

การทำนายแนวโน้มการสะสมตัวของตะกอนเมื่อฝนตกหนักบริเวณเขामะกอก  
โดยแบบจำลอง HEC-RAS  
Prediction of Sediment Accumulation Tendency During Heavy Rainfall in  
Khao Makok Area Using the HEC-RAS Model

รณกร สร้อยศรี<sup>1</sup>, พินิต รัตนปรมากุล<sup>1</sup>, อติชาติ อังโฆษาชนะวานิช<sup>1</sup> และ ปันณรุศม์ ศิลประรัตนวงศ์<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมโยธา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

<sup>2</sup>คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Ronnakorn Soisee<sup>1</sup>, Pinit Ruttanaporamakul<sup>1</sup>, Atichart Aungskosachawanich<sup>1</sup> and  
Punnarust Silparattanawong<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Civil Engineering Department, Navaminda Kasatriyadhiraaj Royal Air Force Academy

<sup>2</sup>School of Information Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi

Corresponding Author Email : punnarust.sil@sit.kmutt.ac.th

Received 18 April 2025

Revised 19 June 2025

Accepted 27 September 2025

### บทคัดย่อ

การก่อสร้างอาคารและสิ่งปลูกสร้างในบริเวณทางไหลของน้ำ ทำให้เกิดตะกอนสะสมขวางทางน้ำ เป็นต้นเหตุของปัญหาน้ำท่วมฉับพลันในพื้นที่ท้ายน้ำเมื่อฝนตกหนักเกินปกติ งานวิจัยนี้ใช้แบบจำลองทางชลศาสตร์ HEC-RAS จำลองสภาพการไหลของน้ำท่าเมื่อเกิดฝนตกความเข้ม 31.4 มิลลิเมตรต่อชั่วโมงเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เนื่องจากเป็นค่าความเข้มฝนที่สามารถทำให้เกิดน้ำหลากได้จากค่าสถิติฝนที่บันทึกไว้ในระยะ 20 ปี บริเวณเขามะกอก ซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช โดยจุดรับน้ำจากเขามะกอกห่างกัน 250–300 เมตร ผลการจำลองพบว่า มีตะกอนสะสมจากพื้นที่โดยรอบและมีความเสี่ยงต่ออุทกภัย แบบจำลองแสดงสถานการณ์น้ำท่าที่ไหลตามร่องน้ำธรรมชาติมีความเร็วสูงกว่าพื้นที่โดยรอบ ไหลเข้าสู่เขตโรงเรียนนายเรืออากาศฯ ด้วยความเร็วประมาณ 1 m/s โดยมีการพัดพาตะกอนมาตามทางน้ำธรรมชาติ บริเวณทางระบายน้ำทางทิศตะวันตกมีการเคลื่อนที่ผ่านของตะกอนและเกิดการสะสม ส่วนทางทิศใต้มีตะกอนสะสมบริเวณใกล้เคียงก่อนถึงทางระบายน้ำ การศึกษาสถานการณ์จำลองนี้เพื่อนำไปสู่การออกแบบระบบระบายน้ำและบริหารจัดการตะกอนอย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต มีเป้าหมายเพื่อลดความเสี่ยงจากอุทกภัย การกัดเซาะพังทลาย และการสะสมดิน รวมทั้งพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานในการวางแผนรับน้ำและระบายน้ำให้มั่นคงและยั่งยืน

**คำสำคัญ:** การเคลื่อนที่ของตะกอน, HEC-RAS, แบบจำลองความสูงเชิงเลข, ไหลบ่า, การจัดการน้ำ

## Abstract

The construction of buildings and structures in water flow areas caused sediment accumulation that obstructed waterways, leading to flash flooding problems in downstream areas during heavy rainfall exceeding normal levels. This research used the HEC-RAS hydraulic model to simulate water flow conditions during rainfall intensity of 31.4 millimeters per hour for 3 hours, as this rainfall intensity can cause flooding based on 20-year recorded rainfall statistics in the Khao Makok area, which was the location of the Navaminda Kasatriyadhiraaj Royal Thai Air Force Academy. The water intake points from Khao Makok are spaced 250-300 meters apart. The simulation results revealed sediment accumulation from surrounding areas and flood risk. The model showed that water flowing through natural channels had higher velocity than surrounding areas, flowing into the Naval Academy area at approximately 1 m/s while carrying sediment along the natural waterway. In the western drainage area, sediment movement and accumulation occurred, while in the southern area, sediment accumulated in nearby areas before reaching the drainage system. This simulation study aimed to lead to the design of efficient drainage systems and sediment management in the future. The goal was to reduce risks from flooding, erosion, and soil accumulation, as well as to develop infrastructure for stable and sustainable water intake and drainage planning.

**Keywords:** Sediment Transport, HEC-RAS, Digital Elevation Model, Runoff, Water Management

### 1. บทนำ

ปัญหาการเคลื่อนที่และการสะสมของตะกอนในพื้นที่ลาดชันเป็นประเด็นสำคัญทางด้านวิศวกรรมโยธาและวิศวกรรมชลศาสตร์ที่ต้องได้รับการศึกษาอย่างละเอียด ดังนั้นการสะสมตัวของตะกอนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิประเทศอันเนื่องมาจากการพัฒนาโครงการต่างๆ การก่อสร้างอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างในบริเวณเชิงเขาหรือพื้นที่ลาดชันส่งผลกระทบต่อรูปแบบการไหลของน้ำและการเคลื่อนที่ของตะกอนตามธรรมชาติ ซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาการสะสมตัวของตะกอนและน้ำท่วมฉับพลันในพื้นที่ท้ายน้ำ โดยเฉพาะในช่วงที่เกิดเหตุการณ์ฝนตกหนักเกินกว่าค่าปกติ

สถานการณ์ดังกล่าวเป็นตัวอย่างที่เกิดขึ้นได้กับการพัฒนาพื้นที่ในหลายแห่งทั่วประเทศ โดยเฉพาะในบริเวณที่มีภูมิประเทศเป็นเชิงเขาหรือพื้นที่ลาดชัน การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิประเทศโดยการก่อสร้างอาคารหรือการพัฒนาพื้นที่มักส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชลศาสตร์ โดยเฉพาะในช่วงที่เกิดพายุฝนรุนแรง น้ำที่ไหลจากการซึมลงดิน (น้ำท่า) จะไหลรวมกันสู่พื้นที่ท้ายน้ำที่ต่ำกว่า ซึ่งส่งผลต่อการไหลของน้ำและการเคลื่อนที่ของตะกอน หากไม่มีการศึกษาและวางแผนอย่างรอบคอบ อาจนำไปสู่ปัญหาการกัดเซาะ การพังทลายของดิน และการสะสมตัวของตะกอนในพื้นที่ท้ายน้ำ

โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราชเป็นกรณีศึกษาที่น่าสนใจของการพัฒนาพื้นที่ในบริเวณเชิงเขา มีการย้ายสถานที่ตั้งจากเขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร มาয়งอำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี เมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม

พ.ศ. 2566 [1] ที่ตั้งแห่งใหม่นี้มีอาณาเขตติดกับเขามะกอก ซึ่งมีนัยสำคัญด้านอุทกวิทยาที่ควรพิจารณา เนื่องจากการก่อสร้างโรงเรียนในพื้นที่ดังกล่าวส่งผลให้สถาบันกลายเป็นจุดรับน้ำหลักของเขามะกอก โดยน้ำจากเขามะกอกจะไหลผ่านพื้นที่ตามเส้นทางธรรมชาติและพัดพาตะกอนมาด้วยพร้อมกัน การก่อสร้างโรงเรียนจึงเป็นการแทรกแซงและเปลี่ยนแปลงเส้นทางการไหลของน้ำตามธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อพลศาสตร์การไหลของน้ำและการเคลื่อนที่ของตะกอนในพื้นที่

