

## การประเมินสภาพน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS กรณีศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง

ปวีณา จันทร์ลา<sup>1\*</sup> และ ปรียาพร โกษา<sup>2</sup>

### บทคัดย่อ

ลุ่มน้ำลำตะคองเป็นลุ่มน้ำที่มีความสำคัญต่อจังหวัดนครราชสีมา เนื่องจากเป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่และแม่น้ำลำตะคองไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรมในหลายอำเภอ และพื้นที่เศรษฐกิจในอำเภอเมืองนครราชสีมา ในปี พ.ศ.2553 ได้เกิดน้ำท่วมที่ก่อให้เกิดความเสียหายในพื้นที่ของลุ่มน้ำลำตะคอง โดยสาเหตุเกิดจากการระบายน้ำออกจากเขื่อนลำตะคอง จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำในลำตะคองมาก จนเกิดการล้นตลิ่ง และมีสาเหตุเกิดจากฝนที่ตกหนักติดต่อกันหลายวัน จึงทำให้เกิดน้ำหลากและกลายเป็นน้ำท่วมในหลายพื้นที่ วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพการระบายน้ำในลำตะคอง และเพื่อประเมินพื้นที่น้ำท่วมที่เกิดขึ้นจากการไหลล้นตลิ่งออกจากลำตะคอง ณ คาบการเกิดซ้ำจากปริมาณน้ำท่า 5 ปี, 10 ปี, 25 ปี, 50 ปี และ 100 ปี ด้วยแบบจำลอง HEC-RAS จากการศึกษาได้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง (n) ที่ตลิ่งของทั้งสองข้างและท้องน้ำเท่ากับ 0.0415 โดยทำการเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลองในปี พ.ศ. 2554 และ 2557 ได้ผลการเปรียบเทียบ มีค่า R<sup>2</sup> เท่ากับ 0.860 และค่า NSE เท่ากับ 0.850 และผลการสอบเทียบ มีค่า R<sup>2</sup> เท่ากับ 0.645 และค่า NSE เท่ากับ 0.626 ผลการศึกษาพบว่า สำหรับหาศักยภาพการระบายน้ำได้ค่าอัตราการไหลสูงสุดสำหรับแต่ละหน้าตัดการไหลอยู่ในช่วง 33.38 ถึง 37.74 ลบ.ม./วินาที และค่าระดับน้ำสูงสุด สำหรับแต่ละหน้าตัดการไหล 177.94 ถึง 246.07 ม.รทก. นอกจากนี้อัตราการไหลสูงสุดเฉลี่ย 35.50 ลบ.ม./วินาที สำหรับการวิเคราะห์หาพื้นที่น้ำท่วมภายใต้เงื่อนไขการไหลคงที่ พบว่า พื้นที่น้ำท่วมที่เกิดจากการเอ่อล้นตลิ่ง ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี, 10 ปี, 25 ปี, 50 ปี และ 100 ปี เท่ากับ 107.928, 120.596, 133.299, 140.726 และ 147.878 ตร.กม. ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** ลุ่มน้ำลำตะคอง, แบบจำลอง HEC-RAS, ศักยภาพการระบายน้ำ, พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม

รับพิจารณา: 9 เมษายน 2562

แก้ไข: 5 มิถุนายน 2562

ตอบรับ: 18 มิถุนายน 2562

<sup>1</sup> นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

<sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

\* ผู้รับผิดชอบประสานงาน โทรศัพท์ +664 403 6135 อีเมล: chanla.paween@gmail.com



## Flow Estimation using Hec-Ras Model A Case Study of Lam Takong River Basin

Paweena Chanla<sup>1\*</sup> and Preeyaphorn Kosa<sup>2</sup>

### Abstract

Lam Takong River Basin is an important basin for Nakhon Ratchasima province, because it is a large river basin that flows through both the agricultural and economic areas in many districts throughout the province. In 2010, there was a flood that damaged in several areas around the Basin caused from drainage system of the Lam Takong Dam. It resulted in high water levels in the Lam Takong Dam and overflows. Another factor contributing to this is several consecutive days of heavy rain which caused surface runoffs and floodplains in many areas. The objective of this research is to analyze the drainage potential of Lam Takong and assess the flooding area caused by overflows from the Lam Takong banks at the return periods of 5, 10, 25, 50 and 100 years respectively using HEC-RAS model. This study used Manning's roughness coefficient ( $n$ ) of 0.0415 for both sides of the banks and of the channel. The calibration and validation of model was performed in comparison with the data from 2011 and 2014 models. Calibration results showed the coefficient of Determination ( $R^2$ ) of 0.860, the Nash-Sutcliffe coefficient of efficiency (NSE) value of 0.850, the validation values ( $R^2$ ) were 0.645 and the NSE value was 0.626. The study of potential drainage found that the maximum flow rate for each surface area of the flow ranged from 33.38 to 37.74 m<sup>3</sup>/s. The maximum water level for each surface area ranged from 177.94 to 246.07 m. MSL. In addition, the average maximum flow rate of 35.50 m<sup>3</sup>/s was for the analysis of flood areas, under constant flow conditions it was found that the flooding area caused by overflows at the return periods of 5, 10, 25, 50 and 100 years were 107.928, 120.596, 133.299, 140.726 and 147.878 km<sup>2</sup>, respectively.

**Keywords:** Lam Takong River Basin, HEC-RAS model, drainage potential, flood risk area

Received: April 9, 2019

Revised: June 5, 2019

Accepted: June 18, 2019

<sup>1</sup> Master Degree, School of Civil Engineering, Faculty Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

<sup>2</sup> Assistant Professor, School of Civil Engineering, Faculty Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

