

วงจรรายปีและความแปรปรวนของระดับน้ำทะเล ในอ่าวไทยและทะเลจีนใต้



นาวาเอกสมมาตร เนียมนิล

อาจารย์ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ



groupe picotrans
votre formule de transport
logistique, maintenance et voyage
VEHICULE ECOLE

MONT SAINT-MICHEL
P >>>

STOP



Baie ATTENTION
du
Mont St-Michel
ACCES DANGEREUX

BAIGNADE INTERDITE

BADEN VERBODEN
NO SWIMMING
DIVIETO DI BALNEAZIONE



SABLES MOUVANTS

QUICKSAND
QUICKSANDS
SABBIE MOBILI



PROMENADES DANGEREUSES

SPAZIERGÄNGE AUF EIGENE GEFAHR
DANGER ! KEEP OUT !
PASSEGGIATE PERICOLOSE



MAREES FREQUENTES

Preiere de consulter l'annuaire des marées.

HÄUFIGE GEZEITEN

Bitte lesen sie in der gesamtabelle nach.

FREQUENT TIDES

Please check the tide tables.

MAREE FREQUENTI

Si prega di consultare il bollettino delle maree.

Aujourd'hui la marée arrive dans la baie à: **16h**
votre voiture peut rester sur les parkings en toute sécurité

Today the high tide enters the Bay at **16h**
You can safely leave your car in the car park.

Oggi la marea arriva nella Baia alle ore **16h**
La vostra auto puo' rimanere nel parcheggio in assoluta sicurezza.

Heute kommt die Flut um **16h** Uhr in die Bucht.
Ihr Auto ist auf den Parkplätzen in Sicherheit.

Hoy, la Marea llega a la Bahía a **16h**
Su coche puede permanecer en los aparcamientos con toda seguridad.

What is Sea Level?

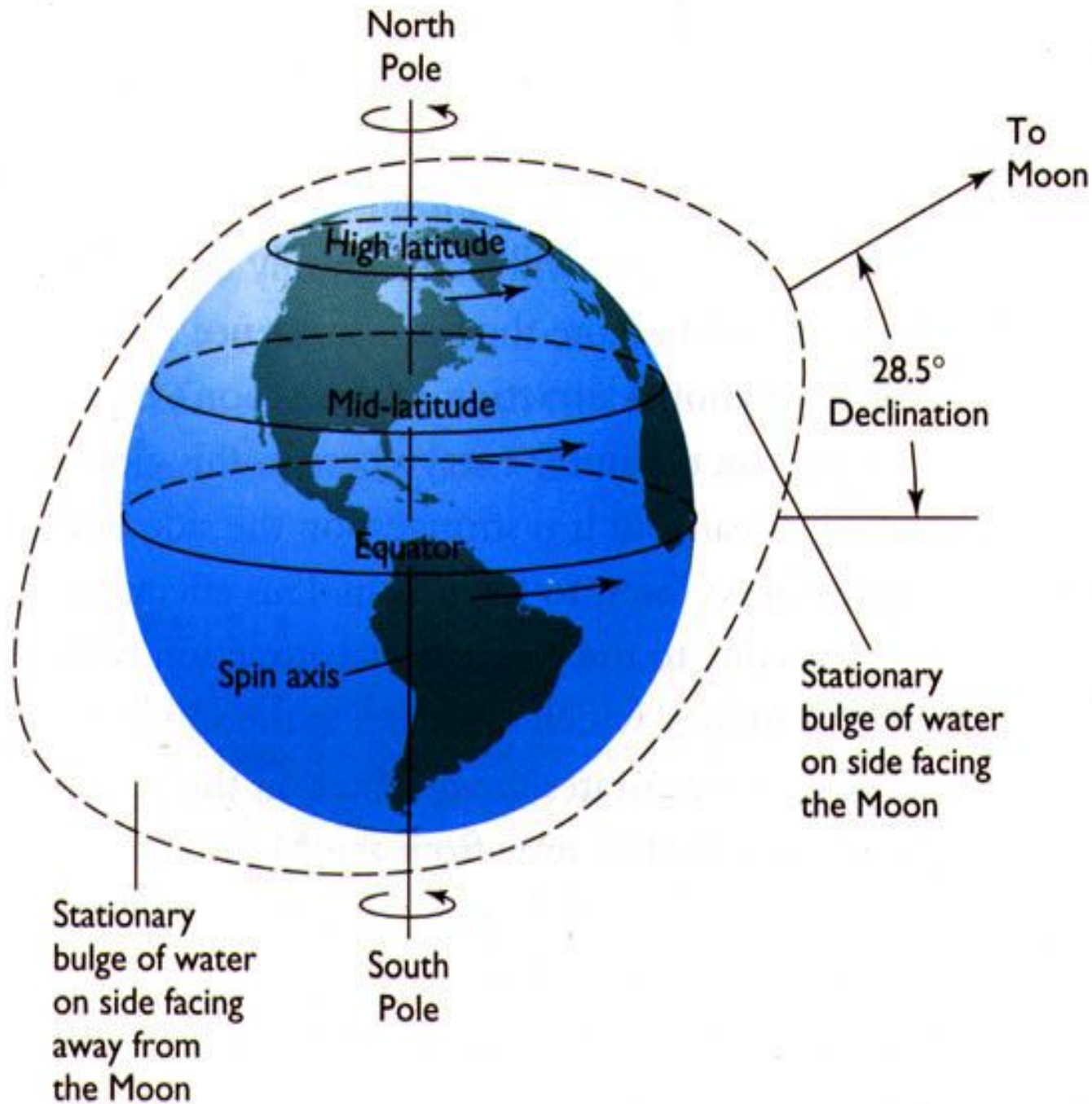


ระดับน้ำ (น้ำขึ้น-น้ำลง) เกิดขึ้นได้อย่างไร?

- เกิดจากอิทธิพลจากแรงดึงดูดของดวงดาวบนท้องฟ้าที่กระทำต่อมวลน้ำบนผิวโลกให้ปรากฏเป็นสูงขึ้นหรือต่ำลง
- โดยดวงดาวที่มีอิทธิพลมากที่สุดต่อการเกิด น้ำขึ้น-น้ำลง คือ ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์
- แรงดึงดูดที่กระทำต่อมวลน้ำบนผิวโลกจะมีค่ามาก-น้อย จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับมวลของวัตถุ และเป็นปฏิภาคกลับกับระยะทางยกกำลังสามระหว่างวัตถุนั้นๆ มีค่าเปลี่ยนแปลง ดังนี้

- $$F = \frac{M_1 M_2}{R^3}$$

- อาการขึ้น-ลงของน้ำไม่คงที่แน่นอนแต่ละแห่งแตกต่างกัน จากเหตุ 3 ประการ คือ
- 1.ลักษณะทางดาราศาสตร์ เช่น การหมุน/การโคจรของโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ ไม่คงที่
- 2. ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา เช่น ลมฟ้าอากาศแต่ละท้องถิ่น ในตำบลที่ต่าง ๆ ของโลกแตกต่างกัน
- 3. ลักษณะทางภูมิศาสตร์ เช่น ขอบฝั่ง/ใต้พื้นท้องทะเลแต่ละแห่งแตกต่างกัน เช่น อ่าว แหลม เกาะ โขดหิน ที่ตื้น หินใต้น้ำ เป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนตัวของมวลน้ำ

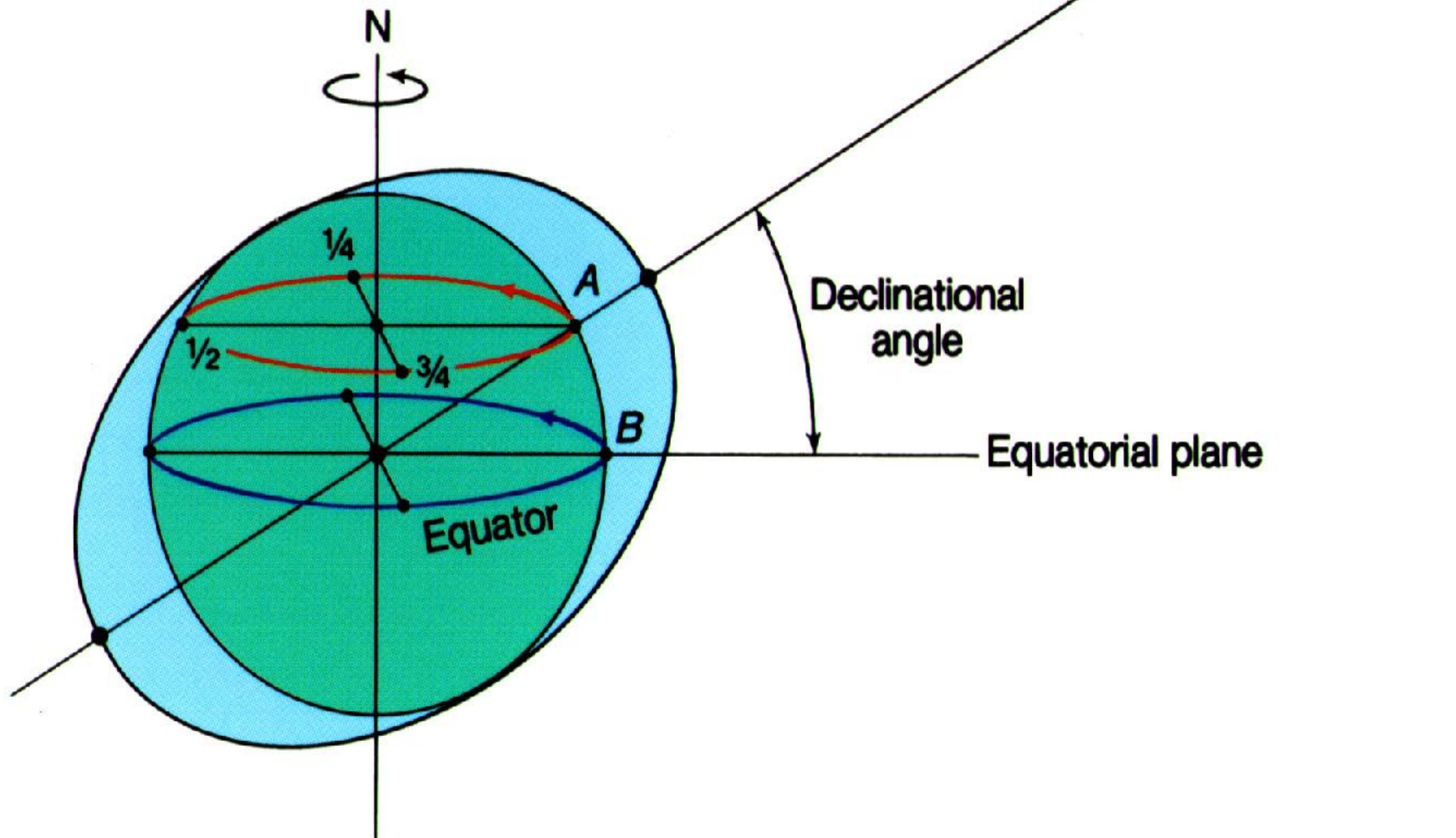


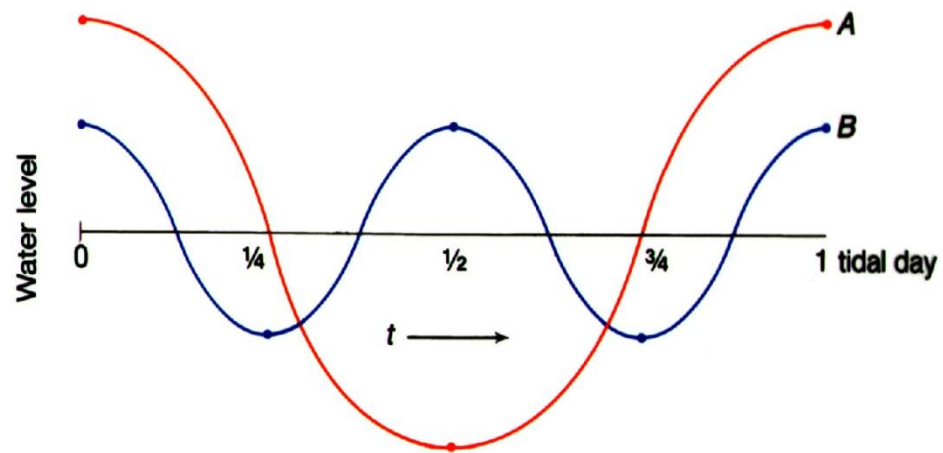
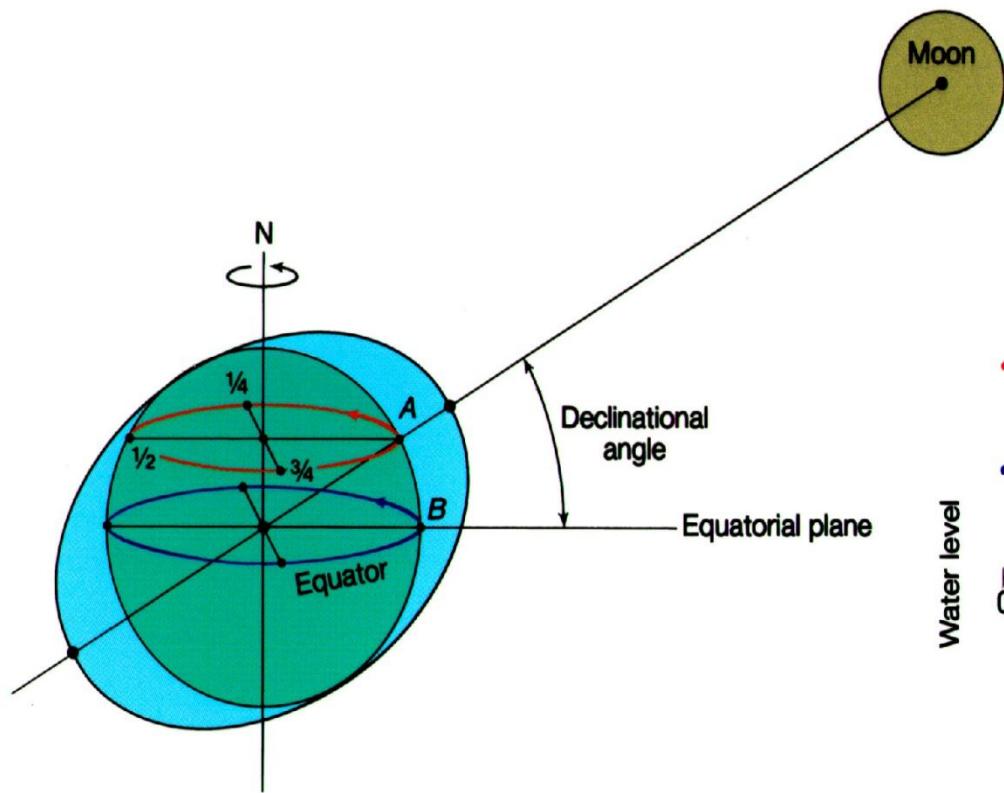
The moon's orbit around the earth is not around the plane of the earth's equator. There is a substantial maximum declination.

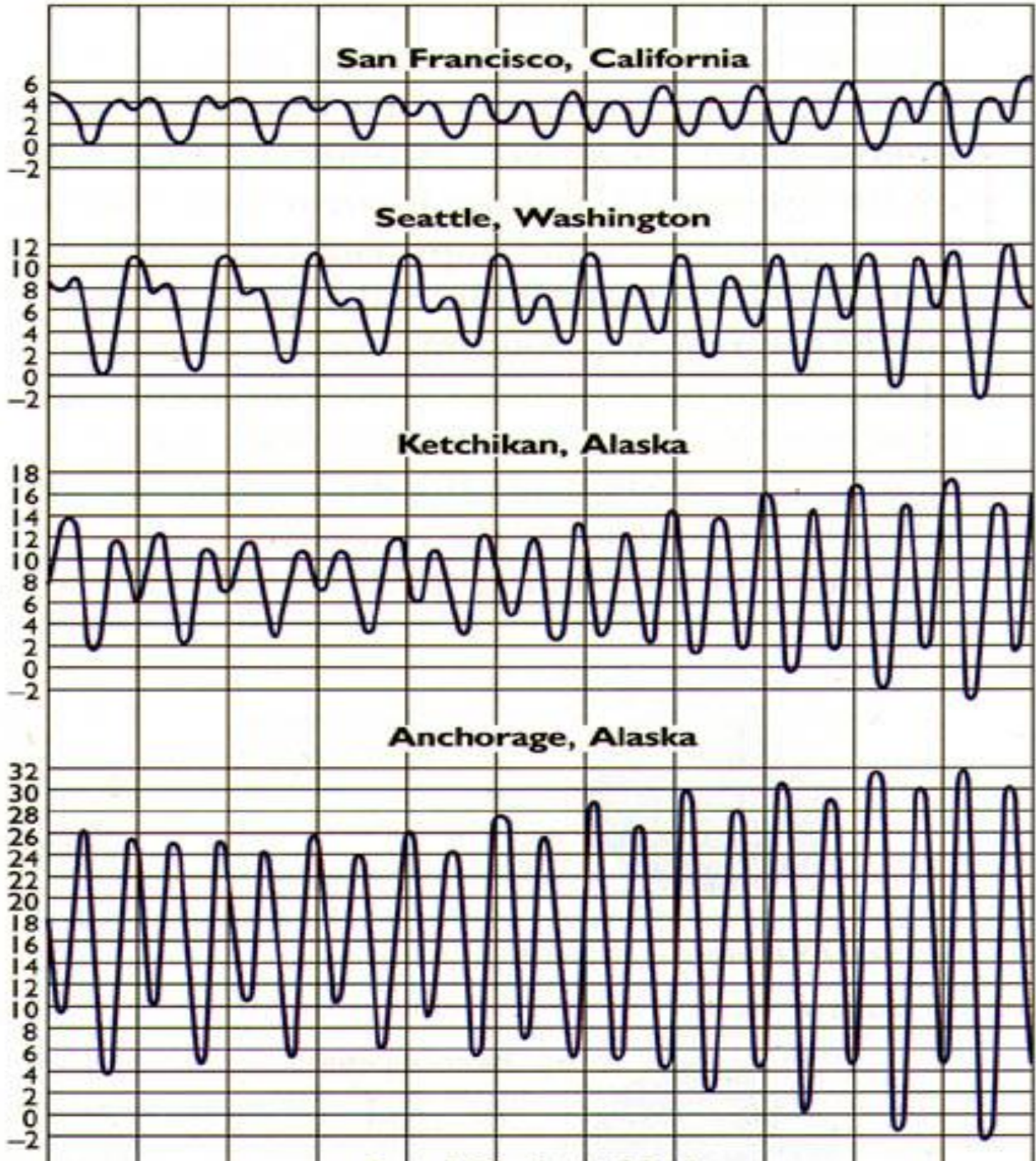


Sun-Earth: 23.5 N to 23.5 S over one year.

Moon-Earth: 28.5 N to 28.5 S over one lunar month.





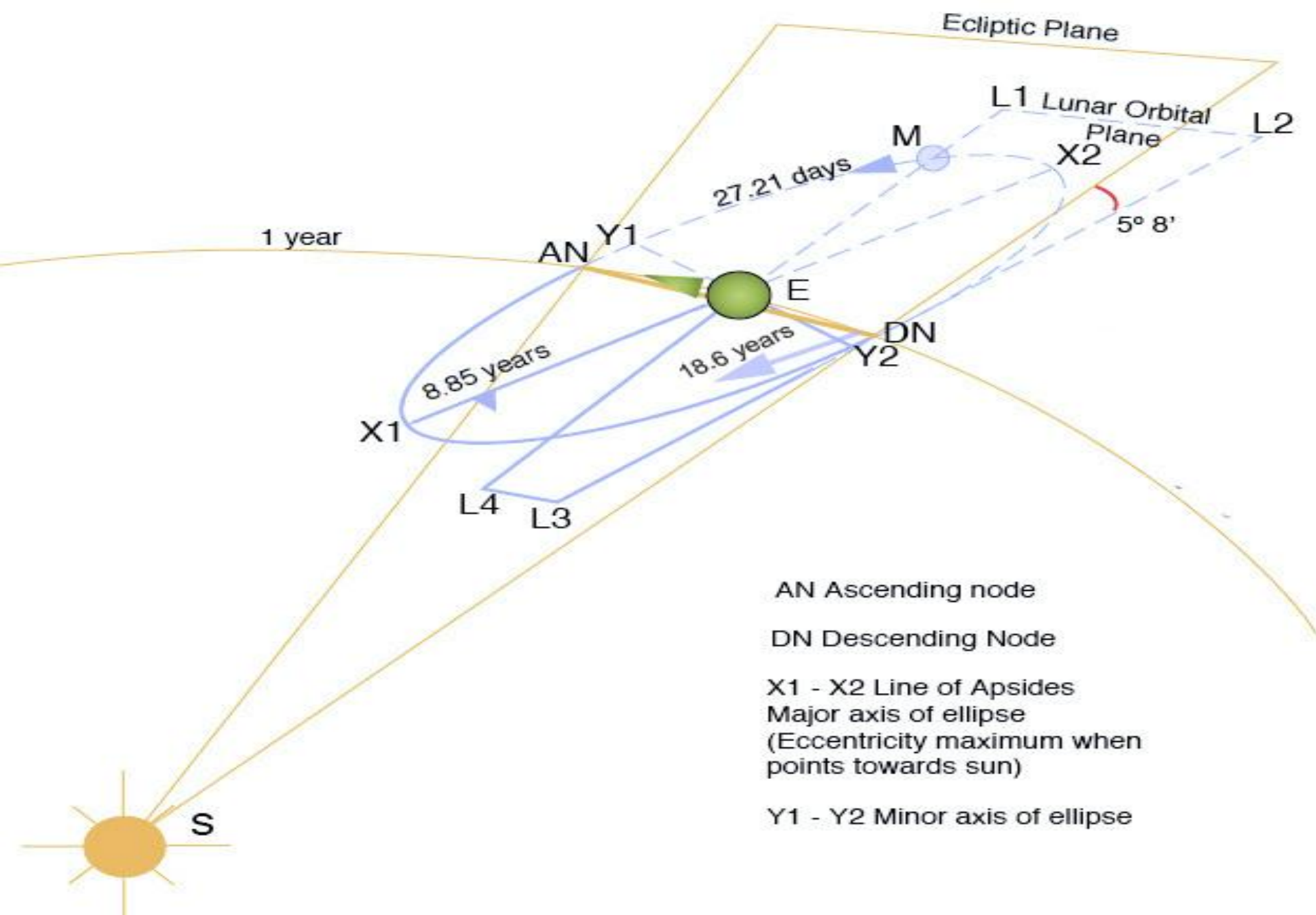


*Low, low tides
high, low tides*

*high, high tides
low, high tides*

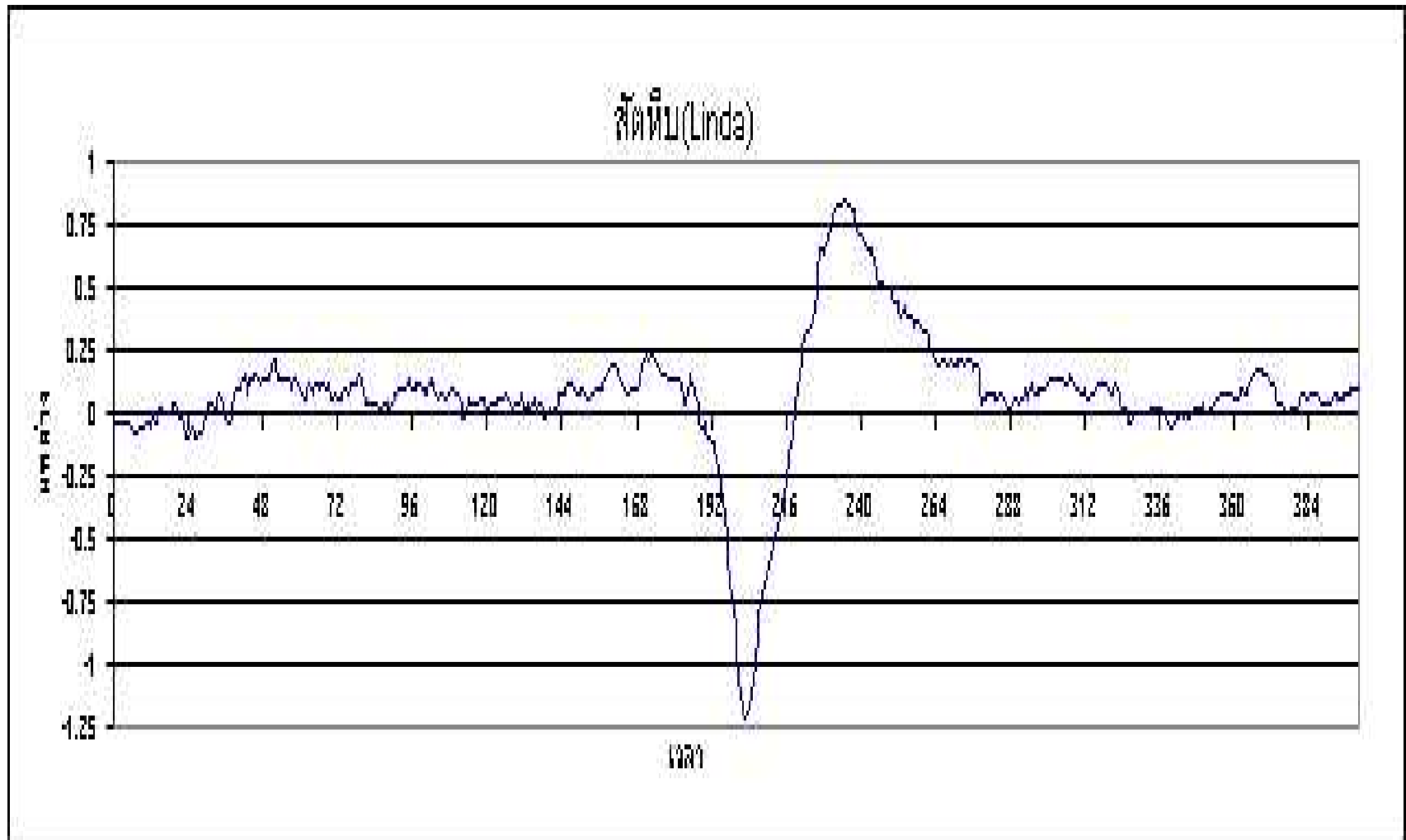
*Why such variation?
Why the pattern?*





เนื่องด้วยระนาบการโคจรของดวงจันทร์มีการส่าย
แกว่ง (Precession) โดยมีวงรอบการแกว่งอยู่ที่
18.6 ปี ที่เรียกว่า “Lunar Nodal Cycle or
Lunar Standstill” ซึ่งจะปรากฏค่า “ระดับน้ำลง
ต่ำที่สุด Lowest Low Water (L' LW)” ซึ่งใช้เป็น
เส้นเกณฑ์น้ำสำหรับการทำแผนที่เดินเรือของไทย

- 2. ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา เช่น ลมฟ้าอากาศแต่ละท้องถิ่น ในตำบลที่ต่าง ๆ ของโลกแตกต่างกัน



- 3. ลักษณะทางภูมิศาสตร์ เช่น ขอบฝั่ง/ใต้พื้นที่องทะเลแต่ละแห่งแตกต่างกัน



Bay of Fundy, New Brunswick, Canada

การตรวจวัดระดับน้ำ

- เครื่องวัดระดับน้ำ (Tide gauge)
- วัดระดับน้ำด้วยดาวเทียม (Satellite Altimetry)

การตรวจวัดน้ำขึ้นน้ำลง

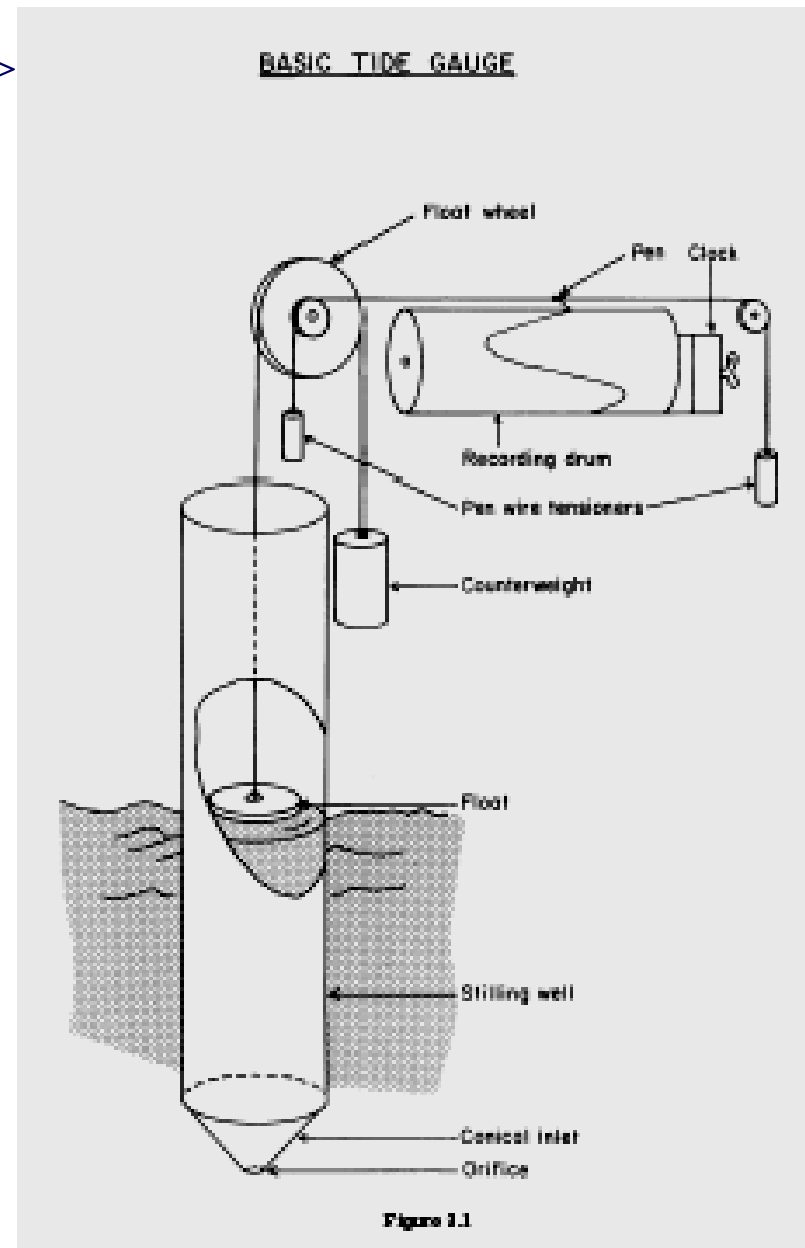
- เครื่องวัดระดับน้ำแต่เดิมเป็นแบบเครื่องกลโดยอาศัยลูกลอยต่อกับสายลวดไปยังปากกาซึ่งจะขีดเส้นบันทึกระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง
- ในกระดาษจะมีข้อมูลเส้นกราฟน้ำประมาณ 2-3 วัน
เจ้าหน้าที่จะอ่านค่าระดับน้ำเป็นรายชั่วโมงจากกราฟน้ำ
- ข้อมูลที่ได้จะนำไปวิเคราะห์แบบนอนฮาร์โมนิค ซึ่งสามารถทำได้ด้วยเครื่องคิดเลข หากมีโปรแกรมก็สามารถวิเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำแบบฮาร์โมนิคได้

เครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกกลอย----->

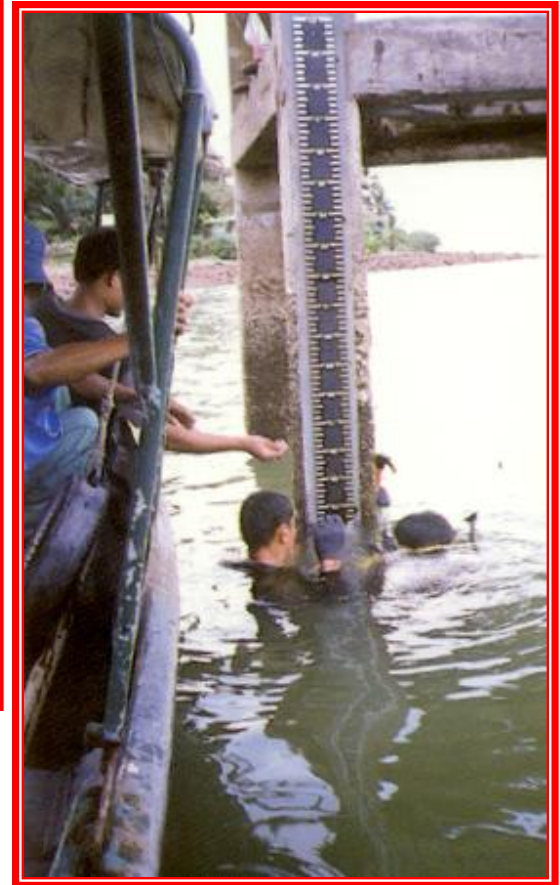
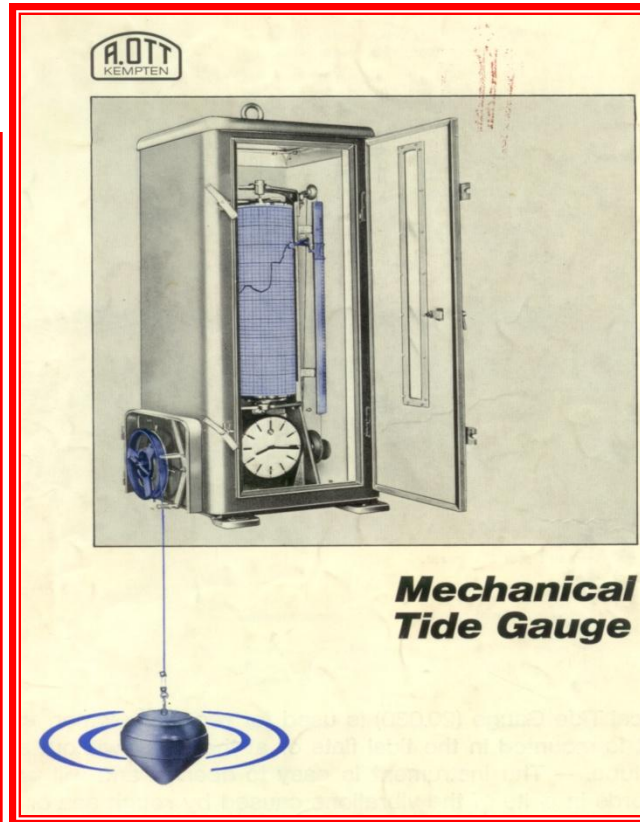
Basic Tide Gauge



เครื่องวัดระดับน้ำแบบดิจิทัล
Digital Tide Gauge



สถานีวัดระดับน้ำ (Tidal Station)

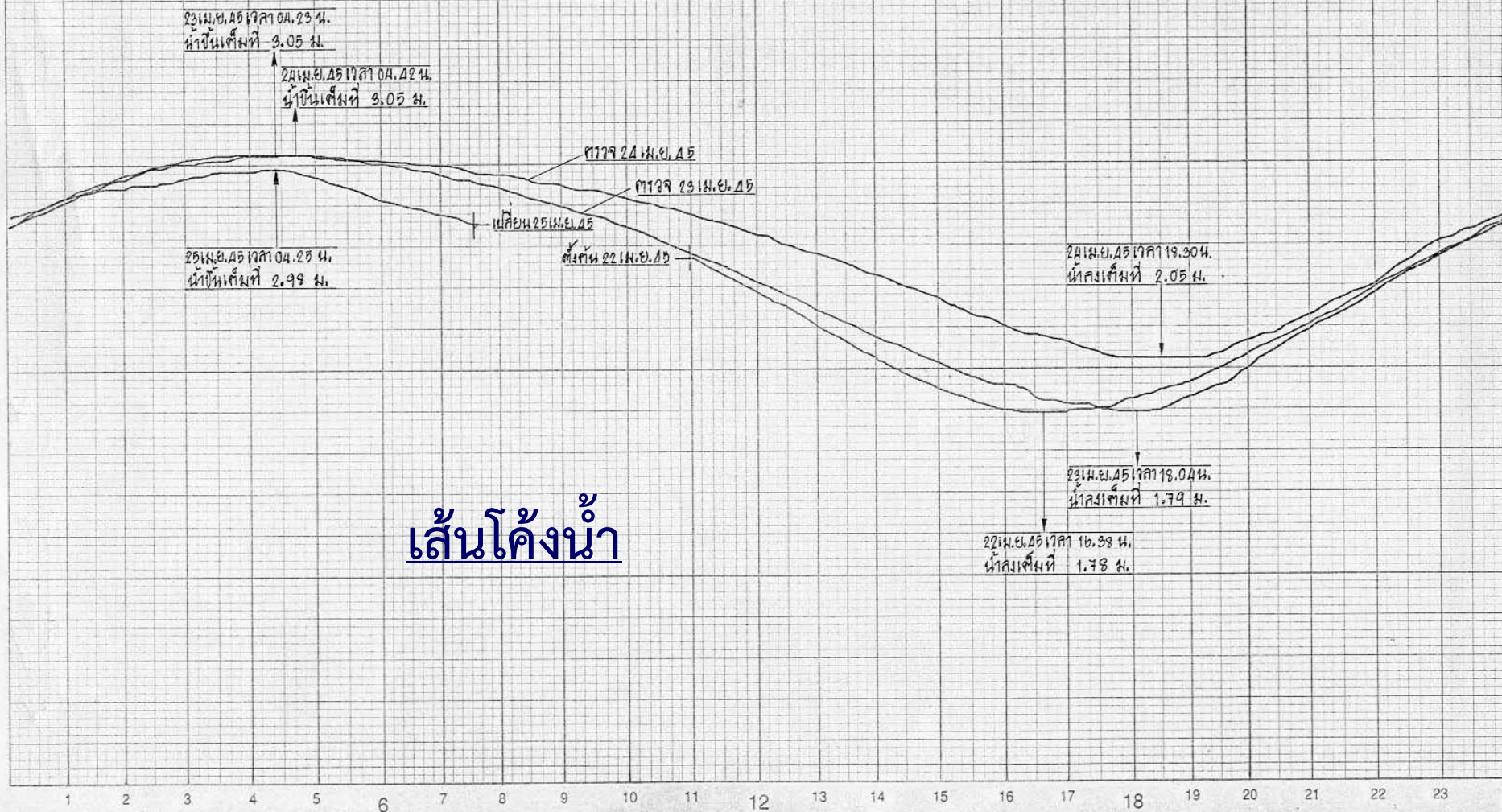


Recording Station สถานีวัดระดับน้ำท่าแหลม (จันทบุรี)

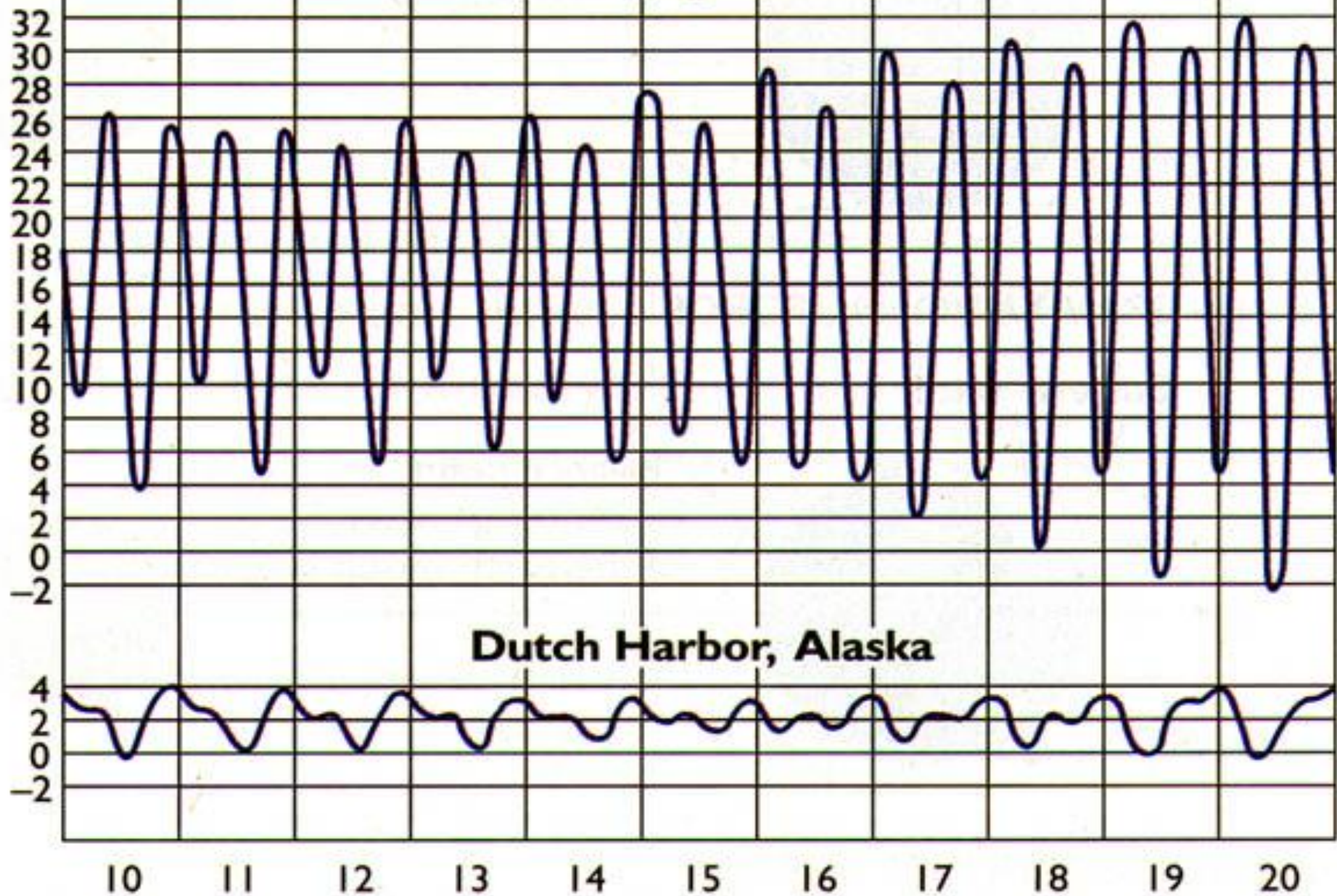
Chart installed _____ hours, removed _____ hours

Registration Scale: 1:

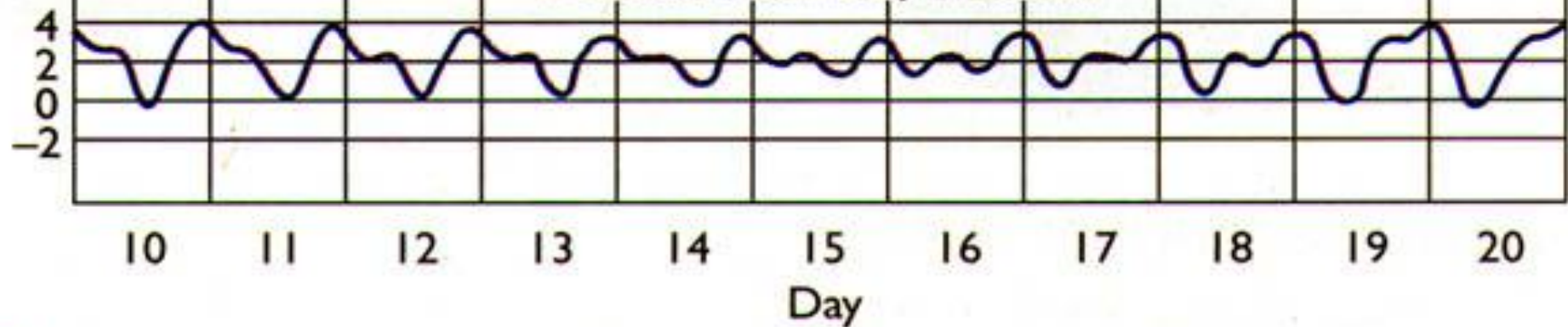
ตั้งต้น หรือ เปลี่ยน	ว/ก/ป	เวลา		ระดับน้ำ		
		ตั้ง	ยุติ	มว.ที่	ค	ยุติ
ตั้งต้น	22 เม.ย. 25	10.59	10.59	-	2.5A	2.5A
ท.ท.ท.	23 เม.ย. 25	09.20	09.20	-	2.76	2.76
ท.ท.ท.	24 เม.ย. 25	08.30	08.30	-	2.92	2.92
เปลี่ยน	25 เม.ย. 25	07.39	07.33	-	2.70	2.70