การจำลองสถานการณ์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือสำคัญในงานวิศวกรรมโยธาเพื่อศึกษาและคาดการณ์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ต่อรูปแบบการไหลของน้ำและการเคลื่อนที่ของตะกอนในปัจจุบัน ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้านวิศวกรรมชลศาสตร์และการจำลองสถานการณ์ทางอุทกวิทยาได้พัฒนาไปอย่างมาก แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ช่วยให้การศึกษาและทำนายการเคลื่อนที่ของตะกอนผ่านแบบจำลองได้ปลอดภัยและแม่นยำมากขึ้น วิธีการนี้ไม่เพียงแต่ช่วยประหยัดทรัพยากรและงบประมาณเมื่อเทียบกับการทดลองในพื้นที่จริงเท่านั้น แต่ยังสามารถจำลองเหตุการณ์ฝนตกหนักในระดับรุนแรงที่อาจเกิดขึ้นได้ยากในสภาพแวดล้อมปกติ ทำให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมสถานการณ์ที่หลากหลายเพื่อเตรียมความพร้อมในการออกแบบโครงสร้างทางวิศวกรรมเพื่อรับมือกับสภาวะวิกฤตดังกล่าว

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการใช้แบบจำลองทางชลศาสตร์ HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) [2] ซึ่งพัฒนาโดยหน่วยงานวิศวกรรมกองทัพสหรัฐอเมริกา ในการจำลองสภาพการไหลของน้ำท่าเมื่อเกิดเหตุการณ์ฝนตกหนักที่มีความเข้ม 31.4 มิลลิเมตรต่อชั่วโมงติดต่อกัน 3 ชั่วโมง ซึ่งเป็นค่าความเข้มฝนที่สามารถทำให้เกิดน้ำหลากได้จากค่าสถิติฝนที่บันทึกไว้ในระยะ 20 ปี บริเวณเขามะกอกเพื่อป้องกันการเกิดการสะสมตัวของตะกอนและปัญหาด้านการจัดการน้ำ งานวิจัยนี้จะช่วยให้สามารถระบุพื้นที่เสี่ยงต่อการสะสมตัวของตะกอนในพื้นที่ศึกษา โดยเฉพาะบริเวณริ้วทางทิศตะวันตกและทิศใต้ของพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศฯ ซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อสำคัญระหว่างพื้นที่เชิงเขาและพื้นที่ราบด้านล่าง

การระบุพื้นที่เสี่ยงดังกล่าวจะช่วยให้สามารถออกแบบโครงสร้างป้องกันและมาตรการบริหารจัดการตะกอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดความเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายจากการสะสมตัวของตะกอนและน้ำท่วมฉับพลันในช่วงที่เกิดฝนตกหนัก ดังนั้นผลจากการศึกษาของงานวิจัยนี้คาดว่าจะสามารถระบุทิศทางการไหลของน้ำท่าและบริเวณที่มีแนวโน้มการสะสมตัวของตะกอน แนวทางและวิธีการทางวิศวกรรมที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่นๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เพื่อช่วยในการออกแบบระบบระบายน้ำและบริหารจัดการตะกอนอย่างมีประสิทธิภาพ ลดความเสี่ยงจากอุทกภัยและการกัดเซาะพังทลายของดิน อนึ่ง ในพื้นที่บริเวณนี้ยังไม่มีงานวิจัยที่ใช้ HEC-RAS 2D ร่วมกับแบบจำลองความสูงเชิงเลขจากระบบ LiDAR เพื่อวิเคราะห์การสะสมตัวของตะกอนในพื้นที่นี้มาก่อน งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อลดความเสี่ยงจากอุทกภัยอันเนื่องมาจากการสะสมตัวของตะกอน

## 2. ขอบเขตงานวิจัย

2.1 ระบุพื้นที่น้ำไหลป่าบริเวณทางระบายน้ำเข้าโรงเรียนนายเรืออากาศฯ ทางทิศตะวันตกและทิศใต้ จากการจำลองสถานการณ์ฝนตกที่มีความเข้ม 31.4 mm/hr เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง ด้วยแบบจำลองทางชลศาสตร์ HEC-RAS

2.2 ระบุทางระบายน้ำเข้าสู่โรงเรียนนายเรืออากาศฯ ทางทิศตะวันตกและทิศใต้ ที่มีแนวโน้มการสะสมตัวของตะกอน โดยใช้แบบจำลองทางชลศาสตร์ HEC-RAS

### 3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการจัดการน้ำท่วมในปัจจุบันมีการใช้แบบจำลองไฮดรอลิกส์และซอฟต์แวร์อื่นๆ ที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้มีความยืดหยุ่นในการใช้งานและลดค่าใช้จ่าย งานวิจัยนี้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) [2] ซึ่งเป็นหนึ่งในเครื่องมือที่สามารถจำลองสถานการณ์น้ำท่วมได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ เป็นส่วนสำคัญหลักในการศึกษา

#### 3.1 การจำลองเชิงตัวเลข

การศึกษานี้ใช้แบบจำลอง HEC-RAS เวอร์ชัน 6.7 Beta ที่ได้รับการพัฒนาโดยกองทัพบกสหรัฐฯ สามารถจำลองการไหลตามแม่น้ำธรรมชาติและช่องทางอื่นๆ ได้หลายประเภท อาทิ การจัดการแม่น้ำ ท่าเรือ และงานสาธารณะอื่นๆ สามารถจำลองการไหลได้ทั้งแบบ 1 มิติ และ 2 มิติ โดยแบบจำลองสามารถสร้าง Cell ได้แบบรูปหลายเหลี่ยม สำหรับพื้นที่ที่มีความซับซ้อน และสามารถกำหนดเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition) ได้หลายแบบ การศึกษานี้ใช้การจำลองแบบ 2 มิติ ซึ่งสมการพื้นฐานที่ใช้ควบคุมการคำนวณ และสมการการเคลื่อนที่ของตะกอนของแบบจำลองดังต่อไปนี้

Mass Conservation [3]

$$\phi(z_s) \frac{\partial h}{\partial t} + \nabla \cdot (\phi h V) = q \quad (1)$$

Momentum Conservation [3]

$$\frac{\partial V}{\partial t} + (V \cdot \nabla)V - f_c k \times V = -g \nabla z_s + \frac{1}{\rho} \nabla \cdot (v_t h \nabla V) - \frac{1}{\rho h} \nabla \cdot (h D) - \frac{\tau_b}{\rho R} + \frac{\tau_s + \tau_w}{\rho h} - \frac{1}{\rho} \nabla p_a - (a + b|V|)V \quad (2)$$

โดย  $\phi$  คือ porosity

$z_s$  คือ ระดับผิวน้ำ (m)

$h$  คือ ระดับน้ำ (m)

$t$  คือ เวลา (s)

$\nabla$  คือ เกรเดียนต์ (1/m)

$V$  คือ เวกเตอร์ความเร็ว (m/s)

$q$  คือ flux term

$f_c$  คือ พารามิเตอร์ Coriolis (1/s)

$k$  คือ จำนวนเวกเตอร์ในแนวตั้ง

$g$  คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (m/s<sup>2</sup>)

$v_t$  คือ เทนเซอร์สัมประสิทธิ์ความหนืดของกระแสน้ำวนในแนวราบ (m<sup>2</sup>/s)

$D$  คือ เทนเซอร์การกระจายความเค้น (kg/m<sup>2</sup>)

$\tau_b$  คือ เวกเตอร์แรงเฉือนท้องน้ำ (kg/m<sup>2</sup>)

$R$  คือ รัศมีชลศาสตร์ (m)

$\tau_s$  คือ เวกเตอร์ความเครียดจากลมที่ผิวหน้า ( $\text{kg/m/s}^2$ )

$\tau_w$  คือ เวกเตอร์ความต่างศักย์รังสีคลื่น ( $\text{kg/m/s}^2$ )

$\rho$  คือ ความหนาแน่น ( $\text{kg/m}^3$ )

$p_a$  คือ ความดันบรรยากาศ ( $\text{kg/m/s}^2$ )

