รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การกำหนดบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ
ในอำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา
โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล

Delineating of Tsunami Hazard Areas in Takua Pa District, Phang Nga Province, using GIS and Remotely Sensed Data

รศ.ดร.ชาญชัย ธนาวุฒิ และ ผศ.ดร.เชาวน์ ยงเฉลิมชัย

คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

มีนาคม 2556

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

บทคัดย่อ

โศกนาฏกรรมคลื่นยักษ์สึนามิที่เกิดขึ้นเมื่อเช้าวันที่ 26 ธันวาคม 2547 ได้นำมาซึ่งความสูญเสียอย่างใหญ่หลวงทั้งต่อชีวิตและทรัพย์สินในพื้นที่ 6 จังหวัดชายฝั่งทะเลอันดามันในภาคใต้ของประเทศไทย ในจำนวนจังหวัดที่ได้รับผลกระทบจังหวัดพังงาโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตอำเภอตะกั่วป่าเป็นพื้นที่ที่มีผู้เสียชีวิตและทรัพย์สินได้รับความเสียหายมากที่สุด เพื่อสนับสนุนการใช้มาตรการที่เพียงพอและเหมาะสมสำหรับการลดความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นจากคลื่นสึนามิในอนาคต ควรได้มีการกำหนดบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ

จากปัจจัยลักษณะทางภูมิศาสตร์ของชายฝั่ง อาทิเช่น ความลาดชันชายฝั่ง ความสูงของฝั่งทะเล ระยะห่างจากทะเล และแนวป้องกันตามธรรมชาติ เช่น ป่าชายหาด ป่าชายเลน สันทราย และแนวปะการัง พื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิได้ถูกกำหนดขึ้นในการศึกษานี้ และแสดงในรูปของแผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ (Tsunami hazard map) โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่จำนวน 144,825 ไร่ และ 7,269 ไร่ เป็นพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิในระดับต่ำและปานกลางตามลำดับ ส่วนพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบสูงจำนวน 20,425 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.8 ของพื้นที่นั้น พบอยู่ในบริเวณที่ราบริมฝั่งทะเล แนวทางและมาตรการในการลดโอกาสของการได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ ซึ่งเป็นการเสนอแนะอย่างกว้างๆในภาพรวมของทั้งอำเภอ ได้แก่ การสร้างหรือฟื้นฟูแนวปราการธรรมชาติ เช่นป่าชายหาด ป่าชายเลน สันทราย และแนวปะการัง การลดความล่อแหลมของพื้นที่ต่อการได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติ และการลดความสูญเสียในชีวิตและทรัพย์สิน ได้เสนอไว้ในรายงานฉบับนี้

สารบัญ

			หน้า
บทคัดย่อ.....			2
สารบัญ.....			3
สารบัญภาพ.....			4
สารบัญตาราง.....			5
บทที่ 1	บทนำ.....		6
บทที่ 2	วิธีการศึกษา.....		10
	2.1	ขอบเขตเนื้อหา.....	10
	2.2	ขอบเขตพื้นที่ศึกษา.....	10
	2.3	วิธีการศึกษา.....	10
บทที่ 3	ผลการศึกษาและวิจารณ์.....		16
	3.1	พื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ.....	16
	3.2	แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ.....	19
บทที่ 4	สรุปและข้อเสนอแนะ.....		21
	4.1	พื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ.....	21
	4.2	มาตรการในการลดโอกาสของการที่จะได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ.....	22
กิตติกรรมประกาศ.....			31
บรรณานุกรม.....			32
ภาคผนวก บทความวิจัยที่ตีพิมพ์แล้ว.....			35

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ผลกระทบที่เกิดจากเหตุการณ์คลื่นสึนามิในบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน.....	7
2	แสดงบริเวณพื้นที่บ้านน้ำเค็มที่ถูกทำลายโดยคลื่นสึนามิ.....	17
3	แสดงบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ.....	18
4	ป้ายแสดงพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดคลื่นสึนามิ เส้นทางอพยพ และ พื้นที่ปลอดภัย.....	20
5	แสดงการปลูกป่าชายหาด และ ป่าชายเลน.....	23
6	แสดงสันทรายชายฝั่ง และ กำแพงกันคลื่นสึนามิ.....	23
7	แสดงเส้นทางอพยพหนีภัยและการซ้อมแผนอพยพ.....	24
8	แสดงระบบการแจ้งเตือนภัยคลื่นสึนามิ ทุ่นลอยบนผิวน้ำ และหอเตือนภัย.....	26
9	การเกิดเหตุการณ์คลื่นสึนามิที่ประเทศญี่ปุ่นเมื่อเดือนมีนาคม 2555.....	27
10	ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ.....	29
11	The Pacific Tsunami Warning Center.....	29
12	การฝึกอบรมเรื่องการเกิดคลื่นสึนามิและการป้องกัน และการเรียนการสอนในเรื่องเกี่ยวกับคลื่นสึนามิ.....	31

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงชนิดของข้อมูลและแหล่งของข้อมูลของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา.....	12
2	แสดงค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยหลักและค่าคะแนนของประเภทข้อมูล.....	14
3	พื้นที่ในอำเภอตะกั่วป่าที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิระดับต่างๆ.....	17

บทที่ 1

บทนำ

พื้นที่ชายฝั่งทะเลอันดามันนับเป็นแหล่งทรัพยากรชายฝั่งที่สำคัญแหล่งหนึ่งในภาคใต้ ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกของประเทศตั้งแต่จังหวัดระนองไปจนถึงจังหวัดสตูล พื้นที่เหล่านี้มีความอุดมสมบูรณ์ทั้งระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณชายฝั่งซึ่งประกอบด้วยสันทราย ป่าชายหาด ป่าชายเลน หญ้าทะเล และ แนวปะการัง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีห่วงโซ่อาหารอุดมสมบูรณ์และสลับซับซ้อน และเป็นที่อยู่อาศัยและแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน นอกจากนั้นยังมีทรัพยากรชายหาดที่มีความสวยงามดึงดูดผู้คนจากทั่วโลกให้มาเยี่ยมชม ความเจริญทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของคนและชุมชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลนี้ได้อาศัยพึ่งพาประโยชน์จากทรัพยากรชายฝั่งทะเลต่างๆ เหล่านี้เป็นสำคัญ ต่อมาเมื่อประชากรและนักท่องเที่ยวมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ทรัพยากรชายฝั่งได้ถูกบุกรุกทำลายเพื่อก่อสร้างโรงแรม รีสอร์ท ร้านค้า ถนน และสิ่งอำนวยความสะดวกนักท่องเที่ยวต่างๆ นอกจากนั้นกิจกรรมของนักท่องเที่ยวที่เพิ่มมากขึ้นได้ทำให้ทรัพยากรชายฝั่งเหล่านั้นหร่อยหรอและเสื่อมโทรมลง ความสมดุลตามธรรมชาติของระบบนิเวศชายฝั่งจึงเปลี่ยนแปลงไป สภาวะดังกล่าวได้ส่งผลให้พื้นที่ชายฝั่งทะเลอันดามันมีความล่อแหลม (vulnerability) ต่อการเกิดภัยธรรมชาติ (natural disasters) ในรูปแบบต่างๆอยู่ตลอดมา

แผ่นดินไหวขนาดใหญ่วัดแรงสั่นสะเทือนได้ 9.0 ริกเตอร์เกิดขึ้นเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 โดยมีจุดศูนย์กลางอยู่ห่างจากฝั่งทะเลด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย ประมาณ 160 กิโลเมตร (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548) ธรณีพิบัติภัยดังกล่าวได้ก่อให้เกิดคลื่นสึนามิ ซึ่งเคลื่อนตัวเข้าสู่ชายฝั่งทะเลอันดามันในภาคใต้ของประเทศไทยในระหว่างเวลา 9.30 – 10.30 น. (GCRMN, 2006) พลังงานมหาศาลที่ได้รับการปลดปล่อยจากใต้พื้นทะเลได้ก่อให้เกิดความสูญเสียอย่างมหาศาลต่อชีวิต ทรัพย์สิน และทรัพยากรชายฝั่ง ที่อยู่ในบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน (ภาพที่ 1) พื้นที่ที่ได้รับความเสียหายพบว่ามีอยู่ประมาณ 49,009 ไร่ (กรม

ภาพที่ 1 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์คลื่นสึนามิในบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน ภาคใต้ของประเทศไทย เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547