Anchorage, Alaska



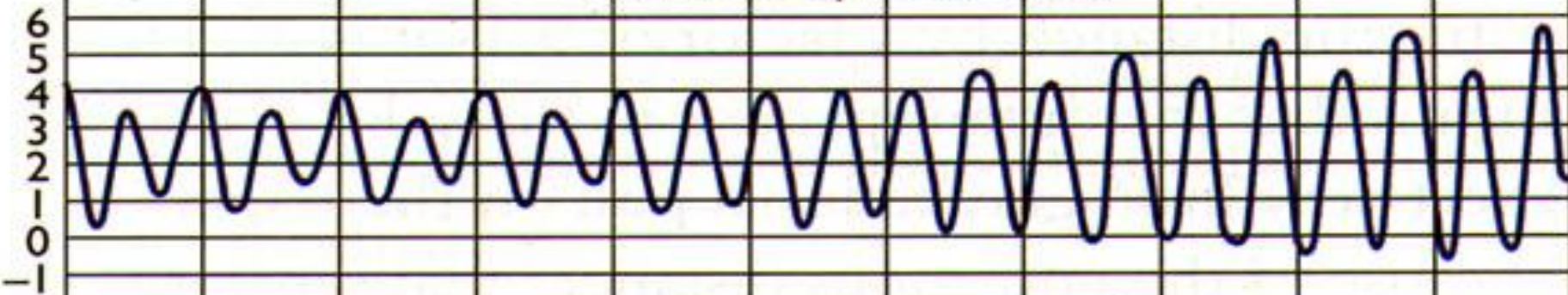
Dutch Harbor, Alaska



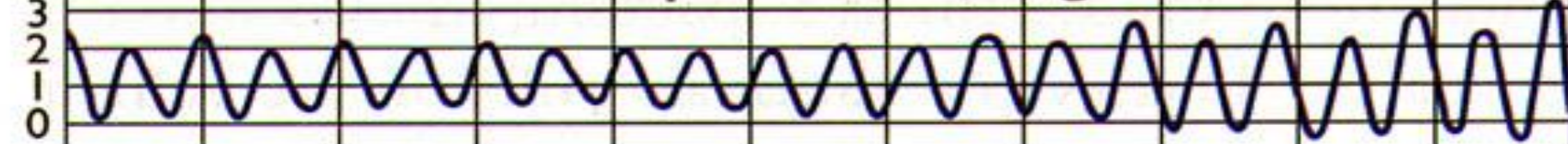
Boston, Massachusetts



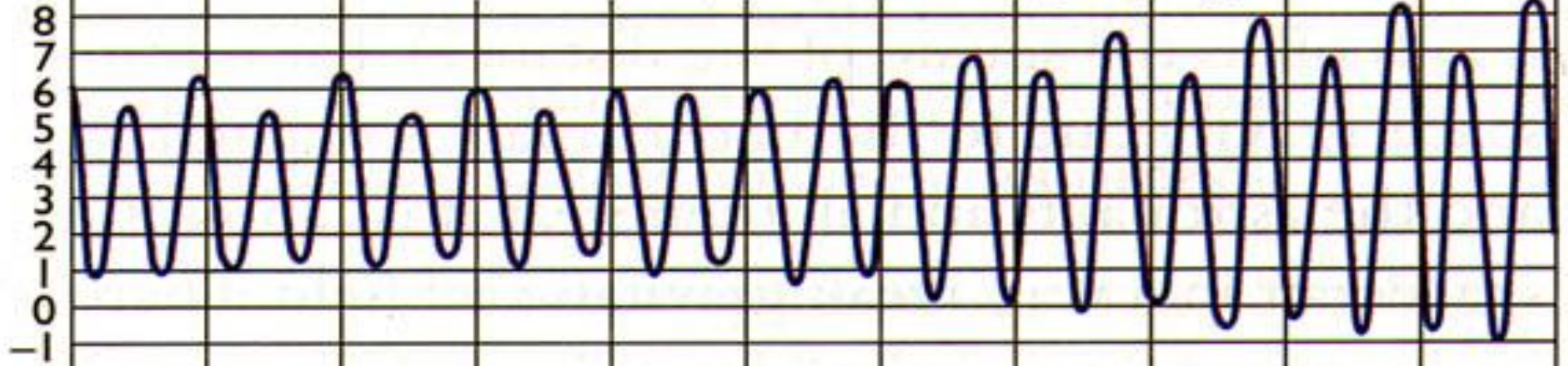
New York, New York



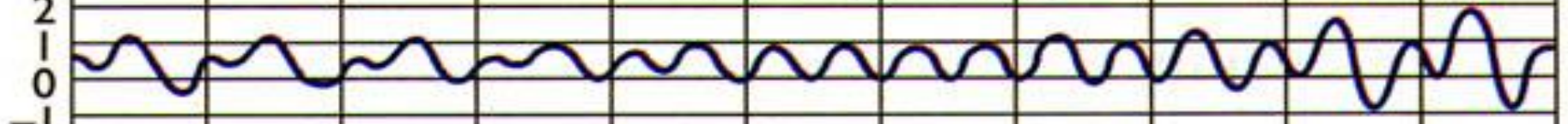
Hampton Roads, Virginia



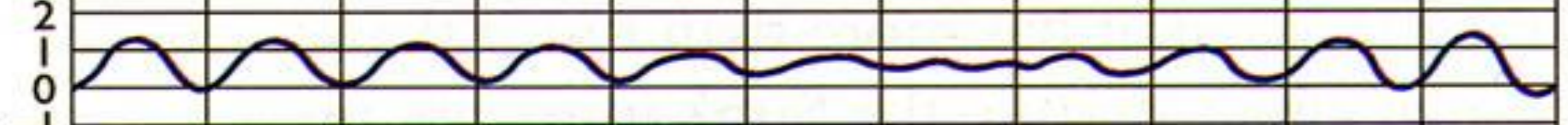
Savannah River Entrance, Georgia



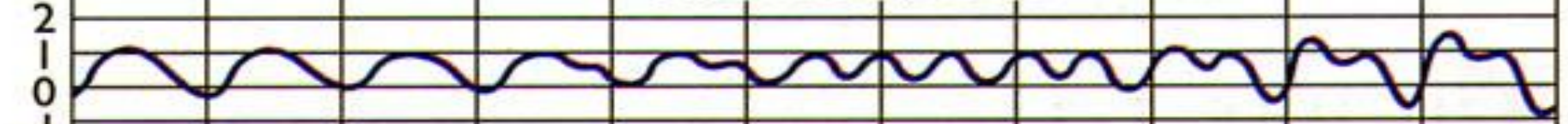
Key West, Florida



Pensacola, Florida



Galveston, Texas



10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

Day

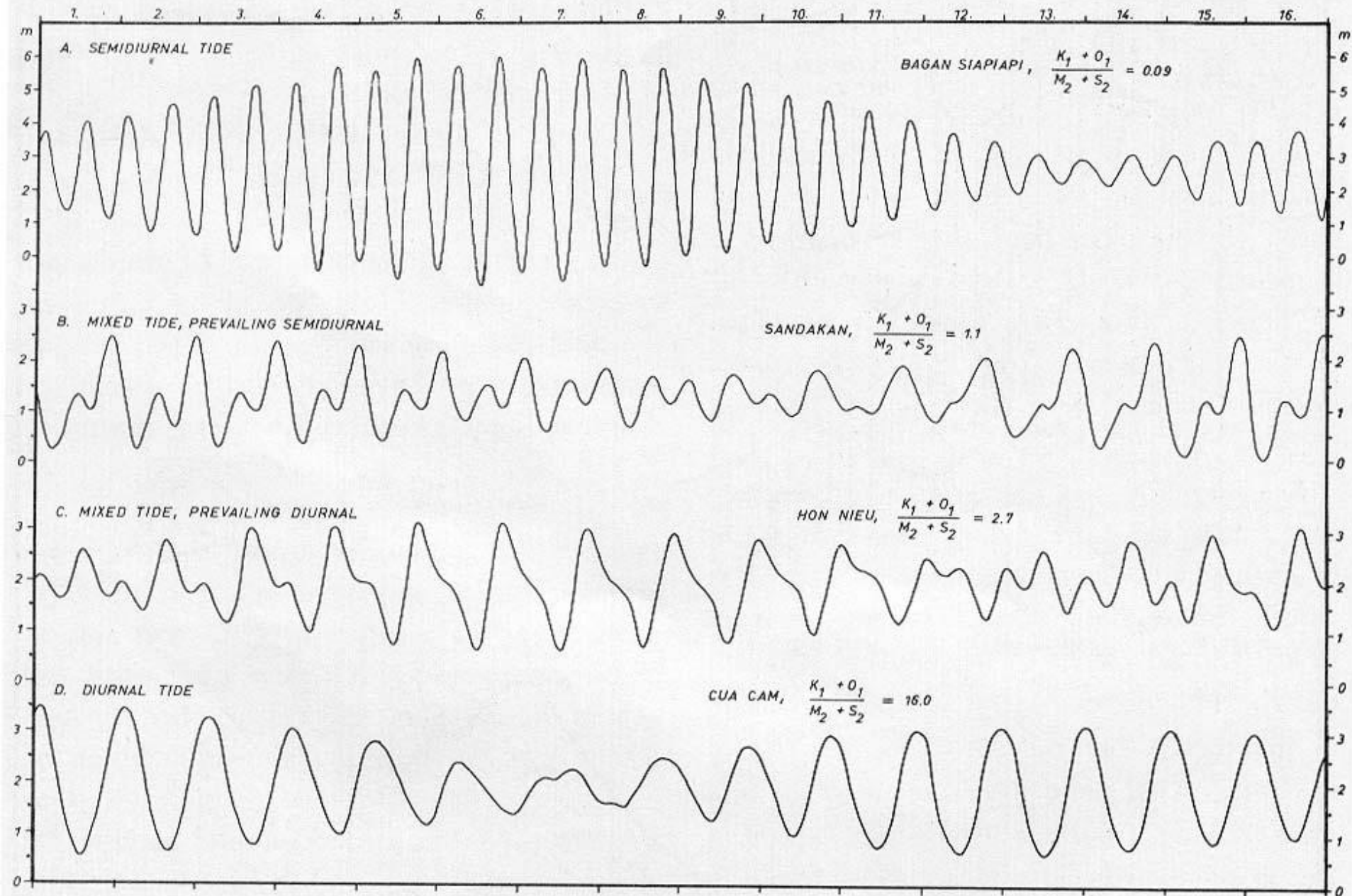
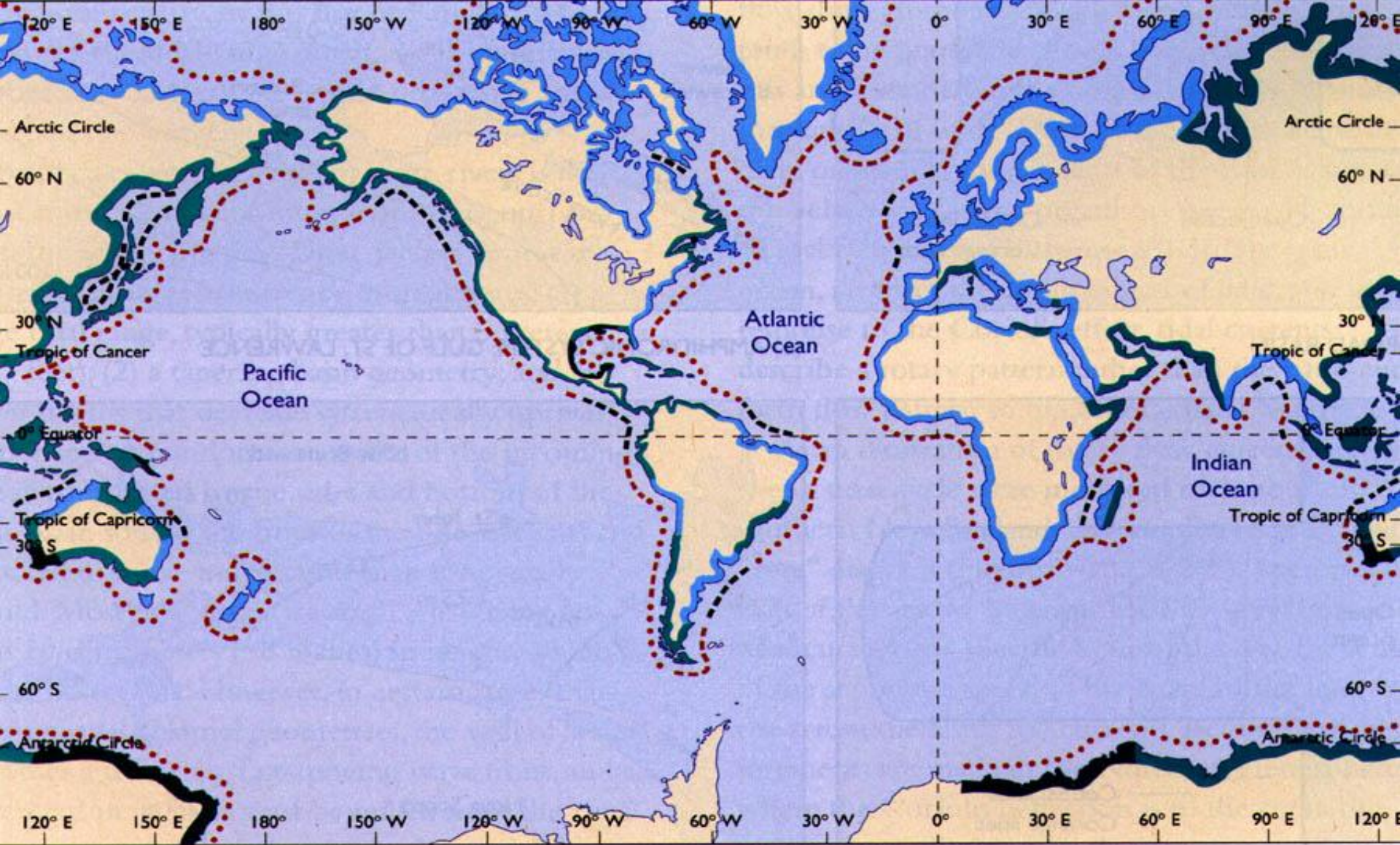


Fig. 8.1. Typical tidal curves in the Southeast Asian Waters, representing the four types of tides during a period of 16 days.

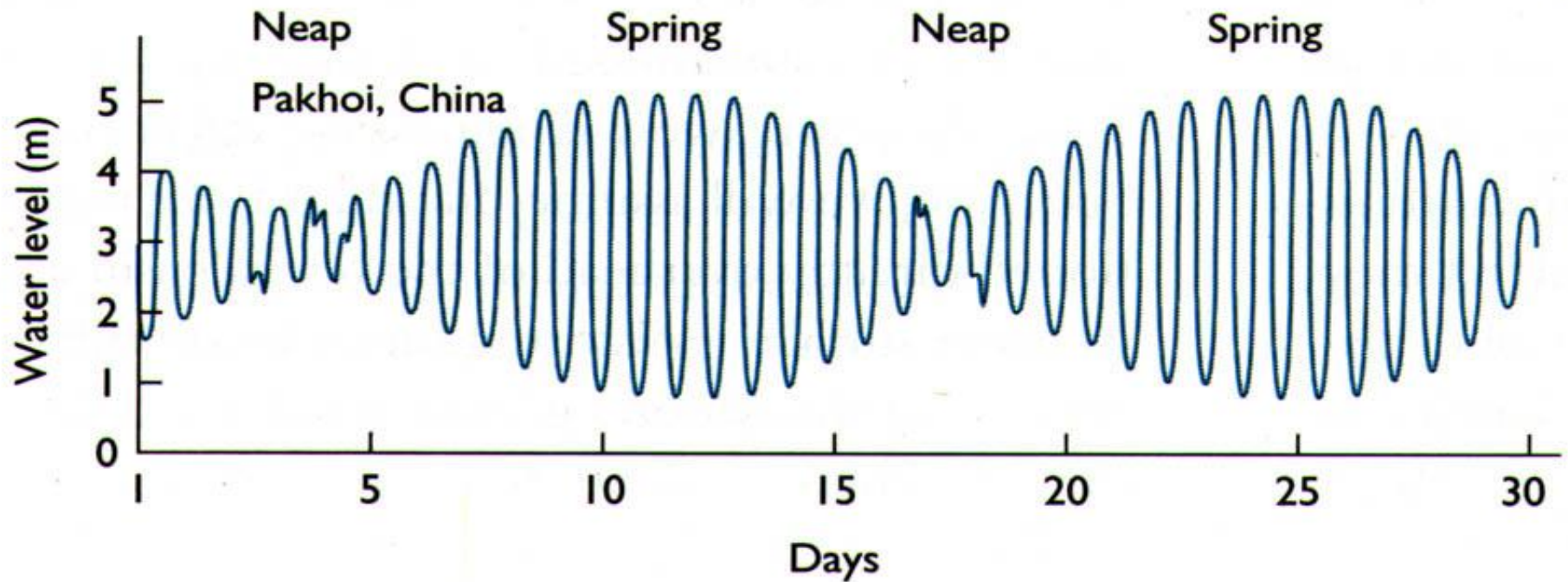
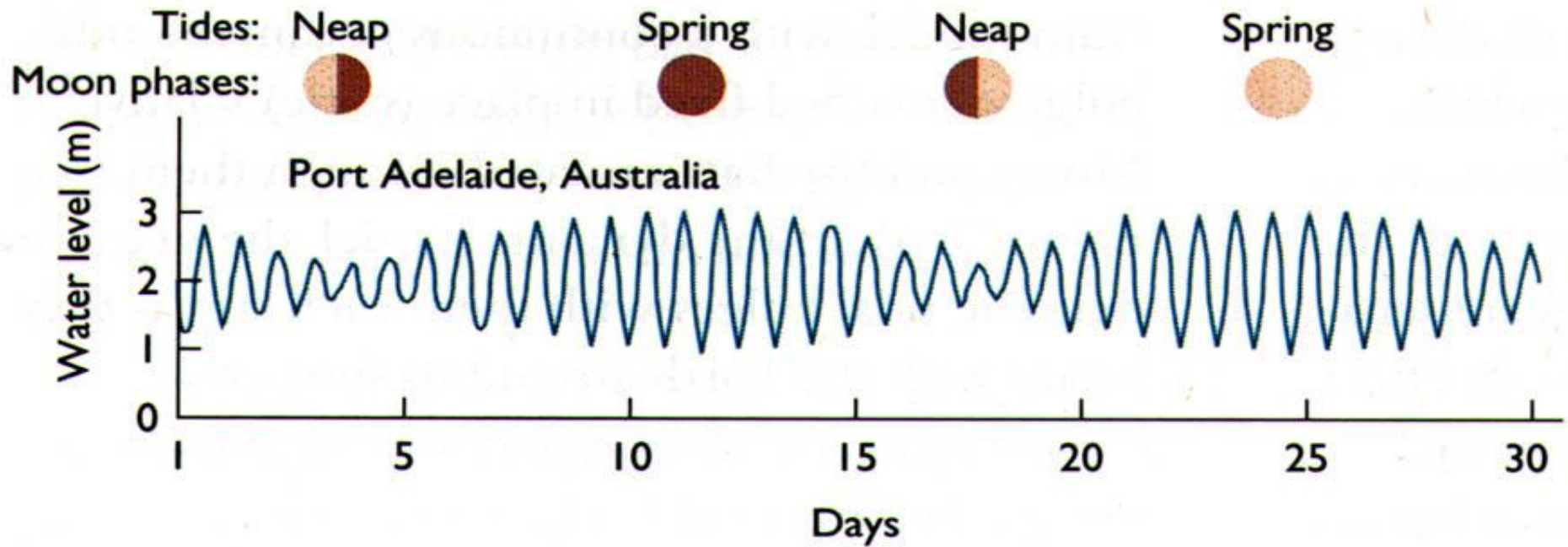


Tidal Form

- Diurnal
- Mixed
- Semidiurnal

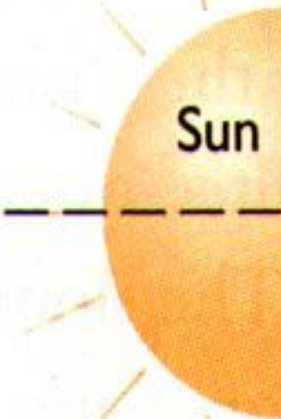
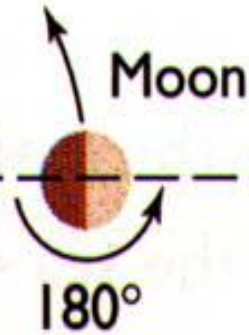
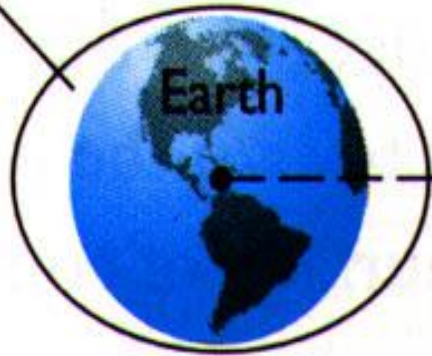
Tidal Range

- <2 m
Microtidal
- 2 – 4 m
Mesotidal
- > 4 m
Macrotidal

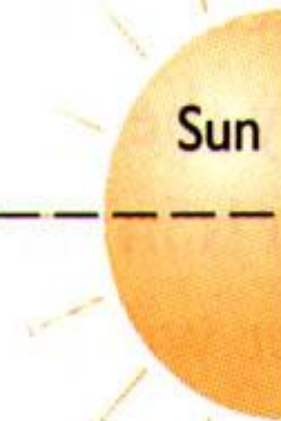
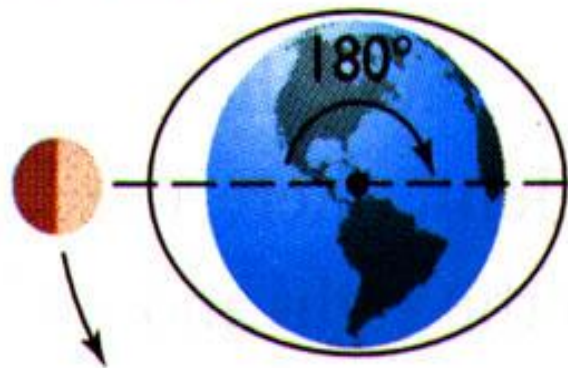


New moon

Water envelope



Full moon



SPRING tides

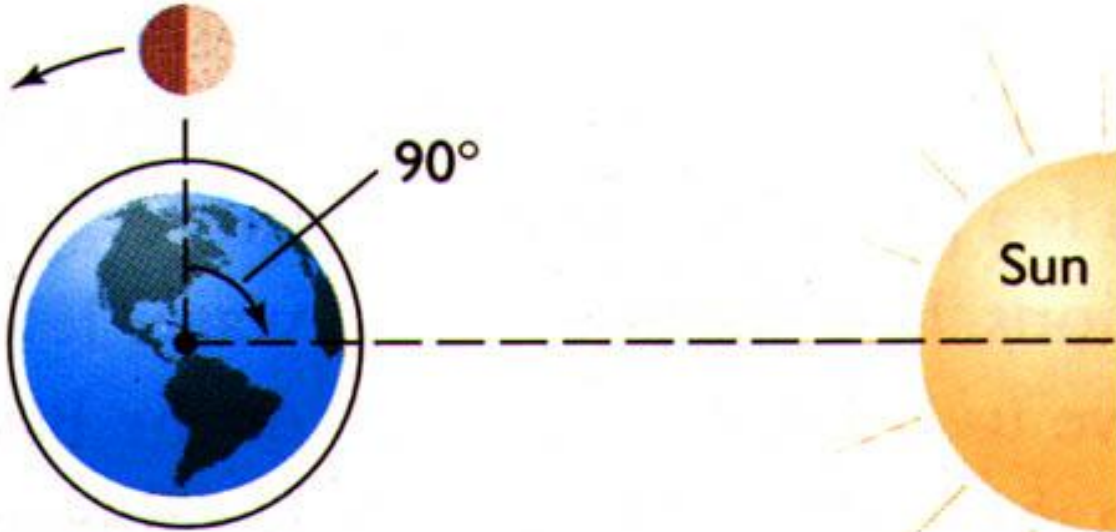
ยอดน้ำขึ้นสูงสุด

ทุกๆ 14 วัน

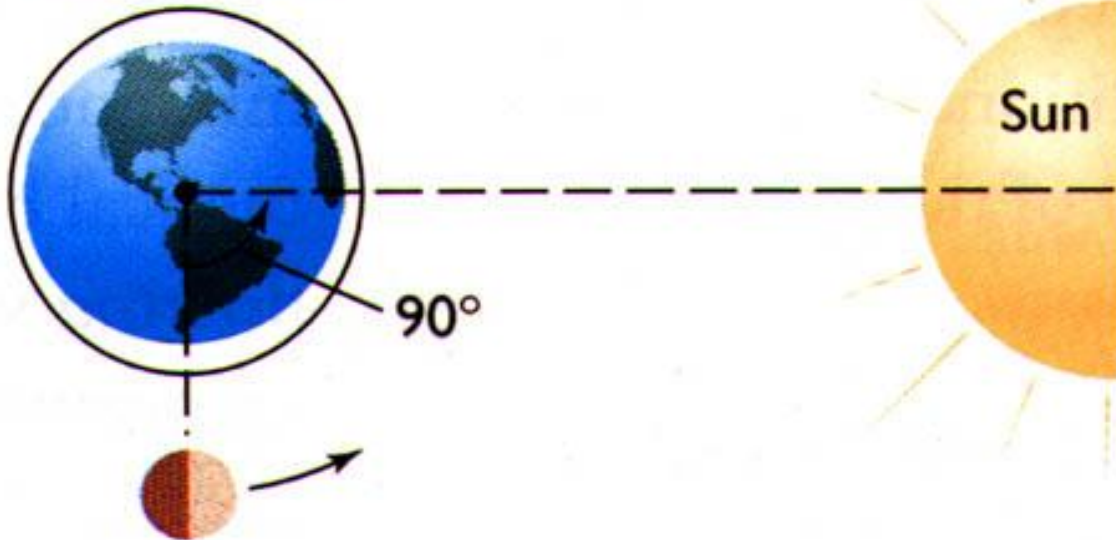
ช่วงแรม 15 ค่ำ

และขึ้น 15 ค่ำ

First quarter



Last quarter



NEAP tides

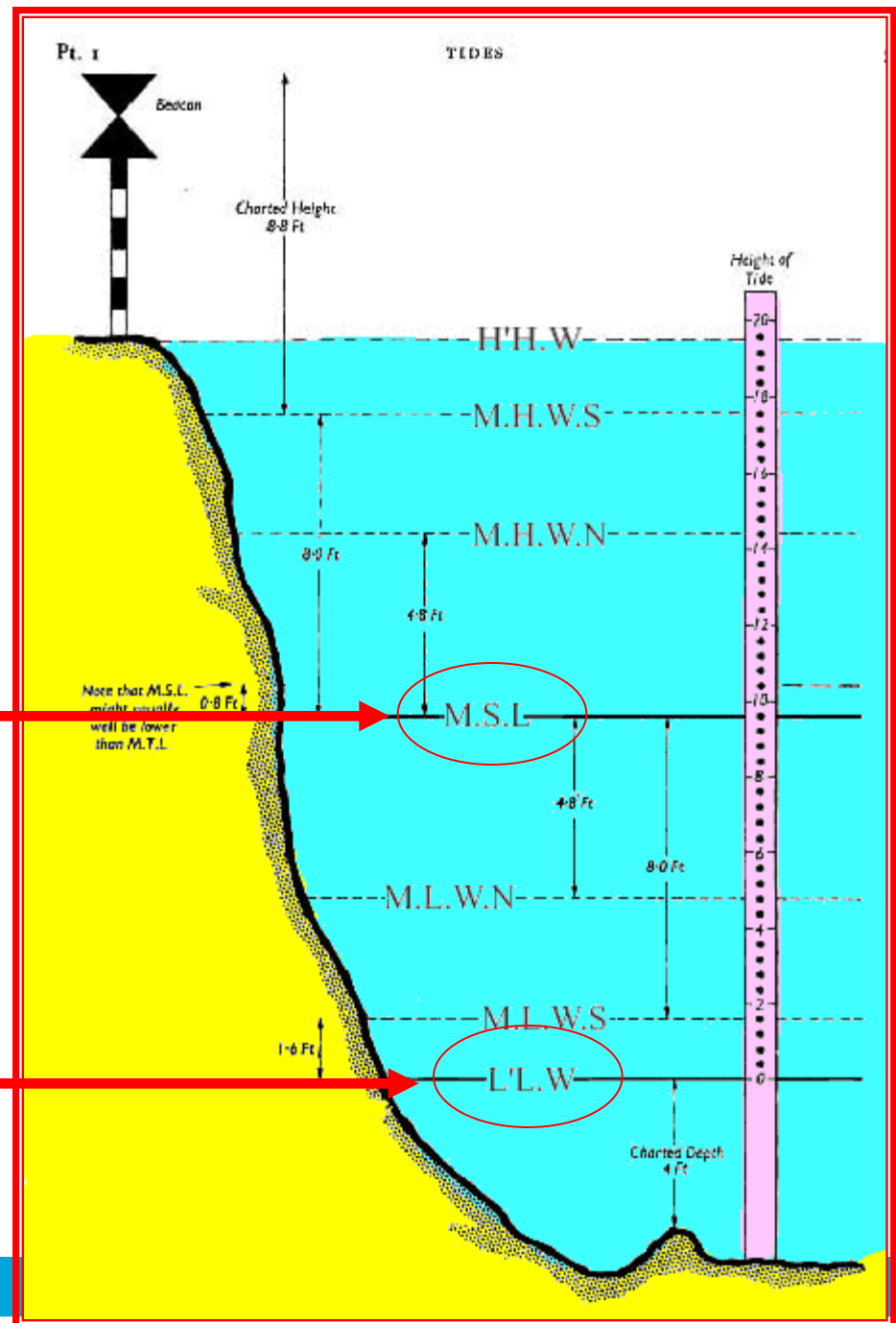
ยอดน้ำขึ้นต่ำสุด

ทุกๆ 14 วัน

ค่าที่วัดได้

ระดับทะเลปานกลาง
Mean Sea Level (MSL)

ระดับน้ำลงต่ำที่สุด
Lowest Low Water (L' LW)



TIDAL INFORMATION

สถานี กองบัญชาการกองทัพเรือ กรม.

ROYAL THAI NAVY HEADQUARTERS (BANGKOK)

พ.ศ. 2528 - 2546 (ค.ศ. 1985-2003)

ชนิดของน้ำ : น้ำผสม

Non - Harmonic Tidal Quantities

ละติจูด (Lat.) 13° - 44' - 33" อ.(N.)

ลองจิจูด (Long.) 100° - 29' - 33" อ.(E.)

TIDAL INFORMATION	ชื่อย่อ	ค่าเฉลี่ย (เมตร)		ค่ารายการน้ำ (เมตร)
		จากศูนย์บรรทัดน้ำ	จาก M.S.L.	
MEAN HIGHER HIGH WATER	MHHW			
MEAN HIGH WATER SPRING	MHWS	3.67	+1.17	3.12
MEAN HIGH WATER	MHW	3.56	+1.06	
MEAN HIGH WATER NEAP	MHWN	3.54	+1.04	2.99
MEAN LOWER HIGH WATER	MLHW			
LOCAL MEAN SEA LEVEL	LMSL	3.02	+0.52	
MEAN TIDE LEVEL	MTL	3.03	+0.53	
MEAN HIGHER LOW WATER	MHLW			
MEAN LOW WATER NEAP	MLWN	2.35	-0.15	1.80
MEAN LOW WATER	MLW	2.49	-0.01	
MEAN LOW WATER SPRING	MLWS	2.24	-0.26	1.69
MEAN LOWER LOW WATER	MLLW			
MEAN SPRING RANGE (Mn.Sg.Range)				1.43
MEAN NEAP RANGE (Mn.Np.Range)				1.18
MEAN RANGE (Mn.Range)				1.07
HIGHEST HIGH WATER	H'est HW.	4.72	+2.22	ต.ค.2538
LOWEST LOW WATER	L'est LW.	0.55	-1.95	ส.ค.2507

TIDAL INFORMATION

สถานีวัดระดับน้ำทะเลหลัก จ.ประจวบคีรีขันธ์

KO LAK (PRACHUAP KHIRIKHAN)

พ.ศ. 2528 - 2546 (ค.ศ. 1985 - 2003)

ชนิดของน้ำ : น้ำเค็ม

Non - Harmonic Tidal Quantities

ละติจูด (Lat.) 11° - 47' - 42" น. (N.)

ลองจิจูด (Long.) 99° - 48' - 58" อ.(E.)

TIDAL INFORMATION	ชื่อย่อ	ค่าเฉลี่ย (เมตร)		ค่ารายการน้ำ (เมตร)
		จากศูนย์บรรทัดน้ำ	จาก M.S.L.	
MEAN HIGHER HIGH WATER	MHHW			
MEAN HIGH WATER SPRING	MHWS	3.13	+0.63	2.32
MEAN HIGH WATER	MHW	3.09	+0.59	
MEAN HIGH WATER NEAP	MHWN	3.00	+0.50	2.19
MEAN LOWER HIGH WATER	MLHW			
LOCAL MEAN SEA LEVEL	LMSL	2.50	0.00	
MEAN TIDE LEVEL	MTL	2.48	-0.02	
MEAN HIGHER LOW WATER	MHLW			
MEAN LOW WATER NEAP	MLWN	1.98	-0.52	1.17
MEAN LOW WATER	MLW	1.86	-0.64	
MEAN LOW WATER SPRING	MLWS	1.78	-0.72	0.97
MEAN LOWER LOW WATER	MLLW			
MEAN SPRING RANGE (Mn.Sg.Range)				1.35
MEAN NEAP RANGE (Mn.Np.Range)				1.02
MEAN RANGE (Mn.Range)				1.23
HIGHEST HIGH WATER	H'est HW.	4.10	+1.60	พ.ย.2527
LOWEST LOW WATER	L'est LW.	0.81	-1.69	ก.ค.2539

TIDAL INFORMATION

สถานี ตัดทึบ จ.ชลบุรี

SATTAHIP (CHONBURI)

พ.ศ. 2528 - 2546 (1985-2003)

ชนิดของน้ำ : น้ำผสม

Non - Harmonic Tidal Quantities

ละติจูด (Lat.) 12° - 38' - 42" น.(N.)

ลองจิจูด (Long.) 100° - 52' - 55" อ.(E.)

TIDAL INFORMATION	ชื่อย่อ	ค่าเฉลี่ย (เมตร)		ค่ารายการน้ำ (เมตร)
		จากศูนย์บรรทัดน้ำ	จาก M.S.L.	
MEAN HIGHER HIGH WATER	MHHW			
MEAN HIGH WATER SPRING	MHWS	3.22	+0.72	2.91
MEAN HIGH WATER	MHW	3.10	+0.60	
MEAN HIGH WATER NEAP	MHWN	3.07	+0.57	2.76
MEAN LOWER HIGH WATER	MLHW			
LOCAL MEAN SEA LEVEL	LMSL	2.46	-0.04	
MEAN TIDE LEVEL	MTL	2.42	-0.08	
MEAN HIGHER LOW WATER	MHLW			
MEAN LOW WATER NEAP	MLWN	1.77	-0.83	1.46
MEAN LOW WATER	MLW	1.73	-0.77	
MEAN LOW WATER SPRING	MLWS	1.46	-1.04	1.15
MEAN LOWER LOW WATER	MLLW			
MEAN SPRING RANGE (Mn.Sg.Range)				1.76
MEAN NEAP RANGE (Mn.Np.Range)				1.31
MEAN RANGE (Mn.Range)				1.38
HIGHEST HIGH WATER	H'est HW.	4.06	+1.56	พ.ย.2540
LOWEST LOW WATER	L'est LW.	0.31	-2.19	ศ.ค.2494



มาตราน้ำ

น่านน้ำไทย

แม่น้ำเจ้าพระยา - อ่าวไทย - ทะเลอันดามัน

พ.ศ.๒๕๔๘

กรมอุทกศาสตร์

กองทัพเรือ

TIDE TABLES

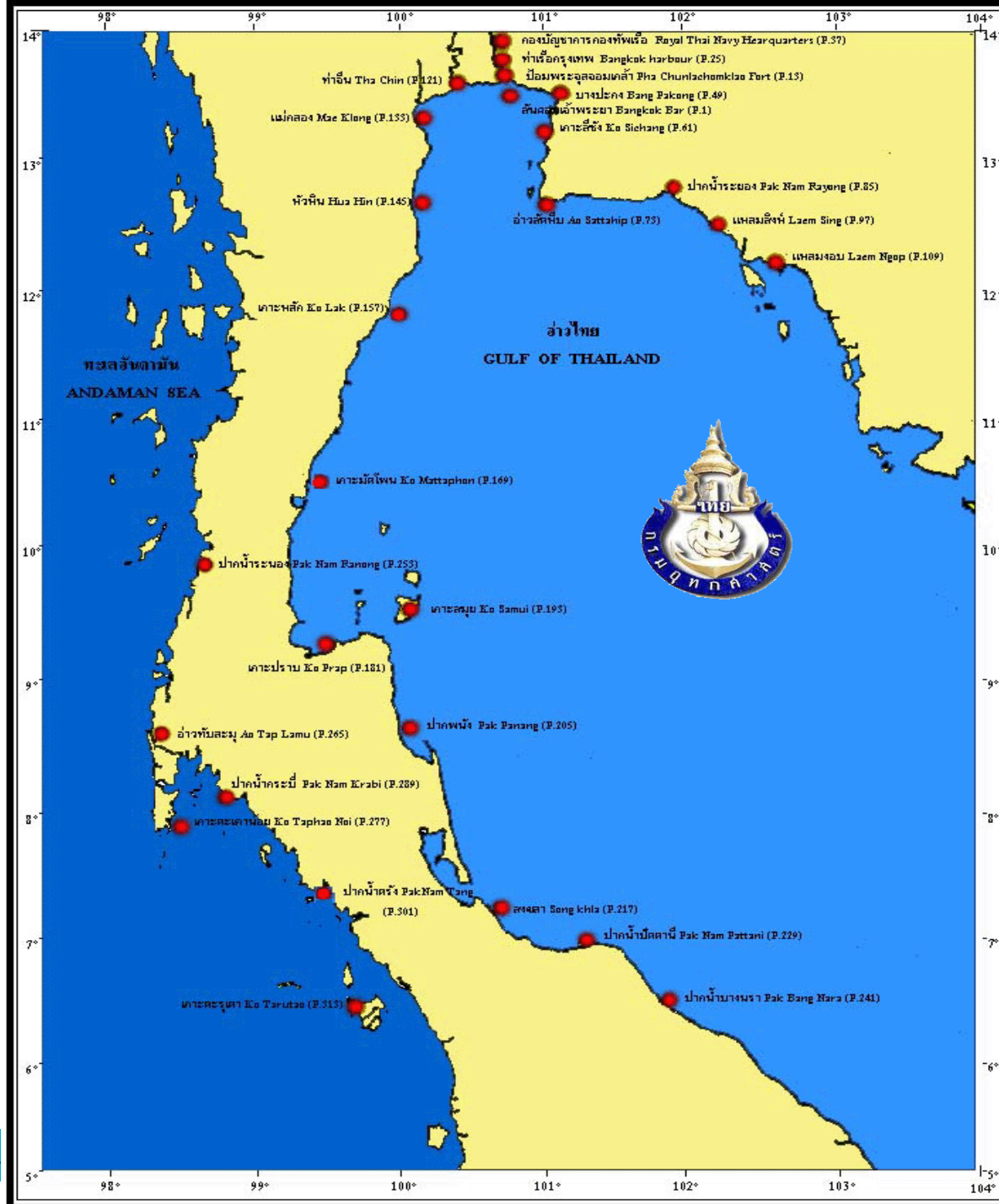
THAI WATERS

MAE NAM CHAOPHRAYA - GULF OF THAILAND
AND ANDAMAN SEA

2005

HYDROGRAPHIC DEPARTMENT

ROYAL THAI NAVY



แผนที่สารบัญ สถานีน้ำท่านาย

ระดับน้ำ (มาตราน้ำ)

กองบัญชาการกองทัพเรือ (กรุงเทพมหานคร)

Hydrographic Dept. (Bangkok Metropolis)

ละติจูด (Lat) 13° 44' 33" น.(N)

ลองจิจูด (Long) 100° 29' 33" อ.(E)

ภูมิภาพันธุ์ ๒๕๔๔

February 2001

วันที่ DATE	HOURS																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	สูงของน้ำเป็นเมตร											HEIGHTS OF WATER IN METERS												
1	1.7	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.3	1.5	1.9	2.2	2.3	2.3	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.3	1.3	1.5	1.7	1.7	1.8
2	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.3	1.4	1.6	1.8	2.1	2.3	2.3	2.2	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6
3	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.9	2.0	2.2	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0	1.1	1.2	1.3
4	1.4	1.6	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	1.0
5	1.1	1.3	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	2.1	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8	0.8
6	0.8	1.0	1.3	1.6	1.9	2.1	2.2	2.3	2.3	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8
7	0.7	0.7	0.9	1.3	1.7	2.1	2.2	2.3	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.4	1.2	1.0	0.8
8	0.7	0.6	0.6	0.9	1.4	1.9	2.2	2.3	2.4	2.4	2.3	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.2	2.1	2.0	1.7	1.4	1.2	1.0
9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.9	1.5	2.0	2.2	2.4	2.4	2.3	2.2	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	2.1	2.3	2.2	2.0	1.7	1.4	1.1
10	0.9	0.8	0.6	0.6	0.7	1.2	1.8	2.1	2.3	2.4	2.4	2.2	2.0	1.8	1.7	1.8	1.8	1.9	2.2	2.3	2.2	2.0	1.7	1.3
11	1.0	0.8	0.7	0.6	0.6	0.9	1.5	2.0	2.3	2.4	2.4	2.3	2.0	1.8	1.6	1.6	1.6	1.7	1.9	2.2	2.3	2.2	1.9	1.6
12	1.2	1.0	0.8	0.7	0.7	0.8	1.3	1.8	2.2	2.4	2.4	2.3	2.1	1.8	1.5	1.4	1.4	1.4	1.6	1.9	2.2	2.2	2.1	1.8
13	1.5	1.2	0.9	0.8	0.8	0.9	1.2	1.7	2.1	2.3	2.4	2.4	2.2	1.8	1.5	1.4	1.3	1.2	1.3	1.6	1.9	2.1	2.1	2.0
14	1.7	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.2	1.6	2.0	2.3	2.4	2.4	2.2	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.2	1.5	1.8	1.9	1.9
15	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.2	1.3	1.6	1.9	2.2	2.3	2.3	2.2	2.0	1.7	1.4	1.2	1.1	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.7
16	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.2	2.2	2.2	2.0	1.7	1.5	1.3	1.1	1.1	1.0	1.0	1.1	1.3	1.4
17	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.9	2.1	2.1	2.2	2.1	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1
18	1.3	1.5	1.7	1.8	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.0	2.0	1.8	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.9
19	1.0	1.2	1.5	1.7	1.9	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8
20	0.8	1.0	1.3	1.6	1.9	2.0	2.2	2.2	2.2	2.1	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8
21	0.7	0.8	1.0	1.4	1.8	2.0	2.2	2.2	2.3	2.2	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.9
22	0.7	0.7	0.8	1.1	1.6	1.9	2.1	2.2	2.3	2.2	2.0	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.1	0.9
23	0.8	0.7	0.7	0.9	1.3	1.8	2.1	2.3	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.6	1.7	1.8	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.3	1.1
24	0.9	0.7	0.6	0.7	1.1	1.6	2.0	2.2	2.3	2.3	2.2	1.9	1.7	1.5	1.5	1.5	1.7	1.9	2.0	2.1	2.0	1.8	1.5	1.2
25	1.0	0.8	0.7	0.7	0.9	1.4	1.9	2.2	2.3	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.1	1.9	1.7	1.4
26	1.1	0.9	0.8	0.7	0.8	1.2	1.7	2.1	2.3	2.4	2.3	2.1	1.8	1.5	1.3	1.3	1.3	1.5	1.8	2.0	2.1	2.0	1.8	1.5
27	1.2	1.0	0.9	0.8	0.8	1.1	1.6	2.0	2.3	2.4	2.3	2.1	1.8	1.5	1.3	1.2	1.2	1.3	1.6	1.9	2.1	2.1	2.0	1.7
28	1.4	1.2	1.0	0.9	0.9	1.1	1.5	1.9	2.2	2.3	2.3	2.1	1.9	1.6	1.3	1.1	1.1	1.1	1.3	1.7	2.0	2.1	2.1	1.9

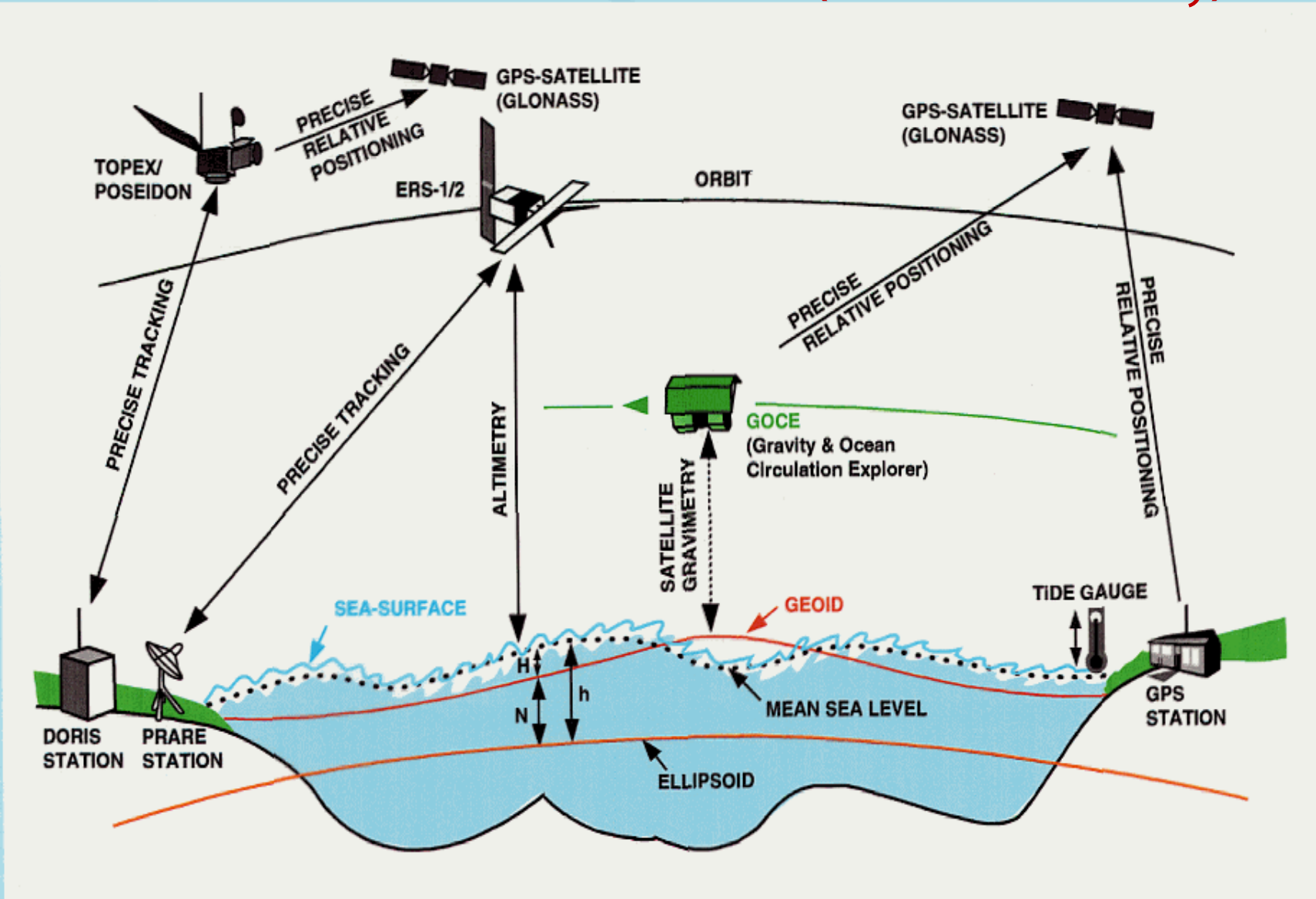
สูงของน้ำทำนายเป็นเมตรเหนือระดับน้ำลงต่ำที่สุด

HEIGHTS OF WATER PREDICTED IN METERS ABOVE THE LOWEST LOW WATER

การตรวจวัดระดับน้ำ

- เครื่องวัดระดับน้ำ (Tide gauge)
- วัดระดับน้ำด้วยดาวเทียม (Satellite Altimetry)

การตรวจวัดระดับน้ำทะเลด้วยดาวเทียม (Satellite Altimetry)

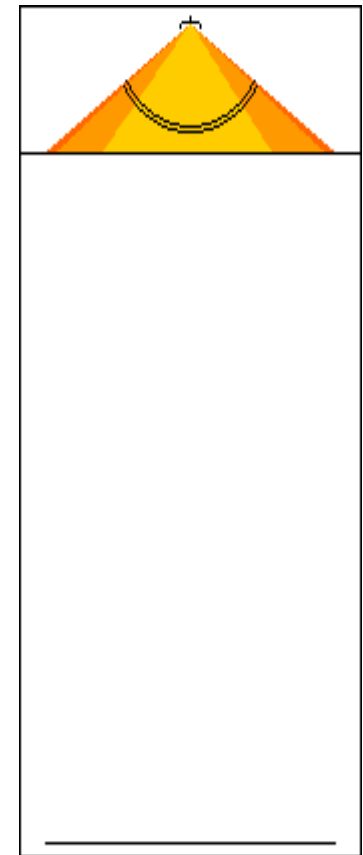
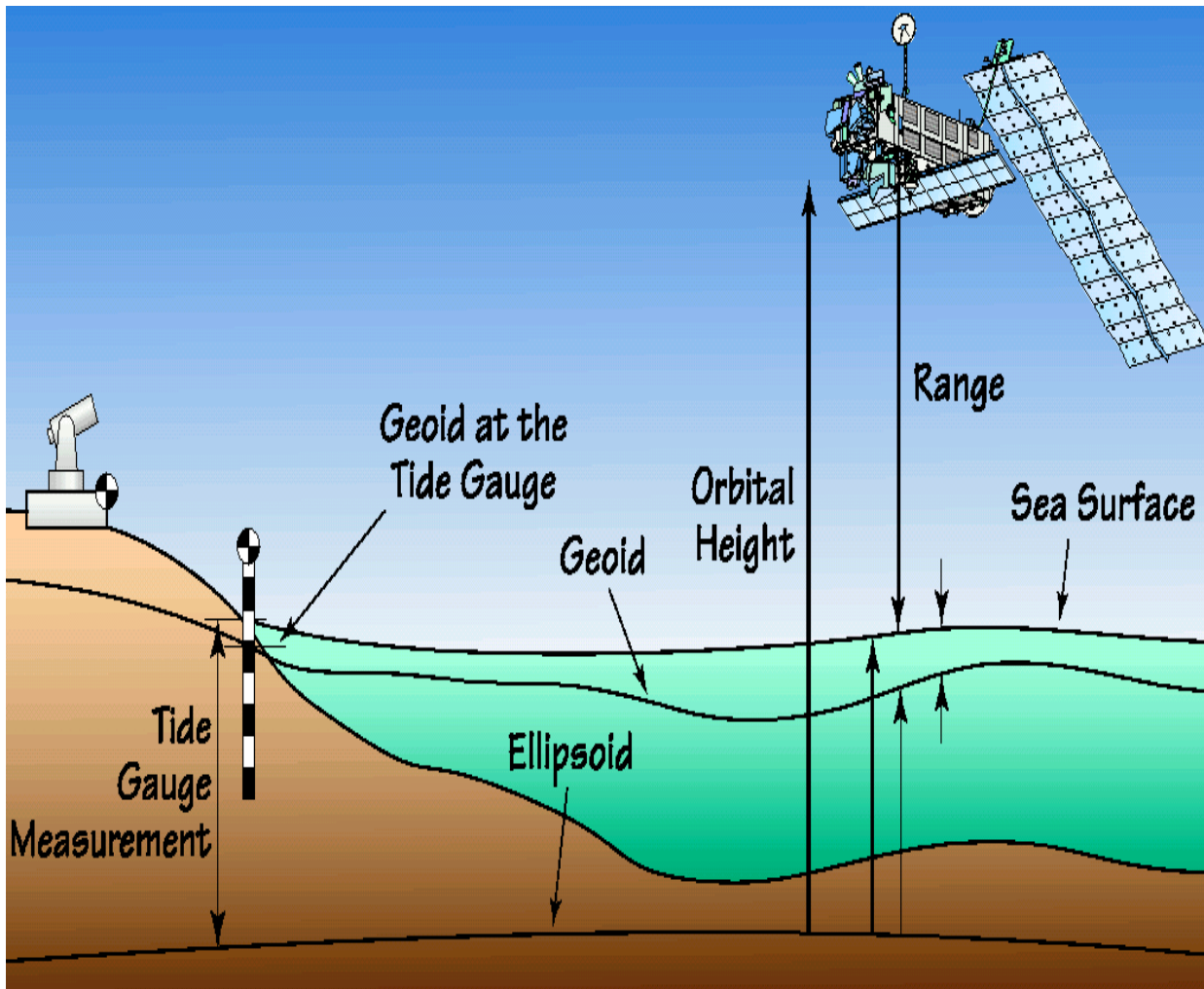


$N = \text{Geoid Height (Geoid - Ellipsoid)}$

$H = \text{Sea-Surface Topography (Mean Sea Level - Geoid)}$

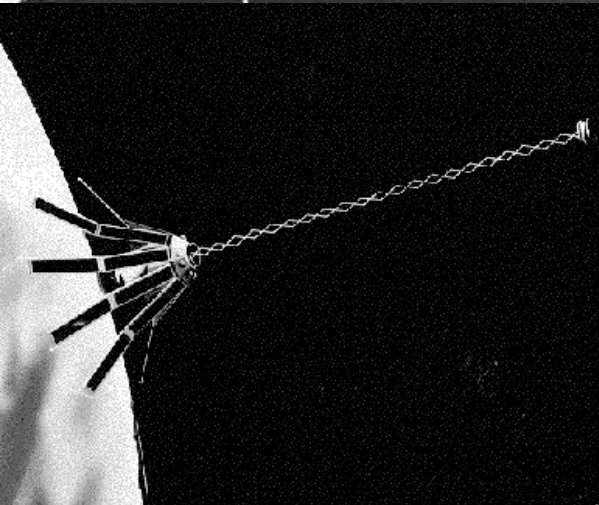
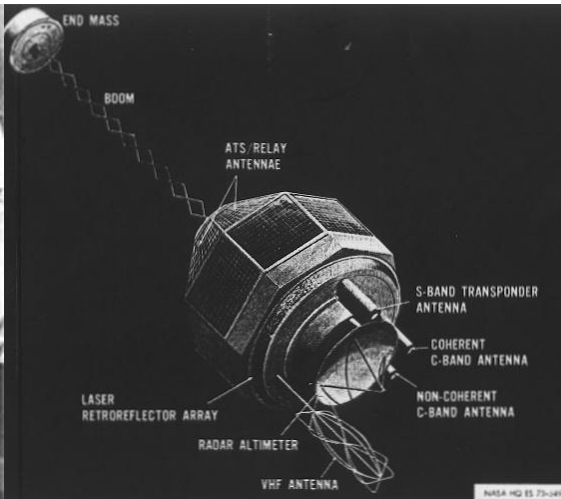
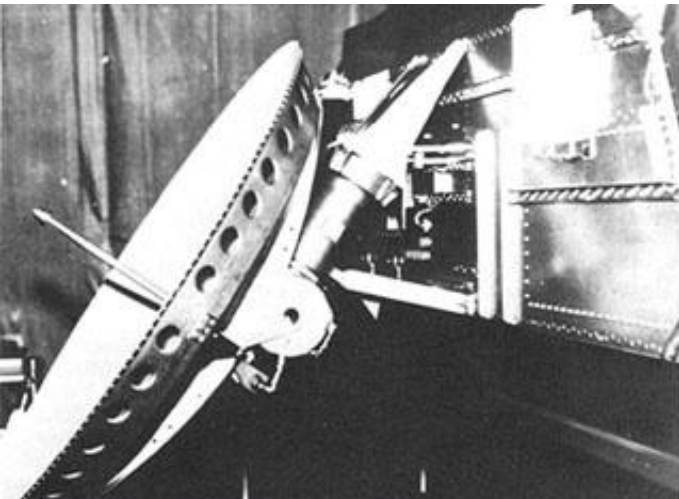
$h = H + N : \text{Sea-Surface Height (Mean Sea Level - Ellipsoid)}$

Altimetry Principle



**Radar pulses
Illuminating the
sea surface.**

Altimeter history



From left to right and from top to bottom:

Skylab (1973): first spaceborne altimeter at 400 km height. Data on large scale geoid undulations, accuracy 15m.