$a$  คือ สัมประสิทธิ์แรงลากเชิงเส้น (ความหนืด) ( $1/s$ )

$b$  คือ สัมประสิทธิ์แรงลากกำลังสอง (แรงเฉื่อย) ( $1/m$ )

Sediment Transport Function (Engelund-Hansen) [4]

$$g_s = 0.05 \gamma_s v^2 \sqrt{\frac{d_{50}}{g \left( \frac{\gamma_s}{\gamma} - 1 \right)}} \left[ \frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma) d_{50}} \right]^{\frac{3}{2}} \quad (3)$$

โดย  $g_s$  คือ ปริมาณตะกอนที่เคลื่อนที่

$\gamma$  คือ น้ำหนักจำเพาะ ( $\text{N/m}^3$ )

$v$  คือ ความเร็วเฉลี่ย ( $\text{m/s}$ )

$\tau_0$  คือ แรงเฉือนท้องน้ำ ( $\text{N/m}^2$ )

$d_{50}$  คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาค ( $\text{m}$ )

Fall Velocity (Van Rijn) [5]

$$\omega = \frac{(s-1)gd}{18v} 0.001 < 1 < 0.1 \text{ mm} \quad (4)$$

$$\omega = \frac{10v}{d} \left[ \left( 1 + \frac{0.01(s-1)gd}{v^2} \right)^{0.5} - 1 \right] 0.1 < 1 < 1 \text{ mm} \quad (5)$$

$$\omega = 1.1[(s-1)gd]^{0.5} d \geq 1 \text{ mm} \quad (6)$$

โดย  $\omega$  คือ ความเร็วในการตกของอนุภาค ( $\text{m/s}$ )

$v$  คือ ความหนืดจลน์ ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

$S$  คือ ความถ่วงจำเพาะของอนุภาค

$d$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค ( $\text{m}$ )

Hiding Function [Egiazaroff] [6]

$$\xi_k = \left[ \frac{\log_{10} 19}{\log_{10} \left( \frac{19d_k}{dm} \right)} \right]^2 \quad (7)$$

โดย  $\xi_k$  คือ ค่าชดเชยการบดบัง

$d_k$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคที่บังอนุภาคอื่น ( $\text{m}$ )

$d_m$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาค (m)

### 3.2 ตัวอย่างการใช้งาน

Quiroga et al. [7] ทำการจำลองสถานการณ์น้ำท่วมที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำแอมะซอนของโบลิเวียในเดือนกุมภาพันธ์ ปี 2014 โดยใช้แบบจำลอง HEC-RAS 2D และทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์กับภาพถ่ายจากดาวเทียม ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลอง HEC-RAS 2D สามารถจำลองสถานการณ์น้ำท่วมได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพดี โดยให้ข้อมูลสำคัญ เช่น ความลึกของน้ำ ความเร็วของกระแสน้ำ และการเปลี่ยนแปลงของน้ำท่วมตามช่วงเวลา

Logah et al. [8] นำข้อมูลทางสัณฐานวิทยาของแม่น้ำโวลตา พื้นที่ลุ่มน้ำท่วมถึง และหน้าตัดตามตำแหน่งที่เลือก มาประยุกต์ใช้ในแบบจำลองไฮดรอลิกส์ HEC-RAS และได้ทำการเก็บตัวอย่างแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์หาตะกอนในแม่น้ำ ผลการจำลองพบว่า หากอัตราการปล่อยน้ำจากเขื่อนเข้าใกล้หรือเกิน  $2,300 \text{ m}^3/\text{s}$  พื้นที่ขนาดใหญ่บริเวณท้ายน้ำ รวมถึงพื้นที่ลุ่มน้ำท่วมถึง จะเกิดภาวะน้ำท่วม ดังนั้นจึงมีข้อเสนอแนะให้มีการโยกย้ายชุมชนที่อาศัยอยู่ริมตลิ่งและพื้นที่ลุ่มน้ำท่วมถึงของแม่น้ำโวลตาตอนล่าง เมื่อมีการปล่อยน้ำจากเขื่อนในปริมาณที่มากกว่าค่าดังกล่าว และผลของการเคลื่อนที่ของตะกอนแขวนลอยในแม่น้ำโวลตาตอนล่างอยู่ในระดับต่ำ และดินที่พบส่วนใหญ่ตามตลิ่งและท้องน้ำเป็นดินทราย ซึ่งบ่งชี้ว่าลักษณะทางธรณีสัณฐานของแม่น้ำอาจเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อปล่อยน้ำในปริมาณสูง ผลการศึกษานี้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการประเมินปัญหาการสะสมตัวของตะกอนซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนากลยุทธ์การควบคุมและบริหารจัดการตะกอนในลุ่มน้ำของประเทศกานา

จากการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-RAS มีความสามารถในการจำลองทางชลศาสตร์ สามารถสร้าง Cell รูปหลายหน้าได้ มีความสามารถในการจำลองการไหลแบบ 2 มิติ รวมถึงการจำลองการเคลื่อนที่ของตะกอนได้ ทำให้ผลของการจำลองมีความแม่นยำมากขึ้น จากตัวอย่างการใช้งานข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-RAS กับงานวิจัยนี้มีความเหมาะสมเนื่องจากพื้นที่ที่ศึกษามีความซับซ้อน และแบบจำลองมีความสามารถในการทำนายการเคลื่อนที่ของตะกอน

## 4. การดำเนินการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองการไหลและการเคลื่อนที่ของตะกอน ข้อมูลที่นำเข้า (Input) ได้แก่ ความสูงเชิงเลข (DEM), สิ่งปกคลุมดิน (Land Cover) [9], อัตราการไหล (Hydrograph), ชนิดและขนาดของดิน (Bed Gradation) โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อการจำลองสภาพการไหลและแนวโน้มการสะสมตัวของตะกอนในบริเวณทางระบายน้ำเข้าทางทิศตะวันตกของโรงเรียนนายเรืออากาศฯ

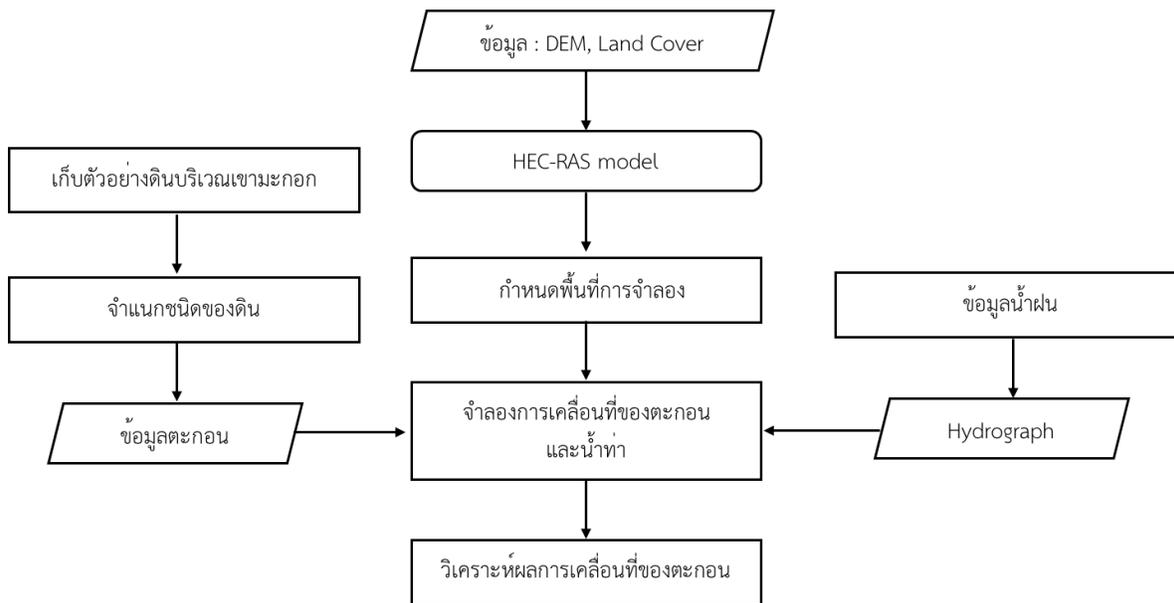
### 4.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินงานวิจัยมีขั้นตอนดัง รูปที่ 1 โดยแบ่งงานเป็น 2 ส่วน 1) การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ข้อมูลดินตามหัวข้อ 4.4 2) การจำลองการเคลื่อนที่ของตะกอน จะจำลอง Model ในสถานการณ์ฝนตกโดยใช้ความเข้มฝน ดังตารางที่ 1 โดยให้ฝนตกเต็มพื้นที่ และทำการจำลองการไหลของน้ำท่าพร้อมกับการเคลื่อนที่ของตะกอน

