

การศึกษาอายุการใช้งานและผลกระทบที่ได้รับจากระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อกำจัดฟลูออไรด์:
กรณีศึกษา หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE STUDY OF SERVICE TIME AND EFFECTS FROM GROUNDWATER FILTRATION
FOR FLUORIDE REMOVAL:
CASE STUDY BAN MAI NAI FUN, SANIAN, MUEANG NAN, NAN PROVINCE.



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering
Department of Environmental Engineering
FACULTY OF ENGINEERING
Chulalongkorn University
Academic Year 2019
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาอายุการใช้งานและผลกระทบที่ได้รับจากระบบ กรองน้ำบาดาลเพื่อกำจัดฟลูออไรด์: กรณีศึกษา หมู่บ้าน บ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน
โดย	ว่าที่ ร.ต.กิตติคุณ เสมอภาค
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ภู่งามเสริฐ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.ปฏิภาณ ปัญญาพลกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัณย์ เตชะเสน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ภู่งามเสริฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปฏิภาณ ปัญญาพลกุล)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุธา ขาวเขียว)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ หงษ์สวัสดิ์)

กิตติคุณ เสมอภาค : การศึกษาอายุการใช้งานและผลกระทบที่ได้รับจากระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อกำจัดฟลูออไรด์: กรณีศึกษา หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน. (THE STUDY OF SERVICE TIME AND EFFECTS FROM GROUNDWATER FILTRATION FOR FLUORIDE REMOVAL: CASE STUDY BAN MAI NAI FUN, SANIAN, MUEANG NAN, NAN PROVINCE.) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.ชัยพร ภูประเสริฐ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ดร.ปฎิภาณ ปัญญาพลกุล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอายุการใช้งาน การเปลี่ยนแปลงความเสี่ยงทางสุขภาพเบื้องต้น และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบกรองน้ำที่ทำการติดตั้งในหมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน จากการศึกษาพบว่า น้ำขาออกจากระบบมีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลสำหรับบริโภค ซึ่งเมื่อทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของผู้ได้รับผลประโยชน์ พบว่า ค่าดัชนีความเป็นอันตรายเนื่องจากฟลูออไรด์มีค่าลดลงจนถึงระดับน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ ส่วนการประเมินอายุการใช้งานของระบบการกำจัดฟลูออไรด์ และสารคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำด้วยระบบคอลัมน์พบว่า ที่ความสูงของชั้นกรองที่ 25.00 ซม. อัตราการกรอง 2.30 มล./นาที่ที่สามารถกำจัดฟลูออไรด์และสารคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำได้ดีที่สุด ด้วยมีระยะเวลาที่จุดเบรคทรูยาวนาน มีค่าอัตราการใช้สารกรองต่ำ และระยะเวลาการสัมผัสสารของชั้นกรองสูง และจากการทำนายอายุการใช้งานของสารกรอง ตามสมการ ของ Thomas พบว่า การกำจัดฟลูออไรด์และคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำด้วยระบบคอลัมน์ ที่ความสูงชั้นกรองที่ 25.00 ซม. อัตราการกรอง 2.30 มล./นาที่ สารกรองมีค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุด และจากการศึกษาผ่านสมการ Bohart and Adam พบว่าการกำจัดฟลูออไรด์เป็นไปตามความสัมพันธ์ดังสมการ $Y=429X-6.430$ โดย Y คือ เวลาเบรคทรู(นาที่) และ X คือ ความสูงของชั้นกรองผ่านกระดุก(ซม.)ที่อัตราการกรอง 0.01 ลบ.ม./ชม. ส่วนการกำจัดสารคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ พบว่า สมการความสัมพันธ์คือ $Y=50,931X-934$ โดยที่ Y คือ เวลาเบรคทรู(นาที่) และ X คือ ความสูงชั้นกรองถ่านกัมมันต์(ซม.) ที่อัตราการกรอง 0.01 ลบ.ม./ชม. และจากการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโครงการ พบว่า ความคุ้มค่าของโครงการกรณีภาครัฐลงทุนให้ และส่งมอบชาวบ้าน มีมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ(NPV) คือ 6,448.36 บาท อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนโครงการ(B/C Ratio) 1.008 อัตราผลตอบแทนโครงการ(IRR) ร้อยละ 4.407 และระยะเวลาคืนทุน(PB) 0 ปี ส่วนกรณีชาวบ้านลงทุนด้วยตัวเองและจัดการทั้งหมด พบว่ามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ คือ -365,822.50 บาท อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนโครงการ ร้อยละ 0.6909 อัตราผลตอบแทนโครงการ และระยะเวลาคืนทุน ไม่สามารถหาค่าได้

CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2562

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม

6070494521 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEYWORD: Fluoride removal, Bone char, dissolved organic carbon, Hazard Quotient, groundwater,
Health risk assessment, economic valuation

Kittikun Samerphak : THE STUDY OF SERVICE TIME AND EFFECTS FROM GROUNDWATER
FILTRATION FOR FLUORIDE REMOVAL: CASE STUDY BAN MAI NAI FUN, SANIAN, MUEANG NAN, NAN
PROVINCE.. Advisor: Asst. Prof. CHAIYAPORN PUPRASERT, Ph.D. Co-advisor: Assoc. Prof. Patiparn
Punyapalakul, Ph.D.

This research aimed to evaluate the lifetime, preliminary health risks, and the economic valuation assessment of the groundwater filter system installed in Ban Mai Nai Fun Village, Sanian Sub-district, Mueang Nan District, Nan Province. From the study, treated groundwater can pass the water quality standards for groundwater consumption. The evaluation of the preliminary health risks illustrated that the calculated Hazard Quotient (HQ) of fluoride ion decreased to lower than the acceptable standard. The lifetime evaluation of the fluoride removal system and dissolved organic carbon by column system found that at the height of the filter layer at 25 cm and the filtration rate of 2.30 ml/min can perform the highest fluoride and dissolved organic carbon removal with the longest breakthrough time and lowest usage rate. Moreover, the lifetime of the filter media in the column evaluated by the Thomas equation also reported the most effective condition and highest adsorption capacities at the column height of 25.00 cm and the filter rate of 2.30 mL/min. In addition, the Bohart and Adam equation for fluoride removal concluded the relationship followed the equation $Y = 429X - 6.430$, where Y is the breakthrough time (minutes), and X is the height of the bone char filter layer (cm.) while the removal of dissolved organic carbon followed equation $Y = 50,931X - 934$, where Y is the breakthrough time (minutes), and X is the activated carbon filter height (cm.) by the filtration rate at 0.01 cubic meters/hour. From the economic valuation assessment of the project, it is found that the investment from the government delivered to the villagers presents the value of the net return (NPV) at 6,448.36 baht, the benefit-cost ratio (B/C Ratio) at 1.008, the internal rate of return (IRR) at 4.407%, and the payback period (PB) 0 years. However, the investment and operating by the villagers themselves showed the value of the net return at -365,822.50 baht, the benefit-cost ratio at 0.6909%, the internal rate of return and the payback period could not be calculated.

Field of Study: Environmental Engineering

Academic Year: 2019

Student's Signature

Advisor's Signature

Co-advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ในหัวข้อ การศึกษาอายุการใช้งานและผลกระทบที่ได้รับจากระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อกำจัดฟลูออไรด์: กรณีศึกษา หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน นี้ จะสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีมิได้ หากขาดผู้มีอุปการะคุณทุกท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ภูประเสริฐ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.ปฎิภาณ ปัญญาพลกุล ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาชี้แนะแนวทางที่ดี ตลอดจนประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันมีประโยชน์ต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนสนับสนุนงบประมาณสำหรับการดำเนินการวิจัย

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัณย์ เตชะเสน ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร.สุธา ขาวเขียว กรรมการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ หงส์สวัสดิ์ กรรมการภายนอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญศรี วัจฉลณญาณ ที่ได้ชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ ตรวจสอบความถูกต้องเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์รศนาภรณ์ วีรวรรณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี และคณะกรรมการพิจารณาทุนการศึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดาว สุวรรณแสง จันเจริญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ ลาภปริสุทธิ์ และคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ที่ได้กรุณามอบทุนการศึกษาอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาในระดับมหาบัณฑิต

ขอขอบพระคุณอนุสาสทหอพักนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รองศาสตราจารย์เพ็ญพรรณ ยังกง ผู้ช่วยศาสตราจารย์เรืองวิทย์ บรรจงรัตน์ ตลอดจนคณาจารย์คณะกรรมการหอพักทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ที่พักอาศัย ตลอดเวลาที่ทำวิจัยและศึกษาระดับมหาบัณฑิต

ขอขอบพระคุณนายอำเภอเมืองน่าน ผู้อำนวยการ รพสต.บ้านน้ำโค้ง นายกองดีการบริหารส่วนตำบลสะเนียง พ่อผู้ใหญ่วัชรพล สุขะ ผู้ใหญ่บ้านใหม่ในฝัน แม่ฤทธิ ธิญจิรา ยอดเหล็ก และพ่อแม่บ้านใหม่ในฝันทุกท่าน ตลอดจนเพื่อน และผู้มีพระคุณที่จังหวัดน่านสำหรับความช่วยเหลือ และกำลังใจที่ดีสำหรับการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ คุณพัชรียา รุ่งกิจวัฒนานุกุล คุณกฤษกร ศรีรังสิต คุณชนิษฐา หาญจนวนงศ์ คุณวิลาสินี คุรุทโปรง คุณอภิญาพร วิลาวรรณ คุณแกมกาญจน์ อธิธิประเสริฐ พี่ ๆ เจ้าหน้าที่ และพี่น้อง ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาฯ ตลอดจนทุกคนสำหรับคำแนะนำ กำลังใจ ตลอดจนความช่วยเหลือที่ดีในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณทีมผู้ช่วยวิจัย นำโดยคุณปภัสรา กิณศรี คุณนาฏณริน เกทะโร คุณปฤษฎา สาริกรรม คุณกฤษฏีพรไพรินทร์ คุณชัชฌ์พงศ์ เดิมศิริกุล คุณวิศรุต ตีเยมณี คุณธลดา บางท่าไม้ คุณสิริภัสร์ สิทธิยานุรักษ์ คุณวิชิต ชินธรรมมิตร คุณศศมณ ศิริเสวกุล คุณชนันท์กานต์ ไตรรัตน์ประพันธ์ สำหรับความช่วยเหลือที่ดีในการเก็บข้อมูลเพื่อจัดทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณทีมโปรเจกต์1 นำโดย คุณคณพล พิศาลสิทธิ์สกุล สำหรับคำแนะนำ และความช่วยเหลือที่ดี ตลอดจนน้อง ๆ โครงการจุฬารักษ์กันทุกคน สำหรับกำลังใจในการลงพื้นที่เก็บข้อมูลเพื่อประกอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณเพื่อน พี่ และน้องทุกคน ที่ให้ความอนุเคราะห์ยืมใช้เครื่องชั่งน้ำหนักสำหรับการเก็บน้ำหนักตัวชาวบ้าน เพื่อประกอบการวิเคราะห์วิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว และผู้มีพระคุณที่ผ่านมาทุก ๆ ท่านที่ได้สนับสนุน ให้โอกาสทางการศึกษา ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ทุกคนสำหรับกำลังใจที่ดี ตลอดจนขอขอบคุณกัลยาณมิตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลืออย่างดีทันทีที่ร้องขอ



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
.....	ค
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 แนวคิดที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 นิยามศัพท์และนิยามเชิงปฏิบัติการ.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับหมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน.....	5
2.1.1 ข้อมูลทั่วไป.....	5
2.1.2 ข้อมูลด้านประชากร.....	8
2.1.3 โครงการสาธารณสุขปโภคภายในหมู่บ้าน.....	9
2.2 โครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค.....	10
2.2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับน้ำบาดาล.....	10

2.2.2 แหล่งน้ำบาดาลและศักยภาพในการพัฒนา.....	12
2.2.3 ศักยภาพน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพ	14
2.2.4 คุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค.....	21
2.3 คุณภาพน้ำบาดาล ณ หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน	23
2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคหมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน	24
2.5 ตัวกลางดูดซับที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดฟลูออไรด์	29
2.5.1 ถ่านกระดูกและการเตรียม.....	29
2.5.2 ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดและการเตรียม	32
2.6 การประเมินอายุการใช้งานของระบบกรองน้ำ.....	36
2.6.1 การศึกษาการดูดซับแบบคอลัมน์	36
2.6.2 การศึกษาแบบจำลองของโทมัส	37
2.6.3 การศึกษาสมการของโบฮาร์ทและอดัมส์	38
2.6.4 ระยะเวลาที่เก็บในคอลัมน์เปล่า.....	38
2.7 การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ.....	39
2.7.1 ความเสี่ยงทางสุขภาพต่อการบริโภคน้ำที่ปนเปื้อนฟลูออไรด์	41
2.7.1.1 การคำนวณความเสี่ยงทางสุขภาพจากการบริโภคน้ำปนเปื้อนฟลูออไรด์	41
2.7.1.2 ผลกระทบทางสุขภาพที่เกิดขึ้นจากการบริโภคน้ำปนเปื้อนฟลูออไรด์	46
2.8 การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค.....	47
2.8.1 วิธีระยะเวลาคืนทุน.....	47
2.8.2 วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ.....	48
2.8.3 วิธีอัตราผลตอบแทนจากโครงการ.....	48
2.8.4 วิธีคำนวณอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน.....	49
2.9 การทบทวนวรรณกรรม.....	50
2.9.1 การศึกษาเกี่ยวกับการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยวัสดุดูดซับต่าง ๆ	50

2.9.2 การศึกษาเกี่ยวกับการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยถ่านกระดูกด้วยระบบคอลัมน์	54
2.9.3 การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ	57
2.9.4 การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการกรองน้ำบาดาล	59
2.10 สรุปผลการศึกษาวรรณกรรมและความจำเป็นในการทำการวิจัย.....	61
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	65
3.1 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือสำหรับการวิจัย	66
3.1.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	66
3.1.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	66
3.2 การเตรียมการวิจัย	67
3.2.1 การคัดเลือกพื้นที่ก่อสร้าง และติดตั้งระบบกรองน้ำ	67
3.2.2 การสังเคราะห์ถ่านกระดูก	68
3.2.3 การเตรียมระบบกรองน้ำ	69
3.3 การดำเนินการวิจัย.....	70
3.3.1 การติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำ.....	70
3.3.2 การวิเคราะห์ความเสี่ยงทางด้านสุขภาพจากการบริโภคน้ำปนเปื้อนฟลูออไรด์.....	71
3.3.3 ศึกษาการประเมินอายุใช้งานของระบบ	74
3.3.3.1 ศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์.....	74
3.3.3.1.1 ศึกษาความสูงของชั้นกรองต่อการกำจัดฟลูออไรด์.....	74
3.3.3.1.2 ศึกษาอัตราการกรองน้ำต่อการกำจัดฟลูออไรด์.....	75
3.3.3.2 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำด้วยระบบคอลัมน์	76
3.3.3.2.1 ศึกษาความสูงชั้นกรองต่อการกำจัดสาร	76
คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ	76
3.3.3.2.2 ศึกษาอัตราการกรองน้ำต่อการกำจัด	77
คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ	77

3.3.4	ศึกษาการทำนายอายุการใช้งานของสารกรอง	78
3.3.4.1	ศึกษาด้วยสมการ Thomas Equation	78
3.3.4.2	ศึกษาด้วยสมการ Bohart and Adam equation.....	79
3.3.4.3	ศึกษาด้วยสมการ Empty bed contact time.....	80
3.3.5	การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโครงการ	81
3.3.5.1	การเก็บข้อมูล.....	81
3.3.5.1.1	ข้อมูลปฐมภูมิ	81
3.3.5.1.2	ข้อมูลทุติยภูมิ	81
3.3.5.2	วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล.....	81
3.3.5.2.1	มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ	82
3.3.5.2.2	อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนโครงการ	83
3.3.5.2.3	อัตราผลตอบแทนโครงการ	83
3.3.5.2.4	ระยะเวลาคืนทุน	84
บทที่ 4	ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล.....	85
4.1	การติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำ	86
4.1.1	ความเป็นกรด-ด่าง (pH).....	86
4.1.2	ความขุ่น (Turbidity).....	87
4.1.3	ความกระด้างของน้ำ (Total-hardness).....	88
4.1.4	ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS).....	89
4.1.5	ฟลูออไรด์ (Fluoride).....	90
4.1.6	เหล็ก (Iron).....	91
4.2	การวิเคราะห์ความเสี่ยงทางด้านสุขภาพจากการบริโภคน้ำปนเปื้อนฟลูออไรด์	93
4.2.1	ผลสรุปข้อมูลจากการลงพื้นที่และสัมภาษณ์	93
4.2.2	ความเสี่ยงทางสุขภาพของผู้ได้รับผลประโยชน์ในแต่ละช่วงเวลา.....	95

4.3	ศึกษาการประเมินอายุการใช้งานของระบบ	102
4.3.1	ศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์	102
4.3.1.1	ศึกษาความสูงของชั้นกรองต่อการกำจัดฟลูออไรด์	102
4.3.1.2	ศึกษาอัตราการกรองต่อการกำจัดฟลูออไรด์.....	104
4.3.2	ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำด้วยระบบคอลัมน์.....	105
4.3.2.1	ศึกษาความสูงของชั้นกรองต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ	105
4.3.2.2	ศึกษาอัตราการกรองต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ	107
4.3.3	ศึกษาการทำนายอายุการใช้งานของสารกรอง	108
4.3.3.1	สมการ Thomas Equation	108
4.3.3.1.1	การกำจัดฟลูออไรด์	108
4.3.3.1.2	การกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ.....	111
4.3.3.2	ศึกษาด้วยสมการ Bohart and Adam equation.....	114
4.3.3.2.1	การกำจัดฟลูออไรด์	114
4.3.3.2.2	การกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ	117
4.4	การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโครงการ	119
4.4.1	การเก็บข้อมูล.....	119
4.4.1.1	ข้อมูลปฐมภูมิ.....	119
4.4.1.2	ข้อมูลทุติยภูมิ.....	120
4.4.2	การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโครงการ	123
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	127
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	127
5.1.1	การติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำ.....	127
5.1.2	การวิเคราะห์ความเสี่ยงทางด้านสุขภาพจากการบริโภคน้ำปนเปื้อนฟลูออไรด์.....	127
5.1.2.1	ผลสรุปข้อมูลจากการลงพื้นที่และสัมภาษณ์	127

5.1.2.2 ความเสี่ยงทางสุขภาพของผู้ได้รับผลประโยชน์ในแต่ละช่วงเวลา	128
5.1.3 ศึกษาการประเมินอายุการใช้งานของระบบ	129
5.1.3.1 ศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์	129
5.1.3.1.1 ศึกษาความสูงของชั้นกรองต่อการกำจัดฟลูออไรด์	129
5.1.3.1.2 ศึกษาอัตราการกรองต่อการกำจัดฟลูออไรด์	129
5.1.3.2 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำด้วยระบบคอลัมน์	130
5.1.3.2.1 ศึกษาความสูงชั้นกรองต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ ..	130
5.1.3.2.2 ศึกษาอัตราการกรองต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ	130
5.1.4 ศึกษาการทำนายอายุการใช้งานของสารกรอง	130
5.1.4.1 ศึกษาด้วยสมการ Thomas Equation	130
5.1.4.1.1 การกำจัดฟลูออไรด์	130
5.1.4.1.2 การกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ	131
5.1.4.2 ศึกษาด้วยสมการ Bohar and Adam equation	131
5.1.4.2.1 การกำจัดฟลูออไรด์	132
5.1.4.2.2 การกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ	133
5.1.4 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโครงการ	134
5.1.4.1 การเก็บข้อมูล	134
5.1.4.1.1 ข้อมูลปฐมภูมิ	134
5.1.4.1.2 ข้อมูลทุติยภูมิ	134
5.1.4.2 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโครงการ	134
5.2 ข้อเสนอแนะ	135
ภาคผนวก	136
ส่วนที่ 1 การติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำ	137
ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ความเสี่ยงทางด้านสุขภาพจากการบริโภคน้ำปนเปื้อนฟลูออไรด์	138

ส่วนที่ 3 ศึกษาการประเมินอายุการใช้งานของระบบ.....	233
ส่วนที่ 4 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโครงการ	279
บรรณานุกรม.....	282
ประวัติผู้เขียน.....	290



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 มาตรฐานน้ำบาดาลสำหรับใช้บริโภค	21
ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำบาดาล ณ หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน	23
ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีและองค์ประกอบทางเคมีของถ่านกระดุก.....	29
ตารางที่ 4 ค่ามาตรฐานสำหรับการคำนวณความเสี่ยงต่อสุขภาพ	42
ตารางที่ 5 ระดับความเสี่ยงตามค่าดัชนีความเป็นอันตราย (HQ).....	45
ตารางที่ 6 คุณภาพน้ำบ่อบาดาลบริเวณโรงเรียนบ้านใหม่ในฝัน	67
ตารางที่ 7 ตัวแปรสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	70
ตารางที่ 8 ตัวแปรสำหรับวิเคราะห์ความเสี่ยงทางสุขภาพจากการบริโภคน้ำปนเปื้อนฟลูออไรด์.....	72
ตารางที่ 9 อายุคาดเฉลี่ยสำหรับการคำนวณระยะเวลาที่สัมผัสสาร	72
ตารางที่ 10 สรุปตัวแปรที่ใช้ศึกษาความสูงชันกรองต่อการกำจัดฟลูออไรด์	74
ตารางที่ 11 สรุปตัวแปรที่ใช้ศึกษาอัตราการกรองน้ำต่อการกำจัดฟลูออไรด์	75
ตารางที่ 12 สรุปตัวแปรที่ใช้ศึกษาความสูงชันกรองต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ.....	76
ตารางที่ 13 สรุปตัวแปรที่ใช้ศึกษาอัตราการกรองน้ำต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ.....	77
ตารางที่ 14 สรุปตัวแปรที่ใช้ศึกษาอายุการใช้งานของระบบกรองน้ำด้วยสมการ Thomas Equation	78
ตารางที่ 15 สรุปตัวแปรที่ใช้ศึกษาอายุการใช้งานของระบบกรองน้ำด้วยสมการ Bohar and Adam	79
ตารางที่ 16 สรุปตัวแปรที่ใช้คำนวณด้วยสมการ Empty bed contact time (EBCT).....	80
ตารางที่ 17 ตัวแปรสำหรับคำนวณมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ	82
ตารางที่ 18 ตัวแปรสำหรับคำนวณอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนโครงการ	83
ตารางที่ 19 ตัวแปรสำหรับคำนวณอัตราผลตอบแทนโครงการ.....	83
ตารางที่ 20 ตัวแปรสำหรับคำนวณระยะเวลาคืนทุน	84

ตารางที่ 21 ค่าคงที่จากการคำนวณสมการ Thomas ในการกำจัดฟลูออไรด์ที่ความสูงชั้นกรองต่างๆ	108
ตารางที่ 22 ค่าคงที่จากการคำนวณสมการ Thomas ในการกำจัดฟลูออไรด์ที่อัตราการกรองต่าง ๆ	110
ตารางที่ 23 ค่าคงที่จากการคำนวณสมการ Thomas ในการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ ที่ความสูงชั้นกรองต่าง ๆ	111
ตารางที่ 24 ค่าคงที่จากการคำนวณสมการ Thomas ในการกำจัดฟลูออไรด์ที่อัตราการกรองต่าง ๆ	113
ตารางที่ 25 สรุปค่าคงที่จากการคำนวณสมการ Bohar and Adam equation	115
ตารางที่ 26 สรุปค่าคงที่จากการคำนวณสมการ Bohar and Adam equation	117
ตารางที่ 27 สรุปการซื้อน้ำดื่มจากโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคของผู้ได้รับผลประโยชน์	119
ตารางที่ 28 การดื่มน้ำโดยเฉลี่ยของผู้ได้รับผลประโยชน์	119
ตารางที่ 29 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนการจัดตั้งโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค	120
ตารางที่ 30 ค่าใช้จ่ายผันแปร(ค่าดำเนินการ) และค่าลงทุนรายปีโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค	122
ตารางที่ 31 มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิโครงการ (กรณีรัฐลงทุนให้ และส่งมอบชาวบ้าน). 123	
ตารางที่ 32 มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิโครงการ (กรณีชาวบ้านลงทุนและจัดการทั้งหมด) 124	
ตารางที่ 33 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโครงการในกรณีต่าง ๆ.....	125
ตารางที่ 34 คุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค.....	137
ตารางที่ 35 ข้อมูลส่วนบุคคล(สัญชาติ ศาสนา วันเกิด) ของผู้ได้รับผลประโยชน์	140
ตารางที่ 36 ข้อมูลส่วนบุคคล(ระดับการศึกษา อาชีพ สถานภาพสมรส) ของผู้ได้รับผลประโยชน์..	145
ตารางที่ 37 ข้อมูลสำหรับใช้คำนวณความเสี่ยงทางสุขภาพของผู้ได้รับผลประโยชน์.....	150
ตารางที่ 38 ค่าดัชนีความเป็นอันตรายเฉลี่ย (น้ำก่อนเข้าระบบ) จำแนกตามเดือนที่ตรวจวัด กลุ่มประชากร และเพศของผู้ได้รับผลประโยชน์.....	155
ตารางที่ 39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) ในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ (พฤษภาคม 2560)	156

ตารางที่ 40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) ในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ (กรกฎาคม 2560)	156
ตารางที่ 41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) ในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ (ตุลาคม 2560).....	156
ตารางที่ 42 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) ในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ (ธันวาคม 2560).....	157
ตารางที่ 43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) ในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ (มกราคม 2561).....	157
ตารางที่ 44 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (พฤษภาคม 2560)	158
ตารางที่ 45 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (กรกฎาคม 2560)	164
ตารางที่ 46 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (ตุลาคม 2560).....	170
ตารางที่ 47 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (ธันวาคม 2560).....	176
ตารางที่ 48 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (มกราคม 2561).....	182
ตารางที่ 49 ค่าดัชนีความเป็นอันตรายเฉลี่ย (น้ำออกจากระบบ) จำแนกตามเดือนที่ตรวจวัด กลุ่มประชากร และเพศของผู้ได้รับผลประโยชน์	188
ตารางที่ 50 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) ในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ (พฤษภาคม 2560)	189
ตารางที่ 51 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) ในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ (กรกฎาคม 2560)	189
ตารางที่ 52 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) ในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ (ตุลาคม 2560).....	189
ตารางที่ 53 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) ในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ (ธันวาคม 2560).....	190
ตารางที่ 54 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) ในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ (มกราคม 2561).....	190
ตารางที่ 55 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (พฤษภาคม 2560).....	191

ตารางที่ 56 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (กรกฎาคม 2560).....	197
ตารางที่ 57 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (ตุลาคม 2560).....	203
ตารางที่ 58 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (ธันวาคม 2560).....	209
ตารางที่ 59 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (มกราคม 2561).....	215
ตารางที่ 60 ความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายเริ่มต้นคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ.....	222
ตารางที่ 61 ค่าความเข้มข้นที่แท้จริง และผลการวิเคราะห์ทางสถิติของสารละลายเริ่มต้นคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ	228
ตารางที่ 62 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความเข้มข้นที่แท้จริงของสารละลายเริ่มต้นคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ.....	229
ตารางที่ 63 ความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำกับค่าการดูดกลืนแสง (UV-254).....	229
ตารางที่ 64 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่ความสูงชั้นกรอง 5 เซนติเมตร	233
ตารางที่ 65 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่ความสูงชั้นกรอง 10 เซนติเมตร....	234
ตารางที่ 66 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่ความสูงชั้นกรอง 15 เซนติเมตร....	235
ตารางที่ 67 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่ความสูงชั้นกรอง 20 เซนติเมตร....	237
ตารางที่ 68 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่ความสูงชั้นกรอง 25 เซนติเมตร....	239
ตารางที่ 69 ค่าตัวแปรในการศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่ความสูงชั้นกรองต่าง ๆ	243
ตารางที่ 70 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่อัตราการกรอง 2.30 มล./นาที.....	244
ตารางที่ 71 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ ที่อัตราการกรอง 9.20 มล./นาที	252
ตารางที่ 72 ค่าตัวแปรในการศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่อัตราการกรองต่าง ๆ.	253
ตารางที่ 73 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 5.00 ซม.	254
ตารางที่ 74 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 10.00 ซม.	255
ตารางที่ 75 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 15.00 ซม.	259
ตารางที่ 76 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 20.00 ซม.	264
ตารางที่ 77 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 25.00 ซม.	270

ตารางที่ 78 ค่าตัวแปรในการศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำด้วยระบบคอลัมน์ที่ความสูง
 ชั้นกรองต่าง ๆ..... 274

ตารางที่ 79 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่อัตราการกรอง 2.30 มล./นาที่ 275

ตารางที่ 80 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่อัตราการกรอง 9.20 มล./นาที่ 277

ตารางที่ 81 ค่าตัวแปรในการศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำด้วยระบบคอลัมน์ที่อัตรา
 กรองของน้ำต่าง ๆ..... 278

ตารางที่ 82 การชื้อน้ำดื่มจากโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคของผู้ได้รับผลประโยชน์..... 279



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 พื้นที่หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน	5
ภาพที่ 2 แผนที่โดยรวมของตำบลสะเนียน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน	6
ภาพที่ 3 แผนที่บ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน	7
ภาพที่ 4 ตำแหน่งแหล่งน้ำสาธารณูปโภคบ้านใหม่ในฝัน ต.สะเนียน อ.เมืองน่าน จ.น่าน.....	9
ภาพที่ 5 แผนที่แสดงเขตพื้นที่น้ำบาดาลประเทศไทย.....	13
ภาพที่ 6 แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพ: ภาคเหนือ.....	15
ภาพที่ 7 แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพ: ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....	16
ภาพที่ 8 แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพ: ภาคกลางและภาคตะวันออก	17
ภาพที่ 9 แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพ: ภาคใต้	18
ภาพที่ 10 ปริมาณน้ำบาดาลของประเทศไทย พ.ศ. 2560.....	20
ภาพที่ 11 แพลนด้านข้างของระบบผลิตน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคหมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน	25
ภาพที่ 12 แพลนด้านบนของระบบผลิตน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคหมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน	26
ภาพที่ 13 ท่อกรองน้ำที่เสร็จสมบูรณ์	27
ภาพที่ 14 พิธีเปิดโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคบ้านใหม่ในฝัน.....	28
ภาพที่ 15 แกนของไฮดรอกไซด์ในผลึกของไฮดรอกซีอะพาไทต์	30
ภาพที่ 16 โครงสร้างรูพรุนของถ่านกัมมันต์.....	32
ภาพที่ 17 การจัดเรียงตัวของคาร์บอนในระนาบของผลึกคาร์บอน	33
ภาพที่ 18 กราฟกราฟแบรททูลและขอบเขตการถ่ายเทมวลในระบบคอลัมน์.....	37
ภาพที่ 19 กรอบแนวคิดในการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ	40
ภาพที่ 20 การวิเคราะห์ความเสี่ยงของฟลูออไรด์.....	41
ภาพที่ 21 การคำนวณค่า Reference dose (RfD).....	45

ภาพที่ 22 ภาพรวมโครงสร้างการดำเนินการโครงการ.....	65
ภาพที่ 23 บ่อบาดาลสำหรับระบบกรองน้ำเพื่อการบริโภค.....	67
ภาพที่ 24 ขั้นตอนการสังเคราะห์ถ่านกระดูก.....	68
ภาพที่ 25 ถ่านกระดูก.....	68
ภาพที่ 26 ระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค.....	69
ภาพที่ 27 ขั้นตอนการติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำ.....	70
ภาพที่ 28 วิเคราะห์ความเสี่ยงทางด้านสุขภาพจากการบริโภคน้ำปนเปื้อนฟลูออไรด์.....	71
ภาพที่ 29 คุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค (pH).....	86
ภาพที่ 30 คุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค (Turbidity).....	87
ภาพที่ 31 คุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค (Total-hardness).....	88
ภาพที่ 32 คุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค (Total Dissolved Solids: TDS).....	89
ภาพที่ 33 คุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค (Fluoride).....	90
ภาพที่ 34 คุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค (Iron).....	91
ภาพที่ 35 จำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎรจำแนกตามการได้รับผลประโยชน์จากโครงการ	93
ภาพที่ 36 จำนวนของผู้ได้รับผลประโยชน์ จำแนกตามอายุ และเพศ	93
ภาพที่ 37 อายุโดยเฉลี่ยของผู้ได้รับผลประโยชน์ จำแนกตามอายุ และเพศ.....	94
ภาพที่ 38 น้ำหนักตัวโดยเฉลี่ยของผู้ได้รับผลประโยชน์ จำแนกตามอายุ และเพศ	94
ภาพที่ 39 อัตราการดื่มน้ำเฉลี่ยของผู้ได้รับผลประโยชน์ จำแนกตามอายุ และเพศ	94
ภาพที่ 40 ระยะเวลาที่สัมผัสสารเฉลี่ยของผู้ได้รับผลประโยชน์ จำแนกตามอายุ และเพศ	95
ภาพที่ 41 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ).....	96
ภาพที่ 42 ค่าดัชนีความเป็นอันตรายในแต่ละเดือนจำแนกตามรายบุคคล	98
ภาพที่ 43 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ).....	100
ภาพที่ 44 ค่าดัชนีความเป็นอันตรายในแต่ละเดือนจำแนกตามรายบุคคล	101

ภาพที่ 45 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฟลูออไรด์ของน้ำขาออกจากคอลัมน์ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กับความสูงของชั้นกรอง	102
ภาพที่ 46 อัตราการใช้สารกรองที่ระยะเวลาการสัมผัสสารของชั้นกรองต่าง ๆ (ฟลูออไรด์).....	103
ภาพที่ 47 ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในของน้ำขาออกที่อัตราการกรองต่าง ๆ.....	104
ภาพที่ 48 ความเข้มข้นคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำในแต่ละเวลาที่ความสูงของชั้นกรองต่าง ๆ.....	105
ภาพที่ 49 อัตราการใช้สารกรองที่ระยะเวลาการสัมผัสสารของชั้นกรองต่าง ๆ (คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ).....	106
ภาพที่ 50 ความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำของน้ำขาออกที่อัตราการกรองต่าง ๆ.....	107
ภาพที่ 51 การศึกษาแบบจำลอง Thomas ของการกำจัดฟลูออไรด์ ในระบบคอลัมน์ที่ความสูงชั้นกรองต่าง ๆ	109
ภาพที่ 52 การศึกษาแบบจำลอง Thomas ของการกำจัดฟลูออไรด์ ในระบบคอลัมน์ที่อัตราการกรองต่าง ๆ.....	110
ภาพที่ 53 การศึกษาแบบจำลอง Thomas ของการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ ในระบบคอลัมน์ที่ความสูงชั้นกรองต่าง ๆ.....	112
ภาพที่ 54 การศึกษาแบบจำลอง Thomas ของการกำจัดฟลูออไรด์ ในระบบคอลัมน์ที่อัตราการกรองต่าง ๆ.....	113
ภาพที่ 55 เวลาเบรกทูลที่ความสูงชั้นกรองต่าง ๆ (ฟลูออไรด์).....	114
ภาพที่ 56 เวลาเบรกทูลที่ความสูงชั้นกรองถ่านกัมมันต์ต่าง ๆ (คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ).....	117
ภาพที่ 57 หนังสือขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากฐานข้อมูลทะเบียนราษฎร อำเภอเมืองน่าน.....	138
ภาพที่ 58 หนังสือตอบรับการอนุญาตให้ใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลทะเบียนราษฎร อำเภอเมืองน่าน	139
ภาพที่ 59 แผนภาพการแจกแจงความถี่ความเข้มข้นที่แท้จริง สารละลายเริ่มต้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (เดิม).....	225
ภาพที่ 60 แผนภาพแบบกล่องของชุดความเข้มข้นที่แท้จริง สารละลายเริ่มต้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (เดิม).....	226
ภาพที่ 61 แผนภาพการแจกแจงความถี่ความเข้มข้นที่แท้จริง สารละลายเริ่มต้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (ใหม่).....	227

ภาพที่ 62 แผนภาพแบบกล่องของชุดความเข้มข้นที่แท้จริง สารละลายเริ่มต้นของคาร์บอนอินทรีย์ ละลายน้ำ (ใหม่).....	227
ภาพที่ 63 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ กับค่าการดูดกลืนแสง (UV-254).....	232



บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวคิดที่มาและความสำคัญ

น้ำ ถือเป็นหนึ่งในปัจจัยพื้นฐานสำคัญที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ที่ต้องมีปริมาณเพียงพอ สะอาด มีคุณภาพดี ปลอดภัย และปราศจากสิ่งเจือปนที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อร่างกาย ทั้งนี้ น้ำที่เหมาะสมแก่การบริโภคจะต้องผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำตามท้องที่ต่าง ๆ กำหนด อาทิ เกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภคขององค์การอนามัยโลก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล เป็นต้น ในเขตชนบท แหล่งน้ำที่นิยมนำมาบริโภคคือแหล่งน้ำใต้ดินตามธรรมชาติ หรือที่เรียกว่าน้ำบาดาล ซึ่งเป็นน้ำที่มีความสะอาดค่อนข้างสูง มีแร่ธาตุต่าง ๆ ที่ส่วนใหญ่ละลายมาจากสารประกอบเกลือแร่ที่ปะปนอยู่ในเนื้อดิน หรือจากชั้นหินตะกอน แมื่อน้ำบาดาลที่ได้จะมีลักษณะใส แต่ก็เชื่อว่าสามารถบริโภคได้ทันที ด้วยน้ำบาดาลแต่ละแห่งที่กระจายไปตามสภาพภูมิประเทศย่อมพบปัญหาคุณภาพน้ำ อันเนื่องมาจากมีไอออนบางชนิดเจือปน ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้น้ำบริเวณนั้น ไม่ว่าจะเป็น ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) แคลเซียม (Ca^{2+}) แมกนีเซียม (Mg^{2+}) หรือโซเดียม (Na^+) (สุรชัย อังคนาสายัณห์, เฉลียวเพชรทอง, วรณพพา เดชพละ, เชิดศักดิ์ อุ่นคำ และ พลุยุทธ์ สุขสมิติ, 2541) รวมไปถึงฟลูออไรด์ (F) ซึ่งมักจะละลายออกมาจากชั้นหินตะกอน ชั้นหินแกรนิต ในบริเวณแนวของรอยเลื่อนบางแห่งทางภาคเหนือของประเทศไทย (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2561) ดังนั้น การจะบริโภคน้ำบาดาลจะต้องมีการกำจัดไอออนที่ไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ ให้หายไปหรือให้ลดลงจนน้อยกว่าเกณฑ์เสียก่อน เกณฑ์ตัวอย่างคุณภาพของน้ำบาดาลที่สามารถบริโภคได้ที่ระบุไว้ ยกตัวอย่างเช่น ปริมาณความเข้มข้นของเหล็ก และฟลูออไรด์ จะต้องไม่เกิน 0.3 และ 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สาเหตุที่ต้องกำหนดเช่นนี้เป็นเพราะการบริโภคน้ำบาดาลที่มีปริมาณของแร่ธาตุข้างต้นสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อาจทำให้เกิดการสะสมในร่างกายจนก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้ (มันสิน ตันจุลเวศน์, 2551)

จากการลงพื้นที่หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน พบว่า แหล่งน้ำบริโภคหลักของชาวบ้าน คือ น้ำฝน กับน้ำดื่มที่ซื้อจากเอกชน และเมื่อถึงช่วงฤดูแล้งชาวบ้านจะขาดน้ำบริโภค ทางองค์การบริหารส่วนตำบลสะเนียงจึงต้องสนับสนุนน้ำบริโภคให้กับบ้านใหม่ในฝัน หมู่ที่ 12 (จากข้อมูลเดือนตุลาคม 2559 จนถึงเดือนเมษายน 2560 เป็นจำนวนทั้งสิ้น 12 เทียวรถบรรทุกน้ำ รวมทั้งสิ้น 120,000 ลิตร คิดเป็นค่าธรรมเนียมการบริการจัดส่งเป็นเงินมูลค่า 3,000 บาท หรือ 250 บาท/เทียว) อีกทั้งชาวบ้านในพื้นที่ยังมีการซื้อน้ำดื่มจากเอกชนเฉลี่ย 8.57 ลิตร/วัน/ครัวเรือน ราคา 2 บาท/ลิตร เป็นเงินทั้งสิ้น 5,760 บาท/ครัวเรือน/ปี หากคิดเป็นมูลค่ารวมทั้งหมู่บ้าน 564,480 บาท/ปี (วัชรพล สุขะ, 2560) ด้วยข้อมูลข้างต้น ประกอบกับการลงสำรวจพื้นที่เชิงลึกจึงพบว่า มีแหล่งน้ำใต้ดินในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำเพียงพอต่อการบริโภคได้ตลอดทั้งปี

อีกทั้งยังเหมาะที่จะนำน้ำมาผลิตเพื่อการบริโภคได้ เป็นจำนวน 2 แห่ง โดยแต่ละแห่งเป็นบ่อบาดาล ซึ่งเป็นโครงการก่อสร้างขององค์การบริหารส่วนตำบลสะเนียง ปีงบประมาณ 2560 ตัวบ่อบาดาล มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร ความลึก 85 เมตร ปริมาณน้ำที่ไหลออกมามีมากกว่า 4.50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง คุณภาพของน้ำบาดาลทั้งสองแห่งโดยรวมมีคุณภาพดี มีการปรับปรุงคุณภาพน้ำในบางส่วนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องด้วยมีการปนเปื้อนของเหล็ก และฟลูออไรด์สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ระบุไว้ในคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ดังนั้น หากสามารถลดการสูญเสียของเงินในหมู่บ้านออกสู่ภายนอกด้วยการจัดทำโครงการปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาลในหมู่บ้านให้เหมาะแก่การบริโภค จะถือเป็นการช่วยแบ่งเบาภาระการเงินของชาวบ้านได้อย่างมาก ที่สำคัญ โครงการดังกล่าวจะเป็นโครงการที่เกิดการนำองค์ความรู้ และศาสตร์แห่งการจัดการต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ และถ่ายทอดให้กับชาวบ้าน ประกอบกับวัสดุที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้น เป็นวัสดุที่ชาวบ้านสามารถหาได้ด้วยตัวเอง สามารถพึ่งพาตนเองได้ อีกทั้งผลลัพธ์จากการศึกษาต่าง ๆ ยังถูกนำมาประยุกต์ปฏิบัติให้เหมาะสมกับสภาพภูมิสังคมของหมู่บ้าน และกระตุ้นให้ชาวบ้านในพื้นที่เกิดการ “ระเบิดจากข้างใน” โดยมีความประสงค์ที่จะแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยตนเองอีกด้วย

จากความร่วมมือระหว่างมูลนิธิธรรมาภิบาล และคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงทำให้เกิดโครงการพัฒนาคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคให้เป็นไปตามมาตรฐานน้ำดื่ม เพื่อลดปัญหาด้านสุขภาพอันอาจเกิดขึ้นจากการบริโภคน้ำดื่มที่มีฟลูออไรด์ และเหล็กสูงเกินไป ตลอดจนลดภาระทางการเงินของชาวบ้านจากการซื้อน้ำดื่มจากภายนอก ซึ่งโครงการฯ ได้จัดสร้างหอกรองน้ำเพื่อนำน้ำจากบ่อบาดาลภายในหมู่บ้านมาปรับปรุงคุณภาพโดยการนำไปผ่านชั้นกรองแบบผสมผสานประกอบไปด้วย ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด ทรายละเอียด กรวดขนาดต่าง ๆ และถ่านกระดุก ก่อนการแจกจ่ายไปสู่ชาวบ้านในพื้นที่ อย่างไรก็ตาม หลังจากการติดตั้งระบบกรองน้ำแล้ว จะมีศึกษาข้อมูลเพื่อกำหนดรูปแบบการบำรุงรักษา รวมถึงการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบ มีการประเมินอายุการใช้งานของวัสดุกรอง ตลอดจนศึกษาผลกระทบทางสุขภาพและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่เกิดขึ้นจากโครงการต่อชาวบ้านบ้านใหม่ในฝัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการใช้งานของตัวกลางดูดซับแบบผสมระหว่างถ่านกระดุกและถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด โดยทำการศึกษา ในห้องปฏิบัติการ ประกอบกับการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำก่อนและหลังการปรับปรุงด้วยระบบกรองน้ำจริงเพื่อประเมินผลการปรับปรุงคุณภาพน้ำ อีกทั้งทำการวางแผนการเก็บข้อมูลจากชุมชนโดยการสัมภาษณ์เพื่อทำการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพและความคุ้มค่าของโครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 ประเมินอายุการใช้งานของระบบกรองน้ำที่ทำการติดตั้งใน หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนี่ยน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน
- 1.2.2 ประเมินการเปลี่ยนแปลงความเสี่ยงทางสุขภาพเบื้องต้นจากระบบกรองน้ำที่ติดตั้ง
- 1.2.3 ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากระบบกรองน้ำที่ติดตั้ง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- 1.3.2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชั้นกรองและอายุการใช้งานของระบบกรองน้ำบาดาล โดยจำลองแบบย่อส่วนมาจากระบบที่ติดตั้ง ณ หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนี่ยน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน
- 1.3.3 ชนิดสารกรองที่ใช้ในระบบกรองน้ำ ได้แก่ ถ่านกระตุก และถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด
- 1.3.4 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดอายุการใช้งานของระบบ ได้แก่ ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ และคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ
- 1.3.5 ทำการเก็บข้อมูลด้านสุขภาพในพื้นที่จริงเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงความเสี่ยงทางสุขภาพจากการบริโภคน้ำที่มีฟลูออไรด์ปนเปื้อนของประชากรในหมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนี่ยน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน ทั้งเพศชาย และเพศหญิง โดยการประเมินจะแบ่งกลุ่มตามช่วงอายุที่ กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2549) กำหนด ได้แก่ กลุ่มเด็ก (อายุ 0-14 ปี) กลุ่มผู้ใหญ่ (อายุ 15-59 ปี) และกลุ่มผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปี ขึ้นไป)
- 1.3.6 ทำการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจจากระบบกรองน้ำที่ติดตั้ง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 สามารถประเมินระยะเวลาในการบำรุงรักษาระบบกรองน้ำบาดาลชนิดตัวกลางผสมผสานระหว่างถ่านกระตุกและถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ใช้ในหมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนี่ยน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน รวมถึงสามารถใช้ทำนายอายุการใช้งานในระบบแบบเดียวกันในพื้นที่ต่าง ๆ ได้
- 1.4.2 ประเมินการเปลี่ยนแปลงความเสี่ยงทางด้านสุขภาพเบื้องต้นของประชาชนในหมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนี่ยน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน
- 1.4.3 สามารถวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโครงการ ทราบแนวทางในการบำรุงรักษาโครงการระบบกรองน้ำบาดาลในหมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนี่ยน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน

1.5 นิยามศัพท์และนิยามเชิงปฏิบัติการ

1.5.1 โครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค หมายถึง โครงการผลิตน้ำเพื่อการบริโภค เขตพื้นที่ชุมชนบ้านใหม่ในฝัน หมู่ที่ 12 ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน โดยโครงการจะเป็นระบบกรองน้ำบาดาลให้มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค ซึ่งบัญญัติในราชกิจจานุเบกษา 2551, 21 พฤษภาคม)

1.5.2 ผู้ได้รับผลประโยชน์ หมายถึง ประชากรที่บริโภคน้ำดื่มจากโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค ซึ่งเป็นบุคคลที่อาศัยอยู่ประจำในพื้นที่ตลอด ไม่ย้าย หรือไปพำนักที่ใด ๆ นานเกิน 3 เดือน ทั้งยังมีชื่ออยู่ในทะเบียนราษฎร เขตพื้นที่บ้านใหม่ในฝัน หมู่ที่ 12 ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน

1.5.3 ผู้ที่ไม่ได้รับผลประโยชน์ หมายถึง ประชากรที่มีชื่ออยู่ในทะเบียนราษฎร เขตพื้นที่บ้านใหม่ในฝัน หมู่ที่ 12 ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน แต่ไม่ได้รับผลประโยชน์ใด ๆ จากโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค ซึ่งประกอบไปด้วย 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ กลุ่มที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ แต่ไม่บริโภคน้ำดื่มจากโครงการฯ และกลุ่มที่ไม่ได้อาศัยในพื้นที่ และ/หรือ กลับมาอาศัยในพื้นที่ชั่วคราวเพียงช่วงเวลาสั้น ๆ เช่น ในช่วงหยุดยาววันหยุดนักขัตฤกษ์ กล่าวคือเป็นกลุ่มที่ส่วนใหญ่ออกนอกพื้นที่เพื่อไปประกอบอาชีพ หรือมีที่พักอาศัยอื่นอยู่นอกเขตพื้นที่โครงการฯ โดยประชากรกลุ่มนี้จะกลับเข้ามาในพื้นที่เพียงช่วงหนึ่ง และจะออกจากพื้นที่เมื่อหมดช่วงเวลาหยุดยาวช่วงเทศกาลสำคัญ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับหมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน

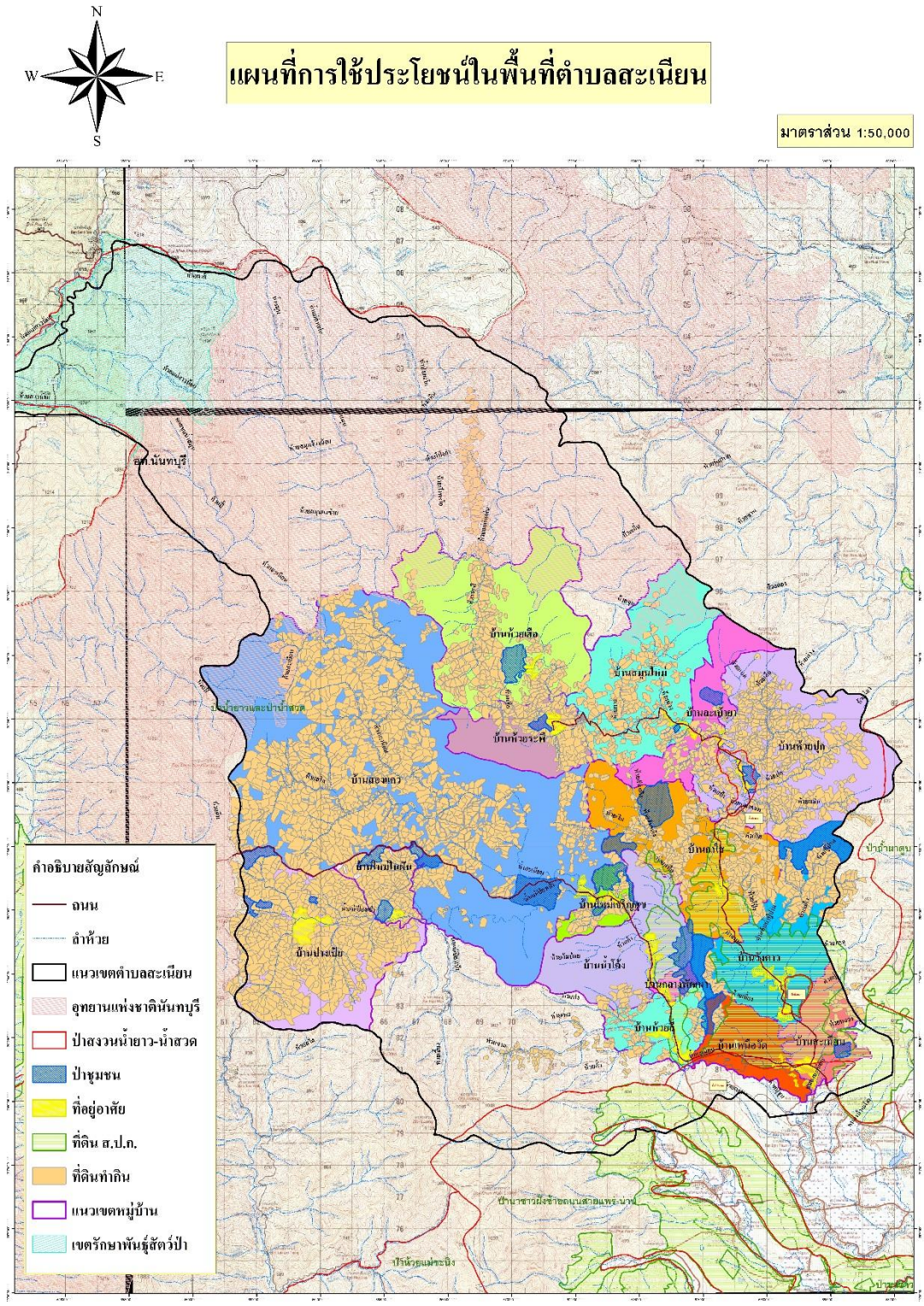
2.1.1 ข้อมูลทั่วไป

หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน เป็นหมู่บ้านเล็ก ๆ ที่ตั้งอยู่ในหุบเขาในเขตพื้นที่ของหมู่ที่ 12 ตำบลสะเนี่ยน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน ชาวบ้านส่วนใหญ่มีสัญชาติไทย แต่ก็มีบางส่วนที่ไม่มีสัญชาติ (จากการลงสำมะโนประชากรในพื้นที่) เดิม ชาวบ้านเป็นชนเผ่าลัวะที่อาศัยอยู่บนเทือกเขา แต่ได้ย้ายถิ่นฐานลงมาอาศัยอยู่บริเวณพื้นที่ราบเชิงเขาด้านล่างตามคำสั่งของรัฐบาลในยุคนั้น เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ให้ดีขึ้น ซึ่งหมู่บ้านแห่งนี้ได้ก่อตั้งมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 นอกจากนี้ ชาวบ้านบ้านใหม่ในฝันบางส่วนในแต่ก่อน ก็ยังอาศัยอยู่ในเขตการปกครองของหมู่ที่ 5 บ้านสองแคว ตำบลสะเนี่ยน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่านอีกด้วย แต่ต่อมาก็ได้อพยพ และแยกออกมาเป็นหมู่ที่ 12 เมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2529 (กศน.ตำบลสะเนี่ยน, 2558) ทั้งนี้ สภาพพื้นที่ของหมู่บ้านเป็นที่ราบสูง ประกอบด้วยภูเขาและป่าไม้ มีพื้นที่ราบเป็นส่วนน้อย ประชากรส่วนใหญ่ปลูกข้าวและพืชไร่ โดยพื้นที่หมู่บ้านตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของอำเภอเมืองน่าน ซึ่งปัจจุบันพื้นที่หมู่บ้านแสดงดังภาพที่ 1 และมีอาณาเขตติดต่อกับหมู่บ้านต่าง ๆ ในตำบลสะเนี่ยนแสดงดังภาพที่ 2 และ 3



ภาพที่ 1 พื้นที่หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนี่ยน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน

ที่มา: คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2560)



ภาพที่ 2 แผนที่โดยรวมของตำบลสะเนียน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน
ที่มา: องค์การบริหารส่วนตำบลสะเนียน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน (2562)

โดยอาณาเขตติดต่อโดยรอบหมู่บ้าน มีดังนี้

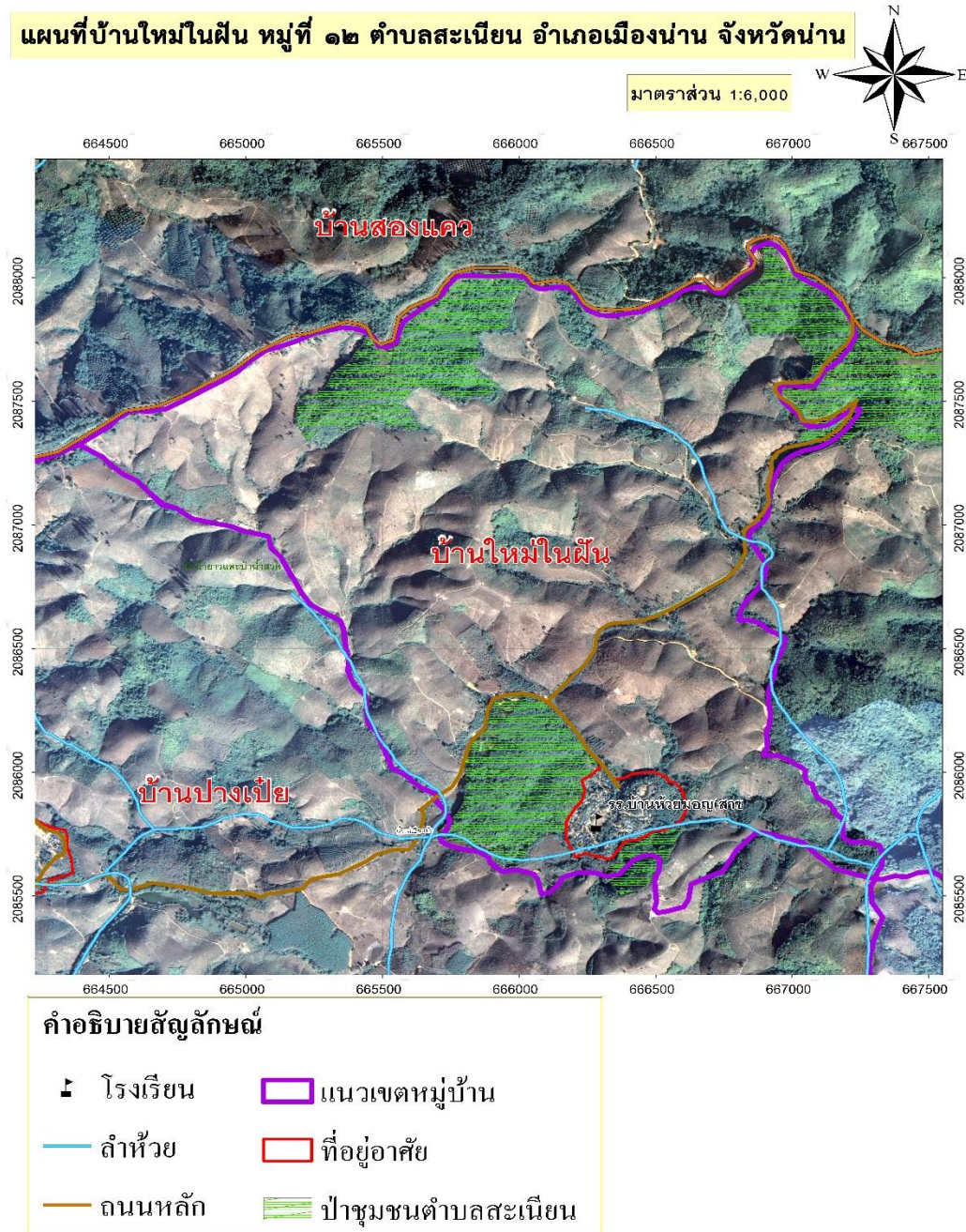
ทิศเหนือ ติดต่อกับ หมู่ที่ 5 บ้านสองแคว ต.สะเนียน อ.เมืองน่าน จ.น่าน

ทิศตะวันตก ติดต่อกับ หมู่ที่ 6 บ้านปางเป็ย ต.สะเนียน อ.เมืองน่าน จ.น่าน

ทิศตะวันออก ติดต่อกับ หมู่ที่ 5 บ้านสองแคว ต.สะเนียน อ.เมืองน่าน จ.น่าน

ทิศใต้ ติดต่อกับ หมู่ที่ 6 บ้านปางเป็ย ต.สะเนียน อ.เมืองน่าน จ.น่าน

แผนที่บ้านใหม่ในฝืน หมู่ที่ ๑๒ ตำบลสะเนียน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



ภาพที่ 3 แผนที่บ้านใหม่ในฝืน ตำบลสะเนียน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน
ที่มา: องค์การบริหารส่วนตำบลสะเนียน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน (2562)

2.1.2 ข้อมูลด้านประชากร

เดิม หมู่บ้านมีจำนวนหลังคาเรือน 106 หลังคาเรือน มีประชากรอาศัยอยู่ทั้งหมด 394 คน โดยแบ่งเป็นเพศชาย 203 คน และเพศหญิง 191 คน ทั้งนี้ประชากรส่วนใหญ่จะประกอบอาชีพเป็นเกษตรกร (สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง, 2557) แต่ทั้งนี้ เมื่อทำการสำรวจประชากรโดยวิธีสำมะโนรายหลังคาเรือน ประกอบกับข้อมูลที่ได้ตามทะเบียนราษฎร์ พบว่า มีการจดแจ้งครัวเรือนที่มีบ้านเลขที่ 95 บ้านเลขที่ มีประชากรทั้งสิ้น 378 คน แบ่งเป็น เพศชาย 191 คน เพศหญิง 185 คน สัญชาติไทย 364 คน สัญชาติจีน 11 คน และสัญชาติลาว 3 คน ประชากรทั้งหมดนับถือศาสนาพุทธ เมื่อแบ่งประชากรตามเกณฑ์อายุของ กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2549) จะแบ่งกลุ่มคนตามช่วงอายุเป็น เด็ก (อายุ 0-14 ปี) จำนวน 82 คน ผู้ใหญ่ (อายุ 15-59 ปี) จำนวน 257 คน และผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปี ขึ้นไป) จำนวน 39 คน



2.1.3 โครงการสาธารณสุขปโภคภายในหมู่บ้าน

รัฐบาลได้จัดสร้างระบบสาธารณสุขปโภคขั้นพื้นฐานต่าง ๆ ให้ เช่น ระบบน้ำสำหรับอุปโภคบริโภค ระบบคมนาคม ระบบไฟฟ้า แม้ว่าหมู่บ้านจะมีระบบสาธารณสุขปโภคขั้นพื้นฐานครบถ้วนแล้ว แต่น้ำสำหรับบริโภคยังคงเป็นปัญหาที่สำคัญของหมู่บ้าน เนื่องจากแหล่งน้ำบริโภคหลักที่ชาวบ้านในหมู่บ้านใช้มีเพียง 3 แหล่งคือ น้ำฝน น้ำที่จัดสรรจากองค์การบริหารส่วนตำบลสะเนียน และน้ำที่ซื้อจากภายนอกหมู่บ้าน ส่วนน้ำอุปโภคหลักที่ชาวบ้านใช้อยู่ประจำ มี 2 แหล่ง ได้แก่ บ่อบาดาลบริเวณทางเข้าหมู่บ้าน และน้ำประปาภูเขาที่อยู่ ณ ถังเก็บน้ำหลังหมู่บ้าน ส่วนน้ำบาดาลจากบริเวณโรงเรียนจะใช้ในกิจกรรมส่วนรวมเป็นครั้งคราว และน้ำลำธารบริเวณหลังหมู่บ้านจะใช้สำหรับการเกษตร และเลี้ยงสัตว์ แสดงดังภาพที่ 4 (ข้อมูลจากลงพื้นที่สำรวจหมู่บ้าน และสัมภาษณ์ชาวบ้าน)



ภาพที่ 4 ตำแหน่งแหล่งน้ำสาธารณสุขปโภคบ้านใหม่ในฝัน ต.สะเนียน อ.เมืองน่าน จ.น่าน
ที่มา: คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2560)

2.2 โครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค

2.2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับน้ำบาดาล

พระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 ได้ให้ความหมายของน้ำบาดาลไว้ว่า “น้ำใต้ดินที่เกิดอยู่ในชั้นดิน กรวด ทราย หรือหิน ซึ่งอยู่ลึกจากผิวดินเกินความลึกที่รัฐมนตรีกำหนด โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา แต่จะกำหนดความลึกน้อยกว่าสิบเมตรไม่ได้” ทั้งนี้ น้ำบาดาล จะไหลอยู่ในชั้นทราย กรวด หินเนื้อพรุน โพรงในชั้นของหิน หรือที่ว่างที่เป็นรอยแตกของหิน โดยในชั้นดังกล่าวจะมีความอึดตัวของน้ำ ทั้งยังถูกรองรับด้วยชั้นหินที่มีความหนาแน่นที่ไม่ยอมให้น้ำไหลผ่าน ซึ่งการแบ่งประเภทของน้ำบาดาลจะแบ่งตามชั้นที่น้ำขังอยู่ ซึ่งแต่ละชั้นมีความลึกต่างกัน ได้แก่

1. น้ำบาดาลไม่มีแรงดัน หรือชั้นน้ำเปิด (Unconfined groundwater) เป็นน้ำบาดาลอิสระที่ระดับผิวบนจะอยู่ที่ระดับน้ำใต้ดิน โดยน้ำจะอยู่ภายใต้ความดันบรรยากาศ เสมือนแรงดันที่เกิดจากน้ำที่อยู่ภายในถึงเปิด ซึ่งชั้นน้ำบาดาลนี้จะอยู่ด้านล่างของชั้นแรงดึงดูดอนุ เรียกว่า ชั้นหินอุ้มน้ำอิสระ

2. น้ำบาดาลที่มีแรงดัน หรือชั้นน้ำปิด (Confined groundwater) เป็นน้ำบาดาลที่ขังอยู่ในชั้นหินอุ้มน้ำที่ถูกกักขังอยู่ภายในชั้นหินที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ เรียกอีกอย่างว่า หินอุ้มน้ำกักขัง โดยน้ำในชั้นหินอุ้มน้ำนี้จะอยู่ภายใต้ความดันที่มากกว่าความดันบรรยากาศ (สุมงคล กัลยาณี, 2545)

น้ำบาดาลถือเป็นหนึ่งในทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญมากที่สุดในโลก มีการแพร่กระจายอยู่ทั่วไป แต่จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า มีการใช้น้ำบาดาลอย่างเสรี ขาดการจัดการตามหลักวิชาการที่ถูกต้อง ส่งผลให้เกิดปัญหาทั้งในส่วนของปริมาณ และคุณภาพของน้ำที่ลดลง รวมทั้งยังเกิดผลข้างเคียงตามมาอีกเป็นจำนวนมาก ดังตัวอย่างในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลของประเทศไทยที่ได้มีการขุดน้ำบาดาลมาใช้ได้อย่างเสรีจนทำให้ปริมาณน้ำบาดาลลดลงอย่างต่อเนื่อง ก่อให้เกิดปัญหาแผ่นดินทรุดตัวตามมา ด้วยปัญหาเหล่านี้ ในหลายประเทศไม่ว่าจะเป็น จีน สหรัฐอเมริกา จึงได้ออกกฎหมายอันเป็นมาตรการที่ควบคุมการใช้น้ำบาดาลให้ถูกต้อง และเหมาะสม ซึ่งในประเทศไทยก็มีการบังคับใช้พระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ.2520 ในการควบคุมการใช้น้ำบาดาลเพื่อลดปัญหาจากการใช้น้ำบาดาลด้วยเช่นกัน

หากเปรียบเทียบข้อดีของน้ำบาดาลกับน้ำผิวดิน พบว่า มีหลายประการที่น้ำบาดาลมีความได้เปรียบน้ำผิวดิน หนึ่งในนั้นคือน้ำผิวดินมีข้อจำกัดในด้านสถานที่ที่เหมาะสม ซึ่งน้ำบาดาลด้วยความที่มีกระจายอยู่ทั่วไปและอยู่ใต้ดินจึงทำให้ไม่เกิดข้อจำกัดดังกล่าว นอกจากนี้ยังมีข้อดีของน้ำบาดาลอีกหลายประการ อาทิ

1. น้ำบาดาลมีกระบวนการการกรองตามธรรมชาติด้วยชั้นดินและชั้นหิน ทำให้น้ำบาดาลมักปราศจาก หรือพบพาหะของโรค เช่น เชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ในปริมาณที่น้อย
2. น้ำบาดาลมักมีอุณหภูมิคงที่ เพราะถูกกักเก็บอยู่ในชั้นหินที่อยู่ลึกลงไปจากผิวดิน อุณหภูมิจึงไม่เปลี่ยนแปลงเหมือนกับน้ำผิวดิน
3. น้ำบาดาลมักมีความใส ไม่มีความขุ่น ซึ่งเกิดจากการกรองตามธรรมชาติ ต่างจากน้ำผิวดินที่มีการไหลผ่านของน้ำจากที่ต่าง ๆ ส่งผลทำให้เกิดการปะปนของตะกอน เกิดเป็นความขุ่นที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอด
4. น้ำบาดาลมีคุณสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีที่มักจะคงที่ เพราะถูกกักเก็บอยู่ในชั้นดิน หรือหินใต้พื้นดิน ทำให้ไม่มีโอกาสสัมผัสกับอากาศ และสารปนเปื้อนภายนอก
5. น้ำบาดาลมักจะมีปริมาณมากกว่าน้ำผิวดินที่อยู่ในบริเวณเดียวกัน เพราะปริมาณน้ำบาดาลที่ถูกกักเก็บอยู่ตามช่องว่างของชั้นดิน หรือชั้นหินที่ลึกลงไปหลายร้อยเมตร ซึ่งมีมากกว่าปริมาณน้ำผิวดินที่อยู่ตามแหล่งน้ำนั้น ๆ
6. น้ำบาดาลจะทำให้เกิดความสกปรกได้ยากกว่าน้ำผิวดิน เพราะการเข้าถึงของสารปนเปื้อนในแหล่งน้ำบาดาลเป็นไปได้ยากกว่า ต้องผ่านการกรองตามธรรมชาติจากชั้นดิน และชั้นหิน ในขณะที่น้ำผิวดินสารปนเปื้อนเข้าถึงได้โดยตรง ไม่เกิดการกรอง จึงเกิดการปนเปื้อนได้ง่ายกว่า
7. แหล่งน้ำบาดาลอาจพบได้ในบริเวณที่ไม่มีแหล่งน้ำผิวดิน เพราะน้ำบาดาลบางส่วนเกิดจากการสะสมของน้ำฝนที่ไหลลงผ่านชั้นดิน และหินต่าง ๆ เป็นเวลานาน ซึ่งแต่เดิมในบริเวณนั้นอาจมีฝนตก น้ำฝนไหลลงไปในพื้นดินเกิดการสะสมของน้ำในชั้นดินและหิน แต่เมื่อเวลาผ่านไปอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศด้านบนพื้นดิน ภูมิประเทศอาจกลายเป็นพื้นที่แห้งแล้ง แต่แหล่งน้ำบาดาลบริเวณนั้นยังคงอยู่ ยกตัวอย่างเช่น ภูมิประเทศแบบทะเลทรายหรือกึ่งทะเลทราย ที่ด้านบนพื้นดินไม่มีแหล่งน้ำ แต่ใต้ดินกลับมีแหล่งน้ำที่เกิดจากการสะสมของน้ำในอดีต เป็นต้น (วรชาติ พวงเงิน, 2547)

2.2.2 แหล่งน้ำบาดาลและศักยภาพในการพัฒนา

สภาพแวดล้อมทางอุทกธรณีวิทยาที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ไม่ว่าจะเป็น ลักษณะทางภูมิประเทศ ธรณีวิทยา หรืออุทกธรณีวิทยา ทำให้เกิดแหล่งทรัพยากรน้ำบาดาลที่มีปริมาณและคุณภาพที่แตกต่างกัน ดังนั้น เพื่อความสะดวกในการศึกษาศักยภาพของแหล่งน้ำบาดาลและเพื่อการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาล จึงเกิดการจัดแบ่งแหล่งน้ำบาดาลของประเทศไทยออกเป็นเขตพื้นที่น้ำบาดาล (Hydrogeologic Provinces) (วรชาติ พวงเงิน, 2547)

