รหัสโครงการ SUT7-715-58-12-05

รายงานการวิจัย

การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของผู้ใช้น้ำประปาในเขตเมือง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

(Health Risk Assessment of Urban Water Supply System Users in North-Eastern Region)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT7-715-58-12-05

รายงานการวิจัย

การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของผู้ใช้น้ำประปาในเขตเมือง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

(Health Risk Assessment of Urban Water Supply System Users in North-Eastern Region)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดจิต ครุจิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประพัฒน์ เป็นตามวา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิราภรณ์ โพธิวิชยานนท์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

พฤษภาคม 2561

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณแหล่งทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้ หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน ผู้บริหารและคณะกรรมการการประปาในเขตเมืองประกอบด้วยการประปาเทศบาลนครนครราชสีมา การประปาเทศบาลเมืองบัวใหญ่ การประปาส่วนภูมิภาคเทศบาลตำบลแชะ การประปาส่วนภูมิภาคเทศบาลตำบลพิมาย จังหวัดนครราชสีมา การประปาเทศบาลเมืองชัยภูมิ การประปาเทศบาลตำบลลาดใหญ่ จังหวัดชัยภูมิ การประปาส่วนภูมิภาคบุรีรัมย์ การประปาส่วนภูมิภาคเทศบาลตำบลประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ การประปาส่วนภูมิภาคสุรินทร์ การประปาเทศบาลตำบลกังแอน จังหวัดสุรินทร์ และบ้านผู้ใช้น้ำในเขตเมืองนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ สุรินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและตัวอย่างน้ำประปา กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลจำนวนระบบประปาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และการประปานครหลวง บางเขน กรุงเทพมหานคร ในการอนุเคราะห์การวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปา ขอขอบคุณคณะผู้ร่วมวิจัยทุกท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดจิต ครุจิต จากสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพัฒน์ เป็นตามวา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิราภรณ์ โพธิวิชยานนท์ จากสาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จรียา ยิ้มรัตนบวร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรินทร์ ราโช นายพงศธร แสงชูติ จากสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปรียาพร โกษา จากสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และนางสาวจิตรลดา ฉิมใหม่ สาขาวิชามลพิษสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในการดำเนินการงาน ประสานงานวิจัย ที่เป็นประโยชน์ให้โครงการวิจัยสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

คณะผู้วิจัย
พฤษภาคม 2561

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณโลหะหนักและไตรฮาโลมีเทนในน้ำประปาจากระบบประปาในเขตเมืองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างประกอบด้วยจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ และทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของโลหะหนักและไตรฮาโลมีเทนจากการอุปโภคบริโภคน้ำประปา โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำในช่วงฤดูแล้งและฝน โดยดัชนีคุณภาพน้ำกลุ่มโลหะหนักประกอบด้วย Cr Mn Fe Ni Cu Zn Cd Pb ทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (ICP-MS) สำหรับ As วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Adsorption Spectrophotometer (AAS) Hydride Generation Technique และ Hg วิเคราะห์ด้วย AAS Cold Vapor Generation Technique สำหรับดัชนีคุณภาพน้ำกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ได้แก่ คลอโรฟอร์ม ($CHCl_3$) ไดคลอโรโบรโมมีเทน ($CHCl_2Br$) คลอโรไดโบรโมมีเทน ($CHClB_2$) และ โบรโมฟอร์ม ($CHBr_3$) โดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-ECD with head-space technique การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนที่อุปโภคบริโภคน้ำประปาโดยแบ่งการประเมินเป็นความเสี่ยงที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Non-cancer risk) และการประเมินความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Cancer risk) ตามวิธีการของ U.S. EPA (2005) ผลการศึกษาพบว่าสารกลุ่ม THMs พบสาร Chloroform มีค่าสูงที่สุดในการประปาเทศบาลประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ บริเวณจุดจ่ายน้ำโดยมีค่าเท่ากับ 66.72 µg/L รองลงมาได้แก่ระบบประปาส่วนภูมิภาคอำเภอครบุรี ในจังหวัดนครราชสีมาโดยมีค่าเท่ากับ 61.64 µg/L ตามลำดับ ส่วนสาร Bromoform ไม่พบในน้ำประปาผิวดินในทุกจังหวัด คุณภาพน้ำของสาร THMs ในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้อยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งพบมากที่สุดผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านการดื่มกิน รองลงมาได้แก่ผ่านทางผิวหนัง และผ่านทางหายใจตามลำดับ และพบในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย ค่าความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งมีค่าสูงที่สุดในสาร $CHCl_2Br$ เท่ากับ 3.7×10^{-5} ผ่านเส้นทางการดื่มกินในน้ำประปาส่วนภูมิภาคอำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเกินค่าที่ยอมรับได้ที่ 1×10^{-6} การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งรวมพบค่าความเสี่ยงสูงที่สุด Hazard index (HI) ในสาร $CHCl_3$ เท่ากับ 0.17 โดยอยู่ในเกณฑ์ที่ร่างกายได้รับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ผลการศึกษาสารกลุ่มโลหะหนักพบว่าส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยในแหล่งน้ำดิบมากกว่าจุดบ้านผู้ใช้ และพบโลหะหนักในน้ำตัวอย่างในฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝน และคุณภาพน้ำส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นบางค่าของ Zn Cr Mn ในแหล่งน้ำดิบฤดูแล้ง การประเมินค่าความเสี่ยงของสารกลุ่มโลหะหนักแต่ละชนิดพบว่าค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient, HQ) ในน้ำจากแหล่งน้ำและในน้ำก๊อกอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้

Abstract

The aim of this study was to investigate the heavy metals (HMs) and Trihalomethane in urban water supply systems from the lower northeastern region of Nakhon Ratchasima, Chaiyaphum, Buriram and Surin provinces and to assess the health risk of THMs and HMs from water consumption. Water samples were collected during dry and wet season. The HMs including Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb were analyzed by using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (ICP-MS). As was analyzed by Atomic Adsorption Spectrophotometer (AAS) with Hydride Generation Technique and Hg was Analyzed by AAS with Cold Vapor Generation Technique. Trihalomethanes (THMs) included chloroform ($CHCl_3$), dichlorobromomethane ($CHCl_2Br$), chlorothibromomethane ($CHClB_2$) and bromoform ($CHBr_3$) species were analyzed by GC-ECD with head-space technique. The human health risk assessment was assessed according to the U.S. EPA (2005) by investigating non-cacinogenic risk and the cacinogenic risk method. Results showed that the highest value of THMs, Chloroform compound was found at Prakhonchai Municipal Waterworks Authority of Buriram province at water distribution point is 66.72 µg/L, followed by the Khonburi Provincial Waterworks Authority of Nakhon Ratchasima province is 61.64 µg/L, respectively. The Bromoform was not found in any surface water in all provinces. Water quality of THMs in water supply and tap water points is below the World Health Organization recommendations. The cancer risk assessment through route of exposure found at the most of ingestion, followed by the dermal and inhalation routes, respectively, as well as found in females rather than males. The risk of cancer was highest in $CHCl_2Br$ at 3.7×10^{-5} through the drinking water route in Khonburi Provincial Waterworks Authority of Nakhon Ratchasima province which higher than the acceptable risk of 1×10^{-6}. The non-carcinogenic health risk (Hazard index, HI) was found in $CHCl_3$ at 0.17 that is considered an acceptable risk. The results of the heavy metal levels showed that most of the samples had average values in raw water sources rather than those of the tap water. Heavy metals in water samples were found in dry season rather than rainy season. Most of the water samples are within the water quality standard except for some values of Zn, Cr, and Mn in dry season at water sources. The risk assessment in term of hazard levels (HQ) found that the HMs in the water were within acceptable risk limits.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญภาพ ..... ช
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 4
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 4
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย การศึกษานี้มีทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ..6
2.2 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย (Conceptual Framework) 27
2.3 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 28
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย
3.1 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล 35
3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย การรวบรวมข้อมูล และ การวิเคราะห์ข้อมูล 40
3.3 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ 45
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล
4.1 ระบบผลิตน้ำประปาในพื้นที่ศึกษา 53
4.2 ผลการศึกษาของสารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) 54
4.3 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการอุปโภคบริโภคน้ำประปาผิวดิน 68
4.4 ผลการศึกษาของสารกลุ่มโลหะหนัก 77
4.5 การประเมินค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปาและ
อภิปรายผล 98

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 บทสรุป
5.1 สารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปา 112
5.2 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการอุปโภคบริโภคน้ำประปาผิวดินของสารกลุ่ม THMs 113
5.3 สารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปา 114
5.4 การประเมินค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปา 114
5.5 ข้อเสนอแนะ 115
เอกสารอ้างอิง 109
ภาคผนวก 109
ภาคผนวก ก จุดเก็บตัวอย่างน้ำ
ภาคผนวก ข รายละเอียดผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่ม THMs
ภาคผนวก ค มาตรฐานคุณภาพน้ำ
ภาคผนวก ง งานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่
ภาคผนวก จ ประวัติผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ปริมาณสาร THMS ในน้ำประปาชุมชนในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ สุรินทร์ บุรีรัมย์ ..2
ตารางที่ 1.2 ระดับความเสี่ยงสาร THMS ในน้ำประปาชุมชนในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ สุรินทร์ บุรีรัมย์ 3
ตารางที่ 2.1 ข้อดีข้อเสียของคลอรีนชนิดต่าง ๆ 8
ตารางที่ 2.2 ข้อดีและข้อเสียของการใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรค..... 8
ตารางที่ 2.3 ข้อแนะนำหรือเกณฑ์มาตรฐานกำหนดของค่าสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรค(DBPs) ...10
ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในแต่ละกระบวนการการกำจัดไตรฮาโลมีเทน 12
ตารางที่ 2.5 ข้อดีข้อเสียของคลอรีนแต่ละชนิด 21
ตารางที่ 2.6 เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ.2553 (ดัชนีที่เกี่ยวข้องกับโลหะหนัก).22
ตารางที่ 2.7 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง (ตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก 2006) (ดัชนีที่เกี่ยวข้องกับโลหะหนัก)..... 22
ตารางที่ 2.8 เกณฑ์เสนอแนะคุณภาพน้ำบริโภคขององค์การอนามัยโลก 23
ตารางที่ 2.9 ข้อเสนอแนะหรือเกณฑ์มาตรฐานกำหนดของค่าสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรค (DBPs)..... 24
ตารางที่ 3.1 จำนวนระบบประปาในการศึกษานี้..... 37
ตารางที่ 3.2 เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัยและเกณฑ์แนะนำขององค์การอนามัยโลก 46
ตารางที่ 3.3 ค่ามาตรฐานและค่าแนะนำของสารกลุ่ม THMs ในน้ำ..... 47
ตารางที่ 3.4 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน 47
ตารางที่ 3.5 ค่า Oral Toxicity Reference Dose (RfD) ของโลหะหนักที่ศึกษา 50
ตารางที่ 3.6 ค่า Slope factor และค่า Reference dose (RfD) ของ THMs..... 52
ตารางที่ 4.1 รูปแบบกระบวนการผลิตน้ำประปา..... 54
ตารางที่ 4.2 รูปแบบการขนส่งท่อน้ำดิบ..... 54
ตารางที่ 4.3 Chloroform ในน้ำประปาจากระบบประปาผิวดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง..... 55
ตารางที่ 4.4 ค่า BDCM ในน้ำประปาจากระบบประปาผิวดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ...57
ตารางที่ 4.5 ค่า DBCM ในน้ำประปาจากระบบประปาผิวดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ...58
ตารางที่ 4.6 ค่า Bromoform ในน้ำประปาจากระบบประปาผิวดิน..... 59

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.7 สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินในจังหวัดนครราชสีมา 60
ตารางที่ 4.8 สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินในจังหวัดสุรินทร์ 61
ตารางที่ 4.9 สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินในจังหวัดบุรีรัมย์ 62
ตารางที่ 4.10 สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินในจังหวัดชัยภูมิ 64
ตารางที่ 4.11 ค่า THMs ในน้ำประปาจากระบบประปาเขตเมืองใน 4 จังหวัด 66
ตารางที่ 4.12 สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินที่ใช้ในการศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ 69
ตารางที่ 4.13 ค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพ (HI) ที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสของ $CHCl_3$ 75
ตารางที่ 4.14 ค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพ (HI) ที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสของ $CHCl_2Br$ 76
ตารางที่ 4.15 ค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพ (HI) ที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสของ $CHClBr_2$ 76
ตารางที่ 4.16 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาจังหวัดนครราชสีมาในช่วงฤดูฝน 80
ตารางที่ 4.17 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาจังหวัดนครราชสีมาในฤดูแล้ง 83
ตารางที่ 4.18 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาจังหวัดชัยภูมิในฤดูฝน 86
ตารางที่ 4.19 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาจังหวัดชัยภูมิในฤดูแล้ง 88
ตารางที่ 4.20 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาจังหวัดสุรินทร์ในฤดูฝน 90
ตารางที่ 4.21 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบาดาลจังหวัดสุรินทร์ในฤดแล้ง 92
ตารางที่ 4.22 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาจังหวัดบุรีรัมย์ในฤดูฝน 94
ตารางที่ 4.23 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาจังหวัดบุรีรัมย์ในฤดูแล้ง 96
ตารางที่ 4.24 ค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปานครราชสีมาในฤดูฝน 98
ตารางที่ 4.25 ค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปานครราชสีมาในฤดูแล้ง 99
ตารางที่ 4.26 ค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบุรีรัมย์ในฤดูฝน 100
ตารางที่ 4.27 ค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบุรีรัมย์ในฤดูแล้ง 100
ตารางที่ 4.28 ค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาสุรินทร์ในฤดูฝน 101
ตารางที่ 4.29 ค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาสุรินทร์ในฤดูแล้ง 102
ตารางที่ 4.30 ค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาชัยภูมิในฤดูฝน 103
ตารางที่ 4.31 ค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบุรีรัมย์ในฤดูแล้ง 103

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 การจำแนกลักษณะของสารปนเปื้อนในน้ำ 13
รูปที่ 2.2 ประเภทของระบบผลิตน้ำประปา 14
รูปที่ 2.3 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน 15
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างกระบวนการผลิตน้ำประปาผิวดิน 17
รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ 27
รูปที่ 2.6 กรอบแนวคิดในการศึกษา 28
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการศึกษา 35
รูปที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำของระบบประปาเมืองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 38
รูปที่ 3.3 แหล่งน้ำดิบเพื่อการประปา 39
รูปที่ 3.4 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของระบบประปาผิวดิน 39
รูปที่ 3.5 หอถังสูงของระบบประปาผิวดิน 40
รูปที่ 3.6 เครื่อง GC-ECD (Hitachi, model 263-50) 42
รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก 43
รูปที่ 3.8 เครื่อง Atomic Absorption Spectrometric 44
รูปที่ 3.9 เครื่อง Inductively Couple Plasma Mass Spectrometer (ICP-MS) 45
รูปที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของสาร THMs แต่ละชนิดในน้ำประปาในนครราชสีมา 60
รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของสาร THMs แต่ละชนิดในน้ำประปาในจังหวัดสุรินทร์ 61
รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยของสาร THMs แต่ละชนิดในน้ำประปาในจังหวัดบุรีรัมย์ 63
รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยของสาร THMs แต่ละชนิดในน้ำประปาในจังหวัดชัยภูมิ 64
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสาร Chloroform ในระบบประปาผิวดินของ 4 จังหวัดที่ศึกษา .. 66
รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสาร Bromodichloromethane (BDCM) ในระบบประปาผิวดินของ 4 จังหวัดที่ศึกษา 67
รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสาร Dibromochloromathane (DBCM) ในระบบประปาผิวดินของ 4 จังหวัดที่ศึกษา 67
รูปที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสของ THMs 70
รูปที่ 4.9 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสจากการ (a) ดื่มกิน (b) ผิวหนัง (c) หายใจ ของ $CHCl_3$ 72

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.10 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสจากการ (a) ดื่มกิน (b) ผิวหนัง (c) หายใจ ของ $CHCl_2Br$ 73
รูปที่ 4.11 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสจากการ (a) ดื่มกิน (b) ผิวหนัง (c) หายใจ ของ $CHClBr_2$ 74
รูปที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของในนครราชสีมาในฤดูฝน 81
รูปที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของในนครราชสีมาในฤดูแล้ง 84
รูปที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของในนครราชสีมาทั้งสองฤดูกาล 84
รูปที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของในชัยภูมิในฤดูฝน 86
รูปที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของในชัยภูมิในฤดูแล้ง 88
รูปที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในจุดแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของระบบประปาชัยภูมิทั้งสองฤดูกาล 89
รูปที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในแหล่งน้ำและก๊อกน้ำในน้ำประปาสุรินทร์ในฤดูฝน 90
รูปที่ 4.19 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในแหล่งน้ำและก๊อกน้ำในน้ำประปาสุรินทร์ในฤดูแล้ง 98
รูปที่ 4.20 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในจุดแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของระบบประปาในสุรินทร์สองฤดูกาล 92
รูปที่ 4.21 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในแหล่งน้ำและก๊อกน้ำในน้ำประปาบุรีรัมย์ในฤดูฝน 93
รูปที่ 4.22 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในแหล่งน้ำและก๊อกน้ำในน้ำประปาบุรีรัมย์ในฤดูแล้ง 94
รูปที่ 4.23 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในจุดแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของระบบประปาในบุรีรัมย์สองฤดูกาล 97

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

น้ำเป็นหนึ่งในปัจจัยสี่ที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ซึ่งการที่มีน้ำสะอาดใช้ในการอุปโภคบริโภคย่อมส่งผลต่อสุขภาพอนามัยและคุณภาพชีวิตที่ดีของผู้บริโภค คุณภาพน้ำบริโภคที่ดีต้องอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่สะอาดและปลอดภัย ปราศจากการปนเปื้อนของสารพิษและเชื้อโรค โดยเป้าประสงค์ในการพัฒนาของโลก (Millennium Development Goal) ได้กำหนดเป้าหมายให้ประชากรโลกสามารถเข้าถึงน้ำสะอาดได้ภายในปี ค.ศ.2015 สำหรับปัญหาสาธารณสุขในไทยที่สำคัญซึ่งเกิดจากโรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อ (Water-borne Disease) โดยการสำรวจของสำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ (2553) พบโรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อได้แก่ โรคอุจจาระร่วงเฉียบพลัน (Acute Diarrhea) โรคบิด (Dysentary) โรคไทฟอยด์ และพยาธิต่าง ๆ ซึ่งมีสาเหตุจากการดื่มน้ำที่ไม่สะอาด และยังพบการเจ็บป่วยที่เกิดจากผลกระทบของสารเคมีในน้ำ โดยรวมทั้งสารมลพิษที่ถูกปล่อยสู่แหล่งน้ำและสารเคมีที่มีอยู่ตามธรรมชาติในแหล่งน้ำใต้ดิน เช่น ฟลูออไรด์ สารหนู ตะกั่ว แคดเมียม เป็นต้น และ จากรายงานการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำประปาปี 2553 ในพื้นที่เขตชนบท จำนวน 65 แห่งทั่วประเทศ พบว่าร้อยละ 88.2 คุณภาพน้ำไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำบริโภค กรมอนามัย พ.ศ. 2543 โดยส่วนใหญ่ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานด้านแบคทีเรียร้อยละ 81.1 รองลงมาได้แก่ด้านกายภาพ (ร้อยละ 30.7) และด้านเคมี (ร้อยละ 26.8) ตามลำดับ (สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ, 2553)

การบริโภคน้ำประปาที่ไม่ได้มาตรฐานก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ จากการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพในการบริโภคน้ำประปาที่ปนเปื้อนโลหะหนักในพื้นที่ประปาหมู่บ้านถ้ำลา ตำบลลานข่อย อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง พบว่าน้ำประปามีการปนเปื้อนของโลหะหนักได้แก่ ปรอท แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โดยมีปริมาณเหล็กที่เกินค่ามาตรฐาน (ธนาวัฒน์ รักกมล และคณะ, 2553) และการอุปโภคบริโภคน้ำที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพทั้งระยะสั้นและระยะยาว สำหรับประเทศไทยแหล่งน้ำผิวดินเป็นแหล่งผลิตน้ำสำหรับการอุปโภคบริโภคและระบบผลิตน้ำประปาที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยมีปริมาณน้ำประมาณ 800,000 ล้าน ลูกบาศก์เมตร ส่วนใหญ่มาจากน้ำฝน และร้อยละ 97 คนไทยสามารถเข้าถึงน้ำสะอาดได้ (WHO/UNICEF, 2012) การอุปโภคบริโภคน้ำของคนไทยมีแนวโน้มเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นทุกปี จากรายงานของสำนักงานสถิติแห่งชาติ (2551) พบว่าการบริโภคน้ำในส่วนภูมิภาคเพิ่มจาก 23.8 ในปี 2545 เป็น 26 ลูกบาศก์เมตรต่อรายต่อเดือนในปี 2550 ดังนั้นการจัดหาน้ำสะอาดเพื่อการอุปโภคบริโภคโดยการสร้างระบบผลิตน้ำประปาจึงมีความสำคัญ ระบบประปาจากแหล่งน้ำผิวดินส่วนใหญ่มีขั้นตอนการผลิตน้ำสะอาดเพื่อกำจัด สี ความขุ่น สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ สารแขวนลอยในน้ำ โดยเรียกกระบวนการนี้ว่ากระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอน (Coagulation) กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำนี้ ส่วนใหญ่ใช้สารเคมีเป็นสารสร้างตะกอน (โคแอกกูแลนต์) เช่น สารส้ม (Alum) เฟอริคคลอไรด์ ($FeCl_3$) โพลีอลูมินั่มซัลเฟต (Polyaluminum chloride, PAC) และใช้สารพอลิอิเลคโทรไลต์ เช่น พอลิเมอร์เป็นสารช่วยตกตะกอน (โคแอกกูแลนต์เอด)

สำหรับกระบวนการฆ่าเชื้อโรคนิยมใช้คลอรีนในรูปแบบต่าง ๆ ในการฆ่าเชื้อโรคและให้คงค้างในเส้นท่อ เพื่อให้สามารถฆ่าเชื้อโรคได้ที่ปลายทางถึงผู้บริโภค (ประพัฒน์ เป็นตามวา และคณะ, 2554) ในระบบผลิตน้ำสะอาดที่มีระบบการทำงานที่มีประสิทธิภาพจะมีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคน้อย แต่หากระบบดังกล่าวมีความผิดปกติหรือทำงานด้อยประสิทธิภาพ เช่นนำน้ำของแหล่งน้ำมีคุณลักษณะน้ำไม่เหมาะสำหรับการผลิตน้ำประปาเช่น มีปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ (Natural Organic Matters, NOMs) โลหะหนัก ในปริมาณมากหรือมีสารเคมีหลงเหลือจากการฆ่าเชื้อโรค หรือสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรค (Disinfecting By-Products, DBPs) อาจก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพผู้บริโภค โดยเฉพาะสารโลหะหนัก และสารในกลุ่ม DBPs เช่นกลุ่มสาร Trihalomethanes (THMs) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาจากการใช้คลอรีนอิสระฆ่าเชื้อโรค และสารอินทรีย์ในธรรมชาติเช่น กรดฮิวมิก และฟัลวิก ซึ่งกลุ่มของสาร THMs เป็นสารก่อมะเร็งก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ (WHO, 1998; Ashbolt, 2004).

จากการศึกษาของ Pentamwa et al. (2013) ได้ทำการศึกษาปริมาณสารกลุ่ม THMs ในระบบประปาชุมชนจำนวน 17 แห่ง ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ สุรินทร์ พบสารคลอโรฟอร์ม ($CHCl_3$) มากที่สุด รองลงมาได้แก่ ไดคลอโรโบรโมมีเทน ($CHCl_2Br$) คลอโรไดโบรโมมีเทน ($CHClBr_2$) และ โบรโมฟอร์ม ($CHBr_3$) ตามลำดับ โดยน้ำประปาที่ตำบลช่องสามหมอ จังหวัดชัยภูมิพบสาร THMs มากที่สุดโดยมีค่า 48.46 ไมโครกรัม/ลิตร (µg/L) ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 1.1 และจากการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพพบว่าเส้นทางที่มีโอกาสได้รับสัมผัสผ่านทางการดื่มกินมากที่สุด รองลงมาได้แก่ทางผิวหนังและทางการหายใจนำสาร THMs เข้าสู่ร่างกาย และเมื่อทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพในการบริโภคน้ำประปาจากการปนเปื้อน THMs พบว่าอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (ตารางที่ 1.2)

ตารางที่ 1.1 ปริมาณสาร THMs ในน้ำประปาชุมชนในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ สุรินทร์ บุรีรัมย์

จุดที่	จังหวัด	ตำบล	$CHCl_3$ (µg/L)	$CHCl_2Br$ (µg/L)	$CHBr_2Cl$ (µg/L)	$CHBr_3$ (µg/L)	Total THMs (µg/L)	THMs (sum of ratio)
1	นครราชสีมา	ศรีสุก	0.84	0.06	<0.15	<1.50	2.55	0
2		ดอนใหญ่	11.64	4.30	3.11	<1.50	20.55	0.14
3		โคกสูง	8.26	<0.05	<0.15	<1.50	9.96	0.03
4		มาปัง	0.39	<0.05	<0.15	<1.50	2.09	0
5		ชาติ	<0.17	<0.05	<0.15	<1.50	1.87	0

ตารางที่ 1.1 ปริมาณสาร THMs ในน้ำประปาชุมชนในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ สุรินทร์ บุรีรัมย์ (ต่อ)

จุดที่	จังหวัด	ตำบล	$CHCl_3$ (µg/L)	$CHCl_2Br$ (µg/L)	$CHBr_2Cl$ (µg/L)	$CHBr_3$ (µg/L)	Total THMs (µg/L)	THMs (sum of ratio)
6	ชัยภูมิ	ห้วยเย้	0.58	<0.05	<0.15	<1.50	2.28	0
7		ช่องสามหมอ	30.53	12.77	3.66	<1.50	48.46	0.35
8		หนองบัวโคก	<0.17	<0.05	<0.15	<1.50	1.87	0
9	สุรินทร์	ท่าโคก	0.33	<0.05	<0.15	<1.50	2.03	0
10		บางเพ	<0.17	<0.05	<0.15	<1.50	1.87	0
11		แคใหญ่	<0.17	<0.05	<0.15	<1.50	1.87	0
12		เมืองศรี	<0.17	<0.05	<0.15	<1.50	1.87	0
13	บุรีรัมย์	ชำแสง	8.25	4.64	2.85	<1.50	17.24	0.13
14		หนองแวง	<0.17	0.36	0.76	<1.50	2.79	0.01
15		ช่องพะหา	<0.17	<0.05	<0.15	<1.50	1.87	0
16		เทศบาลหนองแวง	1.6	0.51	0.33	<1.50	3.94	0.02
17		โกรกแก้ว	<0.17	<0.05	<0.15	<1.50	1.87	0

ตารางที่ 1.2 ระดับความเสี่ยงสาร THMs ในน้ำประปาชุมชนในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ สุรินทร์ บุรีรัมย์

จุดที่	จังหวัด	ตำบล	Total Hazard Index (HI)	
			เพศชาย	เพศหญิง
1	นครราชสีมา	ศรีสุก	7.11E-03	7.60E-03
2		ดอนใหญ่	6.75E-02	7.22E-02
3		โคกสูง	3.82E-02	4.09E-02
4		มาบ้ง	5.20E-03	5.56E-03
5		ชาติ	4.28E-03	4.57E-03
6	ชัยภูมิ	ห้วยเย้	6.00E-03	6.41E-03
7		ช่องสามหมอ	1.66E-01	1.77E-01
8		หนองบัวโคก	4.28E-03	4.57E-03
9	สุรินทร์	ท่าโคก	4.95E-03	5.29E-03
10		บางเพ	4.28E-03	4.57E-03
11		แคใหญ่	4.28E-03	4.57E-03
12		เมืองศรี	4.28E-03	4.57E-03
13	บุรีรัมย์	ชำแสง	5.35E-02	5.72E-02
14		หนองแวง	6.21E-03	6.64E-03
15		ช่องพะหา	4.28E-03	4.57E-03
16		เทศบาลหนองแวง	1.16E-02	1.24E-02
17		โกรกแก้ว	4.28E-03	4.57E-03

หมายเหตุ ค่า HI < 1 แสดงว่าไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ

การจัดหาน้ำสะอาดเพื่อการอุปโภคบริโภคและการบริหารจัดการน้ำประปาของไทยมีหน่วยงานหลายหน่วยงานรับผิดชอบเช่น การประปานครหลวง การประปาส่วนภูมิภาค กรมอนามัย กรมทรัพยากรธรณี องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ทั้งในระดับการบริหารงานโดยคณะกรรมการหมู่บ้าน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ซึ่งผลการศึกษาของคณะผู้วิจัยยังขาดข้อมูลที่สำคัญในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคน้ำประปาในระบบประปาในเขตเมืองที่ดำเนินงานในระดับเทศบาลเมืองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ซึ่งมีปริมาณประชากรที่มีความหนาแน่นมาก มีการบริหารจัดการและระบบผลิตน้ำประปาที่แตกต่างกันจากระบบประปาหมู่บ้าน ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงเห็นควรดำเนินโครงการวิจัยเพิ่มเติมในระยะที่สอง โดยขยายขอบเขตการศึกษาให้ครอบคลุมระบบประปาขนาดกลางและขนาดใหญ่ ได้แก่ ระบบประปาในเขตเมืองระดับเทศบาลนคร เทศบาลเมือง เทศบาลตำบล และระบบประปาเขตเมืองอื่น ๆ ที่ดูแลโดยการประปาส่วนภูมิภาค เพื่อสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับระบบประปาให้มีความสมบูรณ์และสามารถวิเคราะห์ภาพรวมของพื้นที่ศึกษาเดิม คือ 4 จังหวัด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ ได้อย่างเหมาะสม โดยงานวิจัยนี้เป็นส่วนสำคัญในการเป็นเปรียบเทียบข้อมูลระดับความเสี่ยงของผู้บริโภคในประชากรระดับเทศบาลเมืองและระบบประปาหมู่บ้าน และเพื่อกำหนดแนวทางปฏิบัติในการการจัดการคุณภาพน้ำประปาและลดความเสี่ยงทางด้านสุขภาพจากการบริโภคน้ำประปาชุมชน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อศึกษาปริมาณโลหะหนักและไตรฮาโลมีเทนในน้ำประปาจากระบบประปาในเขตเมืองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

2) เพื่อประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของโลหะหนักและไตรฮาโลมีเทนจากการอุปโภคบริโภคน้ำประปาในเขตเมืองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การศึกษานี้จะทำการศึกษาเฉพาะการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากโอกาสการได้รับสัมผัสจากการบริโภคน้ำประปาจากระบบประปาที่บริหารงานโดยเทศบาลเมืองและโดยการประปาส่วนภูมิภาคและประปาเทศบาลจากทั้ง 4 จังหวัด คือ นครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และ สุรินทร์ จำนวน 10 แห่ง โดยพิจารณาจากดัชนีคุณภาพน้ำสำคัญที่มีโอกาสการได้รับสัมผัสและส่งผลต่อสุขภาพเช่น โลหะหนัก เช่น Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Hg, Pb สารตกค้างที่เหลือจากการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน (Disinfection By-Products, DBPs) เช่นสารกลุ่มไตรฮาโลมีเทน (THMs) ประกอบด้วย คลอโรฟอร์ม ($CHCl_3$) ไดคลอโรโบรโมมีเทน ($CHCl_2Br$) คลอโรไดโบรโมมีเทน ($CHClB_2$) และ โบรโมฟอร์ม ($CHBr_3$) โดยทำการเก็บตัวอย่าง ณ จุด บริเวณแหล่งน้ำสำหรับการผลิตประปา (เฉพาะดัชนีคุณภาพน้ำโลหะหนัก) ต้นท่อระบบจ่ายน้ำประปาชุมชน และ บริเวณจุดปลายท่อบ้านผู้ใช้น้ำ การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์ดำเนินการ 2 ฤดูคือช่วงฤดูแล้งดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำระหว่างเดือนมกราคม-เดือนเมษายน 2559 และช่วงฤดูฝนดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำระหว่างเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม 2559 โดยตัวอย่างน้ำทั้งสองฤดูกาลทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งโลหะหนักและ THMs ยกเว้นสารกลุ่ม THMs ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในช่วงฤดูแล้งเท่านั้น การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ณ ห้องปฏิบัติการศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุรนารี และห้องปฏิบัติการการประปานครหลวง กรุงเทพมหานคร

1.4. ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

ด้านวิชาการ และด้านนโยบาย

1) ทราบข้อมูลระดับความเสี่ยงเพื่อใช้ในการบริหารจัดการทำให้ทราบสถานการณ์คุณภาพน้ำและระดับความเสี่ยงของสารเคมีในระบบประปาในเขตเมืองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงระบบประปา *กลุ่มเป้าหมาย* คือ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กรมอนามัย กรมทรัพยากรน้ำ

2) สร้างองค์ความรู้ในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ เพื่อนำไปใช้ในพัฒนานโยบายการดูแลรักษาระบบประปา รวมถึงการพัฒนาการวิจัยของนักวิจัยรุ่นใหม่ *กลุ่มเป้าหมาย* คือ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กรมอนามัย กรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยต่าง ๆ

ด้านสังคมและชุมชน

3) บริการความรู้แก่ประชาชน และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ *กลุ่มเป้าหมาย* คือ ผู้บริหารระบบประปา รวมทั้ง นักวิชาการและ ประชาชนทั่วไปที่มีความสนใจด้านสิ่งแวดล้อม

ด้านการเผยแพร่ในวารสาร

4) ข้อมูลจากงานวิจัยได้เผยแพร่ตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสารหรือที่ประชุมวิชาการ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ *กลุ่มเป้าหมาย* คือ นักวิชาการ นักวิจัย ผู้สนใจทั่วไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานี้ดำเนินการทบทวนวรรณกรรม งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และแหล่งที่มาของข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย กรอบแนวคิดของการของการวิจัย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย การศึกษานี้มีทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยดังนี้

ปัจจุบันทั่วโลกกำลังประสบปัญหาเรื่องการขาดแคลนน้ำ ซึ่งน้ำเชื่อมโยงสรรพชีวิตทั้งมวล โดย 1 ใน 3 ของประชากรในโลก อยู่ในประเทศซึ่งปริมาณน้ำมักไม่เพียงพอกับความต้องการ ประชากรกว่า 1,000 ล้านคน ไม่มีน้ำดื่มที่สะอาด และจำนวนประชากรในโลกที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จะทำให้ตัวเลขนี้สูงขึ้นอย่างมากในช่วง 25 ปีข้างหน้า ซึ่งจากการคาดการณ์ในปี ค.ศ.2025 ประชากรโลกประมาณ 5,000 ล้านคนจาก 8,000 ล้านคน อาศัยในประเทศที่มีปัญหาการขาดแคลนน้ำ โลกของเรามีปริมาณน้ำทั้งหมดประกอบด้วยน้ำเค็มร้อยละ 97.4 (รวมจากน้ำทะเล น้ำเค็มใต้ดิน ทะเลสาบน้ำเค็ม) และ น้ำจืดร้อยละ 2.5 ซึ่งมีเฉพาะน้ำจืดเท่านั้นที่สามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งประกอบด้วย ธารน้ำแข็งร้อยละ 68.7 น้ำใต้ดินร้อยละ 30.1 และ น้ำผิวดินและในชั้นบรรยากาศร้อยละ 0.4 เท่านั้น

โดยมนุษย์สามารถนำมาใช้ได้มีอยู่ไม่ถึงร้อยละ 0.1 ของปริมาณน้ำที่มีอยู่ในโลก และส่วนใหญ่แล้ว ในพื้นที่ที่มีคนต้องการน้ำมากที่สุดกลับมีแหล่งน้ำจืดน้อยมาก ซึ่งทั่วโลกจะมีเด็กเสียชีวิตเพราะขาดน้ำดื่มหรือสุขาภิบาลที่สะอาดถึง 80 คน และภายในหนึ่งวันจะมีผู้เสียชีวิตจากอาการท้องร่วง อหิวาตกโรค โรคพยาธิใบไม้ ตลอดจนโรคอื่น ๆ ที่เกิดจากน้ำที่ปนเปื้อนราว ๆ 9,300 คน พอถึงปลายปีนี้จะมีผู้เสียชีวิต 3.4 ล้านคน ส่วนใหญ่อยู่ในทวีปเอเชียและแอฟริกาและอายุไม่ถึง 5 ปี แม้ว่าคนเราต้องมีน้ำดื่มที่สะอาดในการดำรงชีพ แต่น้ำสะอาดก็หายากขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากมลพิษและความต้องการน้ำของประชากรที่เพิ่มขึ้น ส่วนประเทศไทยนั้น ปัญหาของการขาดแคลนน้ำดิบที่มีคุณภาพจะทวีความรุนแรงยิ่งขึ้นในอีก 20 ปีข้างหน้า เนื่องจากจะมีการเพิ่มผลผลิตเป็นสองเท่า จึงอาจเกิดปัญหาวิกฤตเรื่องแหล่งน้ำ นอกจากนั้นประเทศไทยยังจัดสรรงบประมาณ ในการจัดหาน้ำสะอาดและพัฒนาระบบน้ำประปาน้อย คือ ราวร้อยละ 5-6 ของงบประมาณทั้งประเทศ สำหรับระบบการประปาของไทย ได้มีการพัฒนาไปถึงขั้นดื่มน้ำจากก๊อกประปาได้โดยตรง โดยตั้งแต่เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2542

1) ระบบประปาในชุมชนเมือง

ในสมัยของ พระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 6 เมื่อ 14 พฤศจิกายน 2457 เสด็จมาทรงเปิดกิจการโดยมีชื่อเรียกในครั้งนั้นว่า การประปากรุงเทพ ฯ มีกรมสุขาภิบาล กระทรวงนครบาลเป็นผู้รับผิดชอบดำเนินงาน กิจการประปาได้ก้าวหน้าขึ้นเป็นลำดับและหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 สิ้นสุดลงเมื่อปี 2489 โรงงานผลิตน้ำสามเสนเป็นโรงกรองน้ำแห่งเดียวในขณะนั้น ผลิตน้ำได้น้อย ไม่เพียงแต่การบริการน้ำประปาที่เกิดสภาพน้ำไหลอ่อนและไม่ไหลเป็นบริเวณกว้าง ไฟฟ้าก็เช่นกันมีสภาพดับ ๆ เปิด ๆ รัฐบาลจึงตั้งคณะกรรมการพัฒนาปรับปรุงกิจการไฟฟ้า และประปาขึ้น ต่อมาได้มีการรวมและโอนกิจการประปาไฟฟ้าให้เป็นรัฐวิสาหกิจ โดยรัฐบาลได้ออกพระราชบัญญัติการประปานครหลวง ให้โอนกิจการประปากรุงเทพ กรมโยธาเทศบาล การประปา

นนทบุรี การประปาเทศบาลนครธนบุรี และประปาเทศบาลสมุทรปราการ รวมเป็นกิจการเดียวกัน เรียกว่า การประปานครหลวง เมื่อวันที่ 16 สิงหาคม 2510 (การประปานครหลวง, 2554)

นับจากรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 5 ได้มีพระราชดำริการหาน้ำบริโภค สำหรับประชาชนในเขตพระนคร จนกระทั่ง ได้มีการเปิดโรงกรองน้ำแห่งแรกเมื่อ 14 พฤศจิกายน 2457 อีก 39 ปีต่อมา ใน พ.ศ.2496 รัฐบาลในขณะนั้น จึงได้มีการอนุมัติให้กรมโยธาธิการดำเนินการก่อสร้างการประปา ณ ศูนย์การทหารปืนใหญ่ โคกกระเทียม ให้ชื่อว่า การประปาพิบูลสงครามผลิตและจำหน่ายน้ำประปาบริการทหารและประชาชน ซึ่งนับเป็นการประปาในส่วนภูมิภาคเป็นแห่งแรก ต่อมาในปี พ.ศ.2504 เมื่อรัฐบาลประกาศใช้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ก็ได้มีการเจาะบ่อน้ำบาดาล เพื่อหาน้ำสำหรับอุปโภคและบริโภคให้แก่ประชาชน ในชนบท และในปี พ.ศ. 2509 รัฐบาลได้จัดให้มีโครงการ จัดหาน้ำสะอาดทั่วราชอาณาจักร มีคณะกรรมการเป็นผู้บริหารโครงการ และมีหน่วยงานร่วมดำเนินงานในโครงการนี้ 11หน่วยงาน นอกจากการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำ สำหรับบริโภค ด้วยการจัดให้มีโครงการ จัดหาน้ำสะอาดทั่วราชอาณาจักร และก่อสร้างระบบประปาของกองประปาภูมิภาค กรมโยธาธิการ ตามโครงการประปาจังหวัดแล้ว กรมอนามัย โดยกองประปาชนบท ได้รับความช่วยเหลือจาก ยูซอม อเมริกาและ องค์การยูนิเซฟ องค์การอนามัยโลก ฯลฯ ในการดำเนินงานจัดหาน้ำสะอาด สำหรับประชาชนในชนบท ในรูปแบบของการประปาชนบท ในชุมชนที่มีจำนวนประชากรไม่เกิน 5,000 คน ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำบริโภคในส่วนภูมิภาคอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งท้องถิ่นมีส่วนร่วมในการจ่ายเงินสมทบในจำนวนที่ได้มีการกำหนด ตกลงกันไว้ (การประปาส่วนภูมิภาค, 2554)

การดำเนินการของกิจการประปาเดิมเป็นระบบราชการ สังกัดกระทรวงมหาดไทย ต่อมาได้ปรับปรุงโดยการจัดตั้งเป็นรัฐวิสาหกิจ ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล ได้แก่จังหวัด สมุทรปราการ และนนทบุรี ในปี พ.ศ.2510 เรียกว่า การประปานครหลวง (กปน.) ส่วนในต่างจังหวัดรัฐบาลได้จัดตั้งเป็นการประปาส่วนภูมิภาค (กปภ.) เมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2522 นอกจากนี้ยังมีการประปาขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เช่น เทศบาล อบต. หมู่บ้านและประปาเอกชน มีหน้าที่และรับผิดชอบในการหาน้ำดิบมาผลิตเป็นน้ำประปา และส่งจ่ายน้ำประปาแก่ประชาชน

การประปาส่วนภูมิภาค (กปภ.) เป็นรัฐวิสาหกิจที่จัดตั้งตามนโยบายของรัฐบาลที่จะปรับปรุงและขยายกิจการประปาในส่วนภูมิภาคให้ดียิ่งขึ้นโดยการโอนกิจการประปาในส่วนภูมิภาคและหน่วยงานก่อสร้างประปาภูมิภาคของกรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย กับกิจการประปาชนบทและหน่วยงานก่อสร้างประปาชนบทของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข มาจัดตั้งเป็นการประปาส่วนภูมิภาคโดยมีวัตถุประสงค์ในการประกอบและส่งเสริมธุรกิจการประปาโดยการสำรวจ จัดหาแหล่งน้ำดิบและจัดให้ได้มาซึ่งน้ำดิบ เพื่อใช้ในการผลิต จัดส่ง และจำหน่ายน้ำประปาในส่วนภูมิภาค ยกเว้นกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ ซึ่งอยู่ในความดูแลของการประปานครหลวง (กปน.) เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่การให้บริการสาธารณูปโภคโดยคำนึงถึงประโยชน์ของรัฐและสุขภาพอนามัยของประชาชนเป็นสำคัญโดยมีจำนวนประชากรในเขตพื้นที่รับผิดชอบของการประปาส่วนภูมิภาคและการประปานครหลวงดังแสดงในตารางที่ 2.1 ปัจจุบันการประปาส่วนภูมิภาคไม่สามารถให้บริการน้ำประปาแก่ประชาชนได้อย่างทั่วถึงดังตารางที่ 2.2 โดยพบว่าการประปาส่วนภูมิภาคสามารถให้บริการแก่ประชาชนในส่วนภูมิภาคได้เพียง 10.2 ล้านราย ของจำนวนประปาในเขตรับผิดชอบเนื่องด้วยข้อจำกัด

ในด้านการลงทุนที่จะต้องมีผลตอบแทนคุ้มค่าเพียงพอต่อการลงทุนและมีรายได้เพียงพอที่จะดำเนินการประกอบกิจการต่อไปได้

ตารางที่ 2.1 จำนวนประชากรในเขตรับผิดชอบของการประปาส่วนภูมิภาคและการประปานครหลวง

รายละเอียด	(ล้านคน)	(ร้อยละ)
จำนวนประชากรทั่วประเทศ	65.9	100
จำนวนประชากรในเขตพื้นที่รับผิดชอบของ กปภ.	57.9	88
จำนวนประชากรในเขตพื้นที่รับผิดชอบของ กปน.	8	12

หมายเหตุ: แบ่งตามเขตพื้นที่ปกครอง ของกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย
ที่มา: กรมการปกครอง (2559)

ตารางที่ 2.2 ความครอบคลุมในการให้บริการน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคและการประปานครหลวง

หน่วยงาน	จำนวนผู้ใช้น้ำ (ล้านราย)	จำนวนประชากรในเขตรับผิดชอบ (ล้านคน)
กปภ.	10.2[1]	57.8
กปน.	2.2[2]	8

ที่มา: [1]การประปาส่วนภูมิภาค (2558) [2]การประปานครหลวง (2559)

2) ประปาชุมชนชนบท

การดำเนินงานจัดหาน้ำสะอาดในชนบทที่ได้เริ่มดำเนินการโดยกระทรวงสาธารณสุข เนื่องจากเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่า น้ำเป็นพื้นฐานของการมีสุขภาพอนามัยที่ดี การมีน้ำสะอาดไว้ดื่มและใช้ในชีวิตประจำวันอย่างเพียงพอ รวมทั้งการมีการสุขาภิบาลที่ดี ย่อมเป็นพื้นฐานในการทำให้ประชาชนมีสุขภาพที่แข็งแรงปราศจากโรคภัยไข้เจ็บอันเนื่องมาจากน้ำ งานจัดหาน้ำสะอาดในชนบทได้เริ่มดำเนินการอย่างเป็นทางการเมื่อมีพระราชกฤษฎีกาจัดวางระเบียบราชการกรมอนามัย พ.ศ.2496 โดยให้กองช่างสุขาภิบาลเป็นผู้รับผิดชอบงานด้านออกแบบและควบคุมการก่อสร้างอาคารสถานที่ราชการในสังกัดกระทรวงสาธารณสุขและมีบทบาทในการพัฒนาระบบการจัดหาน้ำสะอาด โดยรัฐบาลกำหนดให้กรมอนามัยรับผิดชอบโครงการประปาชนบทในเขตพื้นที่เร่งรัดพัฒนาชนบท ซึ่งได้แก่จังหวัดขอนแก่น อุดรธานี หนองคาย เลย นครพนมและอุบลราชธานี และมีหน้าที่ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้สะอาดและส่งถึงประชาชนโดยสะดวกและปลอดภัย

โครงการจัดหาน้ำสะอาดด้วยระบบประปาหมู่บ้าน ได้เริ่มดำเนินการมาตั้งแต่ระยะของแผนพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2510-2514) รัฐบาลได้จัดสรรงบประมาณให้แก่หน่วยงานของรัฐทำการก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้าน โดยหน่วยงานหลัก จะมี 2 หน่วยงานคือ กองประปาภูมิภาค กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย ซึ่งรับผิดชอบการก่อสร้างระบบประปาและดูแลการผลิตจำหน่ายน้ำประปาในเขตเมืองหรือในชุมชนที่มีจำนวนประชากรตั้งแต่ 5000 คนขึ้นไป และกองประปาชนบท กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งรับผิดชอบในการดำเนินการก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้านหรือการประปาขนาดเล็กในชุมชนที่มีจำนวนประชากรระหว่าง 1000-5000 คน เมื่อ

ก่อสร้างระบบประปาแล้วเสร็จ จะมอบให้สุขาภิบาลหรือหมู่บ้านบำรุงรักษาต่อไป การบริหารในช่วงแรกก็มีบางส่วนที่ประสบความสำเร็จ และบางส่วนก็ไม่สามารถดำเนินการต่อไปได้

ต่อมาความต้องการน้ำสะอาดสำหรับใช้อุปโภคบริโภคได้ขยายตัวเพิ่มขึ้น การผลิตและการจำหน่ายโดยการให้บริการของกองประปาภูมิภาค กรมโยธาธิการ ซึ่งมีข้อจำกัดในด้านระเบียบราชการทำให้การดำเนินงานไม่คล่องตัว ไม่สามารถดำเนินกิจการประปาได้อย่างมีประสิทธิภาพเหมือนหน่วยงานธุรกิจทั่วไป ดังนั้น คณะรัฐมนตรีจึงได้มีมติเมื่อ 9 พฤษภาคม 2521 ให้มีการปรับรูปแบบการบริหารกิจการประปาในส่วนภูมิภาคเป็นแบบรัฐวิสาหกิจ ซึ่งต่อมาได้มีการจัดตั้ง การประปาส่วนภูมิภาค หรือ กปภ. ขึ้นเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2522 โดยรวมกิจการประปาภูมิภาคของกรมโยธาธิการจำนวน 185 แห่ง กับกิจการประปาชนบทของกรมอนามัยจำนวน 550 แห่ง เข้ามาดำเนินงานในรูปรัฐวิสาหกิจ นอกจากนี้ก็ยังมีกิจการประปาอื่น ๆ ที่ได้รับสัมปทานกิจการประปาจากกรมโยธาธิการด้วย เช่นการประปาเทศบาล ซึ่งไม่ได้อยู่ภายใต้การบริหารของ การประปาส่วนภูมิภาค แต่จะอยู่ภายใต้การบริหารจัดการขององค์การบริหารส่วนท้องถิ่น

3) คุณลักษณะของน้ำ

น้ำที่สะอาดย่อมปราศจากสิ่งเจือปนทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งดัชนีคุณภาพเหล่านี้เป็นสิ่งที่สำคัญในการบ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำก่อนที่เข้าสู่ระบบผลิตน้ำสะอาด เช่นระบบการผลิตน้ำประปา ดัชนีคุณภาพน้ำตามเกณฑ์มาตรฐานเป็นสิ่งที่รับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและผู้รับบริการประปาของชุมชนเมืองและชนบท ซึ่งดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญประกอบด้วยลักษณะสมบัติของน้ำดิบ ลักษณะสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ โดยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการศึกษานี้อธิบายในส่วนของคุณลักษณะทางเคมี (Chemical Characteristics) ที่สำคัญเช่น โลหะหนักทั่วไป โลหะหนักที่เป็นพิษ และมาตรฐานการคุณภาพน้ำประปาที่เกี่ยวข้อง ระบบผลิตน้ำสะอาดเพื่อการอุปโภคบริโภค ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

คุณลักษณะน้ำทางเคมี (Chemical Characteristics) ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษานี้

การศึกษานี้อธิบายคุณลักษณะทางเคมี (Chemical Characteristics) ที่สำคัญเช่น โลหะหนักทั่วไป โลหะหนักที่เป็นพิษ คุณลักษณะทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษานี้มีดังนี้

(1) เหล็ก (Iron)

น้ำธรรมชาติส่วนใหญ่ โดยเฉพาะน้ำใต้ดิน จะพบเหล็กอยู่ด้วยเสมอ เหล็กถือว่าเป็นธาตุที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ แต่เป็นสารที่ก่อให้เกิดปัญหากับผู้ที่ใช้น้ำประปา เช่น ทำให้มีสีแดงและมีกลิ่น ทำให้เกิดคราบสนิมขึ้นกับเครื่องสุขภัณฑ์ หรือทำให้ผ้าเปื่อน เป็นแหล่งอาหารของ Iron bacteria การเจริญเติบโตของแบคทีเรียนี้ทำให้น้ำประปามีกลิ่นและรสเป็นที่น่ารังเกียจ เหล็กละลายน้ำในรูปของเฟอรัสไอออน (Fe^{2+}) ของสารประกอบ $Fe(HCO_3)_2$, $FeSO_4$ หรือ $FeCl_2$ โดยเปลี่ยนรูปจากเหล็กที่ละลายน้ำเป็นเฟอริก (Fe^{3+}) อยู่ในรูปของผลึกเมื่อถูกออกซิไดซ์ในอากาศ น้ำดื่มไม่ควรมีเหล็กเกินกว่า 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร

(2) แมงกานีส (Manganese)

แมงกานีส (Mn^{2+}) พบอยู่ในน้ำประปาพร้อมกับเหล็ก สำหรับน้ำประปา แมงกานีสที่สูงกว่า 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร อาจทำให้ผ้ามีรอยเปื้อน และถ้าหากสูงกว่า 0.18 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำจะมีลักษณะน้ำขุ่น แมงกานีสมีอยู่ในน้ำบาดาลมากกว่าน้ำผิวดิน และยังอาจพบแมงกานีสละลายที่ก้นอ่างเก็บน้ำ การ

ทำให้ Mn^{2+} ตกผลึกเปลี่ยนรูปเป็น Mn^{4+} ต้องใช้สารออกซิไดซ์สูงเพื่อสามารถตกผลึกได้ น้ำประปาจึงไม่ควรมีแมงกานีสเกิน 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร

(3) ทองแดง (Copper)

ทองแดงสามารถชักนำให้ท่ออะลูมิเนียมและท่อเหล็กอาบสังกะสีเป็นสนิมและผุกร่อน ทองแดงเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ แต่มนุษย์ต้องการทองแดงน้อยมาก ส่วนที่ร่างกายได้รับมากเกินไปจะถูกขับออกไปจากร่างกายโดยไม่มีการสะสมเหมือนกับตะกั่วและปรอท การบริโภคทองแดงประมาณ 60-100 มิลลิกรัม อาจทำให้เกิดการผิดปกติกับกระเพาะอาหาร น้ำประปาอาจได้รับทองแดง จากการผุกร่อนหรือละลายตัวของท่อทองแดง การใช้ $CuSO_4$ ในการป้องกันสาหร่ายในแหล่งน้ำดิบอาจทำให้ทองแดงสูงกว่า 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร

(4) โลหะหนักที่เป็นพิษ (Toxic heavy metals)

โลหะบางชนิดที่เป็นพิษต่อมนุษย์ ที่สำคัญคือปรอท (Hg) ตะกั่ว (Pb) สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) ซิลิเนียม (Se) ไซยาไนด์ (Cn) โลหะเหล่านี้อาจอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติหรือจากการปนเปื้อนจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์และอุตสาหกรรม ผลกระทบต่อสุขภาพของน้ำที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักสรุปดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณภาพน้ำที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ

คุณภาพน้ำทางเคมี	**ผลกระทบต่อสุขภาพ**
โครเมียม	เกิดมะเร็งผิวหนัง มะเร็งปอด
ทองแดง	ทำให้รสชาติไม่น่าดื่ม ไม่มีผลต่อสุขภาพ แต่ทำให้ท่ออะลูมิเนียมและท่ออาบสังกะสีเกิดสนิทและผุกร่อน
เหล็ก	ทำให้น้ำประปามีกลิ่นและรสไม่พึงประสงค์เป็นที่น่ารังเกียจ
แมงกานีส	เป็นพิษสะสมเรื้อรังเม็ดเลือดขาวถูกทำลายเกิดอาการจิตเสื่อม
แคดเมียม	พิษเฉียบพลัน_ทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องเดิน หมดสติ พิษเรื้อรัง_ไตวาย ปวดกระดูก กระดูกพรุนหักง่าย
ตะกั่ว	พิษเฉียบพลัน ทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง หมดสติ มักเกิดขึ้นในเด็กมากกว่าผู้ใหญ่ พิษเรื้อรัง ซึมเศร้า ปวดศีรษะ ความคิดช้า ทรงตัวไม่ดี อาจพบภาวะไตวายเรื้อรัง
ปรอท	พิษเฉียบพลัน คลื่นไส้อาเจียน อุจจาระเป็นเลือด ปวดท้อง ไตวาย พิษเรื้อรัง นอนไม่หลับ หงุดหงิด เบื่ออาหาร อาจมีอาการทางระบบทางเดินอาหาร

(5) ไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethane, THMs)

กระบวนการฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาที่นิยมใช้ ได้แก่ กระบวนการเติมคลอรีนเนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากรวมทั้งเป็นวิธีการที่มีราคาถูกด้วย คลอรีนที่ใช้อาจเป็นรูปของก๊าซหรือ

สารประกอบคลอรีนก็ได้ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมากคือการเติมคลอรีนจะก่อให้เกิดสารตกค้างประเภทต่าง ๆ (วัชรียา มณฑาจันทร์, 2555) ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

- สารตกค้างที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรค (Disinfectant Residuals) ได้แก่ คลอรีนอิสระ (Free Chlorine) คลอรามีน (Chloramines) เป็นต้น

- สารตกค้างประเภทสารอนินทรีย์ (Inorganic By-Products) ตัวอย่างของสารกลุ่มนี้ ได้แก่ คลอเรตอิออน คลอไรท์อิออน เป็นต้น

- สารตกค้างประเภท Halogenated Organic By-Products ตัวอย่างของสารกลุ่มนี้ ได้แก่ สารประกอบกลุ่ม Trihalomethanes กลุ่ม Haloacetic acids กลุ่ม Haloacetonitriles กลุ่ม Halokehones กลุ่ม Chlorophenols เป็นต้น สารตกค้างกลุ่มนี้เกิดจากการท้าปฏิกิริยาระหว่างสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำกับคลอรีนซึ่งเติมในกระบวนการฆ่าเชื้อโรค

ไตรฮาโลมีเทนในน้ำดื่มโดยส่วนใหญ่จะเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีของ Oxidative Treatment กับสารอินทรีย์ในน้ำธรรมชาติ สารที่สำคัญ (WHO, 1993) ในกลุ่มนี้มี 4 ตัวได้แก่ Bromofrom ($CHBr_3$), Dibromochloromethane ($CHClBr_2$, DBCM), Bromodicloromethane ($CHCl_2Br$, BDCM) และ Chloroform ($CHCl_3$) ความเข้มข้นของ THMs อาจมีถึง 1,000 ไมโครกรัม/ลิตร แต่โดยทั่วไปมักไม่เกิน 100 ไมโครกรัม/ลิตร (จิราวรรณ จานทอง, 2553)

ไตรฮาโลมีเทนในน้ำประปา เกิดจากการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างสารคลอรีนอิสระ (ในรูป HOCl และ OCl^-) กับสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำ เช่น กรดฮิวมิก และกรดฟลูวิก เกิดเป็นสารประกอบฮาโลเจนที่มีคาร์บอน 1 อะตอมเป็นองค์ประกอบมีสูตรทั่วไปคือ CHX_3 โดยตำแหน่งของ X อาจมีการแทนที่ด้วย ฟลูออรีน (F) ไอโอดีน (I) คลอรีน (Cl) โบรมีน (Br) หรือธาตุเหล่านี้ทุกตัวรวมกัน (Marhaba et al., 1998) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสามารถเขียนสมการ ดังนี้

$$HOCl + NOM \longrightarrow CHCl_3 + DBPs \quad (1)$$

$$HOCl + Br \longrightarrow HOBr + Cl^- \quad (2)$$

$$HOBr + NOM \longrightarrow CHBr_3 + DBPs \quad (3)$$

$CHCl_3$ (Chloroform) และ $CHBr_3$ (Bromoform) เป็นสารไตรฮาโลมีเทนที่เกิดขึ้นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ต่อกันอย่างไม่อิ่มตัว (Unsaturated Linkage) ก็สามารถทำปฏิกิริยากับสารคลอรีนได้เป็นอย่างดี สารคลอรีนยังมีความสามารถในการทำปฏิกิริยากับฮาโลเจนตัวอื่น เช่น โบรมีน ดังสมการที่ 2.2 HOBr ก็เป็นสารฆ่าเชื้อโรคและสามารถทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ด้วยอัตราที่เร็วกว่าสารคลอรีน การทำคลอริเนชันในน้ำที่มีโบรมีนจึงมักพบว่าอัตราปฏิกิริยาที่รวดเร็วขึ้น สารไตรฮาโลมีเทนเป็นสารก่อมะเร็งที่พบบ่อยมากที่สุดในน้ำประปา (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2545)

ไตรฮาโลมีเทนมีพิษต่อเซลล์ในตับและไตของหนูทดลอง เมื่อได้รับในปริมาณเท่ากับ 0.5 mmol/kg ของน้ำหนักตัว นอกจากนั้นยังมีผลเล็กน้อยต่อระบบสืบพันธุ์และระบบพัฒนาการ แต่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของเสปิร์มเมื่อได้รับน้ำที่มีสาร Bromodichloromethane เป็นปริมาณ 39 mg/kg ของน้ำหนักตัวต่อวัน Bromodicholoromethane ก่อให้เกิดโรคมะเร็งในตับและไต เมื่อได้รับในปริมาณที่สูงตลอดช่วงชีวิต เช่นเดียวกับ Chloroform เมื่อถูกเติมลงในน้ำมัน

มหาวิทยาลัยบูรพา

ข้าวโพด Bromodichloromethane และ Bromoform แตกต่างจาก Chloroform และ Dichlorobromomethane ตรงที่สามารถก่อให้เกิดเนื่องอกในส่วนลำไส้ใหญ่ของหนูทดลอง นอกจากนี้ Bromodichloromethane ในปริมาณที่ต่ำกว่าสารประกอบไตรฮาโลมีเทนชนิดอื่น ๆ สามารถทำให้เกิดเนื้องอกได้ทั้งที่ตับ ไต และลำไส้ใหญ่ (WHO, 2000)

ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมไตรฮาโลมีเทนจะถูกดูดซึม สันดาป และถูกกำจัดออกอย่างรวดเร็ว ภายหลังจากได้รับเข้าสู่ระบบทางเดินอาหารและระบบทางเดินหายใจ เมื่อร่างกายดูดซึมจะสะสมไตรฮาโลมีเทนในไขมัน ตับและไต โดยครึ่งชีวิต (Half-Life) ของไตรฮาโลมีเทนมีค่าเท่ากับ 0.5 ถึง 3 ชั่วโมง และจะถูกกำจัดออกผ่านการสันดาปกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ สารประกอบไตรฮาโลมีเทนที่มีส่วนประกอบของ Bromine จะถูกสันดาปได้เร็วกว่า Chloroform สารประกอบ THMs จะถูกสันดาปโดยกระบวนการออกซิเดชันเป็นหลัก ผ่าน Cytochrome P450 ซึ่งจะนำไปสู่การเกิดเป็น Dihalocarbonyls เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการสันดาปจะเกิดเป็นสารอนุมูลอิสระ (Free Radical) ซึ่งเป็นพิษต่อเซลล์และสารที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะของยีนส์ (WHO, 2000)

ในการกำจัดไตฮาโลมีเทน มีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดสารก่อมะเร็งออกจากน้ำประปา โดยกระบวนการทั่ว ๆ ไปที่นิยมใช้การกำจัดไตรฮาโลมีเทน ได้แก่ การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) การสร้างตะกอน-รวมตะกอน (Coagulation-Flocculation) และการกำจัดด้วยนาโนแมมเบรนฟิวเตชั่น (Nano Membrane Filtration) (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2545) ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในแต่ละกระบวนการการกำจัดไตรฮาโลมีเทน

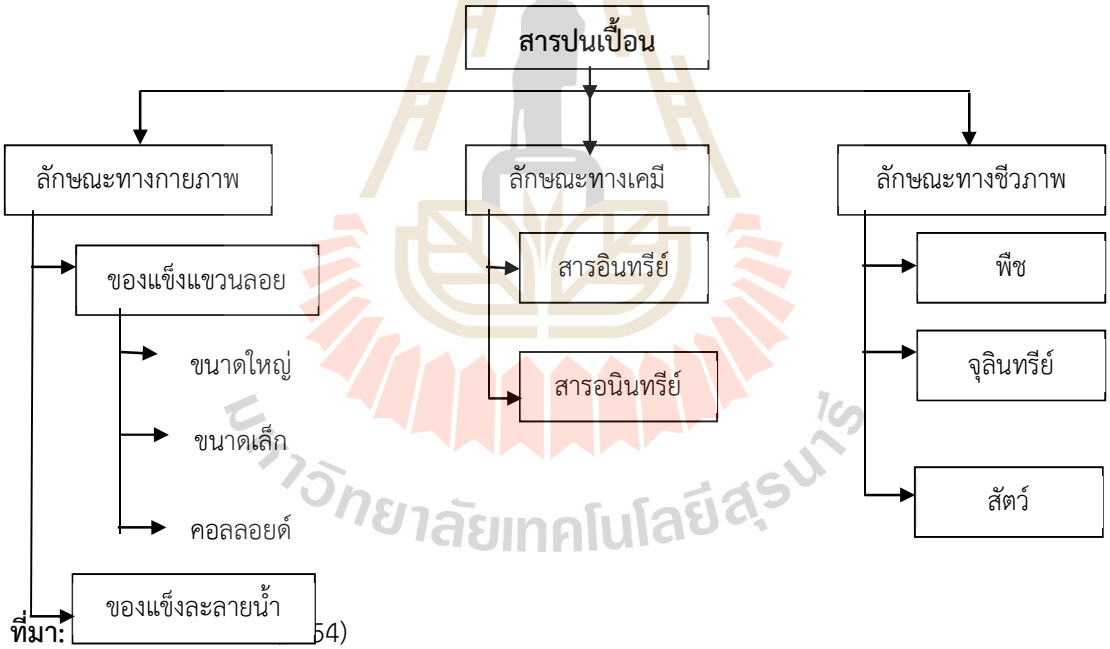
กระบวนการ	ประสิทธิภาพในการกำจัด THMs (%)	ความซับซ้อนของกระบวนการ	ค่าใช้จ่ายของกระบวนการ	ที่มา
การสร้างตะกอนและรวมตะกอน	27-58	ปานกลาง	ต่ำ-ปานกลาง	Rakruam, P. (2013) Metcalfe et al. (2015)
การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์	49	ปานกลาง-สูง	ปานกลาง	Lou et al. (2014)
นาโนแมมเบรนฟิวเตชั่น	99	ปานกลาง	ปานกลาง-สูง	Uyak et al. (2008)

ที่มา: ปรับปรุงมาจาก ทัศณา เกื้อเส้ง (2553).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4) การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

วัตถุประสงค์ที่สำคัญของการปรับปรุงคุณภาพน้ำคือการแยก (Separation) สารปนเปื้อนต่าง ๆ ที่ไม่ต้องการออกจากน้ำ เพื่อให้น้ำมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน โดยทั่วไปลักษณะสารปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำแบ่งเป็นลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยลักษณะทางกายภาพอาจอยู่ในรูปของแข็งละลายน้ำ (Dissolved Solid) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid) และคอลลอยด์ (Colloidal Material) มีขนาดที่แตกต่างกันไป ส่วนลักษณะทางเคมีแบ่งออกเป็นสารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ ลักษณะทางชีวภาพแบ่งออกเป็น พืช จุลินทรีย์ และสัตว์ จะเห็นได้ว่าลักษณะการปนเปื้อนในน้ำจะมีลักษณะสมบัติที่แตกต่างกัน (รูปที่ 2.1) ดังนั้นวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำจึงแตกต่างกันไป กระบวนการที่เหมาะสมในการแยกสารปนเปื้อนออกจากน้ำสามารถแบ่งได้ตามลักษณะการปนเปื้อน เช่น กระบวนการทางกายภาพ กระบวนการทางเคมี และกระบวนการทางชีวภาพ ซึ่งสารปนเปื้อนที่เป็นของแข็งสามารถตกตะกอนตามแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งเป็นกระบวนการทางกายภาพ ของแข็งที่อยู่ในรูปคอลลอยด์และสารละลายจะถูกแยกออกจากน้ำด้วยกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน การดูดติดผิว และการตกตะกอนทางเคมี ซึ่งเป็นกระบวนการทางเคมี สารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำสามารถกำจัดออกจากน้ำด้วยกระบวนการทางชีวภาพ

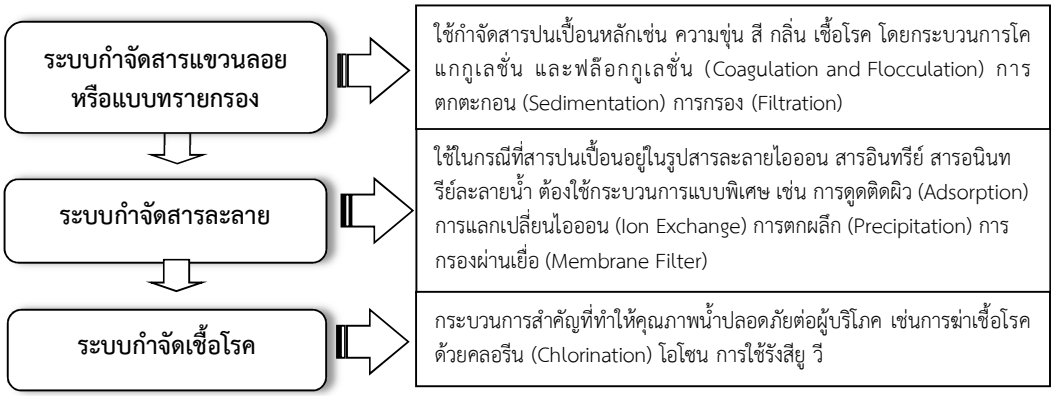


ที่มา: 54)

รูปที่ 2.1 การจำแนกลักษณะของสารปนเปื้อนในน้ำ

5) ประเภทของระบบผลิตน้ำประปา

ระบบผลิตน้ำประปาขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำดิบที่ใช้ โดยขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำเป็นหลัก ถ้าน้ำมีความสะอาดอยู่แล้วสามารถใช้วิธีการฆ่าเชื้อโรคเพียงอย่างเดียว โดยรูปแบบที่นิยมใช้ผลิตน้ำประปาทั้งการประปาเมืองและชนบท และประเภทของระบบผลิตน้ำประปา สามารถสรุปดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ประเภทของระบบผลิตน้ำประปา (**ที่มา:** ปรับปรุงจาก ทวีศักดิ์ วังไพศาล (2554))

จากรูปจะเห็นได้ว่าประเภทของการผลิตประปาขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำเป็นหลัก ถ้าน้ำมีคุณลักษณะทางกายภาพในรูปของความขุ่น สี กลิ่นและรส ต้องมีกระบวนการกำจัดสารแขวนลอย และถ้าสิ่งปนเปื้อนละลายอยู่ในน้ำต้องมีระบบการบำบัดให้ดีขึ้น และที่สำคัญที่สุดในขั้นตอนสุดท้ายต้องมีการฆ่าเชื้อโรคเพื่อความปลอดภัยต่อผู้บริโภค นอกจากนี้คุณลักษณะน้ำบางแหล่งเช่นน้ำบาดาล ซึ่งน้ำที่มีสารปนเปื้อนเฉพาะจำเป็นต้องมีกระบวนการกำจัดความกระด้าง การกำจัดเหล็กและแมงกานีส หรือจำเป็นต้องมีกระบวนการเติมสารเคมี การปรับ pH และการเติมอากาศเป็นต้น สำหรับการประปาเมืองหรือชุมชนขนาดใหญ่จะมีการประปานครหลวง (กปน.) และการประปาส่วนภูมิภาค (กปภ.) รับผิดชอบในการผลิตน้ำประปาสู่ผู้รับบริการในชุมชนเมือง

องค์ประกอบสำคัญในการจัดทำระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ประกอบด้วย

1) แหล่งน้ำดิบ สามารถนำมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งจากแหล่งน้ำใต้ดิน หรือแหล่งน้ำผิวดินได้ โดยระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแต่ละแหล่งจะมีความเฉพาะอันเนื่องมากจากคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำดิบนั้น ๆ
2) น้ำที่ผลิตได้ต้องเป็นน้ำที่สะอาดตามหลักวิชาการ ด้วยวิธีการที่เหมาะสม
3) ระบบการจ่ายน้ำต้องผ่านระบบท่อและระบบแจกจ่ายน้ำ

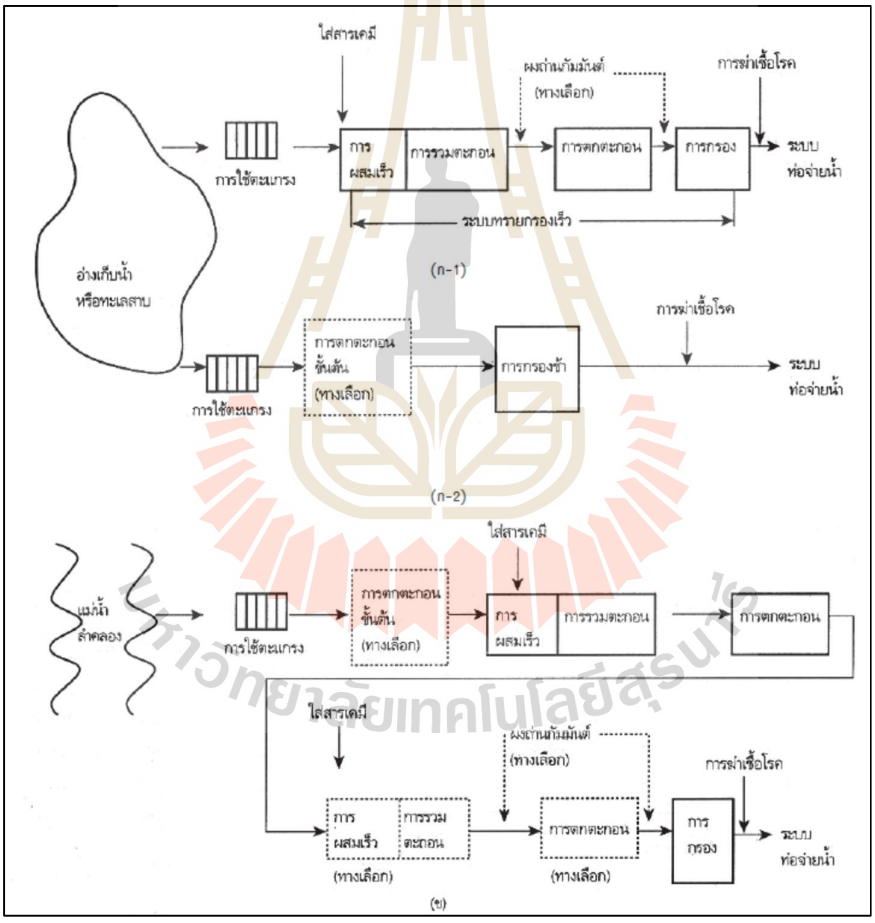
6) ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน

แหล่งน้ำผิวดินที่นิยมใช้เป็นแหล่งน้ำดิบได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง ทะเลสาบ และอ่างเก็บน้ำ โดยลักษณะคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินขึ้นอยู่กับลักษณะของดินและหินที่น้ำไหลผ่าน ถ้ามีลักษณะทางกายภาพไม่ดีจะมีความขุ่น มีรส กลิ่นและสีไม่ค่อยดี เนื่องจากน้ำผิวดินจะพาเอาอนุภาคสิ่งต่าง ๆ บนพื้นดินทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ละลายเจือปนมาด้วย โดยธรรมชาติแหล่งน้ำผิวดินมักมีแบคทีเรียปนเปื้อนค่อนข้างสูง และคุณภาพน้ำมักมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพไปตามฤดูกาล เช่น ในฤดูฝนปริมาณน้ำมาก อัตราการไหลสูง มีการพัดเอาอนุภาคและเศษสิ่งต่าง ๆ ลงมาปนเปื้อนกับน้ำผิวดินมาก ทำให้มีความขุ่นมากกว่าฤดูร้อน ดังนั้นกระบวนการ หรือระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน มักมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดความขุ่น สารแขวนลอย สี กลิ่น และจุลินทรีย์เป็นสำคัญ ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำดังแสดงในรูปที่ 2.3

ในกรณีแหล่งน้ำดิบที่เป็นทะเลสาบหรืออ่างเก็บน้ำ ซึ่งคุณภาพน้ำโดยทั่งไปมักมีความขุ่นไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับแม่น้ำลำคลอง กระบวนการประกอบด้วยการใช้ตะแกรง (Screening) การสร้าง

ตะกอน (Coagulation) หรือการผสมเร็ว (Rapid Mixing) การรวมตะกอน (Flocculation) หรือการผสมช้า (Slow Mixing) การตกตะกอน (Sedimentation) การกรอง (Filtration) และการฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) ตามลำดับ โดยในบางกรณีที่คุณภาพน้ำดิบมีสี กลิ่น รส อาจจำเป็นต้องเพิ่มกระบวนการดูดซับ (Adsorption) โดยใช้ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ชนิดผงเติมก่อนการตกตะกอนหรือการกรอง ดังรูปที่ 2.3 ก-1

ในกรณีที่มีพื้นที่เพียงพอต่อการก่อสร้างอาจใช้ระบบทรายกรองช้า โดยเพิ่มกระบวนการตกตะกอนขั้นต้นเพื่อลดความขุ่นให้น้อยลงก่อนเข้าระบบทรายกรองช้า (Slow Sand Filter) ดังรูปที่ 2.3 ก-2 สำหรับการเลือกใช้น้ำดิบจากแม่น้ำลำคลอง ซึ่งมักมีความขุ่นสูงและมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำตามฤดูกาลมากกว่าทะเลสาบ หรืออ่างเก็บน้ำ นิยมให้มีการตกตะกอนเบื้องต้นก่อน (Pre-sedimentation) เพื่อลดอนุภาคดินและสารอินทรีย์ให้ตกตะกอนได้ง่ายก่อนเข้ากระบวนการต่อไป ดังรูปที่ 2.3 ข



หมายเหตุ: (ทางเลือก) หมายถึงกระบวนการที่อาจมีการเพิ่มเติมเพื่อให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำดิบเป็นสำคัญ

รูปที่ 2.3 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน (**ที่มา:** สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2551)

น้ำผิวดินคือน้ำจากแม่น้ำลำคลอง ทะเลสาป อ่างเก็บน้ำ ซึ่งอาจมีความสกปรกจากน้ำที่ไหลผ่าน น้ำผิวดินมักมีความขุ่น สี สารอินทรีย์สูง และอาจมีสารพิษเช่น ปุ๋ยเคมี สารฆ่าแมลง จากบริเวณที่ปนเปื้อนได้ โดยกระบวนการผลิตน้ำประปาพื้นฐานประกอบด้วย กระบวนการโคแอกกูเลชันหรือการสร้างแกนตะกอน (Coagulation) กระบวนการฟล็อกกูเลชันหรือการรวมตะกอน (Flocculation) กระบวนการตกตะกอน (Sedimentation) และการกรอง (Filtration) กระบวนการแสดงดังรูปที่ 2.4 ซึ่งเป็นตัวอย่างกระบวนการผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค การผลิตน้ำประปาจากน้ำผิวดินมีขั้นตอนหลักดังต่อไปนี้

(1) แหล่งน้ำ

แหล่งน้ำที่นำมาผลิตน้ำประปานั้นได้มาจากแม่น้ำลำคลอง อ่างเก็บน้ำ หนอง บึง และน้ำนั้นจะต้องไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส เกินกว่าที่กำหนดไว้ และปราศจากสิ่งโสโครกปะปนมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการตลอดปี ซึ่งมีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำไว้ใกล้กับแหล่งน้ำและตรวจคุณภาพน้ำสม่ำเสมอ

(2) การสร้างตะกอน (Coagulation) และรวมตะกอน (Flocculation)

การสร้างตะกอนทำให้อนุภาคความขุ่นของน้ำสูญเสียเสถียรภาพและจับตัวกันกับสารสร้างตะกอน (Coagulant) เกิดเป็นเม็ดตะกอน (Floc) ขนาดเล็ก และรวมตัวกันจนเป็นตะกอนที่โตพอจะถูกกำจัดออกจากน้ำได้ง่าย การสร้างตะกอนต้องมีการเติมสารเคมีลงไป เช่น สารส้ม ปูนขาว ลงไปในน้ำและผสมกันอย่างทั่วถึงและรวดเร็ว สารส้มจะเกิดปฏิกิริยาเคมีในน้ำและจับอนุภาคความขุ่นเป็นตะกอนเกิดขึ้น

การรวมตะกอนเป็นขั้นตอนต่อเนื่องกับการสร้างตะกอน โดยการให้โอกาสเม็ดตะกอนขนาดเล็ก ได้สัมผัสกันอย่างทั่วถึงด้วยการกวนน้ำอย่างช้า ๆ และนานเพียงพอ ทำให้เม็ดตะกอนและสารปนเปื้อนต่าง ๆ รวมกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ จนกระทั่งตะกอนมีน้ำหนักและโตพอที่ตกตะกอนออกจากน้ำได้

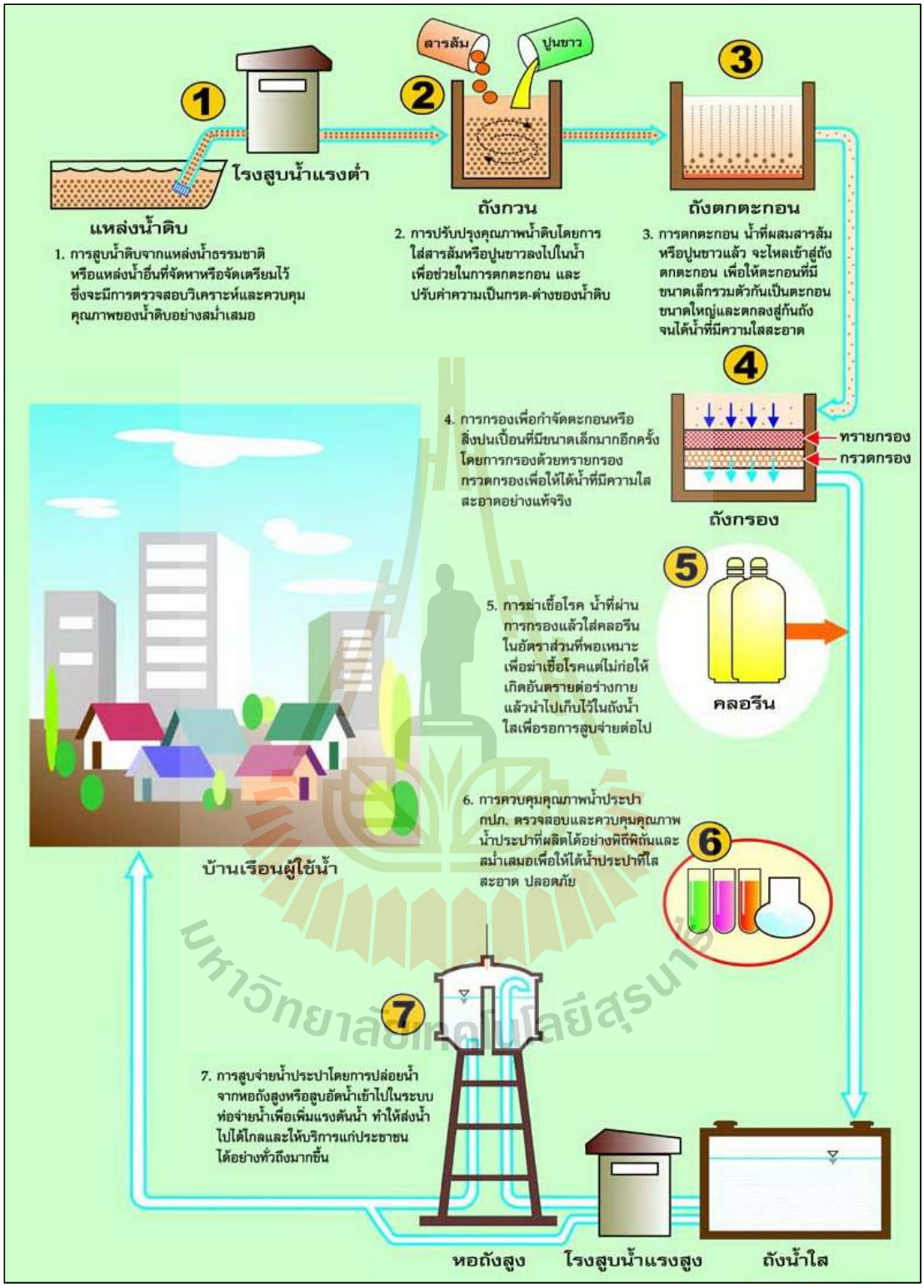
(3) การตกตะกอน (Sedimentation)

ตะกอนที่มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากจะถูกกำจัดออกจากน้ำโดยการตกตะกอนในถังตกตะกอน ซึ่งต้องควบคุมอัตราการไหลให้ค่อย ๆ ตกลงตามแรงโน้มถ่วงของโลก

(4) การกรอง (Filtration)

น้ำที่ไหลออกจากถังตกตะกอนอาจมีตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กลอยมา ดังนั้นการกรองจะเป็นด่านสุดท้ายที่กรองน้ำให้ใสถังกรองจะต้องมีการล้างหน้าทรายกรองอยู่เสมอ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ที่มา: การประปาส่วนภูมิภาค (2554)

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างกระบวนการผลิตน้ำประปาผิวดิน

(5) การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)

น้ำที่กรองแล้วเพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีเชื้อโรคหลงเหลืออยู่ จึงต้องมีการใส่สารคลอรีนฆ่าเชื้อโรคสารคลอรีนควบคุมง่าย สามารถฆ่าเชื้อโรคได้เกือบทุกชนิด และช่วย กำจัดกลิ่น สี โดยการใส่คลอรีนในน้ำให้ไหลไปตามเส้นท่อเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อาจปะปนเข้ามาภายหลัง

(6) การควบคุมคุณภาพน้ำประปา (Water Quality Control)

เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการควบคุมคุณภาพน้ำ โดยน้ำต้องอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

(7) การสูบน้ำจ่าย (Water Distribution)

น้ำที่ผ่านจาการควบคุมคุณภาพจะเก็บในถังสำหรับเก็บน้ำสะอาดที่ผ่านการกรองแล้วเรียกว่าถังเก็บน้ำใส และหอถังสูงที่เก็บน้ำจะสูบน้ำขึ้นมาจากถังน้ำใส เพื่อทำให้เกิดแรงดันน้ำในการจ่ายให้บริการไปตามเส้นท่อถึงบ้านประชาชน

7) การเจ็บป่วยจากการปนเปื้อนสารเคมีในน้ำ

ผลกระทบของการปนเปื้อนสารเคมีในน้ำ ซึ่งมิได้หมายถึงเพียงการปล่อยมลพิษสู่แหล่งน้ำเท่านั้น แต่ยังหมายรวมถึงสารเคมีที่มีอยู่ตามธรรมชาติในแหล่งน้ำใต้ดินอีกด้วย ดังนี้

(1) ฟลูออไรด์ น้ำที่มีฟลูออไรด์สูงจะพบในจังหวัดในภาคเหนือ กลางและต่อเนื่องไปภาคใต้เนื่องจากแหล่งน้ำใต้ดินไหลผ่านพื้นที่มีแร่ฟลูออไรด์ การดื่มน้ำที่มีปริมาณที่เหมาะสมจะช่วยป้องกันฟันผุ แต่ถ้าดื่มน้ำที่มีฟลูออไรด์ในปริมาณสูงจะทำให้เกิดแร่ฟลูออไรด์เป็นพิษ จากการสำรวจทันตสุขภาพ พ.ศ.2543-2544 ใน 31 จังหวัด พบฟันตกตระ 2-65% และการศึกษาเฉพาะ โดยพบว่าประชาชนมีความชุกของฟันตกกระทุกกลุ่มอายุ

(2) สารหนู การปนเปื้อนสารหนูในน้ำใต้ดินในอำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช คาดว่ามีการปนเปื้อนมานานนับสิบปี แต่พึ่งพบผู้ป่วยในปี พ.ศ.2530 ซึ่งป่วยจาการได้รับพิษสารหนูเนื่องจากดื่มน้ำในบ่อน้ำตื้นและอาหารที่ประกอบด้วยน้ำที่มีสารหนูปนเปื้อนละมีการปนเปื้อนสารหนูในห่วงโซอาหาร ทำให้ประชาชนเป็นมะเร็งผิวหนัง และมีปริมานสารหนูสะสมในเส้นผมสูงกว่าปกติทั่วไป โดยกลุ่มเด็กอายุ 6-9 ปี จะมีพัฒนาการช้า นอกจากนี้อาจจะมีพื้นที่อื่น ๆ จากแหล่งน้ำธรรมชาติที่อยู่ในสายแร่เดียวกันมีโอกาสเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยจากสารหนูปนเปื้อนเพิ่มขึ้น

(3) ตะกั่ว การปนเปื้อนตะกั่วในแหล่งน้ำผิวดิน กรณีห้วยคลิตี้ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ส่งผลกระทบต่อประชาชนที่อยู่อาศัยบริเวณใกล้เคียง พบว่ามีประชาชนในพื้นที่และบริเวณใกล้เคียงเจ็บป่วยเป็นจำนวนมาก ขณะเดียวกันการนำตะกั่วมาใช้ในอุตสาหกรรมพื้นที่ต่าง ๆ ที่ยังขาดการควบคุมที่ดี โอกาสเสี่ยงที่จะได้รับตะกั่วปนเปื้อนน้ำดื่มก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย

(4) แคดเมียม การปนเปื้อนแคดเมียมในอาหาร พืชผักในตำบลแม่ตาว ตำบลพระธาตุผาแดง ตำบลแม่กุ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ซึ่งเป็นตำบลที่อยู่ใกล้แหล่งแร่สังกะสีและแคดเมียมส่งผลให้ประชาชนที่อยู่อาศัยในบริเวณดังกล่าวได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายสูง ในปี พ.ศ. 2547 พบว่ามีประชาชนเสี่ยงต่อการเกิดพิษแคดเมียม โดยมีแคดเมียมสะสมในร่างกายสูงจนอยู่ในสภาวะเสี่ยงจนเกิดภาวะผิดปกติเกี่ยวกับไต จำนวน 80 คน สะสมปานกลาง จำนวน 140 คน และสะสมน้อยจำนวน 780 คน ขณะเดียวกันในพื้นที่ดังกล่าวมีผลผลิตข้าวปีละ 7,590 ตัน ซึ่งข้าวจะถูกจำหน่ายไปยังอำเภออื่น ๆ ด้วยโอกาสแคดเมียมจะกระจายสู้ประชาชนกลุ่มอื่นก็จะกว้างขึ้น

ในปัจจุบันอัตราครอบคลุมน้ำสะอาดได้เพิ่มขึ้นเป็นลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์โรคที่เกิดจากอาหารและน้ำเป็นสื่อ โดยเฉพาะโรคอุจจาระร่วงเฉียบพลันในรอบ 10 ปี แต่กลับไม่มีแนวโน้มลดลง และกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แม้จะมีอัตราความครอบคลุมของน้ำสะอาดเพิ่มขึ้น จึงควรพิจารณาให้ความสำคัญเรื่องคุณภาพน้ำที่ไม่สะอาด ปลอดภัย แหล่งน้ำต่าง ๆ ยังมีโอกาสปนเปื้อนจากสาเหตุต่าง ๆ ตั้งแต่ระบบโครงสร้าง การดูแลบำรุงรักษาไม่ดี เช่น ท่อแตก รั่ว ทำให้น้ำประปาปนเปื้อน และสุขอนามัยที่ไม่ถูกต้อง เช่น การไม่ล้างภาชนะเก็บน้ำและภาชนะตักน้ำตลอดทั้งการไม่ล้างมือขณะเก็บน้ำและนำน้ำออกมาใช้ การไม่ล้างมือหลังถ่ายอุจจาระและก่อนรับประทานอาหาร (สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ กรมอนามัย, 2553) กล่าวได้ว่า ประชาชนยังมีสุขอนามัยที่ไม่ถูกต้องทั้งการดูแลแหล่งน้ำบริโภค การเก็บน้ำและการนำน้ำมาใช้ การใช้มาตรการดำเนินงานเรื่องน้ำ การสุขาภิบาล สุขอนามัยและสุขศึกษา จึงควรดำเนินการไปพร้อมกัน

นอกจากนี้องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้จัดกลุ่มโรคติดต่อหลายชนิดที่เกิดจากน้ำที่ปนเปื้อนด้วยของเสียจากมนุษย์ ของเสียประเภทสารเคมีหรือของเสียอุตสาหกรรม ทั้งจากการกินการสัมผัสของร่างกาย ดังนี้

(1) โรคหรือความเจ็บป่วยที่มีน้ำเป็นสื่อในการแพร่กระจาย (Water-Borne Disease) เกิดจากการบริโภคน้ำที่ปนเปื้อนอุจจาระของคนหรือสัตว์ที่มีเชื้อโรคแบคทีเรีย ไวรัส เช่น เชื้ออหิวาตกโรค บิด ไทฟอยด์ และโรคอุจจาระร่วง

(2) โรคหรือความเจ็บป่วยที่เนื่องมาจากความขาดแคลนน้ำสะอาดในการชำระล้าง ทำความสะอาดร่างกายและเสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม (Water-Washed Disease) มักจะเป็นโรคติดเชื้อตามภายนอกร่างกาย ผิวหนัง เยื่อบุตา เช่น ริดสีดวงตา (ตาแดง) แผลตามผิวหนัง หิด เหา ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากอนามัยส่วนบุคลไม่ดี

(3) โรคหรือความเจ็บป่วยเนื่องจากเชื้อโรค หรือสัตว์นำโรคที่มีวงจรชีวิตอาศัยอยู่ในน้ำ (Water-Based Disease) เกิดจากปาราสิตพวกพวกที่มีระยะการเจริญเติบโตอยู่ในน้ำ เช่น โรคพยาธิต่าง ๆ ที่พบบ่อยเช่น โรคพยาธิใบไม้ชนิดต่าง ๆ

(4) โรคหรือความเจ็บป่วยเนื่องมาจากเป็นพาหะนำเชื้อโรคต้องอาศัยน้ำในการแพร่พันธุ์ (Water-related disease) เกิดจากแมลงพาหะนำโรคที่แพร่พันธุ์ในน้ำเช่น ยุงชนิดต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุของโรคไข้เลือดออก มาลาเรีย ไข้เหลือง โรคเท้าช้าง ไข้สมองอักเสบ เป็นต้น

8) การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน (Chlorination)

ในปัจจุบันทั่วโลกนิยมใช้ “คลอรีน” (Chlorine) เป็นสารฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา การผลิตน้ำประปาในประเทศไทยก็เช่นเดียวกันการประปาทุกแห่งใช้คลอรีนเนื่องจากมีราคาไม่แพง ใช้ง่าย ทั้งยังไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ และสัตว์เลี้ยงอย่างรุนแรง สามารถฆ่าเชื้อโรคได้ดี ตรวจสอบประสิทธิภาพได้ และที่สำคัญคือ คลอรีนมีปริมาณคงเหลือเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อาจหลงเข้าสู่ระบบเส้นท่อ ตั้งแต่โรงผลิตน้ำจนถึงบ้านผู้ใช้น้ำ ซึ่งองค์การอนามัยโลก ได้กำหนดให้มีคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปาไว้ไม่ต่ำกว่า 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ปริมาณสูงสุดไม่ควรเกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร อย่างไรก็ตามการใช้คลอรีน ฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาอาจมีข้อด้อยอยู่บ้าง กล่าวคือ จะทำให้เกิดกลิ่น และการรวมตัวของคลอรีนกับสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำธรรมชาติ ทำให้เกิดสารชนิดหนึ่งชื่อ “Trihalomethane, THM” ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง โดยองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (US EPA) กำหนดความเข้มข้นสูงสุดของ “Trihalomethane” ในน้ำดื่มไว้ไม่เกิน 0.08 มิลลิกรัม/ลิตร

(1) วัตถุประสงค์ของการเติมคลอรีน

การเติมคลอรีนในระบบประปามีวัตถุประสงค์เพื่อฆ่าเชื้อโรคในถังเก็บน้ำใสและในระบบท่อจ่ายน้ำเพื่อให้มั่นใจได้ว่า ไม่มีเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อคนปนเปื้อนไปกับน้ำประปา และนอกจากนั้นคลอรีนยังสามารถกำจัดสี กลิ่น และรสชาติของน้ำประปา และ กำจัดพวกแอมโมเนีย เหล็ก แมงกานีส และซัลไฟด์ได้ การเติมคลอรีนลงในน้ำประปาจะเติมคลอรีนลงในขั้นตอนใดนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการเติม การเติมคลอรีนก่อนบำบัด (Pre-chlorination) จะเป็นการเติมคลอรีนลงในน้ำดิบตั้งแต่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปาเพื่อช่วยให้เกิดปฏิกิริยาเคมีของ Coagulation ดีขึ้น สามารถลดกลิ่นและรสเนื่องจากตะกอนอินทรีย์ในถังตกตะกอน และป้องกันการเกิดสาหร่ายขึ้นในชั้นกรอง การเติมคลอรีนภายหลัง (Post-chlorination) การเติมคลอรีนที่ตำแหน่งหลังจากกระบวนการผลิตน้ำประปาแล้ว โดยทั่วไปจะเติมคลอรีนลงไปในถังเก็บกักน้ำประปาก่อนจะจ่ายไปตามชุมชนและต้องให้แน่ใจว่าจะมีระยะเวลาที่ให้คลอรีนทำปฏิกิริยากับน้ำประปาอย่างน้อย 30 นาที ก่อนที่จะจ่ายถึงผู้ใช้ประปา โดยทั่วไปจะเติมคลอรีนประมาณ 0.25 ถึง 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร เพื่อให้ได้ค่าคลอรีนเหลือค้างอยู่ประมาณ 0.1 ถึง 0.2 มิลลิกรัม/ลิตรในน้ำประปา ที่ไหลออกจากโรงผลิตน้ำประปา

(2) ชนิดของคลอรีน

คลอรีนมีสูตรทางเคมีคือ Cl_2 คลอรีนที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปานอกจากอยู่ในรูปก๊าซแล้วยังมีจำหน่ายในรูปของ คลอรีนน้ำ และคลอรีนผง (รูปที่ 7.1) คลอรีนสามารถดำรงอยู่ในสภาพของเหลวและแก๊ส โดยทั่วไปจะทำปฏิกิริยาเคมีกับโลหะแทบทุกชนิดเมื่อมีความชื้นอยู่ด้วย คลอรีนเป็นสารที่ไม่ก่อการระเบิดและติดไฟด้วยตนเอง คลอรีนที่อุณหภูมิและความดันปกติ จะมีสภาพเป็นแก๊สสีเขียวตองอ่อน กลิ่นฉุน ถ้าปะปนอยู่ในอากาศจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ก๊าซคลอรีนจะหนักกว่าอากาศ 2.5 เท่า ฉะนั้นเมื่อเกิดการรั่วคลอรีนจะแผ่คลุมบริเวณพื้นผิวดินหรือบนพื้นน้ำ และบริเวณที่ต่ำๆ ก๊าซคลอรีนจะละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อย คลอรีนเหลวมีสีอำพัน หนักกว่าน้ำประมาณ 1.5 เท่า ที่ความดันปกติ จะมีจุดเดือด -34 °C เมื่อกลายสภาพเป็นแก๊สจะขยายตัวถึงประมาณ 460 เท่า คลอรีนแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังนี้

1. ก๊าซคลอรีน (Cl_2)

ก๊าซคลอรีน มีสีเหลืองแกมเขียว มีความหนาแน่นประมาณ 2.5 เท่าของอากาศ และเมื่อเป็นของเหลว (คลอรีนเหลว 99%) จะมีสีเหลืองอำพัน คลอรีนมีความหนาแน่นเป็น 1.44 เท่าของน้ำซึ่งเป็นอันตรายต่อปอดและเนื้อเยื่อต่าง ๆ โดยจะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบหายใจ เยื่อบุจมูก และผิวหนัง ซึ่งผลกระทบที่เป็นอันตรายจากการสัมผัสกับก๊าซคลอรีนที่จะเริ่มเห็นได้ชัดเจน คือที่ความเข้มข้นประมาณ 5 ppm ขึ้นไป และที่ความเข้มข้น 5-10 ppm จะทำให้การหายใจติดขัด น้ำตาไหล ระคายเคืองผิวหนัง ระคายเคืองปอด และเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น เช่น หากได้รับก๊าซคลอรีนในปริมาณ 1,000 ppm จะทำให้เสียชีวิตได้ หลักการผลิตก๊าซคลอรีนก็คือใช้กระบวนการทางไฟฟ้าเคมีแยกน้ำเกลือซึ่งท้ายสุดแล้วจะได้ผลิตภัณฑ์หลัก คือ โซดาไฟ (Caustic Soda) ก๊าซคลอรีน (Cl_2) และมีก๊าซไฮโดรเจนเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ B(y Product)

2. คลอรีนน้ำ (โซเดียมไฮโปคลอไรต์, Sodium Hypochlorite)

โซเดียมไฮโปคลอไรต์ เป็นสารละลายใสมีสีเหลืองอมเขียวมีสูตรทางเคมี คือ NaOCl ความเข้มข้นประมาณ 16% โดยน้ำหนัก มีความเสถียรน้อยกว่าแคลเซียมไฮโปรคลอไรต์ ทำให้เสื่อมสภาพได้อย่างรวดเร็ว จึงควรเก็บไว้ในที่มืดและอุณหภูมิไม่สูงกว่า 30 °C เพื่อชะลออัตราการเสื่อม

คุณภาพและอายุในการเก็บไม่ควรเกิน 60-90 วัน สำหรับสารละลายโซเดียมไฮโปรคลอไรต์ เมื่ออยู่ในสภาวะ pH ต่ำ จะระเหยเป็นหมอกคลอรีนสามารถระเบิดได้

3. ชนิดคลอรีนผง (ผงปูนคลอรีน)

แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ (Calcium Hypochlorite) เป็นผงสีขาว ละลายน้ำได้ดีมีสูตรทางเคมี คือ $Ca(OCl)_2$ มักจะผลิตให้มีความเข้มข้นระหว่าง 60-70% โดยน้ำหนัก คลอรีนผงชนิดนี้หาได้ง่ายราคาไม่แพง ไม่เป็นอันตรายต่อคนและสัตว์เลี้ยงอย่างรุนแรง ไม่ทำให้เสียรสชาติ ฆ่าเชื้อโรคในเวลาไม่นานเกินไป และยังคงมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคต่อไปได้อีก สะดวกต่อการใช้งาน และสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพได้ง่าย ดังนั้น จึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุด สำหรับข้อดี ข้อเสียของคลอรีนแต่ละประเภทแสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ข้อดีข้อเสียของคลอรีนแต่ละชนิด

ชนิด	ข้อดี	ข้อเสีย
ก๊าซคลอรีน (Cl_2)	ให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อสูง	- ต้องใช้ถังบรรจุโดยเฉพาะ ทำให้ยุ่งยากในการเก็บรักษาและค่อนข้างอันตราย หากมีการรั่วของถังเก็บ - ต้องมีอุปกรณ์การจ่ายคลอรีนลงน้ำโดยเฉพาะ และต้องมีการบำรุงรักษา เป็นประจำเพื่อป้องกันการรั่วไหลของก๊าซคลอรีน การหาซื้อค่อนข้างยาก
โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl)	เป็นคลอรีนชนิดน้ำ ทำให้เตรียมสารละลายคลอรีนได้ง่าย และสะดวก	- มีความคงตัวที่ต่ำมาก ต้องใช้ให้หมดภายใน 2 วัน - เนื่องจากเป็นคลอรีนน้ำ ทำให้ต้องมีการจัดหาภาชนะบรรจุ โดยเฉพาะ - เนื่องจากเป็นคลอรีนที่มี pH มากกว่า 9 ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลดี ต้องปรับ pH ของน้ำให้เป็นกรดเล็กน้อยก่อนใช้
แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ $Ca(OCl)_2$	เป็นคลอรีนชนิดผงและเกล็ด ทำให้สะดวกในการเก็บรักษา และมีความคงตัวดีทำให้จัดการง่ายและสะดวกต่อการใช้	- ละลายน้ำพอใช้ได้ แต่จะมีบางส่วนเป็นตะกอนแคลเซียมทำให้ต้องพักทิ้งไว้ให้ตกตะกอนก่อน เพราะจะทำให้เครื่องจ่ายคลอรีนอุดตัน - มีหลากหลายความเข้มข้น ทำให้ต้องมีการคำนวณการใช้ให้เหมาะสม - มี pH มากกว่า 9 ทำให้จำเป็นต้องมีการปรับ pH ของน้ำ และมีฤทธิ์กัดกร่อนสูง

9) มาตรฐานน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค

มาตรฐานน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคหรือมาตรฐานน้ำ เป็นมาตรฐานที่สำคัญ เพราะเกี่ยวข้องกับสุขภาพอนามัยของประชาชนผู้บริโภคโดยตรง โดยมาตรฐานของประเทศไทยได้มีการกำหนดโดยหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งค่าส่วนใหญ่จะมีความคล้ายคลึงกัน โดยแบ่งออกตามคุณลักษณะของน้ำทั้งสามด้านได้แก่ ทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ โดยแต่ละดัชนีคุณภาพน้ำได้กำหนดเกณฑ์อนุโลมสูงสุดหรือค่ามาตรฐานไว้ให้ตามหน่วยงานที่กำหนด เช่น เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2553 รายละเอียดดังตารางที่ 2.6 มาตรฐานคุณภาพ

น้ำประปาของการประปานครหลวง (ตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก 2006) (ดัชนีที่เกี่ยวข้องกับโลหะหนัก) (ตารางที่ 2.7) นอกจากนี้องค์การอนามัยโลกได้มีเกณฑ์แนะนำสำหรับการบริโภคน้ำ พ.ศ. 2551 (WHO, 2010) (ตารางที่ 2.8) โดยในการศึกษานี้ได้พิจารณาเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เกี่ยวข้องกับโลหะหนักและสารกลุ่มไตรฮาโลมีเทน เพื่อใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ สำหรับวิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแต่ละมาตรฐานจะระบุวิธีการตามที่กฎหมายกำหนดหรือวิธีสากลเช่น วิธีการตรวจวิเคราะห์เป็นไปตามวิธีการในหนังสือ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

ตารางที่ 2.6 เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ.2553 (ดัชนีที่เกี่ยวข้องกับโลหะหนัก)

คุณลักษณะของน้ำ	ค่ามาตรฐานที่กำหนด	หน่วยวัด
คุณภาพน้ำทางโลหะหนักทั่วไป		
เหล็ก (Fe)	ไม่เกิน 0.5	มิลลิกรัม/ลิตร
แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 0.3	มิลลิกรัม/ลิตร
ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 1.0	มิลลิกรัม/ลิตร
สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 3.0	มิลลิกรัม/ลิตร
คุณภาพน้ำทางโลหะหนักสารเป็นพิษ		
ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.03	มิลลิกรัม/ลิตร
โครเมียม (Cr)	ไม่เกิน 0.05	มิลลิกรัม/ลิตร
แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.003	มิลลิกรัม/ลิตร
สารหนู (As)	ไม่เกิน 0.01	มิลลิกรัม/ลิตร
ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.001	มิลลิกรัม/ลิตร

หมายเหตุ: วิธีการตรวจวิเคราะห์เป็นไปตามวิธีการในหนังสือ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater , 21th ed.

ตารางที่ 2.7 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง (ตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก 2006) (ดัชนีที่เกี่ยวข้องกับโลหะหนัก)

คุณลักษณะของน้ำ	ค่ามาตรฐานที่กำหนด	หน่วยวัด
คุณภาพน้ำทางเคมีฟิสิกส์		
เหล็ก (Fe)	ไม่เกิน 0.3	มิลลิกรัม/ลิตร
แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 0.4	มิลลิกรัม/ลิตร
ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2	มิลลิกรัม/ลิตร
สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 3.0	มิลลิกรัม/ลิตร
ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.01	มิลลิกรัม/ลิตร
โครเมียม (Cr)	ไม่เกิน 0.05	มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ 2.7 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง (ตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก 2006) (ดัชนีที่เกี่ยวข้องกับโลหะหนัก) (ต่อ)

คุณลักษณะของน้ำ	ค่ามาตรฐานที่กำหนด	หน่วยวัด
แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.003	มิลลิกรัม/ลิตร
สารหนู (As)	ไม่เกิน 0.01	มิลลิกรัม/ลิตร
ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.006	มิลลิกรัม/ลิตร
ไตรฮาโลมีเทน Trihalomethane (THMs)		
คลอโรฟอร์ม (Chloroform , $CHCl_3$)	ไม่เกิน 0.3	มิลลิกรัม/ลิตร
โบรโมไดคลอโรมีเทน (Bromodichloromethane, $CHBrCl_2$)	ไม่เกิน 0.06	มิลลิกรัม/ลิตร
ไดโบรโมคลอโรมีเทน (Dibromochloromethane, $CHBr_2Cl$)	ไม่เกิน 0.1	มิลลิกรัม/ลิตร
โบรโมฟอร์ม (Bromoform , $CHBr_3$)	ไม่เกิน 0.1	มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ 2.8 เกณฑ์เสนอแนะคุณภาพน้ำบริโภคขององค์การอนามัยโลก

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่าที่กำหนด	หน่วยวัด
เหล็ก	0.3	มิลลิกรัม/ลิตร
แมงกานีส	0.1	มิลลิกรัม/ลิตร
ทองแดง	1	มิลลิกรัม/ลิตร
สังกะสี	4	มิลลิกรัม/ลิตร
ตะกั่ว	0.01	มิลลิกรัม/ลิตร
โครเมียม	0.05	มิลลิกรัม/ลิตร
แคดเมียม	0.003	มิลลิกรัม/ลิตร
สารหนู	0.01	มิลลิกรัม/ลิตร
ปรอท	0.001	มิลลิกรัม/ลิตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

10) สารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรค (Disinfection By-Product, DBPs)

การใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรคทำให้เกิดสารประกอบที่เป็นพิษได้ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของสารที่ใช้ฆ่าเชื้อโรคกับสารอื่น ๆ ที่ไม่ใช่วัตถุประสงค์หลักในการใช้งานเรียกว่า “สารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรค” Disinfection By-Products (DBPs) ซึ่งในน้ำมีสารอินทรีย์ละลายน้ำ เช่น ฮิวมิกในน้ำผิวดินที่ได้จากการเน่าเปื่อยของพืชผัก ใบไม้ธรรมชาติ จะทำปฏิกิริยากับคลอรีนเกิดเป็นสารพิษได้ คือ ไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes, THMs) และ กรดฮาโลอะซิติก (Haloacetic Acid, HAAs) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง โดยมีหลายหน่วยงานที่ศึกษาความเป็นพิษและพบว่าเกิดมะเร็งในสัตว์ทดลอง ซึ่งองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา องค์การอนามัยโลก และ สหภาพยุโรปได้มีข้อแนะนำหรือเกณฑ์มาตรฐานกำหนดของค่าสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรค (DBPs) ของแต่ละหน่วยงานแสดงดังตารางที่ 2.9 การหลีกเลี่ยงการเกิดปัญหาสารพลอยได้จากการใช้คลอรีน โดยการเติมคลอรีนหลังจากกระบวนการกำจัดความขุ่น หรือการใช้กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์หรือสารประกอบที่เกิดขึ้นในน้ำ หรือการเปลี่ยนใช้สารฆ่าเชื้อโรคเป็น โอโซน คลอรีนไดออกไซด์ คลอรามีน และการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำโดยการตรวจวัดค่าสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำ (TOCs) Bromide pH คลอรีนเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นการคงตัวจะลดลง ดังนั้น ประเทศในเขตร้อนจำเป็นต้องเติมคลอรีนมากขึ้นจึงเป็นโอกาสที่ทำให้เกิดสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรคมากขึ้นตามไป (ทวีศักดิ์ วังไพศาล, 2554)

ตารางที่ 2.9 ข้อเสนอแนะหรือเกณฑ์มาตรฐานกำหนดของค่าสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรค (DBPs)

ค่าสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรค (DBPs)[a]	**เกณฑ์อนุโลมสูงสุด, MCL (mg/L)**
US EPA Regulations	DBP MCL (mg/L)
Total THMs	0.080
5 Haloacetic acids	0.060
Bromate	0.010
Chlorite	1.0
World Health Organization (WHO)	DBP Guideline value (mg/L)
Guidelines	200
Chloroform	60
Bromodichloromethane	100
Dibromochloromethane	100
Bromoform	50[b]
Dichloroacetic acid	100[b]
Trichloroacetic acid	25[b]
Bromate	200[b]

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.9 ข้อเสนอแนะหรือเกณฑ์มาตรฐานกำหนดของค่าสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรค (DBPs) (ต่อ)

ค่าสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรค (DBPs)[a]	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด, MCL (mg/L)
Chlorite	10[b]
Chloral hydrate (trichloroacetaldehyde)	90[b]
Dichloroacetonitrile	100[b]
Dibromoacetonitrile	1[b]
Trichloroacetonitrile	70
Cyanogen chloride (as CN)	200
2,4,6-Trichlorophenol	900
Formaldehyde	Standard value (mg/L)
European Union (EU) Standards	100
Total THMs	10[c]
Bromate	

[a]The total THMs represent the sum of the concentrations of four THMs-chloroform, bromoform, bromodichloromethane, and dibromochloromethane. The five haloacetic acids represent the sum of monochloro-, dichloro-, trichloro-, monobromo-, and dibromoacetic acid. [b]Provisional guideline value.

