

การศึกษาแนวทางการแจ้งเตือนภัยจาก Storm Surge บริเวณฝั่งทะเลอันดามัน

Study on Storm Surge Warning Guidelines in the Andaman Sea

ศลักษณ์ ฤทธิเดช^{1*}

Saluk Littidet^{1*}

Received: May 30, 2025

Revised: June 18, 2025

Accepted: June 23, 2025

บทคัดย่อ

Storm Surge หรือคลื่นพายุซัดฝั่ง ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่คล้ายกับสึนามิแต่แตกต่างกันเรื่องอิทธิพลที่ทำให้เกิดรูปแบบคลื่นความรุนแรงซึ่งบางครั้งก็อาจมีความรุนแรงใกล้เคียงกัน ปัจจุบันมีข้อจำกัดในด้านการแจ้งเตือน สืบเนื่องด้วยเครื่องมือในการแจ้งเตือนยังไม่ทันสมัยและครอบคลุม จึงทำให้พื้นที่ที่อยู่ตามชายฝั่งบริเวณฝั่งทะเลอันดามันส่งผลกระทบจากคลื่นที่พัดเข้ามาทำให้เกิดความเสียหายกับสิ่งปลูกสร้าง รวมถึงการกัดกร่อนของน้ำทะเลจึงมีความจำเป็นในการหาแนวทางในการแจ้งเตือนการเกิด Storm Surge โดยการใช้เครื่องมือหรือวิธีการในการช่วยลดความเสียหายที่มีผลกระทบได้อย่างรวดเร็วและทันเวลา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ใช้ในการพยากรณ์การเกิด Storm Surge จากประกาศคำเตือนสภาวะอากาศของกรมอุทกศาสตร์ เปรียบเทียบกับระดับน้ำจริงจาก 4 สถานี ได้แก่ สถานีน้ำระนอง สถานีน้ำกระบี่ สถานีน้ำท่าบะหมุ และสถานีน้ำตะพานน้อย ตั้งแต่ปี 2563-2564 โดยพิจารณาระดับความรุนแรงของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กับช่วงเวลาในระดับน้ำควรจะต้องสูงขึ้นจากสถานีน้ำทั้ง 4 สถานี โดยไม่ได้พิจารณาจากอิทธิพลอื่น ๆ ผลวิจัยพบว่าการวิเคราะห์ในข้อมูลระยะเวลา 2 ปี (2563-2564) มีแนวโน้มที่สอดคล้องกันถึงแม้ว่าจะไม่ได้แม่นยำในทุกๆ ครั้งที่มีการประกาศคำเตือน แต่ก็สามารถนำมาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแจ้งเตือนและเฝ้าระวังพื้นที่ที่ติดชายฝั่งทะเลอยู่บริเวณฝั่งทะเลอันดามันได้

คำสำคัญ: คลื่นพายุซัดฝั่ง, ประกาศคำเตือนสภาวะอากาศ, กรมอุทกศาสตร์, ฝั่งทะเลอันดามัน

^{1*} หน.ข่าวอากาศ กฐบ.สนบ.กพร.กร.

Head of Weather Section, Base Operations,

Naval Air Station, Royal Thai Naval Air Division, Royal Thai Fleet.

E-mail: salukreading@gmail.com

*Corresponding Author

Abstract

Storm Surge, a coastal flooding phenomenon, is often mistaken for a tsunami due to its destructive impact. Although their impacts may be similarly severe, the forecasting and warning mechanisms for storm surges remain limited in Thailand, especially along the Andaman Sea coast, due to outdated or insufficient early warning systems and a lack of localized, real-time monitoring tools. This study was conducted in response to recurrent storm surge events affecting coastal infrastructure and accelerating coastal erosion in provinces bordering the Andaman Sea. The inability to issue timely alerts has heightened the vulnerability of these regions. The objective of this research is to explore the feasibility of using southwest monsoon wind strength as a predictive indicator for storm surge events. The study specifically examines the official weather warnings issued by the Royal Thai Navy Hydrographic Department and compares them against actual sea level data recorded at four tide gauge stations: Ranong Tide Station, Kuraburi Tide Station (Phang Nga Province) Thap Lamu Tide Station (Phang Nga Province) and Taphao Noi Tide Station (Phuket Province). The study period spans from January 2020 to December 2021. Findings from the two-year dataset (2020–2021) reveal a notable correlation between stronger southwest monsoon winds and periods of elevated sea levels at the monitored coastal stations. Although the timing and magnitude were not always precisely matched in every instance of warning issuance, the general trends show sufficient consistency to suggest that this method holds promise for operational use.

Keywords: Storm Surge, The Official Weather Warnings, Hydrographic Department, The Andaman Sea Coast

1. บทนำ

Storm Surge เป็นปรากฏการณ์ที่ระดับน้ำทะเลเกิดการยกตัวสูงขึ้นจากระดับปกติ เป็นคลื่นที่เกิดจากอิทธิพลของสภาพอากาศ โดยมีปัจจัยหลักๆ อยู่ 3 ชนิด คือ หย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรง ลมมรสุมประจำฤดู และพายุหมุนเขตร้อน ซึ่งลมที่เกิดจากอิทธิพลเหล่านี้จะทำให้เกิดการยกตัวของผิวน้ำเมื่อความกดอากาศเหนือพื้นน้ำลดลง โดยปกติแล้วจะเกิดสภาพอากาศแปรปรวนรุนแรงก่อนเสมอ ซึ่งทั่วไปจะมีการยกตัวของคลื่นสูงตั้งแต่ในทะเลและโถมตัวที่ชายฝั่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความรุนแรงของลม ถ้ามีความเร็วลมมากกว่า 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อาจทำให้ความสูงคลื่นสูงถึง 5-7 เมตร [1]

ปัจจุบัน Storm Surge หรือคลื่นพายุซัดฝั่ง ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่คล้ายกับสึนามิแต่แตกต่างกันเรื่องอิทธิพลที่ทำให้เกิดรูปแบบคลื่นความรุนแรงซึ่งบางครั้งก็อาจมีความรุนแรงใกล้เคียงกัน เช่น พายุไซโคลนนาร์กิส

พัดเคลื่อนที่เข้ามาบริเวณตอนใต้ของสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา [2] เมื่อวันที่ 2 พ.ค.2551 เหตุการณ์นี้เกิดจากคลื่นพายุพัดฝั่งไม่ใช่สินามิ

