



## โครงการ

# การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ	การศึกษาการไหลเวียนของน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบนเนื่องจากกระแสลม และความลึกท้องน้ำด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Water circulation pattern study in the Upper Gulf of Thailand caused by wind and bathymetry using numerical modeling		
ชื่อนิสิต	นางสาวรภัส วาริรัชช์	เลขประจำตัว	5932820823
ภาควิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล		
ปีการศึกษา	2562		

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษาการไหลเวียนของน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบนเนื่องจากกระแสลม และความลึกท้องน้ำ  
ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

รภัธ วาริรักษ์

โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล  
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2562

Water circulation pattern study in the Upper Gulf of Thailand caused by wind and  
bathymetry using numerical modeling

Raphat Wareerak

A Senior Project in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Bachelor of Science in Marine Science  
Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University  
Academic Year 2019

หัวข้อโครงการ การศึกษาการไหลเวียนของน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบนเนื่องจากกระแส  
ลม และความลึกที่ตื้นด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์  
โดย นางสาวภัส วาริรักษ์  
ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล  
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร. สุริยัณห์ สาระมูล

---

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับโครงการ  
ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบัณฑิต ในรายวิชา 2309499 โครงการวิทยาศาสตร์

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

คณะกรรมการสอบโครงการ

..... อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุริยัณห์ สาระมูล)

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

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อิชมิกา ศิวยายพราหมณ์)

..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.สุจारी บุรีกุล)

Project Title Water circulation pattern study in the Upper Gulf of Thailand  
caused by wind and bathymetry using numerical modeling  
By Miss Raphat Wareerak  
Field of Study Marine Science  
Advisor Assistant Professor Suriyan Saramul, Ph.D.

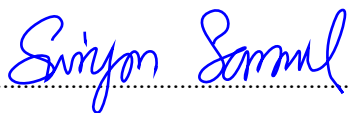
---

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

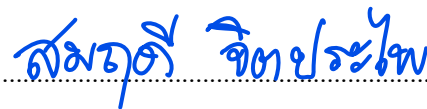


..... Head of Marine Science Department  
(Assoc. Prof. Voranop Viyakarn, Ph.D.)

Project committee



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



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



..... Member  
(Asst. Prof. Itchika Sivaipram, Ph.D.)



..... Member  
(Sujaree Bureekul, Ph.D.)

ชื่อโครงการ	การศึกษาการไหลเวียนของน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบนเนื่องจากกระแสน้ำและความลึกท้องน้ำด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
ชื่อนิสิต	นางสาวรภัส วาริรักษ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุริย์วัฒน์ สาระมูล
ปีการศึกษา	2562
ภาควิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### บทคัดย่อ

ทำการศึกษาการไหลเวียนของกระแสน้ำเนื่องจากลมในอ่าวไทยตอนบนด้วยแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ Delft3D โดยพิจารณาทั้งอิทธิพลของขนาด ทิศทาง และการหมุน (spinning) ของลม ร่วมกับรูปร่าง (สี่เหลี่ยมและรูปร่างจริง) และความลึกท้องน้ำ (ความลึกเฉลี่ยและความลึกจริง) ของพื้นที่ศึกษาที่แตกต่างกัน เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะการไหลเวียนและกลไกการเปลี่ยนแปลงของน้ำได้มากขึ้น ผลการศึกษาพบว่า ขนาดและทิศทางของลมที่แตกต่างกันส่งผลให้เกิดการไหลเวียนของกระแสน้ำเป็นแบบ gyre โดยการไหลเวียนของน้ำแบบตามเข็มนาฬิกาจะทำน้ำยกตัวขึ้นบริเวณตรงกลางของ gyre ส่วนการไหลเวียนของน้ำแบบทวนเข็มนาฬิกาจะทำให้เกิดแอ่งน้ำขึ้นที่บริเวณตรงกลางของ gyre แต่ในกรณีที่ขนาดและทิศทางลมมีค่าเท่ากันทั้งบริเวณจะไม่ทำให้เกิดกระแสน้ำซึ่งทำให้เกิด gyre แต่จะมีกระแสน้ำซึ่งทำให้เกิดการยกตัวของน้ำในทิศทางซึ่งลมพัดไป นอกจากนี้พบว่าความลึกท้องน้ำเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการไหลเวียนของน้ำและการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ ดังกรณีที่ปล่อยให้ลมพัดจนกระแสน้ำมีค่าคงที่จากนั้นลดความเร็วลมเป็นศูนย์พบว่าแบบจำลองที่ใช้ความลึกเฉลี่ย (15 เมตร) รวมถึงแบบจำลองที่ใช้เส้นชายฝั่งจริงแต่มีความลึกเฉลี่ย จะพบการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของระดับน้ำ โดยจะเคลื่อนที่ไปทางด้านซ้ายก่อนไม่ว่าลมจะพัดมาจากทิศใดก็ตาม และใช้เวลามากกว่าหนึ่งปีในการที่จะให้ระดับน้ำหยุดนิ่ง แต่สำหรับแบบจำลองที่ใช้ความลึกจริงถึงแม้ก่อนจะให้ความเร็วลมเป็นศูนย์จะมีการไหลเวียนแบบ gyre ก็ตาม จะไม่พบการเคลื่อนที่ของระดับน้ำดังกล่าว แต่พบกระแสน้ำมีการไหลในทิศทางที่ไม่แน่นอน

คำสำคัญ: กระแสน้ำเนื่องจากลม ลมมรสุม Delft3D

<b>Project Title</b>	Water circulation pattern study in the Upper Gulf of Thailand caused by wind and bathymetry using numerical modeling
<b>Name</b>	Miss Raphat Wareerak
<b>Advisor</b>	Assistant Professor Suriyan Saramul, Ph.D.
<b>Academic year</b>	2019
<b>Department</b>	Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University

---

### Abstract

The study of wind-driven circulation in the Upper Gulf of Thailand was investigated using hydrodynamic model Delft3D. In this study, to better understanding about circulation pattern and mechanism in the Upper Gulf, magnitude, direction and spinning of wind together with the shape of model domain (square and real Upper Gulf) and bathymetry (averaged depth and actual depth) were taken into consideration. Form the model study, it found that the variation of wind speed and direction created gyre circulations which are counterclockwise and clockwise circulation. In addition, dome/pool of water in the middle of the gyre was found in clockwise/counterclockwise gyre. In contrast, gyre circulation disappeared when constant wind field was applied. Moreover, bathymetry was another important factor affecting water circulation and water level change. As seen in the case of allowing the wind to blow until water current reached equilibrium, then dropped wind speed to zero, it found that water level in model domain with averaged depth of 15 m propagated back and forth to the left first and took more than a year to return back to original state. While in the model domain with actual bathymetry such propagation was not existed, but turbulent flow was found instead.

Keywords: Wind-driven flow, Monsoonal wind, Delft3D

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ฉบับนี้จะไม่สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากขาดการช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ขอขอบพระคุณคณาจารย์โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.สุริยัณฑ์ สารสมูล เป็นอย่างสูงที่กรุณาช่วยให้คำแนะนำ คำปรึกษาอันเป็นแนวทางในการทำงาน เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณพี่ ๆ ปริญาโทและเพื่อน ๆ ภายในภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ที่คอยให้คำปรึกษาช่วยเหลือในการทำงาน และเป็นกำลังใจตลอดจนการทำโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ครั้งนี้สำเร็จได้เป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ ห่วงใยและสนับสนุนเสมอมา เป็นแรงบันดาลใจให้ต่อสู้แก้ไขปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ จนผ่านพ้นไปได้ด้วยดี



## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ .....	ก
Abstract .....	ข
กิตติกรรมประกาศ .....	ค
สารบัญ .....	ง
สารบัญรูป .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ช
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการศึกษา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ .....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา .....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง .....	3
2.1 ลักษณะกายภาพอ่าวไทยตอนบน .....	3
2.2 ความลึกท้องน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบน .....	3
2.3 รูปแบบการไหลเวียนกระแสน้ำเนื่องจากลมเหนือผิวน้ำ .....	4
2.4 ลมมรสุม (monsoon wind) .....	4
2.5 การไหลเวียนกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบนเนื่องจากลมมรสุม .....	6
2.6 ข้อมูลจากดาวเทียม .....	6
2.7 แบบจำลอง Delft3D .....	7
2.8 แบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์ .....	7
2.8 พลังงานที่ถูกถ่ายทอดจากลม .....	8
2.9 ทฤษฎี Ekman .....	9
บทที่ 3 วิธีการศึกษา .....	11

3.1	พื้นที่ศึกษา.....	11
3.2	การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล.....	11
3.3	การเตรียมไฟล์เพื่อสร้างแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์.....	12
3.4	การสร้างแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์.....	21
บทที่ 4	ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล.....	22
4.1	ขนาดและทิศทางลม.....	22
4.2	กรณีที่แรงลมพัดอย่างต่อเนื่อง .....	22
4.2.1	เปรียบเทียบแบบจำลองระหว่างลักษณะของลมที่พัดผ่านพื้นที่ศึกษามีขนาดไม่เท่ากับลมพัดผ่านพื้นที่ศึกษามีขนาดเท่ากันทุกจุด.....	22
4.2.2	เปรียบเทียบแบบจำลองที่ลมพัดผ่านพื้นที่ในทิศแกน x และ y กับลมแบบหมุน ที่ความลึกเฉลี่ย.....	26
4.2.4	เปรียบเทียบแบบจำลองที่มีขอบเขตพื้นที่ศึกษารูปปร่างสี่เหลี่ยมกับรูปร่างจริงที่มีความลึกเฉลี่ย.....	27
4.3	กรณีที่ปล่อยให้ลมพัดจนกระแสน้ำมีค่าคงที่จากนั้นลดความเร็วลมเป็นศูนย์.....	29
4.3.1	เปรียบเทียบแบบจำลองที่มีความลึกเฉลี่ยและความลึกจริงในกรณีที่ปล่อยให้ลมพัดจนกระแสน้ำมีค่าคงที่จากนั้นลดความเร็วลมเป็นศูนย์.....	29
4.4	กรณีที่ใช้ทิศทางและขนาดของลมจริง.....	35
4.4.1	เปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองที่ให้แรงลมพัดต่อเนื่องทุกเดือน กับแบบจำลองที่ให้ลมเป็นศูนย์ในเดือนมีนาคมและกันยายน.....	35
บทที่ 5	สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ .....	40
	เอกสารอ้างอิง .....	42

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 รูปแสดงภาพภูมิศาสตร์ประเทศไทย .....	3
2.2 ลักษณะกายภาพพื้นทะเลอ่าวไทยตอนบน .....	4
2.3 แสดงทิศทางและช่วงเวลาการเกิดลมมรสุมในประเทศไทย .....	5
2.4 รูปแสดงการไหลเวียนของน้ำในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ซ้าย) และตะวันออกเฉียงใต้ (ขวา) .....	6
2.5 รูปแสดงการเกิด Ekman spiral และ Ekman transport.....	9
2.6 รูปแสดงกระบวนการ Ekman pumping .....	10
3.1 รูปพื้นที่ศึกษาอ่าวไทยตอนบน.....	11
3.2 รูปแสดงกริดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (ซ้าย) กริดรูปร่างจริง (ขวา).....	12
3.3 รูปแสดงกริดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (ซ้าย) และกริดรูปร่างจริง (ขวา) ที่มีความลึกจริง .....	12
4.1 ทิศทางและขนาดของลมรายเดือนเฉลี่ย 20 ปี .....	22
4.2 รูประดับน้ำและการไหลเวียนของกระแสน้ำแบบ gyre (ลมพัดแกน x).....	23
4.3 รูประดับน้ำและกระแสน้ำที่เกิดการยกตัวของน้ำเนื่องจากขนาดและทิศทางลมคงที่.....	23
4.4 รูปแสดงระดับน้ำและกระแสน้ำแบบทวนเข็มนาฬิกา ก. ลมพัดในทิศแกน x ข. ลมพัดในทิศแกน y ซึ่งทำให้เกิดอ่างน้ำขึ้นที่ใจกลางของ gyre.....	24
4.5 รูปแสดงระดับน้ำและกระแสน้ำแบบตามเข็มนาฬิกา ก. ลมพัดในทิศแกน x ข. ลมพัดในทิศแกน y ซึ่งทำให้เกิดน้ำยกตัวขึ้นที่ใจกลางของ gyre .....	25
4.6 รูปเปรียบเทียบการเกิด gyre ที่เกิดจากกระแสน้ำแบบทวนเข็มนาฬิกา ก. ลมพัดในทิศแกน x ข. ลมพัดในทิศแกน y .....	26
4.7 รูปเปรียบเทียบการเกิด gyre ที่เกิดจากกระแสน้ำแบบตามเข็มนาฬิกา ก. ลมพัดในทิศแกน x ข. ลมพัดในทิศแกน y .....	27
4.8 ก. แบบจำลองรูปสี่เหลี่ยมที่มีความลึกเฉลี่ย ข. แบบจำลองรูปจริงที่มีความลึกเฉลี่ย ค. แบบจำลองรูปจริงที่มีความลึกจริง กระแสน้ำมีทิศทางทวนเข็มนาฬิกา .....	28
4.9 ก. แบบจำลองรูปสี่เหลี่ยมที่มีความลึกเฉลี่ย ข. แบบจำลองรูปจริงที่มีความลึกเฉลี่ย ค. แบบจำลองรูปจริงที่มีความลึกจริง กระแสน้ำมีทิศทางตามเข็มนาฬิกา.....	29
4.10 ก. และ ค. รูปกระแสน้ำและระดับน้ำ ข. และ ง. รูประดับน้ำที่ผิวบริเวณละติจูด 13 องศา เมื่อให้ความเร็วลมเป็นศูนย์ในแบบจำลองที่มีความลึกเฉลี่ย กระแสน้ำแบบทวนเข็มนาฬิกา.....	30
4.11 ก. และ ค. รูปกระแสน้ำและระดับน้ำ ข. และ ง. รูประดับน้ำที่ผิวบริเวณละติจูด 13 องศา เมื่อให้ความเร็วลมเป็นศูนย์ในแบบจำลองที่มีความลึกจริง กระแสน้ำแบบทวนเข็มนาฬิกา .....	31

4.12 ก. และ ค. รูปกระแสน้ำและระดับน้ำ ข. และ ง. รูประดับน้ำที่ผิวบริเวณละติจูด 13 องศา เมื่อให้ความเร็วลมเป็นศูนย์ในแบบจำลองที่มีความลึกเฉลี่ย กระแสน้ำแบบตามเข็มนาฬิกา .....	32
4.13 ก. และ ค. รูปกระแสน้ำและระดับน้ำ ข. และ ง. รูประดับน้ำที่ผิวบริเวณละติจูด 13 องศา เมื่อให้ความเร็วลมเป็นศูนย์ในแบบจำลองที่มีความลึกจริง กระแสน้ำแบบตามเข็มนาฬิกา.....	33
4.14 รูปเปรียบเทียบระดับน้ำที่ผิวบริเวณละติจูด 13 องศา ก. แบบจำลองที่มีความลึกเฉลี่ย ข.แบบจำลองที่มีความลึกจริง กระแสน้ำแบบทวนเข็มนาฬิกา.....	34
4.15 รูปเปรียบเทียบระดับน้ำที่ผิวบริเวณละติจูด 13 องศา ก. แบบจำลองที่มีความลึกเฉลี่ย ข.แบบจำลองที่มีความลึกจริง กระแสน้ำแบบตามเข็มนาฬิกา.....	34
4.16 รูปแสดงกระแสน้ำและระดับน้ำรายเดือนในแบบจำลองที่มีแรงลมพัดต่อเนื่องทุกเดือน.....	35
4.17 รูปแสดงกระแสน้ำและระดับน้ำรายเดือนในแบบจำลองที่มีแรงลมเป็นศูนย์ในเดือน มีนาคมและกันยายน.....	36
4.18 รูปเปรียบเทียบแบบจำลองที่มีแรงลมพัดต่อเนื่องทุกเดือน (ก.) และแรงลมเป็นศูนย์ (ข.) ในเดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม และเมษายน.....	36
4.19 รูปเปรียบเทียบแบบจำลองที่มีแรงลมพัดต่อเนื่องทุกเดือน (ก.) และแรงลมเป็นศูนย์ (ข.) ในเดือนสิงหาคม กันยายน และตุลาคม .....	37
4.20 รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำในแบบจำลองที่ให้ลมเป็นศูนย์ในเดือนกันยายน .....	38
4.21 รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำในแบบจำลองที่ให้แรงลมพัดต่อเนื่องในเดือนกันยายน .....	39

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตารางแสดงภาพกระแสมวลที่ลมนัดในแนวแกน x.....	13
3.2 ตารางแสดงภาพกระแสมวลที่ลมนัดในแนวแกน y .....	16
3.3 ตารางแสดงภาพกระแสมวลที่มีขนาดและทิศทางเท่ากันทั้งหมด .....	19

## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการศึกษา

อ่าวไทยตอนบนมีลักษณะเป็นอ่าวแบบกึ่งปิด ครอบคลุมด้วยพื้นที่จังหวัดชายฝั่งทะเลของ 7 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี (ราชกิจจานุเบกษา, 2502) มีพื้นที่ส่วนที่เป็นน้ำประมาณ 10,150 ตารางกิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศทางกายภาพพบว่าพื้นที่ทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบนมีความลึกประมาณระหว่าง 0-50 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลางและมีความลึกเฉลี่ย 15 เมตร (วิฑูรย์ โชคเฉลิมวัฒน์, 2533)

Buranapratheprat et al. (2006) ศึกษาการไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบนในแต่ละฤดูกาลโดยใช้ข้อมูลลมมรสุมและกระแสน้ำจากน้ำขึ้นน้ำลง พบว่าการไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยได้รับอิทธิพลมาจากลมมรสุม ซึ่งทำให้เกิดการไหลเวียนของกระแสน้ำในรูปแบบทวนเข็มนาฬิกา (counterclockwise circulation) จากชายฝั่งตะวันออกไปทางตะวันตกและไหลออกไปทางด้านทิศใต้ ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และในทางกลับกันในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ก็ทำให้เกิดการไหลเวียนของกระแสน้ำในรูปแบบตามเข็มนาฬิกา (clockwise circulation) จากชายฝั่งทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก

ในระยะเวลาที่ผ่านมาพื้นที่ชายฝั่งบริเวณอ่าวไทยตอนบนถูกพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจ อันจะเห็นได้ว่าการขยายตัวของชุมชนและพื้นที่อุตสาหกรรม รวมถึงท่าเรือน้ำลึกทางฝั่งตะวันออก ซึ่งทำให้มีการเดินเรือขนส่งสินค้าผ่านอ่าวไทยเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้บริเวณอ่าวไทยตอนบนยังเป็นพื้นที่สำหรับการท่องเที่ยวที่จะมีนักท่องเที่ยวหลังไหลเข้ามาตลอดปี อีกทั้งยังเป็นแหล่งประมงและแหล่งจับสัตว์น้ำอันเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญ อาทิ หอยแมลงภู่ หอยนางรม ปูม้า และปลากะพง ฯลฯ (Buranapratheprat, Yanagi and Sawangwong, 2002) กิจกรรมทั้งหลายเหล่านี้สามารถส่งผลกระทบต่อกันได้โดยมีกระแสน้ำเป็นตัวนำพาไป เช่น การพัดพาสารพิษหรือน้ำมันไปยังแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ การแพร่กระจายของธาตุและสารอาหาร การเคลื่อนที่ของตะกอนชายฝั่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเส้นชายฝั่ง เป็นต้น

จากการศึกษาของรูปแบบการไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบนด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ของ Buranapratheprat et al. (2006) และนักวิจัยอื่น ๆ ที่พบรูปแบบการไหลเวียนมีการเปลี่ยนแปลงตามรูปแบบลมที่แตกต่างกัน แต่งานวิจัยเหล่านั้นยังไม่มีการศึกษาในเชิงรายละเอียดว่ารูปแบบลมที่เปลี่ยนแปลงไปในรูปแบบต่าง ๆ และลักษณะความลึกของพื้นที่ท้องน้ำ ส่งผลต่อรูปแบบการไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบนอย่างไร ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษารูปแบบการไหลเวียนของกระแสน้ำซึ่งได้รับอิทธิพลจากรูปแบบของลมในรูปแบบต่าง ๆ รวมทั้งลักษณะความลึกของพื้นที่ท้องน้ำในรูปแบบต่าง ๆ ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้จะช่วยทำให้เข้าใจกลไกการเกิดรูปแบบการไหลเวียนของกระแสน้ำที่พบในอ่าวไทยตอนบนที่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูได้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงและกลไกการไหลเวียนกระแส น้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบน ที่เกิดเนื่องจากอิทธิพลของลม (ทิศทางและขนาด) และอิทธิพลของลักษณะความลึกท้องน้ำด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

## 1.3 ขอบเขตการศึกษา

สร้างแบบจำลองของรูปแบบการไหลของกระแสน้ำเนื่องจากอิทธิพลของลม ความลึกและเส้นชายฝั่งในรูปแบบต่าง ๆ ครอบคลุมพื้นที่บริเวณอ่าวไทยตอนบนซึ่งตั้งอยู่ระหว่างละติจูด  $12.6^{\circ}\text{N}$  ถึง  $13.5^{\circ}\text{N}$  และลองจิจูด  $99.9^{\circ}\text{E}$  ถึง  $101.1^{\circ}\text{E}$

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนกระแสน้ำ รวมถึงกลไกการเกิดรูปแบบการไหลเวียนของกระแสน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบน ซึ่งได้รับอิทธิพลมาจากการเปลี่ยนทิศทางของกระแสลม และความลึกท้องน้ำ

## บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ลักษณะกายภาพอ่าวไทยตอนบน

อ่าวไทยตอนบนมีลักษณะเป็นอ่าวตื้นแบบกึ่งปิด โดยมีรูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมกว้างประมาณ 100km×100km ตั้งอยู่ในบริเวณละติจูดต่ำ ( $\sim 12.5^{\circ}\text{N}$ – $13.5^{\circ}\text{N}$ ) ที่ด้านบนสุดของอ่าวไทย ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมและแม่น้ำที่ไหลลงมาทั้งหมด 4 สาย ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำบางปะกง และแม่น้ำท่าจีน (Saramul and Ezer, 2014) (รูปที่ 2.1)

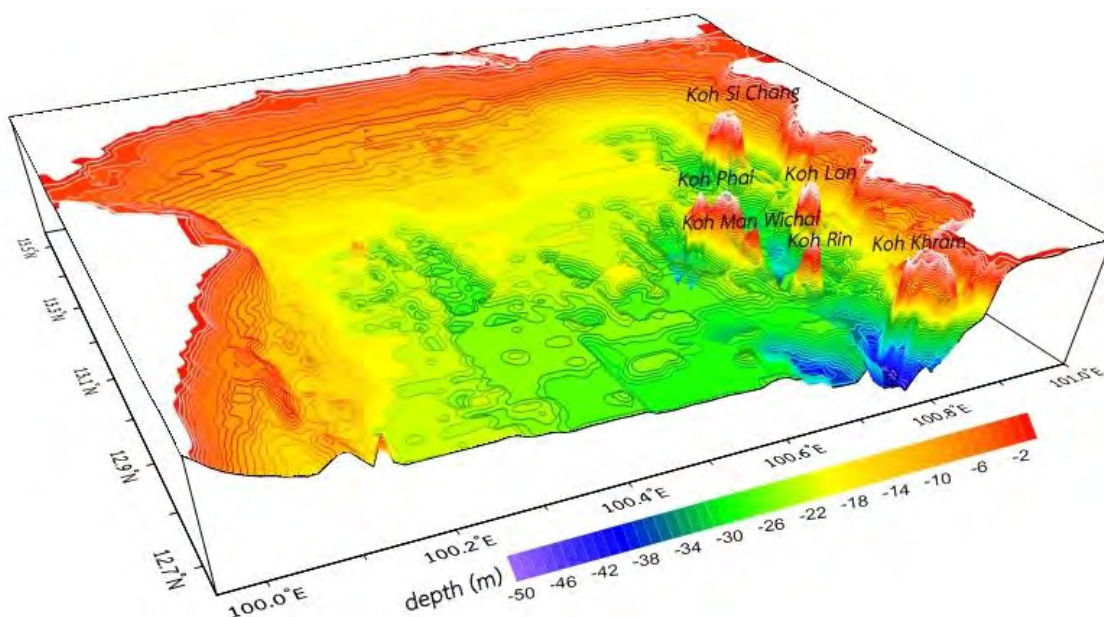


รูปที่ 2.1 รูปแสดงภาพภูมิศาสตร์ประเทศไทย (Earth Explorer (USGS), 2019)

### 2.2 ความลึกท้องน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบน

ภาพตัดขวางพื้นน้ำทะเลของอ่าวไทยตอนบนมีลักษณะทั่วไปค่อนข้างราบเรียบจากปากแม่น้ำออกสู่ทะเลและบริเวณกลางอ่าวแล้วลาดเทสู่ด้านล่างของอ่าว โดยพื้นที่ด้านทิศเหนือและทิศตะวันตกเป็นที่พื้นที่ราบเรียบกว่าด้านทิศใต้และทิศตะวันออก ลักษณะภูมิประเทศกายภาพพื้นทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบน (รูปที่ 2.2) มีความลึกประมาณระหว่าง 0-50 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง พื้นที่ชายฝั่งมีความลาดเทต่ำมาก พื้นทะเลด้านทิศตะวันออกมีความลึกมากกว่าด้านตะวันตกและด้านเหนืออย่างชัดเจน และด้านทิศตะวันออกของพื้นที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นเนินสลับกับแอ่งวางตัวในแนวเหนือใต้โดยเฉพาะบริเวณรอบเกาะมีลักษณะเป็นร่องน้ำ (เผชญิโชค จินตเศรษฐีและคณะ, 2561) มีความลึกเฉลี่ยประมาณ 15 เมตร (Saramul and Ezer, 2014)





รูปที่ 2.2 ลักษณะกายภาพพื้นทะเลอ่าวไทยตอนบน (เผชญ์โชค จินตเศรษฐีและคณะ, 2561)

### 2.3 รูปแบบการไหลเวียนกระแสน้ำเนื่องจากลมเหนือผิวน้ำ

จากการศึกษาการไหลเวียนของกระแสน้ำตามฤดูกาลโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่า กระแสน้ำเนื่องจากลมมีอิทธิพลหลักต่อการไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทย โดยพบว่าลมในช่วงมรสุมทำให้เกิดการไหลของน้ำเป็นวง (eddy) (Yanagi and Takao, 1998)

### 2.4 ลมมรสุม (monsoon wind)

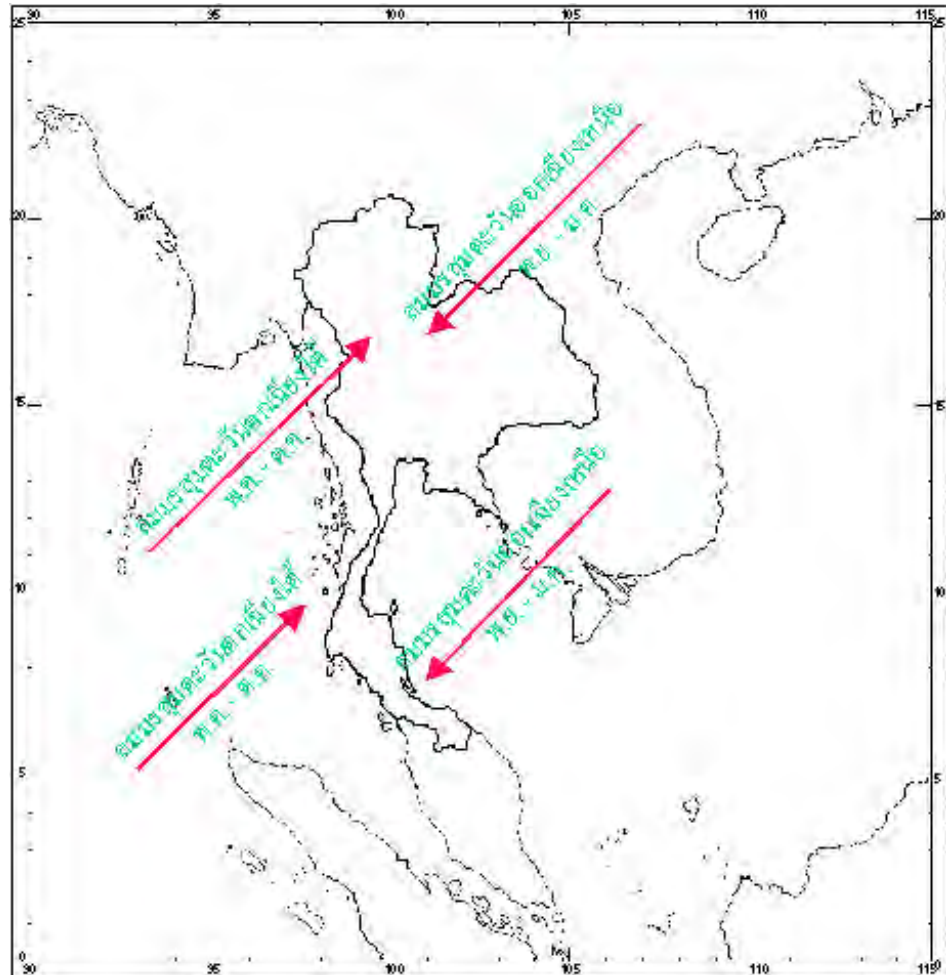
เป็นการหมุนเวียนส่วนหนึ่งของลมที่พัดตามฤดูกาล คือลมประจำฤดูเป็นลมที่มีทิศทางแน่นอนและสม่ำเสมอ ประเทศไทยอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุม 2 ชนิด คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ดังรูปที่ 2.3 (พงษ์สิทธิ์ ผลสมบูรณ์, 2561)

#### 2.4.1 ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeast monsoon)

มรสุมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงบนซีกโลกเหนือ แถบประเทศมองโกเลียและจีน จึงพัดพาเอามวลอากาศเย็นและความชุ่มชื้นเข้ามาในประเทศไทย ซึ่งจะพัดปกคลุมประเทศไทยประมาณ กลางเดือนตุลาคม จนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ทำให้ท้องฟ้าโปร่ง อากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งทั่วไป โดยเฉพาะภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนภาคใต้จะมีฝนชุกโดยเฉพาะภาคใต้ฝั่งตะวันออก (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557)

#### 2.4.2 ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (Southwest monsoon)

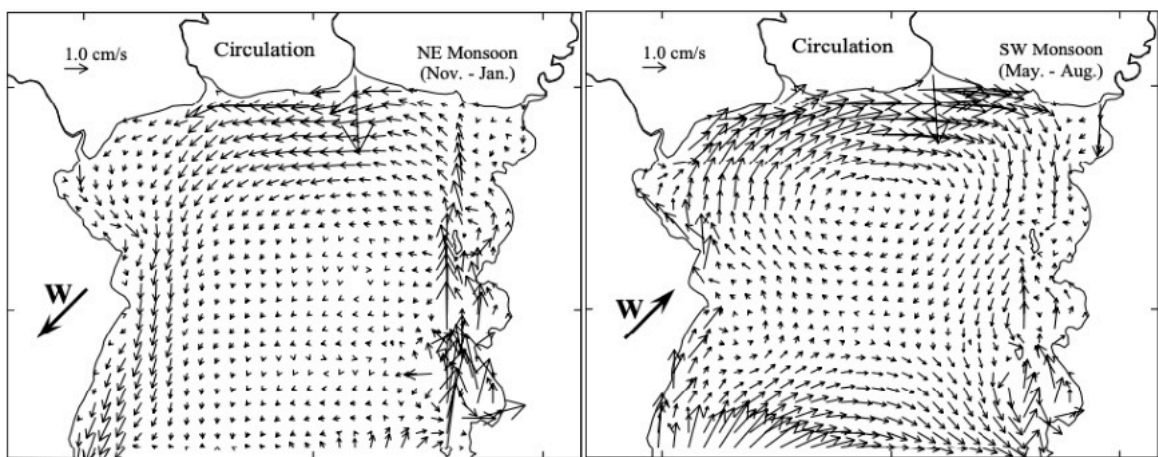
มรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย ระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม โดยมีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูง ในซีกโลกใต้บริเวณมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งพัดออกจากศูนย์กลางเป็นลมตะวันออกเฉียงใต้ และเปลี่ยนเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตร มรสุมนี้จะนำมวลอากาศชื้นจากมหาสมุทรอินเดียมาสู่ประเทศไทย ทำให้มีเมฆมากและฝนชุกทั่วไป (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557)



รูปที่ 2.3 แสดงทิศทางและช่วงเวลาการเกิดลมมรสุมในประเทศไทย (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557)

## 2.5 การไหลเวียนกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบนเนื่องจากลมมรสุม

กระแสน้ำทั่วพื้นที่อ่าวไทยตอนบนมีรูปแบบการไหลเวียนแบบทวนเข็มนาฬิกา (counterclockwise) เกิดขึ้นในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และจะเกิดเป็นกระแสน้ำแบบตามเข็มนาฬิกา (clockwise) ในช่วงของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ แต่ทั้งนี้ในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ก็สามารถพบการเกินกระแสน้ำแบบทวนเข็มนาฬิกาได้ ซึ่งอาจมีผลมาจากการลมหัดเหนือพื้นที่อ่าวไทยไม่สม่ำเสมอ หรือมีการแทรกตัวของน้ำจากภายนอกเข้ามาทางด้านตะวันออกของอ่าว จากการศึกษายังพบว่าการไหลเวียนของน้ำบริเวณตอนเหนือและตะวันตกของอ่าวมีความซับซ้อนน้อยกว่ากระแสน้ำทางด้านตะวันออก เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของชายฝั่งและมีเกาะ (Buranapratheprat, 2008) ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 รูปแสดงการไหลเวียนของน้ำในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ซ้าย) และตะวันออกเฉียงใต้ (ขวา) (Buranapratheprat, 2008)

## 2.6 ข้อมูลจากดาวเทียม

ข้อมูล (Dee et al., 2011) ERA-Interim หรือ reanalysis คือชุดข้อมูลวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศ ใช้แบบระบบพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข (NWP) (IFS - CY31r2) ประกอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน 4 มิติ (4D-Var) พร้อมหน้าต่างการวิเคราะห์ 12 ชั่วโมง ความละเอียดเชิงพื้นที่ของชุดข้อมูลอยู่ที่ประมาณ 80 กม. (T255 spectrum) ในระดับ 60 ในแนวตั้งจากพื้นผิวถึง 0.1 hPa ชุดข้อมูล ERA-Interim ประกอบด้วยตัวแปรทั้งในระดับชั้นบรรยากาศและระดับพื้นผิว ได้แก่

- 6-hourly atmospheric fields on model levels, pressure levels
- potential temperature and potential vorticity
- 3-hourly surface fields and daily vertical integrals
- Monthly averages of daily means
- Synoptic monthly averages at 00 UTC, 06 UTC, 12 UTC, 18 UTC

### 2.6.1 Monthly means of daily means

ถูกสร้างขึ้นเพื่อวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ยจากค่าเฉลี่ยรวมรายเดือนของชั่วโมงที่ 00, 06, 12 และ 18 UTC และพยากรณ์ข้อมูลแบบทันที (ค่าเฉลี่ยจากสี่ค่าเฉลี่ยรวมรายเดือนที่ทุก ๆ 6 และ 12 ชั่วโมง) (Berrisford, 2011)

## 2.7 แบบจำลอง Delft3D

ชุดโปรแกรม Delft3D คือโปรแกรมเพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วยชุดของโมดูล (ส่วนประกอบ) หลาย ๆ ชุด เช่น โมดูลเพื่อคำนวณกระแส น้ำ (Flow), การเคลื่อนที่ของตะกอน (Sediment transports), คลื่น (Waves) และคุณภาพน้ำ (Water quality) เป็นต้น ซึ่งแต่ละชุดครอบคลุมช่วงของปัญหาการวิจัยหรือทางวิศวกรรม แต่ละโมดูลสามารถดำเนินการได้อย่างอิสระหรือใช้ร่วมกับโมดูลอื่นอย่างน้อยหนึ่งโมดูล การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างโมดูลมีให้โดยใช้ไฟล์การสื่อสาร แต่ละโมดูลจะเขียนผลลัพธ์ที่โมดูลอื่นต้องการไปยังไฟล์การสื่อสารนี้และอ่านข้อมูลที่ต้องการจากโมดูลอื่น ๆ หรือจากไฟล์อื่น ๆ นอกจากนี้โมดูลแต่ละชุดไฟล์จะประกอบด้วยผลลัพธ์ของการคำนวณ เพื่อใช้สำหรับการสร้างภาพและภาพเคลื่อนไหวของผลลัพธ์ที่ได้

Delft3D-FLOW เป็นหนึ่งในโมดูลของชุดโปรแกรม Delft3D เป็นโปรแกรมจำลองอุทกพลศาสตร์หลายมิติ (2D หรือ 3D) ซึ่งคำนวณการไหลที่ไม่คงที่และปรากฏการณ์เคลื่อนที่ของของไหล ซึ่งถูกขับเคลื่อนด้วยกระแสและสภาพทางอุทกนิยมนิยามบนพื้นที่มีขอบเขตแน่นอน (เป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้ง) (Delterres, 2014)

## 2.8 แบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์

Lesser et al. (2004) ได้อธิบายสมการของโมดูล Flow ใน Delft3D เอาไว้ ได้สมการตามแกน x และ y ดังนี้

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + C_f \frac{\bar{u} |\sqrt{\bar{u}^2 + \bar{v}^2}|}{h} - v \left( \frac{\partial \bar{u}}{\partial x^2} + \frac{\partial \bar{u}}{\partial y^2} \right) - f_{cor} v = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \bar{v}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + C_f \frac{\bar{v} |\sqrt{\bar{u}^2 + \bar{v}^2}|}{h} - v \left( \frac{\partial \bar{v}}{\partial x^2} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y^2} \right) + f_{cor} U = 0 \quad (2)$$

$$C_f = \frac{g}{c^2} \quad (3)$$

กำหนดให้

$\zeta$	= ระดับน้ำทะเล	(เมตร)
$h$	= ความลึกน้ำ	(เมตร)
$\bar{u}$ และ $\bar{v}$	= depth average velocity แนวแกน x และ y	(m/s)
$g$	= ค่าความโน้มถ่วง	(m <sup>2</sup> /s)

$f_{cor}$	= Coriolis parameter	(1/s)
$C$	= 2D Chézy coefficient	(m <sup>1/2</sup> /s)
$C_f$	= friction coefficient	(-)

## 2.8 พลังงานที่ถูกถ่ายทอดจากลม

พลังงานที่ถูกถ่ายทอดจากลม ให้ A เป็นตัวแทนของการเกิดคลื่นแบบเชิงเส้นซึ่งอธิบายโดย Cavaleri and Malanotte-Rizzoli (1981) ดังแสดงในสมการที่ (4-6)

$$A = \frac{1.5 \times 10^{-3}}{2\pi g^2} (U^* \max[0, \cos(\theta - \theta_w)])^4 H \quad (4)$$

$$H = \exp\left\{-\left(\frac{\sigma}{\sigma_{PM}^*}\right)^{-4}\right\} \quad (5)$$

$$\sigma_{PM}^* = \frac{0.13g}{28U_*} 2\pi \quad (6)$$

B เป็น ตัวแทนของการเกิดคลื่นแบบเอกซ์โพเนนเชียล (exponential) ดังแสดงในสมการที่ (7) (Komen et al., 1984)

$$B = \max[0, 0.25 \frac{\rho_a}{\rho} (28 \frac{U_*}{c_{ph}} \cos(\theta - \theta_w) - 1)] \sigma \quad (7)$$

กำหนดให้

$U^*$  = คือความเร็วลมเฉือน (friction velocity)

$\theta_w$  = คือทิศทางลม

$\sigma_{PM}^*$  = ความถี่สูงสุดของ fully developed sea state ซึ่งอธิบายโดย Pierson and Moskowitz (1964)

$C_{ph}$  = เฟสความเร็ว

$\rho_a$  = ความหนาแน่นของอากาศ

$\rho$  = ความหนาแน่นของน้ำ

ลมที่ใช้ในสมการเป็นข้อมูลลมที่ความสูง 10 เมตรจากระดับน้ำทะเล ( $U_{10}$ ) ซึ่งจะถูกคำนวณเป็น friction velocity ( $U^*$ ) (Wu, 1982) ดังแสดงในสมการที่ (8)

$$U_*^2 = C_D U_{10}^2 \quad (8)$$

เมื่อ  $C_D$  คือ drag coefficient ตามเงื่อนไขดังแสดงในสมการที่ (8)

$$C_D(U_{10}) = \begin{cases} 1.275 \times 10^{-3} & ; U_{10} < 7.5 \text{ (m/s)} \\ (0.8 + 0.065 \times U_{10}) \times 10^{-3} & ; U_{10} \geq 7.5 \text{ (m/s)} \end{cases} \quad (9)$$

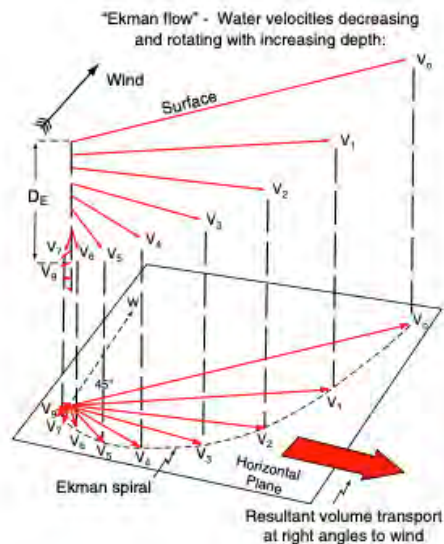
## 2.9 ทฤษฎี Ekman

Ekman (1905) ได้พิจารณาความกุดตันของลมที่คงที่กระทำเหนือมหาสมุทรที่ลึกและกว้างไม่จำกัด (ไม่มีแรงเสียดทานด้านล่างและไม่มีขอบเขต) โดยไม่มีคำนึงถึงความดันและความหนาแน่นของน้ำ พบว่าความสมดุลระหว่างแรงโคลีโอลิส ความหนืด ความเสียดทานและผลต่างของความดัน ทำให้น้ำชั้นบนสุดในบริเวณมหาสมุทรซีกโลกเหนือมีการเคลื่อนตัวทำมุม 45 องศา กับทิศทางลม ส่วนน้ำในชั้นถัดมาก็จะมีการเคลื่อนตัวไปทางขวาของน้ำชั้นบนไปเรื่อย ๆ เรียกว่า Ekman spiral และการเคลื่อนที่ของมวลน้ำสุทธิจะเคลื่อนที่ไปด้านขวาโดยทำมุม 90 องศากับทิศทางของลม เรียกการเคลื่อนที่ของน้ำนี้ว่า Ekman transport (รูปที่ 2.5) สมการของโมเมนตัมแนวนอนของ Ekman สามารถอธิบายได้ดังแสดงในสมการที่ (10)

$$2\Omega \times u = -\frac{1}{\rho}\nabla p + \frac{1}{\rho}\partial_z\tau(z) \quad (10)$$

กำหนดให้

$\Omega$	= Earth's rotation rate
$u$	= กระแสน้ำในแนวราบ
$\rho$	= ความหนาแน่นของน้ำ
$p$	= ความดัน
$z$	= Vertical coordinate
$\tau$	= Turbulence stress



รูปที่ 2.5 รูปแสดงการเกิด Ekman spiral และ Ekman transport (Talley et al., 2011)

