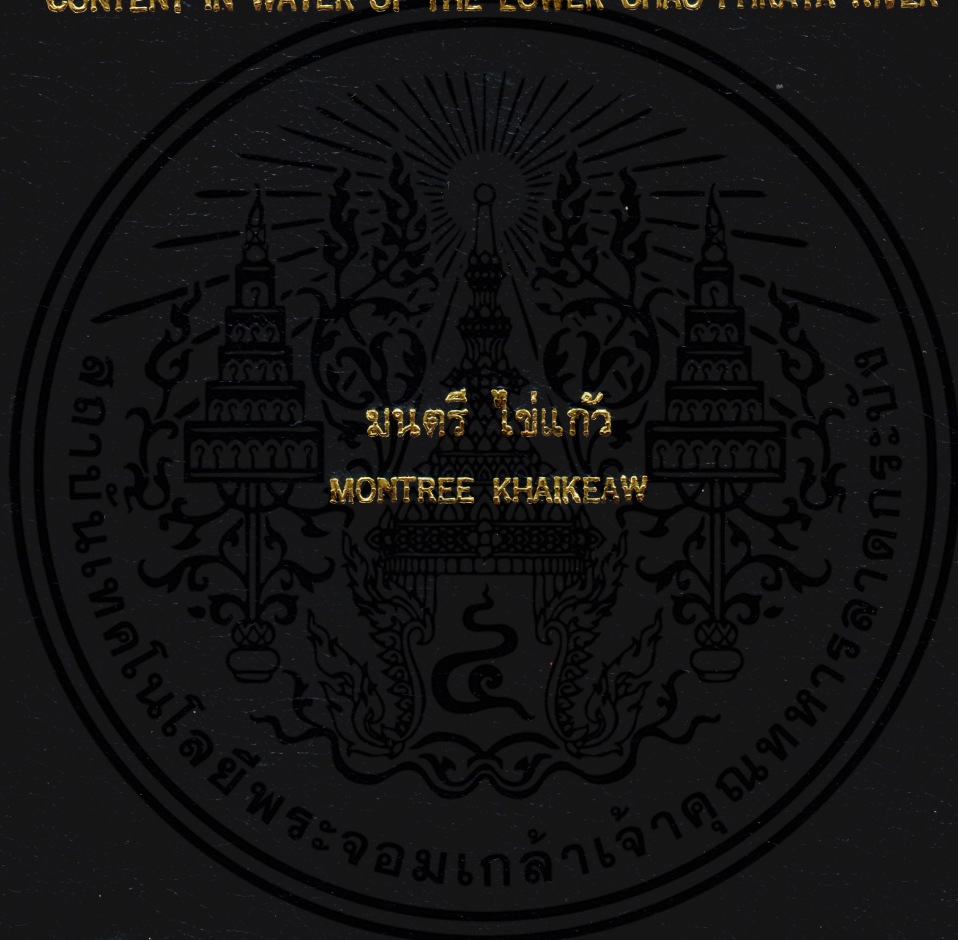


รูปแบบและการสะสมปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดงในน้ำ
บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

PATTERNS AND ACCUMULATE OF LEAD CADMIUM ZINC AND COPPER
CONTENT IN WATER OF THE LOWER CHAO PHRAYA RIVER



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

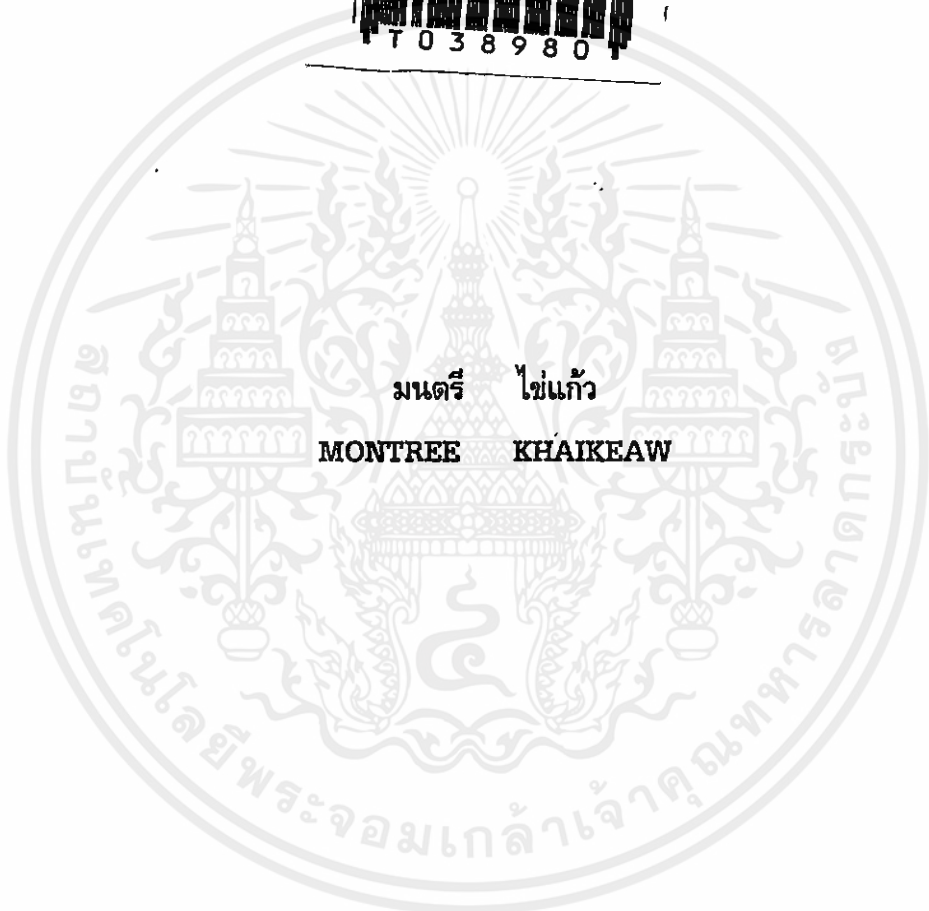
พ.ศ. 2548

ISBN 974-622-988-5

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รูปแบบและการสะสมปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดงในน้ำ
บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

PATTERNS AND ACCUMULATE OF LEAD CADMIUM ZINC AND COPPER
CONTENT IN WATER OF THE LOWER CHAO PHRAYA RIVER



มนตรี ไช้แก้ว
MONTREE KHAIKEAW

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำเนินการตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

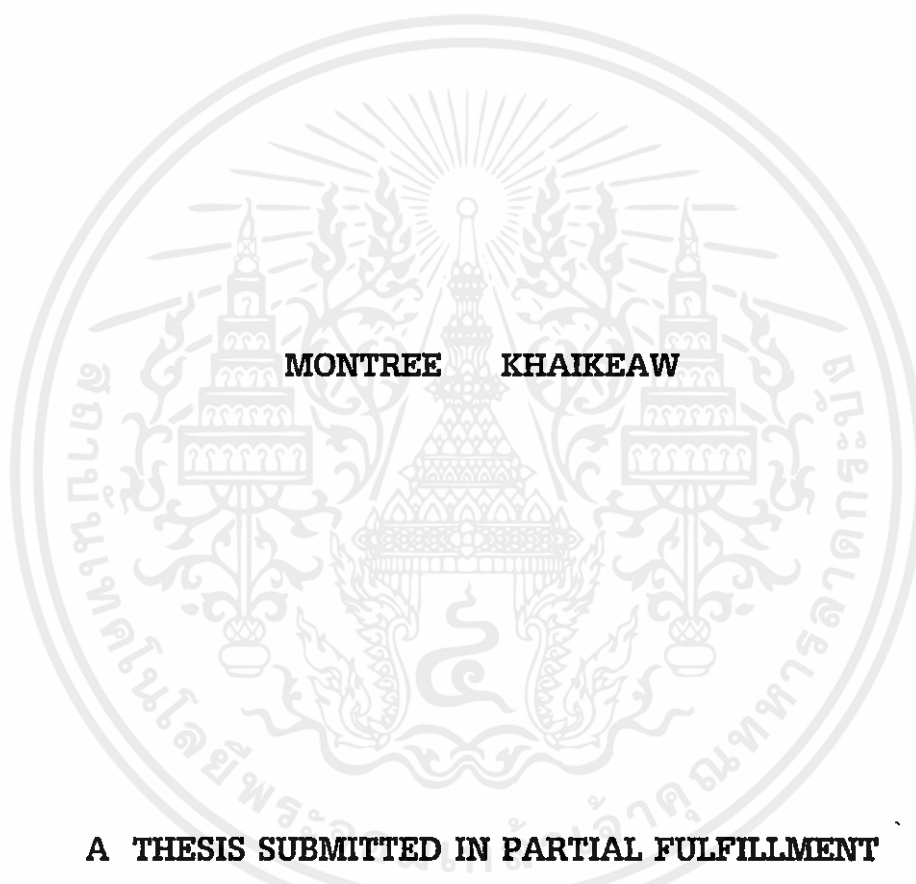
พ.ศ. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกสิ่งนี้เพื่อทำและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 38980
วัน, เดือน, ปี 20 ก.พ. 2544

ISBN 974-622-988-5
.b.....
.i.....

**PATTERNS AND ACCUMULATE OF LEAD CADMIUM ZINC
AND COPPER CONTENT IN WATER OF
THE LOWER CHAO PHRAYA RIVER**



MONTREE KHAIKEAW

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN SCIENCE EDUCATION
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อที่ในเอกสารโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISBN 974-622-988-5



COPYRIGHT 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นการขออนุญาตเป็นอย่างอื่นจากผู้เกี่ยวข้อง

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ รูปแบบและการสะสมปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดงในน้ำ
 บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง
 PATTERNS AND ACCUMULATE OF LEAD CADMIUM ZINC
 AND COPPER CONTENT IN WATER OF LOWER CHAO PHRAYA
 RIVER

ชื่อนักศึกษา นายมนตรี ไช้แก้ว
รหัสประจำตัว 41064252
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ (เคมี)
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.สุวรรณ ไชยสิทธิ์
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.สุวรรณ	ไชยสิทธิ์	
ผศ.ดร.เลิศลักษณ์	กลิ่นหอม	
รศ.ดร.รวีวรรณ	ชินตระกูล	
ผศ.ดร.สุนทร	พูนพัฒน์	
ผศ.ดร.พรรณี	สิริกวีวัฒน์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 18 ธันวาคม 2543 เวลา 14.30 น. เป็นต้นไป
 สถานที่สอบ ห้องสมาคมศิษย์เก่าบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึง
 คณะบัณฑิตวิทยาลัย นำไปใช้

วันที่.....๙.....เดือน.....พฤษภาคม.....พ.ศ. ๒๕๔๔

หัวข้อวิทยานิพนธ์	รูปแบบและการสะสมปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง
นักศึกษา	นายมนตรี ไช้แก้ว
รหัสประจำตัว	41064252
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์ (เคมี)
พ.ศ.	2543
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ. ดร. สุวรรณ ไชยสิทธิ์
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ. ดร. เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบและการสะสมปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ประชากร คือ น้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จากสะพานนนทบุรี อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี ลงไปถึงบริเวณเขื่อนพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ รวมเป็นระยะทาง 84 กิโลเมตร จำนวน 10 สถานี เก็บตัวอย่างเดือนละ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 1 ปี เริ่มตั้งแต่เดือนเมษายน 2542 ถึงเดือนมีนาคม 2543 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 240 ตัวอย่าง และดำเนินการวิเคราะห์ผลด้วยข้อมูลทางสถิติ ผลการวิจัยพบว่า

1. ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จำแนกตามช่วงฤดูน้ำมากกับช่วงฤดูน้ำน้อย พบว่าปริมาณตะกั่วในช่วงฤดูน้ำมากมากกว่าช่วงฤดูน้ำน้อย และปริมาณแคดเมียมในช่วงฤดูน้ำน้อยมากกว่าช่วงฤดูน้ำมาก และปริมาณสังกะสีและปริมาณทองแดงใกล้เคียงกัน น้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีระดับคุณภาพดี
2. ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จำแนกตามฤดูน้ำมากกับช่วงฤดูน้ำน้อยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ของค่าเฉลี่ยปริมาณแคดเมียม เมื่อเปรียบเทียบตามช่วงฤดูน้ำมากกับช่วงฤดูน้ำน้อย
3. ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จำแนกตามสถานี พบว่าปริมาณทองแดงมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อจำแนกตามสถานี มีการทดสอบเป็นรายคู่ของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยปริมาณทองแดง มี 11 สถานีที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
4. ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์และปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง พบว่าของตะกั่วมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ โดยมีค่าความสัมพันธ์ - 0.290

ปริมาณแคดเมียมมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ การนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็ง โดยมีค่าความสัมพันธ์ 0.247 0.302 และ 0.313 ตามลำดับ ปริมาณสังกะสีไม่มีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ และปริมาณทองแดงมีความสัมพันธ์กับการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็ง โดยมีค่าความสัมพันธ์ 0.470 และ 0.456 ตามลำดับ ปริมาณสังกะสีไม่มีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. รูปแบบและการสะสมที่ส่งผลต่อปริมาณตะกั่ว แคดเมียม จากค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ ซึ่งมีความสัมพันธ์ปานกลาง ส่วนปริมาณสังกะสีและทองแดงไม่มีปัจจัยของค่าพารามิเตอร์ส่งผล

ในการศึกษารูปแบบและการสะสมปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างพบว่า ไม่เกินค่ามาตรฐานในน้ำผิวดิน ของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ และขององค์การอนามัยโลก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Patterns and Accumulate of Lead Cadmium Zinc and Copper Content in Water of The Lower Chao Phraya River
Student	Mister Montree Khaikeaw
Student ID.	41064252
Degree	Master of Science
Programme	Science Education (Chemistry)
Year	2000
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Suwan Chaiyasit
Thesis Co-Advisor	Asst. Prof. Dr. Leartlak klinhom

ABSTRACT

The Purpose of this research for study to was patterns and accumulation of Lead , Cadmium , Zinc And Cupper in Content in water of lower Chao Phraya river from Nontaburi bridgre in Nontaburi Province to Pomprajul in Samprakarn Province 84 kilomater , 10 station. The sampling 2 times/month until 1 year on April 1999 to March 2000 total 240 sample. The sample taked to analyse by Inductively Coupled Plasma Spectrometer the result shown as below.

1. Volume of Lead , Cadmium , Zinc and Cupper in the lower Chao Phraya river focus at high season of water and low season of water. The result of Lead in high season of water is hiher than low season of water. The of Cadmium in high season of water is lower than low season of water the result of Zinc and Cupper is nearest in 2 season of water

2. The result of Lead , Cadmium , Zinc and Cupper it season variation was obvious with statistical significance at 0.05 Average result of Cadmium compare with 2 seasonal variation was obvious with statistical significance at 0.05.

3. The average result of Cupper comperison with station of sampling are seasonal variation was obvious with statistical significance at 0.05.

4. The result of Lead releate with Temperature by related result are as follow - 0.0290. The result of Cadmium relate with Temperature , Conductivity , Dissolve solid by related result are as follow 0.247 and 0.302 , 0313. The result of Zinc no related. The result of Cupper relate with Conductivity , Dissolve solid related result are as follow 0.470 , 0.456. seasonal variation was obvious with statistical significance at 0.05.

5. The effect result of study to patterns and accumulation of Lead Cadmium in water of lower Chao Phraya river from Temperature in medium related. The effect result of study to was patterns and accumulation of Zinc And Cupper no related.

However , the contents of four heavy metals were not exceed the maximum permissible standard level in surface of NEB and WHO.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณ ไชยสิทธิ์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ร่วมที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ และติดตามดูแลจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. รวีวรรณ ชินะตระกูล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรณี ลีกิจวัฒน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนทร พูนพิพัฒน์ เป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่เป็นผลมาจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่คุณพ่อ คุณแม่ และครู อาจารย์ทุกท่าน ด้วยความเคารพเพียง

มนตรี ไช้แก้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.4 สมมติฐานการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.6 คำนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย.....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 คุณสมบัติของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง.....	6
2.2 กรรมวิธีการผลิตตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง.....	8
2.3 ประโยชน์ของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง.....	19
2.4 วัฏจักรของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดงในแหล่งน้ำ.....	22
2.5 การแพร่กระจายของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดงสู่สิ่งแวดล้อม.....	24
2.6 การเข้าสู่ร่างกายของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง.....	27
2.7 ความเป็นพิษของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง.....	29
2.8 ลักษณะแม่เจ้าพระยา.....	33
2.9 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	38
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	39
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	39
3.2 เครื่องที่ใช้ในการวิจัย.....	43

สารบัญ(ต่อ)

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	44
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	47
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	48
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	52
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายและข้อเสนอแนะ.....	63
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	63
5.2 อภิปรายการวิจัย.....	67
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	68
บรรณานุกรม.....	69
ภาคผนวก.....	75
ภาคผนวก ก. มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน.....	76
ภาคผนวก ข. ตารางการเก็บข้อมูลของพารามิเตอร์และปริมาณโลหะ.....	81
ประวัติผู้เขียน.....	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงปริมาณของแคดเมียมที่เข้าไปในร่างกายของมนุษย์ โดยการรับประทานอาหารและผลแบบเฉียบพลันที่เกิดขึ้น.....	30
2.2 ปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมที่ทำให้มนุษย์ถึงแก่ชีวิต โดยการหายใจ.....	30
3.1 แสดงสถานที่ในการเก็บตัวอย่างน้ำ.....	40
3.2 แสดงการตรวจพารามิเตอร์อื่น ๆ.....	47
4.1 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จำแนกตามช่วงฤดูน้ำมากกับช่วงฤดูน้ำน้อย.....	52
4.2 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้า บีโอดี และปริมาณของแข็ง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จำแนกตามช่วงฤดูน้ำมากกับช่วงฤดูน้ำน้อย.....	53
4.3 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและแสดงการเปรียบเทียบปริมาณของโลหะซึ่ง ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จำแนกตามช่วงฤดูน้ำมากกับช่วงฤดูน้ำน้อย ด้วยค่าสถิติ t	54
4.4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง จำแนกตามสถานี ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง.....	55
4.5 แสดงการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ของปริมาณทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง เมื่อจำแนกตามสถานี.....	56
4.6 ค่าสหสัมพันธ์ของพารามิเตอร์และปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง.....	58
4.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้า บีโอดี ปริมาณของแข็ง และค่าสหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างปริมาณตะกั่ว กับค่าพารามิเตอร์.....	59
4.8 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้า บีโอดี ปริมาณของแข็ง และค่าสหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างปริมาณแคดเมียม กับค่าพารามิเตอร์.....	60
4.9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้า บีโอดี ปริมาณของแข็ง และค่าสหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างปริมาณสังกะสี กับค่าพารามิเตอร์.....	61
4.10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้า บีโอดี ปริมาณของแข็ง และค่าสหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างปริมาณทองแดง กับค่าพารามิเตอร์.....	62

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนภูมิกรรมวิธีการผลิตโลหะตะกั่วบริสุทธิ์ 99.99%.....	11
2.2 แผนภูมิกรรมวิธีการผลิตโลหะตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่ชำรุด.....	14
2.3 การแพร่กระจายของตะกั่วสู่สิ่งแวดล้อม.....	25
2.4 แผนที่แสดงบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา.....	37
3.1 แผนที่แสดงบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง.....	41
3.2 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง.....	42
3.3 วิเคราะห์ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง สารแขวนลอย.....	45



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้ ความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้มีบทบาทกับประเทศไทยอย่างมาก ซึ่งจะเห็นได้จากการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม ด้านเกษตรและทางด้านอื่น ๆ ที่เกิดขึ้น แต่ในความเจริญก้าวหน้าเหล่านั้นกลับส่งผลให้เกิดปัญหาทางมลพิษด้านต่าง ๆ เช่น มลพิษทางด้านน้ำ อากาศ ดิน เสียง และอื่น ๆ ซึ่งล้วนแล้วเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งนั้น ปัญหาสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เหล่านี้กำลังเป็นปัญหาที่น่าสนใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหามลพิษทางด้านน้ำ เนื่องจากน้ำถือว่าเป็นปัจจัยหลักในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เพราะมนุษย์ใช้น้ำในการอุปโภคบริโภค ถ้าขาดน้ำมนุษย์หรือแม้กระทั่งสัตว์และพืชก็ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหามลพิษทางด้านน้ำส่วนหนึ่งเกิดจากการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมและทางด้านเกษตร กล่าวคือ ในด้านอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางด้านน้ำ ด้วยสาเหตุที่น้ำเป็นปัจจัยหลักในกระบวนการผลิต ดังนั้น โรงงานต่าง ๆ จึงเลือกทำเลที่ตั้งของโรงงานที่ติดกับแม่น้ำ เพื่อที่จะได้นำน้ำเข้าไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ ได้อย่างสะดวกและเมื่อผ่านกระบวนการต่าง ๆ เสร็จสิ้นแล้ว จึงมีการกำจัดน้ำออกจากโรงงาน น้ำที่กำจัดออกจากโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เป็นน้ำทิ้งหรือน้ำเสียนั่นเอง

น้ำเสียที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมและทางการเกษตรส่วนใหญ่จะมีสารโลหะหนักประเภทต่าง ๆ ผสมอยู่ ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง เป็นโลหะหนักชนิดหนึ่ง ซึ่งมีพิษอันตรายไม่แพ้กับโลหะหนักชนิดอื่น ๆ ถ้าตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง เข้าสู่ร่างกายไม่ว่าจะทางตรงหรือทางอ้อมย่อมส่งผลต่อสุขภาพของผู้ได้รับสารนั้น เมื่อน้ำมีความสำคัญ สิ่งที่จะขาดเสียไม่ได้ก็คือ แหล่งน้ำที่ประชาชนนำมาใช้ แม่น้ำที่ถือว่าเป็นแม่น้ำที่สำคัญและเป็นแม่น้ำสายหลักสายหนึ่งของประเทศไทยคือแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำที่เกิดจากแม่น้ำปิง วัง ยม และน่าน ไหลมาบรรจบกันที่บริเวณปากน้ำโพ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ไหลผ่านจังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา ปทุมธานี นนทบุรี กรุงเทพมหานคร และไหลลงสู่อ่าวไทยที่อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ รวมระยะทางทั้งสิ้น 380 กิโลเมตร พื้นที่ลุ่มแม่น้ำ 142,055.70 ตารางกิโลเมตร (อำพัน อยู่คงคร้าม. 2534 : 1)

พื้นที่บริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ทั้งสองฝั่งสามารถแบ่งเป็นเขตต่าง ๆ ตามการใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้าง ๆ ได้ดังนี้ (จันทนา จันทร์ภักดี. 2536 : 30)

1. เขตกสิกรรม ครอบคลุมพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปทุมธานี นนทบุรี และกรุงเทพมหานคร สภาพทั่วไปของเขตนี้เป็นสวนผลไม้ ทุ่งนา และมีบ้านเรือนอยู่บางเบา น้ำในแม่น้ำช่วงนี้มีการไหลอยู่ตลอดเวลาตามการขึ้นลงของน้ำ คลองบางแห่งใช้เป็นทางสัญจรทางน้ำ มีเรือหางยาววิ่งไปมาซึ่งเป็นการเพิ่มอากาศให้แก่ น้ำ ของเสียที่ปล่อยลงสู่แม่น้ำบริเวณนี้จะเกิดจากอาคารบ้านเรือน และการกสิกรรม

เป็นส่วนใหญ่ แต่ยังคงอยู่ในระดับที่แม่น้ำสามารถรับได้โดยธรรมชาติ

นอกจากนี้พื้นที่บริเวณสองฝั่งจากพระนครศรีอยุธยาถึงปทุมธานี มีการทำเกษตรกรรมได้แก่ ทำนา และปลูกพืชผักต่าง ๆ ส่วนในเขตจังหวัดนนทบุรี จะใช้น้ำจากแม่น้ำในการทำสวนผลไม้ เช่น ทุเรียน เป็นต้น

ในด้านการเลี้ยงสัตว์และการจับสัตว์น้ำ ปัจจุบันการทำฟาร์มสัตว์น้ำพวกกุ้งลดน้อยลง เนื่องจากปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในระดับต่ำมาก สัตว์น้ำต่าง ๆ ไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ ปัจจุบันการจับสัตว์น้ำมีเฉพาะบริเวณเหนือจากจังหวัดปทุมธานีขึ้นไปแต่ได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร สำหรับเขตกรุงเทพมหานครและสมุทรปราการมีการจับสัตว์น้ำน้อยมากจนไม่นับเป็นอาชีพหลักที่แน่นอน

2. เขตชุมชน เป็นเขตที่อยู่ในช่วงกลางของแม่น้ำ เขตนี้จะผ่านกรุงเทพมหานครเป็นเขตที่ประชากรอาศัยอยู่หนาแน่น มีโรงงานอุตสาหกรรมขนาดย่อม และอุตสาหกรรมในครอบครัวแทรกอยู่ประปราย ท่อระบายน้ำจากบ้านเรือนหรือโรงงานต่าง ๆ เกือบทั้งหมดจะต่อตรงและระบายลงสู่คลองและแม่น้ำ จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้น้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาช่วงนี้มีคุณภาพเลวลง

3. เขตอุตสาหกรรม เป็นเขตที่อยู่ช่วงล่างของแม่น้ำ ส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตอำเภอราชบุรีบูรณะ (กรุงเทพมหานคร) อำเภอพระประแดง และอำเภอเมือง (จังหวัดสมุทรปราการ) โรงงานที่ตั้งอยู่ในเขตนี้เป็นโรงงานขนาดใหญ่ มีปริมาณน้ำทิ้งมาก น้ำทิ้งจากโรงงานจะปล่อยลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาโดยตรงและบางแห่งจะปล่อยลงสู่คลองซึ่งไหลลงสู่แม่น้ำอีกต่อหนึ่ง

ในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ซึ่งเป็นเขตอุตสาหกรรม ได้มีสถานประกอบการ ที่นำเอาตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง มาใช้ในสถานที่ประกอบการเช่น โรงงานแบตเตอรี่ โรงงานชุบโลหะ โรงงาน สังกะสี โดยมีการปล่อยน้ำเสีย ซึ่งมีการปนเปื้อนสารตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ออกมาจากสถานประกอบการลงสู่แม่น้ำ การปนเปื้อนของสารตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ย่อมจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและอนามัยของประชาชน พิษจากสารตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง มีได้ทั้งเฉียบพลันและเรื้อรัง อาจทำให้พิการหรือถึงแก่ชีวิตได้ ดังนั้น ผู้วิจัยได้สนใจที่จะศึกษาหาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง
2. เพื่อเปรียบเทียบตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำจากสถานีเก็บตัวอย่าง บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ในช่วงฤดูน้ำมากและช่วงฤดูน้ำน้อย

3. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำที่เก็บจากแต่ละสถาน
สถานี บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสาร
ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามเผยแพร่
เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์และปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง
5. เพื่อศึกษาปัจจัยของพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

1.3 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดงในน้ำ โดยใช้เครื่อง Inductively Coupled Plasma Spectrometer (ICP) เนื่องจากเครื่องมืออาศัยหลักการของอิมิสชันสเปกโทรสโกปี โดยใช้พลังงานพลาสมาแล้วให้สเปกตรัมเปล่งออก สารที่จะวิเคราะห์จะต้องอยู่ในสารละลายที่จะทำการวิเคราะห์จะถูกส่งเข้าเครื่อง โดยสารละลายจะถูกเปลี่ยนให้เป็นละอองลอยโดยกระบวนการ Nebulization แล้วสารละลายตัวอย่างที่เป็นละอองนี้จะถูกพาเข้าพลาสมาของ ICP Torch ซึ่งจะทำได้ตัวอย่างแห้งกลายเป็นไอ กลายเป็นอะตอม แล้วเกิดการกระตุ้นหรือการแตกตัวของอะตอม หรือการแตกตัวของอะตอมที่ถูกกระตุ้น จะเปล่งแสงซึ่งมีลักษณะเฉพาะออกมา แสงที่เกิดขึ้นนี้จะผ่านเข้าไปในเครื่องสเปกโตรมิเตอร์เพื่อแยกเฉพาะแสงที่ต้องการวัดที่ความยาวคลื่นที่ต้องการ แสงจะตกลงบนดีเทคเตอร์ เพื่อวัดออกมาเป็นสัญญาณ (แมน อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม. 2534 : 404)

บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง เป็นเขตอุตสาหกรรม ได้มีการปล่อยน้ำเสีย ซึ่งมีการปนเปื้อนสารตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ออกมาจากสถานประกอบการลงสู่แม่น้ำ การปนเปื้อนของสารตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ย่อมจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและอนามัยของประชาชน ดังนั้น ผู้วิจัยได้สนใจที่จะศึกษาหาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

1.4 สมมติฐานการวิจัย

1. ปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในช่วงฤดูน้ำมากแตกต่างจากช่วงฤดูน้ำน้อย
2. ปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างแตกต่างกัน
3. ค่าของพารามิเตอร์มีความสัมพันธ์กับปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง
4. ปัจจัยของพารามิเตอร์ส่งผลต่อปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

1.5.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

1. ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ จากบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จำนวนตัวอย่าง 10 สถานี ตั้งแต่ เดือนเมษายน พ.ศ. 2542 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2543
2. ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ จากบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ช่วงฤดูน้ำมากและช่วงฤดูน้ำน้อย
3. ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ จากบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง โดยเก็บตัวอย่างแบบแยกผสม
4. ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ จากบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ในวันที่ 1 และวันที่ 15 ของแต่ละเดือน
5. ตัวอย่างน้ำวิเคราะห์หาสารตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง โดยวิธีการสกัดด้วยกรดไนตริก
6. ตัวอย่างน้ำวิเคราะห์พารามิเตอร์ อื่นได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้า บีโอดี ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด
7. ศึกษาตัวอย่างน้ำที่เก็บทำการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำ โดยวิธี Inductively Coupled Plasma Spectrometer (ICP)

1.5.2 ตัวแปรที่ทำการศึกษา

ตัวแปรอิสระ

1. ตำแหน่งของสถานีในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง 10 สถานี
2. ช่วงฤดูน้ำมากและฤดูน้ำน้อย
3. พารามิเตอร์ ต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้า บีโอดี ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด

ตัวแปรตาม

ปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้การวิจัย

1. แม่น้ำเจ้าพระยา คือ บริเวณตั้งแต่จังหวัดนครสวรรค์ไหลผ่านจังหวัดต่าง ๆ รวม 9 จังหวัด และไหลลงสู่อ่าวไทยที่อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ มีความยาวประมาณ 380 กิโลเมตร ความกว้างประมาณ 200 - 400 เมตร
2. แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง คือ บริเวณตั้งแต่จังหวัดนนทบุรี ไหลผ่านจังหวัดต่าง ๆ จนถึงจังหวัดสมุทรปราการ มีความยาวประมาณ 84 กิโลเมตร
3. ช่วงฤดูน้ำมาก คือ ช่วงเดือนเมษายน ถึง เดือนตุลาคม จะมีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากมหาสมุทรอินเดียพัดผ่าน ทำให้มีความชื้นสูง ฝนจะตกมากและประกอบกับลมพายุหมุนเกิดในมหาสมุทรแปซิฟิกตอนใต้เคลื่อนเข้าสู่ลุ่มน้ำในช่วงเดือนกันยายน ถึง เดือนตุลาคม จึงทำให้ฝนตกติดต่อกันมาก
4. ช่วงฤดูน้ำน้อย คือ ช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนมีนาคม จะมีอากาศเย็นและแห้งแล้ง เพราะลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจากประเทศจีนพัดผ่าน ฝนจะน้อย ความชื้นต่ำ
5. เครื่องมือ Inductively Coupled Plasma Spectrometer (ICP) คือ เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง โดยอาศัยหลักการของอิมิสชันสเปกโทรสโกปี ระกระตุ้นสารโดยใช้พลังงานพลาสมา แล้วสเปกตรัมเปล่งออก (สุวรรณ ไชยสิทธิ์, 2541 : 52)
6. สถานี คือ สถานีที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จำนวน 10 สถานี
7. พารามิเตอร์ คือ คุณภาพ (คุณสมบัติของน้ำ) ที่ทำการศึกษาจากตัวอย่างน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้า บีโอดี ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด
8. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) คือ ปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำที่แอโรบิคแบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ แหล่งน้ำใดมีค่า BOD มากกว่า 100 mg/l แหล่งน้ำนั้นจัดเป็นน้ำเสีย
9. ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และสามารถไหลผ่านกระดาษกรองใยแก้ว เมื่อเอาน้ำใส่ที่ผ่านกระดาษกรองใยแก้วไประเหยจะหาปริมาณของแข็งละลายได้
10. พีเอช (pH) คือ ค่าที่แสดงปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคไฮโดรเจนในน้ำ
11. การนำไฟฟ้า คือ ตัวเลขที่บอกถึงความสามารถของตัวอย่างน้ำในการนำกระแสไฟฟ้า
12. อุณหภูมิ คือ ระดับความร้อนของน้ำในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ที่ทำการวัดอุณหภูมิทั้ง 10 สถานี ที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยที่สิ่งมีชีวิตในน้ำอาจถึงตายได้ในกรณีที่อุณหภูมิของน้ำที่สูงเกินไปและยังมีผลให้การละลายของออกซิเจนในน้ำลดลงอีกด้วย ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมยอมให้อุณหภูมิของน้ำที่ปล่อยลงสู่ลำน้ำสาธารณะได้ไม่เกิน 40 °C
13. พลาสมา (Plasma) คือ ของผสมระหว่างไอออนของอาร์กอนกับอะตอมของน้ำตัวอย่าง
14. Nebulization คือ กระบวนการสำหรับเปลี่ยนแปลงสารละลายตัวอย่างให้เป็นละอองเพื่อให้นำเข้าสู่พลาสมา
15. คบ (Torch) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่คล้ายกับคบ สำหรับให้แก๊สอาร์กอนและละอองลอยผ่าน

