

การศึกษาความเข้มข้นโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni และ Pb) ในดินตะกอนบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี : โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี

เสถียรพงษ์ ขาวหิโต¹, เกษม จันทร์แก้ว¹, วสิน อิงคพัฒนากุล², อรอนงค์ ผิววิล¹ และ อนุกรณ บุตรสันติ³

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²วิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยศิลปากร

³ภาควิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

การศึกษาความเข้มข้นโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni และ Pb) ในดินตะกอน บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี : ซึ่งพัฒนาโดยโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งโครงการฯ มีการบำบัดน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีโดยใช้เทคโนโลยีง่าย ๆ และหลักการแบบธรรมชาติช่วยธรรมชาติ ก่อนปล่อยน้ำที่ผ่านการบำบัดลงสู่ทะเลต่อไป ทำการเก็บตัวอย่างดินตะกอนช่วงน้ำทะเลลงต่ำสุดความลึก 0 - 15 เซนติเมตร โดยเก็บเดือนสิงหาคม 2555 (ฤดูฝน) และเดือนมีนาคม 2556 (ฤดูร้อน) วิเคราะห์ความเข้มข้นโลหะหนักเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพดินตะกอนชายฝั่งทะเล ผลการศึกษาความเข้มข้นโลหะหนักสารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท (Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) ในดินตะกอนพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.280, 0.023, 10.454, 0.015 2.963 และ 18.831 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ คุณภาพดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

คำสำคัญ: โลหะหนัก, ดินตะกอน, ชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำทิ้ง, ระบบบำบัดน้ำเสีย

* Corresponding author

เสถียรพงษ์ ขาวหิโต

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: puiku_1213@hotmail.com

The Study of the Concentration of Heavy Metals (As, Cd, Cr, Hg, Ni and Pb) in the Sediment of Coastal Area Receiving Effluent from Phetchaburi Municipal Wastewater Treatment System: The Royally LERD Project, Phetchaburi Province

Sateinpong Khowhit^{1*}, Kasem Chunkao¹, Wasin Inkapatanakul², Onanong Phewnil¹ and Anukorn Boutson³

¹ Department of Environment Science, Faculty of Environment, Kasetsart University

² International College, Silpakorn University

³ Department of Marine Science, Faculty of Fisheries Kasetsart University

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the concentrations of heavy metals (As, Cd, Cr, Hg, Ni and Pb) in the sediment of coastal areas receiving effluent from Phetchaburi municipal wastewater treatment system. The project focused on treating the municipal wastewater of Phetchaburi town municipality, with the use of simple technology and the introduction of the nature-by-nature process. After the treated municipal wastewater was released into the sea, the samples of the sediment were collected from the sea bed at a depth of 0-15 cm. in August 2012 (rainy season) and March 2013 (summer). The results were compared to the standard value of the sediment qualities coastal areas that were un-treated. It was found that the averages of arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr), mercury (Hg), nickel (Ni) and lead (Pb) at the sediment of coastal area in the Royal LERD project were 3.280, 0.023, 10.454, 0.015, 2.963 and 18.831 mg/kg dry weight, respectively. These levels were in line and accepted with the standard qualities.

Keywords: Heavy Metals, Sediment, Coastal Area Receiving Effluent, Wastewater Treatment