### 4.2 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาคือบริเวณเขามะกอกตั้งอยู่ใน ต.มิตรภาพ อ.มวกเหล็ก จ.สระบุรี ลักษณะทั่วไปเป็นพื้นที่เป็นที่ราบสูงและภูเขา พื้นที่ประกอบด้วยหินอัคนี หินตะกอน และหินแปร และตะกอนร่วนยุคควอเทอร์นารี [10] พื้นที่เป็นที่ราบสูงเชิงเขา มีภูเขาสลับซับซ้อน มีความสูงประมาณ 230–500 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล พื้นที่รับน้ำตั้งอยู่บริเวณทิศตะวันตกทอดยาวไปในแนวทิศตะวันตกเฉียงใต้ รูปที่ 2 แสดงข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข, ชั้นความสูง (Contour Line) ผสาน

กับแผนที่ Google Satellite ในกรอบเส้นสีแดงแสดงพื้นที่ของโรงเรียนนายเรืออากาศฯ มีระยะจากรั้วโรงเรียนนายเรืออากาศฯ ถึงเชิงเขาประมาณ 250–300 เมตร เส้นตารางสีชมพูแสดงพื้นที่รับน้ำฝนซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 2 ตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นพื้นที่ที่นำมาใช้ในการจำลองสถานการณ์ และบริเวณที่คาดว่าจะมีผลกระทบคือบริเวณใกล้เคียงของพื้นที่รับน้ำของขอบเส้นสีแดงที่ติดกับขอบเส้นสีชมพู ดังรูปที่ 2 ซึ่งคาดว่าน้ำจะไหลผ่านบริเวณนี้และจะมีการสะสมตัวของตะกอน



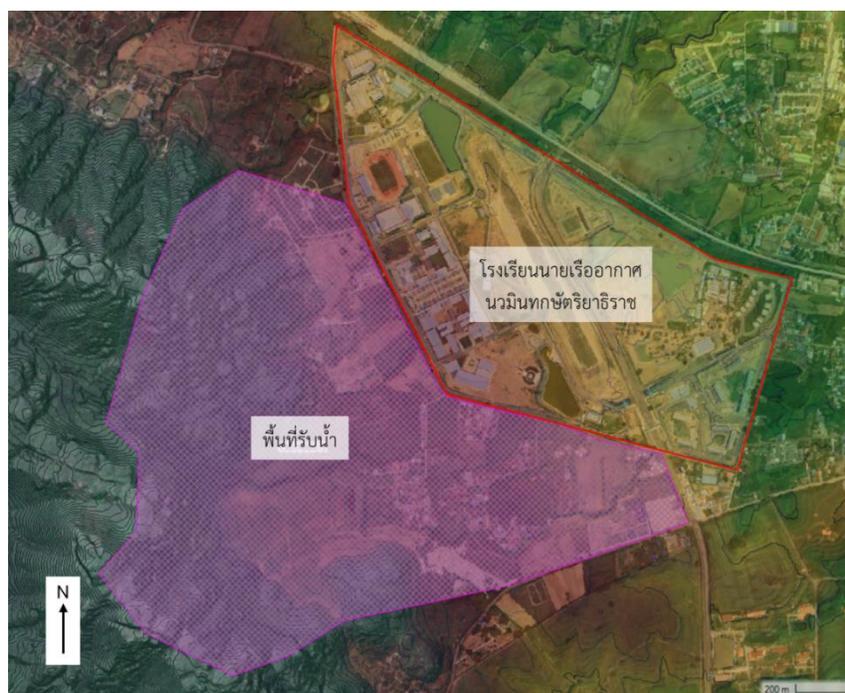
รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

#### 4.3 ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM)

ข้อมูลพื้นที่ที่นำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองในการศึกษานี้ ใช้ข้อมูลแบบจำลองความสูงที่ได้จากระบบ LiDAR [11] ของกองทัพอากาศ ซึ่งมีความละเอียดเชิงพื้นที่ 1 เมตร โดยได้ทำการเก็บข้อมูลภาพถ่ายของสภาพภูมิประเทศปี 2566 เพื่อนำมาวิเคราะห์และสร้างแผนที่เส้นความสูงที่แสดงลักษณะสูงต่ำของพื้นที่บริเวณ อ.มวกเหล็ก

ตารางที่ 1 ความเข้มฝนที่ใช้ในแบบจำลอง

Simulation time (min)	Precipitation (mm)
0	31.4
10	31.4
20	31.4
⋮	⋮
180	31.4
190	0.833
⋮	⋮
240	0.833



รูปที่ 2 ตำแหน่งพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทราชตรีวิทยาราชและพื้นที่รับน้ำ  
(แผนที่จาก Google Map ปรับปรุงโดยผู้วิจัย)

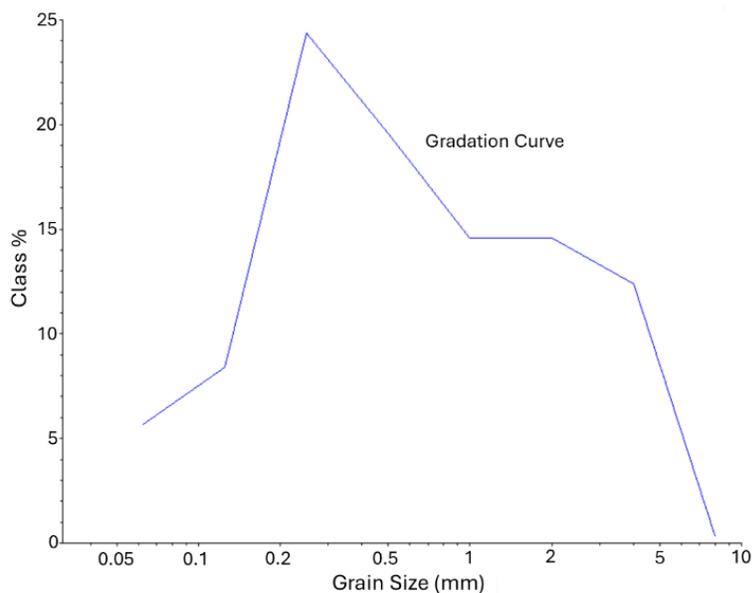
#### 4.4 ชนิดของดิน

จากการสำรวจข้อมูลดิน [12] เพื่อวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางกายภาพและทางวิศวกรรมเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้า (Input) Bed Gradation ของ Model โดยการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0.5 เมตรของบริเวณบนเขามะกอกทดสอบการกระจายตัวของเม็ดดินด้วยวิธีการร่อนผ่านตะแกรง (Grain Size Distribution) แล้วนำผลการทดสอบที่ได้มาจำแนกชนิดของดินด้วยวิธี Unified Soil Classification (USCS) ซึ่งผลการจำแนกชนิดและขนาดของดินที่ถูกร่อนผ่านตามขนาดตะแกรง พบว่าดินส่วนใหญ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.149–0.841 มิลลิเมตร และเป็นดินชนิด SW (ดินทรายขนาดคละกัณฑ์) SC (ดินทรายที่มีดินเหนียวปน) และ SP (ดินทรายที่มีตะกอนทรายปน) เป็นส่วนมาก แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาสร้างเป็นข้อมูล Bed Gradation ซึ่งสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาเขียนเป็น Gradation Curve ได้ รูปที่ 3 คือ Gradation Curve ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของขนาดของดินกับปริมาณเป็นร้อยละที่ถูกจำแนก

