



โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การติดตามมวลตะกอนที่เกิดจากการขุดลอกปากแม่น้ำบริเวณอ่าวไทยรูปตัวก
โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์
Tracking the distribution of sediment caused by river mount dredging in
the inner Gulf of Thailand by using Numerical model

ชื่อนิสิต นายธนานพ รัตนจริยา เลขประจำตัว 5832813323

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล

ปีการศึกษา 2561

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงการทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงการทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด

The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the senior project authors' files submitted through the faculty.

การติดตามมวลตะกอนที่เกิดจากการขุดลอกปากแม่น้ำบริเวณอ่าวไทยรูปตัวก
โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

นายธนเทพ รัตนจริยา

โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Tracking the distribution of sediment caused by river mouth dredging in the inner Gulf
of Thailand by using numerical models

Mr. Tananope Rattanajariya

A Senior Project in Partial Fulfillment of the Requirement
For the Degree of Bachelor of Science in Marine Science
Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Academic Year 2018

หัวข้อโครงการ การติดตามมวลตะกอนที่เกิดจากการขุดลอกปากแม่น้ำบริเวณอ่าวไทย
รูปตัวกอ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์
โดย นายธนาท รัตน์จรียา
ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรียัณห์ สาระมูล

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับ
โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบัณฑิต ในรายวิชา 2309499
โครงการวิทยาศาสตร์

.....หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรณพ วิยกาญจน์)

คณะกรรมการสอบโครงการ

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรียัณห์ สาระมูล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมฤดี จิตประไพ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กรณ์วี เอี่ยมสมบูรณ์)

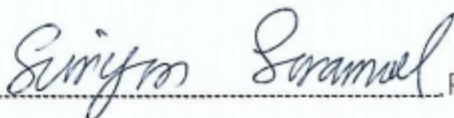
Project Title Tracking the distribution of sediment caused by river mount
 dredging in the inner Gulf of Thailand by using
 Numerical model
By Mr. Thananope Rattanjariya
Field of Study Marine Science
Project Advisor Asst. Prof. Suriyan Saramul, Ph. D.

Accepted by the Department of Marine Science, Faculty of Science,
Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirement for the Bachelor's
Degree.



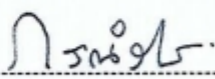
..... Head of Marine Science Department
(Assoc. Prof. Voranop Viyakarn, Ph. D.)

PROJECT COMMITTEE

 Project Advisor
.....
(Asst. Prof. Suriyan Saramul, Ph. D.)

 Member
.....
(Asst. Prof. Penjai Sompongchaiyakul, Ph. D.)

 Member
.....
(Asst. Prof. Somrudee Jitpraphai, Ph. D.)

 Member
.....
(Asst. Prof. Kornrawee Aiemsomboon, Ph. D.)

ชื่อโครงการ	การติดตามมวลตะกอนที่เกิดจากการขุดลอกปากแม่น้ำบริเวณอ่าวไทยรูปตัวก โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์
ชื่อนิสิต	นายธนาท รัตนจริยา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุริย์วัฒน์ สารสมูล
ปีการศึกษา	2561
ภาควิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ศึกษาการเคลื่อนที่ของมวลตะกอนที่นำมาทิ้ง ณ จุดทิ้งมูลตะกอน แต่ละเดือน ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2561 - 31 ธันวาคม 2561 ในบริเวณอ่าวไทยรูปตัวก พิกัดตำแหน่ง $13^{\circ}21'17.8''N$ $100^{\circ}42'27.9''E$ ที่ได้จากการขุดลอกบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาเพื่อดูแลและรักษาสภาพลำน้ำ โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ 3มิติและแบบจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนจาก Delft3d-FLOW และ Delft3d-PART แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ใช้องค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลง 8 ตัว ได้แก่ K1, Q1, O1, P1, M2, S2, K2, N2 เป็นแรงเคลื่อนที่ขอบเขตเปิดของแบบจำลอง เปรียบเทียบค่าองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลง โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำของเดือนกุมภาพันธ์ 2551 จากสถานีตรวจวัดน้ำ บางปะกง แม่งลอง ป้อมพระจุลฯ และอ่าวอุดม ในส่วนของแบบจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนได้ทำการแบ่งชั้นน้ำออกเป็น 5 ชั้น แบ่งเป็น 0, 1.83, 5.50, 9.16, 12.83 เมตรจากผิวน้ำ และทำการทิ้งตะกอนในชั้นที่ 3 ลักษณะตะกอนที่นำมาทิ้งมีเปอร์เซ็นต์ของทรายในดิน 5.2 % ทรายแป้ง 21.3% และดินเหนียว 73.5 % น้ำหนักต่อน้ำหนัก พบว่าในเดือนธันวาคม ตะกอนมีการกระจายตัวมากที่สุดซึ่งเป็นผลมาจากทิศทางกระแสน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และอัตราการจมตัวเยอะที่สุดจะอยู่ในช่วงฤดูฝน เพราะกระแสน้ำที่เกิดจากความแตกต่างของระดับน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าน้อยทำให้แรงที่จะพัดพาตะกอนขึ้นไปมวลน้ำชั้นบนมีน้อย

คำสำคัญ : องค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลง แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ แบบจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอน

Project Title	Tracking the distribution of sediment caused by river mouth dredging in the inner Gulf of Thailand by using numerical models
Name	Mr. Tananope Rattanajariya
Advisor	Assistant Professor Suriyan Saramul, Ph.D.
Academic Year	2018
Department	Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Abstract

The study of distribution of monthly dumped sediment at dumping area (13°21'17.8"N 100°42'27.9"E) in the inner gulf of Thailand during 1 January - 31 December 2018 was investigated using numerical models. The sediments were dredged from the mouth of the Chao Phraya river to maintain waterway conditions. In this study, Delft3DFLOW, 3-D hydrodynamic model and Delft3D-PART particle tracking model were used. The 8 tidal components, which are K1, Q1, O1, P1, M2, S2, K2 and N2 were applied at the open boundary of hydrodynamic model. To calibrate the hydrodynamic model, February 2008 observed water levels at Bang Pakong, Mae Klong, Phrachul Fort and Ao Udom were compared with the modeled water levels. For the Particle tracking model, the water column has been divided into 5 layers, which are 0, 1.83, 5.50, 9.16 and 12.83 meters deep measured from water surface and the sediments were released at the 3rd layer. The sediment compositions were 5.2% w/w of sand, 21.3% w/w of silt and 73.5% w/w of clay. The particle tracking model result shows that, in December found the most widely distributed sediment because of the water flow is fluctuated all times. In the rainy season, there was a most sinking rate because of the currents due to low difference in the water level, causing less force to blow up the sediment up to the upper layers.

Keyword: tidal component, Hydrodynamic model, Particle tracking model

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. สุริยัณฑ์ สาระมูล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการผู้ให้ความรู้ คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ สำหรับปัญหาที่เกิดขึ้นตลอดการดำเนินโครงการเป็นอย่างดี จนโครงการนี้เสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ที่ได้ให้ความรู้และให้คำปรึกษาที่ดีเสมอ ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับทุนอุดหนุนโครงการการเรียนการสอน เพื่อเสริมประสบการณ์

ขอขอบคุณพี่พชรมน จิณห์นิภา และพี่ศิริพัชรี สำหรับความช่วยเหลือต่างๆ ในการดำเนินโครงการ

ขอบคุณเพื่อนทุกคนที่ช่วยเหลือและฝ่าฟันสิ่งต่างๆมาด้วยกันตลอด 4 ปี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวสำหรับการสนับสนุนในด้านการเรียนและด้านอื่นๆ อีกทั้งยังเป็นกำลังใจ และแรงผลักดันในการเรียน จนผ่านลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป.....	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการศึกษา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 น้ำขึ้นน้ำลง	4
2.2 กระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง	4
2.3 ตะกอนในสภาพแวดล้อมทางทะเล	5
2.4 แบบจำลอง Delft3D.....	5
2.4.1 แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic Model).....	6
2.4.2 แบบจำลองการติดตามอนุภาค (Particle tracking Model)	8
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
บทที่ 3 วิธีการศึกษา.....	11
3.1. เก็บรวบรวมและเตรียมข้อมูล	11
3.2. เตรียมแบบจำลองกระแสน้ำ.....	11
3.3. วิเคราะห์แบบจำลองกระแสน้ำ.....	12

3.4. จำลองแบบจำลองอุทกพลศาสตร์.....	13
3.5. จำลองแบบจำลองการเคลื่อนที่ของตะกอน.....	13
บทที่ 4 ผลการศึกษา และวิจารณ์ผล	14
4.1 การเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์โดยพิจารณาจากค่าองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลง	14
4.2 การทวนสอบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์โดยการเปรียบเทียบค่าระดับน้ำ.....	15
4.3 ความสามารถของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ในการจำลองกระแสน้ำ	17
4.4 ปริมาณตะกอนหลังทิ้ง 6 ชั่วโมง จากแบบจำลองการติดตามอนุภาค.....	21
4.5 การเคลื่อนตัวตะกอนหลังจากทิ้งมูลตะกอน.....	30
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ.....	45
เอกสารอ้างอิง.....	46

สารบัญญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แผนที่แสดงขอบเขตของกริดขยายที่ใช้ในการติดตามมวลตะกอน ณ จุดทิ้งมูลตะกอนตามที่กรมเจ้าท่ากำหนด.....	2
3.1 แสดงพื้นที่ที่ทำการศึกษา ความลึกน้ำ สถานีตรวจวัดระดับน้ำ (AU BK MK PC) และสถานีตรวจวัดกระแสน้ำ (GTO-XX).....	12
4.1 ผลการเปรียบเทียบค่าองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ ณ สถานีตรวจวัด บางปะกง แม่กลอง ป้อมพระจุลฯ และอ่าวอุดม (ก) ผลการเปรียบเทียบค่าแอมพลิจูดและเฟสก่อนทำการเปรียบเทียบ (ข) ผลการเปรียบเทียบค่าแอมพลิจูดและเฟสหลังจากการเปรียบเทียบครั้งที่ 1 และ (ค) ผลการเปรียบเทียบค่าแอมพลิจูดและเฟสหลังจากทำการเปรียบเทียบครั้งที่ 2	15
4.2 ผลการสอบทวนระดับน้ำของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ ณ สถานีตรวจวัดน้ำ อ่าวอุดม บางปะกง แม่กลอง และป้อมพระจุลฯ	16
4.3 สถานีตรวจวัดกระแสน้ำที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับข้อมูลจากแบบจำลองอุทกพลศาสตร์	17
4.4 เปรียบเทียบกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับกระแสน้ำจริงโดยแบ่งชั้นน้ำตามกระแสจริง (ก) เทียบกระแสน้ำในช่วง ในวันที่ 19-24 ธันวาคม 2548 โดยแบ่งชั้นน้ำเป็น 9 ชั้น (ข) เทียบกระแสน้ำในช่วง วันที่ 10-16 พฤษภาคม 2549 โดยแบ่งชั้นน้ำเป็น 5, 6 และ 10 ชั้น	19
4.5 เปรียบเทียบค่าความเร็วของกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับกระแสน้ำจริงโดยการแบ่งแบบ 3 ชั้น และ 9 ชั้น โดยเทียบค่าในความเร็วเดียวกัน เส้นสีฟ้าเป็นค่าความเร็วของกระแสน้ำจากแบบจำลอง เส้นสีแดงเป็นค่าความเร็วของกระแสน้ำจริง และแสดงค่า r-squared ในกราฟ (ซ้าย) ค่าความเร็วกระแสน้ำจากการแบ่งชั้นน้ำแบบ 3 ชั้น (ขวา) ค่าความเร็วกระแสน้ำจากการแบ่งชั้นน้ำแบบ 9 ชั้น	20
4.6 แสดงกริดขยาย (กรอบสีแดง) ที่ใช้ในการดูการเคลื่อนตัวของตะกอน 6 ชั่วโมงแรกหลังทิ้งมูลตะกอน	21
4.7 การเคลื่อนตัวของตะกอน 6 ชั่วโมงแรกหลังทิ้งมูลตะกอน ในเดือนมกราคม สเกลที่แสดงความหนาแน่นของตะกอนในชั้นน้ำที่ 3 อยู่ระหว่าง 0 – 14 particles/ m ³ ชั้นน้ำที่ 4 อยู่ระหว่าง 0 – 0.2 particles/ m ³ และ ชั้นน้ำที่ 5 อยู่ระหว่าง 0 – 0.0012 particles/ m ³	22
4.8 การเคลื่อนตัวของตะกอน 6 ชั่วโมงแรกหลังทิ้งมูลตะกอน ในเดือนกุมภาพันธ์ สเกลที่แสดงความหนาแน่นของตะกอนในชั้นน้ำที่ 3 อยู่ระหว่าง 0 – 14 particles/ m ³ ชั้นน้ำที่ 4 อยู่ระหว่าง 0 – 0.2 particles/ m ³ และ ชั้นน้ำที่ 5 อยู่ระหว่าง 0 – 0.0012 particles/ m ³	23
4.9 การเคลื่อนตัวของตะกอน 6 ชั่วโมงแรกหลังทิ้งมูลตะกอน ในเดือนมีนาคม สเกลที่แสดงความหนาแน่นของตะกอนในชั้นน้ำที่ 3 อยู่ระหว่าง 0 – 20 particles/ m ³ ชั้นน้ำที่ 4 อยู่ระหว่าง 0 – 0.3 particles/ m ³ และ ชั้นน้ำที่ 5 อยู่ระหว่าง 0 – 0.002 particles/ m ³	23

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ขนาดตะกอน ปริมาณตะกอนที่ถูกปล่อย และเวลาในการจมตัว จากการศึกษาของบริษัท เอสจีเอส (ประเทศไทย) จำกัด (2553).....	10

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการศึกษา

ตะกอนหรือวัสดุของแข็งจำพวกดิน หิน ทราย ที่มีการเคลื่อนที่ไปกับกระแสน้ำมักจะมีการตกทับถมกันเรียกว่าการตกตะกอน (Sedimentation) หรือเกิดการพัดพาวัสดุที่ออกไปเรียกว่าการกัดเซาะ (Erosion) ซึ่งการทับถมหรือพัดพาทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพทางกายภาพของพื้นที่ที่น้ำ (นฤนารถ มีบุญมาก, 2547) นอกจากนี้ยังเกิดผลกระทบต่อกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เช่น การเกิดสันดอนบริเวณปากแม่น้ำรบกวนการเข้าออกของเรือขนส่งสินค้าหรือเรือประมง การกัดเซาะพื้นที่ที่อยู่อาศัย จึงทำให้มีการแก้ปัญหาด้วยการสร้างสิ่งก่อสร้างกันคลื่นและตะกอน หรือทำการขุดลอกตะกอนปากแม่น้ำเพื่อป้องกันปัญหาเหล่านี้

การขุดลอกตะกอนร่องน้ำจำเป็นจะต้องมีการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่ขุดลอก นอกจากนี้ยังต้องเสนอวิธีที่เหมาะสมในการกำจัดตะกอนจากการขุดด้วย ซึ่งการขุดลอกตะกอนอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งตอนขุดลอกตะกอนและกำจัดตะกอน โดยอาจเกิดผลกระทบทั้งทางกายภาพและชีวภาพ ทางชีวภาพจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศบริเวณนั้น เช่น แสงส่องผ่านได้น้อยลงเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของตะกอนแขวนลอยทำให้สิ่งมีชีวิตที่ไวต่อแสงตาย การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่อยู่อาศัยของสัตว์หน้าดิน การหยุดชะงักของวงจรชีวิตของสิ่งมีชีวิต (ยกตัวอย่างเช่น การผสมพันธุ์ การกินอาหาร การย้ายถิ่น การพักผอน เป็นต้น) (Australian Government Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts [D.E.W.H.A], 2009)

สถานการณ์การขุดลอกตะกอนปากแม่น้ำของไทยในปัจจุบันมีการจัดการโดยกรมเจ้าท่า ซึ่งมีหน้าที่ในการดูแลบำรุงและพัฒนาร่องน้ำทางเรือเดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งร่องน้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของกรมเจ้าท่า จำนวน 17 ร่องน้ำ ซึ่งมีความจำเป็นต้องขุดลอกบำรุงรักษาร่องน้ำให้ได้ขนาดและความลึกตามที่ออกแบบไว้ตลอดเวลา (กรมเจ้าท่า, 2561) ตะกอนที่ได้จากการขุดลอกมีการนำไปเททิ้งบริเวณอ่าวไทยในบริเวณจุดทิ้งตะกอนตามที่กรมเจ้าท่ากำหนด

ตะกอนที่ได้จากการขุดลอกมักจะนำไปทิ้งในบริเวณที่ได้รับอนุญาต เกณฑ์การเลือกจุดทิ้งมูลตะกอนมักจะเลือกจุดที่ลึกพอที่จะมีเสถียรภาพ ตะกอนบางส่วนที่ได้จากการขุดลอกส่งผลทิ้งในบริเวณที่ขุดลอกและจุดทิ้ง ตะกอน การขุดลอกมีศักยภาพมากพอสำหรับการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม ณ จุดขุดลอกและจุดทิ้งมูลตะกอน ส่งผลให้เกิดการรบกวนกลุ่มสิ่งมีชีวิตหน้าดิน มูลตะกอนบางส่วนที่ลอยอยู่ก็อาจทำให้เกิดความขุ่นในมวลน้ำ และเพิ่มตะกอนที่พื้นท้องทะเล (Foundation for Water Research [F.W.R.], 2016)

ในการศึกษาโดยใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (hydrodynamic model) และแบบจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอน (sediment transport model) มักใช้ในการทำนายการเปลี่ยนแปลงทางอุทกพลศาสตร์และธรณีสัณฐาน ในการกระจายตัวของตะกอนระหว่างการขุดลอก และการทิ้งมูลตะกอนจะใช้แบบจำลองการติดตามอนุภาค (particle tracking model) เพื่อเพิ่มความเข้าใจในกระบวนการทางธรรมชาติ เช่น การกัดเซาะ การตกตะกอนและการเคลื่อนที่ของตะกอนในพื้นที่และเวลาที่ทำการศึกษา ซึ่งสิ่งที่สำคัญที่สุดในการใช้

แบบจำลองคือความแม่นยำของแบบจำลอง เราจึงจำเป็นจะต้องตั้งค่าแบบจำลองจากข้อมูลภาคสนามจากแหล่งที่เชื่อถือได้

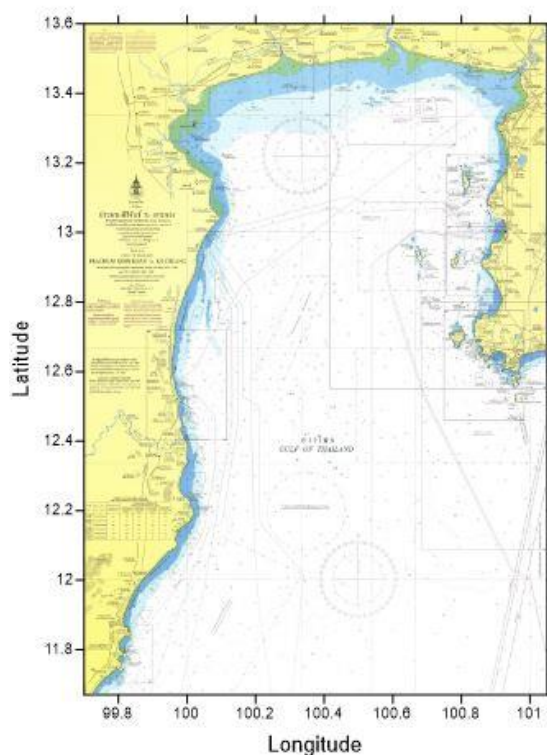
การศึกษาในการเคลื่อนตัวของตะกอนจึงมีความสำคัญและจำเป็นต่อการดูแล ฝัาระวัง และแก้ปัญหาปรากฏการณ์ต่างๆในทะเล เช่นการเกิดสันดอนปากแม่น้ำ การตกตะกอนและการกัดเซาะชายฝั่ง การส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นไปถึงการเคลื่อนที่และกระจายตัวของตะกอนที่เกิดจากการทิ้งมูลตะกอนบริเวณจุดทิ้งมูลตะกอนในอ่าวไทยรูปตัวกอ ซึ่งอาจมีส่งผลกระทบต่อตะกอนชายฝั่งหรือสิ่งมีชีวิตในทะเล

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

ศึกษาการกระจายตัวของตะกอนบริเวณอ่าวไทยรูปตัวกอ ที่ได้จากการขุดลอก ที่จุดทิ้งตะกอนตามที่กรมเจ้าท่ากำหนด

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาการเคลื่อนที่ของตะกอนที่ได้จากการขุดลอก ในบริเวณอ่าวไทยรูปตัวกอ (ดูรูปที่ 1.1) ที่จุดทิ้งตะกอนตามที่กรมเจ้าท่ากำหนด ตั้งแต่เดือนมกราคม - ธันวาคม ตลอดปี 2561 โดยใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ ร่วมกับแบบจำลองการติดตามอนุภาค



รูปที่ 1.1 แผนที่แสดงขอบเขตของกริดขยายที่ใช้ในการติดตามมวลตะกอน ณ จุดทิ้งมูลตะกอนตามที่กรมเจ้าท่ากำหนด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ทราบขอบเขตที่ได้รับผลกระทบจากการกระจายตัวของตะกอน ณ จุดทิ้งตะกอนในพื้นที่อ่าวไทยรูปตัวก

บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำขึ้นน้ำลง

น้ำขึ้นน้ำลงเป็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำหรือกระแสจากอิทธิพลของเทหวัตถุฟากฟ้า เช่น ดาวเคราะห์ ทำให้เกิดผลต่างระหว่างแรงดึงดูดกับแรงหนีศูนย์กลางที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำสัมพันธ์ ซึ่งเป็นไปตามกฎแรงโน้มถ่วงของนิวตันที่กล่าวไว้ว่า อนุภาคต่าง ๆ ที่มีมวลในจักรวาลนี้ต่างก็มีแรงดึงดูดกระทำต่อกัน โดยแรงดังกล่าวมีขนาดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับมวลของวัตถุนั้น และเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะห่างระหว่างมวลยกกำลังสอง ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ว่า

$$F_G = GM_1M_2/R^2$$

F_G = แรงโน้มถ่วงระหว่างวัตถุ (Gravitation Force)

G = ค่าคงตัวแรงโน้มถ่วง มีค่า $6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

M_1, M_2 = มวลของวัตถุทั้งสอง

R = ระยะห่างระหว่างมวลทั้งสอง

นอกจากนั้นยังมีแรงเคลื่อนที่หนีศูนย์กลาง ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำด้วย ซึ่งมีขนาดเท่ากับแรงโน้มถ่วงพอดี แต่มีทิศตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วง สามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$F_C = MV^2/R$$

F_C = แรงเคลื่อนที่หนีศูนย์กลาง (Centrifugal Force)

M = มวลของวัตถุ

V = ความเร็วของวัตถุ

R = ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางการหมุนกับวัตถุนั้น

ซึ่งระดับน้ำขึ้นน้ำลงเป็นสิ่งที่ส่งอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมชายฝั่ง โดยเฉพาะการกระจายตัวของตะกอนปากแม่น้ำให้เคลื่อนย้ายไปบริเวณอื่นเป็นวงจร (กรมอุทกศาสตร์, 2550)

2.2 กระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง

กระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงเป็นการเคลื่อนที่ของมวลน้ำตามเวลา ที่เกิดจากปัจจัยต่างๆ เช่น กระแสน้ำมหาสมุทร (Ocean tides) ความถี่ แรงที่ไม่เป็นพรีออดิก (non-periodic forces) และปัจจัยภายนอก ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ลักษณะพื้นที่ท้องทะเลและภูมิศาสตร์ ของแต่ละพื้นที่ (Owen, 2014)

กระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงที่รุนแรงมักจะมีขนาดของคลื่นใหญ่กว่ากระแสน้ำเฉลี่ยระยะยาว ทำให้เกิดกระแสน้ำตกค้างในพื้นที่ เช่นเดียวกับกระแสน้ำพื้นหลัง (background currents) ที่เป็นปัจจัยสำคัญของการเคลื่อนตัวของมลพิษบนไหลทวีป นอกจากนั้นกระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้น น้ำลงที่รุนแรงยังเป็นแหล่งที่สำคัญในการไหลเข้าของน้ำที่ผสมกันในไหลทวีปหลายๆ แห่ง (Kantha and Clayson, 2000)