[c]Where possible, without compromising disinfection, EU member states should strive for a lower value.

ที่มา: Richadson (2003)

11) การประเมินความเสี่ยง (Risk assessment)

การประเมินความเสี่ยง เป็นความสัมพันธ์ ระหว่าง ความเสี่ยง (Risk) สิ่งคุกคามสุขภาพ (Health Hazard) และการได้รับสิ่งคุกคามนั้น (Exposure) (นันทิกา สุนทรไชยกุล และคณะ, 2552) การประเมินความเสี่ยง (Risk assessment) เป็นกระบวนการ เพื่อประมาณระดับความเสี่ยง (Risk) และตัดสินว่าความเสี่ยงอยู่ที่ระดับยอมรับได้หรือไม่ โดยนิยมใช้ในการการจัดการสารเคมีที่มีผลต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนโดยใช้ความรู้ด้านด้านพิษวิทยามารวมเข้ากับความรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณค่าความปลอดภัย ความเสี่ยง (Risk) มีองค์ประกอบสำคัญคือ การที่มีอันตรายหรือสิ่งคุกคามสุขภาพ (Hazard) และการได้รับสัมผัส (Exposure) สำหรับหลักการการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพมีลักษณะคล้ายคลึงกันเป็นการวิเคราะห์การดำเนินการภายใต้ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสิ่งคุกคามนั้น (Exposure) กับสิ่งคุกคามต่อสุขภาพทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ (Hazard) และประเมินผลของความสัมพันธ์ว่าเกิดอะไร (Consequences) ด้วยระดับความรุนแรงแค่ไหน (Severity) มีโอกาสมากน้อยเพียงใด (Likelihood) และปัจจัยใดที่มีอิทธิพลต่อการก่อให้เกิดความรุนแรง (Magnitude) (สุเทพ เรืองวิเศษ, 2551; นันทิกา สุนทรไชยกุล และคณะ, 2552) การประเมินความเสี่ยงเป็นขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis) ซึ่ง ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การประเมินความเสี่ยง การจัดการความเสี่ยง (Risk Management) และการสื่อสารความเสี่ยง (Risk

Communication) สำหรับขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ โดยเน้นไปทางสารเคมีเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกาได้กำหนดการประเมินความเสี่ยงออกเป็น 4 ขั้นตอน (รูปที่ 2.5) (สุเทพ เรืองวิเศษ, 2551; นันทิกา สุนทรไชยกุล และคณะ, 2552) ดังนี้คือ

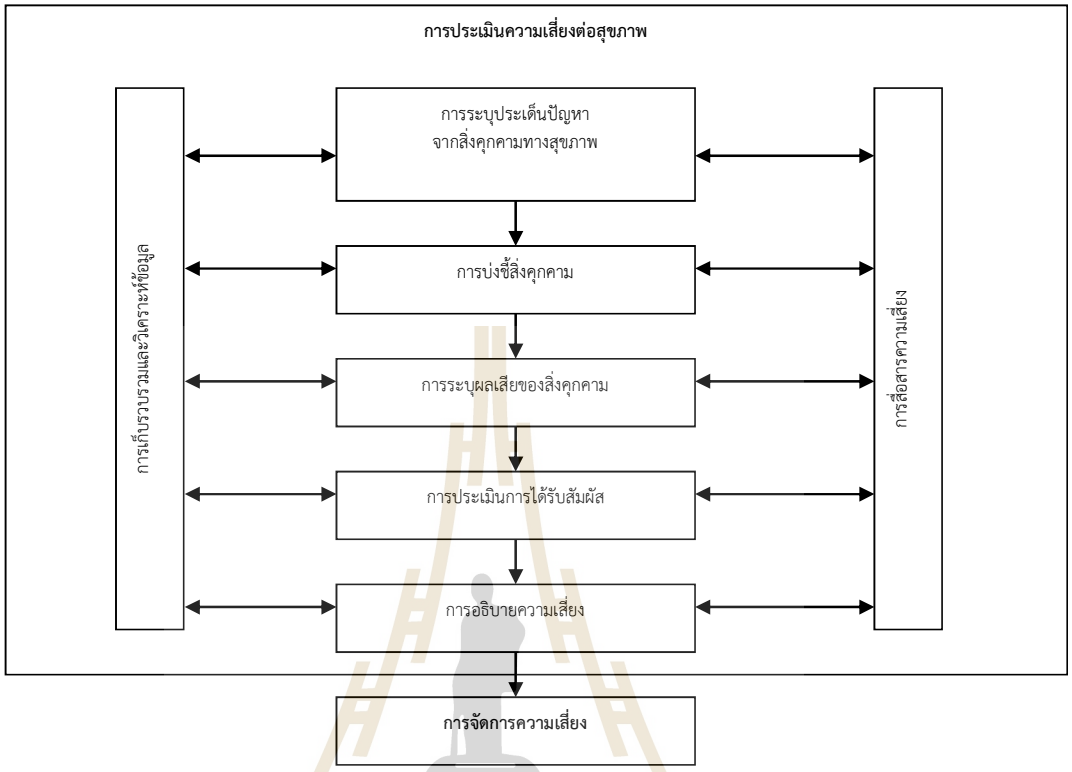
(1) การบ่งชี้อันตราย หรือการพิจารณาหาสิ่งคุกคาม (Hazard Identification) เป็นการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสรุปว่าการได้รับ สารเคมีที่กำลังสนใจอยู่นั้นมีผลเสียต่อสุขภาพอนามัยหรือไม่

(2) การประเมินผลกระทบจากสิ่งคุกคามนั้น (Dose-Response Evaluation) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารที่ได้รับและความรุนแรงของความเป็นพิษทั้งเชิงคุณภาพ (Qualitative) และเชิงปริมาณ (Quantitative) ข้อมูลส่วนใหญ่ได้จากการศึกษาในสัตว์ทดลอง และอาจมีบางส่วนที่ได้จาก การศึกษาในมนุษย์ การคำนวณความเสี่ยงจากการได้รับสารเคมีจะทำได้นั้น ต้องทราบ ความสัมพันธ์เชิงปริมาณระหว่างความเป็นพิษและปริมาณสารเคมีที่ได้รับ (Dose-Response Relationship) ด้วย ในขั้นตอนนี้แบ่งสารเคมีเป็น 2 กลุ่ม คือ (2.1) สารไม่ก่อมะเร็ง (Non-Carcinogen) และ (2.2) สารก่อมะเร็งที่มีผลต่อยีน (Genetic Carcinogen)

(3) การประเมินการรับสัมผัส (Exposure Assessment) เป็นการประเมินปริมาณสารเคมีที่มนุษย์หนึ่งคนหรือ ประชากรหนึ่งกลุ่มได้รับจากสิ่งแวดล้อม ขั้นตอนนี้นับว่ามีความสำคัญอย่างมากของการประเมิน ความเสี่ยง ทั้งนี้เพราะความเป็นพิษของสารเคมีจะไม่เกิดขึ้นถ้าไม่ได้รับสารนั้น และความรุนแรง ของความเป็นพิษขึ้นกับปริมาณของสารที่ได้รับ ดังนั้นถ้าการประเมินปริมาณสารที่ได้รับผิดพลาด จากความเป็นจริง การคำนวณความเสี่ยงก็จะมีความคลาดเคลื่อน (Uncertainty) สูง

(4) การจัดระดับความเสี่ยง (Risk Characterization) เป็นการรวบรวมเอาข้อมูลและผลการวิเคราะห์ของสาม ขั้นตอน ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น มาใช้คำนวณความเสี่ยงหรือโอกาสที่จะเกิดผลเสียในมนุษย์จาก การได้รับสารเคมี

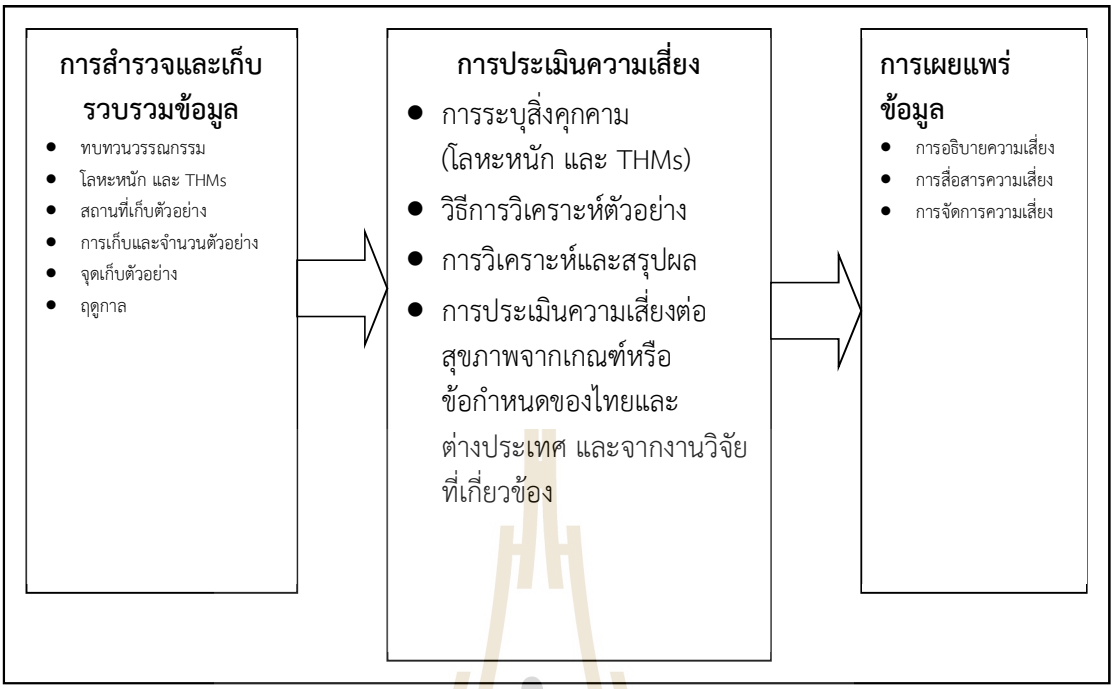
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ
(ปรับปรุงมาจาก นันทิกา สุนทรไชยกุล และคณะ, 2552)

2.2 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย (Conceptual Framework)

การประเมินความเสี่ยงจากโลหะหนักและสารกลุ่มไตรฮาโลมีเทน (THMs) จากการอุปโภคบริโภคน้ำประปา เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ในการวิเคราะห์ปริมาณสารเพื่อระบุสิ่งคุกคามต่อสุขภาพและการคาดการณ์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อสภาวะสุขภาพของมนุษย์ กรอบแนวคิดในการศึกษานี้มีขั้นตอนที่สำคัญประกอบด้วย การสำรวจและการเก็บข้อมูลเบื้องต้น การเก็บตัวอย่างน้ำประปา การบ่งชี้โลหะหนักและสารกลุ่ม THMs การประเมินความเสี่ยงต่อสิ่งที่ได้รับ การอธิบายความเสี่ยง และข้อมูลจากการประเมินทั้งหมดจะนำมาใช้เป็นแนวทางในการลดและจัดการความเสี่ยงต่อการได้รับโลหะหนักจากการอุปโภคบริโภค (รูปที่ 2.6) กรอบแนวคิดของการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพแสดงดังรูปดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.6 กรอบแนวคิดในการศึกษา

2.3 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากรายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของโลหะหนักและสาไตรฮาโลมีเทนในการอุปโภคบริโภคน้ำ โดยมีผลการศึกษาทั้งไทยที่เกี่ยวข้องดังนี้

ราชัน ธีระพิทยาตระกูล (2545) ศึกษาการก่อตัวของไตรฮาโลมีเทน และสำรวจหาปริมาณไตรฮาโลมีเทนโดยเก็บตัวอย่างน้ำจากขบวนการต่าง ๆ ของระบบประปามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และประปาหมู่บ้าน มาตรฐานระดับเอของกรมอนามัย 8 แห่ง พบปริมาณไตรฮาโลมีเทนทุกขั้นตอนในระบบประปาชนบททั้ง 9 แห่ง สำหรับการก่อตัวของไตรฮาโลมีเทนพบปริมาณคลอโรฟอร์มสูงสุดที่ตรวจวัดได้ คือ 245.81 ไมโครกรัมต่อลิตร

สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ (2553) รายงานการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำประปาปี 2553 ในประปาหมู่บ้านพื้นที่เขตชนบทจำนวน 65 แห่งทั่วประเทศ พบว่าระบบประปาสามารถทำงานได้ปกติ ร้อยละ 44.1 และระบบประปาที่มีปัญหาเช่นระบบการกรอง การเติมคลอรีน ร้อยละ 63.9 จากระบบประปาในเขตชนบททั้งหมดยังพบว่า ร้อยละ 73.5 ไม่มีการเติมคลอรีน จากการสำรวจพบว่าคุณภาพน้ำไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำบริโภค กรมอนามัย พ.ศ. 2543 ร้อยละ 88.2 โดยส่วนใหญ่ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานด้านแบคทีเรียร้อยละ 81.1 รองลงมาได้แก่ด้านกายภาพ (ร้อยละ 30.7) และด้านเคมี (ร้อยละ 26.8) ตามลำดับ

Panyakapo et al. (2008) ได้ทำการศึกษาสารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาและในสระว่ายน้ำในนครปฐม ประเทศไทย โดยพบว่า ค่า THMs ในน้ำสระว่ายน้ำมีค่าสูงกว่าในน้ำประปา และพบโอกาสเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งผ่านเส้นทางการสัมผัสทางผิวหนังสูงถึงร้อยละ 94.18 ของผลรวมอันตรายของ THMs ทั้งหมด สำหรับเส้นทางการได้รับสัมผัสของสารกลุ่ม THMs ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารและ

ชนิดของสาร THMs ที่พบในน้ำ อย่างไรก็ตาม THMs มักมีการถูกดูดซึมและย่อยสลายอย่างรวดเร็ว หลังจากมีการสัมผัสผ่านทางการดื่มกิน หรือการหายใจ (IPCS, 2000)

TECHNEAU (2010) ได้เสนอกรอบแนวทางในการจัดการความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในระบบประปาในสหภาพยุโรป โดยประกอบด้วยกระบวนการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่เกิดขึ้น การประเมินค่าความเสี่ยง การลดหรือควบคุมความเสี่ยง ดังนั้นกระบวนการประเมินความเสี่ยงและบริหารจัดการความเสี่ยงมีความสำคัญในการลดปัญหาสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากการบริโภคน้ำประปาที่มีสารต่าง ๆ ปนเปื้อน

จิราวรรณ จานทอง (2553) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสาร THMs ในน้ำประปาและสระว่ายน้ำที่ฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนในประเทศไทย โดยใช้น้ำตัวอย่าง 4 ชนิด คือ 1) น้ำผิวดิน 2) น้ำผิวดินผสม BFA ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ที่เลียนแบบสารอินทรีย์จากร่างกายมนุษย์ 3) น้ำผสม (น้ำผิวดินผสมน้ำใต้ดินในอัตราส่วน 1:1) และ 4) น้ำผสมผสม BFA พบว่าสารอินทรีย์ธรรมชาติ และ pH ตั้งต้นเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของสาร THMs เนื่องจากสารอินทรีย์ธรรมชาติเป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาและพบว่าการเพิ่มขึ้นของ pH ทำให้คลอรีนสามารถออกซิไดซ์สารอินทรีย์ได้มากขึ้นและเกิดการเติมฮาโลเจน (Halogenation) ได้ดีทำให้เกิดสารไตรฮาโลมีเทนเพิ่มขึ้น ซึ่งในน้ำผิวดินมีปริมาณสารอินทรีย์ธรรมชาติสูงจึงมีความเข้มข้นของสาร THMs ทั้งหมด (TTHM) สูง ส่วนน้ำผสมเกิดสาร TTHM ในความเข้มข้นต่ำกว่าแต่พบ Brominated THMs สูงเนื่องจากน้ำผสมมีโบรไมด์เป็นองค์ประกอบ ส่วนสารอินทรีย์จากร่างกายมนุษย์ไม่ใช่ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเกิด THMs

ธนาวัฒน์ และคณะ (2553) ทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพในการบริโภคน้ำประปาที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักจากการผลิตน้ำประปา หมู่บ้านถ้ำลา ตำบลลานข่อย อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง โดยทำการเก็บตัวอย่างตามระยะทางของเส้นท่อส่งน้ำ ได้แก่ ต้นท่อ กลางท่อ และปลายท่อ ซึ่งแยกเก็บตัวอย่างตามฤดูกาล คือฤดูฝนและฤดูแล้ง และศึกษาปริมาณโลหะหนัก 9 พารามิเตอร์ ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี แคดเมี่ยม โครเมี่ยม ตะกั่ว ปรอท และสารหนู จากการศึกษาพบว่าน้ำประปาหมู่บ้านมีการปนเปื้อนโลหะหนักทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ซึ่งได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี และพบว่าปริมาณเหล็กเท่านั้นที่เกินมาตรฐานคิดเป็นร้อยละ 8.33 ในบริเวณต้นท่อ และกลางท่อของฤดูฝน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.732 และ0.700 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ส่วนการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพในการบริโภคน้ำประปาภาพรวมทุกแห่งเท่ากับ 8.17×10^{-3} ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้

วัชรียา มณฑาจันทร์ (2555) ศึกษาลดปริมาณสารตั้งต้นที่ก่อให้เกิดไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes,THMs) ในกระบวนการสร้างตะกอนในระบบผลิตน้ำประปา โดยมี 3 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณกรดฮิวมิค ปริมาณสารคลอรีน และพีเอช พบว่าทั้ง 3 ปัจจัยมีอิทธิพลต่อการก่อตัวของ THMs อย่างมีระดับนัยสำคัญที่ระดับ α = 0.05 การก่อตัวของสารTHMs สูงสุด คือ 33.22 ไมโครกรัม/ลิตร ภายใต้สภาวะที่มีปริมาณกรดฮิวมิค ที่ 5.80 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณสารคลอรีน ที่ 5.00 มิลลิกรัม/ลิตร และพีเอช ที่ 9.00

มาสสุภา และอุไรวรรณ (2556) ศึกษาการดูแลระบบประปา คุณภาพน้ำประปา และความพึงพอใจของประชาชนผู้ใช้น้ำของระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลในเขตตำบลวังทอง อำเภอนาวัง จังหวัดหนองบัวลำภู จำนวน 12 แห่ง พบว่าผู้ดูแลระบบประปาทุกแห่งมีการปฏิบัติตามตารางเวลาของการดูแลบำรุงรักษาเป็นบางกิจกรรม แต่การปฏิบัติยังดำเนินการไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ สำหรับคุณภาพ

น้ำประปาผ่านเกณฑ์มาตรฐานเพียง 4 แห่ง (ร้อยละ 33.33) เมื่อพิจารณาตามพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำ พบว่า คุณภาพน้ำทางกายภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกแห่ง คุณภาพน้ำด้านเคมีพบว่า มีปริมาณเหล็กและของแข็งละลายน้ำไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานในระบบประปา 4 แห่ง (ร้อยละ 33.33) คุณภาพน้ำด้านสารพิษพบว่า มีค่าตะกั่วไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานในระบบประปา 3 แห่ง (ร้อยละ 25) และคุณภาพน้ำด้านแบคทีเรียพบว่ามีการปนเปื้อนแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ในระบบประปา 3 แห่ง (ร้อยละ 25) ส่วนระดับความพึงพอใจของประชาชนผู้ใช้น้ำ พบว่าประชาชนมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลางทุกด้าน

Panyapinyopol (2004) ศึกษาศักยภาพของการเกิดสารกลุ่มไตรฮาโลมีเทน ของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาโดยรายงานถึงศักยภาพการเกิดสารกลุ่มไตรฮาโลมีเทน (THMFP) ของน้ำดิบใช้วิธีการวิเคราะห์มาตรฐานสำหรับการตรวจสอบน้ำ และน้ำเสียของประเทศสหรัฐอเมริกา (ทำปฏิกิริยากับคลอรีน 7 วัน ที่ค่าคลอรีนคงเหลือเท่ากับ 3-5 มิลลิกรัม/ลิตร) โดยเก็บตัวอย่างน้ำก่อนเข้าสู่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาบางเขน ผลการทดลองพบว่ามีค่าสูงเกินกว่ามาตรฐานค่อนข้างมาก โดยมีค่า THMFP เท่ากับ 313 ไมโครกรัม/ลิตร เนื่องจากปกติแล้วน้ำประปาจะอยู่ในเส้นท่อไม่เกิน 24 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่สอดคล้องกับสภาพของระบบจ่ายน้ำประปามากขึ้น จึงได้ศึกษาเพิ่มเติมถึงศักยภาพการเกิดสารกลุ่มไตรฮาโลมีเทนโดยใช้เวลาในการทำปฏิกิริยากับคลอรีน 24 ชั่วโมง ที่ค่าคลอรีนคงเหลือ 1-2 มิลลิกรัม/ลิตร โดยเก็บตัวอย่างน้ำดิบในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2549 พบว่าศักยภาพการเกิดสารกลุ่มไตรฮาโลมีเทนยังคงมีค่าสูงถึง 224 ไมโครกรัม/ลิตร

Wongsorntam et al. (2010) ตัวอย่างน้ำประปาที่เก็บจากแผนกต่าง ๆ 7 แผนก ในอาคารมหิดลอดุลยเดช โรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา ตั้งแต่เดือนสิงหาคม-ตุลาคม 2550 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารปนเปื้อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการรั่วซึมของท่อประปาที่ฝังภายในอาคาร วิเคราะห์โลหะหนักโดย ICP - AES ไอออนลบโดยไอออนโครมาโตกราฟ โคลิฟอร์มและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยวิธี multiple tube มาตรฐาน ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักมีค่า 8.54±0.58, 4.83±0.13, 16.10±4.01, 8.26±1.2 0.05±0.0.01 และ 0.03±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับ แคลเซียม แมกเนเซียม ทองแดง แมงกานีส สังกะสี และ เหล็ก และ ตามลำดับ ความเข้มข้นเฉลี่ยของ คลอไรด์ ไนเตรต และ ซัลเฟตมีค่า 29.46±1.74, 1.01±0.14 และ 18.95±2.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ทองแดงและสังกะสีมีปริมาณสูงกว่าค่ามาตรฐานปริมาณโลหะหนักในน้ำประปา เนื่องจากท่อประปาฝังอยู่ในผนังอาคาร อาจมีจากการปนเปื้อนจากโลหะหนักจากท่อประปาสำหรับไอออนลบ คลอไรด์ไอออนมีปริมาณสูงสุด ตามด้วยซัลเฟต และไนเตรต อาจปนเปื้อนจากสารตกค้างจากสารฆ่าเชื้อโรคในกระบวนการผลิตน้ำประปา นอกจากนั้นมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ Escherichia coli. ในบางแผนก ผลจากการวิเคราะห์เป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการเฝ้าระวัง และลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารเคมีและแบคทีเรียในน้ำประปา

สำหรับการศึกษาปริมาณโลหะหนักและการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารกลุ่ม THMs ในต่างประเทศมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

WHO (1998) ได้อธิบายถึงการใช้น้ำจากระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำในปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์มากมายในการอุปโภคบริโภค เช่น การดื่ม การซักล้าง การทำความสะอาด การอาบน้ำ โดยน้ำที่มีการปนเปื้อนสารกลุ่ม THMs มีโอกาสเข้าสู่ร่างกายของเราทั้งทางการกิน ทางผิวหนัง และทาง

หายใจ และในกระบวนการฆ่าเชื้อโรคนิยมใช้สารคลอรีนในรูปแบบต่าง ๆ ในการฆ่าเชื้อโรค ซึ่งหากใช้ในปริมาณที่ไม่เหมาะสม และมีการทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำ จะก่อให้เกิดการตกค้างในสารกลุ่ม Disinfection By-Products (DBPs) เช่น ไตรฮาโลมีเทน (THMs) ฮาโลอะซีติคแอซิค (HAAs) ฮาโลอะซีโตไนไตรล์ (HANs) ซึ่งสารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) พบมากที่สุด เช่น Chloroform ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง โดยมีส่วนทำให้เกิดมะเร็งในตับและไตในสัตว์ทดลอง และการเป็นมะเร็งในกระเพาะปัสสาวะในคน (Boorman et al. 1999) ซึ่งมีหลายการศึกษาได้ทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพทั้งในรูปของโอกาสในการเกิดมะเร็งและการไม่เป็นมะเร็ง (Cancer Risk and Non-Carcinogen Risk) ทั้งสามเส้นทางการสัมผัสต่อสารกลุ่ม THMs

Lee et al. (2004) ทำการศึกษาในฮ่องกงของพบว่าการประเมินความเสี่ยงของ THMs ในรูปของ Cancer Risk และ Hazard Index จากน้ำประปา โดยเส้นทางการสัมผัสในรูปการดื่มกินมีค่าสูงกว่าเส้นทางผ่านผิวหนังและการหายใจ

Uyak (2006) สำหรับปริมาณสารกลุ่ม THMs ที่พบในน้ำประปาของกรุงอิสตัลบูล พบสารคลอโรฟอร์มมากที่สุด และพบมากสุดในเส้นทางการได้รับผ่านจากการดื่มกิน สำหรับการศึกษาของ Nazir and Khan (2006) พบว่า โอกาสเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสในเส้นทางการหายใจพบว่ามีความเสี่ยงมากที่สุด ในขณะที่การศึกษาในไต้หวันพบสารคลอโรฟอร์มในน้ำประปามากที่สุดและจากการประเมินความเสี่ยงพบว่าเส้นทางการสัมผัสทางหายใจมีโอกาสได้รับอันตรายมากที่สุด จากการอาบน้ำผ่านฝักบัว

Nazir and Khan (2006) ทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของมนุษย์จากการได้รับ Trihalomethanes (THMs) ในการผลิตน้ำประปา ใน 3 ชุมชน ได้แก่ เมือง St. John's, Clarenville และ Shoal Harbour ประเทศแคนาดา โดยใช้แบบจำลองทางสถิติ และเปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์สมดุลมวลของการได้รับทางการหายใจ การดื่มกิน และการดูดซับทางผิวหนัง (เปรียบเทียบ 3 วิธีได้แก่ Traditional steady state วิธีการดูดซึมทางผิวหนัง และ แบบจำลองทางสถิติ)ในระหว่างการอาบน้ำ ซึ่งมีสารคลอโรฟอร์มปนเปื้อนอยู่ในน้ำประปา จากการศึกษาพบว่า ปริมาณคลอโรฟอร์มมีความเข้มข้นสูงสุดที่ได้รับจากการหายใจ จะอยู่ในพื้นที่ของเมือง Clarenville และจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติแบบถดถอย (Regression model) พบว่าปริมาณคลอโรฟอร์มมีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลา 10 นาทีของการอาบน้ำ หรือประมาณ 59.7% ของปริมาณคลอโรฟอร์มทั้งหมด ในเมืองSt. John's จะมีปริมาณคลอโรฟอร์มประมาณ 25.5% ส่วนการได้รับคลอโรฟอร์มผ่านผิวหนังพบว่า การคำนวณการดูดซึมนั้นจะมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณแบบ Traditional steady state model และการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์พบว่า มีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งน้อยกว่าค่ามาตรฐานของ IRIS (Integrated Risk Information System, U.S. EPA) ซึ่งความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งนั้นเป็นผลอันเนื่องมาการได้รับสัมผัสทางการหายใจในการอาบน้ำมากกว่าการดื่มกิน ดังนั้นการระบายอากาศภายในห้องน้ำระหว่างการอาบน้ำนั้นจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งอย่างมีนัยสำคัญ

Xu et al. (2006) ทำการประเมินการได้รับ ทองแดง สังกะสี และสารหนู จากน้ำดื่มของเมืองเซี่ยงไฮ้ ประเทศจีน โดยทำการพิจารณาร่วมกับข้อมูลของอายุ เพศ และสถานที่ทำงานของกลุ่มตัวอย่างที่ส่งผลต่อการได้รับโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มแต่ละวัน จากการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณทองแดง สังกะสี และสารหนูที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำดื่มเท่ากับ 10.8 ไมโครกรัม/ลิตร 0.29 มิลลิกรัม/ลิตร และ 0.91 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่ามาตรฐานของ U.S. EPA's Drinking Water

Equivalent Level (DWEL) และ WHO ที่กำหนดไว้ และค่าเฉลี่ยการได้รับทองแดง สังกะสี และสารหนูที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำดื่มต่อวัน เท่ากับ 21.12 ไมโครกรัม/วัน 0.6 ไมโครกรัม/วัน และ 1.83 ไมโครกรัม/วัน ตามลำดับ และคิดเป็นร้อยละ 0.01 (Cu) 1.1 (Zn) และ1.5 (As) ของปริมาณสูงสุดที่มนุษย์ได้รับในแต่ละวันที่ยอมรับได้ (Provisional Tolerable Daily Intake, PTDI) และการได้รับสังกะสีที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสถานที่ทำงานที่แตกต่างเช่นกัน

Babi et al. (2007) ศึกษาการกำจัดกรดฮาโลอะซิติก และไตรฮาโลมีเทน โดยใช้ถ่ายกัมมันต์ชนิดเม็ดจากน้ำดื่มเมืองเอเธนส์ ประเทศกรีซ พบว่าถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ดกำจัดกรดฮาโลอะซิติก และไตรฮาโลมีเทนได้เป็นส่วนใหญ่ โดยใช้เวลานาน 638 วัน โดยประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นในถังปฏิกิริยาที่บรรจุถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ดที่เล็กกว่าและมีอัตราน้ำไหลเข้าต่ำกว่า ซึ่งสารบางส่วนจะเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพในชั้นการดูดซับ นอกจากนี้การกำจัดคลอรีนมีสาเหตุมาจากการเจริญเติบโตของจุลชีพช่วยเช่นกัน

Wang et al. (2007) ทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคน้ำส่วนใหญ่ประเมินจากการได้รับสัมผัสจากการดื่มกิน แต่ในปัจจุบันเส้นทางการได้รับอื่น ๆ มีความสำคัญเช่นกัน เช่น การได้รับสัมผัสทางผิวหนัง และ การหายใจนำสารเข้าสู่ร่างกาย

Roccaro et al. (2007) ศึกษาการกำจัดแมงกานีสออกจากน้ำประปาเพื่อการบริโภคโดยทำการศึกษาในพื้นที่ Volcano Etna (Sicily) จากการศึกษาพบว่าน้ำประปาเพื่อการบริโภคใน Sicily มีการปนเปื้อนของวานาเดียม เหล็ก และแมงกานีสสูงกว่าระดับสารปนเปื้อนสูงสุด (MCLs) ที่กำหนดโดยสหภาพยุโรปและกฎระเบียบแห่งชาติ โดยเฉพาะแมงกานีสสูงถึง1,810 ไมโครกรัม/ลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเกินค่ามาตรฐานของ MCL ที่กำหนดไว้ไม่ให้เกิน 50 ไมโครกรัม/ลิตร ดังนั้นจึงใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตมาทำการกำจัดแมงกานีส แล้วทำการปรับค่าพีเอช โดยใช้สารออกซิแดนท์และสารโพลีอิเล็กโตรไลต์ พบว่า การใช้สารโพลีอิเล็กโตรไลต์ ให้ประสิทธิภาพในการบำบัดได้ดีถึงร้อยละ 95

Uyak et al. (2008) ศึกษาการกำจัดไตรฮาโลมีเทน จากเทคนิค NF ด้วยเยื่อเลือกผ่าน NF 200 และ DS5 มีการผันแปรความเข้มข้นโดยเปลี่ยนแรงกดดันในการส่งผ่านเยื่อเลือกผ่าน (transmembrane pressure) เยื่อเลือกผ่าน NF 200 สามารถกำจัดไตรฮาโลมีเทนได้มากกว่าเยื่อเลือกผ่าน DS5 ประสิทธิภาพในการกำจัด DBCM สูงสุดเนื่องจากองค์ประกอบของโบรมีน (มีน้ำหนักโมเลกุลสูงและขนาดของโมเลกุลใหญ่สุด)

Kavcar et al. (2009) ทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำดื่ม ของเมืองอิซเมียร์ ประเทศตุรกี โดยทำการศึกษาปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มทั้งหมด 11 พารามิเตอร์ และจัดทำแบบสำรวจเกี่ยวกับระดับการบริโภคน้ำดื่ม และสถิติจำนวนประชากรในพื้นที่ จากการศึกษาพบว่าในน้ำดื่มมีปริมาณความเข้มข้อนของ สารหนู โครเมียม ทองแดง แมงกานีส นิเกิล และสังกะสี มากกว่า 50% ของตัวอย่าง และความเข้มข้นของสารหนู และนิเกิล ที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มมีค่าสูงกว่ามาตรฐานคิดเป็น 20% และ 50% ของตัวอย่างตามลำดับ ส่วนค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard quotient, HQ)จากการบริโภคดื่มที่ปนเปื้อนสารหนู พบว่ามีค่า HQ มากกว่า 1 หรือคิดเป็น 19% ของประชาชนในพื้นที่ ในขณะที่ค่าครึ่งชีวิตของสารหนูที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งมีค่าน้อยกว่า 10^{-4} ซึ่งในระดับนี้จะมีประชากรในพื้นที่เสี่ยงเพิ่มขึ้นเป็น 46% และสัดส่วนของประชากรที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งมีค่ามากกว่า 10^{-6} คิดเป็นร้อยละ 90

Kavcar et al. (2009) ได้ทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของโลหะหนักในน้ำดื่มในประเทศตุรกี พบว่าค่าความเข้มข้นของ As Cr Cu Mn Ni Zn มากกว่าร้อยละ 50 ในน้ำตัวอย่าง โดยจากการประเมินอันตรายจากสารไม่ก่อมะเร็งของ As มีค่ามากกว่าค่าที่รับได้ร้อยละ 19 ของจำนวนประชากรทั้งหมด โดยการประเมินในรูปของสารก่อเร็ง พบว่าร้อยละ 90 มีค่าเกิน 10^{-6}

Muhammad et al (2010) ทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพการได้รับสารหนูในน้ำดื่มจากระบบประปาในประเทศปากีสถาน พบว่า ระดับค่าความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็ง (Cancer Risk) มีค่าอยู่ในระดับต่ำและสูงในบางพื้นที่ (HQ>1)

Volker et al. (2010) ศึกษาคุณภาพน้ำดื่มจากระบบประปาภายในครัวเรือนในประเทศเยอรมันพบว่า จากการศึกษาตัวอย่างน้ำดื่มจำนวน 22,786 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อนของเชื้อ Legionella sp., Heterotrophic sp., Legionella sp. และ Pseudomonas sp. ซึ่งก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ใช้น้ำ นอกจากนี้ยังพบโลหะหนักได้แก่ นิกเกิล เหล็ก และตะกั่ว ซึ่งอาจจะมีความเสี่ยงต่อผู้บริโภคได้เช่นกัน ดังนั้น ผู้ที่เกี่ยวข้องรวมถึงผู้บริโภคควรมีส่วนร่วมในการดูแลระบบประปาเพื่อป้องกันสิ่งปนเปื้อนที่อาจจะเกิดขึ้นต่อไป

Chakrabarty and Sarma (2011) ได้ทำการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำดื่มในรัฐอัสสัมประเทศอินเดียพบว่ามีการปนเปื้อนของของแคดเมี่ยม แมงกานีส และตะกั่วในน้ำใต้ดิน และยังพบความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกำเนิดของน้ำกับปริมาณสารแมงกานีส สังกะสี และทองแดงในน้ำดังกล่าว

Basu and Gupta. (2011) โดยทำการศึกษาในกรุงปักกิ่งและแคนาดาพบว่าโดยเส้นทางการสัมผัสในรูปการดื่มกินมีค่าสูงกว่าเส้นทางผ่านผิวหนังและการหายใจเช่นกัน โดยผู้หญิงมีโอกาสได้รับมากกว่าผู้ชาย และการศึกษาในอินเดียพบว่าร้อยละ 80-90 ของผลรวมอันตรายของสาร THMs มาจากสำหรับเส้นทางการสัมผัส THMs ผ่านทางหายใจ รองลงมาทางการดื่มกิน และทางผิวหนัง โดยพบสารคลอโรฟอร์มมากที่สุด

Chakrabarty and Sarma (2011) ทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการปนเปื้อนโลหะหนักของน้ำดื่ม ในจังหวัดกามรูป รัฐอัสสัม ประเทศอินเดีย โดยทำการศึกษาปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มทั้งหมด 6 พารามิเตอร์ ได้แก่ สังกะสี ทองแดง แคดเมียม แมงกานีส ตะกั่ว และสารหนู โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินจากบริเวณท่อสูบน้ำ เครื่องสูบน้ำบ่อลึก และ Ring Well จากนั้นทำการประเมินรูปแบบการกระจายตัวของของโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำใต้ดินจากการศึกษาพบว่าปริมาณของสังกะสี ทองแดง แคดเมียม แมงกานีส และตะกั่ว มีค่าสูงกว่ามาตรฐานของ WHO ที่กำหนดไว้และความสัมพันธ์ของการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณสารหนูนั้นพบเพียงเล็กน้อยหรืออยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ WHO ที่กำหนดไว้ และนอกจากนี้ยังพัฒนาฐานข้อมูลเกี่ยวกับเงื่อนไขทางสิ่งแวดล้อมเพื่อใช้ในอนาคตอีกด้วย

Khan et al. (2013) ศึกษาระดับการปนเปื้อนของน้ำดื่มและประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของประชาชนในเขตชาร์ซัดดา ประเทศปากีสถาน โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลจากบ่อบาดาลแบบรอกหมุน แบบท่อสูบ และแบบเครื่องสูบมือโยก และวิเคราะห์การปนเปื้อนในพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ พารามิเตอร์ทางกายภาพ สารที่มีประจุลบ โลหะหนัก และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ซึ่งพิจารณาร่วมกับการทำแบบสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับการเก็บกักน้ำ การใช้น้ำ และโรคที่เกิดจากน้ำในพื้นที่ศึกษา จากการศึกษาพบว่า 13 เมืองที่ตั้งอยู่ในเขตชาร์ซัดดา มีค่าไนเตรตอยู่ในช่วง 10.3 ถึง 14.84 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานของ US EPA (10 มิลลิกรัม/ลิตร) มีค่าปริมาณความเข้มข้นซัลเฟตใน 9 เมือง อยู่

ในช่วง 505 ถึง 555 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานของ WHO (500 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักซึ่งได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม นิเกิล และ เหล็ก มีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ ส่วนการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่ในช่วง 2-5 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งจะพบในบางพื้นที่เท่านั้น

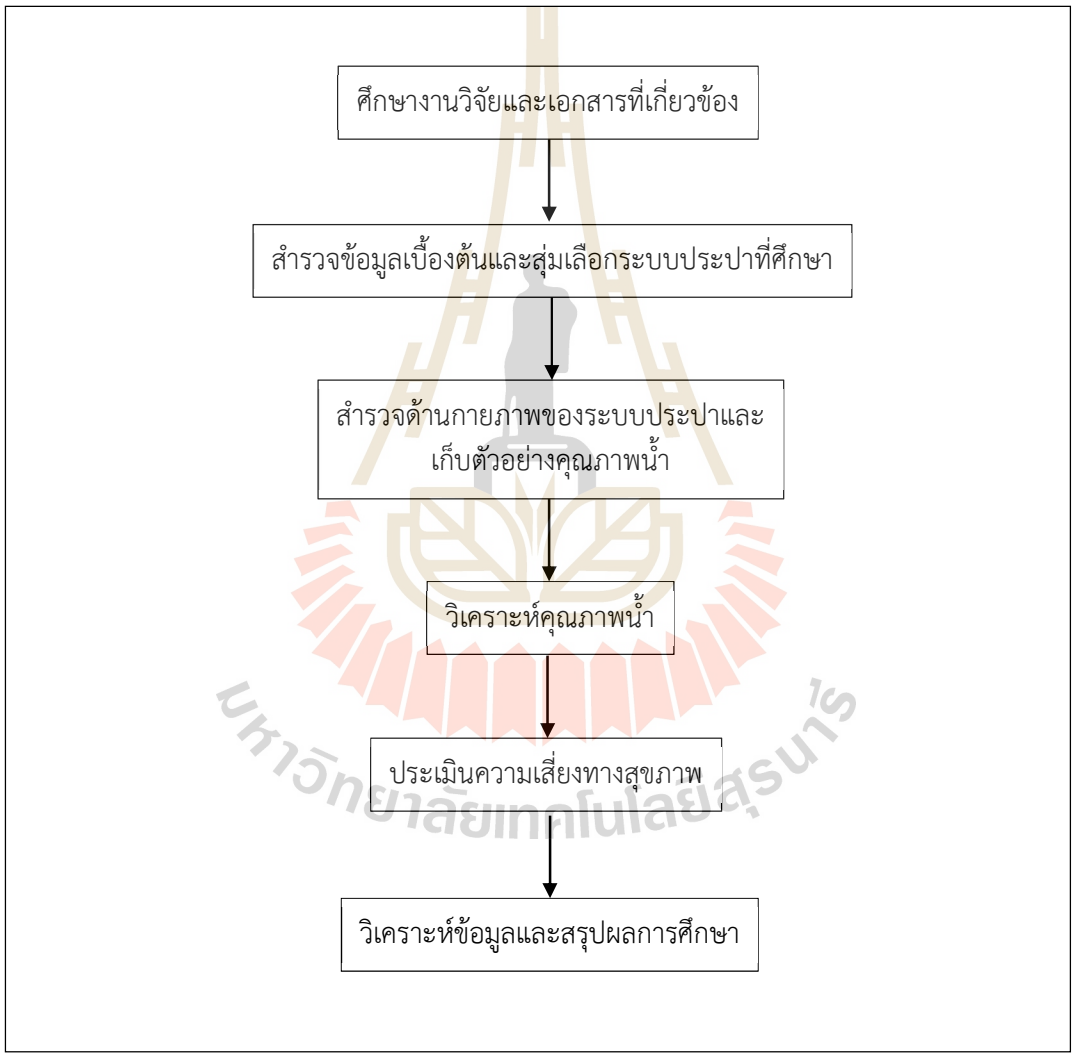
Xie et al. (2013) ทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำแร่ธรรมชาติ ของอุทยานแห่งชาติอู่ต้าเหลียนฉือ ทางตอนเหนือของจีน โดยทำการศึกษาปริมาณโลหะหนักในน้ำแร่ธรรมชาติ 7 พารามิเตอร์ ได้แก่ นิเกิล เหล็ก แมงกานิส แบเรียม ทองแดง ปรอท และสังกะสี และทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพโดยใช้ค่าดัชนีความเสี่ยง (Risk Index, RI) และค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient, HQ) จากการศึกษาพบว่า ค่าความเสี่ยงเฉลี่ยในทางตอนใต้ของอุทยานมีค่าของ Ni>Fe>Mn>Ba>Cu>Hg>Zn และในทางตอนเหนือของอุทยานมีค่าของ Ni>Fe>Mn>Hg>Ba>Cu>Zn ซึ่งค่าความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (International Commission on Radiological Protection, ICRP) หรือต่ำกว่า $5.0x10^{-5}$ ส่วนค่าสัดส่วนความเสี่ยงจากการบริโภคน้ำแร่ธรรมชาติ (Hazard Quotient, HQ) พบว่า สัดส่วนความเสี่ยงของแบเรียม ทองแดง ปรอท และสังกะสี ที่มีอยู่ในน้ำแร่มีค่าน้อยกว่า 1 แต่สัดส่วนความเสี่ยงของ นิเกิล แมงกานิส และเหล็กมีค่ามากกว่า 1 ซึ่งมีความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ที่ดื่มน้ำจากน้ำแร่ธรรมชาติแห่งนี้

Navoni et al. (2014) ทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการได้รับสารหนูที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มจากประเทศอาร์เจนตินา โดยทำการศึกษาเชิงพื้นที่และเก็บตัวอย่างปัสสาวะจากประชาชนที่อาศัยอยู่ในเมืองชาโก เมืองซานติเอโก้ และเมืองเอสเตโร เพื่อคำนวณปริมาณการได้รับสารหนูต่อวัน และดำเนินการสร้างแผนที่แหล่งน้ำเพื่อแบ่งเขตพื้นที่ศึกษาในการประเมินระดับการปนเปื้อนในพื้นที่โดยพิจารณาร่วมกับข้อมูลทางธรณีและสถิติจำนวนประชากร จากการศึกษาพบว่า สารหนูที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มมีค่าอยู่ในช่วงกว้างตั้งแต่ค่าที่ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non-Detectable, ND) จนถึง 2000 ไมโครกรัม/ลิตร ในแต่ละพื้นที่ ส่วนการวิเคราะห์ปัสสาวะพบว่า มีระดับของการปนเปื้อนมากกว่า 100 ไมโครกรัม/ลิตร Creatinine และยังพบว่าประชากรกว่า 68% มีค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient, HQ) มากกว่า 1 มีค่าเฉลี่ยการได้รับต่อวัน (Average Daily Dose, ADD) อยู่ในช่วงระหว่าง $0.3x10^{-4}$ ถึง $138.0x10^{-4}$ มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน และมีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (Carcinogenic Risk, CR) อยู่ในช่วงระหว่าง $5x10^{-5}$ ถึง $2.1x10^{-2}$ ซึ่งคิดเป็น 74% ของประชากรที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งปอดและมะเร็งกระเพาะปัสสาวะเพิ่มขึ้น

Font-Ribera et al. (2017) ทำการสำรวจด้านสุขภาพของประชากรในเมืองบาร์เซโลนาในปี 2006 โดยการศึกษาคุณภาพน้ำดื่มสำหรับใช้ดื่มและน้ำดื่มบรรจุขวดสำหรับปรุงอาหาร พบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง THMs สูงที่สุดคือ 2.00 (95% CI = 1.86, 2.15) สำหรับน้ำดื่มสำหรับใช้ดื่ม หรือมากกว่า 150 ไมโครกรัม/ลิตร และ 2.80 (95% CI = 1.72, 4.58) สำหรับน้ำดื่มบรรจุขวดสำหรับปรุงอาหาร หรือน้อยกว่า 100 ไมโครกรัม/ลิตร และยังพบการปนเปื้อนของสารโลหะหนัก คือ ตะกั่ว 5 ไมโครกรัม/ลิตร ทองแดง 0.04 ไมโครกรัม/ลิตร และเหล็ก 40 ไมโครกรัม/ลิตร

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในการศึกษานี้เพื่อศึกษาปริมาณโลหะหนักและไตรฮาโลมีเทนในน้ำประปาจากระบบประปาในเขตเมืองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง และประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของโลหะหนักและไตรฮาโลมีเทนจากการอุปโภคบริโภคน้ำประปาในเขตเมือง โดยมีขั้นตอนการศึกษาในภาพรวม ประกอบด้วย สถานที่เก็บข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดวิธีการวิจัยดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการศึกษา

3.1 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1.1 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการเก็บข้อมูล/ทดลอง

การศึกษาวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง (Cross Sectional Analytical Study) เป็นการสำรวจและศึกษาดัชนีคุณภาพน้ำประปาชุมชน และศึกษาประเมินระดับของความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนในการบริโภคน้ำประปา โดยการเปรียบเทียบกับเกณฑ์หรือค่ามาตรฐานที่กำหนด โครงการวิจัยนี้เป็นชุดโครงการย่อย โดยมีการบูรณาการกับโครงการย่อยอื่นในแผนงานวิจัยเดียวกัน การศึกษานี้มีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ระบบประปาที่ดำเนินการโดยเทศบาลเมือง เทศบาลตำบล หรือการประปาส่วนภูมิภาคในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ทั้งนี้ การสุ่มตัวอย่างจะทำแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Sampling) โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การกำหนดจำนวนตัวอย่างระบบประปาเมืองในแต่ละจังหวัด ประกอบด้วยจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และ สุรินทร์ โดยพิจารณาตามสัดส่วนประชากรระบบประปาของแต่ละจังหวัด สัดส่วนประชากร และปัจจัยที่สำคัญอื่น ๆ

2. การสุ่มตัวอย่างระบบประปาเมืองในแต่ละจังหวัด ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ที่มีกำลังการผลิตออกแบบที่แตกต่างกัน จำนวน 10 แห่ง ประกอบด้วยระบบประปาในจังหวัดนครราชสีมาจำนวน 4 แห่งที่ดำเนินการโดยเทศบาลในพื้นที่เทศบาลนครราชสีมาและเทศบาลเมืองบัวใหญ่ ส่วนพื้นที่ตำบลแชะและตำบลพิมายดำเนินการโดยประปาส่วนภูมิภาค สำหรับจังหวัดชัยภูมิพื้นที่ศึกษาจำนวน 2 แห่งประกอบด้วยระบบประปาเทศบาลเมืองชัยภูมิโดยการประประปาส่วนภูมิภาค และเทศบาลตำบลลาดใหญ่ดำเนินการโดยประปาเทศบาลเอง ในพื้นที่ศึกษาในจังหวัดบุรีรัมย์จำนวน 2 แห่งประกอบด้วยเทศบาลเมืองบุรีรัมย์ดำเนินการโดยประปาส่วนภูมิภาค และเทศบาลตำบลประโคนชัยดำเนินการโดยประปาเทศบาลตำบล และพื้นที่ศึกษาในจังหวัดสุรินทร์จำนวน 2 แห่งประกอบด้วยระบบประปาเทศบาลเมืองสุรินทร์ดำเนินการโดยประปาส่วนภูมิภาค และเทศบาลตำบลกังแอน อำเภอปราสาท ดำเนินการโดยประปาเทศบาลตำบล รวมจำนวนระบบประปาในการศึกษานี้ทั้งสิ้นจำนวน 10 แห่ง จำนวนตัวอย่างระบบประปาแสดงดังตารางที่ 3.1 และจุดเก็บตัวอย่างดังรูปที่ 3.1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.1 จำนวนระบบประปาในการศึกษานี้

ลำดับ	จังหวัด	หน่วยบริการ	ระบบงาน	กำลังการผลิตออกแบบ (ลบ.ม./ชม.)
1	นครราชสีมา	เทศบาลนครนครราชสีมา	ประปาเทศบาล	5,500
2	นครราชสีมา	เทศบาลเมืองบัวใหญ่	ประปาเทศบาล	400
3	นครราชสีมา	เทศบาลตำบลแชะ	ประปาส่วนภูมิภาค	140
4	นครราชสีมา	เทศบาลตำบลพิมาย	ประปาส่วนภูมิภาค	240
5	ชัยภูมิ	เทศบาลเมืองชัยภูมิ	ประปาส่วนภูมิภาค	800
6	ชัยภูมิ	เทศบาลตำบลลาดใหญ่	ประปาเทศบาลตำบล	140
7	บุรีรัมย์	เทศบาลเมืองบุรีรัมย์	ประปาส่วนภูมิภาค	2,000
8	บุรีรัมย์	เทศบาลตำบลประโคนชัย	ประปาเทศบาลตำบล	200
9	สุรินทร์	เทศบาลเมืองสุรินทร์	ประปาส่วนภูมิภาค	1,900
10	สุรินทร์	เทศบาลตำบลกังแอน	ประปาเทศบาลตำบล	200

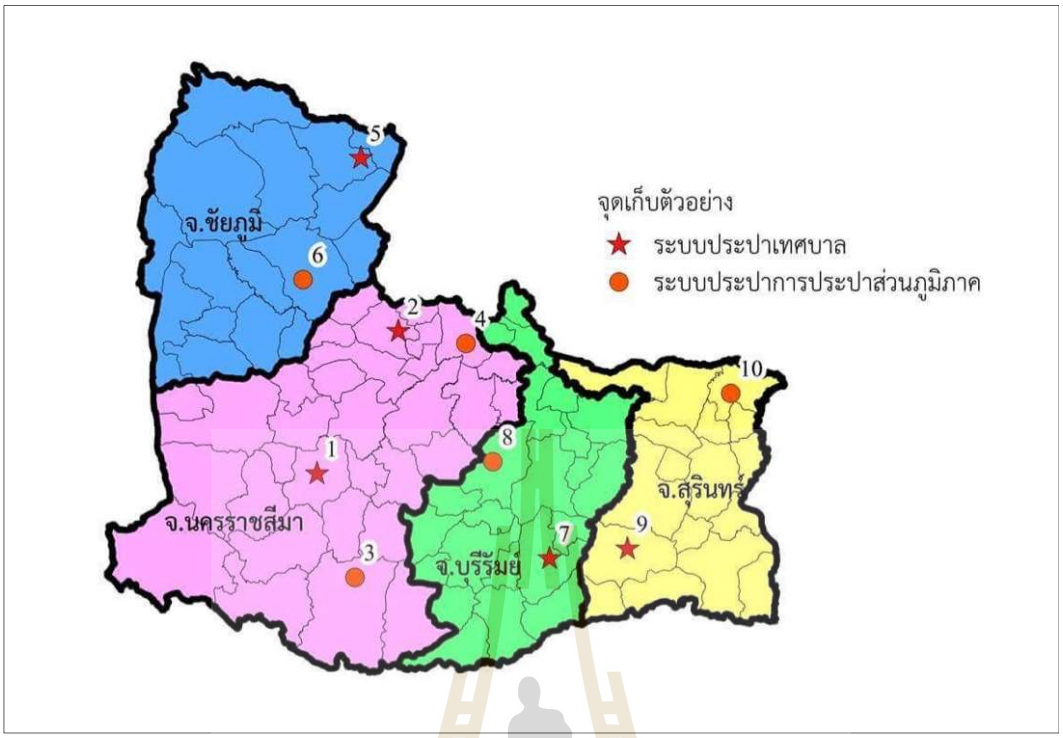
2) สถานที่ทำการเก็บข้อมูลและทดลอง

สถานที่ทำการเก็บตัวอย่างและข้อมูล คือระบบประปาชุมชนในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และ สุรินทร์ (ตารางที่ 3.1) ตัวอย่างสภาพแวดล้อมของระบบประปาชุมชน เช่น แหล่งน้ำดิบ ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ และหอถังสูง ดังรูปที่ 3.2 3.3 และ 3.4

สถานที่ทำการทดลองประกอบด้วย การวิเคราะห์ตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อมในห้องปฏิบัติการ ณ ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม (F9) อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของการประปานครหลวง บางเขน กรุงเทพมหานคร และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเอกสาร ณ สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อาคารเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าบรมราชินีนาถ ครบรอบ 72 พรรษา

3) ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำ

การศึกษานี้ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำจากระบบประปาในเขตเมืองโดยแบ่งระยะเวลาการเก็บตัวอย่างน้ำออกเป็น 2 ฤดูประกอบด้วย ช่วงฤดูแล้งดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำระหว่างเดือนมกราคม-เดือนเมษายน 2559 และช่วงฤดูฝนดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำระหว่างเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม 2559



รูปที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำของระบบประปาเมืองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

หมายเหตุ: หมายเลขลำดับที่

1 ประปาเทศบาลนครนครราชสีมา
2 ประปาเทศบาลเมืองบัวใหญ่
3 ประปาเทศบาลตำบลแชะ
4 ประปาเทศบาลตำบลพิมาย
5 ประปาเทศบาลเมืองชัยภูมิ
6 ประปาเทศบาลตำบลลาดใหญ่
7 ประปาเทศบาลเมืองบุรีรัมย์
8 ประปาเทศบาลตำบลประโคนชัย
9 ประปาเทศบาลเมืองสุรินทร์
10 ประปาเทศบาลตำบลกังแอน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 3.3 แหล่งน้ำดิบเพื่อการประปา

