การปนเปื้อนสารมลพิษในน้ำบาดาลบริเวณเขตอุตสาหกรรมและสถานที่ฝังกลบมูลฝอย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

นางสาวจุฑาทิพย์ อ้อมกิ่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2557

POLLUTANT CONTAMINATION IN GROUNDWATER NEAR INDUSTRIAL ZONE AND LANDFILL SITE IN MUANG DISTRICT NAKHONRATCHASIMA

Jutathip Omking

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2014

การปนเปื้อนสารมลพิษในน้ำบาดาลบริเวณเขตอุตสาหกรรมและสถานที่ฝังกลบมูลฝอย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีอนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.จรียา ยิ้มรัตนบวร)
ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.สุดจิต ครุจิต)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร.ประพัฒน์ เป็นตามวา)
กรรมการ

(อ. ดร.พัชรินทร์ ราโช)
กรรมการ

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์) (รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จุฑาทิพย์ อ้อมกิ่ง : การปนเปื้อนสารมลพิษในน้ำบาดาลบริเวณเขตอุตสาหกรรม และสถานที่ฝังกลบมูลฝอย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา (POLLUTANT CONTAMINATION IN GROUNDWATER NEAR INDUSTRIAL ZONE AND LANDFILL SITE IN MUANG DISTRICT NAKHON RATCHASIMA) อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดจิต ครุจิต, 156 หน้า

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพการปนเปื้อนของสารมลพิษในน้ำบาดาลในบริเวณแหล่งกำเนิดมลพิษ 2 แหล่ง คือ สถานที่ฝังกลบมูลฝอยและบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี โดยทำการสำรวจและหาทิศทางการไหลของน้ำบาดาลและเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล เพื่อนำมาวิเคราะห์ด้านคุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ความขุ่น พีเอช คลอไรด์ แอมโมเนีย ไนเตรท ฟอสฟอรัส ของแข็งละลายได้ทั้งหมด และตรวจวัดโลหะหนัก 9 ชนิด ได้แก่ Zn Cr Pb As Mn Cu Hg Cd และ Fe โดยวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma ผลการศึกษาได้ทิศทางการไหลของน้ำบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษาในรูปแผนที่แสดงระดับน้ำและได้ข้อมูลคุณภาพน้ำจากการเก็บตัวอย่าง 20 จุด โดยมีค่าไนเตรทและโลหะหนัก 3 ชนิดคือ Mn, Fe และ Hg ที่เกินค่ามาตรฐาน

ในส่วนการวิเคราะห์เชิงเวลา ผลการเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจติดตามผลทั้งหมด 4 จุดได้แก่ 1) หมู่ที่ 4 ตำบลหนองบัวศาลา 2) เทศบาลตำบลโพธิ์กลาง 3) วัดป่าหนองสมอ ตำบลหนองระเวียง 4) หอพักใกล้บริษัทเขตอุตสาหกรรม ระยะเวลา 8 สัปดาห์(วันที่ 23 มกราคม ถึงวันที่ 13 มีนาคม 2556) โดยเลือกจุดก่อนผ่าน – หลังผ่านแหล่งกำเนิดมลพิษ พบว่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกันและแปรผันไปด้วยกัน โดยบริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอย มีโลหะหนัก 3 ชนิดที่เกินมาตรฐานกำหนดไว้ คือ สารหนู (As) ปรอท (Hg) และ ตะกั่ว (Pb) ซึ่งอาจเกิดจากการปนเปื้อนในน้ำบาดาลได้ ส่วนบริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี มีโลหะหนัก 5 ชนิดที่เกินมาตรฐานกำหนดไว้ คือ แมงกานีส (Mn) สารหนู (As) ตะกั่ว (Pb) เหล็ก (Fe) และปรอท (Hg) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างจุดก่อนและหลังผ่านแหล่งกำเนิด พบว่าพารามิเตอร์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ หลังจากผ่านแหล่งกำเนิด ได้แก่ ความขุ่น, TDS และ Mn บริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี ส่วนพารามิเตอร์ที่เหลือไม่พบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นหลังจากผ่านแหล่งกำเนิดและอุณหภูมิ , pH และ DO มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างจุดก่อนและผ่านแหล่งกำเนิด

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis : PCA) และการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (Cluster Analysis : CA) สามารถจัดกลุ่มของธาตุโลหะหนักได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแรก คือ

Hg Pb และ Cr กลุ่มที่ 2 คือ Mn As และ Fe และกลุ่มที่ 3 คือ Zn และCu ส่วนการจัดกลุ่มบ่อบาดาลสามารถชี้จุดที่มีความแตกต่างจากกลุ่ม ได้แก่ บ่อที่ 2, 3, และ 13 ส่วนบ่ออื่น ๆ มีลักษณะคุณภาพน้ำใกล้เคียงกัน

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2557 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

JUTATHIP OMKING : POLLUTANT CONTAMINATION IN GROUNDWATER NEAR INDUSTRIAL ZONE AND LANDFILL SITE IN MUANG DISTRICT NAKHON RATCHASIMA. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SUDJIT KARUCHIT, Ph.D.,156 PP.

HEAVY METAL, GROUNDWATER, CONTAMINATION

The objectives of this study are to study the contamination status of pollutants in groundwater near two pollutant sources – a sanitary landfill and Suranaree Industrial Estate company. The survey process included groundwater level measurement and sample collection. Water quality parameters analyzed were temperature, turbidity, pH, chloride, ammonia, nitrate, phosphorus, and total dissolved solid. Nine heavy metal elements were analyzed using the inductively coupled plasma method: Zn, Cr, Pb, As, Mn, Cu, Hg, Cd, and Fe. As a result, a groundwater flow direction map was created. The groundwater quality results for 20 sampling point showed that the level of nitrate and 3 heavy metals – Mn, Fe, and Hg – higher than corresponding standard levels.

The 8-week temporal analysis was performed (23 January – 13 March, 2013) by monitoring the groundwater quality at 4 locations which were the upstream or downstream of the 2 pollutant sources: 1) Moo 4, Nongbuasala subdistrict; 2) Poe Klang subdistrict municipality; 3) Nong Samor forest temple, Nong Raviang subdistrict; and 4) an apartment near Suranaree Industrial Estate company. Most parameters were found to be within comparable levels and varied together. The landfill area had 3 heavy metals – As, Hg, and Pb – higher than the standards, which may indicate groundwater contamination. The Suranaree Industrial Estate company area

had 5 higher-than-standard heavy metals – Mn, As, Pb, Fe, and Hg. Statistical comparison of parameters between the upstream and downstream locations showed that turbidity, total dissolved solid, and Mn were significantly higher at the downstream of Suranaree Industrial Estate company; while no parameter were found to be higher downstream at the landfill. The temperature, pH, and DO also showed no difference between the upstream and downstream locations.

The use of Principal Component Analysis (PCA) and Cluster Analysis (CA) resulted in 3 possible common-source groups of heavy metal elements – Group 1: Hg, Pb, and Cr; Group 2: Mn, As, and Fe; and Group 3: Zn and Cu. From the location standpoint, most groundwater wells seemed to have similar water quality characteristics except well number 2, 3, and 13.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Environmental Engineering Student's Signature_____

Academic Year 2014 Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ ส่วนราชการ วัด และเอกชน ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ รวมทั้งได้ให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดจิต ครุจิต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางที่เป็นประโยชน์ยิ่งต่องานวิจัย รวมทั้งได้ช่วยตรวจทาน และแก้ไขรายงานวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์พร้อมทั้งด้านวิชาการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรียา ยิ้มรัตนบวร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพัฒน์ เป็นตามวา อาจารย์ ดร.พัชรินทร์ ราโช กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และความรู้ทางด้านวิชาการอย่างดียิ่งตลอดมา ได้รับการช่วยเหลือ แนะนำ และให้ความร่วมมือเป็นอย่างยิ่งในการสำรวจและเก็บข้อมูลแหล่งน้ำบาดาลจากเอกชน วัด และส่วนราชการ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้อง ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เทศบาลตำบลโพธิ์กลาง องค์การบริหารส่วนตำบลหนองระเวียง องค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัวศาลา สำนักทรัพยากรน้ำบาดาล เขต 5 (นครราชสีมา) และสถานที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือแก่ผู้วิจัยอย่างดียิ่ง จนให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณนารี กลิ่นกลาง ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ การจัดรูปเล่มวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ บัณฑิตศึกษาทุกท่าน ที่ให้กำลังใจในการทำวิจัยเสมอมา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัย ขอขอบคุณ อาจารย์ผู้สอนทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทางด้านวิชาการและด้านต่างๆ ทั้งในอดีตและปัจจุบัน และขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา รวมทั้งญาติพี่น้องของผู้วิจัยทุกท่าน ที่ให้ความรัก อบรมเลี้ยงดู และเป็นกำลังใจ ทำให้ผู้วิจัยประสบผลสำเร็จในการศึกษา

จุฑาทิพย์ อ้อมกิ่ง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูป… ..... ฌ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา. 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 3

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา 4

2.1.1 ตำบลโพธิ์กลาง 4

2.1.2 ตำบลหนองบัวศาลา 5

2.1.3 ตำบลหนองระเวียง 7

2.1.4 บริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี 8

2.1.5 สถานที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา 9

2.2 น้ำใต้ดิน 10

2.2.1 คุณภาพของน้ำบาดาล 11

2.2.2 การไหลของน้ำบาดาล 13

2.2.3 การวัดระดับน้ำบาดาล 13

2.2.4 ชลศาสตร์การไหลของน้ำบาดาล 14

2.2.5 การแพร่กระจายของสารมลพิษ 15

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.6 การเคลื่อนย้ายและการคงอยู่ของโลหะหนักในดิน 16
2.3 มลพิษน้ำใต้ดิน 19
2.3.1 ชนิดของมลพิษ 19
2.3.2 แหล่งของมลพิษ 19
2.3.3 แบบจำลองมลพิษในน้ำบาดาล 20
2.4 มลพิษน้ำและผลกระทบ 20
2.4.1 สาเหตุของมลพิษน้ำและตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ 20
2.4.2 แหล่งกำเนิดมลพิษน้ำ 25
2.4.2.1 น้ำเสียชุมชน 25
2.4.2.2 น้ำเสียจากกิจกรรมการเกษตร 26
2.4.2.3 น้ำเสียจากอุตสาหกรรม 27
2.4.2.4 อื่นๆ 30
2.5 พารามิเตอร์สำคัญในการบ่งชี้การปนเปื้อนมลพิษในน้ำบาดาล 31
2.5.1 โลหะหนัก 31
2.5.2 แบคทีเรียโคลิฟอร์ม 36
2.5.3 แอมโมเนีย 36
2.5.4 ไนเตรท 37
2.5.5 คลอไรด์ 38
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 38
2.6.1 คุณภาพน้ำใต้ดินและผลกระทบต่อสุขภาพ 38
2.6.2 การปนเปื้อนน้ำใต้ดินจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอย 40
3 วิธีดำเนินการวิจัย 47
3.1 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย 47
3.2 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย 47
3.2.1 การสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม 48
3.2.2 การหาทิศทางการไหลของน้ำบาดาล 52
3.2.3 วิเคราะห์คุณภาพน้ำเชิงพื้นที่ 54

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.4 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเชิงเวลา 55
3.2.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและการวิเคราะห์จัดกลุ่ม 56
3.2.5.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก 56
3.2.5.2 การจำแนกกลุ่มตัวแปรด้วยเทคนิค CA 58
4 ผลการทดลองและอภิปรายผล 61
4.1 ผลการศึกษาหาทิศทางการไหลของน้ำบาดาล 61
4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเชิงพื้นที่ 70
4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเชิงเวลา 77
4.3.1 คุณภาพน้ำบาดาลของสถานที่ฝังกลบมูลฝอย
เทศบาลนครนครราชสีมา 80
4.3.2 คุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมี 80
4.3.3 คุณภาพน้ำด้านโลหะหนัก 94
4.4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านแหล่งกำเนิด 107
4.4.1 บริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี 107
4.4.2 สถานที่ฝังกลบมูลฝอย 110
4.5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก 113
4.6 ผลการวิเคราะห์จัดกลุ่ม 119
5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 126
5.1 ข้อเสนอแนะ 128
รายการอ้างอิง 129
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. การคำนวณหาระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล 132
ภาคผนวก ข. การคำนวณหาทิศทางการไหลโดยวิธีสามเหลี่ยม 135
ภาคผนวก ค. มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภค 150
ประวัติผู้เขียน 156

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 เขตน้ำบาดาลและความลึกน้ำบาดาลในเขตพื้นที่จังหวัดต่างๆ 11
2.2 ประเภทของมลพิษน้ำแหล่งกำเนิดและผลกระทบ 23
2.3 สมมูลประชากรและลักษณะน้ำเสียชุมชน 26
2.4 ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ 28
2.5 ผลการตรวจวิเคราะห์น้ำชะขยะที่รวบรวมรอบๆ บริเวณสถานที่ฝังกลบขยะ มูลฝอยอลเนย์ 42
3.1 พารามิเตอร์และวิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล 55
4.1 จุดวัดระดับน้ำบาดาลในเขตพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัวศาลา จำนวน 20 จุด 63
4.2 จุดวัดระดับน้ำบาดาลในเขตพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลหนองระเวียง จำนวน 9 จุด 64
4.3 จุดเก็บตัวอย่าง 20 จุด โดยครอบคลุมพื้นที่ขององค์การบริหารส่วนตำบล หนองบัวศาลาและองค์การบริหารส่วนตำบลหนองระเวียง 68
4.4 ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลจุดเก็บตัวอย่าง 20 จุด 71
4.5 ผลวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำบาดาลจุดเก็บตัวอย่าง 20 จุด 72
4.6 คุณภาพน้ำบาดาลช่วงเวลา 8 สัปดาห์ของจุดที่ 1หมู่ที่ 4 ตำบลหนองบัวศาลา 81
4.7 คุณภาพน้ำบาดาลช่วงเวลา 8 สัปดาห์ของจุดที่ 2 เทศบาลตำบลโพธิ์กลาง 82
4.8 คุณภาพน้ำบาดาลช่วงเวลา 8 สัปดาห์ของจุดที่ 3 วัดป่าหนองสมอ 83
4.9 คุณภาพน้ำบาดาลช่วงเวลา 8 สัปดาห์ของจุดที่4 หอพักบริเวณบริษัทเขต อุตสาหกรรมสุรนารี 84
4.10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำบริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอย 92
4.11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำบริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี 93
4.12 ผลทางด้านโลหะหนักของจุดที่ 1 95
4.13 ผลทางด้านโลหะหนักของจุดที่ 2 96

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.14 ผลทางด้านโลหะหนักของจุดที่ 3 97
4.15 ผลทางด้านโลหะหนักของจุดที่ 4 98
4.16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโลหะหนักบริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอย 105
4.17 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโลหะหนักบริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี 106
4.18 ผลการทดสอบทางสถิติโดยวิธี Independent Sample T – Test ของ
บริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี 108
4.19 ผลการทดสอบทางสถิติโดยวิธี Independent Sample T – Test ของ
บริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี 109
4.20 ผลการทดสอบทางสถิติโดยวิธี Independent Sample T – Test ของ
สถานที่ฝังกลบมูลฝอย 111
4.21 ผลการทดสอบทางสถิติโดยวิธี Independent Sample T – Test ของ
สถานที่ฝังกลบมูลฝอย 112
4.22 ความสัมพันธ์ในแบบ Correlation Matrix ของโลหะหนัก 8 ชนิด
จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ บาดาล 113
4.23 แสดงค่า Eigenvalues ที่ได้จาก PCA 114
4.24 แสดงค่า Factor loading ก่อนและหลังการหมุนแกนแบบ Varimax 115
4.25 ความสัมพันธ์การจัดกลุ่มด้วย Cluster Analysis ของบ่อบาดาล ทั้ง 20 จุด
โดยใช้ Complete Linkage 119
4.26 ความสัมพันธ์การจัดกลุ่มด้วย Cluster Analysis ของโลหะหนัก 9 ชนิด
ในบ่อบาดาลโดยใช้ Complete Linkage 122
4.27 เปรียบเทียบผลการศึกษากับงานวิจัยอื่น 124

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ตำบลโพธิ์กลาง ตำบลหนองบัวศาลา และตำบลหนองระเวียง 6
2.2 พื้นที่บริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี 8
2.3 สถานที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลนครนครราชสีมา 9
2.4 มลพิษน้ำบาดาล 18
3.1 แผนผังขั้นตอนการวิจัย 48
3.2 อุปกรณ์ในการตรวจวัดระดับน้ำบาดาล 50
3.3 ขั้นตอนในการตรวจวัดระดับน้ำบาดาล 51
3.4 แหล่งกำเนิดมลพิษและตำแหน่งบ่อบาดาล 52
3.5 ตัวอย่างการหาทิศทางการไหลของน้ำบาดาล 54
4.1 ตำแหน่งบ่อบาดาล 29 บ่อ ที่ทำการวัดระดับน้ำ 62
4.2 ตัวอย่างการหาทิศทางการไหล 65
4.3 แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาลของตำบลหนองบัวศาลาและ
ตำบลหนองระเวียง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 67
4.4 กำหนดจุดเก็บตัวอย่าง 20 จุดจากทั้งหมด 29 จุด โดยครอบคลุมพื้นที่ของ
องค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัวศาลาและองค์การบริหารส่วนตำบล
หนองระเวียง 69
4.5 แสดงลักษณะของ boxplot ของพารามิเตอร์ที่ตรวจวิเคราะห์คุณภาพ
น้ำใต้ดินของ 20 จุด 74
4.6 จุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 4 จุด เพื่อศึกษาวิเคราะห์เก็บตัวอย่างเชิงเวลา 78
4.7 แผนที่แสดงจุดที่ตั้งของบ่อบาดาลทั้ง 4 บ่อ 79
4.8 แนวโน้มคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย 85
4.9 แนวโน้มคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี 88
4.10 แนวโน้มคุณภาพน้ำด้านโลหะหนักก่อนและหลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย 99
4.11 แนวโน้มคุณภาพน้ำด้านโลหะหนักก่อนและหลังผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี ... 102

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.12 ค่า Factor loading ของโลหะหนักในน้ำบาดาลจากการหมุน 117
4.13 ค่า Factor Score ของ 20 จุด 118
4.14 Dendrogram การจัดกลุ่มบ่อบาดาลทั้งหมด 20 จุด โดยการวัดระยะห่าง
ด้วยวิธี Pearson Correlation 120
4.15 Dendrogram การจัดกลุ่มโลหะหนักในบ่อบาดาลโดยด้วย
วิธี Pearson Correlation 122

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

GPS	=	ระบบบอกตำแหน่งบนพื้นผิวโลกโดยอาศัยการคำนวณจากความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ส่งมาจากดาวเทียมที่โคจรรอบโลกซึ่งทราบตำแหน่ง (Global Positioning System)
PCA	=	การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal component analysis)
CA	=	การจำแนกกลุ่มตัวแปร (Cluster Analysis)
ICP-MS	=	Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry
WHO	=	องค์การอนามัยโลก (World Health Organization)
Pb	=	สารตะกั่ว (Lead)
As	=	สารหนู (Arsenic)
Cd	=	แคดเมียม (Cadmium)
Hg	=	ปรอท (Mercury)
Cr	=	โครเมียม (Chromium)
Mn	=	แมงกานีส (Manganese)
Fe	=	เหล็ก (Iron)
Cu	=	ทองแดง (Copper)
Zn	=	สังกะสี (Zinc)
GIS	=	ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System)
TDS	=	ปริมาณของแข็งที่ละลายเจือปนในน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids)
NTU	=	หน่วยวัดความขุ่นในน้ำ (Nephelometric Turbidity Unit)
SD	=	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
°C	=	องศาเซลเซียส
pH	=	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (Positive potential of the Hydrogen ions)
Km	=	กิโลเมตร
m	=	เมตร
mg/l	=	มิลลิกรัมต่อลิตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

ml	=	มิลลิลิตร
HCl	=	กรดไฮโดรคลอริก
HNO_3	=	กรดไนตริก
DO	=	ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen)
ม.	=	เมตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

น้ำเป็นทรัพยากรที่มีความจำเป็นในชีวิตประจำวัน ทั้ง คน สัตว์ และพืช น้ำที่นำมาใช้อุปโภคบริโภคมีทั้งน้ำผิวดินและน้ำบาดาล น้ำบาดาลได้มาจากการขุดเจาะลงไปในดิน ตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 กำหนดเขตน้ำบาดาลและความลึกของน้ำบาดาลในเขตพื้นที่ต่างๆซึ่งต้องขออนุญาตขุดเจาะซึ่งใช้มีขนาดความลึกไม่เท่ากัน จังหวัดนครราชสีมากำหนดความลึกลงไปจากผิวดินเกินกว่า 20 เมตร ขึ้นไป (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล , 2520) ในบางพื้นที่ขาดแคลนน้ำผิวดินจะต้องนำน้ำบาดาลมาใช้ อุปโภคบริโภค ดังนั้น น้ำ บาดาลจึงมีความสำคัญและจำเป็นเช่นเดียวกับน้ำผิวดิน

การปนเปื้อนมลพิษในน้ำ บาดาล จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังนั้น การปนเปื้อนมลพิษในน้ำบาดาลเป็นปัญหาสำคัญด้านสิ่งแวดล้อม เป็นสาเหตุทำให้ประชาชนมีอาการเจ็บป่วยด้วยโรคต่างๆ ได้ ชนิดของมลพิษที่พบจากโลหะหนักในน้ำบาดาล ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม ทองแดง สังกะสี สารหนู เหล็ก แมงกานีส และปรอท มลพิษจากโลหะหนักในน้ำ บาดาล ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน ถ้าร่างกายได้รับสารที่ปนเปื้อนจากน้ำ บาดาลเข้าสู่ร่างกายเกินมาตรฐาน จะทำให้เกิดการเจ็บป่วย เช่น ร่างกายได้รับสารปรอทที่ปะปนกับอาหารและน้ำ เช่น Hg_2Cl_2 และ $HgCl_2$ เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะไปกัดทางเดินอาหารและไต เป็นต้น (สารานุกรมธาตุ, 2525)

พื้นที่บริเวณตำบลหนองบัวศาลา ตำบลหนองระเวียง และตำบลโพธิ์กลาง อำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมา มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของมลพิษในน้ำ บาดาล สืบเนื่องมาจากเป็นพื้นที่ตั้งบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารีและสถานที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลนครนครราชสีมา บริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 3,000ไร่ มีบริษัทที่ดำเนินการอยู่ จำนวน 78 บริษัท ซึ่งอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เป็นประเภทกิจการชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนสถานที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ของกองทัพภาคที่ 2 ประมาณ 189 ไร่ เทศบาลนครนครราชสีมาได้ใช้งานมาเป็นเวลาหลายปีและปัจจุบันกำลังก่อสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจรเพื่อผลิตพลังงานก๊าซชีวภาพ กระแสไฟฟ้า ปุ๋ยชีวภาพและเชื้อเพลิงอัดแท่ง สามารถรองรับปริมาณขยะได้ถึง 20 ปี โดยเริ่มก่อสร้างในปีพ.ศ.2551 ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องศึกษาวิเคราะห์น้ำ บาดาล

เพื่อนำมาใช้ในการอุปโภคบริโภคของประชาชนในเขตตำบลหนองบัวศาลา ตำบลหนองระเวียง และตำบลโพธิ์กลาง เป็นการศึกษาวิเคราะห์เพื่อหาวิธีการแก้ไขมลพิษในน้ำ บาดาลในปัจจุบันและอนาคตเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในเขตพื้นที่และบริเวณใกล้เคียงโดยรอบ

จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมามีการศึกษาในหลายพื้นที่ที่ยืนยันการปนเปื้อนมลพิษสู่แหล่งน้ำบาดาลเนื่องมาจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอยของประเทศไทย อาทิ จังหวัดขอนแก่น (ชุลีรัตน์ พรมเหลา, 2551) จังหวัดพิษณุโลก (สหัถยา ลาดปาละ, 2545) และจังหวัดสุพรรณบุรี (ศุภาพิชญ์ ตั้งกองทรัพย์, 2546) เป็นต้น อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาการปนเปื้อนมลพิษในน้ำ บาดาลบริเวณเขตอุตสาหกรรม และสถานที่ฝังกลบมูลฝอยในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ดังนั้น จึงเห็นควรมีการศึกษาและประเมินสภาพการปนเปื้อนในพื้นที่ดังกล่าวโดยการศึกษาจะทำการตรวจวัด ด้านกายภาพ ได้แก่ ความขุ่นและอุณหภูมิ ด้านเคมีตรวจวัด ได้แก่ คลอไรด์ แอมโมเนีย ไนเตรท ฟอสฟอรัส และตรวจวัดโลหะหนัก ได้แก่ สังกะสี (Zn) โครเมียม (Cr) ตะกั่ว (Pb) สารหนู (As) แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Cu) ปรอท (Hg) แคดเมียม (Cd) และเหล็ก (Fe) โดยเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์หาโลหะวิธี Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (ICP - MS) และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางสถิติของข้อมูลมลพิษและบ่งชี้การปนเปื้อนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดมลพิษหลักในพื้นที่โดยการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านแหล่งกำเนิด และวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามเวลา เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องสามารถดำเนินการป้องกันและแก้ไขการปนเปื้อนมลพิษในสิ่งแวดล้อมและเพื่อให้ประชาชนมีสุขภาพที่ดีในปัจจุบันและอนาคต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาและประเมินสภาพการปนเปื้อนของมลพิษในน้ำ บาดาล ทางด้านกายภาพ ด้านเคมี โลหะหนัก ในพื้นที่บริเวณ ตำบลหนองบัวศาลา ตำบลหนองระเวียง และตำบลโพธิ์กลาง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางสถิติของข้อมูลมลพิษและบ่งชี้การปนเปื้อนมลพิษในน้ำบาดาล จากแหล่งกำเนิดมลพิษ 2 แห่ง ได้แก่ บริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารีและสถานที่ฝังกลบมูลฝอยในพื้นที่ศึกษา

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการปนเปื้อนมลพิษในน้ำ บาดาล บริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารีและสถานที่ฝังกลบมูลฝอยบริเวณตำบลหนองบัวศาลา ตำบลหนองระเวียงและตำบลโพธิ์กลาง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีขอบเขตงานวิจัย ดังต่อไปนี้

1.3.1 สำรวจและกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่ครอบคลุมบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี และสถานที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลนครนครราชสีมา

1.3.2 หาทิศทางการไหลของน้ำบาดาลผ่านแหล่งกำเนิดในพื้นที่ที่ศึกษาโดยวิธีวัดระดับน้ำบาดาล แล้วนำมาคำนวณหาทิศทางการไหลโดยวิธีสามเหลี่ยม และใช้วิธี Kriging Interpolation ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS)

1.3.3 กำหนดจุดเก็บตัวอย่างเชิงพื้นที่ 20 จุด ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา

1.3.4 เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านกายภาพ ด้านเคมี โลหะหนักจุดละ 1 ตัวอย่าง รวม 20 ตัวอย่างและประเมินสภาพการปนเปื้อนโดยพิจารณาเปรียบเทียบกับมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำบาดาล หาระดับมลพิษมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน อาจแสดงถึงการปนเปื้อน

1.3.5 เลือกจุดเก็บตัวอย่างเชิงเวลา ก่อนและหลังผ่านแหล่งกำเนิด ทั้ง 2 แหล่งโดยพิจารณาจากทิศทางการไหลของน้ำบาดาล รวม 4 จุด เพื่อเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์คุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่องทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 32 ตัวอย่าง

1.3.6 วิเคราะห์ทางสถิติ

1.3.6.1 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านแหล่งกำเนิดโดยใช้การทดสอบทางสถิติแบบ Independent Sample T – Test และประเมินสภาพการปนเปื้อนโดยการเปรียบเทียบค่าทั้งสอง หาระดับมลพิษเพิ่มขึ้นหลังจากผ่านแหล่งกำเนิด อาจแสดงถึงการปนเปื้อน

1.3.6.2 วิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของคุณภาพน้ำทั้ง 4 จุด

1.3.6.3 วิเคราะห์จัดกลุ่มโลหะหนักและบ่อบาดาลโดยใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) และการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (CA)

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา แสดงดังรูปที่ 2.1 และมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 ตำบลโพธิ์กลาง

ตำบลโพธิ์กลาง เป็นตำบลที่มีพื้นที่กว้างขวางในอดีต คนดั้งเดิมเล่าว่ามีต้นโพธิ์ขนาดใหญ่เกิดขึ้นบริเวณนี้เป็นจำนวนมาก ปัจจุบันตำบลโพธิ์กลางถูกแบ่งแยกพื้นที่ออกไปเป็นเขตตำบลต่างๆ คือ ตำบลหัวทะเล ตำบลไชยมงคล ตำบลหนองไผ่ล้อม ทำให้ตำบลโพธิ์กลางมีขนาดเล็กลง มี 7 หมู่บ้าน และมีพื้นที่ครึ่งหนึ่งเป็นเขตทหาร

สภาพทั่วไปของตำบล

ตั้งอยู่บริเวณตอนกลางของอำเภอเมืองนครราชสีมา ห่างจากที่ว่าการอำเภอประมาณ 15 กิโลเมตร มีเนื้อที่ทั้งสิ้น 34,519 ไร่ หรือประมาณ 55.23 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่ล้อมรอบด้วยเขตทหาร ลักษณะรูปร่างของพื้นที่ค่อนข้างเป็นที่ราบสูงกว้างเป็นแนวยาวลาดลงมาจากทางทิศเหนือ พื้นที่จึงเหมาะแก่การเพาะปลูกพืชไร่

อาณาเขตตำบล

ทิศเหนือ ติดกับ ตำบลหนองไผ่ล้อม และ เทศบาล นคร นครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

ทิศใต้ ติดกับ ตำบลไชยมงคล อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

ทิศตะวันออก ติดกับ ตำบลหัวทะเล อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

ทิศตะวันตก ติดกับ ตำบลปรุใหญ่ และ ตำบลหนองจะบก อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

จำนวนประชากรของตำบล

จำนวนประชากรในเขต เทศบาล 22,431 คน และจำนวนหลังคาเรือน 7,536 หลังคาเรือน

ข้อมูลอาชีพของตำบล

อาชีพหลัก เกษตรกรรม

อาชีพรอง รับราชการ

ข้อมูลสถานที่สำคัญของตำบล

1. วัดบึงแสนสุข ตั้งอยู่หมู่ 7
2. วัดหนองไผ่ ตั้งอยู่หมู่ 5
3. วัดหนองพลวงน้อย ตั้งอยู่หมู่ 3

2.1.2 ตำบลหนองบัวศาลา

เดิมตำบลหนองบัวศาลาอยู่ในพื้นที่ของตำบลหัวทะเล มีหมู่บ้านจำนวน 17 หมู่บ้าน จนกระทั่งเมื่อปี พ.ศ. 2531 แยกออกจากตำบลหัวทะเล มาตั้งเป็นตำบลหนองบัวศาลา ปัจจุบันมีหมู่บ้านทั้งสิ้น 9 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ 1 บ้านหนองตะคลอง หมู่ 2 บ้านหนองตะลุมปุ๊ก หมู่ 3 บ้านหนองปลิง หมู่ 4 บ้านหนองบัวศาลา หมู่ 5 บ้านอ่างหนองแหน หมู่ 6 บ้านหนองโสมง หมู่ 7 บ้านใหม่หนองแหน หมู่ 8 บ้านหนองตาคง หมู่ 9 บ้านหนองปลิงใหม่ ตำบลหนองบัวศาลา

สภาพทั่วไปของตำบล

มีพื้นที่ทั้งหมด 36.61 ตารางกิโลเมตร โดยมีองค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัวศาลาตั้งอยู่ที่หมู่ 3 ห่างจากตัวจังหวัดประมาณ 8 กิโลเมตร

อาณาเขตของตำบล

ทิศเหนือ ติดกับ ตำบลหัวทะเล อำเภอเมือง

ทิศใต้ ติดกับ ตำบลด่านเกวียน อำเภอโชคชัย

ทิศตะวันออก ติดกับ ตำบลหนองระเวียง อำเภอเมือง

ทิศตะวันตก ติดกับ ตำบลโพธิ์กลาง อำเภอเมือง

จำนวนประชากรของตำบล

จำนวนประชากรในเขต องค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัวศาลา 12,737 คน และจำนวนหลังคาเรือน 4,742 หลังคา

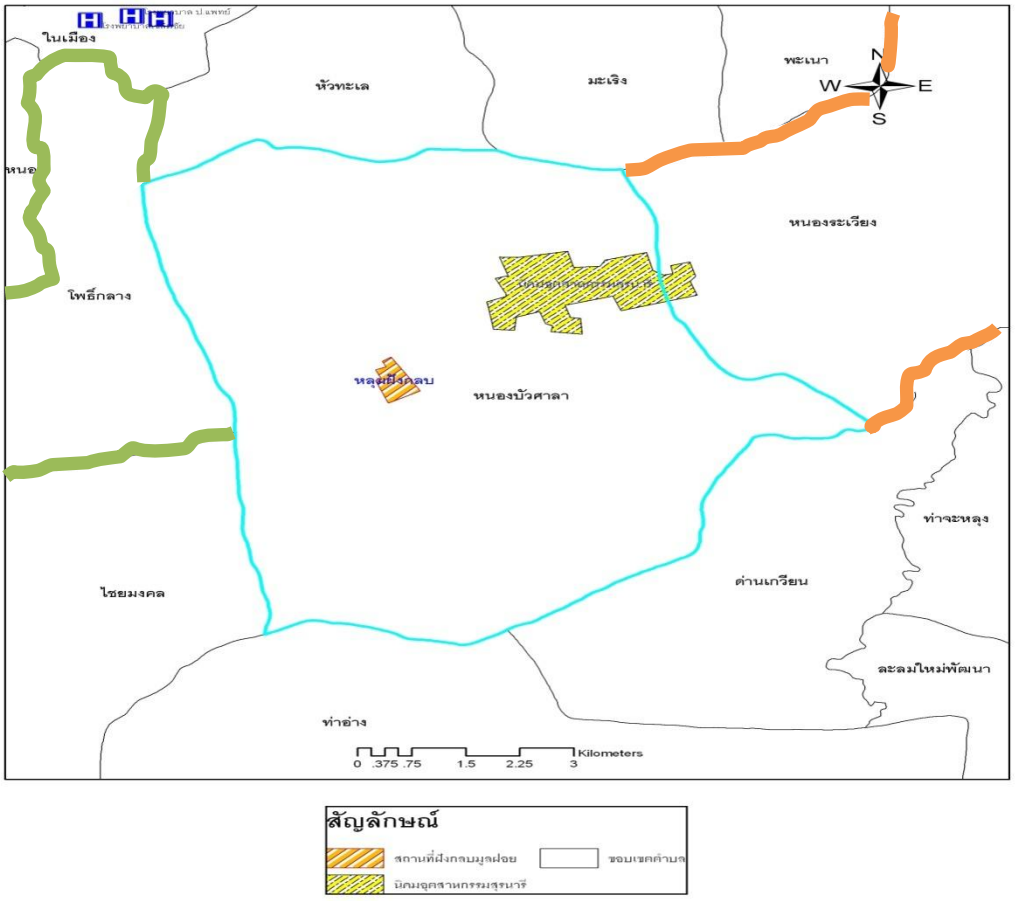
ข้อมูลอาชีพของตำบล

อาชีพหลัก รับจ้างและค้าขาย

สภาพพื้นที่และระบบสาธารณูปโภค

จำนวนครัวเรือนที่มีไฟฟ้าใช้ในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัวศาลา 4,740 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 70 บ้านที่มีโทรศัพท์ 1,422 หลังคาเรือน คิดเป็นร้อยละ 30

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.1 ตำบลโพธิ์กลาง ตำบลหนองบัวศาลาและตำบลหนองระเวียง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข้อมูลสถานที่สำคัญของตำบล

1. วัดจำนวน 3 แห่ง
2. สำนักสงฆ์ จำนวน 3 แห่ง
3. โบสถ์ จำนวน 2 แห่ง
4. บริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี
5. สถานที่ราชการ 11 แห่ง
6. ชุมชนสีมาอโศก

2.1.3 ตำบลหนองระเวียง

ตำบลหนองระเวียง เริ่มจากการบอกเล่าว่าเป็นตำบลที่ตั้งของหนองน้ำธรรมชาติและบริเวณหนองน้ำจะมีต้นไม้ชนิดหนึ่ง ซึ่งภาษาท้องถิ่นเรียกว่าต้นระเวียง ชาวบ้านจึงใช้ชื่อ หนองน้ำและต้นระเวียง เป็นชื่อของตำบลหนองระเวียง ตลอดมาจนถึงปัจจุบัน

สภาพทั่วไปของตำบล

มีเนื้อที่ประมาณ 54.77 ตารางกิโลเมตร สภาพโดยทั่วไปเป็นที่ราบลุ่ม ราษฎรประกอบอาชีพทางการเกษตร

อาณาเขตตำบล

ทิศเหนือ ติดกับ ตำบลมะเริง ตำบลบ้านโพธิ์ ตำบลพะเนา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

ทิศใต้ ติดกับ ตำบลท่าจะหลุง อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา

ทิศตะวันออก ติดกับ ตำบลพะเนา อำเภอเมือง ตำบลพระพุทธ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จ.นครราชสีมา

ทิศตะวันตก ติดกับ ตำบลหนองบัวศาลา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

จำนวนประชากรของตำบล

จำนวนประชากรในเขตองค์การบริหารส่วนตำบล จำนวน 10,358 คน และจำนวนบ้านเรือนราษฎร 2,631 หลังคาเรือน

ข้อมูลอาชีพของตำบล

อาชีพหลัก ทำนา

อาชีพเสริม รับจ้าง

ข้อมูลสถานที่สำคัญของตำบล

1. องค์การบริหารส่วนตำบลหนองระเวียง
2. สถานีอนามัยบ้านโตนด , บ้านหนองพระลาน
3. วัดโตนด
4. บึงโตนด
5. บึงชะอม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.1.4 บริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี

บริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี แสดงดังรูปที่ 2.2 มีพื้นที่ภายในบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารีทั้งหมดประมาณ 3,000 ไร่ พื้นที่ว่างที่ยังคงมีอยู่ประมาณ 1,000 ไร่ เศษ ซึ่งมีบริษัททั้งหมดที่อยู่ในบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี 78 บริษัท ซึ่งอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เป็นประเภทกิจการชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งตั้งอยู่ที่ 149 หมู่ที่ 3 บ้านหนองปลิง ตำบลหนองบัวศาลา อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

รูปที่ 2.2 พื้นที่บริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี

2.1.5 สถานที่ฝังกลบมูลฝอย เทศบาลนครนครราชสีมา

สถานที่ฝังกลบมูลฝอย เทศบาลนครนครราชสีมา แสดงดังรูปที่ 2.3 มีปริมาณขยะเฉลี่ยประมาณ 180-200 ตันต่อวัน เนื่องจากเป็นเมืองขนาดใหญ่ และเป็นศูนย์กลางที่สำคัญของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ เทศบาลนครฯ ยังรับกำจัดขยะให้กับพื้นที่นอกเขตเทศบาลนครฯ โดยรอบ อีก 9 แห่ง ได้แก่ เทศบาลตำบลหัวทะเล, หนองไผ่ล้อม, องค์การบริหารส่วนตำบลโพธิ์กลาง, บ้านเกาะ, หนองบัวศาลา, หนองจะบก, บ้านใหม่, หนองกระทุ่ม และไชยมงคล (มูลนิธิเพื่อการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและพลังงาน, 2548) การกำจัดขยะยังใช้วิธีฝังกลบแบบเดิมโดยขออนุญาตใช้พื้นที่ชั่วคราวจากกองทัพภาคที่ 2 ประมาณ189 ไร่ บริเวณตำบลโพธิ์กลาง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งพื้นที่ฝังกลบใกล้เต็ม ปัจจุบันเทศบาลนครฯ ได้รับอนุมัติจากกองทัพภาคที่ 2 ให้ใช้พื้นที่เพิ่มอีกประมาณ 73 ไร่ สร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจร เพื่อผลิตพลังงานก๊าซชีวภาพ กระแสไฟฟ้า ปุ๋ยชีวภาพ และเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งโรงกำจัดขยะนี้สามารถรองรับปริมาณขยะได้ถึง 20 ปี เริ่มก่อสร้างในปี พ.ศ. 2551 ปัจจุบันอยู่ขั้นตอนเสนอโครงการก่อสร้างโรงงานกำจัดขยะมูลฝอยดังกล่าวต่อกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อขอรับการจัดสรรงบประมาณสนับสนุนในปีงบประมาณ 2551 วงเงินค่าก่อสร้างประมาณ 400 ล้านบาท ซึ่งโรงกำจัดขยะนี้กำหนดให้เป็นศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม 1 ใน 9 ศูนย์ของจังหวัดนครราชสีมา ตามแผนแม่บทของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยเป็นศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวมศูนย์ที่ 3 รับผิดชอบ ให้บริการกำจัดขยะมูลฝอย จากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตพื้นที่ อำเภอเมือง และ อำเภอขามทะเลสอ

รูปที่ 2.3 สถานที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลนครนครราชสีมา

2.2 น้ำใต้ดิน

น้ำใต้ดิน หมายถึง ส่วนของน้ำใต้ผิวดินที่อยู่ในเขตอิ่มตัว ซึ่งอยู่ในช่องว่างที่ต่อเนื่องใต้ water table ในชั้นอุ้มน้ำแบบเปิดหรือในชั้นอุ้มน้ำแบบปิด (สหัถยา ลาดปาละ, 2545)

น้ำใต้ดิน หมายถึง น้ำที่อยู่ใต้ดินและให้หมายความรวมถึงน้ำบาดาล ตามกฎหมายว่าด้วยน้ำบาดาล (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 (พ.ศ. 2543) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน)

น้ำบาดาล หมายถึง ส่วนของน้ำใต้ผิวดินที่อยู่ในเขตอิ่มน้ำ รวมถึงธารน้ำใต้ดิน โดยทั่วไปหมายถึง น้ำใต้ผิวดินทั้งหมด ยกเว้นน้ำภายในโลก ซึ่งเป็นน้ำอยู่ใต้ระดับเขตอิ่มน้ำ (พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา, 2530)

ในทางกฎหมายน้ำบาดาล ตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ.2520 กำหนดไว้ว่า น้ำบาดาล หมายความว่า น้ำใต้ดินที่เกิดอยู่ในชั้นดิน กรวด ทราย หรือหิน ที่อยู่ลึกจากผิวดินเกินความลึกที่คณะรัฐมนตรีกำหนด โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา แต่จะกำหนดความลึก น้อยกว่า 10 เมตรมิได้

ซึ่งจากคำนิยาม พบว่า การศึกษานี้ได้ใช้คำว่าน้ำบาดาลซึ่งตรงกับความหมายที่ใช้เรียก ดังนั้นจึงใช้คำว่าน้ำบาดาลตลอดทั้งเล่มวิทยานิพนธ์

การกำเนิดของน้ำบาดาล

น้ำบาดาล เกิดจากน้ำในบรรยากาศ ซึ่งตกลงมาในลักษณะของฝน 1.ไหลซึมลงไปตามช่องว่าง ระหว่างเม็ดดิน/เม็ดหิน 2. ผ่านส่วนสัมผัสอากาศ 3.ไปยังที่ต่ำกว่า หรือ มีแรงดันน้อยกว่า แล้วสะสมรวมกันจนกลายเป็นส่วนที่อิ่มตัวด้วยน้ำ

ส่วนสัมผัสอากาศ หมายถึง ส่วนที่อยู่ติดผิวดิน ในส่วนนี้ช่องว่างบางส่วน จะมีน้ำกักขังอยู่และบางส่วนจะมีอากาศแทรกอยู่ น้ำใต้ดินที่ถูกกักเก็บอยู่ในส่วนนี้ เรียกว่า น้ำในดิน (suspended water หรือ vadose water)

ส่วนอิ่มตัวด้วยน้ำ จะวางตัวอยู่ใต้ส่วนสัมผัสอากาศ ช่องว่างในหินส่วนนี้จะมีน้ำแทรกตัวอยู่เต็มไปหมด น้ำในส่วนนี้เรียกว่า น้ำบาดาล (groundwater) ผิวบนของ ส่วนอิ่มตัวด้วยน้ำ ซึ่งต่อกับส่วนสัมผัสอากาศ เรียก ระดับ น้ำบาดาล (groundwater table หรือ water table) ส่วนอิ่มตัวด้วยน้ำแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

- ส่วนที่เป็นชั้นตะกอนร่วน
- ส่วนที่เป็นหินแข็งที่มีรอยแตก รอยแยก และมีโพรง

2.2.1 คุณภาพของน้ำ บาดาล

โดยทั่วไป น้ำบาดาลเป็นน้ำที่สะอาด ปราศจากสารแขวนลอย สารอินทรีย์เคมี และเชื้อโรคต่าง ๆ ไม่มีกลิ่นที่น่ารังเกียจ แต่ขณะที่ไหลผ่านไปตามชั้นดิน/ชั้นหิน อาจจะละลายเอาแร่ธาตุเข้ามาปะปน รวมทั้งถูกปนเปื้อนด้วยน้ำที่มีคุณภาพด้อยกว่า ทำให้คุณภาพของน้ำบาดาลเปลี่ยนไป

บ่อน้ำบาดาล

บ่อน้ำบาดาล เป็นวิธีการนำน้ำบาดาลจากใต้ดินขึ้นมาใช้ เพื่อประโยชน์ในด้าน

- การอุปโภค/บริโภค
- การอุตสาหกรรม
- การเกษตรกรรม/การชลประทาน

พระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการน้ำบาดาลได้กำหนดเขตน้ำบาดาล ความลึกของน้ำบาดาลและสถานที่ทำการเขตน้ำบาดาลขึ้นทั่วประเทศซึ่งต้องทำการขออนุญาตเจาะและขออนุญาตใช้ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เขตน้ำบาดาลและความลึกน้ำบาดาลในเขตพื้นที่จังหวัดต่าง ๆ

กำหนดเขตน้ำบาดาลและความลึกน้ำบาดาลในเขตพื้นที่จังหวัดต่าง ๆ	
พื้นที่	**ความลึก**
กรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา สมุทรปราการ สมุทรสาคร นครปฐม	ลึกจากผิวดินลงไปเกินกว่า 15 เมตร
กาฬสินธุ์ ขอนแก่น ชัยภูมิ นครพนม นครราชสีมา บุรีรัมย์ มหาสารคาม มุกดาหาร ยโสธร ร้อยเอ็ด เลย ศรีสะเกษ สกลนคร สุรินทร์ หนองคาย หนองบัวลำภู อุดรธานี อุบลราชธานี อำนาจเจริญ	ลึกจากผิวดินลงไปเกินกว่า 20 เมตร
กระบี่ กาญจนบุรี กำแพงเพชร จันทบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ชัยนาท ชุมพร เชียงราย เชียงใหม่ ตราด ตรัง ตาก นครนายก นครศรีธรรมราช นครสวรรค์ นราธิวาส น่าน ประจวบคีรีขันธ์ ปราจีนบุรี ปัตตานี พะเยา พิจิตร พิษณุโลก เพชรบูรณ์ เพชรบุรี แพร่ พังงา พัทลุง ภูเก็ต แม่ฮ่องสอน ยะลา ระนอง ระยอง ราชบุรี ลพบุรี ลำปาง	ลึกจากผิวดินลงไปเกินกว่า 30 เมตร

ตารางที่ 2.1 เขตน้ำบาดาลและความลึกน้ำบาดาลในเขตพื้นที่จังหวัดต่าง ๆ (ต่อ)

กำหนดเขตน้ำบาดาลและความลึกน้ำบาดาลในเขตพื้นที่จังหวัดต่าง ๆ	
พื้นที่	**ความลึก**
ลำพูน สงขลา สตูล สมุทรสงคราม สระแก้ว สระบุรี สิงห์บุรี สุโขทัย สุพรรณบุรี สุราษฎร์ธานี อ่างทอง อุทัยธานี อุตรดิตถ์	

คุณภาพของน้ำบาดาล ประกอบด้วย 1) ด้านกายภาพ 2) ด้านเคมี 3) ด้านชีวภาพ ดังนี้

1) คุณภาพน้ำบาดาลด้านกายภาพ ได้แก่

1) อุณหภูมิของน้ำอาจจะต่ำหรือสูงขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมโดยรอบ
2) สีของน้ำต้องปราศจากสีและกลิ่น
3) ความขุ่นซึ่งน้ำใต้ดินที่ดีจะต้องปราศจากความขุ่น
4) ความหนาแน่นของน้ำที่ดีควรเท่ากับ 1 g/cm^3 ถ้ามีค่ามากกว่า 1 แสดงว่ามีการปนเปื้อน

2) คุณภาพน้ำบาดาลด้านเคมี

น้ำบาดาล มีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญประกอบด้วยส่วนประกอบเคมีอินทรีย์และส่วนประกอบเคมีอนินทรีย์ มีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ pH, EC, TDS, Hardness, SiO_2, Ca, Fe, Mg, Mn, Na, NO_3, SO_4, F, Cl, K, CO_3 และ HCO_3 ในน้ำบาดาลที่พบบ่อยได้แก่

ความนำไฟฟ้า น้ำบาดาลมีส่วนประกอบของ soluble salt ซึ่งเกิดจาก cation พวก Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} และ K^+ รวมอยู่กับ anion ได้แก่ Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_3^- และ CO_3^{2-} จะทำให้น้ำบาดาลมีรสเค็มและมีความกระด้างก่อให้คุณภาพน้ำลดลง soluble salt เป็นสาร electrolyte ถ้าน้ำบาดาลมีเกลือมากก็จะนำไฟฟ้าได้ดี

ความเป็นกรด-ด่าง โดยทั่วไปควบคุมด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำเป็นกรดคาร์บอนิก ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำขึ้นอยู่กับความดันและอุณหภูมิของชั้นหินอุ้มน้ำ ในการสูบน้ำบาดาลมาใช้ย่อมมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำบาดาล

ความกระด้างทั้งหมดของน้ำบาดาลคือความสามารถของน้ำที่ทำฟองกับสบู่ เพราะน้ำบาดาลมีส่วนประกอบของ cation รวมกับ anion ประกอบด้วยความกระด้างชั่วคราว เกิดจาก cation พวก Ca^{2+} และ Mg^{2+} รวมกับ anion พวก bicarbonate และความกระด้างถาวรเกิดจาก cation พวก Ca^{2+} และ Mg^{2+} รวมตัวกับ anion พวก SO_4^{2-}, Cl^- และ NO_3^-

ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำ บาดาล คือปริมาณของแข็งที่มีอยู่ในน้ำ บาดาลทั้งหมด เมื่อนำไประเหยที่อุณหภูมิ 103-105 °C จนเหลือของแข็งตกค้างอยู่ในภาชนะ เรียกว่า total residue ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 พวก ได้แก่ nonfiltrable residue คือ ปริมาณส่วนที่เหลือที่ติดอยู่ที่กระดาษกรอง และ filterable residue คือ สารละลายที่ผ่านกระดาษกรองได้ โดยทั่วไปน้ำ บาดาลส่วนใหญ่จะเป็น dissolved residue เรียกว่า Total dissolved solid หรือ TDS น้ำบาดาลที่คุณภาพดีค่า TDS จะต่ำ

3) คุณภาพน้ำบาดาลด้านชีวภาพ

น้ำบาดาลธรรมชาติจะปราศจาก bacteria และ เชื้อ microorganism ส่วนใหญ่ที่ทำเพื่อตรวจสอบการปนเปื้อนของแหล่งน้ำบาดาล

2.2.2 การไหลของน้ำ บาดาล

การไหลของน้ำ บาดาลจะเป็นไปอย่างช้ามาก วัดโดยใช้หน่วยเป็นเซนติเมตรต่อวันหรือต่อปี ความเร็วในการไหลจะขึ้นอยู่กับ ปัจจัยหลัก คือ ความพรุน และ ความซึมได้

ความพรุน (Porosity) หมายถึง ช่องว่างในหิน โดยคิดเป็นเปอร์เซนต์ของปริมาตรทั้งหมด ความพรุนจะขึ้นอยู่กับ รูปร่าง ลักษณะขนาด การคัดขนาด และการคลุกเคล้ากันของเศษหินเล็กๆ ซึ่งจะแตกต่างกันในหินแต่ละชนิด

ความซึมได้ (Permeability) หมายถึง ความสามารถในการที่จะดูดซึมหรือปล่อยน้ำออกมาของชั้นหิน การที่น้ำจะไหลผ่านวัตถุต่างๆ ได้นั้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของช่องว่างเท่านั้นยังต้อง พิจารณาถึงทางติดต่อระหว่างช่องว่างเหล่านั้นอีกด้วย

2.2.3 การวัดระดับน้ำ บาดาล

การวัดระดับน้ำบาดาลวัดโดยใช้เครื่องมือวัดระดับน้ำ บาดาลไฟฟ้า (Electric Probe) มีความคลาดเคลื่อนประมาณ $\pm$ 1 เซนติเมตร

ระดับน้ำ บาดาลใช้ในการหาทิศทางการไหลของน้ำ บาดาล เท่ากับผลรวมของความสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของปลายท่อทึบ และระยะทางที่น้ำยกระดับจากปลายท่อทึบสูงขึ้นด้วยแรงดันในท่อมีหน่วยเป็นเมตร

2.2.4 ชลศาสตร์การไหลของน้ำบาดาล

การเคลื่อนที่ของน้ำบาดาลจะค่อนข้างช้า ซึ่งส่วนใหญ่ลักษณะการไหลของน้ำบาดาลจะเป็นแบบราบเรียบ (Laminar Flow) ยกเว้นบริเวณที่มีรอยแยก รอยแตกของชั้นดินและชั้นหิน ความเร็วในการเคลื่อนที่ของน้ำจะสูงทำให้การไหลมีลักษณะปั่นป่วน Hagen (1839)และ Poiseuille (1846) แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านหน้าตัดดินเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความลาดชัน จากนั้น Darcy (1856) ได้ประยุกต์หลักการดังกล่าวเพื่อทดสอบอัตราการไหลของน้ำผ่านดินทรายและตั้งเป็นกฎของดาร์ซี (Darcy' s Law) ดังสมการ

$$q = ki$$

เมื่อ q = อัตราการไหลของน้ำผ่านหน้าตัดดิน (Specific Discharge)

k = สัมประสิทธิ์ความซึมผ่านของน้ำ (Coefficient of Permeability)

I = ความลาดชัน (Slope of Energy Line)

โดยที่ Specific Discharge คำนวณจาก

$$q = Q/A$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของน้ำผ่านชั้น Aquifer (Discharge)

A = พื้นที่หน้าตัดดิน (Cross Section Area)

เนื่องจากความเร็วของการเคลื่อนที่ของน้ำบาดาลช้ามาก ดังนั้นจึงไม่นำ Velocity Head มาพิจารณา ส่วน i จึงมีค่าเท่ากับความลาดชันของระดับน้ำบาดาล หรือเท่ากับความลาดชันของ Piezometric Surface เนื่องจากค่าความหนืดของน้ำมีอิทธิพลต่อการไหล ในขณะเดียวกันค่าความหนืดเป็นฟังก์ชันกับอุณหภูมิ และค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่านของน้ำหรือค่าการนำชลศาสตร์ที่อุณหภูมิใดๆ คำนวณจาก

$$K_T = K_{60}\frac{\upsilon 60}{\upsilon T}$$

เมื่อ K_T = ค่า Hydraulic Conductivity ที่อุณหภูมิใดๆ

K_{60} = ค่า Hydraulic Conductivity ที่อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$F

υT = ค่า ความหนืดจลศาสตร์ ที่อุณหภูมิใดๆ

$\upsilon 60$ = ค่า ความหนืดจลศาสตร์ ที่อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$F

Transmissivity (T) เป็นค่าอัตราการไหลของน้ำ (cms) ผ่านหน้าตัดในแนวดิ่งของชั้น Aquifer กว้าง 1 m คำนวณจาก

$$Q = KiA = Tiw$$

เมื่อ w = ความกว้างของชั้น Aquifer

T = Transmissivity

$$T = K(A/W) = KB$$

เมื่อ B = ความหนาของชั้น Aquifer

ค่าสัมประสิทธิ์ K และ T ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลางและของไหล ซึ่งโดยทั่วไปแล้วค่า Intrinsic Permeability, k ของตัวกลางสามารถหาได้จาก

$$k = Cd^2$$

เมื่อ C = ค่าสัมประสิทธิ์ที่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวกลาง เช่น ความพรุนและขนาดอนุภาคและการกระจายตัว

d = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาคดิน

มิติของค่า k คือ L 2 ซึ่งเป็นหน่วยพื้นที่ที่มีค่ามาก ดังนั้น Darcy จึงกำหนดหน่วยมาตรฐานของค่า Intrinsic Permeability ใหม่ คือ $1darcy = 0.987 \times 10^{-8} cm^2 = 1.062 \times 10^{-11} ft^2$ โดย ความสัมพันธ์ระหว่าง Hydraulic Conductivity (K) กับ Intrinsic Permeability (k) แสดงในสมการ

$$K = \frac{kg}{\upsilon}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2.5 การแพร่กระจายของสารมลพิษ

เมื่อมีการปล่อยทิ้งหรือมีการปนเปื้อนของสารมลพิษเกิดขึ้นเส้นทางการแพร่กระจายของสารมลพิษที่มนุษย์จะได้รับผลกระทบนั้นอาจเกิดได้ไม่ว่ าจะโดยตรงหรือโดยทางอ้อม ดังนั้น เมื่อมีการปล่อยมลพิษลงสู่ดินหรือสู่แหล่งน้ำสารพิษเหล่านี้จะแพร่กระจายเข้าสู่สิ่งแวดล้อมได้ในรูปสารละลาย หรือสารแขวนลอยในน้ำ บาดาล ซึ่งน้ำบาดาลจะเป็นกลางในการแพร่กระจายมลพิษดังกล่าวได้ดังต่อไปนี้

