# ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำโขงต่อสภาพน้ำเท้อในลำน้ำเลย

**ศักดิ์ชาย พวงจันทร์[1*] จุไรรัตน์ อาจแก้ว[2]**
**มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย[1-2*]**
**อีเมล์ : sakchph@gmail.com[1*] jurairatard@gmail.com [2]**

วันที่รับบทความ 17 ธันวาคม 2565
วันแก้ไขบทความ 26 ธันวาคม 2565
วันตอบรับบทความ 27 ธันวาคม 2565

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของระดับน้ำในแม่น้ำโขงต่อสภาพน้ำเท้อในลำน้ำเลยในช่วงน้ำหลาก โดยการสร้างแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ด้วยโปรแกรม HEC-RAS แบบจำลองนี้วิเคราะห์การไหล 1 มิติ แบบ subcritical flow สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งการไหลคงตัวและการไหลไม่คงตัว มีเงื่อนไขขอบเขตเหนือน้ำอยู่ที่สถานี Kh.58A กม. 81+100 บริเวณสะพานบ้านฟากเลย และมีเงื่อนไขขอบเขตท้ายน้ำอยู่ที่ปากน้ำเลยบรรจบแม่น้ำโขงที่บ้านคกมาด อำเภอเชียงคาน ที่กม. 0+500 รวมความยาวลำน้ำ 80.6 กม. จำนวน 807 หน้าตัด ข้อมูลด้านชลศาสตร์ที่ใช้เป็นข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมง ในช่วงปี พ.ศ. 2556-2559 โดยเลือกช่วงเวลาที่ระดับน้ำโขงขึ้นสูงและมีคลื่นน้ำหลากในแม่น้ำเลย รวมทั้งเก็บข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงที่สะพานบ้านกลางมาใช้ในการประเมินแบบจำลอง มาทั้งสิ้น 5 ชุดข้อมูล การปรับเทียบแบบจำลองทำได้โดยปรับค่า Manning's n ของลำน้ำ โดยการลองผิดลองถูก แล้วนำแบบจำลองมาวิเคราะห์ผลเป็นค่าระดับน้ำที่สะพานบ้านกลาง เพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง แล้วประเมินความคลาดเคลื่อนด้วยค่า RMSE เพื่อหาค่า n ที่ให้ค่า RMSE น้อยที่สุด โดยใช้ชุดข้อมูลการไหล 2 ชุด ในปี 2556 และ 2557 พบว่าค่า n เฉลี่ยเท่ากับ 0.040 จากนั้นจึงสอบทานแบบจำลองด้วยค่า n ดังกล่าว โดยใช้ชุดข้อมูล 3 ชุด ของปี 2557 2558 2559 พบว่าค่า RMSE เฉลี่ยเท่ากับ 0.145 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เฉลี่ย 0.879

ผลการศึกษาสภาพน้ำเท้อโดยใช้แบบจำลองวิเคราะห์สถานการณ์จำลอง 12 ชุด ที่มีระดับน้ำโขงและปริมาณน้ำในแม่น้ำเลยที่แตกต่างกัน พบว่า ระดับน้ำในแม่น้ำโขงในระดับที่ไม่เกิน 209 ม.รทก. ส่งผลต่อระดับน้ำเท้อในแม่น้ำเลยไปทางเหนือน้ำถึงแค่กม.ที่ 16 บริเวณบ้านกลาง ระดับน้ำโขงในระดับสูงมาก 212 ม.รทก. จะมีผลต่อระดับน้ำเท้อไปถึงกม.ที่ 21 บริเวณบ้านแก่งมี้เท่านั้น ในกรณีระดับน้ำโขงสูงถึง 212 ม.รทก. ต้องมีปริมาณการไหลในน้ำเลยถึง 600 cms ขึ้นไปจึงจะเกิดภาวะน้ำล้นตลิ่งที่ระดับ 214 ม.รทก. ที่บ้านกลาง และระดับน้ำที่บ้านหาดทรายขาว กม. 27+950 จะไม่ได้รับผลกระทบจากระดับของแม่น้ำโขงเลย

**คำสำคัญ : แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ โปรแกรม HEC-RAS น้ำเท้อ แม่น้ำเลย ระดับน้ำในแม่น้ำโขง**

# The Effect of Mekong Level on the Backwater in Loei River

**Sakchai Phuangjan[1*], Jurairat Ardkaew[2]**
**Loei Rajabhat University[1-2*]**
**E – mail : sakchph@gmail.com[1*]**

Received 17 December 2022
Revised 26 December 2022
Accepted 27 December 2022

**Abstract**

This study was aimed to investigate the effect of Mekong level on the backwater in Loei river, using hydrodynamic model created by HEC-RAS program. The model can handle one-dimensional, subcritical flow for both steady and unsteady modes. The upstream boundary condition locates at Kh. 58A station (81+100 km.) on Fag Loei bridge in Muang Loei. The downstream boundary condition locates at the river mouth where Loei river flow into Mekong at Baan Kok Maad in Chiang Kan (05+000 km.) The 80.6 km reach length includes 807 cross sections. The gage and flow hydrographs of various stations during 2013-2016 were used for hydraulic data. Five periods of flows when high tides in Mekong and flood waves in Loei river occurred at the same time were selected, and the hourly gage hydrographs at Baan Klang were observed for model validation. The model was calibrated by applying the Manning's n of the channel by trial and error method and run the model with two hydraulic data sets from 2013 and 2014 to get the results as gage hydrographs at Baan Klang Bridge. The results from the model and the observed ones were compared to find RMSE (root mean squared error) for each n value. The optimal n was the one that yielded the least RMSE. The average n from two sets of data was 0.040. Then the model was verified by analyzing other three sets of hydraulic data from 2014, 2015 and 2016 that yielded the average RMSE of 0.145 and the average coefficient of correlation (r) of 0.879.

The model was used to study the backwater of Loei river due to Mekong level by analyzing 12 flow profiles with different Mekong levels and flow rate in Loei river. The Mekong level of 209 m. (msl) and lower affects the backwater in Loei river as far as 16 km. (Baan Klang) upstream. The highest level of 212 m. in Mekong affects the backwater in Loei river as far as 21 km. (Baan Kang Mi) upstream. The Mekong level of 212 m. with the flow of 600 cms. in Loei river can cause inundation at Baan Klang (214 m. level). It was also found that Loei river in Baan Had Sai Kao area (27+950 km.) would not affected by Mekong level.