2.3 ตะกอนในสภาพแวดล้อมทางทะเล

ตะกอนในสภาพแวดล้อมทางทะเลเป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาพทางธรรมชาติของสิ่งแวดล้อมนั้น ซึ่งเกิดขึ้นจากการกัดเซาะและการตกตะกอน กระบวนการกัดเซาะและการตกตะกอนเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติบริเวณชายฝั่ง เช่น ชายหาด ปากทางเข้าชายฝั่งและท่าเรือ ในสมัยก่อนการกระทำของมนุษย์ส่งผลต่อกระบวนการกัดเซาะเล็กน้อย แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีและการพัฒนาการของมนุษย์ทำให้ผลกระทบมากยิ่งขึ้น ตะกอนในสภาพแวดล้อมทางทะเลมีการเคลื่อนตัวตลอดเวลา ซึ่งถูกขับเคลื่อนโดยคลื่น กระแสน้ำและน้ำขึ้นน้ำลง ปริมาณของตะกอนที่ถูกพัดพาขึ้นอยู่กับพลังงานของมวลน้ำและความสามารถในการเคลื่อนตัวของตะกอน ถูกควบคุมโดยจลศาสตร์สมดุล เมื่อกิจกรรมบางอย่างของมนุษย์รบกวนสมดุลจะทำให้เกิดการกัดเซาะหรือตกตะกอนบริเวณชายฝั่งซึ่งเป็นปัญหาสำคัญต่อท่าเรือและชายหาด ขนาดของตะกอนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการกำหนดพฤติกรรมของตะกอนทั้งช่องว่างและอัตราการตกตอน และควบคุมการพัดพาของกระแสน้ำว่าตะกอนนั้นจะจมตัวหรือลอยตัว ในการศึกษาการแยกประเภทตามขนาดของตะกอนจึงช่วยให้ศึกษาการพัดพาตะกอนได้ดีขึ้น ในสิ่งแวดล้อมทางชลศาสตร์ส่วนมากจะให้ตะกอนหยาบเป็นกรวด ตะกอนละเอียดเป็นทราย ตะกอนที่ติดกันเป็นทรายแป้งและดินเหนียว นอกจากนั้นขนาดตะกอนยังเป็นตัวบ่งชี้ถึงพลังงานในกระบวนการตกตะกอนของสถานที่นั้น (F.W.R., 2016)

การพัดพาตะกอนในมวลน้ำเป็นการเคลื่อนตัวของอนุภาคอินทรีย์และอนินทรีย์โดยมีน้ำเป็นตัวกลางในการพัดพา โดยปกติแล้วเมื่อกระแสน้ำยิ่งไหลแรงก็ยิ่งจะทำให้ตะกอนถูกพัดพาได้มาก ปัจจัยสำคัญที่ควบคุมการพัดพาตะกอนในมวลน้ำมีอยู่ 3 ปัจจัย (Hickin, 1995) คือ

- สมรรถภาพ (Competence) หมายถึง ขนาดตะกอนที่ใหญ่ที่สุดที่กระแสน้ำจะพัดพาไปได้ซึ่งเป็นข้อจำกัดทางชลศาสตร์
- ความจุ (Capacity) หมายถึงจำนวนตะกอนที่มากที่สุด ที่กระแสน้ำจะพัดพาได้ เป็นหน่วยมวลต่อเวลา
- จำนวนตะกอน (Sediment supply) หมายถึงปริมาณตะกอนที่ถูกเคลื่อนย้ายในระบบ

2.4 แบบจำลอง Delft3D

Deltares พัฒนาแบบจำลองแบบบูรณาการอย่างเต็มรูปแบบในกรอบของพื้นที่ทางทะเล เช่น ชายฝั่งแม่น้ำ ทะเลสาบและชะวากทะเล ซึ่งสามารถจำลองแบบจำลองเชิงตัวเลขของ กระแสน้ำ การพัดพาตะกอน คลื่น คุณภาพน้ำ นิเวศวิทยาและการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา (Deltares, 2016)

2.4.1 แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic Model)

Delft3d-FLOW เป็นโปรแกรมจำลองแบบจำลองอุทกพลศาสตร์หลายมิติที่คำนวณกระแสที่ไม่คงที่และการพัดพา ที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลงและแรงทางอุตุนิยมวิทยารวมถึงผลกระทบของความแตกต่างจากความหนาแน่น แบบจำลองจะคำนวณจากสมการความไม่คงตัวของน้ำตื้น (Unsteady shallow water equations) ในรูปแบบ 2 มิติ (ความลึกเฉลี่ย) และ 3 มิติ ซึ่งประกอบไปด้วยสมการการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ (Horizontal equations of motion) สมการความต่อเนื่อง (Continuity equation) สมการการพัดพา (Transport equations) ในกรอบของการอนุรักษ์ตัวแปรเหล่านี้ สมการนี้ถูกคำนวณในพิกัดโค้งมุมฉากหรือพิกัดทรงกลม

กระแสในแบบจำลองจะถูกเคลื่อนด้วยอิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลงที่ขอบเขตเปิด ความแรงลมที่ผิวเกรเดียนของความดันอันเนื่องมาจากความแตกต่างของระดับน้ำ (Barotropic pressure gradient) และจากความแตกต่างของความหนาแน่น (Baroclinic pressure gradient) ปริมาณมวลน้ำถูกควบคุมโดยสมการการเข้าและออกของน้ำ (Discharge and Withdrawal of water) แบบจำลองของ Delft3D-FLOW ใช้ Navier-Stokes equations ในการคำนวณของเหลวที่ไม่สามารถบีบอัดได้ภายใต้ น้ำตื้นและการลอยตัวของกระแสตามหลักของ Joseph Valentin Boussinesq ในแนวตั้งความเร่งถูกละไว้ซึ่งนำไปสู่สมการ Hydrostatic pressure equation (Deltares, 2016) เนื่องจากกริดในแนวระนาบของแบบจำลอง Delft3D ใช้รูปแบบของระบบพิกัดโค้งมุมฉาก (Orthogonal curvilinear coordinate) ซึ่งสัมพันธ์กับระบบพิกัดทรงกลม (Spherical coordinate) ดังนั้นจึงได้สมการดังแสดงข้างล่าง

สมการความต่อเนื่องถูกคำนวณด้วยสมการ

$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{d + \zeta} \int_d^\zeta u \, dz = \int_{-1}^0 u \, d\sigma \\ V &= \frac{1}{d + \zeta} \int_d^\zeta v \, dz = \int_{-1}^0 v \, d\sigma \end{aligned} \quad (2.1)$$

U = ความเร็วของความลึกเฉลี่ยในแกน ξ

V = ความเร็วของความลึกเฉลี่ยในแกน η

d = ความลึกจากแนวสมมติ Datum

ζ = ความสูงจากแนวสมมติ Datum

σ = อัตราส่วนขนาดพิกัดแนวตั้ง

สมการโมเมนตัมในแนวระดับตามแกน ξ คำนวณด้วยสมการ

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial u}{\partial \eta} + \frac{\omega}{d + \zeta} \frac{\partial u}{\partial \sigma} - \frac{v^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}} \sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi} +$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial\sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial\eta} - fv = -\frac{1}{\rho_0\sqrt{G_{\xi\xi}}} P_\xi + F_\xi + \\
& + \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial\sigma} \left(\nu_V \frac{\partial u}{\partial\sigma} \right) + M_\xi,
\end{aligned} \tag{2.2}$$

สมการโมเมนตัมในแนวระดับตามแกน η คำนวณด้วยสมการ

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial v}{\partial\xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial v}{\partial\eta} + \frac{\omega}{d+\zeta} \frac{\partial v}{\partial\sigma} + \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial\sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial\xi} + \\
& - \frac{u^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial\sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial\eta} + fu = -\frac{1}{\rho_0\sqrt{G_{\eta\eta}}} P_\eta + F_\eta + \\
& + \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial\sigma} \left(\nu_V \frac{\partial v}{\partial\sigma} \right) + M_\eta.
\end{aligned} \tag{2.3}$$

$G_{\xi\xi}$, $G_{\eta\eta}$ = ค่าสัมประสิทธิ์ในการแปลงพิกัดมุมฉากเป็นพิกัดโค้งมุมฉาก

f = แรง Coriolis (inertial frequency)

ρ_0 = ความหนาแน่นของน้ำ

P_ξ , P_η = ความแตกต่างของความดัน

F_ξ , F_η = ความปั่นป่วนของโมเมนตัมการไหลของน้ำ

ν_V = eddy viscosity ในแนวตั้ง

M_ξ , M_η = อัตราการไหลเข้าและออกของโมเมนตัม

สมการการพัดพาคำนวณด้วยสมการ

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial(d+\zeta)c}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \left\{ \frac{\partial[\sqrt{G_{\eta\eta}}(d+\zeta)uc]}{\partial\xi} + \frac{\partial[\sqrt{G_{\xi\xi}}(d+\zeta)vc]}{\partial\eta} \right\} + \frac{\partial\omega c}{\partial\sigma} = \\
& \frac{d+\zeta}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \left\{ \frac{\partial}{\partial\xi} \left(D_{H\xi} \frac{\sqrt{G_{\eta\eta}}}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial c}{\partial\xi} \right) + \frac{\partial}{\partial\eta} \left(D_{H\eta} \frac{\sqrt{G_{\xi\xi}}}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial c}{\partial\eta} \right) \right\} + \\
& + \frac{1}{d+\zeta} \frac{\partial}{\partial\sigma} \left(D_V \frac{\partial c}{\partial\sigma} \right) - \lambda_d (d+\zeta) c + S,
\end{aligned} \tag{2.4}$$

c = ความเข้มข้นของมวลน้ำ

ω = ทิศทางในทิศ σ ในระบบพิกัด σ

S = ความเค็มของน้ำ

2.4.2 แบบจำลองการติดตามอนุภาค (Particle tracking Model)

Delft3D-PART เป็นแบบจำลองการติดตามอนุภาคแบบสามมิติที่เป็นประโยชน์ต่อการจำลองคุณภาพน้ำในมวลน้ำชั้นกลาง ซึ่งคำนวณการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นด้วยการติดตามอนุภาคตามเวลา สามารถแจกแจงความเข้มข้นของอนุภาคตามแนวระดับและแนวตั้งได้

ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวเป็นค่าที่ใส่เข้าไปในการคำนวณสำหรับกระบวนการกระจายแบบสุ่มในแนวระดับและแนวตั้ง ซึ่งถูกคำนวณแยกกันระหว่างแนวระดับและแนวตั้ง ในช่วงแรกของการปล่อยตะกอน การกระจายตัวค่อนข้างน้อยและการผสมกันของอนุภาคเกิดจากความปั่นป่วนของน้ำ หลังจากเวลาผ่านไป ระยะหนึ่งอนุภาคกระจายตัวจากอิทธิพลจาก eddy viscosity และกระแสน้ำ ซึ่งการแพร่กระจายตัวของโมเลกุลคำนวณจากสมการ (Deltares, 2016)

$$E = v_0^2 t_l (1 - \exp(-t/t_l)) \quad (2.5)$$

การกระจายตัวตามแนวตั้งในมวลน้ำที่มีการผสมกันสามารถคำนวณได้จากความกว้างของมวลน้ำผสม (mixing length) และพลังงานจลน์ปั่นป่วน (turbulent kinetic energy) ดังสมการ

$$D_z = \frac{c_\mu^{1/4} L \sqrt{k}}{\sigma_C} \quad (2.6)$$

ความกว้างของมวลน้ำผสมสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$L = \kappa(H - Z) \sqrt{(Z/H)} \quad \text{with} \quad Z = -(z - \zeta) \quad (2.7)$$

พลังงานจลน์ปั่นป่วนคำนวณได้จากสมการ

$$k = k_b(Z/H) + k_s(1 - Z/H) \quad (2.8)$$

c_μ = ค่าคงตัวของสมการเคลื่อนที่ของชั้นน้ำ ในแต่ละสถานที่ (Rodi, 1984 อ้างถึงใน Deltares, 2016)

L = ความกว้างของมวลน้ำผสม

k = พลังงานจลน์ปั่นป่วน

σ_C = ค่า Prandtl-Schmidt numbe (= 0.7 สำหรับการพัดพาของความร้อนและความเค็ม)

K = ค่าคงตัว von Kármán (=0.41)

k_b = พลังงานจลน์ปั่นป่วนพื้นน้ำ

k_s = พลังงานจลน์ปั่นป่วนผิวน้ำ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาของ Anongponyoskun and Chuchit (2006) การออกภาคสนามเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณตะกอนแขวนลอยในพื้นที่อ่าวไทยรูปตัวกอ พบว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยในบริเวณอ่าวไทยรูปตัวกอ มีค่ามากบริเวณปากแม่น้ำและบริเวณชายฝั่ง และมีค่าลดลงเมื่อออกไปบริเวณนอกชายฝั่ง ซึ่งสรุปได้ว่า

- ค่าปริมาณตะกอนแขวนลอยในชั้นผิวน้ำบริเวณนอกชายฝั่งและบริเวณกลางอ่าวมีค่ามากที่สุด <math>< 0.01 \text{ g/l}</math>
- ค่าปริมาณตะกอนแขวนลอยในชั้นผิวน้ำบริเวณชายฝั่ง มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่าความขุ่นของน้ำทะเลโดยค่า $TSS=0.0024$, $TB \pm 0.0012$, $r^2=0.6$
- ค่าปริมาณตะกอนแขวนลอยบริเวณชายฝั่งในช่วงฤดูน้ำแล้ง ซึ่งน้ำทะเลมีการผสมกันในชั้นน้ำและไม่มีอิทธิพลจากน้ำท่า ค่า TSS มีค่าประมาณ 0.02-0.06 g/l ในช่วงฤดูน้ำหลากมีปริมาณตะกอนแขวนลอยเพิ่มขึ้น ค่า TSS มีค่าประมาณ 0.02-0.20 g/l

จากการศึกษาของ บริษัท เอสจีเอส (ประเทศไทย) จำกัด (2553) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองการจมตัวของตะกอนท้องน้ำที่ถูกรบกวนจากการขุดลอก พบว่า 86% ของสารแขวนลอยทั้งหมดที่เกิดจากการขุดลอก จะตกตะกอนกลับลงสู่พื้นท้องทะเลภายในระยะเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง และพบว่า 12% ของสารแขวนลอยทั้งหมดที่เกิดขึ้น จะยังคงแขวนลอยอยู่ในน้ำทะเล เป็นระยะเวลายาวนานมาก กล่าวคือ การกระจายตัวของสารแขวนลอยจะปรากฏเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ในเวลา 3 ชั่วโมงแรก หลังจากปล่อยตะกอนปริมาณสารแขวนลอยจะสูงมาก การตกตะกอนส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

ระยะที่ 2 ภายหลังจากปล่อยตะกอน 3 ชั่วโมง ปริมาณสารแขวนลอยลดลง ซึ่งจะยังคงแขวนลอยอยู่ในน้ำทะเล เป็นเวลาเกือบ 40 วัน

โดยทั่วไปในทะเลจะเกิด Flocculation ตามธรรมชาติ เนื่องจากมีปัจจัยเอื้อต่อกระบวนการ Flocculation มาก เช่น ในทะเลมี Trivalent flocculation มาก มีการกวนน้ำโดยแรงธรรมชาติช่วยให้อนุภาคมีโอกาสสัมผัสกันมากขึ้น เป็นต้น ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยช่วยเร่งกระบวนการ Flocculation (Weber, 1972 อังโน เอสจีเอส (ประเทศไทย) จำกัด, 2553) ดังนั้น การตกตะกอนของสารแขวนลอยจะใช้เวลาสั้นกว่าที่ได้จากการประเมินมาก

ตารางที่ 2.1 ขนาดตะกอน ปริมาณตะกอนที่ถูกปล่อย และเวลาในการจมตัว จากการศึกษาของบริษัท เอสจีเอส (ประเทศไทย) จำกัด (2553)

Particle size (mm)	Cumulative percentage	Percentage	Settling time
0.001	12	12	39.8 days
0.01	13	1	9.6 hrs
0.07	14	1	0.2 hrs
0.1	15	1	0.1 hrs
0.25	22	7	0.9 mins
0.4	27	5	0.4 mins
0.9	40	13	0.1 mins
2	63	23	0.9 sec
3	80	17	0.4 sec
6	100	20	0.1 sec

บทที่ 3 วิธีการศึกษา

3.1. เก็บรวบรวมและเตรียมข้อมูล

3.1.1. ข้อมูลเส้นแนวชายฝั่งและความลึกท้องน้ำที่ได้จากการ Digitize แผนที่เดินเรือ โดยทำการ สแกนแผนที่เดินเรือหมายเลข 001 ของกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ เป็นไฟล์รูปภาพ และ Digitize ตามเส้น แบ่งเขตพื้นดิน เส้นความลึกน้ำ และจุดความลึกน้ำ ตามที่แผนที่เดินเรือกำหนดไว้

3.1.2. รวบรวมข้อมูลระดับน้ำจากสถานีตรวจวัดระดับน้ำรอบอ่าวไทยรูปตัวกอกทั้งสิ้น 6 สถานี โดย รวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลกรมเจ้าท่าและกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ข้อมูลระดับน้ำที่สถานีหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์และ สถานีสัตหีบ จังหวัดชลบุรี จะใช้เป็นระดับน้ำที่ขอบเขตเปิด ส่วนสถานีที่เหลืออีก 4 สถานี จะใช้เป็นข้อมูลสำหรับการเปรียบเทียบและทวนสอบ

3.1.3. ข้อมูลกระแสน้ำตามระดับความลึกที่ได้จากเครื่องวัดกระแสน้ำ ADCP เพื่อนำมาใช้ เปรียบเทียบกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลอง 3 มิติ

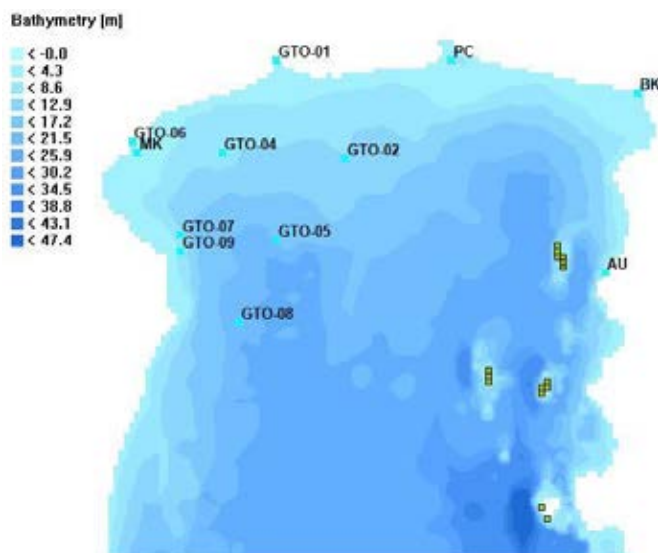
3.1.4. รวบรวมลักษณะดินตะกอนและพิกัดจุดที่ตะกอนตามที่กรมเจ้าท่ากำหนด รวบรวมข้อมูลจาก การศึกษาที่เกี่ยวข้อง

3.2. เตรียมแบบจำลองกระแสน้ำ

3.2.1. การเตรียมเส้นแนวชายฝั่งและกริด โดยใช้ RGFGRID module จากโปรแกรม Delft3D ซึ่งใช้ เส้นแนวชายฝั่งที่ทำการ digitize ไว้ในขั้นตอนที่ 3.1.1 และกำหนดกริดขนาดประมาณ 100×100 ตั้งแต่หัวหิน จนถึงสัตหีบ (ดูรูปที่ 3.1)

3.2.2. การเตรียมความลึกน้ำ โดยใช้ QUICKIN module จากโปรแกรม Delft3D ซึ่งใช้ข้อมูลที่ได้ จากการ Digitize ในข้อ 3.1.1 ร่วมกับกริดที่เตรียมจากข้อ 3.2.1. ทำการ interpolate ข้อมูลความลึกน้ำ ลง ในกริด ความลึกที่ได้หลังจากการ interpolate แสดงดังรูปที่ 3.1

3.2.3. ค่าระดับน้ำที่ขอบเขตเปิด จะได้จากการคำนวณจากค่าองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงของระดับน้ำ จากสถานีตรวจวัดบริเวณขอบเขตเปิดด้วย โดยใช้ TIDE module จากโปรแกรม Delft3D ในการศึกษาจะใช้ สถานีหัวหินและสัตหีบเป็นสถานีบริเวณขอบเขตเปิด และเลือกใช้ค่าองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลง 8 ตัวหลักคือ K1 O1 Q1 P1 K2 M2 N2 และ S2 เป็นแรงเคลื่อนที่ขอบเขตเปิดของแบบจำลอง



รูป 3.1 แสดงพื้นที่ที่ทำการศึกษา ความลึกน้ำ สถานีตรวจวัดระดับน้ำ (AU BK MK PC) และสถานีตรวจวัดกระแสน้ำ (GTO-XX)

3.3. วิเคราะห์แบบจำลองกระแสน้ำ

3.3.1. การตั้งค่าแบบจำลองโดยใช้ Flow input module จากโปรแกรม Delft3D โดยกำหนดเวลาและช่วงเวลา (Time Interval) ในการวิเคราะห์แบบจำลอง กำหนดจุดสถานีสำรวจ (Observation Point)

3.3.2. ทำการวิเคราะห์แบบจำลองโดยใช้ Start FLOW simulation จากโปรแกรม Delft3D โดยใช้ข้อมูลที่เตรียมไว้จากข้อ 3.3.1. และ 3.2 เพื่อทำการวิเคราะห์แบบจำลอง

3.3.3. การปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) ทำโดยการนำค่าองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลง ที่ได้จากการจำลองในช่วง วันที่ 1-29 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551 เทียบกับค่าองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงที่ได้จากการเตรียมแบบจำลอง ที่สถานีตรวจวัดน้ำบางปะกง อ่าวอูดม ป้อมพระจุลฯ และแม่กลอง โดยพล็อตค่าแอมพลิจูดและเฟสที่ได้จากระดับน้ำตรวจวัดเทียบกับระดับน้ำจากแบบจำลอง และปรับเทียบจนกว่าค่าแอมพลิจูดและเฟสจะใกล้เคียงกัน

3.3.4. สอบทวนแบบจำลอง (Model Validation) ด้วยการนำระดับน้ำที่ได้จากการจำลองในช่วง วันที่ 1-31 ตุลาคม พ.ศ. 2551 เทียบกับระดับน้ำตรวจวัด ที่สถานีตรวจวัดน้ำบางปะกง อ่าวอูดม ป้อมพระจุลฯ และแม่กลอง และคำนวณค่า r-squared เพื่อพิจารณาความสามารถของแบบจำลองในการจำลองระดับน้ำ

3.3.5. พิจารณาความสามารถของแบบจำลองในการจำลองกระแสน้ำ โดยการนำขนาดและทิศทางกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลอง เปรียบเทียบกับกระแสน้ำตรวจวัดจริงที่ ในวันที่ 19-24 ธันวาคม พ.ศ. 2548 ซึ่งเป็นตัวแทนในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และวันที่ 10-16 พฤษภาคม พ.ศ. 2549 ซึ่งเป็นตัวแทนในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ กระแสน้ำตรวจวัดได้จากเครื่องวัดกระแสน้ำแบบ acoustic (ADCP)

3.4. จำลองแบบจำลองอุทกพลศาสตร์

3.4.1 จำลองแบบจำลองตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2561 – 31 ธันวาคม พ.ศ. 2561 โดยแยกจำลองเป็นแต่ละเดือน ใช้ time step = 3 นาที

3.4.2 ใช้ค่าองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.3.3 สำหรับเป็นแรงขับที่ขอบเขตเปิด

3.4.3 แบ่งชั้นน้ำออกเป็น 9 ชั้น ชั้นละ 11.11% ของความลึกน้ำ สำหรับการจำลองกระแสแบบ 3 มิติ

3.5. จำลองแบบจำลองการเคลื่อนที่ของตะกอน

3.5.1. ใช้ลักษณะตะกอน ทราย 5.2% . w/w ทรายแป้ง 21.3% . w/w ดินเหนียว 73.5% . w/w (ทิวต์ล ชูช่วย, 2560) และหึงมูลตะกอน 3,300,000 kg ซึ่งเท่ากับปริมาณที่บรรจุได้ของเรือสันดอน 7

3.5.2. ทำการลดปริมาณตะกอนที่ใช้ในแบบจำลอง โดยลดประมาณ 10^{13} เท่า แบ่งออกเป็นอนุภาคทราย 30 อนุภาค ทรายแป้ง 500 อนุภาค ดินเหนียว 6,986,213 อนุภาค เนื่องจากปริมาณมูลตะกอนจริงมีจำนวนมาก ทำให้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลจากการจำลองมากเกินไป

3.5.3. คำนวณค่า Settling velocity เพื่อใช้ในการคำนวณอัตราจมตัวของตะกอนแต่ละประเภทจากสมการ

$$w_p = \frac{gd^2(\rho_p - \rho_f)}{18\mu_f} \quad (3.1)$$

3.5.4. แบ่งชั้นน้ำในการติดตามตะกอนออกเป็น 5 ชั้น โดยแบ่งเป็น

ชั้นที่ 1 ผิวน้ำ- 11.11 % ของความลึกน้ำจากผิวน้ำ

ชั้นที่ 2 11.12%- 33.33% ของความลึกน้ำจากผิวน้ำ

ชั้นที่ 3 33.34-55.55 % ของความลึกน้ำจากผิวน้ำ

ชั้นที่ 4 55.56-77.77 % ของความลึกน้ำจากผิวน้ำ

ชั้นที่ 5 77.78-99.99 % ของความลึกน้ำจากผิวน้ำ

ความลึกน้ำ ณ จุดที่ตะกอนมีความลึกเท่ากับ 12.42 เมตร และเรือสันดอน 7 กินน้ำลึก 6.2 เมตร ซึ่งเป็นชั้นน้ำชั้นที่ 3 และกำหนดคริตริคัลเพื่อทำการติดตามมูลตะกอนในบริเวณที่สนใจ