#### 4.5 Hydrograph

เนื่องจากบริเวณพื้นที่ที่ศึกษามีการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนในปริมาณที่ไม่เพียงพอ ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลทางสถิติของปริมาณน้ำฝนบริเวณใกล้เคียงคือสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรปากช่อง ซึ่งมีการเก็บค่าสถิติตั้งแต่ปี 2548-2567 [13] มาใช้ในการพิจารณาการสร้าง Hydrograph โดยข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลสถิติน้ำฝนราย 3 ชั่วโมง ระยะเวลาที่มีการเก็บข้อมูลคือปี 2548 ถึง 2567 ซึ่งพบว่าช่วงที่มีความเข้มฝนมากจะมีระยะเวลาการตกสูงสุดอยู่ในช่วง 3 ชั่วโมง ซึ่งก่อนและหลังช่วงเวลาดังกล่าวจะมีความเข้มฝนน้อยมากหรือไม่เลย ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้ข้อมูลของวันที่ 29 ส.ค. 2550 มีความเข้มฝนมากที่สุดที่ 94.2 mm มาเป็นค่าในการทดลอง โดยนำข้อมูลดังกล่าวมาเฉลี่ยเป็นความเข้มฝนรายชั่วโมงได้ที่

31.4 mm/hr และใน 3 ชั่วโมงแรก ถัดไปนำข้อมูลความเข้มข้นที่ 2.5 mm มาเฉลี่ยเป็น 0.833 mm/hr และนำมาสร้าง Hydrograph ได้ดังตารางที่ 1



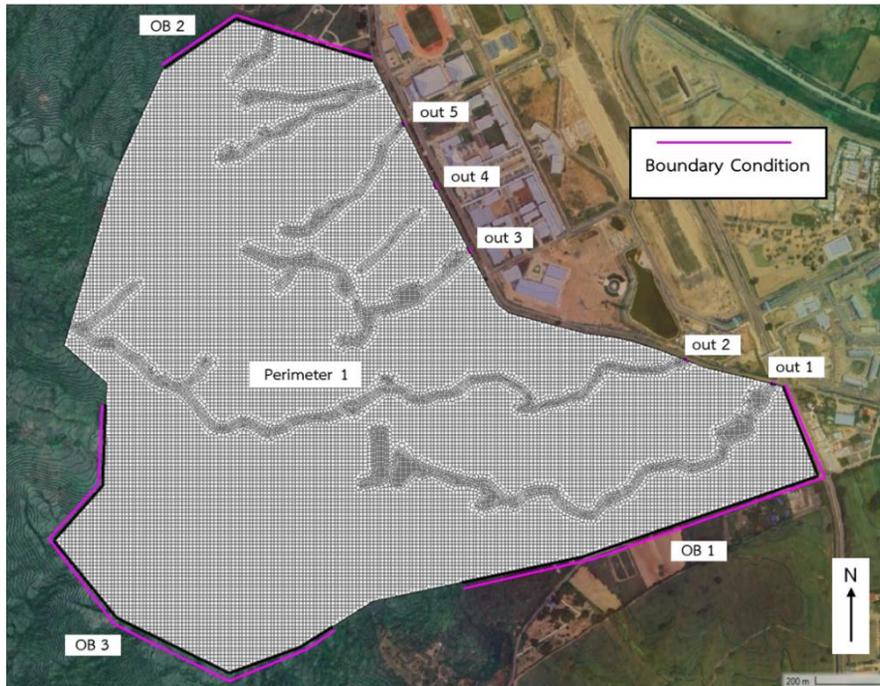
รูปที่ 3 Gradation Curve ของข้อมูลชนิดของดิน

#### 4.6 การจำลองการไหล

การศึกษานี้ใช้แบบจำลอง HEC-RAS เวอร์ชัน 6.7 Beta [2] ในการจำลองการไหล รูปที่ 5 แสดงขอบเขตการจำลองและเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition) โดย Perimeter 1 คือบริเวณพื้นที่ทั้งหมดที่รับน้ำฝนเพื่อเป็นข้อมูลนำเข้า (Input) out คือบริเวณที่น้ำไหลออกที่เป็นเขตโรงเรียน และ OB คือบริเวณน้ำไหลออกไปสู่บริเวณอื่น โดยข้อมูล out แต่ละตำแหน่งได้มาจากแผนที่ความสูงและเอกสารแบบแปลนผังโครงสร้างโรงเรียนนายเรืออากาศฯ เงื่อนไขเริ่มต้น (Initial Condition) ตั้งค่าให้พื้นที่ทั้งหมดไม่มีน้ำอยู่ก่อนเลย หลังจากนั้นจะจำลองการเคลื่อนที่ของตะกอนโดยให้ฝนตกตามข้อมูล Hydrograph รวมเป็นเวลาทั้งหมด 4 ชั่วโมง ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition) ตารางที่ 3 แสดงรายละเอียดข้อมูลฟังก์ชันและค่าตัวแปรที่ใช้ในการจำลองการเคลื่อนที่ของตะกอน ค่าการแทรกซึมของน้ำ และสัมประสิทธิ์ความขรุขระ ใช้ค่าในช่วงที่ผู้พัฒนา Model แนะนำ Transport Function ใช้สมการของ Engelund-Hansen [4] เนื่องจากขนาดของตะกอนในพื้นที่บริเวณเขามะกอกส่วนใหญ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 0.19–0.93 mm และส่วนใหญ่เป็นทราย Fall Velocity Method ใช้สมการของ Van Rijn [5] ซึ่งเป็นการใช้สมการจะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของตะกอน Hiding Function ใช้สมการของ Egiazaroff [6] เนื่องจากตะกอนมีขนาดผสมกันที่อยู่ในช่วงกว้าง

ตารางที่ 2 การตั้งค่าเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition)

Boundary Condition	Boundary Condition Type	Sediment
Perimeter 1 (พื้นที่รับน้ำ)	ตารางที่ 1	-
Out #	Normal Depth, External	Equilibrium Load
OB #	Normal Depth, External	Equilibrium Load



รูปที่ 5 Mesh และ Boundary Condition Cells  
(แผนที่จาก Google Map ปรับปรุงโดยผู้วิจัย)

#### 4.7 ข้อจำกัดของการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาสถานการณ์ฝนตกที่เกิดขึ้นได้ยาก แต่เมื่อเกิดขึ้นอาจส่งผลกระทบต่อที่รุนแรงได้ ซึ่งอาจมีวงรอบในการเกิดขึ้น 10-30 ปี ตามข้อมูลสถิติของความเข้มฝน ในการปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) ได้ดำเนินการทดลองวัดระดับน้ำที่ไหลบ่า แต่เนื่องจากระยะเวลาตั้งแต่ย้ายที่ตั้งของโรงเรียนนายเรืออากาศ ยังไม่มีเหตุการณ์ฝนตกหนัก ซึ่งในสถานการณ์ปกติที่ฝนตกที่ไม่รุนแรง การวัดระดับน้ำของน้ำที่ไหลบ่ายังมีความสูงไม่เพียงพอต่อการนำมาทำการปรับเทียบแบบจำลอง ทำให้ผลจากการทดลองปรับเทียบแบบจำลองยังให้ผลที่ไม่น่าพึงพอใจเนื่องจากขาดข้อมูลที่เพียงพอ และพื้นที่ที่ศึกษาเป็นพื้นที่ที่มีการสร้างสิ่งปลูกสร้างขึ้นมาใหม่และขวางทางน้ำธรรมชาติ ทำให้ข้อมูลเชิงพื้นที่เปลี่ยนแปลงไป และจากข้อจำกัดในการทำการปรับเทียบ งานวิจัยนี้จึงใช้ค่าการแทรกซึมของน้ำ และสัมประสิทธิ์ความขรุขระตามที่คุณพัฒนาแบบจำลองแนะนำตาม ตารางที่ 3 ดังเหตุผลที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วในหัวข้อ 4.6