\* Corresponding Author, Tel. +664 403 6135 email: chanla.paweena@gmail.com

## 1. บทนำ

จังหวัดนครราชสีมา อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่มากที่สุดในประเทศไทย และมีประชากรมากเป็นอันดับ 2 ของประเทศ ในปี พ.ศ. 2561 สำนักงานคลังจังหวัดนครราชสีมา ได้ประเมินการขยายตัวทางเศรษฐกิจของจังหวัดเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.0 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2560 ร้อยละ 1.8 เนื่องจากปริมาณพืชผลทางการเกษตรที่เพิ่มขึ้นจากการฟื้นตัวของภาคเกษตรกรรม และปัจจัยสนับสนุนจากการดำเนินนโยบายและมาตรการด้านเกษตรต่าง ๆ ของภาครัฐที่เกิดขึ้นประโยชน์ต่อเกษตรกรอย่างต่อเนื่อง แต่ปัจจัยเสี่ยงทางด้านเศรษฐกิจสำหรับปี พ.ศ. 2561 และปี พ.ศ. 2562 ที่ควรระวังและติดตามอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ ความเสี่ยงจากภัยทางธรรมชาติ ประกอบด้วยปัญหาน้ำท่วมและปัญหาน้ำแล้ง ซึ่งยังคงเป็นความเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตภาคเกษตรกรรมโดยตรง และส่งผลกระทบต่อรายได้ของเกษตรกร การบริโภคภาคเอกชนและการขยายตัวทางเศรษฐกิจโดยรวมของจังหวัด

ลุ่มน้ำลำตะคองเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญในจังหวัดนครราชสีมา เนื่องจากเป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่และแม่น้ำลำตะคองไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรมในหลายอำเภอ และพื้นที่เศรษฐกิจในอำเภอเมืองนครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2553 ได้เกิดน้ำท่วมที่ก่อให้เกิดความเสียหายในพื้นที่ของลุ่มน้ำลำตะคอง โดยสาเหตุเกิดจากการระบายน้ำออกจากเขื่อนลำตะคอง จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำในลำตะคองมาก จนเกิดการล้นตลิ่ง และมีสาเหตุเกิดจากฝนที่ตกหนักติดต่อกันหลายวัน จึงทำให้เกิดน้ำหลากและกลายเป็นน้ำท่วมในหลายพื้นที่ ต่อมาในปี พ.ศ. 2554 ได้มีการสร้างแผนที่น้ำท่วมในเขตเทศบาลนครราชสีมา โดยการนำค่าปริมาณน้ำฝนสะสมรายวันกับเวลาที่เกิดขึ้นในอดีตมาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำที่เข้าท่วมพื้นที่ในเขตเทศบาลนครราชสีมา พบว่า ที่สถานี M.164 ในเดือนตุลาคม เป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยสูงสุด และมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 68 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยค่าเฉลี่ยของน้ำท่าในปี พ.ศ. 2553 มีค่าเท่ากับ 62.43 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งทำให้มีพื้นที่ที่ถูกน้ำท่วมบริเวณท้ายเขื่อนลำตะคองและในเขตเทศบาลนครราชสีมา ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) และการลงสำรวจ

สภาพจริงของพื้นที่ที่ศึกษา แสดงให้เห็นถึงขอบเขตพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ พบว่า ชุมชนด้านเหนือลำตะคองได้รับผลกระทบรุนแรง โดยเฉพาะชุมชนหมู่บ้านวีไอพีและชุมชนตามถนนข้างเผือก (โรงพยาบาลมหาราช) ซึ่งมีระดับความลึกสูงสุด 190 เซนติเมตร (จากระดับพื้น) [1]

ในปี พ.ศ. 2554 ได้มีการนำแบบจำลอง MIKE FLOOD มาจำลองสภาพน้ำท่วมจากการไหลล้นตลิ่งและจากปริมาณน้ำฝน ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำลำตะคอง พบว่าแบบจำลอง MIKE FLOOD สามารถแสดงภาพรวมการเกิดน้ำท่วมในระหว่างวันที่ 14-30 ตุลาคม พ.ศ. 2553 มีระดับน้ำเอ่อล้นตลิ่งสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ย เท่ากับ 2.655 เมตร 0.204 เมตร และ 1.129 เมตร ตามลำดับ ส่งผลให้เกิดขอบเขตน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 206.38 ตร.กม. ณ วันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ.2553 และมีขอบเขตน้ำท่วมต่ำสุดเท่ากับ 50.38 ตร.กม. ณ วันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ. 2553 [2]

แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS เป็นแบบจำลองที่ช่วยในการวิเคราะห์การไหลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยข้อมูลนำเข้าหลักประกอบด้วย ปริมาณน้ำท่าในลำน้ำหน้าตัดลำน้ำ DEM และค่าพารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ เพื่อคำนวณหาค่าอัตราการไหล ความเร็วการไหล และค่าระดับน้ำในแม่น้ำ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์และวางแผนป้องกันน้ำท่วมได้ [3] โดยได้มีการการศึกษาแบบจำลองวิเคราะห์การไหลหลากของแม่น้ำกักการวางแผนคลองผันน้ำ เพื่อลดอุทกภัยในแม่น้ำป่าสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยทำการวิเคราะห์การไหลหลากของแม่น้ำด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ร่วมกับภาพถ่ายทางอากาศของกรมแผนที่ เพื่อใช้ในการสร้างข้อมูลเส้นชั้นความสูงของภูมิประเทศในแนวคลองผันน้ำ และสามารถจำลองสภาพการลดระดับน้ำท่วมลงหลังจากมีคลองผันน้ำ ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาช่วยในการสร้างแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมได้ [4]

ทั้งนี้ แบบจำลอง HEC RAS มีแบบจำลองย่อย HEC-GeoRAS เพื่อใช้วิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูล DEM สำหรับศึกษาแบบจำลองความสูงของลำน้ำห้วยสายบาตร และตรวจสอบค่าความถูกต้อง โดยใช้วิธีการสำรวจด้วยกล้อง Total Station และ GPS เพื่อหาระยะทางค่าระดับ และค่าพิกัดของจุดต่าง ๆ ได้ทำการสำรวจภาคตัดขวางลำน้ำในห้วยสายบาตรบริเวณที่

สำรวจต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดล้นใจ ( $R^2$ ) เท่ากับ 0.96 เมื่อเทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลอง HEC-GeoRAS ผลการศึกษาพบว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลจากการสำรวจ ดังนั้นจึงสามารถนำแบบจำลอง HEC-GeoRAS ไปใช้ในการสร้างภาคตัดขวางของลำน้ำได้ [5]

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพการระบายน้ำในลำตะคอง และเพื่อประเมินพื้นที่น้ำท่วมที่เกิดขึ้นจากการไหลล้นตลิ่งออกจากลำตะคอง ณ คาบการเกิดซ้ำจากปริมาณน้ำท่า 5 ปี, 10 ปี, 25 ปี, 50 ปี และ 100 ปี