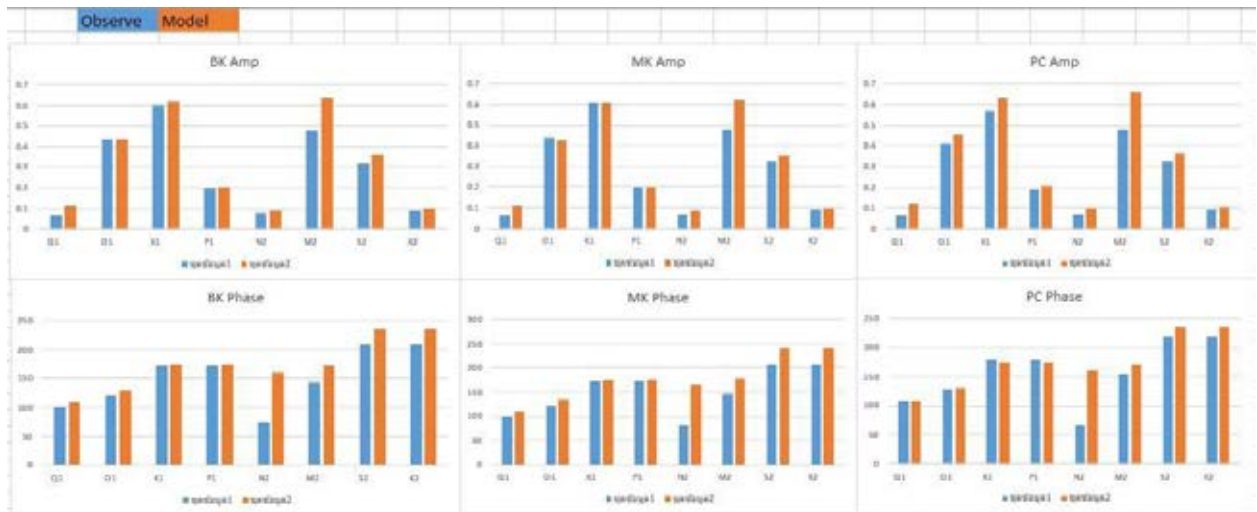
3.5.5. จำลองวันที่ 1 มกราคม – 31 ธันวาคม พ.ศ. 2561 โดยแยกจำลองเป็นแต่ละเดือน เพื่อไม่ให้ดินตะกอนปนกัน ใช้ time step = 30 นาที

บทที่ 4 ผลการศึกษา และวิจารณ์ผล

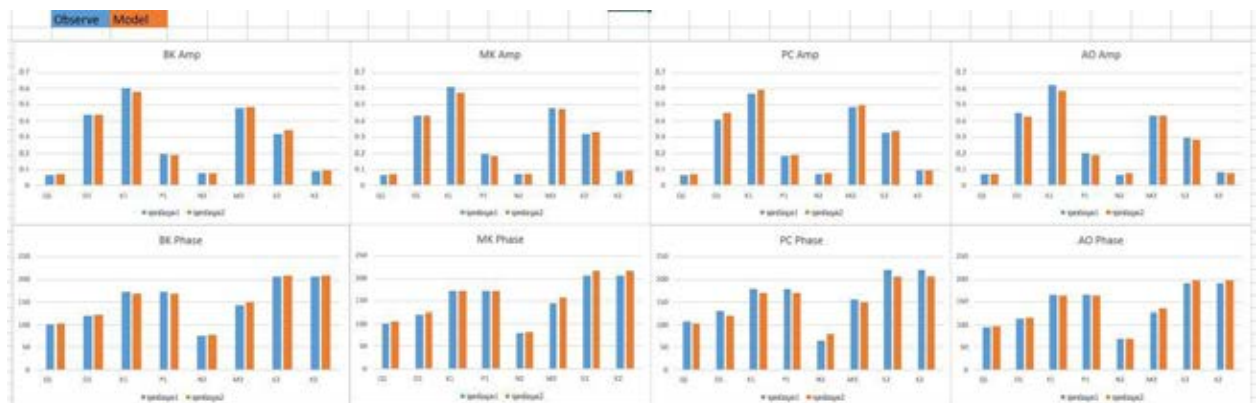
ในการศึกษาครั้งนี้ เริ่มจากการเปรียบเทียบและทวนสอบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ หลังจากนั้นจึงนำแบบจำลองอุทกศาสตร์ที่เปรียบเทียบและทวนสอบเรียบร้อยแล้วไปใช้ในแบบจำลองการติดตามอนุภาค ผลของการเปรียบเทียบและทวนสอบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์แสดงดังนี้

4.1 การเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์โดยพิจารณาจากค่าองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลง

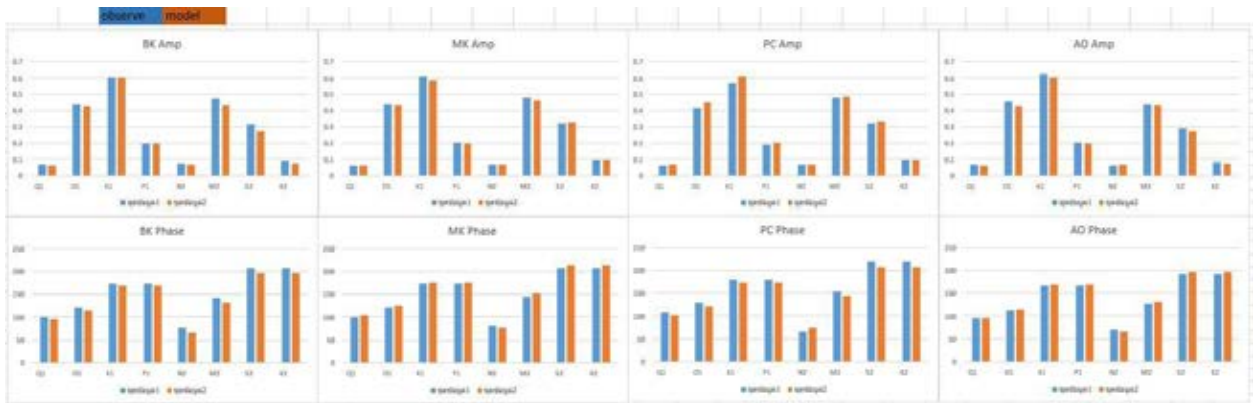
การเปรียบเทียบค่าองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงที่บริเวณขอบเขตเปิดเป็นหนึ่งในขั้นตอนการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ โดยจะนำผลของระดับน้ำจากแบบจำลองที่สถานีบางปะกง แม่กลอง ป้อมพระจุลฑา และอ่าวอุดม มาวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงและเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด ผลการเปรียบเทียบค่าองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลง ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.1



(ก)



(ข)



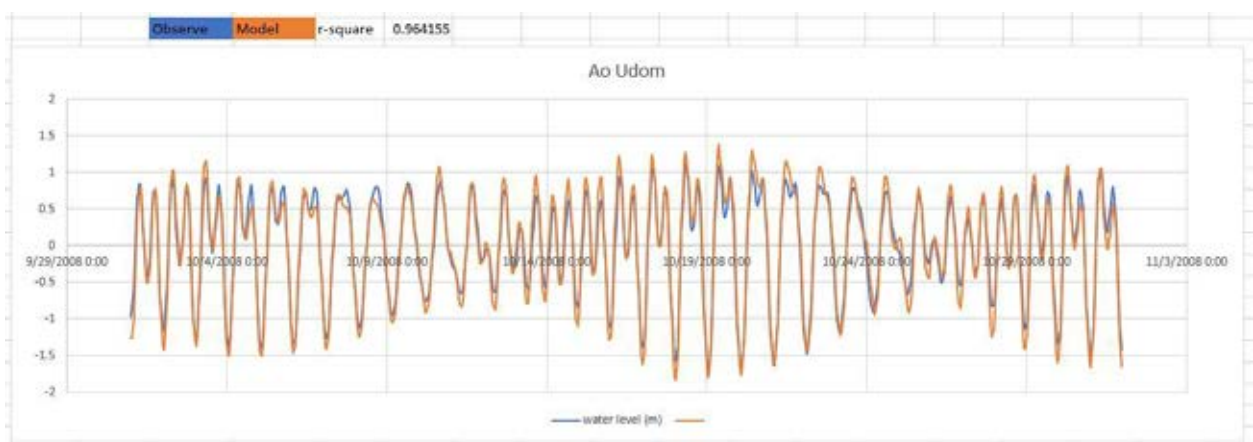
(ค)

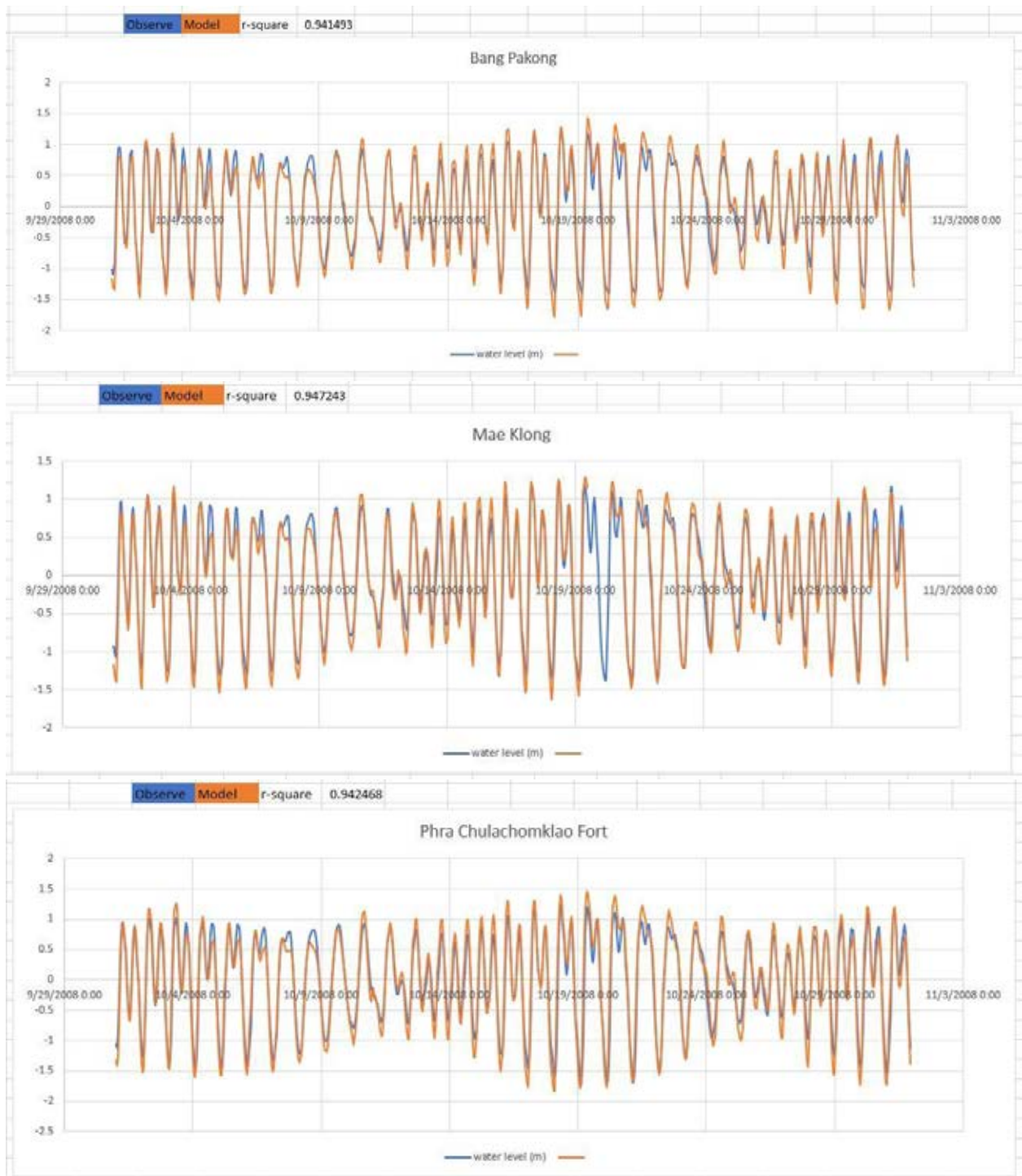
รูปที่ 4.1 ผลการปรับเทียบค่าองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ ณ สถานีตรวจวัด บางปะกง แม่กลอง ป้อมพระจุลฑา และอ่าวอุดม (ก) ผลการเปรียบเทียบค่าแอมพลิจูดและเฟสก่อนทำการปรับเทียบ (ข) ผลการเปรียบเทียบค่าแอมพลิจูดและเฟสหลังจากการปรับเทียบครั้งที่ 1 และ (ค) ผลการเปรียบเทียบค่าแอมพลิจูดและเฟสหลังจากทำการปรับเทียบครั้งที่ 2

หลังจากปรับเทียบไป 2 ครั้ง ค่า %error ของแอมพลิจูดและเฟสมีค่าน้อยลง และเริ่มมีรูปแบบไม่แน่นอนในแต่ละค่าองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงในสถานีตรวจวัดของการปรับเทียบในครั้งอื่นๆ ดังนั้นจึงใช้ค่าองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงที่ได้จากการปรับเทียบครั้งที่ 2 เป็นแรงเคลื่อนที่ขอบเขตเปิดของแบบจำลอง

4.2 การทดสอบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์โดยการเปรียบเทียบค่าระดับน้ำ

การสอบทวนระดับน้ำเป็นหนึ่งในขั้นตอนการวิเคราะห์แบบจำลองอุทกพลศาสตร์เพื่อหาความน่าเชื่อถือของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่ถูกเตรียมในขั้นตอนการปรับเทียบว่าให้ค่าระดับน้ำใกล้เคียงกับระดับน้ำจริงหรือไม่ ผลการทวนสอบระดับน้ำ เป็นดังแสดงในรูปที่ 4.2





รูปที่ 4.2 ผลการสอบทวนระดับน้ำของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ ณ สถานีตรวจวัดน้ำ อ่าวอุดม บางปะกง แม่กลอง และป้อมพระจุลฑา

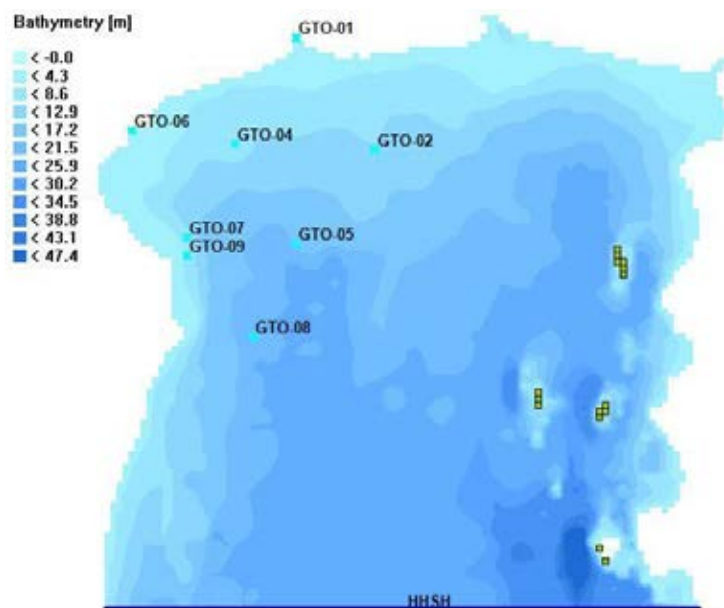
จากรูปที่ 4.2 พบว่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง (สีแดง) และจากข้อมูลตรวจวัด (สีน้ำเงิน) ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2551 ของสถานีอ่าวอุดม บางปะกง แม่กลอง และป้อมพระจุลฑา มีรูปแบบการขึ้นลงใกล้เคียงกัน แต่ระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองจะมีค่าพิสัยที่มากกว่า หรืออาจจะกล่าวได้ว่าแบบจำลองให้ค่าที่

เกินความเป็นจริง หากพิจารณาค่า r-squared จากการเปรียบเทียบระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองและการตรวจวัด พบว่ามีค่าอยู่ที่ประมาณ 0.94-0.96 ซึ่งตัวเลขดังกล่าวบ่งบอกว่าแบบจำลองมีรูปแบบการขึ้นลงใกล้เคียงกับการตรวจวัด และค่าดังกล่าวยังเป็นค่าที่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

ในหัวข้อ 4.1 และ 4.2 เป็นการเปรียบเทียบระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองอุทกพลศาสตร์กับการตรวจวัดแต่เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้นอกจากต้องการให้แบบจำลองสามารถจำลองระดับน้ำในอ่าวไทยรูปตัวกอก (น้ำขึ้นน้ำลงเป็นแรงหลัก) ได้แล้วยังต้องการให้แบบจำลองสามารถจำลองกระแสน้ำให้ได้ค่าที่น่าเชื่อถือได้อีกด้วย เพราะต้องการนำกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองไปใช้สำหรับการจำลองการติดตามอนุภาคในชั้นตอนสุดท้าย

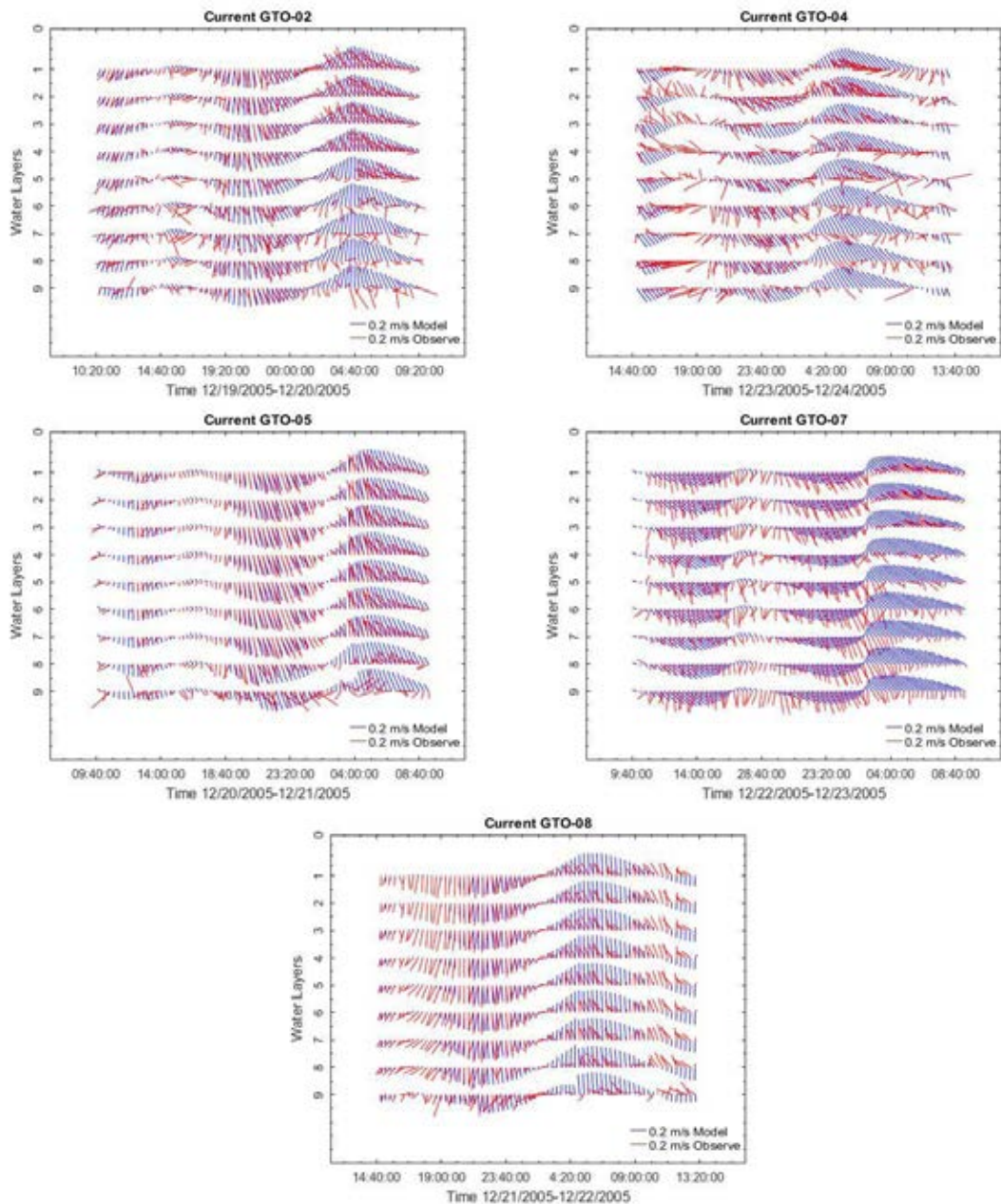
4.3 ความสามารถของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ในการจำลองกระแสน้ำ

ทำการแบ่งชั้นน้ำตามข้อมูลกระแสน้ำจริงที่มีอยู่ และจำลองแบบจำลองอุทกพลศาสตร์เพื่อนำกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองมาเทียบกับกระแสน้ำจริง โดยแบ่งสถานีออกเป็นดังรูปที่ 4.3

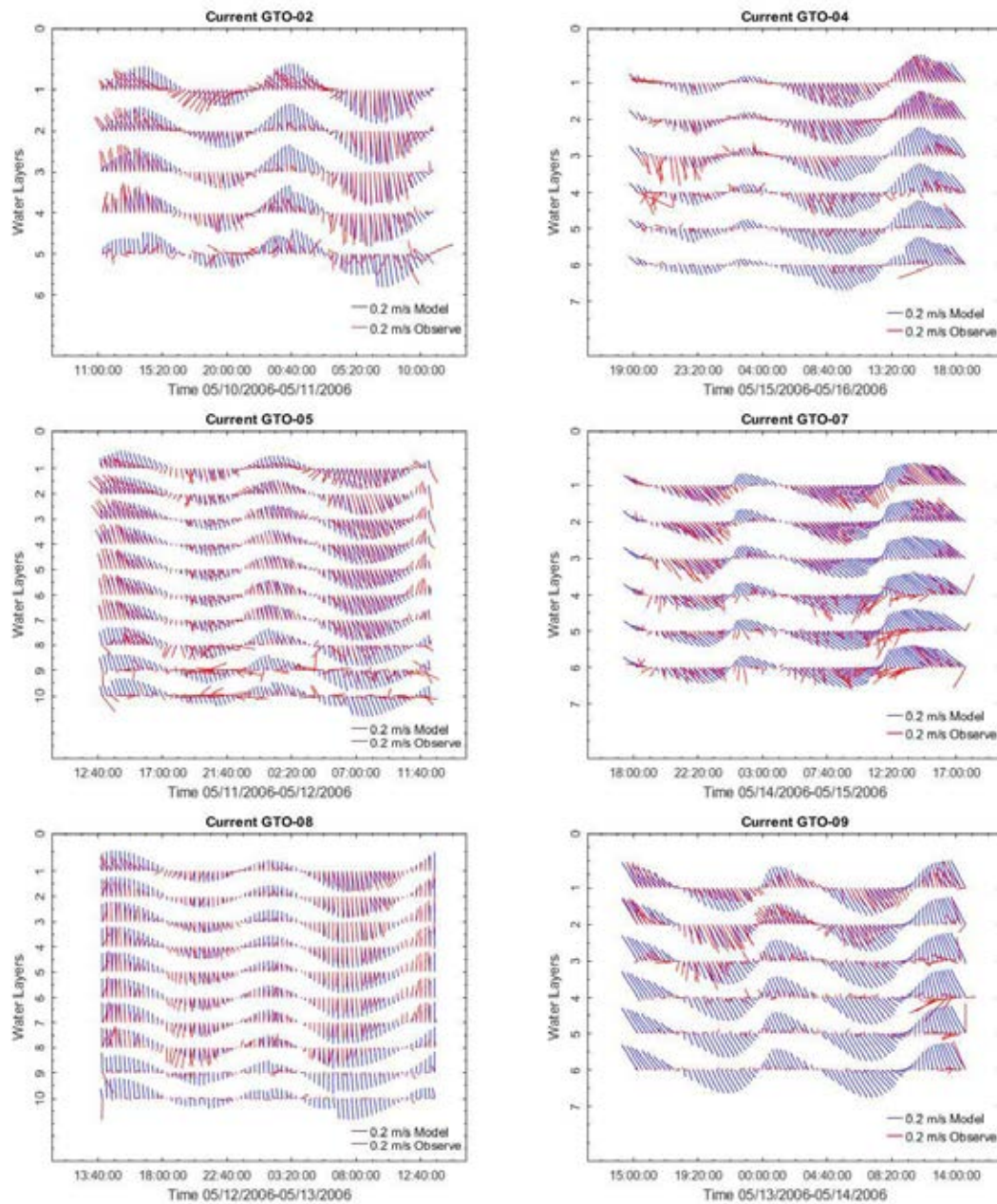


รูปที่ 4.3 สถานีตรวจวัดกระแสน้ำที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับข้อมูลจากแบบจำลองอุทกพลศาสตร์