คลื่นพายุพัดฝั่งยังคงเป็นภัยเงียบที่สามารถสร้างความเสียหายกับชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนที่อาศัยตามชายฝั่งทะเลได้ตลอดเวลา ไม่ว่าจะเป็นสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ที่ถูกคลื่นที่พัดเข้ามาทำให้เกิดการชำรุดและความเสียหายของสิ่งปลูกสร้างนั้น ไม่ว่าจะเป็นเกิดจากความแรงของคลื่น หรือ การกัดกร่อนของน้ำทะเลสำหรับท่าเรือ แหล่งการทำประมงใกล้ฝั่ง เรือที่จอดในท่าอาจมีการกระทบกันทำให้เกิดความเสียหาย เนื่องจากความแรงของคลื่นได้เช่นกัน นอกจากนี้ยังมีสิ่งที่เกิดตามมาอย่างช้าๆ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการกัดเซาะชายฝั่ง การรุกรานของน้ำทะเลในแหล่งน้ำได้ดิน และแหล่งน้ำจืดบนผิวดิน สำหรับความเสียหายจากคลื่นพายุพัดฝั่งที่เคยเกิดขึ้นในประเทศไทย ได้แก่ พายุโซนร้อนแฮร์เรียต พ.ศ.2505 พายุไต้ฝุ่นเกย์ พ.ศ.2532 และพายุไต้ฝุ่นลินดา พ.ศ.2540 [3] จากเหตุการณ์ดังกล่าว ในอดีตพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนที่เข้ามามีผลกระทบต่อประเทศไทยเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง สืบเนื่องจากลักษณะภูมิศาสตร์ของประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างแหล่งกำเนิดของพายุหมุนเขตร้อนจากทั้งสองฝั่งทะเล คือ ฝั่งตะวันออกจากมหาสมุทรแปซิฟิกและทะเลจีนใต้ ส่วนฝั่งตะวันตกจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน จากสถิติที่ผ่านมาพายุมีโอกาสเคลื่อนที่จากมหาสมุทรแปซิฟิกและทะเลจีนใต้เข้าสู่ประเทศไทยทางฝั่งตะวันออกมากกว่าทางฝั่งตะวันตก ซึ่งปกติแล้วพายุจะเคลื่อนผ่านเข้ามามีผลกระทบต่อสภาวะอากาศของประเทศไทยเฉลี่ยประมาณปีละ 3-4 ลูก ในจำนวนนี้มีโอกาสที่พายุจะเคลื่อนตัวสู่อ่าวไทยประมาณปีละ 1 ลูก แต่สำหรับฝั่งทะเลอันดามัน จากสถิติพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยคาบ 69 ปี (2494-2562) [4] เคลื่อนที่ผ่านเฉลี่ย 2-3 ลูก ในช่วงเดือน ต.ค.-ธ.ค. ซึ่งจะไปสอดคล้องกับช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีอิทธิพลต่อฝั่งทะเลอันดามัน ในช่วงเดือน พ.ค.-ต.ค. และมีแนวโน้มที่จะเกิดบ่อยครั้งและรุนแรงขึ้น ทั้งนี้อาจหมายรวมถึงเกิดจากปัจจัยในเรื่องของสภาวะโลกร้อนที่มีผลต่อบรรยากาศและปัจจัยปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติจากการรายงานของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernment Panel on Climate Change: IPCC) ขององค์การสหประชาชาติ (UN) [5] ในปัจจุบันที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ดังจะเห็นจากการเกิดฝนตกหนักนอกฤดูกาลหรือการเกิดพายุคลื่นลมแรงในพื้นที่บริเวณอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน

จากสถิติของการเกิดคลื่นพายุพัดฝั่ง โอกาสการเกิดในฝั่งทะเลอันดามันจากปัจจัยพายุหมุนเขตร้อนและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังแรงมีค่อนข้างมากเช่นกันโดยเฉพาะพื้นที่ชายฝั่งทะเลอันดามันตั้งแต่ จว.ระนองลงมา ซึ่งจะเป็นพื้นที่เสี่ยงค่อนข้างมากที่จะมีโอกาสได้รับความเสียหายกับสิ่งปลูกสร้าง ท่าเรือ ตลอดจนชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนที่ตั้งและอาศัยอยู่บริเวณชายฝั่ง นอกจากนี้พื้นที่ดังกล่าวยังอยู่ในความรับผิดชอบของทัพเรือภาค 3 (ทรภ.3) ซึ่งมีหน่วยงานสำคัญของกองทัพเรือ (ทร.) อยู่เป็นจำนวนมาก เช่น กองบัญชาการทัพเรือภาคที่ 3 ฐานทัพเรือพังงา สถานีเรือระนอง และสถานีเรือละงู เป็นต้น แม้ว่ารัฐบาลจะได้ดำเนินการป้องกันภัยพิบัติที่มีโอกาสจะเกิดขึ้นในประเทศไทย โดยได้จัดตั้งศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติและจัดทำแผนป้องกันภัยฝ่ายพลเรือนแห่งชาติ พ.ศ.2548 [6] แล้ว โดยการดำเนินการเป็นไปในภาพรวมทั้งประเทศแต่การเกิดคลื่นพัดฝั่งสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาเพราะขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสภาพอากาศ เป็นหลักการแจ้งเตือนและ

การคาดการณ์ในการเกิดของคลื่นพายุซัดฝั่ง จึงเป็นส่วนสำคัญที่สามารถลดการสูญเสียและหลีกเลี่ยงการทำกิจกรรม รวมถึงหาแนวทางป้องกันสิ่งปลูกสร้างตามแนวชายฝั่งทะเล จากอดีตจนถึงปัจจุบันยังไม่มีแนวทางที่ชัดเจนในการแจ้งเตือนและคาดการณ์ของคลื่นพายุซัดฝั่ง ซึ่งการแจ้งเตือนคลื่นซัดฝั่งในต่างประเทศจะมีเครื่องมือตรวจวัดและแสดงผลได้ Real Time แต่สำหรับประเทศไทยเป็นเพียงการติดตามสภาพอากาศและเส้นทางพายุจากกรมอุตุนิยมวิทยาและสถานีน้ำของกรมอุทกศาสตร์ [7] เพื่อระดับน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นอย่างฉับพลันเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้เกิดความปลอดภัยจากการเกิดคลื่นซัดฝั่งในพื้นที่ของ ทร. และพื้นที่เสี่ยงในบริเวณฝั่งทะเลอันดามันจึงเกิดคำถามการวิจัยว่าจะมีแนวทางการแจ้งเตือนอย่างไร

ในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่ได้มีการใช้เทคโนโลยีรวมถึงการศึกษาที่ใช้ในการแจ้งเตือนในเรื่องของ Storm Surge ในบริเวณฝั่งทะเลอันดามันของประเทศไทยมาก่อน งานวิจัยนี้จึงเป็นการใช้ปัจจัยของระดับความรุนแรงของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นลมที่มีอิทธิพลมากในบริเวณฝั่งทะเลอันดามัน มาวิเคราะห์กับความสูงของระดับน้ำทั้ง 4 สถานี ตามแนวชายฝั่งตั้งแต่ จว.ระนอง จนถึง จว.ภูเก็ต เพื่อหาความสัมพันธ์ที่ได้จากประกาศคำเตือนสภาวะอากาศ ของกรมอุทกศาสตร์ กับความสูงที่วัดได้จากสถานีน้ำ

2. วัตถุประสงค์

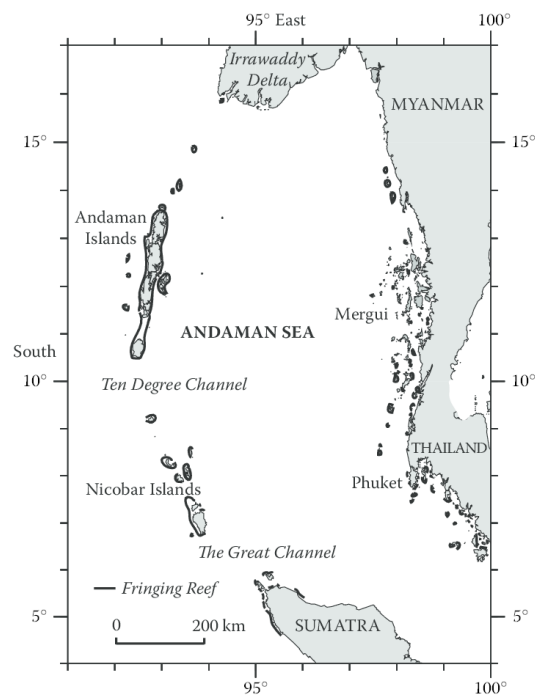
- 2.1 เพื่อศึกษาสาเหตุและปัจจัยการเกิดคลื่นซัดฝั่งจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้
- 2.2 เพื่อศึกษาแนวทางการแจ้งเตือนและการป้องกันการเกิดคลื่นซัดฝั่งหรือภัยพิบัติที่เกี่ยวข้อง

3. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พื้นที่ศึกษาการวิจัยเรื่องนี้มีขอบเขตจะมุ่งเน้นศึกษาแนวทางการแจ้งเตือนภัยจาก Storm Surge บริเวณฝั่งทะเลอันดามัน

3.1 ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์และลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ฝั่งทะเลอันดามัน

ประเทศไทย นับว่าเป็นประเทศหนึ่งที่มีอาณาเขตจดทะเลมีความยาวของขอบฝั่งกว่า 2,400 กิโลเมตร ติดกับทะเล 2 ส่วน ด้วยกัน คือ ทะเลฝั่งอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน รูปที่ 1 สำหรับฝั่งทะเลอันดามัน มีลักษณะเป็นแอ่งที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของเปลือกโลก (Tectonic Basin) ต่อเนื่องมาจากดินดอนสามเหลี่ยมของแม่น้ำอิระวดีในประเทศพม่า แผ่กว้างออกไปประมาณ 1,200 กิโลเมตร ลงไปทางใต้จนถึงทางตอนเหนือของเกาะสุมาตราและช่องแคบมะละกา ความกว้างของท้องทะเลจากฝั่งตะวันตกของแหลมไทยไปจนถึงหมู่เกาะอันดามันและหมู่เกาะนิโคบาร์ (Nicobar) ประมาณ 650 กิโลเมตร หมู่เกาะเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของสันใต้น้ำที่เป็นแนวแบ่งเขตแอ่งอันดามันออกจากอ่าวเบงกอล (Bay of Bengal) [8] เป็นพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 797,700 ตารางกิโลเมตร มีความลึกเฉลี่ย 870 เมตร และส่วนที่ลึกที่สุดมีความลึกถึง 3,777 เมตร ฝั่งตะวันออกของทะเลอันดามันเป็นส่วนของไหล่ทวีปของคาบสมุทรมาเลย์ที่มีความลึกของบริเวณ Inner Shelf ต่ำกว่า 100 เมตร ความกว้างของไหล่ทวีป (Continental Shelf) ลดลงในแนวเหนือ-ใต้ โดยส่วนที่กว้างที่สุดบริเวณคาบสมุทร Mergui ในประเทศเมียนมาร์มีความกว้าง 250 กิโลเมตร แต่บริเวณนอกฝั่งเกาะภูเก็ตมีไหล่ทวีปกว้างเพียง 35 กิโลเมตร บริเวณลาดทวีป (Continental Slope)



รูปที่ 1 พื้นที่อาณาเขตทะเลอันดามัน [9]

3.2 ความแตกต่างระหว่าง Storm Surge และสึนามิ

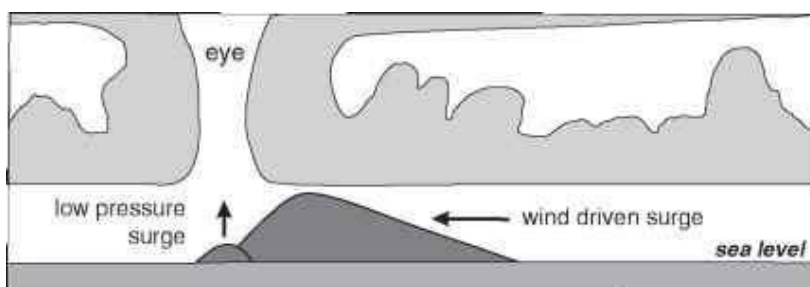
Storm Surge เป็นปรากฏการณ์ที่ระดับน้ำทะเลเกิดการยกตัวสูงขึ้นจากระดับปกติจากการเคลื่อนตัวของมวลน้ำขนาดใหญ่ของพายุที่เคลื่อนตัวเข้ามาพร้อมกับความกดอากาศต่ำ (Low Pressure) กำลังอิทธิพลของแรงและความกดอากาศต่ำที่ศูนย์กลางของพายุที่มาพร้อมกับการเคลื่อนตัวขึ้นฝั่งของพายุ รูปที่ 2 ปรากฏการณ์นี้สามารถเกิดขึ้นได้แม้แต่ในทะเลสาบขนาดใหญ่ หากว่ามีพายุหมุนเขตร้อนขนาดรุนแรงเคลื่อนตัวผ่านพื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบจาก Storm Surge จะสังเกตได้จากความสูงของระดับน้ำทั้งหมด และความเสียหายที่เกิดจากระดับน้ำที่เคลื่อนที่เข้าสู่ฝั่ง ในปัจจุบันยังมีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับ Storm Surge ว่าเหมือนสึนามิ (Tsunami) ซึ่งในความเป็นจริงแล้วความแตกต่างระหว่างสึนามิและ Storm Surge เปรียบเทียบได้ดังตารางนี้

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความแตกต่างของการเกิดสึนามิและคลื่นพายุซัดฝั่ง [10]

สึนามิ (Tsunami)	คลื่นพายุซัดฝั่ง (Storm Surge)
เกิดจากปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยาใต้ทะเลหรืออุกกาบาตขนาดใหญ่ตกลงในทะเล	เกิดจากปรากฏการณ์ทางบรรยากาศ
เป็นคลื่นทะเลแบบระดับน้ำขึ้น-ลง (Tidal Wave) ที่กวาดท่วมขึ้นมามาก	เป็นคลื่นที่เกิดจากลมและการยกตัวของผิวน้ำเมื่อความกดอากาศเหนือพื้นน้ำลดลง (Wind-and Pressure-Driven Wave)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความแตกต่างของการเกิดสึนามิและคลื่นพายุซัดฝั่ง [10] (ต่อ)

สึนามิ (Tsunami)	คลื่นพายุซัดฝั่ง (Storm Surge)
ไม่จำเป็นต้องมีสภาพอากาศแปรปรวนในขณะเกิด	จะเกิดสภาพอากาศแปรปรวนรุนแรงก่อนเสมอ
รูปแบบคลื่น (Wave Form) ก. ช่วงคลื่นยาว (~ 200 กม.) ข. ความสูงน้อยในทะเลเปิด ค. ความเร็วสูง (> 800 กม./ชม.) ง. โถมตัวที่ชายฝั่ง	รูปแบบคลื่น (Wave Form) ก. ช่วงคลื่นสั้นกว่า (คลื่นลม ~ 100 กม.) ข. ความสูงมากกว่า เกิดเป็นโดมน้ำยกตัวของพายุ ค. ความเร็วตามความแรงลมและการเคลื่อนตัวของพายุ ง. ยกตัวสูงตั้งแต่ในทะเลและโถมตัวที่ชายฝั่ง



รูปที่ 2 พายุหมุนเขตร้อนที่ทำให้เกิด Storm Surge และการยกตัวของผิวน้ำทะเล [11]

3.3 ปัจจัยที่เป็นสาเหตุหลักการเกิด Storm Surge [12]

สืบเนื่องจากพายุหมุนเขตร้อนที่ทำให้เกิด Storm Surge โดยทั่วไป ระดับความสูงของ Storm Surge จะเปลี่ยนแปลงไปตามความรุนแรงของพายุ ตัวแปรที่สำคัญ ได้แก่