1) เมื่อสารพิษที่ปนมากับน้ำหรือสะสมอยู่ในดินจะถูกดูดซับโดยพืช อาจทำให้มีการสะสมของสารพิษในพืช ไม่ว่าจะเป็นพืชหัว พืชผัก หรือพืชอาหารสัตว์ เมื่อถูกนำไปบริโภคก็จะเป็นอันตรายได้ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาการเคลื่อนตำแหน่ง (translocation) การสะสม (accumulation) ของสารมลพิษต่างๆ ในพืชพรรณที่ปลูกตลอดจนอายุเก็บเกี่ยว เพื่อนาส่วนที่มีการสะสมน้อยที่สุดในเวลาที่มีการสะสมน้อยที่สุดเพื่อการบริโภคที่ปลอดภัย เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ได้

2) เมื่อสารพิษแพร่กระจายลงสู่แหล่งน้ำโดยการไหลชะของน้ำตามผิวดิน (surface runoff) เช่น การสร้างบ่อบำบัดน้ำเสียที่ไม่มีการใช้วัสดุปูพื้น เป็นตัวการทำให้เกิดการไหลชะของน้ำตามผิวดินหากน้ำที่ไหลชะตามผิวดินมามีสารพิษละลายหรือแขวนลอยอยู่ เมื่อปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำปริมาณสะสมของสารพิษจะมากขึ้นตามลำดับขั้นของการบริโภค ซึ่งผู้บริโภคลำดับสุดท้ายก็คือมนุษย์ ยกตัวอย่างเช่น เมื่อมีสารพิษปนเปื้อนลงสู่น้ำปลาสามารถรับสารพิษโดยการบริโภคแพลงก์ตอนพืชหรือแพลงก์ตอนสัตว์ในแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนและเมื่อมนุษย์นำปลามาบริโภคก็จะได้รับผลกระทบจากสารพิษนั้นในที่สุด การแสดงอาการเมื่อได้รับสารพิษเข้าไปนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณที่ได้รับเข้าไป สารพิษบางชนิดอาจมีฤทธิ์เฉียบพลัน เช่น ก่อให้เกิดอาการคลื่น ท้องร่วง อาเจียน และอาจทำให้เสียชีวิตได้ถ้าได้รับในปริมาณสูง นอกจากนี้บางชนิดยังสามารถสะสมแล้วก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้ในที่สุด นอกจากนั้นถ้านำน้ำในแหล่งน้ำเช่นนี้ไปบริโภคโดยข าดความรู้ก็อาจเป็นอันตรายจากการดื่มน้ำที่มีการปนเปื้อนเช่นนี้โดยตรง

3) เมื่อสารพิษแพร่กระจายลงสู่แหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งหากถูกนำไปใช้โดยตรงก็ย่อมเกิดอันตรายได้และเมื่อน้ำใต้ดินนี้ไหลลงสู่แหล่งน้ำใดๆ ก็ย่อมนำสารพิษไปปนเปื้อนแหล่งน้ำนั้นได้

4) สารพิษในดินมีแหล่งกำเนิดมาจากกิจกรรมมนุษย์ เป็นสำคัญโดยเฉพาะกิจกรรมด้านการเกษตร การอุตสาหกรรม น้ำทิ้งจากชุมชน จะเห็นได้ว่าแหล่งกำเนิดสารมลพิษแต่ละแห่งทำให้เกิดสารมลพิษแตกต่างกัน การใช้สารเคมีฆ่าศัตรูพืช ทำให้ดินเป็นแหล่งสะสมสารเคมีที่มีผลตกค้างนาน เช่น สารประเภทคลอรีนอินทรีย์ เป็นต้น สารฆ่าศัตรูพืชประเภทอนินทรีย์ มักจะใช้ธาตุเป็นองค์ประเภทหลัก เช่น สารหนู ปรอท ทองแดง ฯลฯ ซึ่งเป็นธาตุที่อยู่ในรูปของสารพิษในดินได้นาน

5) สารมลพิษโดยทั่วไปนั้นสามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะสภาวะมลพิษเป็น 2 พวกคือ

- สารมลพิษที่เป็นปัญหาในระยะยาว ได้แก่ สารพิษที่สามารถตกค้างในดินได้ยาวนาน ได้แก่ แคดเมียม โครเมียม ทองแดง ตะกั่วและปรอท ธาตุเหล่านี้จะสะสมอยู่ในดินมากแต่พืชก็สามารถดูดซับได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ดังนั้นในฤดูแรกๆ ที่ดินได้รับมลพิษเหล่านี้จึงอาจมองไม่เห็นปัญหาได้ชัดเจน เพราะธาตุเหล่านี้แพร่กระจายสู่โซ่อาหารได้ปริมาณน้อย
- สารมลพิษที่เกิดปัญหาได้ในระยะสั้น ได้แก่ สารมลพิษที่ละลายน้ำได้ง่าย พืชดูดกินได้ในทันทีและในปริมาณมาก จึงเกิดปัญหาต่อสภาวะแวดล้อมได้โดยรวดเร็ว ได้แก่ โบรอน นิกเกิลและสังกะสี

2.2.6 การเคลื่อนย้ายและการคงอยู่ของโลหะหนักในดิน

โดยทั่วไปดินจะมีโลหะหนักปนอยู่ซึ่งเป็นผลมาจากการผุพังและสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดดิน โลหะหนักส่วนใหญ่จะมีการเคลื่อนที่ได้น้อย เนื่องจากมีความสามารถยึดเกาะอยู่ในส่วนที่เป็น clay fraction ได้ดี จึงมีโลหะหนักอยู่ในรูปที่ดึงดูดได้ง่าย ในสารละลายดินเหนียวได้

น้อยกว่าดินทรายซึ่งมีส่วนที่เป็น clay fraction น้อย (Diaz and Polo, 1988) การเคลื่อนย้ายและการคงอยู่ของธาตุโลหะหนักในดินจะเกิดขึ้นได้หลายกรณี เช่น การดูดซับโดยพืช, การดูดซึมโดยจุลินทรีย์และเคลื่อนย้ายในสภาพการละลายและสารแขวนลอย โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

1) การเคลื่อนย้ายในสภาพการละลาย (ขนาดเล็กกว่า 0.45 ไมครอน) หรือสารแขวนลอย (ขนาดใหญ่กว่า 0.45 ไมครอน) ซึ่งสภาพการละลายเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดสภาพคลื่อนที่ได้ของโลหะหนักและมีบทบาทอันสำคัญในการกำหนดความเป็นพิษต่อพืชหรือมีมากจนเป็นสารมลพิษในดิน สภาพเคลื่อนที่ได้ของโลหะหนักในดินเป็นผลของอัตราส่วนระหว่างส่วนที่ละลายได้กับส่วนที่เป็นของแข็ง อัตราส่วนนี้ถูกกำหนดโดยปริมาณการเติมของโลหะหนักสู่ดินและปฏิกิริยากับสารอื่นในดิน สารพิษที่ละลายอยู่ในดิน และสามารถเคลื่อนย้ายได้ด้วยการแพร่ (diffusion) การเคลื่อนไปกับการไหลของสารละลายดินหรือของไหลของมวล (mass flow) ซึ่งจะต้องเกี่ยวพันธ์กับโมเลกุลของน้ำหรือสารลิแกนด์ (ligand) อื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งลิแกนด์ที่เป็นอินทรีย์สารตัวอย่าง เช่น กรดฟุลวิก (fulvic acid) หรือกรดฮิวมิก (humic acid) (พีระพงษ์ สุนทรเดชะ, 2546)

2) สภาพกรด-ด่างของดิน เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่เกี่ยวพันกับการเคลื่อนที่ของโลหะหนักในดินโดยค่าความเป็นกรด -ด่างของดินที่เพิ่มขึ้นจะทำให้สามารถดูดซับโละหนักได้น้อยลง เนื่องจากอิออนของโลหะหนักในรูปที่เปลี่ยนประจุได้และละลายน้ำได้จะลดลงเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น ตะกั่วและโครเมียมในดินส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถดูดซับได้ เนื่องจากอยู่ในรูปที่ไม่ละลายและเคลื่อนที่ได้น้อย นอกจากดินจะมีสภาพเป็นกรดจัด การเคลื่อนที่ของโครเมียมในดินจะเพิ่มขึ้นตามค่าความเป็นกรด-ด่างของดินที่ลดลง และโลหะหนักสามารถเคลื่อนที่และละลายได้มากขึ้นเมื่อค่ากรด-ด่างของดินลดลง

3) สภาพศักย์รีดอกซ์ ที่ผันแปรในดินเป็นผลมาจากกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์ในดินเมื่อดินมีการระบายอากาศที่ดี จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนจะเจริญได้ดี เมื่ออัตราการหายใจมีมากกว่าอัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนบนผิวดินลงสู่ดิน ดินจะเริ่มขาดออกซิเจนลงแล้วกลุ่มจุลินทรีย์ที่สามารถใช้สารอื่นแทนออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจก็จะเจริญเติบโตมากขึ้น เช่นการใช้ไนเตรต (NO_3^-) หรือเหล็กในรูปเฟอร์ริก (Fe^{3+}) เป็นตัวรับอิเล็กตรอนเป็นต้น

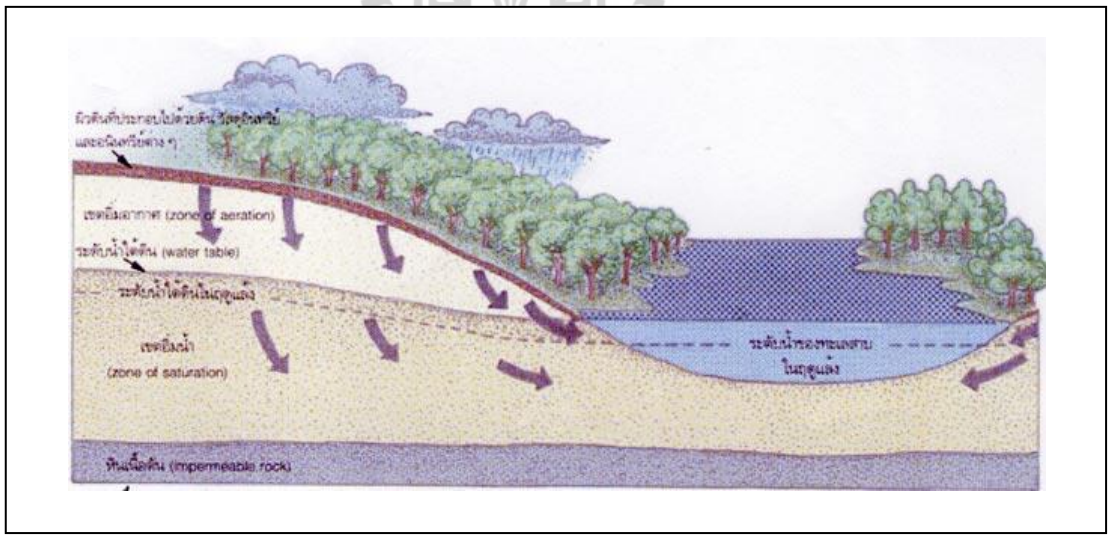
4) ความชื้นในดิน น้ำและอากาศในดินต่างอาศัยในช่องว่างเดียวกัน เมื่อน้ำในดินมากขึ้นอากาศในดินย่อมลดปริมาณลง ซึ่งดินในบริเวณที่มีการผันแปรของปริมาณน้ำในดินมาก เช่น ดินในบริเวณแหล่งน้ำดินในที่ลุ่มน้ำท่วมขังหรือดินนาเป็นต้น ความชื้นในดินเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดศักย์รีดอกซ์ของดินที่สำคัญที่สุด

5) ปริมาณอินทรีย์สาร เมื่อปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงจะส่งผลให้พืชดูดซับโลหะหนักน้อยลง เนื่องจากอินทรียวัตถุจะจับโลหะหนักไว้ ทำให้โลหะหนักสะสมอยู่ในอินทรียวัตถุ (David *et al*. 2003)

6) รูปของธาตุโลหะหนักในดิน ธาตุโลหะหนักในรูปที่ละลายในสารละลายดินและรูปที่ถูกดูดซับในตำแหน่งผิวของอนุภาคคอลลอยด์ดินถือเป็นรูปที่เคลื่อนที่ได้ (mobile) ในดินสามารถถูกพืชนำไปใช้ได้ ส่วนรูปที่ถูกตรึงและจับการสารแขวนลอยอื่นหรือแร่ในดินรูปที่ตกตะกอนหรือตกตะกอนกับสารอื่นและรูปที่ถูกคลุกเคล้าเข้าสู่ระบบชีวภาพเป็นสารอินทรีย์เป็นรูปที่หยุดเคลื่อนที่ (immobile) แต่เนื่องจากกระบวนการในดินมีลักษณะเป็นพลวัต (dynamic) จึงอาจมีการเปลี่ยนแปลงรูปต่างๆ ที่กล่าวถึงอยู่ตลอดเวลา

2.3 มลพิษในน้ำ บาดาล

มลพิษในน้ำบาดาล หมายถึง น้ำ บาดาลที่มีคุณภาพต่ำลง สาเหตุจากธรรมชาติหรือจากการกระทำของมนุษย์ ซึ่งทำให้ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากน้ำ บาดาลได้หรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เนื่องมาจากสารพิษหรือเชื้อโรค การปนเปื้อนของมลพิษขึ้นอยู่กับชนิดและแหล่งกำเนิดมลพิษ



รูปที่ 2.4 มลพิษน้ำบาดาล

2.3.1 ชนิดของมลพิษ

มลพิษที่ปนเปื้อนในน้ำบาดาล แบ่งออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่ สารอินทรีย์, สารอนินทรีย์ สารจุลชีพ และสารกัมมันตภาพรังสี

แหล่งกำเนิดมลพิษ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติและแหล่งกำเนิดจากการกระทำของมนุษย์ ซึ่งแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ เช่น การละลายแร่ธาตุจากชั้นดินลงสู่ชั้นบาดาล การแทรกตัวของน้ำเค็ม เป็นต้น ส่วนแหล่งกำเนิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การซึมจากบ่อบำบัดน้ำเสีย การซึมจากกองขยะทุกชนิด การซึมจากส้วม การซึมจากแปลงเกษตรกรรมที่ใช้สารเคมี และกากตะกอน การซึมจากแหล่งเก็บสารกัมมันตรังสี เป็นต้น

2.3.2 แหล่งของมลพิษ

แหล่งกำเนิดมลพิษจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1) ขนาดของการกระจายตัว

1.1 แหล่งกำเนิดแบบจุด คือ แหล่งกำเนิดมีขอบเขตที่แน่นอนและมีขนาดเล็ก เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการถูกปนเปื้อน เช่น โรงงานอุตสาหกรรม สถานที่ทิ้งขยะมูลฝอย เป็นต้น

1.2 แหล่งกำเนิดแบบไม่เป็นจุด คือ แหล่งกำเนิดมีขอบเขตไม่แน่นอนและมีขนาดใหญ่เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อน เช่น แปลงเกษตรกรรมจำนวนหลายแปลง เป็นต้น

2) จำนวนแหล่งมลพิษ

2.1 แหล่งมลพิษแหล่งเดียว คือ แหล่งมลพิษที่มีเพียง 1 แห่ง เช่น กองขยะกองเดียว โรงงานอุตสาหกรรม 1 โรงงาน เป็นต้น

2.2 แหล่งรวม คือ แหล่งมลพิษที่มีมากกว่า 1 แห่ง เช่น โรงงานอุตสาหกรรมและกองขยะ เป็นต้น

3) ประวัติการใช้หรือปล่อยมลพิษ

3.1 แหล่งไม่ต่อเนื่องหรือระยะสั้น คือ แหล่งมลพิษที่ปล่อยมลพิษเข้าสู่ระบบน้ำบาดาลอย่างไม่ต่อเนื่องหรือระยะสั้น เช่น รถบรรทุกสารเคมีพลิกคว่ำทำให้สารเคมีเกิดการรั่วไหลแล้วซึมลงใต้ผิวดิน ลงไปลอยอยู่บนผิวน้ำบาดาล เป็นต้น

3.2 แหล่งต่อเนื่องหรือระยะยาว คือ แหล่งมลพิษที่ปล่อยมลพิษเข้าสู่น้ำบาดาลอย่างต่อเนื่องหรือในระยะยาว เช่น สารเคมีไหลซึมลงสู่ชั้นน้ำบาดาลเป็นระยะเวลานาน เป็นต้น

2.3.3 แบบจำลองมลพิษในน้ำบาดาล

สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการศึกษาการปนเปื้อนของมลพิษในน้ำ บาดาลมีการประเมินการปนเปื้อนที่แพร่กระจายในปัจจุบัน โดยสร้างเส้น contour ของมลพิษชนิดหนึ่งที่มีความเข้มข้นเท่ากัน ในระดับต่าง ๆ และการประเมินการกระจายตัวของมลพิษในอนาคต โดยแบบจำลองน้ำบาดาลสามารถแบ่งตามการใช้ประโยชน์การใช้งานได้ 3 ชนิด ได้แก่

1) แบบจำลองการไหลของน้ำ บาดาลทำนายการไหลของน้ำ บาดาล Anderson and Woessner (1992) กล่าวว่า แบบจำลองคำนวณระดับน้ำ บาดาลในพื้นที่และเวลาหนึ่งเพื่อใช้สร้าง Contour แสดงในรูปแผนที่ภาพตัดขวางหรือสามมิติ จะได้แบบจำลองรูปตาข่ายแสดงการไหลของน้ำบาดาล โดยอาศัยข้อมูลของชั้นอุ้มน้ำ

2) แบบจำลองการปนเปื้อนของมลพิษ ทำนายการเคลื่อนที่ของมลพิษในน้ำ บาดาล Zheng and Bennett (1995) กล่าวว่า แบบจำลองจะคำนวณความเข้มข้นของมลพิษ เพื่อมาสร้าง Isoconcentration แสดงในรูปแผนที่ภาพตัดขวางหรือสามมิติ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับทิศทางการไหลของน้ำบาดาลและตำแหน่งของมลพิษ

3) แบบจำลองอุทกธรณีเคมีของน้ำบาดาล ทำนายคุณสมบัติของมลพิษในน้ำบาดาล Parkhurst and Plummer (1993) กล่าวว่า แบบจำลองจะคำนวณคุณสมบัติ Thermodynamic ของแร่และสารละลาย

2.4 มลพิษน้ำและผลกระทบ

2.4.1 สาเหตุของมลพิษน้ำและตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ

สาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและตัวชี้วัดคุณภาพน้ำที่สำคัญ มีดังนี้ (ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ, 2545)

1) การเปลี่ยนแปลงพีเอช (pH) หรือความเป็นกรด-ด่าง ค่าพีเอชจะมีค่าอยู่ในช่วง 0 – 14 ค่าพีเอชมากกว่า 7 หมายถึง มีสภาพเป็นด่าง ค่าพีเอชน้อยกว่า 7 หมายถึง มีสภาพเป็นกรด สำหรับค่าพีเอชในน้ำทิ้งที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 5 – 9 จึงจะไม่มีผลกระทบและเป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำและการใช้ประโยชน์ เคยเกิดเหตุการณ์ที่น้ำในทะเลสาบบางแห่งของประเทศแถบสแกนดิเนเวียมีสภาพเป็นกรด คือ มีค่าพีเอชต่ำกว่า 4 และเกือบไม่มีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ได้เลย สาเหตุมาจากการเกิดฝนกรดหรือละอองความชื้นที่มีสภาพเป็นกรดที่ประกอบด้วย SO_x และ NO_x ที่มาจากเขตอุตสาหกรรมของยุโรปตะวันตก

2) อุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือน้ำเสียที่เป็นน้ำอุ่นและน้ำร้อน น้ำเสียที่เป็นน้ำอุ่นและน้ำร้อน ได้แก่ น้ำที่ใช้ในระบบหล่อเย็นที่ถูกปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมหรือจากโรงงาน

ไฟฟ้า ซึ่งจะมีผลกระทบต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำหากถูกปล่อยออกมาเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามหากมีการควบคุมอุณหภูมิของน้ำเสียอย่างเหมาะสมแล้ว จะเป็นประโยชน์ต่อฟาร์มเลี้ยงปลาหรือกุ้ง

3) สีและความขุ่น ขัดขวางการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำและแพลงตอนพืชในลำน้ำ

4) ของแข็ง ประกอบด้วยของแข็งแขวนลอย ตะกอนจมตัวได้ ของแข็งละลายน้ำ ทำให้น้ำมีความขุ่นสูง มีความสกปรกมากขึ้น และเมื่อจมตัวสู่ก้นน้ำทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนในท้องน้ำ แหล่งน้ำตื้นเขินมีผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์

5) สารแขวนลอย มีทั้งที่เป็นสารแขวนลอยประเภทอินทรีย์วัตถุและอนินทรีย์วัตถุ ความขุ่นของน้ำที่เกิดจากสารแขวนลอยจะปิดกั้นแสงอาทิตย์ไม่ให้ส่องถึงสิ่งมีชีวิตในน้ำที่มีสีเขียวและมีผลกระทบต่อนิเวศวิทยาของสิ่งแวดล้อม

6) สารอินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เช่น เศษข้าว น้ำแกง พืชผัก ฯลฯ ซึ่งสามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ทำให้ระดับออกซิเจนละลายหรือดีโอ (DO) ลดลงจนเกิดสภาพเน่าเสีย สารอินทรีย์สามารถวัดในรูปบีโอดี (BOD)

7) สารอนินทรีย์ ประกอบไปด้วย กรด ด่าง เกลือชนิดต่าง ๆ โลหะ และสารอื่น ๆ ไม่ทำให้น้ำเน่าเหม็น แต่ทำให้สภาพน้ำปนเปื้อนและอาจเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต หรือเป็นอุปสรรคต่อการนำมาใช้ในการอุปโภคและบริโภค การอุตสาหกรรม กระบวนการผลิตน้ำประปา เช่น น้ำที่มีปริมาณเหล็กสูง ทำให้เกิดปัญหาแก่อุตสาหกรรมฟอกย้อมและกระดาษ เพราะจะทำให้เกิดจุดหรือสีเปรอะเปื้อนบนผ้าขาวหรือกระดาษทำให้ราคาตก น้ำเสียที่ประกอบไปด้วยสารอนินทรีย์นั้นถูกปล่อยออกมาจากเหมืองแร่ การผลิตสารเคมี การผลิตเยื่อกระดาษ การชุบโลหะ เครื่องเคลือบ และอื่น ๆ

8) ธาตุอาหาร ได้แก่ เกลือของสารประกอบพวกไนโตรเจน และฟอสเฟต เมื่อมีปริมาณสูงและเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมแล้ว จะทำให้เกิดการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็วของสาหร่าย หรือที่เรียกว่าปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) หรือแอลจีบลูม (Algae Bloom) ทำให้ระดับออกซิเจนละลายในน้ำลดลงในช่วงกลางคืนและเกิดการเน่าเสียของน้ำ เนื่องจากการตายของสาหร่าย มีผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำ สารเหล่านี้จะถูกปล่อยออกมาเป็นส่วนประกอบในน้ำเสียจากชุมชน จากอุตสาหกรรมบางประเภท ในส่วนเกินของปุ๋ยและผงซักฟอกประเภทสารสังเคราะห์

9) กลิ่นเหม็น มีหลายชนิดและเกิดจากหลายกิจกรรม เช่น ฟีนอลจากอุตสาหกรรมสารอินทรีย์สังเคราะห์ และการผลิตก๊าซถ่านหิน H_2S และ Mercaptan จากการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ Amines จากการผลิตปุ๋ยจากกากน้ำตาลและการผลิตเยื่อกระดาษจากชานอ้อย ถึงแม้ว่าจะไม่

เป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนโดยตรง แต่มีผลกระทบที่รุนแรงต่อการดำรงชีพและจิตใจของประชาชน

10) น้ำมันและไขมัน ได้แก่ น้ำมันจากพืชและสัตว์ ไขมันสัตว์ และน้ำมันแร่ต่าง ๆ พบได้ในน้ำเสียจากชุมชนในเมืองและในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมแปรรูปประเภทอาหาร ในขณะที่น้ำมันแร่พบได้จากน้ำเสียที่มาจากการขุดเจาะน้ำมัน กลั่นน้ำมัน ด้านปิโตรเคมี การผลิตเหล็กและเหล็กกล้า และอื่นๆ และยังพบในน้ำเสียจากเรือ น้ำมันและไขมันเหล่านี้เป็นอุปสรรคต่อการทะลุของแสงลงสู่ลำน้ำ การสังเคราะห์แสงและกีดขวางการกระจายของออกซิเจนลงสู่น้ำ เคลือบเหงือกของปลาทำให้ปลาไม่สามารถรับออกซิเจนจากน้ำและตายในที่สุด

11) จุลินทรีย์ เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมากมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น มีอยู่ทั่วไปในน้ำทั้งที่เป็นประโยชน์และเป็นโทษ โดยทั่วไปจุลินทรีย์ที่เป็นโทษต่อมนุษย์หรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ มักจะพบมากในน้ำเสียนอกจากจะทำให้เกิดสภาพเน่า มีกลิ่นเหม็นแล้วจุลินทรีย์บางชนิดยังเป็นเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์อีกด้วย จุลินทรีย์ที่เป็นที่รู้จักและใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ คือเชื้อแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์ม ซึ่งไม่ได้เป็นเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค แต่ใช้เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญในการใช้วัดมลพิษของสิ่งปฏิกูล เช่น น้ำเสียจากส้วม น้ำเสียจากโรงพยาบาลที่เกี่ยวกับสิ่งขับถ่ายของคน

12) วัตถุมีพิษชนิดสารอนินทรีย์ ประกอบด้วยสารประกอบของโลหะ เช่น ปรอท โครเมียม ทองแดง แคดเมียม ตะกั่ว ฯลฯ และที่เป็นอโลหะ เช่น ไซยาไนด์และสารหนู ที่พบอยู่ในน้ำเสียจากเหมืองแร่ และจากอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ สารเคมีที่ใช้กำจัดศัตรูพืชที่ปนมากับน้ำทิ้งจากการเกษตรน้ำเสียจากแหล่งชุมชนที่มีกิจกรรมบางประเภท เช่น ร้านซุบโลหะ อู่ซ่อมรถ

สาเหตุของมลพิษน้ำและตัวชี้วัดคุณภาพน้ำตลอดจนผลกระทบที่เกิดขึ้นสามารถสรุป ได้ดังตารางที่ 2.2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.2 ประเภทของมลพิษน้ำ แหล่งกำเนิด และผลกระทบ

ประเภท	ตัวชี้วัด	สิ่งที่สร้างมลพิษ	แหล่งกำเนิดมลพิษ	ผลกระทบ
ความเป็นกรดและด่าง	พีเอช	กรดกำมะถัน กรดเกลือ แคลเซียมไฮดรอกไซด์โซดาไฟ	การชุบโลหะ การผลิตสารอนินทรีย์ การผลิตเหล็กและเหล็กกล้า	มีผลกระทบต่อการนำน้ำไปใช้ประโยชน์ เช่น การผลิตน้ำประปา การใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม เป็นต้น
ความร้อน	อุณหภูมิของน้ำ	น้ำหล่อเย็น	สถานีจ่ายไฟฟ้าพลังความร้อน กลั่นน้ำมัน เยื่อกระดาษ เหล็ก เคมีภัณฑ์	ทำให้สัตว์น้ำบางประเภทไม่สามารถดำรงชีพอยู่ได้บางประเภทเจริญเติบโต
สารอินทรีย์	BOD,COD, TOC,Ignition Loss	แป้ง น้ำตาล โปรตีน น้ำมัน ไขมันปิโตรเลียม สารอินทรีย์เคมีสังเคราะห์	โรงงานอุตสาหกรรม (การแปรรูปอาหาร เยื่อกระดาษ ปิโตรเลียม สารเคมี การหมัก) ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ สิ่งโสโครกจากชุมชน น้ำเสียจากบ้านเรือน สิ่งปฏิกูลจากคน	สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศจึงมีการใช้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ทำให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจน
ธาตุอาหาร	สารประกอบไนโตรเจนและกรดฟอสฟอริก	โปรตีน ปุ๋ยเคมี สารซักฟอกสังเคราะห์	สิ่งโสโครกจากชุมชน สิ่งปฏิกูลจากคน น้ำเสียจากบ้านเรือน สารซักฟอก การเกษตร การเลี้ยงสัตว์ อุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร และผลิตเคมีภัณฑ์ ฯลฯ	ทำให้เกิดยูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำ (โดยเฉพาะในทะเลสาบและอ่าวปิด)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.2 ประเภทของมลพิษน้ำ แหล่งกำเนิด และผลกระทบ (ต่อ)

ประเภท	ตัวชี้วัด	สิ่งที่สร้างมลพิษ	แหล่งกำเนิดมลพิษ	ผลกระทบ
กลิ่นเหม็น	กลิ่น (วัดการรับกลิ่น) Gas Chromatography	ฟีนอล แอมโมเนีย ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ Amines, Lower Fatty Acid, Mercaptan	อุตสาหกรรม (เคมี กลั่นน้ำมัน อาหาร ฟอกหนัง) สิ่งโสโครก สิ่งปฏิกูลจากคน	ผลต่อสุขภาพจิต
น้ำมัน	สารที่สกัดออกด้วยเฮกเซน คาร์บอนเตตร้าคลอไรด์	น้ำมันแร่	น้ำมันแร่ (ปิโตรเคมี เครื่องจักรกล เหล็ก เหล็กกล้า น้ำมันที่รั่วออกมาจากเรือ)	น้ำมันกระจายอยู่เหนือผิวน้ำทำให้การแลกเปลี่ยนออกซิเจนไม่ดีนัก
จุลินทรีย์	Coliform Bacteria Test การทดสอบจุลินทรีย์อื่นๆ	Coliform & Pathogenic Bacteria	สิ่งโสโครกจากชุมชน สิ่งปฏิกูลจากคน การเลี้ยงสัตว์	มีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ
วัตถุมีพิษ (สารอนินทรีย์)	1. ไอออนของโลหะหนัก	Hg, Cd, Pb, Cr, Zn, Cu, As,ฯลฯ	เหมืองแร่โลหะ ชุบโลหะ ผลิตสารเคมี อนินทรีย์ ผลิตกระจก สารอินทรีย์สังเคราะห์	ไปสะสมอยู่สูงที่ระบบห่วงโซ่อาหาร หากกินเข้าไปจะไปสะสมอยู่ที่อวัยวะภายใน
	2. สารอโลหะ (ไซยาไนด์ ฟลูออรีน ฯลฯ)	1. ไซยาไนด์(ชุบโลหะ สารอินทรีย์สังเคราะห์) 2. ฟลูออรีน(อลูมิเนียม ผลิตกระจก ปุ๋ยเคมี)		
วัตถุมีพิษ (สารอินทรีย์)	ออร์แกโนฟอสฟอรัส ออร์แกโนคลอรีน ออร์แกโนเมตาลิค	ออร์แกโนฟอสฟอรัส ยาปราบศัตรูพืช DDt, BHC, PCB, Trichlor-thylene	ยาปราบศัตรูพืช เคมีภัณฑ์ พลาสติก พลาสติกโมโนเมอร์ สารละลายอินทรีย์ที่ใช้กับอุตสาหกรรมไฟฟ้า	ไปสะสมอยู่สูงที่ระบบห่วงโซ่อาหาร หากกินเข้าไปจะไปสะสมอยู่ที่อวัยวะภายใน
มลพิษจากสิ่งที่ตกตะกอน	Solution Test Biotic Test	สารอินทรีย์ และอนินทรีย์ โคลน โลหะหนัก ยาปราบศัตรูพืช ตกค้าง PCB	อุทกภัย อุตสาหกรรม เกี่ยวกับทราย ของเสียจากบ้านเรือน	

ที่มา: ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ, 2545

2.4.2 แหล่งกำเนิดมลพิษน้ำ

แหล่งกำเนิดมลพิษน้ำเกิดได้จากหลายกิจกรรม ซึ่งแต่ละกิจกรรมจะมีปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสียแตกต่างกัน และก่อให้เกิดผลกระทบที่แตกต่างกันด้วย กิจกรรมหลักที่ทำให้เกิดมลพิษน้ำแบ่งเป็น 3 กิจกรรมหลัก ได้แก่ ชุมชนและพาณิชย์ จากโรงงานอุตสาหกรรม และจากเกษตรกรรม ดังนี้

2.4.2.1 น้ำเสียชุมชน

น้ำเสียชุมชน หมายถึง น้ำที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆ และระบายน้ำทิ้งลงสู่ท่อระบายน้ำ แหล่งรองรับน้ำเสีย หรือแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยไม่ได้ผ่านการบำบัดให้มีลักษณะดีขึ้นหรือสะอาดขึ้นก่อน ซึ่งทำให้แหล่งน้ำมีคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมและเน่าเสียในที่สุด ในการฟื้นฟูคุณภาพน้ำจะต้องใช้งบประมาณสูงมาก กิจกรรมที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ก่อให้เกิดน้ำเสียชุมชน ได้แก่

1) บ้านพักอาศัย น้ำเสียจากบ้านพักอาศัยนั้นเกิดจากเศษอาหารจากการล้างจานและภาชนะหรือจากการปรุงอาหาร รวมถึงสารต่างๆ ที่เกิดจากการทำความสะอาดเสื้อผ้าสิ่งของต่างๆ ภายในบ้านและการอาบน้ำ ซึ่งบ้านพักอาศัยส่วนใหญ่จะมีอัตราการระบายน้ำเสียประมาณ 150 – 216 ลิตร/คน/วัน หรือประมาณ 180 ลิตร/คน/วัน(l)

2) ภัตตาคารมีน้ำเสียเกิดจากห้องครัวและห้องส้วม โดยเฉพาะค่าน้ำมันและไขมันจะมีปริมาณสูงในน้ำเสียจากห้องอาหารหรือภัตตาคาร อันเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้เกิดการอุดตันในท่อระบายน้ำเสีย

3) โรงแรมมีน้ำเสียจากห้องน้ำและห้องส้วมจากห้องพัก และห้องครัวหรือภัตตาคารภายในโรงแรม อาคารสำนักงาน มีน้ำเสียจากห้องน้ำห้องส้วม

4) กิจกรรมอื่นๆ เช่น สถานบริการอาคารพาณิชย์ โรงเรียน อาคารชุด ตลาด สถานบริการจำหน่ายน้ำมัน เป็นต้น

จากการสำรวจของสำนักคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติเกี่ยวกับน้ำเสียชุมชนและปัญหามลพิษน้ำในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ในปี พ.ศ. 2530 สรุปค่าปริมาณความสกปรกที่เกิดจากการดำเนินชีวิตของคนในอาคารประเภท

2.4.2.2 น้ำเสียจากกิจกรรมการเกษตร

แหล่งกำเนิดน้ำทิ้งจากการเกษตรที่สำคัญแบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินได้เป็นพื้นที่เพาะปลูก ฟาร์มเลี้ยงสุกร และบ่อเลี้ยงปลา

การเพาะปลูก

การเพาะปลูกเป็นพื้นที่สำคัญเนื่องจากมีเนื้อที่มากที่สุดและมีการใช้สารเคมีมากที่สุดด้วย มลพิษทางน้ำที่เกิดจากการเกษตรส่วนใหญ่แล้วเกิดมาจากตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สมมูลประชากรและลักษณะน้ำเสียชุมชน

กิจกรรม	ปริมาณน้ำเสีย	ปริมาณบีโอดี	ลักษณะน้ำเสีย (มก./ล.)			
			บีโอดี	ของแข็งแขวนลอย	น้ำมันและไขมัน	ทีเคเอ็น (ไนโตรเจน)
อาคารชุดและบ้านพัก	520 ลิตร/วัน-ห้อง,หลัง	48 กรัม/วัน-ห้อง,หลัง	151*	63*	473*	33*
โรงแรม	1061 ลิตร/วัน-ห้อง	123 กรัม/วัน-ห้อง	190	84	563	23
หอพัก	78 ลิตร/วัน-ห้อง	76 กรัม/วัน-ห้อง	723	660**	377**	329**
โรงพยาบาล	800 ลิตร/วัน-เตียง	94 กรัม/วัน-เตียง	238	87	631	15
ภัตตาคาร	25 ลิตร/วัน-ตร.ม.	53 กรัม/วัน-ตร.ม.	1759	913	1570	63
ตลาด	69 ลิตร/วัน-ตร.ม.	21 กรัม/วัน-ตร.ม.	1172	660	897	76
ห้างสรรพสินค้า	4.6 ลิตร/วัน-ตร.ม.	0.27 กรัม/วัน-ตร.ม.	81	61	577	66
สำนักงาน	2.54 ลิตร/วัน-ตร.ม.	0.09 กรัม/วัน-ตร.ม.	180	158	450	44

ที่มา: ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2530(1)

หมายเหตุ: * หมายถึง บำบัดแล้วบางส่วน

** หมายถึง น้ำเสียจากส้วม

1) การใช้ปุ๋ย ปุ๋ยที่ใส่ให้กับพืชจะถูกใช้ไม่หมดและตกค้างอยู่ในดินซึ่งถูกดูดซับไว้ในรูปของสารคอลลอยด์ในดิน และเกิดผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำบาดาล น้ำในแม่น้ำและน้ำทะเลเมื่อถูกละลายชะล้างลงไป ปุ๋ยเคมีส่วนใหญ่แล้วประกอบด้วยสารประกอบเชิงเดี่ยวของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปแตสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารของพืช สัมประสิทธิ์น้ำท่า (Runoff Coefficient) ของมันแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับการละลายตัวของปุ๋ย อัตราการดูดซึมของพืช อัตราการดูดซึมของดิน และอัตราการสลาย

2) สารเคมีที่ใช้ทางการเกษตร ประกอบด้วยยาฆ่าแมลง ยาฆ่าเชื้อโรค และยาฆ่าหญ้า การใช้สารเหล่านี้มีทั้งข้อดีและข้อเสีย ยาปราบศัตรูพืชที่ถูกฉีดพ่นลงไปในไร่และนานั้นบางส่วนจะติดอยู่ตามใบ บางส่วนก็อาจตกลงไปบนพื้นดิน และบางส่วนอาจถูกพัดพาโดยลมไปตกยังที่ต่างๆ เมื่อฝนตกก็จะถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ

2.4.2.3 น้ำเสียจากอุตสาหกรรม

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่ประเทศอุตสาหกรรม รายได้จากภาคอุตสาหกรรมได้ทำรายได้ให้กับประเทศมากกว่าภาคการเกษตรอย่างน้อย 2 เท่า ในขณะที่เศรษฐกิจของประเทศมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ปัญหาสิ่งแวดล้อมก็ได้เพิ่มมากขึ้น ปัญหามลพิษน้ำไม่ได้หยุดอยู่ที่ค่าความสกปรกในรูปบีโอดี ได้ขยายครอบคลุมไปถึงโลหะหนัก สารพิษ สารอันตราย อื่นๆ เนื่องมาจากการที่มีประเภทโรงงานตั้งเพิ่มขึ้นอันเป็นผลจากการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม ซึ่งมลสารเหล่านี้ยากที่จะทำลาย

จากการที่โรงงานอุตสาหกรรมมีมากมายหลายประเภท จึงเป็นไปไม่ได้ที่ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะเหมือนกันทุกโรงงาน แม้กระทั่งในโรงงานประเภทเดียวกัน ลักษณะของน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงงานนั้นยังแตกต่างกัน และช่วงเวลาทำงานก็แตกต่างกัน บางโรงงานผลิต 8 – 12 ชม. บางโรงงานผลิต 24 ชม. โดยเฉพาะโรงงานที่มีผลิตภัณฑ์หลายอย่าง ลักษณะน้ำเสียในแต่เวลาก็จะแตกต่างกันมาก ทั้งอัตราการไหลและส่วนประกอบในน้ำเสียนั้นสามารถสรุปลักษณะน้ำเสียตามประเภทอุตสาหกรรมได้ดังนี้ (ตัวอย่างคุณลักษณะของน้ำเสียประเภทต่างๆ แสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ

ประเภทโรงงาน	บีโอดี (มก./ล)		ของแข็งแขวนลอยฯ (มก./ล.)	
	ช่วง	ค่าเฉลี่ย	ช่วง	ค่าเฉลี่ย
กระดาษ	100 – 1,000	530	100 – 1,300	830
สบู่	200 – 3,000	1,180	100 – 3,000	560
ผงชูรส	200 – 2,000	890	-	-
สุรา-แอลกอฮอล์	5,000 – 60,000	29,000	1,000 – 10,000	7,800
น้ำอัดลม	150 – 2,400	740	50 – 400	190
นม	200 – 3,600	1,125	100 – 1,100	450
น้ำตาล	200 – 3,900	1,320	100 – 600	230
สิ่งทอ	60 – 900	230	0 – 500	160
ห้องเย็น	250 – 4,000	1,560	100 – 700	410
เครื่องกระป๋อง	500 – 12,700	3,560	100 – 3,000	760
วุ้นเส้น	600 – 4,500	1,840	-	-
เส้นหมี่	1,000 – 14,000	3,620	1,000 – 30,000	8,400
โม่แป้ง แบะแซ	1,000 – 11,000	5,235	500 – 5,000	1,700

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2542(5)

1) อุตสาหกรรมอาหาร

น้ำเสียจากอุตสาหกรรมประเภทนี้จะมีความแตกต่างกันตามประเภทโรงงาน วัตถุดิบ กระบวนการผลิต และปริมาณผลผลิต ลักษณะโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 1) อินทรียวัตถุ 2) ตะกอนแขวนลอย 3) ปริมาณและลักษณะน้ำเสียมีความเปลี่ยนแปลงสูงตามฤดูกาลโดยเฉพาะประเภทผลไม้ 4) น้ำที่ใช้ล้าง (บางครั้งเป็นน้ำร้อน) มักถูกปล่อยออกมาเป็นจำนวนมาก โดยปกติแล้วจะไม่มีสารอันตราย อย่างเช่น โลหะหนัก 5) มักจะประกอบด้วยน้ำมัน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยเฉพาะพวกแป้งและเบียร์จะทำให้มีค่าบีโอดีสูง

2) อุตสาหกรรมสิ่งทอ

มีความแตกต่างกันอย่างมากมายในส่วนประกอบของน้ำเสียระหว่างอุตสาหกรรมสิ่งทอธรรมชาติกับสิ่งทอทางด้านเคมี น้ำเสียจากอุตสาหกรรมทอขนสัตว์ประกอบด้วยค่าบีโอดีที่มีความเข้มข้นสูงไขมันและด่าง น้ำเสียจากการย้อมจะประกอบด้วยมลสาร

เช่น สีย้อม และสารเคมีอื่น ๆ คุณภาพและปริมาณจะแตกต่างกันไปตามวันต่อวัน ตามฤดูกาล และตามการเปลี่ยนแบบแฟชั่น

3) อุตสาหกรรมผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ

อุตสาหกรรมผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษเป็นลักษณะโดยเฉพาะของอุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำ สำหรับอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษใช้ต้นไม้จากธรรมชาติเป็นวัตถุดิบ นำมาเติมด้วยสารเคมีและนำไปต้มเอาเพียงเซลลูโลสมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ นอกนั้นปล่อยส่วนประกอบอื่นๆ ให้เป็นวัตถุเจือปนลงในน้ำเสีย ทำให้น้ำเสียเกิดมีมลพิษสูง น้ำเสียจะมีลักษณะที่มีทั้งค่าบีโอดีและมีสีเจือปนที่ค่อนข้างสูง ส่วนในอุตสาหกรรมผลิตกระดาษมีกระบวนการเพิ่มเติมจากอุตสาหกรรม คือ นำเยื่อกระดาษมาเติมด้วยตัวฟิลเลอร์ (Kaolin, Clay และตัวอื่นๆ) เพื่อทำให้เป็นแผ่นกระดาษ ลักษณะของน้ำเสียจึงประกอบไปด้วยเส้นใยละเอียดหรือกระดาษ และสารที่เป็นฟิลเลอร์ต่างๆ และยังเต็มไปด้วยวัสดุจำนวนมากที่ลอยในอยู่บนผิวหน้า

4) อุตสาหกรรมเครื่องหนัง

น้ำเสียจะมีค่าบีโอดีค่อนข้างสูงซึ่งมาจากสารแทนนินที่ใช้ในการฟอกหนังและจากหนังดิบและยังประกอบด้วยโครเมียมที่ใช้ในการฟอกหนัง และปูนขาวที่ใช้ในการบำบัดขึ้นต้นของแข็งแขวนลอยและสีจากการย้อม

5) อุตสาหกรรมผลิตเคมีภัณฑ์

น้ำเสียมักจะประกอบไปด้วยสารอนินทรีย์ที่เกิดขึ้นตามประเภทของกระบวนการผลิต อุตสาหกรรมผลิตสารเคมีจะปล่อยน้ำเสียที่มีสารเคมีหลายประเภท สารอันตราย สารประกอบที่มีกลิ่นเหม็น ซึ่งมีสภาพของการเป็นกรดหรือเป็นด่างสูง และจะมีสารประกอบที่มีค่าซีโอดีสูง

6) อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน

ส่วนประกอบที่สำคัญของมลสาร คือ น้ำมันที่ล้นออกมา ที่มีอยู่ในสภาพอีมัลชั่นและน้ำเสียก็ยังเต็มไปด้วยสารที่มีกลิ่นเหม็น เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซัลไฟด์ตัวอื่นๆ แอมโมเนีย เมอร์ แคปแทน และฟีนอล ฯลฯ

7) อุตสาหกรรมปิโตรเคมี

เป็นน้ำเสียที่ประกอบด้วย สารไฮโดรคาร์บอน สารประกอบอินทรีย์ ตัวเค็ทตาลิสต์ต่างๆ และส่วนประกอบอื่นๆ ขึ้นกับประเภทของผลิตภัณฑ์

8) อุตสาหกรรมผลิตเหล็กและเหล็กกล้า

เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำในปริมาณสูง น้ำเสียเกิดจากกระบวนการทำความเย็นและทำความสะอาดสำหรับเตาหลอมถ่านโค้ก ประกอบด้วย แอมโมเนีย ไซยาไนด์ ฟีนอล ฯลฯ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นอกจากนี้น้ำเสียที่มาจากกระบวนการกำจัดฝุ่นจากเตาหลอมจะประกอบด้วยของแข็งแขวนลอย (ฝุ่นของถ่านโค้กและแร่เหล็ก) และจากกระบวนการล้างด้วยกรดประกอบด้วย กรด เหล็ก และน้ำมัน

9) อุตสาหกรรมผลิตโลหะที่นอกเหนือไปจากเหล็ก

สินแร่ดิบทองแดง ทองคำ และเงิน โดยปกติมักจะประกอบด้วยสารเจือปนพวกแคดเมียม ตะกั่ว สารหนู ฯลฯ สารเหล่านี้อาจจะถูกละลายออกมาในระหว่างกระบวนการผลิตหรืออยู่ในน้ำเสีย ซึ่งอาจตกค้างในดินหรือเกิดการปนเปื้อนในน้ำ บาดาลหากมีการระบายน้ำเสียที่ไม่ได้มาตรฐานลงสู่ผิวดิน

10) อุตสาหกรรมการเคลือบโลหะ

มีการใช้วัตถุดิบและสารเคมีหลายตัวในอุตสาหกรรมประเภทนี้ ดังนั้นในน้ำเสียจึงประกอบกับโลหะหนักหลายชนิด เช่น แคดเมียม สังกะสี ทองแดง ไซยาไนด์ โครเมียมเฮ็กซาวาเล้นท์ กรด และด่าง ฯลฯ

11) อุตสาหกรรมเซรามิกส์และซีเมนต์

มีน้ำเสียที่ประกอบไปด้วยสารอินทรีย์แขวนลอยที่มีสภาพเป็นด่าง ในส่วนของอุตสาหกรรมเซรามิกส์ยังมีสารจำพวกให้สี และสารพวกวัตถุอันตรายเจือปนอยู่ด้วย

2.4.2.4 อื่นๆ

โดยทั่วไปแล้วมลพิษทางน้ำเกิดขึ้นเพราะมีการปล่อยมลสารออกสู่ภายนอก อย่างไรก็ตามบางครั้งอาจเกิดกรณีของสารเคมีตกหล่นหรือแพร่กระจายเข้าไปในอากาศและถูกลมพัดพาไปจนตกลงสู่น้ำซึ่งทำให้เกิดมลพิษทางน้ำตามมา เช่น สารกัมมันตภาพรังสีที่ร่วงตกลงมาจากระเบิดนิวเคลียร์ การปนเปื้อนของสารตะกั่วจากน้ำมันเบนซินที่ใส่ในน้ำมันเพื่อป้องกันเครื่องยนต์น็อค สารประกอบอินทรีย์คลอรีน (DDT, BHC, Dieldrin, Endril ฯลฯ) ที่ใช้เป็นยาฆ่าแมลงและใช้เป็นเคมีภัณฑ์เกษตรได้กระจายตัวออกไปเพราะว่าสารประกอบเหล่านี้ใช้ฉีดพ่นลงบนพื้นที่การเกษตรโดยวิธีฉีดพ่นเป็นละอองลงมาจากเครื่องบินหรือด้วยการใช้วิธีอื่นๆ หรือกรณีมลพิษที่เกิดจากฝนกรดที่เป็นผลมาจากซัลเฟอร์ออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ที่อยู่ในรูปของไอระเหยในอากาศที่ถูกปล่อยมาจากการสันดาปของถ่านหินหรือน้ำมัน

นอกจากนี้แหล่งกำเนิดมลพิษน้ำยังรวมถึงสถานบำบัดน้ำเสีย โรงผลิตน้ำประปา สถานบำบัดสิ่งปฏิกูล

2.5 พารามิเตอร์สำคัญในการบ่งชี้การปนเปื้อนมลพิษในน้ำบาดาล

2.5.1 โลหะหนัก

โลหะหนัก คือ ธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 5 เท่าขึ้นตัวไป มีสารสลายตัวค่อนข้างช้า ทำให้สะสมและตกค้างในธรรมชาติได้นาน และโลหะหนักเป็นธาตุที่มีเลขอะตอมอยู่ระหว่าง 23-92 อยู่ในคาบ 4-7 ของตารางธาตุ คุณสมบัติทางกายภาพขดโลหะคือ มีเลขออกซิเดชั่นได้หลายค่าเพราะฉะนั้น โลหะสามารถรวมกับสารอื่นๆ จนกลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อน มีความเสถียรมากกว่าโลหะอิสระ โลหะหนักที่เป็นมลพิษที่สำคัญและมีผลต่อสุขภาพอนามัย (สารานุกรมธาตุ, 2525) มีดังนี้

1) ตะกั่ว (Lead)

เป็นโลหะหนักในหมู่ IVA ของตารางธาตุมีเลขอะตอม 82 น้ำหนักอะตอม 207.19 มีจุด หลอมเหลวที่อุณหภูมิ 327 องศาเซลเซียส และจุดเดือดที่อุณหภูมิ 1737 องศาเซลเซียส

ใช้ในการสังเคราะห์สารประกอบ Tetraethyllead มีสูตรเคมีคือ $Pb(C_2H_5)_4$ เป็นสารเคมีที่ใช้เติมในน้ำมันเบนซิน เพื่อเพิ่มเติมค่าออกเทนในน้ำมัน ใช้ในแบตเตอรี่ แบตเตอรี่รถยนต์ที่ใช้โดยทั่วไปเป็นเซลล์กัลป์วานิกที่ใช้โลหะตะกั่วเป็นขั้วลบและออกไซด์ของโลหะตะกั่ว (PbO_2) เป็นขั้วบวก

ถ้าร่างกายคนได้รับตะกั่วเข้าไปสะสมในระบบเลือดมากกว่า 0.8 ppm จะเกิดอาการเป็นพิษอย่างเฉียบพลัน คือจะมีอาการปวดท้องอย่างรุนแรงเกิดอาการช็อค ตื่นเต้นง่าย ความจำเสื่อม และทำอันตรายไต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2) แคดเมียม (Cadmuim)

เป็นโลหะหนักในหมู่ IIB ของตารางธาตุมีเลขอะตอม 48 น้ำหนักอะตอม 112.40 จัดเป็นโลหะอ่อน มีลักษณะสีขาวปนน้ำเงิน ถ้าทิ้งไว้ในอากาศที่ชื้นจะเปลี่ยนเป็นสีคล้ำ ปกติจะมีความเหนียวมาก จะมีความเปราะเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

ใช้เคลือบผิวของโลหะอื่นๆ เช่น เหล็ก เหล็กกล้า สามารถต่อต้านการผุกร่อนได้ดี ถ้าสะสมแคดเมียมในร่างกายในปริมาณสูงจะทำให้คนหรือสัตว์เป็นหมันและมะเร็งได้ ทำให้เกิดโรคความดันสูงเป็นอันตรายต่อไตและตับ และทำให้ไตผิดปกติได้

3) โครเมียม (Cromuim)

โครเมียมเป็นโลหะหนักในหมู่ VIB ของตารางธาตุ มีเลขอะตอมเท่ากับ 24 น้ำหนักอะตอมเท่ากับ 51.996 มีลักษณะเป็นโลหะสีขาวปนน้ำเงิน แข็งแต่เปราะ มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดที่ อุณหภูมิสูง

ใช้ทำโลหะเจือผสมกับโลหะอื่นๆ เช่น เหล็กและนิกเกิล ผลิตเหล็กปลอดสนิม (stainless steel)ใช้เคลือบโลหะเพื่อป้องกันการผุกร่อน

โลหะโครเมียมที่มีความเป็นพิษจะอยู่ในรูปโครเมียมเฮกซะวาเลนส์อิออน (Cr^{6+}) เมื่อเข้าสู่ร่างกายในปริมาณที่เป็นพิษจะทำให้เกิดอาการ อาเจียน ถ้าสัมผัสนานจะเกิดแผลพุพองได้

4) ทองแดง (Copper)

เป็นโลหะหนักในหมู่ IB ของตารางธาตุ จัดเป็นโลหะและโลหะทรานซิชั่น มีเลขอะตอมเท่ากับ 29 น้ำหนักอะตอมเท่ากับ 63.54 มีจุดเดือด 2582 °C และจุดหลอมเหลว 1083 °C

ใช้ทำเส้นลวดไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าและเครื่องมือไฟฟ้าต่างๆ ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างและใช้เคลือบผิวโลหะ

ทองแดงเป็นโลหะที่ร่างกายเราต้องการในปริมาณเล็กน้อย (trace element) เช่น จำเป็นสำหรับกระบวนการเผาผลาญอาหาร ผู้ใหญ่ต้องการทองแดง 2 mg/วัน และร่างกายคนเรามีทองแดงอยู่ 100-150 mg ซึ่งทองแดงจำนวนนี้มีความเข้มข้นสูงสุดที่ตับและกระดูก ดังนั้นจะเห็นได้ว่าทองแดงในปริมาณน้อยจะเป็นประโยชน์แก่ร่างกาย แต่ถ้าได้รับในปริมาณสูงก็จะเกิดโทษและเป็นพิษได้ เช่น ถ้าร่างกายได้รับสารประกอบ $CuSO_4$ จำนวน 27 กรัม จะทำให้ตายได้ แต่ถ้าได้รับในปริมาณน้อยกว่านี้จะเกิดอาการอาเจียน เหนื่บชาและสำลักได้

5) สังกะสี (Zinc)

สังกะสี (Zn) มีเลขอะตอม 30 น้ำหนักอะตอม 65.37 เป็นโลหะที่ค่อนข้างหนัก มีสีขาวปนน้ำเงินนิยมใช้กันมากเพราะราคาถูกทนการกัดกร่อนและใช้ผสมกับโลหะอื่นๆได้ มีความหนาแน่นน้อยกว่าทองแดงเล็กน้อย สังกะสีบริสุทธิ์มีความแข็งแรงต่ำ สังกะสีมักจะเปราะ สังกะสีเป็นโลหะที่มีจุดหลอมตัวต่ำคือประมาณ 419 องศาเซลเซียส มีจุดเดือด 907 องศาเซลเซียส

ในทางอุตสาหกรรมได้แก่ การชุบโลหะ การทำบรอนซ์ ภาชนะโลหะเคลือบ สีน้ำยารักษาคุณภาพไม้ ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเช่น โลชั่นบำรุงผิว ยาสระผมกันรังแค ยารักษาโรคผิวหนัง ยาฆ่าเชื้อโรค ในทางเกษตรใช้เป็นสารคลุกเคล้าฆ่าเชื้อรา

ถ้าร่างกายได้รับปริมาณสังกะสีมากเกินไป สังกะสีจะเข้าไปรบกวนการทำงานของระบบควบคุมต่างๆในร่างกายหรือกระบวนการเมตาบอลิซึม อันตรายมากที่สุดคือเป็นสารก่อมะเร็งในร่างกาย

6) สารหนู (Arsenic)

สารหนู (As) มีเลขอะตอม 33 เป็นธาตุที่ 3 ของหมู่ V 5 ในตารางธาตุ จัดเป็นกึ่งโลหะ น้ำหนักอะตอม 74.9216 amu พบในรูปของสารประกอบ กระจายอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ เปลือกโลกของเรามีสารหนู 5 กรัมต่อตัน

สารหนูส่วนใหญ่ใช้เตรียมสารเคมี ใช้ผสมกับโลหะ เช่น ผสมกับ Pb (As 0.5 ถึง 2%) ในการผลิตกระสุนปืนและแผ่นตะกั่วของหม้อแบตเตอรี่

เป็นพิษอย่างแรง ความเป็นพิษจะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นกับว่ามันอยู่ในรูปธาตุอิสระหรือสารประกอบ และชนิดของสารประกอบ

7) เหล็ก (Iron)