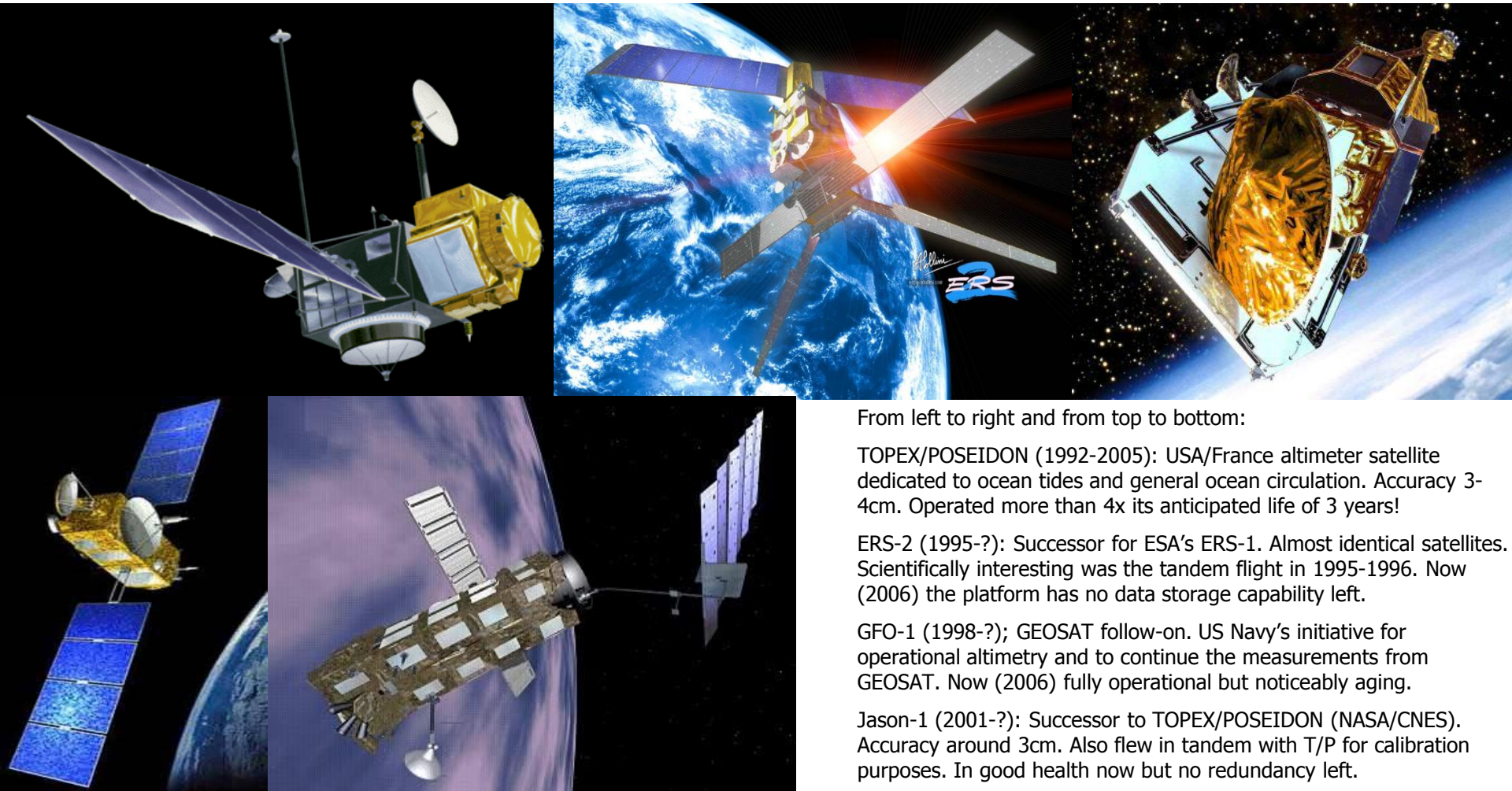
GEOS-3 (1975-1978): first altimeter with pulse compression – significant improvement but not sufficient for science.

SeaSat (1978); first high performance altimeter with full-deramp technique. Accuracy on the order of 30cm. Unfortunately, the mission already ended after 3 months due to a power failure.

GEOSAT (1985-1990): first long-term high-quality altimeter measurements (10cm accuracy) to the scientific community.

ERS-1 (1991-1996): First of the new generation of altimeter satellites. Together with 9 other instruments this satellite constitutes ESA's answer to environmental issues.

Altimeter history cont'd



From left to right and from top to bottom:

TOPEX/POSEIDON (1992-2005): USA/France altimeter satellite dedicated to ocean tides and general ocean circulation. Accuracy 3-4cm. Operated more than 4x its anticipated life of 3 years!

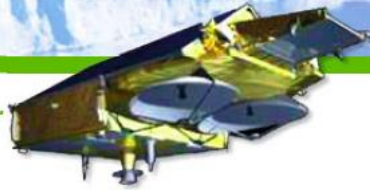
ERS-2 (1995-?): Successor for ESA's ERS-1. Almost identical satellites. Scientifically interesting was the tandem flight in 1995-1996. Now (2006) the platform has no data storage capability left.

GFO-1 (1998-?); GEOSAT follow-on. US Navy's initiative for operational altimetry and to continue the measurements from GEOSAT. Now (2006) fully operational but noticeably aging.

Jason-1 (2001-?): Successor to TOPEX/POSEIDON (NASA/CNES). Accuracy around 3cm. Also flew in tandem with T/P for calibration purposes. In good health now but no redundancy left.

Envisat (2002-?): Continuation of ERS series. Several improved ("advanced") instruments.

An interferometer radar altimeter study the Earth's ice fields



ALCATEL SPACE WILL SUPPLY ASTRIUM WITH SIRAL, AN INSTRUMENT TO BE INTEGRATED ON THE CRYOSAT SATELLITE FOR A MISSION TO STUDY THE EARTH'S ICE FIELDS.

MISSION

CRYOSAT will be the first mission in "Living Planet", the next phase in ESA's "Observing the Earth" program, launched in 1988.

The program comprises:

- > Core Mission, relatively complex and keyed to enhancing our overall scientific understanding of the Earth.
- > Opportunity Missions using less complex, lower-cost satellites to respond quickly to scientific issues of more immediate concern.

Are the polar icecaps melting?

Given polar ice's role in regulating the Earth's climate, this is one of the pressing questions being asked by climatologists.

ALCATEL SPACE TO SUPPLY SIRAL INSTRUMENT

The Siral synthetic aperture Interferometer radar altimeter, representing CRYOSAT's entire instrument payload, will survey the polar ice fields with unprecedented accuracy. This will be achieved by measuring the area and thickness of each ice field, making it possible, for the first time, to monitor the most active areas along continental ice sheet margins and the variability of sea ice.

Scheduled to be orbited by a Russian launch vehicle in 2004, CRYOSAT will be placed in a polar orbit at an altitude of 720 km and an inclination of 92°.

POLAR ICE: A KEY FACTOR REGULATING OUR CLIMATE

Polar ice has a direct impact on:

- > The stability of the global climate
- > Sea level
- > Major ocean currents

Data gathered by various Earth observation satellites suggest that ocean ice has retreated by 10 to 15% since the 1950s. Underwater measurements suggest that certain pack ice fields may be 40% thinner than previously while, at the same time, the icecaps covering Greenland and Antarctica may now be thicker.



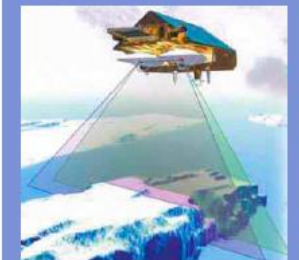
A interferometer radar altimeter to study the Earth's ice fields

AN INNOVATIVE INSTRUMENT

The highly innovative SIRAL (Synthetic-aperture Interferometer Radar Altimeter) instrument is being developed by Alcatel Space. Based on the famous Poseidon radar altimeters, SIRAL will be able to map even the most chaotic ice fields (such as those along the coast of Antarctica) and to determine their topography by combining Synthetic Aperture Radar (SAR) and Interferometer modes.

In much the same way as our stereoscopic vision allows us to perceive relief, SIRAL will use two antennas and sophisticated echo processing to 'see' the relief of ice fields within its swath.

Echo analysis discriminates water from ice and yields estimates of the freeboard elevation of sea ice floes. Area plus freeboard elevation plus Archimedes' principle, then yield an estimate of ice floe mass.



20 YEARS OF STEADY PROGRESS

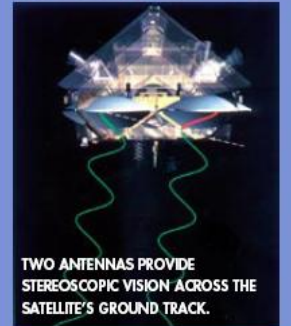
- > Proven expertise in spaceborne SARs and radar altimeters
- > Benchmark in spaceborne optical interferometry: Infrared Atmospheric Sounding Interferometer (IASI) for the Metop program
- > Experience acquired through the Poseidon 1 and 2 programs
- > Poseidon 3 now under development for Jason 2.

TECHNICAL CHARACTERISTICS

Mass:	70 kg
Power consumption:	132 W
Center frequency:	13.575 GHz
Pulse duration:	50 μs
Peak power:	25 W

Three measurement modes:

- Low-resolution, or conventional pulse-limited mode, to measure ice sheet interiors and sea ice.
- High-resolution SAR mode to measure sea ice.
- Dual-channel SAR/interferometric mode to survey ice sheet margins.



TWO ANTENNAS PROVIDE STEREO SCOPIC VISION ACROSS THE SATELLITE'S GROUND TRACK.



For further information, please contact
Alcatel Space - Headquarters
5, rue Noël Pons 92737 Nanterre la Défense - France
www.alcatel.com/space



JASON 2

A step forward for oceanography



JASON 1 operational

JASON 2

Jason-2 is a follow-on mission to Jason-1. In addition to the studies begun by its predecessor, Jason-2 will study the internal structure and dynamics of ocean currents and help specialists determine the kinetic energy concentrated in ocean eddies and currents.

The Jason-2 program is based on a partnership between CNES, NASA, Eumetsat and NOAA with Alcatel Space as the lead industrial contractor.

Jason-2 will be placed in the same orbit as Jason-1 (i.e., at an inclination of 66° and an altitude of 1,336 km), offering optimal coverage of ice-free oceans. The spacecraft will be placed in orbit by a Delta launcher from the Vandenberg base in the United States.

While space-based meteorological observation has enabled scientists to better understand the climate, spatial oceanography is playing an increasingly important role. Alcatel contributes to this endeavor through its broad expertise in two complementary areas: development of the light weight PROTEUS platform for low-orbit missions; and its recognized expertise in advanced radar altimetry. With operational systems such as Jason, Alcatel Space has become the world's leading specialist in space-based altimetry.

THE JASON-2 SPACECRAFT WILL COMPRISE:

- > A Proteus platform.
- > A payload module.
- > Scientific instruments based on those carried by Jason-1, including:
 - Poseidon 3 the main mission instrument.
 - Tri-band radar radiometer to correct for atmospheric range delays.
 - Doris radiopositioning package for precision orbit determination using dedicated ground stations.
 - Precision GPS receiver (GPSR).
 - Laser retroreflector to calibrate the orbit determination system.
- > Additional instruments, such as the following:
 - Carmen 2 radiation detectors, to measure high-energy particles (electrons and protons) that could disturb the ultra-stable oscillator in the Doris positioning unit. Developed by French space agency CNES.
 - LPT detection unit, complementing the measurement of radiation received by the Doris instrument. Developed by JASA, the Japanese space agency.
 - T2L2 detectors for ultra-precise time transfer, to monitor the clock in the Doris instrument. Proposed by the Riviera Observatory (OCA) in Grasse, southern France.

POSÉIDON-3

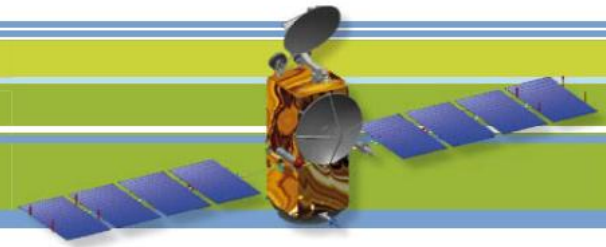
The Poseidon-3 bi-frequency radar altimeter (13.6 and 5.3 GHz) has a measurement precision identical to its predecessor Poseidon 2.

However, Poseidon 3 also features an experimental mode that will support measurements closer to coastal zones, as well as on lakes and rivers. The instrument's RF unit is recurrent from Poseidon-2, while the digital

unit largely reuses electronics from the SIRAL radar altimeter on the CryoSat mission.



JASON 2



Alcatel Space altimetric product range

Space altimetry has now reached a degree of maturity and even excellence across all areas, from design to production.

Over twenty years ago, Alcatel Space decided to develop its expertise in radar and altimeter design. A group of experts developed an unrivaled method, allowing us to quickly

offer solutions keyed to specific needs, and to successfully complete even the most challenging projects. Furthermore, we have always sought to bring the worlds of science and industry closer together, for everyone's mutual benefit.

At Alcatel Space, we offer a unique capability: in short, we build what we

design. This ensures the feasibility of the concepts we develop. Building up these solid knowledge foundations and building blocks generates synergies that flow from program to program.

Developing a family of satellite altimeters also implies dedicated ground testing equipment. Alcatel Space has developed very precise test benches, to simulate a wide range of targets and to test performance in detail.

Today, with our long track record in Earth observation systems, and a team of dedicated engineers, Alcatel Space has developed a range of space altimeters that sets the global standard.

JASON-2 CHARACTERISTICS

Platform weight	270 kg
Payload weight	255 kg
Propellant weight	28 kg
Weight at launch	553 kg
Launcher	Delta 2 or Delta 4
Electrical power	550 W
Pointing accuracy	0.15° (1/2 cone)
Mass memory	2 Gb (end-of-life)

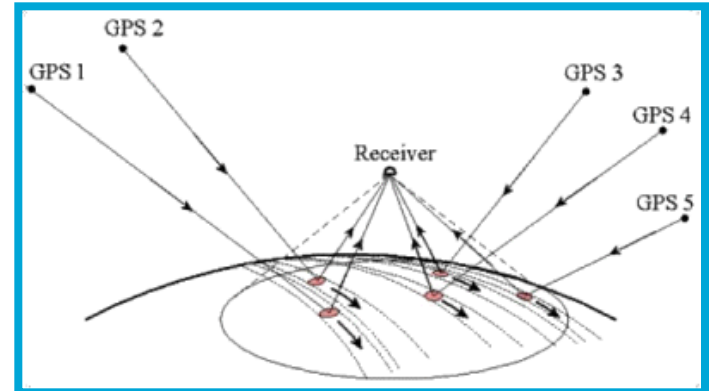
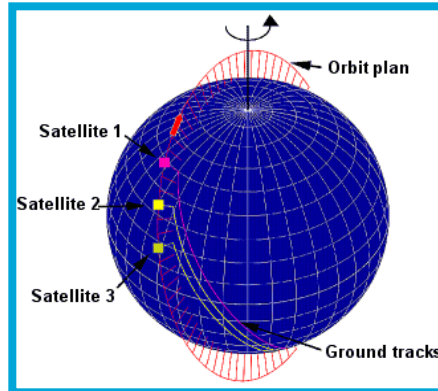
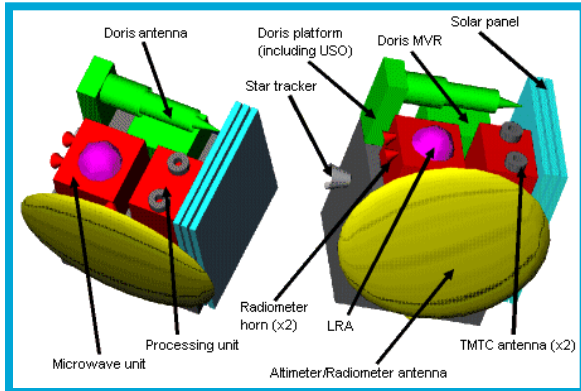
A PROTEUS based mission

PROTEUS offer:

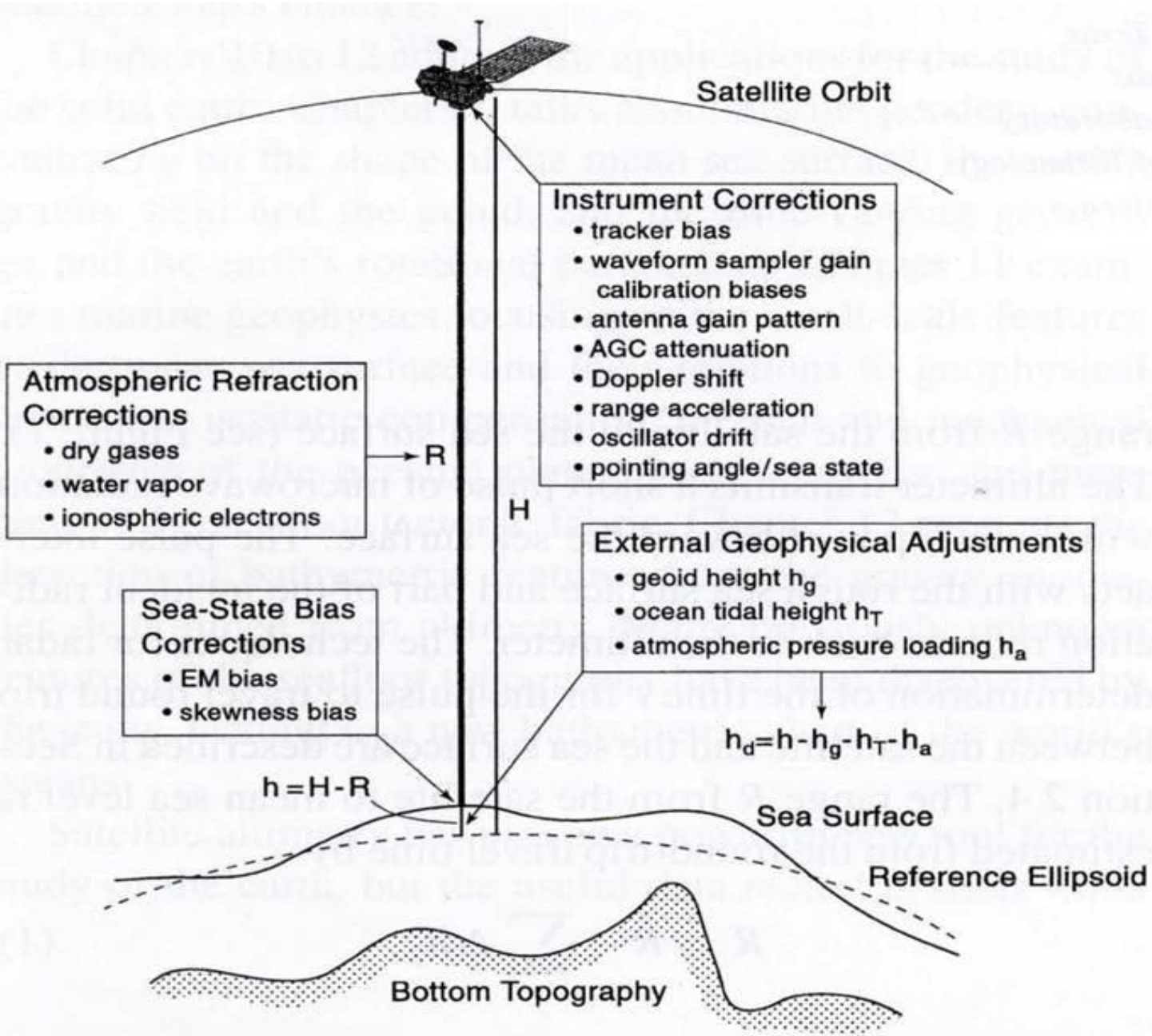
- > Generic service module, designed and qualified for your needs
- > Payload module adapted to your application
- > Complete satellite test and integration services
- > In-flight software
- > Launch campaign
- > In-flight acceptance tests
- > Delivery within 31 months, at a very competitive price



Future altimetry missions



- Future satellites need to provide better spatial and temporal coverage in order to study mesoscale variations and other phenomena like coastal processes in more detail.
- New missions focus on "scanning" the ocean surface to acquire data at scales of a few tens of kilometers, passing over the same spots every few days.
- Other ideas are based on constellations of dedicated, low-cost micro-satellites like AltiKa and Wittex.
- Jason-2 will be the first real operational altimeter satellite. The hardware includes a Poseidon altimeter. Plans existed to include an experimental altimeter/interferometer (Wide Swath Ocean Altimeter WSOA). It would comprise two altimeter antennas mounted on masts. Unfortunately, it was cancelled.
- Cryosat, also carrying an altimeter-interferometer, targeted to ice research, suffered from launch failure but will be rebuilt in 3 years (Cryosat-2).
- NOAA will operate conventional altimetry in the framework of the future National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System (NPOESS) program.
- Another way to obtain maximum altimetric data coverage is to receive reflected signals transmitted by GNSS satellites, in particular from GPS and future Galileo. This is also referred to as GPS altimetry but is still in the study phase (bi-static configurations: receiver and transmitter at different locations).



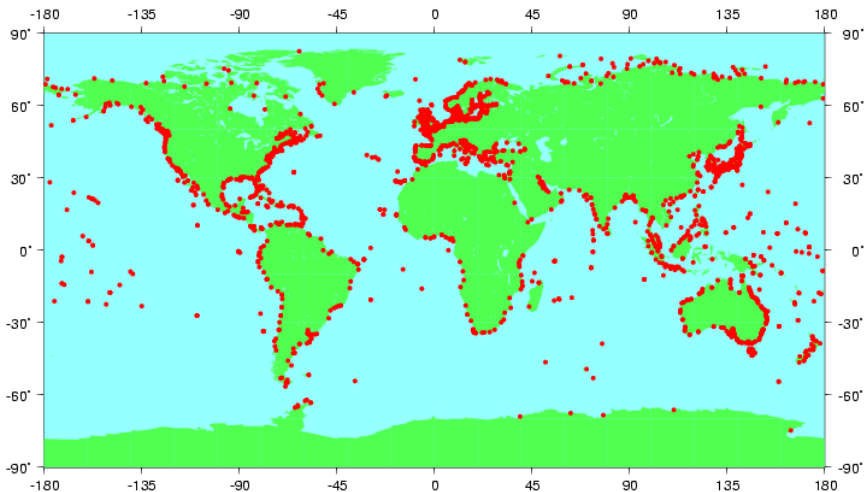
เครื่องวัดระดับน้ำ (Tide gauge) vs ดาวเทียม (Altimetry)

- มีข้อมูลต่อเนื่องยาวนาน
หลายสถานีมีข้อมูลนานกว่า
100 ปี
- High Temporal Resolution
สามารถวัดได้ในระดับนาที่หรือ
ชั่วโมง
 - Variation ของระดับ น้ำ
ทะเลที่เกิดจากน้ำขึ้น-ลง
สามารถ average-out ได้
โดยง่าย
- มีข้อมูลประมาณ 20 ปี
ตั้งแต่ประมาณปี 1993
- Low Temporal Resolution
ดาวเทียม TOPEX และ Jason
มี Cycle ประมาณ 10 วัน
- ค่าความสูงระดับน้ำทะเลที่วัดได้
จะต้องแก้ค่าน้ำขึ้น-ลง จาก
แบบจำลองซึ่งอาจไม่ถูกต้องดี
นัก

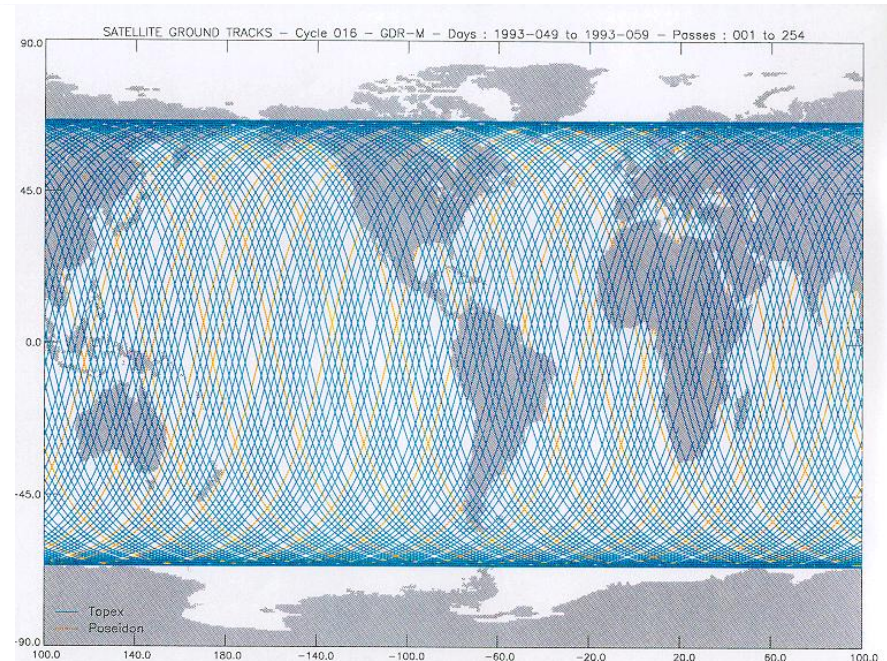
เครื่องวัดระดับน้ำ (Tide Gauge) vs ดาวเทียม (Altimetry)

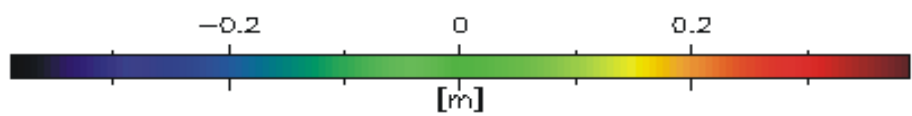
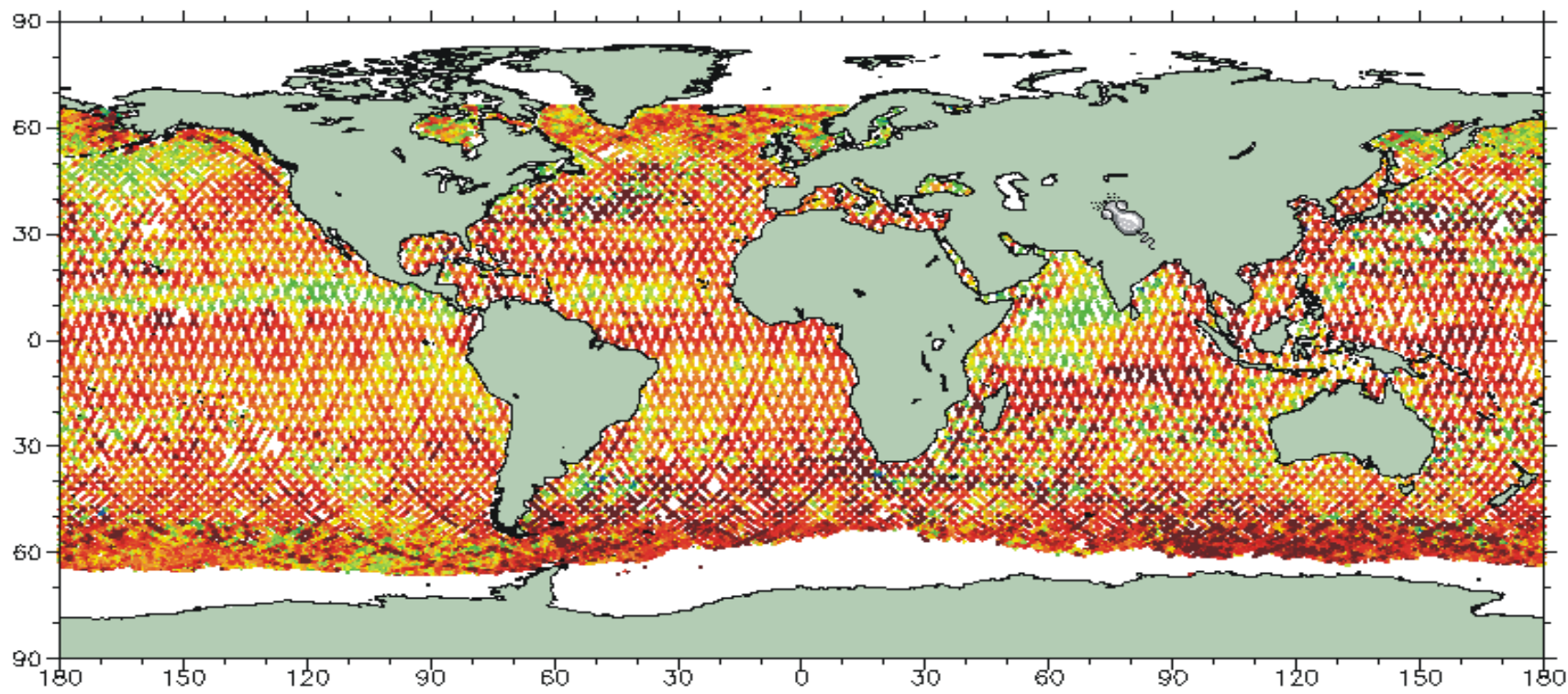
- Low Spatial Resolution ทั่วโลกมีสถานีวัดระดับน้ำประมาณ 1800+ สถานี
- Bias ของการกระจายตัว – กระจุกตัวอย่างหนาแน่นในชายฝั่งของประเทศที่พัฒนาแล้ว

Distribution of PSMSL Stations



- High Spatial Resolution ตำแหน่งการวัดหลายล้านจุด
- กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั้งมหาสมุทร

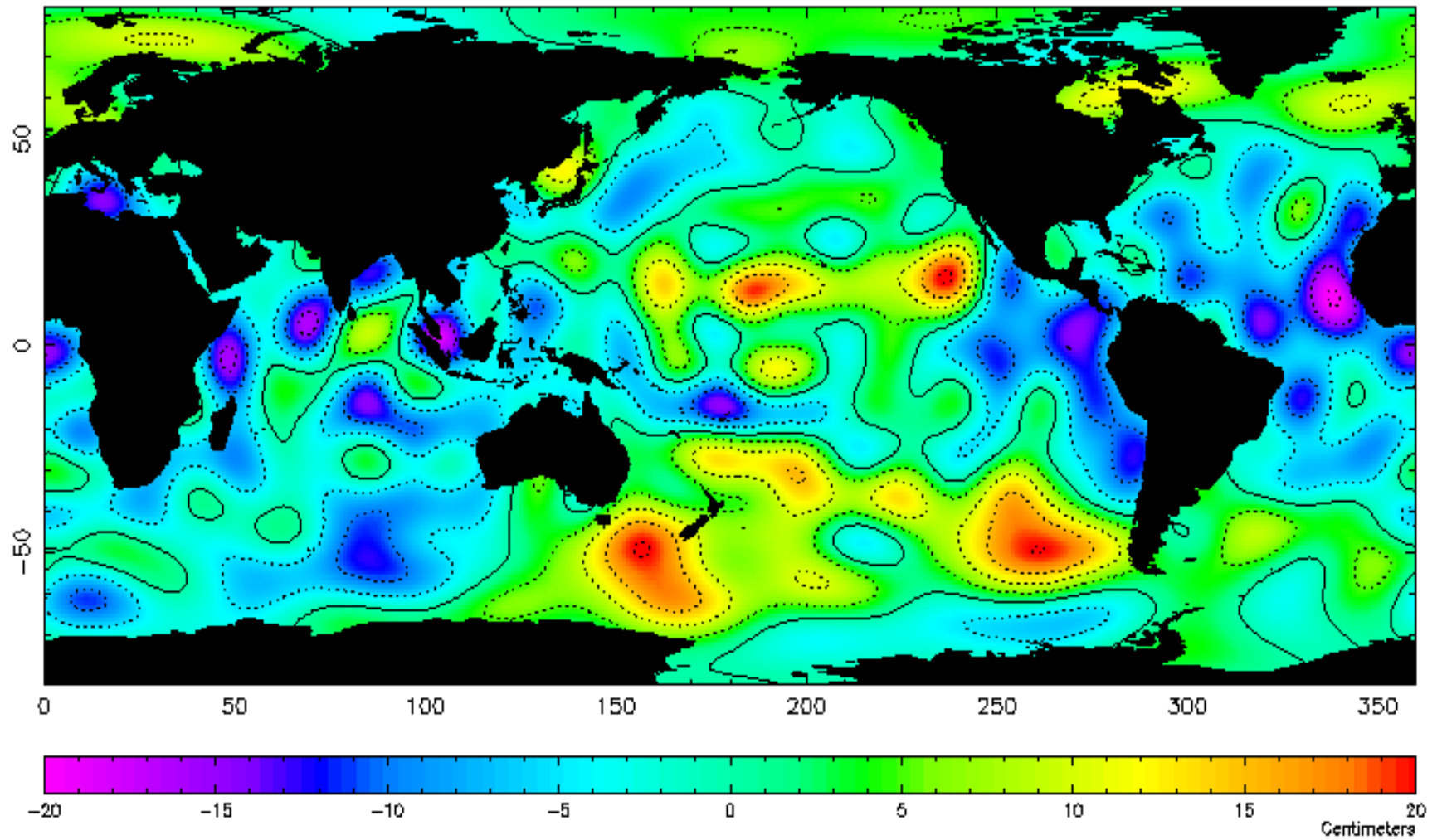




sea level anomaly [m]

esa/esoc

ERS Sea Level Anomaly – June 2003

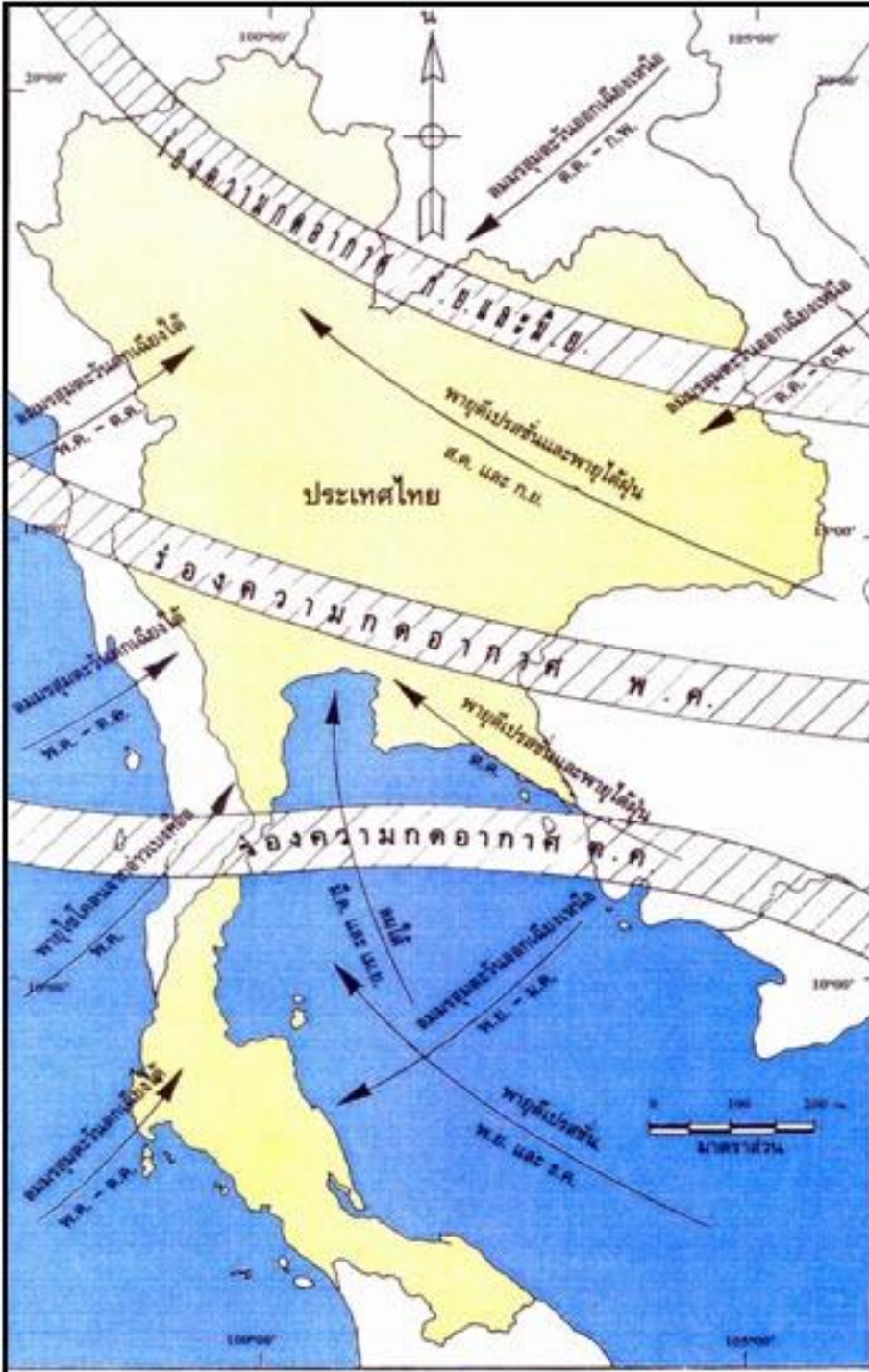


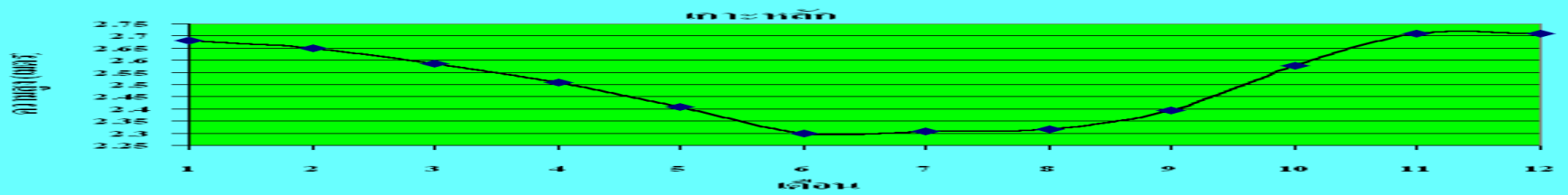
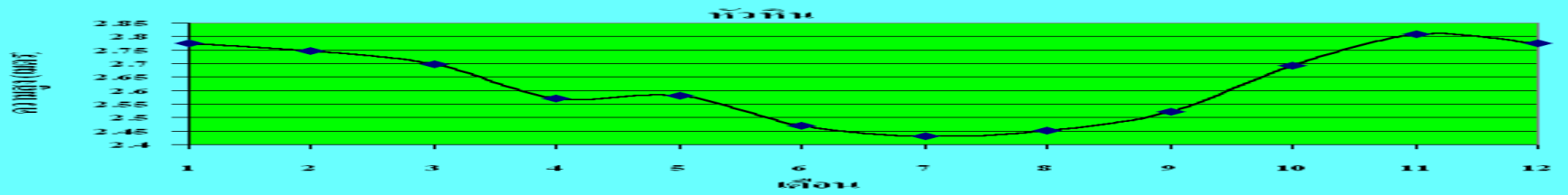
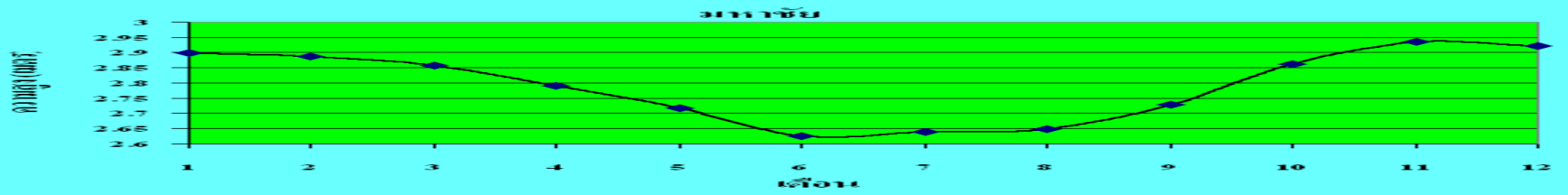
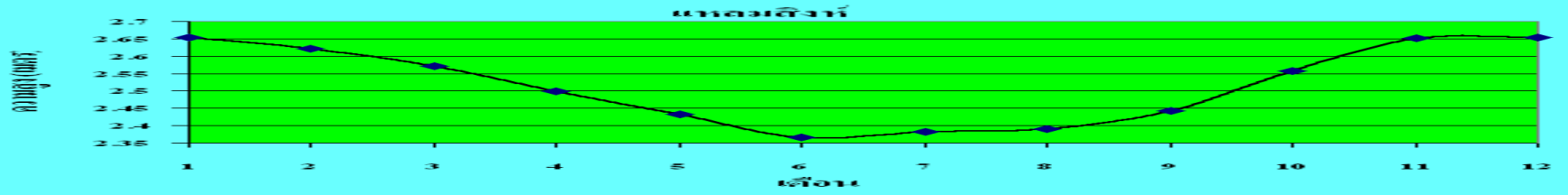
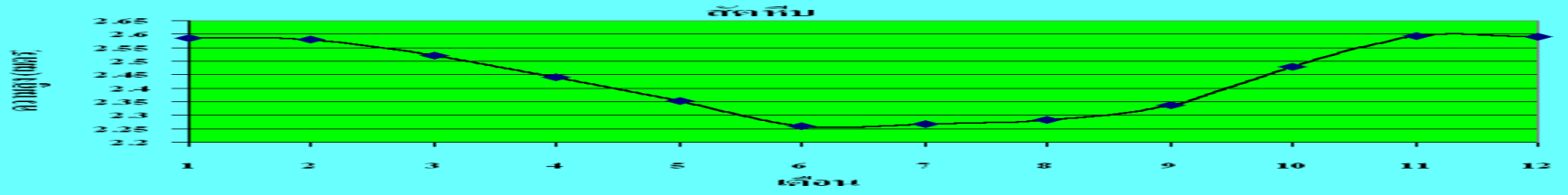
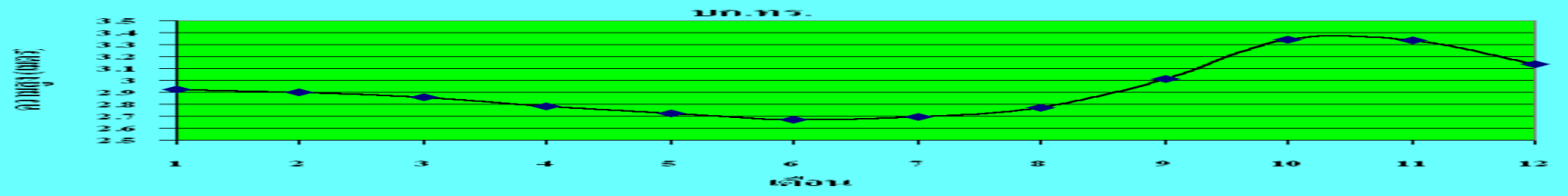
วงจรรายปี (Annual Cycle) จากข้อมูลระดับน้ำ