*** Corresponding author**

Sateinpong Khowhit

Department of Environment Science

Faculty of Environment, Kasetsart University

E-mail: puiku_1213@hotmail.com

บทนำ

โลหะหนักเป็นมลสารตัวหนึ่ง ซึ่งเป็นสารอนินทรีย์คงทนในธรรมชาติและแหล่งน้ำไม่สามารถสลายได้โดยกระบวนการทางธรรมชาติ ในปัจจุบันได้มีการนำโลหะหนักใช้เป็นจำนวนมากไม่ว่าเป็นทางตรงและทางอ้อมในการทำกิจกรรมต่างๆ ของชุมชนทำให้มีการปนเปื้อนมากับน้ำเสียชุมชนมีความเป็นพิษสูงต่อสิ่งมีชีวิตแหล่งของโลหะหนักที่ปนเปื้อนมากับกิจกรรมชุมชนและการใช้ชีวิตประจำวันได้แก่ สิ่งปลูกสร้าง ขยะมูลฝอย สีผสมอาหาร ไม้ขีดไฟ สารกันสนิม เม็ดสี ยางพลาสติก กระดาษ สารเคมีกำจัดศัตรูพืช การล้างอัดรูป ยากำจัดเชื้อรา เครื่องสำอาง ยารักษาเนื้อไม้ สีทาบ้าน สีน้ำมัน น้ำมันหล่อลื่น เครื่องทำโลหะป้องกันสนิม¹⁻⁴ น้ำเสียจากการล้างตลาด บ่อซึมตามบ้านเรือน ตัวทำลายต่างๆ น้ำยาฆ่าเชื้อ สารเคมีจากสระว่ายน้ำ น้ำมันจากอู่ซ่อมรถ น้ำชะขยะจากหลุมกลบ⁵⁻⁸ ผลจากการสะสมโลหะหนักในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ, ความอุดมสมบูรณ์และสิ่งมีชีวิตที่อาศัยบริเวณชายฝั่งทะเลนั้น, ระบบนิเวศวิทยาและห่วงโซ่อาหารของสิ่งมีชีวิตตลอดจนสุขภาพประชาชนที่อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียง

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ได้ทรงมีพระราชดำริให้ก่อสร้างโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี การดำเนินงานของโครงการฯ มีการจัดการแก้ไขปัญหาด้านขยะและการบำบัดน้ำเสียชุมชนจากเทศบาลชุมชนเมืองเพชรบุรีด้วยระบบบำบัดน้ำและระบบพืชบำบัด^{9,10} พื้นที่ชายฝั่งทะเลของโครงการฯ มีลักษณะแตกต่างจากพื้นที่ชายฝั่งทะเลตามธรรมชาติทั่วไป คือนำขยะจากชุมชน

เทศบาลเมืองเพชรบุรีฝั่งกลบ, นำดินหมักขยะจากชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีด้วยบ่อคอนกรีตไปถมชายฝั่งทะเลและเป็นพื้นที่รองรับตะกอนสารแขวนลอยจากน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว รวมถึงทำให้พื้นที่ชายฝั่งทะเลเพิ่มขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2533 - 2549 เป็นพื้นที่ทั้งหมด 394 ไร่ การเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 23 ไร่ต่อปี¹¹ ดังนั้นการศึกษาความเข้มข้นโลหะหนักในดินตะกอนบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีจึงมีความสำคัญเพื่อจะได้ทราบถึงการกระจายและการสะสมของโลหะหนักในดินตะกอน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบการจัดการด้านขยะและดินตะกอนซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญเพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาทางด้านสิ่งแวดล้อมตลอดจนนำข้อมูลใช้เป็นมาตรการแนวทางในการจัดการขยะและควบคุมการระบายน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วลงสู่ชายฝั่งทะเลต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni และ Pb) ในดินตะกอน บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี

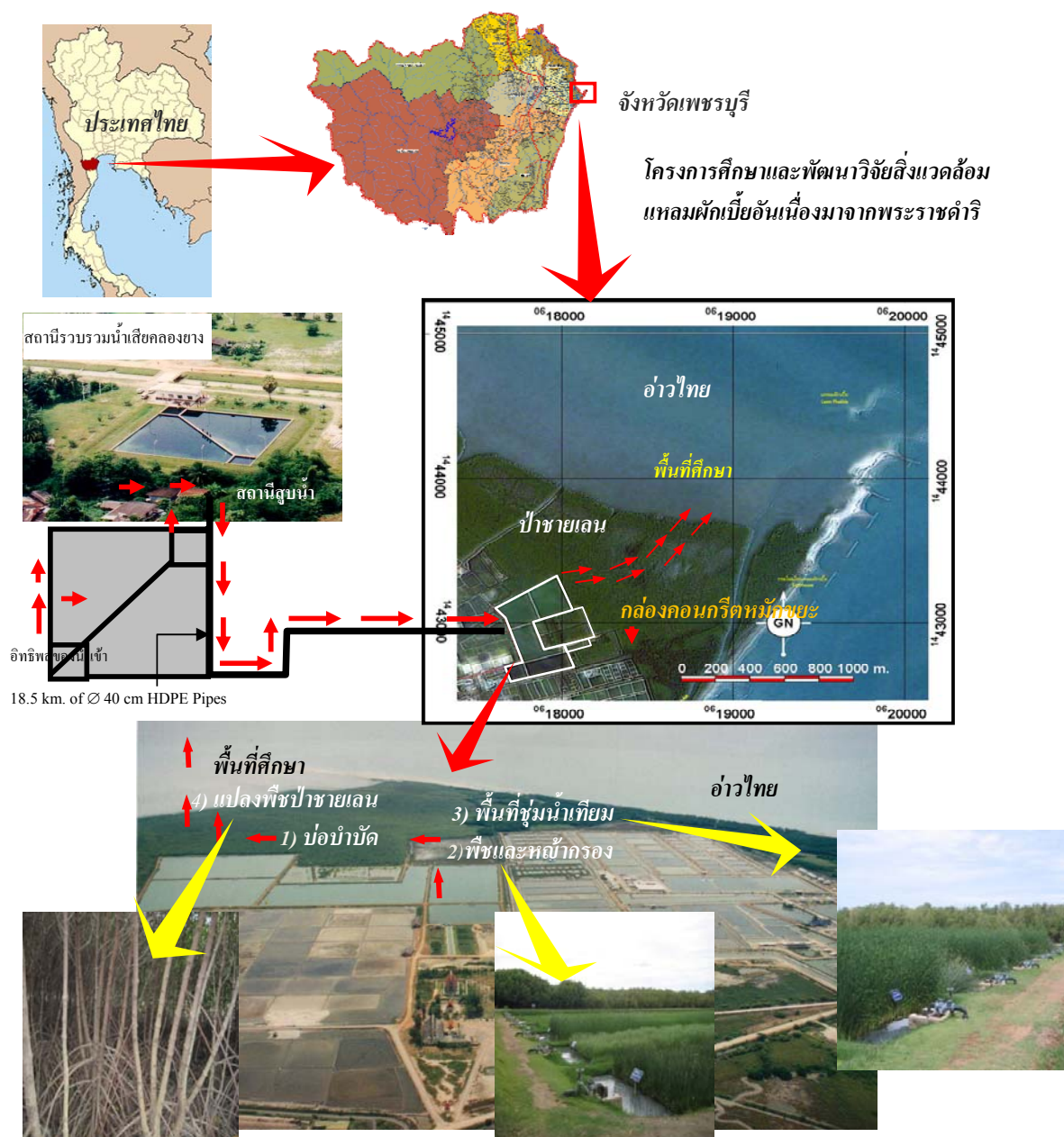
วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

ทำการศึกษาการบริเวณพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ยอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ตั้งอยู่บนพิกัด UTM 1442240 เหนือ ถึง 1443480 เหนือ และ 0617780 ตะวันออก ถึง 0619271 ตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่

551 ไร่ 45.6 ตารางวา ดังภาพที่ 1 โดยทำการ
รวบรวมน้ำเสียจากเทศบาลเมืองเพชรบุรีส่งผ่านท่อ

ลำเลียงระยะทางประมาณ 18.5 กิโลเมตร เข้าสู่
ระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการฯ



ภาพที่ 1 โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบล
แหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