แบ่งชั้นน้ำตามสถานีตรวจวัด และเทียบทิศทางและความเร็วกระแสน้ำระหว่างกระแสน้ำจากแบบจำลองและกระแสน้ำจริง เป็นดังรูป 4.4

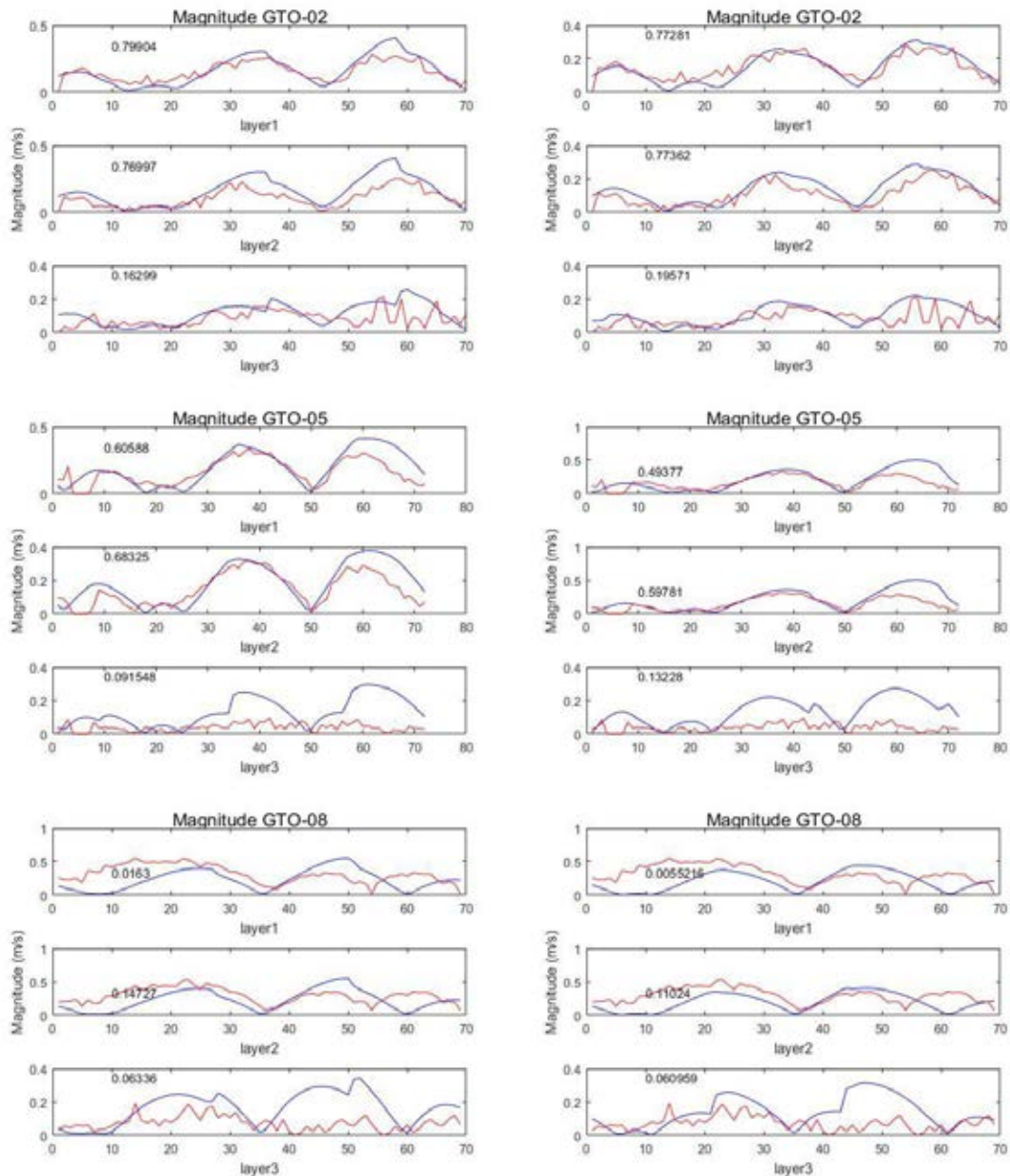


(n)



(ข)

รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับกระแสน้ำจริงโดยแบ่งชั้นน้ำตามกระแสน้ำจริง
 (ก) เทียบกระแสน้ำในช่วง ในวันที่ 19-24 ธันวาคม 2548 โดยแบ่งชั้นน้ำเป็น 9 ชั้น (ข) เทียบกระแสน้ำในช่วง
 วันที่ 10-16 พฤษภาคม 2549 โดยแบ่งชั้นน้ำเป็น 5, 6 และ 10 ชั้น



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าความเร็วของกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับกระแสน้ำจริงโดยการแบ่งแบบ 3 ชั้น และ 9 ชั้น โดยเทียบค่าในความลึกเดียวกัน เส้นสีฟ้าเป็นค่าความเร็วของกระแสน้ำจากแบบจำลอง เส้นสีแดงเป็นค่าความเร็วของกระแสน้ำจริง และแสดงค่า r-squared ในกราฟ (ซ้าย) ค่าความเร็วกระแสน้ำจากการแบ่งชั้นน้ำแบบ 3 ชั้น (ขวา) ค่าความเร็วกระแสน้ำจากการแบ่งชั้นน้ำแบบ 9 ชั้น

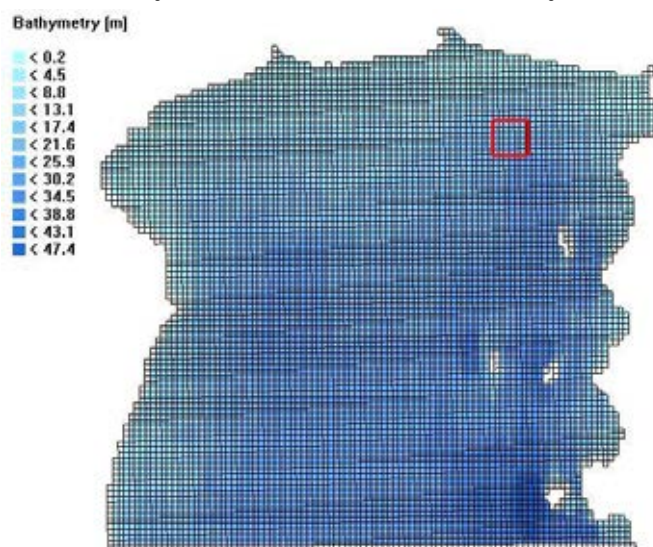
ผลการเปรียบเทียบกระแสน้ำจากแบบจำลองและการตรวจวัด พบว่าทิศทางการเคลื่อนที่และความเร็วกระแสน้ำจริงและแบบจำลองแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในหลายๆสถานี เนื่องจากกระแสน้ำจริงได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย เช่น ลมและคลื่น ซึ่งกระแสน้ำจากแบบจำลองได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลงเท่านั้น และช่วง 10-16 พฤษภาคม 2549 มีการแบ่งชั้นน้ำหลายรูปแบบ ยากต่อการเปรียบเทียบในการหาจำนวนชั้นน้ำที่

เหมาะสม การศึกษาครั้งนี้จึงเลือกสถานีที่มีแนวโน้มจะได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลงเป็นหลัก และใช้ช่วงในวันที่ 19-24 ธันวาคม 2548 ที่มีการแบ่งชั้นน้ำเป็น 9 ชั้น ในการหาชั้นจำนวนชั้นน้ำที่เหมาะสมโดยเทียบค่าความเร็วกระแสน้ำจากการแบ่งชั้นน้ำแบบ 3 กับ 9 ชั้น ดังรูปที่ 4.5

จากผลการเปรียบเทียบค่าความเร็วของกระแสน้ำเนื่องจากการแบ่งชั้นน้ำแบบ 3 ชั้นและ 9 ชั้น พบว่าค่า r-squared มีค่าใกล้เคียงกันในสถานี GTO-02, GTO-08 แต่ในสถานี GTO-05 ค่า r-squared ของการแบ่งชั้นน้ำแบบ 9 ชั้นมีค่าใกล้เคียงกับความจริงมากกว่า เพราะฉะนั้นจึงเลือกการแบ่งชั้นน้ำ 9 ชั้น เป็นจำนวนชั้นน้ำที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา

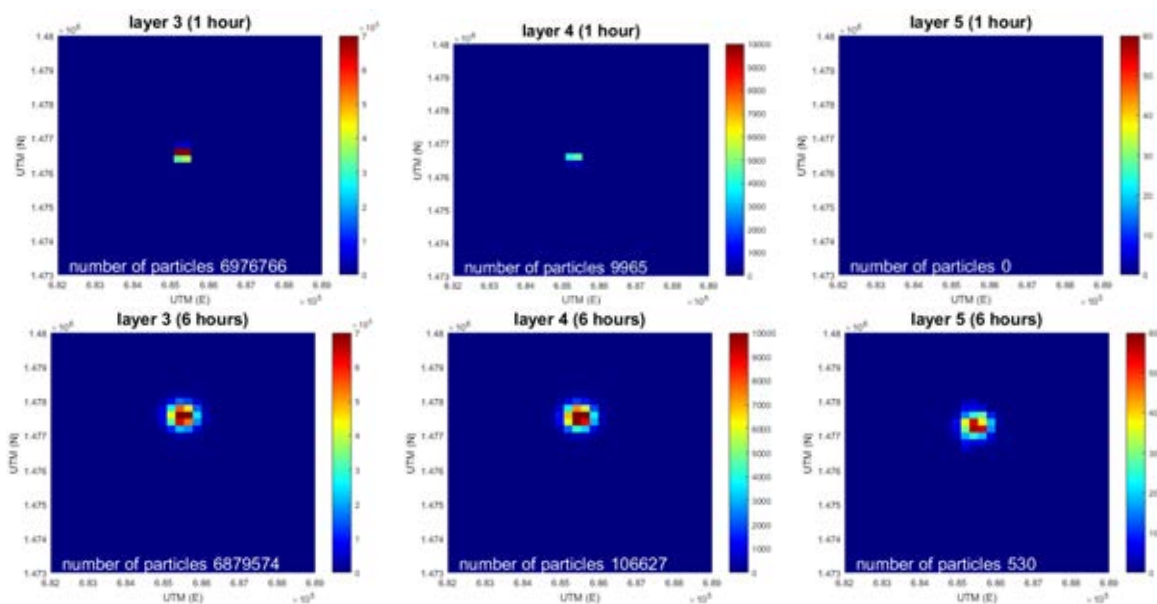
4.4 ปริมาณตะกอนหลังทิ้ง 6 ชั่วโมง จากแบบจำลองการติดตามอนุภาค

แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่เตรียมได้ในหัวข้อ 4.1 – 4.3 ได้นำมาใช้ในแบบจำลองการติดตามอนุภาค เมื่อปล่อยตะกอนจากชั้นที่ 3 ของแบบจำลอง 3 มิติ จากตารางที่ 2.1 ค่า settling time ในมวลน้ำชั้นล่างของอนุภาคทรายมีค่า 6 นาที ทรายแบ่งมีค่า 12 นาที ดินเหนียว 39.8 วัน ในส่วนนี้จึงดูการตกตะกอนของอนุภาคทรายและทรายแบ่งหลังจากทำการทิ้งมูลตะกอน 6 ชั่วโมง ในกริดขยายดังรูป 4.6 เทียบกันในแต่ละเดือน



รูปที่ 4.6 แสดงกริดขยาย (กรอบสีแดง) ที่ใช้ในการดูการเคลื่อนตัวของตะกอน 6 ชั่วโมงแรกหลังทิ้งมูลตะกอน

ในเดือนมกราคม อนุภาคทรายทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 3 ชั่วโมงหลังทิ้งมูลตะกอน และอนุภาคทรายแบ่งทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 5 ชั่วโมงหลังทิ้งตะกอน และหลังจากทิ้งมูลตะกอนไป 2-4 ชั่วโมง พบว่ามีการพัดพาตะกอนจากชั้นน้ำที่ 4 ขึ้นไปชั้นน้ำที่ 3 ดังรูปที่ 4.7

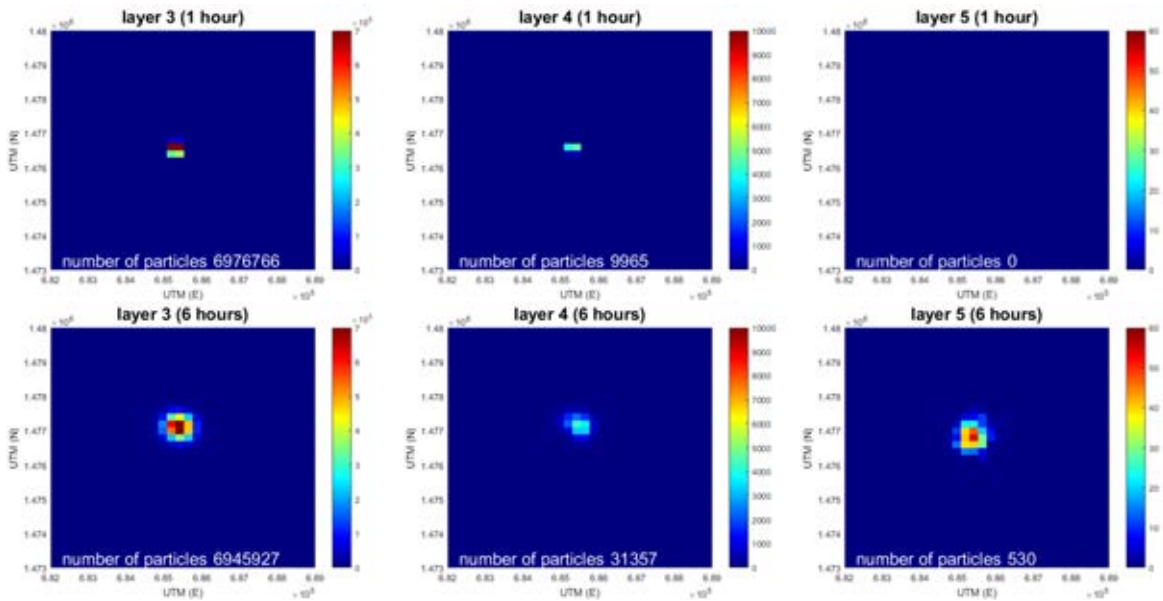


รูปที่ 4.7 การเคลื่อนตัวของตะกอน 6 ชั่วโมงแรกหลังทิ้งมูลตะกอน ในเดือนมกราคม สเกลที่แสดงความหนาแน่นของตะกอนในชั้นน้ำที่ 3 อยู่ระหว่าง 0 – 14 particles/ m³ ชั้นน้ำที่ 4 อยู่ระหว่าง 0 – 0.2 particles/ m³ และ ชั้นน้ำที่ 5 อยู่ระหว่าง 0 – 0.0012 particles/ m³

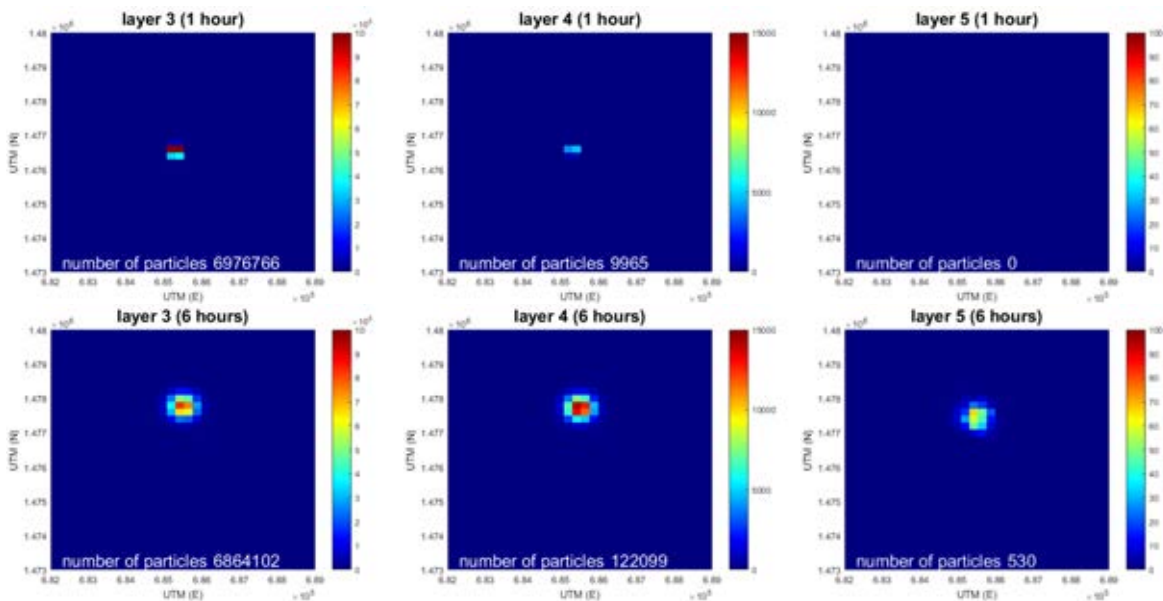
ในเดือนกุมภาพันธ์ อนุภาคทรายทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 3 ชั่วโมงหลังทิ้งมูลตะกอน และอนุภาคทรายแป้งทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 6 ชั่วโมงหลังทิ้งตะกอน และหลังจากทิ้งมูลตะกอนไป 2-5 ชั่วโมงพบว่าการพัดพาตะกอนจากชั้นน้ำที่ 4 ขึ้นไปชั้นน้ำที่ 3 ดังรูปที่ 4.8

ในเดือนมีนาคม อนุภาคทรายทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 3 ชั่วโมงหลังทิ้งมูลตะกอน และอนุภาคทรายแป้งทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 5 ชั่วโมงหลังทิ้งตะกอน และหลังจากทิ้งมูลตะกอนไป 2-4 ชั่วโมงพบว่าการพัดพาตะกอนจากชั้นน้ำที่ 4 ขึ้นไปชั้นน้ำที่ 3 ดังรูปที่ 4.9

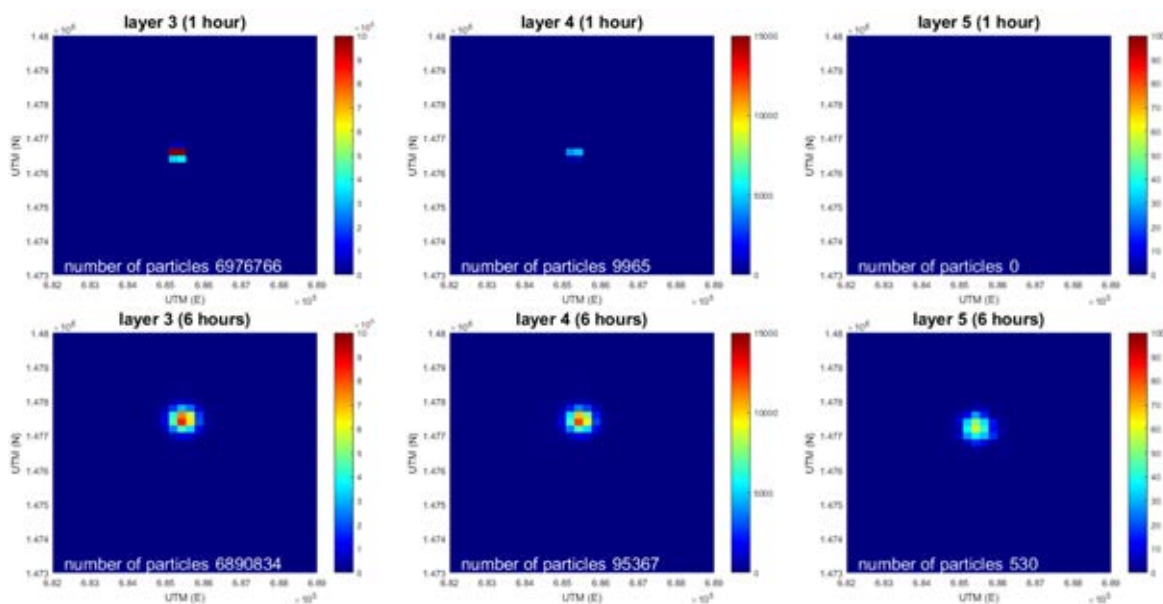
ในเดือนเมษายน อนุภาคทรายทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 3 ชั่วโมงหลังทิ้งมูลตะกอน และอนุภาคทรายแป้งทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 5 ชั่วโมงหลังทิ้งตะกอน และหลังจากทิ้งมูลตะกอนไป 2-4 ชั่วโมงพบว่าการพัดพาตะกอนจากชั้นน้ำที่ 4 ขึ้นไปชั้นน้ำที่ 3 ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.8 การเคลื่อนตัวของตะกอน 6 ชั่วโมงแรกหลังทิ้งมูลตะกอน ในเดือนกุมภาพันธ์ สเกลที่แสดงความหนาแน่นของตะกอนในชั้นน้ำที่ 3 อยู่ระหว่าง 0 – 14 particles/ m³ ชั้นน้ำที่ 4 อยู่ระหว่าง 0 – 0.2 particles/ m³ และ ชั้นน้ำที่ 5 อยู่ระหว่าง 0 – 0.0012 particles/ m³



รูปที่ 4.9 การเคลื่อนตัวของตะกอน 6 ชั่วโมงแรกหลังทิ้งมูลตะกอน ในเดือนมีนาคม สเกลที่แสดงความหนาแน่นของตะกอนในชั้นน้ำที่ 3 อยู่ระหว่าง 0 – 20 particles/ m³ ชั้นน้ำที่ 4 อยู่ระหว่าง 0 – 0.3 particles/ m³ และ ชั้นน้ำที่ 5 อยู่ระหว่าง 0 – 0.002 particles/ m³

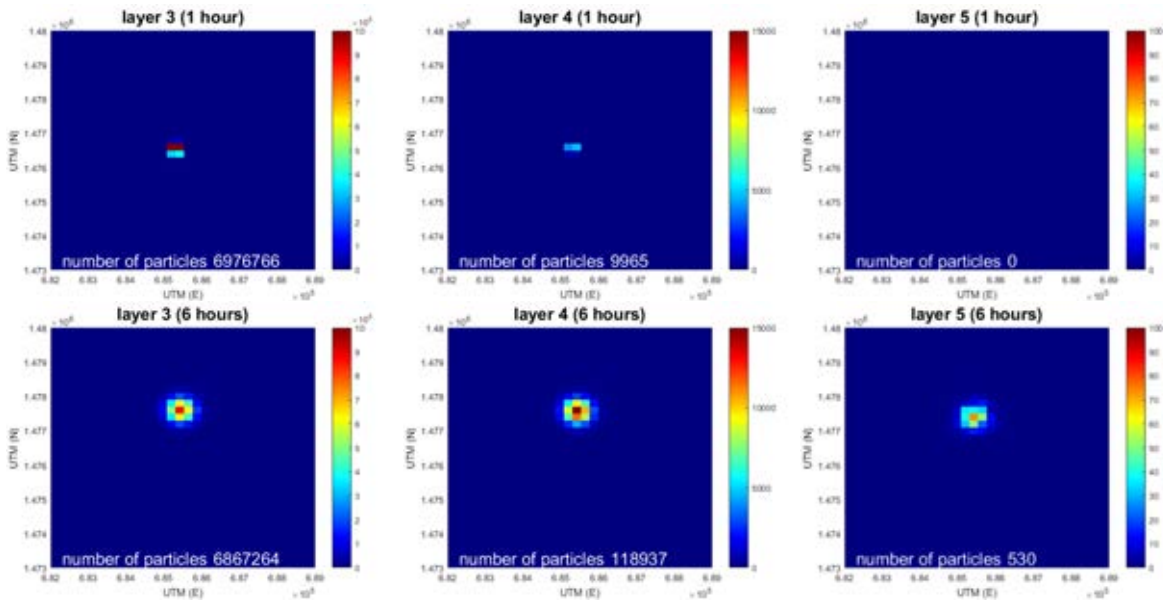


รูปที่ 4.10 การเคลื่อนตัวของตะกอน 6 ชั่วโมงแรกหลังทิ้งมูลตะกอน ในเดือนเมษายน สเกลที่แสดงความหนาแน่นของตะกอนในชั้นน้ำที่ 3 อยู่ระหว่าง 0 – 20 particles/ m³ ชั้นน้ำที่ 4 อยู่ระหว่าง 0 – 0.3 particles/ m³ และ ชั้นน้ำที่ 5 อยู่ระหว่าง 0 – 0.002 particles/ m³