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ผู้วิจัยจะได้ศึกษาถึงทฤษฎี เอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยตามหัวข้อต่อไปนี้

- 2.1 คุณสมบัติของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง
- 2.2 กรรมวิธีการผลิตตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง
- 2.3 ประโยชน์ของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง
- 2.4 วัฏจักรของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดงในแหล่งน้ำ
- 2.5 การแพร่กระจายของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดงสู่สิ่งแวดล้อม
- 2.6 การเข้าสู่ร่างกายของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง
- 2.7 ความเป็นพิษของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง
- 2.8 ลักษณะแม่น้ำเจ้าพระยา
- 2.9 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณสมบัติของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง

2.1.1 คุณสมบัติของตะกั่ว

ตะกั่วเป็นโลหะหนักชนิดหนึ่ง ในสภาวะปกติมีสถานะเป็นของแข็งสีน้ำเงินปนเทา มีจุดหลอมเหลวต่ำและมีจุดเดือดสูงพอสมควร จัดเป็นโลหะที่มีความอ่อนตัวค่อนข้างสูง จึงไม่เหมาะกับการใช้งานที่ต้องการรับน้ำหนักมาก (พิมล เรียนวัฒนา และชัยวัฒน์ เจนวานิชย์. 2525 : 223)

2.1.2 ลักษณะสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของตะกั่ว

สัญลักษณ์	Pb
เลขอะตอม	82 เป็นธาตุที่ 5 ของหมู่ IVA ในตารางธาตุนี้หนัก
น้ำหนักอะตอม	207.2
จุดหลอมเหลว	327.5°C
จุดเดือด	1740°C
ความหนาแน่น	11.342 g / cm ³ ที่ระดับอุณหภูมิ 25°C
เลขออกซิเดชัน	+ 2 , + 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอโซโทปเสถียร	^{208}Pb (22.6%) ^{206}Pb (23.60%) ^{207}pb (22.6%) ^{204}Pb (1.48%)
โครงสร้างผลึก	Face - Center Cubic
การละลาย	ไม่ละลายในน้ำ ละลายได้ในกรดไนตริกและกรดซัลฟูริก
ในธรรมชาติจะพบในรูปตะกั่วซัลเฟต (Lead Sulphate) และตะกั่วซัลไฟด์ (Lead Sulphide)	
แร่ตะกั่วมักพบร่วมกับสังกะสี เหล็ก แคดเมียม และเงิน	

2.1.3 คุณสมบัติของแคดเมียม

แคดเมียมเป็นโลหะที่มีคุณสมบัติเบา อ่อน ตัดงอได้ และทนต่อการกัดกร่อน เป็นโลหะที่มีในธรรมชาติน้อยกว่าสังกะสี ประมาณว่ามีอยู่ในเปลือกโลก 5×10^{-4} % โดยน้ำหนักไม่มีแหล่งแร่ของแคดเมียมโดยตรง แต่จะเป็นผลพลอยได้จากการถลุงแร่สังกะสี

2.1.4 ลักษณะสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของแคดเมียม

สัญลักษณ์	Cd
เลขอะตอม	48 เป็นธาตุที่ 2 ของหมู่ IIB ในตารางธาตุ
น้ำหนักอะตอม	112.4
จุดหลอมเหลว	320.9°C
จุดเดือด	767°C
ความหนาแน่น	8.65 g / cm^3 ที่ระดับอุณหภูมิ 20°C
เลขออกซิเดชัน	+2
ความดันไอ	1.4 mm ที่ 400°C 1.6 mm ที่ 500°C
การละลาย	ไม่ละลายในน้ำ ละลายได้ในกรดไนตริกและกรดไฮโดรคลอริก

2.1.5 คุณสมบัติของสังกะสี

สังกะสีเป็นโลหะที่มีความแข็งแต่เปราะ ไม่สามารถดัดให้โค้งงอตามรูปร่างที่ต้องการได้ และเนื่องจากมีจุดหลอมเหลวต่ำ จึงไม่คงตัวในธรรมชาติ เกิดปฏิกิริยาได้ง่าย (โซคซัย ยะชูศรี. 2535 : 13)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 ลักษณะสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของสังกะสี

สัญลักษณ์	Zn
เลขอะตอม	30 เป็นธาตุที่ 1 ของหมู่ IIB ในตารางธาตุ
น้ำหนักอะตอม	65.38
จุดหลอมเหลว	419 °C
จุดเดือด	907 °C
ความหนาแน่น	7.4 g / cm ³ ที่ระดับอุณหภูมิ 20 °C
เลขออกซิเดชัน	+2
การละลาย	ไม่ละลายในน้ำ ละลายได้ในกรดไนตริกและกรดไฮโดรคลอริก

2.1.7 คุณสมบัติของทองแดง

ทองแดงเป็นโลหะที่มีความเหนียว สามารถดัดให้โค้งงอตามรูปร่างที่ต้องการได้ ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศที่อุณหภูมิสูงได้ (ไซคซีย์ ยะชูศรี. 2535 : 10)

2.1.8 ลักษณะสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของทองแดง

สัญลักษณ์	Cu
เลขอะตอม	29 เป็นธาตุที่ 1 ของหมู่ IB ในตารางธาตุ
น้ำหนักอะตอม	63.546
จุดหลอมเหลว	1083 °C
จุดเดือด	2310 °C
ความหนาแน่น	8.92 g / cm ³ ที่ระดับอุณหภูมิ 20 °C
เลขออกซิเดชัน	+1 , +2 และ +3
การละลาย	ไม่ละลายในน้ำ ละลายได้ในกรดไนตริกและกรดซัลฟูริก

2.2 กรรมวิธีการผลิตตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง

2.2.1 กรรมวิธีการผลิตตะกั่ว (Lead Production Process)

ตะกั่วกระจายอยู่ทั่วไปในธรรมชาติที่เปลือกโลกมีตะกั่วโดยเฉลี่ยประมาณ 10-15 ppm

(พิมล เรียนวัฒนา และชัยวัฒน์ เจนวนิชย์. 2525 : 223) ตะกั่วที่ปรากฏเป็นธาตุอิสระในธรรมชาติมีน้อยมาก ตะกั่วที่พบในเปลือกโลกทั้งหมดจะอยู่ในรูปของแร่ที่สำคัญ ได้แก่ Galena (PbS) ซึ่งมีส่วนประกอบ Pb 86.6 เปอร์เซ็นต์ S 13.4 เปอร์เซ็นต์ Cerussite (PbCO₃) ซึ่งมี PbS 83.5 เปอร์เซ็นต์ CO₂ 16.5 เปอร์เซ็นต์ และ Anglesite (PbSO₄) มีส่วนประกอบ PbO 73.6 เปอร์เซ็นต์ SO₃ 26.4

เปอร์เซ็นต์ (สุธรรม แยมเนียม และงานพิศ แยมเนียม, 2519 : 45) แหล่งแร่ตะกั่วมักพบบริเวณเดียวกันกับ แหล่งแร่ทองแดง เงิน สังกะสี พลวง และบิสมัท

ในธรรมชาติตะกั่วมีแหล่งกำเนิดจากหินอัคนีและหินแปร มีประมาณ 10-20 ppm ส่วนใหญ่จะอยู่ในสภาพ Silicate Rock ซึ่งมีอยู่ใน Potash Feldspars 5-50 ppm หินแกรนิต 5-50 ppm และใน Basic Igneous Rocks 2-23 ppm ในหินปูน หินทราย หินดินดาน และดิน พบตะกั่วจะมีปริมาณเฉลี่ย ประมาณ 5-10, 10-40, 20 และ 10 ppm ตามลำดับ (สุธรรม แยมเนียม และงานพิศ แยมเนียม, 2519 : 45) และที่พบมากที่สุดคือหินฟอสเฟต (Phosphate Rock) ซึ่งมีปริมาณมากกว่า 100 ppm สำหรับกรรมวิธีในการถลุงแร่ตะกั่วมีดังนี้

2.2.1.1 กรรมวิธีการถลุงแร่ตะกั่วด้วยเตาถลุงแบบหมุนสั้น (Short Rotary Furnace)

(กองสิ่งแวดล้อม. 2541 : 26-37)

แร่ตะกั่วที่นำมาถลุงเป็นแร่ตะกั่วคาร์บอเนต หรือ แร่เซร่าไซด์ ($PbCO_3$) เป็นสินแร่ที่ไม่มีกำมะถัน หรือมีน้อยมาก กรรมวิธีแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ

(1) ขั้นตอนการถลุง (Smelting) วัตถุดิบประกอบด้วยผงแร่ตะกั่วซึ่งผ่านการลอยแร่ (Floatation) แล้วมีเปอร์เซ็นต์ตะกั่วไม่ต่ำกว่า 60% รวมกับฝุ่นจากอุปกรณ์เก็บฝุ่น (Bag House Filter) ที่ยังมีตะกั่วปนอยู่ ทราย ปูนขาว เหล็กออกไซด์ และถ่านโค้ก ผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสมป้อนเข้าเตาถลุง (Short Rotary Furnace) ที่อุณหภูมิ 600-800 °C จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 1200 °C ทิ้งไว้ที่อุณหภูมินี้ 7-8 ชั่วโมง โดยเตาถลุงจะหมุนตัวไปรอบ ๆ อย่างช้า ๆ เมื่อแร่ตะกั่วละลายและแยกตัวโดยมีตะกั่วซึ่งมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าจมอยู่ด้านล่าง และชั้นตะกั่วอันอาจจะประกอบด้วย ซิลิกา เหล็ก ปูน และถ่าน จะแยกตัวลอยอยู่ด้านบนรอการตักไปทิ้ง หรือนำไปผ่านวิธีการแยกอย่างอื่นต่อไป หากตะกั่วชั้นเหล่านี้ยังมีโลหะที่มีค่าปนอยู่ ส่วนตะกั่วเหลว (Pb-Bullion) จะถูกปล่อยให้ไหลออกจากเตาถลุงลงในภาชนะที่เตรียมไว้เพื่อนำไปผ่านการทำให้บริสุทธิ์ต่อไป

(2) ขั้นตอนการทำโลหะตะกั่วให้บริสุทธิ์ (Refining) Pb-Bullion ที่ได้จากเตาถลุง (Short Rotary Furnace) ยังมีโลหะมลทินเจือปนอยู่ เช่น ทองแดง (Cu), เงิน (Ag), พลวง (Sb), สารหนู (As), และอื่น ๆ เพื่อที่จะทำ Pb-Bullion ให้เป็นตะกั่วบริสุทธิ์ (A-Lead) ซึ่งประกอบด้วย Pb = 99.99% และโลหะมลทินอื่น ๆ เช่น ทองแดง (Cu), เงิน (Ag), สังกะสี (Zn), ปรอท (Hg), ดีบุก (Sn), พลวง (Sb), แคดเมียม (Cd), ต้องน้อยกว่า 10 g/T และ บิสมัท (Bi) ต้องน้อยกว่า 50 g/T โลหะตะกั่วที่ได้จากเตาถลุงจึงต้องผ่านกรรมวิธี Refined ซึ่งแบ่งเป็น 6 ส่วน ดังนี้

1. ตะกั่วบริสุทธิ์สำหรับหล่อ (Casting)

(1) หลอมตะกั่ว (Melting And Rawdrossing) เนื่องจากใน Pb-Bullion มีตะกั่ว (Slag) และกากโลหะ (Dross) ติดอยู่ตามผิวซึ่ง Pb-Bullion นี้ต้องนำกลับมาหลอมก่อนทำสะอาด เพื่อเอากากโลหะและตะกั่วที่ติดค้างออกก่อนแล้วนำกากโลหะที่ได้เข้าเตาถลุงใหม่ อุณหภูมิที่ใช้ในกะหล่มนี้ประมาณ 450 °C

(2) **ขจัดทองแดง (Decoppering)** การลดอุณหภูมิของตะกั่วที่หลอมเหลวลงเหลือ 340°C จะทำให้สามารถขจัดทองแดงได้ประมาณ 0.06% (600 g/T) แต่ปริมาณของทองแดงในตะกั่วบริสุทธิ์ ต้องน้อยกว่า 10 g/T จึงต้องเติมกำมะถันในขณะที่ลดอุณหภูมิของตะกั่วจนเข้าใกล้จุดแข็งตัว คือ ประมาณ 330°C ถึง 350°C ซึ่งอาจลดปริมาณทองแดงเหลือ $10\text{--}150\text{ g/T}$ กำมะถัน $40\text{--}80\text{ kg}$ จะเติมระหว่างกวนกำมะถันจะถูกดึงเข้าไปในตะกั่วและจะรวมตัวกับทองแดงเป็นทองแดงซัลไฟด์ (Cu_2S) เป็นกากโลหะ กากโลหะจะลอยอยู่บนผิวของตะกั่ว เพื่อทำกากโลหะให้แห้งจะเติมซีลีอระหว่างกวน กากโลหะนี้ประกอบด้วย $70\text{--}80\%$ Pb แล้วนำกากโลหะนี้ประจุ (Charge) เข้าถลุง

(3) **ขจัดเงิน (Desilvering)** ขจัดเงินออกจากตะกั่วใช้วิธีเติม Zn โดยปกติตะกั่วและสังกะสีจะละลายเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อเติมสังกะสีลงในโลหะตะกั่วที่หลอมเหลว สังกะสีจะรวมตัวกับเงินกลายเป็นโลหะผสมสังกะสี-เงิน ซึ่งจะมีจุดหลอมตัวดังนี้

Ag_2Zn_3	จุดหลอมตัว	665°C
Ag_2Zn_5	จุดหลอมตัว	636°C

อุณหภูมิที่ใช้ในการวิธีนี้ คือ 500°C ดังนั้น โลหะผสมสังกะสี-เงิน จะกลายเป็นของแข็งและของเหลวบางส่วน และโลหะผสมนี้จะเบากว่าตะกั่ว จะลอยขึ้นที่ผิวหน้าระหว่างลดอุณหภูมิให้เหลือ 340°C กลายเป็น Skim

การละลายของสังกะสีในตะกั่วจะลดลงตามอุณหภูมิของตะกั่ว เมื่ออุณหภูมิของตะกั่วประมาณ 330°C ปริมาณของสังกะสีในตะกั่วประมาณ 0.5% ดังนั้นในการเติมสังกะสีเพื่อขจัดเงินอุณหภูมิที่ใช้ต้องอย่างน้อยที่สุด 460°C และปริมาณสังกะสีประมาณ 1% ของ Charge เพื่อที่จะแน่ใจว่าขจัดเงินได้ผลระหว่างลดอุณหภูมิของตะกั่วให้เหลือ 330°C สังกะสีก็จะแยกออกจากตะกั่วและรวมตัวกับเงินโลหะผสมหรือ Skim นี้จะลอยขึ้นบนผิวของตะกั่วเป็นผลึก ผลึกของสังกะสี-เงิน และจะตักออกด้วย Drosshovel Skim นี้จะประกอบด้วย เงินเกือบทั้งหมดจากตะกั่ว ปริมาณของเงินจะน้อยกว่า 5 g/T อัตราส่วนของเงินจะสูงสุดในขณะเริ่มต้นที่อุณหภูมิสูง ประมาณ 500°C Skim นี้เรียกว่า Richskim ซึ่งต้องตักออกแล้วส่งเข้ากรรมวิธีทำเงินบริสุทธิ์ต่อไป

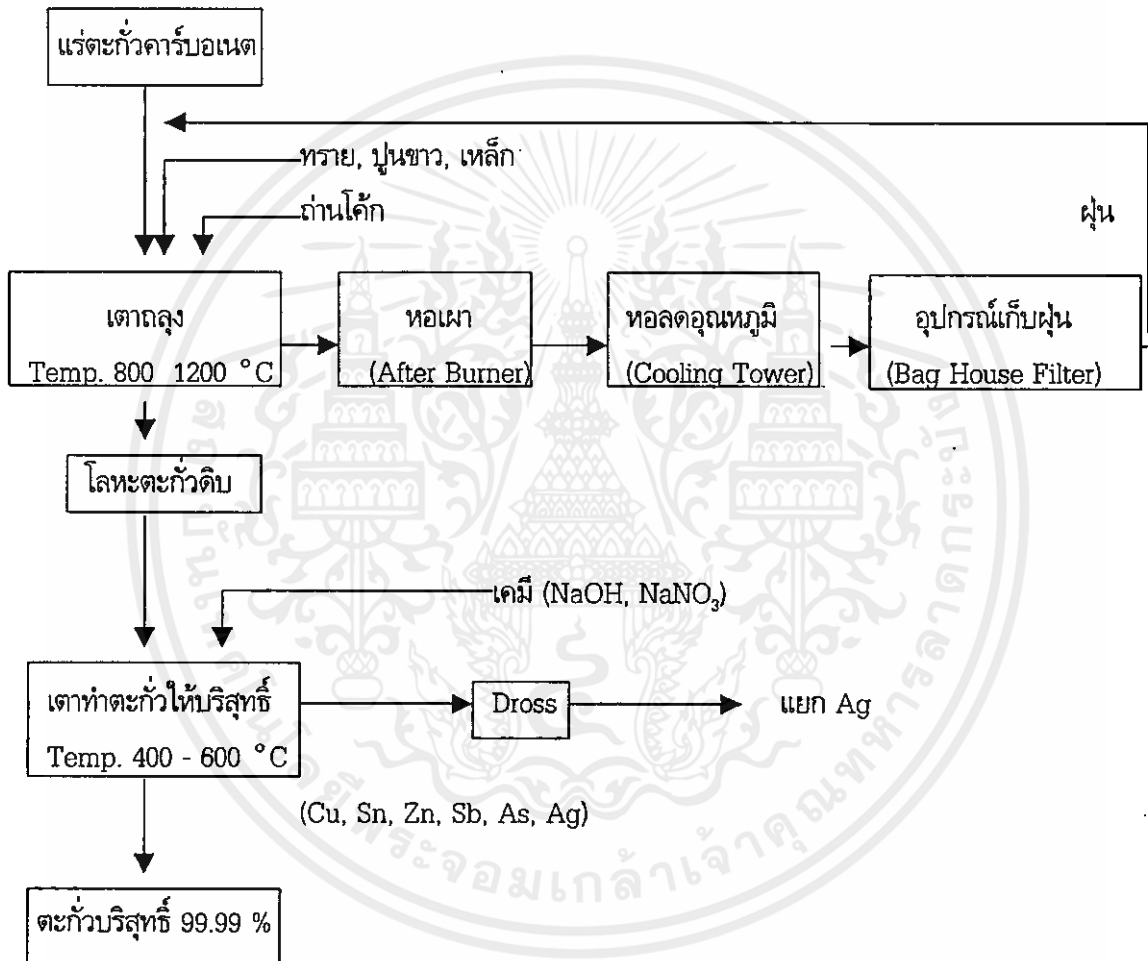
ช่วงท้ายของ Skim ที่ได้จะเป็น Poorskim ซึ่งจะมีเงินอยู่ในอัตราส่วนที่ลดลง และมีสังกะสีเหลืออยู่มาก เราจึงใช้ Poorskim มาขจัดเงินใหม่อีก

(4) **การขจัดสังกะสี (Dezincing)** หลังจากขจัดเงินแล้ว ปริมาณของสังกะสีที่เหลือในตะกั่วประมาณ 0.5% (500 g/T) การขจัดสังกะสีเกิดในสุญญากาศของ Vacuum Bell ที่วางบนกะทะสังกะสีกลายเป็นไอที่อุณหภูมิต่ำกว่า ตะกั่วในสุญญากาศ และอุณหภูมิ 600°C สังกะสีส่วนใหญ่จะกลายเป็นไอออกจากตะกั่วหลอมเหลว และจะกลั่นตัวเป็นไอสังกะสี (Zinc Vapor) ที่ผิวที่เย็นกว่าของ Vacuum Bell ซึ่งถูกหล่อเย็นด้วยน้ำ สังกะสีจะเริ่มแข็งตัวและจับตัวได้ Bell สังกะสีที่ได้นี้จะนำกลับมาใช้ในการขจัดเงินสังกะสีที่เหลืออยู่ในตะกั่ว ประมาณ 1000 g/T เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

(5) **การขจัดฟอสฟอรัส, สารหนู, ดีบุก, และสังกะสี (Alkali Method)** หลังจากขจัดสังกะสีแล้ว โลหะตะกั่วยังมีฟอสฟอรัสและสังกะสีผสมเป็นส่วนใหญ่ ส่วนสารหนู และดีบุกผสมอยู่น้อยมาก วิธีขจัด

โลหะมอลทินเหล่านี้จะใช้ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไนเตรท (เรียกว่า Oxidation) จำนวนที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณของสังกะสีและพลวงอุณหภูมิที่ใช้ประมาณ $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ หากโลหะที่ได้จะออกเป็นก้อนสีเหลือง ซึ่งมีตะกั่วปนอยู่ถึง 60 % ซึ่งจะส่งเข้าเตาถลุงต่อไป

(6) ตะกั่วบริสุทธิ์สำหรับหล่อ (Casting) ตะกั่วบริสุทธิ์จากกระทะที่ 5 จะถูกส่งมาพักในกระทะนี้ เพื่อทำการวิเคราะห์ เพื่อให้ได้โลหะตะกั่วบริสุทธิ์ 99.99 % และส่งเข้าหน่วยหล่อเพื่อจำหน่ายต่อไป



รูปที่ 2.1 แผนภูมิกรรมวิธีการผลิตโลหะตะกั่วบริสุทธิ์ 99.99 %

2.1.1.2 กรรมวิธีการหลอมตะกั่วจากเศษแผ่นแบตเตอรี่ชำรุด

ในปัจจุบันการหลอมตะกั่วจากเศษแผ่นแบตเตอรี่ชำรุด มีการใช้เตาหลอมที่แตกต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่

(1) การหลอมตะกั่วจากแผ่นแบตเตอรี่ชำรุดด้วยเตาแบบหมุนสั้น (Short Rotary

Furnace) ลักษณะของเตาเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกประมาณ 3 เมตร ยาว 4 เมตร เปลือกเตาทำด้วยเหล็กกล้า (Mind Steel) ภายในกรุด้วยอิฐทนไฟ ตั้งอยู่บนฐาน มีลูกกลิ้งรองรับหมุนด้วยเกียร์แบบฟันเฟือง ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 20 แรงม้า ตัวเตาหมุนไปตามแวนอน ด้านหน้าของเตามีประตูสำหรับประจุ (Charge) วัตถุดิบอยู่ตรงกลาง และมีช่อง 3 ช่อง อยู่ใกล้กันที่บริเวณรอบนอกของตัวเตาสำหรับเจาะเอาแร่โลหะ และตะกั่ว (Slag) ออก หัวฉีด (Burner) อยู่ด้านหลังของเตา ขนาดประจุ 6 ตันต่อชั่วโมง ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนประมาณ 1200°C

ในการหลอมแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การหลอมตะกั่วจากเศษแผ่นแบตเตอรี่ชำรุดเป็น ตะกั่วดิบ (Crude Lead) และการทำสะอาดตะกั่ว (Refining)

การหลอมจะใช้เศษแผ่นแบตเตอรี่ชำรุดผสมกับฝุ่น (Dust) จากอุปกรณ์เก็บฝุ่นและกากโลหะ (Dross) จากการทำสะอาดตะกั่ว (Refine) ผสมกับเชื้อถลุง (Flux) ทินปนุ เศษเหล็ก และถ่านโค้ก ผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม ประจุเข้าเตาถลุงที่อุณหภูมิ 1200°C ประมาณ 7-8 ชั่วโมง โดยเตาจะหมุนตัวเองไปรอบ ๆ อย่างช้า ๆ จะได้โลหะตะกั่ว (Crude Lead) ประมาณ 5-6 ตัน ซึ่งจะนำไปทำทำความสะอาด (Refining) ในเตากะทะต่อไป

การทำสะอาด (Refining) จะใช้เตากะทะ โดยเติมสารเคมีเพื่อกำจัดมลทินต่าง ๆ เช่น อาร์เซนิก ดีบุก สังกะสี ออกให้อยู่ในรูปของกากโลหะ (Dross) และตักออกจากนั้นจึงเติมโลหะพลวงให้ได้เปอร์เซ็นต์ที่ต้องการ แล้วจึงหล่อเป็นแท่งโลหะตะกั่วผสมเพื่อจำหน่าย

(2) การหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ชำรุดด้วยเตานอน (Reverberatory Furnace)

ลักษณะของเตา เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดประมาณ $3.8 \times 2.8 \times 2$ เมตร เปลือกเตาทำด้วยเหล็กแผ่น ภายในกรุด้วยอิฐทนไฟเป็นรูปโค้งมน ด้านหน้ามีประตูสำหรับประจุ (Charge) วัตถุดิบ ด้านล่างมีช่องสำหรับเจาะแร่โลหะ และตะกั่ว (Slag) ออก หัวเผา (Burner) อยู่หัวเตาใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง

ในการหลอมแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การถลุงตะกั่วจากแผ่นแบตเตอรี่ชำรุดเป็นตะกั่ว (Crude Lead) และการทำสะอาดตะกั่ว (Refining)

การหลอมจะใช้เศษแผ่นแบตเตอรี่ชำรุดผสมกับฝุ่น (Dust) ที่กักเก็บจากอุปกรณ์เก็บฝุ่นควัน และกากโลหะจากการทำสะอาดตะกั่ว ผสมกับเชื้อถลุง โซเดียมคาร์บอเนต เศษเหล็กและถ่านไม้บด ผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม ประจุเข้าเตาหลอมประมาณ 2 ตันต่อชั่วโมง ใช้เวลาในการหลอมประมาณ 2-3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ $1000-1100^{\circ}\text{C}$ เมื่อตะกั่วผสมกับวัตถุดิบต่าง ๆ ภายในเตาหลอมละลายดีแล้ว ทำการเจาะตะกั่วและแร่โลหะตะกั่วออกจากเตา นำโลหะตะกั่วดิบ (Crude Lead) ที่ได้นำไปทำสะอาด (Refining)

การทำสะอาด (Refining) นำตะกั่วดิบไปหลอมในเตากะทะ โดยมีท่อพ่นลมจุ่มในกะทะขณะที่โลหะตะกั่วกำลังหลอมละลาย เพื่อให้ทำให้น้ำโลหะตะกั่วเดือดเล็กน้อย สิ่งมลทินต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำโลหะตะกั่ว จะลอยขึ้นมาบนผิวน้ำโลหะ ซึ่งเป็นกากโลหะแล้วตักออก จากนั้นจึงเติมโลหะพลวงให้ได้เปอร์เซ็นต์ที่ต้องการ แล้วจึงหล่อเป็นแท่งโลหะผสมเพื่อจำหน่ายต่อไป

(3) กรรมวิธีการหลอมตะกั่วจากเศษแผ่นแบตเตอรี่ข่ารดด้วยเตาตั้ง (Cupola Furnace)

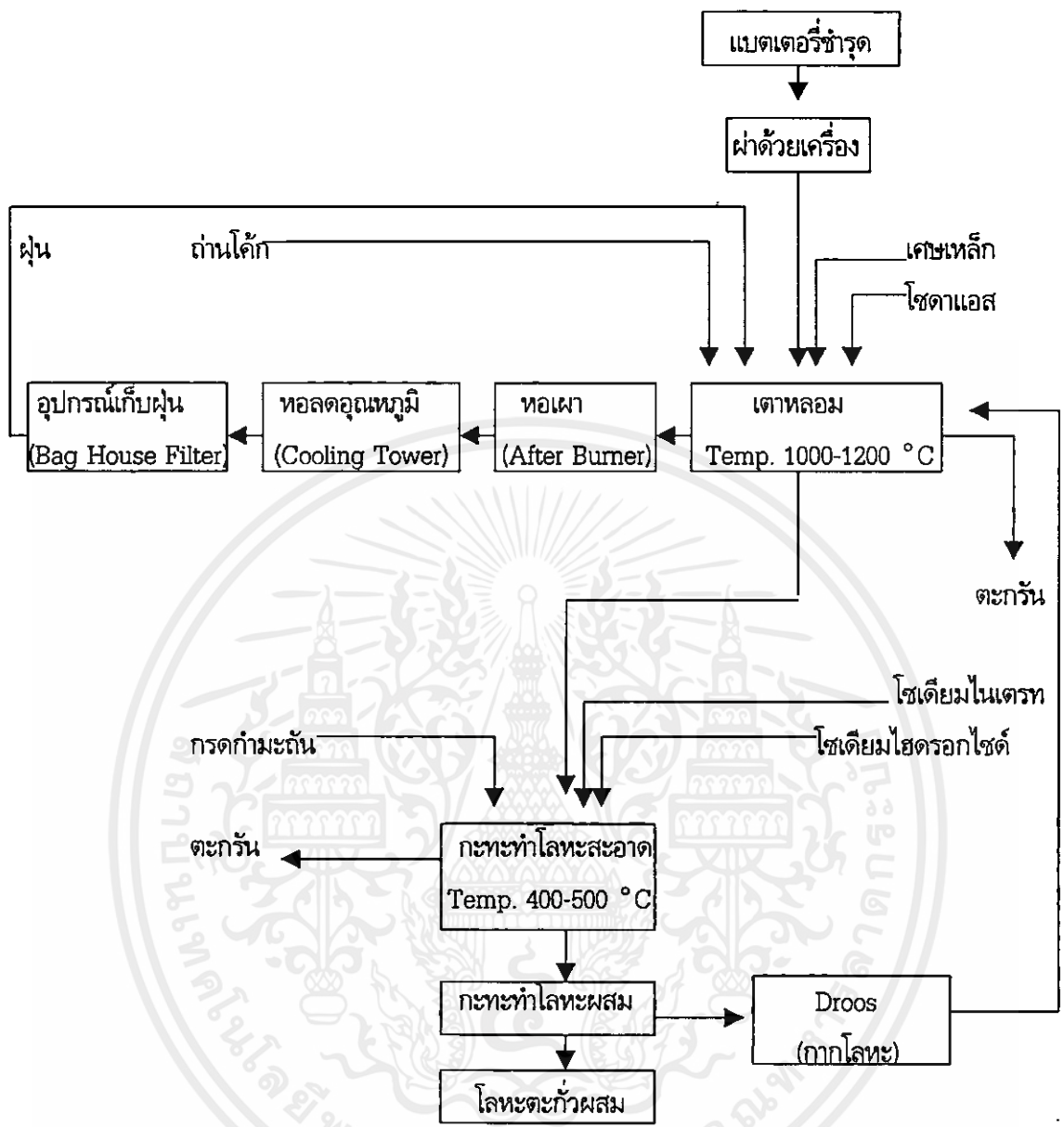
ลักษณะของเตา เป็นรูปทรงกระบอกสูงประมาณ 300 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายในประมาณ 100 เซนติเมตร ภายนอก 130 เซนติเมตร เปลือกเตาทำด้วยเหล็กแผ่นม้วนเป็นโหลออกไปสู่บ่อพัก เพื่อแยกตะกั่ว (Slag) ด้านข้างเป็นประตูสำหรับประจุ (Charge) วัตถุดิบรอบ ๆ มีท่อลมเป่าอากาศจากพัดลม (Blower) ขนาด 10 แรงม้า เป่าลมเข้าไปในเตาเพื่อให้ถ่านโค้ก (Coke) ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงลุกไหม้ ด้านบนของเตาต่อเข้ากับท่อขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 48 เซนติเมตร ดูดก๊าซภายในเตาผ่านเข้าอุปกรณ์กำจัดก๊าซเสีย อุปกรณ์ประกอบด้วยหอระบายความร้อนด้วยน้ำไซโคลน (Cyclone) มีหน้าที่กักเก็บฝุ่นหยาบ ห้องกรองฝุ่นแบบถุงกรอง (Bag House Filter) กักเก็บฝุ่นละเอียด และอุปกรณ์กำจัดไอกรด (Scrubber)

ในการถลุงแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การถลุงตะกั่วจากเศษแผ่นแบตเตอรี่ข่ารดเป็นตะกั่วดิบ (Crude Lead) และการทำสะอาด (Refining)

การหลอมจะเริ่มอุ่นเตา (Pre-Heat) โดยใช้ถ่านไม้และเติมถ่านโค้ก เวลาประมาณ 30 นาที เมื่อถ่านโค้กติดไฟดีแล้ว จะเริ่มป้อนเศษแผ่นแบตเตอรี่ข่ารด ร่วมกับถ่านโค้กเป็นระยะ ๆ วัตถุดิบภายในเตายุบลงที่อุณหภูมิ 800-1000 °C ตะกั่วจากเศษแผ่นแบตเตอรี่ข่ารดถูกหลอมเหลวเป็นน้ำโลหะตะกั่วไหลออกมาจากเตาเบ้ารองรับตลอดเวลา เมื่อเต็มเบ้าจะตักใส่กะทะทำตะกั่วให้สะอาดต่อไป

การทำสะอาด (Refining) จะหลอมตะกั่วดิบ (Crude Lead) ในเตากะทะที่อุณหภูมิประมาณ 400-500 °C เพื่อไล่มลทินต่าง ๆ ออกจากเนื้อตะกั่วเมื่อมลทินหมดแล้ว จึงเติมโลหะพลวงให้ได้เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แผนภูมิกรรมวิธีการผลิตโลหะตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่ข่ารด

2.2.2 กรรมวิธีการผลิตแคดเมียม (Cadmium Production Process)

แคดเมียมเป็นแร่ที่พบกระจายปนกับแร่ชนิดอื่น ไม่ได้เป็นแร่ที่แยกเป็นเอกเทศ และมักพบปนอยู่กับแร่สังกะสีในปริมาณ 0.1-5 % ซึ่งปริมาณแคดเมียมจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณสังกะสีในแร่ กล่าวคือ ถ้าในแร่มีปริมาณสังกะสีสูงปริมาณแคดเมียมจะสูงตามไปด้วย ซึ่งอัตราส่วนระหว่างแคดเมียมและ