เหล็ก (Fe) มีเลขอะตอม 26 เป็นธาตุในหมู่ VIII ในตารางธาตุ เป็นธาตุแรกของไอร์ออนไตรเอด (Fe, Co และ Ni) จัดเป็นโลหะและโลหะทรานซิชัน น้ำหนักอะตอม 55.847 amu เหล็กมีมากเป็นลำดับที่ 4 ของบรรดาธาตุทั้งหลายในเปลือกโลกของเรา รองจากออกซิเจน (O), ซิลิกอน (Si) และอะลูมินัม (Al) มีปริมาณประมาณ 5% ของเปลือกโลก

เหล็กเป็นโลหะที่ใช้ประโยชน์และมีประโยชน์มากที่สุดในโลกซิวิไลส์ปัจจุบัน เหล็กเกือบทั้งหมดที่ถลุงได้ใช้ประโยชน์ในรูปของโลหะและโลหะเจือ (คือเหล็กกล้า) ใช้เป็นโครงสร้างในการก่อสร้าง อุตสาหกรรมยานยนต์ เครื่องจักร ฯลฯ

เหล็กไม่ปรากฏเป็นพิษต่อร่างกาย ยิ่งไปกว่านั้นยังเป็นธาตุที่ร่างกายเราต้องการในปริมาณเล็กน้อย (trace element) เป็นโลหะจำเป็นสำหรับระบบการย่อยอาหาร เม็ดเลือดแดงของคนและสัตว์มีเหล็กเป็นองค์ประกอบ ทำหน้าที่นำออกซิเจนไปสู่เซลล์ต่างๆของร่างกาย

8) แมงกานีส (Manganese)

แมงกานีส (Mn) มีเลขอะตอม 25 เป็นธาตุแรกของหมู่ VII B จัดเป็นโลหะและโลหะทรานซิชัน น้ำหนักอะตอม 54.938 amu แมงกานีสในรูปของสารประกอบมีกระจายทั่วไปและเป็นธาตุที่มีมากเป็นอันดับที่ 12 ของธาตุทั้งหมดของเปลือกโลกของเรา มักพบปะปนอยู่กับแร่เหล็ก ซึ่งทั่วไปมีความเข้มต่ำเกินไป ไม่คุ้มกับการลงทุนทำเหมืองเพื่อธาตุนี้โดยเฉพาะ

นอกเหนือจากการใช้ประโยชน์ในการเตรียมสารเคมีของแมงกานีสที่มีความบริสุทธิ์สูงเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเภสัชกรรม อาหาร เป็นตัวเร่งของปฏิกิริยาและในการวิเคราะห์ แมงกานีสส่วนใหญ่ใช้ในการควบคุมปริมาณกำมะถันในกระบวนการผลิตเหล็กกล้า และทำโลหะเจือทั้งที่มีเหล็กและที่ไม่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบ โลหะเจือที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย เรียกว่า ferroalloy และโลหะเจือระหว่างแมงกานีสและเหล็ก (และธาตุอื่นๆ เล็กน้อย) เรียกว่า ferromanganese ซึ่งมีหลายชนิด ที่สำคัญชนิดหนึ่งมีองค์ประกอบดังนี้ Mn 78 – 82%, Fe 12 – 16%, C 6 – 8% และ Si 1% โลหะเจือของแมงกานีสมีสมบัติแข็งแกร่งและสามารถป้องกันการขึ้นสนิมได้เป็นอย่างดี

แมงกานีสเป็นหนึ่งในจำนวน 5 ธาตุที่พืชชั้นสูงส่วนใหญ่ต้องการเพียงเล็กน้อย (trace elements) อีก 4 ธาตุได้แก่ โบรอน (B), สังกะสี (Zn), ทองแดง (Cu) และโมลิบดีนัม (Mo) เหตุผลประการหนึ่งที่ธาตุนี้จำเป็นสำหรับพืชเพราะเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จำเป็นสำหรับเอนไซม์บางชนิด พืชที่ขาดแมงกานีสจะเกิดอาการผิดปกติหลายอย่าง ที่สำคัญชนิดหนึ่งเรียกว่า intervenal chlorosis (เพราะขาดคลอโรฟิลล์) ทำให้เกิดรอยเหลืองหรือสีเทาระหว่างเส้น (vein) ของใบ ดังนั้นดินที่ขาดแมงกานีสจึงต้องมีการเติมแมงกานีสพิเศษลงในปุ๋ยที่ใช้ ทั่วไปในรูปของ $MnSO_4$ หรือ MnO

สำหรับคน สารประกอบแมงกานีสทั่วไปถือว่าไม่เป็นพิษ (ถ้าเข้าสู่ร่างกายหรือมีในร่างกายในปริมาณน้อย) เมื่อเปรียบเทียบกับความเป็นพิษของอิออนของโลหะอื่น เช่น ปรอท (Hg), แคดเมียม (Cd), แทลเลียม (Tl), และตะกั่ว (Pb) ฯลฯ อย่างไรก็ตามคุณสมบัติการเป็นตัวออกซิไดซ์อย่างแรงของแมงกาเนตและเปอร์แมงกาเนตเมื่อสัมผัสกับผิวหนังทำให้ผิวหนังเกิดอาการคัน แสบและผื่นแดงได้ อาการพิษที่ร้ายแรงที่สุดเกิดจากการสูดเอาฝุ่นแมงกานีสเข้าไปในปริมาณมากและเป็นระยะเวลายาวนาน ซึ่งไปทำความเสียหายต่อระบบประสาทกลาง อาการพิษจากฝุ่นแมงกานีสมักเกิดจากคนงานที่ทำงานในอุตสาหกรรมที่มีการใช้แมงกานีส เช่น ในอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่ หรือในโรงงานที่ทำการถลุงแร่แมงกานีส หรือโรงงานผลิตเคมีภัณฑ์แมงกานีส อย่างไรก็ตามการดูดฝุ่นแมงกานีสเข้าสู่ร่างกายสามารถป้องกันได้โดยใช้ความระมัดระวังและมาตรการบางอย่าง เช่น ใส่หน้ากากป้องกันฝุ่นและทำให้โรงงานมีการถ่ายเทอากาศที่ดี เป็นต้น

9) ปรอท (Mercury)

ปรอท (Hg) มีเลขอะตอม 80 เป็นธาตุที่ 3 ของหมู่ IIB ในตารางธาตุ จัดเป็นโลหะ น้ำหนักอะตอม 200.59 amu ปรอทเป็นโลหะเดียวเท่านั้นที่มีสถานะเป็นของเหลว ณ อุณหภูมิต่ำกว่า 0 ˚C เป็นโลหะที่มีความดันไอสูงสุด มีสมบัติทางกายภาพแตกต่างจากโลหะอื่นๆ เป็นอย่างมากพบในรูปของธาตุอิสระบ้าง แต่น้อยมาก

ปรอทส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์ในอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุมและมาตรวัดต่างๆ เช่น เทอร์โมมิเตอร์ บาโรมิเตอร์ โดยอาศัยคุณสมบัติความเสถียรการไหลได้ ความถ่วงจำเพาะสูง

ปรอทในรูปธาตุอิสระเป็นพิษไม่มากนัก แต่ไอของปรอทเป็นอันตรายอย่างร้ายแรง เนื่องจาก Hg มีความดันไอต่ำมาก (.0000024 บรรยากาศที่ 25˚C) ดังนั้นโอกาสที่จะรับ Hg เข้าสู่ร่างกายในรูปของไอจึงน้อยมาก อย่างไรก็ตามก็ไม่ควรจะประมาท ในห้องปฏิบัติการทางเคมีที่มีการใช้ปรอทเป็นประจำ หรือเกิดทำเทอร์โมมิเตอร์แตกหรือทำปรอทหก จึงต้องพยายามเปลี่ยนปรอทไปเป็นสารประกอบปรอทที่ไม่ระเหย วิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันในกรณีปรอทหกหรือทำเทอร์โมมิเตอร์แตก ก็คือการโรยผงกำมะถัน (S) บนปรอทนั้น ผงกำมะถันจะทำปฏิกิริยากับ Hg เปลี่ยน Hg เป็น $HgS_{(S)}$

10) การวิเคราะห์โลหะหนัก

การวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (ICP-MS) สามารถวิเคราะห์หาความเข้มข้นของโลหะหนักได้ ในหน่วย ppb (หนึ่งในพันล้าน) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ครั้งหนึ่งได้หลายธาตุ และสามารถควบคุมสิ่งรบกวนที่เกิดขึ้นได้ หลักการของ ICP ใช้การส่งความร้อนเข้าไปหลอดทองแดง เกิดเป็นสนามแม่เหล็กและเกิดความร้อนแล้วจึงปล่อยแก๊สคาร์บอน เพื่อทำให้เกิดการสปาร์คหรือปล่อยประจุไฟฟ้า เพื่อทำให้แก๊สอาร์กอนเกิดการไอออร์ไนส์ได้อิเล็กตรอนเกิดขึ้น โดยมีสนามแม่เหล็กเป็นตัวช่วยเร่งอิเล็กตรอนให้เคลื่อนที่รวดเร็วและหลอดทองแดงทำหน้าที่เป็นขดลวดให้อิเล็กตรอนเพิ่ม เรียกว่า Inductive Coupling ซึ่งอิเล็กตรอนที่เพิ่มขึ้นจนกลายเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่เป็นพลาสมา โดยที่พลาสมาจะเผาตัวอย่างที่ฉีดเข้าไปเพื่อให้แตกตัวเป็นอะตอมหรือไอออน ส่วน Mass Spectrometer ตรวจวัดปริมาณไอออน โดยแยกออกเป็นส่วนๆ ดูความแตกต่างของสัดส่วนประจุต่อมวลของไอออนแต่ละประเภท

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (ICP-MS) ในการวิเคราะห์หาโลหะหนักในน้ำบาดาลบริเวณบริษัทเขตอุตสาห-

กรรมสุรนารี และสถานที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา ได้แก่ สังกะสี โครเมียม ตะกั่ว สารหนู แมงกานีส ทองแดง ปรอท แคดเมียม และเหล็ก ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของโลหะหนักแต่ละชนิดในหนึ่งจุดเก็บตัวอย่าง เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูล

2.5.2 แบคทีเรียโคลิฟอร์ม

แบคทีเรียโคลิฟอร์ม (coliform bacteria) แบ่งได้เป็น 2 พวก ตามแหล่งที่มา คือ ฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal coliforms) เป็นแบคทีเรียที่พบอยู่ในลำไส้ของคน และสัตว์เลือดอุ่น ถูกขับถ่ายออกมากับอุจจาระ ได้แก่ *Escherichia coli* ซึ่งบางสายพันธุ์เป็นเชื้อสาเหตุของโรคทางเดินอาหารด้วย และนันฟีคัลโคลิฟอร์ม (non-fecal coliforms) เป็นแบคทีเรียที่พบมากในดินและพืชไม่เป็นอันตรายเท่ากับพวกแรกแต่ใช้เป็นแบคทีเรียชี้แนะถึงความไม่สะอาดของน้ำ ได้แก่ Enterobacteraerogenes ดังนั้น ถ้าตรวจพบแบคทีเรียโคลิฟอร์มในน้ำ แสดงว่าอาจมีการปนเปื้อนของอุจจาระซึ่งเป็นที่มาของจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อสาเหตุของโรคอีกหลายชนิดตามมาตรฐานของน้ำซึ่งกำหนดโดย American Public Health Association ระบุว่าในน้ำที่มีคุณภาพดีโดยเฉพาะน้ำดื่มต้องมีค่า MP ของแบคทีเรียโคลิฟอร์มน้อยกว่า 2 MPN ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตรหรือน้อยกว่า 1 colony ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร เมื่อตรวจโดยวิธีเยื่อกรอง (membrane-filter technique) จึงจะปลอดภัยต่อผู้บริโภค

วิธีเยื่อกรอง (membrane-filer [MF] technique) เป็นวิธีมาตรฐานอีกวิธีหนึ่งในการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำทางชีววิทยา วิธีนี้สามารถใช้ตรวจหาและตรวจนับทั้งแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด (total coliform bacteria) และฟีคัลโคลิฟอร์ม (fecal coliforms) ได้โดยตรง เป็นวิธีที่ให้ผลแน่นอนและรวดเร็วกว่าวิธี MPN แต่มีข้อจำกัดที่ว่าวิธีเยื่อกรองนี้ไม่สามารถใช้กับตัวอย่างน้ำที่มีความขุ่นมากได้

2.5.3 แอมโมเนีย

แอมโมเนียเกิดจากการย่อยสลายทางชีวภาพของสารอินทรีย์ไนโตรเจน ดังนั้น น้ำที่มีแอมโมเนียจึงมักมีแนวโน้มว่าเป็นน้ำที่สัมผัสกับน้ำเสียหรือน้ำสกปรกและอาจมีเชื้อโรค แอมโมเนียไนโตรเจนที่พบในน้ำธรรมชาติมีปริมาณไม่มากนักเมื่อเทียบกับที่พบในน้ำเสียชุมชนในขั้นตอนของ Kjeldahl สารอินทรีย์ที่มี Nitrogen จะถูกย่อยสลายไปเป็น CO_2 และ H_2O โดยมี Mercurie sulfate เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในสภาวะที่มี Potassium sulfate แล้วได้ Ammonia ออกมา ซึ่งในสภาพกรด Ammonia จะอยู่ในรูปของ NH_4 ไม่ระเหยออกไป จากนั้นสารละลายจะถูกปรับให้อยู่ในสภาพต่างเพื่อให้ Nitrogen อยู่ในรูปของ NH_3 แล้วระเหยออกไป ถูกจับอยู่ในสารละลายกรด

Boric ปริมาณ NH_3 ที่อยู่ในสารละลายกรด Boric จะถูกวัดด้วยวิธีเทียบสี (Colorimetric analysis; เรียกว่า Nesslerization) หรือด้วยกระทำ Titration ของ Ammonia borate ด้วยกรดแก่ตัวเร่งปฏิกิริยา Mercurie sulfate จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้เป็นอย่างดี แต่ก่อนที่จะปรับ pH ให้เป็นด่างเพื่อระเหย NH_3 นั้นจะต้องทำลายสารประกอบเชิงซ้อน Mercury-ammonia เสียก่อน โดยการเติม Sodium thiosulfate พร้อมกับ Sodium hydroxide

ในการวิเคราะห์น้ำ Nitrogen ที่มี Oxidation state [-3] จะเรียกว่า Total Nitrogen (TKN) ซึ่งแยกออกเป็น Organic nitrogen (ON) และ Ammonia nitrogen (AN) โดยที่ TKN = ON + AN ถ้าต้องการหา Ammonia nitrogen อย่างเดียว สามารถกระทำได้ โดยการระเหย Organic nitrogen ก็นำสารละลายที่เหลือจากการระเหย NH_3 ไปทำการย่อยสลายก่อน แล้วจึงทำการระเหย NH_3 อีกครั้งเพื่อจะนำไปทำ Titration

ข้อผิดพลาดในการหา Organic-N และ Ammonia-N จะอยู่ที่การระเหยของสารอินทรีย์ระเหยที่มี Nitrogen (Volatile nitrogen – containing organics) นอกจากนั้น อาจเนื่องมาจาก การย่อยสลายของสารอินทรีย์บางชนิดที่ไปเป็น Ammonia เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ (โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พวกสารประกอบ heterocyclic)

2.5.4 ไนเตรท

สารประกอบไนโตรเจนที่สำคัญในน้ำอย่างหนึ่งก็คือ ไนเตรท (NO^-_3) ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการสร้างโปรตีน เพื่อใช้เป็นอาหารของคนและสัตว์ต่อไป ไนเตรทเกิดจากการที่สิ่งมีชีวิตปล่อยของเสีย ซึ่งมีสารประกอบไนโตรเจนออกมาและเมื่อสิ่งมีชีวิตตายลง โปรตีนภายในสิ่งมีชีวิตจะถูกย่อยสลายเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียซึ่งพืชนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนได้ ถ้ามีปริมาณมากเกินความต้องการ แอมโมเนียจะถูกออกซิไดส์โดยแบคทีเรียไปเป็นไนไตรต์และไนเตรทต่อไป ในน้ำผิวดินจะพบไนเตรทในปริมาณน้อยมักต่ำกว่า 1 มก./ล.N และอย่างสูงไม่เกิน 5 มก./ล.N แต่สำหรับน้ำบาดาลอาจมีไนเตรทสูงตั้งแต่ 0 – 1,000 มก./ล.N ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ไนเตรทนอกจากเข้าสู่แหล่งน้ำจากการเน่าเปื่อยของสิ่งมีชีวิตแล้วยังมาจากปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตรกรรมและน้ำเสียอีกด้วย น้ำที่มีปริมาณไนเตรทสูงเกินไปอาจทำให้เด็กทารกเกิดโรค Methemoglobinemia ดังนั้น จึงกำหนดให้น้ำดื่มไม่ควรมีไนเตรทเกิน 10 มก./ล.

Nitrite (NO_2) เป็นสารประกอบไนโตรเจนชนิดหนึ่ง ซึ่งไม่มีเสถียรภาพ และเกิดขึ้นเป็นสาร intermediate ระหว่างเกิดปฏิกิริยา Nitrification (NH_3 ไปเป็น NO_3) และ Denitrification (NO_3^- ไปเป็น $N_2(g)$)

การหาความเข้มข้นของ Nitrite จะใช้วิธีเทียบสี ซึ่งเกิดจากการที่ NO_2- จับตัวกับ Sulfanilamide และ N-(1 – naphthly) – ethylenediamine dihydrochloride ได้สีม่วง – แดง การวัดสีด้วยเครื่อง Spectrophoto – meter จะเหมาะสมกับช่วงความเข้มข้นระหว่าง 10 ถึง 1000 μg NO_2^- - N/L โดยที่ความเข้มข้น 2.25 μg NO_2^- - *N/L* เหมาะสำหรับการวัดด้วย cuvette ที่มีขนาดทางเดินแสง 1 cm ที่ 543 nm

การวิเคราะห์ Nitrate (NO_3) มีด้วยกันหลายวิธี แต่วิธีที่สะดวกและรวดเร็ว ก็คือ การเทียบสีด้วยสาร Sodium salicylate ซึ่งจับกับ NO_3^- ได้สีเหลือง

2.5.5 คลอไรด์

คลอไรด์พบอยู่ทั่วไปในน้ำธรรมชาติ ทั้งน้ำผิวดินและใต้ดินด้วยระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน โดยเฉพาะในน้ำผิวดินที่ใกล้ปากน้ำหรือบริเวณที่น้ำทะเลหนุนขึ้นมาถึงได้ สำหรับน้ำทะเลและมหาสมุทรจะมีคลอไรด์อยู่ปริมาณที่สูงมาก นอกจากนี้ยังพบคลอไรด์ได้ในน้ำเสียที่เกิดจากสิ่งขับถ่ายของมนุษย์ โดยเฉพาะในปัสสาวะและจากน้ำเสียที่ใช้ในการฟื้นฟูสภาพของเรซินแลกเปลี่ยนประจุหรือน้ำเสียบริเวณชายฝั่งทะเลที่มีการซึมผ่านของน้ำทะเลเข้ามาในระบบบำบัดน้ำเสีย โดยปกติแล้วคลอไรด์ในน้ำไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ แต่อาจใช้เป็นดรรชนีของความสกปรกในน้ำได้ ตามมาตรฐานของน้ำดื่ม กำหนดให้มีคลอไรด์ไม่เกิน 250 มก./ล. เพราะถ้ามีปริมาณมากกว่านี้อาจทำให้น้ำดื่มนั้นมีรสเค็ม ซึ่งทำให้ผู้บริโภคไม่ชอบ แต่อย่างไรก็ตามในบางกรณีน้ำอาจมีคลอไรด์สูงถึง 700 มก./ล. แต่ไม่มีรสเค็ม แต่น้ำอีกสถานที่มีคลอไรด์เพียง 100 มก./ล. ก็เกิดรสเค็มได้ ทั้งนี้เนื่องจากส่วนประกอบทั้งสองแตกต่างกัน (ถ้ามีโซเดียมน้อยจะไม่เค็ม)

วิธีวิเคราะห์คลอไรด์ มี 3 วิธี

1) วิธี Argentometric
2) วิธี Mercuric Nitrate
3) วิธี Potentimetric

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 คุณภาพน้ำบาดาลและผลกระทบต่อสุขภาพ

วิภา มีศิลป์ (2538) พบว่าบริเวณลุ่มน้ำเชียงใหม่ น้ำ บาดาลได้รับการปนเปื้อนจากฟลูออไรด์เกินมาตรฐาน ทำให้ประชาชนมีอาการเจ็บป่วยจากการผิดปกติของกระดูกสันหลังและบริเวณพื้นที่การเกษตร น้ำบาดาลได้รับการปนเปื้อนจากไนเตรทมีปริมาณสูงเกินมาตรฐาน

Weill et al. (1990) การเกิดการปนเปื้อนสารอินทรีย์ในน้ำ บาดาลใช้เวลาในการปนเปื้อนนาน เพราะเป็นสารที่ค่อนข้างเฉื่อย ด้วยการเกิดการปนเปื้อนในน้ำ บาดาล ระหว่าง Chloride และ Nitrate เป็นอัตราส่วนเท่ากัน ซึ่งสารประกอบนี้จัดเป็น Anion ใช้เวลาปนเปื้อนเท่ากัน

พงษ์พอ อาสนจินดา (2539) ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของจุลินทรีย์ต่อปริมาณไนเตรทในน้ำบาดาล ระดับตื้น บ้านนากบ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าไนเตรทในน้ำ บาดาลมีการปนเปื้อนมาจากน้ำไหลซึมจากห้องสุขาหรือคอกสัตว์บริเวณใกล้เคียง

ธงชัย สุธีรศักดิ์และไตรภพ ผ่องสุวรรณ (2551) ศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก Al, As, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, Sn, Zn และ Fe ในดินตะกอนท้องน้ำคลองบางใหญ่ จังหวัดภูเก็ต โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ การวิเคราะห์หาปริมาณ Al, As, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, Sn, Zn และ Fe ที่สะสมในดินตะกอนท้องน้ำ รวมทั้งศึกษาลักษณะการกระจายของโลหะหนัก นำไปสู่การวิเคราะห์ผลและการประเมินถึงพิษภัยและการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยการตรวจวัดโลหะหนักวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP ระบุที่มาของโลหะหนักที่พบในดินตะกอนท้องน้ำ มาจากสาเหตุใด โดยการเปรียบเทียบข้อมูลพื้นฐานกับสภาพทางภูมิศาสตร์และธรณีวิทยาประกอบร่วมกับค่าดัชนีชี้วัดทางด้านสิ่งแวดล้อม จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของโลหะหนัก Al และ Fe มีค่อนข้างมาก อยู่ในช่วง28,945 – 99,961 มก./กก. และ 6,427 – 55,568 มก./กก. รองลงมา คือ Sn และ Pb อยู่ในช่วง 471 – 15,174 มก./กก. และ 17 – 113 มก./กก. ส่วน Mn อยู่ในช่วง 371 – 1,773 มก./กก. โลหะหนักที่ไม่มีค่าเกินมาตรฐานกำหนดได้แก่ As, Cu, Cr,Ni และ Zn โลหะหนักทั้งหมดมาจากการพัดพาของดินตะกอนท้องน้ำและดินตะกอนจากการทำเหมืองแร่ในอดีตมาสะสมในพื้นที่ต่างๆ ของคลอง ซึ่ง Fe และ Al ไม่ค่อยมีพิษต่อสิ่งแวดล้อมมากนัก จึงไม่น่าจะมีผลกระทบต่อคนในพื้นที่

อรวรรณ พู่พิสุทธิ์ และศุลีพร แสงกระจ่าง (2553) ศึกษาความเป็นพิษของขยะอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งประกอบไปด้วยสารพิษอันตราย เมื่อเลิกใช้แล้วจะถูกนำไปรีไซเคิล ฝังกลบ หรือเผาทำลาย อาจทำให้สารมลพิษเหล่านี้รั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์โดยตรง สารพิษอันตรายที่พบมากคือ โลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม โครเมียม แบริลเลียม พลวง และสารอื่นๆ ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีหน่วยงานใดเข้ามารับผิดชอบกับการกำจัดและจัดการกับขยะอิเล็กทรอนิกส์อย่างจริงจัง ซึ่งนอกจากนี้การเผาทำลายขยะของโรงเผาขยะก็เป็นแหล่งปลดปล่อยสารอันตรายที่สำคัญ ในกรณีที่เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ก็จะปล่อยสารที่มีชื่อว่า PAHs (Polycyclic aromatric hydrocarbons) ซึ่งความเป็นพิษที่สำคัญของ PAHs คือความสามารถในการก่อมะเร็ง

C.C.M.lp และคณะ (2007) ศึกษาการตรวจวัดความเข้มข้นของโลหะหนักของ Co, Cr, Cu,

Pb, Zn และ Ni ในตะกอนดินปากแม่น้ำ Pearl รอบๆชายฝั่งปากแม่น้ำ พบว่าความเข้มข้นของ Co อยู่ในช่วง 7.4 – 2.4 มก./กก. , ความเข้มข้นของ Cr อยู่ในช่วง 33.8 – 135 มก./กก. ความเข้มข้นของ Cu อยู่ในช่วง 6.2 – 100 มก./กก., ความเข้มข้นของ Pb อยู่ในช่วง 16 – 96.3 มก./กก., ความเข้มข้นของ Zn อยู่ในช่วง 55.1 – 268 มก./กก. และความเข้มข้นของ Ni อยู่ในช่วง 10.6 – 54.1 มก./กก. ส่วนโลหะหนักจากพื้นที่รอบปากแม่น้ำ พบว่าความเข้มข้นของโลหะหนักของ Co, Cr, Cu, Pb, Zn และ Ni มีค่าอยู่ในช่วงดังนี้ 4.49 – 15.9 มก./กก. , 20.3 – 84.5 มก./กก. , 2.71 – 49.1 มก./กก., 4.6 – 73.8 มก./กก. , 32.2 – 161 มก./กก. และ 13.9 – 48.5 มก./กก.

2.6.2 การปนเปื้อนน้ำบาดาลจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

สมหมาย ขยันดี (2542) ได้ศึกษาคุณลักษณะของน้ำชะขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในสถานที่กำจัดมูลฝอยและคุณภาพน้ำใต้ดินจากบ่อน้ำที่ขุดเจาะบริเวณรอบๆ สถานที่กำจัดในรัศมี 1.5 กิโลเมตร จำนวน 27 บ่อ ทำการสุ่มตัวอย่าง 2 ขั้นตอน คือ การสุ่มแบบเจาะจงเพื่อให้ได้ตัวอย่างรอบๆ สถานที่กำจัดมูลฝอยทั้ง 4 ด้าน สุ่มแบบง่ายเพื่อให้ได้ตัวอย่างจำนวน 17 บ่อ ตัวแปรที่ทำการศึกษา ได้แก่ ตะกั่ว เหล็ก แมงกานีส แคดเมียม และทองแดง ทำการเก็บตัวอย่างระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2540 – กุมภาพันธ์ 2541 ปริมาณสารมลพิษที่ตรวจพบในบ่อน้ำทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และบ่อน้ำทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของสถานที่กำจัดมูลฝอยพบว่า สารมลพิษในน้ำชะมูลฝอยสามารถเคลื่อนตัวไปได้ตามทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน คือจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือไปทิศตะวันออกเฉียงใต้ ระยะทางประมาณ 350 เมตร ห่างจากสถานที่กำจัดมูลฝอย การปนเปื้อนดังกล่าวพบในบ่อน้ำตื้น ระดับความลึกเฉลี่ยไม่เกิน 20 เมตร ปริมาณสารมลพิษที่ตรวจพบเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานแล้วพบว่า Fe และ Mn ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2521) ส่วนปริมาณ Pb, Cu และ Cd มีปริมาณเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่อนุโลมให้มีได้ ผลของการศึกษาแสดงให้เห็นว่าน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่กำจัดมูลฝอย สามารถปนเปื้อนสู่น้ำใต้ดินไกลถึง 350 เมตร เมื่อสถานที่กำจัดมูลฝอยดำเนินการมา 10 ปี น้ำชะมูลฝอยสามารถปนเปื้อนได้ ถึงแม้คุณภาพน้ำใต้ดินจะไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม (2521) ก็ตาม แต่ถ้าประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบๆ สถานที่กำจัดมูลฝอยนำน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ในปริมาณมากๆ จะทำให้น้ำชะมูลฝอยที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน สามารถเคลื่อนที่ได้เร็วและเพิ่มระยะทางมากขึ้นด้วย ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะต้องหามาตรฐานการป้องกันผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการปนเปื้อนดังกล่าว

Ishil *et al.* (1990) ศึกษามลพิษในน้ำใต้ดิน มีสาเหตุมาจากกิจกรรมของมนุษย์ วิจัยคุณภาพน้ำ บาดาล บ่อตื้นในชั้นอุ้มน้ำแบบเปิดโดยศึกษาเฉพาะด้านเคมี พบว่าการปนเปื้อนของ

ไนเตรทและซัลเฟตมากมีสาเหตุมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การใช้ปุ๋ยในการเกษตรกรรม เมื่อฝนตกลงมาก็ซึมลงชั้นน้ำบาดาล และมาจากมูลสัตว์ที่อยู่บริเวณใกล้เคียง

Scrudato and Pagano (1990) ได้ศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นกับน้ำบาดาล จากสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยในเมืองออสเวโก (Oswego) รัฐนิวยอร์ค (New York) ประเทศสหรัฐอเมริกาโดยศึกษาร่วมกับ USGS (United States Geological Survey) ซึ่งสถานที่ฝังกลบแห่งนี้ได้เปิดดำเนินการตั้งแต่ปี 1979 อยู่ในเขตชนบทของรัฐนิวยอร์ค บริการประชาชนได้ 120,000 คน การจัดการดำเนินการฝังกลบนั้นมีข้อบกพร่องในบางส่วนของพื้นที่ทางทิศเหนือของรัฐนิวยอร์ค และพบว่าประชากรร้อยละ 70 จะใช้น้ำบาดาลในอุปโภคบริโภคในครัวเรือน และบ่อน้ำบาดาลหลายบ่อเป็นบ่อที่ลึกอย่างน้อย 10 เมตร และมีสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย ชื่อว่า วอลเนย์ (Volney) อยู่ในเมืองออสเวโก รัฐนิวยอร์ค ตั้งอยู่ทางทิศเหนือของเมืองไซราคัส (Syracuse) ประมาณ 50 กิโลเมตร และได้เปิดดำเนินการฝังกลบมาเป็นเวลา 12 ปี จากผลการศึกษาพบว่าน้ำชะขยะในสถานที่ฝังกลบขยะแห่งนี้มีส่วนประกอบของสารประกอบเชิงซ้อนของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์และเป็นผลจากการทำงานของจุลินทรีย์และฟิสิกส์เคมีที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของน้ำชะขยะ เพราะว่าขยะที่เคยฝังกลบเป็นขยะที่รวมทั้งขยะที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมและขยะที่ได้จากเทศบาลเมือง ทำให้น้ำชะขยะที่ได้เกิดจากของเสียอันตราย และมีการเคลื่อนย้ายของน้ำชะขยะจากแหล่งกำเนิดไปสู่น้ำผิวดินและน้ำบาดาลไปทั่วโลก สารที่ปนเปื้อนในน้ำชะขยะในสถานที่ฝังกลบขยะวอลเนย์ประกอบด้วยสารมลพิษดังแสดงในตารางที่ 2.5

จากตารางที่ 2.5 จะเห็นความเข้มข้นของสารมลพิษที่พบในอัตราที่สูงมาก และจากการตรวจวิเคราะห์ดินและตะกอนพบว่าสารมลพิษมีความเข้มข้นใกล้เคียงกับน้ำชะขยะบริเวณนั้นแสดงว่าดินและตะกอน ได้รับการปนเปื้อนจากสารมลพิษของน้ำชะขยะแล้ว ดังนั้นควรมีการพิจารณาเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอยด้วยวิธีการใหม่แทนการฝังกลบแบบเก่าที่นำขยะไปถมในพื้นที่ต่ำ พื้นที่น้ำท่วมขัง หนองน้ำ และแม่น้ำ ดังที่เคยกระทำมาก่อน วิธีการฝังกลบแบบนั้นต้องมีการออกแบบไม่ให้มีน้ำจากภายนอกเข้าไปผสมกับกองขยะได้ และของเหลวที่เกิดจากการย่อยสลายของขยะเอง ก็ต้องมีการป้องกันไม่ให้แพร่กระจายออกสู่ดิน ตะกอนและน้ำบาดาลได้ จากการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลมาตรวจวิเคราะห์พบว่าการปนเปื้อนในน้ำบาดาลอยู่ในภาวะวิกฤต มีสาเหตุมาจากการเคลื่อนที่ของมลพิษออกจากแหล่งกำเนิด ซึ่งน้ำชะขยะส่งผลกระทบต่อน้ำบาดาลหลายร้อยเมตรจากแหล่งกำเนิด

ชุลีรัตน์ พรมเหลา (2551) ศึกษาเพื่อประเมินการปนเปื้อนและคาดการณ์แนวโน้มการแพร่กระจายตลอดจนการเคลื่อนที่ของแคดเมียม โครเมียม และต ะกั่วในน้ำใต้ดิน น้ำผิวดิน ดิน และพืช บริเวณพื้นที่ใกล้เคียงสถานที่กำจัดมูลฝอย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการ

ปนเปื้อน แคดเมียม โครเมียม และตะกั่ว ของน้ำชะขยะจากสถานที่ฝังกลบน้ำใต้ดิน น้ำผิวดิน ดิน และพืช บริเวณพื้นที่ใกล้เคียงสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย วิธีการศึกษาและประเมินสถานการณ์และทิศทางการแพร่กระจายของแคดเมียม โครเมียม และตะกั่ว บริเวณพื้นที่ใกล้เคียง สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยโดยพิจารณาจากความสัมพันธ์จากทิศทางการไหลของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน เก็บตัวอย่างในช่วงฤดูฝน (กรกฎาคม – ตุลาคม) ฤดูแล้ง (พฤศจิกายน – กุมภาพันธ์) บริเวณรัศมี 500 เมตร รอบหลุมฝังกลบมูลฝอยพบว่าตะกั่วมีการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินสูงกว่าโครเมียมและแคดเมียม ตะกั่วที่พบมีค่าสูงทั้งสองฤดูกาล ผลการศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในพืชพบว่ามันสำปะหลังสามารถดูดซับตะกั่วได้สูงสุด รองลงมาได้แก่ กระเพรา โหระพา การดูดซับของแคดเมียมจะพบว่ามีค่าสูงในมันสำปะหลัง ทั้งนี้ไม่พบการสะสมของแคดเมียมในอ้อย และโลหะหนักทั้ง 3 ชนิด ไม่พบในเมล็ดข้าว

ตารางที่ 2.5 ผลการตรวจวิเคราะห์น้ำชะขยะที่รวบรวมรอบๆบริเวณสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย วอลเนย์

สารมลพิษ	ความเข้มข้น	หน่วย
Total PCB	1.4	µg/L
Methylene chloride	30,000	µg/L
Toluene	660	µg/L
Trichloroethylene	120	µg/L
Chlorides	1500	mg/L
Mercury	0.3	µg/L
Iron	720	mg/L
Zinc	12	mg/L
TOC	12,900	mg/L
Manganese	97	mg/L

ที่มา: Scrudato and Pagano, 1990 : 183.

หมายเหตุ ค่าที่ได้เป็นค่าความเข้มข้นสูงสุดที่วัดได้จากน้ำชะขยะหลายๆ ตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มนตรี บุญเสนอ และคณะ (2537) ศึกษาสภาพอุทกธรณีวิทยาของบริเวณบ้านคำบอน และบริเวณใกล้เคียง เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของขยะมูลฝอยในน้ำบาดาลระดับตื้น จากโครงการกำจัดขยะของเทศบาลเมืองนครขอนแก่น ศึกษาความเป็นไปได้ของมลภาวะของน้ำบาดาลระดับตื้นที่เกิดการปนเปื้อนจากแหล่งกำจัดขยะของเทศบาลเมืองขอนแก่น ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินโดยรวมจะไหลจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือไปยังทิศตะวันออกเฉียงใต้ ผลการทดสอบน้ำบาดาลพบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 6.00 – 7.2 ค่าความนำไฟฟ้าระหว่าง 52.6 – 5250 μS/cm ปริมาณสารที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่า 34.2 – 6500 มิลลิกรัมต่อลิตร คลอไรด์ 5.0 – 1749.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท 0 – 27.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โซเดียม 1.0 – 815 มิลลิกรัมต่อลิตร โปแตสเซียม 0.3 – 16 มิลลิกรัมต่อลิตร และแมงกานีส 0.008 – 2.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณสารเหล่านี้มีค่าสูงในบริเวณตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา และมีค่าต่ำในบริเวณตอนเหนือของพื้นที่ศึกษา ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของน้ำผิวดินบริเวณที่ทิ้งขยะ พบว่า มีความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 8 – 10.2 ค่าความนำไฟฟ้า 7920 μS/cm ปริมาณสารที่ละลายได้ทั้งหมด 17,500 มิลลิกรัมต่อลิตร คลอไรด์ 2109.35 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท 2.32 มิลลิกรัมต่อลิตร โซเดียม 1350 มิลลิกรัมต่อลิตร โปแตสเซียม 1470 มิลลิกรัมต่อลิตร แคลเซียม 10.8 มิลลิกรัมต่อลิตร และแมงกานีส 0.006 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการปนเปื้อนนั้น พบว่ามีการปนเปื้อนจากแหล่งทิ้งขยะในบริเวณที่อยู่ใกล้ๆ กับแหล่งทิ้งขยะเท่านั้น

ศุภาพิชญ์ ตั้งกองทรัพย์ (2546) ศึกษาการปนเปื้อนและการแพร่กระจายของตะกั่วและแคดเมียมจากบริเวณฝังกลบขยะมูลฝอย อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานการณ์ปัจจุบันของระดับการปนเปื้อนและการแพร่กระจายของตะกั่วและแคดเมียม สู่ดิน น้ำ และพืช ซึ่งขุดเจาะบ่อสำรวจโดยรอบบริเวณฝังกลบขยะมูลฝอยจำนวน 20 บ่อ ความลึก 1.5 เมตร ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงฤดูฝน (เดือนกันยายน 2544) และช่วงฤดูหนาว (เดือนมกราคม 2545) โดยเก็บตัวอย่างดินในทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก รอบบริเวณฝังกลบขยะมูลฝอยทิศละ 10 จุด รวม 40 จุด เก็บตัวอย่างน้ำชะขยะทั้ง 4 บ่อ เก็บตัวอย่างน้ำผิวดินในทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ทิศละ 10 จุด รวม 40 จุด เก็บตัวอย่างน้ำในบ่อตรวจสอบคุณภาพน้ำ บริเวณฝังกลบขยะมูลฝอยจำนวน 8 บ่อ เก็บตัวอย่างดินตะกอนตัวอย่างละ 1 กิโลกรัม ทั้ง 4 ทิศ และเก็บตัวอย่างพืชทั้ง 8 บ่อ ไปวิเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในดินและน้ำระหว่างฤดูกาล โดยใช้การทดสอบทางสถิติแบบ Paired – test และเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในดินและน้ำกับทิศทางการแพร่กระจายโดยทดสอบทางสถิติแบบ Ducan Multiple Range Test วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่ว

และแคดเมียมในดินกับคุณสมบัติของดินและปริมาณตะกั่ว และแคดเมียมในน้ำกับดัชนีคุณภาพน้ำ โดยใช้สถิติค่าสหสัมพันธ์จากการศึกษาพบว่ามีการแพร่กระจายไปทิศตะวันออกและทิศใต้มีระดับการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมในดิน พบว่า เดือนมกราคม 2545 แพร่กระจายสูงกว่าเดือนกันยายน 2544 ส่วนปริมาณตะกั่วและแคดเมียมในน้ำ เดือนกันยายน 2544 แพร่กระจายสูงกว่าเดือนมกราคม 2545 ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานน้ำผิวดิน น้ำใต้ดินพบว่าต่ำกว่ามาตรฐาน การปนเปื้อนในดินพบเฉพาะดินบน (ลึก 0 – 15 เซนติเมตร) เท่านั้น

สหัถยา ลาดปาละ (2545) ศึกษาการปนเปื้อนของมลพิษจากน้ำชะขยะในน้ำบาดาล สถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยเทศบาลนครพิษณุโลก ตำบลบึงกอก อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งมีวัตถุประสงค์ก็เพื่อตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของมลพิษจากน้ำชะขยะในน้ำบาดาลที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยวัดระดับน้ำบาดาลเก็บและตรวจวิเคราะห์น้ำบาดาลจากบ่อสังเกตการณ์ 6 บ่อ และบ่อบำบัดน้ำชะขยะ 1 จุด โดยทำการเก็บ 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูฝน (ตุลาคม 2543) ฤดูหนาว (กุมภาพันธ์ 2544) และฤดูร้อน (พฤษภาคม 2544) โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ซึ่งผลการวิจัยระดับน้ำบาดาลในรอบหนึ่งปีขึ้นสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน และลดลงต่ำสุดในเดือนพฤษภาคมมีทิศทางการไหลจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ไปสู่ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ แต่บริเวณบ่อบำบัดน้ำชะขยะ น้ำบาดาลไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ แหล่งกำเนิดมลพิษอาจมาจากบ่อบำบัดน้ำชะขยะ แต่โลหะหนักในน้ำบาดาลอาจจะไม่ปนเปื้อนจากแหล่งกำเนิด ผลการเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาลพบว่าเมื่อปริมาณน้ำบาดาลลดลง ความเข้มข้นของมลพิษส่วนใหญ่เพิ่มขึ้น

อนรรค ยินดีรส (2545) ได้ศึกษาการชะละลายมลสารในน้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบ มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ โดยใช้แบบจำลองชั้นขยะจำนวน 4 ชุด การทดลองทำด้วยท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ซม. สูง 1.20 เมตร บรรจุด้วยขยะย่อยสลายได้ที่มีความหนาแน่น บดอัด 792 กก./ลบ.เมตร ความสูงชั้นขยะ 1.0 เมตร ระยะเวลาทดลอง 120 วัน จำลองปริมาณน้ำฝนที่เติมเข้าแบบจำลองชั้นขยะ 4 อัตรา คือร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ของปริมาณฝนตกเฉลี่ยในแต่ละวันที่มีฝนตก ผลการศึกษาการดูดซับและกักเก็บปริมาณน้ำในชั้นขยะพบว่า ปริมาณน้ำที่เติมเข้าแบบจำลองชั้นขยะช่วยให้เกิดการไหลผ่านของน้ำในชั้นขยะและเร่งอัตราการย่อยสลายทางชีวะ อัตราการชะละลายความสกปรกจากชั้นขยะ ปริมาณน้ำที่เติมเข้าแบบจำลองชั้นขยะแปรผันโดยตรงกับการชะละลายความสกปรกจากชั้นขยะ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าแบบจำลองชุด 1.00 Q ที่มีการเติมปริมาณน้ำสูงสุด มีผลรวมรายวันของน้ำหนักซีโอดี ของน้ำชะขยะมากที่สุดคือ 360 กรัม ซีโอดีและแบบจำลองชุด 0.25 Q ที่มีการเติมปริมาณน้ำต่ำสุด มีผลรวมรายวันของน้ำหนักซีโอดีของน้ำชะขยะน้อยที่สุดคือ 210 กรัม ซีโอดี เป้าหมายของการทดลองเพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุง

วิธีการดำเนินงานฝังกลบและให้เห็นผลดีของการแยกปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำชะขยะให้มากที่สุด จำลองน้ำฝนที่ตกในปริมาณที่แตกต่างกัน ถ้าให้ปริมาณน้ำฝนตกบนหลุมฝังกลบร้อยละ 25 ของปริมาณน้ำฝนทั้งหมดที่ตกบนหลุมฝังกลบ ทำให้ผลรวมรายวันของน้ำหนักซีโอดีของน้ำชะขยะน้อยมาก ทำให้สามารถกักเก็บความสกปรกเอาไว้ภายในขยะได้ ซึ่งจะเป็นวัต ถุดิบที่เปลี่ยนมาเป็นก๊าซชีวภาพที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

จิราภรณ์ หลาบคำ และอุไรวรรณ อินทร์ม่วง (2554) พบว่ามีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาสถานการณ์คุณภาพน้ำและความคิดเห็นของประชาชนต่อปัญหามลพิษทางน้ำของชุมชนบริเวณโดยรอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ศึกษาระหว่างมิถุนายน 2553 – เมษายน 2554 เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสำรวจการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำและแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างที่อาศัยอยู่บริเวณโดยรอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำใต้ดิน พบว่า มีการปนเปื้อนของโลหะหนัก โคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในปริมาณสูง โดยเฉพาะบ้านคำบอน ตั้งอยู่ใกล้สถานที่ฝังกลบมากที่สุด พบว่าตะกั่วและแมงกานีสเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน ส่วนแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรพื้นที่ศึกษา ได้แก่ อ่างเก็บน้ำซำจานและห้วยหมากงอ พบว่า ค่าบีโอดี ตะกั่ว และแมงกานีสสูงเกินมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินเพื่อการเกษตรและการอุปโภคและบริโภค ชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากปัญหามลพิษทางน้ำได้แก่ บ้านโนน บ้านท่อน บ้านท่อนใหม่ และบ้านบึงแก เนื่องจากทิศทางการไหลของน้ำชะมูลฝอยจะไหลไปตามร่องน้ำ ทิศเหนือลงห้วยหมากงอและไหลลงแม่น้ำพอง ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ชุมชนรอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอยมีปัญหามลพิษทางน้ำและมีแนวโน้มว่ามีสาเหตุการปนเปื้อนจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

Mieke Quaghebeur และคณะ (2013) ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของสถานที่ฝังกลบมูลฝอย ซึ่งประกอบด้วยอายุการใช้งานของสถานที่ฝังกลบมูลฝอย ชนิดของขยะในสถานที่ฝังกลบมูลฝอย และขอบเขต ที่ตั้งของสถานที่ฝังกลบมูลฝอย มีทั้งขยะชุมชนและขยะอุตสาหกรรม ซึ่งมีผลที่แตกต่างกันในด้านองค์ประกอบของขยะ ซึ่งศึกษาขยะพลังงาน จะต้องมีองค์ประกอบ คือ เป็นวัสดุที่ให้ค่าความร้อนสูงในการรีไซเคิล ซึ่งขยะอุตสาหกรรมมีส่วนประกอบของโลหะหนัก ได้แก่ Cu, Cr, Ni และ Zn ได้ฟื้นฟูและพัฒนาการบำบัดโดยใช้เทคโนโลยีเพื่อทำให้สถานที่ฝังกลบดียิ่งขึ้น

รัชฎาพร วัชรวิชานันท์และกมณชนก วงศ์สุขสิน (2555) ศึกษาเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักและปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาลโดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ปรับปรุงพื้นผิวทางเคมี เพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและการอุปโภคในเขตตำบลหนองบัวศาลาและตำบลหนองระเวียง จังหวัด

นครราชสีมา ทำการปรับปรุงพื้นผิวทางเคมีของถ่านกัมมันต์ด้วยกรดไนตริกและวิเคราะห์ปริมาณ Fe, Mn, Cu และ Zn ในน้ำบาดาล ในฤดูร้อนและฤดูฝน พบว่า น้ำบาดาลในฤดูร้อนทั้ง 2 ตำบลมีปริมาณ Fe เกินค่ามาตรฐานน้ำบาดาลที่ใช้สำหรับการอุปโภคตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 จากการตรวจวิเคราะห์โลหะหนัก ได้แก่ Fe, Mn, Cu และ Zn ซึ่งตำบลหนองบัวศาลาในฤดูร้อนมีปริมาณโลหะหนักดังนี้ Fe มีค่าเท่ากับ 1.58 mg/l, Mn มีค่าเท่ากับ 0.24 mg/l, Cu มีค่าเท่ากับ 0.1 mg/l และ Zn มีค่าเท่ากับ 0.36 mg/l และในฤดูฝนมีปริมาณโลหะหนัก ดังนี้ Fe มีค่าเท่ากับ 0.35 mg/l, Mn มีค่าเท่ากับ 0.08 mg/l, Cu มีค่าเท่ากับ 0.06 mg/l และ Zn มีค่าเท่ากับ 0.11 mg/l ส่วนในตำบลหนองระเวียงมีปริมาณโลหะหนัก ดังนี้ Fe มีค่าเท่ากับ 0.62 mg/l, Mn มีค่าเท่ากับ 0.06 mg/l, Cu มีค่าเท่ากับ 0.05 mg/l และ Zn มีค่าเท่ากับ 0.36 mg/l และในฤดูฝนมี Fe มีค่าเท่ากับ 0.14 mg/l, Mn มีค่าเท่ากับ 0.02 mg/l, Cu มีค่าเท่ากับ 0.1 mg/l และ Zn มีค่าเท่ากับ 0.07 mg/l

ฉลอง บัวผัน (2538) น้ำจากบรรยากาศตกลงสู่พื้นโลกแล้วซึมลงใต้ดินจะถูกกักเก็บไว้ในดินและหิน น้ำซึมลงใต้ดินในระดับความลึกที่รากพืชสามารถนำไปใช้ได้และน้ำในดิน ยังไม่อิ่มตัวเรียกว่าน้ำในดิน ส่วนน้ำที่เหลือจากการซึมของดินจะไหลซึมลงไป ถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างของดิน ตะกอน หรือ หิน จนวัตถุนั้นอิ่มตัวด้วยน้ำเรียกน้ำนี้ว่า น้ำบาดาล บ่อที่เจาะลงไปในชั้นน้ำเรียกว่าบ่อบาดาล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

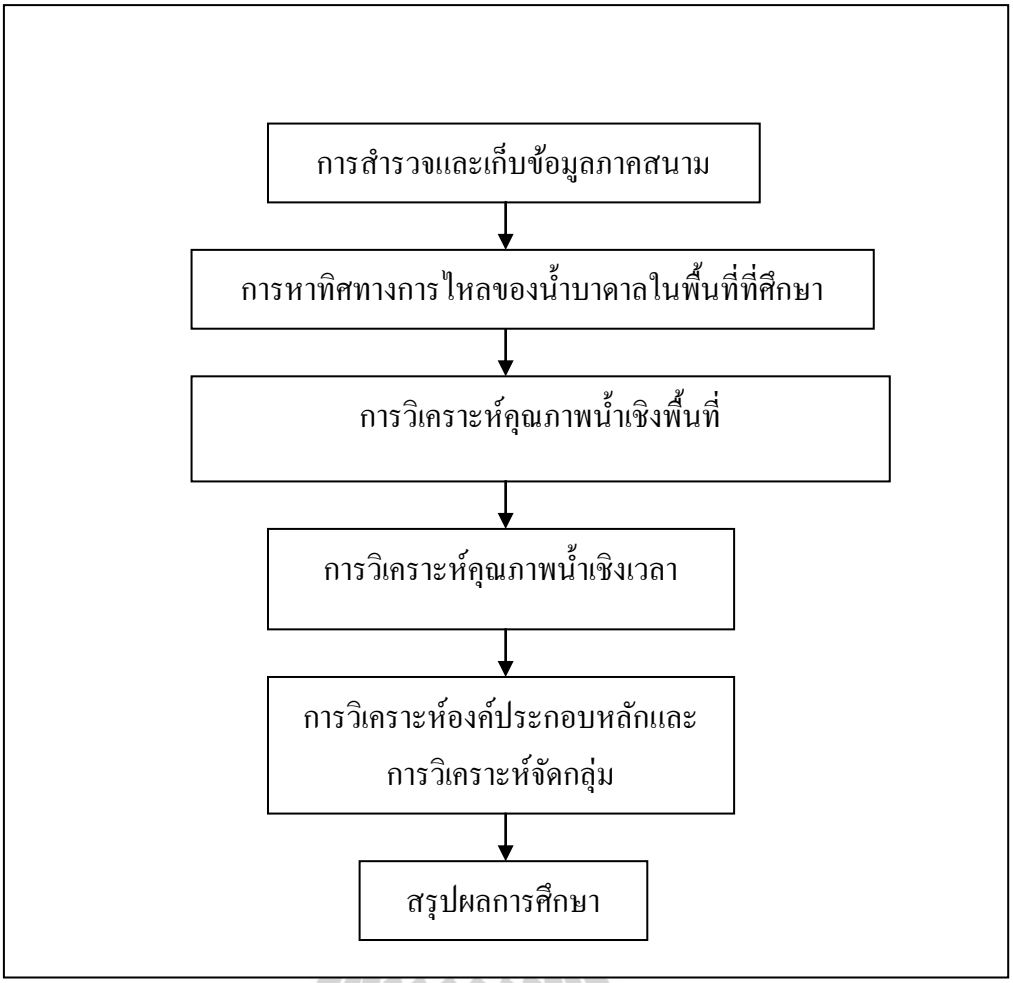
การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ประกอบด้วยการหาทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในบริเวณพื้นที่ศึกษาและการ ตรวจวัดด้านคุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ความขุ่น พีเอช คลอไรด์ แอมโมเนีย ไนเตรท ฟอสฟอรัส ของแข็งละลายได้ทั้งหมด และตรวจวัดโลหะหนัก 9 ชนิด ได้แก่ สังกะสี โครเมียม ตะกั่ว สารหนู แมงกานีส ทองแดง ปรอท แคดเมียม และเหล็ก โดยวิเคราะห์ด้วย Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (ICP – MS) ส่วนการวิเคราะห์ทางสถิติ ประกอบด้วยการวิเคราะห์สถิติพรรณนาของข้อมูลการ เปรียบเทียบคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านแหล่งกำเนิด โดยใช้การทดสอบทางสถิติ การ วิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์จัดกลุ่มโลหะหนักและบ่อบาดาล

3.1 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย

ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม อาคารศูนย์เครื่องมือ 5 อาคารศูนย์เครื่องมือ 1 และ 10 และบริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารีและสถานที่ฝังกลบมูลฝอย เทศบาลนครนครราชสีมา

3.2 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

ขั้นตอนการศึกษาวิจัยแสดง ได้ดังรูป 3.1 และมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอน ดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2.1 การสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม

ผู้ศึกษาได้หาวิธีการและแนวทางในการปฏิบัติ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องเป็นจริง จึงได้ติดต่อประสานงานหน่วยงานที่เกี่ยวข้องแหล่งน้ำ บาดาล โดยตรง ตลอดทั้งส่วนราชการและภาคเอกชนในเขตพื้นที่ที่จะเก็บข้อมูล หน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับน้ำ บาดาล ของจังหวัดนครราชสีมาได้แก่ สำนักทรัพยากรน้ำบาดาล เขต 5 นครราชสีมา ส่วนราชการที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ที่ศึกษาได้แก่ เทศบาลตำบลโพธิ์กลาง องค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัวศาลาและองค์การบริหารส่วนตำบลหนองระเวียง อำเภอเมืองนครราชสีมา รวมทั้งภาคเอกชนเจ้าของกิจการหอพัก

สำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 5 นครราชสีมา ได้ให้ข้อมูลรายละเอียดแหล่งน้ำบาดาล และได้แนะนำวิธีการสร้างอุปกรณ์ในการสำรวจแหล่งน้ำและการเก็บน้ำ บาดาล เพื่อนำมา

วิเคราะห์หาสารมลพิษปนเปื้อนในน้ำ บาดาล เจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องของเทศบาลตำบลโพธิ์กลางและองค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัวศาลา ตำบลหนองระเวียง ได้ให้ความร่วมมือนำสำรวจบ่อบาดาลที่ใช้ได้ในพื้นที่ เพื่อเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินนำมาวิเคราะห์ ในการสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม หน่วยงานราชการและภาคเอกชนเจ้าของกิจการหอพักได้ให้ความร่วมมือในการสำรวจและเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลเป็นอย่างดี

การตรวจวัดพิกัดของบ่อน้ำบาดาล การวัดหาระดับน้ำ บาดาล ได้นำเครื่องมือโดยใช้เครื่อง GPS ในการจับพิกัดของบ่อน้ำบาดาลและอุปกรณ์ที่จัดทำขึ้นได้แก่ สายไฟ หัวจุ่ม เพื่อนำไปใช้ในการวัดหาระดับน้ำและเก็บตัวอย่างนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านกายภาพ ด้านเคมีและโลหะหนัก เพื่อหาการปนเปื้อนของมลพิษ ตามหัวข้อที่ศึกษาต่อไป

(1) อุปกรณ์ในการตรวจวัดระดับน้ำบาดาล ได้แก่

1. ตลับเมตร
2. เครื่องโอมมิเตอร์
3. เครื่อง GPS map 60 csx Garmin
4. สายไฟ ขนาด 2x 2.5 มม.
5. หัวจุ่มวัดระดับน้ำ

ดังแสดงในรูปที่ 3.2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ในการตรวจวัดระดับน้ำบาดาล (1) ตลับเมตร (2) เครื่องโอมมิเตอร์ (3) เครื่อง GPS (4) สายไฟ (5) หัวจุ่มวัดระดับน้ำ

(2) ขั้นตอนในการตรวจวัดระดับน้ำบาดาล

1. ใช้ GPS เพื่อหาพิกัดของบ่อ และวัดระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล
2. ใช้อุปกรณ์การวัดหาระดับน้ำบาดาลโดยหย่งลงในบ่อจนถึงระดับน้ำ
3. ใช้โอมมิเตอร์วัดหาความลึกของน้ำ บาดาล โดยการต่อเชื่อมกับสายไฟฟ้าที่จัดเตรียมไว้
4. บันทึกระดับความลึกของน้ำ บาดาลของบ่อต่างๆ เพื่อนำมาสรุปผลเพื่อหาทิศทางการไหลของน้ำ