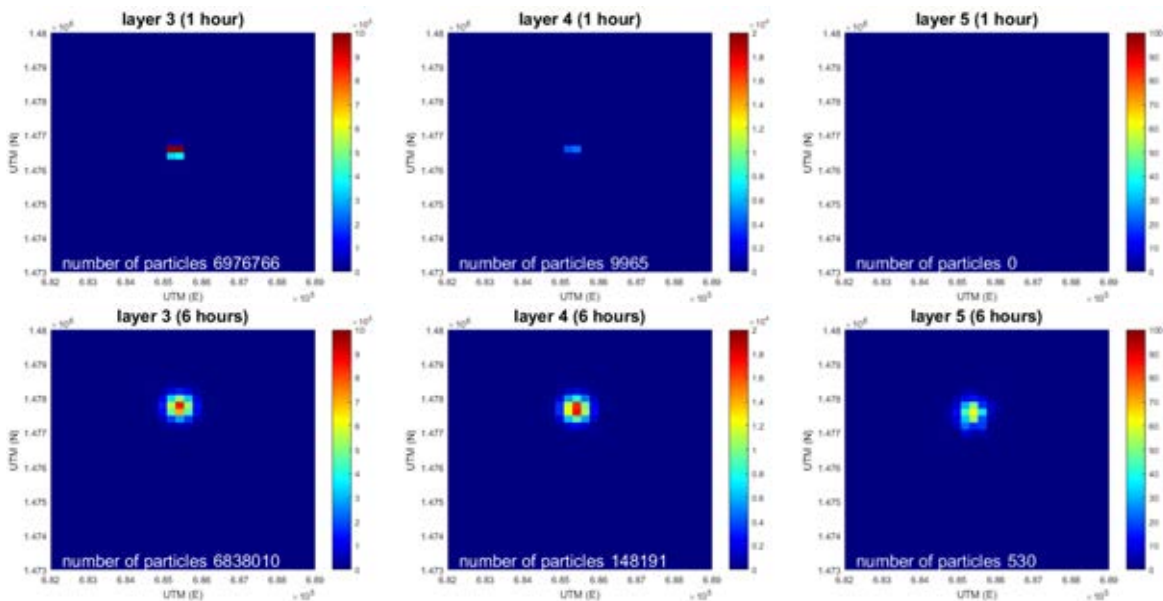
ในเดือนพฤษภาคม อนุภาคทรายทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 3 ชั่วโมงหลังทิ้งมูลตะกอน และอนุภาคทรายแป้งทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 5 ชั่วโมงหลังทิ้งตะกอน ไม่พบว่าการพัดพาตะกอนจากชั้นน้ำที่ 4 ขึ้นไปชั้นน้ำที่ 3 ดังรูปที่ 4.11

ในเดือนมิถุนายน อนุภาคทรายทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 3 ชั่วโมงหลังทิ้งมูลตะกอน และอนุภาคทรายแป้งทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 6 ชั่วโมงหลังทิ้งตะกอน ไม่พบว่าการพัดพาตะกอนจากชั้นน้ำที่ 4 ขึ้นไปชั้นน้ำที่ 3 อัตราการจมตัวของอนุภาคดินเหนียวจากชั้นน้ำที่ 3 ลงไปชั้นน้ำที่ 4 ลดลงอย่างมากในชั่วโมงที่ 5 หลังทิ้งมูลตะกอนดังรูปที่ 4.12

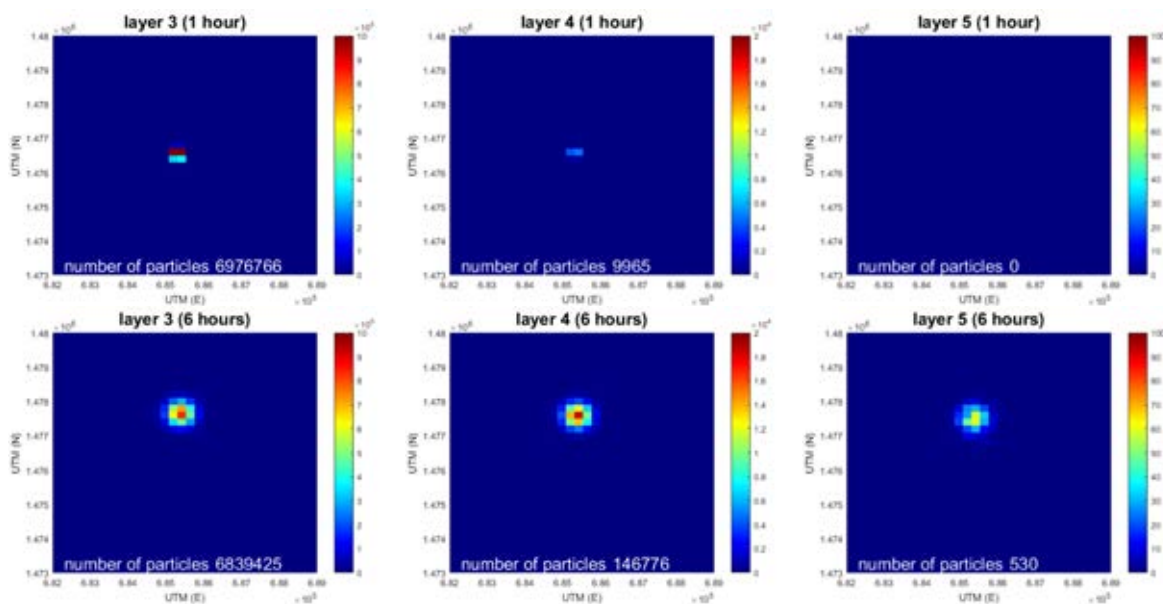
ในเดือนกรกฎาคม อนุภาคทรายทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 3 ชั่วโมงหลังทิ้งมูลตะกอน และอนุภาคทรายแป้งทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 6 ชั่วโมงหลังทิ้งตะกอน และหลังจากทิ้งมูลตะกอนไป 5-6 ชั่วโมงพบว่าการพัดพาตะกอนจากชั้นน้ำที่ 4 ขึ้นไปชั้นน้ำที่ 3 ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.11 การเคลื่อนตัวของตะกอน 6 ชั่วโมงแรกหลังทิ้งมูลตะกอน ในเดือนพฤษภาคม สเกลที่แสดงความหนาแน่นของตะกอนในชั้นน้ำที่ 3 อยู่ระหว่าง 0 – 20 particles/ m³ ชั้นน้ำที่ 4 อยู่ระหว่าง 0 – 0.3 particles/ m³ และ ชั้นน้ำที่ 5 อยู่ระหว่าง 0 – 0.002 particles/ m³



รูปที่ 4.12 การเคลื่อนตัวของตะกอน 6 ชั่วโมงแรกหลังทิ้งมูลตะกอน ในเดือนมิถุนายน สเกลที่แสดงความหนาแน่นของตะกอนในชั้นน้ำที่ 3 อยู่ระหว่าง 0 – 20 particles/ m³ ชั้นน้ำที่ 4 อยู่ระหว่าง 0 – 0.4 particles/ m³ และ ชั้นน้ำที่ 5 อยู่ระหว่าง 0 – 0.002 particles/ m³

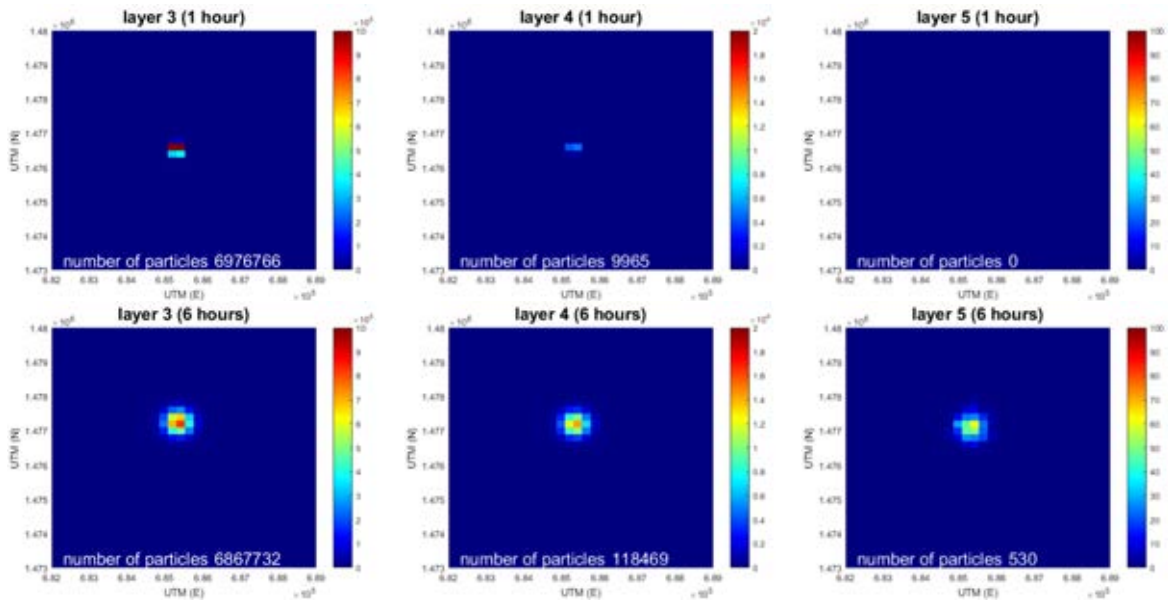


รูปที่ 4.13 การเคลื่อนตัวของตะกอน 6 ชั่วโมงแรกหลังทิ้งมูลตะกอน ในเดือนกรกฎาคม สเกลที่แสดงความหนาแน่นของตะกอนในชั้นน้ำที่ 3 อยู่ระหว่าง 0 – 20 particles/ m³ ชั้นน้ำที่ 4 อยู่ระหว่าง 0 – 0.4 particles/ m³ และ ชั้นน้ำที่ 5 อยู่ระหว่าง 0 – 0.002 particles/ m³

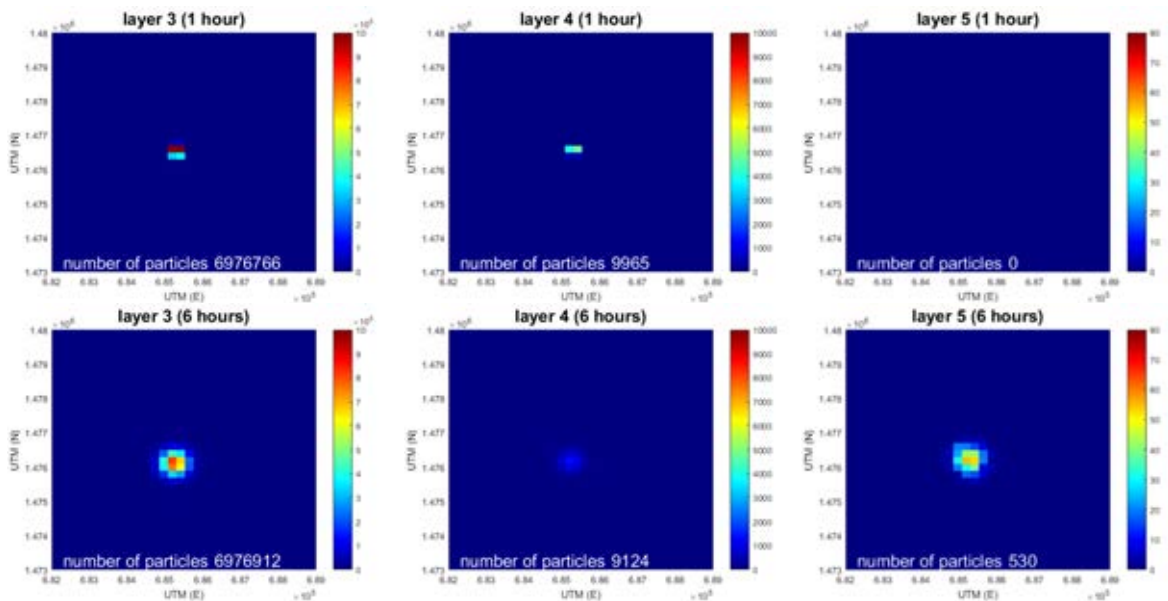
ในเดือนสิงหาคม อนุภาคทรายทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 3 ชั่วโมงหลังทิ้งมูลตะกอน และอนุภาคทรายแบ่งทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 6 ชั่วโมงหลังทิ้งตะกอน ไม่พบว่าการพัดพาตะกอนจากชั้นน้ำที่ 4 ขึ้นไปชั้นน้ำที่ 3 ดังรูปที่ 4.14

ในเดือนกันยายน อนุภาคทรายทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 3 ชั่วโมงหลังทิ้งมูลตะกอน และอนุภาคทรายแบ่งทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 6 ชั่วโมงหลังทิ้งตะกอน และหลังจากทิ้งมูลตะกอนไป 3-5 ชั่วโมง พบว่าการพัดพาตะกอนจากชั้นน้ำที่ 4 ขึ้นไปชั้นน้ำที่ 3 ดังรูปที่ 4.15

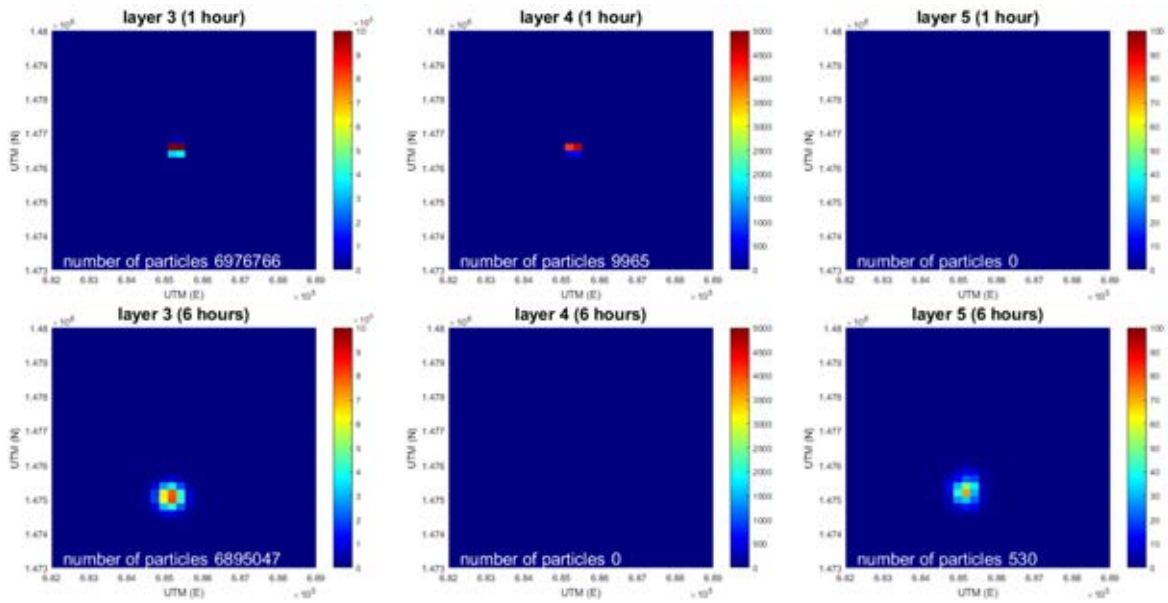
ในเดือนตุลาคม อนุภาคทรายทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 3 ชั่วโมงหลังทิ้งมูลตะกอน และอนุภาคทรายแบ่งทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 6 ชั่วโมงหลังทิ้งตะกอน และหลังจากทิ้งมูลตะกอนไป 2-6 ชั่วโมง พบว่าการพัดพาตะกอนจากชั้นน้ำที่ 4 ขึ้นไปชั้นน้ำที่ 3 และหลังทิ้งมูลตะกอนไป 6 ชั่วโมง ไม่พบอนุภาคดินเหนียวในชั้นน้ำที่ 4 ดังรูปที่ 4.16



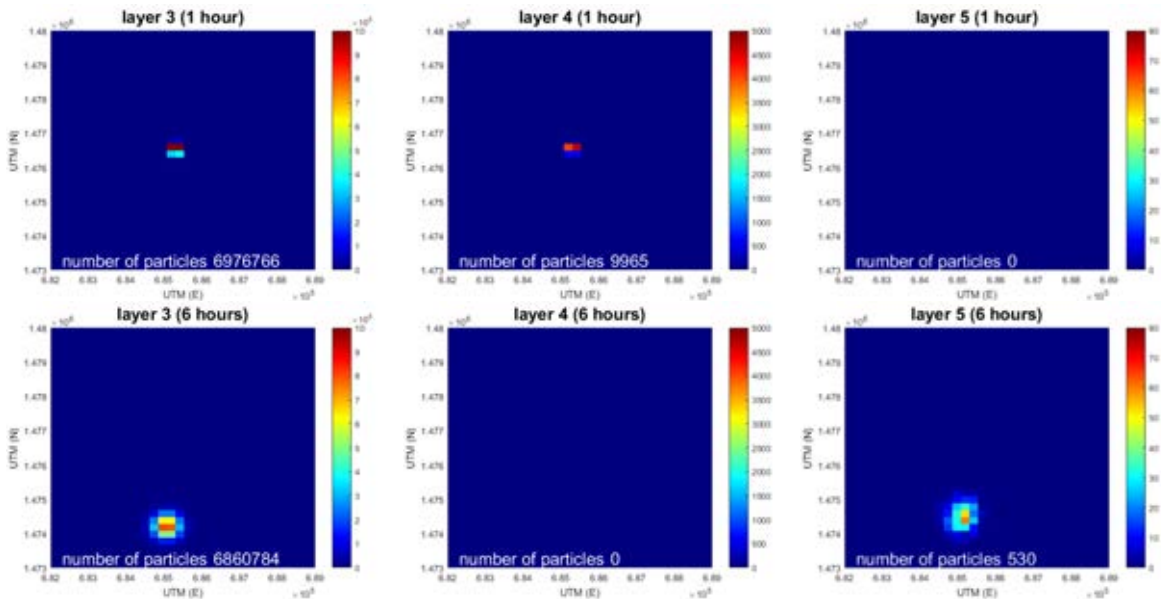
รูปที่ 4.14 การเคลื่อนตัวของตะกอน 6 ชั่วโมงแรกหลังทิ้งมูลตะกอน ในเดือนสิงหาคม สเกลที่แสดงความหนาแน่นของตะกอนในชั้นน้ำที่ 3 อยู่ระหว่าง 0 – 20 particles/ m³ ชั้นน้ำที่ 4 อยู่ระหว่าง 0 – 0.4 particles/ m³ และ ชั้นน้ำที่ 5 อยู่ระหว่าง 0 – 0.002 particles/ m³



รูปที่ 4.15 การเคลื่อนตัวของตะกอน 6 ชั่วโมงแรกหลังทิ้งมูลตะกอน ในเดือนกันยายน สเกลที่แสดงความหนาแน่นของตะกอนในชั้นน้ำที่ 3 อยู่ระหว่าง 0 – 20 particles/ m³ ชั้นน้ำที่ 4 อยู่ระหว่าง 0 – 0.2 particles/ m³ และ ชั้นน้ำที่ 5 อยู่ระหว่าง 0 – 0.0016 particles/ m³



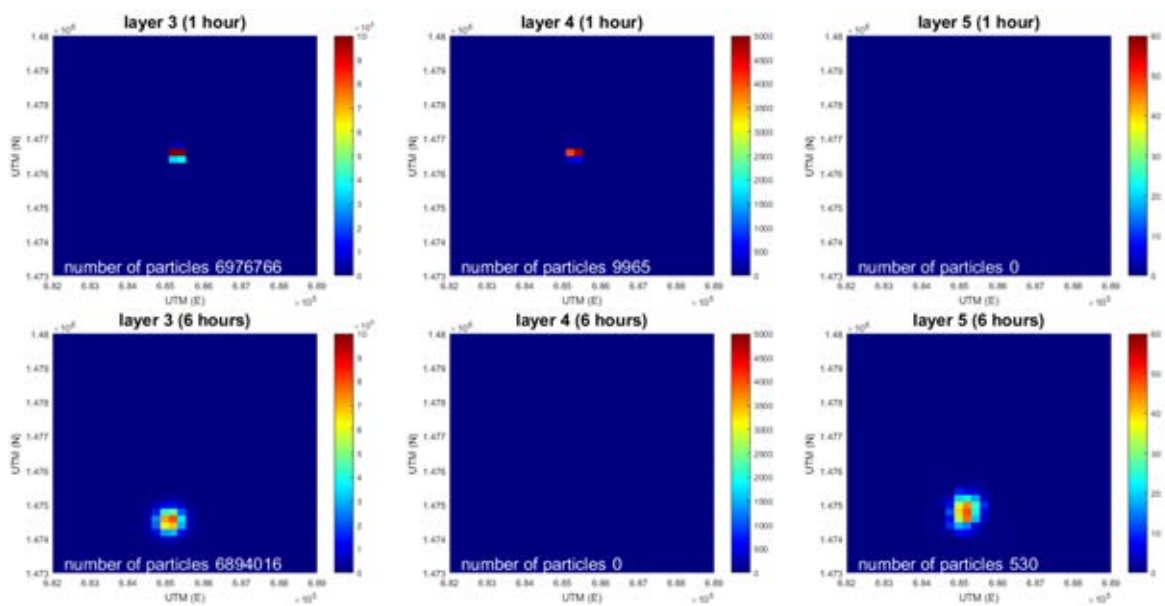
รูปที่ 4.16 การเคลื่อนตัวของตะกอน 6 ชั่วโมงแรกหลังทิ้งมูลตะกอน ในเดือนตุลาคม สเกลที่แสดงความหนาแน่นของตะกอนในชั้นน้ำที่ 3 อยู่ระหว่าง 0 – 20 particles/ m^3 ชั้นน้ำที่ 4 อยู่ระหว่าง 0 – 0.1 particles/ m^3 และ ชั้นน้ำที่ 5 อยู่ระหว่าง 0 – 0.002 particles/ m^3



รูปที่ 4.17 การเคลื่อนตัวของตะกอน 6 ชั่วโมงแรกหลังทิ้งมูลตะกอน ในเดือนพฤศจิกายน สเกลที่แสดงความหนาแน่นของตะกอนในชั้นน้ำที่ 3 อยู่ระหว่าง 0 – 20 particles/ m^3 ชั้นน้ำที่ 4 อยู่ระหว่าง 0 – 0.1 particles/ m^3 และ ชั้นน้ำที่ 5 อยู่ระหว่าง 0 – 0.0016 particles/ m^3

ในเดือนพฤศจิกายน อนุภาคทรายทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 3 ชั่วโมงหลังทิ้งมูลตะกอน และอนุภาคทรายแป้งทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 6 ชั่วโมงหลังทิ้งตะกอน และหลังจากทิ้งมูลตะกอนไป 2-6 ชั่วโมงพบว่าการพัดพาตะกอนจากชั้นน้ำที่ 4 ขึ้นไปชั้นน้ำที่ 3 และหลังทิ้งมูลตะกอนไป 6 ชั่วโมง ไม่พบอนุภาคดินเหนียวในชั้นน้ำที่ 4 ดังรูปที่ 4.17

ในเดือนธันวาคม อนุภาคทรายทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 3 ชั่วโมงหลังทิ้งมูลตะกอน และอนุภาคทรายแป้งทั้งหมดจมสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 6 ชั่วโมงหลังทิ้งตะกอน และหลังจากทิ้งมูลตะกอนไป 2-6 ชั่วโมงพบว่าการพัดพาตะกอนจากชั้นน้ำที่ 4 ขึ้นไปชั้นน้ำที่ 3 และหลังทิ้งมูลตะกอนไป 6 ชั่วโมง ไม่พบอนุภาคดินเหนียวในชั้นน้ำที่ 4 ดังรูป 4.18



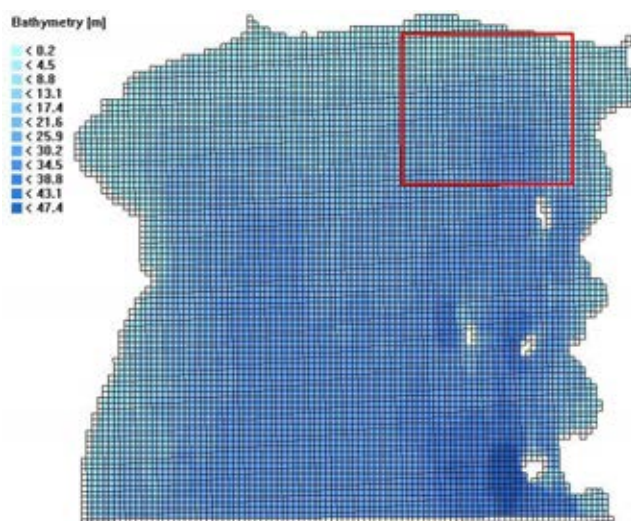
รูปที่ 4.18 การเคลื่อนตัวของตะกอน 6 ชั่วโมงแรกหลังทิ้งมูลตะกอน ในเดือนธันวาคม สเกลที่แสดงความหนาแน่นของตะกอนในชั้นน้ำที่ 3 อยู่ระหว่าง 0 – 20 particles/ m³ ชั้นน้ำที่ 4 อยู่ระหว่าง 0 – 0.1 particles/ m³ และ ชั้นน้ำที่ 5 อยู่ระหว่าง 0 – 0.0012 particles/ m³