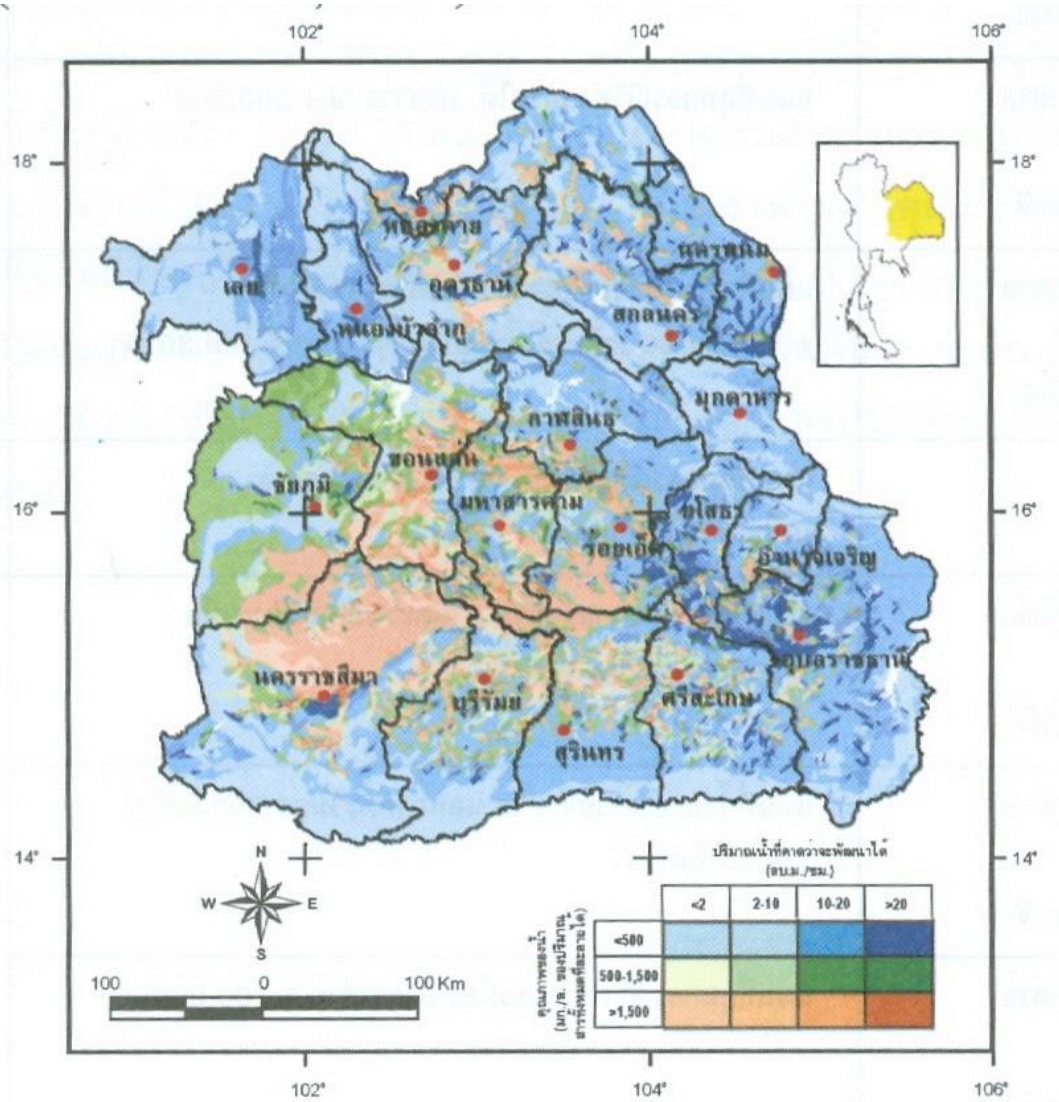
เจริญ เพียรเจริญ (2525) ได้ใช้สภาพทางภูมิศาสตร์ และธรณีวิทยาโครงสร้างเพื่อแบ่งแหล่งน้ำบาดาลของประเทศไทยออกเป็น 6 พื้นที่ ได้แก่ แหล่งน้ำบาดาลเขตพื้นที่สูงในภาคเหนือ และเทือกเขาในภาคตะวันตก แหล่งน้ำบาดาลในเขตพื้นที่ภาคกลางตอนบน แหล่งน้ำบาดาลในเขตพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางตอนใต้ แหล่งน้ำบาดาลในเขตพื้นที่ราบสูงโคราช แหล่งน้ำบาดาลในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และแหล่งน้ำบาดาลในเขตพื้นที่ภาคใต้ ดังแสดงในภาพที่ 5

มหาวิทยาลัยขอนแก่น (2549) กล่าวว่า ปัจจุบัน ในระดับสากลได้มีการจัดการ และบริหารทรัพยากรน้ำผิวดินและใต้ดินเชิงบูรณาการในพื้นที่ลุ่มน้ำ (Integrated Water Resource Management, IWRM) ซึ่งประเทศไทย ได้นำหลักการต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ ทำให้เกิดเป็นนโยบายการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศ ด้วยการแบ่งน้ำผิวดินออกเป็น 9 กลุ่มลุ่มน้ำหลัก และมีการจัดทำแผนแม่บทเพื่อให้การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลมีความสอดคล้องกับทรัพยากรน้ำของประเทศ อีกด้วย

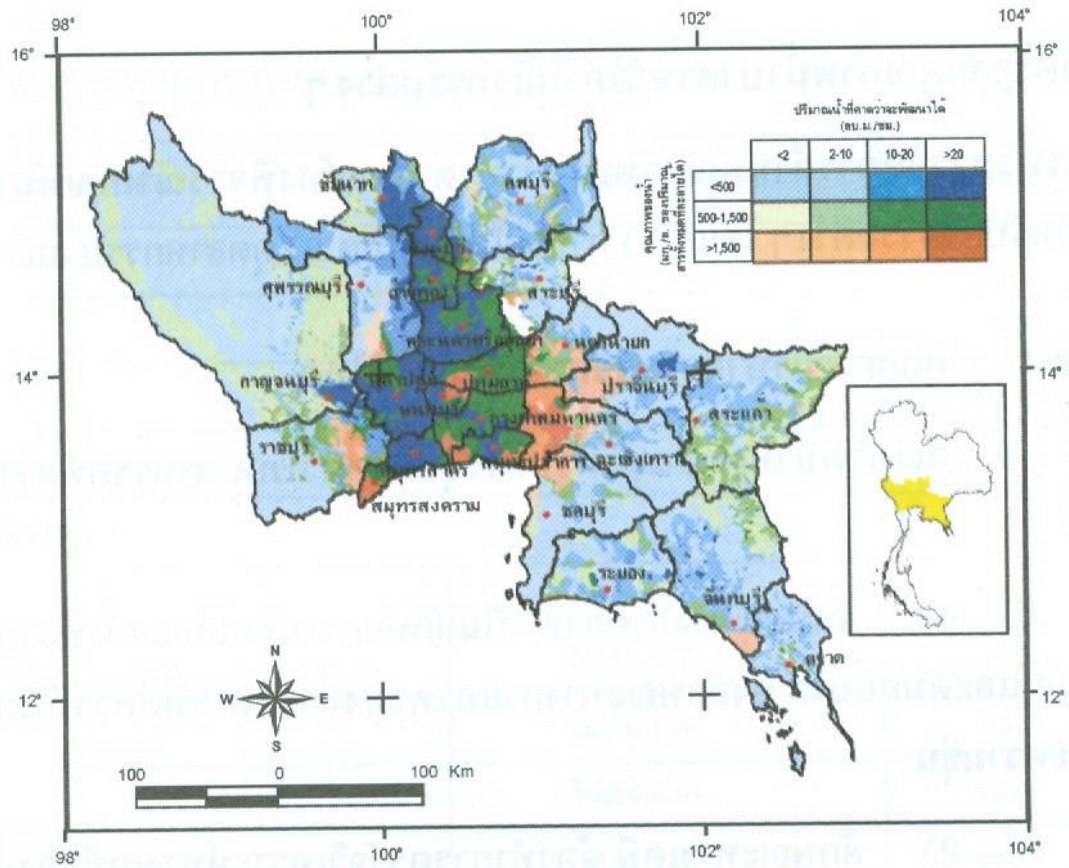
2.2.3 ศักยภาพน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพ

กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี ได้จัดทำแผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลทั้งประเทศที่มาตราส่วน 1 : 100,000 ขึ้นใน พ.ศ. 2542 จากการรวบรวมข้อมูลเดิมที่มีการศึกษา การสำรวจข้อมูลภาคสนาม และอื่น ๆ สำหรับใช้เป็นฐานข้อมูลในการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลในปัจจุบัน โดยแผนที่ดังกล่าว ประกอบไปด้วย

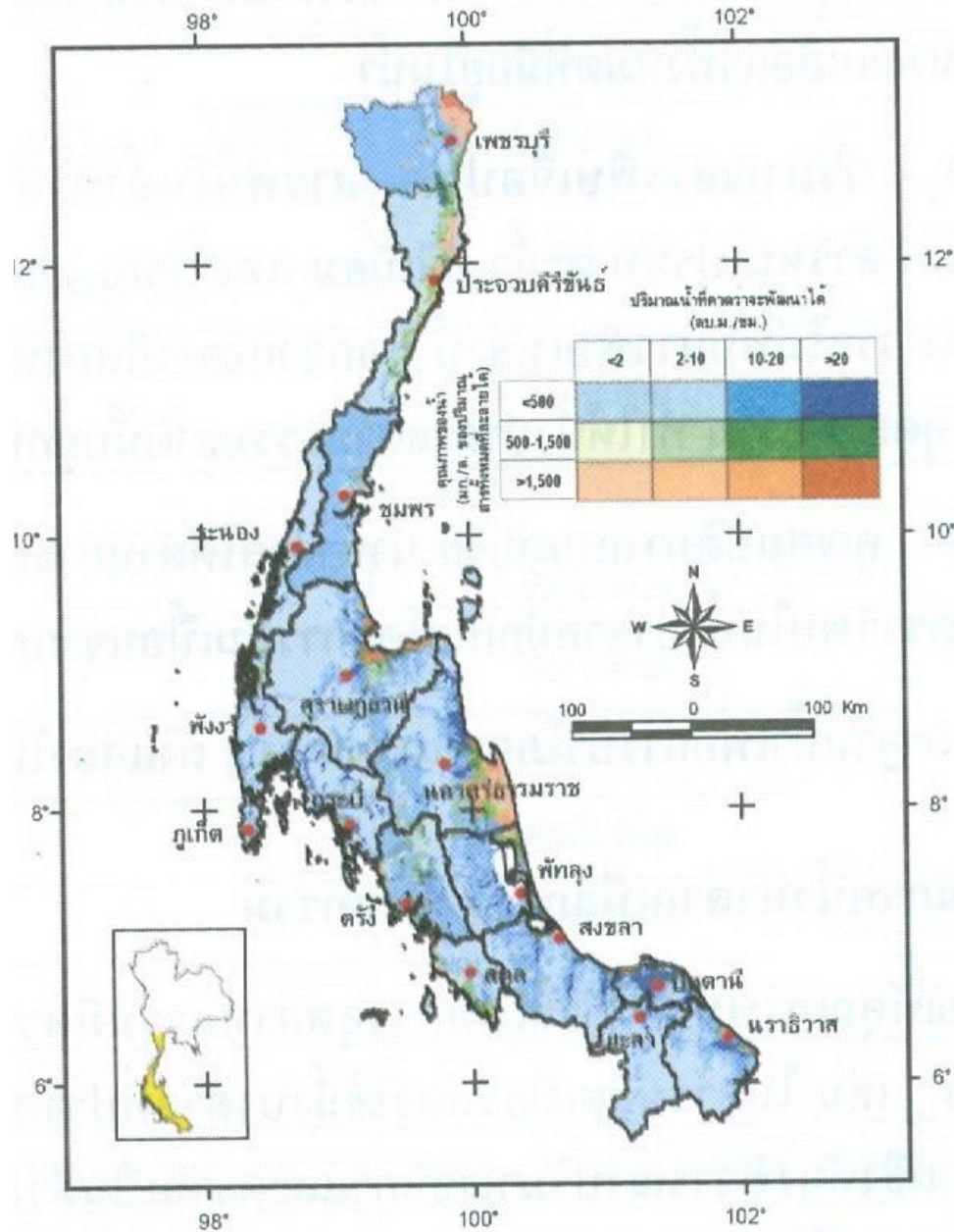
1. ศักยภาพในเชิงปริมาณ ที่แสดงถึงความสามารถในการนำน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ (groundwater potential) จำแนกได้ 4 ระดับ ได้แก่ ความสามารถให้น้ำน้อยกว่า 2 ลบ.ม./ชม. 2 ถึง 10 ลบ.ม./ชม. 10 ถึง 20 ลบ.ม./ชม. และมากกว่า 20 ลบ.ม./ชม. ดังภาพที่ 6 ถึง ภาพที่ 9
2. ศักยภาพในเชิงคุณภาพ แสดงได้ด้วยปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids, TDS) ซึ่งเป็นค่ารวมของปริมาณเกลือแร่ทั้งหมดที่อยู่ในน้ำบาดาลมาเป็นดัชนีชี้วัด ศักยภาพในเชิงคุณภาพ แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ น้อยกว่า 500 มิลลิกรัมต่อลิตร 500 – 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร และมากกว่า 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (วรชาติ พวงเงิน, 2547)



ภาพที่ 7 แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพ: ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
 ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี (2542ข)



ภาพที่ 8 แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพ: ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี (2542ก)



ภาพที่ 9 แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพ: ภาคใต้
ที่มา: (กรมทรัพยากรธรณี, 2542ค)

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2561) ได้ทำการสำรวจแหล่งน้ำบาดาลของประเทศไทย พบว่า ประเทศไทยมีแอ่งน้ำบาดาลทั้งหมด 27 แอ่ง โดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาลมีสถานีสังเกตการณ์น้ำบาดาล จำนวน 901 สถานี 1,587 บ่อ ทั้งนี้ ศักยภาพน้ำบาดาลในประเทศไทย ใน พ.ศ. 2560 (ข้อมูล ณ เดือนเมษายน 2560) พบว่า มีปริมาณน้ำบาดาลที่กักเก็บรวมทั้งประเทศ 1,137,714 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้ 45,385 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 3.99 ของน้ำบาดาลที่กักเก็บทั้งหมด ส่วนปริมาณการใช้น้ำบาดาลในแต่ละปี คือ 14,741 ล้านลูกบาศก์เมตร ถูกนำไปใช้เพื่อการเกษตรมากที่สุด 12,741 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 86.43 รองลงมา คือ การใช้เพื่ออุปโภคบริโภค และอุตสาหกรรม ตามลำดับ โดยปริมาณน้ำคงเหลือรวม 30,645 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 67.52 ซึ่งจากผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำบาดาล ใน พ.ศ. 2560 พบว่า คุณภาพน้ำบาดาลยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการบริโภค แต่ในบางพื้นที่พบว่า มีปริมาณแร่ธาตุสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้ สภาพปัญหาที่พบจะมีความแตกต่างกันตามสภาพธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา และสิ่งแวดล้อม ซึ่งน้ำบาดาลทั่วไปจะพบว่ามีปัญหาเกี่ยวกับเหล็กและแมงกานีสที่มีปริมาณสูง จึงจำเป็นต้องมีระบบสำหรับใช้แก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยการปรับปรุงคุณภาพ ทั้งนี้ สามารถสรุปสถานการณ์คุณภาพน้ำบาดาลในแต่ละภาค ได้ดังนี้

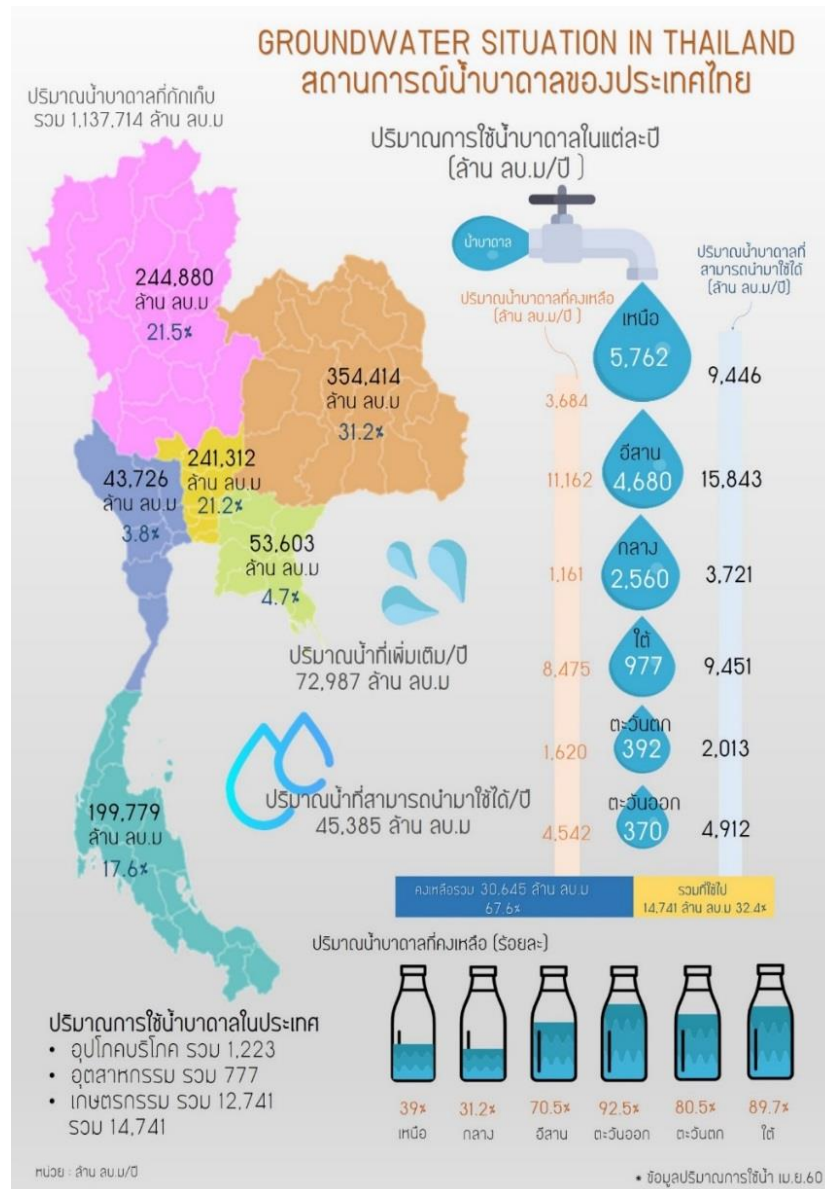
ภาคเหนือ พบฟลูออไรด์สูงในน้ำบาดาลจากชั้นตะกอน ชั้นหินแกรนิต ในแนวของรอยเลื่อนในบางแห่งของจังหวัดเชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูน พบน้ำบาดาลเค็มในพื้นที่อำเภอป่าสัก จังหวัดน่าน เนื่องจากเป็นชั้นเกลือหิน

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบปัญหาน้ำกร่อยเค็มจากชั้นหินเกลือที่รองรับด้านล่าง ทำให้น้ำบาดาลในหินแข็งบริเวณนั้นเค็ม และแพร่กระจายไปยังชั้นน้ำบาดาลหินตะกอนร่วนครอบคลุมบริเวณกว้าง และยังพบปริมาณไนเตรทสูงในบริเวณที่เป็นชั้นเกลือหินกระจายอยู่ในพื้นที่

ภาคกลาง พบปัญหาน้ำบาดาลกร่อยเค็ม เนื่องจากน้ำทะเลในอดีต (Connate Water) ในพื้นที่บริเวณจังหวัดสระบุรี อ่างทอง และสุพรรณบุรี นอกจากนี้ ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และปริมณฑล รวมทั้งบริเวณพื้นที่ชายทะเลที่มีการรุกคืบของน้ำเค็มเนื่องจากการสูบน้ำมาใช้อย่างมากจนเกินสมดุล อีกทั้งพบไนเตรทบางแห่งในพื้นที่จังหวัดสุโขทัย และกำแพงเพชร ส่วนสารหนู ก็ยังพบในบางพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร ชัยนาท และนครปฐม ส่วนชิลีนีเยม พบในบางพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร และพระนครศรีอยุธยา นอกจากนี้ฟลูออไรด์ จะพบในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ สุโขทัย อีกทั้งยังพบโลหะหนัก เช่น ตะกั่วปรอทในบางพื้นที่ของจังหวัดสุโขทัย พิจิตร พิษณุโลก ชัยนาท ลพบุรี และพระนครศรีอยุธยา

ภาคตะวันออก พบการปนเปื้อนของตะกั่วและสารหนูที่จังหวัดชลบุรีและระยอง ภาคตะวันตก พบฟลูออไรด์และตะกั่วที่จังหวัดตาก ในขณะที่ พบแมงกานีสที่จังหวัดกาญจนบุรี

ภาคใต้ มีปัญหาน้ำกร่อยเค็มจากการรุกล้ำของน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งด้านอ่าวไทย ทะเลอันดามัน และทะเลสาบสงขลา ในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ภูเก็ต พังงา ระนอง ตรัง สตูล และกระบี่



ภาพที่ 10 ปริมาณน้ำบาดาลของประเทศไทย พ.ศ. 2560
ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2561)

2.2.4 คุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค

คุณภาพน้ำที่เหมาะสมแก่การบริโภค พิจารณาจากลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1. ลักษณะทางกายภาพ เป็นลักษณะภายนอกที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา สามารถชิมรส และดมกลิ่นได้ ทั้งนี้ลักษณะทางกายภาพที่ดีควรปราศจากสี กลิ่น รส และความขุ่น
2. ลักษณะทางเคมีของน้ำบาดาล ได้แก่ ค่าความเข้มข้นของ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี ซัลเฟต คลอไรด์ ฟลูออไรด์ ไนเตรท ค่าความกระด้างทั้งหมด ค่าความกระด้างถาวร และปริมาณมวลสารที่ละลายได้ทั้งหมด ซึ่งทั้งหมดล้วนเป็นสิ่งที่เป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ โดยทั่วไปมักจะพิจารณาในส่วนของค่าปริมาณมวลสารที่ละลายได้ทั้งหมด เพราะเป็นค่ารวมของปริมาณเกลือแร่ทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำ
3. สารพิษเจือปน เป็นอีกหนึ่งดัชนีที่ต้องนำมาพิจารณาตรวจวิเคราะห์ทางเคมี ทั้งนี้ต้องไม่มีอยู่ในน้ำบาดาล อาทิ สารหนู ไซยาไนต์ ตะกั่ว ปปรอท แคดเมียม และซีลีเนียม

ตารางที่ 1 มาตรฐานน้ำบาดาลสำหรับใช้บริโภค

รายการ	เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
คุณลักษณะทางกายภาพ		
สี (Color)	5 (หน่วยแพลทินัม-โคบอลต์)	15 (หน่วยแพลทินัม-โคบอลต์)
ความขุ่น (Turbidity)	5 (หน่วยความขุ่น)	20 (หน่วยความขุ่น)
ความเป็นกรด - ด่าง (pH)	7.0 - 8.5	6.5 - 9.2
คุณลักษณะทางเคมี		
เหล็ก (Fe)	ไม่เกิน 0.5 ppm	1.0 ppm
แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 0.3 ppm	0.5 ppm
ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 1.0 ppm	1.5 ppm
สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 ppm	15.0 ppm
ซัลเฟต (SO ₄ ²⁻)	ไม่เกิน 200 ppm	250.0 ppm
คลอไรด์ (Cl ⁻)	ไม่เกิน 250 ppm	600.0 ppm
ฟลูออไรด์ (F ⁻)	ไม่เกิน 0.7 ppm	1.0 ppm
ไนเตรท (NO ₃ ⁻)	ไม่เกิน 45 ppm	45.0 ppm
ความกระด้างทั้งหมด (Total hardness as CaCO ₃)	ไม่เกิน 300 ppm	500.0 ppm

ตารางที่ 1 มาตรฐานน้ำบาดาลที่จะใช้บริโภค (ต่อ)

รายการ	เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด	
คุณลักษณะทางเคมี (ต่อ)			
ความกระด้างถาวร (Non-carbonate hardness as CaCO ₃)	ไม่เกิน 200 ppm	250.0	ppm
ปริมาณมวลสารทั้งหมดที่ละลายได้ (Total dissolved solids)	ไม่เกิน 600 ppm	1,200.0	ppm
คุณลักษณะที่เป็นพิษ			
สารหนู (As)	ต้องไม่มี	0.05	ppm
ไซยาไนด์ (CN)	ต้องไม่มี	0.1	ppm
ตะกั่ว (Pb)	ต้องไม่มี	0.05	ppm
ปรอท (Hg)	ต้องไม่มี	0.001	ppm
แคดเมียม (Cd)	ต้องไม่มี	0.01	ppm
เซลีนียม (Se)	ต้องไม่มี	0.01	ppm
ลักษณะทางแบคทีเรีย/แบคทีเรีย			
Standard plate count	ไม่เกิน 500 โคโลนีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร		
Most probable number of coliform organism (MPN)	น้อยกว่า 2.2 ต่อร้อยลูกบาศก์เซนติเมตร		
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	ต้องไม่มี		

ที่มา: ราชกิจจานุเบกษา 2551, 21 พฤษภาคม

2.3 คุณภาพน้ำบาดาล ณ หมู่บ้านใหม่ในฝัน

คุณภาพน้ำบาดาล ณ หมู่บ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน ในแต่ละบริเวณ (ตามภาพที่ 4) แสดงตามตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำบาดาล ณ หมู่บ้านใหม่ในฝัน

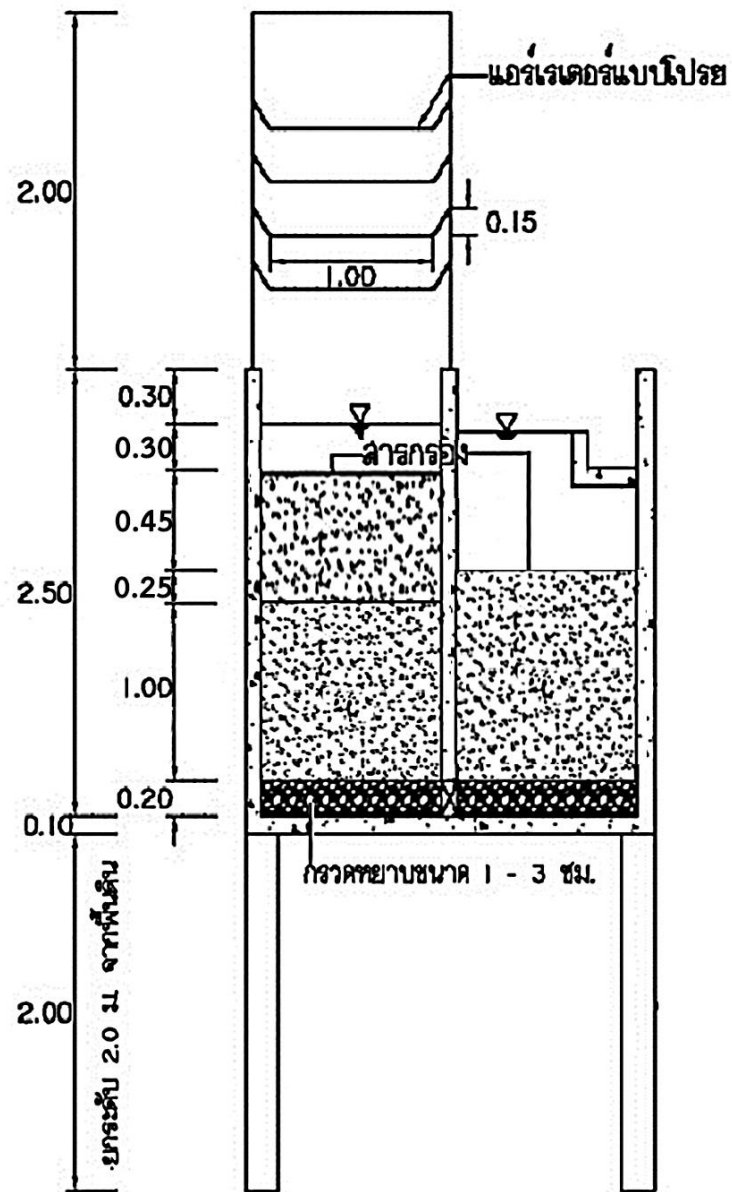
		ตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ						
พิกัด		pH	Turbidity (NTU)	T-hardness (mg/l as CaCO ₃)	TDS (mg/l)	Fluoride (mg/l)	Iron (mg/l)	
สถานที่	Longitude	*ไม่ได้รับอนุญาต	*ไม่ได้รับอนุญาต	*ไม่ได้รับอนุญาต	*ไม่ได้รับอนุญาต	*ไม่ได้รับอนุญาต	*ไม่ได้รับอนุญาต	
จุดที่ 1 บ่อบาดาลทางเข้าหมู่บ้าน	18.8587 100.5791	6.76	0.72	106	346	0.90	<0.04	
จุดที่ 2 ถังเก็บน้ำประปาภูเขาหลังหมู่บ้าน	18.8857 100.5791	8.05	0.86	1,022.5	252	0.26	<0.04	
จุดที่ 3 บ่อบาดาลบริเวณโรงเรียนบ้านใหม่ในฝัน	18.8573 100.5788	7.32	0.83	61.66	464	1.11	<0.04	
จุดที่ 4 น้ำลำธารบริเวณหลังหมู่บ้าน	18.8562 100.5784	8.04	81.90	80	186	0.02	<0.04	

หมายเหตุ: ตรวจวัดเมื่อวันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ.2560 และ * คือ ค่ามาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค จาก ราชกิจจานุเบกษา 2551, 21 พฤษภาคม)

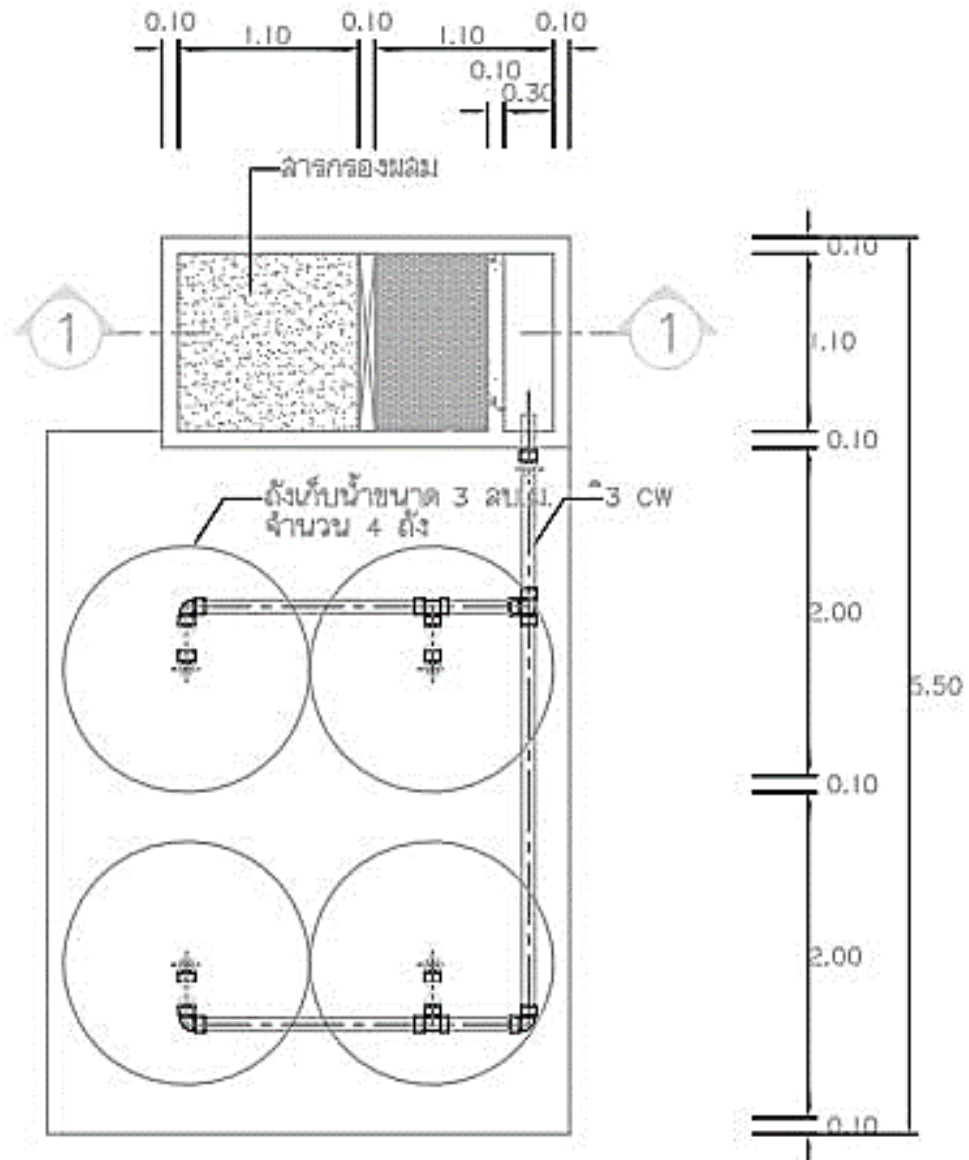
2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคหมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำบาดาล ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2 พบว่า จุดที่เหมาะสมที่จะใช้น้ำบาดาลในการผลิตน้ำเพื่อการบริโภค ได้แก่จุดที่ 3 บ่อบาดาลบริเวณโรงเรียนบ้านใหม่ในฝัน เนื่องด้วยคุณภาพน้ำบาดาลในจุดนี้มีสภาพที่เอื้อต่อการผลิต กล่าวคือ มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความขุ่น (Turbidity) ความกระด้างทั้งหมด (Total hardness) ปริมาณมวลสารทั้งหมดที่ละลายได้ (Total dissolved solids: TDS) ฟลูออไรด์ (Fluoride) และเหล็ก (Iron) มีคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับบริโภค อีกทั้งบ่อบาดาลตรงบริเวณโรงเรียนยังอยู่ใกล้กับหอประชุมหมู่บ้าน ทำให้สะดวกต่อการแจกจ่ายน้ำดื่ม และมีพื้นที่เพียงพอสำหรับการก่อสร้างรากฐานหอกรองน้ำ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าบ่อบาดาลบริเวณโรงเรียนบ้านใหม่ในฝันจะมีคุณภาพน้ำดี แต่ก็ยังคงพบปัญหาเรื่องกลิ่นของน้ำที่ไม่พึงประสงค์ และความเข้มข้นของฟลูออไรด์ที่ยังสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มากกว่า 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร) (ราชกิจจานุเบกษา, 2551, 21 พฤษภาคม) แต่ประชาชนในพื้นที่ไม่มั่นใจที่จะนำน้ำจากแหล่งดังกล่าวมาบริโภค ทำให้ต้องซื้อน้ำสำหรับบริโภคจากแหล่งอื่น อย่างไรก็ตามเนื่องจากหมู่บ้านตั้งอยู่ในพื้นที่ห่างไกล ทำให้การขนส่งน้ำสำหรับบริโภคเป็นไปอย่างยากลำบาก และมีค่าใช้จ่ายที่สูง

ดังนั้น จึงเริ่มต้นด้วยการวางรากฐานและโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อสร้างหอกรองน้ำในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ.2560 – มกราคม พ.ศ.2561 หลังจากนั้นวางระบบท่อจ่ายน้ำโดยสูบน้ำจากบ่อบาดาลบริเวณโรงเรียนบ้านใหม่ในฝันเข้าหอกรอง โดยการก่อสร้างทั้งหมดเกิดขึ้นจากความร่วมมือระหว่างชาวบ้านบ้านใหม่ในฝัน กับนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งกระบวนการจะเริ่มจากการสูบน้ำขึ้นยังหอกรองน้ำที่เป็นระบบการกรองแบบผสมผสาน ทั้งนี้เนื่องจากปัญหาสำคัญคือค่าความเข้มข้นของฟลูออไรด์ที่สูงกว่าค่ามาตรฐาน จึงต้องออกแบบระบบที่มุ่งเน้นไปที่การกำจัดฟลูออไรด์จากน้ำ ซึ่งรูปแบบการก่อสร้าง แสดงดังภาพที่ 11 และ 12



ภาพที่ 11 แพลนด้านข้างของระบบผลิตน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคหมู่บ้านใหม่ในพื้นที่
 ที่มา: กองช่าง องค์การบริหารส่วนตำบลสะเนียน กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น
 กระทรวงมหาดไทย (2560)



ภาพที่ 12 แพลนด้านบนของระบบผลิตน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคหมู่บ้านใหม่ในพื้นที่
 ที่มา: กองช่าง องค์การบริหารส่วนตำบลสะเนียน กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น
 กระทรวงมหาดไทย (2560)

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ.2561 หมู่บ้านได้มีระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคแบบกรองช้า ซึ่งอาศัยแรงโน้มถ่วงทั้งหมดโดยใช้เครื่องสูบน้ำของบ่อบาดาลสูบเข้าระบบเพียงครั้งเดียว โดยระบบดังกล่าวมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ แอร์เรเตอร์แบบโปรย เพื่อเปลี่ยนสภาพเหล็กที่ละลายน้ำให้ตกตะกอน และระบบการกรองด้วยวัสดุดูดซับแบบผสม (ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด ถ่านกระดุก และทรายหยาบ) เพื่อกำจัดความขุ่นและสารอินทรีย์ต่าง ๆ และฟลูออไรด์ที่ยังคงสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเมื่อผ่านระบบดังกล่าวพบว่า น้ำที่ได้มีคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน โดยระบบผลิตน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคของหมู่บ้านที่ใช้อยู่ปัจจุบันแสดงดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 หอกรองน้ำที่เสร็จสมบูรณ์