สังกะสี ยังพบปนอยู่ในแร่ตะกั่วและทองแดง แต่พบในปริมาณน้อยกว่า สำหรับแร่สังกะสีในประเทศไทยที่ขุดได้ในจังหวัดตาก มีแคดเมียมประกอบอยู่ 0.23-0.38 %

ในการผลิตแคดเมียมนั้นได้จากผลิตผลที่เหลือจากการถลุงสังกะสี ตะกั่ว หรือทองแดงซึ่งผลิตผลที่เหลือ ที่สำคัญที่นำมาใช้ในการผลิตแคดเมียม คือ ก้อนของสังกะสี แคดเมียม จากการถลุงสังกะสี ซึ่งมีแคดเมียม 2.5-10 % หรือผลิตผลที่เหลือจากการถลุง ของการผลิตตะกั่วและสังกะสีในรูปของฝุ่นตะกั่วที่มีแคดเมียมประมาณ 2-5 % และผงที่มีแคดเมียม 0.7-1.07 % แต่ส่วนใหญ่ผลิตผลที่เหลือ ที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแคดเมียมคือ ก้อนของสังกะสี แคดเมียม

กระบวนการในการผลิตแคดเมียมจากผลิตผลที่เหลือ หรือประเภทก้อนของสังกะสี แคดเมียม ส่วนใหญ่จะใช้วิธี Hydrometallurgical ซึ่งมีขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้ คือ

- 1) บดให้ละเอียดและแขวนลอยในน้ำ (Leaching Process)
- 2) กระบวนการแยกสิ่งเจือปนต่าง ๆ ออก (Purification Process)
- 3) แยกแคดเมียมออกจากสารละลายโดยใช้ไฟฟ้า (Electrolytic)
- 4) นำแคดเมียมที่แยกได้มาหลอมละลาย
- 5) นำมาผ่านขบวนการต่าง ๆ เพื่อให้ได้โลหะแคดเมียมที่มีความบริสุทธิ์สูง

สำหรับการสกัดเอาแคดเมียมออกจากผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่มีแคดเมียมประกอบอยู่ มีขั้นตอนในการสกัดดังนี้คือ

- 1) นำผลิตภัณฑ์เหล่านั้นไปละลายในกรดซัลฟูริกเจือจาง จะทำให้แคดเมียมและสังกะสี ละลายออกมา จากนั้นแคดเมียมจะตกตะกอนลงมากับฝุ่นสังกะสี
- 2) แยกตะกอนแคดเมียมออกมา (ตะกอนนี้มีแคดเมียมประมาณ 50-80 % สังกะสีประมาณ 10-20 %) ส่วนที่เหลือจะเป็นเหล็กและทองแดง
- 3) นำตะกอนแคดเมียมผึ่งลม เพื่อให้เกิดการออกซิไดซ์เป็นเวลา 2-3 สัปดาห์ (ขั้นตอนนี้บางแห่งใช้น้ำแทน)
- 4) นำตะกอนดังกล่าวมาสกัดเอาแคดเมียมออกมาโดยนำไปทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริกเจือจางที่มีความเข้มข้น 70-80 g / l
- 5) แคดเมียมซัลเฟต จะถูกตกตะกอนจากสารละลายโดยการ ใช้ไฟฟ้าที่ 40 °C
- 6) นำเอาแคดเมียมที่เกาะติดอยู่บนแท่งแคโทดออกทำให้แห้งและนำไปหลอมอีกครั้งที่อุณหภูมิ 330-335 °C
- 7) แคดเมียมที่ได้จะถูกหล่อให้เป็นก้อนหรือแท่ง

ส่วนขบวนการสกัดแคดเมียมออกจากฝุ่นของตะกั่วทำได้โดยการนำไปละลายด้วยกรดซัลฟูริกที่อุณหภูมิ 400-500 °C แล้วตามด้วยวิธี Hydrometallurgical

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ในก้อนมีปริมาณแคดเมียมแตกต่างกันไป ดังนั้นในกระบวนการ บดให้ละเอียดและแขวนลอยในน้ำจำเป็นต้องมีการเพิ่มหรือตัดแปลงวิธีการให้แตกต่างกันไป ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าปริมาณแคดเมียมในก้อนมีมากกว่า 6 % ใช้การบดให้ละเอียดและแขวนลอยในน้ำอย่างเดียว

ถ้าปริมาณแคดเมียมในก้อนมี 3-6 % ใช้ การบดให้ละเอียดและแขวนลอยในน้ำ ซึ่งสามารถละลายทั้งแคดเมียมและทองแดง ต่อมาตะกอนเอาแคดเมียมออกจากสารละลายทองแดง

ถ้าปริมาณแคดเมียมในก้อน มีน้อยกว่า 3 % โดยการ บดให้ละเอียดและแขวนลอยในน้ำ ทั้ง 2 ครั้ง กล่าวคือ ครั้งแรกโดยการ Caburization Cadmium จากสารละลายที่มีแร่แขวนลอยอยู่แล้ว ตามต้องการ กระบวนการชะล้างก้อนทองแดง แคดเมียม ออกมาโดยใช้เครื่องเซนติฟิวส์ซึ่งแคดเมียมที่ได้ จะถูกนำมาผ่านขบวนการอื่น ๆ อีก เพื่อให้ได้แคดเมียมที่มีความบริสุทธิ์สูง

ในการสกัดแคดเมียมออกจากผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูป ประเภทตะกั่ว หรือทองแดง ใช้วิธี Amalgam โดยการ Caburization หรือ Zinc Amalgam แล้วตามด้วยปฏิกิริยา Anodic Oxidation

2.2.3 กรรมวิธีการผลิตสังกะสี (Zinc Production Process)

2.2.3.1 การผลิตโลหะสังกะสีด้วยไฟฟ้า (Electrolysis)

(1) การย่างแร่ (Roasting)

แร่สังกะสีที่สำคัญและมีมากที่สุดในโลกอยู่ในรูปของ ZnS ซึ่งประกอบด้วยธาตุสังกะสี และซัลเฟอร์ แร่สฟาเลอร์ไรต์สามารถนำมาแต่งด้วยวิธีลอยแร่ได้ เพื่อให้แยกตัวออกมาจากเศษดินทรายต่างๆ เป็นหัวแร่ที่สะอาดได้ไม่ยากมากนัก หัวแร่ ZnS ที่นิยมใช้ป้อนในโรงถลุงจะมีสังกะสีประมาณ 50-55% Zn และ 30 % S ที่เหลืออีก 10-20 % เป็นแร่มลทินต่าง ๆ หัวแร่ ZnS จะถูกนำไปย่างในเตาที่อุณหภูมิ 650-1000 °C เพื่อเปลี่ยนสังกะสีซัลไฟด์ให้เป็นสังกะสีออกไซด์ แร่ที่ผ่านการย่างแล้วเรียกชื่อว่า Zinc Calcine มีสังกะสีอยู่ประมาณ 65 % และมีซัลเฟอร์ต่ำกว่า 2%

(2) การละลาย (Leaching)

แคลไซน์ (Calcine) ที่ขนส่งมาจากโรงย่างแร่ที่จังหวัดระยอง จะถูกลำเลียงเข้าสู่ Storage Bin และลำเลียงต่อไปยัง Day Bin เพื่อป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิต ในขั้นตอนของการละลายสังกะสีแคลไซน์ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

- ขั้นตอน Neutral leach
- ขั้นตอน Hot Acid Leach
- ขั้นตอน Silicate Leach

(3) การกำจัดเหล็ก (Jarosite Precipitation)

ในขั้นตอนของการละลายสังกะสีจะมีเหล็กและสารมลทินอื่น ๆ ละลายออกมาด้วยการกำจัดเหล็กจะใช้กระบวนการของ Jarosite Precipitation สารละลายส่วนที่ใสจากขั้นตอนของการละลายสังกะสีในขั้น Hot Acid Leach และตะกอนในรูปของ Slurry จากขั้นตอนของการละลายสังกะสีในขั้น Silicate Leach จะส่งเข้ายังถังปฏิกิริยาของ Jarosite ซึ่งมีอยู่ 3 ถัง โดยการควบคุม pH เวลาอุณหภูมิที่เหมาะสมและเติม NaOH ในปริมาณเพียงพอ เหล็กที่ละลายอยู่ในสารละลายจะตกตะกอนในรูปของ $\text{Na}_2[\text{Fe}_6(\text{SO}_4)_4(\text{OH})_{12}]$ เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดของ Jarosite จะมีการเกิดขึ้นจึงต้องมีการเติม Neutralizer เพื่อกำจัดกรดส่วนเกินให้การควบคุม pH มีค่าที่ค่อนข้างคงที่ตลอดเวลา Neutralizer ที่ใช้ในการกำจัดกรด

นี้ คือ แร่สังกะสีซิลิเกตที่ผ่านการบดให้ละเอียดและส่งเข้าถังปฏิกรณ์ Jarosite ในรูปของพัลฟ์ ภาคตะกอนที่
ได้จากขั้นตอนนี้จะส่งไปกรองที่เครื่องกรองแบบสายพาน ซึ่งจะส่งกากเหล่านี้เข้าสู่ขบวนการ Residue
Treatmen ส่วนสารละลายที่กรองได้จะส่งกลับเข้าระบบที่ขั้นตอนของ Neutral Leach ข้อดีของการใช้แร่ซิลิ
เกตเป็น Neutralizer คือจะได้ Silico - Jarosite ที่มีเสถียรภาพดี เมื่อทำการทำลายฤทธิ์ด้วยปูนขาวแล้ว

(4) การทำสารละลายให้บริสุทธิ์ (Purification)

ในขั้นตอนของการละลายสังกะสีจะมีสารมลทิน เช่น Cd, Ni, Co, Cu ละลาย
พร้อมกับสังกะสีด้วย ซึ่งจำเป็นต้องมีกระบวนการในการกำจัดสารมลทินเหล่านี้ ออก โดยแบ่งการกำจัดออก
เป็น 2 ชั้น คือ

- การทำสารละลายให้บริสุทธิ์ด้วยความเย็น (Cold Purification)
- การทำสารละลายให้บริสุทธิ์ด้วยความร้อน (Hot Purification)

(5) การแยกสังกะสีด้วยไฟฟ้า (Electrowining)

ในโรงเซลล์ไฟฟ้า สังกะสีจะถูกแยกออกจากสารละลายที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ โดย
ใช้ไฟฟ้า ประกอบด้วยเซลล์ไฟฟ้า 2 แถว ๆ ประกอบด้วยขั้วบวก 101 ขั้ว ขั้วลบ 100 ขั้ว แผ่นขั้วบวกเป็น
ตะกั่วเจือเงิน ขั้วลบเป็นอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ สารละลายบริสุทธิ์จะถูกผ่านเข้าไปในเซลล์และเมื่อไหลออกจาก
เซลล์จะถูกเก็บไว้ในถังสำหรับสารละลายไหลเวียน (Circulating Tank) จากนั้นจะถูกส่งไปที่หอระบายความ
ร้อนซึ่งติดตั้งอยู่บนหลังคาของโรงเซลล์ไฟฟ้า เพื่อลดอุณหภูมิของสารละลายลงมา ก่อนที่จะไหลกลับเข้าไปใน
เซลล์อีก สารละลายดังกล่าวจะไหลวนเวียนอยู่เช่นนี้ จะมีโลหะสังกะสีจับเต็มแผ่นขั้วลบแต่ละขั้ว ซึ่งจะยกขึ้น
จากเซลล์และนำไปลอกสังกะสีออกด้วยเครื่องลอกที่มีอยู่ 2 เครื่อง แต่ละเครื่องสามารถลอกสังกะสีออกจาก
แผ่นโลหะสังกะสีที่ได้จะนำไปหลอมและหล่อส่วนแผ่นขั้วลบที่ผ่านการลอกโลหะแล้วจะนำไปเข้าเครื่องขัดทำ
ความสะอาดและตรวจข้อบกพร่องก่อนนำกลับไปใช้ในโรงเซลล์ไฟฟ้าต่อไป

(6) การหลอมและการหล่อโลหะ (Melting & Casting)

แผ่นสังกะสีจะนำไปหลอมในเตาไฟฟ้า ซึ่งมีกำลังผลิตสูงสุด โลหะหลอมเหลวที่
ได้ส่วนหนึ่งจะนำไปผลิตสังกะสี เพื่อใช้ในการทำสารละลายให้บริสุทธิ์ ให้กับขบวนการผลิตสังกะสีและขบวนการ
การผลิตแคดเมียม ส่วนที่เหลือจะหล่อเป็นแท่ง โลหะที่หล่อเป็นแท่งแล้วจะนำเข้าเครื่องซ้อนแล้วมัด ส่งเข้า
โรงเก็บโลหะสังกะสีพร้อมที่จะส่งออกจำหน่ายต่อไป

2.2.4 กรรมวิธีการผลิตทองแดง (Copper Production Process)

แหล่งแร่ขนาดใหญ่ที่มีทองแดงเฉลี่ยมากกว่า 3 % สำหรับสินแร่ทองแดงที่มีทองแดงตั้งแต่
0.75 % ขึ้นไป แร่ทองแดงพบร่วมกับแร่ต่าง ๆ ดังนี้ (กองโลหกรรม. 2541 : 25-50)

1. แร่กากออกไซด์ ซึ่งไม่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ
2. เหล็กซัลไฟด์ (ไฟไรต์ ไพร์ไรต์)
3. โลหะพื้นฐานซัลไฟด์อื่น ๆ ได้แก่ สังกะสี นิกเกิล และตะกั่ว
4. โลหะมีค่า (เงิน ทองคำ แพลทินัม)

(1) การแต่งแร่

สินแร่ทองแดงทุกวันนี้มีทองแดงต่ำจนไม่อาจถลุงได้โดยตรง การเผาและหลอมกากแร่มหาศาลย่อมต้องใช้เตาถลุงขนาดใหญ่ และสิ้นเปลืองพลังงานมาก ด้วยเหตุนี้สินแร่ที่จะนำไปถลุงจึงต้องผ่านการแต่งแร่โดยวิธีทางกายภาพก่อน ซึ่งตรงข้ามกับการสกัดโดยวิธีโลหวิทยาสารละลายที่แทบไม่จำเป็นต้องแต่งแร่ การแต่งแร่ทองแดง ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การบดแร่ และการลอยแร่

(2) การย่างหัวแร่ทองแดง

การย่างแร่ที่ใช้การสกัดทองแดงเป็นการออกซิเดชันหัวแร่ทองแดงกับอากาศ ทั้งนี้โดยมีเหตุผล 2 ประการ ซึ่งขึ้นกับวิธีการสกัดทองแดงคือ

(2.1) การสกัดโดยวิธีโลหวิทยาสารละลาย แร่ทองแดงซัลไฟด์ไม่อาจชะละลายได้โดยง่าย แต่ทองแดงซัลเฟต จะละลายน้ำ และทองแดงออกไซด์ ละลายในกรดซัลฟูริกเจือจาง

(2.2) การสกัดโดยวิธีโลหวิทยาความร้อนสูง การย่างแร่มักกระทำก่อนเข้าถลุงในเตานอน และเตาไฟฟ้า ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ความร้อนจากการย่างแร่อบวัตถุดิบให้แห้งและร้อนก่อนเข้าเตาถลุง และเพิ่มความเข้มข้นทองแดงในผลิตภัณฑ์จากการถลุง เช่น โนแมตต์หลอมเหลว

(3) กระบวนการถลุง

(3.1) แร่ทองแดงซัลไฟด์ที่ผ่านการย่างแล้ว

แร่ทองแดงซัลไฟด์ที่ผ่านการย่างแล้ว ได้รับการถลุงเป็นแมตต์และตะกั่วในเตานอน เตาไฟฟ้าและเตาพ่นลม โดยกระบวนการถลุงที่เหมือนกันไม่ว่าจะเป็นเตาลักษณะใด วัสดุป้อนเข้าเตาจึงประกอบด้วยโลหะซัลไฟด์ เหล็กออกไซด์ แร่กาก และสารเชื้อซิลิกา โดยหลอมเข้าด้วยกัน เหล็กออกไซด์ การแร่และซิลิกา รวมกันเป็นชั้นตะกั่วลอยตัวเหนือชั้นโลหะซัลไฟด์ หรือแมตต์

(3.2) หัวแร่ทองแดงซัลไฟด์ที่ไม่ย่าง

หัวแร่ทองแดงซัลไฟด์ที่ไม่ย่าง ได้รับการถลุงเป็นแมตต์และตะกั่วในเตานอน เตา นอนมากด้วยออกซิเจน เตาไฟฟ้า เตาถลุงแบบแฟลช และเตา 3 เตาแบบใหม่ที่เรียงต่อกันในกระบวนการหลอมต่อเนื่อง ปฏิบัติการถลุงหลักและรวมเหมือนกันกับการถลุงแมตต์ของคัลไซนซัลไฟด์ที่ย่างแล้ว ผลิตภัณฑ์จากการถลุงคือ แมตต์เหลว มีโลหะซัลไฟด์ของทองแดง นิกเกิล โคบอลต์ และเหล็ก และตะกั่วที่รวมตัวจากเหล็กออกไซด์ แร่กาก และสารเชื้อซิลิกา

(3.3) คอนเวอร์ตติ้ง

จุดประสงค์ของกระบวนการคอนเวอร์ตติ้งมี 2 ประการ หนึ่งเพื่อออกซิไดส์เหล็ก และกำจัดออกในรูปแบบตะกั่ว สองกำจัดกำมะถันด้วยการออกซิไดส์ ความร้อนที่ต้องการได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน วัสดุป้อนก็คือ แมตต์เหลวที่อุณหภูมิประมาณ 1100 °C และถูกพ่นอากาศครั้งแรกเพื่อได้ "โลหะขาว" ซึ่งส่วนใหญ่คือ ทองแดงซัลไฟด์ การพ่นอากาศครั้งที่สองให้

เอกสารนี้ไม่บริสุทธิ ซึ่งเมื่อเทแล้วได้ทองแดงบริสุทธิ์ ก็มีลักษณะโปร่งใส เนื่องจากก๊าซหลุดขึ้นระหว่างการแข็งตัว ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3.4) การทำให้บริสุทธิ์

ทองแดงบลิสเตอร์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากการถลุงจำเป็นต้องทำให้บริสุทธิ์ก่อนจำหน่ายปริมาณทองแดงที่ผลิตได้ทุกวันนี้ ส่วนใหญ่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยไฟฟ้า แต่ก่อนหน้านี้นี้ต้องทำให้บริสุทธิ์ด้วยความร้อนเพื่อหล่อเป็นแอโนด ในอดีตทองแดงปริมาณมากผลิตขึ้นด้วยความร้อนเพื่อใช้ทั่วไป เพื่อผลิตทองแดงสำหรั และในบางกรณีเพื่อผลิตทองแดงคุณภาพใช้ในงานไฟฟ้า

(4) การสกัดทองแดงด้วยวิธีโลหวิทยาสารละลาย (Hydrometallurgy)

(4.1) การละลายแร่ทองแดง

การสกัดทองแดงด้วยวิธีโลหวิทยาสารละลายมักนิยมใช้กับแร่ออกไซด์ และแร่เปอร์เซ็นต์ต่ำเป็นส่วนใหญ่ หรือบางครั้งสามารถนำไปใช้กับแร่ที่ย่างแล้วแทนการถลุงได้ สารละลายที่ใช้ได้แก่ กรดซัลฟูริก จะมีการใช้สารละลายอื่น เช่น แอมโมเนียและกรดไฮโดรคลอริก

(4.2) การแยกทองแดงจากสารละลาย

สารละลายที่ได้จากการละลายแร่ทองแดงสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามความเข้มข้นของปริมาณทองแดงได้ดังนี้

- สารละลายที่ได้จาก Vat Leaching หรือ Agitation Leaching จะมีปริมาณทองแดงสูง 30-50 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งสามารถนำไปแยกด้วยไฟฟ้าได้ทันที
- สารละลายที่ได้จาก In Situ Leaching, Dump Leaching และ Heap Leaching ปริมาณทองแดงเจือจางในปริมาณ 1-5 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งไม่สามารถนำไปแยกด้วยไฟฟ้าได้ทันทีจำเป็นต้องนำไปผ่านกระบวนการซีเมนเตชัน (Cementation) หรือ Solvent Extraction

2.3 ประโยชน์ของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง

2.3.1 ประโยชน์ของตะกั่ว

สารประกอบตะกั่วที่ผลิตได้จะนำไปใช้ในประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ ดังนี้ (จันทนา จันท์ภักดี. 2536 : 19-20)

2.3.1.1 ใช้ในอุตสาหกรรมเชื่อมหรือฉาบโลหะด้วยตะกั่วจะเป็นรูปตะกั่วออกไซด์

2.3.1.2 ใช้ในอุตสาหกรรมทำสี เช่น ตะกั่วมอนออกไซด์ ทำสีเหลือง ตะกั่วโครเมท

ทำสีเหลือง ฯลฯ

2.3.1.3 ใช้ในทางการเกษตรกรรมโดยผสมในยาปราบศัตรูพืช ได้แก่ ปุ๋ยฟอสเฟตและตะกั่วอาซิเนต

2.3.1.4 ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันและปิโตรเลียมโดยใช้ตะกั่วเตตราเอทิลและ

ตะกั่วเตตราเมทิลผสมในน้ำมันเบนซินเพื่อเครื่องยนต์เดินเรียบ

2.3.1.5 ใช้ในด้านการแพทย์และอุตสาหกรรมเคมี

2.3.1.6 ใช้ในการเคลือบภาชนะดินเผาให้สวยงาม

2.3.1.7 ใช้ในงานอุตสาหกรรมผลิตสี อุตสาหกรรมผลิตหม้อแบตเตอรี่ อุตสาหกรรมยาง ได้แก่ ตะกั่วโมนอกไซด์ (Lead Monoxide, PbO)

2.3.1.8 ใช้ทำเป็นขั้วอิเล็กโทรดของแบตเตอรี่รถยนต์และเครื่องจักร ได้แก่ ตะกั่วไดออกไซด์ (Lead Dioxide, PbO₂)

2.3.1.9 ใช้เป็นสีทาโลหะเพื่อป้องกันสนิมหรือเคลือบรถยนต์ ได้แก่ ตะกั่วแดง (Red Oxide of Lead, Pb₃O₃)

2.3.1.10 ใช้เป็นเกลือของตะกั่วที่ละลายน้ำได้ดี ได้แก่ ตะกั่วอะซิเตต (Lead Acetate, Pb(CH₃COO)₂)

2.3.1.11 ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสำอาง ครีมใส่ผม ได้แก่ ตะกั่วอะซิเตต (Lead Acetate, Pb(CH₃COO)₂)

2.3.1.12 ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตยางและพลาสติก ได้แก่ ตะกั่วไนเตรต (Pb(NO₃)₂)

2.3.1.13 ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแลคเกอร์ น้ำมันหล่อลื่น จาระบี และผลิตสี ได้แก่ ตะกั่วสเตียเรต (Lead Stearate, Pb(C₁₈H₃₆O₂))

2.3.1.14 ใช้ในการทำแผ่น Grid หัวขั้วสะพานไฟของหม้อแบตเตอรี่ (อำพัน อยู่คงคว้าม. 2536 : 6)

2.3.1.15 ใช้ในอุตสาหกรรมหล่อตัวพิมพ์

2.3.1.16 ใช้ในการทำหัวกระสุน

2.3.1.17 ใช้ในการทำเป็นที่หุ้มสายเคเบิล สายไฟฟ้า สายโทรศัพท์

2.3.2 ประโยชน์ของแคดเมียม

2.3.2.1 ใช้ผสมกับโลหะอื่นเป็นโลหะผสม เพื่อเพิ่มความเหนียวและทนต่อการสึกกร่อน เช่น

- โลหะผสมของทองแดงที่มีแคดเมียม 1 % (Cadmium Bronze) ใช้ในการผลิตเส้นลวดโทรเลขและโทรศัพท์

- โลหะผสมของทองแดงและตะกั่วซึ่งมีแคดเมียมผสมอยู่ 20 % ใช้ในการผลิตแบบพิมพ์ (Printing Plates)

- โลหะผสมของทองแดง แคดเมียม และ Zirconium ใช้ในอุปกรณ์การสื่อสารต่างๆที่มี voltage สูง ๆ ทั้งนี้เพราะโลหะผสมประเภทนี้จะมีความแข็งและมีแรงดึงได้สูงกว่าโลหะผสมของทองแดงกับแคดเมียม

- ใช้ผสมกับโลหะผสมอื่น ในกิจการเพชร พลอย เช่น ผสมกับโลหะอื่นชนิดเดียว (ผสมทอง), ผสมกับโลหะอื่นสองชนิด (ทอง 75 %, เงิน 16.6 %), ผสมกับโลหะอื่นสามชนิด (ทองแดง เงิน และทอง)

- ใช้แคดเมียมที่มีความบริสุทธิ์สูง ๆ ในการผสมกับโลหะอื่นให้มีคุณสมบัติ

กึ่งตัวนำ (Semiconductor) เช่น Cadmium Arsenide, Cadmium Antimonide และ Cadmium Telluride

2.3.2.2 ใช้ในการชุบโลหะ ใช้แคดเมียมเคลือบบนแผ่นเหล็ก ทองแดง อลูมิเนียมโดยการชุบด้วยไฟฟ้า โลหะที่ได้จากการชุบนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของ เครื่องบิน รถยนต์ อุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ วิทยุ

2.3.2.3 ใช้เป็นเม็ดสีในกิจการอุตสาหกรรม สารประกอบของแคดเมียม ที่ใช้ในการให้สีในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น สี อีนาเมล เซรามิค ยาง แก้ว ผ้า เส้นใย หนัง หมึกพิมพ์ และพลาสติก

2.3.2.4 ใช้แบตเตอรี่ โดยใช้ร่วมกับโลหะนิกเกิล เป็นแคดเมียม นิกเกิลแบตเตอรี่ ซึ่งนำมาใช้เป็นแบตเตอรี่ในเครื่องคิดเลข แฟลชถ่ายรูป เครื่องโกนหนวด เป็นต้น

2.3.2.5 ใช้ในกิจการอื่น ๆ เช่น

- ใช้ผสมในสารฆ่าเชื้อรา (Fungicides)
- ใช้ในเตาปฏิกรณ์ปรมาณู เป็นตัวควบคุมอัตราการแตกตัวของนิวเคลียส
- ใช้ในการผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์
- ใช้ในกิจการถ่ายรูป

2.3.3 ประโยชน์ของสังกะสี

สำหรับโลหะหนักคือสังกะสี ซึ่งมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย (โชคชัย ยะชูศรี. 2535 : 14) เช่น

2.3.3.1 ในอุตสาหกรรมผลิตเหล็ก ใช้สังกะสีช่วยป้องกันการสึกกร่อนของโลหะ จึงนำมาชุบสังกะสีเพื่อป้องกันสนิม

2.3.3.2 ในอุตสาหกรรมยาง มีการใช้ ZnO เพื่อให้ยางมีสีขาว

2.3.3.3 ในอุตสาหกรรมเซรามิค และเครื่องเคลือบ ก็มีการใช้ ZnO ด้วย

2.3.3.4 ในอุตสาหกรรมสิ่งทอและสีย้อม ใช้ $ZnCl_2$ ในการย้อมผ้า

2.3.3.5 ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง ใช้ $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ในการเก็บรักษาหนัง

2.3.3.6 ในอุตสาหกรรมพรม และอุตสาหกรรมผลิตจอภาพโทรทัศน์ ใช้ ZnS เพื่อเคลือบจอภาพโทรทัศน์

2.3.3.7 ในอุตสาหกรรมกระดาษและไม้อัด จะใช้ $ZnCl_2$ ในการป้องกันเชื้อรา

2.3.3.8 ในอุตสาหกรรมการผลิตแชมพูสระผม มีการนำซิงค์ไพริดีนไธโอน (Zinc Pyridinethione) มาใช้เป็นส่วนผสมในการป้องกันรังแค

2.3.3.9 ใช้ในการเตรียมยาและเภสัชกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ประโยชน์ของทองแดง

สำหรับทองแดงก็เป็นโลหะหนักอีกชนิดหนึ่งที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมต่าง ๆ (โซลซัย ยะชูศรี.

2535 : 11) เช่น

2.3.4.1 โรงงานทอผ้า เพราะเป็นองค์ประกอบสำคัญในสีย้อมผ้า

2.3.4.2 โรงงานผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า เพราะทองแดงเป็นสารที่นำไฟฟ้าที่ดีมาก และมีราคา

ไม่แพงนัก

2.3.4.3 โรงงานทำภาชนะหุงต้มและปรุงอาหาร เพราะทองแดงเป็นตัวนำความร้อนที่ดีมาก

2.3.4.4 โรงงานผลิตสี สีย้อมผ้า และทำหมึก

2.3.4.5 อุตสาหกรรมผลิตปุ๋ยเคมี

2.3.4.6 โรงงานฟอกหนัง

2.3.4.7 อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน

2.3.4.8 อุตสาหกรรมปิโตรเคมี

2.3.4.9 ใช้ในกระบวนการผลิตยาฆ่าแมลง และในสารฆ่าเชื้อรา

2.4 วัฏจักรของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดงในแหล่งน้ำ

2.4.1 วัฏจักรของตะกั่วในแหล่งน้ำ

ตะกั่วเข้าสู่แหล่งน้ำธรรมชาติในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์และ Organolead Complex หรือในรูปที่แขวนลอย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ของพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งโดยทั่วไปความเข้มข้นของตะกั่วในแหล่งน้ำมีค่าต่ำ (~5 ppb)

แหล่งกำเนิดตะกั่วที่สำคัญ เช่น การตกสะสมจากบรรยากาศ (Atmospheric Precipitation) ทั้งในรูปการตกสะสมแบบแห้ง (Dry Deposition) และการชะโดยน้ำฝน (Wash Out) ซึ่งตะกั่วจากแหล่งกำเนิดเหล่านี้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูป Organically Bound องค์ประกอบของเครื่องยนต์ทำให้ในบรรยากาศมี Soluble Lead Halides เมื่อลงสู่แหล่งน้ำจะอยู่ในรูป Insoluble Lead Oxyhydroxides หรือทำปฏิกิริยากับ Ferromanganese Oxyhydroxides ที่ผิวน้ำกลายเป็น Surface Complexs รวมถึงน้ำทิ้งจากบ้านเรือนและอุตสาหกรรมก็เป็นแหล่งกำเนิดของตะกั่วด้วย

ภายหลังจากตะกั่วเข้าสู่แหล่งน้ำจะอยู่ 3 ส่วน คือ ส่วนของสิ่งมีชีวิต ส่วนของที่แขวนลอยในรูปอนุภาค (ทั้งในรูปอินทรีย์และอนินทรีย์) และ ส่วนของดินตะกอน อัตราและจำนวนการแลกเปลี่ยนตะกั่วระหว่างสิ่งมีชีวิตและส่วนที่เป็นอนุภาคแขวนลอย ขึ้นอยู่กับลักษณะทางฟิสิกส์และเคมี และกิจกรรมทางชีวภาพในระบบนิเวศน์ ตะกั่วทั้ง 2 ส่วนนี้จะเป็นส่วนน้อยของตะกั่วทั้งหมดที่อยู่ในแหล่งน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 วัฏจักรของแคลเซียมในแหล่งน้ำ

ในน้ำและดินตะกอนมีแคลเซียมเป็นส่วนประกอบอยู่แล้วตามธรรมชาติมาแต่ดั้งเดิม จากการระเบิดของภูเขาไฟ และจากแร่ Greenockite ในระหว่างที่ค่อยๆ ผุพังตามธรรมชาติ (Weathering) และจากกิจกรรมของแบคทีเรียที่ต้องการกำมะถัน (Sulfur Bacteria) นอกจากนั้นแคลเซียมที่ระจัดกระจายอยู่บนพื้นดินในรูปของสารเชิงซ้อนที่เป็นสารอินทรีย์และสารเชิงซ้อนที่เป็นสารอนินทรีย์ที่เสถียรจะถูกทำให้มีขนาดเล็กลงโดย จุลินทรีย์ในที่สุดจะถูกน้ำหน้าดินพัดพาไปสู่แหล่งน้ำ แล้วแพร่กระจายลงสู่ดินตะกอน สารแขวนลอย ลำน้ำหรือสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยดินตะกอนอาจจะเก็บแคลเซียมที่ใหญ่ที่สุด แคลเซียมซัลไฟด์ในดินตะกอนซึ่งละลายน้ำได้น้อยมากสามารถเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของออกไซด์ คาร์บอเนต หรือซัลเฟต จากกระบวนการตามธรรมชาติ ซึ่งจะถูกละลายน้ำและพัดพาไปในลำธารตามความสามารถในการละลายและปัจจัยอื่นๆ แคลเซียมจะละลายได้มากขึ้นในน้ำที่เป็นกรด มีปริมาณคลอไรด์สูงและมีคาร์บอเนตต่ำ นอกจากนั้นแคลเซียมยังถูกเคลื่อนย้ายไปตามลำธารในอนุภาคที่แขวนลอย แคลเซียมในน้ำอาจตกตะกอนใหม่เมื่อสภาพทางเคมีของน้ำเปลี่ยนไป โดยเฉพาะเมื่อมีไอออนซัลไฟด์จากการเนาเบื้อยของสิ่งมีชีวิตซึ่งจะตกตะกอนใหม่ได้ดีในรูปของแคลเซียมซัลไฟด์ในสภาวะที่ไร้ออกซิเจน นอกจากนั้นแคลเซียมยังสามารถแลกเปลี่ยนกับแคลเซียมที่อยู่ที่อยู่ในดินตะกอนโดยแคลเซียมถูกบัพไว้บนดินตะกอนและแคลเซียมถูกปล่อยออกสู่น้ำ