ขอบเขตการศึกษา ประกอบด้วย (1) แบบจำลอง HEC-RAS version 5.0.3 ได้ถูกนำมาใช้ (2) พื้นที่ศึกษาเริ่มตั้งแต่บริเวณท้ายเขื่อนลำตะคองจนถึงจุดออกของลำตะคอง และ (3) ด้วยข้อจำกัดของแบบจำลอง HEC-RAS ที่พิจารณาลักษณะการไหลและพื้นที่น้ำท่วมจากการเอ่อล้นตลิ่งจากปริมาณน้ำท่าในลำน้ำ ดังนั้น จึงไม่ได้พิจารณาลักษณะการไหลและพื้นที่น้ำท่วมที่เกิดจากปริมาณน้ำฝน

## 2. วิธีการวิจัย

### 2.1 พื้นที่ศึกษา: ลุ่มน้ำลำตะคอง

ลุ่มน้ำลำตะคอง เป็นลำน้ำสาขาหนึ่งของลุ่มน้ำมูล มีต้นน้ำอยู่บริเวณเทือกเขาตองพญาเย็น ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ลำตะคองไหลผ่าน 5 อำเภอ ได้แก่ อำเภอปากช่อง อำเภอสีคิ้ว อำเภอสูงเนิน อำเภอขามทะเลสอ และเทศบาลนครราชสีมา มีพื้นที่ลุ่มน้ำ 3,310 ตารางกิโลเมตร และเส้นลำน้ำหลักมีความยาว 220 กิโลเมตร [6] ลำตะคองแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ดังนี้

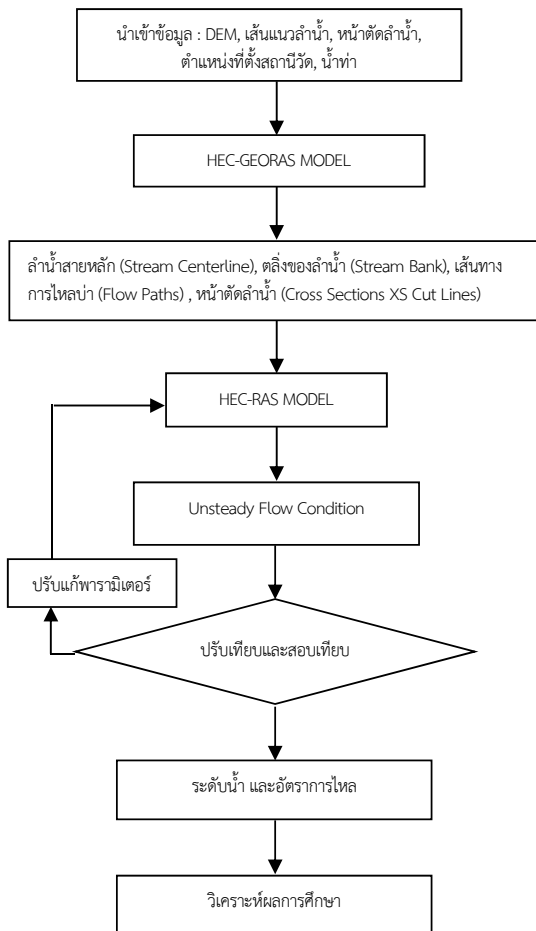
ช่วงที่ 1 จากต้นน้ำถึงเขื่อนลำตะคองที่ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่อำเภอสีคิ้ว โดยที่ลำน้ำช่วงนี้มีความลาดชันมาก

ช่วงที่ 2 จากท้ายเขื่อนลำตะคองผ่านพื้นที่อำเภอสีคิ้ว อำเภอสูงเนิน อำเภอขามทะเลสอ เทศบาลนครราชสีมา และอำเภอเฉลิมพระเกียรติ ลำตะคองมีลำน้ำแยกออกคือลำบริบูรณ์ ไปทางทิศเหนือ มีแนวเกือบขนานกับลำตะคองไหลผ่านพื้นที่เขตเทศบาลเมืองแล้วไปบรรจบกับลำตะคองเดิมที่บ้านกันผม อำเภอเฉลิมพระเกียรติก่อนที่ลำตะคองจะไหลลงแม่น้ำมูล โดยลำน้ำช่วงนี้จะมี ความลาดชันค่อนข้างน้อย

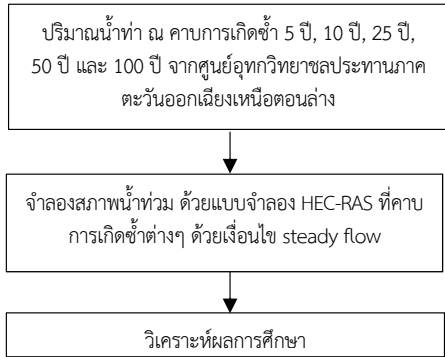
ลักษณะภูมิอากาศบริเวณลุ่มน้ำลำตะคองได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ฤดูฝนซึ่งเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงกลางเดือนตุลาคม โดยในเดือนกันยายนจะมีฝนตกชุกที่สุด เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากพายุดีเปรสชันทางทิศตะวันออก

### 2.2 ขั้นตอนการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนการศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 1 และ รูปที่ 2



รูปที่ 1 ขั้นตอนการศึกษา

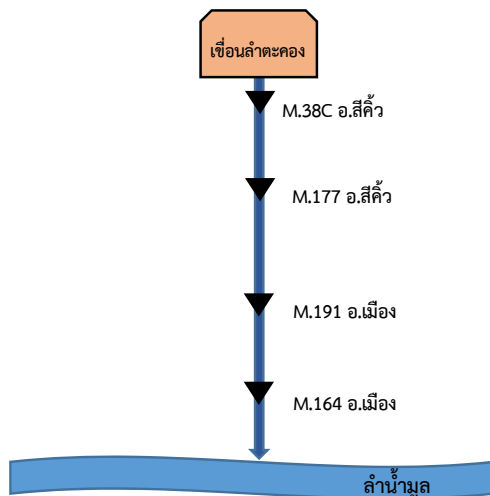


รูปที่ 2 ขั้นตอนการจำลองสภาพน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำต่าง ๆ