ภาพที่ 14 พิธีเปิดโครงการนำบาดาลเพื่อการบริโภคบ้านใหม่ในฝัน

และเมื่อวันที่ 4 สิงหาคม พ.ศ.2561 ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นประธานในพิธีเปิดโครงการนำบาดาลเพื่อการบริโภค บ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน อย่างเป็นทางการ พร้อมด้วยนายกองค์การบริหารส่วนตำบลสะเนียง ผู้แทนจากสำนักงานทรัพยากรน้ำส่วนพระมหากษัตริย์ ผู้แทนสมาคมนิสิตเก่าวิศวกรรมศาสตร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณาจารย์จากภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ และผู้แทนจากหน่วยงานราชการท้องถิ่น ตลอดจนโครงการปิดทองหลังพระ สืบสานแนวพระราชดำริ จังหวัดน่าน และมูลนิธิธรรมาภิบาล

2.5 ตัวกลางดูดซับที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดฟลูออไรด์

2.5.1 ถ่านกระดูกและการเตรียม

ถ่านกระดูก (bone char) เป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติชนิดหนึ่ง ที่ได้จากการนำกระดูกสัตว์ อาทิ โค กระบือ และอื่น ๆ มาเผาจนกลายเป็นถ่าน โดยถ่านที่ได้ จะมีลักษณะเป็นของแข็ง มีความเปราะ น้ำหนักเบา และมีสีน้ำตาลเข้ม ที่ขึ้นอยู่กับสภาวะในการเผา เช่น สีเทา สีขาว หรือสีน้ำเงินจนถึงสีดำ (เสาวภา พลาพันธ์, 2544) ซึ่งถ่านกระดูก ประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ โดยส่วนประกอบที่เป็นสารอนินทรีย์มีถึง 65% ขององค์ประกอบทั้งหมด ประกอบไปด้วยแคลเซียมฟอสเฟต 57-80% แคลเซียมคาร์บอเนต 6-10% และถ่านกัมมันต์ 7-10% (Dahi E., 1998) ทั้งนี้ถ่านกระดูกจะมีคุณสมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมี แสดงดังตารางที่ 3

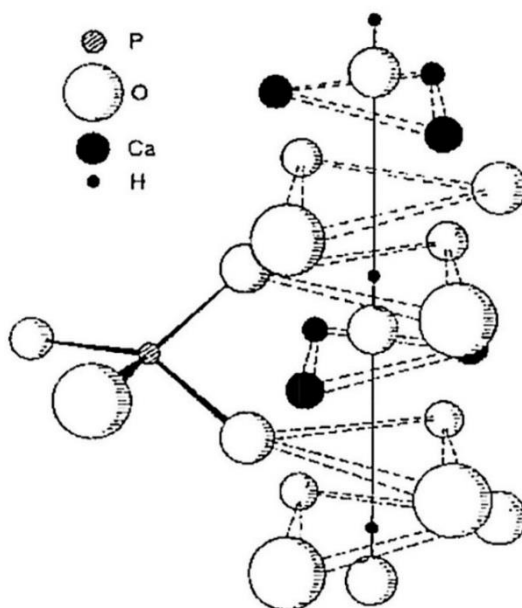
ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีและองค์ประกอบทางเคมีของถ่านกระดูก

คุณสมบัติทางกายภาพ		องค์ประกอบทางเคมี	
รายการ	ค่าสูงสุด	รายการ	ค่าสูงสุด
ความหนาแน่น	640 kg/m ³	ถ่านที่ไม่ละลายในกรด	3 wt% max
พื้นที่ผิวของคาร์บอน	50 m ² /g	แคลเซียมคาร์บอเนต	7-9 wt%
ความชื้น	5 wt% max	แคลเซียมซัลเฟต	0.1-0.2 wt%
กระจายขนาดของรูพรุน	7.5-60,000 nm	องค์ประกอบคาร์บอน	9-11 wt%
ปริมาตรรูพรุน	0.225 cm ³ /g	ไฮดรอกซีอะพาไทต์	70-76 wt%
พื้นที่ผิวรวม	100 m ² /g	Iron as Fe ₂ O ₃	<0.3 wt%

ที่มา: Cheung C. W., Chan C. K., Porter J. F. และ Mckay G. (2001)

ทั้งนี้ โครงสร้างภายในถ่านกระดูกที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการดูดซับ คือ โครงสร้างผลึกของอะพาไทต์ (Apatite) ที่มีแคลเซียมและฟอสเฟตเป็นโมเลกุลรากฐาน เมื่อเกิดการแทรกเข้าตรงแกนกลางของไฮดรอกไซด์ก็จะกลายเป็นโครงสร้างไฮดรอกซีอะพาไทต์ (Hydroxyapatite: Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂ ที่จัดเรียงตัวกันเป็นรูปแบบเฮกซะโกนอล (hexagonal system) (ดังภาพที่ 15) โดยโครงสร้างดังกล่าว จะสามารถดูดซับฟลูออไรด์ 1-2 โมเลกุล เข้ามาแทนที่ภายในสามเหลี่ยมของแคลเซียมในโครงสร้างได้ ทำให้เกิดเป็นฟลูอออะพาไทต์ (fluorapatite: Ca₁₀(PO₄)₆F₂) ดังสมการที่ (3.5.1.1) (Bregnhøj H., 1995)





ภาพที่ 15 แกนของไฮดรอกไซด์ในผลึกของไฮดรอกซีอะพาไทต์

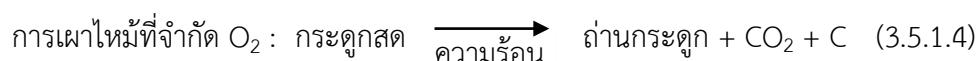
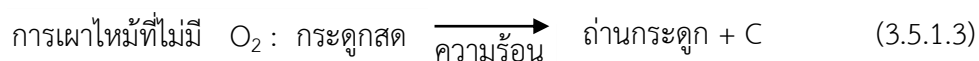
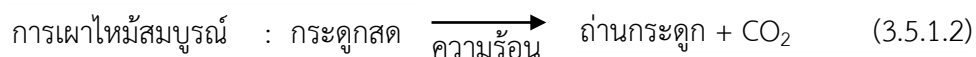
ที่มา: Bregnhøj H. (1995) อ้างถึงใน Awassada Phongphiphat (2004)

นอกจากนี้ ถ่านกระดูกยังถือเป็นถ่านประเภทหนึ่งของถ่านกัมมันต์ที่มักจะถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการฟอกสีในอุตสาหกรรมน้ำตาล ตลอดจนปรับปรุงคุณภาพน้ำ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการดูดซับได้ดี (นัทธมน แฝงศรีคำ, 2542) เห็นได้จากการประดิษฐ์เครื่องกรองน้ำในครัวเรือนด้วยการประยุกต์นำถ่านกระดูกมาทำเป็นไส้กรองเพื่อลดปริมาณของฟลูออไรด์ตั้งแต่ปี 2525 เป็นต้นมา จนกระทั่งในปี 2535 ก็ได้มีการนำเครื่องกรองน้ำมาใช้งานในชุมชนเขตอำเภอทยสะแกเขต จังหวัดเชียงใหม่ จนในปัจจุบัน ที่ตำบลแม่สัน อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง และหมู่บ้านสันคะยอม ตำบลมะเขือแจ้ จังหวัดลำพูนก็ยังมีมีการประยุกต์และปรับปรุงเครื่องกรองน้ำเพื่อนำมาใช้ประโยชน์อยู่เช่นกัน (มณฑล คงปิ่น, 2552)

จักรกฤษณ์ ภัทรวรานนท์ (2553) ยังกล่าวเพิ่มเติมอีกว่า ถ่านกระดูก มีองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้สามารถดูดซับสารปนเปื้อนในน้ำได้ ไม่ว่าจะสารละลายนั้นจะเป็นส่วนแอนไอออนิก หรือ แคทไอออนิกก็ตาม โดยสารปนเปื้อนจะถูกนำเข้าไปในรูพรุนของถ่านกระดูก และจะถูกยึดติดทางเคมีเข้ากับโครงสร้างของไฮดรอกซีอะพาไทต์ ทำให้สารเหล่านั้นไม่สามารถหลุดออกมาได้อีก ปรากฏการณ์เช่นนี้ คือ ปรากฏการณ์เคมีซอร์บชัน (Chemisorption) แสดงให้เห็นว่า โครงสร้างของไฮดรอกซีอะพาไทต์ เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ถ่านกระดูกเป็นตัวดูดซับที่ดี นอกจากสารปนเปื้อนในน้ำแล้ว ถ่านกระดูกยังสามารถดูดซับสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ได้อีก ไม่ว่าจะเป็น สี กลิ่น รส คลอรีน ฟลูออรีน และสารอินทรีย์อื่น ๆ

การเตรียมถ่านกระดุก

กระบวนการเผาถ่านกระดุกนั้น สามารถแบ่งแยกออกเป็นประเภทตามกระบวนการเผาไหม้ต่าง ๆ ดังสมการต่อไปนี้



แต่ในปัจจุบัน กระบวนการที่นิยมนำมาใช้ในการเตรียมถ่านกระดุก มีด้วยกัน 2 กระบวนการ ได้แก่

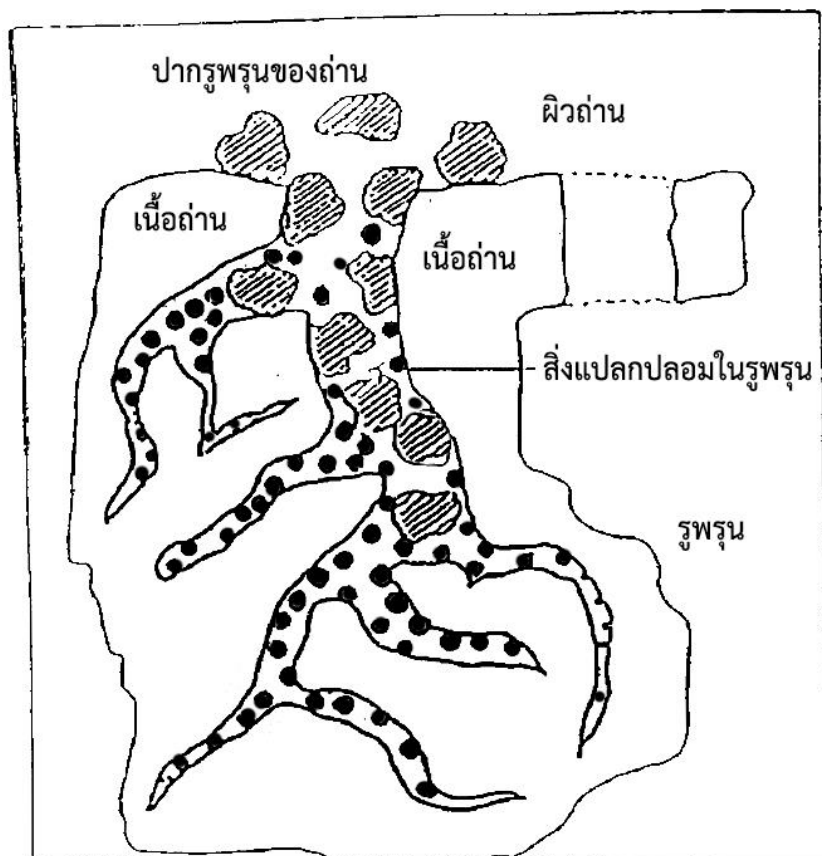
1. กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) คือ กระบวนการเผาที่ใช้อุณหภูมิ 500-800 องศาเซลเซียส และเผาในที่ที่มีปริมาณออกซิเจนจำกัด โดยความสามารถในการดูดซับจะไม่ขึ้นตรงกับระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา แต่ทั้งนี้ ถ้าเผาด้วยอุณหภูมิเดียวกัน ถ่านกระดุกที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสจะมีพื้นผิวที่ทำให้สามารถดูดซับได้มากกว่าถ่านที่ได้จากกระบวนการแคลซิเนชัน (Calcination)

2. กระบวนการแคลซิเนชัน (Calcination) คือ กระบวนการเผาที่มีออกซิเจนอยู่ในบรรยากาศตลอดเวลา แต่ถ้าหากอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาอยู่ในช่วง 550-600 องศาเซลเซียส ถ่านกระดุกที่ได้จะมีความสามารถในการดูดซับลดลง เนื่องจากแคลเซียมอะพาไทต์ถูกทำลาย มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำที่ผ่านการกรองมีค่าสูงขึ้น (จักรกฤษณ์ ภัทรวรานนท์, 2553)

โดยทั่วไปจะใช้อุณหภูมิประมาณ 1,000 องศาเซลเซียสในกระบวนการเผาไหม้กระดุก แต่ขณะเดียวกันก็มีการศึกษาระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไหม้อยู่เช่นกัน จนกระทั่ง มีผู้พบว่า ถ่านที่เผาด้วยอุณหภูมิต่ำกว่า ก็สามารถเผากระดุกจนได้ถ่านที่มีคุณสมบัติเทียบเท่าได้ ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาของ Phatumvanit P. และ R. Z. Legeros (1997) ที่พบว่า การเผากระดุกที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสจะได้ถ่านกระดุกที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดฟลูออไรด์ออกจากริ่่น้ำได้ดีกว่าถ่านกระดุกที่มาจาก การเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง นอกจากนี้ อุบลรัตน์ วาริชวัฒน์ (2544) ยังพบว่า ถ่านที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสนั้นมีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วและแคดเมียมออกจากน้ำเสียได้ดีที่สุดเช่นเดียวกัน

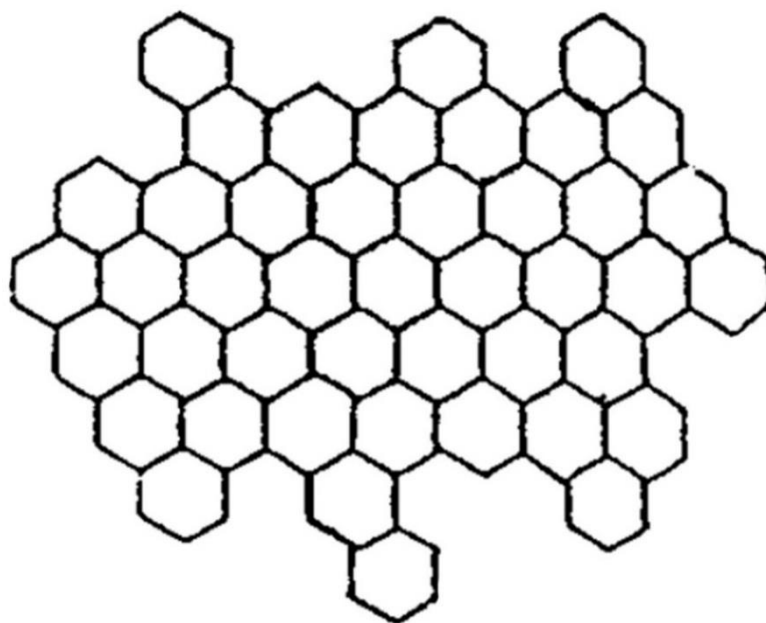
2.5.2 ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดและการเตรียม

ถ่านกัมมันต์ คาร์บอนกัมมันต์ หรือถ่านไวที่มีปฏิกิริยา (activated carbon หรือ active carbon) คือคาร์บอนจากธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการก่อกัมมันต์จนได้ผลิตภัณฑ์สีดำที่มีโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยรูพรุนจำนวนมาก มีพื้นที่ผิวสูง (ภาพที่16) เมื่อศึกษาโครงสร้างของผลึกโครงสร้างของคาร์บอนที่ได้โดยใช้วิธี X-ray diffraction พบว่า คาร์บอนจะจัดเรียงตัวเป็นแผ่น โดยยึดเกาะกันแบบ hexagonal lattice (ภาพที่ 17) ซึ่งแต่ละอะตอมจะยึดเกาะกับอะตอมข้างเคียง 3 อะตอมด้วยพันธะโควาเลนต์ ซึ่งผลึกต่างๆ จะซ้อนทับกันไปมา ทั้งนี้ส่วนประกอบและโครงสร้างของวัตถุดิบ จะส่งผลถึงขนาดของผลึกและอุณหภูมิของการอบให้เป็นถ่าน (carbonization) ดังนั้นวัตถุดิบที่ใช้เตรียมถ่านกัมมันต์ จึงควรเป็นวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบคาร์บอนสูง มีแก่นน้อยและราคาถูก (อดุลย์ ศรีพิลา, 2543)



ภาพที่ 16 โครงสร้างรูพรุนของถ่านกัมมันต์

ที่มา: อดุลย์ ศรีพิลา (2543)



ภาพที่ 17 การจัดเรียงตัวของคาร์บอนในระนาบของผลึกคาร์บอน

ที่มา: อุดลย์ ศรีพิลา (2543)

ด้วยโครงสร้างนี้จึงทำให้ถ่านกัมมันต์กลายเป็นตัวดูดซับที่นิยมใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์ หรือสารอินทรีย์ที่ยังเหลืออยู่ในน้ำหลังจากการบำบัดด้วยกระบวนการต่าง ๆ ซึ่งการดูดซับดังกล่าว เป็นการดูดซับชั้นสูงที่เน้นการกำจัดสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก (Refractory Organic Compounds) และอาจมีผลในการกำจัดสารอินทรีย์ อาทิ ซัลไฟด์ ไนโตรเจน ตลอดจนโลหะหนัก นอกจากนี้ ถ่านกัมมันต์ยังสามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ในน้ำเสียได้ แต่ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำเสียต้องไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มิฉะนั้นอาจมีผลทำให้ชั้นกรองถ่านอุดตัน สูญเสียค่าความดัน (Head loss) เกิดการไหลลัดวงจร รวมไปถึงสูญเสียความสามารถในการดูดซับ ดังนั้น เมื่อถ่านเริ่มเข้าสู่สภาวะเสื่อมสภาพ หรือประสิทธิภาพการกรองเริ่มลดลง ทั้งจากการอุดตัน การเปลี่ยนแปลง pH อุณหภูมิ และอัตราการกรองของน้ำเข้าระบบ ก็ควรเปลี่ยนหรือฟื้นฟูสภาพถ่านให้กลับมามีประสิทธิภาพดีเช่นเดิม โดยปัจจุบันถ่านกัมมันต์ที่ใช้จะประกอบไปด้วย 2 ชนิด ได้แก่ ถ่านกัมมันต์แบบเกล็ดหรือเม็ด (Granular Carbon) และถ่านกัมมันต์แบบผง (Powdered Carbon) (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2547)

การเตรียมถ่านกัมมันต์

J.C. Machac (1966) กล่าวว่า กระบวนการเตรียมถ่านกัมมันต์จะประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การกำจัดน้ำออก (dehydration) คือ การนำวัตถุดิบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบมาอบจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อไล่น้ำออก

ขั้นที่ 2 การเผาให้เป็นถ่าน (carbonization) คือ การนำวัตถุดิบที่ได้จากการไล่น้ำออกแล้วมาอบให้เป็นถ่านโดยเริ่มที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 270-280 องศาเซลเซียส วัตถุดิบบางส่วนจะเริ่มแตกสลาย พร้อมกับมีคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และกรดน้ำส้มออกมา ในตอนนี้ ถ่านจะเริ่มมีการเปลี่ยนรูปร่าง พร้อมทั้งให้ความร้อน เกิดน้ำมันดิน (tar) เมทานอล และสารอื่น ๆ เป็นจำนวนมาก ในท้ายที่สุดกระบวนการของขั้นตอนนี้จะแล้วเสร็จอย่างสมบูรณ์เมื่ออุณหภูมิอยู่ที่ 900-925 องศาเซลเซียส โดยจะได้ถ่านประมาณ 80 %

ขั้นที่ 3 การกระตุ้นเพื่อทำถ่านกัมมันต์ จะประกอบด้วย 2 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการกระตุ้นทางกายภาพ (physical activation) และการกระตุ้นทางเคมี (chemical activation) หรือบางกรณีอาจจะใช้กระบวนการทั้งสองร่วมกัน ทั้งนี้กระบวนการทั้งสองต้องใช้อุณหภูมิสูงเพื่อให้พลังงานความร้อนไปทำให้สารประกอบและคาร์บอนที่ผิวของถ่านหลุดออก ทำให้เกิดรูพรุนมากมายหลายขนาด และมีโอเล็กรอนอิสระอยู่บนพื้นผิวของถ่าน

(1) กระบวนการกระตุ้นทางกายภาพ (physical activation) คือการนำแก๊สที่เป็นตัวออกซิไดซ์ (oxidizing gas) มาทำปฏิกิริยากับน้ำมันดินและอะตอมของถ่านบางอะตอมในผลึก ตัวออกซิไดซ์ที่ใช้ทั่วไปคือ ไอน้ำ อากาศ หรือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ก. การกระตุ้นด้วยไอน้ำ ทำได้โดยการนำไอน้ำที่มีอุณหภูมิตั้งแต่ 750-950 องศาเซลเซียส มาทำปฏิกิริยากับผลึกถ่าน ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ดังสมการที่ 3.5.2.1



ข. การกระตุ้นด้วยอากาศ ทำได้โดยการนำอากาศที่มีออกซิเจนที่อุณหภูมิสูงกว่า 800 องศาเซลเซียสมาทำปฏิกิริยากับผลึกคาร์บอน จากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาคายความร้อน ซึ่งความร้อนดังกล่าวอาจก่อให้เกิดอันตราย จึงไม่นิยมใช้กระบวนการนี้ในการก่อถ่านกัมมันต์ ปฏิกิริยาการกระตุ้นเป็นดังสมการที่ 3.5.2.2



ค. การกระตุ้นด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ กระบวนการนี้จะเป็นการดึงเอาอะตอมของถ่านออกจากผลึกทำให้เกิดเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิ 850-1,100 องศาเซลเซียส โดยปฏิกิริยาจะดูดความร้อนเข้าไปดังสมการที่ 3.5.2.3



(2) กระบวนการกระตุ้นทางเคมี (chemical activation) คือ การนำสารเคมีมาใช้กระตุ้นผลึกของถ่านให้กลายเป็นถ่านกัมมันต์ โดยสารเคมีที่นำมาใช้มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็น ซิงค์คลอไรด์ โพแทสเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมไฮโอไซยานเนต กรดฟอสฟอริก กรดซัลฟิวริก หรืออาจใช้ไฮดรอกไซด์ของโลหะอัลคาไล เมทานอล แมกนีเซียม และแคลเซียมคลอไรด์ แต่ที่นิยมใช้ก็คือ ซิงค์คลอไรด์ เนื่องจากทำให้ถ่านกัมมันต์ที่ได้เกิดรูพรุนขนาดเล็กที่สุด มีผลทำให้คุณสมบัติในการเป็นตัวดูดซับดีกว่าว่าการใช้สารกระตุ้นตัวอื่นๆ วิธีการทำประกอบไปด้วย 2 แบบ คือ แบบแรกจะทำการผสมสารเคมีเข้ากับวัตถุดิบโดยตรง แล้วทำการเผาให้เป็นถ่าน (carbonization) กับ การกระตุ้นเพื่อทำถ่านกัมมันต์ (activation) อย่างต่อเนื่อง และแบบที่สองจะทำการเผาให้ได้ผลึกถ่านก่อน แล้วจึงเติมสารเคมีลงไปจากนั้นจึงทำการกระตุ้นเพื่อทำถ่านกัมมันต์ ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้คือ 400-1,000 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับซิงค์คลอไรด์คือ 600-700 องศาเซลเซียส

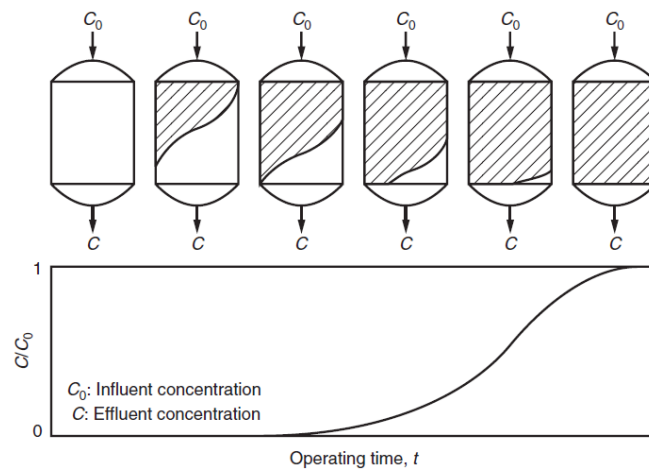
2.6 การประเมินอายุการใช้งานของระบบกรองน้ำ

ข้อมูลเกี่ยวข้องที่จะนำไปสู่การบำรุงรักษาระบบอย่างมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.6.1 การศึกษาการดูดซับแบบคอลัมน์

ปฏิภาณ ปัญญาพลกุล (2557) กล่าวว่า ระบบดูดซับแบบคอลัมน์ เป็นการศึกษาการไหลผ่านวัสดุดูดซับแบบต่อเนื่อง ซึ่งวัสดุดูดซับจะถูกทำให้อยู่กับที่ โดยตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องที่ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการประเมินความเป็นไปได้ของคอลัมน์ ประกอบด้วย ขนาดอนุภาค ภาวะบรรจุทางกลศาสตร์ และการสูญเสียของเฮดของน้ำในชั้นกรอง (Head loss) ทั้งนี้หากเปรียบเทียบปริมาณการกระจายภาระการดูดซับมลสาร จะพบว่า การเดินระบบแบบคอลัมน์มักมีการกระจายภาระการดูดซับมลสารได้ดีกว่าระบบการดูดซับแบบที่ละเท ซึ่งในบริเวณทางน้ำเข้าของการเดินระบบแบบคอลัมน์ วัสดุดูดซับบริเวณนั้นจะสัมผัสกับน้ำที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของมลสารเสมอ และในแต่ละชั้นของวัสดุดูดซับยังมีความเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นมลสารน้อย ทำให้ความสามารถในการดูดซับมลสารของวัสดุดูดซับในแต่ละชั้น สามารถดำเนินการได้อย่างเต็มความสามารถ ส่งผลทำให้ความเข้มข้นของน้ำที่ผ่านการบำบัดคงที่ ต่างจากการเดินระบบแบบที่ละเทที่ความเข้มข้นของน้ำที่ผ่านการบำบัดมีความเข้มข้นไม่คงที่

ปรากฏการณ์การดูดซับแบบต่อเนื่องของวัสดุดูดซับ บริเวณถ่ายเทมวลสารจะเกิดการเคลื่อนที่ของมลสารเข้าสู่ชั้นวัสดุดูดซับ ทั้งนี้บริเวณด้านบนของชั้นวัสดุดูดซับมลสารจะถูกดูดซับอย่างรวดเร็วจนกระทั่งชั้นวัสดุดูดซับนั้นเกิดความสมดุล และเต็มไปด้วยมลสารที่ได้จากการดูดซับ ทำให้ไม่สามารถดูดซับได้อีก แต่ที่ระดับชั้นวัสดุดูดซับที่อยู่ถัดลงมาที่ยังไม่เข้าสู่ภาวะสมดุลยังคงมีการดูดซับอย่างต่อเนื่อง บริเวณนี้จะเกิดการเคลื่อนที่ของมลสารจากวัฏภาคน้ำเข้าสู่พื้นผิวของวัสดุดูดซับ เรียกบริเวณชั้นวัสดุดูดซับนี้ว่า โซนถ่ายเทมวลสาร (Mass Transfer Zone) ซึ่งปัจจัยในการดูดซับทางกลศาสตร์ เช่น ชนิดของมลสาร ประเภทและสมบัติของวัสดุดูดซับ จะเป็นตัวกำหนดช่วงความลึกของโซนถ่ายเทมวลสาร ทั้งนี้ ความเข้มข้นของมลสารที่ออกจากระบบคอลัมน์ที่เวลาต่าง ๆ หรือปริมาตรของสารละลายที่ผ่านระบบ จะทำให้เกิดความสัมพันธ์ที่สามารถแสดงได้ดังกราฟเบรกทรู (Breakthrough Curve) โดยน้ำของขาออกจากระบบ จะมีความเข้มข้นของมลสารที่เพิ่มขึ้น หากเพิ่มขึ้นจนมีค่าเท่ากับระดับความเข้มข้นสูงสุดที่กำหนดไว้ จะเรียกความเข้มข้นที่จุดนั้นว่า ความเข้มข้นเบรกทรู โดยลักษณะของเส้นกราฟจะคล้ายตัว S หากความชันของกราฟมากความสามารถในการแพร่ของมลสารผ่านชั้นฟิล์มหรือรูพรุนของวัสดุดูดซับก็จะมีมากเช่นกัน โดยกราฟเบรกทรูสามารถแสดงดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 กราฟกราฟเบรคทูร์และขอบเขตการถ่ายเทมวลในระบบคอลัมน์

ที่มา: Crittenden John C, Trussell R Rhodes, Hand David W, Howe Kerry J และ Tchobanoglous George (2012)

2.6.2 การศึกษาแบบจำลองของโทมัส

ปฏิภาณ ปัญญาพลกุล (2557) กล่าวว่า แบบจำลองของโทมัส เป็นแบบจำลองที่ตั้งอยู่บนสมมติฐานของการไหลแบบท่อไหล (Plug flow) ซึ่งสามารถใช้ทำนายกราฟเบรคทูร์ (Breakthrough Curve) ของการเดินระบบแบบต่อเนื่องได้ ซึ่งความเร็วการไหลผ่านชั้นวัสดุดูดซับจะมีค่าคงที่ อุณหภูมิของระบบมีค่าคงที่ จลนพลศาสตร์การดูดซับเป็นแบบปฏิกิริยาเคมีเทียมอันดับสอง และสมดุลการดูดซับสอดคล้องกับไอโซเทอมแบบแลงเมียร์ โดยมีรูปแบบดังสมการที่ 3.6.2.1

$$\ln \left(\frac{C_0}{C} - 1 \right) = \frac{k_t q_0 M}{Q} - k_t C_0 t \quad (3.6.2.1)$$

โดยที่	C	คือ ความเข้มข้นมลสารในน้ำขาออกจากระบบที่เวลาต่าง ๆ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
	C_0	คือ ความเข้มข้นเริ่มต้นของมลสารในตัวทำละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร)
	k_t	คือ ค่าคงที่ของโทมัส (ลิตรต่อมิลลิกรัมต่อนาที)
	q_0	คือ ความสามารถในการดูดซับสูงสุด (มิลลิกรัมต่อกรัม)
	M	คือ มวลของวัสดุดูดซับ (กรัม)
	Q	คือ อัตราการกรองของสารละลาย (ลิตรต่อนาที)
	t	คือ เวลา (นาที)

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln \left(\frac{C_0}{C} - 1 \right)$ กับ t จะเป็นเส้นตรง ซึ่งสามารถหาค่า k_t และ q_0 ได้จากความชัน และจุดตัดแกน y ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าที่ได้จะนำไปออกแบบคอลัมน์ดูดซับขนาดใหญ่ได้

2.6.3 การศึกษาสมการของโบฮาร์ทและอดัมส์

ปฏิภาณ ปัญญาพลกุล (2557) กล่าวว่า โบฮาร์ทและอดัมส์ได้พัฒนาความสัมพันธ์ตามทฤษฎีอัตราปฏิกิริยาพื้นผิว (Surface reaction rate) ซึ่งสามารถทำนายประสิทธิภาพการดูดซับแบบต่อเนื่องในระบบคอลัมน์ทดลอง โดยมีรูปแบบดังสมการที่ 3.6.3.1

$$t = \frac{N_0}{C_0 v} \left[D - \frac{v}{KN_0} \ln \left(\frac{C_0}{C_B} - 1 \right) \right] \quad (3.6.3.1)$$

โดยที่	t	คือ ระยะเวลาที่ใช้งานในคอลัมน์ (นาที)
	v	คือ ความเร็วในการไหลของน้ำผ่านวัสดุดูดซับ (เซนติเมตรต่อนาที)
	D	คือ ความหนาของชั้นวัสดุดูดซับ (เซนติเมตร)
	K	คือ ค่าคงที่อัตราการดูดซับ (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อมิลลิกรัมต่อนาที)
	N ₀	คือ ความสามารถในการดูดซับของวัสดุดูดซับ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
	C ₀	คือ ความเข้มข้นของมลสารที่เข้าสู่คอลัมน์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
	C _B	คือ ความเข้มข้นเบรกทรู (มิลลิกรัมต่อลิตร)

เมื่อให้ t = 0 แล้วแทนในสมการที่ 3.4.3.1 จะได้สมการที่ 3.6.3.2

$$D_0 = \frac{v}{KN_0} \left[\ln \left(\frac{C_0}{C_B} - 1 \right) \right] \quad (3.6.3.2)$$

โดย D₀ เรียกว่าความลึกวิกฤต (Critical bed depth) ซึ่งเป็นความหนาของชั้นวัสดุดูดซับที่ทำให้ความเข้มข้นของมลสารที่ออกจากระบบมีค่าเท่ากับความเข้มข้นเบรกทรู เมื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง t กับ D จะสามารถหาค่า N₀ และ K ได้จากความชัน และจุดตัดแกน x ตามลำดับ โดยค่าคงที่ที่ได้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบระบบดูดซับแบบคอลัมน์จริงได้

2.6.4 ระยะเวลาที่เก็บในคอลัมน์เปล่า

ปฏิภาณ ปัญญาพลกุล (2557) กล่าวว่า ระยะเวลาที่เก็บในคอลัมน์เปล่า (Empty Bed Contact Time, EBCT) คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินระบบที่เป็นพารามิเตอร์สำคัญสำหรับการใช้ในการออกแบบ และพัฒนาชุดทดลองคอลัมน์จากขนาดทดลองเป็นขนาดใช้จริง ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินระบบ และอัตราการใช้สารดูดซับ (Usage rate) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.6.4.1 และ 3.6.4.2 ตามลำดับ

$$EBCT = \frac{\text{ปริมาตรของชั้นวัสดุดูดซับ}}{\text{อัตราการกรองของสารละลาย}} \quad (3.6.4.1)$$

$$\text{Usage rate} = \frac{\text{น้ำหนักของวัสดุดูดซับในคอลัมน์}}{\text{ปริมาตรของสารละลายที่ผ่านคอลัมน์จนกระทั่งถึงจุดเบรกทรู}} \quad (3.6.4.2)$$

2.7 การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ

ประพัฒน์ เป็นตามวา, สมชาย แซ่มชุกกลิ่น และ สถาพร เป็นตามวา (2557) ได้กล่าวว่าความเสี่ยง (Risk) คือความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งคุกคามสุขภาพ (Health hazard) และการได้รับสิ่งคุกคามนั้น (Exposure) (นันทิกา สุนทรไชยกุล, เพ็ญศรี วัจฉลฉญาณ และ สิริมา มงคลสัมฤทธิ์, 2552) โดยการประมาณระดับความเสี่ยง (Risk) สามารถประมาณได้จากกระบวนการประเมินความเสี่ยง (Risk assessment) จากนั้นจึงตัดสินใจว่าความเสี่ยงที่ประเมินได้สามารถยอมรับได้หรือไม่ ซึ่งการประเมินความเสี่ยงดังกล่าว จะเป็นการประเมินสำหรับการจัดการสารเคมีที่มีผลต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน และในการประเมินจะนำความรู้ด้านพิษวิทยากับคณิตศาสตร์มาบูรณาการร่วมกันทำให้สามารถคำนวณค่าความปลอดภัยออกมาได้ ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญของความเสี่ยง จะประกอบด้วยอันตรายหรือสิ่งคุกคามสุขภาพ (Hazard) และการได้รับสัมผัส (Exposure) โดยในปัจจุบัน ได้มีการนำหลักการการประเมินความเสี่ยงไปใช้ทางด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการประเมินความเสี่ยงทางด้านจุลชีววิทยา (Microbiological risk assessment) รวมไปถึงการประเมินความเสี่ยงต่อระบบนิเวศ (Ecological risk assessment) (สุเทพ เรื่องพิเศษ, 2551) สำหรับการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ จะมีหลักการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสัมผัสสิ่งคุกคาม กับสิ่งคุกคามที่มีผลกับสุขภาพ ไม่ว่าจะเป็นด้านกายภาพ เคมี หรือชีวภาพ ซึ่งการประเมินผลจะตั้งคำถามที่เกิดจากความสัมพันธ์ดังกล่าว อาทิ เกิดอะไร (Consequences) ด้วยระดับความเสี่ยงระดับใด (Severity) มีโอกาสมากน้อยเพียงใด (Likelihood) และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการก่อให้เกิดความเสี่ยง (Magnitude) ซึ่งขั้นตอนของการวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk analysis) ได้แก่ การประเมินความเสี่ยง (Risk assessment) การจัดการความเสี่ยง (Risk management) และการสื่อสารความเสี่ยง (Risk communication) ซึ่งองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกาได้กำหนดการประเมินความเสี่ยงเป็น 4 ขั้นตอน (สุเทพ เรื่องพิเศษ, 2551; นันทิกา สุนทรไชยกุล และคณะ, 2552) อันประกอบด้วย