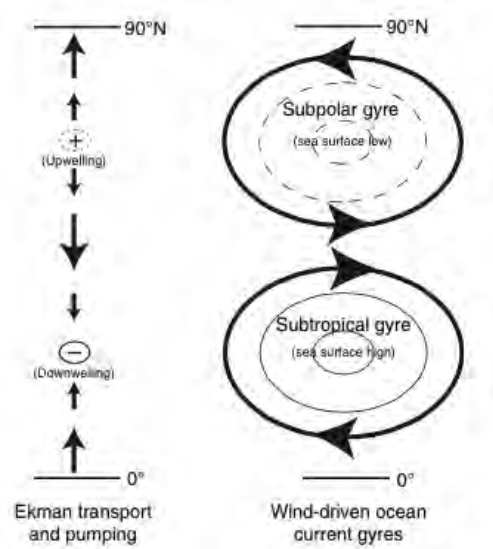
### 2.9.1 Ekman pumping

คือการเคลื่อนที่ของน้ำมีทิศทางขึ้นไปด้านบน (upwelling) หรือจมลง (downwelling) ที่บริเวณมวลน้ำที่ชั้นน้ำด้านบนสุด เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากลมที่พัดผ่านผิวน้ำ (Ekman transport) ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสมการที่ (11) Ekman pumping ( $W_E$ ) แบ่งออกเป็นสองกรณีได้แก่ Divergence Ekman pumping คือการเคลื่อนที่ออกจากกันของของไหล ทำให้เกิดแอ่งที่ผิวน้ำบริเวณใจกลางของการไหลเวียนของกระแสน้ำแบบทวนเข็มนาฬิกา และเคลื่อนที่ออกจากกันของน้ำที่ผิวจะทำให้ น้ำด้านล่างเคลื่อนที่ขึ้นมาแทน (upwelling) และ Convergence Ekman pumping คือการเคลื่อนที่เข้าหากันของของไหล ทำให้เกิดการยกตัวขึ้นที่ผิวน้ำบริเวณใจกลางของการไหลเวียนของกระแสน้ำแบบตามเข็มนาฬิกา และในที่สุดน้ำมวลน้ำที่เคลื่อนที่เข้าหากันจะจมตัวลงไปด้านล่าง (downwelling) (Bogden and Edwards, 2011) ดังแสดงในรูปที่ 2.6

$$W_{\text{Ekman}} = \text{curl}(\tau_w/\rho f) \quad (11)$$

กำหนดให้

$$\text{curl}(\tau_w/\rho f) = \text{curl of surface wind-stress}$$



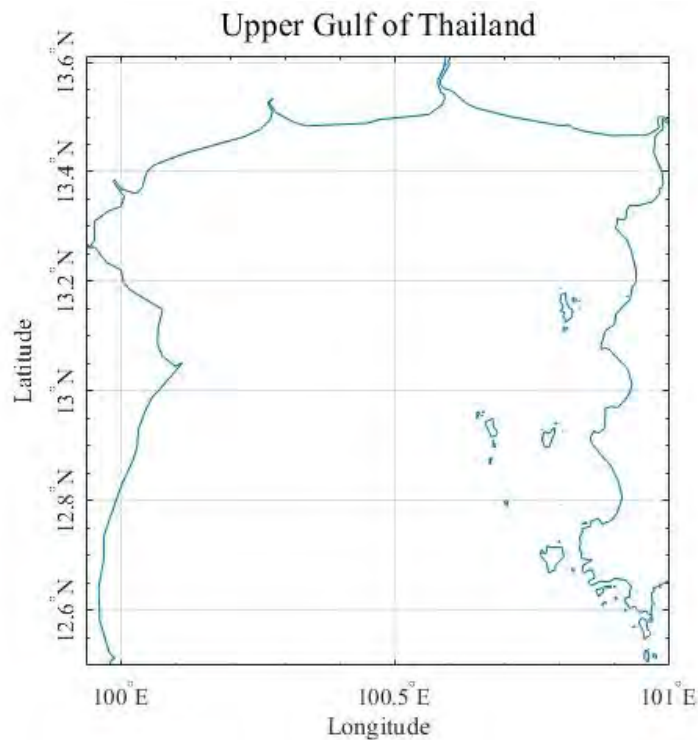
รูปที่ 2.6 รูปแสดงกระบวนการ Ekman pumping (Chereskin and Price, 2019)

### บทที่ 3 วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาการไหลเวียนของน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบนเนื่องจากกระแสลม และความลึกที่องน้ำ ด้วยแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ Delft3D แบ่งออกเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เตรียมไฟล์เพื่อสร้างแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ และสร้างแบบจำลองอุทกพลศาสตร์

#### 3.1 พื้นที่ศึกษา

อ่าวไทยตอนบนครอบคลุมพื้นที่ระหว่างละติจูด  $12.6^{\circ}\text{N}$  ถึง  $13.5^{\circ}\text{N}$  และลองจิจูด  $99.9^{\circ}\text{E}$  ถึง  $101.1^{\circ}\text{E}$  (รูปที่ 3.1)



รูปที่ 3.1 รูปพื้นที่ศึกษาอ่าวไทยตอนบน

#### 3.2 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.1 ข้อมูลลม ใช้ข้อมูล ERA-Interim (แบบ Monthly means of daily means) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540-2561 รวมทั้งหมด 20 ปี ครอบคลุมพื้นที่อ่าวไทยตอนบน โดยสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ของ ECMWF (<https://ecmwf.int/>) ข้อมูลลมที่ได้นำมาหาค่าเฉลี่ยขนาด (เฉลี่ยรายเดือนตุลาคม-กุมภาพันธ์ และเดือนเมษายน-สิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ตามลำดับ) และทิศทาง

3.2.2 ข้อมูลความลึกที่องน้ำ ดิจิไตส์ความลึกที่องน้ำจากจากแผนที่เดินเรือระหว่าง 001 ประจวบคีรีขันธ์ถึงเกาะจวง



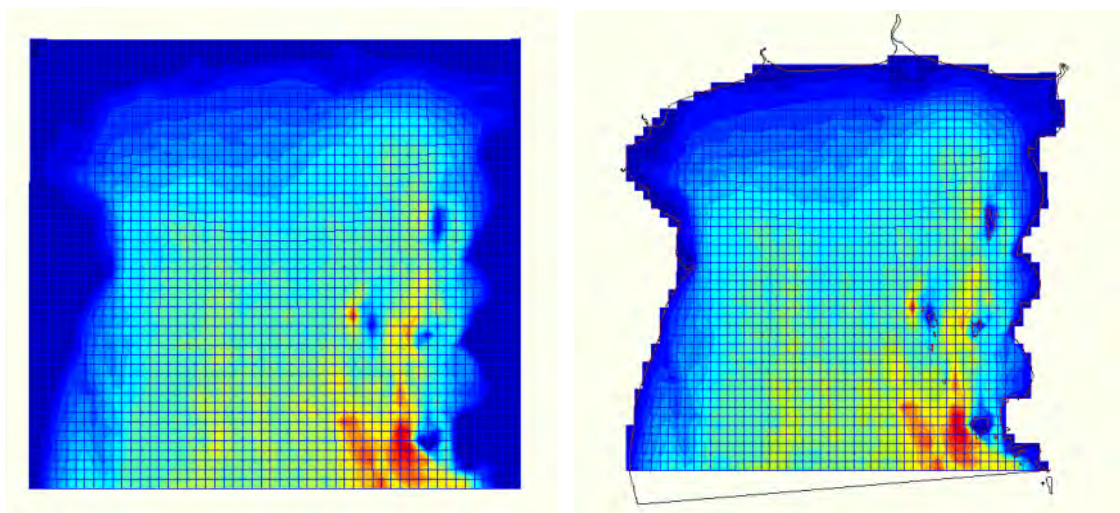
### 3.3 การเตรียมไฟล์เพื่อสร้างแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์

3.3.1 การเตรียมกริด เตรียมกริดในโปรแกรม RGFGRID ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในโปรแกรมของ Delft3D โดยได้เตรียมกริดเป็นสองรูปแบบ ได้แก่ กริดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และรูปร่างจริง (รูปทรงของอ่าวไทยตอนบน) ซึ่งใช้ข้อมูลเส้นชายฝั่งที่ดิจิไตส์ได้จากข้อ 3.2.2 เป็นตัวกำหนดขอบเขตในแบบจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 รูปแสดงกริดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (ซ้าย) กริดรูปร่างจริง (ขวา)

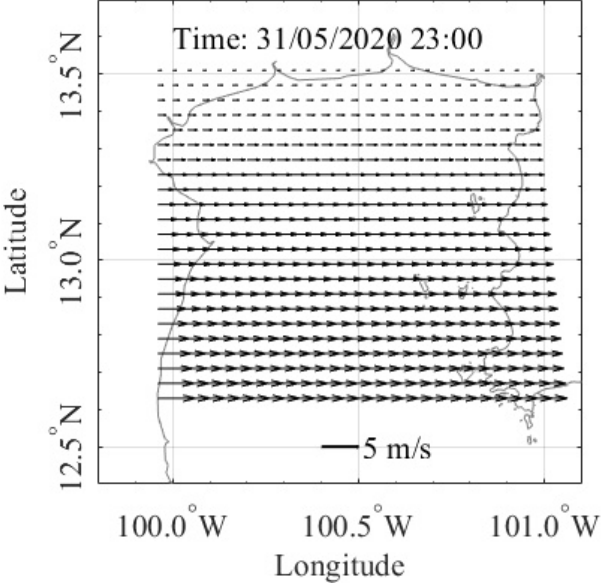
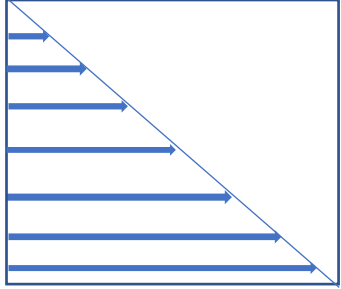
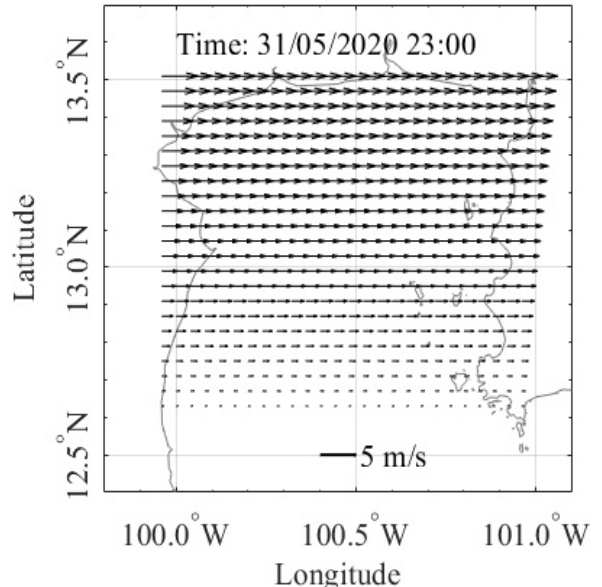
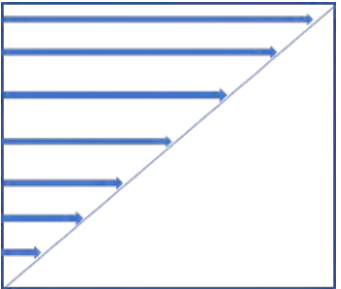
3.3.2 การเตรียมความลึกท้องน้ำ แบ่งออกเป็นสองกรณี ได้แก่ การเตรียมความลึกเฉลี่ย 15 เมตร โดยประมาณค่าความลึกลงในกริดในข้อ 3.3.1 และ ความลึกท้องน้ำจริงในบริเวณอ่าวไทยตอนบน (รูปที่ 3.3) ทำโดยนำความลึกท้องน้ำที่ได้จากการดิจิไตส์จากแผนที่เดินเรือดังที่กล่าวไว้ในข้อ 3.2.2 มาประมาณค่าความลึกลงในกริดที่เตรียมไว้ในข้อ 3.3.1 โดยทั้งสองกรณีทำด้วยโปรแกรม QUICKIN ของ Delft3D

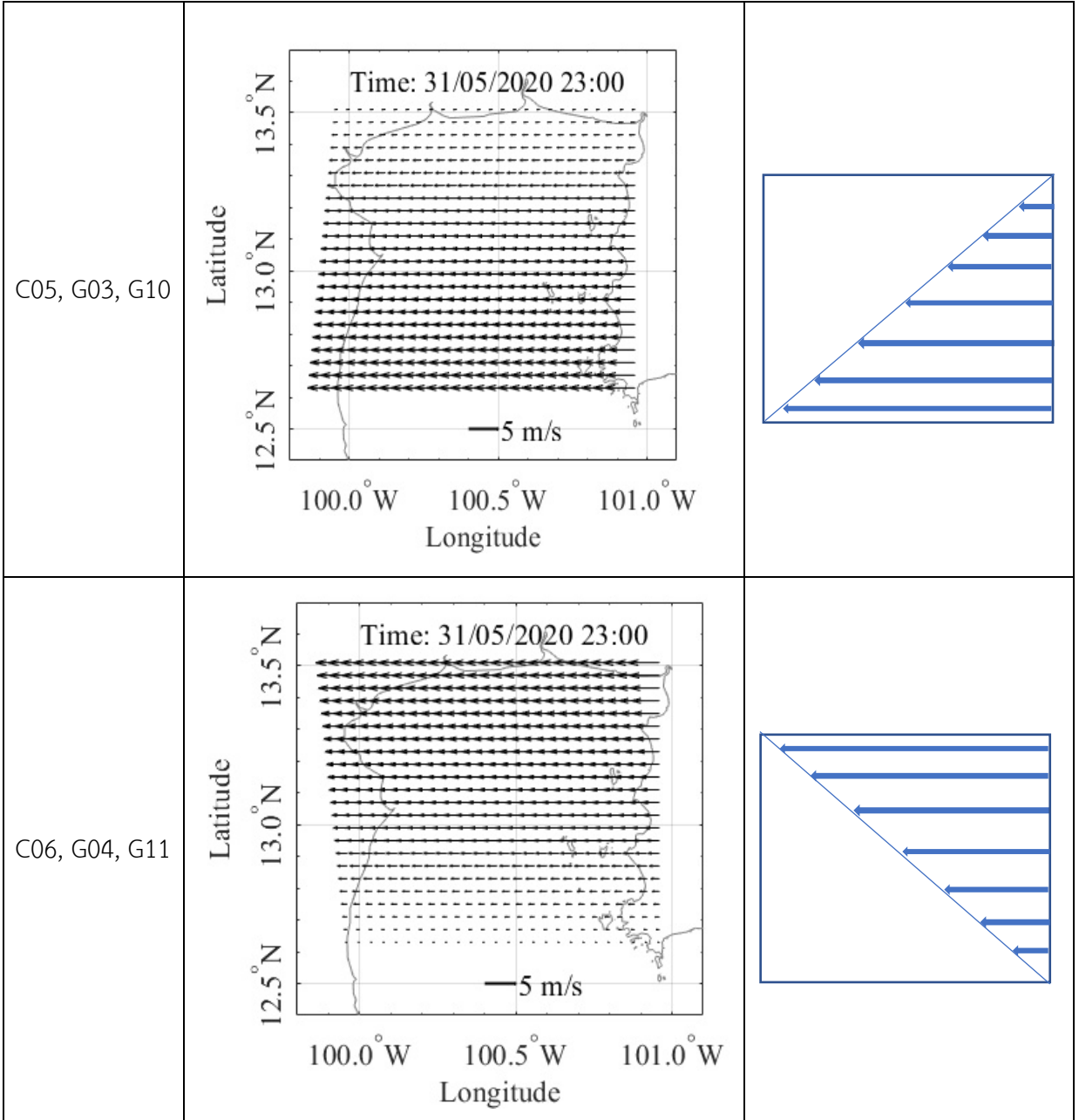


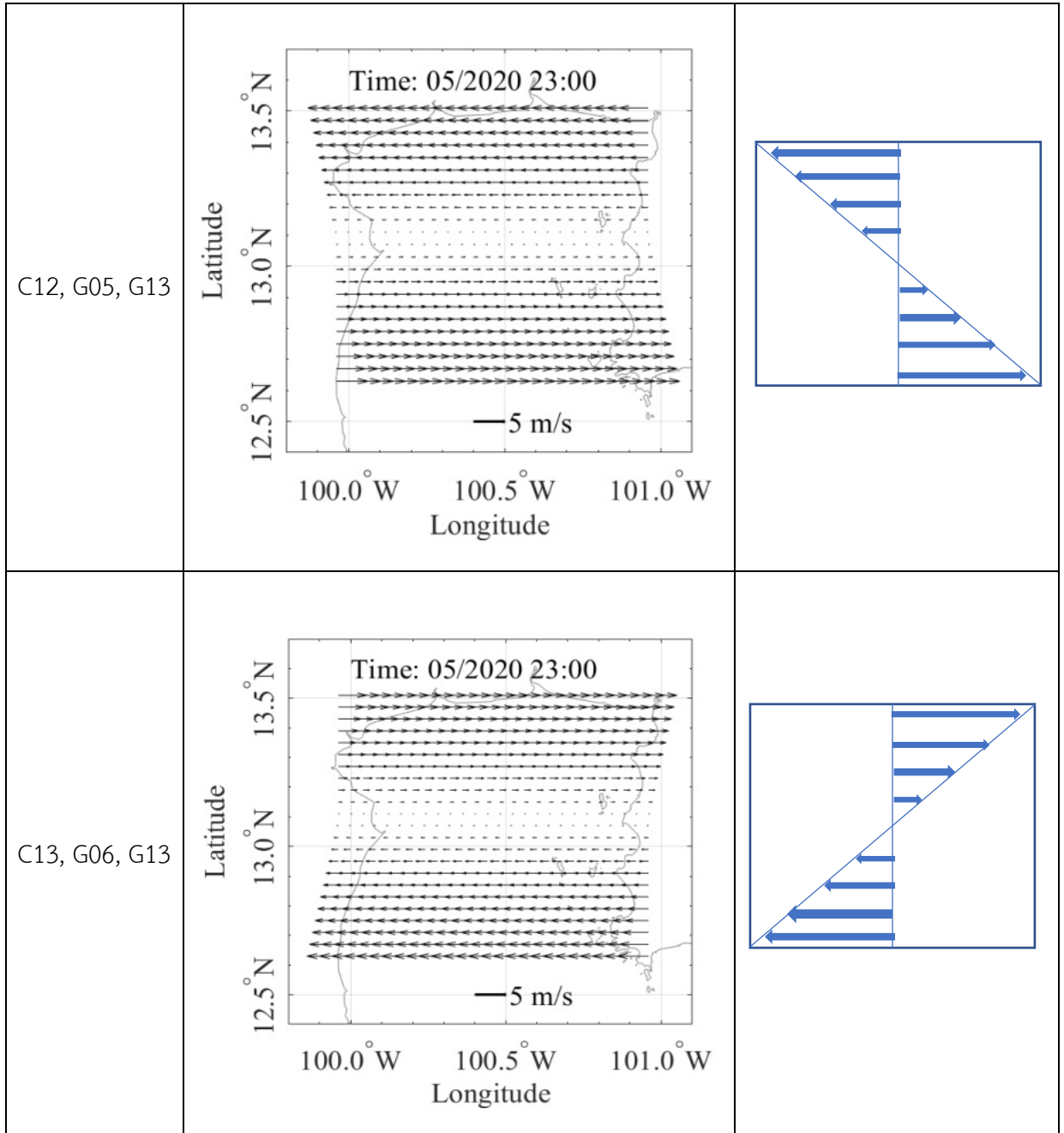
รูปที่ 3.3 รูปแสดงกริดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (ซ้าย) และกริดรูปร่างจริง (ขวา) ที่มีความลึกจริง

3.3.2 การเตรียมลม ใช้ขนาดของลมมากที่สุด 5 m/s โดยจะแบ่งเป็นแบบจำลองที่มีลมพัดในทิศแกน x (ตารางที่ 3.1), แกน y (ตารางที่ 3.2), ทิศลมแบบหมุน (spinning), ลมที่มีขนาดและทิศทางเท่ากันทั้งหมด (ตารางที่ 3.3) และ ลมที่มีทิศทางและขนาดจริง

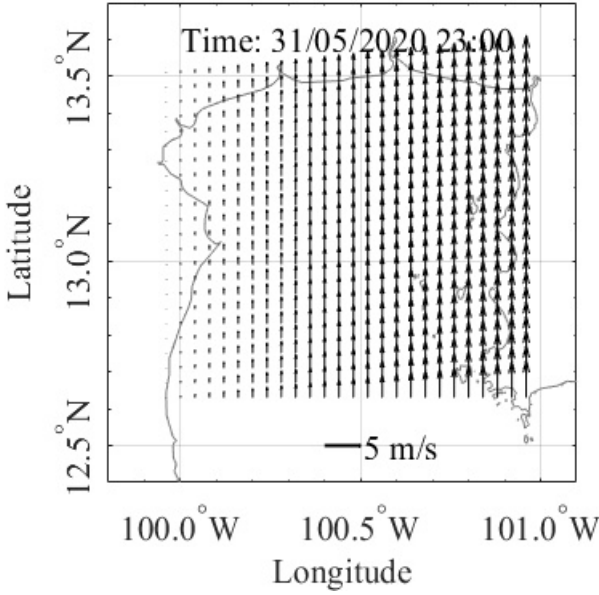
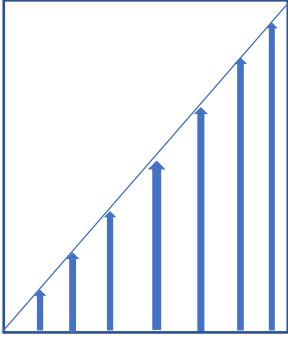
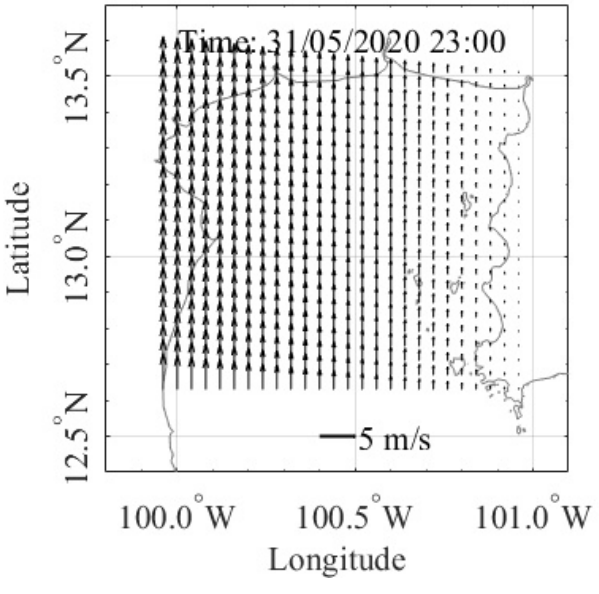
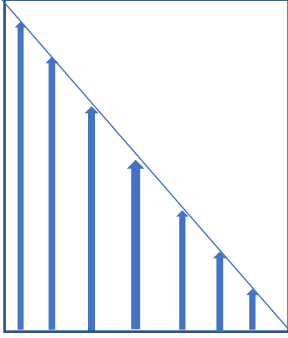
ตาราง 3.1 ตารางแสดงภาพกระแสลมที่ลมพัดในแนวแกน x