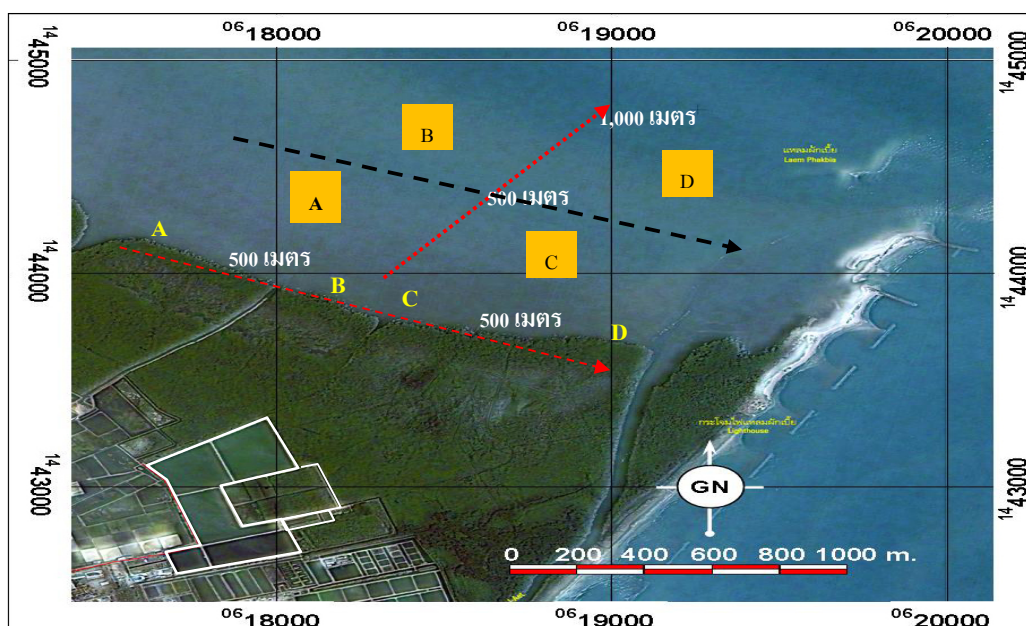
2. การวางแผนการเก็บตัวอย่างดินตะกอน

พื้นที่ชายฝั่งทะเลรองรับน้ำทิ้งจากระบบ
บำบัดน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีมีความยาว 1,000
เมตร กำหนดจุดการเก็บรวบรวมตัวอย่าง 4 จุด (A-

D) ซึ่งแต่ละจุดห่างกัน 500 เมตร ทำการเก็บดิน
ตะกอนแบบสุ่มตลอดระดับความลึก 15 เซนติเมตร
จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้ท่อพีวีซีกว้าง 60 เซนติ เมตร
ภายในโซนที่กำหนด 4 โซนขนาด 500 เมตร x 500

เมตร คือ โซน A ความยาว A0 - B0 ความลึก A500 - B500; โซน B ความยาว A600 - B600 ความลึก A1,000 - B1,000; โซน C ความยาว C0 - D0 ความลึก C500 - C500; โซน D ความยาว C600 - D600 ความลึก C1,000 - D1,000 ตัวอย่างดินตะกอนที่เก็บ

ได้ในแต่ละโซนจะทำการใส่ถุงพลาสติกที่ติดฉลากไว้ ทำการเก็บดินตะกอน 2 ครั้งใน เดือนกันยายน 2555 (ฤดูฝน) และเดือนมีนาคม 2556 (ฤดูร้อน) ภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเก็บตัวอย่างดินตะกอน บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมภาคอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

3. การวิเคราะห์ตัวอย่างดินตะกอน

นำตัวอย่างดินตะกอนที่เก็บรวบรวมได้ทั้งหมดเป็นระยะเวลา 2 เดือน หลังจากนั้นนำตัวอย่างดินตะกอนบดให้ละเอียดชั่งตัวอย่างดินตะกอนจำนวน 300 กรัม ทำการใส่ถุงพลาสติกที่ติดฉลากไว้ ทำการศึกษาความเข้มข้นโลหะหนัก สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), ปรอท (Hg), นิกเกิล (Ni) และตะกั่ว (Pb) ดินตะกอนตามวิธีการที่กำหนดไว้ (EPA Method 6020) วิเคราะห์ตัวอย่างโดยเครื่อง Inductively Couple Plasma-Mass Spectroscopy

(ICP-MS) ส่วนโลหะหนักโครเมียม (Cr) ใช้วิธีการที่กำหนดไว้ (EPA Method 6010B) วิเคราะห์ตัวอย่างโดยเครื่อง Inductively Couple Plasma-Atomic emission Spectroscopy (ICP-AES)

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

ผลการวิจัย

1. โลหะหนักสะสมในดินตะกอน ฤดูฝน

ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในดินตะกอนแต่ละชนิดและโซนมีค่าแตกต่างกันยกเว้น แคดเมียม (Cd) โดยค่าเฉลี่ยที่มากที่สุดคือตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 18.223 รองลงมา โครเมียม (Cr) เท่ากับ 10.630, สารหนู (As) เท่ากับ 3.463, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 3.021, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.025 และปรอท (Hg) เท่ากับ 0.013 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