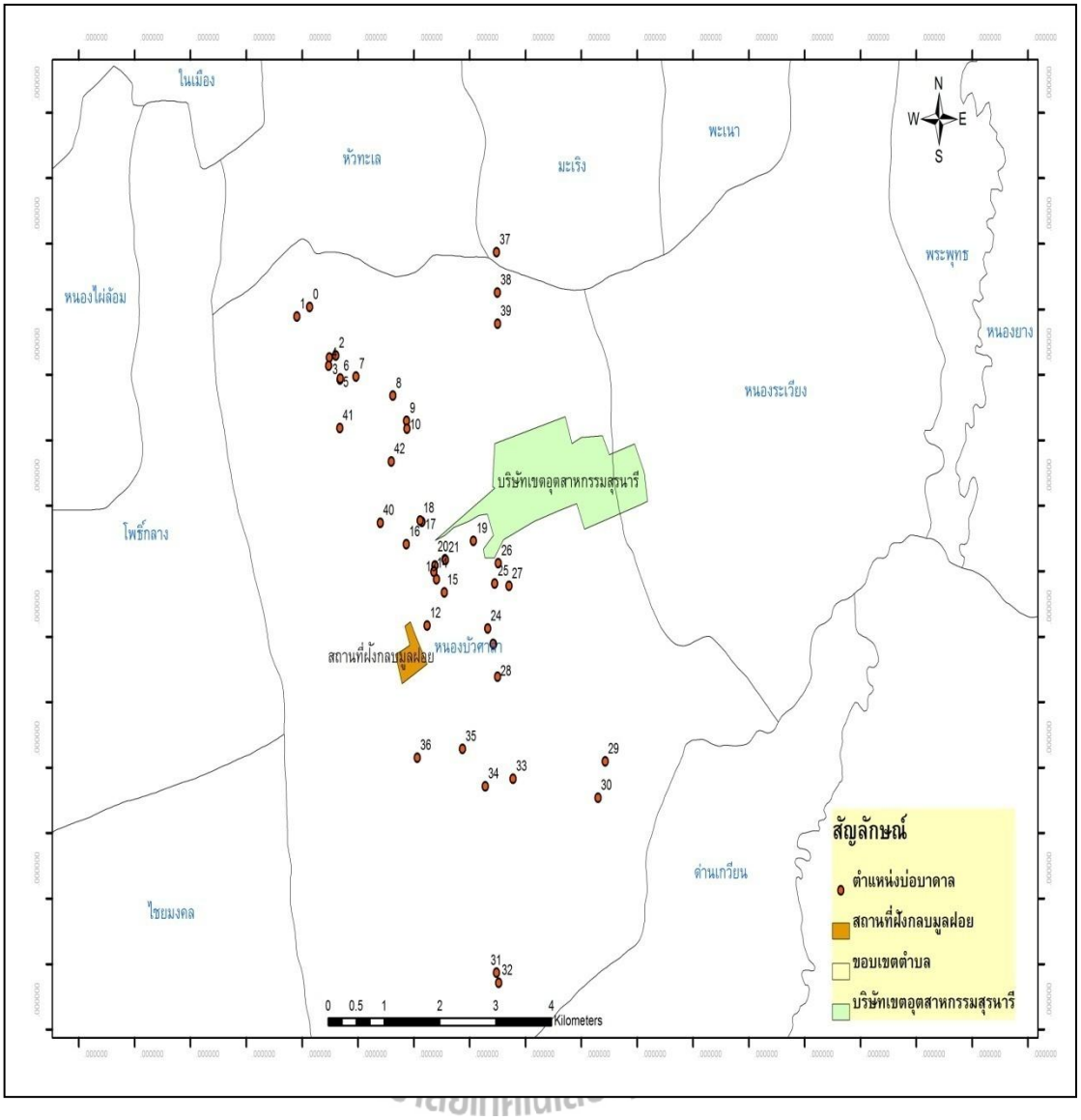
ดังรูปที่ 3.3 ขั้นตอนในการตรวจวัดระดับน้ำบาดาล

(1) เปิดฝาบ่อเพื่อนำสายไฟฟ้าที่เตรียมไว้หยั่งหาระดับน้ำใต้ดิน

(2) หย่อนสายไฟฟ้าลงไปในบ่อเพื่อวัดระยะจากปากบ่อถึงระดับน้ำใต้ดิน

(3) ต่อเชื่อมโอมมิเตอร์กับสายไฟฟ้า เพื่อวัดหาระยะความลึกเพื่อนำไป เปรียบเทียบกับระดับน้ำทะเล และใช้เครื่อง GPS วัดค่าระดับความสูงและพิกัดของแต่ละบ่อ

รูปที่ 3.3 ขั้นตอนในการตรวจวัดระดับน้ำบาดาล (1) บ่อน้ำบาดาล (2) หยั่งหาระดับน้ำ (3) ใช้ GPS วัดค่าพิกัด



รูปที่ 3.4 แหล่งกำเนิดมลพิษและตำแหน่งบ่อบาดาล

3.2.2 การหาทิศทางการไหลของน้ำบาดาล

ทำการสำรวจและตรวจวัดระดับน้ำบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษาโดยมีจุดที่สามารถทำการตรวจวัดได้ทั้งสิ้น 29 จุด และนำข้อมูลมาทำการหาทิศทางการไหลโดยใช้ 2 วิธี ได้แก่ โปรแกรม GIS และวิธีสามเหลี่ยม โดยสำหรับวิธีสามเหลี่ยม มีหลักการดังนี้

1) ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการประเมิน ประกอบด้วย

- ข้อมูลระดับน้ำบาดาลในบ่อ (อย่างน้อย 3 บ่อ) มีตำแหน่งการจัดเรียงตัวเป็น

รูปสามเหลี่ยม เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับระดับอ้างอิงเช่นระดับน้ำทะเลปานกลาง

- ตำแหน่งที่ถูกต้องแน่นอนของบ่อทั้ง 3 โดยเฉพาะระยะห่างระหว่างบ่อทั้ง 3

2) ขั้นตอนในการประเมิน มีดังนี้

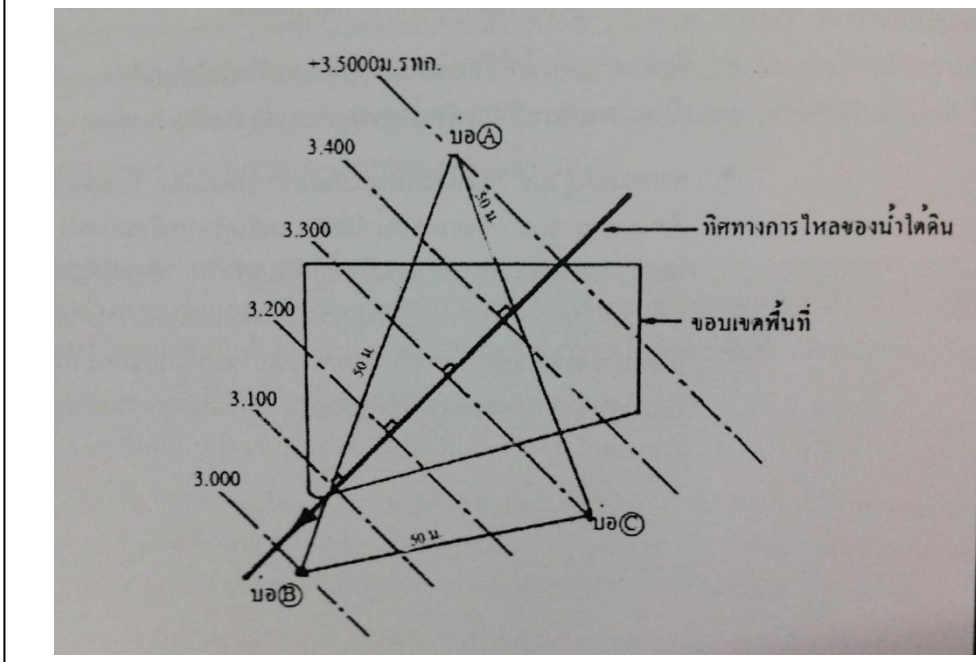
- กำหนดตำแหน่งของบ่อทั้ง 3 ลงในแผนที่
- กำหนดระดับน้ำบาดาลในบ่อจากข้อมูลที่วัดได้ให้ถูกต้อง (หน่วยเป็นเมตรเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลางหรือ ม.รทก.)
- จากสมมติฐานที่ว่าน้ำ บาดาล ไหลโดยมีค่า Hydraulic Gradient คงที่ สามารถกำหนดระดับน้ำบาดาลบนเส้นที่ลากเชื่อมบ่อทั้ง 3 ได้ โดยลากเส้นเชื่อมต่อจุดที่มีระดับน้ำบาดาลเท่ากัน จะได้เส้นแสดงระดับ (Contour) ของน้ำบาดาล จากนั้นให้ลากเส้นแนวระดับของน้ำบาดาลซึ่งจะทำให้สามารถกำหนดหาทิศทางการไหลของน้ำ บาดาลได้ โดยทิศทางการไหลของน้ำบาดาลจะตั้งฉากกับเส้นแสดงระดับ

ตัวอย่างการคำนวณ (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2554)

พื้นที่ปนเปื้อนแห่งหนึ่งมีบ่อตรวจสอบ 3 ตำแหน่ง A B และ C โดยมีระยะห่างระหว่างบ่อ AB เท่ากับ 60 เมตร BC เท่ากับ 40 เมตร และ AC เท่ากับ 50 เมตร โดยบ่อ A มีระดับน้ำใต้ดินเท่ากับ +3.500 ม.รทก. บ่อ B อยู่ที่ระดับ +3.000 ม.รทก. และบ่อ C อยู่ที่ระดับ +3.300 ม.รทก. ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวให้ลากเส้นตรงเชื่อมระหว่างบ่อ A และ B และคำนวณหาระดับน้ำบาดาล ดังนี้

- ระยะระหว่างบ่อ A และ B = 60 เมตร
- ระดับน้ำบาดาลแตกต่างกัน = 3.500 – 3.000 = 0.500 เมตร
- ระดับน้ำบาดาลจะเปลี่ยนแปลง 10 เซนติเมตร ทุกระยะ 2 เมตร

ดังนั้น บนเส้น AB จะสามารถกำหนดตำแหน่งที่มีระดับน้ำบาดาล +3.400, +3.300, +3.200 และ +3.100 ได้ โดยแต่ละจุดจะมีระยะห่างกันเท่ากับ 12 เมตรบนเส้น AB ซึ่งในหลักการเดียวกันจะสามารถกำหนดตำแหน่งระดับ +3.400 บนเส้น AC และระดับ +3.200 และ +3.100 ม.รทก. บนเส้น BC ได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการหาทิศทางการไหลของน้ำบาดาล

3.2.3 วิเคราะห์คุณภาพน้ำเชิงพื้นที่

ทำการคัดเลือกบ่อบาดาลรวม 20 บ่อ ให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำเชิงพื้นที่ ได้แก่ อุณหภูมิ ความขุ่น พีเอช ความนำไฟฟ้า ออกซิเจนที่ละลายน้ำ คลอไรด์ แอมโมเนีย ไนเตรท ฟอสฟอรัส โลหะหนัก ได้แก่ สังกะสี โครเมียม ตะกั่ว สารหนู แมงกานีส ทองแดง ปรอท แคดเมียม และเหล็ก วิเคราะห์หาโลหะหนักด้วย ICP-MS จุดละ 1 ตัวอย่าง รวม 20 ตัวอย่าง โดยวิธีวิเคราะห์ทั้งหมดแสดงไว้ในภาคผนวก ข และสรุปได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์และวิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล

พารามิเตอร์	วิธีการ
1. pH	กระดาษลิตมัส
2. DO	DO meter
3. Conductivity	Conduc meter
4. Temperature	เทอร์โมมิเตอร์
5. Chloride	ปรอทไนเตรท
6. TDS	ทำให้แห้งที่ 103 – 105 องศาเซลเซียส
7. Nitrate	บรูซีน
8. Ammonia	ไตเตรชัน
9. สังกะสี	Inductively Coupled Plasma (ICP) method
10. โครเมียม	Inductively Coupled Plasma (ICP) method
11. ตะกั่ว	Inductively Coupled Plasma (ICP) method
12. สารหนู	Inductively Coupled Plasma (ICP) method
13. แมงกานีส	Inductively Coupled Plasma (ICP) method
14. ทองแดง	Inductively Coupled Plasma (ICP) method
15. ปรอท	Inductively Coupled Plasma (ICP) method
16. แคดเมียม	Inductively Coupled Plasma (ICP) method
17. เหล็ก	Inductively Coupled Plasma (ICP) method

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2.4 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเชิงเวลา

นำข้อมูลทิศทางการไหลของน้ำ บาดาลมาพิจารณา เพื่อเลือกบ่อบาดาลที่เป็นต้นน้ำและปลายน้ำของพื้นที่แหล่งกำเนิดที่ศึกษาทั้ง 2 แห่ง รวม 4 บ่อ เพื่อเก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์คุณภาพน้ำเชิงเวลา สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้จากมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยทำการศึกษาดังนี้

1) สถิติพรรณนาของข้อมูลคุณภาพน้ำและความเข้มข้นของโลหะหนัก
2) แนวโน้มมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลตลอดระยะ 8 สัปดาห์

3) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาล

4) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านแหล่งกำเนิด

3.2.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและการวิเคราะห์จัดกลุ่ม

3.2.5.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis : PCA)

เป็นวิธีวิเคราะห์เพื่อที่จะลดจำนวนตัวแปรและระบุถึงปัจจัยเพื่อให้ทราบถึงแหล่งที่มาของสารมลพิษในน้ำใต้ดิน โดยอาศัยหลักการของความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัว แปรและทำการผสมเชิงเส้นตรง (Linear Combination) ของตัวแปร อธิบายการผันแปรของข้อมูลให้ได้มากที่สุด และทำต่อไปเป็นการผสมที่สองที่สามารถอธิบายการผันแปรได้มากที่สุดเป็นอันดับรองลงลงมา โดยไม่สัมพันธ์กับการผสมแรก ทำการผสมไปเรื่อยๆ จนออกมาเป็นองค์ประกอบหลักหรือเรียกว่าปัจจัยสามารถอธิบายการผันแปรของทุกตัวแปรได้ครบถ้วน โดยที่แต่ละลำดับปัจจัยจะอธิบายการผันแปรได้ลดลงเรื่อยๆ และทุกปัจจัยไม่สัมพันธ์กัน (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2554) โดยมีการวิเคราะห์ปัจจัยดังนี้

1. การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมด (Correlation Matrix) ในรูปแบบเชิงเส้นโดยวิธีของ Pearson Correlation ระหว่างตัวแปรที่ต้องการนำมาจัดกลุ่ม โดยมีเงื่อนไขดังนี้

- ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคู่ใดมีค่าใกล้เคียง +1 หรือ –1 แสดงว่าตัวแปรคู่นั้นมีความสัมพันธ์กันมาก จึงจัดอยู่ในปัจจัยเดียวกัน
- ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคู่ใดมีค่าเข้าใกล้ศูนย์แสดงว่าตัวแปรคู่นั้น ไม่มีความสัมพันธ์กันหรือสัมพันธ์กันน้อยมาก จึงจัดให้กันอยู่คนละปัจจัย
- ถ้าหากมีตัวแปรที่ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่น หรือว่ามีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่น ๆ ที่เหลือน้อยมาก ควรอยู่คนละปัจจัยกับตัวแปรอื่น ๆ

2. การเลือกปัจจัย (Selecting Factor) จะพิจารณาที่ค่า ลักษณะเฉพาะ (Eigenvalues) ซึ่งหมายถึง ค่าความผันแปรหรือความแปรปรวนทั้งหมดในตัวแปรเดิมที่สามารถอธิบายได้โดยปัจจัย ซึ่งค่าลักษณะเฉพาะ จะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 และสูงสุดเท่ากับจำนวนตัวแปร ซึ่งจะพิจารณาเฉพาะปัจจัยที่มีค่าลักษณะเฉพาะมากกว่า 1 และหากค่าลักษณะเฉพาะต่ำกว่า 1 แสดงว่าปัจจัยนั้นไม่สามารถอธิบายตัวแปรใดได้เลย

3. การสกัดปัจจัย (Factor Extraction) อาศัยหลักการความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปร โดยนำความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวที่มีเหมือนกันมาสร้างเป็นสมการเชิงเส้น การนำตัวแปรมาผสมกันจะทำให้เกิดปัจจัยหรือ Component ซึ่งจะเกิดขึ้นมากกว่าหนึ่งปัจจัย แต่ ก็จะมีไม่กี่

ปัจจัยที่สามารถอธิบายแทนกลุ่มตัวแปรได้ทั้งหมด ซึ่งปัจจัยที่ได้มาไม่จำเป็นต้องใช้ทุกปัจจัย โดยมีขั้นดังนี้

- ปัจจัยที่ 1 จะเป็นการผสมแรก โดยมีรายละเอียดของตัวแปรมากที่สุด ซึ่งจะมีค่าความแปรปรวนสูงสุด สามารถอธิบายความหมายของตัวแปรได้ดีที่สุด
- ปัจจัยที่ 2 เป็นการผสมในลำดับต่อมา โดยสามารถนำรายละเอียดที่เหลือจากปัจจัยที่ 1 มาใส่ในปัจจัยที่ 2 ให้มากที่สุด โดยที่ปัจจัยที่ 1 และ ปัจจัยที่ 2 จะไม่มีความสัมพันธ์กันเลย
- ปัจจัยที่ 3 ทำในลักษณะเช่นเดียวกันคือสามารถนำรายละเอียดที่เหลือจากปัจจัยที่ 1 และ 2 มาใส่ในปัจจัยที่ 3 ให้มากที่สุด และสำหรับการสร้างปัจจัยลำดับต่อ ๆ ไปก็ใช้หลักเกณฑ์เดียวกันกับที่ได้กล่าวมาในปัจจัยที่ 1, 2 และ 3

จากการสกัดปัจจัยนี้เราจะได้ค่า Factor Loading ของแต่ละตัวแปร โดยที่ค่า Factor Loading หรือค่าสัมประสิทธิ์ เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จากการที่ตัวแปรได้ถูก Standardized โดยมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 ซึ่งค่า Factor Loading จะใช้ในการพิจารณาว่าตัวแปรใดควรจะอยู่ในปัจจัยใด การที่ค่า Factor Loading ของตัวแปรมีค่าสูง คืออยู่ใกล้ -1 หรือ +1 หากพบอยู่ในปัจจัยใดปัจจัยหนึ่ง ก็จัดได้ว่าตัวแปรนั้นอยู่ในปัจจัยดังกล่าว แต่หากค่า Factor Loading ออกมาในช่วงของค่ากลาง ๆ ก็จะต้องมีการหมุนแกนเพื่อจัดให้อยู่ในปัจจัยที่เหมาะสม

4. การหมุนแกนปัจจัย (Factor Rotation) ทำเพื่อให้ค่า Factor Loading มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงเพื่อให้ทราบว่าตัวแปรนั้นควรอยู่ในปัจจัยใด ซึ่งในกรณีที่ค่า Factor Loading มีค่ากลาง ๆ การระบุปัจจัยให้กับตัวแปรอาจจะทำได้ยาก จึงต้องทำการหมุนแกนเพื่อความชัดเจนยิ่งขึ้น

5. การให้ความหมายแก่ปัจจัย (Factor Meaning) เป็นขั้นตอนที่ต้องกำหนดชื่อหรือให้ความหมายกับปัจจัย โดยจะต้องพิจารณาว่าในปัจจัยนั้นประกอบไปด้วยตัวแปรอะไรบ้าง ซึ่งการให้ความหมายแก่ปัจจัยจะต้องพิจารณาไปที่ตัวแปรที่ค่า Factor Loading สูงซึ่งมีความสำคัญในปัจจัยนั้น ๆ สำหรับขั้นตอนการให้ความหมายแก่ปัจจัยอาจแยกได้ดังต่อไปนี้

- จากขั้นตอนการเลือกปัจจัย จะเลือกเฉพาะปัจจัยที่มีค่า ลักษณะเฉพาะ มากกว่า 1 จากนั้นพิจารณาที่ค่า Factor Loading ของตัวแปรหลังจากที่ได้ทำการหมุนแกนแล้ว โดยดูที่ค่า Factor Loading ของตัวแปรนั้นสูงที่สุดในปัจจัยใด ตัวแปรดังกล่าว ก็จะถูกจัดให้อยู่ในปัจจัยนั้น โดยที่ตัวแปรแต่ละตัวแปรจะถูกจัดให้อยู่ได้เพียงหนึ่งปัจจัย
- เลือกตัวแปรที่มีผลต่อปัจจัยสูง คือที่ มีค่า Factor Loading ของตัวแปรที่สูงที่สุดในปัจจัยนั้น ซึ่งตัวแปรดังกล่าวจะมีผลต่อการอธิบายความหมายให้กับปัจจัยนั้นมากที่สุด

สำหรับตัวแปรที่มีค่า Factor Loading ต่ำ แต่อาจเข้ามาเป็นสมาชิกในปัจจัยนี้ ในบางครั้งกล่าวได้ว่าแม้จะไม่มีตัวแปรดังกล่าวก็สามารถอธิบายความหมายของปัจจัยนั้นได้

- การให้ความหมายแก่ปัจจัย เป็นขั้นตอนที่จะต้องให้ความหมายหรือกำหนดชื่อแก่ปัจจัย ในขั้นตอนนี้จะต้องอาศัยการค้นคว้าข้อมูลอ้างอิง ทบทวนเอกสาร หรือ ใช้ประสบการณ์ ที่มีความชำนาญในการกำหนดหรือให้ชื่อที่สื่อความหมายแก่แต่ละปัจจัย ทำได้โดยพิจารณาลักษณะของตัวแปรที่อยู่ในปัจจัยนั้น ๆ

3.2.5.2 การจำแนกกลุ่มตัวแปรด้วยเทคนิค Cluster Analysis (CA)

วัตถุประสงค์ เพื่อจัดกลุ่มกรณีหรือตัวแปรเพื่อเป็นประโยชน์ในงานด้านต่าง ๆ เป็นเทคนิคที่ใช้จำแนกหรือแบ่งกรณีหรือตัวแปรออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป กรณีที่อยู่กลุ่มเดียวกันจะมีลักษณะที่เหมือนกันหรือคล้ายกัน ส่วนกรณีที่อยู่ต่างกลุ่มกันจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนั้นการพิจารณาเลือกลักษณะตัวแปรที่จะนำมาใช้แบ่งกลุ่มกรณี จึงมีความสำคัญ นอกจากนั้นกรณีใดกรณีหนึ่งจะอยู่ในใดกลุ่มหนึ่งเพียงกลุ่มเดียว ซึ่งหากนำมาใช้ในการแบ่งกลุ่มตัวแปร จะได้ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันมากจะจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน และตัวแปรที่อยู่ต่างกลุ่มกันจะมีความสัมพันธ์กันน้อยหรือไม่มีความสัมพันธ์กันเลย (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2554)
ตัวอย่างของ Cluster Analysis ที่ใช้ในงานด้านต่าง ๆ เช่น การตลาด การปกครอง ฯลฯ มีดังต่อไปนี้

1. ศึกษาพฤติกรรมการบริโภคของกลุ่มผู้บริโภค เพื่อทำให้สามารถวางกลยุทธ์ทางการตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยแบ่งกลุ่มผู้บริโภคออกเป็นกลุ่มย่อย และพิจารณาถึงตัวแปรที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มผู้บริโภค เพื่อที่จะทำให้มีพฤติกรรมการบริโภคที่แตกต่างกัน ตัวแปรอาจจะเป็นกลุ่มกรณีที่ใช้ในการเลือก ได้แก่ อาชีพ อายุ รายได้ เป็นต้น ซึ่งการเลือกตัวแปรเพื่อนำมาใช้ในแบ่งกลุ่มกรณี มีความสำคัญมาก เพราะถ้าเลือกตัวแปรที่ไม่ มีความแตกต่างกันจะทำให้ไม่สามารถแบ่งกลุ่มที่ถูกต้องได้ โดยการเลือกจะต้องพิจารณาว่าตัวแปรใดบ้างที่มีอิทธิพลทำให้เกิดความแตกต่าง ซึ่งเมื่อแบ่งกรณีเป็นกลุ่มย่อยแล้ว จะสามารถศึกษาลักษณะของแต่ละกลุ่มได้ และสามารถนำมาใช้วางแผนการตลาดต่อไปได้อีกด้วย

2. การวางแผนเพื่อการทดสอบการตลาด เช่น การแบ่งกลุ่มพื้นที่หรือจังหวัด โดยจัดเอาจังหวัดที่มีความคล้ายกันไว้ด้วยกัน เพื่อกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาดที่แตกต่างกัน สำหรับตัวแปรที่ควรนำมาพิจารณา สำหรับการ แบ่งกลุ่มอาจ จะเป็นจำนวนประชากร รายได้เฉลี่ย อาชีพของคนในพื้นที่ พฤติกรรม ทัศนคติของคนในพื้นที่ เป็นต้น โดยลักษณะของการแบ่งกลุ่มจังหวัดหากไม่นำตัวแปร เรื่องจำนวนประชากร รายได้ อาชีพ เข้ามาพิจารณา ในการแบ่งกลุ่ม อาจไม่สามารถ ที่จะสร้างเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มได้ถูกต้อง

3. การเปรียบเทียบรถยนต์ยี่ห้อต่าง ๆ โดยที่ ให้รถยนต์แต่ละยี่ห้อคือ 1 กรณี ซึ่งพิจารณาตัวแปรต่าง ๆ เช่น ความถี่ในการซ่อมบำรุง ค่าใช้จ่ายในการเดินทางต่อกิโลเมตร ราคาที่ซื้อมาหรือขายต่อ เป็นต้น ซึ่งเมื่อจัดกลุ่มที่มีความสัมพันธ์กันไว้ด้วยกัน จะเป็นการลดจำนวนข้อมูลที่มีมากให้น้อย ทำให้ง่ายต่อการวิเคราะห์

4. การแบ่งกลุ่มประเทศ โดยใช้ดัชนีชี้วัดทางด้านสาธารณสุข สำหรับตัวแปรที่ใช้ในการแบ่งกลุ่ม เช่น จำนวน บุคลกรทางการ แพทย์ การให้บริการของ โรงพยาบาล การบริโภคหรือคุณภาพชีวิตของคนในประเทศ ซึ่งอาจจะกลุ่มแบ่งเป็น 1 กรณี เป็น 1 กลุ่มประเทศ โดยให้ประเทศที่มีระบบสาธารณสุขคล้ายกันอยู่ด้วยกัน ถ้าประเทศที่มีระบบสาธารณสุขต่างกันจะอยู่ต่างกลุ่มกัน สำหรับ การจัดกลุ่มตัวแปร จะ ทำให้ทราบว่าตัวแปรใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กัน และ การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรบางตัวมีผลกระทบต่อตัวแปรอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรดังกล่าว

คุณสมบัติของเทคนิควิธี Cluster Analysis

1. ความต้องการทางด้านข้อมูล สำหรับการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม กรณี อาจจะต้องใช้ข้อมูลที่ระบุหน่วยและตัวแปรตามที่จัดเก็บมา ส่วนการวิเคราะห์จัดกลุ่มตัวแปรอาจ จะใช้เมตริกแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแทนได้

2. แนวคิดพื้นฐาน สิ่งสำคัญที่สุดของการวิเคราะห์การจัดกลุ่มคือตัวแปร ซึ่งหากไม่ได้เก็บข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับตัวแปร ผลที่ได้อาจจะไม่ดีพอหรือเกิดความไม่น่าเชื่อถือ เนื่องจากตัวแปรที่เลือกไว้ตั้งแต่ ต้นจะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของสิ่งที่ระบุความเป็นกลุ่มย่อย เช่น ในการจัดกลุ่มจังหวัด หากไม่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับจำนวน ประชากร ขนาดของพื้นที่ ก็ไม่สามารถจะตั้งเป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มได้

3. ความคล้ายกัน การดูถึงความคล้ายของกรณี เป็นเทคนิคของการวิเคราะห์ทางสถิติหลายวิธี โดยทั่วไปการวัดความคล้ายจะพิจารณาจากความห่างหรือพิจารณาจากความคล้ายกัน ในส่วนของตัวแปรจะใช้การพิจารณาที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

4. การวัดความห่าง วิธีการวัดความห่างสามารถวัดได้หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของข้อมูลซึ่งสามารถทำการวัดได้ทั้งข้อมูลที่เป็นเชิงปริมาณ ข้อมูลในรูปความถี่ หรือแม้แต่ Binary

สำหรับประเภทของเทคนิค Cluster Analysis มีด้วยกันหลายประเภท แต่ที่นิยมใช้กันมากคือ Hierarchical Cluster Analysis และ K-Means Cluster Analysis โดยวิธีที่ใช้ในงานวิจัยจากการที่ได้ทบทวนมาคือ Hierarchical Cluster Analysis ซึ่งมีเงื่อนไขว่า จำนวนกรณีและตัวแปรต้องไม่มาก (ไม่เกิน 200) ไม่จำเป็นต้องทราบจำนวนกลุ่มมาก่อน และไม่ต้องทราบว่ากรณีหรือตัวแปรอยู่ในกลุ่มใด

ขั้นตอนของเทคนิค Hierarchical Cluster Analysis

1. เลือกตัวแปรหรือปัจจัยที่คาดว่ามีอิทธิพลที่ทำให้กรณีแตกต่างกัน สามารถแบ่งกลุ่มได้ชัดเจน

2. เลือกวิธีวัดระยะห่างระหว่างกรณีหรือวัดค่าความคล้าย แบ่งได้เป็น 3 กรณี คือวัดความคล้ายด้วยระยะห่าง วัดความคล้ายของกรณี และวัดความคล้ายของตัวแปรด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้อาจจะอยู่ในรูปข้อมูลเชิงปริมาณ ข้อมูลในรูปความถี่ หรือ Binary ก็สามารถทำได้

3. เลือกหลักเกณฑ์ในการรวมกลุ่ม

วิธีที่นิยมใช้คือ Agglomerative Hierarchical Cluster Analysis มีเกณฑ์คือ แยกกลุ่ม กรณี โดยให้ 1 กลุ่มมี 1 กรณี โดยมีขั้นตอนการรวมกลุ่ม คือ รวมกรณีเข้าด้วยกันเป็นคู่ ๆ โดยพิจารณาที่ค่าความคล้าย จัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน จากนั้นรวมกลุ่มเพิ่มจากเดิมเรื่อย ๆ จนสุดท้ายได้

ใช้แสดงสาระที่สำคัญของข้อมูล คิค่ากลาง ค่ากระจายสัดส่วนข้อมูลที่มากหรือน้อยกว่าค่ากลาง รวมทั้งข้อมูลที่อยู่ห่างจากกลุ่มมากๆ (Outlier) การสร้าง Boxplot จะใช้ค่าสถิติ 5 ค่า ด้วยกันดังนี้

1. ค่าต่ำสุดของข้อมูลที่ยังไม่ต่ำผิดปกติ
2. ควอไทล์ที่ 1 (Q1)
3. ค่ามัธยฐานหรือควอไทล์ที่ 2 (Q2)
4. ควอไทล์ที่ 3 (Q3)
5. ค่าสูงสุดของข้อมูลที่ยังไม่สูงผิดปกติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

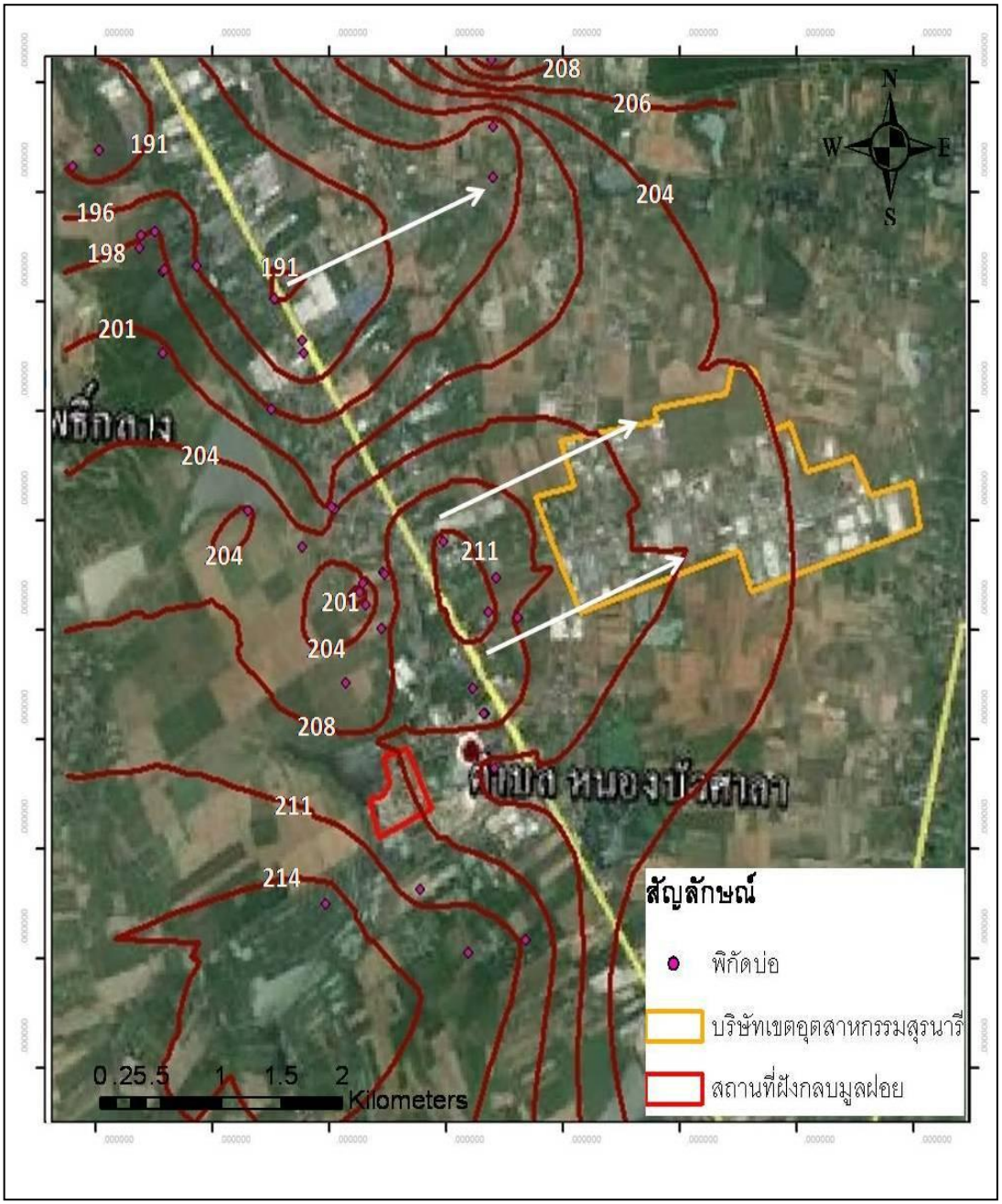
บทที่ 4
ผลการทดลองและการอภิปรายผล

การศึกษา การปนเปื้อนสารมลพิษในน้ำบาดาลบริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารีและสถานที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลนครนครราชสีมา ได้ทำการตรวจวัดระดับน้ำบาดาลในเขตพื้นที่ตำบลหนองระเวียงและตำบลหนองบัวศาลา เพื่อหาทิศทางการไหลของน้ำบาดาลและประเมินสภาพการปนเปื้อนของสารมลพิษในน้ำบาดาล นำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางสถิติของข้อมูลสารมลพิษ

4.1 ผลการศึกษาหาทิศทางการไหลของน้ำบาดาล

พื้นที่บริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา และบริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี ทั้งสองแห่งเป็นพื้นที่เป้าหมายที่ทำการตรวจวัดน้ำบาดาล วิเคราะห์การปนเปื้อนสารมลพิษ เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องสามารถดำเนินการป้องกันและแก้ไขต่อไปดังรูปที่ 4.1 แสดงพื้นที่บริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี พื้นที่สถานที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลนครนครราชสีมา และบ่อน้ำใต้ดินที่ทำการตรวจวัดระดับน้ำ จำนวน 29 บ่อ โดยอยู่ในต.หนองบัวศาลา 20 จุดและต.หนองระเวียง 9 จุด และมีรายละเอียดด้านพิกัดและระดับน้ำที่วัดได้แสดงดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.1 ตำแหน่งบ่อบาดาล 29 บ่อที่ทำการวัดระดับน้ำ

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลบ่อบาดาลในเขตพื้นที่ องค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัวศาลา จำนวน 20 จุด

จุดที่	หมู่ที่	ความสูงจากระดับน้ำทะเล (ม.)	พิกัด X	พิกัด Y	ระยะจากปากบ่อถึงผิวน้ำ (ม.)	ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (m)
1	2	199	0192536	1653452	7.8	191.2
2		209	0192583	1652673	4.6	204.4
3	3	213	0192826	1650858	43.1	169.9
4	4	205	0192826	1649634	8.7	196.3
5		208	0194291	1649830	9.4	198.6
6	5	215	0193215	1648065	29.9	185.1
7		216	0194241	1647898	44.5	171.5
8		218	0193836	1648361	9.8	208.2
9		222	0193219	1648067	29.7	192.3
10	8	197	0194437	1654435	17.3	179.7
11		200	0194453	1653563	7.4	192.6
12	10	205	0191634	1652279	20.8	184.2
13		215	0192356	1651121	16.8	198.2
14	รร.อ่างหนองแหนประชาสามัคคี	205	0195700	1647170	5.9	199.1
15	ศูนย์ขยายพันธุ์ข้าว	207	0191560	1653168	26	181
16		209	0191504	1653152	26	183
17	อบต.หนองบัวศาลา	207	0193098	1651134	13.1	193.9
18	หอพักบริเวณอุตสาหกรรม	214	0193249	1650867	10.4	203.6
19		219	0194311	1651662	39.8	179.2
20		220	0194418	1651579	13.5	206.5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลบ่อบาดาลในเขตพื้นที่ องค์การบริหารส่วนตำบลหนองระเวียง จำนวน 9 จุด

จุดที่	หมู่ที่	สถานที่	ความสูงจากระดับน้ำทะเล (ม.)	พิกัด X	พิกัด Y	ระยะจากปากบ่อถึงผิวน้ำ (ม.)	ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (m)
1	2	บ้านหนองไทร	186	0199287	1658117	10.9	175.1
2	4	บ้านหนองขาม	184	0199130	1650761	3.4	180.6
3	7	บ้านมาบมะค่า	190	0197175	1653370	10.8	179.8
4		วัดมาบมะค่า	190	0196497	1654337	2.7	187.3
5	13	วัดป่าบ้านหนองสมอ	195	0197572	1651605	50	145
6	15	ร.ร. หนองสมอประชาพัฒนา	191	0197460	1649535	25	166
7		บ้านหนองพะลาน	188	0197740	1649598	3.2	184.8
8		อบต.หนองระเวียง บ่อที่ 1	188	0198611	1654834	7.6	180.4
9		อบต.หนองระเวียง บ่อที่ 2	188	0198530	1654772	7.2	180.8

การคำนวณหาระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล มีตัวอย่างการคำนวณ ดังนี้

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = ความสูงจากระดับน้ำทะเล (ม.) – ระยะจากปากบ่อถึงผิวน้ำ (ม.)

ในกรณีจุดที่ 1 ขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัวศาลา จะได้ว่า

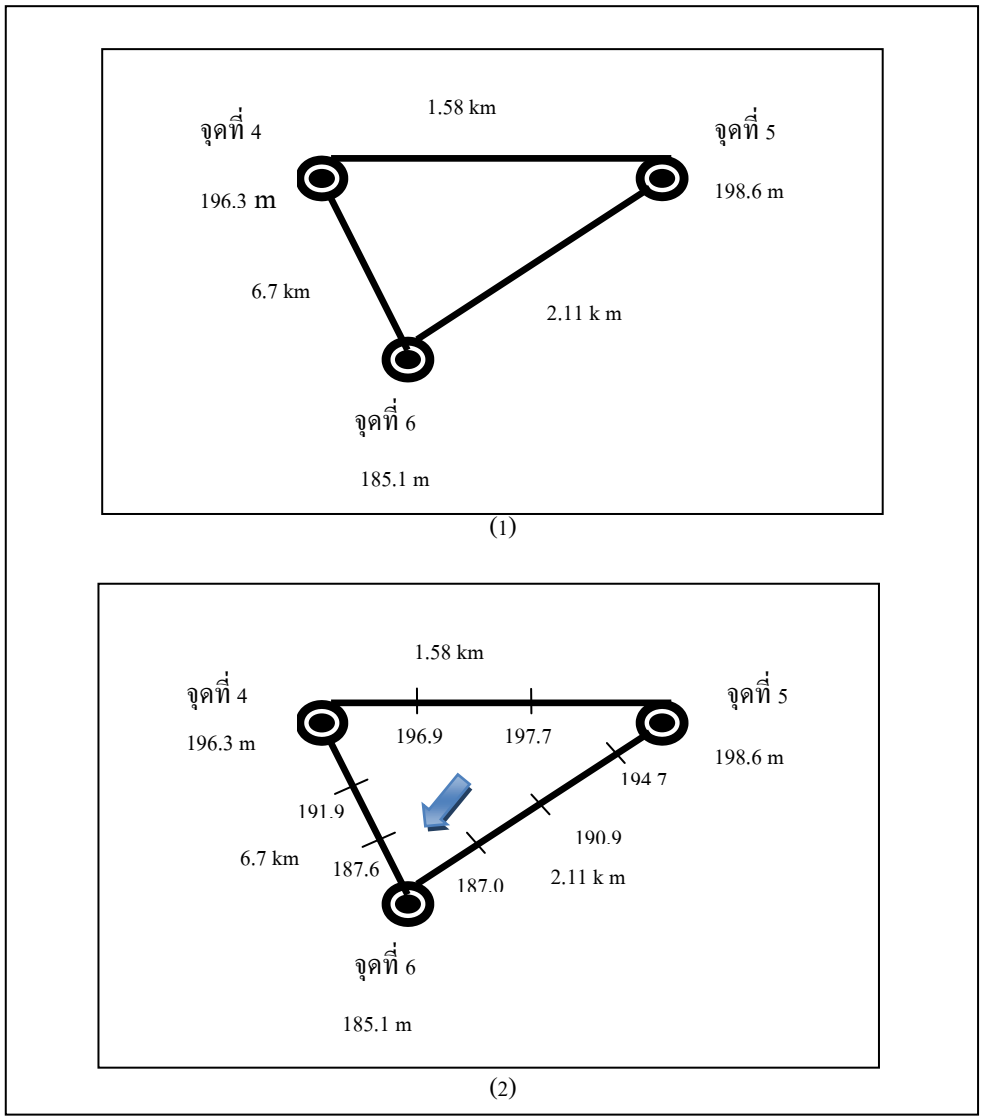
ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = 199 – 7.8

= 191.2 ม.

จากการเก็บข้อมูลในการสำรวจบ่อน้ำบาดาล เมื่อได้ข้อมูลพิกัด x y และระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเลของตำบลหนองระเวียง และตำบลหนองบัวศาลา แล้ว นำผลที่ได้หาทิศทางการไหลของน้ำบาดาล โดยใช้ โปรแกรม GIS ในการหาทิศทางการไหลของน้ำ บาดาลด้วยวิธี Kriging Interpolation เพื่อกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินมาวิเคราะห์หาการปนเปื้อนสารมลพิษ

นอกจากการหาทิศทางการไหลของน้ำบาดาลจากโปรแกรม GIS แล้ว ยังทำการคำนวณหาทิศทางการไหลของน้ำบาดาลเพิ่มเติม จากการคำนวณวิธีสามเหลี่ยม เพื่อเปรียบเทียบและสรุปทิศทางที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างการคำนวณหาทิศทางการไหลของน้ำบาดาลวิธีสามเหลี่ยม แสดงโดยใช้บ่อ 3 บ่อ ได้แก่ จุดที่ 4, 5, และ 6 ของพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัวศาลา ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างการหาทิศทางการไหล (1) ข้อมูลระดับน้ำบาดาลของ 3 บ่อ และระยะห่างระหว่างบ่อ (2) ผลการคำนวณระดับน้ำบาดาลระหว่างบ่อและทิศทางการไหล

(จุดที่1 ⟶ จุดที่2)

ในกระดาษ 2.6 cm ระยะทางจริง = 6.7 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{6.7}{2.6}$ = 2.56 km

ระยะห่าง 6.7 km ความสูงต่าง = 196.3 – 185.1 = 11.2 m

ถ้าระยะห่าง 2.58 km ความสูงต่าง = $\frac{2.58 \times 11.2}{6.7}$ = 4.31 m

(จุดที่3 ⟶ จุดที่1)

ในกระดาษ 2.8 cm ระยะทางจริง = 1.58 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{1.58}{2.8}$ = 0.56 km

ระยะห่าง 1.58 km ความสูงต่าง = 198.6 – 196.3 = 2.3 m

ถ้าระยะห่าง 0.56 km ความสูงต่าง = $\frac{0.56 \times 2.3}{1.58}$ = 0.82 m

(จุดที่3 ⟶ จุดที่2)

ในกระดาษ 3.5 cm ระยะทางจริง = 2.11 km

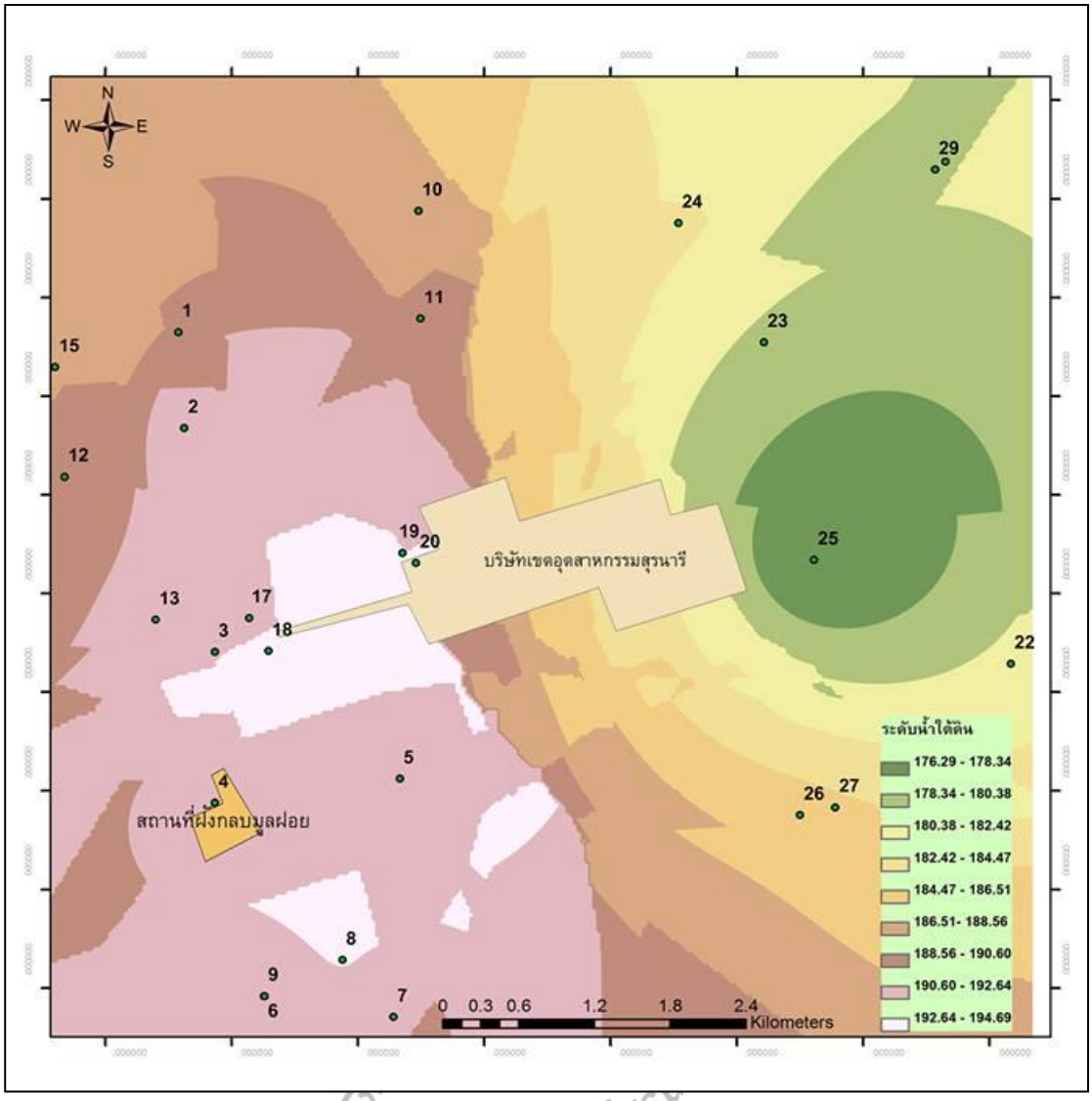
ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{2.11}{3.5}$ = 0.60 km

ระยะห่าง 2.11 km ความสูงต่าง = 198.6 – 185.1 = 13.5 m

ถ้าระยะห่าง 0.60 km ความสูงต่าง = $\frac{0.60 \times 13.5}{2.11}$ = 3.84 m

เมื่อนำไประบุในแผนที่ ซึ่งจะทำให้สามารถกำหนดทิศทางการไหลในพื้นที่ได้ ดังรูปที่ 4.2 (2) เมื่อนำผลการวิเคราะห์ทิศทางการไหลจากโปรแกรม GIS และการคำนวณตามวิธีสามเหลี่ยม สามารถสรุป แผนภูมิ แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาลของตำบลหนองบัวศาลาและตำบลหนองระเวียงดังรูปที่ 4.3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุร

รูปที่ 4.3 แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาลของตำบลหนองบัวศาลาและตำบลหนองระเวียง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

จากผลการศึกษาทิศทางการไหลของน้ำบาดาล จึงทำให้สามารถคัดเลือกจุดที่จะเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำเชิงพื้นที่ จำนวน 20 จุด โดยให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาในตำบลหนองระเวียงและตำบลหนองบัวศาลา โดยมีรายละเอียดจุด ดังตารางที่ 4.3 และแสดงที่ตั้งในรูปที่ 4.4

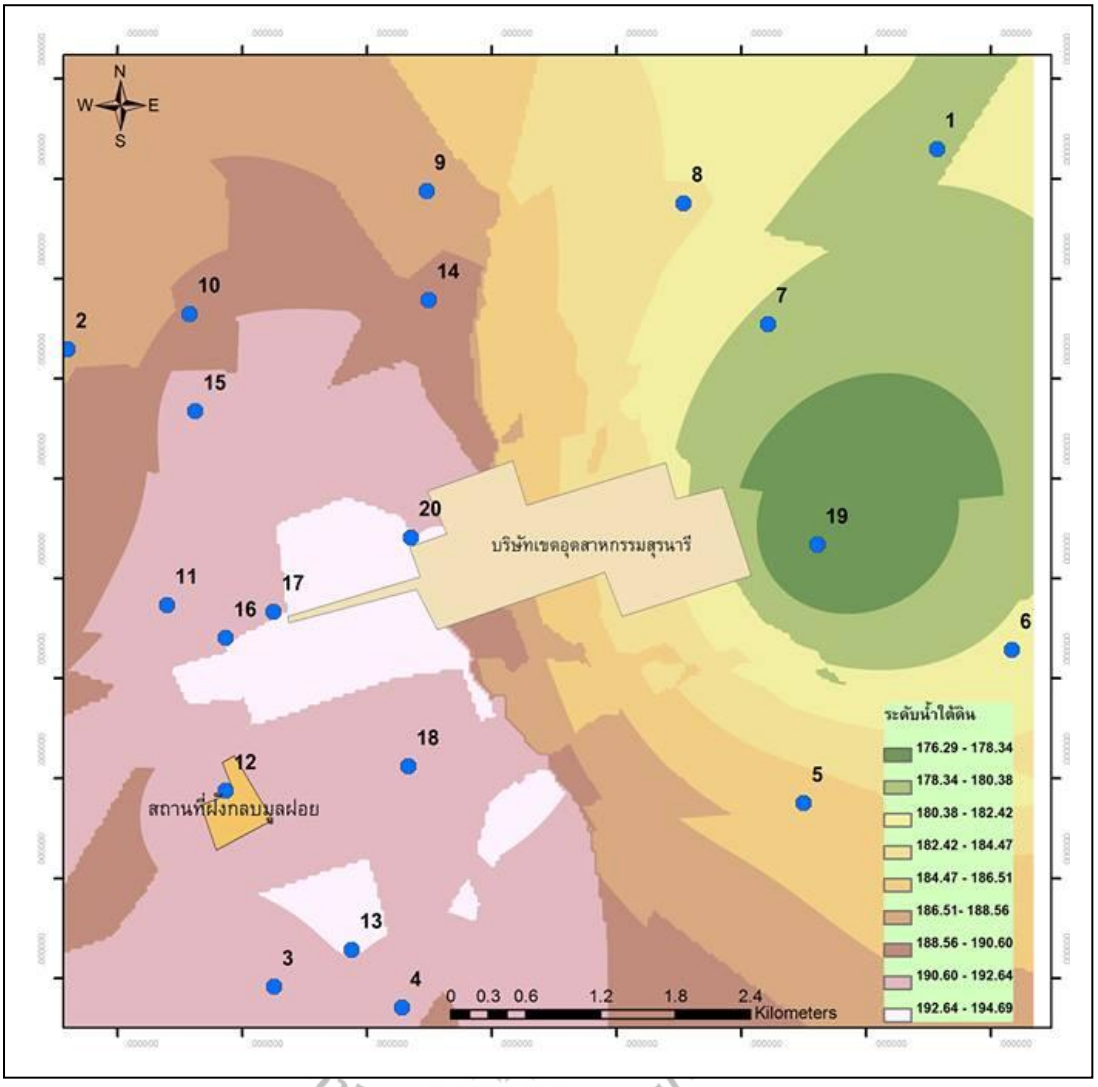
เกณฑ์ในการเลือกจุดเก็บตัวอย่าง

1. เลือกบ่อบาดาลที่สามารถเข้าถึงได้และยังมีการใช้งานปกติ
2. เลือกตำแหน่งบ่อบาดาลให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 4.3 จุดเก็บตัวอย่าง 20 จุด โดยครอบคลุมพื้นที่ของอบต.หนองบัวศาลาและอบต. หนองระเวียง

จุดที่	พิกัด		สถานที่
	X	Y	
1	0198530	165772	อบต.หนองระเวียงบ่อที่ 2
2	0191560	1653168	ศูนย์ขยายพันธุ์ข้าว
3	0193215	1648065	หมู่ที่ 5 ต.หนองบัวศาลา
4	0195700	1647170	ร.ร.อ่างหนองแหนประชาสามัคคี
5	0197460	1649535	ร.ร.หนองสมอประชาพัฒนา
6	0199130	1650761	หมู่ที่4 บ้านหนองขาม
7	0197175	1653370	หมู่ที่ 7 บ้านมาบมะค่า
8	0196497	1654337	หมู่ที่ 7 วัดมาบมะค่า
9	0194437	1654435	หมู่ที่ 8 ต.หนองบัวศาลา
10	0192536	1653452	หมู่ที่ 2 ต.หนองบัวศาลา
11	0192356	1651121	หมู่ที่ 10 ต.หนองบัวศาลา
12	0192826	1649634	หมู่ที่ 4 ต.หนองบัวศาลา
13	0194241	1647898	หมู่ที่ 5 ต.หนองบัวศาลา
14	0194453	1653563	หมู่ที่ 8 ต.หนองบัวศาลา
15	0192583	1652673	หมู่ที่ 2 ต.หนองบัวศาลา
16	0192826	1650858	หมู่ที่ 3 ต.หนองบัวศาลา
17	0193249	1650867	หอพักบริเวณอุตสาหกรรม
18	0194291	1649830	หมู่ที่ 4 ต.หนองบัวศาลา
19	0197572	1651605	หมู่ที่ 13 วัดป่าบ้านหนองสมอ
20	0194418	1651579	หอพักบริเวณอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุร

รูปที่ 4.4 บ่อบาดาลที่เลือกเป็นจุดเก็บตัวอย่าง 20 จุด โดยครอบคลุมพื้นที่โดยรอบของอบต.หนองบัวศาลาและอบต.หนองระเวียง

4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเชิงพื้นที่

หลังจากกำหนดจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 20 จุด ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์ในช่วงวันที่ 23 มกราคม ถึงวันที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2556 โดยพารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัดด้านคุณภาพน้ำ ได้แก่ ความขุ่น , pH , อุณหภูมิ, TDS, Conductivity, ไนเตรท, DO, คลอไรด์, แอมโมเนีย และฟอสฟอรัส และโลหะหนัก ได้แก่โครเมียม แมงกานีส เหล็ก ทองแดง สังกะสี สารหนู แคดเมียม ปรอท และตะกั่ว ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ค่าที่ไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค (กรมควบคุมมลพิษ, 2543) ได้แก่ ความขุ่นซึ่งกำหนดค่ามาตรฐานที่น้อยกว่า 5 NTU และอนุโลมสูงสุด ที่ 15 NTU ความขุ่นซึ่งมีค่าสูงสุดจาก 20 จุด คือจุดที่ 17 บ่อบาดาลที่หอพักบริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรม มีค่า 4.32 NTU

อุณหภูมิของน้ำบาดาล วัดได้ อยู่ระหว่าง 27.33 – 32.66 ^{o}**C** โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 29.25 ^{o}**C** มีค่าไม่แตกต่างจากผลการศึกษาน้ำผิวดินนัก โดยอุณหภูมิของน้ำอาจจะขึ้นอยู่กับช่วงเวลาของวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง

ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (TDS) มีค่าเฉลี่ยที่ 0.43 g/l ซึ่งไม่เกินค่ากำหนดมาตรฐานที่ต่ำกว่า 500 mg/l และ อนุโลมสูงสุดไม่เกิน 1500 mg/l ซึ่งพบว่ามี 2 จุดที่มีค่าค่อนข้างสูงคือ จุดที่ 15 และ 18

