

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคตะกอน และความชันของลำน้ำ
ของแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง

Relationship between sediment grain size and channel slope of Palian River,
Trang Province



รฟ.
ศ168ค
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **104645**
วันเดือนปี..... 5 พ.ย. 2552

b. 12159499
i.....

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520

ปีการศึกษา 2550
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคตะกอน และความชันของลำน้ำ
ของแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง

Relationship between sediment grain size and channel slope of Palian River,
Trang Province

ชื่อนักศึกษา

นายศราวุฒิ สุนทรสัจย์

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

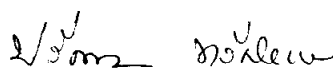
ดร.อนัญญา เจริญพรนิพัทธ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.อนัญญา เจริญพรนิพัทธ์)

ภาควิชารับรองแล้ว



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีณา ทวีกิจการ)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่ง วันที่ 30 เดือน เมษายน พ.ศ. 2567 ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ
เรื่อง

ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคตะกอน และความชันของลำน้ำ
ของแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง

Relationship between sediment grain size and channel slope of Palian River,
Trang Province

การเปลี่ยนแปลงขนาดอนุภาคตะกอนในแหล่งน้ำไหล หรือแม่น้ำนั้น มีกระบวนการที่สำคัญ และเป็นกระบวนการหลักที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของขนาดอนุภาคตะกอน นั่นคือกระบวนการทางกายภาพ ซึ่งได้แก่ ความเร็วของกระแส น้ำ ปริมาณน้ำที่ไหล และความชันของลำน้ำ โดยการศึกษาในครั้งนี้ได้เลือกศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดอนุภาคตะกอน และความชันของลำน้ำ โดยทำการเก็บตัวอย่างตะกอนในแม่น้ำปะเหลียนทั้งสิ้น 15 สถานี แล้วนำตัวอย่างตะกอนมาแยกขนาดอนุภาค เพื่อเปรียบเทียบขนาดอนุภาค กับข้อมูลความชันของลำน้ำที่ได้จากแผนที่ของ กรมแผนที่ทหาร จากผลการศึกษาดังกล่าวพบว่าขนาดอนุภาคตะกอน และความชันของลำน้ำมีแนวโน้มความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับ 0.05) มีค่าสหสัมพันธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 0.714 การศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าความชันของลำน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยทางกายภาพมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงขนาดของอนุภาคตะกอน กล่าวคือเมื่อความชันของลำน้ำมีมาก ขนาดอนุภาคตะกอนจะมีขนาดใหญ่ แต่หากความชันของลำน้ำลดลง ขนาดของอนุภาคตะกอนก็จะมีขนาดที่ลดลงตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ปัญหาพิเศษในครั้งนี้จะไม่สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์จากผู้ทรงคุณวุฒิหลายท่านที่คอยให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆที่เกิดขึ้นขณะทำงาน ผู้เขียนจึงขอขอบคุณอย่างสูงต่อ ดร. อนัญญา เจริญพรนิพัทธ์ และผศ.ดร. นงนุช เลหาะวิสุทธิ ผู้ที่ให้ความสนับสนุนในทุกด้าน รวมทั้งคอยช่วยแก้ไขข้อบกพร่องตั้งแต่เริ่มแรกของการทำปัญหาพิเศษจนกระทั่งเสร็จเรียบร้อย และปัญหาพิเศษนี้จะไม่สมบูรณ์เลย หากขาดบุคคลสำคัญเหล่านี้ได้แก่

ขอขอบคุณพี่ๆ เจ้าหน้าที่ภาคทุกท่าน พี่แสง, พี่มอญ, พี่โก้, พี่นิพนธ์ และพี่ก๊ีบ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์พร้อมคำแนะนำที่ดี

ขอบคุณเพื่อนๆ รุ่น 11 ทุกคน โดยเฉพาะไนต์ น้ำ พิท (วาทิน) และแวน ให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา และช่วยแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นให้ผ่านพ้นไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณพ่อแม่และน้องที่ให้อำลัใจที่ดีมาโดยตลอด และขอขอบพระคุณทุกๆ คนอีกครั้งที่ทำให้มีการแก้ปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นายศรววุฒิ สุนทรสัตย์

มีนาคม พ.ศ. 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	i
สารบัญตาราง	ii
สารบัญภาพ	iii
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	18
ผลการทดลองและวิจารณ์	21
สรุป	34
เอกสารอ้างอิง	36



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ขนาดของอนุภาคตะกอน	13
2	แสดงขนาดอนุภาคตะกอนจากการคำนวณในแต่ละสถานี	21
3	แสดงสหสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคตะกอน และ ความชันของลำน้ำ	33

สารบัญตารางผนวก

		หน้า
1	แสดงค่าการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนซ้ำที่ 1	39
2	แสดงค่าการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนซ้ำที่ 2	40
3	แสดงค่าการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนเฉลี่ย	41
4	แสดงค่าความสูงเหนือระดับน้ำทะเลจากสถานี PL-1 ถึง PL-15	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	บริเวณปากแม่น้ำปะเหลียน	3
2	ตะกอนเกาะตัว (Cohesive Sediment or Muddy Sediment)	4
3	ตะกอนไม่เกาะตัว (Non- Cohesive Sediment or Sandy Sediment)	5
4	สัตว์หน้าดิน; หอยตลับ(ก), Spring tail(ข), Polychaete(ค), Tubifex sp.(ง)	8
5	สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตะกอน; Phytoplankton(ก), Zooplankton(ข), Bacteria(ค)	9
6	ภูเขาหินแกรนิตซึ่งกำลังผุพังจากสภาพลมฟ้าอากาศ	9
7	การกัดเซาะโดยกระแสน้ำ	11
8	อัตราการตกตะกอนโดยวัดจากระยะทาง	12
9	การคำนวณขนาดตะกอนด้วยการพัดพาของน้ำ	13
10	แสดงการสะสมของตะกอนในแต่ละฤดู	15
11	แสดงการสะสมของตะกอน	15
12	ไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ของกระบวนการที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของตะกอน	16
13	ขั้นตอนที่ตะกอนกลับคืนเป็นหิน	16
14	พื้นที่ทำการศึกษา	19
15	ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-1	22
16	ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-2	22
17	ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-3	23
18	ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-4	24
19	ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-5	24
20	ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-6	25
21	ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-7	26
22	ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-8	26
23	ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-9	27
24	ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-10	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

25	ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-11	28
26	ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-12	29
27	ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-13	30
28	ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-14	30
29	ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-15	31
30	แสดงขนาดของอนุภาคตะกอนที่มีเปอร์เซ็นต์สูงสุดของแต่ละสถานี ตั้งแต่สถานี PL-1 ถึง PL-15	32
31	แสดงความชันของลำน้ำตั้งแต่สถานี PL-1 ถึง PL-15	32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงขนาดอนุภาคตะกอนในแหล่งน้ำไหล หรือแม่น้ำนั้น มีกระบวนการที่สำคัญ และเป็นกระบวนการหลักที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของขนาดอนุภาคตะกอน นั่นคือกระบวนการทางกายภาพ ซึ่งได้แก่ ความเร็วของกระแสน้ำ ปริมาณน้ำที่ไหล และความชันของลำน้ำ

บริเวณแม่น้ำที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ คือ แม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมดอยู่ในเขตจังหวัดตรัง ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาบรรทัด แล้วไหลผ่านเขตอำเภอนาโยง อำเภอย่านตาขาว อำเภอปะเหลียน อำเภอกันตัง และ กิ่งอำเภอหาดสำราญ มีความยาวประมาณ 58 กิโลเมตร ใช้เป็นเส้นแบ่งเขตอำเภอปะเหลียน กับ อำเภอย่านตาขาว และกิ่งอำเภอหาดสำราญ กับ อำเภอกันตัง ก่อนที่จะไหลออกสู่ทะเลที่บ้านปากปรน ฝั่งกิ่งอำเภอหาดสำราญ และบ้านบางแรด ฝั่งอำเภอกันตัง ที่ราบลุ่มแม่น้ำปะเหลียนเป็นที่ราบแคบ ๆ สองข้างฝั่งแม่น้ำอยู่ในเขตอำเภอย่านตาขาว และอำเภอปะเหลียน

ได้มีการศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของขนาดอนุภาคตะกอน ซึ่งตัวชี้วัดที่ใช้ในการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับขนาดอนุภาคตะกอนนั้นได้แก่ ความเร็วของกระแสน้ำ และความชันของลำน้ำ ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลที่ได้มีการศึกษาจากนักวิทยาศาสตร์หลายท่านพบว่า ความเร็วของกระแสน้ำ มีความสัมพันธ์กับขนาดอนุภาคตะกอน ซึ่งจะสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันกับความชันของลำน้ำด้วย จากการศึกษาของ Frings (2008) พบว่ากระแสน้ำจะแยกขนาดของอนุภาคตะกอน โดยน้ำจากที่สูงจะมีความเร็วของน้ำมาก และสามารถพัดพาอนุภาคของตะกอนขนาดต่างๆ โดยตะกอนจะตกลงตามลำดับของขนาดอนุภาค คือตะกอนขนาดใหญ่จะตกตะกอนลงมาก่อน เพราะน้ำหนักที่มากทำให้กระแสน้ำไม่สามารถพัดพาไปได้ไกล และเมื่อความเร็วของน้ำลดลง ขนาดของตะกอนที่ตกตะกอนก็จะมีขนาดลดลงตามไปด้วย ซึ่งบริเวณต้นน้ำจะพบตะกอนขนาดใหญ่ และไกลออกไปจะมีขนาดเล็กลง

รายงานฉบับนี้ ได้ทำการทดสอบถึงปัจจัยทางด้านกายภาพ คือ ความชันของลำน้ำ ที่มีความสัมพันธ์กับขนาดอนุภาคตะกอน โดยคาดหวังว่าในการศึกษานี้จะสามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของขนาดอนุภาคตะกอน ของแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรังได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงกระบวนการทางกายภาพ คือ ความชันของลำน้ำ ที่มีความสัมพันธ์กับขนาดอนุภาคตะกอน
2. เพื่ออธิบายถึงขนาดอนุภาคตะกอน ตลอดลำน้ำของแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

1. ที่ตั้งและลักษณะทั่วไปของแม่น้ำปะเหลียน

1.1 ที่ตั้ง

แม่น้ำปะเหลียนเป็นแม่น้ำขนาดสั้นอยู่ในจังหวัด ตรัง มีความยาวประมาณ 58 กิโลเมตร มีต้นน้ำอยู่ที่เทือกเขาบรรทัด ไหลลงสู่ทะเลในเขต อำเภอกันตัง และ กิ่งอำเภอหาดสำราญ จังหวัด ตรัง แม่น้ำปะเหลียนไหลผ่าน 4 อำเภอกับอีก 1 กิ่งอำเภอของจังหวัดตรัง ได้แก่

1.1.1 อำเภอย่านตาขาว มีเนื้อที่ 437.2 ตร.กม. ตำบลที่แม่น้ำปะเหลียนไหลผ่านคือ ตำบลย่านตาขาว ตำบลหนองบ่อ ตำบลทุ่งค่าย ตำบลนาชุมเห็ด ตำบลในควน ตำบลทุ่งกระบือ และตำบลโพรงจระเข้ มีลำน้ำที่สำคัญ คือ คลองปะเหลียน คลองลำชาน คลองลำเลียง คลองเปี้ยะ คลองลำพิกุล คลองทุ่งค่าย

1.1.2 อำเภอปะเหลียน มีเนื้อที่ 973.13 ตร.กม. ตำบลที่แม่น้ำปะเหลียนไหลผ่านคือ ตำบลปะเหลียน ตำบลบางด้วน ตำบลท่าพญา ตำบลบ้านนา และตำบลแหลมสอม มีแหล่งน้ำที่สำคัญ คือ แม่น้ำปะเหลียน

1.1.3 อำเภอนาโยง มีเนื้อที่ 165 ตร.กม. ตำบลที่แม่น้ำปะเหลียนไหลผ่านคือ ตำบลนาโยงเหนือ ตำบลช่อง ตำบลละมอ ตำบลโคกสะบ้า ตำบลนาหมื่นศรี มีลำน้ำที่สำคัญคือ คลองนางน้อย และ คลองลำชาน

1.1.4 อำเภอกันตัง มีเนื้อที่ 612.64 ตร.กม. ตำบลที่แม่น้ำปะเหลียนไหลผ่านคือ ตำบลวังวน ตำบลกันตังใต้ ตำบลคลองลู ตำบลย่านซื่อ มีลำน้ำที่สำคัญคือ แม่น้ำตรัง

1.1.5 กิ่ง อ.หาดสำราญ มีเนื้อที่ 224 ตร.กม. ตำบลที่แม่น้ำปะเหลียนไหลผ่านคือ ตำบลหาดสำราญ ตำบลบ้าหวี และตำบลตะเสะ มีลำน้ำที่สำคัญคือ คลองปากปรน

(www.amphoe.com)

1.2 ระบบลุ่มน้ำสาขาของแม่น้ำปะเหลียน

แม่น้ำปะเหลียน มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาบรรทัด มีคลองสาขาจำนวนมากโดยสามารถจำแนกคลองดังกล่าวเป็น 3 ลักษณะ ลักษณะแรก เป็นคลองที่แยกจากแม่น้ำปะเหลียน ณ บริเวณหนึ่ง ไหลแยกออกไปแล้ววกมาบรรจบกับแม่น้ำปะเหลียนอีกบริเวณหนึ่ง ลักษณะที่สอง คลองที่แยกจากแม่น้ำปะเหลียนแล้วปลายน้ำกลายเป็นหนองหรือมาบขนาดใหญ่ ในปัจจุบันหนองหรือมาบดังกล่าวถูกรุกและถมสำหรับขยายพื้นที่ทำการเกษตร คลองกลุ่มนี้ก็จะเป็คลองที่มีปลายน้ำตันหรือเรียกว่าคลองตาย ลักษณะที่สาม เป็นคลองที่มีต้นน้ำเป็นของตนเองแล้วไหลลงมาบรรจบกับแม่น้ำปะเหลียน แม่น้ำปะเหลียนและคลองสาขาต่างๆไหลกระจายผ่านพื้นที่ต่างๆ มีชุมชนเกิดขึ้นมากมาย โดยชุมชนต่างๆเหล่านี้จะอาศัยน้ำจากแม่น้ำและคลองสาขาดังกล่าวทั้งในการทำเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกษตร การคมนาคม การอุปโภคและบริโภค ก่อให้เกิดลักษณะภูมินิเวศและวัฒนธรรมที่เรียกว่า “ลุ่มน้ำปะเหลียน” แม่น้ำปะเหลียนประกอบด้วยลำน้ำสาขาที่สำคัญ 3 สายคือ คลองทุ่งควาย คลองลำเลียง และคลองปะเหลียน ซึ่งยาวที่สุดและมีสาขาย่อยคือ คลองลำแครง คลองลำปลอก, คลองไทรงาม, คลองลำพิบูล, คลองบางด้วน, คลองใหญ่ และคลองลำชาน แม่น้ำปะเหลียนไหลผ่าน อำเภอย่านตาขาว, อำเภอปะเหลียน และกิ่งอำเภอหาดสำราญ โดยไหลลงสู่ทะเลที่ปากน้ำปะเหลียน (www.southhpp.org)



