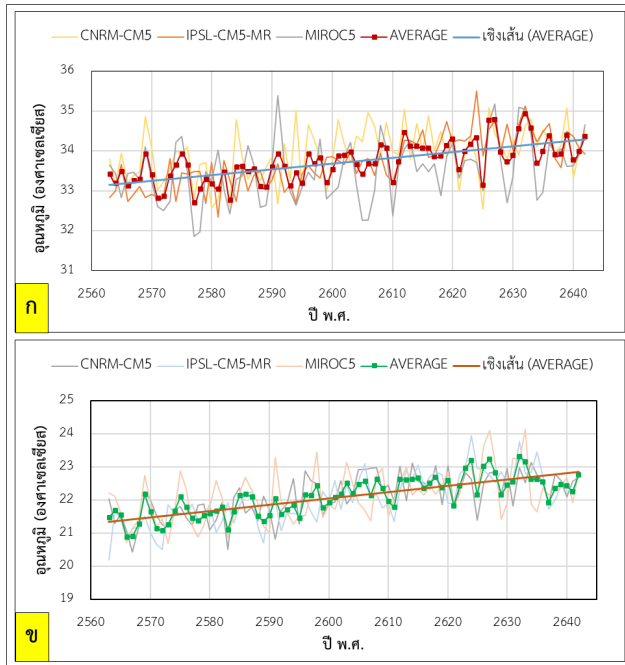
3.1 ผลการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตสำหรับลุ่มน้ำพองตอนบน จะพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนและอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ซึ่งผลลัพธ์จากแบบจำลองภูมิอากาศโลกจะถูกนำไปใช้ร่วมกับแบบจำลอง SWAT สำหรับประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันในอนาคต โดยที่การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศจะพิจารณาจากข้อมูลอุณหภูมิและปริมาณฝนในอดีต ภาพการณ์จำลองในอนาคต (Scenario) RCP 4.5 และ RCP 8.5 รวมถึงแบบจำลอง CNRM-CM5, IPSL-CM5A-MR และ MIROC5 และใช้เครื่องมือ Climate Model data for hydrologic modeling (CMhyd) ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของข้อมูล (Bias correction) โดยผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นปริมาณฝนรายวันในอนาคต และอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดรายวันในอนาคต โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

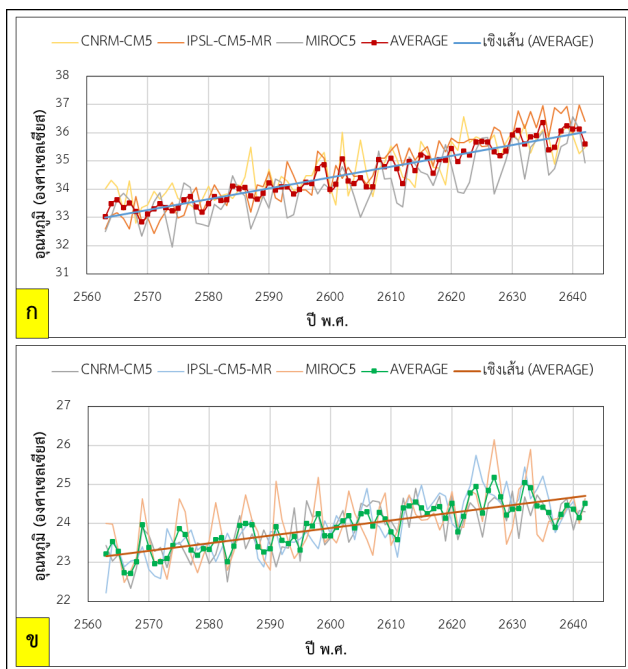
3.1.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคต

ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่ผ่านการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน จะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยรายปีและแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคต โดยพบว่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในกรณี RCP 4.5 มีค่าเท่ากับ 34.93 องศาเซลเซียส และ 20.88 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งถือว่า

มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นจากปัจจุบัน ดังแสดงในรูปที่ 3 ก และ 3 ข สำหรับกรณี RCP 8.5 จะพบว่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 36.36 องศาเซลเซียส และ 22.72 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกับกรณี RCP 4.5 (รูปที่ 4 ก และ 4 ข) และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ [15]



รูปที่ 3 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรายปี ก) สูงสุด และ ข) ต่ำสุด กรณี RCP 4.5 ช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2642 (ค.ศ. 2020 – 2099)



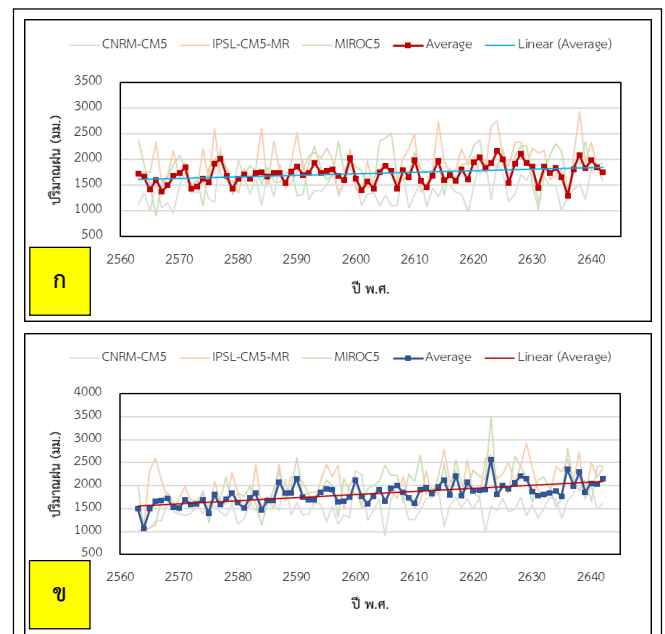
รูปที่ 4 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรายปี ก) สูงสุด และ ข) ต่ำสุด กรณี RCP 8.5 ช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2642 (ค.ศ. 2020 – 2099)

3.1.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนในอนาคต

การคาดการณ์ปริมาณฝนในอนาคตสำหรับลุ่มน้ำพองตอนบน จะอาศัยข้อมูลจากแบบจำลอง CNRM-CM5, IPSL-CM5A-MR และ MIROC5 ภายใต้ภาพฉาย RCP 4.5 และ RCP 8.5 เช่นเดียวกับการคาดการณ์อุณหภูมิในอนาคต โดยที่ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่ผ่านการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจะอยู่ในรูปของข้อมูลปริมาณฝนรายวัน ซึ่งจะใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ โดยใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเซน (Thiessen Polygon Method) สำหรับคำนวณสัดส่วนถ่วงน้ำหนักของแต่ละสถานีวัดน้ำฝนที่สัมพันธ์กับขอบเขตของพื้นที่รับน้ำฝนที่อยู่ล้อมรอบแต่ละสถานีวัดน้ำฝนที่ถูกคัดเลือก 7 สถานี (รูปที่ 1)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนในอนาคต โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนรายปีกรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5 ของทั้ง 3 แบบจำลองภูมิอากาศโลก พบว่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งสองกรณี โดยกรณี RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงกว่ากรณี RCP 4.5 (รูปที่ 5 ก และ 5 ข)