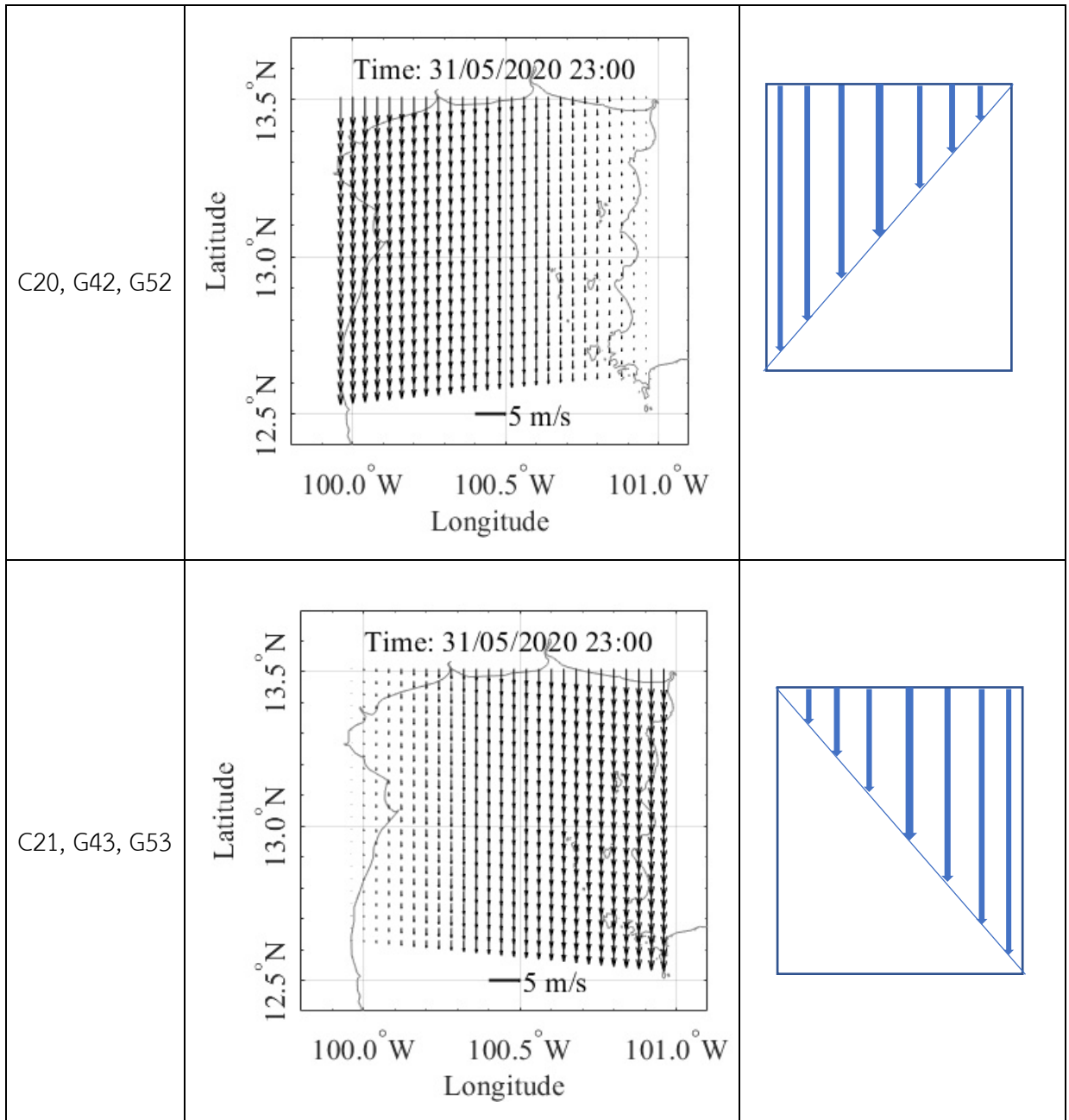
Case	ภาพกระแสลมในพื้นที่ศึกษา	ภาพรูปแบบกระแสลม
C01, G01, G08		
C04, G02, G09		

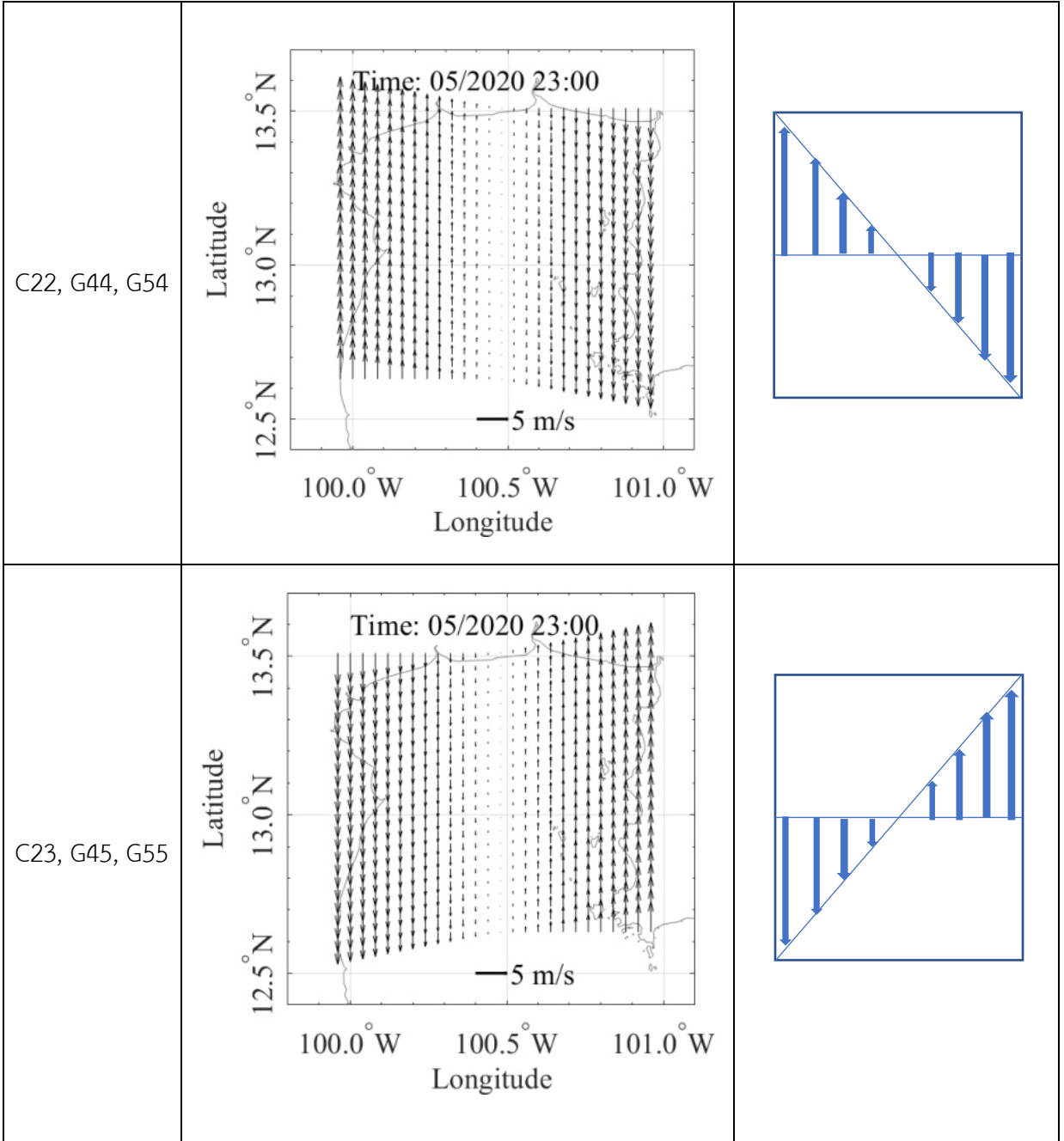




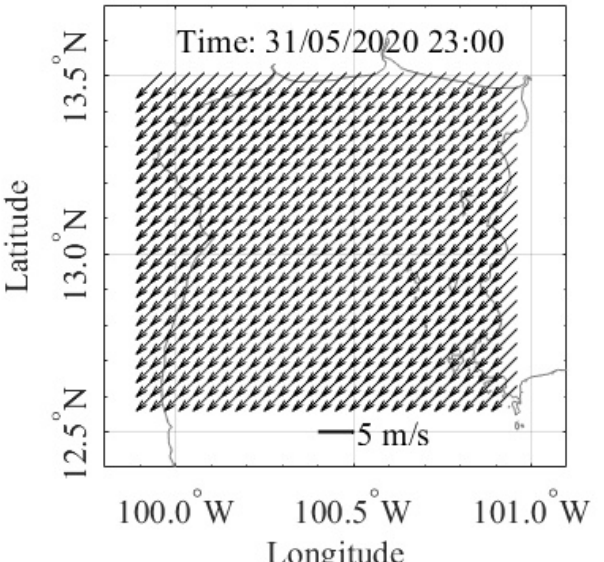
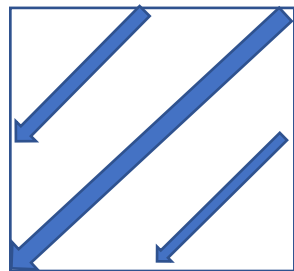
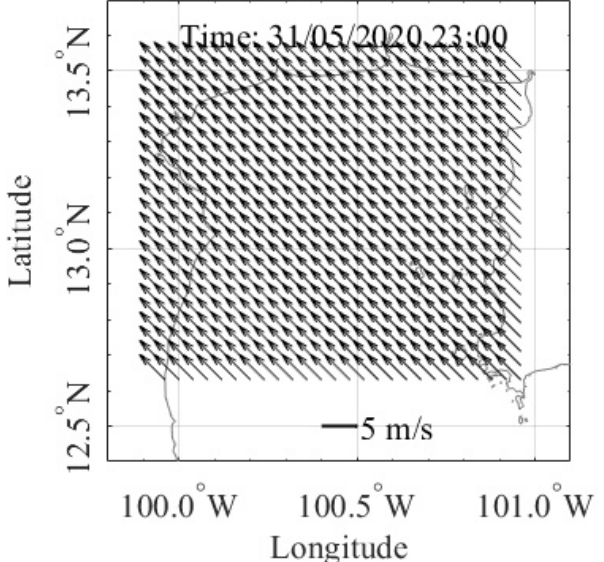
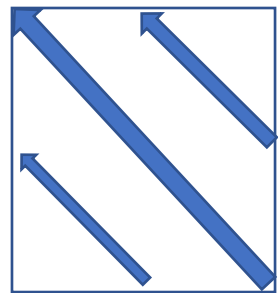
ตาราง 3.2 ตารางแสดงภาพกระแสที่ลมนพัดในแนวแกน y

Case	ภาพกระแสลมในพื้นที่ศึกษา	ภาพรูปแบบกระแสลม
C18, G40, G50	 <p>Time: 31/05/2020 23:00</p> <p>Latitude</p> <p>13.5° N</p> <p>13.0° N</p> <p>12.5° N</p> <p>100.0° W 100.5° W 101.0° W</p> <p>Longitude</p> <p>5 m/s</p>	
C19, G41, G51	 <p>Time: 31/05/2020 23:00</p> <p>Latitude</p> <p>13.5° N</p> <p>13.0° N</p> <p>12.5° N</p> <p>100.0° W 100.5° W 101.0° W</p> <p>Longitude</p> <p>5 m/s</p>	

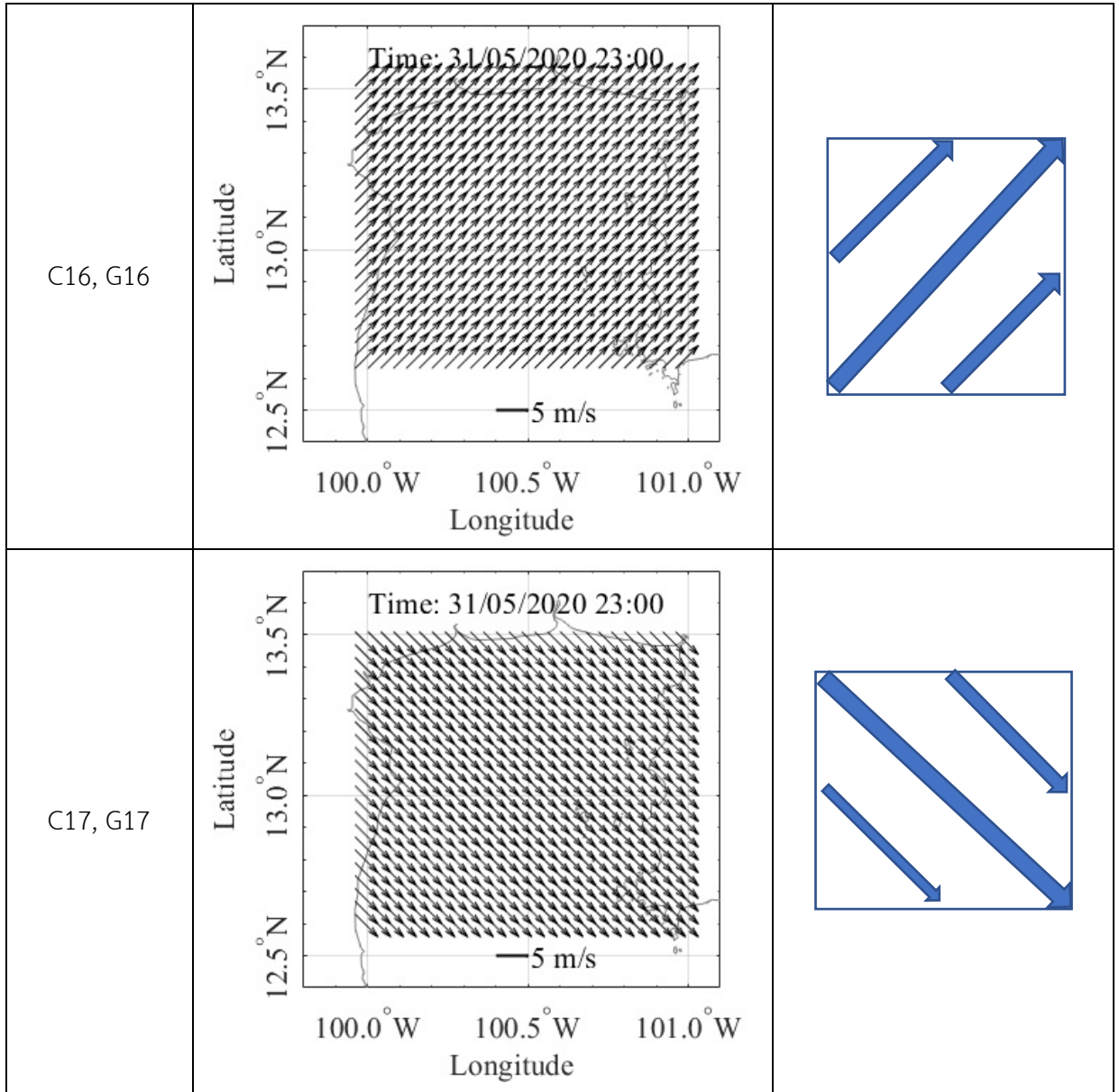




ตาราง 3.3 ตารางแสดงภาพกระแสที่มีขนาดและทิศทางเท่ากันทั้งหมด

Case	ภาพกระแสในแผนที่ศึกษา	ภาพรูปแบบกระแส
C14, G14		
C15, G15		





### 3.4 การสร้างแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์

ในการสร้างแบบจำลองจะพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการไหลเวียนของน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษาโดยใช้แบบจำลองการไหลของน้ำ Deltf3D-Flow ได้แก่ อิทธิพลของขนาด ทิศทาง และการหมุน (spinning) ของลม ร่วมกับรูปร่าง (สี่เหลี่ยมและรูปร่างจริง) และความลึกท้องน้ำ (ความลึกเฉลี่ยและความลึกจริง) ของพื้นที่ศึกษาที่แตกต่างกัน และกำหนดปัจจัยการศึกษาออกเป็นสามกรณีดังนี้

#### 3.4.1. กรณีที่ขนาดของลมพัดอย่างต่อเนื่อง แบ่งเป็นการทดลองย่อยดังนี้

3.4.1.1 เปรียบเทียบลักษณะรูปแบบการไหลเวียนของน้ำ เมื่อกำหนดให้ลมเป็นแรงขับเคลื่อน โดยเปรียบเทียบลักษณะของลมที่พัดผ่านพื้นที่ศึกษาไม่เท่ากันกับลมพัดผ่านพื้นที่ศึกษามีขนาดเท่ากันทุกจุด

3.4.1.2 เปรียบเทียบลักษณะรูปแบบการไหลเวียนของน้ำ เมื่อกำหนดให้ลมเป็นแรงขับเคลื่อน โดยเปรียบเทียบลมที่พัดผ่านพื้นที่ในทิศแกน  $x$  และ  $y$  กับลมแบบหมุน

3.4.1.3 เปรียบเทียบลักษณะรูปแบบการไหลเวียนของน้ำ เมื่อกำหนดให้ลมเป็นแรงขับเคลื่อน โดยเปรียบเทียบขอบเขตพื้นที่ศึกษารูปร่างสี่เหลี่ยมกับรูปร่างจริง ที่มีความลึกท้องน้ำเฉลี่ยและความลึกจริง

3.4.2 กรณีที่ปล่อยให้ลมพัดจนกระแสน้ำมีค่าคงที่จากนั้นลดความเร็วลมเป็นศูนย์ แบ่งเป็นการทดลองย่อยดังนี้

3.4.2.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของรูปแบบการไหลเวียนของน้ำ เมื่อกำหนดให้ลมเป็นแรงขับเคลื่อน โดยเปรียบเทียบแบบจำลองที่มีความลึกเฉลี่ยและความลึกจริง

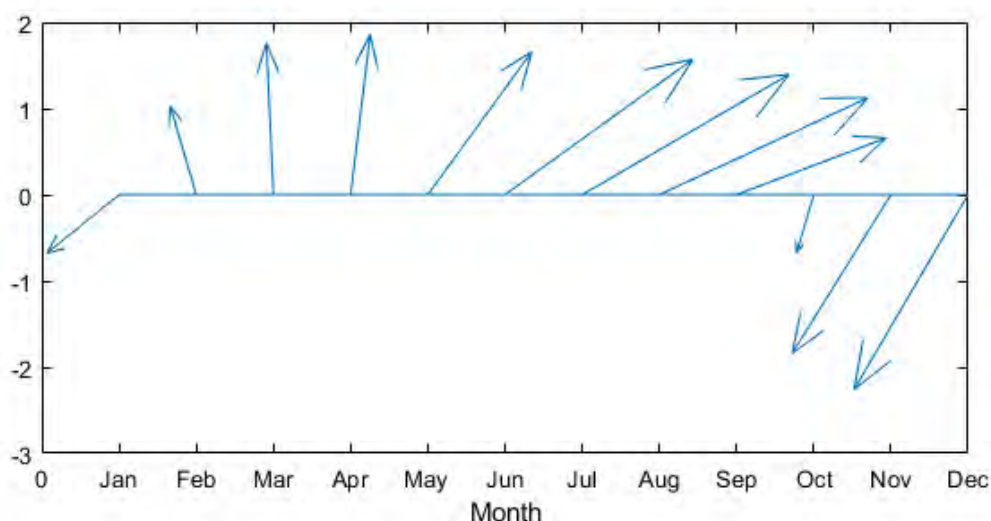
#### 3.4.3 กรณีที่ใช้ทิศทางและขนาดของลมจริง แบ่งเป็นการทดลองย่อยดังนี้

3.4.3.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของรูปแบบการไหลเวียนของน้ำ โดยเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองที่ให้ขนาดลมพัดต่อเนื่องทุกเดือน กับแบบจำลองที่ให้ขนาดของลมเป็นศูนย์ในเดือนกันยายนและตุลาคม

## บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

### 4.1 ขนาดและทิศทางลม

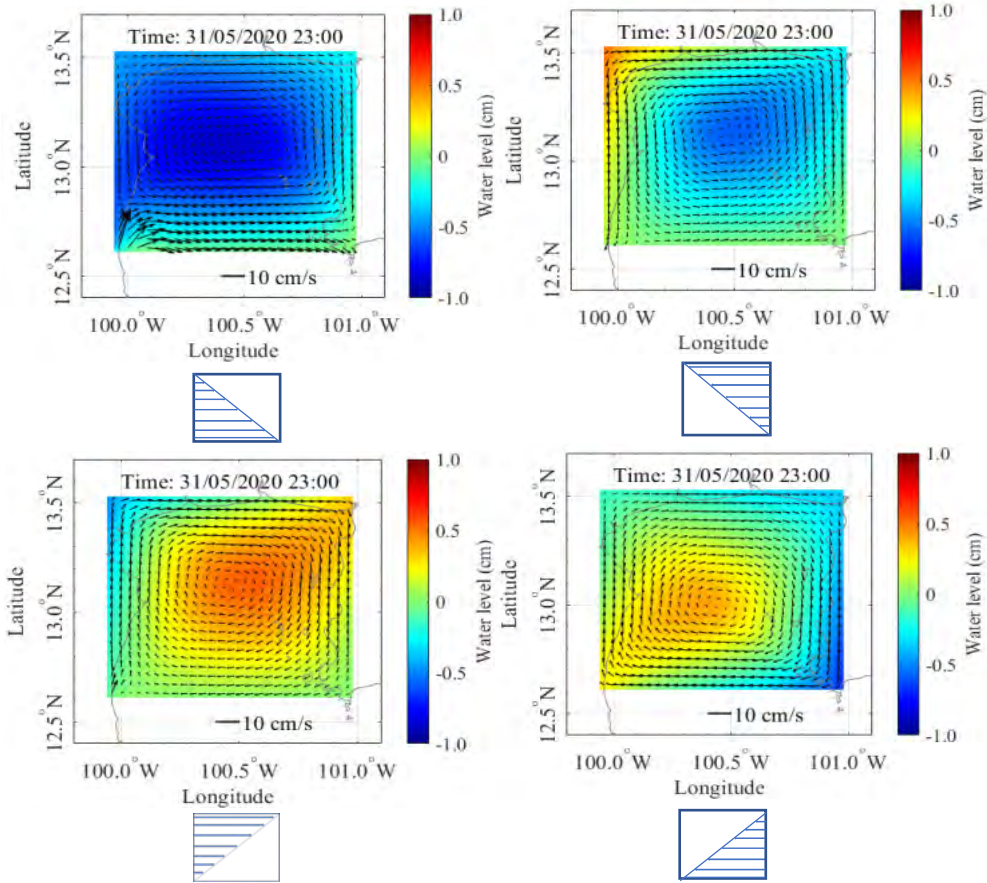
ผลจากการนำข้อมูล ERA-Interim จาก EMCWF ในพื้นที่ศึกษา 20 ปีมาหาค่าเฉลี่ย (ปีพ.ศ. 2540-2561) พบว่าช่วงรอยต่อของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือไปสู่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลมจะค่อย ๆ มีการเปลี่ยนทิศจากการพัดมาทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ มาเป็นพัดมาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ และสุดท้ายพัดมาทางทิศใต้ในเดือนมีนาคม แต่ในช่วงรอยต่อของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เข้าสู่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือลมจะมีการกลับทิศอย่างรวดเร็ว ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ทั้งนี้พบว่าขนาดของลมในแนวแกน x และ y มีค่าประมาณ 5 m/s นอกจากนี้พบว่าค่าเฉลี่ยขนาดของลมช่วงของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ตุลาคม-กุมภาพันธ์) ขนาดของลมในทิศแกน y จะมามีค่ามากกว่าในทิศแกน x (5.0 และ 2.85 m/s ตามลำดับ) และในช่วงของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ขนาดของลมในทิศแกน x จะมามีค่ามากกว่าในทิศแกน y (5.1 และ 2.75 m/s ตามลำดับ)



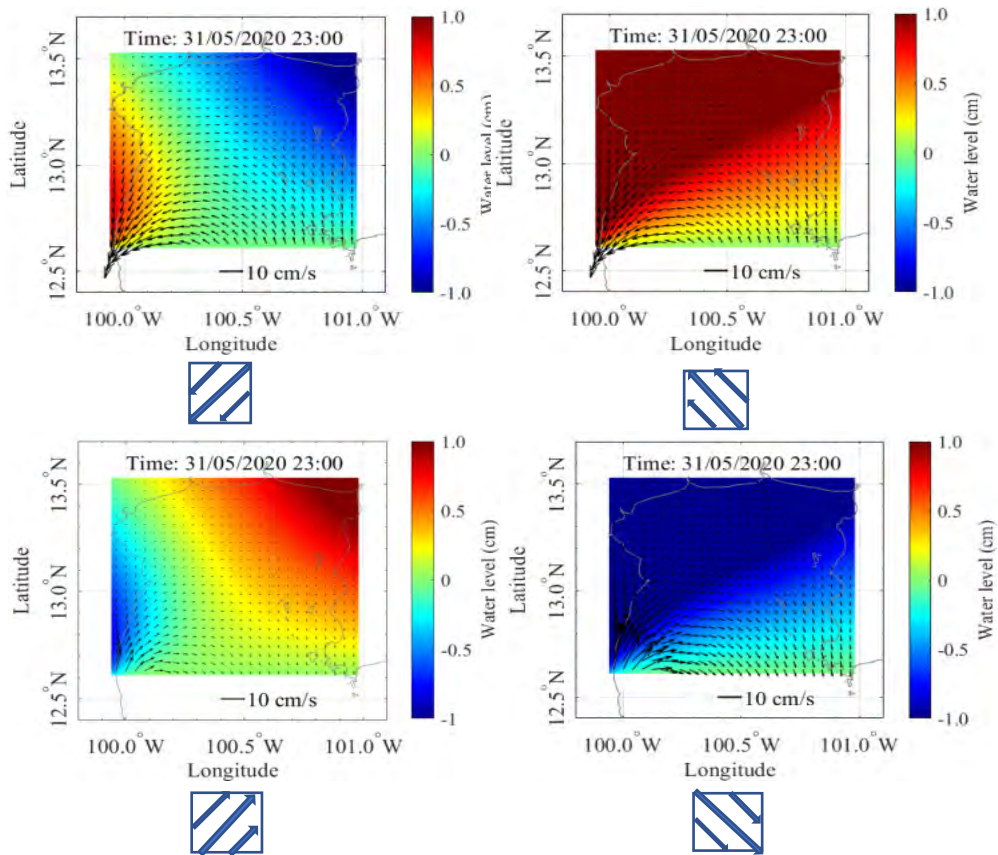
รูปที่ 4.1 ทิศทางและขนาดของลมรายเดือนเฉลี่ย 20 ปี

### 4.2 กรณีที่แรงลมพัดอย่างต่อเนื่อง

4.2.1 เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองระหว่างลักษณะของลมที่พัดผ่านพื้นที่ศึกษามีขนาดไม่เท่ากัน กับลมพัดผ่านพื้นที่ศึกษามีขนาดเท่ากันทุกจุด พบว่าลักษณะของลมที่พัดผ่านพื้นที่ศึกษาไม่เท่ากันจะส่งผลให้เกิดการไหลเวียนของกระแสน้ำเกิดเป็นรูปแบบ gyre แต่การที่ลมพัดผ่านพื้นที่ด้วยขนาดเท่ากันทุกจุดจะไม่ส่งผลให้เกิดกระแสน้ำแบบ gyre แต่จะทำให้เกิดกระแสน้ำที่ทำให้เกิดการยกตัวของน้ำในทิศทางที่ลมพัดไป ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ ทั้งนี้หากที่ open boundary มีอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงมาประกอบ อาจให้ผลที่แตกต่างออกไป

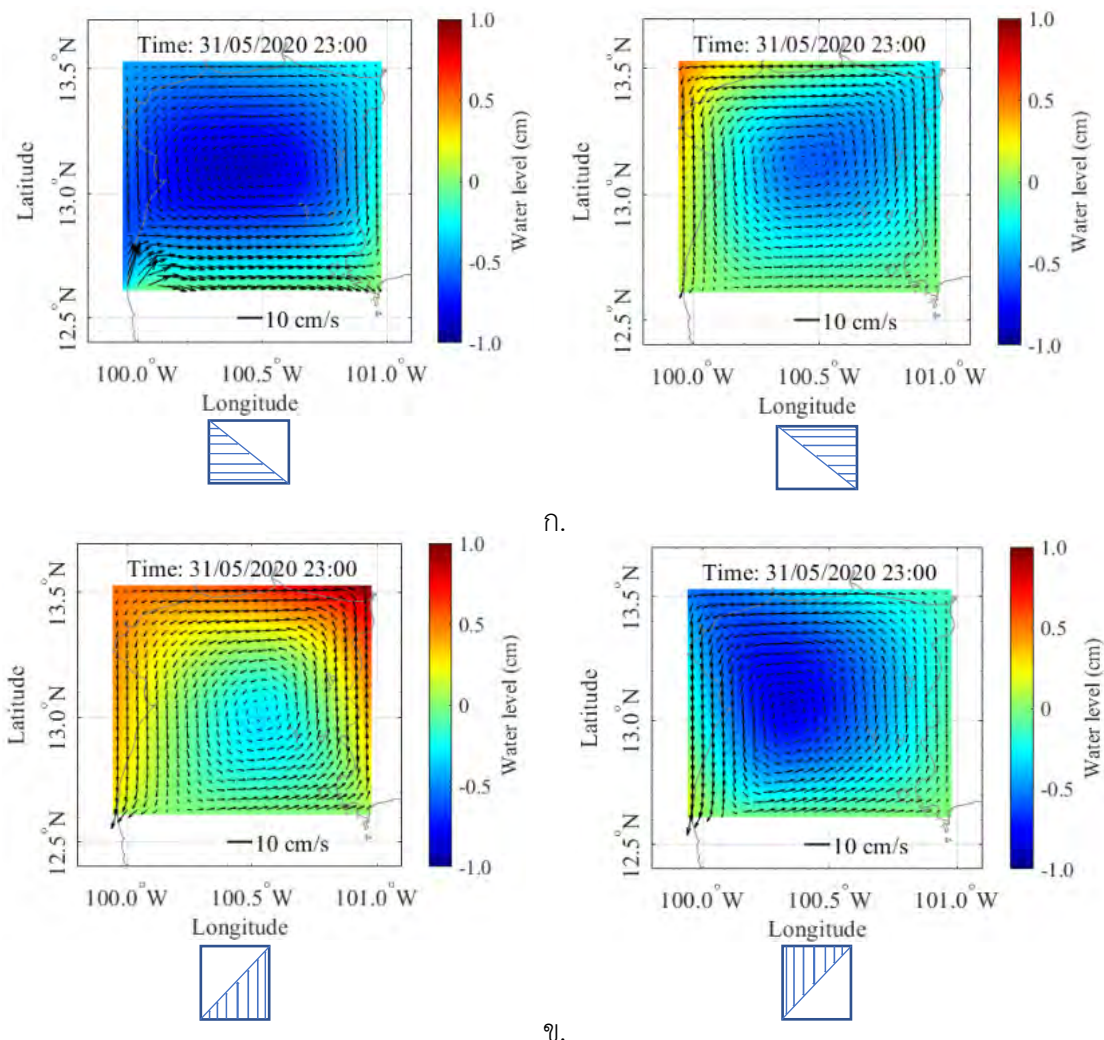


รูปที่ 4.2 รูประดับน้ำและการไหลเวียนของกระแสน้ำแบบ gyre (ลมพัดแกน x)

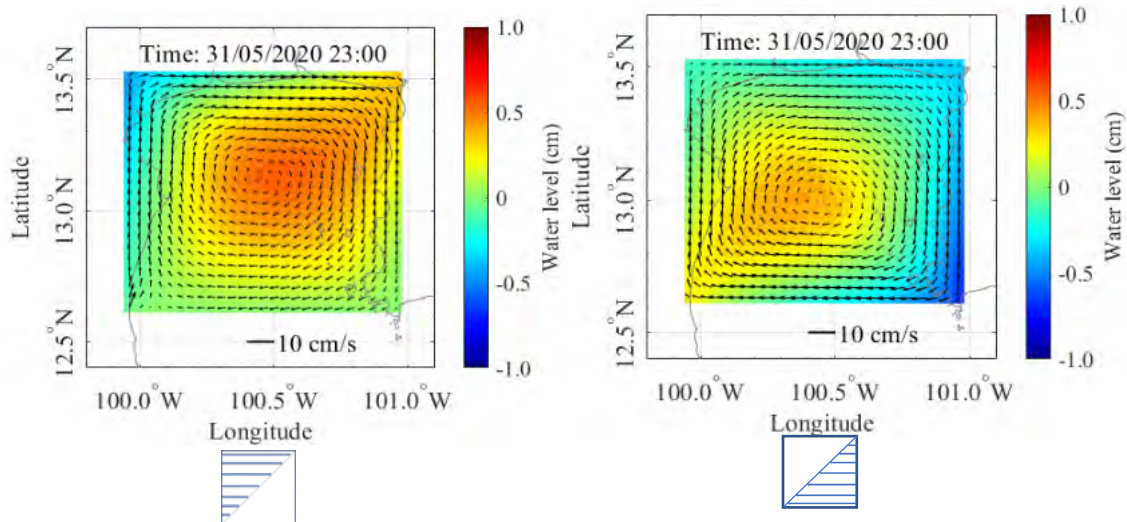


รูปที่ 4.3 รูประดับน้ำและกระแสน้ำที่เกิดการยกตัวของน้ำเนื่องจากขนาดและทิศทางลมคงที่

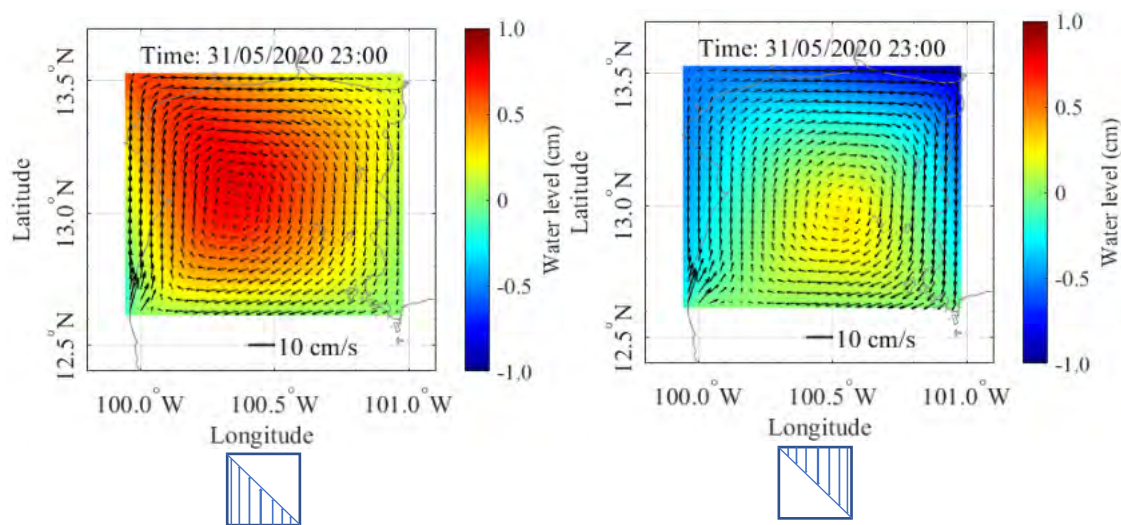
นอกจากนี้หากพิจารณากระแสที่ เกิดเป็นรูปแบบ gyre พบว่าจะเกิดได้สองรูปแบบโดยที่ ทิศทางของลมที่ต่างกันไม่ตรงผลต่อรูปแบบการไหลเวียนของน้ำ กล่าวคือลมที่ทำให้เกิดการไหลเวียนของน้ำ แบบทวนเข็มนาฬิกาจะทำให้เกิดแอ่ง (downwelling) ขึ้นตรงใจกลางของ gyre ดังแสดงในรูปที่ 4.4 แต่ลมที่ทำให้เกิดการไหลเวียนของน้ำแบบตามเข็มนาฬิกาจะทำให้เกิดน้ำยกตัวขึ้น (upwelling) ตรงใจกลางของ gyre ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 รูปแสดงระดับน้ำและกระแสที่แบบทวนเข็มนาฬิกา ก. ลมพัดในทิศแกน x ข. ลมพัดในทิศแกน y ซึ่งทำให้เกิดแอ่งน้ำขึ้นที่ใจกลางของ gyre



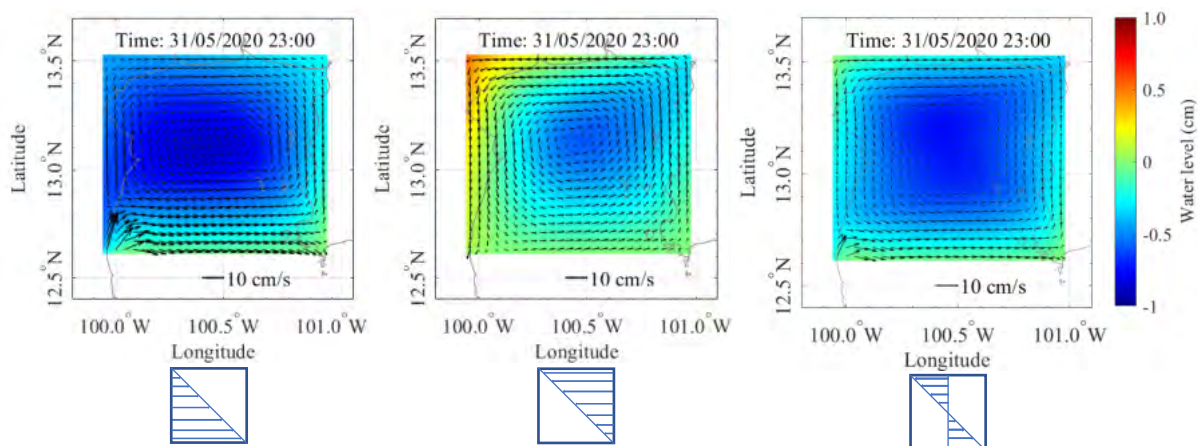
ก.



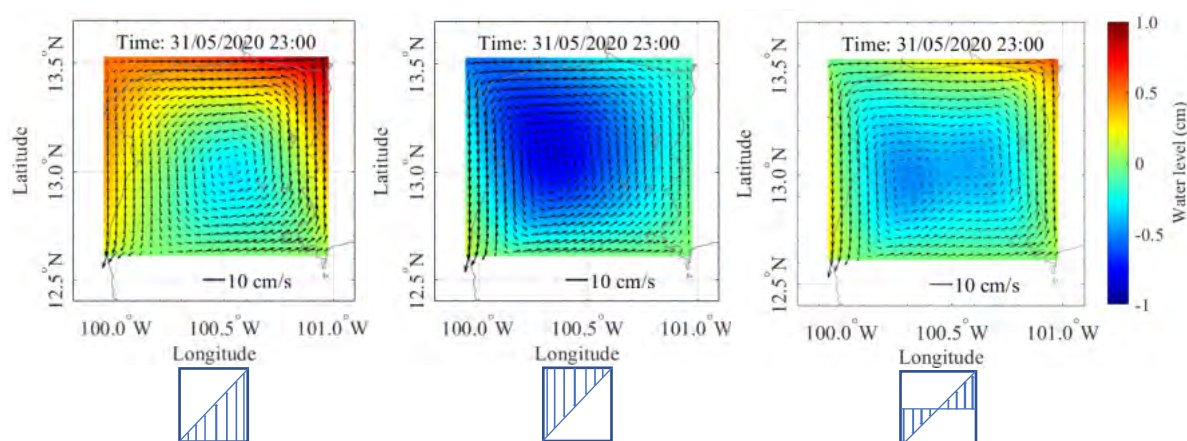
ข.

รูปที่ 4.5 รูปแสดงระดับน้ำและกระแสน้ำแบบตามเข็มนาฬิกา ก. ลมพัดในทิศแกน x ข. ลมพัดในทิศแกน y ซึ่งทำให้เกิดน้ำยกตัวขึ้นที่ใจกลางของ gyre

4.2.2 ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองที่ลมพัดผ่านพื้นที่ในทิศแกน  $x$  และ  $y$  กับลมแบบหมุน ที่ความลึกเฉลี่ย พบว่าลมแบบหมุนจะส่งผลให้เกิดกระแสน้ำแบบ gyre เช่นเดียวกันกับที่ได้กล่าวมาในหัวข้อ 4.2.1 แต่พบว่าลักษณะของ gyre จะแตกต่างออกไป กล่าวคือกระแสน้ำจะไหลเวียนแบบทวนเข็มนาฬิกา เนื่องจาก wind stress curl มีค่าเป็นบวก ดังแสดงในรูปที่ 4.6 และจะมีการไหลเวียนแบบตามเข็มนาฬิกา เมื่อ wind stress curl มีค่าเป็นลบ ดังแสดงในรูปที่ 4.7

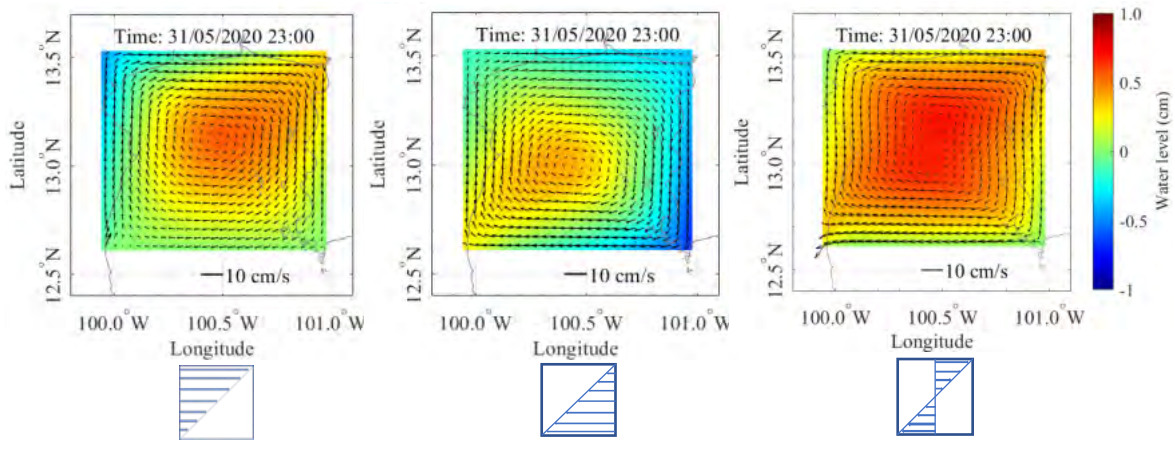


ก.