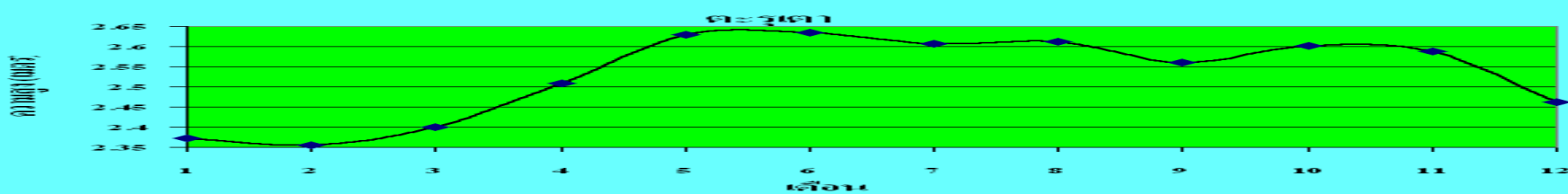
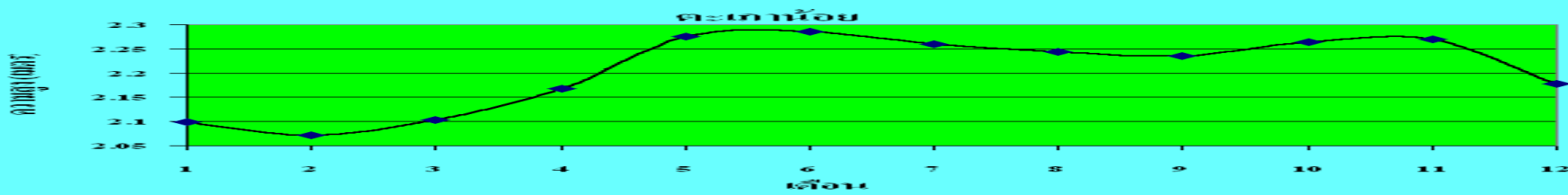
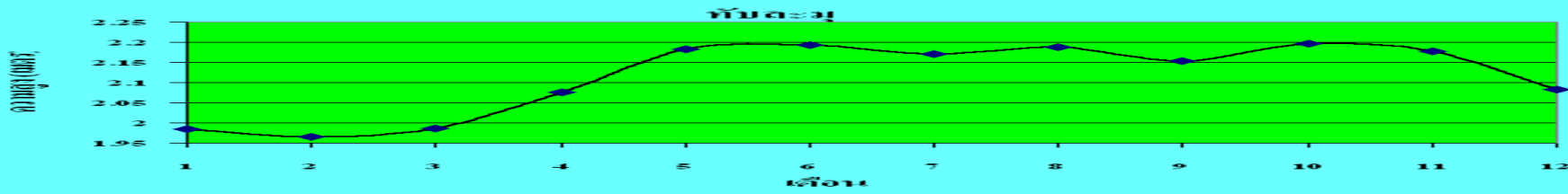
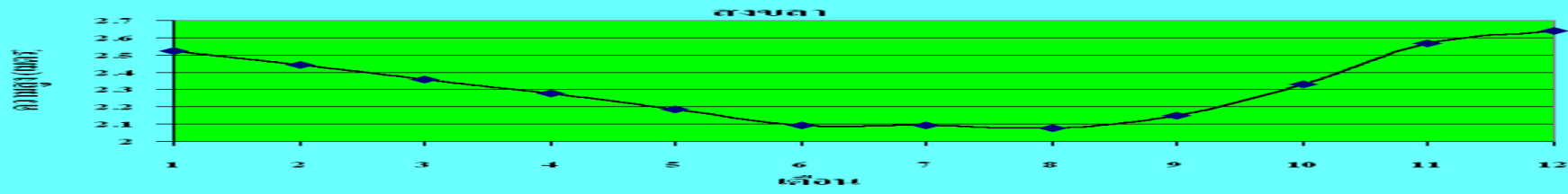
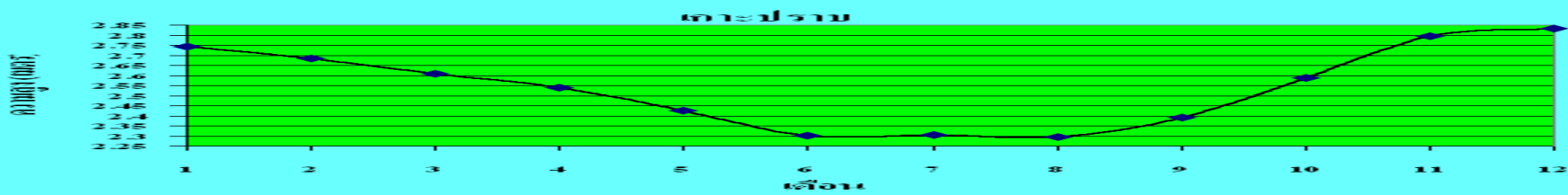
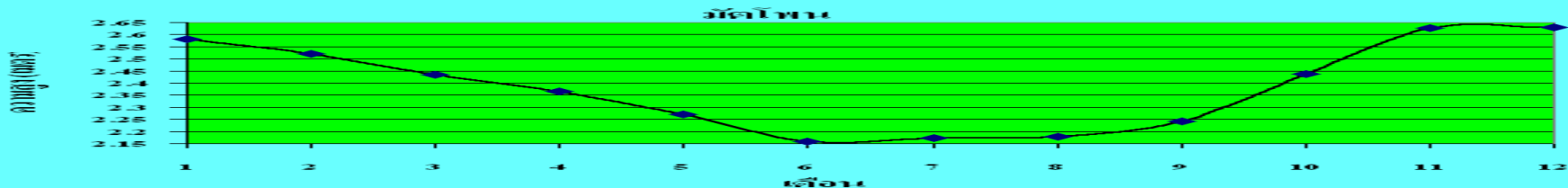
ลมมรสุม (monsoonal wind)

พื้นที่ชายฝั่งทะเลของประเทศไทยมีลมมรสุมหลัก 2 มรสุม ได้แก่ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยที่ฝั่งทะเลอ่าวไทย ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งจะทำให้เกิดคลื่นลมแรงและฝนตกในอ่าวไทยด้านตะวันตก (ภาคใต้)

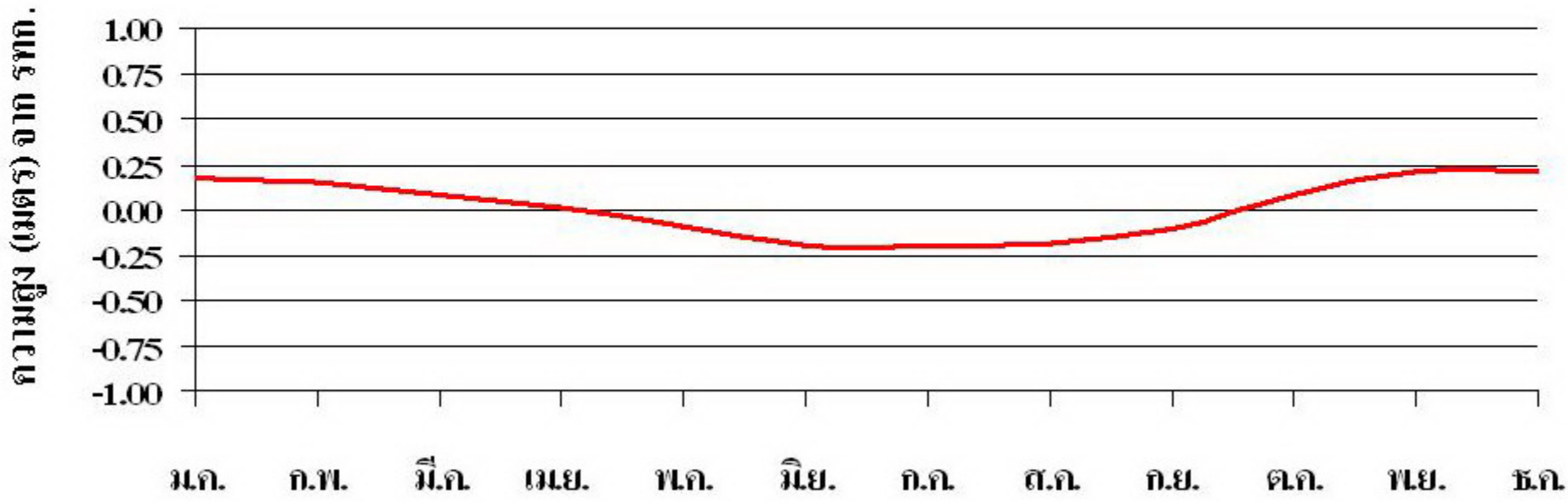
- ส่วนลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ซึ่งจะพัดพาความชุ่มชื้นจากอ่าวไทยเข้าฝั่งทำให้ฝนตก คลื่นลมแรงบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบนและฝั่งตะวันออก
- และช่วงลมมรสุมเปลี่ยนทิศในช่วงเดือนมีนาคมและเมษายนคลื่นลมในอ่าวไทยจะค่อนข้างสงบ





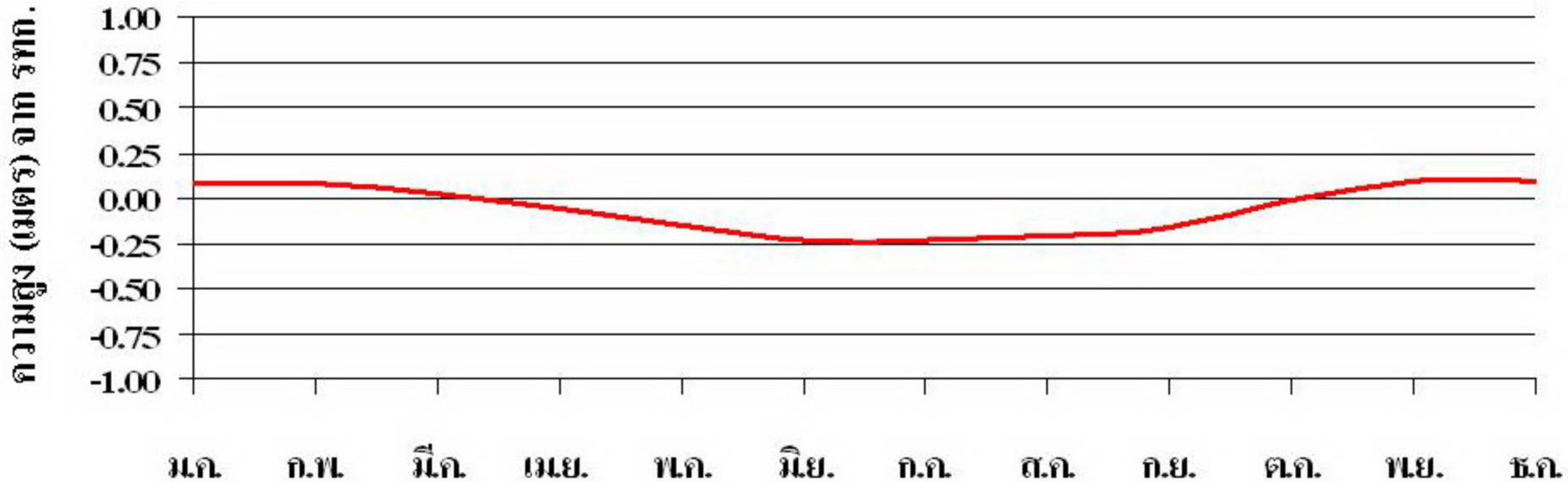


สถานีวัดระดับน้ำเกาะหลัก



ที่มา : กรมอุทกศาสตร์

สถานีวัดระดับน้ำลัดทีบ



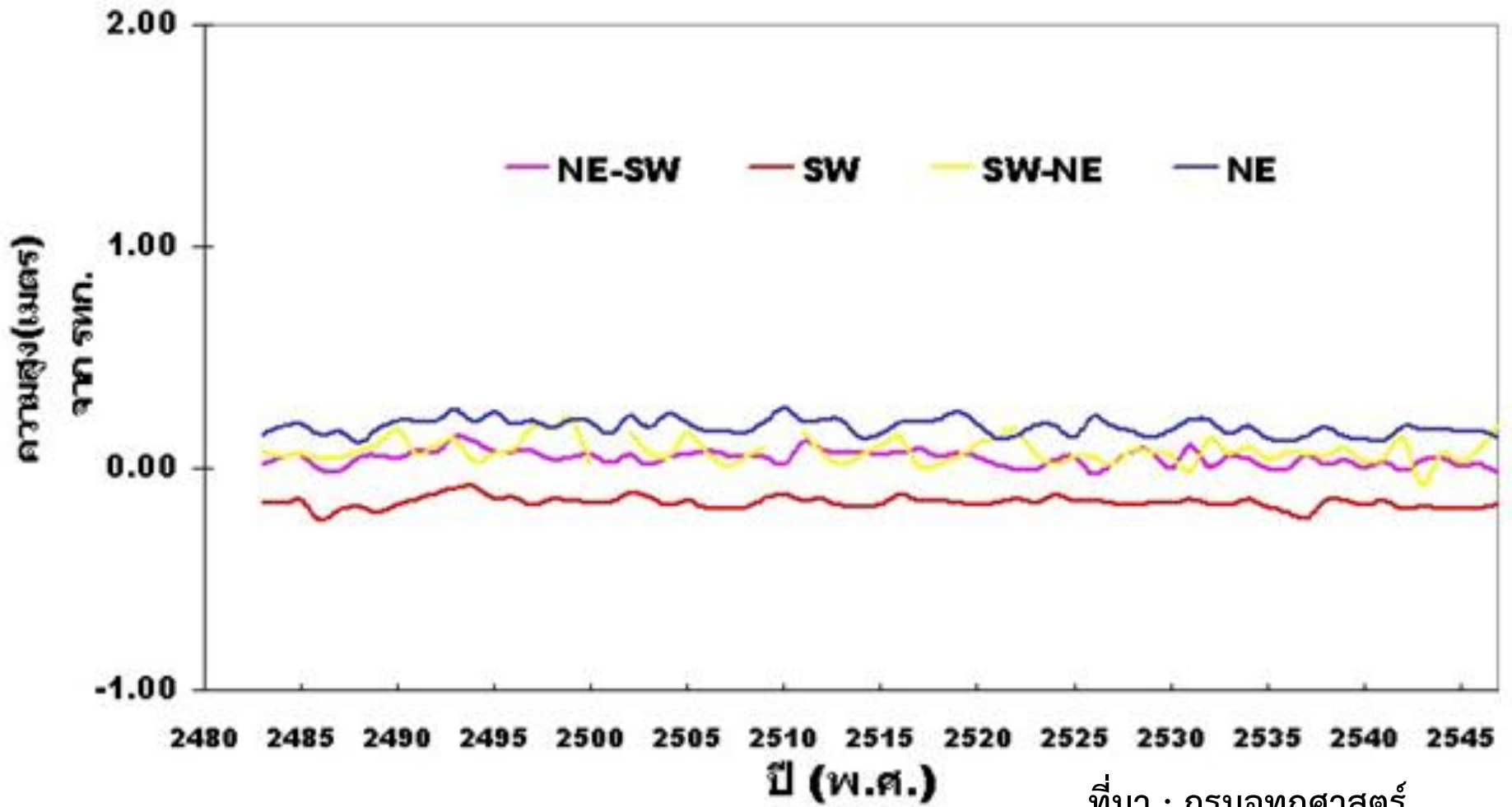
ระดับน้ำในอ่าวไทยจะสูงสุดประมาณ พฤศจิกายน ถึง ธันวาคม และจะต่ำสุดประมาณ มิถุนายน ถึง สิงหาคม การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในอ่าวไทยตามฤดูกาลประมาณ 0.4 เมตร

ที่มา : กรมอุทกศาสตร์

กรมอุทกศาสตร์ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลตามฤดูกาล ได้แบ่งช่วงของฤดูตามช่วงของฤดูมรสุมซึ่งแบ่งออกได้เป็น 4 ช่วง ได้แก่

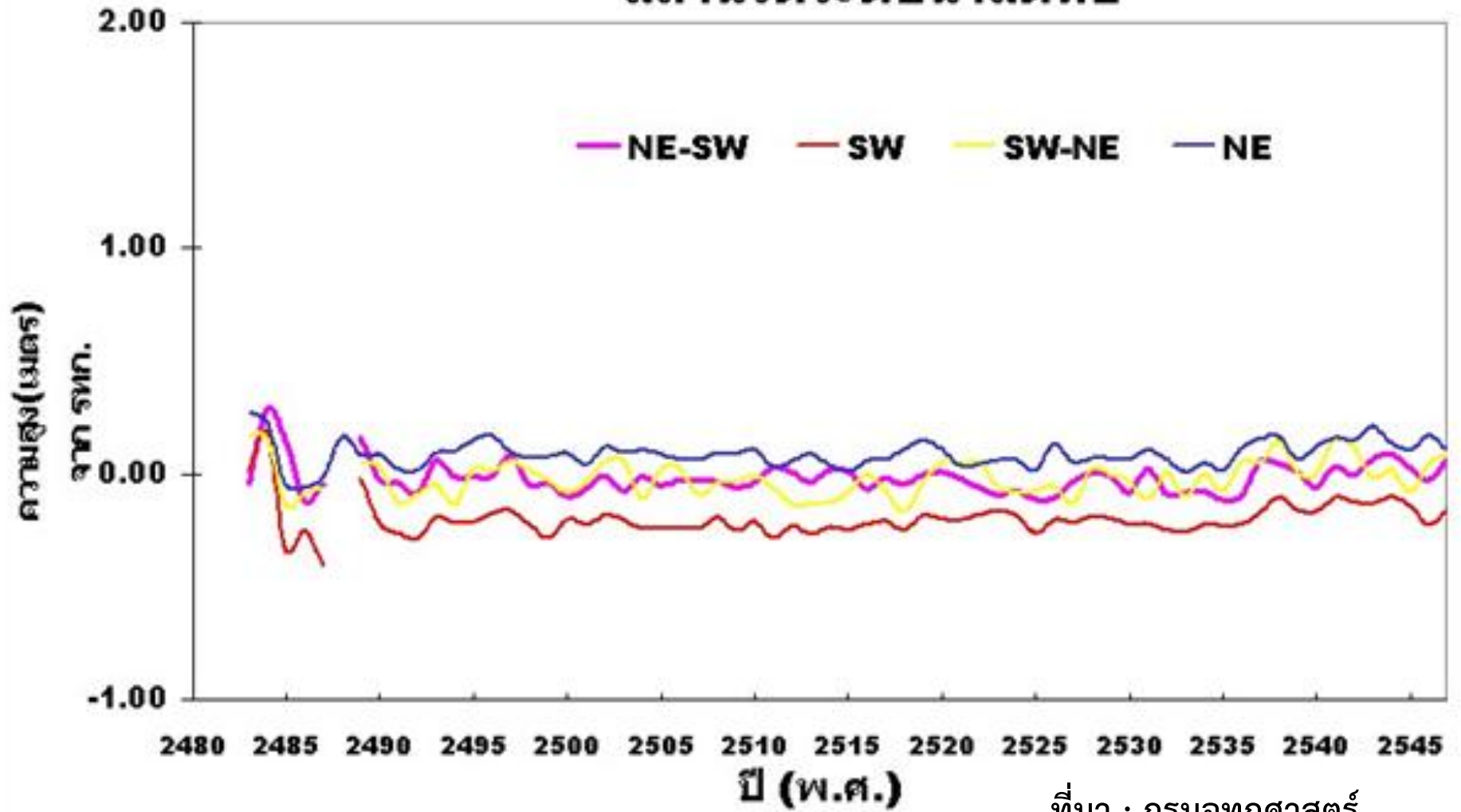
1. ช่วงเปลี่ยนฤดูจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน
2. ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน
3. ช่วงเปลี่ยนฤดูจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (SW-NE) ในเดือนตุลาคม
4. ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) ระหว่างพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์

สถานีวัดระดับน้ำเกาะหลัก



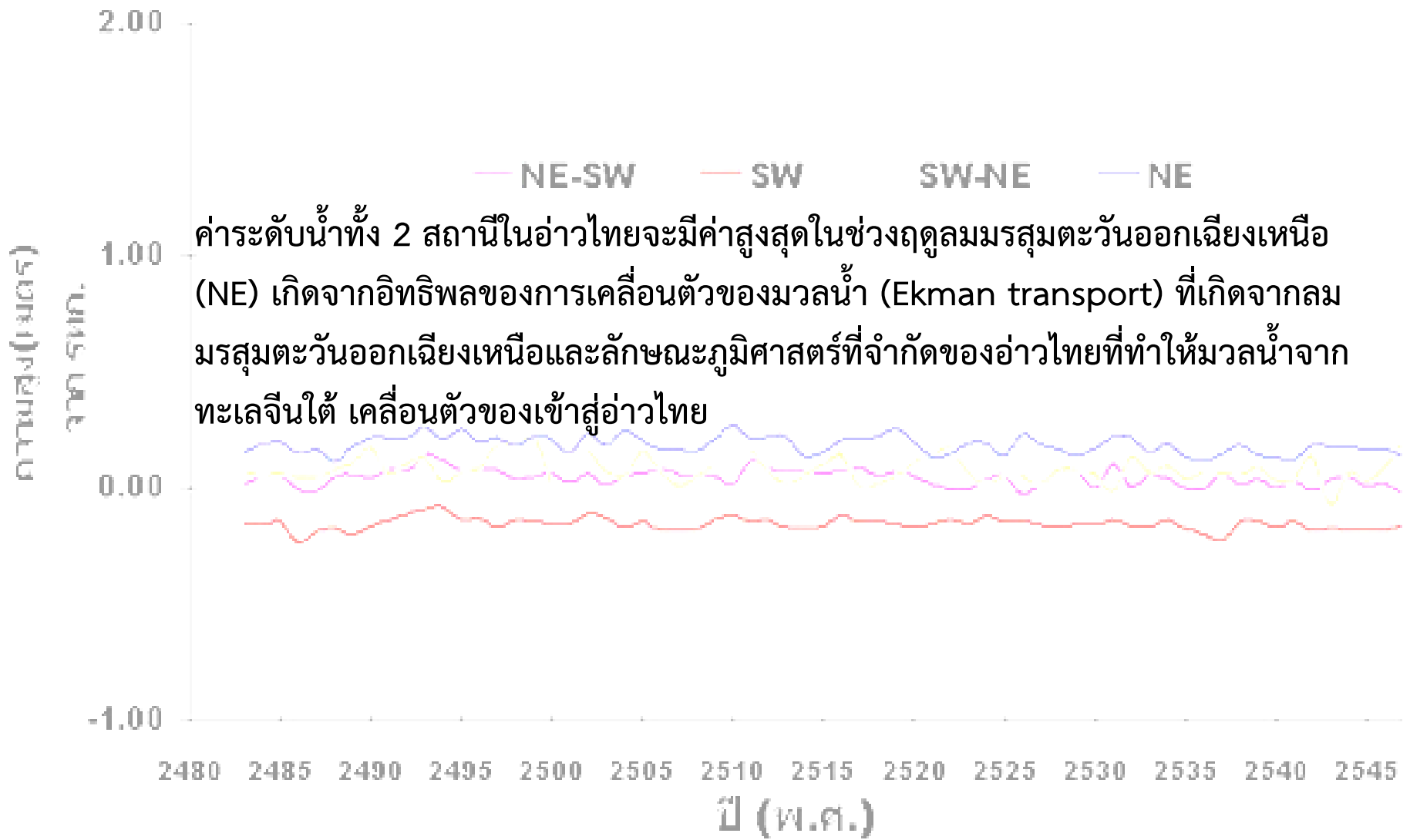
ที่มา : กรมอุทกศาสตร์

สถานีวัดระดับน้ำสัดหีบ



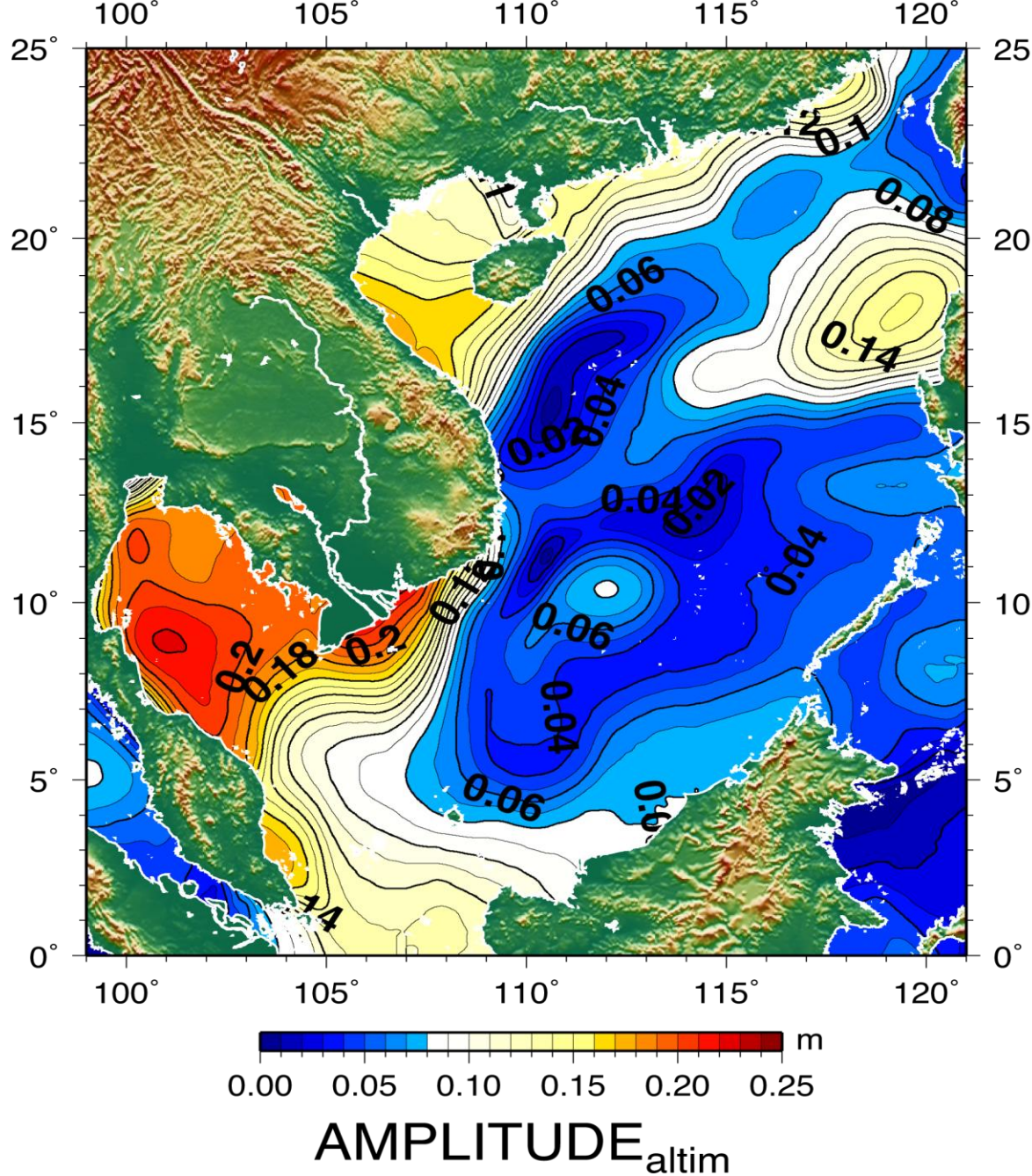
ที่มา : กรมอุทกศาสตร์

สถานีวัดระดับน้ำเกาะหลัก

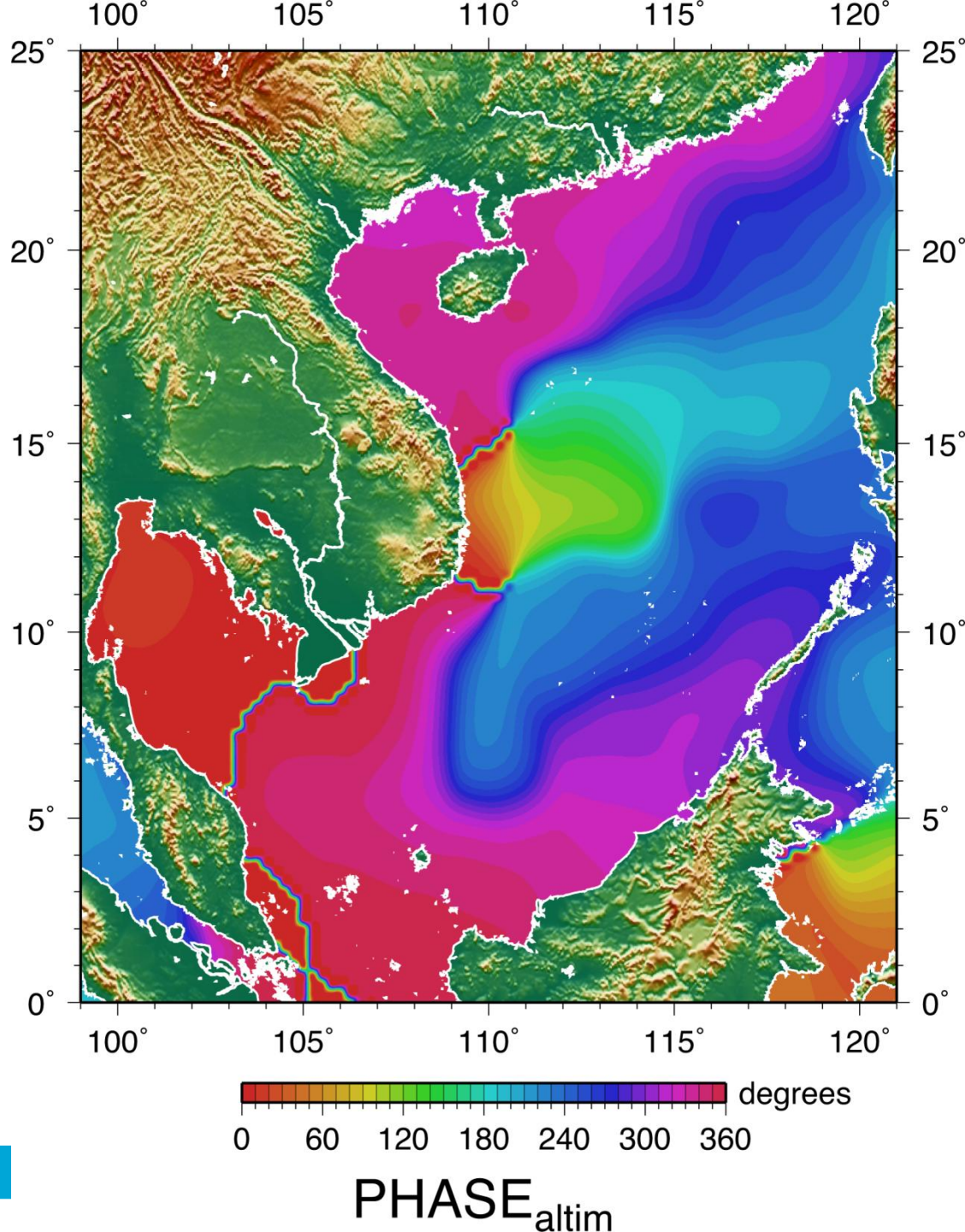


ที่มา : กรมอุทกศาสตร์

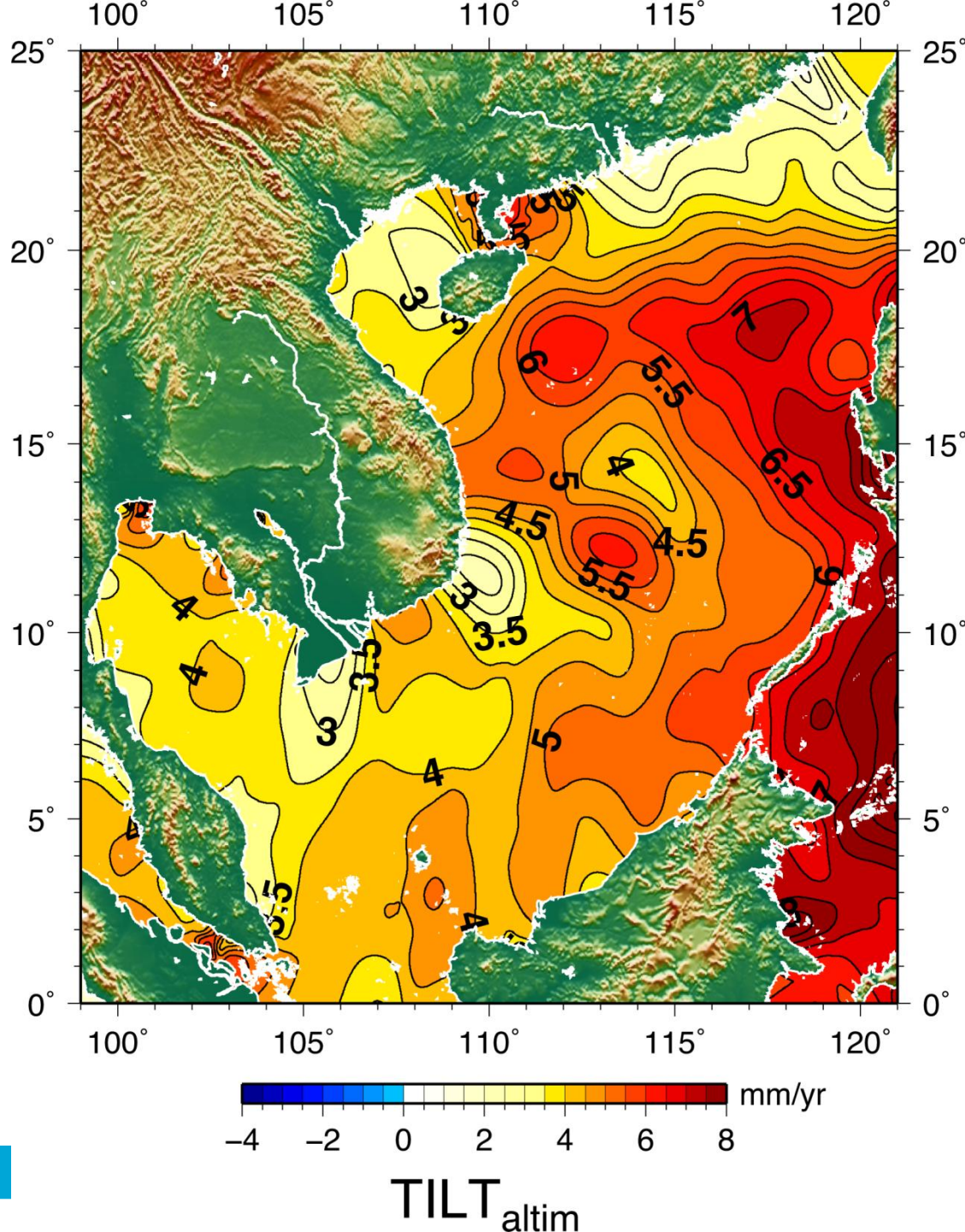
วงจรรายปี (Annual Cycle)
ความแปรปรวนของระดับน้ำทะเล
(Sea Surface Height Variability)
จากข้อมูลดาวเทียม



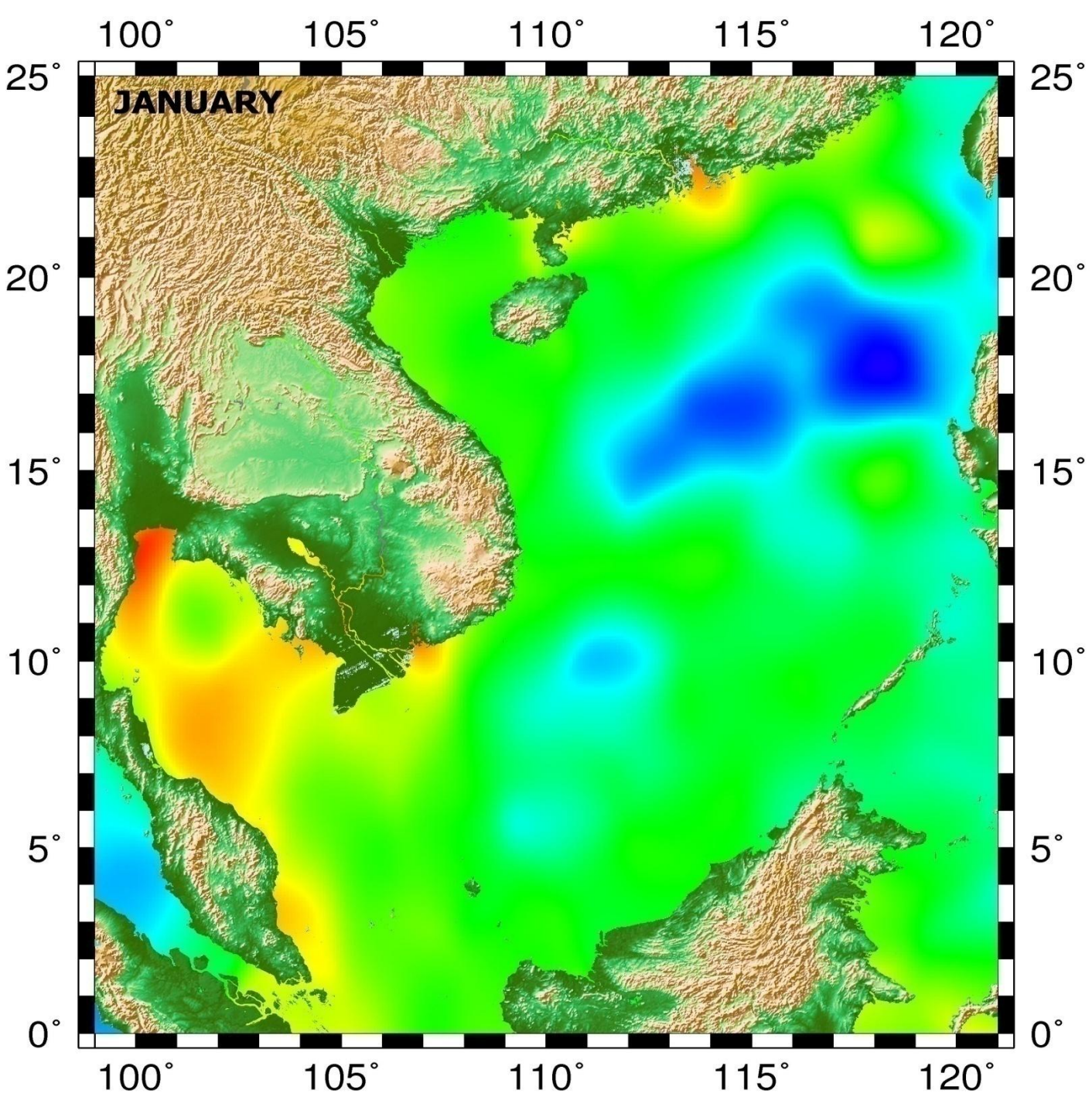
ค่าความสูง
ระดับน้ำทะเล
ในอ่าวไทย
(amplitude)
มีค่าสูงกว่า
ในทะเลจีนใต้



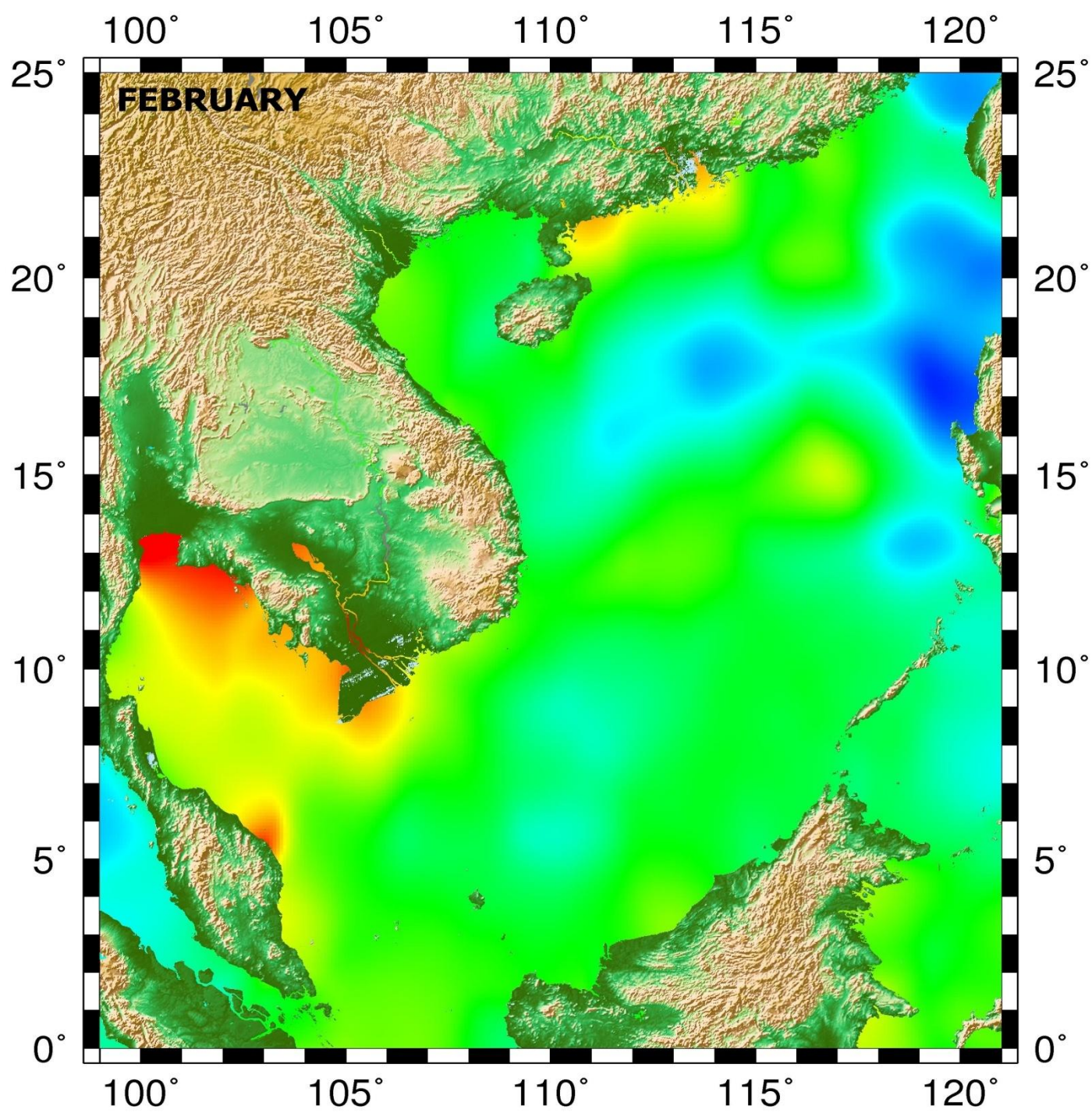
ค่าเฟส (phase) ของ
ระดับน้ำทะเลพบ
ค่าสูงสุดในอ่าวไทย
ประมาณกลางเดือน
มกราคม ค่าต่ำสุด
ประมาณเดือนกรกฎาคม
ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพล
ของลมมรสุม
ตะวันออกเฉียงเหนือ
และลมมรสุมตะวันตก
เฉียงใต้



อัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยระยะยาว จากข้อมูลดาวเทียม พบว่า สำหรับอ่าวไทย อัตราการเปลี่ยนแปลงมีค่าอยู่ระหว่าง 4 – 5 มม.ต่อปี ในทะเลจีนใต้ มีค่ามากกว่า 5 มม.ต่อปี ซึ่งค่าดังกล่าวนี้ สูงกว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลก ซึ่งมีค่าประมาณ 1.8 มิลลิเมตรต่อปี (IPCC,2007)