**Keywords: Hydrodynamic Model, HEC-RAS Program, Backwater, Loei River, Mekong Level**

**1. บทนำ**

1.1 แม่น้ำโขง

แม่น้ำโขงเป็นแม่น้ำนานาชาติที่มีความสำคัญต่อชีวิตของประชาชนในประเทศที่แม่น้ำโขงไหลผ่าน ได้แก่ ประเทศจีน เมียนมา ลาว ไทย กัมพูชา และเวียดนาม ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในลำน้ำโขงประมาณ 13,000 ลบม.ต่อวินาที แม่น้ำโขงในบริเวณที่เป็นปากแม่น้ำเลยนั้นอยู่ในส่วนของลุ่มน้ำโขงตอนล่าง (Lower Mekong Basin) ซึ่งมีปริมาณน้ำท่าสูงถึง 84% และมีพื้นที่ถึง 76% ของลุ่มน้ำโขงทั้งหมด (Mekong River Commission. 2012) ครอบคลุมตั้งแต่ตอนบนของประเทศลาวถึงปากแม่น้ำโขงในเวียดนาม พื้นที่ลุ่มน้ำโขงตอนล่างได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นหลัก โดยเฉพาะในพื้นที่สูงตอนกลางของประเทศลาว โดยจะมีฝนตกชุกในช่วงเดือนสิงหาคมถึงกันยายน โดยมีลำน้ำสาขาที่นำน้ำเข้าสู่แม่น้ำโขงทางฝั่งซ้ายในพื้นที่ของประเทศลาวตอนบนเป็นส่วนใหญ่และทางฝั่งขวาคือลุ่มน้ำชี-มูล ลุ่มน้ำโขงตอนล่างแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน ได้แก่ ที่สูงทางเหนือ ที่ราบสูงโคราช ทะเลสาบเขมร และที่ราบปากน้ำโขง ส่วนของแม่น้ำโขงที่ไหลผ่านพรมแดนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือนั้นถือเป็นส่วนหนึ่งของส่วนที่เป็นที่ราบสูงโคราช ภาวะน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงตอนล่าง มีอยู่หลายลักษณะ ได้แก่ น้ำท่วมในลำน้ำโขงสายประธาน น้ำท่วมในลำน้ำสาขาในลักษณะน้ำท่วมฉับพลัน (flashfloods) น้ำท่วมร่วมกันของลำน้ำสาขากับลำน้ำโขงสายประธาน (combined flood) เช่น การเกิดสภาพน้ำเท้อบริเวณปากแม่น้ำ และน้ำท่วมจากการระบายน้ำจากเขื่อนในปริมาณมากและฉับพลัน

ปัจจุบันมีการสร้างเขื่อนผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งในลำน้ำโขงและแม่น้ำสาขากว่า 30 เขื่อน (International Rivers, 2012) ได้แก่ เขื่อน Manwan เขื่อน Dachaochan เขื่อน Gongguoqiao เขื่อน Jinghong และเขื่อนไซยะบุรีในประเทศลาว นอกเหนือจากผลกระทบต่อระบบนิเวศ การประมงน้ำจืด และปริมาณตะกอนในแม่น้ำโขงแล้ว (International Rivers, 2019) การดำเนินการของเขื่อนเหล่านี้ผนวกกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกทำให้ระดับน้ำในแม่น้ำโขงเปลี่ยนแปลงไปจากปกติทั้งในฤดูแล้งและฤดูน้ำหลาก ส่งผลต่อระดับของแม่น้ำโขงในพื้นที่ที่อยู่ท้ายน้ำเปลี่ยนแปลงไปยากจะคาดการณ์ได้ ดังเช่นในเดือนสิงหาคม 2551 ระดับน้ำโขงสูงขึ้นจนเกิดน้ำท่วมใหญ่ในจังหวัดหนองคายและเชียงราย

สภาพน้ำเท้อ (backwater) คือสภาวะที่การไหลในลำน้ำมีความเร็วน้อยลงหรืออาจหยุดไหล รวมทั้งการยกตัวของระดับน้ำตามสิ่งที่เป็นอุปสรรคในการไหล ซึ่งในกรณีของปากแม่น้ำหมายถึงระดับน้ำทะเล หรือแม่น้ำสายหลักที่ลำน้ำนั้นไหลไปบรรจบ โดยในกรณีของงานวิจัยนี้หมายถึงการยกระดับของแม่น้ำเลยในบริเวณปากแม่น้ำในช่วงที่แม่น้ำโขงมีระดับสูงขึ้น ความเสียหายจากน้ำท่วมที่เกิดจากน้ำเท้อในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาของแม่น้ำโขงในประเทศไทยที่เห็นได้ชัดคือแม่น้ำมูลและแม่น้ำชีเนื่องจากไม่สามารถระบายน้ำได้ทัน ความเสียหายจากน้ำท่วมในพื้นที่ลำน้ำในที่ราบสูงโคราชมีมูลค่าสูงถึงหนึ่งในสี่ของทั้งประเทศ

1.2 แม่น้ำเลย

แม่น้ำเลยเป็นแม่น้ำสาขาของแม่น้ำโขง มีความยาวลำน้ำ 231 กม. มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวม 3964.34 ตร.กม. หรือประมาณ 34.6% ของพื้นที่จังหวัดเลย แม่น้ำเลยมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจและสังคมของจังหวัดเลยอย่างยิ่ง เพราะไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนในอำเภอภูหลวง วังสะพุง เมืองเลย และเชียงคาน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีประชากรกว่าครึ่งหนึ่งของจังหวัดอาศัยอยู่ แม่น้ำเลยไหลมีต้นน้ำอยู่ททางทิศใต้ที่ภูหลวงและไหลไปทางทิศเหนือลงสู่แม่น้ำโขงที่บ้านคกมาด อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย จุดบรรจบของแม่น้ำเลยสู่แม่น้ำโขงอยู่ในส่วนของแม่น้ำโขงตอนล่างบริเวณตอนบนของที่ราบสูงโคราช สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (2564) ได้แบ่งลุ่มน้ำหลักของแม่น้ำโขงในประเทศไทยไว้ 2 ส่วนคือ โขงเหนือและโขงตะวันออกเฉียงเหนือ โดยพื้นที่ที่ทำการศึกษาถือเป็นส่วนหนึ่งของลุ่มน้ำสาขาชื่อ แม่น้ำเลยตอนล่างส่วนที่ 2 ครอบคลุมพื้นที่ท้ายน้ำที่อยู่ด้านทิศเหนือของลุ่มน้ำเลย ในขณะที่ลุ่มน้ำสาขาชื่อ แม่น้ำเลยตอนล่างส่วนที่ 2 จะอยู่ต้นน้ำทางทิศใต้ของลุ่มน้ำเลย โดยช่วงต้นน้ำตอนบนก่อนถึงอำเภอ

วังสะพุงเป็นพื้นที่สูงและลาดชัน ต่อมาเป็นพื้นที่ราบระหว่างแนวเขา ส่วนพื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำเป็นที่ราบและที่ลาดผืนใหญ่ ก่อนจะไหลลงสู่แม่น้ำโขงที่อำเภอเชียงคาน

การเพิ่มของระดับน้ำในแม่น้ำโขง ณ บริเวณปากแม่น้ำเลย และผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทำให้ปริมาณน้ำหลากในลำน้ำเลยสูงขึ้น ทำให้เกิดสภาพน้ำเท้อในพื้นที่ปากแม่น้ำเลยทำให้เกิดความเสี่ยงที่จะเกิดอุทกภัยสร้างความเสียหายให้กับประชาชนในพื้นที่ปากแม่น้ำเลย ได้แก่ บ้านคกมาด บ้านกลาง บ้านแก่งมี้ เป็นต้น งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาสภาพน้ำเท้อในลำน้ำเลยที่ได้รับผลกระทบจากระดับของแม่น้ำโขงสูงขึ้นและปริมาณน้ำในลำน้ำเลยในช่วงน้ำหลากโดยใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ โดยผลการศึกษาจะช่วยให้เข้าใจว่าสภาพน้ำเท้อจะเกิดขึ้นและส่งผลกระทบกับพื้นที่ใดบ้าง มากน้อยเพียงใด ทำให้สามารถประเมินสถานการณ์น้ำท่วมในพื้นที่ท้ายน้ำของแม่น้ำเลย และวางมาตรการรับมือได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้การวิเคราะห์ระยะเวลาของคลื่นน้ำหลากจากพื้นที่ต้นน้ำของแม่น้ำเลยมายังพื้นที่ศึกษายังช่วยในการวางแผนรับมืออุทกภัยล่วงหน้าได้อย่างทันท่วงที