พัฒนาที่ดิน, 2548) ส่วนบริเวณที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดได้แก่บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลตั้งแต่จังหวัดระนอง จังหวัดพังงา และจังหวัดภูเก็ต (UN, 2005) โดยพื้นที่ชายฝั่งทะเลในเขตอำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา เป็นพื้นที่ที่ได้รับความสูญเสียมากที่สุดโดยเฉพาะจำนวนผู้เสียชีวิตพบว่ามีมากถึง 3,808 คน (จังหวัดพังงา, 2549) ส่วนพื้นที่ในจังหวัดกระบี่ จังหวัดตรัง และจังหวัดสตูลได้รับผลกระทบน้อยจึงเกิดความเสียหายไม่มากนัก (กรมทรัพยากรธรณี, 2548ก) โศกนาฏกรรมที่เกิดขึ้นได้ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ เนื่องจากงบประมาณสำหรับใช้ในโครงการพัฒนาต่างๆ ที่มีอยู่จำกัดต้องถูกนำไปใช้ในการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยและฟื้นฟูบูรณะพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ปรากฏการณ์ภัยธรรมชาติในลักษณะเช่นเดียวกันกับเหตุการณ์คลื่นสึนามิเมื่อปี พ. ศ. 2547 นี้มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นได้อีกในอนาคต (NGI, 2006)

โศกนาฏกรรมที่เกิดขึ้นมีสาเหตุเนื่องจากมาตรการการบรรเทาผลกระทบ (mitigation measures) และ การเตรียมพร้อม (preparedness measures) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเตือนภัยคลื่นสึนามิ (tsunami warning system) ของประเทศยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร (Tibballs, 2005) ทั้งนี้ก็เพราะปรากฏการณ์แผ่นดินไหวที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดคลื่นสึนามิและโอกาสที่จะเกิดคลื่นสึนามิในมหาสมุทรอินเดียในอดีตที่ผ่านมานั้นมีน้อยมาก (Alverson, 2005) แม้จะมีนักวิชาการด้านอุตุนิยมวิทยาท่านหนึ่งคือ ดร. สมิทธิ ธรรมสโรช ได้เคยเตือนไว้เมื่อตอนที่คลื่นสึนามิถล่มเกาะปาปัวนิวกินีในปี พ.ศ. 2541 ว่าคลื่นยักษ์สึนามิมีโอกาสเกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลในภาคใต้ของประเทศไทยได้เช่นกัน (เจริญ, 2548)

ตั้งแต่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติตั้งแต่ฉบับที่ 8 เป็นต้นมา การจัดการภัยที่มีสาเหตุมาจากธรรมชาติ ซึ่งได้แก่ อุทกภัย วาตภัย และแผ่นดินถล่ม ได้ถูกกำหนดให้เป็นยุทธศาสตร์หนึ่งที่สำคัญต่อการพัฒนาประเทศ เพราะการที่ประเทศจะบรรลุเป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืนได้จะต้องมีระบบการบริหารจัดการภัยธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพ ที่ผ่านมาการจัดการภัยธรรมชาติของประเทศได้มุ่งเน้นในเรื่องของการรับสถานการณ์ฉุกเฉิน (emergency response) และ การฟื้นฟูบูรณะพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ (post-impact recovery) หลังเกิดเหตุการณ์ภัยธรรมชาติครั้งใหญ่ๆอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเกิดคลื่นยักษ์สึนามิในปี พ.ศ. 2547 ทำให้เป็นที่ตระหนักชัดว่าระบบการจัดการภัยธรรมชาติของประเทศที่เป็นอยู่ยังไม่มีประสิทธิภาพมากพอ

ดังนั้นเพื่อลดระดับของความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นจากคลื่นสึนามิอีกในอนาคตควรได้มีการปรับปรุงระบบการบริหารจัดการภัยธรรมชาติเสียใหม่โดยให้ความสำคัญกับการบรรเทาผลกระทบและการเตรียมพร้อมมากยิ่งขึ้น แต่การที่จะกำหนดแนวทางและมาตรการในการบรรเทาผลกระทบและเตรียมพร้อมได้อย่างเพียงพอและสอดคล้องเหมาะสมกับสภาพเศรษฐกิจสังคมของพื้นที่ จำต้องทราบถึงบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากภัยธรรมชาติ (hazard areas)

ตลอดระยะที่ผ่านมา ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems: GIS) ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการกำหนดบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดภัยธรรมชาติประเภทต่างๆ กันอย่างกว้างขวาง (Tanavud *et al.*, 2000; Tanavud *et al.,* 2002 and Tanavud *et al.,* 2004) การศึกษานี้จึงได้นำระบบ GISและข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล (remotely sensed data) มาประยุกต์ใช้ในการกำหนดบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลของอำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา เพื่อให้คนและชุมชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ล่อแหลมเหล่านี้ได้ตระหนักถึงภัยอันตราย (awareness of danger) และ เตรียมพร้อม (preparedness) ที่จะเผชิญกับภัย และเพื่อเป็นข้อมูลให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ดำเนินการลดโอกาสในการที่จะได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิของพื้นที่ (tsunami hazard reduction) เพื่อให้การสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินเกิดขึ้นน้อยที่สุด นอกจากนั้นการศึกษานี้จะเสนอแนะแนวทางและมาตรการในการลดโอกาสของการได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ ซึ่งจะเป็นการเสนอแนะในเชิงทฤษฎีอย่างกว้างๆในภาพรวมของทั้งอำเภอ ไม่ลงลึกในรายละเอียดของในแต่ละพื้นที่ อันจะส่งผลให้บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลของอำเภอตะกั่วป่ามีการพัฒนาที่มั่นคงและยั่งยืนตลอดไป

บทที่ 2

วิธีการศึกษา

2.1 ขอบเขตเนื้อหา

การศึกษานี้ประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กำหนดบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ ในอำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา โดยวิเคราะห์จากปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพที่เป็นปัจจัยหลักที่สำคัญของพื้นที่ ซึ่งได้แก่ ระยะห่างจากเขตน้ำขึ้นสูงสุดในบริเวณชายฝั่งทะเล ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางของพื้นที่ ความลาดชันของพื้นที่ และแนวกำแพงธรรมชาติที่จะช่วยป้องกันและลดความรุนแรงของคลื่นและลมในบริเวณชายฝั่งทะเล อาทิเช่น ป่าชายหาด (beach forest) ป่าชายเลน (mangrove forest) สันทราย (sand dune) และแนวปะการัง (coral reefs) การกำหนดบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิใช้วิธี weighting and rating techniques (Tanavud *et al.* (2000); Tanavud *et al.* (2002); Tanavud *et al.* (2004)

2.2 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาได้แก่บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลของอำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่ชายฝั่งทะเลในเขตตำบลเกาะคอเขา ตำบลบางม่วง และตำบลคึกคัก พื้นที่เหล่านี้ปรากฏอยู่บนแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร ขนาดมาตราส่วน 1:50,000 เป็นจำนวน 4 ระวาง คือระวางหมายเลข 4627 II, 4626 I, 4626 III และ 4626 II ลำดับชุด L7018

2.3 วิธีการศึกษา

ขั้นตอนในการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ มีดังนี้

1. กำหนดปัจจัยที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับโอกาสที่จะได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิของพื้นที่ การกำหนดปัจจัยจะใช้ผลการศึกษาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และ ประสบการณ์ภาคสนามของ

คณะผู้ศึกษาประกอบกัน ปัจจัยหลักสำคัญที่ทำให้พื้นที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิในการศึกษานี้ มีดังนี้

1) ระยะห่างจากเขตน้ำขึ้นสูงสุดในบริเวณชายฝั่งทะเล บริเวณพื้นที่ที่อยู่ติดกับชายฝั่งทะเลจะมีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิมากกว่าพื้นที่ที่อยู่ห่างออกไปในแผ่นดิน (CRED, 2006)

2) ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (elevation) ของพื้นที่ชายฝั่งทะเล บริเวณพื้นที่ชายฝั่งที่มีระดับความสูงใกล้เคียงกันกับระดับน้ำทะเลปานกลางจะได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิรุนแรงกว่าบริเวณพื้นที่ที่มีระดับความสูงที่สูงกว่า (Tibballs, 2005; Hyndman and Hyndman, 2006)

3) ความลาดชัน (slope) ของพื้นที่ชายฝั่งทะเล พื้นที่ชายฝั่งที่หน้าหาดมีความลาดชันต่ำจะเป็นพื้นที่ที่มีโอกาสที่จะได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิมาก เพราะพื้นที่ชายฝั่งที่หน้าหาดมีความลาดชันต่ำจะทำให้คลื่นสึนามิยกตัวได้สูงและเคลื่อนเข้าไปในแผ่นดินได้เป็นระยะทางไกลๆ (กรมทรัพยากรธรณี, 2548ก; เสรี, 2548; ปริทัศน์, 2548; UNESCO, 2006)

4) แนวกำแพงธรรมชาติ พื้นที่ชายฝั่งทะเลที่มีป่าชายหาด (beach forest) ป่าชายเลน (mangrove forest) หรือ สันทราย (sand dune) จะเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิน้อย เพราะแนวกำแพงธรรมชาติเหล่านั้นจะช่วยป้องกันและลดแรงปะทะของคลื่นและลม (กรมทรัพยากรธรณี, 2548ข; Olsen *et al.*, 2005; UNEP, 2005; GCRMN, 2006)