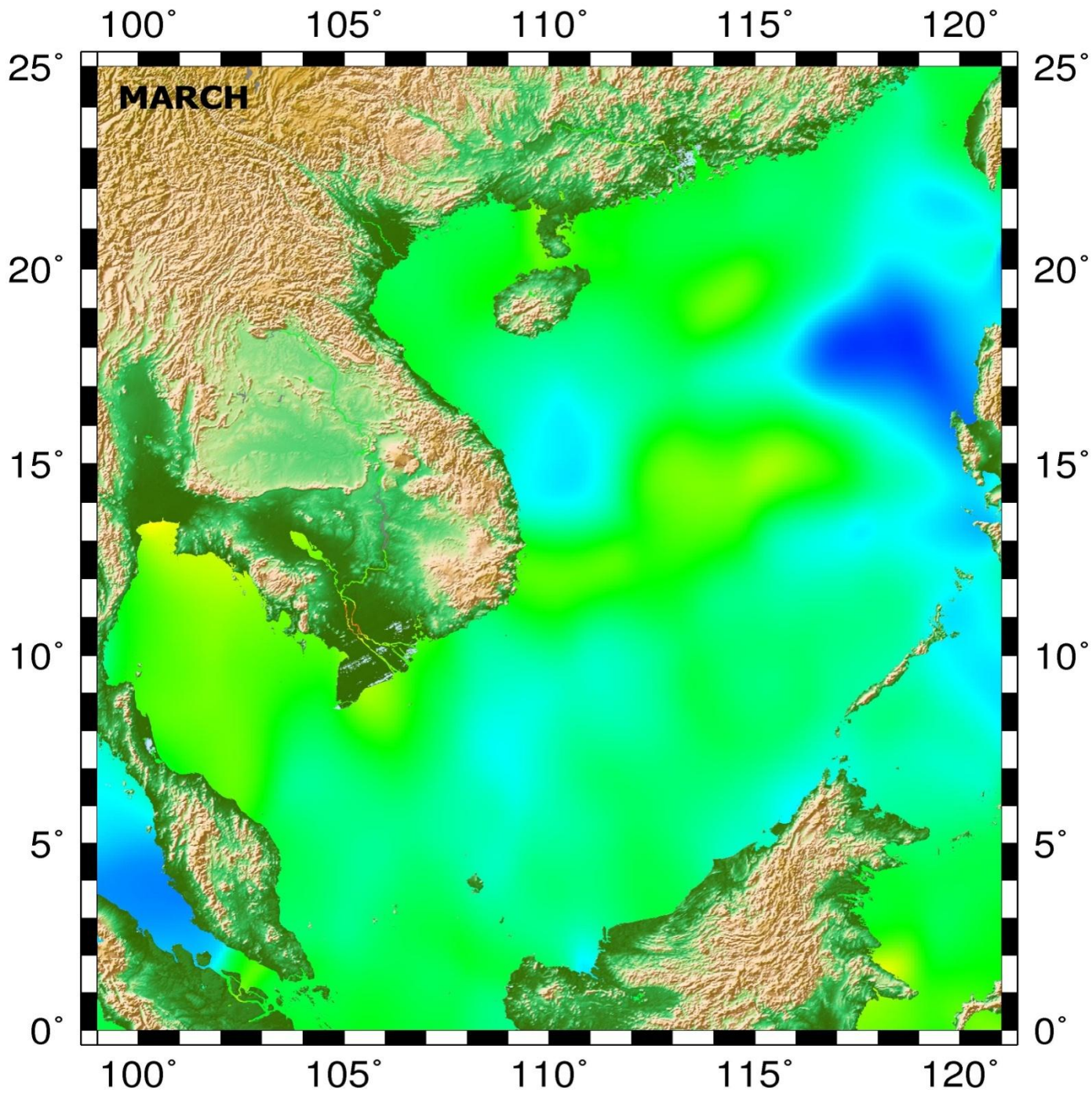


1997
JANUARY

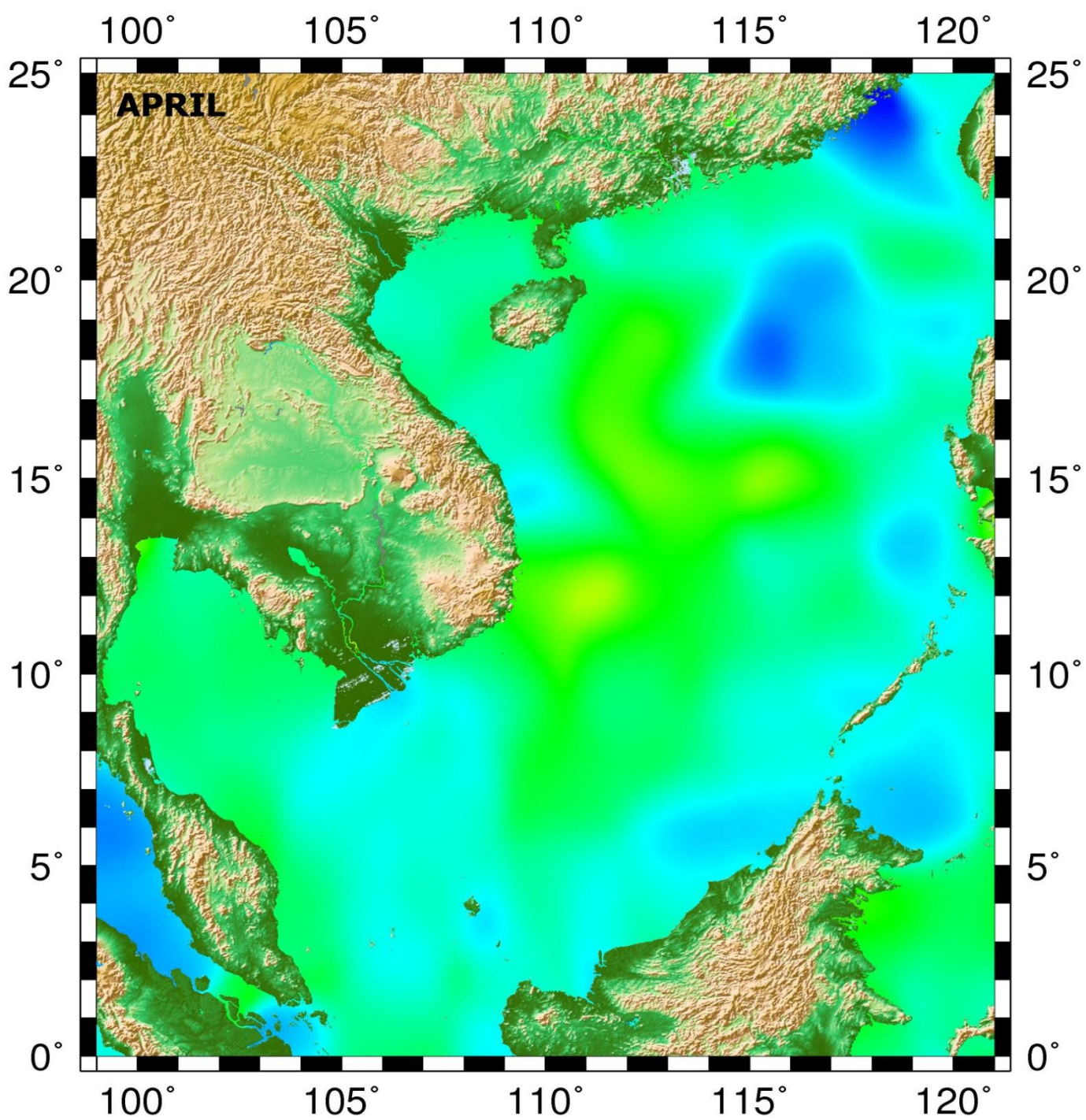


1997

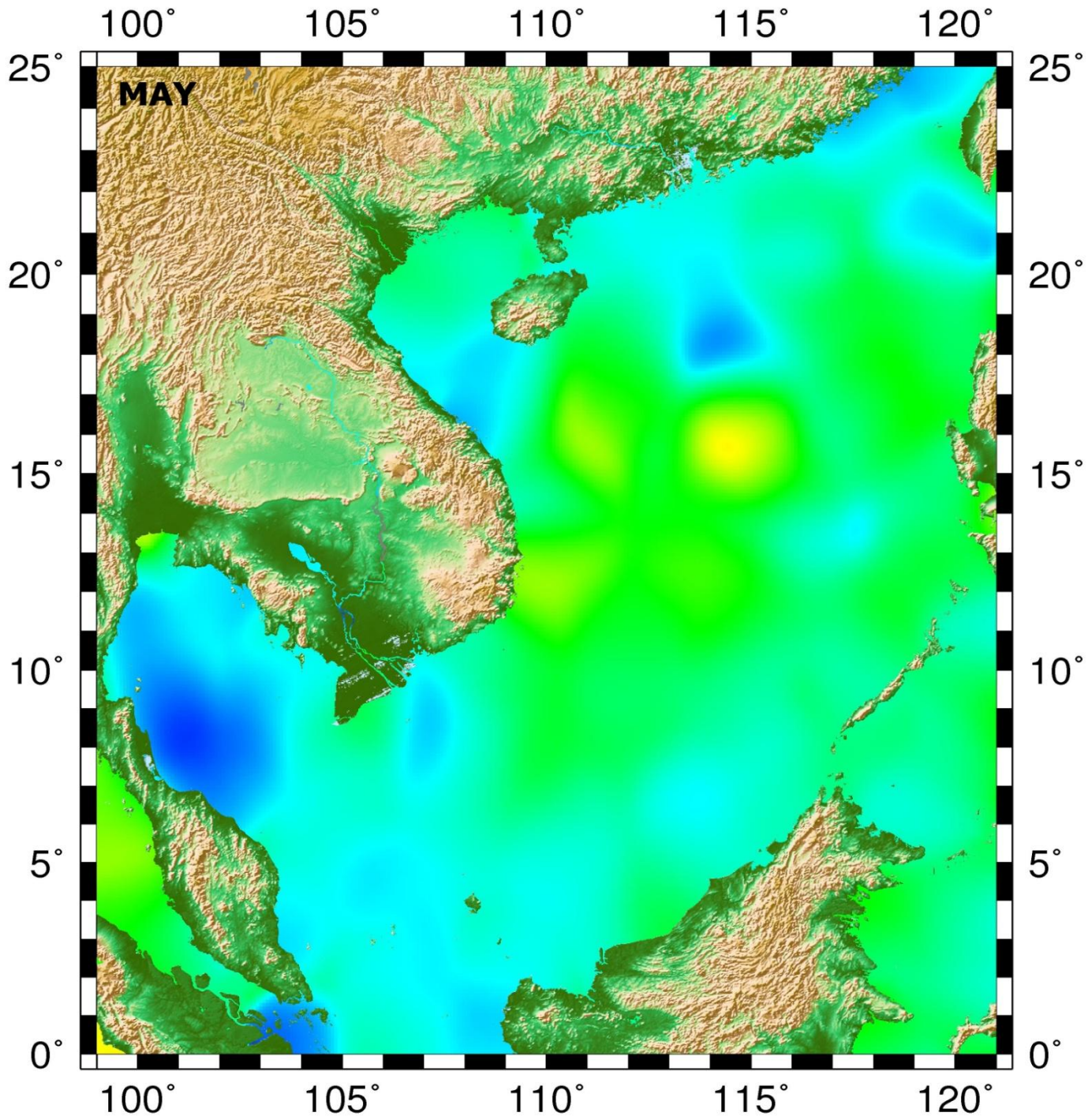
FEBRUARY



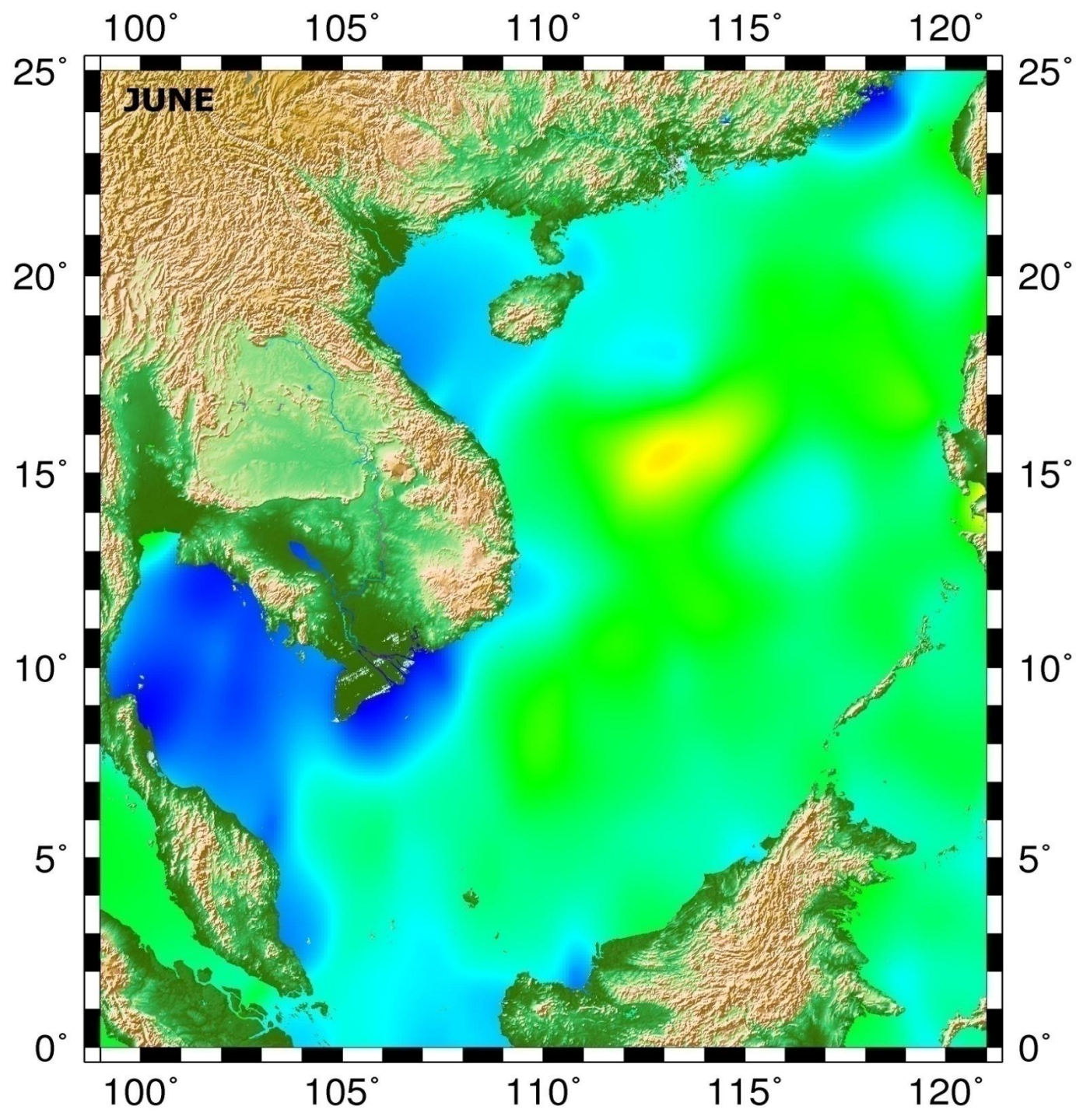
1997
MARCH



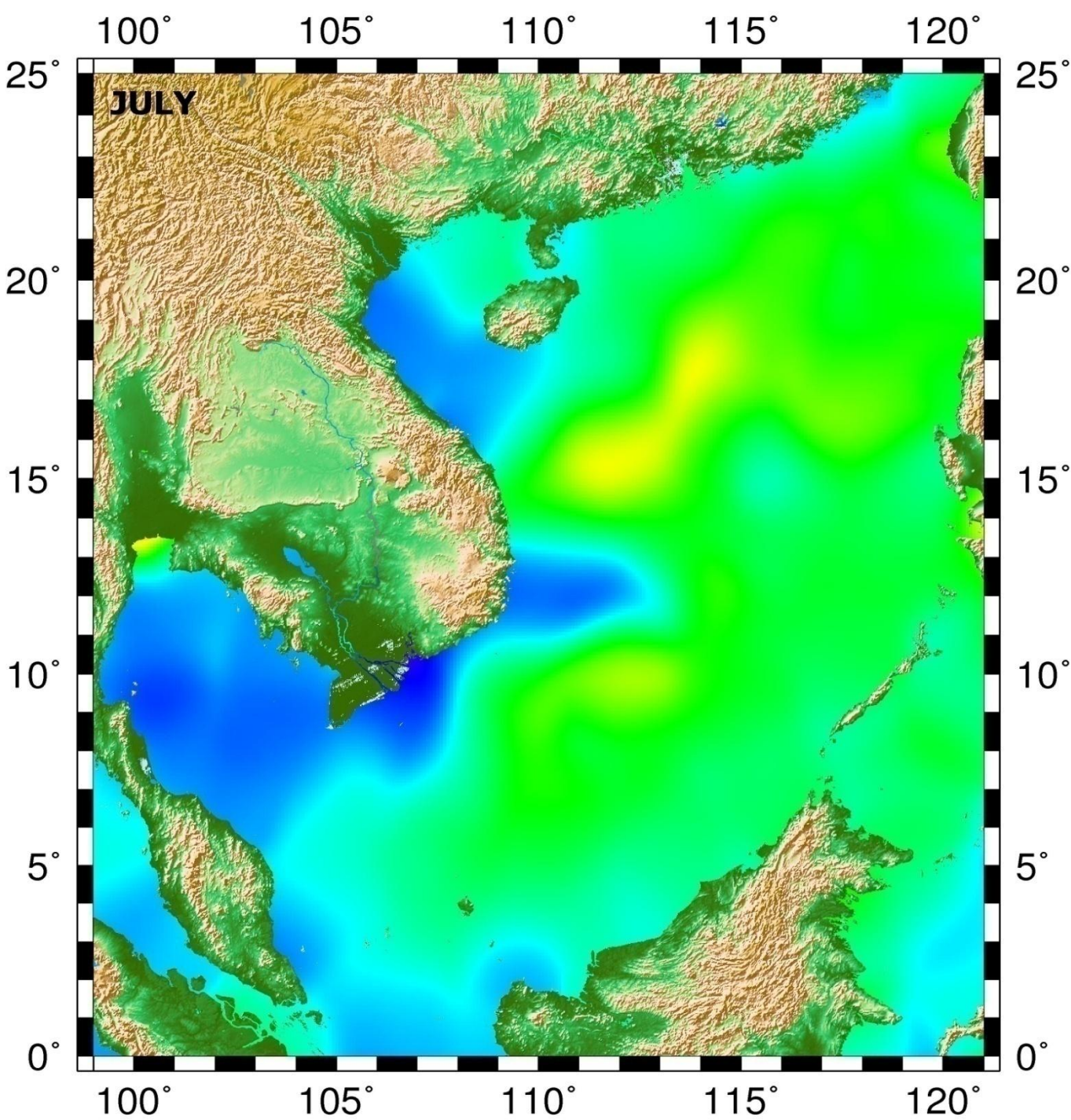
1997
APRIL



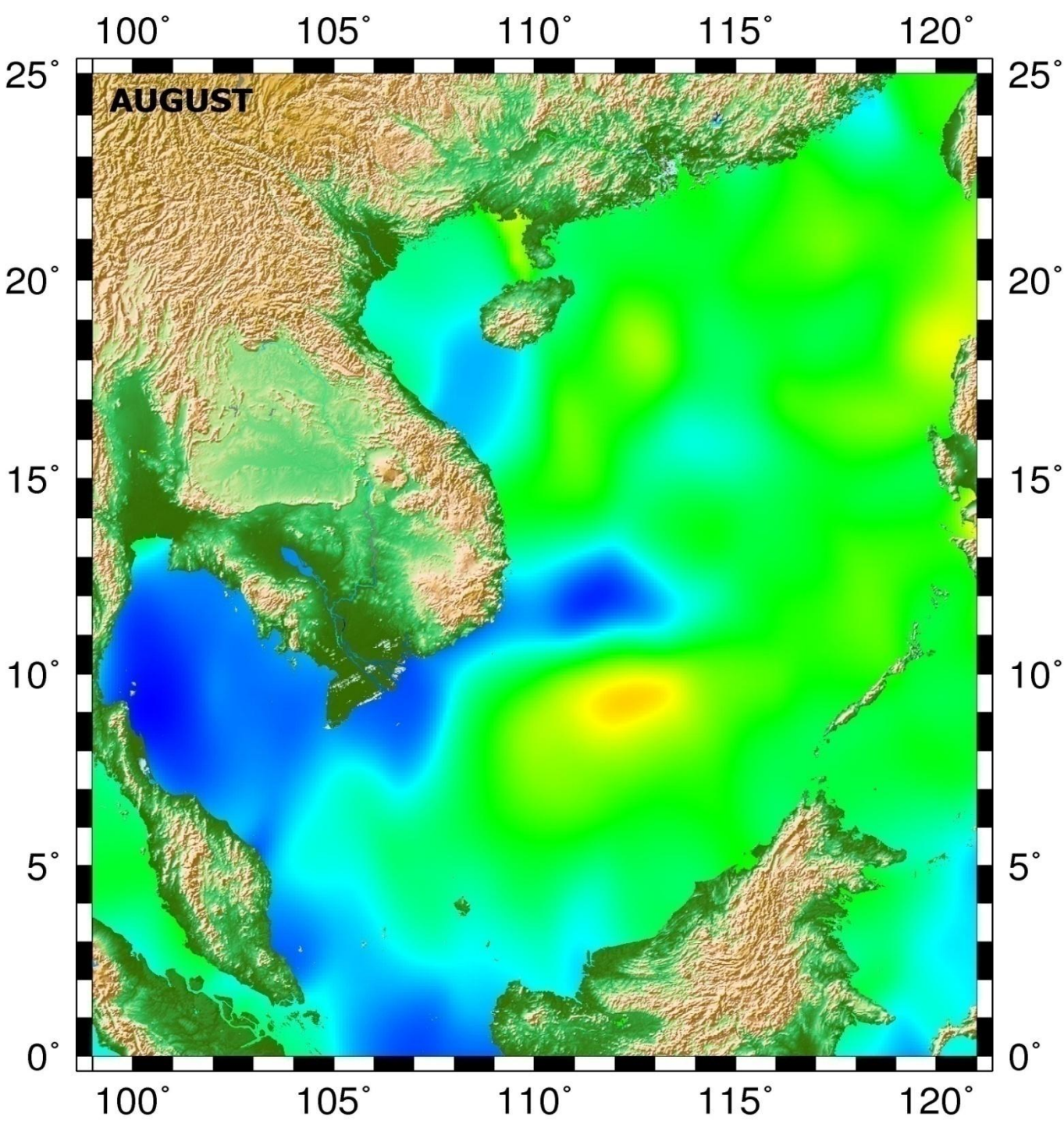
1997
MAY



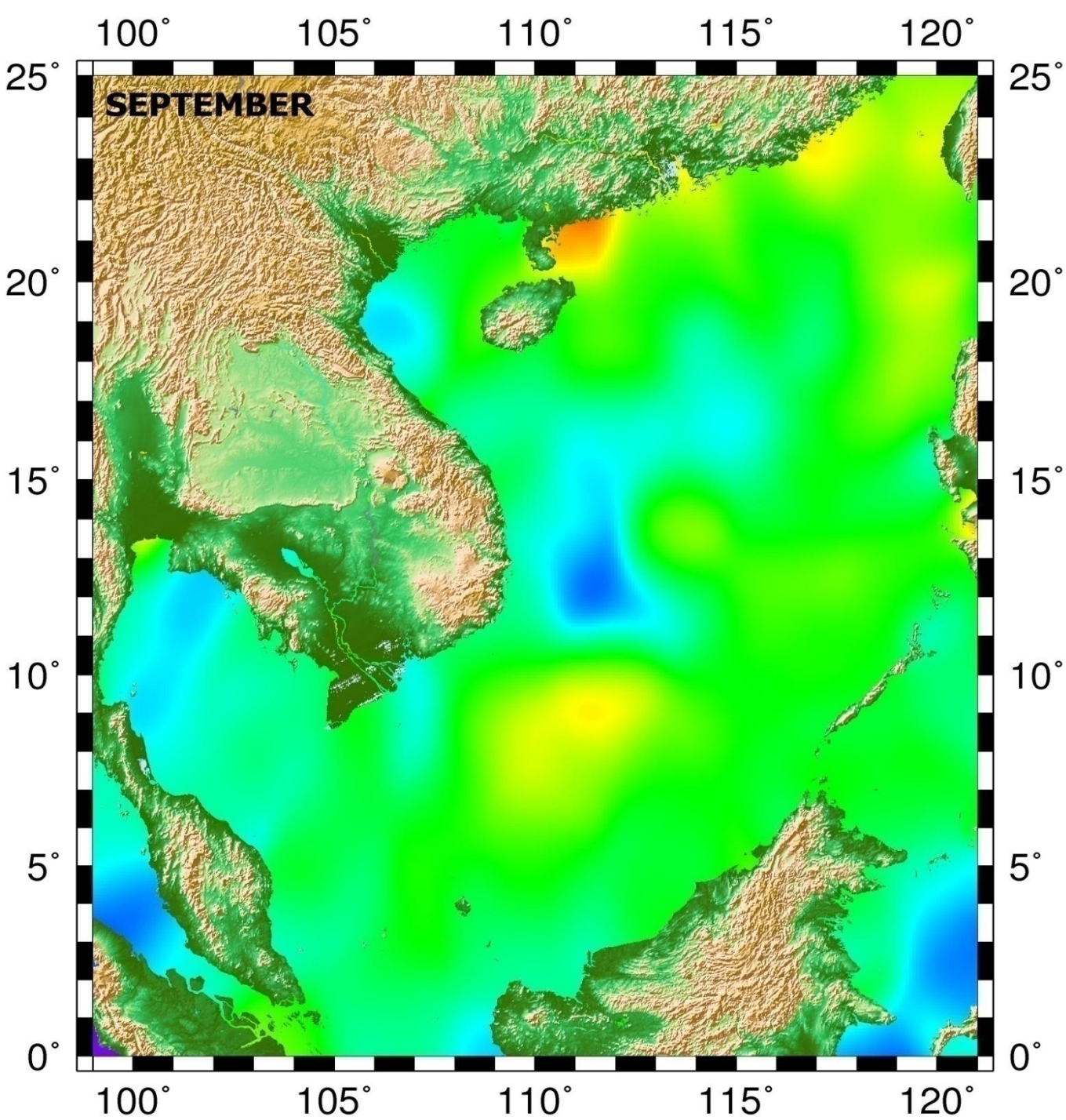
1997
JUNE



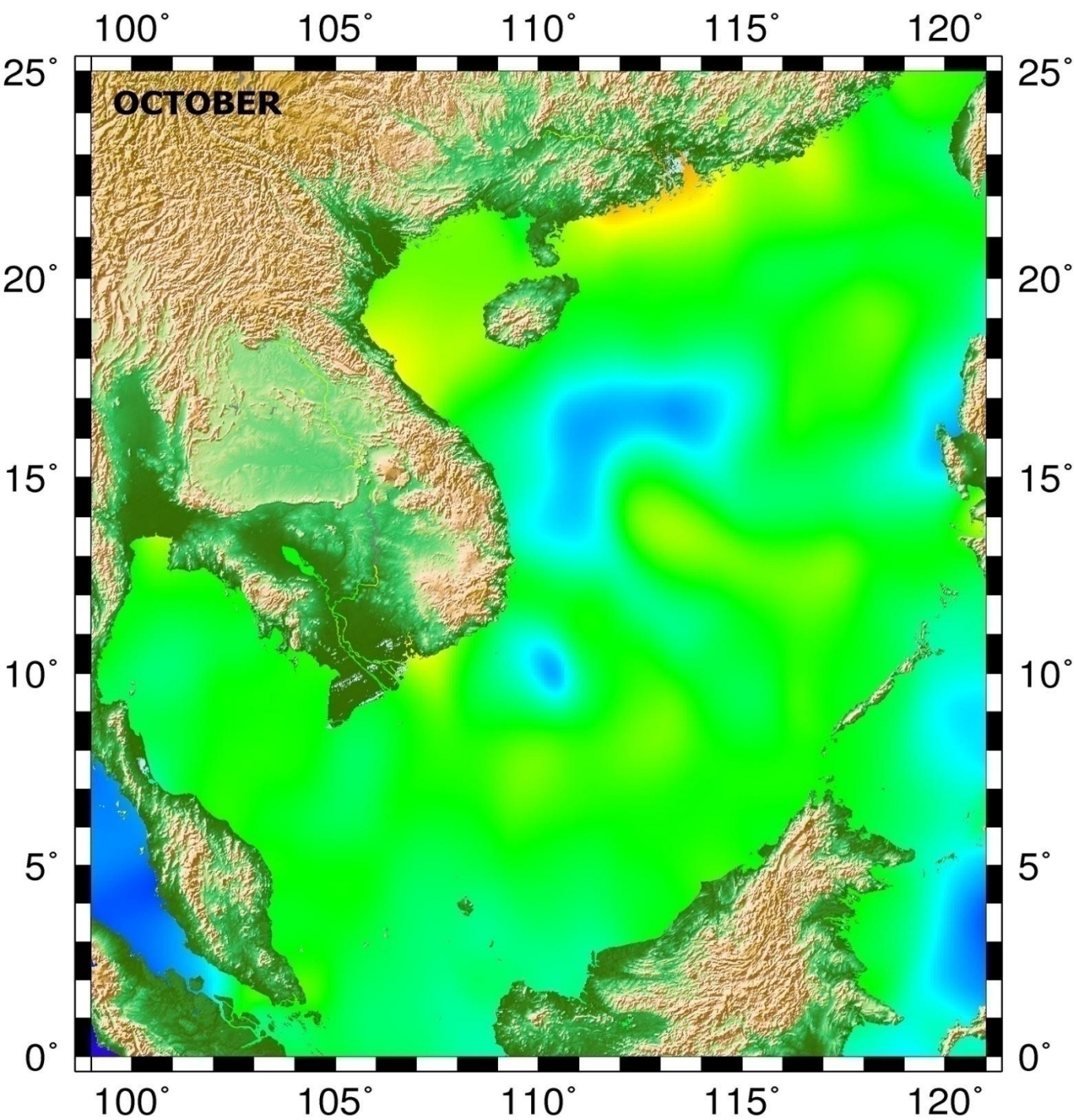
1997
JULY



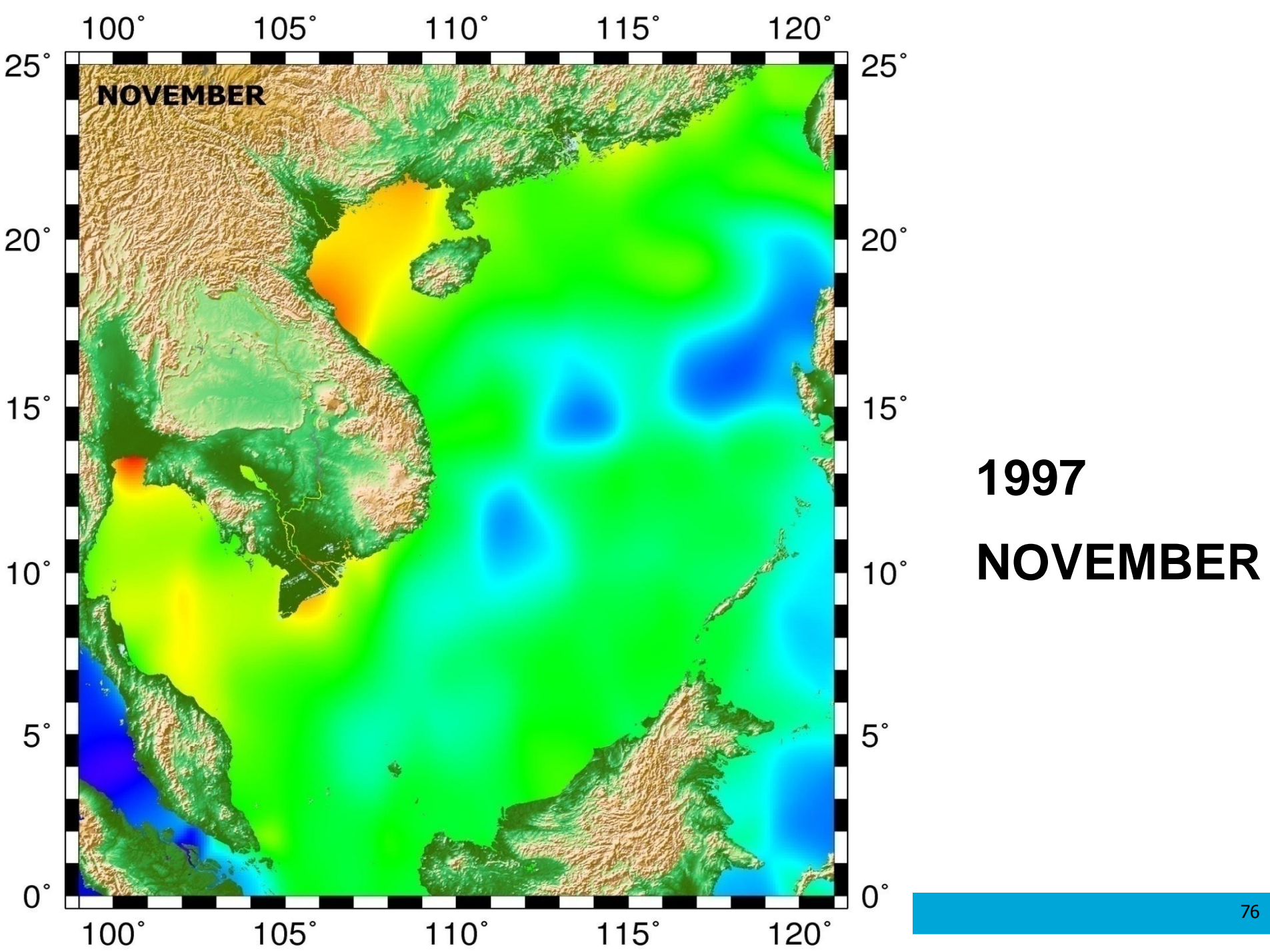
1997
AUGUST

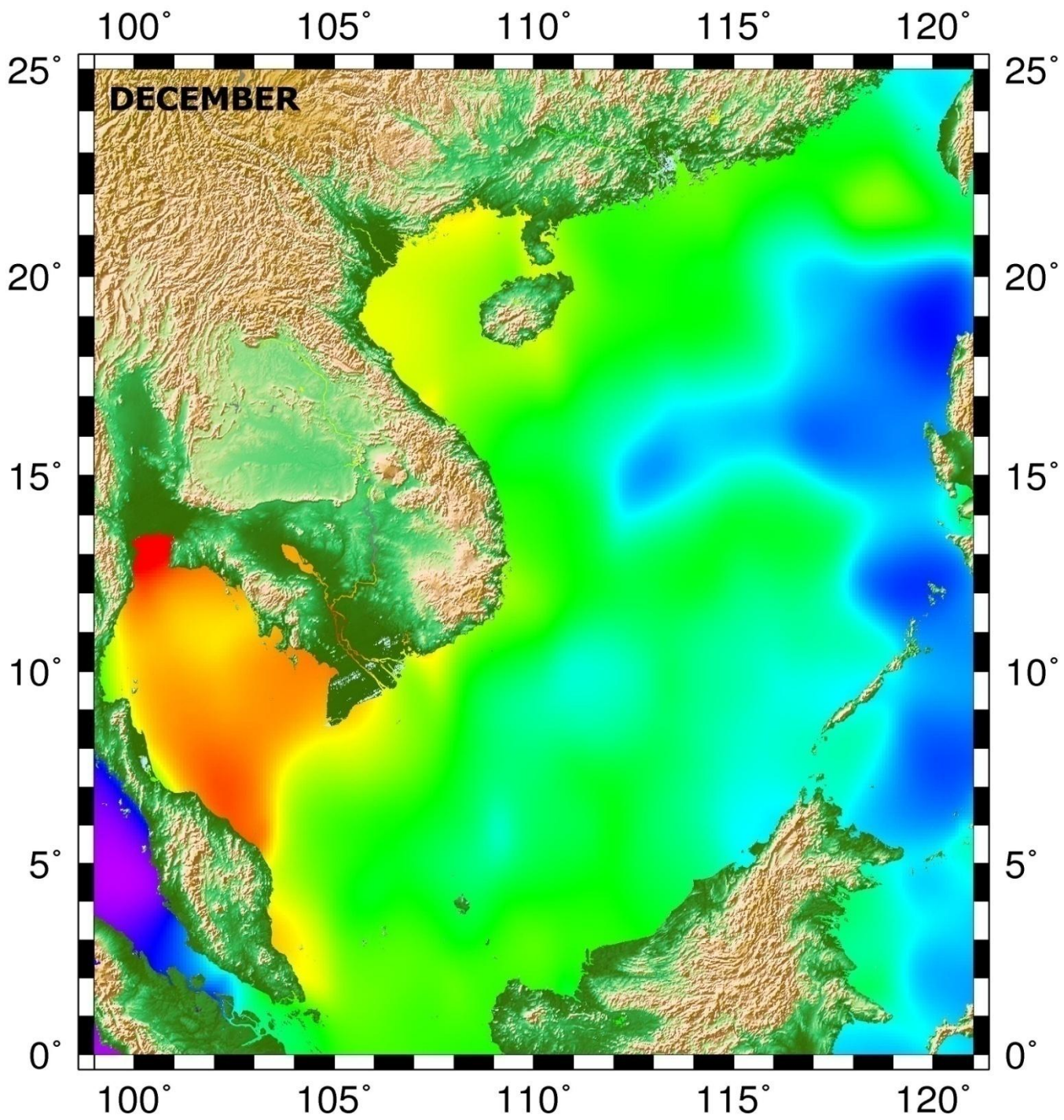


1997
SEPTEMBER

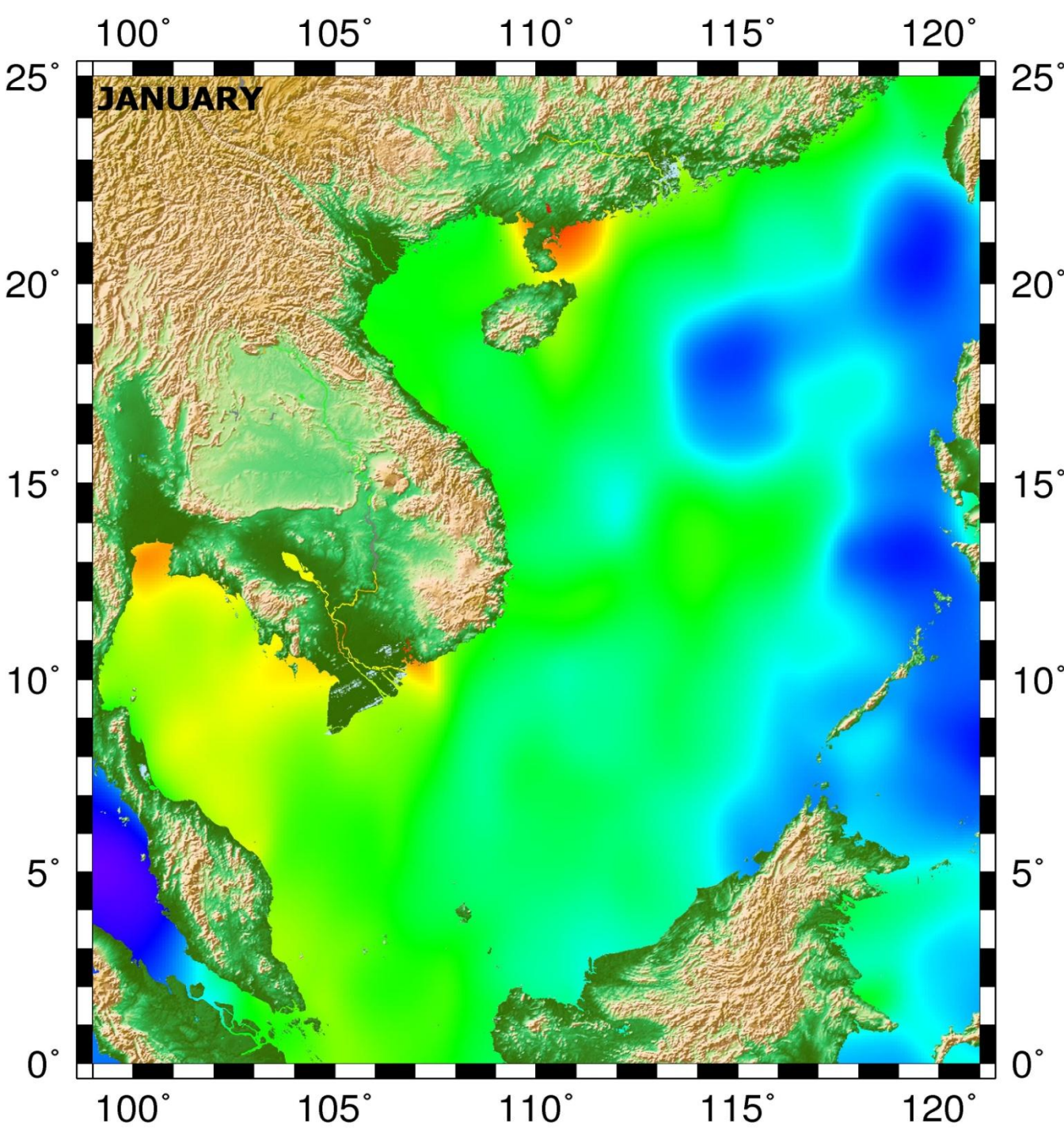


1997
OCTOBER

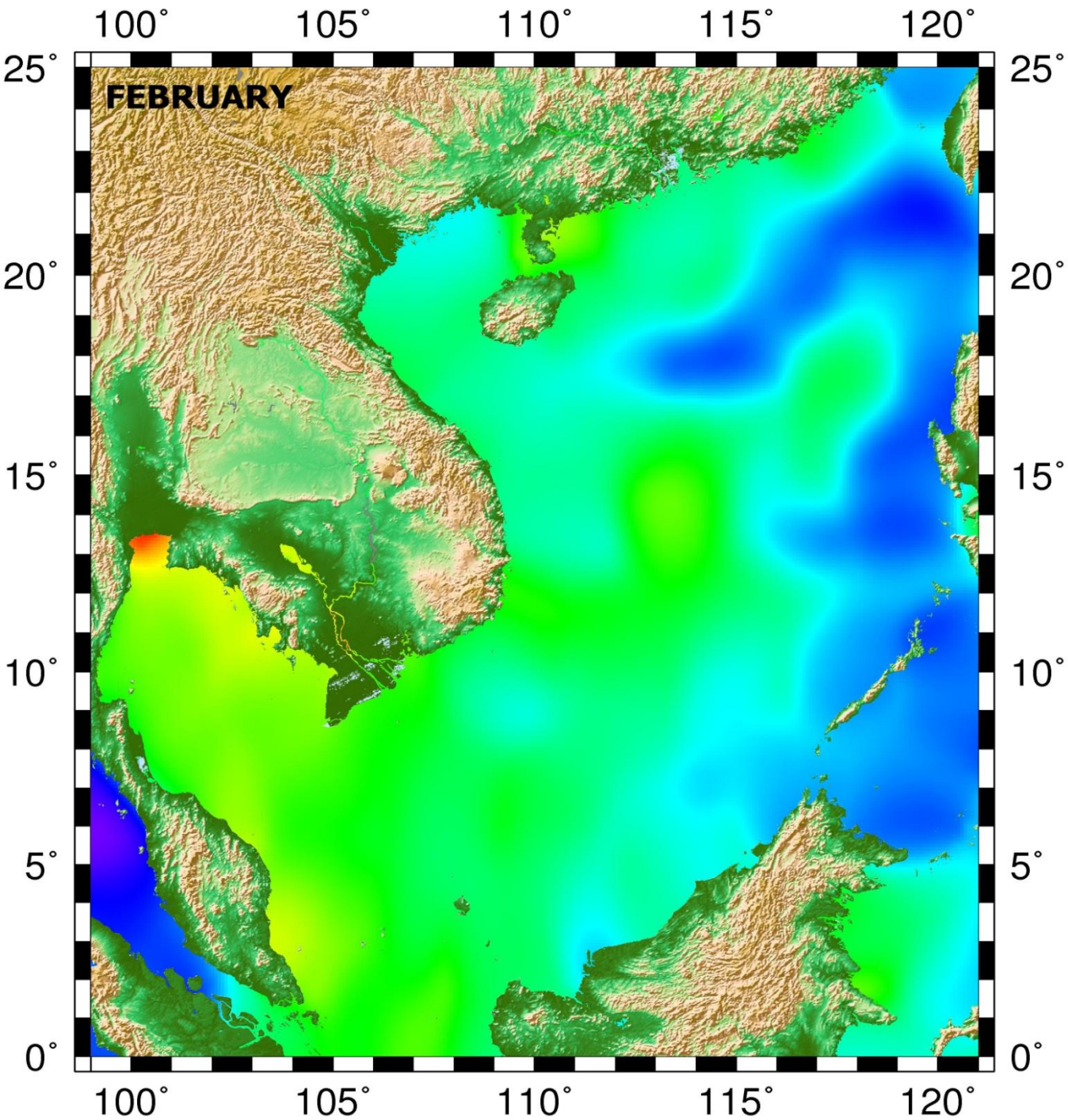




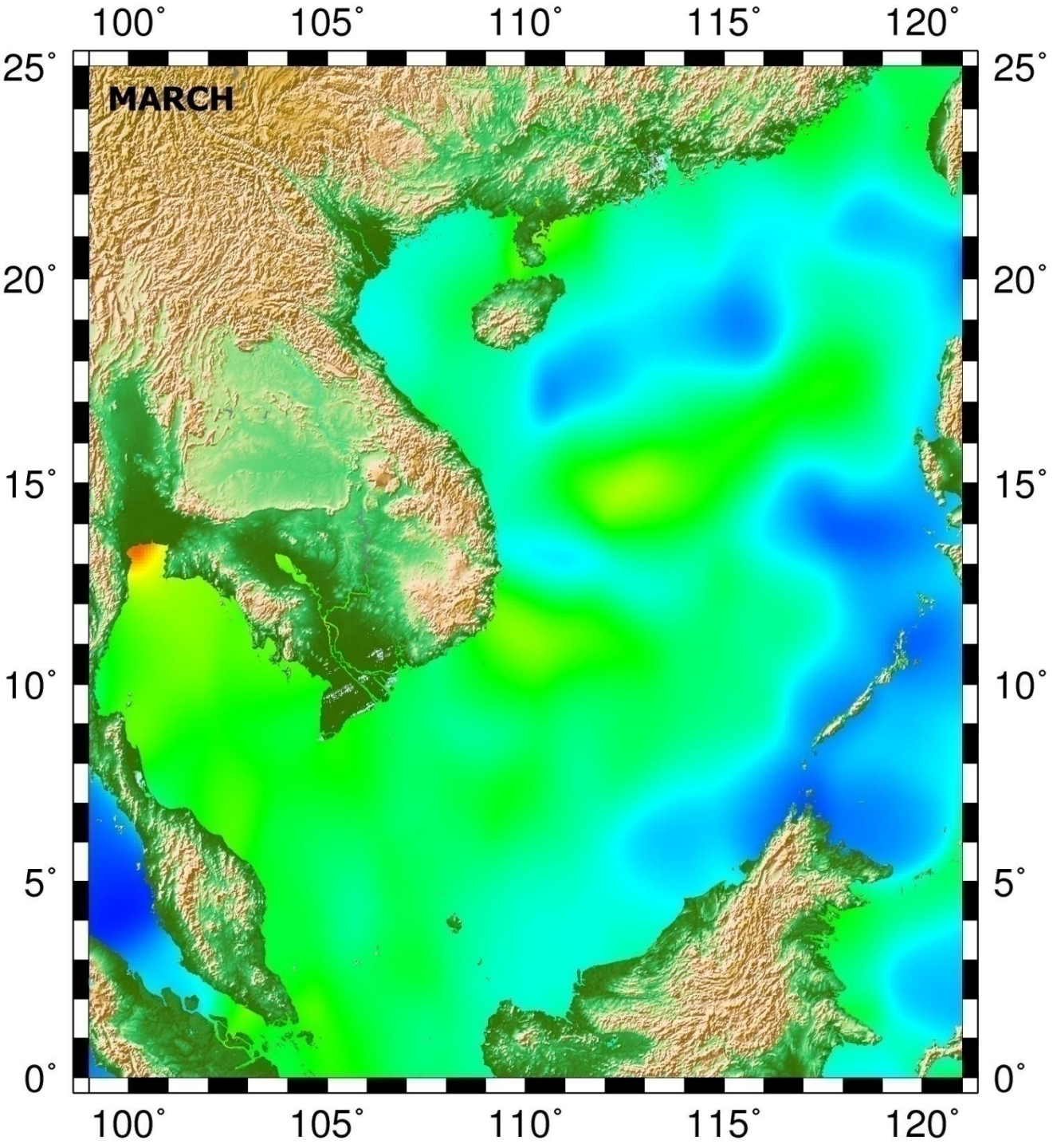
1997
DECEMBER



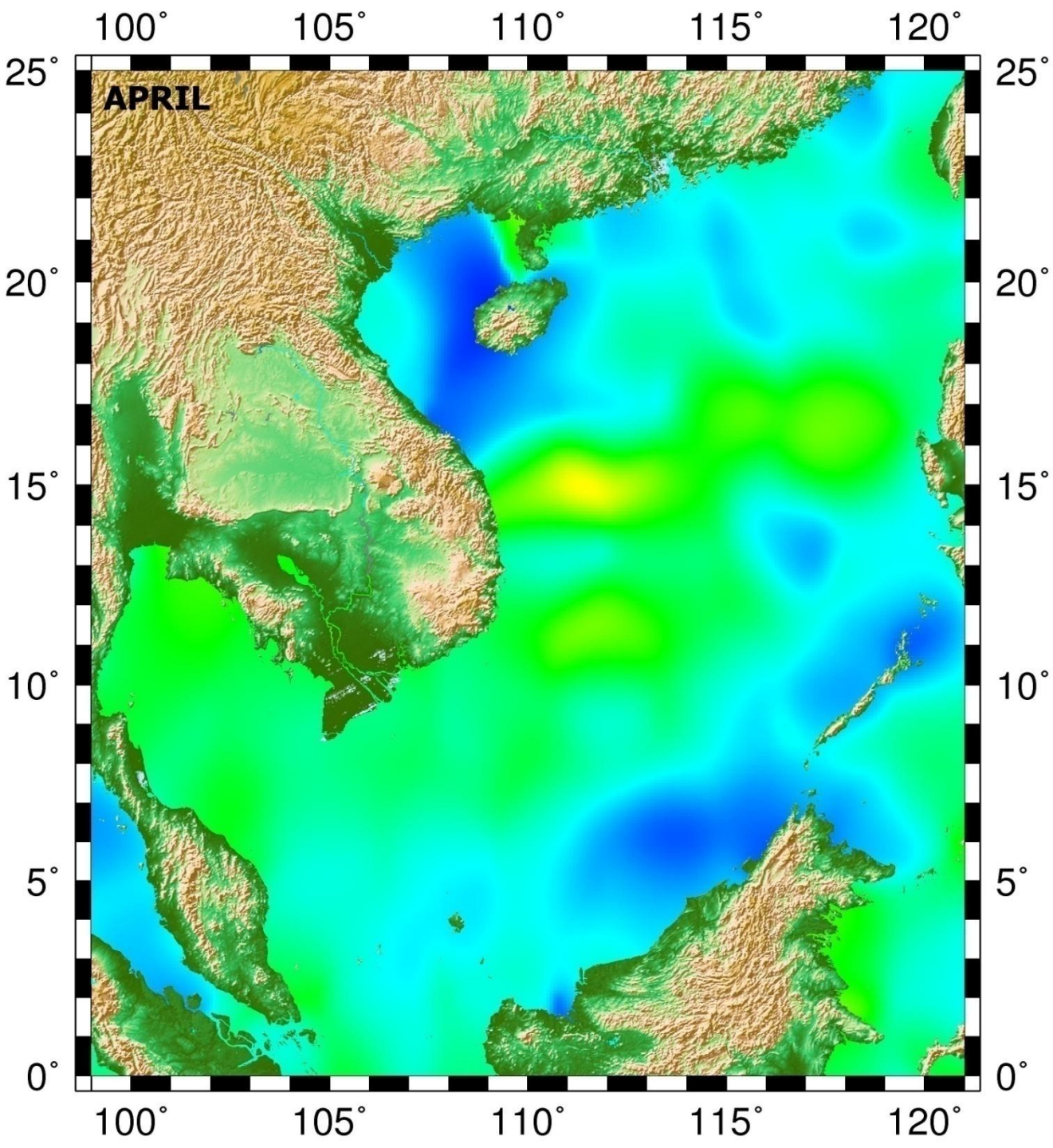
1998
JANUARY



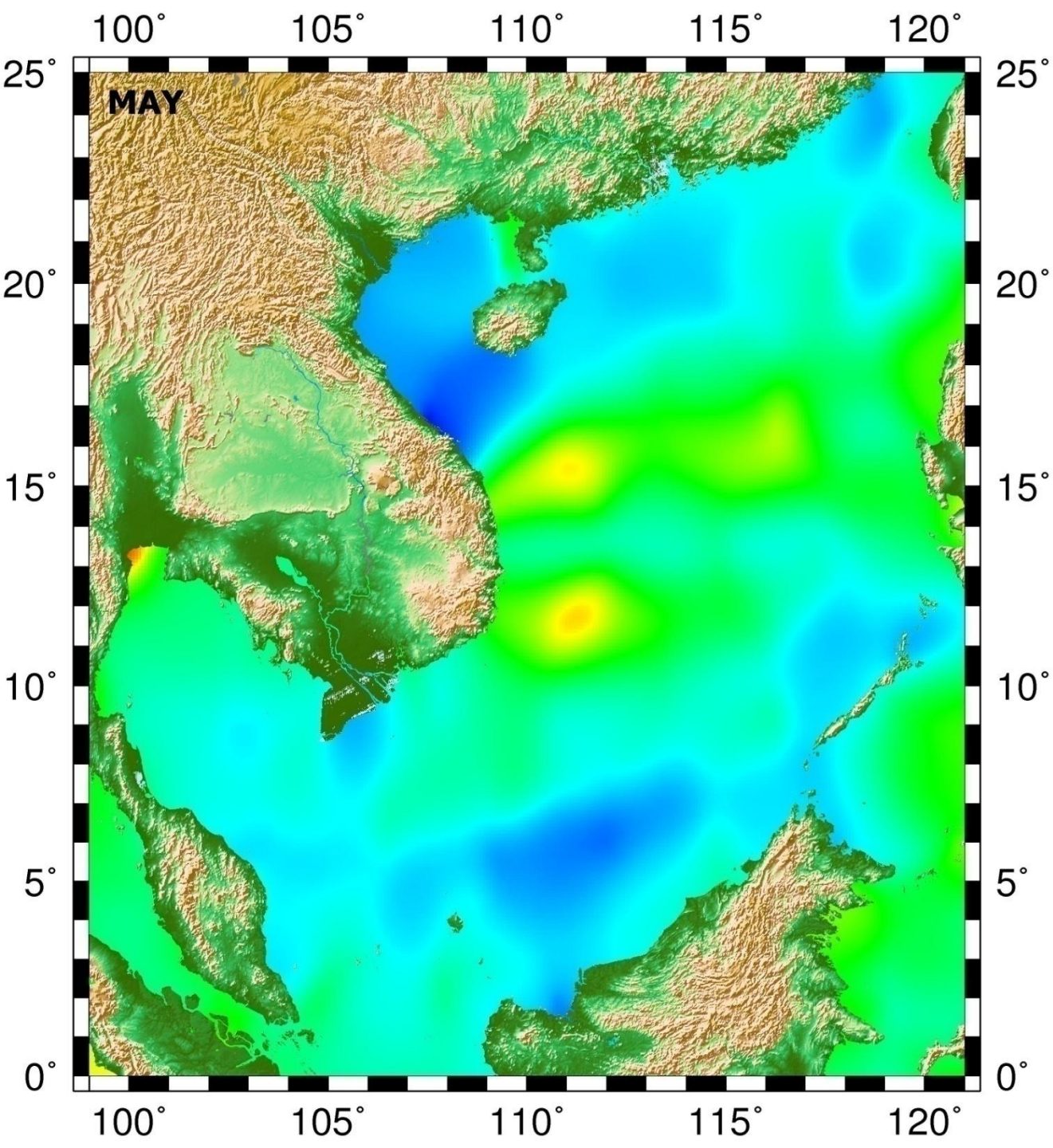
1998