จากผลการทดลองพบว่าอนุภาคทรายมีอัตราการจมตัวเท่ากันในแต่ละเดือน และอนุภาคทรายแป้งซึ่งอัตราการจมตัวได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง ทำให้อัตราการจมตัวในแต่ละเดือนต่างกัน มีการแบ่งอัตราการจมตัวเป็น 2 ช่วง คือ มกราคม และ มีนาคม - พฤษภาคม เป็นเดือนที่ทรายแป้งทั้งหมดจมตัวสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 5 ชั่วโมงหลังทิ้งมูลตะกอน ช่วงกุมภาพันธ์ และ มิถุนายน - ธันวาคม เป็นเดือนที่ทรายแป้งทั้งหมดจมตัวสู่ชั้นน้ำที่ 5 ภายใน 6 ชั่วโมงหลังทิ้งมูลตะกอน และอนุภาคดินเหนียวได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงอย่างมาก สามารถแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือเดือน มกราคม - เมษายน และช่วงกันยายน - ธันวาคม มีช่วงการพัดพาตะกอนขึ้นไปชั้นบนประมาณ 2-4 ชั่วโมง พฤษภาคม - สิงหาคม มีช่วงการพัดพาตะกอนขึ้นไปชั้นบนประมาณ 0-1 ชั่วโมง มีแนวโน้มตามการแบ่งฤดูคือฤดูแล้ง (มกราคม - เมษายน

และช่วงตุลาคม - ธันวาคม) และฤดูฝน (พฤษภาคม - กันยายน) ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดกระแสน้ำจากความแตกต่างของระดับน้ำขึ้นน้ำลง ทำให้พลังงานจลน์ปั่นป่วนเพียงพอที่จะพัดพาตะกอนดินเหนียวได้

4.5 การเคลื่อนตัวของตะกอนหลังจากทิ้งมูลตะกอน

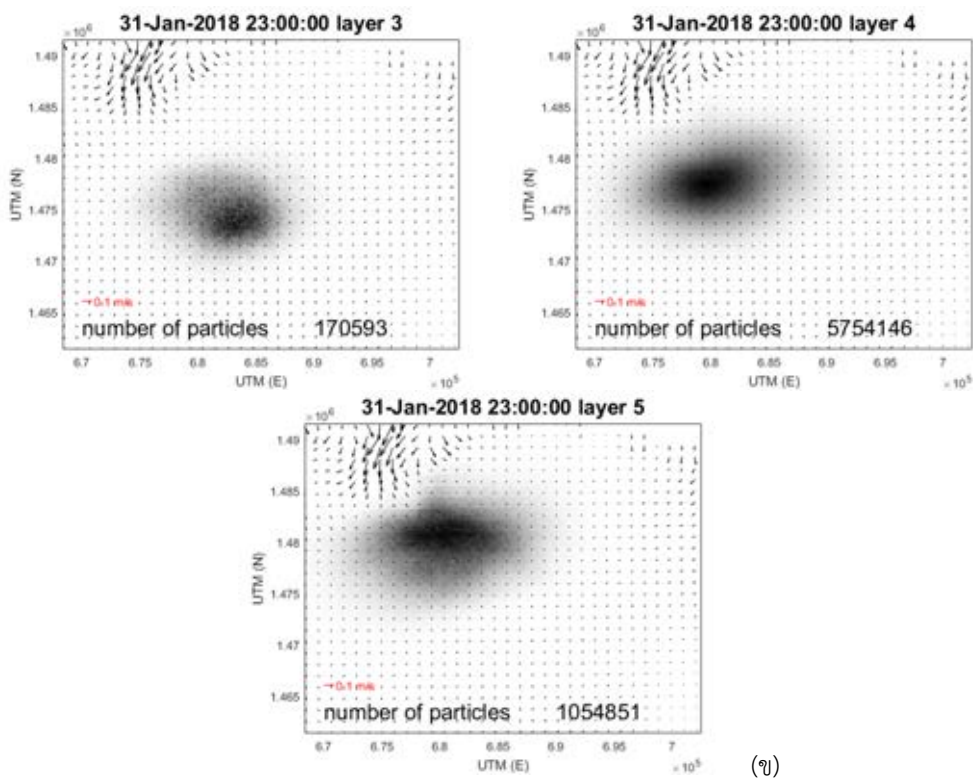
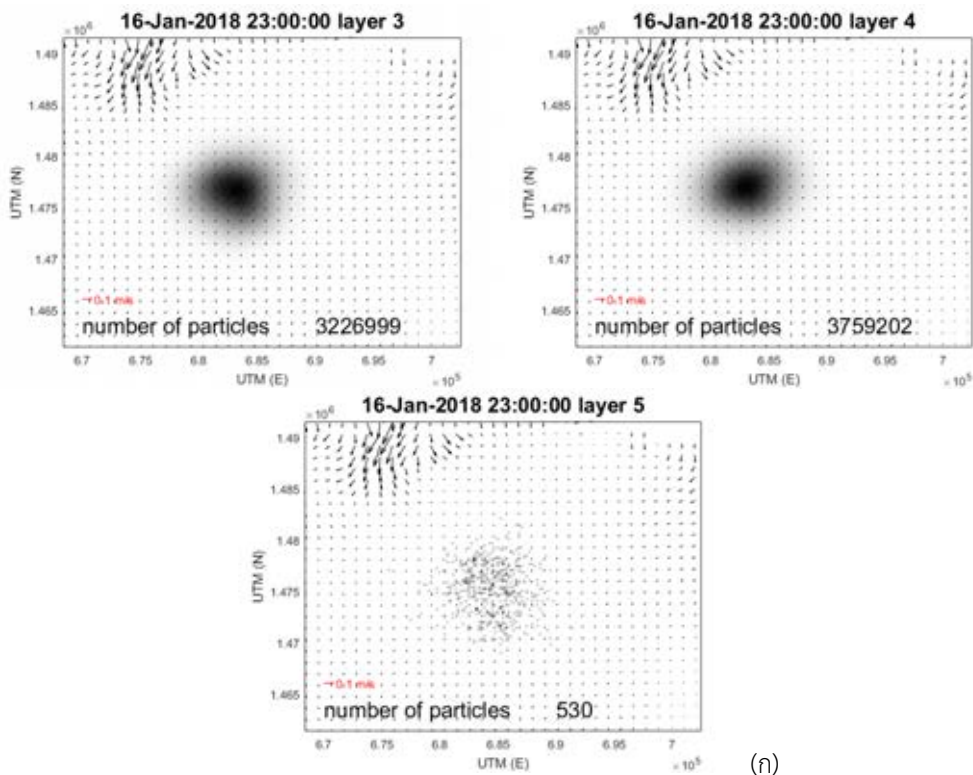
การเคลื่อนตัวของตะกอนในช่วงแรกมีการกระจายตัวน้อย และเคลื่อนตัวห่างจากจุดทิ้งเล็กน้อย เมื่อตะกอนถูกปล่อยไป 15 วัน ตะกอนเริ่มมีการกระจายออกไปเกิน 5 กิโลเมตรและกระจายอยู่ในชั้นน้ำที่ 3 และ 4 และยังไม่มีการเคลื่อนตัวลงไปยังชั้นน้ำที่ 5 ในส่วนนี้จึงดูการเคลื่อนตัวของอนุภาคดินเหนียวในการจมตัวลงชั้นน้ำที่ 5 และการกระจายตัวชั้นน้ำที่ 3, 4 และ 5 ในขอบเขตกริดขยายดังรูป 4.19



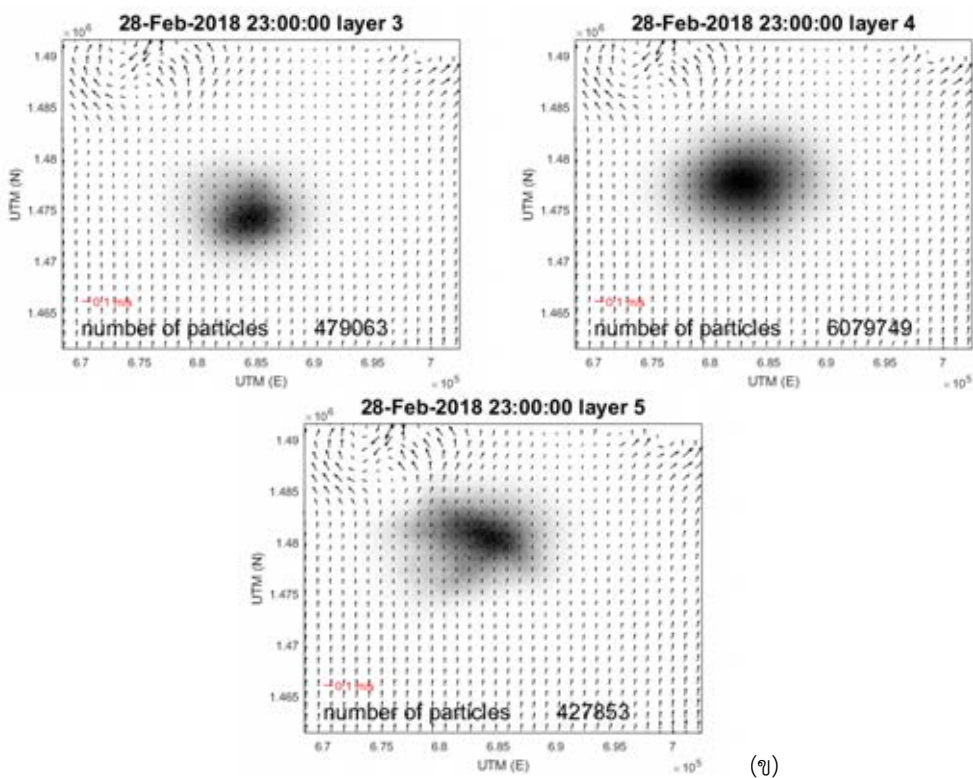
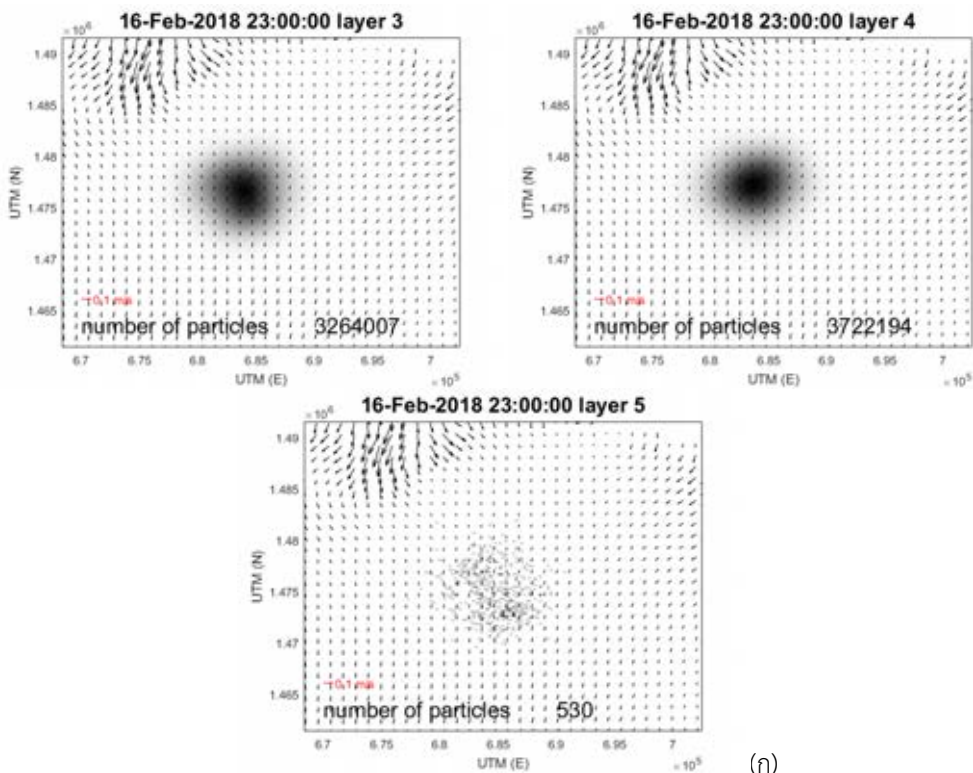
รูปที่ 4.19 แสดงกริดขยาย (กรอบสีแดง) ที่ใช้ในการดูการเคลื่อนตัวของตะกอนหลังทิ้งมูลตะกอนไประยะหนึ่ง

เดือนมกราคมในช่วงแรกตะกอนกระจายตัวอยู่ในบริเวณจุดทิ้งมูลตะกอน หลังจากนั้นช่วงในวันที่ 22 ตะกอนในน้ำชั้นที่ 5 เคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของจุดทิ้งมูลตะกอน และมีทิศการกระจายตัวออกไปในแนวแกน X มากกว่าแกน Y ในวันสุดท้ายของเดือนมกราคม ตะกอนมีการเคลื่อนออกจากจุดทิ้งเล็กน้อย และกระจายตัวออกจากจุดศูนย์กลางไปประมาณ 7 กิโลเมตร การกระจายตัวและทิศการเคลื่อนตัวโดยรวมของตะกอนดินเหนียวในชั้นน้ำที่ 3, 4 และ 5 มีลักษณะใกล้เคียงกัน แต่ชั้นที่ 3 และ 4 มีการกระจายตัวในแนวแกน X มากกว่า ส่วนชั้นที่ 5 มีการกระจายตัวในแกน X และ Y เท่าๆกัน ดังรูป 4.20

เดือนกุมภาพันธ์ตะกอนมีการเคลื่อนตัวและการกระจายตัวคล้ายกับเดือนมกราคม เนื่องจากกระแสน้ำในแต่ละช่วงเวลามีลักษณะคล้ายกัน ในวันสุดท้ายของเดือนกุมภาพันธ์ ตะกอนในชั้นน้ำที่ 3 มีการเคลื่อนออกจากจุดทิ้งตะกอนไปทางทิศใต้ประมาณ 2 กิโลเมตร ส่วนชั้นน้ำอื่นมีการกระจายอยู่บริเวณจุดทิ้งตะกอน และในชั้นน้ำที่ 3, 4 และ 5 ตะกอนกระจายตัวออกจากจุดศูนย์กลางไปประมาณ 7, 10 และ 10 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน X และกระจายไป 5 กิโลเมตรในแกน Y ดังรูป 4.21



รูปที่ 4.20 ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำที่แสดงในรูปเวกเตอร์ และการเคลื่อนตัวและการกระจายตัวของตะกอนที่แสดงในรูปจุด ในเดือนมกราคมหลังจากทำการทิ้งตะกอนไประยะหนึ่ง (ก) วันที่ 16 (ข) วันที่



รูปที่ 4.21 ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำที่แสดงในรูปเวกเตอร์ และการเคลื่อนตัวและการกระจายตัวของตะกอนที่แสดงในรูปจุด ในเดือนกุมภาพันธ์หลังจากทำการทิ้งตะกอนไประยะหนึ่ง (ก) วันที่ 16 (ข) วันที่

เดือนมีนาคมตะกอนมีการเคลื่อนตัวและการกระจายตัวเหมือนกับเดือนกุมภาพันธ์ เนื่องจากกระแสน้ำในแต่ละช่วงเวลามีลักษณะคล้ายกัน ต่างกันตรงที่ในช่วงวันที่ 22-25 ตะกอนในน้ำชั้นที่ 5 มีทิศการเคลื่อนตัวไปทางทิศเหนือของจุดทิ้งมูลตะกอนประมาณ 7 กิโลเมตร ในวันสุดท้ายของเดือนมีนาคม ตะกอนในชั้นน้ำที่ 3 มีการเคลื่อนออกจากจุดทิ้งตะกอนไปทางทิศใต้ประมาณ 2 กิโลเมตร ส่วนชั้นน้ำอื่นมีการกระจายอยู่บริเวณจุดทิ้งตะกอน และในชั้นน้ำที่ 3, 4 และ 5 ตะกอนกระจายตัวออกจากจุดศูนย์กลางไปประมาณ 4, 7 และ 7 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน X และกระจายไป 2, 5 และ 5 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน Y ดังรูป 4.22

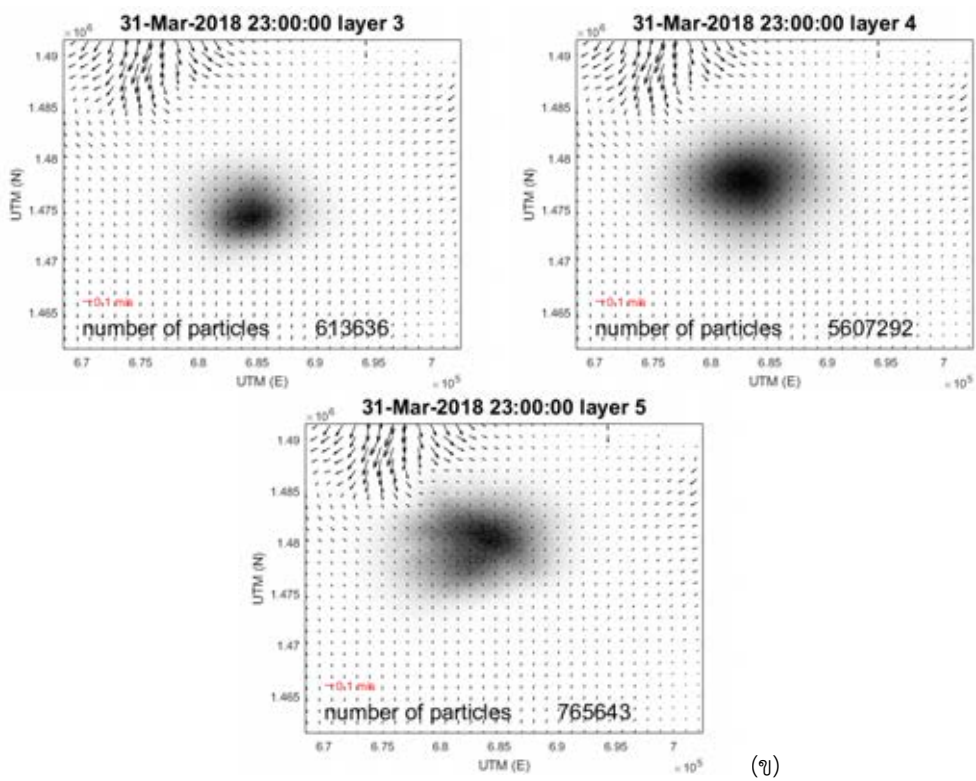
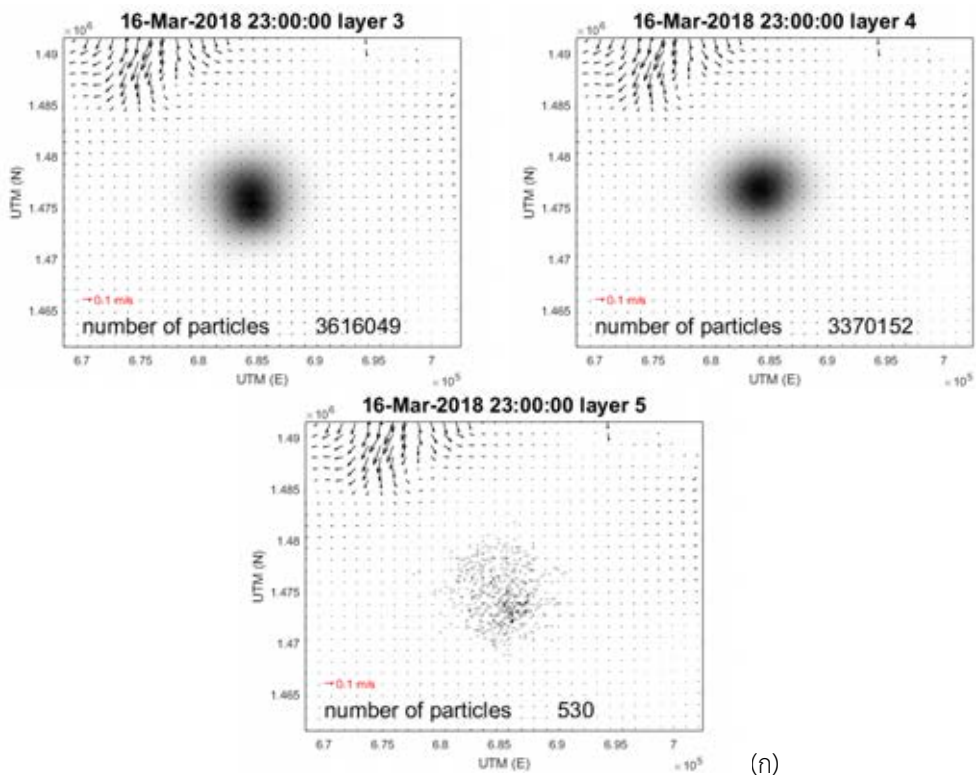
เดือนเมษายนตะกอนมีการกระจายตัวอยู่บริเวณจุดทิ้งมูลตะกอนตลอดทั้งเดือน มีเพียงชั้นน้ำที่ 5 ที่ตะกอนมีการเคลื่อนตัวไปตามกระแสน้ำ ในวันสุดท้ายของเดือนเมษายน ในชั้นน้ำที่ 3, 4 และ 5 ตะกอนกระจายตัวออกจากจุดศูนย์กลางไปประมาณ 5, 7 และ 7 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน X และกระจายไป 2, 4 และ 5 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน Y ดังรูป 4.23

เดือนพฤษภาคมตะกอนมีการกระจายตัวอยู่บริเวณจุดทิ้งมูลตะกอนตลอดทั้งเดือน มีเพียงชั้นน้ำที่ 5 ที่ตะกอนมีการเคลื่อนตัวไปตามกระแสน้ำ ในวันสุดท้ายของเดือนพฤษภาคม ในชั้นน้ำที่ 3, 4 และ 5 ตะกอนกระจายตัวออกจากจุดศูนย์กลางไปประมาณ 5, 7 และ 7 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน X และกระจายไป 2, 4 และ 5 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน Y ดังรูป 4.24

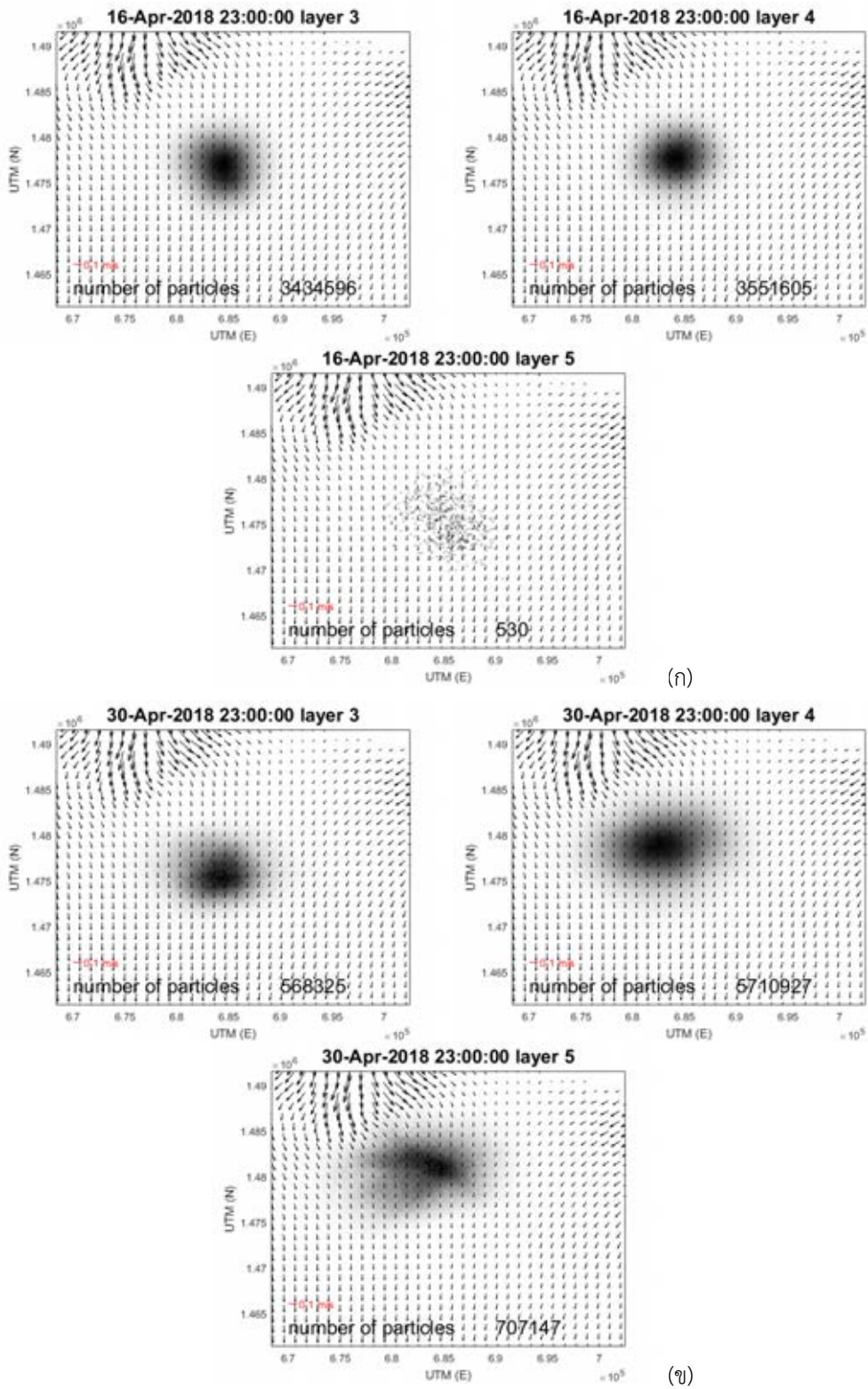
เดือนมิถุนายนตะกอนมีการเคลื่อนตัวไปตามทิศทางกระแสน้ำ ในวันสุดท้ายของเดือนมิถุนายนชั้นน้ำที่ 5 ตะกอนมีทิศการเคลื่อนตัวไปทางทิศเหนือประมาณ 2-5 กิโลเมตรของจุดทิ้งมูลตะกอน และในชั้นน้ำที่ 3, 4 และ 5 ตะกอนกระจายตัวออกจากจุดศูนย์กลางไปประมาณ 6, 10 และ 10 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน X และกระจายไป 3, 4 และ 5 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน Y ดังรูป 4.25