2.4.3 วัฏจักรของสังกะสีในแหล่งน้ำ

ในแหล่งน้ำธรรมชาติความเข้มข้นของสังกะสีขึ้นอยู่กับสารประกอบและพันธะเคมีของสังกะสีในดินนั้น สังกะสีและออกไซด์ของสังกะสีละลายน้ำได้เล็กน้อย สังกะสีคลอไรด์ละลายได้ดี ไอออนของสังกะสีในน้ำถูกดูดซึมโดยดินตะกอน ถ้าน้ำมีค่าพีเอชต่ำ ความเข้มข้นของสังกะสีอาจสูงถึง 50 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปกติน้ำผิวดินมีสังกะสีน้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ เช่น สาหร่ายแดง สามารถมีชีวิตอยู่ได้ในน้ำที่มีความเข้มข้นของสังกะสี 1.16 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ถ้ามีแคลเซียมและแมกนีเซียมจะมีผลต่อการดูดซึมสังกะสีของสาหร่ายแดง การสะสมสังกะสีในพืชจะมากตามปริมาณที่มีในน้ำ และดินตะกอน ปลาในทะเลบริเวณศูนย์สูตรมีการสะสมสังกะสีในปริมาณมากสังกะสีละลายได้ดีกว่าตะกั่วทำให้พบสังกะสีมากในแหล่งน้ำ โดยเฉพาะในดินตะกอนที่มีทรายละเอียดและดินเหนียวมาก

2.4.4 วัฏจักรของทองแดงในแหล่งน้ำ

ในแหล่งน้ำธรรมชาติพบทองแดงในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ในแม่น้ำเจ้าพระยามีทองแดง 1.6 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ดินตะกอนในอ่าวไทยมีทองแดง 7000-42000 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ในน้ำมี 16.5 ไมโครกรัมต่อลิตร (AIT, 1981) จากการศึกษาของพบว่าน้ำในบึงมักกะสันมีทองแดงเฉลี่ย 19 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ทรายละเอียด และดินเหนียวจะดูดซับทองแดงได้ดี

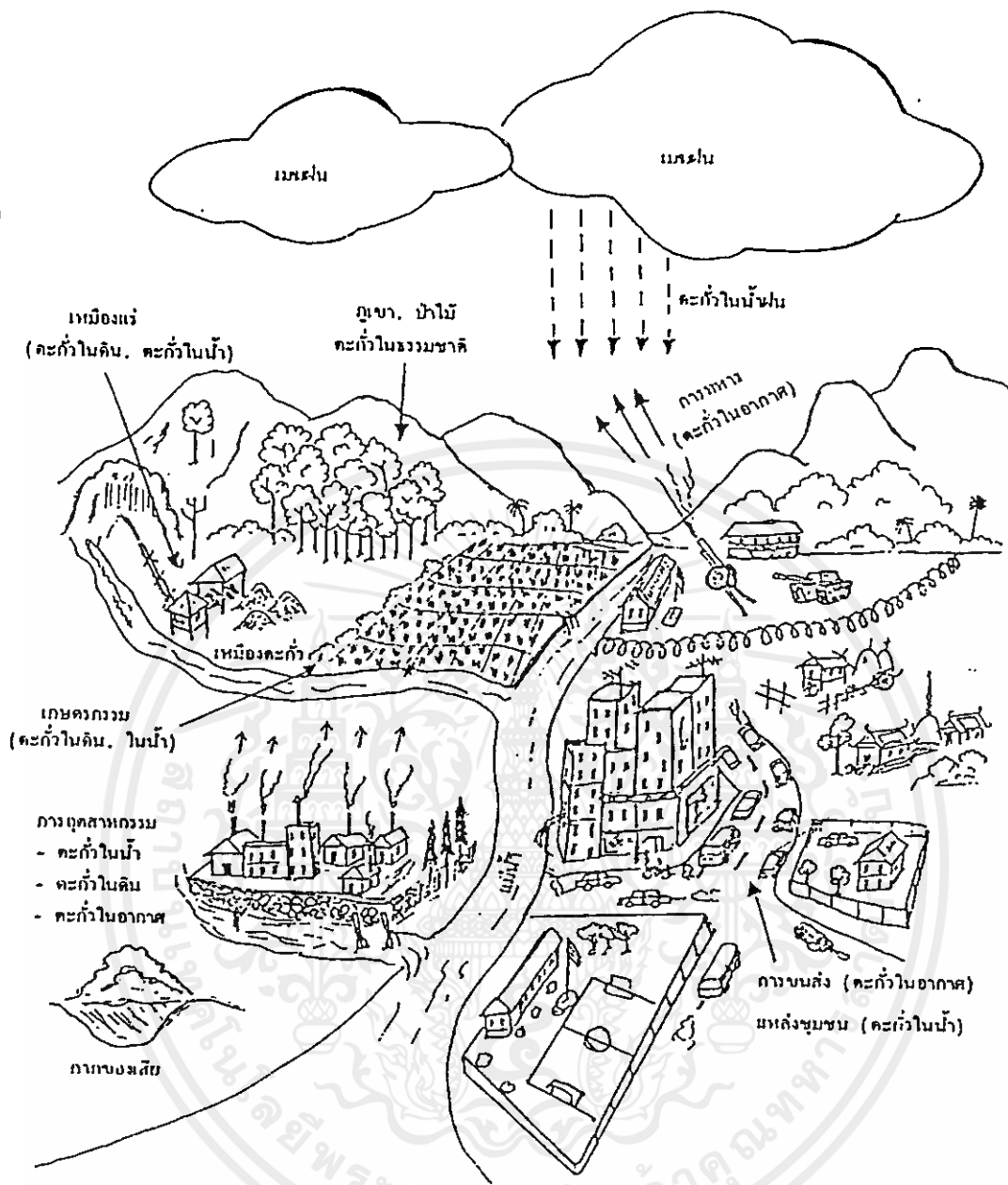
2.5 การแพร่กระจายของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดงสู่สิ่งแวดล้อม

2.5.1 การแพร่กระจายของตะกั่วสู่สิ่งแวดล้อม

จากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีการนำสารตะกั่วมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายทำให้สารตะกั่วมีโอกาสปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม รวมทั้งสะสมในสิ่งมีชีวิต จากการนำสารตะกั่วมาผสมในน้ำมันตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2468 ทำให้สารตะกั่วปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมรวดเร็วยิ่งขึ้น การใช้ปุ๋ยพร้อมกับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีสารตะกั่วเป็นส่วนผสมในพื้นที่ทำการเกษตรก็จะเกิดการปนเปื้อนของสารตะกั่วในดิน ส่วนปริมาณสารตะกั่วในดินจากแหล่งชุมชนจะมาจากการจราจรเป็นส่วนใหญ่ มีรายงานว่าดินที่มาจากการบินจากเครื่องบินที่หมู่บ้านบางครุ พระประแดง มีปริมาณสารตะกั่วสูงถึง 3,900 ส่วนในล้านส่วน (เปี่ยมศักดิ์ เมาะเศวต. 2525 : 290) สำหรับการปนเปื้อนของสารตะกั่วในอากาศอาจเกิดจากการทำเหมืองแร่ การปล่อยควันเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมรถยนต์ ละอองสารเคมีฟุ้งกระจายในอากาศ จากการฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชบางชนิด การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel) เป็นต้น ส่วนการปนเปื้อนของสารตะกั่วในน้ำเกิดต่อเนื่องจากสารตะกั่วในดินและในอากาศถูกฝนชะลงสู่แหล่งน้ำอีก ทั้งนี้ทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรม การถลุงแร่ก็เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารตะกั่วในแหล่งน้ำเช่นกัน สารตะกั่วที่ปนเปื้อนในธรรมชาติจะอยู่ในรูปตะกั่วอินทรีย์หรืออนินทรีย์ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ลักษณะของดิน ตะกอน น้ำ คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เป็นต้น

จากการปนเปื้อนของสารตะกั่วในสิ่งแวดล้อมดังกล่าวมานี้ เป็นสาเหตุทำให้เกิดการสะสมของสารตะกั่วในสิ่งมีชีวิต โดยพืชจะดูดซึมเอาสารตะกั่วจากดิน น้ำ และ อากาศเข้าไปสะสมในพืช การดูดซึมสารตะกั่วจากสิ่งแวดล้อมในดิน (Soil Environment) จะมีเพียงเล็กน้อย ส่วนใหญ่พืชจะได้รับ สารตะกั่วจากการปนเปื้อนในอากาศ สำหรับอาหารทะเล เช่น สาหร่ายและปลา จะมีปริมาณของสารตะกั่วสูงกว่าในน้ำทะเล เนื่องจากสารตะกั่วสามารถถ่ายเทสู่ระบบห่วงโซ่อาหารได้ นอกจากนี้สารตะกั่วที่อยู่ในอาหาร เมื่อผ่านขบวนการปรุงอาหารด้วยความร้อน ปริมาณสารตะกั่วแทบไม่ลดลงเลย (FAO / UNEP, 1982 : 280)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การแพร่กระจายของตะกั่วสู่สิ่งแวดล้อม

2.5.2 การแพร่กระจายของแคดเมียมสู่สิ่งแวดล้อม

2.5.2.1 จากอุตสาหกรรมตะกั่วและสังกะสี ได้แก่ การทำเหมือง การหลอม และการถลุง อุตสาหกรรมแคดเมียม ซึ่งอุตสาหกรรมเหล่านี้จะปล่อยฝุ่น (Fume) น้ำเสีย กากตะกอน (Sludge) ที่มีแคดเมียมปนออกมามาก

2.5.2.2 จากโรงงานชุบโลหะแคดเมียม ซึ่งของเสียจากโรงงานประเภทนี้ จะมีแคดเมียมปนการกำประมาณ 100-500 ppm. และมีโลหะหนักอื่น ๆ รวมทั้งไซยาไนด์และสารเคมีอื่น ๆ ผสมอยู่ด้วย

2.5.2.3 จาก Primary Iron and Steel Industry และ Secondary non-Ferrous

MetalIndustry อุตสาหกรรมประเภทนี้จะปล่อยฝุ่น ไอ น้ำเสีย กากตะกอน ที่มีแคดเมียมปนอยู่ออกมา

2.5.2.4 จากการเผาของเสีย (Incineration) การเผาของเสียที่มีแคดเมียมประกอบอยู่ เช่น เม็ดพลาสติก โลหะเคลือบเศษเหล็ก เป็นต้น จะปล่อยแคดเมียมออกมาในรูปละอองแคดเมียมเช่น แคดเมียมออกไซด์(CdO)

2.5.2.5 จากยางรถยนต์ที่สึกหรอ ยางรถยนต์จะมีแคดเมียมประกอบอยู่ประมาณ 20-90 ppm. โดยเป็นสิ่งเจือปน (Impurity) ใน สังกะสีออกไซด์ ซึ่งเป็นสารรักษาความเงา

2.5.2.6 จากปุ๋ยฟอสเฟต เนื่องจากหินฟอสเฟตที่เป็นวัตถุดิบมีแคดเมียมประมาณ 2-170 ppm. จากรายงานการศึกษาพบว่า การใช้ปุ๋ยฟอสเฟตจะไปเพิ่มปริมาณแคดเมียมในดิน เพราะแคดเมียมฟอสเฟตละลายน้ำได้น้อย และส่วนที่ไม่ละลายพืชไม่สามารถดูดซึมได้ ดังนั้นแคดเมียมส่วนนี้จึงสะสมอยู่ในดิน แต่ถ้ามีการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมร่วมกับแคดเมียมจะละลายได้มากขึ้น เนื่องจากแคดเมียมจะไปรวมตัวกับแอมโมเนียมเป็นไอออนที่ละลายน้ำได้คือ $Cd(NH_3)_2^{+2}$ และ $Cd(NH_3)_4^{+2}$

2.5.2.7 จากการใช้ถ่านหินและ น้ำมันเชื้อเพลิง แคดเมียมเป็นธาตุปริมาณน้อยในเชื้อเพลิงพวกฟอสซิล Fossil Fuels ดังนั้นเมื่อมีการใช้เชื้อเพลิงเหล่านี้ แคดเมียมจะถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมในรูปของไอและเถ้า ปริมาณแคดเมียมในถ่านหินอยู่ในช่วง 0.25-5.00 ppm. ถึงแม้จะไม่ทราบเปอร์เซ็นต์ที่แน่นอนของแคดเมียมที่ถูกปล่อยออกมาจากปล่องหรือส่วนที่ถูกจัดโดย Acrubber หรือส่วนที่ถูกทำให้ ตกตะกอน (Precipitated) ก็ตาม แต่พบว่าในเถ้าจากถ่านหิน (Coal Ash) มีปริมาณแคดเมียมสูงถึง 151 ppm. ส่วนความเข้มข้นของแคดเมียมโดยเฉลี่ยในน้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 0.3 ppm.

2.5.2.8 จากกากตะกอนน้ำทิ้ง (Sewage Sludge) กากตะกอนจากโรงงานกำจัดน้ำเสีย มีปริมาณแคดเมียมค่อนข้างสูง ปริมาณแคดเมียมในกากตะกอนจากโรงงานกำจัดน้ำเสียจำนวน 56 แห่งในประเทศสวีเดน มีค่าเฉลี่ย 15.6 ppm. และการใช้กากตะกอนเหล่านี้เพื่อเป็นปุ๋ย จะเป็นการเพิ่มปริมาณแคดเมียมในดิน ได้มีการคำนวณว่า จากการใช้ Sewage Sludge (ที่มีแคดเมียมประมาณ 20 ppm. หรือมากกว่า) จำนวน 2-3 ตันปี ใส่ลงในพื้นที่เพาะปลูกที่ยังไม่มีปัญหามลพิษ (Unpolluted Agriculture Soils ซึ่งมี แคดเมียม < 0.1-0.5 ppm.) จะไปเพิ่มปริมาณแคดเมียมในดินเพาะปลูกนี้เป็น 1.2-6.0 ppm. และพบว่า พืชบางชนิด เช่น ข้าวสาลี ข้าว สามารถดูดซึมแคดเมียมจากดินได้ดี

2.5.2.9 จากการสึกกร่อนของสังกะสี (Corrosion of Zinc) แคดเมียมเป็นสิ่งเจือปนในสังกะสี เมื่อโลหะหรือภาชนะที่ชุบสังกะสีเกิดการสึกกร่อน แคดเมียมก็แพร่กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

2.5.3 การแพร่กระจายของสังกะสีสู่สิ่งแวดล้อม

สำหรับการแพร่กระจายของสังกะสี สังกะสีสามารถแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมทั้งโดยกระบวนการธรรมชาติ และจากการกระทำของมนุษย์ พบว่าการชะล้างของน้ำฝนจากบ้านที่มุงหลังคาด้วยโลหะที่มีสังกะสีเคลือบ การทิ้งขยะของเสียต่างๆ ลงในแหล่งน้ำล้วนแต่ทำให้สังกะสีมีโอกาสปนเปื้อนลงในแหล่งน้ำได้ สังกะสีในปริมาณมากเป็นพิษต่อพืชสัตว์ และสามารถถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหารได้ และกองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2531 : 70) ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำในแม่น้ำสายหลัก พบว่าช่วง 2527-2530 ปริมาณสังกะสี

ในแม่น้ำท่าจีนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.005-69 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ในฤดูน้ำน้อยจะมีค่าสูงกว่าในฤดูอื่น และสังกะสีถูกจัดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้มข้นสูงสุด ในการศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำ ดินตะกอน และผักตบชวาจากบึงมักกะสันของ วรพันธ์ แก้วอุดม และจากการศึกษาของ นันทนา สันตติวุฒิ (2528 : 18) ถึงปริมาณโลหะหนักในน้ำตะกอนดิน สัตว์น้ำบริเวณปากแม่น้ำและอ่าวไทย รายงานว่ามีสังกะสีในสัตว์น้ำ คือ ปลา กุ้ง หอยแมลงภู่ ในบริเวณอ่าวไทยตอนบนมีค่า 9.7, 12, 16 ppm ตามลำดับ

2.5.4 การแพร่กระจายของทองแดงสู่สิ่งแวดล้อม

การแพร่กระจายของทองแดงสู่แหล่งน้ำ เกิดจากการสลายตัวขององค์ประกอบของทองแดงในธรรมชาติเพียงเล็กน้อย ส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การถลุงแร่การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช การกำจัดเชื้อราในดิน การเติมเกลือของทองแดงในแหล่งน้ำเพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของสาหร่าย ทำให้เกิดการสะสมของทองแดงในแหล่งน้ำมากขึ้น การสะสมทองแดงในสาหร่ายเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของทองแดงในแหล่งน้ำ ส่วนความเข้มข้นของทองแดงในดินตะกอนมีผลต่อสัตว์หน้าดิน การนำกากตะกอนไปปรับปรุงพื้นที่เพื่อปลูกป่า ทำให้มีทองแดงสะสมในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่กินแมลงเป็นอาหารมากกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่กินพืชเป็นอาหาร การสะสมของทองแดงในเหงือกและไตของสัตว์น้ำมากกว่าสะสมในตับถึง 500 เท่า

2.6 การเข้าสู่ร่างกายของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง

2.6.1 การเข้าสู่ร่างกายของตะกั่ว

ตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ ทางเดินอาหาร โดยการรับประทานอาหาร หรือน้ำที่มีสารตะกั่วปนเปื้อนอยู่ ทางเดินหายใจ โดยการสูดควันเสียจากรถยนต์หรือโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งฝุ่นที่มีสารตะกั่ว สำหรับทางผิวหนังจะเข้าไปในรูปสารประกอบอินทรีย์

ตะกั่วเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง ดังนี้

2.6.1.1 ทางเดินหายใจ ก๊าซหรือฟุ้งของตะกั่ว และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 0.75 ไมครอน สามารถผ่านสู่ถุงลมในปอด และผ่านสู่กระแสเลือด ฝุ่นขนาดใหญ่จะติดค้างบริเวณทางเดินหายใจตอนบน เช่น ในจมูก ช่วงต่อระหว่างโพรงจมูกและคอ และหลอดลมใหญ่ซึ่งร่างกายจะขับออกในรูปของเสมหะ

2.6.1.2 ทางเดินอาหาร จากการปนเปื้อนในอาหาร น้ำ หรือทางใดทางหนึ่ง เช่น ปนเปื้อนมากับอาหารมือที่หยิบอาหารหรือการสูบบุหรี่ขณะทำงาน ตะกั่วจะผ่านสู่กระเพาะอาหาร รวมทั้งการกลืนเสมหะ ทางเดินอาหารจะดูดซึมตะกั่วสู่กระแสเลือดประมาณ 10 % ส่วนที่เหลือถูกขับออกทางอุจจาระ

2.6.1.3 ทางผิวหนัง เฉพาะตะกั่วอินทรีย์เท่านั้นที่สามารถซึมผ่านผิวหนังได้ เพราะตะกั่วพวกนี้จะละลายในไขมัน และถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบโลหิตของร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การเข้าสู่ร่างกายของแคดเมียม

แคดเมียมสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ ทางเดินอาหาร โดยการรับประทานอาหารหรือน้ำที่มีสารแคดเมียมปนเปื้อนอยู่ ทางหายใจ โดยการสูดควันเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งฝุ่นที่มีสารแคดเมียมสำหรับทางผิวหนังจะเข้าไปในรูปการสารประกอบอินทรีย์แคดเมียมเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทางดังนี้

2.6.2.1 ทางเดินหายใจ โดยการสูดหายใจเอาฝุ่นผง ควันหรือไอระเหยของแคดเมียมเข้าสู่ปอดแล้วกระจายสู่ส่วนต่างๆของร่างกาย

2.6.2.2 ทางเดินอาหาร อาหารและน้ำที่เรารับประทานและดื่มเข้าไป อาจมีแคดเมียมปนเปื้อนอยู่ แหล่งอาหารที่มีโอกาสที่แคดเมียมเข้าสู่ร่างกายยังไม่มีการศึกษา แต่ Friberg et al. เสนอไว้เพียงว่าโดยเฉลี่ยมนุษย์จะได้รับแคดเมียม 5 µg/day

2.6.2.3 ทางผิวหนัง แคดเมียมเข้าสู่ร่างกายแล้ว จะมีการสะสมอยู่มากในส่วนของกระดูก ตับ และไต แคดเมียมส่วนมากจะมีการสะสมอยู่มากในส่วนของ Renal Corter (Schroeder et al, 1967 : 408-425) หลังจากนั้นจะถูกขับออกมาโดยอุจจาระ ปัสสาวะ และบางครั้งอาจถูกขับออกมากับน้ำลายและเหงื่อ

2.6.3 การเข้าสู่ร่างกายของสังกะสี

สังกะสีสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง ดังนี้

2.6.3.1 ทางเดินหายใจ โดยการสูดดมฝุ่นสังกะสีเข้าไปเข้าสู่ปอดแล้วกระจายสู่ส่วนต่างๆของร่างกาย

2.6.3.2 ทางเดินอาหาร อาหารและน้ำที่เรารับประทานและดื่มเข้าไป อาจมีสังกะสีปนเปื้อนอยู่กับแหล่งอาหาร

2.6.3.3 ทางผิวหนัง สังกะสีเข้าสู่ร่างกายโดยการถูกสัมผัส ทำให้เกิดอาการแพ้

2.6.4 การเข้าสู่ร่างกายของทองแดง

การเข้าสู่ร่างกายของทองแดง สามารถเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ได้ 2 ทาง ดังนี้

2.6.4.1 ทางเดินอาหาร โดยการรับประทานอาหารที่มีธาตุทองแดงเข้าไป ซึ่งอาหารที่มีธาตุทองแดงมากได้แก่ ตับ เห็ด เนื้อสัตว์ อาหารทะเล เช่น หอยนางรม เป็นต้น

2.6.4.2 ทางเดินหายใจ โดยการหายใจเอาฝุ่นของสารประกอบทองแดง และไอทองแดง อันเกิดจากโรงงานหลอมโลหะทองแดง และโลหะผสมทองแดงเข้าไป ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจได้

2.7 ความเป็นพิษของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง

2.7.1 ความเป็นพิษของตะกั่ว

สารตะกั่วจะอยู่ในกระแสเลือดประมาณ 90-95 % โดยจะติดกับผนังเม็ดเลือดแดงส่วนอีก 5 % จะเกาะติดกับโมเลกุลของโปรตีนในพลาสมา ส่วนการสะสมนั้นสารตะกั่วที่ถูกดูดซึมประมาณ 90 % จะ

สะสมที่กระดูก นอกจากนี้มีการสะสมที่ตับ ไต สมอง ปอด ม้าม และหัวใจ สารตะกั่วสามารถถ่ายทอดผ่านรกในร่างกายนางมารดาเข้าสู่ทารกในครรภ์ได้ สำหรับสารตะกั่วที่ไม่ถูกดูดซึมจะถูกขับถ่ายออกจากร่างกายทางอุจจาระ ปัสสาวะ นอกจากนี้ยังถูกขับออกมาทางนม เหงื่อและเลืบ ปริมาณสารตะกั่วในร่างกายจะใช้เวลาในการสลายตัวและลดลงเหลือครึ่งหนึ่ง (Half Life) นาน 5 ปี และในกระดูกนานถึง 10 ปี (FAO, 1973 : 280, Moore 1997 : 62-64)

ตะกั่วมีผลกระทบต่อร่างกายในหลาย ๆ ระบบ และเมื่อได้รับเพิ่มขึ้นหรือสะสมจนถึงระดับสูงจะแสดงออกทางอาการพิษของตะกั่ว ดังต่อไปนี้

2.7.1.1 ระบบโลหิต อาการโลหิตจางสามารถพบได้ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ เนื่องจากตะกั่วมีผลขัดขวางการสังเคราะห์ฮีโมโกลบิน และการสร้างเม็ดโลหิตแดง ซึ่งพบว่าผลกระทบดังกล่าวเกิดเมื่อปริมาณตะกั่วในโลหิตสูงเกินกว่า 10 ไมโครกรัมต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ขึ้นไป

2.7.1.2 ระบบประสาทและกล้ามเนื้อ การเปลี่ยนแปลงทางระบบประสาทอาจพบได้เมื่อระดับตะกั่วในโลหิตกว่า 16 ไมโครกรัมต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะปรากฏอาการอาเจียนต่อเนื่องอารมณ์แปรปรวน เชื่องซึม ชัก กล้ามเนื้ออ่อนแรงและอ่อนเปลี้ย มีอาการมือและเท้าตก สมองเชื่องช้า และเติบโตไม่สมอายุ ตามัว อาจุนแรงถึงตาบอด ปวดท้องโดยไม่สัมพันธ์กับอาหาร

2.7.1.3 ไต ปรากฏลักษณะของการอักเสบของไต (Interstitial Nephritis) ร่วมด้วย โดยพบว่าเนื้อไตบวม และพบหลอดโลหิตในไตมีลักษณะของแข็ง ขาดความยืดหยุ่น ซึ่งเป็นเหตุให้การขับถ่ายทางไตลดน้อยลง มีอาการบวมบริเวณขาเกิดขึ้นได้

2.7.1.4 กระดูก มีการสะสมของตะกั่วในกระดูกสูง ในเด็กที่อยู่ในระยะที่กำลังเจริญเติบโตจะพบในภาพเอ็กซเรย์ว่าบริเวณ Epiphyses ของกระดูกท่อนยาว ได้แก่ กระดูกแขนและขา เห็นได้ชัดเจน เกิดจากการแทรกของตะกั่วบริเวณที่เจริญงอกงามของกระดูกเหล่านั้น ลักษณะดังกล่าวพบว่าจะจางหายไปได้โดยใช้เวลา 10-15 ปี

2.7.1.5 ระบบสืบพันธุ์ ผู้ที่ได้รับตะกั่วติดต่อกันเป็นเวลานาน เช่น ในคนงานอาจพบอาการเป็นหมัน ซึ่งมีรายงานว่าเกิดได้ทั้งในชายและหญิง ในเพศชายพบว่าเกิดเนื่องจากการสลายของเยื่อหุ้มที่ Germinal Cell ของอวัยวะ ส่วนในเพศหญิงพบ สืบเล็กลงของเยื่อ Chorionic หรือเกิดจากการหดเกร็งของกล้ามเนื้อในมดลูก

2.7.2 ความเป็นพิษของแคดเมียม

2.7.2.1 ความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน (Toxicological Acute Effects)

1. ความเป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหาร (Toxicological Effect on The Gastrointestinal Tract)

ระบบทางเดินอาหารจะเป็นระบบแรกในร่างกายที่จะได้รับพิษ เมื่อร่างกายได้รับแคดเมียมโดยการกิน ซึ่งส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการกินอาหาร หรือ เครื่องดื่มที่มีแคดเมียมปนเปื้อน เนื่องจากอาหารหรือเครื่องดื่มดังกล่าวบรรจุในภาชนะที่เคลือบด้วยแคดเมียม อาการที่ปรากฏเริ่มแรกคือ รู้สึก

คลื่นเหียนอย่างรุนแรง ตามด้วยอาการอาเจียน ท้องร่วง เป็นตะคริว และน้ำลายฟูมปาก ในรายที่เป็นมากมีอาการอย่างอื่นตามมาใน 2 ลักษณะ คือ อาจเกิดอาการช็อคเนื่องจากร่างกายสูญเสียน้ำมาก และอาจทำให้ตายได้ภายใน 24 ชั่วโมง หรืออีกลักษณะหนึ่งคือ ระบบการทำงานของไตล้มเหลวและอาจถึงตายได้ภายใน 7 หรือ 14 วัน นอกจากนี้อาจจะมีผลไปทำลายตับด้วย

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณของแคดเมียมที่เข้าไปในร่างกายของมนุษย์โดยการรับประทานและผลแบบเฉียบพลันที่เกิดขึ้น

ปริมาณแคดเมียม (mg)	อาการที่เกิดขึ้น
3 - 90	เกิดอาการอาเจียน แต่ไม่มีผลทำให้ถึงตาย
15 - 30	เกิดการอาเจียน แต่ไม่มีผลทำให้ถึงตาย
10 - 326	เกิดอาการความเป็นพิษอย่างรุนแรง แต่ไม่ถึงตาย
350 - 3500	อาจจะทำให้ถึงตายได้
1530 - 8900	ทำให้ตายได้

หมายเหตุ โดยสรุปปริมาณที่ไม่มีผลต่อร่างกายแบบเฉียบพลัน เมื่อรับประทานเข้าไปครั้งเดียว คือ 3 mg

2. ความเป็นพิษต่อระบบหายใจ (Toxicological Effect on The Respiratory System)

ความเป็นพิษที่เกิดขึ้นในระบบหายใจ เนื่องจากการสูดหายใจฟุ้งของแคดเมียม ซึ่งส่วนใหญ่เกิดขึ้นเนื่องจากกิจกรรมอุตสาหกรรมโดยเฉพาะการเชื่อมโลหะด้วยความร้อนสูง แต่โดยทั่วไปในขณะที่สูดหายใจจะไม่ปรากฏอาการหรือมีอาการเพียงเล็กน้อย และฟุ้งที่เกิดจากการใช้กระแสไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม จะมีความเป็นพิษเป็นสองเท่าของฟุ้งที่เกิดจากความร้อน อาการโดยรวมจะปรากฏหลังจากสูดหายใจฟุ้งเข้าไปแล้ว 2-3 ชั่วโมง คือเกิดอาการระคายเคืองที่หลอดลมและปอด ซึ่งรวมถึงอาการอื่น ๆ ด้วย เช่น ระคายเคืองที่จมูกและคอ ไอ ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ อ่อนเพลีย หนาวสั่น มีไข้ เจ็บหน้าอก นอกจากนี้อาจจะมีอาการอื่นปรากฏด้วย เช่น คลื่นเหียน อาเจียน และท้องร่วง

ตารางที่ 2.2 ปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมที่ทำให้มนุษย์ถึงแก่ชีวิตโดยการหายใจ

ปริมาณความเข้มข้น (mg/m ³)	ระยะเวลาสูดหายใจ	ผู้ศึกษาวิจัย (โดยการคาดประมาณ)
5	8 hours	Friberg et.al. (1974)
140 - 290	10 min	American Industrial Hygiene Association (1944)
2600	1 min	Beton et.al. (1966)
2500 - 2900	1 min	Barrett et.al. (1947)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเผยแพร่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารฉบับนี้ทุกครั้งการนำไปใช้

Ref : CEC (1978), Criteria (Dose/Effect Relationships) for Cadmium, p. 71-72

3. ความเป็นพิษต่อระบบอื่น ๆ (Toxicological Effect on Other System)

จากการทดลองในสัตว์พบว่า แคดเมียมมีความเป็นพิษต่อระบบอื่น ๆ เช่น ไต ตับ อัณฑะ ตับอ่อน ระบบประสาท ระบบที่เกี่ยวกับการสร้างเม็ดโลหิต และระบบเส้นโลหิต หัวใจ สำหรับความเป็นพิษต่อระบบอื่น ๆ ในคนยังไม่เด่นชัด เนื่องจากการศึกษายังตรวจสอบได้ยาก

2.7.2.2 ความเป็นพิษแบบเรื้อรัง (Toxicological Chronic Effects)

ความเป็นพิษแบบเรื้อรังที่มีต่อมนุษย์หลังจากที่ร่างกาย ได้รับแคดเมียมในปริมาณปานกลางเข้าไปนานติดต่อกัน ความเป็นพิษมักจะไปปรากฏที่ปอดและไตเป็นส่วนใหญ่ ส่วนในระบบอื่น ๆ ก็มีปรากฏอาการเช่นเดียวกัน เช่น ที่กระดูก เม็ดโลหิต ส่วนในสัตว์ทดลอง จะพบอาการของความดันโลหิตสูง

1. ความเป็นพิษต่อปอด (Toxicological Effect on The Lung)

ในคนงานที่ต้องหายใจเอาฝุ่นหรือฟุ้งของแคดเมียม (Cadmium Dust or Fume) จะทำให้เกิดการบวมหรือฟองของเนื้อเยื่อปอด และเกิดจากการหายใจขาด สำหรับปริมาณความเข้มข้นต่ำสุดของแคดเมียมที่จะก่อให้เกิดความเป็นพิษในระยะยาวยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดแต่มีรายงานเสนอไว้ว่าการได้รับแคดเมียมในปริมาณความเข้มข้น $2 \mu\text{m}^3$ นานติดต่อกัน (วันละ 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 70 ปี) เป็นระดับที่ไม่มีผลต่อปอด

แม้ว่าปริมาณแคดเมียมที่ร่างกายได้รับทั้งจากการกินและการหายใจจะมีปริมาณต่ำกว่าจนไม่มีผลต่อปอด แต่แคดเมียมปริมาณดังกล่าวอาจจะสะสมอยู่ในร่างกายจนไปมีผลต่อไตได้

2. ความเป็นพิษต่อไต (Toxicological Effect on The Kidney)

ในผู้ที่ได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายนานติดต่อกัน เช่น คนงานหรือชาวญี่ปุ่น โดยเฉพาะในกลุ่มผู้หญิงสูงอายุ ซึ่งบริโภคข้าวที่ปลูกในพื้นที่ที่ปนเปื้อนด้วยแคดเมียม จนก่อให้เกิดโรคพิษแคดเมียมที่เรียกว่า โรคอิไต-อิไต จะพบความเป็นพิษที่ไตก่อนที่ปอด กล่าวคือ จะเกิดผลที่ไตรวมถึงการที่ไตขับปัสสาวะที่มีโปรตีนมากกว่าปกติ ซึ่งโปรตีนที่ขับออกมาส่วนใหญ่จะเป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ๆ เช่น β_2 Microglobulin, Lysozyme, Ribonuclease, Retinol Binding Protein And Immunoglobulin Chains

3. ความเป็นพิษต่อระบบไหลเวียนเลือด (Toxicological Effect on The Cardiovascular System)