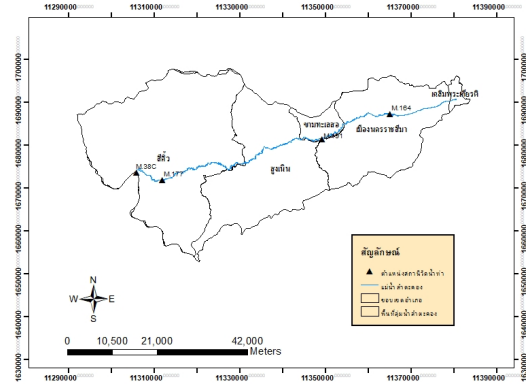
## 2.3 การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

### 2.3.1 ข้อมูลอุทกวิทยา

ข้อมูลอุทกวิทยา ประกอบด้วย ปริมาณน้ำท่ารายวัน และระดับน้ำของสถานีวัดน้ำต่าง ๆ ในลุ่มน้ำของกรมชลประทาน โดยสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่ สถานีวัดน้ำท่า M.38C อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา สถานี M.177 อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา M.191 อ.เมือง จ.นครราชสีมา และสถานี M.164 อ.เมือง จ.นครราชสีมา ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4 ทั้งนี้ ปริมาณน้ำท่ารายวันจากสถานี M.38C, M.177 และ M.164 เป็นปริมาณน้ำเข้าในแบบจำลอง และปริมาณน้ำท่ารายวันจากสถานี M.191 เป็นปริมาณน้ำท่าสำหรับการปรับเทียบและการสอบเทียบ



รูปที่ 3 แผนที่ลุ่มน้ำลำตะคองตอนล่าง



รูปที่ 4 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าลุ่มน้ำลำตะคองตอนล่าง

### 2.3.2 รูปตัดลำน้ำ

รวบรวมข้อมูลหน้าตัดลำน้ำ จากการสำรวจโดยกรมชลประทาน และภาคีวิศวกรรมการทำแผนที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

### 2.3.3 ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ

รวบรวมข้อมูลระดับความสูงเชิงเลขหรือ Digital Elevation (DEM) มีความละเอียดของขนาดกริดเซลล์ 5x5 เมตร จากข้อมูลของกรมแผนที่ทหาร เพื่อใช้ในการบอกลักษณะของพื้นที่ผิวในลุ่มน้ำ

### 2.3.4 ข้อมูลด้านการใช้ที่ดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นข้อมูลประกอบการเลือกสัมประสิทธิ์ความหยาบผิวของแมนนิ่งในลำน้ำ เพื่อใช้ในการพิจารณาขอบเขตและความละเอียดในการจัดทำแบบจำลอง

### 2.3.5 ข้อมูลสภาพปัญหาอุทกภัย

สภาพปัญหาอุทกภัยเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณากำหนดขอบเขต และรายละเอียดในการจัดทำแบบจำลอง

## 2.4 แบบจำลอง HEC-GeoRAS

แบบจำลอง HEC-GeoRAS เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยหน่วยงาน Hydrologic Engineering Center, US Army Corps of Engineering [7] เป็นแบบจำลองที่สามารถสร้างและรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่ ลำน้ำสายหลัก (Stream Centerline), ตลิ่งของลำน้ำ (Stream Bank), เส้นทางไหล (Flow Paths), หน้าตัดลำน้ำ (Cross Sections XS Cut Lines) เพื่อนำข้อมูลเข้าในแบบจำลอง HEC-RAS และแบบจำลอง HEC-GeoRAS ยังสามารถนำข้อมูลที่ส่งออกจากแบบจำลอง HEC-RAS



มาวิเคราะห์ทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการวิเคราะห์จัดทำแผนที่ การคำนวณความเสียหายจากน้ำท่วม การฟื้นตัวทางระบบนิเวศน์ และการเตือนภัยและป้องกันภัยน้ำท่วมได้

## 2.5 แบบจำลอง HEC-RAS

สำหรับการศึกษาเพื่อประเมินสภาพน้ำท่วมในแม่น้ำลำตะคองได้ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS เวอร์ชัน 5.0.3 ซึ่งเป็นแบบจำลองที่พัฒนาโดย Hydraulics Engineering Center US Army Corps of Engineer [8], [9], [10] ซึ่งสามารถใช้วิเคราะห์ทางด้านชลศาสตร์ในหนึ่งมิติ (one-dimensional) และ 2 มิติ (two-dimensional) เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับพื้นผิวน้ำระหว่างรูปตัดได้ และสามารถจำลองการไหลได้ทั้งการไหลแบบใต้วิกฤต (subcritical flow) และเหนือวิกฤต (supercritical flow) พร้อมทั้งรวมผลของระดับพื้นผิวน้ำ (water surface level) เนื่องจากสิ่งกีดขวางการไหลของน้ำ เช่น สะพาน ฝาย และอาคารชลศาสตร์ เป็นต้น

ลักษณะของปฏิสัมพันธ์ในสองมิติระหว่างการไหลในทางน้ำหลักและที่ราบน้ำท่วม เมื่อน้ำในลำน้ำท่วมสูงขึ้นจนเกินระดับของตลิ่ง ส่งผลให้น้ำที่เอ่อล้นไหลออกจากลำน้ำไปทางด้านข้างขยายตัวเข้าท่วมพื้นที่ราบน้ำท่วมและไหลเข้าพื้นที่แก้มลิง (storage area) ขณะที่ความลึกของการไหลเพิ่มขึ้น พื้นที่ราบน้ำท่วมถึงจะสั้นกว่าระยะทางในการไหลของทางน้ำหลักมาก และเมื่อความลึกของการไหลลดลง น้ำจากพื้นที่นอกตลิ่งจะไหลกลับเข้าไปยังทางน้ำหลัก ทำให้ระดับน้ำของการไหลในทางน้ำหลักเพิ่มปริมาณสูงขึ้นอีกครั้งเนื่องจากการไหลหลากของปริมาณที่ท่วมตลิ่งเป็นการไหลออกด้านข้างสองฝั่งลำน้ำเข้าท่วมพื้นที่ราบน้ำท่วม ซึ่งมีสัดส่วนที่น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณการไหลในลำน้ำ ทำให้สามารถประมาณการไหลหนึ่งมิติแทนการไหลสองมิติได้ โดยการกำหนดให้การไหลในทางน้ำหลักสามารถแลกเปลี่ยนน้ำกับที่ราบน้ำท่วมได้

ดังนั้น ในการศึกษาได้วิเคราะห์เฉพาะการไหลในหนึ่งมิติ (one-dimension) โดยการจำลองในรูปแบบการไหลแบบคงที่ (steady flow) เพื่อการจำลองสภาพน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำต่าง ๆ และการจำลองในรูปแบบการไหลไม่คงที่ (unsteady flow) เพื่อเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง โดยมีหลักการ ดังนี้