2. โลหะหนักสะสมในดินตะกอน ฤดูร้อน

ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในดินตะกอนแต่ละชนิดและโซนมีค่าแตกต่างกันยกเว้น แคดเมียม (Cd) โดยค่าเฉลี่ยที่มากที่สุดคือตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 19.439 รองลงมาโครเมียม (Cr) เท่ากับ

10.277, สารหนู (As) เท่ากับ 3.097, 0.020 และปรอท (Hg) เท่ากับ 0.017 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้งตามลำดับดังตารางที่ 1

3. ค่าเฉลี่ยโลหะหนักสะสมในดินตะกอน

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในดินตะกอนของโลหะหนักแต่ละชนิดและแต่ละโซนซึ่งค่าเฉลี่ยที่มากที่สุดคือตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 18.831, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 10.454 รองลงมาคืออาร์เซนิก (As) เท่ากับ 3.280, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 2.963, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.023 และ ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.015 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในดินตะกอน (mg/kg, dry weight) บริเวณชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีที่ผ่านการบำบัดแล้ว

ฤดู	พื้นที่	โลหะหนัก					
		อาร์เซนิก (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	นิกเกิล (Ni)	ตะกั่ว (Pb)
ฤดูฝน	โซน A	3.274	0.025	11.192	0.022	3.054	17.307
	โซน B	3.605	0.025	10.436	0.010	2.937	18.088
	โซน C	3.715	0.025	11.201	0.010	3.262	16.225
	โซน D	3.257	0.025	9.690	0.010	2.830	21.271
	ค่าเฉลี่ย	3.463	0.025	10.630	0.013	3.021	18.223
ฤดูร้อน	โซน A	3.530	0.020	10.725	0.010	2.995	18.180
	โซน B	2.946	0.020	10.089	0.021	2.788	19.821
	โซน C	2.896	0.020	10.354	0.026	2.790	19.415
	โซน D	3.014	0.020	9.940	0.010	3.047	20.338
	ค่าเฉลี่ย	3.097	0.020	10.277	0.017	2.905	19.439
ค่าเฉลี่ยรวม		3.280	0.023	10.454	0.015	2.963	18.831

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในดินตะกอน (mg/kg, dry weight) เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

พื้นที่	โลหะหนัก						อ้างอิง
	อาร์เซนิก	แคดเมียม	โครเมียม	ปรอท	นิกเกิล	ตะกั่ว	
	(As)	(Cd)	(Cr)	(Hg)	(Ni)	(Pb)	
แหลมผักเบี้ย	3.280	0.023	10.454	0.015	2.963	18.831	พื้นที่ศึกษา
ประเทศไทย	3.90	37.00	300	23	-	400	กรมควบคุมมลพิษ ¹³
EPA96 ¹	11.00	0.58	36.00	-	20.00	37.00	USEPA (1996) ¹⁴
Florida ¹	9.79	0.99	43.40	0.18	22.70	35.80	MacDonald <i>et al.</i> (2003) ¹⁵
New York ¹	6.00	0.60	26.00	0.15	16.00	31.00	NYSDEC (1998) ¹⁶
Wisconsin ¹	9.80	0.99	43.00	0.18	23.00	36.00	WDNR (2003) ¹⁷
Canada ¹	5.90	0.60	37.30	0.17	-	35.00	CCME (1999) ¹⁸
EC&MENVIQ ¹	7.00	0.90	55.00	0.20	35.00	42.00	EC and MENVIQ (1992) ¹⁹
AUS/NZ ¹	20.00	1.50	80.00	0.15	21.00	50.00	ANZECC and ARMCANZ (2000) ²⁰
HongKong ¹	12.00	1.50	80.00	0.50	40.00	75.00	Building Department (2003) ²¹
EPA96 ²	48.00	3.2	120.00	-	33.00	82.00	USEPA (1996) ¹⁴
Florida ²	33.00	4.98	110.00	1.06	48.60	128.00	MacDonald <i>et al.</i> (2003) ¹⁵
New York ²	33.00	9.00	110.00	1.30	50.00	110.00	NYSDEC (1998) ¹⁶
Wisconsin ²	33.00	5.00	110.00	1.10	49.00	130.00	WDNR (2003) ¹⁷
Canada ²	17.00	3.50	90.00	0.49	-	91.30	CCME (1999) ¹⁸
EC&MENVIQ ²	17.00	3.00	100.00	1.00	61.00	170.00	EC and MENVIQ (1992) ¹⁹
AUS/NZ ²	70.00	10.00	370.00	1.00	52.00	220.00	ANZECC and ARMCANZ (2000) ²⁰
HongKong ²	42.00	4.00	160.00	1.00	40.00	110.00	Building Department (2003) ²¹