ค่า conductivity ของน้ำบาดาลจาก ทั้ง 20 จุด มี ค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 684.50 **µ**S/m ซึ่งค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้โดยสหภาพยุโรป (USEPA Office of Water,1991) ต้องมีค่า ประมาณ 4.7-5.8 **µ**S/cm ซึ่งจะมี ค่าสูงกว่าที่กำหนดไว้เล็กน้อยแต่ ไม่เกินค่าที่ยอมรับได้ที่ 2500 **µ**S/m

ค่า pH ของน้ำใต้ดินจุดเก็บตัวอย่าง 20 จุดมีค่า pH เฉลี่ย ที่ 6.70 และจากหลายจุด มีสภาพเป็นกรด ค่ามาตรฐานที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง pH 7-8.5 และมีเกณฑ์อนุโลมสูงสุดที่ 6.5-9.2 จุดที่ 6 คือ หมู่ที่ 4 บ้านหนองขาม มีค่า pH เท่ากับ 8.18 ซึ่งมีค่าสูงสุด ทั้งนี้และต่ำสุดที่จุดที่ 1 สภาพความเป็นกรดมีความเป็นไปได้ว่าอาจจะมีสาเหตุจากระบบท่อที่เป็นพลาสติกหรือสเตนเลส

ปริมาณคลอไรด์ มีค่าเฉลี่ยที่ 56.25 mg/l ซึ่งไม่เกินกว่าค่าที่ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งจุดที่ 14 หมู่ที่8 ต.หนองบัวศาลา มีคลอไรด์ 203.98 mg/l as Cl ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่ตรวจวัดได้

ตารางที่ 4.4 ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลจุดเก็บตัวอย่าง 20 จุด

จุดที่	ความขุ่น (NTU)	pH	อุณหภูมิ (^{0} C)	TDS (g/l)	Conductivity (µS/m)	ไนเตรท (mg/l)	DO (mg/l)	คลอไรด์ (mg/l)	แอมโมเนีย (mg/l)	ฟอสฟอรัส (mg/l)
1	1.88	3.61	32.10	0.57	810.00	20.49	2.51	53.42	0	86
2	1.62	4.78	32.66	0.34	490.00	5.73	3.47	34.00	0	184
3	0.30	7.66	27.36	0.20	290.00	1.50	4.87	68.00	0	130
4	0.68	7.71	27.34	0.16	220.00	19.28	3.80	9.70	0	96
5	1.03	7.52	27.37	0.22	300.00	3.93	3.47	19.43	0	84
6	1.50	8.18	31.46	0.39	560.00	1.29	3.39	53.42	0.19	118
7	0.35	5.20	29.40	0.35	500.00	8.53	3.25	35.45	0	84
8	0.81	7.40	29.18	0.55	820.00	3.89	2.49	38.85	0	84
9	0.34	7.38	32.57	0.51	750.00	27.90	4.18	53.42	0	84
10	0.17	4.38	27.59	0.45	690.00	10.44	4.39	106.85	0	92
11	0.22	7.21	29.74	0.22	300.00	13.24	3.98	34.00	0	84
12	0.17	5.23	28.43	0.71	1150.00	7.42	4.94	4.86	0	146
13	0.80	7.81	28.37	0.21	320.00	5.78	7.20	77.71	0	96
14	0.85	4.40	30.64	0.54	1500.00	0.81	4.70	203.98	0	92
15	0.13	7.60	28.09	0.72	1130.00	90.07	3.97	53.42	0	100
16	0.55	7.70	29.93	0.24	360.00	60.92	4.07	1.62	0	88
17	4.32	7.97	27.69	0.63	980.00	5.20	4.87	111.70	0	84
18	0.15	7.31	28.61	0.85	1390.00	53.93	4.09	48.57	0	84
19	0.41	7.40	29.13	0.55	730.00	0.86	2.47	87.42	0.28	84
20	0.35	7.62	27.33	0.28	400.00	54.83	3.97	29.14	0	84
$\bar{X}$	**0.83**	**6.70**	**29.25**	**0.43**	**684.50**	**19.80**	**4.00**	**56.25**	**0.02**	**99.20**
SD	**0.97**	**1.46**	**1.79**	**0.20**	**382.46**	**25.14**	**1.07**	**46.30**	**0.07**	**26.35**
มาตรฐานเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	**5**	**7 – 8.5**	**-**	**ไม่เกินกว่า 600 mg/l**	**-**	**ไม่เกินกว่า 45 mg/l**	**-**	**ไม่เกินกว่า250 mg/l**	**-**	**-**
มาตรฐานเกณฑ์อนุโลมสูงสุด	**20**	**6.5 – 9.2**	**-**	**1,200 mg/l**	**-**	**45 mg/l**	**-**	**600 mg/l**	**-**	**-**

ที่มา: มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2542)

ตารางที่ 4.5 ผลวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำบาดาลจุดเก็บตัวอย่าง 20 จุด

จุดที่	Cr (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Zn (mg/l)	As (mg/l)	Cd (mg/l)	Hg (mg/l)	Pb (mg/l)
1	0	0.235	0.205	0.001	0	0.002	0	0.006	0.001
2	0.78×10^{-4}	0.002	0.585	2.04×10^{-4}	2.85	0.001	0	0.004	0.001
3	0.002	0.004	0.346	0.003	2.64	0.002	0	0.004	0.004
4	0	1.9×10^{-4}	0.011	0.003	0	4.1×10^{-4}	0	0.004	4.68×10^{-4}
5	0	0	0.006	1.67×10^{-4}	0	0.001	0	0.002	0.001
6	0	0.437	0.636	6.02×10^{-4}	0	0.003	0	0.003	2.85×10^{-4}
7	0	0.184	0.006	4.53×10^{-4}	0	0.001	0	0.003	3.84×10^{-4}
8	0	0.397	0.007	0.002	0	0.002	0	0.003	6.11×10^{-4}
9	1.64×10^{-4}	0	0.184	0.003	0	0.002	0	0.002	4.56×10^{-4}
10	0	0.005	0.006	0.014	0.022	0.001	0	0.003	0.004
11	0	4.8×10^{-4}	0.009	5.35×10^{-4}	0.075	3.68×10^{-4}	0	0.002	0.001
12	0	0.343	0.004	0.007	0	7.5×10^{-4}	0	0.004	0.006
13	0.011	0	0.019	0.002	0.024	6.9×10^{-4}	0	0.006	0.007
14	0	0.058	0.142	0.004	0.026	0.001	0	0.002	0.006
15	0	0	0	4.72×10^{-4}	0.026	0.002	0	0.001	0.006
16	0	3.8×10^{-4}	0.071	2.75×10^{-4}	0	0.001	0	0.002	6.1×10^{-4}
17	1.08×10^{-4}	0.508	1.136	5.25×10^{-4}	0	0.001	0	0.18×10^{-4}	9.3×10^{-4}
18	0	0	0.004	9.08×10^{-4}	0	7.32×10^{-4}	0	2×10^{-4}	2.35×10^{-4}
19	0	0.387	0.003	0.002	0	0.002	0	0.001	8.4×10^{-4}
20	0.93×10^{-4}	1.8×10^{-4}	0.008	0.002	0.019	0.001	0	0	0.001
$\bar{X}$	**0.0007**	**0.1281**	**0.1694**	**0.0024**	**0.2841**	**0.0013**	**0**	**0.0026**	**0.0021**
SD	**0.0024**	**0.1833**	**0.2978**	**0.0032**	**0.8425**	**0.0007**	**0**	**0.0017**	**0.0024**
มาตรฐานเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	-	**ไม่เกินกว่า 0.3 mg/l**	**ไม่เกินกว่า 0.5 mg/l**	**ไม่เกินกว่า1.0 mg/l**	**ไม่เกินกว่า 5.0 mg/l**	**ต้องไม่มีเลย**	**ต้องไม่มีเลย**	**ต้องไม่มีเลย**	**ต้องไม่มีเลย**
มาตรฐานเกณฑ์อนุโลมสูงสุด	-	**0.5 mg/l**	**1.0 mg/l**	**1.5 mg/l**	**15.0 mg/l**	**0.05mg/l**	**0.01 mg/l**	**0.001 mg/l**	**0.05 mg/l**

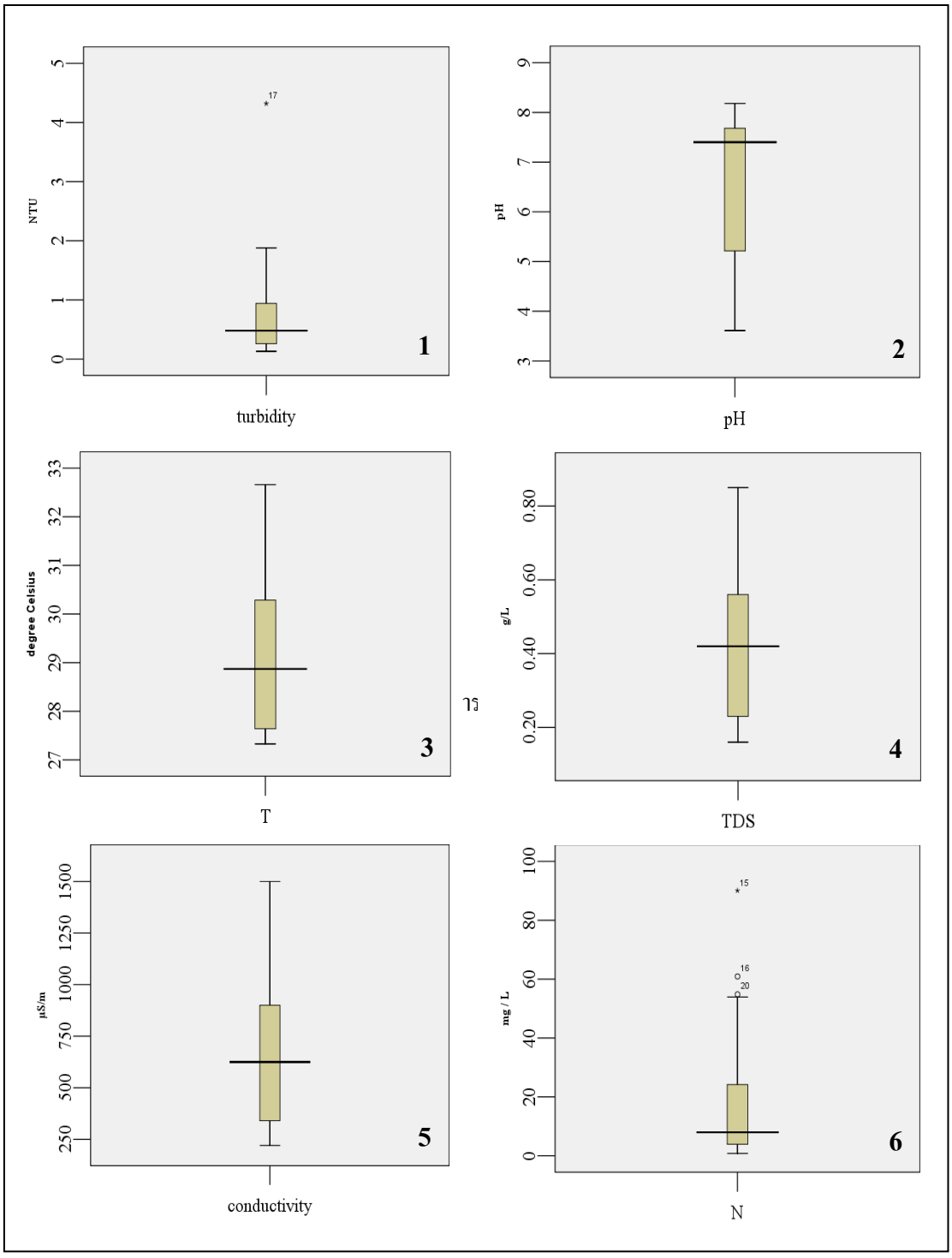
ที่มา: มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2542)

ค่าที่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค ได้แก่ ไนเตรท ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 45 mg/l ซึ่งจุดที่เกินมีดังนี้ จุดที่ 15 คือ หมู่ที่ 2 ต.หนองบัวศาลา มีค่าไนเตรท 90.07 mg/l จุดที่ 16 คือ หมู่ที่ 3 ต.หนองบัวศาลา มีค่าไนเตรท 60.92 mg/l จุดที่ 18 คือ หมู่ที่ 4 ต.หนองบัวศาลา มีค่าไนเตรท 53.93 mg/l และจุดที่ 20 คือ หอพักบริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมมีค่าไนเตรท 54.83 mg/l

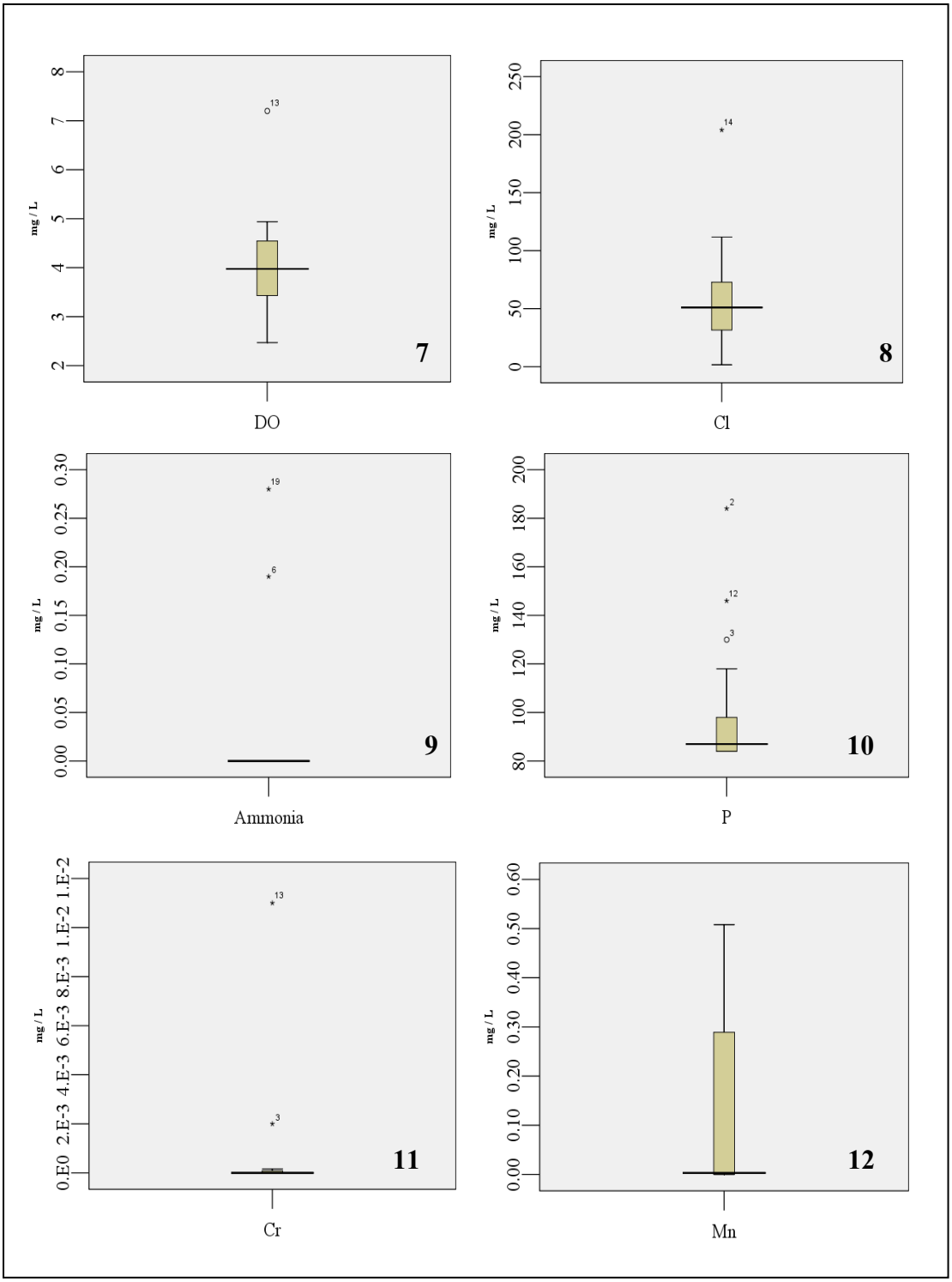
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าโลหะหนักที่วัดได้ในน้ำบาดาลจุดเก็บตัวอย่าง 20 จุด โดยมาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคโดยระบุว่าจะต้องไม่มีสารพิษได้แก่ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), ปรอท (Hg) และตะกั่ว (Pb) เลย โดยมีปริมาณที่อนุโลมได้เพียงปริมาณเศษส่วนร้อย ข้อมูลส่วนนี้อยู่ใน 4 คอลัมน์ สุดท้ายของตารางที่ 4.5 โดยพบว่าน้ำบาดาลพื้นที่โดยรอบของอบต.หนองบัวศาลาและอบต.หนองระเวียง มีปริมาณปรอทเจือปนอยู่สูงมาก โดยสูงกว่ามาตรฐาน 2-3 เท่าตัว สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), และตะกั่ว (Pb) พบในปริมาณที่อนุโลมได้ ซึ่งโลหะหนักที่เกินค่ามาตรฐาน 3 ค่า ได้แก่ แมงกานีส (Mn) เหล็ก (Fe) และปรอท(Hg) ดังนี้ แมงกานีส (Mn)เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล มี 1 จุด คือจุดที่17 0.508 mg/l ซึ่งค่ามาตรฐานไม่เกิน 0.5 mg/l , เหล็ก (Fe) เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล มี 1 จุด คือจุดที่17 1.136 mg/l ซึ่งค่ามาตรฐานไม่เกิน 1mg/l และ ปรอท (Hg) เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล มี 14 จุด คือ จุดที่ 1 – จุดที่ 14 0.006, 0.004, 0.004, 0.004, 0.002, 0.003, 0.003, 0.003, 0.002, 0.003, 0.002, 0.004, 0.006 และ 0.002 mg/l ซึ่งค่ามาตรฐานไม่เกิน 0.001 mg/l

จากข้อมูลในตารางที่ 4.4 และ 4.5 นำมาสร้างเป็น Boxplot ดังรูปที่ 4.5 เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบรูปแบบของการแจกแจงของข้อมูลในงานด้านสิ่งแวดล้อมมี 2 กรณีคือการแจกแจงแบบ normal และ lognormal ซึ่งพบว่า พารามิเตอร์ที่มีการแจกแจงข้อมูลใกล้เคียงแบบปกติ(normal)คือมีลักษณะสมมาตรได้แก่ อุณหภูมิ (รูป 3), TDS (รูป 4), conductivity (รูป 5), Cl (รูป 8) และ Hg (รูป 18) ซึ่งอธิบายได้ ว่าพารามิเตอร์เหล่านี้มีค่าส่วนใหญ่เกาะกลุ่มที่ค่าเฉลี่ยและมีค่าที่อาจพบสูงหรือต่ำกว่าค่าเฉลี่ยในโอกาสเท่าๆ กัน

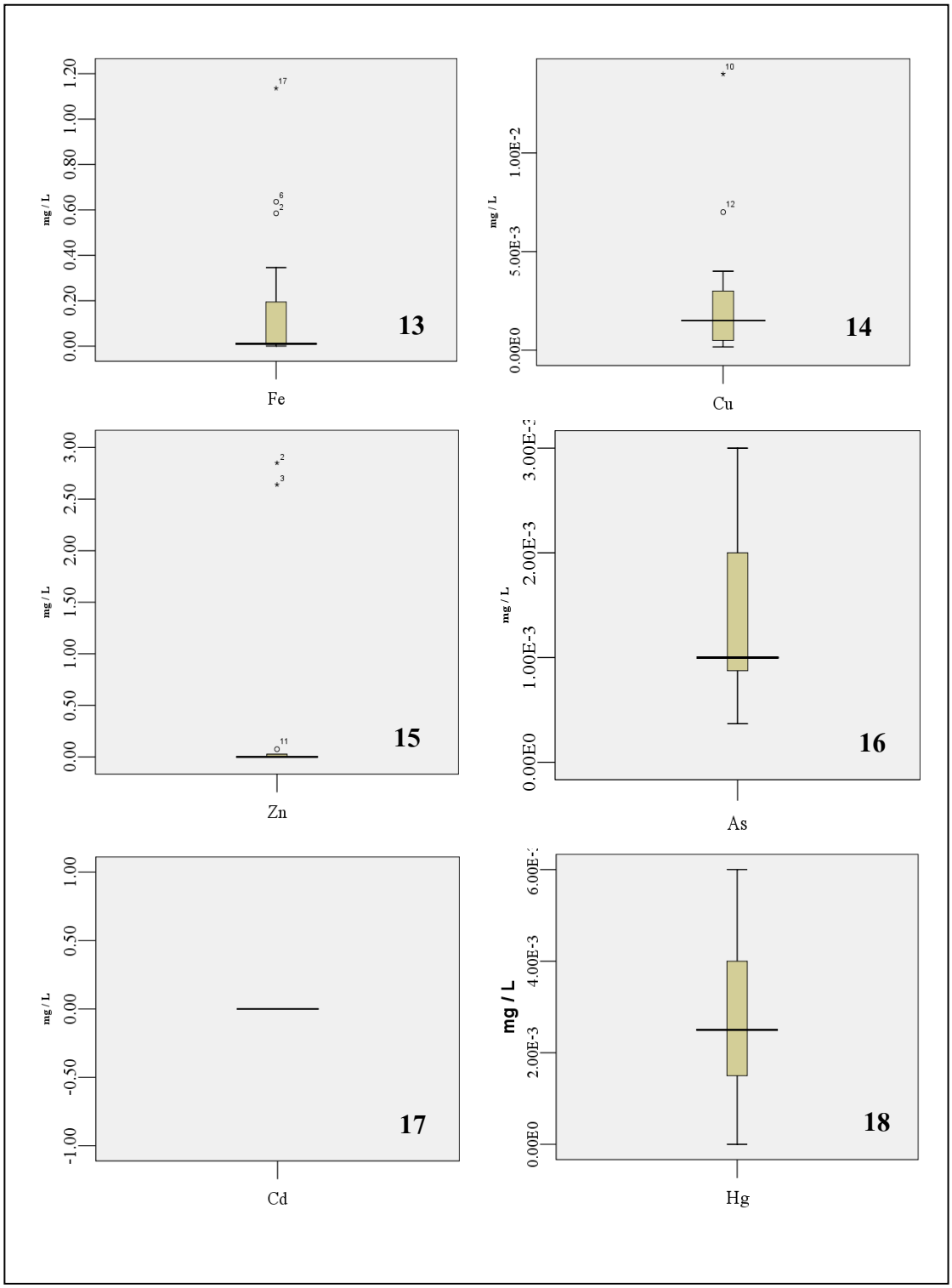
ส่วนพารามิเตอร์ ที่มีการแจกแจงข้อมูลใกล้เคียงแบบ Log normal คือ มีลักษณะที่ค่ามัธยฐานอยู่ค่อนมาทางต่ำและมีหางยาวในทางค่าสูง ได้แก่ turbidity (รูป 1) , N (รูป 6) , DO (รูป 7) , P (รูป 10) , Mn (รูป 12) , Fe (รูป 13) , Cu (รูป 14) , As (รูป 16) และ Pb (รูป 19) ซึ่งอธิบายได้ว่าพารามิเตอร์กลุ่มนี้มีค่าส่วนใหญ่เกาะกลุ่มกันค่อนมาทางน้อยหรือใกล้เคียง 0 ค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยและมีโอกาสพบค่าที่สูงออกจากกลุ่มมากๆ ได้



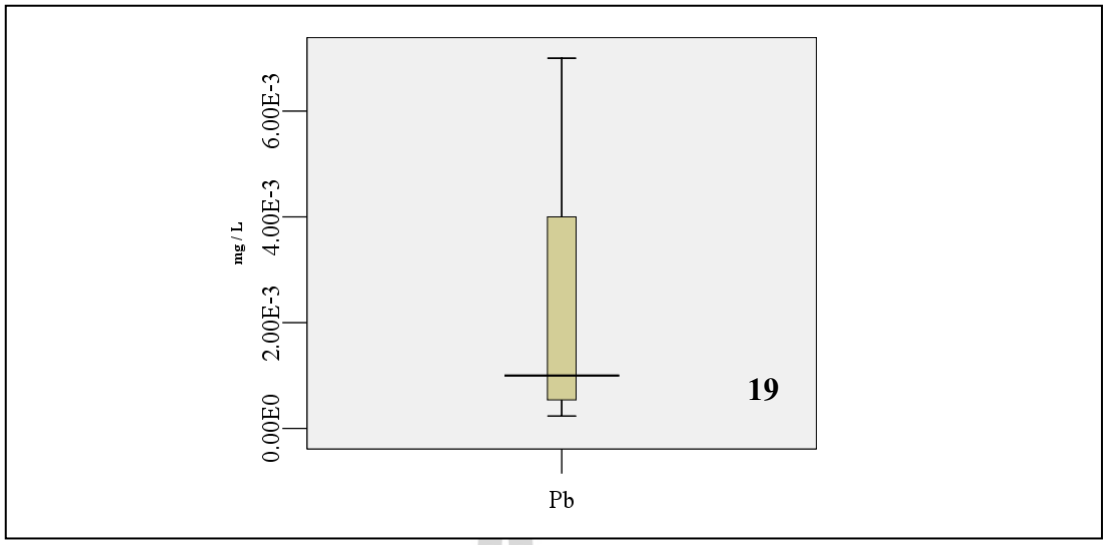
รูปที่ 4.5 ลักษณะของ Boxplot ของพารามิเตอร์ที่ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลของ 20 จุด (1) ความขุ่น (2) pH (3) อุณหภูมิ (4) ของแข็งละลายน้ำได้ทั้งหมด (5) ค่าการนำไฟฟ้า (6) ไนเตรท



รูปที่ 4.5 ลักษณะของ Boxplot ของพารามิเตอร์ที่ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลของ 20 จุด (7) ออกซิเจนละลายน้ำ (8) คลอไรด์ (9) แอมโมเนีย (10) ฟอสฟอรัส (11) โครเมียม (12) แมงกานีส(ต่อ)



รูปที่ 4.5 ลักษณะของ Boxplot ของพารามิเตอร์ที่ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลของ 20 จุด (13) เหล็ก (14) ทองแดง (15) สังกะสี (16) สารหนู (17) แคดเมียม (18) ปรอท (ต่อ)



รูปที่ 4.5 ลักษณะของ Boxplot ของพารามิเตอร์ที่ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลของ 20 จุด (19) ตะกั่ว (ต่อ)

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเชิงพื้นที่ทั้งหมด 20 จุด ได้เก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์โดยมีพารามิเตอร์ที่ตรวจวัดด้านคุณภาพน้ำ ได้แก่ ความขุ่น, pH , อุณหภูมิ, TDS, Conductivity, ไนเตรท, DO, คลอไรด์, แอมโมเนีย และฟอสฟอรัส และโลหะหนัก ได้แก่โครเมียม แมงกานีส เหล็ก ทองแดง สังกะสี สารหนู แคดเมียม ปรอท และตะกั่ว ซึ่งผลที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.2 ทั้งหมดข้างต้นสามารถตอบวัตถุประสงค์การศึกษาในข้อที่ 1 คือ เพื่อศึกษาและประเมินสภาพการปนเปื้อนของมลพิษในน้ำบาดาล ทางด้านกายภาพ ด้านเคมี โลหะหนัก ในพื้นที่ศึกษาได้โดยอาศัยการเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาลเป็นเกณฑ์การประเมิน ซึ่งมลพิษที่มีค่าเกินค่ามาตรฐานดังกล่าว เป็นสิ่งชี้บ่งถึงการปนเปื้อนในพื้นที่

4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเชิงเวลา

ในส่วนการวิเคราะห์เชิงเวลา ได้ทำการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจติดตามผลทั้งหมด 4 จุด ระยะเวลา 8 สัปดาห์ (วันที่ 23 มกราคม 2556 ถึงวันที่ 13 มีนาคม 2556) โดยเลือกจุด ก่อนผ่าน – หลังผ่านแหล่งกำเนิดมลพิษทั้ง 2แหล่งคือ บริษัทเขตอุตสาหกรรมและสถานที่ฝังกลบมูลฝอย ได้ผลการกำหนดจุด 4 จุด ได้แก่ 1) หมู่ที่ 4 ตำบลหนองบัวศาลา 2) เทศบาลตำบลโพธิ์กลาง 3) วัดป่าหนองสมอ ตำบลหนองระเวียง 4) หอพักใกล้บริษัทเขตอุตสาหกรรม โดยรูปที่ 4.6 แสดงบ่อทั้ง 4 จุด และรูปที่ 4.7 แสดงแผนที่ของบ่อ ทั้ง 4 บ่อ

เกณฑ์การเลือกจุดเก็บตัวอย่าง

1. พิจารณาทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาที่ได้จากการศึกษาในหัวข้อ 4.1
2. เลือกจุดเก็บตัวอย่าง 4 จุด จากบ่อบาดาลที่เหมาะสมและสามารถเป็นตัวแทนจุดก่อนและหลังผ่านแหล่งกำเนิดได้ดีที่สุด เพื่อตรวจติดตามเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์
3. เลือกจุดที่ 1 คือ จุดก่อนผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย อยู่หมู่ที่ 4 ต.หนองบัวศาลา
4. เลือกจุดที่ 2 คือจุดหลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย อยู่ที่เทศบาลตำบลโพธิ์กลาง
5. เลือกจุดที่ 3 คือ จุดก่อนผ่านบริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี อยู่ที่วัดป่าหนองสมอ ต.หนองระเวียง
6. เลือกจุดที่ 4 คือ จุดหลังผ่านบริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี อยู่ที่ หอพักใกล้เขตอุตสาหกรรม

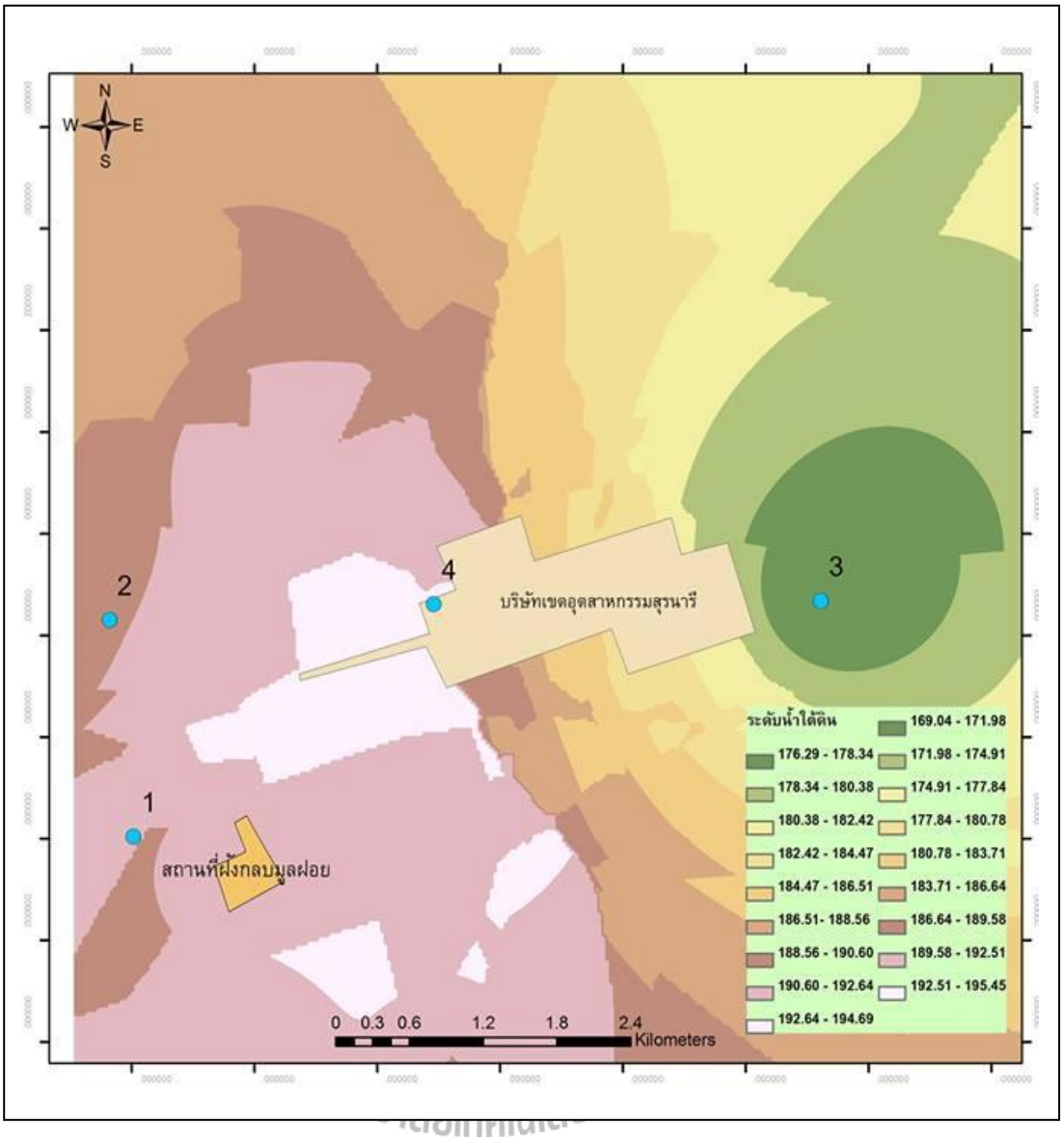
จุดที่ 1 หมู่ที่ 4 ต.หนองบัวศาลา
(จุดก่อนผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย)

จุดที่ 2 เทศบาลตำบลโพธิ์กลาง
(จุดหลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย)

จุดที่ 3 วัดป่าหนองสมอ ต.หนองระเวียง
(จุดก่อนผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี)

จุดที่ 4 หอพักใกล้บริษัทเขตอุตสาหกรรม
(จุดหลังผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี)

รูปที่ 4.6 จุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 4 จุดเพื่อศึกษาวิเคราะห์เก็บตัวอย่างเชิงเวลา



รูปที่ 4.7 แผนที่แสดงจุดที่ตั้งของบ่อบาดาลทั้ง 4 บ่อ (1) จุดทั้งหมด 4 จุด (2) จุดที่ 1 หมู่ที่ 4 ต.หนองบัวศาลา (3) จุดที่ 2 เทศบาลตำบลโพธิ์กลาง (4) จุดที่ 3 วัดป่าหนองสมอ ต.หนองระเวียง (5) จุดที่ 4 หอพักใกล้บริษัทเขตอุตสาหกรรม

4.3.1 คุณภาพน้ำบาดาลของสถานที่ฝังกลบมูลฝอย เทศบาลนครนครราชสีมา

บริเวณบ่อตรวจติดตาม (บ่อสังเกตการณ์) จากการเก็บตัวอย่างเมื่อวันที่ 28 พฤษภาคม 2557 มีผลการตรวจวิเคราะห์ ดังนี้

ดัชนีตรวจวิเคราะห์ (mg/l)	ผลการตรวจวิเคราะห์ บริเวณบ่อตรวจติดตาม (บ่อสังเกตการณ์) (mg/l)	มาตรฐาน (mg/l)
1.Mn	0.661	ไม่เกิน 0.5
2.Pb	0.040	ไม่เกิน 0.01
3.Ni	0.028	ไม่เกิน 0.02
4.Cu	0.010	ไม่เกิน 1.0
5.Zn	0.114	ไม่เกิน 5.0
6.Cd	0.00344	ไม่เกิน 0.003
7.As	0.0547	ไม่เกิน 0.01
8.Se	0.0005	ไม่เกิน 0.01
9. Cr^{6+}	< 0.01	ไม่เกิน 0.05
10.Hg	< 0.0005	ไม่เกิน 0.001

* มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 พ.ศ.2543

สรุปผลการตรวจวิเคราะห์

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล บริเวณบ่อตรวจติดตาม (บ่อสังเกตการณ์) พบว่า ทองแดง (Cu), สังกะสี (Zn), ซีลีเนียม (Se), โครเมียมประจุบวก 6 (Cr^{6+}) และปรอท (Hg) มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดคุณภาพน้ำบาดาลตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 พ.ศ. 2543 ยกเว้น แมงกานีส (Mn), ตะกั่ว (Pb), นิกเกิล (Ni), แคดเมียม (Cd) และสารหนู (As) ที่มีค่าสูงเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

4.3.2 คุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมี

ตารางที่ 4.6 แสดงผลคุณภาพน้ำที่หมู่ที่ 4 ตำบลหนองบัวศาลา (จุดก่อนผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย) พบว่าค่าเฉลี่ยของระดับน้ำที่วัดได้เท่ากับ 193.67 เมตร, ฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.56 mg/l ซึ่งใน 8 สัปดาห์ที่ตรวจวัด พบว่าในสัปดาห์ที่ 1 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงเท่ากับ 0.64 mg/l และปริมาณฟอสฟอรัสต่ำในสัปดาห์ที่ 7 มีค่าเท่ากับ 0.44 mg/l , ความขุ่นมีค่าเฉลี่ย 0.34 NTU ซึ่งในสัปดาห์ที่ 8 มีความขุ่นสูงเท่ากับ 0.529 NTU ซึ่งไม่เกินกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ 5 NTU,

อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 31.70 ^{O}C ซึ่งในแต่ละสัปดาห์อุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง เนื่องมาจากช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง, ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (TDS) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.61 g/l (61 mg/l) เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานไม่เกิน 500 mg/l, ค่าpH มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.98 มีสภาพเป็นกรดเกือบเป็นกลาง ซึ่งค่าpH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง pH 7 – 8.5 ตามมาตรฐานกำหนด, ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) เฉลี่ยเท่ากับ 3.85 mg/l , ไนเตรทมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.04 mg/l แต่ในสัปดาห์ที่ 8 มีปริมาณไนเตรท 52.34 mg/l ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 45 mg/l จึงมีการปนเปื้อนไนเตรทในน้ำบาดาล, คลอไรด์อยู่ในช่วง 31.51 – 157.36 mg/l โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 106.90 mg/l ซึ่งไม่เกินที่มาตรฐานกำหนด 250 mg/l, แอมโมเนีย ตรวจไม่พบ

ตารางที่ 4.6 คุณภาพน้ำบาดาล ช่วงเวลา 8 สัปดาห์ของจุดที่ 1 หมู่ที่ 4 ตำบลหนองบัวศาลา

สัปดาห์ที่	จุดที่ 1 หมู่ที่ 4 ตำบลหนองบัวศาลา(จุดก่อนผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย)									
	ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำ ทะเล (m)	ฟอสฟอรัส (mg/l)	ความขุ่น (NTU)	อุณหภูมิ (^{o}C)	TDS (g/l)	pH	DO (mg/l)	ไนเตรท (mg/l)	คลอไรด์ (mg/l)	แอมโมเนีย (mg/l)
1	195	0.64	0.135	29.67	0.79	7.07	3.72	21.18	122.92	0
2	194.8	0.57	0.487	32.2	0.468	6.94	5.02	1.59	31.51	0
3	194.5	0.57	0.221	33.74	0.631	7.38	3.01	9.53	114.43	0
4	194.5	0.53	0.384	31.14	0.586	7.29	3.5	15.57	131.13	0
5	194.5	0.82	0.155	30.9	0.608	4.9	4.14	32.87	157.36	0
6	192	0.47	0.361	32.47	0.647	7.5	3.2	37	94.22	0
7	192	0.44	0.463	29.95	0.565	7.31	4.21	14.2	118.16	0
8	192	0.45	0.529	33.52	0.622	7.46	4	52.34	85.48	0
$\overline{X}$	**193.66**	**0.56**	**0.34**	**31.70**	**0.61**	**6.98**	**3.85**	**23.04**	**106.90**	**0**
SD	**1.39**	**0.13**	**0.15**	**1.53**	**0.09**	**0.86**	**0.64**	**16.60**	**37.56**	**0**
median	**194.5**	**0.55**	**0.37**	**31.67**	**0.62**	**7.3**	**3.86**	**18.375**	**116.30**	**0**
ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90	**194.86**	**0.70**	**0.49**	**33.59**	**0.69**	**7.47**	**4.45**	**41.602**	**138.99**	**0**
C.V (%)	**0.72**	**22.30**	**44.94**	**4.84**	**14.68**	**12.35**	**16.64**	**72.08**	**35.14**	**0**

ตารางที่ 4.7 แสดงผลคุณภาพน้ำที่เทศบาลตำบลโพธิ์กลาง (จุด หลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย)มีระดับน้ำที่วัดได้เฉลี่ยเท่ากับ 175.44 เมตร, ฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 0.44 – 0.84 mg/l โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.55 mg/l , ค่าความขุ่นที่ตรวจวัดได้อยู่ในช่วง 0.086 – 0.254 NTU ซึ่งค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.23 NTU ไม่เกินที่มาตรฐานกำหนดไว้ 5 NTU, อุณหภูมิอยู่ในช่วง 29.44 – 32.42 ^{0}C ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.15 ^{0}C , ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (TDS) ที่ตรวจวัดได้อยู่ในช่วง 0.170 – 0.218 g/l (17 – 21.8 mg/l) ซึ่งค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.20 g/l (20 mg/l), ค่าpH อยู่ในช่วง 4.74 – 7.45 ค่าpH เฉลี่ยเท่ากับ 6.65 พบว่าน้ำบาดาลมีสภาพเป็นกรด, ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) อยู่ในช่วง 3.32 – 4.61 mg/l ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.65 mg/l, ไนเตรทอยู่ในช่วง 0.53 – 36.79 mg/l มีค่าเฉลี่ยที่ 20.56 mg/l ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐาน 45mg/l, คลอไรด์อยู่ในช่วง 12.97 – 62.17 mg/l มีค่าเฉลี่ยที่ 32.05 mg/l และตรวจวัดแอมโมเนียไม่พบ

ตารางที่ 4.7 คุณภาพน้ำบาดาล ช่วงเวลา 8 สัปดาห์ของจุดที่ 2 คือเทศบาลตำบลโพธิ์กลาง

สัปดาห์ที่	จุดที่ 2 เทศบาลตำบลโพธิ์กลาง (จุดหลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย)									
	ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (m)	ฟอสฟอรัส (mg/l)	ความขุ่น (NTU)	อุณหภูมิ (^{o}C)	TDS (g/l)	pH	DO (mg/l)	ไนเตรท (mg/l)	คลอไรด์ (mg/l)	แอมโมเนีย (mg/l)
1	190	0.65	0.859	29.61	0.17	7.12	4.61	16.15	12.97	0
2	176.5	0.68	0.104	31.66	0.218	7.22	3.48	0.53	22.15	0
3	169	0.45	0.123	32.16	0.202	4.74	3.42	8.47	28.32	0
4	170	0.44	0.107	30.65	0.199	7.04	3.78	22.45	34.97	0
5	176.5	0.84	0.086	30.89	0.195	7.33	3.5	27.32	41.57	0
6	172.5	0.47	0.254	32.36	0.206	4.98	3.32	31.29	25.25	0
7	175	0.44	0.155	29.44	0.199	7.45	3.59	21.6	62.17	0
8	174	0.45	0.119	32.42	0.205	7.35	3.48	36.79	28.99	0
$\bar{X}$	**175.44**	**0.55**	**0.23**	**31.15**	**0.20**	**6.65**	**3.65**	**20.58**	**32.05**	**0**
SD	**6.51**	**0.15**	**0.26**	**1.19**	**0.01**	**1.12**	**0.41**	**11.93**	**14.82**	**0**
median	**174.5**	**0.46**	**0.12**	**31.28**	**0.20**	**7.17**	**3.49**	**22.03**	**28.66**	**0**
ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90	**180.55**	**0.73**	**0.44**	**32.38**	**0.21**	**7.38**	**4.03**	**32.94**	**47.75**	**0**
C.V (%)	**3.71**	**27.50**	**115.60**	**3.83**	**6.87**	**16.78**	**11.28**	**57.97**	**46.25**	**0**

ตารางที่ 4.8 แสดงผลคุณภาพน้ำที่วัดป่าหนองสมอตำบลหนองระเวียง (จุด ก่อนผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี)มี ระดับน้ำที่วัดได้เฉลี่ยเท่ากับ 193.15 เมตร, ฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 0.44 – 0.81 mg/l โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.55 mg/l , ค่าความขุ่นที่ตรวจวัดได้อยู่ในช่วง 0.128 – 1.49 NTU ซึ่งค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.69 NTU ไม่เกินที่มาตรฐานกำหนดไว้ 5 NTU, อุณหภูมิอยู่ในช่วง 29.58 – 33.6 ^{0}C ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.44 ^{0}C, ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (TDS) ที่ตรวจวัดได้อยู่ในช่วง 0.439 – 0.572 g/l (43.9 – 57.2 mg/l) ซึ่งค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.48 g/l (48 mg/l), ค่าpH อยู่ในช่วง 5.24 – 7.34 ค่าpH เฉลี่ยเท่ากับ 6.48, ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) อยู่ในช่วง 3.12 – 4.52 mg/l ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.83 mg/l, ไนเตรทอยู่ในช่วง 0.17 – 10.06 mg/l มีค่าเฉลี่ยที่ 2.04 mg/l ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐาน 45mg/l, คลอไรด์อยู่ในช่วง 121.71 – 160.27 mg/l มีค่าเฉลี่ยที่ 141.44 mg/l และตรวจวัดแอมโมเนียไม่พบ

ตารางที่ 4.8 คุณภาพน้ำบาดาล ช่วงเวลา 8 สัปดาห์ของจุดที่ 3 โดยจุดที่ 3 คือวัดป่าหนองสมอ

สัปดาห์ที่	จุดที่ 3 วัดป่าหนองสมอตำบลหนองระเวียง (จุดก่อนผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี)									
	ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (m)	ฟอสฟอรัส (mg/l)	ความขุ่น (NTU)	อุณหภูมิ (^{o}C)	TDS (g/l)	pH	DO (mg/l)	ไนเตรท (mg/l)	คลอไรด์ (mg/l)	แอมโมเนีย (mg/l)
1	192.5	0.64	0.544	29.83	0.572	7.34	4.52	2.71	132.29	0
2	193.2	0.62	1.49	31.07	0.514	7.17	3.45	0.53	122.68	0
3	193.3	0.45	0.616	33.6	0.478	5.32	3.12	10.06	121.71	0
4	193.3	0.44	0.574	29.58	0.439	7.31	4.09	0.81	160.27	0
5	193.3	0.81	0.128	32.68	0.459	5.61	3.58	0.92	152.16	0
6	193.3	0.47	0.361	32.14	0.473	6.3	4.1	0.17	133.07	0
7	193.3	0.45	0.374	30.15	0.458	5.24	4.03	1.02	158.47	0
8	193	0.46	1.45	32.43	0.482	7.52	3.78	0.06	150.9	0
$\bar{X}$	**193.15**	**0.54**	**0.69**	**31.44**	**0.48**	**6.48**	**3.83**	**2.04**	**141.44**	**0**
SD	**0.28**	**0.13**	**0.50**	**1.49**	**0.04**	**0.98**	**0.44**	**3.34**	**15.78**	**0**
median	**193.3**	**0.47**	**0.56**	**31.61**	**0.48**	**6.74**	**3.91**	**0.87**	**141.99**	**0**
ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90	**193.3**	**0.69**	**1.46**	**32.96**	**0.53**	**7.39**	**4.23**	**4.92**	**159.01**	**0**
C.V (%)	**0.15**	**24.80**	**72.89**	**4.74**	**8.59**	**15.06**	**11.54**	**164.32**	**11.16**	**0**

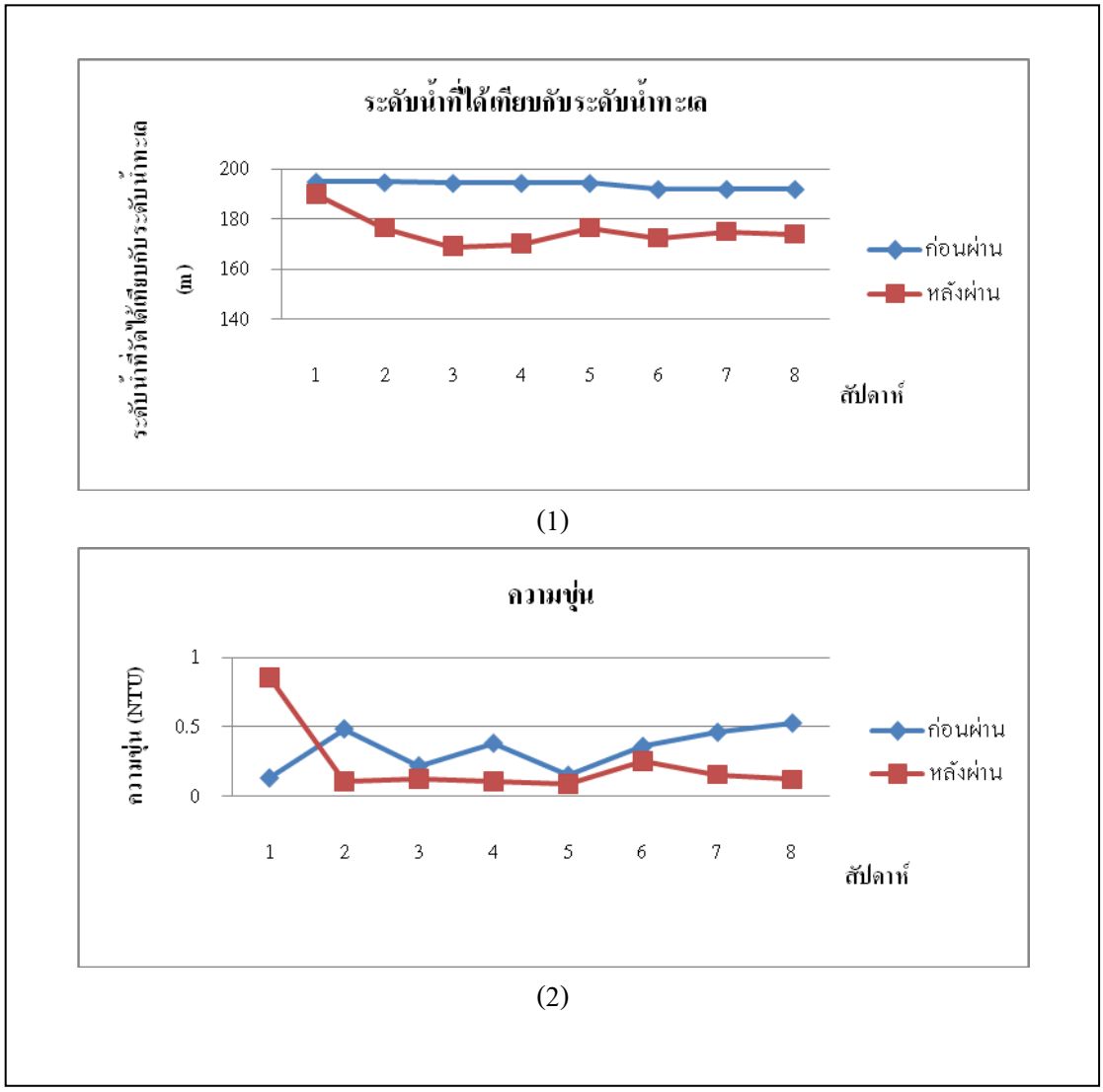
ตารางที่ 4.9 แสดงผลคุณภาพน้ำที่ หอพักบริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี (จุดหลังผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี) ระดับน้ำที่วัดได้เฉลี่ยเท่ากับ 171.21 เมตร, ฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 0.43 – 0.84 mg/l โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.58 mg/l , ค่าความขุ่นที่ตรวจวัดได้อยู่ในช่วง 1.34 – 29.6 NTU ซึ่งค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 9.91 NTU เกินที่มาตรฐานกำหนดไว้ 5 NTU, อุณหภูมิอยู่ในช่วง 30 – 34.78 ^{0}C ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.81 ^{0}C, ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (TDS) ที่ตรวจวัดได้อยู่ในช่วง 0.544 – 0.75 g/l (54.4 – 75 mg/l) ซึ่งค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.63 g/l (63 mg/l), ค่าpH อยู่ในช่วง 5.72 – 7.85 ค่าpH เฉลี่ยเท่ากับ 6.96, ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) อยู่ในช่วง 3.35 – 4.92 mg/l ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.11 mg/l, ไนเตรทอยู่ในช่วง 0.23 – 9.53 mg/l มีค่าเฉลี่ยที่ 2.04 mg/l ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐาน 45mg/l, คลอไรด์อยู่ในช่วง 122.73 – 202.52 mg/l มีค่าเฉลี่ยที่ 166.49 mg/l และตรวจวัดแอมโมเนียไม่พบ

ตารางที่ 4.9 คุณภาพน้ำบาดาล ช่วงเวลา 8 สัปดาห์ของจุดที่ 4 โดยจุดที่ 4 คือ หอพักบริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี

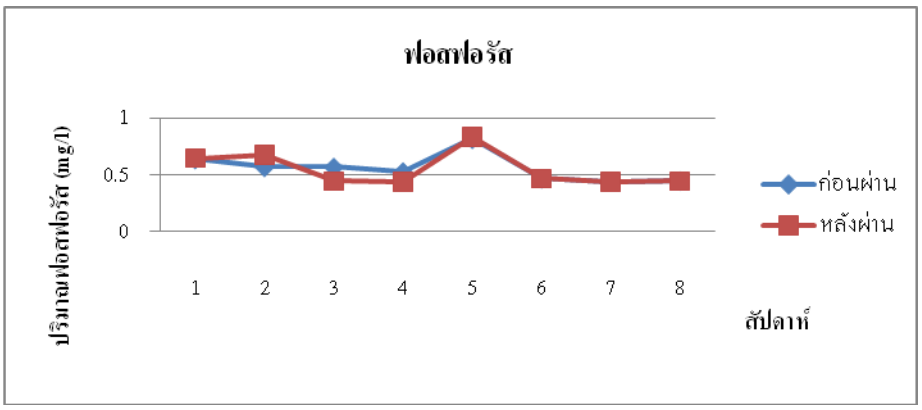
สัปดาห์ที่	จุดที่ 4 หอพักบริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี (จุดหลังผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี)									
	ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำ ทะเล (m)	ฟอสฟอรัส (mg/l)	ความขุ่น (NTU)	อุณหภูมิ (^{o}C)	TDS (g/l)	pH	DO (mg/l)	ไนเตรท (mg/l)	คลอไรด์ (mg/l)	แอมโมเนีย (mg/l)
1	164	0.63	3.65	30	0.687	7.1	4.28	1.6	122.73	0
2	169	0.68	3.95	31.25	0.675	7.13	3.91	8.47	130.6	0
3	170.5	0.57	29.6	34.17	0.622	7.57	3.35	9.53	153.77	0
4	174	0.53	3.25	30.78	0.555	5.83	4.02	1.13	183.1	0
5	174	0.84	29.1	30.66	0.544	5.72	4.15	0.7	170.47	0
6	174	0.48	1.34	34.78	0.616	7.16	4.06	0.23	177.75	0
7	172	0.44	4.37	30.16	0.75	7.32	4.92	0.97	202.52	0
8	172.2	0.43	4.05	32.7	0.62	7.85	4.19	0.92	191.01	0
$\bar{X}$	**171.21**	**0.58**	**9.91**	**31.81**	**0.63**	**6.96**	**4.11**	**2.94**	**166.49**	**0**
SD	**3.43**	**0.14**	**12.03**	**1.85**	**0.07**	**0.77**	**0.43**	**3.77**	**28.49**	**0**
median	**172.1**	**0.55**	**4**	**31.02**	**0.62**	**7.15**	**4.11**	**1.05**	**174.11**	**0**
ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ ที่ 90	**174**	**0.73**	**29.25**	**34.35**	**0.71**	**7.65**	**4.47**	**8.79**	**194.46**	**0**
C.V (%)	**2.00**	**24.12**	**121.37**	**5.81**	**10.83**	**11.13**	**10.57**	**128.01**	**17.11**	**0**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

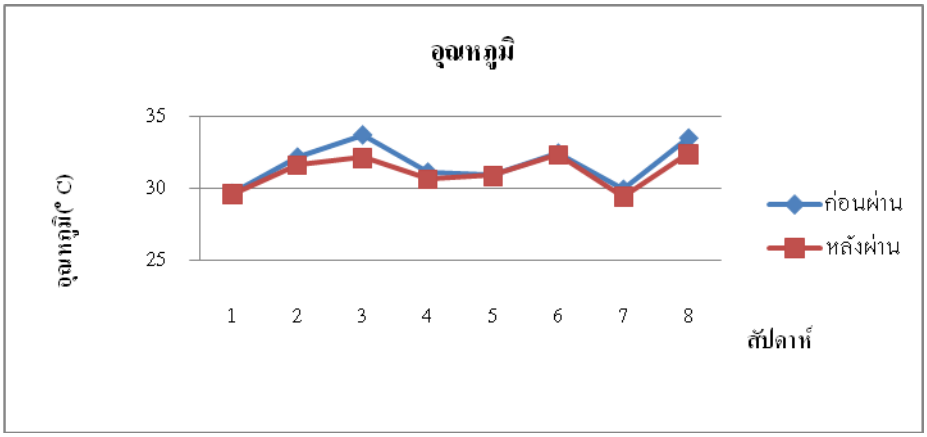
จากข้อมูลในตารางที่ 4.6 – 4.9 เมื่อนำผลทางด้านคุณภาพน้ำ ที่ตรวจติดตามผลทั้ง 8 สัปดาห์ ของ 2 แหล่งกำเนิดมลพิษคือ สถานที่ฝังกลบมูลฝอยและบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี มาสร้างกราฟเส้น เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ก่อนผ่านแหล่งกำเนิดมลพิษและหลังผ่านแหล่งกำเนิดมลพิษ จะได้ดังรูปที่ 4.8 และ รูปที่ 4.9