### 2.5.1 การจำลองในรูปแบบการไหลคงที่

#### (steady flow)

การจำลองการไหลคงที่เป็นการคำนวณโปรไฟล์ของผิวน้ำในแต่ละหน้าตัดการไหล จะคำนวณจากสมการพลังงาน (Energy Equation) [11], [12] ดังสมการที่ (1)

$$z_2 + y_2 + \frac{a_2 v_2^2}{2g} = z_1 + y_1 + \frac{a_1 v_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

เมื่อ

$Y$  = ความลึกที่หน้าตัดที่พิจารณา

$Z$  = ระดับของท้องน้ำที่หน้าตัดที่พิจารณา

$v$  = ความเร็วการไหลของน้ำเฉลี่ย

$a$  = สัมประสิทธิ์น้ำหนักรวมของความเร็วน้ำ

$g$  = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

$h_e$  = พลังงานความสูญเสียหัวน้ำ (energy head loss)

### 2.5.2 การจำลองในรูปแบบการไหลไม่คงที่

#### (unsteady flow)

การจำลองการไม่คงที่สามารถแสดงในรูปของสมการ partial differential ประกอบด้วย 2 สมการ ได้แก่ สมการต่อเนื่อง (continuity equation) ดังสมการที่ (2) และหลักอนุรักษโมเมนตัม (principle of conservation of momentum) [11], [12] ดังสมการที่ (3)

$$\frac{\partial A_T}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0 \quad (2)$$

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

เมื่อ

$A_T$  = พื้นที่การไหลรวมทั้งเกิดจากผลรวมของพื้นที่ประสิทธิผล  $A$  (ตร.ม.)

$Q$  = อัตราอัตราการไหลของน้ำ (ลบ.ม./วินาที)

$q_l$  = การไหลด้านข้าง (lateral flow) ต่อหนึ่งหน่วยความยาว

$v$  = ความเร็วการไหลของน้ำ (m/s)

$z$  = ความลึกของน้ำวัดจากผิวน้ำถึงระดับอ้างอิง (เมตร)

$s_f$  = ความลาดชันของแรงเสียดทาน (friction slope)

$g$  = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s<sup>2</sup>)

$x$  = ระยะทางวัดจากจุดเริ่มต้นของลำน้ำด้านเหนือ

ไปถึงหน้าตัดลำน้ำที่พิจารณา (เมตร)

$t$  = เวลา (วินาที)

## 2.6 การเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง

การเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง เป็นการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมให้กับแบบจำลอง และตรวจสอบความน่าเชื่อถือ ความถูกต้องของแบบจำลองโดยใช้หลักการทางสถิติ เพื่อให้ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับข้อมูลจริง โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning (n) ซึ่งแสดงถึงความเสียหายต่อการไหลในทางน้ำเปิด

จากการพิจารณาข้อมูลได้เลือกช่วงปีข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน วันที่ 1 กันยายน พ.ศ.2554 ถึง วันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2554 มาใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง และพิจารณาข้อมูลได้เลือกช่วงปีข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2557 ถึง วันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2557 มาใช้ในการสอบเทียบแบบจำลองโดยการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตด้านเหนือและท้ายน้ำ ด้วยข้อมูลน้ำท่ารายวันจากสถานี M.38C อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา สถานี M.177 อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา และสถานี M.164 อ.เมือง จ.นครราชสีมา เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง และข้อมูลน้ำท่ารายวันจากสถานี M.191 อ.เมือง จ.นครราชสีมา เป็นข้อมูลสำหรับการเปรียบเทียบและการสอบเทียบ

การเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องจะใช้ค่าทางสถิติมาพิจารณา ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ Coefficient of Determination ( $R^2$ ) และค่า Nash-Sutcliffe coefficient of efficiency (NSE) [13] ดังสมการที่ (4) และ (5) ตามลำดับ

$$R^2 = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{ci} - \bar{Q}_c) * (Q_{oi} - \bar{Q}_o)}{\left[ \sum_{i=1}^N (Q_{ci} - \bar{Q}_c)^2 * \sum_{i=1}^N (Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2 \right]^{0.5}} \right\} \quad (4)$$

$$NSE = 1.0 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{ci} - Q_{oi})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{ci} - \bar{Q}_c)^2} \quad (5)$$

เมื่อ

$Q_{ci}$  = ค่าปริมาณน้ำท่าตรวจวัดจริงที่เวลาใด ๆ

$Q_{oi}$  = ค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองที่เวลาใด ๆ

$\bar{Q}_c$  = ค่าปริมาณน้ำท่าตรวจวัดจริงเฉลี่ยที่เวลาใด ๆ

$\bar{Q}_o$  = ค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองเฉลี่ยที่เวลาใด ๆ

n = จำนวนข้อมูลน้ำท่าที่พิจารณาความคลาดเคลื่อน

ค่า  $R^2$  และ NSE ที่ได้ควรมีค่าเข้าใกล้ 1 ซึ่งแสดงว่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบตรวจวัดและจากการคำนวณมีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคตรงกัน แต่ถ้ามีค่าเข้าใกล้ -1 แสดงว่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบตรวจวัดและจากการคำนวณ มีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคผกผันกัน

## 2.7 การประเมินพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม

การประเมินพื้นที่น้ำท่วมจากการเอ่อล้นตลิ่งของน้ำท่าในลำตะคอง ด้วยข้อมูลน้ำท่า ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี, 10 ปี, 25 ปี, 50 ปี และ 100 ปี ในการศึกษาได้นำผลการศึกษาข้อมูลน้ำท่า ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี, 10 ปี, 25 ปี, 50 ปี และ 100 ปี จากศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ซึ่งปริมาณน้ำท่า ณ คาบการเกิดซ้ำดังกล่าวข้างต้นคำนวณจากหลักการของทฤษฎีการแจกแจงความถี่แบบกัมเบล (Gumbel distribution) โดยการวิเคราะห์จากข้อมูลปริมาณน้ำท่าสูงสุดรายปี ณ สถานีวัดน้ำท่า M.38C (พ.ศ. 2505-พ.ศ. 2559) สถานีวัดน้ำท่า M.177 (พ.ศ.2545-พ.ศ. 2559) สถานีวัดน้ำท่า M.191 (พ.ศ. 2554-พ.ศ. 2559) และ สถานีวัดน้ำท่า M.164 (พ.ศ. 2550-พ.ศ.2559) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำสูงสุดรายปี (ลบ.ม./วินาที) [14]