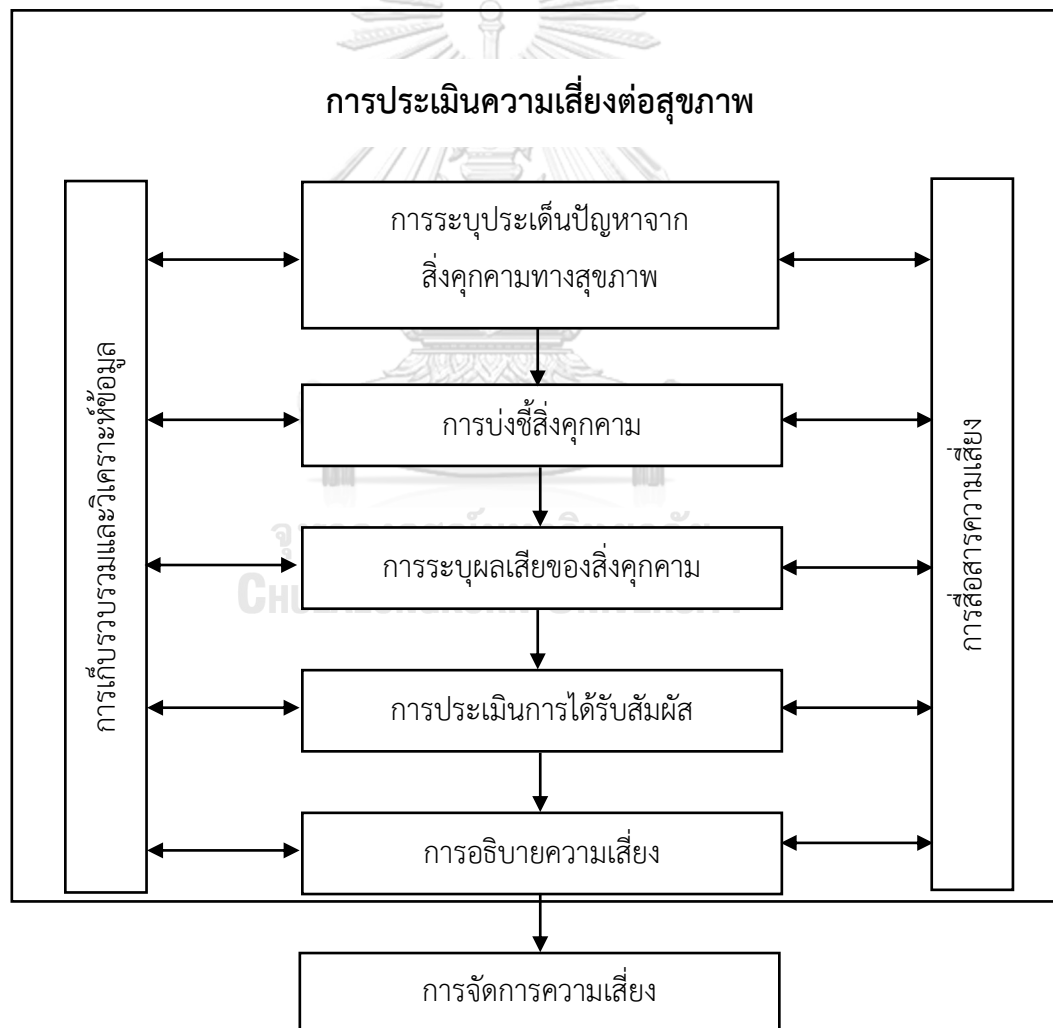
- 1) การบ่งชี้อันตราย หรือการพิจารณาหาสิ่งคุกคาม (Hazard Identification) เป็นการสรุปว่าผลกระทบทางสุขภาพได้เกิดขึ้นจากการได้รับสารเคมีที่สนใจหรือไม่ โดยเกิดจากกระบวนการรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุป

- 2) การประเมินผลกระทบจากสิ่งคุกคาม (Dose-Response Evaluation) จะเป็นการแสดงถึงความสัมพันธ์ของปริมาณของสารที่ได้รับสัมผัส รวมไปถึงความรุนแรงของความเป็นพิษ ทั้งในส่วนบุคคลและเชิงปริมาณ โดยข้อมูลส่วนใหญ่จะไดจากการศึกษาในสัตว์ทดลอง และมีบางส่วนที่ได้จากการศึกษาในมนุษย์ ซึ่งการประเมินความเสี่ยงของการได้รับสารเคมี จะเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นพิษ และปริมาณสารเคมีที่ได้รับสัมผัส โดยแบ่งเป็นสารเคมี 2 กลุ่ม ได้แก่ สารไม่ก่อมะเร็ง (non-carcinogen) และสารก่อมะเร็งที่มีผลต่อยีน (genetic carcinogen)

3) การประเมินการรับสัมผัส (Exposure Assessment) ถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดด้วยความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจะต้องมีการได้รับสัมผัสสารก่อน และความรุนแรงก็จะขึ้นอยู่กับปริมาณของสารที่ได้รับสัมผัสด้วย ในการประเมินการรับสัมผัสจะพิจารณาปริมาณสารเคมีที่ได้รับจากสิ่งแวดล้อมในมนุษย์หนึ่งคนหรือประชากรหนึ่งกลุ่ม ดังนั้น ความคลาดเคลื่อนจากการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพอาจเกิดขึ้นได้หากประเมินการรับสัมผัสผิดพลาดจากความเป็นจริง

4) การจัดระดับความเสี่ยง (Risk Characterization) คือกระบวนการที่เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนต่าง ๆ มาทำการวิเคราะห์ และคำนวณความเสี่ยงทางสุขภาพที่เกิดขึ้นจากการรับสัมผัสสารเคมีที่สนใจ

สุดท้าย ข้อมูลจากการประเมินทั้งหมดจะถูกนำมาเป็นแนวทางในการจัดการความเสี่ยงต่อสุขภาพ (นันทิกา สุนทรไชยกุล และคณะ, 2552) โดยมีกรอบแนวคิดที่แสดงได้ดังนี้



ภาพที่ 19 กรอบแนวคิดในการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ

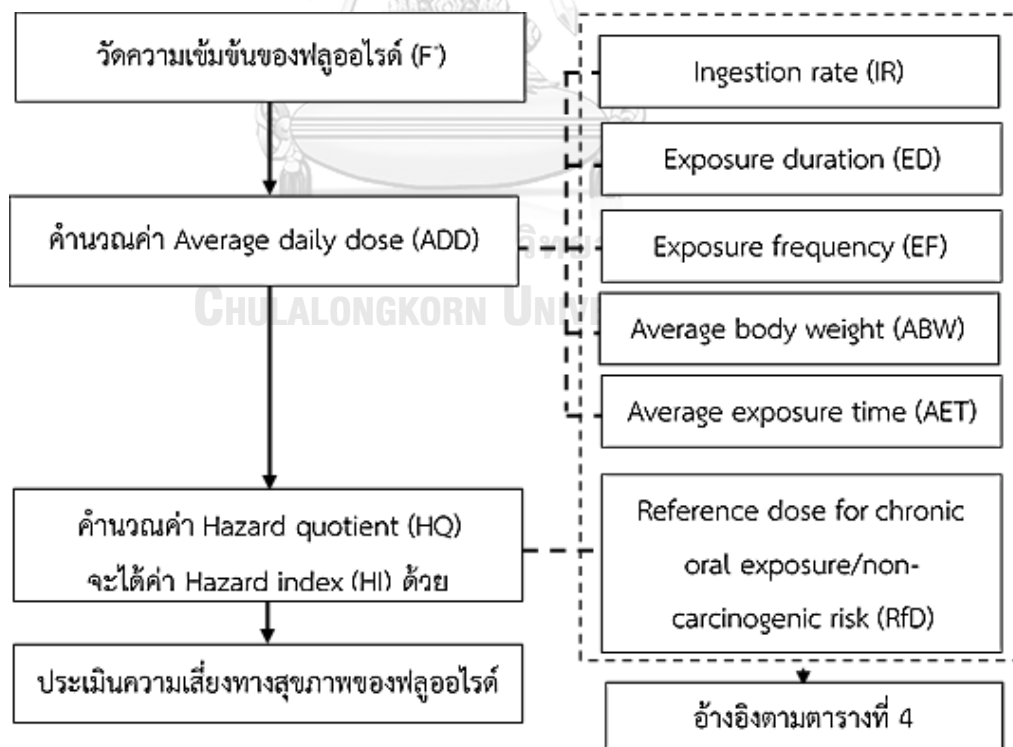
ที่มา: ประพัฒน์ เป็นตามวา และคณะ (2557)

2.7.1 ความเสี่ยงทางสุขภาพต่อการบริโภคน้ำที่ปนเปื้อนฟลูออไรด์

2.7.1.1 การคำนวณความเสี่ยงทางสุขภาพจากการบริโภคน้ำปนเปื้อนฟลูออไรด์

การคำนวณความเสี่ยงทางสุขภาพต่อการรับสัมผัสสารเคมี จะนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการคำนวณ ซึ่งจะมีการหาค่าปริมาณการได้รับสัมผัส (Dose of exposure) เพื่อนำไปคำนวณเพื่อระบุระดับความเสี่ยงจากการรับสัมผัสสาร หรือสิ่งคุกคามนั้น โดยการคำนวณจะทำให้ทราบถึงการได้รับสัมผัส และสามารถอธิบายถึงความเสี่ยงที่ได้รับได้ (Risk characterization) ซึ่งแบบจำลองคณิตศาสตร์ (Mathematic models) ที่นำมาใช้จะประกอบไปด้วย 2 แบบตามระยะเวลาของการได้รับ ได้แก่ ความเสี่ยงที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Non-cancer risk; Acute exposure with high dose) และแบบความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Cancer risk; Chronic exposure with low dose) (นันทิกา สุนทรไชยกุล และคณะ, 2552)

ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงทางสุขภาพของฟลูออไรด์ที่ปนเปื้อนในน้ำบาดาลที่ได้จากโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค ตัวอย่างน้ำจะถูกเก็บมาวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณฟลูออไรด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) จากนั้นจะนำค่าที่ได้ไปเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเสี่ยงทางสุขภาพซึ่งในทฤษฎีต่อไปนี้จะเป็นการคำนวณที่ดำเนินการตามแผนภาพที่ 18 และใช้ค่ามาตรฐานต่าง ๆ ตามตารางที่ 4 (Narsimha Adimalla, Peiyue Li และ Hui Qian, 2018)



ภาพที่ 20 การวิเคราะห์ความเสี่ยงของฟลูออไรด์

ที่มา: Narsimha Adimalla และคณะ (2018)

ตารางที่ 4 ค่ามาตรฐานสำหรับการคำนวณความเสี่ยงต่อสุขภาพ

Parameters/frequency	Males	Females	Children	References
Ingestion rate (IR, L/day)	2.5	2.5	0.78	U.S. EPA (2014)
Exposure duration (ED, years)	64	67	12	Adimalla Narsimha และ Sanda Rajitha (2018); WHO (2013)
Exposure frequency (EF, days/year)	365	365	365	U.S. EPA (2014)
Average body weight (AWB, kg)	65	55	15	Indian Council of Medical Research (2009)
Average exposure time (AET, days)	23,360	24,455	4,380	U.S. EPA (2014); WHO (2013)
Reference dose for chronic oral exposure/non- carcinogenic risk (RfD) of Fluoride		6.00×10^{-2}		U.S. EPA (2014)
Concentration of pollutant in groundwater (CPW)				ได้จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำ CHULALONGKORN UNIVERSITY

ที่มา: Narsimha Adimalla และคณะ (2018)

ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารที่ได้รับต่อน้ำหนักตัว (Average daily dose: ADD) สามารถศึกษาได้ตามแนวทางของสำนักงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (USEPA) ที่ได้จัดทำแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์ ประกอบไปด้วย การบ่งชี้อันตราย (hazard identification) การประเมินการตอบสนองต่อปริมาณสารที่ได้รับต่อน้ำหนักตัว (dose response assessment) การประเมินการรับสัมผัส (exposure assessment) และการจำแนกความเสี่ยง (risk characterization) (Adimalla Narsimha และ Sanda Rajitha, 2018) ซึ่งการศึกษานี้เกี่ยวกับการบริโภคน้ำดื่มที่ปนเปื้อน จึงนำความเข้มข้นของฟลูออไรด์มาเป็นพารามิเตอร์สำหรับการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ โดยสำนักงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกาได้จัดให้ฟลูออไรด์เป็นมลพิษที่ไม่ใช่สารก่อมะเร็ง ซึ่งการประเมินการสัมผัสปริมาณเฉลี่ยต่อวัน (Average daily dose: ADD) ของฟลูออไรด์จากการบริโภคน้ำดื่ม สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3.7.1.1 (Li Peiyue, Wu Jianhua, Qian Hui, Lyu Xinsheng และ Liu Hongwei, 2014); (U.S. EPA, 2006)

$$ADD = \frac{CF \times IR \times ED \times EF}{ABW \times AET} \quad (3.7.1.1)$$

- เมื่อ ADD คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณฟลูออไรด์ที่ได้รับต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (มก./กก./วัน)
- CF คือ ค่าความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลที่ตรวจวัดได้ (มก./ลิตร)
- IR คือ ค่าอัตราการดื่มน้ำต่อวัน (ลิตร/วัน)
- ED คือ ค่าระยะเวลาที่สัมผัสสาร (ปี)
- EF คือ ค่าความถี่ในการสัมผัสสาร (วัน/ปี)
- ABW คือ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของบุคคลผู้รับสัมผัส (กิโลกรัม)
- AET คือ ค่าเฉลี่ยการรับสัมผัสสาร (วัน)

ต่อมาจะเป็นการคำนวณค่าสัดส่วนความเสี่ยงอันตราย ซึ่งสามารถประเมินได้จากค่า Hazard Quotient (HQ) ตามเกณฑ์ของ USEPA โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยของปริมาณสารที่ได้รับต่อน้ำหนักตัว (Average daily dose: ADD) หารด้วยค่าอ้างอิงของปริมาณฟลูออไรด์ที่ได้รับต่อน้ำหนักตัว (RfD) ซึ่งเป็นสารที่ได้รับและถูกใช้เป็นตัวชี้วัดความเป็นอันตรายเรื้อรังของมลพิษที่ไม่ใช่สารก่อมะเร็ง ทั้งนี้ผลกระทบที่เป็นพิษจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการได้รับสารปนเปื้อนสูงกว่าปริมาณที่อ้างอิง โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3.7.1.2

$$HQ = \frac{ADD}{RfD} \quad (3.7.1.2)$$

เมื่อ	HQ	คือ ค่าสัดส่วนความเสี่ยงอันตราย
	ADD	คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณฟลูออไรด์ที่ได้รับต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (มก./กก./วัน)
	RfD	คือ ค่าอ้างอิงของปริมาณฟลูออไรด์ที่ได้รับต่อน้ำหนักตัวสำหรับความเสี่ยงเรื้อรังจากการรับสัมผัสทางช่องปาก/ความเสี่ยงของมลพิษที่ไม่ใช่สารก่อมะเร็ง (มก./กก./วัน)

ที่มาของค่ามาตรฐาน Reference dose (RfD)

เชิดชัย วรแก่นทราย, สุรินทร์ อารีย์ และ สิริศักดิ์ คำคง (2558) กล่าวว่า ค่ามาตรฐาน Reference dose (RfD) คือค่าที่บอกปริมาณสารเคมีที่มนุษย์สามารถรับเข้าสู่ร่างกายได้ทุกวัน โดยไม่ทำให้เกิดความผิดปกติใด ๆ ต่อสุขภาพอนามัย โดยเป็นค่าที่ได้จาก Dose-response relationship ที่มีสูตรการคำนวณ ดังสมการที่ 3.7.1.3

$$RfD = \frac{NOAEL}{UF_H \times UF_S \times UF_L \times UF_C \times MF} \quad (3.7.1.3)$$

โดย UF เป็นค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty Factor) ที่เกิดขึ้นจากหลายปัจจัย อาทิ ความไม่สมบูรณ์ของข้อมูล หรือเป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในสัตว์ทดลอง หรือในห้องปฏิบัติการ ซึ่งอาจแตกต่างจากความเป็นจริง ในการกำหนดค่า RfD ของสารเคมีชนิดต่าง ๆ จึงได้รวมค่าความไม่แน่นอนดังกล่าวในการวิเคราะห์เสมอ ซึ่งค่าความไม่แน่นอนที่นำมาวิเคราะห์ ได้แก่

$UF_H = 10$ เมื่อมีการขยายผลจากสัตว์สู่มนุษย์

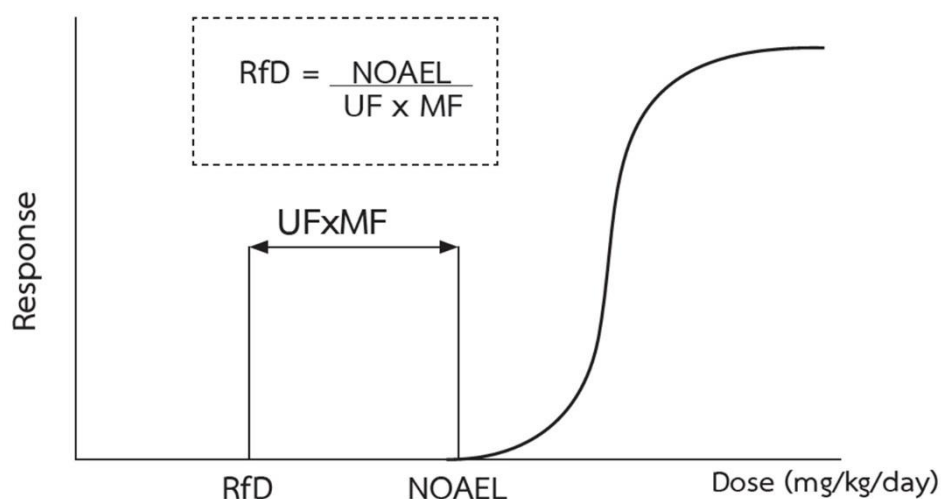
$UF_S = 10$ เมื่อเป็นค่าที่มีไว้สำหรับคนที่มีความไวในการตอบสนองสูง เช่น เด็ก หญิงมีครรภ์ ผู้สูงอายุ หรือผู้ป่วยเฉพาะโรค

$UF_L = 10$ เมื่อใช้ค่า LOAEL แทน NOAEL

$UF_C = 10$ เมื่อมีการขยายผลจากการทดลองที่ทำระยะสั้นไปสู่ผลในระยะยาว

MF คือ Modifying Factor จากคุณภาพข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาประเมินความเสี่ยง โดย MF = 1-10 แทนคุณภาพของข้อมูลจากมากไปน้อย

การคำนวณหา RfD และสมมติฐานของ Uncertainty factor อธิบายได้ตามภาพที่ 19



ภาพที่ 21 การคำนวณค่า Reference dose (RfD)

ที่มา: ภัทรกร ธนะภาวริศ และ อนนท์ ป้อมประสิทธิ์ (2551)

ค่าสัดส่วนความเสี่ยงอันตรายจะถือเป็นค่าดัชนีความเป็นอันตราย (Hazard index: HI) ของฟลูออไรด์ซึ่งเป็นมลพิษที่ไม่ใช่สารก่อมะเร็งด้วย ดังนั้น หากค่าดัชนีความเป็นอันตรายน้อยกว่า 1 แสดงว่ามีความเสี่ยงของฟลูออไรด์ซึ่งเป็นมลพิษที่ไม่ใช่สารก่อมะเร็งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่ในทางกลับกัน หากค่าดังกล่าวมีค่ามากกว่า 1 จะถือว่ามีความเสี่ยงเกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (U.S. EPA, 2014) โดยสามารถแปลความตามระดับความเสี่ยงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ระดับความเสี่ยงตามค่าดัชนีความเป็นอันตราย (HQ)

ค่าดัชนีความเป็นอันตราย (HQ)	ระดับความเสี่ยง
น้อยกว่า 0.1	ต่ำ
0.1-1.0	ยอมรับได้
1.1-10	เริ่มมีความเสี่ยง
มากกว่า 10	สูง

ที่มา: Hallenbeck WH. และ Springs W. (1993)

2.7.1.2 ผลกระทบทางสุขภาพที่เกิดขึ้นจากการบริโภคน้ำปนเปื้อนฟลูออไรด์

ฟลูออรีน ถือเป็นธาตุในตารางธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูงที่สุด ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ฟลูออรีนมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาอย่างมากเมื่อเทียบกับไอออนอื่น ๆ แม้ในปริมาณความเข้มข้นที่เล็กน้อยจึงสามารถยับยั้งหรือกระตุ้นกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับเอนไซม์ หรือการเกิดปฏิกิริยากับสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ที่นับว่าสำคัญต่อร่างกายมนุษย์ (พรพิมล พัดภู, 2547) ซึ่งมีการศึกษาการนำฟลูออไรด์มาใช้ประโยชน์ พบว่า ฟลูออไรด์มีอิทธิพลต่อระบบฟันและกระดูก เพราะในปริมาณความเข้มข้นเล็กน้อยของฟลูออไรด์ สามารถช่วยเพิ่มขนาด และลดการละลายของผลึกอะพาไทต์ทำให้กระดูกแข็งแรง อีกทั้งยังช่วยทำให้สารเคลือบฟัน (enamel) มีความต้านทานมากขึ้น ทำให้ป้องกันโรคฟันผุได้ แต่ทั้งนี้ หากใช้ในปริมาณที่สูงเป็น 2 เท่าของปริมาณที่ใช้ป้องกันฟันผุก็จะรบกวนการสร้างแคลเซียมของเคลือบฟัน ในขณะเดียวกัน ที่ปริมาณมากกว่า 20 เท่า จะทำให้เกิดความชำรุดของระบบกระดูกของร่างกาย (fluorosis) (Adler P., 1970) ทั้งนี้ ปริมาณที่ของฟลูออไรด์ที่เหมาะสมจะมีปริมาณไม่เกิน 1-1.5 ส่วน ในล้านส่วน (ppm) (ยุวรงค์ จันทรวิจิตร ชัชวาลย์ จันทรวิจิตร, 2545) ส่วนผลกระทบต่อสุขภาพอย่างเฉียบพลันจะขึ้นอยู่กับปริมาณที่รับเข้าไปสู่ร่างกาย และน้ำหนักของผู้ป่วย แต่ถ้าหากได้รับประทานฟลูออไรด์ที่มีปริมาณมากกว่า 125 มิลลิกรัมต่อลิตร จะส่งผลทำให้เกิดความผิดปกติของไตผู้ป่วย แต่ถ้ารับประทานในปริมาณ 2.5-5.0 กรัม เพียงครั้งเดียวอาจทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตได้ในทันที (Jha L.B., M. Jha., 1982) นอกจากนี้ ในความเป็นพิษเรื้อรัง หากได้รับประทานฟลูออไรด์ในปริมาณที่มากเกินไปปริมาณที่ควรได้รับต่อวันเป็นเวลานานหลายปี อาจทำให้เกิดความผิดปกติของกระดูก อาทิ กระดูกพรุน กระดูกแข็งด่าง กระดูกงอ (สุขุม ชีรดิถก, 2526) ในเด็กแรกเกิดถึง 8 ขวบ ไม่ควรได้รับในปริมาณที่มากกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และเด็กอายุ 18 - 36 เดือน ไม่ควรได้รับฟลูออไรด์เกิน 0.05 - 0.07 มิลลิกรัมฟลูออไรด์ต่อน้ำหนักตัว เป็นกิโลกรัมต่อวัน เพราะจะทำให้เกิดฟันตกกระหรือฟันลาย (mottled Teeth) (อัมพูช อินทรประสงค์, 2539)

2.8 การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค

การพัฒนาโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค ควรพิจารณาต้นทุนของการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ ต้นทุนวัสดุอุปกรณ์ในการกรอง การบำรุงรักษา การเปลี่ยนวัสดุกรองเมื่อเสื่อมประสิทธิภาพ ทั้งนี้ ต้นทุนดังกล่าวจะเชื่อมโยงกับความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (cost-benefit analysis) เป็นวิธีสำหรับประเมินต้นทุนและผลประโยชน์ทางสังคมออกมาเป็นตัวเงินของการลงทุนในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง ทั้งนี้ ในการประเมินดังกล่าว จะสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการการใช้ทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Anthony E. B., David H.G., Aidan R. V. และ David L. W., 2006) ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่าของโครงการได้แก่ มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (Internal Rate of Return: IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ทั้งนี้ โครงการที่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน จะมีค่า NPV มากกว่า 0, IRR มากกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ หรืออัตราดอกเบี้ยพันธบัตรรัฐบาลที่ใช้เป็นอัตราคิดลดในการคำนวณ (Meenaphant H., 2007)

วรรณพงษ์ กิมเพ็ชร และ เบ็ญจวรรณ หาซุน (2553) ได้ให้ความสำคัญของการประเมินความคุ้มค่าของโครงการ โดยมีการคำนวณที่ประกอบไปด้วย

2.8.1 วิธีระยะเวลาคืนทุน

วิธีระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PB) สามารถแบ่งเป็นกรณีได้ดังนี้

- (1) กรณีกระแสเงินสดสุทธิในแต่ละปีเท่ากัน
- (2) กรณีกระแสเงินสดสุทธิในแต่ละปีไม่เท่ากัน

ทั้งนี้ ข้อดีของการคำนวณด้วยวิธีระยะเวลาคืนทุน คือคำนวณง่าย ไม่ซับซ้อน อีกทั้งทราบถึงสภาพคล่องของโครงการ ซึ่งโครงการที่มีสภาพคล่องสูง ย่อมเป็นเป็นโครงการที่คืนทุนเร็ว ทำให้มีความเสี่ยงน้อย แต่ทั้งนี้ ก็ยังมีข้อเสียเกิดขึ้น เนื่องจาก การคำนวณด้วยวิธีนี้ ไม่ได้คำนึงถึงกระแสเงินสดในส่วนของภายหลังที่คืนทุนโครงการแล้ว ด้วยค่าของเงินในระยะเวลาต่าง ๆ ไม่เท่ากัน มีความเสี่ยงของค่ากระแสเงินสดที่ผันผวนในอนาคต ทำให้ไม่สามารถทราบถึงเกณฑ์ตัดสินใจที่แสดงให้เห็นว่าโครงการมีอัตราการเพิ่มมูลค่าขึ้นอย่างไร

2.8.2 วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ

วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) สามารถคำนวณได้สมการดังนี้

$$NPV = \sum_{i=0}^n PV_{Bi} - \sum_{i=0}^n PV_{Ci} \quad (3.8.2.1)$$

โดยที่

$$\sum_{i=0}^n PV_{Bi} = \text{มูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลประโยชน์}$$

$$\sum_{i=0}^n PV_{Ci} = \text{มูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุน}$$

ข้อดีของการศึกษาด้วยวิธีนี้คือสามารถทราบถึงมูลค่าจริงที่เพิ่มขึ้นจากการลงทุน มีการรายงานถึงกระแสเงินสดที่เกี่ยวข้องตลอดอายุโครงการ ค่าของเงินในเวลาต่าง ๆ และความเสี่ยงในอนาคตที่จะเกิดขึ้นจากกระแสเงินสด แต่ข้อเสียคือจะต้องประมาณการในส่วนของอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำเป็นจำนวนเงิน ซึ่งอาจเข้าใจได้ยากกว่าการแสดงเป็นอัตราส่วนในรูปของร้อยละ อีกทั้งในความเป็นจริง ไม่สามารถทำให้อัตราผลตอบแทนของกระแสเงินสดสุทธิที่ได้รับกับอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำมีค่าคงที่ตลอดอายุโครงการได้

2.8.3 วิธีอัตราผลตอบแทนจากโครงการ

วิธีอัตราผลตอบแทนจากโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) คือ การศึกษาอัตราผลตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการมีค่าเท่ากับเงินสดจ่ายสุทธิลงทุนเริ่มแรกของโครงการ

โดยหลักการ คือ โครงการจะสามารถลงทุนได้ ก็ต่อเมื่อมีอัตราผลตอบแทนจากโครงการ (IRR) มากกว่าอัตราผลตอบแทนที่ต้องการ (r) กล่าวคือ กิจกรรมจะตอบรับโครงการลงทุนเมื่อ IRR มากกว่า r โดยวิธี IRR จะใช้การเปรียบเทียบมูลค่าของเงิน 2 ส่วน คือ มูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการกับเงินสดจ่ายสุทธิของการลงทุนเริ่มแรก ณ จุดเวลาเดียวกัน ซึ่งการคำนวณ IRR ทำโดยการสมมติในส่วนของค่าอัตราผลตอบแทน (i) แล้วนำไปหาค่า IRR ทั้งนี้ จะต้องประมาณค่า i ให้สามารถคำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับสุทธิตลอดโครงการให้มีค่าใกล้เคียงกับมูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับสุทธิตลอดโครงการที่คำนวณด้วยอัตราผลตอบแทนเริ่มต้นให้มากที่สุด

2.8.4 วิธีคำนวณอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน

อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio: BCR) คือ อัตราส่วนระหว่างผลรวมมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนกับผลรวมมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุของโครงการ ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการใด ๆ คือ B/C Ratio จะต้องมีความมากกว่าหรือเท่ากับ 1 ถ้า $B/C > 1$ หมายความว่าผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไป ถ้า $B/C = 1$ หมายความว่า ผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการมีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายที่เสียไปพอดี (Chutiwong N., 2004) ดังสมการ

$$\frac{B}{C} \text{ Ratio} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} + C_0} \quad (3.8.4.1)$$

- เมื่อ B_t คือ ผลประโยชน์จากโครงการในปีที่ t
 C_t คือ ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่ t
 C_0 คือ ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่ 0
 t คือ ระยะเวลาของโครงการในแต่ละปี
 r คือ อัตราดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสในการลงทุน: อัตราดอกเบี้ยเงินกู้/พันธบัตร โดยร้อยละของดอกเบี้ยเงินกู้ธนาคารจะเป็นผู้กำหนด

2.9 การทบทวนวรรณกรรม

2.9.1 การศึกษาเกี่ยวกับการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยวัสดุดูดซับต่าง ๆ

เอกรัฐ เดชศรี (2548) ได้ทำการศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยดินเผา และศักยภาพในการนำไปใช้ โดยใช้ดินเผาเป็นตัวดูดซับซึ่งถูกนำมาประยุกต์ในการศึกษาทั้งในแบบแบทช์และแบบคอลัมน์ จากการศึกษาพฤติกรรมการดูดซับฟลูออไรด์ พบว่า ดินเผาที่มีขนาด 4 ถึง 20 เมช มีพื้นที่ผิวจำเพาะเฉลี่ย 4.23 ตารางเมตรต่อกรัม ค่าการกระจายปริมาตรรูพรุนเฉลี่ย 0.024 มิลลิกรัมต่อกรัม และขนาดรูพรุนเฉลี่ย 83.5 อังสตรอม สามารถดูดซับฟลูออไรด์ได้พอสมควร ซึ่งเกิดการดูดซับได้ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมงจากการเขย่าอย่างช้า ๆ โดยไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลง pH ในช่วง 3-9 ทั้งนี้ ประสิทธิภาพการดูดซับจะขึ้นกับความเข้มข้นของฟลูออไรด์และอุณหภูมิ อีกทั้งปริมาณฟลูออไรด์ที่ถูกดูดซับต่อกรัมดินเผาจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารฟลูออไรด์เพิ่มมากขึ้น จากการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการดูดซับที่ 30-50 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิมิมีผลเพียงเล็กน้อยต่อการดูดซับ สำหรับการกำจัดฟลูออไรด์จากน้ำตัวอย่างโรงเรียนบ้านทรายมูล อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ และ บ้านสันคะยอม ตำบลมะเขือแจ้ อำเภอเมืองจังหวัดลำพูน ที่มีความเข้มข้นของฟลูออไรด์เท่ากับ 4.85 และ 6.46 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ด้วยคอลัมน์ที่บรรจุดินเผา 2,000 กรัม และมีอัตราการกรอง 5 มิลลิลิตรต่อลิตรต่อนาที พบว่า สามารถลดปริมาณของฟลูออไรด์ให้น้อยกว่า 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ในปริมาณน้ำตัวอย่างทั้ง 900 และ 200 มิลลิลิตร และพบว่า คุณภาพน้ำที่ผ่านการกำจัดฟลูออไรด์เป็นที่ยอมรับต่อการบริโภค และไม่มีแตกต่างจากน้ำดื่มธรรมชาติทั่วไป

พรพิมล พัดภู (2547) ได้ทำการศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ในน้ำดื่มโดยใช้หินภูเขาไฟและเปลือกหอยแครง พบว่า หินภูเขาไฟเป็นหินบะซอลต์ประกอบด้วยธาตุซิลิกา แคลเซียม เหล็ก และอะลูมิเนียม ส่วนเปลือกหอยแครงมีแคลไซต์ (แคลเซียมคาร์บอเนต) เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้จัดเป็นวัสดุดูดติดผิวธรรมชาติ ที่ pH 7 ซึ่งเป็นช่วงที่วัสดุดูดติดผิวทั้งสองชนิดสามารถกำจัดฟลูออไรด์ได้ดีและเป็นช่วงที่ใกล้เคียงกับพีเอชของน้ำบาดาล ขนาดของหินภูเขาไฟและเปลือกหอยแครงที่เหมาะสมต่อการดูดติดผิว คือ 0.30-0.85 มิลลิเมตร ผลของเวลาสัมผัส พบว่า การดูดติดผิวฟลูออไรด์จะถึงจุดสมดุลเมื่อใช้เวลา 2 ชั่วโมง การทดลองแบบต่อเนื่องกับน้ำสังเคราะห์ความเข้มข้นเริ่มต้น 10.05 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า เมื่อเดินระบบ 12 ชั่วโมง ที่อัตราการกรอง 0.1 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตรต่อชั่วโมง ความสูงของชั้นดูดติดผิว 60 เซนติเมตร หินภูเขาไฟและเปลือกหอยแครงมีประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดฟลูออไรด์มากกว่า 85.00% เมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับน้ำตัวอย่างจริงจากบ่อบาดาลที่มีความเข้มข้นฟลูออไรด์ 8.10 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า หินภูเขาไฟและเปลือกหอยแครงมีประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดฟลูออไรด์ 94.80% และ 83.24% ตามลำดับ

อนันต์ ตันติจรรยาโรจน์ (2553) ได้ทำการศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ในน้ำ โดยใช้เปลือกไข่ ถ่านกัมมันต์ และถ่านแกลบดำ พบว่า วัสดุดูดติดผิวทุกชนิดมีประสิทธิภาพการลดปริมาณฟลูออไรด์มากกว่า 40% โดยที่เปลือกไข่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดคือ 61.8% รองลงมาคือถ่านกัมมันต์มีประสิทธิภาพ 53.4% ส่วนถ่านแกลบดำมีประสิทธิภาพต่ำที่สุดคือ 42.5% และเมื่อเรียงตัวของวัสดุดูดติดผิวในรูปแบบที่ต่างกัน มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p\text{-value} = 0.960$) และพบว่า ถ่านวัสดุดูดติดผิวมาผสมกันจะทำให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์เพิ่มมากขึ้น โดยในช่วงแรกจะลดปริมาณฟลูออไรด์ได้มากที่สุด แต่ประสิทธิภาพดังกล่าวจะลดลงเมื่อถึงชั่วโมงที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ทั้งนี้ จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า เปลือกไข่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์สูงที่สุด และถ้าหากนำวัสดุดูดติดผิวมาผสมเข้าด้วยกัน จะทำให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์สูงถึง 62%