รูปที่ 3.4 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของระบบประปาผิวดิน

รูปที่ 3.5 หอถังสูงของระบบประปาผิวดิน

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย การรวบรวมข้อมูล และ การวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีการดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

3.2.1 การติดต่อประสานงานกับการประปาส่วนภูมิภาคและการประปาเทศบาลทั้ง 4 จังหวัด ได้แก่ การประปาส่วนภูมิภาคและการประปาเทศบาลสุรินทร์ การประปาส่วนภูมิภาคและการประปาเทศบาลบุรีรัมย์ การประปาส่วนภูมิภาคและการประปาเทศบาลชัยภูมิ และการประปาส่วนภูมิภาคและการประปาเทศบาลจังหวัดนครราชสีมา สำนักงานส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานที่ดูแลการประปาชุมชนที่เกี่ยวข้อง จัดประชุมชี้แจงเพื่อแจ้งรายละเอียดโครงการวิจัย และขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสำรวจข้อมูลพื้นฐานทางกายภาพ และสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการปนเปื้อนในระบบประปาในเขตเมืองและเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนเดือนมกราคม-ตุลาคม 2559 โดยการเก็บข้อมูล มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) การสำรวจและประเมินความเสี่ยงด้านกายภาพของระบบประปาทั้งบริเวณจุดปล่อยน้ำ และ ปลายท่อบ้านผู้ใช้น้ำ โดยการสังเกต โดยใช้แบบตรวจเช็คราย การ (Check List) และการสัมภาษณ์ผู้บริหารและดูแลระบบประปา โดยดำเนินการร่วมกันกับชุดโครงการย่อยในแผนงาน

(2) การสุ่มเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำในการศึกษานี้สำหรับดัชนีคุณภาพน้ำกลุ่มโลหะหนัก (HMs) ได้แก่สาร Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Hg, Pb สำหรับดัชนีคุณภาพน้ำกลุ่ม

Trihalomethanes (THMs) ได้แก่ คลอโรฟอร์ม ($CHCl_3$) ไดคลอโรโบรโมมีเทน ($CHCl_2Br$) คลอโรไดโบรโมมีเทน ($CHClB_2$) และ โบรโมฟอร์ม ($CHBr_3$) การเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำ เพื่อวิเคราะห์สารกลุ่ม Trihalomethanes จำนวน 22 ตัวอย่าง และ สำหรับการวิเคราะห์โลหะหนักจำนวน 44 ตัวอย่าง โดยการเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละระบบประปาผิวดินทั้งหมดดังนี้

จุดที่ 1 บริเวณแหล่งน้ำดิบ (สำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก)

จุดที่ 2 บริเวณจุดจ่ายน้ำประปา (สำหรับการวิเคราะห์ THMs)

จุดที่ 3 ก๊อกน้ำบ้านผู้ใช้น้ำ (สำหรับการวิเคราะห์ THMs และโลหะหนัก)

(3) ตัวอย่างน้ำจะทำการรักษาสภาพตัวอย่างน้ำที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส และนำส่งตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.2.3 การเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำตามดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญทางกายภาพ เช่น ความเป็นกรด ด่าง สี ความขุ่น คุณภาพน้ำทางเคมี ได้แก่ ความกระด้าง คลอไรด์ และคุณภาพน้ำทางแบคทีเรีย โดยการดำเนินการในส่วนนี้จะดำเนินการโดยชุดโครงการย่อย

สำหรับการศึกษานี้จะทำการเก็บตัวอย่างในกลุ่มดัชนีคุณภาพน้ำที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ เช่น กลุ่มโลหะหนัก ประกอบด้วย As Hg Cd Fe Pb Zn Mn Ni Cr Cu และสารตกค้างในการฆ่าเชื้อโรค (THMs) เช่น สาร Chloroform (TCM) Bromodichloromethane (BDCM) Dibromochloromathane (DBCM) Bromoform (TBM) และ Trihalomethanes (Sum of ratio) ด้วยวิธีการตรวจเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานของ APHA, AWWA, WEF (2012) สำหรับภาชนะเก็บตัวอย่างน้ำ วิธีการการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำ และการเก็บรักษาสภาพตัวอย่างน้ำ ปฏิบัติตามข้อกำหนดการรับรองการตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาดื่มได้ (APHA, AWWA, WEF, 2012; กรมอนามัย, 2552) อุปกรณ์เครื่องแก้วที่ใช้ในการทดลองทำการล้างด้วยน้ำยาล้างเครื่องแก้ว น้ำสะอาด และทำการกลั้วด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง และทำการอบที่อุณหภูมิ 120 °C เวลา 2-3 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปใช้ทุกครั้ง

3.2.3.1 การเก็บตัวอย่างน้ำสารกลุ่มไตรฮาโลมีเทน (THMs)

1) อุปกรณ์และสารเคมี
   1. ขวดแก้ว BOD ขนาด 300 มิลลิลิตร
   2. สารละลาย Na_2SO_3
   3. สารละลาย H_3PO_4
   4. กระดาษ Foil
2) ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างน้ำ
   1. เปิดก๊อกน้ำให้น้ำไหลแรง ๆ ทิ้งไปประมาณ 1-2 นาที
   2. หรี่ก๊อกน้ำให้ไหลเอื่อย ๆ แล้วนำขวดเก็บตัวอย่าง ซึ่งเป็นขวดแก้ว BOD ที่หุ้ม Foil มาเก็บตัวอย่างน้ำ โดยให้น้ำค่อย ๆ ไหลผ่านอย่างช้า ๆ (เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดฟองอากาศในขวดโดยให้เกิดฟองอากาศน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้) จนล้นเต็มขวด
   3. ใช้ฝาขวดค่อย ๆ ไล่จากก้นขวดไปถึงคอขวด เพื่อไล่ฟองอากาศจากขวด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4. ปิดจุกขวด แล้วจึงคว่ำ ให้น้ำที่ขังอยู่ตรงฝาขวดออกไปให้หมด
5. ปิเปตสารละลาย Na_2SO_3 มา 1.5 มิลลิลิตร ใส่ลงไปในขวดแก้ว BOD
6. ปิเปตสารละลาย H_3PO_4 มา 1.5 มิลลิลิตร ใส่ลงไปในขวดแก้ว BOD
7. ปิดจุกขวด แล้วเขย่าจนสารละลายข้างในขวดผสมกันดี แล้วจึงปิดด้วย cap (ฝาพลาสติกที่มากับขวด BOD) ที่มีน้ำขังอยู่ให้แน่น

บันทึกวัน และเวลาที่ทำการเก็บน้ำตัวอย่าง แล้วเก็บไว้ในที่เย็น อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส

3.2.3.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มไตรฮาโลมีเทน (THMs)

ตัวอย่างน้ำเมื่อทำการเก็บจากระบบประปาแล้วทำการส่งวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการการประปานครหลวง บางเขน กรุงเทพมหานคร โดยทำการวิเคราะห์สารกลุ่ม THMs ทั้ง 4 ชนิด โดยใช้เครื่อง Gas Chromatography with ECD (GC-ECD) Detector of Head-Space Technique (Hitachi model 263-50, ดังรูปที่ 3.6) โดยใช้ก๊าซ N_2 เป็น carrier gas อุณหภูมิของ Injection และ Detector อยู่ที่ 180 °C ค่าต่ำสุดของการวิเคราะห์ (Detection Limit) ของสาร Chloroform, $CHCl_2Br$, $CHClBr_2$, และ Bromoform มีค่าเท่ากับ 0.17, 0.05, 0.15 and 1.50 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ

รูปที่ 3.6 เครื่อง GC-ECD (Hitachi, model 263-50)

3.2.3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างสารกลุ่มโลหะหนัก (สารหนู (As) และปรอท (Hg))

การวิเคราะห์สารหนู (As) และ ปรอท (Hg) ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Adsorption Spectrophotometer, AAS (รูปที่ 3.8) การวิเคราะห์สารหนูใช้วิธี Hydride Generation Technique (3114) สำหรับวิเคราะห์สารปรอทใช้วิธี Cold Vapor Generation Technique (3112) (APHA, AWWA, WEF, 2012) โดยดัชนีคุณภาพน้ำของสารกลุ่มโลหะทำการวิเคราะห์โดยศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี กระบวนการวิเคราะห์ประกอบด้วย

1) เครื่องมือและอุปกรณ์
   1. Atomic Absorption Spectrometer (AAS)
   2. ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask)
   3. บีกเกอร์
   4. ขวดพลาสติกชนิด PP หรือ PE
2) สารเคมี
   1. กรดไนตริกเข้มข้น (HNO_3)
   2. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (HCl)
   3. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 30%
   4. สารละลายโลหะมาตรฐาน
3) การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก (รูปที่ 3.7) มีขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดังต่อไปนี้

รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก

4) การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. การเตรียมตัวอย่าง : ตวงน้ำตัวอย่างมา 100 มิลลิลิตร เติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร ใส่เม็ดแก้วแล้วนำไปตั้งบนเตาให้ความร้อน โดยทำให้สารละลายค่อย ๆ เดือด และระเหยไปอย่างช้า ๆ จนได้สารละลายใส ไม่มีสี ปริมาตร 10-20 มิลลิลิตร จากนั้นให้กรองสารละลาย แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ถ้าจะหาปริมาณของโครเมียม ให้เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30% 1 มิลลิลิตร ลงในสารละลายตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์
2. สร้างกราฟมาตรฐาน โดยเลือกสารละลายโลหะมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ แล้ววัดค่าดูดกลืนแสง โดยให้สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าดูดกลืนแสงกับความเข้มข้น
3. วิเคราะห์ตัวอย่าง โดยนำตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 1) มาทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometric โดยวิธี Direct Air-Acetylene Flame Method (3111) (รูปที่ 3.7) ซึ่งจะใช้วิธี Hydride Generation Technique สำหรับวิเคราะห์สารหนู และจะใช้วิธี Cold Vapor Generation Technique สำหรับการวิเคราะห์สารปรอท

รูปที่ 3.8 เครื่อง Atomic Absorption Spectrometric

3.2.3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างสารกลุ่มโลหะหนัก (Cr Mn Fe Ni Cu Zn Cd Pb)

การวิเคราะห์ตัวอย่างสารกลุ่มโลหะหนัก (Cr Mn Fe Ni Cu Zn Cd Pb) โดยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer, ICP-MS (ดังรูปที่ 3.9) ใช้เป็นเครื่องมือหาปริมาณธาตุในตัวอย่างชนิดต่าง ๆ โดยสามารถวิเคราะห์ชนิดของธาตุได้ถึง 81 ชนิดในการวัดตัวอย่างหนึ่งครั้ง โดยปริมาณของธาตุในตัวอย่าง ควรอยู่ในช่วงความเข้มข้นระดับ Part Per Billion (ppb) และมีปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่ไม่เกิน 0.2 % เครื่อง ICP-MS จะประกอบด้วยระบบหลัก ๆ 2 ระบบ คือ ส่วนของ ICP (Inductively Coupled Plasma) ที่ธาตุในตัวอย่างจะถูกไอออไนซ์เป็นอิออน แล้วผ่าน

ไปสู่ระบบของ Quadrupole Mass Spectrometer ในการแยกชนิดของธาตุ ๆ ตาม Atomic Mass-to-Charge Ratio ก่อนตรวจวัดปริมาณด้วย Electron Multiplier Detector โดยใช้ก๊าซ He เป็น carrier gas อุณหภูมิของ Injection และ detector อยู่ที่ 190 °C. ค่าต่ำสุดของการวิเคราะห์ (Detection limit) ของสาร Cd Cr Cu Zn Mn Ni และ Fe มีค่าเท่ากับ 0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01 and 0.001 µg/L ตามลำดับ

รูปที่ 3.9 เครื่อง Inductively Couple Plasma Mass Spectrometer (ICP-MS)

3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านโลหะหนักและ THMs นำมาการวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel for Windows สถิติที่ใช้ คือ สถิติเชิงพรรณนา ด้วยอัตราส่วนร้อย (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

3.3 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ

การศึกษานี้เป็นการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพเชิงปริมาณแบบจุด (Deterministic Risk Assessment) โดยการใช้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในพื้นที่จริงวิเคราะห์ผลคุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ และประเมินความเสี่ยงโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงสามารถทราบระดับความเสี่ยงของพื้นที่ได้ โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้

3.3.1 การเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานหรือเกณฑ์เสนอแนะคุณภาพน้ำ

การประเมินความเสี่ยงทางด้านสุขภาพ ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ผ่านมาทั้งของไทยและต่างประเทศ และเทียบกับค่ามาตรฐานหรือข้อแนะนำทั้งในและต่างประเทศ โดยการศึกษาทำการเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ.2553 และเกณฑ์เสนอแนะขององค์การอนามัยโลก พ.ศ.2551 (WHO, 2006) ดัชนีคุณภาพน้ำที่ทำการศึกษาประเภท

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โลหะหนักได้แก่ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) ตะกั่ว (Pb) โครเมียม (Cr) แคดเมียม (Cd) สารหนู (As) และ เมอคิวรี่ (Hg) โดยเกณฑ์คุณภาพน้ำและเกณฑ์เสนอแนะแสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัยและเกณฑ์แนะนำขององค์การอนามัยโลก

คุณลักษณะของน้ำ	**กรมอนามัย พ.ศ. 2553**[a]	**WHO, 2551**[b]	**หน่วยวัด**
เหล็ก (Fe)	ไม่เกิน 0.5	0.3	มิลลิกรัม/ลิตร
แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 0.3	0.1	มิลลิกรัม/ลิตร
ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 1.0	1	มิลลิกรัม/ลิตร
สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 3.0	4	มิลลิกรัม/ลิตร
ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.03	0.01	มิลลิกรัม/ลิตร
โครเมียม (Cr)	ไม่เกิน 0.05	0.05	มิลลิกรัม/ลิตร
แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.003	0.003	มิลลิกรัม/ลิตร
สารหนู (As)	ไม่เกิน 0.01	0.01	มิลลิกรัม/ลิตร
ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.001	0.001	มิลลิกรัม/ลิตร

หมายเหตุ: [a]เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของ กรมอนามัย พ.ศ.2553, [b]เกณฑ์เสนอแนะคุณภาพน้ำบริโภคขององค์การอนามัยโลก (WHO) พ.ศ.2551

สำหรับค่ามาตรฐานและค่าเสนอแนะของสารกลุ่ม THMs ซึ่งประกอบด้วย Chloroform ($CHCl_3$), Dichlorobromomethane ($CHCl_2Br$), Chlorodibromomethane ($CHClBr_2$) และ Bromoform ($CHBr_3$) พิจารณาเทียบกับค่ามาตรฐานและค่าแนะนำของสารกลุ่ม THMs ทั้งของหน่ายงานไทยและต่างประเทศแสดงดังตารางที่ 3.3 โดยสารกลุ่มนี้ถือว่าเป็นสารก่อมะเร็งกลุ่ม Possible Carcinogenic Compounds (B2 Class) สำหรับมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินอ้างอิงตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ.2537) ค่ามาตรฐาน ฯ ดังกล่าวที่เกี่ยวข้องกับค่าโลหะหนักในน้ำแสดงดังตารางที่ 3.4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.3 ค่ามาตรฐานและค่าแนะนำของสารกลุ่ม THMs ในน้ำ

THMs Species	Cancer group	WHO Guidelines (µg/L)	EU 2007	Japan Standards (µg/L)	USEPA Phase I (µg/L)
$CHCl_3$	B2	300	-	60	-
$CHCl_2Br$	B2	60	-	30	-
$CHClBr_2$	B2	100	-	10	-
$CHBr_3$	B2	100	-	90	-
Total THMs	-	Ratio of 1*	100	100	80

หมายเหตุ: B2 Probable human carcinogen, *The sum of the ratio of each of the four levels to their individual guideline value should not exceed 1

ตารางที่ 3.4 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ลำดับ	คุณภาพน้ำ[2/]	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[3/] ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ [1/]				
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
11.	ทองแดง (Cu)	มิลลิกรัม/ลิตร	ธ	0.1	0.1	0.1	-
12.	นิคเกิล (Ni)	มิลลิกรัม/ลิตร	ธ	0.1	0.1	0.1	-
13.	แมงกานีส (Mn)	มิลลิกรัม/ลิตร	ธ	1.0	1.0	1.0	-
14.	สังกะสี (Zn)	มิลลิกรัม/ลิตร	ธ	1.0	1.0	1.0	-
15.	แคดเมียม (Cd)	มิลลิกรัม/ลิตร	ธ	0.005* 0.05*	0.005* 0.05*	0.005* 0.05*	- -
16.	โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr Hexavalent)	มิลลิกรัม/ลิตร	ธ	0.05	0.05	0.05	-
17.	ตะกั่ว (Pb)	มิลลิกรัม/ลิตร	ธ	0.05	0.05	0.05	-
18.	ปรอททั้งหมด (Total Hg)	มิลลิกรัม/ลิตร	ธ	0.002	0.002	0.002	-
19.	สารหนู (As)	มิลลิกรัม/ลิตร	ธ	0.01	0.01	0.01	-

ที่มา: ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ.2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537 (ภาคผนวก ฐ)

หมายเหตุ:

1/ การแบ่งประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

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

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ
(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
(2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ
(3) การประมง
(4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ
(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
(2) การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ
(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
(2) การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

2/ กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

3/ ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด
ธ เป็นไปตามธรรมชาติ
ธ/ อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติ เกิน 3 องศาเซลเซียส
* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัม/ลิตร
** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ เกินกว่า 100 มิลลิกรัม/ลิตร
^{o}ซ องศาเซลเซียส
P20 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง
P80 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง
มก./ล. มิลลิกรัมต่อลิตร
มล. มิลลิลิตร
MPN เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

3.3.2 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารกลุ่ม THMs และ โลหะหนัก

การศึกษานี้จะทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพเชิงปริมาณแบบจุด (Deterministic risk assessment) ในกรณีที่นำน้ำมาบริโภค และได้รับสัมผัสสารเคมีตามเส้นทางการได้รับสัมผัส เช่นโลหะหนัก และสารกลุ่ม THMs โดย การประเมินความเสี่ยงตามหลักการขององค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (US EPA) (US EPA, 2005) ซึ่งวิเคราะห์ผลหาค่า Hazard Quotient (HQ) โดยค่า HQ มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่ามีปริมาณสารเกินค่าความปลอดภัยที่ร่างกายควรจะได้รับ ค่า HQ คำนวณได้จากปริมาณผู้บริโภคได้รับสารมลพิษต่อวัน (Average Daily Dose, ADD) ต่อค่า ค่าอ้างอิงความปลอดภัยจากการบริโภค (Reference Dose, RfD) (Shah et al, 2012; ธนาวัฒน์ รักกมล และคณะ, 2553) การศึกษานี้สารกลุ่มโลหะหนักทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพเฉพาะเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านการดื่มกิน (Ingestion pathway) แบบ Non-Carcinogenic Risk ของดังสมการที่ 1 และ 2

$$ADD = \frac{C \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (1)$$

และ

$$HQ = \frac{ADD}{RfD} \quad (2)$$

เมื่อ

C = ความเข้มข้นของสารมลพิษทางน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)

IR = อัตราการดื่มน้ำ (2 ลิตร/คน/วัน)

EF = ความถี่ในการสัมผัส (365 วัน/ปี)

ED = ช่วงระยะเวลาในการสัมผัส (70 ปี)

BW = น้ำหนักร่างกาย (65 กิโลกรัม)

AT = ช่วงระยะเวลาเฉลี่ยในการสัมผัส (25,550 วัน)

RfD = Toxicity Reference dose ในแต่ละสารเคมี เช่น As = 0.0003 mg/kg-day; $CHCl_3$ = 1×10^{-2} mg/kg-day; $CHCl_2Br$ = 2×10^{-2} mg/kg-day ดังตารางที่ 3.5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.5 ค่า Oral Toxicity Reference Dose (RfD) ของโลหะหนักที่ศึกษา

Species	**RfD** (mg/kg/day)$^{-1}$
Cd	0.0005
Pb	0.036
Zn	0.3
Fe	0.3
Mn	0.14
As	0.0003
Hg	0.08
Cu	0.037
Cr	1.5
Ni	0.02

ที่มา: (U.S. EPA, 2005); (Shah et al, 2012).

สำหรับสารกลุ่ม THMs พิจารณาเส้นทางการได้รับสัมผัสการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพผ่านการดื่มกิน (Oral Ingestion) ผ่านผิวหนัง (Dermal Absorption) และผ่านการหายใจเข้าไป (Inhalation exposure route) โดยผลรวมสะสมของความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกิดขึ้นทำการประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นของสารที่อ้างอิงต่อความเข้มข้นของสารในตัวอย่างน้ำ (RfD/C) หรือค่า Slope Factor (US EPA 2005) โดยผลรวมของการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารกลุ่ม THMs ในการศึกษานี้ทำการประเมินโดยพิจารณาทั้งสามเส้นทางการได้รับสัมผัสได้แก่ผ่านการดื่ม ผิวหนัง และการหายใจ สำหรับสารกลุ่มโลหะหนักทำการศึกษาเฉพาะเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านจากการบริโภคเท่านั้น การศึกษานี้ดำเนินการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนที่อุปโภคบริโภคน้ำประปาตามวิธีการของ US EPA (2005) และจากการศึกษาของ Lee et al. (2004), Wang et al. (2007) และ Basu and Gupta (2011) การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพแสดงดังสมการ (1) และ (2)

$$R_T = \sum_m (SF_i * d_i)$$
$$= \sum_{m=1}^{n} \left\{ \frac{C_m * EF * ED}{BW * AT} \left[\begin{matrix} (SF_{oral} * IR_w) + (SF_{dermal} * SA * K_p \\ * ET) + (SF_{inhalation} * K * IR_a * ET) \end{matrix} \right] \right\} \quad (3)$$

เมื่อ; RT, ผลรวมความเสี่ยงการเกิดมะเร็งตลอดช่วงชีวิต (unitless);
d_i, ความเข้มข้นในแต่ละเส้นทางการได้รับสัมผัส *i* (mg/kg*day);
m, จำนวนของสารเคมีที่สนใจ (unitless);
SF_i,, ค่า Slope factor ในแต่ละเส้นทางการได้รับสัมผัส *i* (mg/kg*day)$^{-1}$;
i = เส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านการดื่มกิน หายใจ และผิวหนัง;
C_m, ความเข้มข้นของสาร *m* ในน้ำ (mg/L);

EF, ความถี่ของการได้รับสัมผัส (days/year);
ED, ระยะเวลาของการได้รับสัมผัส (year);
ET, เวลาของการได้รับสัมผัส (h/day);
IR_a, อัตราการหายใจต่อวัน (m^3/day);
IR_w, อัตราการดื่มน้ำต่อวัน (L/day);
K, Volatilization factor (unitless);
SA, พื้นที่ผิวหนังสัมผัส (cm^2);
K_p ค่าคงที่ของสารคมีซึมผ่านผิวหนัง (cm/h);
BW, น้ำหนักตัว (kg);
AT, เวลาเฉลี่ย (days).

$$Total\ cancer\ risk = Risk_{oral\ ingestion} + Risk_{inhalation} + Risk_{dermal\ absorption} \quad (4)$$

ผลรวมของค่าดัชนีความเสี่ยงตลอดช่วงชีวิตของสาร THMs ของทั้งสามเส้นทางการได้รับสัมผัส ผลรวมของค่าดัชนีความเสี่ยงตลอดช่วงชีวิตแสดงดังสมการ (5) และ (6)

$$HI_T = \sum_m (d_i / RfD_i) = \sum_{m=1}^{n} \left\{ \frac{C_m * EF * ED}{BW * AT} * \left[\left(\frac{IR_w}{RfD_{oral}} \right) + \left(\frac{SA * K_p * ET}{RfD_{dermal}} \right) + \left(\frac{K * IR_a * ET}{RfD_{inhalation}} \right) \right] \right\} \quad (5)$$

เมื่อ; HI_T ,ผลรวมค่า hazard index ตลอดช่วงชีวิต (unitless);
RfD_i, ค่าความเข้มข้นของสารที่อ้างอิงตามเส้นทางการได้รับสัมผัส *i* (mg/kg*day);
I = เส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านการดื่มกิน หายใจ และผิวหนัง *I*

$$Total\ hazard\ index\ (HI) = HI_{oral\ ingestion} + HI_{inhalation} + HI_{dermal\ absorption} \quad (6)$$

การศึกษานี้ใช้ค่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยของคนไทยที่ 68.83 kg สำหรับผู้ชาย และ 57.40 kg สำหรับผู้หญิง (Well et al., 2011) ค่าเฉลี่ยของการมีชีวิตตลอดช่วงอายุของคนไทย (Average Life Time Expectancy) สำหรับผู้ชายมีค่าเท่ากับ 66 ปี และผู้หญิงมีค่าเท่ากับ 74 ปี การบริโภคน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 2.0 L/day (US EPA 2005) อัตราการหายใจต่อวันมีค่าเท่ากับ 20 m^3/day (Lee, 2004) ค่าความเข้มข้นของสาร THMs ในอากาศผ่านการหายใจเข้าโดยใช้การประมาณค่าจากค่า Volatilization Factor ของ 0.0005×1000 L/m^3 (US EPA, 1991) สำหรับค่าความเข้มข้นอ้างอิง (Reference Dose, RfD) ใช้ในการคำนวณค่า Hazard Index (HI) หรือ ค่า Hazard Quotient (HQ) สำหรับสารที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ (Non-Carcinogenic risk) โดยถ้าค่า HI > 1 แสดงว่ามีความเสี่ยงต่อสุขภาพ สำหรับค่า Slope Factor ใช้ในการคำนวณสารในกลุ่มที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ (Carcinogenic Risk) โดยค่าที่ Slope Factor สูงแสดงถึงศักยภาพในการเกิดมะเร็งได้สูงเช่นกัน โดยค่า Slope Factor

และค่า Reference Dose (RfD) ของสารกลุ่มโลหะหนัก แสดงดังตารางที่ 3.5 และค่า RfD ของ THMs แสดงดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ค่า Slope Factor และค่า Reference Dose (RfD) ของ THMs

Species	SF oral $(mg/kg/day)^{-1}$	SF dermal $(mg/kg/day)^{-1}$	SF inhalation $(mg/kg/day)^{-1}$	RfD $(mg/kg/day)^{-1}$
$CHCl_3$	6.10×10^{-3}	3.05×10^{-2}	8.05×10^{-2}	1.00×10^{-2}
$CHCl_2Br$	6.20×10^{-2}	6.33×10^{-2}	6.20×10^{-2}	2.00×10^{-2}
$CHClBr_2$	8.40×10^{-2}	1.40×10^{-1}	8.40×10^{-2}	2.00×10^{-2}
$CHBr_3$	7.90×10^{-2}	1.32×10^{-2}	3.85×10^{-3}	2.00×10^{-2}

ที่มา: IRIS (2005); (RAIS, 2005); (Wang et al., 2007).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการศึกษาและอภิปรายผล

การดำเนินการวิจัยนี้เป็นการศึกษาปริมาณโลหะหนักและไตรฮาโลมีเทนในน้ำประปาจากระบบประปาในเขตเมืองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง และประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของโลหะหนักและไตรฮาโลมีเทนจากการอุปโภคบริโภคน้ำประปาในเขตเมืองของ 4 จังหวัดในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ การศึกษานี้ทำการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำของสาร THMs จำนวน 22 ตัวอย่าง และโลหะหนักจำนวน 44 ตัวอย่าง โดยคุณภาพน้ำในระบบประปาทำการเก็บตัวอย่างน้ำประปาทั้งหมด 3 จุด ได้แก่ บริเวณแหล่งน้ำดิบ (สำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก, HMs) บริเวณจุดจ่ายน้ำประปาจากระบบประปาเช่นหอถังสูง (สำหรับการวิเคราะห์ THMs) และปลายท่อบ้านผู้ใช้น้ำ หรือก๊อกน้ำ (สำหรับการวิเคราะห์ THMs และ HMs) ผลการศึกษาและการอภิปรายผลประกอบด้วย 4.1) ระบบผลิตน้ำประปาในพื้นที่การศึกษา 4.2 ผลการศึกษาสากลุ่ม THMs 4.3) การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการอุปโภคบริโภคน้ำประปาผิวดิน 4.4) ผลการศึกษาสารกลุ่มโลหะหนัก 4.5) การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารกลุ่มโลหะหนักและอภิปรายผล ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 ระบบผลิตน้ำประปาในพื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้ทำการสำรวจระบบประปาในเขตชุมชนเมืองจำนวน 10 แห่งใน 4 จังหวัด ประกอบด้วยจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ โดยระบบประปาส่วนใหญ่มีระบบผลิตน้ำประปาเป็นประภททรายกรองเร็ว ยกเว้นระบบประปาในเทศบาลเมืองบัวใหญ่ เทศบาลตำบลพิมาย เทศบาลเมืองบุรีรัมย์ และเทศบาลเมืองสุรินทร์ที่มีการเพิ่มระบบผลิตน้ำเป็นประเภท Mobile Plant (Prefabricated Water Treatment Plant) ควบคู่กับการเดินระบบประปาทรายกรองเร็ว ทั้งนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในช่วงที่มีความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้น โดยระบบ Mobile Plant จะมีการออกแบบระบบการตกตะกอนแบบ Vacuum Type Sludge Blanket Clarifier ส่วนระบบทรายกรองแบบ Horizontal Sand Filter รูปแบบกระบวนการผลิตน้ำประปาแสดงดังตารางที่ 4.1

สำหรับระบบประปาทรายกรองเร็วมีระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำประกอบด้วย การสูบน้ำดิบ การกวนเร็ว การกวนช้า การตกตะกอน การกรอง การฆ่าเชื้อโรค และการส่งจ่ายน้ำถึงผู้รับบริการ ระบบประปาที่มีกำลังการผลิตสูงที่สุดคือระบบประปาของเทศบาลนครนครราชสีมาที่มีกำลังการผลิต 4,550 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (ลบ.ม./ชม.) รองลงมาได้แก่ระบบประปาส่วนภูมิภาคเมืองบุรีรัมย์ 2,000 ลบ.ม./ชม. และระบบประปาส่วนภูมิภาคเมืองสุรินทร์ 1,900 ลบ.ม./ชม. ตามลำดับ รูปแบบการขนส่งท่อน้ำดิบทั้งหมดเป็นระบบท่อปิดดังรายละเอียดในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 รูปแบบกระบวนการผลิตน้ำประปา

ลำดับ	จังหวัด	หน่วยบริการ	รูปแบบกระบวนการผลิต	กำลังการผลิตจริง (ลบ.ม./ชม.)
1	นครราชสีมา	เทศบาลนครนครราชสีมา	ทรายกรองเร็ว	4,550
2	นครราชสีมา	เทศบาลเมืองบัวใหญ่	ทรายกรองเร็วและ Mobile plant	320
3	นครราชสีมา	เทศบาลตำบลแชะ (กปภ.)	ทรายกรองเร็ว	130
4	นครราชสีมา	เทศบาลตำบลพิมาย (กปภ.)	ทรายกรองเร็วและ Mobile plant	240
5	ชัยภูมิ	เทศบาลเมืองชัยภูมิ (กปภ.)	ทรายกรองเร็ว	800
6	ชัยภูมิ	เทศบาลตำบลลาดใหญ่	ทรายกรองเร็ว	48
7	บุรีรัมย์	เทศบาลเมืองบุรีรัมย์ (กปภ.)	ทรายกรองเร็วและ Mobile plant	2,000
8	บุรีรัมย์	เทศบาลตำบลประโคนชัย	ทรายกรองเร็ว	160
9	สุรินทร์	เทศบาลเมืองสุรินทร์ (กปภ.)	ทรายกรองเร็วและ Mobile plant	1,900
10	สุรินทร์	เทศบาลตำบลกังแอน	ทรายกรองเร็ว	160

ตารางที่ 4.2 รูปแบบการขนส่งท่อน้ำดิบ

ลำดับ	จังหวัด	หน่วยบริการ	รูปแบบท่อ	ขนาดท่อดูดน้ำ (มม.)
1	นครราชสีมา	เทศบาลนครนครราชสีมา	ท่อปิด	900
2	นครราชสีมา	เทศบาลเมืองบัวใหญ่	ท่อปิด	300
3	นครราชสีมา	เทศบาลตำบลแชะ (กปภ.)	ท่อปิด	300
4	นครราชสีมา	เทศบาลตำบลพิมาย (กปภ.)	ท่อปิด	250
5	ชัยภูมิ	เทศบาลเมืองชัยภูมิ (กปภ.)	ท่อปิด	400
6	ชัยภูมิ	เทศบาลตำบลลาดใหญ่	ท่อปิด	153
7	บุรีรัมย์	เทศบาลเมืองบุรีรัมย์ (กปภ.)	ท่อปิด	900
8	บุรีรัมย์	เทศบาลตำบลประโคนชัย	ท่อปิด	254
9	สุรินทร์	เทศบาลเมืองสุรินทร์ (กปภ.)	ท่อปิด	600
10	สุรินทร์	เทศบาลตำบลกังแอน	ท่อปิด	254

4.2 ผลการศึกษาของสารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs)

สาร Trihalomethanes (THM_s) ที่ทำการวิเคราะห์ในการศึกษานี้ประกอบด้วย Chloroform, Bromodichloromethane (BDCM), Dibromochloromathane (DBCM), Bromoform และ Total Trihalomethanes โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณจุดจ่ายน้ำประปาจากระบบประปา เช่นหอถังสูงและบ้านผู้ใช้น้ำเช่นก๊อกน้ำบ้านผู้ใช้ โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำเฉพาะฤดูแล้งในช่วงเดือนมกราคม-เดือนเมษายน 2559 ซึ่งมีจำนวนตัวอย่างน้ำรวมทั้งสิ้น 22 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นตัวอย่างน้ำของจังหวัดนครราชราชสีมาจำนวน 10 ตัวอย่าง จังหวัดชัยภูมิจำนวน 4 ตัวอย่าง จังหวัดบุรีรัมย์จำนวน 4 ตัวอย่าง และจังหวัดสุรินทร์จำนวน 4 ตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ THMs ทั้งหมด 5 พารามิเตอร์ตามมาตรฐานน้ำดื่มตามค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2011 โดยทำการวิเคราะห์ ณ ห้องปฏิบัติการการประปานครหลวง บางเขน กรุงเทพมหานคร รายละเอียดผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่ม THMs แสดงดังภาคผนวก ก

4.2.1 สาร Chloroform ในน้ำประปา

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำประปาในรูปของสาร Chloroform น้ำประปาบริเวณจุดจ่ายน้ำ (หอถังสูง) มีค่าอยู่ในช่วง 4.37-66.72 µg/L และน้ำประปาบริเวณบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 0.47 -26.64 µg/L โดยสาร Chloroform ในน้ำประปาพบว่ามีค่าสูงที่สุดที่ระบบประปาเทศบาลเมืองบุรีรัมย์ บริเวณจุดจ่ายน้ำระบบประปา (หอถังสูง) โดยมีค่าเท่ากับ 66.72 µg/L รองลงมาได้แก่จุดจ่ายน้ำระบบประปาส่วนภูมิภาคครบุรี จังหวัดนครราชสีมา โดยมีค่าเท่ากับ 61.64 µg/L โดยสาร Chloroform ในน้ำประปาผิวดินในจุดบ้านผู้ใช้พบว่ามีค่าสูงที่สุดที่การประปาส่วนภูมิภาคบุรีรัมย์มีค่าเท่ากับ 26.64 µg/L รองลงมาที่การประปาเทศบาลอัษฎางค์นครราชสีมามีค่าเท่ากับ 22.08 µg/L ตามลำดับ โดยสาร Chloroform ส่วนใหญ่จะพบที่จุดจ่ายน้ำประปามากกว่าจุดบ้านผู้ใช้ยกเว้นที่การประปาอัษฎางค์และพิมายจังหวัดนครราชสีมาในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยสาร Chloroform ในน้ำประปาทั้งบริเวณจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ทุกตัวอย่างในการศึกษานี้มีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามค่าเสนอแนะขององค์การอนามัยโลก ปี 2011 ซึ่งค่าเสนอแนะฯ กำหนดไว้ไม่เกิน 300 µg/L ผลการศึกษาค่า Chloroform ในน้ำประปาจากระบบประปาผิวดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 Chloroform ในน้ำประปาจากระบบประปาผิวดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

จังหวัด	**จุดเก็บตัวอย่าง**	Chloroform (ug/L)	
		หอถังสูง	**บ้านผู้ใช้**
นครราชสีมา	ประปาเทศบาลมะขามเฒ่า	24.76	22.6
	ประปาเทศบาลอัษฎางค์	19.63	22.08
	ประปาส่วนภูมิภาคครบุรี	61.64	43
	ประปาส่วนภูมิภาคพิมาย	16.71	20.27
	ประปาเทศบาลบัวใหญ่	7.33	7.07
สุรินทร์	ประปาเทศบาลกังแอน	4.37	2.49
	ประปาส่วนภูมิภาคสุรินทร์	24	17.44

ตารางที่ 4.3 Chloroform ในน้ำประปาจากระบบประปาผิวดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง (ต่อ)

จังหวัด	จุดเก็บตัวอย่าง	Chloroform (ug/L)	
		หอถังสูง	บ้านผู้ใช้
บุรีรัมย์	ประปาเทศบาลประโคนชัย	66.72	0.47
	ประปาส่วนภูมิภาคบุรีรัมย์	37.82	26.64
ชัยภูมิ	ประปาส่วนภูมิภาคชัยภูมิ	10.22	9.47
	ประปาเทศบาลลาดใหญ่	12.24	7.15

4.2.2 สาร Bromodichloromethane (BDCM) ในน้ำประปา

สาร Bromodichloromethane (BDCM) ในน้ำประปาจากระบบประปาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างในบริเวณจุดจ่ายน้ำ (หอถังสูง) มีค่าอยู่ในช่วง 0.52-14.13 µg/L และน้ำประปาบริเวณบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 0.23-10.76 µg/L โดยสาร BDCM ในน้ำประปาพบว่ามีค่าสูงที่สุดที่ระบบประปาส่วนภูมิภาคครบุรี บริเวณจุดจ่ายน้ำระบบประปา (หอถังสูง) โดยมีค่าเท่ากับ 14.13 µg/L รองลงมาได้แก่จุดจ่ายน้ำระบบประปาเทศบาลมะขามเฒ่า จังหวัดนครราชสีมา โดยมีค่าเท่ากับ 8.52 µg/L โดยสาร BDCM ในน้ำประปาผิวดินในจุดบ้านผู้ใช้พบว่ามีค่าสูงที่สุดที่ระบบประปาส่วนภูมิภาคครบุรี มีค่าเท่ากับ 10.76 µg/L รองลงมาที่การประปาเทศบาลอัษฎางค์นครราชสีมามีค่าเท่ากับ 8.41 µg/L ตามลำดับ โดยสาร BDCM ส่วนใหญ่จะพบที่จุดจ่ายน้ำประปามากกว่าจุดบ้านผู้ใช้ยกเว้นที่การประปาอัษฎางค์และบุรีรัมย์ซึ่งพบเพิ่มขึ้นในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยสาร BDCM ในน้ำประปาทั้งบริเวณจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ทุกตัวอย่างในการศึกษานี้มีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามค่าเสนอแนะขององค์การอนามัยโลก ปี 2011 ซึ่งค่าค่าเสนอแนะฯ กำหนดไว้ไม่เกิน 60 µg/L ผลการศึกษาค่า BDCM ในน้ำประปาจากระบบประปาผิวดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างแสดงดังตารางที่ 4.4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 ค่า BDCM ในน้ำประปาจากระบบประปาผิวดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

จังหวัด	จุดเก็บตัวอย่าง	BDCM (ug/L)	
		หอถังสูง	บ้านผู้ใช้
นครราชสีมา	ประปาเทศบาลมะขามเฒ่า	8.52	5.4
	ประปาเทศบาลอัษฎางค์	7.7	8.41
	ประปาส่วนภูมิภาคครบุรี	14.13	10.76
	ประปาส่วนภูมิภาคพิมาย	7.92	7.92
	ประปาเทศบาลบัวใหญ่	5.21	4.84
สุรินทร์	ประปาเทศบาลกังแอน	0.52	0.85
	ประปาส่วนภูมิภาคสุรินทร์	2.21	1.94
บุรีรัมย์	ประปาเทศบาลประโคนชัย	6.89	0.23
	ประปาส่วนภูมิภาคบุรีรัมย์	3.94	5.14
ชัยภูมิ	ประปาส่วนภูมิภาคชัยภูมิ	2.7	2.49
	ประปาเทศบาลลาดใหญ่	3.08	1.68

4.2.3 สาร Dibromocholoromethane (DBCM) ในน้ำประปา

น้ำประปาจากระบบประปาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างในการศึกษานี้พบสาร Dibromocholoromethane (DBCM) ในบริเวณจุดจ่ายน้ำ (หอถังสูง) มีค่าอยู่ในช่วง 0.16-5.62 µg/L และน้ำประปาบริเวณบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง nd-5.82 µg/L โดยสาร DBCM ในน้ำประปาพบว่ามีค่าสูงที่สุดที่ระบบประปาส่วนภูมิภาคครบุรี บริเวณจุดจ่ายน้ำระบบประปา (หอถังสูง) โดยมีค่าเท่ากับ 5.62 µg/L รองลงมาได้แก่จุดจ่ายน้ำระบบประปาอัษฎางค์จังหวัดนครราชสีมา โดยมีค่าเท่ากับ 5.18 µg/L โดยสาร DBCM ในน้ำประปาผิวดินในจุดบ้านผู้ใช้พบว่ามีค่าสูงที่สุดที่ระบบประปาพิมาย มีค่าเท่ากับ 5.82 µg/L รองลงมาที่การประปาเทศบาลอัษฎางค์นครราชสีมามีค่าเท่ากับ 5.22 µg/L ตามลำดับ โดยสาร DBCM ในน้ำประปาทั้งบริเวณจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ทุกตัวอย่างในการศึกษานี้มีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามค่าเสนอแนะขององค์การอนามัยโลก ปี 2011 ซึ่งค่าค่าเสนอแนะฯ กำหนดไว้ไม่เกิน 100 µg/L ผลการศึกษาค่า DBCM ในน้ำประปาจากระบบประปาผิวดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่า DBCM ในน้ำประปาจากระบบประปาผิวดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

จังหวัด	จุดเก็บตัวอย่าง	DBCM (ug/L)	
		หอถังสูง	บ้านผู้ใช้
นครราชสีมา	ประปาเทศบาลมะขามเฒ่า	3.99	2.68
	ประปาเทศบาลอัษฎางค์	5.18	5.22
	ประปาส่วนภูมิภาคครบุรี	5.9	4.83
	ประปาส่วนภูมิภาคพิมาย	5.62	5.82
	ประปาเทศบาลบัวใหญ่	4.48	4.19
สุรินทร์	ประปาเทศบาลกังแอน	0.16	nd
	ประปาส่วนภูมิภาคสุรินทร์	0.57	nd
บุรีรัมย์	ประปาเทศบาลประโคนชัย	2.68	0.17
	ประปาส่วนภูมิภาคบุรีรัมย์	2	1
ชัยภูมิ	ประปาส่วนภูมิภาคชัยภูมิ	2.28	2.11
	ประปาเทศบาลลาดใหญ่	2.57	1.98

หมายเหตุ: ค่า nd ของ DBCM มีค่าเท่ากับ 0.15 µg/L

4.2.4 สาร Bromoform ในน้ำประปา

สาร Bromoform น้ำประปาจากระบบประปาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างในการศึกษานี้จากการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างไม่พบสาร Bromoform โดยมีค่าน้อยกว่า 1.50 µg/L ในทุกตัวอย่างน้ำโดยค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามค่าเสนอแนะขององค์การอนามัยโลก ปี 2006 กำหนดค่า Bromoform ไว้ไม่เกิน 100 µg/L ผลการศึกษาค่า Bromoform ในน้ำประปาจากระบบประปาผิวดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างแสดงดังตารางที่ 4.6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.6 ค่า Bromoform ในน้ำประปาจากระบบประปาผิวดิน

จังหวัด	จุดเก็บตัวอย่าง	Bromoform (ug/L)	
		หอถังสูง	บ้านผู้ใช้
นครราชสีมา	ประปาเทศบาลมะขามเฒ่า	nd	nd
	ประปาเทศบาลอัษฎางค์	nd	nd
	ประปาส่วนภูมิภาคครบุรี	nd	nd
	ประปาส่วนภูมิภาคพิมาย	nd	nd
	ประปาเทศบาลบัวใหญ่	nd	nd
สุรินทร์	ประปาเทศบาลกังแอน	nd	nd
	ประปาส่วนภูมิภาคสุรินทร์	nd	nd
บุรีรัมย์	ประปาเทศบาลประโคนชัย	nd	nd
	ประปาส่วนภูมิภาคบุรีรัมย์	nd	nd
ชัยภูมิ	ประปาส่วนภูมิภาคชัยภูมิ	nd	nd
	ประปาเทศบาลลาดใหญ่	nd	nd

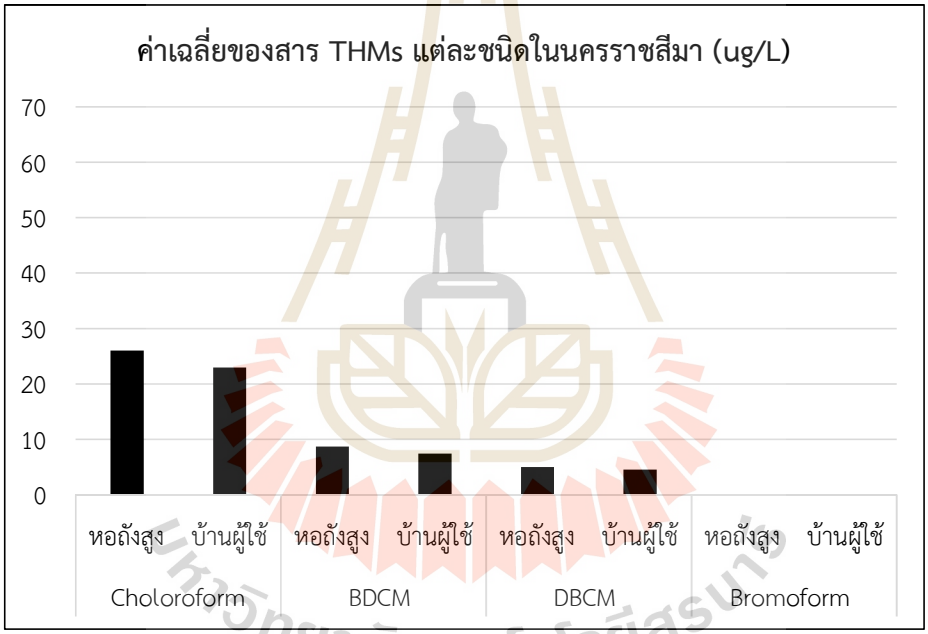
หมายเหตุ: ค่า nd ของ Bromoform มีค่าเท่ากับ 1.50 µg/L

4.2.5 สารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาของจังหวัดนครราชสีมา

ผลการวิเคราะห์ Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาในจังหวัดนครราชสีมาพบสาร Chloroform มีค่าสูงที่สุด บริเวณจุดจ่ายน้ำระบบประปาการประปาส่วนภูมิภาคครบุรี มีค่า 61.64 µg/L รองลงมาได้แก่จุดบริเวณจุดจ่ายน้ำในบริเวณประปามะขามเฒ่านครราชสีมาโดยมีค่าเท่ากับ 24.76 µg/L โดยสาร Chloroform ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำ (หอถังสูง) และจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26 และ 23 µg/L ตามลำดับ สำหรับสาร Bromodichloromethane (BDCM) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.7 และ 7.4 µg/L ตามลำดับ สาร Dibromochloromathane (DBCM) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 และ 4.5 µg/L ตามลำดับ ส่วนสาร Bromoform ไม่พบในน้ำตัวอย่าง สำหรับค่า Trihalomethanes (sum of ratio) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 0.1-0.5 โดยสารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินทั้งบริเวณจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ทุกตัวอย่างในจังหวัดนครราชสีมามีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2011 ผลการศึกษาค่า THMs ในน้ำประปาผิวดินจากระบบประปาในจังหวัดนครราชสีมาแสดงดังตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสาร THMs แต่ละชนิดในน้ำประปาในจุดจ่ายน้ำและบ้านผู้ใช้แสดงดังรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.7 สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินในจังหวัดนครราชสีมา

จุดเก็บตัวอย่าง	Choloroform (ug/L)		BDCM (ug/L)		DBCM (ug/L)		Bromoform (ug/L)	
	หอถังสูง	บ้านผู้ใช้	หอถังสูง	บ้านผู้ใช้	หอถังสูง	บ้านผู้ใช้	หอถังสูง	บ้านผู้ใช้
ประปาเทศบาลมะขามเฒ่า	24.76	22.60	8.52	5.40	3.99	2.68	nd	nd
ประปาเทศบาลอัษฎางค์	19.63	22.08	7.70	8.41	5.18	5.22	nd	nd
ประปาครบุรี	61.64	43.00	14.13	10.76	5.90	4.83	nd	nd
ประปาส่วนภูมิภาคพิมาย	16.71	20.27	7.92	7.92	5.62	5.82	nd	nd
ประปาเทศบาลบัวใหญ่	7.33	7.07	5.21	4.84	4.48	4.19	nd	nd
ค่าต่ำสุด	7.33	7.07	5.21	4.84	3.99	2.68	-	-
ค่าสูงสุด	61.64	43	14.13	10.76	5.90	5.82	-	-
ค่าเฉลี่ย	26.01	23	8.70	7.47	5.03	4.55	-	-
SD	20.90	12.87	3.29	2.40	0.79	1.20	-	-
WHO Guideline (2011)	<300	<300	<60	<60	<100	<100	<100	<100



รูปที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของสาร THMs แต่ละชนิดในน้ำประปาในนครราชสีมา

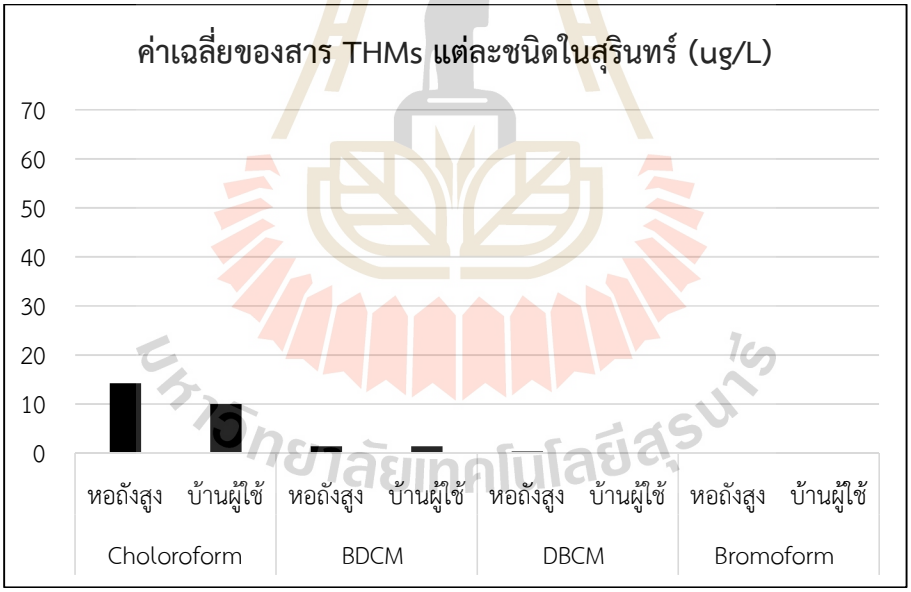
4.2.6 สารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาของจังหวัดสุรินทร์

สารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาในจังหวัดสุรินทร์ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำพบสาร Chloroform มีค่าสูงที่สุด บริเวณจุดจ่ายน้ำระบบประปาการประปาส่วนภูมิภาคเมืองสุรินทร์ มีค่า 24 µg/L รองลงมาได้แก่จุดบริเวณบ้านผู้ใช้ในระบบประปาเดียวกันโดยมีค่าเท่ากับ 17.44 µg/L โดยสาร Chloroform ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำ (หอถังสูง) และจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.1 และ 9.9 µg/L ตามลำดับ สำหรับสาร Bromodichloromethane (BDCM) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.3 และ 1.4 µg/L ตามลำดับ สาร

Dibromochloromathane (DBCM) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.37 µg/L และไม่พบในจุดบ้านผู้ใช้ ส่วนสาร Bromoform ไม่พบในน้ำตัวอย่าง สำหรับค่า Trihalomethanes (sum of ratio) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 0.02-0.12 โดยสารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินทั้งบริเวณจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ทุกตัวอย่างในจังหวัดนครราชสีมามีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2011 ผลการศึกษาค่า THMs ในน้ำประปาผิวดินจากระบบประปาในจังหวัดนครราชสีมาแสดงดังตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสาร THMs แต่ละชนิดในน้ำประปาในจุดจ่ายน้ำและบ้านผู้ใช้แสดงดังรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.8 ค่า THMs ในน้ำประปาผิวดินจากระบบประปาในจังหวัดสุรินทร์

จุดเก็บตัวอย่าง	Choloroform (ug/L)		BDCM (ug/L)		DBCM (ug/L)		Bromoform (ug/L)	
	หอถังสูง	บ้านผู้ใช้	หอถังสูง	บ้านผู้ใช้	หอถังสูง	บ้านผู้ใช้	หอถังสูง	บ้านผู้ใช้
ประปาเทศบาลกังแอน	4.37	2.49	0.52	0.85	0.16	nd	nd	nd
ประปาส่วนภูมิภาคสุรินทร์	24.00	17.44	2.21	1.94	0.57	nd	nd	nd
ค่าต่ำสุด	4.37	2.49	0.52	0.85	0.16	-	-	-
ค่าสูงสุด	24.00	17.44	2.21	1.94	0.57	-	-	-
ค่าเฉลี่ย	14.19	9.97	1.37	1.40	0.37	-	-	-
SD	13.88	10.57	1.20	0.77	0.29	-	-	-
WHO Guideline (2011)	<300	<300	<60	<60	<100	<100	<100	<100



รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของสาร THMs แต่ละชนิดในน้ำประปาในจังหวัดสุรินทร์

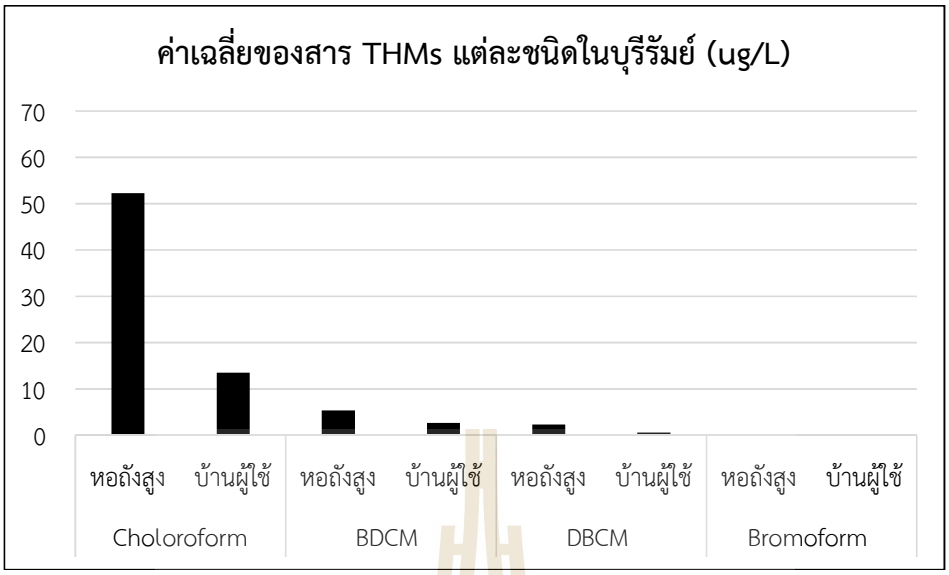
4.2.7 สารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาของจังหวัดบุรีรัมย์

น้ำประปาในจังหวัดบุรีรัมย์พบสารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ประเภทสาร Chloroform มีค่าสูงที่สุด บริเวณจุดจ่ายน้ำระบบประปาการประปาเทศบาลประโคนชัย มีค่า 66.72 µg/L รองลงมาได้แก่จุดบริเวณจุดจ่ายน้ำการประปาเมืองบุรีรัมย์โดยมีค่าเท่ากับ 37.82 µg/L โดยสาร Chloroform ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำ (หอถังสูง) และจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.2 และ 13.5 µg/L ตามลำดับ สำหรับสาร Bromodichloromethane (BDCM) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.4 และ 2.6 µg/L ตามลำดับ สาร Dibromochloromathane (DBCM) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.3 และ 0.5 µg/L ส่วนสาร Bromoform ไม่พบในน้ำตัวอย่าง สำหรับค่า Trihalomethanes (sum of ratio) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 0.01-0.36 µg/L โดยสารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินทั้งบริเวณจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ทุกตัวอย่างในจังหวัดนครราชสีมามีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2011 ผลการศึกษาค่า THMs ในน้ำประปาผิวดินจากระบบประปาในจังหวัดนครราชสีมาแสดงดังตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสาร THMs แต่ละชนิดในน้ำประปาในจุดจ่ายน้ำและบ้านผู้ใช้แสดงดังรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.9 ค่า THMs ในน้ำประปาผิวดินจากระบบประปาในจังหวัดบุรีรัมย์

จุดเก็บตัวอย่าง	Choloroform (ug/L)		BDCM (ug/L)		DBCM (ug/L)		Bromoform (ug/L)	
	หอถังสูง	บ้านผู้ใช้	หอถังสูง	บ้านผู้ใช้	หอถังสูง	บ้านผู้ใช้	หอถังสูง	บ้านผู้ใช้
ประปาเทศบาลประโคนชัย	66.72	0.47	6.89	0.23	2.68	0.17	nd	nd
ประปาส่วนภูมิภาคบุรีรัมย์	37.82	26.64	3.94	5.14	2	1	nd	nd
ค่าต่ำสุด	37.82	0.47	3.94	0.23	2.00	0.17	-	-
ค่าสูงสุด	66.72	26.64	6.89	5.14	2.68	1.00	-	-
ค่าเฉลี่ย	52.27	13.56	5.42	2.69	2.34	0.59	-	-
SD	20.44	18.50	2.09	3.47	0.48	0.59	-	-
WHO Guideline (2011)	<300	<300	<60	<60	<100	<100	<100	<100

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



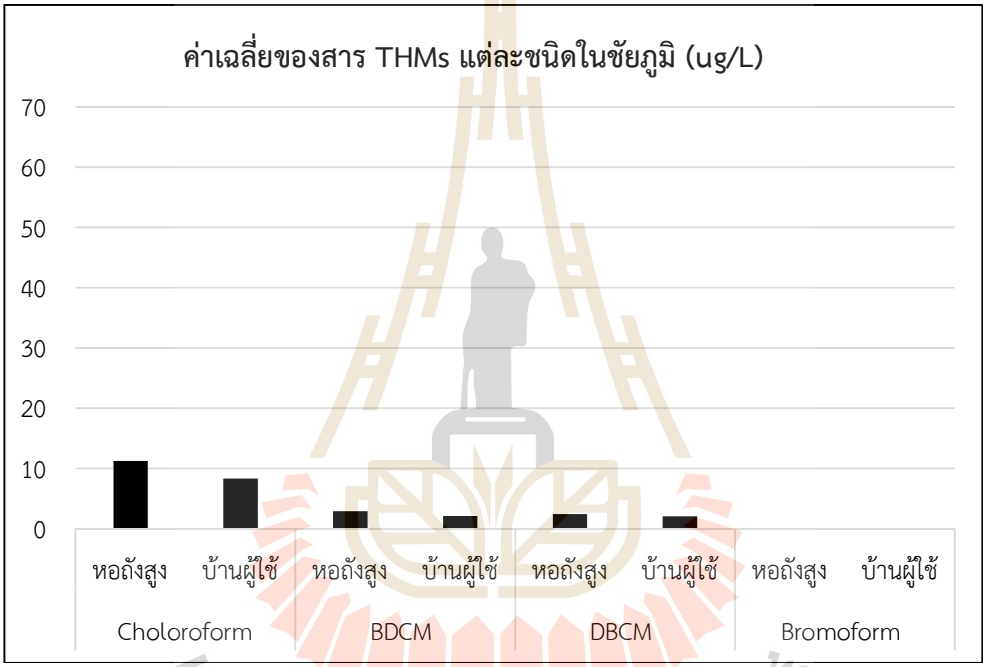
รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยของสาร THMs แต่ละชนิดในน้ำประปาในจังหวัดบุรีรัมย์

4.2.8 สารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาของจังหวัดชัยภูมิ

สาร Chloroform มีค่าสูงที่สุดในสารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาจังหวัดชัยภูมิพบ โดยพบมากที่สุดบริเวณจุดจ่ายน้ำระบบประปาการประปาเทศบาลลาดใหญ่ มีค่า 12.24 µg/L รองลงมาได้แก่จุดบริเวณจุดจ่ายน้ำการประปาส่วนภูมิภาคชัยภูมิโดยมีค่าเท่ากับ 10.22 µg/L โดยสาร Chloroform ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำ (หอถังสูง) และจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.2 และ 8.3 µg/L ตามลำดับ สำหรับสาร Bromodichloromethane (BDCM) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.8 และ 2 µg/L ตามลำดับ สาร Dibromochloromathane (DBCM) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.4 และ 2.0 µg/L ส่วนสาร Bromoform ไม่พบในน้ำตัวอย่าง สำหรับค่า Trihalomethanes (sum of ratio) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 0.07-0.12 µg/L โดยสารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินทั้งบริเวณจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ทุกตัวอย่างในจังหวัดนครราชสีมามีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2011 ผลการศึกษาค่า THMs ในน้ำประปาผิวดินจากระบบประปาในจังหวัดนครราชสีมาแสดงดังตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสาร THMs แต่ละชนิดในน้ำประปาในจุดจ่ายน้ำและบ้านผู้ใช้แสดงดังรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.10 ค่า THMs ในน้ำประปาผิวดินจากระบบประปาในจังหวัดชัยภูมิ

จุดเก็บตัวอย่าง	Choloroform (ug/L)		BDCM (ug/L)		DBCM (ug/L)		Bromoform (ug/L)	
	หอถังสูง	บ้านผู้ใช้	หอถังสูง	บ้านผู้ใช้	หอถังสูง	บ้านผู้ใช้	หอถังสูง	บ้านผู้ใช้
ประปาส่วนภูมิภาคชัยภูมิ	10.22	9.47	2.7	2.49	2.28	2.11	nd	nd
ประปาเทศบาลลาดใหญ่	12.24	7.15	3.08	1.68	2.57	1.98	nd	nd
ค่าต่ำสุด	10.22	7.15	2.70	1.68	2.28	1.98	-	-
ค่าสูงสุด	12.24	9.47	3.08	2.49	2.57	2.11	-	-
ค่าเฉลี่ย	11.23	8.31	2.89	2.09	2.43	2.05	-	-
SD	1.43	1.64	0.27	0.57	0.21	0.09	-	-
WHO Guideline (2011)	<300	<300	<60	<60	<100	<100	<100	<100



รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยของสาร THMs แต่ละชนิดในน้ำประปาในจังหวัดชัยภูมิ

4.2.9 สารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาและอภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์สารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาผิวดินโดยพิจารณาจากสาร THMs แต่ละชนิดในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ของระบบประปาผิวดินทั้ง 4 จังหวัด พบว่า สาร Chloroform มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในการประปาเทศบาลประโคนชัยจังหวัดบุรีรัมย์บริเวณจุดจ่ายน้ำโดยมีค่าเท่ากับ 66.72 µg/L รองลงมาได้แก่ระบบประปาส่วนภูมิภาคอำเภอครบุรีในจังหวัดนครราชสีมาโดยมีค่าเท่ากับ 61.64 µg/L ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.5 สำหรับสาร Bromodichloromethane (BDCM) พบในน้ำประปาในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่ามากที่สุดในระบบประปาอำเภอครบุรี ของจังหวัดนครราชสีมา รองลงมาได้แก่น้ำในระบบประปาจังหวัดบุรีรัมย์รายละเอียดดังรูปที่ 4.6 สาร Dibromochloromathane (DBCM) พบในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำในจังหวัดนครราชสีมามากที่สุด รองลงมาเป็นน้ำประปาในจังหวัดบุรีรัมย์ รายละเอียด

ดังรูปที่ 4.7 ส่วนสาร Bromoform ไม่พบในน้ำประปาผิวดินในทุกจังหวัด สำหรับค่า Trihalomethanes (Sum of Ratio) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2011 สำหรับสาร Chloroform ในการศึกษานี้มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดน้ำประปาเทศบาลประโคนชัยจังหวัดบุรีรัมย์บริเวณจุดจ่ายน้ำโดยมีค่าเท่ากับ 66.72 µg/L รองลงมาได้แก่ระบบประปาส่วนภูมิภาคอำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมาโดยมีค่าเท่ากับ 61.64 µg/L ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าผลการศึกษาราชัน ธีระพิทยาตระกูลที่พบค่าคลอโรฟอร์มสูงสุด 245.81 µg/L ในระบบประปาในจังหวัดนครราชสีมา และการศึกษาของ Panyapinyopol (2004) ที่พบสาร THMs ในน้ำประปากรุงเทพมหานารที่ 313 µg/L สำหรับการศึกษาของ Legacy et al. (2011) พบสาร Chloroform ในน้ำประปาของประเทศแคนาดามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 14.1-155.9 µg/L และพบสาร DBCM มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.21-3.34 µg/L อย่างไรก็ตามผลการศึกษานี้ค่า Chloroform ในน้ำประปา พบว่ามีค่าสูงกว่าการศึกษาของ Wang et al (2007) ที่ได้ทำการศึกษาสาร Chloroform ในน้ำดื่มจากระบบประปาในประเทศแคนาดาและกรุงปักกิ่ง ประเทศจีน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33.87 และ 3.01 µg/L ตามลำดับ และการศึกษาของ Lee et al. (2001) ทำการศึกษาค่า THMs ในน้ำประปาของประเทศเกาหลี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.22 µg/L ซึ่งผลการศึกษานี้สาร THMs ในน้ำประปาผิวดินในทุกจังหวัด ในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2011

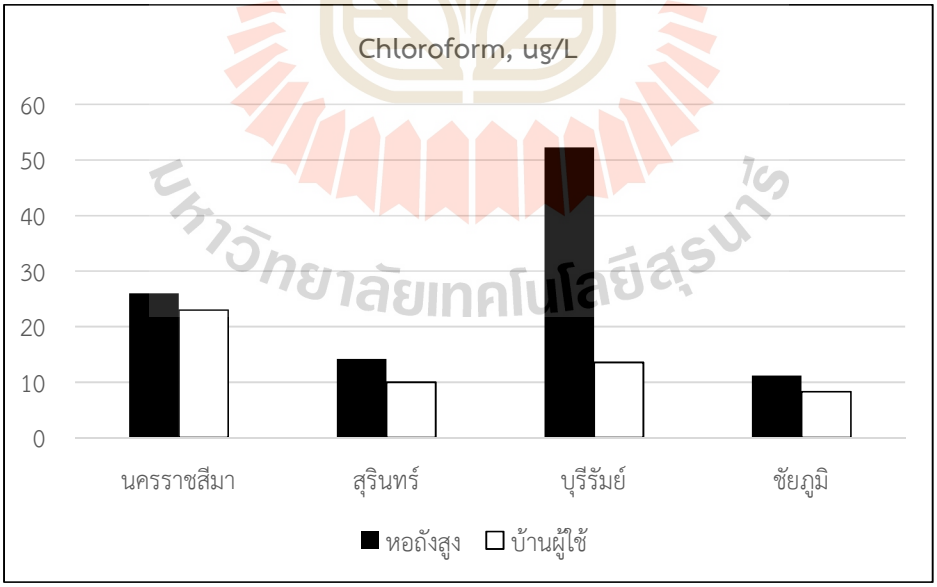
ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของสาร THMs ในน้ำประปามีผลจากองค์ประกอบของปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำที่หลงเหลืออยู่ (Natural Organic Matters, NOMs) ค่า Total Organic Carbon (TOC) และการการฆ่าเชื้อโรคในน้ำโดยการใช้สารคลอรีนที่มีคลอรีนคงค้าง (Ye et al., 2009) และการศึกษาของ จิราวรรณ จานทอง (2553) ยังพบว่าสารอินทรีย์ธรรมชาติและ pH ตั้งต้นเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มของสาร THMs โดยการเพิ่มขึ้นของ pH ทำให้คลอรีนสามารถออกซิไดซ์สารอินทรีย์ได้มากขึ้นและเกิดการเติมฮาโลเจนได้ดีทำให้เกิด THMs เพิ่มขึ้น

สำหรับรูปแบบของการใช้สารคลอรีนเป็นสารฆ่าเชื้อโรคในการศึกษานี้มีรูปแบบที่แตกต่างกันทั้งเป็นประเภทคลอรีนแก๊สและ คลอรีนผง ซึ่งมีผลต่อปริมาณ THMs ที่พบในปริมาณที่แตกต่างกันได้ โดยทั่วไปสารอินทรีย์ในน้ำ (NOMs) สามารถกำจัดออกจากน้ำในระบบประปาทรายกรองเร็ว ในขั้นตอนของการสร้างตะกอนและการรวมตะกอน โดยความเข้มข้นของสารสร้างตะกอน (Coagulant) และค่า pH มีผลต่อประสิทธิภาพในกระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอน ซึ่งหากการปรับปรุงคุณภาพน้ำในขั้นตอนดังกล่าวมีประสิทธิภาพจะช่วยการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำได้ และลดสารตั้งต้นที่จะทำปฏิกิริยากับคลอรีนในน้ำก่อให้เกิดสาร THMs ได้

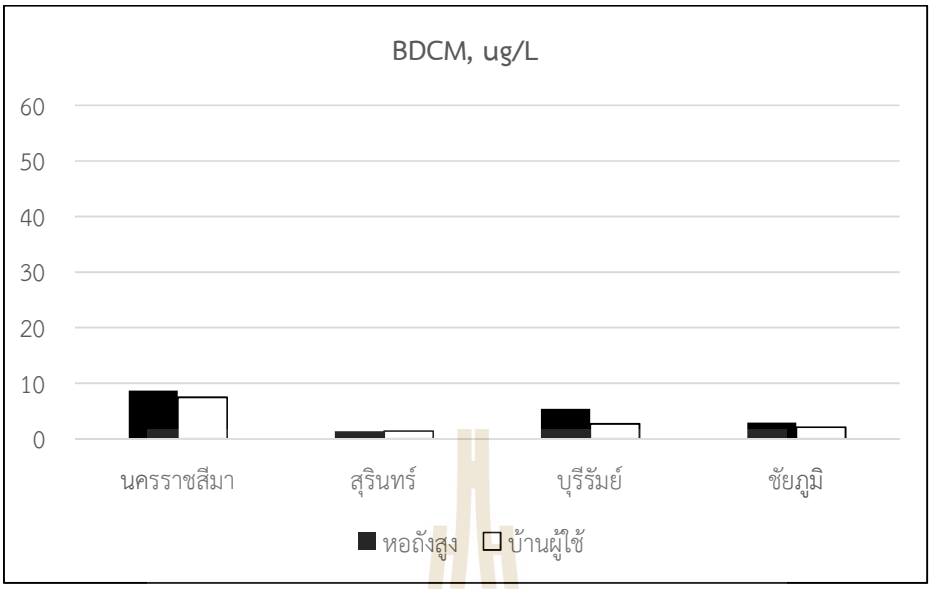
ตารางที่ 4.11 ค่า THMs ในน้ำประปาจากระบบประปาเขตเมืองใน 4 จังหวัด

จังหวัด	จุดเก็บตัวอย่าง	Choloroform (ug/L)		BDCM (ug/L)		DBCM (ug/L)		Bromoform (ug/L)	
		หอถังสูง	บ้านผู้ใช้	หอถังสูง	บ้านผู้ใช้	หอถังสูง	บ้านผู้ใช้	หอถังสูง	บ้านผู้ใช้
นครราชสีมา	ประปามะขามเฒ่า	24.76	22.60	8.52	5.40	3.99	2.68	nd	nd
	ประปาอัษฎางค์	19.63	22.08	7.70	8.41	5.18	5.22	nd	nd
	ประปาครบุรี	61.64	43.00	14.13	10.76	5.90	4.83	nd	nd
	ประปาพิมาย	16.71	20.27	7.92	7.92	5.62	5.82	nd	nd
	ประปาบัวใหญ่	7.33	7.07	5.21	4.84	4.48	4.19	nd	nd
สุรินทร์	ประปากังแอน	4.37	2.49	0.52	0.85	0.16	nd	nd	nd
	ประปาสุรินทร์	24.00	17.44	2.21	1.94	0.57	nd	nd	nd
บุรีรัมย์	ประปาประโคนชัย	66.72	0.47	6.89	0.23	2.68	0.17	nd	nd
	ประปาบุรีรัมย์	37.82	26.64	3.94	5.14	2	1	nd	nd
ชัยภูมิ	ประปาชัยภูมิ	10.22	9.47	2.7	2.49	2.28	2.11	nd	nd
	ประปาลาดใหญ่	12.24	7.15	3.08	1.68	2.57	1.98	nd	nd
WHO Guideline (2011)		<300	<300	<60	<60	<100	<100	<100	<100

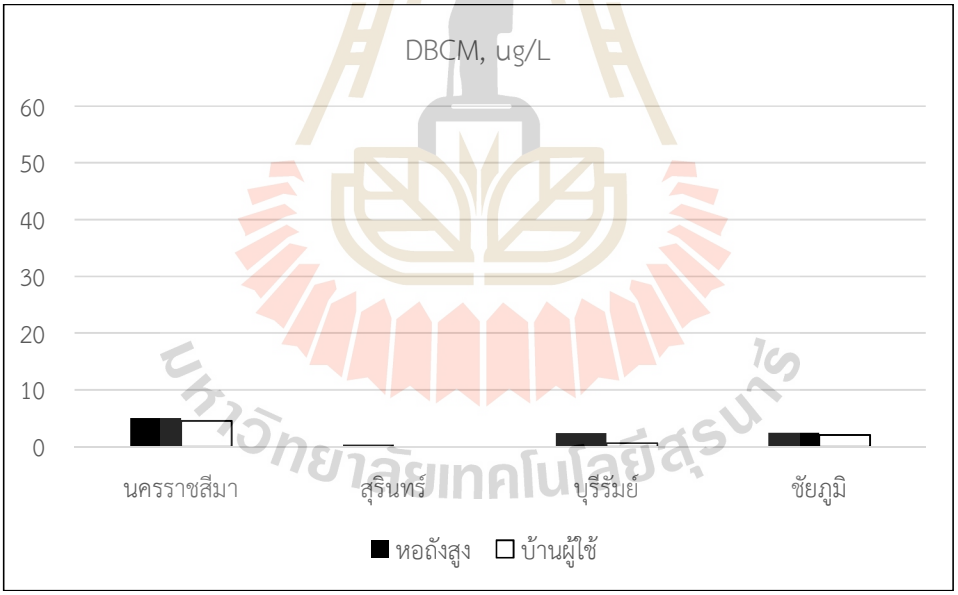
หมายเหตุ: ND, Non detectable, ค่า Detection limit ของ Chloroform, BDCM, DBCM, Bromoform เท่ากับ 0.17, 0.05, 0.15 and 1.50 ug/L, ตามลำดับ



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสาร Chloroform ในระบบประปาผิวดินของ 4 จังหวัดที่ศึกษา



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสาร Bromodichloromethane (BDCM) ในระบบประปาผิวดินของ 4 จังหวัดที่ศึกษา



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสาร Dibromochloromathane (DBCM) ในระบบประปาผิวดินของ 4 จังหวัดที่ศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการอุปโภคบริโภคน้ำประปาผิวดิน

จากผลการศึกษาในตารางที่ 4.12 เป็นข้อมูลของสารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินที่ใช้ในการศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการศึกษานี้ โดยการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนที่อุปโภคบริโภคน้ำประปาชุมชน เป็นการประเมินเชิงปริมาณแบบจุด (Deterministic Risk Assessment) โดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาปริมาณหรือหาค่าการได้รับสัมผัสสารเคมีและประเมินผลกระทบต่อสุขภาพตามระยะเวลาของการได้รับโดยแบ่งการประเมินเป็นความเสี่ยงที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Non cancer risk) และการประเมินความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Cancer Risk) โดยสารเคมีกลุ่ม THMs ในน้ำประปาจะทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพทั้งสองประเภทโดยพิจารณาเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านการดื่มกิน (Oral Ingestion) ผ่านผิวหนัง (Dermal Absorption) และผ่านการหายใจเข้าไป (Inhalation Exposure Route) โดยผลรวมสะสมของความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกิดขึ้นทำการประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นของสารที่อ้างอิงต่อความเข้มข้นของสารในตัวอย่างน้ำ

สำหรับสารกลุ่มโลหะหนักทำการประเมินความเสี่ยงที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Non Cancer Risk) และศึกษาเฉพาะเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านจากการบริโภคเท่านั้น รายละเอียดการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารกลุ่ม THMs และ โลหะหนักดังแสดงในบทที่ 3 หัวข้อ 3.3.2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.12 สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินที่ใช้ในการศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

จังหวัด	จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณสารไตรฮาโลมีเทน, THMs (µg/L)					
		Chloroform ($CHCl_3$) (µg/L)	BDCM ($CHCl_2Br$) (µg/L)	DBCM, $CHBr_2Cl$ (µg/L)	Bromoform, $CHBr_3$ (µg/L)	THMs (Sum of ratio)	Total THMs (µg/L)
นครราชสีมา	ประปาเทศบาลมะขามเฒ่า	22.6	5.4	2.68	<1.5	0.19	32.18
	ประปาเทศบาลนครนครราชสีมาอัษฎางค์	22.08	8.41	5.22	<1.5	0.27	37.21
	ประปาส่วนภูมิภาคครบุรี	43	10.76	4.83	<1.5	0.37	60.09
	ประปาส่วนภูมิภาคพิมาย	20.27	8.49	5.82	<1.5	0.27	36.08
	ประปาเทศบาลบัวใหญ่	7.07	4.84	4.19	<1.5	0.1	17.6
สุรินทร์	ประปาเทศบาลกังแอน	2.49	0.52	0.15	<1.5	0.02	4.66
	ประปาส่วนภูมิภาค	17.44	1.94	0.15	<1.5	0.09	21.03
บุรีรัมย์	ประปาเทศบาลประโคนชัย	0.47	0.23	0.17	<1.5	0.01	2.37
	ประปาส่วนภูมิภาคบุรีรัมย์	26.64	3.94	1.81	<1.5	0.17	33.89
ชัยภูมิ	ประปาส่วนภูมิภาคชัยภูมิ	9.47	2.49	2.11	<1.5	0.09	15.57
	ประปาเทศบาลลาดใหญ่	7.15	1.68	1.98	<1.5	0.07	12.31

หมายเหตุ: ND, Non detectable, Detection limit of Chloroform, BDCM, DBCM, Bromoform are 0.17, 0.05, 0.15 and 1.50 ug/L, ตามลำดับ

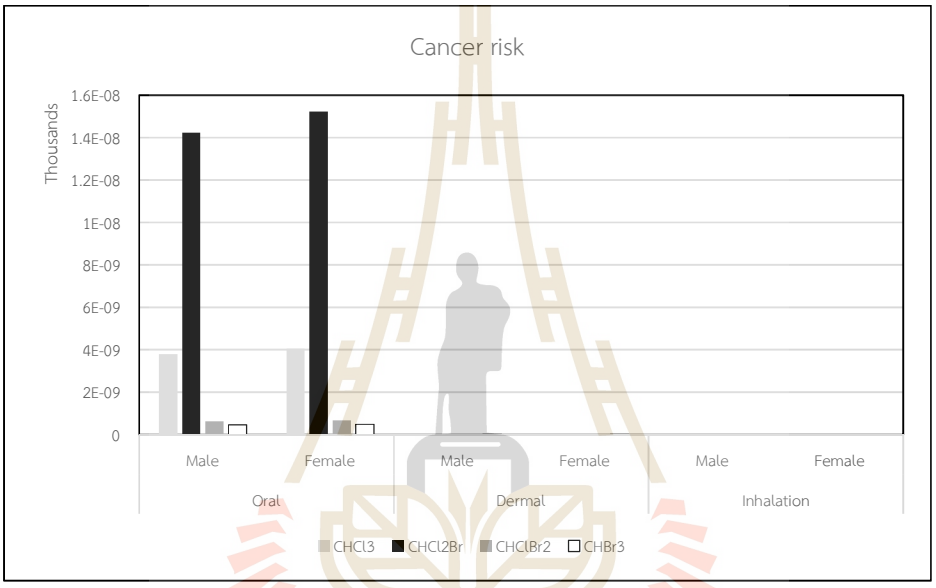
4.3.1 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งตลอดช่วงชีวิตผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสแต่ละเส้นทาง

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและเพศหญิงผ่านทั้งสามเส้นทางการได้รับสัมผัสประกอบด้วยเส้นทางการดื่ม ผ่านผิวหนัง และหายใจ ของสารกลุ่ม THMs (Chloroform, $CHCl_3$; BDCM, $CHCl_2Br$; DBCM, $CHBr_2Cl$; Bromoform, $CHBr_3$) ในน้ำประปาจากระบบประปาในเขตเมืองจังหวัดนครราชสีมา สุรินทร์ บุรีรัมย์ และชัยภูมิ แสดงดังรูปที่ 4.8

จากผลการศึกษาพบว่าการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและเพศหญิงพบมากที่สุดผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านการดื่มกิน รองลงมาได้แก่ผ่านทางผิวหนังและผ่านทางหายใจ ตามลำดับ (รูปที่ 4.8) โดยพบค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในเส้นทางสัมผัสการดื่มกินเท่ากับ 5.11×10^{-6} ค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในเส้นทางสัมผัสผ่านผิวหนังเท่ากับ 1.62×10^{-9} และค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในเส้นทางสัมผัสการหายใจเท่ากับ 3.76×10^{-10} เมื่อพิจารณาจากผลรวมการประเมินทั้งสามเส้นทางการ

ได้รับสัมผัส ผลการศึกษายังพบว่าเพศหญิงมีความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งจากการบริโภคน้ำที่มีสารกลุ่ม THMs มากกว่าเพศชายโดยมีค่าเฉลี่ย 1.06 เท่า

จากผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพสารกลุ่ม THMs ทั้งหมดพบว่าค่าการประเมินของสาร Dichlorobromomethane ($CHCl_2Br$) พบค่าสูงที่สุดเท่ากับ 3.7×10^{-5} ในเพศหญิง รองลงมามีค่าเท่ากับ 3.46×10^{-5} ในเพศชายผ่านเส้นทางการดื่มกินในน้ำประปาส่วนภูมิภาคอำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมา โดยการประเมินความเสี่ยงจากการศึกษานี้มีค่าน้อยกว่าการศึกษาของประพัฒน์ เป็นตามวา และคณะ (2557) ซึ่งมีการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของสาร $CHCl_2Br$ ผ่านเส้นทางการดื่มกิน ที่ประปาบ้านช่องสามหมอ จังหวัดชัยภูมิ โดยมีค่าเท่ากับ 4.11×10^{-5}



รูปที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสของ THMs

สำหรับสาร Chloroform ($CHCl_3$) พบว่าค่าการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งสูงที่สุดเท่ากับ 1.07×10^{-5} ผ่านเส้นทางการดื่มกิน (เพศหญิง) ที่น้ำระบบประปาส่วนภูมิภาคอำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมา รองลงมาได้แก่ที่ระบบประปาส่วนภูมิภาคบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์โดยมีค่าความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งเท่ากับ 6.65×10^{-6} รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.9

สาร Dichlorobromomethane ($CHCl_2Br$) เป็นสารที่มีพบค่าการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพมากที่สุดในการศึกษานี้ โดยพบค่าความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งสูงที่สุดเท่ากับ 3.7×10^{-5} ผ่านเส้นทางการดื่มกิน ที่ประปาส่วนภูมิภาคอำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมา รองลงมาได้แก่ที่ระบบประปาส่วนภูมิภาคอำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมาโดยมีค่าความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งเท่ากับ 2.92×10^{-5} รายละเอียดดังรูปที่ 4.10

สำหรับสาร Dichlorobromomethane ($CHBr_2Cl$) พบว่าค่าการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งสูงที่สุดเท่ากับ 1.47×10^{-6} ผ่านเส้นทางการดื่มกิน (เพศหญิง) ที่น้ำระบบ

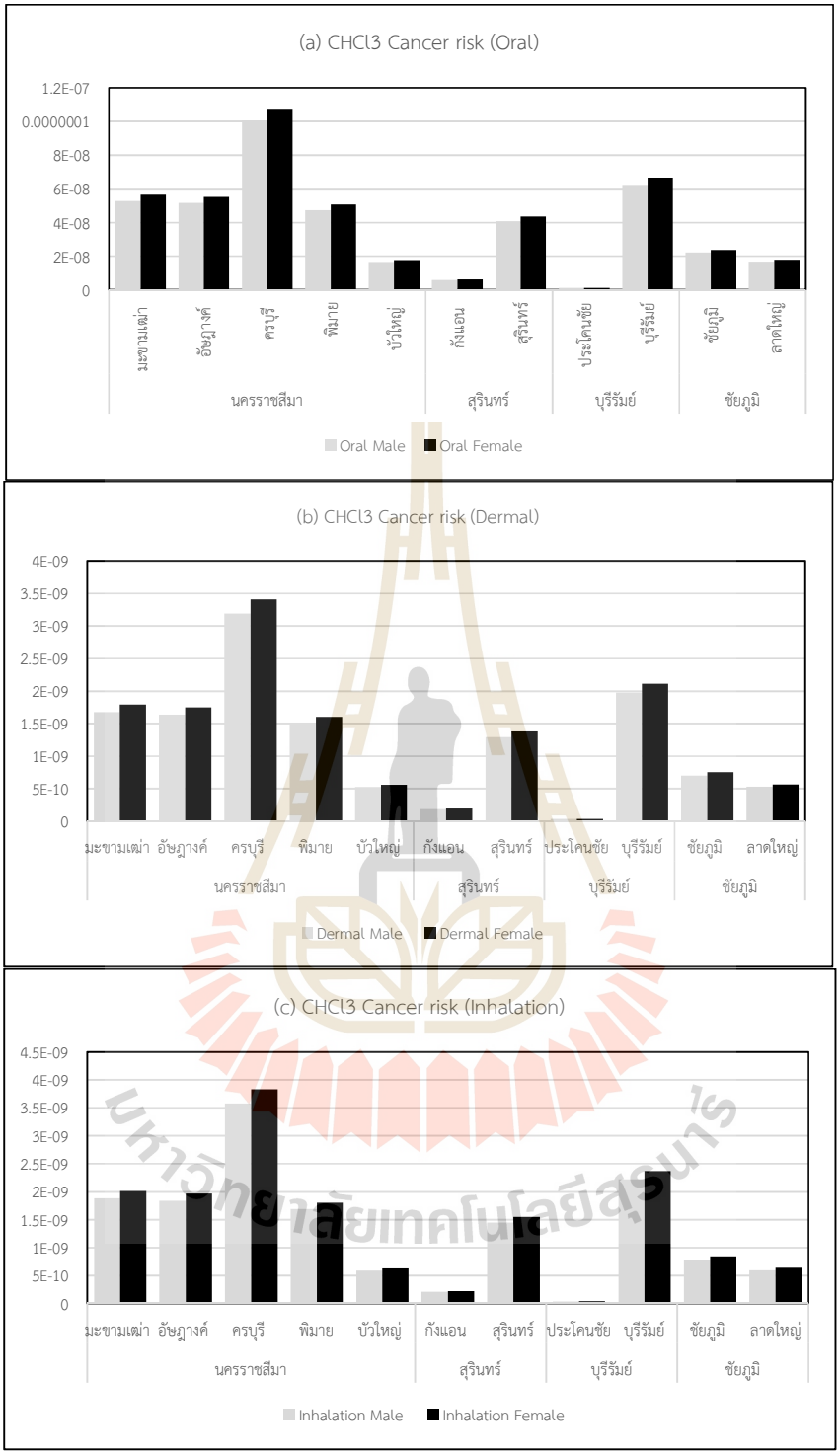
ประปาส่วนภูมิภาคอำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา รองลงมาได้แก่ที่ระบบประปาเทศบาลนครนครราชสีมา อัษฎางค์ โดยมีค่าความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งเท่ากับ 1.32×10^{-6} รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.11 สำหรับสาร Bromoform ในการศึกษานี้พบค่าน้อยกว่าค่าที่ตรวจพบได้

จากการศึกษาสารกลุ่ม THMs ทั้งหมดพบว่าค่าเฉลี่ยของการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งตลอดช่วงชีวิตผ่านสามเส้นทางการได้รับสัมผัสมีค่าสูงที่สุด ในสาร Dichlorobromomethane ($CHCl_2Br$) รองลงมาได้แก่สาร Chloroform ($CHCl_3$), Chlorodibromomethane ($CHClBr_2$) และ Bromoform ($CHBr_3$) ตามลำดับ

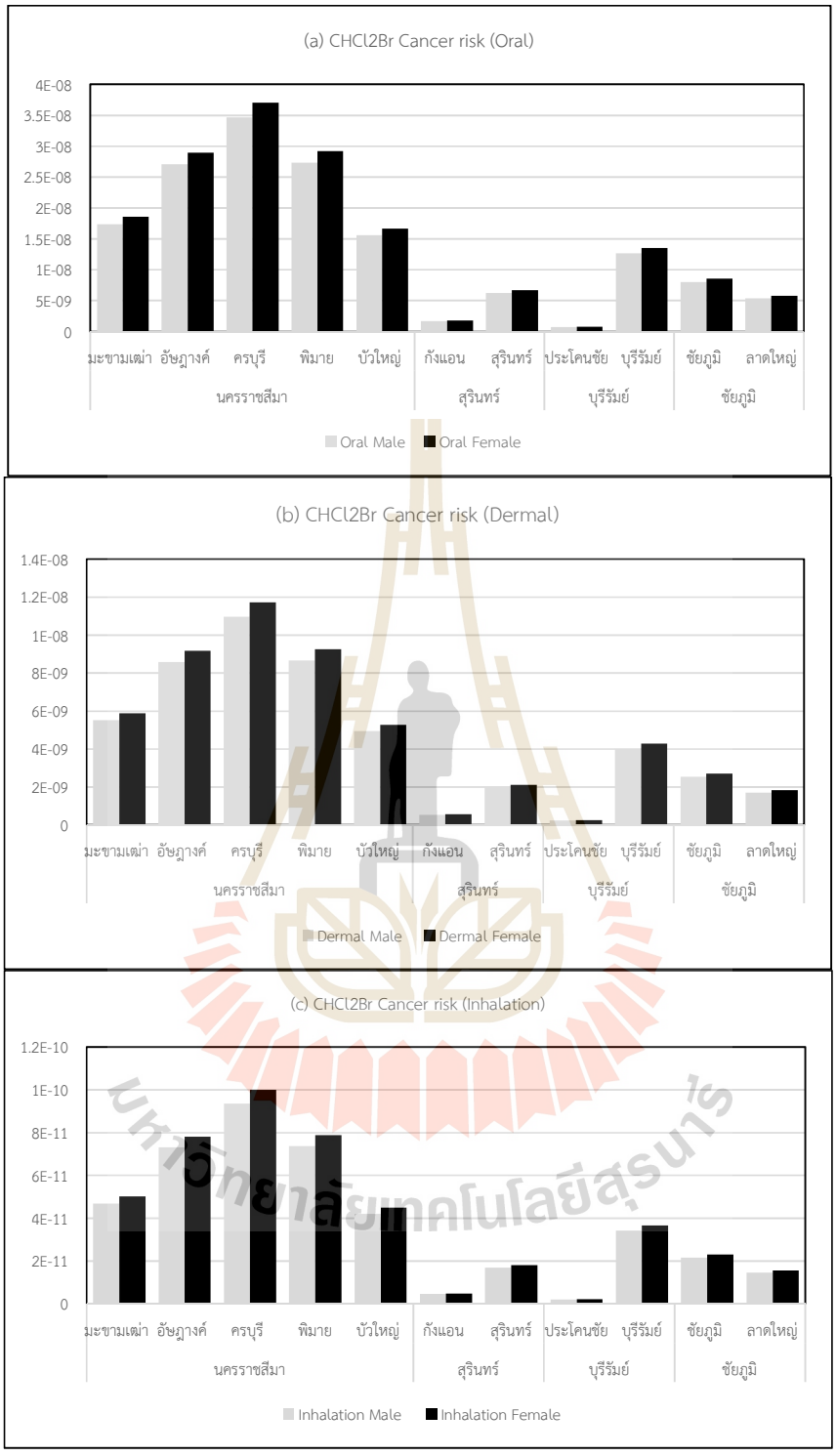
จากผลการศึกษาพบค่าความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งตลอดช่วงชีวิตผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสจากการดื่มกินจากสาร Chloroform ในน้ำประปาของระบบประปาส่วนภูมิภาคอำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมา และสำหรับสาร Dichlorobromomethane พบค่าความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งตลอดช่วงชีวิตผ่านการดื่มกินในน้ำประปาของระบบประปาเทศบาลนครนครราชสีมา (มะขามเฒ่า) ระบบประปาเทศบาลนครนครราชสีมา (อัษฎางค์) ระบบประปาส่วนภูมิภาคอำเภอครบุรี ระบบประปาส่วนภูมิภาคพิมาย จังหวัดนครราชสีมา และ ระบบประปาส่วนภูมิภาคบุรีรัมย์ มีค่าเกินค่าที่ยอมรับได้ขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา ที่กำหนดระดับความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งมีค่าไม่เกิน 1×10^{-6} สำหรับเส้นทางการได้รับสัมผัสอื่นเช่นผ่านผิวหนัง และการหายใจของสารกลุ่ม THMs มีค่าไม่เกินค่าที่ยอมรับได้ขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา

อย่างไรก็ตามการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนที่อุปโภคบริโภคน้ำประปาชุมชนของสารกลุ่ม THMs เป็นการประเมินเชิงปริมาณแบบจุด (Deterministic Risk Assessment) โดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาปริมาณหรือหาค่าการได้รับสัมผัสสารเคมีและประเมินผลกระทบต่อสุขภาพตามระยะเวลาของการได้รับ สำหรับการประเมินความเสี่ยงในเส้นทางสัมผัสจากการดื่มกิน (Ingestion pathway) นั้น ในการศึกษานี้มีขอบเขตการศึกษาเป็นการประเมินในกรณีที่ผู้บริโภคอุปโภคน้ำประปาในเขตเมืองได้มีการนำน้ำมาดื่มกินหรือใช้ในการประกอบอาหาร แต่เนื่องจากในปัจจุบัน ประชาชนโดยทั่วไปในเขตเมืองหรือในพื้นที่อื่น ๆ อาจไม่ได้นำน้ำประปามาดื่มกินหรือใช้ประกอบอาหารโดยตรง ซึ่งอาจมีข้อจำกัดในการศึกษานี้

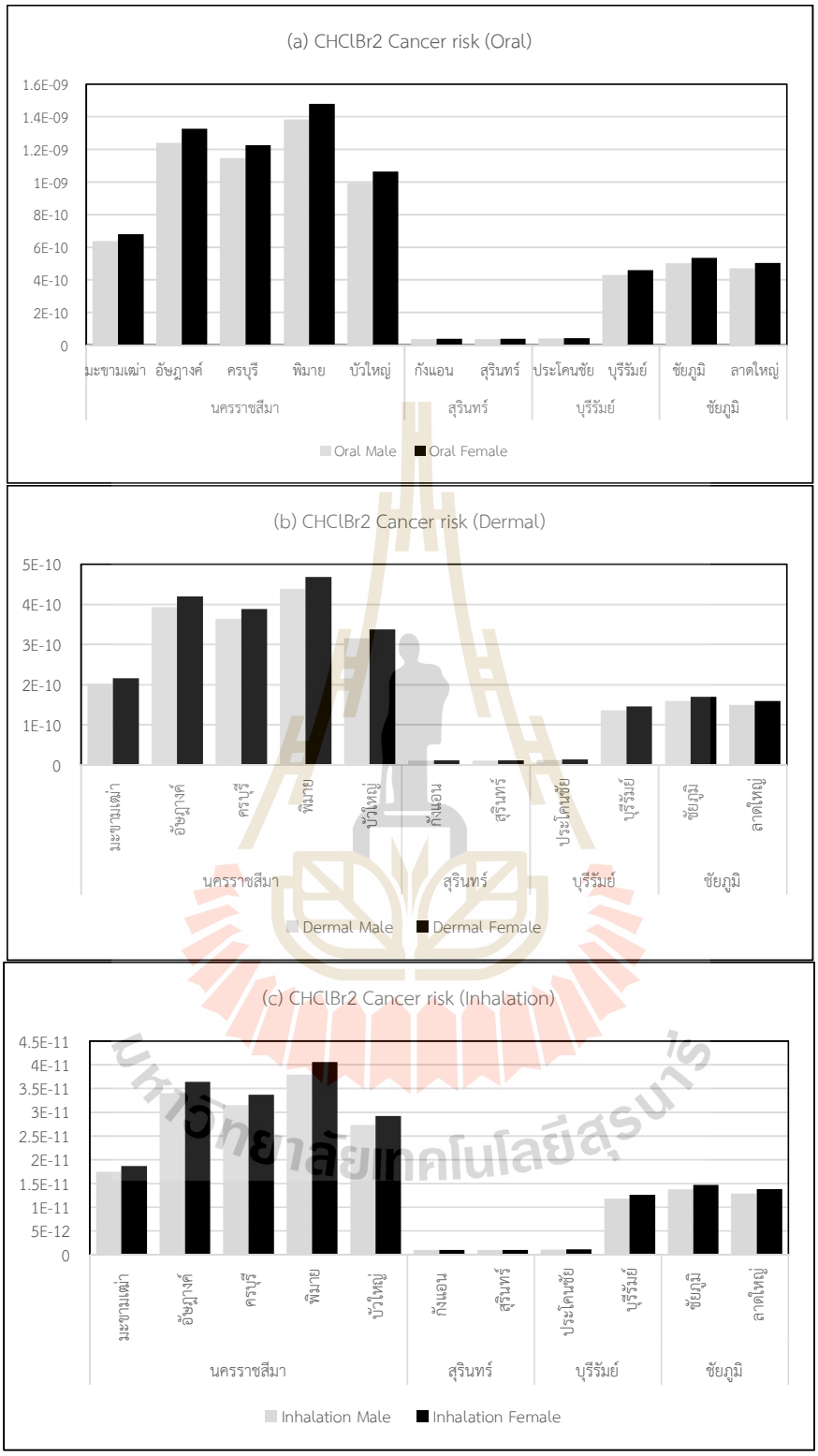
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.9 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสจากการ (a) ดื่มกิน (b) ผิวหนัง (c) หายใจ ของ $CHCl_3$



รูปที่ 4.10 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสจากการ (a) ดื่มกิน (b) ผิวหนัง (c) หายใจ ของ $CHCl_2Br$



รูปที่ 4.11 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสจากการ (a) ดื่มกิน (b) ผิวหนัง (c) หายใจ ของ $CHClBr_2$

4.3.2 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Non Carcinogenic Risk for THMs)

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Non Carcinogenic Risk) โดยทำการประเมินในรูปแบบค่าความเสี่ยงรวม (Hazard Indexes, HI) ทั้งสามเส้นทางการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม THMs ซึ่งทำการประเมินทั้งเพศหญิงและเพศชาย ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 4.13 4.14 และ 4.15

จากผลการศึกษา (ตารางที่ 4.13 4.14 และ 4.15) พบว่าค่าความเสี่ยงสูงที่สุดในเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านทางการดื่มกิน โดยค่าความเสี่ยงสูงที่สุดพบในสาร $CHCl_3$ มีค่า HI เท่ากับ 0.17 ในน้ำระบบประปาส่วนภูมิภาคครบุรี จังหวัดนครราชสีมา รองลงมาได้แก่น้ำประปาในระบบประปาส่วนภูมิภาคบุรีรัมย์ มีค่า HI เท่ากับ 0.10 ผลการศึกษายังพบว่าเพศหญิงมีค่าค่าความเสี่ยงรวมการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม THMs มากกว่าเพศชาย ซึ่งการศึกษานี้ค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Non Carcinogenic Risk) จากการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม THMs มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงให้เห็นถึงปริมาณ THMs โดยเฉลี่ยที่ร่างกายได้รับอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้และปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ตารางที่ 4.13 ค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพ (HI) ที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสของ $CHCl_3$

จังหวัด	ระบบประปา	เส้นทางการสัมผัส					
		ดื่มกิน		ผิวหนัง		หายใจ	
		ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง
นครราชสีมา	มะขามเฒ่า	0.08660148	0.092579339	2.74582E-05	2.93536E-05	0.00818384	0.008748748
	อัษฎางค์	0.084608879	0.090449195	2.68265E-05	2.86782E-05	0.007995539	0.008547449
	ครบุรี	0.164772727	0.17614653	5.22436E-05	5.58498E-05	0.015571023	0.016645847
	พิมาย	0.077673097	0.083034655	2.46274E-05	2.63273E-05	0.007340108	0.007846775
	บัวใหญ่	0.027091702	0.028961767	8.58981E-06	9.18274E-06	0.002560166	0.002736887
สุรินทร์	กังแอน	0.00954149	0.010200113	3.02527E-06	3.23409E-06	0.000901671	0.000963911
	สุรินทร์	0.066828753	0.071441755	2.1189E-05	2.26516E-05	0.006315317	0.006751246
บุรีรัมย์	ประโคนชัย	0.001801004	0.001925323	5.71034E-07	6.10451E-07	0.000170195	0.000181943
	บุรีรัมย์	0.102082452	0.10912892	3.23667E-05	3.46009E-05	0.009646792	0.010312683
ชัยภูมิ	ชัยภูมิ	0.036288319	0.038793201	1.15057E-05	1.22999E-05	0.003429246	0.003665957
	ลาดใหญ่	0.027398256	0.029289481	8.68701E-06	9.28665E-06	0.002589135	0.002767856

ตารางที่ 4.14 ค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพ (HI) ที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสของ $CHCl_2Br$

จังหวัด	ระบบประปา	เส้นทางการสัมผัส					
		ดื่มกิน		ผิวหนัง		หายใจ	
		ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง
นครราชสีมา	มะขามเฒ่า	0.010346195	0.011060363	3.28041E-06	3.50685E-06	0.000977715	0.001045204
	อัษฎางค์	0.01611324	0.017225492	5.10893E-06	5.46159E-06	0.001522701	0.001627809
	ครบุรี	0.020615751	0.022038798	6.53652E-06	6.98772E-06	0.001948188	0.002082666
	พิมาย	0.016266517	0.017389349	5.15753E-06	5.51354E-06	0.001537186	0.001643294
	บัวใหญ่	0.009273256	0.009913363	2.94022E-06	3.14317E-06	0.000876323	0.000936813
สุรินทร์	กังแอน	0.0009963	0.001065072	3.15891E-07	3.37696E-07	9.41504E-05	0.000100649
	สุรินทร์	0.003716966	0.003973538	1.17852E-06	1.25987E-06	0.000351253	0.000375499
บุรีรัมย์	ประโคนชัย	0.000440671	0.00047109	1.39721E-07	1.49366E-07	4.16434E-05	4.4518E-05
	บุรีรัมย์	0.00754889	0.008069969	2.39348E-06	2.5587E-06	0.00071337	0.000762612
ชัยภูมิ	ชัยภูมิ	0.004770745	0.005100057	1.51263E-06	1.61705E-06	0.000450835	0.000481955
	ลาดใหญ่	0.003218816	0.003441002	1.02057E-06	1.09102E-06	0.000304178	0.000325175

ตารางที่ 4.15 ค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพ (HI) ที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสของ $CHClBr_2$

จังหวัด	**ระบบประปา**	**เส้นทางการสัมผัส**					
		ดื่มกิน		**ผิวหนัง**		**หายใจ**	
		ชาย	**หญิง**	**ชาย**	**หญิง**	**ชาย**	**หญิง**
นครราชสีมา	มะขามเฒ่า	0.005134778	0.005489217	1.62805E-06	1.74044E-06	0.000485237	0.000518731
	อัษฎางค์	0.010001321	0.010691685	3.17106E-06	3.38995E-06	0.000945125	0.001010364
	ครบุรี	0.009254096	0.009892881	2.93414E-06	3.13668E-06	0.000874512	0.000934877
	พิมาย	0.011150899	0.011920614	3.53555E-06	3.7796E-06	0.00105376	0.001126498
	บัวใหญ่	0.008027881	0.008582023	2.54535E-06	2.72105E-06	0.000758635	0.000811001
สุรินทร์	กังแอน	0.000287394	0.000307232	9.11225E-08	9.74124E-08	2.71588E-05	2.90335E-05
	สุรินทร์	0.000287394	0.000307232	9.11225E-08	9.74124E-08	2.71588E-05	2.90335E-05
บุรีรัมย์	ประโคนชัย	0.000325714	0.000348197	1.03272E-07	1.10401E-07	3.07799E-05	3.29046E-05
	บุรีรัมย์	0.003467891	0.00370727	1.09954E-06	1.17544E-06	0.000327716	0.000350337
ชัยภูมิ	ชัยภูมิ	0.00404268	0.004321735	1.28179E-06	1.37027E-06	0.000382033	0.000408404
	ลาดใหญ่	0.003793605	0.004055467	1.20282E-06	1.28584E-06	0.000358496	0.000383242

4.3.3 อภิปรายผลการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการอุปโภคบริโภคน้ำที่มีสารกลุ่ม THMs

จากผลการศึกษาพบว่า ทั้งหมดพบว่าค่าเฉลี่ยของการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งตลอดช่วงชีวิตผ่านสามเส้นทางการได้รับสัมผัสสารของสารกลุ่ม THMs มีค่าสูงที่สุดในสาร Dichlorobromomethane ($CHCl_2Br$) รองลงมาได้แก่สาร Chloroform ($CHCl_3$), Chlorodibromomethane ($CHClBr_2$) และ Bromoform ($CHBr_3$) ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ ประพัฒน์ เป็นตามวา และคณะ (2557) ที่พบความเสี่ยงต่อสุขภาพของสาร $CHCl_2Br$ สูงสุดในการอุโภคบริโภคน้ำประปาชนบทในเขตจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง โดยสาร $CHCl_2Br$ เป็นสารที่มีพบค่าการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพมากที่สุดในการศึกษานี้ มีค่าเท่ากับ 3.7×10^{-5} ผ่านเส้นทางการดื่มกิน ที่ประปาส่วนภูมิภาคอำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมา รองลงมาได้แก่ที่ระบบประปาส่วนภูมิภาคอำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมาโดยมีค่าความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งเท่ากับ 2.92×10^{-5} โดยมีค่าเกินค่าที่ยอมรับได้ขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกาที่กำหนดระดับความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งมีค่าไม่เกิน 1×10^{-6}

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Wang et al. (2007) พบค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งของสาร THMs มีค่าเท่ากับ 2.76×10^{-5} (เพศชาย) และ 3.05×10^{-5} (เพศหญิง) ในประเทศจีน การศึกษาของ Legay et al. (2011) พบความเสี่ยงสาร THMs มีค่าเท่ากับ 4.33×10^{-5} (เพศชาย) และ 4.78×10^{-5} (เพศหญิง) ในประเทศแคนาดา และยังพบว่าในบางพื้นที่ของน้ำประปาในประเทศแคนาดามีค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งมากกว่า $\times10^{-4}$ และยังมีผลการศึกษาของ Karim et al. (2011) พบค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งเท่ากับ 8.84×10^{-2} จากการได้รับสัมผัสสาร THMs ในน้ำประปาผ่านการดื่มกินในประเทศปากีสถาน อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งทำการประเมินค่าความเสี่ยงรวม (Hazard Indexes, HI) ทั้งสามเส้นทางการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม THMs พบว่าค่าความเสี่ยงมีค่าน้อยกว่า 1 ซึ่งแสดงว่าปริมาณ THMs โดยเฉลี่ยที่ร่างกายได้รับต่อวันอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้

ผลการศึกษานี้การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งของสารกลุ่ม THMs พบมากที่สุดผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านการดื่มกิน รองลงมาได้แก่ผ่านทางผิวหนังและผ่านทางหายใจตามลำดับสอดคล้องกับการศึกษาของ WHO (1998) และการศึกษาของ Lee et al. (2004) ที่ทำการศึกษาการได้รับสัมผัสสาร THMs ในประปาฮ่องกง และการศึกษาของ Uyak (2006) พบการได้รับสัมผัสสาร THMs ในน้ำประปาประเทศตุรกีผ่านทางการดื่มกินมากที่สุด

4.4 ผลการศึกษาของสารกลุ่มโลหะหนัก

การศึกษานี้ทำการวิเคราะห์สารกลุ่มโลหะหนักประกอบด้วยสาร โครเมียม (Cr) แมงกานีส (Mn) เหล็ก (Fe) นิกเกิล (Ni) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) ปรอท (Hg) และตะกั่ว (Pb) โดยทำการเก็บและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม 2559 จำนวน 22 ตัวอย่าง และ ช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือนมกราคม-เดือนเมษายน 2559 จำนวน 22

ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 44 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นตัวอย่างน้ำของจังหวัดนครราชสีมา 20 ตัวอย่าง จังหวัดชัยภูมิ 8 ตัวอย่าง จังหวัดบุรีรัมย์ 8 ตัวอย่าง และจังหวัดสุรินทร์ 8 ตัวอย่าง โดยทำการเก็บตัวอย่างในแต่ละระบบประปาในเขตเมืองทั้งหมด 2 จุด ได้แก่ แหล่งน้ำดิบ และก๊อกน้ำบ้านผู้ใช้ รายละเอียดผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มโลหะหนัก แสดงดัง**ภาคผนวก ข** ซึ่งผลการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.4.1 สารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปาในจังหวัดนครราชสีมา

จากผลการศึกษาตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาในเขตเมืองจังหวัดนครราชสีมาในช่วงฤดูฝน (กรกฎาคม-ตุลาคม 2559) ทั้ง 10 ชนิด (โครเมียม (Cr) แมงกานีส (Mn) เหล็ก (Fe) นิกเกิล (Ni) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) ปรอท (Hg) และตะกั่ว (Pb)) แสดงดังตารางที่ 4.16 ผลการศึกษาพบว่าสารโครเมียม (Cr) ในแหล่งน้ำดิบและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 0.93-8.94 µg/L โดยพบค่าสูงสุดที่แหล่งน้ำดิบของประปาส่วนภูมิภาคพิมายจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งโครเมียมมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดิน และเกณฑ์แนะนำน้ำประปาของ WHO (ค่ามาตรฐานของโครเมียมในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 50 และ 50 µg/L)

แมงกานีส (Mn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 17.64-488.29 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของแมงกานีสในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 1000 และ 100 µg/L) โดยพบค่าแมงกานีสสูงที่สุดที่แหล่งน้ำดิบประปาเทศบาลนครนครราชสีมา (อัษฎางค์) โดยมีค่าเท่ากับ 488.29 µg/L

เหล็ก (Fe) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 53.48-797.25 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน โดยไม่มีค่ามาตรฐานของเหล็กในแหล่งน้ำมีเฉพาะในน้ำประปาได้ไม่เกิน 300 µg/L โดยพบค่าเหล็กสูงที่สุดที่แหล่งน้ำดิบประปาเทศบาลนครนครราชสีมา (อัษฎางค์) โดยมีค่าเท่ากับ 797.25 µg/L

นิกเกิล (Ni) ในแหล่งน้ำดิบและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 3.03-24.16 µg/L โดยพบค่าสูงสุดที่แหล่งน้ำดิบประปาเทศบาลนครนครราชสีมา (อัษฎางค์) มีค่าเท่ากับ 24.16 µg/L ซึ่งนิกเกิลมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐานของโครเมียมในแหล่งน้ำไม่เกิน 100 µg/L) และไม่มีเกณฑ์แนะนำน้ำประปาของ WHO