2. การรวบรวมข้อมูล การรวบรวมฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial database) และ ฐานข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ (attribute database) ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการที่จะได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลของอำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา ได้รวบรวมจากแหล่งต่างๆ ดังนี้ (ตารางที่ 1)

1) แผนที่ของหน่วยงานต่างๆ เช่น แผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร เป็นต้น

2) ภาพถ่ายดาวเทียมและรูปถ่ายทางอากาศ เช่น ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) และรูปถ่ายทางอากาศของกองทัพอากาศซึ่งบันทึกภาพหลังเกิดเหตุการณ์คลื่นสึนามิ

3) เอกสารรายงานและสถิติของหน่วยงานต่างๆ เช่น ข้อมูลเกียวกับพืชพรรณในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลของพื้นที่ศึกษา ความรุนแรงของคลื่นสึนามิ และความสูญเสียในชีวิตและทรัพย์สินอันเนื่องมาจากเหตุการณ์คลื่นสึนามิ

3. การสร้างฐานข้อมูล

1) การนำเข้าฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ ข้อมูลเชิงพื้นที่จะถูกนำเข้าจัดเก็บในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม ArcInfo โดยใช้กระดานป้อนข้อมูล (digitizer) ดังเช่นข้อมูลแนวกำแพงธรรมชาติในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้มาจากการนำเข้า (digitize) ข้อมูลเกี่ยวกับสันทราย ป่าชายหาด ป่าชายเลน และแนวปะการัง ซึ่งได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมขนาดมาตราส่วน 1:50,000 และ รูปถ่ายทางอากาศขนาดมาตราส่วน 1:25,000 ของพื้นที่ศึกษาด้วยสายตา และจากแผนที่ของหน่วยงานต่างๆ รวมทั้งข้อมูลที่ได้จากการออกสำรวจภาคสนาม

2) การนำเข้าข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ ข้อมูลแผนที่ป่าชายหาด ป่าชายเลน สันทราย และแนวปะการังจะถูกนำเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านทางแป้นพิมพ์ (keyboard)

ตารางที่ 1 แสดงชนิดของข้อมูลและแหล่งของข้อมูลของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

ปัจจัย	ชนิดของข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1. ระยะห่างจากชายฝั่งทะเล	แผนที่ภูมิประเทศ	กรมแผนที่ทหาร
2. ความสูงของพื้นที่ชายฝั่งทะเล	DEM	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
3 ความลาดชันของพื้นที่ท้องทะเลใกล้ฝั่ง	แผนที่เดินเรือ ความลึกของท้องทะเล	กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ
4. แนวกำแพงธรรมชาติ ซึ่งได้แก่ ป่าชายหาด ป่าชายเลน สันทราย และ แนวปะการัง	ภาพถ่ายดาวเทียม รูปถ่ายทางอากาศ สภาพกำแพงธรรมชาติ	GISTDA กรมแผนที่ทหาร การออกสำรวจภาคสนาม

4. การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ข้อมูลต่างๆที่ได้นำเข้าจะนำมาตรวจสอบความถูกต้องโดยเปรียบเทียบกับแผนที่ต้นฉบับ ตรวจสอบความสอดคล้องของขอบเขตและหน่วยแผนที่ กับรหัสข้อมูลที่ใช้ สร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ตลอดจนจัดรูปแบบข้อมูลเพื่อนำสู่ขั้นตอนของการประมวลผลและการวิเคราะห์ต่อไป

5. การประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล การกำหนดบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิใช้วิธี Weighting and Rating Techniques (Tanavud *et al.*, 2000; Tanavud *et al.*, 2002; Tanavud *et al.* 2004) ขั้นตอนในการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้

1) วิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นสาเหตุทำให้พื้นที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ โดยนำแผนที่ปัจจัยที่คาดว่าน่าจะมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการเกิดคลื่นสึนามิทั้ง 4 ปัจจัย อันได้แก่ ระยะห่างจากชายฝั่งทะเล ความสูงจากระดับน้ำทะเลของพื้นที่ ความลาดชันของพื้นที่ และแนวกำแพงธรรมชาติในการป้องกันและลดความรุนแรงของคลื่นและลม ซ้อนทับ (overlay) กัน

2) วิเคราะห์หาบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดคลื่นสึนามิ ปัจจัยต่างๆที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับโอกาสของการที่พื้นที่จะได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิที่ได้นำเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะได้รับค่าถ่วงน้ำหนัก (weight) ตามลำดับความสำคัญของปัจจัยที่เทียบจากเหตุการณ์คลื่นสึนามิที่เกิดขึ้นเมื่อเดือนธันวาคม 2547 ค่าถ่วงน้ำหนักจะมีค่าระหว่าง 1 ถึง 4 โดยค่า 4 เป็นค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับการที่พื้นที่จะได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิมากที่สุด และ ค่า 1 เป็นค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับการที่พื้นที่จะได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังได้กำหนดค่าคะแนน (rating) ของประเภทข้อมูลของแต่ละปัจจัยย่อย โดยกำหนดให้ค่าคะแนนของประเภทข้อมูลมีค่าอยู่ในระหว่าง 3 ถึง 1 พื้นที่ที่ข้อมูลมีค่าคะแนนมากแสดงว่าพื้นที่นั้นมีโอกาสที่จะได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิมาก พื้นที่ที่ข้อมูลมีค่าคะแนนน้อยแสดงว่าพื้นที่นั้นมีโอกาสที่จะได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิน้อย (ตารางที่ 2) การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยและค่าคะแนนของประเภทข้อมูลได้กำหนดโดยอาศัยผลการศึกษาต่างๆ และ เหตุการณ์คลื่นสึนามิที่เกิดขึ้นจริงเมื่อเดือนธันวาคม 2547ประกอบกัน จากนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดคลื่นสึนามิ

ตารางที่ 2 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยหลัก และค่าคะแนนของประเภทข้อมูลของปัจจัยย่อยที่ใช้ในการศึกษา

ปัจจัยหลัก	ค่าถ่วงน้ำหนัก	ปัจจัยย่อย	ค่าคะแนน
1. ความลาดชัน	4	3.1 < 12 % 3.2 12-35 % 3.3 > 35 %	3 2 1
2. ความสูงจากระดับน้ำทะเล	3	2.1 < 6 เมตร 2.2 6 – 12 เมตร 2.3 > 12 เมตร	3 2 1
3. ระยะห่างจากชายฝั่ง	2	1.1 < 500 เมตร 1.2 500 – 1,000 เมตร 1.3 > 1,000 เมตร	3 2 1
4. แนวกำแพงธรรมชาติ ซึ่งได้แก่ สันทราย แนวป่าชายหาด แนวป่าชายเลน หรือ แนวปะการัง	1	4.1 ไม่มีแนวกำแพงธรรมชาติ 4.2 มีแนวปะการัง และ/หรือ แนวป่าชายหาด และ/หรือ แนวป่าชายเลน 4.3 มีสันทราย	3 2 1

(tsunami hazard area) ด้วยการซ้อนทับ (overlay) แผนที่ปัจจัยต่างๆที่ได้กำหนด แล้วคำนวณค่าคะแนนรวมแบบถ่วงน้ำหนัก (weight linear total) โดยใช้โปรแกรม ArcGIS ดังสมการ

$$S = W_1R_1 + W_2R_2 + W_3R_3 + \ldots\ldots + W_nR_n$$

ในเมื่อ S = ระดับโอกาสที่จะได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิของพื้นที่

$W_1 \ldots n$ = ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยหลักที่ 1 ถึง n

$R_1 \ldots\ldots n$ = ค่าคะแนนของประเภทข้อมูลของปัจจัยย่อยที่ 1 ถึง n

จากการคำนวณโดยใช้สมการดังกล่าวจะได้ค่าคะแนนออกมา ค่าคะแนนรวมที่ได้จะถูกนำมาจัดกลุ่มโดยใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูล (Mean) เป็นหลัก แล้วนำค่าการกระจายของข้อมูล (standard deviation) มากำหนดค่าพิสัย (range) ของโอกาสที่จะได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิของพื้นที่ การศึกษานี้ได้แบ่งระดับโอกาสของพื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิออกเป็น 3 ระดับ คือ

1) พื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิสูง (high hazard) ได้แก่พื้นที่ที่มีค่าคะแนนมากกว่า mean + standard deviation

2) พื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิปานกลาง (moderate hazard) ได้แก่พื้นที่ที่มีค่าคะแนนอยู่ระหว่าง mean - standard deviation และ mean + standard deviation

3) พื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิต่ำ (low hazard) ได้แก่พื้นที่ที่มีค่าคะแนนน้อยกว่า mean - standard Deviation