## 2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลกระทบของระดับน้ำในแม่น้ำโขงต่อสภาพน้ำเท้อในลำน้ำเลยในช่วงน้ำหลาก

## 3. วิธีการวิจัย

3.1 ขอบเขตด้านพื้นที่

ช่วงลำน้ำที่ใช้ในแบบจำลองเป็นช่วงลำน้ำเลยตอนล่างมีความยาว 80.6 กม. ตั้งแต่ปากน้ำเลย กม. 05+000 ถึง กม. 81+100 ที่สถานี Kh.58A ในอำเภอเมือง โดยบริเวณที่เกิดน้ำเท้อเนื่องจากระดับน้ำในแม่น้ำโขงอยู่ในช่วงท้ายน้ำ ตั้งแต่ปากน้ำจนถึงสะพานบ้านหาดทรายขาว กม. 27+950

เงื่อนไขขอบเขตท้ายน้ำ (Downstream boundary condition) คือปากน้ำเลยที่จุดบรรจบของแม่น้ำเลยสู่แม่น้ำโขง ที่บ้านคกมาด อำเภอเชียงคาน กม.ลำน้ำ 00+500

เงื่อนไขขอบเขตเหนือน้ำ (Upstream boundary condition) คือสถานี Kh. 58A ที่สะพานแม่น้ำเลย ในบ้านฟากเลย อำเภอเมือง

3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างแบบจำลองด้านอุทกพลศาสตร์ด้วยโปรแกรม HEC-RAS โดยมีการปรับเทียบและสอบทานเพื่อประเมินความความเที่ยงตรง (Validity) ของแบบจำลอง โดยใช้ตัวแปรทางสถิติ จากนั้นจึงนำแบบจำลองมาศึกษาสภาพน้ำเท้อในบริเวณท้ายน้ำของแม่น้ำเลยที่เกิดจากการยกระดับของแม่น้ำโขงและอัตราการไหลในลำน้ำเลย

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่

1) การเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย ข้อมูลด้านภูมิศาสตร์และข้อมูลทางชลศาสตร์ เป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากหน่วยงานอื่น และข้อมูลที่วัดจริงจากภาคสนาม เช่น ระดับน้ำรายชั่วโมง (Gage hydrograph) ของสถานีบ้านกลาง สิ่งปลูกสร้างทางชลศาสตร์ในลำน้ำ

2) การเตรียมข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลอง เป็นการเรียบเรียงและแปลงข้อมูลให้พร้อมที่จะนำมาป้อนในโปรแกรม เช่น ปริมาณการไหลรายชั่วโมง (Flow hydrograph) จาก Rating curve การเลือกใช้ชุดข้อมูลการไหลจากข้อมูลของกรมชลประทาน เป็นต้น

3) การปรับเทียบแบบจำลอง เป็นการปรับค่า Manning’s n โดยการลองผิดลองถูกเพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่คลาดเคลื่อนกับค่าที่วัดได้จริงน้อยที่สุด โดยใช้ค่า RMSE (Root mean square error) ในการประเมินความคลาดเคลื่อน

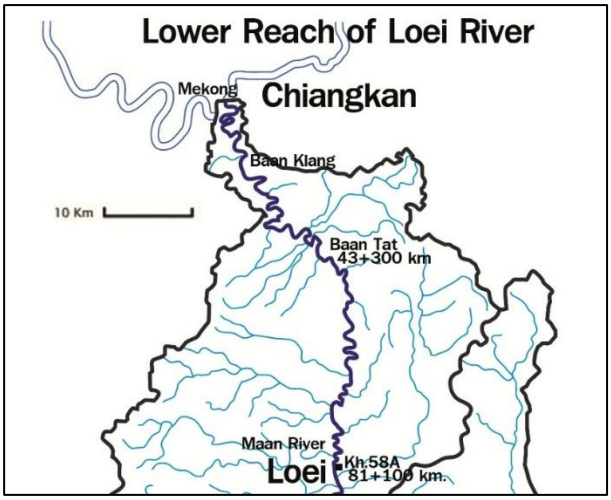
4) การสอบทานแบบจำลอง เป็นการนำแบบจำลองมาวิเคราะห์ผลซึ่งเป็นค่าระดับน้ำรายชั่วโมง ณ สถานีทดสอบที่บ้านกลาง เพื่อประเมินความคลาดเคลื่อนด้วยค่า RMSE และค่า r (Coefficient of correlation)

5) การศึกษาสภาพน้ำเท้อโดยใช้แบบจำลอง เป็นการนำแบบจำลองมาวิเคราะห์การไหลโดยใช้สถานการณ์สมมติ เพื่อดูว่าระดับน้ำในแม่น้ำโขงและปริมาณน้ำในลำน้ำเลยมีผลต่อน้ำเท้อที่บริเวณท้ายน้ำอย่างไร

**4. ผลการวิจัย**

4.1 ข้อมูลทางภูมิศาสตร์

1) โครงข่ายแม่น้ำเลยช่วงท้ายน้ำ เป็นส่วนของลุ่มน้ำเลยตอนล่างตั้งแต่สถานี Kh. 58A ในอำเภอเมืองเลย ไปจนถึงปากน้ำเลย ในอำเภอเชียงคาน มีความยาว 80.6 กม. โดยมีน้ำเข้าด้านข้างจากลำน้ำสาขาคือแม่น้ำหมาน และสิ่งปลูกสร้างทางชลศาสตร์ ได้แก่ สะพาน 7 แห่ง เพื่อนำมาใช้ในการกำหนด Schematic plan ให้กับแบบจำลอง พื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบจากสภาพน้ำเท้อในลำน้ำเลยเป็นพื้นที่บริเวณท้ายน้ำของแม่น้ำเลย โดยย้อนจากปากแม่น้ำเลยเข้ามาทางต้นน้ำ ซึ่งเป็นพื้นที่ชุมชนบ้านคกมาด บ้านหินสอ บ้านกลาง บ้านแก่งมี้ บ้านหาดทรายขาว ดังรูปที่ 1

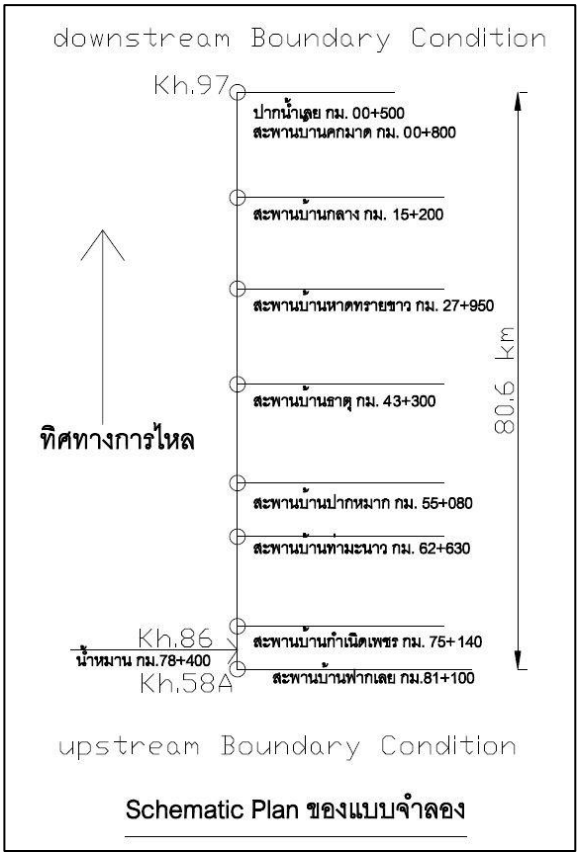



**รูปที่ 1** ช่วงลำน้ำเลยตอนล่างที่ใช้ในแบบจำลองตั้งแต่สถานี Kh.58A ในอำเภอเมืองเลยถึงปากน้ำเลย

2) ช่วงลำน้ำ (River reach) ในแบบจำลอง เป็นการไหลแบบ 1 มิติ มีเงื่อนไขขอบเขตเหนือน้ำอยู่ที่สถานี Kh. 58A ที่ กม. 81+100 ณ สะพานบ้านฟากเลย ในอำเภอเมืองเลย และเงื่อนไขขอบเขตท้ายน้ำอยู่ที่ปากน้ำเลยที่จุดบรรจบแม่น้ำโขง กม. 00+500 บ้านคกมาด อำเภอเชียงคาน โดยมี Schematic plan ในรูปที่ 2 แสดงช่วงลำน้ำและองค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่ สิ่งปลูกสร้างทางชลศาสตร์ ลำน้ำสาขา ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

