

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา

ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

รหัสโครงการ 2554 A 10862002

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การกระจายและการสะสมตัวของโลหะหนัก แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง
เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี ในดินตะกอนจากแหล่งน้ำ

ในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง

Distribution and accumulation of heavy metals

(Cd, Pb, Cu, Fe, Mn and Zn) in aquatic sediments around

Maptapud Industrial Estate, Rayong Province

สุพรรณภาณุตระกูล

ภาควิชาวาริชศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

- 7 ส.ค. 2556

316473

0154772

เริ่มบริการ

ส.ค. 2556

สนับสนุนโดย สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษา

และพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ

สำนักคณะกรรมการอุดมศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษา และ พัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา ซึ่งผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณชนชนก อรุณเลิศ และคุณธนศพล วงศ์นรา เจ้าหน้าที่ของสำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวาริชศาสตร์ และโครงการบัณฑิตศึกษาศาखाวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ที่อำนวยความสะดวกในเรื่องการใช้ห้องปฏิบัติการ และสุดท้ายขอขอบคุณ นางสาวอมรรัตน์ คุณเขต และนางสาวดวงพร เรืองศรีอ่อน ที่ช่วยงานอย่างเข้มแข็ง ตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง งานในห้องปฏิบัติการ จนถึงการทำแผนที่ จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

บทคัดย่อ

ทำการศึกษาระดับความเข้มข้น และการกระจายตัวของแคดเมียม ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว แมงกานีส และเหล็กในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า $125\ \mu\text{m}$ จากแหล่งน้ำผิวดิน และชายฝั่งทะเลในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด พบค่าความเข้มข้นของแคดเมียม ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว แมงกานีส และเหล็กในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดินมีค่าเฉลี่ย $\pm$ SD เท่ากับ 0.23 ± 0.18 , 32.8 ± 23.6 , 289.6 ± 381.2 , 66.6 ± 65.8 , $734 \pm 810\ \mu\text{g/g}$ (dry wt.) และ $16.7 \pm 7.9\ \text{mg/g}$ (dry wt.) ตามลำดับ ส่วนค่าความเข้มข้นของแคดเมียม ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว แมงกานีส และเหล็กในดินตะกอนจากชายฝั่งทะเล ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD เท่ากับ 0.15 ± 0.18 , 12.78 ± 14.4 , 151.8 ± 304.2 , 5.79 ± 3.63 , $351.9 \pm 307.9\ \mu\text{g/g}$ (dry wt.) และ $12.08 \pm 5.11\ \text{mg/g}$ (dry wt.) ตามลำดับ

ความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดิน และชายฝั่งทะเลมีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดิน และดินตะกอนชายฝั่งทะเล ในขณะที่พบความเข้มข้นของ ทองแดง สังกะสี ตะกั่วในบางสถานีเกินตัวอย่างมีค่าเกินมาตรฐานฯ โดยสังกะสีเป็นโลหะหนักที่มีระดับการปนเปื้อนสูงเกินมาตรฐานถึงกว่า 10 เท่า สถานีที่มีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมสูง และโลหะอื่นๆ เกินมาตรฐานจะตั้งอยู่ในพื้นที่คลองชักหามาก ซึ่งเป็นคลองที่ไหลผ่านนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ส่วนในพื้นที่คลองห้วยใหญ่ และคลองพูนซึ่งเป็นส่วนต่อขยายของพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมฯ มีค่ารองลงมา และในเขตพื้นที่คลองทับมา ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีอุตสาหกรรมตั้งอยู่น้อยที่สุดก็มีค่าความเข้มข้นของแคดเมียม ทองแดง สังกะสี และตะกั่วต่ำที่สุดด้วย เป็นที่สังเกตได้ว่า สถานีที่มีค่าความเข้มข้นของโลหะหนักสูงจะตั้งอยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรม และโรงไฟฟ้า

ความเข้มข้นของแคดเมียม ทองแดง สังกะสีในดินตะกอนชายฝั่งทะเลหน้าพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่าลดต่ำลงตามระยะทางห่างฝั่ง บริเวณปากคลองชักหามาก และคลองอื่นๆ รวมถึงบริเวณโดยรอบท่าเรือมาบตาพุดและโรงไฟฟ้าบีแอลซีพีเป็นบริเวณที่มีค่าสูง แสดงให้เห็นว่า กิจกรรมจากแผ่นดินเป็นที่มาของโลหะหนักที่สะสมตัวในดินตะกอนชายฝั่งทะเล การสะสมตัวของโลหะหนักในดินตะกอน การดูดซับโลหะหนักบนพื้นผิวของอนุภาคของสารอินทรีย์ น่าจะเป็นกระบวนการสำคัญที่มีผลต่อการสะสมตัวของโลหะหนักในดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดิน ในขณะที่การสะสมตัวของโลหะหนักในดินตะกอนชายฝั่งทะเลนอกจากจะเกิดจากการตกตะกอนกับสารอินทรีย์แล้ว กระบวนการตกตะกอนร่วมกับเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ ก็น่าจะเป็นอีกกระบวนการที่มีความสำคัญ ในการควบคุมการสะสมตัวของโลหะหนักในดินตะกอนชายฝั่งบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

Abstract

Concentrations and distributions of Cd, Cu, Zn, Pb, Mn and Fe in sediment (<125 μm) surface water (Klong or canals) and coastal area, in Map Ta Phut industrial estate area were studied and investigated. Mean $\pm$ SD concentrations of Cd, Cu, Zn, Pb, Mn and Fe in surface water sediment were 0.23 ± 0.18 , 32.8 ± 23.6 , 289.6 ± 381.2 , 66.6 ± 65.8 , 734 ± 810 $\mu\text{g/g}$ (dry wt.) and 16.7 ± 7.9 mg/g (dry wt.), respectively, whereas mean $\pm$ SD concentrations of Cd, Cu, Zn, Pb, Mn and Fe in coastal sediment were 15 ± 0.18 , 12.78 ± 14.4 , 151.8 ± 304.2 , 5.79 ± 3.63 , 351.9 ± 307.9 $\mu\text{g/g}$ (dry wt.) and 12.08 ± 5.11 mg/g (dry wt.), respectively.

Concentration of Cd in sediment from surface water and coastal area was within draft sediment quality guideline (SQG) for surface water sediment and coastal sediment. However, concentrations of Cu, Zn and Pb in some sampling stations were higher than the SQGs. Zinc was the heavy metal with concentration exceeded SQG more than 10 times. Sampling stations with high Cd, Cu, Zn and Pb concentrations were clustered in Chak Mak canal which flow through Map Ta Phut industrial estate. Sediments in Houi Yai and Payoon canals which are extended industrialized area showed lower heavy metal concentrations than Chak Mak canal whereas sediment in Tagma canal showed the lowest concentrations. It is noticeable that sampling station with high heavy metal contents in sediment were often located close to factories and power plant.

Concentrations of Cd, Cu, Zn and Pb in coastal sediment decreased with increasing distance from shore. Sediment samples from near-shore stations especially the mouth of ChakMak canal and BLCP coal power plant, contain high heavy metal concentrations. This finding indicates that activities on land are the major sources of heavy metal in coastal sediment. Absorption of heavy metal on surface of organic material may be the most important process controlling accumulation of heavy metal in surface water sediment. Co-precipitation of heavy metal with manganese and iron oxides may also play important role in accumulation of heavy metal in coastal sediment around Map Ta Phut industrial estate area.

สารบัญเรื่อง

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 สมมุติฐานในการศึกษา	3
1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	4
2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	5
3 วิธีดำเนินงานวิจัย	11
3.1 การเก็บตัวอย่างดินตะกอน	11
3.1.1 การกำหนดสถานีเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำผิวดิน	11
3.1.2 การกำหนดสถานีเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ชายฝั่งทะเล	14
3.2 วิธีการเก็บตัวอย่างดินตะกอน	14
3.3 การวิเคราะห์โลหะหนักในดินตะกอน	14
4 ผลการศึกษา	18
4.1 ลักษณะทั่วไปของดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินในเขตพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	18
4.2 ความเข้มข้นของโลหะหนักและ % ignition loss ในดินตะกอนในลำคลองต่างๆ ในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	18
4.3 สหสัมพันธ์ (Persons correlation coefficient) ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิดและ % ignition loss ในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	32
4.4 ลักษณะทั่วไปของดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลมาบตาพุด	34
4.5 ความเข้มข้นของโลหะหนักตัวอย่างดินตะกอนขนาด <125 μm และ % ignition loss ในดินตะกอนจากบริเวณชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	35
4.6 สหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอนขนาด <125 μm จากบริเวณชายฝั่งทะเลมาบตาพุดกับ % ignition loss และระยะทางจากชายฝั่งทะเล	41

บทที่		หน้า
5	อภิปรายและสรุปผลการศึกษา	43
	5.1 ระดับความเข้มข้นในดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินและชายฝั่งทะเล เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน	43
	5.2 ระดับความเข้มข้นในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดินและชายฝั่งทะเล เปรียบเทียบกับผลการศึกษาก่อนหน้านี้	44
	5.3 การกระจายตัวและแหล่งที่มาของโลหะหนักในดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดิน และชายฝั่งทะเล	48
	5.4 ปัจจัยควบคุมการสะสมตัวของโลหะหนักในดินตะกอน	50
	5.5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	51
6	ผลผลิต	52
7	รายงานการเงิน	53
8	บรรณานุกรม	53
9	ประวัตินักวิจัย	58

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินโลหะหนักในดินตะกอน (Sediment Quality Guideline) ของ Florida Department of Environmental Protection (MacDonald, 1994) ย่อ HKGS (1998) และประเทศออสเตรเลีย ANZECC (1998) ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักที่พบในตะกอนดินธรรมชาติ (เปอร์เซ็นต์ไทล์ 80) จากการสำรวจของกรมควบคุมมลพิษ และร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่งที่เสนอโดยกรมควบคุมมลพิษ (2549)	10
3.1	ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของจุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินใน 4 กลุ่มคลองในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	12 -13
3.2	ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์และระยะห่างฝั่งของจุดที่ทำการตัวอย่างน้ำทะเลและดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลหน้าพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	15
3.3	ค่า % Recovery ของการวิเคราะห์ปรอทใน Certified reference material ที่ใช้สำหรับย่อยตัวอย่างดินตะกอน (MESS 3)	17
4.1	ความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอนในแต่ละสถานีในลำคลองต่างๆ บริเวณพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	19 - 21
4.2	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอน ($\mu\text{g/g dry wt.}$) และ % ignition loss จากตัวอย่างดินตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า 125 ไมโครเมตร จากแต่ละกลุ่มคลอง	22
4.3	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Persons correlation coefficient) ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิดและ % ignition loss	32
4.4	ลักษณะดินตะกอนจากบริเวณชายฝั่งทะเลมาบตาพุด	34
4.5	ความเข้มข้นของโลหะหนักตัวอย่างดินตะกอนขนาด $<125 \mu\text{m}$ และ % ignition loss ในดินตะกอนจากบริเวณชายฝั่งทะเลมาบตาพุด	37
4.6	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอนขนาด $<125 \mu\text{m}$ และ % ignition loss กับจากบริเวณชายฝั่งทะเลมาบตาพุด loss	41
5.1	ความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอน ($\mu\text{g/g dry wt.}$) ในดินตะกอนจากพื้นที่ต่างๆ ในประเทศไทย	45
5.2	ความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอน ($\mu\text{g/g dry wt.}$) ในดินตะกอนจากประเทศอื่นๆ	46

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
3.1	จุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินในลำคลองโดยรอบพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	12
3.2	จุดเก็บตัวอย่างดินตะกอนชายฝั่งทะเลบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรมมาบตาพุด	16
3.3	เครื่อง Microwave digester (CEM, Mar5X) สำหรับย่อยตัวอย่างดินตะกอน	16
4.1	Boxplot ของค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละคลอง	23
4.2	ค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละสถานีในแต่ละคลอง	23
4.3	Boxplot ของค่าความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละคลอง	24
4.4	ค่าความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละสถานีในแต่ละคลอง	24
4.5	Boxplot ของค่าความเข้มข้นของสังกะสีในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละคลอง	26
4.6	ค่าความเข้มข้นของสังกะสีในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละสถานีในแต่ละคลอง	26
4.7	Boxplot ของค่าความเข้มข้นของตะกั่วในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละคลอง	27
4.8	ค่าความเข้มข้นของตะกั่วในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละสถานีในแต่ละคลอง	27
4.9	Boxplot ของค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละคลอง	28
4.10	ค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละสถานีในแต่ละคลอง	28
4.11	Boxplot ของค่าความเข้มข้นของเหล็กในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละคลอง	29
4.12	ค่าความเข้มข้นของเหล็กในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละสถานีในแต่ละคลอง	29

รูปที่		หน้า
4.13	Boxplot ของ% ignition loss ของดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละคลอง	30
4.14	% ignition loss ของดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละสถานีในแต่ละคลอง	31
4.15	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิดกับ % ignition loss ในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดินในบริเวณและโดยรอบพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	33
4.16	การกระจายตัวของค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	35
4.17	การกระจายตัวของค่าความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	36
4.18	การกระจายตัวของค่าความเข้มข้นของสังกะสีในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	38
4.19	การกระจายตัวของค่าความเข้มข้นของตะกั่วในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	39
4.20	การกระจายตัวของค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	39
4.21	การกระจายตัวของค่าความเข้มข้นของเหล็กในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	40
4.22	การกระจายตัวของ % ignition loss ในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	40
4.23	ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของโลหะหนักและ % ignition loss ในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	42

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

แนวคิดเรื่องการจัดตั้งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดเริ่มขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525 ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 5 ภายใต้โครงการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก (Eastern Seaboard Development Project) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัด คือ ระยอง ชลบุรี และฉะเชิงเทรา เพื่อรองรับการขยายตัวของอุตสาหกรรมจากส่วนกลาง และการย้ายฐานการผลิตของอุตสาหกรรมจากต่างประเทศ เนื่องจากจังหวัดระยองมีลักษณะพื้นที่ที่เหมาะสมในการก่อสร้างท่าเรือน้ำลึก มีระยะทางไม่ไกลจากกรุงเทพมหานคร ประกอบกับการพบก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย ซึ่งการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย ได้ดำเนินการต่อท่อนำก๊าซธรรมชาติมาขึ้นฝั่งบริเวณตำบลมาบตาพุด จังหวัดระยอง และมีการสร้างโรงแยกก๊าซธรรมชาติโรงแรกขึ้นเมื่อปี 2525 ที่ตำบลมาบตาพุด โดยผลผลิตจากก๊าซธรรมชาติ จะถูกนำไปเป็นวัตถุดิบหลักสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับเม็ดพลาสติก เคมีภัณฑ์และปุ๋ยเคมี (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2525 – 2529)

นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดจึงได้ถูกจัดตั้งขึ้น ตามนโยบายของรัฐบาลเพื่อการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออกในปี พ.ศ. 2531 โดยอยู่ภายใต้การดูแลของกรมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (กนอ.) ปัจจุบันนิคมฯมาบตาพุดเป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำ เป็นฐานการผลิตที่สำคัญของประเทศสำหรับอุตสาหกรรมหลักในพื้นที่ได้แก่ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี ได้แก่ โรงกลั่นน้ำมัน โรงกลั่นปิโตรเลียมและผลิตภัณฑ์พลอยได้อื่นๆ โรงงานผลิตพลาสติก และเคมีภัณฑ์ชนิดต่างๆ โรงงานเหล็ก และโลหะ โรงงานผลิตปุ๋ย และโรงไฟฟ้า ในระยะเวลาต่อมาได้มีการขยายตัวในเชิงพื้นที่ โดยมีนิคมอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นในพื้นที่โดยรอบได้แก่ นิคมอุตสาหกรรมเหมราชตะวันออก (อุตสาหกรรมปิโตรเคมี และเคมีภัณฑ์) นิคมอุตสาหกรรมผาแดง นิคมอุตสาหกรรมเอเซีย นิคมอุตสาหกรรมอาร์ ไอ แอล เป็นต้น ทำให้พื้นที่ของนิคมอุตสาหกรรมในบริเวณนี้ขยายตัวจาก 8,000 ไร่ ในระยะแรกเป็น 20,000 ไร่ ในปัจจุบัน พื้นที่ของนิคมอุตสาหกรรมครอบคลุมพื้นที่ 6 ตำบล ได้แก่ ต. เนินพระ ต. ทับมา ต. ห้วยโป่ง ต. มาบตาพุด ต. บ้านฉาง และ ต. มาบข่า ในปัจจุบันโดยจำนวนโรงงานในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดและนิคมอุตสาหกรรมอื่นๆ โดยรอบในมีปัจจุบันมีมากกว่า 200 โรง การขยายตัวของอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ทำให้ความต้องการใช้พลังงานในพื้นที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก ดังจะเห็นได้จากการก่อสร้างโรงไฟฟ้าที่กระจายอยู่ทั่วพื้นที่ (www.ieat.go.th)

การขยายตัวของอุตสาหกรรมในพื้นที่อย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดปัญหาการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมและอาชีวอนามัย เกิดปัญหาการรั่วไหล และการปนเปื้อนมลสารในอากาศ แหล่งน้ำ และดินตะกอน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม และสุขภาพของประชากรในพื้นที่ได้ ดังที่เรามักจะได้ข่าวจากแหล่งข่าวต่างๆ เช่น หนังสือพิมพ์กรุงเทพธุรกิจ (15/1/2554) รายงานการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ เช่นเยื่อจมูกอักเสบ และโรคหืด ใน

พื้นที่ 6 ตำบล ได้แก่ ต. เนินพระ ต. ทับมา ต. ห้วยโป่ง ต. มาบตาพุด ต. บ้านฉาง และ ต. มาบข่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น กรมควบคุมโรค (2552) สรุปแนวโน้มว่าประชากรในพื้นที่มาบตาพุดมีปัญหาโรกระบบทางเดินหายใจ และโรคมะเร็งเป็นหลัก ชาวจากหนังสือพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ (20/01/2553) ที่กล่าวถึงแถลงการณ์ของคณะอนุกรรมการสิ่งแวดล้อมของวุฒิสภา ที่ได้นำตัวอย่างตะกอนดินและน้ำเสียจากพื้นที่ในเขตนิคมมาบตาพุดมาแสดง ทำให้เห็นว่าของเสียต่างๆ เมื่อระบายลงสู่แหล่งน้ำส่วนหนึ่งก็จะเจือปนในน้ำ และอีกส่วนหนึ่งจะสะสมในตะกอนดิน ซึ่งส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำและการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำด้วย เช่น กรณีของคลองชักหมากที่ไหลผ่านพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด และไหลลงสู่ชายฝั่งทะเล บริเวณอ่าวประดู่ซึ่งเป็นอ่าวกึ่งปิดที่เกิดขึ้นจากการถมทะเลเพื่อสร้างโรงไฟฟ้า BLCP ส่งผลให้เกิดตะกอนที่มีสีดำจากการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน และโลหะหนักบางชนิด ประเมินว่ามีปริมาณตะกอนดินสะสมในอ่าวประดู่สูงถึง 300,000 ตัน (www.isarapost.net)

รายงานของ Greenpeace ชี้ให้เห็นว่าน้ำทิ้งจากโรงงานพลาสติกและเคมีภัณฑ์ในเขตพื้นที่มาบตาพุดปนเปื้อนด้วยโลหะหนักบางชนิด ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าระดับที่พบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำผิวดินที่ไม่มีการปนเปื้อน (www.greenpeace.org/seasia/th/press/reports/map-ta-phut-waste-water-analysis) กรุงเทพฯ (15 ธันวาคม 2553) รายงานว่า นายสุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (ทส.) เปิดเผยว่า คพ.ได้ติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในพื้นที่มาบตาพุด จ.ระยอง ซึ่งสารมลพิษที่ตรวจสอบเพื่อทำการเฝ้าระวัง ประกอบด้วยโลหะหนัก 10 ชนิด และสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) 16 ชนิด ผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำได้ดินจากบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม มาบตาพุด และนิคมอุตสาหกรรมใกล้เคียง รวมถึงบ่อน้ำบาดาลที่อยู่นอกพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม จำนวน 39 บ่อ พบการปนเปื้อนสารมลพิษมีค่าสูงเกินมาตรฐานในบางจุด ได้แก่ สารหนู 19 บ่อ เหล็ก 30 บ่อ แมงกานีส 15 บ่อ ตะกั่ว 3 บ่อ สังกะสี 2 บ่อ 1,2-ไดคลอโรอีเทน 3 บ่อ และไวนิลคลอไรด์ 1 บ่อ

ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการปนเปื้อนมลสารในสิ่งแวดล้อม และสุขภาพของประชาชนเหล่านี้ มักจะออกมาในรูปของข่าวจากสื่อต่างๆ แต่เมื่อสืบค้นข้อมูล ก็มักจะไม่พบรายละเอียดของข้อมูล และข้อมูลที่เป็นรายงานวิชาการมีน้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลที่จะสามารถชี้ให้เห็นถึงแหล่งกำเนิดมลพิษนั้นเรียกได้ว่าแทบจะไม่มีเลย ซึ่งทำให้ขาดข้อมูลที่สำคัญในการตัดสินใจแก้ไขปัญหาของผู้มีอำนาจ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

โครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะดำเนินการศึกษาการกระจายตัว และการสะสมตัวของโลหะหนัก ได้แก่ แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี ในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดิน และดินตะกอนจากชายฝั่งทะเล ข้อมูลที่ได้จะนำมาใช้ในการประเมินแหล่งที่มาหรือแหล่งกำเนิดของโลหะหนัก พฤติกรรมเคลื่อนย้าย ของโลหะหนักในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด และยังสามารถนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักในดินตะกอน (Sediment Quality Guideline) ของประเทศไทยและประเทศต่างๆ เพื่อทราบถึงระดับความเป็น

พิษของโลหะหนักในดินตะกอนในแหล่งน้ำโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด โดยข้อมูลที่ได้จากโครงการนี้จะเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญ และมีประโยชน์อย่างมากต่อการพิจารณา ทำความเข้าใจปัญหาการปนเปื้อนโลหะหนักในพื้นที่นี้ และจะมีความสำคัญต่อการตัดสินใจของภาครัฐต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมของพื้นที่นี้

1.3 สมมุติฐานในการศึกษา

1. ดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดิน เช่นลำคลองต่าง ๆ ที่ไหลผ่านพื้นที่นิคมฯ จะมีค่าความเข้มข้นของโลหะหนักสูงกว่า แหล่งน้ำผิวดินไม่ไหลผ่านพื้นที่นิคม
2. โลหะหนักในดินตะกอนในพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่ใกล้ฝั่งจะมีค่าความเข้มข้นของโลหะหนักสูงกว่าพื้นที่ไกลฝั่ง
3. ระดับความเข้มข้นสูงสุดของโลหะหนักในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดิน ดินตะกอนในพื้นที่ชายฝั่งทะเลยังมีค่าไม่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานดินตะกอนที่กำหนดโดยประเทศต่างๆ

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

พื้นที่เก็บตัวอย่างได้แก่ แหล่งน้ำผิวดินในลำคลองต่างๆ ทั้งที่ผ่านพื้นที่นิคมฯ และไม่ผ่านพื้นที่นิคม แต่ผ่านชุมชน โดยจะเก็บตัวอย่างดินตะกอนในลำคลองบริเวณก่อนผ่าน ระหว่างที่ผ่าน และ หลังผ่าน และจุดที่ไหลลงสู่ทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลจะเก็บตัวอย่างโดยเก็บจากจุดที่ลำคลองไหลลงสู่ทะเล และเป็นระยะห่างฝั่งต่างๆ กัน

ตัวอย่างทั้งหมดจะถูกนำมาย่อยด้วยกรดโดยใช้ Microwave digester และวิเคราะห์โลหะหนัก โดยเทคนิค Flame Atomic Absorption Spectrometer และ Furnace Graphite Atomic Absorption Spectrometer

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงระดับความเข้มข้นและการกระจายตัวของโลหะหนักในดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินทั้งแหล่งน้ำที่ไหลผ่านการนิคม และแหล่งน้ำที่ห่างจากการนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด
2. ทราบถึงระดับความเข้มข้นและการกระจายตัวของโลหะหนักในดินตะกอนในพื้นที่ชายฝั่งทะเล โดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด โดยดินตะกอนที่อยู่ใกล้ฝั่งและปากคลองน่าจะมีความเข้มข้นสูงกว่าที่ห่างฝั่งออกไป
2. ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของโลหะหนักในแหล่งน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชายฝั่งทะเล และกิจกรรม และที่ตั้งโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งจะช่วยให้คาดการณ์แหล่งกำเนิดของโลหะหนักที่สะสมตัวในพื้นที่นี้ได้
3. ทราบถึงระดับของความเสีย และความเป็นพิษของโลหะหนักที่สะสมตัวอยู่ในแหล่งน้ำในพื้นที่นี้ โดยเปรียบเทียบกับ เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดิน ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงแนวทางในการตัดสินใจดำเนินการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นต่อไป

1.6 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลจากการศึกษาวิจัยนี้น่าจะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยและควบคุมการปล่อยสารพิษจากแหล่งต่างๆลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ เช่นกรมควบคุมมลพิษ กรม

โรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้หน่วยงานเช่นกรมประมงยังสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวางแผนการเพาะเลี้ยงหรือการทำการประมงได้อีกด้วย หน่วยงานทางการศึกษาเช่นมหาวิทยาลัยต่างๆ ก็สามารถนำผลงานนี้ไปใช้ได้ในการเรียนการสอน และเนื่องจากปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องแหล่งกำเนิดของโลหะหนักในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดเป็นปัญหาที่มีการถกเถียงกันมานาน ผลจากการศึกษาวิจัยนี้น่าจะช่วยให้เห็นภาพของแหล่งกำเนิดโลหะหนักได้ชัดเจนขึ้น และจะนำไปสู่การตัดสินใจในการดำเนินการแก้ไขปัญหาคิดดีขึ้น

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

โลหะหนัก (heavy metals) เป็นคำที่มีการใช้อย่างกว้างขวางโดยในระยะแรกมักจะหมายถึงโลหะที่มีความหนาแน่นสูงกว่าน้ำประมาณ 5 เท่า ซึ่งถ้าเรายึดตามความหมายนี้โลหะบางชนิดเช่น อลูมิเนียมซึ่งเป็นโลหะที่สร้างปัญหาทางมลภาวะทางน้ำที่สำคัญชนิดหนึ่ง จะไม่ถูกจัดเข้ากลุ่มเนื่องจากอลูมิเนียมมีค่าความหนาแน่นเพียง 1.5 เท่านั้น Kennish (1997) ได้ให้ความหมายของคำว่าโลหะหนัก ว่าเป็นกลุ่มของธาตุที่มีน้ำหนักอะตอมระหว่าง 63.55 ถึง 200.59 และมีการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนวงนอกในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน

ในทางเคมีแล้ว กลุ่มของโลหะถูกจัดแบ่งออกตามลักษณะการทำปฏิกิริยาของไอออนของธาตุนั้นๆ ซึ่งสามารถแบ่งธาตุโลหะออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่

- โลหะไอออนในกลุ่มเอ (Class A metal)
- โลหะไอออนในกลุ่มบี (Class B metal) และ
- ไอออนของโลหะทรานสิชัน (Transition or Border line metal)

โลหะไอออนในกลุ่มเอ เป็นกลุ่มที่มีการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนวงนอกแบบเดียวกับก๊าซเฉื่อย (d^0) สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีความคงตัวได้ดีกับไอออนของฟลูออไรด์ และไอออนที่มีออกซิเจนเป็นผู้ให้อิเล็กตรอน (Electron donor) เช่น OH^- , CO_3^{2-} , และ PO_4^{3-} แต่ไม่จับกับซัลไฟด์ในสารละลาย ทั้งนี้เนื่องจากมันจะจับกับไฮดรอกไซด์ไอออนแทน ตัวอย่างของโลหะไอออนในกลุ่มนี้ได้แก่ Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , และ Sr^{2+} เป็นต้น

โลหะไอออนในกลุ่มบี เป็นกลุ่มที่มีการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนวงนอกในลักษณะ nd^{10} และ $nd^{10(n+1)}s^2$ สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีความคงตัวได้ดีกับไอออนของไอโอไดต์ (I^-) และคลอไรด์ (Cl^-) ตัวอย่างของโลหะในกลุ่มนี้ได้แก่ Cd^{2+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} และ Ag^{2+} เป็นต้น

ไอออนของโลหะทรานสิชันมีการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนวงนอกแบบ ndq โดย q มีค่าระหว่าง 0-10 ไอออนของโลหะทรานสิชัน และกลุ่มบี เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีความคงตัวและเกิดตะกอนกับซัลไฟด์ไอออน ตัวอย่างของโลหะในกลุ่มนี้ได้แก่ Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} เป็นต้น

ดังนั้นโลหะหนักจึงครอบคลุมโลหะในกลุ่มบี และโลหะทรานสิชัน

โลหะหนัก (heavy metals) เมื่อสัมผัสสิ่งแวดล้อมทางน้ำ มันสามารถเปลี่ยนรูปแบบ (speciation) จากรูปของประจุละลายน้ำ (dissolved ionic forms) ไปเป็นสารละลายเชิงซ้อน (complex molecules) หรือเกิดเป็นอนุภาคคอลลอยด์ (colloid) อนุภาคคอลลอยด์ของโลหะหนักจะค่อยๆ จับตัวกันจนมีขนาดใหญ่ขึ้น และตกตะกอนลงสะสมรวมอยู่กับตะกอนพื้นท้องน้ำได้นอกจากนี้มันยังสามารถจับตัว หรือดูดซับ (adsorb) อยู่บนพื้นผิวของตะกอนแขวนลอยในกลุ่มที่เป็นสารอินทรีย์ และอาจจะแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchange) กับตะกอนฝุ่นแป้ง (silt and clay particles)

ดังนั้นในสภาวะทั่วไปเมื่อโลหะหนักถูกปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำมันจะกระจายอยู่ใน 4 ส่วน (phases) คือ สารละลาย (dissolved) สารแขวนลอย (suspended) ดินตะกอน (sediment) และ น้ำระหว่างเม็ดดินตะกอน (pore water) ซึ่งโลหะหนักในแต่ละส่วนสามารถที่จะมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน และเคลื่อนย้ายไปมาระหว่างกันได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสภาพแวดล้อมภายนอกเปลี่ยนไป เช่น มีการเปลี่ยนแปลงความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ศักย์ไฟฟ้า (redox potential) การเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณตะกอนแขวนลอยในบริเวณปากแม่น้ำจึงมีผลอย่างมาก ต่อปริมาณ การสะสมตัวของโลหะหนัก (Sholkovitz & Copland, 1981; Schoer, 1985; Comans and Van Dijk, 1988) นอกจากนี้ขบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายหลังการตกตะกอน (diagenesis) ก็ อาจจะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนปริมาณโลหะหนักในน้ำระหว่างเม็ดดินและในดินตะกอน ซึ่งจะ สัมพันธ์กับการแพร่กระจาย (diffusion) ของโลหะหนักเข้าสู่หรือออกจากดินตะกอนได้ นอกจากนี้ กิจกรรมของสิ่งมีชีวิต (bioturbation) ที่อยู่ในดินตะกอนอาจจะทำให้ขบวนการแลกเปลี่ยนโลหะ หนักระหว่างชั้นน้ำและดินตะกอนเกิดได้เร็วขึ้นอีกด้วย (Salomons & Forstner, 1984)

โลหะหนักเมื่อเข้าสู่แหล่งน้ำจะมีพฤติกรรมที่โลหะหนักส่วนใหญ่จะเคลื่อนย้ายจาก มวลน้ำไปยังตะกอนแขวนลอย และตกตะกอนลงสะสมบนพื้นท้องน้ำ ทำให้ความเข้มข้นของโลหะ หนักในมวลน้ำมักจะมีความต่ำ ประกอบกับเทคนิคการวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างน้ำโดยเฉพาะ อย่างยิ่งตัวอย่างน้ำทะเลมีความยุ่งยากมาก และมีราคาแพง ผลการศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่ พบว่าดินตะกอนในพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดของโลหะหนักมักจะมีค่าความเข้มข้นสูงกว่าดิน ตะกอนจากพื้นที่ที่อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดของโลหะหนัก แต่ปัจจัยที่อาจจะทำให้ผลการศึกษา เบี่ยงเบนไปจากนี้อาจจะเกิดขึ้นได้จากลักษณะของดินตะกอน โดยดินตะกอนที่เป็นทรายและมี ขนาดใหญ่ มีพื้นที่ผิวต่ำ มีประจุน้อย ทำให้ไม่ดึงดูดให้โลหะหนักเข้ามาดูดซับ แต่ดินตะกอนที่มี ขนาดเล็กลงไปได้แก่พวกทรายแป้ง (Silt) และ อนุภาคดินเหนียว (Clay) เป็นดินตะกอนที่มีขนาด เล็ก มีพื้นที่ผิวสูง มีประจุสูง สามารถแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange) ได้มาก จึงดึงดูดให้โลหะ หนักเข้ามาดูดซับพื้นที่ผิวมาก

ดังนั้นในการศึกษาเพื่อหาลักษณะการกระจายตัวของโลหะหนัก เพื่อประเมิน แหล่งกำเนิดของโลหะหนักที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ จึงควรศึกษาในดินตะกอนที่เก็บจุดต่างๆ ใน แหล่งน้ำ โดยเลือกจุดเก็บตัวอย่างในบริเวณที่คาดว่าจะเปื้อนแหล่งกำเนิดของมลสาร ซึ่งก็มักจะอยู่ ใกล้เคียงกับบริเวณที่มีกิจกรรม เช่น ดินตะกอนบริเวณท่อน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมที่เป็น แหล่งกำเนิดของโลหะหนักก็ย่อมจะต้องมีค่าความเข้มข้นสูงกว่าดินตะกอนที่มีขนาดเท่ากัน ใน พื้นที่ที่ห่างออกไป

ดังนั้นโลหะเมื่อถูกทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ ส่วนหนึ่งจะถูกดูดซับ (adsorb) บนผิวของตะกอนที่ แขวนลอยอยู่ในน้ำ ไม่ว่าจะเป็นตะกอนอินทรีย์ หรือ อนุภาคดินตะกอน (clay mineral) (Salomons & Forstner, 1984) โลหะบางชนิดเช่นเหล็กและแมงกานีสอาจจะถูกออกซิไดส์และ เปลี่ยนไปอยู่ในรูปคอลลอยด์ ออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีสสามารถดึงดูดโลหะชนิดอื่นให้ ตกตะกอนร่วมได้ ในสภาพที่เหมาะสมเช่นบริเวณที่มีการไหลของน้ำอย่างช้าๆ ตะกอนเหล่านี้จะ

ตกลงสะสมที่ดินตะกอนพื้นแม่น้ำ ดินตะกอนพื้นแม่น้ำจึงเป็นแหล่งสะสมตัวของโลหะหนัก (sink) ถ้าชั้นของดินตะกอนถูกสะสมโดยไม่ถูกรบกวน ปริมาณโลหะหนักในแต่ละระดับของความลึกดินจะสะท้อนถึงปริมาณโลหะหนักที่ถูกปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ (Salomons & Forstner, 1987) อย่างไรก็ตามดินตะกอนที่สะสมโลหะไว้นี้อาจแปรสภาพไปเป็นแหล่ง (sources) ของโลหะที่กลับเข้าสู่มวลน้ำได้อีกเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพทางเคมี เช่นการเปลี่ยนแปลงความเค็ม ปริมาณออกซิเจน ค่าศักย์ไฟฟ้า (redox potential) (Spratt & Hodson, 1994) หรือทางกายภาพ เช่นเกิดการฟุ้งกระจายของดินตะกอนไม่ว่าจะโดยขบวนการทางกายภาพ (physical processes) หรือชีวภาพ (bioturbation) (Harbison, 1986; Kener and Wallmann, 1992) การสะสมตัวของโลหะหนักในดินตะกอนและการกลับคืนสู่มวลน้ำ (accumulation and remobilization) ของโลหะหนักเป็นขบวนการที่มีความสำคัญมากต่อ โอกาสที่สิ่งมีชีวิตจะได้รับโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย (bioavailability) (Bryan & Langston, 1992; Kiffney & Clements, 1993)

จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นว่าการแพร่กระจาย รูปแบบ และการเคลื่อนย้ายโลหะหนักมีความซับซ้อนมาก ดังนั้นการศึกษาพฤติกรรมของโลหะหนัก นอกจากจะทำให้เราทราบและคาดการณ์ถึงปริมาณโลหะหนักที่สิ่งมีชีวิตจะนำเข้าสู่ร่างกายได้แล้ว ยังสามารถบอกให้ทราบถึงโอกาสที่มันจะตกตะกอน (sink) หรือถูกขนถ่าย (transport) ออกสู่ทะเลได้มากกว่ากันด้วย และยังใช้เป็นข้อมูลในการประเมินแหล่งกำเนิดของโลหะหนักได้อีกด้วย

อย่างไรก็ตามค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอน ที่ตรวจพบจะอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อการดำรงชีพของสัตว์น้ำหรือไม่ จำเป็นที่จะต้องอิงกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินตะกอน (Sediment Quality Guideline)

ในประเทศสหรัฐอเมริกา องค์การสมุทรศาสตร์และบรรยากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (NOAA, USA) ได้เก็บรวบรวมข้อมูลการปนเปื้อนของโลหะหนักและสารเคมีในตะกอนดินทั่วประเทศภายใต้โครงการสำรวจสถานภาพและแนวโน้มการปนเปื้อนสารเคมีแถบชายฝั่ง (National Status and Trends Program: NSTP) มาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1985 แต่ยังไม่มีการบ่งชี้ระดับการปนเปื้อนสารเคมีในตะกอนดินที่บอกถึงอันตรายที่อาจก่อให้เกิดกับสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ (Sediment Quality Guidelines: SQGs) สำหรับการแปลผลคุณภาพตะกอนดินจากการสำรวจดังกล่าว จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1990 NOAA จึงหาวิธีกำหนดเกณฑ์การบ่งชี้คุณภาพตะกอนดินขึ้น โดยรวบรวมข้อมูลภาคสนามที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารเคมีในตะกอนดินกับผลกระทบที่เกิดขึ้น มาเรียงลำดับข้อมูลจากความเข้มข้นน้อยที่สุดที่ก่อให้เกิดผลกระทบที่ไม่พึงประสงค์ และคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 10 และค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 เพื่อกำหนดเป็นค่าที่พบว่าก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำน้อยมาก (Effect Range-Low: ERL) และค่าที่พบว่าก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำบ่อยครั้ง (Effect Range-Median: ERM) โดยค่า ERL และ ERM จาก NOAA เป็นเกณฑ์บ่งชี้คุณภาพตะกอนดิน (Sediment Quality Guidelines) ฉบับแรกที่มีการนำไปใช้ใน

ต่อมาสำนักงานพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งรัฐฟลอริดา (Florida Department of Environmental Protection :FDEP) ได้พัฒนาวิธีจัดทำค่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพตะกอนดิน (SQG) แถบชายฝั่งทะเลของรัฐฟลอริดา ซึ่งปรับจากวิธีกำหนดค่า ERL/ERM ขององค์การ NOAA โดย FDEP ได้ปรับข้อมูลให้อยู่ในกรอบเดียวกันและขยายขอบเขตข้อมูลให้ครอบคลุมทั้งจากสหรัฐอเมริกา แคนาดาแถบฟลอริดา ชายฝั่งแถบตะวันออกเฉียงใต้ และแถบชายฝั่งอ่าวเม็กซิโกด้วย ข้อมูลความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอนที่ใช้ในการจัดทำค่าเกณฑ์มาตรฐานนี้มาจากทั้งกลุ่มพื้นที่ที่พบว่ามีผลกระทบ (effects data) ต่อสิ่งมีชีวิต และกลุ่มพื้นที่ที่ไม่มีผลกระทบ (no-effects data) และได้กำหนดค่าความเข้มข้นโลหะหนักในตะกอนดินไว้เป็น 2 ระดับ ได้แก่ ค่า Threshold Effect Level (TEL) และค่า Probable Effects Levels (PEL) เพื่อบ่งชี้ระดับที่พบว่าเกิดอันตรายหรือผลกระทบที่ไม่พึงประสงค์ต่อสิ่งมีชีวิตในตะกอนดินเป็น 3 ระดับคือ พบน้อยครั้ง พบบางครั้ง และพบบ่อยครั้ง (MacDonald, 1994) โดยค่า TEL มาจากค่าเฉลี่ยเรขาคณิตระหว่างค่าความเข้มข้นที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 15 ของกลุ่มข้อมูล effects data และค่าความเข้มข้นที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 50 ของกลุ่มข้อมูล no-effects data และค่า PEL มาจากค่าเฉลี่ยเรขาคณิตระหว่างค่าความเข้มข้นที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 50 ของกลุ่มข้อมูล effects data และค่าความเข้มข้นที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 85 ของกลุ่มข้อมูล no-effects data

องค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อม ประเทศสหรัฐอเมริกา ปีค.ศ.1997 (US EPA, 1997) ได้กำหนดค่า SQG (Sediment Quality Guidelines) สำหรับสารอินทรีย์แบบละลายน้ำได้ยากโดยกำหนดเป็นระดับความเข้มข้นสารเคมีในตะกอนดินที่คาดว่าจะไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์หน้าดินหากมีค่าความเข้มข้นไม่เกินค่าดังกล่าว โดยใช้ทฤษฎีสภาวะสมดุลของสารอินทรีย์ระหว่างตะกอนดินและน้ำในตะกอนดิน (Equilibrium Partitioning Approach: EqP) ซึ่งถือว่าสัตว์หน้าดินได้รับสารอันตรายจากน้ำตะกอนดิน (porewater) เป็นหลัก และปัจจัยที่มีผลต่อสัดส่วนสารอันตรายในตะกอนดินขึ้นอยู่กับปริมาณสารอินทรีย์ (Organic Carbon) ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากสัมประสิทธิ์การจับตัวกับสารอินทรีย์ (Koc) ของสารอันตรายแล้ว จะสามารถคำนวณระดับความเข้มข้นสารเคมีในตะกอนดินที่ถือว่าปลอดภัยต่อสัตว์หน้าดิน จากค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่มีความปลอดภัยต่อสัตว์น้ำจากการได้รับสารในระยะยาว (Chronic Values) ค่า SQG สำหรับสารเคมีกลุ่มโลหะหนักกำหนดขึ้นโดยให้พิจารณาปริมาณโลหะหนัก (Simultaneously Extracted Metals: SEM) ที่วิเคราะห์ต่อจากปริมาณซัลไฟด์ (Acid Volatile Sulfide: AVS) ในตะกอนดิน โดยโอกาสที่โลหะหนักในตะกอนดินมีความเป็นอันตรายต่อสัตว์หน้าดินสูงหากพบว่า $[SEM]/[AVS] > 5$ เท่าขึ้นไป

เนื่องจากประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ยังขาดข้อมูลภาคสนาม และข้อมูลจากห้องปฏิบัติการด้านความเป็นพิษต่อสัตว์หน้าดินจากสารเคมีในตะกอนดิน รวมทั้งขาดข้อมูลการคาดการณ์ความเป็นพิษของสารอันตรายในตะกอนดินด้วยทฤษฎีสภาวะสมดุล (EqP) ดังนั้น สภาสิ่งแวดล้อม และการอนุรักษ์ (The Agricultural and Resource Management Council of Australian and New Zealand: ARM CANZ) และสภาบริหารจัดการเกษตรกรรมและทรัพยากรของประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ (the Australian and New Zealand Environment and

Conservation Council :ANZECC) จึงได้จัดทำเกณฑ์บ่งชี้คุณภาพตะกอนดินสำหรับแหล่งน้ำจืด และน้ำทะเลขึ้นมาใช้แบบชั่วคราว (Interim Sediment Quality Guidelines: ISQG) สำหรับสารเคมีจำพวกโลหะหนักและสารเคมีอินทรีย์ ด้วยวิธีเลือกค่า SQG ที่เหมาะสมจากแหล่งข้อมูลต่างประเทศ โดยเลือกมาจากค่า SQG ที่พัฒนาจากองค์การ NOAA เป็นหลัก และปรับให้เหมาะสมกับค่าความเข้มข้นสารเคมีในตะกอนดินที่พบในประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ (ANZECC; 1998)

ประเทศฮ่องกง ได้กำหนดเกณฑ์ค่ามาตรฐาน โดยใช้แนวคิดเกี่ยวกับความเป็นพิษของตะกอนดิน โดยกำหนดค่า Interim Sediment Quality Values (ISQVs) จากการรวมกันของ วิธี EqP หรือทฤษฎีสภาวะสมดุลของสารอินทรีย์ระหว่างตะกอนดินและน้ำในตะกอนดิน (Equilibrium Partitioning Approach) ซึ่งถือว่าสัตว์หน้าดินได้รับสารอันตรายจากน้ำตะกอนดิน (porewater) เป็นหลัก และวิธี AET (Apparent Effects Threshold Approach) โดยวิธี AET เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในตะกอนดิน และการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพประเภทต่างๆ ได้แก่ความเป็นพิษต่อสัตว์หน้าดินหรือสัตว์น้ำ การเปลี่ยนแปลงของจำนวนสิ่งมีชีวิต การเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของประชากรสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และปริมาณการสะสมสารเคมีในสิ่งมีชีวิต เป็นต้น (HKGS; 1998)

ซึ่งในขณะนี้ประเทศไทยได้ร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดิน และชายฝั่งทะเล (กรมควบคุมมลพิษ, 2549) ไว้ (ตารางที่ 2.1) โดยอาศัยแนวทางการกำหนดค่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินตะกอนจากประเทศต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว ประกอบกับค่า ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักพื้นฐาน (Baseline concentration) ที่พบในตะกอนดินธรรมชาติ (เปอร์เซ็นต์ไทล์ 80) จากการสำรวจของกรมควบคุมมลพิษ

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินโลหะหนักในดินตะกอน (Sediment Quality Guideline) ของ Florida Department of Environmental Protection (MacDonald, 1994) ชื่องาน HKGS (1998) และประเทศออสเตรเลีย ANZECC (1998) ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักที่พบในตะกอนดินธรรมชาติ (เปอร์เซ็นต์ไทล์ 80) จากการสำรวจของกรมควบคุมมลพิษ และร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่งที่เสนอโดยกรมควบคุมมลพิษ (2549)

	Hg (µg/g)	Cd (µg/g)	Cr (µg/g)	Pb (µg/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	As (µg/g)
ERL ¹ / ERM ² (MacDonald, 1994)	0.13/0.71	1.2/9.6	81/370	46.7/218	34/270	150/410	8.2/70
ISQV ³ low / high (HKGS, 1998)	0.28/1	1.5/9.6	80/370	75/218	65/270	200/410	8.2/70
ISQV ³ low / high (ANZECC, 1998)	0.15/1	1.5/10	80/370	50/220	65/270	200/410	20/70
Baseline percentile ⁴ 80 (PCD, 2006)	0.1	0.2	33	28	16	52.8	11.5
ร่างมาตรฐาน คุณภาพดินตะกอน ชายฝั่ง และดิน ตะกอนแหล่งน้ำผิว ดิน ⁵ (กรมควบคุม มลพิษ, 2549)	0.18	0.99	43.4	35.8	31.6	121	9.79

1 ERL = Effects Range Low,

2 ERM = Effects Range Median

3 ISQV = Interim Sediment Quality Values

4 ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักที่พบในตะกอนดินธรรมชาติ (เปอร์เซ็นต์ไทล์ 80) จากการสำรวจของกรมควบคุมมลพิษ

5 ร่างมาตรฐานคุณภาพตะกอนดินในแหล่งน้ำผิวดิน เพื่อป้องกันผลกระทบอันไม่พึงประสงค์ของสารอันตรายที่จะมีต่อสัตว์หน้าดิน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

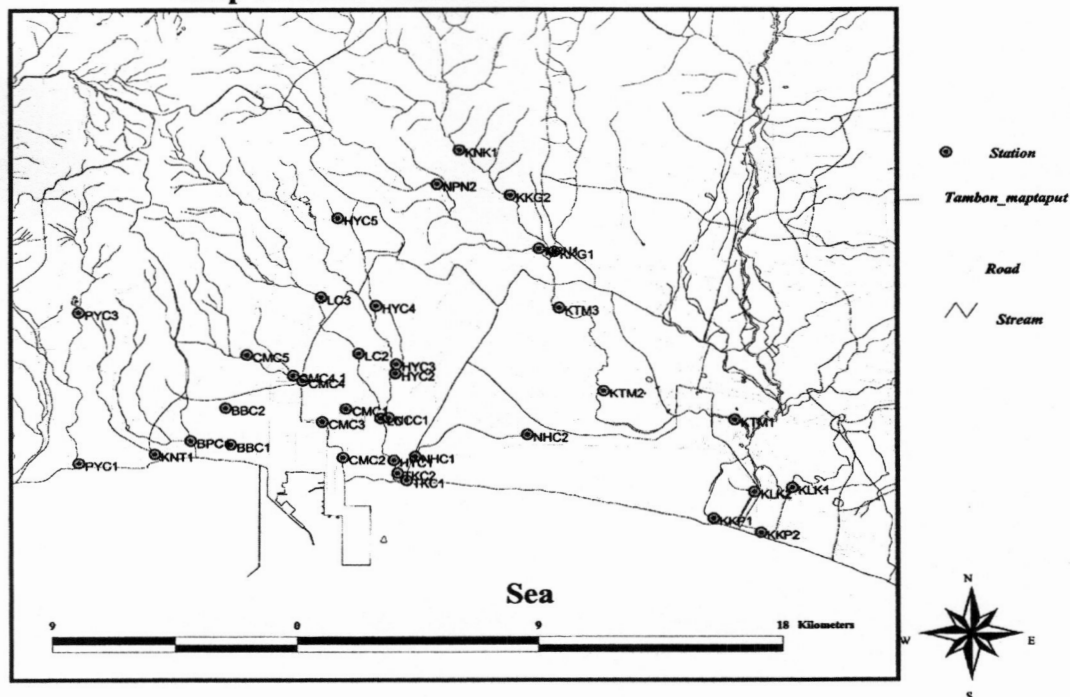
3.1 การเก็บตัวอย่างดินตะกอน

3.1.1 การกำหนดสถานีเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำผิวดิน

กำหนดสถานีเก็บตัวอย่างดินตะกอนในบริเวณลำคลองต่างๆ ในเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด โดยแบ่งลำคลองออกเป็น 4 กลุ่มคลองได้แก่ คลองซากหมาก คลองพยุ่น คลองห้วยใหญ่ คลองทับมา ซึ่งเป็นตำแหน่งของสถานีที่กรมควบคุมมลพิษได้กำหนดไว้ก่อนหน้านี้ โดยสถานีที่ดำเนินการเก็บตัวอย่างจะกระจายอยู่ทั้งในเขตพื้นที่นิคมฯ และพื้นที่ที่อยู่นอกนิคมฯ แต่ผ่านชุมชน รวมถึงพื้นที่ที่อยู่ห่างชุมชน จุดเก็บตัวอย่างจะครอบคลุมพื้นที่ในลำคลองบริเวณก่อนผ่าน ระหว่างที่ผ่าน และหลังผ่าน และจุดที่ไหลลงสู่ทะเลของแต่ละลำคลอง รวมทั้งหมด 37 สถานี รายละเอียดของจุดเก็บตัวอย่างแสดงในรูปที่ 3.1 และ ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของลำคลองทั้ง 4 กลุ่มคลองมีดังนี้

- 1.คลองพยุ่น: ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด พื้นที่เก็บตัวอย่างในกลุ่ม คลองพยุ่นประกอบด้วย ลำคลองย่อยจำนวน 4 สาย ได้แก่ คลองพยุ่น คลองบางเบ็ด และคลองบางกะพูน มีจุดเก็บตัวอย่างทั้ง หมด 6 สถานี ได้แก่ BBC1, BBC2, BPC1, PYC3, KNT1 และ PYC1
- 2.คลองซากหมาก: ลำคลองสายนี้อยู่ในพื้นที่อุตสาหกรรมและไหลผ่านนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดโดยตรง ปากคลองเชื่อมต่อกับบริเวณอ่าวประดู่ ซึ่งเป็นอ่าวที่เกิดขึ้นจากการถมทะเลเพื่อสร้างท่าเรือขนส่งสินค้า และโรงไฟฟ้า BLCP มีจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 6 สถานี ได้แก่ CMC1, CMC2, CMC3, CMC4, CMC4.1 และ CMC5
- 3.คลองห้วยใหญ่: ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออก นอกนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดพื้นที่เก็บตัวอย่างในกลุ่ม คลองห้วยใหญ่ประกอบด้วย ลำคลองย่อยจำนวน 5 สาย ได้แก่คลองห้วยใหญ่ คลองหลอด คลองน้ำชา คลองน้ำหู และคลองตากวน จุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 13 สถานี ได้แก่ LC3, LC2 , LC1, NCC1, NHC1, NHC2, HYC1, TKC1, TKC2, HYC4,HYC5, HYC3 และ HYC2
- 4.คลองทับมา: ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออก ถัดจากคลองห้วยใหญ่อยู่นอกนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด พื้นที่เก็บตัวอย่างในกลุ่มทับมา ประกอบด้วย ลำคลองย่อยจำนวน 6 สายได้แก่ คลองทับมา คลองน้ำตก คลองคา คลองหนองผักหนาม คลองกระเจ็ด และคลองหนองคล้า มีจุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง หมด 13 สถานี ได้แก่ KKP2, KKK2, KKK1, KKK1, KTM3, KTM1, KKG1, KKG2, KTM2, KNK1/1, KNK1/2,NPN และ NPN2 จุดเก็บตัวอย่างดินตะกอนจำนวน 12 สถานี ได้แก่ KKP2, KKK2, KKK1, KKK1, KTM3, KTM1, KKG1, KKG2, KTM2, KNK1, NPN1 และ NPN2

Map Ta Phut Industrail Estate



รูปที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินในลำคลองโดยรอบพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ตารางที่ 3.1 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของจุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินใน 4 กลุ่มคลองในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

รหัสสถานี	ชื่อกลุ่มคลอง	ชื่อคลองย่อย	Latitude	Longitude
BBC1	คลองพะยูน	คลองบางเบ็ด	N12°41.023'	E101°07.230'
BBC2	คลองพะยูน	คลองบางเบ็ด	N12°41.826'	E101°07.121'
BPC1	คลองพะยูน	คลองบางกะพูน	N12°41.112'	E101°06.426'
PYC1	คลองพะยูน	คลองพะยูน	N12°40.610'	E101°04.211'
PYC3	คลองพะยูน	คลองพะยูน	N12°43.925'	E101°04.198'
CMC1	คลองชักหมาก	คลองชักหมาก	N12°40.379'	E101°09.491'
CMC2	คลองชักหมาก	คลองชักหมาก	N12°40.720'	E101°09.457'
CMC3	คลองชักหมาก	คลองชักหมาก	N12°41.522'	E101°09.046'
CMC4	คลองชักหมาก	คลองชักหมาก	N12°42.428'	E101°08.627'
CMC4.1	คลองชักหมาก	คลองชักหมาก	N12°42.534'	E101°08.478'
CMC5	คลองชักหมาก	คลองชักหมาก	N12°42.970'	E101°07.544'

ตารางที่ 3.1 (ต่อเนื่อง) ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของจุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินใน 4 กลุ่มคลองในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

รหัสสถานี	ชื่อกลุ่มคลอง	ชื่อคลองย่อย	Latitude	Longitude
LC1	คลองห้วยใหญ่	คลองหลอด	N12°41.586'	E101°10.203'
LC2	คลองห้วยใหญ่	คลองหลอด	N12°43.007'	E101°09.753'
LC3	คลองห้วยใหญ่	คลองหลอด	N12°44.214'	E101°09.017'
NCC1	คลองห้วยใหญ่	คลองน้ำชา	N12°41.601'	E101°10.354'
NHC1	คลองห้วยใหญ่	คลองน้ำหู	N12°41.020'	E101°11.189'
NHC2	คลองห้วยใหญ่	คลองน้ำหู	N12°41.240'	E101°13.135'
HYC1	คลองห้วยใหญ่	คลองห้วยใหญ่	N12°40.673'	E101°10.456'
HYC2	คลองห้วยใหญ่	คลองห้วยใหญ่	N12°42.557'	E101°10.474'
HYC3	คลองห้วยใหญ่	คลองห้วยใหญ่	N12°42.775'	E101°10.515'
HYC4	คลองห้วยใหญ่	คลองห้วยใหญ่	N12°44.060'	E101°10.114'
HYC5	คลองห้วยใหญ่	คลองห้วยใหญ่	N12°45.944'	E101°09.368'
TKC1	คลองห้วยใหญ่	คลองตากวน	N12°40.224'	E101°10.731'
TKC2	คลองห้วยใหญ่	คลองตากวน	N12°40.385'	E101°10.535'
KNT1	คลองทับมา	คลองน้ำตก	N12°40.816'	E101°05.719'
KKP1	คลองทับมา	คลองคา	N12°39.408'	E101°16.859'
KKP2	คลองทับมา	คลองคา	N12°39.089'	E101°17.791'
KLK1	คลองทับมา	คลองคา	N12°40.067'	E101°18.419'
KLK2	คลองทับมา	คลองคา	N12°39.487'	E101°17.434'
KTM1	คลองทับมา	คลองทับมา	N12°41.551'	E101°17.277'
KTM2	คลองทับมา	คลองทับมา	N12°42.195'	E101°14.683'
KTM3	คลองทับมา	คลองทับมา	N12°44.007'	E101°13.797'
NPN1	คลองทับมา	คลองหนองผักหนาม	N12°45.289'	E101°13.405'
NPN2	คลองทับมา	คลองหนองผักหนาม	N12°46.693'	E101°11.343'
KKG1	คลองทับมา	คลองกระเจ็ด	N12°45.221'	E101°13.699'
KKG2	คลองทับมา	คลองกระเจ็ด	N12°46.478'	E101°12.833'
KNK1	คลองทับมา	คลองหนองคล้า	N12°47.425'	E101°11.795'

3.1.2 การกำหนดสถานีเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ชายฝั่งทะเล

ทำการเก็บตัวอย่างดินตะกอนจากชายฝั่งทะเลตามระยะห่างฝั่งต่างๆ กัน ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และตารางที่ 3.2

3.2 วิธีการเก็บตัวอย่างดินตะกอน

ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินตะกอนในสถานที่ที่กำหนดไว้ในลำคลองต่างๆ และบริเวณชายฝั่งทะเล ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างดินตะกอนพื้นท้องน้ำ (Ekman Bottom Sediment Grab Sampler) ตัวอย่างดินตะกอนจะถูกตัดด้วยชั้นพลาสติกออกจาก Grab ใส่ลงในถุงพลาสติก หรือถุงซิปล็อก เก็บรักษาตัวอย่างในภาชนะที่มีอุณหภูมิต่ำ นำตัวอย่างกลับห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างจะถูกแช่แข็งไว้จนกว่าจะทำการวิเคราะห์ต่อไป

3.3 การวิเคราะห์โลหะหนักในดินตะกอน

นำตัวอย่างดินตะกอนออกมาทั้งไว้จนมีอุณหภูมิห้อง ผสมดินตะกอนให้มีเนื้อเดียวกัน (homogeneous) แล้วใส่ภาชนะพลาสติกที่สะอาด นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -80°C จนดินแข็งตัว แล้วนำไปทำให้แห้งด้วยเครื่อง Freeze dryer จนดินแห้งปราศจากน้ำ

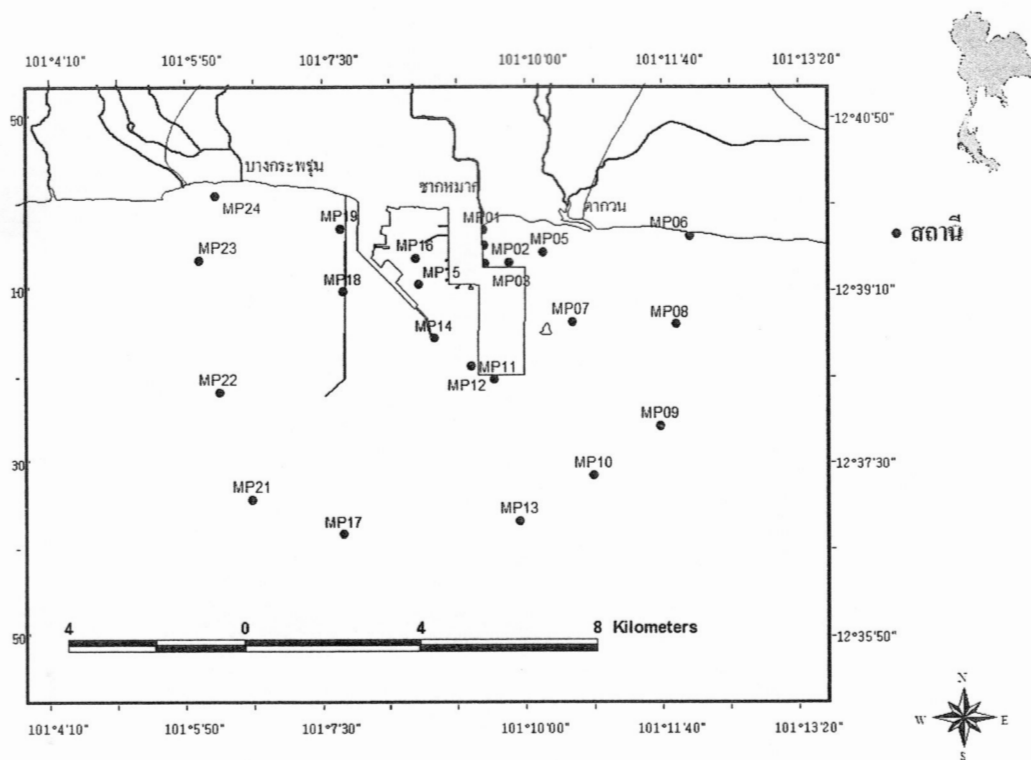
นำดินตะกอนที่แห้งแล้วไปร่อนด้วยตะแกรกร่อนขนาด 125 ไมโครเมตร เพื่อร่อนเอาเฉพาะดินตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า 125 μm เก็บตัวอย่างดินตะกอนที่ร่อนได้ในถุงซิปล็อก เก็บไว้ในโถดูดความชื้นจนกว่าจะนำมาทำการย่อยในขั้นตอนต่อไป

ทำการย่อยตัวอย่างดินตะกอน โดยชั่งตัวอย่างดินตะกอนลงใน Teflon vessel ของเครื่อง Microwave digester (Mar 5X, รูปที่ 3.3) เติมกรด HCl และกรด HNO_3 เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำตัวอย่างไปย่อยในเครื่อง Microwave digester เมื่อตัวอย่างถูกย่อยเรียบร้อยแล้ว ทั้งตัวอย่างให้เย็น แล้วถ่ายตัวอย่างที่ย่อยแล้วลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำ Deionized Water ให้ได้ 50 mL นำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของ แคดเมียม ตะกั่ว และทองแดง ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometry (Varian) วิเคราะห์ความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส และสังกะสี ด้วยเครื่อง Flame Atomic Absorption Spectrometry (Varian)

ทำการตรวจสอบความถูกต้องของเทคนิคการวิเคราะห์ที่ใช้โดยนำ Certified Reference material สำหรับดินตะกอน "MESS 3" ซึ่งซื้อจาก National Research Council Canada มาผ่านกระบวนการวิเคราะห์ เพื่อตรวจสอบความเข้มข้นของโลหะแต่ละตัว โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่าง แล้วหาค่าร้อยละของการตรวจวัด (% Recovery) โดยนำค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะแต่ละชนิดใน Certified Reference material ในหน่วย $\mu\text{g/g}$ ที่ตรวจวัดได้ มาหารด้วยค่าความเข้มข้นที่ได้รับการรับรองใน Certified Reference material แต่ละชนิด แล้วคูณด้วย 100 โดยค่าที่ทดสอบได้ปรากฏในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์และระยะห่างฝั่งของจุดที่ทำการตัวอย่างน้ำทะเลและดิน
ตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลหน้าพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด * วัดจากชายฝั่งทะเล

รหัสสถานี	latitude	longitude	ระยะห่างชายฝั่ง (เมตร)*
MP01	12°66'89"N	101°15'82"E	180
MP02	12°66'57"N	101°15'83"E	500
MP03	12°66'22"N	101°15'86"E	900
MP04	12°66'24"N	101°16'33"E	1045
MP05	12°66'44"N	101°17'03"E	725
MP06	12°66'77"N	101°20'02"E	112
MP07	12°65'05"N	101°17'61"E	2138
MP08	12°65'00"N	101°19'73"E	2090
MP09	12°62'94"N	101°19'42"E	4438
MP10	12°61'95"N	101°18'05"E	5450
MP11	12°63'88"N	101°16'04"E	3668
MP12	12°64'15"N	101°15'57"E	3232
MP13	12°61'04"N	101°16'56"E	6786
MP14	12°64'72"N	101°14'82"E	2862
MP15	12°65'78"N	101°14'50"E	1736
MP16	12°66'33"N	101°14'43"E	1157
MP17	12°60'75"N	101°12'95"E	7605
MP18	12°65'65"N	101°12'93"E	2203
MP19	12°66'91"N	101°12'88"E	788
MP21	12°61'46"N	101°11'08"E	7123
MP22	12°63'62"N	101°10'42"E	4711
MP23	12°66'29"N	101°10'02"E	1753
MP24	12°67'58"N	101°10'34"E	338



รูปที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่างดินตะกอนชายฝั่งทะเลบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรมมาบตาพุด



รูปที่ 3.3 เครื่อง Microwave digester (CEM, Mar5X) สำหรับย่อยตัวอย่างดินตะกอน

ตารางที่ 3.3 ค่า % Recovery ของการวิเคราะห์ปรอทใน Certified reference material ที่ใช้
 สำหรับย่อยตัวอย่างดินตะกอน (MESS 3) จำนวนซ้ำวิเคราะห์เท่ากับ 5

	Cd	Pb	Cu	Zn	Fe	Mn
ค่าที่ได้รับการรับรอง (µg/g)	0.24	21.1	33.9	169.5	39.4	290
ค่าที่ตรวจวัดได้ (µg/g)	0.25	18.5	31.3	147.3	43.4	324
% Recovery	104	87.6	92.2	86.9	90.6	89.5

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ลักษณะทั่วไปของดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินในเขตพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ลักษณะทั่วไปของดินตะกอนในแต่ละสถานีในแต่ละกลุ่มคลองมีความแตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยส่วนใหญ่ของสถานีในกลุ่มคลองพูนมีลักษณะดินเป็นดินเนื้อค่อนข้างละเอียดปนทราย มีสีดำ มีกลิ่นเหม็น ยกเว้นในสถานี BBC1 ที่มีลักษณะเป็นทรายหยาบ สถานีในกลุ่มคลองซากหมีส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นทรายหยาบปน อยู่กับทรายละเอียด ดินตะกอนในสถานีส่วนใหญ่ในกลุ่มคลองห้วยใหญ่มีลักษณะเป็นดินละเอียด ปนทรายเล็กน้อย ยกเว้นสถานี LC1 และ HYC2 ที่มีลักษณะเป็นทรายหยาบ ปนทรายละเอียดเล็กน้อย ในขณะที่สถานีส่วนใหญ่ในกลุ่มคลองทับมา มีลักษณะเป็นทรายหยาบปนดินละเอียดเล็กน้อย ยกเว้นสถานี NPN2 ที่มีลักษณะเป็นดินละเอียด

4.2 ความเข้มข้นของโลหะหนักและ % ignition loss ในดินตะกอนในลำคลองต่าง ๆ ในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอนในสถานีต่างๆ ในลำคลองทั้ง 4 กลุ่ม ที่ทำการศึกษาในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 ส่วนค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอนในแต่ละกลุ่มคลองได้สรุปและรายงานไว้ในตารางที่ 4.2

โดยพบความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนสถานีจากทั้ง 4 กลุ่มคลองมีค่าระหว่าง $0.05 - 0.79 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง และค่าเฉลี่ยรวม $0.23 \pm 0.18 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง ซึ่งไม่เกินค่าความเข้มข้นของแคดเมียมตามร่างมาตรฐานดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินของประเทศไทย ($0.99 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง) โดยสถานีที่พบค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนสูงที่สุดอยู่ในคลองน้ำหุ ซึ่งเป็นคลองย่อยในกลุ่มคลองห้วยใหญ่

เมื่อ plot ค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในแต่ละกลุ่มคลองตามรูปที่ 4.1 สามารถสังเกตได้ว่าความเข้มข้นของแคดเมียมในคลองพะยูงมีแนวโน้มต่ำที่สุด และคลองซากหมีมีค่าสูงที่สุด แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของแคดเมียมระหว่างกลุ่มคลองทั้ง 4 กลุ่มด้วย analysis of variance (ANOVA) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$) เมื่อพิจารณารูปที่ 4.2 ซึ่งแสดงค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า $125 \mu\text{m}$ ในแต่ละสถานี พบว่าในแต่ละกลุ่มคลองจะมีสถานีที่มีความเข้มข้นของแคดเมียมตั้งแต่ต่ำไปจนถึงสูง ทั้งนี้เนื่องจาก การกระจายตัวของอุตสาหกรรมออกนอกพื้นที่โดยรอบคลองซากหมี ซึ่งเป็นพื้นที่ดั้งเดิมของนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอนในแต่ละสถานีในลำคลองต่างๆ บริเวณพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ชื่อคลอง	สถานี	Cd (ug/g)	Cu (ug/g)	Zn (ug/g)	Pb (ug/g)	Mn (ug/g)	Fe (mg/g)	% Ignition loss	ลักษณะดินตะกอน
ทับมา	KNT1	0.12	23.3	347.5	158.8	3785.0	37.6	11.06	ดินละเอียด มีซากพืชค่อนข้างมาก มีสีน้ำตาลดำ
	KKP1	0.05	27.7	44.8	6.4	249.1	9.3	6.97	ทรายหยาบ ปนดิน มีสีน้ำตาลเข้ม
	KKP2	0.16	17.9	286.8	13.6	141.7	17.0	6.91	ทรายหยาบปนดินละเอียดเล็กน้อย มีสีเทาดำ
	KLK1	0.19	11.8	62.9	16.8	180.4	14.1	5.14	ทรายละเอียด ปนดินเล็กน้อย มีซากพืช ดินมีสี ดำ
	KLK2	0.07	19.4	113.1	16.9	1361.2	20.7	8.55	ดิน ปนก้อนหิน และเปลือกหอยเล็กน้อย
	KTM1	0.22	42.9	81.1	6.5	603.0	7.4	1.88	ทรายหยาบ
	KTM2	0.29	18.3	48.9	19.9	1007.2	11.6	2.67	ทรายหยาบ
	KTM3	0.54	42.2	86.1	25.0	2397.6	22.5	3.84	ทรายหยาบ (ทรายเม็ดใหญ่)
	KKG1	0.26	23.6	49.4	16.3	1057.6	6.8	2.13	ทรายหยาบ
	KKG2	0.17	28.2	49.9	16.4	197.9	5.9	2.32	ทรายเม็ดใหญ่ ปนทรายละเอียด
	KNK1	0.08	55.9	119.9	25.7	690.5	30.3	5.16	ดินละเอียด มีซากพืชค่อนข้างมาก มีสีน้ำตาลดำ
	NPN1	0.12	8.2	97.2	20.1	443.4	11.8	2.92	ทรายละเอียด ปนกรวดมีซากพืชปนเล็กน้อย สี เทา
	NPN2	0.08	4.8	54.3	24.1	3033.9	10.3	3.25	ดินละเอียด สีน้ำตาลเทา

ตารางที่ 4.1 (ต่อเนื่อง) ความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอนในแต่ละสถานีในลำคลองต่างๆ บริเวณพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ชื่อคลอง	สถานี	Cd (ug/g)	Cu (ug/g)	Zn (ug/g)	Pb (ug/g)	Mn (ug/g)	Fe (mg/g)	% Ignition loss	ลักษณะดินตะกอน
ซากหมาก	CMC1	0.38	44.1	704.3	161.5	1098.9	12.146	9.58	ดินละเอียดสีเทา ปนทรายหยาบเล็กน้อย มีซากพืช ปนอยู่ มีกลิ่นเหม็น
	CMC2	0.67	70.0	1432.7	14.3	870.6	15.524	11.06	ทรายหยาบ ปนทรายละเอียด
	CMC3	0.30	44.8	1254.0	22.9	684.1	20.751	9.64	ทรายหยาบ ปนทรายละเอียด และมีกลิ่นเหม็น
	CMC4	0.09	9.6	122.4	160.3	205.8	9.804	2.66	ทรายละเอียด
	CMC4.1	0.31	10.0	242.1	157.4	297.8	12.681	4.44	ทรายหยาบ สีน้ำตาล มีกลิ่นเหม็น
	CMC5	0.19	15.9	174.6	160.5	655.2	22.939	3.91	ทรายหยาบ ปนดิน มีซากพืชปนอยู่เล็กน้อย มีสีน้ำตาลดำ
พะยูง	BBC1	0.59	20.2	5.0	15.6	452.3	14.1	7.40	ทรายหยาบ
	BBC2	0.14	18.4	229.8	158.7	139.2	25.9	3.54	ดินเนื้อค่อนข้างละเอียด สีน้ำตาล มีกลิ่นเหม็น
	BPC1	0.13	5.5	37.5	80.8	315.8	7.7	3.97	ดินเนื้อค่อนข้างละเอียด ปนทราย สีดำ มีกลิ่นเหม็น
	PYC3	0.14	21.6	81.1	7.8	1244.3	18.6	10.81	ดินปนทราย มีสีน้ำตาลอมเทา
	PYC1	0.13	11.8	81.8	78.6	462.1	13.9	5.73	ดินปนทราย มีสีน้ำตาลอมเทา มีกลิ่นเหม็น

ตารางที่ 4.1 (ต่อเนื่อง) ความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอนในแต่ละสถานีในลำคลองต่างๆ บริเวณพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

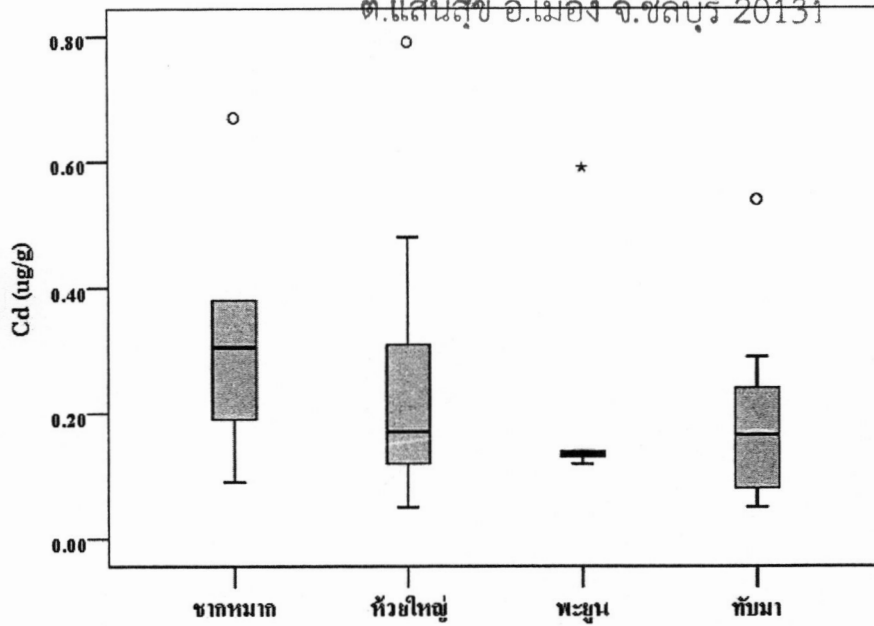
ชื่อคลอง	สถานี	Cd (ug/g)	Cu (ug/g)	Zn (ug/g)	Pb (ug/g)	Mn (ug/g)	Fe (mg/g)	% Ignition loss	
ห้วยใหญ่	LC1	0.38	83.9	356.1	161.2	1067.9	25.9	9.91	ทรายหยาบ ปนทรายละเอียด
	LC2	0.48	69.9	1454.1	161.9	1259.1	33.1	14.59	ดินละเอียด มีซากพืชค่อนข้างมาก สีนํ้าตาลดำ
	LC3	0.17	23.8	199.2	162.2	492.1	19.5	5.88	ดินละเอียด สีเทาดำ มีกลิ่นเหม็น
	NCC1	0.16	38.3	261.3	13.7	249.6	8.8	2.64	ทรายละเอียด สีนํ้าตาล
	NHC1	0.79	31.9	416.4	160.6	115.8	20.2	6.63	ดินละเอียดปนซากพืช มีสีดำ
	NHC2	0.28	39.9	234.2	12.2	184.4	24.7	8.75	ดินละเอียดสีนํ้าตาลอมดำ มีซากพืชเปลือกหอย มีกลิ่นเหม็น
	TKC1	0.14	99.6	115.7	17.0	214.5	20.1	9.56	ดินละเอียด ปนทราย ดินมีสีนํ้าตาลดำ มีกลิ่นเหม็น
	TKC2	0.17	53.3	394.6	18.5	184.0	16.2	7.67	ดินร่วน สีนํ้าตาลดำ มีกลิ่นเหม็น
	HYC1	0.31	62.0	951.3	97.1	623.2	19.5	8.45	ทรายละเอียด สีเทาดำ
	HYC2	0.06	61.700	15.466	7.1	315.9	8.1	1.55	ทรายหยาบ
	HYC3	0.12	39.2	198.1	13.9	649.3	10.4	3.30	ทรายละเอียด ปนซากพืชเล็กน้อย ดินมีสีนํ้าตาลเข้ม
	HYC4	0.07	9.1	281.1	94.0	190.6	25.1	2.36	ดินละเอียดมาก สีนํ้าตาลอมแดง มีกลิ่นเหม็น
	HYC5	0.05	6.2	29.4	160.2	62.2	6.6	5.64	ดินละเอียด สีเทาดำ

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอน ($\mu\text{g/g dry wt.}$) และ % ignition loss จากตัวอย่างดินตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า 125 ไมโครเมตร จากแต่ละกลุ่มคลอง

ชื่อคลอง	Cd ($\mu\text{g/g}$)	Cu ($\mu\text{g/g}$)	Zn ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)	Mn ($\mu\text{g/g}$)	Fe (mg/g)	% ignition loss
ซากหมาก	0.32 ± 0.20	32.4 ± 24.5	655.0 ± 574.63	112.8 ± 73.0	635.4 ± 338.1	15.6 ± 5.2	6.9 ± 3.6
Min - Max	0.09 – 0.67	9.6 – 70.0	122.4 – 1432.7	14.3 – 161.5	205.8– 1098.9	9.80 – 22.94	2.7 – 11.1
ห้วยใหญ่	0.24 ± 0.21	47.6 ± 27.7	377.5 ± 399.8	83.1 ± 70.6	431.4 ± 375.0	18.3 ± 8.0	6.7 ± 3.7
Min - Max	0.05 – 0.79	6.2 – 99.6	15.47 – 1454.1	7.10 – 162.2	62.2 – 1259.1	6.6 – 33.1	1.6 – 14.6
พะยูง	0.21 ± 0.19	16.8 ± 6.8	130.5 ± 131.3	83.4 ± 65.9	1066.5 ± 1384.7	19.6 ± 10.7	7.1 ± 3.3
Min - Max	0.12 – 0.59	5.5 – 23.3	5.0 – 347.5	7.8 – 158.8	139.2–3785.0	7.7 – 37.6	3.54 – 11.1
ทับมา	0.19 ± 0.14	25.1 ± 15.3	91.2 ± 66.9	17.3 ± 6.4	946.9 ± 922.9	13.9 ± 7.4	4.3 ± 2.2
Min - Max	0.05 – 0.54	4.8 – 55.9	44.8 – 286.8	6.4 – 25.7	141.7–3033.9	5.9 – 30.3	1.9 – 8.6
เฉลี่ยรวม	0.23 ± 0.18	32.8 ± 23.6	289.6 ± 381.2	66.6 ± 65.8	734.7 ± 810.9	16.7 ± 7.9	6.0 ± 3.3
Min - Max	0.05 – 0.79	4.8 – 99.6	5.0 – 1454.1	6.4 – 162.2	62.2 – 3785.0	5.9 – 37.6	1.6 – 14.59

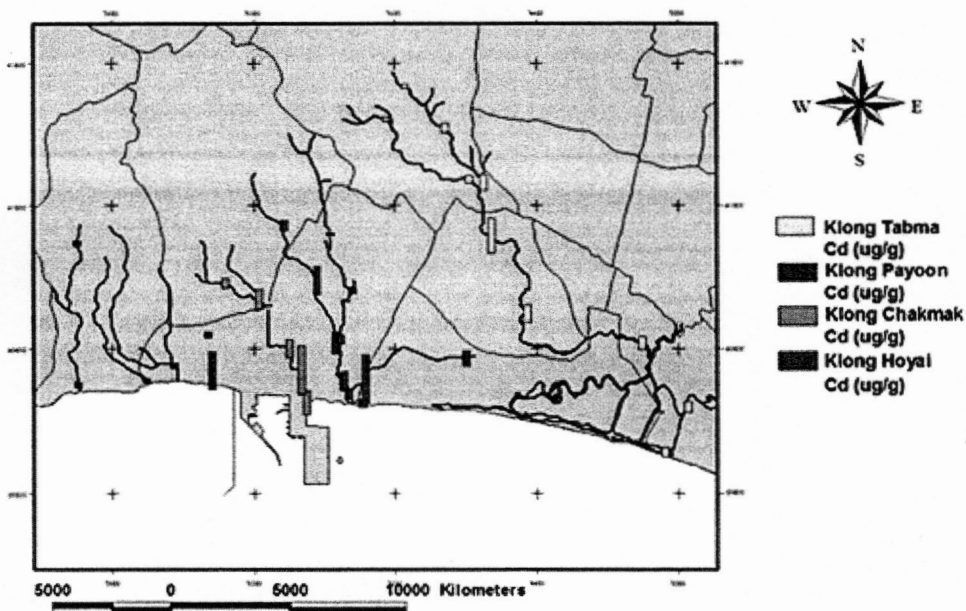
ค่าความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอนจากลำคลองทั้ง 4 กลุ่มคลองในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่าระหว่าง $4.8 - 99.6 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง และค่าเฉลี่ยรวม $32.8 \pm 23.6 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าเกินค่าความเข้มข้นของทองแดงตามร่างมาตรฐานดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินของประเทศไทย ($31.6 \mu\text{g/g}$) ไปเล็กน้อย เมื่อ plot ค่าความเข้มข้นของทองแดงในแต่ละกลุ่มคลองตามรูปที่ 4.3 สามารถสังเกตได้ว่าความเข้มข้นของทองแดงในคลองพะยูงมีแนวโน้มต่ำที่สุด และคลองห้วยใหญ่มีค่าสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของทองแดงระหว่างกลุ่มคลองทั้ง 4 กลุ่มด้วย analysis of variance (ANOVA) พบว่าความความเข้มข้นของทองแดงในคลองห้วยใหญ่มีค่าสูงกว่าคลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) เมื่อพิจารณารูปที่ 4.4 ซึ่งแสดงค่าความเข้มข้นของทองแดงในตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า $125 \mu\text{M}$ ในแต่ละสถานี พบว่าในสถานีที่มีความเข้มข้นของทองแดงสูงจะกระจุกตัวอยู่ในกลุ่มคลองซากหมาก และคลองห้วยใหญ่ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีอุตสาหกรรมกระจุกตัวอยู่มากที่สุด

ค่าความเข้มข้นของสังกะสีในดินตะกอนจากลำคลองทั้ง 4 กลุ่มคลองพบค่าระหว่าง $5.0 - 1454.1 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง และค่าเฉลี่ยรวม $289.6 \pm 381.2 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าเกินค่าความเข้มข้นของสังกะสีตามร่างมาตรฐานดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินของประเทศไทย ($121.0 \mu\text{g/g}$) และเมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นของสังกะสีในแต่ละกลุ่มคลองตามรูปที่ 4.5 สามารถสังเกตได้ว่าความเข้มข้นของสังกะสีมีค่าสูงที่สุดในคลองในซากหมาก และมีค่าลดต่ำลงในคลองห้วยใหญ่ คลองพะยูง และคลองทับมาตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสังกะสีระหว่างกลุ่มคลองทั้ง 4 กลุ่มด้วย analysis of variance (ANOVA) พบว่าความความเข้มข้นของสังกะสีในคลองซากหมากมีค่าสูงกว่าคลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) จากรูปที่ 4.6 พบว่าทุกสถานีในพื้นที่คลองซากหมาก



รูปที่ 4.1 Boxplot ของค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละคลอง

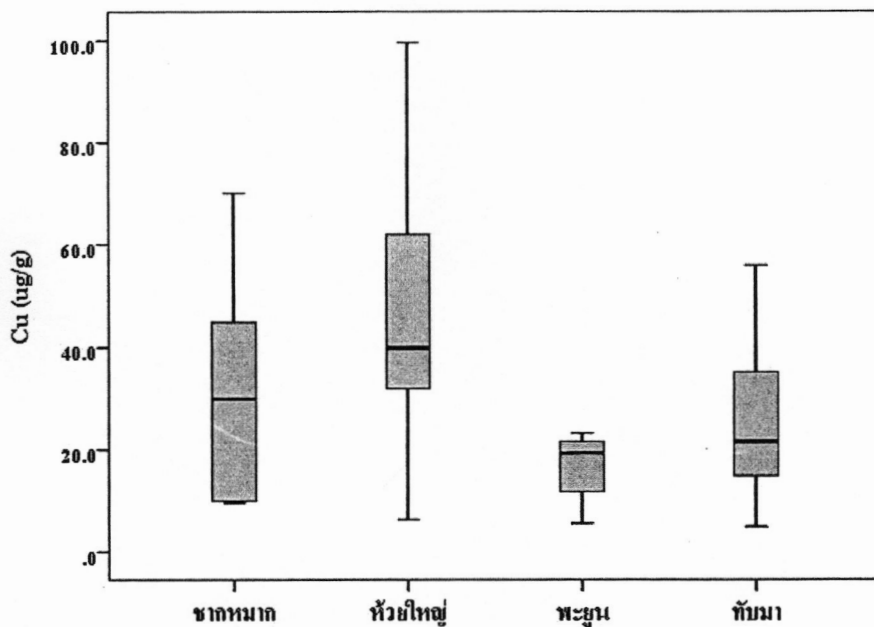
Cadmium in sediment



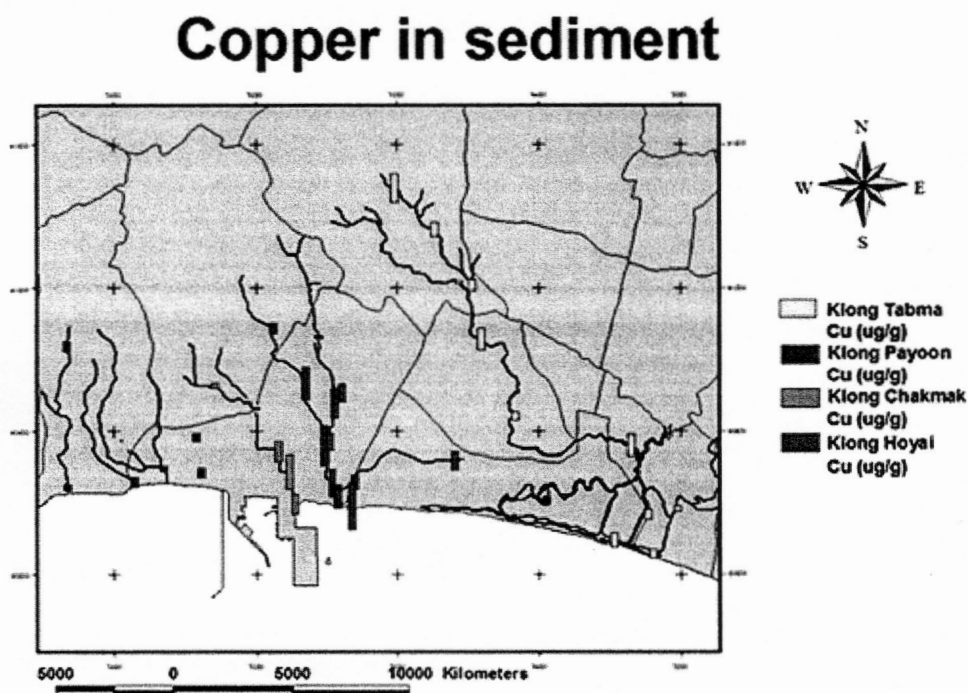
รูปที่ 4.2 ค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละสถานีในแต่ละคลอง

615.92
๗8๔37
๒.3

316473



รูปที่ 4.3 Boxplot ของค่าความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละคลอง

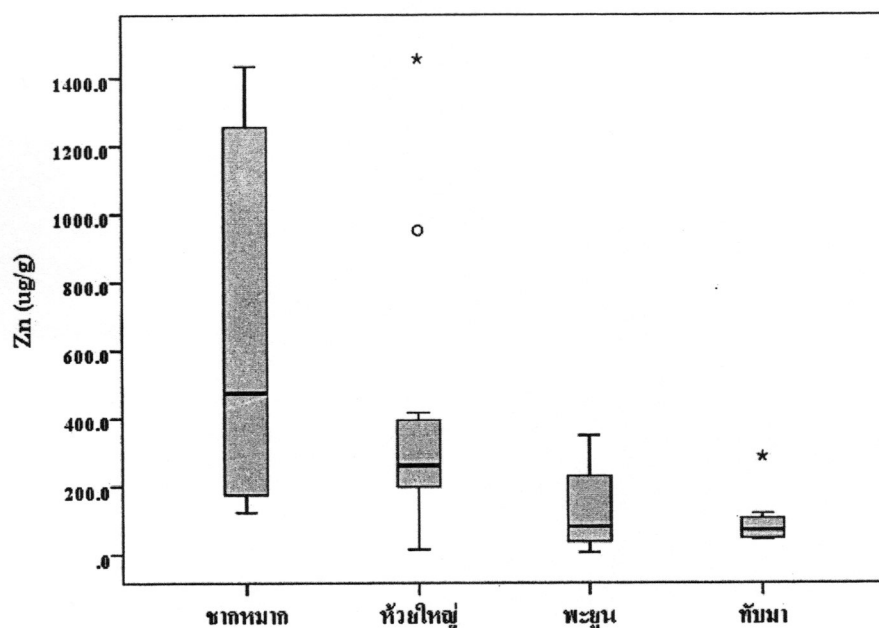


รูปที่ 4.4 ค่าความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละสถานีในแต่ละคลอง

มีค่าความเข้มข้นของสังกะสีในดินตะกอนสูงเกินค่ามาตรฐานโดยเฉพาะอย่างยิ่งสถานที่ที่อยู่ทางปลายน้ำ และกว่าร้อยละ 77 ของสถานที่ในกลุ่มคลองห้วยใหญ่มีค่าความเข้มข้นของสังกะสีในดินตะกอนสูงเกินค่ามาตรฐาน ส่วนกลุ่มคลองพะยุ่น มีสถานที่ที่มีค่าความเข้มข้นของสังกะสีในดินตะกอนสูงเกินค่ามาตรฐานอยู่ร้อยละ 33 ในขณะที่ในกลุ่มคลองทับมามีเพียงสถานที่เดียว หรือมีสถานที่ที่มีค่าความเข้มข้นของสังกะสีในดินตะกอนสูงเกินค่ามาตรฐานอยู่ร้อยละ 8

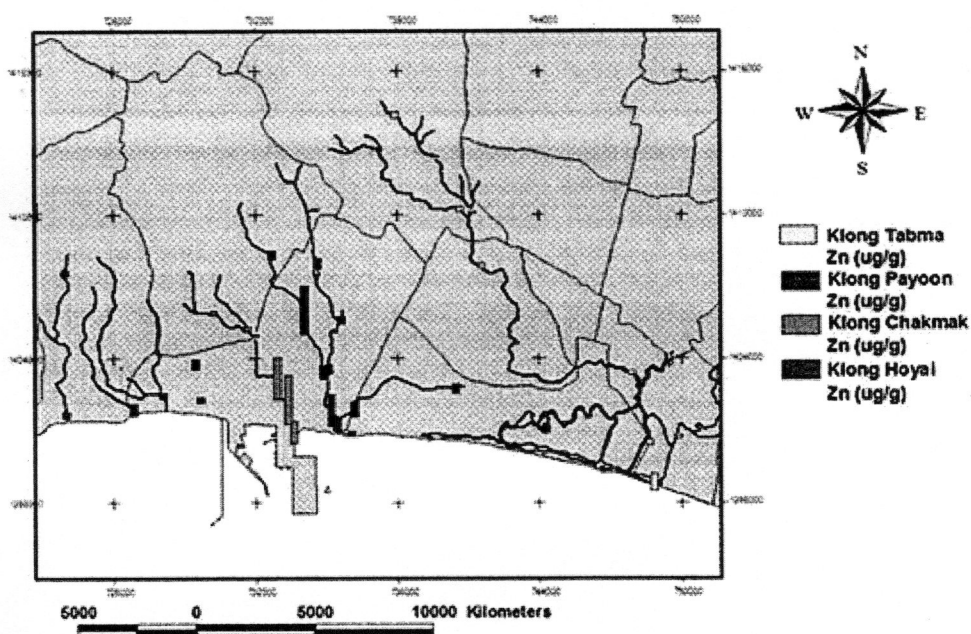
ค่าความเข้มข้นของตะกั่วในดินตะกอนจากลำคลองทั้ง 4 กลุ่มคลองพบค่าระหว่าง 6.4 – 162.2 $\mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง และค่าเฉลี่ยรวม $66.6 \pm 65.8 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง ซึ่งเกินค่าความเข้มข้นของตะกั่วตามร่างมาตรฐานดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินของประเทศไทย (35.8 $\mu\text{g/g}$) และเมื่อพิจารณา plot ค่าความเข้มข้นของสังกะสีในแต่ละกลุ่มคลองตามรูปที่ 4.7 สามารถสังเกตได้ว่าความเข้มข้นของตะกั่วมีค่าสูงที่สุดในคลองซากหมาก และมีค่าลดต่ำลงในคลองห้วยใหญ่ คลองพะยุ่น และคลองทับมาตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของตะกั่วระหว่างกลุ่มคลองทั้ง 4 กลุ่มด้วย analysis of variance (ANOVA) พบว่าความความเข้มข้นของตะกั่วในคลองซากหมากมีค่าสูงกว่าคลองอื่นๆ ในขณะที่คลองทับมามีค่าต่ำกว่าคลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) โดยค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในดินตะกอนจากคลองซากหมาก ห้วยใหญ่ และพะยุ่นมีค่าสูงเกินค่าความเข้มข้นของตะกั่วตามร่างมาตรฐานดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดิน (35.8 $\mu\text{g/g}$) จากรูปที่ 4.8 พบว่าสถานที่ส่วนใหญ่ในคลองซากหมาก ห้วยใหญ่ และพะยุ่น มีค่าความเข้มข้นของตะกั่วในดินตะกอนสูงเกินค่ามาตรฐาน ในขณะที่ในกลุ่มคลองทับไม่มีสถานที่ใดที่มีค่าความเข้มข้นของตะกั่วในดินตะกอนสูงเกินค่ามาตรฐานเลย

ค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในดินตะกอนจากลำคลองทั้ง 4 กลุ่มคลองพบค่าระหว่าง 62.2 – 3785.0 $\mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง และค่าเฉลี่ยรวม $734.7 \pm 810.9 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง ไม่มีการกำหนดค่าความเข้มข้นของแมงกานีสไว้ในร่างมาตรฐานดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินของประเทศไทย และเมื่อพิจารณา plot ค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในแต่ละกลุ่มคลองตามรูปที่ 4.9 สามารถสังเกตได้ว่าความเข้มข้นของแมงกานีสในดินตะกอนในแต่ละกลุ่มคลองมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของแมงกานีสระหว่างกลุ่มคลองทั้ง 4 กลุ่มด้วย analysis of variance (ANOVA) พบว่าความความเข้มข้นของแมงกานีสในดินตะกอนในแต่ละกลุ่มคลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > .05$) จากรูปที่ 4.10 ไม่พบรูปแบบการกระจายตัวที่ชัดเจนของค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในดินตะกอนในแต่ละกลุ่มคลอง

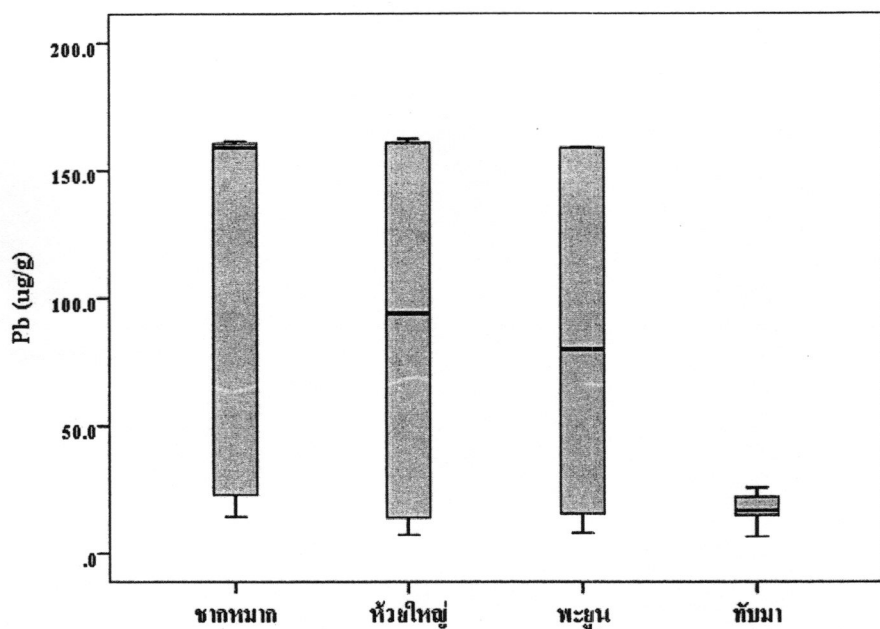


รูปที่ 4.5 Boxplot ของค่าความเข้มข้นของสังกะสีในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละคลอง

Zinc in sediment

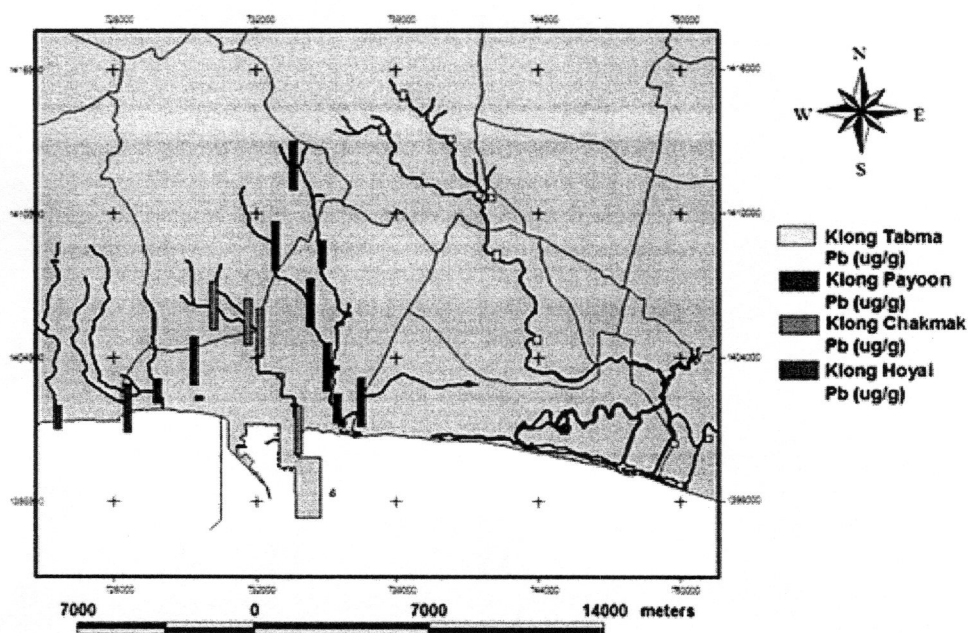


รูปที่ 4.6 ค่าความเข้มข้นของสังกะสีในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละสถานีในแต่ละคลอง

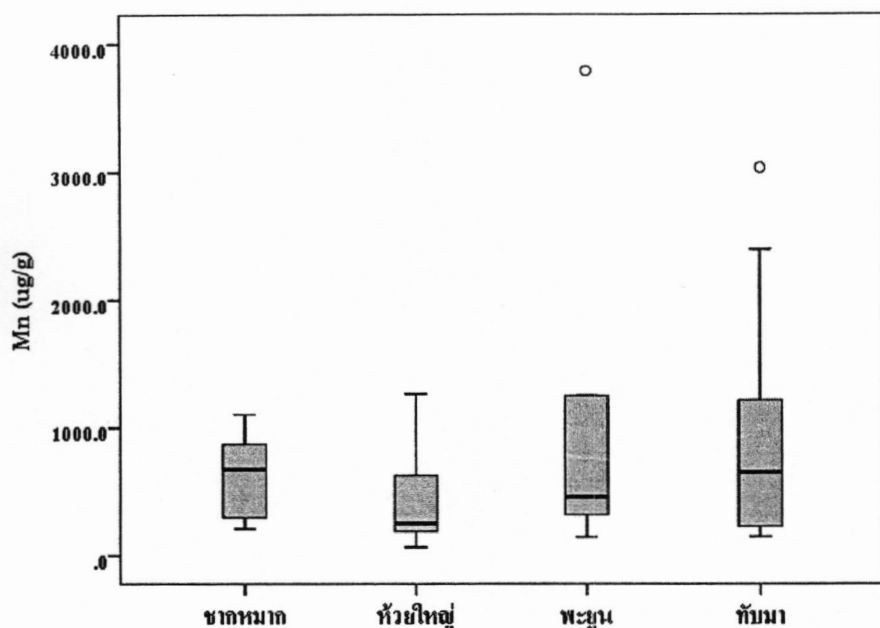


รูปที่ 4.7 Boxplot ของค่าความเข้มข้นของตะกั่วในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า $125\ \mu\text{m}$ ในแต่ละคลอง

Lead in sediment

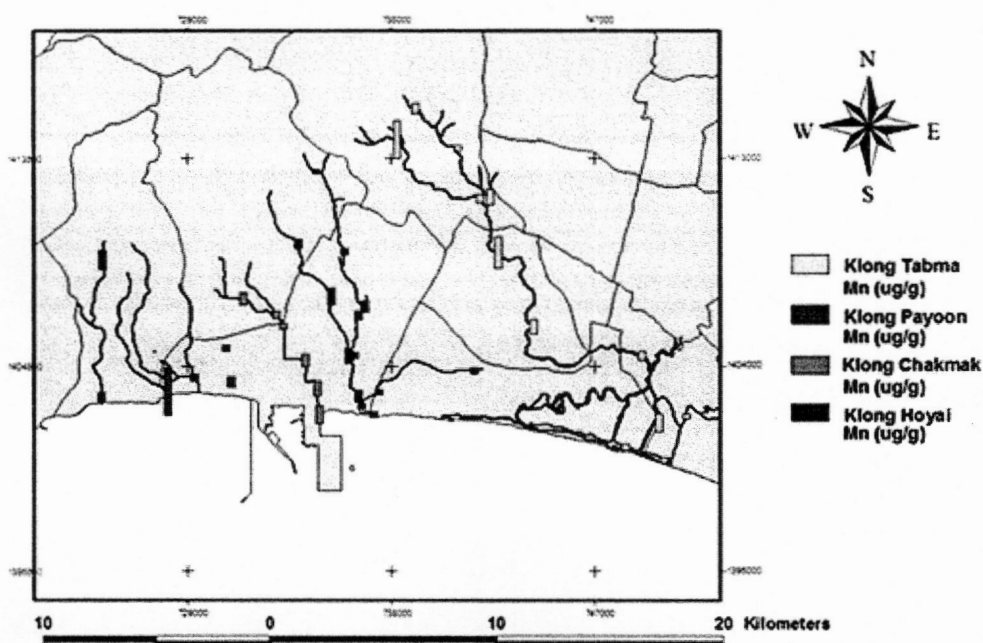


รูปที่ 4.8 ค่าความเข้มข้นของตะกั่วในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า $125\ \mu\text{m}$ ในแต่ละสถานีในแต่ละคลอง

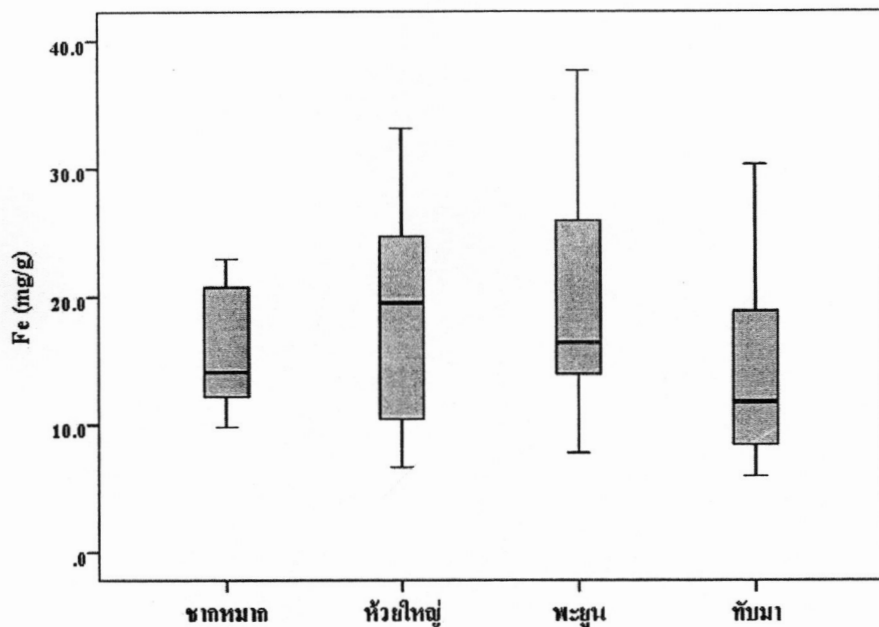


รูปที่ 4.9 Boxplot ของค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละคลอง

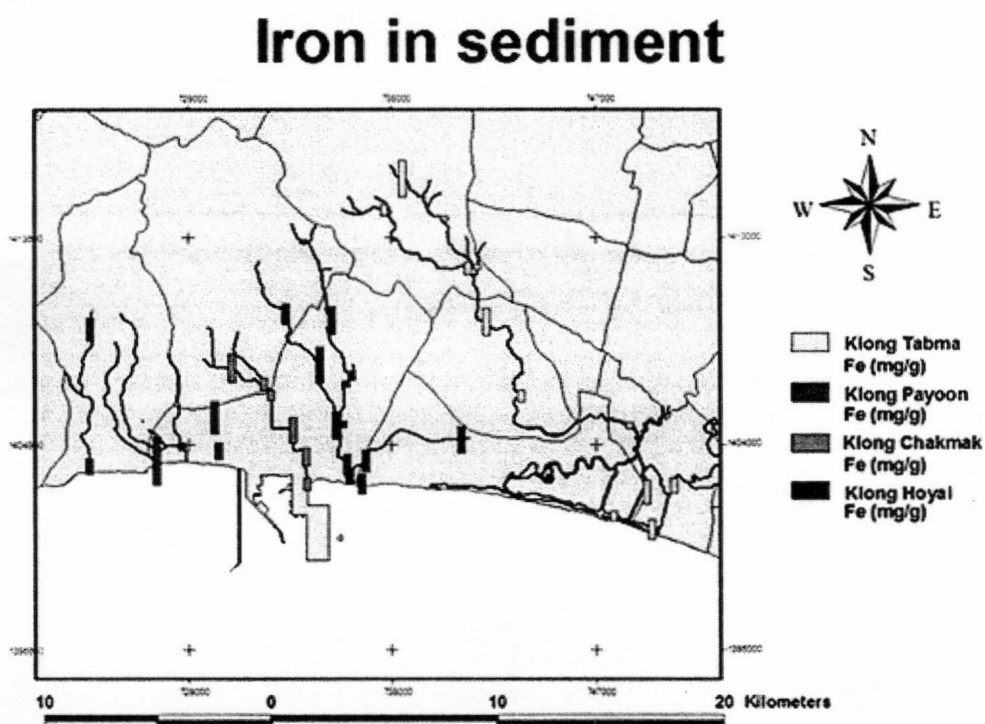
Manganese in sediment



รูปที่ 4.10 ค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละสถานีในแต่ละคลอง



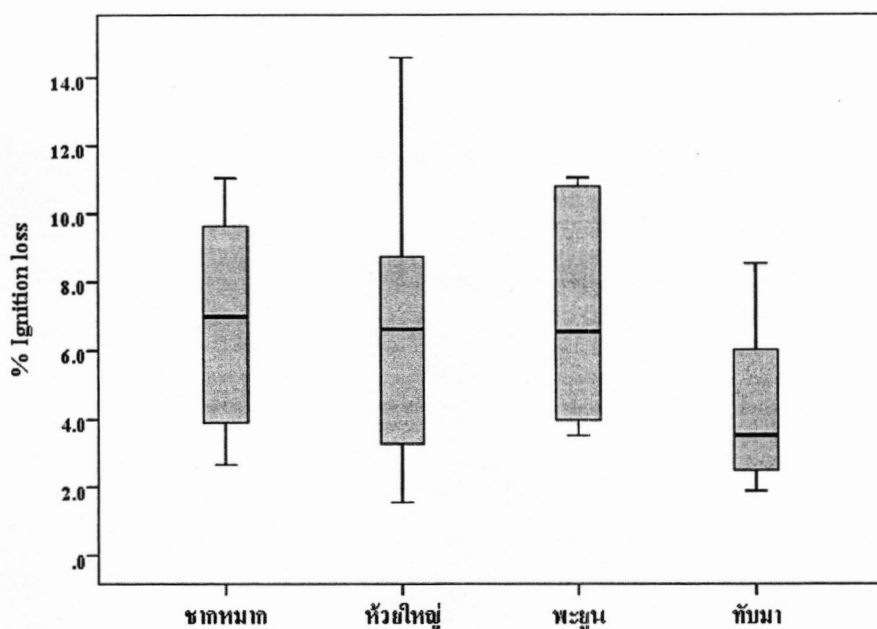
รูปที่ 4.11 Boxplot ของค่าความเข้มข้นของเหล็กในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละคลอง



รูปที่ 4.12 ค่าความเข้มข้นของเหล็กในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละสถานีในแต่ละคลอง

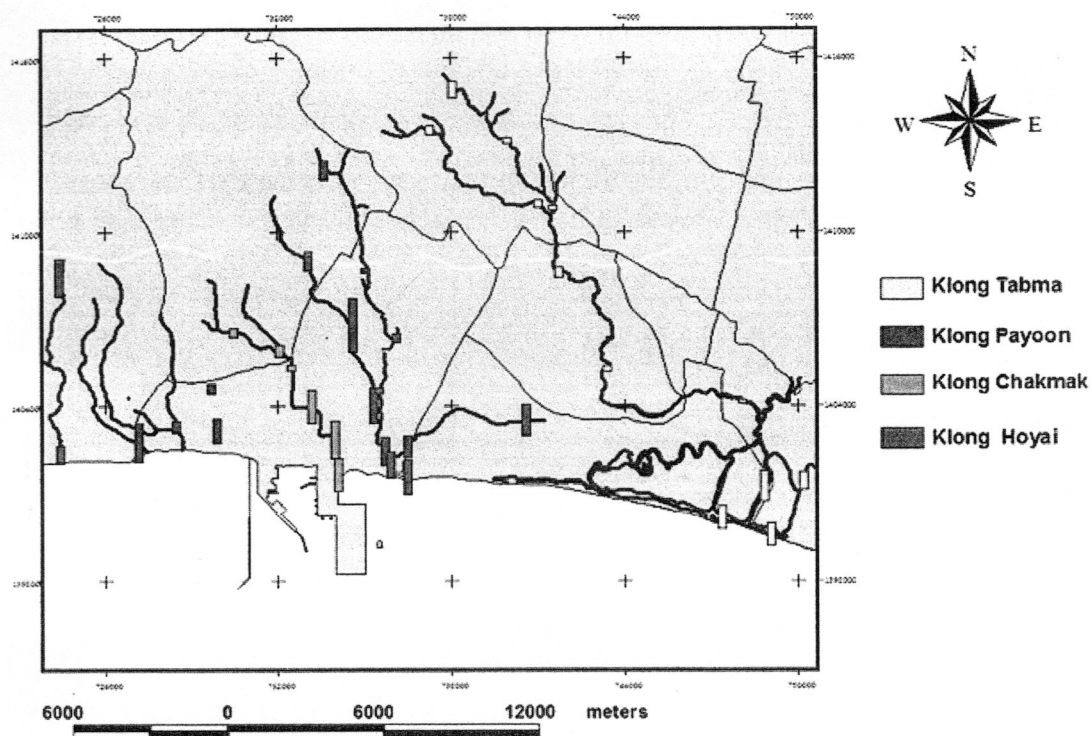
ค่าความเข้มข้นของเหล็กในดินตะกอนจากลำคลองทั้ง 4 กลุ่มคลองพบค่าระหว่าง 5.9 – 37.6 $\mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง และค่าเฉลี่ยรวม $16.7 \pm 7.9 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง ไม่มีการกำหนดค่าความเข้มข้นของเหล็กไว้ในร่างมาตรฐานดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินของประเทศไทย และเมื่อพิจารณา plot ค่าความเข้มข้นของเหล็กในแต่ละกลุ่มคลองตามรูปที่ 4.11 สามารถสังเกตได้ว่าความเข้มข้นของเหล็กในดินตะกอนในแต่ละกลุ่มคลองมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของแมงกานีสระหว่างกลุ่มคลองทั้ง 4 กลุ่มด้วย analysis of variance (ANOVA) พบว่าความเข้มข้นของเหล็กในดินตะกอนในแต่ละกลุ่มคลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>.05$) จากรูปที่ 4.12 ไม่พบรูปแบบการกระจายตัวที่ชัดเจนของค่าความเข้มข้นของเหล็กในดินตะกอนในแต่ละกลุ่มคลอง

% ignition loss ของดินตะกอนพบค่าระหว่าง 1.6 - 14.59 น้ำหนักแห้ง และค่าเฉลี่ยรวม 6.0 ± 3.3 น้ำหนักแห้ง เมื่อพิจารณา plot ค่าความเข้มข้นของเหล็กในแต่ละกลุ่มคลองตามรูปที่ 4.13 สามารถสังเกตได้ว่าร้อยละของ ignition loss ในดินตะกอนในแต่ละกลุ่มคลองมีค่าใกล้เคียงกัน โดย % ignition loss ของดินตะกอนจากกลุ่มคลองทับมามีค่าต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่า % ignition loss ของดินตะกอนจากแต่ละกลุ่มคลองด้วย analysis of variance (ANOVA) พบว่า % ignition loss ของดินตะกอนในแต่ละกลุ่มคลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>.05$) ทั้งนี้เนื่องจากในแต่ละกลุ่มคลองมีการกระจายตัวของ % ignition loss ของดินตะกอนสูง โดยส่วนใหญ่พบว่าสถานที่อยู่นอกพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมักจะมีค่าของ % ignition loss ต่ำ กว่าสถานที่ในเขตพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม (รูปที่ 4.14)



รูปที่ 4.13 Boxplot ของ % ignition loss ของดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละคลอง

% Ignition loss



รูปที่ 4.14 % ignition loss ของดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในแต่ละสถานีในแต่ละคลอง

4.3 สหสัมพันธ์ (Persons correlation coefficient) ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิดและ %

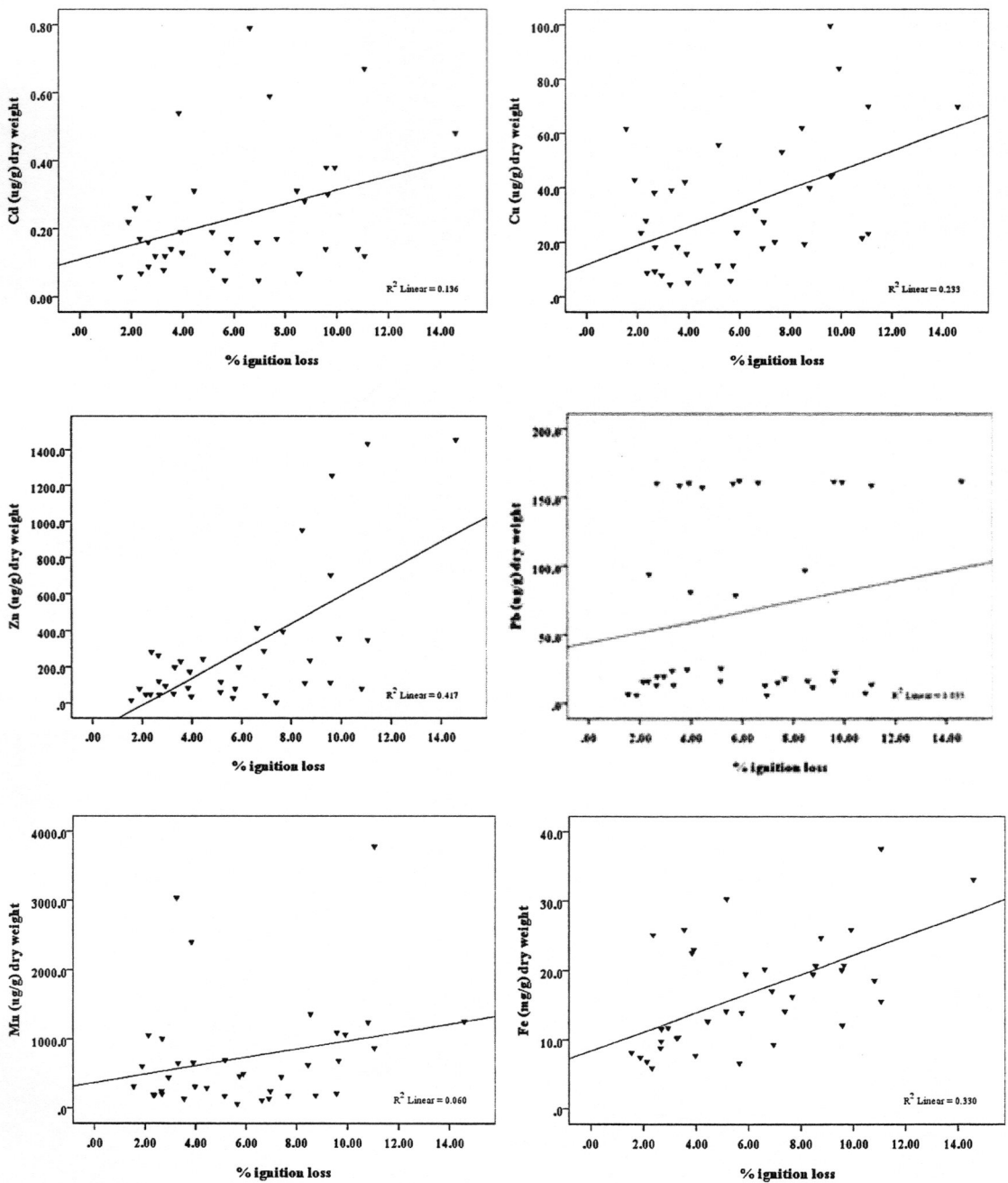
ignition loss ในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของโลหะหนักแต่ละชนิดและ % ignition loss ในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด เพื่อใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ลักษณะหรือปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมตัวของโลหะหนักในดินตะกอนในพื้นที่ศึกษา โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Persons correlation coefficient) ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิดและ % ignition loss ในดินตะกอนจากแต่ละสถานี (ตารางที่ 4.3) พบว่าการสะสมตัวของแคดเมียม ทองแดง สังกะสี และ % ignition loss มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน (รูปที่ 4.15) ในขณะที่การสะสมตัวของของเหล็ก และแมงกานีสมีแนวโน้มความสัมพันธ์ต่อกันแต่ไม่สัมพันธ์กับโลหะหนักชนิดอื่นๆ ในขณะที่ไม่พบความสัมพันธ์เชิงเส้นใดๆ ระหว่างตะกั่วกับโลหะหนักชนิดอื่นๆ รวมถึง % ignition loss

ความสัมพันธ์ในลักษณะดังกล่าวบ่งชี้ว่าการสะสมตัวของแคดเมียม ทองแดง และ สังกะสี น่าจะเกิดขึ้นจากสาเหตุที่คล้ายคลึงกันเช่นการทิ้งของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และการสะสมตัวในดินตะกอนของโลหะทั้ง 3 ชนิดนี้ถูกส่งเสริมโดยการดูดซับกับสารอินทรีย์ในดินตะกอน

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Persons correlation coefficient) ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิดและ % ignition loss (* มีนัยสำคัญที่ $p < .05$ และ ** มีนัยสำคัญที่ $p < .01$)

	Cd (ug/g)	Cu (ug/g)	Zn (ug/g)	Pb (ug/g)	Mn (ug/g)	Fe (mg/g)	% Ignition loss
Cd (ug/g)	1						
Cu (ug/g)	0.325*	1					
Zn (ug/g)	0.506**	0.484**	1				
Pb (ug/g)	.148	-.108	.210	1			
Mn (ug/g)	.062	-.008	.084	.053	1		
Fe (mg/g)	.182	.305	0.371*	0.354*	0.371*	1	
% Ignition loss	0.369*	0.483**	0.646**	.186	.246	0.574**	1



รูปที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักแต่ละชนิดกับ % ignition loss ในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดินในบริเวณและโดยรอบพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ตะกั่วไม่แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับ % ignition loss และโลหะหนักชนิดอื่นๆ ยกเว้นเหล็ก บ่งชี้ว่าการสะสมตัวของตะกั่วในดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีลักษณะที่แตกต่างจากการสะสมตัวของแคดเมียม ทองแดง และ สังกะสี แต่การสะสมตัวของตะกั่วอาจจะมีสัมพันธ์กับการสะสมตัวของเหล็ก เนื่องจากโลหะทั้ง 2 สามารถตกตะกอนได้ในรูปของโลหะคาร์บอเนต (FeCO_3 และ PbCO_3)

4.4 ลักษณะทั่วไปของดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลมาบตาพุด

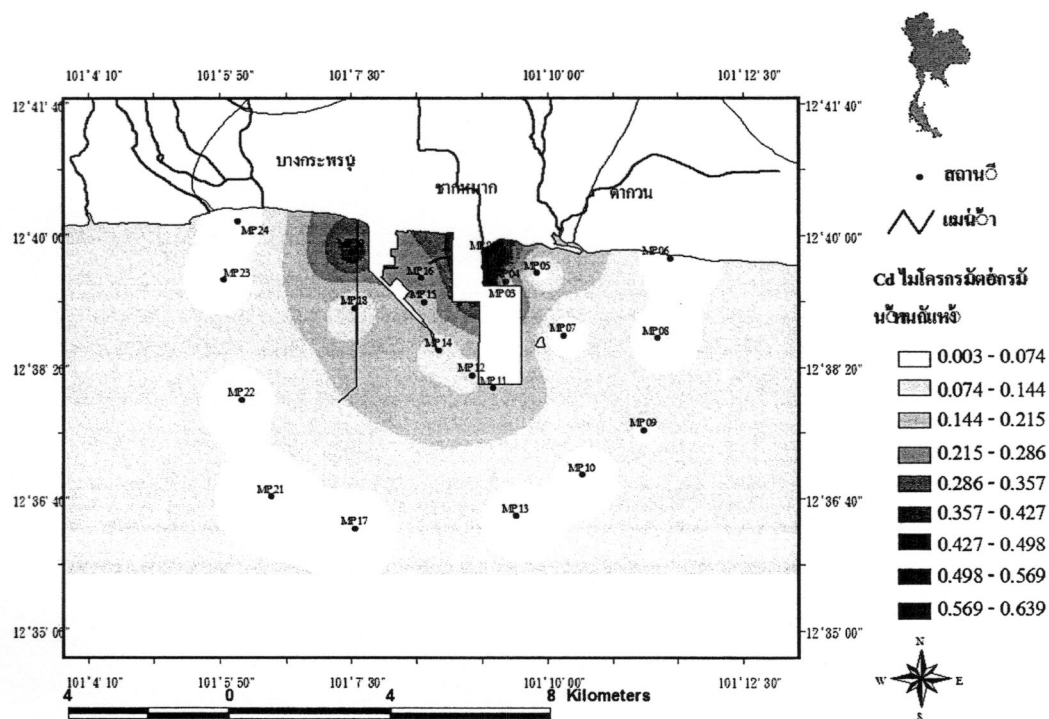
ดินตะกอนส่วนใหญ่โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณอ่าวประดู่ และสถานีใกล้เคียงมีลักษณะเป็นโคลนมีสีค่อนข้างดำ ซึ่งบ่งชี้ว่าน่าจะมีสารอินทรีย์สูง สถานีที่ห่างฝั่งออกไปจะมีลักษณะดินตะกอนเป็นโคลนปนทราย และทรายละเอียด ส่วนสถานี MP23 และ MP24 ซึ่งเป็นสถานีที่อยู่ด้านตะวันตกของนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด มีลักษณะเป็นทรายหยาบปนทรายละเอียดมีเปลือกหอยปนอยู่ในเนื้อดิน (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 ลักษณะดินตะกอนจากบริเวณชายฝั่งทะเลมาบตาพุด

รหัสสถานี	ลักษณะดินตะกอน
MP01	โคลนมีเศษใบไม้และเปลือกหอย สีดำ
MP02	โคลน สีค่อนข้างดำ
MP03	โคลน สีค่อนข้างดำ
MP04	โคลน สีค่อนข้างดำ
MP05	โคลนปนทรายละเอียด สีค่อนข้างดำ
MP06	ทรายละเอียด สีค่อนข้างดำ
MP07	ทรายละเอียด มีเปลือกหอย
MP08	ทรายละเอียดปนทรายหยาบ มีเปลือกหอย
MP09	โคลนปนทรายละเอียด มีเศษเปลือกหอย สีดำ
MP10	โคลนปนทรายละเอียด สีค่อนข้างดำ
MP11	โคลน สีค่อนข้างดำ
MP12	โคลน สีค่อนข้างดำ
MP13	โคลนปนทรายละเอียด มีเปลือกหอย
MP14	ทรายละเอียด มีเปลือกหอย
MP15	โคลน สีค่อนข้างดำ
MP16	โคลนปนทรายละเอียด สีค่อนข้างดำ
MP17	โคลนปนทรายละเอียด มีเปลือกหอย
MP18	ทรายละเอียดปนทรายหยาบ มีเปลือกหอย
MP19	โคลน มีเปลือกหอย สีค่อนข้างดำ
MP21	โคลนปนทรายละเอียด มีเปลือกหอย สีค่อนข้างดำ
MP22	โคลนปนทรายละเอียด ทรายหยาบ มีเปลือกหอย
MP23	ทรายหยาบปนทรายละเอียด มีเปลือกหอย
MP24	ทรายหยาบปนทรายละเอียด มีเปลือกหอย

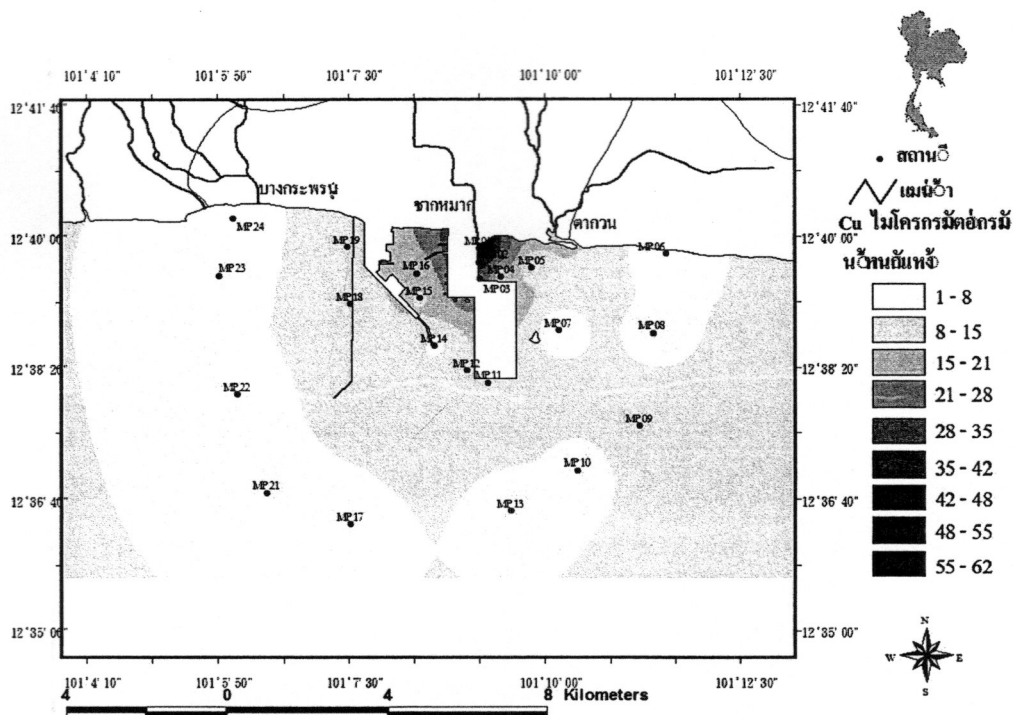
4.5 ความเข้มข้นของโลหะหนักตัวอย่างดินตะกอนขนาด <125 μm และ % ignition loss ในดินตะกอนจากบริเวณชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ความเข้มข้นของโลหะหนักในตัวอย่างดินตะกอนขนาด <125 μm จากชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดรายงานไว้ในตารางที่ 4.5 พบว่าความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนมีค่าระหว่าง 0.003 – 0.602 ($\mu\text{g/g}$) น้ำหนักแห้ง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.15 ± 0.18 ($\mu\text{g/g}$) น้ำหนักแห้ง ค่าความเข้มข้นในทุกสถานีและค่าเฉลี่ยไม่เกินร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่ง (0.99 $\mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง) พื้นที่ชายฝั่งทะเลที่มีการพบค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนสูงได้แก่ บริเวณปากคลองชักหามาก และบริเวณบ้านหนองแพบ และในพื้นที่ทำเรื่อน้ำลึก (รูปที่ 4.16) บ่งชี้ว่ากิจกรรมจากแผ่นดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด เป็นแหล่งที่มาของแคดเมียมในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล



รูปที่ 4.16 การกระจายตัวของค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอนมีค่าระหว่าง 1.36 – 62.27 ($\mu\text{g/g}$) น้ำหนักแห้ง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.78 ± 14.41 ($\mu\text{g/g}$) น้ำหนักแห้ง ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของทองแดงมีค่าไม่เกินร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่ง (31.6 $\mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง) แต่ค่าความเข้มข้นในสถานี M-01, M-02 และ M-03 ซึ่งเป็นสถานีบริเวณปากคลองชักหามากบริเวณอ่าวประดู่ มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานตามร่างฯ (รูปที่ 4.17) บ่งชี้ว่าน้ำจากคลองชักหามากเป็นแหล่งที่มาของทองแดงในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล



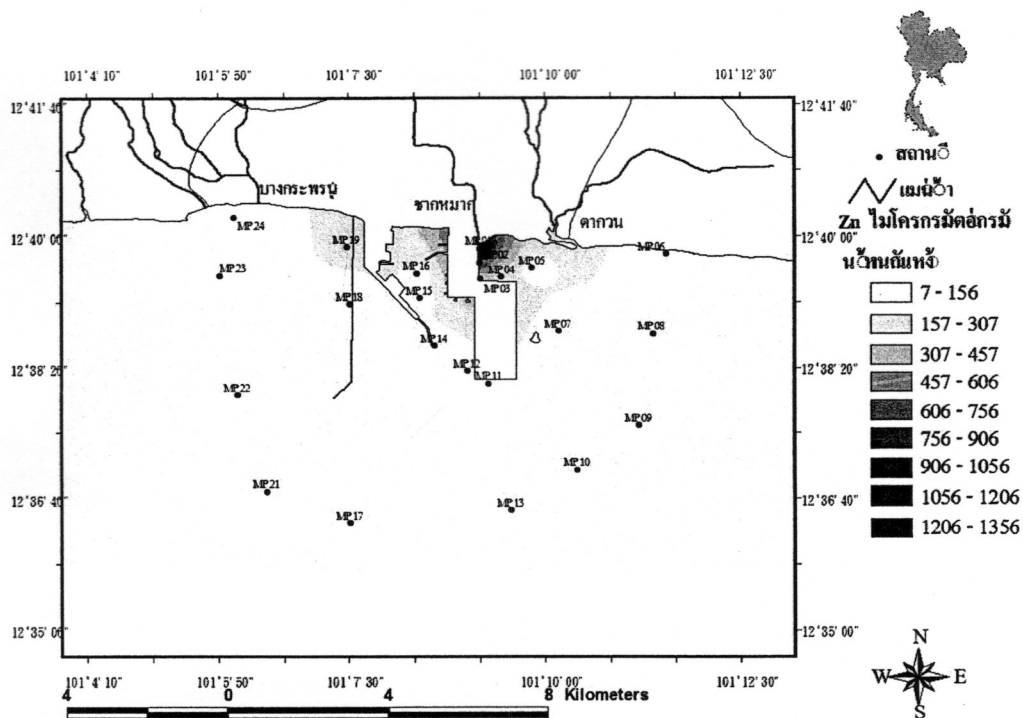
รูปที่ 4.17 การกระจายตัวของค่าความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ความเข้มข้นของสังกะสีในดินตะกอนมีค่าระหว่าง 6.59 - 1360.2 ($\mu\text{g/g}$) น้ำหนักแห้ง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 151.8 ± 304.2 ($\mu\text{g/g}$) น้ำหนักแห้ง ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสังกะสีในดินตะกอนจากชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด มีค่าสูงกว่าร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่ง (121 $\mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง) สถานีที่พบค่าความเข้มข้นของสังกะสีในดินตะกอนสูงกว่าค่ามาตรฐาน ได้แก่ สถานี M-01, M-02, M-03 และ M-04 ซึ่งเป็นสถานีบริเวณปากคลองซากหมีมาก และเป็นบริเวณเดียวกับที่พบความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอน มีค่าสูงกว่ามาตรฐานด้วยเช่นเดียวกัน (รูปที่ 4.18) โดยสถานี M-01 และ M-02 มีค่าความเข้มข้นของสังกะสีในดินตะกอนสูงกว่าค่ามาตรฐานถึง 11.2 และ 5.6 เท่า

ความเข้มข้นของตะกั่วในดินตะกอนจากชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด มีค่าระหว่าง 1.22 - 14.60 ($\mu\text{g/g}$) น้ำหนักแห้ง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.79 ± 3.63 ($\mu\text{g/g}$) น้ำหนักแห้ง ค่าความเข้มข้นในทุกสถานีและค่าเฉลี่ยไม่เกินร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่ง (35.8 $\mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง) สถานีที่พบค่าความเข้มข้นของตะกั่วในดินตะกอนสูงได้แก่สถานีในอ่าวประตู่ และสถานีโดยรอบโรงไฟฟ้า BLCP และท่าเทียบเรือน้ำลึก (รูปที่ 4.19)

ตารางที่ 4.5 ความเข้มข้นของโลหะหนักตัวอย่างดินตะกอนขนาด <125 μm และ % ignition loss
 ในดินตะกอนจากบริเวณชายฝั่งทะเลมาบตาพุด

สถานี	Cd (ug/g)	Cu (ug/g)	Zn (ug/g)	Pb (ug/g)	Mn (ug/g)	Fe (mg/g)	% ignition loss	ระยะห่างฝั่ง (m)
M-01	0.519	62.27	1360.22	6.94	1427.53	14.94	13.34	180
M-02	0.602	38.46	684.84	5.19	360.70	15.47	13.53	500
M-03	0.535	32.42	362.63	8.08	377.74	15.09	12.27	900
M-04	0.190	17.89	178.56	14.25	181.27	18.39	10.61	1045
M-05	0.040	9.13	31.90	4.86	113.01	14.74	5.22	725
M-06	0.003	2.16	6.59	2.24	90.74	1.96	1.19	112
M-07	0.007	2.26	10.04	5.16	230.66	2.38	3.28	2138
M-08	0.029	5.11	26.15	4.27	134.53	8.94	6.87	2090
M-09	0.069	13.95	37.07	4.48	252.31	14.19	8.69	4438
M-10	0.039	5.40	22.88	3.58	290.77	10.96	6.18	5450
M-11	0.191	13.15	116.95	4.68	402.55	17.55	9.35	3668
M-12	0.106	14.41	58.73	13.94	324.78	18.17	8.45	3232
M-13	0.027	3.48	16.21	4.10	338.31	9.95	4.88	6786
M-14	0.082	6.65	58.77	4.64	242.97	15.12	8.19	2862
M-15	0.180	14.64	100.36	14.60	268.34	16.86	8.18	1736
M-16	0.227	18.14	102.13	4.78	235.00	15.72	8.31	1157
M-17	0.030	3.78	21.03	4.33	406.70	11.18	4.3	7605
M-18	0.080	11.31	48.53	6.27	287.95	13.34	7.81	2203
M-19	0.363	10.41	184.76	4.29	1124.77	16.31	8.32	788
M-21	0.029	4.11	21.29	3.63	343.09	11.55	5.53	7123
M-22	0.037	2.08	11.59	3.16	218.53	6.21	4.79	4711
M-23	0.033	1.44	12.28	4.38	165.64	5.47	1.50	1753
M-24	0.033	1.39	18.91	1.22	276.89	3.54	1.00	338
Min-max	0.003-0.60	1.39–62.27	6.59-1360.2	1.22-14.60	90.7-1427.	1.96-18.39	0.80-13.5	112-7605
Mean±SD	0.15±0.18	12.78±14.41	151.8±304.2	5.79±3.63	351.9±307	12.08±5.11	7.02±3.58	2675±2319
standard	0.99	31.6	121	35.8				

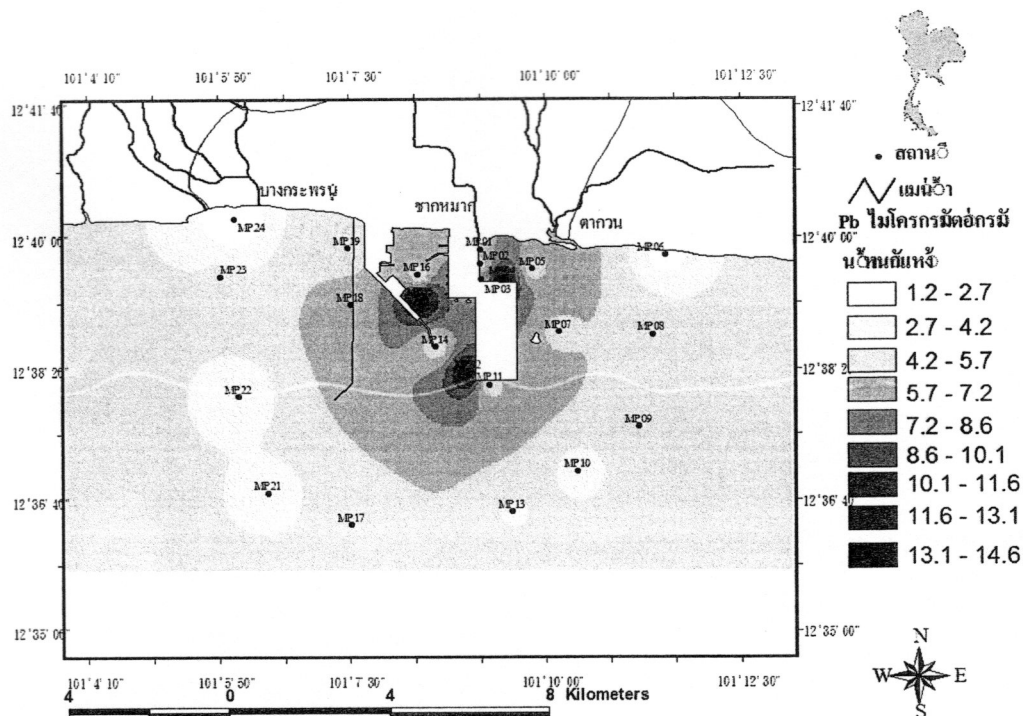


รูปที่ 4.18 การกระจายตัวของค่าความเข้มข้นของสังกะสีในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

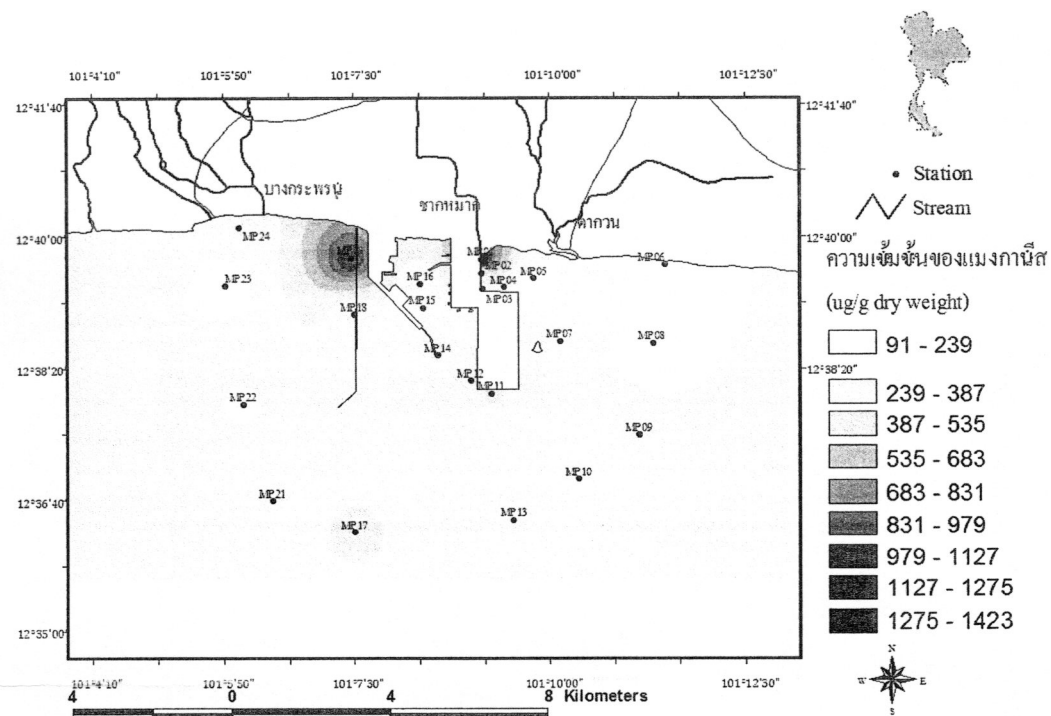
ความเข้มข้นของแมงกานีสในดินตะกอนจากชายฝั่งทะเล บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่าระหว่าง 90.7 - 1427.5 ($\mu\text{g/g}$) น้ำหนักแห้ง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 351.9 ± 307.9 ($\mu\text{g/g}$) น้ำหนักแห้ง (รูปที่ 4.20) ไม่มีการกำหนดค่าความเข้มข้นของแมงกานีสไว้ในร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่ง สถานที่ที่พบค่าความเข้มข้นของตะกั่วในดินตะกอนสูงได้แก่สถานีในอ่าวประตู่ และชายฝั่งทะเลของบ้านหนองแฟบซึ่งตั้งอยู่ติดกับนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดทางด้านทิศตะวันตก

ความเข้มข้นของเหล็กในดินตะกอนจากชายฝั่งทะเล บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่าระหว่าง 1.96 - 18.39 (mg/g) น้ำหนักแห้ง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.08 ± 5.11 (mg/g) น้ำหนักแห้ง ไม่มีการกำหนดค่าความเข้มข้นของเหล็กไว้ในร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่ง สถานที่ที่พบค่าความเข้มข้นของเหล็กในดินตะกอนสูงได้แก่สถานีในอ่าวประตู่ และสถานีอื่นๆ ที่ดินตะกอนมีลักษณะเป็นดินโคลน (รูปที่ 4.21)

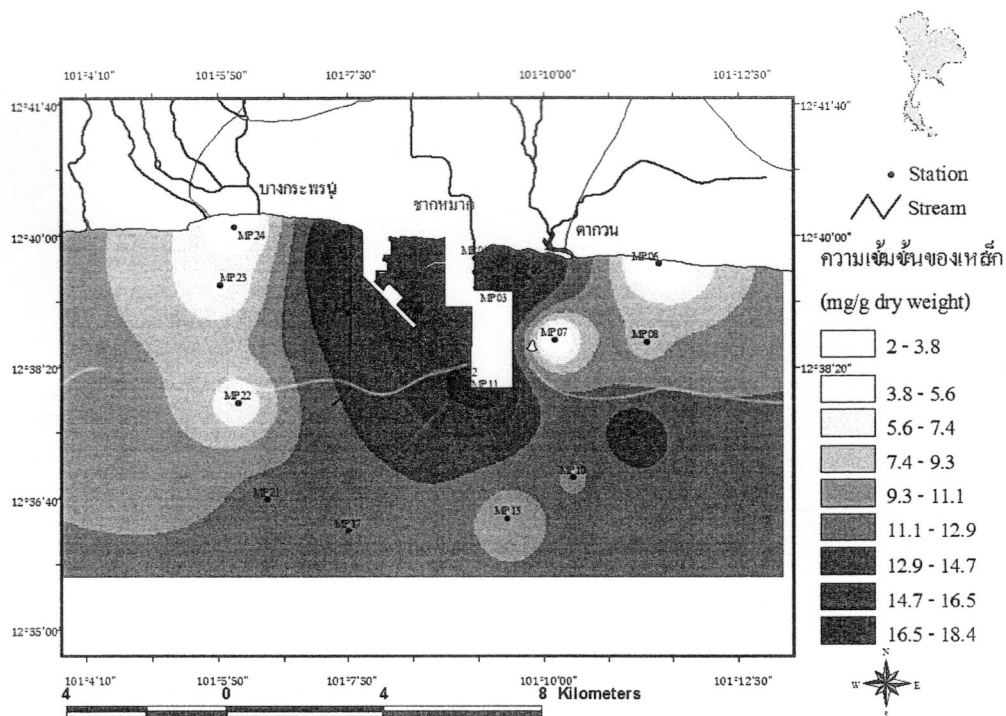
ปริมาณสารอินทรีย์ (% ignition loss) ของตัวอย่างดินตะกอนจากบริเวณชายฝั่งทะเลมาบตาพุดมีค่าอยู่ในช่วง 0.80 - 13.53 % ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.02 ± 3.58 % กลุ่มสถานี MP01 - MP04 เป็นกลุ่มสถานีที่มี % ignition loss สูงที่สุด โดยมีค่าสูงกว่า 10 % ส่วนสถานีที่มีค่า % ignition loss ต่ำที่สุดได้แก่สถานี M-06, M-23 และ M-24 (รูปที่ 4.22)



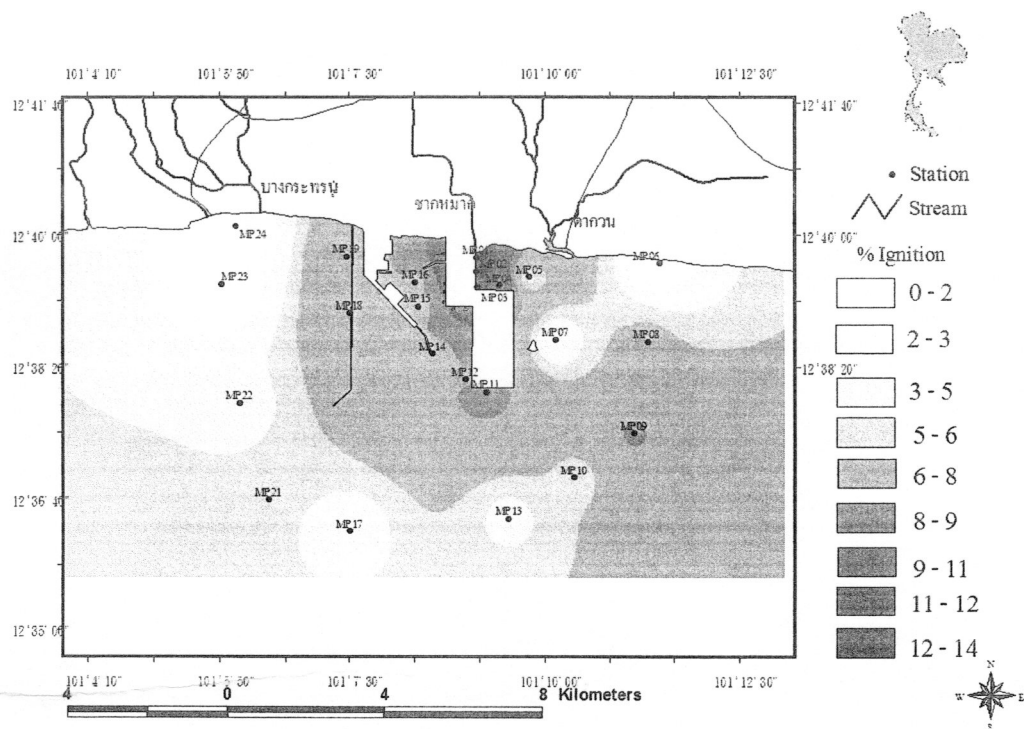
รูปที่ 4.19 การกระจายตัวของค่าความเข้มข้นของตะกั่วในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด



รูปที่ 4.20 การกระจายตัวของค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด



รูปที่ 4.21 การกระจายตัวของค่าความเข้มข้นของเหล็กในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด



รูปที่ 4.22 การกระจายตัวของ % ignition loss ในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

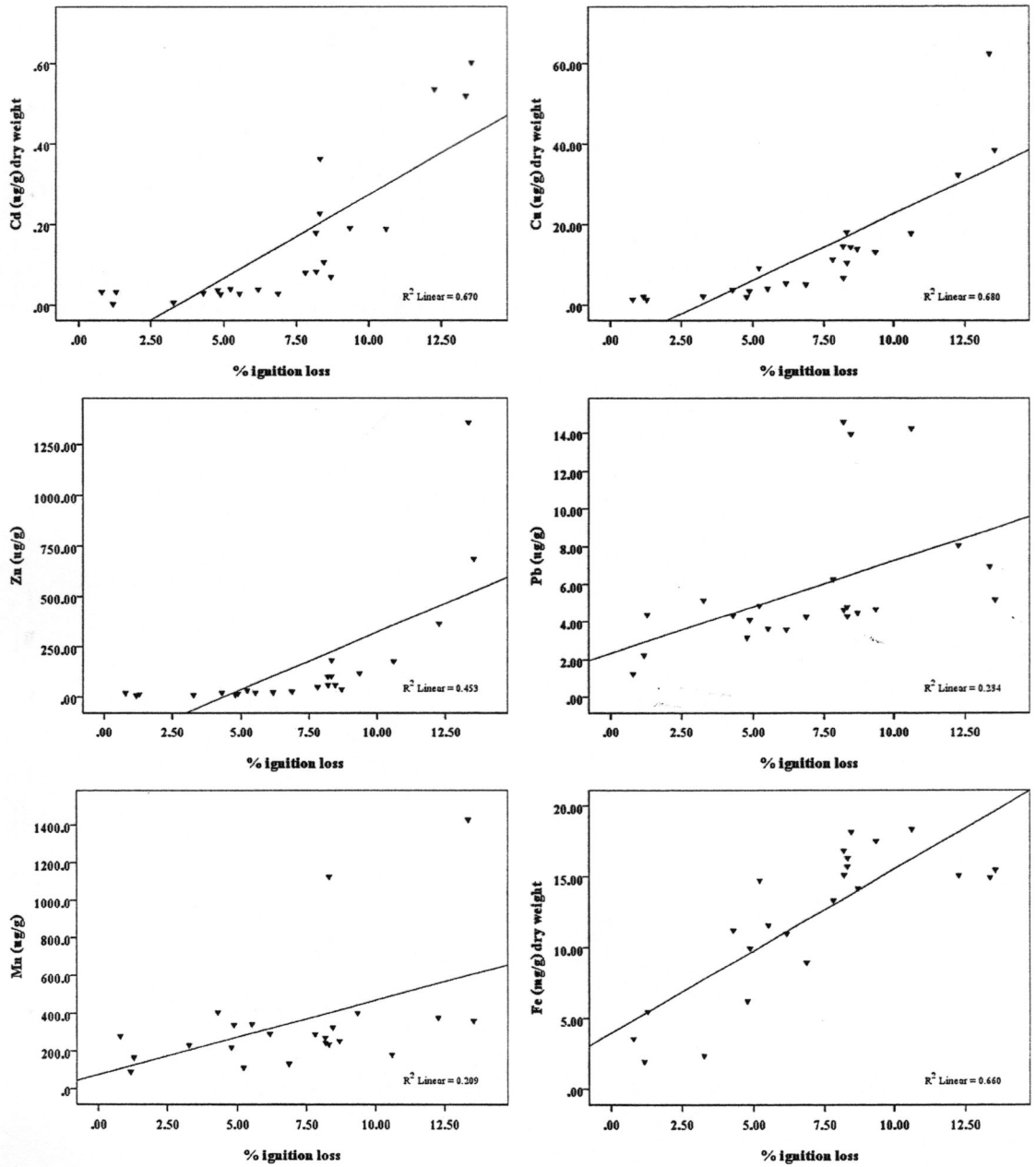
4.6 สหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอนขนาด <125 μm จากบริเวณชายฝั่งทะเลมาบตาพุดกับ %ignition loss และ ระยะทางจากชายฝั่งทะเล

เมื่อทำการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอนขนาด <125 μm จากบริเวณชายฝั่งทะเลมาบตาพุดกับ % ignition loss และระยะทางจากชายฝั่งทะเล (ตารางที่ 4.6) พบว่าโลหะหนักทุกชนิดที่ทำการศึกษา ยกเว้นตะกั่ว มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) ในทางบวกซึ่งกันและกันและกับ% ignition loss แต่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทางลบกับระยะทางจากชายฝั่งทะเล

เมื่อพิจารณาโดยละเอียด พบว่าสถานีในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดที่พบค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในดินสูงจะเป็นสถานที่ที่อยู่ใกล้ฝั่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณปากคลองชักหมาก ส่วนสถานที่ที่อยู่ไกลฝั่งออกไปหากมีค่าความเข้มข้นของโลหะหนักสูงดินตะกอนในสถานีนั้นๆ จะมีลักษณะเป็นโคลน และมีค่า % ignition loss หรือมีปริมาณสารอินทรีย์สูง

ตารางที่ 4.6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอนขนาด <125 μm และ %ignition loss กับจากบริเวณชายฝั่งทะเลมาบตาพุด loss (* มีนัยสำคัญที่ $p < .05$ และ ** มีนัยสำคัญที่ $p < .01$)

	Cd ($\mu\text{g/g}$)	Cu ($\mu\text{g/g}$)	Zn ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)	Mn ($\mu\text{g/g}$)	Fe (mg/g)	%ignition loss	ระยะห่าง ฝั่ง (m)
Cd ($\mu\text{g/g}$)	1							
Cu ($\mu\text{g/g}$)	0.874**	1						
Zn ($\mu\text{g/g}$)	0.802**	0.947**	1					
Pb ($\mu\text{g/g}$)	.259	.331	.160	1				
Mn ($\mu\text{g/g}$)	0.598**	0.637**	0.747**	.025	1			
Fe (mg/g)	0.526**	0.513*	.315	0.606**	.306	1		
%ignition loss	0.819**	0.825**	0.673**	0.484*	0.457*	0.812**	1	
ระยะห่าง ฝั่ง (m)	-.470*	-.418*	-.388	-.182	-.152	-.047	-.219	1



รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของโลหะหนักและ % ignition loss ในดินตะกอนขนาดเล็กกว่า 125 μm ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

5.1 ระดับความเข้มข้นในดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินและชายฝั่งทะเล เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน

ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดิน ในพื้นที่โดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่าเท่ากับ $0.23 \pm 0.18 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง ในขณะที่พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในดินตะกอนจากพื้นที่ชายฝั่งทะเลโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่าเท่ากับ $0.15 \pm 0.18 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง ซึ่งไม่เกินค่าความเข้มข้นที่กำหนดไว้ในร่างมาตรฐานดินตะกอนแหล่งน้ำผิวดิน และคุณภาพดินตะกอนชายฝั่งทะเล ($0.99 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง; กรมควบคุมมลพิษ, 2554 และ กรมควบคุมมลพิษ, มปป) และเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพตะกอนดินของรัฐฟลอริดา (MacDonald, 1994) ฮองกง (HKGS, 1998) และออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ (ANZECC, 1998) (ตารางที่ 2.1) ก็พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดิน และชายฝั่งทะเลในพื้นที่โดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดต่ำกว่าเกณฑ์ของประเทศอื่นๆ เช่นเดียวกัน

อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่าความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนจากบางสถานีในแหล่งน้ำผิวดิน และจากสถานี M - 01 ถึง M - 03 มีค่าที่สูงกว่าค่าความเข้มข้นพื้นฐานของแคดเมียมในดินตะกอนชายฝั่งที่คิดจาก percentile 80 ($0.2 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง; ตารางที่ 2.1) ของค่าที่มีการสำรวจไว้ในอดีต (กรมควบคุมมลพิษ, มปป) ค่อนข้างมาก

ในขณะที่ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของทองแดงในแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่โดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่าเท่ากับ $32.8 \pm 23.6 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าความเข้มข้นที่กำหนดไว้ในร่างมาตรฐานดินตะกอนฯ ของประเทศไทยเล็กน้อย แต่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพตะกอนดินของรัฐฟลอริดา (MacDonald, 1994) ฮองกง (HKGS, 1998) และออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ (ANZECC, 1998) (ตารางที่ 2.1) ในขณะที่ความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอนจากพื้นที่ชายฝั่งทะเลโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่าเท่ากับ $12.78 \pm 14.41 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง ซึ่งไม่เกินค่าความเข้มข้นที่กำหนดไว้ในร่างมาตรฐานไทยและต่างประเทศ และเช่นเดียวกับในกรณีของแคดเมียม ที่พบว่าความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอนจากบางสถานีในแหล่งน้ำผิวดิน และจากสถานี M - 01 ถึง M - 03 มีค่าสูงกว่าค่าความเข้มข้นในดินตะกอนชายฝั่งที่คิดจาก percentile 80 ($31 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง; ตารางที่ 2.1) ของค่าที่มีการสำรวจไว้ในอดีต (กรมควบคุมมลพิษ, มปป)

ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่ว ในแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่โดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่าเท่ากับ $66.6 \pm 65.8 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าความเข้มข้นที่กำหนดไว้ในร่างมาตรฐานดินตะกอนฯ ประมาณ 1.8 เท่า และมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่อาจจะก่อให้เกิดผลกระทบกับสัตว์น้ำได้ตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพตะกอนดินของรัฐฟลอริดา (MacDonald,

1994) ฮ่องกง (HKGS, 1998) และออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ (ANZECC, 1998) (ตารางที่ 2.1) ในขณะที่ความเข้มข้นของตะกั่วในดินตะกอนจากพื้นที่ชายฝั่งทะเลโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่าเท่ากับ $5.79 \pm 3.63 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง ซึ่งไม่เกินค่าความเข้มข้นที่กำหนดไว้ในร่างมาตรฐานไทยและต่างประเทศ ระดับความเข้มข้นของตะกั่วในดินตะกอนชายฝั่งทะเลโดยรวมแล้วมีค่าค่อนข้างต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับในดินตะกอนจากจากแหล่งน้ำผิวดิน

ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่โดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่าเท่ากับ $289.6 \pm 381.2 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าความเข้มข้นที่กำหนดไว้ในร่างมาตรฐานดินตะกอนฯ ประมาณ 2.4 เท่า และมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่อาจจะก่อให้เกิดผลกระทบกับสัตว์น้ำได้ ตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพตะกอนดินของรัฐฟลอริดา (MacDonald, 1994) ฮ่องกง (HKGS, 1998) และออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ (ANZECC, 1998) (ตารางที่ 2.1) ในขณะที่ความเข้มข้นของสังกะสีในดินตะกอนจากพื้นที่ชายฝั่งทะเลโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่าเท่ากับ $151.8 \pm 304.2 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง ซึ่งไม่เกินค่าความเข้มข้นที่กำหนดไว้ในร่างมาตรฐานไทยและต่างประเทศ

กรมควบคุมมลพิษ (2554) และ กรมควบคุมมลพิษ (มปป) ไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานความเข้มข้นของไว้ เหล็ก และแมงกานีส

5.2 ระดับความเข้มข้นในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดินและชายฝั่งทะเลเปรียบเทียบกับผลการศึกษาก่อนหน้านี้

เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาระดับความเข้มข้นของโลหะหนักกับค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอนที่มีการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า

ค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดินและชายฝั่งทะเลบริเวณโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าที่รายงานไว้ที่ปากแม่น้ำบางปะกง (สุวรรณ ภาณุตระกูล และไพฑูรย์ มกกงไผ่, 2543; แวดา ทองระอา และคณะ 2549) และที่ แวดา ทองระอา และคณะ (2549) รายงานไว้ที่ชายฝั่งทะเลบริเวณท่าเรือแหลมฉบัง และนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด และชายฝั่งทะเลจังหวัดจันทบุรี และตราด เล็กน้อย แต่มีค่าอยู่ในช่วงเดียวกันกับค่า Baseline values ของแคดเมียมในดินตะกอนชายฝั่งทะเลที่กรมควบคุมมลพิษ (มปป) รายงานไว้ที่ $0.20 \mu\text{g/g}$ (ตารางที่ 5.1)

แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนที่มีการรายงานไว้ในต่างประเทศจะพบว่า ค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดินและชายฝั่งทะเลบริเวณโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่าในดินตะกอนชายฝั่งทะเลของประเทศการ์ต้า Unite Arab Emirate บาร์เรนห์ และโอมาน (de Mora, 2004) และแม่น้ำเซียงไฮ้ ในประเทศจีน มีค่าใกล้เคียงกับดินตะกอนปากแม่น้ำแยงซี ในประเทศจีน (Zhang et al. 2009) แต่ต่ำกว่าประเทศอุตสาหกรรมใน

ตารางที่ 5.1 ความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอน ($\mu\text{g/g}$ dry wt.) ในดินตะกอนจากพื้นที่ต่างๆ ในประเทศไทย

พื้นที่	Cd ($\mu\text{g/g}$)	Cu ($\mu\text{g/g}$)	Zn ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)	Mn ($\mu\text{g/g}$)	Fe (mg/g)
แหล่งน้ำผิวดิน ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD	0.23 ± 0.18	32.8 ± 23.6	289.6 ± 381.2	66.6 ± 65.8	734 ± 810	16.7 ± 7.9
Min – Max (การศึกษา)	0.05 – 0.79	4.8 – 99.6	5.0 – 1454.1	6.4 – 162.2	62 – 3785	5.9 – 37.6
ชายฝั่งทะเล ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD	0.15 ± 0.18	12.78 ± 14.4	151.8 ± 304.2	5.79 ± 3.63	351.9 ± 307.9	12.08 ± 5.11
Min – Max (การศึกษา)	0.003–0.602	1.39–62.27	6.59–1360.2	1.22–14.60	90.7–1427.5	1.96–18.39
Baseline values ดินตะกอนชายฝั่งทะเล (กรมควบคุมมลพิษ มปป)	0.20	16	52.8	28		
Shale and clay (Salomons and Forstner, 1984)	0.2	45	95	20	600	47.2
Soils (Salomons and Forstner, 1984)	0.62	25.8	59.8	29.2	760	32
แม่น้ำบางปะกง (สุวรรณา ภาณุตระกูล และไพฑูรย์ มกกงไผ่, 2543)	0.04 – 0.33	33.6 – 63.8	45.7 – 121.8	18.6 – 42.0	2200 - 7600	32 - 48
ปากแม่น้ำบางปะกง (แววตา ทองระอา และคณะ 2549)	0.02 – 0.19	3.5 – 46.0	8.1 – 130.5	12.5 – 24.3	281 - 1711	6.2 – 27.3
ชายฝั่งแหลมฉบัง (แววตา ทองระอา และคณะ 2549)	0.01 – 0.15	1.9 -46.0	1.3 – 64.5	4.3 -37.4	29.4 - 613	1.8 – 19.96
ชายฝั่งมาบตาพุด (แววตา ทองระอา และคณะ 2549)	<0.01–0.06	1.9 – 66.3	4.3 – 129.4	1.6 – 91.93	28.2-652	1.17-23.8
จันทบุรี-ตราด (แววตา ทองระอา และคณะ 2549)	<0.01–0.06	6.8 – 103.2	10.5 – 100.8	2.2 - 24.9	109-1162	7.1-83.2
ดินตะกอนในอ่าวไทย (Shazili et al., 1999)	0.1 – 1.03	10.5 – 210.9	15 - 136	6.16 – 78.2	167 - 798	7.2 – 23.8
คลองอู่ตะเภา ทะเลสาบสงขลา (Sirinawin and Sompongchaiyakul, 2005)		12.4 – 28.2	48.6 – 122.7	16.7 – 43.1	220 - 490	25.2 - 42

ตารางที่ 5.2 ความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอน ($\mu\text{g/g dry wt.}$) ในดินตะกอนจากประเทศอื่นๆ

พื้นที่ (เอกสารอ้างอิง)	Cd ($\mu\text{g/g}$)	Cu ($\mu\text{g/g}$)	Zn ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)	Mn ($\mu\text{g/g}$)	Fe (mg/g)
แม่น้ำแยงซี ประเทศจีน (Zhang et al. 2009)	0.12 – 0.75	6.87 -49.7	47.6 -15.4	18.3 – 44.1	413 - 112	20.5 -49.6
Prai Industrial estate, Penang (Lim & Hoi, 1997)	-	4 - 111	59-688	18 -112	111 - 218	3.4-15.5
แม่น้ำ Scheldtประเทศเบลเยียม (Panutrakul & Baeyens, 1991)	0.14 – 25.0	-	-	16.4 – 307.9	121 - 1271	9.7 – 51.8
ทะเลสาบ Macquarie ประเทศออสเตรเลีย (Roach, 2005)	0.5 – 65.0	14.0 – 79.3	14 - 1003	6.7 – 333.3	-	-
ดินตะกอนชายฝั่งจากประเทศ Qatar (de Mora, 2004)	0.01 – 0.09	1.2 – 8.2	-	0.43 – 3.88	13 – 127	0.3 – 4.8
ดินตะกอนชายฝั่งจากประเทศ UAE (de Mora, 2004)	0.05- 0.11	0.6 – 3.6	-	0.69 – 5.88	60 -358	0.8 – 29.6
ดินตะกอนชายฝั่งจากประเทศ Bahrain (de Mora, 2004)	0.04 – 0.18	2.4 – 48	6.1 – 52.2	0.67 – 99	22 – 84	0.5 – 6.4
ดินตะกอนชายฝั่งจากประเทศ Oman (de Mora, 2004) n	0.14- 0.21	0.8 – 6.7	1.6 – 11.4	0.25 – 1.82	27 - 265	0.3 – 11.6
ดินตะกอนปากแม่น้ำ Shanghai ประเทศจีน (Chen, 2001)	0.03	91	189	47	-	-
แม่น้ำ Thames สหราชอาณาจักร (Attrill et al 1995)	1.3	61	219	179	-	-
แม่น้ำ Western Scheldt ประเทศเนเธอร์แลนด์ (Beeftink et al. 1982)	1.5	155	715	210	-	-
อ่าว Narragansett สหรัฐอเมริกา (Goldberg et al. 1977)	0.8	190	250	140	-	-
อ่าว James ประเทศแคนาดา (Glooschenko et al. 1981)	1.4	13	36	23	-	-

ยุโรป สหรัฐอเมริกา และประเทศแคนาดา (Panutrakul & Baeyens, 1991; Attrill et al 1995; Beeftink et al. 1982; Goldberg et al. 1977; Glooschenko et al. 1981)

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดิน Baseline values ของทองแดงในดินตะกอนชายฝั่งทะเลที่กรมควบคุมมลพิษ (มปป) รายงานไว้ที่ 16 $\mu\text{g/g}$ (ตารางที่ 5.1) แต่ค่าความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอนจากชายฝั่งทะเลบริเวณโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าเล็กน้อย ละมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกับค่าที่ได้มีการรายงานก่อนหน้านี้ในพื้นที่ต่างๆ ในประเทศไทย ค่าความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดินและดินตะกอนชายฝั่งทะเลบริเวณโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่าสูงกว่าที่มีการรายงานไว้ในประเทศกาตาร์ Unite Arab Emirate บาร์เรนห์ และโอมาน (de Mora, 2004) มาก ซึ่งน่าจะมีสาเหตุจากลักษณะดินตะกอนที่น่าจะมีองค์ประกอบเป็นทรายสูงในชายฝั่งทะเลของประเทศเหล่านี้ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณปากแม่น้ำสายต่างๆ ในประเทศอุตสาหกรรม ก็พบว่าค่าความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอนจากการศษศึกษานี้มีค่าใกล้เคียงกันหรือต่ำกว่า (ตารางที่ 5.2)

ค่าความเข้มข้นของสังกะสีในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดินและชายฝั่งทะเลบริเวณโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่าค่อนข้างจะสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นของสังกะสีในดินตะกอนจากแหล่งน้ำในพื้นที่ต่างๆ ในประเทศไทย รวมถึงค่า Baseline values ของสังกะสีในดินตะกอนชายฝั่งทะเลที่กรมควบคุมมลพิษ (มปป) รายงานไว้ที่ 52.8 $\mu\text{g/g}$ (ตารางที่ 5.1) และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่รายงานไว้ในแม่น้ำสายต่างๆ ในเขตพื้นที่อุตสาหกรรมก็พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันหรือต่ำกว่า (ตารางที่ 5.2) แต่มีค่าสูงกว่าค่าที่พบบริเวณชายฝั่งทะเลประเทศบาร์เรนห์ และโอมาน (de Mora, 2004) มาก

ค่าความเข้มข้นของตะกั่วในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดินและชายฝั่งทะเลบริเวณโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่าใกล้เคียงกับที่มีการรายงานไว้ก่อนหน้านี้ในประเทศไทย (ตารางที่ 5.1) แต่มีค่าสูงกว่าที่มีการรายงานไว้ในประเทศกาตาร์ Unite Arab Emirate บาร์เรนห์ และโอมาน (de Mora, 2004) มากซึ่งน่าจะมีสาเหตุจากลักษณะดินตะกอนที่น่าจะมีองค์ประกอบเป็นทรายสูงในชายฝั่งทะเลของประเทศเหล่านี้ และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่รายงานไว้ในแม่น้ำสายต่างๆ ในเขตพื้นที่อุตสาหกรรมก็พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันหรือต่ำกว่า (ตารางที่ 5.2)

ค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดินและชายฝั่งทะเลบริเวณโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด มีค่าใกล้เคียงกับที่มีการรายงานไว้ก่อนหน้านี้ในประเทศไทย (ตารางที่ 5.1) แต่ต่ำกว่าที่แม่น้ำบางปะกงที่ สุวรรณ ภาณุตระกูล และไพฑูรย์ มกกงไผ่ (2543) รายงานไว้มาก

ค่าความเข้มข้นของเหล็กในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดินและชายฝั่งทะเลบริเวณโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด มีค่าใกล้เคียงกับที่มีการรายงานไว้ก่อนหน้านี้ในประเทศไทย (ตารางที่ 5.1) แต่ต่ำกว่าที่แม่น้ำบางปะกงที่ สุวรรณ ภาณุตระกูล และไพฑูรย์ มกกงไผ่ (2543) รายงานไว้มาก

5.3 การกระจายตัวและแหล่งที่มาของโลหะหนักในดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินและชายฝั่งทะเล

การศึกษากระจายตัวของโลหะหนักในดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินทั้งที่อยู่ในเขต และนอกเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดพบว่า แคลเดียม ทองแดง สังกะสี มีการสะสมตัวในคลองชากหมาก ห้วยใหญ่ สูงกว่าคลองพูน และคลองทับมาอย่างชัดเจน ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างอย่างชัดเจนของการกระจายตัวของเหล็กและแมงกานีส

ลักษณะการกระจายตัวของแคลเดียม ทองแดง สังกะสี ในดินตะกอนมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมที่อยู่โดยรอบลำคลองอย่างชัดเจน โดยคลองชากหมากเป็นคลองที่ไหลผ่านพื้นที่ดั้งเดิมที่มีการก่อตั้งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด บริเวณต้นคลองไหลที่ผ่านนิคมมาบตาพุด มีปริมาณน้ำค่อนข้างมาก ไหลแรง จึงมีค่าความเข้มข้นของโลหะทั้ง 3 ชนิดในดินตะกอน ในขณะที่ในสถานีกลางพื้นที่อุตสาหกรรม ซึ่งน้ำในลำคลองมีสีดำนวล และมีกลิ่นเหม็น จะพบโลหะทั้ง 3 ชนิดมีค่าสูงและที่บริเวณปากคลอง เนื่องจากการเจือจางจากตะกอนจากทะเล

พื้นที่โดยรอบคลองห้วยใหญ่เป็นพื้นที่ที่มีการขยายตัวของอุตสาหกรรมต่อเนื่องมาจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด น้ำในคลองห้วยใหญ่ คลองหลอด และคลองน้ำหนู จะไหลไปรวมตัวกับคลองตากวนที่ไหลลงสู่ชายฝั่งทะเล โดยกิจกรรมโดยรอบลำคลองมีทั้งเกษตรกรรม ชุมชน ตลาด และโรงงานอุตสาหกรรมบ้าง ส่วนบริเวณปากคลองตากวนเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากการขึ้นลงของน้ำทะเล ประกอบกับมีเรือประมงค่อนข้างหนาแน่น จากกิจกรรมที่มีความหลากหลายของพื้นที่โดยรอบคลองห้วยใหญ่ ทำให้ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอนในคลองนี้มีค่าค่อนข้างแปรปรวน แต่เป็นที่สังเกตได้ว่าสถานีที่อยู่ใกล้พื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมมักจะพบมีค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอนสูงกว่าสถานีอื่นๆ

ลักษณะการกระจายตัวของโลหะหนักในดินตะกอนในสถานีกลุ่มคลองพูน ก็มีความแปรปรวนสูง ทั้งนี้เนื่องจาก พื้นที่ในกลุ่มคลองนี้โดยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม และชุมชนมีอุตสาหกรรมน้อย ยกเว้นพื้นที่บริเวณปากคลองพูนที่มีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่ และบริเวณคลองบางเบ็ดที่ไหลผ่านนิคมอุตสาหกรรมเหมราชตะวันออก จึงทำให้พบค่าความเข้มข้นของแคลเดียมและสังกะสีในสถานีบริเวณคลองบางเบ็ดมีค่าสูงกว่าบริเวณอื่นๆ

ส่วนพื้นที่ในส่วนของคลองทับมาเป็นพื้นที่ประกอบไปด้วย 6 คลอง ซึ่งส่วนใหญ่ไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรม เช่น ยางพารา สวนผลไม้ และชุมชน เช่น ชุมชนมาบข่า มาบข่าล่าง บ้านหนองผักหนาม บ้านหนองปรือ บ้านกระเจด บ้านหนองหิน บ้านมาบใหญ่ บ้านหนองคล้า เป็นต้น เป็นส่วนใหญ่มีอุตสาหกรรมน้อย การปนเปื้อนส่วนใหญ่ในพื้นที่กลุ่มคลองนี้น่ามาจาก ใช้ที่ดินบริเวณคลองทำเกษตรกรรม และชุมชนมากกว่าอุตสาหกรรม

จากรูปที่ 4.2, 4.3 และ 4.4 ซึ่งแสดงการสะสมตัวของ แคลเดียม ทองแดง และสังกะสี ในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด สามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนว่า ในสถานีที่อยู่บริเวณต้นน้ำ ก่อนไหลเข้าสู่พื้นที่อุตสาหกรรมความเข้มข้นของแคลเดียม

ทองแดง และสังกะสีมีค่าต่ำ และเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเข้าสู่พื้นที่อุตสาหกรรม และลดต่ำลงในสถานีปากคลอง หรือสถานที่ตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล เนื่องจากการเจือจางจากน้ำและตะกอนจากชายฝั่ง รูปแบบเช่นนี้ชัดเจนมาในพื้นที่คลองชักหมาก ซึ่งเป็นพื้นที่ดั้งเดิมที่มีการก่อตั้งนิคมอุตสาหกรรม มาบตาพุด บ่งชี้อย่างชัดเจนว่าอุตสาหกรรมโดยรอบพื้นที่คลองชักหมากเป็นแหล่งที่มาของ แคดเมียม ทองแดง และสังกะสีที่ปนเปื้อนในดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดิน และแคดเมียม ทองแดง และสังกะสีน่าจะเข้าสู่แหล่งน้ำผิวดินผ่านน้ำทิ้งที่มีการปนเปื้อน

จากรายงานผลการศึกษาคณภาพน้ำทิ้ง 2 ตัวอย่าง จากโรงงานนิไทยและโรงงานไทย พลาสติกและเคมีภัณฑ์ โดยห้องปฏิบัติการวิจัยของกรีนพีซ พบปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้ำทิ้ง ในปริมาณ 1,590 µg/L และ 3,020 µg/L และคาดการณ์ว่าสังกะสีที่พบปนเปื้อนในน้ำทิ้งน่าจะเกิดจากการใช้สารประกอบสังกะสีเป็นสารปรับเสถียร (stabilizer) ในการผลิตพลาสติกพีวีซี (Brigden et al., 2004)

เมื่อนำข้อมูลการสะสมตัวของ แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ในดินตะกอนจากชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด (รูปที่ 4.16, 4.17 และ 4.18) มาพิจารณาร่วม ก็พบว่า แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ในดินตะกอนจากชายฝั่งทะเลมีระดับการสะสมตัวสูงในพื้นที่ปากคลองชักหมาก บริเวณชายฝั่งทะเลบ้านหนองแฟบ และพื้นที่โดยรอบท่าเทียบเรือ และมีค่าความเข้มข้นลดลงเมื่อห่างฝั่งออกไป (ตารางที่ 4.7) ข้อมูลนี้บ่งชี้ว่าการสะสมตัวของ แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ในดินตะกอนจากชายฝั่งทะเลเกิดจากกิจกรรมจากชายฝั่งที่มีการทิ้งน้ำที่มีการปนเปื้อนลงสู่คลอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งคลองชักหมาก ซึ่งเมื่อน้ำจากคลองเหล่านี้ไหลลงสู่ชายฝั่งทะเลก็นำเอาสารปนเปื้อนลงสู่ชายฝั่งทะเลด้วย

จากรูปที่ 4.5 ซึ่งแสดงการสะสมตัวของตะกั่วในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดิน ในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด พบว่าตะกั่วมีการสะสมตัวในดินตะกอนในระดับสูงเกินมาตรฐานในระดับที่ใกล้เคียงกันในพื้นที่คลองชักหมาก ห้วยใหญ่ และคลองพะยูง และมีค่าต่ำในพื้นที่คลองทับมา มีลักษณะการกระจายตัวที่แตกต่างจากการกระจายตัวของ แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ซึ่งน่าจะแสดงถึงลักษณะที่มาของการปนเปื้อนตะกั่วในแหล่งน้ำผิวดินเหล่านี้ว่าอาจจะเกิดจาก atmospheric falling หรืออาจจะเกิดการปลดปล่อย คาร์บอน หรืออากาศจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงธรรมชาติ ที่ปนเปื้อนตะกั่วออกสู่บรรยากาศโดยรอบโรงงาน ก่อนจะตกลงสู่พื้นดิน และมีการชะล้างลงสู่แหล่งน้ำผิวดิน ทำให้ค่าความเข้มข้นของตะกั่ว ในพื้นที่คลองชักหมาก ห้วยใหญ่ และคลองพะยูง ซึ่งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนพื้นที่คลองทับมาซึ่งอยู่ห่างออกมา และอาจจะอยู่นอกแนวทิศทางการเคลื่อนที่ของลมมีค่าต่ำกว่ามาก

เมื่อนำข้อมูลการสะสมตัวของตะกั่วในดินตะกอนจากชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด (รูปที่ 4.19) มาพิจารณาร่วม ก็พบว่า การกระจายตัวของตะกั่วในดินตะกอนจากชายฝั่งทะเลมีลักษณะที่แตกต่างจากการกระจายตัวของ แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี โดยพบว่าตะกั่วมีการสะสมตัวในดินตะกอนสูงบริเวณโดยรอบโรงไฟฟ้า BLCP มากกว่า สถานีปากคลองต่างๆ อย่างชัดเจน ประกอบกับระดับความเข้มข้นของตะกั่วในดินตะกอนชายฝั่ง

ทะเล มีค่าค่อนข้างต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับในดินตะกอนจากจากแหล่งน้ำผิวดิน ข้อมูลเหล่านี้ น่าจะบ่งชี้ว่าน้ำที่มีการปนเปื้อนจากคลองต่างๆ ที่ไหลลงสู่ชายฝั่งทะเลอาจจะไม่ใช่แหล่งที่มาของ ตะกั่วในดินตะกอนจากชายฝั่งทะเล และยิ่งบ่งชี้ต่อไปว่า ตะกั่วที่สะสมตัวในดินตะกอนในแหล่งน้ำ ผิวดินอาจจะมีลักษณะการสะสมตัวที่ทำให้การเคลื่อนย้ายต่อได้ยาก (im-mobilization)

การกระจายตัวของเหล็กและแมงกานีสในดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่นิคม อุตสาหกรรมมาบตาพุด มีรูปแบบที่แตกต่างออกไปจากรูปแบบการกระจายตัวของ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ทั้งนี้ น่าจะมีเหตุผลจากการที่ระดับความเข้มข้นและการสะสมตัวของ เหล็กและแมงกานีสในในแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดน่าจะเป็นค่าความ เข้มข้นที่ใกล้เคียงกับค่าความเข้มข้นพื้นฐาน ไม่ได้เกิดจากอุตสาหกรรม

Lim & Hoi (1997) ทำการศึกษาโลหะหนักในดินตะกอนที่ผิว (surface sediment) จาก พื้นที่ชายฝั่งทะเลของ Prai Industrial estate, Penang ประเทศมาเลเซีย พบว่าการสะสมตัวของ โลหะหนัก ทองแดง สังกะสี และตะกั่วมาจากกิจกรรมในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม โดยการสะสมตัวมี ค่าสูงในระยะทางประมาณ 1.5 กิโลเมตรจากชายฝั่งทะเล และพบการสะสมตัวพบสูงมากใน บริเวณปากแม่น้ำ Juru ซึ่งเป็นแม่น้ำที่ไหลผ่านนิคมอุตสาหกรรมและรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมของ มนุษย์ลงสู่ชายฝั่งทะเล

5.4 ปัจจัยควบคุมการสะสมตัวของโลหะหนักในดินตะกอน

เมื่อพิจารณาลักษณะการกระจายตัวของโลหะหนักในดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินและ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการสะสมตัวของโลหะหนักชนิดต่างๆ ในดินตะกอนจากแหล่งน้ำผิวดินพบว่า แคดเมียม ทองแดง สังกะสี และ % ignition loss มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่อกันที่มี ค่าสูง และมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ระดับความสัมพันธ์กับเหล็กและแมงกานีสมีค่าค่อนข้างต่ำ ข้อมูลนี้บ่งชี้ว่าโลหะหนักทั้ง แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี น่าจะมีแหล่งที่มาที่ใกล้เคียงกันซึ่งก็ ได้แก่น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ และการสะสมตัวของโลหะทั้ง 3 ชนิดในดินตะกอน น่าจะเกิดขึ้นผ่านการจับตัวกับสารอินทรีย์น้ำ หรือในดินตะกอน แล้วตกตะกอนลงสู่ตะกอนพื้นท้อง น้ำ

ในขณะที่การสะสมตัวของตะกั่วไม่มีความสัมพันธ์กับ โลหะหนักชนิดอื่นๆ และกับ % ignition loss ดังนั้นแหล่งที่มาของการปนเปื้อนตะกั่วในแหล่งน้ำผิวดินเหล่านี้ อาจะเกิดจากควัน หรืออากาศจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงธรรมชาติ ที่ถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศ และตกลงสู่ พื้นดินโดยรอบโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้ค่าความเข้มข้นของตะกั่วในพื้นที่คลองขากหมาก ห้วย ใหญ่ และคลองพะยูน ซึ่งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนพื้นที่คลองทับมาซึ่งอยู่ห่าง ออกมามีค่าต่ำกว่ามาก

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของการสะสมตัวของโลหะหนักชนิดต่างๆ ในดินตะกอนจาก ชายฝั่งทะเลบริเวณโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด พบว่า แคดเมียม ทองแดง สังกะสี แมงกานีส เหล็ก และ % ignition loss มีค่าสูงในบริเวณใกล้ฝั่ง มีค่าลดลงเมื่อห่างฝั่งออกไป และมี

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กันที่มีค่าสูง และมีนัยสำคัญทางสถิติ บ่งชี้ว่าการสะสมตัวของโลหะหนักในดินตะกอนจากชายฝั่งทะเลบริเวณโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด มีที่มาจากกิจกรรมบนแผ่นดิน โลหะหนักน่าจะจับตัวกับสารอินทรีย์ทั้งในส่วนที่ละลายน้ำ และที่อยู่ในรูปของสารแขวนลอย และถูกพาลงสู่ทะเลบริเวณปากคลองต่างๆ นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักทั้ง 3 ชนิด รวมถึงแมงกานีส และเหล็ก บ่งชี้ว่าเกิดการตกตะกอนร่วมของโลหะทั้ง 3 ชนิดกับเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ (co-precipitation with iron and manganese oxides) ทั้งนี้เหล็ก และแมงกานีสอาจจะมีแหล่งที่มาจากดินตะกอนในพื้นที่ที่มีความเข้มข้นของเหล็ก และแมงกานีสสูง ซึ่งเมื่อไหลผ่านปากคลองลงสู่ทะเลที่มีความเข้มข้นของออกซิเจนสูง ก็จะถูกออกซิเจนออกไซด์ เกิดเป็นคอลลอยด์ของโลหะออกไซด์ ที่ค่อยๆ รวมตัวกันแล้วตกตะกอนลงสู่พื้นท้องน้ำ

5.5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมอุตสาหกรรมบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดเป็นแหล่งกำเนิดของโลหะหนักที่สะสมตัวในดินตะกอนในแหล่งน้ำผิว และชายฝั่งทะเล คลองสายต่างๆ ที่ไหลผ่านพื้นแผ่นดิน และนิคมอุตสาหกรรมเป็นเส้นทางที่โลหะหนักเดินทางจากแผ่นดินลงสู่ชายฝั่งทะเล

แหล่งที่มาของแคดเมียม ทองแดง และสังกะสีที่ปนเปื้อนในดินตะกอนทั้งในแหล่งน้ำผิวดินและชายฝั่งทะเลน่าจะมาจากแหล่งที่ใกล้เคียงกัน รวมถึงยังมีลักษณะรูปแบบหรือพฤติกรรม การสะสมตัวที่คล้ายคลึงกัน โดยในแหล่งน้ำผิวดินการจับตัวของแคดเมียม ทองแดง และสังกะสีกับสารอินทรีย์แล้วตกลงสะสมในตะกอนพื้นท้องน้ำ ที่บริเวณชายฝั่งทะเลแคดเมียม ทองแดง และสังกะสียังแสดงความเป็นไปได้ที่จะเกิดการตกตะกอนร่วมกับเหล็กและแมงกานีสออกไซด์

การกระจายตัวและรูปแบบการสะสมตัวของตะกั่วมีลักษณะที่แตกต่างออกไป บ่งชี้ว่าแหล่งที่มาและพฤติกรรมการสะสมตัวของตะกั่วแตกต่างจากโลหะหนักชนิดอื่นๆ โดยตะกั่วในพื้นที่นี้อาจจะมีแหล่งที่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงธรรมชาติ ตะกั่วยังมีพฤติกรรมการสะสมตัวและการเคลื่อนย้ายที่แตกต่างจากแคดเมียม ทองแดง และสังกะสี โดยไม่แสดงความสัมพันธ์กับสารอินทรีย์ รวมถึงเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ และมีการเคลื่อนย้ายจากแผ่นดินลงสู่ชายฝั่งทะเลน้อยกว่าโลหะอื่นๆ

จากการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่งทะเล พบว่า สังกะสีเป็นโลหะที่มีระดับการปนเปื้อนอยู่ในเกณฑ์ที่น่าจะก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำสูงที่สุด และน่าจะต้องมีมาตรการในการลดการปนเปื้อนโดยเร็ว ทองแดง และตะกั่วมีแนวโน้มการปนเปื้อนที่ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะตะกั่วในสถานที่ใกล้เคียงกับโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า ส่วนระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมยังมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน แต่ก็มีระดับการสะสมตัวในพื้นที่อุตสาหกรรมที่ควรให้ความสนใจในการลดการปนเปื้อนลง

ผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าดินตะกอนจากทั้งแหล่งน้ำผิวดิน และชายฝั่งทะเล โดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดปนเปื้อนโลหะ สังกะสี ตะกั่ว ทองแดง และ แคดเมียม โดยมีระดับเกินมาตรฐานตามลำดับ ผลการศึกษายังบ่งชี้ว่าการปนเปื้อนของโลหะหนักดังกล่าวน่าจะเกิดจากกิจกรรมอุตสาหกรรมในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด และส่วนต่อขยาย กระบวนการสะสมตัวของโลหะหนักในดินตะกอนเกิดจากการจับตัวกับสารอินทรีย์ และการตกตะกอนร่วมกับเหล็กและแมงกานีสออกไซด์

ข้อมูลเหล่านี้บ่งชี้ว่าหน่วยงานของรัฐฯ จำเป็นต้องเข้ามาดูแล แก้ไขปัญหาการปนเปื้อนที่เกิดขึ้นนี้ และ ควรจะต้องมีมาตรการป้องกันการปนเปื้อนที่อาจจะเพิ่มสูงขึ้นในอนาคตต่อไป มิเช่นนั้นสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำในพื้นที่ศึกษานี้อาจจะได้รับอันตราย และอาจจะปนเปื้อนจนมีระดับที่ไม่ปลอดภัยต่อการบริโภคได้

6. ผลผลิต

6.1 ผลงานตีพิมพ์ในวารสารทั้งในระดับชาติและนานาชาติ

กำลังอยู่ในระหว่างการเตรียมเอกสารเพื่อการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการทั้งในระดับชาติ และนานาชาติ

6.2 การจดสิทธิบัตร

ไม่มี

6.3 ผลงานเชิงพาณิชย์

ไม่มี

6.4 ผลงานเชิงสาธารณะ

รายงานวิจัยฉบับนี้จะถูกส่งให้กับหน่วยงานของรัฐ ฯ เช่น กรมควบคุมพิษ และกรมประมง เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจ และยังส่งให้ห้องสมุดของมหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง

7. รายงานสรุปการเงิน

รหัสโครงการ 2554 A 10862002

โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

ชื่อมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อโครงการ การกระจายและการสะสมตัวของโลหะหนัก แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี ในดินตะกอนจากแหล่งน้ำในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง

ชื่อหัวหน้าโครงการผู้รับทุนวิจัย ผศ. ดร. สุวรรณ ภาณุตระกูล

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 18 พฤษภาคม 2554 ถึงวันที่ 30 มิถุนายน 2555

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี 1 เดือน ตั้งแต่วันที่ 18 พฤษภาคม 2554 ถึงวันที่ 30 มิถุนายน 2555

หมวด	รายจ่ายสะสม จากรายงานครั้ง ก่อน	ค่าใช้จ่ายงวด ปัจจุบัน	รวมรายจ่ายสะสม ถึงปัจจุบัน	งบประมาณ ที่ตั้งไว้	คงเหลือ / เกิน
ค่าตอบแทน	20,000.00	20,000.00	40,000.00	40,000.00	-
ค่าจ้าง	30,520.00	30,520.00	61,040.00	61,040.00	-
ค่าวัสดุ	106,449.00	65,000.00	180,519.20	167,960.00	12,559.20
ค่าใช้สอย	6,500.00	1,838.00	8,458.00	21,000.00	(12,542.00)
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			-		-
รวม	163,469.00	117,358.00	290,017.20	290,000.00	17.20

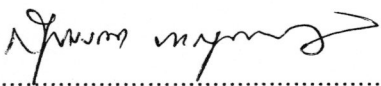
จำนวนเงินที่ได้รับและจำนวนเงินคงเหลือ

จำนวนเงินที่ได้รับ

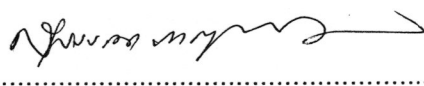
งวดที่ 1 145,000 บาท เมื่อ 15 สิงหาคม 2554

งวดที่ 2 116,000 บาท เมื่อ 15 มีนาคม 2555

รวม 261,000 บาท



(นางสาวสุวรรณา ภาณุตระกูล)
ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน



(นางสาวสุวรรณา ภาณุตระกูล)
ลงนามเจ้าหน้าที่การเงินโครงการ

8. บรรณานุกรม

- กรมควบคุมโรค (2552) สรุปผลการดำเนินการแก้ไขปัญหามลพิษ และเสริมสร้างคุณภาพชีวิตประชาชนผู้ได้รับผลกระทบจากมลพิษสิ่งแวดล้อม พื้นที่จังหวัดระยองประจำปี 2552 กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข 101 หน้า
- กรมควบคุมมลพิษ. มปป. . ร่างมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่ง แนวคิดและข้อมูลในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่ง. หน้า
- คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2547. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 25 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 121 ตอนพิเศษ 119 ง หน้า 170 ลงวันที่ 20 ตุลาคม 2547.
- คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2554. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดินในแหล่งน้ำผิวดิน. <http://www.pcd.go.th/download/regulation.cfm?task=s10>
- แววตา ทองระอา และคณะ 2549 การปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำและดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก:รายงานวิจัย ทนอดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดิน สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.
- แววตา ทองระอา ฉลวย มุสิกะ วันชัย วงสุตาวรรณ อวูฐ หมั่นหาผล. 2548. การเปลี่ยนแปลงรูปแบบสารปรอทในดินตะกอน และน้ำ บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด. รายงานวิจัย ทนอดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดิน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา
- แววตา ทองระอา วันชัย วงสุตาวรรณ อวูฐ หมั่นหาผล ฉลวย มุสิกะ. 2552. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของโลหะหนักในอาหารทะเลในพื้นที่อุตสาหกรรมชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก. รายงานวิจัย ภายใต้แผนงานวิจัยเรื่องการประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมทางทะเลในพื้นที่อุตสาหกรรมชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก. ทนอดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดิน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุวรรณา ภาณุตระกูล และไพฑูรย์ มกกงไผ่. 2543. การสะสมโลหะหนักบางชนิดในดินตะกอนจากแม่น้ำบางปะกง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 30 หน้า
- Attrill, M. J., Thomes, R. M. 1995. Heavy metal concentrations in sediment from the Thames estuary, UK, Marine Pollution Bulletin. 30(11): 742.
- ANZECC (Australian and New Zealand Environmental and Conservation Council). 1998. Draft ANZECC guidelines for water quality in fesh and marine waters. Australia and New Zealand Environmental and Conversation Council, Cambera, Australia.

- Beefink, W. G., Nieuwenhuize, J., Stoeppler, M. 1982. Heavy metal accumulation in salt marshes from the western and eastern Scheldt, *The Science of the Total Environment*. 25: 199
- Chen, Z., Liu, P., Xu., S., Liu, L., Yu., J., Yu., L. 2001. Spatial distribution and accumulation of heavy metals in tidal flat sediments of Shanghai coastal zone. *SCIENCE IN CHINA (Series B)*. 44: 197 -208.
- Comans, R. N.J., C.P.J. van Dijk. 1988. Role of complexation processes in Cd mobilization during estuarine mixing. *Nature*. 336: 151-154.
- Davies-Colley, R., P.O. Nelson, K.J. Williamson. 1984. Copper and Cadmium uptake by estuarine sedimentary phases. *Environ. Sci. Technol.* 18: 491-499.
- de Mora, S., Fowler, S.W., Wyse, E., Azemard, S. 2004. Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the Gulf and Gulf of Oman. *Marine Pollution Bulletin* 49: 410-424.
- Duinker, J.C. R.F. Nolting, D. Michel. 1982. Effects of salinity, pH, redox conditions on the behaviour of Cd, Zn, Ni and Mn in the Scheldt estuary. *THALASSIA JUGOSLAVICA*. 18: 191-202.
- Duinker, J.C., R.F. Nolting. 1978. Mixing, removal and mobilization of trace metals in the Rhine Estuary. *Netherlands Journal of Sea Research*. 12(2): 205-223.
- Forstner and Muller, 1974. *Schwermetalle in Flüssen und Seen*, Berlin: Springer.
- Frenet, M. 1984. The distribution of mercury, cadmium and lead between water and suspended matter in the Loire estuary as a function of the hydrodynamic regime. *Water Research*. 15: 1343-1350.
- Goldberg, E. D., Gamble, E., Griffin, J. J. 1977. Pollution history of Narragansett Bay as recorded in sediments, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*., 5: 549.
- Glooschenko, W. A., Capocianco, J., Coburn, J. 1981. Geochemical distribution of trace metals and organochlorine contaminants of a Lake Ontario shoreline marsh, *Water, Air and Soil Pollution*. 15: 197.
- HKGS (Hong Kong Government Secretariat). 1998 Management of dredged/excavated sediment Planning, Environmental Land Bureau and works Bureau Joint Technical Circular. Government Secretariat, Hong Kong.
- Le Gall, A.C., P.J. Statham, N.H. Morley, D.J. Hydes, C.H. Hunt. 1999. Processes influencing distributions and concentrations of Cd, Cu, Mn and Ni at the North West European shelf break. *Marine Chemistry*. 68: 97-115.

- Li, Y.H., L. Burkhardt, H. Teraoka. 1984. Desorption and coagulation of trace elements during estuarine mixing. *Geochemica et Cosmochemica Acta*. 48: 1879-1884.
- Lim, P.E. and Hoi, A. Y. K. 1997. Heavy metal pollution and speciation in coastal sediments off an industrial estate. *Land Contamination and Reclamation*. 5(4): 273-279
- Loscher, B. M. 1999. Relationships among Ni, Cu, Zn and major nutrients in the Southern Ocean. *Marine Chemistry*. 67: 67-102.
- MacDonald, D.D. 1994. Approach to the assessment of sediment quality in Florida coastal waters. Volume1. Development and evaluation of sediment quality assessment guidelines. Report Prepared for the Florida Department of Environmental Protection, Tallahassee, FL.
- Martin, J-M., J. Jednacak, U. Pravdit. 1971. The physico-chemical aspects of trace element behaviour in estuarine environments. *THALASSIA JUGOSLAVICA*. 7: 619-637.
- Mantoura, R.F.C., A. Dickson, J.P. Riley. 1978. The complexation of metals with humic materials in Natural waters. *Estuarine and Coastal Marine Science*. 6: 387-408.
- Ouddane, B., E. Martin, A. Boughriet, J.C. Fischer, M. Wartel. 1997. Speciation of dissolved and particulate manganese in the Seine river estuary. *Marine Chemistry*. 58: 189-201.
- Panutrakul, S., Baeyens, W., Behavior of heavy metals in a mud flat of the Scheldt estuary, Belgium, *Marine Pollution Bulletin*, 1991, 22(3): 128.
- Pollution Control Department. 2006. Proposed Marine and Coastal Sediment Quality Guidelines. UNEP GEF project. Marine Environment Division. 1st edition. Bangkok.
- Regnier, P., R. Wollast. 1993. Distribution of trace metals in suspended matter of the Scheldt estuary. *Marine Chemistry*. 43: 3-19.
- Roach, A.C. 2005. Assessment of metals in sediments from Lake Macquarie, New South Wales, Australia, using normalisation models and sediment quality guidelines. *Marine Environmental Research*. 59: 453-472
- Stumm, W. and J.J. Morgan. 1981. *Aquatic chemistry*. 2 nd ed. Wiley.
- Salomon, W. and U. Forstner. 1984. *Metals in the hydrocycle*. Springer-Verlag. 349p.
- Schoer, J. 1985. Iron-oxo-hydroxides and their significance to the behaviour of heavy metal in estuaries. *Environ. Technol. Let*. 6: 189-202.

- Sirinawin, W., Sompongchaiyakul, P. 2005. Nondetriral and total metal distribution in core sediments from the U-Tapao Canal, Songkhla, Thailand. *Marine Chemistry*. 94: 5 – 16
- Shazili, N.A.M., Rashid, M. K.A., Husain, M.L., Nordin, A., Ali, S. 1999. Trace Metals in the Surface Sediments of the South China Sea, Area I: Gulf of Thailand and East Coast of Peninsular Malaysia.
- Sholkovitz, E.R. and D. Copland. 1981. The coagulation, solubility and adsorption properties of Fe, Mn, Cu, Ni, Cd, Co and humic acids. In a river water. *Geochemica et cosmochemica Acta*. 45: 181-189.
- Tappin, A.D., G.E. Millward, P.J. Statham, J.D. Burton, A.W. Morris.1995. Trace metal in the Central and Southern North Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 41: 275-323.
- Turner, A., M. Nimmo, K.A. Thuresson. 1998. Speciation and sorptive behaviour of nickel in an organic-rich estuary (Beaulieu, UK). *Marine Chemistry*. 63: 105-118.
- Valenta, P., E.K. Duursma, A.G.A. Merks, H. Rutzel., H.W. Nurnberg. 1986. Distribution of Cd, Pb and Cu between the dissolved and particulate phase in the Eastern Scheldt and Western Scheldt estuary. *The Science of the Total Environment*. 53: 41-76.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 1997. The Incidence and Severity of Sediment Contamination in Surface Waters of the United States. Volume 1: National Sediment Quality Survey. EPA 823-R-97-006. Office of Science and Technology (4305). Washington, D.C
- Zhang, W., Feng, H., Chang, J., Qu, J., Xie, H., Yu, L. 2009. Heavy metal contamination in surface sediments of Yangtze River intertidal zone: An assessment from different indexes. *Environmental Pollution* 157: 1533–1543
- Brigden, K., Labunska, I., Santillo, D. 2004. Investigation of chemicals released by the Vinythai and Thai Plastic & Chemicals (TPC) PVC manufacturing facilities, Map Ta Phut Industrial Estate, Rayong Province, Thailand. Greenpeace Research Laboratories Technical Note 09/2004. <http://www.greenpeace.org/seasia/th/press/reports>
- www.ieat.go.th นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด
- www.greenpeace.org/seasia/th/press/reports/map-ta-phut-waste-water-analysis/ โลหะหนัก สารอินทรีย์ระเหยและมลพิษตกค้างยาวนาน ที่ปนเปื้อนในน้ำทิ้งของบริษัท อุตสาหกรรมข้ามชาติในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด (มกราคม 2550)

9. ประวัตินักวิจัย

ชื่อ – นามสกุล สุวรรณ ภาณุตระกูล
Suwanna Panutrakul

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์

สถานที่ทำงาน ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
บางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

ประวัติการศึกษา (EDUCATION)

	ระดับการศึกษา	สถานศึกษา ปี	ปริญญา
อุดมศึกษา	ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	1980-1984	วิทยาศาสตร์บัณฑิต
มหบัณฑิต	Postgraduate Training Course in Fundamental and Applied Marine Ecology, Vrije Universiteit Brussel BELGIUM.	1987-1989	Master of Science in Marine Ecology
	Marine Biogeochemistry Course, European Institute for Advanced Studies in oceanography (E.I.A.S.O.).	Sept'1989	Certificate
	Post graduate study in marine geochemistry, Free university of Brussels. BELGIUM.	1989-1993	Doctor of Science in Geo-Chemistry

PUBLICATION

1. สุวรรณ ภาณุตระกูล. 2530. การทดลองเลี้ยงปูม้า (*Portunus pelagicus* L.) ในบ่อดูดลอง. รายงานการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 25 สาขาประมง 3-5 กุมภาพันธ์ 2530 ณ. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ และศูนย์วิจัยอารักขาข้าว. กรุงเทพฯ, 2530, หน้า 430-440
2. Panutrakul, S. 1989. The contamination and mobilization of metals in the sediments of an intertidal mud flat of the Scheldt estuary, Belgium. Master Thesis, International Postgraduate Training Course on Fundamental and Applied Marine Ecology, Vrije Universiteit Brussel. 66 pp.
3. Baeyens, W., Panutrakul, S., Elskens, M., Leermakers, M., Navaz, J., Monteny, F. 1990. Geochemical processes in muddy and sandy tidal flat sediments. Geo-Mar. Lett. 11: 188-193.
4. Elskens, M., Leermakers, M., Panutrakul, S., Monteny, F., Baeyens, W. 1990. Microbial activity in sandy and muddy sediments. Geo-Mar. Lett. 11: 193-200.
5. Panutrakul, S., and Baeyens, W. 1991. Behavior of heavy metals in a mud flat of the Scheldt estuary, Belgium. Mar. Poll. Bull. 22(3): 128-134.

6. Leermakers, M., Elskens, M., **Panutrakul, S.**, Monteny, F., Baeyans, W. 1993. Geochemistry of mercury in an intertidal flat of the Scheldt Estuary. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*. 27: 267-277.
7. **Panutrakul, S.** 1993. Impact of the sulfur cycle on the mobilization of heavy metals in intertidal flat's sediments. D Sc. Dissertation, Vrije Universiteit Brussel. 222 pp.
8. **Panutrakul, S.** and N. Bussaravit. 1994. Effect of phosphate and nitrate concentrations on marine phytoplankton growth. Proceeding of the Conference on ASEAN Criteria and Monitoring: Advances in Marine Environmental Management and human Health Protection". Hotel Marina Mandarin, Singapore. 24-28 October 1994.
9. **Panutrakul, S.** 1995. Role of Acid Volatile Sulfide on Bioavailability of Heavy Metals in Aquatic Sediments. Proceeding of the International seminar on Marine Fisheries Environment, Rayong Resort, Rayong Thailand. 9-10 March 1995.
10. **Panutrakul, S.** 1996. Water Quality in Phuket Bay. *Phuket Marine Biological Center Research Bulletin*. 61:67-81.
11. **Panutrakul, S.** and S. Dal Jensen. 1997. Algal Fluorescence Measurement in Phytoplankton Bioassay study. Technical paper no. 5/1997. *Phuket Marine Biological center*. 12 p.
12. **Panutrakul, S.** P. Chantawongs and P. Sutthakron. 1997. Some Sediment Characteristics of the inner Phang-Nga Bay: Relation to short-necked clam occurrence. Proceeding of the JSPS Conference, Changrai. December 1997.
13. **Panutrakul, S.** 1997. Effect of Phosphorus and Nitrogen on *Chlorella* sp. Growth. In G. Vigers et al. (eds.) ASEAN Marine Environmental Management. EVS Environment Consultants Ltd., North Vancouver and Department of Fisheries Malaysia. VI-20.
14. Francesconi, K.A., Goessler W., **Panutrakul S.**, Irgolic K.J. 1998. A novel arsenic containing riboside (arsenosugar) in three species of gastropod. *Sci. Total. Environ.* 221: 139-148.
15. **Panutrakul, S.** 2000. Carbon, Nitrogen and Phosphorus Fluxes of Prasea River. In V. Dupra et al. Estuarine systems of the South China Sea Region: Carbon, Nitrogen and Phosphorus Fluxes; . LOICZ Reports and Studies No. 14.
16. Dal Jensen, S., **Panutrakul, S.** and Nyholm, N. 2000. Toxicity of lead and cadmium to tropical marine phytoplankton. *Phuket Marine Biological Center Research Bulletin*. 63: 45-52.
17. **Panutrakul, S.**, Baeyans, W., Monteny, F, 2001. Seasonal variation of the sulfur cycle on the Ballastplaat Mudflat, Belgium. *ESTUARIES*. 24: 257-265.
18. สุวรรณ ภาณุตระกูล และไพฑูรย์ มกกงไผ่. 2543. การสะสมโลหะหนักบางชนิดในดินตะกอนจากแม่น้ำบางปะกง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ภาควิชาวริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 30 หน้า
19. สุวรรณ ภาณุตระกูล จุลย มุกสิกะ และไพฑูรย์ มกกงไผ่. 254 . พฤติกรรมของโลหะหนักบางชนิดในแม่น้ำบางปะกง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ภาควิชาวริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 56 หน้า
20. ธนยธรณ์ โชติถนอม, ธรรมศักดิ์ ยี่มิน, สุวรรณ ภาณุตระกูล และนฤมล วิเธอร์ ฮาวิย์, 2545, "การศึกษาย้อนหลังการสะสมปริมาณโลหะหนักบริเวณอ่าวไทยตอนในโดยการตรวจวัดจากโครงสร้างแข็งของปะการังชนิด *Porites lutea*", การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28, 24-26 ตุลาคม, ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์, กรุงเทพฯ, หน้า 442.

21. สุวรรณ ภาณุตระกูล จลวย มุกสิกะ และไพฑูรย์ มกกงไผ่. 2546. พฤติกรรมของโลหะหนักบางชนิดในแม่น้ำบางปะกง. รายงานการประชุมวิชาการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ “การจัดการมลภาวะ ชายฝั่งทะเลแบบบูรณาการ” 5 – 6 สิงหาคม 2546. ห้องประชุมใหญ่กรมควบคุมมลพิษ. จัดทำโดยสถาบันวิจัยทรัพยากรน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. หน้า 67-79.
22. Panutrakul, S, Musika, C., Mekkongphai, P. 2003. Behaviour of Heavy Metals in the Bangkong Estuary. Proceeding of the International Symposium “ Environment 2010: Situation and Perspectives for the European Union” held at the University of Porto, 6-10 May 2003.
23. Utsaphanit, P., Panutrakul, S. 2004. Sediment characteristic of Banpoo Industrial Estate Coastal, Samut Prakran Province. In Nitithamyong, C. (ed.) Proceeding of the First Joint Seminar on Coastal Oceanography, 14-16 December 2003, Chiang Mai, Thailand. Bangkok, Department of Marine Science, Chulalongkorn University.
24. Panutrakul, S., Shindo, K., Otsuki, A. 2004. Organotin Compounds in Green Mussel (*Perna veridis*, L.) from Angsila, Chonburi Province, Thailand. In Nitithamyong, C. (ed.) Proceeding of the First Joint Seminar on Coastal Oceanography, 14-16 December 2003, Chiang Mai, Thailand. Bangkok, Department of Marine Science, Chulalongkorn University.
25. Baeyens, W., Leermakers, M., De Gieter, M., Nguyen, H.L, Parmentier, K., Panutrakul, S., Elskens, M. 2005. Overview of Trace metal contamination in the Scheldt estuary and effect of regular measures. *Hydrobiologia*. 540: 141-154.
26. Panutrakul, S., Khamdech, S., Kerdthong, P., Sennanan, W., Tangkrock-Olan, N. and Warren, A.A. 2007. Heavy Metals in Wild Banana Prawn (*Fenneropenaeus merguensis* de Man, 1888) From Chantaburi and Trat Provinces, Thailand. *Journal of Shellfish Research*. 26: 1193–1202.
27. Sennanan, W., Tangkrock-Olan, N., Panutrakul, S., Barnette, P. Wongwiwatanawute, C., Nipphonkit, N., Anderson, D.J. 2007. The Presence of The Pacific Whiteleg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone, 1931) in The Wild in Thailand. . *Journal of Shellfish Research*. 26: 1187–1192
28. Tangkrock-Olan, N., Sennanan, W., Panutrakul, S., Barnette, P. 2007. Species and Distribution of Penaeoid Shrimps in Thailand. *Journal of Shellfish Research*. 26: 1239–1246
29. Panutrakul, S., Khawsejan, T., Thungkao, S. 2007. Risk Assessment on Heavy Metal Uptake from Consuming Oyster Harvested from Cultural Area at Tabon Angsila, Chonburi Province. The Proceeding of 45th Kasetsart University Annual Conference. (Science subject) 30 January – 2 February 2007. 29-36
30. Khawsejan, T., Panutrakul, S., Thungkao, S. 2007. Risk Assessment on Vibrio Bacteria Uptake from Consuming Oyster Harvested from Cultural Area at Tabon Angsila, Chonburi Province. The Proceeding of 45th Kasetsart University Annual Conference. (Science subject) 30 January – 2 February 2007. 263-270.

31. **Panutrakul, S.,** and Adulyanukosol, K. 2007. Distribution of Heavy Metals in Tissues of Stranded Dugongs (*Dugong dugon*) from Thai Waters. Paper presented at 21st Pacific Science Congress. June12-18, 2007. Okinawa, Japan.
32. **Panutrakul, S.,** Thungkao, S., Senanan, W., Khosrichan, T., Waiprip, Y. Chalermwat, K. and Flaherty, M. 2007. Sanitation guidelines for reduction of pathogenic bacteria contamination in shucked oysters. Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University. Technical Booklet, (UPCD Tier 2, Project No. 098/S47074-323) Chonburi, Thailand.
33. Pusapukdepob, J., Sawangwong, P., Pulket, C., Satraphat, D., Saowakontha, S., **Panutrakul, S.** 2007. Health risk assessment of villagers who live near a lead mining area: a case study of Klity village, Kanchanaburi Province, Thailand. Southeast Asian J Trop Med Public Health. 38 (1):168-77.
34. **Panutrakul, S.** Senanan, W., Chavanich, S., Tangkrock-Olan, N.; Viyakran, V. 2007. Potential Survival of Pacific Whiteleg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and Their Ability to Compete for Food with Local Marine Shrimp Species in the Bangpakong River, Thailand. Paper presented at **DELTA 2007:MANAGING THE COASTAL LAND-WATER INTERFACE IN TROPICAL DELTA SYSTEMS. 07-09 November 2007. Bangsaen, Thailand**
35. Senanan, W., **Panutrakul, S.** Barnette, P., Mantachitr, V. Chavanich, S.; Kapuscinski, A.R.; Tangkrock-Olan, N; Intacharoen, P.; Viyakran V.; Wongwiwatanawute C.; Padetpai, K. Methodology for Ecological Risk Assessment of Alien Aquatic Species: a Case Study of Pacific Whiteleg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Aquaculture in the Bangpakong River, Thailand. Paper presented at DELTA 2007:MANAGING THE COASTAL LAND-WATER INTERFACE IN TROPICAL DELTA SYSTEMS. 07-09 November 2007. Bangsaen, Thailand
36. วิภูษิต มั่นทะจิตร นรินทร์รัตน์ กงจันทร์ตรี และ สุวรรณ ภาณุตระกูล. 2549. ประชาคมปลาแนวปะการัง บริเวณรอบเกาะเสม็ด จังหวัดระยอง. วารสารการประมง. 59 (4): 333 -334
37. ทศวรรณ ขาวสีจัน สุวรรณ ภาณุตระกูล ศิริโณม พุ่งแก้ว. 2550. การประเมินความเสี่ยงในการได้รับโลหะหนักจากการบริโภคหอยนางรมจากแหล่งเลี้ยงหอยนางรม ตำบลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 45 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ เล่มที่ 6 หน้า 29-36
38. ทศวรรณ ขาวสีจัน สุวรรณ ภาณุตระกูล ศิริโณม พุ่งแก้ว. 2550. การประเมินความเสี่ยงในการได้รับเชื้อในกลุ่มไวรัส จากการบริโภคหอยนางรม จากแหล่งเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 45 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ เล่มที่ 6 หน้า 263-270
39. สุวรรณ ภาณุตระกูล ศิริโณม พุ่งแก้ว วันศุกร์เสนาบุญ ทศวรรณ ขาวสีจัน ยาวภา ไหวพริบ คเชนทร เฉลิมวัฒน์ และ มาร์ค แพลเฮอติ. 2550. คู่มือลดการปนเปื้อนจากเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในหอยนางรมสดแกะเปลือก เอกสารเผยแพร่ (UPCD Tier 2 Project No. 098/S47074-323) ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตบางแสน จังหวัดชลบุรี. 58 หน้า
40. สุวรรณ ภาณุตระกูล และ เอื้ออารีย์ คำดี. 2551. การลดปริมาณโลหะหนักในหอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) ด้วยระบบ depuration แบบน้ำวนขนาดเล็ก. รายงานการประชุมวิชาการประจำปี 2551.วันที่ 18-20 สิงหาคม 2551 ณ ห้องประชุมสุธรรม-อารีกุล อาคารสารนิเทศ 50 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

41. ทศวรรณ ขาวสีจาน และ สุวรรณ ภาณุตระกูล. 2551. การลดการปนเปื้อนของแบคทีเรียในหอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) มีชีวิตด้วยแสงอัลตราไวโอเลตในระบบน้ำหมุนวน . รายงานการประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2551. วันที่ 18-20 สิงหาคม 2551 ณ ห้องประชุมสุธรรม-อารีกุล อาคารสารนิเทศ 50 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
42. ทศวรรณ ขาวสีจาน และ สุวรรณ ภาณุตระกูล. 2551. การสะสมของโลหะหนักในดินตะกอนและหอยนางรม บริเวณแหล่งเลี้ยงหอยนางรม ตำบลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี. การประชุมวิชาการ "วิทยาศาสตร์ทางทะเล 2551" วันที่ 25 - 27 สิงหาคม 2551 โรงแรมเมโทรโพล จังหวัดภูเก็ต
43. สุวรรณ ภาณุตระกูล และ กาญจนา อุดุลยานุกุล. 2551. การกระจายของโลหะหนักในเนื้อเยื่อของพะยูน (*Dugong dugon*) ที่ตายเกยตื้น บริเวณชายฝั่งของประเทศไทย. การประชุมวิชาการ "วิทยาศาสตร์ทางทะเล 2551" วันที่ 25 - 27 สิงหาคม 2551 โรงแรมเมโทรโพล จังหวัดภูเก็ต
44. ศิริรัตน์ แจ่มกรณ์ และ สุวรรณ ภาณุตระกูล Nobuaki Arai และ กาญจนา อุดุลยานุกุล. 2551. การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดิน ของหญ้าทะเลชนิดต่างๆ จากเกาะลิบง จังหวัดตรัง. รายงานการประชุมวิชาการ "วิทยาศาสตร์ทางทะเล 2551" วันที่ 25 - 27 สิงหาคม 2551 โรงแรมเมโทรโพล จังหวัดภูเก็ต
45. รินระวี พูลเกษม และ สุวรรณ ภาณุตระกูล. 2551. การสะสมโลหะหนักบางชนิด ในกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) กุ้งแชบ๊วย (*Penaeus merguensis* de Man) และกุ้งตะกาด (*Metapenaeus ensis* de Hann) จากจังหวัดจันทบุรีและตราด. รายงานการประชุมวิชาการ "วิทยาศาสตร์ทางทะเล 2551" วันที่ 25 - 27 สิงหาคม 2551 โรงแรมเมโทรโพล จังหวัดภูเก็ต
46. ชลี ไพบุลย์กิจกุล, สุวรรณ ภาณุตระกูล, ศุภวัตร กาญจน์อดิเรก लाभ และ สุชาติพิทย์ มาฟู. 2551. การเปรียบเทียบการปนเปื้อนของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนบริเวณปากแม่น้ำแฉะหมื่น จังหวัดจันทบุรี และปากแม่น้ำระยอง จังหวัดระยอง. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46, 29 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2551, กรุงเทพฯ.
47. Panutrakul, S, Senanan, W., Chavanich, S., Tangkrock-Olan, N., and Viyakran, V. 2008. Potential survival of Pacific Whiteleg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and its ability to compete for food with local marine shrimp species in the Bangpakong River, Thailand. Poster presentation at International conference on "Managing Alien Species for Sustainable Development of Aquaculture and Fisheries" (MALIAF) at University of Florence. Florence, Italy 5 - 7 November, 2008.
48. Senanan, W., Barnette, P., Tangkrock-Olan, N., Ponsombat, K., and Panutrakul, S. 2008. Abundance and gonadal development of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) escaped from farms into coastal areas of eastern Thailand. Poster presentation at International conference on "Managing Alien Species for Sustainable Development of Aquaculture and Fisheries" (MALIAF) at University of Florence. Florence, Italy 5 - 7 November, 2008.
49. Panutrakul, S, Senanan, W., Chavanich, S., Tangkrock-Olan, N., and Viyakran, V. 2010. Ability of of *Litopenaeus vannamei* to survive and compete with local marine shrimp species in the Bangpakong River, Thailand. In Hoanh et al (editor) Tropical deltas and coastal zones : food production, communities and environment at the land-water interface. (comprehensive assessment of water management in agriculture series V. 9) CABI, Oxfordshire, UK. 80-92 p

50. Senanan, W., Panutrakul, S., Barnette, P., Manthachitra, V., Chavanich, S., Kapuscinski, A.R., Tangkrock-Olan, N., Intacharoen, P., Viyakran, V., Wongwiwatanawute, C. and Padetpai, K. 2010. Ecological Risk Assessment of an Alien Aquatic Species: a case study of *Litopenaeus vannamei* (Pacific Whiteleg Shrimp) Aquaculture in the Bangpakong River, Thailand. In Hoanh et al (editor) Tropical deltas and coastal zones: food production, communities and environment at the land-water interface. (comprehensive assessment of water management in agriculture series V. 9) CABI, Oxfordshire, UK. 64-79 p
51. สุวรรณ ภาณุตระกูล. 2554. การกระจายตัวของปรอทในแหล่งน้ำในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด. รายงานฉบับสมบูรณ์ รายงานวิจัยภายใต้โครงการวิจัยบูรณาการ เรื่อง การศึกษาผลกระทบการได้รับสารอินทรีย์ระเหยต่อสุขภาพของประชาชน และสิ่งแวดล้อมในพื้นที่จังหวัดระยอง. ศูนย์ความเป็นเลิศด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม พืชวิทยาและการบริหารจัดการสารเคมี สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 60 หน้า
- 52 สุวรรณ ภาณุตระกูล. 2555. การกระจายและการสะสมตัวของโลหะหนัก แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี ในดินตะกอนจากแหล่งน้ำในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง. รายงานฉบับสมบูรณ์ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 63 หน้า