3.3.1 ความกดอากาศต่ำที่ศูนย์กลางพายุ (Pressure) หากพายุมีความกดอากาศที่ศูนย์กลางต่ำมาก ผิวน้ำทะเลก็จะยกตัวสูงได้มากขึ้น สามารถประมาณความสัมพันธ์ระหว่างความกดอากาศและความสูงของระดับผิวน้ำทะเล คือ ความกดอากาศลดลง 1 มิลลิบาร์ (จากความกดอากาศมาตรฐานที่ระดับทะเลปานกลาง เท่ากับ 1023.25 มิลลิบาร์) ผิวน้ำทะเลจะสูงขึ้น 1 เซนติเมตร

3.3.2 ขนาดของพายุ (Size) โดยน้ำที่ยกตัวสูงขึ้นนี้อาจจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 60-80 กิโลเมตร หากพายุมีความรุนแรงมาก ความเร็วในการเคลื่อนตัวไปข้างหน้าของพายุ (Power Speed) หากพายุมีการเคลื่อนตัวไปข้างหน้าเร็วจะทำให้คลื่นยกตัวสูงมากขึ้นได้

3.3.3 เส้นทางเคลื่อนตัวของพายุ (Track) เมื่อพายุอยู่ในทะเลเปิด โดมน้ำอาจสูงขึ้นไม่มากนัก เนื่องจากน้ำสามารถแพร่กระจายไปตามแนวตั้งของความลึกน้ำ แต่เมื่อพายุเคลื่อนตัวเข้าบริเวณน้ำตื้น น้ำไม่สามารถแพร่กระจายทางลึกได้ จะเกิดการยกตัวของระดับน้ำได้สูงกว่า หรือถ้าพื้นที่ชายฝั่งเป็นบริเวณน้ำลึก ชายฝั่งมีความชันมาก น้ำทะเลก็สามารถกระจายตามความลึกออกไปได้ โดมน้ำนี้จะสูงขึ้นอย่างช้าๆ แต่ถ้าบริเวณชายฝั่งเป็นตื้น น้ำตื้น ชายฝั่งลาดชันน้อย น้ำทะเลไม่สามารถจะกระจายออกไปทางไหนได้ ดังนั้น โดมน้ำนี้จะสูงขึ้นๆ

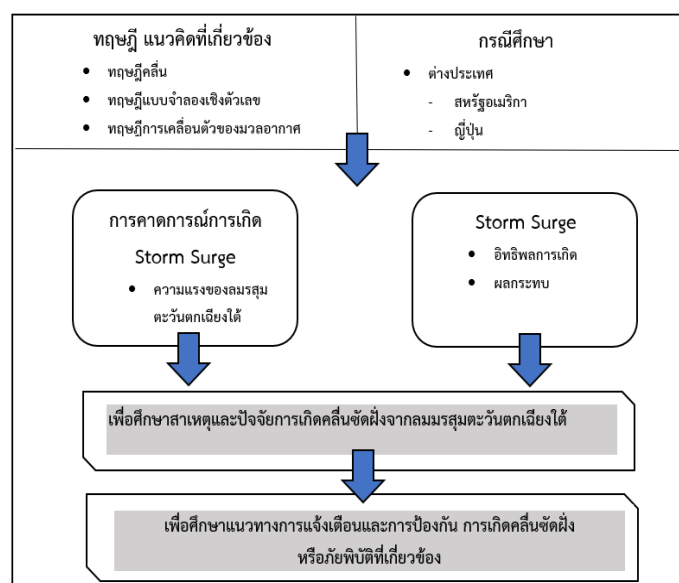
3.3.4 ความเร็วลมสูงสุดของพายุ (Maximum Wind Speed) ยิ่งพายุมีความรุนแรงมากขึ้น มวลน้ำจะถูกพัดพาเข้าสู่ศูนย์กลางของพายุมากและความสูงของ Storm Surge จะสูงจากระดับผิวหน้าน้ำทะเลปกติประมาณ 1-5 เมตร ทางหน้าของศูนย์กลางพายุจะทำให้เกิดคลื่นซัดฝั่งเนื่องจากลมแรง ทำให้พื้นที่ลุ่มต่ำตามแนวชายฝั่งได้รับความเดือดร้อนจากการกัดเซาะอย่างรุนแรงและน้ำท่วม ซึ่งระดับความรุนแรงของพายุเฮอริเคนระดับ 1 จะมีความรุนแรงเทียบเท่าความรุนแรงของพายุไต้ฝุ่น ดังนั้น ความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนระดับพายุโซนร้อนลงมาถึงพายุดีเปรสชัน อาจทำให้เกิด Storm Surge ที่มีความสูงไม่เกิน 1 เมตร หรือเพียงแค่มิถุนันเซนติเมตร

3.4 สาเหตุจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ในช่วงฤดูมรสุม พ.ค.-ต.ค)

มรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย ระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม บางช่วงเวลาอาจก่อให้เกิดภาวะคล้ายน้ำทะเลหนุนสูงหรือคลื่นลมแรงส่งผลกระทบต่อชายฝั่งในลักษณะใกล้เคียงกับ Storm Surge โดยมีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูง ในซีกโลกใต้บริเวณมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งพัดออกจากศูนย์กลางเป็นลมตะวันออกเฉียงใต้และเปลี่ยนเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตร มรสุมนี้จะนำมวลอากาศชื้นจากมหาสมุทรอินเดียมาสู่ประเทศไทย ทำให้มีเมฆมากและฝนชุกทั่วไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งตามบริเวณชายฝั่งทะเลและเทือกเขาด้านรับลมจะมีฝนมากกว่าบริเวณอื่น [13]

ถึงแม้ว่าลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะไม่ใช่อุณหภูมิที่ทำให้เกิด Storm Surge แต่สำหรับลักษณะพื้นที่ของประเทศไทยบริเวณฝั่งทะเลอันดามันแล้ว ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิด Storm Surge เนื่องจากความถี่ที่ของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ระยะเวลา 4-6 เดือน ในแต่ละปี) [14] ซึ่งมากกว่าความถี่ของพายุหมุนเขตร้อนที่เข้ามามีอิทธิพลในบริเวณฝั่งทะเลอันดามัน

4. วิธีดำเนินการ



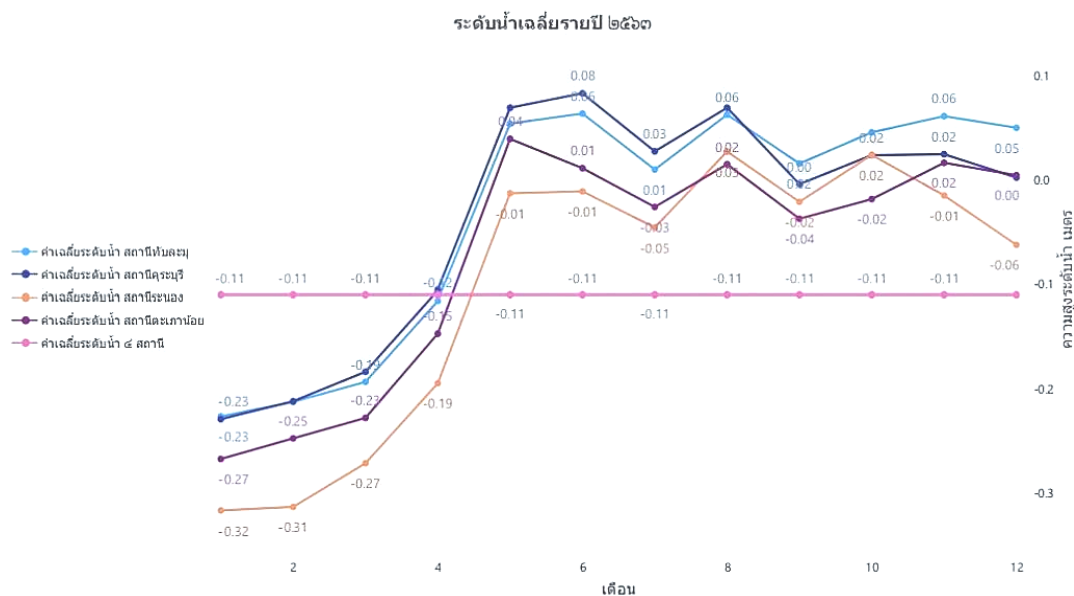
รูปที่ 3 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