ทองแดง (Cu) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 1.29-12.12 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน โดยพบค่าทองแดงสูงที่สุดที่แหล่งน้ำดิบประปาส่วนภูมิภาคพิมาย โดยมีค่าเท่ากับ 12.12 µg/L (ค่ามาตรฐานของทองแดงในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 100 และ 200 µg/L)

สังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 424.09-1962.03 µg/L โดยพบมีค่าเกินค่ามาตรฐานในแหล่งน้ำดิบบริเวณประปาเทศบาลบัวใหญ่ ประปาเทศบาลนครนครราชสีมา (อัษฎางค์) จังหวัดนครราชสีมาโดยพบค่าสังกะสีสูงที่สุดที่แหล่งน้ำดิบประปาเทศบาลบัวใหญ่เท่ากับ 1962.03 µg/L เกินค่ามาตรฐานในแหล่งน้ำ 1.96 เท่า (ค่ามาตรฐานของสังกะสีในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 1000 และ 3000 µg/L)

สารหนู (As) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 0.45-2.9 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของสารหนูในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 10 และ 10 µg/L) โดยพบค่าสารหนูสูงที่สุดที่แหล่งน้ำดิบประปาเทศบาลครบุรี นครราชสีมา โดยมีค่าเท่ากับ 2.9 µg/L

แคดเมียมในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 0.04-1.13 µg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของแคดเมียมในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 50 และ 3 µg/L) เมอคิวรี่ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 0.03-0.11 µg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของเมอคิวรี่ในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 2 และ 6 µg/L) ตะกั่วในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 1.08 -10.15 µg/L โดยพบค่าตะกั่วมากที่สุดที่แหล่งน้ำประปาเทศบาลนครนครราชสีมา (อัษฎางค์) มีค่าเท่ากับ 10.15 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของตะกั่วในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 50 และ 10 µg/L)

และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำและจุดที่บ้านผู้ใช้ในจังหวัดนครราชสีมาฤดูฝนพบว่าส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยในจุดเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำมากกว่าในจุดบ้านผู้ใช้ในทุกตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 4.12 จากภาพรวมผลการศึกษาพบว่ามีเพียงค่าสังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำดิบบริเวณประปาเทศบาลบัวใหญ่ ประปาเทศบาลนครนครราชสีมา (อัษฎางค์) มีค่าเกินค่ามาตรฐานมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำพิจารณาจากมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภท 2-4 ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ส่วนดัชนีคุณภาพน้ำทางโลหะหนักอื่นในการศึกษานี้ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานฯ ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาเขตเมืองจังหวัดนครราชสีมาในฤดูฝนแสดงดังตารางที่ 4.16 และรูปที่ 4.12

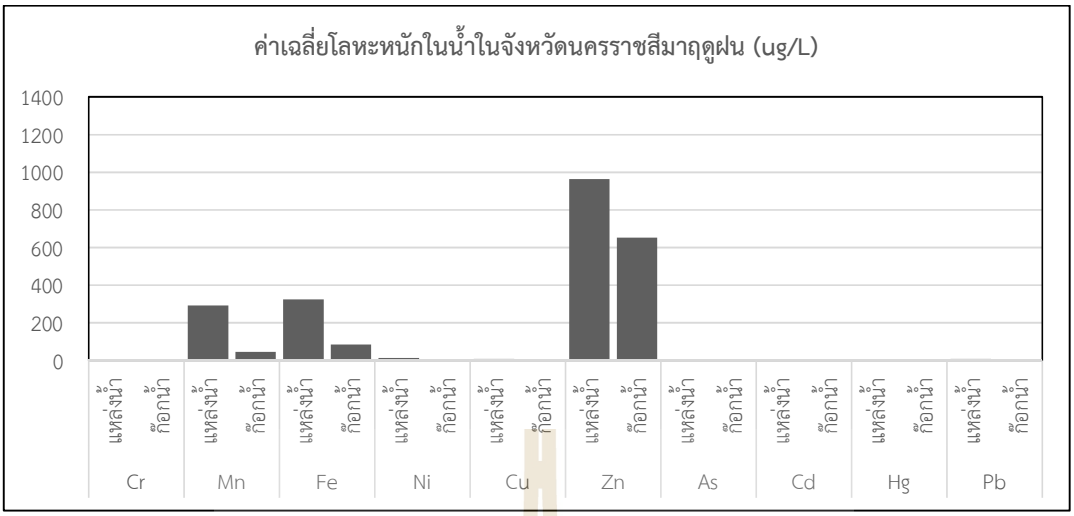
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.16 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาจังหวัดนครราชสีมาในช่วงฤดูฝน

ตัวอย่าง	จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนัก (ug/L)									
		Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	ประปาเทศบาลนครนครราชสีมา อัษฎางค์ (แหล่งน้ำดิบ)	8.92	488.29	797.25	24.16	3.22	**1032.03**	1.06	0.70	0.11	10.15
2	ประปาเทศบาลนครนครราชสีมา อัษฎางค์ (บ้านผู้ใช้)	1.13	33.45	58.76	3.03	1.99	375.82	0.97	0.09	0.08	1.98
3	ประปาเทศบาลมะขามเฒ่า (แหล่งน้ำดิบ)	7.14	34.65	68.72	4.84	9.36	510.41	1.39	0.14	0.05	2.94
4	ประปาเทศบาลมะขามเฒ่า (บ้านผู้ใช้)	4.20	17.64	53.48	3.77	1.77	424.09	1.16	0.04	0.05	2.15
5	ประปาเทศบาลบัวใหญ่ (แหล่งน้ำดิบ)	1.56	86.18	65.14	3.71	1.68	**1962.03**	1.46	0.39	0.05	9.46
6	ประปาเทศบาลบัวใหญ่ (บ้านผู้ใช้น้ำ)	0.93	54.62	64.10	3.66	1.29	1364.64	0.97	0.23	0.04	3.42
7	ประปาส่วนภูมิภาคพิมาย (แหล่งน้ำดิบ)	8.94	86.05	225.82	19.32	12.12	742.68	1.03	0.18	0.06	6.48
8	ประปาส่วนภูมิภาคพิมาย (บ้านผู้ใช้น้ำ)	4.54	42.38	150.08	7.09	4.58	671.38	1.02	0.09	0.05	2.21
9	ประปาส่วนภูมิภาคสาขาครบุรี (แหล่งน้ำดิบ)	4.15	763.49	468.84	7.56	9.05	574.76	2.90	1.13	0.04	9.85
10	ประปาส่วนภูมิภาคสาขาครบุรี (บ้านผู้ใช้น้ำ)	3.23	73.15	93.32	3.29	8.05	428.01	0.45	1.10	0.03	3.12
ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน (ug/L)		50	1000	-	100	100	1000	10	50	2	50
เกณฑ์แนะนำน้ำประปา WHO (ug/L)		50	100	300	-	200	3000	10	3	6	10

หมายเหตุ: - ไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของในนครราชสีมาในฤดูฝน

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาในเขตเมืองจังหวัดนครราชสีมาในช่วงแล้ง (มกราคม-เดือนเมษายน 2559) แสดงดังตารางที่ 4.17

ผลการศึกษาพบว่าสารโครเมียม (Cr) ในแหล่งน้ำดิบและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 1.27-64.07 µg/L โดยพบค่าสูงสุดที่แหล่งน้ำดิบของประปาส่วนภูมิภาคครบุรี จังหวัดนครราชสีมามีค่าเท่ากับ 64.07 µg/L ซึ่งเกินค่ามาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐานของโครเมียมในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 50 และ 50 µg/L)

แมงกานีส (Mn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 26.91-1127.67 µg/L ซึ่งพบว่าน้ำจากแหล่งน้ำดิบของประปาส่วนภูมิภาคครบุรี มีค่าเกินค่ามาตรฐาน โดยพบค่าแมงกานีสสูงที่สุดที่แหล่งน้ำดิบของประปาส่วนภูมิภาคครบุรี โดยมีค่าเท่ากับ 1127.67 µg/L (ค่ามาตรฐานของแมงกานีสในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 1000 และ 100 µg/L) เหล็ก (Fe) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 46.8-3140.74 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน โดยไม่มีค่ามาตรฐานของเหล็กในแหล่งน้ำมีเฉพาะในน้ำประปาได้ไม่เกิน 300 µg/L โดยพบค่าเหล็กสูงที่สุดที่แหล่งน้ำดิบประปาส่วนภูมิภาคครบุรี

นิกเกิล (Ni) ในแหล่งน้ำดิบและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 0.92-28.11 µg/L โดยพบค่าสูงสุดที่แหล่งน้ำดิบประปาเทศบาลนครนครราชสีมา (อัษฎางค์) ซึ่งนิกเกิลมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐานของนิกเกิลในแหล่งน้ำไม่เกิน 100 µg/L) และไม่มีเกณฑ์แนะนำน้ำประปาของ WHO ทองแดง (Cu) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 1.26-15.83 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน โดยพบค่าทองแดงสูงที่สุดที่แหล่งน้ำดิบประปาส่วนภูมิภาคพิมาย (ค่ามาตรฐานของทองแดงในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 100 และ 200 µg/L)

สังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 619.04-1782.99 µg/L โดยพบมีค่าเกินค่ามาตรฐานในแหล่งน้ำดิบบริเวณประปาเทศบาลนครนครราชสีมา (อัษฎางค์ และมะขามเฒ่า) และประปาเทศบาลบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมาโดยพบค่าสังกะสีสูงที่สุดที่แหล่งน้ำดิบ

ประปาเทศบาลเทศบาลนครนครราชสีมา (อัษฎางค์) เท่ากับ 1782.99 µg/L (ค่ามาตรฐานของสังกะสีในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 1000 และ 3000 µg/L)

สารหนู (As) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง nd-5.98 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของสารหนูในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 10 และ 10 µg/L) โดยพบค่าสารหนูสูงที่สุดที่แหล่งน้ำดิบประปาเทศบาลครบุรี นครราชสีมา โดยมีค่าเท่ากับ 5.98 µg/L แคดเมียมในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 0.08-0.74 µg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของแคดเมียมในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 50 และ 3 µg/L) เมอคิวรี่ไม่พบในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ตะกั่วในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 1.82-11.05 µg/L โดยพบค่าตะกั่วมากที่สุดที่แหล่งน้ำประปาเทศบาลครบุรี มีค่าเท่ากับ 11.05 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของตะกั่วในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 50 และ 10 µg/L)

จากผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำและจุดที่บ้านผู้ใช้ในจังหวัดนครราชสีมาพบว่าส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยในจุดเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำมากกว่าในจุดบ้านผู้ใช้ในทุกตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 4.13 จากภาพรวมผลการศึกษาพบว่ามีค่าโครเมียม (1 ใน 10 ตัวอย่าง) แมงกานีส (1 ใน 10 ตัวอย่าง) และค่าสังกะสี (3 ใน 10 ตัวอย่าง) ในแหล่งน้ำดิบมีค่าเกินค่ามาตรฐานมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำพิจารณาจากมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภท 2-4 ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) อย่างไรก็ตามดัชนีคุณภาพน้ำทางโลหะหนักอื่นในน้ำประปายังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานฯ ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาเขตเมืองจังหวัดนครราชสีมาในฤดูแล้งแสดงดังตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.13

จากการเปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ยโลหะหนักทั้ง 10 ชนิดในแหล่งน้ำดิบและก๊อกน้ำบ้านผู้ใช้ในประปาเขตเมืองจังหวัดนครราชสีมาทั้งสองฤดูกาลพบปริมาณโลหะหนักในฤดูแล้งมีค่ามากกว่าในฤดูฝน และพบโลหะหนักในแหล่งน้ำดิบมากกว่าน้ำของบ้านผู้ใช้น้ำ รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.14

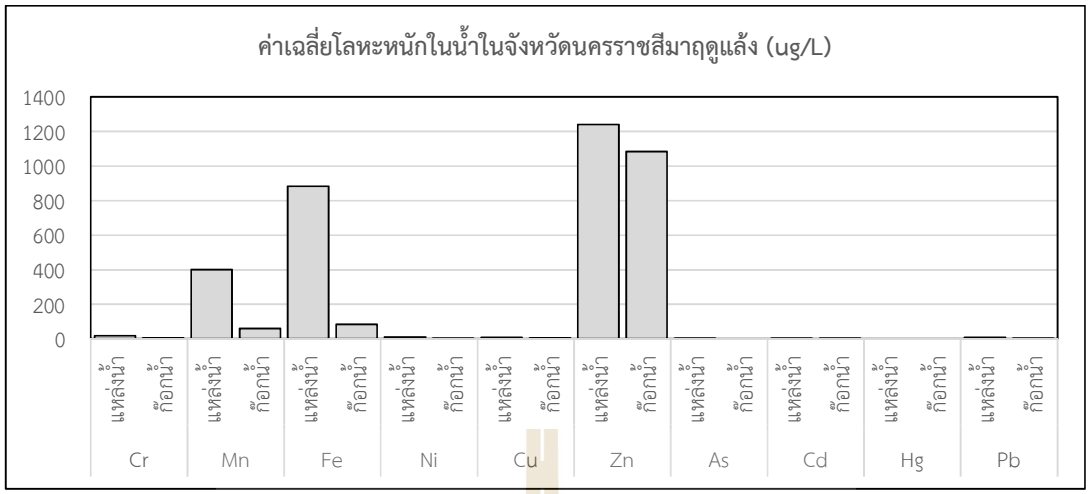
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.17 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาจังหวัดนครราชสีมาในฤดูแล้ง

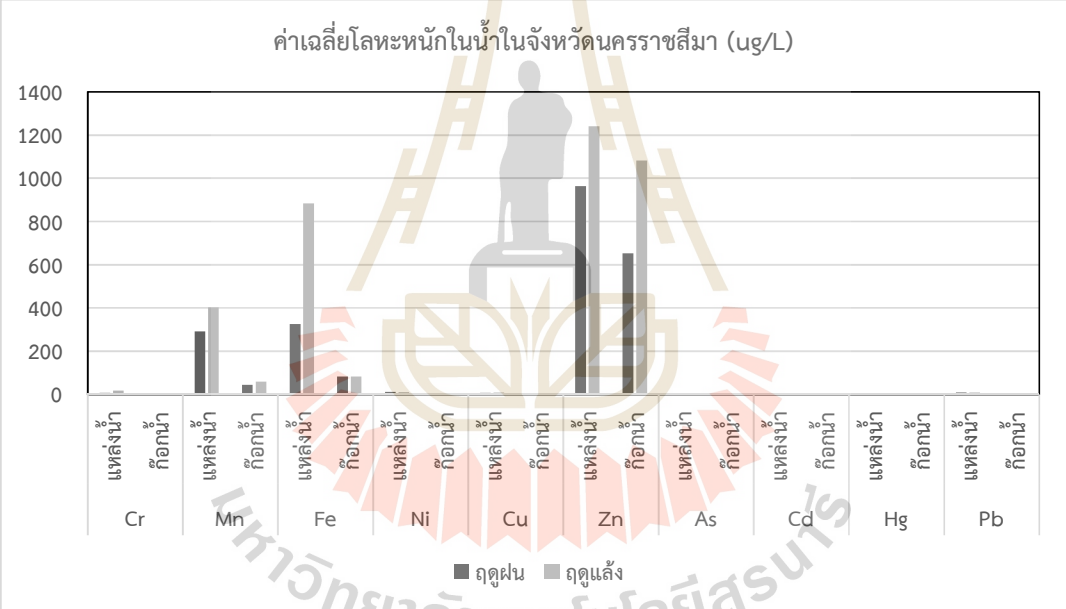
ตัวอย่าง	จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนัก (ug/L)									
		Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	ประปาเทศบาลนครนครราชสีมา อัษฎางค์ (แหล่งน้ำดิบ)	8.98	654.38	881.07	28.11	2.68	1782.99	nd	0.74	nd	10.99
2	ประปาเทศบาลนครนครราชสีมา อัษฎางค์ (บ้านผู้ใช้)	1.27	41.22	46.80	1.68	1.62	1741.24	nd	0.08	nd	1.82
3	ประปาเทศบาลมะขามเฒ่า (แหล่งน้ำดิบ)	7.17	35.33	81.96	2.85	9.82	1170	nd	0.21	nd	3.80
4	ประปาเทศบาลมะขามเฒ่า (บ้านผู้ใช้)	5.39	26.91	70.87	2.84	1.78	1153.16	nd	0.09	nd	2.07
5	ประปาเทศบาลบัวใหญ่ (แหล่งน้ำดิบ)	1.79	75.43	74.38	1.98	1.83	1566.30	1.33	0.60	nd	6.40
6	ประปาเทศบาลบัวใหญ่ (บ้านผู้ใช้น้ำ)	1.28	66.62	51.43	0.92	1.26	975.45	nd	0.22	nd	3.61
7	ประปาส่วนภูมิภาคพิมาย (แหล่งน้ำดิบ)	9.01	116.12	239.05	15.78	15.83	781.85	0.10	0.19	nd	5.51
8	ประปาส่วนภูมิภาคพิมาย (บ้านผู้ใช้น้ำ)	4.56	61.43	178.03	2.96	3.08	619.04	nd	0.08	nd	2.26
9	ประปาส่วนภูมิภาคสาขาครบุรี (แหล่งน้ำดิบ)	64.07	1127.67	3140.74	6.44	9.06	905.73	5.98	0.13	nd	11.05
10	ประปาส่วนภูมิภาคสาขาครบุรี (บ้านผู้ใช้น้ำ)	5.05	104.97	70.32	2.36	8.53	927.12	nd	0.11	nd	3.23
ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน (ug/L)		50	1000	-	100	100	1000	10	50	2	50
เกณฑ์แนะนำน้ำประปา WHO (ug/L)		50	100	300	-	200	3000	10	3	6	10

หมายเหตุ: - ไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของในนครราชสีมาในฤดูแล้ง



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของในนครราชสีมาทั้งสองฤดูกาล

4.4.2 สารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปาในจังหวัดชัยภูมิ

ผลการศึกษาตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาในเขตเมืองจังหวัดชัยภูมิในช่วงฤดูฝน ของโลหะหนัก 10 ชนิด แสดงดังตารางที่ 4.18 ผลการศึกษาพบว่าสารโครเมียม (Cr) ในแหล่งน้ำดิบและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 0.19-4.07 µg/L โดยพบค่าสูงสุดที่แหล่งน้ำดิบของประปาส่วนภูมิภาคจังหวัดชัยภูมิ ซึ่งโครเมียมมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดิน และเกณฑ์แนะนำน้ำประปาของ WHO แมงกานีส (Mn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 14.49-44.81 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของแมงกานีสในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 1000 และ 100

µg/L) โดยพบค่าแมงกานีสสูงที่สุดที่แหล่งน้ำดิบประปาเทศบาลลาดใหญ่ เหล็ก (Fe) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 38.39-246.53 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน โดยพบค่าเหล็กสูงที่สุดที่แหล่งน้ำดิบประปาส่วนภูมิภาคจังหวัดชัยภูมิโดยมีค่าเท่ากับ 246.53 µg/L

นิกเกิล (Ni) ในแหล่งน้ำดิบและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 3.94-5.22 µg/L โดยพบค่าสูงสุดที่แหล่งน้ำดิบประปาเทศบาลลาดใหญ่ ซึ่งนิกเกิลมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดินฯ และไม่มีเกณฑ์แนะนำน้ำประปาของ WHO ทองแดง (Cu) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 1.03-2.95 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน โดยพบค่าทองแดงสูงที่สุดที่แหล่งน้ำดิบประปาส่วนชัยภูมิ สังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 205.43-690.9 µg/L ซึ่งมีค่าเกินไม่เกินค่ามาตรฐานฯ (ค่ามาตรฐานของสังกะสีในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 1000 และ 3000 µg/L) สารหนู (As) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 0.18-0.37 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของสารหนูในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 10 และ 10 µg/L) แคดเมียมในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 0.05-0.68 µg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของแคดเมียมในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 50 และ 3 µg/L) เมอคิวรี่ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 0.04-0.05 µg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของเมอคิวรี่ในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 2 และ 6 µg/L) ตะกั่วในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 1.57-.87 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของตะกั่วในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 50 และ 10 µg/L)

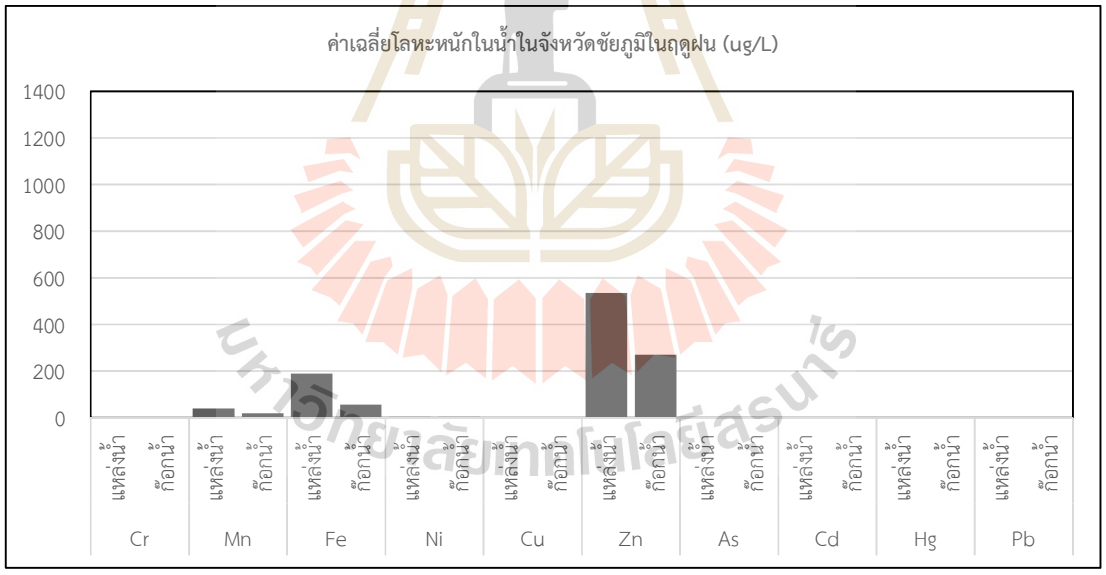
จากค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำและจุดที่บ้านผู้ใช้พบว่าส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยในจุดเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำมากกว่าในจุดบ้านผู้ใช้ในทุกตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 4.15 ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำทางโลหะหนักในประปาเขตเมืองในจังหวัดชัยภูมิในฤดูฝนอยู่ในค่ามาตรฐานฯ ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาเขตเมืองจังหวัดชัยภูมิในฤดูฝนแสดงดังตารางที่ 4.18 และรูปที่ 4.15

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.18 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาจังหวัดชัยภูมิในฤดูฝน

ตัวอย่าง	จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนัก (ug/L)									
		Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	ประปาส่วนภูมิภาค จ.ชัยภูมิ (แหล่งน้ำดิบ)	4.07	35.27	246.53	4.36	2.95	690.90	0.29	0.68	0.04	2.87
2	ประปาส่วนภูมิภาค จ.ชัยภูมิ (บ้านผู้ใช้)	1.15	14.49	73.33	3.94	1.54	333.58	0.18	0.07	0.04	1.81
3	ประปาเทศบาลลาดใหญ่ จ.ชัยภูมิ (แหล่งน้ำดิบ)	0.89	44.81	134.60	5.22	1.63	381.78	0.37	0.10	0.05	1.61
4	ประปาเทศบาลลาดใหญ่ จ.ชัยภูมิ (บ้านผู้ใช้)	0.19	25.46	38.39	3.89	1.03	205.43	0.28	0.05	0.04	1.57
ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน (ug/L)		50	1000	-	100	100	1000	10	50	2	50
เกณฑ์แนะนำน้ำประปา WHO (ug/L)		50	100	300	-	200	3000	10	3	6	10

หมายเหตุ: - ไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด



รูปที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของในชัยภูมิในฤดูฝน

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาในเขตเมืองจังหวัดชัยภูมิในช่วงแล้ง (มกราคม-เดือนเมษายน 2559) แสดงดังตารางที่ 4.19

ผลการศึกษาพบว่าสารโครเมียม (Cr) ในแหล่งน้ำดิบและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 1.9-5.65 µg/L โดยพบค่าสูงสุดที่แหล่งน้ำดิบของประปาส่วนภูมิภาคชัยภูมิมีค่าเท่ากับ 5.65 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐานของโครเมียมในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 50 และ 50 µg/L)

แมงกานีส (Mn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 15.09-59.55 µg/L ซึ่งพบว่าน้ำจากแหล่งน้ำดิบของประปาส่วนภูมิภาคลาดใหญ่ ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ เหล็ก (Fe) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 55.24-368 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ โดยพบค่าเหล็กสูงที่สุดที่แหล่งน้ำดิบประปาส่วนภูมิภาคชัยภูมิ นิกเกิล (Ni) ในแหล่งน้ำดิบและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 1.35-3.8 µg/L ซึ่งนิกเกิลมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐานของนิกเกิลในแหล่งน้ำไม่เกิน 100 µg/L) และไม่มีเกณฑ์แนะนำน้ำประปาของ WHO

ทองแดง (Cu) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 1.28-3.15 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของทองแดงในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 100 และ 200 µg/L)

สังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 516.2-895.03 µg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ (ค่ามาตรฐานของสังกะสีในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 1000 และ 3000 µg/L) สารหนู (As) ไม่พบในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้

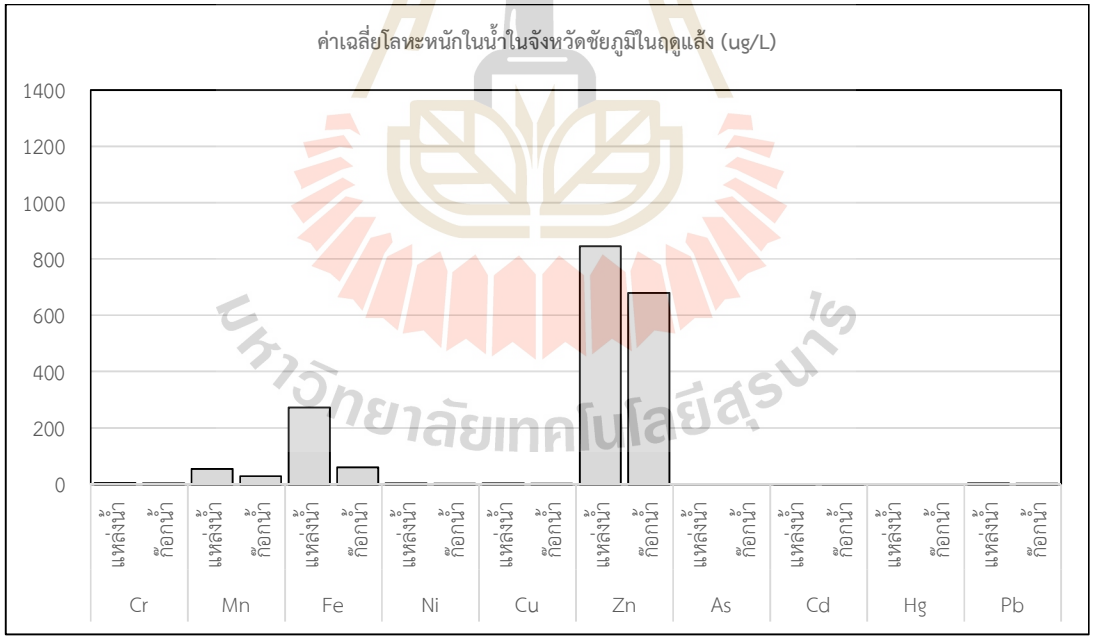
แคดเมียมในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 0.08-0.15 µg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของแคดเมียมในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 50 และ 3 µg/L) เมอคิวรี่ไม่พบในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ ตะกั่วในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 1.95-2.55 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของตะกั่วในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 50 และ 10 µg/L)

จากผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำและจุดที่บ้านผู้ใช้พบว่าส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยในจุดเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำมากกว่าในจุดบ้านผู้ใช้ในทุกตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 4.17 และคุณภาพน้ำทางโลหะหนักในน้ำตัวอย่างมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาเขตเมืองจังหวัดชัยภูมิในฤดูแล้งแสดงดังตารางที่ 4.19 และรูปที่ 4.16 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของโลหะหนักทั้ง 10 ชนิดในแหล่งน้ำดิบและก๊อกน้ำบ้านผู้ใช้ในประปาเขตเมืองจังหวัดชัยภูมิทั้งสองฤดูกาลพบปริมาณโลหะหนักในฤดูแล้งมีค่ามากกว่าในฤดูฝน และพบโลหะหนักในแหล่งน้ำดิบมากกว่าน้ำประปาบ้านผู้ใช้น้ำ รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.17

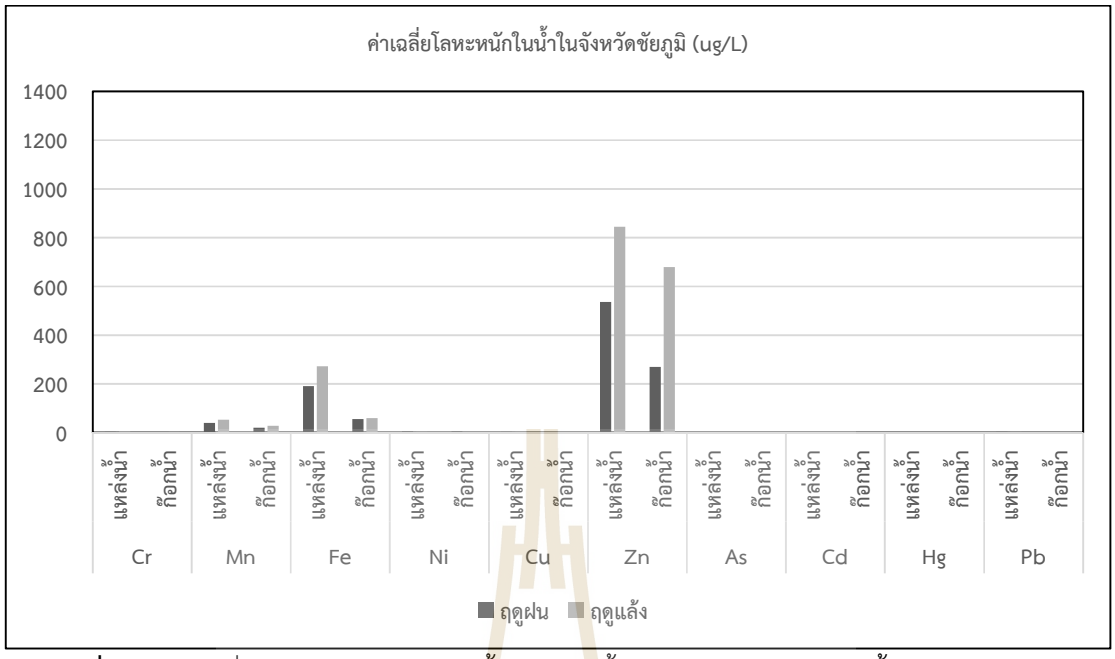
ตารางที่ 4.19 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาจังหวัดชัยภูมิในฤดูแล้ง

ตัวอย่าง	จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนัก (ug/L)									
		Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	ประปาส่วนภูมิภาค จ.ชัยภูมิ (แหล่งน้ำดิบ)	5.65	48.36	368.01	2.76	3.15	895.03	nd	0.15	nd	2.55
2	ประปาส่วนภูมิภาค จ.ชัยภูมิ (บ้านผู้ใช้)	4.26	15.09	64.78	2.36	2.50	841.91	nd	0.08	nd	2.39
3	ประปาเทศบาลลาดใหญ่ จ.ชัยภูมิ (แหล่งน้ำดิบ)	2.39	59.55	176.68	3.80	1.67	794.80	nd	0.09	nd	2.12
4	ประปาเทศบาลลาดใหญ่ จ.ชัยภูมิ (บ้านผู้ใช้)	1.90	41.65	55.24	1.35	1.28	516.25	nd	0.08	nd	1.94
ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน (ug/L)		50	1000	-	100	100	1000	10	50	2	50
เกณฑ์แนะนำน้ำประปา WHO (ug/L)		50	100	300	-	200	3000	10	3	6	10

หมายเหตุ: - ไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด; nd, non-detected



รูปที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของในชัยภูมิในฤดูแล้ง



รูปที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในจุดแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของระบบประปาชัยภูมิทั้งสองฤดูกาล

4.4.3 สารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปาในจังหวัดสุรินทร์

ผลการศึกษาตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาในเขตเมืองจังหวัดสุรินทร์ในช่วงฤดูฝน ของโลหะหนัก 10 ชนิด แสดงดังตารางที่ 4.20

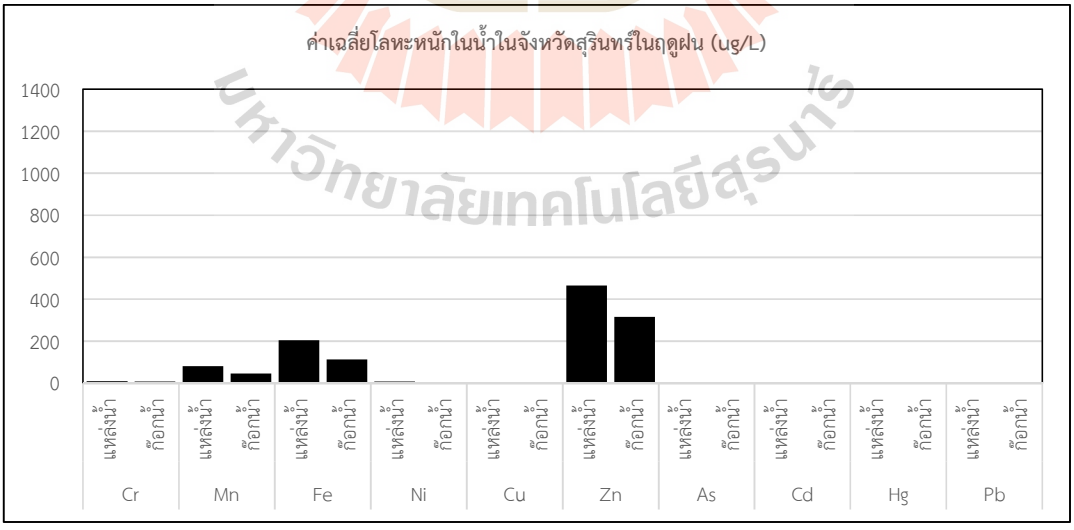
ผลการศึกษาพบว่าสารโครเมียม (Cr) ในแหล่งน้ำดิบและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 6.36-9.72 µg/L โดยพบค่าสูงสุดที่แหล่งน้ำดิบของประปาส่วนภูมิภาคจังหวัดสุรินทร์ ซึ่งโครเมียมมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดิน และเกณฑ์แนะนำน้ำประปาของ WHO แมงกานีส (Mn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 20.22-91.41 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ โดยพบค่าแมงกานีสสูงที่สุดที่แหล่งน้ำดิบประปาเทศบาลกังแอน (ค่ามาตรฐานของแมงกานีสในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 1000 และ 100 µg/L) เหล็ก (Fe) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 113.85 -244.18 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน โดยพบค่าเหล็กสูงที่สุดที่แหล่งน้ำดิบประปาส่วนภูมิภาคจังหวัดสุรินทร์โดยมีค่าเท่ากับ 244.18 µg/L นิกเกิล (Ni) ในแหล่งน้ำดิบและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 3.44- 8.42 µg/L ซึ่งนิกเกิลมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดินฯ และไม่มีเกณฑ์แนะนำน้ำประปาของ WHO ทองแดง (Cu) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 2.92-5.6 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ สังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 261.62-658.41 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ สารหนู (As) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 0.44-0.62 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ (ค่ามาตรฐานของสารหนูในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 10 และ 10 µg/L) แคดเมียมในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 0.09-0.22 µg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ (ค่ามาตรฐานของแคดเมียมในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 50 และ 3 µg/L) เมอคิวรี่ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 0.02-0.04 µg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของเมอคิวรี่ในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 2 และ 6 µg/L) ตะกั่วในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 2.31-4.41 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของตะกั่วในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 50 และ 10 µg/L)

ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำและจุดที่บ้านผู้ใช้พบว่าส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยในจุดเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำมากกว่าในจุดบ้านผู้ใช้ในทุกตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 4.18 ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำทางโลหะหนักในประปาเขตเมืองในจังหวัดสุรินทร์ในฤดูฝนอยู่ในค่ามาตรฐานฯ ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาเขตเมืองจังหวัดสุรินทร์ในฤดูฝนแสดงดังตารางที่ 4.20 และรูปที่ 4.18

ตารางที่ 4.20 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาจังหวัดสุรินทร์ในฤดูฝน

ตัวอย่าง	จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนัก (ug/L)									
		Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	ประปาส่วนภูมิภาค จ.สุรินทร์ (แหล่งน้ำดิบ)	9.72	68.77	244.18	8.72	5.60	269.87	0.50	0.11	0.04	2.46
2	ประปาส่วนภูมิภาค จ.สุรินทร์ (บ้านผู้ใช้)	6.36	20.22	113.85	3.44	2.96	261.62	0.44	0.09	0.02	2.31
3	ประปาเทศบาลกังแอน จ.สุรินทร์ (แหล่งน้ำดิบ)	7.39	91.47	164.54	4.65	3.90	658.41	0.62	0.22	0.03	4.41
4	ประปาเทศบาลกังแอน จ.สุรินทร์ (บ้านผู้ใช้)	6.95	70.68	113.85	3.89	2.92	368.57	0.60	0.10	0.02	3.63
ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน (ug/L)		50	1000	-	100	100	1000	10	50	2	50
เกณฑ์แนะนำน้ำประปา WHO (ug/L)		50	100	300	-	200	3000	10	3	6	10

หมายเหตุ: - ไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด



รูปที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในแหล่งน้ำและก๊อกน้ำในน้ำประปาสุรินทร์ในฤดูฝน

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาในเขตเมืองจังหวัดสุรินทร์ในช่วงแล้ง (มกราคม-เดือนเมษายน 2559) แสดงดังตารางที่ 4.21

ผลการศึกษาพบว่าสารโครเมียม (Cr) ในแหล่งน้ำดิบและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 7.94-19.87 µg/L โดยพบค่าสูงสุดที่แหล่งน้ำดิบของประปาส่วนภูมิภาคสุรินทร์มีค่าเท่ากับ 19.87 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐานของโครเมียมในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 50 และ 50 µg/L) แมงกานีส (Mn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 18.36 -134.87 µg/L ซึ่ง ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ เหล็ก (Fe) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 112.79-347.93 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ นิกเกิล (Ni) ในแหล่งน้ำดิบและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 2.05-3.8 µg/L ซึ่งนิกเกิลมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐานของนิกเกิลในแหล่งน้ำไม่เกิน 100 µg/L) และไม่มีเกณฑ์แนะนำน้ำประปาของ WHO

ทองแดง (Cu) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 3.23-6.16 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของทองแดงในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 100 และ 200 µg/L) สังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วงเฉลี่ยเท่ากับ 689.72-975.75 µg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ สารหนู (As) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง nd-1.32 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน แคดเมียมในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 0.09-0.13 µg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของแคดเมียมในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 50 และ 3 µg/L) เมอคิวรี่ไม่พบในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ ตะกั่วในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 2.73-4.40 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของตะกั่วในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 50 และ 10 µg/L)

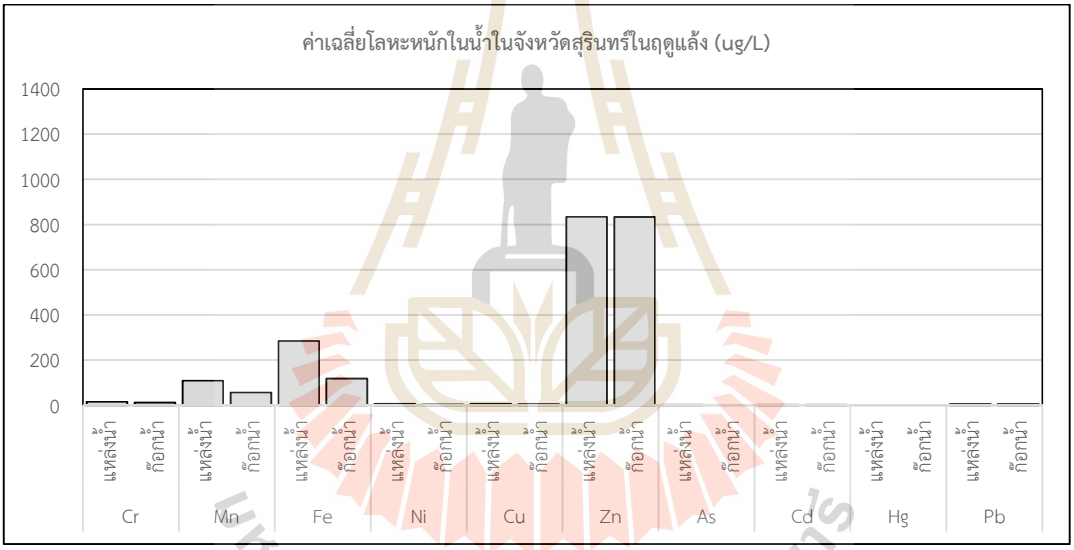
จากผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำและจุดที่บ้านผู้ใช้พบว่าส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยในจุดเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำมากกว่าในจุดบ้านผู้ใช้ในทุกตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 4.19 และคุณภาพน้ำทางโลหะหนักในน้ำตัวอย่างมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาเขตเมืองจังหวัดสุรินทร์ในฤดูแล้งแสดงดังตารางที่ 4.21 และรูปที่ 4.19 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของโลหะหนักทั้ง 10 ชนิดในแหล่งน้ำดิบและก๊อกน้ำบ้านผู้ใช้ในประปาเขตเมืองจังหวัดสุรินทร์ทั้งสองฤดูกาลพบปริมาณโลหะหนักในฤดูแล้งมีค่ามากกว่าในฤดูฝน และพบโลหะหนักในแหล่งน้ำดิบมากกว่าน้ำประปาบ้านผู้ใช้น้ำ รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.20

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.21 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบาดาลจังหวัดสุรินทร์ในฤดูแล้ง

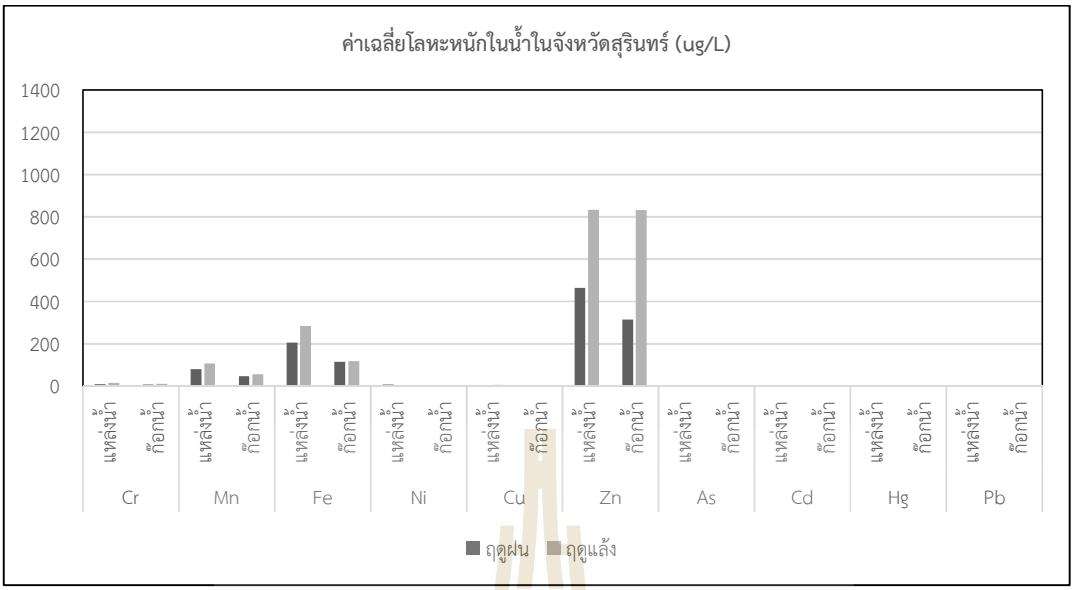
ตัวอย่าง	จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนัก (ug/L)									
		Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	ประปาส่วนภูมิภาค จ.สุรินทร์ (แหล่งน้ำดิบ)	19.87	79.66	347.93	6.35	6.16	797.84	nd	0.09	nd	3.09
2	ประปาส่วนภูมิภาค จ.สุรินทร์ (บ้านผู้ใช้)	13.06	18.36	120.92	2.05	3.35	689.72	nd	0.09	nd	2.73
3	ประปาเทศบาลกังแอน จ.สุรินทร์ (แหล่งน้ำดิบ)	9.66	134.87	219.03	3.77	4.35	870.63	1.32	0.13	nd	4.40
4	ประปาเทศบาลกังแอน จ.สุรินทร์ (บ้านผู้ใช้)	7.94	93.41	112.79	3.67	3.23	975.75	nd	0.11	nd	3.95
ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน (ug/L)		50	1000	-	100	100	1000	10	50	2	50
เกณฑ์แนะนำน้ำประปา WHO (ug/L)		50	100	300	-	200	3000	10	3	6	10

หมายเหตุ: - ไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด; nd, non-detected



รูปที่ 4.19 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในแหล่งน้ำและก๊อกน้ำในน้ำประปาสุรินทร์ในฤดูแล้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.20 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในจุดแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของระบบประปาในสุรินทร์สองฤดูกาล

4.4.4 สารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปาในจังหวัดบุรีรัมย์

จากผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาในเขตเมืองจังหวัดบุรีรัมย์ในช่วงฤดูฝนของโลหะหนักทั้ง 10 ชนิด แสดงดังตารางที่ 4.22

ผลการศึกษาพบว่าสารโครเมียม (Cr) ในแหล่งน้ำดิบและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 1.69-5.46 µg/L โดยพบค่าสูงสุดที่แหล่งน้ำดิบของประปาเทศบาลประโคนชัย ซึ่งโครเมียมมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดิน และเกณฑ์แนะนำน้ำประปาของ WHO แมงกานีส (Mn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 14.61-89.99 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ โดยพบค่าแมงกานีสสูงที่สุดที่แหล่งน้ำดิบประปาส่วนภูมิภาคบุรีรัมย์ (ค่ามาตรฐานของแมงกานีสในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 1000 และ 100 µg/L) เหล็ก (Fe) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 41.24-263.18 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน โดยพบค่าเหล็กสูงที่สุดที่แหล่งน้ำดิบประปาส่วนภูมิภาคจังหวัดบุรีรัมย์โดยมีค่าเท่ากับ 263.18 µg/L นิกเกิล (Ni) ในแหล่งน้ำดิบและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 3.13-5.29 µg/L ซึ่งนิกเกิลมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ ทองแดง (Cu) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 1.31 -8.01 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ สังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 228.01-1908.21 µg/L ซึ่งมีค่าเกินค่ามาตรฐานในแหล่งน้ำดิบประปาส่วนภูมิภาคบุรีรัมย์ (ค่ามาตรฐานของสังกะสีในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 1000 และ 3000 µg/L)

สารหนู (As) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 0.45-0.55 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ แคดเมียมในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 0.08-0.34 µg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน ฯ เมอคิวรี่ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 0.03-0.06 µg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน ฯ ตะกั่วในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 1.93-8.54 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของตะกั่วในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 50 และ 10 µg/L)

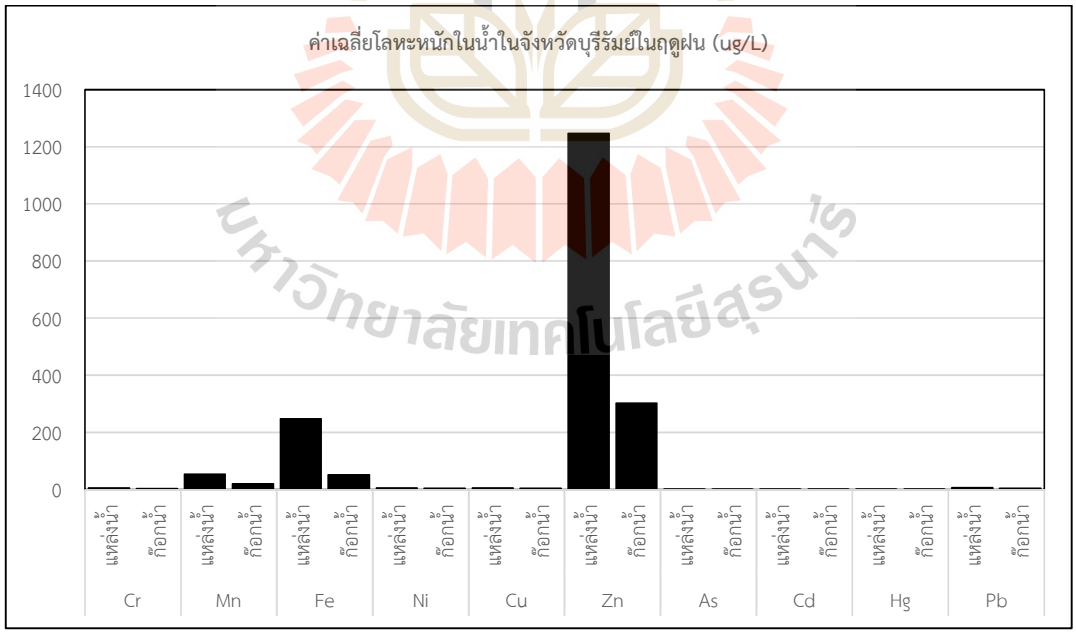
ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำและจุดที่บ้านผู้ใช้พบว่าส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยในจุดเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำมากกว่าในจุดบ้านผู้ใช้ในทุกตัวอย่างดัง

แสดงในรูปที่ 4.21 ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำทางโลหะหนักในประปาเขตเมืองในจังหวัดสุรินทร์ในฤดูฝนอยู่ในค่ามาตรฐานฯ ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาเขตเมืองจังหวัดสุรินทร์ในฤดูฝนแสดงดังตารางที่ 4.22 และรูปที่ 4.21

ตารางที่ 4.22 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาจังหวัดบุรีรัมย์ในฤดูฝน

ตัวอย่าง	จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนัก (ug/L)									
		Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	ประปาส่วนภูมิภาค จ. บุรีรัมย์ (แหล่งน้ำดิบ)	3.71	89.99	230.10	4.32	8.01	**1908.21**	0.51	0.34	0.06	8.54
2	ประปาส่วนภูมิภาค จ. บุรีรัมย์ (บ้านผู้ใช้)	1.69	24.00	62.07	3.13	7.08	374.85	0.45	0.18	0.03	4.70
3	ประปาเทศบาลประโคนชัย จ.บุรีรัมย์ (แหล่งน้ำดิบ)	5.46	16.82	263.18	5.29	2.04	585.43	0.55	0.09	0.03	2.88
4	ประปาเทศบาลประโคนชัย จ.บุรีรัมย์ (บ้านผู้ใช้)	3.52	14.61	41.24	3.71	1.31	228.01	0.45	0.08	0.03	1.93
ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน (ug/L)		50	1000	-	100	100	1000	10	50	2	50
เกณฑ์แนะนำน้ำประปา WHO (ug/L)		50	100	300	-	200	3000	10	3	6	10

หมายเหตุ: - ไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด



รูปที่ 4.21 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในแหล่งน้ำและก๊อกน้ำในน้ำประปาบุรีรัมย์ในฤดูฝน

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาในเขตเมืองจังหวัดบุรีรัมย์ในช่วงแล้ง (มกราคม-เดือนเมษายน 2559) แสดงดังตารางที่ 4.23

ผลการศึกษาพบว่าสารโครเมียม (Cr) ในแหล่งน้ำดิบและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 2.54-5.90 µg/L โดยพบค่าสูงสุดที่แหล่งน้ำดิบของประปาส่วนภูมิภาคสุบุรีรัมย์มีค่าเท่ากับ 5.90 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐานของโครเมียมในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 50 และ 50 µg/L) แมงกานีส (Mn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 20.8-103.73 µg/L ซึ่ง ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ เหล็ก (Fe) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 72.58-359.24 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ นิกเกิล (Ni) ในแหล่งน้ำดิบและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 1.1-3.3 µg/L ซึ่งนิกเกิลมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดิน (ค่ามาตรฐานของนิกเกิลในแหล่งน้ำไม่เกิน 100 µg/L) และไม่มีเกณฑ์แนะนำน้ำประปาของ WHO ทองแดง (Cu) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 1.59-8.99 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของทองแดงในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 100 และ 200 µg/L) สังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วงเฉลี่ยเท่ากับ 320.4-956.25 µg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ สารหนู (As) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง nd-2.11 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน แคดเมียมในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 0.08-0.28 µg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ เมอคิวรี่ไม่พบในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ ตะกั่วในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 2.05-7.35 µg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของตะกั่วในแหล่งน้ำและน้ำประปาไม่เกิน 50 และ 10 µg/L)

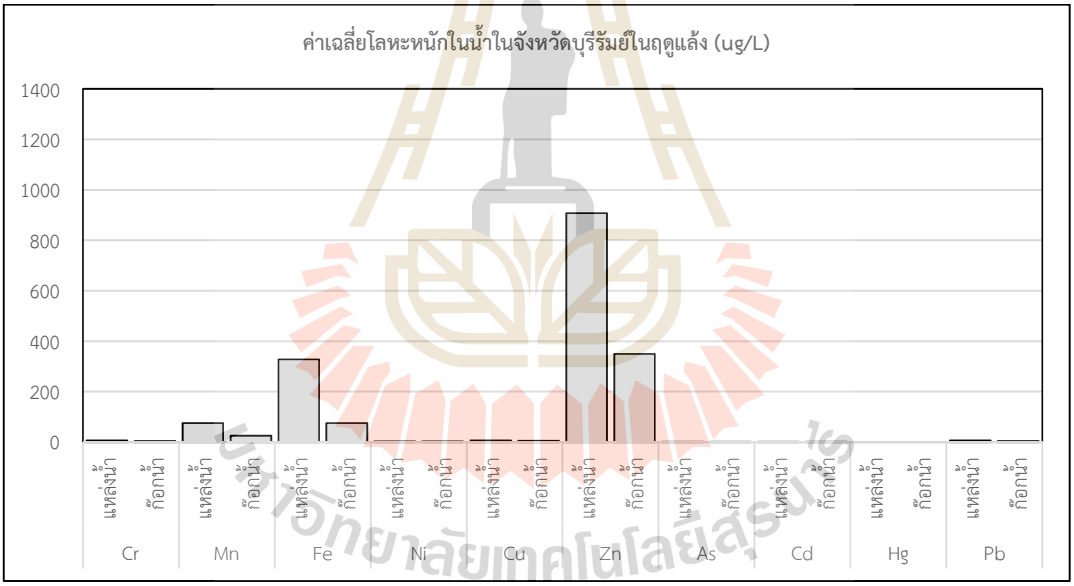
ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำและจุดที่บ้านผู้ใช้พบว่าส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยในจุดเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำมากกว่าในจุดบ้านผู้ใช้ในทุกตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 4.22 และคุณภาพน้ำทางโลหะหนักในน้ำตัวอย่างมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานฯ ยกเว้นค่าสังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำดิบประปาส่วนภูมิภาคบุรีรัมย์ในฤดูฝน (1 ตัวอย่างใน 4 ตัวอย่าง) ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาเขตเมืองจังหวัดบุรีรัมย์ในฤดูแล้งแสดงดังตารางที่ 4.23 และรูปที่ 4.22 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของโลหะหนักทั้ง 10 ชนิดในแหล่งน้ำดิบและก๊อกน้ำบ้านผู้ใช้ในประปาเขตเมืองจังหวัดบุรีรัมย์ทั้งสองฤดูกาลพบปริมาณโลหะหนักในฤดูแล้งมีค่ามากกว่าในฤดูฝน และพบโลหะหนักในแหล่งน้ำดิบมากกว่าน้ำประปาบ้านผู้ใช้น้ำ รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.23