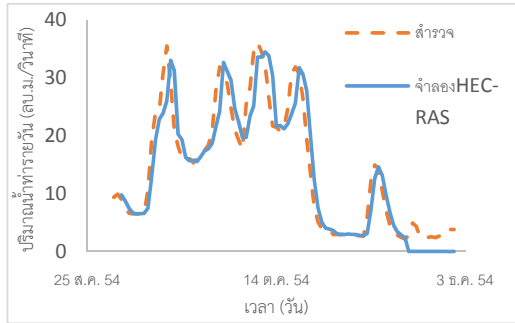
รอบการเกิดซ้ำ	5 (ปี)	10 (ปี)	25 (ปี)	50 (ปี)	100 (ปี)
M.38C	70.1	94.53	125.39	148.29	171
M.177	60.7	77.2	98.1	113.5	128.9
M.191	39.6	53.9	72	85	98
M.164	87.8	117.4	154.74	182.5	210

## 3. ผลการวิจัย

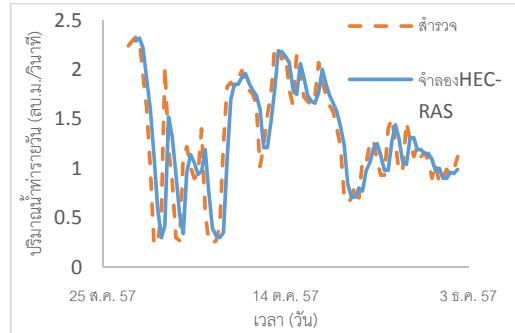
### 3.1 ผลการเปรียบเทียบ และสอบเทียบแบบจำลอง

จากการเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง ณ สถานี M.191 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning (n) ที่ตลิ่งทั้งสองข้างและท้องน้ำมีค่าเท่ากับ 0.0415

ผลการเปรียบเทียบ มีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.860 และค่า NSE เท่ากับ 0.850 (ดังแสดงในรูปที่ 5) สำหรับผลการสอบเทียบ มีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.645 และค่า NSE เท่ากับ 0.626 (ดังแสดงในรูปที่ 6) ซึ่งมีค่าเข้า 1 แสดงถึงปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบตรวจวัดและจากการคำนวณมีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคตรงกัน ดังนั้น แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีความน่าเชื่อถือ



รูปที่ 5 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง HEC RAS



รูปที่ 6 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง HEC RAS

3.2 ศักยภาพการระบายน้ำในแม่น้ำลำตะคอง

ศักยภาพการระบายน้ำสูงสุดของแม่น้ำลำตะคองในแต่ละหน้าตัดการไหล ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ค่าอัตราการไหลสูงสุดอยู่ในช่วง 33.38 ถึง 37.74 ลบ.ม./วินาที และค่าระดับน้ำสูงสุด 177.94 ถึง 246.07 ม.รทก. โดยอัตราการไหลในช่วงต้นแม่น้ำจะมีค่าสูง และจะค่อย ๆ ลดลงในช่วงปลายแม่น้ำลำตะคอง

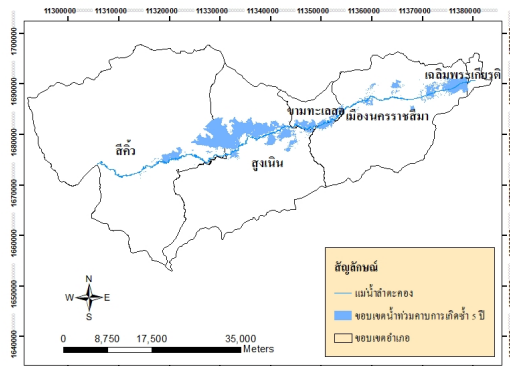
ตารางที่ 2 ศักยภาพการระบายน้ำในแม่น้ำลำตะคอง

กิโลเมตร*	ตำบล	อำเภอ	อัตรา การไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำ สูงสุด (ม.รทก)
134916.9	คลองไผ่	สีคิ้ว	37.74	246.07
124000	ลาดบัวขาว	สีคิ้ว	37.52	239.76
102033.8	สีคิ้ว	สีคิ้ว	36.10	224.74
94289.05	มิตรภาพ	สีคิ้ว	35.94	219.90
86000.01	กุดน้อย	สีคิ้ว	35.74	215.24
70000	บึงขี้เหล็ก	สูงเนิน	35.45	204.01
54000	โป่งแดง	ขามทะเลสอ	34.59	194.86
48330.23	โคกกรวด	เมือง	34.50	193.98
38007.27	โคกกรวด	เมือง	34.06	188.90
17747.12	ในเมือง	เมือง	33.38	177.94

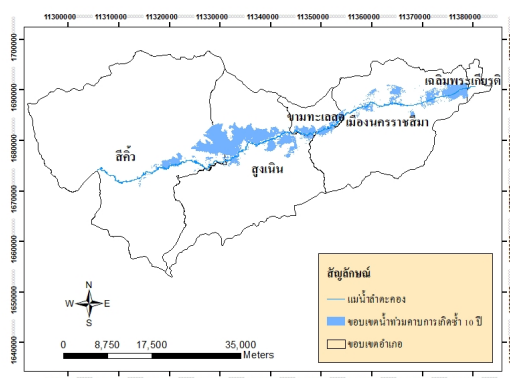
\* กิโลเมตรที่ศูนย์อยู่ที่ ต.พระพุทธ อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.นครราชสีมา

3.3 พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำต่าง ๆ

จากการจำลองสภาพน้ำท่วม ด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ณ คาบการเกิดซ้ำต่าง ๆ พบว่า ขอบเขตพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี, 10 ปี, 25 ปี, 50 ปี และ 100 ปี เท่ากับ 107.928, 120.596, 133.299, 140.726 และ 147.878 ตร.กม. ตามลำดับ ครอบคลุม 35 ตำบล ใน 5 อำเภอที่แม่น้ำลำตะคองไหลผ่าน ดังแสดงผลในตารางที่ 3 และดังแสดงในรูปที่ 7 ถึงรูปที่ 11