4.1 หลักในการคาดการณ์ในการเกิด Storm Surge

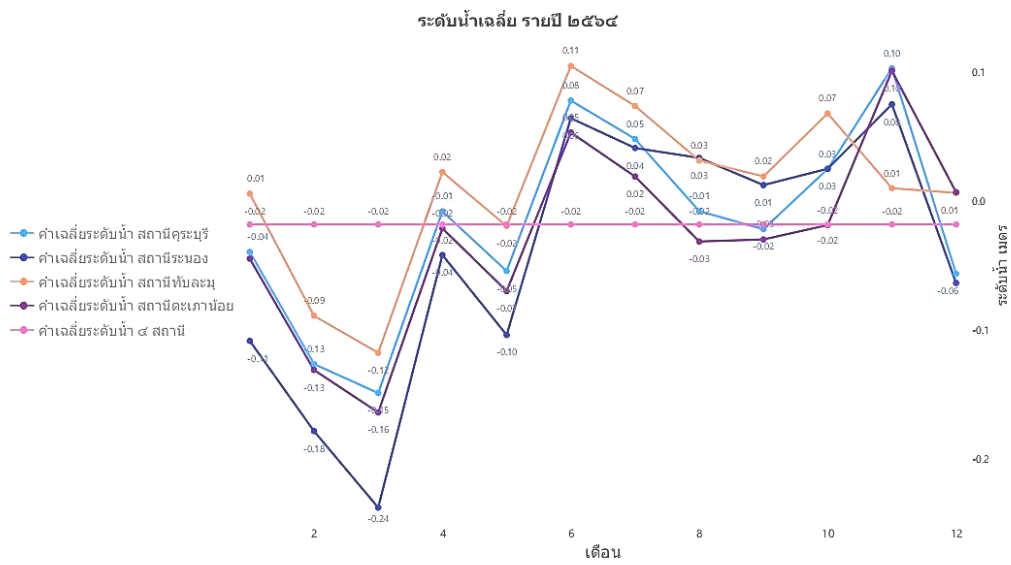
การเกิด Storm Surge จากอิทธิพล ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยการคาดการณ์จากประกาศคำเตือน สภาวะอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาเปรียบเทียบกับระดับน้ำจริงจาก 4 สถานี ได้แก่ สถานีน้ำระนอง สถานีน้ำกระบี่ สถานีน้ำพัลละมู และสถานีน้ำตะพานน้อย ตั้งแต่ปี 2563-2564 โดยพิจารณาระดับความรุนแรงของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กับช่วงเวลาที่ระดับน้ำควรจะต้องสูงขึ้น จากสถานีน้ำทั้ง 4 สถานี โดยไม่ได้พิจารณาจากอิทธิพลอื่นๆ

จากข้อมูลน้ำจริงรายชั่วโมง มาพล็อตกราฟโดยแบ่งเป็นกราฟระดับน้ำสูงสุด ระดับน้ำต่ำสุด และระดับน้ำเฉลี่ย ในแต่ละเดือนแล้วนำมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ลักษณะการยกตัวของระดับน้ำกับช่วงวันเวลาที่กรมอุตุนิยมวิทยาออกประกาศคำเตือน ซึ่งการเปรียบเทียบบางเดือนมีการออกประกาศคำเตือน แต่อิทธิพลที่ทำให้ระดับน้ำยกตัวสูงขึ้นไม่ใช่อิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ก็จะไม่นำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กับการเกิด Storm Surge หรือการยกตัวของระดับน้ำเอง โดยระดับความสูงของคลื่นที่ได้จากการศึกษาของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งพบว่าระดับความสูงของคลื่นตั้งแต่ 4.15 เมตร ขึ้นไป จะมีผลกระทบต่อการกัดเซาะและการพังทลายบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน [15]

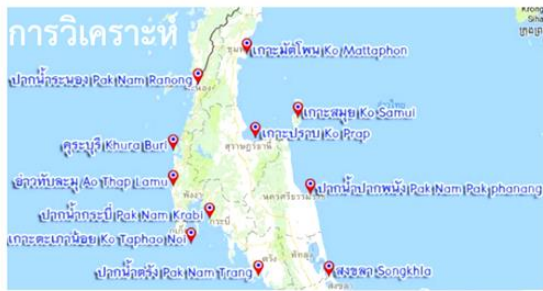
ในการศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบในครั้งนี้ เป็นการนำข้อมูลจำนวน 2 ปี ย้อนหลังมาศึกษาเนื่องจากระยะเวลาที่กำหนดและความสมบูรณ์ของข้อมูลระดับน้ำแต่ละสถานีที่มีอยู่นั้น ในปี 2563 และ 2564 มีความสมบูรณ์ครบถ้วนมากที่สุด



รูปที่ 4 ระดับน้ำเฉลี่ยรายปี 4 สถานี ปี 2563



รูปที่ 5 ระดับน้ำเฉลี่ยรายปี 4 สถานี ปี 2564



เดือน พฤษภาคม ปี ๒๕๖๓

ประกาศค่าเดือน

การวัดระดับน้ำ

การวัดระดับน้ำ ณ สถานีวัดระดับน้ำ

วันที่: ๒๕ พฤษภาคม ๒๕๖๓ เวลา: ๐๖.๐๐ น.

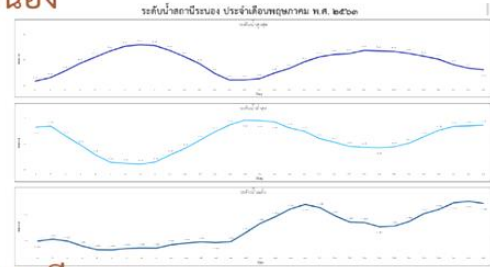
ผู้วัด: นาย วิชาญ งามเมือง

ผู้ตรวจ: นาย วิชาญ งามเมือง

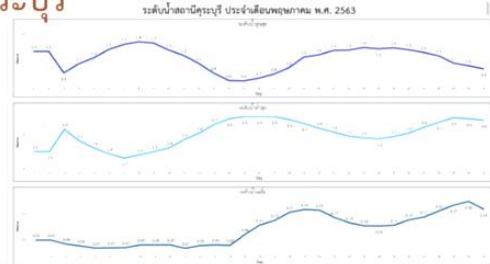
ผลการวัด: ระดับน้ำสูง ๒.๕๖ เมตร

หมายเหตุ: ระดับน้ำสูง ๒.๕๖ เมตร

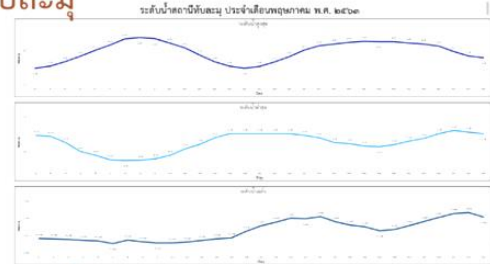
ระนอง



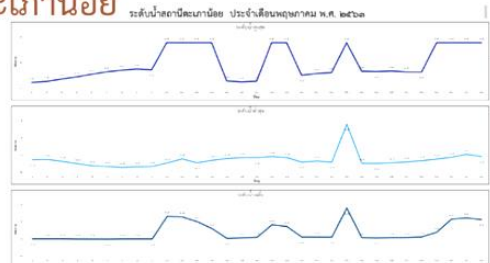
กระบี่



ทับละมุ



ตะกั่วถั่ว



การวิเคราะห์

ในช่วงวันที่ ๒๑ พ.ค.๖๓ เป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังปานกลางพัดปกคลุมบริเวณฝั่งทะเลอันดามัน เมื่อพิจารณาจากระดับน้ำจริงจากสถานีน้ำทั้ง ๔ สถานีแล้ว ในช่วงวันที่ ๒๑ พ.ค.๖๓ ระดับน้ำอยู่ในช่วงที่มีระดับน้ำสูง ซึ่งอยู่ในช่วง ๑-๒ เมตร โดยสถานีน้ำระนองมีระดับน้ำสูงที่สุดใน ๔ สถานี