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

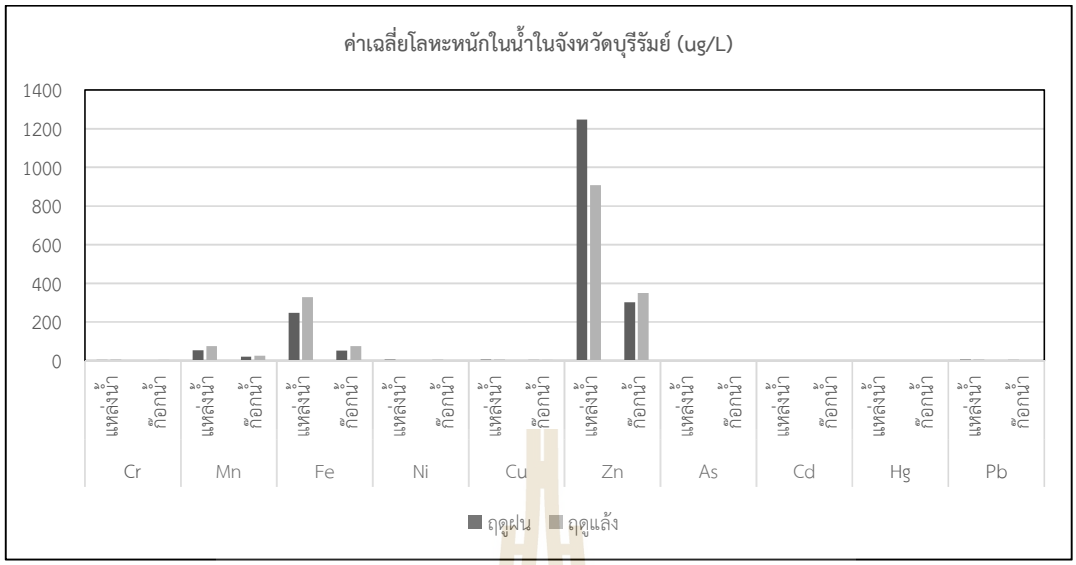
ตารางที่ 4.23 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาจังหวัดบุรีรัมย์ในฤดูแล้ง

ตัวอย่าง	จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนัก (ug/L)									
		Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
1	ประปาส่วนภูมิภาค จ. บุรีรัมย์ (แหล่งน้ำดิบ)	5.90	103.73	296.13	1.96	8.99	858.94	o	0.28	0.00	7.35
2	ประปาส่วนภูมิภาค จ. บุรีรัมย์ (บ้านผู้ใช้)	2.54	29.87	72.58	1.10	7.47	377.74	2.11	0.14	0.00	4.22
3	ประปาเทศบาลประโคนชัย จ.บุรีรัมย์ (แหล่งน้ำดิบ)	5.31	46.10	359.24	3.30	2.09	956.25	0.70	0.10	0.00	3.62
4	ประปาเทศบาลประโคนชัย จ.บุรีรัมย์ (บ้านผู้ใช้)	4.83	20.80	78.26	2.00	1.59	320.40	0.00	0.08	0.00	2.05
ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน (ug/L)		50	1000	-	100	100	1000	10	50	2	50
เกณฑ์แนะนำน้ำประปา WHO (ug/L)		50	100	300	-	200	3000	10	3	6	10

หมายเหตุ: - ไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด



รูปที่ 4.22 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในแหล่งน้ำและก๊อกน้ำในน้ำประปาบุรีรัมย์ในฤดูแล้ง



รูปที่ 4.23 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในจุดแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของระบบประปาในบุรีรัมย์สองฤดูกาล

4.4.5 อภิปรายผลของสารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปา

จากผลการศึกษาค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำดิบและจุดที่บ้านผู้ใช้ในประปาเขตเมืองในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และ สุรินทร์ฤดูฝนพบว่าส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยในจุดเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำมากกว่าในจุดบ้านผู้ใช้ใน และพบโลหะหนักในน้ำตัวอย่างในฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝน และคุณภาพน้ำส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น สังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำดิบฤดูฝนบริเวณประปาเทศบาลบัวใหญ่ ประปาเทศบาลนครนครราชสีมา (อัษฎางค์) ค่าเฉลี่ยของโลหะหนักของโครเมียม (1 ใน 10 ตัวอย่าง) แมงกานีส (1 ใน 10 ตัวอย่าง) ในจุดเก็บตัวอย่างแหล่งน้ำดิบในฤดูแล้งในระบบประปาเขตเมืองจังหวัดนครราชสีมา และสังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำดิบประปาส่วนภูมิภาคบุรีรัมย์ในฤดูฝน (1 ตัวอย่างใน 4 ตัวอย่าง) ค่าเกินค่ามาตรฐานมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำฯ อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำทางโลหะหนักในน้ำประปาบ้านผู้ใช้ยังอยู่ในเกณฑ์แนะนำขององค์การอนามัยโลก

การศึกษานี้สารกลุ่มโลหะหนักในแหล่งน้ำของระบบประปาเขตเมืองพบว่าโลหะหนักประเภท Zn Mn Fe มากซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ธนาวัฒน์ รักกมล และคณะ (2553) ที่ทำการศึกษาคุณภาพน้ำประปาที่จังหวัดพัทลุง และยังพบปริมาณเหล็กเท่านั้นที่เกินค่ามาตรฐานในน้ำประปา และการศึกษาของ Wongsorntam et al. (2010) พบปริมาณทองแดงและสังกะสีมีค่าเกินค่ามาตรฐานในน้ำประปาของโรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา ซึ่งอาจเกิดจากการปนเปื้อนของโลหะหนักในท่อประปา สำหรับการศึกษาของ ประพัฒน์ เป็นตามวา และคณะ (2557) พบแคดเมียมมีค่าเกินค่ามาตรฐานในระบบประปาบาดาลจังหวัดชัยภูมิในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าสูงเกินค่ามาตรฐาน 2 และ 1.33 เท่า สารแคดเมียมในระบบประปาบาดาลจังหวัดบุรีรัมย์ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเกินค่ามาตรฐาน 2 และ 2.6 เท่า ตามลำดับ สารแคดเมียมในระบบประปาบาดาลจังหวัดสุรินทร์พบว่าในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีเกินค่ามาตรฐานจำนวน 2.3 และ 1.6 เท่า

4.5 การประเมินค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปาและอภิปรายผล

การศึกษานี้ทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารกลุ่มโลหะหนักเฉพาะค่าความเสี่ยงทั้งหมดที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Hazard Quotient, HQ) ผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสทางการดื่มกิน โดยทำการศึกษาปริมาณผู้บริโภคได้รับปริมาณโลหะหนักต่อวัน (Average Daily Dose, ADD) ในกรณีที่ประชาชนมีการบริโภคน้ำในแหล่งน้ำดิบเพื่อการผลิตประปาและน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบประปาเขตเมืองในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ สุรินทร์ และบุรีรัมย์ ทำการประเมินค่าความเสี่ยงของทั้งเพศชายและเพศหญิงในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง รายละเอียดผลการศึกษาในแต่ละระบบประปาแสดงดังตารางที่ 4.24-4.31

ผลการประเมินค่าความเสี่ยงของสารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปาเขตเมืองในจังหวัดนครราชสีมาในบริเวณแหล่งน้ำและน้ำก๊อกที่บริเวณบ้านผู้ใช้น้ำในฤดูฝนและฤดูแล้ง ผลการศึกษาพบว่าค่าความเสี่ยง (HQ) จากการบริโภคน้ำในฤดูฝนของสังกะสีในแหล่งน้ำดิบมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 2.4×10^{-1} ในเพศหญิง รองลงมาได้แก่สารแมงกานีสในน้ำแหล่งน้ำของเพศหญิง เท่ากับ 2.27×10^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.24) สำหรับค่าความเสี่ยง (HQ) จากการบริโภคน้ำในฤดูแล้งของโครเมียมในแหล่งน้ำดิบมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 5.9×10^{-1} ในเพศหญิง รองลงมาได้แก่สารโครเมียมในน้ำแหล่งน้ำของเพศชาย เท่ากับ 4.39×10^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.25)

ตารางที่ 4.24 ค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปานครราชสีมาในฤดูฝน

HMs	ระบบประปา	อัษฎางค์ (แหล่งน้ำดิบ)	อัษฎางค์ (บ้านผู้ใช้)	มะขามเฒ่า (แหล่งน้ำดิบ)	มะขามเฒ่า (บ้านผู้ใช้)	บัวใหญ่ (แหล่งน้ำดิบ)	บัวใหญ่ (บ้านผู้ใช้น้ำ)	พิมาย (แหล่งน้ำดิบ)	พิมาย (บ้านผู้ใช้น้ำ)	ครบุรี (แหล่งน้ำดิบ)	ครบุรี (บ้านผู้ใช้น้ำ)
Cr	ชาย	6.11E-02	7.71E-03	4.89E-02	2.88E-02	1.07E-02	6.39E-03	6.12E-02	3.11E-02	2.84E-02	2.22E-02
	หญิง	8.22E-02	1.04E-02	6.58E-02	3.87E-02	1.44E-02	8.59E-03	8.23E-02	4.18E-02	3.82E-02	2.98E-02
Mn	ชาย	9.56E-02	6.55E-03	6.78E-03	3.45E-03	1.69E-02	1.07E-02	1.68E-02	8.29E-03	1.49E-01	1.43E-02
	หญิง	1.28E+00	8.80E-02	9.12E-02	4.64E-02	2.27E-01	1.44E-01	2.26E-01	1.12E-01	2.01E+00	1.92E-01
Fe	ชาย	7.28E-02	5.37E-03	6.28E-03	4.88E-03	5.95E-03	5.85E-03	2.06E-02	1.37E-02	4.28E-02	8.52E-03
	หญิง	9.79E-02	7.21E-03	8.44E-03	6.57E-03	8.00E-03	7.87E-03	2.77E-02	1.84E-02	5.76E-02	1.15E-02
Ni	ชาย	2.21E-03	2.76E-04	4.42E-04	3.45E-04	3.39E-04	3.34E-04	1.76E-03	6.48E-04	6.90E-04	3.00E-04
	หญิง	2.97E-03	3.72E-04	5.94E-04	4.63E-04	4.55E-04	4.49E-04	2.37E-03	8.71E-04	9.28E-04	4.04E-04
Cu	ชาย	6.31E-04	3.90E-04	1.83E-03	3.46E-04	3.28E-04	2.52E-04	2.37E-03	8.95E-04	1.77E-03	1.57E-03
	หญิง	8.48E-04	5.24E-04	2.46E-03	4.65E-04	4.41E-04	3.39E-04	3.19E-03	1.20E-03	2.38E-03	2.12E-03
Zn	ชาย	9.42E-02	3.43E-02	4.66E-02	3.87E-02	1.79E-01	1.25E-01	6.78E-02	6.13E-02	5.25E-02	3.91E-02
	หญิง	1.27E-01	4.61E-02	6.27E-02	5.21E-02	2.41E-01	1.68E-01	9.12E-02	8.24E-02	7.06E-02	5.26E-02
Cd	ชาย	6.44E-03	8.38E-04	1.31E-03	4.05E-04	3.58E-03	2.10E-03	1.66E-03	8.10E-04	1.04E-02	1.01E-02
	หญิง	4.79E-03	6.23E-04	9.73E-04	3.01E-04	2.66E-03	1.56E-03	1.23E-03	6.03E-04	7.71E-03	7.53E-03
Pb	ชาย	7.72E-03	1.51E-03	2.24E-03	1.63E-03	7.20E-03	2.60E-03	4.93E-03	1.68E-03	7.49E-03	2.37E-03
	หญิง	1.04E-02	2.03E-03	3.01E-03	2.20E-03	9.68E-03	3.50E-03	6.63E-03	2.26E-03	1.01E-02	3.19E-03

หมายเหตุ: Hazard Quotient, HQ = ค่าความเสี่ยง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.25 ค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปานครราชสีมาในฤดูแล้ง

HMs	ระบบประปา	อัษฎางค์ (แหล่งน้ำดิบ)	อัษฎางค์ (บ้านผู้ใช้)	มะขามเฒ่า (แหล่งน้ำดิบ)	มะขามเฒ่า (บ้านผู้ใช้)	บัวใหญ่ (แหล่งน้ำดิบ)	บัวใหญ่ (บ้านผู้ใช้น้ำ)	พิมาย (แหล่งน้ำดิบ)	พิมาย (บ้านผู้ใช้น้ำ)	ครบุรี (แหล่งน้ำดิบ)	ครบุรี (บ้านผู้ใช้น้ำ)
Cr	ชาย	6.15E-02	8.70E-03	4.91E-02	3.69E-02	1.22E-02	8.79E-03	6.17E-02	3.12E-02	**4.39E-01**	3.46E-02
	หญิง	8.27E-02	1.17E-02	6.60E-02	4.96E-02	1.64E-02	1.18E-02	8.29E-02	4.20E-02	**5.90E-01**	4.65E-02
Mn	ชาย	1.28E-01	8.07E-03	6.91E-03	5.27E-03	1.48E-02	1.30E-02	2.27E-02	1.20E-02	2.21E-01	2.05E-02
	หญิง	1.72E-01	1.08E-01	9.30E-02	7.08E-02	1.98E-01	1.75E-01	3.06E-01	1.62E-01	2.97E-01	2.76E-01
Fe	ชาย	8.05E-02	4.27E-03	7.48E-03	6.47E-03	6.79E-03	4.70E-03	2.18E-02	1.63E-02	2.87E-01	6.42E-03
	หญิง	1.08E-01	5.75E-03	1.01E-02	8.70E-03	9.13E-03	6.31E-03	2.94E-02	2.19E-02	3.86E-01	8.63E-03
Ni	ชาย	2.57E-03	1.53E-04	2.60E-04	2.59E-04	1.81E-04	8.41E-05	1.44E-03	2.70E-04	5.88E-04	2.15E-04
	หญิง	3.45E-03	2.06E-04	3.49E-04	3.49E-04	2.43E-04	1.13E-04	1.94E-03	3.63E-04	7.91E-04	2.89E-04
Cu	ชาย	5.24E-04	3.18E-04	1.92E-03	3.49E-04	3.58E-04	2.47E-04	3.10E-03	6.03E-04	1.77E-03	1.67E-03
	หญิง	7.04E-04	4.27E-04	2.58E-03	4.69E-04	4.81E-04	3.32E-04	4.16E-03	8.10E-04	2.38E-03	2.25E-03
Zn	ชาย	1.63E-01	1.59E-01	1.07E-01	1.05E-01	1.43E-01	8.91E-02	7.14E-02	5.65E-02	8.27E-02	8.47E-02
	หญิง	2.19E-01	2.14E-01	1.44E-01	1.42E-01	1.92E-01	1.20E-01	9.60E-02	7.60E-02	1.11E-01	1.14E-01
Cd	ชาย	6.80E-03	7.64E-04	1.92E-03	8.29E-04	5.53E-03	2.05E-03	1.70E-03	6.91E-04	1.21E-03	1.01E-03
	หญิง	5.05E-03	5.68E-04	1.42E-03	6.16E-04	4.12E-03	1.53E-03	1.27E-03	5.14E-04	8.97E-04	7.53E-04
Pb	ชาย	8.36E-03	1.39E-03	2.89E-03	1.57E-03	4.87E-03	2.74E-03	4.20E-03	1.72E-03	8.41E-03	2.46E-03
	หญิง	1.12E-02	1.86E-03	3.88E-03	2.11E-03	6.54E-03	3.69E-03	5.64E-03	2.31E-03	1.13E-02	3.31E-03

หมายเหตุ: Hazard Quotient, HQ = ค่าความเสี่ยง

การประเมินค่าความเสี่ยงของสารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปาเขตเมืองในจังหวัดบุรีรัมย์ในบริเวณแหล่งน้ำและน้ำจากบ้านผู้ใช้น้ำในฤดูฝนและฤดูแล้ง ผลการศึกษาพบว่าค่าความเสี่ยง (HQ) จากการบริโภคน้ำในฤดูฝนของแมงกานีสในแหล่งน้ำดิบมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 2.37×10^{-1} ในเพศหญิง รองลงมาได้แก่สารสังกะสีในน้ำแหล่งน้ำของเพศหญิง เท่ากับ 2.34×10^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.26) สำหรับค่าความเสี่ยง (HQ) จากการบริโภคน้ำในฤดูแล้งของแมงกานีสในแหล่งน้ำดิบมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 2.73×10^{-1} ในเพศหญิงในแหล่งน้ำประปาส่วนภูมิภาคบุรีรัมย์ รองลงมาได้แก่สารแมงกานีสในน้ำบ้านผู้ใช้ประเมินในเพศหญิงเท่ากับ 1.21×10^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.27)

ตารางที่ 4.26 ค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบุรีรัมย์ในฤดูฝน

HMs	ระบบประปา	บุรีรัมย์ (แหล่งน้ำดิบ)	บุรีรัมย์ (บ้านผู้ใช้)	ประโคนชัย (แหล่งน้ำดิบ)	ประโคนชัย (บ้านผู้ใช้)
Cr	ชาย	2.54E-02	1.16E-02	3.74E-02	2.41E-02
	หญิง	3.42E-02	1.56E-02	5.03E-02	3.24E-02
Mn	ชาย	1.76E-02	4.70E-03	3.29E-03	2.86E-03
	หญิง	2.37E-01	6.31E-02	4.43E-02	3.84E-02
Fe	ชาย	2.10E-02	5.67E-03	2.40E-02	3.77E-03
	หญิง	2.83E-02	7.62E-03	3.23E-02	5.06E-03
Ni	ชาย	3.95E-04	2.86E-04	4.83E-04	3.39E-04
	หญิง	5.31E-04	3.84E-04	6.50E-04	4.56E-04
Cu	ชาย	1.57E-03	1.39E-03	3.99E-04	2.56E-04
	หญิง	2.11E-03	1.86E-03	5.37E-04	3.44E-04
Zn	ชาย	1.74E-01	3.42E-02	5.35E-02	2.08E-02
	หญิง	2.34E-01	4.60E-02	7.19E-02	2.80E-02
Cd	ชาย	3.11E-03	1.65E-03	8.10E-04	7.00E-04
	หญิง	2.32E-03	1.23E-03	6.03E-04	5.21E-04
Pb	ชาย	6.50E-03	3.57E-03	2.19E-03	1.47E-03
	หญิง	8.74E-03	4.81E-03	2.95E-03	1.97E-03

หมายเหตุ: Hazard Quotient, HQ = ค่าความเสี่ยง

ตารางที่ 4.27 ค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบุรีรัมย์ในฤดูแล้ง

HMs	ระบบประปา	บุรีรัมย์ (แหล่งน้ำดิบ)	บุรีรัมย์ (บ้านผู้ใช้)	ประโคนชัย (แหล่งน้ำดิบ)	ประโคนชัย (บ้านผู้ใช้)
Cr	ชาย	4.04E-02	1.74E-02	3.64E-02	3.31E-02
	หญิง	5.43E-02	2.34E-02	4.89E-02	4.45E-02
Mn	ชาย	2.03E-02	5.85E-03	9.02E-03	4.07E-03
	หญิง	2.73E-01	7.86E-02	1.21E-01	5.47E-02
Fe	ชาย	2.70E-02	6.63E-03	3.28E-02	7.15E-03
	หญิง	3.64E-02	8.91E-03	4.41E-02	9.61E-03
Ni	ชาย	1.79E-04	1.01E-04	3.01E-04	1.83E-04
	หญิง	2.40E-04	1.35E-04	4.05E-04	2.46E-04
Cu	ชาย	1.76E-03	1.46E-03	4.09E-04	3.11E-04
	หญิง	2.36E-03	1.97E-03	5.50E-04	4.18E-04
Zn	ชาย	7.84E-02	3.45E-02	8.73E-02	2.93E-02
	หญิง	1.05E-01	4.64E-02	1.17E-01	3.93E-02

ตารางที่ 4.27 ค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบุรีรัมย์ในฤดูแล้ง **(ต่อ)**

HMs	ระบบประปา	บุรีรัมย์ (แหล่งน้ำดิบ)	บุรีรัมย์ (บ้านผู้ใช้)	ประโคนชัย (แหล่งน้ำดิบ)	ประโคนชัย (บ้านผู้ใช้)
Cd	ชาย	2.62E-03	1.28E-03	9.58E-04	7.74E-04
	หญิง	1.95E-03	9.52E-04	7.12E-04	5.75E-04
Pb	ชาย	5.59E-03	3.21E-03	2.76E-03	1.56E-03
	หญิง	7.52E-03	4.32E-03	3.71E-03	2.09E-03

หมายเหตุ: Hazard Quotient, HQ = ค่าความเสี่ยง

ผลการประเมินค่าความเสี่ยงของสารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปาเขตเมืองในจังหวัดสุรินทร์ในบริเวณแหล่งน้ำและน้ำจากบ้านผู้ใช้น้ำในฤดูฝนและฤดูแล้ง ผลการศึกษาพบว่าค่าความเสี่ยง (HQ) จากการบริโภคน้ำในฤดูฝนของแมงกานีสในแหล่งน้ำดิบมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 2.81×10^{-1} ในเพศหญิง รองลงมาได้แก่สารแมงกานีสในน้ำแหล่งน้ำประเมินในเพศหญิง เท่ากับ 1.86×10^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.28) สำหรับค่าความเสี่ยง (HQ) จากการบริโภคน้ำในฤดูแล้งของแมงกานีสในแหล่งน้ำดิบมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 3.55×10^{-1} ในเพศหญิงในแหล่งน้ำประปา รองลงมาได้แก่สารแมงกานีสในน้ำบ้านผู้ใช้น้ำประเมินในเพศหญิงเท่ากับ 2.46×10^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.29)

ตารางที่ 4.28 ค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาสุรินทร์ในฤดูฝน

HMs	ระบบประปา	สุรินทร์ (แหล่งน้ำดิบ)	สุรินทร์ (บ้านผู้ใช้)	กังแอน (แหล่งน้ำดิบ)	กังแอน (บ้านผู้ใช้)
Cr	ชาย	6.66E-02	4.36E-02	5.06E-02	4.76E-02
	หญิง	8.95E-02	5.86E-02	6.81E-02	6.40E-02
Mn	ชาย	1.35E-02	3.96E-03	1.79E-02	1.38E-02
	หญิง	1.81E-01	5.32E-02	2.41E-01	1.86E-01
Fe	ชาย	2.23E-02	1.04E-02	1.50E-02	1.04E-02
	หญิง	3.00E-02	1.40E-02	2.02E-02	1.40E-02
Ni	ชาย	7.96E-04	3.14E-04	4.24E-04	3.55E-04
	หญิง	1.07E-03	4.23E-04	5.71E-04	4.77E-04
Cu	ชาย	1.10E-03	5.80E-04	7.64E-04	5.71E-04
	หญิง	1.47E-03	7.80E-04	1.03E-03	7.68E-04
Zn	ชาย	2.46E-02	2.39E-02	6.01E-02	3.37E-02
	หญิง	3.31E-02	3.21E-02	8.08E-02	4.53E-02

ตารางที่ 4.28 ค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาสุรินทร์ในฤดูฝน **(ต่อ)**

HMs	ระบบประปา	สุรินทร์ (แหล่งน้ำดิบ)	สุรินทร์ (บ้านผู้ใช้)	กังแอน (แหล่งน้ำดิบ)	กังแอน (บ้านผู้ใช้)
Cd	ชาย	9.67E-04	8.47E-04	2.06E-03	9.02E-04
	หญิง	7.19E-04	6.30E-04	1.53E-03	6.71E-04
Pb	ชาย	1.87E-03	1.76E-03	3.36E-03	2.76E-03
	หญิง	2.52E-03	2.37E-03	4.52E-03	3.72E-03

หมายเหตุ: Hazard Quotient, HQ = ค่าความเสี่ยง

ตารางที่ 4.29 ค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาสุรินทร์ในฤดูแล้ง

HMs	ระบบประปา	สุรินทร์ (แหล่งน้ำดิบ)	สุรินทร์ (บ้านผู้ใช้)	กังแอน (แหล่งน้ำดิบ)	กังแอน (บ้านผู้ใช้)
	ชาย	1.36E-01	8.95E-02	6.62E-02	5.44E-02
	หญิง	1.83E-01	1.20E-01	8.90E-02	7.31E-02
	ชาย	1.56E-02	3.59E-03	2.64E-02	1.83E-02
	หญิง	2.10E-01	4.83E-02	3.55E-01	2.46E-01
Fe	ชาย	3.18E-02	1.10E-02	2.00E-02	1.03E-02
	หญิง	4.27E-02	1.48E-02	2.69E-02	1.38E-02
Ni	ชาย	5.80E-04	1.87E-04	3.44E-04	3.35E-04
	หญิง	7.80E-04	2.52E-04	4.63E-04	4.50E-04
Cu	ชาย	1.21E-03	6.55E-04	8.51E-04	6.32E-04
	หญิง	1.62E-03	8.81E-04	1.14E-03	8.50E-04
Zn	ชาย	7.29E-02	6.30E-02	7.95E-02	8.91E-02
	หญิง	9.80E-02	8.47E-02	1.07E-01	1.20E-01
Cd	ชาย	8.47E-04	8.29E-04	1.20E-03	9.76E-04
	หญิง	6.30E-04	6.16E-04	8.90E-04	7.26E-04
Pb	ชาย	2.35E-03	2.08E-03	3.35E-03	3.01E-03
	หญิง	3.16E-03	2.80E-03	4.50E-03	4.04E-03

หมายเหตุ: Hazard Quotient, HQ = ค่าความเสี่ยง

การประเมินค่าความเสี่ยงของสารกลุ่มโละหนักในน้ำประปาเขตเมืองในจังหวัดชัยภูมิในบริเวณแหล่งน้ำและน้ำจากบ้านผู้ใช้น้ำในฤดูฝนและฤดูแล้ง ผลการศึกษาพบว่าค่าความเสี่ยง (HQ) จากการบริโภคน้ำในฤดูฝนของแมงกานีสในแหล่งน้ำดิบมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 1.18×10^{-1} ในเพศหญิง รองลงมาได้แก่สารแมงกานีสในน้ำแหล่งน้ำประเมินในเพศหญิง เท่ากับ 9.28×10^{-2} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.30) สำหรับค่าความเสี่ยง (HQ) จากการบริโภคน้ำในฤดูแล้งของแมงกานีสในแหล่งน้ำดิบมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 1.57×10^{-1} ในเพศหญิงในแหล่งน้ำประปาส่วนภูมิภาคลาดใหญ่ รองลงมาได้แก่สารแมงกานีสในแหล่งน้ำประเมินในเพศหญิงเท่ากับ 1.27×10^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.31)

ตารางที่ 4.30 ค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาชัยภูมิในฤดูฝน

HMs	ระบบประปา	ชัยภูมิ (แหล่งน้ำดิบ)	ชัยภูมิ (บ้านผู้ใช้)	ลาดใหญ่ (แหล่งน้ำดิบ)	ลาดใหญ่ (บ้านผู้ใช้)
Cr	ชาย	2.79E-02	7.88E-03	6.08E-03	1.32E-03
	หญิง	3.75E-02	1.06E-02	8.18E-03	1.78E-03
Mn	ชาย	6.90E-03	2.84E-03	8.77E-03	4.98E-03
	หญิง	9.28E-02	3.81E-02	1.18E-01	6.70E-02
Fe	ชาย	2.25E-02	6.70E-03	1.23E-02	3.51E-03
	หญิง	3.03E-02	9.00E-03	1.65E-02	4.71E-03
Ni	ชาย	3.98E-04	3.60E-04	4.76E-04	3.55E-04
	หญิง	5.36E-04	4.84E-04	6.40E-04	4.77E-04
Cu	ชาย	5.77E-04	3.01E-04	3.18E-04	2.01E-04
	หญิง	7.76E-04	4.05E-04	4.28E-04	2.70E-04
Zn	ชาย	6.31E-02	3.05E-02	3.49E-02	1.88E-02
	หญิง	8.48E-02	4.10E-02	4.69E-02	2.52E-02
Cd	ชาย	6.26E-03	6.08E-04	8.84E-04	4.88E-04
	หญิง	4.66E-03	4.52E-04	6.58E-04	3.63E-04
Pb	ชาย	2.18E-03	1.38E-03	1.22E-03	1.19E-03
	หญิง	2.93E-03	1.85E-03	1.64E-03	1.60E-03

หมายเหตุ: Hazard Quotient, HQ = ค่าความเสี่ยง

ตารางที่ 4.31 ค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบุรีรัมย์ในฤดูแล้ง

HMs	ระบบประปา	ชัยภูมิ (แหล่งน้ำดิบ)	ชัยภูมิ (บ้านผู้ใช้)	ลาดใหญ่ (แหล่งน้ำดิบ)	ลาดใหญ่ (บ้านผู้ใช้)
Cr	ชาย	3.87E-02	2.92E-02	1.64E-02	1.30E-02
	หญิง	5.20E-02	3.92E-02	2.20E-02	1.75E-02
Mn	ชาย	9.46E-03	2.95E-03	1.17E-02	8.15E-03
	หญิง	1.27E-01	3.97E-02	1.57E-01	1.10E-01
Fe	ชาย	3.36E-02	5.92E-03	1.61E-02	5.04E-03
	หญิง	4.52E-02	7.95E-03	2.17E-02	6.78E-03
Ni	ชาย	2.52E-04	2.15E-04	3.47E-04	1.23E-04
	หญิง	3.39E-04	2.90E-04	4.67E-04	1.65E-04

ตารางที่ 4.31 ค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบุรีรัมย์ในฤดูแล้ง (ต่อ)

HMs	ระบบประปา	ชัยภูมิ (แหล่งน้ำดิบ)	ชัยภูมิ (บ้านผู้ใช้)	ลาดใหญ่ (แหล่งน้ำดิบ)	ลาดใหญ่ (บ้านผู้ใช้)
Cu	ชาย	6.16E-04	4.88E-04	3.26E-04	2.51E-04
	หญิง	8.28E-04	6.56E-04	4.39E-04	3.37E-04
Zn	ชาย	8.17E-02	7.69E-02	7.26E-02	4.71E-02
	หญิง	1.10E-01	1.03E-01	9.76E-02	6.34E-02
Cd	ชาย	1.34E-03	7.74E-04	8.01E-04	7.64E-04
	หญิง	9.93E-04	5.75E-04	5.96E-04	5.68E-04
Pb	ชาย	1.94E-03	1.82E-03	1.61E-03	1.48E-03
	หญิง	2.61E-03	2.44E-03	2.17E-03	1.99E-03

หมายเหตุ: Hazard Quotient, HQ = ค่าความเสี่ยง

ในการศึกษานี้พบว่าค่าความเสี่ยงเฉลี่ย (HQ) ของโลหะหนักแต่ละชนิดมีค่าน้อยกว่า 1 (HQ <1) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปริมาณโลหะหนักโดยเฉลี่ยที่ร่างกายได้รับอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ธนาวัฒน์ รักกมล และคณะ (2553) ที่ทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพในการบริโภคน้ำประปาที่ปนเปื้อนโลหะหนักที่จังหวัดพัทลุง โดยพบว่าค่าความเสี่ยงของโลหะหนักรวมมีค่า 8.17×10^{-3} (HQ <1) ซึ่งในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ และจากการศึกษาของ Muhammad et al. (2011) พบว่าค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารกลุ่มโลหะหนักในน้ำดื่มในประเทศปากีสถาน โดยพบว่าค่า HQ <1 โดยมีค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพของโลหะหนักเรียงลำดับดังนี้ Zn > Cu > Mn > Pb > Ni > Cd >Co และการศึกษาของ Xie et al. (2013) ทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพโลหะหนักในน้ำแร่ธรรมชาติ ประเทศจีนพบว่าค่าสัดส่วนความเสี่ยงจากการบริโภคมีค่าน้อยกว่า 1 ยังอยู่ในเกณฑ์ความปลอดภัย

ส่วนการศึกษาของ Kavcar et al. (2009) ที่ทำการศึกษาความเสี่ยงต่อสุขภาพการได้รับโลหะปนเปื้อนในน้ำดื่มที่ประเทศตุรกี พบค่า HQ > 1 คิดเป็นร้อยละ 19 ของประชาชนในพื้นที่โดยสัดส่วนของประชากรที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งมีค่ามากกว่า 10^{-6} คิดเป็นร้อยละ 90 ส่วนการศึกษาของ Muhamad et al. (2010) พบความเสี่ยงจากการได้รับสารหนูในน้ำดื่มในประเทศปากีสถาน และการศึกษาของ Navoni et al. (2014) ที่ได้ทำการประเมินค่าความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัส As ในน้ำดื่มประเทศอาเจนตินาพบว่าในน้ำประปาร้อยละ 68 มีค่า HQ > 1 โดยมีค่าความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งอยู่ในช่วง 5×10^{-5}–2.1×10^{-2} ซึ่งการประเมินค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสารกลุ่มโลหะหนักในแต่ละพื้นที่มีค่าที่แตกต่างกันตามแหล่งกำเนิดของโลหะหนักที่พบในแหล่งน้ำ

บทที่ 5
บทสรุป

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณโลหะหนักและไตรฮาโลมีเทนในน้ำประปาจากระบบประปาในเขตเมืองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง และทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของโลหะหนักและไตรฮาโลมีเทนจากการอุปโภคบริโภคน้ำประปา ประปาในเขตเมืองของ 4 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ประกอบด้วยระบบประปาเขตเมืองในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ โดยการศึกษานี้ทำการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำของสาร Trihalomethanes (THMs) จำนวน 22 ตัวอย่าง และโลหะหนักจำนวน 44 ตัวอย่างโดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำระยะเวลาการเก็บตัวอย่างน้ำออกเป็น 2 ฤดูประกอบด้วย ช่วงฤดูแล้งดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำระหว่างเดือนมกราคม-เดือนเมษายน 2559 (เฉพาะสาร THMs) และช่วงฤดูฝนดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำระหว่างเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม 2559 โดยคุณภาพน้ำในระบบประปาทำการเก็บตัวอย่างน้ำประปาทั้งหมด 3 จุด ได้แก่ บริเวณแหล่งน้ำดิบ (สำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก, HMs) บริเวณจุดจ่ายน้ำประปาจากระบบประปาเช่นหอถังสูง (สำหรับการวิเคราะห์ THMs) และปลายท่อบ้านผู้ใช้น้ำ หรือก๊อกน้ำ (สำหรับการวิเคราะห์ THMs และ HMs) โดยสรุปผลการศึกษาดังนี้

5.1 สารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ในน้ำ

จากผลการวิเคราะห์ THMs ในน้ำประปาในจังหวัดนครราชสีมาพบสาร Chloroform มีค่าสูงที่สุด บริเวณจุดจ่ายน้ำการประปาส่วนภูมิภาคครบุรี มีค่า 61.64 µg/L รองลงมาได้แก่จุดบริเวณจุดจ่ายน้ำในบริเวณประปามะขามเฒ่านครราชสีมาโดยมีค่าเท่ากับ 24.76 µg/L โดยสาร Chloroform ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำ (หอถังสูง) และจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26 และ 23 µg/L ตามลำดับ สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาในจังหวัดสุรินทร์ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำพบสาร Chloroform มีค่าสูงที่สุด บริเวณจุดจ่ายน้ำการประปาส่วนภูมิภาคเมืองสุรินทร์ มีค่าเท่ากับ 24 µg/L รองลงมาได้แก่จุดบริเวณบ้านผู้ใช้ในระบบประปาเดียวกันโดยมีค่าเท่ากับ 17.44 µg/L โดยสาร Chloroform ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำ (หอถังสูง) และจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.1 และ 9.9 µg/L ตามลำดับ น้ำประปาในจังหวัดบุรีรัมย์พบสารกลุ่ม THMs ประเภท Chloroform มีค่าสูงที่สุด บริเวณจุดจ่ายน้ำการประปาเทศบาลประโคนชัย มีค่าเท่ากับ 66.72 µg/L รองลงมาได้แก่จุดบริเวณจุดจ่ายน้ำการประปาเมืองบุรีรัมย์โดยมีค่าเท่ากับ 37.82 µg/L โดยสาร Chloroform ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำ (หอถังสูง) และจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.2 และ 13.5 µg/L ตามลำดับ สาร Chloroform มีค่าสูงที่สุดในสารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาจังหวัดชัยภูมิโดยพบมากที่สุดบริเวณจุดจ่ายน้ำการประปาเทศบาลลาดใหญ่ มีค่า 12.24 µg/L รองลงมาได้แก่จุดบริเวณจุดจ่ายน้ำการประปาส่วนภูมิภาคชัยภูมิโดยมีค่าเท่ากับ 10.22 µg/L โดยสาร Chloroform ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำ (หอถังสูง) และจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.2 และ 8.3 µg/L ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์สารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาผิวดินโดยพิจารณาจากสาร THMs แต่ละชนิดในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ของระบบประปาผิวดินทั้ง 4 จังหวัดพบว่า สาร Chloroform มีค่าสูงที่สุดในการประปาเทศบาลประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์บริเวณจุดจ่ายน้ำโดยมีค่า

เท่ากับ 66.72 µg/L รองลงมาได้แก่ระบบประปาส่วนภูมิภาคอำเภอครบุรี ในจังหวัดนครราชสีมาโดยมีค่าเท่ากับ 61.64 µg/L ตามลำดับ สำหรับสาร Bromodichloromethane (BDCM) พบในน้ำประปาในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่ามากที่สุดในระบบประปาอำเภอครบุรี ของจังหวัดนครราชสีมา รองลงมาได้แก่น้ำในระบบประปาจังหวัดบุรีรัมย์ สาร Dibromochloromathane (DBCM) พบในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำในจังหวัดนครราชสีมามากที่สุด รองลงมาเป็นน้ำประปาในจังหวัดบุรีรัมย์ ส่วนสาร Bromoform ไม่พบในน้ำประปาผิวดินในทุกจังหวัด สำหรับค่า Trihalomethanes (Sum of Ratio) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี2011

5.2 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการอุปโภคบริโภคน้ำประปาผิวดินของสารกลุ่ม THMs

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและเพศหญิงพบมากที่สุดผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านการดื่มกิน รองลงมาได้แก่ผ่านทางผิวหนัง และผ่านทางหายใจ ตามลำดับ โดยพบค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในเส้นทางสัมผัสการดื่มกินเท่ากับ 5.11×10^{-6} ค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในเส้นทางสัมผัสผ่านผิวหนังเท่ากับ 1.62×10^{-9} และค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในเส้นทางสัมผัสการหายใจเท่ากับ 3.76×10^{-10} ผลการศึกษายังพบว่าเพศหญิงมีความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งจากการบริโภคน้ำที่มีสารกลุ่ม THMs มากกว่าเพศชายโดยมีค่าเฉลี่ย 1.06 เท่า จากผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพสารกลุ่ม THMs ทั้งหมดพบว่าค่าการประเมินของสาร Dichlorobromomethane ($CHCl_2Br$) พบค่าสูงที่สุดเท่ากับ 3.7×10^{-5} ในเพศหญิง รองลงมามีค่าเท่ากับ 3.46×10^{-5} ในเพศชายผ่านเส้นทางการดื่มกินในน้ำประปาส่วนภูมิภาคอำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมา ค่าเฉลี่ยของการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งตลอดช่วงชีวิตผ่านสามเส้นทางการได้รับสัมผัสมีค่าสูงที่สุด ในสาร Dichlorobromomethane รองลงมาได้แก่สาร Chloroform Chlorodibromomethane และ Bromoform ตามลำดับ

จากผลการศึกษาพบค่าความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งตลอดช่วงชีวิตผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสจากการดื่มกินจากสาร Chloroform ในน้ำประปาของระบบประปาส่วนภูมิภาคอำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมา และสาร Dichlorobromomethane พบค่าความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งตลอดช่วงชีวิตผ่านการดื่มกินในน้ำประปาของระบบประปาเทศบาลนครนครราชสีมา (มะขามเฒ่า) ระบบประปาเทศบาลนครนครราชสีมา (อัษฎางค์) ระบบประปาส่วนภูมิภาคอำเภอครบุรี ระบบประปาส่วนภูมิภาคพิมาย จังหวัดนครราชสีมา และ ระบบประปาส่วนภูมิภาคบุรีรัมย์ มีค่าเกินค่าที่ยอมรับได้ขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา ที่กำหนดระดับความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งมีค่าไม่เกิน 1×10^{-6} สำหรับเส้นทางการได้รับสัมผัสอื่นเช่นผ่านผิวหนัง และการหายใจของสารกลุ่ม THMs มีค่าไม่เกินค่าที่ยอมรับได้ขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งพบค่าความเสี่ยงสูงที่สุดในเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านทางการดื่มกิน โดยค่าความเสี่ยงสูงที่สุดพบในสาร $CHCl_3$ มีค่า Hazard index (HI) เท่ากับ 0.17 ในน้ำระบบประปาส่วนภูมิภาคครบุรี จังหวัดนครราชสีมา รองลงมาได้แก่น้ำประปาในระบบประปาส่วนภูมิภาคบุรีรัมย์ มีค่า HI เท่ากับ 0.10 ผลการศึกษานี้ค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Non Carcinogenic Risk) จากการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม THMs มีค่าน้อยกว่า 1 แสดง

ให้เห็นถึงปริมาณ THMs โดยเฉลี่ยที่ร่างกายได้รับอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้และปลอดภัยต่อผู้บริโภค

5.3 สารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปา

ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำดิบและจุดที่บ้านผู้ใช้ในประปาเขตเมืองในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และ สุรินทร์ฤดูฝนพบว่าส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยในจุดเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำดิบมากกว่าในจุดบ้านผู้ใช้ และพบโลหะหนักในน้ำตัวอย่างในฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝน และคุณภาพน้ำส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำฯ และเกณฑ์แนะนำน้ำประปาขององค์การอนามัยโลก ยกเว้น ค่าสังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำดิบในฤดูฝนบริเวณประปาเทศบาลบัวใหญ่ ประปาเทศบาลนครนครราชสีมา (อัษฎางค์) ค่าเฉลี่ยของโลหะหนักของโครเมียม (1 ใน 10 ตัวอย่าง) แมงกานีส (1 ใน 10 ตัวอย่าง) ในจุดเก็บตัวอย่างแหล่งน้ำดิบในฤดูแล้งในระบบประปาเขตเมืองจังหวัดนครราชสีมา และ สังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำดิบประปาส่วนภูมิภาคบุรีรัมย์ในฤดูฝน (1 ตัวอย่างใน 4 ตัวอย่าง) มีค่าเกินค่ามาตรฐานมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำฯ อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำทางโลหะหนักในน้ำประปาบ้านผู้ใช้ยังอยู่ในเกณฑ์แนะนำขององค์การอนามัยโลก

5.4 การประเมินค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปา

ผลการประเมินค่าความเสี่ยงของสารกลุ่มโละหนักในน้ำประปาเขตเมืองในจังหวัดนครราชสีมาในบริเวณแหล่งน้ำและน้ำก๊อกที่บริเวณบ้านผู้ใช้น้ำในฤดูฝนและฤดูแล้ง ผลการศึกษาพบว่าค่าความเสี่ยง (HQ) จากการบริโภคน้ำในฤดูฝนของสังกะสีในแหล่งน้ำดิบมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 2.4×10^{-1} ในเพศหญิง รองลงมาได้แก่สารแมงกานีสในน้ำแหล่งน้ำของเพศหญิง เท่ากับ 2.27×10^{-1} ตามลำดับ การประเมินค่าความเสี่ยงของสารกลุ่มโละหนักในน้ำประปาเขตเมืองในจังหวัดบุรีรัมย์ ในบริเวณแหล่งน้ำและน้ำจากบ้านผู้ใช้น้ำในฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าค่าความเสี่ยง (HQ) จากการบริโภคน้ำในฤดูฝนของแมงกานีสในแหล่งน้ำดิบมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 2.37×10^{-1} ในเพศหญิง รองลงมาได้แก่สารสังกะสีในน้ำแหล่งน้ำของเพศหญิง เท่ากับ 2.34×10^{-1} ตามลำดับ ผลการประเมินค่าความเสี่ยงของสารกลุ่มโละหนักในประปาสุรินทร์พบว่าค่า HQ จากการบริโภคน้ำในฤดูฝนของแมงกานีสในแหล่งน้ำดิบมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 2.81×10^{-1} ในเพศหญิง รองลงมาได้แก่สารแมงกานีสในน้ำแหล่งน้ำประเมินในเพศหญิง เท่ากับ 1.86×10^{-1} ตามลำดับ การประเมินค่าความเสี่ยงในจังหวัดชัยภูมิพบว่าค่า HQ จากการบริโภคน้ำในฤดูฝนของแมงกานีสในแหล่งน้ำดิบมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 1.18×10^{-1} ในเพศหญิง รองลงมาได้แก่สารแมงกานีสในน้ำแหล่งน้ำประเมินในเพศหญิง เท่ากับ 9.28×10^{-2} ตามลำดับ สำหรับค่าความเสี่ยง (HQ) จากการบริโภคน้ำในฤดูแล้งของแมงกานีสในแหล่งน้ำดิบมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 1.57×10^{-1} ในเพศหญิงในแหล่งน้ำประปาส่วนภูมิภาคลาดใหญ่ รองลงมาได้แก่สารแมงกานีสในแหล่งน้ำประเมินในเพศหญิง เท่ากับ 1.27×10^{-1} ตามลำดับ การศึกษานี้พบว่าค่าความเสี่ยงเฉลี่ย (HQ) ของโลหะหนักแต่ละชนิดทั้งหมดมีค่าน้อยกว่า 1 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปริมาณโลหะหนักโดยเฉลี่ยที่ร่างกายได้รับอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้

5.5 ข้อเสนอแนะ

5.5.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัยนี้

1) ผู้ที่รับผิดชอบดูแลระบบประปาในเขตเมืองควรดูแลการทำงานระบบประปาให้มีประสิทธิภาพ เพื่อให้มีปริมาณสารตั้งต้นที่จะก่อให้เกิดสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรคเช่นการลดสารอินทรีย์ในน้ำ และการเติมสารคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคในปริมาณที่เหมาะสม
2) ผู้ดูแลระบบควรมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอเพื่อเป็นการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ โดยเฉพาะแหล่งน้ำดิบเพื่อการผลิตน้ำประปา และควรได้รับการอบรมให้ความรู้ทั้งในด้านการดูแลรักษาระบบประปา ให้มีความสะอาด ปลอดภัยต่อผู้บริโภค
3) ผู้ใช้น้ำที่ใช้บริการจากประปาในเขตเมืองควรใช้น้ำเพื่อการอุปโภคเท่านั้น หากมีความจำเป็นต้องใช้สำหรับการบริโภคควรมีระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำในครัวเรือน เช่น การต้ม การกรอง

5.5.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

1) ควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีคุณภาพน้ำ เช่นโลหะหนักจากแหล่งน้ำดิบเพื่อการผลิตน้ำประปา และคุณภาพน้ำที่บ้านผู้ใช้น้ำ
2) ควรมีการศึกษาดัชนีคุณภาพน้ำอื่น ๆ ที่เป็นสารพลอยได้จากการสารพลอยได้ เช่น กรดฮาโลอะซิติก และปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรคในระบบประปาในเขตเมือง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

กิตติยา กฤติยรังสิต และ ฉัตรเพชร ทศพล. (2552). การประเมินประสิทธิภาพระบบประปาชุมชนในเขตเมืองนครราชสีมา. ใน เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 7. วันที่ 21-22 พฤษภาคม 2552. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2551). ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกัน ด้านสาธารณสุขและการป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ พ.ศ. 2551 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 125 ตอนพิเศษ 85 ง.

กรมการปกครอง. (2559). จำนวนราษฎรทั่วราชอาณาจักรตามหลักฐานการทะเบียนราษฎร ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2559 [ออนไลน์]. ได้จาก: http://stat.bora.dopa.go.th/stat/y_stat59.htm

กรมอนามัย กองสุขาภิบาลอาหารและน้ำ. (2552). ข้อกำหนดการรับรอง การตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาดื่มได้ และเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

กรมอนามัย. (2553). ประกาศกรมอนามัย เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ พ.ศ. 2553. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

กรมอนามัย สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ. (2553). รายงานการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำประปา ปี 2553. สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ กรมอนามัย.

กรมอนามัย สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ. (2554). เรื่องจากปก. วารสารสุขาภิบาลอาหารและน้ำ 2(2) 2-3.

การประปานครหลวง. (2554). ประวัติการประปานครหลวง (ออนไลน์) เข้าถึงข้อมูล 16 ธันวาคม 2554 http://www.mwa.co.th/history.html

การประปานครหลวง. (2559). รายงานประจำปี 2559 การประปานครหลวง [ออนไลน์]. ได้จาก: https://www.mwa.co.th/download/pln0201/AnnualReport2016_edited.pdf

การประปาส่วนภูมิภาค. (2552). รายงานผลการดำเนินงานให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของการประปาส่วนภูมิภาค [ออนไลน์]. ได้จาก: www.pwa.co.th/general/businessjoin.html

การประปาส่วนภูมิภาค. (2554). ประวัติความเป็นมาการประปาส่วนภูมิภาค (ออนไลน์) เข้าถึงข้อมูล 16 ธันวาคม 2554. http://www.pwa.co.th/general/duty_pwa.html

การประปาส่วนภูมิภาค. (2558). รายงานประจำปี 2558 การประปาส่วนภูมิภาค [ออนไลน์]. ได้จาก: https://www.pwa.co.th/contents/files/service/annualreport/AnnualReport2015.pdf

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. (2537). ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ฉบับที่ 8. ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 111 ตอนที่ 16 ง.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. (2543). ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน ฉบับที่ 20. ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 117 ตอนพิเศษ 95 ง.

จิราวรรณ จานทอง. (2553). ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสารไตรฮาโลมีเทนในน้ำประปาและน้ำสระว่ายน้ำที่ฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยศิลปากร.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. (2545). เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

ทวีศักดิ์ วังไพศาล. (2554). วิศวกรรมการประปา. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

ทัศณา เกื้อเส้ง. (2553). การลดปริมาณสารอินทรีย์ละลายน้ำในน้ำดิบประปาจากอ่างเก็บน้ำศรีตรังด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชันและกระบวนการโอโซนเนชัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ธนาวัฒน์ รักกมล ปุญญพัฒน์ ไชยเมล์ สมเกียรติศ วรเดช และ ชีระวิทย์ รัตรพันธ์. (2553). การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการบริโภคน้ำประปาที่ปนเปื้อนโลหะหนัก กรณีศึกษาระบบผลิตน้ำประปาหมู่บ้านถ้ำลา ตำบลลานข่อย อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง. วารสารสาธารณสุขและการพัฒนา 8(2). 159-170.

นันทิกา สุนทรไชยกุล เพ็ญศรี วัจฉละญาณ และ สิริมา มงคลสัมฤทธิ์. (2552). การวิเคราะห์ความเสี่ยงทางสุขภาพ สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข. กรมควบคุมโรค: กรุงเทพฯ.

นันทนา หนูเทพ. (2554). พฤติกรรมการการบริโภคอาหารและน้ำของประชาชนไทย ปี 2553. วารสารสุขาภิบาลอาหารและน้ำ 2(2). 7-11.

ประพัฒน์ เป็นตามวา วันวิสา ทานท่า และ พรวรินทร์ มิลามัย. (2554). การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยการใช้สารสร้างตะกอนจากเมล็ดลิ้นจี่ เมล็ดเงาะ และเมล็ดขนุน. ใน เอกสารการประชุมสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 10 วันที่ 23-25 มีนาคม 2554. โรงแรมบีพี สมิหลา บีช แอนด์ รีสอร์ท สงขลา.

ประพัฒน์ เป็นตามวา สมชาย แช่มชูกลิ่น และ สถาพร. (2557). รายงานการวิจัยเรื่อง การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของการบริโภคน้ำประปาชุมชน. สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

มาสสุภา เฉวียงวาส และ อุไรวรรณ อินทร์ม่วง. (2556). การดูแลระบบประปาและคุณภาพน้ำประปาหมู่บ้านแบบบาดาลในเขตตำบลวังทอง อำเภอนาวัง จังหวัดหนองบัวลำภู. วารสารวิจัยสาธารสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 6(1). 47-60.

ราชัน ธีระพิทยาตระกูล. (2545). การก่อตัวของไตรฮาโลมีเทนในน้ำดื่มของระบบประปาชนบทในจังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุเทพ เรืองวิเศษ. (2551). บทความนำเสนอ ในการเวทีสาธารณะครั้งที่ 3 “Risk assessment เพื่อการจัดการสารเคมีในประเทศ” วันที่ 24 พฤศจิกายน 2551 ณ ห้องประชุม 1 สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2551). สถิติสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ปี 2551. กรุงเทพฯ: สำนักงานสถิติแห่งชาติ.

สำนักระบาดวิทยา. (2554). สถานการณ์โรคอหิวาตกโรค. [ออนไลน์] ได้จาก: http://www.boe.moph.go.th/ เมื่อวันที่ 23 ธันวาคม 2554.

สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ กรมอนามัย. (2553). รายงานการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำประปา ปี 2553. สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ กรมอนามัย.

สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม. (2551). คู่มือวิชาการอนามัยสิ่งแวดล้อมพื้นฐาน สำหรับเจ้าพนักงานสาธารณสุข. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

อุดร จารุรัตน์และจารุรัตน์ วรนิสรากุล. (2537). วิศวกรรมการประปา. สำนักพิมพ์เรือนแก้วการ: กรุงเทพฯ.

Ashbolt, N. J. (2004). Risk analysis of drinking water microbial contamination versus disinfection by-products (DBPs). Toxicology. 198, 255–262.

APHA, AWWA, WEF. (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Ed. American Public Health Association. Washington, DC.

Babi, K. G., Koumenides, K. M., Nikolaou, A. D., Makri, C. A., Tzoumerkas, F. K., andLekkas, T. D. (2007). Pilot study of the removal of THMs, HAAs and DOC from drinking water by GAC adsorption. Desalination. 210(1-3): 215-224.

Barrell, R., Hunter., P.R., Nicole, G. (2000). Microbial standards for water and their relationship to health risk. Communicable disease and public health. 3, 8-13.

Basu, S., and Gupta, S. (2011). "Muti-route risk assessment from trihalomethanes in drinking water supplies. Environmental Monitoring Assessment. 178, 121-134.

Chakrabarty, S and Sarma, H. (2011). Heavy metal concentration of drinking water in Kamrup district, Assam, India. Environmental Monitoring Assessment. 179, 479-486.

Font-Ribera, L., Cotta, J. C., Gómez-Gutiérrez, A., andVillanueva, C. M. (2017). Trihalomethane concentrations in tap water as determinant of bottled water use in the city of Barcelona. Journal of Environmental Sciences.

IRIS (Integrated risk information system). (2005). Integrated risk information system [Online]. Available: http://www.epa.gov/iris/subst/.

Karim, Z., Mumtaz, M., and Kamal, T. (2011). Health risk assessment of THMs from tap water in Karachi, Pakistan. Journal of the Chemical Society of Pakistan. 33(2), 215-219.

Kavcar, P., Sofuoglu, A., and Sofuoglu, S. (2009). A health risk assessment for exposure to trace metals via drinking water ingestion pathway. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 212, 216–227.

Khan, S., Shahnaz, M., Jehan, N., Rehman, S., Shah, T and Din, I. (2013). Drinking water quality and human health risk in Charsadda district, Pakistan. Journal of Cleaner Production. 60, 93-101

Kruawala, K., Sacherb, F., Wernerc, A., Mqllerc, J., and Knepperc, T. (2005). Chemical water quality in Thailand and its impacts on the drinking water production in Thailand. Science of the Total Environment. 340, 57– 70.

Lee, H., Guo, S., Lam, M. J., and Lau, S.L.A. (2004). Multi pathway risk assessment on disinfection by- products of drinking water in Hong Kong. Environmental Research. 94, 47–56.

Legay, C., Rodriguez, M., Sadiq, R., Sérodes, J., Levallois, P., and Proulx, F. (2011). Spatial variation of human risk associated with exposure to chlorination by products occurring in drinking water. Journal of Environmental Management. 92, 892-901.

Lou, J., Chang, C., Chen, W., Tseng, W. and Han, J. (2014).Removal of trihalomethanes and haloacetic acids from treated drinking water by biological activated carbon filter.Water, Air & Soil Pollution. 225 (21). 851-1860.