มรรยาท เพ็ชรตรา (2546) ได้ทำการศึกษาการลดฟลูออไรด์ในน้ำประปาบาดาลโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว พบว่า ระยะเวลาสัมผัสของการดูดซับฟลูออไรด์ถึงจุดที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือ 24 ชั่วโมง ลดฟลูออไรด์ได้จาก 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือ 1.46 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการกำจัดฟลูออไรด์ร้อยละ 26.66 และมีค่าไอโซเทอมแบบ Freundlich 0.0039 มิลลิกรัมฟลูออไรด์ต่อกรัมคาร์บอนและเมื่อทดลองแบบต่อเนื่องพบว่า ที่อัตราการดูดซับ 0.5 แกลลอนต่อนาทีต่อตารางฟุต ที่ความหนาของชั้นถ่านกัมมันต์ 50 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการกำจัดฟลูออไรด์ในน้ำประปาบาดาลและน้ำสังเคราะห์ความเข้มข้นฟลูออไรด์ 2.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาสัมผัส 24 ชั่วโมงสามารถลดปริมาณฟลูออไรด์ลงเหลือ 1.41 และ 1.30 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ มีประสิทธิภาพการกำจัดฟลูออไรด์ร้อยละ 35.91 และ 40.91 ตามลำดับ การกำจัดฟลูออไรด์ในน้ำสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นฟลูออไรด์ 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลา 8 ชั่วโมงสามารถลดปริมาณฟลูออไรด์ลงเหลือฟลูออไรด์ 2.29 และ 1.28 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีประสิทธิภาพการกำจัดฟลูออไรด์ร้อยละ 23.67 และ 74.40 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามที่อัตราการกรองและความหนาชั้นถ่านกัมมันต์ในการศึกษานี้ไม่สามารถกำจัดฟลูออไรด์ให้มีค่าอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคได้ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม จึงควรปรับปรุงคุณภาพน้ำร่วมกับวิธีอื่นๆก่อนนำไปบริโภค

รุจิรา ไทยเอียด (2548) ได้ทำการศึกษาและออกแบบระบบบำบัดฟลูออไรด์ในน้ำใต้ดินจากโรงเรียนบ้านไผ่คอกว้าว อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ซึ่งมีฟลูออไรด์ 3.2-3.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยการนำดินเบนโทไนต์มาศึกษาการดูดซับแบบทีละเท ทั้งนี้องค์ประกอบของดินเบนโทไนต์เรียงลำดับจากน้อยไปมาก ได้แก่ โปแทสเซียม แมกนีเซียม ไททานเนียม แคลเซียม อะลูมิเนียม ซิลิกอน และเหล็ก ตามลำดับ ซึ่งจะมีอนุภาคขนาดเท่ากับ 1.65 ไมครอน จากนั้น เฝ้าดินที่อุณหภูมิ 250 550 และ 850 องศาเซลเซียส จากการเฝ้า พบว่า ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส ดินเฝ้ามีการ

ดูดซับฟลูออไรด์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ซึ่งพื้นที่ผิวในการดูดซับ 49.7140 ตารางเมตรต่อกรัม จากการศึกษาผลของไอออนบวกและไอออนลบต่อประสิทธิภาพในการดูดซับฟลูออไรด์ของดินเบนโทไนต์ พบว่า ไอออนของแคลเซียมและโซเดียมจะไม่มีผลต่อการดูดซับ โดยสามารถเรียงลำดับไอออนลบตามความสามารถในการดูดซับ ได้ดังนี้คือ คาร์บอเนต > ไฮโดรเจนคาร์บอเนต > ซัลเฟต ตามลำดับ ส่วนไนเตรท และคลอไรด์ ไม่มีผลต่อการดูดซับ เมื่อนำโซเดียมคาร์บอเนตและกรดไฮโดรคลอริกมาแอคติเวตดินเบนโทไนต์เผา 550 องศาเซลเซียส พบว่า ดินที่ได้จากการใช้กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 โมลาร์แอคติเวตเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เป็นกลางด้วยการล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน แล้วอบให้แห้งที่ 105 องศาเซลเซียสจน มีสามารถในการดูดซับฟลูออไรด์ที่ดีที่สุดคือ 94.30% และพื้นที่ผิวในการดูดซับเพิ่มเป็น 55.1828 ตารางเมตรต่อกรัม มีความสอดคล้องกับไอโซเทอมในการดูดซับ ชนิด Langmuir Adsorption Isotherm โดยมีค่าความจุในการดูดซับ (Q°) และค่าคงที่ในการดูดซับ (b) เท่ากับ 0.2170 มิลลิกรัมต่อกรัม และ 1.0000 ลิตรต่อมิลลิกรัม ตามลำดับ ผลจากการศึกษาไอโซเทอมใช้ในการออกแบบระบบบำบัดฟลูออไรด์ในน้ำใต้ดินแบบทีละเท บำบัดครั้งละ 10 ลิตร ฟลูออไรด์เริ่มต้น 3.2-3.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า pH 8.4-8.7 เวลาถึงจุดสมดุลของการดูดซับ 1.5 ชั่วโมง ประกอบด้วย 3 กระบวนการคือ กระบวนการดูดซับด้วยดินเบนโทไนต์ (40 กรัมต่อลิตร) ตามด้วยกระบวนการตกตะกอนด้วยสารส้ม (0.05 กรัมต่อลิตร) และกระบวนการกรองโดยใช้ไส้กรองตะกอนขนาด 1 ไมครอน วิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังผ่านระบบบำบัดฟลูออไรด์พบว่ามีฟลูออไรด์เหลืออยู่ 0.48 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัด 86.46 % เมื่อใช้ดินดูดซับฟลูออไรด์ซ้ำ 1 ครั้งฟลูออไรด์เหลือ 0.57 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัด 84.20 % ซึ่งผ่านมาตรฐานน้ำดื่มของกรมอนามัย (0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร)

นัทธมน แฝงศรีคำ (2542) ได้ทำการศึกษาวิธีการขจัดฟลูออไรด์ในสารละลายด้วยถ่านกระดูก กระบวนการขจัดนี้เป็นกระบวนการดูดซับแลกเปลี่ยนไอออนระหว่างฟลูออไรด์ในสารละลายกับคาร์บอเนต ซึ่งเป็นองค์ประกอบของอะพาไทต์บนถ่านกระดูก การหาปริมาณฟลูออไรด์ที่ถูกดูดซับที่สมดุล ทำได้โดยใช้ฟลูออไรด์ไอออนซีเล็กทีฟอิเล็กโทรด การทดลองเริ่มต้นด้วยการศึกษาพฤติกรรมดูดซับฟลูออไรด์ด้วยถ่านกระดูก พบว่า การดูดซับฟลูออไรด์เป็นการดูดซับแบบหลายชั้น จากผลการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อการดูดซับฟลูออไรด์ พบว่า กระบวนการดูดซับเป็นแบบดูดความร้อน และมีปริมาณการดูดซับฟลูออไรด์สูงสุดบนชั้นแรกของผิวถ่านกระดูกที่ 25, 35 และ 45 องศาเซลเซียส ประมาณ 21.1, 22.4 และ 25.7 ไมโครโมลต่อกรัมถ่านกระดูก ตามลำดับ เวลาที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดการดูดซับฟลูออไรด์บนถ่านกระดูกจนถึงภาวะอิ่มตัว เท่ากับ 9 ชั่วโมง และ pH ของสารละลายฟลูออไรด์อยู่ในช่วง 7.00-7.50 ขนาดของถ่านกระดูกมีผลต่อการดูดซับฟลูออไรด์น้อยมาก ในการศึกษาผลของไอออนชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อการดูดซับฟลูออไรด์ พบว่า คลอไรด์ ไอโอไดด์ โพแทสเซียม และโซเดียม มีผลน้อยมาก แต่แคลเซียมให้ผลไรลักษณะที่จะทำให้ฟลูออไรด์

จับตัวกับแคลเซียมตกตะกอนลงมา เมื่อได้ทดลองทำการขจัดฟลูออไรด์ที่มีในน้ำตัวอย่าง จาก อำเภอ
สันกำแพง และอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีปริมาณฟลูออไรด์เข้มข้น 10.8 ppm และ 13.0
ppm ตามลำดับ โดยใช้วิธีบำบัดแบบแบทช์เดียว ผลปรากฏว่า ความเข้มข้นของฟลูออไรด์หลังจากที่
ปล่อยให้ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลที่ได้จากการทดลองลดลงเหลือประมาณ 4.40 ppm และ 4.10
ppm ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การขจัดได้เท่ากับ 62 และ 66 ตามลำดับ



2.9.2 การศึกษาเกี่ยวกับการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยถ่านกระดูกด้วยระบบคอลัมน์

อลงกต ไชยอุปละ (2541) ได้ทำการศึกษาผลของความเข้มข้นของฟลูออไรด์และขนาดของถ่านกระดูกต่อการกำจัดฟลูออไรด์ในน้ำดื่ม โดยศึกษาผลของความเข้มข้นที่ใช้ถ่านกระดูก 2 ชนิดที่บรรจุไว้ในแบบจำลองระดับห้องปฏิบัติการ น้ำตัวอย่างที่ใช้เป็นน้ำตัวอย่างสังเคราะห์ที่เตรียมขึ้น โดยการละลายโซเดียมฟลูออไรด์ในน้ำประปาให้มีความเข้มข้นฟลูออไรด์ 3 5 7 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับการศึกษาผลของขนาดถ่านกระดูกได้ทำโดยเลือกใช้ถ่านชนิด A ที่มีขนาดตั้งแต่ 12 16 20 และ 40 mesh และใช้น้ำตัวอย่างสังเคราะห์ที่มีฟลูออไรด์ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร การดำเนินระบบเป็นแบบไหลลงอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราการกรองที่คงที่เท่ากับ 0.43 BV/hr (0.26 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร*ชั่วโมง) นอกจากนี้ยังทำการหาค่าความสามารถในการดูดติดฟลูออไรด์ของถ่านกระดูกโดยการทดลองแบบแบทช์ด้วย จากการศึกษาผลของความเข้มข้นพบว่าที่ความเข้มข้นฟลูออไรด์ในน้ำเข้า 3-10 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ่านชนิด A มีค่าความสามารถในการดูดติดฟลูออไรด์ที่จุดสมดุลอยู่ในช่วง 2.25-3.64 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่า MTZ มีแนวโน้มมากขึ้นเมื่อค่าความเข้มข้นฟลูออไรด์ในน้ำเข้ามีค่าสูงขึ้นโดยมีค่าเท่ากับ 11 17 27 69 เซนติเมตร ที่ความเข้มข้นทางน้ำเข้า 3 5 7 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับถ่านชนิด B ผลการศึกษาในช่วงความเข้มข้นฟลูออไรด์ของน้ำเข้า 3-10 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ามีค่าความสามารถในการดูดติดฟลูออไรด์ที่จุดสมดุลต่ำกว่าถ่านชนิด A โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.45-1.01 มิลลิกรัมต่อกรัม และความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในน้ำเข้าไม่มีผลต่อค่า MTZ โดยพบว่า ค่า MTZ มีค่าใกล้เคียงกัน และอยู่ในช่วง 101-111 เซนติเมตร สำหรับการศึกษาผลของถ่านกระดูก พบว่าการเดินระบบโดยใช้ถ่านขนาด 12-40 mesh มีค่าความสามารถในการดูดติดฟลูออไรด์ที่จุดสมดุลอยู่ในช่วง 2.25-4.061 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่า MTZ อยู่ในช่วง 36-69 เซนติเมตร โดยการเปลี่ยนแปลงของถ่านกระดูกไม่มีผลต่อความสามารถในการดูดติดฟลูออไรด์และ MTZ อย่างเด่นชัด ส่วนผลการศึกษาแบบแบทช์ แสดงให้เห็นว่ารูปแบบในการดูดติดฟลูออไรด์ของถ่านชนิด A เป็นไปตามสมการของฟรูดริค และให้ค่าฟรูดริคไอโซเทอมสูงสุดเมื่อใช้ถ่านขนาด 16 mesh โดยมีค่า n เท่ากับ 0.33 ค่า K_f เท่ากับ 0.02 ส่วนถ่านชนิด B ไม่สามารถหาค่าไอโซเทอมได้เนื่องจากไม่สามารถหาสมการที่เหมาะสมทำนายข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

กฤษภัทร ยินศิริ (2541) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกระดูกในการลดปริมาณฟลูออไรด์ โดยแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการคือ การตกตะกอนด้วยถ่านกระดูกแบบผงโดยวิธีจาร์เจสท์ และการกรองด้วยถ่านกระดูกแบบเกล็ดโดยวิธีคอลัมน์เทสท์ เพื่อลดฟลูออไรด์ในน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 5 7.5 และ 10 มิลลิกรัมฟลูออไรด์ต่อลิตร ให้เหลือน้อยกว่าค่ามาตรฐานคือ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการหาสภาวะที่เหมาะสมของการตกตะกอนฟลูออไรด์ด้วยวิธีจาร์เจสท์ พบว่า ปริมาณถ่านกระดูกผงที่เหมาะสมคือ 38, 76 และ 124 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 6.0-6.5 เวลาที่ใช้ในการตกตะกอนสมบูรณ์เป็น 65, 105 และ 125 นาที

ตามลำดับ สารบวกรวมคือ สารอินทรีย์ คลอไรด์ และไนเตรท มีผลลดประสิทธิภาพการตกตะกอนจากมากไปน้อยตามลำดับ โดยที่ความเข้มข้นของสารบวกรวมจะแปรผกผันกับประสิทธิภาพของถ่านกระดุก และศึกษาการดูดซับโดยการกรองด้วยคอลัมน์ทดสอบ ที่อัตราการน้ำล้นผิว 0.30, 0.59 และ 1.18 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ได้ความสัมพันธ์ของอายุการใช้งานและความสูงของชั้นถ่านกระดุกเป็นสมการเส้นตรง สามารถนำไปคำนวณหาสัมประสิทธิ์ทางจลนศาสตร์ ได้แก่ N_0 , K , h_0 โดยสมการ Adams และ Bohart เมื่อนำข้อมูลที่นำมาประยุกต์ใช้งานกับน้ำตัวอย่างสังเคราะห์ที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำจริงที่มีความเข้มข้นของฟลูออไรด์ 7 มิลลิกรัมต่อลิตร ออกแบบระบบให้มีอัตราการน้ำล้นผิว 0.59 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ความสูงของชั้นถ่านคือ 41.0 เซนติเมตร และอายุการใช้งาน 8 ชั่วโมง และเมื่อครบ 8 ชั่วโมง ปริมาณฟลูออไรด์ยังคงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

โยธิน มัชฌิมาดิลก (2557) ได้ศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยถ่านกระดุกที่ผลิตขึ้นภายในครัวเรือน โดยใช้กระบวนการผลิตถ่านกระดุกที่ไม่ยุ่งยากและราคาถูก โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดลองแบบทีละเท (Batch Test) เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพและกลไกดูดซับฟลูออไรด์ของถ่านกระดุก และการทดลองแบบต่อเนื่อง (Continuous Test) เพื่อออกแบบกระบอกกรองสำหรับใช้บำบัดฟลูออไรด์ในครัวเรือน โดยลดความเข้มข้นฟลูออไรด์ให้เหลือไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำดื่มคือ 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจากการศึกษา พบว่า ระยะเวลาสมดุลที่เหมาะสมคือ 12 ชั่วโมง และปฏิกิริยาการดูดซับที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง กระบวนการดูดซับของถ่านกระดุกมีแนวโน้มที่สอดคล้องกับไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรอนดริช อีออนอื่น ๆ ในน้ำ คือ Cl^- , NO_3^- , และ SO_4^{2-} ไม่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาการดูดซับฟลูออไรด์ของถ่านกระดุก การศึกษาการดูดซับผ่านกระบอกกรองด้วยน้ำสังเคราะห์ฟลูออไรด์ที่อัตราการกรอง 15 มิลลิกรัมต่อนาที่ ได้ความสัมพันธ์ของอายุการใช้งานและความสูงของถ่านกระดุก เมื่อนำไปคำนวณหาสัมประสิทธิ์ทางจลนศาสตร์โดยสมการ Bohart-Adams พบว่า ความหนาของชั้นดูดซับที่น้อยที่สุดที่สามารถบำบัดน้ำปนเปื้อนฟลูออไรด์ให้มีความเข้มข้นไม่เกิน 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตรคือ 11.16 เซนติเมตร เมื่อนำผลการทดลองทั้งหมดมาประยุกต์ใช้งานกับน้ำใต้ดินปนเปื้อนฟลูออไรด์ความเข้มข้น 3.31-3.45 มิลลิกรัมต่อลิตรที่อัตราการกรอง 15 มิลลิกรัมต่อนาที่ โดยใช้กระบอกกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.5 เซนติเมตร พบว่า ที่ความสูงของชั้นดูดซับ 30 เซนติเมตร และ 50 เซนติเมตร สามารถกรองน้ำให้มีความเข้มข้นของฟลูออไรด์ไม่เกิน 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตรได้ประมาณ 140 ลิตร และ 400 ลิตร ตามลำดับ

Awassada Phongphiphat (2004) ได้ศึกษาผลของอัตราการกรองและความลึกของชั้นตัวกลางต่อการกำจัดฟลูออไรด์ ด้วยวิธีการตกผลึกแบบสัมผัสในคอลัมน์ถ่านกระดุก ในถึงปฏิกิริยาแบบต่อเนื่อง โดยเตรียมถ่านกระดุกที่ใช้มีขนาด 0.5-1.0 เซนติเมตร ที่ได้จากการเผาด้วยสภาพการเผาแบบได้รับออกซิเจนบางส่วน จากนั้น จะทำการศึกษาด้วยการแปรผันค่าอัตราการกรองและความลึกของชั้นตัวกลางให้ต่างกัน 5 ค่า โดยถึงปฏิกิริยาที่ใช้จะเป็นคอลัมน์แก้ว เส้นผ่าน

ศูนย์กลางภายใน 2.6 เซนติเมตร ควบคุมการไหลขึ้นโดยเครื่องสูบน้ำ น้ำที่ใช้ในการทดลองสังเคราะห์ขึ้นโดยการเติมสารเคมีให้มีอัตราส่วนโมลของ ฟลูออไรด์:ฟอสเฟต:แคลเซียม เท่ากับ 1:1.5:2.75 ความเข้มข้นของสารละลายฟลูออไรด์เริ่มต้นคือ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ ถ่านกระดูกจะบรรจุลงคอลัมน์เพื่อให้ได้ความลึกของชั้นตัวกลางเป็น 10 15 20 25 และ 30 เซนติเมตร ทำให้ได้ขนาด Bed volume 53.10 75.64 106.18 132.73 และ 159.28 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ทุกคอลัมน์ที่ถูกทดลองที่ค่าอัตราการกรองต่าง ๆ ได้แก่ 200 300 400 500 และ 600 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าทั้งอัตราการกรองและความลึกของชั้นตัวกลางมีผลกระทบต่อความสามารถและประสิทธิภาพในการกำจัดฟลูออไรด์ของถ่านกระดูก ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ปริมาณน้ำมากที่สุด ที่สามารถบำบัดฟลูออไรด์ให้น้อยกว่า 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตรได้ คือ 35.38 ลิตร ซึ่งผลการทดลองนี้ทำให้เห็นว่าความลึกของชั้นตัวกลาง มีอิทธิพลต่อการกำจัดฟลูออไรด์มากกว่าอัตราการกรอง



2.9.3 การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ

ประพัฒน์ เป็นตามา และคณะ (2557) ได้ทำการศึกษาการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของการบริโภคน้ำประปาชุมชน โดยประเมินความเสี่ยงที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Non-cancer risk) ตามวิธีการของ U.S. EPA (2005) พบว่า สารกลุ่ม THMs พบ Chloroform ในน้ำประปาผิวดินมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในจังหวัดชัยภูมิ ในบริเวณจุดจ่ายน้ำประปาและจุดบ้านผู้ใช้น้ำที่อยู่ในช่วง ตรวจไม่พบ-28.67 และ ตรวจไม่พบ-30.53 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งสารกลุ่ม THMs มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก นอกจากนี้ความเสี่ยงที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งรวม (Hazard indexes, HI) พบค่าความเสี่ยงสูงสุดที่พบในสาร Chloroform เท่ากับ 0.11 โดยอยู่ในเกณฑ์ที่ร่างกายได้รับความเสี่ยงที่ยอมรับได้

จอมจันทร์ นทีวัฒนา, จินตพัฒน์ นทีวัฒนา, เพชร เพ็งชัย, ไมตรี สุทธจิตต์, วิชัย เทียนถาวร, แสง ดอน คิม และ ควอง วู คิม (2558) ได้ทำการประเมินคุณภาพน้ำดื่มและน้ำเพื่อการเกษตรของโครงการพระราชดำริอ่างเก็บน้ำแม่ป๋อก ตำบลศรีวิชัย อำเภอสี จังหวัดลำพูน พบว่าค่าเคมีกายภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่ม ผลวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุพบว่า อะลูมิเนียม และตะกั่วบริเวณปลายน้ำมีความเข้มข้น 187.90 และ 21.87 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก ส่วนการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพพบว่า ธาตุที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพในกลุ่มผู้บริโภคที่เป็นเด็ก (ค่าดัชนีความเสี่ยงต่อสุขภาพมากกว่า 1) ประกอบด้วยสารหนู แทลเลียม และวาเนเดียม ซึ่งมีความเสี่ยงทั้งบริเวณต้นน้ำและปลายน้ำรวมทั้งระดับความเข้มข้นของสารหนูในน้ำก็มีค่าสูงเกินกว่าระดับความเสี่ยงมาตรฐานความปลอดภัยสูงสุดด้วย

Narsimha Adimalla และคณะ (2018) ได้ทำการประเมินคุณภาพน้ำใต้ดินและความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากการปนเปื้อนของฟลูออไรด์และไนเตรทในจังหวัด Nirmal ประเทศอินเดียที่ดื่มน้ำจากแหล่งน้ำใต้ดินเป็นหลัก พบว่า ตัวอย่างน้ำบาดาล 26.00 % และ 20.59% มีความเข้มข้นของไนเตรทและฟลูออไรด์สูงกว่าค่าสูงสุดที่กำหนดโดยสำนักมาตรฐานอินเดีย (45 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ) ทั้งนี้ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสารที่ไม่ใช่สารก่อมะเร็งสำหรับผู้ชาย ผู้หญิง และเด็ก อยู่ในช่วง 2.95×10^{-1} ถึง 4.07 , 3.49×10^{-1} ถึง 4.80 และ 3.99×10^{-1} ถึง 5.50 ตามลำดับ นอกจากนี้ 67.65%, 79.41% และ 82.35% ของตัวอย่างน้ำใต้ดินที่เก็บรวบรวมทั้งหมดนั้นมีดัชนีสุขภาพโดยรวมที่ยอมรับได้เกินขีดจำกัดที่อนุญาต (THI=1) โดยเรียงลำดับได้คือผู้ชาย ผู้หญิง และเด็ก ตามลำดับ ดังนั้นการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพชี้ให้เห็นว่าเด็กมีความเสี่ยงต่อสุขภาพสูงกว่าผู้ชายและผู้หญิงในภูมิภาค

Soma Giri และ Abhay Kumar Singh (2015) ได้ทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากตัวอย่างน้ำบาดาลจากสถานที่เก็บตัวอย่าง 30 แห่งทั่วลุ่มน้ำ Subarnarekha ประเทศอินเดีย ทั้งนี้เมื่อประเมินความเสี่ยงอันตราย (HQ) และความเสี่ยงในการเป็นมะเร็ง โดยใช้การบริโภค

ของผู้ใหญ่ และเด็ก พบว่า แมงกานีส (Mn) เป็นมลพิษที่สำคัญที่สุดที่นำไปสู่ความกังวลเกี่ยวกับความเป็นพิษอย่างอื่นที่ไม่ใช่การเกิดมะเร็ง (non-carcinogenic) นอกจากนี้ความเสี่ยงในการก่อมะเร็งของสารหนู (As) สำหรับผู้ใหญ่และเด็กอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ของ 1×10^{-4} สารที่มีความเสี่ยงมากที่สุดคือ แมงกานีส (Mn), โคบอลต์ (Co) และ สารหนู (As) เมื่อพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นทางเรขาคณิตของโลหะ ดัชนีอันตราย (HI) สำหรับผู้ใหญ่จะสูงที่สุด เมื่อพิจารณาตามสถานที่ต่าง ๆ ค่าดัชนีอันตรายสำหรับผู้ใหญ่จะเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0.18 ถึง 11.34 และสำหรับเด็กคือ 0.15 ถึง 9.71 ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าอันตรายจากโลหะหนักที่ได้รับจะเกิดขึ้นจากการบริโภคน้ำดื่ม



2.9.4 การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการร่อนน้ำบาดาล

พพร เศรษฐพฤษา, กัมปนาท วิจิตรศรีกรม และ ปิยะ ดวงพัตรา (2557) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรในพื้นที่การเกษตรแบบพึ่งพาน้ำฝน อำเภอนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี โดยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อเป็นแหล่งน้ำเสริมสำหรับพื้นที่การเกษตรแบบพึ่งพาน้ำฝน ในอำเภอนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี โดยรวบรวมข้อมูลรูปแบบการปลูกพืช แล้ววิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการปลูกพืชแต่ละรูปแบบเปรียบเทียบก่อนและหลังมีน้ำบาดาลเพื่อการเกษตร วิเคราะห์ความคุ้มค่าของการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value; NPV) อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit - Cost Ratio; B/C Ratio) อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (Internal Rate of Return; IRR) และระยะคืนทุน โดยกำหนดให้การพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรมีอายุโครงการ 10 ปี และมีการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการใน 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 หน่วยงานภาครัฐ คือ กรมทรัพยากรน้ำบาดาลเป็นผู้ลงทุนก่อสร้างระบบน้ำบาดาลเพื่อการเกษตร แล้วส่งมอบให้กลุ่มเกษตรกรเพื่อจัดการน้ำและใช้น้ำร่วมกัน และกรณีที่ 2 เกษตรกรเป็นผู้ลงทุนสร้างระบบน้ำบาดาลเพื่อการเกษตร สำหรับใช้ในพื้นที่ของตนเอง ผลการวิจัยพบว่ารูปแบบการปลูกพืชที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจคุ้มค่าที่สุด คือ การปลูกข้าวนาปีแล้วปลูกพืชผัก 2 ครั้ง ซึ่งในกรณีที่ 1 จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 314,466.88 บาทต่อไร่ อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) เท่ากับ 1.91 อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (IRR) ร้อยละ 88.44 ระยะคืนทุน 1 ปี และในกรณีที่ 2 จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 257,212.21 บาทต่อไร่ อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) เท่ากับ 1.78 อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (IRR) ร้อยละ 73.75 ระยะคืนทุน 1 ปี

สมศักดิ์ ไชยโคตร (2554) ได้ศึกษาความคุ้มค่าของการใช้ระบบน้ำบาดาลสำหรับการเกษตรกรรมในพื้นที่ หมู่ที่ 9 และหมู่ที่ 14 ตำบลเสิงสาง อำเภอสว่าง จังหวัดนครราชสีมา โดยทำการศึกษาความคุ้มค่าเป็น 2 กรณี ประกอบด้วย การเกษตรแบบดั้งเดิม และการเกษตรแบบใช้การสูบน้ำบาดาลด้วยเครื่องยนต์ ซึ่งการวิเคราะห์ จะใช้วิธีสัมภาษณ์รายได้และรายจ่ายที่เกษตรกรในพื้นที่จากทั้งสองกลุ่มใช้ในการทำเกษตร แบ่งเป็นกลุ่มที่ทำการเกษตรแบบดั้งเดิม และกลุ่มที่ใช้การสูบน้ำบาดาลด้วยเครื่องยนต์ จากการศึกษา พบว่า การเกษตรกรรมแบบดั้งเดิม (ในกรณีที่ไม่มีปัญหาภัยแล้ง) ระยะเวลา 5 ปี จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุน คือ 4,952 บาทต่อไร่ นอกจากนี้ การใช้เครื่องสูบน้ำด้วยเครื่องยนต์ในระบบน้ำบาดาลไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 0.96) โดยการลงทุนที่คุ้มค่ากว่าการเกษตรกรรมแบบดั้งเดิม ก็คือระบบน้ำบาดาลซึ่งให้ผลตอบแทนได้มากกว่า จะสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 3 ปี มีค่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 1.38 ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิที่ระยะเวลา 5 ปีของการลงทุนเท่ากับ 10,608 บาทต่อไร่ และ

อัตราผลตอบแทนจากโครงการที่ระยะเวลา 5 ปีของการลงทุน เท่ากับร้อยละ 34 ดังนั้น โครงการขยายไฟฟ้าในพื้นที่ดังกล่าวจะเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร อีกทั้งยังช่วยลดปัญหาสังคมในพื้นที่ดังกล่าว เช่น ปัญหาว่างงาน และปัญหาเสพติด เป็นต้น

นิติพงษ์ สงครีโรจน์ (2559) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลพุ กรณีศึกษา พื้นที่บ้านอ้อคำ ตำบลกระนวน อำเภอลำดวน จังหวัดขอนแก่น โดยกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา ได้แก่ เกษตรกร จำนวน 115 คน ผลการศึกษาพบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการฯ เท่ากับ 133,329,551.40 บาท เมื่อนำไปคำนวณอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) ได้เท่ากับ 5.73 และอัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเท่ากับ ร้อยละ 22.16 ผลการคำนวณสรุปได้ว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิตั้งแต่อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนมากกว่าหนึ่ง และอัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจมากกว่าค่าเสียโอกาสของเงินลงทุน ดังนั้น ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโครงการฯ มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน และเมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวใน 17 กรณีจะพบว่า โครงการฯ ยังมีความคุ้มค่าในการลงทุน

วรรณพงษ์ กิมเพ็ชร และ เบญจวรรณ หาซุน (2553) ได้ทำการศึกษาด้านทุนและผลตอบแทนโครงการประปาบาดาล กรณีศึกษา : ตำบลบางช้าง อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม เพื่อศึกษาด้านทุนและผลตอบแทนในโครงการประปาบาดาลของ อบต. บางช้าง อ. สามพราน จ. นครปฐม รวมทั้งได้หาแนวทางการจัดเก็บค่าน้ำที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ (BCR or B/C) และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการเป็นเกณฑ์ในการชี้วัด โดยกำหนดอายุโครงการ 20 ปี และใช้อัตราคิดลดร้อยละ 6 ต่อปี ผลการศึกษา พบว่าปัจจุบัน อบต. มีการจัดเก็บค่าน้ำที่อัตราคงที่เท่ากับ 5 บาท/หน่วย ซึ่งถือว่าไม่คุ้มทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากมี NPV เท่ากับ -73,801,7.292 บาท B/C เท่ากับ 0.3892 และ IRR เท่ากับ -25.9907 % รวมทั้งมีระยะเวลาคืนทุน (PB) มากกว่า 200 ปี ซึ่งกรณีที่จะทำให้โครงการคุ้มทุนนั้น จะต้องมีการจัดเก็บค่าน้ำที่ 13 บาท/หน่วย ซึ่งจะทำให้ NPV มีค่าเท่ากับ 27,953 บาท B/C เท่ากับ 1.0000 IRR เท่ากับ 6.0060 % และมีระยะเวลาคืนทุนภายใน 17 ปี ถ้าอัตราการชำระคืนของบ่อบาดาลเพิ่มขึ้นสูงสุด 24 บ่อ จะต้องเพิ่มการจัดเก็บค่าน้ำที่อัตรา 13 บาท/หน่วย จึงจะสามารถคืนทุนได้ภายใน 17 ปี

พงศ์พันธุ์ แพรกทอง (2558) ได้ศึกษาการจัดตั้งและบริหารจัดการกลุ่มน้ำดื่มชุมชนเพื่อการพึ่งตนเองของชุมชนบ้านหนองชุมแสง ตำบลบ้านส้อง อำเภอเวียงสระ จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยพบว่า โครงการผลิตน้ำดื่มชุมชนมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ เท่ากับ 107,888 บาท อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน เท่ากับ 1.15 อัตราผลตอบแทนเท่ากับ ร้อยละ 10.3 และมีระยะคืนทุน เท่ากับ 7 ปี 10 เดือน แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ต่อการลงทุน

2.10 สรุปผลการศึกษาวรรณกรรมและความจำเป็นในการทำการวิจัย

จากการศึกษาวรรณกรรมและความจำเป็นในการทำการวิจัยข้างต้น ทำให้เห็นว่า ปัญหาการเจือปนของฟลูออไรด์ในน้ำบริโภคถือเป็นปัญหาใหญ่ที่ควรเร่งแก้ไข ยิ่งพื้นที่ที่ประสบปัญหาเป็นพื้นที่ทุรกันดารด้วยแล้ว ก็ย่อมต้องมีความช่วยเหลือของนักวิชาการ หรือผู้ที่มีความรู้ แต่ทั้งนี้วิธีการที่เหมาะสมที่จะนำไปช่วยพวกเขาเหล่านั้น ก็ควรเป็นวิธีที่ปฏิบัติแล้วเกิดความยั่งยืน ชาวบ้านสามารถทำได้ด้วยตนเอง สามารถพึ่งพาตัวเองได้ในขณะที่ไม่มีผู้เชี่ยวชาญหรือหน่วยงานใด ๆ ในพื้นที่ ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้กระบวนการ ความรู้ ตลอดจนนวัตกรรมที่นำเข้าไปต้องเป็นสิ่งที่ชาวบ้านจับต้องได้ สามารถทำความเข้าใจได้อย่างรวดเร็ว ถ้าหากเป็นวัสดุอุปกรณ์ หรือองค์ความรู้ที่ชาวบ้านในพื้นที่คุ้นชิน ก็ย่อมส่งเสริมให้กระบวนการต่าง ๆ เกิดประสิทธิภาพ และมีแนวโน้มการพัฒนาอย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคตได้ หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน จึงเป็นกลายเป็นพื้นที่ตัวอย่างที่จะใช้เป็นกรณีศึกษาในการแก้ไขปัญหานี้ที่กำลังประสบปัญหาขาดแคลนน้ำเพื่อการบริโภค เพียงเพราะชาวบ้านขาดความเชื่อมั่น และเชื่อว่ามี การปนเปื้อนของแหล่งน้ำที่มีในหมู่บ้าน ด้วยเหตุนี้ ชาวบ้านจึงต้องซื้อน้ำบริโภคจากแหล่งอื่น เกิดการสูญเสียเงินเป็นจำนวนมาก จึงนำไปสู่การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับการใช้วัสดุท้องถิ่น และองค์ความรู้ต่าง ๆ เพื่อช่วยแก้ไขปัญหานี้ให้กับชาวบ้านในครั้งนี้ ซึ่งหนึ่งในนั้นก็คือการนำวัสดุท้องถิ่นที่หาได้ง่ายมาทำการศึกษา จะเห็นว่าวัสดุท้องถิ่นที่สามารถหาได้ง่ายตามธรรมชาตินั้น หากดูเผิน ๆ แล้วอาจไม่มีคุณค่า หรือสร้างประโยชน์ใด ๆ มิได้ แต่ทว่า วัสดุธรรมชาติง่าย ๆ ธรรมดา ๆ เหล่านี้กลับสร้างคุณประโยชน์อย่างมากมาย สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อกำจัดฟลูออไรด์ที่ละลายอยู่ในน้ำอุปโภคบริโภค ซึ่งเป็นสารที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ ไม่ว่าจะเป็นดินเผา เปลือกไข่ หินภูเขาไฟ เปลือกหอยแครง ถั่วแกลบ กะลามะพร้าว หรือแม้แต่กระดุก โดยการศึกษาส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่การลดปริมาณของฟลูออไรด์ในน้ำบริโภค ซึ่งพบว่าวัสดุที่แตกต่างกัน ก็ทำให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำมีมากน้อย เกิดความแตกต่างเช่นกัน อย่างไรก็ตาม วัสดุต่าง ๆ เกือบทั้งหมดล้วนแล้วแต่สามารถทำให้คุณภาพน้ำมีปริมาณฟลูออไรด์ที่ลดลงจนผ่านค่ามาตรฐานน้ำดื่มได้ ซึ่งมีเพียงแต่สามารถลดปริมาณฟลูออไรด์ในห้องปฏิบัติการเท่านั้น แต่ยังสามารถลดปริมาณของฟลูออไรด์ในแหล่งน้ำตามสภาพจริงในธรรมชาติ และเป็นที่ยอมรับสำหรับการบริโภคอีกด้วย จากการนำวัสดุต่าง ๆ มาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ หากพิจารณาที่กระบวนการ จะพบว่า สิ่งหนึ่งที่สันนิษฐานว่าอาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การกำจัดฟลูออไรด์ในน้ำประสบผลสำเร็จได้ ก็คือ ลักษณะพื้นผิวของวัสดุดูดซับ จะเห็นได้จากวัสดุต่าง ๆ หรือถ้ำถ่านของวัสดุที่ได้กล่าวมาข้างต้นล้วนมีลักษณะพื้นผิวที่มีความพรุนสูงทั้งสิ้น นอกจากนี้ หากนำวัสดุดูดซับติดผิวมาผสมกันก็ยิ่งทำให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์เพิ่มมากขึ้นด้วย แต่ทว่า ไม่ใช่วัสดุทุกชนิดจะสามารถลดปริมาณของฟลูออไรด์ให้เป็นที่พึงพอใจ ก็ยังมีบางการศึกษาที่วัสดุที่นำมาศึกษาไม่สามารถลดปริมาณฟลูออไรด์ลงให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งอาจจะขึ้นอยู่กับชนิด