6. การเสนอผลของการศึกษา ผลของการศึกษาจะเสนอในรูปของรายงาน หรือ manuscript ที่จะลงตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการทางด้านนี้ นอกจากนี้ผลการศึกษายังจะเสนอในรูปแผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิในระดับต่างๆ ซึ่งได้แก่ ระดับต่ำ กลาง และสูง ในขนาดมาตราส่วน 1:50,000 โดยใช้โปรแกรม ArcView จัดพิมพ์แผนที่

บทที่ 3

ผลการศึกษาและวิจารณ์

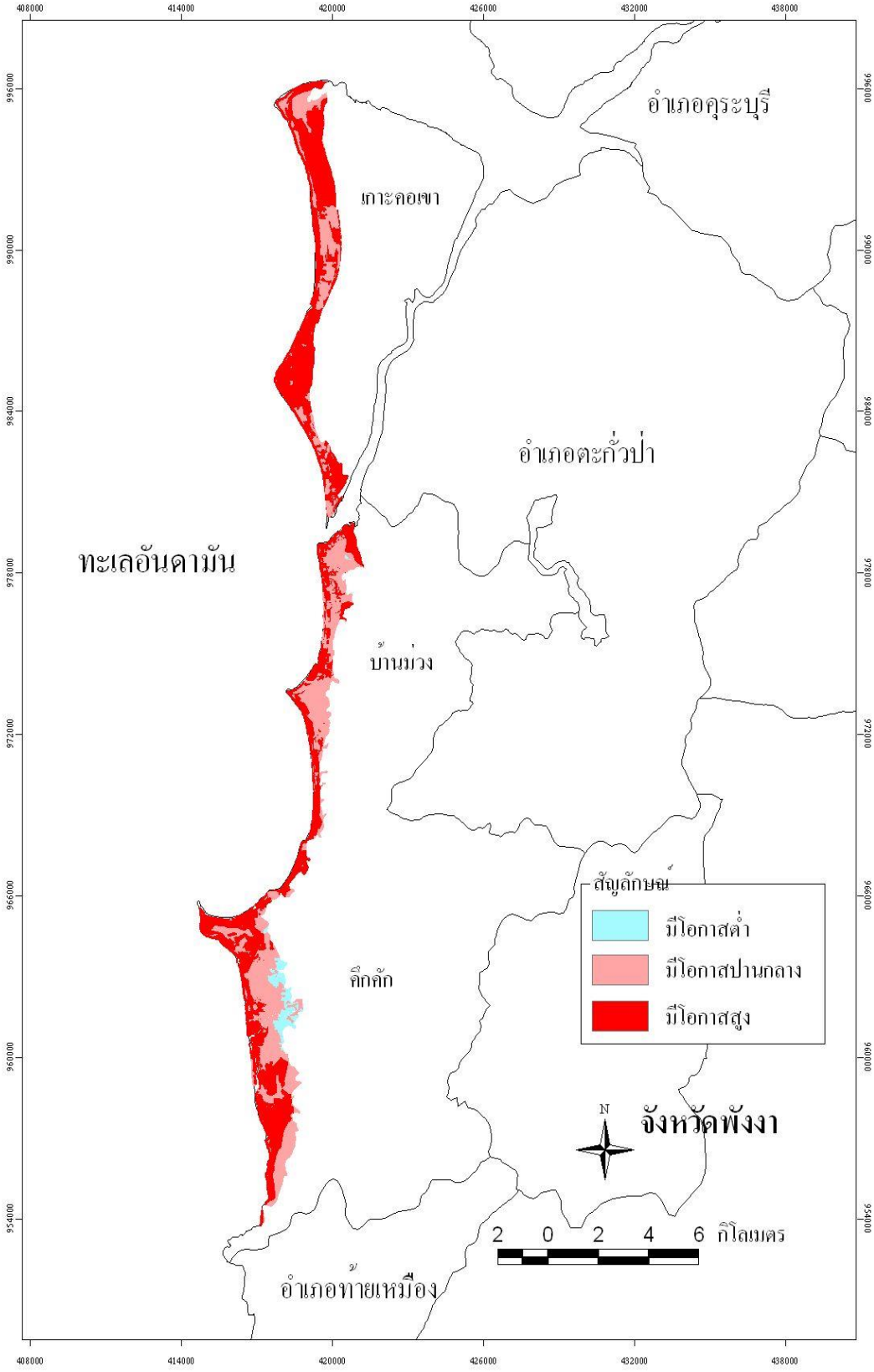
3.1 พื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ

จากปัจจัยลักษณะทางภูมิศาสตร์ของชายฝั่ง ได้แก่ ความลาดชันชายฝั่ง ความสูงของฝั่งทะเล ระยะห่างจากทะเล และแนวป้องกันตามธรรมชาติ เช่น ป่าชายหาด ป่าชายเลน สันทราย และแนวปะการัง พื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ (tsunami hazard areas) ได้ถูกกำหนดในการศึกษานี้ในรูปของแผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ (Hazard map) โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล โดยพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิสูง ปานกลาง และต่ำ เป็นพื้นที่ที่มีค่าคะแนน เท่ากับ <23, 23-26 และ > 26 คะแนนตามลำดับ (ตารางที่ 3) จากข้อมูลแผนที่พบว่า พื้นที่ในเขตอำเภอตะกั่วป่าจำนวน 144,825 ไร่ และ 7,269 ไร่ เป็นพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิในระดับต่ำและปานกลางตามลำดับ ส่วนพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบสูงจำนวน 20,425 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.8 ของพื้นที่ พบอยู่ในบริเวณที่ราบริมฝั่งทะเล บ้านน้ำเค็มซึ่งเป็นหมู่บ้านชายฝั่งทะเลที่มีชาวประมงอาศัยอยู่หนาแน่นและบ้านคึกคักซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงแรมและรีสอร์ทระดับ 5 ดาวที่เพิ่งสร้างเสร็จ ได้ถูกพลังอันมหาศาลของคลื่นสึนามิที่เกิดขึ้นเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 ทำลายจนเสียหายอย่างหนักเหลือเพียงซากปรักหักพัง (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2548) โดยเฉพาะบ้านน้ำเค็มซึ่งเป็นหมู่บ้านชาวประมง (ภาพที่ 2) มีผู้เสียชีวิตและสูญหายมากถึงสองในสามของจำนวนประชากรทั้งหมด (Royal Thai Government, 2005) พื้นที่ทั้งสองแห่งนี้ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ที่การศึกษานี้กำหนดให้เป็นพื้นที่ที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิสูง (tsunami high hazard areas) (ภาพที่ 3)

ตารางที่ 3 พื้นที่ในอำเภอตะกั่วป่าที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิระดับต่างๆ

ระดับของโอกาสที่จะได้รับผลกระทบ	พื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบ	
	ไร่	%
ต่ำ	144,825	84.0
ปานกลาง	7,269	4.2
สูง	20,425	11.8
รวม	172,519	100.0

ภาพที่ 2 แสดงพื้นที่บริเวณบ้านน้ำเค็มที่ถูกทำลายเสียหายอย่างหนักโดยคลื่นสึนามิ



ภาพที่ 3 แสดงบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิในอำเภอตะกั่วป่าจังหวัดพังงา

3.2 แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ

แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ (tsunami hazard map) สามารถบอกให้ทราบถึงบริเวณพื้นที่ที่มีความหล่อแหลมต่อการที่จะได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิก่อนที่จะตัดสินใจปลูกสร้างที่อยู่อาศัย โรงแรมรีสอร์ท สิ่งอำนวยความสะดวกแก่นักท่องเที่ยว และโครงการพัฒนาต่างๆ นอกจากนั้นแผนที่ดังกล่าวยังเป็นข้อมูลให้คนและชุมชนที่อาศัยอยู่พื้นที่ที่มีโอกาสสูงต่อการได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิอยู่แล้วได้ตระหนักถึงภัยจากคลื่นสึนามิที่กำลังเผชิญ จะได้ปรับปรุงโครงสร้างของที่อยู่อาศัยให้มีความมั่นคงแข็งแรงสามารถต้านทานกระแสน้ำและคลื่นได้ หรือ ยกระดับพื้นให้สูงขึ้น และปล่อยให้ชั้นล่างเปิดโล่งเพื่อให้น้ำทะเลไหลผ่านไปได้โดยสะดวกไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อตัวบ้านเรือนอาคารที่พักต่างๆ

ภายหลังการเกิดพิบัติภัยธรรมชาติคลื่นสึนามิ แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ สามารถนำมาใช้ในการลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากคลื่นสึนามิในอนาคต ด้วยการหลีกเลี่ยงหรือไม่อนุญาตให้มีการตั้งชุมชน และปลูกสร้างสิ่งก่อสร้างขึ้นมาใหม่ในบริเวณพื้นที่ที่ถูกคลื่นสึนามิทำลาย นอกจากนั้นแผนที่ที่การศึกษานี้ได้จัดทำยังสามารถใช้ในการกำหนดเส้นทางอพยพ (evacuation routes) สถานที่ปลอดภัยสำหรับผู้อพยพเมื่อเกิดภัย เพื่อให้ผู้ประสบภัยเหล่านั้นสามารถอพยพเคลื่อนย้ายเข้าสู่สถานที่ปลอดภัยได้อย่างรวดเร็วและเป็นระเบียบ

แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ (hazard map) แผนที่แสดงเส้นทางอพยพหนีคลื่นสึนามิ และแผนที่แสดงพื้นที่ปลอดภัยจากคลื่นสึนามิ ต้องได้รับการปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอ และจัดพิมพ์แจกจ่ายให้หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง ภาคธุรกิจเอกชน ประชาชนโดยทั่วไป ตลอดจนนักท่องเที่ยวที่เข้ามาพักผ่อนหย่อนใจในพื้นที่ได้ทราบโดยทั่วกัน ทั้งในรูปของแผ่นพับ โปสเตอร์ ป้าย (ภาพที่ 4) และสิ่งพิมพ์อื่นๆ เพื่อให้ผู้ที่อยู่ในพื้นที่ที่อาจได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์คลื่นสึนามิเหล่านั้นมีความตระหนัก (awareness raising) และ พร้อมที่จะเผชิญกับภัยอันอาจเกิดจากคลื่นสึนามิอยู่ตลอดเวลา อันจะนำมาซึ่งการลดลงของการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินเมื่อเกิดภัย

ภาพที่ 4 ป้ายแสดงพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดคลื่นสึนามิ เส้นทางอพยพหนีคลื่นสึนามิ และ พื้นที่ปลอดภัยจากคลื่นสึนามิ

บทที่ 4

สรุปและข้อเสนอแนะ

หลังเกิดแผ่นดินไหววัดแรงสั่นสะเทือนได้ 9.0 ริกเตอร์ ที่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย เมื่อเช้าวันที่ 26 ธันวาคม 2547 นั้น ได้เกิดคลื่นสึนามิซึ่งนำมาซึ่งความสูญเสียอย่างมหาศาลต่อชีวิตและทรัพย์สิน ตลอดจนระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามันในภาคใต้ของประเทศไทยที่มิอาจประมาณค่าได้ พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดจากภัยพิบัติในครั้งนี้ คือ พื้นที่ในเขตอำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา ภัยพิบัติที่เกิดขึ้นทำให้ทราบว่าประเทศไทยไม่ได้ปลอดภัยจากวิบัติภัยประเภทนี้อีกต่อไป ดังนั้นจึงควรต้องทบทวนหามาตรการป้องกันเพื่อเตรียมรับมือกับภัยครั้งต่อไปในอนาคตไม่ว่าจะมาเยือนอีกหรือไม่ก็ตาม เพื่อสนับสนุนให้มีการใช้มาตรการที่เพียงพอและเหมาะสมสำหรับการลดความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นจากคลื่นสึนามิในอนาคต จึงควรได้มีการกำหนดบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิในอำเภอตะกั่วป่าซึ่งเป็นพื้นที่ที่เคยได้รับผลกระทบมากที่สุด

4.1 พื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ

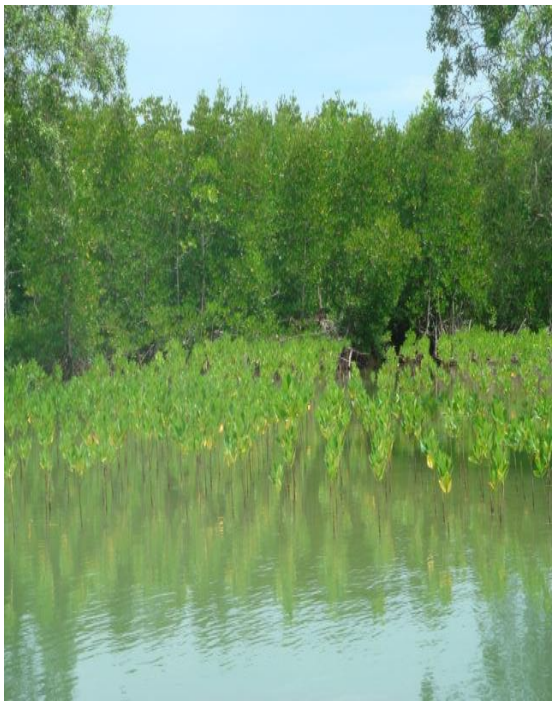
การศึกษานี้ได้กำหนดพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ (tsunami hazard areas) ในเขตพื้นที่อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา จากปัจจัยลักษณะทางภูมิศาสตร์ของชายฝั่ง อาทิเช่น ความลาดชันชายฝั่ง ความสูงของฝั่งทะเล ระยะห่างจากทะเล และแนวป้องกันตามธรรมชาติ เช่น ป่าชายหาด ป่าชายเลน สันทราย และแนวปะการัง แล้วนำเสนอในรูปของแผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ (Hazard map) จากข้อมูลแผนที่พบว่า พื้นที่ในเขตอำเภอตะกั่วป่าจำนวน 144,825 ไร่ และ 7,269 ไร่ เป็นพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิในระดับต่ำและปานกลางตามลำดับ ส่วนพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบสูงจำนวน 20,425 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.8 ของพื้นที่ พบอยู่ในบริเวณที่ราบริมฝั่งทะเล

4.2 มาตรการในการลดโอกาสของการที่จะได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ

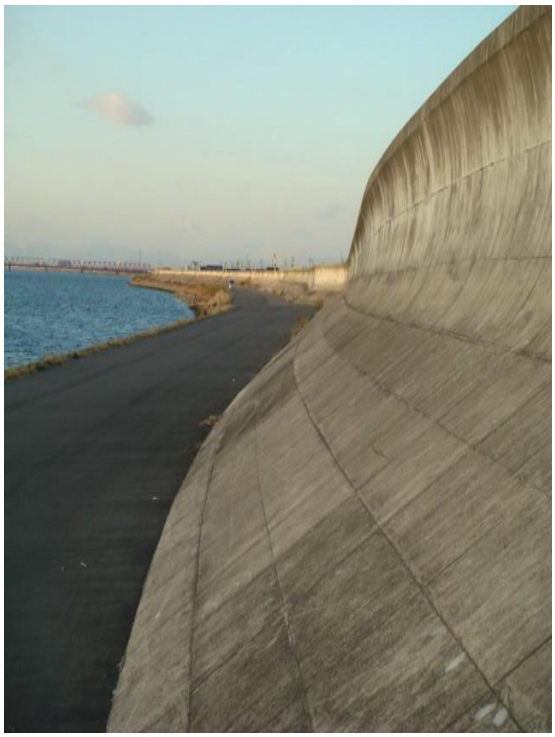
เพื่อลดโอกาสที่จะได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิของพื้นที่ศึกษา (tsunami hazard reduction) การศึกษานี้ขอเสนอแนะมาตรการ ซึ่งจะเป็นการเสนอแนะในเชิงทฤษฎีอย่างกว้างๆในภาพรวมของทั้งอำเภอ ไม่ลงลึกในรายละเอียดของในแต่ละพื้นที่ เพราะไม่ได้เป็นวัตถุประสงค์ของการศึกษา ดังต่อไปนี้

1) สร้าง และ/หรือ ฟื้นฟูแนวปราการธรรมชาติในบริเวณชายฝั่งเพื่อรองรับแรงปะทะของคลื่นลม เช่น ป่าชายหาด ป่าชายเลน (ภาพที่ 5) สันทราย และแนวปะการัง รวมทั้งกำแพงกันคลื่นเพื่อลดระดับความรุนแรงของคลื่น (ภาพที่ 6) โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรสูง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงเช่นที่บ้านน้ำเค็ม หรือ พื้นที่เศรษฐกิจเช่นหาดเขาหลัก แต่อย่างไรก็ตามการสร้างกำแพงกันคลื่นในพื้นที่อื่นต้องคำนึงถึงสภาพความเป็นอยู่และการประกอบอาชีพของประชาชนส่วนใหญ่ในพื้นที่ด้วย อาทิเช่นชาวประมงที่ต้องนำเรือเข้าออก หรือ จอดบริเวณชายหาดทุกวัน นอกจากนั้นการสร้างกำแพงคอนกรีตขนาดใหญ่ยังอาจทำให้เสียทัศนียภาพที่สวยงามของพื้นที่ที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวด้วย การลดโอกาสของการที่จะได้รับความสูญเสียของพื้นที่ยังอาจทำได้โดยการกำหนดแผนการใช้ที่ดินชายฝั่งทะเล โดยไม่ปล่อยให้มีการรุกล้ำเข้าไปจับจองใช้ประโยชน์พื้นที่สาธารณะตามชายหาด โดยเฉพาะในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งในระยะ 100 เมตรจากแนวน้ำทะเลขึ้นสูงสุด ในพื้นที่นี้ไม่ควรอนุญาตให้มีการปลูกสิ่งก่อสร้างใดๆ ไม่ว่าจะเป็นอาคารบ้านเรือน โรงแรม รีสอร์ท หรืออาคารพานิชย์ หากจำเป็นต้องสร้างอาคารในบริเวณนั้นควรออกแบบให้มีความมั่นคง แข็งแรง หรือ ยกพื้นให้สูงกว่าระดับคลื่นสึนามิเพื่อให้คลื่นเคลื่อนตัวลอดผ่านได้ และให้มีพื้นที่ว่างระหว่างอาคารให้มากที่สุด นอกจากนั้นควรมีพื้นที่เปิดโล่งสำหรับใช้เป็นเส้นทางอพยพหนีภัยจากชายหาดไปยังพื้นที่สูงซึ่งเป็นที่ที่มีความปลอดภัย