3) รูปแปลนและรูปตัดลำน้ำ ตลอดช่วงความยาว 80.6 กม. รวม 807 รูปตัด โดยตั้งชื่อตาม กม. ลำน้ำ แต่ละรูปตัดมีค่าพิกัดตำแหน่งและความสูงของสภาพพื้นที่ ประมาณ 20 จุด มีความกว้างหน้าตัดประมาณ 100-200 ม. ครอบคลุมพื้นที่ทุ่งน้ำท่วม (Flood plain) ซ้าย ขวา และช่วงลำน้ำ (Channel) ระยะห่างระหว่างหน้าตัดตรงกลางลำน้ำ 100 เมตร และระยะห่างระหว่างหน้าตัดของตลิ่งแต่ละข้างแตกต่างกันตามความคดโค้งของลำน้ำ กำหนดค่า Contraction/Expansion coefficient เท่ากับ 0.1 และ 0.3

4) สิ่งปลูกสร้างทางชลศาสตร์ ประกอบด้วยสะพานจำนวน 7 แห่ง ได้แก่ สะพานบ้านคกมาด สะพานบ้านกลาง สะพานบ้านหาดทรายขาว สะพานบ้านธาตุ สะพานบ้านปากหมก สะพานบ้านท่ามะนาว สะพานบ้านกำเนิดเพชร




**รูปที่ 2** schematic plan ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองอุทกพลศาสตร์

4.2 ข้อมูลทางชลศาสตร์

ข้อมูลทางชลศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ นำระดับน้ำรายชั่วโมงที่สถานีวัดค่าระดับน้ำของกรมชลประทาน มาแปลงเป็นปริมาณการไหลรายชั่วโมงโดยใช้สมการ Rating curve ที่ U.S. Geological Survey (Kennedy EJ. 1984) แนะนำให้ใช้เป็นดังนี้

$$Q = P(G - e)^b \quad (1)$$

เมื่อ Q คืออัตราการไหล G คือระดับผิวน้ำเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง P และ b คือ Rating curve constant และ e คือค่าคงที่ การหาค่าคงที่ในสมการสามารถทำได้โดยการใช้ Solver ของ Microsoft Excel ด้วยวิธี Least square error สำหรับสถานี Kh.58A และ Kh.86 (Phuangjan S., 2014) ได้ดังนี้

สถานี Kh.58A ค่า P เท่ากับ 18.979 ค่า b เท่ากับ 1.662 ค่า e เท่ากับ 229.816

สถานี Kh.86 ค่า P เท่ากับ 7.7060 ค่า b เท่ากับ 1.850 ค่า e เท่ากับ 250.234

แล้วจึงนำค่าพารามิเตอร์สำหรับแต่ละสถานีไปใช้ในสมการ Rating curve เพื่อคำนวณหาอัตราการไหลรายชั่วโมง เพื่อทำเป็นปริมาณการไหลรายชั่วโมงของสถานีนั้น ๆ

1) เงื่อนไขขอบเขตเหนือน้ำ ที่สถานี Kh. 58A เป็นค่า Inflow โดยนำข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมง มาแปลงเป็นปริมาณการไหลรายชั่วโมง โดยใช้ Rating curve ของ สถานีแห่งนี้

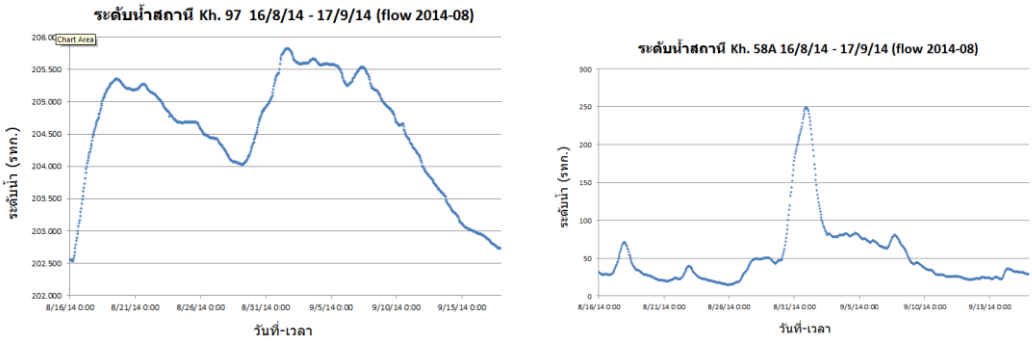
2) เงื่อนไขขอบเขตท้ายน้ำ เป็นค่าระดับน้ำรายชั่วโมงของแม่น้ำโขง ที่สถานี Kh. 97 ในอำเภอเชียงคาน

3) lateral inflow เป็น ปริมาณการไหลรายชั่วโมง ของลำน้ำสาขาประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ลุ่มน้ำหมาน ซึ่งแปลงมาจากระดับน้ำรายชั่วโมงของสถานี Kh. 86 ในลำน้ำหมานซึ่งไหลมาบรรจบแม่น้ำเลยที่ กม. 78+400

4) Rating curve เป็นสมการที่ใช้แปลงค่าระดับน้ำเป็นอัตราการไหลของสถานีต่าง ๆ ได้แก่ Kh. 58A Kh.86 Kh.97 สมการดังกล่าวได้จากการแปลงเส้นโค้งความสัมพันธ์ของระดับน้ำกับปริมาณการไหลเป็นสมการโดยใช้วิธี Least square error

5) ชุดข้อมูลการไหล เป็นการเลือกส่วนของระดับน้ำรายชั่วโมงที่สถานีของกรมชลประทาน โดยเลือกเฉพาะช่วงเวลาที่ระดับน้ำโขงยกตัวสูงขึ้น ในขณะที่มีคลื่นน้ำหลากในลำน้ำเลยด้วย ชุดข้อมูลเหล่านี้นำมาใช้ปรับเทียบและสอบทานแบบจำลอง ชุดข้อมูล 5 ช่วงเวลา เลือกมาจากข้อมูลการไหลช่วงปี พศ. 2556-2559 ได้แก่

1. flow 2013-08 21 สค. 56 01:00 น. – 27 สค. 56 23:00 น. จำนวน 167 ชั่วโมง
2. flow 2014-08 16 สค. 57 01:00 น. – 17 กย. 57 23:00 น. จำนวน 791 ชั่วโมง
3. flow 2014-09 18 กย. 57 01:00 น. – 10 ตค. 57 23:00 น. จำนวน 551 ชั่วโมง
4. flow 2015-08 02 สค. 58 01:00 น. – 14 สค. 56 23:00 น. จำนวน 331 ชั่วโมง
5. flow 2016-08 14 สค. 56 01:00 น. – 29 สค. 56 23:00 น. จำนวน 383 ชั่วโมง