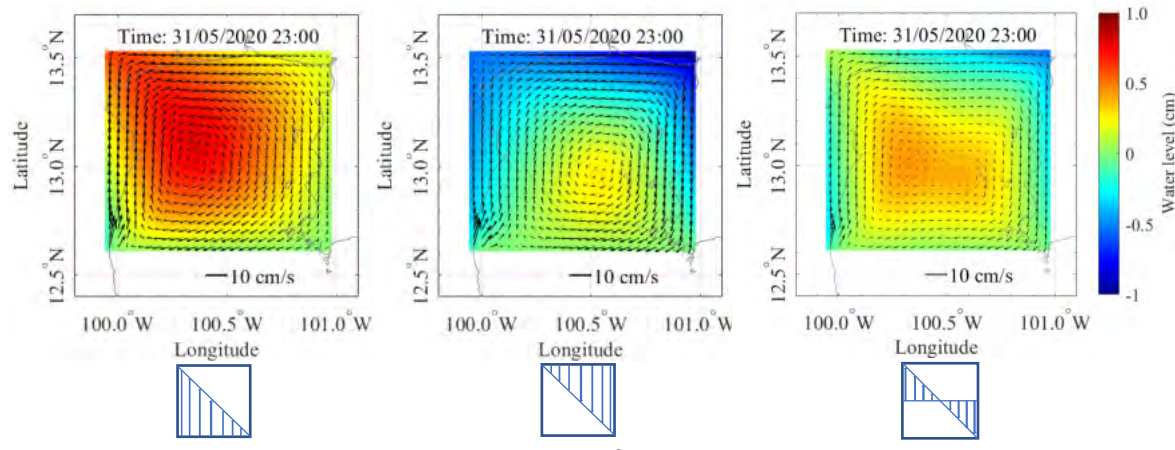


ข.

รูปที่ 4.6 รูปเปรียบเทียบการเกิด gyre ที่เกิดจากกระแสน้ำแบบทวนเข็มนาฬิกา ก. ลมพัดในทิศแกน  $x$  ข. ลมพัดในทิศแกน  $y$



ก.

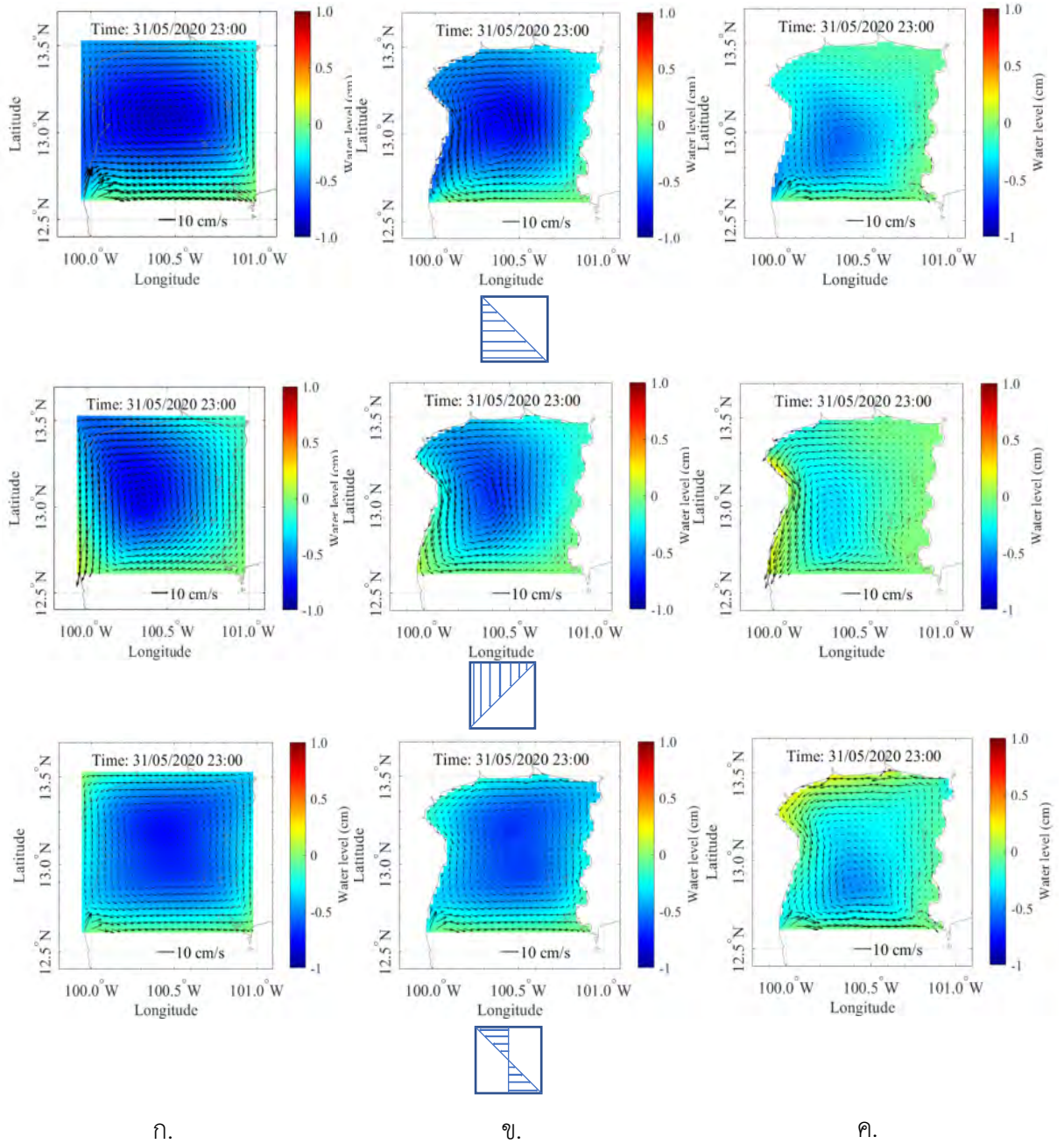


ข.

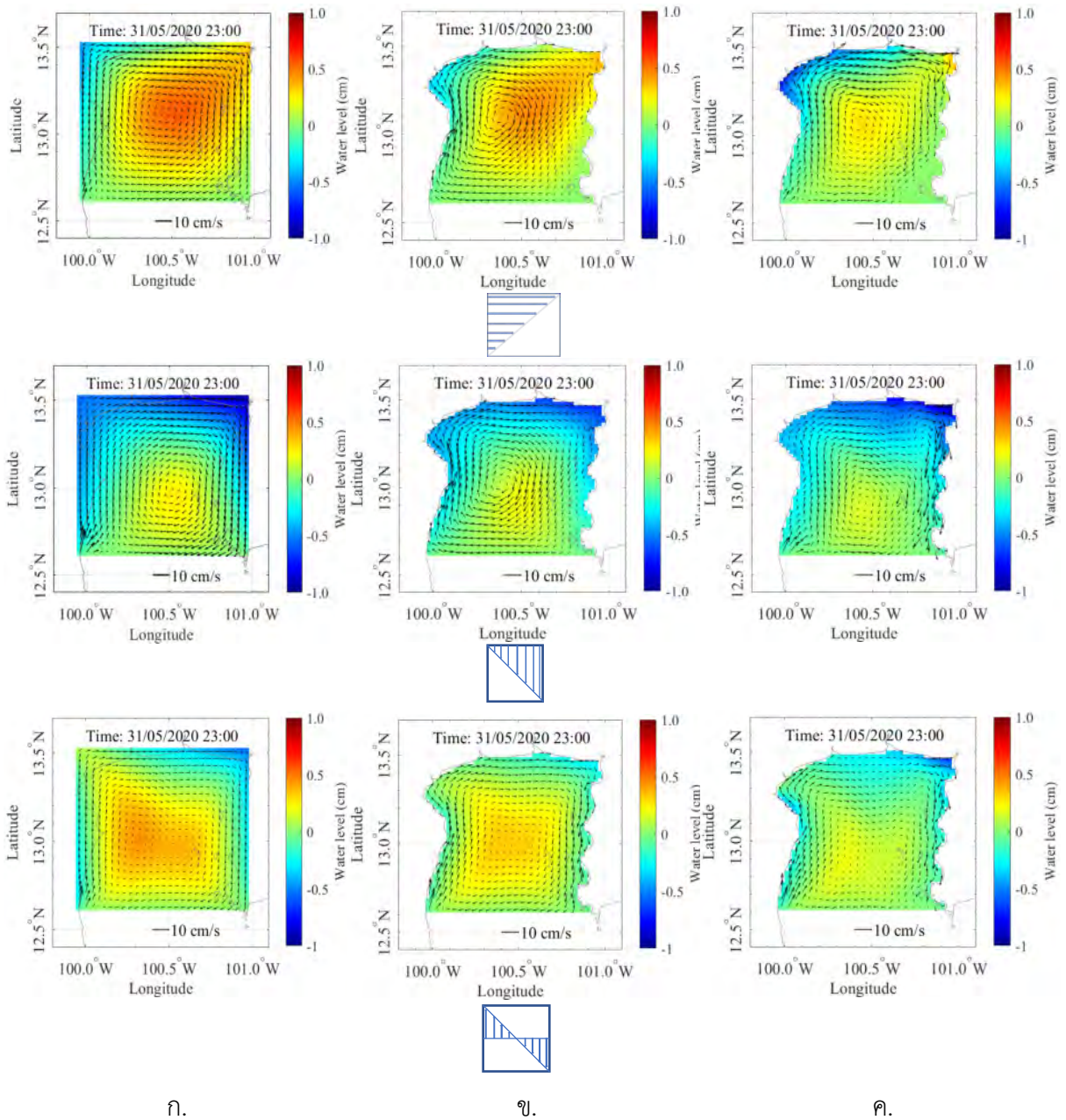
รูปที่ 7 รูปเปรียบเทียบการเกิด gyre ที่เกิดจากกระแสน้ำแบบตามเข็มนาฬิกา ก. ลมพัดในทิศแกน x ข. ลมพัดในทิศแกน y



4.2.3 ในการเปรียบเทียบแบบจำลองที่มีความลึกเฉลี่ยวที่ศึกษา (เส้นชายฝั่ง) ไม่ส่งผลต่อรูปแบบการไหลเวียนของกระแสน้ำ แต่ความลึกที่ตื้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความแตกต่างของการไหลเวียนของกระแสน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.8 และ 4.9



รูปที่ 4.8 ก. แบบจำลองรูปสี่เหลี่ยมที่มีความลึกเฉลี่ยว ข. แบบจำลองรูปจริงที่มีความลึกเฉลี่ยว ค. แบบจำลองรูปจริงที่มีความลึกจริง กระแสน้ำที่ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

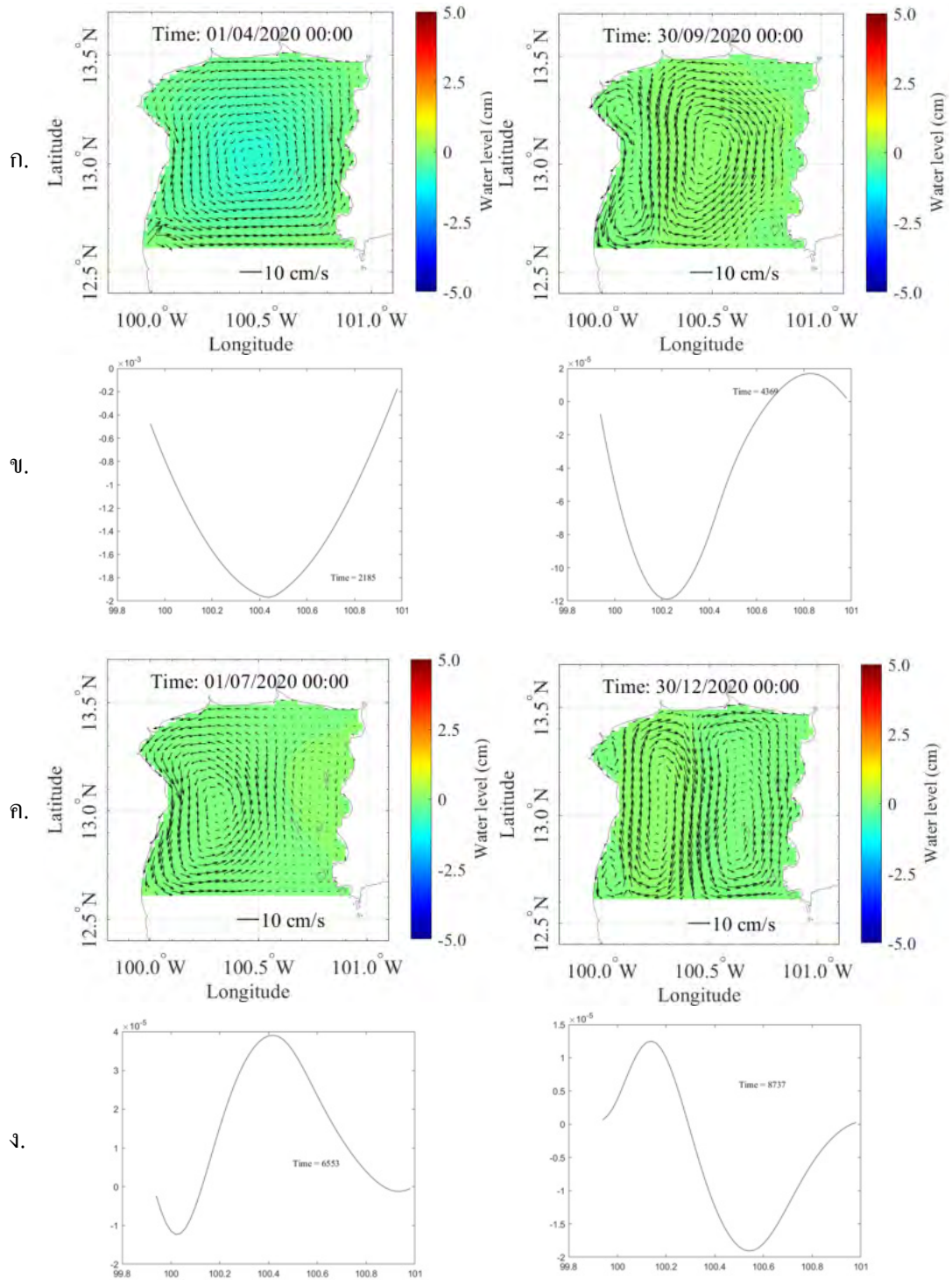


รูปที่ 4.9 ก. แบบจำลองรูปสี่เหลี่ยมที่มีความลึกเฉลี่ย ข. แบบจำลองรูปจริงที่มีความลึกเฉลี่ย ค. แบบจำลองรูปจริงที่มีความลึกจริง กระแสน้ำมีทิศทางตามเข็มนาฬิกา

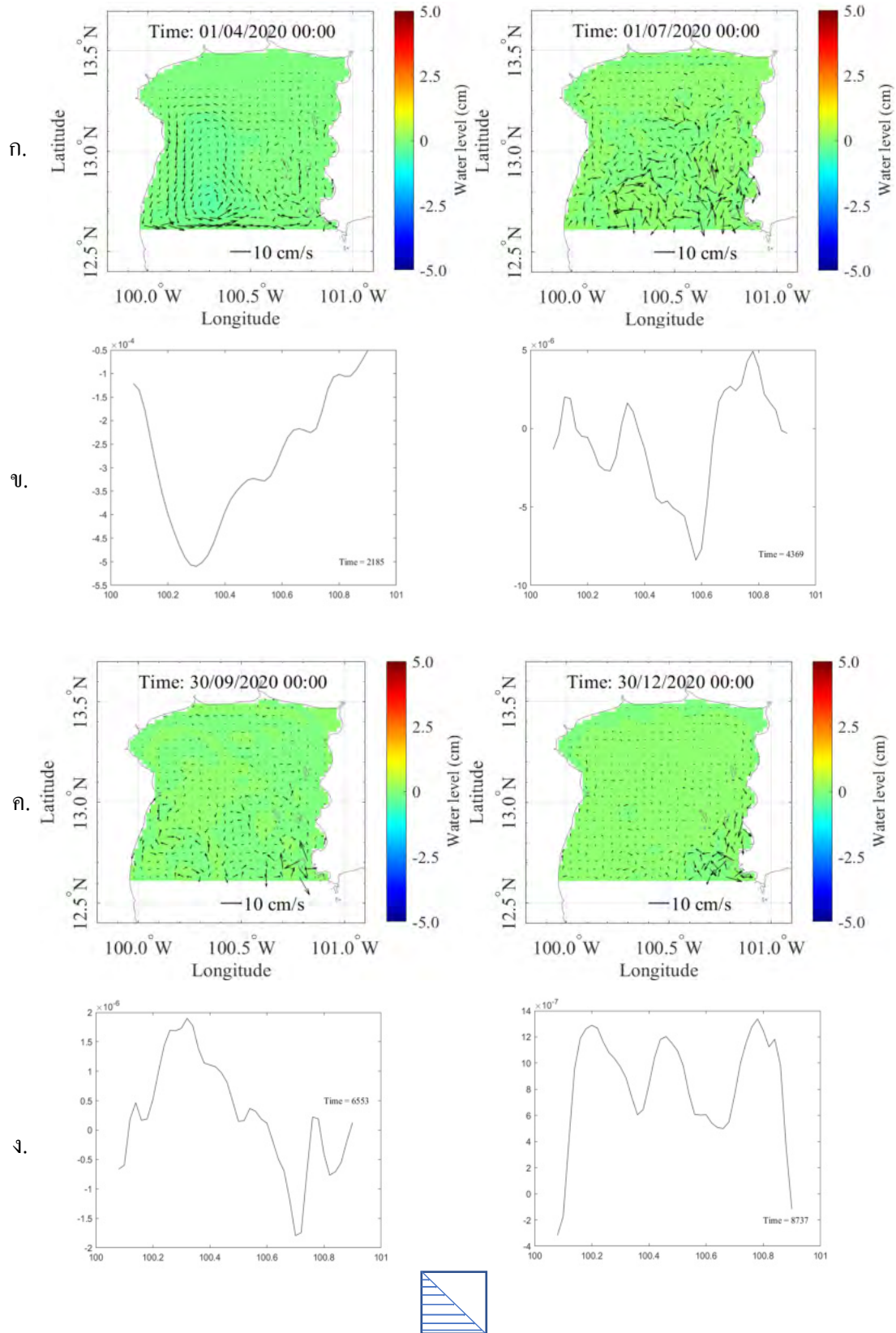
### 4.3 กรณีที่ปล่อยให้ลมพัดจนกระแสน้ำมีค่าคงที่จากนั้นลดความเร็วลมเป็นศูนย์

4.3.1 เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองที่มีความลึกเฉลี่ยและความลึกจริงในกรณีที่ปล่อยให้ลมพัดจนกระแสน้ำมีค่าคงที่จากนั้นลดความเร็วลมเป็นศูนย์ พบว่าที่ความลึกเฉลี่ยเมื่อความเร็วลมเป็นศูนย์ (เมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม) จะเกิดการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของระดับน้ำ โดยจะเคลื่อนที่ไปทางด้านซ้ายก่อนไม่ว่าลมจะพัดมาแบบตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกาก็ตาม และใช้เวลามากกว่าหนึ่งปีในการให้ระดับน้ำหยุดนิ่ง (รูปที่ 4.10 และ 4.12) ในขณะที่แบบจำลองที่มีความลึกจริงหลังจากที่ให้ลมเป็นศูนย์แล้วจะไม่ปรากฏลักษณะการ

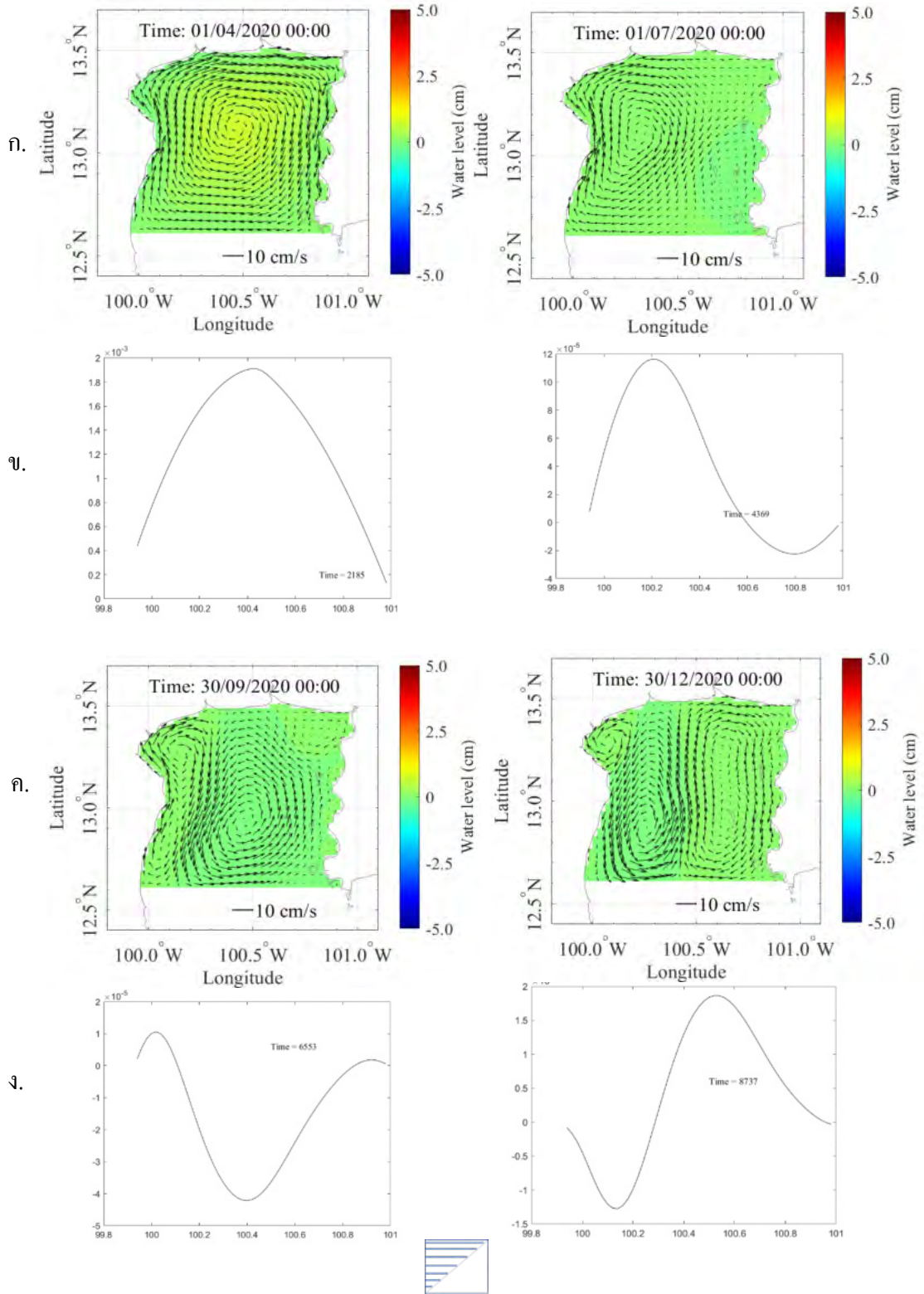
เคลื่อนที่กลับไปกลับมาตามแนวแกน x ดังที่กล่าวมา แต่จะพบกระแสน้ำที่มีทิศทางกรไหลไม่แน่นอน (รูปที่ 4.11 และ 4.13) ดังแสดงในรูปที่ 4.14 และ 4.15