หมายเหตุ 1 = ค่าความเข้มข้นสูงสุดไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในน้ำ

2 = ค่าความเข้มข้นสูงสุดไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์หน้าดิน

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีที่ผ่านการบำบัดแล้วทำการเปรียบเทียบกับการศึกษาคุณภาพตะกอนดินในอ่าวไทยตอนในมีปริมาณค่าเฉลี่ยอาร์เซนิกเท่ากับ 0.180, แคดเมียมเท่ากับ 0.037, ปรอทเท่ากับ 0.063 และตะกั่วเท่ากับ 20.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

น้ำหนักแห้งตามลำดับ¹² มีค่าโลหะหนักอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันและเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานดินตะกอน¹³⁻²¹ ดังตารางที่ 2 พบว่าค่าโลหะหนักดินตะกอนชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดค่าตะกั่วพบมากในดินตะกอนมากที่สุดและพบมากกว่าโลหะหนักชนิดอื่นๆ เพราะแหล่งน้ำทั่วไปจะมี

ตะกั่วปะปนในดินตะกอนแหล่งน้ำธรรมชาติเสมอ และพบว่าในส่วนที่เป็นเปลือกโลกมีค่าตะกั่วเฉลี่ยประมาณ 10 -15 ppm.²²⁻²⁴ ตะกั่วมีลักษณะที่เฉพาะ คือเป็นธาตุโลหะหนักที่มีการเคลื่อนที่น้อยที่สุด คงทนต่อการสึกกร่อนไม่ละลายในน้ำประกอบกับ บริเวณชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดแล้วจากชุมชนเมืองเพชรบุรีเป็นพื้นที่แตกต่างจากพื้นที่ชายฝั่งทะเลตามธรรมชาติทั่วไป คือนำขยะจากชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีมาฝังกลบและนำขยะชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีหมักด้วยบ่อคอนกรีตไปถมชายฝั่งทะเลซึ่งขยะจากบ้านเรือนจากชุมชนเมืองเพชรบุรีมีค่าตะกั่วมีส่วนประกอบจึงทำให้ดินตะกอนมีค่าตะกั่วสูงไปด้วย

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาความเข้มข้นโลหะหนักอาร์เซนิก (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท (Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) ในดิน ตะกอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.280, 0.023, 10.454, 0.015, 2.963 และ 18.831 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับความเข้มข้นโลหะหนักแต่ละชนิดและแต่ละโซนความแตกต่างกันยกเว้นมีค่าแคดเมียม (Cd) ที่ไม่มีความแตกต่างความเข้มข้นโลหะหนักมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานดินตะกอนที่กำหนดไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในน้ำและสัตว์หน้าดินที่อาศัยบริเวณชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีที่ผ่านการบำบัดแล้ว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิชัยพัฒนาและโครงการศึกษาและวิจัยสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอัน

เนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Browning E. Toxicology of Industrial Metals. 2nd ed., Butterworths & Co., London, 1968.
2. Friberg L, Piscator M, Nordberg G, *et al.* Cadmium in the Environment. 2nd ed., CRC. Press, Ohio, 1974.
3. Williams MK, King E, Walford J. An Investigating of lead absorption in an electric accumulator or factory with use of personal. *British J of Industrial Medication* 1975;26: 202-205.
4. Brames E, Anthony W. Cadmium and lead through an agriculture food chain. *Sci Total Environ* 1983;28: 285-307.
5. Fried JJ. Groundwater Pollution. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1975.
6. Ouyang Y, Higman J, Thompson J, *et al.* Characterization and spatial distribution of heavy metals in sediment from Cedar and Ortega rivers subbasin. *J Contam Hydrol* 2002;54: 19-35.
7. Mehrdadi N, Daryabeigi ZA, Matloubi AA. Natural and human-induced impacts on coastal groundwater. *Int J Environ Res* 2007;1(2): 170-178.
8. Amadi AN, Olasehinde PI, Yisa J, *et al.* Geostatistical Assessment of Groundwater