ภาพที่ 1 บริเวณปากแม่น้ำปะเหลียน

1.3 ลักษณะทางกายภาพและระบบนิเวศของแม่น้ำปะเหลียน

แม่น้ำปะเหลียนเป็นแม่น้ำสายสำคัญของจังหวัดตรัง ไหลลาดลงสู่ทะเลฝั่งอันดามัน มีลักษณะราบลุ่มน้ำจากปลายน้ำถึงต้นน้ำไม่แตกต่างจากแม่น้ำสายต่างๆ ที่ไหลลาดลงสู่ฝั่งทะเลอันดามัน กล่าวคือ ข้างบนจะเป็นป่าต้นน้ำ ลาดลงมาเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำตามไหล่เขา ตามหุบเขาเป็นพื้นที่ทำนา และมีป่าพรุ มีต้นจาก สาคุ (*Metroxylon sagus, Ruth*) ซึ่งเป็นพืชตระกูลปาล์มชนิดหนึ่งขึ้นอยู่ ชาวบ้านทำนาก็ได้อาศัยความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศป่าสาคุมาช่วย ต่ำลงมาเป็นเขตรอยต่อปะทะกันระหว่างน้ำจืดกับน้ำเค็ม เป็นเขตน้ำกร่อยมีป่าจากเกิดขึ้น ซึ่งระบบนิเวศป่าจากทำให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพ ปลายน้ำเป็นเขตอิทธิพลของน้ำเค็มก็คือ ป่าไม้ชายเลนและชายฝั่ง จนกระทั่งไปถึงในทะเล แม่น้ำปะเหลียนเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลายชนิดเช่น หอยตลับ ซึ่งจากการสำรวจตั้งแต่ เดือน ตุลาคม 2542 ถึง เดือน กันยายน 2543 พบว่า หอยตลับมีการแพร่กระจายอยู่ตลอดแนวชายฝั่งและแนวกลางแม่น้ำปะเหลียน โดยมีการแพร่กระจายตั้งแต่ บริเวณบ้านแหลม ถึง บ้านวังวน โดยพบหอยตลับแพร่กระจายหนาแน่นที่สุดเฉลี่ยทั้งปี ในบริเวณ สถานีสำรวจที่ 7 บ้านวังวน ที่ความหนาแน่น 59.31 ± 40.21 ตัวต่อตารางเมตร และพบหอยมากที่สุดในเดือนพฤษภาคม ที่ความหนาแน่นเฉลี่ย 139.5 ± 25.32 ตัวต่อตารางเมตร ในสถานีที่ 4 บริเวณแนวกลางคลอง สำหรับคุณภาพน้ำในบริเวณสำรวจ พบว่า คุณภาพน้ำโดยเฉลี่ยตลอดทั้งปี มีความเหมาะสมในการอยู่อาศัยของหอยตลับ แต่ระดับความเค็มตลอดทั้งปีมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$) มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 12.36-13.27 ส่วนในพันส่วน คุณสมบัติดิน พบว่า เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินทราย มีปริมาณอินทรีย์สารต่ำ (อาภรณ์และคณะ, 2549)

2. ชนิดของตะกอน

ตะกอนสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือตะกอนเกาะตัว (Cohesive Sediment or Muddy Sediment) และตะกอนไม่เกาะตัว (Non-Cohesive Sediment or Sandy Sediment) ดังนี้คือ

2.1 ตะกอนเกาะตัว (Cohesive Sediment or Muddy Sediment)

ตะกอนเกาะตัวเป็นดินที่ผสมระหว่างอนุภาคดินเหนียว (Clay particles), ดินโคลนเลนที่ตกลงไปที่ก้นแม่น้ำ (silt), หวายเป็นละเอียด (fine sand), ซากของสิ่งมีชีวิต (organic material), ก๊าซบางชนิด ซึ่งตะกอนชนิดนี้จะมีคุณสมบัติในการยึดติดกันเพราะว่ามีแรงดึงดูดทางไฟฟ้าเคมีระหว่างอนุภาคดินเหนียว และซากของสิ่งมีชีวิต (organic material) เข้าด้วยกัน ดังนั้นโคลนเลนที่พบเจอจึงอยู่ในรูปของโคลนที่จับกันเป็นกลุ่มก้อน โดยจะพบตะกอนเหล่านี้ปะปนอยู่ในน้ำและที่พื้นแม่น้ำหรือพื้นทะเล ส่วนประกอบของตะกอนจะขึ้นอยู่กับสถานที่และฤดูกาล (Iverson *et al.*, 1989) (ภาพที่ 2) พบได้บริเวณปากแม่น้ำปะเหลียน



ภาพที่ 2 ตะกอนเกาะตัว (Cohesive Sediment or Muddy Sediment)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ตะกอนไม่เกาะตัว (Non- Cohesive Sediment or Sandy Sediment)

เป็นตะกอนที่ผสมระหว่างดินทราย (silty sand) และอนุภาคดินเหนียว (Clay particles) ไม่มีคุณสมบัติในการยึดติดกัน (Iverson *et al.*, 1989) (ภาพที่ 3) พบได้ตลอดแนวชายฝั่ง และแนวกลางแม่น้ำปะเหลียน



ภาพที่ 3 ตะกอนไม่เกาะตัว (Non- Cohesive Sediment or Sandy Sediment)

ที่มา : www.google.co.th

3. คุณลักษณะของตะกอน (Sediment characteristics)

3.1 ลักษณะทางกายภาพ (Physical characteristics)

โดยปกติแล้วหากแบ่งตะกอนบริเวณพื้นที่ท้องน้ำหรือปากแม่น้ำแล้วสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ ตะกอนโคลน (Muddy Sediment) ประกอบด้วย ดินร่วนกับ ดินเหนียว มีขนาดอนุภาคประมาณ น้อยกว่า 63 มิลลิเมตร (Neilsen *et al.*, 2002, McConnachie *et al.*, 2006) และตะกอนทราย (Sandy Sediment) เป็นดินร่วนปนทราย มีขนาดอนุภาค มากกว่า 63 มิลลิเมตร (Neilsen *et al.*, 2002) โดยตะกอนทั้งสองมีความแตกต่างกันทั้งทางกายภาพและเคมี ซึ่งส่วนใหญ่แล้วตะกอนที่พบบริเวณไหล่ทวีป บริเวณปากแม่น้ำหรืออ่าว รวมทั้งบริเวณชายฝั่งจะเป็นตะกอนโคลน (Berlamont *et al.*, 1993) ซึ่งเกิดจากการกระทำร่วมกันระหว่างน้ำจืดกับน้ำทะเล (Kranck *et al.*, 1993, Droppo and Ongley, 1994, Petticrew, 1996, Boer., 1997, Phillips and Walling, 1999) ซึ่งมีองค์ประกอบสลัซซ์ชันมากกว่าตะกอนทราย และยากแก่การจำแนกเนื่องจากตะกอนโคลนมีทั้ง ดินเหนียว, ดินโคลนเลน, ซากของสิ่งมีชีวิต และก๊าซบางชนิด เป็นองค์ประกอบ ส่วนตะกอนทรายนั้นสามารถจำแนกได้ง่ายโดยใช้ความแตกต่างกันของขนาดตะกอนในการจำแนก ซึ่งขนาดของอนุภาคตะกอนเป็นผลจากการกระทำร่วมกัน ระหว่างอนุภาคเอกสารเป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าของตะกอนและความเร็วในการพัดพาตะกอนแขวนลอย (Rouse, 1937, Hunt, 1969, ไม่มีการค้นคว้าทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Smith,1977, McLean,1992) ซึ่งองค์ประกอบในตะกอนแต่ละชนิดประกอบด้วย แร่ธาตุต่างๆที่มีปริมาณและชนิดที่แตกต่างกันออกไป(Droppo,2001) เช่น อิลไลต์ มอนท์มอริลโลไนท์ และเคโอลิไนท์ เป็นต้น ปริมาณและชนิดของสารอินทรีย์ซึ่งมีที่มาและระยะเวลาไม่เหมือนกัน ปริมาณส่วนผสมของตะกอนที่มีไม่เท่ากัน รวมทั้งองค์ประกอบที่ได้จาก น้ำที่ตะกอนอยู่ต่างกัน

3.2 ลักษณะทางเคมี (Chemical Characteristics)

ลักษณะทางเคมีเป็นลักษณะภายในของดินตะกอนที่เราไม่สามารถจะมองเห็นหรือสัมผัสได้โดยตรง และมีคุณสมบัติที่เป็นทางเคมี หรือมีปฏิกิริยาที่เป็นทางเคมีที่สำคัญ เช่น

ความเป็นกรดเป็นด่างของดินตะกอน หรือ พีเอช (pH) ของดินบริเวณชายฝั่ง

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินตะกอน หรือ พีเอช จะบอกเป็นค่าตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึง 14 โดยถ้าดินมีค่าพีเอช ที่น้อยกว่า 7 ดินนั้นจะเป็นดินกรด ยิ่งค่าพีเอชน้อยกว่า 7 มาก ดินจะมีความเป็นกรดมาก ถ้าดินมี พีเอช มากกว่า 7 ดินจะมีความเป็นด่าง แต่ปกติแล้วค่าพีเอชของดินทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 5 หรือ 8 ถ้าดินมีค่าพีเอช เท่ากับ 7 พอดี แสดงว่าดินเป็นกลาง ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน มีความสำคัญมาก เพราะเป็นตัวควบคุมการละลายน้ำ ในดิน ถ้าดินมีค่าพีเอชไม่เหมาะสม ธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินจะละลายได้น้อย (ยงยุทธและคณะ, 2540)

ความจุในการดูดยึดประจุบวกของดิน

คุณสมบัติการดูดยึดธาตุประจุบวกของดินเกิดขึ้นจากการที่ดินมีแร่ดินเหนียว ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอนุภาคดินเหนียวของดิน แร่ดินเหนียวมีโครงสร้างเป็นผลึก มีลักษณะแบนบางเหมือนแผ่นกระดาษ ผลึกเหล่านี้เรียงซ้อนทับกันเหมือนกับหน้าหนังสือ แต่มีขนาดเล็กมากมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น เนื่องจากผลึกของโครงสร้างของแร่ดินเหนียวมีประจุไฟฟ้าลบ จึงมีผลทำให้อนุภาคดินเหนียวมีประจุไฟฟ้าลบด้วย แต่จะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดของแร่ดินเหนียวที่เป็นองค์ประกอบ และสามารถวิเคราะห์หาปริมาณจำนวนประจุทั้งหมดของดินได้ ค่าปริมาณของประจุลบต่อหน่วย น้ำหนักของดิน เรียกว่า "ความจุในการดูดยึดประจุบวกของดิน" ซึ่งถือว่าเป็นคุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของดิน เนื่องจากเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการดูดยึดและแลกเปลี่ยนประจุบวก ซึ่งควบคุมระดับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ความรุนแรงของสภาพความเป็นกรด ความเค็มของดิน และความยุ่งยากในการแก้ไข นอกจากนี้ยังมีส่วนควบคุมหรือด้านทานการเปลี่ยนแปลงของดินต่อสภาพแวดล้อม และสารที่เป็นพิษ หรือเป็นอันตรายต่อสิ่งที่มีชีวิต พืช สัตว์ หรือมนุษย์ คุณสมบัติของดินเนื่องจากมีประจุไฟฟ้าลบเป็นประโยชน์ในการด้านทาน สารพิษที่เกิดขึ้นในดิน ถ้าเป็นดินเหนียวจะมีความสามารถสูง แต่ถ้าเป็นดินทราย จะมีความสามารถต่ำอย่างมาก เพราะไม่มีแร่ดินเหนียวหรือมีก็น้อย อนุภาคของดินที่เป็นทราย และอนุภาคตะกอนหรือซิลท์จะไม่มีประจุลบ (ยงยุทธและคณะ, 2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเค็มของดินหรือตะกอน

ความเค็มของดินตามธรรมชาติไม่ได้เกิดขึ้นทั่วไป แต่ถ้าพบว่าเกิดขึ้นกับดิน ณ บริเวณใด บริเวณหนึ่งจะเป็นอุปสรรคอย่างมากต่อการปลูกพืช ความเค็มของดินเกิดจากการที่มีสารละลายของเกลือสะสมอยู่ในดินเป็นจำนวนมาก ที่สำคัญ ได้แก่ เกลือโซเดียมคลอไรด์ หรือเกลือแกลั่นเอง ดินเค็มที่พบตามชายทะเล ที่มาของเกลือก็คือจากน้ำทะเล ซึ่งครั้งหนึ่งดินบริเวณนั้นได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลมาก่อน เช่น เคยมีน้ำทะเลเล็ขึ้นมาท่วม หรือเป็นดินที่เกิดจากตะกอนที่พัดมาทับถมโดยน้ำทะเล (ยงยุทธและคณะ, 2540)

3.3 ลักษณะทางชีวภาพ (Biological Characteristic)

เนื่องจากตะกอนนั้นเป็นส่วนหนึ่งในแหล่งน้ำ ดังนั้นสิ่งมีชีวิตที่จะสามารถพบได้ในตะกอน ก็จะเป็นสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ ซึ่งมีทั้งสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ที่อาศัยอยู่ตามพื้นท้องน้ำหรือสัตว์หน้าดิน (Benthic fauna or Benthos) และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก (Benthic planktons)

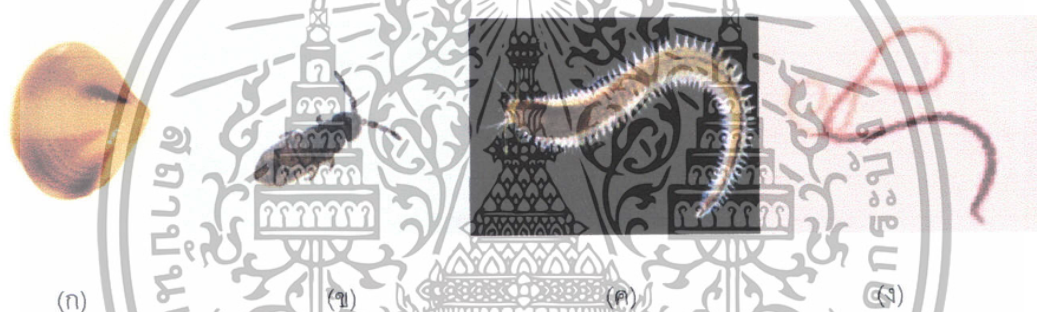
สัตว์หน้าดิน (Benthic fauna or Benthos) หมายถึง สิ่งมีชีวิตประเภทสัตว์ที่อาศัยอยู่บนหรือฝังตัวตามพื้นท้องน้ำหรือพื้นทะเล และเมื่อร่อนผ่านตะแกรงจะติดค้างอยู่ในตะแกรงขนาดตา 0.5 - 1.0 มิลลิเมตร ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสัตว์จำพวกที่ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น ไส้เดือนทะเล ครัสตาเซียน หอยฝาเดียว และหอยสองฝา ฯลฯ สัตว์หน้าดินยังรวมถึงปลาต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ตามหน้าดินด้วย (ยงยุทธและคณะ, 2540)