ตารางที่ 3 ข้อมูลฟังก์ชันและตัวแปร

ข้อมูล	คำอธิบาย	ค่า/ฟังก์ชัน
Infiltration	การแทรกซึมของน้ำ	4 mm/hr [14] ป่า 0.12 [15]
Manning's n	สัมประสิทธิ์ความขรุขระ	พื้นที่เกษตรกรรม 0.04 [15] พื้นที่พัฒนา เปิด 0.035 [15]

ข้อมูล	คำอธิบาย	ค่า/ฟังก์ชัน
dt	ระยะห่างเวลาคำนวณ	1 sec
Cell Size	ขนาดเซลล์	5-10 m
Transport Function	สมการการเคลื่อนที่ของตะกอน	Engelund-Hansen
Fall Velocity Method	วิธีประมาณการตกของตะกอนแขวนลอย	Van Rijn
Hiding Function	ฟังก์ชันการเคลื่อนตัวของตะกอนที่ติดกัน	Egiazaroff

## 5. ผลการวิจัย

### 5.1 ผลการจำลองน้ำไหลบ่า

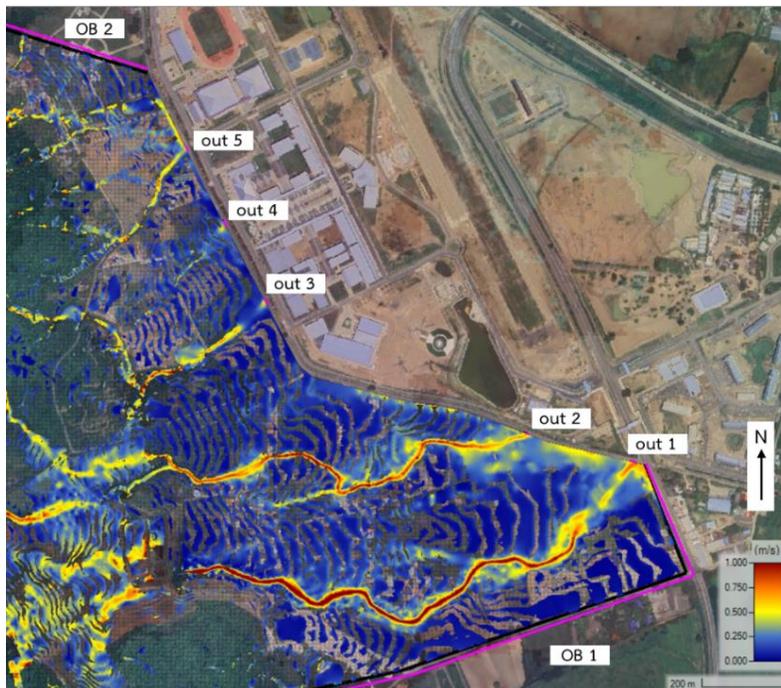
ผลการจำลองสภาพพื้นที่เมื่อฝนตก เมื่อเวลาผ่านไป 180 นาที ดังรูปที่ 6 พบว่าน้ำฝนไหลบ่ามาจากทางพื้นที่สูง โดยไหลรวมกันมาตามร่องน้ำธรรมชาติเป็นเส้นทางหลักลงสู่พื้นที่ต่ำกว่า และผ่านเข้าสู่ทางระบายน้ำซึ่งเป็นพื้นที่ของ โรงเรียนนายเรืออากาศฯ ทั้ง 5 เส้นทาง (Out) และความเร็วของการไหล ดังรูปที่ 7 พบว่า น้ำท่าที่ไหลตามร่องน้ำธรรมชาติ มีความเร็วสูงกว่าพื้นที่โดยรอบ และไหลเข้าสู่เขตโรงเรียนนายเรืออากาศฯ ทางทิศใต้คือทางระบายน้ำ out 1 และ out 2 มีความเร็วประมาณ 1 m/s และในทางทิศตะวันตกคือทางระบายน้ำ out 3 out 4 และ out 5 มีความเร็วประมาณ 0.5 m/s ซึ่งเส้นทางการไหลบ่าของน้ำนี้แสดงถึงทิศทางของการถูกพัดพาตะกอนมาทับถมบริเวณดังกล่าวได้



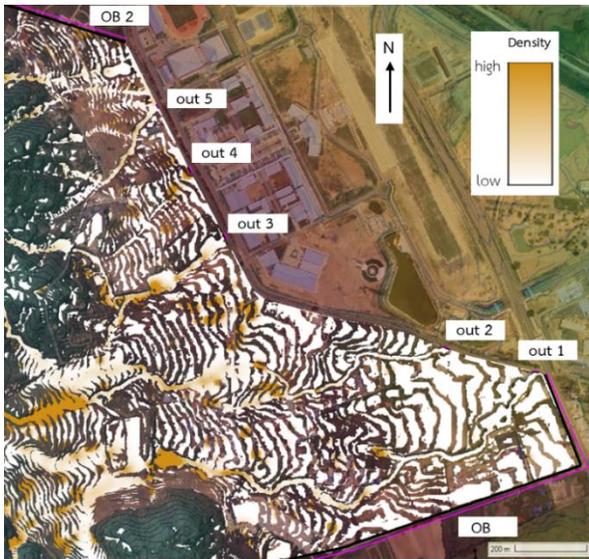
รูปที่ 6 การกระจายความลึกของน้ำท่า (เวลาจำลอง 180 นาที)  
(แผนที่จาก Google Map ปรับปรุงโดยผู้วิจัย)

## 5.2 ผลการจำลองการเคลื่อนที่ของตะกอน

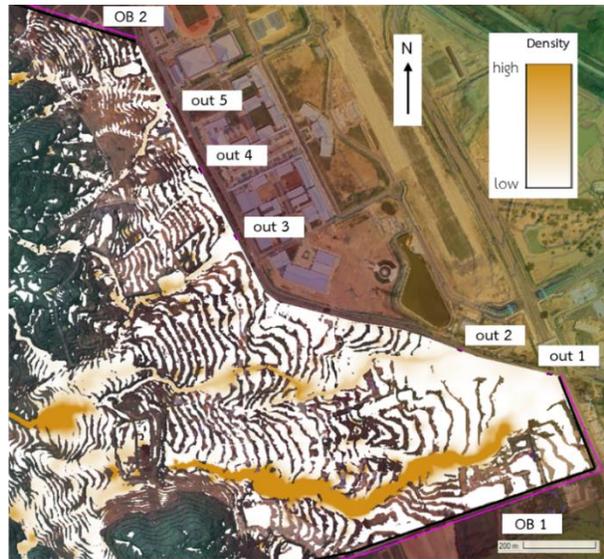
ผลการจำลองการเคลื่อนที่ของตะกอน ตะกอนบริเวณเชิงเขาจะถูกพัดพามาตามร่องน้ำทางธรรมชาติ เกิดการกัดเซาะและการทับถมของตะกอนบริเวณตามเส้นทางตามผลของการจำลองน้ำไหลบ่า รูปที่ 8 แสดงความเข้มข้นของบริเวณที่เกิดกระบวนการกัดเซาะและทับถมของตะกอน รูปที่ 8 (ก) แสดงผลการจำลองกระบวนการกัดเซาะและทับถมของตะกอนเมื่อเวลาผ่านไป 50 นาที พบว่าตะกอนมีการสะสมตัวบริเวณเชิงเขาในเส้นทางน้ำที่ไหลบ่าไปทางทางระบายน้ำในทิศใต้เนื่องจากการถูกพัดพามาจากต้นน้ำ และในทางทิศตะวันตกมีตะกอนบางส่วนไหลผ่านทางระบายน้ำ out 3 out 4 และ out 5 เนื่องจากทางระบายน้ำ และเชิงเขามีระยะห่างกันประมาณ 300 เมตร การเคลื่อนตัวของตะกอนจึงมาถึงทางระบายน้ำ ในระยะเวลาที่สั้น รูปที่ 8 (ข) แสดงผลการจำลองกระบวนการกัดเซาะและทับถมของตะกอนเมื่อเวลาผ่านไป 180 นาที พบว่าตะกอนที่สะสมตัวบริเวณเชิงเขามีการเคลื่อนที่มาตามเส้นทางน้ำทางธรรมชาติและเริ่มไหลสู่ทางระบายน้ำ out 1 และ out 2 จากการถูกพัดพาลงมาทางท้ายน้ำ และทางระบายน้ำในทิศตะวันตกยังคงมีการเคลื่อนที่ของตะกอนผ่านไ้อย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 7 การกระจายความเร็วการไหลของน้ำท่า (เวลาจำลอง 180 นาที)  
(แผนที่จาก Google Map ปรับปรุงโดยผู้วิจัย)