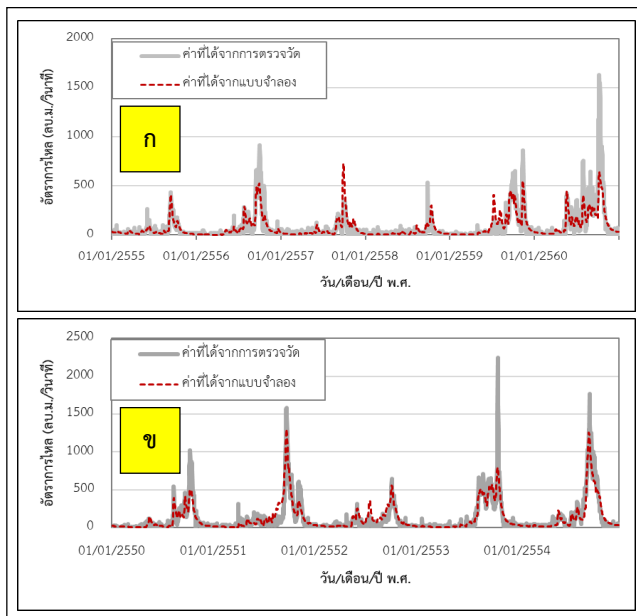
ทั้งนี้ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ [15] ที่ระบุว่าปริมาณฝนในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นในระยะยาว โดยที่หากพิจารณาช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2642 (ค.ศ. 2020 – 2099) จะพบว่าปริมาณฝนสูงสุดจะอยู่ที่ 2,171.94 มิลลิเมตร/ปี สำหรับกรณี RCP 4.5 และ 2,572.32 มิลลิเมตร/ปี สำหรับกรณี RCP 8.5



รูปที่ 5 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปี กรณี ก) RCP 4.5 และ ข) RCP 8.5 ช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2642 (ค.ศ. 2020 – 2099)

3.2 ผลการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง SWAT สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนบน

แบบจำลอง SWAT ถูกสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง โดยพบว่าค่า R^2 เท่ากับ 0.76 และค่า NSE เท่ากับ 0.82 สำหรับการสอบเทียบแบบจำลอง (รูปที่ 6 ก) และค่า R^2 เท่ากับ 0.70 และค่า NSE เท่ากับ 0.69 สำหรับการตรวจสอบแบบจำลอง (รูปที่ 6 ข) ซึ่งจากค่า R^2 และ NSE ที่มากกว่า 0.50 ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลรายวันที่ไหลเข้าสู่อ่างฯ ที่ได้จากแบบจำลอง SWAT และที่ได้จากการตรวจวัดโดย กฟผ. อยู่ในเกณฑ์ที่ดีและยอมรับได้ [16] และยืนยันว่าแบบจำลอง SWAT ที่สร้างขึ้นสำหรับลุ่มน้ำพองตอนบน สามารถใช้ในการจำลองสภาพการณ์สถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้องและน่าเชื่อถือ โดยปริมาณน้ำท่ารายวันที่ได้จากแบบจำลอง SWAT จะเป็นปริมาณน้ำต้นทุนสำหรับนำเข้าแบบจำลอง WEAP เพื่อคำนวณค่าดัชนี WSI ต่อไป



รูปที่ 6 ผลการ ก) สอบเทียบ และ ข) ตรวจสอบแบบจำลอง SWAT กับ อัตราการไหลรายวันที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ปี พ.ศ. 2555 – 2560 และ พ.ศ. 2550 – 2554 ตามลำดับ

3.3 ผลการประเมินการจัดสรรน้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ

3.3.1 การประเมินปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ ในสภาพปัจจุบัน

การประเมินปริมาณความต้องการใช้น้ำรายตำบลในสภาพปัจจุบัน (ปี พ.ศ. 2543 – 2560) ด้วยแบบจำลอง WEAP จะ

จำแนกประเภทของการใช้น้ำออกเป็น (1) เพื่อการอุปโภคบริโภค (2) เพื่อการอุตสาหกรรม จะใช้ค่าสถิติผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัด (Gross Provincial Product, GPP) นอกภาคการเกษตรของจังหวัดขอนแก่น หนองบัวลำภู และเลย ซึ่งอยู่ในเขตลุ่มน้ำพองตอนบน ในช่วงปี พ.ศ. 2538 – 2557 เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมรายตำบลในอดีต โดยจะใช้ค่า GPP หาแนวโน้มของอัตราการเพิ่มขึ้นของพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรม แล้วนำไปคำนวณหาพื้นที่ของโรงงานอุตสาหกรรมของแต่ละตำบลในลุ่มน้ำพองตอนบนในช่วงปี พ.ศ. 2543 – 2560 ซึ่งจากการคำนวณอัตราการเจริญเติบโตของ GPP ของแต่ละจังหวัด พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของ GPP ของจังหวัดขอนแก่นคิดเป็นร้อยละ 4.52 ต่อปี จังหวัดหนองบัวลำภู คิดเป็นร้อยละ 3.28 ต่อปี และจังหวัดเลยคิดเป็นร้อยละ 4.26 ต่อปี (3) เพื่อการเกษตร ซึ่งพื้นที่เกษตรกรรมในลุ่มน้ำพองตอนบนส่วนใหญ่จะปลูกข้าวและพืชไร่ เช่น อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพด เป็นต้น และ (4) เพื่อรักษาระบบนิเวศท้ายน้ำ ซึ่งพบว่าความต้องการใช้น้ำของลุ่มน้ำพองตอนบนจะมีค่าเท่ากับ 1,849.11 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี (ล้าน ลบ.ม. ต่อปี) โดยแบ่งเป็นการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค 7.73 ล้าน ลบ.ม. เพื่ออุตสาหกรรม 2.38 ล้าน ลบ.ม. เพื่อการเกษตร 1,193.67 ล้าน ลบ.ม. และเพื่อรักษาระบบนิเวศ 645.33 ล้าน ลบ.ม. ทั้งนี้พบว่าเทศบาลตำบลโนนเมืองมีความต้องการใช้น้ำมากที่สุดเท่ากับ 60.54 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี และตามด้วยตำบลดินด้าเท่ากับ 58.13 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี

3.3.2 การประเมินปริมาณการขาดแคลนน้ำในสภาพปัจจุบัน

การขาดแคลนน้ำจะแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ การขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตร เพื่อการอุปโภคบริโภค เพื่ออุตสาหกรรม และเพื่อรักษาระบบนิเวศท้ายน้ำ โดยที่ปริมาณการขาดแคลนน้ำในสภาพปัจจุบัน (ปี พ.ศ. 2543 – 2560) ของลุ่มน้ำพองตอนบนมีค่าเท่ากับ 7.85 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี โดยแบ่งเป็นการขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค 0.09 ล้าน ลบ.ม. เพื่ออุตสาหกรรม 0.02 ล้าน ลบ.ม. และเพื่อการเกษตร 7.74 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งพบว่าตำบลดินด้า ตำบลหนองแก และตำบลหนองแสงจะมีการขาดแคลนน้ำสูงสุดสามลำดับแรก ในปริมาณ 1.54, 0.70 และ 0.53 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี ตามลำดับ

3.3.3 การคาดการณ์ปริมาณความต้องการใช้น้ำในอนาคต

การคาดการณ์ปริมาณความต้องการใช้น้ำในอนาคต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับลุ่มน้ำพองตอนบน จะประยุกต์ใช้แบบจำลอง WEAP ร่วมกับแบบจำลองภูมิอากาศโลก CNRM-CM5, IPSL-CM5A-MR และ MIROC5 ภายใต้ภาพฉาย RCP 4.5 และ RCP 8.5 ในช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2582, 2583 – 2602, 2603 – 2622 และ 2623 – 2642 ซึ่งผลการคาดการณ์ปริมาณความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยในคาบ 20 ปีของแต่ละแบบจำลองภูมิอากาศโลก ภายใต้ RCP 4.5 และ RCP 8.5 แสดงได้ดังตารางที่ 5 และ 6

ตารางที่ 5 ผลการคาดการณ์ปริมาณความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยในคาบ 20 ปี จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศภายใต้ RCP 4.5

ประเภทการใช้น้ำ	ปริมาณความต้องการใช้น้ำรายปี (ล้าน ลบ.ม.) ช่วงปี พ.ศ.			
	2563 - 2582	2583 - 2602	2603 - 2622	2623 - 2642
อุปโภคบริโภค	7.69	7.89	8.10	8.32
อุตสาหกรรม	3.37	7.37	16.28	36.40
การเกษตร	1,858.45	1,322.08	1,381.37	1,372.33
รักษาระบบนิเวศ	696.54	717.03	729.32	737.52
รวม	2,566.05	2,054.37	2,135.08	2,154.56

ตารางที่ 6 ผลการคาดการณ์ปริมาณความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยในคาบ 20 ปี จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศภายใต้ RCP 8.5

ประเภทการใช้น้ำ	ปริมาณความต้องการใช้น้ำรายปี (ล้าน ลบ.ม.) ช่วงปี พ.ศ.			
	2563 - 2582	2583 - 2602	2603 - 2622	2623 - 2642
อุปโภคบริโภค	7.69	7.89	8.10	8.32
อุตสาหกรรม	3.37	7.37	16.28	36.40
การเกษตร	1,775.10	1,243.06	1,297.09	1,277.24
รักษาระบบนิเวศ	1,130.01	1,163.25	1,183.19	1,196.49
รวม	2,916.18	2,421.57	2,504.67	2,518.44

โดยพบว่าปริมาณความต้องการใช้น้ำในอนาคตของทั้ง 2 ภาพฉาย มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรณีสภาพปัจจุบันซึ่งมีปริมาณความต้องการใช้น้ำรวมอยู่ที่ 1,849.11 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี ทั้งนี้หากพิจารณาเฉพาะแนวโน้มของปริมาณความต้องการใช้น้ำในอนาคตของทั้ง 2 ภาพฉาย จะพบว่ามีแนวโน้มลดลงสำหรับกรณี RCP 4.5 พบว่าปริมาณความต้องการใช้น้ำระหว่างปี พ.ศ. 2583 – 2602 จะลดลง 511.68 ล้าน ลบ.ม. (เทียบกับปี พ.ศ. 2563 – 2582) และจะเพิ่มขึ้นในช่วงปี พ.ศ. 2603 – 2622 และ 2623 – 2642 ประมาณ 80.71 ล้าน ลบ.ม.

และ 19.48 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ เมื่อเทียบกับช่วงปี พ.ศ. 2583 – 2602 ส่วนกรณี RCP 8.5 จะมีแนวโน้มสอดคล้องกับกรณี RCP 4.5 กล่าวคือ ปริมาณความต้องการใช้น้ำระหว่างปี พ.ศ. 2583 – 2602 จะลดลง 494.60 ล้าน ลบ.ม. (เทียบกับปี พ.ศ. 2563 – 2582) และจะเพิ่มขึ้นในช่วงปี พ.ศ. 2603 – 2622 และ พ.ศ. 2623 – 2642 ประมาณ 83.09 ล้าน ลบ.ม. และ 13.77 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ เมื่อเทียบกับช่วงปี พ.ศ. 2583 – 2602

3.3.4 การคาดการณ์ปริมาณการขาดแคลนน้ำในอนาคต

การคาดการณ์การขาดแคลนน้ำในอนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับลุ่มน้ำพองตอนบน อาศัยแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกเช่นเดียวกับการคาดการณ์ปริมาณความต้องการใช้น้ำในอนาคต ในช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2582, 2583 – 2602, 2603 – 2622 และ 2623 – 2642 โดยผลการคาดการณ์ปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ยในคาบ 20 ปี แสดงในตารางที่ 7 และ 8

ตารางที่ 7 ผลการคาดการณ์ปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ยในคาบ 20 ปี จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศภายใต้ RCP 4.5

ประเภทการใช้น้ำ	ปริมาณการขาดแคลนน้ำรายปี (ล้าน ลบ.ม.) ช่วงปี พ.ศ.			
	2563 - 2582	2583 - 2602	2603 - 2622	2623 - 2642
อุปโภคบริโภค	0.02	0.04	0.22	0.49
อุตสาหกรรม	0.01	0.04	0.44	2.12
การเกษตร	989.71	700.85	735.37	727.76
รักษาระบบนิเวศ	0.00	0.00	0.00	0.00
รวม	989.75	700.93	736.03	730.37

ตารางที่ 8 ผลการคาดการณ์ปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ยในคาบ 20 ปี จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศภายใต้ RCP 8.5

ประเภทการใช้น้ำ	ปริมาณการขาดแคลนน้ำรายปี (ล้าน ลบ.ม.) ช่วงปี พ.ศ.			
	2563 - 2582	2583 - 2602	2603 - 2622	2623 - 2642
อุปโภคบริโภค	0.01	0.02	0.19	0.38
อุตสาหกรรม	0.01	0.02	0.39	1.66
การเกษตร	951.34	673.86	731.46	691.55
รักษาระบบนิเวศ	0.00	0.00	0.00	0.00
รวม	951.36	673.90	732.04	693.59

ทั้งนี้จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าการขาดแคลนน้ำในอนาคตของทั้ง 2 ภาพฉาย มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรณีสภาพปัจจุบันเป็นอย่างมาก ในขณะที่เมื่อพิจารณาสภาพในอนาคต กรณี RCP 4.5 เมื่อเทียบช่วงปี พ.ศ. 2583 – 2602 กับ พ.ศ. 2563 – 2582 ปริมาณการขาดแคลนน้ำลดลงอย่างชัดเจนประมาณ 288.82 ล้าน ลบ.ม. แล้วเพิ่มขึ้นในช่วงปี พ.ศ. 2603 – 2622

ประมาณ 35.10 ล้าน ลบ.ม. และลดลงในช่วงปี พ.ศ. 2623 – 2642 ประมาณ 5.66 ล้าน ลบ.ม. (เทียบกับปี พ.ศ. 2603 – 2622) ส่วนกรณี RCP 8.5 ปริมาณการขาดแคลนน้ำคาดการณ์คล้ายกรณี RCP 4.5 ซึ่งเมื่อเทียบช่วงปี พ.ศ. 2583 – 2602 กับช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2582 พบว่าปริมาณการขาดแคลนน้ำลดลง 277.46 ล้าน ลบ.ม. แล้วเพิ่มขึ้นในช่วงปี พ.ศ. 2603 – 2622 ประมาณ 58.14 ล้าน ลบ.ม. และลดลงในช่วงปี พ.ศ. 2623 – 2642 ประมาณ 38.45 ล้าน ลบ.ม. (เทียบกับปี พ.ศ. 2603 – 2622)

โดยสรุป จากตารางที่ 5 และ 6 ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ปริมาณความต้องการใช้น้ำในอนาคตของทั้ง 2 ภาพฉาย มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรณีสภาพปัจจุบัน และพบว่าในอนาคตช่วง 20 ปีแรก จะมีความต้องการใช้น้ำรวมสูงขึ้นเป็นอย่างมาก ในขณะที่ช่วง 20 ปีที่สอง สาม และสี่ ปริมาณความต้องการใช้น้ำจะลดลงจากช่วง 20 ปีแรกเป็นอย่างมาก โดยเป็นผลมาจากการลดลงอย่างมีนัยสำคัญของความต้องการใช้น้ำด้านการเกษตรเป็นหลัก ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากปริมาณฝนคาดการณ์ในอนาคตที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (ดูรูปที่ 5 ประกอบ) อย่างไรก็ตามการขาดแคลนน้ำในอนาคตของทั้ง 2 ภาพฉาย จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรณีสภาพปัจจุบัน เนื่องจากปริมาณความต้องการใช้น้ำที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในอนาคตช่วง 20 ปีแรก แต่จะลดลงจากช่วง 20 ปีแรก ในช่วง 20 ปีที่สอง สาม และสี่ เนื่องจากปริมาณฝนคาดการณ์ในอนาคตที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (ดูรูปที่ 5 ประกอบ)

3.4 การวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งในอนาคตในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนบน

ค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPEI ของช่วงเวลา 12 เดือนในสภาพอนาคตในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนบน ที่ถูกกำหนดค่าคะแนน (S) ตามระดับความรุนแรงของดัชนี SPEI ได้แก่ ปกติ (Normal), แห้งแล้งปานกลาง (Moderate), แห้งแล้งรุนแรงสูง (High) และแห้งแล้งรุนแรงสูงมาก (Very High) จะถูกนำไปกระจายเพื่อแสดงให้เห็นถึงระดับความรุนแรงของภัยแล้งเชิงพื้นที่ ด้วยวิธีระยะทางกลับโดยน้ำหนัก (Inverse Distance Weight, IDW) ซึ่งเป็นการกระจายค่าของข้อมูลลงสู่พื้นที่ โดยอยู่บนพื้นฐานที่ว่าตำแหน่งของข้อมูลที่ใกล้เคียงกันจะมีความสัมพันธ์กันในเชิงพื้นที่ ร่วมกับการกำหนดให้น้ำหนักของข้อมูลที่อยู่ใกล้มีค่ามากกว่าตำแหน่งที่อยู่ไกลออกไป โดยมี

รายละเอียดของผลการกระจายค่าดัชนี SPEI สำหรับแต่ละช่วงเวลาในอนาคตและแต่ละภาพฉายดังนี้

3.4.1 การกระจายค่าดัชนี SPEI กรณี RCP 4.5

การกระจายค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPEI ในพื้นที่กรณี RCP 4.5 สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

1) จากตารางที่ 9 และรูปที่ 7 ก ช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2582 ตำบลศรีฐาน ตำบลภูกระดัง และตำบลห้วยส้ม (บริเวณต้นน้ำของลุ่มน้ำ) มีแนวโน้มจะได้รับผลกระทบจากภัยแล้งในระดับรุนแรงสูง โดยครอบคลุมพื้นที่ 1,040.02 ตร.กม. หรือ 25.20% ของลุ่มน้ำพองตอนบน ส่วนตอนกลางและท้ายน้ำของลุ่มน้ำอยู่ในระดับปานกลาง ในขณะที่ตำบลเมืองใหม่ ตำบลศรีบุญเรือง ตำบลภูเวียง ตำบลบ้านเรือ ตำบลสงเปือย และตำบลหนองกุงธารา อยู่ในระดับปกติ

2) จากตารางที่ 9 และรูปที่ 7 ข ช่วงปี พ.ศ. 2583 – 2602 ด้านท้ายน้ำของลุ่มน้ำ ได้แก่ ตำบลเมืองใหม่ ตำบลศรีบุญเรือง ตำบลภูเวียง ตำบลบ้านเรือ ตำบลสงเปือย ตำบลหนองกุงธารา ตำบลนาหว้า และตำบลโคกใหญ่ จะมีระดับความแห้งแล้งอยู่ในเกณฑ์ปกติ (ครอบคลุมพื้นที่ 495.54 ตร.กม. หรือ 12.01%) ส่วนบริเวณต้นน้ำของลุ่มน้ำและบริเวณอื่นๆ จะได้รับผลกระทบจากความแห้งแล้งในระดับปานกลาง

3) จากตารางที่ 9 และรูปที่ 7 ค ช่วงปี พ.ศ. 2603 – 2622 พบว่าทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนบนจะมีระดับความแห้งแล้งรุนแรงสูง (ครอบคลุมพื้นที่ 4,127 ตร.กม. หรือ 100%)

4) จากตารางที่ 9 และรูปที่ 7 ง ช่วงปี พ.ศ. 2623 – 2642 ทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนบน (ครอบคลุมพื้นที่ 4,127 ตร.กม. หรือ 100%) จะมีระดับความแห้งแล้งระดับรุนแรงสูงมาก

ตารางที่ 9 ขนาดพื้นที่ตามระดับความรุนแรงของดัชนี SPEI ในเขตลุ่มน้ำพองตอนบน กรณี RCP 4.5

ช่วงปี พ.ศ.	ขนาดพื้นที่ตามระดับความรุนแรงของดัชนี SPEI (ตร.กม.)				รวม
	ปกติ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก	
2563 - 2582	219.48 (5.32%)	2,867.51 (69.48%)	1,040.02 (25.20%)	0.00 (0%)	4,127.00 (100%)
2583 - 2602	495.54 (12.01%)	3,631.46 (87.99%)	0.00 (0%)	0.00 (0%)	4,127.00 (100%)
2603 - 2622	0.00 (0%)	0.00 (0%)	4,127.00 (100%)	0.00 (0%)	4,127.00 (100%)
2623 - 2642	0.00 (0%)	0.00 (0%)	0.00 (0%)	4,127.00 (100%)	4,127.00 (100%)

3.4.2 การกระจายค่าดัชนี SPEI กรณี RCP 8.5

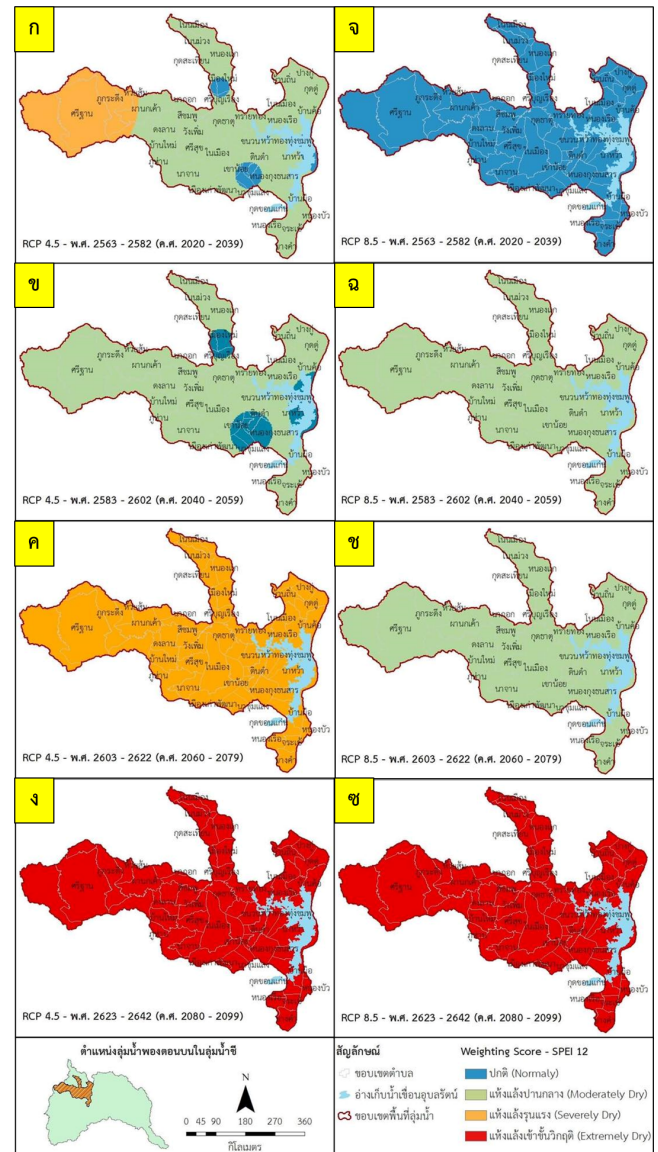
การกระจายค่าดัชนี SPEI กรณี RCP 8.5 สามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) จากตารางที่ 10 และรูปที่ 7 จ ช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2582 พบว่าทั้งลุ่มน้ำพองตอนบนมีระดับความรุนแรงจากภัยแล้งอยู่ในเกณฑ์ปกติ โดยครอบคลุมพื้นที่ 4,127 ตร.กม. หรือ 100% ของพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนบน
- 2) จากตารางที่ 10 และรูปที่ 7 ฉ ช่วงปี พ.ศ. 2583 – 2602 พบว่าระดับความรุนแรงจากภัยแล้งอยู่ในเกณฑ์ปานกลางทั้งลุ่มน้ำพองตอนบน (พื้นที่ 4,127 ตร.กม. หรือ 100%)
- 3) จากตารางที่ 10 และรูปที่ 7 ช ช่วงปี พ.ศ. 2603 – 2622 พบว่าทั้งลุ่มน้ำพองตอนบนมีระดับความรุนแรงจากภัยแล้งอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (พื้นที่ 4,127 ตร.กม. หรือ 100%)
- 4) จากตารางที่ 10 และรูปที่ 7 ซ ช่วงปี พ.ศ. 2623 – 2642 พบว่ามีความรุนแรงสูงมากครอบคลุมทั้งลุ่มน้ำพองตอนบน (พื้นที่ 4,127 ตร.กม. หรือ 100%)

ทั้งนี้เป็นที่น่าสังเกตว่าผลการกระจายค่าดัชนี SPEI เชิงพื้นที่ในลุ่มน้ำพองตอนบน กรณี RCP 4.5 จะรุนแรงกว่ากรณี RCP 8.5 ในช่วง 60 ปีแรก โดยมีสาเหตุหลักมาจากปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในอนาคต กรณี RCP 4.5 ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นน้อยกว่ากรณี RCP 8.5 ซึ่งผลจากความแตกต่างดังกล่าวยังส่งผลต่อการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงจากภัยแล้งในลุ่มน้ำพองตอนบนเช่นกัน

ตารางที่ 10 ขนาดพื้นที่ตามระดับความรุนแรงของดัชนี SPEI ในเขตลุ่มน้ำพองตอนบน กรณี RCP 8.5

ช่วงปี พ.ศ.	ขนาดพื้นที่ตามระดับความรุนแรงของดัชนี SPEI (ตร.กม.)				รวม
	ปกติ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก	
2563 - 2582	4,127.00 (100%)	0.00 (0%)	0.00 (0%)	0.00 (0%)	4,127.00 (100%)
2583 - 2602	0.00 (0%)	4,127.00 (100%)	0.00 (0%)	0.00 (0%)	4,127.00 (100%)
2603 - 2622	0.00 (0%)	4,127.00 (100%)	0.00 (0%)	0.00 (0%)	4,127.00 (100%)
2623 - 2642	0.00 (0%)	0.00 (0%)	0.00 (0%)	4,127.00 (100%)	4,127.00 (100%)

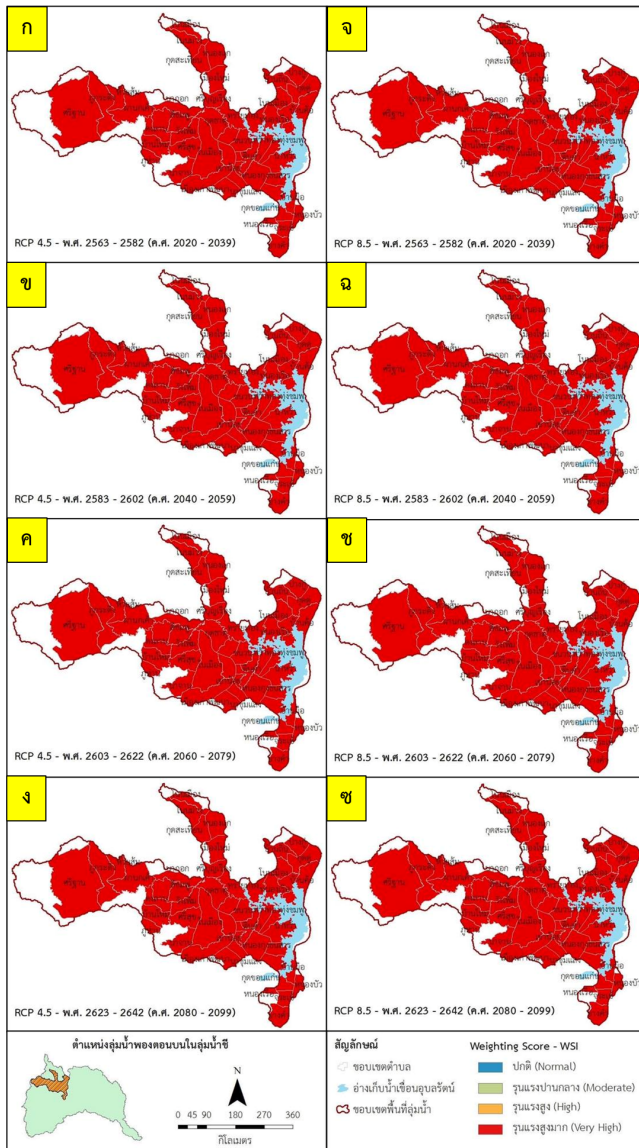


รูปที่ 7 การกระจายค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPEI เชิงพื้นที่ในลุ่มน้ำพองตอนบน กรณี RCP 4.5 ก) ปี พ.ศ. 2563 – 2582, ข) ปี พ.ศ. 2583 – 2602, ค) ปี พ.ศ. 2603 – 2622, ง) ปี พ.ศ. 2623 – 2642 และกรณี RCP 8.5 จ) ปี พ.ศ. 2563 – 2582, ฉ) ปี พ.ศ. 2583 – 2602, ช) ปี พ.ศ. 2603 – 2622, ซ) ปี พ.ศ. 2623 – 2642

3.5 การวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดการขาดแคลนน้ำในอนาคตในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนบน

ค่าดัชนีชี้วัดการขาดแคลนน้ำ WSI ในสภาพอนาคตในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนบน ที่ถูกกำหนดค่าคะแนน (S) ตามระดับความรุนแรงของดัชนี WSI ได้แก่ ปกติ (Normal), แห้งแล้งปานกลาง (Moderate), แห้งแล้งรุนแรงสูง (High) และแห้งแล้งรุนแรงสูงมาก (Very High) จะถูกนำไปกระจายเพื่อแสดงถึงระดับความรุนแรงของภัยแล้งเชิงพื้นที่ ด้วยวิธีระยะทางกลับ

โดยน้ำหนัก (Inverse Distance Weight, IDW) โดยพบว่าจากการพิจารณาค่าคะแนน (S) ซึ่งเท่ากับ 4 แสดงถึงระดับความรุนแรงของการขาดแคลนน้ำในอนาคตในเขตลุ่มน้ำพองตอนบนที่อยู่ในระดับรุนแรงสูงมาก ในช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2582, 2583 – 2602, 2603 – 2622 และ 2623 – 2642 ภายใต้กรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5 (รูปที่ 8)



รูปที่ 8 การกระจายค่าดัชนีชี้วัดการขาดแคลนน้ำ WSI เชิงพื้นที่ในลุ่มน้ำพองตอนบน กรณี RCP 4.5 ก) ปี พ.ศ. 2563 – 2582, ข) ปี พ.ศ. 2583 – 2602, ค) ปี พ.ศ. 2603 – 2622, ง) ปี พ.ศ. 2623 – 2642 และกรณี RCP 8.5 จ) ปี พ.ศ. 2563 – 2582, ฉ) ปี พ.ศ. 2583 – 2602, ช) ปี พ.ศ. 2603 – 2622, ซ) ปี พ.ศ. 2623 – 2642

หากพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ที่ชี้ให้เห็นว่าการขาดแคลนน้ำในลุ่มน้ำพองตอนบนจะอยู่ในระดับที่สูงมากทุก

ช่วงเวลา จะสะท้อนให้เห็นว่าแนวโน้มของความต้องการใช้น้ำในลุ่มน้ำพองตอนบนสูงเกินกว่าศักยภาพของลุ่มน้ำ ดังนั้นจึงควรเพิ่มแหล่งเก็บกักน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุน ตลอดจนการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพการชลประทานในลุ่มน้ำพองตอนบนให้มีประสิทธิภาพสูงสุดตามศักยภาพที่มีอยู่ ควบคู่กับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบริหารจัดการน้ำ

3.6 การวิเคราะห์และการสร้างแผนที่ความรุนแรงจากภัยแล้งในอนาคต

ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ความรุนแรงจากภัยแล้งในอนาคต ได้มีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของขั้นตอนและวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ความรุนแรงของภัยแล้งของการศึกษานี้สำหรับกรณีอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2560) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของผลลัพธ์กับสภาพปัญหาภัยแล้งที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่ โดยพบว่าปีที่ประสบปัญหาภัยแล้งในระดับความรุนแรงสูงถึงสูงมาก ได้แก่ ปี พ.ศ. 2548, 2550, 2551, 2553, 2555, 2556, 2558 และ 2559 ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลสถิติความเสียหายจากภัยแล้งของประเทศไทยที่รวบรวมโดยกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย [17] หลังจากนั้นจึงเป็นการสร้างแผนที่ความรุนแรงจากภัยแล้งในอนาคต ซึ่งจะสร้างจากค่าดัชนีความรุนแรงจากภัยแล้ง DHI (ตารางที่ 4) โดยผลการวิเคราะห์และการจัดทำแผนที่ความรุนแรงจากภัยแล้งในอนาคตภายใต้ภาพฉาย RCP 4.5 และ RCP 8.5 สรุปได้ดังนี้

3.6.1 ระดับความรุนแรงจากภัยแล้งกรณี RCP 4.5

ระดับความรุนแรงจากภัยแล้งเชิงพื้นที่ กรณี RCP 4.5 สามารถนำเสนอในรูปของแผนที่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) จากตารางที่ 11 และรูปที่ 9 ก ช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2582 ลุ่มน้ำพองตอนบนโดยเฉพาะตำบลศรีฐาน ตำบลภูกระดึง ตำบลห้วยส้ม และตำบลผานกเค้าบางส่วน จะมีระดับความรุนแรงอยู่ในระดับที่สูงมาก โดยครอบคลุมพื้นที่ 688.86 ตร.กม. หรือ 20.34% ของพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนบน ในขณะที่พื้นที่อื่นๆ จะอยู่ในระดับสูง (2,697.53 ตร.กม. หรือ 79.66%)

2) จากตารางที่ 11 และรูปที่ 9 ข ช่วงปี พ.ศ. 2583 – 2602 จะมีผลลัพธ์เหมือนกับกรณีช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2582

3) จากตารางที่ 11 และรูปที่ 9 ค ช่วงปี พ.ศ. 2603 – 2622 ระดับความรุนแรงจากภัยแล้งในทั้งลุ่มน้ำพองตอนบนจะอยู่ในระดับสูงมาก (3,386.39 ตร.กม. หรือ 100%)

4) จากตารางที่ 11 และรูปที่ 9 ช่วงปี พ.ศ. 2623 – 2642 ระดับความรุนแรงจากภัยแล้งในลุ่มน้ำพองตอนบนจะอยู่ในระดับสูงมาก (3,386.39 ตร.กม. หรือ 100%)