เดือนกรกฎาคมลักษณะการกระจายตัวของตะกอนมีลักษณะคล้ายเดือนมิถุนายน ในวันสุดท้ายของเดือนกรกฎาคม ในชั้นน้ำที่ 4 และ 5 ตะกอนมีทิศการเคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 7 กิโลเมตรของจุดทิ้งมูลตะกอน และในชั้นน้ำที่ 3, 4 และ 5 ตะกอนกระจายตัวออกจากจุดศูนย์กลางไปประมาณ 5, 10 และ 10 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน X และกระจายไป 3, 4 และ 5 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน Y ดังรูป 4.26

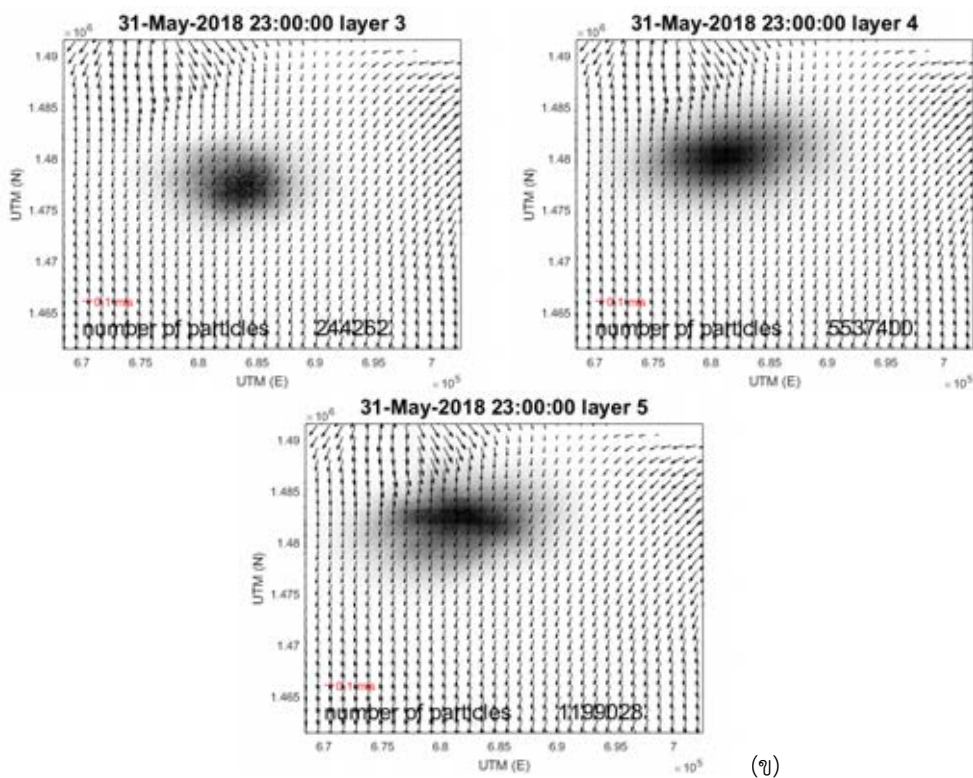
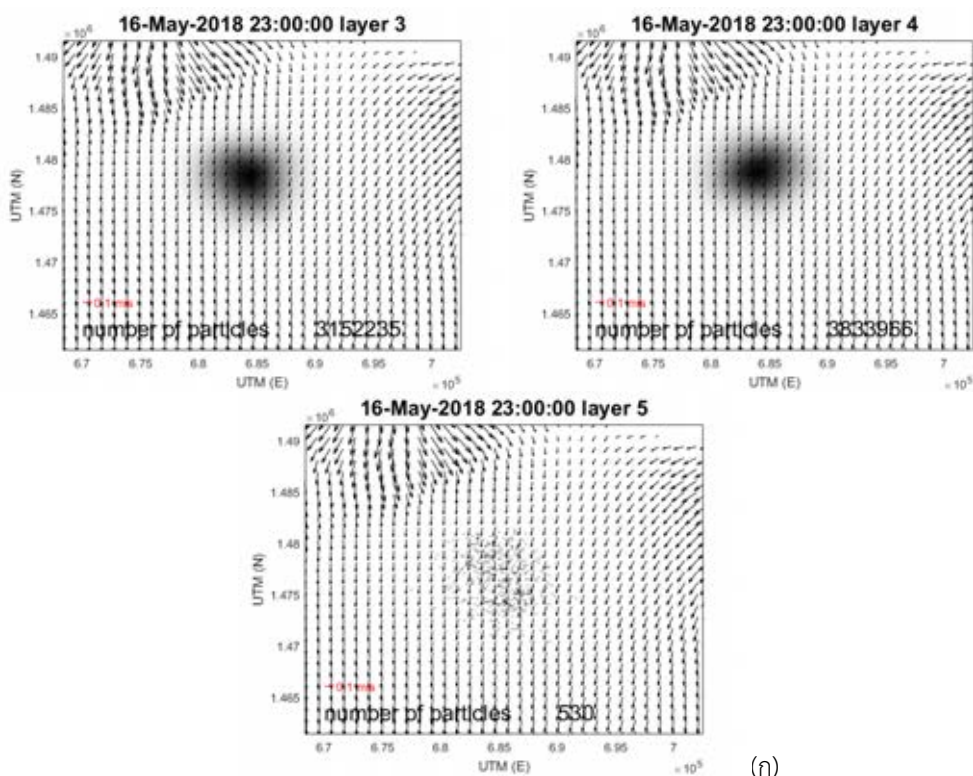
เดือนสิงหาคมตะกอนกระจายตัวอยู่บริเวณจุดทิ้งมูลตะกอน ในวันสุดท้ายของเดือนสิงหาคม ในชั้นน้ำที่ 5 ตะกอนมีทิศการเคลื่อนตัวไปทางทิศเหนือประมาณ 5 กิโลเมตรของจุดทิ้งมูลตะกอน และในชั้นน้ำที่ 3, 4 และ 5 ตะกอนกระจายตัวออกจากจุดศูนย์กลางไปประมาณ 3, 7 และ 7 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน X และกระจายไป 3, 5 และ 7 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน Y ดังรูป 4.27



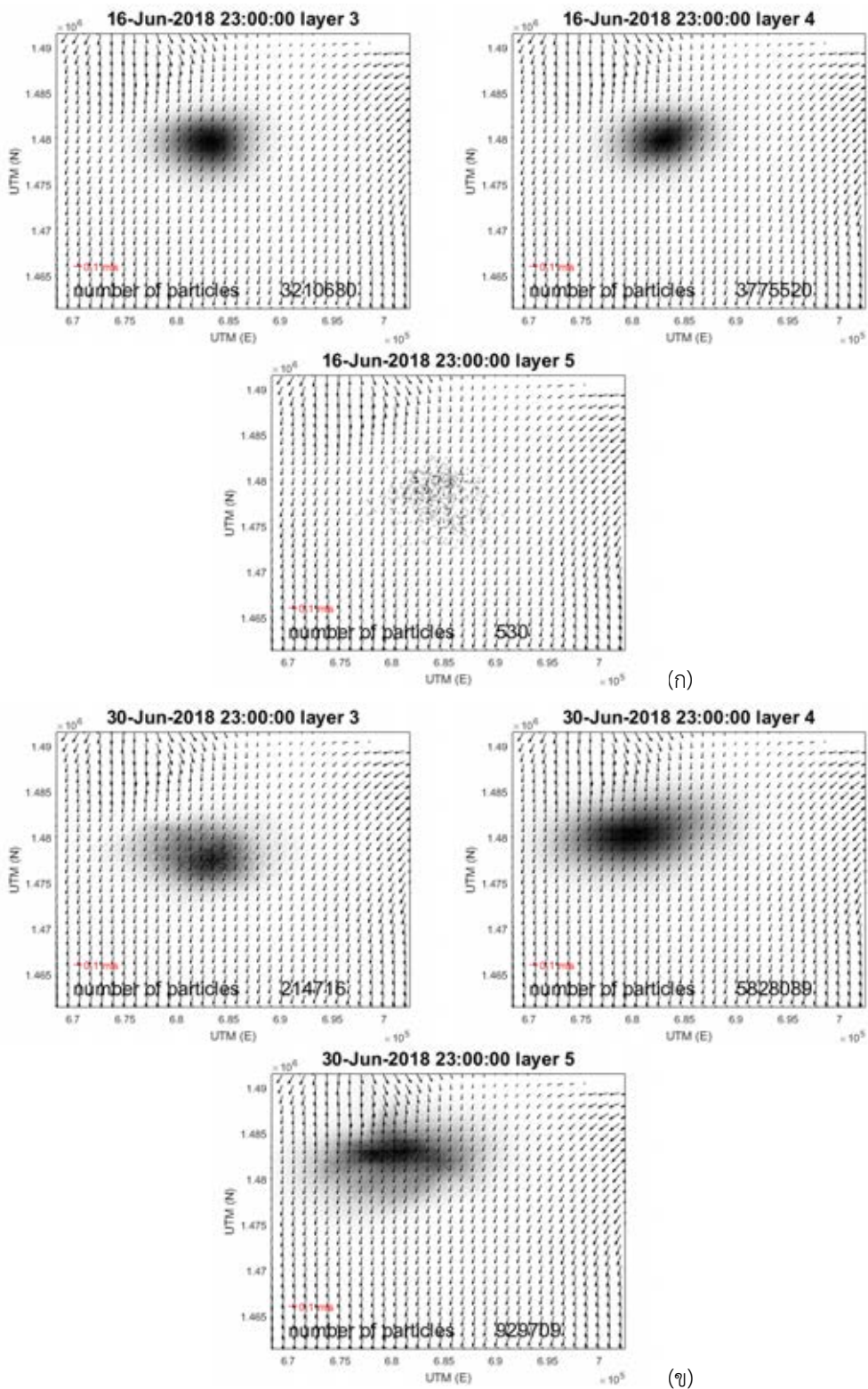
รูปที่ 4.22 ทิศทางและความเร็วของกระแสที่แสดงในรูปเวกเตอร์ และการเคลื่อนตัวและการกระจายตัวของตะกอนที่แสดงในรูปจุด ในเดือนมีนาคมหลังจากทำการทิ้งตะกอนไประยะหนึ่ง (ก) วันที่ 16 (ข) วันที่ 31



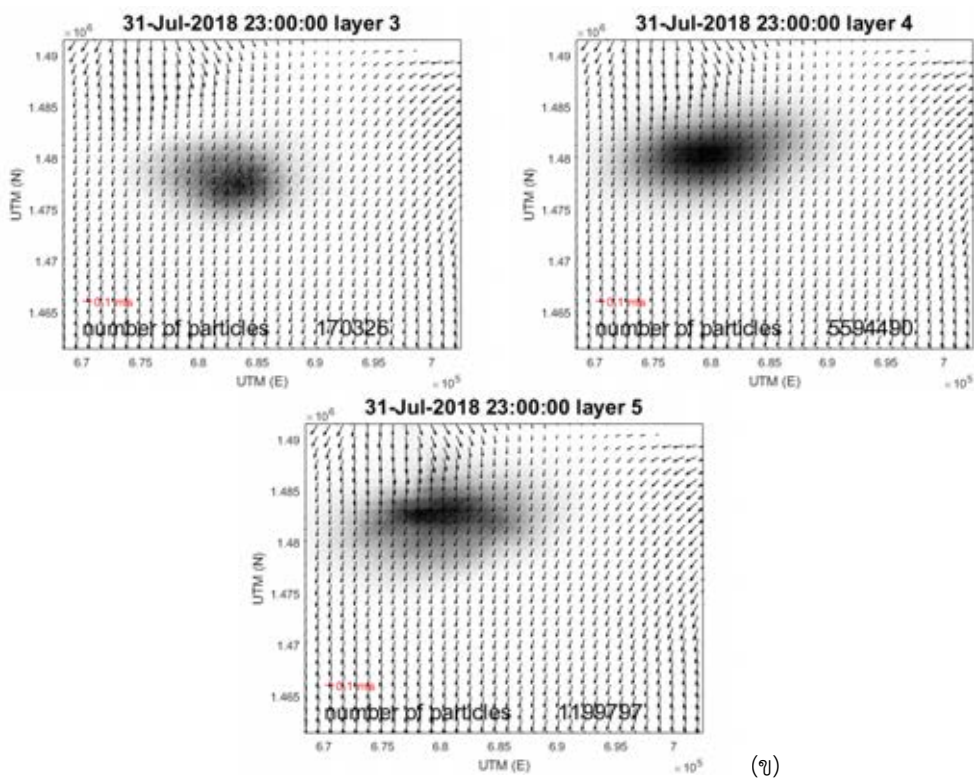
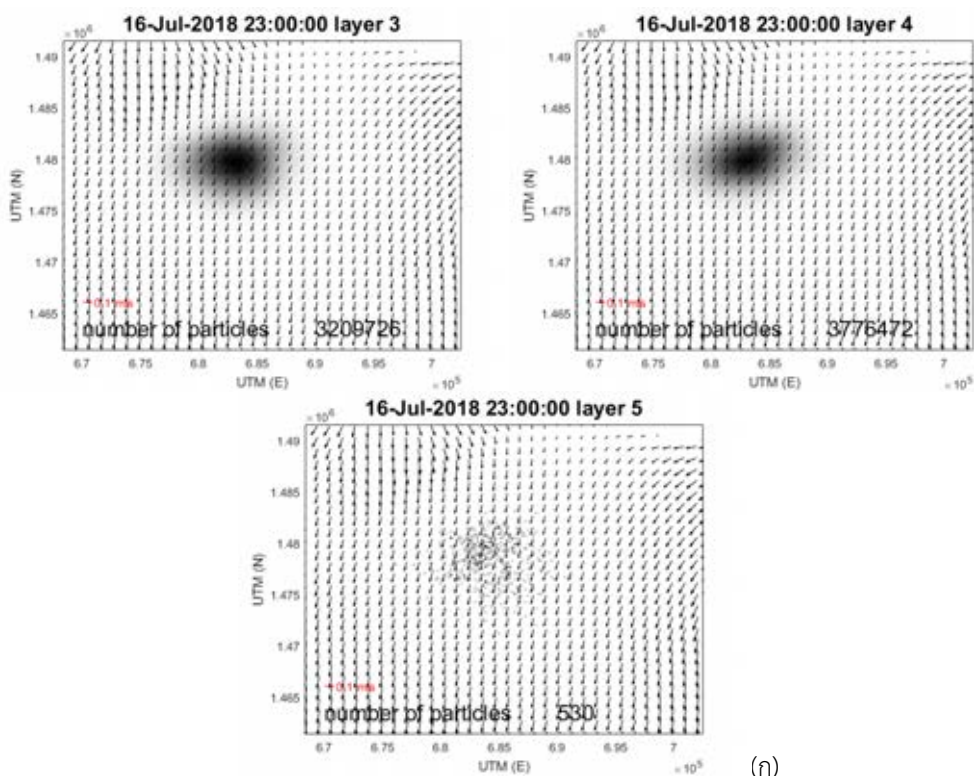
รูปที่ 4.23 ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำที่แสดงในรูปเวกเตอร์ และการเคลื่อนตัวและการกระจายตัวของตะกอนที่แสดงในรูปจุด ในเดือนเมษายนหลังจากทำการทิ้งตะกอนไประยะหนึ่ง (ก) วันที่ 16 (ข) วันที่ 30



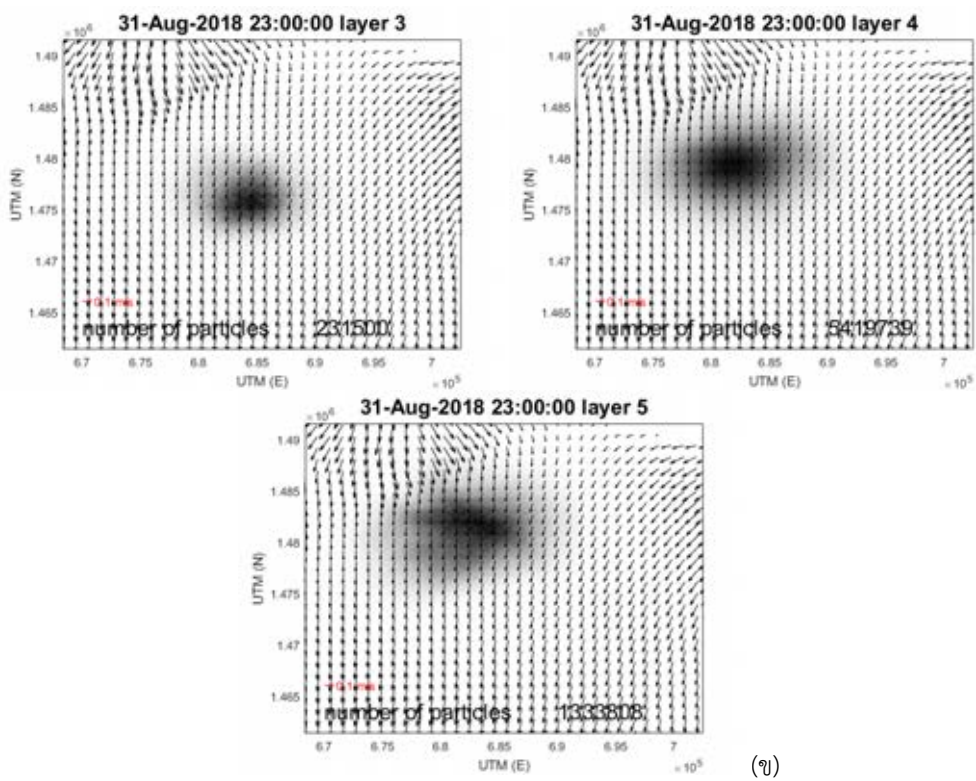
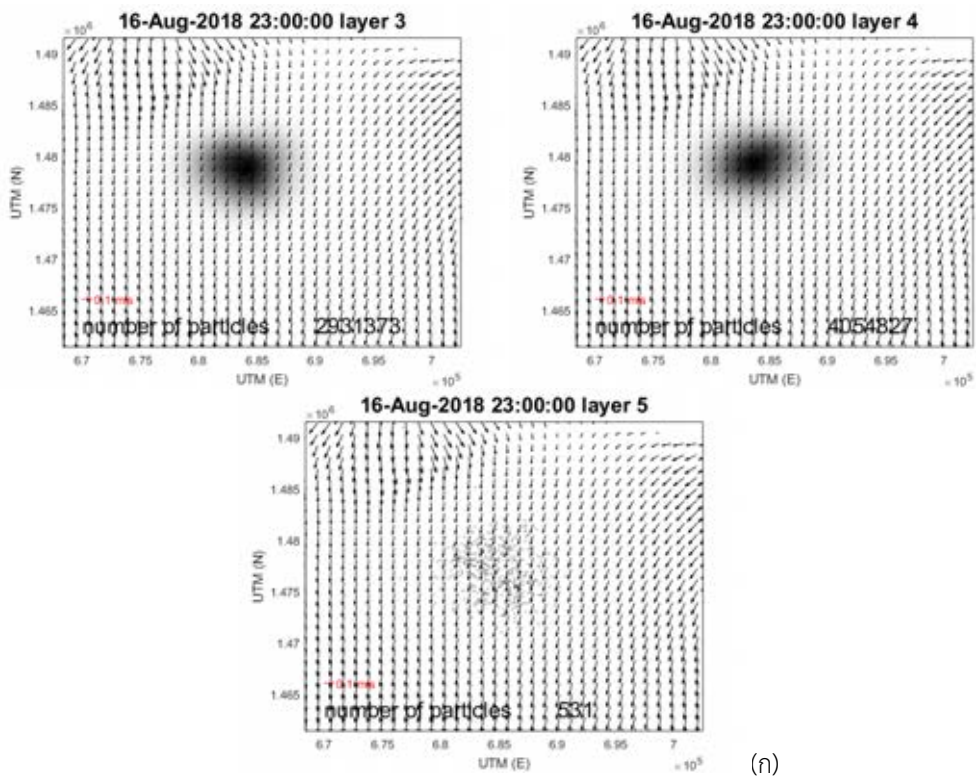
รูปที่ 4.24 ทิศทางและความเร็วของกระแสไฟแสดงในรูปเวกเตอร์ และการเคลื่อนตัวและการกระจายตัวของตะกอนแสดงในรูปจุด ในเดือนพฤษภาคมหลังจากทำการทิ้งตะกอนไประยะหนึ่ง (ก) วันที่ 16 (ข) วันที่ 31



รูปที่ 4.25 ทิศทางและความเร็วของกระแสที่แสดงในรูปเวกเตอร์ และการเคลื่อนตัวและการกระจายตัวของตะกอนแสดงในรูปจุด ในเดือนมิถุนายนหลังจากทำการทิ้งตะกอนไประยะหนึ่ง (ก) วันที่ 16 (ข) วันที่ 30



รูปที่ 4.26 ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำแสดงในรูปเวกเตอร์ และการเคลื่อนตัวและการกระจายตัวของตะกอนแสดงในรูปจุด ในเดือนกรกฎาคมหลังจากทำการทิ้งตะกอนไประยะหนึ่ง (ก) วันที่ 16 (ข) วันที่ 31



รูปที่ 4.27 ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำแสดงในรูปเวกเตอร์ และการเคลื่อนตัวและการกระจายตัวของตะกอนแสดงในรูปจุด ในเดือนสิงหาคมหลังจากทำการทิ้งตะกอนไประยะหนึ่ง (ก) วันที่ 16 (ข) วันที่ 31

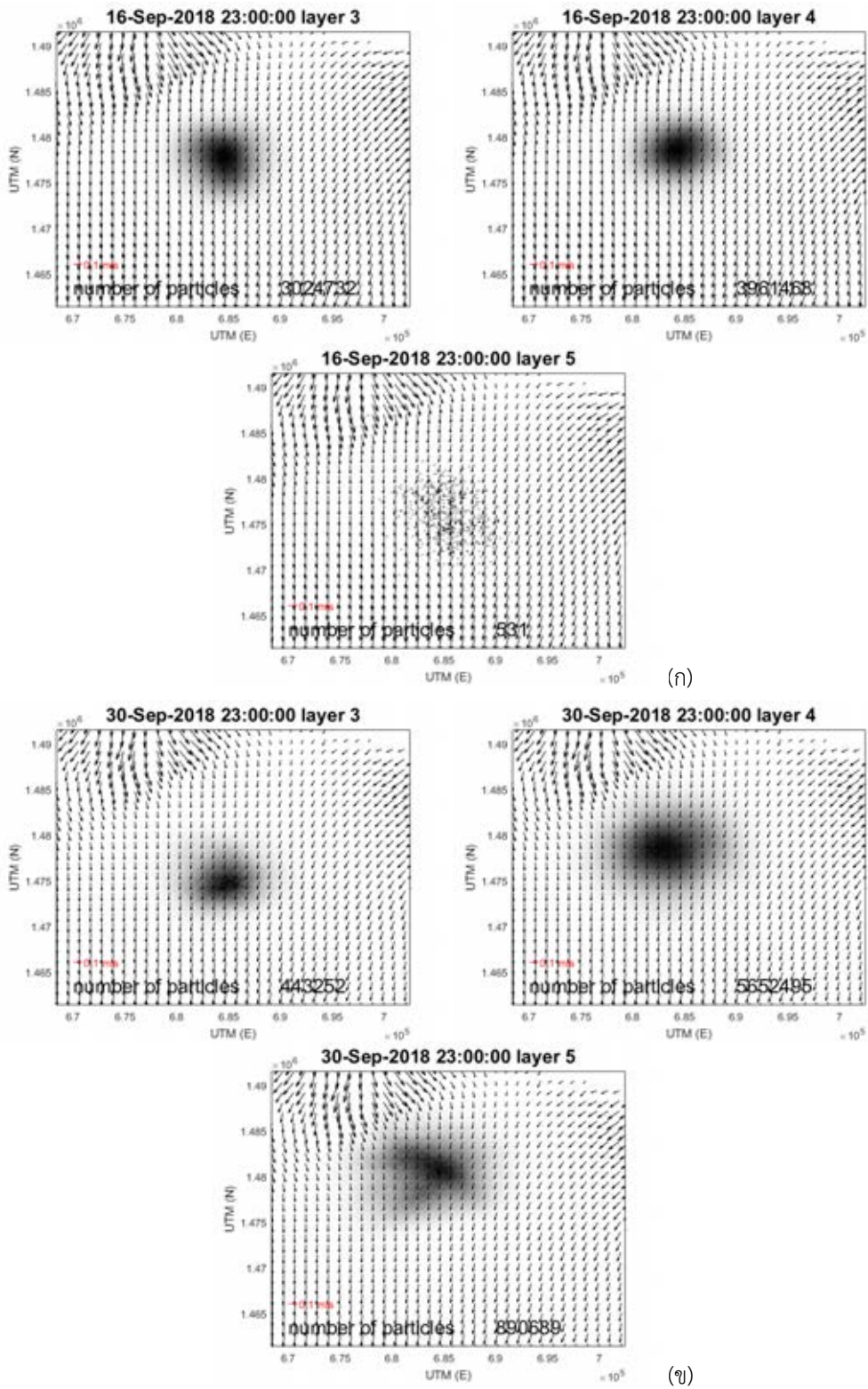
เดือนกันยายน ขอบเขตการกระจายตัวของตะกอนน้อยกว่าในเดือนอื่นๆ และกระจายตัวอยู่ในบริเวณจุดทิ้งมูลตะกอน ในวันสุดท้ายของเดือน ในชั้นน้ำที่ 3, 4 และ 5 ตะกอนกระจายตัวออกจากจุดศูนย์กลางไปประมาณ 3, 7 และ 7 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน X และกระจายไป 3, 4 และ 4 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน Y ดังรูป 4.28

