



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ปีที่ 3

การศึกษาตะกอนสึนามิโบราณบริเวณเกาะพระทอง
จังหวัดพังงา และชายฝั่งทะเลอันดามันของไทย
ประวัติการเกิดสึนามิขนาดใหญ่ในประเทศไทย

Paleotsunami Deposits Study on Phra Thong Island, Phang Nga
Province and Along the Thai Andaman Coast: History of Large
Tsunamis in Thailand

ความร่วมมือไทย – เยอรมันเพื่อการศึกษาวิจัยทะเลอันดามัน: ธรณีศาสตร์ นิเวศวิทยา
และวิศวกรรมศาสตร์เพื่อการจัดการภัยพิบัติทางธรรมชาติ
และการใช้ทรัพยากรทางทะเลอย่างยั่งยืน

Thai-German Cooperative Research and Capacity Building:
Ocean Geosciences, Marine Ecology and Natural Hazard Management

อาจารย์ ดร.เครือวัลย์ จันทร์แก้ว
ภาควิชาธรณีวิทยา, คณะวิทยาศาสตร์,
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ทีมวิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ได้ให้เงินทุนอุดหนุนการวิจัยภายใต้โครงการความร่วมมือกับต่างประเทศ (ไทย-เยอรมัน) ประจำปีงบประมาณ 2558 ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ทีมวิจัยขอขอบคุณภาควิชาธรณีวิทยา และคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความสะดวกและอนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัย เพื่อให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และทีมวิจัยได้รับความช่วยเหลือ อนุเคราะห์จาก Dr. Yuki Sawai, GSJ AIST ประเทศญี่ปุ่น, Assistant Prof. Adam Switzer, Earth Observatory of Singapore, Nanyang Technological University ประเทศสิงคโปร์, Prof. Barbara Wohlfarth, Department of Geological Sciences, Stockholm University ด้านเครื่องมือในการวิเคราะห์

การวิจัยตะกอนสึนามิ และหาร่องรอยสึนามิโบราณนั้นเป็นงานวิจัยที่จำเป็นต้องใช้เวลาจำนวนมากในภาคสนาม เพื่อขุด และหาหลักฐานทางธรณีวิทยา ดังนั้นจะเป็นงานที่หนัก และค่อนข้างสกปรก งานวิจัยนี้จะไม่สำเร็จลุล่วงไปได้ ถ้าไม่ได้รับการช่วยเหลือในการออกภาคสนาม และการทำรายงานจากบุคคลดังต่อไปนี้ นายธนเนตร มีรัตน์ และนายแอนดรูว์ ครอบมาร์ตี ทีมวิจัยขอขอบคุณบุคคลเหล่านี้อย่างจริงใจ

เครือวัลย์ จันทร์แก้ว

สรสิข จันทร์ทอง

ชาญวิทย์ แดงอ่อน

พิรพงศ์ ศรีตั้งศิริกุล

นิชากร อมรปิยพงศ์

ณัฐวีร์ ระวังสำโรง

ชุตินณชนธ์ รักดีสิโรตม์

ชื่อโครงการ การศึกษาตะกอนสึนามิโบราณบริเวณเกาะพระทอง จังหวัดพังงา และชายฝั่งทะเลอันดามัน
ของไทย ประวัติการเกิดสึนามิขนาดใหญ่ในประเทศไทย

Paleotsunami Deposits Study on Phra Thong Island, Phang Nga Province and
Along the Thai Andaman Coast: History of Large Tsunamis in Thailand

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภท ความร่วมมือไทย – เยอรมันเพื่อการศึกษาวิจัยทะเลอันดามัน: ธรณี
ศาสตร์ นิเวศวิทยาและวิศวกรรมศาสตร์เพื่อการจัดการภัยพิบัติทางธรรมชาติ และการใช้
ทรัพยากรทางทะเลอย่างยั่งยืน (Thai-German Cooperative Research and Capacity
Building: Ocean Geosciences, Marine Ecology and Natural Hazard
Management)

ประจำปีพ.ศ. 2558 จำนวนเงิน 1,026,000 บาท

ระยะเวลาการทำวิจัย 1 ปี 1 เดือน ตั้งแต่ 22 กันยายน 2558 ถึง 21 ตุลาคม 2559

ชื่อผู้วิจัย อาจารย์ ดร.เครือวัลย์ จันทร์แก้ว ภาควิชาธรณีวิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย หมายเลขโทรศัพท์ 02 218 5449 หมายเลขโทรสาร 02 218 5464

บทคัดย่อ

เหตุการณ์สึนามิเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 ซึ่งกระทบกับประเทศไทย ทำให้เกิดคำถามตามมาว่า
เหตุการณ์ในลักษณะคล้ายกัน ทั้งในเรื่องแหล่งกำเนิดคลื่นสึนามิและขนาดความรุนแรงของสึนามิจะ
เกิดขึ้นอีกในอนาคตหรือไม่ และถ้าเกิดขึ้น จะเกิดขึ้นเมื่อไหร่ คำถามเหล่านี้ เป็นที่มาของงานวิจัยนี้
เพื่อหาประวัติการเกิดสึนามิในอดีตที่มีผลกระทบต่อประเทศไทยและหาขนาดความรุนแรงของสึนามิ
เหล่านี้ คณะวิจัยได้ออกภาคสนามในพื้นที่จังหวัดพังงา, ภูเก็ต, ระนองและกระบี่ เพื่อหาหลักฐานของ
สึนามิโบราณ โดยได้ทำการเจาะ ขุดหลุมตื้น ขุดร่องศึกษา และในกรณีที่พบตะกอนสึนามิโบราณได้ทำการ
เก็บตัวอย่างตะกอนมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาส่วนประกอบทางแร่ ขนาดตะกอน และหาอายุ

คณะวิจัยไม่พบหลักฐานตะกอนสึนามิโบราณในหลายพื้นที่ เช่น จังหวัดกระบี่และจังหวัดภูเก็ต ซึ่งพบว่า
ในพื้นที่เหล่านี้มักไม่เหลือหลักฐานของตะกอนสึนามิปี 2547 ให้เห็นเช่นกัน ซึ่งสาเหตุหลักเนื่องมาจาก
การรบกวนตะกอนโดยมนุษย์ (การสร้างที่อยู่อาศัย การทำการเกษตร การท่องเที่ยวและโรงแรม) และทีม
วิจัยยังพบว่าในกรณีที่คลื่นสึนามิมีความสูงน้อยกว่า 10 เมตร โอกาสในการจะเหลือให้เห็นเมื่อเวลาผ่านไป
10 ปีนั้นมีต่ำมาก

ที่เกาะพระทอง อ. กระบุรี จ. พังงา คณะวิจัยค้นพบหลักฐานยืนยันว่าในอดีตได้เกิดสึนามิที่มีผลกระทบ
ต่อประเทศไทยมาแล้ว 4 ครั้ง (B, X, C, D) เหตุการณ์ล่าสุด (B) เกิดขึ้นเมื่อประมาณ 600 ปีที่ผ่านมา ส่วน

เหตุการณ์ที่แทนด้วยชั้นทราย X, C และ D มีอายุโดยประมาณคือ 700, 1,250 และ 2,500 ปีที่ผ่านมา ซึ่งชั้นทรายสีนํ้าเหล่านี้พบเก็บรักษาในร่องระหว่างชั้นทรายและไม่ได้รับการรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์ และจากการคำนวณระดับความรุนแรงคลื่นสึนามิจากขนาดของตะกอน พบว่าเหตุการณ์สึนามิ D มีขนาดความรุนแรงใกล้เคียงกับเหตุการณ์ปี 2547 ข้อมูลประวัติการเกิดสึนามิในอดีตนี้เป็นสิ่งที่ยืนยันว่าในอนาคตมีแนวโน้มที่จะเกิดสึนามิที่กระทบชายฝั่งตะวันตกของประเทศไทยได้อีก ผลการวิจัยเผยให้เห็นว่าระยะห่างระหว่างแต่ละเหตุการณ์สึนามิที่พบหลักฐานในไทยมีค่าไม่เท่ากัน มีช่วงกว้างตั้งแต่ 100-1,250 ปี ซึ่งชี้ให้เห็นว่าช่วงเวลาระหว่างการเกิดสึนามิขนาดใหญ่มีช่วงที่หลากหลาย และมาตรการป้องกันภัยสึนามิในประเทศไทยควรคำนึงถึงหลักฐานนี้ เพื่อที่จะได้มีการเตรียมความพร้อมและป้องกันภัยแก่ประชาชนและทรัพย์สินในพื้นที่ชายฝั่งที่เสี่ยงภัย

A catastrophic 2004 Indian Ocean tsunami raised questions of whether a similar event in terms of source location and magnitude (size) will happen again in the future and if so when?. This had prompted this study to find out the chronology of past tsunamis affecting Thailand and their sizes.

We carried out field work in areas affected by the 2004 tsunami such as Phang Nga, Phuket, Ranong and Krabi to search for evidence of past tsunamis. During the field work we cored, dug shallow pits and trenches. If evidence of past tsunamis or sand sheets was found, we collected samples for detailed analysis in the laboratory which included identification of their mineral composition, granulometry and ages.

We did not find evidence of past tsunamis in many areas that we investigated, including Krabi and Phuket. Sands of the 2004 tsunami in these areas were also very thin or were not preserved. The main reason for the absence of both 2004 tsunami and the paleotsunami is human disturbance (residential and agricultural areas, tourism and hotel). We also discovered that in the case that the tsunami flow depth is less than 10 meters the chance of the tsunami sand to be preserved after 10 years is very low.

At Phra Thong Island, Kuraburi district, Phang Nga, we discovered evidence of past tsunamis affecting Thailand's Andaman coast prior to 2004. The evidence suggests up to 4 tsunamis (represented by Sands B, X, C, D) in which the penultimate event (Sand B) was about 600 years old whereas the earlier events (Sands X, C and D) happened around 700, 1,250 and

2,500 years ago. All these tsunami sands are preserved in swales between beach ridges and are not disturbed by human activities. A preliminary average onshore velocity of tsunamis based on their sediment grain sizes suggested that paleotsunami Sand D is similar in size to the 2004 event. This suggests that a devastating tsunami will strike Thailand's western coast again in the future. We also discovered that the interval between each past event is irregular (between 100-1,250 years). The implication of this is that a gap between large subduction zone tsunamis can be varied and mitigation planning should be in place to make sure that coastal residences and infrastructure are protected and prepared.

คำสำคัญ (Key words)

สึนามิ ตะกอนสึนามิ สึนามิโบราณ ตะกอนสึนามิโบราณ ประวัติการเกิด ความถี่ ความรุนแรง

Tsunami, Tsunami deposit, Paleotsunami, Paleotsunami deposit, Chronology, Frequency, Magnitude

สารบัญเรื่อง (Table of Contents)

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ (Introduction)	1
1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ และขอบเขตการวิจัย	3
1.2.1 วัตถุประสงค์	3
1.2.2 ขอบเขตการวิจัย	4
1.3 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย	4
1.3.1 สืบค้นข้อมูลและประเมินผลข้อมูลทุติยภูมิ	4
1.3.2 การหาวิวัฒนาการทางด้านธรณีสัณฐานวิทยาของพื้นที่ศึกษา	4
1.3.3 การหาการกระจายตัวและการลำดับชั้นของตะกอนสึนามิโบราณ	4
1.3.4 การวิเคราะห์ตะกอนสึนามิในห้องปฏิบัติการ	5
1.3.5 ประวัติการเกิดสึนามิโบราณ	5
1.3.6 การพัฒนาบุคลากร	6
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)	7
2.1 การวิจัยที่เกี่ยวข้องและมีการศึกษามาก่อน	7
2.2 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่นำมาใช้ในงานวิจัย	9
บทที่ 3 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)	14
3.1 ข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ศึกษา	14
3.1.1 ที่ตั้งและการเข้าถึงพื้นที่	15
3.1.2 ภูมิประเทศและสัณฐานธรณีวิทยา ภูมิอากาศ อุณหภูมิ ฤดูกาล ระดับน้ำฝน	15
3.1.3 ธรณีวิทยาของพื้นที่	20
3.2 การสำรวจภาคสนาม	22
3.2.1 ขยายฝั่งจังหวัดกระบี่	22
3.2.2 ขยายฝั่งจังหวัดพังงา	23

	หน้า
3.3 การเก็บตัวอย่างตะกอน	23
3.3.1 การเก็บตัวอย่างตะกอนโดยใช้วิธี Russian Core	23
3.3.2 การเก็บตัวอย่างตะกอนโดยใช้วิธี Gravity Core	24
3.4 การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ	39
3.4.1 วิเคราะห์ขนาดตะกอน	39
3.4.2 วิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์สารและปริมาณคาร์บอนต ด้วยวิธี LOI	40
3.4.3 การศึกษาหาชนิดของแร่ของประกอบ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องตา	40
บทที่ 4 ผลการวิจัย (Result)	41
4.1 ผลการวิจัย	41
4.1.1 ผลการสืบค้นการวิจัยสึนามิโบราณ และแผ่นดินไหวโบราณในพื้นที่ ศึกษาและพื้นที่ใกล้เคียง	41
4.1.2 ผลการสำรวจและเก็บตัวอย่างตะกอนสึนามิปี 2547 และหาหลักฐาน ตะกอนสึนามิและ/หรือตะกอนพายุโบราณ (ปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่) ในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดกระบี่	43
4.1.2.1 ตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 และตะกอนสึนามิโบราณ	43
4.1.2.2 ปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่	45
4.1.3 ผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการ	48
4.1.3.1 ผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอน	48
4.1.3.2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์สารและปริมาณคาร์บอนต ด้วยวิธี LOI	56
4.1.3.3 ผลการศึกษาหาชนิดแร่ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องตา	56
4.1.4 ผลการจำแนกเหตุการณ์สึนามิหรือพายุจากปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ (Coral boulders) จากจังหวัดกระบี่	58

	หน้า
บทที่ 5 อภิปรายและวิจารณ์ผล (Discussion)	62
5.1 อภิปรายผลการศึกษาในพื้นที่จังหวัดกระบี่และพื้นที่เขาหลัก จังหวัดพังงา	62
5.1.1 หลักฐานสึนามิและพายุโบราณ	62
5.1.2 การวิเคราะห์ขนาดตะกอน	63
5.1.3 วิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์สารและปริมาณคาร์บอนต ด้วยวิธี LOI	63
5.1.4 การศึกษาเชิงคุณภาพหาชนิดของแร่ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องตา	64
5.1.5 การจำแนกเหตุการณ์สึนามิหรือพายุจากก้อนหินมนใหญ่	64
5.2 การหาอายุเหตุการณ์สึนามิโบราณ	66
5.3 การหาความรุนแรง (ขนาด) ของสึนามิโบราณ	72
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ (Conclusion and Recommendation)	74
6.1 สรุปผลการวิจัย	74
6.2 ข้อเสนอแนะ	75
เอกสารอ้างอิง (Reference)	77
ภาคผนวก ก	86
ภาคผนวก ข	91
ประวัตินักวิจัย	93

สารบัญตาราง (List of Tables)

	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงจุดสำรวจพื้นที่แอ่ง (ชุมเหืองเก่า)	25
ตารางที่ 4.1 แสดงตำแหน่งจุดสำรวจตะกอนสึนามิ	44
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ (a คือแกนที่ยาวที่สุด, b คือแกนที่ยาวรองลงมา, c คือแกนที่สั้นที่สุด และแกน a, b, c ตั้งฉากซึ่งกันและกัน)	47
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่าทางสถิติตะกอนจุดศึกษาที่ 2	51
ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงค่าทางสถิติตะกอนจุดศึกษาที่ 11	55
ตารางที่ 4.5 ผลการคำนวณปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่จากสมการของ Lorang (2011)	61
ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบค่าทางสถิติของตะกอนหน้าหาดและตะกอนใต้ชั้นสึนามิ จุดสำรวจที่ 11	63

สารบัญภาพ (List of Illustrations)

	หน้า
รูปที่ 2.1 ภาพแสดงการสะสมตัวของตะกอนสีนํ้าและควมหนาของชั้นตะกอน บริเวณเขาหลัก จังหวัดพังงา ประเทศไทย หลังเกิดเหตุการณ์คลื่นสีนํ้า ในปี 2547 (ภาพจาก Hori et al., 2007)	8
รูปที่ 3.1 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดกระบี่ (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)	20
รูปที่ 3.2 ภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth แสดงจุดสำรวจที่ 26-ST01 และ 27-ST07	28
รูปที่ 3.3 ภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth แสดงจุดสำรวจที่ 26-ST02, 26-ST03, 26-ST04, 26-ST05, 26-ST06, 26-ST07, 26-ST08 และ 27-ST08	28
รูปที่ 3.4 ภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth แสดงจุดสำรวจที่ 26-ST09, 26-ST10, 26-ST11 และ 26-ST12	29
รูปที่ 3.5 ภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth แสดงจุดสำรวจที่ 27-ST01	29
รูปที่ 3.6 แสดงจุดสำรวจที่ 27-ST02	30
รูปที่ 3.7 แสดงจุดสำรวจที่ 27-ST03	30
รูปที่ 3.8 แสดงจุดสำรวจที่ 27-ST04 และ 27-ST06	31
รูปที่ 3.9 แสดงจุดสำรวจที่ 27-ST09, 27-ST10 และ 27-ST11	31
รูปที่ 3.10 แท่งตะกอนของหลุมที่ 16/01 ที่ความลึก 0-1 เมตร	32
รูปที่ 3.11 แท่งตะกอนของหลุมที่ 16/01 ที่ความลึก 0.5-1.5 เมตร	32
รูปที่ 3.12 แท่งตะกอนของหลุมที่ 16/01 ที่ความลึก 1-2 เมตร	33
รูปที่ 3.13 แท่งตะกอนของหลุมที่ 16/01 ที่ความลึก 1.5-2.5 เมตร	33
รูปที่ 3.14 แท่งตะกอนของหลุมที่ 16/01 ที่ความลึก 2-3 เมตร	34
รูปที่ 3.15 แท่งตะกอนของหลุมที่ 16/01 ที่ความลึก 2.5-3.5 เมตร	34
รูปที่ 3.16 แท่งตะกอนของหลุมที่ 16/02 ที่ความลึก 0-1 เมตร	35
รูปที่ 3.17 แท่งตะกอนของหลุมที่ 16/02 ที่ความลึก 0-1 เมตร (ขนาดใหญ่)	35
รูปที่ 3.18 แท่งตะกอนของหลุมที่ 16/02 ที่ความลึก 0.5-1.5 เมตร	36

	หน้า
รูปที่ 3.19 แท่งตะกอนของหลุมที่ 16/02 ที่ความลึก 1-2 เมตร	36
รูปที่ 3.20 แท่งตะกอนของหลุมที่ 16/02 ที่ความลึก 1.5-2.5 เมตร	37
รูปที่ 3.21 แท่งตะกอนของหลุมที่ 16/02 ที่ความลึก 2-3 เมตร	37
รูปที่ 3.22 แท่งตะกอนของหลุมที่ 16/03 ที่ความลึก 0-1 เมตร	38
รูปที่ 3.23 เครื่องมือวิเคราะห์ขนาดตะกอน Particle Size Analyzer รุ่น Mastersizer S	39
รูปที่ 3.24 วิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องตา	40
รูปที่ 4.1 แท่งตัวอย่างตะกอน (ซ้าย) และหลุมสำรวจที่ 2 (ขวา)	44
รูปที่ 4.2 แท่งตัวอย่างตะกอน (ซ้าย) และหลุมสำรวจที่ 11 (ขวา)	45
รูปที่ 4.3 การวัดขนาด (แกน) ของก้อนหินมนใหญ่	45
รูปที่ 4.4 ก้อนหินมนใหญ่ตัวอย่าง 4.1I (ซ้าย) และ 18 (ขวา)	48
รูปที่ 4.5 แผนที่แสดงจุดสำรวจซ้อนทับลงบนแผนที่พื้นที่น้ำท่วมจากคลื่นสึนามิจังหวัดกระบี่ (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2548)	49
รูปที่ 4.6 สมการคำนวณทางสถิติและการแปลผล (Krumbein และ Pettijohn, 1938)	50
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการกระจายตัวขนาดตะกอนสึนามิจุดสำรวจที่ 2 (เส้นสีเทาแสดง ค่าฐานนิยมของขนาดตะกอนสึนามิชั้นที่ 0-1 เซนติเมตร)	50
รูปที่ 4.8 บริเวณหน้าหาด (ซ้าย) และกราฟแสดงการกระจายตัวขนาดตะกอนหน้าหาด จุดสำรวจที่ 2 (ขวา) (เส้นสีเทาแสดงค่าฐานนิยมของขนาดตะกอนสึนามิ ชั้นที่ 0-1 เซนติเมตร)	51
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการกระจายตัวขนาดตะกอนสึนามิและตะกอนใต้ชั้นสึนามิ จุดสำรวจที่ 11 (เส้นสีเทาแสดงค่าฐานนิยมของขนาดตะกอนสึนามิ ชั้นที่ 0-1 เซนติเมตร)	53
รูปที่ 4.10 บริเวณหน้าหาด (ซ้าย) และกราฟแสดงการกระจายตัวขนาดตะกอนหน้าหาด จุดสำรวจที่ 11 (ขวา) (เส้นสีเทาแสดงค่าฐานนิยมของขนาดตะกอนสึนามิ ชั้นที่ 0-1 เซนติเมตร)	53
รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ของค่าทางสถิติกับชั้นตะกอนสึนามิ จุดสำรวจที่ 11	54

	หน้า
รูปที่ 4.12 แสดงเปอร์เซ็นต์อินทรีย์สารและคาร์บอนेट จุดสำรวจที่ 11	57
รูปที่ 4.13 ลักษณะทางกายภาพของตะกอนสีนํามิ พ.ศ. 2547 จุดสำรวจ 11	57
รูปที่ 4.14 เปลือกหอยที่พบจุดสำรวจ 11	58
รูปที่ 4.15 ลักษณะทางกายภาพของตะกอนสีนํามิ พ.ศ. 2547 จุดสำรวจ 2	58
รูปที่ 4.16 สมการในการคำนวณของ Lorang (2011)	59
รูปที่ 5.1 ผลที่ได้จากแบบจำลองความสูงของคลื่นสีนํามิ พ.ศ. 2547 ในพื้นที่จังหวัดกระบี่ และจังหวัดตรัง (Ioualalen et al., 2007) และแสดงตำแหน่งจุดสำรวจที่ 2 และ 11	62
รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการคัดขนาดและปริมาณอินทรีย์สารและคาร์บอนेट จุดสำรวจที่ 11	65
รูปที่ 5.3 แสดงระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางของปะการังก้อนหินมนใหญ่เรียงจากทิศเหนือ (ซ้าย) ไปทางทิศใต้ (ขวา)	66
รูปที่ 5.4 แสดงชั้นตะกอนสีนํามิโบราณที่พบในพื้นที่เกาะพระทอง ซึ่งพบได้ตั้งแต่ 1-4 ชั้น ได้แก่ชั้นทราย B, X, C, D เรียงจากบนลงล่าง ส่วนชั้นทราย A เป็นตะกอนสีนํามิ 2547 ทั้งนี้ชั้นทราย X จะเห็นเป็นชั้นบางๆ ไม่ต่อเนื่อง และพบปรากฏในบางพื้นที่เท่านั้น และไม่เห็นในตำแหน่งหลุมในรูปนี้	67
รูปที่ 5.5 แสดงอายุที่ได้จากการหาอายุโดยวิธีคาร์บอน-14 ของตัวอย่างสีนํามิโบราณจากเกาะพระทองเทียบกับอายุที่ได้จากเกาะสุมาตรา อินโดนีเซีย (ทั้งที่เมลาบอและที่เกาะสิมาลู)	70
รูปที่ 5.6 แสดงอายุที่ได้จากการหาอายุโดยวิธีคาร์บอน-14 ของตัวอย่างสีนํามิโบราณจากเกาะพระทองเทียบกับอายุที่ได้จากเกาะสุมาตรา อินโดนีเซีย (ทั้งที่เมลาบอและที่เกาะสิมาลู) เปรียบเทียบกับอายุที่ได้จากการหาอายุโดยวิธีการเปล่งด้วยแสง	71

คำอธิบายสัญลักษณ์ และสารบัญญัตย่อที่ใช้ในการวิจัย (Symbols and List of Abbreviations)

AD = Anno Domini, ภาษาลาติน แปลว่า In the year of our Lord. โดยนับจากปีที่พระเยซูคริสต์
ประสูติเป็น AD 1

BC = Before Christ ก่อนคริสต์ศักราช

BP = Before Present, Present คือ ค.ศ. 1950

OSL = optically stimulated luminescence เป็นการหาอายุโดยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง หรือการเปล่ง
ด้วยแสง

บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

เหตุการณ์แผ่นดินไหวและสึนามิเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 เป็นเหตุการณ์ภัยพิบัติทางธรรมชาติที่มีความรุนแรงและก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินมากที่สุดในประวัติศาสตร์ มีผู้เสียชีวิตจากเหตุการณ์มากกว่า 230,000 คน ใน 11 ประเทศ

หากมีการค้นพบบันทึกทางประวัติศาสตร์ หรือหลักฐานทางธรณีวิทยาของสึนามิโบราณเหล่านี้ ก่อนปี พ.ศ. 2547 จำนวนผู้เสียชีวิตจากเหตุการณ์ในปี พ.ศ. 2547 อาจไม่สูงดังที่เกิดขึ้น โดยประเทศอินโดนีเซียได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์นี้มากที่สุด และเป็นประเทศที่มีจารึกทางประวัติศาสตร์เกี่ยวกับสึนามิยาวนานถึง 400 ปี แต่บันทึกเหล่านี้ไม่มีการกล่าวถึงเหตุการณ์สึนามิที่มีความรุนแรงเท่ากับเหตุการณ์เมื่อปี พ.ศ. 2547 ส่วนในประเทศไทยเองก็ไม่มีจารึกทางประวัติศาสตร์ที่กล่าวถึงสึนามิเลย เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งที่ไม่คาดฝันสำหรับคนไทย จึงทำให้ไม่มีการเตรียมการเพื่อรับมือกับภัยพิบัติดังกล่าวได้อย่างเหมาะสม แต่หลังจากเหตุการณ์สึนามิเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2547 ความคิดที่ว่าภูมิภาคนี้ปลอดภัยจากคลื่นยักษ์สึนามิได้เปลี่ยนไปอย่างสิ้นเชิงอย่างไรก็ตามประเทศไทยยังมีข้อจำกัดหลายด้านที่สำคัญต่อการเตรียมรับมือต่อเหตุการณ์ภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

เหตุการณ์สึนามิในปี พ.ศ. 2547 เป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่าสึนามิที่มีความรุนแรงนั้นสามารถเกิดขึ้นได้ แม้บันทึกทางประวัติศาสตร์นั้นอาจจะไม่ยาวนานพอ แต่ยังมีการบันทึกเหตุการณ์สึนามิอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นการบันทึกทางธรณีวิทยาในรูปแบบของตะกอนที่พัดพามาโดยสึนามิที่ตกสะสมตัวและหลงเหลือให้เราเห็น ซึ่งสึนามิที่มีการบันทึกไว้ทางธรณีวิทยานี้มีการบันทึกที่ยาวนานกว่าการบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษรโดยมนุษย์

การประเมินความเสี่ยงของพื้นที่ชายฝั่งต่อสึนามิต้องอาศัยข้อมูลการเกิด และคาบอุบัติซ้ำของสึนามิในอดีตเนื่องจากข้อมูลการเกิดสึนามิในอดีตไม่สามารถศึกษาได้โดยตรงแต่ก็มักจะปรากฏเหลือเป็นร่องรอยหลักฐานทางธรณีวิทยาเคมีและฟอสซิลที่บ่งบอกว่าการเกิดคลื่นสึนามิในอดีต ข้อมูลเหล่านี้สามารถใช้ร่วมกันในการศึกษาและหาร่องรอยของสึนามิได้แต่ศักยภาพนักวิจัยของไทยรวมทั้งเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาในประเทศยังมีอยู่จำกัด

จากการประชุม NRCT-DFG Cooperative Research and Capacity Building: Ocean Geosciences, Marine Ecology and Engineering for Natural Hazard Management and Sustainable Use of Marine Resources เมื่อวันที่ 27-29 กรกฎาคม 2549 ที่ประชุมมีความเห็นตรงกันว่าการศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นสึนามิ และลักษณะทางกายภาพของชั้นตะกอนชายฝั่งมีความสำคัญ

และเป็นประเด็นที่ต้องศึกษาโดยเร่งด่วนเพื่อที่จะเป็นพื้นฐานของโครงการอื่นๆเนื่องจากข้อมูลความรู้ดังกล่าวมีอยู่อย่างจำกัดมากซึ่งนักวิจัยฝ่ายเยอรมันได้พัฒนาโครงการขึ้นหลายโครงการในที่สุดก็ได้รับการอนุมัติเงินอุดหนุนจาก DFG แล้วจำนวน 2 โครงการได้แก่

1. โครงการ Tsunami Deposits in Near-Shore and Coastal Waters of Thailand (TUNWAT)
2. โครงการ Tracing Tsunami Impacts in Coastal Geo and Bioarchives along the West Coast of Thailand (TRIAS-COAST)

ซึ่งโครงการที่สองเป็นโครงการที่ผู้วิจัยหลัก (ดร. เครือวัลย์ จันทร์แก้ว) ได้รับเชิญจากนักวิจัยเยอรมัน Prof. Dieter Kelletat และ Prof. Helmut Bruckner ซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบโครงการ ให้เข้าร่วมวิจัยและเป็นผู้ร่วมวิจัย (Research partner) ฝ่ายไทยเนื่องด้วยเห็นศักยภาพของนักวิจัยไทย และเล็งเห็นโอกาสที่นักวิจัยไทยจะได้ศึกษาเพิ่มพูนความรู้และมีโอกาสใช้เครื่องมือวิเคราะห์เชิงลึกที่ประเทศเยอรมนี ทั้งนี้ทาง Prof. Dieter Kelletat และ Prof. Helmut Bruckner ได้เชิญให้ผู้วิจัยหลักนำเสนอผลงานการศึกษาสึนามิโบราณในประเทศไทยในการประชุม 1st bilateral workshop of the NRCT and DFG funded project “TRIAS” – Tracing Tsunami Impacts On- and Offshore in the Andaman Sea Region ที่เมือง Braunschweig ประเทศเยอรมนี ในระหว่างวันที่ 12-14 กุมภาพันธ์ 2552 และในการประชุม 2nd bilateral workshop of the NRCT and DFG funded project “TRIAS” – Tracing Tsunami Impacts On- and Offshore in the Andaman Sea Region ที่กรุงเทพฯ ในระหว่างวันที่ 27 กุมภาพันธ์ ถึง 1 มีนาคม 2553

สึนามิเกิดได้จากหลายสาเหตุด้วยกัน ได้แก่ แผ่นดินไหว, ภูเขาไฟระเบิด, แผ่นดินถล่ม และการชนของอุกกาบาตซึ่งทั้งหมดนี้เกิดใต้ทะเล หรือใกล้กับทะเล จากผลการศึกษาฐานข้อมูลสึนามิในอดีตในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตั้งแต่ละติจูดที่ 5 องศาใต้ถึง 25 องศาเหนือและลองจิจูดที่ 95-130 องศาตะวันออกซึ่งประกอบด้วยข้อมูลสึนามิสองประเภท คือ 1) ข้อมูลที่ได้จากหลักฐานการบันทึกโดยเครื่องมือ ได้แก่ Seismograph และข้อมูลระดับน้ำ ซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถบันทึกเหตุการณ์ถึงเมื่อประมาณ 110 ปีที่แล้วเท่านั้นและ 2) ข้อมูลสึนามิในอดีตที่ทราบได้จากการบันทึกทางประวัติศาสตร์ (Historical record) ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมาแล้วเป็นร้อยหรือพันปีมาแล้วนั้นพบว่าสาเหตุการเกิดสึนามิในภูมิภาคนี้ ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากกระบวนการธรณีแปรสัณฐาน (การเกิดแผ่นดินไหว) มีจำนวนถึง 249 เหตุการณ์ จากจำนวนเหตุการณ์ทั้งหมด 284 เหตุการณ์ (ข้อมูลถึงปี 2550) จุดศูนย์กลางของแผ่นดินไหวที่ก่อให้เกิดสึนามิกระจายอยู่ตามรอยต่อของแผ่นเปลือกโลกที่มีการมุดตัว (Subduction zone) และตามหมู่เกาะของประเทศฟิลิปปินส์, อินโดนีเซีย, ใต้หวัน และหมู่เกาะอันดามัน-นิโคบาร์

มีเหตุการณ์สึนามิทั้งหมด 8 เหตุการณ์ที่มีสาเหตุมาจากภูเขาไฟระเบิด และภูเขาไฟเหล่านี้ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในหมู่เกาะของประเทศฟิลิปปินส์และประเทศอินโดนีเซียมีเหตุการณ์สึนามิเพียง

3 เหตุการณ์ที่มีสาเหตุมาจากแผ่นดินถล่ม โดยมี 2 เหตุการณ์เกิดขึ้นที่ประเทศฟิลิปปินส์และอีก 1 เหตุการณ์เกิดที่หมู่เกาะทางตะวันออกของประเทศอินโดนีเซีย ส่วนเหตุการณ์สึนามิที่มีสาเหตุมาจากแผ่นดินถล่มที่เกิดหลังจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว (Earthquake induced landslide) นั้นมีเพียง 3 เหตุการณ์ โดยมี 2 เหตุการณ์เกิดที่ประเทศไต้หวันและอีก 1 เหตุการณ์เกิดใกล้เกาะไหหลำในอ่าวตังเกี๋ย

จากฐานข้อมูลสึนามิในอดีต จะเห็นได้ว่าสาเหตุการเกิดสึนามิส่วนใหญ่คือการเกิดแผ่นดินไหวตามแนวการมุดตัวของเปลือกโลก ซึ่งมักทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ได้ทะเล แผ่นดินไหวทำให้แผ่นเปลือกโลกมีการเคลื่อนตัวผ่านกันแล้วเกิดการแทนที่ของมวลน้ำขึ้น

โครงการวิจัยนี้มีความสอดคล้องและตอบสนองยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ.2555-2559) ตามลำดับความสำคัญดังนี้

ยุทธศาสตร์ที่ 6. ยุทธศาสตร์การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

6.4 การเตรียมความพร้อมรองรับกับภัยพิบัติทางธรรมชาติ

6.1 การอนุรักษ์ พืชน้ำ และสร้างความมั่นคงของฐานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ยุทธศาสตร์ที่ 5. ยุทธศาสตร์การสร้างความเชื่อมโยงกับประเทศในภูมิภาคเพื่อความมั่นคงทางเศรษฐกิจและสังคม

5.6 การมีส่วนร่วมอย่างสำคัญในการสร้างสังคมนานาชาติที่มีคุณภาพชีวิต ป้องกันภัยจากการก่อการร้ายและอาชญากรรม ยาเสพติด ภัยพิบัติ และการแพร่ระบาดของโรคภัย

ยุทธศาสตร์ที่ 4. ยุทธศาสตร์การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจสู่การเติบโตอย่างมีคุณภาพและยั่งยืน

4.2 การพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรม

ยุทธศาสตร์ที่ 2. ยุทธศาสตร์การพัฒนาคนสู่สังคมแห่งการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างยั่งยืน

2.2 การพัฒนาคุณภาพคนไทยให้มีภูมิคุ้มกันต่อการเปลี่ยนแปลง

2.4 การส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต

1.2 วัตถุประสงค์ และขอบเขตการวิจัย

1.2.1 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาการกระจายตัวและการสะสมของตะกอนชายฝั่งที่พัดพามาโดยคลื่นสึนามิปี 2547
- 2) เพื่อหาร่องรอยการการเกิดสึนามิในอดีตจากหลักฐานทางธรณีวิทยาและบรรพชีวินวิทยา (Geo- และ Bio-archive) บริเวณเกาะพระทอง จังหวัดพังงา และชายฝั่งทะเลอันดามันที่ได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์สึนามิปี 2547 ที่เหมาะสม
- 3) เพื่อประเมินคาบการอุบัติซ้ำของสึนามิขนาดใหญ่ที่กระทบพื้นที่ชายฝั่งทะเลอันดามัน

1.2.2 ขอบเขตการวิจัย

การสำรวจและศึกษาสึนามิโบราณบริเวณเกาะพระทอง อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา และพื้นที่ชายฝั่งทะเลอันดามันที่ได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์สึนามิปี 2547 ที่เหมาะสม

1.3 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

1.3.1 สืบค้นข้อมูลและประเมินผลข้อมูลทุติยภูมิ

สืบค้นและประเมินผลข้อมูลทุติยภูมิทางด้านธรณีวิทยาสึนามิ โดยเฉพาะทางด้านตะกอนวิทยาและสึนามิโบราณ ทั้งข้อมูลประเภทที่ตีพิมพ์เผยแพร่และไม่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่ (Unpublished data-sources) รวบรวมข้อมูลการสำรวจระยะไกล (Remote sensing) และภาพถ่ายทางอากาศของพื้นที่ชายฝั่งอันดามันและเกาะพระทอง โดยความร่วมมือกันทั้งจากฝ่ายนักวิจัยจากประเทศเยอรมันและนักวิจัยไทย

1.3.2 การหาวิวัฒนาการทางด้านธรณีสัณฐานวิทยาของพื้นที่ศึกษา

แปลภาพถ่ายทางอากาศ และภาพถ่ายดาวเทียม ศึกษาโดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศ และภาพถ่ายดาวเทียมที่มีการบันทึกในอดีต เพื่อแยกพื้นที่ศึกษาออกเป็นส่วนต่าง ๆ ตามลักษณะธรณีสัณฐานชายฝั่งและพืชพรรณ โดยจัดทำแผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ และการกระจายตัวของสันทราย และร่อง (Beach ridges and swale) ที่ลุ่มราบน้ำขึ้นถึง และร่องน้ำ (Tidal flats and channels) และป่าโกงกางแผนที่ที่ได้จะใช้เป็นพื้นฐานในการทำประวัติทางธรณีสัณฐานวิทยา และพัฒนาการของเกาะพระทองและพื้นที่ศึกษาอื่น ๆ เมื่อนำไปใช้ร่วมกับข้อมูลอายุของตะกอนทรายจากสันทราย และจากสึนามิ จะช่วยในการอ้างอิงถึงตำแหน่งของชายหาดในอดีต และการเปลี่ยนตำแหน่งของชายหาดตามเวลาที่ผ่านไปในอดีตได้ เพื่อประโยชน์ในการสรุปผลด้านวิวัฒนาการของชายฝั่งในพื้นที่ และยังเป็นประโยชน์ในการใช้อ้างอิง และเทียบเคียงกับพื้นที่อื่น ๆ ในอนาคต

1.3.3 การหาการกระจายตัวและการลำดับชั้นของตะกอนสึนามิโบราณ

แนวสันทรายบนเกาะพระทองน่าจะเกิดขึ้นเมื่อประมาณ 7,000 ปีที่ผ่านมา และเกิดจากการยื่นเข้ามาในทะเลของหาดทราย ดังนั้นสันทรายที่อยู่ห่างจากทะเลจึงมีอายุมากกว่าสันทรายที่อยู่ติดทะเล จากผลการศึกษาที่ผ่านมาของทีมวิจัยแสดงให้เห็นว่าบนเกาะพระทองนั้น ร่องระหว่างสันทราย (Swale) ทำหน้าที่เป็นที่บันทึกและเก็บรักษาตะกอนสึนามิโบราณได้เป็นอย่างดี ในขณะที่ตรงตำแหน่งสันทรายตะกอนสึนามิที่ตกสะสมบริเวณนี้ พบว่ายากแก่การแยกแยะออกจากตะกอนสันทราย ดังนั้นในการศึกษานี้ทีมวิจัยมุ่งเน้นที่จะเจาะและขุดร่องดินเพื่อหาหลักฐานตะกอนสึนามิโบราณในร่องระหว่างสันทรายเหล่านี้ โดยที่พื้นที่ศึกษาที่เลือกนั้นจะเป็นพื้นที่ที่ไม่ได้ผ่านการทำเหมืองโดยพิจารณาจากลักษณะภูมิประเทศและ

สัณฐานวิทยาของพื้นที่เป็นหลัก แนวสันทรายที่พบในพื้นที่ชายหาดฝั่งทะเลอันดามันก็คาดว่ามีความใกล้เคียงกับที่เกาะพระทอง

ชั้นทรายสีนํ้ามโบรินที่พบในแต่ละตำแหน่งจะมีการบันทึกลักษณะทางตะกอนวิทยา (ได้แก่ ขนาดตะกอน สี ความหนา การแบ่งเป็นชั้นย่อย การเรียงขนาดของตะกอน ปริมาณแร่หนัก ส่วนประกอบทางแร่ ลักษณะโครงสร้างทางตะกอนวิทยาต่าง ๆ ลักษณะรอยต่อกับชั้นตะกอนที่อยู่ด้านล่าง เป็นต้น) และการลำดับชั้นตะกอนอย่างละเอียด และทำการถ่ายรูปเก็บตัวอย่างตะกอนสีนํ้ามโบรินที่พบเพื่อวิเคราะห์ขนาดตะกอนและหาอายุ โดยลักษณะของตะกอนสีนํ้ามโบรินที่พบและอายุที่ได้จากการวิเคราะห์จะช่วยให้การเทียบสัมพันธ์ชั้นตะกอนสีนํ้ามโบรินที่พบในตำแหน่งต่าง ๆ การกระจายตัวของชั้นทรายสีนํ้ามโบรินและลักษณะทางตะกอนวิทยา อายุที่ได้จะใช้ในการแปลผลประวัติการเกิดและขนาดของสีนํ้ามโบรินในพื้นที่นี้

1.3.4 การวิเคราะห์ตะกอนสีนํ้ามโบรินในห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างตะกอนสีนํ้ามโบรินที่เก็บจากพื้นที่ศึกษาทั้งที่เป็นตะกอนสีนํ้ามปี 2547 และตะกอนสีนํ้ามโบรินที่เก็บจากร่องระหว่างสันทรายจากเกาะพระทอง ซึ่งได้จากการขุดหลุม และการตอกท่อ PVC เข้าไปในดินเพื่อเก็บตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์ทางตะกอนวิทยา เพื่อหาลักษณะเฉพาะ ส่วนประกอบทางแร่, เนื้อ (Texture) Microfossil (Ostracods และ Forams) และขนาดของตะกอน

ข้อมูลองค์ประกอบของตะกอนและ Microfossil จะช่วยให้เราสามารถระบุที่มาของตะกอนเหล่านั้น (ตำแหน่ง ความลึก และระยะทางที่พัดพามา) จากข้อมูลขนาดของตะกอนเราจะได้ข้อมูลทางสถิติของการกระจายตัวของขนาดตะกอนในตัวอย่าง ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการคำนวณระยะทวมถึงของสีนํ้าม ความสูงและความเร็วของคลื่นสีนํ้ามได้

1.3.5 ประวัติการเกิดสีนํ้ามโบริน

ตัวอย่างตะกอนสีนํ้ามโบรินที่พบ ได้ทำการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาหาอายุโดยวิธีคาร์บอน-14 (Carbon-14 dating) และการกระตุ้นด้วยแสง (Optically Stimulated Luminescence Dating) โดยตัวอย่างที่ทำการหาอายุโดยวิธีคาร์บอน-14 ได้ส่งไปวิเคราะห์ที่ห้องวิจัย 2 แห่ง คือที่ Beta Analytic ที่มลรัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งมีค่าใช้จ่ายต่อหนึ่งตัวอย่างประมาณ 610 เหรียญสหรัฐฯ และที่ Chrono Lab ที่ Queen's University of Belfast สหราชอาณาจักร ซึ่งมีค่าใช้จ่ายต่อหนึ่งตัวอย่างประมาณ 260 ปอนด์ ส่วนการหาอายุด้วยเทคนิคการกระตุ้นด้วยแสงนั้นจะดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการของ Philipps University of Marburg และ Institute of Geography, University of Cologne ประเทศเยอรมัน

1.3.6 การพัฒนาบุคลากร

เนื่องจากในประเทศไทยยังขาดแคลนเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูง ขาดประสบการณ์และความชำนาญในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ รวมทั้งขาดองค์ความรู้เพื่อประกอบการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งในปีที่ 1 ได้ทำการจัดส่งบุคลากร 1 คนไปฝึกอบรมเพื่อเรียนรู้เทคนิคและวิธีการตั้งแต่หลักการวิเคราะห์การเตรียมตัวอย่าง จนถึงระดับงานวิจัยขั้นสูงในหัวข้อการหาอายุตะกอนโดยวิธีการกระตุ้นด้วยแสงรวมทั้งเอาตัวอย่างบางส่วนไปวิเคราะห์เป็นเวลา 4 สัปดาห์ที่ Philipps University of Marburg และ Institute of Geography, University of Cologne ประเทศเยอรมัน ซึ่งเป็นการสร้างความร่วมมือกันอย่างเป็นทางการในการแลกเปลี่ยนความรู้แนวความคิดและเทคโนโลยีด้านการวิจัยทางสัณนิมาตรระหว่างนักวิจัยทั้งสองประเทศทั้งนี้ทางนักวิจัยเยอรมัน Prof. Dieter Kelletat และ Prof. Helmut Brucknerยินดีที่ให้ทางนักวิจัยไปรับการอบรมที่ห้องปฏิบัติการที่ประเทศเยอรมัน

สำหรับในปีที่ 2 และ 3 ได้ส่งบุคลากรปีละ 1 คนไปใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์หรือใช้ซอฟต์แวร์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งไม่มีในหน่วยงานของฝ่ายไทย ณ ห้องปฏิบัติการวิจัยทั้งทางธรณีฟิสิกส์ ธรณีเคมีบรรพชีวินวิทยา และคอมพิวเตอร์ และนำตัวอย่างบางส่วนไปวิเคราะห์หาอายุตะกอนโดยวิธีการกระตุ้นด้วยแสงที่ Institute of Geography, University of Cologne ประเทศเยอรมัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) แผนที่แสดงการกระจายตัวของตะกอนสัณนิมาตรบนชายฝั่งอันดามันที่ทำการศึกษา
- 2) ประวัติการเกิดเหตุการณ์สัณนิมาตรขนาดใหญ่ในอดีตในบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน
- 3) คาบการอุบัติซ้ำของเหตุการณ์สัณนิมาตรขนาดใหญ่ในอดีตของบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามันเพื่อใช้ในการวางแผนการ ป้องกันและการวางแผนเพื่อลดผลกระทบทั้งในระยะสั้นและระยะยาว
- 4) การพัฒนาบุคลากรวิจัยด้านธรณีวิทยาสัณนิมาตร เพื่อให้มีประสบการณ์ มีความรู้และแนวความคิด รวมทั้งมีความรู้ทางด้านเทคโนโลยีด้านการวิจัยทางสัณนิมาตรและความชำนาญในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ เพื่อประกอบการวิเคราะห์ข้อมูล

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

2.1 การวิจัยที่เกี่ยวข้องและมีการศึกษามาก่อน

สึนามิเกิดได้จากหลายสาเหตุด้วยกัน ได้แก่ แผ่นดินไหว, ภูเขาไฟระเบิด, แผ่นดินถล่ม และการชนของอุกกาบาตซึ่งทั้งหมดนี้เกิดใต้ทะเล หรือใกล้กับทะเล จากผลการศึกษาฐานข้อมูลสึนามิในอดีตในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตั้งแต่ละติจูดที่ 5 องศาใต้ถึง 25 องศาเหนือและลองจิจูดที่ 95-130 องศาตะวันออกซึ่งประกอบด้วยข้อมูลสึนามิสองประเภทคือ 1) ข้อมูลที่ได้จากหลักฐานการบันทึกโดยเครื่องมือ ได้แก่ เครื่องรับคลื่นไหวสะเทือน และข้อมูลระดับน้ำ ซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถบันทึกเหตุการณ์ถึงเมื่อประมาณ 110 ปีที่แล้วเท่านั้นและ 2) ข้อมูลสึนามิในอดีตที่ทราบได้จากการบันทึกทางประวัติศาสตร์ (Historical record) ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมาแล้วเป็นร้อยหรือพันปีมาแล้วนั้น พบว่าสาเหตุการเกิดสึนามิในภูมิภาคนี้ ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากระบบการธรณีแปรสัณฐาน (การเกิดแผ่นดินไหว) ซึ่งมีจำนวนถึงจำนวน 249 เหตุการณ์ จากจำนวนเหตุการณ์สึนามิทั้งหมด 284 เหตุการณ์ (ข้อมูลถึงปี 2550) จุดศูนย์กลางของแผ่นดินไหวที่ก่อให้เกิดสึนามิกระจายอยู่ตามรอยต่อของแผ่นเปลือกโลกที่มีการมุดตัว (Subduction zone) และตามหมู่เกาะของประเทศฟิลิปปินส์, อินโดนีเซีย, ใต้หวัน และหมู่เกาะอันดามัน-นิโคบาร์

มีเหตุการณ์สึนามิทั้งหมด 8 เหตุการณ์ที่มีสาเหตุมาจากภูเขาไฟระเบิด และภูเขาไฟเหล่านี้ตั้งอยู่ในหมู่เกาะของประเทศฟิลิปปินส์และประเทศอินโดนีเซียเสียส่วนใหญ่มีเหตุการณ์สึนามิเพียง 3 เหตุการณ์ที่มีสาเหตุมาจากแผ่นดินถล่ม โดยที่มี 2 เหตุการณ์เกิดขึ้นที่ประเทศฟิลิปปินส์และอีก 1 เหตุการณ์เกิดที่หมู่เกาะทางตะวันออกของประเทศอินโดนีเซีย ส่วนเหตุการณ์สึนามิที่มีสาเหตุมาจากแผ่นดินถล่มที่เกิดหลังจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว (Earthquake induced landslide) นั้นมีเพียง 3 เหตุการณ์ โดยที่มี 2 เหตุการณ์เกิดที่ประเทศใต้หวันและอีก 1 เหตุการณ์เกิดใกล้เกาะไหหลำ ในอ่าวตังเกี๋ย

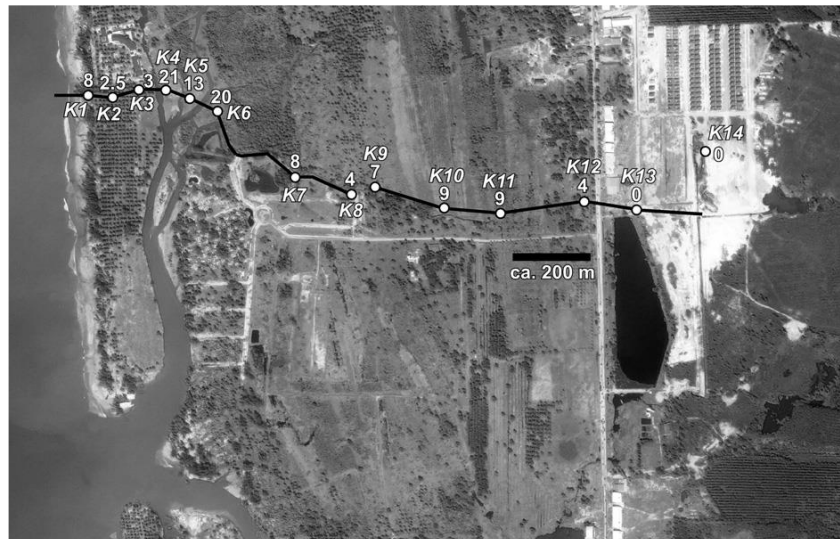
จากฐานข้อมูลสึนามิในอดีต จะเห็นได้ว่าสาเหตุการเกิดสึนามิส่วนใหญ่คือการเกิดแผ่นดินไหวตามแนวการมุดตัวของเปลือกโลก ซึ่งมักทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ใต้ทะเล แผ่นดินไหวทำให้แผ่นเปลือกโลกมีการเคลื่อนตัวผ่านกันแล้วเกิดการแทนที่ของมวลน้ำขึ้น

การเกิดสึนามิในอดีตแต่ละครั้งจะทิ้งร่องรอยในรูปของตะกอน ฟอสซิล และส่วนประกอบอื่น ๆ ไว้เป็นหลักฐานในระยะ 20 ปีที่ผ่านมาจึงมีงานวิจัยเกี่ยวกับตะกอนสึนามิจำนวนมากที่ได้ทำการศึกษาและตีพิมพ์เผยแพร่แล้วส่วนใหญ่เป็นรายงานการศึกษาจากพื้นที่รอบมหาสมุทรแปซิฟิก เช่น สึนามิที่เกิดจากแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สุดในประวัติศาสตร์ที่ประเทศชิลีในปี พ.ศ. 2503 (Cisternas et al., 2005) สึนามิที่โกลาสก้าในปี พ.ศ. 2507 (Clague et al., 1994; Fiedorowicz and Peterson, 2002) สึนามิที่

เกิดในฮอกไกโดในปี พ.ศ. 2536 (Sato et al., 1995; Nishimura and Miyaji, 1995; Nanayama and Shigeno, 2004) สึนามิที่เกิดในปาปัวนิวกินีในปี พ.ศ. 2541 (Gelfenbaum and Jaffe, 2003) นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาตะกอนสึนามิเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 โดยนักวิจัยหลายกลุ่ม (Hawkes et al., 2007; Hori et al., 2007; Peters et al., 2007)

ตะกอนสึนามิปี 2547 ในประเทศไทยพบว่า มีรายงานการศึกษาหลายฉบับด้วยกัน เช่น

- Hori และคณะ (2007) รายงานว่าพบตะกอนสะสมตัวเป็นบริเวณกว้าง 1-2 กิโลเมตร ในพื้นที่ต่ำติดชายฝั่ง (รูปที่ 2.1) และพบว่าการกระจายตัวของตะกอนถูกจำกัดโดยลานตะพักลำนํ้าและความชันของพื้นที่ ซึ่งลักษณะสัณฐานวิทยาของชายฝั่งมีอิทธิพลต่อความหนาของชั้นตะกอน แต่ไม่พบว่ามีตะกอนมีความหนาลดลงเมื่อระยะห่างจากทะเลเพิ่มขึ้น ที่ฐานของชั้นตะกอนประกอบด้วยตะกอนขนาดหยาบรวมไปถึงเปลือกหอยทะเลและถูกปิดทับด้วยตะกอนละเอียด ในบางพื้นที่อาจพบตะกอนขนาดหยาบปิดทับอยู่ด้านบน แสดงให้เห็นถึงการไหลท่วม และการไหลย้อนกลับของคลื่นสึนามิ
- Hawkes และคณะ (2007) รายงานการศึกษาตะกอนสึนามิปี 2547 บริเวณคาบสมุทรมไทย-มาเลเซีย พบว่าตะกอนมีความหนา 15-30 เซนติเมตร ประกอบด้วยตะกอนขนาดทรายละเอียดถึงหยาบ มีรอยต่อระหว่างชั้นตะกอนก่อนเกิดสึนามิและชั้นตะกอนของสึนามิที่ชัดเจน ในชั้นตะกอนสึนามิยังพบฟอแรมินิเฟอร่ากระจายตัวอยู่หนาแน่น ซึ่งแตกต่างกับชั้นตะกอนก่อนเกิดสึนามิที่พบว่ามีเรดิโอราเลียอยู่ในชั้นตะกอน ซึ่งชนิดของแพลงก์ตอนเหล่านี้เป็นตัวบ่งชี้ชนิดของตะกอนได้ว่าเป็นตะกอนสึนามิหรือไม่ และช่วยในการเทียบสัมพันธ์ระหว่างชั้นตะกอนได้



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงการสะสมตัวของตะกอนสึนามิและความหนาของชั้นตะกอน บริเวณเขาหลัก จังหวัดพังงา ประเทศไทย หลังเกิดเหตุการณ์คลื่นสึนามิในปี 2547 (ภาพจาก Hori et al., 2007)

นอกจากนี้ตะกอนสีนามิก็มักถูกนำมาเปรียบเทียบกับตะกอนพายุ (เช่น Tuttle et al., 2004; Kortekaas and Dawson, 2007; Morton et al., 2007; Scheffers, 2008) แต่เมื่อทำการศึกษาทางตะกอนวิทยาอย่างละเอียด พบว่าสามารถที่จะแยกแยะตะกอนที่ตกสะสมจากสีนามิออกจากตะกอนที่ตกสะสมโดยพายุได้ เนื่องจากสีนามิมีพลังงานมากกว่าพายุ สามารถเคลื่อนย้ายตะกอนจากพื้นที่หนึ่งไปตกสะสมตัวในอีกพื้นที่หนึ่งได้ดีกว่า รูปแบบการสะสมตัวของตะกอนที่ถูกพายุพัดพามาและลักษณะโครงสร้างทางตะกอน จะมีลักษณะแตกต่างจากรูปแบบการสะสมตัวของตะกอนที่เกิดจากสีนามิ ซึ่งตะกอนที่ตกสะสมจากสีนามิจะมีการแผ่กระจายเป็นบริเวณกว้างและเป็นแนวยาวกว่าตะกอนจากพายุ

คลื่นสีนามิจะพัดพาเอาตะกอนจากทะเลตื้นซึ่งมีตะกอนขนาดตั้งแต่ทรายละเอียดทรายหยาบและตะกอนขนาด Boulder รวมไปถึงต้นไม้ เศษกิ่งไม้ และสิ่งปลูกสร้างของมนุษย์มาด้วยกัน (Teller et al., 2005) สิ่งที่ทำหายอย่างหนึ่งในการศึกษาเกี่ยวกับตะกอนสีนามิคือ ลักษณะปรากฏที่หลากหลายของตะกอนที่ถูกพัดพามาตกสะสมและการหาอายุของตะกอน ซึ่งการบ่งชี้ว่าตะกอนเป็นตะกอนสีนามิอาจจะทำได้ง่าย ถ้าพบสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในทะเลอยู่ในชั้นของตะกอน (Abrantes et al., 2008) การศึกษาการตกสะสมตัวของตะกอนจากคลื่นสีนามิมีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากลักษณะเฉพาะของตะกอนสีนามิทำให้เราทราบความสูงของคลื่น ส่วนอายุของตะกอนก็มีประโยชน์อย่างยิ่งในการระบุประวัติการเกิดสีนามิในอดีต (Peters et al., 2007) ทำให้เราสามารถประมาณขนาดและความถี่ของการเกิดสีนามิ รวมไปถึงสามารถเสนอแนะให้เตรียมการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดบริเวณชายฝั่งได้อีกด้วย (Nott, 2003; Noormets et al., 2004)

2.2 ทฤษฎี และ/หรือแนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

คนส่วนใหญ่ไม่คิดว่าสีนามิจะเกิดขึ้นได้ในประเทศไทย แต่เมื่อเกิดเหตุการณ์สีนามิขึ้นเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 ได้เกิดคำถามขึ้นมาในวงวิชาการว่าจะมีโอกาสเกิดซ้ำได้อีกหรือไม่ ถ้าหากเราสามารถหาหลักฐานยืนยันได้ว่าประเทศไทยเคยเกิดพิบัติภัยสีนามิมาแล้วในอดีตกี่ครั้ง แต่ละครั้งมีความรุนแรงเท่าใด ก็จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อประเทศไทยและประเทศใกล้เคียง เนื่องจากข้อมูลเหล่านั้นมีความสำคัญต่อการประเมินความเสี่ยงของพื้นที่ และช่วยให้ผู้ที่อาศัยในพื้นที่ชายฝั่งที่เสี่ยงภัยได้ทราบถึงอัตราความเสี่ยง และจะได้เตรียมรับมือกับมหันตภัยดังกล่าว ตลอดจนลดความสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

งานวิจัยด้านสีนามิในระยะ 20 กว่าปีที่ผ่านมา นั้น นำไปสู่การค้นพบสีนามิในอดีตย้อนกลับไหลายพันปี ตัวอย่างเช่น ตามแนวชายฝั่งฮอกไกโด ประเทศญี่ปุ่น Nanayama et al. (2003) รายงานพบชั้นทรายสีนามิโบราณที่ท่วมเข้ามาบนฝั่ง ตะกอนที่พบแผ่ปกคลุมเป็นพื้นที่กว้างและพบได้เป็นระยะหลายกิโลเมตรจากชายฝั่ง และได้สรุปผลการศึกษาว่าในระยะ 200-7,000 ปีที่ผ่านมา พื้นที่ฮอกไกโดมีสีนามิ

ขนาดใหญ่ท่วมเข้ามาทุก ๆ 500 ปี ในพื้นที่โอเรกอน ประเทศสหรัฐอเมริกามีการศึกษาตะกอนทะเลสาบโดย Kelsey et al. (2005) และรายงานพบชั้นตะกอนสึนามิโบราณ 12 ชั้นในระยะ 4,600 ปีที่ผ่านมา นอกจากนี้ การศึกษาตะกอนสึนามิในลักษณะคล้าย ๆ กันนี้ในชายฝั่งประเทศรัสเซียโดย Pinegina et al. (2003) และในประเทศชิลีโดย Cisternas et al. (2005) ทำให้ทราบประวัติการเกิดสึนามิขนาดใหญ่ของพื้นที่นั้น

งานวิจัยสึนามิที่มีการตีพิมพ์ รวมทั้งที่ยกมาเป็นตัวอย่างนั้น ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในพื้นที่ลุ่มต่ำหรือชายฝั่งในประเทศเขตหนาว (Temperate latitudes) และการศึกษาส่วนใหญ่ก็มาจากพื้นที่โดยรอบมหาสมุทรแปซิฟิก ก่อนเหตุการณ์สึนามิปี 2547 ยังไม่มีการศึกษาสึนามิในพื้นที่ร้อนชื้น (Tropical climate) อย่างจริงจัง โดยเฉพาะพื้นที่รอบมหาสมุทรอินเดีย การศึกษาตะกอนสึนามิโบราณในพื้นที่ร้อนชื้นเป็นสิ่งที่ท้าทาย เนื่องจากในสภาพภูมิอากาศแบบนี้มีพืชและสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิดที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ชายฝั่ง ซึ่งอาจมีตะกอนสึนามิโบราณสะสมอยู่ แต่ตะกอนเหล่านั้นอาจถูกรบกวนโดยสิ่งมีชีวิต ทำให้ไม่หลงเหลือหลักฐานให้เราศึกษา

การศึกษาค้นหาสึนามิโบราณในแต่ละพื้นที่อาจมีรายละเอียดและวิธีการที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยทางธรณีวิทยาและทางกายภาพอื่น ๆ แต่โดยทั่วไปแล้วความรู้และความเข้าใจในธรณีสัณฐานและการลำดับชั้นตะกอนในพื้นที่เป็นสิ่งที่สำคัญและต้องทำการศึกษาเป็นอันดับแรก ก่อนที่จะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์อื่นไม่ว่าจะเป็นทางตะกอนวิทยา บรรพชีวินวิทยา และทางธรณีเคมีในการยืนยันว่าเป็นตะกอนจากสึนามิจริง

งานวิจัยทางด้านสึนามิโบราณ (Paleotsunami) ในประเทศไทยอย่างจริงจังเริ่มขึ้นโดยผู้วิจัยหลักและคณาจารย์จากภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเริ่มขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 จากการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากสึนามิบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลอันดามันของประเทศไทย 6 จังหวัด ได้แก่ จ.ภูเก็ต จ.พังงา จ.ระนอง จ.กระบี่ จ.ตรัง และ จ.สตูล ในขณะที่ผู้ทำการศึกษาตะกอนสึนามิปัจจุบัน ก็เริ่มสำรวจหาหลักฐานของตะกอนสึนามิโบราณในหลายบริเวณตามชายฝั่งทะเลอันดามันมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 โดยทำการขุดหลุมและเจาะสำรวจ และในปี พ.ศ. 2551 ผู้วิจัยหลักและทีมวิจัยได้รายงานการค้นพบตะกอนสึนามิโบราณในประเทศไทย ที่เกาะพระทอง อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา (Jankaew et al., 2008) โดยชั้นตะกอนทรายสึนามิโบราณที่พบมีทั้งหมด 3 ชั้น แทรกอยู่ระหว่างชั้นดินสีดำ ซึ่งทั้งหมดถูกปิดทับโดยชั้นตะกอนสึนามิปี 2547 ที่มีความหนา 5-20 เซนติเมตรหลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบ ยืนยันว่าในอดีตประเทศไทยเคยเกิดสึนามิขึ้นมาแล้วและเหตุการณ์ครั้งล่าสุดได้เกิดขึ้นเมื่อประมาณ 600 ปีที่ผ่านมา ผลงานวิจัยนี้เป็นผลการศึกษาชิ้นแรกที่ยืนยันว่าเหตุการณ์สึนามิที่เกิดขึ้นเมื่อปี 2547 ไม่ได้เกิดขึ้นเป็นครั้งแรก เคยมีสึนามิขนาดใหญ่เกิดขึ้นในมหาสมุทรอินเดียมาแล้วหลายครั้ง

การบรรเทาภัยสึนามิ (Tsunami mitigation) ที่มีประสิทธิภาพ และการวางแผน เพื่อการเตือนภัยล่วงหน้า สำหรับเหตุการณ์สึนามิที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีข้อมูลที่ดีและ

น่าเชื่อถือเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยคาบอุบัติซ้ำ (Average recurrence intervals) และขนาดโดยประมาณของ สึนามิที่เกิดขึ้นในอดีตในพื้นที่นั้น รวมทั้งขนาดโดยประมาณของแผ่นดินไหว ที่เป็นสาเหตุของการเกิดสึนามิแต่ละครั้งด้วย ข้อมูลที่ดีและน่าเชื่อถือที่ว่านี้ คือ ข้อมูลอายุ และขนาด ที่ได้จากหลักฐานทางธรณีวิทยา ที่บ่งบอก หรือยืนยันถึงการเกิดสึนามิ หรือแผ่นดินไหว ทั้งนี้หลักฐานเหล่านี้ต้องเป็นหลักฐานที่ได้รับการ พิสูจน์ และมีการบ่งชี้ที่ชัดเจน จากข้อมูลการศึกษาที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ยืนยันว่า

อายุของสึนามิโบราณที่รายงานไว้ใน Jankaew et al. (2008) นั้นได้มาจากการตรวจหาอายุด้วย วิธีคาร์บอน-14 ของเปลือกไม้จำนวนหลายตัวอย่างที่อยู่ระหว่างรอยต่อของชั้นดินกับชั้นทรายสึนามิ โบราณชั้นบนสุด ซึ่งตัวอย่างส่งไปหาอายุที่ห้องปฏิบัติการที่ประเทศสหรัฐอเมริกา อายุของเหตุการณ์สึนามิ ที่ได้นี้ สอดคล้องกับข้อมูลการศึกษาที่บริเวณเมืองอาเจะห์ ประเทศอินโดนีเซียโดยทีมวิจัยจาก สหรัฐอเมริกา (Monecke et al., 2008) การพบตะกอนสึนามิโบราณที่มีอายุใกล้เคียงกันในสองประเทศที่ ต่างก็ได้รับผลกระทบที่ร้ายแรงจากเหตุการณ์สึนามิเมื่อปี 2547 เป็นสิ่งยืนยันว่าเหตุการณ์สึนามิเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2547 ไม่ได้เกิดเป็นครั้งแรกและไม่ได้เกิดเป็นครั้งสุดท้าย โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่มีความรุนแรงคล้ายกันอาจมีได้ในอนาคต

โครงการวิจัยนี้ มุ่งเน้นศึกษาตะกอนสึนามิที่เกาะพระทองเพิ่มเติม เนื่องจาก

(1) เกาะพระทองมีลักษณะทางธรณีสัณฐานวิทยาที่เหมาะสมแก่การศึกษา เนื่องจาก

- 1.1 เกาะพระทองมีพื้นที่ชายฝั่งที่ติดกับทะเลอันดามัน โดยไม่มีเกาะอื่นมาบัง
- 1.2 พื้นที่เกาะพระทองตั้งอยู่ในบริเวณที่ไม่ได้รับผลกระทบหรือได้รับผลกระทบน้อยมาก จากพายุไต้ฝุ่น หรือ storm surge
- 1.3 ลักษณะสัณฐานวิทยาของเกาะเป็นเอกลักษณ์ เนื่องจากเป็นพื้นที่ราบกว้างใหญ่ อยู่ไม่ สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (น้อยกว่า 10 เมตร) สึนามิท่วมเข้าไปในแผ่นดินเป็น บริเวณกว้าง
- 1.4 เกาะพระทองเป็นส่วนหนึ่งของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เป็นพื้นที่ที่ไม่มีการตั้งถิ่นฐาน หนาแน่น การทำเหมืองดีบุกมีเป็นหย่อมๆเท่านั้น และธุรกิจการท่องเที่ยว เช่นโรงแรม และรีสอร์ทบนเกาะยังไม่มีมากเท่าบริเวณอื่นของชายฝั่งทะเลอันดามัน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ มีความสำคัญอย่างมากต่อศักยภาพในการคงรักษาไว้ของตะกอนสึนามิโบราณ เพราะ การรบกวนตะกอนโดยมนุษย์เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ตะกอนสึนามิโบราณไม่พบในหลาย พื้นที่ทั่วโลก

(2) พบหลักฐานตะกอนทรายสึนามิโบราณหลายชั้นที่เกาะพระทองแล้ว (Jankaew et al., 2008)

- (3) ตะกอนทรายที่พบหลายชั้นนั้น มีเพียงชั้นเดียวเท่านั้นที่สามารถหาอายุได้อย่างเชื่อมั่น ชั้นตะกอนทรายอีก 2 ชั้นที่อยู่ลึกลงไป ยังไม่สามารถหาอายุได้อย่างแน่ชัด เนื่องจากไม่สามารถหาตัวอย่างที่เหมาะสมต่อการหาอายุโดยวิธีคาร์บอน-14 ได้ แต่จากอายุของตัวอย่างหอยที่อยู่ใต้ชั้นทรายทั้งหมดที่พบทำให้คาดว่าชั้นทรายสีนํ้ามโบรินอีก 2 ชั้นนี้ มีอายุน้อยกว่า 2,800 ปี อย่างไรก็ตามยังมีความจำเป็นต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาอายุของชั้นทรายเหล่านี้โดยวิธีอื่น เช่น วิธีการกระตุ้นด้วยแสง (Optically Stimulated Luminescence: OSL Dating) รวมทั้งพยายามหาตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการหาอายุโดยวิธีคาร์บอน-14 จากชั้นทรายสีนํ้ามโบรินที่พบที่จุดอื่น ๆ

ข้อแตกต่างระหว่างการหาอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 และการหาอายุโดยอาศัยการกระตุ้นด้วยแสงคือวัสดุที่นำมาใช้ในการหาอายุ วัสดุที่ใช้ในการหาอายุโดยวิธีคาร์บอน-14 คืออินทรีย์สาร (Organic materials) ในขณะที่การหาอายุโดยอาศัยการกระตุ้นด้วยแสง วัสดุที่นำมาหาอายุคือแร่ เช่น แร่ควอร์ตซ์หรือแร่เฟลสปาร์ ซึ่งในกรณีของตะกอนสีนํ้ามโบรินการหาอายุด้วยวิธีนี้เป็น การหาอายุจากเม็ดตะกอนโดยตรง ตัวอย่างเหตุการณ์ที่สามารถนำมาหาอายุโดยวิธี OSL ได้คือเหตุการณ์ที่ทำให้วัตถุโดนแสงแดดก่อนสะสมตัว (ถูกกลบ) ในทางธรณีวิทยา การหาอายุตะกอนโดยวิธีการกระตุ้นด้วยแสงมีประโยชน์อย่างมากในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาในการหาอายุตะกอนยุคควอเทอร์นารี (อายุน้อยกว่า 1.8 ล้านปี) โดยที่สามารถใช้ในการหาอายุตะกอนที่พัดพาโดยลม (Eolian sediment), ตะกอนทางน้ำ (Fluvial sediment), ตะกอนทะเล (Marine sediment) รวมถึงตะกอนสีนํ้ามโบรินและตะกอนเชิงเขา (Colluvium)

การศึกษาตะกอนสีนํ้ามโบรินที่เกาะพระทองอย่างเป็นระบบ จะช่วยให้เราทราบความถี่การเกิดสีนํ้ามโบรินขนาดใหญ่ และการศึกษาตะกอนสีนํ้ามโบรินในเชิงลึกยังทำให้เราสามารถประเมินความสูงของคลื่น ความเร็ว และระยะท่วมเข้ามาของสีนํ้ามโบรินได้ และยังสามารถช่วยให้เราเข้าใจว่าสีนํ้ามโบรินมีผลกระทบต่อระบบนิเวศน์และธรณีสัณฐานวิทยาของชายฝั่งอย่างไรบ้าง

ข้อมูลสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ได้จากการศึกษาตะกอนสีนํ้ามโบริน คือเราสามารถประมาณตำแหน่ง หรือพื้นที่ที่ให้เกิด (Source location) แผ่นดินไหวที่เป็นผลให้เกิดสีนํ้ามโบรินนั้นได้ แต่ทั้งนี้ต้องอาศัยการศึกษาในเชิงลึก โดยละเอียดในพื้นที่ตามแนวชายฝั่งหลายพื้นที่ ข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งเมื่อนำไปเทียบเคียงและทดสอบโดยแบบจำลองการท่วมถึง (Inundation model) ซึ่งจะช่วยในการยืนยัน Source location และความรุนแรงของสีนํ้ามโบรินได้ ถึงแม้ว่าในระยะที่ผ่านมาผู้วิจัยหลัก และคณะ ได้ทำการสำรวจหาสีนํ้ามโบรินแล้วในหลายพื้นที่ตามแนวชายฝั่งอันดามัน ได้แก่ หาดกมลา, อ่าวเลพัง จังหวัดภูเก็ต และ อ.ท้ายเหมือง, อ.ทับละมุ, เขาหลัก, บ้านบางสัก, แหลมปะการัง, บ้านน้ำเค็ม และเกาะคอเขา จังหวัดพังงา ยังมีพื้นที่ชายฝั่งทะเลอันดามันอีกหลายแห่งที่ยังไม่ได้ศึกษาสีนํ้ามโบรินอย่างเป็นระบบ

โครงการวิจัยนี้เสนอให้มีการศึกษาพื้นที่ชายฝั่งอันดามันเป็นระยะเวลา 3 ปี เพื่อให้ได้ข้อมูลตะกอนสึนามิโบราณจากหลายพื้นที่ และข้อมูลที่ได้จะมีประโยชน์กว่าข้อมูลที่ได้จากพื้นที่ศึกษาพื้นที่เดียว

ผลจากการวิจัยในโครงการนี้จะช่วยให้เราเข้าใจธรรมชาติของแนวรอยต่อเปลือกโลกมุดตัวซึ่งสามารถให้กำเนิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่มีผลกระทบต่อประเทศไทย โดยเฉพาะแนวรอยต่อซุนดาตะกอนยุคโฮโลซีนในประเทศไทยนั้นมีศักยภาพในการทำหน้าที่เป็นตัวบันทึกหลักฐานของสึนามิระยะไกล (far-field tsunamis) จากแนวรอยต่อแผ่นเปลือกโลกนี้ได้ เมื่อเราทำการวิเคราะห์และหาอายุของสึนามิโบราณเหล่านี้ได้แล้ว เราก็สามารถสร้างเป็นบันทึกแผ่นดินไหวโบราณ (paleoseismic record) ของแนวรอยต่อเปลือกโลกซุนดาขึ้นมาได้ ซึ่งจะช่วยให้เราเข้าใจธรรมชาติและพฤติกรรมในระยะยาวของการเกิดแผ่นดินไหวตามแนวมุดตัวนี้ สามารถใช้ร่วมกับข้อมูลอื่น ๆ ในการประเมินและทำนายการเกิดสึนามิในอนาคตได้และนอกจากนี้บันทึกแผ่นดินไหวโบราณนี้สามารถใช้ในการยืนยันข้อมูลคาบการอุบัติซ้ำที่ประเมินได้จากวิธีทางธรณีสัณฐานและสามารถนำข้อมูลคาบการอุบัติซ้ำที่ได้ไปเปรียบเทียบกับแนวการมุดตัวอื่น ๆ

ข้อมูลสำคัญทางวิทยาศาสตร์อีกอย่างหนึ่งที่จะได้จากการศึกษาครั้งนี้คือข้อมูลการเปลี่ยนแปลงหลังการสะสมตัวของสึนามิ (Post depositional changes) และการคงไว้ (Preservation) ของตะกอนสึนามิเหล่านี้ในพื้นที่เขตร้อนชื้น และอยู่ห่างไกลจากแนวการมุดตัวของเปลือกโลก (หรือแหล่งต้นกำเนิดแผ่นดินไหว) ซึ่งอาจจะมีศักยภาพในการคงรักษาไว้ของตะกอนได้ดีกว่าพื้นที่ใกล้แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวเนื่องจากพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับแหล่งต้นกำเนิดแผ่นดินไหว เช่น หมู่เกาะอันดามัน-นิโคบาร์นั้นมักจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพของพื้นที่ที่เกิดร่วมกับการเกิดแผ่นดินไหว (Co-seismic deformation) อันเป็นผลให้ตะกอนสึนามิที่ตกสะสมในพื้นที่เหล่านั้นถูกทำลายไป และไม่หลงเหลือให้เห็น

ข้อมูลและผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะสามารถนำไปใช้อ้างอิงในการศึกษาสึนามิโบราณในพื้นที่ร้อนชื้น และพื้นที่ที่อยู่ห่างจากแนวการมุดตัว ในพื้นที่อื่น ๆ ทั่วโลกในอนาคตได้

ผลการศึกษาในหลายพื้นที่ทั่วโลก ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการให้ความรู้แก่ประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัยและนักท่องเที่ยว เพื่อให้ทราบถึงภัยจากสึนามิ ให้มีความตื่นตัว การเตรียมความพร้อมและเรียนรู้วิธีปฏิบัติตนเมื่อเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวและสึนามิขึ้นในอนาคตการที่ประชาชนรู้ถึงความเสี่ยงต่อการเกิดสึนามิ และรู้ถึงวิธีปฏิบัติตนจะช่วยลดการสูญเสียที่อาจเกิดจากเหตุการณ์สึนามิทั้งขนาดเล็ก และที่มีความรุนแรงคล้ายกับปี 2547 ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตได้ ทีมวิจัยจึงเสนอให้มีการจัดเสนอผลการศึกษาที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้ให้แก่ประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัยอย่างน้อย 1 ครั้ง และจัดทำโปสเตอร์และแผ่นพับเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับสึนามิเพื่อแจกจ่ายให้แก่ประชาชนและโรงเรียนในพื้นที่เสี่ยงภัยก่อนสิ้นสุดโครงการในปีที่ 3

บทที่ 3

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

3.1 ข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ศึกษา

3.1.1 ที่ตั้งและการเข้าถึงพื้นที่

จังหวัดกระบี่

จังหวัดกระบี่มีเนื้อที่ประมาณ 4,708 ตารางกิโลเมตร ถือว่าเป็นจังหวัดที่มีขนาดใหญ่เป็นอันดับ 46 ของประเทศ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขา ที่ดอน ที่ราบ และหมู่เกาะน้อยใหญ่กว่า 130 เกาะ ริมปากอ่าวและรอบ 2 หมู่เกาะหลายเกาะคือป่าชายเลนอันอุดมสมบูรณ์ มีภูเขาพนมเบญจาเป็นภูเขาสูงที่สุดของกระบี่ (1,397 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง) และเป็นต้นกำเนิดของคลองปากส้าย คลองกระบี่ใหญ่ และคลองกระบี่น้อย สายน้ำสำคัญของจังหวัด มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียงดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับจังหวัดพังงาและจังหวัดสุราษฎร์ธานี

ทิศใต้ ติดต่อกับจังหวัดตรังและทะเลอันดามัน

ทิศตะวันออก ติดต่อกับจังหวัดตรังและจังหวัดนครศรีธรรมราช

ทิศตะวันตก ติดต่อกับจังหวัดพังงาและทะเลอันดามัน

การเข้าถึงพื้นที่: จากกรุงเทพมหานครเดินทางไปทางทิศตะวันตกตามทางหลวงหมายเลข 35 สายธนบุรี-ปากท่อ เลี้ยวซ้ายที่ทางแยกต่างระดับวังมะนาว อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี เข้าทางหลวงหมายเลข 4 ถนนเพชรเกษม เลี้ยวขวาที่ทางแยกชะอำ จังหวัดเพชรบุรี เข้าสู่ทางหลวงหมายเลข 37 เส้นทางจะมารวมกับทางหลวงหมายเลข 4 อีกครั้งบริเวณแยกหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จากนั้นตรงไปทางตรงเข้าทางหลวงหมายเลข 41 จนถึงแยกตำบลท่าเรือ อำเภอบ้านนาเดิม จังหวัดสุราษฎร์ธานี แล้วเลี้ยวขวาเข้า ทางหลวงหมายเลข 44 มุ่งหน้าตรงไปจนถึงจังหวัดกระบี่

เขาลัก จังหวัดพังงา

พื้นที่เขาลัก ตำบลคึกคัก อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงาตั้งอยู่ทางภาคใต้ฝั่งตะวันตกของประเทศไทยริมฝั่งมหาสมุทรอินเดีย ห่างจากกรุงเทพมหานคร 765 กิโลเมตร มีเนื้อที่ทั้งหมด 4,099 ตารางกิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อบริเวณใกล้เคียงดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับจังหวัดระนอง

ทิศใต้ ติดต่อกับจังหวัดภูเก็ต

ทิศตะวันออก ติดต่อกับจังหวัดกระบี่ และสุราษฎร์ธานี

ทิศตะวันตก ติดต่อกับมหาสมุทรอินเดีย

การเข้าถึงพื้นที่: จากกรุงเทพมหานครเดินทางไปทางทิศตะวันตกตามทางหลวงหมายเลข 35 สายธนบุรี-ปากท่อ เลี้ยวซ้ายที่ทางแยกต่างระดับวังมะนาว อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี เข้าทางหลวงหมายเลข 4 ถนนเพชรเกษม เลี้ยวขวาที่ทางแยกชะอำ จังหวัดเพชรบุรี เข้าสู่ทางหลวงหมายเลข 37 เส้นทางจะมารวมกับทางหลวงหมายเลข 4 อีกครั้งบริเวณแยกหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จากนั้นตรงไปทางตรงเข้าทางหลวงหมายเลข 41 ที่แยกปฐมพร ตำบลบ้านนา อำเภอเมืองชุมพร แล้วเลี้ยวขวาเข้าทางหลวงหมายเลข 4006 ที่ตำบลวังตะกอก อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร จากนั้นเลี้ยวซ้ายเข้าทางหลวงหมายเลข 4 ที่ตำบลราษกรุด อำเภอเมืองระนอง แล้วตรงไปตามทางหลวงหมายเลข 4 จะถึงพื้นที่ศึกษาหลัก ตำบลคึกคัก อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา

3.1.2 ลักษณะภูมิประเทศและสัณฐานธรณีสัณฐาน ภูมิอากาศ อุณหภูมิ ฤดูกาล ระดับน้ำฝน

ลักษณะภูมิประเทศและสัณฐานธรณีสัณฐานของจังหวัดกระบี่

ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปประกอบด้วย ที่ราบ ที่ราบชายฝั่งทะเล เขาโดด หรือเนินเตี้ย ๆ และทิวเขาสูง

บริเวณที่ราบลุ่ม ได้แก่ พื้นที่ทางตอนกลางถึงตอนล่างทางด้านตะวันตก และช่วงกลางตอนบนของจังหวัดครอบคลุมพื้นที่ด้านตะวันตกของอำเภอคลองท่อม ตอนกลางของอำเภอเหนือคลอง และอำเภอเมือง ตอนบนของอำเภออ่าวลึก และบางส่วนทางทิศใต้ของอำเภอปลายพระยา สามารถแบ่งได้เป็น

1. ที่ราบลุ่มน้ำหลาก คือพื้นที่ตามบริเวณริมฝั่งแม่น้ำลำคลองสายต่าง ๆ

2. ที่ราบตะกอนเชิงเขา เกิดจากการกัดเซาะของทางน้ำจนมีลักษณะเป็นที่ราบ พบตามบริเวณเชิงเขาที่มีการผุพังอย่างรุนแรง มีความสูงเฉลี่ยจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 10-30 เมตร

3. ที่ราบชายฝั่งทะเล เป็นป่าชายเลนและสันทรายชายหาด

บริเวณเขาโดดหรือเนินเขาเตี้ย ๆ เป็นพื้นที่ซึ่งกระจายอยู่ทั่วไป บริเวณเขาโดดที่สำคัญ ได้แก่ บริเวณตอนกลางและฝั่งตะวันตกของอำเภออ่าวลึก ส่วนเนินเขาเตี้ย ๆ นั้น มีเกือบทุกอำเภอ แต่ส่วนใหญ่จะอยู่ที่อำเภอลำทับ อำเภอเขาพนม อำเภอเหนือคลองตอนบน และอำเภอคลองท่อมตอนบน มีระดับความสูงอยู่ในช่วง 10-100 เมตร บางบริเวณมีความสูงถึง 200-250 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง

บริเวณทิวเขาสูง แบ่งออกเป็น 4 บริเวณ ด้วยกันคือ

1. บริเวณรอยต่อระหว่างจังหวัดกระบี่ และจังหวัดพังงา บริเวณทิศตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอปลายพระยา

2. บริเวณตอนกลางของจังหวัดกระบี่ขึ้นเหนือเข้าไปยังจังหวัดสุราษฎร์ธานีได้แก่ เทือกเขาพนม

3. บริเวณด้านทิศตะวันออกถึงตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัด

4. บริเวณตอนใต้ของจังหวัด อันได้แก่บริเวณเกาะลันตาใหญ่ ยอดเขาสูงสุดมีความสูงประมาณ 820 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง

ฤดูกาล

ฤดูกาลของจังหวัดกระบี่พิจารณาตามลักษณะลมฟ้าอากาศของประเทศไทยออกได้เป็น 3 ฤดูคือ ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ระยะเวลาเป็นช่วงว่างของฤดูมรสุม จะมีลมจากทิศตะวันออกเฉียงใต้พัดปกคลุม ทำให้มีอากาศร้อนอบอ้าวทั่วไป เดือนมีนาคมเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนที่สุด

ฤดูฝนเริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม จะมีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทยและร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านภาคใต้เป็นระยะ ๆ อีกด้วย จึงทำให้มีฝนตกมากตลอดฤดูฝน เดือนกรกฎาคมเป็นเดือนที่มีฝนตกมากที่สุด

ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จะมีลมเย็นและแห้งจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่าน ทำให้มีอากาศเย็นทั่วไป แต่จังหวัดกระบี่อยู่ใกล้ทะเล อุณหภูมิจะลดลงเพียงเล็กน้อย อากาศจึงไม่หนาวเย็นมากนัก และตามชายฝั่งมีฝนตกทั่วไป

ลักษณะอากาศทั่วไป

เนื่องจากจังหวัดกระบี่เป็นจังหวัดที่อยู่ใกล้ทะเล อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก และมีฝนตกชุกในฤดูฝน เพราะอยู่ทางด้านรับลม จึงได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งพัดผ่านมหาสมุทรอินเดียอย่างเต็มที่ ส่วนฤดูหนาวอากาศไม่หนาวจัด เพราะอยู่ไกลจากอิทธิพลของอากาศหนาวพอสมควรและบางครั้งอาจมีฝนตกได้ เนื่องจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดผ่านอ่าวไทยพาเอาฝนมาตก แต่มีปริมาณน้อยกว่าจังหวัดที่อยู่ทางด้านตะวันออกของภาคใต้

อุณหภูมิ

จังหวัดกระบี่อยู่ใกล้ทะเล ฤดูร้อนจึงไม่ร้อนมาก ส่วนฤดูหนาวไม่ถึงกับหนาวจัด อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 28.3 °ซ. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 31.7 °ซ. อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 24.6 °ซ. เคยตรวจอุณหภูมิสูงที่สุดได้ 37.3 °ซ เมื่อวันที่ 18 เมษายน 2526 เดือนที่มีอากาศหนาวที่สุดคือเดือนธันวาคมและมกราคม เคยตรวจอุณหภูมิต่ำที่สุดได้ 20.8 °ซ. เมื่อวันที่ 11 มีนาคม 2527

ความชื้นสัมพัทธ์

จังหวัดกระบี่จะมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในเกณฑ์สูง เพราะได้รับอิทธิพลจากมรสุมทั้งสองฤดูและภูมิประเทศอยู่ใกล้ทะเลมีกระแสลมพัดผ่านตลอดเวลา ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีประมาณ 78 % ความชื้น

สัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ย 90 % ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ย 67 % ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดเคยตรวจได้ 27 % ในเดือนเมษายน

ฝน

เนื่องจากจังหวัดกระบี่อยู่ทางด้านฝั่งตะวันตกของภาคใต้ซึ่งรับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ได้อย่างเต็มที่ในฤดูฝนจึงทำให้มีฝนตกมากในฤดูฝน ส่วนในฤดูแล้งมีฝนตกน้อย เพราะถูกทิวเขาทางด้านตะวันออกของภาคใต้ปิดกั้นทางลมไว้ ปริมาณฝนเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 2,142.3 มิลลิเมตร ฝนตกประมาณ 147 วัน เดือนที่มีฝนตกมากที่สุดคือเดือนกรกฎาคม มีฝนเฉลี่ย 437.9 มิลลิเมตร ฝนตกประมาณ 21 วัน ฝนสูงสุดใน 24 ชั่วโมง เคยตรวจได้ 167.8 มิลลิเมตร เมื่อวันที่ 8 ตุลาคม 2527

ลม

จังหวัดกระบี่มีลมพัดผ่านประจำตลอดปีดังนี้ ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคมจะเป็นลมทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ความเร็วลมเฉลี่ย 6 - 11 กม./ชม. เดือนเมษายนถึงตุลาคมเป็นลมทิศตะวันตก ความเร็วลมเฉลี่ย 7 - 11 กม./ชม. กำลังลมสูงที่สุดที่เคยตรวจได้มีดังนี้ ฤดูหนาวเคยตรวจลมสูงที่สุดได้ 39 กม./ชม. เป็นลมทิศตะวันออกเฉียงเหนือในเดือนมกราคม ฤดูร้อนเคยตรวจลมสูงที่สุดได้ 39 กม./ชม. เป็นลมทิศตะวันตกในเดือนเมษายน ส่วนฤดูฝนเคยตรวจลมสูงที่สุดได้ 65 กม./ชม. เป็นลมทิศตะวันตกค่อยไปทางเหนือเล็กน้อยในเดือนมิถุนายน

ลักษณะภูมิประเทศและสัณฐานธรณีสัณฐานวิทยาของจังหวัดพังงา

ภูมิประเทศ

ภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ราบต่ำเหมาะแก่การกสิกรรม พื้นที่ส่วนมากเป็นดินปนทราย ภูเขา มีน้อย และไม่ค่อยสำคัญ มีแม่น้ำพังงา แม่น้ำสายบุรี แม่น้ำยะหริ่ง และแม่น้ำหนองจิกไหลผ่าน พลเมืองส่วนมากเป็นไทยอิสลาม อาชีพลัทธิทำนา ทำสวนยางพารา สวนมะพร้าว สวนผลไม้ ทำเหมืองแร่ ทำนาเกลือ เลี้ยงสัตว์และทำการประมง

ภูมิประเทศของจังหวัดพังงา ประกอบด้วยภูเขาสลับซับซ้อน มีที่ราบตามชายฝั่งทะเลที่ราบหุบเขา มีชายฝั่งทะเลยาว 240 กิโลเมตร ตลอดแนวด้านตะวันตกมีเกาะแก่งประมาณ 105 เกาะ มีแม่น้ำลำคลอง และลำธารหลายสายกระจายอยู่ในเขตอำเภอต่าง ๆ พื้นที่มีลักษณะเป็นรูปยาวรีวางตัวตามแนวทิศเหนือ-ใต้ มีความยาวประมาณ 113 กิโลเมตร มีความกว้างจากทิศตะวันออก - ตะวันตก ทางตอนเหนือของจังหวัดประมาณ 25 กิโลเมตร และตอนใต้ ประมาณ 50 กิโลเมตร มีลักษณะภูมิประเทศดังนี้

บริเวณเทือกเขาและที่ราบสูงทางด้านตะวันออก บริเวณนี้ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดมีลักษณะเป็นกลุ่มภูเขาน้อยใหญ่จำนวนมาก ที่วางตัวสลับซับซ้อน ทอดตัวยาวตามแนวเหนือ - ใต้

มีเทือกเขาที่สำคัญคือเทือกเขาภูเก็ตซึ่งเป็นเทือกเขาที่ต่อเนื่องมาจากเทือกเขาตะนาวศรี มีความสูง 200 ถึง 1,050 เมตร จากระดับน้ำทะเล แนวสันเขานี้ใช้เป็นเส้นแบ่งเขตการปกครองระหว่างจังหวัดพังงากับ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดกระบี่ บริเวณพื้นที่อำเภอเมืองฯ อำเภอทับปุด และบางส่วนของอำเภอกะปง

บริเวณที่ราบเชิงเขาตอนกลาง บริเวณตอนกลางของพื้นที่ตามแนวเหนือ-ใต้ มีลักษณะภูมิประเทศแบบที่ราบเชิงเขา พื้นที่ส่วนใหญ่มีความสูงประมาณ 20 – 120 เมตร จากระดับน้ำทะเล ได้แก่ พื้นที่ในเขตอำเภอเมืองฯ อำเภอตะกั่วป่า และอำเภอท้ายเหมือง

บริเวณที่ราบชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกและด้านใต้ เป็นที่ราบแคบ ๆ ตลอดแนวชายฝั่งทะเลยาวประมาณ 240 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ชายฝั่งทะเลของอำเภอกระบี่ อำเภอตะกั่วป่า อำเภอท้ายเหมือง อำเภอตะกั่วทุ่ง อำเภอเมืองฯ และอำเภอทับปุด

บริเวณที่ราบดินตะกอนลำนํ้า ได้แก่ บริเวณสองฝั่งคลองคึกคักและแม่น้ำตะกั่วป่าในเขตอำเภอตะกั่วป่า คลองวังทัง คลองห้วยทราย และคลองนาแฝก ในเขตอำเภอท้ายเหมือง คลองหล่อลุง คลองวัดเขา และคลองหินเขาในเขตอำเภอตะกั่วทุ่ง และแม่น้ำพังงาในเขตอำเภอเมือง ฯ

บริเวณเกาะนอกฝั่งทะเล จังหวัดพังงามีเกาะใหญ่น้อยประมาณ 105 เกาะ เกาะเหล่านี้เกิดจากการจมตัวของฝั่งทะเลในอดีต ส่วนใหญ่อยู่ในเขตพื้นที่อำเภอตะกั่วป่า อำเภอตะกั่วทุ่ง อำเภอกระบี่ และอำเภอเกาะยาว

ฤดูกาล

ฤดูกาลของจังหวัดพังงาพิจารณาตามลักษณะของลมฟ้าอากาศของประเทศไทยออกได้เป็น 3 ฤดู คือ

ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ระยะเวลาเป็นช่วงว่างของฤดูมรสุม จะมีลมจากทิศตะวันออกเฉียงใต้พัดปกคลุม ทำให้มีอากาศร้อนอบอ้าวทั่วไป เดือนที่มีอากาศร้อนที่สุดคือเดือนเมษายน

ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย และมีร่องความกดอากาศต่ำปกคลุมภาคใต้เป็นระยะ ๆ อีกด้วย จึงทำให้มีฝนตกมากตลอดฤดู และเดือนกันยายนจะมีฝนตกมากที่สุด

ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จะมีลมเย็นและแห้งจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่าน ทำให้มีอากาศเย็นทั่วไป แต่เนื่องจากจังหวัดพังงาอยู่ใกล้ทะเล อุณหภูมิจะลดลงเพียงเล็กน้อยอากาศจึงไม่สู้หนาวเย็นมากนัก และตามชายฝั่งมีฝนตกทั่วไปแต่มีปริมาณไม่มาก

ลักษณะอากาศทั่วไป

อุณหภูมิ

จังหวัดพังงาอยู่ใกล้ทะเล ฤดูร้อนจึงไม่ร้อนมาก ส่วนฤดูหนาวไม่ถึงกับหนาวจัด อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 27.2 °ซ. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 31.7 °ซ. อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22.9 °ซ. เดือนที่มีอากาศร้อนอบอ้าวที่สุดคือเดือนมีนาคม เคยตรวจอุณหภูมิสูงที่สุดได้ 37.1 °ซ. เมื่อวันที่ 16 มีนาคม 2525 เดือนที่มีอากาศหนาวที่สุดคือเดือนมกราคม เคยตรวจอุณหภูมิต่ำที่สุดได้ 16.0 °ซ. เมื่อวันที่ 14 มกราคม 2524

ความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นสัมพัทธ์สัมพันธ์กับมวลอากาศและอิทธิพลของลมมรสุมเป็นสำคัญ ตลอดทั้งปีของจังหวัดพังงาจะมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในเกณฑ์สูง เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากมรสุมทั้งสองฤดูและภูมิประเทศอยู่ใกล้ทะเลมีกระแสลมพัดผ่านตลอดเวลา ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีประมาณ 83 % ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ย 95% ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ย 68 % เคยตรวจความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดได้ 28 % ในเดือนมีนาคม

ปริมาณน้ำฝน

เนื่องจากพังงาอยู่ทางด้านฝั่งตะวันตกของภาคใต้ ซึ่งรับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้อย่างเต็มที่ในฤดูฝน จึงเป็นจังหวัดที่มีฝนอยู่ในเกณฑ์ดีมากเมื่อเทียบกับจังหวัดอื่น ๆ ในภาคเดียวกัน ส่วนในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีฝนตกน้อย เพราะถูกทิวเขาทางด้านตะวันออกของภาคใต้ปิดกั้นลมไว้ ปริมาณฝนเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 3,607.6 มิลลิเมตร มีฝนตกประมาณ 199 วัน เดือนที่มีฝนตกมากที่สุดคือเดือนกันยายน ฝนตกประมาณ 26 วัน ฝนสูงสุดใน 24 ชั่วโมง เคยตรวจได้ 187.0 มิลลิเมตร เมื่อวันที่ 27 กันยายน 2520 จำนวนเมฆตลอดทั้งปีจะมีจำนวนเมฆเฉลี่ยประมาณ 5 ส่วนของจำนวนเมฆ 8 ส่วนในท้องฟ้า โดยในฤดูหนาวและฤดูร้อนจะมีเมฆประมาณ 3 - 4 ส่วน โดยฤดูฝนซึ่งมีอากาศชุ่มชื้นท้องฟ้าจะมีเมฆประมาณ 6 - 7 ส่วนหมอก ฟ้าหลัว และทัศนวิสัย

จังหวัดพังงามีหมอกเกิดมากที่สุดในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน ประมาณ 6 - 7 วัน ในวันที่เกิดหมอกทัศนวิสัยเห็นได้ไกลไม่เกิน 1 กิโลเมตร ส่วนฟ้าหลัวเกิดมากระหว่างเดือนมกราคมถึงเมษายน ประมาณ 9 - 18 วัน ในช่วงที่มีฟ้าหลัวทัศนวิสัยจะเห็นได้ไกลประมาณ 7 กิโลเมตร ทัศนวิสัยเฉลี่ยเวลา 07.00 น. จะเห็นได้ไกลประมาณ 10 กิโลเมตร และทัศนวิสัยเฉลี่ยตลอดวันประมาณ 11 กิโลเมตร

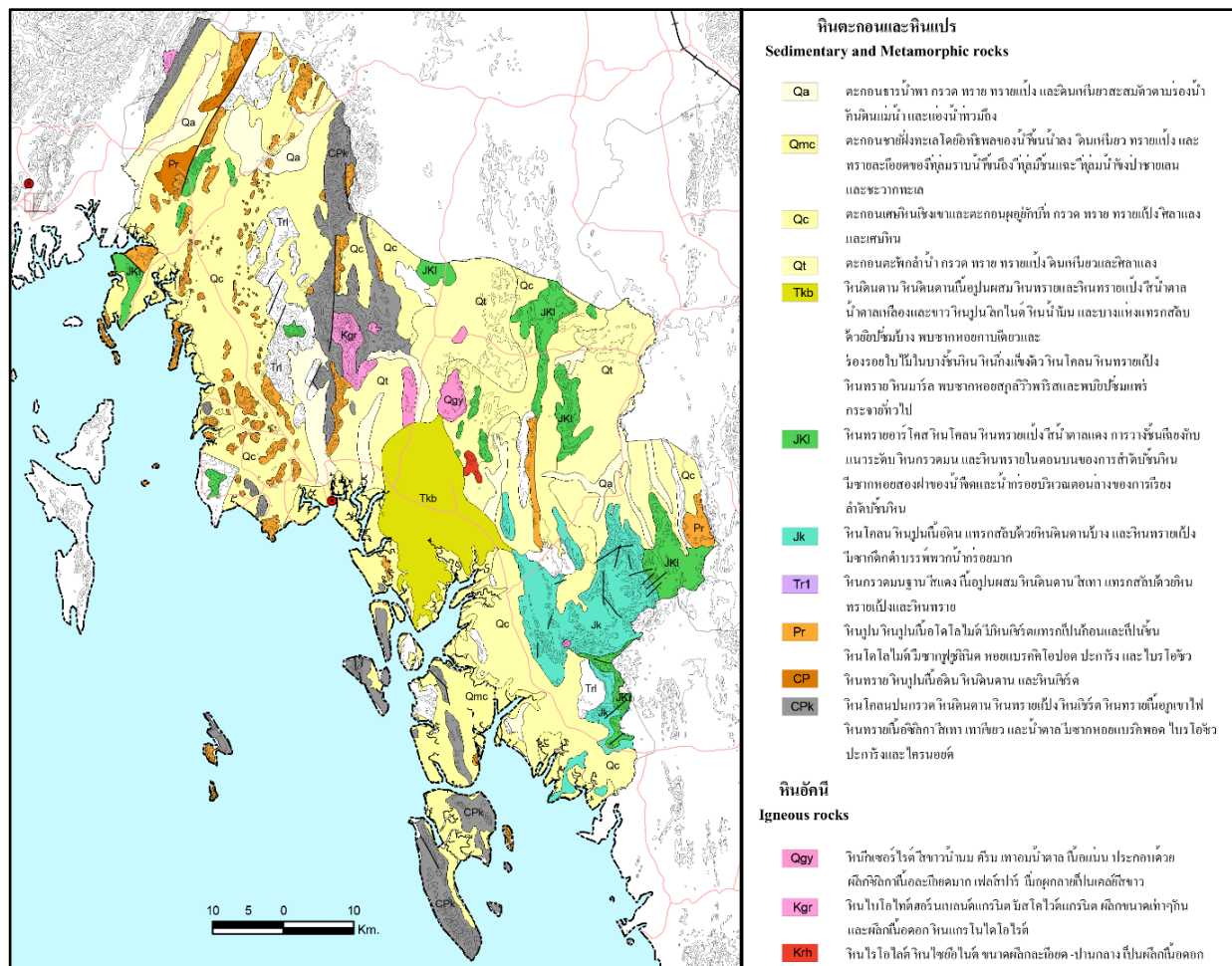
ลมและระดับน้ำขึ้น-ลง

จังหวัดพังงามีลมพัดผ่านประจำตลอดปีดังนี้ ระหว่างเดือนมกราคมถึงมีนาคม จะเป็นลมทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ความเร็วลมเฉลี่ย 4 - 6 กม./ชม. เดือนเมษายนถึงตุลาคมจะเป็นลมทิศตะวันตก ความเร็วลมเฉลี่ย 6 - 13 กม./ชม. เดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคมจะเป็นลมทิศตะวันออก ความเร็วลมเฉลี่ย 4 - 6 กม./ชม. และอิทธิพลน้ำทะเลที่กระบี่ คำนวณโดยกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ

(ปี 2559) ระดับน้ำทะเลสูงสุดเฉลี่ย 3.60 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลางและน้ำทะเลต่ำสุดเฉลี่ย 1.35 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

3.1.3 ธรณีวิทยาของพื้นที่

ข้อมูลธรณีวิทยาบริเวณจังหวัดกระบี่จากแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดกระบี่ มาตราส่วน 1:1,000,000 (รูปที่ 3.1) และข้อมูลจากเอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อเผยแพร่ความรู้ธรณีวิทยาทรัพยากรธรณีและธรณีพิบัติภัย ของกรมทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2555 พบว่าจังหวัดกระบี่ส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยตะกอนยุคควอเทอร์นารี ส่วนหินแข็งพบตามพื้นที่ภูเขา พื้นที่เนินเขา ดังรูป 3.1 โดยพบหินเรียงลำดับจากอายุแก่ไปอ่อนดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดกระบี่ (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

1) หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส – เพอร์เมียน ในกลุ่มหินอายุนี้ แบ่งได้เป็น (1) กลุ่มหินแก่กระเจาตอนล่าง (CPk) ประกอบด้วย หินโคลนปนกรวด หินดินดาน หินทรายแป้ง หินเชิร์ต หินทรายภูเขาไฟ หินทรายเนื้อซิลิกาสีเทา เทาเขียว และน้ำตาล มีซากหอยแบรคคิโอพอด ไบรโอซัว ปะการังและไครนอยด์ และ (2) กลุ่มหินแก่กระเจาตอนบน (CP) ประกอบด้วย หินทราย หินปูนเนื้อดิน หินดินดาน และหินเชิร์ต ซึ่งวางตัวอย่างต่อเนื่องกับหินยุคเพอร์เมียน

2) หินยุคเพอร์เมียน กลุ่มหินราชบุรี (Pr) ประกอบด้วย หินปูน หินปูนเนื้อโดโลไมต์ มีหินเชิร์ตแทรกเป็นก้อนและเป็นชั้น หินโดโลไมต์มีซากฟอสซิล หอยแบรคคิโอพอด ปะการัง และไบรโอซัว ส่วนมากแสดงลักษณะภูมิประเทศแบบคาสต์ (Karst)

3) หินยุคไทรแอสซิก หมวดหินไสบอน (Tr1) ประกอบด้วย หินกรวดมนฐานสีแดงเนื้อปูนผสม หินดินดานสีเทาแทรกสลับด้วยหินทรายแป้งและหินทราย

4) หินยุคจูแรสซิก – ครีเทเชียส Jk ประกอบด้วย หินโคลน หินปูนเนื้อดินแทรกสลับด้วยหินดินดานบ้าง และหินทรายแป้งมีซากดึกดำบรรพ์พวกน้ำกร่อย JKL ประกอบด้วย หินทรายอาร์โคส หินโคลน หินทรายแป้งสีน้ำตาลแดง การวางชั้นเฉียงกับแนวระดับ หินกรวดมน และหินทรายในตอนบนของลำดับชั้นหิน มีซากหอยสองฝา น้ำจืดและน้ำกร่อยบริเวณตอนล่างของการเรียงลำดับชั้นหิน

5) หินยุคเทอร์เชียรีกลุ่มหินกระบี่ (Tkb) หินดินดาน หินดินดานเนื้อปูนผสม หินทราย และหินทรายแป้งสีน้ำตาล น้ำตาลเหลืองและขาว หินปูน ลิกไนต์ หินน้ำมัน และบางแห่งแทรกสลับด้วยยิปซัมบ้าง พบหอยกาบเดียวและร่องรอยใบไม้ในบางชั้นหิน หินกึ่งแข็งตัว หินโคลน หินทรายแป้ง หินทราย หินมาร์ล พบซากหอยสกุลวิวิพารัสและยิปซัมแพร่กระจายทั่วไป

หินอัคนี (Igneous rocks) ประกอบด้วย

1) Granite (Kgr) หินไบโอไทต์ฮอร์นเบลนด์แกรนิต มัสโคไวต์แกรนิต ผลึกขนาดเท่าๆกัน และผลึกเนื้อดอก หินแกรโนไดโอไรต์ อายุครีเทเชียส พบกระจายตัวบริเวณเขาพนม

2) Rhyolite (Krh) หินไรโอไรต์ หินไซยีนต์ ขนาดผลึกละเอียด – ปานกลาง เป็นผลึกเนื้อดอก อายุครีเทเชียส พบกระจายตัวบริเวณตะวันออกของอำเภอเหนือคลอง

3) Gyserite (Qgy) หินกิเซอร์ไรต์ เป็นหินที่เกิดจากการสะสมตัวใหม่จากแร่ซิลิกา มีสีขาวนํ้านม ครีมเทาอมน้ำตาล เนื้อแน่น ประกอบด้วย ผลึกซิลิกาเนื้อละเอียดมาก เฟลสปาร์ เมื่อผุกลายเป็นเคลย์สีขาว อายุควอเทอร์นารี พบกระจายตัวบริเวณตะวันออกของเขาพนม

ตะกอนร่วนที่ยังไม่แข็งตัวยุคควอเทอร์นารี เกิดจากขบวนการผุพัง ทำลาย แล้วมาสะสมตัวโดยตัวกลางที่แตกต่างกัน เช่น ทางน้ำ คลื่น กระแสน้ำขึ้น-ลง เป็นต้น ตะกอนร่วนแบ่งได้ดังนี้

1) Qt ตะกอนตะกัปลำน้ำ กรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเหนียวและศิลาแลง

2) Qc ตะกอนเศษหินเชิงเขาและตะกอนฝังอยู่กับที่ กรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเหนียว และศิลาแลง และเศษหิน

3) Qmc ตะกอนชายฝั่งทะเลโดยอิทธิพลของน้ำขึ้น-ลง ดินเหนียว ทรายแป้ง และทรายละเอียดของที่ราบน้ำขึ้นถึง ที่ลุ่มชื้นแฉะ ที่ลุ่มน้ำขังป่าชายเลน และชะวากทะเล

4) Qa ตะกอนธารน้ำพา กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวสะสมตัวตามร่องน้ำ คันดินแม่น้ำ และแอ่งน้ำท่วม

3.2 การสำรวจภาคสนาม

คณะวิจัยได้ออกภาคสนามเพื่อเก็บข้อมูลเชิงลึก เพื่อหาการกระจายตัวของตะกอนสีนามิปี 2547 และการลำดับชั้นของตะกอนสีนามิโบราณ และการให้ได้มาซึ่งหลักฐานการคงไว้ (Preservation) ของตะกอนสีนามิปี 2547 ซึ่งทางทีมวิจัยได้ทำการออกภาคสนาม โดยมีพื้นที่สำรวจแบ่งเป็นสองพื้นที่คือ

3.2.1. ชายฝั่งจังหวัดกระบี่

เพื่อสำรวจและเก็บตัวอย่างตะกอนสีนามิปี 2547 และสำรวจหาหลักฐานตะกอนสีนามิและ/หรือตะกอนพายุโบราณ

ในการออกภาคสนามได้ใช้ข้อมูลแผนที่พื้นที่น้ำท่วมจากคลื่นสีนามิ (2004 Tsunami Inundation Map) ของจังหวัดกระบี่เป็นแนวทางในการสำรวจ โดยคณะวิจัยได้ทำการสำรวจระหว่างวันที่ 22 เดือนกันยายน 2558 ถึงวันที่ 22 เดือนพฤศจิกายน 2558 ซึ่งในการสำรวจได้ใช้แท่งเจาะตะกอนเจาะสำรวจก่อน โดยถ้าพบตะกอนสีนามิก็ทำการขุดหลุมกว้างประมาณ 1 เมตร ความลึกขึ้นอยู่กับชั้นตะกอนที่พบว่ามีความหนาเท่าใด ถ้าพบตะกอนสีนามิก็จะเก็บตัวอย่างทุก ๆ ความลึก 1 เซนติเมตร

ส่วนหลักฐานของเหตุการณ์สีนามิ/พายุโบราณนั้น ได้สำรวจหาปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ (Coral boulders) ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการสะสมตัวก้อนหินมนใหญ่ สามารถบ่งบอกถึงการพัฒนาของสีนามิหรือพายุได้ เมื่อพิจารณาฐานของชายฝั่งจังหวัดกระบี่ ได้เน้นศึกษาในพื้นที่ที่เป็นแหลมที่ประกอบด้วยหินที่ไม่ใช่หินปูน และบริเวณนอกชายฝั่งคาดว่าจะมีพีตปะการังอยู่ แล้วจึงทำการสำรวจก้อนหินมนใหญ่ และทำการเก็บข้อมูลดังนี้

1) บันทึกตำแหน่งที่พบ

2) บันทึกเวลาทำการสำรวจ

3) วัดขนาดแกน a, b และ c โดยทั้ง 3 แกนต้องตั้งฉากซึ่งกันและกัน

แกน a คือ แกนที่ยาวสุด

แกน b คือ แกนที่ยาวรองลงมา

แกน c คือ แกนที่สั้นสุด

4) ระยะห่างจากชายหาด

5) ความชันของชายหาด

3.2.2 ชายฝั่งจังหวัดพังงา

เพื่อศึกษาการกระจายตัวและการสะสมของตะกอนชายฝั่งที่พัดพามาโดยคลื่นสึนามิปี 2547 และเก็บตัวอย่างตะกอนสึนามิปี 2547 ในบริเวณพื้นที่ที่เป็นแอ่ง (ขุมเหมืองเก่า) และเพื่อดูการสะสมของตะกอนสึนามิปี 2547

โดยในระหว่างวันที่ 25-30 ธันวาคม 2558 และ 1-12 กุมภาพันธ์ 2559 ทางทีมวิจัยได้ทำการออกภาคสนามพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดพังงาเพื่อศึกษาการกระจายตัวและการสะสมของตะกอนชายฝั่งที่พัดพามาโดยคลื่นสึนามิปี 2547 และเก็บตัวอย่างตะกอนสึนามิปี 2547 ในบริเวณพื้นที่ที่เป็นแอ่ง (ขุมเหมืองเก่า) บริเวณจังหวัดพังงา เพื่อดูการสะสมของตะกอนสึนามิปี 2547

ข้อมูลเบื้องต้นของจุดสำรวจแสดงไว้ในตารางจุดสำรวจพื้นที่แอ่ง (ขุมเหมืองเก่า) โดยทีมวิจัยได้ทำการสำรวจในเบื้องต้นก่อน พร้อมทั้งได้ทำการสัมภาษณ์ประชาชนในพื้นที่ เพื่อให้แน่ใจว่าแอ่งเหล่านี้อยู่ในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากสึนามิ ปี 2547 และได้มีการเข้ามาขุดลอกแอ่งหลังจากเหตุการณ์สึนามิหรือไม่ เพราะจะเป็นการทำลายตะกอนสึนามิที่ตกสะสมในบริเวณนั้น ตำแหน่งจุดสำรวจแสดงในรายละเอียดของจุดสำรวจแสดงในตารางที่ 3.1 และภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth แสดงไว้ในรูปที่ 3.1-3.9

3.3 การเก็บตัวอย่างตะกอน

หลังจากการสำรวจเบื้องต้น ทีมวิจัยเลือกทำการศึกษาและเก็บข้อมูลเชิงลึก พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างในแอ่ง 27-ST08 ทั้ง 2 แอ่ง และแอ่งที่อยู่ทางด้านใต้ของแอ่ง 26-ST04 (ตำแหน่งแสดงในรูปที่ 3.3) โดยได้ทำการสำรวจความลึกของแอ่งและลักษณะพื้นผิวก้นแอ่งโดยใช้ Echo sounder และได้ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนในแอ่งโดยใช้ Russian Core และ Gravity Core จำนวนทั้งหมด 5 หลุม (ความยาวรวม 13 เมตร) รูปที่ 3.10.-3.22 แสดงให้เห็นแท่งตะกอนทั้งหมด 3 หลุมที่ทำการเก็บด้วยวิธี Russian Core ส่วนแท่งตะกอนที่เก็บด้วยวิธี Gravity Core จะต้องทำการตัดทอนในห้องปฏิบัติการและทำการศึกษาในรายละเอียดต่อไป โดยรายละเอียดของการเก็บตัวอย่างตะกอนในแต่ละวิธีมีดังนี้

3.3.1 การเก็บตัวอย่างตะกอนโดยใช้วิธี Russian Core

การเก็บตัวอย่างตะกอนโดยใช้วิธี Russian Core จะเก็บในกรณีที่ตัวอย่างอยู่ที่ผิวดินหรืออยู่ในน้ำไม่ลึกเกินไป เนื่องจาก Russian Core อาศัยการหมุนก้านเจาะด้วยมือและก้านเจาะแต่ละก้านมีความยาว 1 เมตร สามารถต่อกันเจาะได้ 4 ก้าน ดังนั้นในกรณีที่ตัวอย่างอยู่ในน้ำที่ลึกเกิน 5 เมตรจะไม่

สามารถทำการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีนี้ได้ ส่วนอีกกรณีหนึ่งที่ไม่สามารถใช้ Russian Core เจาะได้คือเมื่อตัวอย่างมีทรายเป็นองค์ประกอบในปริมาณที่มาก ไม่มีตะกอนดิน ชั้นดิน หรือชั้นซากพืชมาคั่นไว้ ทำให้เวลาที่เจาะด้วย Russian Core ตะกอนทราย (ผสมกับน้ำ) จะไหลออกมาตรงปลายของก้านเจาะ

3.3.2 การเก็บตัวอย่างตะกอนโดยใช้วิธี Gravity Core

การเก็บตัวอย่างตะกอนโดยใช้วิธี Gravity Core จะเก็บตัวอย่างโดยใช้หลอดพลาสติกเก็บตัวอย่าง ความยาว 1-2 เมตร และตรงส่วนปลายของเครื่องมืออาจจะมีการต่อด้วยลูกเหล็กเพื่อเพิ่มน้ำหนักในการกดให้หลอดลงไปในตะกอน เครื่องมือนี้มักจะใช้เก็บตะกอนก้นทะเลสาบ หรือทะเลที่มีความลึกไม่มาก (น้อยกว่า 20 เมตร) โดยจะทำการหย่อนเครื่องมือลงไปในน้ำ แรงโน้มถ่วงและน้ำหนักจะเป็นตัวกดให้หลอดเก็บตัวอย่างลงไปในพื้นที่ตะกอน เมื่อทำการกระตุกปลายเชือก จะทำให้เกิดสุญญากาศขึ้นมาในหลอดตัวอย่าง เมื่อทำการดึงอุปกรณ์พร้อมหลอดขึ้นมา ตัวอย่างที่อยู่ในตะกอนจะไหลออกมา ดังนั้น เครื่องมือชนิดนี้สามารถใช้เก็บตัวอย่างที่มีทรายเป็นชั้นหนาได้

ทั้งนี้ จากรูปที่ 3.10, 3.16, และ 3.22 จะเห็นได้ว่าตะกอนทรายสีนํ้ามพิ.ศ. 2547 มีความหนาประมาณ 15, 40 และ 20 เซนติเมตร ในหลุมที่ 16/01, 16/02 และ 16/03 ตามลำดับ และตะกอนทรายเหล่านี้ล้วนมีตะกอนละเอียด (Clay) ปิดทับอยู่ประมาณ 5-20 เซนติเมตร ซึ่งบ่งบอกศักยภาพที่ดีในการเก็บรักษาคงไว้ (Preserve) ของตะกอนสีนํ้ามพิ.ศ. 2547 ในสภาพแวดล้อมแบบแอ่ง (ขุมเหมืองเก่า) ตะกอนสีนํ้าม พ.ศ. 2547 แสดงลักษณะการเรียงขนาดตะกอน (Fining upward) ชัดเจน และตรงฐานยังแสดงลักษณะการ Erode ตะกอนเดิม

จากการเจาะเก็บตะกอนด้วยวิธี Russian Core ทำให้ทราบว่าตะกอนในแอ่งเหล่านี้ก่อนที่จะมีการท่วมเข้ามาของเหตุการณ์สีนํ้ามปีพ.ศ. 2547 นั้นเป็นพวกตะกอนละเอียด (Clay, Mud) และมีตะกอนทรายแป้งและทรายละเอียดแทรกบ้างในบางชั้น ตะกอนละเอียดเหล่านี้หนาถึง 3 เมตร (ณ จุดที่สามารถเจาะเก็บตัวอย่างได้ ทั้งนี้ตะกอนอาจจะหนามากกว่านี้ แต่ด้วยข้อจำกัดเรื่องระดับน้ำในแอ่งที่สูง (4-8 เมตร) และอุปกรณ์การเจาะ เช่นก้านเจาะและเรือที่ใช้ในการออกไปเจาะ ทำให้ไม่สามารถเก็บตะกอนได้ลึกกว่านี้) ซึ่งตะกอนทั้งหมดนี้สะท้อนให้เห็นถึงกิจกรรมการทำเหมืองในพื้นที่นี้ซึ่งจากการสัมภาษณ์ประชาชนในพื้นที่ทราบว่าดำเนินไปเป็นระยะเวลา 30-50 ปี ก่อนที่จะมีการหยุดทำเหมืองเมื่อประมาณ 30 ปีที่แล้ว

ตารางที่ 3.1 แสดงจุดสำรวจพื้นที่แอ่ง (ชุมเหืองเก่า)

Station	Location	Grid UTM Reference	ชุมเหือง? (Y=yes, N=no)	สันามิ 47 ท่วมเข้ามาถึง? (Y=yes, N=no)	มีการขุดลอก หลังสันามิ 47? (Y=yes, N=no)	ความลึก โดยประมาณ	หมายเหตุ	น่าสนใจ? (1 = not interest, 2 = low interest, 3 = high interest)	Picture(s)
26-ST01	หนองกก (หลังวัดคึกคัก)	47P 0417892 0962357	Y	Y	Y	Deep	- วัดคึกคัก - Tsunami 2004 ended at this weir - ตะกอนถูกขุดมาถมที่ดิน วัดหมดแล้ว	1	2518-2519
26-ST02 ทางตะวันออก ของถนน	แอ่งน้ำ บริเวณทางเข้า โรงแรม Memory Beach Bar	47P 0416925 0963533	N	Y	N	-	- May have a potential (?)	3	2390-
26-ST03 ทางตะวันตกของ ถนน	แอ่งน้ำ บริเวณทางเข้า โรงแรม Memory Beach Bar	47P 0416906 0963459	Y	Y	Y	-	- May have a potential (?)	3	2394-2397
26-ST04 ทางตะวันออก ของถนน	แอ่งน้ำเล็กๆ บริเวณ ทางเข้าโรงแรม Memory Beach Bar	47P 0476285 0963619	N (?)	Y	N	-	- A small pond sized 3x10 m	2	2398-2399
26-ST05 ทางตะวันออก ของถนน	แอ่งน้ำเล็กๆ	47P 0416190 0963790	N	Y	N (?)	-	- May have a potential (?) - sized 5x10 m	3	2401-2402
26-ST06	แอ่งน้ำ	47P 0416002 0963787	N	Y	Y	deep	- May have a potential (?)	3	2405-2411
26-ST07	บึงใหญ่	47P 0417141 0963714	Y	Y	Y	deep	- There's a swamp to the South	1	2427-2431

Station	Location	Grid UTM Reference	ชุมเหือง? (Y=yes, N=no)	สินามิ 47 ท่วมเข้ามาถึง? (Y=yes, N=no)	มีการขุดลอก หลังสินามิ 47? (Y=yes, N=no)	ความลึก โดยประมาณ	หมายเหตุ	น่าสนใจ? (1 = not interest, 2 = low interest, 3 = high interest)	Picture(s)
26-ST08	แอ่งน้ำ	47P 0417309 0963364	Y	Y	(?)			1	2433-2438
26-ST09	ชุมเหืองเก่า	47P 0417423 0964278	Y	Y	N		- May have a potential (?)	3	2442-2445
26-ST10	ชุมเหืองเก่า	47P 0417423 0964278	Y	Y					2446-2449
26-ST11	บ่อน้ำ		Y	Y					2452-2454
26-ST12	ชุมเหืองเก่าของ โรงแรม White Sand Beach Resort		Y		N			3	
27-ST01	แอ่งน้ำ บริเวณอุทยาน แห่งชาติเขาหลัก	47P 0416466 0952268	Y	Y	N (?)	Shallow (5 m)	- There's a swamp to the East	2	2488-2496
27-ST02	ร้านอาหาร เขาหลัก Seafood	47P 0417478 0961095	Y	Y	N	-	- Tsunami 2004 ended by this pond - Tsunami water level in this area was about 1.5 m high - There's a shrimp farm and mangrove forest in the area → High bioturbation	2	2497-2503
27-ST03		47P 0416997 0962792	Y	Y	N (?)	-		2	

Station	Location	Grid UTM Reference	ชุมเหือง? (Y=yes, N=no)	สันนามี 47 ท่วมเข้ามาถึง? (Y=yes, N=no)	มีการขุดลอก หลังสันนามี 47? (Y=yes, N=no)	ความลึก โดยประมาณ	หมายเหตุ	น่าสนใจ? (1 = not interest, 2 = low interest, 3 = high interest)	Picture(s)
27ST04			Y	Y	Y	-		1	
27ST05			Y	Y	Y	Deep		1	
27-ST06			Y	Y	N	Shallow (4 m)	- Tsunami 2004 ended by this pond - หยุดทำเหมือง 35 ปีที่ ผ่านมา	3	
27-ST07			Y	Y	N	-	- หยุดทำเหมือง 30 ปีที่ ผ่านมา - Area owned by some hotel nearby	3	2506-2507
27-ST08			Y	Y	(?)				2520-2522
27-ST09			Y	Y	N		- หยุดทำเหมืองเมื่อ 47 ปีที่ ผ่านมา	2	2524
27-ST10			Y	Y	N	Shallow	- พื้นที่ของกรมพัฒนาที่ดิน	3	2528-2532
27-ST11			Y	y	N	Shallow (4-5 m)		3	-
27-ST12			Y	Y	Y	Deep (10 m)		2	2533-2534



รูปที่ 3.2 ภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth แสดงจุดสำรวจที่ 26-ST01 และ 27-ST07



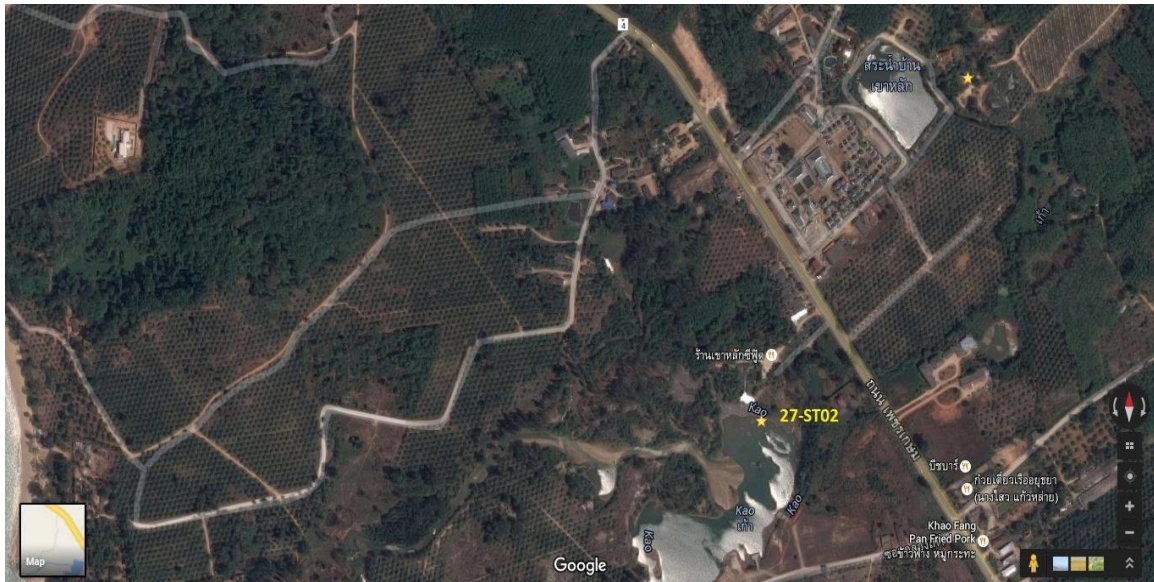
รูปที่ 3.3 ภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth แสดงจุดสำรวจที่ 26-ST02, 26-ST03, 26-ST04, 26-ST05, 26-ST06, 26-ST07, 26-ST08 และ 27-ST08



รูปที่ 3.4 ภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth แสดงจุดสำรวจที่ 26-ST09, 26-ST10, 26-ST11 และ 26-ST12



รูปที่ 3.5 ภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth แสดงจุดสำรวจที่ 27-ST01



รูปที่ 3.6 ภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth แสดงจุดสำรวจที่ 27-ST02



รูปที่ 3.7 ภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth แสดงจุดสำรวจที่ 27-ST03



รูปที่ 3.8 ภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth แสดงจุดสำรวจที่ 27-ST04 และ 27-ST06



รูปที่ 3.9 ภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth แสดงจุดสำรวจที่ 27-ST09, 27-ST10 และ 27-ST11



รูปที่ 3.10 แท่งตะกอนจาก Russian Core ของหลุมที่ 16/01 ที่ความลึก 0-1 เมตร



รูปที่ 3.11 แท่งตะกอนจาก Russian Core ของหลุมที่ 16/01 ที่ความลึก 0.5-1.5 เมตร



รูปที่ 3.12 แท่งตะกอนจาก Russian Core ของหลุมที่ 16/01 ที่ความลึก 1-2 เมตร



รูปที่ 3.13 แท่งตะกอนจาก Russian Core ของหลุมที่ 16/01 ที่ความลึก 1.5-2.5 เมตร



รูปที่ 3.14 แท่งตะกอนจาก Russian Core ของหลุมที่ 16/01 ที่ความลึก 2-3 เมตร



รูปที่ 3.15 แท่งตะกอนจาก Russian Core ของหลุมที่ 16/01 ที่ความลึก 2.5-3.5 เมตร



รูปที่ 3.16 แท่งตะกอนจาก Russian Core ของหลุมที่ 16/02 ที่ความลึก 0-1 เมตร



รูปที่ 3.17 แท่งตะกอนจาก Russian Core ของหลุมที่ 16/02 ที่ความลึก 0-1 เมตร (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง Core ใหญ่)



รูปที่ 3.18 แท่งตะกอนจาก Russian Core ของหลุมที่ 16/02 ที่ความลึก 0.5-1.5 เมตร



รูปที่ 3.19 แท่งตะกอนจาก Russian Core ของหลุมที่ 16/02 ที่ความลึก 1-2 เมตร



รูปที่ 3.20 แท่งตะกอนจาก Russian Core ของหลุมที่ 16/02 ที่ความลึก 1.5-2.5 เมตร



รูปที่ 3.21 แท่งตะกอนจาก Russian Core ของหลุมที่ 16/02 ที่ความลึก 2-3 เมตร



รูปที่ 3.22 แท่งตะกอนจาก Russian Core ของหลุมที่ 16/03 ที่ความลึก 0-1 เมตร

3.4 การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.4.1 วิเคราะห์ขนาดตะกอน

นำตะกอนสีนามิ 2547 ที่เก็บจากพื้นที่จังหวัดกระบี่ ทั้งหมด 25 ตัวอย่าง มาทำการแบ่งด้วยเครื่องแบ่งตะกอน ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำมาแช่ด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อกำจัดคาร์บอนเนต เช่น เปลือกหอย และต่อด้วยการแช่ตัวอย่างในไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อกำจัดอินทรีย์สาร เช่น รากไม้ เปลือกไม้ ใบไม้ หลังจากนั้นทำการล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น 2-3 รอบ จากนั้นนำไปวัดขนาดตะกอนด้วยเครื่อง Particle Size Analyzer รุ่น Mastersizer S แบบใช้น้ำปราศจากไอออน (DI) เป็นตัวกลางดังรูปที่ 3.23 กำหนดความเร็วปัม 2,600 รอบต่อนาที สันด้วยอัลตราโซนิก 14 Hz เป็นเวลา 2 นาที ซึ่งเครื่องมือนี้มีความสามารถในการวัดขนาดตะกอนได้ตั้งแต่ 0.0582 - 878.675 ไมโครเมตร ข้อมูลการกระจายตัวขนาดตะกอนที่ได้ จะนำไปคำนวณค่าทางสถิติดังต่อไปนี้

- ค่าเฉลี่ย (Mean)
- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)
- ค่าความเบ้ของกราฟ (Skewness)
- ค่าความแหลมของกราฟ (Kurtosis)



รูปที่ 3.23 เครื่องมือวิเคราะห์ขนาดตะกอน Particle Size Analyzer รุ่น Mastersizer S

3.4.2 วิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์สารและปริมาณคาร์บอนेट ด้วยวิธี LOI

นำตัวอย่างตะกอนสีนามิ 2547 จากพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดกระบี่ ส่วนที่ 2 ที่ยังไม่ได้แช่ด้วยกรดและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ใส่ถ้วยเซรามิก ตัวอย่างละ 3-4 กรัม ทำการอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100°C (อุณหภูมิสูงสุดที่เตาอบตั้งได้ ถ้าเตาอบสามารถตั้งอุณหภูมิ 105°C ก็ควรจะใช้อุณหภูมิ 105°C) เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เพื่อกำจัดน้ำและความชื้นที่มีในตัวอย่าง นำไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึกน้ำหนักที่หายไป จากนั้นนำไปเผาในเตาเผา (Furnace) ที่อุณหภูมิ 550 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อทำลายพันธะเคมีของอินทรีย์สารเมื่อเสร็จแล้วนำไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึก น้ำหนักที่หายไปคือน้ำหนักของอินทรีย์สารในตัวอย่างที่ถูกกำจัดออกไป จากนั้นนำตัวอย่างไปเผาอีกครั้งที่อุณหภูมิ 950 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อทำลายพันธะเคมีของคาร์บอนेट เมื่อเสร็จแล้วนำไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึก น้ำหนักที่หายไปในรอบนี้คือน้ำหนักของคาร์บอนेटในตัวอย่างที่ถูกกำจัดออกไป ทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป ได้แก่ องค์ประกอบของคาร์บอนेट และอินทรีย์สาร (Heiri et al., 2001) นำค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไปมาพล็อตแสดงความสัมพันธ์ของค่าที่คำนวณได้ในตะกอนแต่ละชั้นโดยแสดงผลร่วมกับค่าทางสถิติของตะกอน

3.4.3 การศึกษาหาชนิดของแร่องค์ประกอบ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องตา

ทำการศึกษาตัวอย่างทั้งหมดภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ดังรูปที่ 3.24 เพื่อวิเคราะห์แร่องค์ประกอบ (Mineral composition) ความกลมมน (Roundness) และความเป็นทรงกลม (Sphericity) เพื่อบอกลักษณะเฉพาะของตะกอน



รูปที่ 3.24 วิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องตา

บทที่ 4

ผลการวิจัย (Result)

4.1 ผลการวิจัย

4.1.1 ผลการสืบค้นการวิจัยสึนามิโบราณ และแผ่นดินไหวโบราณในพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ใกล้เคียง

เนื่องจากเหตุการณ์สึนามิเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแล้วมีผลกระทบต่อหลายพื้นที่การศึกษาสึนามิในอดีตในพื้นที่เกาะพระทอง จำเป็นต้องเปรียบเทียบผลที่ได้กับการศึกษาในพื้นที่อื่น ๆ รวมทั้งในประเทศเพื่อนบ้านที่ได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์สึนามิเมื่อปี 2547

ในระยะสิบปีที่ผ่านมาหลังจากเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวและสึนามิ เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 มีงานวิจัยทางธรณีวิทยาในพื้นที่โดยรอบมหาสมุทรอินเดียเกี่ยวกับสึนามิในอดีต (Paleotsunami) และวิทยาแผ่นดินไหวในอดีต (Paleoseismology) ตีพิมพ์จำนวนหนึ่ง เนื่องจากก่อนหน้านี้ไม่เป็นที่เชื่อกันว่าจะเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ (Giant earthquake, $M > 9.0$) ในบริเวณร่องลึกซุนด้าตอนเหนือ (Northern segment of the Sunda Trench) ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้ล้วนมีจุดมุ่งหมายเดียวกัน คือเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ดีขึ้นในพฤติกรรมของการเกิดแผ่นดินไหว และสึนามิตามแนวรอยมุดตัว (Subduction zone earthquake and Tsunami) ในพื้นที่นี้

ต่อไปนี้เป็นบทสรุปของข้อมูลการศึกษาสึนามิในอดีต (Paleotsunami) และการศึกษาวิทยาแผ่นดินไหวในอดีต (Paleoseismology) ทั้งในประเทศไทย และในพื้นที่ประเทศรอบมหาสมุทรอินเดียที่คาดว่า จะทำให้เกิดสึนามิที่มีผลกระทบต่อประเทศไทยในอดีต ลักษณะเฉพาะและอายุของเหตุการณ์สึนามิในอดีตที่มีการอ้างอิงถึงจากการศึกษาเหล่านี้

หลังจากเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวและสึนามิ เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 ในหลายพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ พบมีชั้นตะกอนทรายแผ่ปกคลุมอยู่ในพื้นที่ที่น้ำทะเลท่วมเข้ามา หลายพื้นที่ตามแนวชายฝั่งตะวันตกของประเทศไทยก็พบมีชั้นทรายสึนามิปี 2547 ตกสะสมตัวในพื้นที่เกาะพระทอง ต.เกาะพระทอง อ.คุระบุรี จ.พังงา ก็พบมีชั้นทรายตกสะสมอยู่ และพบว่าชั้นทรายนี้จะมีความหนาแน่นในพื้นที่ใกล้กับชายฝั่ง และในพื้นที่ลุ่ม (ร่อง) ที่อยู่ระหว่างสันทราย ทีมผู้วิจัยและคณะ (Jankaew et al., 2008) รายงานการค้นพบชั้นตะกอนทรายสึนามิโบราณได้ชั้นทรายสึนามิปี 2547 (ชั้นทราย B, X, C, D) ชั้นทราย X พบเป็นชั้นที่บาง และไม่ต่อเนื่อง ในขณะที่ชั้นทรายชั้นอื่นพบเป็นชั้นหนา (5-12 เซนติเมตร) และต่อเนื่องหลักฐานทางธรณีวิทยาที่บ่งชี้ถึงการเกิดสึนามิในอดีตที่รายงานพบที่เกาะพระทองนี้เป็นหลักฐานที่ชัดเจนและมีลักษณะที่อาจจะกล่าวได้ว่าเป็นหลักฐานชั้นตะกอนสึนามิที่ดีที่สุดในโลกเทียบได้กับหลักฐานชั้นตะกอนสึนามิในอดีตที่ชายฝั่งประเทศชิลี ซึ่งรายงานไว้โดย Cisternas et al. (2005) ผลจากการหาอายุ

โดยวิธีคาร์บอน-14 ของเศษเปลือกไม้ได้ชั้นทราย B บ่งให้ทราบว่าเหตุการณ์สึนามิที่ทำให้ได้เป็นชั้นทราย B มีอายุอ่อนกว่า AD 1310-1440 ซึ่งอายุที่ได้นี้ใกล้เคียงกับอายุที่ได้จากการหาอายุของชั้นตะกอนทรายสี นามิที่พบที่เมืองเมลาบอร์ ซึ่งอยู่ไม่ไกลจากเมืองบันดาห์อาเจห์บนเกาะสุมาตราประเทศอินโดนีเซีย (AD 1290-1400) ซึ่งรายงานโดย (Monecke et al., 2008)

ในประเทศอินเดีย Rajendran et al. (2008) รายงานพบหลักฐานการทรุดตัวใกล้กับพอร์ท แบร์ ในหมู่เกาะอันดามัน-นิโคบาร์ ประเทศอินเดีย และรายงานอายุการทรุดตัวที่ 656 ± 141 ปี B.P. (B.P.= Before Present, ในการหาอายุนั้น B.P. คือก่อนปี ค.ศ. 1950) และยังรายงานอายุของตะพัก ทะเล (Marine terrace) ที่มีการยกตัวขึ้นว่าเกิดจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีอายุประมาณ 500-600 ปีที่ ผ่านมา

ส่วนในพื้นที่เกาะซิมูลู ซึ่งอยู่นอกชายฝั่งทางตะวันตกของเกาะสุมาตรา มีรายงานพบการยกตัว ของปะการังโขด (coral micro-atolls) ในบริเวณตอนเหนือของเกาะซิมูลูโดย Meltzner et al. (2010) ซึ่งได้เสนอว่าในช่วงระหว่าง AD 1390 – 1455 (AD = Anno Domini เป็นภาษาละตินแปลว่า In the year of our Lord เช่น นับจากปีที่พระเยซูคริสต์ประสูติเป็น AD 1) เกิดแผ่นดินไหวสามครั้ง อายุการยก ตัวครั้งหลังสุดคือประมาณ AD 1450 ± 3 ซึ่งคาดว่าจะมีขนาดใกล้เคียงกับเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นใน วันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2547 หรืออาจจะใหญ่กว่า ผลการวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ นานาชาติเหล่านี้ต่างชี้ไปในทางเดียวกันว่า เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ทำให้เกิดสึนามิที่พาเอาชั้นทราย B มา ตกสะสมในพื้นที่เกาะพระทองนั้นมีอายุประมาณเมื่อ 600 ปีที่แล้ว และมีขนาดใกล้เคียงกับเหตุการณ์ที่ เกิดขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2547 จากหลักฐานที่พบชั้นตะกอนสึนามิโบราณอายุเดียวกันในหลายพื้นที่รอบ มหาสมุทรอินเดีย และสถานที่เหล่านี้ล้วนได้รับผลกระทบที่รุนแรงจากเหตุการณ์เมื่อปี พ.ศ. 2547 เหมือนกัน

จากการศึกษาของทีมผู้วิจัยและคณะ (Jankaew et al., 2008) ไม่สามารถหาอายุที่แน่ชัดโดยวิธี คาร์บอน-14 ของเหตุการณ์สึนามิที่ทำให้เกิดชั้นทราย X, C และ D ได้ เนื่องจากวัสดุที่เหมาะสมสำหรับ การหาอายุโดยวิธีนี้ เช่น ซากพืช และสิ่งมีชีวิตนั้นหายากในพื้นที่ประเทศไทยเนื่องจากอยู่ในเขตร้อนชื้น จึงทำให้ซากพืชย่อยสลายผุพังไปเกือบหมด แต่ผลจากการหาอายุของซึ่งเก็บจากชั้นตะกอน (Tidal mud) ที่อยู่ใต้ชั้นทรายสึนามิทั้งสี่ชั้นที่พบแทรกสลับกับชั้นดิน ซึ่งเป็นหอยที่ไม่พบมีรอยครูดไถ (ซึ่งบ่งบอกว่า หอยนี้ไม่ได้ตายจากที่อื่นแล้วถูกกระแสน้ำพัดพาไป หรือน้ำพัดพามา แต่น่าจะตายอยู่ในบริเวณที่พบสะสมตัว) ผลการหาอายุโดยวิธีคาร์บอน-14 คือ 2,500-2,800 ปี ทำให้สรุปได้คร่าว ๆ ว่าเหตุการณ์สึนามิทั้งสามครั้ง ที่ทำให้ได้เป็นชั้นทราย X, C และ D ตกนั้น เกิดขึ้นในช่วงหลังจากนั้น(หมายเหตุ: อายุที่กล่าวไว้ในสองย่อ หน้าที่ผ่านมา เป็นอายุที่รายงานด้วยความแม่นยำ 2-sigma หรือ 95.4%)

การศึกษาที่กล่าวมานั้น ล้วนแต่เป็นการรายงานพบ และการรายงานอายุของสึนามิโบราณที่พบในบริเวณที่ราบชายหาด (Beach-ridge plain) ทีมผู้วิจัยร่วมกับนักวิจัยชาวอเมริกาได้ทำการศึกษาหาหลักฐานสึนามิโบราณในพื้นที่ป่าชายเลนที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลง (Mangrove-fringed tidal area) ใกล้กับฐานทัพเรือทับละมุ อ.ท้ายเหมือง จ.พังงา และรายงานพบชั้นตะกอนที่คาดว่าตกสะสม เนื่องจากเหตุการณ์ภัยพิบัติที่รุนแรง (Extreme event เช่น สึนามิ หรือพายุ) และหาอายุโดยวิธีคาร์บอน-14 ของตัวอย่างฟิต และซากสิ่งมีชีวิตได้ 2720-4290 ปี B.P. ซึ่งอาศัยลักษณะทางกายภาพ และทางเคมีที่คล้ายคลึงกับตะกอนที่พัฒมาตกสะสมในบริเวณนี้โดยสึนามิปี 2547 และเชื่อว่าความแตกต่างทั้งทางกายภาพ และทางเคมีที่สังเกตเห็น น่าจะเกิดจากการทำลาย หรือทำให้เห็นไม่ชัดเจน (Diffused) เนื่องมาจากการการรบกวนตะกอน (Bioturbation) ในสภาพแวดล้อมชายเลนจึงสรุปว่าชั้นตะกอนที่พบเป็นตะกอนสึนามิ (Rhodes et al., 2011) ที่บ้านบางลึก (ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของเขาหลัก) ต. คึกคัก อ. ตะกั่วป่า จ.พังงา Brill et al. (2011) รายงานอายุของหอยที่หาได้จากวิธีคาร์บอน-14 ซึ่งเก็บมาจากในชั้นทราย และได้ชั้นทรายว่ามีอายุ 700–500 BP, 1350– 1180 B และน้อยกว่า 2000 BP (Brill et al., 2011) อายุของชั้นทรายที่คาดเป็นทรายที่ตกจากเหตุการณ์สึนามิก่อนหน้าเหตุการณ์ปี 2547 จึงคาดว่ามีความเก่าแก่กับชั้นทรายปี (ทราย B) ที่รายงานพบที่เกาะพระทอง

นอกจากนี้นักวิจัยอินเดีย Malik et al. (2011) ยังรายงานพบหลักฐานสึนามิโบราณที่เชื่อว่าเป็นสึนามิขนาดเล็ก (Local tsunami events) สองเหตุการณ์จากพื้นที่พอร์ท บาร์ ในหมู่เกาะอันดามัน-นิโคบาร์ ประเทศอินเดีย ซึ่งทั้งสองเหตุการณ์นี้อายุน้อยกว่า 400 ปี เหตุการณ์ที่เก่าแก่ว่านั้นหาอายุโดยวิธีคาร์บอน-14 ได้ประมาณ A.D. 1670 หรืออ่อนกว่า นอกจากนี้ยังรายงานด้วยว่าเหตุการณ์นี้เกิดร่วมกับการทรุดตัว (Subsidence) ในลักษณะที่คล้ายกับที่เกิดขึ้น เนื่องจากแผ่นดินไหวเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 ส่วนเหตุการณ์ที่อายุน้อยที่สุดนั้นพบร่วมกับการเกิดทรายไหล (Liquefaction) และสึนามิ อายุที่ได้จากวิธีคาร์บอน-14 ของตัวอย่างซากพืชที่อยู่ในชั้นดินนั้นไม่สอดคล้องกัน (Discordant ages) คือช่วงอายุที่ได้ค่อนข้างกว้าง และอายุบางอันแก่กว่าชั้นที่อยู่ลึกกว่าโดยช่วงอายุที่ได้คือ 100 B.C. ถึง A.D. 1950 แต่จากตำแหน่งทางการลำดับชั้นของตะกอนทางทีมวิจัยเชื่อว่าหลักฐานที่พบอาจเป็นหลักฐานชั้นแรกของเหตุการณ์แผ่นดินไหวและสึนามิในปี พ.ศ. 2305 มีจุดเหนือศูนย์กลางแผ่นดินไหวอยู่นอกชายฝั่งประเทศพม่าบริเวณรัฐยะไข่ (Arakan area) ซึ่งมีการบันทึกไว้ในประวัติศาสตร์

4.1.2 ผลการสำรวจและเก็บตัวอย่างตะกอนสึนามิปี 2547 และหาหลักฐานตะกอนสึนามิและ/หรือตะกอนพายุโบราณ (ปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่) ในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดกระบี่

4.1.2.1 ตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 และตะกอนสึนามิโบราณ

จากการสำรวจหาตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 และตะกอนสึนามิโบราณในพื้นที่จังหวัดกระบี่ มีหรือไม่

จุดสำรวจแสดงดังตารางที่ 4.1 และในตารางยังแสดงให้เห็นว่าในแต่ละจุดศึกษาพบตะกอนสีนํ้าม 2547

ตารางที่ 4.1 แสดงตำแหน่งจุดสำรวจตะกอนสีนํ้าม

จุดศึกษา	ตะกอนสีนํ้าม 2547	ละติจูด	ลองจิจูด
1	ไม่พบ	7°39'11.92"N	99°2'26.05"E
2	พบ	7°39'50.04"N	99°2'31.85"E
3	ไม่พบ	7°40'20.82"N	99°2'30.74"E
10	ไม่พบ	7°38'44.48"N	99°1'54.05"E
11	พบ	7°59'16.94"N	98°56'35.30"E
12	ไม่พบ	7°58'42.85"N	98°56'54.89"E
13	ไม่พบ	7°58'18.66"N	98°57'4.54"E
14	ไม่พบ	7°58'19.27"N	98°57'6.73"E
15	ไม่พบ	7°57'19.84"N	98°57'43.94"E
16	ไม่พบ	7°57'17.46"N	98°57'44.78"E

จุดสำรวจที่ 2 (รูปที่ 4.1) ไม่พบตะกอนสีนํ้ามโบราณ พบเพียงชั้นตะกอนสีนํ้าม พ.ศ. 2547 หนา 2 เซนติเมตร ได้ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนสีนํ้าม 2 ตัวอย่าง (เก็บทุกๆความลึก 1 เซนติเมตร) นอกจากนี้ยังทำการเก็บตะกอนหน้าหาด 1 ตัวอย่างตำแหน่งที่เก็บคือละติจูด 7°39'51.23"N และลองจิจูด 99°2'28.64"E ซึ่งอยู่ห่างจากจุดสำรวจที่ 2 ไปทางทิศตะวันตก เป็นระยะทาง 120 เมตร



รูปที่ 4.1 แท่งตัวอย่างตะกอน (ซ้าย) และหลุมสำรวจที่ 2 (ขวา)

จุดสำรวจที่ 11 (รูปที่ 4.2) ไม่พบตะกอนสีนํ้ามโโบราณพบเพียงตะกอนสีนํ้าม พ.ศ. 2547 หนา 20 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างตะกอนสีนํ้าม 20 ตัวอย่าง (เก็บทุกๆความลึก 1 เซนติเมตร) ตะกอนใต้ชั้นสีนํ้าม 1 ตัวอย่าง นอกจากนี้ยังทำการเก็บตะกอนหน้าหาด 1 ตัวอย่างตำแหน่งที่เก็บคือ ละติจูด $7^{\circ}59'16.75''\text{N}$ และลองจิจูด $98^{\circ}56'32.38''\text{E}$ ซึ่งอยู่ห่างจากจุดสำรวจที่ 11 ไปทางทิศตะวันตก เป็นระยะทาง 90 เมตร



รูปที่ 4.2 แท่งตัวอย่างตะกอน (ซ้าย) และหลุมสำรวจที่ 11 (ขวา)

4.1.2.2 ปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่



รูปที่ 4.3 การวัดขนาด (แกน) ของก้อนหินมนใหญ่

ในการเก็บข้อมูลก้อนหินมนใหญ่ (Coral boulders) ที่พบ นอกจากขนาด (กว้าง x ยาว x หนา) (รูปที่ 4.3) และความสูงจากระดับน้ำทะเลแล้ว ยังจำเป็นต้องบันทึกเวลาที่ทำการสำรวจด้วย สามารถแก้ค่าระดับความสูงจากน้ำทะเลขณะนั้นเป็นความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ซึ่งสามารถทำได้โดยการนำข้อมูลระดับน้ำทำนาย จากกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ (2558) ซึ่งความสูงของระดับน้ำทำนายนั้นเป็นความสูงเหนือระดับน้ำลงต่ำที่สุด เมื่อจะเปลี่ยนเป็นระดับน้ำทะเลปานกลาง ให้นำค่า “ระดับน้ำลงต่ำที่สุด” ไปหักออกจากระดับน้ำทำนาย ในแต่ละสถานีตรวจวัดจะมีค่าระดับน้ำลงต่ำที่สุดไม่เท่ากันเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลางที่ เกาะหลัก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลระดับน้ำทำนาย จากสถานีตรวจวัดปากน้ำกระบี่ ซึ่งมีค่าระดับน้ำทะเลต่ำที่สุดเท่ากับ 2.4 เมตร เมื่อทำการแปลงระดับน้ำทำนายจากระดับน้ำลงต่ำที่สุดเป็นระดับน้ำทะเลปานกลางแล้ว นำไปพล็อตกราฟเทียบกับเวลา แกน X เป็นระดับความสูงน้ำ และ แกน Y เป็นเวลาจากนั้นนำเวลาที่ทำการสำรวจก้อนหินมนใหญ่ไปเทียบจากกราฟ ก็จะเป็นการอ้างอิงว่าขณะนั้นระดับน้ำทะเลอยู่เหนือระดับน้ำทะเลปานกลางเท่าใด

การสำรวจภาคสนามเพื่อหาหลักฐานเหตุการณ์การท่วมเข้ามาของน้ำทะเลในอดีตจากสันามิหรือพายุก พบปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ (รูปที่ 4.4) ในบริเวณธรณีสัณฐานที่เป็นแหลมและหัวหาด ซึ่งบริเวณนอกชายฝั่งออกไปมีพีตปะการังอยู่ ซึ่งปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ที่พบจะเป็นหินคนละชนิดกับหินโผล่ตามบริเวณชายหาด ซึ่งในพื้นที่ศึกษาหินโผล่จะเป็นหินตะกอน ทำให้ทราบว่าปะการังเหล่านี้ไม่ได้สะสมตัวเนื่องจากการฝังของหินโผล่ข้อมูลปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ที่พบจากการสำรวจแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ (a คือแกนที่ยาวที่สุด, b คือแกนที่ยาวรองลงมา, c คือแกนที่สั้นที่สุด และแกน a, b, c ตั้งฉากซึ่งกันและกัน)

ตัวอย่าง	ขนาดแกน (m)			ละติจูด	ลองจิจูด	ความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (m)
	a	b	c			
4.1I	0.54	0.4	0.26	7°38'53.92"N	99°1'12.00"E	1.63
4.1II	0.39	0.2	0.1			1.63
4.2I	0.35	0.2	0.12	7°38'54.64"N	99°1'13.12"E	2.326
4.2II	0.49	0.35	0.2			2.326
4.2III	0.32	0.3	0.09			2.326
4.2IV	0.4	0.22	0.15			2.426
4.2V	0.28	0.25	0.8			2.426
4.3	0.6	0.42	0.2	7°38'54.64"N	99°1'13.33"E	2.99
4.4I	0.36	0.28	0.18	7°38'54.60"N	99°1'13.55"E	1.69
4.4II	0.5	0.35	0.18			1.69
4.4III	0.42	0.15	0.1			1.69
5I	0.32	0.2	0.15	7°38'53.66"N	99°1'14.05"E	1.07
5II	0.37	0.2	0.12			1.07
6	0.25	0.25	0.12	7°38'33.14"N	99°1'16.43"E	1.962
7	0.4	0.2	0.13	7°37'29.78"N	99°1'47.78"E	1.484
8	0.35	0.25	0.15	7°37'17.44"N	99°1'39.47"E	1.51
9	0.35	0.22	0.11	7°35'1.55"N	99°1'51.23"E	1.14
18	0.45	0.3	0.16	8°2'17.05"N	98°45'53.71"E	-0.3
19	0.48	0.33	0.12	8°2'15.29"N	98°45'54.22"E	1.27
20	0.4	0.2	0.2	8°2'4.70"N	98°45'53.68"E	0.07



รูปที่ 4.4 ก้อนหินมนใหญ่ตัวอย่าง 4.11 (ซ้าย) และ 18 (ขวา)

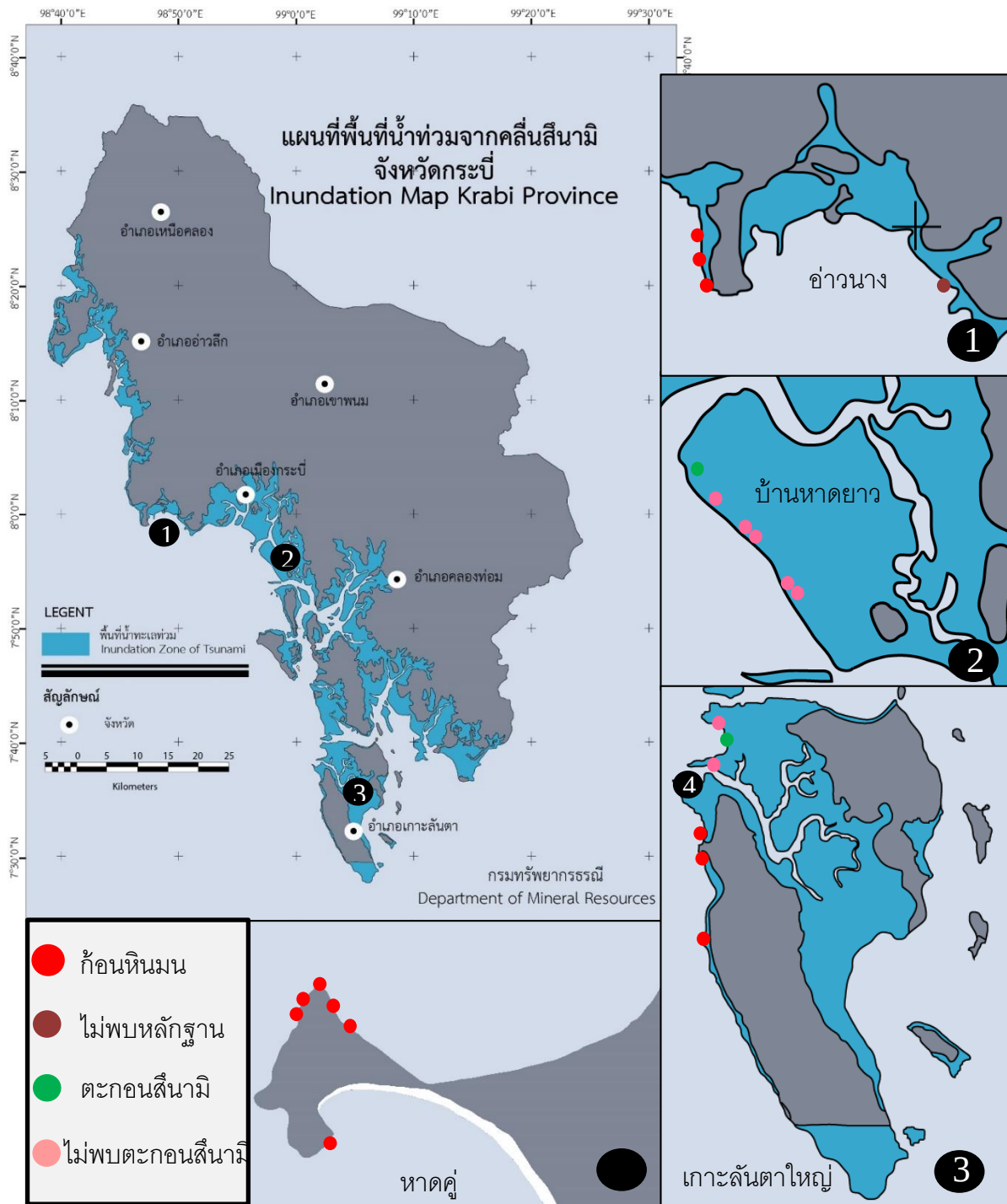
จุดสำรวจในการหาตะกอนสีนํ้ามึ พ.ศ. 2547 และตะกอนสีนํ้ามึโบราณและจุดสำรวจหลักฐานการท่วมเข้ามาของน้ำทะเลในอดีตจากสีนํ้ามึหรือพายุ มีทั้งหมด 20 จุดสำรวจ ดังรูปที่ 4.5

4.1.3 ผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการ

ผลจากการศึกษาในห้องปฏิบัติการของตะกอนทราย แบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ 1) ผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอน 2) ผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์สารและปริมาณคาร์บอนด้วยวิธี LOI และ 3) ผลการศึกษาเชิงคุณภาพหาชนิดของแร่

4.1.3.1 ผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอน

การวิเคราะห์ขนาดตะกอนด้วยเครื่อง Particle Size Analyzer รุ่น Mastersizer S ผลที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์ของตะกอนในขนาดต่าง ๆ โดยจะทำการวัดขนาดตะกอนอย่างน้อย 3 ครั้งและผลการวิเคราะห์ 3 ครั้งต่อเนื่องกันต้องมีค่าใกล้เคียงกันจึงจะถือว่าค่าที่ได้น่าเชื่อถือ ผลการวิเคราะห์ที่เป็นตัวแทนของตัวอย่างนั้น ๆ ได้มาจากการเฉลี่ยผลทั้ง 3 ครั้ง (ที่ได้ค่าใกล้เคียงกัน) นี้ จากนั้นนำผลขนาดตะกอนมาคำนวณค่าทางสถิติโดยวิธี Logarithmic method of moments ดังรูปที่ 4.6 และแปลผล



รูปที่ 4.5 แผนที่แสดงจุดสำรวจ 20 จุด ในการหาตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 และตะกอนสึนามิโบราณและจุดสำรวจหลักฐานการท่วมเข้ามาของน้ำทะเลในอดีตจากสึนามิหรือพายุซัดลงบนแผนที่พื้นที่น้ำท่วมจากคลื่นสึนามิจังหวัดกระบี่ (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2548)

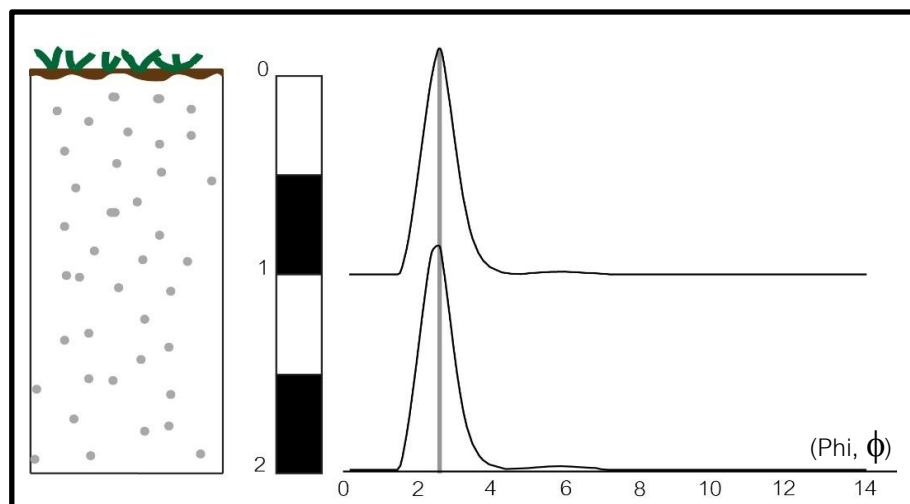
(c) Logarithmic method of moments					
Mean	Standard deviation	Skewness		Kurtosis	
$\bar{x}_\phi = \frac{\sum f m_\phi}{100}$	$\sigma_\phi = \sqrt{\frac{\sum f (m_\phi - \bar{x}_\phi)^2}{100}}$	$Sk_\phi = \frac{\sum f (m_\phi - \bar{x}_\phi)^3}{100\sigma_\phi^3}$		$K_\phi = \frac{\sum f (m_\phi - \bar{x}_\phi)^4}{100\sigma_\phi^4}$	
Sorting (σ_ϕ)		Skewness (Sk_ϕ)		Kurtosis (K_ϕ)	
Very well sorted	<0.35	Very fine skewed	>+1.30	Very platykurtic	<1.70
Well sorted	0.35–0.50	Fine skewed	+0.43 to +1.30	Platykurtic	1.70–2.55
Moderately well sorted	0.50–0.70	Symmetrical	–0.43 to +0.43	Mesokurtic	2.55–3.70
Moderately sorted	0.70–1.00	Coarse skewed	–0.43 to –1.30	Leptokurtic	3.70–7.40
Poorly sorted	1.00–2.00	Very coarse skewed	<–1.30	Very leptokurtic	>7.40
Very poorly sorted	2.00–4.00				
Extremely poorly sorted	>4.00				

รูปที่ 4.6 สมการคำนวณทางสถิติและการแปลผล (Krumbein และ Pettijohn, 1938)

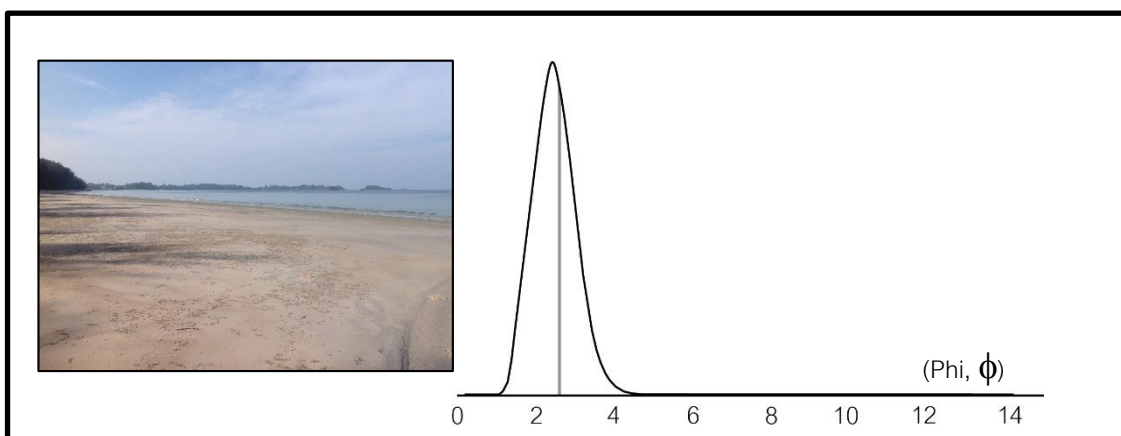
ผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอนสีนามิจากพื้นที่จังหวัดกระบี่ทั้งหมด 25 ตัวอย่าง แบ่งเป็นจุดสำรวจที่ 2 จำนวน 3 ตัวอย่างประกอบด้วย ตะกอนสีนามิ พ.ศ. 2547 จำนวน 2 ตัวอย่าง ตะกอนหน้าหาด จำนวน 1 ตัวอย่าง และจุดสำรวจที่ 11 ทั้งหมด 25 ตัวอย่าง ประกอบด้วย ตะกอนสีนามิ พ.ศ. 2547 จำนวน 22 ตัวอย่าง ตะกอนหน้าหาด จำนวน 1 ตัวอย่าง และตะกอนใต้ชั้นสีนามิ จำนวน 1 ตัวอย่าง ดังนี้

1) จุดสำรวจที่ 2

จุดสำรวจที่ 2 มีชั้นตะกอนสีนามิ พ.ศ. 2547 หนา 2 เซนติเมตร ผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอน แสดงได้ในรูปที่ 4.7, 4.8 และตาราง 4.3 ข้อมูลสัดส่วนตะกอนขนาดต่าง ๆ โดยละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ก



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการกระจายตัวขนาดตะกอนสีนามิจุดสำรวจที่ 2 (เส้นสีเทาแสดงค่าฐานนิยมของขนาดตะกอนสีนามิชั้นที่ 0-1 เซนติเมตร)



รูปที่ 4.8 บริเวณหน้าหาด (ซ้าย) และกราฟแสดงการกระจายตัวขนาดตะกอนหน้าหาดจุดสำรวจที่ 2 (ขวา) (เส้นสีเทาแสดงค่านิยามของขนาดตะกอนสีนามิชั้นที่ 0-1 เซนติเมตร)

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่าทางสถิติตะกอนจุดศึกษาที่ 2

Sample	Mean Phi	Sorting		Skewness		Kurtosis	
		SD	Sorting	Sk ϕ	Skewness	K ϕ	Kurtosis
0-1 cm	2.79	0.61	Moderate well sorted	2.49	Very fine skewed	14.6	Very leptokurtic
1-2 cm	2.75	0.66	Moderate well sorted	2.83	Very fine skewed	15.44	Very leptokurtic
Beach sand	2.55	0.54	Moderate well sorted	0.31	Symmetrical	2.9436	Mesokurtic

จากผลการวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ยของขนาดตะกอนสีนามิ มีค่า Phi (ϕ) เท่ากับ 2.77 ซึ่งเป็นตะกอนขนาดละเอียด (Fine sand) มีการกระจายตัวแบบ Unimodal มีค่า Kurtosis ที่มาก (กราฟแหลมมาก, Very leptokurtic) แสดงให้เห็นว่าในชั้นนี้ตะกอนส่วนใหญ่มีขนาดเดียวกัน ค่า Skewness เบ้ไปทางตะกอนขนาดหยาบมากกว่า (Very fine skewed) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานบ่งบอกถึงการการคัดขนาดซึ่งมีค่า เท่ากับ 0.61-0.66 แสดงถึงการคัดขนาดปานกลาง เมื่อเทียบกับตะกอนหน้าหาด ค่าเฉลี่ยของขนาด

ตะกอนมีค่าใกล้เคียงกัน การคัดขนาดปานกลางคล้ายกับตะกอนสีนํ้ามี้ แต่การกระจายตัวของตะกอนหน้าหาดมีความสมมาตรมากกว่า ในขณะที่ตะกอนสีนํ้ามี้ประกอบด้วยตะกอนที่มีค่า Φ (ϕ) เท่ากับ 5-7 ปริมาณเล็กน้อย (ไม่พบในตะกอนหน้าหาด)

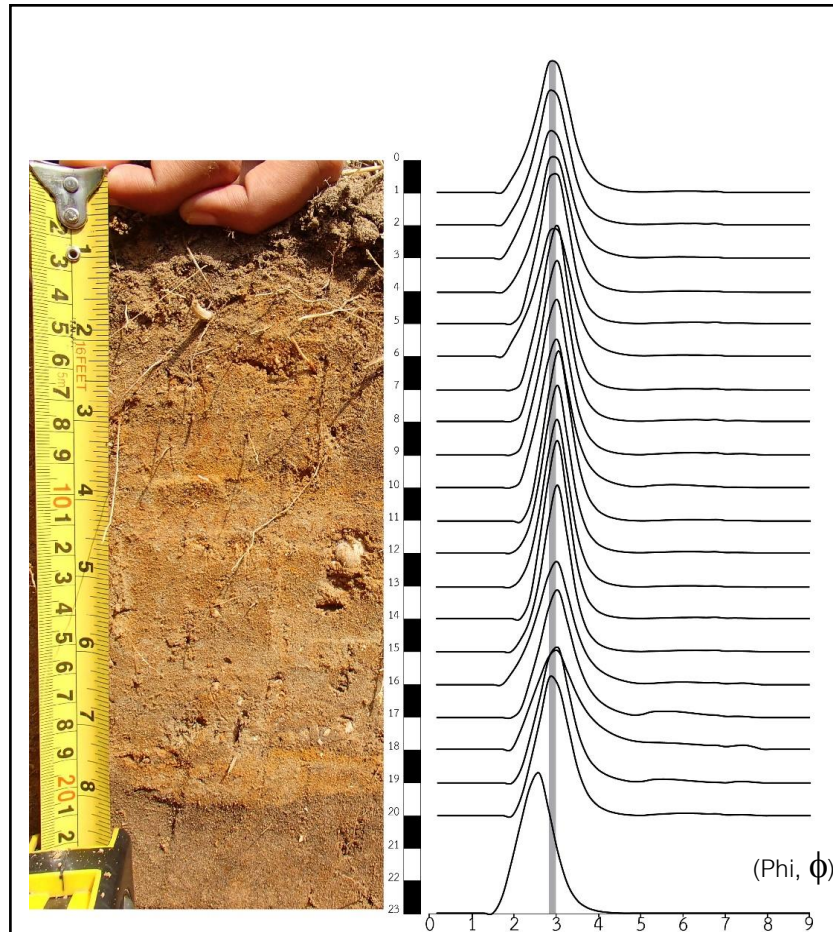
2) จุดสำรวจที่ 11

จุดสำรวจที่ 11 มีชั้นตะกอนสีนํ้ามี้ พ.ศ. 2547 หนา 20 เซนติเมตร ผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอนแสดงในรูปที่ 4.9, 4.10, 4.11 และตารางที่ 4.4 ข้อมูลสัดส่วนตะกอนขนาดต่าง ๆ โดยละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ก

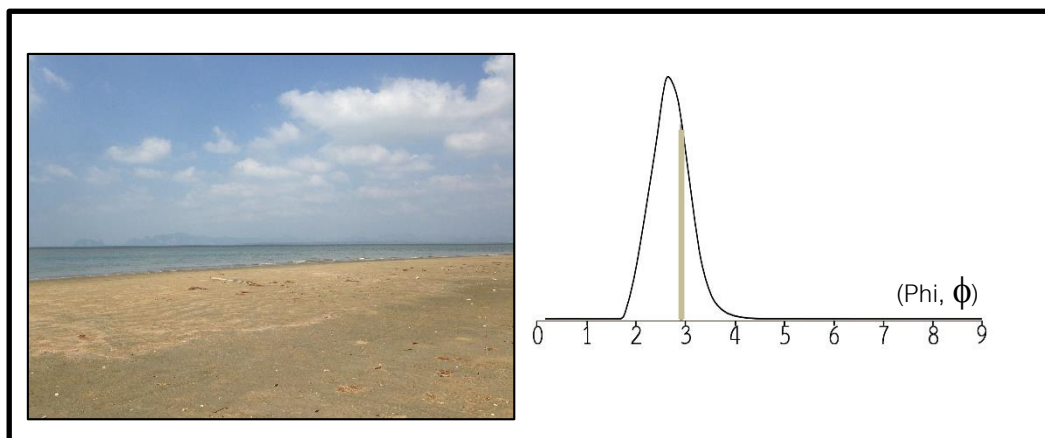
จากผลการวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ยของขนาดตะกอนสีนํ้ามี้ มีค่า Φ (ϕ) เท่ากับ 3.21 ซึ่งเป็นตะกอนขนาดละเอียดมาก (Very fine sand) มีการคัดขนาดปานกลางมีแนวโน้มที่จะมีการคัดขนาดแยในชั้นที่ลึกขึ้นมีการกระจายตัวแบบ Unimodal มีค่า Kurtosis ที่มาก (กราฟแหลมมาก, Very leptokurtic) แสดงให้เห็นว่าในชั้นนี้ตะกอนส่วนใหญ่มีขนาดเดียวกัน ค่า Skewness เบ้ไปทางตะกอนขนาดหยาบมากกว่า (Very fine skewed) ในรูปที่ 4.11 จะเห็นการเรียงตัวของตะกอนจากใหญ่ขึ้นไปเล็ก (Fining upward sequence) ในช่วงความลึกของตะกอน 17-20 เซนติเมตรและแบบตะกอนขนาดเล็กขึ้นไปใหญ่ (Coarsening upward sequence) ในช่วงความลึกของตะกอน 14-17 เซนติเมตร

เมื่อเทียบกับตะกอนหน้าหาด พบตะกอนหน้าหาดมีขนาดใหญ่กว่า (ค่า Φ (ϕ) เท่ากับ 2.81) มีการคัดขนาดที่ตื้นกว่าตะกอนสีนํ้ามี้ (ค่า SD เท่ากับ 0.38) ตะกอนหน้าหาดมีค่า Kurtosis เท่ากับ 3.33 (Mesokurtic) แสดงถึงชั้นตะกอนมีขนาดหลากหลาย สอดคล้องกับ ค่า Skewness เท่ากับ 0.35 ที่บ่งบอกถึงความสมมาตรของกราฟ

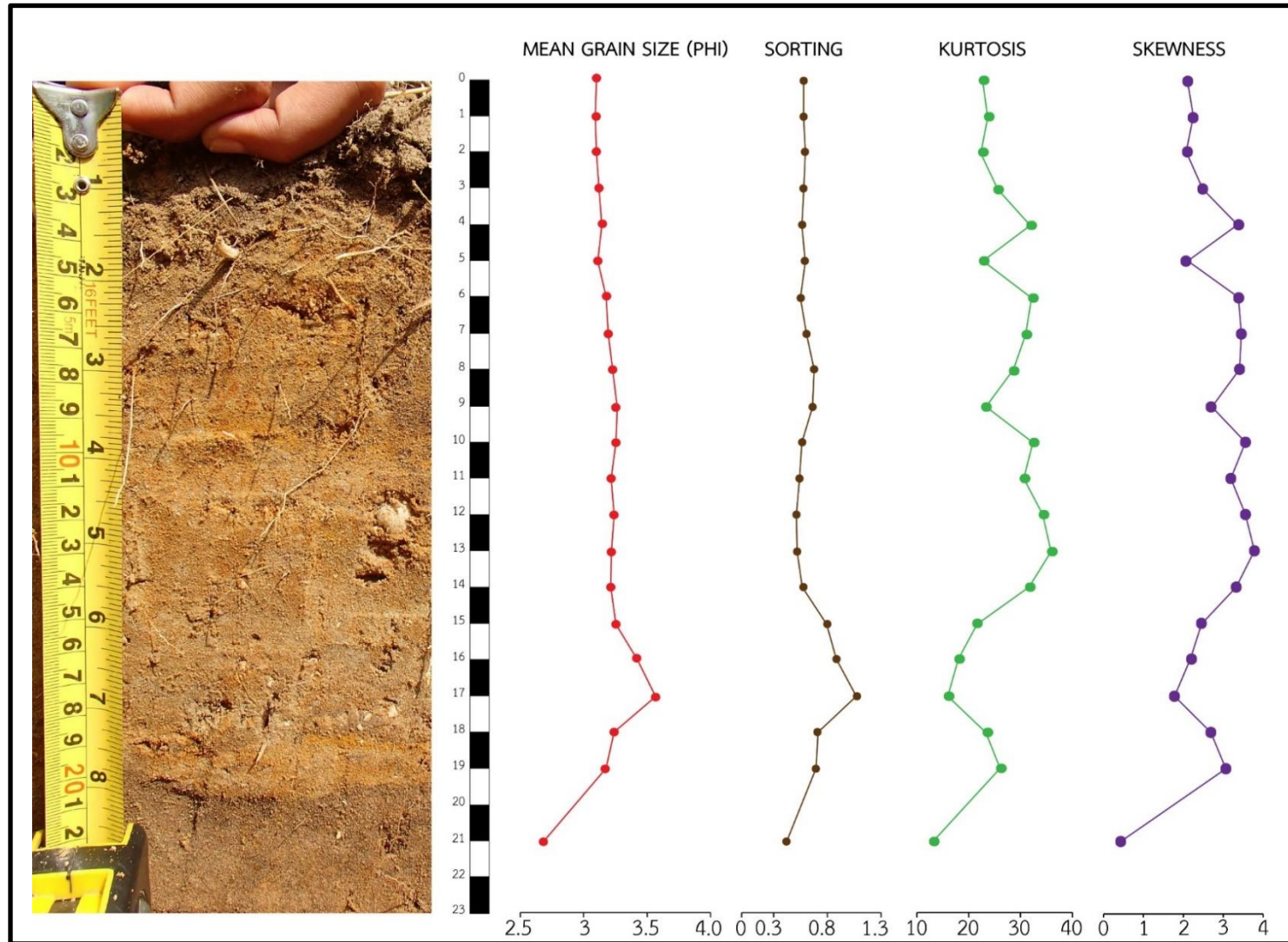
ตะกอนใต้ชั้นสีนํ้ามี้มีค่าเฉลี่ยของขนาดตะกอนมีค่า Φ (ϕ) เท่ากับ 2.68 มีค่าใกล้เคียงกับตะกอนหน้าหาด มีการคัดขนาดที่ดี (ค่า SD เท่ากับ 0.42) ค่า Skewness เท่ากับ 0.44 และค่า Kurtosis เท่ากับ 3.38 (Mesokurtic) ซึ่งแสดงลักษณะการกระจายตัวคล้ายกับตะกอนหน้าหาด



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการกระจายตัวขนาดตะกอนดินและตะกอนใต้ชั้นดินน้ำจืดสำรวจที่ 11 (เส้นสีเทาแสดงค่าฐานนิยมของขนาดตะกอนดินชั้นที่ 0-1 เซนติเมตร)



รูปที่ 4.10 บริเวณหน้าหาด (ซ้าย) และกราฟแสดงการกระจายตัวขนาดตะกอนหน้าหาดจุดสำรวจที่ 11 (ขวา) (เส้นสีเทาแสดงค่าฐานนิยมของขนาดตะกอนดินชั้นที่ 0-1 เซนติเมตร)



รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ของค่าทางสถิติกับชั้นตะกอนสีนํ้า จุดสำรวจที่ 11

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงค่าทางสถิติตะกอนจุดศึกษาที่ 11

Sample	Mean	SD		Skewness		Kurtosis	
		SD	Sorting	Sk ϕ	Skewness	K ϕ	Kurtosis
0-1 cm	3.10	0.58	Moderately well sorted	2.10	Very fine skewed	12.9	Very leptokurtic
1-2 cm	3.09	0.58		2.25		13.9	
2-3 cm	3.10	0.60		2.07		12.6	
3-4 cm	3.12	0.58		2.48		15.9	
4-5 cm	3.15	0.56		3.36		22.1	
5-6 cm	3.10	0.59		2.11		13.1	
6-7 cm	3.17	0.55		3.38		22.3	
7-8 cm	3.20	0.60		3.45		21.1	
8-9 cm	3.22	0.67		3.41		18.8	
9-10 cm	3.28	0.66		2.72		13.6	
10-11 cm	3.25	0.56		3.56		22.5	
11-12 cm	3.21	0.54		3.19		20.9	
12-13 cm	3.24	0.51		3.56		24.47	
13-14 cm	3.22	0.52		3.78		26.18	
14-15 cm	3.21	0.57		3.33		21.94	
15-16 cm	3.26	0.79	Moderately	2.46		11.9	
16-17 cm	3.43	0.88	sorted	2.17		8.27	
17-18 cm	3.57	1.07	Poorly sorted	1.79		6.25	Leptokurtic
18-19 cm	3.24	0.71	Moderately sorted	2.70		13.5	Very leptokurtic
19-20 cm	3.18	0.69	Moderately well sorted	3.07		16.30	
Beach sand	2.81	0.38	Well sorted	0.35	Symmetrical	3.33	Mesokurtic
Pre-2004 Tsunami sand	2.68	0.42	Well sorted	0.44	Symmetrical	3.38	Mesokurtic

4.1.3.2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์สารและปริมาณคาร์บอนด้วยวิธี LOI

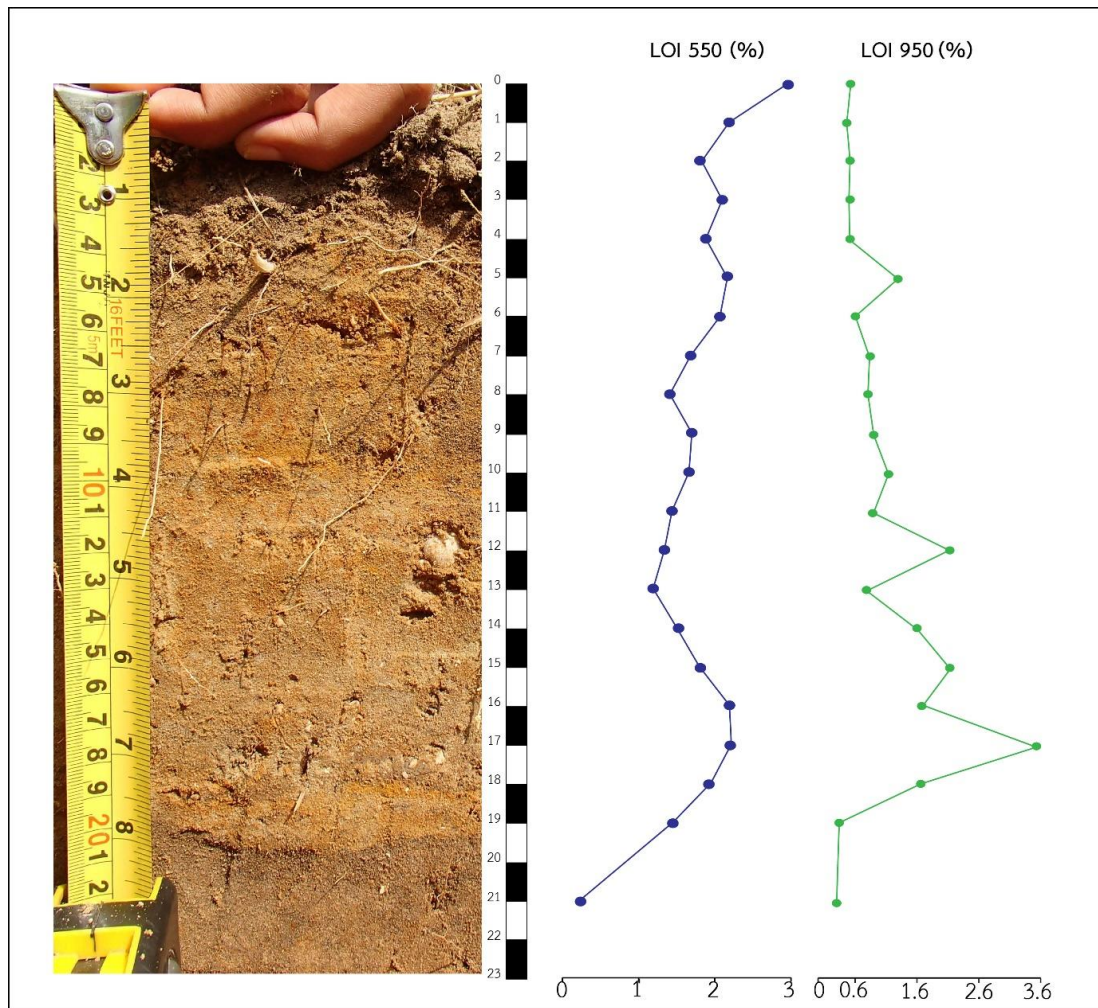
ผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์สารและปริมาณคาร์บอนด้วยวิธี LOI โดยหลังการเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 550 °C มวลเปอร์เซ็นต์ที่หายไปคือมวลของอินทรีย์สาร และหลังการเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 950 °C มวลเปอร์เซ็นต์ที่หายไปคือมวลของคาร์บอน ผลที่ได้แสดงในรูปที่ 4.12 และในภาคผนวก ข

จุดสำรวจที่ 2 ตะกอนสีนํ้ามันชั้น 0-1 เซนติเมตร ติดกับดินด้านบนมีค่า LOI550 2.41 เปอร์เซ็นต์ และชั้น 1-2 เซนติเมตร มีค่า LOI550 1.98 เปอร์เซ็นต์ ส่วนตะกอนหน้าหาดมีค่า LOI550 1.94 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าชั้นตะกอนสีนํ้ามันส่วนบน (0-1 เซนติเมตร) มีปริมาณอินทรีย์สารมากกว่า เนื่องจากติดกับชั้นดินซึ่งมีรากไม้ ใบไม้ปกคลุมอยู่ ส่วนค่า LOI950 ของชั้นตะกอนสีนํ้ามันมีค่า 0.55-0.65 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าตะกอนหน้าหาดที่มีค่า 2.83 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในการสำรวจภาคสนามไม่พบเศษเปลือกหอยในชั้นตะกอนสีนํ้ามัน ณ จุดศึกษานี้ ในขณะที่ตะกอนหน้าหาดพบปริมาณเศษเปลือกหอยเป็นจำนวนมาก

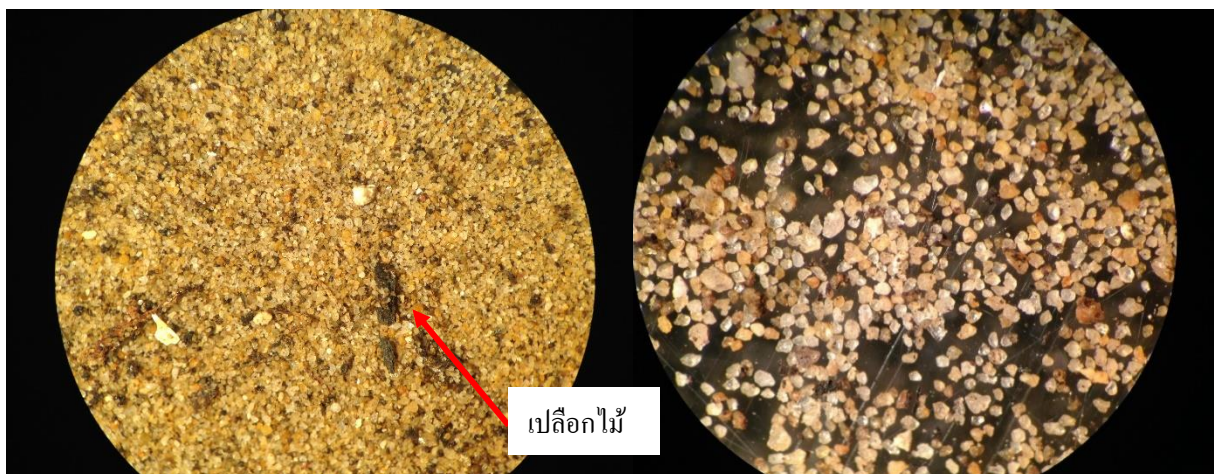
จุดสำรวจที่ 11 ค่า LOI550 ของชั้นตะกอนสีนํ้ามันมีค่า 1.41-2.97 เปอร์เซ็นต์ โดยชั้นด้านบนที่ติดกับชั้นดินพบมีค่าสูง และมีแนวโน้มที่ลดลง และพบความผิดปกติที่ชั้นที่ 16-18 เซนติเมตร คาดว่าเกิดจากชั้นนี้มีเศษรากไม้ ใบไม้ ที่ถูกพัดพามาสะสมตัวร่วมกับตะกอนทราย ส่วนตะกอนหน้าหาดมีค่า LOI550 0.58 เปอร์เซ็นต์ ตะกอนใต้ชั้นสีนํ้ามันมีค่า LOI550 0.24 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากตะกอนสีนํ้ามันอย่างชัดเจน ส่วนค่า LOI950 ของชั้นตะกอนสีนํ้ามันมีค่า 0.34-3.53 เปอร์เซ็นต์ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก ในชั้นที่ 16-18 เซนติเมตรแสดงค่าสูงที่สุด เช่นเดียวกับค่า LOI550 แสดงว่าชั้นนี้มีเศษรากไม้ ใบไม้ เปลือกหอยสะสมตัวอยู่มาก และด้านล่างของชั้นนี้มีค่า LOI950 ที่ลดลง ส่วนตะกอนหน้าหาดมีค่า LOI950 0.55 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงของตะกอนสีนํ้ามัน และตะกอนใต้ชั้นสีนํ้ามันมีค่า LOI950 0.29 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยกว่าชั้นตะกอนสีนํ้ามัน

4.1.3.3 ผลการศึกษาหาชนิดแร่ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องตา

ผลการศึกษาเชิงคุณภาพหาชนิดแร่ในตะกอนสีนํ้ามัน พ.ศ. 2547 โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องตา องค์ประกอบของแร่โดยรวมส่วนใหญ่เป็นเป็นควอตซ์มีลักษณะความกลมมน (Roundness) ของแร่ มีค่าปานกลาง (Subrounded-Rounded) และมีความเป็นทรงกลมสูง (High sphericity) ในจุดสำรวจที่ 11 พบรากไม้ ใบไม้ เปลือกไม้ (รูปที่ 4.13) และเศษเปลือกหอยโดยพบทั้งเปลือกหอยที่ค่อนข้างสมบูรณ์ (รูปที่ 4.14) และที่แตกหัก ส่วนจุดสำรวจที่ 2 ไม่พบเศษเปลือกหอย (รูปที่ 4.15)



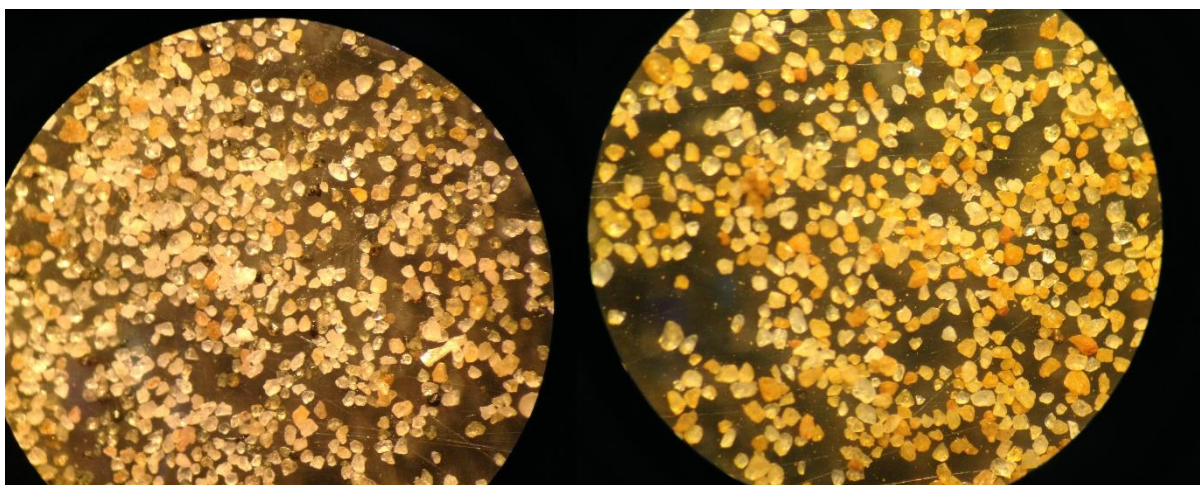
รูปที่ 4.12 แสดงเปอร์เซ็นต์อินทรีย์สารและคาร์บอนต จุดสำรวจที่ 11



รูปที่ 4.13 ลักษณะทางกายภาพของตะกอนสินามิ พ.ศ. 2547 จุดสำรวจ 11



รูปที่ 4.14 เปลือกหอยที่พบจุดสำรวจ 11



รูปที่ 4.15 ลักษณะทางกายภาพของตะกอนสีนามิ พ.ศ. 2547 จุดสำรวจ 2

4.1.4 ผลการจำแนกเหตุการณ์สีนามิหรือพายุจากปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ (Coral boulders) จากจังหวัดกระบี่

จากการเก็บข้อมูลก้อนหินมนใหญ่ในภาคสนาม สามารถใช้สมการของ Lorang (2011) เพื่อจำแนกว่าก้อนหินมนใหญ่เหล่านั้นถูกพัดพาจากการสะสมตัวเนื่องจากพายุหรือสีนามิ ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณจะเป็นคาบของคลื่นที่พามา โดยคาบของคลื่นสีนามิจะมีช่วงเวลาที่ยาวตั้งแต่ 1 นาที ถึงหลายชั่วโมง ส่วนคาบของคลื่นพายุจะมีช่วงเวลาที่สั้นตั้งแต่ 10-40 วินาทีโดยมีสมการ ดังรูปที่ 4.16 และตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

- | | | |
|-------------|---|---------------------------------|
| - H_{st} | คือ ค่าความสูงของคลื่นพายุ | ; เมตร |
| - H_t | คือ ค่าความสูงของคลื่นสีนามิ | ; เมตร |
| - U_{max} | คือ ค่าความเร็วสูงสุดของคลื่นพายุหรือสีนามิ | ; เมตรต่อวินาที |
| - T | คือ คาบของสีนามิหรือพายุ | ; วินาที |
| - ρ_s | คือ ความหนาแน่นของก้อนหินมนใหญ่ | ; 1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร |
| - ρ | คือ ความหนาแน่นของน้ำทะเล | ; 1,020 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร |

- a, b, c คือ ขนาดแกนของ Coral Boulder ; เมตร
- C_m คือ ค่าสัมประสิทธิ์มวล ; 2
- C_d คือ ค่าสัมประสิทธิ์การลาก ; 1.95
- C_l คือ ค่าสัมประสิทธิ์การยกตัว ; 0.178
- u คือ ความเร็วของกระแสน้ำใน ; 1 เมตรต่อวินาทีกำลังสอง
- g คือ ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก ; 9.8 เมตรต่อวินาทีกำลังสอง
- $h_i = h_b$ คือ ค่าความลึกของน้ำ ; เมตร
- $H_i = H_s$ คือ ความสูงของคลื่นพายุหรือสึนามิ ; เมตร
- h_{clast} คือ ความสูงของ Coral Boulder จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ; เมตร
- D_i คือ ค่าเฉลี่ยของขนาดแกน a, b, c ; เมตร
- S คือ อัตราส่วนความชัน คำนวณจากความชัน ; ค่าคงที่

$$H_{st} \geq \frac{(\rho_s - \rho / \rho) [2a - 4C_m(a/b)(u/g)]}{C_d(ac/b^2) + C_l} \quad (1)$$

$$H_t \geq \frac{0.25(\rho_s - \rho / \rho) [2a - C_m(a/b)(u/g)]}{C_d(ac/b^2) + C_l} \quad (2)$$

$$U_{max} = \sqrt{g(h_i + H_i)} \quad (3)$$

$$h_b = \left(\frac{H_s}{0.78} \right) \quad (4)$$

$$T = 2 / g \left(\frac{\rho}{\rho_s - \rho} \right) \left(\frac{C_d}{S} \right) \left(\frac{h_{clast}}{D_i} \right) U_{max} \quad (5)$$

รูปที่ 4.16 สมการในการคำนวณของ Lorang (2011)

ความหนาแน่นของก้อนหินมนใหญ่ (ρ_s) เนื่องจากเป็นปะการัง จึงนำไปเทียบกับการศึกษาของ Bucher (1998) ว่ามีลักษณะคล้ายกัน จึงกำหนดให้มีความหนาแน่น 1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ในการคำนวณหาคาบของก้อนหินมนใหญ่แต่ละก้อน จะต้องคำนวณความสูงของคลื่นทั้งสึนามิ และพายุ (สมการ 1, 2) จากนั้นจึงคำนวณความเร็วสูงสุดของคลื่นทั้งสึนามิและพายุ (สมการ 3) สุดท้ายจึง

ใช้สมการ 5 ในการหาคาบ ผลลัพธ์ที่ออกมาจะได้เป็นคาบจากสึนามิและพายุ ถ้าผลลัพธ์ทั้ง 2 มีค่ามาก เช่นเดียวกันก็จะสรุปได้ว่าถูกพัฒนามาสะสมตัวโดยสึนามิ ถ้าค่านี้น้อยเช่นเดียวกันก็จะถูกพัฒนามาโดยพายุ

จากการเก็บข้อมูลในภาคสนามของปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ และคำนวณโดยใช้สมการของ Lorang (2011) เพื่อหาว่าก้อนหินมนใหญ่เหล่านั้นถูกพัฒนามาสะสมตัวโดยพายุหรือสึนามิ ผลที่ได้ท้ายสุดจะเป็นคาบที่คลื่นจากพายุหรือสึนามิใช้ในการเคลื่อนที่ก้อนหินมนใหญ่เหล่านั้นผลที่ได้แสดงตารางที่ 4.5

จากสมการของ Lorang (2011) สำหรับก้อนหินมนใหญ่แต่ละก้อนนั้น จะต้องได้คาบที่คลื่นใช้ในการเคลื่อนที่ 2 ค่า คือคาบที่สึนามิใช้ในการเคลื่อนที่ และคาบที่พายุใช้ในการเคลื่อนที่ แต่จากข้อมูลในตารางที่ 4.5 มีเพียงตัวอย่างที่ 5.3 ที่สามารถคำนวณหาคาบออกมาได้ ซึ่งคาบที่สึนามิใช้ในการเคลื่อนที่คือ 22.76 วินาที และคาบที่พายุใช้ในการเคลื่อนที่คือ 8.78 วินาที ทั้ง 2 คาบนี้มีความใกล้เคียงกัน และเป็นคาบที่สั้น ดังนั้นตัวอย่างที่ 5.3 ถูกพัฒนามาสะสมตัวเนื่องจากพายุ ส่วนตัวอย่างอื่น ๆ ไม่สามารถบอกได้ว่ามาจากเหตุการณ์ใด

ตารางที่ 4.5 ผลการคำนวณปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่จากสมการของ Lorang (2011)

Sample	Dimension (m)			Elevation from MSL (m)	Slope (Degree)	H(Tsunami)	H(Storm)	Umax (tsunami)	Umax (storm)	S	Di	T(tsunami)	T(storm)
	A	B	C										
4.1I	0.54	0.4	0.26	1.63	16	0.05	-0.01	1.06		0.29	0.40		
4.1II	0.39	0.2	0.1	1.63		0.02	-0.18	0.70		0.29	0.23		
4.2I	0.35	0.2	0.12	2.33	8	0.02	-0.15	0.64		0.14	0.22		
4.2II	0.49	0.35	0.2	2.33		0.05	-0.04	1.03		0.14	0.35		
4.2III	0.32	0.3	0.09	2.33		0.06	-0.14	1.18		0.14	0.24		
4.2IV	0.4	0.22	0.15	2.43		0.02	-0.12	0.66		0.14	0.26		
4.2V	0.28	0.25	0.8	2.43		0.01	-0.02	0.35		0.14	0.44		
4.3	0.6	0.42	0.2	2.99	19	0.07	0.01	1.26	0.49	0.34	0.41	22.76	8.78
4.4I	0.36	0.28	0.18	1.69	15	0.03	-0.09	0.82		0.27	0.27		
4.4II	0.5	0.35	0.18	1.69		0.05	-0.05	1.08		0.27	0.34		
4.4III	0.42	0.15	0.1	1.69		0.01	-0.18	0.43		0.27	0.22		
5I	0.32	0.2	0.15	1.07	8	0.01	-0.12	0.57		0.14	0.22		
5II	0.37	0.2	0.12	1.07		0.02	-0.15	0.64		0.14	0.23		
6	0.25	0.25	0.12	1.96	10	0.03	-0.13	0.84		0.18	0.21		
7	0.4	0.2	0.13	1.48	13	0.02	-0.14	0.62		0.23	0.24		
8	0.35	0.25	0.15	1.51	8	0.03	-0.11	0.77		0.14	0.25		
9	0.35	0.22	0.11	1.14	9	0.03	-0.16	0.76		0.16	0.23		
18	0.45	0.3	0.16	-0.30	4	0.04	-0.09	0.95		0.07	0.30		
19	0.48	0.33	0.12	1.27	12	0.06	-0.09	1.20		0.21	0.31		
20	0.4	0.2	0.2	0.07	10	0.01		0.50		0.18	0.27		

บทที่ 5

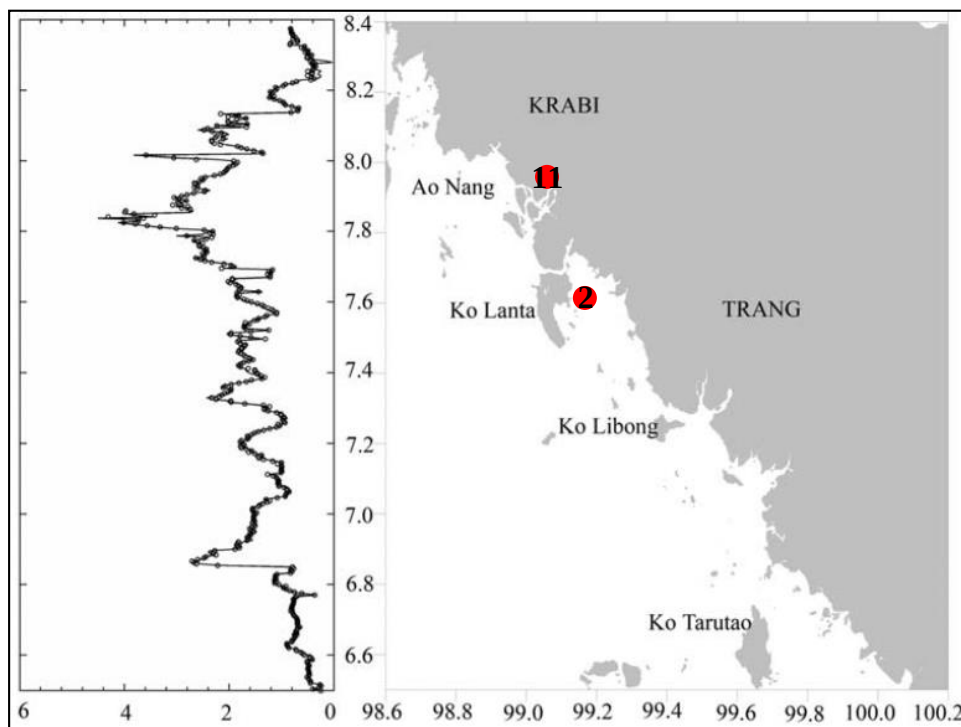
อภิปรายและวิจารณ์ผล (Discussion)

5.1 ข้อวิจารณ์ผลการศึกษาในพื้นที่จังหวัดกระบี่และพื้นที่เขาหลัก จังหวัดพังงา

จากผลการสำรวจภาคสนามพื้นที่จังหวัดกระบี่ ผลวิเคราะห์ขนาดตะกอน ผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์สารและปริมาณคาร์บอนด้วยวิธี LOI ผลการศึกษาเชิงคุณภาพหาชนิดของแร่ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องตาและผลการจำแนกเหตุการณ์สึนามิหรือพายุจากก้อนหินมนใหญ่ สามารถอภิปรายผลการศึกษาได้ดังต่อไปนี้

5.1.1 หลักฐานสึนามิและพายุโบราณ

1) การสำรวจตะกอนสึนามิ ไม่พบตะกอนสึนามิโบราณในพื้นที่ศึกษา และในจุดศึกษาส่วนใหญ่ไม่พบตะกอนสึนามิ พ.ศ.2547 แม้ว่าจุดศึกษาเหล่านี้อยู่ในพื้นที่ที่มีการท่วมเข้ามาของสึนามิ และมีคลื่นสูงถึง 2.5 เมตร ทำให้สามารถสรุปได้คร่าว ๆ ว่าคลื่นสึนามิต้องมีความสูงมากกว่า 2.5 เมตร จึงจะทิ้งร่องรอยเป็นชั้นตะกอนทรายสึนามิให้เห็น ส่วนจุดสำรวจที่ 2 และ 11 (รูปที่ 5.1) เป็นจุดที่มีศักยภาพการคงสภาพ (Preservation potential) ของตะกอนสึนามิ พ.ศ.2547 สูงกว่าบริเวณอื่น



รูปที่ 5.1 ผลที่ได้จากแบบจำลองความสูงของคลื่นสึนามิ พ.ศ. 2547 ในพื้นที่จังหวัดกระบี่และจังหวัดตรัง (Ioualalen et al., 2007) และแสดงตำแหน่งจุดสำรวจที่ 2 และ 11

2) จากการสำรวจหาก้อนหินมนใหญ่ในบริเวณต่างๆในพื้นที่จังหวัดกระบี่ ที่มีความเป็นไปได้ที่จะพบก้อนหินมนใหญ่ เช่น บริเวณแหลมและหาด พบปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่เพียง 20 ก้อน และทั้งหมดมีขนาดเล็ก ทำให้สรุปได้ในเบื้องต้นว่า ในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดกระบี่มีเหตุการณ์ที่มีการท่วมเข้ามาของน้ำทะเล (พายุหรือสึนามิ) ที่ไม่รุนแรงเมื่อเทียบกับพื้นที่เกาะล้านและเกาะสมุย (เทียบกับผลการศึกษาของ Terry et al., 2015; 2016)

5.1.2 การวิเคราะห์ขนาดตะกอน

จากผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอนตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 พบว่าค่าเฉลี่ยขนาดตะกอน Phi (ϕ) ของจุดสำรวจที่ 2 มีค่าประมาณ 2.77 ซึ่งมีขนาดทรายละเอียด (Fine sand) และจุดสำรวจที่ 11 มีค่าประมาณ 3.2 ซึ่งเป็นขนาดทรายละเอียดมาก (Very fine sand)

จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งแสดงถึงการคัดขนาดของตะกอน (sorting) ของตะกอนสึนามิมีการคัดขนาดปานกลาง และที่ระดับความลึกตะกอนมากขึ้นตะกอนสึนามิในจุดสำรวจที่ 11 มีแนวโน้มที่แสดงถึงการคัดขนาดที่แย่งค่า Skewness มีค่าต่ำแสดงถึงการเบี่ยงไปทางตะกอนขนาดหยาบมากกว่าขนาดละเอียด (Very fine skewed) และค่า Kurtosis มีค่าสูง (Very leptokurtic) แสดงว่าตะกอนไม่มีความหลากหลายของขนาด ส่วนตะกอนหน้าหาดส่วนใหญ่มีขนาดเป็นทรายละเอียด (Fine sand) มีการคัดขนาดที่ดีเนื่องจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อย มีค่า Skewness และ Kurtosis น้อยแสดงถึงความสมมาตรของขนาดตะกอน ตะกอนใต้ชั้นสึนามิ มีค่าทางสถิติที่ใกล้เคียงกับตะกอนหน้าหาดของจุดสำรวจที่ 11 ดังตารางที่ 5.1 จึงคาดว่าตะกอนเหล่านี้คือตะกอนหน้าหาดในอดีต และมีตะกอนสึนามิมาตกทับถมอยู่ด้านบน

ตะกอนทั้งหมดที่ได้นำมาทำการวิเคราะห์มีการกระจายตัวแบบ unimodal คือพบตะกอนขนาดเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ พบตะกอนขนาดอื่นปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบค่าทางสถิติของตะกอนหน้าหาดและตะกอนใต้ชั้นสึนามิ จุดสำรวจที่ 11

Sample	Mean Phi (ϕ)	SD	Skewness (Sk ϕ)	Kurtosis (K ϕ)
Beach sand	2.81	0.38	0.35	3.33
Pre-2004 tsunami sand	2.68	0.42	0.44	3.38

5.1.3 วิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์สารและปริมาณคาร์บอนต ด้วยวิธี LOI

ตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 บริเวณที่ติดกับชั้นดินด้านบนจะมีค่า LOI 550 ซึ่งบ่งบอกถึงปริมาณอินทรีย์สารสูงเพราะในบริเวณนั้นจะมีเศษของรากไม้ ใบไม้ เปลือกไม้ จากชั้นดินติดอยู่เยอะ และสำหรับค่า LOI 950 ซึ่งบ่งบอกถึงปริมาณคาร์บอนต ในจุดสำรวจที่ 2 มีค่าน้อยเพราะไม่พบเศษเปลือกหอยใน

ชั้นทรายสีนํ้า มีส่วนในจุดสำรวจที่ 11 มีค่าสูงเนื่องจากพบเปลือกหอยในชั้นสีนํ้า และชั้นที่มีค่ามากที่สุดคือ 15-17 เซนติเมตรเป็นชั้นที่พบเปลือกหอยมากที่สุดสอดคล้องกับการคัดขนาดที่ไม่ดีของตะกอนในชั้นเดียวกัน ดังรูปที่ 5.2

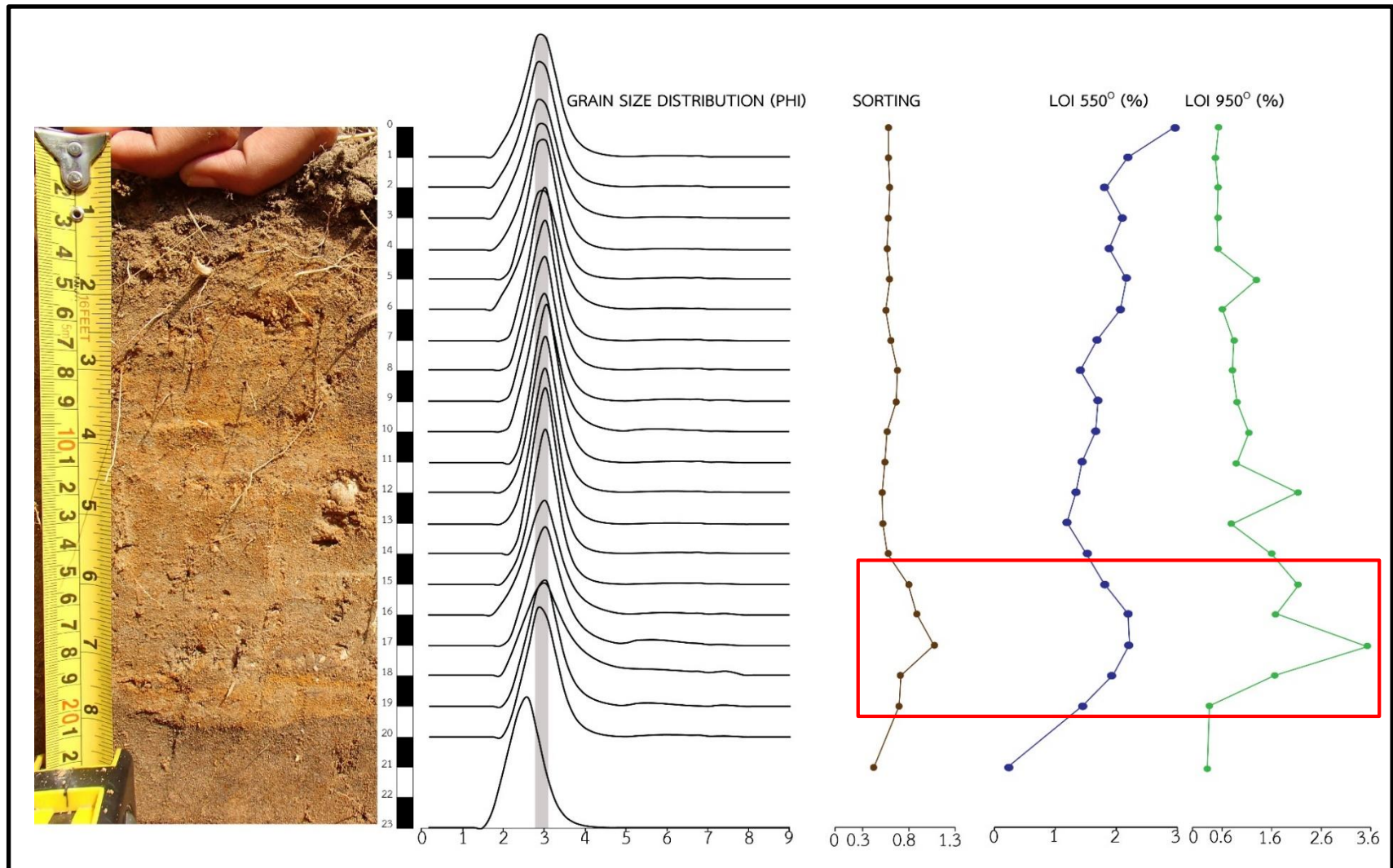
5.1.4 การศึกษาเชิงคุณภาพหาชนิดของแร่ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องตา

จากการศึกษาตะกอนสีนํ้า พ.ศ. 2547 จากจังหวัดกระบี่ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องตา พบว่ามีแร่ควอตซ์เป็นองค์ประกอบหลัก คาดว่าต้นกำเนิดของตะกอนมาจากการผุพังของหินบริเวณโดยรอบ ซึ่งเป็นกลุ่มหินแกรนิต (CPK) มีอายุแก่ที่สุดในบริเวณนั้น และยังประกอบด้วยหินทรายเนื้อซิลิกา

5.1.5 การจำแนกเหตุการณ์สีนํ้าหรือพายุจากก้อนหินมนใหญ่

Lorang (2011) ได้ใช้สมการของ Nott (2003) เพื่อหาความสูงของคลื่น จากนั้นนำมาคำนวณหาคาบที่คลื่นใช้ในการเคลื่อนที่ เมื่อผลลัพธ์ออกมาเป็นคาบที่ยาวตั้งแต่ 1 นาทีถึงหลายชั่วโมง ก็สามารถสรุปได้ว่าถูกพัดพาโดยสีนํ้า และถ้าคาบสั้นตั้งแต่ 10 - 40 วินาทีแสดงว่าถูกพัดพาโดยพายุ ในการเก็บข้อมูลจากชายฝั่งจังหวัดกระบี่พบมีเพียงตัวอย่างที่ 4.3 ที่สามารถคำนวณคาบที่คลื่นใช้ในการเคลื่อนที่และบอกได้ว่ามาจากการพัดพาของพายุ จากสมการที่ 1 ที่ใช้ในการหาความสูงของคลื่นพายุ พบว่าเมื่อทำการคำนวณกับตัวอย่างอื่น ๆ (ยกเว้นตัวอย่างที่ 4.3) ผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าติดลบ และไม่สามารถนำไปคำนวณต่อในสมการที่ 3 เพื่อหาค่าความเร็วสูงสุดของคลื่นได้ เมื่อพิจารณาพจน์ในกรอบสีแดงในสมการที่ 1 เป็นพจน์ที่ทำให้สมการนี้ได้ผลเป็นค่าลบ เพราะเมื่อค่า b มีค่าน้อยไปหารค่า a จะทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นค่าที่มาก เมื่อคูณกับ 4 ยิ่งเพิ่มค่าให้พจน์นี้ เมื่อนำไปลบกับ $2a$ จึงทำให้ผลลัพธ์ติดลบและเมื่อนำตัวแปรเดียวกันไปใช้ในสมการที่ 2 ค่าที่ได้จึงเป็นบวก เพราะฉะนั้นแกน b ต้องมีความยาวมากกว่า 41 เซนติเมตรจึงจะสามารถใช้กับสมการของ Lorang (2011) ได้

ปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ที่พบในพื้นที่จังหวัดกระบี่และทำการเก็บข้อมูลมานั้น ก้อนที่มีปริมาตรสูงที่สุดคือ 0.056 ลูกบาศก์เมตรและก้อนที่มีมวลหนักที่สุดคือ 0.06 ตัน เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาก้อนหินมนใหญ่ที่ถูกพัดพาโดยสีนํ้าของ Scicchitano et al. (2007) ที่ประเทศอิตาลี พบว่าก้อนที่มีปริมาตรต่ำที่สุดคือ 0.3 ลูกบาศก์เมตร และก้อนที่มีมวลเบาที่สุดคือ 0.32 ตัน ซึ่งมีทั้งมวลและปริมาตรมากกว่าที่พบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดกระบี่ และจากข้อมูลระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลที่พบปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดกระบี่พบว่ามีค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางไม่มาก ใกล้เคียงกับกับระดับน้ำขึ้น-น้ำลงในแต่ละวัน (รูปที่ 5.3) ดังนั้นจึงไม่สามารถระบุได้ว่าปะการังก้อนหินมนใหญ่ที่พบถูกพัดพามาสะสมตัวจากคลื่นที่มีความรุนแรงสูงอย่างเช่นสีนํ้าหรือพายุ แต่น่าจะถูกพัดพามาโดยคลื่นที่มีความรุนแรงในฤดูมรสุม



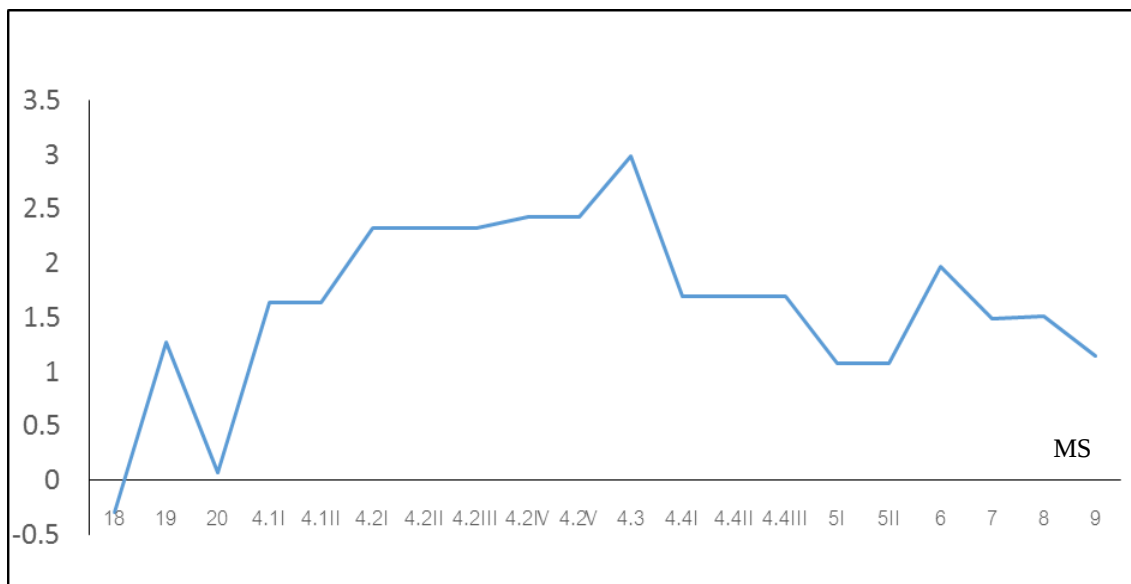
รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการคัดขนาดและปริมาณอินทรีย์สารและคาร์บอนจุดสำรวจที่ 11

$$H_{st} \geq \frac{(\rho_s - \rho / \rho)[2a - 4C_m(a/b)(u/g)]}{C_d(ac/b^2) + C_l} \quad (1)$$

สมการที่ 1 ของ Lorang (2011) เพื่อหาความสูงของคลื่นพายุ

สมการที่ 2 ของ Lorang (2011) เพื่อหาความสูงของคลื่นสึนามิ

$$H_t \geq \frac{0.25(\rho_s - \rho / \rho)[2a - C_m(a/b)(u/g)]}{C_d(ac/b^2) + C_l} \quad (2)$$



รูปที่ 5.3 แสดงระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางของปะการังก้อนหินมนใหญ่เรียงจากทิศเหนือ (ซ้าย) ไปทางทิศใต้ (ขวา)

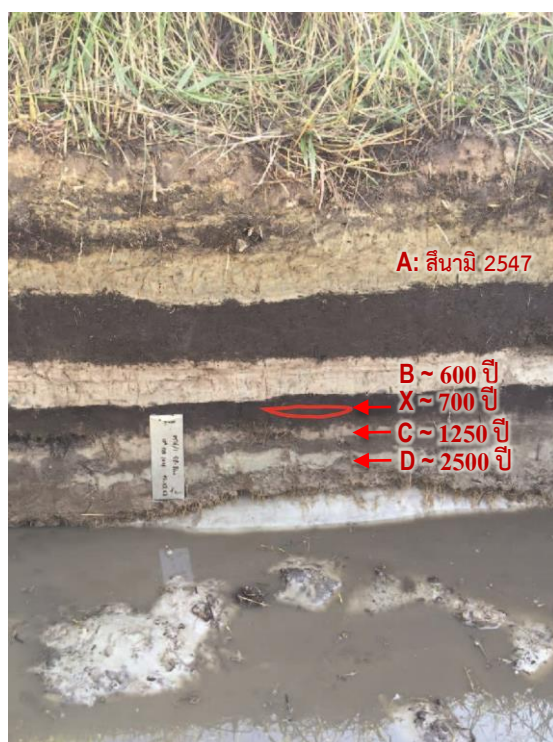
5.2 การหาอายุเหตุการณ์สึนามิโบราณ

ตลอดช่วงโครงการวิจัย คณะวิจัยได้ทำการออกภาคสนามพื้นที่เกาะพระทอง ต.เกาะพระทอง อ.คุระบุรี จ.พังงา เพื่อขุดหาหลักฐานทางตะกอนวิทยาและธรณีวิทยาของสึนามิปี 2547 และสึนามิในอดีต และได้เก็บตัวอย่างในสนามมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาอายุของเหตุการณ์สึนามิในอดีตด้วยวิธีคาร์บอน-14 และวิธีการกระตุ้นด้วยแสง เพื่อหาค่าโดยประมาณการอุบัติซ้ำของสึนามิในพื้นที่ประเทศไทย

ผลจากการหาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสงของตัวอย่างสันทรายบนเกาะพระทองในเบื้องต้น ทำให้ทราบวิวัฒนาการทางธรณีวิทยาของเกาะพระทอง โดยสรุปได้ว่า เกาะชาตซึ่งอยู่ทางด้านตะวันออกของเกาะพระทอง มีอายุมากกว่า 100,000 ปี ส่วนเกาะพระทองมีอายุน้อยกว่า 6,000 ปี

และสันทรายเหล่านี้มีการพอกออกไปจากด้านตะวันออกไปทางตะวันตก จากการที่น้ำทะเลลดลง หลังจากที่น้ำทะเลขึ้นสูงสุดในช่วงโฮโลซีนตอนกลาง (Mid-Holocene highstand)

บนเกาะพระทองพบตะกอนสีนามีโบราณสะสมในบริเวณร่องที่ลุ่มระหว่างสันทรายเท่านั้น ไม่พบในบริเวณสันทราย ซึ่งชั้นตะกอนสีนามีโบราณที่พบนี้ พบได้ตั้งแต่ 1-4 ชั้น (ชั้นทราย A, B, X, C, D ดังแสดงในรูป 5.4) อายุของชั้นตะกอนสีนามีโบราณที่พบที่เกาะพระทองจากผลการหาอายุด้วยวิธีคาร์บอน -14 พบว่าชั้นทราย B (สีนามีครั้งก่อนหน้าปี 2547) เกิดขึ้นเมื่อประมาณ 600 ปีที่แล้ว ซึ่งข้อมูลอายุที่ได้ยืนยันข้อมูลอายุเหตุการณ์ที่ได้จากพื้นที่อื่นๆในประเทศไทย และจากประเทศอื่น ๆ รอบมหาสมุทรอินเดีย ทำให้เชื่อว่าเหตุการณ์สีนามีครั้งนั้นมีขนาดใกล้เคียงกับเหตุการณ์ในปี 2547 ส่วนชั้นทราย X อายุประมาณ 700 ปี, ชั้นทราย C อายุประมาณ 1,250 ปี และอายุของชั้นทราย D คือ ประมาณ 2,500 ปี (รูปที่ 5.4) ซึ่งจากอายุที่ได้ทั้งหมดในรูปที่ 5.4 จะเห็นได้ชัดเจนว่าช่วงระหว่างเหตุการณ์สีนามี (recurrence interval) นั้นห่าง และไม่สม่ำเสมอ โดยในกรณีของทราย B และ X นั้นสั้นเพียงประมาณ 100 ปี นอกจากนี้ ยังมีข้อสังเกตว่าตะกอนสีนามีที่แทนด้วยทราย X นั้นพบเป็นเลนส์บาง และไม่ต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังพบในพื้นที่จำกัด จึงน่าจะเป็นตะกอนทรายที่ตกจากสีนามีที่มีขนาดเล็กกว่าเหตุการณ์อื่น ๆ (รวมทั้งเหตุการณ์เมื่อปี 2547)



รูปที่ 5.4 แสดงชั้นตะกอนสีนามีโบราณที่พบในพื้นที่เกาะพระทอง ซึ่งพบได้ตั้งแต่ 1-4 ชั้น ได้แก่ชั้นทราย B, X, C, D เรียงจากบนลงล่าง ส่วนชั้นทราย A เป็นตะกอนสีนามี 2547 ทั้งนี้ชั้นทราย X จะเห็นเป็นชั้นบาง ๆ ไม่ต่อเนื่อง และพบปรากฏในบางพื้นที่เท่านั้น และไม่เห็นในตำแหน่งหลุมในรูปนี้

รูปที่ 5.5 แสดงอายุที่ได้จากการหาอายุโดยวิธีคาร์บอน-14 ของตัวอย่างสีนามิโบราณจากเกาะพระทองเทียบกับอายุที่ได้จากเกาะสุมาตรา อินโดนีเซีย ซึ่งการวิจัยจากเมลาบอเป็นการศึกษาตะกอนทรายสีนามิที่พบในร่องระหว่างสันทราย คล้ายกับที่พบที่เกาะพระทอง ส่วนการศึกษาที่เกาะสีมาลูนันเป็นการศึกษาห้วยปะการังที่มีการยกหรือจมตัวสัมพันธ์กับการเกิดแผ่นดินไหว และอาศัยการหาอายุโดยวิธี U, Th ซึ่งจะเห็นได้จากรูปนี้ว่าอายุของชั้นทราย B และ C ที่ได้จากการวิจัยนี้สอดคล้องกับอายุที่ได้จากเกาะสุมาตรา (ทั้ง 2 การศึกษา) ซึ่งยืนยันว่าเหตุการณ์สีนามิเหล่านี้มีความรุนแรง และมีผลกระทบในหลายพื้นที่รอบมหาสมุทรอินเดีย ทั้งนี้ อายุของเหตุการณ์สีนามิ X และ D ยังคงต้องรอให้มีผลการศึกษาจากที่อื่นในการยืนยันอายุและความรุนแรง ในรูปที่ 5.6 แสดงอายุที่ได้จากการหาอายุโดยวิธีการแปลงด้วยแสงเปรียบเทียบกับข้อมูลอายุที่ได้จากวิธีคาร์บอน-14 ซึ่งจะเห็นว่ามียาอายุน้อยกว่าอายุที่ได้จากการหาอายุโดยวิธีคาร์บอน-14

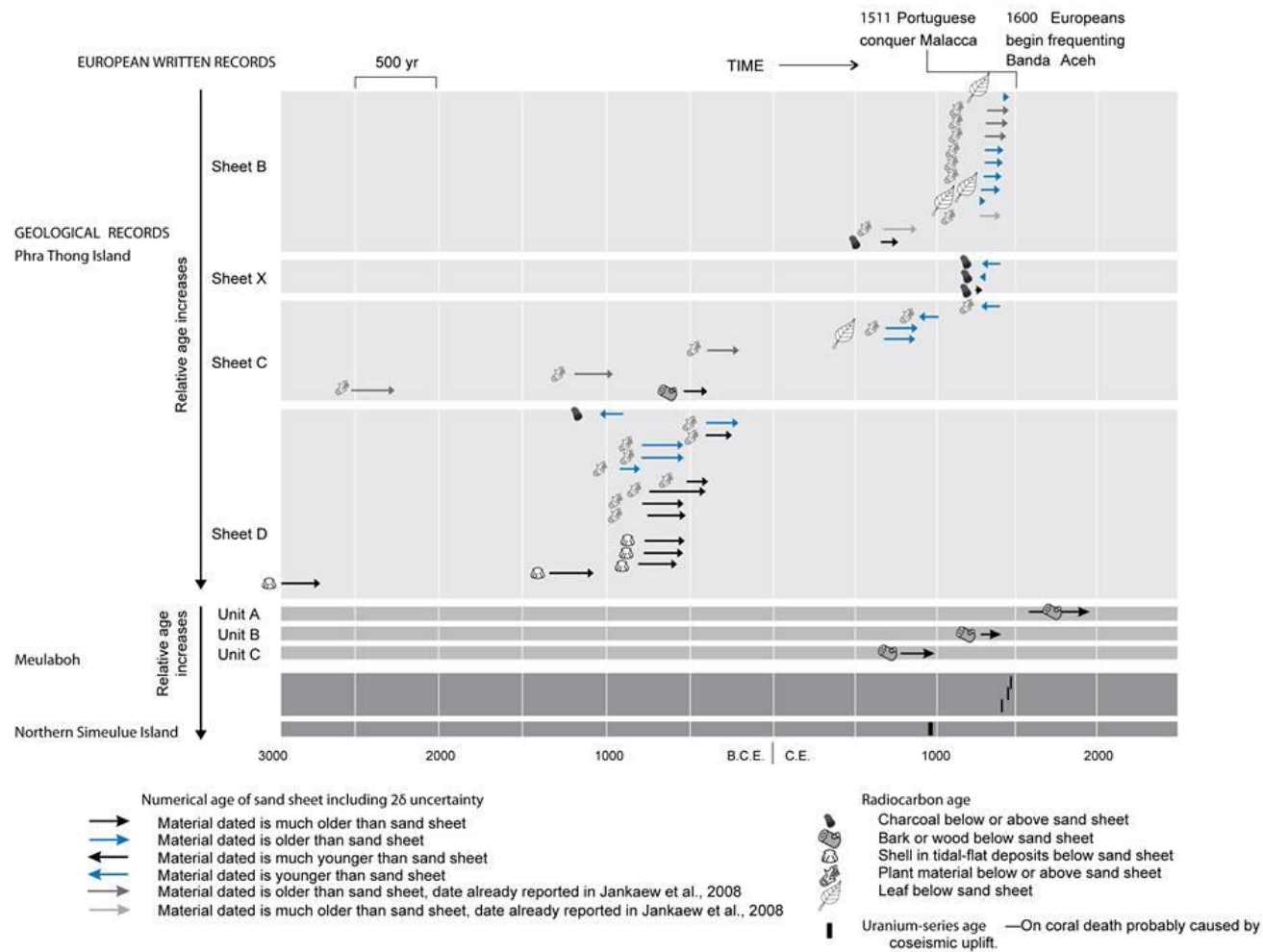
ปัญหาที่พบในพื้นที่ประเทศไทยและประเทศในแถบร้อนชื้นก็คือ วัสดุที่ใช้ในการหาอายุโดยวิธีคาร์บอน-14 นั้นหายาก ทั้งนี้ ทีมวิจัยเชื่อว่าการหาอายุโดยวิธีคาร์บอน-14 มีความน่าเชื่อถือกว่าการหาอายุด้วยวิธีอื่น เช่น วิธี OSL อายุของชั้นทรายสีนามิจากวิธี OSL ได้ค่าที่น้อยกว่าอายุที่ได้จากวิธีคาร์บอน-14 เสมอ ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากหลักการในการหาอายุโดยวิธี OSL นั้นสันนิษฐานว่าปริมาณ Dose rate มีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงที่ตะกอนสะสมตัว และการหาอายุโดยวิธี OSL ก็ใช้ได้ดีในพื้นที่ที่ค่าความชื้นในตัวอย่างค่อนข้างคงที่ หรือเปลี่ยนแปลงน้อย ซึ่งในกรณีการหาอายุของสันทราย การใช้เทคนิคนี้ในการหาอายุจะไม่ค่อยเป็นปัญหา เนื่องจากบริเวณโดยรอบตัวอย่าง (ตรงสันทราย) ตะกอนมีขนาดใกล้เคียงกันและเป็นทรายเกือบทั้งหมด อีกทั้งบริเวณสันทรายมีการระบายน้ำดี ทำให้ความชื้นในตัวอย่างค่อนข้างคงที่ ในขณะที่ตัวอย่างสีนามิโบราณนั้นพบแทรกกับชั้นดิน (มีปริมาณ K, Th, U สูงและอาจมีค่าไม่คงที่เมื่อเวลาเปลี่ยนไป) และพบในที่ลุ่มระหว่างสันทราย ซึ่งพบว่ามีน้ำขังในช่วงฤดูฝนและปริมาณน้ำใต้ดินลดลงในช่วงฤดูแล้ง จากปัจจัยเหล่านี้อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้อายุของชั้นทรายสีนามิจากวิธี OSL มีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับอายุของทรายชั้นเดียวกันที่หาได้จากวิธีคาร์บอน-14

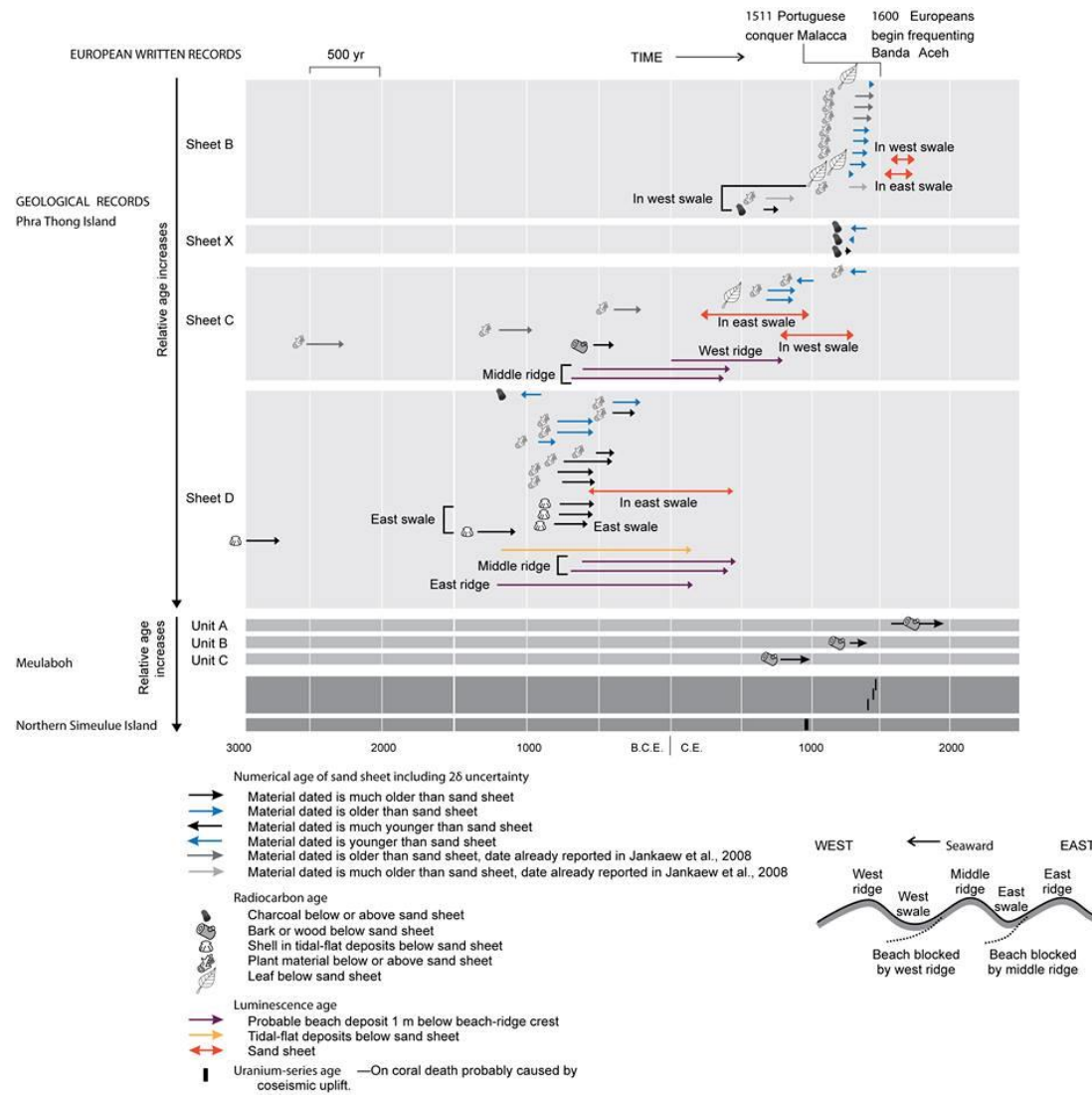
อย่างไรก็ตาม ในต่างประเทศนั้นการหาอายุของเหตุการณ์สีนามิ และแผ่นดินไหวโบราณในแต่ละครั้ง ใช้ข้อมูลอายุจากวิธีคาร์บอน-14 มากกว่า 100 ตัวอย่าง (จากทีมวิจัยทีมเดียวหรือมากกว่า 1 ทีม) การศึกษาเหตุการณ์สีนามิในอดีตนั้น นอกจากจะทำให้ได้ข้อมูล “อายุ” (เกิดมาแล้วกี่ครั้งแต่ละครั้งเกิดขึ้นเมื่อไหร่) แล้ว “ขนาด” (แรงแคïne น้ำสูงแคïne และท่วมเข้ามาในฝั่งไกลไหม) ของสีนามิแต่ละครั้งก็มีความสำคัญ

ทีมวิจัยได้ทำการออกภาคสนามและเก็บข้อมูลในสนามทั้งที่เกาะพระทอง และพื้นที่อื่น ๆ ที่คาดว่าจะมีตะกอนสีนามิโบราณ ได้แก่ เกาะคอเขา เกาะระ เกาะพยาม อุทยานแห่งชาติแหลมสน หาดทะเลนอก หาดประพาส หาดทุ่งทะเล เกาะลันตาใหญ่ เกาะลันตาน้อย และชายฝั่งจังหวัดภูเก็ต ซึ่งในพื้นที่เหล่านี้พบตะกอนสีนามิปี 2547 ที่บางมาก หรือไม่หลงเหลือให้เห็นแล้ว และไม่พบ

ตะกอนสีนํ้าโบราณในพื้นที่เหล่านี้ ทั้งนี้สาเหตุหลักที่ทำให้ไม่พบตะกอนสีนํ้า 2547 ในพื้นที่เหล่านี้ หรือพบบางมาก อาจเนื่องมาจากความสูงคลื่นสีนํ้าในบริเวณเหล่านี้ไม่สูงมาก (น้อยกว่า 10 เมตร) และปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่ง น่าจะมาจากการรบกวนตะกอนโดยมนุษย์ นอกจากนี้พื้นที่เหล่านี้เมื่อเทียบกับร่องระหว่างสันทราย (Swale) บนเกาะพระทองแล้ว พบว่ามี Preservation potential ในการคงไว้ของตะกอนสีนํ้าต่ำมาก และสาเหตุและปัจจัยเหล่านี้ก็เป็นสาเหตุทำให้ไม่พบตะกอนสีนํ้าโบราณในพื้นที่เหล่านี้เช่นกัน

บนเกาะพระทองนั้น พบว่าตะกอนสีนํ้าโบราณพบสะสมในบริเวณร่องที่ลุ่มระหว่างสันทรายเท่านั้น ซึ่งชั้นตะกอนสีนํ้าโบราณที่พบนี้พบได้ตั้งแต่ 1-4 ชั้นการที่พบชั้นตะกอนสีนํ้าโบราณสะสมในบริเวณร่องที่ลุ่มระหว่างสันทรายแต่ไม่พบในบริเวณสันทราย ก็เพราะว่าบริเวณร่องมีชั้นตะกอนดินสีดำตกสะสมตัวอยู่ โดยชั้นดินเหล่านี้ทำหน้าที่รักษา (Preserve) ชั้นตะกอนสีนํ้าเหล่านี้ไว้ ทั้งนี้ปัจจัยหลักที่จะทำให้ชั้นตะกอนเหล่านี้หลงเหลือให้เราเห็นคือการไม่ถูกรบกวนตะกอนโดยสัตว์ (รวมทั้งมนุษย์ และกิจกรรมของมนุษย์) พืช และกระบวนการทางธรรมชาติอื่น ๆ ดังนั้นในกรณีของเกาะพระทอง ร่องที่ลุ่มระหว่างสันทรายทำหน้าที่เป็นสถานที่เก็บสะสมและคงไว้ซึ่งตะกอนสีนํ้าที่ดีที่สุด





รูปที่ 5.6 แสดงอายุที่ได้จากการหาอายุโดยวิธีคาร์บอน-14 ของตัวอย่างสินามิโบราณจากเกาะพระทองเทียบกับอายุที่ได้จากเกาะสุมาตรา อินโดนีเซีย (ทั้งที่เมลาบอและที่เกาะสิมาลู) เปรียบเทียบกับอายุที่ได้จากการหาอายุโดยวิธีการเปล่งด้วยแสง

จากการศึกษาตะกอนพบว่าแหล่งที่มาของตะกอนสีนามีที่เกาะพระทอง คือ ตะกอนทะเลตื้นเป็นส่วนใหญ่ (ตะกอนขนาดทรายละเอียดมาก) มีบางส่วนที่เป็นตะกอนจากหน้าหาด (ตะกอนทรายขนาดปานกลาง-ละเอียด) และตะกอนมากกว่า 90% ประกอบด้วยแร่ควอร์ตซ์ใส ผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอนสีนามีพบว่าตะกอนสีนามีปี 2547 แสดงลักษณะทั้ง Bimodal และ Unimodal โดยตัวอย่างที่แสดงลักษณะ Bimodal มีฐานนิยม (Mode) ที่เด่น (ปริมาณตะกอนมากที่สุด) คือ ตะกอนขนาดทรายละเอียด (Very fine sand) และมีฐานนิยมที่รองลงมาอยู่ในช่วงทรายขนาดปานกลาง (Medium sand) ส่วนตัวอย่างที่แสดงลักษณะ Unimodal ตะกอนส่วนใหญ่มีขนาดทรายละเอียด-ปานกลาง (Fine-medium grain) ตะกอนสีนามีปี 2547 ส่วนใหญ่แสดงลักษณะการเรียงตะกอนจากใหญ่ไปเล็ก (Fining upward) ยกเว้นตัวอย่างที่มาจากตำแหน่งใกล้กับชายฝั่ง ซึ่งแสดงลักษณะการเรียงขนาดตะกอนจากเล็กไปใหญ่ (Coarsening upward) โดยเฉพาะตรงส่วนฐาน

ส่วนตะกอนสีนามีโบราณพบว่าแสดงลักษณะ Unimodal โดยมี Mode ที่เด่น (ปริมาณตะกอนมากที่สุด) คือ ตะกอนขนาดทรายละเอียดมาก (Very fine sand) ยกเว้นตะกอนสีนามีโบราณ ชั้น D ที่พบว่ามีขนาดหยาบกว่าตะกอนสีนามีชั้นอื่น ซึ่งคาดว่าเนื่องมาจากตำแหน่งชายหาดในอดีตอาจจะอยู่ใกล้กว่าปัจจุบัน และอาจจะเนื่องมาจากปริมาณตะกอนหยาบที่มีมากกว่าในช่วงเวลาที่เกิดสีนามี D

5.3 การหาความรุนแรง (ขนาด) ของสีนามีโบราณ

ความเร็วคลื่นสีนามีสามารถคำนวณได้จากแบบจำลอง ในการศึกษาครั้งนี้ใช้แบบจำลองการตกสะสมตัวของตะกอน (TsuSedMod) ของ Jaffe and Gelfenbaum (2007) ซึ่งมีเงื่อนไขว่า อุทกพลศาสตร์ของคลื่นสีนามีเป็นไปในลักษณะที่มีการเคลื่อนที่แบบคงที่ (Steady flow) มีทิศทางการไหลทางเดียว (Uniform flow) และตะกอนแขวนลอยตกสะสมในช่วงเวลาที่คลื่นมีความเร็วเป็นศูนย์ ตัวแปรนำเข้าสำหรับแบบจำลอง ได้แก่ (1) ค่าความสูงของคลื่น (2) ความหนาของช่วงตะกอนแขวนลอย (Suspension-graded intervals) ที่ได้จากการการศึกษาลักษณะทางตะกอน (3) การกระจายตัวของขนาดตะกอน Suspension-graded intervals และ (4) ค่า Manning's n ซึ่งขึ้นกับลักษณะพื้นที่ว่ามีพืชปกคลุมแค่ไหน (การศึกษานี้กำหนด Manning's n คือ 0.030 ซึ่งจะได้ค่าความขรุขระของพื้นผิว (Bed roughness) อยู่ในช่วง 0.006 เมตร)

ผลเบื้องต้นจากการคำนวณหาระดับความรุนแรงของสีนามีโบราณในแง่ของความเร็วคลื่นสีนามีขณะเคลื่อนที่อยู่นิ่ง พบว่า ความเร็วเฉลี่ยคลื่นสีนามีปี 2547 มีค่าตั้งแต่ 3.42 ถึง 11.27 เมตรต่อวินาที ความเร็วเฉลี่ยคลื่นสีนามี B มีค่า 8.45 เมตรต่อวินาที, ความเร็วเฉลี่ยคลื่นสีนามี C มีค่า 3.88 เมตรต่อวินาที และความเร็วเฉลี่ยคลื่นสีนามี D มีค่า 10.8 เมตรต่อวินาที จากผลการศึกษาเบื้องต้น พบว่าคลื่นสีนามี D มีความเร็วคลื่นใกล้เคียงกับสีนามีปี 2547

อย่างไรก็ตามค่าความเร็วเฉลี่ยของคลื่นสึนามิที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ ยังถือว่าเป็นค่าเบื้องต้น ยังมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการศึกษาดูอย่างเพิ่มเติม โดยใช้ข้อมูลจากจำนวนตัวอย่างที่มากขึ้น (โดยเฉพาะตะกอนสึนามิโบราณ) เพื่อให้ได้ค่าที่น่าเชื่อถือมากขึ้น

จากการศึกษาชนิดและปริมาณของแร่ดิน การกระจายตัวของตะกอน และออกไซด์องค์ประกอบ พบว่า แร่ดินที่พบในตะกอนสึนามิ 4 ชั้น ได้แก่ แร่โคลิไนต์ และอิลไลต์ นอกจากนี้แร่ดินที่พบเฉพาะใน ตะกอนสึนามิปี 2547 ตะกอนสึนามิในอดีตชั้นที่ 2 และตะกอนสึนามิในอดีตชั้นที่ 3 ได้แก่ แร่คลอไรต์ ส่วนแร่ดินที่พบในตะกอนสึนามิในอดีตชั้นที่ 1 และตะกอนสึนามิในอดีตชั้นที่ 2 ได้แก่ แร่มอนต์มอริล-ไลไนต์

ในเบื้องต้นสามารถระบุความลึกน้ำที่สึนามิเริ่มพัดเอาตะกอนเข้ามาสะสมตัวเป็นชั้นตะกอนสึนามิ ปี 2547 ว่ามาจากระดับความลึกมากกว่า 17 เมตร, ตะกอนสึนามิในอดีตชั้นที่ 1 เริ่มถูกสึนามิพัดพามา จากความลึกน้ำประมาณมากกว่า 14.5 เมตร และตะกอนสึนามิในอดีตชั้นที่ 2 และตะกอนสึนามิในอดีต ชั้นที่ 3 เริ่มถูกพัดพามาจากความลึกน้ำมากกว่า 20 เมตร เนื่องจากขาดข้อมูลในบริเวณที่ลึกกว่า 20 เมตร จึงไม่สามารถสรุประดับความลึกของน้ำที่สึนามิเริ่มพัดเอาตะกอนเข้ามาได้

จากความสัมพันธ์ของชนิดแร่ดิน พบว่าไม่สามารถเชื่อมโยงชนิดแร่ดินได้ชัดเจนระหว่างตะกอน สึนามิในอดีตชั้นที่ 3 กับตะกอนพื้นทะเลที่ความลึกต่าง ๆ เนื่องจากความแตกต่างของชนิดแร่ดินที่พบใน แต่ละบริเวณไม่ชัดเจน กล่าวคือพบแร่ดินชนิดเดียวกันเป็นบริเวณกว้าง จึงไม่มีแร่ดินที่สามารถใช้เป็นตัว บ่งชี้ระดับความลึกต่าง ๆ ได้ดีนัก

ตะกอนสึนามิปี 2547 และตะกอนสึนามิในอดีตมีแนวโน้มที่จะถูกพัดพามาจากพื้นที่ระดับ ความลึกมากกว่า 22.5 เมตร สอดคล้องกับการศึกษาระดับความลึกน้ำที่คลื่นสึนามิเริ่มพาตะกอนพื้นทะเล เข้ามา โดย Hawkes et al. (2007) พบว่าสึนามิเริ่มพาเอาตะกอนพื้นทะเลที่บริเวณไหล่ทวีปชั้นใน (inner shelf), Kokocinski et al. (2009) ระบุว่าสึนามิเริ่มกัดเซาะและพาตะกอนบริเวณทะเลตื้น (shallow) และบริเวณใกล้ชายฝั่ง (Near shore zone) รวมถึงการศึกษาของ Sawai et al. (2009) พบว่ามาจาก บริเวณต่ำกว่าบริเวณชายหาด (Beach) และบริเวณที่ระดับน้ำลงต่ำสุด (Subtidal zone)

ทั้งนี้ ด้วยข้อจำกัดของเครื่องเก็บตะกอน ทำให้การศึกษานี้ไม่สามารถนำตะกอนพื้นทะเลที่ความ ลึกมากกว่า 23 เมตรมาวิเคราะห์ได้ ประกอบกับแร่ดินที่เป็นองค์ประกอบส่วนน้อยในตะกอนต่าง ๆ ทำให้ ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ทุกตัวอย่าง ทำให้มีข้อมูลไม่เพียงพอที่จะระบุความลึกที่แน่นอนที่สึนามิเริ่ม พาตะกอนเข้ามาโดยใช้ความสัมพันธ์ของชนิดแร่ดินได้

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ (Conclusion and Recommendation)

6.1 สรุปผลการศึกษา (Conclusion)

จากการสำรวจ ไม่พบตะกอนสึนามิโบราณในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดกระบี่ แต่พบตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 สถานที่พบคือจุดสำรวจที่ 2 เกาะลันตาน้อย มีความหนา 2 เซนติเมตร และจุดสำรวจที่ 11 บ้านหาดยาว มีความหนา 20 เซนติเมตร พบปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดกระบี่ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นหลักฐานเหตุการณ์สึนามิหรือพายุโบราณ

สาเหตุหลักที่ทำให้ไม่พบตะกอนสึนามิ 2547 ในพื้นที่จังหวัดกระบี่และพื้นที่อื่นๆ หรือพบบางมากนั้น คาดว่าเนื่องจากความสูงคลื่นสึนามิในบริเวณเหล่านี้ไม่สูงมาก (น้อยกว่า 10 เมตร) และปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่ง คือการรบกวนตะกอนโดยมนุษย์ นอกจากนี้พื้นที่เหล่านี้มี Preservation potential ในการคงไว้ของตะกอนสึนามิต่ำมาก และสาเหตุและปัจจัยเหล่านี้ก็เป็นสาเหตุทำให้ไม่พบตะกอนสึนามิโบราณในพื้นที่เหล่านี้เช่นกัน

บนเกาะพระทองนั้น พบว่าตะกอนสึนามิโบราณพบสะสมในบริเวณร่องที่ลุ่มระหว่างสันทรายเท่านั้น ซึ่งชั้นตะกอนสึนามิโบราณที่พบนี้พบได้ตั้งแต่ 1-4 ชั้นการที่พบชั้นตะกอนสึนามิโบราณสะสมในบริเวณร่องที่ลุ่มระหว่างสันทรายแต่ไม่พบในบริเวณสันทราย ก็เพราะว่าบริเวณร่องมีชั้นตะกอนดินสีน้ำตาลสะสมตัวอยู่ โดยชั้นดินเหล่านี้ทำหน้าที่รักษา (Preserve) ชั้นตะกอนสึนามิเหล่านี้ไว้ ทั้งนี้ปัจจัยหลักที่จะทำให้ชั้นตะกอนเหล่านี้หลงเหลือให้เราเห็นคือการไม่ถูกรบกวนตะกอนโดยสัตว์ (รวมทั้งมนุษย์ และกิจกรรมของมนุษย์) พืช และกระบวนการทางธรรมชาติอื่นๆ ดังนั้นในกรณีของเกาะพระทอง ร่องที่ลุ่มระหว่างสันทรายทำหน้าที่เป็นสถานที่เก็บสะสมและคงไว้ซึ่งตะกอนสึนามิที่ดีเยี่ยม

บนเกาะพระทองพบตะกอนสึนามิโบราณสะสมในบริเวณร่องที่ลุ่มระหว่างสันทราย พบได้ตั้งแต่ 1-4 ชั้น (ชั้นทราย B, X, C, D) อายุของชั้นตะกอนสึนามิโบราณที่พบที่เกาะพระทองจากผลการหาอายุด้วยวิธีคาร์บอน -14 พบว่าชั้นทราย B (สึนามิครั้งก่อนหน้าปี 2547) เกิดขึ้นเมื่อประมาณ 600 ปีที่แล้ว ซึ่งข้อมูลอายุที่ได้นี้ยืนยันข้อมูลอายุเหตุการณ์ที่ได้จากพื้นที่อื่น ๆ ในประเทศไทย และจากประเทศอื่น ๆ รอบมหาสมุทรอินเดีย ทำให้เชื่อว่าเหตุการณ์สึนามิครั้งนั้นมีขนาดใกล้เคียงกับเหตุการณ์ในปี 2547 ส่วนชั้นทราย X อายุประมาณ 700 ปี, ชั้นทราย C อายุประมาณ 1,250 ปี และอายุของชั้นทราย D คือประมาณ 2,500 ปี ซึ่งจากอายุที่ได้ทั้งหมดชี้ให้เห็นว่าช่วงระหว่างเหตุการณ์สึนามิ (Recurrence interval) นั้นห่าง และไม่สม่ำเสมอ โดยในกรณีของทราย B และ X นั้นสั้นเพียงประมาณ 100 ปี นอกจากนี้ ยังมีข้อสังเกตว่าตะกอนสึนามิที่แทนด้วยทราย X นั้นพบเป็นเลนส์บาง และไม่ต่อเนื่อง

นอกจากนี้ยังพบในบริเวณจำกัด จึงน่าจะเป็นตะกอนทรายที่ตกจากสึนามิที่มีขนาดเล็กกว่าเหตุการณ์อื่น ๆ (รวมทั้งเหตุการณ์เมื่อปี 2547)

ปัญหาที่พบในพื้นที่ประเทศไทย คือวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการหาอายุโดยวิธีคาร์บอน-14 เช่น ชากพีช และสิ่งมีชีวิต นั้นหายาก เนื่องจากอยู่ในเขตร้อนชื้น ชากพีชย่อยสลายผุพังไปเกือบหมด อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษาที่ได้ชี้ให้เห็นว่า ควรทำการหาตัวอย่างเพื่อทำการหาอายุเพิ่มเติม เพื่อให้ได้อายุที่มั่นใจของเหตุการณ์สึนามิโบราณเหล่านี้ โดยเฉพาะเหตุการณ์ X ซึ่งยังมีจำนวนตัวอย่างที่หาอายุน้อย ทำให้ความมั่นใจในอายุที่รายงานไม่เท่ากับชั้นทรายอื่น ๆ (ตัวอย่างเช่น ชั้นทราย B)

ผลเบื้องต้นจากการคำนวณหาระดับความรุนแรงของสึนามิโบราณในแง่ของความเร็วคลื่นสึนามิขณะเคลื่อนที่อยู่บนฝั่ง พบว่า ความเร็วเฉลี่ยคลื่นสึนามิปี 2547 มีค่าตั้งแต่ 3.42 ถึง 11.27 เมตรต่อวินาที ความเร็วเฉลี่ยคลื่นสึนามิ B มีค่า 8.45 เมตรต่อวินาที, ความเร็วเฉลี่ยคลื่นสึนามิ C มีค่า 3.88 เมตรต่อวินาที และความเร็วเฉลี่ยคลื่นสึนามิ D มีค่า 10.8 เมตรต่อวินาที จากผลการศึกษาเบื้องต้น พบว่าคลื่นสึนามิ D มีความเร็วคลื่นใกล้เคียงกับสึนามิปี 2547

อย่างไรก็ตามค่าความเร็วเฉลี่ยของคลื่นสึนามิที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ ยังถือว่าเป็นค่าเบื้องต้น ยังมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการศึกษาดำเนินการเพิ่มเติม โดยใช้ข้อมูลจากจำนวนตัวอย่างที่มากขึ้น (โดยเฉพาะตะกอนสึนามิโบราณ) เพื่อให้ได้ค่าที่น่าเชื่อถือมากขึ้น

ในเบื้องต้นสามารถระบุความลึกน้ำที่สึนามิเริ่มพัดเอาตะกอนเข้ามาสะสมตัวเป็นชั้นตะกอนสึนามิปี 2547 ว่ามาจากระดับความลึกมากกว่า 17 เมตร, ตะกอนสึนามิในอดีตชั้นที่ 1 เริ่มถูกสึนามิพัดพามาจากความลึกน้ำประมาณมากกว่า 14.5 เมตร และตะกอนสึนามิในอดีตชั้นที่ 2 และตะกอนสึนามิในอดีตชั้นที่ 3 เริ่มถูกพัดพามาจากความลึกน้ำมากกว่า 20 เมตร เนื่องจากขาดข้อมูลในบริเวณที่ลึกกว่า 20 เมตร จึงไม่สามารถสรุประดับความลึกของน้ำที่สึนามิเริ่มพัดเอาตะกอนเข้ามาได้

6.2 ข้อเสนอแนะ (Recommendation)

การบรรเทาภัยสึนามิ (Tsunami mitigation) ที่มีประสิทธิภาพ และการวางแผนเพื่อการเตือนภัยล่วงหน้าสำหรับเหตุการณ์สึนามิที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีข้อมูลที่ดี และน่าเชื่อถือเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยคาบอุบัติซ้ำ (Average recurrence intervals) และขนาดโดยประมาณของสึนามิที่เกิดขึ้นในอดีตในพื้นที่นั้น รวมทั้งขนาดโดยประมาณของแผ่นดินไหวที่เป็นสาเหตุของการเกิดสึนามิในแต่ละครั้งด้วยข้อมูลที่ดีและน่าเชื่อถือ โดยข้อมูลที่ว่านี้คือ ข้อมูลอายุ และขนาดที่ได้จากหลักฐานทางธรณีวิทยาที่บ่งบอกหรือยืนยันถึงการเกิดสึนามิหรือแผ่นดินไหว ทั้งนี้หลักฐานเหล่านี้ต้องเป็นหลักฐานที่ได้รับการพิสูจน์ ทิมีวิจัยจึงมีข้อเสนอแนะว่าควรทำการหาอายุชั้นทราย X ให้มากขึ้น ในต่างประเทศนั้น การหาอายุของเหตุการณ์สึนามิและแผ่นดินไหวโบราณในแต่ละครั้งใช้ข้อมูลอายุจากวิธีคาร์บอน-14

มากกว่า 100 ตัวอย่าง จากทีมวิจัยเดียวหรือมากกว่า 1 ที่ นอกจากนี้ ยังควรพยายามหาหลักฐานสึนามิโบราณในพื้นที่อื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อทำการหาอายุและยืนยันอายุเหตุการณ์ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้

การศึกษาเหตุการณ์สึนามิในอดีตนั้น ข้อมูลที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ “ขนาด” หรือความรุนแรงของสึนามิผลการคำนวณความเร็วคลื่นเฉลี่ยจากการวิจัยนี้ ยังถือว่าเป็นการประเมินขนาดของสึนามิในเบื้องต้น จำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาเพิ่มเติม โดยใช้ตัวอย่างที่มากขึ้นเพื่อให้ได้ความเร็วของคลื่นสึนามิโบราณที่น่าเชื่อถือต่อไป

ผลการศึกษาที่ได้จากโครงการวิจัยนี้ทั้งในเรื่องของหลักฐานการเกิดสึนามิที่เกิดขึ้นหลายครั้งในอดีตและมีผลกระทบต่อประเทศไทย, อายุและความรุนแรงโดยคร่าว ๆ ของเหตุการณ์เหล่านั้นจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการเตือนภัยสึนามิในอนาคต ทั้งนี้หน่วยงานที่สามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ได้ได้แก่

- (1) ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ
- (2) Regional Integrated Multi-Hazard Early Warning System for Africa and Asia (RIMES)
- (3) Indian National Centre for Ocean Information Services (INCOIS)
- (4) Meteorological, Climatological and Geophysical Agency of Indonesia (BMMKG)
- (5) กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (ปภ)
- (6) หน่วยงานของรัฐในพื้นที่เสี่ยงภัยสึนามิ เช่น อบจ., เทศบาล, อบต. เป็นต้น
- (7) โรงเรียนและสถานศึกษาในพื้นที่เสี่ยงภัยสึนามิ

เอกสารอ้างอิง (Reference)

- กรมอุทยานวิทยา, 2550. รายงานโครงการจัดทำฐานข้อมูลแห่งชาติเพื่อป้องกันและบรรเทาภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวและสึนามิ
- กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช. หมู่เกาะระ-เกาะพระทอง. [ออนไลน์]. 2551. แหล่งที่มา:
http://park.dnp.go.th/visitor/nationparkshow.php?PTA_CODE=9142 [6 สิงหาคม 2554]
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. การสำรวจความสูงสึนามิใน รายงานฉบับสมบูรณ์ การศึกษาและประเมินความเสี่ยงอันเกิดจากพิบัติภัยคลื่นยักษ์สึนามิ และให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับระบบติดตามและป้องกันภัยสึนามิ, หน้า 84-92 2553. ตุลาคม 2548 . จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2548 .
- ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา. สถิติอุณหภูมิสูงสุดในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ.2494-2553. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา:
[\[http://www.weather.go.th/programs/uploads/tempstat/max_stat_latest.pdf\]](http://www.weather.go.th/programs/uploads/tempstat/max_stat_latest.pdf) [6 สิงหาคม 2554]
- สำนักงานเลขาธิการกองทัพเรือ. ระดับน้ำทำนายนสูงสุด-ต่ำสุด ปี 2554. [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา:
[\[http://www.navy.mi.th/hydro/services2011.htm\]](http://www.navy.mi.th/hydro/services2011.htm) [6 สิงหาคม 2554]
- Abrantes, F., Alt-Epping, U., Lebreiro, S., Voelker, A., and Schneider, R., 2008. Sedimentological record of tsunamis on shallow-shelf areas: The case of the 1969 AD and 1755 AD tsunamis on the Portuguese Shelf off Lisbon. *Marine Geology*, 249, 283-293.
- Aitken, M.J. 1998. *An Introduction to Optical Dating*. New York: Oxford University Press Inc., ISBN 0-19-854092-2.
- Allen, P. A., and Homewood, P., 1984. *Evolution and mechanics of a Miocene tidal sand wave*. *Sedimentology* 31, 63-81.
- Blott, S. J., and Pye, K., 2001. *GRADISTAT: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments*. *Earth Surface Processes and Landforms* 26, 1237-1248.
- Brill, D., Jankaew, K., Klasen, N., Bruckner, H., Kelletat, D., Scheffers, A. and Scheffers, S., 2012a. Correlation of discontinuous palaeotsunami deposits on KoPhra Thong (SW Thailand) by means of luminescence dating. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 1-16.

- Brill, D., Klasen, N., Brückner, H., Jankaew, K., Scheffers, A., Kelletat, D. and Scheffers, S., 2012b. OSL dating of tsunami deposits from Phra Thong Island, Thailand. Quaternary Geochronology, 10, 224-229.
- Brill, D., Bruckner, H., Jankaew, K., Kelletat, D., Scheffers, A. and Scheffers, S., 2011. Potential predecessors of the 2004 Indian Ocean Tsunami — Sedimentary evidence of extreme wave events at Ban Bang Sak, SW Thailand. Sedimentary Geology, 239 (3-4), 146-161.
- Cisternas, M., Atwater, B.F., Torrejon, F., Sawai, Y., Machuca, G., Lagos, M., Eipert, A., Youlton, C., Salgado, I., Kamataki, T., Shishikura, M., Rajendran, C.P., Malik, J.K., Rizal, Y., and Husni, M., 2005. Predecessors of the giant 1960 Chile earthquake: Nature, 437, 404-407.
- Clague, J.J. and Bobrowsky, P.T., 1994. Evidence for a large earthquake and tsunami 100–400 years ago on western Vancouver Island, British Columbia. Quaternary Research, 41, 176–184.
- Clifton, H. R., 1988. *Sedimentologic relevance of convulsive geologic events*. Geological Society of America Special Paper 229, 1–6.
- Dawson, A. G., and Shi, S., 2000. *Tsunami deposits*. Pure Applied Geophysics 157 (6-8), 875-897.
- Einsele, G., Chough, S. K., and Shiki, T., 1996. *Depositional events and their records – an introduction*. Sedimentary Geology 104 (1-4), 1-9.
- Fiedorowicz, B.K., and Peterson, C.D., 2002. Tsunami deposit mapping at Seaside, Oregon, USA. In: Bobrowsky, P.T. (Ed.), Geoenvironmental Mapping: Methods, Theory, and Practice. A.A. Balkema Publishers, Lisse, Netherlands, 629–648.
- Fujino, S., Naruse, H., Matsumoto, D., Jarupongsakul, T., Suphawajruksakul, A., and Sakakura, N., 2009. Stratigraphic evidence for pre-2004 tsunamis in southwestern Thailand. Marine Geology, 262, 25-28.
- Fujino, S., Naruse, H., Suphawajruksakul, A., Jarupongsakul, T., Murayama, M., and Ichihara, T., 2008. *Thickness and grain-size distribution of Indian Ocean tsunami deposits at Khao Lak and Phra Thong Island, Southwestern Thailand*. In: Shiki T.

- Tsuji Y., Yamazaki T., Minoura K Editor(s) Tsunamiites—features and implications,
Elsevier B.V., 123–132.
- Gelfenbaum, G., and Jaffe, B., 2003. Erosion and sedimentation from the 17 July, 1998
Papua New Guinea Tsunami. *Pure Applied Geophysics*, 160, 1969–1999.
- Hawkes, A.D., Bird, M., Cowie, S., Grundy-Warr, C., Horton, B.P., Tan Shau Hwai, A., Law, L.,
Macgregor, C., Nott, J., Ong, J.E., Rigg, J., Robinson, R., Tan-Mullins, M., Sa, T.T.,
Yasin, Z., and Aik, L.W., 2007. Sediment deposited by the 2004 Indian Ocean
tsunami along the Malaysia-Thailand Peninsula. *Marine Geology*, 242, 169-190.
- Heiri, O., Lotter, A.F., Lemcke, G., 2001. Loss on ignition as a method for estimating
organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of
results. *Journal of Paleolimnology*, 25, 101-110.
- Hori, K., Kuzumoto, R., Hirouchi, D., Umitsu, M., Janjirawuttikul, N., and Patanakanog, B.,
2007. Horizontal and vertical variation of 2004 Indian tsunami deposits: An
example of two transects along the western coast of Thailand. *Marine Geology*,
239, 163-172.
- Huntley, D.J., Godfrey-Smith, D.I., and Thewalt, M.L.W., 1985. Optical Dating of
Sediments. *Nature*, 313, 105-107.
- Jankaew, K., Atwater, B.F., Sawai, Y., Choowong, M., Charoentitirat, T., Martin, M.E., and
Prendergast, A., 2008. Medieval forewarning of the 2004 Indian Ocean tsunami in
Thailand. *Nature*, 455, 1228-1231.
- Jankaew, K., Brill, D., Martin, M. E., and Sawai, Y., 2011. *Distribution and sedimentary
characteristics of tsunami deposits on Phra Thong Island, Thailand. Proceedings
of the 2nd INOUA-IGCP 567 International Workshop on ActiveTectonics.*
Earthquake Geology, Archaeology and Engineering 2, 99-101.
- Jankaew, K., Martin, M.E., Sawai, Y., and Prendergast, A., 2011. Sand sheets on a beach-
ridge plain in Thailand: Identification and dating of tsunami deposits in a far-field
tropical setting, in Nils-Axel Mörner (ed.). *The Tsunami Threat-Research and
Technology*, ISBN: 978-953-307-552-5, InTech
- Jaffe, B. E., Buckley, M., Richmond, B., Strotz, L., Etienne, S., Clark, K., Watt, S.,
Gelfenbaum, G., and Goff, J., 2011. *Flow speed estimated by inverse modeling of*

- sandy sediment deposited by the 29 September 2009 tsunami near Satitoo, east Upolu, Samoa. Earth-Science Reviews 107, 23-37.
- Jaffe, B. E., and Gelfenbaum, G., 2007. *A simple model for calculating tsunami flow speed from tsunami deposits.* Sedimentary Geology 200, 347-361.
- Jaffe, B. E., Gelfenbaum, G., Rubin, D., Peter, R., Anima, R., Swensson, M., Olcese, D., Bernales, L., Gomez, J., and Riega, P., 2003. *Identification and interpretation of tsunami deposits from the June 23, 2001 Peru tsunami.*
http://walrus.wr.usgs.gov/tsunami/srilanka05/CS03_PeruTsuDep.pdf, 13 pp.
- Jaffe, B. E., Goto, K., Sugawara, D., Richmond, B., Fujino, S., and Nishimura, Y., 2011. *Flow speed estimated by inverse modeling of sandy sediment deposits: results from the 11 March 2011 tsunami on the coastal plain near the Sendai Airport, Honshu, Japan.* Sedimentary Geology 282, 90-109.
- Kelsey, H.M., Nelson, A.R., Hemphill-Haley, E., and Witter, R.C., 2005. Tsunami history of an Oregon coastal lake reveals a 4600 yr record of great earthquakes on the Cascadia subduction zone. Geological Society of America Bulletin, 117, 1009-1032.
- Kortekaas, S., and Dawson, A.G., 2007. Distinguishing tsunami and storm deposits: an example from Martinhal, SW Portugal. Sedimentary Geology, 200, 208-221.
- Kuenen, P. H., and Menard, H. W., 1952. *Turbidity currents, graded and non-graded deposits.* Sedimentary Petrology 22, 83-96.
- Lorang, M.S., 2011. A wave-competence approach to distinguish between boulder and megaclast deposits due to storm waves versus tsunamis. Marine Geology, 283, 90-97.
- Malik, J. N., Shishikura, M., Echigo, T., Ikeda, Y., Satake, K., Kayanne, H., Sawai, Y., Murty, C. V. R., and Dikshit, O., 2011. Geologic evidence for two pre-2004 earthquakes during recent centuries near Port Blair, South Andaman Island, India. Geology, 39 (6), 559-562.
- Meltzner, A.J., Sieh, K., Chiang, H.W., Shen, C.C., Suwargadi, B.W., and others, 2010. Coral evidence for earthquake recurrence and an A.D. 1390–1455 cluster at the south end of the 2004 Aceh–Andaman rupture. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 115, B10402, 46 PP., doi:10.1029/2010JB007499

- Middleton, G.V., 1967. *Experiments on density of turbidity currents III. Deposition of sediment.* Canadian Journal of Earth Sciences 4, 475–503.
- Monecke, K., Finger, W., Klarer, D., Kongko, W., McAdoo, B.G., Moore, A.L., and Sudrajat, S.U., 2008. A 1,000-year sediment record of tsunami recurrence in northern Sumatra. Nature, 455, 1232-1234.
- Morton, R.A., Gelfenbaum, G., and Jaffe, B.E., 2007. Physical criteria for distinguishing sandy tsunami and storm deposits using modern examples. Sedimentary Geology, 200, 184-207.
- Nanayama, F., Satake, K., Furukawa, R., Shimokawa, K., Atwater, B.F., Shigeno, K., and Yamaki, S., 2003. Unusually large earthquakes inferred from tsunami deposits along the Kuril Trench. Nature, 424, 660-663.
- Nanayama, F., and Shigeno, K., 2004. An overview of onshore tsunami deposits in coastal lowland and our sedimentological criteria to recognize them. Mem. Geol. Soc. Jpn., 58, 19–33 (in Japanese, with English Abstr.).
- Nishimura, Y., and Miyaji, N., 1995. Tsunami deposits from the 1993 Southwest Hokkaido Earthquake and the 1640 Hokkaido Komagatake Eruption, Northern Japan. Pure and Apply Geophysics, 144, 719–733.
- Noormets, R., Crook, K.A.W., and Felton, E.A., 2004. Sedimentology of rocky shorelines: 3. Hydrodynamics of megaclast emplacement and transport on a shore platform, Oahu, Hawaii. Sedimentary Geology, 172 (1–2), 41–65.
- Nott, J., 2003. Waves, coastal boulder deposits and the importance of the pre-transport setting. Earth Planet. Sci. Lett., 210, 269–276.
- Paola, C., and Voller, V. R., 2005. A generalized Exner equation for sediment mass balance. Geophysical Research 110, F04014, doi: 10.1029/2004JF000274.
- Peter, R., Jaffe, B., and Gelfenbaum, G., 2007. Distribution and sedimentary characteristics of tsunami deposits along the Cascadia margin of western North America. Sedimentary Geology, 200, 372-386.
- Phantu Wongraj, S., and Choowong, M., 2012. *Tsunamis versus storm deposits from Thailand.* Natural Hazards 63, 31- 50.

- Phonsit, T., and Jankaew, K., 2008. *Grain size analysis of paleostunami sediments at Koh Phra Thong, Amphoe Kuraburi, Changwat Phang Nga. Senior Project (Geology) Science Chulalongkorn University.* 52 p.
- Pinegina, T., Bourgeois, J., Bazanova, L., Melekestsev, I., and Braitseva, O., 2003. A millennial-scale record of Holocene tsunamis on the Kronotskiy Bay coast, Kamchatka, Russia. *Quat. Res.*, 59 (1), 36-47.
- Prendergast, AL., Cupperb, M.L., Jankaew, K., and Sawaid, Y., 2012. Indian Ocean tsunami recurrence from optical dating of tsunami sand sheets in Thailand. *Marine Geology* Volumes 295–298, 15 February 2012, 20–27
- Rajendran, C. P., Rajendran K., Earnest A., Anu R., Machado T., and Freymueller J., 2007, The style of crustal deformation and seismic history associated with the 2004 Indian Ocean earthquake: A perspective from the Andaman-Nicobar Islands, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 97, S174–S191 doi: 10.1785/0120050630.
- Rajendran, C. P., Rajendran K., Srinivasalu S., Andrade V., Aravali P., and Sanwal J., 2011, Geoarcheological evidence of a Chola period tsunami from an ancient port at Kaveripattinam on the south-eastern of India, *Geoarchaeology*, 26, 867–887, doi: 10.1002/gea.20376.
- Rajendran, C. P., Rajendran K., Andrade V., and Srinivasalu S., 2013, Ages and relative sizes of pre-2004 tsunamis in the Bay of Bengal inferred from geologic evidence in the Andaman and Nicobar Island, *JGR118*, 1-18, doi: 10.1002/jgrb.50122..
- Rajendran, K., Rajendran, C.P., Earnest, A., Ravi Prasad, G.V., Dutta, K., Ray, D.K., and Anu, R., 2008. Age estimates of coastal terraces in the Andaman and Nicobar Islands and their tectonic implications. *Tectonophysics*, 455, 53-60.
- Rhodes, B.P., Kirby, M.E., Jankaew, K., and Choowong, M., 2011. Evidence for a mid-Holocene tsunami deposit along the Andaman coast of Thailand preserved in a mangrove environment. *Marine Geology*, 282 (3-4), 255-267.
- Sato, H., Shimamoto, T., Tsutsumi, A., and Kawamoto, E., 1995. Onshore tsunami deposits caused by the 1993 Southwest Hokkaido and 1983 Japan Sea Earthquakes. *Pure and Apply Geophysics*, 144, 693-717.
- Scheffers, A., 2008. Tsunami boulder deposits. *Tsunamiites*, 299-317.

- Scicchitano, G., Monaco, C., Tortorici, L., 2007. Large boulders deposits by tsunami waves along the Ionian coast of south-eastern Sicily (Italy). Marine Geology, 238, 75-91.
- Soulsby, L. R., Smith, E. D., and Ruffman, A., 2007. *Reconstructing Tsunami Run-up from Sedimentary Characteristics-A Simple Mathematical Model*. Proceedings Coastal Sediments '07, 1075-1088.
- Spiske, M., Weiss, R., Bahlburg, H., Roskosch, J., and Amijaya, H., 2010. *The TsuSedMod inversion model applied to the deposits of the 2004 Sumatra and 2006 Java tsunami and implications for estimating flow parameters of palaeo-tsunami*. Sedimentary Geology 224 (1-4), 29-37.
- Steven, L. F. Optically Stimulated Luminescence (OSL) [Online]. 2007. Available from : <http://www.uic.edu/labs/ldrl/osl.html> [2009, Mar 3]
- Steven, L. F. Sedimentologic Context for Luminescence Dating [Online]. 2007. Available from : <http://www.uic.edu/labs/ldrl/context.html> [2009, Mar 3]
- Sugawara, D., Minoura, K., and Imamura, F., 2008. *Tsunamis and Tsunami Sedimentology*. In: Shiki T, Tsuji Y, Yamazaki T, Minoura K Editor(s), Tsunamiites-features and implications, Elsevier B.V., 9-49.
- Szczucin'ski, W., 2012. *The post-depositional changes of the onshore 2004tsunami deposits on the Andaman Sea coast of Thailand*. Natural Hazards 60, 115-133.
- Teller, J.T., Murty, T., Nirupama, N., and Chittibabu, P., 2005. A possible tsunami in the Labrador Sea related to the drainage of Glacial Lake Agassiz ~8400 years B.P., Sci. Tsunami Hazards, 23 (3), 3-16.
- Terry, J. P., Dunne, K. and Jankaew, K., 2016, Prehistoric frequency of high-energy marine inundation events driven by typhoons in the Bay of Bangkok (Thailand), interpreted from coastal carbonate boulders, Earth Surface Processes and Landforms, 41 (4), 553-562.
- Terry, J. P., Jankaew, K. and Dunne, K., 2015, Coastal vulnerability to typhoon inundation in tha Bay of Bangkok, Thailand? Evidence from carbonate boulder deposits on Ko Larn island, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1-9.

- Tuttle, M.P., Ruffman, A.A.T., and Jeter, H., 2004. Distinguishing tsunami from storm deposits in Eastern North America; the 1929 Grand Banks tsunami versus the 1991 Halloween storm. *Seismological Research Letters*, 75, 117-131.
- Wikimedia Foundation. Optical dating [Online]. 2009. Available from : http://en.wikipedia.org/wiki/Optical_dating [3 Mar 09]
- Wikimedia Foundation. Optically Stimulated Luminescence [Online]. 2009. Available from : http://en.wikipedia.org/wiki/Optically_stimulated_luminescence [3 Mar 09]
- Wintle, A.G., and Murray, A.S., 2006. A review of quartz optically stimulated luminescence characteristics and their relevance in single-aliquot regeneration dating protocols. *Radiation Measurements*. 41. 369-391.
- Witter, R. C., Jaffe, B. E., Zhang, Y., and Priest, G., 2012. *Reconstructing hydrodynamic flow parameters of the 1700 tsunami at Canon Beach, Oregon, USA*. Natural Hazards 63, 223-240.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงความถี่สะสมขนาดตะกอนจุดศึกษาที่ 2

Grain Size	Phi (ϕ)	Tsunami Sand (cm)		Beach sand
		0-1	1-2	
Clay	14.06862	0	0	0
	8.118469	0	0	0
Silt	7.898146	0	0	0
	7.67781	0	0	0
	7.457482	0	0	0
	7.237145	0	0	0
	7.016828	0	0	0
	6.796501	0.10027	0.161257	0
	6.576162	0.121617	0.174303	0
	6.35584	0.192997	0.262563	0
	6.135509	0.208727	0.280463	0
	5.915178	0.244313	0.32401	0
	5.694844	0.233863	0.310437	0
	5.474515	0.20957	0.282993	0
	5.254185	0.165927	0.23272	0
	5.033855	0.112057	0.16357	0
	4.813528	0.02776	0.102123	0
	4.593198	0.037093	0.032473	0.02473
	4.372867	0.103963	0.068873	0.066163333
	4.152537	0.287203	0.193443	0.200656667
Very Fine Sand	3.932207	0.681473	0.47505	0.518016667
	3.711876	1.46895	1.04977	1.164053333
	3.491548	3.024253	2.228447	2.40209
	3.271217	5.961353	4.631217	4.61818
Fine Sand	3.050887	10.63098	8.936347	8.017213333
	2.830557	15.98066	14.67669	11.94586
	2.610228	19.94009	19.69482	15.09126
	2.389898	17.61816	19.21377	16.75550333
Medium Sand	2.169567	12.71274	14.48534	14.79431333
	1.949238	7.342677	8.625477	11.35663333
	1.728908	2.593297	3.393843	7.85254
	1.508578	0	0	4.348446667
	1.288248	0	0	0.84435
Coarse Sand	1.067918	0	0	0
	0.847588	0	0	0
	0.627258	0	0	0
	0.406928	0	0	0
Total (%)		100	100	100.00001

ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ขนาดตะกอนจุดศึกษาที่ 11

Grain Size	Phi (ϕ)	Tsunami sand (cm)					
		0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
Clay	14.06862	0	0	0	0	0	0
	8.118469	0	0	0	0	0	0
Silt	7.898146	0	0	0	0	0	0
	7.67781	0	0	0.00404	0.001347	0.001796	0.002394
	7.457482	0	0	0.014043	0.004681	0.006241	0.008322
	7.237145	0	0	0.022223	0.007408	0.009877	0.013169
	7.016828	0	0	0.02344	0.007813	0.010418	0.01389
	6.796501	0.160383	0.191317	0.13108	0.160927	0.161108	0.151038
	6.576162	0.134577	0.148347	0.120127	0.13435	0.134274	0.129584
	6.35584	0.184983	0.194713	0.17135	0.183682	0.183249	0.179427
	6.135509	0.187263	0.192503	0.181897	0.187221	0.187207	0.185442
	5.915178	0.19618	0.195733	0.197813	0.196576	0.196707	0.197032
	5.694844	0.169183	0.166403	0.178277	0.171288	0.171989	0.173851
	5.474515	0.128917	0.126487	0.141427	0.132277	0.133397	0.1357
	5.254185	0.080667	0.078737	0.09196	0.083788	0.084828	0.086859
	5.033855	0.058483	0.05437	0.06922	0.060691	0.061427	0.063779
	4.813528	0.103597	0.09057	0.124157	0.106108	0.106945	0.112403
	4.593198	0.247377	0.215503	0.29309	0.25199	0.253528	0.266203
	4.372867	0.51152	0.449173	0.59283	0.517841	0.519948	0.54354
	4.152537	0.98145	0.871237	1.104987	0.985891	0.987371	1.026083
Very Fine Sand	3.932207	1.883997	1.69537	2.04381	1.874392	1.871191	1.929798
	3.711876	3.746557	3.439997	3.902	3.696184	3.679394	3.759193
	3.491548	7.607963	7.186537	7.587963	7.460821	7.411774	7.486853
	3.271217	14.08636	13.76693	13.5704	13.8079	13.71508	13.69779
	3.050887	19.85396	20.0557	18.9698	19.62649	19.55066	19.38232
Fine Sand	2.830557	20.17427	20.76298	19.64298	20.19341	20.19979	20.01206
	2.610228	14.08941	14.50299	14.20736	14.26659	14.32565	14.26653
	2.389898	8.567	8.74548	9.02649	8.779657	8.850542	8.885563
	2.169567	4.746433	4.78586	5.300837	4.944377	5.010358	5.08519
Medium Sand	1.949238	2.099477	2.08307	2.286393	2.156313	2.175259	2.205989
	1.728908	0	0	0	0	0	0
	1.508578	0	0	0	0	0	0
	1.288248	0	0	0	0	0	0
	1.067918	0	0	0	0	0	0
Coarse Sand	0.847588	0	0	0	0	0	0
	0.627258	0	0	0	0	0	0
	0.406928	0	0	0	0	0	0
	0.186598	0	0	0	0	0	0
	Total	100	100	100	100	100	100

Grain Size	Phi(ϕ)	Tsunami sand (cm)					
		6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
Clay	14.06862	0	0	0	0	0	0
	8.118469	0	0	0	0	0	0
Silt	7.898146	0	0	0	0	0	0
	7.67781	0.001845	0.002012	0.002084	0.00198	0.002025	0.00203
	7.457482	0.006415	0.006993	0.007243	0.006884	0.00704	0.007056
	7.237145	0.010151	0.011066	0.011462	0.010893	0.01114	0.011165
	7.016828	0.010707	0.011672	0.01209	0.01149	0.01175	0.011777
	6.796501	0.157691	0.156612	0.155114	0.156472	0.156066	0.155884
	6.576162	0.132736	0.132198	0.131506	0.132147	0.13195	0.131868
	6.35584	0.182119	0.181598	0.181048	0.181589	0.181412	0.181349
	6.135509	0.186623	0.186424	0.186163	0.186403	0.18633	0.186299
	5.915178	0.196772	0.196837	0.19688	0.19683	0.196849	0.196853
	5.694844	0.172376	0.172739	0.172989	0.172701	0.17281	0.172833
	5.474515	0.133791	0.134296	0.134596	0.134228	0.134373	0.134399
	5.254185	0.085158	0.085615	0.085877	0.08555	0.085681	0.085703
	5.033855	0.061966	0.062391	0.062712	0.062356	0.062486	0.062518
	4.813528	0.108485	0.109278	0.110055	0.109273	0.109535	0.109621
	4.593198	0.25724	0.25899	0.260811	0.259014	0.259605	0.25981
	4.372867	0.52711	0.530199	0.533616	0.530308	0.531375	0.531766
	4.152537	0.999782	1.004412	1.010092	1.004762	1.006422	1.007092
Very Fine Sand	3.932207	1.891794	1.897594	1.906395	1.898594	1.900861	1.90195
	3.711876	3.71159	3.716726	3.72917	3.719162	3.721686	3.723339
	3.491548	7.453149	7.450592	7.463531	7.455757	7.456627	7.458639
	3.271217	13.74025	13.71771	13.71858	13.72551	13.7206	13.72157
	3.050887	19.51982	19.48427	19.46213	19.48874	19.47838	19.47642
Fine Sand	2.830557	20.13509	20.11565	20.0876	20.11278	20.10534	20.1019
	2.610228	14.28626	14.29281	14.28187	14.28698	14.28722	14.28536
	2.389898	8.838587	8.858231	8.860794	8.852537	8.857187	8.856839
	2.169567	5.013308	5.036285	5.044928	5.031507	5.037574	5.038003
Medium Sand	1.949238	2.179187	2.186811	2.190662	2.185554	2.187676	2.187964
	1.728908	0	0	0	0	0	0
	1.508578	0	0	0	0	0	0
	1.288248	0	0	0	0	0	0
	1.067918	0	0	0	0	0	0
Coarse Sand	0.847588	0	0	0	0	0	0
	0.627258	0	0	0	0	0	0
	0.406928	0	0	0	0	0	0
	0.186598	0	0	0	0	0	0
	Total	100	100	100	100	100	100

Grain Size	Phi (ϕ)	Tsunami sand (cm)					
		12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
Clay	14.06862	0	0	0	0	0	0
	8.118469	0	0	0	0	0	0
Silt	7.898146	0	0	0	0	0	0
	7.67781	0.002012	0.002022	0.002021	0.002018	0.002021	0.00202
	7.457482	0.006993	0.007029	0.007026	0.007016	0.007024	0.007022
	7.237145	0.011066	0.011124	0.011119	0.011103	0.011115	0.011112
	7.016828	0.011672	0.011733	0.011727	0.011711	0.011724	0.011721
	6.796501	0.156141	0.15603	0.156018	0.156063	0.156037	0.15604
	6.576162	0.131988	0.131935	0.13193	0.131951	0.131939	0.13194
	6.35584	0.18145	0.181404	0.181401	0.181418	0.181408	0.181409
	6.135509	0.186344	0.186324	0.186322	0.18633	0.186326	0.186326
	5.915178	0.196844	0.196849	0.196849	0.196847	0.196848	0.196848
	5.694844	0.172781	0.172808	0.172808	0.172799	0.172805	0.172804
	5.474515	0.134333	0.134368	0.134367	0.134356	0.134364	0.134362
	5.254185	0.085645	0.085676	0.085674	0.085665	0.085672	0.08567
	5.033855	0.062454	0.062486	0.062486	0.062475	0.062482	0.062481
	4.813528	0.109476	0.109544	0.109547	0.109523	0.109538	0.109536
	4.593198	0.259476	0.25963	0.259639	0.259582	0.259617	0.259613
	4.372867	0.53115	0.53143	0.531449	0.531343	0.531407	0.5314
	4.152537	1.006092	1.006536	1.006573	1.0064	1.006503	1.006492
Very Fine Sand	3.932207	1.900468	1.901093	1.901171	1.900911	1.901058	1.901047
	3.711876	3.721395	3.72214	3.722291	3.721942	3.722125	3.722119
	3.491548	7.457008	7.457424	7.45769	7.457374	7.457496	7.45752
	3.271217	13.72256	13.72158	13.7219	13.72201	13.72183	13.72192
	3.050887	19.48118	19.47866	19.47875	19.47953	19.47898	19.47909
Fine Sand	2.830557	20.10667	20.10464	20.10441	20.10524	20.10476	20.1048
	2.610228	14.28652	14.28636	14.28608	14.28632	14.28625	14.28622
	2.389898	8.855521	8.856516	8.856292	8.85611	8.856306	8.856236
	2.169567	5.035695	5.03709	5.036929	5.036571	5.036864	5.036788
Medium Sand	1.949238	2.187064	2.187568	2.187532	2.187388	2.187496	2.187472
	1.728908	0	0	0	0	0	0
	1.508578	0	0	0	0	0	0
	1.288248	0	0	0	0	0	0
	1.067918	0	0	0	0	0	0
Coarse Sand	0.847588	0	0	0	0	0	0
	0.627258	0	0	0	0	0	0
	0.406928	0	0	0	0	0	0
	0.186598	0	0	0	0	0	0
	Total	100	100	100	100	100	100

Grain Size	Phi (ϕ)	Tsunami sand (cm)		Beach sand	Pre-2004 tsunami sand
		18-19	19-20		
Clay	14.06862	0	0	0	0
	8.118469	0	0	0	0
Silt	7.898146	0	0	0	0
	7.67781	0.00202	0.00202	0.00202	0.00202
	7.457482	0.007021	0.007022	0.007022	0.007022
	7.237145	0.01111	0.011113	0.011112	0.011112
	7.016828	0.011718	0.011721	0.01172	0.01172
	6.796501	0.156047	0.156041	0.156043	0.156042
	6.576162	0.131944	0.131941	0.131942	0.131941
	6.35584	0.181412	0.181409	0.18141	0.18141
	6.135509	0.186327	0.186326	0.186327	0.186327
	5.915178	0.196848	0.196848	0.196848	0.196848
	5.694844	0.172803	0.172804	0.172803	0.172804
	5.474515	0.134361	0.134362	0.134362	0.134362
	5.254185	0.085669	0.08567	0.08567	0.08567
	5.033855	0.06248	0.062481	0.062481	0.062481
	4.813528	0.109532	0.109535	0.109535	0.109535
	4.593198	0.259604	0.259611	0.259609	0.25961
	4.372867	0.531383	0.531397	0.531393	0.531395
	4.152537	1.006465	1.006487	1.006481	1.006484
Very Fine Sand	3.932207	1.901005	1.901037	1.901029	1.901033
	3.711876	3.722062	3.722102	3.722095	3.722098
	3.491548	7.457463	7.457493	7.457492	7.457493
	3.271217	13.72192	13.72189	13.72191	13.7219
	3.050887	19.4792	19.47909	19.47913	19.47911
Fine Sand	2.830557	20.10493	20.10483	20.10486	20.10484
	2.610228	14.28626	14.28625	14.28624	14.28624
	2.389898	8.856217	8.856253	8.856235	8.856244
	2.169567	5.036741	5.036798	5.036776	5.036787
Medium Sand	1.949238	2.187452	2.187473	2.187466	2.18747
	1.728908	0	0	0	0
	1.508578	0	0	0	0
	1.288248	0	0	0	0
	1.067918	0	0	0	0
Coarse Sand	0.847588	0	0	0	0
	0.627258	0	0	0	0
	0.406928	0	0	0	0
	0.186598	0	0	0	0
Total		100	100	100	100

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์อินทรีย์สารและคาร์บอนในตัวอย่าง

Station 2	Glass	100°C	550 °C	%LOI 550	950 °C	%LOI 950
0-1 cm	25.992	29.228	29.15	2.410383	29.132	0.556242
1-2 cm	23.396	26.277	26.22	1.97848	26.201	0.659493
Beach sand	24.237	27.835	27.771	1.942286	27.669	2.830189
Station 11						
0-1 cm	25.248	28.689	28.587	2.964255	28.569	0.523104
1-2 cm	23.125	26.825	26.744	2.189189	26.727	0.459459
2-3 cm	20.713	24.214	24.15	1.828049	24.132	0.514139
3-4 cm	18.806	22.238	22.166	2.097902	22.149	0.495338
4-5 cm	21.978	25.111	25.052	1.883179	25.036	0.510693
5-6 cm	25.219	28.405	28.336	2.165725	28.295	1.28688
6-7 cm	23.386	26.628	26.561	2.066626	26.541	0.616903
7-8 cm	21.257	24.764	24.705	1.68235	24.676	0.826918
8-9 cm	21.657	24.778	24.734	1.409805	24.709	0.801025
9-10 cm	22.522	25.762	25.707	1.697531	25.678	0.895062
10-11 cm	23.684	27.115	27.058	1.661323	27.019	1.136695
11-12 cm	23.384	27.416	27.358	1.438492	27.322	0.892857
12-13 cm	23.316	27.575	27.518	1.338342	27.428	2.113172
13-14 cm	22.069	26.27	26.22	1.190193	26.187	0.785527
14-15 cm	24.446	27.917	27.865	1.498127	27.809	1.613368
15-16 cm	15.264	18.772	18.709	1.795895	18.634	2.13797
16-17 cm	20.714	23.995	23.923	2.194453	23.867	1.706797
17-18 cm	21.98	25.181	25.11	2.218057	24.997	3.530147
18-19 cm	23.253	26.74	26.672	1.9501	26.614	1.663321
19-20 cm	22.331	25.901	25.849	1.456583	25.837	0.336134
Beach sand	25.301	29.414	29.39	0.583516	29.367	0.559203
Pre-2004 tsunami sand	26.101	29.474	29.466	0.237178	29.456	0.296472

ประวัตินักวิจัย

ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ-สกุล นางสาวเครือวัลย์ จันทร์แก้ว

2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ -

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

4. หน่วยงานและที่อยู่ติดต่อได้สะดวกพร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสารและ email

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน จังหวัด
กรุงเทพฯ 10330

โทร 02 2185449 โทรสาร 02 2185464 มือถือ 086 5324599 email: kruawun.j@chula.ac.th,
kjankaew@yahoo.co.uk

5. ประวัติการศึกษา

2540 วท.บ (ธรณีวิทยา) เกียรตินิยมอันดับสอง, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2545 Ph.D. (Petroleum Geology), University of Aberdeen, UK

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

☒ ธรณีสัณภูมิ

☒ ตะกอนวิทยา

☒ ปีโตรเลียม

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยภายในและภายนอกประเทศ

7.1 โครงการวิจัยที่เป็นหัวหน้าโครงการ

Principle Investigator on a USAID funded project “Earthquake and Tsunami Education for
Teachers in Southern Thailand Coastal Communities” **Grant No. 04-07-IOTWD-06**

7.2 โครงการวิจัยที่เป็นผู้ร่วมโครงการ

โครงการสำรวจ วิจัย และศึกษาเพื่อฟื้นฟูบูรณะทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม ใน 6 จังหวัดที่ได้รับ
ผลกระทบจากคลื่นสึนามิ (พ.ศ. 2548 จากกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)

โครงการจัดทำฐานข้อมูลแห่งชาติเพื่อป้องกันและบรรเทาภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวและสึนามิ (พ.ศ. 2550
จากกรมอุตุนิยมวิทยา)

Makran Tsunami Preparedness and Awareness workshop and fieldwork a project (2553 จาก UNESCO)

Structural Evolution and Tectonostratigraphic Correlation for the Southern Mergui Basin (2553 จาก PTTEP)

Relationship of Basin Development to Sediment Source Evolution: A Case Study of the Gulf of Thailand (2553 จาก PTTEP)

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์และการเผยแพร่ (selected)

1. Terry, J. P., Dunne, K. and **Jankaew, K.**, 2016, Prehistoric frequency of high-energy marine inundation events driven by typhoons in the Bay of Bangkok (Thailand), interpreted from coastal carbonate boulders, *Earth Surface Processes and Landforms*, 41 (4), 553-562.
2. Gouramanis C., Switzer, A., Bristow, C., **Jankaew, K.**, Pham, D. T., Rubin, C., Lee, Y. and Ildefonso, S., 2015, Ground-Penetrating Radar examination of thin tsunami beds - A case study from Phra Thong Island, Thailand, *Sedimentary Geology*, 329, 149-165
3. Lukkunaprasit, P., Ruangrassamee, A., Boonyatee, T., Chintanapakdee, C., **Jankaew, K.**, Thanasisathit, N. and Chandransu, T., 2015, Performance of Structures in the Mw 6.1 Mae Lao Earthquake in Thailand on May 5, 2014 and Implications for Future Construction, *Journal of Earthquake Engineering*
4. Terry, J. P., **Jankaew, K.** and Dunne, K., 2015, Coastal vulnerability to typhoon inundation in the Bay of Bangkok, Thailand? Evidence from carbonate boulder deposits on Ko Larn island, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1-9.
5. Brill, D., **Jankaew, K.** and Brückner, H., 2015, Holocene Evolution of Phra Thong's beach-ridge plain (Thailand) – the role of local setting, sea level, climate and extreme events, *Geomorphology*, 245, 117-134.
6. Brill, D., **Jankaew, K.**, Neubauer, N-P., Kelletat, D., Scheffers, A., Vott, A. and Brückner, H., 2014, Holocene coastal evolution of southwest Thailand - implications for the site-

specific preservation of palaeotsunami deposits, *Zeitschrift für Geomorphologie*, 58 (3), 273-303.

7. Somboona, N., Wilantho, A., **Jankaew, K.**, Assawamakin, A., Sangsakru, D., Tangphatsornruang, S. and Tongsimma, S., 2014, Microbial Ecology of Thailand Tsunami and Non-Tsunami Affected Terrestrials, *PLOS One*, Apr 2014, V.9, Issue 9, e94236
8. Brill, D., Pint, A., **Jankaew, K.**, Frenzel, P., Schwarzer, K., Vött, A. and Brückner, H., 2013, Sediment transport and hydrodynamic parameters of tsunami waves recorded in onshore geo-archives – a case study from Thailand, *Journal of Coastal Research*, 30 (5), 922-941. DOI: 10.2112/JCOASTRES-D-13-00206.1
9. Atwater, B., Cisternas, M., Eipert, A.A., Fernando, W. I. S., **Jankaew, K.**, Prendergast, A.L., Sawai, Y., Schiappacasse, L., Tejakusuma, I. and Yulianto, E., 2013, The 1960 tsunami on beach-ridge plains near Maullín, Chile: landward descent, renewed breaches, aggraded fans, multiple predecessors, *Andean Geology*, 40 (3), 393-418.
10. Brill, D., Klasen, N., **Jankaew, K.**, Bruckner, H., Kelletat, D., Scheffers, A. and Scheffers, S., 2012, Local inundation distances and regional tsunami recurrence in the Indian Ocean inferred from luminescence dating of sandy deposits in Thailand, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 2177-2192.
11. Brill, D., Klasen, N., Brückner, H., **Jankaew, K.**, Scheffers, A., Kelletat, D. and Scheffers, S., 2012, OSL dating of tsunami deposits from Phra Thong Island, Thailand, *Quaternary Geochronology*, 10, 224-229.
12. Prendergast, A.L., Cupper, M.L., **Jankaew, K.** and Sawai, Y., 2012, Indian Ocean tsunami recurrence from optical dating of tsunami sand sheets in Thailand, *Marine Geology*, 298, 20-27.
13. Brill, D., Bruckner, H., **Jankaew, K.**, Kelletat, D., Scheffers, A. and Scheffers, S., 2011, Potential predecessors of the 2004 Indian Ocean Tsunami — Sedimentary evidence of extreme wave events at Ban Bang Sak, SW Thailand, *Sedimentary Geology*, 239 (3-4), 146-161.
14. **Jankaew, K.**, Martin, M.E., Sawai, Y. and Prendergast, A., 2011, Sand sheets on a beach-ridge plain in Thailand: Identification and dating of tsunami deposits in a far-field

tropical setting, in Nils-Axel Mörrer (ed.), *The Tsunami Threat-Research and Technology*, ISBN: 978-953-307-552-5, InTech

15. Rhodes, B.P., Kirby, M.E., **Jankaew, K.** and Choowong, M., 2011, Evidence for a mid-Holocene tsunami deposit along the Andaman coast of Thailand preserved in a mangrove environment, *Marine Geology*, 282 (3-4), 255-267.
16. Sawai, Y., **Jankaew, K.**, Martin, M. E., Prendergast, A., Choowong, M. and Chareontitirat, T., 2009, Diatom assemblages in tsunami deposits associated with the 2004 Indian Ocean tsunami at Phra Thong Island, Thailand, *Marine Micropaleontology*, 73, 70-79.
17. **Jankaew, K.**, Atwater, B., Sawai, Y., Choowong, M., Chareontitirat, T., Martin, M.E. and Prendergast, A., 2008, Medieval Forewarning of the 2004 Indian Ocean Tsunamis in Thailand, *Nature*, 455, 1228-1231.
18. Choowong, M., Murakoshi, N., Hisada, K., Charusiri, P., Charoentitirat, T., Chutakositkanon, V., **Jankaew, K.**, Kanjanapayont, P. and Phantuwongraj, S., 2008, 2004 Indian Ocean Tsunami Inflow and Outflow at, Phuket, Thailand, *Marine Geology*, 248 (3-4), 179-192.
19. Choowong, M., Murakoshi, N., Hisada, K., Charoentitirat, T., Charusiri, P., Phantuwongraj, S., Wongkok, P., Choowong, A., Subsayjun, R., Chutakositkanon, V., **Jankaew, K.** and Kanjanapayont, P., 2008, Flow conditions of the 2004 Indian Ocean tsunami in Thailand, inferred from capping bedforms and sedimentary structures, *Terra Nova*, 20 (2), 141-149.
20. Choowong, M., Murakoshi, N., Hisada, K., Charusiri, P., Daorerk, V., Charoentitirat, T., Chutakositkanon, V., **Jankaew, K.** and Kanjanapayont, P., 2007, Erosion and deposition by the 2004 Indian Ocean tsunami in Phuket and Phang-nga Provinces, Thailand, *Journal of Coastal Research*, 23 (5), 1270-1276.
21. Choowong, M., Charoentitirat, T., **Jankaew, K.**, Chutakositkanon, V. and Charusiri, P., 2007. *Tsunami Geology in Thailand: A Case Study on 26 December 2004*, 1st edition, Misterkopy Press, Co. Ltd., 96p. ISBN 978-974-9897-02-7 (in Thai)
22. Choowong, M., Charoentitirat, T., **Jankaew, K.**, Chutakositkanon, V., and Charusiri, P., 2007. *Tsunami Geology in Thailand: A Case Study on 26 December 2004*, 2nd edition, Misterkopy Press, Co. Ltd. , 106p. ISBN 978-974-9897-02-7 (in Thai)

23. **Jankaew, K.**, Choowong, M., Charoentitirat, T. et al, 2007, The pre-2004 tsunami deposits from Thailand", Proc. of *AGU annual meeting* (abstract and oral presentation by first author)
24. Rhodes, B.P., **Jankaew, K.**, and Kirby, M., 2007, Mangroves, coral, and the search for a paleotsunami deposit along the Andaman Coast of Thailand.: *Eos Trans. AGU*, v. 88.
25. Tuttle, M, Alam, S, Atwater, B, Charoentitirat, T, Charusiri, P, Choowong, M, Fernando, S, **Jankaew, K**, Jittanoon, V, Kongko, W, Maxcia, C, Pailoplee, S, Phantuwongraj, S, Rajendran, K, Rhodes, B, Srichan, N, Tejakusuma, I, and Yulianto, E, 2006. Searching for the pre 2004 tsunami deposit in Thailand. *Eos trans.*, AGU 88 (23) (poster)
26. Rhodes, B., **Jankaew, K.**, Kirby, M., Schmidt, J. and Choowong, M., 2006, "A Possible Paleotsunami Deposit at Thap Lamu, Southern, Thailand", Proc. of *AGU Fall Meeting 2006, 11–15 December 2006*, (abstract and oral presentation by B.R.).
27. Choowong, M., Charusiri, P., Murakoshi, N., Hisada, K., Daorerk, V., Charoentitirat, T., Chutakositkanon, V., **Jankaew, K.** and Kanjanapayont, P., 2005, Initial report of tsunami deposits in Phuket and adjacent areas, Thailand induced by the earthquake off Sumatra December 26, 2004, *Journal of Geological Society of Japan*, 111 (7), XVII.
28. Charusiri, P., Choowong, M., Charoentitirat, T., Chutakositkanon, V., **Jankaew, K.** and Kanjanapayont, P., 2005. VCD "Summary on the 26 December 2004 Earthquake and Tsunami Event", Exclusive documentary includes video record and summary of the event in Thailand, with special note to geological investigation by Chulalongkorn Geology Tsunami Research Team.
29. **Jankaew. K.** et al., 2005, Geological and Physical Impacts Assessment in Tsunami Affected Areas in Thailand, Rehabilitation, Tsunami Watching and Warning, Workshop on Tsunami Deposits and their role in hazard assessment, 12-19 June 2005, University of Washington, Seattle, USA, poster presentation

1. ชื่อ-สกุล Prof. Dr. Helmut Brückner

2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ -

3. ตำแหน่งปัจจุบัน University Professor

4. หน่วยงานและที่อยู่ติดต่อได้สะดวกพร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสารและ E-mail

Post address; Geographisches Institut der Universität zu Köln Albertus-Magnus-Platz
50923 Köln, Germany

Visiting address; Rotunda ("Rundbau"), room 0.10, Zülpicher Str. 45, 50674 Köln

โทรศัพท์: +49-(0)221-470-1724 e-mail: h.brueckner@uni-koeln.de

5. ประวัติการศึกษา

25 Sept. 1950 Born in Hilden (Germany)

1957 – 1969 Primary School and Secondary School (Gymnasium) in Düsseldorf

1969 – 1976 Studies in Geography, Mathematics, Philosophy and Pedagogics at the University of Düsseldorf

12 May 1976 1st High School Teachers' Exam in Geography and Mathematics ("mit Auszeichnung", best mark possible)

05 Dec. 1979 Ph.D. (Dr. rer. nat.), University of Düsseldorf ("summa cum laude"): The geomorphogenesis of the littoral lowland of Metaponto and its surrounding areas (Southern Italy) during the Quaternary (in German)

21 June 1981 Prize: "Best dissertation of the year 1980", granted by Univ. of Düsseldorf

1982 – 1983 Internship at a Gymnasium (High School) in Erkrath; 2nd High School Teachers' Exam in Geography and Mathematics ("Gut", 2nd best mark)

June 1989 Habilitation (Dr. rer. nat. habil.) at University of Düsseldorf; topic: Coastal lowlands in India – a contribution to tropical geomorphology (in German)

Winter Term 89/90 Visiting professor in Physical Geography and Geoecology at Oral Roberts University in Tulsa, Oklahoma/USA; with DAAD grant

1991 Heisenberg Fellowship (1 Jan. 1991 – 8 Sept. 1991)

Summer Term 91	Sabbatical Replacement of Full Professorship at Geographical Institute, University of Heidelberg (for Prof. Dr. D. Barsch)
WS 91 – SS 92	University Lecturer at Department of Geography, University of Marburg
1992 – 1994	University Professor (C3) for "Physical Geography with Focus on Geomorphology" at Geographical Institute, Univ. of Passau (Fiebiger Professorship)
1994 – 2010	University Professor (Chair) for "Physical Geography" at Department of Geo-graphy, University of Marburg
11+12/1995	Visiting Professor for „Coastal Geomorphology“ at Universidad de Concepción, Chile, with grant from DAAD (German Academic Exchange Council)
1995 – 1998	Dean and Vice-Dean, respectively, of the Faculty of Geography, University of Marburg
10/2006 – 03/2008	Dean of the Faculty of Geography, University of Marburg
Starting 03/2010	University Professor (Chair) for "Physical Geography" at the Geographical Institute, University of Cologne (Köln)

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

Subjects: Geomorphology, Geochronology (luminescence dating), Coastal Hazards, Geoarchaeology

Regions: SE Asia (Thailand, Philippines), Mediterranean (Spain, Morocco, Turkey), South America (Chile), Australia

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

I Publications in peer-reviewed Journals and Contributions to Books

2005

Brückner, H. (2005): Holocene shoreline displacements and their consequences for human societies: the example of Ephesus in Western Turkey. – Zeitschrift f. Geomorphologie N. F., Suppl.-Vol., 137: 11-22; Berlin, Stuttgart.

Brückner, H., Vött, A., Schriever, M. & M. Handl (2005): Holocene delta progradation in the eastern Mediterranean - case studies in their historical context. – *Méditerranée*, 1-2/2005: 95-106; Aix-en-Provence.

Kraft, J.C., Brückner, H. & I. Kayan (2005): The sea under the city of ancient Ephesos. – In: Brandt, B., Gassner, V. & S. Ladstätter (Hrsg.): *Synergia. Festschrift F. Krinzinger*, Bd. 1: 147-156 (Phoibos Verlag); Wien.

Schellmann, G. & H. Brückner (2005): Geochronology. – In: Schwartz, M.L. (ed.): *Encyclopedia of Coastal Science*. pp. 467-472; Dordrecht.

2006

Brückner, H., Engel, M. & M. Kiderlen (2006): Geoarchäologische Studie über das Poseidon-Heiligtum von Akovitika in Messenien. – *Archäologischer Anzeiger*, 2006/1: 189-202; Berlin.

Brückner, H., Müllenhoff, M., Gehrels, R., Herda, A., Knipping, M. & A. Vött (2006): From archipelago to floodplain – geographical and ecological changes in Miletus and its environs during the past six millennia (Western Anatolia, Turkey). – *Zeitschrift f. Geomorphologie N. F., Suppl.-Vol. 142*: 63-83; Berlin, Stuttgart.

Vött, A., Brückner, H., Handl, M. & A. Schriever (2006a): Holocene palaeogeographies and the geoarchaeological setting of the Mytikas coastal plain (Akarnania, NW Greece). – *Zeitschrift f. Geomorphologie N. F., Suppl.-Vol. 142*: 85-108; Berlin, Stuttgart.

Vött, A., Brückner, H., Handl, M. & A. Schriever (2006b): Holocene palaeogeographies of the Astakos coastal plain (Akarnania, NW Greece). – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 239: 126-146.

Vött, A., Brückner, H., Schriever, A., Luther, J., Handl, M., Borg, K. van der (2006): Holocene palaeogeographies of the Palairos coastal plain (Akarnania, NW Greece) and their geoarchaeological implications. – *Geoarchaeology* 21 (7): 649-664; Hoboken.

Zander, A., Fülling, A., Brückner, H. & G. Mastronuzzi (2006): OSL dating of Upper Pleistocene littoral sediments: a contribution to the chronostratigraphy of raised marine terraces bordering the Gulf of Taranto, South Italy. – *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* 29(1): 33-50; Torino.

2007

- Kraft, J.C., Brückner, H., Kayan, I. & H. Engelmann (2007): The geographies of ancient Ephesus and the Artemision in Anatolia. – *Geoarchaeology*, 22 (1): 121-149; Hoboken.
- Lai, Z.-P., Brückner, H., Zöller, L. & A. Fülling (2007): Existence of a common growth curve for silt-sized quartz OSL of loess from different continents. – *Radiation Measurements*, 42: 1432-1440.
- Vött, A., Brückner, H., Georg, C., Handl, M., Schriever, A. & H.-J. Wagner (2007): Geoarchäologische Untersuchungen zum holozänen Landschaftswandel der Küstenebene von Palairos (Nordwestgriechenland). – *Archäologischer Anzeiger*, 2007/1: 191-213; Berlin.
- Vött, A., Brückner, H., May, M., Lang, F. & S. Brockmüller (2007): Late Holocene tsunami imprint at the entrance of the Ambrakian Gulf (NW Greece). – *Méditerranée*, 108: 43-57.
- Vött, A., Schriever, A., Handl, M., & H. Brückner (2007a): Holocene palaeogeographies of the eastern Acheloos river delta and the lagoon of Etoliko (NW Greece). – *Journal of Coastal Research* 23(4): 1042-1066.
- Vött, A., Schriever, A., Handl, M. & H. Brückner (2007b): Holocene palaeogeographies of the central Acheloos River delta (NW Greece) in the vicinity of the ancient seaport Oiniadai. – *Geodinamica Acta*, 20/4 (2007): 241-256; Paris.
- Zander, A., Degering, D., Preusser, F., Kasper, H.U. & H. Brückner (2007): Optically stimulated luminescence dating of sublittoral and intertidal sediments from Dubai, UAE: Radioactive disequilibria in the uranium decay series. – *Quaternary Geochronology*, 2: 123-128.
- Beiträge zu dem Buch: Deutscher Arbeitskreis für Geomorphologie (Hrsg.) (Redaktion: Dikau, R., Moldenhauer, K.-M. & J. Bedehäring) (2007): Die Erdoberfläche – Lebens- und Gestaltungsraum des Menschen. Forschungsstrategische und programmatische Leitlinien zukünftiger geomorphologischer Forschung und Lehre. – *Zeitschrift für Geomorphologie*, N. F., Suppl.-Vol. 148, 149 S.; Berlin, Stuttgart.

- Brückner, H.: Holozäne Umweltrekonstruktion und Geoarchäologie (Kap. 2.3) (S. 55-58).
- Brückner, H & G. Schellmann: Potenziale neuer Datierungsmethoden für die geomorphologische Forschung (Kap. 2.5.1) (S. 103-110).

Beiträge zu dem Buch: Gebhardt, H., Glaser, R., Radtke, U. & P. Reuber (Hrsg.) (2007): Geographie – Physische Geographie und Humangeographie. – 1.096 Seiten. Elsevier, München.

- Brückner, H.: Rumpfflächen, Rumpftreppen und Inselberge (S. 325-328).
- Brückner, H.: Formengemeinschaften der Winterregengebiete (S. 345-348).
- Brückner, H. & D. Kelletat: Marine Regime (Kap. 12.7) (S. 478-480).
- Brückner, H. & R. Gerlach: Geoarchäologie (Kap. 13.5, S. 513-516).
- Brückner, H. & R. Gerlach: Geoarchäologische Fallbeispiele (S. 561-563).
- Kelletat, D. & H. Brückner: Formbildung durch litorale Prozesse (S. 302-305).

2008

Brückner, H., Kraft, J.C. & I. Kayan (2008): Vom Meer umspült, vom Fluss begraben – zur Paläogeographie des Artemisions. – In: Muss, U. (Hrsg.): Die Archäologie der ephesischen Artemis. Gestalt und Ritual eines Heiligtums. S. 21-31, Phoibos Verlag; Wien.

Brückner, H. & M. Müllenhoff (2008): Zur Geoarchäologie im Areal der Friedhofskirche. – In: Niewöhner, P.: Sind die Mauern die Stadt? Vorbericht über die siedlungsgeschichtlichen Ergebnisse neuer Grabungen im spätantiken und byzantinischen Milet. – Archäologischer Anzeiger, 2008/1: 199-200.

Brückner, H. & A. Vött (2008): Geoarchäologie – eine interdisziplinäre Wissenschaft par excellence. – In: Kulke, E. & Popp, H. (Hrsg.) (2008): Umgang mit Risiken. Katastrophen - Destabilisierung - Sicherheit. Tagungsband Deutscher Geographentag 2007 Bayreuth. Herausgegeben im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Geographie. S. 181-202. Bayreuth, Berlin.

Kaiser, K., Lai, Z.P., Schneider, B., Schoch, W.H., Shen, X., Mieke, G. & H. Brückner (2008): Sediment sequences and paleosols in the Kyichu Valley, southern Tibet (China),

- indicating Late Quaternary environmental changes. – *Island Arc* (Blackwell; Geol. Soc. Japan); Tokyo (accepted; early preview: <http://www3.interscience.wiley.com/journal/119877578/issue>).
- Knipping, M., Müllenhoff, M. & H. Brückner (2008): Human induced landscape changes around Bafa Gölü (Western Turkey). In: *Vegetation History and Archaeobotany*, 17 (4): 365-380; Berlin.
- Lai, Z.P. & H. Brückner (2008): Effects of feldspar contamination on equivalent dose and the shape of growth curve for OSL of silt-sized quartz extracted from Chinese loess. – *Geochronometria*, 30: 49-53 (www.geochronometria.pl, doi 10.2478/v10003-008-0010-0).
- Lai, Z.P., Brückner, H., Fülling, A. & L. Zöller (2008): Effects of thermal treatment on the growth curve shape for OSL of quartz extracted from Chinese loess. – *Radiation Measurements*, 43: 763-766.
- Lai, Z.P., Zöller, L., Fuchs, M. & H. Brückner (2008): Alpha efficiency determination for OSL of quartz extracted from Chinese loess. – *Radiation Measurements*, 43: 767-770 (www.sciencedirect.com).
- Martini, W., Brückner, H., Eschbach, N., Kelterbaum, D. & M. Recke (2008): Der Flusshafen von Perge in Pamphylien. Ein geoarchäologischer Survey löst ein altes Problem. – *Archäologischer Anzeiger*, 2008/1: 163-179; Berlin.
- Vött, A., Brückner, H., Brockmüller, S., Handl, M., May, S.M., Gaki-Papanastassiou, K., Herd, R., Lang, F., Maroukian, H., Nelle, O., Papanastassiou, D. (2008): Traces of Holocene tsunamis across the Sound of Lefkada, NW Greece. – *Global and Planetary Change*, doi: 10.1016/j.gloplacha.2008.03.015 (in press).
- Vött, A., Brückner, H., May, M., Lang, F., Herd, R. & S. Brockmüller (2008): Strong tsunami impact on the Bay of Aghios Nikolaos and its environs (NW Greece) during Classical-Hellenistic times. – *Quaternary International*, 181: 105-122.
- Beiträge zu dem Buch: Roth, M., Nobis, R., Stetsiuk, V. & I. Kruhlov (eds.) (2008): Transformation processes in the Western Ukraine – Concepts for a sustainable land use. 602 S. Weißensee Verlag, Berlin.

- Huhmann, M. & H. Brückner (2008a): Geologic and geomorphologic overview of the Upper Dnister Basin (pp. 75-80).
- Huhmann, M. & H. Brückner (2008b): Late Pleistocene and Holocene landscape evolution of the Upper Dnister Valley (pp. 105-112).
- Huhmann, M., Kit, M., Brückner, H., Poznyak & I. Shpakivska (2008): Soil erosion: Possibilities for soil protection (pp. 191-205).

2009

- Benner, R., Browne, T., Brückner, H., Kelletat, D. & A. Scheffers (2009): Boulder transport by waves: Progress in physical modelling. – *Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl. Issue* (in press).
- Brückner, H., Kelterbaum, D., Marunchak, O., Porotov, A. & A. Vött (2009): The Holocene sea level story since 7500 BP – lessons from the Eastern Mediterranean, the Black and the Azov Seas. – *Quaternary International* (in press) (doi.org/10.1016/j.quaint.2008.11.016).
- Engel, M., Knipping, M., Brückner, H., Kiderlen, M. & J.C. Kraft (2009): Reconstructing middle to late Holocene palaeogeographies of the lower Messenian plain (southwestern Peloponnese, Greece): Coastline migration, vegetation history and sea level change. – *Palaeo3* (in press).
- Kaiser, K., Lai, Z.P., Schneider, B., Reudenbach, C., Miehe, G. & H. Brückner (2009): Stratigraphy and palaeoenvironmental implications of Pleistocene and Holocene aeolian sediments in the Lhasa area, southern Tibet (China). – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 271: 329-342 ([doi:10.1016/j.palaeo.2008.11.004](https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2008.11.004)).
- Lai, Z.P., Kaiser, K. & Brückner, H. (2009): Luminescence-dated aeolian deposits of late Quaternary age in the southern Tibetan Plateau and their implications for landscape history. – *Quaternary Research*, 72: 421-430 (<http://dx.doi.org/10.1016/j.yqres.2009.07.005>).
- Mastronuzzi, G., Sansò, P., Brückner, H. & A. Vött (eds.) (2009): Proceedings of the 2nd International Tsunami Field Symposium, Puglia - Ionian Islands 2008. – *Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl. Issue* (in press).

Tolksdorf, J.F., Kaiser, K., Veil, S., Klasen, N. & H. Brückner (2009): The Early Mesolithic Haverbeck site, Northwest Germany: evidence for Preboreal settlement in the Western and Central European Plain. – *Journal of Archaeological Science*, 36: 1466-1476 (doi:10.1016/j.jas.2009. 03.002).

Vött, A., Brückner, H., May, S.M., Sakellariou, D., Nelle, O., Lang, F., Kapsimalis, V., Jahns, S., Herd, R., Handl, M. & I. Fountoulis (2009): The Lake Voulkaria (Akarnania, NW Greece) palaeoenvironmental archive – a sediment trap for multiple tsunami impact since the mid-Holocene. – *Zeitschrift f. Geomorphologie N.F.*, 53, Suppl. 1: 1-37; Berlin, Stuttgart.

2010

BENNER, R., BROWNE, T., BRÜCKNER, H., KELLETAT, D. & A. SCHEFFERS (2010): Boulder transport by waves: Progress in physical modelling. – *Zeitschrift für Geomorphologie*, 54, Suppl. 3: 127-146; Stuttgart. [J52]

BRÜCKNER, H., KELTERBAUM, D., MARUNCHAK, O., POROTOV, A. & A. VÖTT (2010): The Holocene sea level story since 7500 BP – lessons from the Eastern Mediterranean, the Black and the Azov Seas. – *Quaternary International* 225(2): 160-179 (doi.org/10.1016/j.quaint.2008.11.016). [J53]

BRÜCKNER, H., SEELIGER, M. & M. KNIPPING (2010): Geoarchäologische Untersuchungen in der Bucht von Elaia. – In: Pirson, F.: Pergamon. Bericht über die Arbeiten in der Kampagne 2009. – *Archäologischer Anzeiger*, 2010/2: 208-219; Berlin. [J54]

Engel, M., Brückner, H., Wennrich, V., Scheffers, A., Kelletat, D., Vött, A., Schäbitz, F., Daut, G., Willershäuser, T. & S.M. May (2010): Coastal stratigraphies of eastern Bonaire (Netherlands Antilles): New insights into the palaeo-tsunami history of the southern Caribbean. – *Sedimentary Geology*, 231: 14-30. [J55]

ENGEL, M., BRÜCKNER, H. & K. MEßENZEHL (2011): Natural Environment of the Arabian Peninsula. – In: *Roads of Arabia. The Archaeological Treasures of Saudi Arabia*: 36-46, and 298 ff. Exhibition catalogue, published for the Museum of Islamic Art – National Museums in Berlin by U. Franke, A. Al-Ghabban, J. Gierlichs & S. Weber. Ernst Wasmuth

Verlag. Tübingen, Berlin. English edition. ISBN (museum edition) 978-3-88609-722-7, ISBN (bookstore edition) 978-3-8030-3356-1. [B40]

ENGEL, M., BRÜCKNER, H. & K. MEßENZEHL (2011): Naturraum der Arabischen Halbinsel. – In: Roads of Arabia. Archäologische Schätze aus Saudi-Arabien: 36-46 und 298 ff. Ausstellungskatalog; für das Museum für Islamische Kunst – Staatliche Museen zu Berlin hrsg. von U. Franke, A. Al-Ghabban, J. Gierlich & S. Weber. Ernst Wasmuth Verlag. Tübingen, Berlin. Deutsche Ausgabe. ISBN (Museumsausgabe) 978-3-88609-721-0, .ISBN (Buchhandelsausgabe) 978-3-8030-3355-0. [B41]

KRAFT, J.C., RAPP, G., BRÜCKNER & İ. KAYAN (2011): Results of the struggle at ancient Ephesus: natural processes 1, human intervention 0. – In: WILSON, L. (ed.) Human Interactions with the Geosphere: The Geoarchaeological Perspective. Geological Society, London, Special Publications, 352: 27-36; London. doi: 10.1144/SP352.3. [B42]

MASTRONUZZI, G., BRÜCKNER, H., SANSÒ, P. & A. VÖTT (2010): Preface: An introduction to palaeo-tsunami research. – Zeitschrift für Geomorphologie, 54, Suppl. 3: V-XIII; Stuttgart. [J56]

MASTRONUZZI, G., BRÜCKNER, H., SANSÒ, P. & A. VÖTT (eds.) (2010): Tsunami fingerprints in different archives – Sediments, dynamics and modelling approaches. Proceedings of the 2nd International Tsunami Field Symposium in Ostuni (Italy) and Lefkada (Greece). – Zeitschrift für Geomorphologie (Annals of Geomorphology), N.F., vol. 54, Suppl. 3, 356 pp.; Berlin, Stuttgart. [E9]

SAUER, D., WAGNER, S., BRÜCKNER, H., SCARCIGLIA, F., MASTRONUZZI, G. & K. STAHR (2010): Soil development on marine terraces near Metaponto (Gulf of Taranto, southern Italy). – Quaternary International, 222 (1-2): 48-63. [J57]

SCHELLMANN, G., RADTKE, U. & H. BRÜCKNER (2011): Electron spin resonance dating (ESR). – In: Hopley, D. (ed.): Encyclopedia of Modern Coral Reefs. Structure, Form and Process; Part 5: 368-372; (Springer Science + Business Media B.V.). [B43]

Contributions to the book: Gebhardt, H., Glaser, R., Radtke, U. & P. Reuber (Hrsg.) (2011): Geographie – Physische Geographie und Humangeographie. – 2. Auflage, 1328 S. Spektrum-Verlag, Heidelberg.

- BRÜCKNER, H.: Rumpfflächen, Rumpfstufen und Inselberge (pp. 434-438). [B44]

- BRÜCKNER, H. & R. GERLACH (2011): Geoarchäologie – von der Vergangenheit in die Zukunft (pp. 1179-1186). [B45]

- KELLETAT, D. & H. BRÜCKNER: Formbildung durch litorale Prozesse (pp. 419-423). [B46]

VÖTT, A., BARETH, G., BRÜCKNER, H., CURDT, C., FOUNTOULIS, I., GRAPMAYER, R., HADLER, H., HOFFMEISTER, D., KLASSEN, N., LANG, F., MASBERG, P., MAY, S.M., NTAGERETZIS, K.,

SAKELLARIOU, D. & T. WILLERSHÄUSER (2010): Beachrock-type calcarenitic tsunamites along the shores of the eastern Ionian Sea (western Greece) – case studies from Akarnania, the Ionian Islands and the western Peloponnese. – Zeitschrift für Geomorphologie, 54, Suppl. 3: 1-50; Stuttgart. [J58]

2011

BRILL, D., BRÜCKNER, H., JANKAEW, K., KELLETAT, D., SCHEFFERS, A. & S. SCHEFFERS (2011):

Potential predecessors of the 2004 Indian Ocean Tsunami - Sedimentary evidence of extreme wave events at Ban Bang Sak, SW Thailand. – Sedimentary Geology, 239 (2011) 146-161. [J59]

KELTERBAUM, D., BRÜCKNER, H., POROTOV, A., SCHLOTZHAUER, U. & D. ZHURAVLEV (2011):

Geoarchaeology of Taman Penin-sula (Kerch Strait, South-West Russia) – the Example of the Ancient Greek Settlement of Golubitskaya. – Die Erde, 143(3): 235-258. [J60]

KLASSEN, N., ENGEL, M., BRÜCKNER, H., EICHMANN, R., HAUSLEITER, A., INTILIA, A., AL-NAJEM, M.H. & S.F. AL-SAID (2011): Optically stimulated luminescence dating of the city wall system of Tayma (NW Saudi Arabia). – Journal of Archaeological Science, 38: 1818-1826. [J61]

SEELIGER, M., BARTZ, M. & H. BRÜCKNER (2011): Mauern im Meer – Geoarchäologische

Untersuchungen in der Bucht von Elaia. – In: F. Pirson: Pergamon – Bericht über die Arbeiten in der Kampagne 2010. Archäologischer Anzeiger 2011/2: 175-185; Berlin. [J62]

VÖTT, A., BARETH, G., BRÜCKNER, H., LANG, F., SAKELLARIOU, D., HADLER, H., NTAGERETZIS, K. & T. WILLERSHÄUSER (2011): Olympia's harbour site Pheia (Elis, Western Peloponnese, Greece) destroyed by tsunami impact. – Die Erde, 143(3): 259-288. [J63]

VÖTT, A., LANG, F., BRÜCKNER, H., GAKI-PAPANASTASSIOU, K., MAROUKIAN, H., PAPANASTASSIOU, D., GIANNIKOS, A., HADLER, H., HANDL, M., NTAGERETZIS, K., WILLERSHÄUSER, T. & A. ZANDER (2011): Sedimentological and geoarchaeological evidence of multiple tsunamigenic imprint on the Bay of Palairos-Pogonia (Akarnania, NW Greece). – *Quaternary International*, 242 (1): 213-239. [J64]

VÖTT, A., BARETH, G., BRÜCKNER, H., LANG, F., SAKELLARIOU, D., HADLER, H., NTAGERETZIS, K. & WILLERSHÄUSER, T. (2011): Olympia's harbour site Pheia (Elis, western Peloponnese, Greece) destroyed by tsunami impact. – *Die Erde* 142/3: 259-288. [P65]

2012

BINI, M., BRÜCKNER, H., CHELLI, A., PAPPALARDO, M., DA PRATO, S. & L. GERVASINI (2012): Palaeogeographies of the Magra Valley coastal plain to constrain the location of the Roman harbour of Luna (NW Italy) – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 337-338: 37-51. [J66]

BRILL, D., KLASSEN, N., BRÜCKNER, H., JANKAEW, K., SCHEFFERS, A., KELLETAT, D. & S. SCHEFFERS (2012): OSL dating of tsunami deposits from Phra Thong Island, Thailand. – *Quaternary Geochronology*, 10: 224-229. [J67]

BRILL, D., KLASSEN, N., JANKAEW, K., BRÜCKNER, H., KELLETAT, D., SCHEFFERS, A. & S. SCHEFFERS (2012): Local inundation distances and regional tsunami recurrence in the Indian Ocean inferred from luminescence dating of sandy deposits in Thailand. – *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12: 2177-2192. [J68]

ENGEL, M., BRÜCKNER, H., MESSENZEHL, K., FRENZEL, P., MAY, S.M., SCHEFFERS, A., SCHEFFERS, S., WENNRICH, V. & D. KELLETAT (2012): Shoreline changes and high-energy wave impacts at the leeward coast of Bonaire (Netherlands Antilles). – *Earth Planets Space*, 64: 905-921. [J69]

ENGEL, M., BRÜCKNER, H., PINT, A., WELLBROCK, K., GINAU, A., VOSS, P., GROTTKER, M., KLASSEN, N. & P. FRENZEL (2012): The early Holocene humid period in NW Saudi Arabia – evidence from sediments, microfossils and palaeo-hydrological modelling. – *Quaternary International*, 266: 131-141. [J70]

- ENGEL, M., BRÜCKNER, H., KIDERLEN, M., KNIPPING, M. & J.C. KRAFT (2012): Geoarchaeological research at Akovitika - recon-structing Early Bronze Age and Early Iron Age landscapes of the southwestern Peloponnese. In: Katsonopoulou, D. (ed.), An-cient Helike and Aigialeia: Protohelladika. The Southern and Central Greek mainland: Proceedings of the fourth international conference (Helike IV), Nikolaiika, Diakopton, Greece, 1-3 September 2007, pp. 137-158.[B47]
- FOUACHE, E., KELTERBAUM, D., BRÜCKNER, H., LERICOLAIS, G., POROTOV, A. & V. DIKAREV (2012): The Late Holocene evolution of the Black Sea - a critical view on the so-called Phanagorian regression. – Quaternary International, 266: 162-174. [J71]
- GINAU, A., ENGEL, M. & H. BRÜCKNER (2012): Holocene chemical precipitates in the continental sabkha of Tayma (NW Saudi Arabia). – Journal of Arid Environments, 84: 26-37. [J72]
- KELTERBAUM, D., BRÜCKNER, H., DIKAREV, V., GERHARD, S., PINT, A., POROTOV, A. & V. ZIN'KO (2012): Palaeogeographic changes at Lake Chokrak on the Kerch Peninsula, Ukraine, during the Mid- and Late-Holocene. – Geoarchaeology: An Inter-national Journal, 27: 206-219. [J73]
- MAY, S.M., VÖTT, A., BRÜCKNER, H., GRAPMAYER, R., HANDL, M. & V.WENNRICH (2012): The Lefkada barrier and beachrock system (NW Greece) – controls on coastal evolution and the significance of extreme wave events. – Geomorphology, 139-140: 330-347. [J74]
- May, S.M., Vött, A., Brückner, H. & A. Smedile (2012): The Gyra washover fan in the Lefkada Lagoon, NW Greece – possible evidence of the 365 AD Crete earthquake and tsunami. – Earth Planets Space, 64: 859-874. [J75]
- SCHEFFERS, A., BRILL, D., KELLETAT, D., BRÜCKNER, H., SCHEFFERS, S. & K. FOX (2012): Holocene sea levels along the An-daman Sea coast of Thailand. – The Holocene, 22: 1169-1180. [J76]
- SEELIGER, M., BARTZ, M. & H. BRÜCKNER (2012): Der geschlossene Hafen von Elaia.- In: PIRSON, F. (ed.): Pergamon - Bericht über die Arbeiten in der Kampagne 2011. – Archäologischer Anzeiger, 2/2012: 234-240; Berlin. [J77]
- VÖTT, A., BARETH, G., BRÜCKNER, H., LANG, F., SAKELLARIOU, D., HADLER, H., NTAGERETZIS, K. & T. WILLERSHÄUSER (2011/2012): Olympia's harbour site Pheia (Elis, western

Peloponnese,Greece) destroyed by tsunami impact. – Die Erde, 142 (3): 259-288.[J78]

2013

BRÜCKNER, H., ENGEL, M., KLASSEN, N., GINAU, A., PINT, A., FRENZEL, P., EICHMANN, R., HAUSLEITER, A., AL-NAJEM, M.H. & S.F. AL-SAID (2013): Late Quaternary environmental change and geochronology at Tayma, NW Saudi Arabia - current research. – In: Al-Ansary, A.R., Al-Muaikel, K.I., Alsharekh, A.M. (eds.): Man and Environment in the Arab World in Light of Archaeological Discoveries. – Adumatu, Abdul Rahman Al-Sudairy Foundation, Riyadh, pp. 53-58. ISBN 978-603-90326-5-6 [B48]

BRÜCKNER, H. & D. KELTERBAUM (2013): The Aksu Çayı (Kestros River) coastal plain and the harbor of Perge – A palaeogeographic and geoarchaeologic study in ancient Pamphylia (SW Turkey). – In: Kalaitzoglou, G. & G. Lüdorf (Hg.): Petasos. Festschrift für Hans Lohmann. Mittelmeerstudien, 2: 341-353, Taf. 51-54; Paderborn. [B49]

ENGEL, M., BRÜCKNER, H., FÜRSTENBERG, S., FRENZEL, P., KONOPCZAK, A.M., SCHEFFERS, A., KELLETAT, D., MAY, S.M., SCHÄBITZ, F. & G. DAUT (2013): A prehistoric tsunami induced long-lasting ecosystem changes on a semi-arid tropical island – the case of Boka Bartol (Bonaire, Leeward Antilles). – Naturwissenschaften, 100: 51-67.[J79]

MAY, S.M., PINT, A., RIXHON, GILLES, KELLETAT, D., WENNRICH, V. & H. BRÜCKNER: (2013): Holocene coastal stratigraphy, coastal changes and potential palaeoseismological implications inferred from geo-archives in Central Chile (29–32° S). – Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementary Issue, 57(4):201-228. [J80]

SCHEFFERS, A.M., ENGEL, M., MAY, S.M., SCHEFFERS, S.R., JOANNES-BOYAU, R., HÄNßLER, E., KENNEDY, K., KELLETAT, D., BRÜCKNER, H., VÖTT, A., SCHELLMANN, G., SCHÄBITZ, F., RADTKE, U., SOMMER, B., WILLERSHÄUSER, T. & T. FELIS (2013): Potential and limits of combining studies of coarse- and fine-grained sediments for the coastal event history of a Caribbean carbonate environment. – Geological Society, London, Special Publications, 388: 503-531,doi 10.1144/SP388.4. [J81]

SEELIGER, M., BARTZ, M., ERKUL, E., FEUSER, S., KELTERBAUM, D., KLEIN, C., PIRSON, F., VÖTT, A. & H. BRÜCKNER (2013): Taken from the sea, reclaimed by the sea: The fate of

the closed harbour of Elaia, the maritime satellite city of Pergamum (Tur-key). – *Quaternary International*, 312: 70-83. [J82]

STOCK, F., PINT, A., HOREJS, B., LADSTÄTTER, S. & H. BRÜCKNER (2013): In search of the harbours: New evidence of Late Roman and Byzantine harbours of Ephesus. – *Quaternary International*, 312: 57-69. [J83]

WILLERSHÄUSER, T., VÖTT, A., BRÜCKNER, H., BARETH, G., NELLE, O., NADEAU, M.-J., HADLER, H. & K. NTAGERETZIS (2013): Holocene tsunami landfalls along the shores of the inner Gulf of Argostoli (Cefalonia Island, Greece). – *Z. Geomorph. Supplementary Issues*, 57(4), 105-138(doi: 10.1127/0372-8854/2013/S-00149) [J84]

2014

BRILL, D., JANKAEW, K., NEUBAUER, N.-P., KELLETAT, D., SCHEFFERS, A., VÖTT, A. & H. BRÜCKNER (2014): Holocene coastal evolution of southwest Thailand – implications for the site-specific preservation of palaeotsunami deposits. – *Zeitschrift für Geomorphologie*, N.F., vol. 58 (3): 273-303. [J85]

BRILL, D., PINT, A., JANKAEW, K., FRENZEL, P., SCHWARZER, K., VÖTT, A. & H. BRÜCKNER (2014): Sediment transport and hydro-dynamic parameters of tsunami waves recorded in onshore geoarchives. – *Journal of Coastal Research*, 30(5): 922-941. [J86]

ENGEL, M. & H. BRÜCKNER (2014): Late Quaternary environments and societies: progress in geoarchaeology. – *Zeitschrift für Geomorphologie* N.F., 58 (Suppl. Issue 2): 1-6. [J87]

ENGEL, M., BRÜCKNER, H., SCHEFFERS, A., MAY, S.M., KELLETAT, D., 2014. Holocene sea levels of Bonaire (Leeward Antilles) and tectonic implications. – *Zeitschrift für Geomorphologie* N.F., 58 (Suppl. Issue 1): 159-178. [J88]

HOFFMEISTER, D., NTAGERETZIS, K., AASEN, H., CURDT, C., HADLER, H., WILLERSHÄUSER, T., BARETH, G., BRÜCKNER, H. & A. VÖTT (2014): 3D model-based estimations of volume and mass of high-energy dislocated boulders in coastal areas of Greece by terrestrial laser scanning. – *Zeitschrift für Geomorphologie*, 58 (Suppl. Issue 3): 115-135. [J89]

SEELIGER, M., BRILL, D., FEUSER, S., BARTZ, M., ERKUL, E., KELTERBAUM, D., VÖTT, A., KLEIN, C., PIRSON, F. & H. BRÜCKNER (2014): The purpose and age of underwater walls in the Bay

of Elaia of Western Turkey: A multidisciplinary approach. – *Geo-archaeology*, 29, 138-155. [J90]

STOCK, F., KERSCHNER, M., KRAFT, J.C., PINT, A., FRENZEL, P. & H. BRÜCKNER (2014): The palaeogeographies of Ephesos (Turkey), its harbours, and the Artemision – a geoarchaeological reconstruction for the timespan 1500 – 300 BC. – *Zeitschrift für Geomorphologie*, 58, Suppl. Issue 2: 33-66. [J91]

UNKEL, I., SCHIMMELMANN, A., SHRINER, C., FORSÉN, J., HEYMANN, C. & H. BRÜCKNER (2014): The environmental history of the last 6500 years in the Asea Valley (Peloponnese, Greece) and its linkage to the local archaeological record. – *Zeitschrift für Geomorphologie*, 58 (Suppl. Issue 2): 89-107; Stuttgart. [J92]

2015

BARTZ, M., KLASSEN, N., ZANDER, A., BRILL, D., RIXHON, SEELIGER, M., EIWANGER, J., WENIGER, G.-C., MIKDAD, A. & H. BRÜCKNER: Luminescence dating of ephemeral stream sediments around the Palaeolithic site of Ifri n'Ammar (Morocco). – *Quaternary Geochronology*, 30: 460-465. [J93]

DELILE, H., BLICHERT-TOFT, J., GOIRAN, J.-PH., STOCK, F., ARNAUD-GODET, F., BRAVARD, J.-P., BRÜCKNER, H. & F. ALBARÈDE (2015): Demise of a harbor: a geochemical chronicle from Ephesus. – *Journal of Archaeological Science*, 53: 202-213. [J94]

ENGEL, M., MAY, S.M., SCHEFFERS, A., SQUIRE, P., PINT, A., KELLETAT, D. & H. BRÜCKNER (2015): Prograded foredunes of Western Australia's macrotidal coast - Implications for Holocene sea-level change and high-energy wave impacts. – *Earth Surface Processes and Landforms*, 40: 726-740. [J95]

MAY, S.M., ZANDER, A., FRANCOIS, J.P., KELLETAT, D., PÖTSCH, S., RIXHON, G. & H. BRÜCKNER (2015): Chronological and geo-archaeological investigations on an anthropogenic shell accumulation layer in the Longotoma dune field (Central Chile). – *Quaternary International*, 367: 32-41. [J96]

PINT, A., SEELIGER, M., FRENZEL, P., FEUSER, S., ERKUL, E., BERNDT, C., KLEIN, C., PIRSON, F. & H. BRÜCKNER (2015): The environs of Elaia's ancient open harbour - a reconstruction based on microfaunal evidence. – *Journal of Archaeological Science*, 54: 340-355. [J97]

REYES, M., ENGEL, M., MAY, S.M., BRILL, D. & H. BRÜCKNER (2015): Life and death after super typhoon Haiyan. – *Coral Reefs*, 34 (2): 419. [J98]

STOCK, F., EHLERS, L., HOREJS, B., KNIPPING, M., LADSTÄTTER, S., SEREN, S. & H. BRÜCKNER (2015): Neolithic settlement sites in Western Turkey - palaeogeographic studies at Çukuriçi Höyük and Arvalya Höyük. – *Journal of Archaeological Science: Reports*, 4: 565-577. [J99]

TOLKSDORF, J.F., TURNER, F., NELLE, O., PETERS, S. & H. BRÜCKNER (2015): Environmental development and local human im-pact in the Jeetzel valley (N Germany) since 10 ka BP as detected by geoarchaeological analyses in a coupled aeolian and lacustrine sediment archive at Soven. – *E&G Quaternary Science Journal*, 64 (2): 95-110. [J100]

2016

GIAIME, M., AVNAIM-KATAV, S., MORHANGE, C., MARRINER, N., ROSTEK, F., POROTOV, A.V., BARALIS, A., KANIEWSKI, D., BRÜCKNER, H. & D. KELTERBAUM (2016): Evolution of Taman Peninsula's ancient Bosphorus channels, south-west Russia: Del-taic progradation and Greek colonization. – *Journal of Archaeological Science: Reports*, 5: 327-335. [J101]

MAY, S.M., FALVARD, S., NORPOTH, M., PINT, A., BRILL, D., ENGEL, M., SCHEFFERS, A., DIERICK, M., PARIS, R., SQUIRE, P. & H. BRÜCKNER (2016): A mid-Holocene candidate tsunami deposit from the NW Cape (Western Australia). – *Sedimentary Geo-logy*, 332: 40-50. [J102]

II Other Publications

2005

Brockmüller, S., Vött, A., Brückner, H., Handl, M. & A. Schriever (2005): Die holozäne Entwicklung der Küstenebene von Boukka am Ambrakischen Golf (Nordwestgriechenland). – In: Beck, N. (Hrsg.): *Neue Ergebnisse der Meeres- und Küstenforschung. Schriften des Arbeitskreises Landes- und Volkskunde*, 4: 34-50; Koblenz.

Brückner, H., Hottenrott, M., Kelterbaum, D., Müller, K.-H., Rittweger, H., Zander, A. & H. Zankl (2005): Karst und Paläoböden im Limburger Becken. – In: Felix-Henningsen, P., Kühn, P. & C. Opp (Hrsg.): *Exkursionsführer. Jahrestagung der DBG 2005 in Marburg. Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft (DBG), Bd. 105: 105-114; Oldenburg.*

Gruber, C., Ayoub, S., Brückner, H., von den Driesch, A., Manhart, H., Qandil, H., Werner, P. & A. Zander (2005): The site of Al Sufouh 2 within Dubai Internet City (U.A.E.). Preliminary report on four campaigns of excavation (03/2001-11/2002). – In: Hellyer, P. & M. Ziolkowski (eds): Proceedings of the 1st Annual Symposium on Recent Palaeontological and Archaeological Discoveries in the Emirates. Emirates Cultural Heritage Vol. 1: 47-69; Zayed Centre for Heritage and History; Al Ain (ISBN 9948-06-130-6).

Jungmann, W.-W. & H. Brückner (2005): Die geologisch-geomorphologischen Grundlagen Hessens. – In: Felix-Henningsen, P., Kühn, P. & C. Opp (Hrsg.): Exkursionsführer. Jahrestagung der DBG 2005 in Marburg. Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft (DBG), Bd. 105: 7-11; Oldenburg.

Zander, A. & H. Brückner (2005): Chronology and evolution of submerged mangrove swamps buried in the subsoil of Dubai. – *Tribulus* 15 (2): 10-16; Abu Dhabi.

2006

Engel, M., Brückner, H., Kiderlen, M. & J.C. Kraft (2006): Built near the sea, buried by the river. The Poseidon sanctuary of Akovitika. – Forschungszentrum Terramare Berichte Nr. 16: 83-86; Wilhelmshaven.

Schriever, A., Vött, A., Handl, M., Herd, R. & H. Brückner (2006): Holozäner Küstenwandel im Bereich des Acheloos-Deltas (Akarnanien, Nordwest-Griechenland). – Forschungszentrum Terramare Berichte Nr. 16: 75-82; Wilhelmshaven.

Vött, A. & H. Brückner (2006): Versunkene Häfen im Mittelmeerraum. Antike Küstenstädte als Archive für die geoarchäologische Forschung. – *Geographische Rundschau*, 58 (4): 12-21; Braunschweig.

2007

Brockmüller, S., Vött, A., May, S.M. & H. Brückner (2007): Palaeoenvironmental changes of the Levkada Sound (NW Greece) and their archaeological relevance. – In: Gönner, G., Pflüger, B. u. J.-A. Bremer (Hrsg.): Von der Geoarchäologie über die Küstendynamik zum Küstenzonenmanagement. *Coastline Reports*, 9: 127-138; Hamburg.

- Brückner, H., Schellmann, G., Daut, G., Mäusbacher, R., Schnack, E. & H. Schneider (2007): Erste Befunde zu Veränderungen des holozänen Meeresspiegels und zur Größenordnung holozäner 14C-Reservoireffekte im Bereich des Golfo San José (Península Valdés, Argentinien). – *Bamberger Geographische Schriften*, 22: 93-111; Bamberg.
- Brückner, H. & A. Vött (2007): Sedimente erläutern Geschichte. – *Archäologie in Deutschland*, 4/2007: 28-31; Stuttgart.
- Gönnert, G. & H. Brückner (Hrsg.) (2007): Retrospektive und prognostische Modellierung von Küstenszenarien. – *Berichte zur deutschen Landeskunde*, 81 (2).
- May, S.M., Vött, A., Brückner, H. & S. Brockmüller (2007): Evidence of tsunamigenic impact on Actio headland near Preveza, NW Greece. – In: Gönnert, G., Pflüger, B. & J.-A. Bremer (Hrsg.): *Von der Geoarchäologie über die Küstendynamik zum Küstenzonenmanagement. Coastline Reports*, 9: 115-125; Hamburg.

2008

- Brill, D., Uncu, L. & H. Brückner (2008): Geoarchäologische Studie im Umfeld der iberischen Siedlungen auf dem Puig de Sant Andreu und der Illa de'n Reixac (Ullastret). Bericht über die ersten Ergebnisse der Geländekampagne im September 2007. – *Jahresbericht des Deutschen Archäologischen Instituts*. Berlin (im Druck).
- Driesch von den, A., Brückner, H., Obermaier, H. & A. Zander (2008): The hunt for wild dromedaries at the United Arab Emirates coast during the 3rd and 2nd Millennia BC. Camel bones from the excavations at Al Sufouh 2, Dubai, UAE. – In: *Archaeozoology of the Near East VIII. Tome II*, edited by E. Vila, L. Gourichon, A.M. Choyke & H. Buitenhuis. TMO (Travaux de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée), 49: 487-497; Lyon.
- Engel, M., Brückner, H., Kelletat, D., Schäbitz, F., Scheffers, A., Vött, A., Wille, M., & Willershäuser, T. (2008): Traces of Holocene extreme events within sediment traps along the coast of Bonaire (Netherlands Antilles). – *GIS Coast Research Publication*, 6: 29-31.
- May, S.M., Vött, A., Brückner, H. & S. Brockmüller (2008): Evidence of tsunamigenic impact on Actio headland near Preveza, NW Greece. – *Coastline Report*, 9: 115-125.

- May, S.M., Vött, A., Brückner, H., Herd, R. & F. Lang (2008): Geoarchaeological studies in the environs of the ancient dam of Glosses, Akarnania, NW Greece. – *GeoÖko*, 29: 89-113; Göttingen.
- Mastronuzzi, G., Brückner, H., Sansò, P. & A. Vött (eds.) (2008): Second International Tsunami Field-Symposium, Puglia – Ionian Islands 2008. Abstract book. – *GI2S Coast Research Publication*, 6, 187 pp.; Bari (ISBN 978-88-7522-015-0).
- Mastronuzzi, G., Sansò, P., Brückner, H., Vött, A., Pignatelli, C., Caputo, R., Coppola, D., Di Bucci, D., Fracassi, U., May, S.M., Milella, M. & Selleri, G. (2008): Palaeotsunami imprints along the coasts of the Central Mediterranean Sea. 2nd International Tsunami Field Symposium, Puglia-Ionian Islands 2008, Field Guide. – *GI2S Coast Research Publication*, 7: 193 pp.; Bari (ISBN 978-88-7522-016-7).

2009

- Brückner, H. (2009): Moderator des Heftes 12/2009 der Geographischen Rundschau – Themenheft: Tsunami. – Braunschweig (im Druck).
- Brückner, H. & D. Brill (2009): Der Tsunami von 2004 – fünf Jahre danach. – *Geographische Rundschau*, 12/2009: 4-10; Braunschweig.
- Brückner, H. & J. Lucas (2009): Geoarchäologische Studie zu Mogador, Essaouira und Umgebung. – In: Marzoli, D. & A. El Khayari: Mogador (Essaouira, Marokko) – Vorbericht über die Kampagnen 2006 und 2007. Teil II. – *Madriider Mitteilungen*, 50: 102-117, 558, Farbtafel 2, Tafeln 1-3; Wiesbaden.
- Engel, M., Bolten, A., Brückner, H., Daut, G., Kelletat, D., Schäbitz, F., Scheffers, A., Scheffers, S.R., Vött, A., Wille, M. & T. Willershäuser (2009): Reading the chapter of extreme wave events in nearshore geo-bio-archives of Bonaire (Netherlands Antilles) – initial results from Lagun and Boka Bartol. – *Marburger Geographische Schriften*, 145: 157-178. Marburg/Lahn.
- Floth, U., Vött, A., May, S.M., Brückner, H. & S. Brockmüller (2009): Geo-scientific evidence versus computer models of tsunami landfall in the Lefkada coastal zone (NW Greece). – *Marburger Geographische Schriften*, 145: 140-156. Marburg/Lahn.

- Klaffke, S.M., Bungenstock, F., Lindhorst, S., Brückner, H. & H. Freund (2009): Wie wuchs Langeoog aus dem Meer empor? Neue sedimentologische und geophysikalische Untersuchungen zur Inselentstehung. – Marburger Geographische Schriften, 145: 1-16; Marburg/Lahn.
- Müllenhoff, M., Herda, A. & H. Brückner (2009a): Geoarchaeology in the city of Thales. Deciphering palaeogeographic changes in the Agora area of Miletus. – In: Mattern, T. & A. Vött (Hrsg.): Mensch und Umwelt im Spiegel der Zeit. Aspekte geoarchäologischer Forschungen im östlichen Mittelmeergebiet. Philippika. Marburger Altertumskundliche Abhandlungen, 1: 97-110; Wiesbaden.
- Müllenhoff, M., Herda, A. & H. Brückner (2009b): Auf Meeressand gebaut. Landschaftswandel in Milet im Spiegel geoarchäologischer Zeugnisse. – In: Dally, O., Maischberger, M., Schneider, P.I. & A. Scholl (Hrsg.): ZeitRäume - Milet in Kaiserzeit und Spätantike. Pergamonmuseum Berlin, Katalog zur Ausstellung: 18-23; Regensburg.
- Vött, A. & H. Brückner (2009a): Geoarchaeological aspects of past coastal landscapes in central Akarnania, NW Greece. – In: Mattern, T. & A. Vött (Hrsg.): Mensch und Umwelt im Spiegel der Zeit. Aspekte geoarchäologischer Forschungen im östlichen Mittelmeergebiet. Philippika. Marburger Altertumskundliche Abhandlungen, 1: 147-169; Wiesbaden.
- Vött, H. & H. Brückner (Hrsg.) (2009b): Ergebnisse aktueller Küstenforschung. Beiträge der 26. Jahrestagung des Arbeitskreises „Geographie der Meere und Küsten“, 25.-27. April 2008 in Marburg. – Marburger Geographische Schriften, Heft 145, 195 S.; Marburg/Lahn.

2010

- BRILL, D., BRÜCKNER, H., MARTÍN, A., MARZOLI, D. & L. UNCU (2010): Die iberischen Oppida bei Ullastret (Bajo Ampurdán, Prov. Gerona). Wechselwirkungen zwischen Siedlungsentwicklung und Naturraum. – Madrider Mitteilungen, 51: 133-151; Wiesbaden, Madrid. [P87]

BRÜCKNER, H. & J. LUCAS (2010): Landschaftswandel und Küstenveränderung im Gebiet von Mogador und Essaouira – eine Studie zur Paläogeographie und Geoarchäologie in Marokko. – In: Marzoli, D. & A. El Khayari (2010): Vorbericht Mogador (Marokko) 2008, mit Beiträgen von Arnold, F., Arnold, S., Becker, C., Küchelmann, H.C., Neef, R., Brückner, H. & J. Lucas. – Madrider Mitteilungen, 51: 99-104; Wiesbaden, Madrid. [P88]

FLOTH, U., VÖTT, A., MAY, S.M., BRÜCKNER, H. & S. BROCKMÜLLER (2010): Estimating tsunami hazards between Lefkada and Preveza, NW Greece, by means of computer modelling. – Coastline Reports, 16: 11-14; Rostock. ISSN 0928-2734 (<http://www.eucc-d.de/>). [P89]

2011

BRÜCKNER, H. (2011): Geoarchäologie – in Forschung und Lehre. – In: Bork, H.-R., Meller, H. & R. Gerlach (Hrsg.): Umwelt-archäologie – Naturkatastrophen und Umweltwandel im archäologischen Befund. 3. Mitteldeutscher Archäologentag vom 07. bis 09. Oktober 2010 in Halle (Saale). – Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle (Saale), 6: 9-20; Halle (Saale). [P90]

Contributions to the volume: KARIUS, V., HADLER, H., DEICKE, M., von EYNATTEN, H., BRÜCKNER, H., & A. VÖTT (EDS.) (2011): Dynamische Küsten – Grundlagen, Zusammenhänge und Auswirkungen im Spiegel angewandter Küstenforschung. – Coastline Reports 17, 202 Seiten, ISSN 0928-2734, ISBN 978-3-939206-00-2, Rostock (<http://www.eucc-d.de/>).

- ENGEL, M. & H. BRÜCKNER: The identification of palaeo-tsunami deposits – a major challenge in coastal sedimentary re-search (pp. 65-80). [P91]

- HADLER, H., VÖTT, A., BRÜCKNER, H., BARETH, G., NTAGERETZIS, K., WARNECKE, H. & T. WILLERSHÄUSER: The harbour of ancient Krane, Kutavos Bay (Cefalonia, Greece) – an excellent geo-archive for palaeo-tsunami research (pp. 111-122). [P92]

- NEUBAUER, N.-P., BRILL, D., BRÜCKNER, H., KELLETAT, D., SCHEFFERS, S. & A. VÖTT (2011): 5000 Jahre Tsunami-Geschichte am Kap Pakarang (Thailand) (pp.81-98). [P93]

- WILLERSHÄUSER, T., VÖTT, A., BRÜCKNER, H., BARETH, G., HADLER, H. & K. NTAGERETZIS: New insights in the Holocene evolution of the Livadi coastal plain, Gulf of Argostoli (Cefalonia, Greece) (pp. 99-110). [P94]
- SEELIGER, M., SCHNEIDER, S., BRÜCKNER, H., SCHÜTT, B., HOREJS, B., FEUSER, S., ZIMMERMANN, M., PIRSON, F. (2011): Study-ing Pergamon's environs – geoarchaeological research in Elaia and Bakırçay Valley. – International Bergama Symposium, 7-9 April 2011, vol. I: 48-65. Izmir (ISBN: 978-605-62152-9-2). [P95]
- WILLERSHÄUSER, T., VÖTT, A., BARETH, G., BRÜCKNER, H., HADLER, H. & NTAGERETZIS, K. (2011b): Sedimentary evidence of Holocene tsunami impacts at the Gialova Lagoon (southwestern Peloponnese, Greece). In: GRÜTZNER, C., PÉREZ-LOPEZ, R., FERNÁNDEZ STEEGER, T., PAPANIKOLAOU, I., REICHERTER, K., SILVA, P.G., VÖTT, A. (eds.): Earthquake Geology and Archaeology: Science, Society and Critical facilities. Proceedings of the 2nd INQUA- IGCP 567 International Workshop on Active Tectonics, Earthquake Geology, Archaeology and Engineering, 19-24 September 2011, Corinth (Greece), pp. 283-285. ISBN: 978-960-466-093-3. [P96]

2012

- BROCKMÜLLER, S., VÖTT, A., BRÜCKNER, H., FLOTH & F. LANG (2012): The Holocene coastal evolution of the Sound of Lefkada (NW Greece). Sedimentological, archaeological and historical issues. – In: Olshausen, E. & V. Sauer (Hg.): Die Schätze der Erde – Natürliche Ressourcen in der antiken Welt. Stuttgarter Kolloquium zur Historischen Geographie des Altertums 10, 2008. *Geographica Historica* 28: 49-66; Stuttgart [P97]
- ENGEL, M. & H. BRÜCKNER (2012): Holocene stratigraphic transect extending from the old town of Tayma across the sabkha. – Eichmann, R., Hausleiter, A., al-Najem, M.H. & S.F. al-Said: Tayma 2007 – 4th Report on the Saudi Arabian – German Archaeological Project. *ATLAL* 22 (2012), 73-79. [P98]
- SEELIGER, M., BRÜCKNER, H., BARTZ, M., FEUSER, S., KNIPPING, M., PIRSON, F. (2012): The harbour of Pergamum – Coastal evolution of the bay of Elaia (NW Turkey). – In: Bebermeier, W., Hebenstreit, R., Kaiser, E., Krause, J. (eds.): Landscape Archaeology. Proceedings of the International Conference Held in Berlin, 6th – 8th June 2012. *eTopoi – Journal for Ancient*

Studies, Special Volume, 3: 107-112. – eTopoi ISSN 2192-2608 (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>). Edited by G. Graßhoff & M. Meyer: Excellence Cluster Topoi, Berlin. eTopoi ISSN 2192-2608 (<http://journal.topoi.org>). [P99]

2013

BROCKMÜLLER, S., VÖTT, A. & H. BRÜCKNER (2013): Geoarchive, archäologische Befunde und historische Quellen. Mosaiksteine zur Rekonstruktion der holozänen Küstenentwicklung am Sund von Leukas (NW-Griechenland). – In: Lang, F., Funke, P., Kolonas, L., Schwandner, E.-L. & D. Maschek (eds.): Interdisziplinäre Forschungen in Akarnanien, Akarnanien-Forschungen 1, 15–30. Bonn. [P100]

BRÜCKNER, H. (2013a): Uruk – aus geoarchäologischer Sicht. – In: M. van Ess – M. Hilgert – B. Salje (Hrsg.): Uruk. 5000 Jahre Megacity: 343-351. Begleitband zur Ausstellung „Uruk – 5000 Jahre Megacity“ im Pergamonmuseum. Curt-Engelhorn-Stiftung für die Reiss-Engelhorn-Museen, Deutsches Archäologisches Institut - Orient-Abteilung, Deutsche Orient-Gesellschaft e.V., Vorderasiatisches Museum Berlin. Petersberg, Imhof Verlag. [P101]

BRÜCKNER, H. (2013b): Wasserstraßen im Wüstensand. Uruk aus geoarchäologischer Perspektive. – Antike Welt. Zeitschrift für Archäologie und Kulturgeschichte, 3/2013: 18-24. [P102]

BRÜCKNER, H. (2013c): Twenty-five years of friendship with İlhan Kayan – geomorphologist and geoarchaeologist. – In: Öner, E. (ed.): Profesör Doktor İlhan Kayan’a Armağan (Felicitation volume for İlhan Kayan): 15-17; Izmir, Ege Üniversitesi (ISBN: 978-975-483-994-4). [P103]

BRÜCKNER, H. (2013d): Review of: Federici P.R. & G. Rodolfi (2004): Geomorphological features and evolution of the Ensenada de Atacames (Provincia de Esmeraldas, Ecuador). Journal of Coastal Research, 20 (3): 700-708. – In: Baroni, C., Chelli A., Pappalardo, M., Rapetti, F. & A. Riboloni (Eds.): Scritti selezionati di Geologia, Geografia e Geomorfologia di Paolo Roberto Federici (Selected papers on Geology, Geography and Geomorphology by Paolo Roberto Federici): 161-163; Stamperia Editoria Brigati, Genova. [P104]

BRÜCKNER, H., URZ, R. & M. SEELIGER (2013): Geomorphological and geoarchaeological evidence for considerable landscape changes at the coasts of western Turkey during the

Holocene. – GeoRS. Geopedology and Landscape Development Research Series, 1: 81-104; Cottbus. [P105]

PINT, A., SEELIGER, M., BARTZ, M., KELTERBAUM, D. & H. BRÜCKNER (2013): Die Rekonstruktion der Paläoumwelt von Elaia an-hand von mikropaläontologischen, sedimentologischen und geochemischen Kriterien. – In: Pirson, F.: Pergamon – Bericht über die Arbeiten in der Kampagne 2012. – Archäologischer Anzeiger, 2013, 2. Halbband: 123-130 [P106].

UNCU, L. & H. BRÜCKNER (2013): The palaeogeographies of the Lezha region, and the geoarchaeology of ancient Lissos, Albania. – In: Öner, E. (ed.): Profesör Doktor İlhan Kayan’a Armağan (Felicitation volume for İlhan Kayan): 119-130; Irmir, Ege Üniversitesi (ISBN: 978-975-483-994-4). [P107]

2014

BRÜCKNER, H., HERDA, A., MÜLLENHOFF, M., RABELL, W. & H. STÜMPEL (2014a): On the Lion Harbour and other harbours in Miletos: recent historical, archaeological, sedimentological, and geophysical research. – Proceedings of the Danish Institute at Athens, vol. VII: 49-103; Aarhus. [P108]

BRÜCKNER, H., HERDA, A., MÜLLENHOFF, M., RABELL, W. & H. STÜMPEL (2014b): Der Löwenhafen von Milet - eine geoarchäologische Fallstudie. – In: Ladstätter, S., Pirson, F. & T. Schmidts (eds.): Harbors and Harbor Cities in the Eastern Mediterranean, Veröffentlichungen des DAI Istanbul, ÖAI Sonderschriften 52, BYZAS, 19 (2): 773–806 [ISBN 978-605-4701-62-9]. [P109]

ENGEL, M., BRILL, D., MAY, S.M., BRÜCKNER, H. & M. REYES (2014): Philippinen: „Haiyans“ Erbe. – Geographische Rundschau 6/2014: 54-57. [P110]

ENGEL, M. & H. BRÜCKNER (2014): The South Qatar Survey Project (SQSP). Preliminary findings on coastal changes and geo-archaeological archives. – Zeitschrift für Orient-Archäologie, 7: 290-301; Berlin. [P111]

VÖTT, A., HADLER, H., WILLERSHÄUSER, T., NTAGERETZIS, K., BRÜCKNER, H., WARNECKE, H., GROOTES, P.M., LANG, F., NELLE, O. & SAKELLARIOU, D. (2014): Ancient harbours used as tsunami sediment traps – the case study of Krane (Cefalonia Island, Greece). – In:

Ladstätter, S., Pirson, F. & T. Schmidts (eds.): Harbors and Harbor Cities in the Eastern Mediterranean, Veröffentlichungen des DAI Istanbul, ÖAI Sonderschriften 52, BYZAS, 19 (2): 743–771 [P112]

2015

BRÜCKNER, H., SCHMIDTS, TH., BÜCHERL, H., PINT, A. & M. SEELIGER (2015): Die Häfen und ufernahen Befestigungen von Ainos - eine Zwischenbilanz. – In: Schmidts, Th. & M.M. Vučetić (Hrsg.): Häfen im 1. Millennium AD. Bauliche Konzepte, herrschaftliche und religiöse Einflüsse. RGZM-Tagungen, 22: 53-76; zugleich: Interdisziplinäre Forschungen zu den Häfen von der Römischen Kaiserzeit bis zum Mittelalter in Europa, Band 1; Mainz (ISBN 978-3-88467-249-5). [P113]

RABEL, W., WILKEN, D., WUNDERLICH, T., BÖDEKER, S., BRÜCKNER, H., BYOCK, J., VON CARNAP-BORNHEIM, C., KENNECKE, H., KARLE, M., KALMRING, S., MESSAL, S., SCHMIDTS, T., SEELIGER, M., SEGGSCHNEIDER, M. & D. ZORI (2015): Geophysikalische Prospektion von Hafensituationen – Möglichkeiten, Anwendungen und Forschungsbedarf. – In: Schmidts, T. & M.M. Vučetić (Hrsg.): Häfen im 1. Millennium AD. Bauliche Konzepte, herrschaftliche und religiöse Einflüsse. RGZM-Tagungen, 22: 323-340; zugleich: Interdisziplinäre Forschungen zu den Häfen von der Römischen Kaiserzeit bis zum Mittelalter in Europa, Band 1; Mainz (ISBN 978-3-88467-249-5). [P114]

PIRSON, F., ATEŞ, G., BARTZ, M., BRÜCKNER, H., FEUSER, S., MANIA, U., MEIER, L. & M. SEELIGER (2015): Elaia – Eine aiolische Polis im Dienste der hellenistischen Residenzstadt Pergamon? – In: Matthaei, A. & M. Zimmermann (Hrsg.): Urbane Strukturen und bürgerliche Identität im Hellenismus. Die hellenistische Polis als Lebensform, Bd. 5: 22-55; Verlag Antike, Heidelberg. [P115]

1. ชื่อ-สกุล Dr. rer. nat. Dominik Brill

2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ -

3. ตำแหน่งปัจจุบัน Research Associate

4. หน่วยงานและที่อยู่ติดต่อได้สะดวกพร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสารและ E-mail

Post address; Geographisches Institut der Universität zu Köln Albertus-Magnus-Platz
50923 Köln, Germany

Visiting address; Rundbau, Room 0.13, Zülpicher Str. 45, 50674 Köln

โทรศัพท์: +49-(0)221-470-7019 e-mail: brillld@uni-koeln.de

5. ประวัติการศึกษา

07 June 1983 Born in Fulda (Germany)

1990 – 1994 Primary School in Bad Salzschlirf

1994 – 2003 Secondary School (Gymnasium) in Fulda

Sep. 2003 – June 2004 Compulsory community service in a rehabilitation hospital
in Bad Salzschlirf

2004 – 2008 Studies in Geography at the University of Marburg

18. Dec. 2008 Diploma in Geography (“mit Auszeichnung“, best mark
possible)

April – December 2009 Ph.D. (Dr. rer. nat.) student at the University of Marburg;
title of thesis: Identifying extreme events in geoarchives by
geological and geomorphological criteria“

Jan 2010 - April 2011 PH.D. scholarship of the Philipps-Universität Marburg

since May 2011 Research Assistant and PhD Student with the Institute of
Geography, Universität zu Köln

November 2012 Doctorate (Dr. rer. nat.), Institute of Geography, Universität
zu Köln

since 2013 Research Assistant with the Institute of Geography,
Universität zu Köln

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

Subjects: Geomorphology, Geochronology (luminescence dating), Coastal Hazards, Geoarchaeology

Regions: SE Asia (Thailand, Philippines), Mediterranean (Spain, Morocco, Turkey), South America (Chile), Australia

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

I Publications

2011

Brill, D., Brückner, H., Jankaew, K., Kelletat, D., Scheffers, A., Scheffers, S., 2011. Potential predecessors of the 2004 Indian Ocean Tsunami – sedimentary evidence of extreme wave events at Ban Bang Sak, SW Thailand. *Sedimentary Geology*, 239, 146-161.

2012

Brill, D., Klasen, N., Brückner, H., Jankaew, K., Kelletat, D., Scheffers, A., Scheffers, S., 2012. Local inundation distances and regional tsunami recurrence in the Indian Ocean inferred from luminescence dating of sandy deposits in Thailand. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 12, 2177-2192.

Brill, D., Klasen, N., Brückner, H., Jankaew, K., Scheffers, A., Kelletat, D., Scheffers, S., 2012. OSL dating of tsunami deposits from Phra Thong Island, Thailand. *Quaternary Geochronology* 10, 224-229.

2013

May, S.M., Brill, D., Engel, M., Scheffers, A., Pint, A., Opitz, S., Wennrich, V., Squire, P., Kelletat, D., Brückner, H., 2015. Traces of historical tropical cyclones and tsunamis in the Ashburton Delta (NW Australia). *Sedimentology*.

2014

Brill, D., Jankaew, K., Neubauer, N.P., Kelletat, D., Scheffers, A., Vött, A. and Brückner, H., 2014. Holocene coastal evolution of southwest Thailand – implications for the site-specific preservation of palaeotsunami deposits. *Zeitschrift für Geomorphologie* 58(3), 273-303.

Brill, D., Pint, A., Jankaew, K., Frenzel, P., Schwarzer, K., Vött, A., Brückner, H., 2014. Sediment transport and hydrodynamic parameters of tsunami waves recorded in onshore geoarchives – A case study from Thailand. *Journal of Coastal Research* 30, 922-941.

Seeliger, M., Brill, D., Feuser, S., Bartz, M., Erkul, E., Kelterbaum, D., Vött, A., Klein, C., Pirson, F., Brückner, H., 2014. The purpose and age of underwater walls in the Bay of Elaia of Western Turkey: A multidisciplinary approach. *Geoarchaeology* 29, 138-155.

2015

Bartz, M., Klasen, N., Zander, A., **Brill, D.**, Rixhon, G., Seeliger, M., Eiwanger, J., Weniger, G.-C., Mikdad, A., Brückner, H., 2015. Luminescence dating of ephemeral stream sediments around the Palaeolithic site of Ifri n'Amman (Morocco). *Quaternary Geochronology*.

Jara-Muñoz, J., Melnick, D., Brill, D., Strecker, M.R., 2015. Segmentation of the 2010 Maule Chile earthquake rupture from a joint analysis of uplifted marine terraces and seismic-cycle deformation patterns. *Quaternary Science Reviews*.

Reyes, M., Brill, D., Engel, M., May, M., Brückner, H., 2015. Life and death after typhoon Haiyan. *Coral Reefs*, DOI 10.1007/s00338-015-1259-1

Scheffers, A., Brill, D., Kelletat, D., Brückner, H., Scheffers, S., Fox, K., 2012. Field evidence of Holocene sea- and tide-levels along the Andaman Sea Coast of Thailand. *The Holocene* 22, 1169-1180.

II Other Publications

2009

Brill, D., 2009. Geoarchäologische und paläogeographische Forschungen im Umfeld der iberischen Siedlungen bei Ullastret und der angrenzenden Küstenebene - ein Beitrag zur holozänen Landschaftsentwicklung im Baix Empordà (NE Spanien). Unveröffentlichte Diplomarbeit, Philipps-Universität Marburg.

Brückner, H., Brill, D., 2009. Der Tsunami von 2004 – fünf Jahre danach. *Geographische Rundschau* 61/12, 4-12.

2010

Brill, D., Brückner, H., Martin, A., Marzoli, D., Uncu, L., 2010. Els oppida iberics d'Ullastret (Baix Emporda): interaccions entre l'evolució de l'assentament i l'entorn natural. *Cypsela*, 18, 283-298.

Brill, D., Brückner, H., Martin, A., Marzoli, D., Uncu, L., 2010. Die Iberischen Oppida bei Ullastret (Bajo Ampurdan. Prov. Gerona). Wechselwirkungen zwischen Siedlungsentwicklung und Naturraum. *Madrider Mitteilungen* 51, 133-151.

2011

Neubauer, N., Brill, D., Brückner, H., Kelletat, D., Scheffers, S., Vött, A., 2011. 5000 Jahre Tsunami-Geschichte am Kap Pakarang (Thailand). In: Karius, V., Hadler, H., Deicke, M., von Eynatten, H., Brückner, H., Vött, A. (eds.), *Dynamische Küsten - Grundlagen, Zusammenhänge und Auswirkungen im Spiegel angewandter Küstenforschung. Proceedings of the 28th Annual Meeting of the German Working Group on Geography of Oceans and Coasts*, 22-25 Apr 2010, Hallig Hooge. *Coastline Reports* 17, 81-98.

Jankaew, K., Brill, D., Martin, M.E., Sawai, Y., 2011. Distribution and sedimentary characteristics of tsunami deposits on Phra Thong Island, Thailand. 2nd INQUA-IGCP-567 International Workshop on Active Tectonics, Earthquake Geology, Archaeology and Engineering, Corinth, Greece, 99-101.

2012

Brill, D., 2012. The tsunami history of southwest Thailand - Recurrence, magnitude and impact of palaeotsunamis inferred from onshore deposits. Dissertation, Universität zu Köln, 213p, Köln. (<http://kups.ub.uni-koeln.de/id/eprint/4906>).

2014

Engel, M., Brill, D., May, S.M., Reyes, M., Brückner, H., 2014. Philippinen: "Haiyans" Erbe. *Geographische Rundschau* 66 (6), 54-57.

ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ-สกุล สรสิข จันทร์ทอง
2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ -
3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยเจ้าหน้าที่แผนงาน
4. หน่วยงานและที่อยู่ติดต่อได้สะดวกพร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสารและ email
มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (สสท)
16/151 เมืองทองธานี ถนนบอนด์สตรีท ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120
โทรศัพท์ 0-2503-3333 โทรสาร 0-2504-4826-8

5. ประวัติการศึกษา

2553-2558 วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาโลกศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2548-2553 วิทยาศาสตรบัณฑิต (ประมง) สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเล,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ -

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยภายในและภายนอกประเทศ

7.1 โครงการวิจัยที่เป็นหัวหน้าโครงการ -

7.2 โครงการวิจัยที่เข้าร่วมโครงการ

- โครงการ การศึกษาตะกอนสึนามิโบราณบริเวณเกาะพระทอง จังหวัดพังงา และ

ชายฝั่งทะเลอันดามันของไทย ประวัติการเกิดสึนามิขนาดใหญ่ในไทย

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์และการเผยแพร่ (Selected)

Jankaew et al. (2014, July). IG07-A012 Ages of Past Tsunamis in Thailand. Paper session presented at the AOGS 11th Annual Meeting (AOGS2014), Sapporo, Hokkaido.

ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ-สกุล : นายชาญวิทย์ แดงอ่อน
2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ : -
3. ตำแหน่งปัจจุบัน : -
4. หน่วยงานและที่อยู่ติดต่อได้สะดวกพร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสารและ Email :
 - หน่วยงาน : -
 - ที่อยู่ : 1/17 หมู่ที่ 1 ถนนอุ่มทอง ตำบลท่าวาสบุรี อำเภอพระนครศรีอยุธยา
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000
 - หมายเลขโทรศัพท์ : 083-0865050
 - Email : champchanwit@gmail.com
5. ประวัติการศึกษา : ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ :
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยภายในและภายนอกประเทศ :
 - 7.1 โครงการวิจัยที่เป็นหัวหน้าโครงการ
 - 7.2 โครงการวิจัยที่เป็นผู้ร่วมโครงการ
 - 7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์และการเผยแพร่ (Selected)

ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ-สกุล : พีรพงศ์ ศรีตั้งศิริกุล (PEERAPONG SRITANGSIRIKUL)
2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ -
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
4. หน่วยงานและที่อยู่ติดต่อได้สะดวกพร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสารและ Email :
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
094-857-5444 sritangsirikul.p@gmail.com
5. ประวัติการศึกษา : วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2558
6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ :
☒ ศิลาวรรณานินอค์นี้
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยภายในและภายนอกประเทศ :
 - 7.1 โครงการวิจัยที่เป็นหัวหน้าโครงการ
 - 7.2 โครงการวิจัยที่เป็นผู้ร่วมโครงการ
 - โครงการการทบทวนข้อมูลรอยเลื่อนเพื่อให้ได้ตัวแปรรอยเลื่อนและฐานข้อมูลรอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทยที่เป็นที่ยอมรับ (2559)
 - การศึกษาเพื่อสำรวจ วิจัย ธรณีวิทยาแปรสัณฐานในระดับภูมิภาค บริเวณขอบเขตธรณีวิทยาแปรสัณฐานแนวตะวันตกของประเทศไทย
 - 7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์และการเผยแพร่ (Selected)

ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ-สกุล : นางสาวนิชากร อมรปิยะพงศ์
2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ -
3. ตำแหน่งปัจจุบัน : Geologist
4. หน่วยงานและที่อยู่ติดต่อได้สะดวกพร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสารและ Email :
 บมจ. ปตท. สำรวจและผลิตปิโตรเลียม โทรศัพท์ 0845700489
 Email : Nichakorna@pttep.com
5. ประวัติการศึกษา : ปริญญาตรี ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ -
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยภายในและภายนอกประเทศ -
 - 7.1 โครงการวิจัยที่เป็นหัวหน้าโครงการ -
 - 7.2 โครงการวิจัยที่เป็นผู้ร่วมโครงการ -
 - 7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์และการเผยแพร่ (Selected)

ประวัติคณะนักวิจัย

1. ชื่อ-สกุล : นายณัฐวีร์ ระวังสำโรง
2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ : -
3. ตำแหน่งปัจจุบัน : Sale Support Officer
4. หน่วยงานและที่อยู่ติดต่อได้สะดวกพร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสารและ Email :
 - บริษัท ค้าเหล็กไทย จำกัด (มหาชน)
 - 30/27 แพลตการเคหะคลองจั่น บางกะปิ กรุงเทพฯ 10240
 - 083-9698889
 - Email : r_nattawee@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา : ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ :
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยภายในและภายนอกประเทศ :
 - 7.1 โครงการวิจัยที่เป็นหัวหน้าโครงการ
 - 7.2 โครงการวิจัยที่เป็นผู้ร่วมโครงการ
 - 7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์และการเผยแพร่ (Selected)

ประวัติคณณักวิจัย

1. ชื่อ-สกุล : นางสาวชุตินณณ์ ภักดีสิโรตม์
2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ : -
3. ตำแหน่งปัจจุบัน :
4. หน่วยงานและที่อยู่ติดต่อได้สะดวกพร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสารและ Email :

หน่วยงาน	-
ที่อยู่ :	330 ตรอกบ้านพานถม ถนนปรีณายก แขวงบ้านพานถม เขตพระนคร จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10200
หมายเลขโทรศัพท์ :	061-942-6953
Email :	c.pakdeesirote@gmail.com
5. ประวัติการศึกษา :

ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ : -
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยภายในและภายนอกประเทศ : -
 - 7.1 โครงการวิจัยที่เป็นหัวหน้าโครงการ -
 - 7.2 โครงการวิจัยที่เป็นผู้ร่วมโครงการ -
 - 7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์และการเผยแพร่ (Selected)