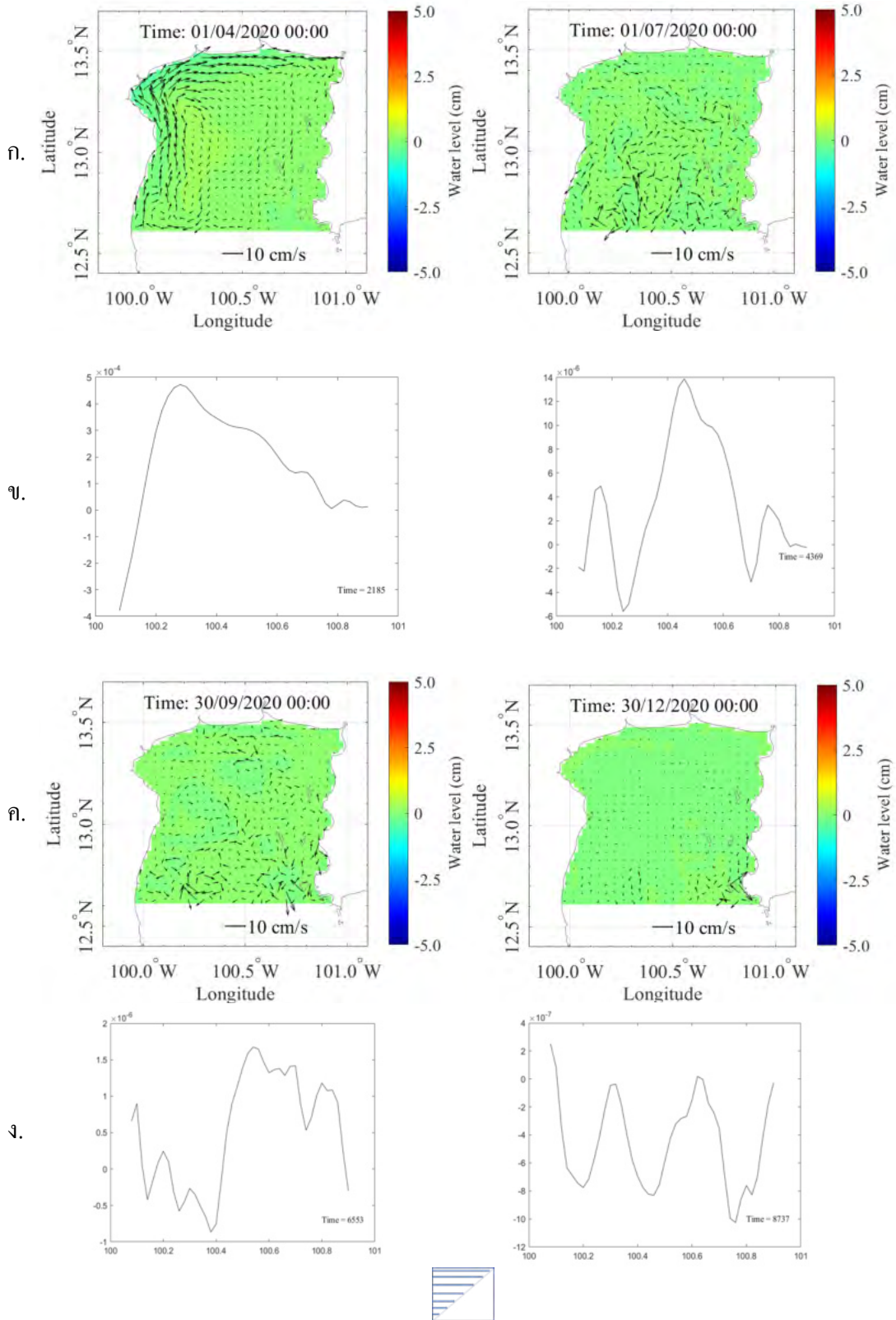
รูปที่ 8 ก. และ ค. รูปกระแสน้ำและระดับน้ำ ข. และ ง. รูประดับน้ำที่ผิวบริเวณละติจูด 13 องศา เมื่อให้ความเร็วลมเป็นศูนย์ในแบบจำลองที่มีความลึกเฉลี่ย กระแสน้ำแบบทวนเข็มนาฬิกา



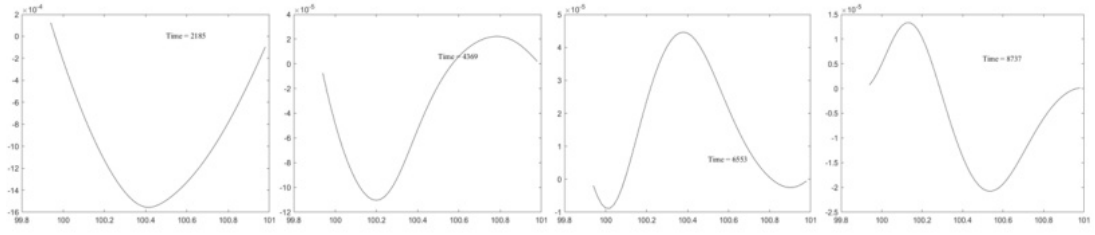
รูปที่ 4.11 ก. และ ค. รูปกระแสน้ำและระดับน้ำ ข. และ ง. รูประดับน้ำที่ผิวบริเวณละติจูด 13 องศา เมื่อให้ความเร็วลมเป็นศูนย์ในแบบจำลองที่มีความลึกจริง กระแสน้ำแบบทวนเข็มนาฬิกา



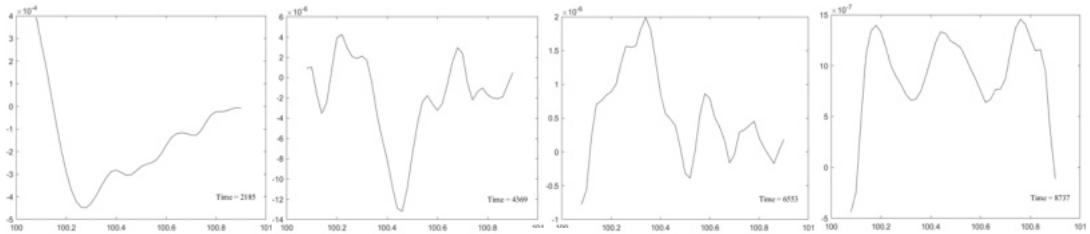
รูปที่ 4.12 ก. และ ค. รูปกระแสน้ำและระดับน้ำ ข. และ ง. รูประดับน้ำที่ผิวบริเวณละติจูด 13 องศา เมื่อให้ความเร็วลมเป็นศูนย์ในแบบจำลองที่มีความลึกเฉลี่ย กระแสน้ำแบบตามเข็มนาฬิกา



รูปที่ 4.13 ก. และ ค. รูปกระแสน้ำและระดับน้ำ ข. และ ง. รูประดับน้ำที่ผิวบริเวณละติจูด 13 องศา เมื่อให้ความเร็วลมเป็นศูนย์กลางในแบบจำลองที่มีความลึกจริง กระแสน้ำแบบตามเข็มนาฬิกา



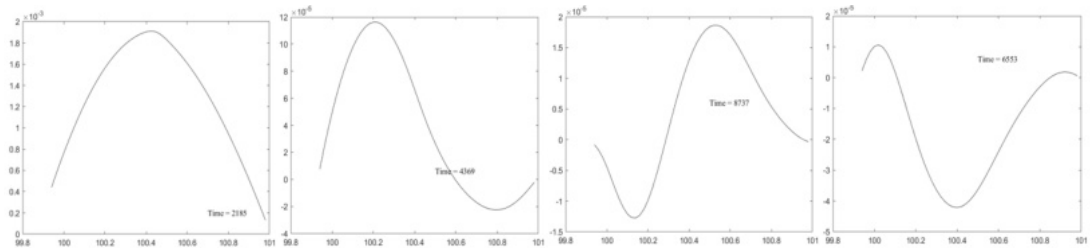
ก.



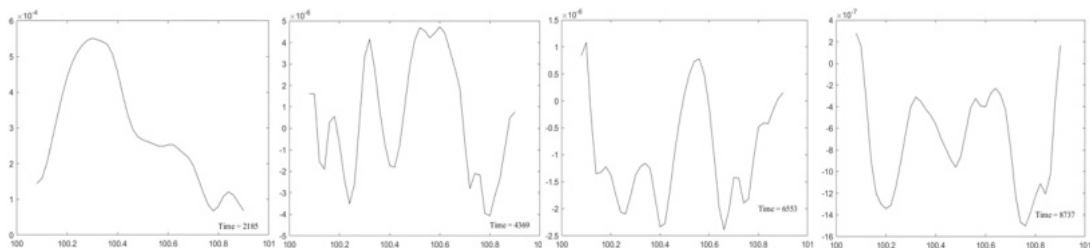
ข.



รูปที่ 4.14 รูปเปรียบเทียบระดับน้ำที่ผิวบริเวณละติจูด 13 องศา ก. แบบจำลองที่มีความลึกเฉลี่ย ข. แบบจำลองที่มีความลึกจริง กระแสน้ำแบบทวนเข็มนาฬิกา



ก.



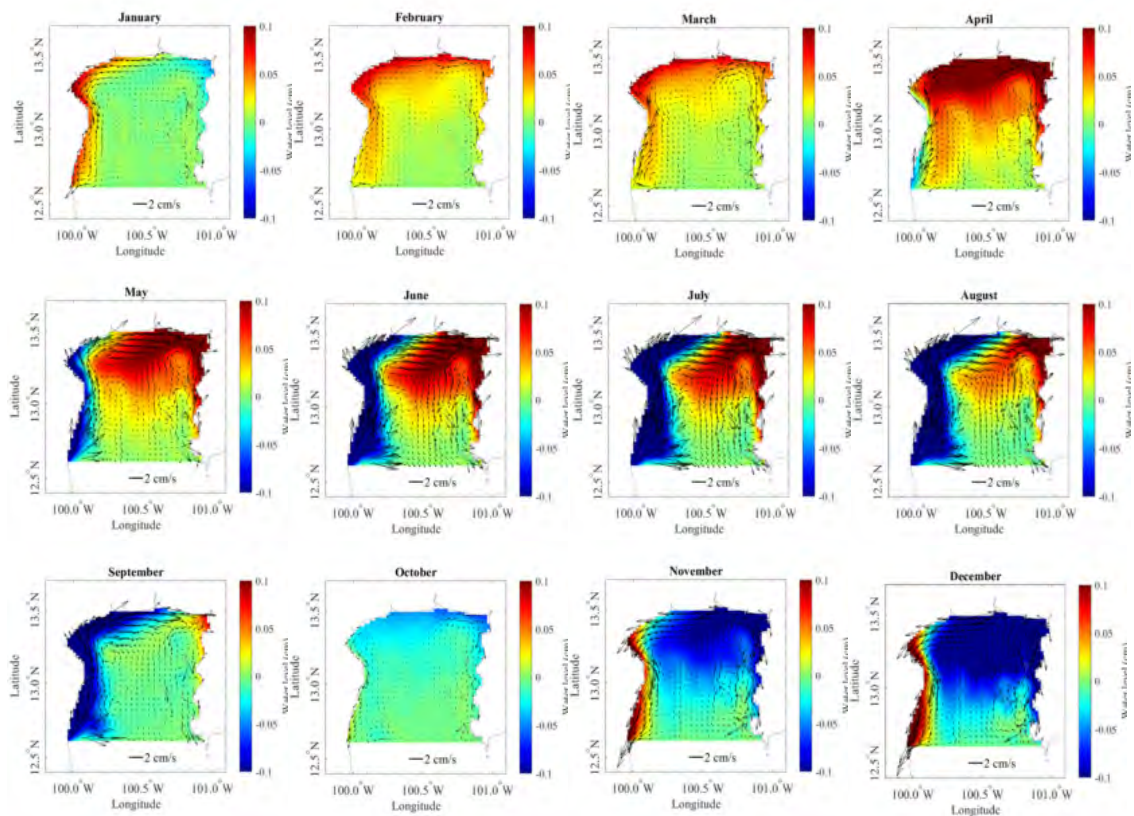
ข.



รูปที่ 4.15 รูปเปรียบเทียบระดับน้ำที่ผิวบริเวณละติจูด 13 องศา ก. แบบจำลองที่มีความลึกเฉลี่ย ข. แบบจำลองที่มีความลึกจริง กระแสน้ำแบบตามเข็มนาฬิกา

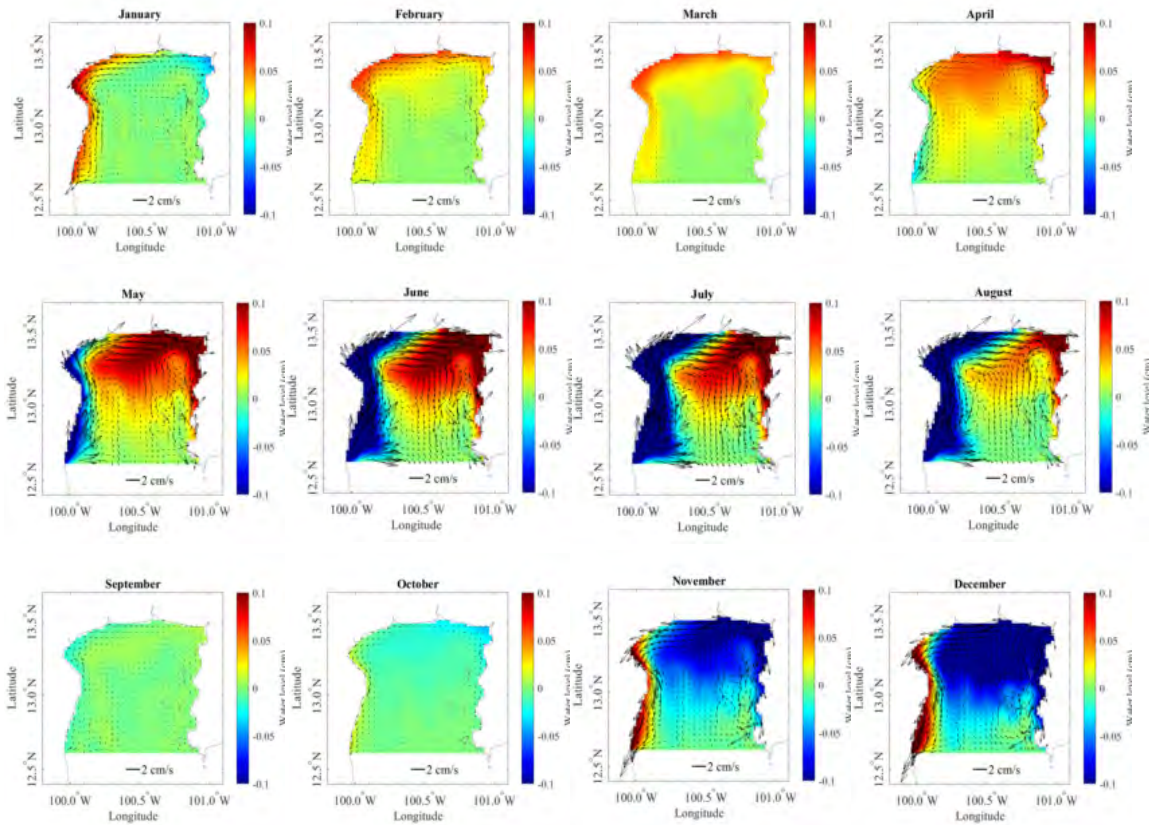
#### 4.4 กรณีที่ใช้ทิศทางและขนาดของลมจริง

4.4.1 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองที่ให้แรงลมพัดต่อเนื่องทุกเดือน (ในเดือนมกราคมลมมีขนาด 1.161 m/s พัดมาจากทิศ 54.07 องศา เดือนกุมภาพันธ์ลมมีขนาด 1.085 m/s พัดมาจากทิศ 161.88 องศา เดือนมีนาคมลมมีขนาด 1.764 m/s พัดมาจากทิศ 177.06 องศา เดือนเมษายนลมมีขนาด 1.873 พัดมาจากทิศ 187.80 องศา เดือนพฤษภาคมลมมีขนาด 2.136 m/s พัดมาจากทิศ 219.08 องศา เดือนมิถุนายนลมมีขนาด 2.898 m/s พัดมาจากทิศ 237.12 องศา เดือนกรกฎาคมลมมีขนาด 3.024 m/s พัดมาจากทิศ 242.49 องศา เดือนสิงหาคมลมมีขนาด 2.930 m/s พัดมาจากทิศ 247.38 องศา เดือนกันยายนลมมีขนาด 2.046 m/s พัดมาจากทิศ 251.21 องศา เดือนตุลาคมลมมีขนาด 0.716 m/s พัดมาจากทิศ 18.20 องศา เดือนพฤศจิกายนลมมีขนาด 2.243 m/s พัดมาจากทิศ 34.85 องศา และเดือนธันวาคมลมมีขนาด 2.696 m/s พัดมาจากทิศ 33.24 องศา ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 4.1) (รูปที่ 4.16) กับแบบจำลองที่ให้ขนาดของลมเป็นศูนย์ในเดือนมีนาคมและกันยายน (รูปที่ 4.17) ที่ความลึกจริงพบว่าแบบจำลองให้ขนาดของลมเป็นศูนย์ในช่วงรอยต่อของลมมรสุม (เดือนมีนาคม และกันยายน) ระดับน้ำและกระแสน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าในแบบจำลองที่มีแรงพัดต่อเนื่องทุกเดือน ทั้งนี้ยังส่งผลต่อระดับน้ำและกระแสน้ำหนึ่งเดือนก่อนหน้าและหนึ่งเดือนหลังจากเดือนที่ให้แรงลมเป็นศูนย์อีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 4.18 และ 4.19

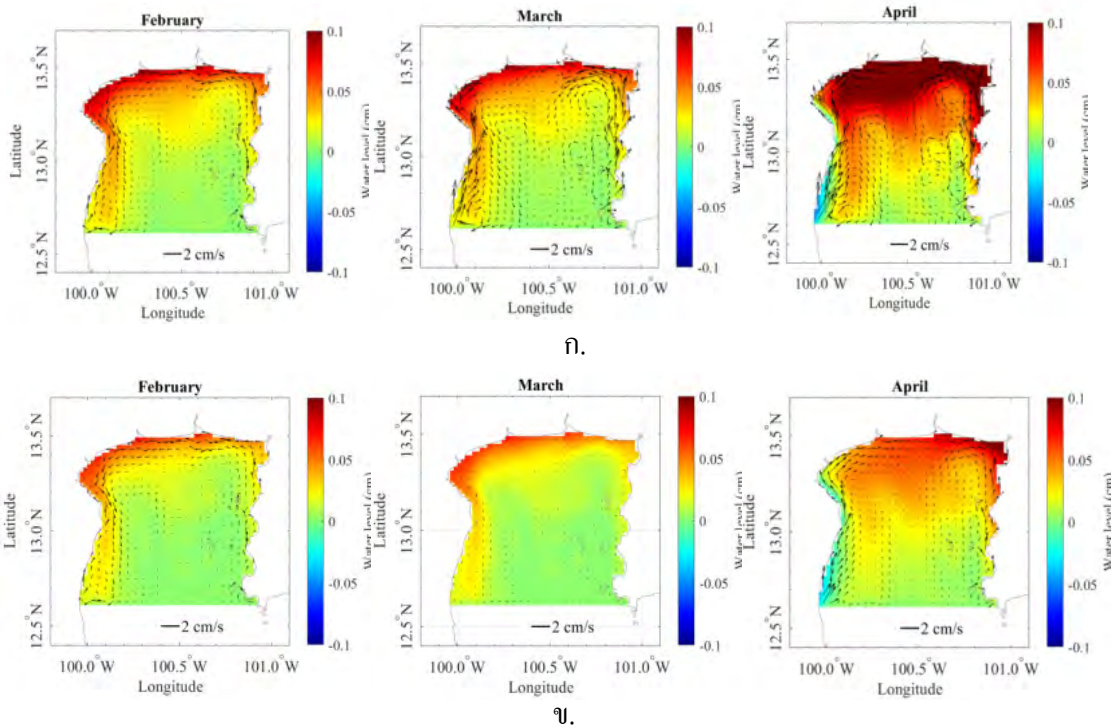


รูปที่ 4.16 รูปแสดงกระแสน้ำและระดับน้ำรายเดือนในแบบจำลองที่มีแรงลมพัดต่อเนื่องทุกเดือน