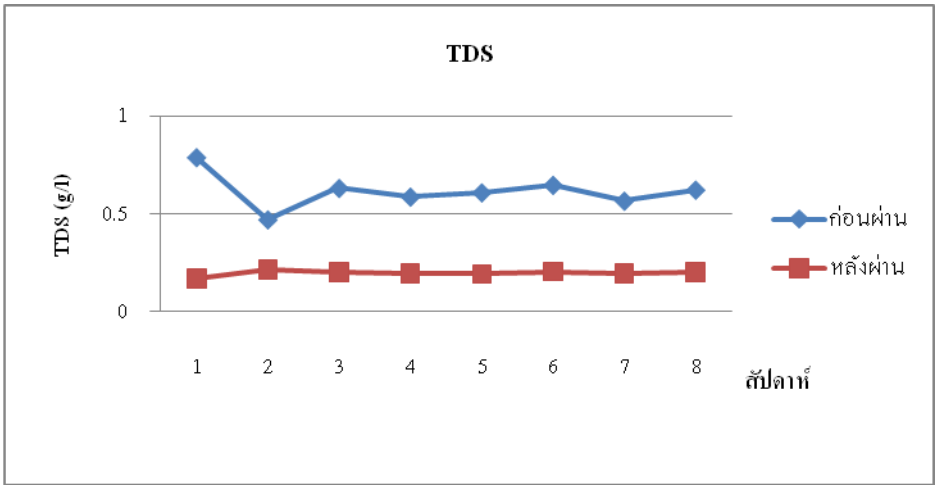
รูปที่ 4.8 แนวโน้มคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย (1) ระดับน้ำ (2) ความขุ่น



(3)



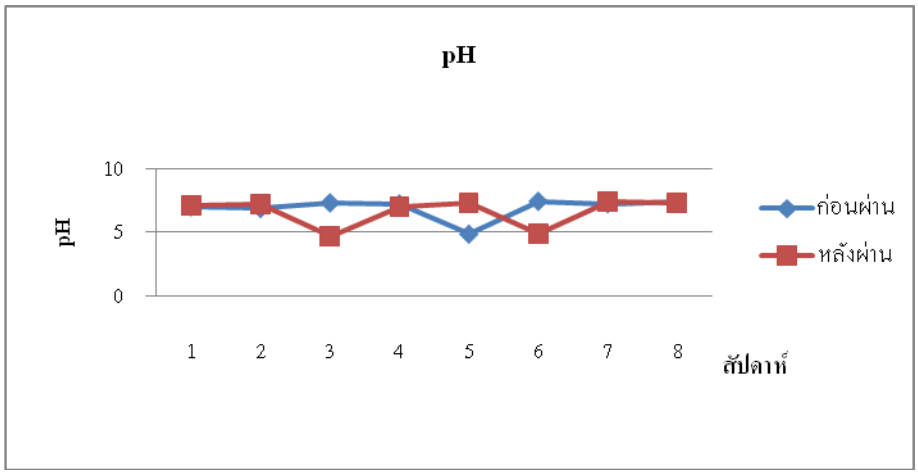
(4)



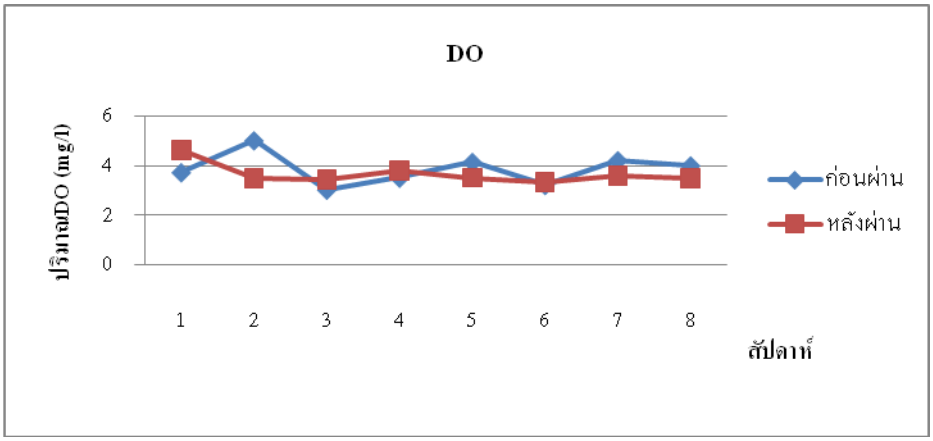
(5)

รูปที่ 4.8 แนวโน้มคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย (3) ฟอสฟอรัส

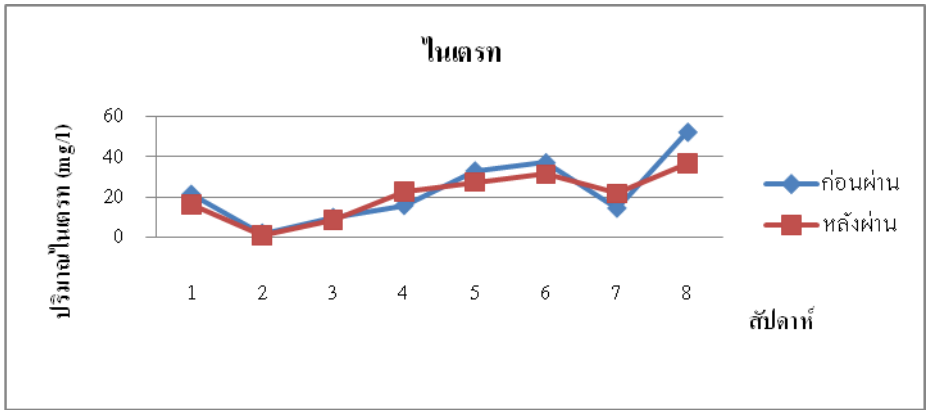
(4) อุณหภูมิ (5) TDS (ต่อ)



(6)

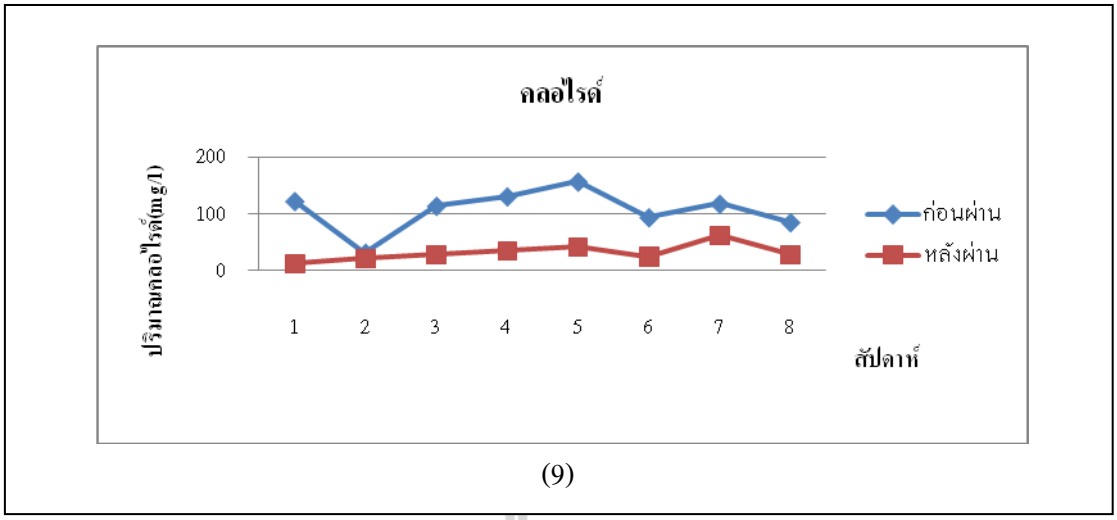


(7)



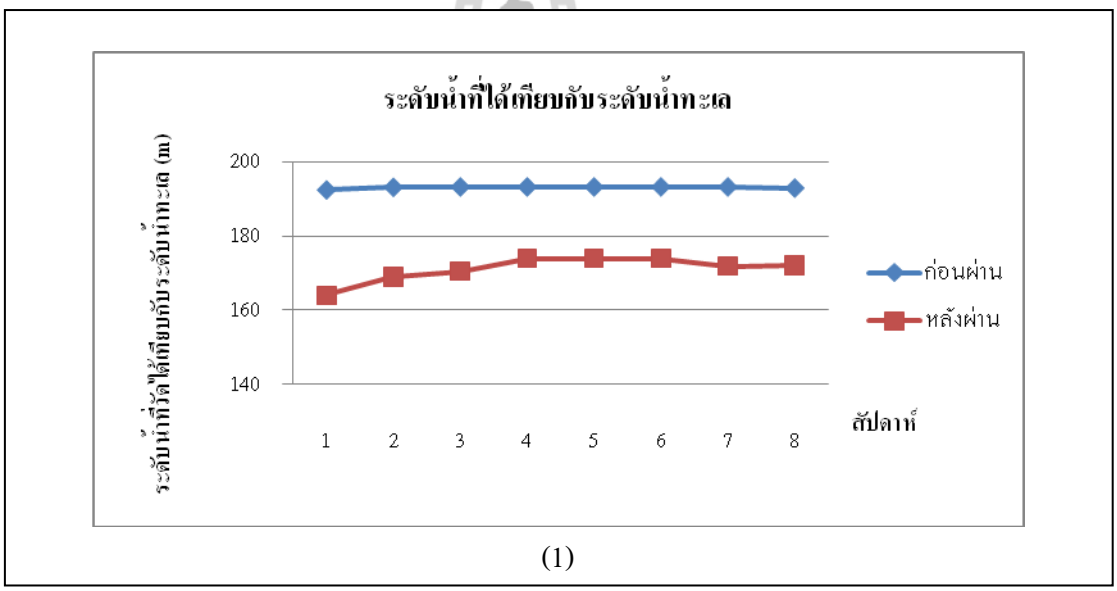
(8)

รูปที่ 4.8 แนวโน้มคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย (6) pH (7) DO (8) ไนเตรท (ต่อ)



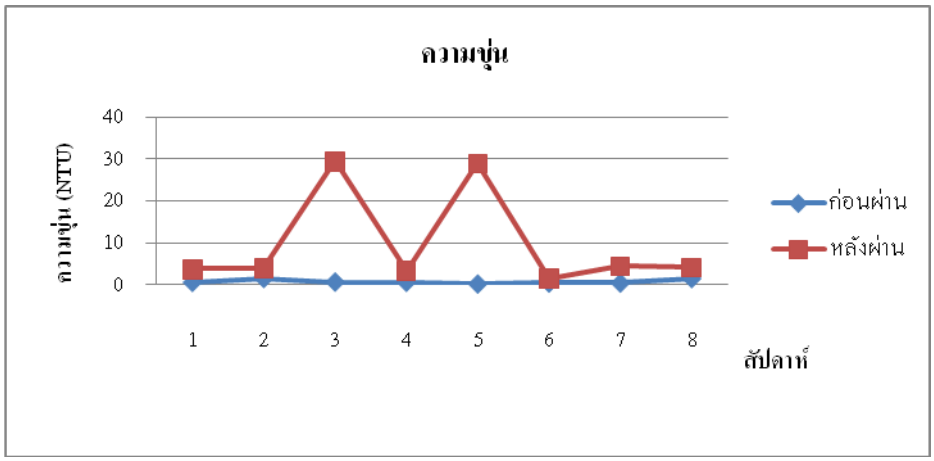
(9)

รูปที่ 4.8 แนวโน้มคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย (9) คลอไรด์ (ต่อ)

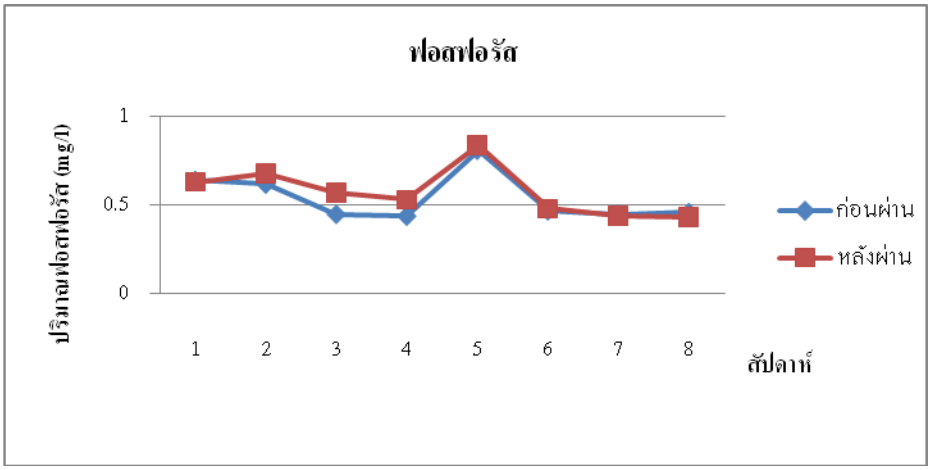


(1)

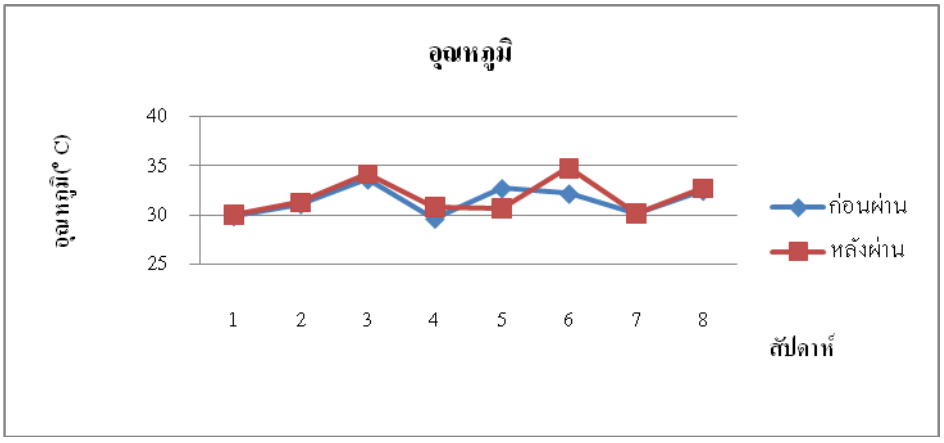
รูปที่ 4.9 แนวโน้มคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี (1) ระดับน้ำ



(2)

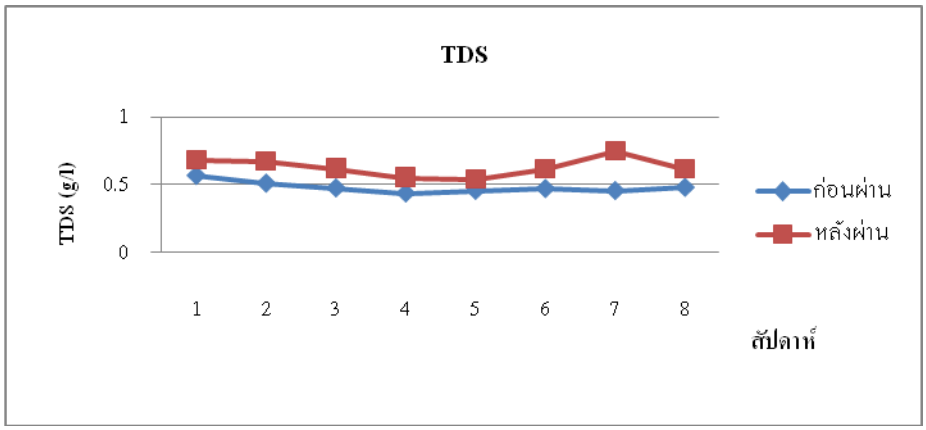


(3)

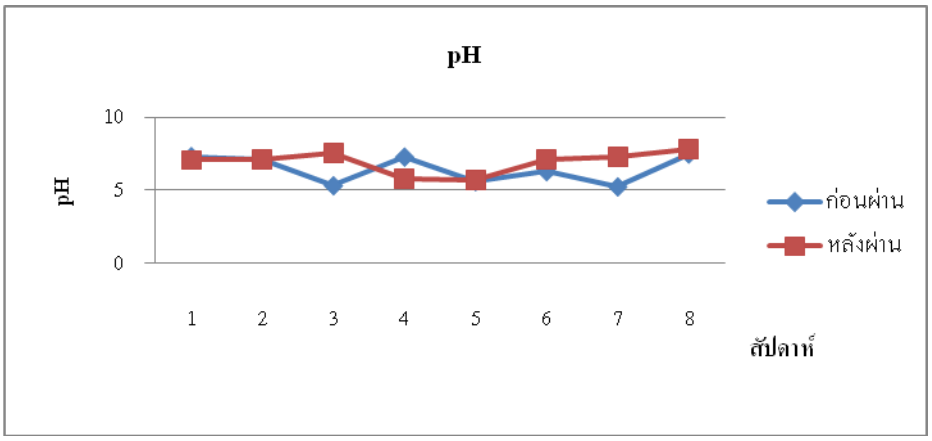


(4)

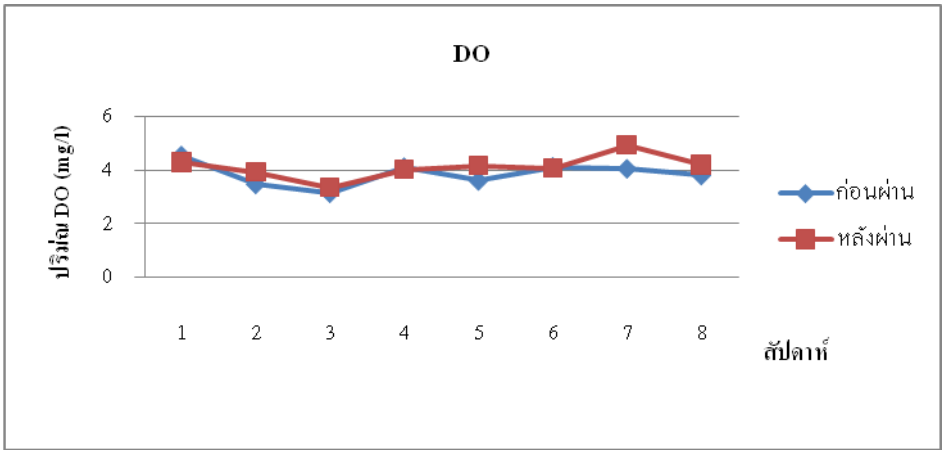
รูปที่ 4.9 แนวโน้มคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี (2) ความขุ่น (3) ฟอสฟอรัส (4) อุณหภูมิ (ต่อ)



(5)

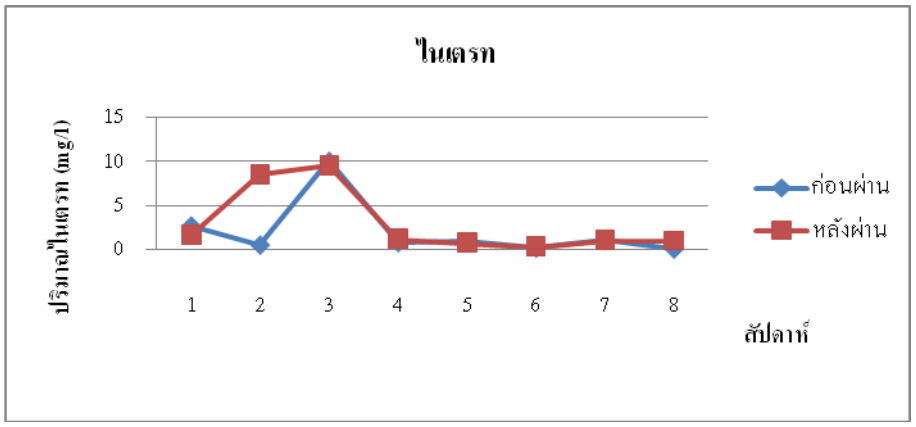


(6)

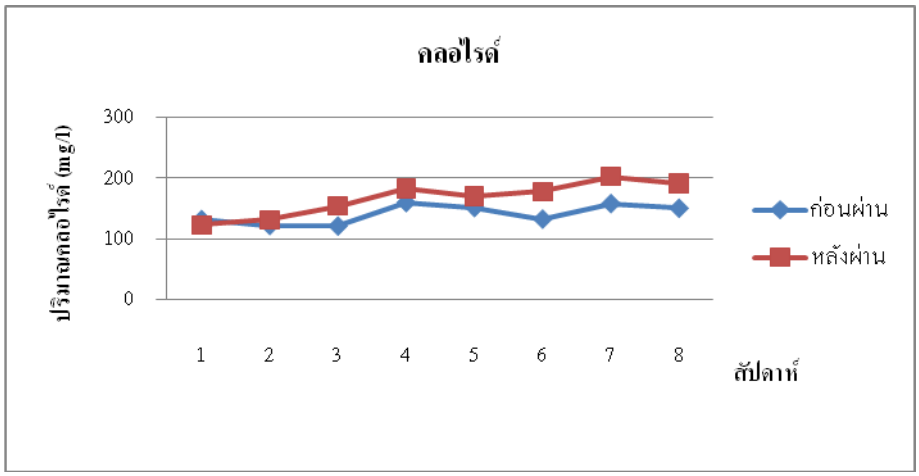


(7)

รูปที่ 4.9 แนวโน้มคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี (5) ความขุ่น (6) pH (7) DO (ต่อ)



(8)



(9)

รูปที่ 4.9 แนวโน้มคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี (8) ไนเตรท (9) คลอไรด์ (ต่อ)

จากรูปที่ 4.8 ที่บริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอย พบว่า พารามเตอร์ส่วนใหญ่ ได้แก่ ฟอสฟอรัส, อุณหภูมิ, DO, ไนเตรท มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกัน ส่วนค่า ความขุ่น, TDS และคลอไรด์ พบว่าจุดก่อนผ่านแหล่งกำเนิดมีค่าสูงกว่า ส่วนบริเวณเขตอุตสาหกรรมสุรนารี จากรูปที่ 4.9 พบว่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกันและแปรผันไปด้วยกัน ยกเว้นค่าความขุ่นที่มีค่า 2 ครั้ง ที่สูงกว่าค่าในสัปดาห์อื่นๆ ของจุดหลังผ่านแหล่งกำเนิด ทั้งนี้ ส่วนใหญ่ค่าที่ จุดหลังผ่านแหล่งกำเนิดสูงกว่าจุดก่อนผ่านแหล่งกำเนิดเล็กน้อย

เมื่อนำข้อมูลค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอยและบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารีมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล ได้ผลดังตารางที่ 4.10 และ 4.11

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำบริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยก่อนผ่านแหล่งกำเนิด	ค่าเฉลี่ยหลังผ่านแหล่งกำเนิด	มาตรฐาน*	
			เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
1.ความขุ่น (NTU)	0.34	0.23	5	20
2. TDS (mg/l)	61	20	ไม่เกินกว่า 600	1,200
3. pH	6.98	6.65	7.0 – 8.5	6.5 – 9.2
4. ไนเตรท (mg/l)	23.04	20.58	ไม่เกินกว่า 45	45
5. คลอไรด์ (mg/l)	106.90	32.05	ไม่เกินกว่า 250	600

*มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำบริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยก่อนผ่านแหล่งกำเนิด	ค่าเฉลี่ยหลังผ่านแหล่งกำเนิด	มาตรฐาน*	
			เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
1.ความขุ่น (NTU)	0.69	9.91	5	20
2. TDS (mg/l)	48	63	ไม่เกินกว่า 600	1,200
3. pH	6.48	6.96	7.0 – 8.5	6.5 – 9.2
4. ไนเตรท (mg/l)	2.04	2.94	ไม่เกินกว่า 45	45
5. คลอไรด์ (mg/l)	141.44	166.49	ไม่เกินกว่า 250	600

*มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

จากตารางที่ 4.10 ความขุ่นก่อนและหลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย มีค่าความขุ่นเฉลี่ยที่น้อย ซึ่งไม่เกินมาตรฐานกำหนดไว้ที่ 5NTU แต่ค่าความขุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นหลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย และตารางที่ 4.11 พบว่าความขุ่นในน้ำบาดาลหลังผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารีมีความขุ่น 9.91 NTU ซึ่งเกิน 5 NTU แต่ไม่เกิน 20 NTU ของเกณฑ์อนุโลมสูงสุด

จากการวิเคราะห์ โดยรวมพบว่า ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ คุณภาพน้ำ ส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกันระหว่างก่อน และหลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย และบางพารามิเตอร์พบว่า จุดหลังผ่านแหล่งกำเนิดมลพิษมีปริมาณลดลง จึงไม่มีข้อมูลบ่งชี้ว่ามี การปนเปื้อน ของค่าดังกล่าว ในน้ำบาดาลจากแหล่งกำเนิด และค่าที่ตรวจวิเคราะห์มีค่าไม่เกินมาตรฐานกำหนด ทั้งนี้ปริมาณ TDS ที่สูงอาจเนื่องมาจากการที่น้ำละลายแร่ธาตุต่าง ๆในชั้นดิน ปริมาณไนเตรทที่สูงอาจมาจากการใช้ปุ๋ยในการเกษตรของประชาชน ส่วนปริมาณคลอไรด์มีค่าไม่เกิน 250 mg/l ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

4.3.3 คุณภาพน้ำด้านโลหะหนัก

ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำบาดาลทั้ง 4 จุด ได้ผลดังตารางที่ 4.12 – 4.15

จากตารางที่ 4.12 พบว่าหมู่ที่ 4 ตำบลหนองบัวศาลา (จุดก่อนผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย) พบว่าโลหะหนักที่ตรวจวัดได้ มีค่าเกินมาตรฐาน ได้แก่ เหล็ก (Fe) มีค่าเฉลี่ยที่ 0.2739 mg/l ซึ่งเกินมาตรฐานกำหนดไว้ที่ 0.1 mg/l ปรอท (Hg) มีค่าเฉลี่ย 0.0024 mg/l เกินมาตรฐานไว้ที่ 0.001 mg/l และ ตะกั่ว (Pb) มีค่าเฉลี่ย 0.0058 mg/l ซึ่งเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ 0.05 mg/l

จากตารางที่ 4.13 พบว่าเทศบาลตำบลโพธิ์กลาง (จุดหลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย) พบว่าโลหะหนักที่ตรวจวัดได้มีค่าเกินมาตรฐาน ได้แก่ค่าเหล็ก (Fe) มีค่าเฉลี่ยที่ 0.2671 mg/l ซึ่งเกินมาตรฐานกำหนดไว้ที่ 0.1 mg/l ส่วนโลหะหนักอีก 8 ชนิดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

จากตารางที่ 4.14 พบว่าวัดป่าหนองสมอ (จุดก่อนผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี) พบว่าโลหะหนักที่ตรวจวัดได้ มีค่าเกินมาตรฐาน ได้แก่ค่า เหล็ก (Fe) มีค่าเฉลี่ยที่ 0.4059 mg/l ซึ่งเกินมาตรฐานกำหนดไว้ที่ 0.1 mg/l และปรอท (Hg) มีค่าเฉลี่ย 0.0019 mg/l เกินมาตรฐานไว้ที่ 0.001 mg/l

จากตารางที่ 4.15 พบว่าหอพัก (จุดหลังผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี) พบว่าโละหนักที่ตรวจวัดได้มีค่าเกินมาตรฐานได้แก่ค่า แมงกานีส (Mn) มีค่าเฉลี่ยที่ 0.6695 mg/l เกินมาตรฐานที่ 0.5 mg/l เหล็ก (Fe) มีค่าเฉลี่ยที่ 2.9133mg/l เกินมาตรฐานกำหนดที่ 0.1 mg/l และปรอท (Hg) มีค่าเฉลี่ย 0.0061 mg/l เกินมาตรฐานที่ 0.001 mg/l

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.12 ผลทางด้านโลหะหนัก ของจุดที่ 1 หมู่ที่ 4 ตำบลหนองบัวศาลา

สัปดาห์ที่	จุดที่ 1 หมู่ที่ 4 ตำบลหนองบัวศาลา (จุดก่อนผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย)								
	Cr (mg/l)	**Mn (mg/l)**	**Fe (mg/l)**	**Cu (mg/l)**	**Zn (mg/l)**	**As (mg/l)**	**Cd (mg/l)**	**Hg (mg/l)**	**Pb (mg/l)**
1	0.001	0.237	0.229	0.038	0.776	0.001	0	8.78×10^{-4}	0.014
2	0.004	0.149	0.378	0.003	0.013	0.001	0	4.6×10^{-4}	0.004
3	0.002	0.333	0.329	0.022	0.029	0.001	0	0.007	0.007
4	0	0.353	0.247	0.013	0.016	0.001	0	0.006	0.006
5	0.002	0.274	0.407	0.495	0.693	0.001	0	0.002	0.007
6	0.001	0	0.004	0.067	0.197	0.001	0	0	0.002
7	0.001	0.314	0.274	0.001	0.011	0.001	0	6.9×10^{-4}	0.002
8	0.002	0.311	0.323	0.002	0.016	0.001	0	0.002	0.004
$\bar{X}$	**0.0016**	**0.2464**	**0.2739**	**0.0801**	**0.2189**	**0.001**	**0**	**0.0024**	**0.0058**
SD	**0.0012**	**0.1187**	**0.1251**	**0.1691**	**0.3251**	**0**	**0**	**0.0027**	**0.0039**
median	**0.0015**	**0.2925**	**0.2985**	**0.0175**	**0.0225**	**0.001**	**0**	**0.0014**	**0.0050**
ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90	**0.0026**	**0.3390**	**0.3867**	**0.1954**	**0.7179**	**0.001**	**0**	**0.0063**	**0.0091**
C.V (%)	**73.0914**	**48.1854**	**45.6850**	**211.0986**	**148.5119**	**0**	**0**	**111.4635**	**67.5164**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.13 ผลทางด้านโลหะหนัก ของจุดที่ 2 เทศบาลตำบลโพธิ์กลาง

สัปดาห์ที่	จุดที่ 2 เทศบาลตำบลโพธิ์กลาง (จุดหลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย)								
	Cr (mg/l)	**Mn (mg/l)**	**Fe (mg/l)**	**Cu (mg/l)**	**Zn (mg/l)**	**As (mg/l)**	**Cd (mg/l)**	**Hg (mg/l)**	**Pb (mg/l)**
1	0.001	0.270	0.505	0.004	0.005	0.001	0	0.005	0.003
2	0.006	0.002	0.235	4.36×10^{-4}	0	0.001	0	2.95×10^{-4}	0.003
3	0.004	0.114	0.346	0.002	0.013	4×10^{-4}	0	0.001	0.005
4	0	0.005	0.007	0.001	0.004	0.001	0	0	0.002
5	8.26×10^{-4}	0.004	0.236	0.001	0.008	0.001	0	0	0.003
6	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0
7	0.008	0.003	0.525	3.47×10^{-4}	0.012	0.001	0	3.8×10^{-4}	0.004
8	0.005	0.005	0.283	0.001	0.010	3.75×10^{-4}	0	0	0.003
$\bar{X}$	**0.0031**	**0.0503**	**0.2671**	**0.0012**	**0.0066**	**0.0007**	**0**	**0.0008**	**0.0029**
SD	**0.0031**	**0.0968**	**0.1966**	**0.0013**	**0.0049**	**0.0004**	**0**	**0.0017**	**0.0015**
median	**0.0025**	**0.0045**	**0.2595**	**0.0010**	**0.0065**	**0.001**	**0**	**0.0001**	**0.0030**
ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90	**0.0066**	**0.1608**	**0.5110**	**0.0026**	**0.0123**	**0.001**	**0**	**0.0022**	**0.0043**
C.V (%)	**98.6783**	**192.2792**	**73.6001**	**104.1146**	**73.9194**	**55.7023**	**0**	**205.9091**	**50.7039**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.14 ผลทางด้านโลหะหนัก ของจุดที่ 3 วัดป่าหนองสมอ

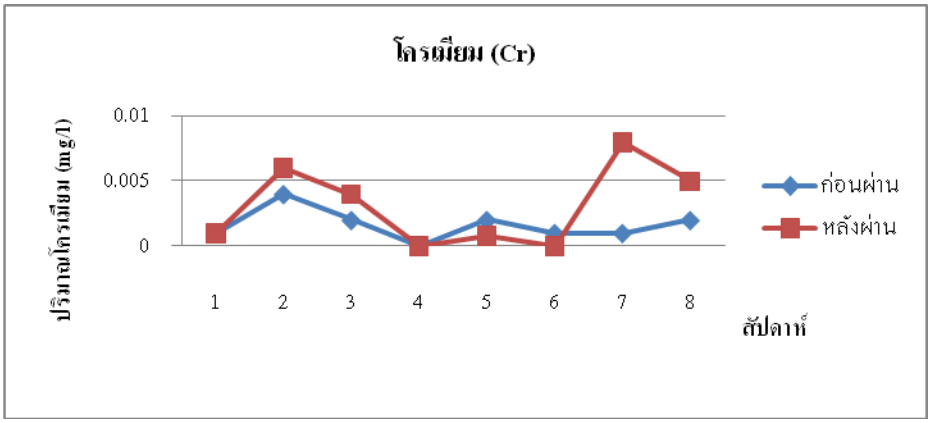
สัปดาห์ที่	จุดที่ 3 วัดป่าหนองสมอตำบลหนองระเวียง (จุดก่อนผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี)								
	Cr (mg/l)	**Mn (mg/l)**	**Fe (mg/l)**	**Cu (mg/l)**	**Zn (mg/l)**	**As (mg/l)**	**Cd (mg/l)**	**Hg (mg/l)**	**Pb (mg/l)**
1	0.006	0.134	0.771	0.003	0.011	0.002	0	0.002	0.005
2	0.003	0.463	0.531	0.001	0.008	0.001	0	0.001	0.004
3	0.003	0.477	0.457	0.003	0.009	0.002	0	0.004	0.004
4	0.002	0.507	0.277	0.002	0.004	0.002	0	0.011	0.005
5	0.001	0.487	0.421	0.002	0.012	0.002	0	7.89×10^{-4}	0.003
6	0.003	0.021	0.014	0.001	0.045	0.002	0	0	0
7	0.002	0.463	0.326	0.002	0.019	0.002	0	8.8×10^{-4}	0.003
8	2.2×10^{-4}	0.521	0.450	0.002	0.026	0.002	0	0	0.002
$\overline{X}$	**0.0025**	**0.3841**	**0.4059**	**0.002**	**0.0168**	**0.0019**	**0**	**0.0025**	**0.0033**
SD	**0.0017**	**0.1927**	**0.2172**	**0.0008**	**0.0133**	**0.0004**	**0**	**0.0037**	**0.0017**
median	**0.0025**	**0.47**	**0.4355**	**0.002**	**0.0115**	**0.002**	**0**	**0.0009**	**0.0035**
ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90	**0.0039**	**0.5112**	**0.603**	**0.003**	**0.0317**	**0.002**	**0**	**0.0061**	**0.005**
C.V (%)	**68.6532**	**50.1634**	**53.5210**	**37.7965**	**79.5718**	**18.8562**	**0**	**149.8676**	**51.3553**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

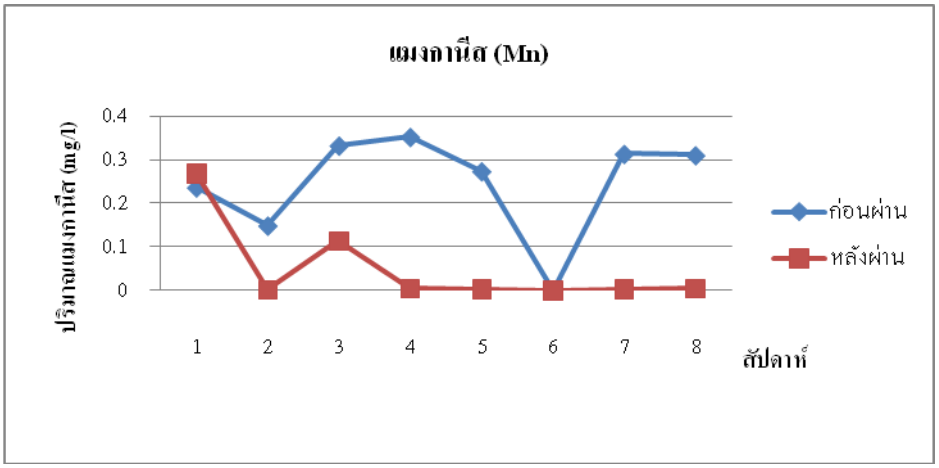
ตารางที่ 4.15 ผลทางด้านโลหะหนัก ของจุดที่ 4 หอพักบริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี

สัปดาห์ที่	จุดที่ 4 หอพักบริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี (จุดหลังผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี)								
	Cr (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Zn (mg/l)	As (mg/l)	Cd (mg/l)	Hg (mg/l)	Pb (mg/l)
1	0.005	0.782	1.402	0.003	0.011	0.001	0	0.004	0.005
2	0.001	0.596	0.840	1.54×10^{-4}	0.008	0.001	0	0.001	0.002
3	0.005	0.900	7.301	0.003	0.851	0.001	0	0.005	0.004
4	0.002	0.801	1.337	0.003	0.028	0.001	0	0.001	0.005
5	0.001	0.878	9.331	9.3×10^{-4}	0	0.001	0	0.036	0.003
6	0.005	0.034	0.286	0	0.004	0.002	0	0	0
7	4.45×10^{-4}	0.710	1.508	2.54×10^{-4}	0.026	0.001	0	0.001	0.002
8	0.003	0.655	1.301	5.9×10^{-4}	0.023	0.001	0	7.3×10^{-4}	0.002
$\bar{X}$	**0.0028**	**0.6695**	**2.9133**	**0.0014**	**0.1189**	**0.0011**	**0**	**0.0061**	**0.0029**
SD	**0.0020**	**0.2771**	**3.4013**	**0.0014**	**0.2961**	**0.0004**	**0**	**0.0122**	**0.0017**
median	**0.0025**	**0.746**	**1.3695**	**0.0008**	**0.017**	**0.001**	**0**	**0.001**	**0.0025**
ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90	**0.005**	**0.8846**	**7.91**	**0.003**	**0.2749**	**0.0013**	**0**	**0.0143**	**0.005**
C.V (%)	**70.2929**	**41.3958**	**116.7537**	**101.1869**	**249.0069**	**31.4270**	**0**	**200.4628**	**60.0657**

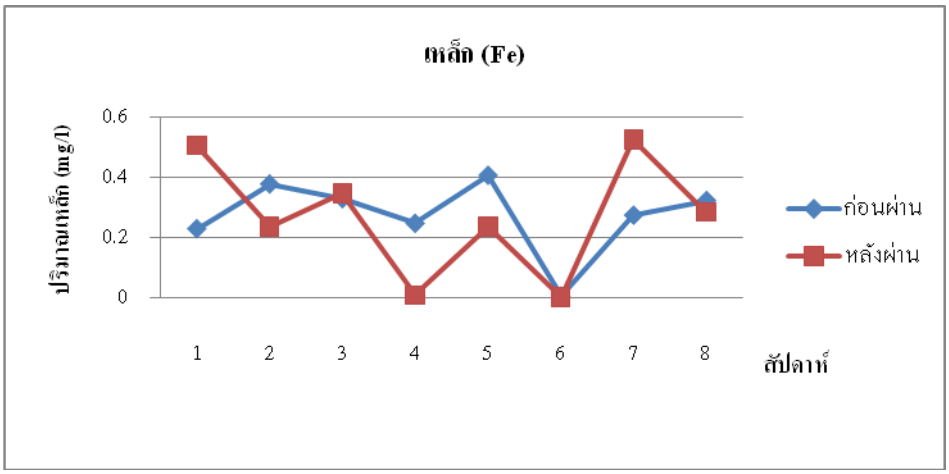
จากตารางที่ 4.12 – 4.15 ผลด้านโลหะหนักที่ตรวจติดตามผลทั้ง 8 สัปดาห์ ของ 2 แหล่งกำเนิดมลพิษคือ สถานที่ฝังกลบมูลฝอยและบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี นำผลที่ได้มาสร้างกราฟเส้น เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ก่อนผ่านแหล่งกำเนิดมลพิษและหลังผ่านแหล่งกำเนิดมลพิษ ดังรูปที่ 4.10 และ รูปที่ 4.11



(1)



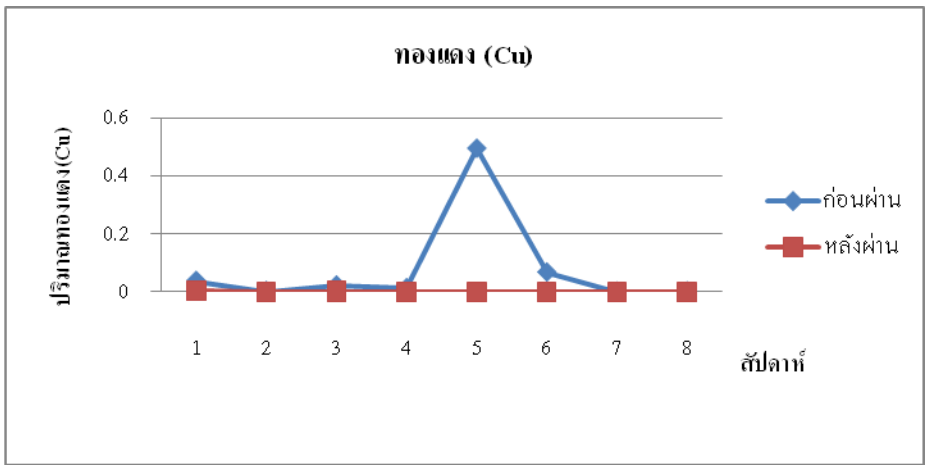
(2)



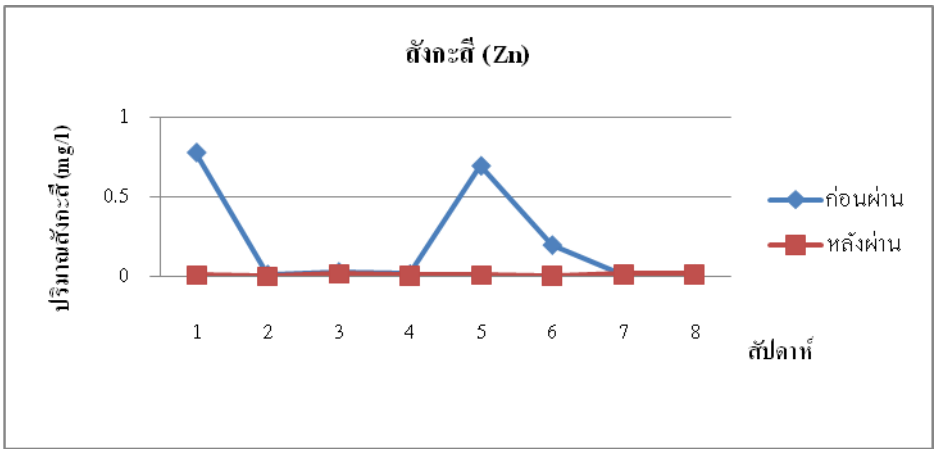
(3)

รูปที่ 4.10 แนวโน้มคุณภาพน้ำด้านโลหะหนักก่อนและหลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

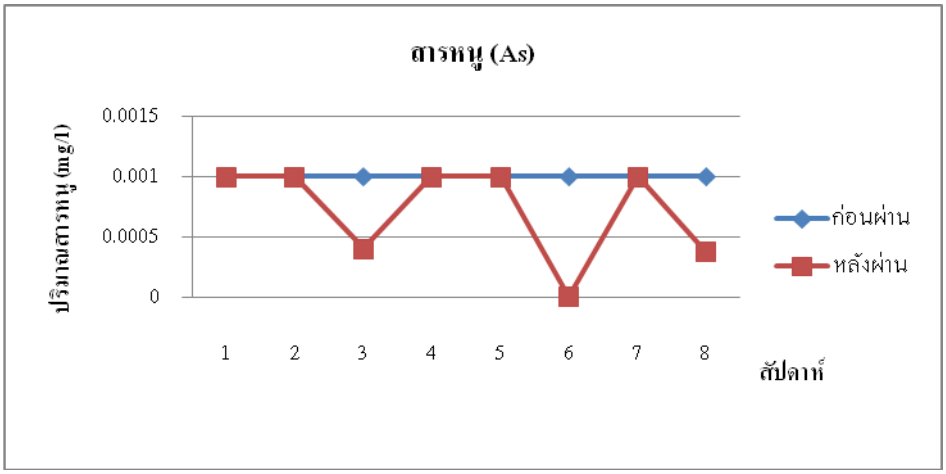
(1) โครเมียม (2) แมงกานีส (3) เหล็ก



(4)

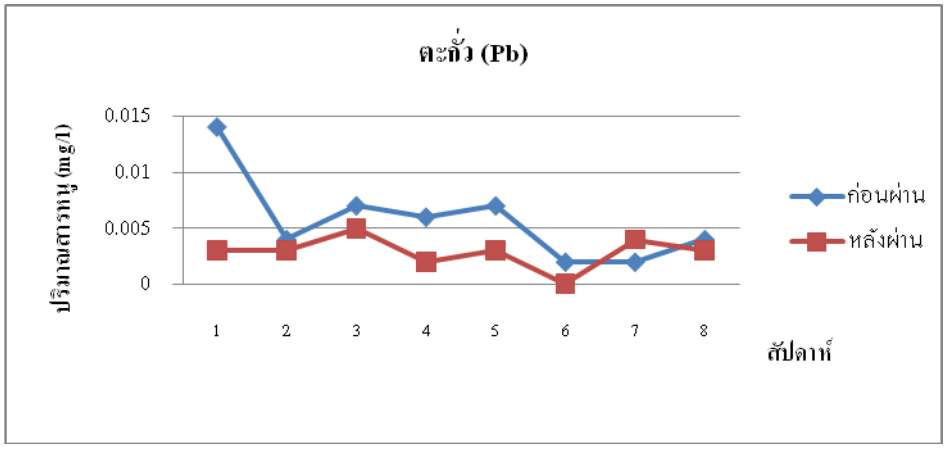


(5)

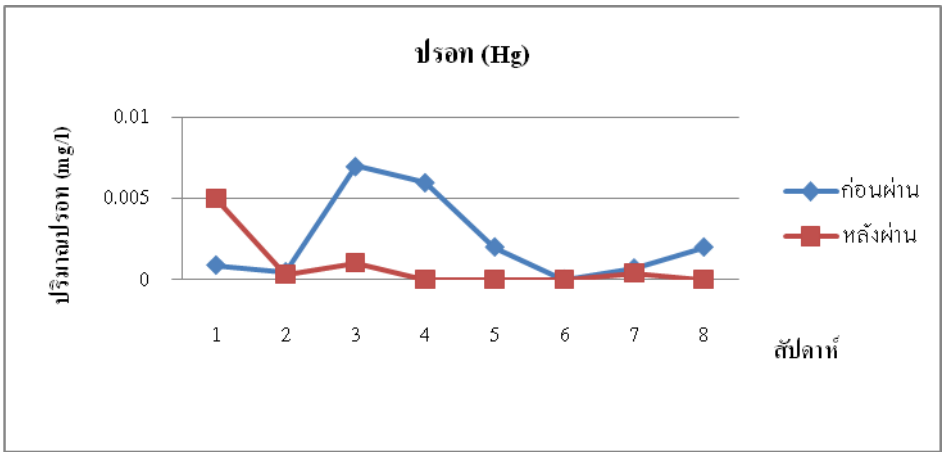


(6)

รูปที่ 4.10 แนวโน้มคุณภาพน้ำด้านโลหะหนักก่อนและหลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย (4) ทองแดง (5) สังกะสี (6) สารหนู (ต่อ)



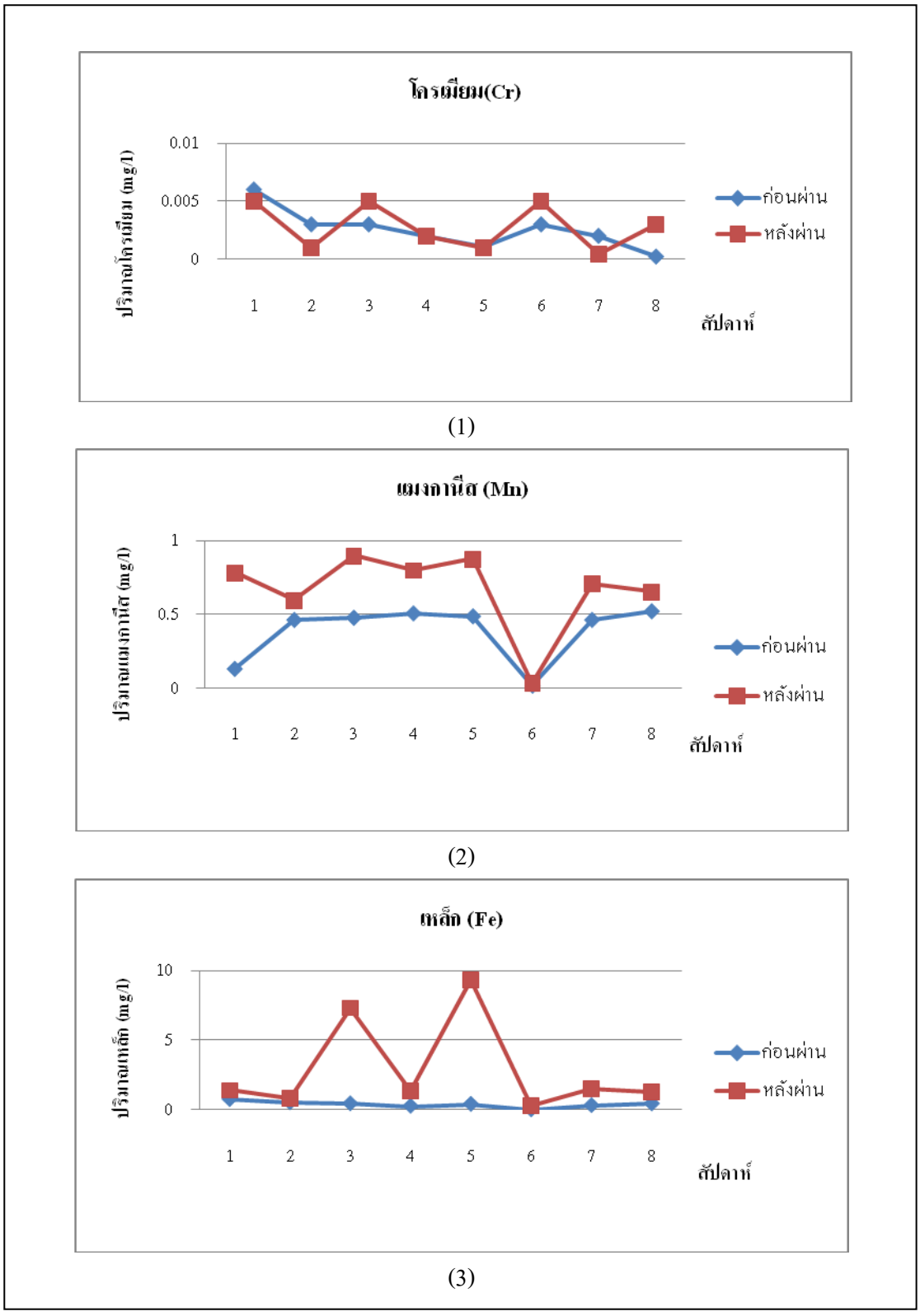
(7)



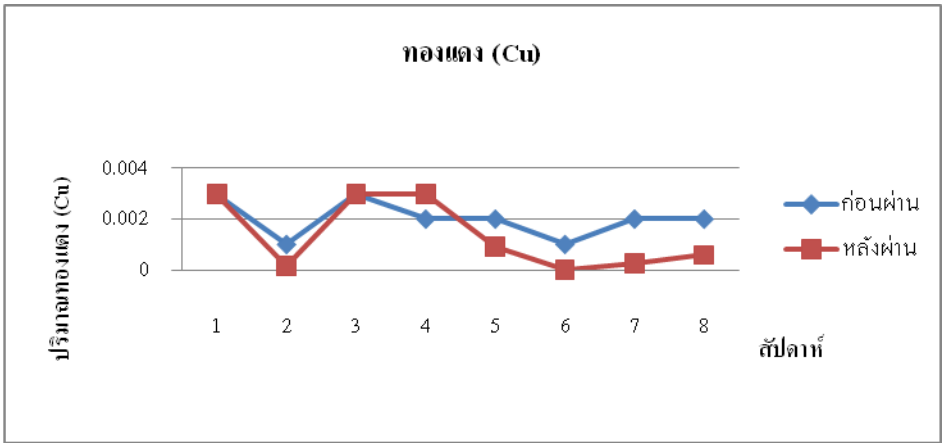
(8)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุร

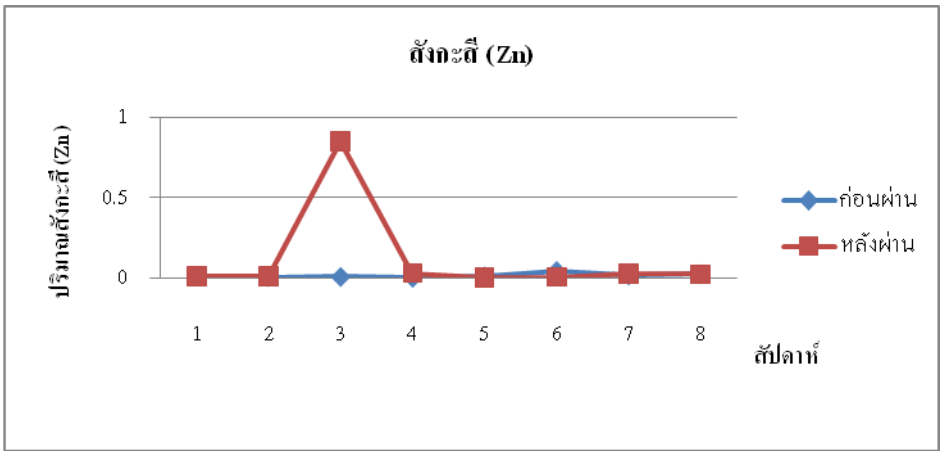
รูปที่ 4.10 แนวโน้มคุณภาพน้ำด้านโลหะหนักก่อนและหลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย (7) ตะกั่ว (8) ปรอท (ต่อ)



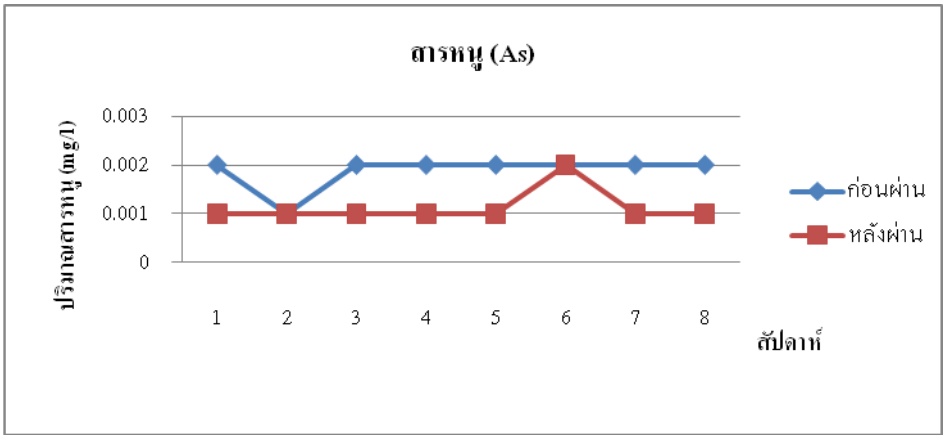
รูปที่ 4.11 แนวโน้มคุณภาพน้ำด้านโลหะหนักก่อนและหลังผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี (1) โครเมียม (2) แมงกานีส (3) เหล็ก



(4)



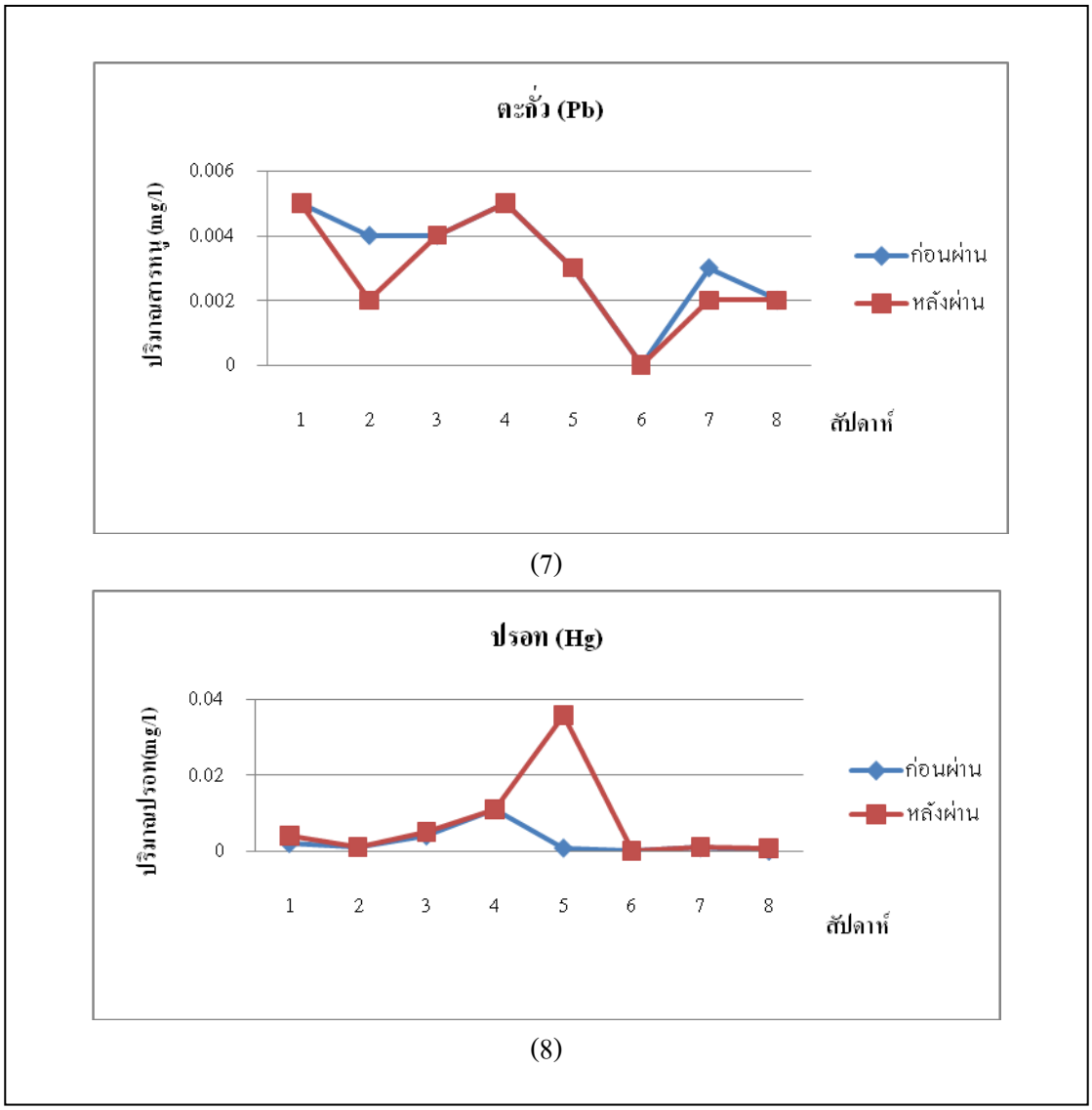
(5)