**รูปที่ 3** ชุดข้อมูล flow 2012-08 ที่ระดับน้ำในแม่น้ำโขง (Kh.97) และแม่น้ำเลย (Kh.58A) ขึ้นสูงพร้อมกัน

4.3 แบบจำลองอุทกพลศาสตร์

แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ HEC-RAS version 4.10 ของ U.S. Army Corps of Engineers สำหรับการไหลแบบแบบไม่คงตัว เป็นการไหล 1 มิติ เนื่องจากแม่น้ำเลยเป็นลำน้ำที่มีความกว้างและความลึกน้อยมากเมื่อเทียบกับความยาว จึงถือว่าสภาพการไหลมีการเปลี่ยนแปลงตามแนวยาวของลำน้ำเท่านั้น สำหรับการไหลแบบไม่คงตัว ใช้สมการของ Saint Venant ซึ่งประกอบด้วยสมการความต่อเนื่อง และสมการโมเมนตัม (Methods, H., et al., 2003) ดังนี้

สมการความต่อเนื่อง

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_1 = 0 \quad (4)$$

เมื่อ A คือพื้นที่หน้าตัดลำน้ำ t คือช่วงเวลา Q คืออัตราการไหล x ระยะทางการไหล และ q1อัตราการไหลของน้ำต่อความกว้างหน้าตัดลำน้ำ

สมการโมเมนตัม

$$\frac{\partial \mathrm{Q}}{\partial \mathrm{t}} + \frac{\partial \mathrm{QV}}{\partial \mathrm{x}} + \mathrm{gA}\left(\frac{\partial \mathrm{z}}{\partial \mathrm{x}} + \mathrm{S_f}\right) = 0 \quad (3)$$

เมื่อ V คือความเร็วการไหลของน้ำ $S_f$ คือ Frictional slope และ g คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก z คือความลึกผิวน้ำวัดจากระดับอ้างอิง

การสร้างแบบจำลองในโปรแกรม HEC-RAS โดยใช้ข้อมูลทางภูมิศาสตร์และข้อมูลทางชลศาสตร์ภายใต้เงื่อนไข และส่วนประกอบต่าง ๆ ใน Schematic plan และเพื่อเป็นการทดสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง จึงใช้ค่าระดับน้ำรายชั่วโมงของสถานีวัดน้ำที่สะพานบ้านกลาง กม. 15+250 ที่ได้จากการวัดค่าจริงมาใช้ทดสอบแบบจำลอง

4.4 การปรับเทียบแบบจำลอง

การปรับเทียบแบบจำลองเป็นเป็นการปรับค่าพารามิเตอร์ Manning's n โดยการลองผิดลองถูกแล้วนำแบบจำลองมาวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรม HEC-RAS วิเคราะห์การไหล 1 มิติ แบบไม่คงตัว เป็นการไหลใต้วิกฤติ (subcritical flow) แล้วจึงนำผลการวิเคราะห์เป็นค่าระดับน้ำรายชั่วโมงที่สถานีบ้านกลาง กม. 15+250 มาเปรียบเทียบกับค่าระดับน้ำรายชั่วโมงที่วัดได้จริง เพื่อหาความคลาดเคลื่อนด้วยค่า RMSE จากนั้นจึงลองผิดลองถูกค่า n ใหม่ จนได้ค่า RMSE ที่น้อยที่สุด ชุดข้อมูลทางชลศาสตร์ที่นำมาใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองคือ ชุด flow 2013-08 และ flow 2014-08 ผลการปรับเทียบแบบจำลอง ค่า Manning's n ช่วงลำน้ำที่เหมาะสมเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากชุดข้อมูลทั้งสอง เท่ากับ 0.040

4.5 การสอบทานแบบจำลอง

เป็นการทดสอบแบบจำลองโดยใช้ชุดข้อมูลการไหล 3 ชุด คือ 2014-09 2015-08 2016-08 เพื่อหาความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างผลการวิเคราะห์กับค่าที่วัดได้จริง ที่สถานีบ้านกลาง โดยใช้ค่า RMSE และ ค่า r ในการประเมิน ผลการสอบทานพบว่า ค่า RMSE และค่า r เฉลี่ย เท่ากับ 0.145 และ 0.879 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 ค่า RMSE ต่ำและค่า r ที่ใกล้เคียงกับ 1 บ่งชี้ว่าแบบจำลองมีความเที่ยงตรงในการวิเคราะห์ผล

**ตารางที่ 1** ค่า RMSE และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการสอบทานแบบจำลอง

| **ชุดข้อมูล** | **RMSE** | **r** |
|---|---|---|
| 2014-09 | 0.155 | 0.901 |
| 2015-08 | 0.112 | 0.874 |
| 2016-08 | 0.169 | 0.863 |
| **เฉลี่ย** | **0.145** | **0.879** |

4.6 การศึกษาวิเคราะห์สภาพน้ำเท้อโดยใช้แบบจำลอง

ปัจจัยที่มีผลต่อสภาพน้ำเท้อหรือระดับน้ำในช่วงท้ายน้ำของแม่น้ำเลยคือระดับน้ำโขงและปริมาณการไหลในแม่น้ำเลย การศึกษาน้ำเท้อทำได้โดยใช้ค่าสมมติของระดับน้ำโขงและปริมาณการไหลของน้ำ การเลือกค่าสมมติ นี้ พิจารณาจากสถิติในอดีต เพื่อให้ค่าที่ใช้อยู่ในระดับที่เป็นไปได้จริง จากข้อมูลสถิติ 19 ปีของระดับน้ำโขงตั้งแต่ปี 1998-2016 ค่าเฉลี่ยของระดับสูงสุดรายปีของแม่น้ำโขงเท่ากับ 209.24 ม. รทก. อยู่ในช่วงระหว่าง 206-212 ม. รทก. จึงได้กำหนดระดับแม่น้ำโขงในการทดสอบสภาพน้ำเท้อไว้ 4 ค่า คือ 203 206 209 212 ม. รทก. และค่าปริมาณการไหลในลำน้ำเลย 3 ค่าคือ 200 400 800 cms. จากนั้นจึงจับคู่ค่าทั้งหมด ได้เป็น 12 สถานการณ์ แล้วนำมาเป็น Flow profiles ในการวิเคราะห์ของแบบจำลอง

การพิจารณาสภาพน้ำเท้อต้องคำนึงถึงระยะทางตามลำน้ำที่แม่น้ำโขงมีผลต่อระดับน้ำในแม่น้ำเลย ซึ่งเกี่ยวข้องกับ profile ท้องน้ำในช่วงท้ายน้ำและความชันของท้องน้ำ ดังรูปที่ 4 ดังนี้

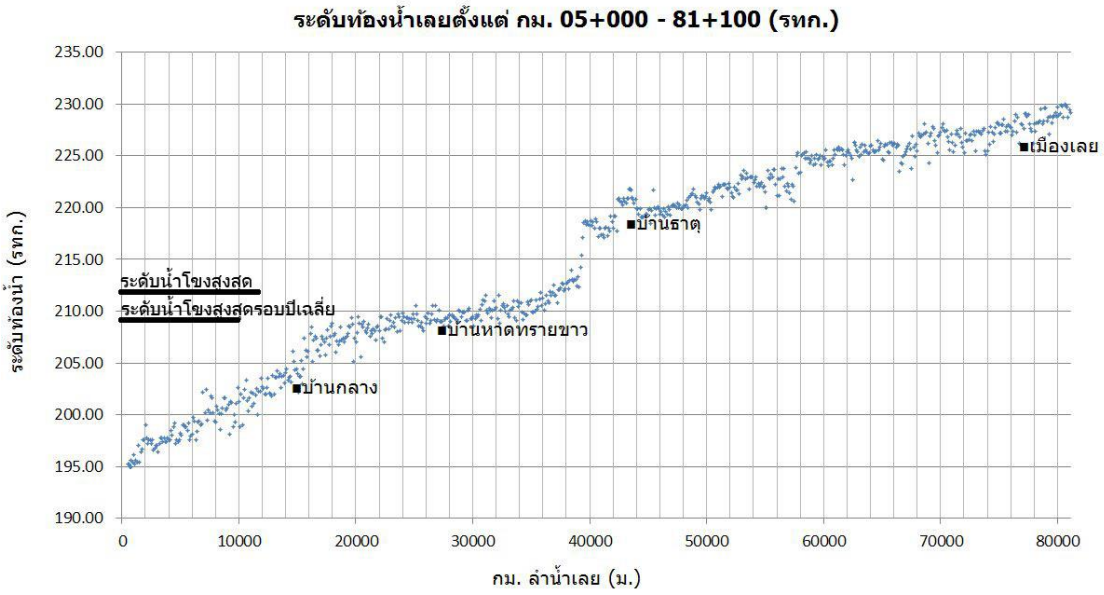
ช่วงที่ 1 ตั้งแต่ปากน้ำ กม. 00+500 ถึงบริเวณบ้านแก่งมี้ กม. 19+000 ระดับท้องน้ำตั้งแต่ 195.2 -208.5 ม. ความชันมาก คือ 0.00072

ช่วงที่ 2 ตั้งแต่บ้านแก่งมี้ กม. 19+000 ถึงบ้านหัวแก่ง กม. 32+900 ระดับท้องน้ำตั้งแต่ 208.5 -210.4 ความชันน้อย คือ 0.00014

ช่วงที่ 3 เป็นช่วงสั้น ๆ ตั้งแต่บ้านหัวแก่ง กม. 32+900 ถึงบ้านห้วยหินซา กม. 40+900 ความชันสูงมาก คือ 0.00096

เมื่อเลยจากช่วงนี้ไปเป็นพื้นที่บ้านธาตุ ประมาณ กม. 43 มีระดับสูงและไกลจากปากน้ำเลยเกินกว่าที่ระดับน้ำโขงจะส่งผลให้เกิดน้ำเท้อ

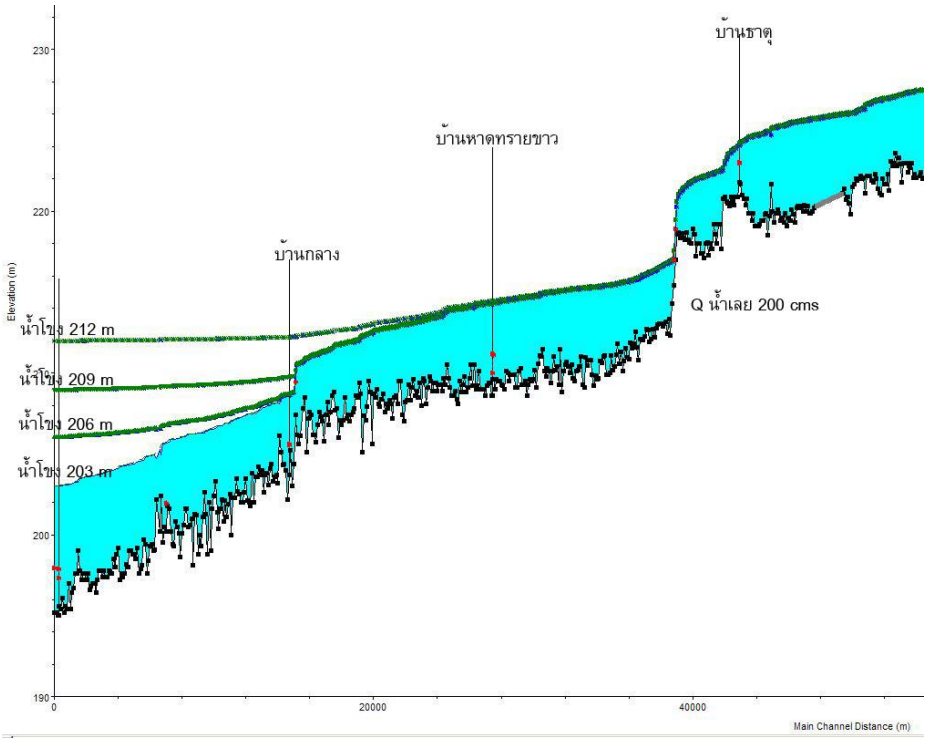
เพื่อเป็นจุดอ้างอิงในการเปรียบเทียบระดับน้ำเลย จึงได้เลือกจุดพิจารณาไว้ที่สะพานบ้านกลาง กม. 15+250 อยู่ในช่วงที่ 1 และที่สะพานบ้านหาดทรายขาว กม. 27+950 อยู่ในช่วงที่ 2




**รูปที่ 4** โปรไฟล์ของท้องน้ำในช่วงลำน้ำของแบบจำลอง

ผลการวิเคราะห์ของแบบจำลองเกี่ยวกับสภาพน้ำเท้อในลำน้ำเลย สรุปได้ดังนี้

1) การยกระดับของแม่น้ำโขงตั้งแต่ 203-209 ม. จะมีผลต่อระดับน้ำเลยมากที่สุดตรงปากน้ำ และจะมีผลน้อยลงเรื่อย ๆ ตามระยะทาง แต่จะไม่เกินกม.ที่ 16 (ดังรูปที่ 5) บริเวณบ้านกลาง ในช่วงดังกล่าว ระดับน้ำโขงจะมีผลมากต่อระดับน้ำเลย



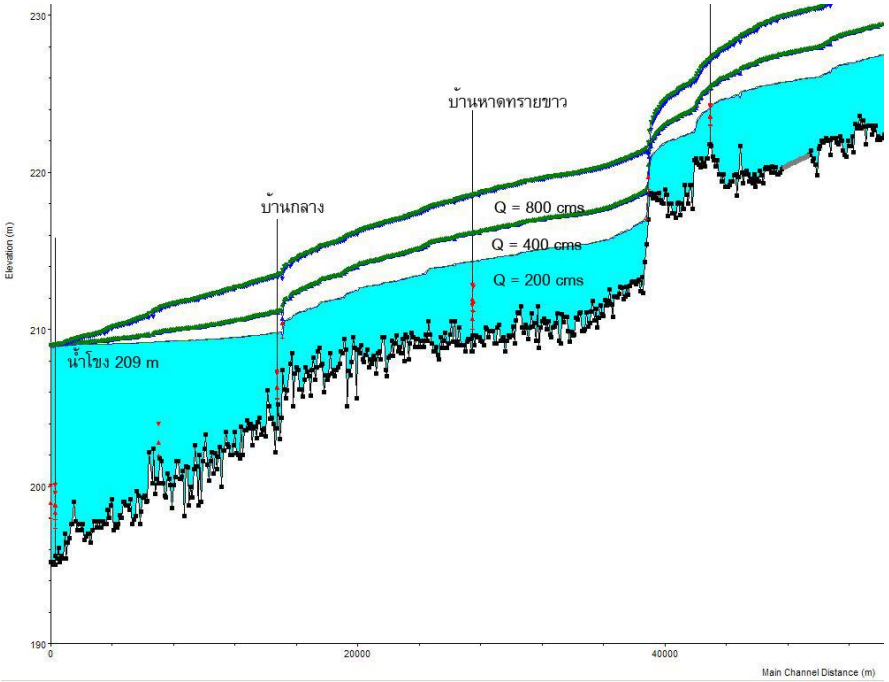

**รูปที่ 5** ผลกระทบของน้ำเท้อเนื่องจากระดับแม่น้ำโขงต่อระดับน้ำเลยที่มีอัตราการไหลน้อย 200 cms

2) ในกรณีที่ระดับน้ำในแม่น้ำโขงไม่เกิน 209 ม. แต่มีปริมาณการไหลในลำน้ำเลยสูงมากถึง 800 cms ระดับน้ำเลยก็จะยังไม่ล้นตลิ่งที่บ้านกลาง ที่ระดับ 214 ม. ดังรูปที่ 6 แต่ถ้าระดับน้ำโขงสูงมากถึง 212 cms กับปริมาณการไหลในน้ำเลยตั้งแต่ 600 cms ขึ้นไป ระดับน้ำที่บ้านกลางจะเริ่มล้นตลิ่งที่ 214 ม.

3) ระดับของแม่น้ำโขงที่สูงมาก 212 cms จะส่งผลต่อระดับน้ำเลยย้อนไปถึง กม.ที่ 21 บริเวณบ้านแก่งมี้ โดยจะมีผลมากที่สุดตั้งแต่ปากน้ำและค่อย ๆ น้อยลงไปเรื่อย ๆ ตามระยะทาง เนื่องจากจากสถิติระดับน้ำโขงจะไม่สูงเกิน 212 ม. จึงกล่าวได้ว่า ระดับน้ำโขงจะส่งผลต่อระดับน้ำเลยไปได้ไม่เกิน กม. ที่ 21 บ้านแก่งมี้ ดังนี้บ้านหาดทรายขาวซึ่งอยู่ที่ กม. 28 และพื้นที่ห่างออกไปทางเหนือน้ำ จะไม่ได้รับผลกระทบของการยกระดับของแม่น้ำโขงเลย เมื่อเป็นเช่นนี้ พื้นที่ที่อยู่ไกลกว่ากม.ที่ 21 ที่ประสพอุทกภัยย่อมเป็นสาเหตุจากปริมาณน้ำหลากในแม่น้ำเลยเท่านั้น ไม่ได้เกี่ยวข้องกับระดับน้ำในแม่น้ำโขงแต่อย่างใด เช่น บ้านหาดทรายขาว บ้านธาตุ เป็นต้น ส่วนบ้านแก่งมี้ก็จะได้รับผลกระทบจากระดับในแม่น้ำโขงน้อยมาก

จะเห็นได้ว่ามีเพียงบ้านกลางเท่านั้นที่ได้รับผลกระทบจากทั้งระดับน้ำโขงและปริมาณน้ำเลย ส่วนบ้านที่อยู่ใกล้กับปากน้ำมากกว่า เช่น บ้านคกมาด แม่น้ำโขงอาจมีผลต่อระดับน้ำเลยมากกว่าที่บ้านกลาง แต่เนื่องจากพื้นที่

ชุมชนบ้านคกมาดอยู่บนตลิ่งที่สูงมาก (หมุดขน. 366 บ้านคกมาด ระดับ 215.8 ม.) จึงไม่ได้รับผลกระทบจากระดับน้ำโขงแต่อย่างใด




**รูปที่ 6** ผลของอัตราการไหลในน้ำเลยต่อระดับน้ำที่บ้านกลางเมื่อแม่น้ำโขงมีระดับ 209 ม.

จากการวิเคราะห์แบบจำลองพบว่าระยะเวลาที่คลื่นน้ำหลากเดินทางจากสถานี Kh. 58A ในอำเภอเมืองเลยมาถึงท้ายน้ำ ในกรณีที่น้ำโขงไม่สูงจะใช้เวลา 12 ชั่วโมง แต่ในกรณีที่น้ำโขงหนุนจะใช้เวลา 14 ชั่วโมง ระดับน้ำในแม่น้ำโขงจึงไม่เพียงแต่มีผลต่อระดับน้ำในช่วงท้ายน้ำเลยเท่านั้นแต่ยังมีผลต่อการเดินทางของคลื่นน้ำหลากไปสู่ท้ายน้ำ อุทกภัยที่เกิดขึ้นในบ้านกลางเกิดจากปริมาณน้ำในน้ำเลยกับการหนุนของแม่น้ำโขง แต่ในสภาวะที่แม่น้ำโขงยกระดับขึ้นโดยน้ำในแม่น้ำเลยมีน้อยก็จะไม่ทำให้น้ำท่วมบ้านกลาง ปริมาณน้ำในแม่น้ำเลยจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้น้ำท่วมบ้านกลาง ดังนั้นการเตรียมการป้องกันอุทกภัยในพื้นที่บ้านกลาง สามารถรู้ได้ล่วงหน้าตั้งแต่สถานี Kh. 58A ในอำเภอเมืองเลย โดยคลื่นน้ำหลากจะใช้เวลาในการเดินทางมายังบ้านกลางประมาณ 12-14 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับระดับในแม่น้ำโขง

**5. อภิปรายผลและสรุปผล**

งานวิจัยนี้การประเมินแบบจำลองทำได้โดยการปรับเทียบและสอบทาน โดยใช้พารามิเตอร์หลัก คือ Manning's n เช่นเดียวกับการศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองอุทกพลศาสตร์หลายงานได้เลือกใช้ค่า n ทั้งของลำน้ำและทุ่งน้ำหลากในการปรับเทียบแบบจำลอง (ประเสริฐ ลำภากร. 2553) (วิษุวัฒก์ แต้สมบัติ. 2552) (Abazi. 2016)

จากการปรับเทียบแบบจำลองพบว่าค่า Manning's n สำหรับลำน้ำเลยตอนล่างที่เหมาะสมคือ 0.040 ใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่นที่เคยศึกษาไว้ เช่น 0.035-0.050 (วิษุวัฒก์ แต้สมบัติ. 2552) 0.030-0.040 (Wangpimool. 2011) และ 0.040 (Phuangjan. 2014) และมีความใกล้เคียงกับลำน้ำอื่น เช่น 0.033 สำหรับคลองมหาชัย-คลองสนามชัย (พรเทพ จูฑังคะ. 2547) 0.028-0.030 สำหรับคลองสวนหมาก (ฉัตรชัย ทองปอนด์, 2547) 0.030 สำหรับลุ่มน้ำตาปี (Patsinghasanee, et al. 2011) 0.040 สำหรับลุ่มน้ำเจ้าพระยา (Visutimeteegorn, et al. 2006)

ค่าทางสถิติที่ใช้ประเมินแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ก็มีอยู่หลายค่า ได้แก่ ค่า RMSE (บุษปกร ขันติธีระกวี. 2555) ค่า SSE (Sum squared error) (สุภัทร สายรัตนอินทร์. 2553) COE (Coefficient of efficiency) (Wangpimoo. 2011) แต่โดยส่วนใหญ่มักใช้ค่า RMSE ดังที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และผลการสอบทานแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ของแม่น้ำเลยตอนล่างในงานวิจัยนี้พบว่า ค่า RMSE เท่ากับ 0.145 และ r เท่ากับ 0.879 โดยถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ดังที่ Abazi (2006) ได้แนะนำไว้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนควรอยู่ระหว่าง ±0.10-0.15 ม. และไม่มากไปกว่ากับค่า RMSE ในการศึกษาอื่น ๆ ได้แก่ แม่น้ำน่าน 0.35-0.87 (บุษปกร ขันติธีระกวี. 2555) แม่น้ำลาว 0.23-0.38 (สุภัทร สายรัตนอินทร์. 2553)