FEBRUARY



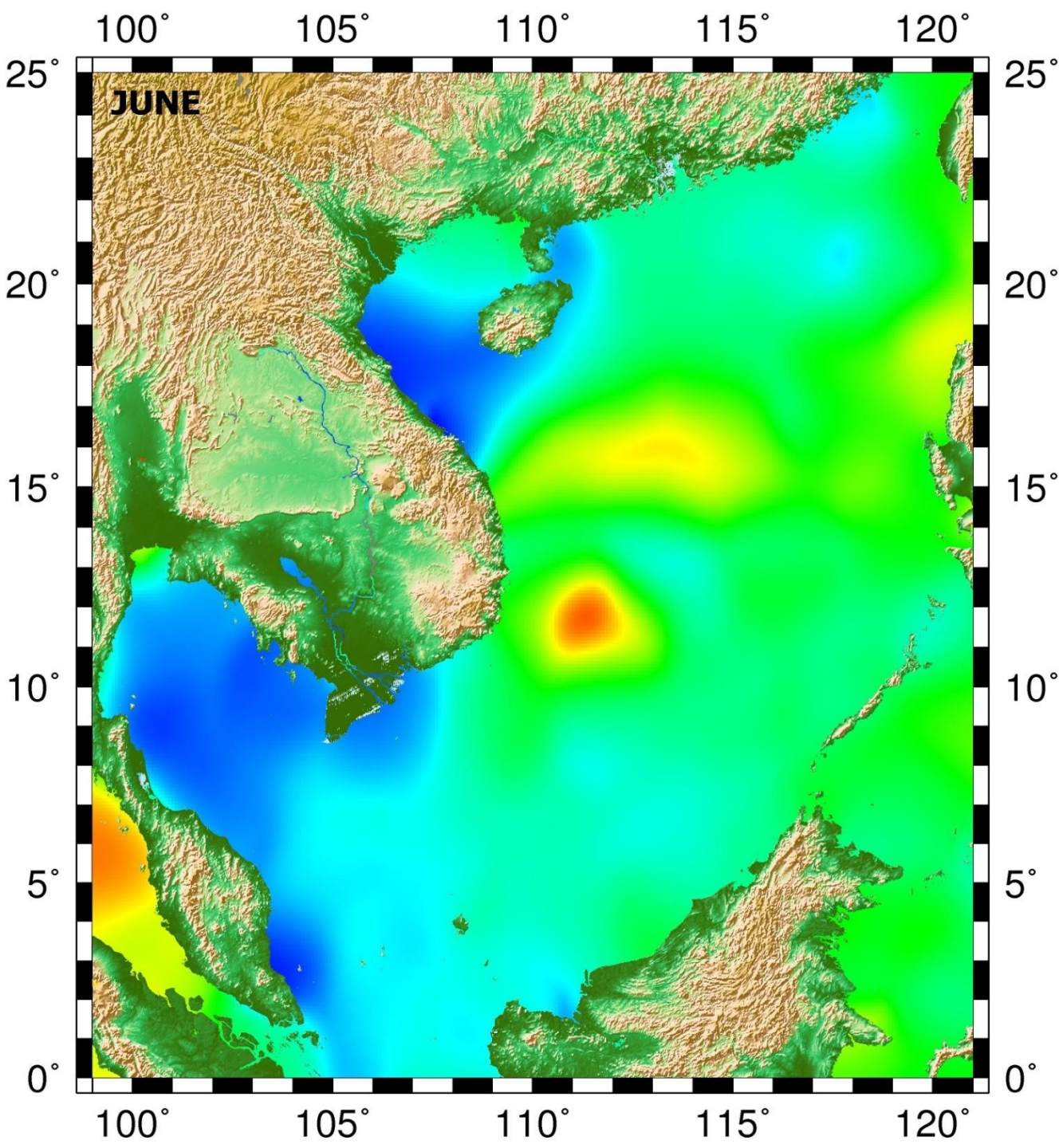
1998
MARCH



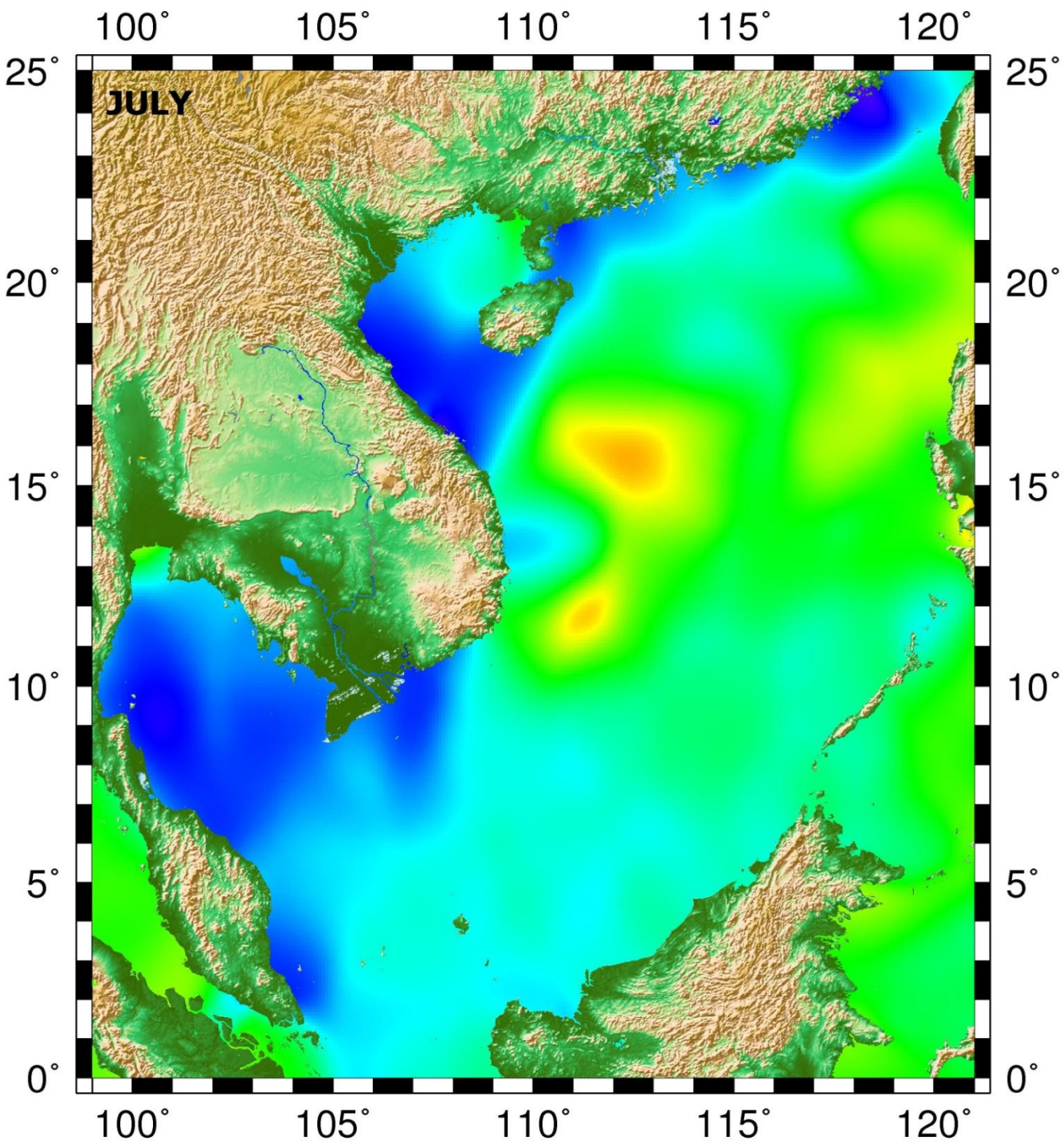
1998
APRIL



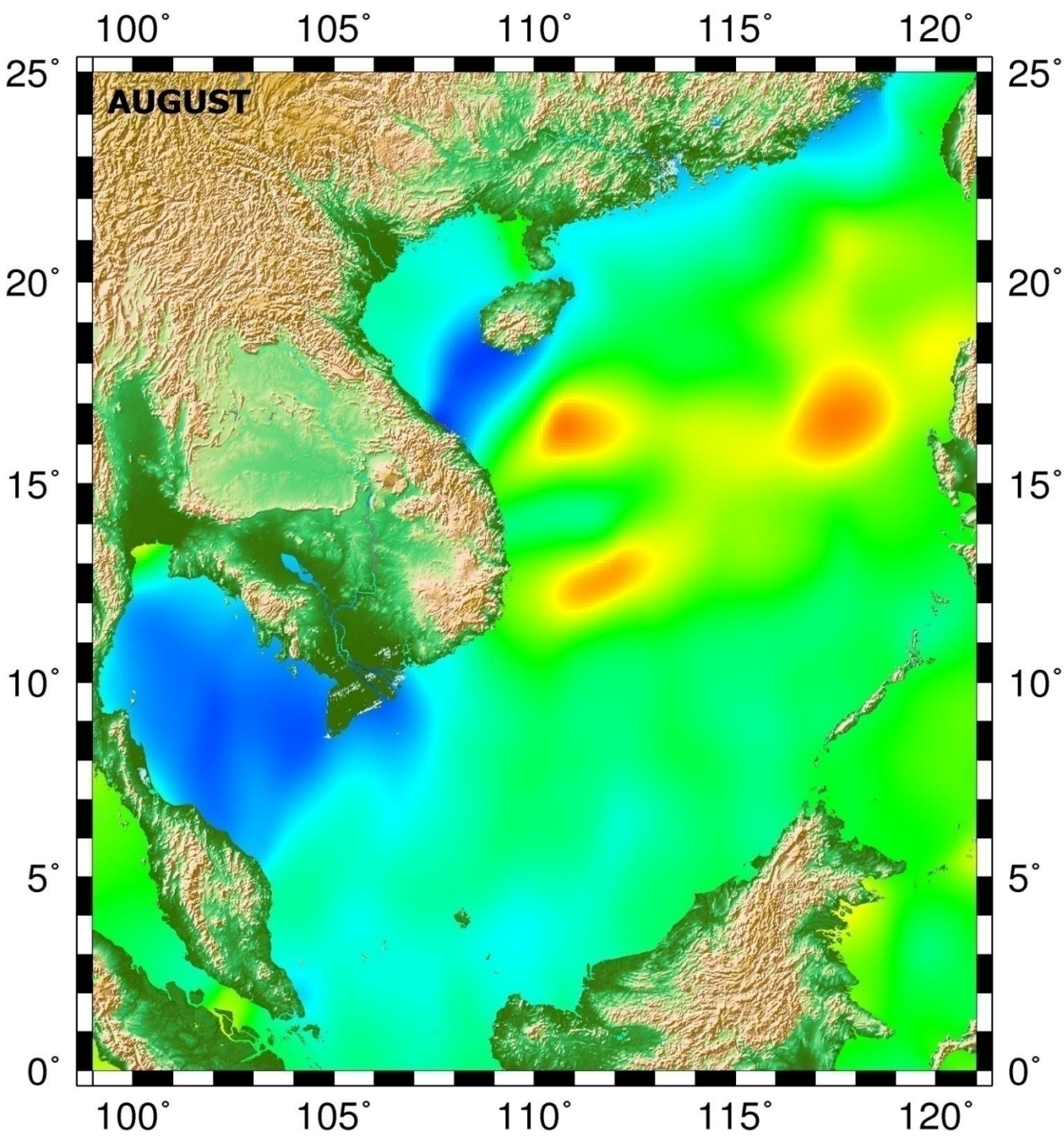
1998
MAY



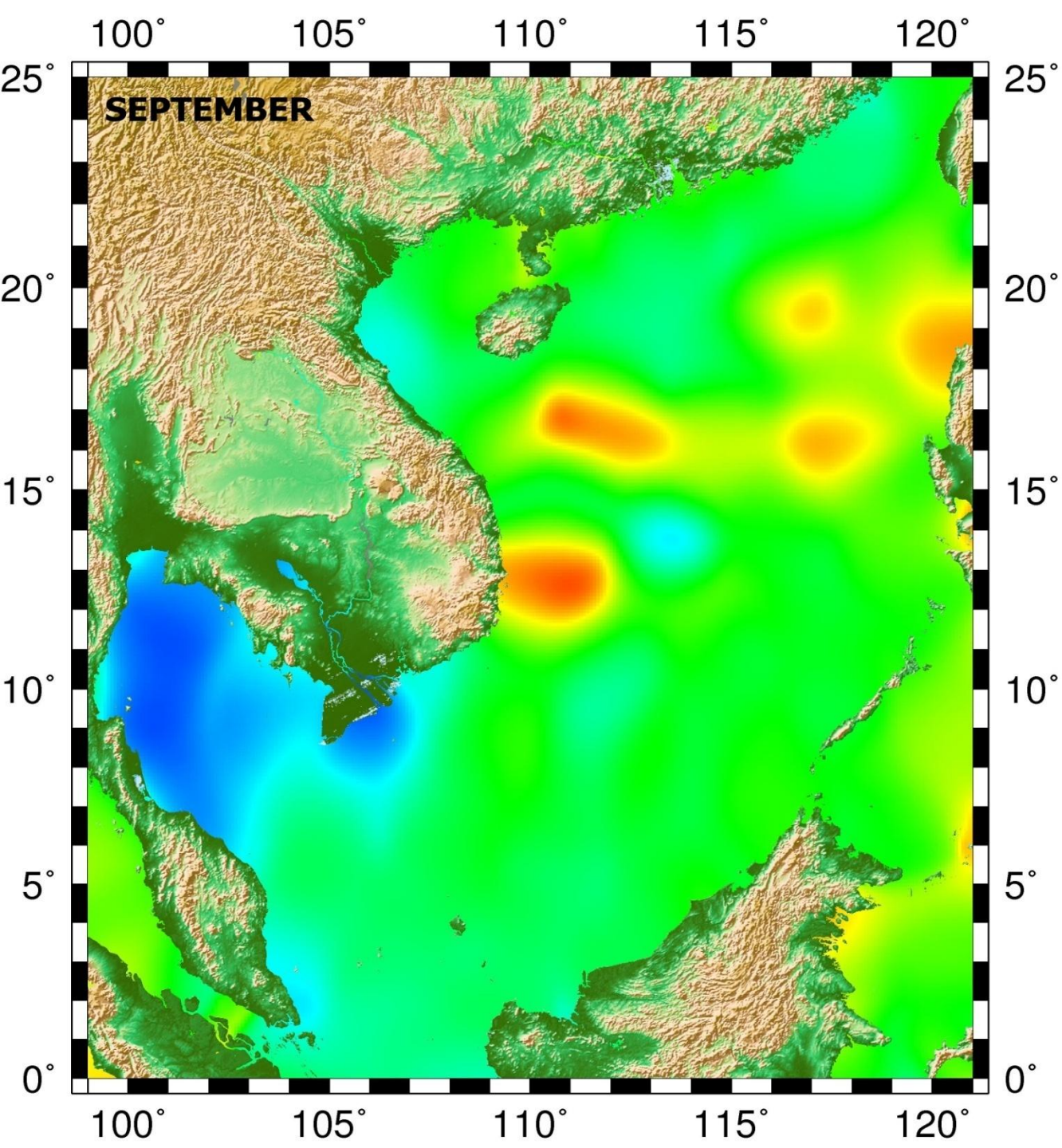
1998
JUNE



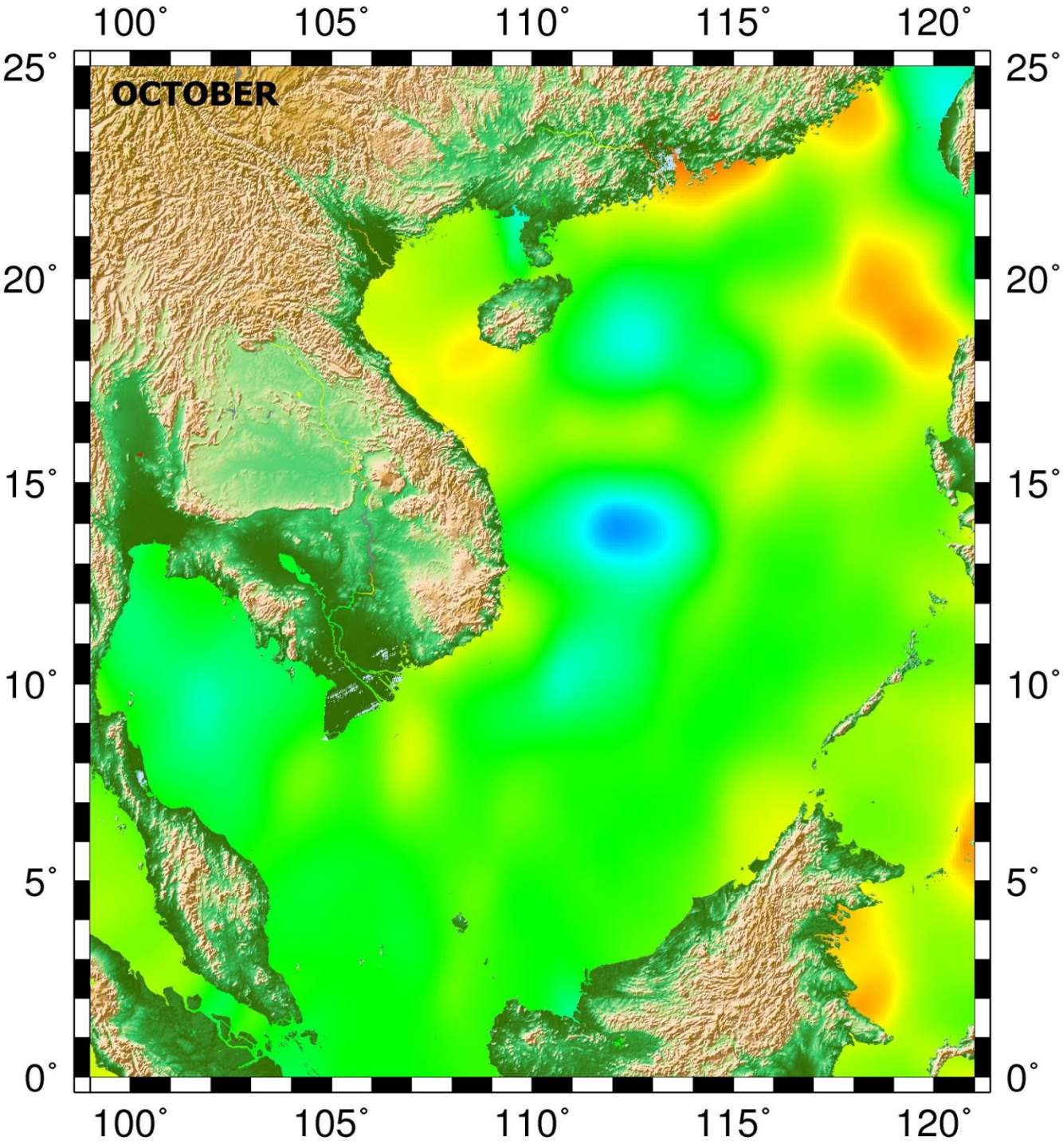
1998
JULY



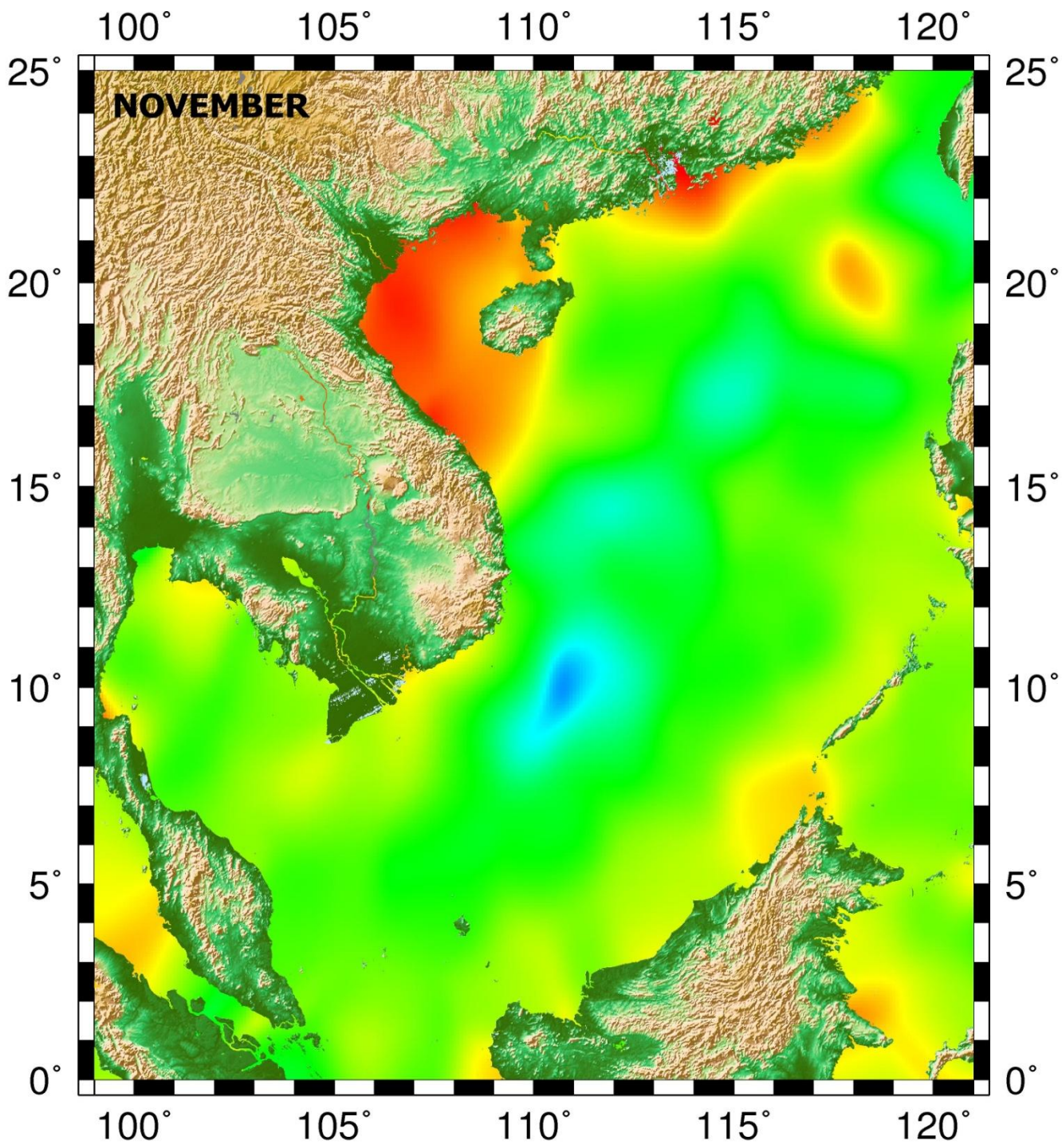
1998
AUGUST



1998
SEPTEMBER

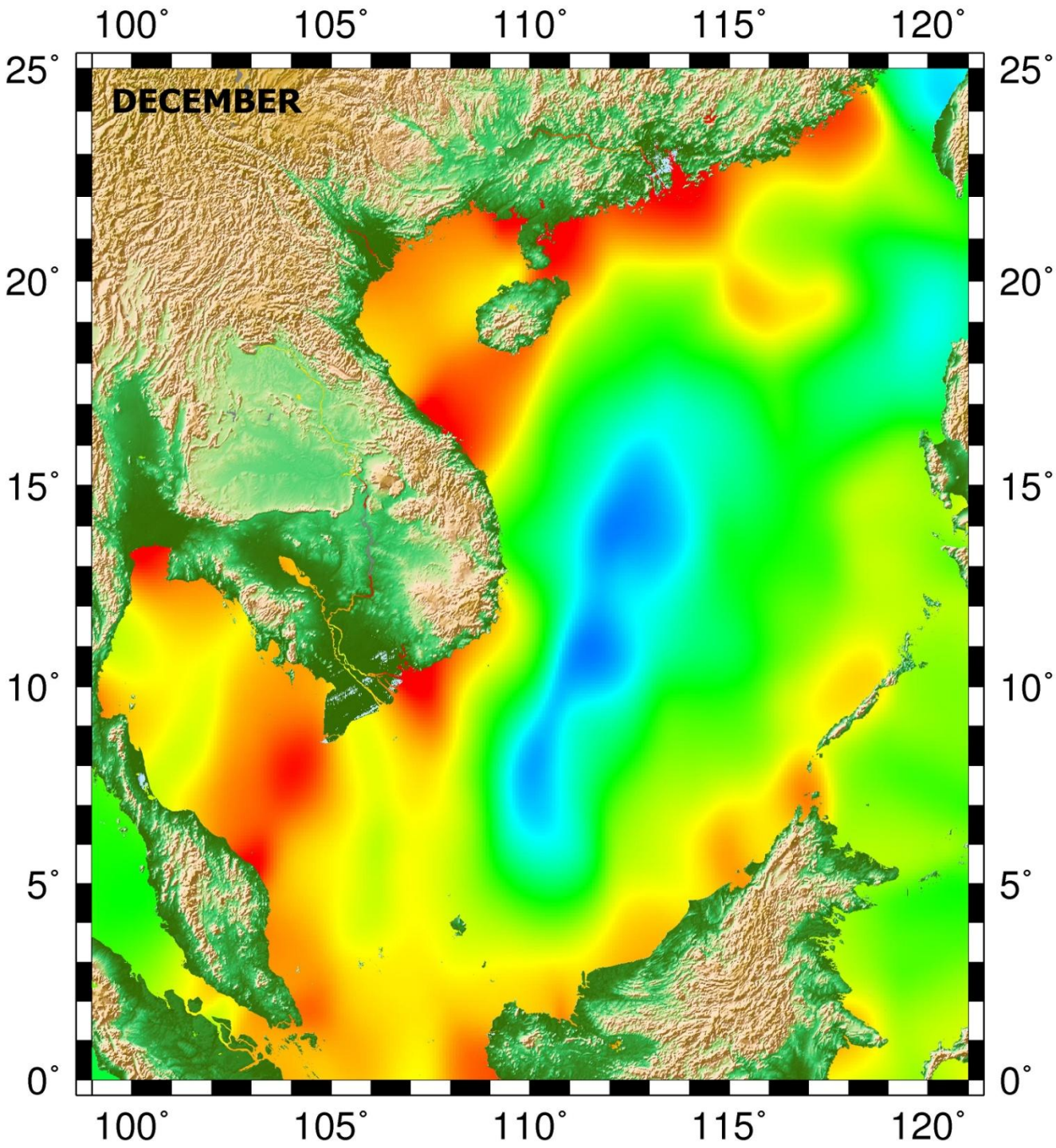


1998
OCTOBER



1998

NOVEMBER

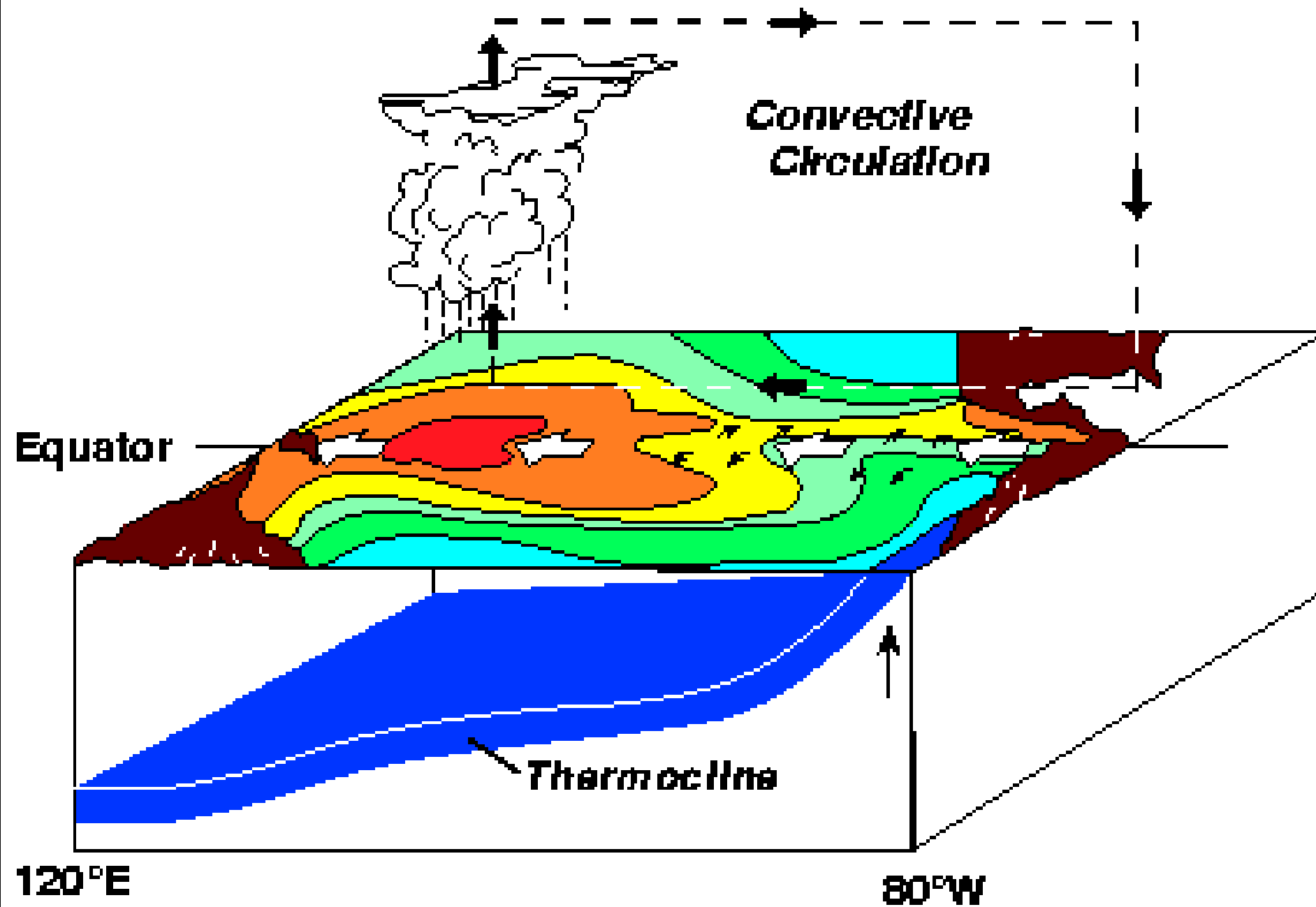


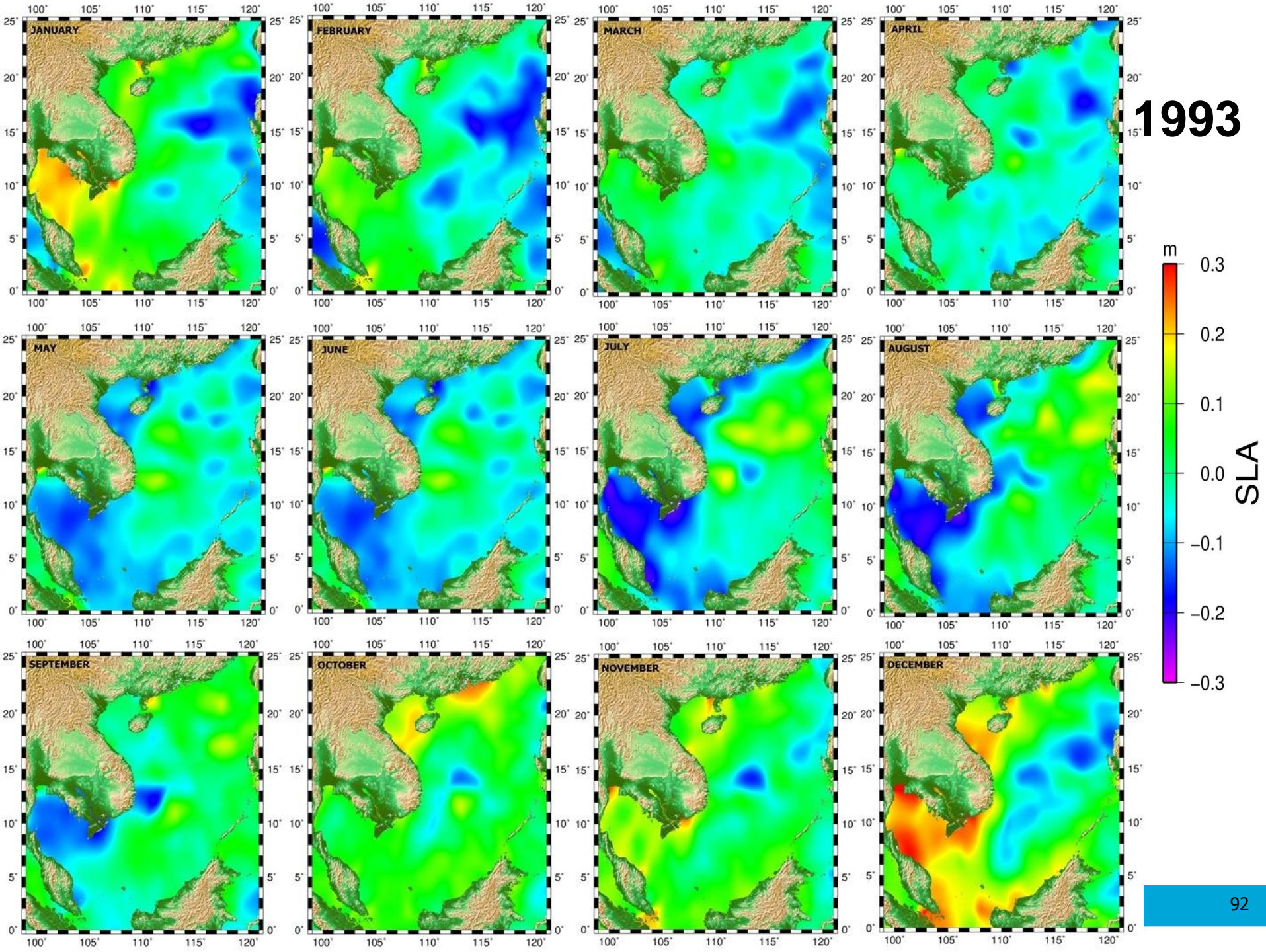
1998
DECEMBER

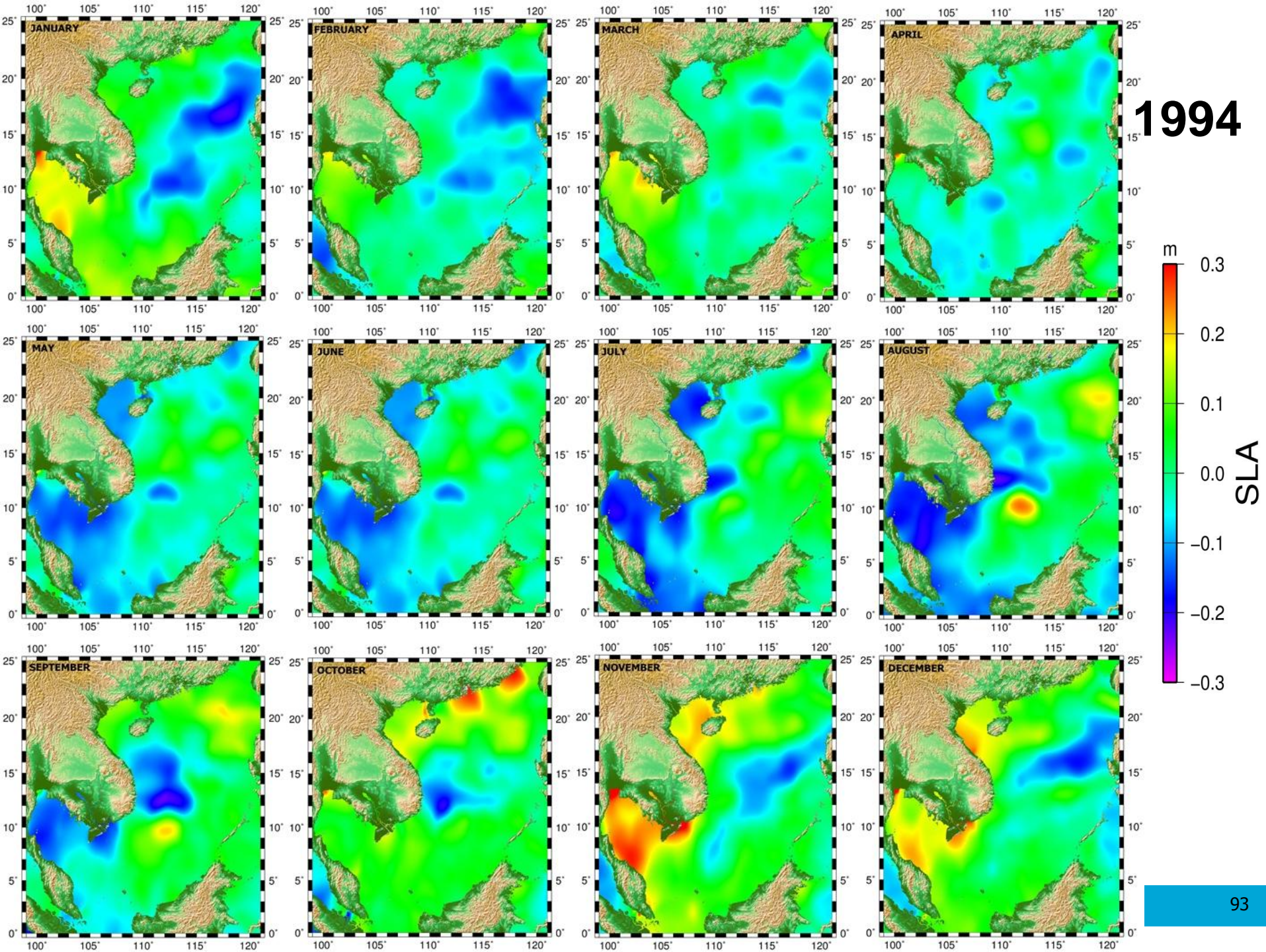
การเปลี่ยนแปลงค่าความสูงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยและทะเลจีนใต้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง ประกอบด้วย

1. ช่วงปกติ (Normal phase)
2. ช่วงเกิดปรากฏการณ์ El Nino
3. ช่วงเกิดปรากฏการณ์ La Nina