ตารางที่ 11 ขนาดพื้นที่ตามระดับความรุนแรงจากภัยแล้งในเขตลุ่มน้ำพองตอนบน กรณี RCP 4.5

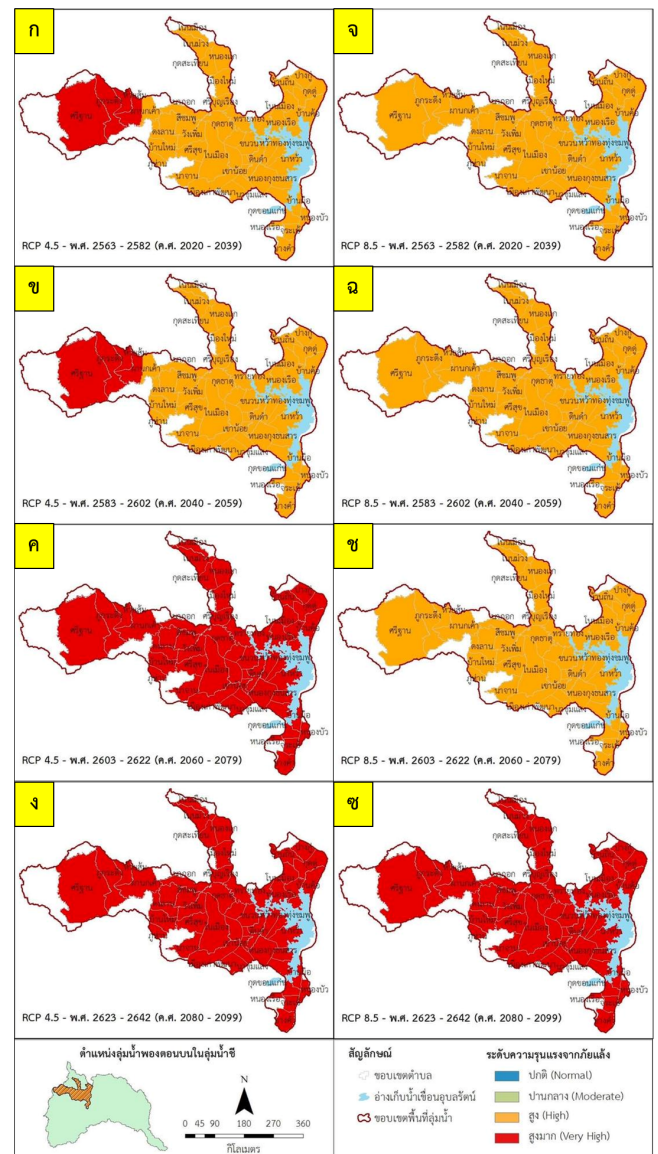
ช่วงปี พ.ศ.	ขนาดพื้นที่ตามระดับความรุนแรงจากภัยแล้ง (ตร.กม.)				รวม
	ปกติ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก	
2563 - 2582	0.00 (0%)	0.00 (0%)	2,697.53 (79.66%)	688.86 (20.34)	3,386.39 (100)
2583 - 2602	0.00 (0%)	0.00 (0%)	2,697.53 (79.66%)	688.86 (20.34)	3,386.39 (100)
2603 - 2622	0.00 (0%)	0.00 (0%)	0.00 (0%)	3,386.39 (100)	3,386.39 (100)
2623 - 2642	0.00 (0%)	0.00 (0%)	0.00 (0%)	3,386.39 (100)	3,386.39 (100)

3.6.2 ระดับความรุนแรงจากภัยแล้งกรณี RCP 8.5

ระดับความรุนแรงจากภัยแล้งเชิงพื้นที่ กรณี RCP 8.5 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 9 โดยพบว่าช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2582, 2583 – 2602 และ 2603 – 2622 ทั้งทั้งลุ่มน้ำพองตอนบนจะมีระดับความรุนแรงจากภัยแล้งในระดับสูง โดยครอบคลุมพื้นที่ 3,386.39 ตร.กม. (100%) (ตารางที่ 12 และรูปที่ 9 จ – 9 ข) ส่วนช่วงปี พ.ศ. 2603 – 2622 และ 2623 – 2642 จะมีระดับความรุนแรงในระดับสูงมากทั่วลุ่มน้ำ (รูปที่ 9 ข)

ตารางที่ 12 ขนาดพื้นที่ตามระดับความรุนแรงจากภัยแล้งในเขตลุ่มน้ำพองตอนบน กรณี RCP 8.5

ช่วงปี พ.ศ.	ขนาดพื้นที่ตามระดับความรุนแรงจากภัยแล้ง (ตร.กม.)				รวม
	ปกติ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก	
2563 - 2582	0.00 (0%)	0.00 (0%)	3,386.39 (100%)	0.00 (0%)	3,386.39 (100%)
2583 - 2602	0.00 (0%)	0.00 (0%)	3,386.39 (100%)	0.00 (0%)	3,386.39 (100%)
2603 - 2622	0.00 (0%)	0.00 (0%)	3,386.39 (100%)	0.00 (0%)	3,386.39 (100%)
2623 - 2642	0.00 (0%)	0.00 (0%)	0.00 (0%)	3,386.39 (100%)	3,386.39 (100%)



รูปที่ 9 แผนที่แสดงระดับความรุนแรงจากภัยแล้งในลุ่มน้ำพองตอนบน กรณี RCP 4.5 ก) ปี พ.ศ. 2563 – 2582, ข) ปี พ.ศ. 2583 – 2602, ค) ปี พ.ศ. 2603 – 2622, ง) ปี พ.ศ. 2623 – 2642 และกรณี RCP 8.5 จ) ปี พ.ศ. 2563 – 2582, ฉ) ปี พ.ศ. 2583 – 2602, ช) ปี พ.ศ. 2603 – 2622, ซ) ปี พ.ศ. 2623 – 2642 (หมายเหตุ: พื้นที่สีขาวเป็นป่าไม้และไม่มี การทำเกษตรกรรม)

4. สรุปผลการศึกษา

จากการประเมินระดับความรุนแรงของภัยแล้งในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนบน ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต สามารถสรุปผลลัพธ์และประเด็นที่สำคัญได้ดังต่อไปนี้

1) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนบน ที่เป็นผลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก CNRM-CM5, IPSL-CM5A-MR และ MIROC5 ภายใต้

ภาพถ่าย RCP 4.5 และ RCP 8.5 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นจากปัจจุบัน เช่นเดียวกับปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในอนาคต (พ.ศ. 2563 – 2642) ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งสองกรณี โดยกรณี RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรณี RCP 4.5

2) จากผลการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองที่มีค่า R^2 และค่า Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) มากกว่า 0.50 สรุปได้ว่าแบบจำลอง SWAT มีประสิทธิภาพในการจำลองสภาพภายใต้สถานการณ์ต่างๆ ในเขตลุ่มน้ำพองตอนบน

3) การประเมินการจัดสรรน้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ ด้วยแบบจำลองสมดุลน้ำ WEAP มีประเด็นสำคัญดังนี้

- ปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ ในสภาพปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2560) ในลุ่มน้ำพองตอนบน มีปริมาณรวม 1,849.11 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี

- ปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ยในสภาพปัจจุบันของทั้งลุ่มน้ำพองตอนบนมีค่าเท่ากับ 7.85 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี

- ปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ ในอนาคตในลุ่มน้ำพองตอนบน กรณีด้านการเกษตรมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน ส่วนกรณีด้านการอุปโภคบริโภค อุตสาหกรรม และรักษาระบบนิเวศ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งภาพถ่าย RCP 4.5 และ RCP 8.5

- ปริมาณการขาดแคลนน้ำในอนาคตในลุ่มน้ำพองตอนบน กรณีด้านการเกษตรมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน ส่วนกรณีด้านการอุปโภคบริโภค อุตสาหกรรม และรักษาระบบนิเวศ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งภาพถ่าย RCP 4.5 และ RCP 8.5

4) ระดับความรุนแรงของภัยแล้งเชิงพื้นที่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนบน ในสภาพปัจจุบันและอนาคตรวมถึงแต่ละภาพถ่าย RCP 4.5 และ RCP 8.5 สามารถสรุปเป็นประเด็นได้ดังนี้

- ในช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2560) ปีที่ประสบปัญหาภัยแล้งรุนแรงจนถึงขั้นวิกฤต จะประกอบด้วยปี พ.ศ. 2548, 2550, 2551, 2553, 2555, 2556, 2558 และ 2559 ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลสถิติความเสียหายจากภัยแล้งของประเทศไทยที่รวบรวมโดยกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ดังนั้นจึงยืนยันได้ว่าขั้นตอนและวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ความรุนแรงของภัยแล้งของการศึกษานี้ มีความน่าเชื่อถือและสอดคล้องกับสภาพปัญหาภัยแล้งที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่

- ช่วงอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2563 – 2582 และ พ.ศ. 2583 – 2602 ภายใต้ภาพถ่าย RCP 4.5 ลุ่มน้ำพองตอนบนส่วนใหญ่จะมีความแห้งแล้งเข้าขั้นวิกฤต บริเวณตอนบนของลุ่มน้ำ ส่วนพื้นที่อื่นๆ จะมีโอกาสเผชิญภัยแล้งรุนแรง

- ช่วงอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2603 – 2622 และ พ.ศ. 2623 – 2642 ภายใต้ภาพถ่าย RCP 4.5 ลุ่มน้ำพองตอนบนจะมีโอกาสประสบภัยแล้งเข้าขั้นวิกฤต

- ช่วงอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2563 – 2582, 2583 – 2602 และ 2603 – 2622 ภายใต้ภาพถ่าย RCP 8.5 ลุ่มน้ำพองตอนบนจะมีโอกาสประสบภัยแล้งอย่างรุนแรง

- ช่วงอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2623 – 2642 ภายใต้ภาพถ่าย RCP 8.5 ทัวทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนบนจะมีโอกาสเผชิญภัยแล้งขั้นวิกฤต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณโรงไฟฟ้าพลังน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เชื้อนอุบลรัตน์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน สำนักชลประทานที่ 6 กรมชลประทาน ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน กรมอุตุนิยมวิทยา กรมพัฒนาที่ดิน และสำนักงานทรัพยากรน้ำภาค 4 กรมทรัพยากรน้ำ ที่อนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาวิจัยและทำให้การศึกษามีความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. *โครงการประเมินสถานะความรุนแรงและผลกระทบจากอุทกภัยและภัยแล้งในประเทศไทยอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก*. กรุงเทพฯ; 2552. หน้า 64-91.
- [2] สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. *แผนแม่บทการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580)*. กรุงเทพฯ; 2561. หน้า 1-9.
- [3] กรมอุตุนิยมวิทยา. *การประเมินผลกระทบของสภาวะฝนที่มีต่อประเทศไทยโดยใช้ดัชนี GMI*. กรุงเทพฯ; 2558. หน้า 1-8.

- [4] Donald AW, Michael HG. Understanding: the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International*. 1985;10(3):111-120.
- [5] สุจิตต์ คุณธนกุลวงศ์, พงษ์ศักดิ์ สุทธิอินทร์, ปิยธิดา เรืองรัมย์, โชคชัย สุทธิธรรมจิต, วิชุดา เหมเสถียร. *โครงการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงและสภาพแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคต ความล่อแหลมเปราะบางและการปรับตัวของภาคส่วนที่สำคัญ*. สหบรรณานุกรมห้องสมุดสถาบันอุดมศึกษาไทย. กรุงเทพฯ; 2560. หน้า 3-18.
- [6] Neitsch SL, Arnold JG, Kiniry JR, Williams JR. *Soil and water assessment tool theoretical documentation version 2009*. Texas: Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Agricultural Research Service and Blackland Research Center, Texas Agricultural Experiment Station, Temple, Texas. USA; 2011.
- [7] บรรจงศักดิ์ พักสมบุรณ์ และนิพนธ์ ตั้งธรรม. การจำลองแบบพลวัตเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำท่าจีนตอนบน. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 2560; 22(2): 42-57.
- [8] กรมชลประทาน. *คู่มือปฏิบัติงานเล่มที่ 8/16 การประเมินการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆ*. กรุงเทพฯ; 2554. หน้า 5-7.
- [9] Smakhtin V, Eriyagama N. Developing a software package for global desktop assessment of environmental flows. *Environmental Modelling & Software*. 2008;23(12):1396-1406.
- [10] Thomas B, McKee, Nolan J, Doesken, John Kleist. The relationship of drought frequency and duration to time scales. *The Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society*, 17-22 Jan 1993, Anaheim, California. USA; 1993. p. 179-184.
- [11] Michael J Hayes, Mark D Svoboda, Donald A Wihite, Olga V Vanyarkho. Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 1999;80(3):429-438.
- [12] Domínguez E, Moreno J, Ivanova Y. Water scarcity in a tropical country? - Revisiting the Colombian water resources. *Global change: facing risks and threats to water resources: proceedings of the sixth World FRIEND conference*, Fez, Morocco, October 2010. Morocco; 2010. p. 335-342.
- [13] Falkenmark, M. The massive water scarcity now threatening africa: why isn't it being addressed?. *A Journal of Environment and Society*. 1989;18(2):112-118.
- [14] Damkjaer S, Taylor R. The measurement of water scarcity: Defining a meaningful Indicator. *A Journal of Environment and Society*. 2017;46:513-53.
- [15] ศูนย์ภูมิอากาศ. *การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณฝนจากการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต*. กรุงเทพฯ: กรมอุตุนิยมวิทยา; 2559. หน้า 13-30.
- [16] Moriasi DN, Arnold JG, Van Liew MW, Bingner RL, Harmel RD, Veith TL. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 2007;50(3):885-900.
- [17] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. *แผนป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ*. กรุงเทพฯ: 2559. หน้า 1-11.