สัตว์หน้าดินมีความสำคัญต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำหลายประการด้วยกัน สัตว์หน้าดินหลายชนิดเป็นอาหารของสัตว์น้ำ เช่น Coppepods, Tanaidacea ความชุกชุมและมวลชีวภาพของสัตว์หน้าดินจึงเป็นดัชนีบอกความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ สัตว์หน้าดินมีบทบาทสำคัญต่อการหมุนเวียนของสารอาหารที่สะสมอยู่ในตะกอนดินกลับสู่มวลน้ำ สัตว์หน้าดินที่ดำรงชีพด้วยการฝังตัวอยู่ในตะกอนดิน จะกวาดตะกอนดิน ช่วยให้ออกซิเจนสามารถแพร่ลงสู่ตะกอนดินได้ ลดการเน่าเสียของตะกอนดินได้และที่สำคัญในปัจจุบันนิยมใช้สัตว์หน้าดินชี้ถึงมลภาวะในแหล่งน้ำกันอย่างแพร่หลาย สัตว์หน้าดินเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทสำคัญในห่วงโซ่อาหารในทะเลสาบสงขลาตอนนอก และทะเลสาบสงขลาตอนใน แม้ว่าทะเลสาบสงขลาจะเป็นแหล่งน้ำกร่อยที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มช่วงกว้างมาก แต่ก็มีสัตว์หน้าดินหลายชนิดที่สามารถแพร่กระจายได้อย่างกว้างขวาง และมีปริมาณสูงในช่วงเวลาที่แตกต่างกันไป สัตว์หน้าดินเหล่านี้มีความสามารถในการปรับตัวได้ดี และเป็นแหล่งอาหารหลักที่สำคัญของสัตว์น้ำอื่น ๆ เช่น ปลากระชี่ลิง ปลาหัวอ่อน และปลาคอดหัวโหม่ง ซึ่งเป็นปลาที่มีมากในทะเลสาบสงขลา จึงส่งผลให้สัตว์น้ำในทะเลสาบสงขลา มีความหลากหลายสูง ตัวอย่างสัตว์หน้าดินที่มีความสำคัญในห่วงโซ่อาหารของทะเลสาบสงขลา ได้แก่ *Apseudes sapensis* ซึ่งเป็นอาหารของปลาและสัตว์น้ำหลายชนิดในทะเลสาบสงขลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณที่เป็นน้ำกร่อย แต่พบน้อยบริเวณใกล้ปากทะเลสาบสงขลา และไม่พบเลยในทะเลน้อย เนื่องจากสัตว์หน้าดินชนิดนี้ไม่ชอบอยู่ในน้ำจืด เนื่องจากสัตว์หน้าดินชนิดนี้ไม่ชอบอยู่ในน้ำจืด และเชื่อว่ามีสิ่งมีชีวิตอีกหลาย ๆ ชนิดที่มีการปรับตัวเช่นเดียวกันนี้ (ยงยุทธและคณะ, 2540)

สัตว์หน้าดิน พบว่ามีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของทรัพยากรสัตว์น้ำบางชนิด เช่น ปลา เนื่องจากสัตว์หน้าดินมีความสำคัญในห่วงโซ่อาหารของระบบนิเวศ โดยทำหน้าที่กินผู้ผลิตหรือผู้บริโภคชั้นแรกเป็นอาหาร และต่อมาก็จะถูกสัตว์น้ำที่มีขนาดใหญ่กว่ากินเป็นอาหารอีกทอดหนึ่ง นอกจากนั้นชนิดและจำนวนของสัตว์หน้าดิน มักถูกนำมาใช้เป็นเครื่องชี้บอกความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ และใช้ในการติดตามตรวจสอบสภาวะแวดล้อมทางน้ำ สัตว์หน้าดินอีกหลายชนิดที่สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องชี้บอกภาวะมลพิษทางน้ำได้ เช่น *Capitella* sp. (ยงยุทธและคณะ, 2540)

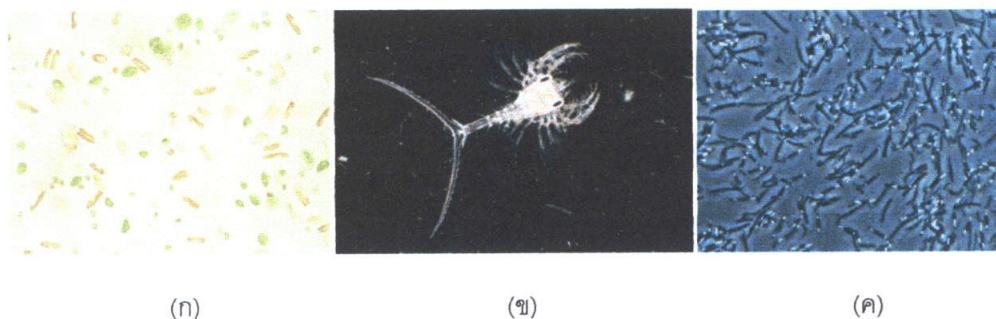


ภาพที่ 4 สัตว์หน้าดิน; หอยตลับ(ก), Spring tail(ข), Polychaete(ค), *Tubifex* sp.(ง)

ที่มา : www.google.co.th

สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก (Benthic planktons) ประกอบด้วย แพลงก์ตอน (plankton) คือ สิ่งมีชีวิต ทั้งพืชและสัตว์ขนาดเล็กที่ลอยลอยไปตามกระแสน้ำ ไม่สามารถว่ายน้ำไปยังทิศทางที่ต้องการอย่างอิสระ ใช้ระยะเวลาทั้งหมด หรือบางส่วนในช่วงเวลาของการเติบโต และสืบพันธุ์ในแหล่งน้ำ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) คือสาหร่ายต่างๆ เช่น ไดอะตอม เป็นต้น แพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) คือ โพรทิสต์พวกโปรโตซัว แมงกะพรุน หิวู้น ตัวอ่อนของสัตว์หลายชนิด เช่น กุ้ง ปู กุ้ง หอย ปลาบางชนิด เป็นต้น และแบคทีเรีย (bacteria) เมื่อมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจะทำให้มีความขุ่นสูงขึ้น แพลงก์ตอนพืชต้องการเกลือแร่, คาร์บอนไดออกไซด์, น้ำ และแสงแดด ส่วนแพลงก์ตอนสัตว์กินพวกแพลงก์ตอนพืชที่ยังมีชีวิตและตายแล้ว รวมทั้งเศษอินทรีย์วัตถุ (Organic matter) ในน้ำเป็นอาหาร ส่วนแบคทีเรียอาศัยอินทรีย์วัตถุที่เน่าสลายเป็นอาหาร (ภาพที่ 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)

(ค)

ภาพที่ 5 สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตะกอน; Phytoplankton(ก), Zooplankton(ข), Bacteria(ค)

ที่มา : www.google.co.th

4. กระบวนการเกิดตะกอน

4.1 การผุพัง (Weathering)

เป็นกระบวนการที่ทำให้หินแตกออกเป็นชิ้นเล็กๆ ด้วยกรรมวิธีต่างๆ จาก ลม ไฟ อากาศ สารละลาย และรวมทั้งการกระทำของต้นไม้ แบคทีเรีย ตลอดจนการแตกตัวทางกลศาสตร์ มีการเพิ่มอุณหภูมิและลดอุณหภูมิสลับกัน ภาพที่ 6 แสดงให้เห็นถึงการผุพังของหินชั้นบน



ภาพที่ 6 ภูเขาหินแกรนิตซึ่งกำลังผุพังจากสภาพลมฟ้าอากาศ

ที่มา : www.navy.mi.th

การผุพังแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือการผุพังอยู่กับที่เชิงกลและการผุพังอยู่กับที่เชิงเคมี ซึ่งการผุพังทั้งสองประเภทนี้จะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ แต่เมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ ก็ทำให้หินพังทลาย
เอกสารนี้เป็นตะกอนได้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผุพังเชิงกล (Mechanical Weathering) คือ กระบวนการผุพังอยู่กับที่ที่ทำให้หินหรือสารอื่น ๆ แตกออกเป็นตะกอนได้ โดยมีตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการผุพังเชิงกล ได้แก่

1). ความร้อนและความเย็น โดยความร้อนจากดวงอาทิตย์หรือไฟฟ้าทำให้ด้านนอกของหินร้อนกว่าด้านในของหิน ทำให้ด้านนอกของหินหลุดออกเป็นแผ่น ๆ ส่วนความเย็นได้มาจากฝนซึ่งทำให้หินที่ร้อนเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว จึงทำให้หินแตกออกเป็นรอยแยกได้

2). การแข็งตัวและการละลาย เกิดจากน้ำที่อยู่ในรอยแตกของหินแข็งตัว น้ำจะขยายตัวทำให้รอยแยกของหินใหญ่มากขึ้น และทำให้พื้นถนนเกิดเป็นหลุมเป็นบ่อ

3). การเจริญเติบโตของต้นไม้ โดยเกิดจากการไซซอนของรากต้นไม้ไปตามรอยแยกของหิน เมื่อรากต้นไม้ใหญ่ขึ้น ก็สามารถทำให้หินแตกออกได้

4). การครูดถู เป็นการเสียดสีกันระหว่างหินกับทรายและเศษหินเล็ก ๆ ที่มากับน้ำ น้ำแข็งลมและแรงโน้มถ่วงของโลก ทำให้หินที่ถูกเสียดสีเกิดการเปลี่ยนแปลงได้

5). การกระทำของสัตว์ พบว่าสัตว์ที่ขุดรูอยู่ในพื้นดิน เช่น หนู ตัวตุ่น แมลงบางชนิดช่วยทำให้หินในดินเกิดการแตกหลายออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ได้ (www.dmr.go.th)

การผุพังเชิงเคมี (Chemical Weathering) เป็นกระบวนการที่ทำให้หินแตกสลายออกเป็นตะกอน โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยมีตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการผุพังเชิงเคมี ได้แก่

1). น้ำ เป็นตัวการสำคัญที่สุด ทำให้เกิดการผุพังได้โดยการละลาย

2). แก๊สออกซิเจน หินที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบจะทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนในสภาวะที่มีน้ำอยู่ด้วย และเกิดเป็นสนิม สนิมทำให้หินอ่อนตัวลงและแตกเป็นชิ้นเล็ก ๆ และให้สีน้ำตาลหรือสีแดง

3). แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สนี้จะละลายรวมตัวกับน้ำฝนและน้ำที่อยู่ในช่องอากาศในดิน ทำให้เกิดเป็นกรดอ่อน เรียกว่า กรดคาร์บอนิก ซึ่งทำให้หินประเภทหินปูนและหินอ่อนผุพังได้

4). สิ่งมีชีวิต พบว่ารากพืชเมื่อเติบโตขึ้นจะผลิตกรดอ่อนที่สามารถละลายหินรอบ ๆ รากได้ และสิ่งมีชีวิตที่คล้ายพืช เรียกว่า ไลเคน (Lichens) ที่เติบโตบนหิน จะสร้างกรดอ่อนที่ทำให้หินผุพังได้ ปัจจัยสำคัญต่ออัตราการผุพังขึ้นอยู่กับ 1). ภูมิอากาศ การผุพังจะเกิดขึ้นได้เร็วในภูมิอากาศที่ร้อนชื้น และมีฝนตกอยู่เสมอ 2). ชนิดของหิน หินที่มีแร่ธาตุที่ละลายน้ำยากเป็นองค์ประกอบจะผุพังช้ากว่าหินที่มีแร่ธาตุที่ละลายน้ำง่ายเป็นองค์ประกอบ เช่น หินชนวนจะคงทนการผุพังได้ดีกว่าหินอ่อน (www.dmr.go.th)

4.2 การกัดเซาะ (Erosion)

กระบวนการที่ทำให้สารเปลือกโลกหลุด ละลายไป หรือกร่อนไป โดยมีสาเหตุมาจากตัวการธรรมชาติ ซึ่งได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกัดเซาะโดยกระแสน้ำ กระแสน้ำจะเซาะเปลือกโลกให้สึกกร่อนพังทลายลงมา และพัดพาเอาชิ้นส่วนต่างๆ ที่หลุดออกมาให้เคลื่อนที่ไปในรูปของตะกอน การที่กระแสน้ำกัดเซาะบริเวณริมฝั่งแม่น้ำจนพังทลายไป เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เปลือกโลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ โดยรูปร่างของแม่น้ำ จะมีผลต่อการไหลของน้ำและการทับถมของตะกอน

การกัดเซาะโดยกระแสนลม ลมเป็นปัจจัยที่มีผลน้อยที่สุดต่อการเกิดการกร่อน แต่อย่างไรก็ดี กระแสนลมจะทำให้เปลือกโลกเกิดการกร่อนได้มาก ถ้าบริเวณนั้นเป็นเขตที่แห้งแล้งผิวดินขาดพืชคลุมดิน เช่น เขตทะเลทราย บริเวณที่ป่าไม้ถูกทำลาย และภูเขาที่โล่งเตียน

การกัดเซาะโดยคลื่น คลื่นทำให้เกิดการกัดเซาะตามแนวชายฝั่ง โดยคลื่นจะกัดเซาะพื้นดิน และคลื่นขนาดใหญ่จะปะทะกับ หินต่างๆ ที่อยู่ตามแนวชายฝั่งทะเลด้วยแรงมหาศาล ในที่สุดก็จะทำให้หินแตกออกเป็นชิ้นตะกอนได้ และคลื่นยังทำให้รอยแยกเล็กๆ ของหินมีขนาดใหญ่ขึ้น ในที่สุดก็จะเกิดการพังทลายลงมา (ภาพที่ 7)



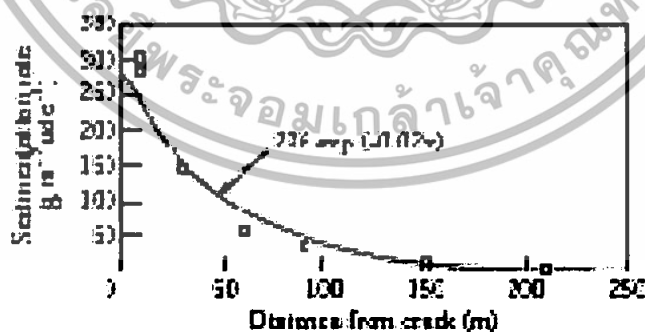
ภาพที่ 7 การกัดเซาะโดยกระแสน้ำ

ที่มา : www.dmr.go.th

4.3 การพัดพา (Transportation)

กระบวนการที่แรงธรรมชาตินำเอาหิน ดินที่ผุพังสึกกร่อนจากที่หนึ่งไปยังที่หนึ่ง การเคลื่อนที่ของมวลหิน ดิน ทราย โดยกระแสน้ำ กระแสนลม หรือธารน้ำแข็ง ภายใต้แรงดึงดูดของโลก อนุภาคขนาดเล็กจะถูกพัดพาให้เคลื่อนที่ไปได้ไกลกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ ซึ่งขนาดของอนุภาคเป็นผลจากการกระทำร่วมกันระหว่าง อนุภาคตะกอน และความเร็วในการพัดพาตะกอน แชนวอลอย (Rouse, 1937, Hunt, 1969, Smith, 1977, McLean, 1992) วัตถุที่แม่น้ำพัดพาไป ได้แก่ วัตถุลอยน้ำได้ทั้งขนาดใหญ่ และขนาดเล็ก วัตถุที่ละลายและแขวนลอยอยู่ในน้ำ กำลังการพัดพาเอกลำน้ำเป็นเอกลำน้ำที่ส่งวนเวียนสำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อน้ำที่เห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าขึ้นอยู่กับความเร็วของกระแสน้ำ ถ้าเร็วมากก็จะพัดพาวัตถุไปได้มาก ถ้าเร็วน้อยก็พัดพาไปได้น้อย ไม่รู้กันว่าแต่ละแห่งนั้น อีกที่หนึ่งมีเหตุตบแต่งเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