ความเป็นพิษที่มีต่อระบบโลหิตเข้าสู่หัวใจคือ เกิดความดันโลหิตสูง ซึ่งผลการศึกษาเกี่ยวกับแคดเมียมต่อการเกิดความดันโลหิตสูงยังมีข้อโต้แย้ง กล่าวคือ มีบางรายงานศึกษาพบว่าในการทดลองกับหนูโดยให้หนู ได้รับแคดเมียมในปริมาณต่ำมาก ๆ (ในอาหาร 0.02 ppm.) ปรากฏว่าหนูจะมีอาการของความดันโลหิตสูงเกิดขึ้น และมีบางรายกลับไม่พบอาการดังกล่าว

4. ความเป็นพิษที่กระดูก (Toxicological Effect on The Bone)

ความเป็นพิษที่กระดูกปรากฏเด่นชัดในกรณีการเกิดโรคอิไต-อิไต ในประเทศญี่ปุ่นจากการบริโภคข้าวที่มีแคดเมียมปนเปื้อนในปริมาณสูง ผู้ป่วยโรคนี้ส่วนใหญ่เป็นผู้หญิงสูงอายุประมาณ

50 ปี ขึ้นไปโรคนี้เป็นโรคระดุกฝุ คือกระดูกจะพยุรน งอโค้งได้ ทำให้กระดูกเสียรูปทรงและหักได้ และมีอาการปวดที่เอว ปวดกล้ามเนื้อขา และเจ็บที่กระดูกตลอดจนมีผลต่อการเคลื่อนไหวด้วย มีผู้ศึกษาบางรายเชื่อว่าอาการที่เกิดขึ้นที่กระดูกไม่ได้มีผลโดยตรงจากพิษของแคดเมียม แต่อาจเนื่องมาจากความเป็นพิษเกิดขึ้นที่ไตก่อน แล้วส่งผลไปขัดขวางปฏิกิริยาการทำงานของแคลเซียมและฟอสฟอรัส และมีผู้ศึกษาบางรายมีความเห็นว่าแคดเมียมมีความเป็นพิษโดยตรงต่อเนื้อ เยื่อกระดูก ซึ่งพบได้ก่อนความเป็นพิษที่เกิดขึ้นที่ไต

5. ความเป็นพิษต่อระบบการสร้างเม็ดโลหิต (Toxicological Effect on The Blood Corpuscle Formation)

ในกลุ่มผู้ป่วยที่เป็นโรคฮีโต-ฮีโตและในกลุ่มคนงานที่ต้องสัมผัสกับแคดเมียม จะพบอาการของโรคโลหิตจาง และจากการทดลองในสัตว์ก็พบอาการของโรคโลหิตจางเช่นเดียวกัน ปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมที่จะไม่มีผลต่อการสร้างเม็ดโลหิตในสัตว์ คือ ประมาณ 5-10 ppm. ในน้ำดื่ม ทั้งนี้จากการทดลองในหนู พบว่าการได้รับแคดเมียมปริมาณเข้มข้น 10 ppm. ในช่วงเวลาสั้น ๆ จะไปมีผลต่อการดูดซึมเหล็กของระบบทางเดินอาหาร

6. ความเป็นพิษต่อตับ (Effect on The Liver)

ความเป็นพิษต่อตับในมนุษย์ มีรายงานค่อนข้างน้อยมาก แต่จากการทดลองในสัตว์พบว่าแคดเมียมในปริมาณน้อย (ในน้ำดื่ม 1 ppm.) มีผลทำให้การทำงานของเอนไซม์ในตับเปลี่ยนไป

2.7.3 ความเป็นพิษของสังกะสี

2.7.3.1 ความเป็นพิษต่อระบบหายใจ (ไซคชัย ยะชูศรี. 2535 : 14)

ความเป็นพิษของสังกะสีทำให้เกิดอาการตัวเขียว ผิวหนังอักเสบ และมีเนื้องอกที่โพรงจมูก

2.7.3.2 ความเป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหาร

ความเป็นพิษของสังกะสีทำให้เกิดอาการเป็นไข้ อาเจียน ปวดท้องและเกร็งรวมทั้งมีอาการท้องเสีย สังกะสีมีความเป็นพิษมากโดยเฉพาะรูปซิงค์ออกไซด์ ทำให้เกิดอันตรายโดยจะมีอาการเป็นไข้ แต่ไม่มีอาการของพิษเรื้อรัง

2.7.4 ความเป็นพิษของทองแดง

เนื่องจากร่างกายสามารถควบคุมปริมาณทองแดงได้ และยังสามารถกำจัดทองแดงออกจากร่างกายได้ จึงไม่ทำให้เกิดการสะสมของทองแดงในร่างกายจนเป็นเหตุให้เกิดโรคเรื้อรังได้ ดังเช่น โลหะอื่นๆ แต่ก็อาจเกิดพิษเนื่องจากทองแดงแบบเฉียบพลันได้ในกรณีที่ร่างกายได้รับทองแดงในปริมาณมากเกินไปทันทีโดยร่างกายกำจัดออกไม่ทัน การเกิดพิษเนื่องจากทองแดงแบบเฉียบพลันแบ่งออกได้ เป็น 2 ลักษณะ (สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์. 2528 : 12-15) คือ

2.7.4.1 การเกิดพิษจากระบบทางเดินอาหาร

การเกิดพิษเนื่องจากทองแดงจากระบบทางเดินอาหารเกิดจากรับประทานอาหารที่มีปริมาณทองแดงปะปนอยู่ในปริมาณสูงเข้าไป การเกิดพิษลักษณะนี้ทำให้เกิดอาการคลื่นเหียน อาเจียน และท้องร่วง นอกจากนี้ยังเกิดอาการเม็ดเลือดแดงถูกทำลาย เกิดอาการตับวาย มีเลือดออกในทางเดินอาหาร มีปัสสาวะ

น้อยกว่าปกติ ไม่มีไนโตรเจนในเลือด (Azotemia) ปัสสาวะมีโลหิต (Hematuria) โปรตีน (Proteinuria) ความดันโลหิตสูง หัวใจเต้นเร็ว กล้ามเนื้อมีอาการหดเกร็งรุนแรง มีอาการโคม่า (Coma) และตายในที่สุด ถ้าได้รับทองแดงมากเกินไป

2.7.4.2 การเกิดพิษจากระบบทางเดินหายใจ

การเกิดพิษเนื่องจากทองแดงในลักษณะนี้เกิดจากการที่ร่างกายได้รับสารประกอบทองแดงหรือไอทองแดงโดยการหายใจเข้าไป ซึ่งจะทำให้เกิดการระคายเคือง และอักเสบในระบบเดินหายใจ และถ้าร่างกายได้รับไอทองแดงเป็นปริมาณมาก จะทำให้เกิดอาการคลื่นเหียน อาเจียร เป็นไข้และบางครั้งทำให้ผมและผิวหนังเปลี่ยนสีได้ การหายใจเอาฝุ่นของสารประกอบทองแดงปริมาณมากพอสมควรเข้าร่างกายสามารถทำให้เกิดอาการเลือดคั่งในเนื้อเยื่อจมูกและช่องติดต่อบetween จมูกและปาก นอกจากนี้สารประกอบทองแดงเข้าตาจะทำให้เกิดอาการระคายเคือง ตาอักเสบและตาชุนมัวได้

2.8 ลักษณะแม่น้ำเจ้าพระยา

2.8.1 ลุ่มน้ำเจ้าพระยา

ลุ่มน้ำเจ้าพระยา (Chao Phraya Watershed) เป็นลุ่มน้ำที่เกิดจากลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำวัง ลุ่มน้ำยม และลุ่มน้ำน่าน ไหลมารวมกันที่อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมด 45000 ตารางกิโลเมตร ความยาวของลำน้ำประมาณ 380 กิโลเมตร การไหลของน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาจะไหลจากทิศเหนือไปทางทิศใต้

2.8.2 แหล่งกำเนิดของแม่น้ำเจ้าพระยา

แม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำที่เกิดจากแม่น้ำสี่สายทางภาคเหนือ ได้แก่ แม่น้ำปิง แม่น้ำวัง แม่น้ำยม และแม่น้ำน่าน ต้นกำเนิดของแม่น้ำดังกล่าวเกิดจากเทือกเขาทางภาคเหนือ

ด้านทิศตะวันตกจะเป็นต้นกำเนิดของลุ่มน้ำปิงและลุ่มน้ำวัง ซึ่งมีความยาวประมาณ 500 กิโลเมตร และ 220 กิโลเมตร ตามลำดับ ชนิดของหินจะเป็นหินแกรนิต และหิน Gneiss ช่วงทิวเขาที่มีความสูงที่สุดประมาณ 10-20 เมตรต่อกิโลเมตร (ความสูงที่เพิ่มขึ้นต่อกิโลเมตร) กระแสน้ำจะไหลผ่านทิวเขาที่ลึกและกว้างในช่วงฤดูฝน กระแสน้ำจะพัดพาตะกอนต่างๆ ลงมามากมาย ดังนั้นการพัดพาตะกอนเข้าสู่ลุ่มน้ำปิง และลุ่มน้ำวังจึงเป็นตะกอนที่มาจากหินอัคนี ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นตะกอนจากดินทรายเป็นจำนวนมาก

แม่น้ำวังจะไหลมารวมกับแม่น้ำปิงเป็นแม่น้ำสายเดียวกันที่ประมาณ 40 กิโลเมตร เหนือจังหวัดตาก เมื่อรวมกันแล้วยังคงเรียกว่าแม่น้ำปิง จากนั้นก็จะไหลเข้าสู่ที่ราบกว้างใหญ่ปลายทางคือที่ ปากน้ำโพ จังหวัดนครสวรรค์ กระแสน้ำในช่วงนี้จะไหลช้าลง เกิดการตกตะกอนทำให้เกิดดินทรายบนฝั่งและเกาะกลางน้ำ การพัดพาตะกอนจะลดน้อยลง ด้วยเหตุนี้ดินทรายจึงเกิดการทับถมกันเป็นจำนวนมากบริเวณปากแม่น้ำปิง

ด้านทิศตะวันออกจะเป็นต้นกำเนิดของกลุ่มน้ำยม และลุ่มน้ำน่าน ซึ่งมีความยาวประมาณ 500 กิโลเมตร และ 490 กิโลเมตร ตามลำดับ ชนิดของหินจะเป็นหินทราย หินดินดาน และหินปูน ลุ่มน้ำยมและลุ่มน้ำน่านมีแนวของลำน้ำค่อนข้างจะแคบและลึก ริมฝั่งจะสูง ฉะนั้นกระแสที่พัดพาตะกอนเข้าสู่ลุ่มน้ำยมและลุ่มน้ำน่านจึงค่อนข้างแรงและเป็นตะกอนดินที่มาจากหินปูน หินทราย ตลอดจนหินดินดาน ซึ่งเป็นดินเหนียวและตะกอนละเอียด สำหรับลุ่มน้ำยมและลุ่มน้ำน่านจะไหลมารวมกันที่ปากน้ำโพ จังหวัดนครสวรรค์ บริเวณปากแม่น้ำจะเป็นดินเหนียวและดินตะกอนละเอียดดังกล่าว

เมื่อลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำยม และลุ่มน้ำน่านไหลมารวมกันที่จังหวัดนครสวรรค์ บริเวณปากลุ่มน้ำปิง จะเกิดความลึกของทรายที่ทับถมกันประมาณ 42 เซนติเมตรต่อกิโลเมตร ส่วนปากลุ่มน้ำยมและลุ่มน้ำน่านจะเป็นดินเหนียวและดินตะกอน ความลึกของดินที่ทับถมกันประมาณ 9 เซนติเมตรต่อกิโลเมตร ทำให้กระแสที่พัดพาตะกอนของลุ่มน้ำปิงสูงกว่าลุ่มน้ำยมและลุ่มน้ำน่าน ฉะนั้นจึงพบว่าแม่น้ำเจ้าพระยาตั้งแต่ได้จังหวัดนครสวรรค์ลงมาจนถึงจังหวัดพระนครศรีอยุธยาจะมีดินทรายจากปากแม่น้ำปิง ซึ่งดินทรายนี้จะสะสมตามริมฝั่งและเกาะกลางน้ำเป็นจำนวนมาก ส่วนทางตอนใต้จังหวัดพระนครศรีอยุธยาลงมาจนถึงปากแม่น้ำเจ้าพระยาจะเป็นดินเหนียวและดินตะกอนละเอียด สาเหตุดังกล่าวเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากแม่น้ำลำคลองต่าง ๆ ที่ไหลมารวมกับแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ตลอดจนถึงราบลุ่ม กรุงเทพมหานคร เป็นดินตะกอนและดินเหนียว ดินดังกล่าวจะถูกกระแสที่พัดพาไปตกตะกอนปากแม่น้ำจนทำให้เกิดสันดอนในบริเวณปากแม่น้ำ น้ำในบริเวณนี้มีการตกตะกอนสูงเนื่องมาจากมีการไหลของ กระแสน้ำช้าลง เพราะได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลหนุน ความลาดเทของแม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงกรุงเทพมหานครประมาณ 5-6 เซนติเมตร และบริเวณใกล้ปากแม่น้ำ ความลาดเทประมาณ 2 เซนติเมตรต่อกิโลเมตร ซึ่งนับได้ว่าเป็นความลาดชันที่น้อยมาก

8.2.3 แม่น้ำเจ้าพระยา

แม่น้ำเจ้าพระยาเริ่มต้นนับตั้งแต่จังหวัดนครสวรรค์ไหลผ่านจังหวัดต่าง ๆ ในภาคกลาง รวม 9 จังหวัด และไหลลงสู่อ่าวไทยที่อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ มีความยาวประมาณ 380 กิโลเมตร ความกว้างประมาณ 200-400 เมตร ตอนบนของแม่น้ำบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท (กิโลเมตรที่ 277 จากปากแม่น้ำ) มีเขื่อนเจ้าพระยา ซึ่งเป็นเขื่อนเก็บกักน้ำเพื่อการชลประทาน ตลอดลำน้ำมีคลองต่าง ๆ ที่ไหลมารวมกับแม่น้ำเจ้าพระยา เช่น คลองลพบุรี คลองบางแก้ว คลองบางบาน คลองบางหลวง รวมทั้งแม่น้ำป่าสัก ซึ่งไหลมาบรรจบกับแม่น้ำเจ้าพระยาที่อำเภอเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา (บริเวณกิโลเมตรที่ 142 จากปากแม่น้ำ) เนื่องจากแม่น้ำเจ้าพระยาไหลลงสู่ทะเลที่จังหวัดสมุทรปราการดังกล่าว จึงทำให้การขึ้นลงของน้ำทะเลมีอิทธิพลต่อทิศทางการไหลของน้ำ ตลอดจนคุณภาพของน้ำในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งมีอิทธิพลดังกล่าวจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำในแม่น้ำเป็นสำคัญ (กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2528)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.4 ลักษณะภูมิอากาศ

Royal Irrigation Department 1987) ได้ศึกษาลักษณะทางกายภาพของแม่น้ำเจ้าพระยาไว้ดังนี้

แม่น้ำเจ้าพระยาตั้งอยู่ในเขตอากาศร้อน มีลมมรสุม (Tropical Monsoon Cyclones) พัดผ่าน ซึ่งมีลักษณะเช่นนี้จะทำให้เกิดฤดูฝนและฤดูแล้ง

ในช่วงฤดูฝนจะมีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากมหาสมุทรอินเดียพัดผ่านในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม ทำให้มีความชื้นสูง ฝนจะตกมาก ประกอบกับมีลมพายุหมุน (Tropical Cyclones) ที่เกิดในมหาสมุทรแปซิฟิกตอนใต้เคลื่อนเข้าสู่ลุ่มน้ำในช่วงเดือนกันยายน ถึงเดือนตุลาคม จึงทำให้อาจมีฝนตกติดต่อกันนาน

ในช่วงฤดูแล้ง เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม จะมีอากาศเย็นและแห้งเพราะลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจากประเทศจีนพัดผ่าน ฝนจะน้อย ความชื้นต่ำ

ปริมาณฝนตกในลุ่มแม่น้ำแต่ละปีเฉลี่ยจาก 1000 มิลลิเมตร ทางทิศตะวันตกไปจนถึง 1400 มิลลิเมตรทางตะวันออกเฉลี่ยเหนือ 85 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณฝนตกจะมีในช่วงฤดูฝน สำหรับในช่วงที่มีลมพายุหมุนฝนจะตกหนึ่งวันปริมาณน้ำฝนจะเกิน 100 มิลลิเมตร

อุณหภูมิของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาช่วงฤดูฝนมีค่าตั้งแต่ 27 ถึง 32 องศาเซลเซียส ช่วงฤดูหนาวมีค่าตั้งแต่ 20 ถึง 27 องศาเซลเซียส

การระเหยของน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาจะระเหยสูงสุดในเดือนเมษายน และระเหยต่ำสุดในเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน โดยเฉลี่ย 100-250 มิลลิเมตรต่อเดือน ความผันแปรของการระเหยของน้ำค่อนข้างต่ำ (ค่อนข้างคงที่) ปริมาณของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาจะขึ้นอยู่กับฤดูกาล (ปริมาณฝนตก) เนื้อที่รับน้ำฝนประมาณ 51000 ตารางกิโลเมตร น้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาจะเริ่มสูงขึ้นในเดือนเมษายนและสูงสุดในเดือนกันยายนหรือตุลาคม

8.2.5 ลักษณะการใช้พื้นที่ดินลุ่มน้ำเจ้าพระยา

พื้นที่ดินลุ่มน้ำเจ้าพระยาตั้งแต่จังหวัดนครสวรรค์ลงไปจนถึงปากแม่น้ำเจ้าพระยามีพื้นที่ประมาณ 45000 ตารางกิโลเมตร ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่ได้รับการพัฒนาแล้ว โดยมีสัดส่วนของการใช้พื้นที่ดังนี้

พื้นที่เพาะปลูกจะมีมากถึง 70 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 31500 ตารางกิโลเมตร ที่ดินดังกล่าวใช้เป็นนาประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 22000 ตารางกิโลเมตร โดยแบ่งเป็น นาดำ 20 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 4200 ตารางกิโลเมตร นาหว่าน 30 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 17800 ตารางกิโลเมตร

พื้นที่ป่าไม้จะอยู่ตามแนวจากทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตกของลุ่มน้ำมีประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 9000 ตารางกิโลเมตร

พื้นที่ว่างเปล่า พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่น ๆ มีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 4500 ตารางกิโลเมตร ซึ่งในพื้นที่ส่วนนี้จะใช้ในการพัฒนาอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่

จากการใช้พื้นที่ดินบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาดังกล่าว กองมทราฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2528) ได้แบ่งเป็นเขตตามสภาพการใช้ประโยชน์ของที่ดินในกิจกรรมต่างๆ ได้ดังนี้

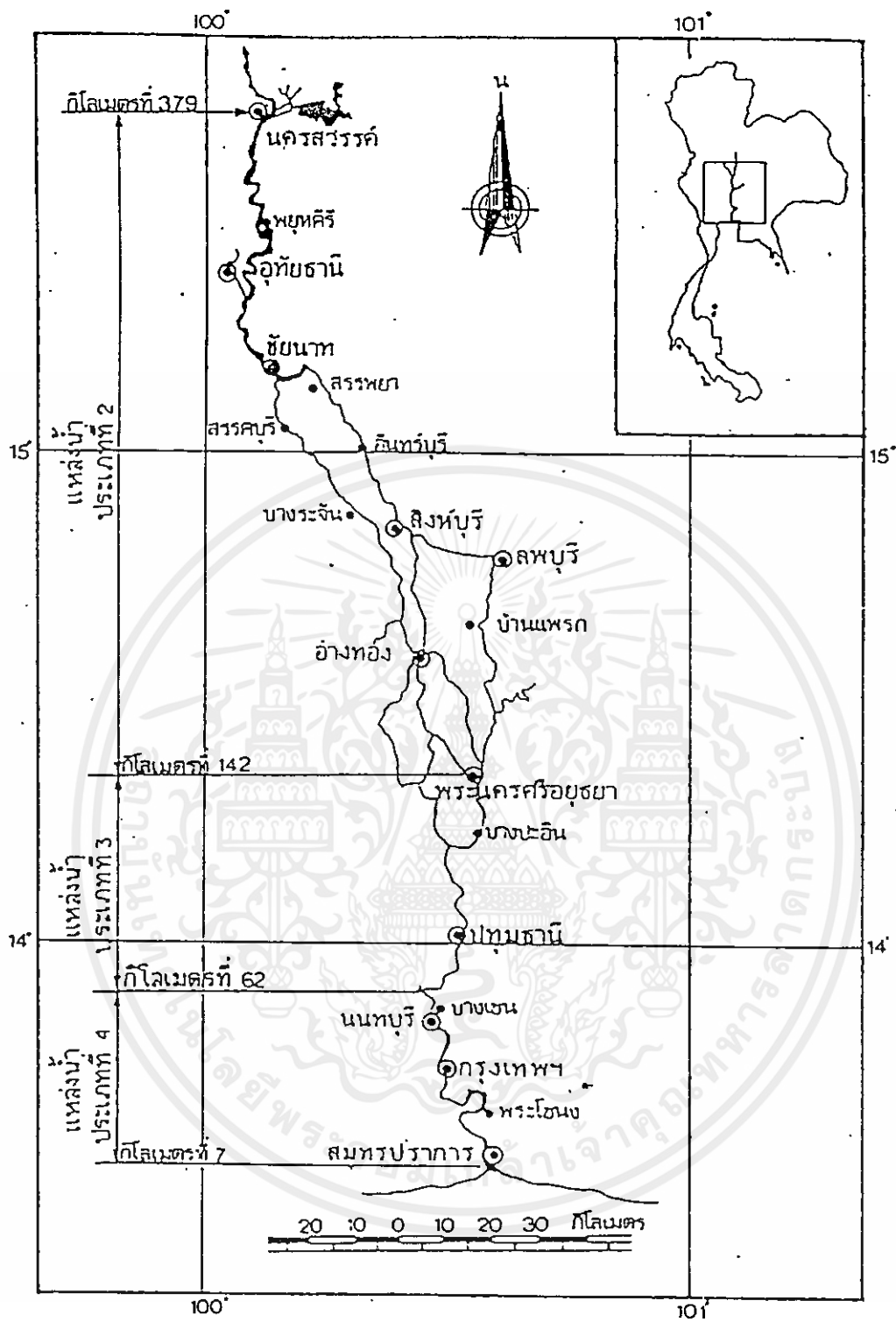
เขตกสิกรรม ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงบนและช่วงกลาง จะมีในบางพื้นที่อยู่ในช่วงล่างของ แม่น้ำ สภาพทั่ว ๆ ไปของเขตนี้เป็นสวนผลไม้ ทุ่งนา และมีบ้านเรือนอยู่เบาบาง

เขตชุมชน เป็นเขตอยู่ช่วงกลางของแม่น้ำ เขตนี้จะผ่านกรุงเทพมหานคร เป็นเขตที่ประชากรอาศัยอยู่หนาแน่น มีโรงงานอุตสาหกรรมขนาดย่อมและอุตสาหกรรมในครอบครัว

เขตอุตสาหกรรม เป็นเขตที่อยู่ช่วงล่างของแม่น้ำ ส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตราชบุรีบูรณะ (กรุงเทพมหานคร) อำเภอพระประแดง อำเภอเมือง (จังหวัดสมุทรปราการ) โรงงานที่ตั้งอยู่ในเขตนี้เป็นโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เครื่องหมาย

- ⊙ จังหวัด
- อำเภอ
- แม่น้ำ

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2524

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ผู้ที่นำข้อมูลไปใช้โดยไม่แจ้งแหล่งที่มา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 แผนที่แสดงบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา

2.9 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กฤษณะ ติระพงษ์ และวิไล สันติโสภาคี (2528 : บทคัดย่อ) ศึกษาปริมาณตะกั่วในน้ำจากลำธารที่ลุ่มน้ำปิงและวัง จากลุ่มน้ำย่อย 6 ลุ่มน้ำ ระหว่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2526-เดือนเมษายน พ.ศ. 2527 ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณเฉลี่ยของตะกั่วในน้ำ มีปริมาณสูงสุด 1.92 ไมโครกรัม /ลิตร ที่ลุ่มน้ำย่อยคลองซลุง รองลงมาปริมาณ 1.69, 1.63, 1.35 , 1.24 และ 1.16 ไมโครกรัม/ลิตร ที่ลุ่มน้ำย่อยแม่กลาง แม่บอน-แม่สวย แม่กวัง แม่ท้อ และแม่จาง ตามลำดับ

กัลยา อำนวย (2527 : บทคัดย่อ) ศึกษาพฤติกรรมของตะกั่วในส่วนที่ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยในแม่น้ำและปากแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่าตะกั่วส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปตะกอนแขวนลอย และส่วนที่ละลายน้ำตรวจพบในเดือนเมษายน และเดือนมิถุนายน พ.ศ.2526 พบว่ามีค่า ตรวจไม่พบ -0.12 ไมโครกรัม/ลิตร ตรวจไม่พบ - 0.07 ไมโครกรัม/ลิตร , และปากแม่น้ำมีค่า 3.18 และ 1.99 ไมโครกรัม/ลิตร ส่วนปริมาณตะกั่วแขวนลอยตรวจพบในช่วงเวลาเดียวกัน มีค่า 18.2-112.8 ไมโครกรัม/กรัม และ 12.5-23.7 ไมโครกรัม/กรัม และ ปากแม่น้ำมีปริมาณ 13.6 ไมโครกรัม/กรัม และ 17.8 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ

กองอนามัยสิ่งแวดล้อม (2532 : บทคัดย่อ) สำนวจความเข้มข้นของตะกั่วในแม่น้ำระหว่างปี พ.ศ.2521-2531 พบว่าแม่น้ำ 35 สาย ทั่วประเทศ มีค่าตะกั่วในน้ำเกินมาตรฐานร้อยละ 30.6 และจากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมด 1,816 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าตะกั่วสูงสุดเท่ากับ 15,100 ไมโครกรัม/ลิตร ในแม่น้ำปัตตานี ส่วนแม่น้ำที่พบค่าตะกั่วเกินมาตรฐานสูงสุดคือแม่น้ำปากพนัง คิดเป็นร้อยละ 70.5 ของตัวอย่างที่ทำการสำวจ (17 ตัวอย่าง) แม่น้ำในภาคใต้มีค่าเกินมาตรฐานสูงถึงร้อยละ 43.5 และค่าตะกั่วสูงสุดที่สำวจพบในแม่น้ำแต่ละภาคเรียงลำดับดังนี้ แม่น้ำภาคใต้ แม่น้ำภาคกลาง แม่น้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แม่น้ำภาคตะวันออก และแม่น้ำภาคเหนือ

ทวีศักดิ์ ปิยะกาญจน์ อำไพ อิทธิเกษม และรวีวรรณ วัชรวงศ์กุล (2521 : บทคัดย่อ) จากการศึกษาคุณภาพน้ำทะเลในอ่าวไทย ปรากฏว่ามีตะกั่วในน้ำทะเลประมาณ 7.00 ไมโครกรัม/ลิตร ส่วนดินตะกอนในอ่าวไทยตอนบนตรวจไม่พบ แต่ในดินตะกอนของอ่าวไทยตอนล่าง พบปริมาณตะกั่วอยู่ระหว่าง 0.0-0.5 ไมโครกรัม/ลิตร ตะกั่วที่พบในดินตะกอนของอ่าวไทยอยู่ในรูปของตะกั่วซัลไฟด์ (Lead Sulphide) โดยเฉพาะในบริเวณที่มีสารอินทรีย์สูง เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต และพิชาญ สว่างวงศ์ (2521 : บทคัดย่อ) ศึกษาหาปริมาณตะกั่วใน แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง เดือนมกราคม พ.ศ. 2520 ค่าเฉลี่ยจาก 9 สถานี พบว่า ตะกั่วแขวนลอย, อนุภาคตะกั่ว และ ผลรวมของตะกั่วทั้งหมด มีค่า 3.20 ± 1.28 , 19.05 ± 12.00 และ 22.20 ± 12.60 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2520 มีค่า 3.34 ± 0.90 , 21.50 ± 14.4 และ 24.90 ± 14.30 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ

พิชาญ สว่างวงศ์ (2520 : บทคัดย่อ) พบว่าน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา ช่วงปากแม่น้ำมีค่าความเข้มข้นของตะกั่วอยู่ระหว่าง 14.35-52.03 ไมโครกรัม/ลิตร ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2520 และ 15.50-62.05 ไมโครกรัม/ลิตร ในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2520

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องรูปแบบและการสะสมปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

น้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จากสะพานนนทบุรี อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี ลงไปถึงบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ รวมเป็นระยะทาง 84 กิโลเมตร

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างน้ำในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จำนวน 10 สถานี เก็บตัวอย่างน้ำเดือนละ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 1 ปี เริ่มเก็บตั้งแต่ เดือนเมษายน พ.ศ. 2542 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2543 เป็นระยะทางจาก 84 กิโลเมตร จากสะพานนนทบุรี อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี ลงไปจนถึงบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำด้วยวิธีการเก็บแบบแยกผสม (Grab Sample) (กรมควบคุมมลพิษ. 2541 : 5) โดยเก็บตัวอย่างบริเวณกลางแม่น้ำ กล่าวคือเป็นการเก็บตัวอย่างน้ำเพียงจุดเดียวที่เวลาใดเวลาหนึ่ง ที่ระดับกึ่งกลางความลึก ณ ตำแหน่งกลางแม่น้ำ โดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำหย่อนลงไปใต้น้ำ รอจนน้ำเต็มยกขึ้น บรรจุในขวดโพลีเอทิลีน ขนาดจุ 1 ลิตร รักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำโดยการเติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 ลบ.ซม. ต่อตัวอย่างน้ำ 1000 ลบ.ซม. ขณะที่เก็บตัวอย่างอย่าให้เขย่ากัน ปิดฉลากขวด เขียนชื่อ สถานี วันเวลาที่เก็บ เพื่อรอการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2540 : 3) การเก็บตัวอย่างน้ำ 10 สถานี แสดงดังตาราง 3.1 (กองอนามัยสิ่งแวดล้อม. 2534 : 11)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงสถานที่ในการเก็บตัวอย่างน้ำ

สถานี	สถานที่	ระยะทางจากปากแม่น้ำ (กิโลเมตร)
1	ป้อมพระจุลจอมเกล้า	2
2	พระสมุทรเจดีย์	9
3	พระประแดง	20
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	32
5	สะพานกรุงเทพ	44
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	50
7	สะพานพระรามหก	60
8	ทำนันทบุรี	66
9	ปากเกร็ด	78
10	สะพานนนทบุรี	84

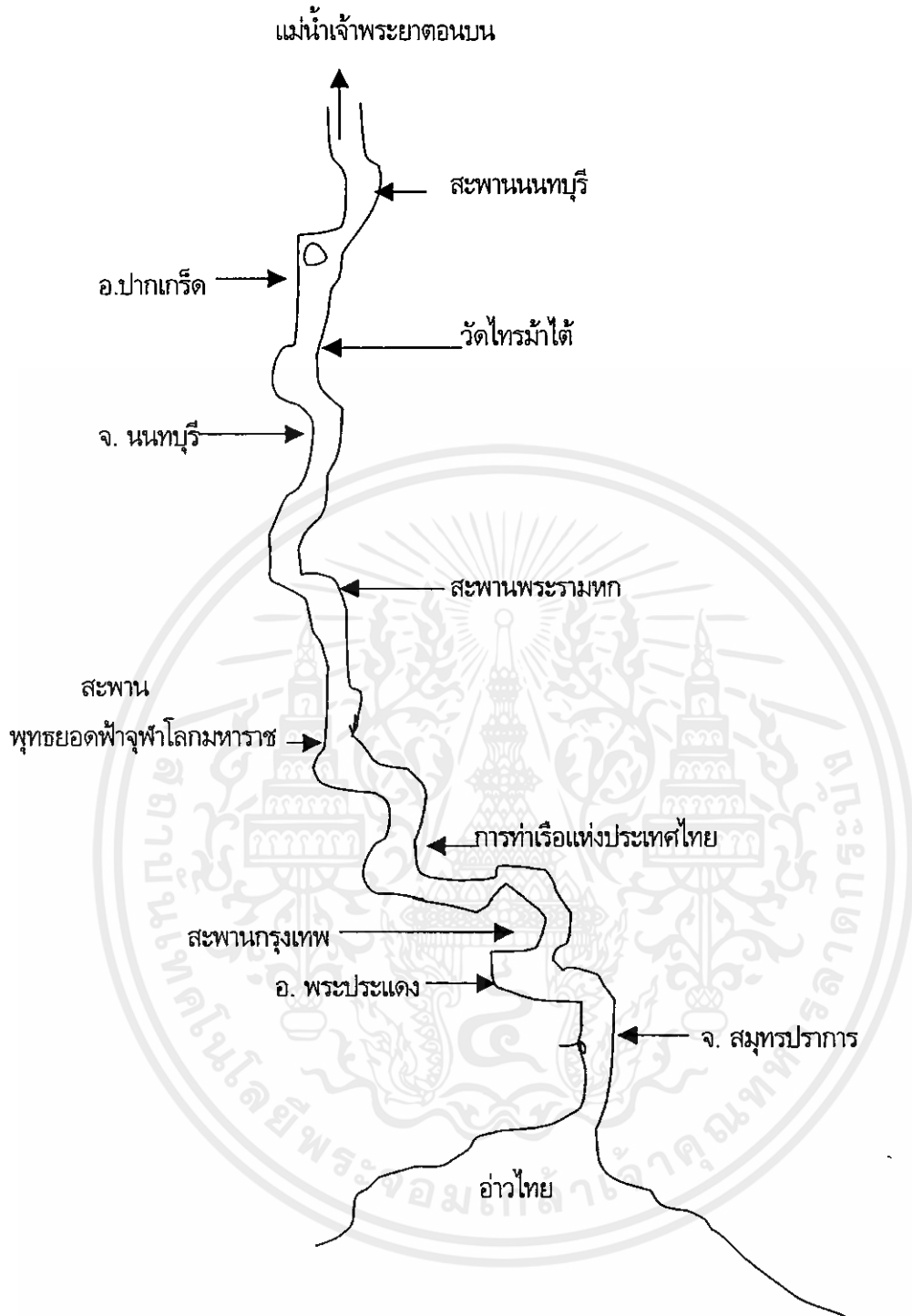
3.1.3 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง

การกำหนดระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำ คือ ตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2542 ถึง เดือน มีนาคม พ.ศ. 2543 ในวันที่ 1 และวันที่ 15 ของแต่ละเดือน แบ่งเป็น 2 ช่วงคือ

ช่วงที่ 1 (ฤดูน้ำมาก) ในเดือนเมษายน - เดือนตุลาคม

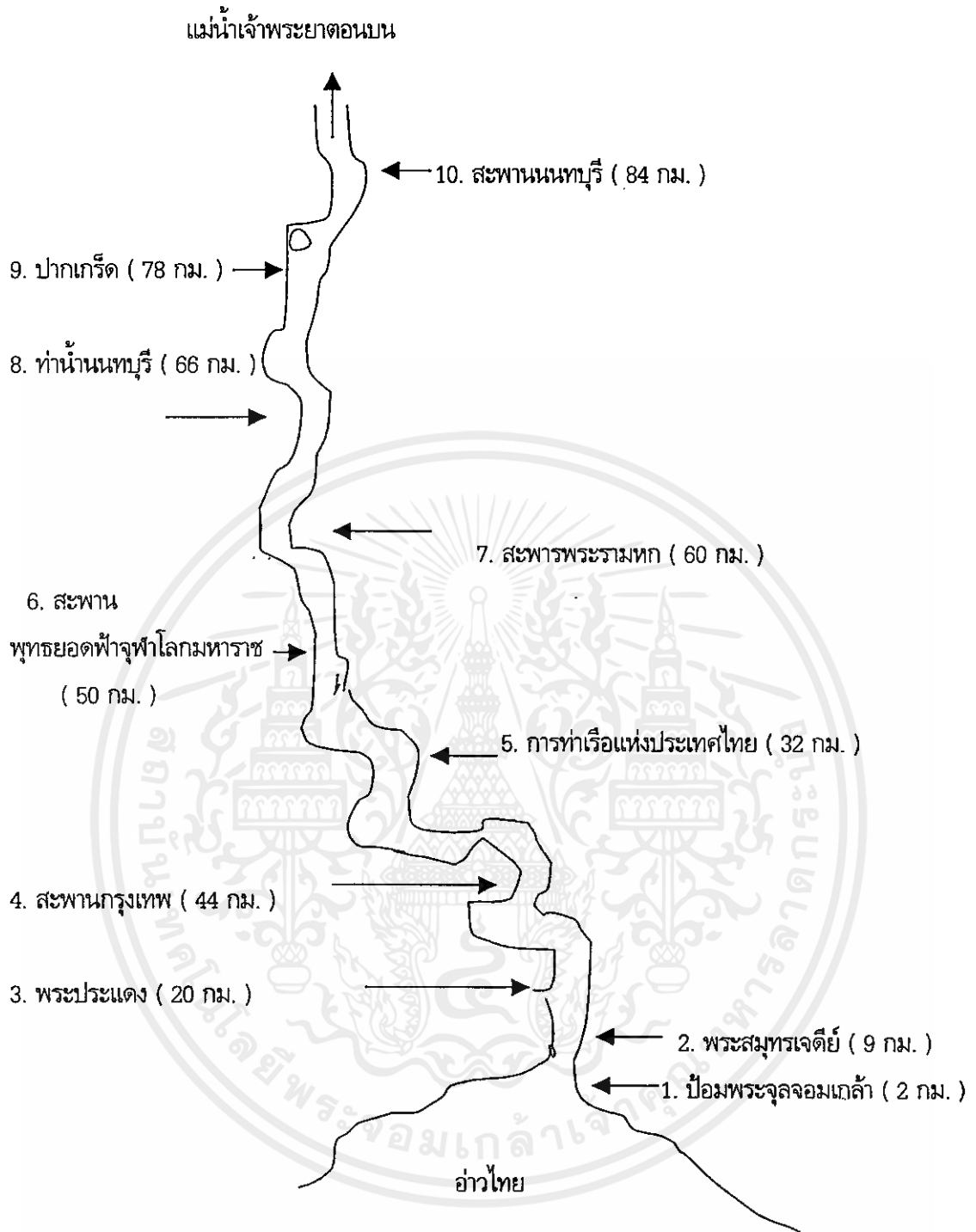
ช่วงที่ 2 (ฤดูน้ำน้อย) ในเดือนพฤศจิกายน - เดือนมีนาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง โดยมีอุปกรณ์และสารเคมี เครื่องมือที่ใช้ ดังต่อไปนี้

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้

- | | |
|----------------------|------------------------|
| 1. ขวดวัดปริมาตร | (Volumetric Flask) |
| 2. ปิเปต | (Pipette) |
| 3. บีกเกอร์ | (Beaker) |
| 4. ขวดรูปกรวย | (Erlenmeyer Flask) |
| 5. กรวยแยก | (Separatory Funnel) |
| 6. ขวดบีโอดี | (BOD Bottle) |
| 7. กรวยกรอง | (Funnel) |
| 8. กระดาษกรอง | (Membrane Filter) |
| 9. กระบอกตวง | (Measuring Cylinder) |
| 10. กระจกนาฬิกา | (Watch Glass) |
| 11. ขวดโพลีเอทิลีน | (Polyethylene Bottle) |
| 12. แท่งแก้ว | (Stirring Rod) |
| 13. ตู้อินคิวเบต | (Incubator) |
| 14. จานระเหย | (Evaporating Dish) |
| 15. ตู้อบ | (Oven) |
| 16. บีกเกอร์ | (Beaker) |
| 17. ขาตั้ง | (Stand) |
| 18. แคลมป์ตัวหนีบยึด | (Clamp) |
| 19. เดซิเคเตอร์ | (Desiccator) |

3.2.2 สารเคมีที่ใช้

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1. กรดไนตริก | (Nitric Acid) |
| 2. กรดไฮโดรคลอริก | (Hydrochloric Acid) |
| 3. น้ำดีไอออไนซ์ | (Deionzation Water) |
| 4. น้ำกลั่น | (Distillation Water) |
| 5. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ | (Phosphate Buffer Solution) |
| 6. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ | (Calcium Chloride Solution) |
| 7. สารละลายไอรอน (III) คลอไรด์ | (Iron (III) Chloride Solution) |

8. สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต	(Magnesium Sulfate Solution)
9. สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์	(Ferric Chloride Solution)
10. สารละลายมาตรฐานแคดเมียม	(Cadmium Standard Solution)
11. สารละลายมาตรฐานตะกั่ว	(Lead Standard Solution)
12. สารละลายมาตรฐานทองแดง	(Copper Standard Solution)
13. สารละลายมาตรฐานสังกะสี	(Zinc Standard Solution)

3.2.3 เครื่องมือที่ใช้

1. เครื่อง ICP	(Inductively Coupled Plasma Spectrometry)
2. เครื่องวัดความนำไฟฟ้า	(Conductivity Meter)
3. เครื่องวัดพีเอช	(pH Meter)
4. เทอร์โมมิเตอร์	(Thermometer)
5. เครื่องวัดการละลายของออกซิเจนใน	(YSI Model รุ่น 51 B Oxygen Meter)
6. เครื่องชั่งละเอียด	(Analytical Balance)
7. เครื่องชั่งหยาบ	(Rough Balance)
8. เครื่องให้ความร้อน	(Heating Mantle)
9. เครื่องจ่ายลม	(Air Pump)

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 การวิเคราะห์ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ส่วนที่อยู่ในสารแขวนลอย โดยวิธี Acid Digestion (APHA-AWWA-WPC, 1992 : 1134)

วิธีการสกัดสารแขวนลอยมีขั้นตอนดังนี้ คือ

- (1) นำแผ่นกรอง (Membrane Filter) ขนาด 0.45 ไมโครเมตร ที่กรองตัวอย่างน้ำ (รู้ปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ผ่านแผ่นกรอง) ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร
- (2) เติมนกรดไนตริกเข้มข้น 3 มิลลิลิตร ปิดฝาด้วยกระจกนาฬิกา อุณหภูมิร้อนและเพิ่มอุณหภูมิจากการระเหยออกไปหมด
- (3) เติมนกรดไนตริกเข้มข้นลงไปอีก 3 มิลลิลิตร ปิดฝาด้วยกระจกนาฬิกา ทำให้อุณหภูมิร้อนต่อไปจนกระทั่งการย่อยสลายเป็นไปอย่างสมบูรณ์
- (4) เติมนกรดไฮโดรคลอริกลงไปอีก 2 มิลลิลิตร
- (5) ชะล้างด้านข้างของบีกเกอร์และกระจกนาฬิกาด้วยน้ำดีไอออน

- (6) กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง Whatman No.41 ที่ล้างด้วยกรดไนตริก 10%
- (7) ปรับปริมาตรสารละลายเป็นปริมาตร 50 มิลลิลิตร
- (8) นำไปวิเคราะห์ด้วยวิธี ICP



รูปที่ 3.3 วิธีวิเคราะห์ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง สารแขวนลอย

3.3.2 การเตรียมสารละลายแมลงค์ (Blank)

ตัวอย่างน้ำใช้น้ำดีไออไนซ์ 100 มิลลิลิตร เป็นสารละลายแมลงค์ ทำเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่างน้ำ ใช้แผ่นกรอง Membrane Filter ที่ผ่านการทำความสะอาดและยังไม่ได้ใช้กรองน้ำ ใช้ทำการ

เตรียมเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่าง ในการวิเคราะห์หาคะกำว แคลเดมียม สังกะสี และทองแดง ส่วนที่อยู่ใตตะกอนแขวนลอย

3.3.3 หลักการของ Inductively Coupled Plasma Spectroscopy

สุวรรณ ไชยสิทธิ์. (2540 : 36-37) ได้กล่าวดงหลักการของ Inductively Coupled Plasma Spectroscopy ไว้ดงนี้

เมื่อสารละลายถูกพ่นเข้าไปในพลาสมาจะเกิดขบวนการต่าง ๆ ขึ้น จนกระทั่งได้อะตอมอิสระในสถานะแก๊ส บางส่วนของอะตอมที่เกิดขึ้นจะดูดกลืนพลังงานจากพลาสมาแล้วขึ้นไปอยู่ในสถานะกระตุ้น (Thermal Excitation) อะตอมเหล่านี้จะสูญเสียพลังงานไปโดยชนกับอะตอมอื่น ๆ หรือเปล่งแสงออกมาเมื่อกลับสู่สถานะพื้น ซึ่งการดูดกลืนพลังงานความร้อนจากพลาสมาแล้วคายพลังงานออกมาบางส่วนหรือทั้งหมดในรูปของสเปกตรัม เราเรียกว่า การเปล่งแสงของอะตอม (Atomic Emission)

เราสามารถเขียนขบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในได้ดงนี้



เมื่อ

M = อะตอมอิสระในสถานะแก๊สที่มีสถานะพื้น

M' = อะตอมอิสระในสถานะแก๊สที่สถานะกระตุ้น

$h\nu$ = พลังงานที่คายออกมาในรูปของแสง

3.3.4 การวิเคราะห์พารามิเตอร์อื่น ๆ

พารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัด มีดงนี้

1. อุณหภูมิ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์
2. วัดพีเอช โดยใช้ pH Meter รุ่น 704 Method
3. การนำไฟฟ้า โดยใช้ Conductivity Meter
4. ค่าบีโอดี (BOD) โดยวิธี Azide Modification

ดงตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงการตรวจวัดพารามิเตอร์อื่น ๆ

พารามิเตอร์	เครื่องที่ใช้วัด	ระดับที่เก็บ	วิธีวิเคราะห์
อุณหภูมิ	Thermometer	ที่ระดับกึ่งกลางความลึก	Thermometer
พีเอช	pH - Meter	ที่ระดับกึ่งกลางความลึก	pH - Meter
การนำไฟฟ้า	Conductivity Meter	ที่ระดับกึ่งกลางความลึก	Conductivity Meter
บีโอดี	Water Sample	ที่ระดับกึ่งกลางความลึก	Azide Modification

หมายเหตุ : ที่ระดับกึ่งกลางความลึก ณ จุดเก็บตัวอย่างน้ำกลางแม่น้ำ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

- ศึกษาค่าพารามิเตอร์โดยทำการวัดอุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้า และบีโอดี โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
- ศึกษาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
- เปรียบเทียบปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง แต่ละชนิดในช่วงฤดูน้ำมากและช่วงฤดูน้ำน้อย โดยวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ใช้ t-test for independent samples
- เปรียบเทียบปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง จากแต่ละสถานีโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way analysis of variance : One-Way ANOVA) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของนิวแมนคูลส์ (Newman - Keuls Test)
- เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์และปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง (Pearson Product Moment , Multiple Correlation)
- ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง จากค่าพารามิเตอร์โดยทำการวัดอุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้า และบีโอดี โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (ซูกรี วงศ์รัตนะ. 2541 : 36)

$$\text{สูตร} \quad \bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (3.1)$$

เมื่อ \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
 X แทน ค่าแต่ละค่าในชุดข้อมูล
 n แทน จำนวนข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง

2. ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) (ซูกรี วงศ์รัตนะ. 2541- 64-65)

$$\text{สูตร} \quad S = \sqrt{\frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}} \quad (3.2)$$

เมื่อ S แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
 X แทน ค่าแต่ละค่าในชุดข้อมูล
 n แทน จำนวนข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง

3. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way Analysis of Variance : One-way Anova) (พรณี ลีกิจวัฒน์. 2540 : 2)

$$F_b = \frac{MS_b}{MS_w} \quad df = k-1, N-k \quad (3.3)$$

เมื่อ F แทน อัตราส่วนความแปรปรวน
 MS_w แทน ค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนภายในกลุ่ม
 MS_b แทน ค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนระหว่างกลุ่ม
 df แทน ชั้นแห่งความเป็นอิสระ
 N แทน จำนวนสมาชิกรวมทุกกลุ่ม
 k แทน จำนวนกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยใช้ t-test for independent samples
(ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2541 : 164-172) ดังนี้

(1) ทดสอบความแตกต่างระหว่างความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่ม ใช้ F-test

$$\text{สูตร} \quad F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad (S_1^2 > S_2^2) \quad (3.4)$$

$$df_1 = n_1 - 1$$

$$df_2 = n_2 - 1$$

เมื่อ F แทน ค่าความแตกต่างระหว่างความแปรปรวนของทั้งสองกลุ่ม

S_1^2 แทน ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1

S_2^2 แทน ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2

df แทน ชั้นแห่งความเป็นอิสระ

(2) ใช้ t-test ชนิด Pooled t-test เมื่อความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน

$$\text{สูตร} \quad t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}} \quad (3.5)$$

$$df = (n_1 + n_2 - 2)$$

เมื่อ t แทน ค่าพิจารณาใน t-distribution

\bar{X}_1 แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 1

\bar{X}_2 แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 2

S_1^2 แทน ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1

S_2^2 แทน ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2

n_1 แทน จำนวนข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1

n_2 แทน จำนวนข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2

df แทน ชั้นแห่งความเป็นอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) ใช้ t-test ชนิด Nonpooled t-test เมื่อความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน

$$\text{สูตร } t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \quad (3.6)$$

$$df = \frac{\left[\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right]^2}{\left[\frac{S_1^2}{n_1} \right]^2 + \left[\frac{S_2^2}{n_2} \right]^2}$$

$$n_1 - 1 + n_2 - 1$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าพิจารณาใน t-distribution
	\bar{X}_1	แทน	คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 1
	\bar{X}_2	แทน	คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 2
	S_1^2	แทน	ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1
	S_2^2	แทน	ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2
	n_1	แทน	จำนวนข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1
	n_2	แทน	จำนวนข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2
	df	แทน	ขั้นแห่งความเป็นอิสระ

5. การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) (รวิวรรณ ชินะตระกูล, 2540 : 238)

สมการถดถอย (Regression equation) การวิเคราะห์การถดถอย จะต้องสร้างสมการถดถอย เพื่อใช้ในการพยากรณ์สมการถดถอยของกลุ่มประชากรซึ่งเขียนในรูปของค่าพารามิเตอร์ มีลักษณะดังนี้

$$y = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_n \quad (3.7)$$

y = ค่าของตัวแปรตามที่ได้จากการพยากรณ์

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ = สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression coefficient) ของกลุ่มประชากรของตัวแปรอิสระตัวที่ 1, 2, ..., k หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ค่าความชัน (Slope) ของเส้นกราฟที่ใช้ในการพยากรณ์นั่นเอง

x_1, x_2, \dots, x_k = ค่าของตัวแปรอิสระตัวที่ 1, 2, ..., k หรือ ตัวพยากรณ์ตัวที่ 1, 2, ..., k

สมการถดถอยของกลุ่มตัวอย่างที่เขียนในรูปของค่าสถิติ มีลักษณะดังนี้

$$\hat{y} = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_n \quad (3.8)$$

y = ค่าของตัวแปรตามที่ได้จากการพยากรณ์

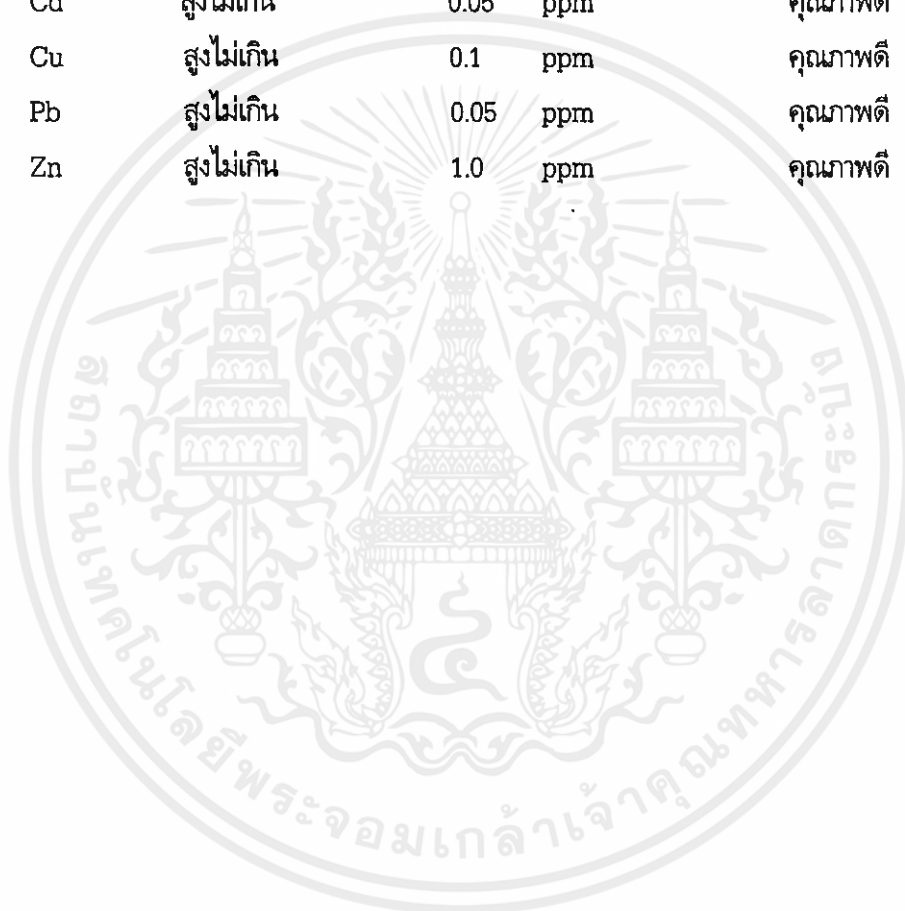
a = ค่า y Intercept ของกลุ่มตัวอย่าง

b_1, b_2, \dots, b_k = สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มตัวอย่างตัวที่ 1, 2, ..., k

x_1, x_2, \dots, x_k = ค่าของตัวแปรอิสระตัวที่ 1, 2, ..., k หรือ ตัวพยากรณ์ตัวที่ 1, 2, ..., k

วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำค่าเฉลี่ยที่ไปแปลความหมายของรูปแบบและการสะสมปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

โลหะหนัก		ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
Cd	สูงไม่เกิน	0.05 ppm	คุณภาพดี
Cu	สูงไม่เกิน	0.1 ppm	คุณภาพดี
Pb	สูงไม่เกิน	0.05 ppm	คุณภาพดี
Zn	สูงไม่เกิน	1.0 ppm	คุณภาพดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ศึกษารูปแบบและการสะสมปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำ บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล แล้วนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยมี ขั้นตอนได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จำแนกตามช่วงฤดูน้ำมากกับช่วงฤดูน้ำน้อย

ประเภทของ โลหะ	ฤดูน้ำมาก ^a n = 140		ระดับคุณภาพ	ฤดูน้ำน้อย ^b n = 100		ระดับคุณภาพ
	\bar{X} , (ppm)	SD		\bar{X} , (ppm)	SD	
Pb	0.040	0.043	ดี	0.029	0.021	ดี
Cd	0.001	0.001	ดี	0.003	0.004	ดี
Zn	0.020	0.020	ดี	0.020	0.017	ดี
Cu	0.015	0.011	ดี	0.016	0.019	ดี

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าการสะสมของปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำ บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จำแนกตามช่วงฤดูน้ำมากกับช่วงฤดูน้ำน้อย พบว่าปริมาณตะกั่วในช่วง ฤดูน้ำมากและช่วงฤดูน้ำน้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.040 และ 0.029 ppm ตามลำดับ ปริมาณแคดเมียมในช่วง ฤดูน้ำมากและช่วงฤดูน้ำน้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.001 และ 0.003 ppm ตามลำดับ ปริมาณสังกะสีในช่วงฤดู น้ำมากและช่วงฤดูน้ำน้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.020 ppm และปริมาณทองแดงในช่วงฤดูน้ำมากและช่วงฤดูน้ำ น้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.015 และ 0.016 ppm ตามลำดับ แสดงว่าน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีระดับ คุณภาพดี

หมายเหตุ

a = เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 10 สถานี ตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2542 ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2543 เดือนละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 1 ปี

b = เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 10 สถานี ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2543 เดือนละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 1 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้า บีโอดี และปริมาณของแข็ง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างจำแนกตามช่วงฤดูน้ำมากกับ ฤดูน้ำน้อย

พารามิเตอร์	ฤดูน้ำมาก n = 140		ฤดูน้ำน้อย n = 100	
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD
อุณหภูมิ, (°C)	27.12	3.04	30.35	0.63
พีเอช	7.44	0.22	7.14	0.29
การนำไฟฟ้า, ($\mu\text{mhos/cm}$)	6,186.09	11,114.56	4,908.23	15,085.92
บีโอดี, (mg/l)	3.16	3.60	2.50	1.76
ปริมาณของแข็ง, (mg/l)	3,923.20	6,995.81	3,355.46	10,035.44

จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าพารามิเตอร์โดยการวัด อุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้า บีโอดี และปริมาณของแข็ง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จำแนกตาม ช่วงฤดูน้ำมากกับช่วงฤดูน้ำน้อย พบว่าอุณหภูมิในช่วงฤดูน้ำมากและช่วงฤดูน้ำน้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.12 และ 30.35 °C ตามลำดับ พีเอชในช่วงฤดูน้ำมากและช่วงฤดูน้ำน้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.44 และ 7.14 ตามลำดับ การนำไฟฟ้าในช่วงฤดูน้ำมากและช่วงฤดูน้ำน้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6,186.09 และ 4,908.23 $\mu\text{mhos/cm}$ ตามลำดับ บีโอดีในช่วงฤดูน้ำมากและช่วงฤดูน้ำน้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.16 และ 2.50 mg/l ตามลำดับ และปริมาณของแข็งในช่วงฤดูน้ำมากและช่วงฤดูน้ำน้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3,923.20 และ 3,355.46 mg/l ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและแสดงการเปรียบเทียบปริมาณของโลหะซึ่ง ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จำแนกตาม ช่วงฤดูน้ำมากกับช่วงฤดูน้ำน้อย ด้วยค่าสถิติ t

ประเภทของโลหะ	ฤดูน้ำมาก n = 140		ฤดูน้ำน้อย n = 100		t	P
	\bar{X} , (ppm)	SD	\bar{X} , (ppm)	SD		
Pb	0.040	0.043	0.029	0.021	-2.37	0.621
Cd	0.001	0.001	0.003	0.004	4.63*	0.000
Zn	0.020	0.020	0.020	0.017	-0.02	0.983
Cu	0.015	0.011	0.016	0.019	0.14	0.405

จากตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะ ซึ่งได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จำแนกตามช่วงฤดูน้ำมากกับช่วงฤดูน้ำน้อย พบว่า ปริมาณแคดเมียมในช่วงฤดูน้ำมากแตกต่างกันจากช่วงฤดูน้ำน้อย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณแคดเมียม พบว่า ในช่วงฤดูน้ำน้อยมีปริมาณมากกว่าในช่วงฤดูน้ำมาก ส่วนปริมาณตะกั่ว สังกะสี และทองแดง เมื่อเปรียบเทียบตามช่วงฤดูน้ำมากและช่วงฤดูน้ำน้อย ไม่มีความแตกต่างด้วยความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง จำแนกตามสถานี
ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

ประเภทของโลหะ	แหล่งความแปรปรวน	df	MS	SS	F	F Prob.
Pb	ระหว่างกลุ่ม	9	0.126	0.0014	1.2165	0.2869
	ภายในกลุ่ม	191	0.2194	0.0011		
	รวม	200	0.2319			
Cd	ระหว่างกลุ่ม	9	0.0001	0.0000	0.4851	0.8823
	ภายในกลุ่ม	121	0.0016	0.0000		
	รวม	130	0.0017			
Zn	ระหว่างกลุ่ม	9	0.0005	0.0001	0.2370	0.9887
	ภายในกลุ่ม	211	0.0488	0.0002		
	รวม	220	0.0493			
Cu	ระหว่างกลุ่ม	9	0.0107	0.0012	5.1543*	0.0000*
	ภายในกลุ่ม	224	0.0519	0.0002		
	รวม	233	0.0626			

จากตารางที่ 4.4 แสดงว่าการเปรียบเทียบปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง จำแนกตามสถานี ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง โดยวิธีการของนิวแมนคูลส์ (Newman - Keuls Test) พบว่าปริมาณทองแดงมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อจำแนกตามสถานี ส่วนปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างด้วยความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ของปริมาณทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง เมื่อจำแนกตามสถานี

สถานี	ค่าเฉลี่ย (ppm)	ปากเกร็ด	สะพานพระรามหก	สะพานนนทบุรี	ท่าน้ำนนทบุรี	สะพานพุทธฯ	การทำเรือแพ่ง ๓	พระประแดง	สะพานกรุงเทพ	พระสมุทรเจดีย์	ป้อมพระจุลจอมเกล้า
ปากเกร็ด	0.009	-	0.000	0.000	0.001	0.003	0.005	0.007	0.012	0.015*	0.020*
สะพานพระรามหก	0.009	-	-	0.000	0.001	0.003	0.005	0.007	0.012	0.015*	0.020*
สะพานนนทบุรี	0.010	-	-	-	0.001	0.003	0.005	0.007	0.012	0.015*	0.020*
ท่าน้ำนนทบุรี	0.010	-	-	-	-	0.002	0.004	0.006	0.011	0.014*	0.020*
สะพานพุทธฯ	0.012	-	-	-	-	-	0.002	0.004	0.009	0.012	0.017*
การทำเรือแพ่ง ๓	0.014	-	-	-	-	-	-	0.002	0.007	0.010	0.015*
พระประแดง	0.016	-	-	-	-	-	-	-	0.005	0.008	0.013*
สะพานกรุงเทพ	0.021	-	-	-	-	-	-	-	-	0.003	0.008
พระสมุทรเจดีย์	0.024	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.005
ป้อมพระจุลจอมเกล้า	0.029	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

$P \leq 0.05$

จากตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ของปริมาณทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง เมื่อจำแนกตามสถานี พบว่ามี 11 สถานีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งได้แก่ ค่าเฉลี่ยปริมาณทองแดงของสถานีปากเกร็ด แตกต่างกับ สถานีพระสมุทรเจดีย์ เท่ากับ 0.015 ppm ค่าเฉลี่ยปริมาณทองแดงของสถานีปากเกร็ด แตกต่างกับ สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า เท่ากับ 0.020 ppm ค่าเฉลี่ยปริมาณทองแดงของสถานีสะพานรามหก แตกต่างกับ สถานีพระสมุทรเจดีย์ เท่ากับ 0.015 ppm ค่าเฉลี่ยปริมาณทองแดงของสถานีสะพานรามหก แตกต่างกับ สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า เท่ากับ 0.020 ppm ค่าเฉลี่ยปริมาณทองแดงของสถานีสะพานนนทบุรี แตกต่างกับ สถานีพระสมุทรเจดีย์ เท่ากับ 0.015 ppm ค่าเฉลี่ยปริมาณทองแดงของสถานีสะพานนนทบุรี แตกต่างกับ สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า เท่ากับ 0.020 ppm ค่าเฉลี่ยปริมาณทองแดงของสถานีท่าน้ำนนทบุรี แตกต่างกับ สถานีพระสมุทรเจดีย์ เท่ากับ 0.014 ppm ค่าเฉลี่ยปริมาณทองแดงของสถานีท่าน้ำนนทบุรี แตกต่างกับ สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า เท่ากับ 0.020 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยปริมาณทองแดงของสถานีสะพานพระพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช แตกต่างกับ สถานีป้อมพระ
จุลจอมเกล้า เท่ากับ 0.017 ppm ค่าเฉลี่ยปริมาณทองแดงของสถานีการทำเรือแห่งประเทศไทย แตกต่างกับ
สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า เท่ากับ 0.015 ppm และค่าเฉลี่ยปริมาณทองแดงของสถานีพระประแดง แตกต่าง
กับ สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า เท่ากับ 0.013 ppm ตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ค่าสหสัมพันธ์ของพารามิเตอร์และปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำ บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

พารามิเตอร์	Cd	Cu	Pb	Zn
อุณหภูมิ, (°C)	0.247*	0.065	-0.290*	0.041
พีเอช	0.054	0.121	0.088	0.039
การนำไฟฟ้า, ($\mu\text{mhos/cm}$)	0.302*	0.470*	0.091	-0.048
บีโอดี, (mg/l)	0.080	0.117	0.087	0.107
ปริมาณของแข็ง, (mg/l)	0.313*	0.456*	0.092	-0.068

$$P \leq 0.05$$

จากตารางที่ 4.6 แสดงค่าสหสัมพันธ์ของพารามิเตอร์และปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง พบว่าปริมาณของตะกั่วมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่าความสัมพันธ์ - 0.290 ปริมาณแคดเมียมมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ การนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่าความสัมพันธ์ 0.247 , 0.302 และ 0.313 ตามลำดับ ปริมาณสังกะสีไม่มีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ และปริมาณทองแดงมีความสัมพันธ์กับการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่าความสัมพันธ์ 0.470 และ 0.456 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้า บีโอดี ปริมาณของแข็ง และค่าสหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างปริมาณตะกั่วกับค่าพารามิเตอร์

ตัวแปร	b	β	SE	t
อุณหภูมิ x_1	-3.815×10^{-3} *	-3.03836×10^{-1} *	8.001×10^{-4}	0.0000 *
พีเอช x_2	-1.129×10^{-3}	-1.0239×10^{-2}	7.988×10^{-3}	0.8877
การนำไฟฟ้า x_3	1.12969×10^{-7}	3.9857×10^{-2}	4.6583×10^{-6}	0.9807
บีโอดี x_4	1.032×10^{-3}	8.5088×10^{-2}	8.5463×10^{-4}	0.2286
ปริมาณของแข็ง x_5	2.87898×10^{-7}	6.4095×10^{-2}	7.3786×10^{-6}	0.9689

$P < 0.05^*$

R 0.323*

R^2 0.104

SE 0.033

a 0.148

จากตารางที่ 4.7 แสดงให้เห็นค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วกับค่าพารามิเตอร์ เท่ากับ 0.323 และค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อปริมาณตะกั่ว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ อุณหภูมิ ซึ่งสามารถเขียนเป็นรูปแบบได้ดังนี้

$$\hat{y}_{pb} = 0.148 - 3.815 \times 10^{-3} x_1$$

และแสดงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในแบบมาตรฐาน สำหรับสมการในรูปแบบมาตรฐาน ดังนี้

$$y_{pb} = -3.03836 \times 10^{-1} x_1$$

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้า บีโอดี ปริมาณของแข็ง และค่าสหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างปริมาณแคะเดเมียกับค่าพารามิเตอร์

ตัวแปร	b	β	SE	t
อุณหภูมิ x_1	2.64543×10^{-4} *	2.20255×10^{-1} *	1.0135×10^{-4}	0.0102*
พีเอช x_2	8.85898×10^{-4}	7.3708×10^{-2}	1.048×10^{-3}	0.3996
การนำไฟฟ้า x_3	-5.2546×10^{-9}	-2.3387×10^{-2}	6.3011×10^{-8}	0.9337
บีโอดี x_4	1.12354×10^{-5}	1.029×10^{-2}	9.4101×10^{-5}	0.9052
ปริมาณของแข็ง x_5	1.03847×10^{-7}	3.05178×10^{-1}	9.5341×10^{-8}	0.2782