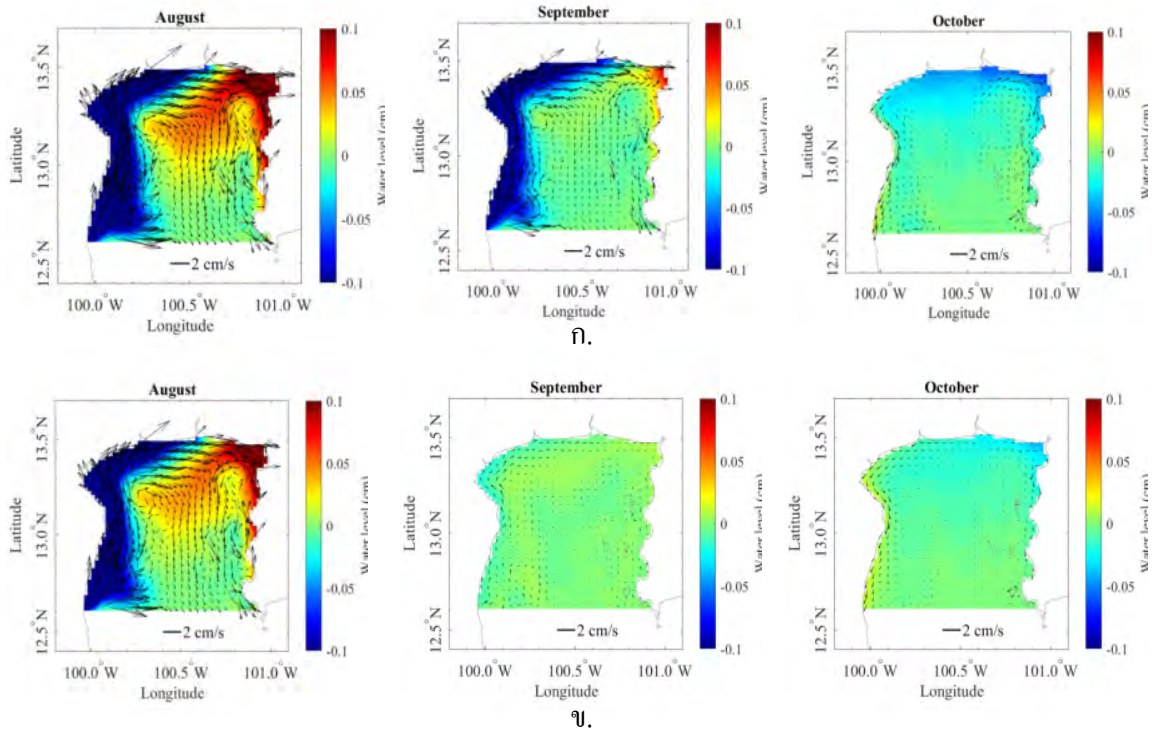




รูปที่ 4.17 รูปแสดงกระแสน้ำและระดับน้ำรายเดือนในแบบจำลองที่มีแรงลมเป็นศูนย์ในเดือน มีนาคมและกันยายน

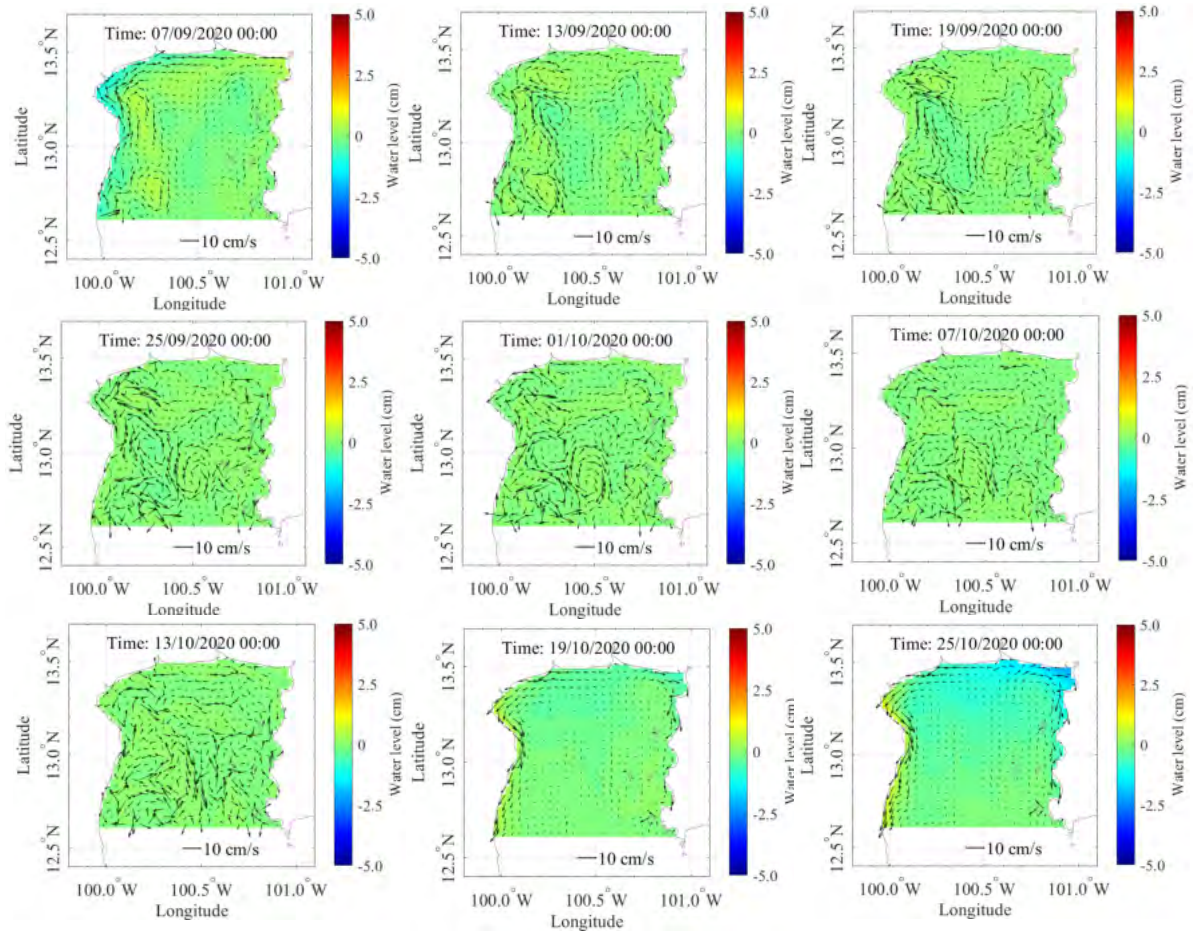


รูปที่ 4.18 รูปเปรียบเทียบแบบจำลองที่มีแรงลมพัดต่อเนื่องทุกเดือน (ก.) และแรงลมเป็นศูนย์ (ข.) ในเดือน กุมภาพันธ์ มีนาคม และเมษายน

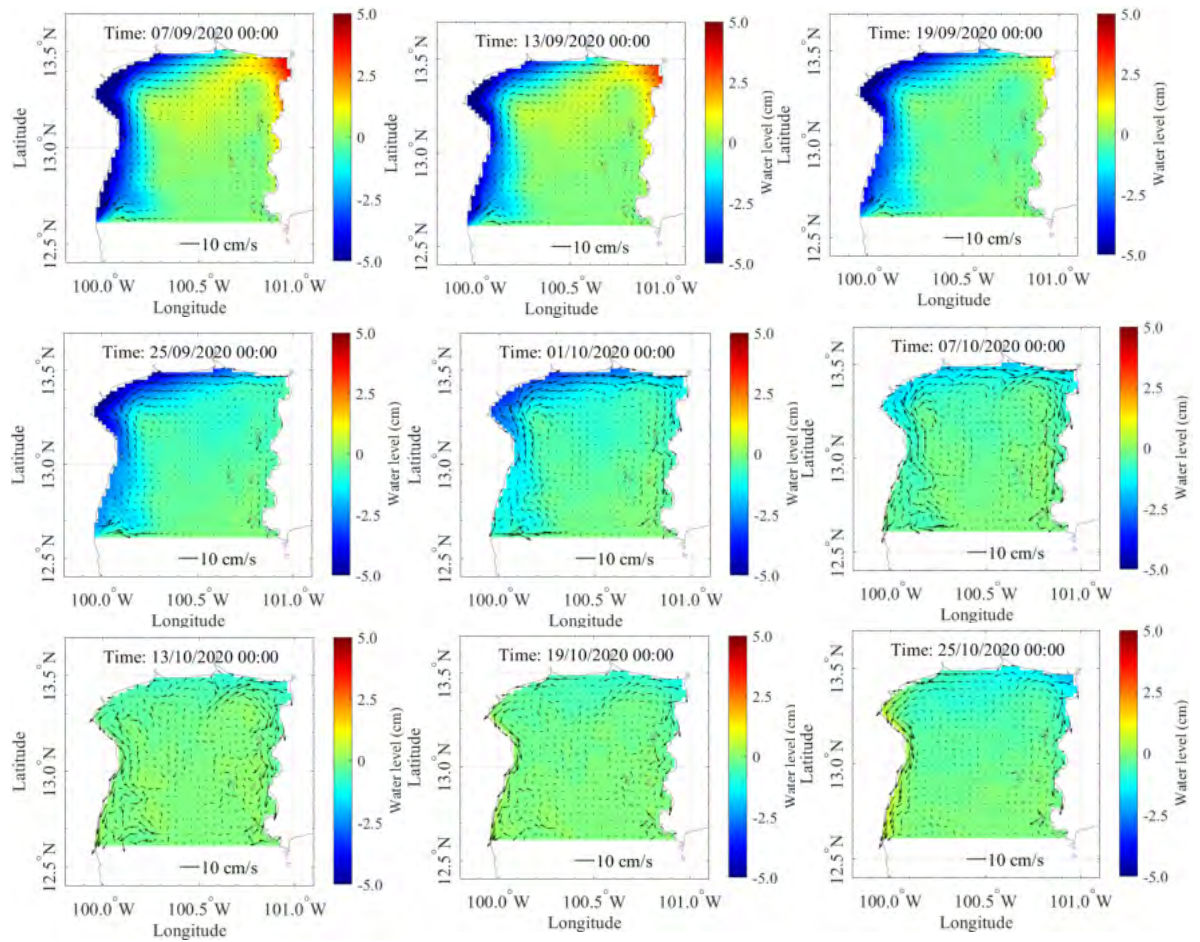


รูปที่ 4.19 รูปเปรียบเทียบแบบจำลองที่มีแรงลมพัดต่อเนื่องทุกเดือน (ก.) และแรงลมเป็นศูนย์ (ข.) ในเดือน สิงหาคม กันยายน และตุลาคม

นอกจากนี้หากพิจารณาในเดือนกันยายนซึ่งเป็นช่วงรอยต่อของลมมรสุมที่จะมีการเปลี่ยนทิศทางลมอย่างรวดเร็วของทั้งสองแบบจำลอง (แบบจำลองที่ให้ลมพัดต่อเนื่องทุกเดือน และให้แรงลมเป็นศูนย์ในเดือนมีนาคมและกันยายน) จะพบว่าในแบบจำลองที่ให้ลมเป็นศูนย์กระแสน้ำมีทิศทางการไหลแบบตามเข็มนาฬิกาไปตามแนวชายฝั่ง จนกระทั่งวันที่ 10 กันยายน (แรงลมเป็นศูนย์ในวันที่ 15 กันยายน) กระแสน้ำจะเริ่มเปลี่ยนจากมีทิศทางการไหลตามเข็มนาฬิกาเป็นกระแสน้ำที่มีทิศทางการไหลไม่แน่นอน และใช้เวลาประมาณ 45 วัน เพื่อให้ระดับน้ำหยุดนิ่งและกระแสน้ำเปลี่ยนไปเป็นแบบทวนเข็มนาฬิกาตามแรงลมที่พัดเข้ามาในเดือนตุลาคม ดังแสดงในรูปที่ 4.20 ทั้งนี้ในแบบจำลองที่แรงลมพัดต่อเนื่องพบว่ากระแสน้ำมีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกันกับในแบบจำลองที่ให้แรงลมเป็นศูนย์ แต่ช่วงการเปลี่ยนแปลงจะสั้นกว่ามาก กล่าวคือกระแสน้ำจะเริ่มเปลี่ยนจากมีทิศทางการไหลตามเข็มนาฬิกาเป็นกระแสน้ำที่มีทิศทางการไหลไม่แน่นอนในวันที่ 7 ตุลาคม และใช้เวลาเพียง 18 วัน เพื่อให้กระแสน้ำเปลี่ยนไปเป็นแบบทวนเข็มนาฬิกา ดังแสดงในรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.20 รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำในแบบจำลองที่ให้ลมเป็นศูนย์กลางในเดือนกันยายน



รูปที่ 4.21 รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำในแบบจำลองที่ให้แรงลมพัดต่อเนื่องในเดือนกันยายน

## บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปัจจัยซึ่งมีอิทธิพลต่อรูปแบบไหลเวียนของน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบนด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่ารูปแบบของกระแสลมส่งผลต่อรูปแบบการไหลเวียนของน้ำพบว่ารูปแบบของกระแสลมที่มีขนาดไม่เท่ากัน รวมทั้งรูปแบบของกระแสลมแบบหมุนเมื่อพัดผ่านบริเวณอ่าวไทยตอนบน จะทำให้เกิดกระแสน้ำแบบ gyre (ทวนเข็มนาฬิกาและตามเข็มนาฬิกา) โดยการไหลเวียนของกระแสน้ำแบบทวนเข็มนาฬิกาจะทำให้เกิดแอ่งน้ำขึ้นที่ใจกลางของ gyre ส่วนการไหลเวียนของน้ำแบบตามเข็มนาฬิกาจะทำให้เกิดน้ำยกตัวขึ้นตรงใจกลางของ gyre ทั้งนี้พบว่ารูปแบบของลมที่มีขนาดเท่ากันจะไม่ทำให้การไหลเวียนของกระแสน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบนเกิดเป็น gyre แต่จะทำให้เกิดกระแสน้ำที่ทำให้ระดับน้ำยกตัวในทิศทางที่ลมพัดไป

จากการทดสอบที่ปล่อยให้ลมพัดจนกระแสน้ำมีค่าคงที่จากนั้นลดความเร็วลมเป็นศูนย์ พบว่าแบบจำลองที่ใช้ความลึกเฉลี่ย (15 เมตร) รวมถึงแบบจำลองที่ใช้เส้นชายฝั่งจริงแต่มีความลึกเฉลี่ย จะพบการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของระดับน้ำ โดยจะเคลื่อนที่ไปทางด้านซ้ายก่อนไม่ว่าจะเป็นการไหลเวียนแบบตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกาก็ตาม และใช้เวลามากกว่าหนึ่งปีในการที่จะให้ระดับน้ำหยุดนิ่ง แต่สำหรับแบบจำลองที่ใช้ความลึกจริงถึงแม้ก่อนจะให้ความเร็วลมเป็นศูนย์จะมีการไหลเวียนแบบ gyre ก็ตาม จะไม่พบการเคลื่อนที่ของระดับน้ำดังกล่าว แต่พบกระแสน้ำมีการไหลในทิศทางที่ไม่แน่นอน จึงสรุปได้ว่าความลึกท้องน้ำเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อรูปแบบการไหลเวียนของน้ำ แต่รูปร่างของแบบจำลอง (เส้นชายฝั่ง) ไม่ส่งผลต่อการไหลเวียนของน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบน

จากการทดสอบอิทธิพลของลมในแบบจำลองที่ใช้ขนาดและทิศทางของลมจริง พบว่าการที่ลมลดความเร็วลงจนเป็นศูนย์จะทำให้ระดับน้ำและกระแสน้ำมีความแรงลดลงในเดือนที่ให้ความเร็วเป็นศูนย์รวมถึงยังส่งผลต่อกระแสน้ำและระดับน้ำในเดือนก่อนหน้าและหลังจากเดือนที่ให้ความเร็วลมเป็นศูนย์ด้วย และโดยเฉพาะในเดือนกันยายนที่ลมจะมีการเปลี่ยนทิศจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เข้าสู่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จะพบกระแสน้ำที่มีทิศทางการไหลไม่แน่นอนและใช้เวลาถึง 45 วัน เพื่อให้ระดับน้ำหยุดนิ่ง จนกระแสน้ำเปลี่ยนเป็นการไหลแบบทวนเข็มนาฬิกาตามแรงลมในเดือนตุลาคม ซึ่งใช้เวลามากกว่าแบบจำลองที่มีลมพัดต่อเนื่องประมาณ 27 วัน

จากการทดสอบด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามที่กล่าวมา สามารถสรุปได้ว่าขนาดและทิศทางของลม รวมถึงความลึกท้องน้ำมีอิทธิพลต่อการไหลเวียนของกระแสน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบน กระแสลมที่มีขนาดไม่เท่ากันและแบบหมุนจะทำให้เกิดกระแสน้ำแบบ gyre นอกจากนี้การที่มีลมพัดผ่านพื้นที่อย่างต่อเนื่องจะส่งผลให้ระดับน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงและในที่สุดจะเข้า สู่สมดุล (equilibrium state) คือกระแสน้ำเคลื่อนที่ไปในรูปแบบเดียวกันและระดับน้ำคงตัว แต่ถ้ากระแสลมมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จะส่งผลให้สมดุลนั้นหายไปและระดับน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงอีกครั้ง ซึ่งในอนาคตหากมีการศึกษาต่อควรพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจมีอิทธิพลต่อการไหลเวียนของน้ำในบริเวณอ่าวไทยตอนบนเพิ่มเติม โดยการเพิ่มอิทธิพลของน้ำท่าและน้ำขึ้นน้ำลงเข้ามา และควรทำแบบจำลองแบบสามมิติเพื่อให้แบบจำลองมีความ

สมบูรณ์และสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น ทั้งนี้อาจทำการศึกษาคณณกันของมวลน้ำเพื่อใช้ในการวิเคราะห์  
ร่วมกับการศึกษาอื่นต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

### ออนไลน์

สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. 2502. พระราชบัญญัติกำหนดเขตจังหวัดในอ่าวไทยตอนใน พ.ศ. 2502.

[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://web.krisdika.go.th/data/law/law2/%A183/%A183-20-2502-001.pdf> [16 มกราคม 2563]

กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม กรมอุตุนิยมวิทยา. 2557. หนังสืออุตุนิยมวิทยา "ลมมรสุม".

[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=52> [10 มกราคม 2563]

Earth Explorer (USGS), 2019. [online] Available from: <https://earthexplorer.usgs.gov> [2020, May]

### ภาษาไทย

วิฑูรย์ โชคเฉลิมวัฒน์. 2533. การวิเคราะห์ลักษณะกระแสน้ำทะเลในอ่าวไทยตอนบน. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

เผชญ์โชค จินตเศรษฐ์. ประสาร อินทรเจริญ และ อนุกุล บุรณประทีปรัตน์. 2561. ลักษณะกายภาพพื้นทะเล บริเวณอ่าวไทยตอนใน. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 23 (กันยายน-ธันวาคม): 1594-1558.

พงษ์สิทธิ์ ผลสมบุรณ์. 2561. การจำลองการรั่วไหลของน้ำมันบริเวณชายฝั่งทะเลระยอง. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

### ภาษาอังกฤษ

Bogden, P.S. and Edwards, C.A. 2011. Ekman dynamics. In J. K. Cochran, H. J. Bokuniewicz and P. L. Yager (eds.), Circulation: Wind-driven circulation, pp. 180-188. New York: Academic Press.

Buranapratheprat, A., Yanagi, T. and Sawangwong, P. 2002. Seasonal variations in circulation and salinity distribution in the upper Gulf of Thailand. La mer 40: 147-155.

Buranapratheprat, A., Yanagi, T., Sojisuporn, P. and Boonchrem, C. 2006. Influence of local wind field on seasonal circulations in the upper Gulf of Thailand. Coastal Marine Science 30: 19-26.

Chereskin, T.K. and Price, J.F. 2019. Upper Ocean Structure: Ekman Transport and Pumping. In J. K. Cochran, H. J. Bokuniewicz and P. L. Yager (eds.), Upper ocean process, pp. 80-85. New York: Academic Press.

- Dee, D.P., Uppala, S.M., Simmons, A.J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U.,  
Balmaseda, M.A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A.C., van de Berg, L.,  
Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A.J., Haimberger, L.,  
Healy, S.B., Hersbach, H., Hólm, E.V., Isaksen, L., Kållberg, P., Köhler, M., Matricardi,  
M., McNally, A.P., Monge-Sanz, B.M., Morcrette, J., Park, B., Peubey, C., de Rosnay,  
P., Tavolato, C., Thépaut, J. and Vitart, F. 2011. The ERA-Interim reanalysis:  
configuration and performance of the data assimilation system. Quarterly Journal  
of the Royal Meteorological Society 137: 553–597.
- Deltares. 2014. Delft3D-Flow User Manual. Delft: The Netherlands.
- Ekman, V.W. 1905. On the Influence of the Earth's Rotation on Ocean-currents.
- Lesser, G.R., Roelvink, J.A., van Kester, J.A.T.M. and Stelling, G.S. 2004. Development and  
validation of a three-dimensional morphological model. Coastal Engineering 51:  
883-915.
- Saramul, S. and Ezer, T. 2014. On the dynamics of low latitude, wide and shallow coastal  
system: numerical simulations of the Upper Gulf of Thailand. Ocean Dynamics  
64(4): 557-571.
- Yanagi, T. and Takao, T. 1998. Seasonal variation of three-dimensional circulations in the  
Gulf of Thailand. La mer 36(2): 43-55.