Normal Conditions



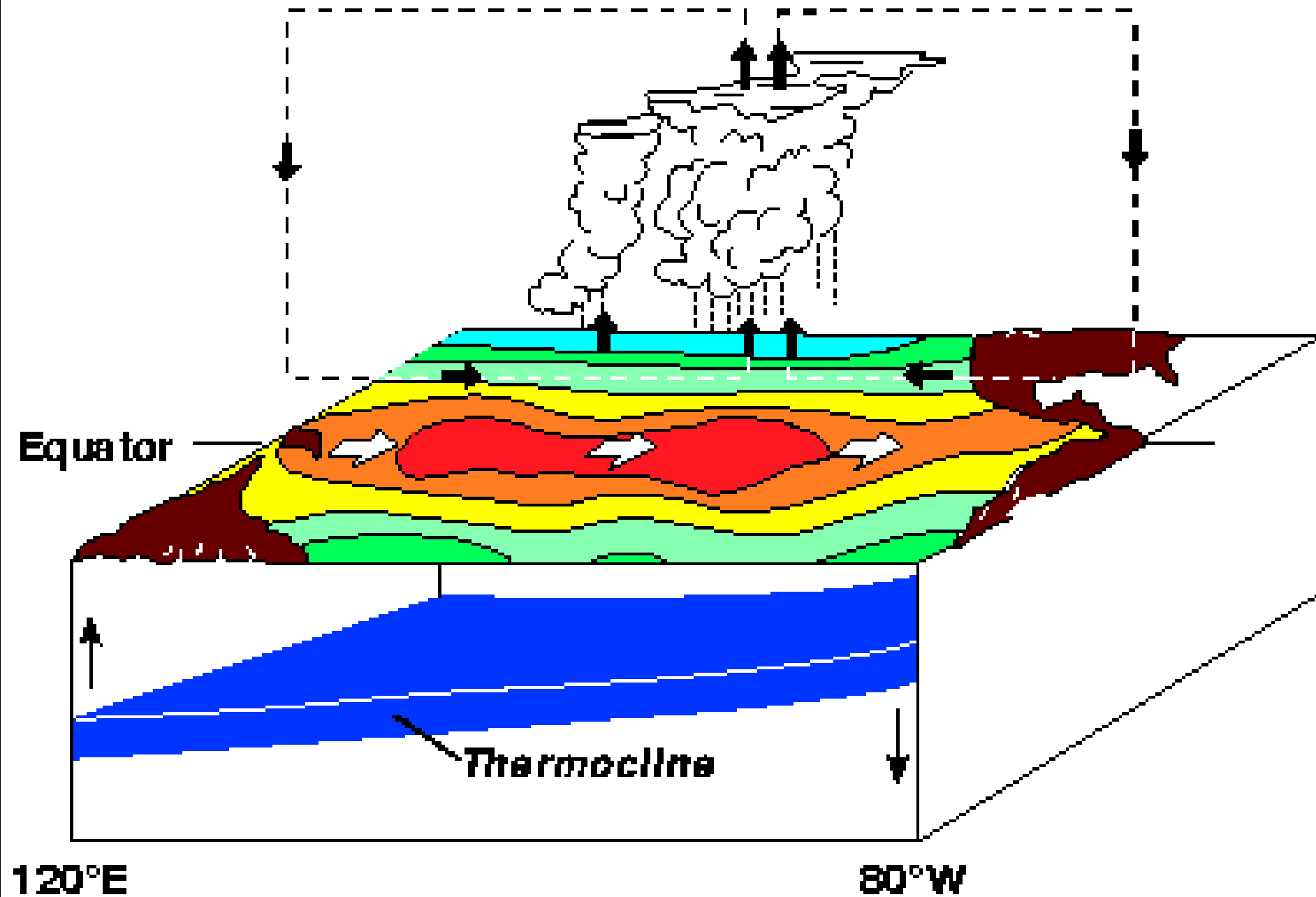


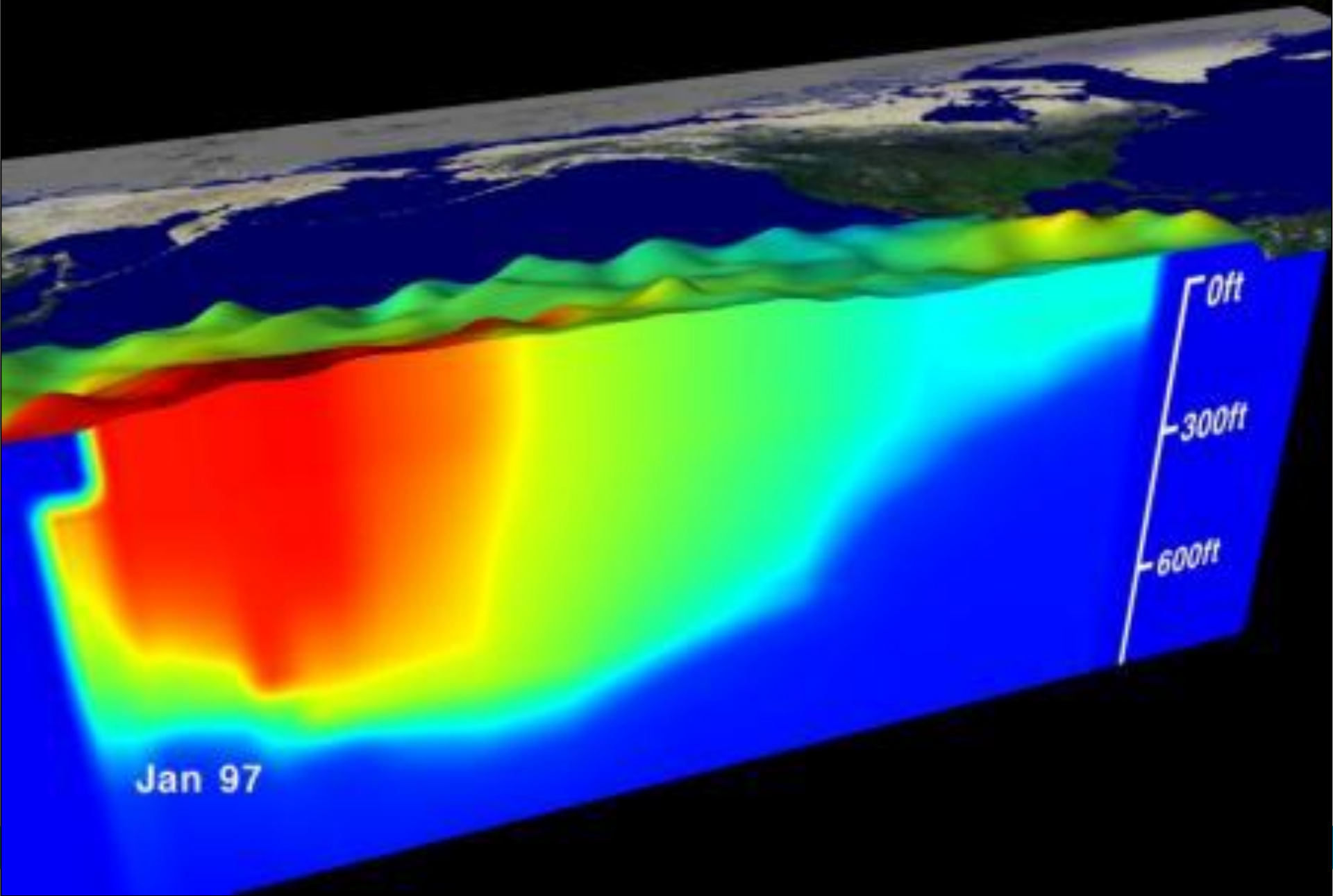


2. ช่วงเกิดปรากฏการณ์ El Nino

- 1997/1998
- 2002/2003
- 2009/2010

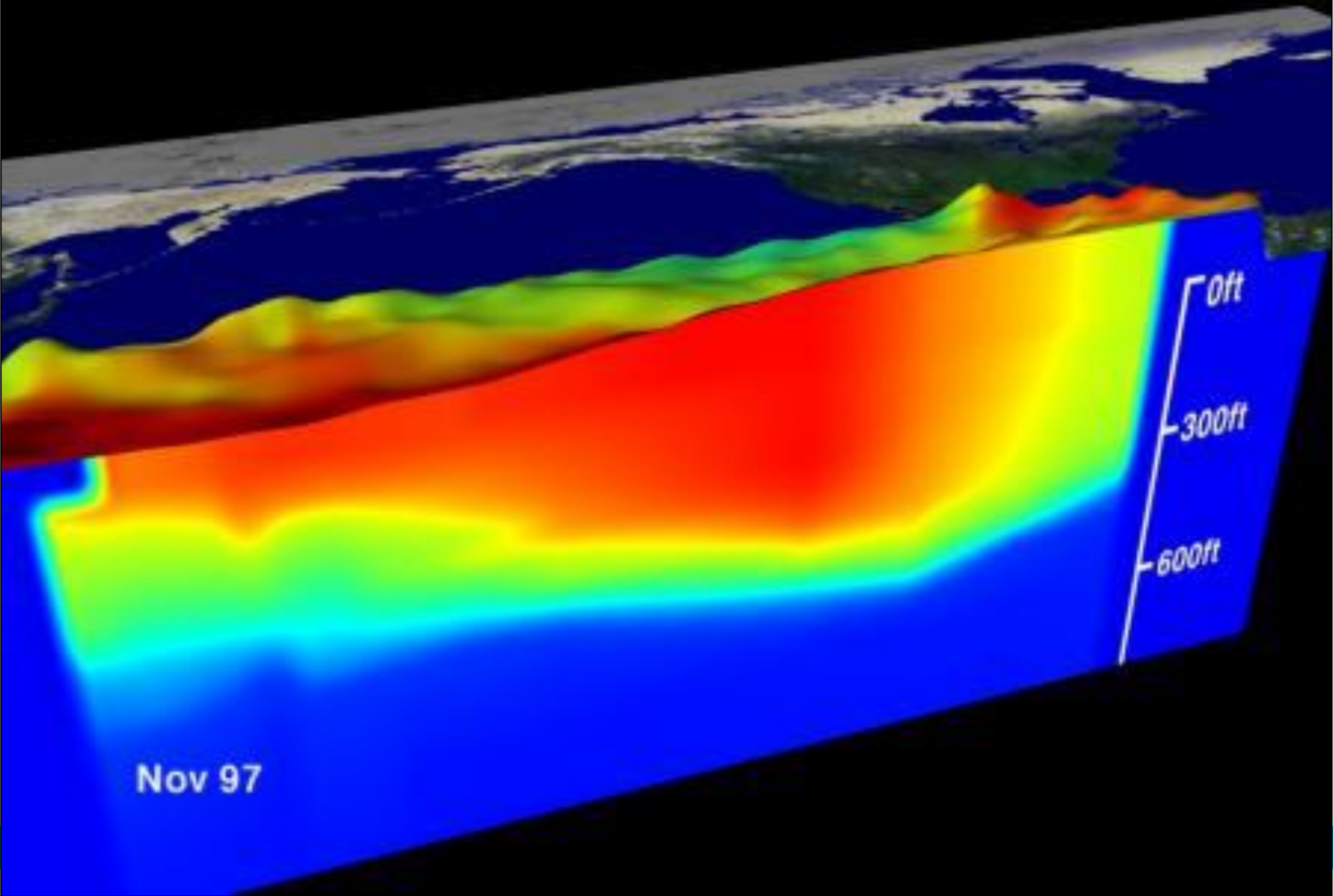
El Niño Conditions





Jan 97

0ft
300ft
600ft

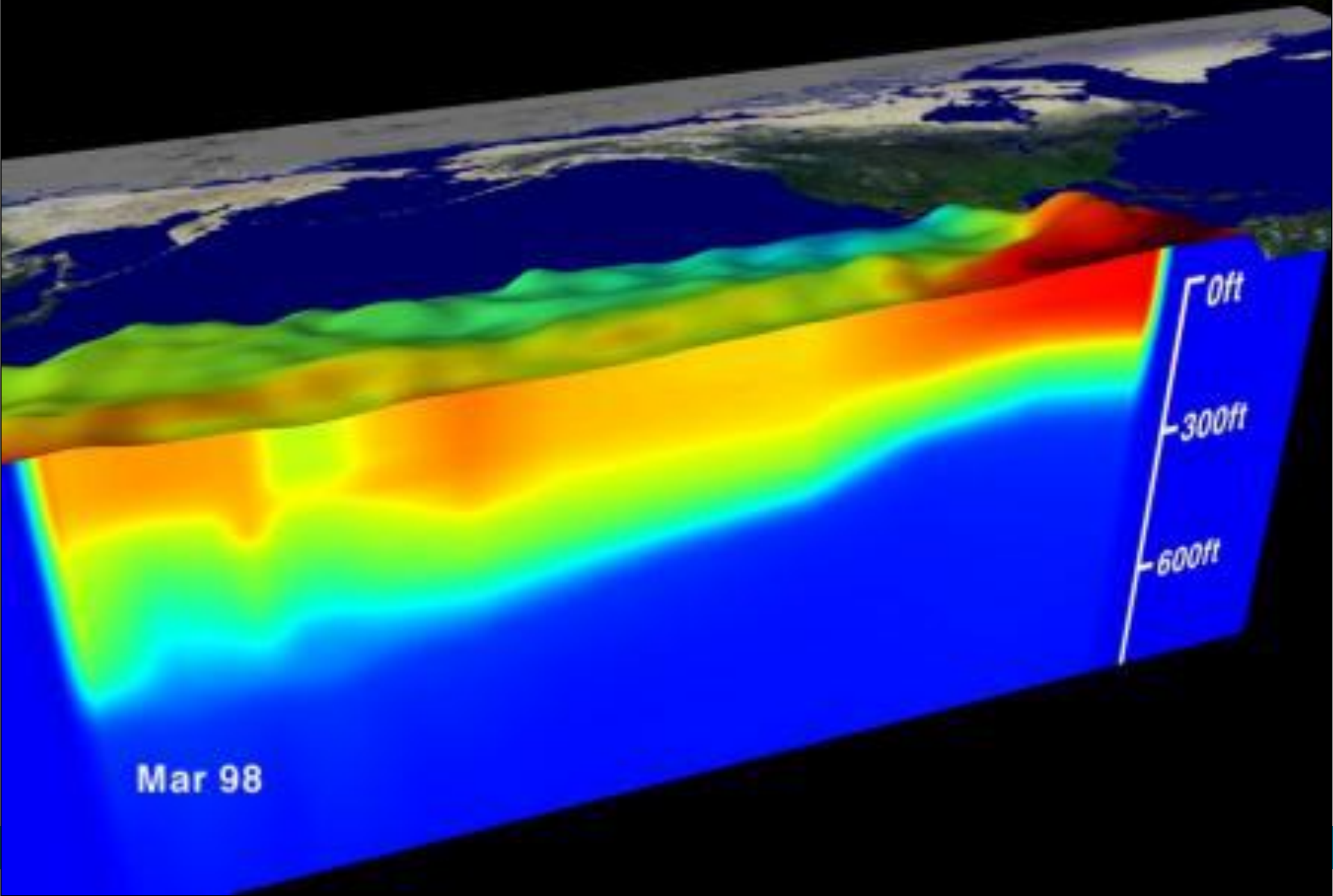


Nov 97

0ft

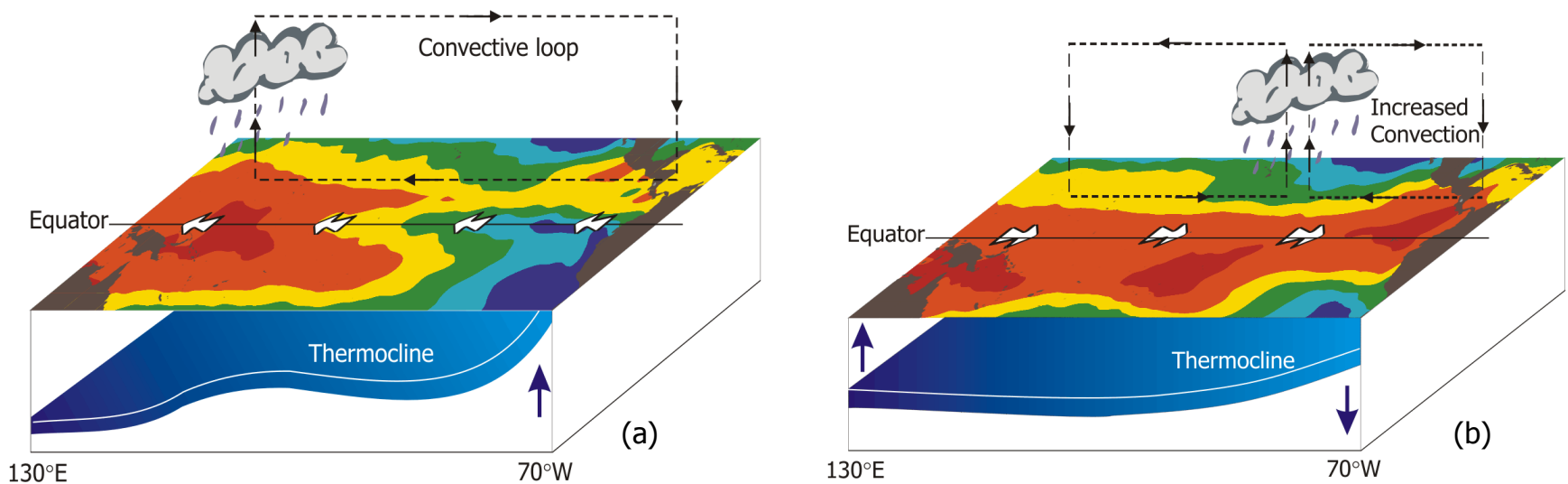
300ft

600ft



Mar 98

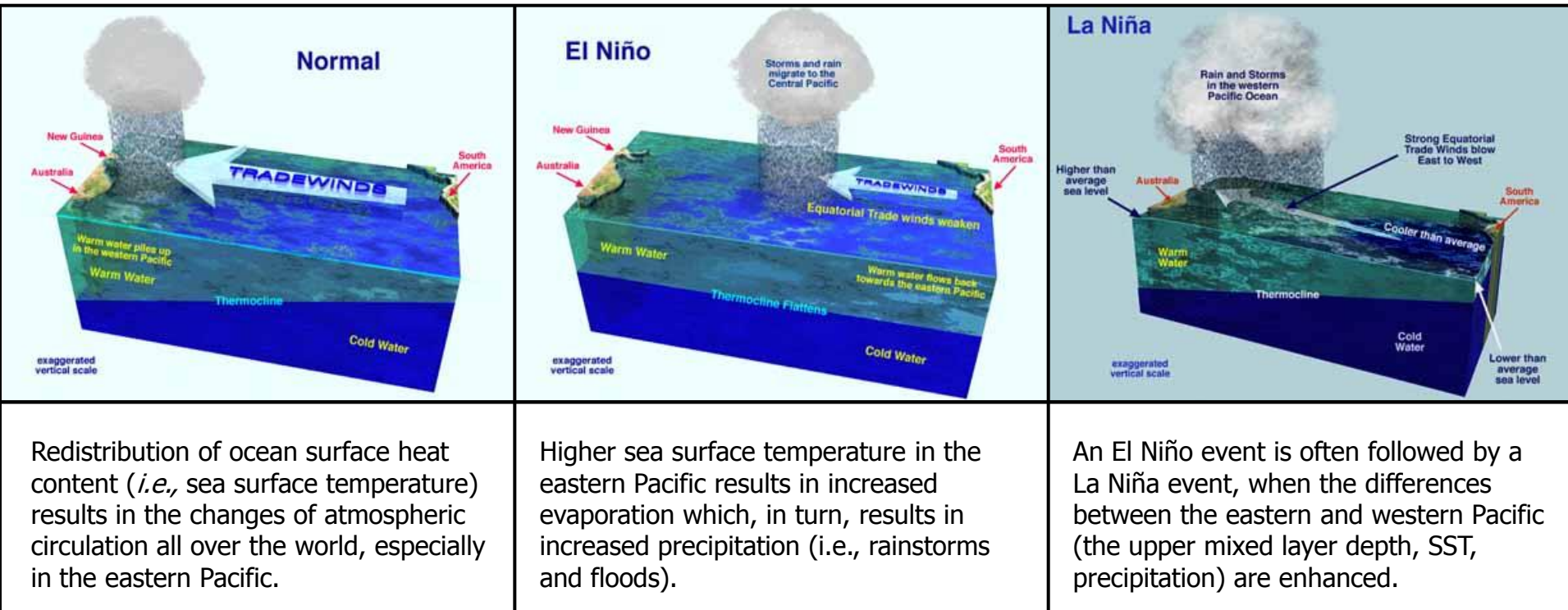
El Niño



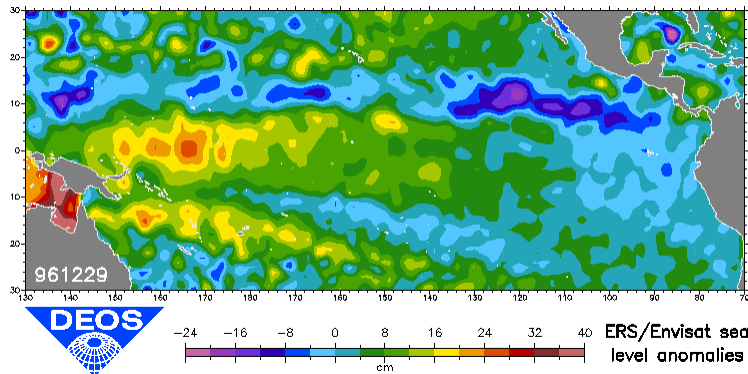
El Niño is an ocean phenomenon that impacts the ocean-atmosphere system in the tropical Pacific every 2-10 years. The consequences though are not limited to this area. Increased rainfall along the North and South American westcoast lead to destructive flooding, whereas droughts in the west Pacific lead to forest fires in Indonesia and Australia. The initial trigger is yet unknown but we recognize the returning pattern. During normal conditions (a) the Trade winds blow towards the west, piling up warm surface water in the western Pacific. Off South America the surface is much lower and the temperature much cooler due to upwelling of deep water. Rain falls in the rising air over the warm water. In EL Niño conditions (b) the Trade winds relax in the central and western Pacific, depressing the thermocline in the eastern Pacific, and elevating it in the west (propagated by equatorial Kelvin pulses or waves!). The upwelling is more or less stopped in the east, cutting off nutritious cold water from the surface; fish disappears and the rainfall follows the warm water eastward (El Niño or the "Christ child": often the temperature rise in the eastern Pacific appears around Christmas).

El Niño-Southern Oscillation (ENSO) cycle

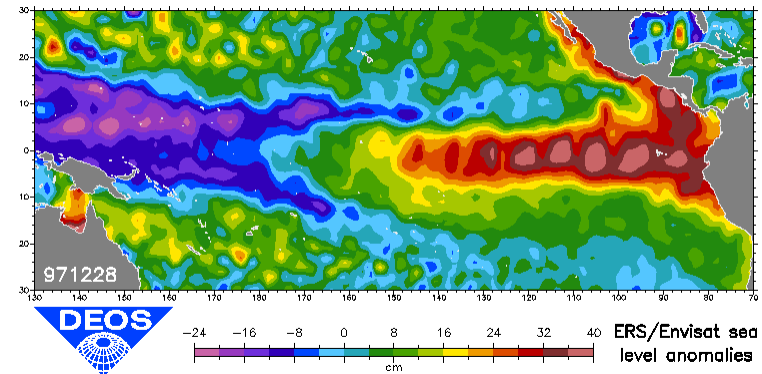
During **El Niño event** warm water accumulated in the upper mixed layer in the western part of the Pacific ocean is concentrated in the equatorial zone, transformed into equatorial Kelvin waves, propagate to the eastern Pacific coast and propagate poleward (to the north and to the south from the equator) as coastal trapped waves.



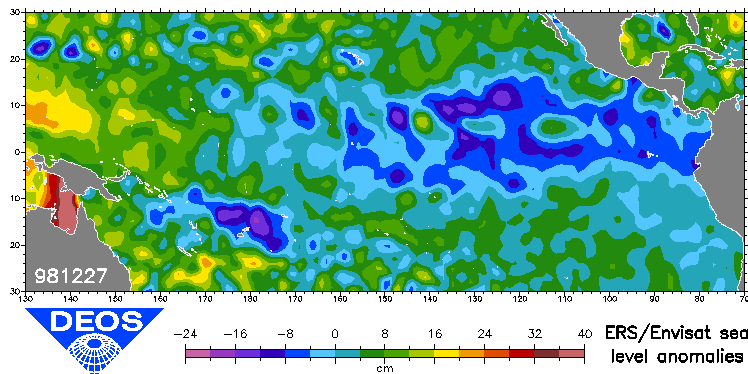
El Niño watched by the alimeter check <http://rads.tudelft.nl/enso>



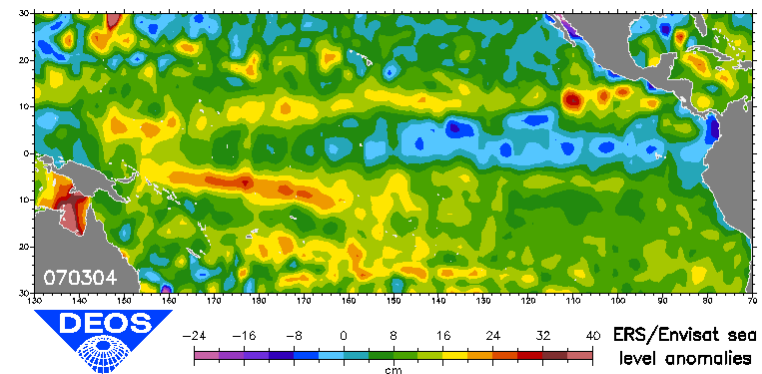
Sea level anomalies on 29 Dec 1996, normal tropical Pacific conditions: reasonably low levels in the eastern part.



Sea level anomalies on 28 Dec 1997, El Niño in full effect: abnormal high water level in the eastern Pacific (up to 40cm).

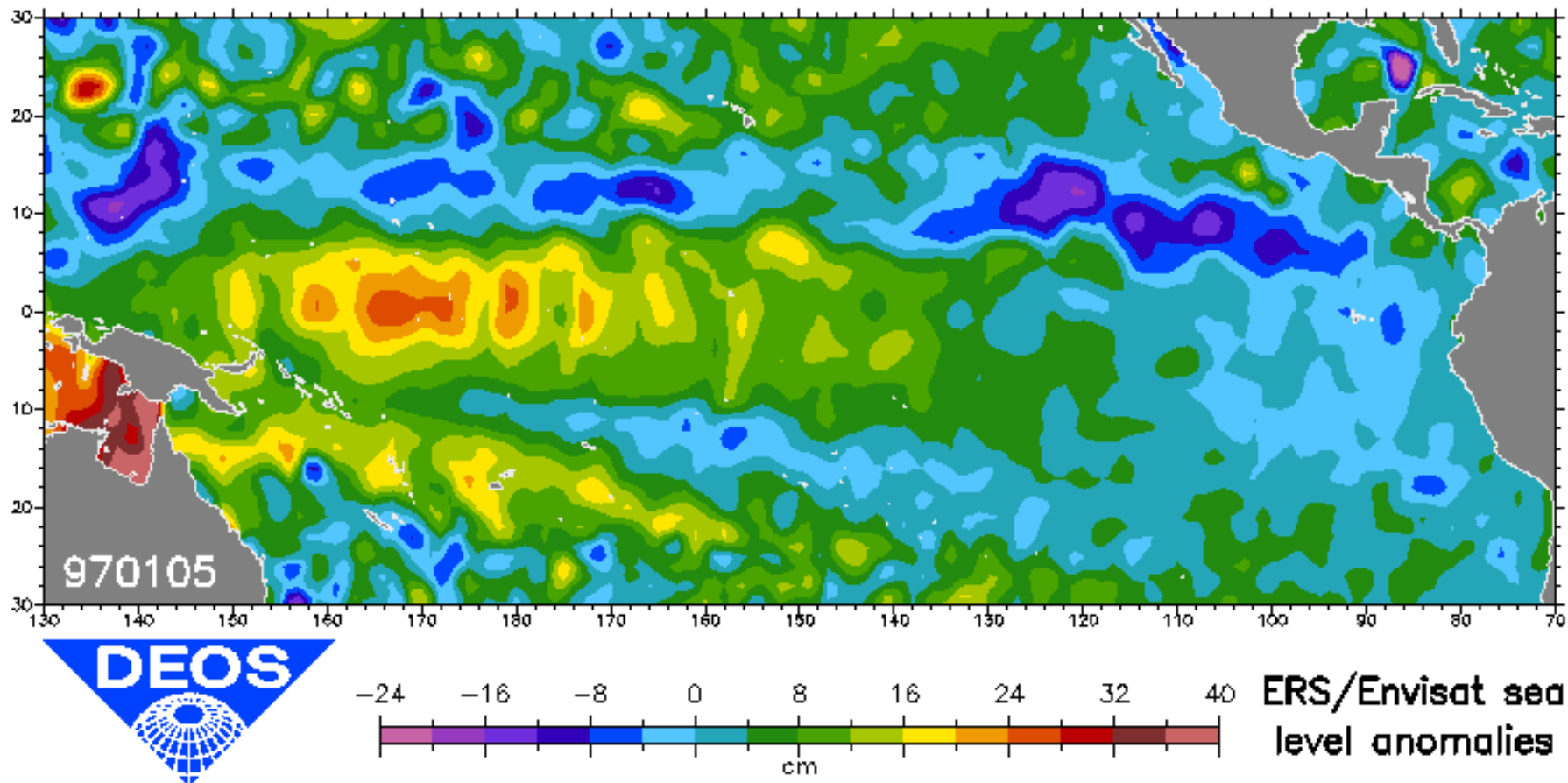


Sea level anomalies on 27 Dec 1998, La Niña in full effect: abnormal low water level in the eastern Pacific (down to -20cm).

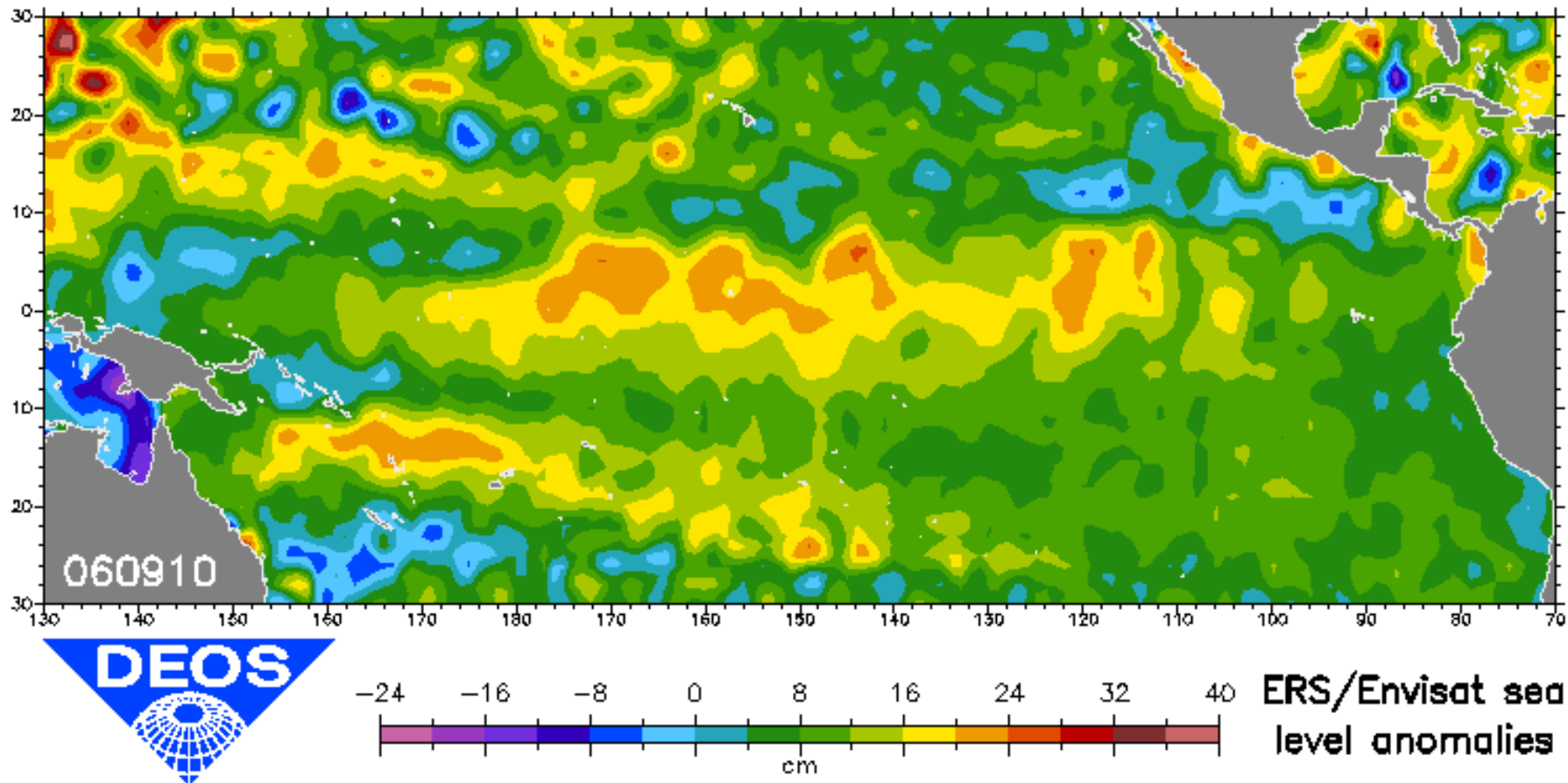


Recent sea level anomalies (4 March 2007) shows retreat to "normal conditions" after mild El Niño event in holiday season.

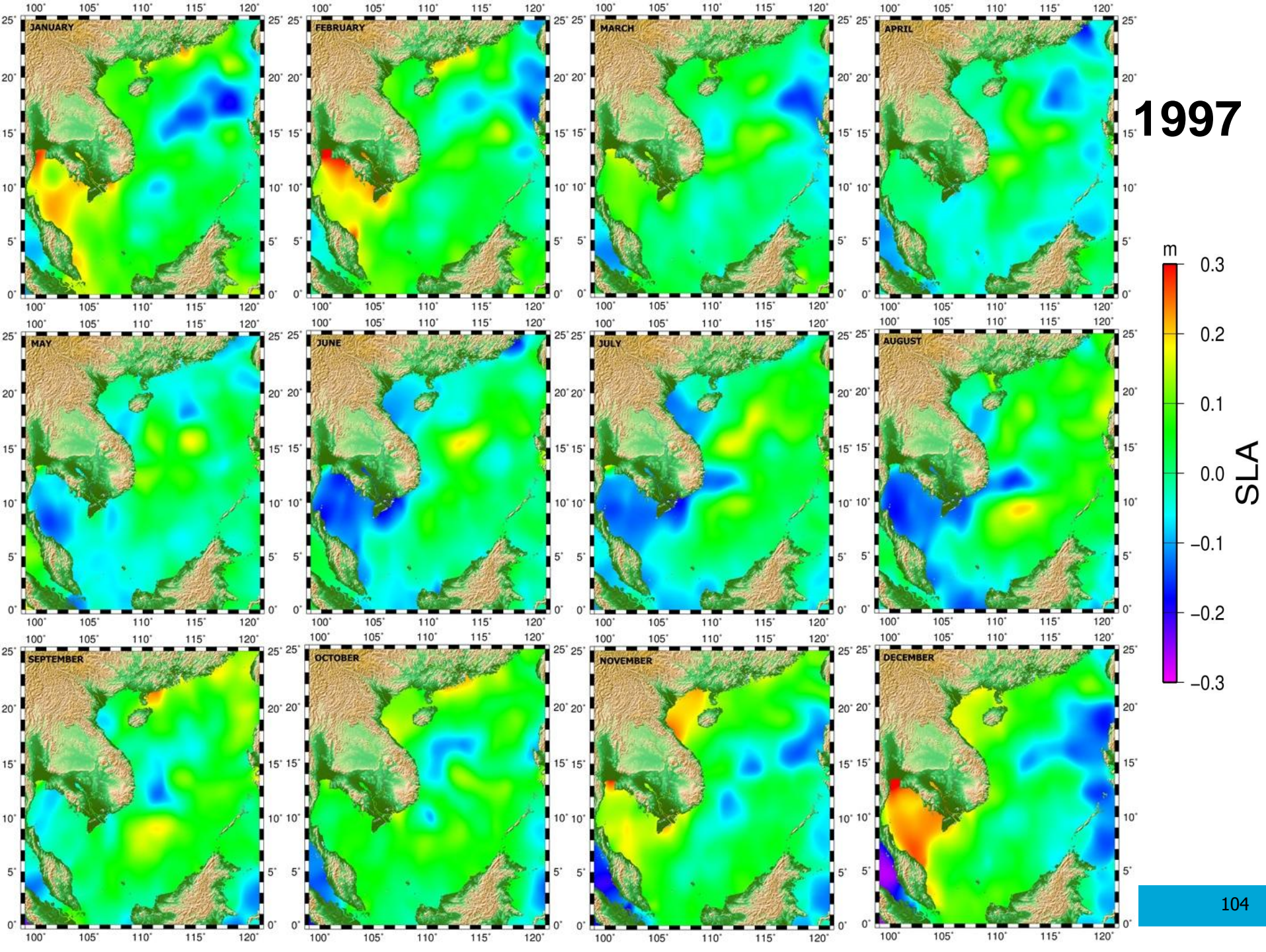
97/98 ENSO-Los Niños animation

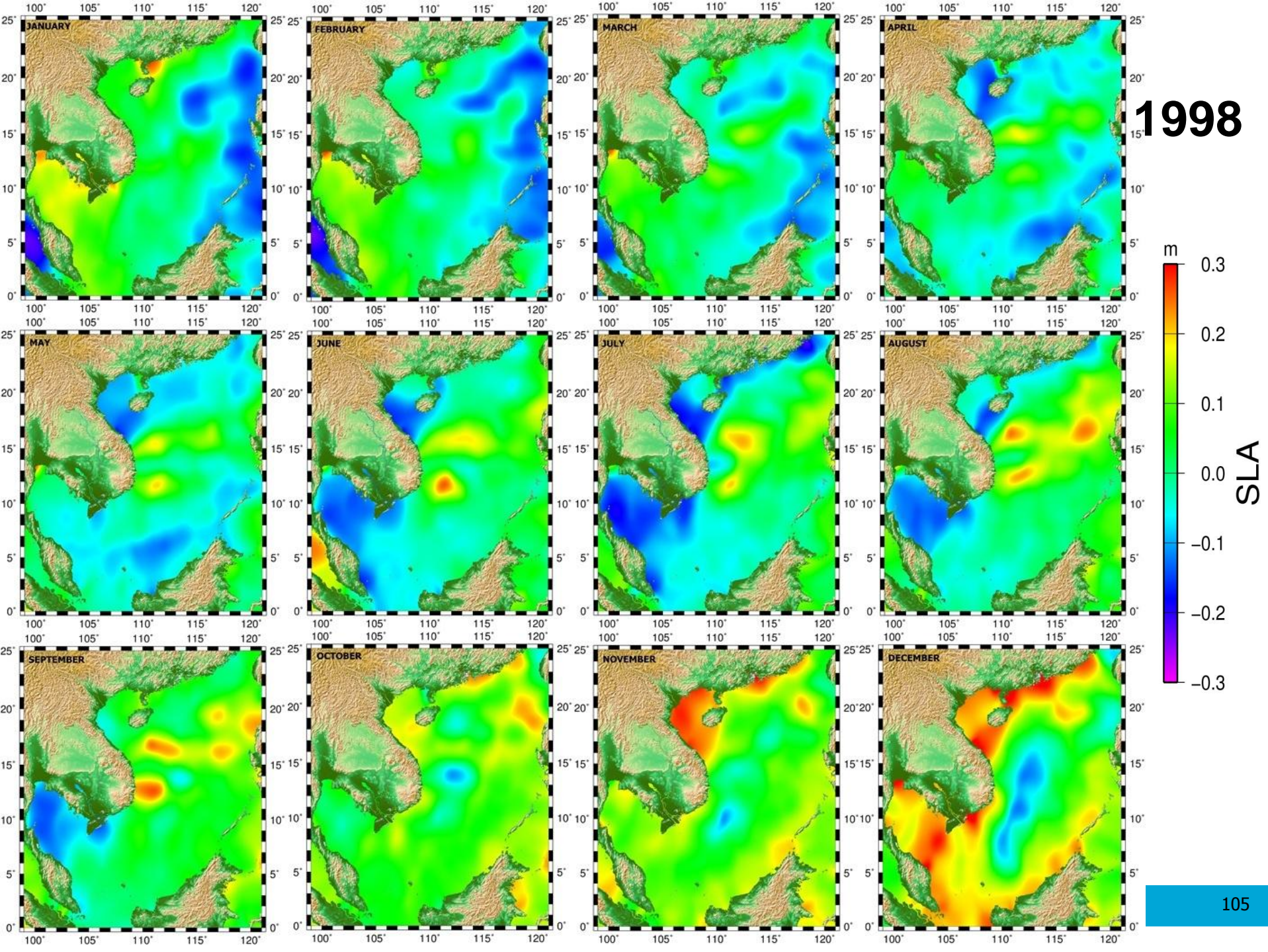


Recent ENSO developments



1997

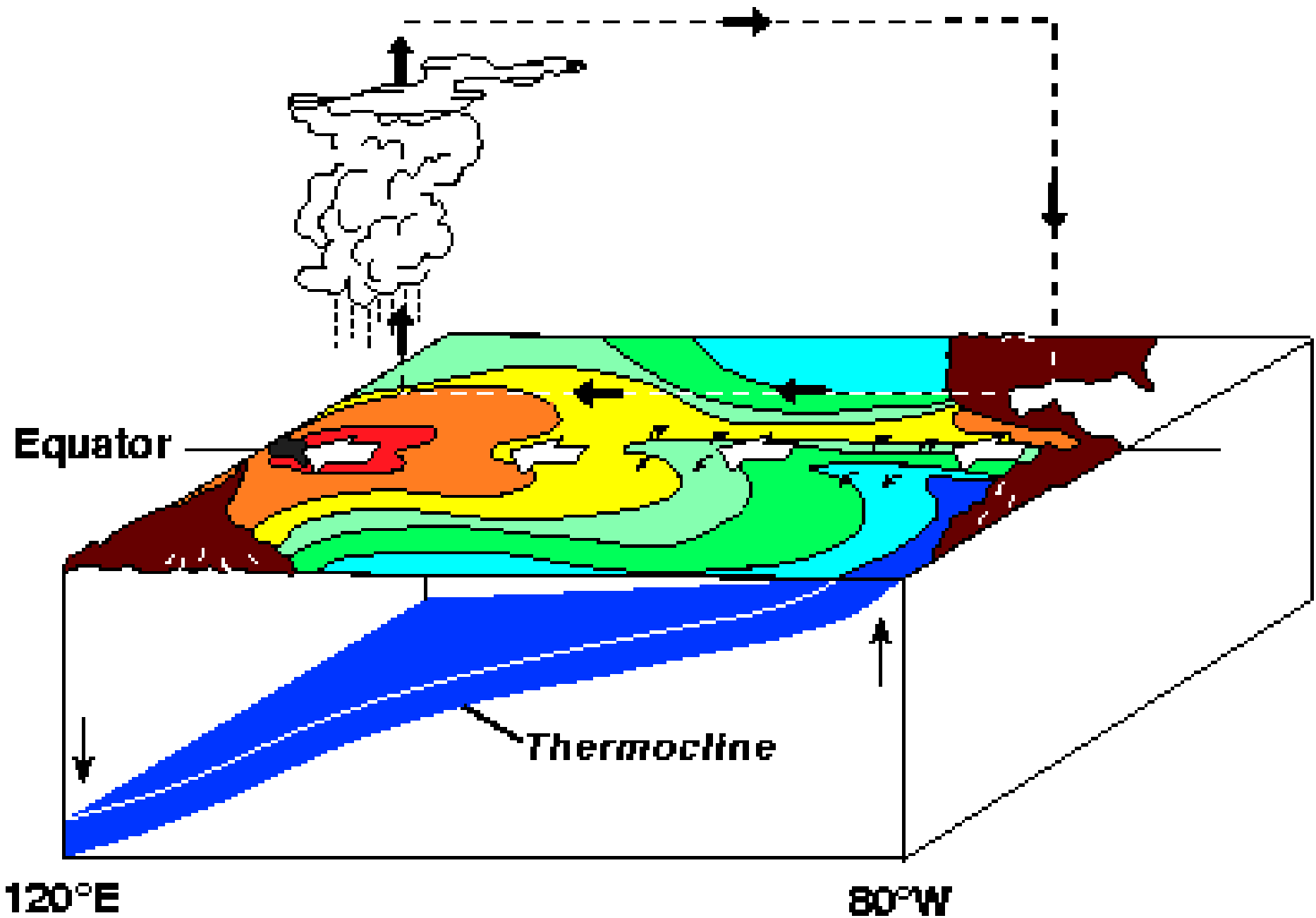


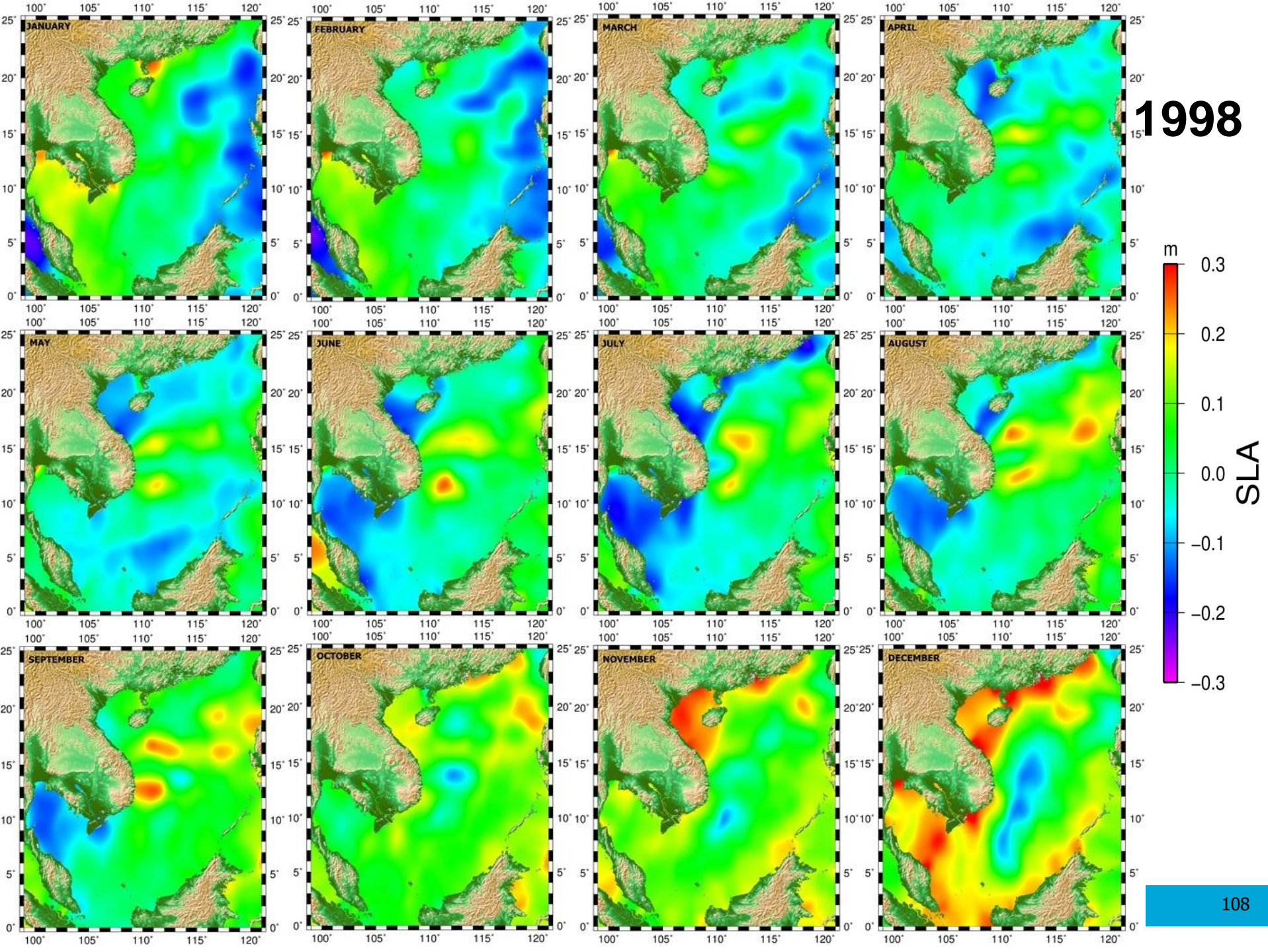


2. ช่วงเกิดปรากฏการณ์ La Niña

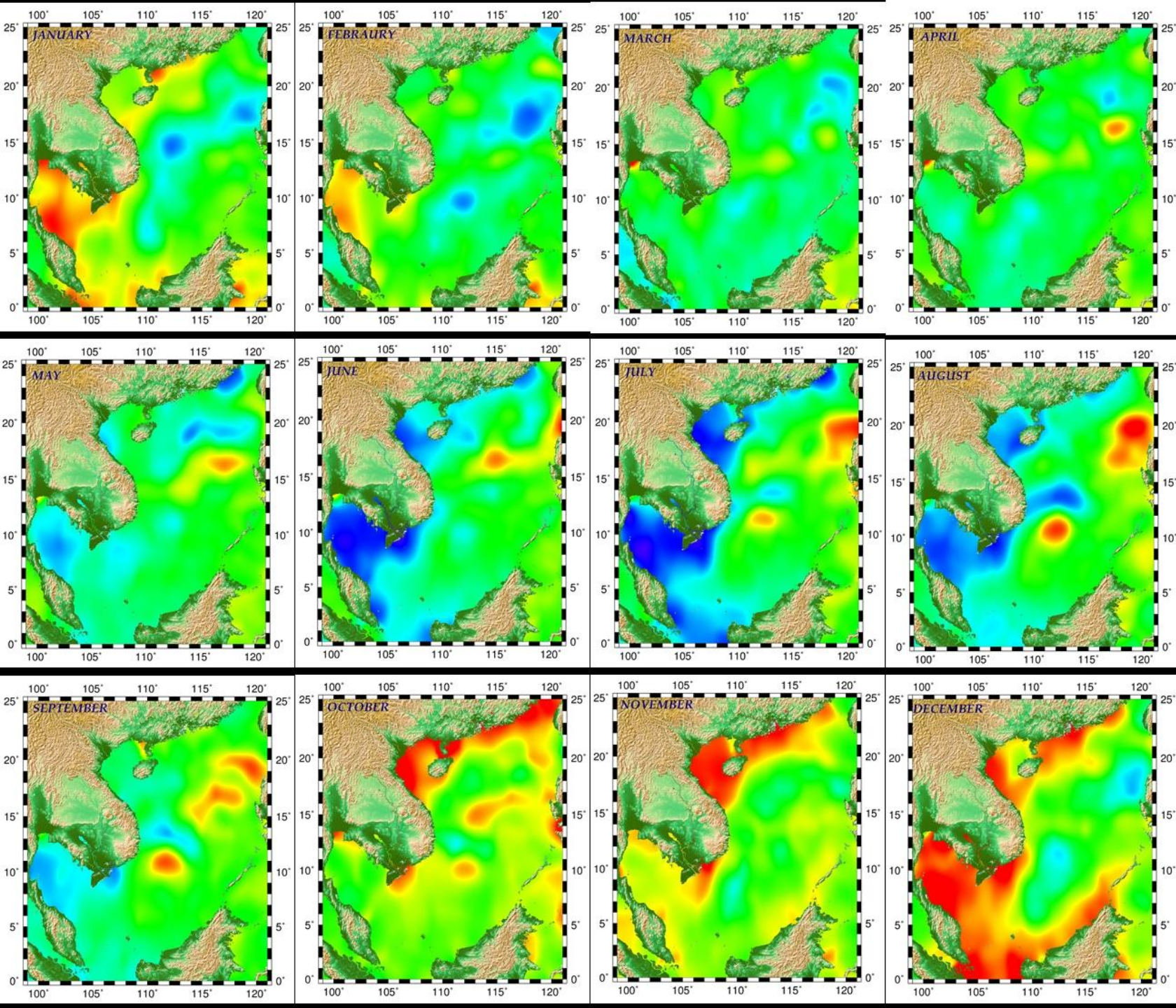
- 1998/1999
- 1999/2000
- 2007/2008

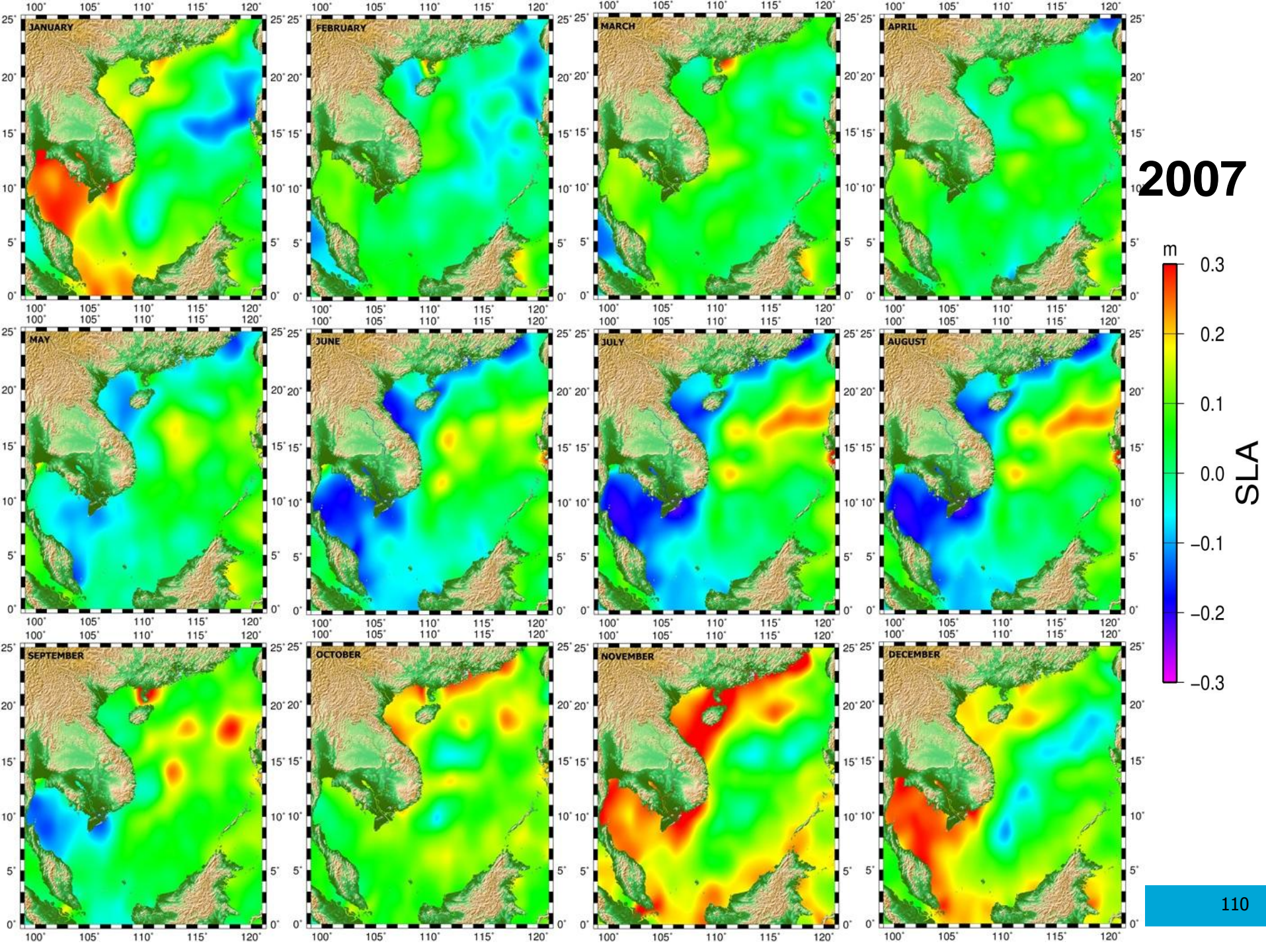
La Niña Conditions

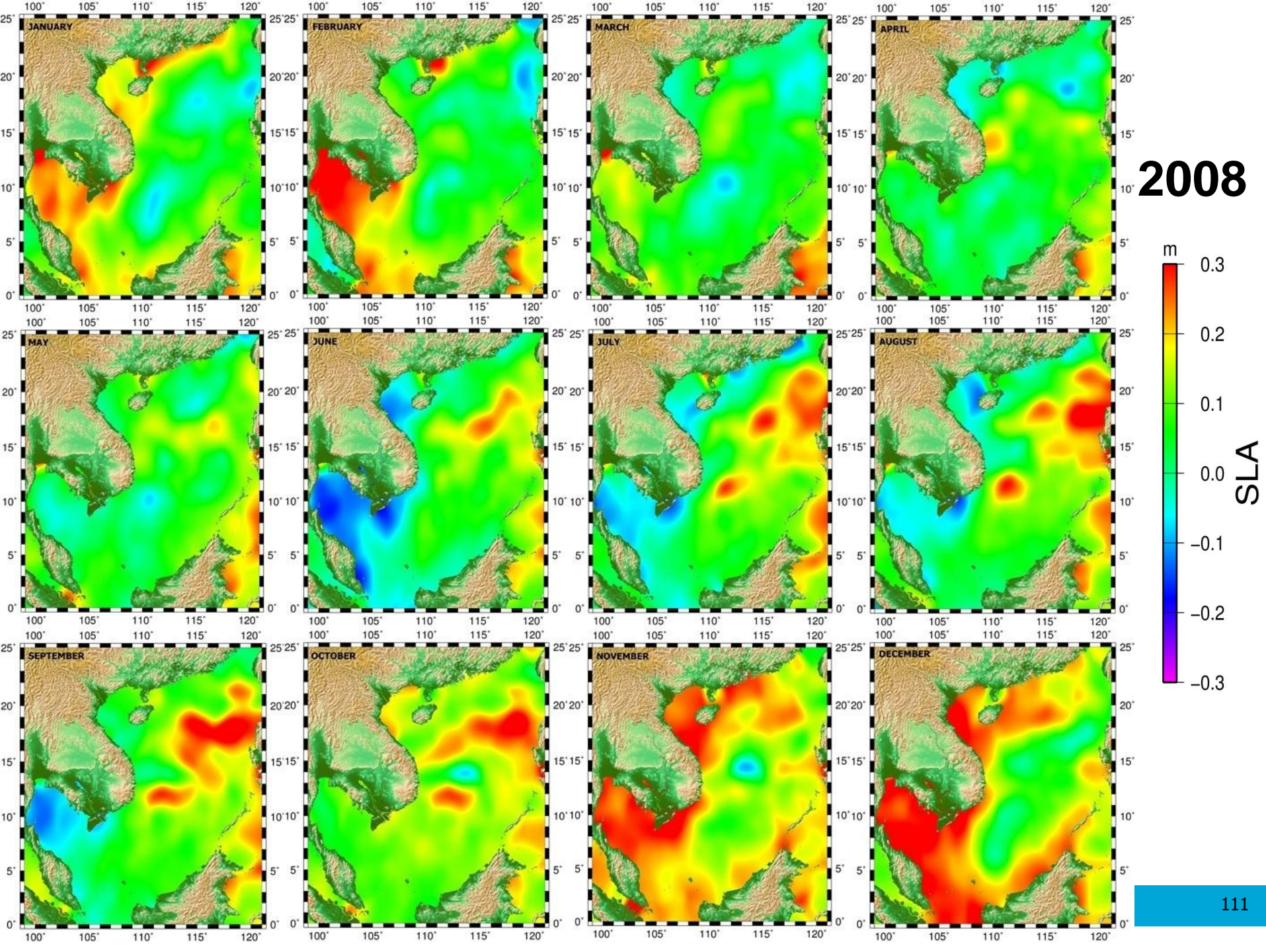




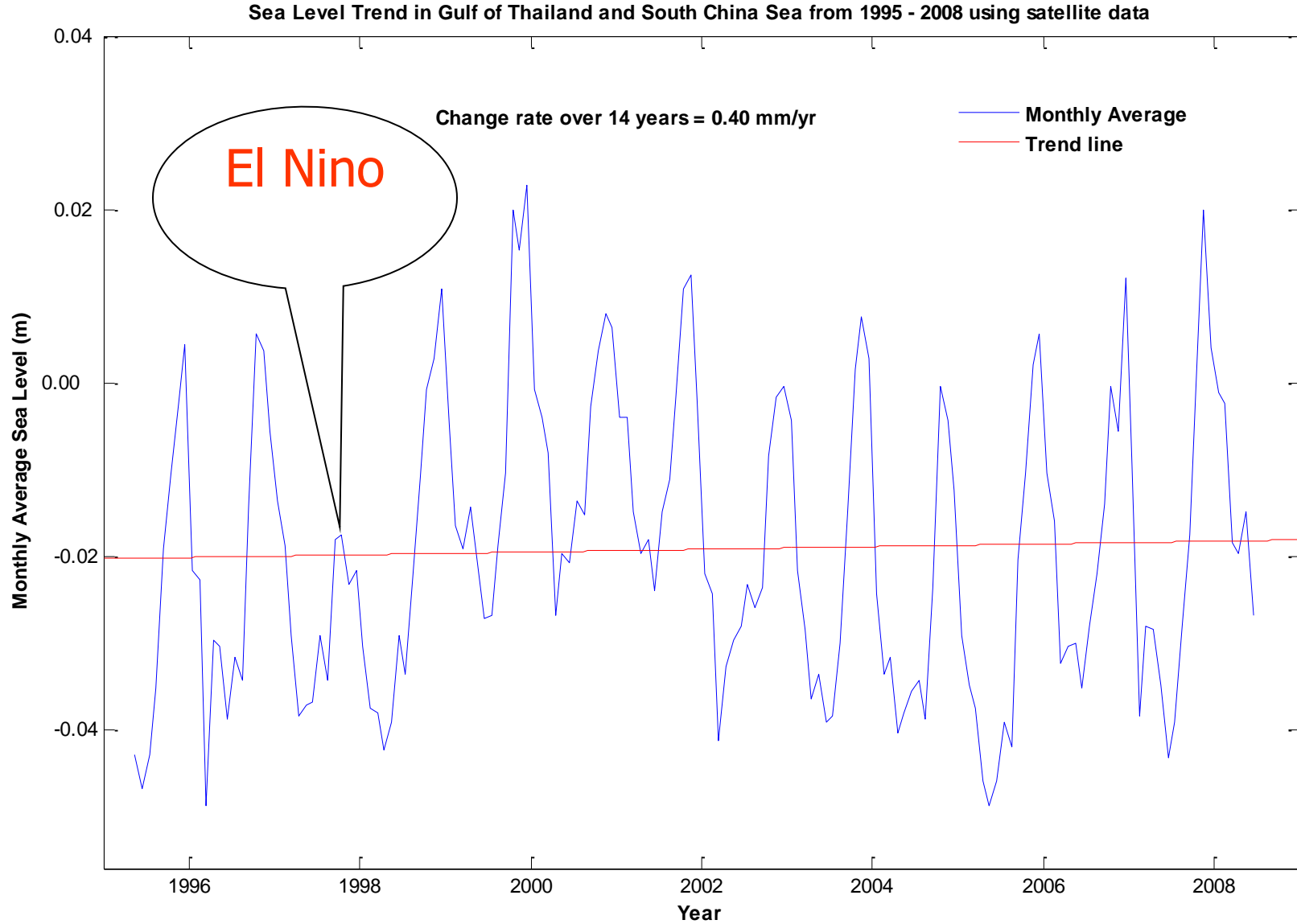
1999



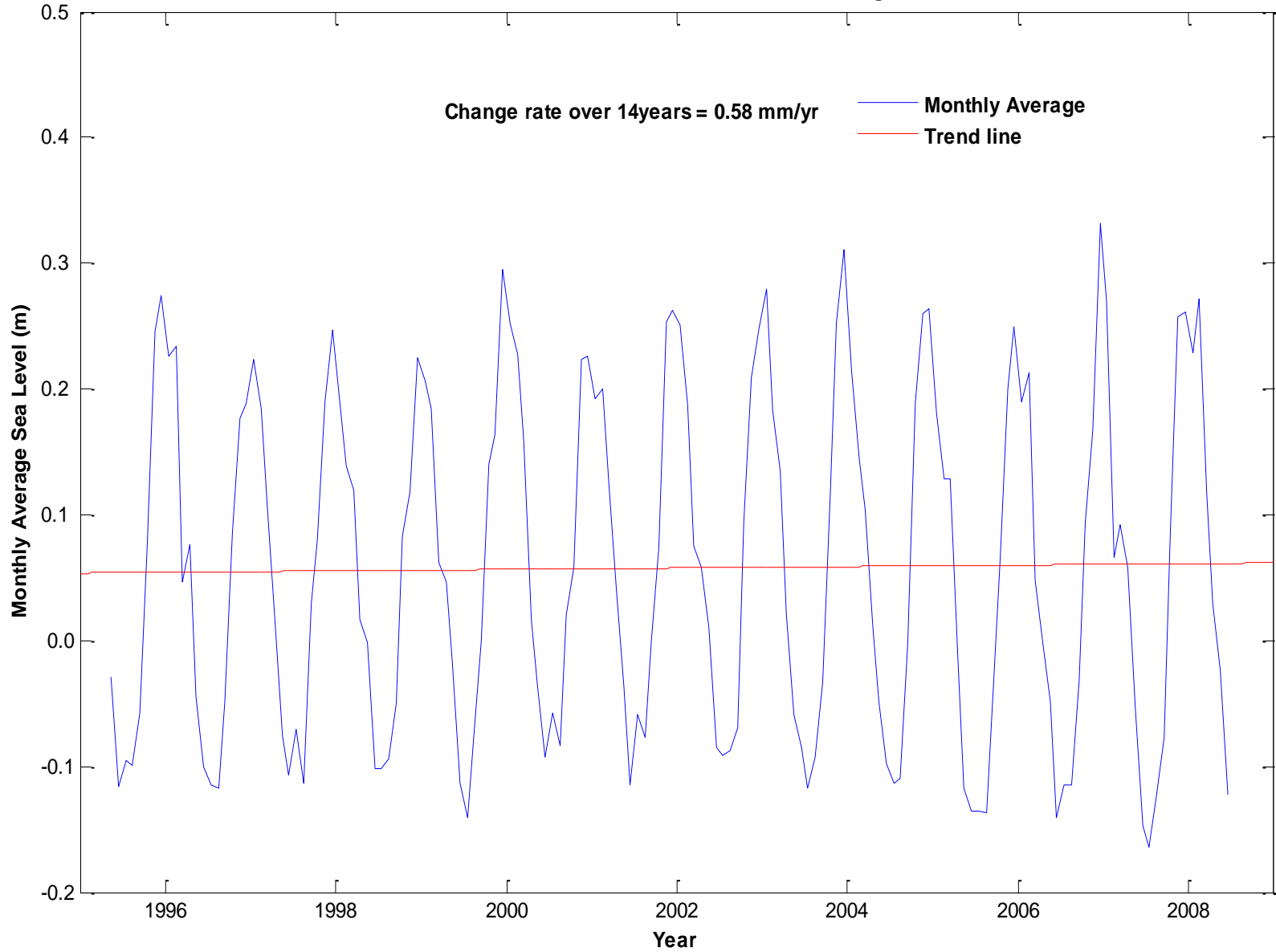




Sea Level Trend



Sea Level Trend in Gulf of Thailand from 1995-2008 using satellite data



ระดับน้ำกับสึนามิ

(Tide and Tsunami)



December 31, 2004



November 15, 2002 & February 28, 2003



Dec.31,
2004.
ASTER,

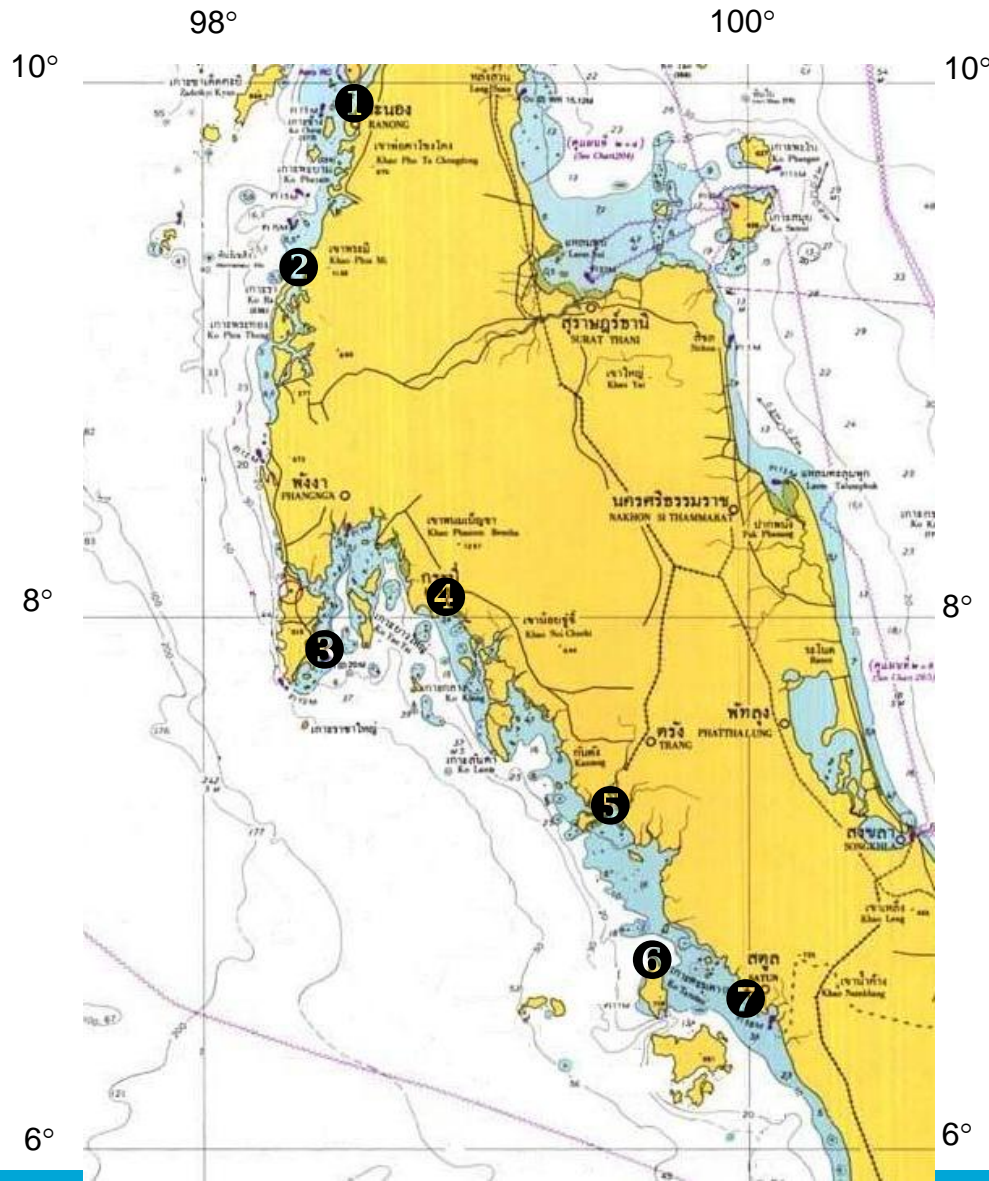
ฐานทัพเรือ
พังกา ทับ
ละมู



ฐานทัพเรือพังงา ทัพตะมู

การประชุมวิชาการประจำปี 2555 สวทช.

7 Tide gauge locations along Thai Andaman Sea coast



❶ Ranong (HDRTN)
(08-03-23 N, 98-55-21 E)

❷ Kuraburi (MD)
(09-13-29 N, 98-20-00 E)

❸ Tapaonoi (HDRTN)
(07-49-30 N, 98-25-30 E)

❹ Krabi (MD)
(08-03-23 N, 98-55-21 E)

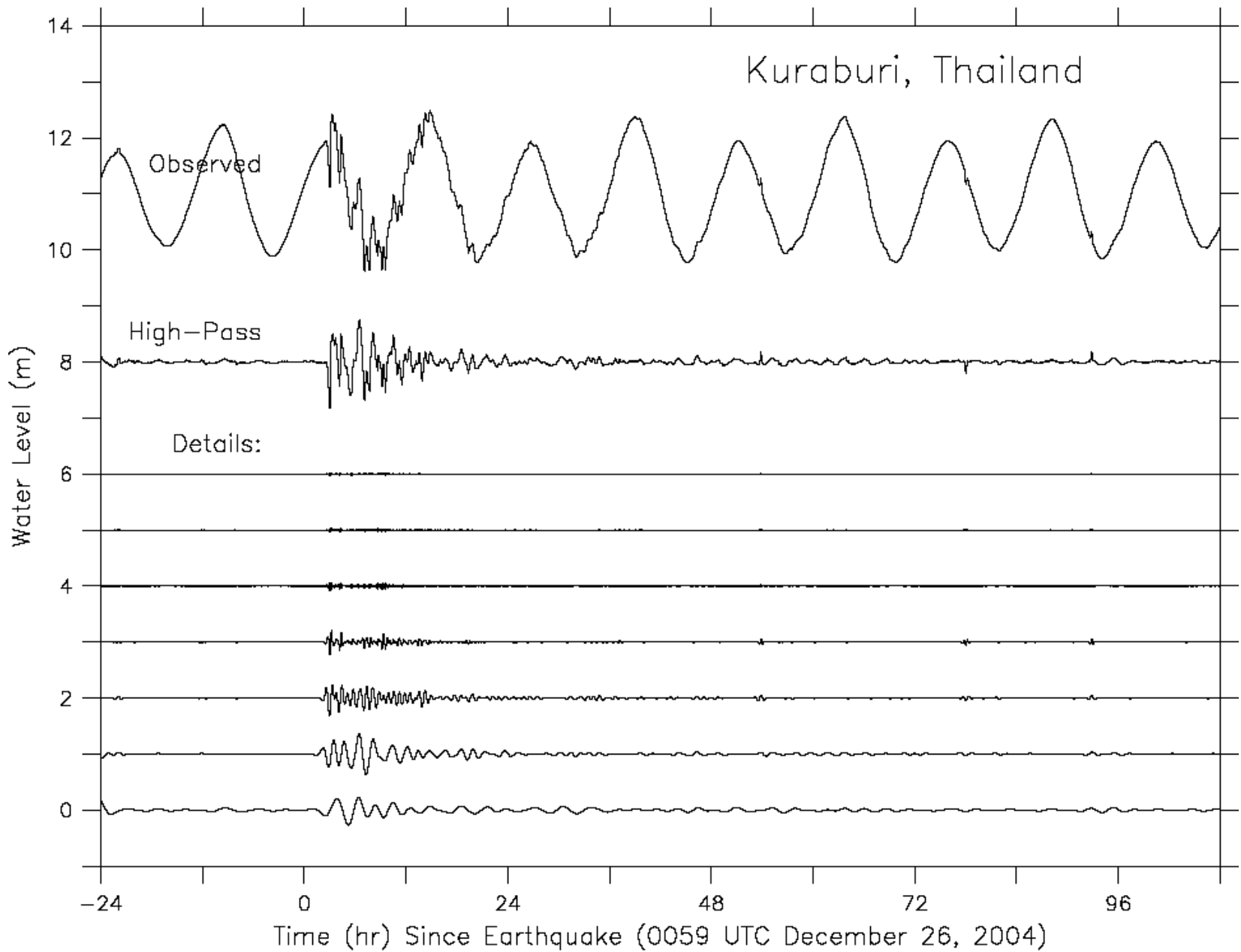
❺ Kantang (MD)
(07-24-13 N, 99-30-45 E)

❻ Tarutao (HDRTN)
(06-44-00 N, 99-39-00 E)

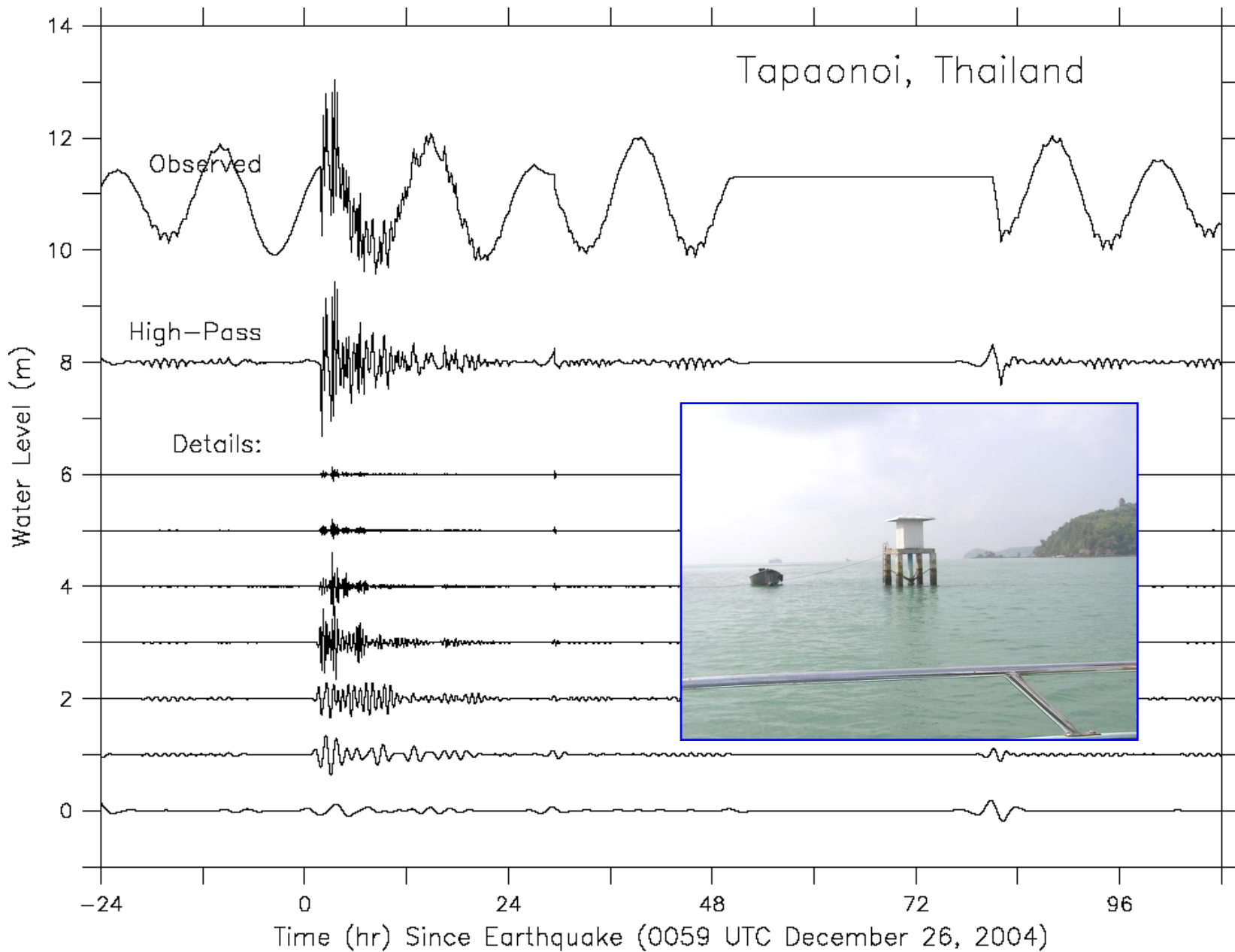
❼ Satun (MD)
(06-32-10 N, 100-04-34 E)

A tide gauge station (no.2) at Kuraburi.

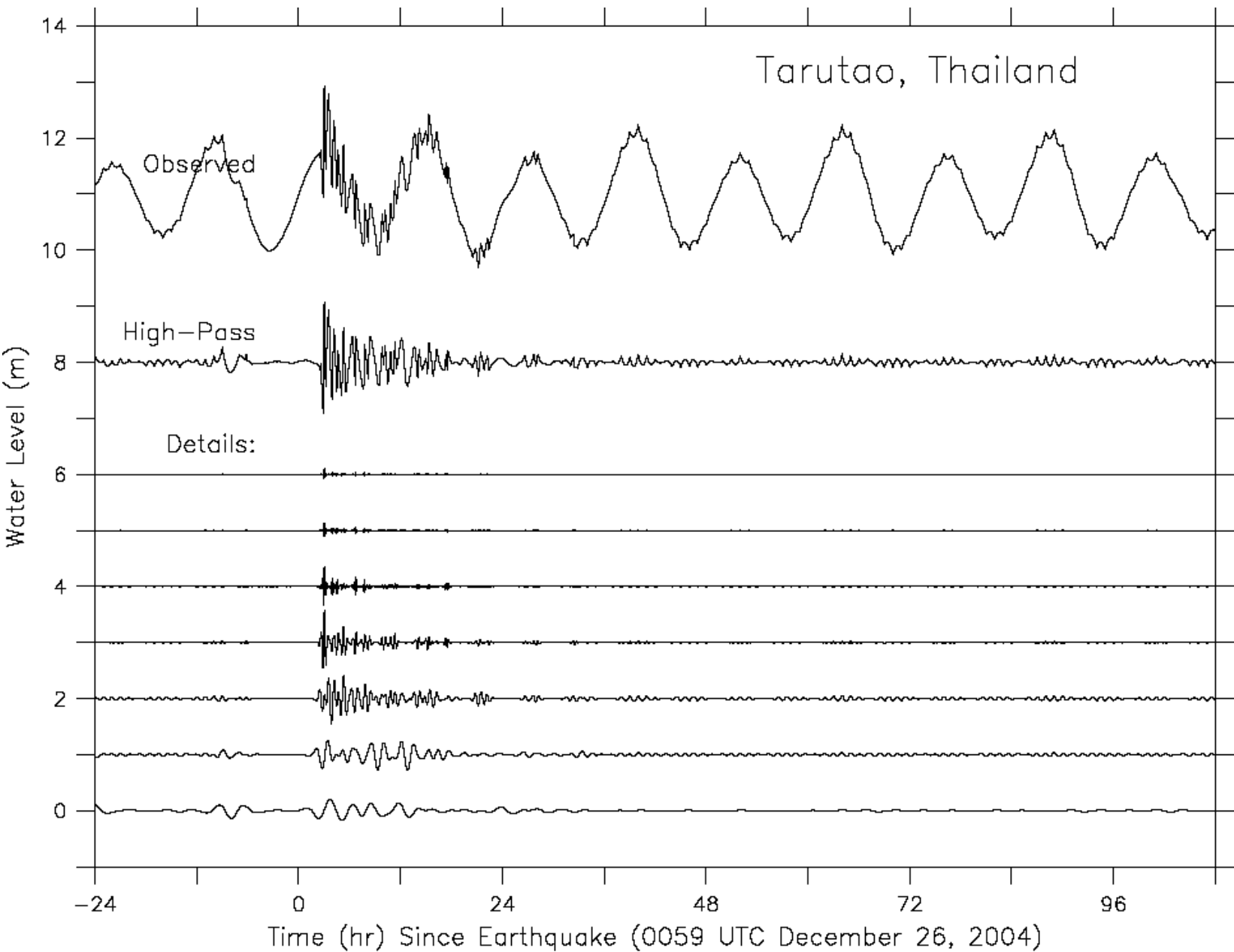




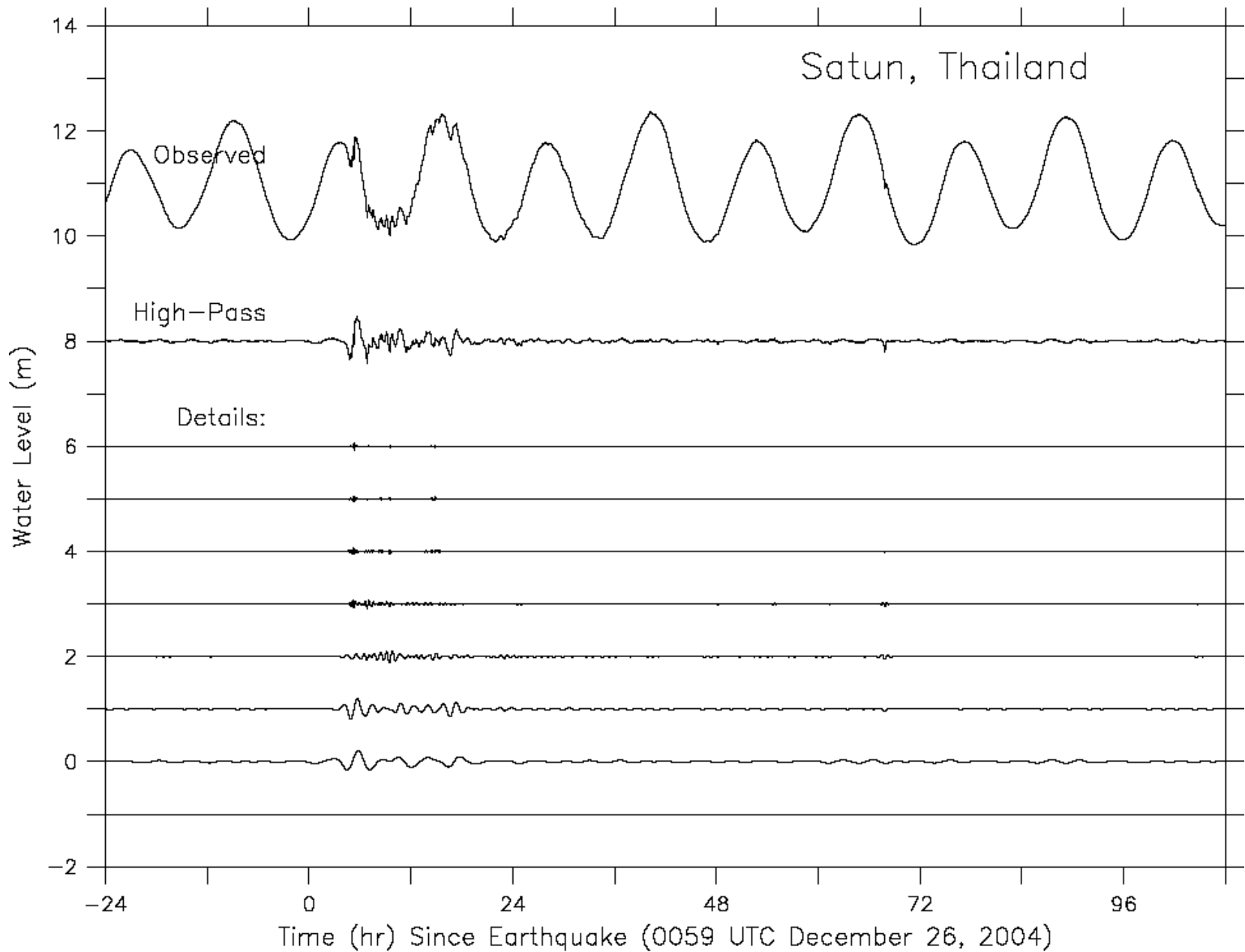
Indian Ocean Tsunami



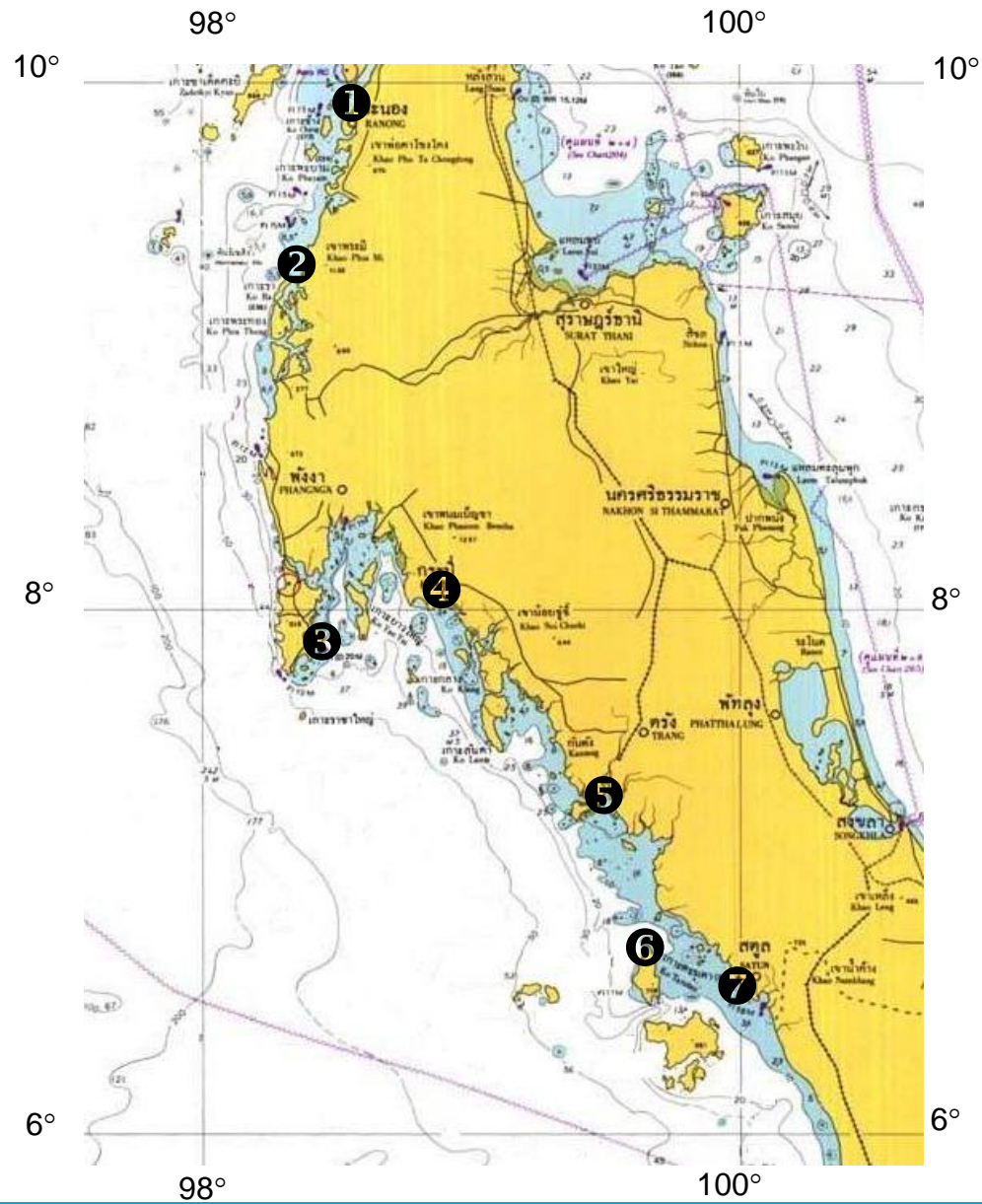
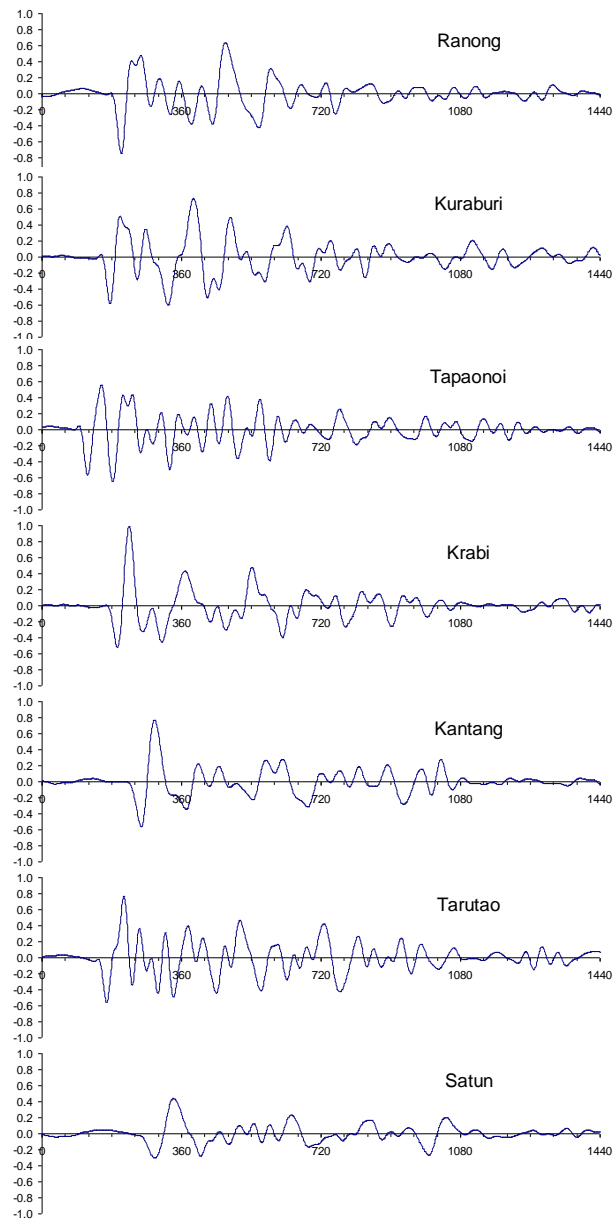
Indian Ocean Tsunami



Indian Ocean Tsunami



Indian Ocean Tsunami



Statistics of Tsunami tide along Thailand coast

Tide gauge station	Tsunami onset time (UTC, since earthquake)	Average period of the 1 st 3 waves (min)	Time of highest wave (UTC, since earthquake)	Wave height	Sequence
Ranong	4:01 (3:04)	53.3	5:20 (4.35)	0.672	First
Kuraburi	3:31 (2.54)	85.3	7:30 (6.52)	0.759	Third
Phuket	2:51 (1.87)	32.5	3:10 (2.19)	0.800	First
Krabi	3:41 (2.70)	63.3	4:50 (3.85)	1.287	First
Kantang	4:56 (3.95)	82.8	5:50 (4.85)	0.780	First
Tarutao	3:31 (2.54)	32.5	4:00 (3.02)	1.073	First
Satun	5:25 (4.44)	68.8	6:37 (5.64)	0.468	First

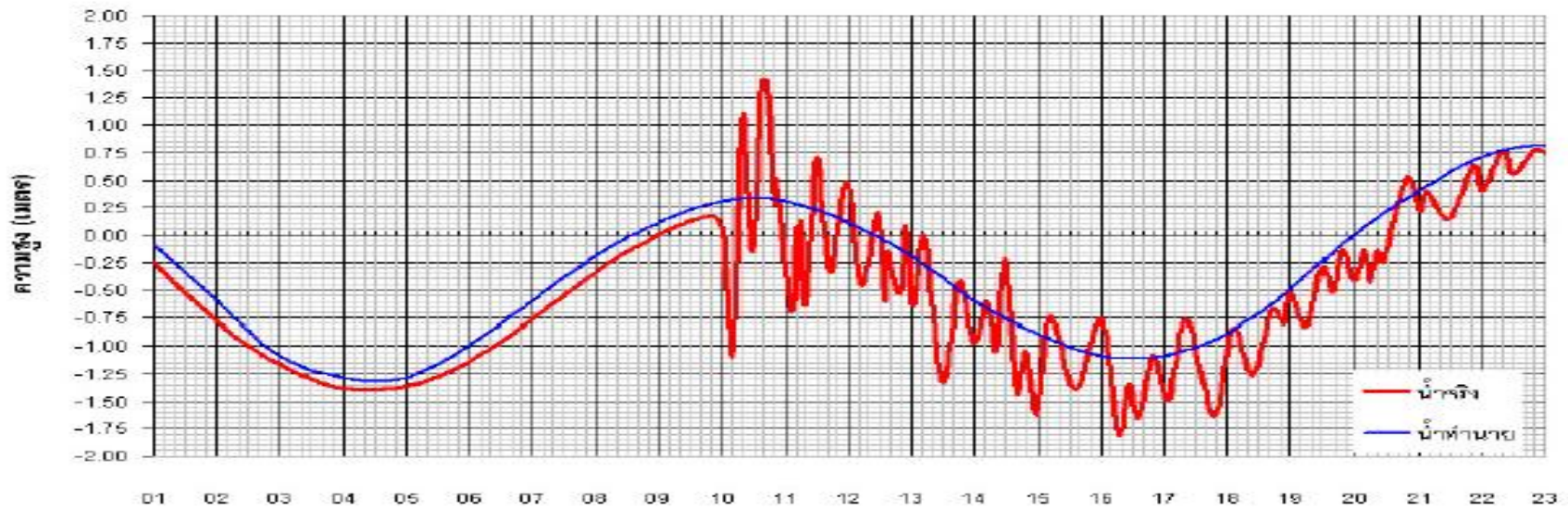


ระดับน้ำกับสึนามิ

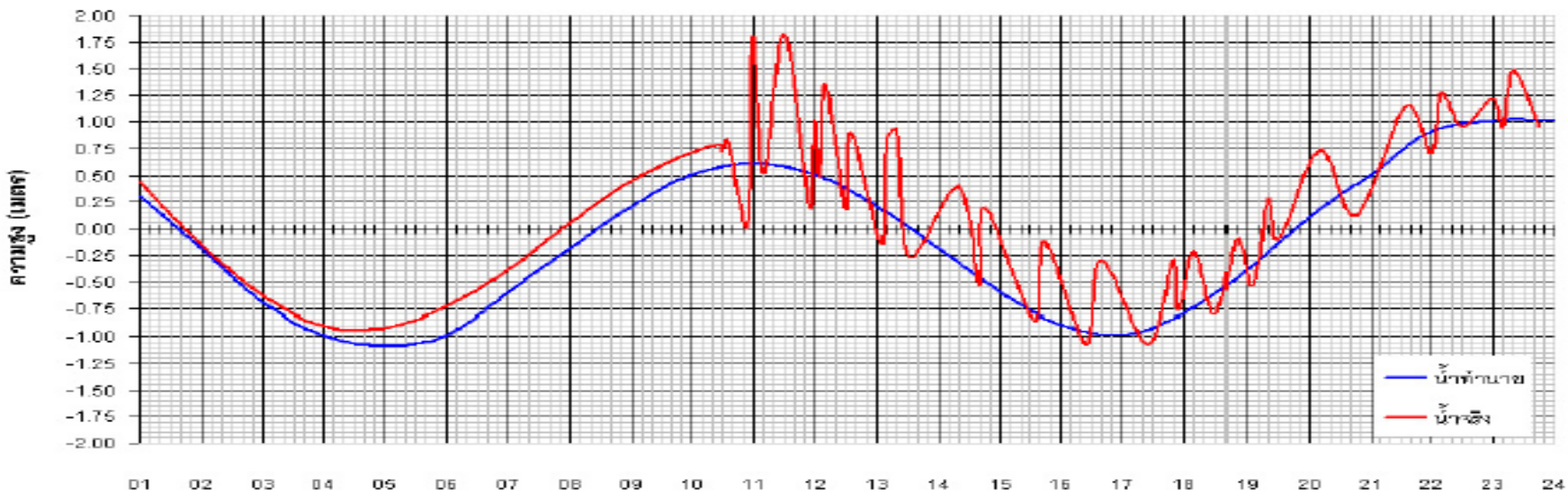




ระดับน้ำเกาะตะกวดน้อย วันที่ 26 ธ.ค.47



ระดับน้ำเกาะตะรุเตา วันที่ 26 ธ.ค.47





Thank you & any questions