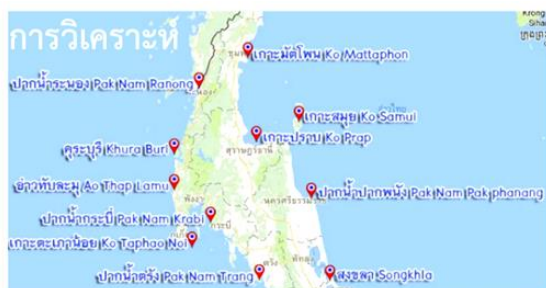
การวิเคราะห์ (ต่อ)

จากข้อเท็จจริงดังกล่าว เป็นการเปรียบเทียบจากปัจจัยลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังปานกลาง ที่ส่งผลกระทบต่อระดับน้ำทั้ง ๔ สถานี ซึ่งตรงช่วงเวลากับความสูงของระดับน้ำตามการประกาศค่าเดือนของกรมอุทกศาสตร์

สรุป

ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังปานกลาง
สถานีน้ำระนองมีระดับน้ำสูงขึ้น
สถานีน้ำกระบี่มีระดับน้ำสูงขึ้น
สถานีน้ำทับละมุมีระดับน้ำสูงขึ้น
สถานีน้ำตะกั่วถั่วมีระดับน้ำสูงขึ้น

รูปที่ 6 ตัวอย่างระดับน้ำเฉลี่ย 4 สถานี ในเดือน พ.ค. ปี 2563



เดือน มิถุนายน
ปี ๒๕๖๔

ประกาศคำเตือน

[illegible][illegible]

การวิเคราะห์

ในช่วงวันที่ ๑๔-๑๕ มิ.ย.๖๕ เป็นช่วงที่
ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังแรงที่
พัดปกคลุมบริเวณฝั่งทะเลอันดามัน
เมื่อพิจารณาจากระดับน้ำจึงจากสถานี
น้ำทั้ง ๔ สถานีแล้ว ในช่วงวันที่
๑๔-๑๕ มิ.ย.๖๕ มีระดับน้ำซึ่งอยู่ในช่วง
๑.๒-๒.๑ เมตร ซึ่งเป็นระดับที่ต่ำกว่าที่
ควรจะสูงเล็กน้อย

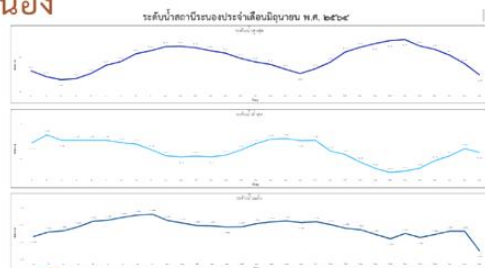
การวิเคราะห์ (ต่อ)

จากข้อเท็จจริงดังกล่าว เป็นการเทียบ
จากปัจจัยลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้
กำลังแรง ที่ส่งผลกระทบบริเวณฝั่ง
ทะเลอันดามัน ซึ่งระดับน้ำทั้ง ๔ สถานี
ไม่ตรงกับช่วงเวลาทีระดับน้ำควรจะสูง
ตามการประกาศค่าเตือนของ
กรมอุทกศาสตร์

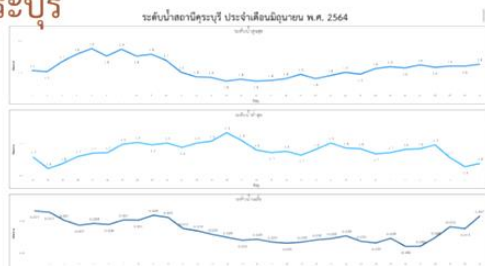
สรุป

สมรมสูตรตะวันตกเฉียงใต้
กำลังแรง
สถานีนํ้าระนองมีแนวโน้มระดับนํ้า
สูงขึ้นเร็วไปประมาณ ๒ วัน
สถานีนํ้ากระบี่มีแนวโน้มระดับนํ้า
สูงขึ้นเร็วไปประมาณ ๒ วัน
สถานีนํ้าทับละมุมีแนวโน้มระดับนํ้า
สูงขึ้นเร็วไปประมาณ ๒ วัน
สถานีนํ้าตะกั่วป่ามีแนวโน้มระดับนํ้า
สูงขึ้นเร็วไปประมาณ ๒ วัน

ระนอง



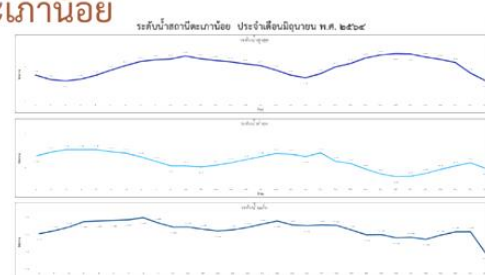
กระบวร



หัตถ์



ตะเภาน้อย



รูปที่ 7 ตัวอย่างระดับน้ำเฉลี่ย 4 สถานี ในเดือน มิ.ย. ปี 2564



รูปที่ 8 ความสูงของระดับน้ำที่เกิดจากปัจจัยอื่นๆ ปี 2563-2564

5. ผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ของการเกิด Storm Surge การออกประกาศคำเตือนมีระดับความรุนแรงของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ อยู่ 4 ระดับ ที่พบในการออกประกาศคำเตือนในช่วงปี พ.ศ.2563-2564 ได้แก่ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังแรง ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังค่อนข้างแรง ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังปานกลางถึงค่อนข้างแรง และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังปานกลาง ซึ่งความรุนแรงทั้ง 4 ระดับ มีผลต่อการยกตัวของระดับน้ำทั้ง 4 สถานี

5.1 ในปี.2563 มีการออกประกาศคำเตือนทั้งสิ้นจำนวน 7 เดือน โดยมีเพียง 1 เดือน ที่ไม่ได้นำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ เนื่องจากไม่ได้เกี่ยวข้องกับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

5.1.1 มี 4 เดือน ที่ระดับน้ำทุกสถานีสูงตรงกับช่วงเวลาที่ออกประกาศคำเตือน

5.1.2 มี 1 เดือน (มิ.ย.) ที่ระดับน้ำ 3 สถานี สูงช้ากว่าช่วงเวลาออกประกาศคำเตือนประมาณ 5 วัน ยกเว้นเพียงสถานีน้ำระนองที่มีระดับน้ำสูงตรงตามช่วงเวลา

5.1.3 มี 1 เดือน (ต.ค.)ที่ระดับน้ำทุกสถานีสูงช้ากว่าช่วงเวลาออกประกาศคำเตือนประมาณ 4 วัน