รูปที่ 7 ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี

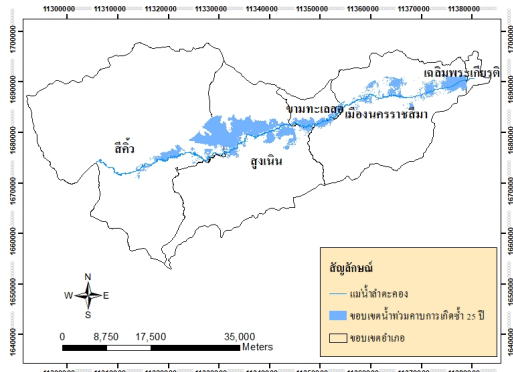


รูปที่ 8 ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 10 ปี

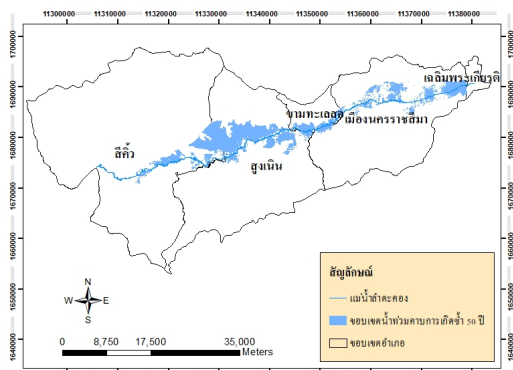


ตารางที่ 3 พื้นที่น้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี, 10 ปี, 25 ปี, 50 ปี และ 100 ปี

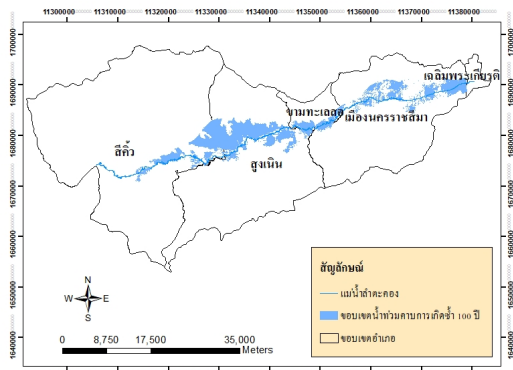
ดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	พื้นที่น้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ				
				5 ปี (ตร.กม.)	10 ปี (ตร.กม.)	25 ปี (ตร.กม.)	50 ปี (ตร.กม.)	100 ปี (ตร.กม.)
1	ในเมือง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.308	2.71	4.363	5.521	6.468
2	หนองจะบก	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.003	0.038	0.337	0.696	1.093
3	มะเริง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.497	0.536	0.551	0.571	0.637
4	หนองระเวียง	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.549	0.555	0.563	0.567	0.573
5	ปรุใหญ่	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.587	2.161	3.078	3.672	4.462
6	หมื่นไวย	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.587	1.167	1.855	2.219	2.467
7	หัวทะเล	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.513	0.591	0.764	1.027	1.172
8	บ้านเกาะ	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.029	0.052	0.105	0.127	0.137
9	บ้านใหม่	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.842	1.153	1.346	1.422	1.482
10	บ้านโพธิ์	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	6.935	7.003	7.04	7.044	7.087
11	จอหอ	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0	0	0	0.003	0.004
12	โคกกรวด	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.884	1.929	1.978	2.128	2.172
13	สีมม	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	0.92	1.306	1.608	1.777	1.896
14	ตลาด	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	5.575	5.96	5.984	5.698	6.754
15	พะเนา	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	2.463	2.509	2.543	2.561	2.616
16	หนองกระทุ่ม	เมืองนครราชสีมา	นครราชสีมา	1.717	2.857	3.61	4.192	4.674
17	สูงเนิน	สูงเนิน	นครราชสีมา	5.384	6.181	7.012	7.548	7.759
18	เสมา	สูงเนิน	นครราชสีมา	18.223	18.679	18.863	18.911	18.879
19	โคราช	สูงเนิน	นครราชสีมา	2.694	2.802	2.902	2.963	3.017
20	บึงขี้เหล็ก	สูงเนิน	นครราชสีมา	11.738	12.348	12.643	12.794	12.923
21	โนนค่า	สูงเนิน	นครราชสีมา	2.666	2.74	2.82	2.862	2.899
22	โค้งยาง	สูงเนิน	นครราชสีมา	3.834	4.505	4.985	4.969	5
23	มะเกลือเก่า	สูงเนิน	นครราชสีมา	1.334	2.185	2.42	2.482	2.432
24	มะเกลือใหม่	สูงเนิน	นครราชสีมา	0.007	0.013	0.055	0.125	0.158
25	นากลาง	สูงเนิน	นครราชสีมา	1.493	1.653	1.942	1.833	1.822
26	กุดจิก	สูงเนิน	นครราชสีมา	3.082	3.507	3.759	3.916	4.046
27	ขามทะเลสอ	ขามทะเลสอ	นครราชสีมา	5.124	5.571	5.792	6.148	6.243
28	โป่งแดง	ขามทะเลสอ	นครราชสีมา	3.7	4.048	4.377	4.435	4.488
29	สีคิ้ว	สีคิ้ว	นครราชสีมา	6.613	7.667	9.154	10.225	11.104
30	บ้านหัน	สีคิ้ว	นครราชสีมา	0.159	0.17	0.173	0.173	0.173
31	ลาดบัวขาว	สีคิ้ว	นครราชสีมา	1.773	2.577	4.23	4.9	5.424
32	กุดน้อย	สีคิ้ว	นครราชสีมา	13.949	14.439	14.927	15.119	15.263
33	มิตรภาพ	สีคิ้ว	นครราชสีมา	0.287	0.492	0.982	1.515	1.927
34	คลองไผ่	สีคิ้ว	นครราชสีมา	0.15	0.183	0.229	0.274	0.318
35	พระพุทธ	เฉลิมพระเกียรติ	นครราชสีมา	0.309	0.309	0.309	0.309	0.309
รวมพื้นที่น้ำท่วม				107.928	120.596	133.299	140.726	147.878



รูปที่ 9 ขอบเขตน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 25 ปี



รูปที่ 10 ขอบเขตน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 50 ปี



รูปที่ 11 ขอบเขตน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 100 ปี

#### 4. สรุปผล

4.1 การศึกษานี้ได้นำแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS มาประยุกต์ใช้ในการประเมินสภาพน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง และได้ศึกษาถึงความถูกต้องของแบบจำลองก่อนที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษา โดยการ