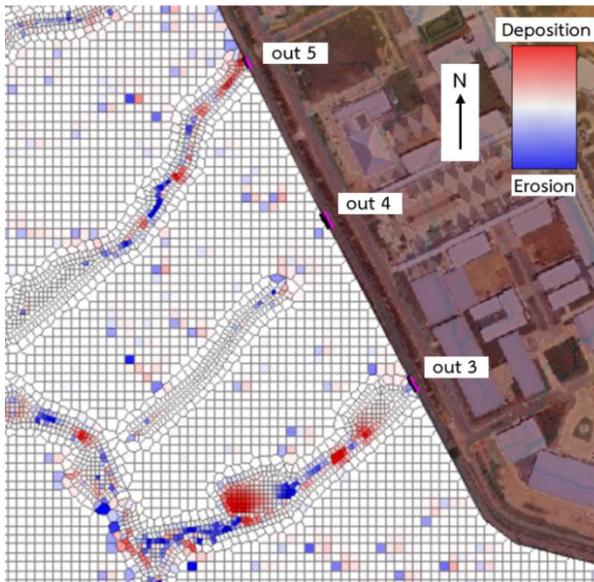


(ก) เวลาการจำลอง 50 นาที

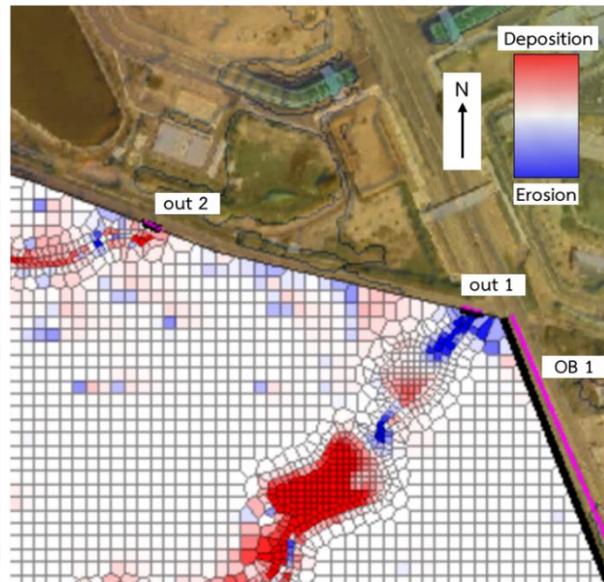


(ข) เวลาการจำลอง 180 นาที

รูปที่ 8 การกระจายความเข้มข้นของการเกิดกระบวนการเคลื่อนที่ของตะกอน (แผนที่จาก Google Map ปรับปรุงโดยผู้วิจัย)



(ก) ทางระบายน้ำทิศตะวันตก



(ข) ทางระบายน้ำทิศใต้

รูปที่ 9 บริเวณการถูกกัดเซาะและสะสมตัวของตะกอน (เวลาจำลอง 240 นาที) (แผนที่จาก Google Map ปรับปรุงโดยผู้วิจัย)

ผลการจำลองตำแหน่งการถูกกัดเซาะและทับถมของตะกอนบริเวณรั้วโรงเรียนนายเรืออากาศฯ มีการกระจายตัวของการทับถมของตะกอนแสดง ดังรูปที่ 9 ตัวแทนสีที่มีความเข้มมากแสดงถึงแนวโน้มที่จะเกิดการกัดเซาะหรือทับถมได้มาก โดยสีน้ำเงินคือบริเวณที่เกิดการกัดเซาะ (Erosion) และสีแดงคือบริเวณที่เกิดการทับถม (Deposition) รูปที่ 9 (ก) แสดงผลการจำลองแนวโน้มการสะสมตัวของตะกอนในทางระบายน้ำในทิศตะวันตก พบว่าตะกอนไหลผ่านทางระบายน้ำต่อเนื่องตลอดเวลา และเกิดการสะสมตัวของตะกอนบริเวณช่องทาง out 5 ซึ่งอาจเกิดจากแนวการไหลของน้ำท่าที่มารวมกันในบริเวณนั้น แต่ในช่องทาง out 3 และ out 4 ไม่มีการสะสมตัว เนื่องจากตะกอนที่เคลื่อนตัวมาจากเขามะกอกไหลผ่านทางออกตลอดเวลาซึ่งเป็นบริเวณที่เป็นเงื่อนไขขอบเขต ถ้าบริเวณนี้ตะกอนที่ถูกพัดพาไม่สามารถเคลื่อนตัวได้ดี อาจเกิดการอุดตันได้ ผลการจำลองการถูกกัดเซาะและทับถมของตะกอนบริเวณรั้วทางทิศใต้ ดังรูปที่ 9 (ข) เกิดการสะสมตัวของตะกอนบริเวณช่องทาง out 2 และก่อนทางเข้าช่องทาง out 1 และเกิดการกัดเซาะบริเวณช่องทาง out 1 เกิดจากกระบวนการการเคลื่อนที่ของตะกอนที่ไหลจากต้นน้ำสู่ท้ายน้ำ ซึ่งผลของการจำลองในช่วงเวลาที่กำหนดตะกอนส่วนใหญ่เคลื่อนตัวมาไม่ถึงช่องทางน้ำทางทิศใต้ การที่ตะกอนมีแนวโน้มที่จะสะสมตัวในทางระบายน้ำหรือบริเวณใกล้เคียงส่งผลให้เกิดการอุดตันของทางระบายน้ำ และอาจทำให้ทิศทางการไหลของน้ำเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้มวลน้ำอาจไหลไปรวมกันในบริเวณใกล้เคียงและเกิดน้ำท่วมในบริเวณดังกล่าวได้

## 6. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ศึกษารูปแบบการไหลของน้ำท่า จากความเข้มฝน 31.4 มิลลิเมตรต่อชั่วโมงเป็นเวลา 3 ชั่วโมง และความเข้มฝน 0.833 มิลลิเมตรต่อชั่วโมงเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และแนวโน้มการสะสมตัวของตะกอน บริเวณเขามะกอกพื้นที่ติดโรงเรียนนายเรืออากาศฯ โดยการใช้แบบจำลอง HEC-RAS พบว่าน้ำที่ไหลบ่าเข้าสู่ทางระบายน้ำของโรงเรียนนายเรืออากาศฯ ทุกช่องทาง (Out) ทั้งในทางทิศตะวันตกและทิศใต้ ซึ่งเส้นทางการไหลบ่าของน้ำนี้แสดงถึงเส้นทางที่มีแนวโน้มของการเคลื่อนที่ของตะกอน