$P < 0.05$ *

R 0.384*

R^2 0.147

SE 0.00340314

a - 0.121

จากตารางที่ 4.8 แสดงให้เห็นค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคะเดเมียกับค่าพารามิเตอร์ เท่ากับ 0.384 และค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อปริมาณแคะเดเมีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ อุณหภูมิ ซึ่งสามารถเขียนเป็นรูปแบบได้ดังนี้

$$\hat{y}_{Cd} = -0.121 - 2.64543 \times 10^{-4} x_1$$

และแสดงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในแบบมาตรฐาน สำหรับสมการในรูปแบบมาตรฐาน ดังนี้

$$y_{Cd} = 2.20255 \times 10^{-1} x_1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้า บีโอดี ปริมาณของแข็ง และค่าสหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างปริมาณสังกะสีกับค่าพารามิเตอร์

ตัวแปร	b	β	SE	t
อุณหภูมิ x_1	2.79273×10^{-4}	4.9003×10^{-2}	3.9560×10^{-4}	0.4810
พีเอช x_2	1.186×10^{-3}	2.4166×10^{-2}	3.512×10^{-3}	0.7359
การนำไฟฟ้า x_3	2.56663×10^{-7}	2.40812×10^{-1}	2.7280×10^{-8}	0.3478
บีโอดี x_4	6.29062×10^{-4}	1.15420×10^{-1}	3.8038×10^{-4}	0.0996
ปริมาณของแข็ง x_5	-5.29190×10^{-7}	-3.25259×10^{-1}	4.1518×10^{-7}	0.2038

$P < 0.05^*$

R 0.161

R^2 0.026

SE 0.015

a 0.0012

จากตารางที่ 4.9 แสดงให้เห็นค่าไม่มีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีกับค่าพารามิเตอร์ และไม่มีค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อปริมาณสังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้า บีโอดี ปริมาณของแข็ง และสหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างปริมาณทองแดงกับค่าพารามิเตอร์

ตัวแปร	b	β	SE	t
อุณหภูมิ x_1	2.20802×10^{-4}	3.4922×10^{-2}	3.7818×10^{-4}	0.5599
พีเอช x_2	3.169×10^{-3}	5.8743×10^{-2}	3.347×10^{-3}	0.3447
การนำไฟฟ้า x_3	4.8859×10^{-7}	4.08553×10^{-1}	2.6601×10^{-7}	0.0676
บีโอดี x_4	1.89015×10^{-4}	3.1312×10^{-2}	3.6621×10^{-4}	0.6063
ปริมาณของแข็ง x_5	8.68428×10^{-8}	4.7566×10^{-2}	4.0488×10^{-7}	0.8304

$P < 0.05^*$

R 0.476*

R^2 0.227

SE 0.015

a - 0.017

จากตารางที่ 4.10 แสดงให้เห็นค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทองแดงกับค่าพารามิเตอร์ เท่ากับ 0.476 และไม่มีค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อปริมาณทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษารูปแบบและการสะสมปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง โดยมีขั้นตอนในการวิจัยสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง
2. เพื่อเปรียบเทียบตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำจากสถานีเก็บตัวอย่างบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ในช่วงฤดูน้ำมากและช่วงฤดูน้ำน้อย
3. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำที่เก็บจากแต่ละสถานี บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง
4. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์และปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง
5. เพื่อศึกษาปัจจัยของพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

5.1.2 สมมติฐานการวิจัย

1. ปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในช่วงฤดูน้ำมากแตกต่างจากช่วงฤดูน้ำน้อย
2. ปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างแตกต่างกัน
3. ค่าพารามิเตอร์มีความสัมพันธ์กับปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง
4. ปัจจัยของพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ

1. ตำแหน่งของสถานีในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง 10 สถานี
2. ช่วงฤดูน้ำมากและฤดูน้ำน้อย
3. พารามิเตอร์ ต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้า บีโอดี ปริมาณของแข็งละลาย

ทั้งหมด

ตัวแปรตาม

ปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง

5.1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

5.1.4.1 ประชากร

น้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จากสะพานนนทบุรี อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี ลงไปถึงบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ รวมเป็นระยะทาง 84 กิโลเมตร

5.1.4.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง น้ำในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จำนวน 10 สถานี เก็บตัวอย่างน้ำเดือนละ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 1 ปี เริ่มเก็บตั้งแต่ เดือนเมษายน พ.ศ. 2542 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2543 เป็นระยะทางจาก 84 กิโลเมตร จากสะพานนนทบุรี อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี ลงไปจนถึงบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำด้วยวิธีการเก็บแบบแยกผสม (Grab Sample) (กรมควบคุมมลพิษ. 2541 : 5)

5.1.4.3 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง

การกำหนดระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำ คือ ตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2542 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2543 ในวันที่ 1 และวันที่ 15 ของแต่ละเดือน แบ่งเป็น 2 ช่วงคือ

ช่วงที่ 1 (ฤดูน้ำมาก) ในเดือนเมษายน - เดือนตุลาคม

ช่วงที่ 2 (ฤดูน้ำน้อย) ในเดือนพฤศจิกายน - เดือนมีนาคม

5.1.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง โดยมีอุปกรณ์และสารเคมีและเครื่องมือ ICP (Inductively Coupled Plasma Spectrometry) และเครื่องมืออื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ศึกษาค่าพารามิเตอร์โดยทำการวัดอุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้า บีโอดี และปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
2. ศึกษาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
3. เปรียบเทียบปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง แต่ละชนิดในช่วงฤดูน้ำมากและช่วงฤดูน้ำน้อย โดยวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ใช้ t-test for independent samples
4. เปรียบเทียบปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง จากแต่ละสถานีโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way analysis of variance : One-Way ANOVA) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของนิวแมนคูลส์ (Newman - Keuls Test)
5. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์และปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง (Pearson Product Moment , Multiple Correlation)
6. ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง จากค่าพารามิเตอร์โดยทำการวัดอุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้า บีโอดี และปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

5.17 ผลการวิจัย

ในการวิจัยรูปแบบและการสะสมปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างครั้งนี้ สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. การสะสมของปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จำแนกตามช่วงฤดูน้ำมากกับช่วงฤดูน้ำน้อย พบว่าปริมาณตะกั่วในช่วงฤดูน้ำมากกว่าช่วงฤดูน้ำน้อย ปริมาณแคดเมียมในช่วงฤดูน้ำน้อยมากกว่าช่วงฤดูน้ำมาก ปริมาณสังกะสีในช่วงฤดูน้ำมากและช่วงฤดูน้ำน้อย มีปริมาณเท่ากัน ส่วนปริมาณทองแดงในช่วงฤดูน้ำน้อยมากกว่าช่วงฤดูน้ำมาก และเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำของน้ำผิวดิน น้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีระดับคุณภาพดี

2. ปัจจัยของพารามิเตอร์มีอุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้า บีโอดี และปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จำแนกตามช่วงฤดูน้ำมากกับช่วงฤดูน้ำน้อย พบว่าอุณหภูมิในช่วงฤดูน้ำน้อยสูงกว่าช่วงฤดูน้ำมาก พีเอชในช่วงฤดูน้ำมากสูงกว่าช่วงฤดูน้ำน้อย การนำไฟฟ้าในช่วงฤดูน้ำมากสูงกว่าช่วงฤดูน้ำน้อย บีโอดีในช่วงฤดูน้ำมากสูงกว่าช่วงฤดูน้ำน้อย และปริมาณของแข็งในช่วงฤดูน้ำมากสูงกว่าช่วงฤดูน้ำน้อย

3. ปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ซึ่งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย จำแนกตามช่วงฤดูน้ำมากกับช่วงฤดูน้ำน้อย พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณ

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่ารูปแบบและการสะสมปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง นั้นผลการศึกษาค้างนี้แสดงว่า ระดับคุณภาพแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีคุณภาพดี สามารถอภิปรายผล ดังต่อไปนี้

1. จากสมมติฐานการวิจัยที่ 1 ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในช่วงฤดูน้ำมากแตกต่างจากช่วงฤดูน้ำน้อย พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณแคดเมียม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบตามช่วงฤดูน้ำมากกับช่วงฤดูน้ำน้อย ด้วยความเชื่อมั่น 95 % สาเหตุที่ทำให้ปริมาณแคดเมียมแตกต่าง เนื่องจากบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง มีโรงงานเกี่ยวกับซูปโลเซ ตั้งอยู่บริเวณจังหวัดสมุทรปราการมากและช่วงฤดูดังกล่าวเกิดน้ำเหนือไหลผ่านและเกิดน้ำมาก อากาศหนาวผิดปกติ จึงมีปริมาณแคดเมียมแตกต่างกันในช่วงฤดูน้ำมากกับช่วงฤดูน้ำน้อย และค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกั่ว สังกะสี ทองแดง ไม่มีความแตกต่าง อาจเนื่องมาจากสาเหตุโรงงาน ที่ตั้งอยู่บริเวณบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีการควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่แม่น้ำ ทำให้ปริมาณตะกั่ว สังกะสี ทองแดง ไม่มีความแตกต่าง

2. จากสมมติฐานการวิจัยที่ 2 ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างในแต่ละสถานีแตกต่างกัน พบว่าปริมาณทองแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อจำแนกตามสถานี เนื่องจากปากแม่น้ำอยู่บริเวณสถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า เป็นสถานีที่รวมปริมาณทองแดงจากการไหลของกระแสน้ำมารวมกันจึงทำให้ปริมาณทองแดงแต่ละสถานีแตกต่างกัน สาเหตุนี้ทำให้สถานีต้นสายแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างจึงมีปริมาณทองแดงแตกต่าง และช่วงฤดูดังกล่าวเกิดน้ำเหนือไหลผ่านและเกิดน้ำมาก อากาศหนาวผิดปกติ ส่วนในด้านปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ไม่มีความแตกต่าง ด้วยความเชื่อมั่น 95 อาจเนื่องจากมีปริมาณโลหะน้อยจึงทำให้แต่ละสถานีไม่แตกต่างกัน

3. จากสมมติฐานการวิจัยที่ 3 ค่าพารามิเตอร์มีความสัมพันธ์กับปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง พบว่าปริมาณของตะกั่วมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ปริมาณแคดเมียมมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ การนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็ง ปริมาณสังกะสีไม่มีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ ปริมาณทองแดงมีความสัมพันธ์กับการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สาเหตุที่ค่าพารามิเตอร์มีความสัมพันธ์กับปริมาณโลหะเนื่องมาจากการไหลของกระแสน้ำและเกี่ยวกับช่วงฤดูน้ำมากกับช่วงฤดูน้ำน้อย และช่วงฤดูดังกล่าวเกิดน้ำเหนือไหลผ่านและเกิดอากาศหนาวผิดปกติ

4. จากสมมติฐานการวิจัยที่ 4 ปัจจัยของพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อปริมาณตะกั่วและแคดเมียม คือ อุณหภูมิ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วและแคดเมียมกับค่าพารามิเตอร์ เขียนเป็นรูปแบบได้ดังนี้

$$\hat{y}_{pb} = 0.148 - 3.815 \times 10^{-3} x_1$$

$$\hat{y}_{cd} = -0.121 - 2.64543 \times 10^{-4} x_1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น และอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นมีการขออนุญาตเป็นอย่างยิ่งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
และแสดงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในแบบมาตรฐาน สำหรับสมการในรูปแบบมาตรฐาน ดังนี้

$$y_{Pb} = - 3.03836 \times 10^{-1} x_1 \quad \text{และ}$$

$$y_{Cd} = 2.20255 \times 10^{-1} x_1$$

ส่วนปริมาณสังกะสีและทองแดงไม่มีปัจจัยของพารามิเตอร์ที่ส่งผล ด้วยความเชื่อมั่น 95 % สาเหตุที่ทำให้ปัจจัยของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ไม่ส่งผลหรือส่งผลต่อปริมาณโลหะ คือ การไหลของกระแสไฟฟ้า ถ้ากระแสไฟฟ้ามีการไหลเร็วทำให้ปริมาณโลหะต่าง ๆ มีปริมาณน้อยตาม ส่วนถ้ากระแสไฟฟ้าไหลช้าทำให้ค่าพารามิเตอร์ส่งผลต่อปริมาณโลหะ

หมายเหตุ จากวิจัยศึกษารูปแบบและการสะสมปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จากการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2542 ถึง เดือน มีนาคม พ.ศ. 2543 เกิดมีลักษณะภูมิอากาศแตกต่างจากช่วงฤดูดังกล่าว คือ ฤดูร้อนมีฝนตกหนักและมีการไหลของน้ำทางภาคเหนือลงมา น้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างลักษณะสีเหลืองและเกิดลมมรสุมและพายุผ่านประเทศไทย มีปริมาณน้ำฝนมาก และลักษณะอากาศหนาวผิดปกติ

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยพบว่ารูปแบบและการสะสมปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง น้ำอยู่ในเกณฑ์ปกติ สามารถนำมาใช้อุปโภคและบริโภคได้ แต่ควรมั่นตรวจคุณภาพน้ำอยู่เสมอ

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการทําวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการติดตามตรวจสอบรูปแบบและการสะสมปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างและบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนบนอย่างสม่ำเสมอ
2. ควรมีการติดตามตรวจสอบรูปแบบและการสะสมปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำปิง วัง ยม และน่าน
3. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับดินตะกอน เพื่อหารูปแบบและการสะสมปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

บรรณานุกรม

- กานดา พูนลาภทวี. 2539. สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ : พิสิกส์เซ็นเตอร์.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2541. คู่มือการเก็บตัวอย่างน้ำเสียอุตสาหกรรม. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.
- กฤษณะ ธีระพงษ์ และวิไล สันติโสภาศรี. 2528. "การศึกษาปริมาณตะกั่วในน้ำและดินตะกอนบริเวณลุ่มน้ำปิง วัง." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวนศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2538. รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2537. กรุงเทพมหานคร : แพลน พรินติง.
- กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2536. ศัพท์บัญญัติและนิยามสิ่งแวดล้อมน้ำ. กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2535. พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พุทธศักราช 2535 และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2538. คุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา ปี 2536. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- กัลยา วานิชย์บัณฑิต. 2542. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย SPSS FOR WINDOWS. พิมพ์ครั้งที่ 3. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กระทรวงสาธารณสุข. 2539. งานเอกชนร่วมรัฐพิธีทักษ์เจ้าพระยาโครงการฟื้นฟูคุณภาพแม่น้ำเจ้าพระยา. กรุงเทพฯ : กระทรวงสาธารณสุข. เอกสารอัดสำเนา.
- กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2538. เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำ มาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
- กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2528. รายงานคุณภาพแม่น้ำเจ้าพระยา. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.
- กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2533. มาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.
- กองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2536. คู่มือปฏิบัติการโครงการแก้ไขปัญหาน้ำเสีย แม่น้ำเจ้าพระยา 2536. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
- กองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2536. คู่มืออาสาสมัครพิทักษ์เจ้าพระยาโครงการแก้ไขปัญหาน้ำเสียแม่น้ำเจ้าพระยา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

เกษม จันทรแก้ว. 2529. "นิเวศน์วิทยากับปัญหาสิ่งแวดล้อม." รายงานการฝึกอบรมเรื่องการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม 21-25 เมษายน 2529. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

เกษม จันทรแก้ว. 2527. "แนวคิดพื้นฐานทางการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม."

การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณะกรรมการเฉพาะกิจเพื่อพิจารณากำหนดนโยบายและแนวทางการแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำอากาศและเสียง ในประเทศไทย. 2533. นโยบายและมาตรการเร่งด่วนเพื่อการแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำอากาศและเสียง ในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : คณะกรรมการเฉพาะกิจเพื่อการพิจารณากำหนดนโยบายและแนวทางการแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำ อากาศ และเสียง.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2523. รายงานสถานการณ์สิ่งแวดล้อมของประเทศไทย

พุทธศักราช 2523. งานคุณภาพน้ำ กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

_____. 2530. คู่มือการเก็บและรักษาตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก. งานสารพิษ กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

คณนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดรูปองค์กร ที่มีหน้าที่ดูแลแม่น้ำเจ้าพระยา. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

งานคุณภาพน้ำ กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2525.

รายงานโครงการศึกษาคุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

จันทนา จันทรักดิ์. 2536. "การปนเปื้อนของสารตะกั่วในแม่น้ำเจ้าพระยา."

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชูจิตต์ เครือตราชู เกียรติอนันตชัย. 2525. "การวิเคราะห์ปรอท แคดเมียม และตะกั่วในน้ำที่มาจากแหล่งน้ำที่มีการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกกราช."

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูชาติ โชคสถาพร. 2528. "ปริมาณแคดเมียมในพืชที่ใช้ในการบริโภค."

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหิดล.

ชูศรี วงศ์รัตน์. 2541. เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : เทพเนรมิต.

โชคชัย ยะชูศรี. 2535. "พิษรองไหลบ่าของแคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ในสภาพสารละลายเดี่ยว

ต่อไร่น้ำแดง." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณรงค์ ณ เชียงใหม่. มลพิษสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

ทวีศักดิ์ ปิยะกาญจน์ และคณะ. 2521. "การเปลี่ยนแปลงปริมาณ ตะกั่ว ปรอท และ แคดเมียมในน้ำ และดินตะกอน ในอ่าวไทยตอนบน." เอกสารการสัมมนาปัญหามลภาวะของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทัศนีย์ ชังเทศ และสมภพ. 2530. การวิเคราะห์การถดถอยและสหพันธ์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

นันทนา สันตติวุฒิ และเพริศพรรณ คณาธารณา. 2521. "ปริมาณทองแดงในอากาศบริเวณสุขุมวิท ย่านอโศกถึงพระโขนง." รายงานการสัมมนาวิชาการ ปัญหามลภาวะโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิวัตติ เรืองพานิช. 2525. ภูมิศาสตร์มนุษย์และสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : ศรีเมืองการพิมพ์.

บรรเจิด พลากร. 2523. ทรัพยากรที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

บวร ไชยษา. 2530. "ความเข้มข้นของแมงกานีส แคดเมียม และตะกั่วในน้ำและดินตะกอนจากชั้นคุณภาพลุ่มน้ำต่างๆ บริเวณลุ่มน้ำชี." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประคอง กรรณสูต. 2525. สถิติศาสตร์ประยุกต์สำหรับครู. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต และกัลยา วัฒนากร. 2525. "การสำรวจระดับของตะกั่วในสิ่งแวดล้อมของหมู่บ้านที่นำกากแบตเตอรี่ไปถมที่." สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต และพิชาญ สว่างวงศ์. 2521. "การแพร่กระจายของโลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง. หน้า 74-86." การสัมมนาทางวิชาการปัญหามลภาวะของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมประเทศไทย.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต และพิชาญ สว่างวงศ์. 2521. "การแพร่กระจายของโลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง. หน้า 107-124." รายงานการสัมมนาทางวิชาการ ปัญหามลภาวะของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย. สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. 2532. แหล่งน้ำกับปัญหามลภาวะ. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประปานครหลวง. รายงานผลการวิจัยปริมาณตะกั่วในคลองประปา. การประปานครหลวง บางเขน, กรุงเทพมหานคร.

พิชัย สุริยะสุขประเสริฐ. 2527. "การหาปริมาณของตะกั่ว ทองแดง และโครเมียมในดินโดยวิธีสเปคโตรสโคปี." การค้นคว้าแบบอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พัชรา เพ็ชรพิรุณ. 2531. "การแพร่กระจายของโลหะตะกั่ว สังกะสีและทองแดง ในสิ่งแวดล้อมบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง จันทบุรีและตราด." กองประมงทะเล กรมประมง กระทรวงเกษตรและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่าการค้า
พิชาญ สว่างวงศ์. 2520. "การศึกษาการกระจายของสารตะกั่ว และปรอทบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย,

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรรณณี ลีกิจวัฒน์. 2540. "เอกสารประกอบการสอนวิชาสถิติเพื่อการวิจัย เรื่อง การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว." กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. เอกสารอัดสำเนา.

พิมล เรียนวัฒนา และวิโรจน์ ปิยวัชพันธ์. 2520. "การหาปริมาณรวมของปรอทในปลาน้ำจืด." ปัญหามลพิษของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พิมล เรียนวัฒนา และชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. 2525. เคมีสภาวะแวดล้อม. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์. เปรตพิชญ์ คณาธารณา และสุเมธ เจริญฉัตรชัย. "การศึกษาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสีในน้ำฝนบริเวณอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยเทคนิคโฟลว์อินเจกชันแอตทอมิซชันในติกสตริฟิงโวลแทมมิตรี." วารสารสงขลานครินทร์. ปีที่ 7, ฉบับที่ 4 (ตุลาคม-ธันวาคม 2528) : หน้า 403-408.

เปรตพรพรรณ คณาธารณา. 2520. "ปริมาณตะกั่วในอากาศบริเวณย่านการค้าถนนพระราม 1 ถึงเพลินจิต." เอกสารประกอบการสัมมนาปัญหามลภาวะของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย. สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แม่้น อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม. 2539. หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ. กรุงเทพฯ : ชวนพิมพ์.

มูลนิธิโลกสีเขียว. 2537. สถานการณ์สิ่งแวดล้อมไทย 2537. กรุงเทพฯ : บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).

รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2533. คู่มือการทำวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.

รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2538. วิธีวิจัยการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.

รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2540. วิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.

ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2534. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริพันธ์ ภัทรเบญจพล และจันทพร ดันตือภิกกุล. 2532. "การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว และปรอทในน้ำในคลองประปา โดยวิธีวิลเลียมสเปกโตรสโกปี และวิธีอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรสโกปี." ปัญหาพิเศษ ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศักดิ์สิทธิ์ ตรีเดช, นิศการ โฆษิตร์ตัน และสุริยะ สุภณสินเชษม. 2529. "การพัฒนาแก้ปัญหาภาวะมลพิษ." รายงานการฝึกอบรมเรื่องการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม 21-25 เมษายน 2529. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

สัจด์ อัครวนิช. 2524. "ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ในน้ำและดินตะกอนจากชั้นคุณภาพลุ่มน้ำต่าง ๆ บริเวณลุ่มน้ำป่าสัก." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม. 2520. "ปัญหามลภาวะของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย."

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมจิต วัฒนาชยากุล. 2532. สถิติวิเคราะห์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ปรกาศพริก.

สมพูล กฤตติลักษณ์. 2532 "ผลกระทบของตะกั่วต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์." จุลสารสภาวะแวดล้อม. 8(2), 12-18.

สิทธิชัย จันทระศิลป์ และพูลพร แสงบางปลา. 2532 "ตะกั่วในน้ำมันเบนซิน." จุลสารสภาวะแวดล้อม. 8(2), 4-8.

สิทธิชัย ตันธนะสวดี. 2525. "การวิเคราะห์ปรอท แคดเมียม และตะกั่ว ในน้ำและดินตะกอนของลำธาร จากบริเวณการใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ บนที่สูง จังหวัดเชียงใหม่." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์-มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิทธิชัย ลิขิตพัฒนไพบุลย์ และเพริศพรพรรณ คณาธารณา. "ปริมาณแคดเมียมในอากาศบริเวณสุขุมวิทย่าน บางจากถึงบางนา." การสัมมนาทางวิชาการปัญหามลภาวะของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย. 13-15 ตุลาคม 2520. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สุชาติ มงคลพันธุ์ และคณะ. "การศึกษาเบื้องต้นว่าด้วยปริมาณปรอท โปรมีน โคบอลต์ และสังกะสี ในปลาทะเลสาบมฤตบางชนิดในบริเวณเขตมลพิษ และนอกเขตมลพิษ ของอ่าวไทย โดยเทคนิคของนิวตรอนแอคติเวชัน." กรุงเทพฯ: สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ. เอกสารอัดสำเนา.

สุนทร เจียสกุล. 2533. "การแปดเปื้อนของตะกั่วบนไม้ข้างถนนบางชนิดในเขตกรุงเทพมหานคร." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุธรรม สิทธิชัยเกษม. 2524. "คุณสมบัติและปริมาณของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมการประมงในบริเวณปากแม่น้ำของอ่าวไทยตอนใน.", กรุงเทพฯ : สภาวิจัยแห่งชาติ.

สุธรรม สิทธิชัย และสุวรรณี เฉินบำรุง. 2527. "การปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม บริเวณปากแม่น้ำของอ่าวไทยตอนใน." การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรมีชีวิตในน้ำในน้ำไทย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

สุธรรม แย้มนิยม และงามพิศ แย้มนิยม. 2519. "เอกสารเศรษฐกิจธรณีวิทยา เล่มที่ 12." กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี.

สุนันทา บัวศรีม่วง. 2522. เคมีของน้ำ. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพฯ.

โสภภาพรณ จิรนิติศัย. 2534. "ปริมาณตะกั่ว ทองแดง แคดเมียม สังกะสีในน้ำและดินตะกอนจากชั้นคุณภาพลุ่มน้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำแม่กลอง." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำราญ เพ็ชรชนะ. 2533. "การศึกษาปริมาณแมงกานีส แคดเมียม และตะกั่วในน้ำและดินตะกอนจากชั้นคุณภาพลุ่มน้ำต่าง ๆ ทางภาคใต้ตอนล่างของประเทศไทย." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เสียง เชษฐศิริพงศ์. 2528. "การศึกษาปริมาณแคดเมียมในน้ำและดินตะกอนที่ระดับความสูงต่าง ๆ

บริเวณลุ่มน้ำปิง." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุดมลักษณ์ ศรีทัศน์. 2529. **พิษของโลหะหนักต่อสุขภาพอนามัย**. กรมอนามัย

กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพฯ.

Agresti, Alan. and Barbara Finlay. 1986. **Statistical Methods for the Social Sciences**.

2nd ed. San Francisco : Dellen Publishing.

AIT. 1981. Heavy Metals, DDT and PCBs in the Upper Gulf of Thailand. Phase II. Final

Report for The National Environmental Engineering Division and Water Resources
Engineering, Asian Institute of Technology, Phatumthani. 189 p.

APHA, AWWA and WPCF. 1975. Standard Methods for the Examination of Water and

Wastewater. 14th ed., American Public Health Association, Washington, D.C.

1134 p.

Chatfield, Christopher. 1983. **Statistics for Technologists**. 3rd ed. London : Chapman and

Hall.

Darlington, Richard B. 1990. **Regression and Linear Models**. New York : McGraw-Hill.

FAO/WHO. 1972. Evaluation of certain food additives and contaminated Mercury, Lead

and Cadmium. Sixteenth Report of Joint FAO/WHO Expert Committee on Food
Additive, New York. 132 p.

Hinkle, Dennis E., Wiersma Wiersma and Stephen G. Jurs. 1988. Applied Statistics for the

Behavioral Sciences. 2nd ed. Boston : Houghton Mifflin.

Hogg, Robert V. and Johannes Ledolter. 1987. **Engineering Statistics**. New York :

Macmillan.

Jarrett, Jeffrey and Arther Kraft. 1989. **Statistical Analysis for Decision Making**. Boston :

Allyn and Bacon.

Schroeder, H.A and J.J. Balassa. 1961. Abnormal Trace Metal in Man : Lead. J. Chron. Dis.

14 : 408-425.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ลำดับ	คุณภาพน้ำ ^{2/}	ค่า	หน่วย	การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ ^{1/}				
				ประเภท	ประเภท	ประเภท	ประเภท	ประเภท
		ทาง		1	2	3	4	5
		สถิติ						
1.	สี กลิ่นและรส (Colour Odour and Taste)		-	ช	ช	ช	ช	-
2.	อุณหภูมิ (Temperature)		°ซ	ช	ช	ช	ช	-
3.	ความเป็นกรดและด่าง (pH)		-	ช	5.0-9.0	5.0-9.0	5.0-9.0	-
4.	ออกซิเจนละลาย (DO)	P20	มก./ล.	ช	\$ 6.0	\$ 4.0	\$ 2.0	-
5.	บีโอดี (BOD)	P80	"	ช	# 1.5	# 2.0	# 4.0	-
6.	แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	P80	เอ็ม.พี. เอ็น/ 100มล.	ช	# 5000	#20000	-	-
7.	แบคทีเรียกลุ่มฟิคอล-โคลิฟอร์ม (fecal Coliform Bacteria)	P80	"	ช	# 1000	#4000	-	-
8.	ไนเตรต(NO ₃)ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล.	ช	มีค่าไม่เกินกว่า		5.0	-
9.	แอมโมเนีย(NH ₃)ในหน่วยไนโตรเจน		"	ช	"	"	0.5	-
10.	ฟีนอล (Phenols)		"	ช	"	"	0.005	-
11.	ทองแดง (Cu)		"	ช	"	"	0.1	-
12.	นิกเกิล (Ni)		"	ช	"	"	0.1	-
13.	แมงกานีส (Mn)		"	ช	"	"	1.0	-
14.	สังกะสี (Zn)		"	ช	"	"	1.0	-
15.	แคดเมียม (Cd)		"	ช	"	"	0.005* 0.05**	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น มิอนุญาติให้นำไปเผยแพร่ เช่นบนการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 (ต่อ)

ลำดับ	คุณภาพน้ำ ^{2'}	ค่า	หน่วย	การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ ^{1'}				
				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
16.	โครเมียมชนิดเฮกซะวา- เลนต์ (Cr Hexavalent)		มก./ล.	๓	มีค่าไม่เกินกว่า	0.05	-	
17.	ตะกั่ว (Pb)		"	๓	"	0.05	-	
18.	ปรอททั้งหมด (Total Hg)		"	๓	"	0.002	-	
19.	สารหนู (As)		"	๓	"	0.01	-	
20.	ไซยาไนด์ (Cyanide)		"	๓	"	0.005	-	
21.	กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)							
	- ค่ารังสีแอลฟา (Alpha)		เบค- เคอเรล /ล	๓	มีค่าไม่เกินกว่า	0.1	-	
	- ค่ารังสีเบตา (Beta)		"	๓	"	1.0	-	
22.	สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorin Pesticides)		มก./ล.	๓	"	0.05	-	
23.	ดีดีที (DDT)		ไมโคร- กรัม/ล.	๓	"	1.0	-	
24.	บีเอชซีชนิดอัลฟา (Alpha-BHC)		"	๓	"	0.02	-	
25.	ดิลดริน (Dieldrin)		"	๓	"	0.1	-	
26.	อัลดริน (Aldrin)		"	๓	"	0.1	-	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 (ต่อ)

ลำดับ	คุณภาพน้ำ ^{2/}	ค่าทางสถิติ	หน่วย	การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ ^{1/}					
				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5	
27.	เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลออีปอกไซด์ (Heptachlor & Heptachlor epoxide)		ไมโครกรัม/ล.	๓	มีค่าไม่เกินกว่า			0.2	-
28.	เอนดริน (Endrin)			๓	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด				-

แหล่งที่มาของข้อมูล : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 111 ตอนที่ 16ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537 (ภาคผนวก ฉ)

หมายเหตุ

1/ การแบ่งประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท และสามารถเป็นประโยชน์

- (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน
- (2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน
- (3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
- (2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ

(3) การประมงเพื่อการศึกษาดูงานนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

(4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ประเภทที่ 3** ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ
- (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
 - (2) การเกษตร
- ประเภทที่ 4** ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ
- (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน
 - (2) การอุตสาหกรรม
- ประเภทที่ 5** ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม
- 2/ กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า
- ๓ เป็นไปตามธรรมชาติ
- ๓ อุดหนุนมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุดหนุนมิตามธรรมชาติ เกิน 3 องศาเซลเซียส
- * น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO_3 ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaO เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
- \$ ไม่น้อยกว่า
- # ไม่มากกว่า
- ๐๗ องศาเซลเซียส
- P20 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจอย่างต่อเนื่อง
- P80 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจอย่างต่อเนื่อง
- มก./ล. มิลลิกรัมต่อลิตร
- MPN เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บข้อมูล

ตารางที่ 6.2 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	30.0	7.48	26607.20	4.2	42100
2	พระสมุทรเจดีย์	30.5	7.45	24458.40	3.0	38700
3	พระประแดง	32.0	6.88	18138.40	3.0	28700
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	31.0	6.86	12374.56	1.2	19580
5	สะพานกรุงเทพ	31.0	7.36	7817.84	3.6	12370
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	31.0	7.40	5416.24	3.0	8570
7	สะพานพระรามหก	32.0	7.26	2850.32	3.0	4510
8	ท่าบ้านนนทบุรี	31.5	7.71	2091.92	3.0	3310
9	ปากเกร็ด	31.0	7.67	618.10	1.8	978
10	สะพานนนทบุรี	30.5	8.04	657.28	1.8	1040

ตารางที่ 6.3 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 15 เมษายน พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	30.5	7.30	22183.20	4.2	35100
2	พระสมุทรเจดีย์	31.0	7.06	17127.20	3.0	27100
3	พระประแดง	31.0	7.02	9922.40	4.2	15700
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	31.0	6.98	5719.60	6.0	9050
5	สะพานกรุงเทพ	30.5	7.28	698.99	4.2	1106
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	30.5	7.46	506.23	4.2	801
7	สะพานพระรามหก	30.5	7.50	369.09	3.0	584
8	ท่าบ้านนนทบุรี	30.5	7.63	334.33	3.6	529
9	ปากเกร็ด	30.5	7.79	214.88	3.6	340
10	สะพานนนทบุรี	30.5	7.60	204.77	3.0	324

ตารางที่ 6.4 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	30.5	7.03	71416.00	4.2	113000
2	พระสมุทรเจดีย์	30.5	8.03	11009.44	4.8	17420
3	พระประแดง	29.5	6.80	40132.00	4.8	6350
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	30.5	7.33	655.38	3.6	1037
5	สะพานกรุงเทพ	30.0	7.33	332.43	4.2	526
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	30.0	7.28	300.83	5.4	476
7	สะพานพระรามหก	30.5	7.38	275.55	4.8	436
8	ท่าบ้านนนทบุรี	30.5	7.46	296.41	6.0	469
9	ปากเกร็ด	30.5	7.35	284.40	6.0	450
10	สะพานนนทบุรี	30.5	7.40	269.23	4.2	426