เปรียบเทียบ และสอบเทียบแบบจำลอง จนได้ค่าที่ใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจ ทำให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือในทางสถิติ จึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมและความถูกต้องในการนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง และน่าจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพื้นที่อื่นได้

4.2 การวิเคราะห์ศักยภาพการระบายน้ำในแม่น้ำลำตะคองมีค่าอัตราการไหลเฉลี่ยเท่ากับ 35.50 ลบ.ม./วินาที โดยมีอัตราการไหลสูงสุดอยู่ในช่วง 33.38 ถึง 37.74 ลบ.ม./วินาที และค่าระดับน้ำสูงสุด 177.94 ถึง 246.07 ม.รทก. โดยค่าศักยภาพการระบายน้ำช่วยในการพิจารณาการเฝ้าระวังและการป้องกันน้ำท่วมได้ โดยอัตราการไหลและค่าระดับน้ำไม่ควรเกินค่าที่ลำตะคองในแต่ละหน้าตัดลำน้ำจะสามารถรับได้ นอกจากนี้ ศักยภาพการระบายน้ำของแม่น้ำยังช่วยในด้านการบริหารจัดการน้ำ โดยทำให้ทราบถึงปริมาณน้ำที่สามารถส่งเข้าไปในแต่ละพื้นที่ และสามารถนำมาเป็นข้อมูลในเบื้องต้นเพื่อพิจารณาประกอบการวิเคราะห์การขุดลอกคลอง

4.3 การประเมินพื้นที่น้ำท่วมจากน้ำท่าที่เอ่อล้นตลิ่งจากแม่น้ำลำตะคอง ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี, 10 ปี, 25 ปี, 50 ปี และ 100 ปี สามารถสรุปได้ดังนี้

4.3.1 ณ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี, 10 ปี และ 25 ปี มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบประกอบด้วย อำเภอเมืองนครราชสีมา (จำนวน 15 ตำบล จาก 24 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 62.50) อำเภอสูงเนิน (จำนวน 10 ตำบล จาก 10 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 100) อำเภอขามทะเลสอ (จำนวน 2 ตำบล จาก 5 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 40) อำเภอสีคิ้ว (จำนวน 6 ตำบล จาก 12 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 50) อำเภอเฉลิมพระเกียรติ (จำนวน 1 ตำบล จาก 5 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 20)

4.3.2 ณ คาบการเกิดซ้ำ 50 ปี และ 100 ปี มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบประกอบด้วย อำเภอเมืองนครราชสีมา (จำนวน 16 ตำบล จาก 24 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 66.67) อำเภอสูงเนิน (จำนวน 10 ตำบล จาก 10 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 100) อำเภอขามทะเลสอ (จำนวน 2 ตำบล จาก 5 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 40) อำเภอสีคิ้ว (จำนวน 6 ตำบล จาก 12 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 50) อำเภอเฉลิมพระเกียรติ (จำนวน 1 ตำบล

จาก 5 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 20)

4.4 ในการบริหารจัดการน้ำในแม่น้ำลำตะคองควรพิจารณามาตรการป้องกันน้ำท่วมที่สามารถผันน้ำออกจากพื้นที่เศรษฐกิจ นอกจากนี้ ควรพิจารณาการปรับปรุงแม่น้ำลำตะคองให้มีความจุเพิ่มขึ้น เพื่อพร้อมรับมือกับสถานการณ์การเกิดอุทกภัยที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

## 5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการศึกษาที่ได้รับทุนอุดหนุนและการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทั้งนี้ ขอขอบคุณกรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา และภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษา

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] H. Maskong and C. Jothityangkoon, "Flood mapping for the municipality of Nakhon Ratchasima," in The 18<sup>th</sup> National Convention on Civil Engineering, Changmai, Thailand, 2013. (in Thai)
- [2] P. Teekabunya and P. Kosa, "Flooding Simulation using MIKE FLOOD Model A Case Study : Lam Taklong River Basin," Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok, vol. 8, no. 2, pp. 182-193, 2017. (in Thai)
- [3] T. Phongchan and U. Seeboonruang, "Feasibility Study of Flooding Mitigation by Physical River Modification : Case Study of Yom River, Sukhothai Province," in The 23<sup>th</sup> National Convention on Civil Engineering, Nakhon Nayok, Thailand, 2018. (in Thai)
- [4] S. Chuenchooklin, "River Analysis Simulation Model of Main River and Diversion Channel Planning for Flood Delineation: Case Study for Pasak River, Phetchabun Province," Naresuan University Engineering Journal, vol. 1, no. 1, pp. 9-18, 2017. (in Thai)
- [5] S. Keawlamoon and V. Plermkamon, "DEM data verification of the Huai Sai Bat Basin by HEC-GeoRAS," in The 13<sup>th</sup> Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering, Chiang Mai, Thailand, 2012. (in Thai)
- [6] Royal Irrigation Department, "Water management in Lam Takong River Basin with efficiency and effectiveness," Strategy of Regional Irrigation Office 8 Nakhon Ratchasima, Thailand, 2015. (in Thai)
- [7] US Army Corp of Engineers, HEC-GeoRAS GIS Tool for Support of HEC-RAS using ArcGIS, User's Manual Version 4.3, 2011.
- [8] US Army Corp of Engineers, HEC-RAS River Analysis System, User's Manual Version 4.1, 2010.
- [9] US Army Corp of Engineers, HEC-RAS River Analysis System, Application Guide Version 4.1, 2010.
- [10] US Army Corp of Engineers, HEC-RAS River Analysis System, Hydraulics Reference Manual Version 4, 2010.
- [11] V. T. Chow, D. R. Maidment and L. W. Mays, Applied hydrology, New York: McGraw-Hill, 1988.
- [12] V. T. Chow, Open-channel hydraulics, New York: McGraw-Hill, 1959.
- [13] P. Sangthong and P. Kosa, "Estimation of Streamflow using SWAT: A Case Study of Upper Lam Phloeng River Basin," Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok, vol. 5, no. 2, pp. 165-176, 2017. (in Thai)
- [14] HYDROLOGY IRRIGATION FOR LOWER NORTHEASTERN REGION - RID, [Online]. Available:<http://hydro-4.com/4runoffdata/runoff.htm>.