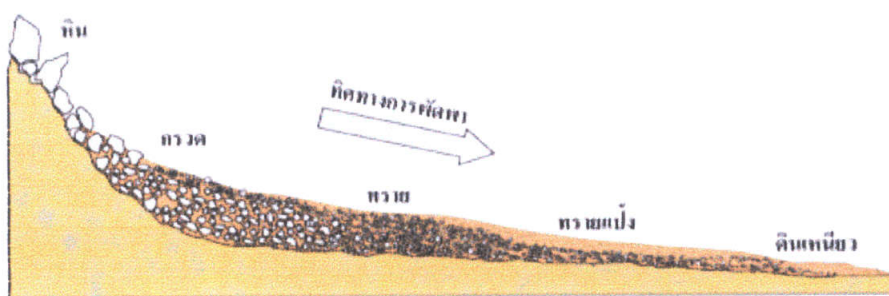
ซึ่งจากการศึกษาของ Topping *et al.*(2000) พบว่าตะกอนละเอียดจะตกตะกอนได้ช้ากว่าตะกอนหยาบ แสดงให้เห็นได้ว่าเมื่อกระแสน้ำมีความเร็วเพิ่มขึ้นตะกอนละเอียดจะถูกพัดพาไปตามกระแสน้ำได้ดีกว่าตะกอนหยาบ และ Furukawa *et al.*(1997) พบว่าตะกอนบริเวณป่าชายเลนซึ่งส่วนใหญ่เกือบ 95% เป็นตะกอนโคลนนั้นจะมีการเคลื่อนตัวไปได้ไม่ไกลมากเนื่องจากตะกอนมีความคงตัวสูง แต่จะเกิดการฟุ้งกระจายได้ดีแต่ตกตะกอนเร็ว Deloffre *et al.* (2005) พบว่าการกระจายตัวและการเคลื่อนที่ของตะกอนจะพบในรูปของสารละลายตะกอนและตะกอนแขวนลอย ซึ่งการเคลื่อนที่ของตะกอนเกิดขึ้นโดยอิทธิพลของน้ำ ตะกอนแขวนลอย (Suspended particulate sediment :SPM) มีอนุภาคขนาด 0.40 – 100 μm การขึ้น - ลงของน้ำมีผลให้ขนาดตะกอนแขวนลอยเปลี่ยนแปลง เนื่องจากการขึ้น - ลงของน้ำเป็นตัวการที่ทำให้เกิดการกร่อนของตะกอน การพัดพาของตะกอนและการทับถมของตะกอน กระแสน้ำจะแยกขนาดของอนุภาค โดยน้ำจากที่สูงจะมีกำลังมากสามารถพัดพาอนุภาคได้ทุกขนาดมาด้วย จากนั้นกระแสน้ำจะพัดพาไปเรื่อย ตะกอนจะตกลงตามลำดับของขนาดเมื่อกระแสน้ำอ่อนกำลังลงตะกอนขนาดใหญ่จะตกลงมาก่อน เพราะน้ำหนักที่มากทำให้กระแสน้ำไม่สามารถพัดพาไปได้ไกล กำลังของน้ำลดลงขนาดของตะกอนที่ตกก็จะมีขนาดลดลงตามลำดับ บริเวณต้นน้ำจะพบตะกอนขนาดใหญ่ และไกลออกไปจะมีขนาดเล็กลง และFurukawa *et al.* (1996)พบว่าระยะทางในการพัดพาตะกอนของน้ำจะแปรผกผันกับอัตราการตกตะกอน คือ เมื่อระยะทางในการพัดพาตะกอนน้อยจะทำให้อัตราการตกตะกอนมาก ในทางเดียวกันเมื่อระยะทางในการพัดพาตะกอนมากจะทำให้อัตราการตกตะกอนน้อย (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 อัตราการตกตะกอนโดยวัดจากระยะทาง

ที่มา : Furukawa *et al.*, (2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 9 การคัดขนาดตะกอนด้วยการพัดพาของน้ำ

ที่มา : www.navy.mi.th

4.3.1 รูปแบบการพัดพาของตะกอนในแม่น้ำที่แยกเป็น 2 สาขา

ขนาดของอนุภาคจะไม่มีอย่างต่อเนื่องถึง 1). ขนาดของอนุภาคมีการกระจายเป็นบริเวณกว้างในทางน้ำหลัก 2). มีทางโค้งทำให้อนุภาคขนาดเล็กอยู่โค้งด้านใน และอนุภาคขนาดใหญ่อยู่โค้งด้านนอก 3). ความกว้างของทางโค้งในแม่น้ำสาขา จะพบเฉพาะอนุภาคขนาดใหญ่แต่ไม่มีอนุภาคขนาดเล็ก Frings (2007)

ตารางที่ 1 ขนาดของอนุภาคตะกอน

ขนาดอนุภาค(มิลลิเมตร)	ชื่อเรียก	ประเภทของตะกอน	ชนิดของหินตะกอน
มากกว่า 256	ก้อนหินใหญ่	กรวด	หินกรวดมน
น้อยกว่า 256	ก้อนหินเล็ก		หินกรวดเหลี่ยม
น้อยกว่า 64	กรวดมน		
น้อยกว่า 2	อนุภาคทราย	ทราย	หินทราย
น้อยกว่า 0.02	อนุภาคทรายแป้ง	โคลน	หินดินดาน หินโคลน
น้อยกว่า 0.002	อนุภาคดินเหนียว		

ที่มา : www.navy.mi.th

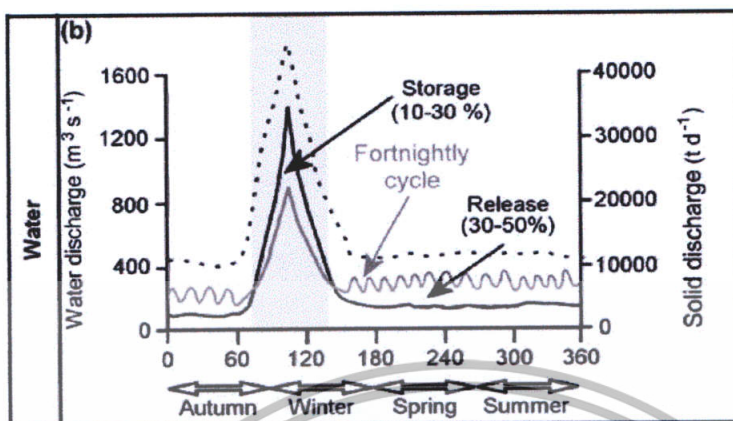
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การตกตะกอน (Sedimentation หรือ Deposition)

กระบวนการที่ตัวกลางซึ่งทำให้เกิดการพัดพา เช่น กระแสน้ำ กระแสลม อ่อนกำลังลง ตะกอนที่ถูกพัดพาจะตกตะกอน และ ทับถมกันทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมि ความกดดัน ปฏิกริยาเคมี และเกิดการตกผลึก หินตะกอนที่อยู่ชั้นล่างจะมีความหนาแน่นสูงและมีเนื้อละเอียดกว่าชั้นบน เนื่องจากแรงกดดันซึ่งเกิดขึ้นจากน้ำหนักตัวทับถมกันเป็นชั้นๆ การทับถมจึงขึ้นอยู่กับความเร็วของกระแสน้ำ และความลาดเทของท้องน้ำ ถ้ากระแสน้ำมีความเร็วลดลง เช่น เมื่อแม่น้ำไหลลงสู่ทะเลสาบ ทะเล หรือ มหาสมุทร จะมีการทับถมและตกตะกอนมาก เช่น สันดอนที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา นอกจากนั้นพื้นท้องน้ำที่มีความลาดเทน้อย ก็จะมีการทับถมของตะกอนขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งการตกตะกอนในบริเวณแหล่งน้ำต่างๆนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านกายภาพ เช่น ลักษณะของตะกอน ขนาดของอนุภาคตะกอน และความเร็วของกระแสน้ำบริเวณนั้น รวมทั้งปัจจัยทางด้านเคมี เช่น ระดับความเข้มแสงในรอบวัน และปัจจัยทางด้านชีวภาพ เช่น ปริมาณสิ่งมีชีวิตพื้นท้องน้ำ (Berlamont , 1993) จากการศึกษาของ Deloffre *et al.* (2005) ตะกอนทับถมของดินดอนปากแม่น้ำ ตะกอนในบริเวณนี้ส่วนใหญ่จะมาจากแผ่นดินโดยถูกพัดพามากับน้ำที่ไหลลงสู่ทะเลกรณีพื้นที่รับน้ำมีดินหรือฝุ่นตะกอนเป็นจำนวนมาก ตะกอนเหล่านี้จะมีมากจนน้ำกลายเป็นโคลน ซึ่งการทับถมกันของอนุภาคตะกอนเหล่านี้ได้เกิดทางลาดที่เป็นโคลนเรียกโคลนชายฝั่ง (Mudflat) Deloffre *et al.* (2005) รายงานว่าในช่วงที่อัตราการไหลสูงมีการปล่อยอนุภาคสารแขวนลอย (Suspended particulate sediment :SPM) เมื่ออัตราการไหลลดลงจึงเกิดการสะสมตะกอน ปริมาณสารแขวนลอยที่พบแสดงได้ถึงการเคลื่อนที่ของอนุภาคตะกอนที่ถูกกักกรองและถูกพัดพาไปตามกระแสน้ำ ที่ช่วงพักตะกอน (น้ำไม่ไหล ไม่มีการพัดพาตะกอน) เป็นผลให้น้ำเกิดความขุ่นและมีการสะสมตะกอน วงรอบของการเกิดตะกอนและการกรองของตะกอน พบว่าในช่วงที่อัตราการไหลสูงมีการสะสมตะกอน 10 – 30 % และในช่วงที่อัตราการไหลต่ำมีการปล่อยอนุภาคตะกอนแขวนลอย (SPM) 30 – 50 % แสดงในภาพที่ 10

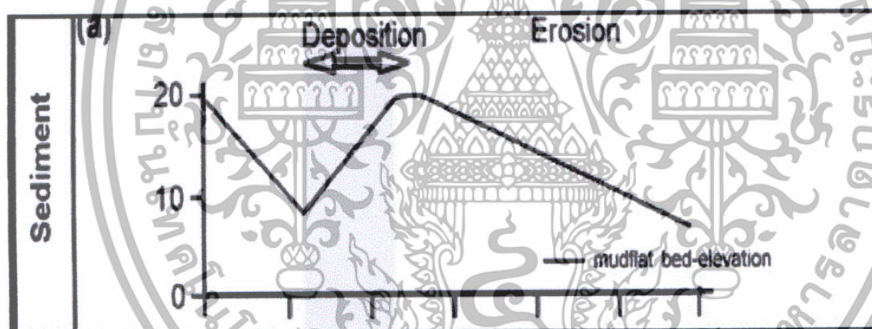
ความสัมพันธ์ระหว่างการกัดเซาะของตะกอน การพัดพาของตะกอน และการสะสมตะกอนที่มีการพิจารณาถึงอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำที่ช่วงน้ำหลากกระแสน้ำมีอัตราการเคลื่อนที่สูงมีการกวาดตัวของมวลน้ำทำให้ตะกอนฟุ้งกระจาย เข้าสู่ช่วงน้ำลดอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ลดลง ปริมาณน้ำลดลง เกิดการตกตะกอนและมีการทับถมกันกลายเป็นชั้นที่มีตะกอนสะสม เมื่อปริมาณตะกอนที่สะสมบริเวณพื้นท้องน้ำมากเกินพอ ทำให้เกิดตะกอนแขวนลอยที่ถูกพัดพาไปตามกระแสน้ำเมื่ออัตราเร็วลดลงอนุภาคตะกอนสามารถรวมกลุ่มกันและเกิดการสะสมตะกอน เกิดตะกอนแขวนลอยและการพัดพาตะกอนเป็นวัฏจักรการเคลื่อนที่ของตะกอน (ภาพที่12) (Jack, 1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 10 แสดงการสะสมของตะกอนในแต่ละฤดู

ที่มา : Deloffre *et al.*, (2005)

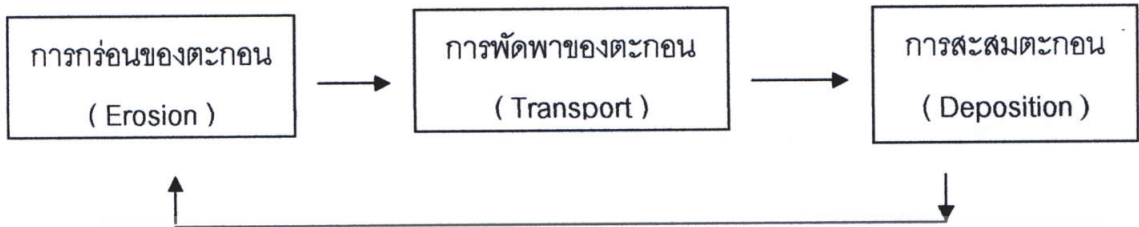


ภาพที่ 11 แสดงการสะสมของตะกอน

ที่มา : Deloffre *et al.*, (2005)

เช่น การศึกษาของ Wolanski *et al.* (2006) ที่ปากแม่น้ำDaly พบว่า ตะกอนละเอียดที่เป็นพวกทรายและดินเหนียว จะถูกกระแสน้ำพัดพาไปในรูปของตะกอนแขวนลอย เมื่อมีน้ำจืดไหลลงมา รวมกันจะทำให้ตะกอนแขวนลอยเหล่านั้นรวมตัวกันเป็นก้อนขนาดใหญ่แล้วตกลงในบริเวณพื้นล่างของปากแม่น้ำ ซึ่งมีตะกอนประมาณ 5-15 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี ซึ่งตะกอนเหล่านี้จะส่งผลให้ปากแม่น้ำตื้นเขินขึ้นและทำให้พื้นที่บริเวณนั้นเพิ่มขึ้นอีก 0.025 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



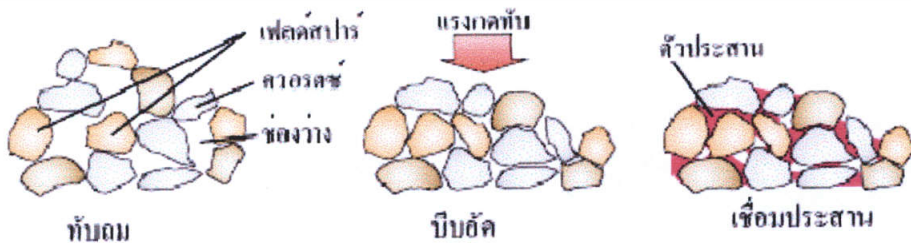
ภาพที่ 12 ไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ของกระบวนการที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของตะกอน
ที่มา : Jack (1999)

4.5 การแข็งตัวหรือการกลายเป็นหิน (Lithification)

ตะกอนที่มาสะสมตัวจะผ่านกระบวนการที่ทำให้ตะกอนเหล่านี้แข็งตัว และกลายเป็นหิน
ในที่สุด (www.dmr.go.th)

4.5.1 การอัดตัว (compaction) การที่ตะกอนซึ่งทับถมกันมีปริมาตรมากขึ้นน้ำหนักจาก
การกดทับของตะกอนส่วนบนทำให้ตะกอนส่วนล่างเกิดการอัดกันแน่น น้ำในตะกอนไหลออก ทำ
ให้ปริมาตรลดลง ตะกอนเม็ดละเอียดจะถูกลดขนาดมากกว่าตะกอนหยาบ

4.5.2 การเชื่อมประสาน (Cementation) มักจะเกิดกับตะกอนขนาดใหญ่ เมื่อเศษตะกอน
ทับถมกันจะเกิดโพรงขึ้นประมาณ 20 - 40% ของเนื้อตะกอน น้ำพาสเจอร์ละลายเข้ามาแทนที่
อากาศในโพรง เมื่อเกิดการทับถมกันจนมีน้ำหนักมากขึ้น เนื้อตะกอนจะถูกทำให้เรียงชิดติดกันทำ
ให้โพรงจะมีขนาดเล็กลง จนน้ำที่เคยมีอยู่ถูกขับไล่ออกไป สสารที่ตกค้างอยู่ทำหน้าที่เป็นซีเมนต์
เชื่อมตะกอนเข้าด้วยกันกลับเป็นหินอีกครั้ง (ภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 ขั้นตอนที่ตะกอนกลับคืนเป็นหิน

ที่มา : www.navy.mi.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 การตกผลึก (Crystallization) เป็นการตกผลึกทางเคมีของแร่จากสารละลายในสภาวะความดัน ละอุนหนุมีปกติ ทำให้เกิดการจับตัวกันกลายเป็นหิน

5. ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคของตะกอน และความชันของลำน้ำ

จากการศึกษาของ Frings (2008) ซึ่งพบว่ากระแสน้ำจะทำให้ตะกอน หรือ กรวดทรายขนาดใหญ่ แตกตัวเป็นตะกอนที่มีขนาดเล็กลง โดยน้ำจากที่สูงจะมีความเร็วของน้ำมาก และสามารถพัดพาอนุภาคของตะกอนขนาดต่างๆ โดยตะกอนจะตกลงตามลำดับของขนาดอนุภาคคือตะกอนขนาดใหญ่จะตกตะกอนลงมาก่อน เพราะน้ำหนักที่มากทำให้กระแสน้ำไม่สามารถพัดพาไปได้ไกล และเมื่อความเร็วของน้ำลดลง ขนาดของตะกอนที่ตกตะกอนก็จะมีขนาดลดลงตามไปด้วย ซึ่งบริเวณต้นน้ำจะพบตะกอนขนาดใหญ่ และไกลออกไปจะมีขนาดเล็กลง



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องแยกขนาดอนุภาคตะกอน
2. Grab
3. GPS
4. Sediment core
5. กล้องไฟม
6. ภาชนะพลาสติก
7. ข้อนตักสาร
8. เครื่องชั่งสาร
9. กระดาษ label
10. แผนที่ประเทศไทย อัตราส่วน 1:50,000 WGS 84 ลำดับชุด L7018 ระวัง 4923 I (อำเภอองครักษ์) โดย กรมแผนที่ทหาร
11. แผนที่ประเทศไทย อัตราส่วน 1:50,000 WGS 84 ลำดับชุด L7018 ระวัง 4923 IV (อำเภอกันตัง) โดย กรมแผนที่ทหาร

วิธีการทดลอง

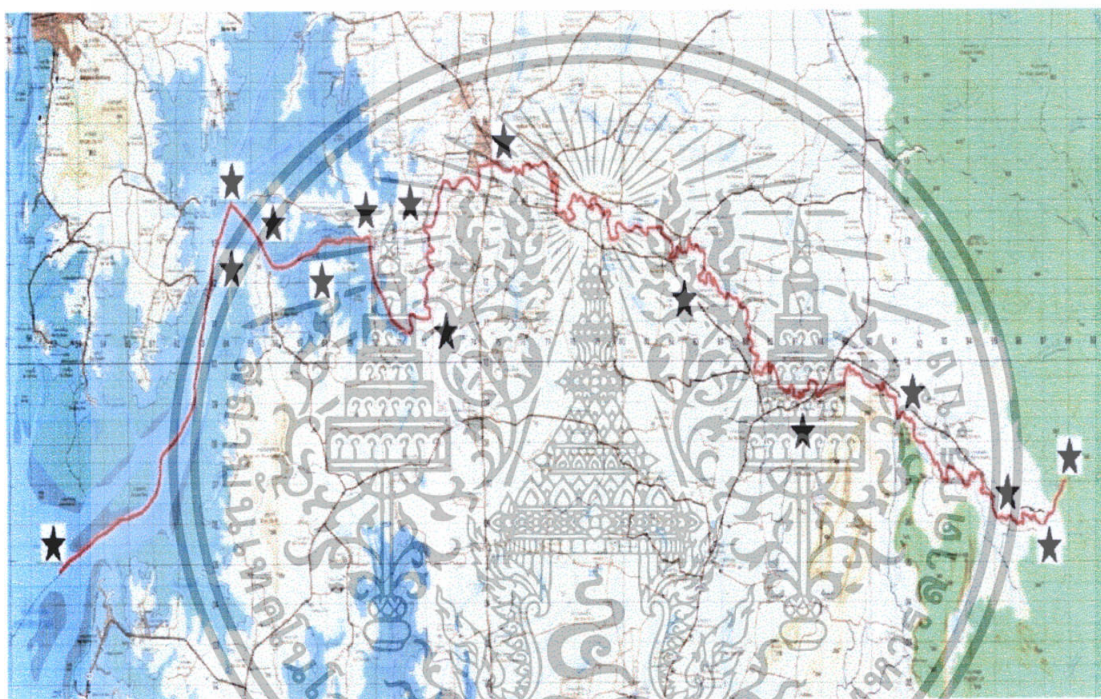
1. การเก็บตัวอย่างตะกอน

การเก็บตัวอย่างตะกอนของแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนในบริเวณสถานีที่มีความชันของลำน้ำต่างกันทั้งหมด 15 สถานี เริ่มจากบริเวณต้นน้ำ, กลางน้ำ และปลายน้ำ โดยจะใช้ GPS กำหนดพิกัดจุดเก็บทุกครั้งที่ทำกรเก็บตัวอย่างตะกอน (ภาพที่ 14)

- 1.1 โตนเต๊ะ (PL 1) พิกัด 0597375, 0806339
- 1.2 โตนตก (PL 2) พิกัด 0597473, 0804958
- 1.3 บ้านแดนหมี่ (PL 3) พิกัด 0595277, 0806111
- 1.4 บ้านลำแคลง (PL 4) พิกัด 0591224, 0809092
- 1.5 บ้านปะเหลียน (PL 5) พิกัด 0587815, 0809214
- 1.6 บ้านหนองเจ็ดบาท (PL 6) พิกัด 0583150, 0812170
- 1.7 จุดเชื่อมต่อคลองลำชานกับคลองปะเหลียน (PL 7) พิกัด 0575185, 0815865
- 1.8 บ้านท่าบันได 1 (PL 9) พิกัด 0571969, 0813369

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับ (PL 10) พิกัด 0572235, 0811186 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.10 บ้านท่าบันได 2 (PL 11) พิกัด 0569882, 0813048
- 1.11 เกาะกา (PL 12) พิกัด 0567651, 0812627
- 1.12 ถัดจากเกาะกา (PL 13) พิกัด 0567459, 0813222
- 1.13 เกาะกลาง (PL 14) พิกัด 0563926 ,0814068
- 1.14 เกาะสองไร่ (PL 15) พิกัด 0564217,0812544
- 1.15 ปากแม่น้ำปะเหลียน (PL 16) พิกัด 0558938, 0805118



ภาพที่ 14 พื้นที่ทำการศึกษา

ที่มา : แผนที่ประเทศไทย อัตราส่วน 1:50,000 WGS 84 ลำดับชุด L7018 ระวัง 4923 I

(อำเภอองครักษ์), แผนที่ประเทศไทย อัตราส่วน 1:50,000 WGS 84 ลำดับชุด L7018 ระวัง

4923 IV (อำเภอกันตัง) โดย กรมแผนที่ทหาร

2. การวิเคราะห์ค่าความชันของลำน้ำแต่ละสถานี

การวิเคราะห์ค่าความชันของลำน้ำแต่ละสถานี จากตำแหน่งพิกัดเพื่อนำไปวิเคราะห์กับแผนที่

2.1 แผนที่ประเทศไทย อัตราส่วน 1:50,000 WGS 84 ลำดับชุด L7018 ระวัง 4923 I

(อำเภอองครักษ์) โดย กรมแผนที่ทหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 แผนที่ประเทศไทย อัตราส่วน 1:50,000 WGS 84 ลำดับชุด L7018 ระวัง 4923 IV (อำเภอกันตัง) โดย กรมแผนที่ทหาร

3. การเตรียมตัวอย่างตะกอน

- 3.1 นำตะกอนที่เก็บจากพื้นท้องน้ำของแม่น้ำปะเหลียน มาทำการตากลมให้แห้งสนิท
- 3.2 นำตะกอนที่แห้งสนิทแล้วบรรจุลงในภาชนะพลาสติกเพื่อเตรียมการวิเคราะห์ต่อไป

4. การทดลอง

4.1 นำตะกอนที่มีน้ำหนัก 100 กรัมใส่ลงในเครื่องแยกขนาดอนุภาคตะกอน โดยภายในเครื่องแยกขนาดอนุภาคตะกอนจะมีตะแกรงขนาดต่างๆกัน ซึ่งมีขนาด 2, 1, 0.5, 0.25, 0.1 และ 0.05 มิลลิเมตร (เพื่อง่ายต่อการคำนวณเปอร์เซ็นต์ของ ขนาดอนุภาคตะกอนจึงทำการชั่งตะกอนให้ได้น้ำหนักเป็น 100.00 กรัม)

4.2 ทำการตั้งเครื่องแยกขนาดอนุภาค โดยให้รอบของเครื่องอยู่ที่ 5 รอบต่อวินาที นาน 10 นาที

4.3 เมื่อเครื่องทำงานครบ 10 นาทีนำตะแกรงแต่ละขนาดมาชั่งน้ำหนัก และทำการบันทึกปริมาณตะกอนแต่ละขนาดที่แยกมาได้

4.4 นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ตะกอนทั้งหมดมาหาความสัมพันธ์

5. การวิเคราะห์ผล

นำข้อมูลปัจจัยทางกายภาพระหว่าง ความชื้นของลำน้ำ กับ ขนาดอนุภาคตะกอนในแต่ละสถานที่ทำการศึกษา มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ โดยใช้โปรแกรม SPSS 15.0 for Windows และ Microsoft Excel

สถานที่ทำการทดลอง

1. แม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง
2. ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาในการทดลอง

ธันวาคม 2550 ถึง มีนาคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การแยกขนาดอนุภาคตะกอน

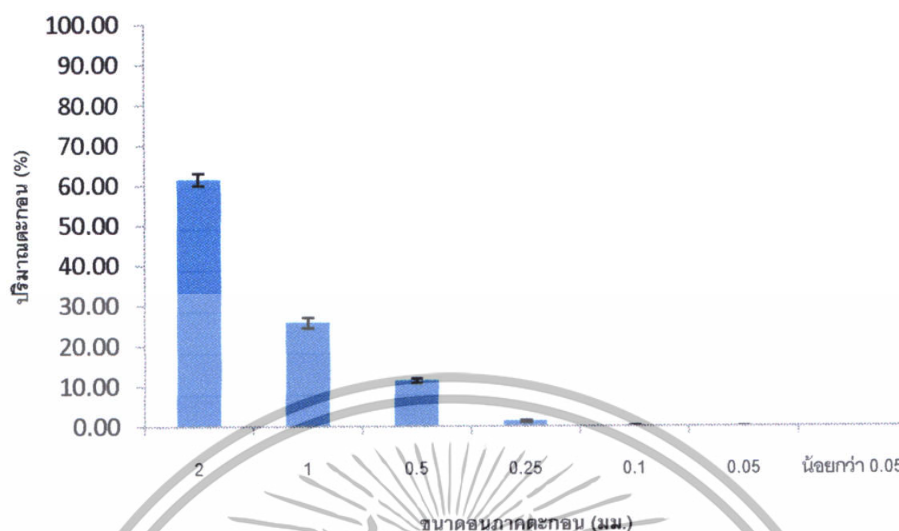
หลังจากทำการเก็บตัวอย่างตะกอนตลอดลำน้ำของแม่น้ำปะเหลียน ทั้งหมด 15 จุด มาทำการวิเคราะห์ ด้วยเครื่องแยกขนาดอนุภาคตะกอน ซึ่งแยกออกได้เป็น 5 ขนาดที่แตกต่างกันได้แก่ ขนาด 2, 1, 0.5, 0.25, 0.1 และ 0.05 มิลลิเมตร พบว่าที่สถานี PL-1 มีขนาดอนุภาคตะกอนมากกว่า 2 มิลลิเมตร สถานี PL-2 และ PL-4 มีขนาดอนุภาคตะกอนมากกว่า 1 มิลลิเมตร สถานี PL-3, PL-6, PL-7, PL-9, PL-11 และ PL-14 มีขนาดอนุภาคตะกอนมากกว่า 0.5 มิลลิเมตร สถานี PL-5, PL-12 และ PL-13 มีขนาดอนุภาคตะกอนมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร สถานี PL-8 และ PL-15 มีขนาดอนุภาคตะกอนมากกว่า 0.1 มิลลิเมตร และ สถานี PL-10 มีขนาดอนุภาคตะกอนมากกว่า 0.05 มิลลิเมตร (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงขนาดอนุภาคตะกอนจากการคำนวณในแต่ละสถานี

สถานี	ขนาดอนุภาคตะกอน (มม.)						
	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	< 0.05
PL-1	61.49±1.52	25.77±1.25	11.38±0.56	1.26±0.255	0.11±0.025	0.01±0.005	0.00
PL-2	33.64±0.52	39.01±1.78	22.34±1.10	4.72±1.16	0.24±0.05	0.06±0.00	0.00
PL-3	9.75±0.36	29.07±0.10	42.85±0.05	17.58±0.20	0.67±0.10	0.10±0.02	0.00
PL-4	19.19±1.08	44.48±1.33	32.83±1.30	3.41±1.13	0.08±0.01	0.02±0.02	0.00
PL-5	4.52±1.06	19.53±1.26	36.85±0.18	37.32±2.06	1.71±0.04	0.08±0.03	0.00
PL-6	22.52±0.58	28.14±0.13	28.41±0.48	18.44±0.87	1.62±0.02	0.31±0.04	0.58±0.06
PL-7	8.25±0.15	22.13±2.24	47.70±0.12	20.80±1.80	0.62±0.16	0.16±0.01	0.37±0.26
PL-8	0.02±0.01	0.33±0.06	1.91±0.32	28.60±1.18	37.84±0.42	23.84±1.49	7.48±0.49
PL-9	28.09±1.03	22.62±0.23	28.59±0.88	16.34±0.98	2.81±0.25	0.97±0.29	0.61±0.16
PL-10	0.40±0.21	1.38±0.33	6.05±0.91	29.93±0.61	17.38±0.55	30.79±0.13	14.10±1.41
PL-11	27.00±2.07	21.49±0.92	34.99±2.22	13.32±2.73	2.83±0.63	0.19±0.10	0.20±0.08
PL-12	4.99±1.83	8.46±0.82	11.57±0.86	40.88±0.93	25.07±0.49	6.28±0.53	2.77±0.24
PL-13	5.53±0.06	14.26±0.52	31.84±0.34	39.96±1.12	7.58±0.04	0.35±0.08	0.51±0.21
PL-14	1.8±0.14	19.79±1.22	61.03±0.97	16.78±0.50	0.14±0.04	0.02±0.01	0.46±0.07
PL-15	0.98±0.05	9.09±0.48	11.16±0.00	17.34±0.57	36.60±0.91	19.15±2.20	5.69±1.16

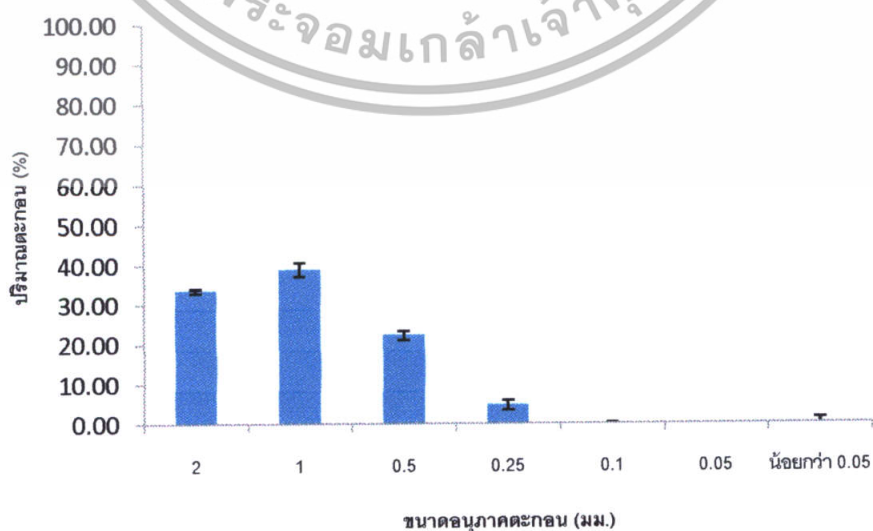
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



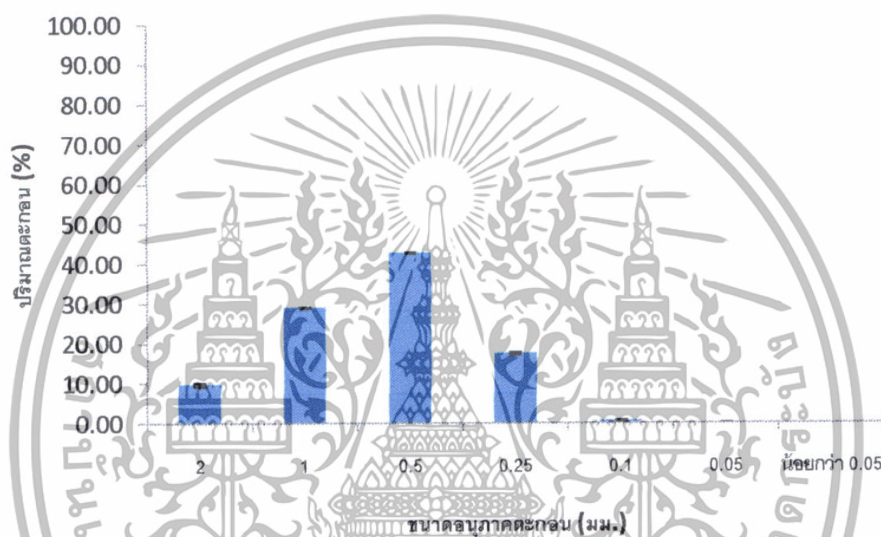
ภาพที่ 15 ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-1

จากภาพที่ 15 พบว่าสถานี PL-1 มีปริมาณของอนุภาคตะกอนที่มีขนาด 2 มิลลิเมตร มากกว่าขนาดของอนุภาคตะกอนขนาดอื่น โดยมีปริมาณตะกอนมากถึง 61.49% รองลงมาเป็น อนุภาคตะกอนขนาด 1 มิลลิเมตรมี 25.77% อนุภาคตะกอนขนาด 0.5 มิลลิเมตรมี 11.38% อนุภาคตะกอนขนาด 0.25 มิลลิเมตรมี 1.26 % อนุภาคตะกอนขนาด 0.1 มิลลิเมตรมี 0.11% อนุภาคตะกอนขนาด 0.05 มิลลิเมตรมี 0.01% ตามลำดับ แต่ ไม่พบอนุภาคตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า 0.05 มิลลิเมตรในสถานี PL-1



ภาพที่ 16 ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-2 นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

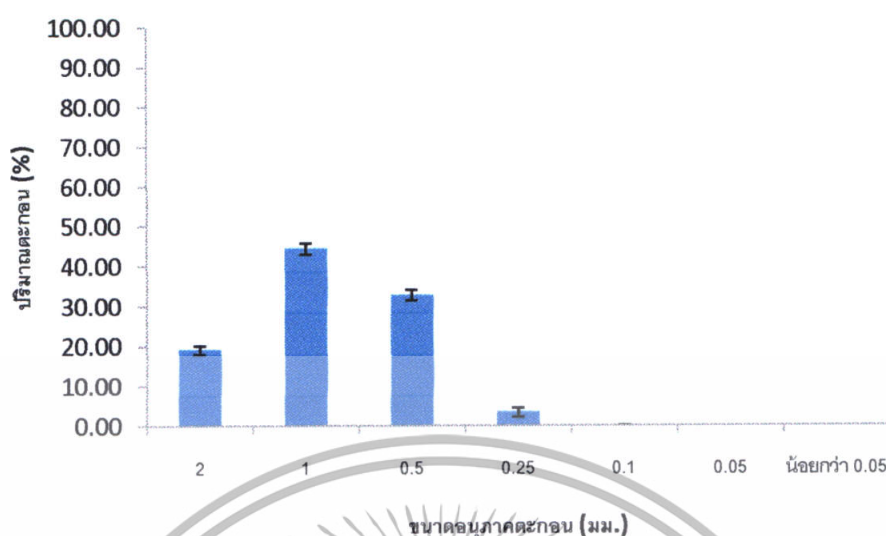
จากภาพที่ 16 พบว่าสถานี PL-2 มีปริมาณของอนุภาคตะกอนที่มีขนาด 1 มิลลิเมตร มากกว่าขนาดของอนุภาคตะกอนขนาดอื่น โดยมีปริมาณตะกอนมากถึง 39.01% รองลงมาเป็น อนุภาคตะกอนขนาด 2 มิลลิเมตรมี 33.64% อนุภาคตะกอนขนาด 0.5 มิลลิเมตรมี 22.34% อนุภาคตะกอนขนาด 0.25 มิลลิเมตรมี 4.72% อนุภาคตะกอนขนาด 0.1 มิลลิเมตรมี 0.24% อนุภาคตะกอนขนาด 0.05 มิลลิเมตรมี 0.06% ตามลำดับ แต่ไม่พบอนุภาคตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า 0.05 มิลลิเมตรในสถานี PL-2



ภาพที่ 17 ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-3

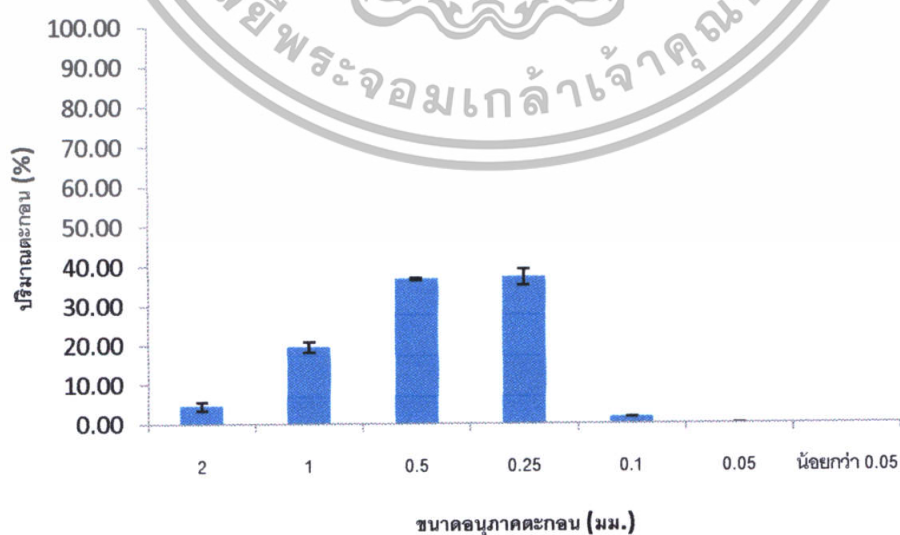
จากภาพที่ 17 พบว่าสถานี PL-3 มีปริมาณของอนุภาคตะกอนที่มีขนาด 0.5 มิลลิเมตร มากกว่าขนาดของอนุภาคตะกอนขนาดอื่น โดยมีปริมาณตะกอนมากถึง 42.85% รองลงมาเป็น อนุภาคตะกอนขนาด 1 มิลลิเมตรมี 29.07% อนุภาคตะกอนขนาด 0.25 มิลลิเมตรมี 17.58% อนุภาคตะกอนขนาด 2 มิลลิเมตรมี 9.75 % อนุภาคตะกอนขนาด 0.1 มิลลิเมตรมี 0.67% อนุภาคตะกอนขนาด 0.05 มิลลิเมตรมี 0.10% ตามลำดับ แต่ไม่พบอนุภาคตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า 0.05 มิลลิเมตรในสถานี PL-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 18 ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-4

จากภาพที่ 18 พบว่าสถานี PL-4 มีปริมาณของอนุภาคตะกอนที่มีขนาด 1 มิลลิเมตร มากกว่าขนาดของอนุภาคตะกอนขนาดอื่น โดยมีปริมาณตะกอนมากถึง 44.48% รองลงมาเป็น อนุภาคตะกอนขนาด 0.5 มิลลิเมตรมี 32.83% อนุภาคตะกอนขนาด 2 มิลลิเมตรมี 19.19% อนุภาคตะกอนขนาด 0.25 มิลลิเมตรมี 3.41 % อนุภาคตะกอนขนาด 0.1 มิลลิเมตรมี 0.08% อนุภาคตะกอนขนาด 0.05 มิลลิเมตรมี 0.02% ตามลำดับ แต่ไม่พบอนุภาคตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า 0.05 มิลลิเมตรในสถานี PL-4



ภาพที่ 19 ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

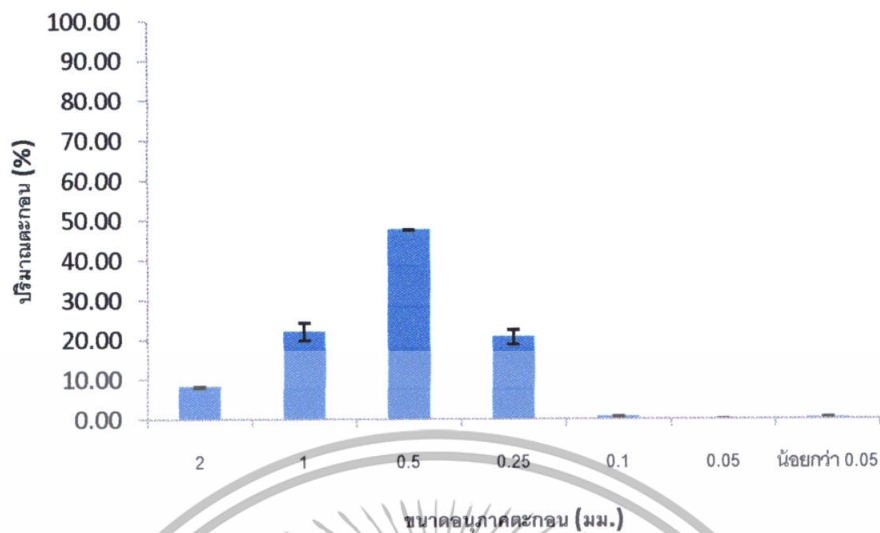
จากภาพที่ 19 พบว่าสถานี PL-5 มีปริมาณของอนุภาคตะกอนที่มีขนาด 0.25 มิลลิเมตร มากกว่าขนาดของอนุภาคตะกอนขนาดอื่น โดยมีปริมาณตะกอนมากถึง 37.32% รองลงมาเป็น อนุภาคตะกอนขนาด 0.5 มิลลิเมตรมี 36.85% อนุภาคตะกอนขนาด 1 มิลลิเมตรมี 19.53% อนุภาคตะกอนขนาด 2 มิลลิเมตรมี 4.52 % อนุภาคตะกอนขนาด 0.1 มิลลิเมตรมี 1.71% อนุภาคตะกอนขนาด 0.05 มิลลิเมตรมี 0.08% ตามลำดับ แต่ ไม่พบอนุภาคตะกอนที่มีขนาดน้อยกว่า 0.05 มิลลิเมตรในสถานี PL-5



ภาพที่ 20 ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-6

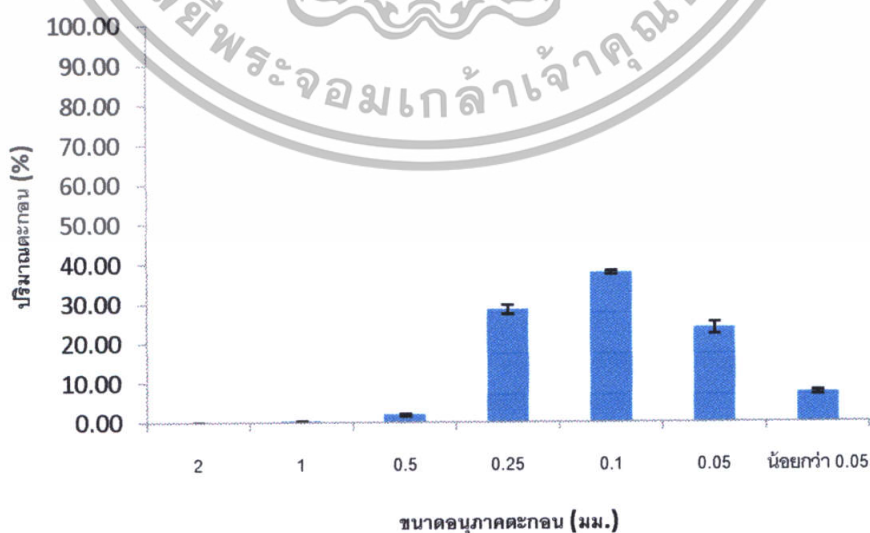
จากภาพที่ 20 พบว่าสถานี PL-6 มีปริมาณของอนุภาคตะกอนที่มีขนาด 0.5 มิลลิเมตร มากกว่าขนาดของอนุภาคตะกอนขนาดอื่น โดยมีปริมาณตะกอนมากถึง 28.41% รองลงมาเป็น อนุภาคตะกอนขนาด 1 มิลลิเมตรมี 28.14% อนุภาคตะกอนขนาด 2 มิลลิเมตรมี 22.52% อนุภาคตะกอนขนาด 0.25 มิลลิเมตรมี 18.44 % อนุภาคตะกอนขนาด 0.1 มิลลิเมตรมี 1.62% อนุภาคตะกอนขนาด 0.05 มิลลิเมตรมี 0.31% และ อนุภาคตะกอนที่มีขนาดน้อยกว่า 0.05 มิลลิเมตรมี 0.58% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 21 ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-7

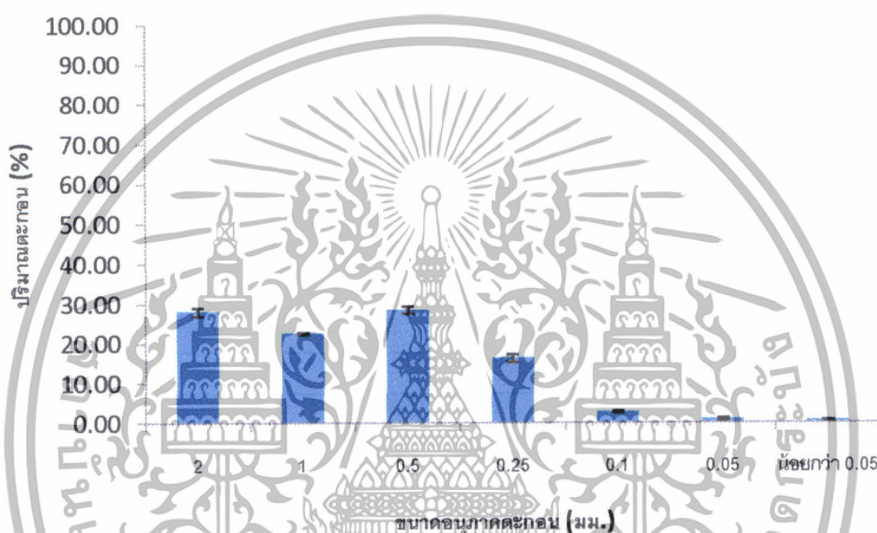
จากภาพที่ 21 พบว่าสถานี PL-7 มีปริมาณของอนุภาคตะกอนที่มีขนาด 0.5 มิลลิเมตร มากกว่าขนาดของอนุภาคตะกอนขนาดอื่น โดยมีปริมาณตะกอนมากถึง 47.70 % รองลงมาเป็น อนุภาคตะกอนขนาด 1 มิลลิเมตรมี 22.13 % อนุภาคตะกอนขนาด 0.25 มิลลิเมตรมี 20.80 % อนุภาคตะกอนขนาด 2 มิลลิเมตรมี 8.25% อนุภาคตะกอนขนาด 0.1 มิลลิเมตรมี 0.62% อนุภาค ตะกอนขนาด 0.05 มิลลิเมตรมี 0.16% และ อนุภาคตะกอนที่มีขนาดน้อยกว่า 0.05 มิลลิเมตรมี 0.37% ตามลำดับ



ภาพที่ 22 ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

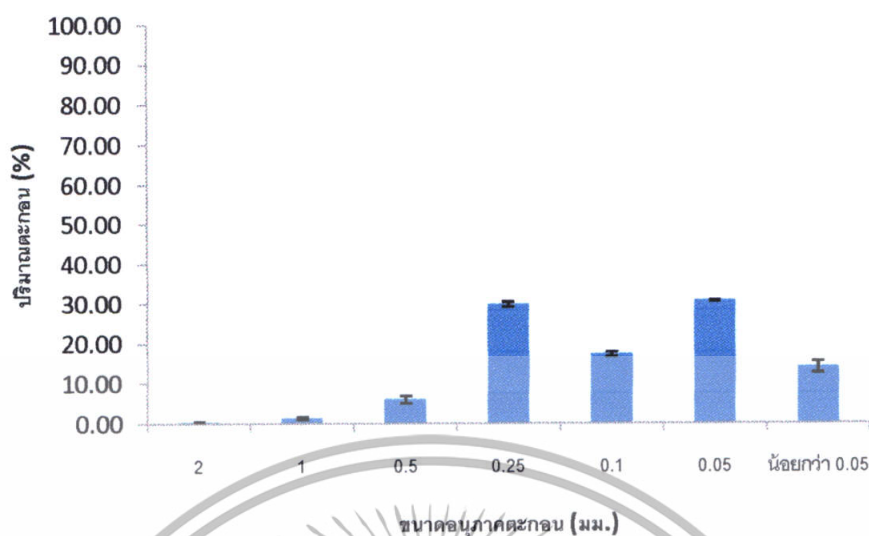
จากภาพที่ 22 พบว่าสถานี PL-8 มีปริมาณของอนุภาคตะกอนที่มีขนาด 0.1 มิลลิเมตร มากกว่าขนาดของอนุภาคตะกอนขนาดอื่น โดยมีปริมาณตะกอนมากถึง 37.84% รองลงมาเป็น อนุภาคตะกอนขนาด 0.25 มิลลิเมตรมี 28.60% อนุภาคตะกอนขนาด 0.05 มิลลิเมตรมี 23.84 % อนุภาคตะกอนที่มีขนาดน้อยกว่า 0.05 มิลลิเมตรมี 7.48 % อนุภาคตะกอนขนาด 0.5 มิลลิเมตรมี 1.91% อนุภาคตะกอนขนาด 1 มิลลิเมตรมี 0.33% และ อนุภาคตะกอนขนาด 2 มิลลิเมตรมี 0.02% ตามลำดับ



ภาพที่ 23 ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-9

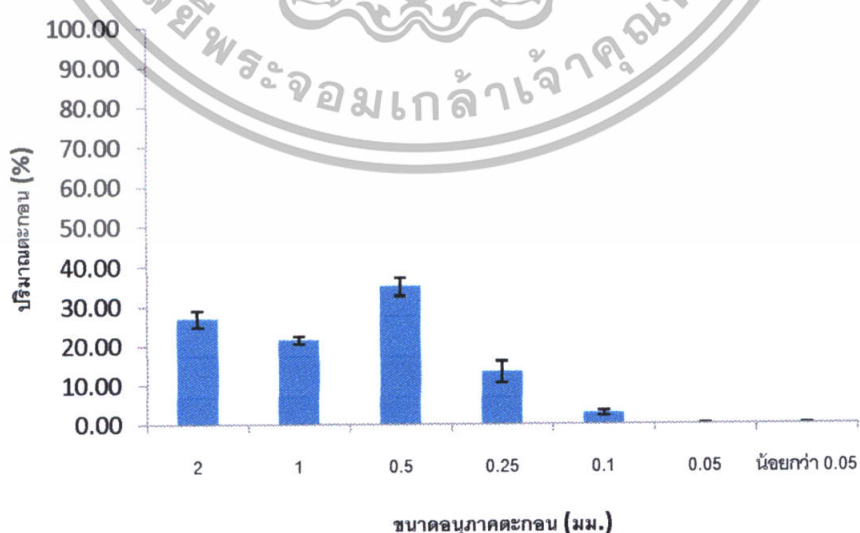
จากภาพที่ 23 พบว่าสถานี PL-9 มีปริมาณของอนุภาคตะกอนที่มีขนาด 0.5 มิลลิเมตร มากกว่าขนาดของอนุภาคตะกอนขนาดอื่น โดยมีปริมาณตะกอนมากถึง 28.59% รองลงมาเป็น อนุภาคตะกอนขนาด 2 มิลลิเมตรมี 28.09% อนุภาคตะกอนขนาด 1 มิลลิเมตรมี 22.62% อนุภาคตะกอนขนาด 0.25 มิลลิเมตรมี 16.34 % อนุภาคตะกอนขนาด 0.1 มิลลิเมตรมี 2.81% อนุภาคตะกอนขนาด 0.05 มิลลิเมตรมี 0.97% และ อนุภาคตะกอนที่มีขนาดน้อยกว่า 0.05 มิลลิเมตร มี 0.61% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 24 ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-10

จากภาพที่ 24 พบว่าสถานี PL-10 มีปริมาณของอนุภาคตะกอนที่มีขนาด 0.05 มิลลิเมตร มากกว่าขนาดของอนุภาคตะกอนขนาดอื่น โดยมีปริมาณตะกอนมากถึง 30.79% รองลงมาเป็น อนุภาคตะกอนขนาด 0.25 มิลลิเมตรมี 29.93% อนุภาคตะกอนขนาด 0.1 มิลลิเมตรมี 17.38% อนุภาคตะกอนที่มีขนาด น้อยกว่า 0.05 มิลลิเมตรมี 14.10 % อนุภาคตะกอนขนาด 0.5 มิลลิเมตร มี 6.05% อนุภาคตะกอนขนาด 1 มิลลิเมตรมี 1.38% และ อนุภาคตะกอนขนาด 2 มิลลิเมตร มี 0.40% ตามลำดับ



ภาพที่ 25 ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

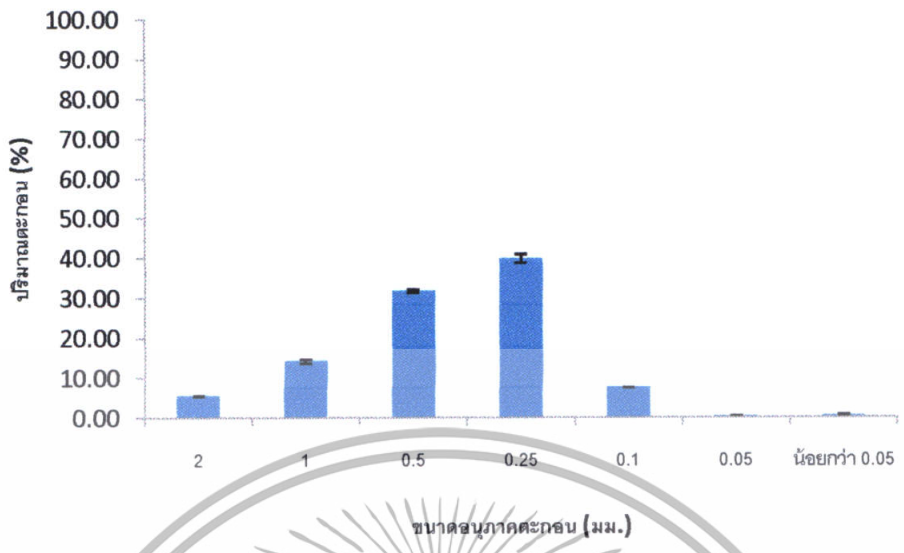
จากภาพที่ 25 พบว่าสถานี PL-11 มีปริมาณของอนุภาคตะกอนที่มีขนาด 0.5 มิลลิเมตร มากกว่าขนาดของอนุภาคตะกอนขนาดอื่น โดยมีปริมาณตะกอนมากถึง 34.99% รองลงมาเป็น อนุภาคตะกอนขนาด 2 มิลลิเมตรมี 27% อนุภาคตะกอนขนาด 1 มิลลิเมตรมี 21.49% อนุภาค ตะกอนขนาด 0.25 มิลลิเมตรมี 13.32% อนุภาคตะกอนขนาด 0.1 มิลลิเมตรมี 2.83% อนุภาค ตะกอนที่มีขนาดน้อยกว่า 0.05 มิลลิเมตรมี 0.20% และ อนุภาคตะกอนขนาด 0.05 มิลลิเมตรมี 0.19% ตามลำดับ



ภาพที่ 26 ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-12

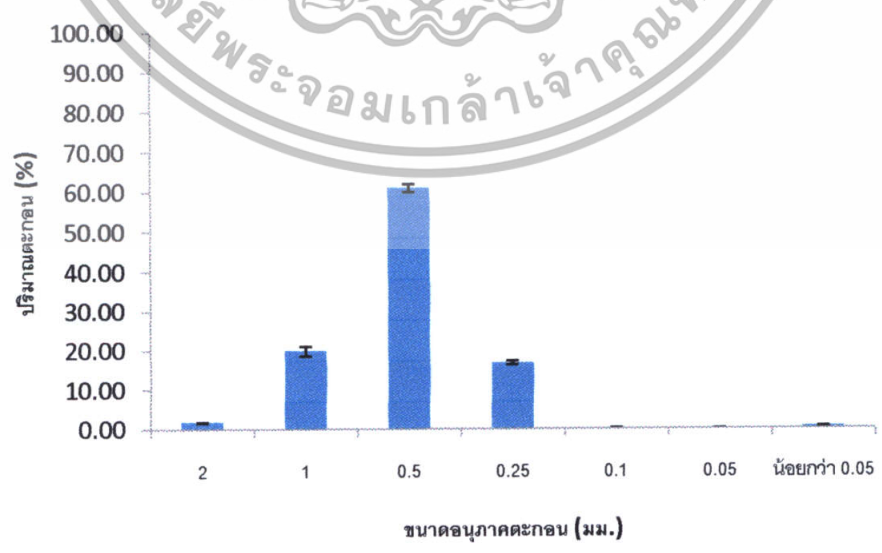
จากภาพที่ 26 พบว่าสถานี PL-12 มีปริมาณของอนุภาคตะกอนที่มีขนาด 0.25 มิลลิเมตร มากกว่าขนาดของอนุภาคตะกอนขนาดอื่น โดยมีปริมาณตะกอนมากถึง 40.88% รองลงมาเป็น อนุภาคตะกอนขนาด 0.1 มิลลิเมตรมี 25.07% อนุภาคตะกอนขนาด 0.5 มิลลิเมตรมี 11.57% อนุภาคตะกอนขนาด 1 มิลลิเมตรมี 8.46 % อนุภาคตะกอนขนาด 0.05 มิลลิเมตรมี 6.28% อนุภาคตะกอนขนาด 2 มิลลิเมตรมี 4.99% และ อนุภาคตะกอนที่มีขนาดน้อยกว่า 0.05 มิลลิเมตรมี 2.77% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 27 ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-13

จากภาพที่ 27 พบว่าสถานี PL-13 มีปริมาณของอนุภาคตะกอนที่มีขนาด 0.25 มิลลิเมตร มากกว่าขนาดของอนุภาคตะกอนขนาดอื่น โดยมีปริมาณตะกอนมากถึง 39.96% รองลงมาเป็น อนุภาคตะกอนขนาด 0.5 มิลลิเมตรมี 31.84% อนุภาคตะกอนขนาด 1 มิลลิเมตรมี 14.26 % อนุภาคตะกอนขนาด 0.1 มิลลิเมตรมี 7.58 % อนุภาคตะกอนขนาด 2 มิลลิเมตรมี 5.53% อนุภาคตะกอนที่มีขนาดน้อยกว่า 0.05 มิลลิเมตรมี 0.51% และ อนุภาคตะกอนที่มีขนาด 0.05 มิลลิเมตรมี 0.35% ตามลำดับ



ภาพที่ 28 ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

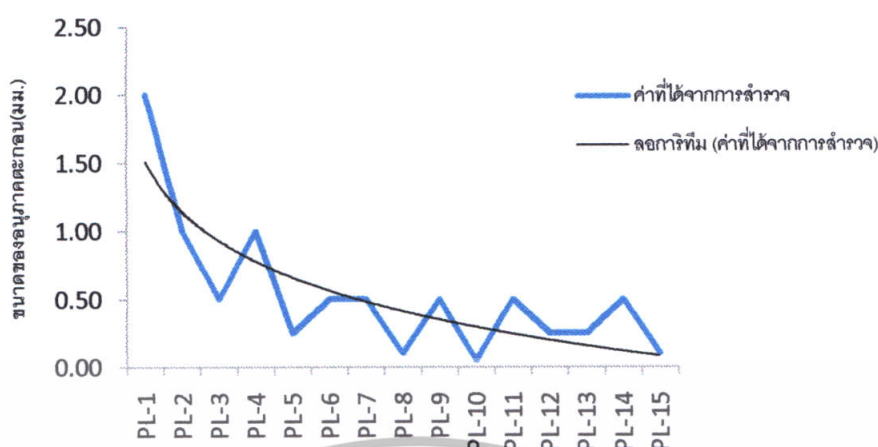
จากภาพที่ 28 พบว่าสถานี PL-14 มีปริมาณของอนุภาคตะกอนที่มีขนาด 0.5 มิลลิเมตร มากกว่าขนาดของอนุภาคตะกอนขนาดอื่น โดยมีปริมาณตะกอนมากถึง 61.03% รองลงมาเป็น อนุภาคตะกอนขนาด 1 มิลลิเมตรมี 19.79% อนุภาคตะกอนขนาด 0.25 มิลลิเมตรมี 16.78% อนุภาคตะกอนขนาด 2 มิลลิเมตรมี 1.80 % อนุภาคตะกอนที่มีขนาดน้อยกว่า 0.05 มิลลิเมตรมี 0.46% อนุภาคตะกอนขนาด 0.1 มิลลิเมตรมี 0.14% และ อนุภาคตะกอนขนาด 0.05 มิลลิเมตรมี 0.02% ตามลำดับ



ภาพที่ 29 ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบบริเวณสถานี PL-15

จากภาพที่ 29 พบว่าสถานี PL-15 มีปริมาณของอนุภาคตะกอนที่มีขนาด 0.1 มิลลิเมตร มากกว่าขนาดของอนุภาคตะกอนขนาดอื่น โดยมีปริมาณตะกอนมากถึง 36.60% รองลงมาเป็น อนุภาคตะกอนขนาด 0.05 มิลลิเมตรมี 19.15% อนุภาคตะกอนขนาด 0.25 มิลลิเมตรมี 17.34% อนุภาคตะกอนขนาด 0.5 มิลลิเมตรมี 11.16 % อนุภาคตะกอนขนาด 1 มิลลิเมตรมี 9.09% อนุภาคตะกอนที่มีขนาดน้อยกว่า 0.05 มิลลิเมตรมี 5.69% และ อนุภาคตะกอนขนาด 2 มิลลิเมตรมี 0.98% ตามลำดับ

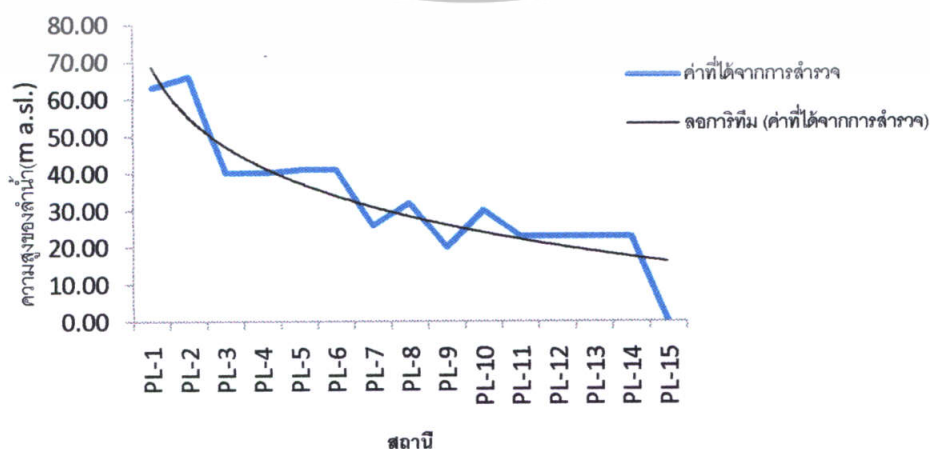
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 30 แสดงขนาดของอนุภาคตะกอนที่มีเปอร์เซ็นต์สูงสุดของแต่ละสถานี ตั้งแต่สถานี PL-1 ถึง PL-15

2. ความชันของลำน้ำ

ในบริเวณสถานีที่มีความชันของลำน้ำมากซึ่งเป็นบริเวณต้นน้ำ ตั้งแต่สถานี PL-1 ถึง PL-6 พบว่ามีค่าความชันของลำน้ำเป็น 63, 66, 40, 40, 41 และ 41 เมตรจากระดับน้ำทะเล ตามลำดับ ส่วนบริเวณกลางน้ำซึ่งความชันของลำน้ำมีค่าลดลง ตั้งแต่สถานี PL-7 ถึง PL-10 มีค่าความชันของลำน้ำเป็น 26, 32, 20 และ 30 เมตรจากระดับน้ำทะเล ตามลำดับ และ บริเวณสถานีที่มีความชันของลำน้ำน้อยซึ่งเป็นบริเวณปลายน้ำ ซึ่งรวมไปถึง บริเวณปากแม่น้ำ ตั้งแต่สถานี PL-11 ถึง PL-15 มีค่าความชันของลำน้ำเป็น 23, 23, 23, 23 และ 0 เมตรจากระดับน้ำทะเล ตามลำดับ (ภาพที่ 31)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ภาพที่ 31 แสดงความสูงของลำน้ำตั้งแต่สถานี PL-1 ถึง PL-15
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคตะกอน และ ความชันของลำน้ำของแม่น้ำปะเหลียน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดอนุภาคตะกอน และ ความชันของลำน้ำของแม่น้ำปะเหลียน พบว่าขนาดของอนุภาคของตะกอนมีความสัมพันธ์ กับ ความชันของลำน้ำ โดยมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันคือมีค่าเป็นบวกซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.740

Correlations

		size	height
size	Pearson Correlation	1	.740**
	Sig. (2-tailed)		.002
	N	15	15
height	Pearson Correlation	.740**	1
	Sig. (2-tailed)	.002	
	N	15	15

** . Correlation is significant at the 0.01 level

ตารางที่ 3 แสดงสหสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคตะกอน และ ความชันของลำน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า ความชันของลำน้ำเป็นปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของอนุภาคตะกอน จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง ที่ไปในทิศทางเดียวกันทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับ 0.05) มีค่าสหสัมพันธ์อยู่ที่ 0.740 โดยสามารถสรุปได้ว่าเมื่อความชันของลำน้ำมีค่ามาก หรือ เป็นพื้นที่บริเวณต้นน้ำที่มีความสูงชัน ขนาดของอนุภาคตะกอนที่พบจะมีขนาดใหญ่ ดังนั้นเมื่อความชันของลำน้ำมีค่าลดลงขนาดของอนุภาคตะกอนก็จะมีขนาดที่ลดลงตามไปด้วย เนื่องจาก ความชันของลำน้ำ เป็นดัชนีชี้วัดการเปลี่ยนแปลงขนาดของอนุภาคตะกอน ซึ่งผลนี้เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการทดลองของ Frings (2008) ซึ่งพบว่ากระแสน้ำจะทำให้ตะกอน หรือ กรวดทรายขนาดใหญ่ แยกตัวเป็นตะกอนที่มีขนาดเล็กลง โดยน้ำจากที่สูงจะมีความเร็วของน้ำมาก และสามารถพัดพาอนุภาคของตะกอนขนาดต่างๆ โดยตะกอนจะตกลงตามลำดับของขนาดอนุภาค คือตะกอนขนาดใหญ่จะตกตะกอนลงมาก่อน เพราะน้ำหนักที่มากทำให้กระแสน้ำไม่สามารถพัดพาไปได้ไกล และเมื่อความเร็วของน้ำลดลง ขนาดของตะกอนที่ตกตะกอนก็จะมีขนาดลดลงตามไปด้วย ซึ่งบริเวณต้นน้ำจะพบตะกอนขนาดใหญ่ และไกลออกไปจะมีขนาดเล็กลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

ตะกอนเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่บริเวณพื้นท้องน้ำ ซึ่งขนาดของอนุภาคตะกอนเป็นปัจจัยทางกายภาพปัจจัยหนึ่ง ที่ส่งผลต่อการเลือกที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ ซึ่งจากการสังเกตพบว่า บริเวณที่เป็นทรายละเอียด จะพบหอยตลับเป็นจำนวนมาก ส่วนบริเวณที่เป็นตะกอนโคลน จะพบปูก้ามดาบ ซึ่งจากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ในการศึกษาลักษณะทางชีววิทยาของสัตว์น้ำ หรือนำไปใช้ในการเลือกสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำให้มีความเหมาะสม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร และนิคม ละอองศิริวงศ์. 2540. การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนดินกับสัตว์หน้าดินในทะเลสาบสงขลา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2540. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 37 หน้า.
- Berlamont, J., M. Ockenden, E. Toorman, and J. Winterwerp. 1993. The Characterization of cohesive sediment properties. *Coastal Engineering* 21: 105-128.
- Friend, P.L., M.B. Collins, and P.M. Holligan. 2003. Day-light variation of intertidal flat sediment properties in relation to sediment stability. *Estuarine coastal and shelf science* 58: 663-675.
- Furukawa, K., E. Wolanski, and H. Mueller. 1997. Currents and Sediment transport in Mangrove Forests. *Estuarine , Coastal and Shelf Science* 44: 301-310.
- Lundkvist, M., M. Grue, P.L. Friend, and M.R. Flindt. 2007. The relative contributions of physical and microbiological factor to cohesive sediment stability.
- Nielsen, L. K., J.E. Vermaat, I. Wesseling, J. Borum, and O.G. Hansen. 2002. Sediment properties along gradients of siltation in South-East Asia. *Estuarine, Coastal, and Shelf Sciences* 54: 127-137.
- Hunt, J.N., 1969. On the turbulent transport of a heterogeneous sediment. *The Quarterly Journal of Mechanics and Applied Mathematics* 22, 235-246.
- McLean, S.R., 1992. On the calculation of suspended load for non cohesive sediments. *Journal of Geophysical Research* 97, 5759-5770.
- Rouse, H., 1937. Modern conceptions of the mechanics of turbulence. *Transactions of the American Society of Civil Engineers* 102, 463-543.
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยกรมประมงและศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดขอนแก่น ขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหาและข้อมูลทั้งหมด ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Smith, J.D., 1977. Modeling of sediment transport on continental shelves. In: Goldberg, E.D., The sea, vol. 6. Wiley, New York, pp. 539-577.

Topping, D.J., Rubin, D.M., Nelson, J.M., Kinzel III, P.J., Corson, I.C., 2000b. Colorado River sediment transport 2. Systematic bed-elevation and grain-size effect of sand supply limitation. *Water Resources Research* 36, 543-570.

Frings, R.M. 2008. Downstream fining in large sand-bed rivers 39-60.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงค่าการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนน้ำที่ 1

สถานี	ขนาดอนุภาคตะกอน (มม.)						น้อยกว่า 0.05
	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	
PL-1	63.01	24.52	10.82	1.51	0.13	0.01	
PL-2	33.12	37.23	23.44	5.87	0.28	0.06	
PL-3	10.11	28.97	42.9	17.37	0.57	0.08	
PL-4	20.27	45.8	31.53	2.28	0.09	0.03	
PL-5	3.46	18.27	37.03	39.38	1.75	0.11	
PL-6	23.1	28.01	28.89	17.57	1.64	0.27	0.52
PL-7	8.4	19.89	47.58	22.6	0.77	0.14	0.62
PL-8	0.02	0.39	2.23	29.77	38.26	22.34	6.99
PL-9	27.05	22.85	27.71	17.32	3.06	1.25	0.76
PL-10	0.61	1.7	5.13	29.32	16.82	30.92	15.5
PL-11	29.07	20.57	37.21	10.59	2.2	0.09	0.27
PL-12	6.81	7.64	10.71	39.95	25.55	6.81	2.53
PL-13	5.46	14.77	32.18	38.84	7.62	0.42	0.71
PL-14	1.66	18.57	62	17.27	0.1	0.01	0.39
PL-15	1.03	8.61	11.16	17.91	37.5	16.94	6.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงค่าการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนซ้ำที่ 2

สถานี	ขนาดอนุภาคตะกอน (มม.)						น้อยกว่า 0.05
	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	
PL-1	59.97	27.01	11.94	1	0.08	0	
PL-2	34.16	40.79	21.24	3.56	0.19	0.06	
PL-3	9.38	29.16	42.79	17.78	0.77	0.12	
PL-4	18.11	43.15	34.13	4.54	0.07	0	
PL-5	5.58	20.78	36.66	35.26	1.67	0.05	
PL-6	21.93	28.27	27.92	19.31	1.59	0.35	0.63
PL-7	8.09	24.36	47.82	18.99	0.46	0.17	0.11
PL-8	0.01	0.27	1.59	27.42	37.42	25.33	7.96
PL-9	29.12	22.38	29.46	15.35	2.56	0.68	0.45
PL-10	0.19	1.05	6.96	30.53	17.93	30.65	12.69
PL-11	24.93	22.4	32.77	16.05	3.45	0.28	0.12
PL-12	3.16	9.28	12.43	41.81	24.58	5.74	3
PL-13	5.59	13.74	31.5	41.07	7.53	0.27	0.3
PL-14	1.94	21	60.05	16.28	0.18	0.03	0.52
PL-15	0.93	9.57	11.16	16.77	35.69	21.35	4.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงค่าการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนเฉลี่ย

ขนาดอนุภาคตะกอน (มม.)							
สถานี	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	น้อยกว่า 0.05
PL-1	61.49	25.77	11.38	1.26	0.11	0.01	0.00
PL-2	33.64	39.01	22.34	4.72	0.24	0.06	0.00
PL-3	9.75	29.07	42.85	17.58	0.67	0.10	0.00
PL-4	19.19	44.48	32.83	3.41	0.08	0.02	0.00
PL-5	4.52	19.53	36.85	37.32	1.71	0.08	0.00
PL-6	22.52	28.14	28.41	18.44	1.62	0.31	0.58
PL-7	8.25	22.13	47.70	20.80	0.62	0.16	0.37
PL-8	0.02	0.33	1.91	28.60	37.84	23.84	7.48
PL-9	28.09	22.62	28.59	16.34	2.81	0.97	0.61
PL-10	0.40	1.38	6.05	29.93	17.38	30.79	14.10
PL-11	27.00	21.49	34.99	13.32	2.83	0.19	0.20
PL-12	4.99	8.46	11.57	40.88	25.07	6.28	2.77
PL-13	5.53	14.26	31.84	39.96	7.58	0.35	0.51
PL-14	1.80	19.79	61.03	16.78	0.14	0.02	0.46
PL-15	0.98	9.09	11.16	17.34	36.60	19.15	5.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 แสดงค่าความสูงเหนือระดับน้ำทะเลจากสถานี PL-1 ถึง PL-15

สถานี	ความสูงของลำน้ำ (m a.sl.) *
PL-1	63
PL-2	66
PL-3	40
PL-4	40
PL-5	41
PL-6	41
PL-7	26
PL-8	32
PL-9	20
PL-10	30
PL-11	23
PL-12	23
PL-13	23
PL-14	23
PL-15	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้