จากการจำลองการสะสมตัวของตะกอน ตะกอนมีการเคลื่อนตัวผ่านทางระบายน้ำทางทิศตะวันตก ซึ่งแม้เวลาหลังจากการย้ายที่ตั้งของโรงเรียนนายเรืออากาศฯ เป็นเวลาประมาณ 2 ปี ยังไม่เกิดเหตุการณ์ฝนที่ตกหนักตามที่มีการบันทึกไว้ แต่ทางระบายน้ำในทิศตะวันตกมีการสะสมตัวของตะกอนและเริ่มมีการอุดตันทางระบายน้ำ ดังรูปที่ 10 แสดงถึงบริเวณที่มีการสะสมตัวและอุดตันของตะกอน รูปที่ 10 (ก) คือทางระบาย out 3 รูปที่ 10 (ข) คือทางระบาย out 4 เนื่องจากโครงสร้างทางกายภาพและสิ่งกีดขวางจำพวกวัชพืชและไม้ ซึ่งผลของแบบจำลองแสดงแนวโน้มที่สอดคล้องกันคือ ตะกอนถูกพัดพามากับน้ำที่ไหลบ่าผ่านเข้ามาสู่ทางระบายน้ำทางทิศตะวันตกอย่างต่อเนื่อง ในทางระบายน้ำทิศใต้ตะกอนเคลื่อนตัวมาทางท้ายน้ำแต่ไม่ถึงช่องทางระบายน้ำ จากผลการวิจัยพบว่าควรมีนโยบายการกำจัดสิ่งกีดขวางและตะกอน หรือการเพิ่มขนาดของประตูลำน้ำที่มีขนาดเล็ก หรือการเปลี่ยนโครงสร้างทางระบายน้ำให้ไม่มีการยกระดับความสูงของน้ำเพื่อป้องกันการสะสมตัวของตะกอนเนื่องจากไม่สามารถถูกพัดพาได้ และในทางระบายน้ำในทิศใต้ยังไม่มีแนวโน้มที่จะเกิดการอุดตันของตะกอนเหมือนกับผลของการจำลอง ซึ่งอาจเป็นเพราะยังไม่มีเหตุการณ์ที่มีน้ำไหลบ่ามากจึงทำให้ตะกอนเคลื่อนตัวมาไม่ถึงบริเวณท้ายน้ำ

ทั้งนี้เพื่อการจัดการน้ำให้มีประสิทธิภาพในอนาคต จำเป็นต้องมีการสำรวจพื้นที่และการจัดเก็บข้อมูลน้ำฝนโดยการสร้างเครื่องมือวัดน้ำฝนและเก็บข้อมูลเพิ่มเติม ในขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลองยังต้องการความเข้มฝนที่มากเพียงพอที่จะวัดค่าได้ รวมถึงการศึกษาการแทรกซึมของน้ำและการหาค่าสัมประสิทธิ์ความซรุขระให้แม่นยำ เพื่อทำการ

เปรียบเทียบแบบจำลองเพื่อให้ผลของการจำลองมีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น และสามารถนำไปใช้ในการบริหารจัดการน้ำได้ดียิ่งขึ้น



(ก) ทางระบาย out 3

(ข) ทางระบายน้ำ out 4

รูปที่ 10 การสะสมตัวของตะกอนบริเวณทางระบายน้ำที่ตตะวันตก (ถ่ายเมื่อ วันที่ 3 เม.ย. 2568)

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] มติชน, “ย้ายร.นายเรืออากาศฯ ตอนเมืองไปมวกเหล็ก เปิดเรียนวันแรก 29 พ.ค.,” มติชน ออนไลน์. เข้าถึงเมื่อ: 15 มี.ค. 2568. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้: [https://www.matichon.co.th/region/news\\_3988818](https://www.matichon.co.th/region/news_3988818)
- [2] G. W. Brunner, “HEC-RAS Release Notes.” U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center. Accessed: Jun. 15, 2025. [Online]. Available: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/features.aspx>
- [3] US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, “2D Unsteady Flow Hydrodynamics.” USACE Hydrologic Engineering Center. Accessed: Jun. 15, 2025. [Online]. Available: <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/ras1dtechref/6.6/theoretical-basis-for-one-dimensional-and-two-dimensional-hydrodynamic-calculations/2d-unsteady-flow-hydrodynamics>
- [4] US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, “Sediment Transport Functions.” USACE Hydrologic Engineering Center. Accessed: Jan. 15, 2025. [Online]. Available: <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/ras1dtechref/6.0/stable-channel-design-functions/sediment-transport-capacity/sediment-transport-functions>
- [5] US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, “Fall Velocity.” USACE Hydrologic Engineering Center. Accessed: Jan. 15, 2025. [Online]. Available: <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/ras1dtechref/6.1/stable-channel-design-functions/sediment-transport-capacity/fall-velocity>

- [6] US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, “Hiding and Exposure Corrections.” USACE Hydrologic Engineering Center. Accessed: Jan. 15, 2025. [Online]. Available: <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/d2sd/ras2dsedr/6.0/modeldescription/hiding-and-exposure-corrections>
- [7] V. M. Quiroga, S. Kure, K. Udo, and A. Mano, “Application of 2D numerical simulation for the analysis of the February 2014 Bolivian Amazonia flood: Application of the new HEC-RAS version 5,” *Ribagua*, vol.3, no. 1, pp. 25–33, Feb. 2016, doi: 10.1016/j.riba.2015.12.001.
- [8] F. Y. Logah, A. B. Amisigo, E. Obuobie, and K. Kankam-Yeboah, “Floodplain hydrodynamic modelling of the Lower Volta River in Ghana,” *Journal of Hydrology: Regional Studies*, vol.14, pp. 1–9, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.ejrh.2017.09.002.
- [9] Esri Land Cover, “Esri Sentinel-2 Land Cover Explorer,” Esri. Accessed: Nov. 22, 2024. [Online]. Available: <https://livingatlas.arcgis.com/landcover/>
- [10] ปรัชญา บำรุงสงฆ์ และ นริศรา ยามันชาปีติน, “ธรณีวิทยาระวางอำเภอมวกเหล็ก (5238 II) และระวางอำเภอบ้านนา (5237 IV)” ห้องสมุดกรมทรัพยากรธรณี. เข้าถึงเมื่อ: 15 มิ.ย. 2568. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้: <http://library.dmr.go.th/elib/cgi-bin/opacexe.exe?op=mmvw&db=Main&skin=s&mmid=6384&bid=22688>
- [11] D. Rosca, A. Ursu, I. Chelaru, C. Mihai, and P. Patriche, "Using 1D HEC-RAS modeling and LiDAR data to improve flood hazard maps accuracy: A case study from Jijia floodplain (NE Romania)," *Water*, vol. 12, no. 6, Jun. 2020, Art. no. 1624, doi: 10.3390/w12061624.
- [12] นรภัทร เผือกเทศ และ ปกัสรังษิ์ วนากมล, "การสำรวจพื้นที่ติดตั้งป้าย NKRAFA บริเวณยอดเขาชะงอก ตำบลมิตรภาพ อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี," วศ.บ., สาขาวิศวกรรมโยธา, โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช, สระบุรี, ประเทศไทย, 2565. [Online]. เข้าถึงได้: [https://drive.google.com/file/d/1as9KYIW3Je\\_PLpJkhjOdqGrjERAEveyz/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1as9KYIW3Je_PLpJkhjOdqGrjERAEveyz/view?usp=drive_link)
- [13] กรมอุตุนิยมวิทยา, “บริการข้อมูลการตรวจวัดและสถิติอุตุนิยมวิทยา.” กรมอุตุนิยมวิทยา. เข้าถึงเมื่อ: 20 ธ.ค. 2567 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้: <https://www.tmd.go.th/service/tmdData>
- [14] US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, “Infiltration Methods.” USACE Hydrologic Engineering Center. Accessed: Jan. 15, 2025. [Online]. Available: <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/r2dum/6.5/developing-a-terrain-model-and-geospatial-layers/infiltration-methods>
- [15] US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, “Creating Land Cover, Manning’s N Values, and % Impervious Layers.” USACE Hydrologic Engineering Center. Accessed: Jan. 15, 2025. [Online]. Available: <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/r2dum/6.5/developing-a-terrain-model-and-geospatial-layers/creating-land-cover-mannings-n-values-and-impervious-layers>