เดือนตุลาคม ขอบเขตการกระจายตัวของตะกอนน้อยเหมือนกับเดือนกันยายน และกระจายตัวอยู่ในบริเวณจุดทิ้งมูลตะกอน ในวันสุดท้ายของเดือน ในชั้นน้ำที่ 3, 4 และ 5 ตะกอนกระจายตัวออกจากจุดศูนย์กลางไปประมาณ 3, 6 และ 8 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน X และกระจายไป 3, 4 และ 5 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน Y ดังรูป 4.29

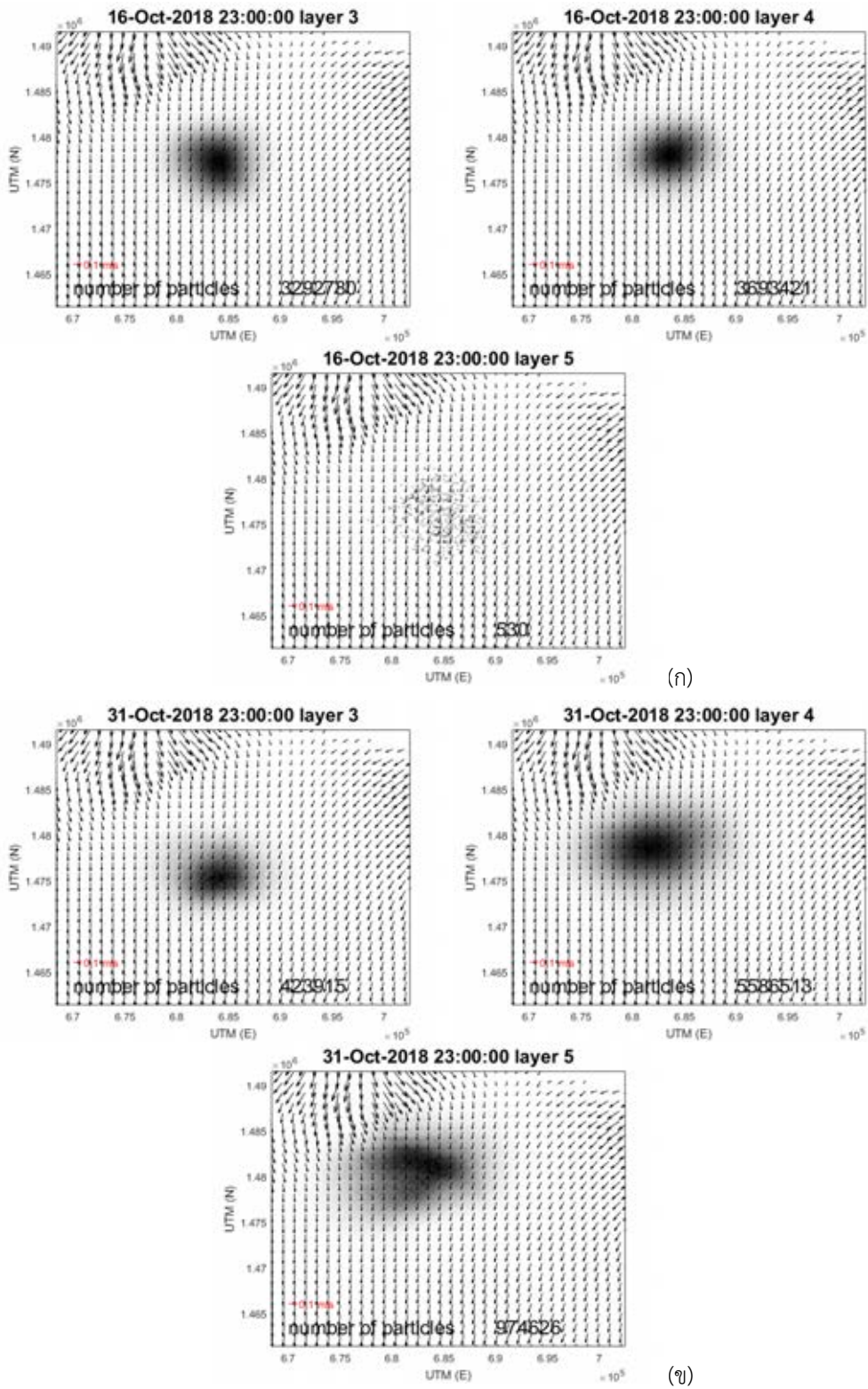
เดือนพฤศจิกายน ในช่วงแรกๆ ตะกอนมีการกระจายตัวคล้ายกับเดือนตุลาคม เนื่องจากความเร็วกระแสน้ำคล้ายกับเดือนตุลาคม แต่ในช่วงหลังจากวันที่ 22 ตะกอนเริ่มมีการกระจายออกไปในแกน X มากกว่าปกติ ในวันสุดท้ายของเดือน ในชั้นน้ำที่ 3, 4 และ 5 ตะกอนกระจายตัวออกจากจุดศูนย์กลางไปประมาณ 5, 10 และ 10 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน X และกระจายไป 3, 3 และ 6 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน Y ดังรูป 4.30

เดือนธันวาคม กระแสน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้การกระจายตัวของตะกอนแตกต่างจากเดือนอื่น วันสุดท้ายของเดือน ตะกอนกระจายตัวบริเวณจุดทิ้งมูลตะกอน ยกเว้นในชั้นน้ำที่ 5 มีการเคลื่อนตัวไปทางทิศเหนือของจุดทิ้งมูลตะกอนประมาณ 5 กิโลเมตร ในชั้นน้ำที่ 3, 4 และ 5 ตะกอนกระจายตัวออกจากจุดศูนย์กลางไปประมาณ 7, 9 และ 10 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน X และกระจายไป 3, 4 และ 8 กิโลเมตรตามลำดับ ในแกน Y ดังรูป 4.31

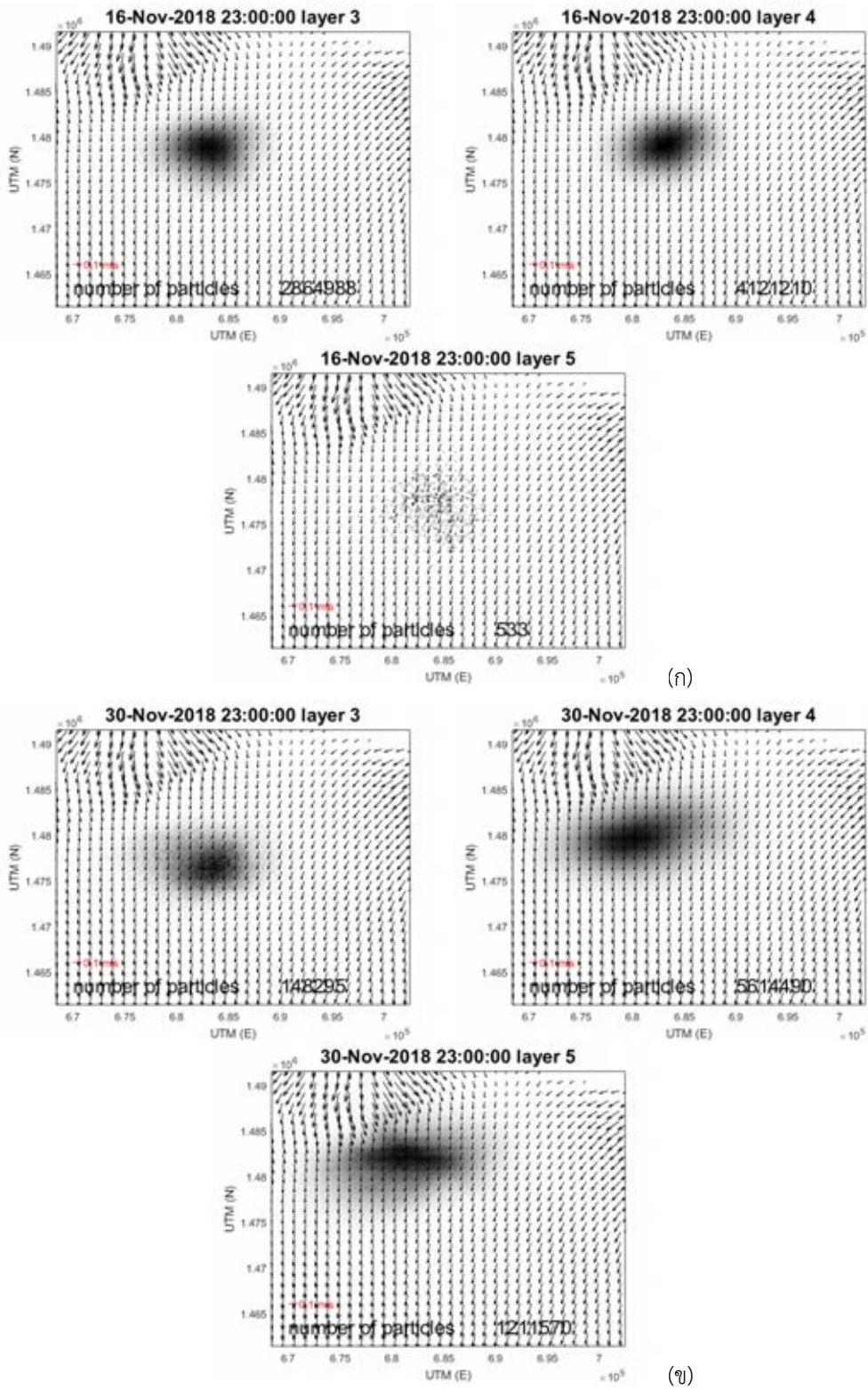
จากผลการศึกษาพบว่าเดือนธันวาคม ตะกอนมีการกระจายตัวมากที่สุด เนื่องจากกระแสน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งเดือน และเดือนที่มีการกระจายตัวมากที่สุดได้แก่ มิถุนายน กรกฎาคม พฤศจิกายน ส่วนเดือนที่พบการกระจายตัวน้อยที่สุดคือเดือนตุลาคม และเดือนที่มีการกระจายตัวน้อยได้แก่ สิงหาคมและกันยายน ทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนขึ้นอยู่กับทิศทางและความแรงของกระแสน้ำ ซึ่งต้องใช้กระแสน้ำที่มีความแรงระดับหนึ่งถึงจะสามารถพัดพาตะกอนให้เคลื่อนที่ไปได้ แต่การกระจายตัวของตะกอนจะใช้พลังงานน้อยกว่าเพื่อให้ตะกอนกระจายออกไปจากจุดศูนย์กลาง



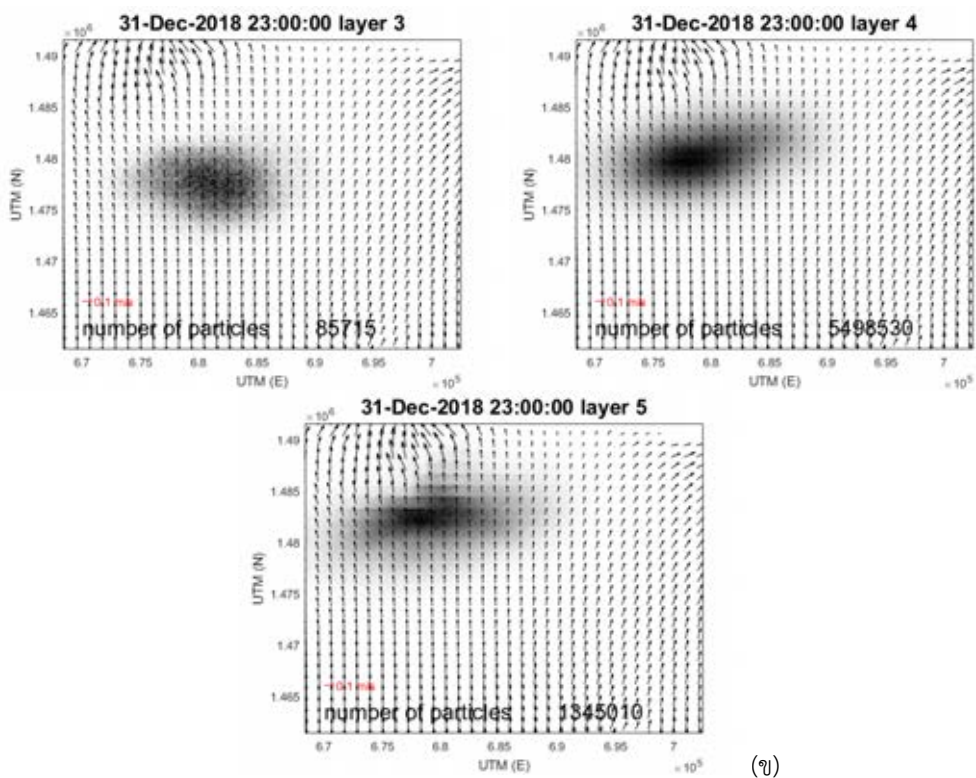
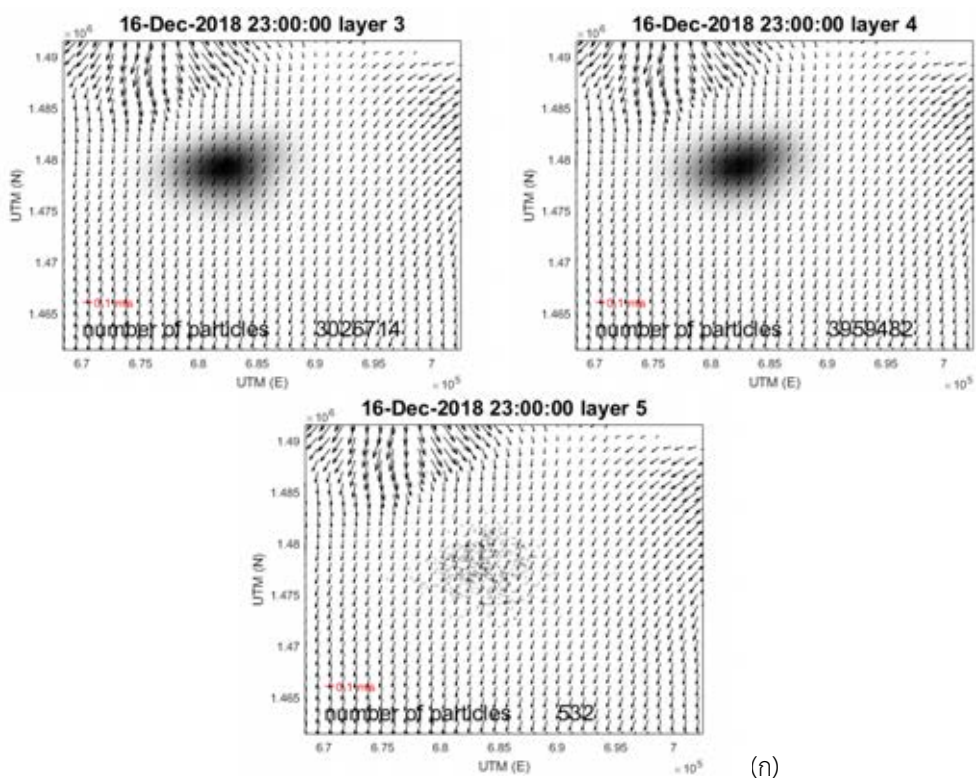
รูปที่ 4.28 ทิศทางและความเร็วของกระแสที่แสดงในรูปเวกเตอร์ และการเคลื่อนตัวและการกระจายตัวของตะกอนแสดงในรูปจุด ในเดือนกันยายนหลังจากทำการทิ้งตะกอนไประยะหนึ่ง (ก) วันที่ 16 (ข) วันที่ 30



รูปที่ 4.29 ทิศทางและความเร็วของกระแสที่แสดงในรูปเวกเตอร์ และการเคลื่อนตัวและการกระจายตัวของตะกอนแสดงในรูปจุด ในเดือนตุลาคมหลังจากทำการทิ้งตะกอนไประยะหนึ่ง (ก) วันที่ 16 (ข) วันที่ 31



รูปที่ 4.30 ทิศทางและความเร็วของกระแสที่แสดงในรูปเวกเตอร์ และการเคลื่อนตัวและการกระจายตัวของตะกอนแสดงในรูปจุด ในเดือนพฤศจิกายนหลังจากทำการทิ้งตะกอนไประยะหนึ่ง (ก) วันที่ 16 (ข) วันที่ 30



รูปที่ 4.31 ทิศทางและความเร็วของกระแสที่แสดงในรูปเวกเตอร์ และการเคลื่อนตัวและการกระจายตัวของตะกอนแสดงในรูปจุด ในเดือนธันวาคมหลังจากทำการทิ้งตะกอนไประยะหนึ่ง (ก) วันที่ 16 (ข) วันที่ 31

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

จากผลการทวนสอบกระแส น้ำ สรุปได้ว่ากระแส น้ำในบริเวณอ่าวไทยรูปตัวกอได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย เช่น ลม คลื่น และน้ำขึ้นน้ำลง การเคลื่อนตัวของตะกอนในสภาพแวดล้อมจริงจึงได้รับอิทธิพลจากกระแส น้ำที่เกิดจากลมและคลื่นด้วย

จากการศึกษาการพัดพาตะกอนจากการที่มูลตะกอนที่ได้จากการขุดลอกตะกอนปากแม่น้ำ ในบริเวณจุดทิ้งตะกอนสรุปได้ว่าอัตราการจมตัวของตะกอนในบริเวณจุดทิ้งตะกอนตามกรมเจ้าท่ากำหนด ในบริเวณอ่าวไทยรูปตัวกอ ได้รับอิทธิพลจากความแตกต่างของกระแส น้ำจากน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลาคือช่วงฤดูฝน และฤดูแล้ง โดยในฤดูฝนความแตกต่างของกระแส น้ำจากน้ำขึ้นน้ำลงมีน้อยเนื่องจากปริมาณน้ำท่ามีมาก และไหลลงสู่ทะเลตลอดเวลา การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำขึ้นน้ำลงจึงมีน้อย ทำให้การเปลี่ยนแปลงทิศกระแส น้ำมีความรุนแรงน้อย ส่งผลให้พลังงานจลน์ปั่นป่วนที่จะพัดพาตะกอนขึ้นไปในมวลน้ำชั้นบนมีแรงไม่พอที่จะพัดพาตะกอนไป ส่วนในช่วงฤดูแล้งความแตกต่างของกระแส น้ำจากน้ำขึ้นน้ำลงเนื่องจากปริมาณน้ำท่ามีน้อย การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำขึ้นน้ำลงจึงมีมาก ทำให้การเปลี่ยนแปลงทิศกระแส น้ำมีความรุนแรงมาก ส่งผลให้พลังงานจลน์ปั่นป่วนมีมากพอที่จะพัดพาตะกอนขึ้นไปในมวลน้ำชั้นบน

ทิศทางการเคลื่อนตัว (ระยะห่างของจุดศูนย์กลางมูลตะกอนกับจุดทิ้งตะกอน) และการกระจายตัว (ระยะที่ตะกอนกระจายออกไปได้ไกลที่สุดจากจุดศูนย์กลางมูลตะกอน) ของตะกอนขึ้นอยู่กับความเร็วและทิศทางกระแส น้ำ ขนาดตะกอน และค่า settling velocity ซึ่งการพัดพาตะกอนให้เคลื่อนตัวไปได้นั้นตะกอนต้องมีกระแส น้ำที่รุนแรงมากพอที่จะทำให้ตะกอนเกิดการเคลื่อนตัวออกไปจากจุดทิ้งตะกอน แต่การพัดพาตะกอนให้เกิดการกระจายตัวใช้พลังงานน้อยกว่ามาก จึงพบการกระจายตัวของตะกอนมากกว่าการเคลื่อนตัวของตะกอน เดือนที่พบการกระจายตัวมากได้แก่ เดือนมิถุนายน กรกฎาคม พฤศจิกายน และธันวาคม และเดือนที่ตะกอนเคลื่อนตัวออกไปจากจุดทิ้งตะกอนมากที่สุดคือเดือนกรกฎาคม มีการเคลื่อนตัวออกไป 7 กิโลเมตร มีการกระจายตัวออกไปมากที่สุด 10 กิโลเมตร ทำให้ตะกอนจากการขุดลอกกระจายออกไปจากจุดทิ้งมูลตะกอนมากที่สุดประมาณ 17 กิโลเมตร ขึ้นอยู่กับทิศทางกระแส น้ำ ซึ่งจุดทิ้งมูลตะกอนตามที่กรมเจ้าท่ากำหนดอยู่ห่างจากชายฝั่งเพียงประมาณ 15 กิโลเมตร ตะกอนจากทั้งมูลตะกอนที่จุดนี้จึงมีโอกาสไปรบกวนตะกอนและสิ่งมีชีวิตบริเวณชายฝั่ง ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับทิศทางของกระแส น้ำในแต่ละปี ซึ่งในปีที่ทำการศึกษานี้ไม่พบว่าทิศของกระแส น้ำทำให้ตะกอนเคลื่อนไปถึงบริเวณชายฝั่ง อาจต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมในปีอื่นๆ ด้วย เพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมเจ้าท่า. ข้อกำหนดที่ต้องปฏิบัติ งานศึกษาด้านวิศวกรรม เศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม สำหรับการดำเนินการขุดลอกและบำรุงรักษา ร่องน้ำสมุทรสาคร (ท่าจีน) อำเภอเมืองสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร. 2561.

กรมอุทกศาสตร์. ระดับน้ำในน่านน้ำไทย ที่ระลิกวันคล้ายวันสถาปนา กรมอุทกศาสตร์ ครบรอบ 86 ปี. 2550
ทิวดี ชูช่วย. ลักษณะตะกอนพื้นผิวท้องทะเลอ่าวไทยตอนใน. 2560.

นฤนารถ มีบุญมาก. การประมาณปริมาณตะกอนท้องน้ำและผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำภาคเหนือ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2547.

บริษัท เอสจีเอส (ประเทศไทย) จำกัด. แผนปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม โครงการท่อส่งก๊าซธรรมชาติ ไทย – มาเลเซียแผนปฏิบัติการด้านคุณภาพน้ำ. 2553.

ภาษาอังกฤษ

Australian Government. Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts. National Assessment Guidelines for Dredging 2009. Canberra: Commonwealth of Australia, 2009.

Deltares. Delft3D-FLOW User Manual. Deltares; The Netherlands. 2016.

Deltares. Delft3D Functional Specifications. Deltares; The Netherlands. 2016.

Deltares. D-Waq PART User Manual. Deltares; The Netherlands. 2016.

Foundation for Water Research. Sediment in the Marine Environment. Allen House; Marlow. 2016.

Hickin, E.J. River geomorphology. Sediment Transport. Chichester ; New York : Wiley, 1995.

Kantha, L.H. Clayson, C.A. Numerical Models of Oceans and Oceanic Processes. Coastal Dynamics and Barotropic Models, pp493-528. Elsevier, 2000.

Anongponyoskun, M. and Chuchit, L. Distribution of Suspended Solid in the Upper Gulf of Thailand in 2004-2005. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 40 : pp254 – 259. 2006.

Owen, A. Future energy. In Trevor M. Letcher (ed.), Tidal Current Energy: Origins and Challenges, pp335-336. Elsevier, 2014.