ตารางที่ 6.5 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บึงพระจุลจอมเกล้า	30.0	7.03	8911.20	4.2	14100
2	พระสมุทรเจดีย์	29.5	6.89	1265.89	4.8	2003
3	พระประแดง	29.5	6.91	326.74	4.2	517
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	30.0	6.93	281.87	3.6	446
5	สะพานกรุงเทพ	30.0	6.83	275.55	3	436
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	30.5	6.76	263.54	4.2	417
7	สะพานพระรามหก	30.5	7.86	252.80	4.2	400
8	ท่าบ้านนนทบุรี	31.0	6.69	243.32	3.6	385
9	ปากเกร็ด	30.5	7.07	234.47	4.8	371
10	สะพานนนทบุรี	31.0	6.55	245.22	2.4	388

ตารางที่ 6.6 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บึงพระจุลจอมเกล้า	30.5	7.13	4442.96	1.8	7030
2	พระสมุทรเจดีย์	31.0	7.07	222.46	2.4	352
3	พระประแดง	30.5	6.90	233.21	2.4	369
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	30.5	6.97	202.24	1.8	320
5	สะพานกรุงเทพ	30.5	7.02	187.82	1.2	313
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	30.5	7.08	184.54	1.8	292
7	สะพานพระรามหก	31.0	7.23	184.54	1.8	292
8	ท่าบ้านนนทบุรี	31.0	7.11	170.64	1.8	270
9	ปากเกร็ด	31.0	7.14	168.74	1.2	267
10	สะพานนนทบุรี	31.0	7.20	161.16	1.2	255

ตารางที่ 6.7 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บึงพระจุลจอมเกล้า	30.5	7.27	10893.04	0	17220
2	พระสมุทรเจดีย์	30.5	6.97	932.20	0.6	1475
3	พระประแดง	30.0	7.01	221.20	0	350
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	30.5	7.05	177.59	1.2	281
5	สะพานกรุงเทพ	30.5	6.93	178.22	1.2	282
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	30.5	7.12	180.12	0	285
7	สะพานพระรามหก	30.5	7.03	181.38	0.6	287
8	ท่าบ้านนนทบุรี	30.5	7.15	156.74	0	248
9	ปากเกร็ด	30.5	7.15	156.10	1.8	247
10	สะพานนนทบุรี	30.5	7.20	150.42	0.6	238

ตารางที่ 6.8 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	31.0	7.45	9777.04	3.0	15470
2	พระสมุทรเจดีย์	31.0	7.23	3393.84	2.4	5370
3	พระประแดง	30.5	7.23	230.68	3.0	365
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	30.5	7.11	169.38	1.8	268
5	สะพานกรุงเทพ	31.0	7.16	164.32	2.4	260
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	31.0	7.10	163.69	2.4	259
7	สะพานพระรามหก	31.0	7.37	151.68	3.0	240
8	ทำนายนนทบุรี	31.0	7.28	143.46	1.8	227
9	ปากเกร็ด	31.0	7.30	135.88	3.0	215
10	สะพานนนทบุรี	31.0	7.39	365.93	3.6	579

ตารางที่ 6.9 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 15 กรกฎาคม พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	31.0	7.16	14409.60	3.0	22800
2	พระสมุทรเจดีย์	31.0	7.07	10769.28	4.2	17040
3	พระประแดง	30.5	6.99	1371.44	4.2	2170
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	30.0	6.97	382.99	2.4	606
5	สะพานกรุงเทพ	30.5	9.89	204.77	1.2	324
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	30.5	6.91	198.45	2.4	314
7	สะพานพระรามหก	30.5	7.07	159.26	3.6	252
8	ทำนายนนทบุรี	30.5	7.30	142.84	3.0	226
9	ปากเกร็ด	30.5	7.36	132.72	2.4	210
10	สะพานนนทบุรี	31.0	7.40	147.26	3.0	233

ตารางที่ 6.10 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	30.5	7.10	71479.20	1.2	113100
2	พระสมุทรเจดีย์	30.5	7.03	7994.80	0	12650
3	พระประแดง	30.5	7.00	1820.16	0.6	2880
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	30.0	7.04	396.26	1.8	627
5	สะพานกรุงเทพ	30.0	7.08	363.40	0	575
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	30.5	6.81	298.30	0	472
7	สะพานพระรามหก	30.5	6.84	279.98	0.6	443
8	ทำนายนนทบุรี	31.0	6.81	269.86	0.6	427
9	ปากเกร็ด	30.5	6.83	238.90	0	378
10	สะพานนนทบุรี	30.5	6.82	245.22	1.2	388

ตารางที่ 6.11 แสดงค่าการวิเคราะห์หaramิเตอร์ในวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บิ่อมพระจุลจอมเกล้า	31.5	7.12	7324.88	8.4	11590
2	พระสมุทรเจดีย์	31.0	7.16	5776.48	4.2	9140
3	พระประแดง	30.5	6.87	865.84	4.2	1370
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	30.0	7.08	340.65	4.2	539
5	สะพานกรุงเทพ	30.5	6.82	324.85	3.6	514
6	สะพานพุทธยอดมฟ้าจุฬาโลกมหาราช	30.5	6.85	311.58	3.6	493
7	สะพานพระรามหก	30.5	7.29	294.51	3.6	466
8	ท่าบ้านนนทบุรี	31.0	6.82	241.42	2.4	382
9	ปากเกร็ด	30.5	7.57	243.95	3.0	386
10	สะพานนนทบุรี	30.5	6.83	224.99	3.6	356

ตารางที่ 6.12 แสดงค่าการวิเคราะห์หaramิเตอร์ในวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บิ่อมพระจุลจอมเกล้า	30.5	6.97	2483.76	1.2	3930
2	พระสมุทรเจดีย์	30.5	6.98	777.36	1.2	1230
3	พระประแดง	30.0	6.97	296.41	0.6	469
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	30.5	6.80	235.10	0.6	372
5	สะพานกรุงเทพ	30.5	6.80	229.41	0	363
6	สะพานพุทธยอดมฟ้าจุฬาโลกมหาราช	30.5	7.34	223.10	0	353
7	สะพานพระรามหก	30.0	6.88	149.78	0	237
8	ท่าบ้านนนทบุรี	30.0	7.08	135.88	1.2	215
9	ปากเกร็ด	30.0	6.87	133.35	0.6	211
10	สะพานนนทบุรี	30.0	6.86	136.51	0.6	216

ตารางที่ 6.13 แสดงค่าการวิเคราะห์หaramิเตอร์ในวันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บิ่อมพระจุลจอมเกล้า	30.5	6.90	275.55	0.6	436
2	พระสมุทรเจดีย์	30.5	6.88	191.50	1.2	303
3	พระประแดง	30.5	6.87	154.208	0.6	244
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	30.5	7.36	141.568	0	224
5	สะพานกรุงเทพ	30.0	6.96	137.77	0	218
6	สะพานพุทธยอดมฟ้าจุฬาโลกมหาราช	30.5	6.90	140.30	0	222
7	สะพานพระรามหก	30.0	6.91	130.82	0	207
8	ท่าบ้านนนทบุรี	30.0	6.85	127.03	0	201
9	ปากเกร็ด	30.0	6.90	121.976	0	193
10	สะพานนนทบุรี	30.0	6.88	140.94	0	223

ตารางที่ 6.14 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	29.0	7.01	1327.20	3.0	2100
2	พระสมุทรเจดีย์	29.0	6.89	720.48	3.0	1140
3	พระประแดง	29.5	7.17	176.33	1.8	279
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	29.0	7.42	155.47	1.8	246
5	สะพานกรุงเทพ	29.0	7.47	153.58	2.4	243
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	29.5	6.96	135.88	2.4	215
7	สะพานพระรามหก	29.5	7.05	131.46	0.6	208
8	ท่าบ้านนนทบุรี	29.5	6.96	126.30	3.0	203
9	ปากเกร็ด	29.5	6.97	128.93	1.2	204
10	สะพานนนทบุรี	29.0	6.94	120.71	0.6	191

ตารางที่ 6.15 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 15 ตุลาคม พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	29.0	7.13	1301.92	6.0	2060
2	พระสมุทรเจดีย์	29.0	7.02	764.72	6.0	1210
3	พระประแดง	29.0	7.26	266.70	3.6	422
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	29.0	7.56	173.80	3.6	275
5	สะพานกรุงเทพ	29.0	7.57	149.78	3.6	237
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	29.5	7.82	135.88	3.6	215
7	สะพานพระรามหก	29.5	7.18	142.20	3.0	225
8	ท่าบ้านนนทบุรี	29.0	7.94	130.82	2.4	207
9	ปากเกร็ด	29.0	7.76	124.50	1.8	197
10	สะพานนนทบุรี	29.0	7.59	117.55	2.4	186

ตารางที่ 6.16 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	29.0	7.01	1706.4	7.2	2700
2	พระสมุทรเจดีย์	29.0	7.30	771.04	5.4	1220
3	พระประแดง	28.5	7.03	219.94	4.8	348
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	28.5	7.33	154.84	2.4	245
5	สะพานกรุงเทพ	28.5	7.42	145.00	2.4	228
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	28.0	7.07	123.24	3.0	195
7	สะพานพระรามหก	28.5	7.26	136.51	4.2	216
8	ท่าบ้านนนทบุรี	29.0	7.35	130.82	3.0	207
9	ปากเกร็ด	29.0	7.24	128.93	3.0	204
10	สะพานนนทบุรี	28.5	7.32	125.14	3.6	198

ตารางที่ 6.17 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บิ่อมพระจุลจอมเกล้า	29.5	7.40	1630.56	1.2	2580
2	พระสมุทรเจดีย์	29.0	7.40	695.20	0.6	1100
3	พระประแดง	28.5	7.29	180.75	1.8	286
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	29.0	7.40	156.74	0.6	248
5	สะพานกรุงเทพ	28.5	7.37	135.25	1.2	214
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	28.5	7.39	118.82	3.0	188
7	สะพานพระรามหก	29.0	7.26	126.40	2.4	200
8	ท่าบ้านนนทบุรี	29.0	7.32	124.50	2.4	197
9	ปากเกร็ด	29.0	7.38	121.98	1.8	193
10	สะพานนนทบุรี	28.5	7.37	118.18	1.8	187

ตารางที่ 6.18 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บิ่อมพระจุลจอมเกล้า	23.0	7.37	6831.92	3.6	10810
2	พระสมุทรเจดีย์	23.0	7.34	3728.80	1.8	5900
3	พระประแดง	23.0	7.31	663.60	1.8	1050
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	22.0	7.60	225.62	1.8	357
5	สะพานกรุงเทพ	21.0	6.99	210.46	1.8	333
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	21.5	7.26	204.14	1.2	323
7	สะพานพระรามหก	20.5	7.18	191.50	0.6	303
8	ท่าบ้านนนทบุรี	20.5	6.95	198.45	1.8	314
9	ปากเกร็ด	20.5	7.01	180.75	0.6	286
10	สะพานนนทบุรี	20.5	7.08	181.38	0.6	287

ตารางที่ 6.19 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บิ่อมพระจุลจอมเกล้า	22.5	7.49	6591.76	4.2	10430
2	พระสมุทรเจดีย์	22.5	6.90	853.20	2.4	1350
3	พระประแดง	22.5	7.59	3444.40	2.4	5450
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	22.5	7.21	257.86	1.2	408
5	สะพานกรุงเทพ	21.5	7.63	203.50	1.2	322
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	21.0	7.28	194.66	1.2	308
7	สะพานพระรามหก	20.5	7.81	179.49	0.6	284
8	ท่าบ้านนนทบุรี	21.0	7.21	182.02	1.2	288
9	ปากเกร็ด	20.5	7.83	175.70	3.0	278
10	สะพานนนทบุรี	20.5	7.22	181.38	2.4	287

ตารางที่ 6.20 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2543

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	27.5	7.82	20160.80	4.8	31900
2	พระสมุทรเจดีย์	27.5	7.76	19971.20	6.6	31600
3	พระประแดง	28.0	7.66	10428.00	6.0	16500
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	27.5	7.60	47463.20	4.2	75100
5	สะพานกรุงเทพ	26.5	7.41	3968.96	4.2	6280
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	26.0	7.39	1137.6	4.2	1800
7	สะพานพระรามหก	27.0	7.31	254.69	2.4	403
8	ท่าบ้านนนทบุรี	26.5	7.37	238.89	2.4	378
9	ปากเกร็ด	26.5	7.41	217.41	2.4	344
10	สะพานนนทบุรี	26.5	7.39	206.03	2.4	326

ตารางที่ 6.21 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2543

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	27.5	7.94	20287.20	4.2	32100
2	พระสมุทรเจดีย์	27.5	7.81	20160.80	3.0	31900
3	พระประแดง	28.0	7.68	11047.36	3.6	17480
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	28.0	7.59	5108.56	3.0	8080
5	สะพานกรุงเทพ	26.5	7.41	3855.20	3.0	1600
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	26.5	7.41	89.11	3.0	141
7	สะพานพระรามหก	26.5	7.32	369.72	2.4	585
8	ท่าบ้านนนทบุรี	26.5	7.33	243.32	4.2	385
9	ปากเกร็ด	26.5	7.43	211.08	3.0	334
10	สะพานนนทบุรี	27.0	7.39	204.77	2.4	324

ตารางที่ 6.22 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	30.0	7.46	14662.40	4.2	23200
2	พระสมุทรเจดีย์	29.5	7.38	13904.00	1.8	22000
3	พระประแดง	29.0	7.26	8405.60	2.4	13300
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	28.5	7.38	5972.40	1.8	9450
5	สะพานกรุงเทพ	28.5	7.31	4442.96	2.4	7030
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	29.0	7.48	2629.12	2.4	4160
7	สะพานพระรามหก	27.5	7.59	1371.44	1.2	2170
8	ท่าบ้านนนทบุรี	27.5	7.50	771.04	1.8	1220
9	ปากเกร็ด	27.0	7.44	330.54	3.6	523
10	สะพานนนทบุรี	27.0	7.51	222.46	1.8	352

ตารางที่ 6.23 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บึงพระจุลจอมเกล้า	29.5	7.34	14852.00	3.0	23500
2	พระสมุทรเจดีย์	30.0	7.33	14156.80	3.0	22400
3	พระประแดง	29.0	7.28	8595.20	4.8	13600
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	29.0	7.35	5517.36	3.0	8730
5	สะพานกรุงเทพ	29.0	7.35	4202.80	1.8	6650
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	29.0	7.52	2749.20	5.4	4350
7	สะพานพระรามหก	28.0	7.32	1529.44	4.2	2420
8	ท่าบ้านนนทบุรี	27.5	7.53	897.44	3.0	1420
9	ปากเกร็ด	27.5	7.31	372.88	4.2	590
10	สะพานนนทบุรี	27.0	7.57	276.82	3.6	438

ตารางที่ 6.24 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2543

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บึงพระจุลจอมเกล้า	30.5	7.99	15357.60	4.8	24300
2	พระสมุทรเจดีย์	30.0	7.77	12956.00	2.4	20500
3	พระประแดง	30.0	7.71	6037.60	3.0	14300
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	30.0	7.60	7078.40	3.0	11200
5	สะพานกรุงเทพ	30.0	7.49	537.20	3.0	850
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	30.0	7.45	336.22	7.2	532
7	สะพานพระรามหก	29.5	7.59	268.60	3.6	425
8	ท่าบ้านนนทบุรี	30.0	7.64	230.68	2.4	365
9	ปากเกร็ด	29.5	7.62	212.98	2.4	337
10	สะพานนนทบุรี	29.5	7.64	194.02	1.8	307

ตารางที่ 6.25 แสดงค่าการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในวันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2543

สถานี	สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็ง (mg/l)	ค่าบีโอดี (mg/l)	ค่าการนำไฟฟ้า (µmhos/cm)
1	บึงพระจุลจอมเกล้า	30.0	7.83	14788.80	2.4	23400
2	พระสมุทรเจดีย์	30.0	7.79	12513.60	1.8	19800
3	พระประแดง	30.0	7.78	8721.60	2.4	13800
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	30.0	7.65	7268.00	3.0	11500
5	สะพานกรุงเทพ	30.0	7.54	1036.48	1.8	1640
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	29.5	7.52	466.42	4.8	738
7	สะพานพระรามหก	30.0	7.66	278.08	3.6	440
8	ท่าบ้านนนทบุรี	29.5	7.72	231.31	2.4	366
9	ปากเกร็ด	30.0	7.78	214.25	3.0	339
10	สะพานนนทบุรี	29.0	7.65	177.59	2.4	281

การข้อเก็บข้อมูล

ตารางที่ 6.26 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	0.014	0.067	ND	0.008
2	พระสมุทรเจดีย์	0.020	0.066	ND	0.008
3	พระประแดง	0.019	0.047	ND	0.009
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	0.012	0.035	0.029	0.007
5	สะพานกรุงเทพ	0.011	0.026	ND	0.000
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	0.005	0.020	ND	0.001
7	สะพานพระรามหก	0.003	0.018	ND	0.002
8	ท่าบ้านนนทบุรี	0.012	0.016	ND	ND
9	ปากเกร็ด	0.010	0.015	ND	0.000
10	สะพานนนทบุรี	0.009	0.016	0.010	0.001

ตารางที่ 6.27 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 15 เมษายน พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	0.012	0.065	0.030	0.049
2	พระสมุทรเจดีย์	0.010	0.063	0.028	0.048
3	พระประแดง	0.008	0.040	0.026	0.045
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	0.007	0.038	0.020	0.046
5	สะพานกรุงเทพ	0.006	0.030	0.020	0.044
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	0.004	0.028	0.024	0.043
7	สะพานพระรามหก	0.003	0.020	0.027	0.048
8	ท่าบ้านนนทบุรี	0.002	0.013	0.029	0.047
9	ปากเกร็ด	0.001	0.011	0.031	0.046
10	สะพานนนทบุรี	0.001	0.012	0.032	0.047

ตารางที่ 6.28 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	0.005	0.050	ND	0.001
2	พระสมุทรเจดีย์	0.003	0.031	ND	ND
3	พระประแดง	0.006	0.017	ND	0.001
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	0.007	0.013	0.011	0.001
5	สะพานกรุงเทพ	0.012	0.013	0.007	0.001
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	0.001	0.005	ND	0.001
7	สะพานพระรามหก	0.007	0.010	ND	ND
8	ท่าบ้านนนทบุรี	0.004	0.009	ND	ND
9	ปากเกร็ด	ND	0.011	ND	0.002
10	สะพานนนทบุรี	0.002	0.012	0.006	ND

ตารางที่ 6.29 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	ND	0.020	ND	0.022
2	พระสมุทรเจดีย์	ND	0.005	0.016	0.031
3	พระประแดง	ND	0.003	ND	0.028
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	ND	0.002	0.011	0.032
5	สะพานกรุงเทพ	ND	0.002	0.021	0.017
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	ND	0.004	0.003	0.011
7	สะพานพระรามหก	ND	0.000	0.004	0.010
8	ท่าบ้านหนองรี	ND	ND	0.003	0.022
9	ปากเกร็ด	ND	ND	0.000	0.012
10	สะพานนนทบุรี	ND	0.000	0.000	0.012

ตารางที่ 6.30 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	ND	0.005	ND	ND
2	พระสมุทรเจดีย์	ND	0.004	ND	ND
3	พระประแดง	0.001	0.003	ND	ND
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	ND	0.006	ND	ND
5	สะพานกรุงเทพ	ND	0.007	0.004	ND
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	0.001	0.006	0.006	ND
7	สะพานพระรามหก	0.002	0.005	ND	ND
8	ท่าบ้านหนองรี	0.001	0.004	ND	ND
9	ปากเกร็ด	0.001	0.006	ND	ND
10	สะพานนนทบุรี	0.001	0.010	ND	ND

ตารางที่ 6.31 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	ND	0.020	0.003	0.007
2	พระสมุทรเจดีย์	0.000	0.019	0.002	0.008
3	พระประแดง	0.001	0.017	0.002	0.009
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	0.001	0.011	0.001	0.010
5	สะพานกรุงเทพ	ND	0.008	ND	0.003
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	0.001	0.005	0.001	0.009
7	สะพานพระรามหก	ND	0.007	0.002	0.005
8	ท่าบ้านหนองรี	0.001	0.007	ND	0.003
9	ปากเกร็ด	0.001	0.008	0.001	0.006
10	สะพานนนทบุรี	0.001	0.009	ND	0.008

ตารางที่ 6.32 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	ND	0.024	ND	0.003
2	พระสมุทรเจดีย์	ND	0.018	0.008	0.007
3	พระประแดง	0.001	0.008	0.006	0.008
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	0.001	0.008	0.010	0.006
5	สะพานกรุงเทพ	0.002	0.009	0.025	0.009
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	0.001	0.007	0.020	0.005
7	สะพานพระรามหก	ND	0.006	0.007	ND
8	ท่าบ้านนนทบุรี	0.001	0.008	0.012	0.007
9	ปากเกร็ด	ND	0.009	0.015	0.008
10	สะพานนนทบุรี	0.003	0.010	0.010	0.005

ตารางที่ 6.33 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 15 กรกฎาคม พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	0.000	0.031	0.051	0.016
2	พระสมุทรเจดีย์	ND	0.020	0.040	0.016
3	พระประแดง	ND	0.012	0.028	0.009
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	ND	0.012	0.030	0.010
5	สะพานกรุงเทพ	ND	0.012	0.038	0.011
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	0.000	0.011	0.014	0.009
7	สะพานพระรามหก	0.000	0.008	0.012	0.008
8	ท่าบ้านนนทบุรี	ND	0.009	0.047	0.006
9	ปากเกร็ด	ND	0.009	0.038	0.007
10	สะพานนนทบุรี	0.001	0.010	0.036	0.008

ตารางที่ 6.34 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	0.001	0.028	0.030	0.005
2	พระสมุทรเจดีย์	0.001	0.019	0.038	0.007
3	พระประแดง	0.002	0.008	0.049	0.009
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	0.002	0.010	0.019	0.005
5	สะพานกรุงเทพ	0.001	0.011	0.014	0.008
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	0.001	0.012	0.006	0.011
7	สะพานพระรามหก	0.001	0.011	0.007	0.010
8	ท่าบ้านนนทบุรี	0.001	0.011	0.008	0.009
9	ปากเกร็ด	ND	0.011	0.010	0.008
10	สะพานนนทบุรี	0.002	0.009	0.030	0.008

ตารางที่ 6.35 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	ป้อมพระจุลจอมเกล้า	0.001	0.029	0.063	0.047
2	พระสมุทรเจดีย์	0.003	0.026	0.083	0.044
3	พระประแดง	0.002	0.020	0.050	0.042
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	0.001	0.012	0.046	0.039
5	สะพานกรุงเทพ	0.001	0.011	0.058	0.038
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	0.001	0.013	0.063	0.035
7	สะพานพระรามหก	ND	0.012	0.062	0.034
8	ท่าบ้านนนทบุรี	ND	0.011	0.062	0.033
9	ปากเกร็ด	ND	0.012	0.030	0.032
10	สะพานนนทบุรี	0.001	0.012	0.025	0.033

ตารางที่ 6.36 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	ป้อมพระจุลจอมเกล้า	ND	0.006	ND	0.004
2	พระสมุทรเจดีย์	ND	0.008	0.024	0.010
3	พระประแดง	ND	0.002	0.017	0.005
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	ND	0.004	ND	ND
5	สะพานกรุงเทพ	ND	0.002	ND	0.004
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	ND	ND	ND	ND
7	สะพานพระรามหก	ND	0.006	0.022	0.008
8	ท่าบ้านนนทบุรี	0.001	0.010	0.024	0.010
9	ปากเกร็ด	0.001	0.008	0.028	0.009
10	สะพานนนทบุรี	0.003	0.009	0.030	0.007

ตารางที่ 6.37 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	ป้อมพระจุลจอมเกล้า	0.001	0.013	0.055	0.039
2	พระสมุทรเจดีย์	0.000	0.012	0.060	0.037
3	พระประแดง	0.000	0.011	0.064	0.036
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	ND	0.011	0.084	0.038
5	สะพานกรุงเทพ	ND	0.019	0.032	0.041
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	ND	0.010	0.040	0.042
7	สะพานพระรามหก	0.001	0.011	0.052	0.040
8	ท่าบ้านนนทบุรี	ND	0.010	0.055	0.038
9	ปากเกร็ด	ND	0.008	0.060	0.037
10	สะพานนนทบุรี	ND	0.011	0.069	0.039

ตารางที่ 6.38 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	0.001	0.015	0.037	0.014
2	พระสมุทรเจดีย์	0.001	0.013	0.016	0.014
3	พระประแดง	0.001	0.012	0.010	0.011
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	0.000	0.010	0.008	0.010
5	สะพานกรุงเทพ	0.002	0.019	0.004	0.010
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	0.003	0.011	ND	0.012
7	สะพานพระรามหก	ND	0.011	0.032	0.013
8	ท่าบ้านนนทบุรี	ND	0.011	0.034	0.012
9	ปากเกร็ด	0.001	0.011	0.036	0.013
10	สะพานนนทบุรี	0.000	0.011	0.044	0.015

ตารางที่ 6.39 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 15 ตุลาคม พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	ND	0.016	0.033	0.047
2	พระสมุทรเจดีย์	ND	0.015	0.040	0.046
3	พระประแดง	0.001	0.013	0.049	0.045
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	0.002	0.014	0.053	0.048
5	สะพานกรุงเทพ	0.001	0.014	0.052	0.047
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	0.001	0.013	0.055	0.046
7	สะพานพระรามหก	ND	0.012	0.070	0.045
8	ท่าบ้านนนทบุรี	ND	0.012	0.068	0.044
9	ปากเกร็ด	ND	0.012	0.066	0.047
10	สะพานนนทบุรี	0.000	0.010	0.051	0.044

ตารางที่ 6.40 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	ND	0.006	ND	0.029
2	พระสมุทรเจดีย์	ND	0.005	ND	0.028
3	พระประแดง	ND	0.001	ND	0.015
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	ND	0.001	0.022	0.023
5	สะพานกรุงเทพ	ND	0.001	0.014	0.024
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	ND	ND	ND	0.028
7	สะพานพระรามหก	ND	0.001	0.013	0.020
8	ท่าบ้านนนทบุรี	ND	ND	0.016	0.019
9	ปากเกร็ด	ND	0.000	ND	0.013
10	สะพานนนทบุรี	ND	0.003	0.016	0.023

ตารางที่ 6.41 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	ND	0.014	0.037	0.046
2	พระสมุทรเจดีย์	ND	0.013	0.040	0.045
3	พระประแดง	ND	0.013	0.047	0.046
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	ND	0.012	0.049	0.045
5	สะพานกรุงเทพ	ND	0.012	0.051	0.047
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	ND	0.011	0.056	0.048
7	สะพานพระรามหก	ND	0.011	0.059	0.047
8	ท่าบ้านนนทบุรี	ND	0.012	0.061	0.044
9	ปากเกร็ด	ND	0.011	0.045	0.046
10	สะพานนนทบุรี	ND	0.011	0.032	0.049

ตารางที่ 6.42 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	0.001	0.024	0.064	0.016
2	พระสมุทรเจดีย์	0.001	0.018	0.052	0.015
3	พระประแดง	0.001	0.012	0.045	0.013
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	0.001	0.011	0.030	0.013
5	สะพานกรุงเทพ	0.001	0.011	0.050	0.014
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	0.001	0.010	0.029	0.015
7	สะพานพระรามหก	0.001	0.006	0.032	0.016
8	ท่าบ้านนนทบุรี	0.000	0.011	0.042	0.013
9	ปากเกร็ด	0.000	0.008	0.049	0.012
10	สะพานนนทบุรี	0.000	0.011	0.027	0.013

ตารางที่ 6.43 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2542

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	0.003	0.023	0.034	0.010
2	พระสมุทรเจดีย์	0.002	0.016	0.012	0.008
3	พระประแดง	0.002	0.013	0.025	0.006
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	0.002	0.010	0.030	0.007
5	สะพานกรุงเทพ	0.001	0.010	0.028	0.008
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	0.001	0.010	0.029	0.010
7	สะพานพระรามหก	0.001	0.010	0.029	0.011
8	ท่าบ้านนนทบุรี	ND	0.011	0.042	0.011
9	ปากเกร็ด	ND	0.011	0.060	0.011
10	สะพานนนทบุรี	ND	0.010	0.032	0.013

ตารางที่ 6.44 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2543

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	0.002	0.052	0.072	0.042
2	พระสมุทรเจดีย์	ND	0.042	0.063	0.038
3	พระประแดง	ND	0.031	0.067	0.036
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	ND	0.029	0.070	0.037
5	สะพานกรุงเทพ	ND	0.026	0.082	0.038
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	ND	0.027	0.021	0.036
7	สะพานพระรามหก	ND	0.014	0.064	0.034
8	ท่าบ้านหนองรี	ND	0.012	0.050	0.033
9	ปากเกร็ด	ND	0.010	0.043	0.032
10	สะพานนนทบุรี	ND	0.011	0.040	0.034

ตารางที่ 6.45 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2543

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	ND	0.052	0.072	0.020
2	พระสมุทรเจดีย์	0.001	0.048	0.074	0.020
3	พระประแดง	0.001	0.030	0.078	0.020
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	ND	0.028	0.062	0.018
5	สะพานกรุงเทพ	0.00	0.025	0.048	0.017
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	ND	0.018	0.040	0.027
7	สะพานพระรามหก	ND	0.012	0.021	0.028
8	ท่าบ้านหนองรี	ND	0.013	0.050	0.035
9	ปากเกร็ด	0.002	0.015	0.068	0.037
10	สะพานนนทบุรี	ND	0.011	0.043	0.025

ตารางที่ 6.46 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	บ่อมพระจุลจอมเกล้า	ND	0.039	0.042	0.020
2	พระสมุทรเจดีย์	ND	0.028	0.035	0.018
3	พระประแดง	0.000	0.021	0.007	0.016
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	ND	0.018	0.010	0.016
5	สะพานกรุงเทพ	0.000	0.015	0.018	0.016
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	ND	0.010	0.017	0.010
7	สะพานพระรามหก	0.001	0.007	0.018	0.009
8	ท่าบ้านหนองรี	0.000	0.007	0.020	0.008
9	ปากเกร็ด	ND	0.006	0.036	0.009
10	สะพานนนทบุรี	ND	0.005	0.034	0.007

ตารางที่ 6.47 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	ป้อมพระจุลจอมเกล้า	0.001	0.035	0.041	0.017
2	พระสมุทรเจดีย์	0.001	0.034	0.034	0.013
3	พระประแดง	ND	0.020	0.026	0.012
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	ND	0.016	0.021	0.010
5	สะพานกรุงเทพ	ND	0.015	0.026	0.010
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	0.000	0.014	0.030	0.010
7	สะพานพระรามหก	0.000	0.010	0.025	0.008
8	ท่าบ้านนนทบุรี	0.001	0.007	0.020	0.007
9	ปากเกร็ด	0.002	0.008	0.044	0.006
10	สะพานนนทบุรี	0.003	0.009	0.020	0.007

ตารางที่ 6.48 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2543

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	ป้อมพระจุลจอมเกล้า	ND	0.036	0.040	0.015
2	พระสมุทรเจดีย์	0.001	0.030	0.032	0.014
3	พระประแดง	0.001	0.018	0.030	0.012
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	0.001	0.017	0.025	0.016
5	สะพานกรุงเทพ	0.002	0.015	0.020	0.010
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	0.000	0.010	0.015	0.009
7	สะพานพระรามหก	ND	0.010	0.010	0.007
8	ท่าบ้านนนทบุรี	ND	0.009	0.017	0.004
9	ปากเกร็ด	ND	0.005	0.021	0.005
10	สะพานนนทบุรี	0.000	0.009	0.020	0.006

ตารางที่ 6.49 แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างวันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2543

สถานี	สถานที่	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	ป้อมพระจุลจอมเกล้า	0.001	0.034	0.039	0.018
2	พระสมุทรเจดีย์	0.001	0.028	0.037	0.017
3	พระประแดง	0.002	0.015	0.030	0.015
4	การทำเรือแห่งประเทศไทย	0.003	0.014	0.025	0.012
5	สะพานกรุงเทพ	ND	0.013	0.020	0.010
6	สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช	0.001	0.009	0.015	0.009
7	สะพานพระรามหก	ND	0.008	0.016	0.009
8	ท่าบ้านนนทบุรี	ND	0.005	0.012	0.009
9	ปากเกร็ด	ND	0.004	0.008	0.006
10	สะพานนนทบุรี	ND	0.006	0.005	0.005

หมายเหตุ แสดงค่าการวิเคราะห์โลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ซึ่งแปลความหมายได้

Cd	สูงสุดไม่เกิน	0.05 ppm	แปลความหมาย	แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีคุณภาพดี
Cu	สูงสุดไม่เกิน	0.1 ppm	แปลความหมาย	แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีคุณภาพดี
Pb	สูงสุดไม่เกิน	0.05 ppm	แปลความหมาย	แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีคุณภาพดี
Zn	สูงสุดไม่เกิน	1.0 ppm	แปลความหมาย	แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีคุณภาพดี
ND	คือ NON DETECTABLE			



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายมนตรี ไช้แก้ว
วันเดือน ปี เกิด	17 พฤษภาคม 2518
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 94/7 ถนนนิสรภาพ ซอยวัดประดิษฐาราม แขวงศิริบุญรุจิ เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร
สถานที่ทำงาน	81 ถนนเชื้อเพลิง ซ่งนนทรี ยานนาวา กรุงเทพมหานคร
ตำแหน่ง	LAB TECHNICIAN
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2540 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตรบัณฑิต (เคมี) จากสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ปีการศึกษา 2543 สำเร็จการศึกษา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการศึกษา วิทยาศาสตร์ (เคมี) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้