2) ลดความล่อแหลมของพื้นที่ต่อการได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติ (vulnerability reduction) ซึ่งสามารถทำได้ด้วยการอพยพโยกย้ายหมู่บ้าน (relocation of villages) ตลอดจนโรงแรมและรีสอร์ทต่างๆ ออกจากพื้นที่ชายฝั่ง โดยเฉพาะในบริเวณพื้นที่ที่อยู่ในระดับต่ำใกล้เคียงกันกับน้ำทะเล หรือบริเวณพื้นที่ที่ชายฝั่งมีความลาดชันน้อย หรือบริเวณพื้นที่ชายฝั่งที่ปราศจากแนวป้องกันธรรมชาติ อาทิเช่น แนวป่าชายหาด แนวปะการัง และสันทราย ไปอยู่ในที่สูง (high



ภาพที่ 5 แสดงการปลูกป่าชายหาด (ซ้าย) และป่าชายเลน (ขวา)



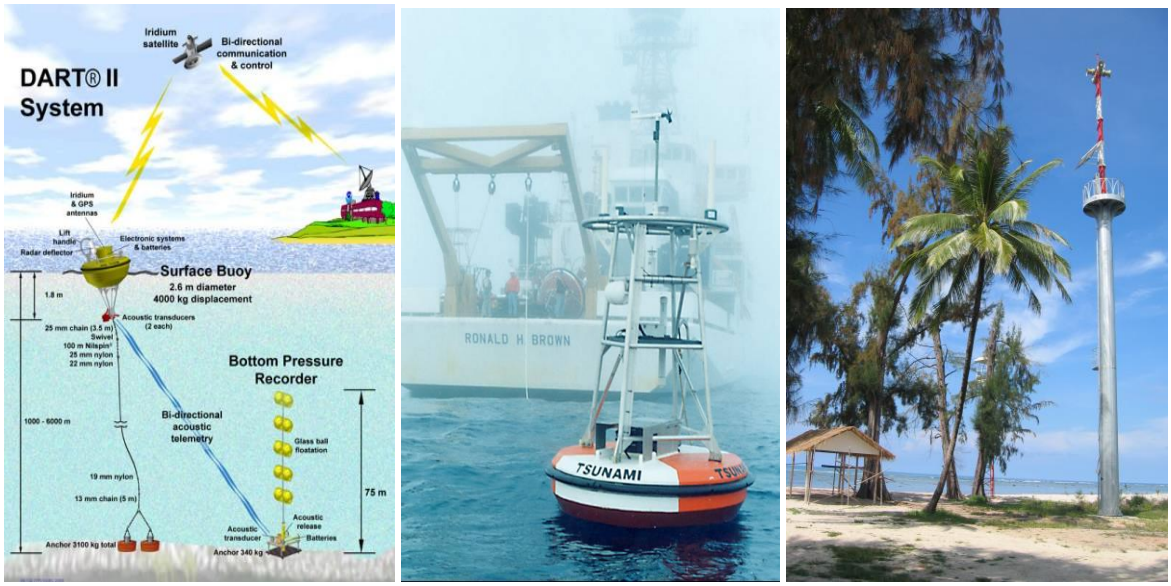
ภาพที่ 6 สันทรายชายฝั่ง (ซ้าย) และ กำแพงกันคลื่นสึนามิ (ขวา)

ground) ห่างจากชายฝั่งทะเลซึ่งเป็นที่ที่ปลอดภัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งหมู่บ้านชาวประมงบริเวณบ้านน้ำเค็ม โรงแรม รีสอร์ตต่างๆ บริเวณหาดเขาหลัก นอกจากนี้ความล่อแหลมของพื้นที่ยังสามารถทำให้ลดน้อยลงได้ด้วยการสร้างสิ่งกีดขวางเพื่อลดความเร็วของกระแสน้ำ หรือเบี่ยงเบนทิศทางการไหลของน้ำไม่ให้ไหลมาปะทะกับอาคารที่อยู่อาศัยโดยตรง

3) ลดความสูญเสียในชีวิตและทรัพย์สิน (reduction of elements at risk) สามารถทำได้ด้วยการเตรียมแผนรองรับภาวะฉุกเฉิน (emergency period response) เช่นแผนการอพยพประชากรในพื้นที่เสี่ยง โดยกำหนดสถานที่ที่ปลอดภัยสำหรับการอพยพ เส้นทางอพยพ (ภาพที่ 7) และป้ายบอกเส้นทางที่นำไปสู่สถานที่อพยพ แผนการอพยพควรได้มีการซักซ้อมเพื่อให้ประชาชนสามารถเคลื่อนย้ายเข้าสู่สถานที่ปลอดภัยได้อย่างมีระบบ เพื่อป้องกันการแตกตื่นเสียขวัญของประชาชนในขณะเกิดภัยพิบัติ

ภาพที่ 7 ป้ายแสดงเส้นทางอพยพหนีภัย (ซ้าย) และ ป้ายประชาสัมพันธ์การซ้อมแผนการอพยพ (ขวา)

ความสูญเสียในชีวิตและทรัพย์สินสามารถทำให้ลดลงได้โดยการติดตั้งระบบการแจ้งเตือนภัย (warning system) ที่มีประสิทธิภาพ หลังเกิดเหตุการณ์คลื่นยักษ์สึนามิเข้าถล่ม มลรัฐฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกาเมื่อปี พ.ศ. 2489 ซึ่งมีผู้เสียชีวิตถึง 159 คน ประเทศสหรัฐอเมริกาได้จัดตั้งศูนย์เตือนภัยสำหรับคลื่นสึนามิในแถบมหาสมุทรแปซิฟิกขึ้น 2 แห่ง ได้แก่ ศูนย์เตือนภัยคลื่นสึนามิแห่งแปซิฟิก (The Pacific Tsunami Warning Center - PTWC) ซึ่งตั้งอยู่ที่มลรัฐฮาวาย และ ศูนย์เตือนภัยคลื่นสึนามิแห่งอะลาสกา (The Alaska Tsunami Warning Center – ATWC) ตั้งอยู่ที่มลรัฐอะลาสกา ต่อมาเมื่อปี พ.ศ. 2508 ได้มีการพัฒนาระบบเตือนภัยคลื่นสึนามิในเขตแปซิฟิก (The Tsunami Warning System in the Pacific – TWSP) เพื่อแจ้งเตือนภัยสึนามิให้แก่ประเทศสมาชิก 26 ประเทศ อาทิเช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา รัสเซีย ออสเตรเลีย แคนาดา นิวซีแลนด์ ฝรั่งเศษ ชิลี จีน ญี่ปุ่น อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ สิงคโปร์ เม็กซิโก รวมทั้งประเทศไทยด้วย โดยมีศูนย์เตือนภัยคลื่นยักษ์สึนามิที่มลรัฐฮาวาย (PTWC) เป็นศูนย์ควบคุมการปฏิบัติการ ศูนย์ PTWC ร่วมกับศูนย์ต่างๆ อาทิเช่น ศูนย์ข้อมูลแผ่นดินไหวแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา ศูนย์การสำรวจทางภูมิศาสตร์ของสหรัฐ (US Geological Survey - USGS) และ องค์กรอุตุนิยมวิทยาแห่งประเทศญี่ปุ่น (Japan Meteorological Agency - JMA) ซึ่งได้ก่อตั้งศูนย์เตือนภัยสึนามิแห่งประเทศญี่ปุ่น (The Japanese Tsunami Warning Center - JTWC) ขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2495 (Harinarayana and Hirata, 2005) วิเคราะห์ประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากสถานีวัดแผ่นดินไหวและระดับน้ำทะเล (seismological and sea level stations) ที่มีอยู่เกือบ 100 แห่งในมหาสมุทรแปซิฟิก รวมทั้งจากเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมาใหม่คือทุ่นลอย (Deep Ocean Assessment and Reporting of Tsunamis System - DART) เครื่องมือนี้ประกอบด้วยเซ็นเซอร์วัดแรงดันน้ำ (pressure sensors) วางอยู่ใต้ท้องทะเลลึกที่เรียกกันว่า Tsunameters และ ทุ่นลอยบนผิวน้ำ (buoys) ทำหน้าที่รับส่งสัญญาณ (ภาพที่ 8) เซ็นเซอร์ใต้ท้องทะเลจะคอยตรวจวัดแรงดันน้ำซึ่งปกติจะเพิ่มขึ้นมากขึ้นเมื่อเกิดคลื่นสึนามิแล้วส่งสัญญาณขึ้นมาที่ทุ่นลอยบนผิวน้ำ ทุ่นลอยจะส่งสัญญาณที่ได้รับผ่านดาวเทียมต่อไปยัง PTWC หรือ ATWC (USAID, 2005) เมื่อศูนย์ทั้งสองประเมินสถานการณ์แล้วเห็นว่าอาจเกิดคลื่นสึนามิทางศูนย์ PTWC ก็จะออกประกาศแจ้งเตือนไปยังประเทศต่างๆ ที่เป็นสมาชิก พร้อมบอกตำแหน่งและความสูงของคลื่น และระยะเวลาในการเดินทางของคลื่นไปยังพื้นที่