Mahvi, A and Karyb, H. (2007). Risk assessment for microbial pollution in Drinking water in small community and relation to Diarrhea diseases. America Eurasian Journal Agricultural and Environment Science. 2(4). 404-406.

Marhaba, T., andWashington, M. (1998). Drinking water disinfection and by-products: history and current practice. Advances in Environmental Research. 2(1). 103-115.

Metcalfe, D., Rockey, C., Jefferson, B., Judd, S., and Jarvis, P. (2015). Removal of disinfection by-product precursors by coagulation and an innovative suspended ion exchange process. Water Research. 87. 20-28.

Muhammad, S., Shah, T., Khan, S. (2010). Arsenic health risk assessment in drinking water and source apportionment using multivariate statistical techniques in Kohistan region, northern Pakistan. Food and Chemical Toxicology. 48. 2855–2864.

Nazir, M and Khan, F. (2006). Human health risk modeling for various exposure routes of trihalomethanes (THMs) in potable water supply. Environmental Modelling & Software. 21. 1416 -1429

Navoni, J.A., Pietri, D. De., Olmos, V., Gimenez, C., Bovi Mitre, G., Titto, E. de., and Villaamil Lepori, E.C. (2014). Human health risk with spatial analysis: study of a population chronically exposed to arsenic through drinking water from Argentina. Science of the total Environment. 499. 166-174.

Panyapinyopol, B. (2004). Characterization Treatment and Removal of Trihalomethane Precursors Bangkok Source Water Degree of Doctor of Philosophy Environmental Management (Inter-Department) Graduate School Chulalongkorn University.

RAIS (Risk assessment information system), (2005). Risk assessment information system [Online]. Available: http://rais.ornl.gov/homepage/rap_docs.shtml.

Rakruam, P. (2013). Trihalomethane Formation Potential of DOM Fractions in Water Production by In-line Coagulation Ceramic Membrane Microfiltatration Degree of Doctor of Philosophy Program Environmental Management (Interdisciplinary Program) Graduate School Chulalongkorn University.

Richardson, S. (2003). Disinfection by-products and other emerging contaminants in drinking water. Trends in Analytical Chemistry. 22(10). 666-684.

Roccaro P, Barone C, Mancini G, Vagliasindi, FGA. (2007) Removal of manganese from water supplies intended for human consumption: a case study. Water Research. (1-3). 205-214.

Shah, M.T., Ara, J., Muhammad, S., Khan, S., and Tariq, S. (2012). Health risk assessment via surface water and sub-surface water consumption in the mafic and ultramafic terrain, Mohmand agency, northern Pakistan. Journal of Geochemical Exploration. 118. 60–67.

TECHNEAU. (2010). Decision support for risk management in drinking water supply overview and framework. The European Commission.

U.S. EPA. (1991). Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS), Volume I: Human Health Evaluation Manual (HHEM) , Supplemental Guidance, Standard Default Exposure Factors, Interim Guidance. Office of Emergency and Remedial Response, Washington, DC.

U.S. EPA (2005). Guidelines for carcinogen risk assessment. Risk Assessment Forum. EPA/630/P-03/001F. Washington, DC.

U.S. EPA (2005). Guidelines for Exposure Assessment. U.S. Environment Protection Agency. Federal Register. Washington, DC.

Uyak, V., Koyuncu, I., Oktem, I., Cakmakci, M., and Toroz, I. (2008). Removal of trihalomethanes from Drinking water by nanofiltration membranes. Journal of Hazardous Materials. 152(2). 789-794.

Wang, W., Ye, B., Yang, L., Li, Y., Wang, Y. (2007). Risk assessment on disinfection by products of drinking water of different water sources and disinfection processes. Environmental International. 33. 219-225.

Well, J., Charoensiriwath, S., Treleaven, P. (2011). Reproduction, Aging, and Body Shape by Three-Dimensional Photonic Scanning in Thai Men and Women. American Journal of Human Biology. 23, 291–298.

WHO. (1998). WHO Guidelines for Drinking Water Quality and Health Risk Assessment of Disinfectants and Disinfection By-products. World Health Organization.

WHO. (2000). Disinfectant and Disinfectant By-Product. Environmental Health Criteria 216. Geneva.

WHO. (2006). Guideline for drinking water quality Volume 1 Recommendations: addendeum. 3rd Edition. World Health Organization.

WHO. (2008). Guideline for drinking water quality Volume 1 Recommendations: addendeum. 3rd Edition. World Health Organization.

Wongsorntam, K., Sirilak, S., and Khuntong, S. (2010). Analysis of chemical and biological contaminations of tap water in Mahidol Adulayadej building, Queen Sawang Vadhana Hospital at Si Racha. Kasetsart University Conference. 164-172.

Xie, J.H., Wang, Y.L., and Yang, C. (2013). Health Risk Assessment for Heavy Metals in Natural Cold-Bicarbonated Mineral Water, Wudalianchi. International Journal of Chemical Engineering and Applications. 4(2). 50-53.

Xu, P., Huang, S., Wang, Z., and Lagos, G. (2006). Daily intakes of copper, zinc and arsenic in drinking water by population of Shanghai, China. Science of the Total Environment. 362. 50– 55.

Ye, B., Wang, W., Yang, L., Wei, J., and Xueli, E. (2009). Factor influencing disinfection by-products formation in drinking water of six cities in China. Journal of Hazardous Materials. 171, 147-152.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

ภาคผนวก ข รายละเอียดผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่ม THMs

ภาคผนวก ค มาตรฐานคุณภาพน้ำ

ภาคผนวก ง งานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่

ภาคผนวก จ ประวัติผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

จังหวัด	ระบบประปา	หน่วยงานดูแล	จุดเก็บตัวอย่าง	ดัชนีวิเคราะห์	จำนวนตัวอย่าง
นครราชสีมา	ประปาเทศบาลมะขามเฒ่า	เทศบาล	แหล่งน้ำผิวดิน	โลหะหนัก	1
	ประปาเทศบาลมะขามเฒ่า		หอถังสูง	THMs	1
	ประปาเทศบาลมะขามเฒ่า		บ้านผู้ใช้น้ำ	โลหะหนัก THMs	2
	ประปาเทศบาลนครนครราชสีมา อัษฎางค์	เทศบาล	แหล่งน้ำผิวดิน	โลหะหนัก	1
	ประปาเทศบาลนครนครราชสีมา อัษฎางค์		หอถังสูง	THMs	1
	ประปาเทศบาลนครนครราชสีมา อัษฎางค์		บ้านผู้ใช้น้ำ	โลหะหนัก THMs	2
	ประปาส่วนภูมิภาคสาขาครบุรี ต.แชะ	ส่วนภูมิภาค	แหล่งน้ำผิวดิน	โลหะหนัก	1
	ประปาส่วนภูมิภาคสาขาครบุรี ต.แชะ		หอถังสูง	THMs	1
	ประปาส่วนภูมิภาคสาขาครบุรี ต.แชะ		บ้านผู้ใช้น้ำ	โลหะหนัก THMs	2
	ประปาส่วนภูมิภาคพิมาย จ.นครราชสีมา	ส่วนภูมิภาค	แหล่งน้ำผิวดิน	โลหะหนัก	1
	ประปาส่วนภูมิภาคพิมาย จ.นครราชสีมา		หอถังสูง	THMs	1
	ประปาส่วนภูมิภาคพิมาย จ.นครราชสีมา		บ้านผู้ใช้น้ำ	โลหะหนัก THMs	2
	ประปาเทศบาลบัวใหญ่ จ.นครราชสีมา	เทศบาล	แหล่งน้ำผิวดิน	โลหะหนัก	1
	ประปาเทศบาลบัวใหญ่ จ.นครราชสีมา		หอถังสูง	THMs	1
	ประปาเทศบาลบัวใหญ่ จ.นครราชสีมา		บ้านผู้ใช้น้ำ	โลหะหนัก THMs	2
สุรินทร์	ประปาเทศบาลกังแอน จ.สุรินทร์ (บ้านผู้ใช้)	เทศบาล	แหล่งน้ำผิวดิน	โลหะหนัก	1
	ประปาเทศบาลกังแอน จ.สุรินทร์ (หอถังสูง)		หอถังสูง	THMs	1
	ประปาเทศบาลกังแอน จ.สุรินทร์ (หอถังสูง)		บ้านผู้ใช้น้ำ	โลหะหนัก THMs	2
	ประปาส่วนภูมิภาค จ.สุรินทร์ (หอถังสูง)	ส่วนภูมิภาค	แหล่งน้ำผิวดิน	โลหะหนัก	1
	ประปาส่วนภูมิภาค จ.สุรินทร์ (บ้านผู้ใช้)		หอถังสูง	THMs	1
	ประปาส่วนภูมิภาค จ.สุรินทร์ (บ้านผู้ใช้)		บ้านผู้ใช้น้ำ	โลหะหนัก THMs	2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ชัยภูมิ	ประปาส่วนภูมิภาค จ.ชัยภูมิ (หอถังสูง)	ส่วนภูมิภาค	แหล่งน้ำผิวดิน	โลหะหนัก	1
	ประปาส่วนภูมิภาค จ.ชัยภูมิ (บ้านผู้ใช้)		หอถังสูง	THMs	1
	ประปาส่วนภูมิภาค จ.ชัยภูมิ (บ้านผู้ใช้)		บ้านผู้ใช้น้ำ	โลหะหนัก THMs	2
	ประปาเทศบาลลาดใหญ่ จ.ชัยภูมิ (หอถังสูง)	เทศบาล	แหล่งน้ำผิวดิน	โลหะหนัก	1
	ประปาเทศบาลลาดใหญ่ จ.ชัยภูมิ (บ้านผู้ใช้)		หอถังสูง	THMs	1
	ประปาเทศบาลลาดใหญ่ จ.ชัยภูมิ (บ้านผู้ใช้)		บ้านผู้ใช้น้ำ	โลหะหนัก THMs	2

จังหวัด	**ระบบประปา**	**หน่วยงานดูแล**	**จุดเก็บตัวอย่าง**	**ดัชนีวิเคราะห์**	**จำนวนตัวอย่าง**
บุรีรัมย์	ประปาเทศบาลประโคนชัย จ.บุรีรัมย์	เทศบาล	แหล่งน้ำผิวดิน	โลหะหนัก	1
	ประปาเทศบาลประโคนชัย จ.บุรีรัมย์		หอถังสูง	THMs	1
	ประปาเทศบาลประโคนชัย จ.บุรีรัมย์		บ้านผู้ใช้น้ำ	โลหะหนัก THMs	2
	ประปาส่วนภูมิภาค จ. บุรีรัมย์ (บ้านผู้ใช้)	ส่วนภูมิภาค	แหล่งน้ำผิวดิน	โลหะหนัก	1
	ประปาส่วนภูมิภาค จ. บุรีรัมย์ (หอถังสูง)		หอถังสูง	THMs	1
	ประปาส่วนภูมิภาค จ. บุรีรัมย์ (หอถังสูง)		บ้านผู้ใช้น้ำ	โลหะหนัก THMs	2
				รวม	44

หมายเหตุ โลหะหนักที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ Fe Cu Zn Mn As Hg Cd Cr Pb Ni

สารกลุ่ม THMs ที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ Chloroform, Bromodichloromethane, Dibromochloromethane, Bromoform and Trihalomethane

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข รายละเอียดผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่ม THMs

จังหวัด	จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณสารไตรฮาโลมีเทน (ไมโครกรัม/ลิตร)				
		Choloroform	BDCM	DBCM	Bromoform	THMs (Sum of ratio)
นครราชสีมา	ประปาเทศบาลมะขามเฒ่า จ.นครราชสีมา (หอถังสูง)	24.76	8.52	3.99	nd	0.26
	ประปาเทศบาลมะขามเฒ่า จ.นครราชสีมา (บ้านผู้ใช้น้ำ)	22.6	5.4	2.68	nd	0.19
	ประปาเทศบาลนครนครราชสีมา อัษฎางค์ จ.นครราชสีมา (หอถังสูง)	19.63	7.7	5.18	nd	0.25
	ประปาเทศบาลนครนครราชสีมา อัษฎางค์ จ.นครราชสีมา (บ้านผู้ใช้น้ำ)	22.08	8.41	5.22	nd	0.27
	ประปาส่วนภูมิภาคสาขาครบุรี ต.แชะ จ.นครราชสีมา (หอถังสูง)	61.64	14.13	5.9	nd	0.5
	ประปาส่วนภูมิภาคสาขาครบุรี ต.แชะ จ.นครราชสีมา (บ้านผู้ใช้น้ำ)	43	10.76	4.83	nd	0.37
	ประปาส่วนภูมิภาคพิมาย จ.นครราชสีมา (หอถังสูง)	16.71	7.92	5.62	nd	0.24
	ประปาส่วนภูมิภาคพิมาย จ.นครราชสีมา (บ้านผู้ใช้น้ำ)	20.27	8.49	5.82	nd	0.27
	ประปาเทศบาลบัวใหญ่ จ.นครราชสีมา (หอถังสูง)	7.33	5.21	4.48	nd	0.16
	ประปาเทศบาลบัวใหญ่ จ.นครราชสีมา (บ้านผู้ใช้น้ำ)	7.07	4.84	4.19	nd	0.1
สุรินทร์	ประปาเทศบาลกังแอน จ.สุรินทร์ (บ้านผู้ใช้)	2.49	0.52	nd	nd	0.02
	ประปาเทศบาลกังแอน จ.สุรินทร์ (หอถังสูง)	4.37	0.85	0.16	nd	0.03
	ประปาส่วนภูมิภาค จ.สุรินทร์ (หอถังสูง)	24	2.21	0.57	nd	0.12
	ประปาส่วนภูมิภาค จ.สุรินทร์ (บ้านผู้ใช้)	17.44	1.94	nd	nd	0.09

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลการวิเคราะห์สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปา (ต่อ)

จังหวัด	จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณสารไตรฮาโลมีเทน (ไมโครกรัม/ลิตร)				
		Choloroform	BDCM	DBCM	Bromoform	THMs (Sum of ratio)
บุรีรัมย์	ประปาเทศบาลประโคนชัย จ.บุรีรัมย์ (หอถังสูง)	66.72	6.89	2.68	nd	0.36
	ประปาเทศบาลประโคนชัย จ.บุรีรัมย์ (บ้านผู้ใช้)	0.47	0.23	0.17	nd	0.01
	ประปาส่วนภูมิภาค จ. บุรีรัมย์ (หอถังสูง)	37.82	5.14	2	nd	0.23
	ประปาส่วนภูมิภาค จ. บุรีรัมย์ (บ้านผู้ใช้)	26.64	3.94	1.81	nd	0.17
ชัยภูมิ	ประปาส่วนภูมิภาค จ.ชัยภูมิ (หอถังสูง)	10.22	2.7	2.28	nd	0.1
	ประปาส่วนภูมิภาค จ.ชัยภูมิ (บ้านผู้ใช้)	9.47	2.49	2.11	nd	0.09
	ประปาเทศบาลลาดใหญ่ จ. ชัยภูมิ (หอถังสูง)	12.24	3.08	2.57	nd	0.12
	ประปาเทศบาลลาดใหญ่ จ. ชัยภูมิ (บ้านผู้ใช้)	7.15	1.68	1.98	nd	0.07
WHO Guideline 2011		**<300 ug/L**	**<60 ug/L**	**<100 ug/L**	**<100 ug/L**	**<=1 ug/L**

Remark: ND, Non detectable, Detection limit of Chloroform, BDCM, DBCM, Bromoform are 0.17, 0.05, 0.15 and 1.50 ug/L, respectively

หมายเหตุ สารกลุ่ม THMs ทำการวิเคราะห์ ณ ห้องปฏิบัติการการประปานครหลวง บางเขน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มาตรฐานอ้างอิง : **มาตรฐานน้ำดื่มตามค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2006**

THMs	ค่าแนะนำคุณภาพน้ำดื่มองค์การอนามัยโลก ปี 2006
Chloroform (µg/L)	< 300
Bromodichloromethane (BDCM) (µg/L)	< 60
Dibromochloromathane (DBCM) (µg/L)	< 100
Bromoform (µg/L)	< 100
Trihalomethanes (sum of ratio)	≤ 1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค มาตรฐานคุณภาพน้ำ

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ลำดับ	คุณภาพน้ำ[2/]	ค่าทางสถิติ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[3/] ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ [1/]				
				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท5
1.	สี กลิ่น และรส (Coloir Odour and Taste)		-	ธ	ธ /	ธ /	ธ /	-
2.	อุณหภูมิ (Temperature)		^{O} ซ	ธ	ธ /	ธ /	ธ /	-
3.	ความเป็นกรดและด่าง (pH)		-	ธ	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	-
4.	ออกซิเจนละลาย (DO)[3/]	P20	มก./ล.(mg/l)	ธ	6.0	4.0	2.0	-
5.	บีโอดี (BOD)	P80	มก./ล.(mg/l)	ธ	1.5	2.0	4.0	-
6.	แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	P80	เอ็ม.พี.เอ็น/ 100มล. (MPN/100 ml)	ธ	5,000	20,000	-	-
7.	แบคทีเรียกลุ่มฟิโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	P80	เอ็ม.พี.เอ็น/ 100มล. (MPN/100 ml)	ธ	1,000	4,000	-	-
8.	ไนเตรต (NO_3) ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล. (mg/l)	ธ	5.0	5.0	5.0	-
9.	แอมโมเนีย (NH_3) ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.5	0.5	0.5	-
10.	ฟีนอล (Phenols)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.005	0.005	0.005	-
11.	ทองแดง (Cu)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.1	0.1	0.1	-
12.	นิคเกิล (Ni)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.1	0.1	0.1	-
13.	แมงกานีส (Mn)		มก./ล. (mg/l)	ธ	1.0	1.0	1.0	-
14.	สังกะสี (Zn)		มก./ล. (mg/l)	ธ	1.0	1.0	1.0	-
15.	แคดเมียม (Cd)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.005* 0.05*	0.005 * 0.05*	0.005* 0.05*	- -
16.	โคเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr Hexavalent)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.05	0.05	0.05	-
17.	ตะกั่ว (Pb)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.05	0.05	0.05	-
18.	ปรอททั้งหมด (Total Hg)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.002	0.002	0.002	-
19.	สารหนู (As)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.01	0.01	0.01	-
ลำดับ	คุณภาพน้ำ[2/]	ค่าทางสถิติ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[3/] ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ [1/]				

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท5
20.	ไซยาไนด์ (Cyanide)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.005	0.005	0.005	-
21.	กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) - ค่ารังสีแอลฟา (Alpha) - ค่ารังสีเบตา (Beta)		เบเคอเรล/ล. เบเคอเรล/ล.	ธ ธ	0.1 1.0	0.1 1.0	0.1 1.0	- -
22.	สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดมีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.05	0.05	0.05	-
23.	ดีดีที (DDT)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	1.0	1.0	1.0	-
24.	บีเอชซีชนิดแอลฟา (Alpha-BHC)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	0.02	0.02	0.02	-
25.	ดีลดริน (Dieldrin)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	0.2	0.2	0.2	-
26.	อัลดริน (Aldrin)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	0.1	0.1	0.1	-
27.	เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลอร์อิปอกไซด์ (Heptachlor & Heptachlor epoxide)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	0.2	0.2	0.2	-
28.	เอนดริน (Endrin)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด			-

ที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537 (ภาคผนวก ฐ)

หมายเหตุ

1/ การแบ่งประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

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

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการ ปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
(2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ
(3) การประมง
(4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ การคมนาคม

2/ กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

3/ ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด

ธ เป็นไปตามธรรมชาติ

ธ/ อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติ เกิน 3 องศาเซลเซียส

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

^{o} ซ องศาเซลเซียส

P20 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

P80 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

มก./ล. มิลลิกรัมต่อลิตร

มล. มิลลิลิตร

MPN เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ. 2553

คุณลักษณะของน้ำ	ค่ามาตรฐานที่กำหนด	หน่วยวัด
1. คุณภาพน้ำทางกายภาพ		
- ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.5 – 8.5	
- ความขุ่น (Turbidity)	ไม่เกิน 5	เอ็นทียู
- สี (Color)	ไม่เกิน 15	แพลตตินัมโคบอลท์
2. คุณภาพน้ำทางเคมีทั่วไป		
- สารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย (TDS)	ไม่เกิน 1,000	มิลลิกรัมต่อลิตร
- ความกระด้าง (Hardness)	ไม่เกิน 500	มิลลิกรัมต่อลิตร
- ซัลเฟต ($SO_4^{=}$)	ไม่เกิน 250	มิลลิกรัมต่อลิตร
- คลอไรด์ (Cl^-)	ไม่เกิน 250	มิลลิกรัมต่อลิตร
- ไนเตรท (NO_3^- as NO_3^-)	ไม่เกิน 50	มิลลิกรัมต่อลิตร
- ฟลูออไรด์ (F^-)	ไม่เกิน 0.7	มิลลิกรัมต่อลิตร
3. คุณภาพน้ำทางโลหะหนักทั่วไป		
- เหล็ก (Fe)	ไม่เกิน 0.5	มิลลิกรัมต่อลิตร
- แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 0.3	มิลลิกรัมต่อลิตร
- ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 1.0	มิลลิกรัมต่อลิตร
- สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 3.0	มิลลิกรัมต่อลิตร
4. คุณภาพน้ำทางโลหะหนัก สารเป็นพิษ		
- ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.03	มิลลิกรัมต่อลิตร
- โครเมียม (Cr)	ไม่เกิน 0.05	มิลลิกรัมต่อลิตร
- แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.003	มิลลิกรัมต่อลิตร
- สารหนู (As)	ไม่เกิน 0.01	มิลลิกรัมต่อลิตร
- ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.001	มิลลิกรัมต่อลิตร
5. คุณภาพน้ำทางแบคทีเรีย		
- โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform bacteria)	0	เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม
- ฟิคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Faecal coliform bacteria)	0	เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เกณฑ์เสนอแนะคุณภาพน้ำบริโภคขององค์การอนามัยโลก

ข้อมูล	หน่วยวัด	ค่าที่กำหนด
ความเป็นกรด - ด่าง	-	6.5 - 9
สี	True color Unit	16
ความขุ่น	เอ็นทียู	5
สารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย	มิลลิกรัม / ลิตร	1,000
ความกระด้าง	มิลลิกรัม / ลิตร	500
เหล็ก	มิลลิกรัม / ลิตร	0.3
แมงกานีส	มิลลิกรัม / ลิตร	0.1
ทองแดง	มิลลิกรัม / ลิตร	1
สังกะสี	มิลลิกรัม / ลิตร	4
ตะกั่ว	มิลลิกรัม / ลิตร	0.01
โครเมียม	มิลลิกรัม / ลิตร	0.05
แคดเมียม	มิลลิกรัม / ลิตร	0.003
สารหนู	มิลลิกรัม / ลิตร	0.01
ปรอท	มิลลิกรัม / ลิตร	0.001
ซัลเฟต (Na_2SO_4)	มิลลิกรัม / ลิตร	250
ซัลเฟต ($CaSO_4$)	มิลลิกรัม / ลิตร	1,000
คลอไรด์	มิลลิกรัม / ลิตร	250
ไนเตรท (NO_3^- as NO_3^-)	มิลลิกรัม / ลิตร	50
ฟลูออไรด์	มิลลิกรัม / ลิตร	1.5
คลอรีนอิสระคงเหลือ	มิลลิกรัม / ลิตร	0.6 - 1.1
แบคทีเรียประเภทโคลิฟอร์ม	เอ็มพีเอ็น / 100 มิลลิลิตร	ตรวจไม่พบ
อี.โคไลหรือเทอร์โมโธเลอแรนท์โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	เอ็มพีเอ็น / 100 มิลลิลิตร	ตรวจไม่พบ
แบเรียม	มิลลิกรัม / ลิตร	1.7
ฟีนอล	มิลลิกรัม / ลิตร	-
ซิลิเนียม	มิลลิกรัม / ลิตร	0.01
เงิน	มิลลิกรัม / ลิตร	0.005

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เกณฑ์เสนอแนะคุณภาพน้ำบริโภคขององค์การอนามัยโลก (ต่อ)

ข้อมูล	หน่วยวัด	ค่าที่กำหนด
อลูมิเนียม	มิลลิกรัม / ลิตร	0.2
เอ บี เอส (Alkylbenzene Sulfonate)	มิลลิกรัม / ลิตร	-
ไซยาไนด์	มิลลิกรัม / ลิตร	0.07
นิเกิล	มิลลิกรัม / ลิตร	0.02

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ง งานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่

1. การสัมมนาเชิงปฏิบัติการ “การเสริมสร้างศักยภาพการจัดการระบบประปาชุมชนและเทศบาล” วันที่ 23 มิถุนายน 2560 ณ อาคารสุรพัฒน์ 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. งานวิจัยนี้ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในเอกสารการประชุมวิชาการต่างประเทศคือ

Prapat Pentamwa, Sudjit Karuchit, and Jitlada Shimmai. (2016). *Assessment of Trihalomethanes (THMs) Concentrations in Municipal Water Supply of Northeastern Thailand*. In Conference Proceedings of 5th International Conference on Chemical, Agricultural, Biological and Environmental Sciences (CAFES-17) Kyoto (Japan) April. 18-19, 2017, 97.

ภาคผนวก จ ประวัติผู้วิจัย

ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายสุดจิต ครุจิต
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Sudjit Karuchit
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน XXXXXXXXXXXXX
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
   ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้ พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรศัพท์มือถือ โทรสาร และ e-mail สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 0-4422-4451 โทรสาร 0-4422-4606 E-mail: sudjit@sut.ac.th
5. ประวัติการศึกษา
   - Ph.D. (Environmental Engineering) Illinois Institute of Technology, Chicago, IL, USA, พ.ศ. 2544
   - M. Eng. (Environmental Engineering) Asian Institute of Technology (AIT.), Thailand, พ.ศ. 2537
   - วศ.บ. (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2535
   ใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ระดับภาคีวิศวกร สาขาสิ่งแวดล้อม (ภส.1788)
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   การวิเคราะห์ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีทางสถิติ การเฝ้าระวังคุณภาพอากาศและคุณภาพสิ่งแวดล้อม แบบจำลองคุณภาพอากาศ วิศวกรรมมลพิษอากาศ
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

- ผู้อำนวยการชุดโครงการวิจัย เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและระบบประปาในเขตเมืองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เงินสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2558 (อยู่ระหว่างดำเนินการ)

- หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง แนวทางการจัดการคุณภาพอากาศสำหรับโรงงานขนาดกลางและขนาดเล็ก ตามแนวคิดอุตสาหกรรมสีเขียว เงินสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2557 (อยู่ระหว่างดำเนินการ)

- ผู้อำนวยการชุดโครงการวิจัย เรื่อง การเสริมสร้างศักยภาพการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและระบบประปาชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เงินสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2555 (ส่งร่างรายงานฉบับสมบูรณ์)

- หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง ต้นแบบระบบประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมแบบ On-line เพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมชุมชนที่เข้มแข็ง เงินสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2554 (อยู่ระหว่างดำเนินการ)

- ผู้ร่วมวิจัย โครงการ “Emission Inventory of Major Air Pollutants in Nakohn Ratchasima Municipality” สำนักวิชาแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยการสนับสนุนงบประมาณจากองค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมนี (GIZ) พ.ศ. 2553

- หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง ระบบเฝ้าระวังฝุ่นละอองและคุณภาพอากาศแบบบูรณาการ ระยะที่ 2 เงินสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2553

- หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองเชิงสถิติเพื่อทำนายอัตราการระบายมลพิษอากาศจากโรงงานผลิตปูนซีเมนต์โดยใช้ข้อมูลองค์ประกอบวัตถุดิบและกระบวนการผลิต สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และบริษัทปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด (มหาชน) พ.ศ. 2550

- หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบเฝ้าระวังฝุ่นละอองและคุณภาพอากาศแบบบูรณาการเพื่อสนับสนุนการจัดการคุณภาพอากาศในชุมชน เงินสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2550

- หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง สถานการณ์และการประมาณค่าระดับฝุ่นขนาดเล็ก (PM10) บริเวณโรงเรียนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา เงินสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2547

- ผู้ร่วมวิจัย/วิศวกรสิ่งแวดล้อม โครงการการพัฒนาและกำจัดขยะสำหรับชุมชนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และองค์การบริหารส่วนตำบลโดยรอบ ทุนสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช(งบประมาณปี 2546

- ผู้ร่วมวิจัย/วิศวกรสิ่งแวดล้อม โครงการการศึกษาเบื้องต้นเพื่อหาระบบการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมสำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทุนสนับสนุนการวิจัยสถาบัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี งบประมาณปี 2546

- หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่องโครงการประเมินสหสัมพันธ์ระหว่างระดับมลพิษอากาศบริเวณใกล้ทางพิเศษกับปัจจัยที่มีผลต่อระดับมลพิษ เงินสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2545

- ผู้ช่วยวิจัย โครงการ “The National Human Exposure Assessment Survey (NHEXAS) in Arizona” ของ U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA) ปี 2541-2544

ผลงานวิชาการ

- S. Karuchit and T. Hirunkam, “ Multivariate Analysis of Heavy Metal Concentrations in Soil, Roof Dust, and Dustfall in Nakhon Ratchasima, Thailand”, Suranaree J. Sci. Technol. , Accepted Manuscript, Available from: http://ird.sut.ac.th/e-journal/Journal/pdf/1401824.pdf, 2014.
- จุฑาทิพย์ อ้อมกิ่ง และ สุดจิต ครุจิต, “การประเมินการปนเปื้อนมลพิษในน้ำบาดาลบริเวณเขตอุตสาหกรรมและสถานที่ฝังกลบมูลฝอย”, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมประจำปี ครั้งที่ 26 สวสท.’57, กรุงเทพมหานคร, 11-12 ธันวาคม 2557
- วิเศษ วริศรางกูล และ สุดจิต ครุจิต, “การวิเคราะห์การกระจายความเข้มรังสี UV ของระบบฆ่าเชื้อโรคในห้องผู้ป่วยจำลอง”, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 13, กรุงเทพมหานคร, 26-28 มี.ค. 2557.

- ปรียาพร โกษา, ธนัช สุขวิมลเสรี, สุดจิต ครุจิต, และ ภัทราพร แสงทอง, “การประเมินศักยภาพแหล่งน้ำดิบสำหรับระบบประปาหมู่บ้าน”, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19, จ.ขอนแก่น, 14-16 พ.ค. 2557.
- K. Soticha, Y. Jareeya, K. Sudjit, and P. Prapat, "Assessing Water Quality of Rural Water Supply in Thailand," Journal of Clean Energy Technologies, Vol. 2, No. 3, pp.226-228, 2014.
- Titiphat Hirunkam and Sudjit Karuchit, “Heavy Metal Contamination in Soil, Roof Dust, and Dustfall in Nakhon Ratchasima, Thailand”, Proceedings of The 2nd Asian Conference on Civil, Material and Environmental Sciences (ACCMES 2013), Osaka, Japan, 7-9 November 2013, pp. 612-619.
- Sarid Kotula, Nares Chuersuwan, and Sudjit Karuchit, “Development Approaches of Emission Inventory in Thailand: Case Study in Nakhon Ratchasima Municipality”, Proceedings of The 3rd International conference on Engineering and Applied Science (ICEAS 2013), Osaka, Japan, 7-9 November 2013, pp. 620-628.
- Sudjit Karuchit and Jetiya Kwanma, “Statistical Models for Predicting Cement Factory Emissions”, Journal of Sustainable Energy and Environment, Vol.4, Issue 1, January-March 2013, pp. 21-26, 2013.
- อภิชาต ศุภจรรยารักษ์ และ สุดจิต ครุจิต, “การพัฒนาไซโคลนสครับเบอร์สำหรับเตาเผามูลฝอยขนาดเล็ก”, วารสารวิจัย มข., ปีที่ 16, ฉบับที่ 7, กันยายน-ตุลาคม, หน้า 802-812, ปี 2554.
- สฤษดิ์ โคตุละ, สุดจิต ครุจิต, และนเรศ เชื้อสุวรรณ, “การปล่อยสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะบนถนนในเขตเทศบาลนครราชสีมา”, เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการสิ่งแวดล้อมนเรศวร ครั้งที่ 7, จ.พิษณุโลก, 29-30 ก.ค. 2554.
- เจติยา ขวัญมา และ สุดจิต ครุจิต, “แบบจำลองความถดถอยสำหรับการระบาย NO_2 SO_2 CO_2 HCl และ PM จากกระบวนการเผาปูนซีเมนต์”, วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย, ปีที่ 24, ฉบับที่ 2, ปี 2553.
- ศรัลย์ ปานศรีพงษ์, สุดจิต ครุจิต, และทองเปลว กองจันทร์, “การทำนายระดับ PM_{10} ล่วงหน้า 5 วัน โดยใช้นิวรอลเน็ตเวิร์กและการวิเคราะห์ความถดถอย”, วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย, ปีที่ 23, ฉบับที่ 3, ปี 2552.
- นิรันดร์ คงฤทธิ์ และ สุดจิต ครุจิต, “การทำนายมลพิษทางอากาศจากทางพิเศษในกรุงเทพมหานครด้วยแบบจำลองเชิงสถิติและการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล”, วิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา, ปีที่ 20 ฉบับที่ 4, หน้า 13-21, ปี 2552.
- Sudjit Karuchit and Chalermpon Chungtragunwong, “Enhancing PM_{10} Monitoring Ability Using Regression Models with Temporary Monitoring Stations”,

Proceedings of the International Conference on Green and Sustainable Innovation 2009, Chiang Rai, Thailand, 2-4 December 2009.

- Saran Pansripong, Sudjit Karuchit, and Tongplew Kongjan, " Prediction of PM10 Concentration 24h in Advance Using Neural Networks in Bangkok, Thailand", วารสารวิจัย มข., ปีที่ 13 ฉบับที่ 9, หน้า 1049-1057, ตุลาคม 2551
- สุดจิต ครุจิต และ สุวิทย์ ชมภูพันธ์, "การพัฒนาตัวชี้วัดและแนวทางการประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมชุมชนที่ปฏิบัติได้จริง", เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 8, จ.นครราชสีมา, 25-27 มี.ค. 2552.
- เฉลิมพล จึงตระกูลวงศ์, สุดจิต ครุจิต, และ นเรศ เชื้อสุวรรณ, "อิทธิพลของระยะทางและฤดูกาลต่อความสามารถในการทำนายระดับ PM_{10} ระหว่างสถานีตรวจวัดในกรุงเทพมหานคร", เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 6, จ. พิษณุโลก , 7-9 มี.ค. 2550.
- ฉัตรชัย โชติษฐยางกูร, สุดจิต ครุจิต, ชื่นจิต ชาญชิตปรีชา, และ สุนิตียา เถื่อนนาดี, "กระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างแผนการจัดการมูลฝอยชุมชน: กรณีศึกษา 5 ชุมชน ของจังหวัดนครราชสีมา", เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 5, กรุงเทพมหานคร, 8-10 มี.ค. 2549.
- สุดจิต ครุจิต และ ธัญรัตน์ ครุจิต, "ระดับมลพิษอากาศใกล้ทางพิเศษ: การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่สภาวะต่างๆ กัน", วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ฉบับปีที่ 29 ฉบับที่ 1 มกราคม-มีนาคม, ปี 2549.
- Moschandreas, D.J. and Karuchit, S., " Risk Uncertainty Matters: An Engineer's View", International Journal of Risk Assessment and Management, Vol. 5, No. 2/3/4, pp. 167-192, 2005.
- สุดจิต ครุจิต และ นิรันดร์ คงฤทธิ์, "ระดับมลพิษอากาศใกล้ทางพิเศษ: สหสัมพันธ์ของมลพิษกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง", วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย, ปีที่ 19 ฉบับที่ 1, หน้า 133-142, ปี 2548.
- สุดจิต ครุจิต, ฉัตรชัย โชติษฐยางกูร, ชื่นจิต ชาญชิตปรีชา, และ สุนิตียา เถื่อนนาดี, "การประเมินปริมาณขยะรีไซเคิลเพื่อการจัดการมูลฝอยชุมชนระดับท้องถิ่น: กรณีศึกษา ตำบลไชยมงคล จ.นครราชสีมา", เอกสารรวมบทความจากการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 4, จ. ชลบุรี, 19-21 ม.ค. 2548.
- กุลธิดา ตระสินธุ์ และ สุดจิต ครุจิต, "ปริมาณฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับจากการเดินทาง และการจราจรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา", เอกสารรวมบทความจากการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 4, จ. ชลบุรี, 19-21 ม.ค. 2548.
- Siwat Sripetpun, Ram S. Tiwaree, and Sudjit Karuchit, " Status And Trend of Greenhouse Gases Emission in Thailand", Proceedings of The Second Regional Conference of Energy Technology toward A Clean Environment, Phuket, Thailand, 12-14 February 2003, pp. 704-710, 2003.

- Sasithon Monthip, Ram S. Tiwaree, and Sudjit Karuchit, "Energy Efficiency and Energy-Related Emission of The Industrial Sector of Thailand", Proceedings of The Second Regional Conference of Energy Technology toward A Clean Environment, Phuket, Thailand, 12-14 February 2003, pp. 866-871, 2003.
- มงคล ตรีกิจจานนท์ และ สุดจิต ครุจิต, "มลพิษอากาศจากโรงผลิตไฟฟ้าของรัฐบาล ผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ (IPP) และผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (SPP) ในประเทศไทย" เอกสารรวมบทความจากการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 2, จ. ขอนแก่น, 22-24 ม.ค. 2546.
- Moschandreas, D.J. and Karuchit, S., "Scenario-Model-Parameter: A New Method of Cumulative Risk Uncertainty Analysis", Environment International, Vol. 28, No.4, pp. 247-261, 2002.
- Moschandreas, D.J., Karuchit, S., Lebowitz, M.D., O'Rourke, M.K., and Robertson, G., "Contribution of the Inhalation Route to Cumulative Risk Estimates from Multiple Route Exposures to Pesticides in NHEXAS-AZ Residences", Proceedings of The Ninth International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Monterey, California, USA, June 30-July 5, 2002.
- Moschandreas, D.J., Karuchit, S., Berry, M.R., O'Rourke, M.K., Lo, D., Lebowitz, M.D., Robertson, G., "Exposure Apportionment: Ranking Food Items by Their Contribution to Dietary Exposure", Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, Vol. 12, pp. 233-243, 2002.
- Moschandreas, D.J., Ari, H., Karuchit, S., Kim, Y., Lebowitz, M.D., O'Rourke, M.K., Gordon, S., Robertson, G., "Exposure to Pesticides by Medium and Route: The 90th Percentile and Related Uncertainties", Journal of Environmental Engineering, Vol. 127, No. 9, pp. 857-864, September, 2001.
- Moschandreas, D.J., Kim, Y., Karuchit, S., Ari, H., Lebowitz, M.D., O'Rourke, M.K., Gordon, S., Robertson, G., "Occurrence and Distribution of Residential Exposure to Chlorpyrifos and Diazinon", Journal of Atmospheric Environment, Vol. 35, No. 12, pp. 2201-2213, 2001.
- Moschandreas, D.J., Karuchit, S., Kim, Y., Ari, H., Lebowitz, M.D., O'Rourke, M.K., Gordon, S., Robertson, G., "On Predicting Multi-route and Multimedia Residential Exposure to Chlorpyrifos and Diazinon", Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, Vol. 1, No.1, pp.56-65, 2001.

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นาย ประพัฒน์ เป็นตามวา
(ภาษาอังกฤษ) Mr. PRAPAT PENTAMWA
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน XXXXXXXXXXXXX
3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้

สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
หมายเลขโทรศัพท์ 044-223941 โทรสาร 044-223920
E-mail: prapat@sut.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี วทบ. (สาธารณสุขศาสตร์) สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สุขาภิบาล (เกียรตินิยมอันดับสอง) สถาบัน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีที่สำเร็จ 2539

ปริญญาโท MSc. สาขาวิชา Environmental Technology and Management สถาบัน Asian Institute of Technology ปีที่สำเร็จ 2544

ปริญญาเอก PhD. สาขาวิชา Environmental Engineering and Management สถาบัน Asian Institute of Technology ปีที่สำเร็จ 2551

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ มลพิษทางอากาศ สุขาภิบาลอาหาร การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย :

7.1.1 โครงการวิจัยเรื่อง Potential exposure to airborne pesticides in homes: a case study in Bangkok Metropolitan Region.

7.1.2 โครงการวิจัยเรื่อง Air Quality in Southern Thailand during the 2005 haze episode

7.1.3 โครงการวิจัยเรื่อง Levels and phase distribution of airborne polychlorinated biphenyls (PCBs) in the Bangkok Metropolitan Region

7.1.4 โครงการวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบวิเคราะห์อันตรายในจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (HACCP) ในโรงอาหาร

7.1.5 โครงการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศเขตเทศบาลนครนราชสีมา

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว:

7.2.1 โครงการวิจัยเรื่อง Potential exposure to airborne pesticides in homes: a case study in Bangkok Metropolitan Region. (หัวหน้าโครงการวิจัย)

7.2.2 โครงการวิจัยเรื่อง Air Quality in Southern Thailand during the 2005 haze episode (หัวหน้าโครงการ)

7.2.3 โครงการวิจัยเรื่อง Levels and phase distribution of airborne polychlorinated biphenyls (PCBs) in the Bangkok Metropolitan Region (หัวหน้าโครงการ)

7.2.4 โครงการวิจัยเรื่อง Effect of PM (10) pollution in Bangkok on children with and without asthma. (ผู้ร่วมวิจัย)

7.2.5 งานวิจัยเรื่อง การสร้างเสริมสุขภาพที่ดีด้วยอาหารและการออกกำลังกาย แหล่งทุน สอส. ระยะที่ 2 ระยะเวลาที่ใช้ 1 ปี (ผู้ร่วมโครงการ)

7.2.6 งานวิจัยเรื่อง Health Life Style ด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของนักศึกษาด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพชั้นปีที่ 1 แหล่งทุน ทุน สอส. ระยะที่ 2) ระยะเวลาที่ใช้ 1 ปี (ผู้ร่วมโครงการ)

7.3 ผลงานทางวิชาการ / ผลงานวิจัย:

7.3.1 งานตีพิมพ์เผยแพร่:

1) **Pentamwa**, P., Benchamaporn Sukton, Tanisa Wongklom, and Sathaporn Pentamwa. (2013). Cancer Risk Assessment from Trihalomethanes in Community Water supply at Northeastern Thailand. *International Journal of Environmental Science and Development*. 4(5), 538-544
2) **ประพัฒน์ เป็นตามวา** ทักษิน จงประสม นิสสา ชื่นชม และเบญจวรรณ พรมผล (2012). การประเมินสภาวะอนามัยสิ่งแวดล้อมในหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัย. *วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.* 5(1), 35-44.
3) **Pentamwa, P**., Thipthara, W., Nuangon, S. (2011). Removal of Hardness from Groundwater by Synthetic Resin from Waste Plastics. *International Journal of Environmental Science and Development,* 2, (6): 479-4
4) **Pentamwa, P.,** Kanaratanadilok, N., Kim Oanh, N.T. (2011) Indoor Pesticide Application Practices and Levels in Homes of Bangkok Metropolitan Region. *Environmental Monitoring and Assessment* .181, 363-372.
5) สถาพร เป็นตามวา จำลอง โพธิ์บุญ **ประพัฒน์ เป็นตามวา** (2009). พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงภายในบ้านเรือน: กรณีศึกษาเขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร *อนามัยสิ่งแวดล้อม*, 11(2), 14-26
6) **Pentamwa, P**. and Kim Oanh, N.T. (2008). Levels of Pesticides and PCBs in Selected Homes in Bangkok Metropolitan Region, Thailand. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1140, Environmental Challenges in the Pacific Basin, 91-112.
7) **Pentamwa, P.** and Kim Oanh, N.T. (2008). Air Quality in Southern Thailand during Haze Episode in relation to Air Mass Trajectory*, Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 30(4), 539-546.
8) Preutthipan, A., Udomsubpayakul, U., Chaisupamongkollarp, T., **Pentamwa, P.** (2004). *Effect of PM (10) pollution in Bangkok on children with and without asthma.* Pediatric pulmonology, vol. 37(3), 187-192.

9) Sirinuntavid, A., **Pentamwa, P.** (1999). *The Elemental Composition of Airborne Particle in the Bangkok Area.* Nippon Genshiryoku Kenkyujo JAERI, Conf, pp. 178-192

7.3.2 การนำเสนอผลงานวิชาการ :

1. **Pentamwa, P**. and Kim Oanh, N.T. (2006). *Air Quality in Southern Thailand during the 2005 haze episode.* In the Proceedings of the Better Air Quality (BAQ) 2006 Workshop 13-15 December 2006 Yogyakarta, Indonesia (oral presentation).
2. **Pentamwa, P**. and Kim Oanh, N.T. (2007). *Levels of persistent organic pollutants (POPs) in homes in Bangkok metropolitan region, Thailand*. In the Proceedings of 12th International Pacific Basin Consortium for Environment and Health Sciences (PBC) Conference October 26-29, 2007 in Beijing, China (oral presentation).
3. **Pentamwa, P**. and Kim Oanh, N.T. (2007). *Indoor Persistent Organic Pollutants in Homes in Bangkok Metropolitan Region, Thailand*, In the Proceedings of the International Conference on Air Quality Management in Southeast Asia., 21-23 November 2007, Ho Chi Minh city, Vietnam (oral and poster presentation).
4. **Pentamwa, P**. (2009). *Concentrations of Polychlorinated biphenyls (PCBs) in the Ambient air of the Bangkok Metropolitan Region (BMR), Thailand* In the Proceedings of the 8th Thailand National Environmental Conference, 25-27 March 2009, Nakornratchasima, Thailand (oral presentation).
5. **Pentamwa, P**. and Kim Oanh, N.T. (2009). *Dissipation of household pyrethroid pesticides in topical home*, In the 13th international conference of the Pacific Basin Consortium for Environmental and Health, 19th-24th November 2009, Perth, Australia (oral presentation).
6. **Pentamwa, P**. and Kim Oanh, N.T. (2010). *Implication of climate change on human exposure to household pesticides:* In the international conference workshop of Livelihood and health impact of the climate change Community adaptation strategies, 24th-25th August 2010, Khon Kaen, Thailand (oral presentation).
7. **ประพัฒน์ เป็นตามวา** วันวิสา ทานท่า พรวรินทร์ มิลามัย (2011) การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยการใช้สารสร้างตะกอนจากเมล็ดลิ้นจี่ เมล็ดเงาะ และเมล็ดขนุน การประชุมสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 10 วันที่ 23-25 มีนาคม 2554 โรงแรมบีพี สมิหลา บีช แอนด์ รีสอร์ท สงขลา
8. **ประพัฒน์ เป็นตามวา** ทักษิน จงประสม นิสสา ชื่นชม และ เบญจวรรณ พรมผล (2011) แนวทางในการประเมินอนามัยสิ่งแวดล้อมหอพัก การประชุมวิชาการส่งเสริม

สุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 4 วันที่ 17-19 สิงหาคม 2554 ณ ฮอลล์ 9 ศูนย์การประชุมและแสดงสินค้า อิมแพค เมืองทองธานี จ.นนทบุรี

9. **ประพัฒน์ เป็นตามวา จุฑารัตน์ นาคปิ่น (2555)** การประเมินสภาวะสุขาภิบาลอาหารทางกายภาพ เคมี และชีวภาพในโรงอาหารมหาวิทยาลัย เอกสารการประชุมวิชาการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 5 ระหว่างวันที่ 16-17 สิงหาคม 2555 ณ ฮอลล์ 9 อิมแพค เมืองทองธานี จังหวัดนนทบุรี
10. **Prapat Pentamwa**, Siraporn Potivichayanon, Nares Chuersuwan. (2012). *Health Risk Assessment of Airborne Metals in PM10 and PM2.5 during the Dry season in Nakorn Ratchasima city, Thailand*. In Conference Proceedings 4th International Conference on Public Health among Greater Mekong sub-regional countries, 15th – 16th September 2012, pp 245-247, Kunming, China
11. ธนิศา วงศ์กลม วายุวรรณ พิเมย อุมาภรณ์ มุสิกวุฒิ สัณหจุฑา สัญพึ่ง ประพัฒน์ เป็นตามวา **(2556)** การกำจัดสีในน้ำเสียสีย้อมผ้าจากอุตสาหกรรมครัวเรือนด้วยวิธีตกตะกอนไฟฟ้าเคมี เอกสารการประชุมวิชาการอนามัยสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 8 ระหว่างวันที่ 14-15 มกราคม 2556 ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพมหานคร หน้าที่ 62-70
12. **Prapat Pentamwa**, Benchamaporn Sukton, Tanisa Wongklom, and Sathaporn Pentamwa. (2013) . Cancer Risk Assessment from Trihalomethanes in Community Water supply at Northeastern Thailand. In Conference Proceedings 2013 3rd International Conference on Environmental and Agriculture Engineering (ICEAE 2013) Hong Kong, July 6-7, 2013

7.4 งานวิจัย:

1. งานวิจัยเรื่อง การประเมินความเสี่ยงจากโลหะหนักในเห็ดบริโภคแหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ พ.ศ. 2556 ระยะเวลาที่ใช้ 1 ปี (หัวหน้าโครงการ)
2. งานวิจัยเรื่อง การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของการบริโภคน้ำประปาชุมชน แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ พ.ศ. 2555 ระยะเวลาที่ใช้ 1 ปี (หัวหน้าโครงการ)
3. งานวิจัยเรื่อง การประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมของสารตะกั่วในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ พ.ศ. 2555 ระยะเวลาที่ใช้ 2 ปี (หัวหน้าโครงการ)
4. งานวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศเขตเทศบาลนครนครราชสีมา แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ พ.ศ. 2554 ระยะเวลาที่ใช้ 1 ปี (หัวหน้าโครงการ)
5. งานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบวิเคราะห์อันตรายในจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (HACCP) ในโรงอาหาร แหล่งทุน ทุนสนับสนุนการสร้างและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ พ.ศ. 2553 มทส. ระยะเวลาที่ใช้ 1 ปี (หัวหน้าโครงการ)

6. งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถระบบฟิกซ์ฟิล์มไบโอสครับเบอร์ แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ พ.ศ. 2554 ระยะเวลาที่ใช้ 1 ปี (ผู้ร่วมโครงการ)

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นางสาว สิราภรณ์ โพธิวิชยานนท์
   (ภาษาอังกฤษ) Miss Siraporn Potivichayanon
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน XXXXXXXXXXXXX
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม
4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail
   สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์
   111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
   โทรศัพท์ 0-4422-3936 โทรสาร 0-4422-3920 E-mail: siraporn@sut.ac.th, possi12@yahoo.com
5. ประวัติการศึกษา
   พ.ศ. 2551 Certificate of International Training Program in Ecological Alternatives in Sanitation, Stockholm Environment Institute, Sweden
   พ.ศ. 2548 Ph.D. (Biology) International Program, Faculty of Science, Mahidol University
   พ.ศ. 2541 วท.บ. (สาธารณสุขศาสตร์) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   Odor treatment, Biodegradation and Bioremediation, Ecological sanitation
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ : ระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอโครงการวิจัย เป็นต้น
   7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย :
   - เรื่องที่ 1 Removal of hydrogen sulfide by fixed-film bioscrubber
   - เรื่องที่ 2 การย่อยสลายไซยาไนด์ด้วยจุลินทรีย์
   - เรื่องที่ 3 Water management and sanitation in a community
   - เรื่องที่ 4 การประเมินความเสี่ยงของการนำน้ำเสียจากชุมชนขนาดเล็กที่ผ่านบำบัดแล้วมาใช้ในการเพาะปลูก ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2551 (งบเร่งด่วน)
   - เรื่องที่ 5 การพัฒนาความสามารถของเชื้อจุลินทรีย์ในการกำจัดกลิ่นโดยใช้ระบบฟิกซ์-ฟิล์มไบโอสครับเบอร์
   - เรื่องที่ 6 การผลิตเอทานอลจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดย เชื้อจุลินทรีย์
   - เรื่องที่ 7 การพัฒนาความสามารถของระบบฟิกซ์-ฟิล์มไบโอสครับเบอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

เรื่องที่ 1 Removal of hydrogen sulfide by fixed-film bioscrubber. (ผู้วิจัยหลัก)

แหล่งทุน Asian Development Bank (ADB)

เรื่องที่ 2 Optimization of bioscrubber system for hydrogen sulfide removal. (ผู้ช่วยวิจัย)

แหล่งทุน Asian Development Bank (ADB)

เรื่องที่ 3 การประเมินห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบตามแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดของห้องปฏิบัติการ: กรณีการชะแคดเมียมและตะกั่วจากภาชนะเซรามิค ห้องปฏิบัติการศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี: ภายใต้โครงการการพัฒนากรอบนโยบายการเพิ่มศักยภาพห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เพื่อการเสริมสร้างความเข้มแข็งของอุตสาหกรรมของประเทศไทยในการรับรองผลกระทบจากการประกาศใช้ระเบียบว่าด้วยสารเคมี (REACH) ของสหภาพยุโรป (ผู้ร่วมวิจัย)

แหล่งทุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

เรื่องที่ 4 Water management and sanitation in a community (ผู้วิจัยหลัก)

แหล่งทุน ภายใต้ความร่วมมือ การแนะนำและปรึกษาของ Swedish International Development Cooperation Agency (Sida) ในโปรแกรม International Training Programme (ITP) in Ecological Alternatives in Sanitation โดย Stockholm Environment Institute (SEI)

เรื่องที่ 5 การประเมินความเสี่ยงของการนำน้ำเสียจากชุมชนขนาดเล็กที่ผ่านบำบัดแล้วมาใช้ในการเพาะปลูก

แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2551 (งบเร่งด่วน)

เรื่องที่ 6 การย่อยสลายไซยาไนด์ด้วยจุลินทรีย์

แหล่งทุน เงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อสนับสนุนการสร้างและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เรื่องที่ 7 การพัฒนาความสามารถของเชื้อจุลินทรีย์ในการกำจัดกลิ่นโดยใช้ระบบฟิกซ์-ฟิล์มไบโอสครับเบอร์

แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2553

เรื่องที่ 8 การศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ในบริเวณพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืช อพ.สธ. เขื่อนน้ำพุง จังหวัดสกลนคร

แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2555

7.3 งานวิจัยที่กำลังทำ :

เรื่องที่ 1 การผลิตเอทานอลจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยเชื้อจุลินทรีย์

แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2553

สถานภาพ เสร็จสิ้นร้อยละ 90

เรื่องที่ 2 การพัฒนาความสามารถของระบบฟิกซ์-ฟิล์มไบโอสครับเบอร์

แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2554

สถานภาพ เสร็จสิ้นร้อยละ 40

เรื่องที่ 3 การพัฒนาความสามารถของจุลินทรีย์รวมกลุ่มในการย่อยสลายไธโอไซยาเนตและโลหะไซยาไนด์

แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2555

สถานภาพ เสร็จสิ้นร้อยละ 20

งานตีพิมพ์เผยแพร่

- Potivichayanon S, Pokethitiyook P, Kruatrachue M. 2006. Hydrogen sulfide removal by a novel fixed-film bioscrubber system. Process Biochem 41: 708-715.
- Potivichayanon S and Chuersuwan N. 2009. Greywater management and reuse for plant irrigation: A case study of Ban Laloommoa Village in Thailand. Proceedings of the 11th International Conference on Environmental Science and Technology. Chania, Crete, Greece. P.745-752.
- Potivichayanon S and Kitleartpornpairoat R. 2010. Biodegradation of cyanide by a novel cyanide-degrading bacterium. World Academy of Science, Engineering and Technology 66: 1376-1379.
- Potivichayanon S, Sungmon T, Chaikongmao W, Kamvanin S. 2011. Enhancement of biogas production from bakery waste by *Pseudomonas aeruginosa*. World Academy of Science, Engineering and Technology 80: 529-532.

บทความวิชาการ

- สิราภรณ์ โพธิวิชยานนท์ 2553. รู้หรือไม่ น้ำเสียจากครัวเรือนที่ผ่านการบำบัดแล้วนำมาใช้ในการเพาะปลูกพืชได้ดี วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อม ปีที่ 12 ฉบับที่ 3 เมษายน-มิถุนายน 2553 หน้า 67-71.