**6. ข้อเสนอแนะ**

6.1 ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าผลกระทบของระดับแม่น้ำโขงอยู่ในช่วง 16 กม. ท้ายน้ำเท่านั้น โดยเฉพาะในพื้นที่บ้านกลางซึ่งมีระดับตลิ่งและพื้นที่ชุมชนอยู่ต่ำ ทั้งนี้สภาพน้ำท่วมในบ้านกลางเป็นผลร่วมของระดับน้ำโขงหนุนและปริมาณน้ำในแม่น้ำเลย การให้ข้อมูลเพื่อป้องกันสาธารณภัยเป็นสิ่งจำเป็น เช่น ระยะเวลาที่น้ำหลากเคลื่อนตัวจากสถานี Kh.58A ในอำเภอเมืองมายังบ้านกลางใช้เวลา 12-14 ชม. และการใช้แบบจำลองวิเคราะห์จะช่วยให้ประเมินระดับและพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัยมีความชัดเจนและแม่นยำมากขึ้น

6.2 พื้นที่เหนือน้ำขึ้นมา เช่น บ้านแก่งมี้และบ้านหาดทรายขาวจะได้รับผลกระทบจากระดับน้ำโขงน้อยมาก ที่บ้านธาตุไม่ได้รับผลกระทบจากแม่น้ำโขงเลย การรับมือภาวะน้ำท่วมในพื้นที่เหล่านี้คือการติดตามและให้ข้อมูลเกี่ยวกับน้ำหลากในลำน้ำเลยแก่ประชาชนเป็นสำคัญ การใช้แบบจำลองวิเคราะห์จะช่วยให้ข้อมูลทั้งระดับน้ำและระยะเวลาได้ชัดเจนขึ้น

6.3 การใช้เทคโนโลยีช่วยในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลเป็นสิ่งที่หน่วยงานที่รับผิดชอบควรนำมาใช้ เพราะปัจจุบันต้นทุนเกี่ยวกับเครื่องมืออุปกรณ์ลดต่ำลงมาก เช่น กล้องวงจรปิด โมเด็มส่งข้อมูลระยะไกล เซนเซอร์วัดระดับน้ำ เพื่อให้การบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำและการรับมือกับอุทกภัยมีประสิทธิภาพมากขึ้น

**เอกสารอ้างอิง**

ฉัตรชัย ทองปอนด์. (2547). **การแสดงผลแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ด้วยระบบภูมิสารสนเทศ (พื้นที่ศึกษา: ลุ่มน้ำคลองสวนหมาก อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยยุทธ ชิณะราศรี. (2550). **กลศาสตร์แม่น้ำและกระบวนการธารน้ำ.** กรุงเทพ ฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

บุษปกร ขันติธีระกวี. (2555). **การประยุกต์แบบจำลอง HEC-RAS เพื่อการจัดการน้ำท่วมในลุ่มน้ำน่านส่วนบน.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประเสริฐ ล่ำภากร. (2553). **การจำลองการบริหารจัดการอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงและลุ่มน้ำวัง ด้วยแบบจำลองอินโฟเวิร์ค อาร์ เอส.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรเทพ จูฑังคะ. (2547). **การประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำของโครงการแก้มลิงคลองมหาชัย-คลองสนามชัย โดยแบบจำลอง MIKE11.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิษุวัฒก์ แต้สมบัติ. (2552). **การศึกษาการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำเลยด้วยแบบจำลองระบบลุ่มน้ำ.** วิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติครั้งที่ 3. กรุงเทพ ฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย.

สุภัทร์ สายรัตนอินทร์. (2553). **การจำลองการไหลในลำน้ำและที่ราบน้ำท่วมถึงโดยใช้ซอฟท์แวร์ HEC-RAS: กรณีศึกษาแม่น้ำแม่ลาว จังหวัดเชียงราย.** วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. (2564). **22 ลุ่มน้ำในประเทศไทยและพระราชกฤษฎีกากำหนดลุ่มน้ำ พ.ศ. 2564**. กรุงเทพฯ : สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ.

Abazi Elona. (2016). Calibration of Hydraulic Model for Buna River. **Journal of International Environmental Application & Science.** 2 : Vol. 11.

Brunner, Gary W. (2010). **HEC-RAS River Ananlysis System User's Manual Version 4.1.** Davis : US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, 2010.

International Rivers. (2012). Lancang River Dams: threatening the flow of the lower Mekong.[ONLINE]./AvailableURL:/**https://www.internationalrivers.org/sites/default/files/attached-files/ir_lacang_dams_2013_5.pdf**

International Rivers. (2019). Tragic Trade-offs: The MRC Council Study and The Impacts of Hydropower Development on the Mekong. [ONLINE]./AvailableURL:/ **https://www.internationalrivers.org/wp-content/uploads/sites/86/2020/05/factsheet_mrc_council_study_-_english-proof_5.pdf**

Kennedy EJ. **Techniques of water-resources investigations of the U.S. Geological Survey (Discharge ratings at gaging stations; chap A10).** Washington; 1984.

Melong River Commission. (2012). **The Impact & Management of Floods & Droughts in the Lower Mekong Basin & The Implications of Possible Climate Change** [Report]. - Vientiane : Mekong River Commission.

Methods, H., et al. (2003). **Floodplain Modeling Using HEC-RAS.** s.l. : Haestad Methods.

Patsinghasanee Supapap, Jarusdumrongnit Boonjong and Chitprom Phaitoon. (2011). **Flood Forecasting System in Tapi River Basin.** The 6th PSU-Engineering Conference. Songkla : Prince of Songkla University.

Phuangjan S., (2014). Loei River Basin Floodplain modelling using HEC-RAS. **Journal of Science and Technology Mahasarakham University.** 33(6). 571-577.

Visutimeteegorn, Sutham, et al. (2006). **New Operation of Chao Phraya Dam for the Upstream Flood Mitigation.** Sabah : SANREM, 2006.

Wangpimool W. Integrated hydrologic and hydrodynamic model for flood risk assessment in Nam Loei basin, Thailand. **Proceedings of the 1st EIT International conference on water resources engineering; 2011 Aug 18–19**; Pettchaburee, Thailand; 2011. p.117-27.

**คุณค่าทางวิชาการ**

งานวิจัยนี้พัฒนาแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ด้วยโปรแกรม HEC-RAS สำหรับลุ่มน้ำเลยตอนล่างเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สภาพน้ำเท้อที่เกิดจากการระดับของแม่น้ำโขงและปริมาณน้ำในลำน้ำเลยที่สูงขึ้นในช่วงน้ำหลาก โดยปรับค่าพารามิเตอร์ Manning's n ที่เหมาะสม เพื่อใช้ประเมินสถานการณ์น้ำท่วมในพื้นที่ท้ายน้ำของแม่น้ำเลย ได้แก่ ระดับน้ำล้นตลิ่ง ชุมชนที่อยู่เหนือน้ำที่ได้รับผลกระทบ เพื่อให้หน่วยงานที่รับผิดชอบสามารถกำหนดมาตรการรับมือได้อย่างเหมาะสม