ภาพที่ 8 แสดงระบบการแจ้งเตือนภัยคลื่นสึนามิ (DART) (ซ้าย) ทุ่นลอยบนผิวน้ำ (Buoy) (กลาง) และ หอเตือนภัย (siren tower) (ขวา)

ต่างๆที่สำคัญในมหาสมุทรแปซิฟิก หลังจากนั้นก็จะเป็นการดำเนินการของแต่ละประเทศสมาชิกว่าจะมีระบบการจัดการภัยสึนามิของตนในภาวะฉุกเฉินประการใด ปัจจุบันได้มีการติดตั้ง DART ไปแล้วเป็นจำนวนทั้งสิ้น 10 แห่ง และมีแผนที่จะติดตั้งเพิ่มให้ครบ 39 แห่งในมหาสมุทรแปซิฟิกและแอตแลนติกภายในปี พ.ศ. 2550 นี้ (UNESCO, 2006) ในอดีตที่ผ่านมาระบบการตรวจวัดแผ่นดินไหวและแจ้งเตือนภัยสึนามิดังกล่าวครอบคลุมพื้นที่ในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกเท่านั้น เพราะเป็นบริเวณพื้นที่ที่มีคลื่นสึนามิเกิดขึ้นบ่อยในอดีต (Schiermeier, 2005) จากจำนวนคลื่นสึนามิที่เคยเกิดขึ้นทั้งหมดในโลกนี้พบว่าร้อยละ 90 เกิดขึ้นในแถบมหาสมุทรแปซิฟิก (Waltham, 2005) ในปัจจุบันศูนย์ PTWC และ JMA ได้ขยายบทบาทในการเตือนภัยสึนามิให้ครอบคลุมพื้นที่ในมหาสมุทรอินเดียด้วย แต่ยังทำได้จำกัดเพราะยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับระดับน้ำทะเลจากสถานีตรวจวัดระดับน้ำทะเล (sea level stations) อีกมากในมหาสมุทรอินเดีย นอกจากนั้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (operational numerical models) สำหรับใช้ในการทำนายการเกิดคลื่นสึนามิในภูมิภาคนี้ยังต้องปรับปรุงอีกมาก (UNESCO, 2006) การเกิดคลื่นสึนามิที่ประเทศญี่ปุ่นเมื่อเดือนมีนาคม 2555 (ภาพที่ 9) ได้สะท้อนให้เห็นว่าการพยากรณ์แผ่นดินไหวและคลื่นสึนามิ และผลกระทบที่เกิดขึ้นตามมา ในภูมิภาคนี้ยังต้องการการพัฒนาและปรับปรุงอีกมาก

ภาพที่ 9 การเกิดเหตุการณ์คลื่นสึนามิที่ประเทศญี่ปุ่นเมื่อเดือนมีนาคม 2555

หลังเหตุการณ์มหันตภัยคลื่นยักษ์สึนามิเมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 ประเทศไทยได้จัดตั้งศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ (National Disaster Warning Center) ขึ้นเมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2548 โดยมีสำนักงานใหญ่อยู่ที่จังหวัดนนทบุรี (ภาพที่ 10) ศูนย์ดังกล่าวมีหน้าที่ในการประสานและตรวจสอบข้อมูลธรณีพิบัติภัยและคลื่นสึนามิที่ได้รับจากหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องทั้งในและนอกประเทศ และเป็นศูนย์กลางในโครงข่ายการสื่อสารเพื่อออกคำเตือนภัยไปสู่ประชาชน (ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ, 2548) นอกจากนี้ยังได้มีการติดตั้งหอเตือนภัย (siren tower) ในพื้นที่เสี่ยงภัยของ 6 จังหวัดภาคใต้ ซึ่งได้แก่ภูเก็ต พังงา กระบี่ ตรัง สตูล และระนอง เป็นจำนวน 136 แห่ง (UN, 2005) รวมทั้งระบบการแจ้งเตือนภัยคลื่นสึนามิ (Deep Ocean Assessment and Reporting of Tsunamis System - DART) เป็นจำนวน 3 จุด

เมื่อเกิดแผ่นดินไหว ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติจะรับข้อมูลจากหน่วยราชการที่เกี่ยวข้องในประเทศและองค์กรต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น The Pacific Tsunami Warning Center (PTWC) (ภาพที่ 11), United States Geological Survey (USGS), Japan Meteorological Agency (JMA) และ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (สมิทธ, 2549) หลังจากได้รับข้อมูลศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติจะศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลและพยากรณ์สถานการณ์ หากเห็นว่าประเทศไทยมีโอกาสที่จะได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิศูนย์เตือนภัยพิบัติจะออกประกาศเตือนภัยสึนามิผ่านสื่อต่างๆ เช่นวิทยุ และ โทรทัศน์ และผ่านดาวเทียมไปยังหอเตือนภัยหรือหอกระจายข่าวตามพื้นที่ต่างๆ ในบริเวณชายฝั่งทะเล เมื่อได้รับสัญญาณหอเตือนภัยซึ่งตั้งอยู่บนฐานรากที่มั่นคงแข็งแรงและใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ (solar cell) จะแจ้งข่าวเตือนภัยในภาษาต่างๆ ให้ประชาชนและนักท่องเที่ยวที่อยู่ภายในรัศมี 1 กิโลเมตรได้ทราบล่วงหน้าก่อนที่ภัยจะมาถึง นอกจากนั้นศูนย์เตือนภัยพิบัติยังได้ร่วมมือกับภาคเอกชนในการเผยแพร่ข้อมูลเตือนภัยผ่านทางระบบ SMS ของโทรศัพท์มือถือด้วย (ชาญชัย และ เชาวน์, 2550)

อย่างไรก็ดี ในขณะที่คลื่นยักษ์สึนามิกำลังจะเคลื่อนตัวเข้าสู่ชายฝั่งทะเลอันดามันในภาคใต้ของประเทศไทยเมื่อเช้าของวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2547 นั้น หากแม้ว่าได้มีการแจ้งเตือนภัยให้ประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลได้อพยพโยกย้ายออกจากพื้นที่เสี่ยงภัย ความ

ภาพที่ 10 ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ จังหวัดนนทบุรี

ภาพที่ 11 The Pacific Tsunami Warning Center (PTWC)

สูญเสียในชีวิตและทรัพย์สินก็ยังอาจจะเกิดขึ้นได้ ทั้งนี้เป็นเพราะว่ายังมีประชากรอีกเป็นจำนวนมากของประเทศที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ห่างไกลยังขาดความตระหนักถึงภัยอันตราย (awareness of danger) และขาดความพร้อม (preparedness) ที่จะเผชิญกับคลื่นสึนามิ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการที่ไม่ทราบว่าปรากฏการณ์ที่น้ำทะเลชายหาดถอยร่นลงไปในทะเลอย่างรวดเร็วเป็นสัญญาณหรือตัวบ่งชี้จากธรรมชาติว่าจะเกิดคลื่นสึนามิ หรือ การเกิดเสียงดังสนั่นคล้ายเสียงเครื่องบินหรือรถไฟในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแสดงว่าคลื่นสึนามิกำลังจะเดินทางมาถึง ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการให้การศึกษาในเรื่องเกี่ยวกับคลื่นสึนามิ (tsunami education) เพื่อให้ประชากรในบริเวณชายฝั่งทะเลมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคลื่นสึนามิ และมีทักษะเกี่ยวกับข้อควรปฏิบัติเมื่อเผชิญกับคลื่นสึนามิ