(6)

รูปที่ 4.11 แนวโน้มคุณภาพน้ำด้านโลหะหนักก่อนและหลังผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี

(4) ทองแดง (5) สังกะสี (6) สารหนู (ต่อ)



รูปที่ 4.11 แนวโน้มคุณภาพน้ำด้านโลหะหนักก่อนและหลังผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี (7) ตะกั่ว (8) ปรอท (ต่อ)

เมื่อนำข้อมูลค่าเฉลี่ยความเข้มข้นโลหะหนักทั้ง 4 จุด มาทดสอบทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (เกณฑ์เหมาะสม) สามารถตั้งสมมุติฐานได้ดังนี้

H_0 : $\mu \leq$ มาตรฐาน

H_A : $\mu >$ มาตรฐาน

โดยที่ μ คือ ค่าเฉลี่ยก่อนผ่านและหลังผ่านแหล่งกำเนิดและใช้ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.16 – 4.17 โดยการทดสอบสมมติฐานมีเฉพาะกรณีที่ค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่ามาตรฐานเท่านั้น

ตารางที่ 4.16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโลหะหนักบริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

โลหะหนัก	ค่าเฉลี่ยก่อนผ่านแหล่งกำเนิด	ค่าเฉลี่ยหลังผ่านแหล่งกำเนิด	*มาตรฐาน		ข้อสรุปการทดสอบสมมติฐาน	
			เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด	ก่อน	หลัง
1. Cr (mg/l)	0.0031	0.0016	-	-	-	-
2. Mn (mg/l)	0.0503	0.2464	ไม่เกิน 0.3	0.5	-	-
3. Fe (mg/l)	0.2671	0.2739	ไม่เกิน 0.5	1.0	-	-
4. Cu (mg/l)	0.0012	0.0801	ไม่เกิน 1.0	1.5	-	-
5. Zn (mg/l)	0.0066	0.2189	ไม่เกิน 5	1.5	-	-
6. As (mg/l)	0.0007	0.001	ต้องไม่มี	0.05	ยอมรับ H_A	ยอมรับ H_A
7. Cd (mg/l)	0	0	ต้องไม่มี	0.01	-	-
8. Hg (mg/l)	0.0008	0.0024	ต้องไม่มี	0.001	ยอมรับ H_A	ยอมรับ H_A
9. Pb (mg/l)	0.0029	0.0058	ต้องไม่มี	0.05	ยอมรับ H_A	ยอมรับ H_A

*มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

ตารางที่ 4.17 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโลหะหนักบริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี

โลหะหนัก	ค่าเฉลี่ยก่อนผ่านแหล่งกำเนิด	ค่าเฉลี่ยหลังผ่านแหล่งกำเนิด	*มาตรฐาน		ข้อสรุปการทดสอบสมมติฐาน	
			เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด	ก่อน	หลัง
1.Cr (mg/l)	0.0028	0.0025	-	-	-	-
2. Mn (mg/l)	0.6695	0.3841	ไม่เกิน 0.3	0.5	ยอมรับ H_A	ยอมรับ H_0
3.Fe (mg/l)	2.9133	0.4059	ไม่เกิน 0.5	1.0	ยอมรับ H_A	-
4. Cu (mg/l)	0.0014	0.002	ไม่เกิน 1.0	1.5	-	-
5. Zn (mg/l)	0.1189	0.002	ไม่เกิน 5	1.5	-	-
6. As (mg/l)	0.0011	0.0019	ต้องไม่มี	0.05	ยอมรับ H_A	ยอมรับ H_A
7.Cd (mg/l)	0	0	ต้องไม่มี	0.01	-	-
8. Hg (mg/l)	0.0061	0.0019	ต้องไม่มี	0.001	ยอมรับ H_A	ยอมรับ H_A
9. Pb (mg/l)	0.0029	0.0033	ต้องไม่มี	0.05	ยอมรับ H_A	ยอมรับ H_A

*มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากตารางที่ 4.16 พบว่า จากการตรวจวิเคราะห์เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ของแหล่งกำเนิดมลพิษ คือ สถานที่ฝังกลบมูลฝอย มีโลหะหนัก 3 ชนิดที่เกินมาตรฐานกำหนดไว้ คือ สารหนู (As) ปรอท (Hg) และ ตะกั่ว (Pb) ซึ่งอาจเกิดจากการปนเปื้อนในน้ำบาดาลได้ เนื่องมาจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอย อาจมีน้ำชะขยะซึ่งมีการปนเปื้อนของโลหะหนักไหลเข้าสู่น้ำบาดาลและตารางที่ 4.17 พบว่า จากการตรวจวัด แหล่งกำเนิดมลพิษ คือ บริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี มีโลหะหนัก 5 ชนิด ที่เกินมาตรฐานกำหนดไว้ คือแมงกานีส (Mn) สารหนู (As) ตะกั่ว (Pb) เหล็ก (Fe) และปรอท (Hg)

4.4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านแหล่งกำเนิด

จากการตรวจวิเคราะห์น้ำบาดาล เพื่อศึกษาการปนเปื้อนมลพิษในน้ำบาดาลบริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารีและสถานที่ฝังกลบมูลฝอย ระยะตรวจติดตาม 8 สัปดาห์สามารถนำค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านแหล่งกำเนิดมาเปรียบเทียบเชิงสถิติเพื่อพิจารณาความแตกต่าง โดยการประเมินจะใช้การเพิ่มขึ้นของมลพิษหลังผ่านแหล่งกำเนิดเป็นเกณฑ์ที่บ่งว่าอาจมีสภาพการปนเปื้อนจากแหล่งกำเนิดนั้น

4.4.1 บริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี

1) พารามิเตอร์ที่คาดว่าอาจมีการเพิ่มขึ้นหลังจากผ่านแหล่งกำเนิด ได้แก่ ฟอสฟอรัส ความขุ่น TDS ไนเตรท คลอไรด์ โครเมียม (Cr) แมงกานีส (Mn) เหล็ก(Fe) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) สารหนู (As) ปรอท (Hg) ตะกั่ว (Pb) ตั้งสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : \mu_1 \geq \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 < \mu_2$$

โดยที่ μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นมลพิษในน้ำบาดาลบริเวณก่อนผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรม

μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นมลพิษในน้ำบาดาลบริเวณหลังผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรม

ใช้การวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี Independent Sample T – Test ในการวิเคราะห์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และทดสอบเฉพาะกรณีที่ค่าเฉลี่ยหลังผ่านแหล่งกำเนิดมีค่าสูงกว่าเท่านั้น ได้ผลดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบทางสถิติ โดยใช้วิธี Independent Sample T – Test ของบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี

พารามิเตอร์	ก่อนผ่านแหล่งกำเนิด		หลังผ่านแหล่งกำเนิด		p – value	ข้อสรุป
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
ฟอสฟอรัส	0.54	0.13	0.58	0.14	0.321	ยอมรับ H_0
ความขุ่น	0.69	0.50	9.91	12.03	0.024	ยอมรับ H_1
TDS	0.48	0.04	0.63	0.07	0.000	ยอมรับ H_1
ไนเตรท	2.04	3.34	2.94	3.77	0.309	ยอมรับ H_0
คลอไรด์	141.44	15.78	166.49	28.49	0.026	ยอมรับ H_0
Cr	0.0025	0.0017	0.0028	0.0020	0.384	ยอมรับ H_0
Mn	0.3841	0.1927	0.6695	0.2771	0.0165	ยอมรับ H_1
Fe	0.4059	0.2172	2.9133	3.4013	0.028	ยอมรับ H_0
Cu	0.002	0.0008	0.0014	0.0014	-	-
Zn	0.0168	0.0133	0.1189	0.2961	0.181	ยอมรับ H_0
As	0.0019	0.0004	0.0011	0.0004	-	-
Hg	0.0025	0.0037	0.0061	0.0122	0.2215	ยอมรับ H_0
Pb	0.0033	0.0017	0.0029	0.0017	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

* Cd ตรวจวัดแล้วไม่มี

จากผลการทดสอบ สรุปได้ว่าพารามิเตอร์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ หลังจากผ่านแหล่งกำเนิด ได้แก่ ความขุ่นมี p – value 0.024 , TDS มี p – value 0.000 และ Mn มี p – value 0.0165 ส่วนพารามิเตอร์ที่เหลือไม่พบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นหลังจากผ่านแหล่งกำเนิด

2) พารามิเตอร์ที่คาดว่าอาจมีการเปลี่ยนแปลงหลังจากผ่านแหล่งกำเนิด ได้แก่ อุณหภูมิ pH และ DO ตั้งสมมติฐานดังนี้

H_0 : μ_1 = μ_2

H_1 : μ_1 ≠ μ_2

โดยที่ μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นมลพิษในน้ำบาดาลบริเวณก่อนผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรม

μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นมลพิษในน้ำบาดาลบริเวณหลังผ่านบริษัทเขตอุตสาหกรรม

ใช้การวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี Independent Sample T – Test ในการวิเคราะห์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบทางสถิติ โดยใช้วิธี Independent Sample T – Test ของบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี

พารามิเตอร์	ก่อนผ่านแหล่งกำเนิด		หลังผ่านแหล่งกำเนิด		p – value	ข้อสรุป
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
อุณหภูมิ	31.44	1.49	31.81	1.85	0.66	ยอมรับ H_0
pH	6.48	0.98	6.96	0.77	0.291	ยอมรับ H_0
DO	3.83	0.44	4.11	0.43	0.228	ยอมรับ H_0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากผลการทดสอบสรุปได้ว่า อุณหภูมิ มี p – value 0.66, pH มี p – value 0.291 และ DOมี p – value 0.228 มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างจุดก่อนและผ่านแหล่งกำเนิด

4.4.2 สถานที่ฝังกลบมูลฝอย

1) พารามิเตอร์ที่คาดว่าอาจมีการเพิ่มขึ้นหลังจากผ่านแหล่งกำเนิด ได้แก่ ฟอสฟอรัส ความขุ่น TDS ไนเตรท คลอไรด์ โครเมียม (Cr) แมงกานีส (Mn) เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) สารหนู (As) ปรอท (Hg) ตะกั่ว (Pb) ตั้งสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : \mu_1 \geq \mu_2$$
$$H_1 : \mu_1 < \mu_2$$

โดยที่ μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นมลพิษในน้ำบาดาลบริเวณก่อนผ่านสถานที่ฝังกลบ

μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นมลพิษในน้ำบาดาลบริเวณหลังผ่านสถานที่ฝังกลบ

ใช้การวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี Independent Sample T – Test ในการวิเคราะห์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และทดสอบเฉพาะกรณีที่ค่าเฉลี่ยหลังผ่านแหล่งกำเนิดมีค่าสูงกว่าเท่านั้น ได้ผลดังตารางที่ 4.20

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบทางสถิติ โดยใช้วิธี Independent Sample T – Test ของสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

พารามิเตอร์	ก่อนผ่านแหล่งกำเนิด		หลังผ่านแหล่งกำเนิด		p – value	ข้อสรุป
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
ฟอสฟอรัส	0.56	0.13	0.55	0.15	-	-
ความขุ่น	0.34	0.15	0.23	0.26	-	-
TDS	0.61	0.09	0.20	0.01	-	-
ไนเตรท	23.04	16.60	20.58	11.93	-	-
คลอไรด์	106.90	37.56	32.05	14.82	-	-
Cr	0.0016	0.0012	0.0031	0.0031	0.112	ยอมรับ H_0
Mn	0.2464	0.1187	0.0503	0.0968	-	-
Fe	0.2739	0.1251	0.2671	0.1966	-	-
Cu	0.0801	0.1691	0.0012	0.0013	-	-
Zn	0.2189	0.3251	0.0066	0.0049	-	-
As	0.001	0.000	0.0007	0.0004	-	-
Hg	0.0024	0.0027	0.0008	0.0017	-	-
Pb	0.0058	0.0039	0.0029	0.0015	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

* Cd ตรวจวัดแล้วไม่มี

จากผลการทดสอบ สรุปได้ว่า ไม่พบพารามิเตอร์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังผ่านแหล่งกำเนิด โดยค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ทุกตัวยกเว้น Cr มี p – value 0.112 มีค่าต่ำลงหลังผ่านแหล่งกำเนิด

2) พารามิเตอร์ที่คาดว่าอาจมีการเปลี่ยนแปลงหลังจากผ่านแหล่งกำเนิด ได้แก่ อุณหภูมิ pH และ DO ตั้งสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

โดยที่ μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นมลพิษในน้ำบาดาลบริเวณก่อนผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นมลพิษในน้ำบาดาลบริเวณหลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

ใช้การวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี Independent Sample T – Test ในการวิเคราะห์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังตารางที่ 4.21

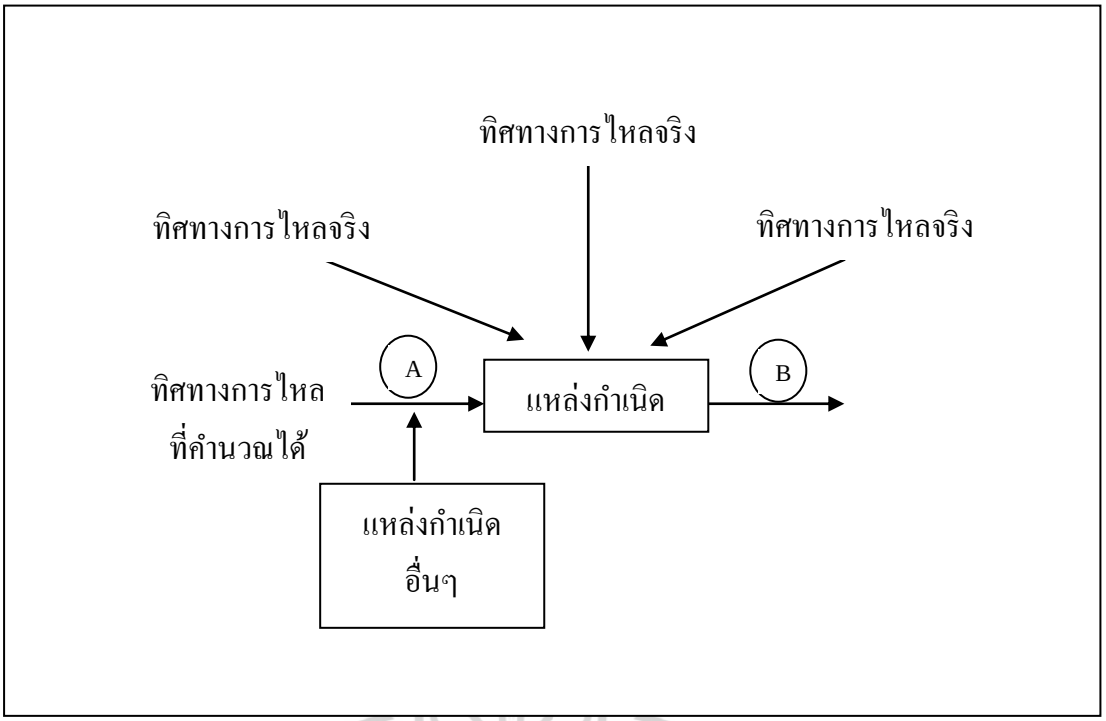
ตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบทางสถิติ โดยใช้วิธี Independent Sample T – Test ของสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

พารามิเตอร์	ก่อนผ่านแหล่งกำเนิด		หลังผ่านแหล่งกำเนิด		p – value	ข้อสรุป
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
อุณหภูมิ	31.70	1.53	31.15	1.19	0.438	ยอมรับ H_0
pH	6.98	0.86	6.65	1.52	0.524	ยอมรับ H_0
DO	3.85	0.64	3.65	0.41	0.466	ยอมรับ H_0

จากผลการทดสอบสรุปได้ว่า พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่ามีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างจุดก่อนและหลังผ่านแหล่งกำเนิด ซึ่งอุณหภูมิ มี p – value 0.438, pH มี p – value 0.524 และ DO มี p – value 0.466 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาในหัวข้อ 4.4 สรุปได้ว่าการวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านแหล่งกำเนิด พบการเพิ่มขึ้นของมลพิษเพียงแห่งเดียว คือ เขตอุตสาหกรรมสุรนารีและเพียง 3 พารามิเตอร์ คือ ความขุ่น TDS และ Mn จึงอาจไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนมากเพียงพอในการชี้ว่าเกิดการปนเปื้อนจากแหล่งกำเนิดดังกล่าว ทั้งนี้การที่ค่าไม่แตกต่างกันอาจเป็นผลจากระยะเวลาและจำนวนตัวอย่างมีจำกัด อีกทั้งในบางพารามิเตอร์พบว่า มีค่าลดลงหลังจากผ่านแหล่งกำเนิด ซึ่งขัดแย้งกับสมมติฐานที่มีอยู่ สันนิษฐานว่าทิศทางการไหลของน้ำบาดาลที่วิเคราะห์ในการศึกษานี้อาจมีความละเอียดไม่เพียงพอ จึงไม่สามารถทราบถึงความแตกต่างของระดับน้ำบาดาลที่แท้จริงในพื้นที่รอบๆ แหล่งกำเนิดและทำให้การเลือกจุดเก็บตัวอย่างก่อน – หลัง ยังไม่เป็นตัวแทนที่เหมาะสมเพียงพอ รวมทั้งอาจมีแหล่งกำเนิดอื่นที่ไม่ได้พิจารณาแต่ส่งผลต่อค่าพารามิเตอร์ที่ทำการ

วิเคราะห์ด้วย อาทิ โรงงานหรือสถานประกอบการที่ตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงบ่อบาดาลที่เลือกทั้ง 4 บ่อ โดยวิเคราะห์ละเอียดได้ในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 การวิเคราะห์สาเหตุของค่าพารามิเตอร์มีค่าลดลงหลังผ่านแหล่งกำเนิด

จากรูปที่ 4.12 ในกรณีที่ค่าจุด A สูงกว่าจุด B อาจมีสาเหตุที่เป็นไปได้ดังต่อไปนี้

1) ทิศทางการไหลของน้ำบาดาลที่วิเคราะห์ในการศึกษานี้อาจมีความละเอียดไม่เพียงพอ จึงไม่สามารถทราบถึงความแตกต่างของระดับน้ำบาดาลที่แท้จริงในพื้นที่รอบๆ แหล่งกำเนิดและทำให้การเลือกจุดเก็บตัวอย่างก่อน – หลัง ยังไม่เป็นตัวแทนที่เหมาะสมเพียงพอ

2) อาจมีแหล่งกำเนิดอื่นที่ไม่ได้พิจารณาแต่ส่งผลต่อค่าพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ด้วย อาทิ โรงงานหรือสถานประกอบการที่ตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงบ่อบาดาลที่เลือกทั้ง 4 บ่อ สารมลพิษมีปริมาณลดลง อาจเนื่องมาจากในธรรมชาติมีการบำบัดเบื้องต้น เช่น การดูดซึมของดิน การดูดซับของพืช หรืออาจจะมีการปนเปื้อนจากแหล่งกำเนิดน้อยมาก จนทำให้ธรรมชาติสามารถบำบัดได้เอง

4.5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

จากการใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของน้ำบาดาลจากการเก็บตัวอย่างเชิงพื้นที่รวม 20 จุดและแต่ละจุดมีค่าโลหะหนักที่นำมาวิเคราะห์ PCA ได้ 8 ชนิด ได้ความสัมพันธ์ในแบบ Correlation Matrix ดังตารางที่ 4.22 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง Cr กับ Pb มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดคือ 0.512 รองลงมาคือ Cr กับ Hg เท่ากับ 0.483 และ Fe กับ Mn เท่ากับ 0.469 ถ้ามองในกลุ่มที่มีความสัมพันธ์กันคือ Mn, Fe, Cu และ Ag และอีกความสัมพันธ์ที่มีความสัมพันธ์กันมากคือ Pb, Hg และ Cr ตามลำดับ

ตารางที่ 4.22 ความสัมพันธ์ในแบบ Correlation Matrix ของโลหะหนัก 8 ชนิด จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล (ตัวหนา คือ มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95)

		Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	As	Hg	Pb
Correlation	**Cr**	1.000	-.193	-.084	-.019	.049	-.160	**.483**	**.512**
	Mn	-.193	1.000	**.469**	-.081	-.242	**.433**	-.049	-.191
	Fe	-.084	**.469**	1.000	-.235	.341	.251	-.092	-.198
	Cu	-.019	.-081	-.235	1.000	-.084	-.143	.165	**.422**
	Zn	.049	-.242	.341	-.084	1.000	.083	.271	.051
	As	-.160	**.433**	.251	-.143	.083	1.000	.040	-.125
	Hg	**.483**	-.049	-.092	.165	.271	.040	1.000	.294
	Pb	**.512**	-.191	-.198	**.422**	.051	-.125	.294	1.000
Sig. (2-tailed)	**Cr**		.208	.362	.468	.418	.250	**.015**	**.011**
	Mn	.208		**.018**	.367	.152	**.028**	.419	.210
	Fe	.362	**.018**		.159	.071	.143	.350	.201
	Cu	.468	.367	.159		.362	.274	.244	**.032**
	Zn	.418	.152	.071	.362		.365	.124	.416
	As	.250	**.028**	.143	.274	.365		.433	.299
	Hg	**.015**	.419	.350	.244	.124	.433		.104
	Pb	**.011**	.210	.201	**.032**	.416	.299	.104	

เมื่อพิจารณาดูที่ค่า Eigenvalues ดังตารางที่ 4.23 พบว่า ค่าที่มากกว่า 1 จะได้ปัจจัยทั้งหมด 3 ปัจจัย โดยอธิบายความแปรปรวนทั้งหมดได้ 64.74 % ในปัจจัยที่ 1 ได้ค่า Eigenvalues เท่ากับ 2.330 อธิบายความแปรปรวนได้ 29.122% ปัจจัยที่ 2 ค่า Eigenvalues เท่ากับ 1.609 อธิบายความแปรปรวนได้ 20.111% และปัจจัยที่ 3 ได้ค่า Eigenvalues เท่ากับ 1.241 อธิบายความแปรปรวนได้

15.508% และเมื่อทำการหมุนแกนซึ่งทำให้ค่า Factor loading เปลี่ยนแปลงจะพบว่า ค่า Eigenvalues และ % of variance ของปัจจัยที่ 1 จะลดลง แต่จะมาเพิ่มในปัจจัยที่ 2 และ 3 โดยสามารถอธิบายความแปรปรวนทั้งหมดได้ 64.741% เช่นเดิม ซึ่งผลที่ได้จะทำให้ค่า Eigenvalues ของปัจจัยที่ 1 เท่ากับ 1.999 อธิบายความแปรปรวนได้ 24.993% โดยปัจจัยที่ 2 และ 3 จะได้ค่า Eigenvalues เพิ่มขึ้นเป็น 1.790 และ 1.430 อธิบายความแปรปรวนได้ 21.875% และ 17.873%

ตารางที่ 4.23 ค่า Eigenvalues ที่ได้จาก PCA

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	**2.330**	**29.122**	**29.122**	2.330	29.122	29.122	**1.999**	**24.993**	**24.993**
2	**1.609**	**20.111**	**49.233**	1.609	20.111	49.233	**1.750**	**21.875**	**46.868**
3	**1.241**	**15.508**	**64.741**	1.241	15.508	64.741	**1.430**	**17.873**	**64.741**
4	.955	11.932	76.673						
5	.775	9.693	86.367						
6	.612	7.645	94.011						
7	.290	3.624	97.635						
8	.189	2.365	100.000						

เมื่อพิจารณาจากค่า Factor loading ในตารางที่ 4.24 ก่อนการหมุนแกน (Component Matrix) จะเห็นว่า ค่าในแต่ละปัจจัย (Component) ยังไม่แสดงการจัดกลุ่มที่ชัดเจน จึงทำการหมุนแกน (Rotated Component Matrix) เพื่อให้สามารถจัดแยกโลหะหนักโดยใช้ค่า Factor loading ออกมาอยู่ใน 3 ปัจจัย โดยแยกออกมาดังนี้

- ปัจจัยที่ 1 ประกอบด้วย Hg Pb Cr
- ปัจจัยที่ 2 ประกอบด้วย Mn As Fe
- ปัจจัยที่ 3 ประกอบด้วย Zn Cu

โดยค่าที่ Factor loading ของแต่ละ component หลังจากการหมุนแกนมาพลอตจะได้ดังรูปที่ 4.13

ตารางที่ 4.24 ค่า factor loading ก่อนและหลังการหมุนแกนแบบ Varimax

Component Matrix[a]

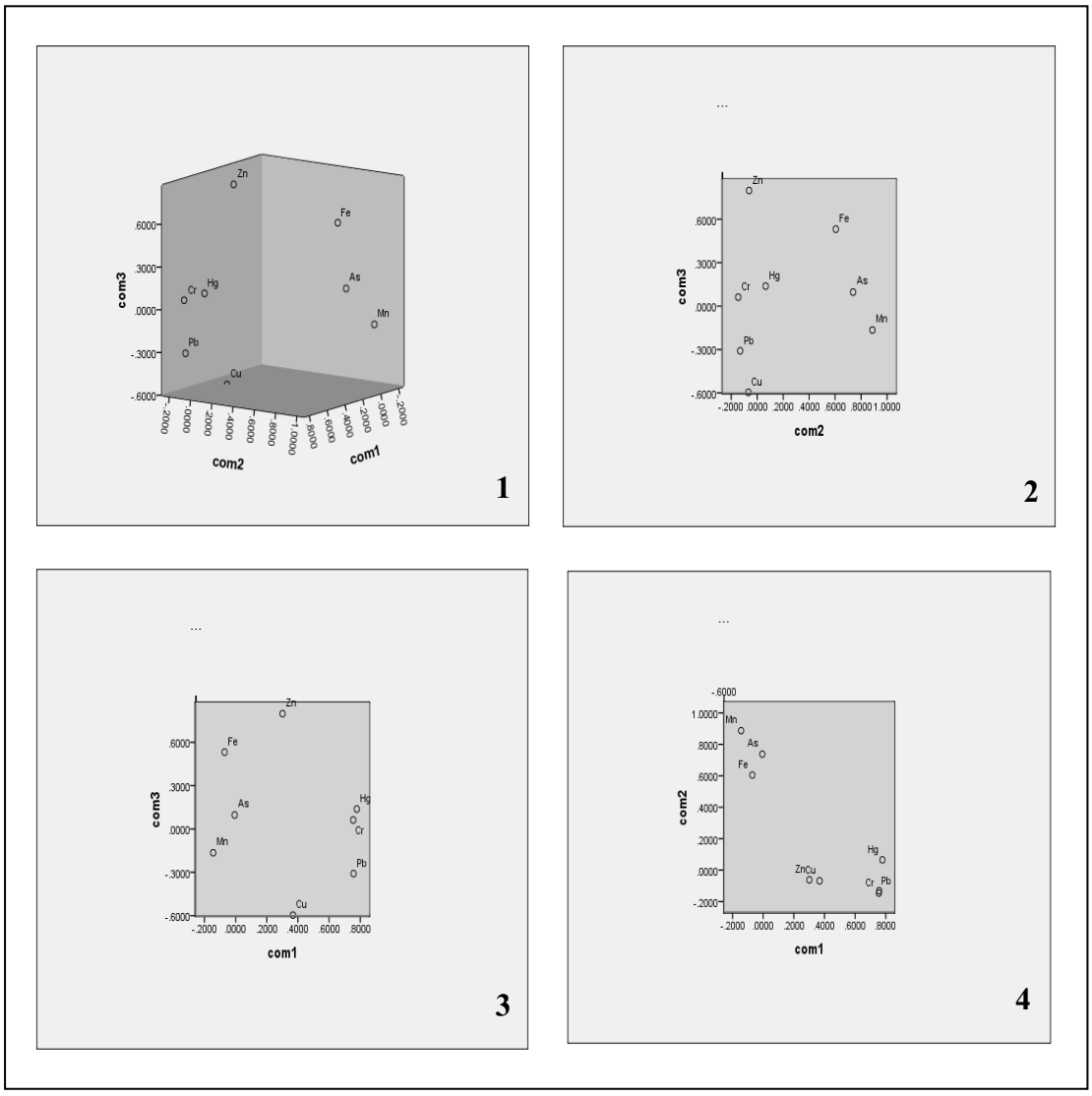
	Component		
	1	**2**	**3**
Cr	0.642	0.428	0.030
Mn	-0.608	0.288	0.618
Fe	-0.555	0.584	-.074
Cu	0.467	-0.150	0.504
Zn	0.065	0.612	-0.594
As	-0.479	0.444	0.357
Hg	0.511	0.598	0.100
Pb	0.726	0.223	0.329

Rotated Component Matrix[a]

	Component		
	1	**2**	**3**
Cr	**0.755**	-0.146	0.062
Mn	-0.144	**0.887**	-0.165
Fe	-0.071	**0.605**	0.532
Cu	0.368	-0.068	**-0.596**
Zn	0.301	-0.062	**0.798**
As	-0.006	**0.738**	0.097
Hg	**0.778**	0.065	0.138
Pb	**0.757**	-0.131	-0.309

จากรูปที่ 4.13 ได้ลักษณะความสัมพันธ์แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแรก คือ กลุ่มที่มีค่าสูงในปัจจัยที่ 1 คือ Hg Pb Cr กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่มีค่าสูงในปัจจัยที่ 2 คือ Mn As Fe และกลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มที่มีค่าสูงในปัจจัยที่ 3 คือ Zn Cu ซึ่งในกลุ่มที่อยู่ในปัจจัยที่ 1 คือ ปรอท (Hg) นำมาใช้ในอุตสาหกรรมในการผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า , ตะกั่ว(Pb) ส่วนจะนำมาใช้ในอุตสาหกรรมด้านการผลิตแบตเตอรี่ ,โครเมียม(Cr) ส่วนใหญ่ใช้ทำโลหะเจือผสม และผลิตเหล็กปลอดสนิม นอกจากนั้นยังนำมาใช้เคลือบโลหะเพื่อป้องกันการผุกร่อนของโลหะ โครเมียมมีความเป็นพิษอยู่ในรูปโครเมียมเฮกซะวาเลนซ์อิออน เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะทำให้เกิดอาการอาเจียนหรือถ้าสัมผัสอาจก่อให้เกิดแผลพุพองได้ ปัจจัยที่ 2 แมงกานีส(Mn) มักพบปะปนอยู่กับแร่เหล็ก แมงกานีสนำมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและใช้ในกระบวนการผลิตเหล็กกล้าและยังใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่อีกด้วย , สารหนู(As)ส่วนใหญ่ใช้ในการเตรียมสารเคมี ใช้ในการผสมกับโลหะ ผลิตแผ่นตะกั่วของหม้อแบตเตอรี่ , เหล็ก(Fe) ใช้ในอุตสาหกรรมเหล็ก อิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมยานยนต์ ปัจจัยที่ 3 สังกะสี (Zn) ส่วนใหญ่ใช้ในการชุบโลหะ ภาชนะเคลือบ , ทองแดง (Cu)ใช้ในอุตสาหกรรมทำลวดไฟฟ้า วงจรไฟฟ้า ซึ่งปัจจัยที่ 1 และ 3 มีโลหะหนักที่อาจเกิดจากอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ในเขตอุตสาหกรรมสุรนารี จึงเป็นไปได้ค่าอาจมีการปนเปื้อนจากแหล่งกำเนิดนี้

ทั้งนี้จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า สมหมาย ขยันดี (2545) พบว่าค่า Mn เพิ่มขึ้นหรือลดลง อาจเกิดจากความลึกที่แตกต่างของชั้นน้ำใต้ดิน และ Cu น่าจะมาจากในธรรมชาติ ส่วน Cd เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค (กระทรวงอุตสาหกรรม , 2521) แต่อยู่ในเกณฑ์ที่อนุโลมให้มีได้ 0.01 mg/l เกิดจากการปนเปื้อนจากน้ำชะขยะและสหัถยา ลาดปาละ(2545) พบว่า Fe,ฟลูออไรด์และ Pb มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งค่าที่เกินมาตรฐานได้มาจากน้ำชะขยะมูลฝอย



รูปที่ 4.13 ค่า Factor loading ของโลหะหนักในน้ำบาดาลจากการหมุนแกน

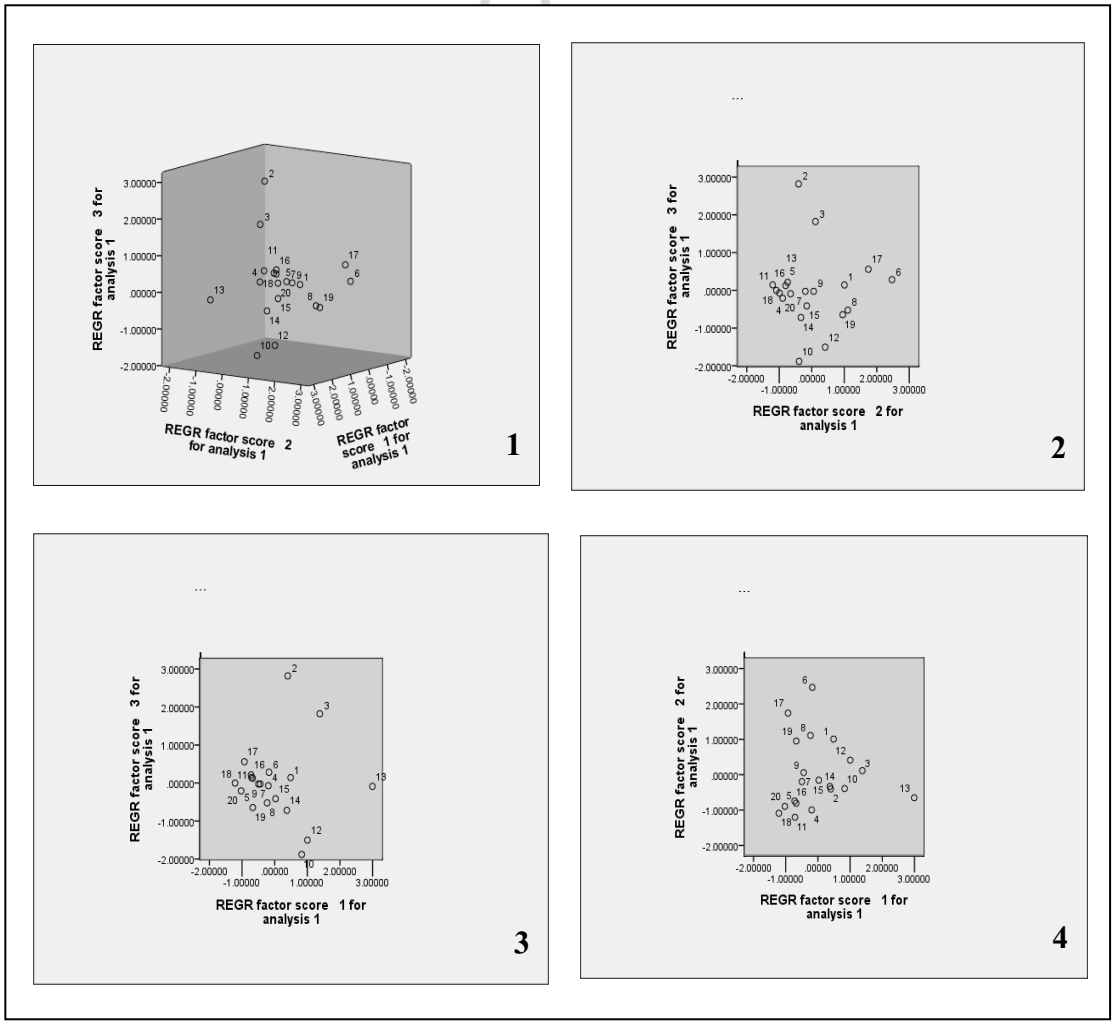
(1) โลหะหนักจากน้ำบาดาลที่ใช้ค่า Factor loading แทนค่าในทั้ง 3 ปัจจัย

(2) Factor loading ของโลหะหนักระหว่างปัจจัยที่ 2 และ 3

(3) Factor loading ของโลหะหนักระหว่างปัจจัยที่ 1 และ 3

(4) Factor loading ของโลหะหนักระหว่างปัจจัยที่ 1 และ 2

รูปที่ 4.14 (1) แสดงค่า Factor Score ของบ่อบาดาลทั้ง 20 จุด โดยจะเห็นว่า จุดที่เก็บน้ำบาดาลส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 จะมีจุดที่ 2,3 ที่แสดงค่าเกินช่วง -1 ถึง 1 รูปที่ 4.14 (3) แสดงค่า Factor Score ระหว่างปัจจัยที่ 1 และ 3 จะเห็นว่า จุดเก็บน้ำบาดาลส่วนใหญ่จะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน มีเพียงบางจุดที่มีลักษณะที่แตกต่างจากส่วนใหญ่ คือจุดที่ 2, 3 และ 13 รูปที่ 4.14 (4) แสดงค่า Factor Score ระหว่างปัจจัยที่ 1 และ 2 จะพบว่า จุดเก็บน้ำบาดาลส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วง -1 ถึง 1 จุดที่ 6 และ 13 มีลักษณะที่แตกต่างกันจากส่วนใหญ่



รูปที่ 4.14 ค่า Factor Score ของ 20 จุดโดยรอบแหล่งกำเนิดมลพิษ

(1) โลหะหนักจากน้ำบาดาลที่ใช้ค่า Factor Score แทนค่าในทั้ง 3 ปัจจัย

(2) Factor Score ระหว่างปัจจัยที่ 2 และ 3

(3) Factor Score ระหว่างปัจจัยที่ 1 และ 3

(4) Factor Score ระหว่างปัจจัยที่ 1 และ 2

4.6 ผลการวิเคราะห์จัดกลุ่ม

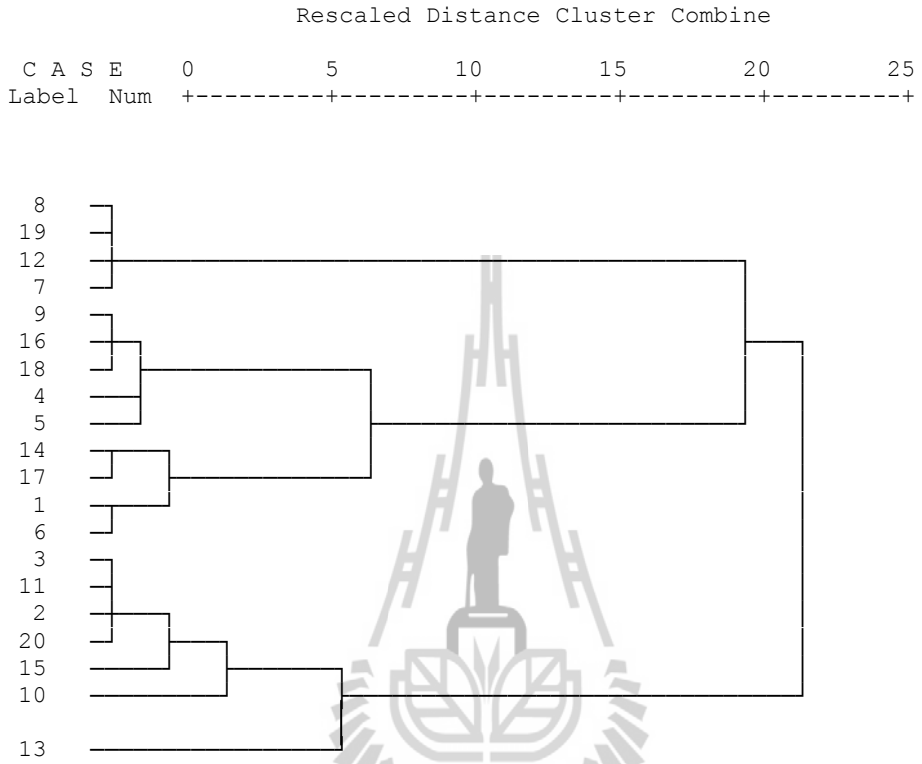
จากการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (Cluster Analysis) ของบ่อบาดาลจากการเก็บตัวอย่างเชิงพื้นที่ รวม 20 จุด และแต่ละจุดมีค่าโลหะหนักที่นำมาวิเคราะห์ได้ 8 ชนิด แสดงให้เห็นการจับคู่และการจัดกลุ่ม โดย Complete Linkage ดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 ความสัมพันธ์การจัดกลุ่มด้วย Cluster Analysis ของบ่อบาดาล ทั้ง 20 โดยใช้ Complete Linkage

Agglomeration Schedule

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	8	19	1.000	0	0	2
2	8	12	1.000	1	0	5
3	9	16	1.000	0	0	8
4	3	11	1.000	0	0	6
5	7	8	.999	0	2	18
6	2	3	.995	0	4	10
7	14	17	.984	0	0	14
8	9	18	.966	3	0	12
9	1	6	.959	0	0	14
10	2	20	.954	6	0	13
11	4	5	.946	0	0	12
12	4	9	.921	11	8	17
13	2	15	.880	10	0	15
14	1	14	.842	9	7	17
15	2	10	.784	13	0	16
16	2	13	.568	15	0	19
17	1	4	.488	14	12	18
18	1	7	-.211	17	5	19
19	1	2	-.337	18	16	0

การจัดกลุ่มของบ่อบาดาลทั้ง 20 จุด โดยใช้ Cluster Analysis วิธี Furthest neighbor โดยวัดความคล้ายด้วยค่าความสัมพันธ์ Pearson Correlation สามารถจัดกลุ่มออกดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 Dendrogram การจัดกลุ่มบ่อบาดาลทั้งหมด 20 จุด โดยการวัดระยะห่างด้วยวิธี Pearson Correlation

จากรูปที่ 4.15 สามารถที่จะเห็นได้ว่าการจัดกลุ่มของบ่อบาดาลทั้ง 20 จุด แบ่งลักษณะบ่อบาดาลมีคุณลักษณะคล้ายกันได้ 4 กลุ่ม ได้แก่

- กลุ่มที่ 1 คือ บ่อบาดาลที่ 8, 19, 12 และ 7
- กลุ่มที่ 2 คือ บ่อบาดาลที่ 9, 16, 18, 4 และ 5
- กลุ่มที่ 3 คือ บ่อบาดาลที่ 14,17, 1 และ 6
- กลุ่มที่ 4 คือ บ่อบาดาลที่ 3, 11, 2, 20, 15, 10 และ 13

ซึ่งการจัดกลุ่มของ CA ที่ได้ ตรงกับการจัดปัจจัยด้วย PCA ซึ่งแหล่งที่มาของโลหะหนักส่วนใหญ่มีลักษณะคล้ายกัน แต่มีบ่อบาดาลที่แตกต่างได้แก่ บ่อที่ 2, 3 และ 13

บ่อที่ 2 คือ ศูนย์ขยายพันธุ์ข้าว มีเนื้อที่ประมาณ 50 ไร่ตั้งอยู่ที่ ถนนสายราชสีมา – โชคชัย เลขที่ 50 ต.หนองบัวศาลา อ.เมือง จ.นครราชสีมา ตั้งอยู่เยื้องปั๊มน้ำมันปตท.สาขาหัวทะเล มีผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล พบว่า ค่าความขุ่นเท่ากับ 1.62 NTU, pH เท่ากับ 4.78, TDS เท่ากับ 0.34 g/l , Conductivity เท่ากับ 490 µS/m, ไนเตรท เท่ากับ 5.13 mg/l, DO เท่ากับ 3.47 mg/l, คลอไรด์ เท่ากับ 34 mg/l และฟอสฟอรัสเท่ากับ 184 mg/l ไม่พบแอมโมเนีย ส่วนผลการวิเคราะห์โลหะหนัก พบว่า Cr เท่ากับ 0.00078 mg/l, Mn เท่ากับ 0.002mg/l, Fe เท่ากับ 0.585 mg/l, As เท่ากับ 0.001 mg/l, Hg เท่ากับ 0.004 mg/l และ Pbเท่ากับ 0.001 mg/l ส่วน Cd ไม่พบ

บ่อที่ 3 คือ หมู่ที่ 5 บ้านอ่างหนองแหน ต.หนองบัวศาลา มีผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล พบว่า ความขุ่นมีค่าเท่ากับ 0.30 NTU, pH เท่ากับ 7.66 , อุณหภูมิ 27.36 $^{\circ}$C, TDS เท่ากับ 0.20 g/l , conductivity เท่ากับ 290 µS/m, ไนเตรทเท่ากับ 1.5 mg/l, DO เท่ากับ 4.87 mg/l, คลอไรด์ เท่ากับ 68 mg/l และฟอสฟอรัส เท่ากับ 130 mg/l ซึ่งไม่พบแอมโมเนีย ส่วนผลการวิเคราะห์โลหะหนัก พบว่า Cr เท่ากับ 0.02 mg/l, Mn เท่ากับ 0.04 mg/l, Fe เท่ากับ 0.346 mg/l, Cu เท่ากับ 0.003 mg/l, Zn เท่ากับ 2.64 mg/l, As เท่ากับ 0.002 mg/l, Hg เท่ากับ 0.004 mg/l และ Pb เท่ากับ 0.004 mg/l ส่วน Cd ไม่พบ

บ่อที่ 13 คือ หมู่ที่ 5 บ้านอ่างหนองแหน ต.หนองบัวศาลา มีลักษณะใกล้เคียงกับบ่อที่ 3 เนื่องจากอยู่ในพื้นที่หมู่ที่ 5 บ้านอ่างหนองแหนเหมือนกัน พบว่าผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล ค่าความขุ่นเท่ากับ 0.80 NTU, pH เท่ากับ 7.81 , อุณหภูมิเท่ากับ 28.37 $^{\circ}$C, TDS เท่ากับ 0.21 g/l , conductivity เท่ากับ 320 µS/m, ไนเตรทเท่ากับ 5.78 mg/l, DO เท่ากับ 7.20 mg/l, คลอไรด์ เท่ากับ 77.71 mg/l และฟอสฟอรัส เท่ากับ 96 mg/l ซึ่งไม่พบแอมโมเนีย ส่วนผลการวิเคราะห์โลหะหนัก พบว่า Cr เท่ากับ 0.011 mg/l, Fe เท่ากับ 0.019 mg/l, Cu เท่ากับ 0.002 mg/l, Zn เท่ากับ 0.024 mg/l, As เท่ากับ 0.00069 mg/l, Hg เท่ากับ 0.006 mg/l และ Pb เท่ากับ 0.007 mg/l ส่วนMnและ Cd ไม่พบ

จากการวิเคราะห์จัดกลุ่มโลหะหนักโดยใช้วิธีใช้ Cluster Analysis ใช้วิธีการ Furthest neighbor โดยวัดความคล้ายด้วยค่าความสัมพันธ์ Pearson Correlation จากโลหะทั้ง 9 ชนิดได้ผลดังตารางที่ 4.26 และรูปที่ 4.16 โดยสามารถแบ่งกลุ่มได้ 3 กลุ่ม คือ

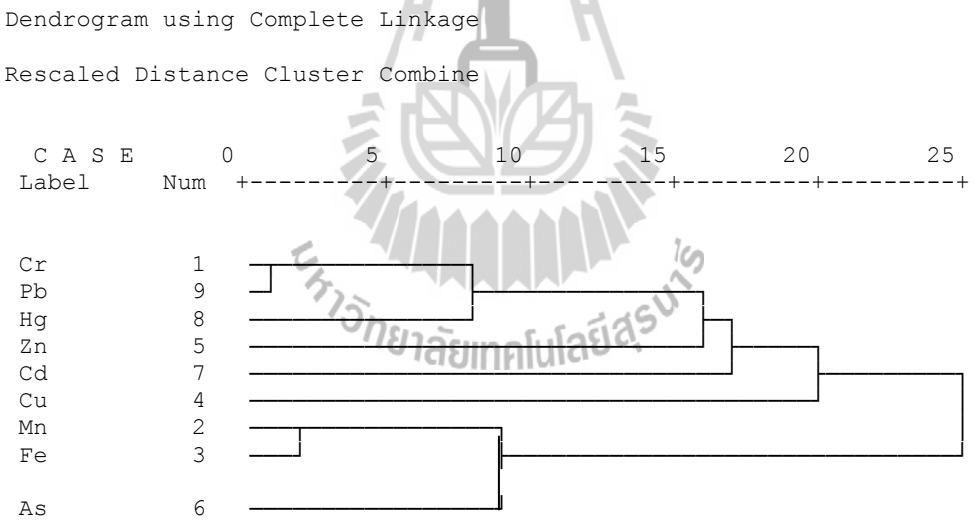
- กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย Cr Pb Hg
- กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย Zn Cd Cu
- กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วย Mn Fe As

โดยรูปแบบการจัดกลุ่มที่ได้จาก CA มีลักษณะตรงกับการจัดปัจจัยด้วย PCA

ตารางที่ 4.26 ความสัมพันธ์การจัดกลุ่มด้วย Cluster Analysis ของโลหะหนัก 9 ชนิด ในบ่อบาดาล โดยใช้ Complete Linkage

Agglomeration Schedule

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	1	9	.512	0	0	3
2	2	3	.469	0	0	4
3	1	8	.294	1	0	5
4	2	6	.251	2	0	8
5	1	5	.049	3	0	6
6	1	7	.000	5	0	7
7	1	4	-.084	6	0	8
8	1	2	-.242	7	4	0



รูปที่ 4.16 Dendrogram การจัดกลุ่มโลหะหนักในบ่อบาดาล โดยการวัดระยะห่างด้วยวิธี Pearson Correlation

จากผลการจัดกลุ่มของโลหะหนักและการจัดกลุ่มบ่อบาดาลในหัวข้อ 4.5 และ 4.6 ทำให้ทราบถึงแหล่งกำเนิดที่เป็นไปได้ของโลหะหนักที่พบในน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาและทราบถึงกลุ่มของบ่อบาดาลที่มีลักษณะคุณภาพน้ำใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นการคาดการณ์ อันจะเป็นพื้นฐานของการศึกษาต่อในขั้นละเอียด เพื่อระบุจุดที่เป็นปัญหาและทำการแก้ไขต่อไป

จากผลการศึกษาในหัวข้อ 4.3 ถึง 4.6 ซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์ผลคุณภาพน้ำเชิงเวลา โดยได้กำหนดจุดเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจติดตามผลทั้งหมด 4 จุด โดยเลือกจุดก่อนผ่าน – หลังผ่านแหล่งกำเนิดทั้ง 2 แหล่งคือ บริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารีและสถานที่ฝังกลบมูลฝอย ได้กำหนดจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 4 จุดคือ 1. หมู่ที่ 4 ตำบลหนองบัวศาลา 2. เทศบาลตำบลโพธิ์กลาง 3. วัดป่าหนองสมอ ตำบลหนองระเวียงและ 4. หอพักใกล้บริษัทเขตอุตสาหกรรม ได้เก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์ โดยมีพารามิเตอร์ที่ตรวจวัดด้านคุณภาพน้ำ ได้แก่ ความขุ่น, pH , อุณหภูมิ, TDS, Conductivity, ไนเตรท, DO, คลอไรด์, แอมโมเนีย และฟอสฟอรัส และโลหะหนัก ได้แก่โครเมียม แมงกานีส เหล็ก ทองแดง สังกะสี สารหนู แคดเมียม ปรอท และตะกั่ว ระยะเวลา 8 สัปดาห์ (วันที่ 23 มกราคม – วันที่ 13 มีนาคม 2556) เพื่อวิเคราะห์และหาความสัมพันธ์ทางสถิติและบ่งชี้การปนเปื้อนของมลพิษในน้ำบาดาลจากแหล่งกำเนิดทั้ง 2 แหล่ง โดยการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านแหล่งกำเนิด การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและเมื่อนำข้อมูลไปเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของงานวิจัยที่ใกล้เคียงคืองานของรัชฎาพร วัชรวิชานันท์และคณะ (2555) ซึ่งวิเคราะห์ปริมาณ Fe, Mn, Cu และ Zn ในน้ำบาดาลในฤดูร้อนและฤดูฝนบริเวณตำบลหนองบัวศาลาและตำบลหนองระเวียง ตำบลละ 3 จุด ตำบลหนองบัวศาลา 3 จุดได้แก่ 1) บ้านหนองตาคง(ท้ายน้ำของสถานที่ฝังกลบมูลฝอย) 2) โรงเรียนอ่างหนองแหน (ต้นน้ำของสถานที่ฝังกลบมูลฝอย) 3) บ้านหนองตะลุมปุ๊ก (ท้ายน้ำของสถานที่ฝังกลบมูลฝอย) ส่วนตำบลหนองระเวียง 3 จุด ได้แก่ 1) ประปาเขตอุตสาหกรรม (ต้นน้ำของเขตอุตสาหกรรม) 2) โรงเรียนทับช้าง (ท้ายน้ำของเขตอุตสาหกรรม) 3) โรงเรียนบ้านยองแยง (ท้ายน้ำของเขตอุตสาหกรรม)จากการศึกษาไม่ว่าจะจุดต้นน้ำหรือท้ายน้ำของแหล่งกำเนิดทั้ง 2 แหล่ง พบว่ามี Fe เกินมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 4.27 พบว่า ในภาพรวมค่า Mn, Fe, Cu และ Zn มีค่าอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน โดยค่า Cu และZn ที่พบใน 4 จุดของการศึกษานี้ค่อนข้างจะต่ำกว่าที่พบในงานวิจัยดังกล่าว ส่วนค่า Fe ของบ่อบาดาลจุดที่ 4 ค่อนข้างสูงกว่า

ตารางที่ 4.27 เปรียบเทียบผลการศึกษากับงานวิจัยอื่น

พารามิเตอร์	ผลจากการวิเคราะห์				รัชฎาพร วัชรวิชานันท์ และคณะ (2555)			
					ต.หนองบัวศาลา		ต.หนองระเวียง	
	จุดที่1	จุดที่ 2	จุดที่3	จุดที่4	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
1.Mn (mg/l)	0.2464	0.0503	0.3841	0.6695	0.24	0.08	0.06	0.02
2.Fe (mg/l)	0.2739	0.2671	0.4059	2.9135	1.58	0.35	0.62	0.14
3.Cu (mg/l)	0.0801	0.0012	0.002	0.0014	0.1	0.06	0.05	0.1
4.Zn (mg/l)	0.2189	0.0066	0.0168	0.1189	0.36	0.11	0.36	0.07

นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบการศึกษาของสมหมาย ขยันดี (2542) ซึ่งศึกษาคุณภาพน้ำบาดาลรอบสถานที่กำจัดมูลฝอยและรายงานว่า Fe และ Mn ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค แตกต่างจากผลของการศึกษานี้ที่พบว่า Fe, Mn และ Hg มีค่าเกินมาตรฐาน ส่วนค่า Pb และ Cd พบว่ามีผลสอดคล้องกันคือมีค่าสูงแต่อยู่ในเกณฑ์ที่อนุโลมให้มีได้

การศึกษาของศุภาพิชญ์ ตั้งกองทรัพย์ (2546) ทำการศึกษาการปนเปื้อนและการแพร่กระจายของตะกั่วและแคดเมียมบริเวณฝังกลบขยะมูลฝอย พบว่า มีการแพร่ระกระจายของตะกั่วและแคดเมียมไปทางทิศตะวันออกและทิศใต้มีการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด ซึ่งได้ผลสอดคล้องกับการศึกษาที่ไม่มีการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียม

จากการศึกษาของชุลีรัตน์ พรมเหลา (2551) ได้ศึกษาการประเมินการปนเปื้อนและคาดการณ์แนวโน้มการแพร่กระจายการเคลื่อนที่ของแคดเมียม โครเมียม และตะกั่ว พบว่า ทอศทางการแพร่กระจายของแคดเมียม โครเมียม และตะกั่ว บริเวณพื้นที่ใกล้เคียงสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย มีความสัมพันธ์กับทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน พบว่า บริเวณรัศมี 500 เมตร พบการปนเปื้อนของตะกั่วมีค่าสูงกว่าโครเมียม และแคดเมียม ส่วนผลที่ได้จากการศึกษาแหล่งกำเนิดมลพิษบริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอยมีโลหะหนักที่เกินมาตรฐานกำหนด 3 ชนิด คือ สารหนู ปรอท และตะกั่ว ซึ่งมีค่าที่เกินมาตรฐานคล้ายกัน ได้แก่ โลหะหนัก ตะกั่ว ส่วนค่าโครเมียมมีค่าใกล้เคียงกับของชุลีรัตน์ และแคดเมียมมีค่าเป็นศูนย์

การศึกษาของมนตรี บุญเสนอ และคณะ (2537) ศึกษาการปนเปื้อนของขยะมูลฝอยในน้ำบาดาลระดับตื้นจากโครงการกำจัดขยะของเทศบาลเมืองนครขอนแก่น พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง

อยู่ระหว่าง 6.00-7.2 ค่าความนำไฟฟ้าระหว่าง 52.6-5,290 µS/cm ปริมาณสารที่ละลายได้ทั้งหมดระหว่าง 34.4-6,500 mg/l คลอไรด์ 5.0-1,749.45 mg/l ไนเตรท 0-27.5 mg/l และแมงกานีส 0.008-

2.3 mg/l ส่วนผลที่ได้ทั้งหมดและคลอไรด์มีค่าสูงที่จุดก่อนผ่านแหล่งกำเนิดบริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอย ส่วนพารามิเตอร์ความเป็นกรด -ด่าง ค่าความนำไฟฟ้า ปริมาณสารที่ละลายได้ทั้งหมด คลอไรด์และไนเตรทใกล้เคียงกับการศึกษาของมนตรี

ธงชัย สุธีรศักดิ์ และไตรภพ ผ่องสุวรรณ (2551) ศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินตะกอนท้องน้ำและศึกษาลักษณะการกระจายของโลหะหนัก พบว่า Al และ Fe มีค่าค่อนข้างสูง ส่วน Sn และ Pb รองลงมา ส่วนค่าที่ไม่เกินมาตรฐานได้แก่ As Cu Cr Ni และ Zn เมื่อเทียบกับผลของการศึกษาพบว่า มี Fe สูง ซึ่งสอดคล้องกับธงชัย ส่วน As Cu Cr และ Zn สอดคล้องกับธงชัยและไม่เกินมาตรฐานกำหนด

และจิราภรณ์ หลาบคำ และอุไรวรรณ อินทร์ม่วง (2554) ศึกษาสถานการณ์คุณภาพน้ำและความคิดเห็นของประชาชนต่อปัญหามลพิษทางน้ำของชุมชนบริเวณรอบสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยเทศบาลนครขอนแก่น พบว่า มีการปนเปื้อนของตะกั่วและแมงกานีสเกินมาตรฐานและมีแนวโน้มว่ามีสาเหตุการปนเปื้อนจากสถานที่ฝังกลบ ส่วนการศึกษามีค่าตะกั่วเกินมาตรฐาน ส่วนแมงกานีสไม่พบการปนเปื้อน เนื่องจากไม่เกินมาตรฐานน้ำบาดาล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษาการปนเปื้อนสารมลพิษในน้ำบาดาล บริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมและสถานที่ฝังกลบมูลฝอย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ประกอบด้วยการหาทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในบริเวณพื้นที่ศึกษาและการ ตรวจวัดด้าน คุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ความขุ่น พีเอช คลอไรด์ แอมโมเนีย ไนเตรท ฟอสฟอรัส ของแข็งละลายได้ทั้งหมด และตรวจวัดโลหะหนัก 9 ชนิด ได้แก่ สังกะสี โครเมียม ตะกั่ว สารหนู แมงกานีส ทองแดง ปรอท แคดเมียม และเหล็ก โดยวิเคราะห์ด้วย Inductively Coupled Plasma ส่วนการวิเคราะห์ทางสถิติ ประกอบด้วยการวิเคราะห์สถิติพรรณนาของข้อมูลการ เปรียบเทียบคุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านแหล่งกำเนิด โดยใช้การทดสอบทางสถิติ การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์จัดกลุ่มโลหะหนักและบ่อบาดาล

จากผลการศึกษาทิศทางการไหลของน้ำบาดาลโดยการวัดระดับน้ำในบ่อบาดาล 29 แห่งและสร้างแผนที่ระดับน้ำบาดาลทำให้สามารถคัดเลือกจุดที่จะเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำเชิงพื้นที่ จำนวน 20 จุด โดยครอบคลุมพื้นที่ศึกษาในตำบลหนองระเวียงและตำบลหนองบัวศาลา และได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำ และด้านโลหะหนัก ผลด้านคุณภาพน้ำ พบว่า ค่าที่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค ได้แก่ ไนเตรท ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 45 mg/l ซึ่งจุดที่เกินมีดังนี้ จุดที่ 15 คือ หมู่ที่ 2 ต.หนองบัวศาลา มีค่าไนเตรท 90.07 mg/l จุดที่ 16 คือ หมู่ที่ 3 ต.หนองบัวศาลา มีค่าไนเตรท 60.92 mg/l จุดที่ 18 คือ หมู่ที่ 4 ต.หนองบัวศาลา มีค่าไนเตรท 53.93 mg/l และจุดที่ 20 คือ หอพักบริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมมีค่าไนเตรท 54.83 mg/l ส่วนค่า โลหะหนัก ที่วัดได้ ในน้ำบาดาล จุดเก็บตัวอย่าง 20 จุด พบว่าน้ำบาดาล พื้นที่โดยรอบของ อบต.หนองบัวศาลาและอบต.หนองระเวียง มีปริมาณปรอทเจือปนอยู่สูงมาก โดยสูงกว่ามาตรฐาน 2-3 เท่าตัว สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), และตะกั่ว (Pb) พบในปริมาณที่อนุโลมได้ ซึ่งโลหะหนักที่เกินค่ามาตรฐาน 3 ค่า ได้แก่ แมงกานีส (Mn) เหล็ก (Fe) และปรอท (Hg) โดยจุดที่ แมงกานีส (Mn)เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล มี 1 จุด คือจุดที่ 17 0.508 mg/l ซึ่งค่ามาตรฐานไม่เกิน 0.5 mg/l , เหล็ก (Fe) เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล มี 1 จุด คือจุดที่ 17 1.136 mg/l ซึ่งค่ามาตรฐานไม่เกิน 1mg/l และปรอท (Hg) เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล มี 14 จุด คือ จุดที่ 1 – จุดที่ 14 0.006, 0.004, 0.004, 0.004, 0.002, 0.003, 0.003, 0.003, 0.002, 0.003, 0.002, 0.004, 0.006 และ 0.002 mg/l ซึ่งค่ามาตรฐานไม่เกิน 0.001 mg/l

เมื่อพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้ BoxPlot พบว่า พารามิเตอร์ที่มีการแจกแจงข้อมูลใกล้เคียงแบบปกติ ได้แก่ อุณหภูมิ , TDS, conductivity, Cl และ Hg ซึ่งอธิบายได้ว่าพารามิเตอร์เหล่านี้มีค่าส่วนใหญ่เกาะกลุ่มที่ค่าเฉลี่ยและมีค่าที่อาจพบสูงหรือต่ำกว่าค่าเฉลี่ยในโอกาสเท่าๆ กัน ส่วนพารามิเตอร์ ที่มีการกระจายข้อมูลใกล้เคียงแบบ Log normal ได้แก่ turbidity, N, DO, P, Mn, Fe, Cu, As และ Pb ซึ่งอธิบายได้ว่าพารามิเตอร์กลุ่มนี้มีค่าส่วนใหญ่เกาะกลุ่มที่ค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยและมีโอกาสพบค่าที่สูงออกจากกลุ่มมาก ๆ ได้

ในส่วนการวิเคราะห์เชิงเวลา ผลการเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจติดตามผลทั้งหมด 4 จุด ระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยเลือกจุดก่อนผ่าน – หลังผ่านแหล่งกำเนิดมลพิษทั้ง 2แหล่งคือ บริษัทเขตอุตสาหกรรมและสถานที่ฝังกลบมูลฝอย ได้ผลการกำหนดจุด 4 จุด ได้แก่ 1) หมู่ที่ 4 ตำบลหนองบัวศาลา 2) เทศบาลตำบลโพธิ์กลาง 3) วัดป่าหนองสมอ ตำบลหนองระเวียง 4) หอพักใกล้บริษัทเขตอุตสาหกรรม พบว่า ที่บริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอย พบว่า พารามิเตอร์ส่วนใหญ่ ได้แก่ ฟอสฟอรัส, อุณหภูมิ, DO, ไนเตรท มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกัน ส่วนค่า ความขุ่น, TDS และคลอไรด์ พบว่าจุดก่อนผ่านแหล่งกำเนิดมีค่าสูงกว่า ส่วนบริเวณเขตอุตสาหกรรมสุรนารี พบว่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกันและแปรผันไปด้วยกัน ยกเว้นค่าความขุ่นที่มีค่า 2 ครั้งที่สูงกว่าค่าในสัปดาห์อื่นๆของจุดหลังผ่านแหล่งกำเนิด ทั้งนี้ ส่วนใหญ่ค่าที่ จุดหลังผ่านแหล่งกำเนิดสูงกว่าจุดก่อนผ่านแหล่งกำเนิดเล็กน้อย โดยในภาพรวมกล่าวได้ว่า ค่าเฉลี่ยขอ ง พารามิเตอร์คุณภาพน้ำ ส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกันระหว่างก่อน และหลังผ่านสถานที่ฝังกลบมูลฝอย และบางพารามิเตอร์พบว่า จุดหลังผ่านแหล่งกำเนิดมลพิษมีปริมาณลดลง จึงไม่มีข้อมูลบ่งชี้ว่ามี การปนเปื้อนของค่าดังกล่าว ในน้ำบาดาลจากแหล่งกำเนิด และค่าที่ตรวจวิเคราะห์มีค่าไม่เกินมาตรฐานกำหนด

สำหรับคุณภาพน้ำด้านโลหะหนักจากการตรวจวิเคราะห์เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ของแหล่งกำเนิดมลพิษ คือ สถานที่ฝังกลบมูลฝอย มีโลหะหนัก 3 ชนิดที่เกินมาตรฐานกำหนดไว้ คือ สารหนู (As) ปรอท (Hg) และ ตะกั่ว (Pb) ซึ่งอาจเกิดจากการปนเปื้อนในน้ำบาดาลได้ ส่วนการตรวจวัด แหล่งกำเนิดมลพิษ คือ บริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี มีโลหะหนัก 5 ชนิดที่เกินมาตรฐานกำหนดไว้ คือแมงกานีส (Mn) สารหนู (As) ตะกั่ว (Pb) เหล็ก (Fe) และปรอท (Hg) เมื่อทดสอบระหว่างจุดก่อนและหลังผ่านแหล่งกำเนิด จากผลการทดสอบ สรุปได้ว่าพารามิเตอร์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ หลังจากผ่านแหล่งกำเนิด ได้แก่ ความขุ่น , TDS และ Mn บริเวณบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี ส่วนพารามิเตอร์ที่เหลือไม่พบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นหลังจากผ่านแหล่งกำเนิดและอุณหภูมิ, pH และ DO มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างจุดก่อนและผ่านแหล่งกำเนิด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลการวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วย PCA ในกรณีของโลหะหนัก ได้ลักษณะความสัมพันธ์แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแรก คือ กลุ่มที่มีค่าสูงในปัจจัยที่ 1 คือ Hg Pb และ Cr กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่มีค่าสูงในปัจจัยที่ 2 คือ Mn As และ Fe และกลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มที่มีค่าสูงในปัจจัยที่ 3 คือ Zn และ Cu ส่วนในกรณีของบ่อบาดาลทั้ง 20 จุด พบว่า จุดเก็บน้ำบาดาลส่วนใหญ่จะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน มีเพียงบางจุดที่มีลักษณะที่แตกต่างจากส่วนใหญ่ คือจุดที่ 2, 3 และ 13 และจากการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (Cluster Analysis) ของบ่อบาดาลจากการเก็บตัวอย่างเชิงพื้นที่ รวม 20 จุด สามารถ แบ่งลักษณะบ่อบาดาลมีคุณลักษณะคล้ายกันได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 คือ บ่อบาดาลที่ 8, 19, 12 และ7 กลุ่มที่ 2 คือ บ่อบาดาลที่ 9, 16, 18, 4 และ 5 กลุ่มที่ 3 คือ บ่อบาดาลที่ 14,17, 1 และ 6 กลุ่มที่ 4 คือ บ่อบาดาลที่ 3, 11, 2, 20, 15, 10 และ 13 ซึ่งการจัดกลุ่มของ CA ที่ได้ ตรงกับการจัดปัจจัยด้วย PCA ซึ่งแหล่งที่มาของโลหะหนักส่วนใหญ่มีลักษณะคล้ายกัน แต่มีบ่อบาดาลที่แตกต่างได้แก่ บ่อที่ 2, 3 และ 13 ส่วนการวิเคราะห์จัดกลุ่มโลหะหนักโดยใช้วิธีใช้ Cluster Analysis สามารถแบ่งกลุ่มได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย Cr Pb Hg กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย Zn Cd Cu กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วย Mn Fe As โดยรูปแบบการจัดกลุ่มที่ได้จาก CA มีลักษณะตรงกับการจัดปัจจัยด้วย PCA

5.1 ข้อเสนอแนะ

1. การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล ควรตรวจติดตามอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันและแก้ไขผลกระทบที่เกิดจากการปนเปื้อนของมลพิษในน้ำบาดาลได้ทันเหตุการณ์

2. น้ำผิวดิน ควรมีการตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เพื่อดูความเข้มข้นของมลพิษอาจมีค่าสูง อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้

3. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องและรับผิดชอบ ควรหาแนวทางการป้องกันและแนวทางแก้ไขผลกระทบที่เกิดจากการปนเปื้อนมลพิษในน้ำบาดาลที่เกิดขึ้น

4. ประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณรอบๆ บริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารีและสถานที่ฝังกลบมูลฝอย เมื่อนำน้ำบาดาลมาใช้ในการอุปโภคและบริโภค อาจต้องมีกระบวนการตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อน เพื่อแก้ปัญหาการปนเปื้อนของมลพิษ

รายการอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2554). **คู่มือ การประเมินผลความเสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบจากการปนเปื้อนของมลพิษในดินหรือน้ำใต้ดิน**. 22.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมและสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. **ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ.** พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2545.

กัลยา วานิชย์บัญชา (2546**). การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for Windows**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กัลยา วานิชย์บัญชา. **หลักสถิติ.** พิมพ์ครั้งที่ 11 กรุงเทพฯ : บริษัทธรรมสาร จำกัด, 2552.

จิราภรณ์ หลาบคำและคณะ.สถานการณ์คุณภาพน้ำและความคิดเห็นของประชาชนต่อปัญหามลพิษทางน้ำของชุมชนบริเวณโดยรอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น.วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นปีที่ 4 ฉบับที่ 3 เดือนกันยายน – ธันวาคม 2554

ชุลีรัตน์ พรมเหลา. **การปนเปื้อนของแคดเมียม โครเมียม และตะกั่ว บริเวณรอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลนครขอนแก่น.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2551.

ชัยวัฒน์ เจนวานิช. **สารานุกรมธาตุ.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2525.

ธงชัย สุธีรศักดิ์และคณะ.การปนเปื้อนของโลหะหนัก Al As Cu Cr Mn Ni Pb Sn Zn และ Fe .ในตะกอนดินท้องน้ำ คลองบางใหญ่ จังหวัดภูเก็ต. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.ปีที่ 31 ฉบับที่ 4 ตุลาคม – ธันวาคม, 2551

พงษ์พอ อาสนจินดา และคณะ. **อิทธิพลของจุลินทรีย์บางชนิดต่อปริมาณในเตรทในน้ำบาดาลระดับตื้นที่บ้านกบ อำเภอคอมทอง จังหวัดเชียงใหม่.** เชียงใหม่ : โครงการวิจัยน้ำ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2539.

มนตรี บุญเสนอ และคณะ. **การสร้างแบบจำลองการปนเปื้อนของมลพิษจากขยะเข้าสู่น้ำบาดาลระดับตื้น กรณีศึกษา : เมืองขอนแก่น.** โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทวิจัยประยุกต์ประจำปีงบประมาณ 2537 จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และมั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์. **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.** พิมพ์ครั้งที่ 5 กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

แม้น อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม. **Principles and Techniques of Instrumental Analysis.** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

รัชฎาพร วัชรวิชานันท์และคณะ.(2555)การวิเคราะห์และปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและการอุปโภคในเขตตำบลหนองบัวศาลาและตำบลหนองระเวียง จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ปรับปรุงพื้นผิวทางเคมี.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

วิภา มีศิลป์.การปนเปื้อนของมลสารบางชนิดในน้ำบาดาล อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์,2539

ศุภาพิชญ์ ตั้งกองทรัพย์. **การปนเปื้อนของตะกั่ว และแคดเมียมในดิน น้ำ และพืช จากบริเวณฝังกลบขยะมูลฝอย อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2546.

สมหมาย ขยันดี. **การปนเปื้อนของน้ำชะมูลฝอยในน้ำใต้ดินจากสถานที่กำจัดมูลฝอย ของเทศบาลนครขอนแก่น.** วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2542.

สหัถยา ลาดปาละ. **การปนเปื้อนของมลพิษจากน้ำชะขยะในน้ำบาดาลบริเวณสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยเทศบาลนครพิษณุโลก.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2545.

อนรรค ยินดีรส. ผลของปริมาณน้ำฝนต่อการชะละลายมลสารจากหลุมฝังกลบ.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2545

อรวรรณ พู่พิสุทธิ์และคณะ. ความเป็นพิษของขยะอิเล็กทรอนิกส์.วารสารพิษวิทยาไทย 2553; 25 (1):67 – 76

อรทัย ชวาลภาฤทธิ์. **คู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย.** พิมพ์ครั้งที่ 1 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2545.

Ip,C.C.M.,Li,X.D.,Zhang.,G.,Wai,O.W.H.and Li,Y.S,2007 " Trace Metal Distribution in Sediments of the Peal River Estuary and the Surrounding Coastal Area, South China .Envir Pollu",vol 147, PP. 311 – 323.

Ishil,T. *et al*. " A Case study on Inorganic Pollution of Shallow Underfined Groundwater" J.CCOP Technical Bulletin.vol.21:1990 p.17 – 32.

Mieke Quaghebeur. *et al*. "Charaterization of landfilled materials : screening of the enhanced landfill mining potential" Journal of Cleaner Production 55(2013)73 – 83

Paul Mac Berthouex and Linfield C. Brown. **Statistics for Environmental Engineers.** A CRC Press Company, 2002.

Scrudato,Ronald J and J.Pagano.Landfill Leachates and Groundwater Contamination.New York :State University of New York at Oswego,1990.

Weill.R *et al*."Nitrate Contamination of Groundwater Under Irrigated Coastal Plain Soils" J.EnvironQual.vol.19:1990.p.441 – 448.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

การคำนวณหาระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

<u>การคำนวณหาระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล</u>

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = ความสูงจากระดับน้ำทะเล (ม.) – ระดับน้ำที่วัดได้ (ม.)

1. <u>องค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัวศาลา</u>

- หมู่ที่ 2

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = 199 – 7.8

= 191.2 ม.

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = 209 – 4.6

= 204. 4 ม.

- หมู่ที่ 3

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = 213 – 43.

= 169.9 ม.

- หมู่ที่ 4

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = 205 – 8.7

= 196. 3 ม.

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = 208 – 9.4

= 198.6 ม.

- หมู่ที่ 5

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = 215 – 29.9

= 185. 1 ม.

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = 216 – 44.5

= 171.5 ม.

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = 218 – 9.8

= 208.2 ม.

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = 222 – 29.7

= 192.3 ม.

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = 220 – 13.5

= 206.5 ม.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. <u>องค์การบริหารส่วนตำบลหนองระเวียง</u>

- หมู่ที่ 2 บ้านหนองไทร

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = 186 – 10.9

= 175.1 ม.

- หมู่ที่ 4 บ้านหนองขาม

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = 184 – 3.4

= 180.6 ม.

- หมู่ที่ 7 มาบมะค่า

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = 190 – 10.8

= 179.8 ม.

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = 190 – 2.7

= 187.3 ม.

- หมู่ที่ 13 วัดป่าบ้านหนองสมอ

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = 195 – 50

= 145 ม.

- หมู่ที่ 15

- ร.ร.หนองสมอประชาพัฒนา

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = 191 – 25

= 166 ม.

- หนองพะลาน

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = 188 – 3.2

= 184.8 ม.

- อบต.หนองระเวียง บ่อที่ 1, 2

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = 188 – 7.6

= 180.4 ม.

ระดับน้ำที่ได้เทียบกับระดับน้ำทะเล (ม.) = 188 – 7.2

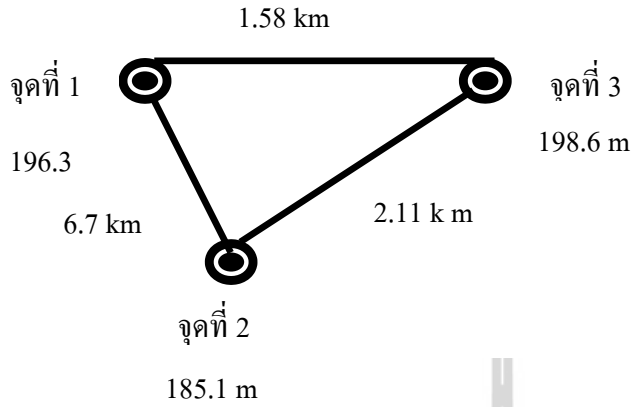
= 180.8 ม.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

การคำนวณหาทิศทางการไหลโดยวิธีสามเหลี่ยม

การคำนวณหาทิศทางการไหลโดยวิธีสามเหลี่ยม



<u>การคำนวณ</u>

(จุดที่ 1 ⟶ จุดที่2)

ในกระดาษ 2.6 cm ระยะทางจริง = 6.7 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{6.7}{2.6}$ = 2.56 km

ระยะห่าง 6.7 km ความสูงต่าง = 196.3 – 185.1 = 11.2 m

ถ้าระยะห่าง 2.58 km ความสูงต่าง = $\frac{2.58 \times 11.2}{6.7}$ = 4.31 m

(จุดที่3⟶ จุดที่1)

ในกระดาษ 2.8 cm ระยะทางจริง = 1.58 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{1.58}{2.8}$ = 0.56 km

ระยะห่าง 1.58 km ความสูงต่าง = 198.6 – 196.3 = 2.3 m

ถ้าระยะห่าง 0.56 km ความสูงต่าง = $\frac{0.56 \times 2.3}{1.58}$ = 0.82 m

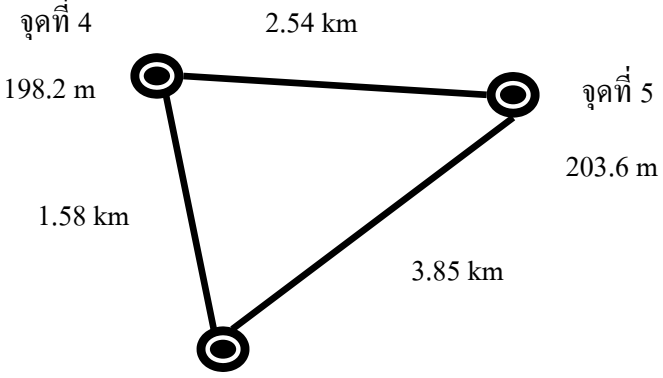
(จุดที่3⟶ จุดที่2)

ในกระดาษ 3.5 cm ระยะทางจริง = 2.11 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{2.11}{3.5}$ = 0.60 km

ระยะห่าง 2.11 km ความสูงต่าง = 198.6 – 185.1 = 13.5 m

ถ้าระยะห่าง 0.60 km ความสูงต่าง = $\frac{0.60 \times 13.5}{2.11}$ = 3.84 m



(จุดที่4⟶ จุดที่1)

ในกระดาษ 2.5 cm ระยะทางจริง = 1.58 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{1.58}{2.5}$ = 0.63 km

ระยะห่าง 1.58 km ความสูงต่าง = 198.2 – 196.3 = 1.9 m

ถ้าระยะห่าง 0.63 km ความสูงต่าง = $\frac{0.63 \times 1.9}{1.58}$ = 0.76 m

(จุดที่5⟶ จุดที่4)

ในกระดาษ 1.6 cm ระยะทางจริง = 2.54 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{2.54}{1.6}$ = 1.59 km

ระยะห่าง 2.54 km ความสูงต่าง = 203.6 – 198.2 = 5.4 m

ถ้าระยะห่าง 1.59 km ความสูงต่าง = $\frac{1.59 \times 5.4}{2.54}$ = 3.38 m

(จุดที่5⟶ จุดที่1)

ในกระดาษ 2 cm ระยะทางจริง = 3.85 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{2.54}{1.6}$ = 1.93 km

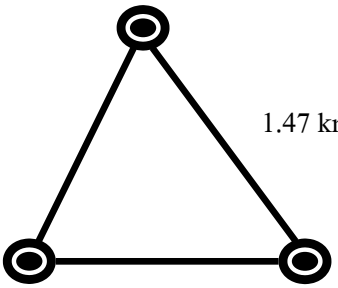
ระยะห่าง 3.85 km ความสูงต่าง = 203.6 – 196.3 = 7.3 m

ถ้าระยะห่าง 1.93 km ความสูงต่าง = $\frac{1.93 \times 7.3}{3.85}$ = 3.66 m

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จุดที่ 5

203.6 m



3.85 km 1.47 km

1.58 km

จุดที่ 1 จุดที่ 3

196.3 m 198.6 m

(จุดที่5⟶ จุดที่1)

ในกระดาษ 2 cm ระยะทางจริง = 3.85 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{3.85}{2}$ = 1.93 km

ระยะห่าง 3.85 km ความสูงต่าง = 203.6 – 196.3 = 7.3 m

ถ้าระยะห่าง 1.93 km ความสูงต่าง = $\frac{1.39 \times 7.3}{3.85}$ = 3.66 m

(จุดที่5⟶ จุดที่3)

ในกระดาษ 2.6 cm ระยะทางจริง = 1.47 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{1.47}{2.6}$ = 0.57 km

ระยะห่าง 1.47 km ความสูงต่าง = 203.6 – 198.6 = 5 m

ถ้าระยะห่าง 0.57 km ความสูงต่าง = $\frac{0.57 \times 5}{1.47}$ = 1.94 m

(จุดที่3⟶ จุดที่1)

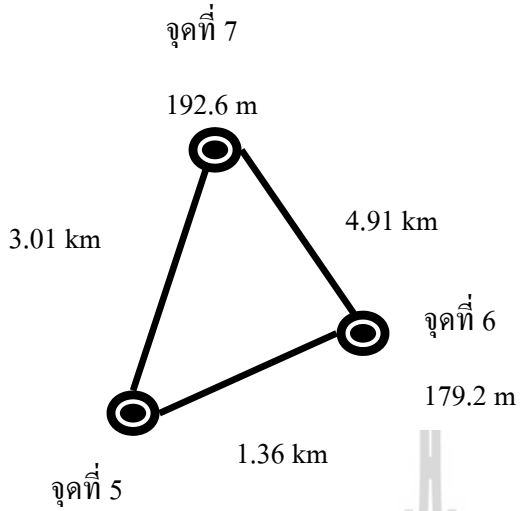
ในกระดาษ 2.8 cm ระยะทางจริง = 1.58 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{1.58}{2.8}$ = 0.56 km

ระยะห่าง 1.58 km ความสูงต่าง = 198.6 – 196.3 = 2.3 m

ถ้าระยะห่าง 0.56 km ความสูงต่าง = $\frac{0.56 \times 2.3}{1.58}$ = 0.82 m

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



(จุดที่5⟶ จุดที่7)

ในกระดาษ 4.7 cm ระยะทางจริง = 3.01 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{3.01}{4.7}$ = 0.64 km

ระยะห่าง 3.01 km ความสูงต่าง = 203.6 – 192.6 = 11 m

ถ้าระยะห่าง 0.64 km ความสูงต่าง = $\frac{0.64 \times 11}{3.01}$ = 2.34 m

(จุดที่7⟶ จุดที่6)

ในกระดาษ 3 cm ระยะทางจริง = 4.91 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{4.91}{3}$ = 1.64 km

ระยะห่าง 4.91 km ความสูงต่าง = 192.6 – 179.2 = 13.4 m

ถ้าระยะห่าง 1.64 km ความสูงต่าง = $\frac{1.64 \times 13.4}{4.91}$ = 4.48 m

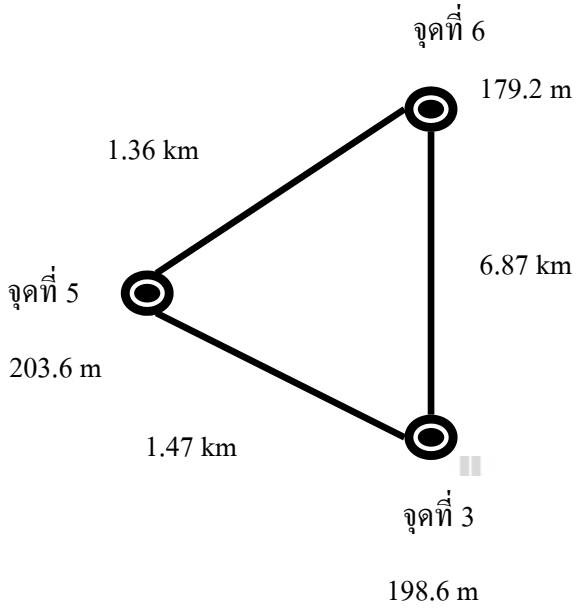
(จุดที่5⟶ จุดที่6)

ในกระดาษ 2.3 cm ระยะทางจริง = 1.36 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{1.36}{2.3}$ = 0.59 km

ระยะห่าง 1.36 km ความสูงต่าง = 203.6 – 179.2 = 24.4 m

ถ้าระยะห่าง 0.59 km ความสูงต่าง = $\frac{0.59 \times 24.4}{1.36}$ = 10.59 m



(จุดที่5⟶ จุดที่6)

ในกระดาษ 2.3 cm ระยะทางจริง = 1.36 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{1.36}{2.3}$ = 0.59 km

ระยะห่าง 1.36 km ความสูงต่าง = 203.6 – 179.2 = 24.4 m

ถ้าระยะห่าง 0.59 km ความสูงต่าง = $\frac{0.59 \times 24.4}{1.36}$ = 10.59 m

(จุดที่5⟶ จุดที่3)

ในกระดาษ 2.6 cm ระยะทางจริง = 1.47 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{1.47}{2.6}$ = 0.57 km

ระยะห่าง 1.47 km ความสูงต่าง = 203.6 – 198.6 = 5 m

ถ้าระยะห่าง 0.57 km ความสูงต่าง = $\frac{0.57 \times 5}{1.47}$ = 1.94 m

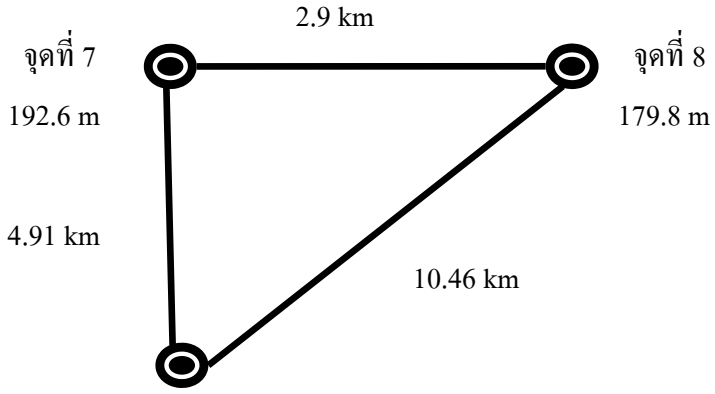
(จุดที่3⟶ จุดที่6)

ในกระดาษ 3 cm ระยะทางจริง = 6.87 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{6.87}{3}$ = 2.29 km

ระยะห่าง 6.87 km ความสูงต่าง = 198.6 – 179.2 = 19.4 m

ถ้าระยะห่าง 2.29 km ความสูงต่าง = $\frac{2.29 \times 19.4}{6.87}$ = 6.47 m



(จุดที่7⟶ จุดที่6)

ในกระดาษ 3 cm ระยะทางจริง = 4.91 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{4.91}{3}$ = 1.64 km

ระยะห่าง 4.91 km ความสูงต่าง = 192.6 – 179.2 = 13.4 m

ถ้าระยะห่าง 1.64 km ความสูงต่าง = $\frac{16.4 \text{ x } 13.4}{4.91}$ = 4.48 m

(จุดที่7⟶ จุดที่8)

ในกระดาษ 5.1 cm ระยะทางจริง = 2.9 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{2.9}{5.1}$ = 0.57 km

ระยะห่าง 2.9 km ความสูงต่าง = 192.6 – 179.8 = 12.8 m

ถ้าระยะห่าง 0.57 km ความสูงต่าง = $\frac{0.57 \text{ x } 12.8}{2.9}$ = 2.52 m

(จุดที่8⟶ จุดที่6)

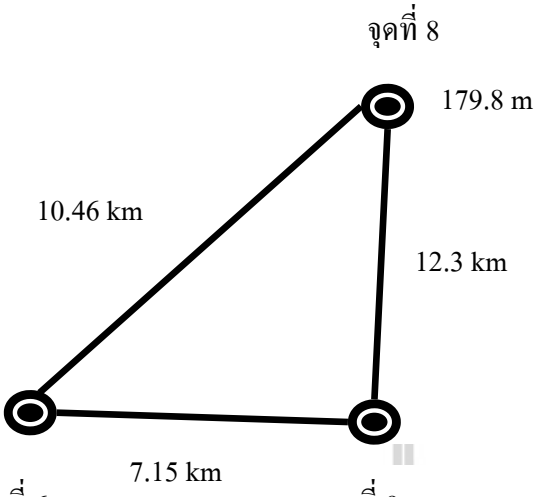
ในกระดาษ 6 cm ระยะทางจริง = 10.46 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{10.46}{6}$ = 1.74 km

ระยะห่าง 10.46 km ความสูงต่าง = 179.8 – 179.2 = 0.6 m

ถ้าระยะห่าง 1.74 km ความสูงต่าง = $\frac{1.74 \text{ x } 0.6}{10.46}$ = 0.1 m

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



(จุดที่8⟶ จุดที่6)

ในกระดาษ 6 cm ระยะทางจริง = 10.46 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{10.46}{6}$ = 1.74 km

ระยะห่าง 10.46 km ความสูงต่าง = 179.8 – 179.2 = 0.6 m

ถ้าระยะห่าง 1.74 km ความสูงต่าง = $\frac{1.74 \times 0.6}{10.46}$ = 0.1 m

(จุดที่8⟶ จุดที่9)

ในกระดาษ 2.9 cm ระยะทางจริง = 12.3 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{12.3}{2.9}$ = 4.24 km

ระยะห่าง 12.3 km ความสูงต่าง = 179.8 – 145 = 34.8 m

ถ้าระยะห่าง 4.24 km ความสูงต่าง = $\frac{4.24 \times 34.8}{12.3}$ = 11.99 m

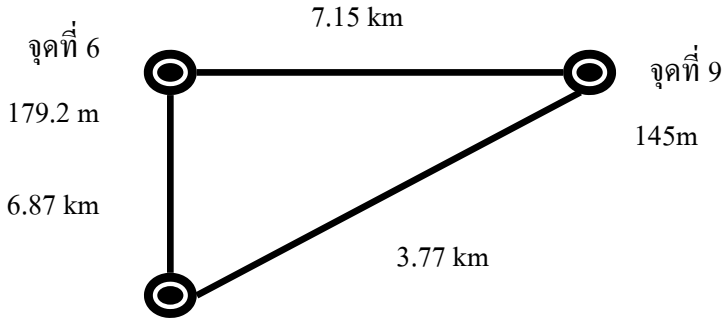
(จุดที่6⟶ จุดที่9)

ในกระดาษ 6.2 cm ระยะทางจริง = 7.15 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{7.15}{6.2}$ = 1.15 km

ระยะห่าง 7.15 km ความสูงต่าง = 179.2 – 145 = 34.2 m

ถ้าระยะห่าง 1.15 km ความสูงต่าง = $\frac{1.15 \times 34.2}{7.15}$ = 5.5 m



(จุดที่3⟶ จุดที่6)

ในกระดาษ 3 cm ระยะทางจริง = 6.87 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{6.87}{3}$ = 2.29 km

ระยะห่าง 6.87 km ความสูงต่าง = 198.6 – 179.2 = 19.4 m

ถ้าระยะห่าง 2.29 km ความสูงต่าง = $\frac{2.29 \times 19.4}{6.87}$ = 6.47 m

(จุดที่6⟶ จุดที่9)

ในกระดาษ 6.2 cm ระยะทางจริง = 7.15 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{7.15}{6.2}$ = 1.15 km

ระยะห่าง 7.15 km ความสูงต่าง = 179.2 – 145 = 34.2 m

ถ้าระยะห่าง 1.15 km ความสูงต่าง = $\frac{1.15 \times 34.2}{7.15}$ = 5.5 m

(จุดที่3⟶ จุดที่9)

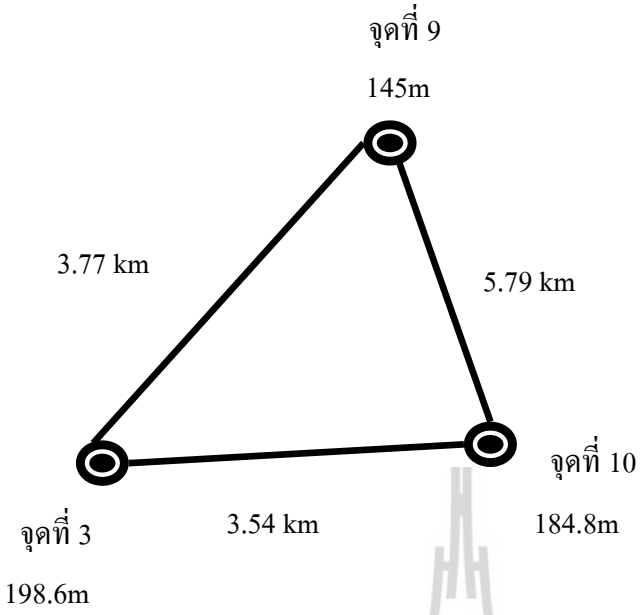
ในกระดาษ 6.6 cm ระยะทางจริง = 3.77 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{3.77}{6.6}$ = 0.57 km

ระยะห่าง 3.77 km ความสูงต่าง = 198.6 – 145 = 53.6 m

ถ้าระยะห่าง 0.57 km ความสูงต่าง = $\frac{0.57 \times 53.6}{3.77}$ = 8.10 m

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



(จุดที่3⟶ จุดที่9)

ในกระดาษ 6.6 cm ระยะทางจริง = 3.77 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{3.77}{6.6}$ = 0.57 km

ระยะห่าง 3.77 km ความสูงต่าง = 198.6 – 145 = 53.6 m

ถ้าระยะห่าง 0.57 km ความสูงต่าง = $\frac{0.57 \times 53.6}{3.77}$ = 8.10 m

(จุดที่10⟶ จุดที่9)

ในกระดาษ 3.2 cm ระยะทางจริง = 5.79 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{5.79}{3.2}$ = 1.81 km

ระยะห่าง 5.79 km ความสูงต่าง = 184.8 – 145 = 39.8 m

ถ้าระยะห่าง 1.81 km ความสูงต่าง = $\frac{1.81 \times 39.8}{5.79}$ = 12.44 m

(จุดที่3⟶ จุดที่10)

ในกระดาษ 6.5 cm ระยะทางจริง = 3.54 km

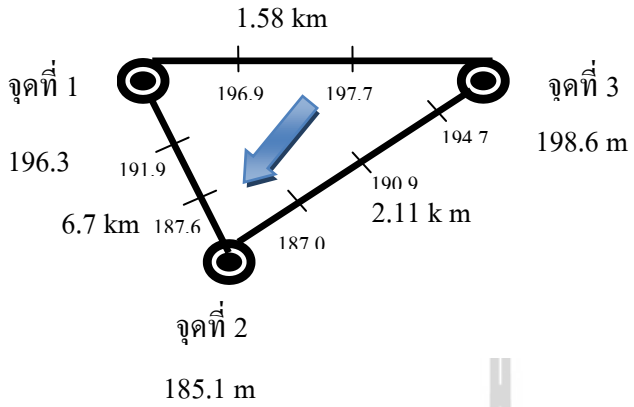
ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{3.54}{6.5}$ = 0.54 km

ระยะห่าง 3.54 km ความสูงต่าง = 198.6 – 184.8 = 13.8 m

ถ้าระยะห่าง 0.54 km ความสูงต่าง = $\frac{0.54 \times 13.8}{3.54}$ = 2.11 m

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การคำนวณหาทิศทางการไหลโดยวิธีสามเหลี่ยม



<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

(จุดที่ 1 ⟶ จุดที่2)

ในกระดาษ 2.6 cm ระยะทางจริง = 6.7 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{6.7}{2.6}$ = 2.56 km

ระยะห่าง 6.7 km ความสูงต่าง = 196.3 – 185.1 = 11.2 m

ถ้าระยะห่าง 2.58 km ความสูงต่าง = $\frac{2.58 \times 11.2}{6.7}$ = 4.31 m

(จุดที่3⟶ จุดที่1)

ในกระดาษ 2.8 cm ระยะทางจริง = 1.58 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{1.58}{2.8}$ = 0.56 km

ระยะห่าง 1.58 km ความสูงต่าง = 198.6 – 196.3 = 2.3 m

ถ้าระยะห่าง 0.56 km ความสูงต่าง = $\frac{0.56 \times 2.3}{1.58}$ = 0.82 m

(จุดที่3⟶ จุดที่2)

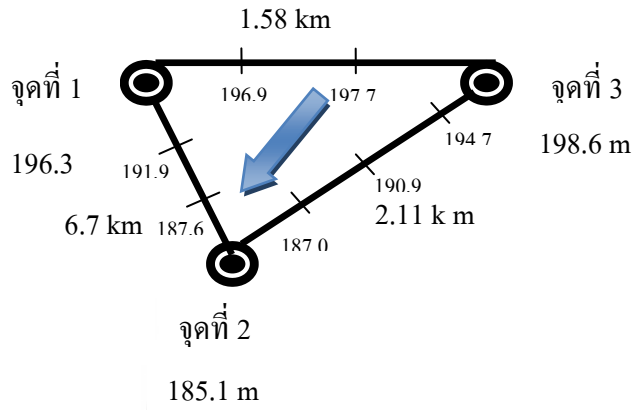
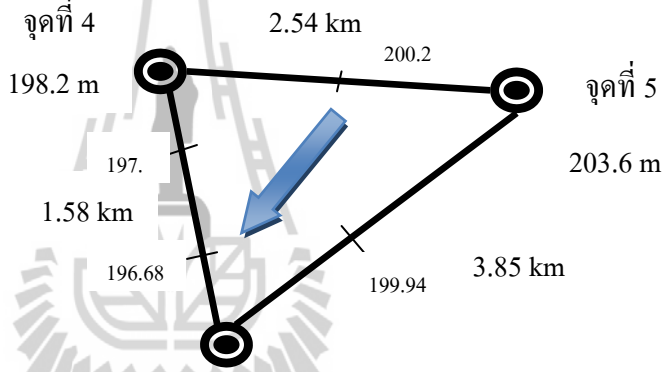
ในกระดาษ 3.5 cm ระยะทางจริง = 2.11 km

ถ้าในกระดาษ 1 cm ระยะทางจริง = $\frac{2.11}{3.5}$ = 0.60 km

ระยะห่าง 2.11 km ความสูงต่าง = 198.6 – 185.1 = 13.5 m

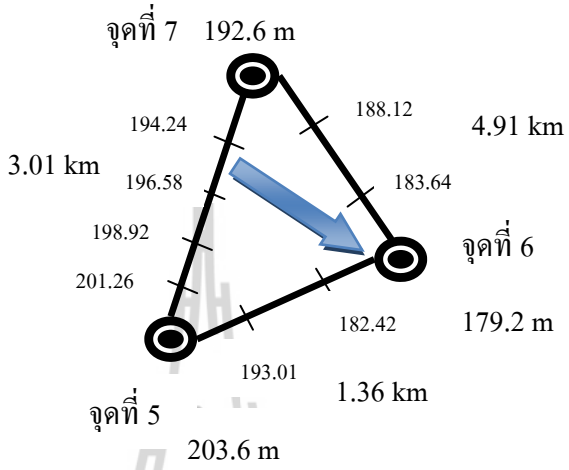
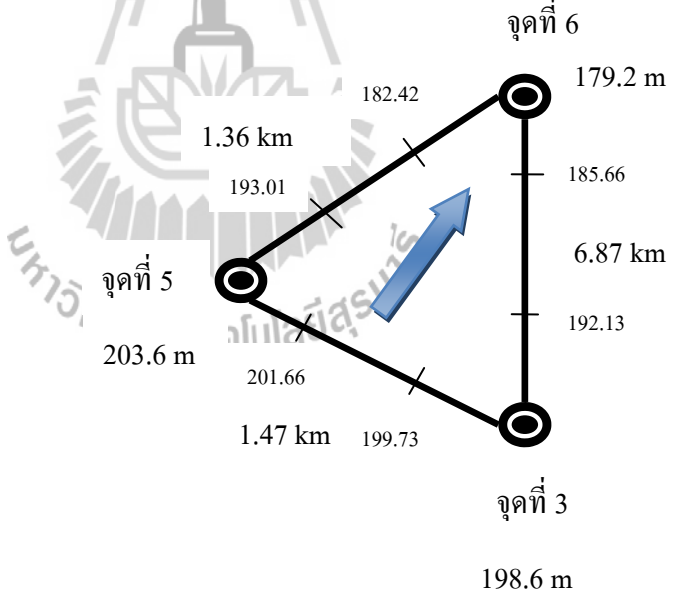
ถ้าระยะห่าง 0.60 km ความสูงต่าง = $\frac{0.60 \times 13.5}{2.11}$ = 3.84 m

ตารางสรุปทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน

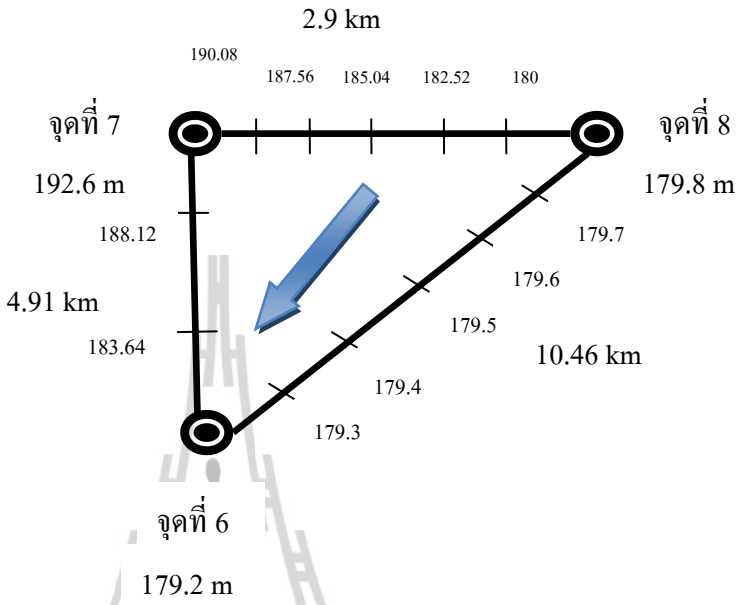
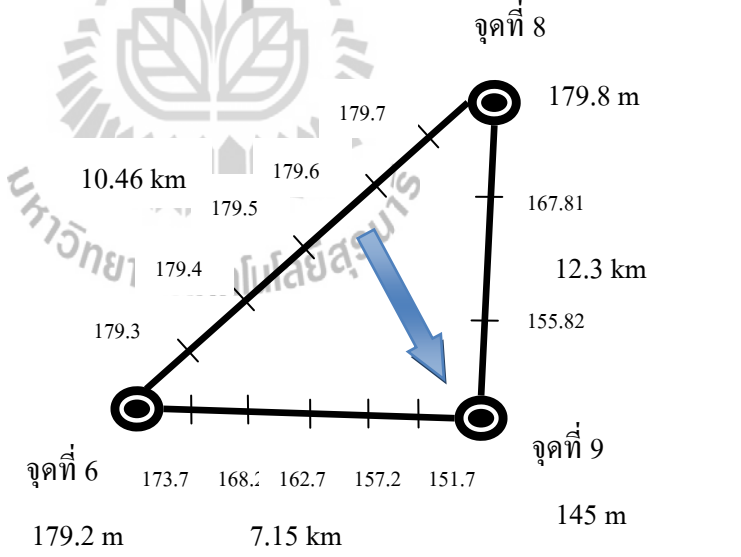
จุดที่	ทิศทางการไหล
1 , 2 , 3	
1 , 4 , 5	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

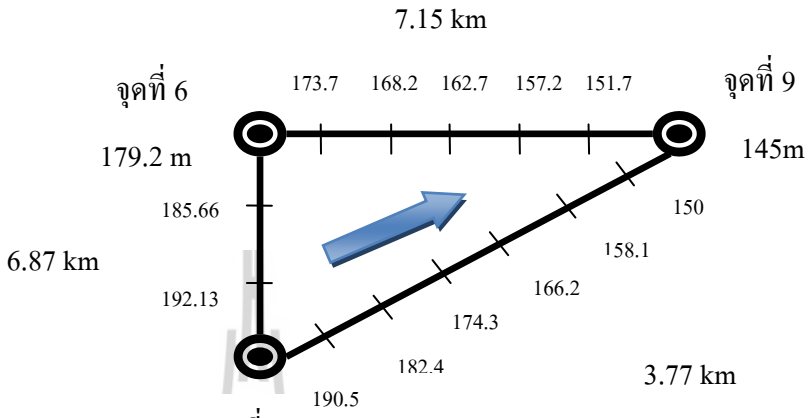
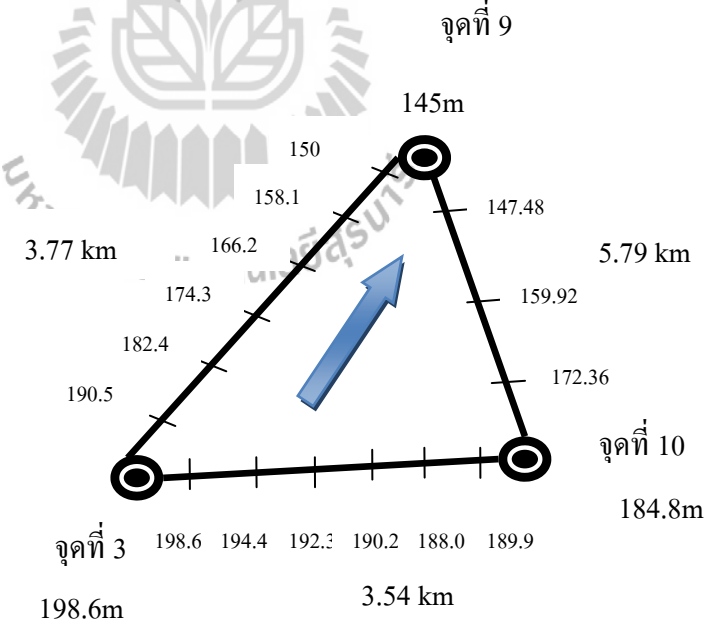
ตารางสรุปทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน (ต่อ)

จุดที่	ทิศทางการไหล
5 , 6 , 7	
3 , 5 , 6	

ตารางสรุปทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน (ต่อ)

จุดที่	ทิศทางการไหล
6 , 7 , 8	
6 , 8 , 9	

ตารางสรุปทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน (ต่อ)

จุดที่	ทิศทางการไหล
3 , 6 , 9	
3 , 9 , 10	

สัญลักษณ์ แทนจุดต่างๆ ที่ตรวจวัดระดับน้ำใต้ดิน

แทนทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน

ภาคผนวก ค

มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภค

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนา

มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภค

เกณฑ์เสนอแนะมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภค มีดังนี้

1. มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล ดังตารางที่ 1
2. มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค โดยองค์การอนามัยโลก พ.ศ. 2539 ดังตารางที่ 2
3. คุณภาพหรือมาตรฐานน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 256) พ.ศ. 2545 เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ฉบับที่ 4) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 1 มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	
			เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
ทางกายภาพ	1.สี (Colors)	ปลาตินัม – โคบอลต์	5	15
	2.ความขุ่น (Turbidity)	หน่วยความขุ่น	5	20
	3.ความเป็นกรด –ด่าง (pH)		7.0 – 8.5	6.5 – 9.2
ทางเคมี	4.เหล็ก (Fe)	มก./ ล.	ไม่เกินกว่า 0.5	1.0
	5.มังกานีส (Mn)	มก./ ล.	ไม่เกินกว่า 0.3	0.5
	6.ทองแดง (Cu)	มก./ ล.	ไม่เกินกว่า 1.0	1.5
	7.สังกะสี (Zn)	มก./ ล.	ไม่เกินกว่า 5.0	15.0
	8.ซัลเฟต (SO_4)	มก./ ล.	ไม่เกินกว่า 200	250
	9.คลอไรด์ (Cl)	มก./ ล.	ไม่เกินกว่า 250	600
	10.ฟลูออไรด์ (F)	มก./ ล.	ไม่เกินกว่า 0.7	1.0
	11.ไนเตรท (NO_3)	มก./ ล.	ไม่เกินกว่า 45	45
	12.ความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness as $CaCO_3$)	มก./ ล.	ไม่เกินกว่า 300	500

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 1 มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ต่อ)

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	
			เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
	13.ความกระด้างถาวร (Non carbonate hardness as $CaCO_3$)	มก./ ล.	ไม่เกินกว่า 200	250
	14.ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (Total dissolved solids)	มก./ ล.	ไม่เกินกว่า 600	1,200
สารพิษ	15.สารหนู (As)	มก./ ล.	ต้องไม่มีเลย	0.05
	16.ไซยาไนต์ (CN)	มก./ ล.	ต้องไม่มีเลย	0.1
	17.ตะกั่ว (Pb)	มก./ ล.	ต้องไม่มีเลย	0.05
	18. ปรอท (Hg)	มก./ ล.	ต้องไม่มีเลย	0.001
	19. แคดเมียม (Cd)	มก./ ล.	ต้องไม่มีเลย	0.01
	20.ซิลิเนียม (Se)	มก./ ล.	ต้องไม่มีเลย	0.01
ทางบักเตรี	21.บักเตรีที่ตรวจพบโดยวิธีStandard plate count	โคโลนีต่อลบ.ซม.	ไม่เกินกว่า 500	-
	22.บักเตรีที่ตรวจพบโดยวิธีMost Probable Number (MPN)	เอ็ม.พี.เอ็นต่อ 100 ลบ.ซม.	น้อยกว่า2.2	-
	23.อี.โคไล (E.coli)	-	ต้องไม่มีเลย	

ที่มา : ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2542)

ตารางที่ 2 มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค โดยองค์การอนามัยโลก พ.ศ. 2539

ข้อมูล	หน่วยวัด	เกณฑ์ที่กำหนด
ความเป็นกรด – ด่าง	-	-
สี	แพลตตินัมโคบอลท์	ไม่เกิน 15
ความขุ่น	เอ็นทียู	ไม่เกิน 5
สารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1,000
ความกระด้าง	มิลลิกรัมต่อลิตร	-
เหล็ก	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.3
แมงกานีส	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.1
ทองแดง	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.0
สังกะสี	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 3
ตะกั่ว	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.01
โครเมียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.05
แคดเมียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.003
สารหนู	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.01
ปรอท	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.001
ซัลเฟต	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 250
คลอไรด์	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 250
ไนเตรท	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 50
ฟลูออไรด์	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.5
คลอรีนอิสระคงเหลือ	มิลลิกรัมต่อลิตร	-
แบคทีเรียประเภทโคลิฟอร์ม	เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม	ไม่พบ
อี.โคไลหรือเทอร์โมโธเลอแรนท์โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม	ไม่พบ
แบเรียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.7
ฟีนอล	มิลลิกรัมต่อลิตร	-
ซิลิเนียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.01

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2 มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค โดยองค์การอนามัยโลก พ.ศ. 2539 (ต่อ)

ข้อมูล	หน่วยวัด	เกณฑ์ที่กำหนด
เงิน	มิลลิกรัมต่อลิตร	-
อลูมิเนียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.2
เอ บี เอส (Alkylbenzene Sulfonate)	มิลลิกรัมต่อลิตร	-
ไซยาไนด์	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.07
นิเกิล	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.02

ที่มา : Guidelines for drinking – water quality (WHO, 1996)

ตารางที่ 3 คุณภาพหรือมาตรฐานน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 256) พ.ศ.2545 เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ฉบับที่ 4)

ข้อมูล	หน่วยวัด	เกณฑ์ที่กำหนด
ความเป็นกรด – ด่าง	-	6.5 – 8.5
สี	แพลตตินัมโคบอลท์	ไม่เกิน 20
ความขุ่น	เอ็นทียู	ไม่เกิน 5.0
สารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 500
ความกระด้าง	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 100
เหล็ก	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.3
แมงกานีส	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.05
ทองแดง	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.0
สังกะสี	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 5.0
ตะกั่ว	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.05
โครเมียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.05
แคดเมียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.005

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3 คุณภาพหรือมาตรฐานน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 256) พ.ศ.2545 เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ฉบับที่ 4)

ข้อมูล	หน่วยวัด	เกณฑ์ที่กำหนด
สารหนู	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.05
ปรอท	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.002
ซัลเฟต	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 250
คลอไรด์	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 250
ไนเตรท	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 4.0
ฟลูออไรด์	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.7
คลอรีนอิสระคงเหลือ	มิลลิกรัมต่อลิตร	-
แบคทีเรียประเภทโคลิฟอร์ม	เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม	น้อยกว่า2.2
อี.โคไลหรือเทอร์โมโธเลอแรนท์โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม	ไม่พบ
แบเรียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1
ฟีนอล	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.001
ซิลิเนียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.01
เงิน	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.05
อลูมิเนียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.2
เอ บี เอส (Alkylbenzene Sulfonate)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.2
ไซยาไนด์	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.1
นิเกิล	มิลลิกรัมต่อลิตร	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นางสาว จุฑาทิพย์ อ้อมกิ่ง เกิดเมื่อวันที่ 28 ตุลาคม 2529 ที่จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียน สุรนารีวิทยา จังหวัดนครราชสีมา และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2552 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยขณะศึกษาได้รับทุนในการทำวิจัยจากมหาวิยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และทุนการศึกษา สำหรับผู้มีศักยภาพระดับบัณฑิตศึกษาจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี