



การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสารหนูที่ละลายในน้ำอุปโภคบริโภค
ในพื้นที่แหล่งแร่ดีบุกเก่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสารหนูที่ละลายในน้ำอุปโภคบริโภค
ในพื้นที่แหล่งแร่ดีบุกเก่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

HEALTH RISK ASSESSMENT FROM SOLUBLE ARSENIC IN THE WATER SUPPLY
IN THE OLD TIN MINE AREAS, SURAT THANI PROVINCE



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

Master of Science Program in Environmental Science

Department of Environmental Science

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2015

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “ การประเมินความ
เสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสารหนูที่ละลายในน้ำอุปโภคบริโภคในพื้นที่แหล่งแร่ดีบุกเก่า จังหวัด
สุราษฎร์ธานี ” เสนอโดย นางสาวมัททิพย์ รอดทิม เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ธารทัศน์วงศ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ ดร.มัลลิกา ปัญญาคะโป

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐพล อ้นแฉ่ง)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ประภา โഴ๊ะสลาม)

...../...../.....

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มัลลิกา ปัญญาคะโป)

...../...../.....



56311317 : สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ : การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ / สารหนู / เหมืองแร่ดีบุก / น้ำประปาหมู่บ้าน

มุกาทิพย์ รอดทิม : การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสารหนูที่ละลายในน้ำอุปโภคบริโภค ในพื้นที่แหล่งแร่ดีบุกเก่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : รศ.ดร.มลลิกา ปัญญาคมป์. 210 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้มข้นของสารหนูในแหล่งน้ำและน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคบริเวณพื้นที่แหล่งแร่ดีบุกจังหวัดสุราษฎร์ธานีระหว่างเดือนมิถุนายน - กรกฎาคม พ.ศ. 2556 และเพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสารหนูจากน้ำอุปโภคบริโภค 5 ประเภท คือ น้ำประปาผิวดิน น้ำประปาบาดาล น้ำประปาขุมเหมือง น้ำประปาภูเขา และน้ำบ่อตื้น โดยทำการประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสารหนูที่เข้าสู่ร่างกายใน 2 เส้นทาง ได้แก่ ทางเดินอาหารโดยทางอ้อม (Indirect ingestion) และทางผิวหนัง (Dermal Contact) สำหรับคน 2 กลุ่ม คือ เด็ก (อายุ 0-6 ปี) และผู้ใหญ่ ด้วยวิธีการของ USEPA (1989)

ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำอยู่ในช่วง 0.001 – 0.185 มก./ล. โดยน้ำขุมเหมืองเก่ามีความเข้มข้นสูงสุดและมีค่าเกินมาตรฐาน สำหรับน้ำประปาผิวดินและน้ำประปาขุมเหมืองมีค่าความเข้มข้นของสารหนูอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด ผลการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งพบว่าความเสี่ยงรวมของน้ำทุกประเภทสำหรับเด็กและผู้ใหญ่อยู่ในช่วง $1.20E-04 - 7.23E-03$ และ $4.58E-05 - 2.75E-03$ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สำหรับความเสี่ยงรวมจากอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งสำหรับคนทั้ง 2 กลุ่ม อยู่ในช่วง 0.27 – 16.06 และ 0.10 – 6.10 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ความเสี่ยงทั้ง 2 ประเภทมีการเรียงลำดับจากมากไปน้อยเช่นเดียวกัน ดังนี้ น้ำบ่อตื้น น้ำประปาภูเขา น้ำประปาบาดาล น้ำประปาขุมเหมือง และน้ำประปาผิวดิน เส้นทางการรับสัมผัสผ่านทางเดินอาหารโดยทางอ้อมก่อให้เกิดความเสี่ยงมากกว่าทางผิวหนัง

จากการประเมินความเสี่ยงพบว่าถึงแม้ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำเพื่ออุปโภคบริโภคจะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่เมื่อประเมินความเสี่ยงแล้วพบว่าความเสี่ยงรวมในการเกิดมะเร็งและความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งมีค่าสูงเกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้บริโภคการพิจารณาความเป็นอันตรายของสารหนูจึงควรพิจารณาจากทั้งค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำและการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพร่วมกัน สำหรับการจัดการความเสี่ยงในเบื้องต้นควรแจ้งข้อมูลความเสี่ยงที่ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ให้กับหน่วยงานที่ดูแลระบบประปาหมู่บ้านเพื่อกำจัดความเข้มข้นของสารหนูในน้ำในกระบวนการผลิตน้ำประปา และประชาชนที่จะนำน้ำประปาไปใช้ประกอบอาหารจำเป็นต้องบำบัดน้ำเพื่อลดความเข้มข้นของสารหนูก่อนนำไปใช้ประโยชน์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ปีการศึกษา 2558

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์.....

56311317 : MAJOR : ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD : HEALTH RISK ASSESSMENT / ARSENIC / TIN MINE / VILLAGE WATER SUPPLY

MUTHATHIP ROODTHIM : HEALTH RISK ASSESSMENT FROM SOLUBLE ARSENIC IN THE WATER SUPPLY IN THE OLD TIN MINE AREAS, SURAT THANI PROVINCE. THESIS ADVISOR : Assoc. Prof. MALLIKA PANYAKAPO. 210 pp.

This research aims to study the concentration of arsenic in the water supply and water consumption in the tin-distribution areas located in Surat Thani province during June-July 2013. And to assess human health risk from exposure to arsenic from 5 kinds of water supply produced from surface water, ground water, old mine water, hill water and shallow well water. Two exposure pathways, i.e., gastrointestinal indirectly (indirect ingestion) and skin (dermal contact) were evaluated for two groups consisting of children (aged 0-6 years) and adults. using the methodology of USEPA (1989).

The concentrations of arsenic in water ranged from 0.001 - 0.185 mg/l. The maximum concentration which exceeded the water standard value was found in the old mine water. The concentrations of arsenic in surface water supply and the old mine water supply, were both below the water supply standard. The risk assessment found that the cancer risks of all water types, for children and adults were $1.20E-04 - 7.23E-03$ and $4.58E-05 - 2.75E-03$, respectively, which exceeded the acceptable threshold. As for non-cancer risks, these two groups were in the range 0.27 - 16.06 and 12.10 - 6.10, respectively, which also exceeded the acceptable threshold. The two risk categories are sorted by descending order as follows; water, shallow well water, hill water, ground water, old mine water and surface water. Route of exposure via the digestive indirectly posed a greater risk than the skin.

The risk assessment indicated that, although the concentration of arsenic in the water supply was within the standard, the risks of total cancers and non-cancers were higher than the acceptable values. Therefore, in order to secure the health of consumers, the dangers of arsenic should be considered from the standard and health risk together. For risk management, there should inform these unacceptable risks to the agency who is responsible for taking care of village's water supply system to remove the concentration of arsenic in the water treatment process. As well as the people who use the water for their cooking should treat the water prior to reduce the concentration of arsenic.

Department of Environmental Science

Graduate School, Silpakorn University Student's

signature

Academic Year 2015

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.มัลลิกา ปัญญาคะโป อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้โอกาส ให้คำแนะนำ ให้กำลังใจ ช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงลงได้อย่างสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐพล อ้นแฉ่ง ประธานกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ ดร.ประภา โส๊ะสลาม กรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ รวมทั้งผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความเรียบร้อยและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่คอยช่วยเหลืออำนวยความสะดวก และติดต่อประสานงานในการจัดทำเอกสารเกี่ยวกับการสอบวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณนายชาติ หงส์เทียมจันทร์ อธิบดีกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ นายไพชยนต์ เจริญไชยศรี หัวหน้ากลุ่มวิชาการและมาตรฐาน ที่มอบโอกาส สนับสนุนและให้คำแนะนำในการศึกษาต่อในครั้งนี้ ขอขอบคุณนางประภัสสรี ธนะรักษ์ นายชลธิ ศรีภูมิ นางสาววรรณพร ความสุข และนายวิเชษฐ พูลทรัพย์ ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ รวมทั้งขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 1 สงขลา ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ เจ้าหน้าที่สำนักบริหารสิ่งแวดล้อม ประชาชนจังหวัดสุราษฎร์ธานีทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และเจ้าหน้าที่กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือและเป็นกำลังใจ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อวีระศักดิ์ รอดทิม (ผู้ล่วงลับ) และ คุณแม่บังอร รอดทิม ขอขอบคุณนายตินัย วงศ์สังข์ และเด็กหญิงณัฐธนา รอดทิม รวมทั้งทุกคนในครอบครัวรอดทิม และครอบครัวฟุ้งกลิ่นที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนช่วยเหลือจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเสร็จสิ้นลงได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฐ
สารบัญรูป.....	ฅ
บทที่	
1 บทนำ.....	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 สมมติฐานของงานวิจัย.....	3
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 แหล่งแร่ดีบุกและผลกระทบ.....	6
2.1.1 การกระจายของแหล่งแร่ดีบุกในประเทศไทย.....	6
2.1.2 แหล่งแร่ดีบุกในภาคใต้.....	9
2.1.3 แหล่งแร่ดีบุกในจังหวัดสุราษฎร์ธานี.....	9
2.1.3.1 แหล่งแร่ดีบุกอำเภอบ้านนาสาร-อำเภอบ้านนาเดิม.....	10
2.1.3.2 แหล่งแร่ดีบุก-จุลแพรมอำเภอเวียงสระ.....	12
2.1.3.3 แหล่งแร่ดีบุก-จุลแพรมอำเภอกาญจนดิษฐ์.....	13
2.1.3.4 แหล่งแร่ดีบุก-จุลแพรมอำเภอเกาะสมุย.....	13
2.1.3.5 แหล่งแร่ดีบุก-จุลแพรมอำเภอเกาะพะงัน.....	16
2.1.3.6 แหล่งแร่ดีบุก-จุลแพรมอำเภอคีรีรัฐนิคม.....	17
2.1.3.7 แหล่งแร่ดีบุก-จุลแพรมคลองสก อำเภอพนม.....	18
2.1.3.8 แหล่งแร่ดีบุก-จุลแพรมอำเภอพนม.....	19

บทที่	หน้า
2.1.4 พื้นที่ชุมชนที่มีโอกาสเสี่ยง.....	21
2.2 ดิบุกและเพื่อนแร่.....	23
2.3 ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการทำเหมืองแร่ดิบุก.....	24
2.3.1 การทำเหมืองแร่ดิบุก	24
2.3.1.1 การขุดเอาสินแร่	24
2.3.1.2 การแต่งหรือล้างแยกแร่	25
2.3.2 ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม	28
2.3.2.1 ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการทำเหมือง	28
2.3.2.2 ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแต่งแร่	28
2.4 สารหนู	29
2.4.1 สมบัติของสารหนู	29
2.4.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ	29
2.4.1.2 คุณสมบัติทางเคมี	29
2.4.2 แหล่งกำเนิดของสารหนู	30
2.4.2.1 แหล่งแร่ในหินสการ์น (Skarn type deposits)	30
2.4.2.2 แหล่งแร่เพกมาไทต์ชนิดที่มีแร่ดิบุก วุลแฟรม ไนโอเบียม แทนทาลัม บิสมัท โมลิบดีนัม และยูเรเนียม	31
2.4.3 การแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม	32
2.4.3.1 แหล่งที่มา	32
2.4.3.2 รูปแบบของสารหนูในสิ่งแวดล้อม	34
2.4.4 วัฏจักรของสารหนูในแหล่งน้ำธรรมชาติ	37
2.4.5 ความเข้มข้นของสารหนูในสิ่งแวดล้อม	38
2.4.5.1 หิน ดินและตะกอนดิน	38
2.4.5.2 อากาศ	39
2.4.5.3 น้ำ	39
2.4.5.4 น้ำดื่ม	39
2.4.6 ความเป็นพิษ	40
2. 5 ข้อมูลทั่วไปของจังหวัดสุราษฎร์ธานี.....	42

บทที่	หน้า
2.5.1	43
2.5.1.1	43
2.5.1.2	43
2.5.1.3	43
2.5.2	48
2.6	49
2.7	50
2.7.1	50
2.7.2	50
2.7.3	51
2.7.4	51
2.7.5	51
2.8	51
2.8.1	51
2.8.2	52
2.8.3	54
2.8.4	55
2.8.4.1	55
2.8.4.2	55
2.8.4.3	56
เป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งของสารในทุกทางที่เข้าสู่ร่างกาย	
2.9	56
3	61
3.1	61
3.2	62
3.3	62
3.3.1	62
3.3.2	63

บทที่	หน้า
3.3.3	น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค..... 63
3.4	สถานที่วิเคราะห์ตัวอย่าง..... 65
3.5	การเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ..... 65
3.5.1	เครื่องมือและอุปกรณ์ 65
3.5.2	สารเคมี..... 65
3.5.3	การเตรียมตัวอย่าง 65
3.5.4	การวิเคราะห์ตัวอย่างหาความเข้มข้นของสารหนู..... 65
3.6	วิธีการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ..... 66
4	ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย..... 70
4.1	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำผิวดิน น้ำขุมเหมืองเก่าและน้ำอุปโภคบริโภคประเภทต่างๆ..... 70
4.1.1	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำผิวดิน 70
4.1.2	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูน้ำในขุมเหมืองตึกเก่า..... 72
4.1.3	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำอุปโภคบริโภค..... 74
4.1.3.1	น้ำประปาผิวดิน 74
4.1.3.2	น้ำประปาบาดาล 75
4.1.3.3	น้ำประปาขุมเหมือง 77
4.1.3.4	น้ำประปาภูเขา 78
4.1.3.5	น้ำบ่อต้น 80
4.2	การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารหนูในน้ำประเภทต่างๆ..... 82
4.2.1	น้ำผิวดิน 82
4.2.2	น้ำขุมเหมืองแร่ตึกเก่า..... 82
4.2.3	น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค..... 82
4.3	การประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง (Cancer risk)..... 88
4.3.1	ผลการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากน้ำประปาผิวดิน 91
4.3.2	ผลการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากน้ำประปาบาดาล 93
4.3.3	ผลการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากน้ำประปาขุมเหมือง 94
4.3.4	ผลการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากน้ำประปาภูเขา..... 96

บทที่	หน้า
4.3.5 ผลการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากน้ำบ่อต้น	97
4.4 การเปรียบเทียบการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง (Cancer risk).....	98
ในน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคประเภทต่างๆ.....	
4.5 การประเมินความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง	103
(Non-Cancer risk)	
4.5.1 ผลการประเมินความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง	106
จากน้ำประปาผิวดิน	
4.5.2 ผลการประเมินความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง	107
จากน้ำประปาบาดาล.....	
4.5.3 ผลการประเมินความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง	109
จากน้ำประปาชุมชนเมือง.....	
4.5.4 ผลการประเมินความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง	110
จากน้ำประปาภูเขา.....	
4.5.5 ผลการประเมินความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง	112
จากน้ำบ่อต้น.....	
4.6 การเปรียบเทียบการประเมินความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง	114
(Non – carcinogenic risk) ในน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคประเภทต่างๆ	
4.7 การจัดการความเสี่ยง.....	119
5 สรุปผลการศึกษา.....	121
5.1 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำผิวดิน น้ำชุมชนเมืองเก่า.....	121
และน้ำอุปโภคบริโภคประเภทต่างๆ.....	
5.2 ผลการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง (Cancer risk).....	122
5.3 ผลการประเมินความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง.....	122
5.4 สรุปผลการประเมินความเสี่ยงและแนวทางการจัดการความเสี่ยง.....	123
รายการอ้างอิง	125
ภาคผนวก.....	131

บทที่	หน้า
ภาคผนวก ก หลักการและขั้นตอนวิเคราะห์เครื่อง Atomic Absorption Spectrometer (AAS) แบบ Hydride generation	132
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดิน น้ำชุมชนเมือง และน้ำอุปโภคบริโภคประเภทต่างๆ	134
ภาคผนวก ค แผนที่ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำประเภทต่างๆ	143
ภาคผนวก ง แผนที่ความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง (Cancer risk) ในน้ำอุปโภคบริโภคประเภทต่างๆ	170
ภาคผนวก จ แผนที่ความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง (HQ) ในน้ำอุปโภคบริโภคประเภทต่างๆ	187
ภาคผนวก ฉ การลดปริมาณสารหนูในน้ำ	206
ประวัติผู้วิจัย	210



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	พื้นที่ชุมชนที่มีโอกาสเสี่ยงในพื้นที่แหล่งแร่ดีบุก-วุลแฟรม ของจังหวัดสุราษฎร์ธานี	21
2.2	แหล่งแร่ดีบุกและเพื่อนแร่ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี	23
2.3	ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำที่จากกิจกรรมประเภทต่างๆ	32
2.4	ปริมาณสารหนูที่ออกสู่อากาศ	33
2.5	สถิติการประปาจำแนกเป็นรายอำเภอในปี พ.ศ.2555	46
2.6	ค่าคงที่สำหรับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ	54
2.7	ค่าคงที่ของน้ำหนักร่างกายเฉลี่ยสำหรับคนไทยในการประเมินความเสี่ยง	54
2.8	ค่า Slope factor และค่า Reference dose ของสารหนู	55
	ตามเส้นทางต่างๆ ที่รับเข้าสู่ร่างกาย	
3.1	ค่าคงที่สำหรับคำนวณการรับสัมผัสสารหนูเข้าสู่ร่างกาย (Intake)	68
3.2	ค่า Slope factor และค่า Reference dose ของสารหนูตามเส้นทางต่างๆ.....	68
	ของการได้รับเข้าสู่ร่างกาย	
4.1	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำผิวดิน	71
4.2	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำขุมเหมืองดีบุกเก่า	73
4.3	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำประปาผิวดิน	74
4.4	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำประปาบาดาล	76
4.5	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำประปาขุมเหมือง	77
4.6	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำประปาภูเขา.....	79
4.7	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำบ่อน้ำตื้น	81
4.8	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำประเภทต่างๆ	84
4.9	การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารหนูในน้ำประเภทต่างๆ	86
	กับงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง.....	
4.10	ตัวอย่างการคำนวณความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งของสารหนู	89
	ในน้ำประปาผิวดินที่ได้รับผ่านทางเดินอาหารของผู้ใหญ่และเด็ก.....	
4.11	ตัวอย่างการคำนวณความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งของสารหนู	90
	ในน้ำประปาผิวดินที่ได้รับผ่านทางผิวหนังของผู้ใหญ่และเด็ก.....	
4.12	ผลการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งรวมในน้ำอุปโภคบริโภคประเภทต่างๆ	99

ตารางที่	หน้า
4.13 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารหนูและความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งกับ งานวิจัยอื่นๆ	102
4.14 ตัวอย่างการคำนวณความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งของสารหนู ในน้ำประปาผิวดินที่ได้รับผ่านทางเดินอาหารของผู้ใหญ่และเด็ก.....	104
4.15 ตัวอย่างการคำนวณความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งของสารหนู ในน้ำประปาผิวดินที่ได้รับผ่านทางผิวหนังของผู้ใหญ่และเด็ก.....	105
4.16 ผลการประเมินความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งรวม ในน้ำอุปโภคบริโภคประเภทต่างๆ.....	115
4.17 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารหนูและความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่น นอกจากมะเร็งกับงานวิจัยอื่นๆ.....	118
 ตารางผนวก	
ข .1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดิน	135
ข.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในชุมชนเมืองตึกเก่า	136
ข .3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปาผิวดิน.....	137
ข .4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปาบาดาล	138
ข .5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปาชุมชนเมืองเก่า	139
ข .6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปาภูเขา.....	140
ข.7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบ่อตื้น	141
ค.1 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำที่มีสารหนูปนเปื้อน	146



สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แผนที่พื้นที่ศักยภาพแหล่งแร่ดีบุกที่สัมพันธ์กับหินอัคนีแทรกซอนในประเทศไทย.....	7
2.2	บริเวณที่พบแร่ดีบุกในประเทศไทย	8
2.3	แหล่งแร่ดีบุกจังหวัดสุราษฎร์ธานี-นครศรีธรรมราช.....	11
2.4	ลักษณะการกระจายตัวของหน่วยหิน และกลุ่มเหมืองบริเวณจังหวัด..... นครศรีธรรมราชและสุราษฎร์ธานี.....	20
2.5	วัฏจักรของสารหนูในแหล่งน้ำธรรมชาติ.....	37
2.6	แผนที่ภูมิประเทศและเขตการปกครองจังหวัดสุราษฎร์ธานี	45
2.7	แผนที่หมู่บ้านที่มี ไม่มีและต้องปรับปรุงระบบประปาหมู่บ้านทั่วประเทศ.....	48
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	61
3.2	พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุราษฎร์ธานี.....	64
4.1	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำผิวดิน	70
4.2	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำขุมเหมืองดีบุกเก่า.....	72
4.3	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำประปาผิวดิน	74
4.4	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำประปาบาดาล	75
4.5	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำประปาขุมเหมือง.....	77
4.6	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำประปาภูเขา	78
4.7	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารหนูในน้ำบ่อตื้น.....	80
4.8	ร้อยละของตัวอย่างน้ำประเภทต่างๆ ที่มีความเข้มข้นของ	84
	สารหนู (As) เกินเกณฑ์มาตรฐาน	
4.9	ผลการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากน้ำประปาผิวดิน.....	92
4.10	ผลการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากน้ำประปาบาดาล	93
4.11	ผลการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากน้ำประปาขุมเหมือง.....	95
4.12	ผลการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากน้ำประปาภูเขา	96
4.13	ผลการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากน้ำบ่อตื้น	98
4.14	ร้อยละของตัวอย่างที่มีความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งรวมสูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้.....	100
4.15	การเปรียบเทียบความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งของน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคประเภทต่างๆ	100
4.16	ผลการประเมินความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากน้ำประปาผิวดิน.....	107

รูปที่	หน้า
4.17 ผลการประเมินความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากน้ำประปาบาดาล	108
4.18 ผลการประเมินความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง	110
จากน้ำประปาชุมเมือง	
4.19 ผลการประเมินความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากน้ำประปาภูเขา	111
4.20 ผลการประเมินความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากน้ำบ่อต้น	113
4.21 ร้อยละของตัวอย่างที่มีความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งรวมสูงกว่า	116
เกณฑ์ที่ยอมรับได้	
4.22 การเปรียบเทียบความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งของน้ำ	116
เพื่อการอุปโภคบริโภคประเภทต่างๆ	
 ภาพผนวก	
ค. 1-1 แผนที่น้ำผิวดินที่มีความเข้มข้นของสารหนู (As) น้อยกว่า 0.01 มก./ล.	144
ค. 1-2 แผนที่น้ำผิวดินที่มีความเข้มข้นของสารหนู (As) น้อยกว่า 0.01 มก./ล.(ต่อ)	145
ค. 1-3 แผนที่น้ำผิวดินที่มีความเข้มข้นของสารหนู (As) น้อยกว่า 0.01 มก./ล.(ต่อ)	146
ค.1-4 แผนที่น้ำผิวดินที่มีความเข้มข้นของสารหนู (As) น้อยกว่า 0.01 มก./ล.(ต่อ)	147
ค.2-1 แผนที่น้ำผิวดินที่มีความเข้มข้นของสารหนู (As) เท่ากับ 0.01 มก./ล.	148
ค. 2-2 แผนที่น้ำผิวดินที่มีความเข้มข้นของสารหนู (As) เท่ากับ 0.01 มก./ล.(ต่อ)	149
ค. 3 แผนที่น้ำผิวดินที่มีความเข้มข้นของสารหนู (As) มากกว่า 0.01 มก./ล.	150
ค.4 แผนที่น้ำชุมเมืองเก่าที่มีความเข้มข้นของสารหนู (As) น้อยกว่า 0.01 มก./ล.....	151
ค. 5-1 แผนที่น้ำชุมเมืองเก่าที่มีความเข้มข้นของสารหนู (As) มากกว่า 0.01 มก./ล.	152
ค.5-2 แผนที่น้ำชุมเมืองเก่าที่มีความเข้มข้นของสารหนู (As) มากกว่า 0.01 มก./ล.(ต่อ)	153
ค. 6 แผนที่น้ำประปาผิวดินที่มีความเข้มข้นของสารหนู (As) น้อยกว่า 0.01 มก./ล.	154
ค. 7 แผนที่น้ำประปาบาดาลที่มีความเข้มข้นของสารหนู (As) น้อยกว่า 0.01 มก./ล.	155
ค.8 แผนที่น้ำประปาบาดาลที่มีความเข้มข้นของสารหนู (As) เท่ากับ 0.01 มก./ล.	156
ค.9-1 แผนที่น้ำประปาบาดาลที่มีความเข้มข้นของสารหนู (As) มากกว่า 0.01 มก./ล.	157
ค.9-2 แผนที่น้ำประปาบาดาลที่มีความเข้มข้นของสารหนู (As) มากกว่า 0.01 มก./ล.(ต่อ)	158
ค.9-3 แผนที่น้ำประปาบาดาลที่มีความเข้มข้นของสารหนู (As) มากกว่า 0.01 มก./ล.(ต่อ)	159
ค.9-4 แผนที่น้ำประปาบาดาลที่มีความเข้มข้นของสารหนู (As) มากกว่า 0.01 มก./ล.(ต่อ)	160
ค.10 แผนที่น้ำประปาชุมเมืองที่มีความเข้มข้นของสารหนู (As) น้อยกว่า 0.01 มก./ล.	161

ภาพผนวก	หน้า
จ.4-1	แผนที่น้ำประปาบาดาลที่มีค่า HQ ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่สูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้... 192
จ.4-2	แผนที่น้ำประปาบาดาลที่มีค่า HQ ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่สูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (ต่อ)..... 193
จ.4-3	แผนที่น้ำประปาบาดาลที่มีค่า HQ ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่สูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (ต่อ)..... 194
จ.5	แผนที่น้ำประปาชุมชนเมืองที่มีค่า HQ ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้... 195
จ.6	แผนที่น้ำประปาชุมชนเมืองที่มีค่า HQ ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่สูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้... 196
จ.7	แผนที่น้ำประปาภูเขาที่มีค่า HQ ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้... 197
จ.8	แผนที่น้ำประปาภูเขาที่มีค่า HQ ในเด็กสูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้... 198
จ.9	แผนที่น้ำประปาภูเขาที่มีค่า HQ ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่สูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้... 199
จ.10	แผนที่น้ำบ่อน้ำที่มีค่า HQ ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้... 200
จ.11-1	แผนที่น้ำบ่อน้ำที่มีค่า HQ ในเด็กสูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้... 201
จ.11-2	แผนที่น้ำบ่อน้ำที่มีค่า HQ ในเด็กสูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (ต่อ)..... 202
จ.11-3	แผนที่น้ำบ่อน้ำที่มีค่า HQ ในเด็กสูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (ต่อ)..... 203
จ.12-1	แผนที่น้ำบ่อน้ำที่มีค่า HQ ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่สูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ... 204
จ.12-2	แผนที่น้ำบ่อน้ำที่มีค่า HQ ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่สูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (ต่อ) ... 205