เพื่อเป็นการส่งเสริมการศึกษาและสร้างโอกาสของการเรียนรู้ในเรื่องของคลื่นสึนามิและการป้องกันให้กับคนและชุมชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัยบริเวณชายฝั่งทะเล เพื่อให้พร้อมที่จะเผชิญกับธรณีพิบัติภัยและคลื่นสึนามิที่อาจเกิดขึ้นอีกในอนาคตข้างหน้า มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ในฐานะที่เป็นสถาบันการศึกษาหลักในพื้นที่ได้จัดให้มีการฝึกอบรมผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ (tsunami hazard areas) (ภาพที่ 12) และ เปิดสอนรายวิชา "การจัดการภัยธรรมชาติ" (Disaster management) ให้กับนักศึกษาของคณะทรัพยากรธรรมชาติทั้งในระดับปริญญาตรีและโทหลังเกิดเหตุการณ์คลื่นสึนามิ โดยในหลักสูตรได้มีการบรรยายในหัวข้อเกี่ยวกับสาเหตุของการเกิดภัยธรรมชาติที่สำคัญในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งธรณีพิบัติภัยสึนามิ ผลกระทบของพิบัติภัยที่มีต่อการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศและกระบวนการบริหารจัดการภัย นอกจากนั้นยังได้มีการจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรด้วยการนำนักศึกษาไปศึกษาภาคสนามในพื้นที่จังหวัดพังงาและภูเก็ตซึ่งเป็นจังหวัดที่ได้รับความสูญเสียมากที่สุดจากเหตุการณ์คลื่นสึนามิเมื่อเดือนธันวาคม 2547 เพื่อให้นักศึกษาได้รับประสบการณ์ตรงจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง (ภาพที่ 12) และได้สัมภาษณ์พูดคุยกับผู้ประสบภัยเพื่อทราบถึงความเสียหายที่เกิดขึ้น จำนวนผู้ที่ได้รับผลกระทบ ความช่วยเหลือที่ได้รับ สิ่งที่ได้ดำเนินการไปแล้ว และความช่วยเหลือที่ต้องการเพิ่มเติมจากหน่วยงานของภาครัฐและภาคเอกชนเหล่านี้เป็นต้น การศึกษาในเรื่องที่เกี่ยวกับคลื่นสึนามิ (tsunami education) ยังเป็นเครื่องเตือนใจให้ประชาชน

ภาพที่ 12 การฝึกอบรมเรื่องการเกิดคลื่นสึนามิและการป้องกัน (บน) และ การเรียนการสอนในเรื่องเกี่ยวกับคลื่นสึนามิ (ล่าง)

ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิโดยรวมไม่ลืมโศกนาฏกรรมที่เคยเกิดขึ้นในพื้นที่ เพื่อจะได้มีความตระหนัก (awareness) และ มีความพร้อมที่จะเผชิญกับภัย (preparedness) ที่อาจเกิดขึ้นจากคลื่นสึนามิได้อีกตลอดเวลา

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการศึกษาวิจัย และ ขอขอบคุณ คุณธัชชัย แสนเสนา สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องการวิเคราะห์โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

บรรณานุกรม

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2548. รายงานการสำรวจและประเมินผลกระทบจากเหตุการณ์ธรณีพิบัติภัยต่อทรัพยากรชายฝั่งทะเลในทะเลอันดามัน สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 241 หน้า.

กรมทรัพยากรธรณี. 2548ก. สถานภาพชายฝั่งทะเลอันดามันและผลกระทบภายหลังอุบัติภัย เอกสารประกอบการประชุมวิชาการนานาชาติ เรื่อง ไทยและประเทศเพื่อนบ้านจะรับมือธรณีพิบัติภัยคลื่นยักษ์ "สึนามิ" ได้อย่างไร. 31 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์ 2548. กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 16 หน้า.

กรมทรัพยากรธรณี. 2548ข. ธรณีพิบัติภัยคลื่นยักษ์สึนามิจากแผ่นดินไหว 9 ริกเตอร์ 26 ธันวาคม 2547. กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 61 หน้า.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. การใช้แผนที่รูปถ่ายทางอากาศออร์โธสีและรูปถ่ายทางอากาศออร์โธขาวดำเพื่อศึกษาพื้นที่เสียหายจากธรณีพิบัติภัยเมื่อ 26 ธันวาคม 2547. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 34 หน้า.

จังหวัดพังงา 2549. ข้อมูลสำหรับผู้บริหาร สรุปเหตุการณ์และการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยธรณีพิบัติจังหวัดพังงา สำนักงานจังหวัดพังงา 13 หน้า.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2548. การศึกษาและประเมินความเสี่ยงอันเกิดจากพิบัติภัยคลื่นยักษ์สึนามิ รายงานฉบับสมบูรณ์ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ 299 หน้า.

เจริญ ธนสถิตกุล. 2548. สึนามิในประเทศไทย และวิธีเตรียมรับมือในอนาคต. สำนักพิมพ์วิชญา 167 หน้า.

ชาญชัย ธนาวุฒิ และ เชาวน์ ยงเฉลิมชัย. 2550. ผลกระทบของคลื่นสึนามิที่มีต่อระบบนิเวศชายฝั่งในเขตพื้นที่อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา. รายงานฉบับสมบูรณ์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 55 หน้า.

ปริทัศน์ เจริญสิทธิ์. 2548. ผลกระทบจากเหตุธรณีพิบัติต่อทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งทะเลอันดามัน. วารสารสิ่งแวดล้อม 9 (3) : 17-20.

ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ. 2548. ระบบการเตือนภัยล่วงหน้าประจำประเทศไทย. ทำเนียบรัฐบาล กรุงเทพฯ 21 หน้า.

เสรี ศุภราทิตย์. 2548. มัจจุราชอันดามัน : สึนามิ. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด. 96 หน้า.

สมิทธ ธรรมสโรช. 2549. การป้องกันการเกิดภัยพิบัติ. วารสาร สออ. ประเทศไทย 9 (2) : 10-24

Alverson, K. 2005. Watching over the world's oceans. Nature 434 : 19-20

CRED. 2006. Risk factors for mortality and injury. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED).Catholic University of Louvain. Brussels, Belgium. 48pp.

GCRMN (Global Coral Reef Monitoring Network). 2006. Status of Coral Reefs in Tsunami Affected Countries: 2005. Australian Institute of Marine Science. Queensland, Australia. 154 pp.

Harinarayana, T. and Hirata, N. 2005. Destructive Earthquake and Disastrous Tsunami in the Indian Ocean, What next ?. Gondwana Research 8 (2) : 246-257.

Hyndman, D. and Hyndman, D. 2006. Natural Hazards and Disasters. Thomson Brooks/Cole. Belmont, USA. 490 pp.

Olsen, S.B., Matuszeski, W., Padma, T.V. and Wickremeratne,H.J.M. 2005. Rebuilding after the tsunami: Getting it right. Ambio. 34 (8): 611-620

Royal Thai Government. 2005. One year in memory of tsunami. The Royal Thai Government. Bangkok. 57pp.

Schiermeier, Q. 2005. On the trail of destruction. Nature 433 : 350-353

Tanavud, C., Yongchalermchai, C., Bennui, A. and Navanugraha, C. 2000. Application of GIS and remote sensing for landslide disaster management in southern Thailand, Journal of Natural Disaster Science. 22 (2): 67-74

Tanavud, C., Yongchalermchai, C. and Bennui, A. 2002. Drought hazard zonation in Songkla Lake Basin using Geographic Information Systems and remote sensing technology. Journal of Remote Sensing and GIS Association of Thailand 3 (2) : 1-12 (in Thai with English abstract)

Tanavud, C.,Yongchalermchai, C., Bennui, A. and Densrisereekul, O. 2004. Assessment of flood risk in Hat Yai Municipality, Southern Thailand, Journal of Natural Disaster Science, 26 (1):1-14.

Tibballs, G. 2005. Tsunami. The World's Most Terrifying Natural Disaster.Carlton Books, Ltd. London.128 pp.

NGI (Norwegian Geotechnical Institute). 2006. Tsunami risk mitigation measures with focus on land use and rehabilitation. CCOP-DMR Project. Norwegian Ministry of Foreign Affairs.

United Nations. 2005. Tsunami Thailand. One year later. United Nations Country Team. Office of the UN Resident Coordinator. Bangkok. 118 pp.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2005. After the tsunami. Rapid environmental assessment. The UNEP Regional Office for Asia Pacific. 140 pp

UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). 2006. Tsunami Resource Kit. UNESCO, Paris. 534 pp.

USAID (U.S. Agency for International Development). 2005. Tsunami Relief. USAID Bureau for Legislative and Public Affairs. Washington, DC. U.S.A. 26 pp.

Waltham, T. 2005. The Asian Tsunami Disaster, December 2004. Geology Today 21 (1) : 22-26.

ภาคผนวก

บทความที่ได้ตีพิมพ์แล้ว

Charlchai Tanavud and Chao Yongchalermchai. 2008. Delineating of Tsunami Hazard Areas in Takua Pa District, Phang Nga Province, using GIS and Remotely Sensed Data. Journal of Remote Sensing and GIS Association of Thailand. 9 (2) : 1 - 8