- Quality from Coastal Aquifers of Eastern Niger Delta, Nigeria. *Geosciences* 2012; 2(3): 51-59.
9. Jittisa K, Patompong L, Tapakorn L, *et al.* Assessment of Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project's Outreach Program. Worcester Polytechnic Institute, Chulalongkorn University, 2012.
 10. Kasem C, Onanong P, Naruechid D, *et al.* King Bhumipol' Initiative Applying the Nature-by-Nature Processing in Petchburi Province, Thailand. 13th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control Murdoch University, Western Australia, 2013.
 11. เกษม จันทร์แก้ว และ ชาตรี นิมป์. การศึกษาสำรวจการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ชายฝั่งทะเล บริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. รายงานประจำปีโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. กรุงเทพฯ, 2550.
 12. พรศรี มิ่งขวัญ มารุต สุขสมจิตร และสุภกิจ จิวเจริญ. การประเมินคุณภาพตะกอนดินในอ่าวไทยตอนในหลังสถานการณ์อุทกภัยปี 2554. ส่วนแหล่งน้ำทะเลสำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, 2555.
 13. กรมควบคุมมลพิษ. Available at http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_soil01.html#s1, accessed, Apr. 1, 2014.
 14. USEPA (United States Environmental Protection Agency). Calculation and Evaluation of Sediment Effect Concentrations for the Amphipod *Hyaella azteca* and the midge *Chironomus riparius*. EPA 905-R96-009. Great Lakes National Program Office. Chicago, Illinois, 1996.
 15. MacDonald DD, Ingersoll CG, Berger TA. Development and Evaluation of Numerical Sediment Quality Assessment Guidelines for Florida Inland Waters (Technical Report). Florida Department of Environmental Protection. Tallahassee, Florida, 2003.
 16. New York Department of Environmental Conservation. Technical Guidance for Screening Contaminated Sediments. New York Department of Environmental Conservation, Division of Fish, Wildlife and Marine Resources, Albany, NY, 1998.
 17. Wisconsin Department of Natural Resources (WDNR). Consensus-Based Sediment Quality Guidelines: Recommendations for Use & Application (Interim Guidance). WT-732, 2003.
 18. CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). Canadian Environmental Quality Guidelines. Winnipeg, Manitoba, 1999.
 19. EC and MENVIQ (Environment Canada And Ministere de l'Environnement du Quebec). Interim Criteria for Quality Assessment of St. Lawrence River Sediment. ISBN 0-662 19849-2. Environment Canada. Ottawa, Ontario, 1992.

20. ANZECC and ARMCANZ (Australian and New Zealand Environment and Conservation Council and Agriculture and Resources Management Council of Australia and New Zealand). Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality Volume 1: The Guidelines. National Water Quality Management Strategy. Paper No 4, Australian and New Zealand Environment and Conservation Council and Agriculture and Resources Management Council of Australia and New Zealand, Canberra, 2000.
21. Hong Kong Building Department. Practice Note for Authorized Persons and Registered Structural Engineers : Management Framework for Disposal of Dredged/ Excavated Sediment (PNAP 252). Building Department, Hong Kong, 2003.
22. จันทศรี ดนุนาถ. การหาปริมาณโลหะหนักบางตัวในตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำปิง และแม่น้ำกวังปี 2538. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2539.
23. Turekain KK, Wedepohl KH. Distribution of the Element in Some Major Units of the Earth's Crust *Geol. Soc Amer Bull.* 1961;72(2): 175-192.
24. Dong A, Chesters G, Simsiman GV. Metal composition of soil, Sediments and urban dust and Dirt samples from the memnomonce River watershed. Wisconsin, U.S.A. *Water Air Soil Pollut.* 1983; 22(3): 257-275.