5.2 ในปี 2564 มีการออกประกาศคำเตือนทั้งสิ้นจำนวน 6 เดือน โดยมีเพียง 2 เดือน ที่ไม่ได้นำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ เนื่องจากไม่ได้เกี่ยวข้องกับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

5.2.1 มี 2 เดือน ที่ระดับน้ำทุกสถานีสูงตรงกับช่วงเวลาที่ออกประกาศคำเตือน

5.2.2 มี 1 เดือน (ก.ย.) ที่ระดับน้ำ 3 สถานีสูงกว่าช่วงเวลาออกประกาศคำเตือนประมาณ 2 วัน ยกเว้นเพียงสถานีน้ำกระบะบุรีที่มีระดับน้ำสูงตรงตามช่วงเวลา

5.2.3 มี 1 เดือน (มิ.ย.) ที่ระดับน้ำทุกสถานีสูงเร็วกว่าช่วงเวลาออกประกาศคำเตือนประมาณ 2 วัน

จากความสัมพันธ์ข้างต้นในจะเห็นได้ว่าใน ปี 2563 จะค่อนข้างเห็นแนวโน้มของการเพิ่มของระดับน้ำที่มีความชัดเจนและสอดคล้องกว่าปี 2564 ซึ่งมีสถานีน้ำระนองและสถานีน้ำกระบะบุรี มีแนวโน้มที่มีความเชื่อถือได้มากที่สุดในช่วง 4 สถานี ซึ่งสามารถใช้เป็นหลักการประมาณการเบื้องต้นในการคาดการณ์การเกิด Storm Surge จากการดูประกาศคำเตือนความแรงของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งส่วนใหญ่สอดคล้องตามวันและเวลาที่จะส่งผลกระทบต่อระดับน้ำที่สูงขึ้นบริเวณชายฝั่งทะเล ซึ่งเปรียบเทียบกับระดับน้ำจากสถานีน้ำที่นำมาเปรียบเทียบ แต่สำหรับบางเดือนที่มีระดับน้ำสูงเร็วหรือช้ากว่าช่วงเวลานั้น อาจเกิดจากอิทธิพลอื่นๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งยังคงไม่นำมาร่วมวิเคราะห์และเปรียบเทียบ

การคาดการณ์การเกิด Storm Surge ในบริเวณฝั่งทะเลอันดามันสามารถดูแนวโน้มการเกิดได้จากการประกาศคำเตือนสภาวะอากาศของกรมอุทกศาสตร์ ด้วยอิทธิพลเดียว คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบระหว่างช่วงวันที่มีการออกประกาศคำเตือนกับความสูงของระดับน้ำจริงทั้ง 4 สถานี ซึ่งผลการวิเคราะห์ในข้อมูลระยะเวลา 2 ปี (2563-2564) มีแนวโน้มที่สอดคล้องกัน ถึงแม้ว่าจะไม่ได้แม่นยำในทุกๆ ครั้ง ที่มีการประกาศคำเตือน แต่ก็สามารถนำมาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแจ้งเตือนและเฝ้าระวังพื้นที่ที่อยู่บริเวณชายฝั่งทะเลได้

6. สรุปผลการศึกษา

6.1 การเกิด Storm Surge มีสาเหตุหลักจากการเคลื่อนตัวของพายุหมุนเขตร้อนหรือลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังแรงที่ทำให้ระดับน้ำทะเลสูงผิดปกติ (ภาวะน้ำทะเลหนุนสูงจากลมมรสุมที่มีลักษณะคล้ายกับ Storm Surge) ประกอบกับการเกิดน้ำทะเลหนุนสูงทำให้เกิดภาวะน้ำเอ่อล้นฝั่งหรือการยกตัวของมวลน้ำบริเวณชายฝั่ง ดังนั้น การพิจารณาการเกิด Storm Surge มีลักษณะที่ต้องแจ้งเตือนที่มีความสูงตั้งแต่ 4.15 เมตร โดยมีปัจจัยที่เกื้อกูล คือ พายุหมุนเขตร้อน ความรุนแรงของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และระดับน้ำทะเลหนุนโดยการคาดการณ์การเกิดได้จากการตรวจจับพายุหมุนเขตร้อน ด้วยภาพถ่ายดาวเทียมทางอุตุนิยมวิทยาและเครือข่ายสถานีตรวจอากาศ สำหรับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และช่วงเวลาที่น้ำทะเลหนุนสามารถดูประกาศคำเตือนของกรมอุทกศาสตร์ที่ประกาศคำเตือนในเรื่องความรุนแรงของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้บริเวณฝั่งทะเลอันดามัน ซึ่งได้มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาที่ออกประกาศคำเตือนกับระดับน้ำจริงจาก 4 สถานี บริเวณฝั่งทะเลอันดามัน มีแนวโน้มที่สอดคล้องกัน หากเกิดขึ้นในระดับที่มีกำลังแรงถึงกำลังค่อนข้างแรงโอกาสที่จะเกิด Storm Surge ก็จะมีโอกาสเกิดขึ้นได้มาก

6.2 การเกิด Storm Surge จากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยมี 3 ปัจจัย ที่มีนัยสำคัญในกรณีที่มีพายุบริเวณฝั่งทะเลอันดามัน ประกอบกับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังแรง และเป็นช่วงที่น้ำทะเลหนุน หากทั้ง 3 ปัจจัย มีการเกื้อกูลกันในลักษณะเช่นนี้จะทำให้มีโอกาสเกิด Storm Surge ได้ 70-80% หากปัจจัยไม่ครบ เช่น เกิดพายุหมุนประกอบกับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังแรง หรือเกิดพายุหมุนประกอบกับน้ำทะเลหนุน ในลักษณะเช่นนี้ โอกาสการเกิด Storm Surge ค่อนข้างน้อย 30-40% เนื่องจากองค์ประกอบการเกิดพายุ มีหลายปัจจัย ทำให้ทิศทางและความแรงของพายุเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา คาดการณ์ได้ยาก หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าหากเกิดพายุในบริเวณนั้นไม่จำเป็นที่จะเกิด Storm Surge เสมอไป แต่ในกรณีปัจจัยลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังแรงประกอบกับน้ำทะเลหนุนสูง ในลักษณะเช่นนี้โอกาสการเกิด Storm Surge มีมากถึง 50-60% เนื่องจากลักษณะทิศทางของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่ค่อนข้างมีความแน่นอน หากเปลี่ยนแปลงทิศทางก็ยังคงเปลี่ยนแปลงไม่มาก ทำให้ปัจจัยในเรื่องลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะมีอิทธิพลมากกว่าในเรื่องของพายุที่เกิดขึ้น สำหรับแนวทางการเตือนภัยเพื่อป้องกันภัยจาก Storm Surge โดยสิ่งแรกคือเมื่อมีการออกประกาศคำเตือน ความรุนแรงของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้มีโอกาสอาจจะเกิด Storm Surge เพิ่มขึ้นและต้องเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงของประกาศคำเตือนในกรณีที่ได้รับข้อมูล การเปลี่ยนแปลงระดับความแรงที่เพิ่มขึ้น และตรวจสอบช่วงเวลาของการหนุนของระดับน้ำทะเล (ช่วงกลางเดือนและปลายเดือน) ต้องแจ้งเตือนผู้ที่อาศัยอยู่บริเวณตามชายฝั่งทะเล ท่าเรือ และแหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ เพื่อทำการเพิ่มมาตรการในเรื่องความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินที่มากกว่าเดิมต่อไป

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 Storm Surge เป็นภัยธรรมชาติที่ทำความเสียหายให้แก่ชีวิตและทรัพย์สินเป็นจำนวนมาก แต่อาจไม่ได้เกิดขึ้นบ่อยครั้ง และอาจไม่คุ้มค่าสำหรับการใช้งบประมาณมากในการป้องกัน ดังนั้น ควรพิจารณาความสำคัญของพื้นที่ในการดำเนินการตามศักยภาพและสถานภาพที่เอื้ออำนวย และควรหลีกเลี่ยงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณชายฝั่งพื้นที่เสี่ยงภัย หากมีการก่อสร้างอาคารบ้านเรือนหรือสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ควรนำปัจจัยความรุนแรงของ Storm Surge มาประกอบการออกแบบเพื่อให้เกิดความแข็งแรงทนทานในกรณีเกิดภัยขึ้น

7.2 ควรให้การศึกษาคู่มือและความรู้แก่ประชาชนที่อาศัยในพื้นที่ โดยการจัดทำแผ่นพับและข้อปฏิบัติต่าง ๆ ติดไว้ประจำบ้าน พร้อมทั้งการจัดทำรายการตรวจสอบความพร้อมประจำบ้านสำหรับตรวจสอบของใช้สำหรับหนีภัย และควรมีฝึกซ้อมการอพยพหนีภัยทั้งบนและในทะเลอย่างน้อยปีละ 1-2 ครั้ง

7.3 ควรติดตามสถานการณ์ภัยพิบัติอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะหากมีคำเตือนเรื่องการเกิดพายุหมุนเขตร้อนในทะเลจีนใต้หรือการเกิดลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังแรงที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อชายฝั่งบริเวณฝั่งทะเลอันดามัน

8. ประโยชน์ที่จะได้รับ

8.1 สามารถนำผลวิจัยไปใช้พัฒนาขีดความสามารถในการแจ้งเตือนและป้องกันภัยจากคลื่นพายุซัดฝั่ง

8.2 สามารถนำผลวิจัยไปเป็นข้อมูลอ้างอิงแจ้งเตือนและป้องกันภัยจากคลื่นพายุซัดฝั่งบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัยอื่นๆ ต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] คลื่นพายุซัดฝั่ง...สตอร์ม เซิร์จ [อินเทอร์เน็ต]. [ม.ป.ป.] [เข้าถึงเมื่อ 11 พ.ค. 2567]. เข้าถึงได้จาก: <https://rtnakm.com/wpcontent/uploads/2019/03/คลื่นพายุซัดฝั่ง-3.pdf>
- [2] สารคดีบันทึก : ไซโคลนนาร์กิส โศกนาฏกรรมบนลุ่มอิรวดี [อินเทอร์เน็ต]. 2562 [เข้าถึงเมื่อ 29 เม.ย.2567]. เข้าถึงได้จาก: https://www.sarakadee.com/2009/07/27/nargis/#google_vignette
- [3] สิริรักษณ์ บุญเย็น, สันติ ภัยหลบลี้. คลื่นพายุซัดฝั่ง [อินเทอร์เน็ต]. 30 เม.ย. 2564 [เข้าถึงเมื่อ 29 มิ.ย. 2567]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.mitrearth.org/4-15-storm-surge/>
- [4] วริศรา จารุวรรณ. รายงาน IPCC ฉบับใหม่เผยข้อมูลผลกระทบและความเสี่ยงจาก Climate Change ต่อปัญหาสุขภาพปัจจุบัน [อินเทอร์เน็ต]. 24 มี.ค. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 29 มิ.ย. 2567]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.sdgmovement.com/2022/03/24/ipcc-sixth-assessment-report-impacts-on-health-and-wellbeing/>
- [5] สำนักงานเลขาธิการป้องกันภัยฝ่ายพลเรือน. แผนป้องกันภัยฝ่ายพลเรือนแห่งชาติ พ.ศ.2548 ภาคการป้องกันภัยฝ่ายพลเรือนด้านความมั่นคง (ภาคการพิทักษ์พื้นที่ส่วนหลัง) [อินเทอร์เน็ต]. [ม.ป.ป.] [เข้าถึงเมื่อ 3 ก.ค. 2567]. เข้าถึงได้จาก: <https://e-library.moc.go.th/book-detail/6949>
- [6] กรมอุตุนิยมวิทยา. เส้นทางเดินพายุ [อินเทอร์เน็ต]. กรมอุตุนิยมวิทยา; 2568 [เข้าถึงเมื่อ 3 ก.ค. 2567]. เข้าถึงได้จาก: <https://tmd.go.th/weatherWidget/StromTrack>
- [7] กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพเรือ. ระดับน้ำทำนาย สูงสุด – ต่ำสุด ปี พ.ศ.๒๕๖๘ [อินเทอร์เน็ต]. กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพเรือ; 2568 [เข้าถึงเมื่อ 5 ก.ค. 2567]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.hydro.navy.mi.th/servicetide.html>
- [8] สำนักงานเลขาธิการคณะกรรมการจัดการความรู้เพื่อผลประโยชน์แห่งชาติทางทะเล (อจชล.). อาณาเขตทางทะเล [อินเทอร์เน็ต]. สำนักงานเลขาธิการคณะกรรมการจัดการความรู้เพื่อผลประโยชน์แห่งชาติทางทะเล (อจชล.); [ม.ป.ป.] [เข้าถึงเมื่อ 23 มิ.ย. 2567]. เข้าถึงได้จาก: https://www.mkh.in.th/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=153&lang=th
- [9] Brown BE. Coral reefs of the Andaman Sea - An integrated perspective. In: Oceanography and Marine Biology. Vol 45. 2007. p. 173-94. doi:10.1201/9781420050943.ch5
- [10] Amki Green. คลื่นพายุซัดฝั่ง (Storm surge) กับ สึนามิ (Tsunami) ต่างกันอย่างไร [อินเทอร์เน็ต]. true ปูปลูกปัญญา; 3 ส.ค. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 7 ก.ค. 2567]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.truelookpanya.com/knowledge/content/68149/-blo-sciar-sci>

-
- [11] Storm surge and sea flooding wind and pressure components - tropical cyclones [Internet]. [cited 2024 July 13]. Available from: <https://www.briangwilliams.us/tropical-cyclones/storm-surge-and-sea-flooding-wind-and-pressure-components.html>
- [12] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. ระดับน้ำสูงขึ้นโดยพายุ [อินเทอร์เน็ต]. 31 ธ.ค. 2566 [เข้าถึงเมื่อ 23 ก.ค. 2567]. เข้าถึงได้จาก: <https://th.wikipedia.org/wiki/ระดับน้ำสูงขึ้นโดยพายุ>
- [13] กรมอุตุนิยมวิทยา. สภาพอากาศของประเทศไทย [อินเทอร์เน็ต]. กรมอุตุนิยมวิทยา; 2568 [เข้าถึงเมื่อ 25 ก.ค. 2567]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.tmd.go.th/weather/weatherthailand>
- [14] กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. สมุทรศาสตร์ : ข้อมูลสมุทรศาสตร์ฝั่งอันดามัน [อินเทอร์เน็ต]. กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง; 1 ส.ค. 2556 [เข้าถึงเมื่อ 16 มิ.ย. 2568]. เข้าถึงได้จาก: https://km.dmcr.go.th/c_263/d_1137
- [15] DAS PK. Monsoons (Fifth IMO lecture) [Internet]. World Meteorological Organization; 1986 [เข้าถึงเมื่อ 16 มิ.ย. 2568]. เข้าถึงได้จาก: <https://library.wmo.int/viewer/37019#page=173&viewer=picture&o=bookmarks&n=0&q=>