ของตัวดูดซับ ความลึกของชั้นดูดซับ อัตราการกรองของน้ำ ตลอดจนปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ดังนั้น จึงควรปรับปรุงคุณภาพน้ำร่วมกับวิธีอื่น ๆ ต่อไป

จากการศึกษาวัสดุต่าง ๆ ต่อการลดปริมาณฟลูออไรด์ในแหล่งน้ำในข้างต้น ก็มีวัสดุหลายชนิดที่น่าสนใจ และมีประสิทธิภาพในการกำจัดฟลูออไรด์สูง ซึ่งอีกปัจจัยที่ได้ทราบมาก็คือปัจจัยโครงสร้างของวัสดุ นั่นคือ โครงสร้างอะพาไทต์ โดยโครงสร้างอะพาไทต์ สามารถดักจับฟลูออไรด์ให้เข้าไปภายในโครงสร้างได้ ในขณะที่เดียวกันก็มีความสามารถในการจำกัดไม่ให้ฟลูออไรด์กลับออกมาละลายในแหล่งน้ำได้อีก หากมาพิจารณาที่ปริมาณอะพาไทต์ที่เป็นองค์ประกอบของวัสดุแต่ละชนิด จะเห็นได้ว่า กระดูก เป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่มีเมื่อแปรสภาพให้เป็นถ่านแล้วจะมีองค์ประกอบของอะพาไทต์สูง การศึกษาต่อไปจึงเป็นการศึกษาการนำกระดูกสัตว์มาแปรสภาพเป็นถ่านเพื่อนำมาใช้ลดปริมาณของฟลูออไรด์ที่ละลายในน้ำ ซึ่งการศึกษาต่าง ๆ จะมุ่งเน้นไปที่การนำกระดูกมาแปรสภาพให้เป็นถ่านด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นที่อุณหภูมิต่างกัน สภาวะในการเผา และอื่น ๆ แต่ที่เห็นจะมีการศึกษาจำนวนมาก ก็คือการศึกษาขนาดของถ่านกระดูก ความสามารถในการดูดติดผิว การกรองด้วยวิธีคอลัมน์ การศึกษาความสูงของชั้นกรอง อัตราการกรอง การกำจัดฟลูออไรด์ด้วยถ่านกระดูกที่สามารถผลิตขึ้นได้ภายในครัวเรือน ด้วยกระบวนการผลิตถ่านกระดูกที่ไม่ยุ่งยากและราคาถูก ตลอดจนศึกษาอายุการใช้งานที่ยังคงทำให้ปริมาณฟลูออไรด์ต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำบริโภค และอื่น ๆ จากผลการศึกษาต่าง ๆ มีหนึ่งการศึกษาที่ทำให้เห็นว่าความลึกของชั้นตัวกลาง มีอิทธิพลต่อการกำจัดฟลูออไรด์มากกว่าอัตราการกรอง ถือเป็นข้อสรุปหนึ่งที่น่ากลับไปตอบโจทย์ในการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับวัสดุที่ไม่สามารถกำจัดฟลูออไรด์ให้ผ่านมาตรฐานได้ จะเห็นว่า ถ่านกระดูก เป็นวัสดุที่สามารถกำจัดฟลูออไรด์ในน้ำได้เช่นเดียวกับวัสดุที่ได้จากการศึกษาต่าง ๆ แต่ด้วยประสิทธิภาพในการกำจัดฟลูออไรด์ที่ดีกว่าวัสดุอื่น ๆ ที่สูง ประกอบกับการเตรียมที่ไม่ยุ่งยากจนเกินไป ทำให้ถ่านกระดูกกลายเป็นตัวเลือกที่ดีตัวเลือกหนึ่งที่จะนำมาศึกษาการกรองเพื่อลดปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำของพื้นที่ตัวอย่าง กรณีศึกษาหมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่านต่อไป

แต่เพื่อความบริบูรณ์ของการศึกษาพัฒนาโครงการ ก็ย่อมขาดการศึกษาเกี่ยวกับความเสี่ยงทางสุขภาพมิได้ เนื่องด้วยโครงการดังกล่าว เป็นโครงการที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพโดยตรงของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ซึ่งก็คือ ชาวบ้านหมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน ดังนั้น การศึกษาเพื่อประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ จึงเป็นการศึกษาที่พึงมี โดยการศึกษาความเสี่ยงทางสุขภาพในกรณีนี้ จะมุ่งเน้นการศึกษาเพื่อประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพในส่วนของฟลูออไรด์ เนื่องด้วยฟลูออไรด์เป็นหนึ่งในดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำบริโภค ซึ่งเป็นดัชนีที่เมื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำบาดาลก่อนนำมาผลิตเป็นน้ำเพื่อการบริโภคนั้นมีค่าเกินมาตรฐาน ดังนั้น การศึกษาทั้งหมดจึงเน้นไปที่การศึกษาการลดปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำ ประกอบกับการติดตามคุณภาพน้ำ และประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของฟลูออไรด์ทั้งก่อนเข้า และภายหลังที่ผ่านการปรับปรุงด้วยระบบ จากการศึกษา

และทบทวนวรรณกรรมก็ได้มีการศึกษาในเรื่องนี้อยู่มาก อาทิ การศึกษาการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของการบริโภคน้ำประปาชุมชน โดยประเมินความเสี่ยงที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Non-cancer risk) ตามวิธีการของ U.S. EPA การประเมินคุณภาพน้ำดื่มและน้ำเพื่อการเกษตร การประเมินคุณภาพน้ำใต้ดินและความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากการปนเปื้อนของฟลูออไรด์ และการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากตัวอย่างน้ำบาดาลจากสถานที่เก็บตัวอย่าง 30 แห่งทั่วลุ่มน้ำ ซึ่งการศึกษาต่าง ๆ ทำให้ทราบว่า สามารถตีความ ประเมินผล และแสดงผลเกี่ยวกับความเสี่ยงทางสุขภาพเป็นเกณฑ์ความเสี่ยงอันตราย (Hazard quotient: HQ) ในระดับต่าง ๆ ที่สามารถบอกถึงสถานการณ์การปนเปื้อน และสามารถออกมาตรการในการแก้ไขและขจัด หรือบรรเทาปัญหาเหล่านี้ได้ ซึ่งจากการศึกษา พบว่าความเสี่ยงของการได้รับฟลูออไรด์ยังอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ร่างกายยอมรับได้ แต่ก็มีหลายการศึกษา เช่น การประเมินคุณภาพน้ำดื่มและน้ำเพื่อการเกษตรของโครงการพระราชดำริอ่างเก็บน้ำแม่ป๋อก ตำบลศรีวิชัย อำเภอเถิน จังหวัดลำพูน ที่พบว่า มีธาตุที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่เป็นเด็กเนื่องจากค่าดัชนีความเสี่ยงอันตรายเกินเกณฑ์มาตรฐาน ($HQ > 1.1$) ซึ่งทั้งนี้มีความเสี่ยงทั้งบริเวณต้นน้ำและปลายน้ำ โดยระดับความเข้มข้นของสารอันตรายในน้ำก็มีค่าสูงเกินกว่าระดับความเสี่ยงมาตรฐานความปลอดภัยสูงสุด นอกจากนี้ จากการประเมินคุณภาพน้ำใต้ดินและความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากการปนเปื้อนของฟลูออไรด์และไนเตรทในจังหวัด Nirmal ประเทศอินเดียที่ดื่มจากแหล่งน้ำใต้ดินเป็นหลัก ยังพบอีกว่าเด็กมีความเสี่ยงต่อสุขภาพสูงกว่าผู้ชายและผู้หญิงในภูมิภาค จะเห็นได้ว่าการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการศึกษาและบอกถึงสถานการณ์อันตรายได้ดีทางหนึ่ง

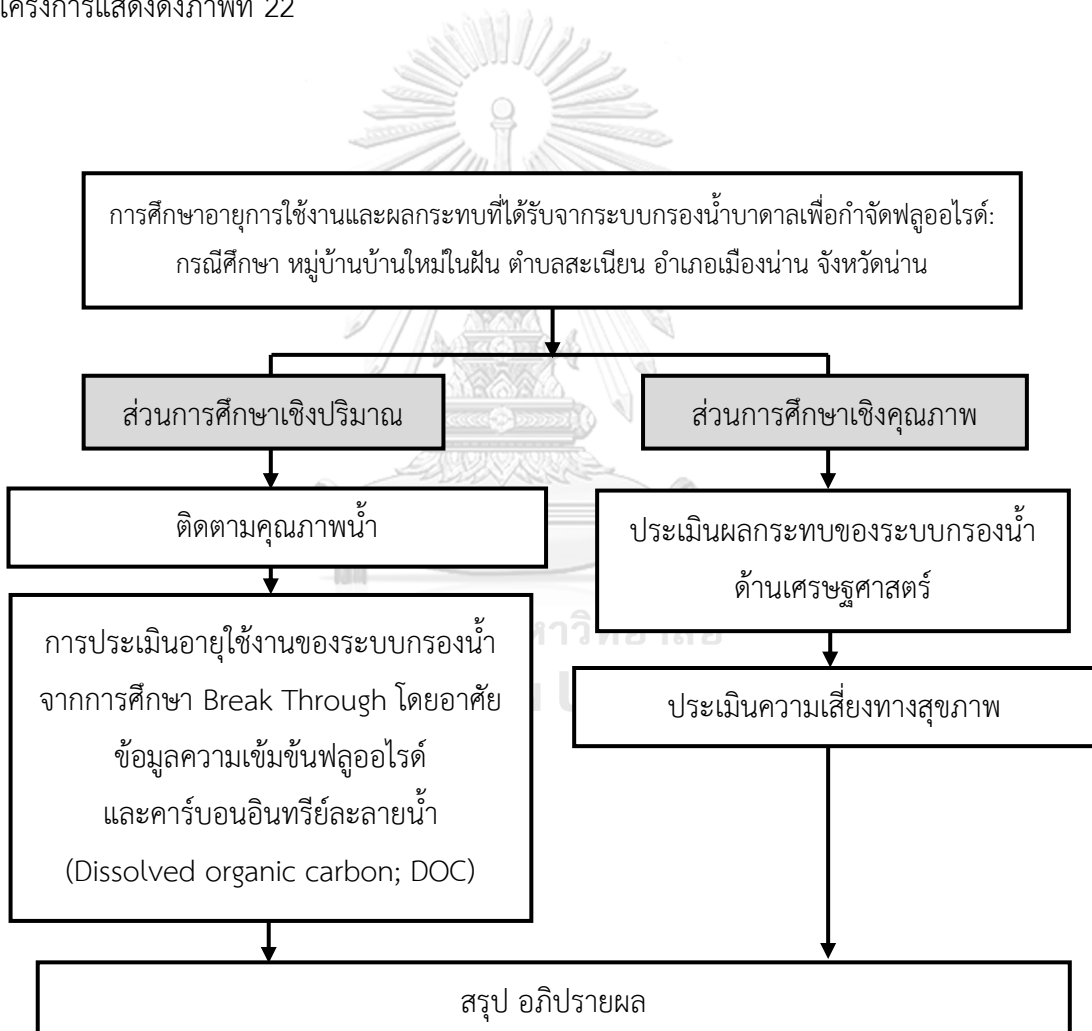
สุดท้ายนี้ เมื่อมีโครงการเกิดขึ้น ก็ย่อมมีการประเมินผลโครงการ พิจารณาโครงการว่าโครงการที่จัดขึ้นนั้นมีความคุ้มค่าในแง่เศรษฐศาสตร์หรือไม่ สิ่ง que เข้ามามีส่วนช่วยในการประเมินครั้งนี้ก็คือการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ อันประกอบไปด้วยการประเมินมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (Internal Rate of Return: IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ซึ่งเกณฑ์การพิจารณาต่าง ๆ ข้างต้น จะมีการนำต้นทุนของการผลิต ต้นทุนวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ต้นทุนในการบำรุงรักษา การเปลี่ยนวัสดุเมื่อเกิดการเสื่อมประสิทธิภาพ มาใช้สำหรับประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (cost-benefit analysis) ที่นับว่าเป็นวิธีสำหรับการประเมินต้นทุนและผลประโยชน์ทางสังคมที่มีผลลัพธ์ออกมาเป็นตัวเงินของการลงทุนในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง และมีผลต่อการประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการจัดสรรทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับโครงการให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรในพื้นที่การเกษตรแบบพึ่งพาน้ำฝน การศึกษาความคุ้มค่าในการใช้ระบบน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรกรรม การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทาง

เศรษฐศาสตร์ของโครงการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาล การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนโครงการประปา น้ำบาดาล ตลอดจนการจัดตั้งและบริหารจัดการกลุ่มน้ำดื่มชุมชนเพื่อการพึ่งตนเองของชุมชน พบว่ามีหลายโครงการที่เมื่อประเมินความคุ้มค่าแล้วมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่าศูนย์ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนมากกว่าหนึ่ง และอัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจมากกว่าค่าเสียโอกาสของเงินลงทุน หมายความว่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโครงการฯ ที่ดี มีความคุ้มค่า และเหมาะสมกับการลงทุน ในทางกลับกัน หากไม่มีการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ อาจเกิดผลกระทบขึ้น หลังจากการลงทุนสร้างโครงการไปแล้วได้ ยกตัวอย่าง โครงการประปาน้ำบาดาล ตำบลบางช้าง อำเภอสามปราชญ์ จังหวัดนครปฐม ที่เมื่อคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์แล้วพบว่า ปัจจุบันองค์การบริหารส่วนตำบลบางช้างมีการจัดเก็บค่าน้ำที่อัตราคงที่เท่ากับ 5 บาท/หน่วย ซึ่งถือว่าไม่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากมี NPV เท่ากับ -73,801,7.292 บาท B/C เท่ากับ 0.3892 และ IRR เท่ากับ -25.9907 % รวมทั้งมีระยะเวลาคืนทุน (PB) มากกว่า 200 ปี จะเห็นได้ว่า การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ กลายเป็นสิ่งที่สามารถช่วยให้ผู้ควบคุมโครงการมองเห็นจุดด้อย สามารถประมาณการณ์ และทำนายถึงผลประกอบการ รวมไปถึงสถานะความคล่องตัวได้ สามารถเห็นอุปสรรคต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นกับโครงการ ทำให้ผู้ควบคุมโครงการสามารถเตรียมวิธีรับมือกับปัญหา และแก้ไขสถานการณ์ที่จะมีผลกระทบต่อโครงการได้ อีกทั้งยังสามารถจัดการให้โครงการดำเนินไปได้ อย่างราบรื่น เป็นระบบ ก่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป

การพัฒนาระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อกำจัดฟลูออไรด์ กรณีศึกษา หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียง อำเภอมืองน่าน จังหวัดน่าน เป็นการศึกษาที่ทางผู้วิจัย ร่วมกับ มูลนิธิรากแก้ว และ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีความประสงค์ที่จะจัดทำให้เกิดขึ้นเป็นรูปธรรม โดยนำศาสตร์ และองค์ความรู้ต่าง ๆ ตลอดจนนวัตกรรมที่มีมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ ไม่ว่าจะเป็นกรรมวิธีการกรองน้ำเพื่อกำจัดฟลูออไรด์ด้วยวัสดุและวิธีการอย่างง่าย การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทั้งก่อนและหลังการกรองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบ การบำรุงรักษาระบบ การศึกษาอายุการใช้งานของวัสดุกรอง ความคุ้มค่าของโครงการ ตลอดจนผลกระทบทางสุขภาพที่เกิดขึ้นจากโครงการต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย นั่นก็คือ ชาวบ้านบ้านใหม่ในฝัน ต.สะเนียง อ.เมืองน่าน จ.น่าน อีกทั้งมีกระบวนการสื่อสารในชุมชนที่มีส่วนทำให้ชาวบ้านเข้าใจถึงหลักการต่าง ๆ ได้ง่าย รู้จักใช้เทคโนโลยี องค์ความรู้ ตลอดจนนวัตกรรมต่าง ๆ อย่างถูกต้อง ก่อให้เกิดโครงการพัฒนาอย่างครบวงจรที่มีความยั่งยืน สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างครอบคลุม มีความครบบริบูรณ์อันมีส่วนทำให้หมู่บ้านเกิดการพัฒนามีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

การศึกษาอายุการใช้งานและผลกระทบที่ได้รับจากระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อกำจัดฟลูออไรด์: กรณีศึกษา หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน มีแนวทางการศึกษา 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนการศึกษาเชิงปริมาณในห้องปฏิบัติการเพื่อกำหนดวิธีการบำรุงรักษาระบบกรองน้ำบาดาลในหมู่บ้านฯ และส่วนการศึกษาเชิงคุณภาพเพื่อเก็บข้อมูลมาดำเนินการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการฯ โดยมีภาพรวมโครงสร้างการดำเนินการโครงการแสดงดังภาพที่ 22



ภาพที่ 22 ภาพรวมโครงสร้างการดำเนินการโครงการ

3.1 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือสำหรับการวิจัย

3.1.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

สารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์	IC	Environmental Express
สารละลายสเปนดรีเอเจนต์	Analytical	Hach
กรดไฮโดรคลอริก	Analytical	CARLO ERBA
โปแตสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลต	Analytical	Merck
โซเดียมฟลูออไรด์	Analytical	Kamaus
ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด	98 %	Sigma Aldrich
น้ำปราศจากไอออน		

3.1.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์รวม (TOC)
 เครื่อง DR-900 Portable Colorimeter
 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง UV-VIS Spectrophotometer DR-6000
 เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
 เครื่องวัดพีเอช (pH meter)
 บั๊มสุญญากาศ
 เครื่องสูบของเหลวแบบปริตท่อ (Peristaltic Pump)
 โถดูดความชื้น (Desiccator)
 ชุดกรองแบบสุญญากาศ
 ตะแกรงมาตรฐาน (ASTM)
 ไมโครปิเปต (Micropipette)
 ถ้วยเซรามิคแบบมีฝาปิด
 กระดาษกรอง GF/F (ขนาด 0.7 ไมครอน เส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร)
 กระบอกฉีดยาขนาด 5 มิลลิลิตร
 ไซริงค์ฟิลเตอร์ชนิดไนลอน (0.45 ไมครอน เส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร)
 ไมโครปิเปตทิป (Micropipette Tip)
 ชุดคอลัมน์ทดลอง
 หลอดควิวเวทควอตซ์

3.2 การเตรียมการวิจัย

3.2.1 การคัดเลือกพื้นที่ก่อสร้าง และติดตั้งระบบกรองน้ำ

บ่อบาดาลที่มีคุณภาพน้ำบาดาลเหมาะแก่การนำมาผลิตเป็นน้ำดื่มในหมู่บ้าน คือ บ่อบาดาลบริเวณโรงเรียนบ้านใหม่ในฝัน (ภาพที่ 23) ซึ่งผลคุณภาพน้ำแสดงดังตารางที่ 6

ทั้งนี้คุณภาพน้ำจากบ่อบาดาลดังกล่าวเหมาะสมสำหรับการบริโภค อีกทั้งตั้งอยู่บริเวณโรงเรียนที่ใกล้กับหอประชุมหมู่บ้าน ทำให้สะดวกต่อการแจกจ่ายน้ำดื่ม และมีพื้นที่เพียงพอ จึงได้ทำการก่อสร้างรากฐาน และวางระบบท่อกรองน้ำที่มุ่งเน้นในการแก้ปัญหาเรื่องกลิ่นของน้ำที่ไม่พึงประสงค์ และความเข้มข้นของฟลูออไรด์ที่ยังสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มากกว่า 0.70 มิลลิกรัมต่อลิตร) (ราชกิจจานุเบกษา, 2551, 21 พฤษภาคม)



ภาพที่ 23 บ่อบาดาลสำหรับระบบกรองน้ำเพื่อการบริโภค

ตารางที่ 6 คุณภาพน้ำบ่อบาดาลบริเวณโรงเรียนบ้านใหม่ในฝัน

พิกัด จุดที่3 บ่อบาดาลบริเวณโรงเรียนบ้านใหม่ในฝัน

Latitude:18.8573 Longitude:100.5788

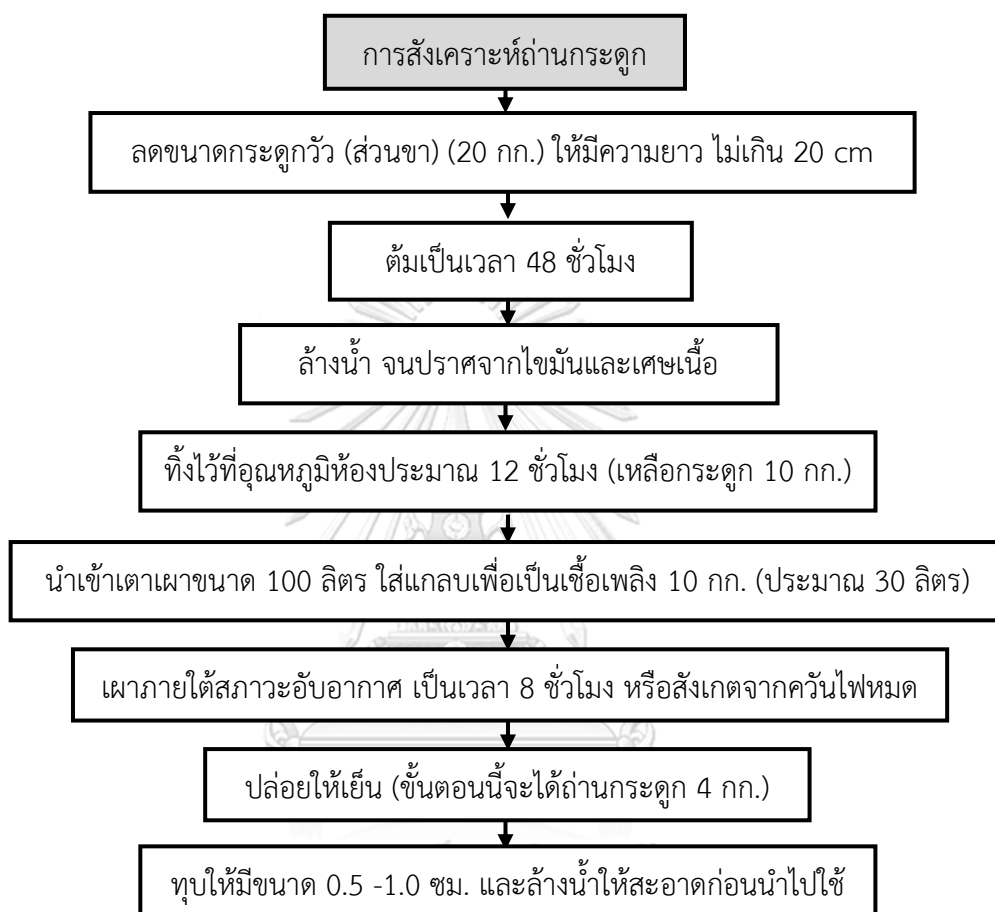
ตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ	คุณภาพที่ตรวจวัดได้	ค่ามาตรฐาน*
pH	7.32	7.0 – 8.5
Turbidity (NTU)	0.83	5
T-hardness (mg/l as CaCO ₃)	61.66	300
TDS (mg/l)	464	600
Fluoride (mg/l)	1.11	0.7
Iron (mg/l)	<0.04	0.5

หมายเหตุ: * ค่ามาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค จาก ราชกิจจานุเบกษา 2551, 21 พฤษภาคม)

- ทำการตรวจวัดเมื่อวันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ.2560

3.2.2 การสังเคราะห์ถ่านกระดุก

ถ่านกระดุกจะสังเคราะห์ขึ้นจากกระดุกวัว ด้วยกรรมวิธีการเผาแบบท้องถิ่น ซึ่งเป็น การเผาด้วยเตาถ่านแบบพื้นบ้าน ทั้งนี้กระบวนการต่าง ๆ จะใช้กรรมวิธีที่เรียบง่าย เน้นการนำไปใช้ได้จริงในพื้นที่ ซึ่งกระบวนการสังเคราะห์ถ่านกระดุก แสดงดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 ขั้นตอนการสังเคราะห์ถ่านกระดุก

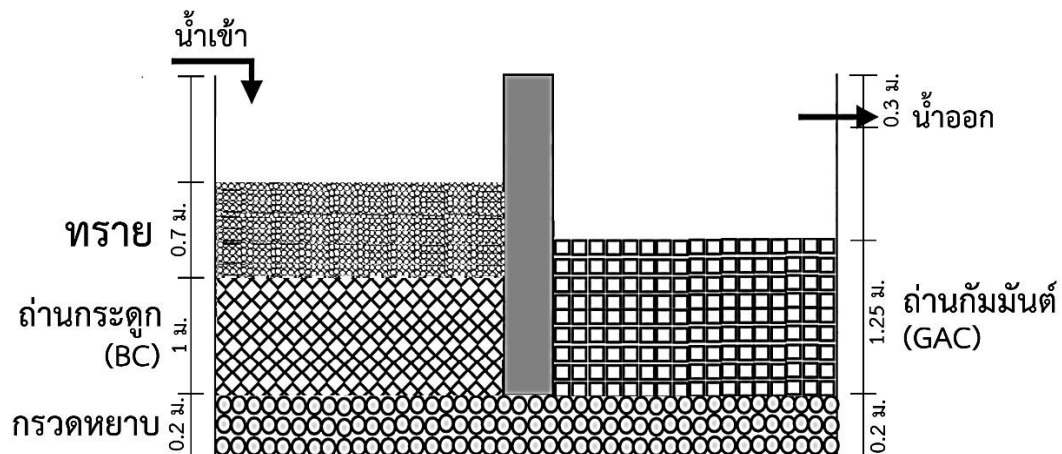


ภาพที่ 25 ถ่านกระดุก

3.2.3 การเตรียมระบบกรองน้ำ

เตรียมถังกรองขนาด 2x2x2.5 เมตร ภายในแบ่งเป็น 2 ห้องเท่ากัน โดยตัวกลางที่ใช้เป็นตัวกลางแบบผสมผสาน ประกอบด้วย หินกรวด ทราย ถ่านกระดุก และถ่านกัมมันต์ โดยมีการจัดเรียงตัวของสารกรอง (ดังภาพที่ 26) โดยหลังจากเตรียมระบบแล้ว จะทำเปิดน้ำเข้าสู่ระบบ โดยสูบน้ำจากบ่อบาดาลโดยตรงเข้าสู่ระบบกรองน้ำทางฝั่งน้ำเข้าด้วยอัตราการกรองของน้ำคือ 0.01 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ทั้งนี้ จะทำการเปิดน้ำให้ไหลผ่านชั้นกรอง และทิ้งน้ำที่กรองได้ในรอบแรกก่อนสังเกตสีของน้ำขาออก เมื่อไม่มีเศษสิ่งสกปรก และน้ำใสไม่มีสี จึงเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจวัดคุณภาพ หากตัวอย่างน้ำผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำตาม ราชกิจจานุเบกษา 2551, 21 พฤษภาคม) จึงใช้บริโภคได้

ถังกรองด้านซ้ายฝั่งน้ำเข้า	ใส่กรวดด้านล่างเป็นชั้นแรก สูง 0.2 เมตร ชั้นบนถัดมา ใส่ถ่านกระดุกสูง 1 เมตร ชั้นบนสุด ใส่ทรายสูง 0.7 เมตร เป็นชั้นสุดท้าย
ถังกรองด้านขวาฝั่งน้ำออก	ใส่กรวดด้านล่างเป็นชั้นแรก สูง 0.2 เมตร ชั้นบนใส่ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดสูง 1 เมตร เป็นชั้นสุดท้าย

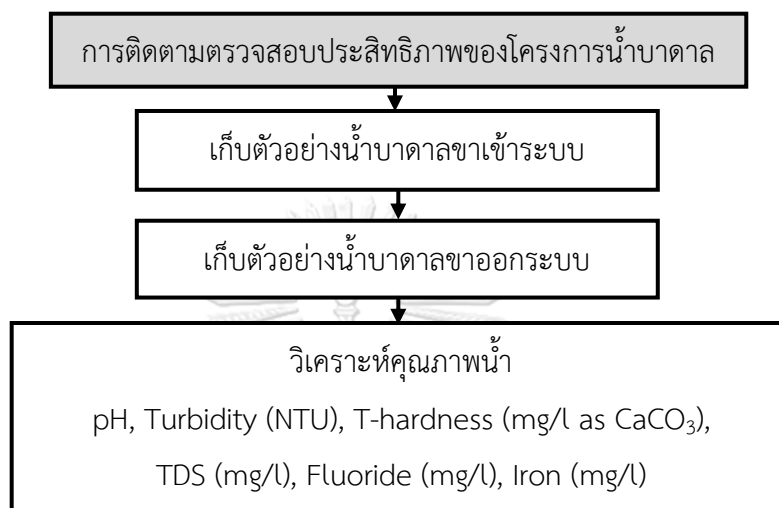


ภาพที่ 26 ระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค

3.3 การดำเนินการวิจัย

3.3.1 การติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำ

ทำการติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำ ตามขั้นตอนดังภาพที่ 27 และใช้วิธีการดังตารางที่ 7



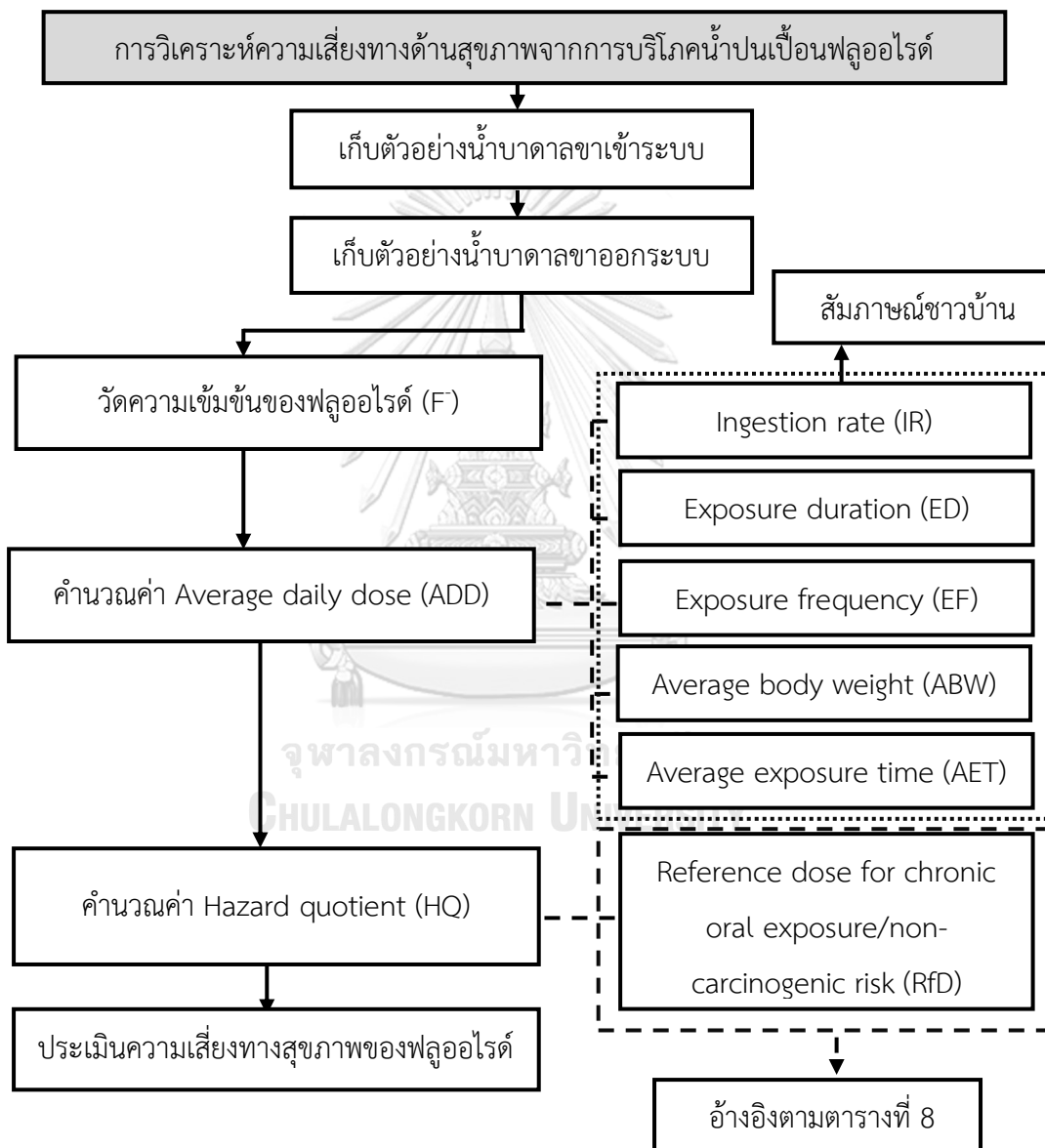
ภาพที่ 27 ขั้นตอนการติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำ

ตารางที่ 7 ตัวแปรสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ตัวแปรที่ศึกษา	เครื่องมือ/วิธีการวิเคราะห์
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	pH meter
ความขุ่นของน้ำ (NTU)	Turbidity Meter
ความกระด้างของน้ำ (มก./ล. ในรูป แคลเซียมคาร์บอเนต)	วิธีการวิเคราะห์จาก (มันสิน ตัณฑุลเวศน์, 2551)
ปริมาณของแข็งละลายน้ำ (มก./ล.)	วิธีการวิเคราะห์จาก (มันสิน ตัณฑุลเวศน์, 2551)
ฟลูออไรด์ (มก./ล.)	SPADNS Method
เหล็ก (มก./ล.)	FerroVer Method

3.3.2 การวิเคราะห์ความเสี่ยงทางด้านสุขภาพจากการบริโภคน้ำปนเปื้อนฟลูออไรด์

ทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงทางด้านสุขภาพจากการบริโภคน้ำปนเปื้อนฟลูออไรด์ทั้งก่อนการดำเนินโครงการฯ และหลังการดำเนินโครงการฯ โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังภาพที่ 28 และตารางที่ 8



ภาพที่ 28 วิเคราะห์ความเสี่ยงทางด้านสุขภาพจากการบริโภคน้ำปนเปื้อนฟลูออไรด์

ตารางที่ 8 ตัวแปรสำหรับวิเคราะห์ความเสี่ยงทางสุขภาพจากการบริโภคน้ำปนเปื้อนฟลูออไรด์

ตัวแปรที่ศึกษา	เครื่องมือ/วิธีการวิเคราะห์
ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ (CF, มิลลิกรัม/ลิตร)	เครื่อง DR-900 Portable Colorimeter
อัตราการดื่มน้ำต่อวัน (IR, ลิตร/วัน)	สัมภาษณ์ชาวบ้าน
ระยะเวลาที่สัมผัสสาร (ED, ปี)	คำนวณเทียบกับอายุคาดเฉลี่ย จาก สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล (2563)
ความถี่ในการสัมผัสสาร (EF, วัน/ปี)	สัมภาษณ์ชาวบ้าน
ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว (ABW, กิโลกรัม)	ชั่งน้ำหนักผู้ได้รับผลประโยชน์รายบุคคลด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก
ค่าเฉลี่ยการรับสัมผัสสาร (AET, วัน)	ระยะเวลาที่สัมผัสสาร (ED) × ความถี่ในการสัมผัสสาร (EF)
ค่าอ้างอิงของปริมาณฟลูออไรด์ที่ได้รับต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (RfD, มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน)	6.00×10^{-2} (ทุกเพศ) U.S. EPA (2014)
ค่าเฉลี่ยของปริมาณฟลูออไรด์ที่ได้รับต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (ADD, มก./กก./วัน)	$ADD = \frac{CF \times IR \times ED \times EF}{ABW \times AET}$ (U.S. EPA, 2006; Li Peiyue และคณะ, 2014)
ดัชนีความเป็นอันตราย Hazard quotient (HQ)	$HQ = \frac{ADD}{RfD}$ (U.S. EPA, 2006; Li Peiyue และคณะ, 2014)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การคำนวณระยะเวลาที่สัมผัสสาร (Exposure duration: ED)

ตารางที่ 9 อายุคาดเฉลี่ยสำหรับการคำนวณระยะเวลาที่สัมผัสสาร

อายุคาดเฉลี่ย	จำนวนปีที่คาดว่าจะมีชีวิตรอดอยู่ต่อได้อีก (ปี)	
	หญิง	ชาย
เมื่อแรกเกิด	80.3	73.2
ที่อายุ 60 ปี	23.0	17.2
ที่อายุ 80 ปี	8.3	6.1

ที่มา: สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล (2563)

เริ่มจากการคำนวณอายุของบุคคลในวันที่โครงการเริ่มเปิดให้ใช้น้ำดื่มวันแรก (1 พฤษภาคม พ.ศ.2561) จากนั้นนำไปลบออกจากอายุเฉลี่ยเมื่อแรกเกิดตามเพศของบุคคลนั้น ก็จะได้ระยะเวลาที่สัมผัสสารที่คาดว่าบุคคลนั้นจะได้รับจนหมดอายุขัย โดยกลุ่มเด็กที่มีอายุ 0-14 ปี และกลุ่มผู้ใหญ่ อายุ 15-59 ปี จะใช้อายุคาดเฉลี่ยเมื่อแรกเกิด (จำนวนปีเฉลี่ยที่คาดว่าบุคคลที่เกิดมาแล้วจะมีชีวิตต่อไปอีกกี่ปี) มาคำนวณระยะเวลาที่สัมผัสสาร แต่ในกลุ่มเด็ก มีบางกรณีที่ได้เกิดบางรายเกิดหลังจากโครงการได้จัดตั้งขึ้นแล้ว ดังนั้น วิธีการคำนวณคือ ให้นำอายุคาดเฉลี่ยเมื่อแรกเกิด ลบด้วยอายุของโครงการในวันที่เด็กรายนั้นเกิด ก็จะได้ระยะเวลาที่สัมผัสสารที่เด็กคนนั้นจะได้รับสารจนสิ้นอายุขัย ส่วนผู้สูงอายุที่อายุตั้งแต่ 60 ปีเป็นไป แต่น้อยกว่า 79 ปี จะใช้อายุคาดเฉลี่ยที่อายุ 60 ปี (จำนวนปีเฉลี่ยที่คาดว่าผู้สูงอายุ 60 ปีจะมีชีวิตอยู่ต่อไปอีกกี่ปี) มาใช้ประกอบการคำนวณ โดยนำ 60 ปี บวกด้วยอายุคาดเฉลี่ยที่อายุ 60 ปีตามเพศของบุคคล จากนั้นลบออกด้วยอายุของบุคคลนั้นในวันที่โครงการเปิดให้ใช้น้ำดื่มวันแรก ก็จะได้ระยะเวลาที่สัมผัสสารที่ผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีคนนั้นจะได้รับสารต่อไปจนสิ้นอายุขัย และสุดท้ายผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 80 ปีขึ้นไป ก็จะใช้คำนวณเช่นเดียวกับกรณีที่บุคคลมีอายุตั้งแต่ 60 ปี เพียงแต่เปลี่ยนจากอายุคาดเฉลี่ยที่อายุ 60 ปี เป็น อายุคาดเฉลี่ยที่อายุ 80 ปี

3.3.3 ศึกษาการประเมินอายุใช้งานของระบบ

3.3.3.1 ศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์

3.3.3.1.1 ศึกษาความสูงของชั้นกรองต่อการกำจัดฟลูออไรด์

ทำการเตรียมน้ำสารละลายฟลูออไรด์ที่ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ 7.50 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีวัสดุดูดซับคือถ่านกระดูกและถ่านกัมมันต์ ทั้งนี้วัสดุดูดซับจะถูกใส่ลงในคอลัมน์ทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร จนมีความหนา 5-25 เซนติเมตร โดยการจัดเรียงและอัตราส่วนถ่านกัมมันต์และถ่านกระดูกจะเรียงให้สอดคล้องกับระบบกรองน้ำจริง ดังนั้นด้านล่างสุดจะใช้วัสดุฉนวนใยแก้ว (Glass Wool) รองด้านล่างภายในคอลัมน์ จากนั้นตามด้วยกรวดเม็ดเล็ก 1 เซนติเมตร แล้วตามด้วยชั้นถ่านกัมมันต์ ถ่านกระดูก ตามอัตราส่วนความสูง ถ่านกระดูก : ถ่านกัมมันต์ ที่อัตราส่วน 4:5 ทำการชั่งน้ำหนักวัสดุดูดซับก่อนการบรรจุ ซึ่งบรรจุสารกรองลงในคอลัมน์ในขณะที่คอลัมน์มีน้ำ ไม่มีฟองอากาศ จากนั้นนำน้ำปราศจากไอออนที่ปรับความเข้มข้นของฟลูออไรด์ที่ความเข้มข้น 7.50 มก./ล. เข้าสู่ระบบคอลัมน์โดยใช้เครื่องสูบน้ำแบบ Peristaltic pump ด้วยอัตราการกรอง 4.60 มิลลิลิตรต่อนาที จากนั้นเก็บน้ำตัวอย่างน้ำที่ผ่านคอลัมน์ที่เวลาต่าง ๆ แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์ และนำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟเบรคทูร ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 สรุปตัวแปรที่ใช้ศึกษาความสูงชั้นกรองต่อการกำจัดฟลูออไรด์

ประเภทของตัวแปร	ตัวแปรที่ศึกษา	ค่าที่ใช้ในการวิจัย
ตัวแปรต้น	ความสูงชั้นกรอง	5 10 15 20 และ 25 เซนติเมตร
ตัวแปรตาม	ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในน้ำขาออกคอลัมน์ที่เวลาต่าง ๆ	-
ตัวแปรควบคุม	อัตราการกรองของน้ำ	4.60 มิลลิลิตรต่อนาที

3.3.3.1.2 ศึกษาอัตราการกรองน้ำต่อการกำจัดฟลูออไรด์

คัดเลือกกรรมวิธีที่ในท้ายที่สุดสารกรองให้อัตราการใช้สารกรอง (Usage rate) ต่ำที่สุด จากนั้นนำไปทำการศึกษาเช่นเดียวกับ ข้อ 3.3.3.1.1 เพียงเปลี่ยนอัตราการกรองจาก 4.60 มล./นาที่ เป็นอัตราการกรอง 2.30 และ 9.20 มล./นาที่ ตามลำดับ ซึ่งการศึกษามีแนวทางในการวิจัยดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 สรุปตัวแปรที่ใช้ศึกษาอัตราการกรองน้ำต่อการกำจัดฟลูออไรด์

ประเภทของตัวแปร	ตัวแปรที่ศึกษา	ค่าที่ใช้ในการวิจัย
ตัวแปรต้น	อัตราการกรองผ่านชั้นกรอง	2.30 4.60 และ 9.20 มล./นาที่
ตัวแปรตาม	ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ที่เหลืออยู่	-
ตัวแปรควบคุม	ความลึกของคอลัมน์	ค่าความลึกจากการศึกษาก่อนหน้า ที่ให้ค่าอัตราการใช้สาร (Usage rate) ต่ำที่สุด

3.3.3.2 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำด้วยระบบคอลัมน์

3.3.3.2.1 ศึกษาความสูงชั้นกรองต่อการกำจัดสาร

คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ

ทำการเตรียมน้ำสารละลายคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ ที่ปรับปริมาณด้วยน้ำกลั่นบริสุทธิ์ปราศจากไอออนที่ปรับความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำเริ่มต้นที่หาความเข้มข้นที่แน่นอนเรียบร้อยแล้ว โดยวิธีการเตรียมและการหาความเข้มข้นที่แน่นอนเป็นไปตามวิธีการในส่วนภาคผนวก ทั้งนี้ ความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ปรับคือ 6.36 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อลิตร โดยมีวัสดุดูดซับคือถ่านกระดุกและถ่านกัมมันต์ ทั้งนี้การเตรียมคอลัมน์และวิธีการศึกษาจะเป็นเช่นเดียวกับการศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ เพียงแต่เปลี่ยนจากการวิเคราะห์ความเข้มข้นฟลูออไรด์ เป็นการเก็บน้ำตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ตามเวลาไปวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ละลายน้ำ โดยใช้เทคนิคการวัดค่าการดูดกลืนแสง UV-254 ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ซึ่งนำค่าที่ได้หาค่าความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำจากสมการ 3.3.3.2.1 และนำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟเบรคทรู ดังตารางที่ 12 ทั้งนี้วิธีการซึ่งได้มาด้วยสมการดังกล่าวได้อ้างอิงไว้ในส่วนภาคผนวก

$$Y = 0.01329X + 0.00046 \quad (3.3.3.2.1)$$

เมื่อ Y คือ ค่าการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร (UV-254) (cm^{-1})

X คือ ความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (มก.คาร์บอน/ล.)

ตารางที่ 12 สรุปตัวแปรที่ใช้ศึกษาความสูงชั้นกรองต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ

ประเภทของตัวแปร	ตัวแปรที่ศึกษา	ค่าที่ใช้ในการวิจัย
ตัวแปรต้น	ความสูงชั้นกรอง	5 10 15 20 และ 25 เซนติเมตร
ตัวแปรตาม	ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ละลายน้ำตามระยะเวลา	-
ตัวแปรควบคุม	อุณหภูมิ อัตราการกรองของน้ำ	อุณหภูมิห้อง 4.60 มิลลิลิตรต่อนาที

3.3.3.2.2 ศึกษาอัตราการกรองน้ำต่อการกำจัด

คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ

ทำการทดลองเช่นเดียวกับ ข้อ 3.3.3.2.1 เพียงเปลี่ยนเป็นอัตราการกรองของน้ำผ่านชั้นกรองที่ 2.30 และ 9.20 มิลลิลิตร/นาทีก และศึกษาผลกระทบต่ออัตราการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำโดยมีแนวทางในการวิจัยดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 สรุปตัวแปรที่ใช้ศึกษาอัตราการกรองน้ำต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ

ประเภทของตัวแปร	ตัวแปรที่ศึกษา	ค่าที่ใช้ในการวิจัย
ตัวแปรต้น	อัตราการกรองผ่านชั้นกรอง	2.3 4.6 และ 9.2 มิลลิลิตรต่อนาที
ตัวแปรตาม	ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ละลายน้ำที่เหลืออยู่	-
ตัวแปรควบคุม	อุณหภูมิ ความลึกของคอลัมน์ เวลา	อุณหภูมิห้อง ค่าที่ได้จากการทดลองก่อนหน้าที่ให้ค่า Usage rate ของฟลออไรด์ต่ำสุด

3.3.4 ศึกษาการทำนายอายุการใช้งานของสารกรอง

3.3.4.1 ศึกษาด้วยสมการ Thomas Equation

ทำการศึกษาตามตารางที่ 14 โดยนำค่าต่าง ๆ ที่จากการศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ และการศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำด้วยระบบคอลัมน์ เพื่อหาค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ระบุไว้ในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 สรุปตัวแปรที่ใช้ศึกษาอายุการใช้งานของระบบกรองน้ำด้วยสมการ Thomas Equation

ตัวแปรที่ศึกษา	เครื่องมือ/วิธีการวิเคราะห์
ความเข้มข้นมลสารในน้ำที่ตรวจวัดได้ที่เวลาต่าง ๆ : C	ตรวจวัดค่าความเข้มข้นมลสารในน้ำที่ตรวจวัดได้ที่เวลาต่าง ๆ
ความเข้มข้นมลสารเริ่มต้นในตัวทำละลาย: C_0	ความเข้มข้นมลสารเริ่มต้นในตัวทำละลาย
ค่าคงที่ของโทมัส (ล./มก./นาท): k_t	สร้างกราฟระหว่าง $\ln\left(\frac{C_0}{C} - 1\right)$ กับ t
ความสามารถในการดูดซับสูงสุด (มิลลิกรัมต่อกรัม): q_0	สร้างกราฟระหว่าง $\ln\left(\frac{C_0}{C} - 1\right)$ กับ t
มวลของวัสดุดูดซับ (ก.): M	มวลของวัสดุดูดซับ
อัตราการกรองของสารละลาย (ล./นาท): Q	อัตราการกรองที่ดีที่สุดจากข้อ 4.3.3
เวลา (นาท): t	อายุการใช้งานของสารกรอง

$$\ln\left(\frac{C_0}{C} - 1\right) = \frac{k_t q_0 M}{Q} - k_t C_0 t$$

หมายเหตุ: - ความเข้มข้นมลสารในน้ำที่ตรวจวัดได้ที่เวลาต่าง ๆ : C

ฟลูออไรด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (มิลลิกรัมคาร์บอนต่อลิตร)

- ความเข้มข้นมลสารเริ่มต้นในตัวทำละลาย: C_0

ฟลูออไรด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (มิลลิกรัมคาร์บอนต่อลิตร)

3.3.4.2 ศึกษาด้วยสมการ Bohart and Adam equation

ทำการศึกษาตามตารางที่ 15

ตารางที่ 15 สรุปตัวแปรที่ใช้ศึกษาอายุการใช้งานของระบบกรองน้ำด้วยสมการ Bohar and Adam

ตัวแปรที่ศึกษา	เครื่องมือ/วิธีการวิเคราะห์
ระยะเวลาที่ใช้งานในคอลัมน์ (นาที่): t	อายุการใช้งานของสารกรอง
ความเร็วในการไหลของน้ำผ่าน วัสดุดูดซับ (ซม./นาที่): v	ความเร็วในการไหลผ่านสารกรองที่ให้ Usage rate ที่ดีที่สุดจากข้อ 4.3.3
ความหนาของชั้นวัสดุดูดซับ (เซนติเมตร): D	ความหนาของชั้นกรองที่ให้อัตราการใช้สารต่ำที่สุด
ค่าคงที่อัตราการดูดซับ (ลบ.ซม./มก./นาที่): K	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง t กับ D
ความสามารถในการดูดซับของวัสดุดูดซับ (มก./ลบ.ซม.): N_0	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง t กับ D
ความเข้มข้นของมลสารที่เข้าสู่คอลัมน์: C_0	ความเข้มข้นของมลสารที่เข้าสู่คอลัมน์
ความเข้มข้นเบรกทูล: C_B	0.70

$$t = \frac{N_0}{C_0 v} D - \left[\frac{1}{k C_0} \ln \left(\frac{C_0}{C_B} - 1 \right) \right]$$

ระยะเวลาที่ใช้งานในคอลัมน์

(นาที่): t

ความลึกวิกฤต

(Critical bed depth): D_0

$$D_0 = \frac{V}{K N_0} \left[\ln \left(\frac{C_0}{C_B} - 1 \right) \right]$$

หมายเหตุ:

- ความเข้มข้นของมลสารที่เข้าสู่คอลัมน์: C_0

ฟลูออไรด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (มิลลิกรัมคาร์บอนต่อลิตร)

- ความเข้มข้นเบรกทูล: C_B

ฟลูออไรด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (มิลลิกรัมคาร์บอนต่อลิตร)

3.3.4.3 ศึกษาด้วยสมการ Empty bed contact time

ทำการศึกษาดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 สรุปลักษณะที่ใช้คำนวณด้วยสมการ Empty bed contact time (EBCT)

ตัวแปรที่ศึกษา	เครื่องมือ/วิธีการวิเคราะห์
น้ำหนักตัวกลางในระบบกรอง	ข้อมูลจากข้อ 4.3.3
ปริมาตรน้ำที่ออกจากคอลัมน์ที่ให้ความเข้มข้นต่ำกว่า Break through conc.	ข้อมูลจากข้อ 4.3.3
อัตราการใช้สารกรอง (Usage rate)	$\text{Usage rate} = \frac{\text{Weight}}{\text{Volume}}$
$\text{EBCT} = \frac{\text{Volume of filter layer}}{\text{Filter rate}}$	เลือก EBCT ที่ให้อัตราการใช้สารต่ำสุด

3.3.5 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโครงการ

ในการศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโครงการ จะทำการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนภายหลังดำเนินโครงการ เปรียบเทียบความแตกต่างของรายจ่ายของชาวบ้านก่อนและหลังการพัฒนาบำบัดน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคในพื้นที่วิจัย โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการชื้อน้ำบริโภคแต่ละรูปแบบ ภายหลังมีน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค พิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ใน 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 หน่วยงานภาครัฐ โดยมูลนิธิธรรมาภิบาล ร่วมกับคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นผู้ลงทุนก่อสร้างระบบน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคแล้วส่งมอบให้กลุ่มชาวบ้านร่วมกันบริหารจัดการ และกรณีที่ 2 ชาวบ้านเป็นผู้ลงทุนก่อสร้างระบบน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคสำหรับใช้ในชุมชนของตนเอง ซึ่งจะมีแนวทางดังนี้

3.3.5.1 การเก็บข้อมูล

3.3.5.1.1 ข้อมูลปฐมภูมิ

ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) คือ ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับน้ำดื่ม อาทิ ค่าน้ำ ค่าเดินทาง ค่าจ้าง หรือค่าอื่น ๆ ที่ได้จากการสัมภาษณ์ชาวบ้านผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน

3.3.5.1.2 ข้อมูลทุติยภูมิ

ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) คือข้อมูลรายละเอียดโครงการต้นทุนในการก่อสร้าง ค่าอุปกรณ์ ค่ากระแสไฟฟ้า รายได้จากการจำหน่าย และ อื่น ๆ ที่ได้จากการสัมภาษณ์จากบุคลากร ภายในคณะกรรมการโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน

3.3.5.2 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ในขั้นนี้ จะนำข้อมูลและข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่ได้มาวิเคราะห์ โดยการคิดวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโครงการ จะประกอบด้วยข้อมูลที่เก็บรวบรวมเพื่อการศึกษา และนำมาวิเคราะห์ โดยการวิเคราะห์ต้นทุนโครงการ จะเป็นการวิเคราะห์ต้นทุนที่วัดค่าเป็นต้นทุนได้ ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร มีรายละเอียด ดังนี้

ต้นทุนคงที่ : ต้นทุนในการลงทุนครั้งแรก ได้แก่ ค่าก่อสร้างหอกรองน้ำ ค่าเตรียมสารกรอง ค่าเครื่องจ่ายน้ำ ค่าอุปกรณ์ทดแทน ค่าจ้างซ่อมแซมและอื่น ๆ

ต้นทุนผันแปร : ค่ากระแสไฟฟ้า

ส่วนการวิเคราะห์ผลตอบแทนโครงการ จะประกอบด้วยรายได้จากการจำหน่ายน้ำดื่ม และรายได้จากค่าบำรุงรักษา

3.3.5.2 การคำนวณต้นทุนและผลตอบแทนโครงการ

3.3.5.2.1 มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ

สามารถคำนวณมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (Net present Value: NPV) ได้ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ตัวแปรสำหรับคำนวณมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ

ตัวแปรที่ศึกษา	เครื่องมือ/วิธีการวิเคราะห์
ผลประโยชน์จากโครงการในปีที่ t (Bt)	สัมภาษณ์ชาวบ้าน
ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่ t (Ct)	สัมภาษณ์ชาวบ้าน
ระยะเวลาของโครงการในแต่ละปี: t	มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 20 ปี ¹
อัตราดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสในการลงทุน :	รัฐลงทุนให้: ร้อยละ 6.00 ต่อปี ²
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้/พันธบัตรรัฐบาล (r)	ชาวบ้าน: อัตราดอกเบี้ย ร้อยละ 6.500 ต่อปี ³
มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV)	$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{Bt - Ct}{(1+r)^t}$

หมายเหตุ: ¹ อายุโครงการ 20 ปี วรรณพงษ์ กิมเพ็ชร และ เบ็ญจวรรณ ทาขุน (2553)

² อัตราดอกเบี้ย ร้อยละ 6.00 ต่อปีกรณีรัฐลงทุนให้ กรมบัญชีกลาง (2559)

³ อัตราดอกเบี้ย เงินกู้ชาวบ้าน ร้อยละ 6.500 ต่อปี

ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (2563)

3.3.5.2.2 อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนโครงการ

สามารถคำนวณอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนโครงการ (Benefit Cost Ratio: BCR) ได้ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ตัวแปรสำหรับคำนวณอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนโครงการ

ตัวแปรที่ศึกษา	เครื่องมือ/วิธีการวิเคราะห์
ผลประโยชน์จากโครงการในปีที่ t (Bt)	สัมภาษณ์ชาวบ้าน
ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่ t (Ct)	สัมภาษณ์ชาวบ้าน
ระยะเวลาของโครงการในแต่ละปี: t	มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 20 ปี ¹
อัตราดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสในการลงทุน :	รัฐลงทุนให้: ร้อยละ 6.00 ต่อปี ²
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้/พันธบัตรรัฐบาล(r)	ชาวบ้าน: อัตราดอกเบี้ย ร้อยละ 6.500 ต่อปี ³
อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio)	$\frac{B}{C} \text{ Ratio} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Bt}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{Ct}{(1+r)^t} + C_0}$

หมายเหตุ: ¹ อายุโครงการ 20 ปี พรรณพงษ์ กิมเพ็ชร และ เบญจวรรณ หาซุน (2553)
² อัตราดอกเบี้ย ร้อยละ 6.00 ต่อปีกรณีรัฐลงทุนให้ กรมบัญชีกลาง (2559)
³ อัตราดอกเบี้ย เงินกู้ชาวบ้าน ร้อยละ 6.500 ต่อปี
 ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (2563)

3.3.5.2.3 อัตราผลตอบแทนโครงการ

สามารถคำนวณอัตราผลตอบแทนโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) ได้ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ตัวแปรสำหรับคำนวณอัตราผลตอบแทนโครงการ

ตัวแปรที่ศึกษา	เครื่องมือ/วิธีการวิเคราะห์
r	ฟังก์ชันการคำนวณของ Microsoft excel
อัตราผลตอบแทนโครงการ (IRR)	ค่า r ที่ทำให้ NPV = 0

3.3.5.2.4 ระยะเวลาคืนทุน

คำนวณระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ได้ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ตัวแปรสำหรับคำนวณระยะเวลาคืนทุน

ตัวแปรที่ศึกษา	เครื่องมือ/วิธีการวิเคราะห์
ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก	สัมภาษณ์ชาวบ้านและเก็บข้อมูล
ผลประโยชน์" สุทธิเฉลี่ยต่อปี	สัมภาษณ์ชาวบ้าน
ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)	$PP = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี}}$



บทที่ 4

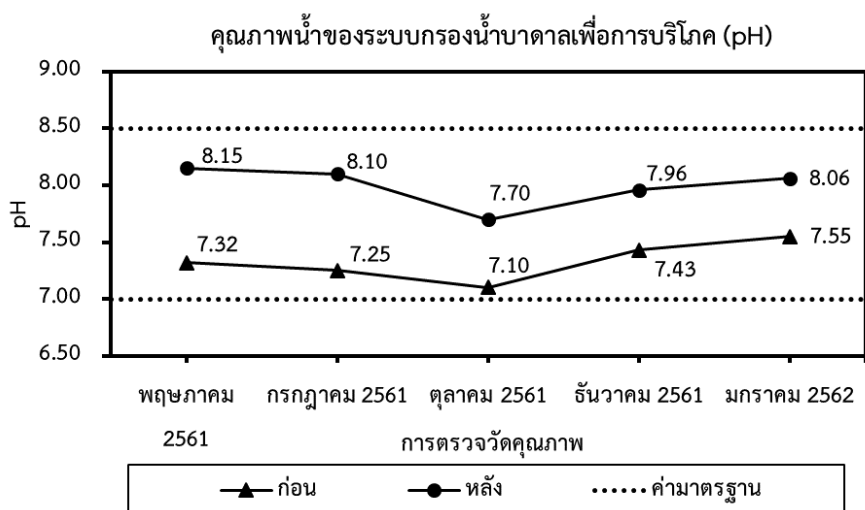
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาอายุการใช้งานและผลกระทบที่ได้รับจากระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อกำจัดฟลูออไรด์: กรณีศึกษา หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน ได้เริ่มจากการวางรากฐานและโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กในส่วนของหอกรองน้ำบาดาล ช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ.2560 – มกราคม พ.ศ.2561 โดยได้รับความร่วมมือระหว่างชาวบ้านบ้านใหม่ในฝันกับนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทั้งนี้ระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคใช้ตัวกลางแบบผสมผสานในการกรอง ประกอบด้วย หินกรวด ททราย ถ่านกระดุก และถ่านกัมมันต์ในปริมาณที่มากเกินไป ในขั้นแรกจะสูบน้ำบาดาลขึ้นด้านบนของหอกรองโดยจะมีชั้นถาดแอเรียเตอร์อะลูมิเนียมที่แต่ละชั้นเจาะรู เมื่อน้ำขึ้นสู่ด้านบนก็จะไหลลงตามรูของแต่ละถาด ทำให้น้ำที่ไหลผ่านแต่ละชั้นมีลักษณะเป็นเม็ดขนาดเล็กและโปรยลงมายังถังกรอง และเข้าสู่กระบวนการกรองจนได้น้ำสะอาด และเข้าสู่กระบวนการวิจัย และวิเคราะห์ผล ทั้งในด้านของการติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำ การวิเคราะห์ความเสี่ยงทางด้านสุขภาพจากการบริโภคน้ำปนเปื้อนฟลูออไรด์ การศึกษาการประเมินอายุใช้งานของระบบ อันประกอบด้วย การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ ที่จะศึกษาความสูงของชั้นกรอง และอัตราการกรองน้ำต่อการกำจัดฟลูออไรด์ ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำด้วยระบบคอลัมน์ ประกอบด้วยการศึกษาผลของความสูงชั้นกรอง และอัตราการกรองน้ำต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำจากนั้นจะเข้าสู่การศึกษาการทำนายอายุการใช้งานของสารกรอง โดยจะศึกษาด้วยสมการ Thomas Equation สมการ Bohart and Adam equation สมการ Empty bed contact time อีกทั้งยังศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโครงการ ซึ่งได้จากการเก็บข้อมูล ทั้งข้อมูลปฐมภูมิ และข้อมูลทุติยภูมิ จากนั้นจึงเข้าสู่การวิเคราะห์ข้อมูล โดยจะคำนวณต้นทุนและผลตอบแทนโครงการ มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนโครงการ อัตราผลตอบแทนโครงการ และระยะเวลาคืนทุน ซึ่งจะแบ่งออกเป็นสองกรณี ได้แก่ กรณีที่ภาครัฐภาคเอกชนสนับสนุนทุกอย่างแก่ชาวบ้าน และกรณีที่สองคือชาวบ้านจัดการทุกอย่างด้วยตนเอง ซึ่งจากการศึกษาทั้งหมดที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถแสดงผล ประกอบการวิจารณ์ได้ดังต่อไปนี้

4.1 การติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำ

หลังจากที่ได้ทำการเปิดใช้ระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค ก็ได้มีการติดตามตรวจสอบคุณภาพของระบบกรองน้ำ โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำ ทั้งในส่วนของน้ำขาเข้า และขาออกจากระบบ ทั้งนี้ ได้เก็บตัวอย่างน้ำจากตัวแทนแต่ละฤดูกาลแบ่งตามฤดูกาลของประเทศไทยโดย กรมอุตุนิยมวิทยา (2562); (ราชกิจจานุเบกษา, 2551, 21 พฤษภาคม) ได้แก่ ฤดูร้อน (กุมภาพันธ์-พฤษภาคม) ฤดูฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม) และฤดูหนาว (ตุลาคม-กุมภาพันธ์) จากการศึกษาติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำในช่วงเวลาหลังจากเริ่มเปิดใช้น้ำ 1 ปี คุณภาพน้ำในตัวชี้วัดต่าง ๆ ประกอบด้วย ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าความขุ่น (Turbidity) ค่าความกระด้างของน้ำ (Total-hardness) ค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS) ค่าฟลูออไรด์ (Fluoride) และเหล็ก (Iron) ปรากฏดังภาพต่าง ๆ ต่อไปนี้ ตามลำดับ

4.1.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

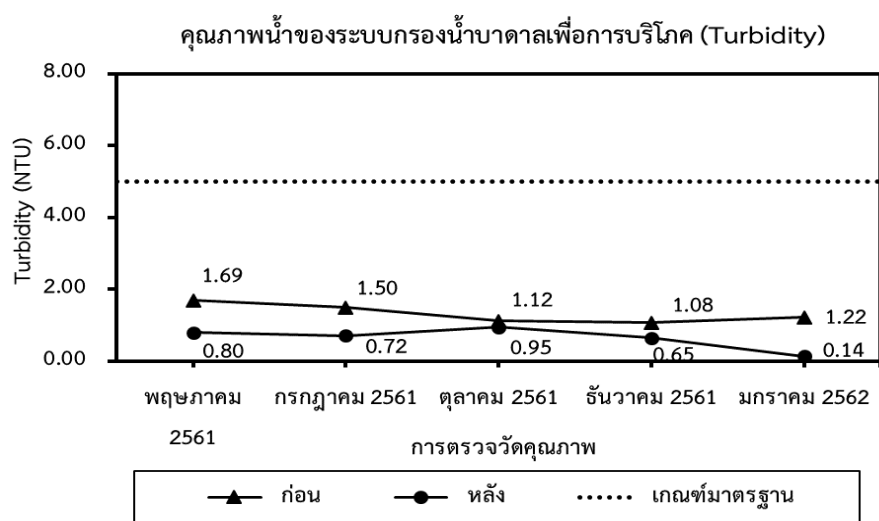


ภาพที่ 29 คุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค (pH)

จากภาพที่ 29 แสดง คุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค ในส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยพบว่า ค่าที่ตรวจวัดได้ทั้งก่อน และหลังการเข้าระบบกรองน้ำ มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลที่สามารถบริโภคได้ (ค่ามาตรฐาน 7.00 - 8.50) (ราชกิจจานุเบกษา, 2551, 21 พฤษภาคม) โดยก่อนเข้าระบบ ตั้งแต่ เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2560 เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2560 เดือนตุลาคม พ.ศ.2560 เดือนธันวาคม พ.ศ.2560 และเดือนมกราคม พ.ศ.2561 น้ำที่ตรวจวัดก่อนเข้าระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.32 7.25 7.10 7.43 และ 7.55 ตามลำดับ และหลังจากที่เข้าระบบเรียบร้อยแล้ว ค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ตรวจวัดได้ คือ 8.15 8.10 7.70 7.96 และ 8.06 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ค่าของความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเพิ่มขึ้นหลังจากที่นำน้ำมาผ่านระบบ ซึ่งสอดคล้องกับ

สมการที่ Bregnhøj H. (1995) กล่าวว่าโครงสร้างไฮดรอกซีอะพาไทต์ $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ในการดูดซับฟลูออไรด์ ซึ่งโครงสร้างดังกล่าวจะดูดซับฟลูออไรด์ 2 โมเลกุล เข้ามาแทนที่ภายในสามเหลี่ยมของแคลเซียมในโครงสร้างได้ ทำให้เกิดเป็นฟลูอออะพาไทต์ $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ และสุดท้ายผลผลิตจะเป็น OH^- 2 โมเลกุล จึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำหลังบำบัดมีค่าเพิ่มสูงขึ้น

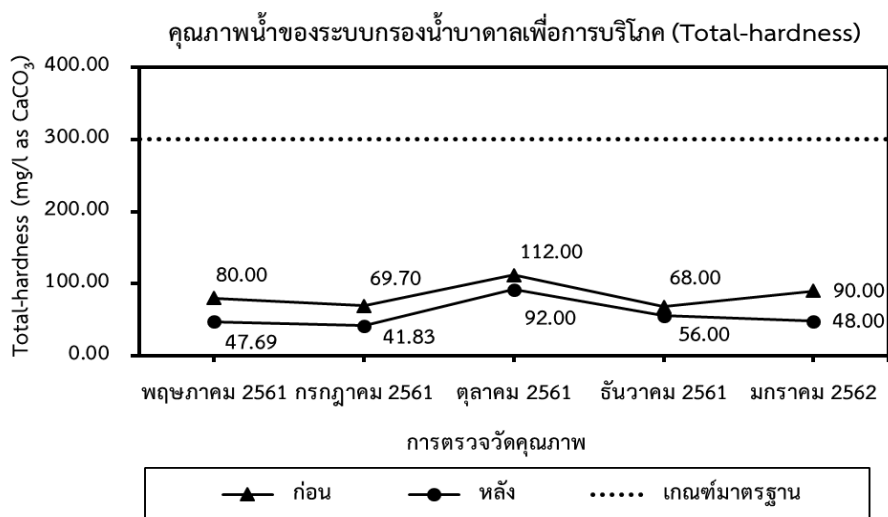
4.1.2 ความขุ่น (Turbidity)



ภาพที่ 30 คุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค (Turbidity)

จากภาพที่ 30 แสดงคุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค ในส่วนค่าความขุ่น (Turbidity) โดยพบว่า ค่าที่ตรวจวัดได้ทั้งก่อน และหลังการเข้าระบบกรองน้ำมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลที่สามารถบริโภคได้เช่นเดียวกับค่าความเป็นกรดต่าง โดยคุณภาพน้ำทั้งก่อนเข้าและหลังเข้าระบบ ตั้งแต่ เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2560 เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2560 เดือนตุลาคม พ.ศ.2560 เดือนธันวาคม พ.ศ.2560 และเดือนมกราคม พ.ศ.2561 คือ 1.69 1.50 1.12 1.08 และ 1.22 และเมื่อเข้าระบบแล้ว น้ำที่ได้ ค่าความขุ่นที่ได้มีค่าที่ลดลง คือ 0.80 0.72 0.95 0.65 และ 0.14 ตามลำดับ

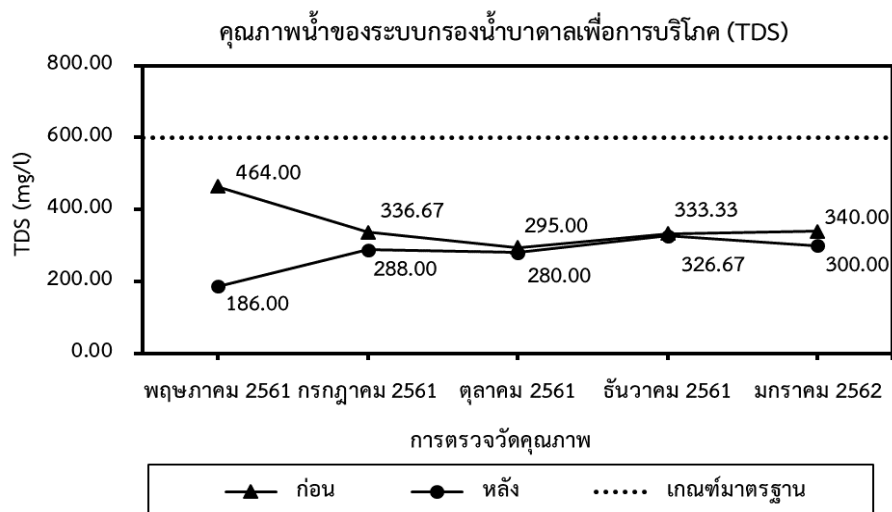
4.1.3 ความกระด้างของน้ำ (Total-hardness)



ภาพที่ 31 คุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคร (Total-hardness)

จากภาพที่ 31 แสดงคุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคร ในส่วนค่าความกระด้างของน้ำ (Total-hardness) โดยพบว่า ค่าที่ตรวจวัดได้ทั้งก่อน และหลังการเข้าระบบกรองน้ำ มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลที่สามารถบริโภครได้เช่นเดียวกับค่าความเป็นกรดต่าง และค่าความขุ่น (Turbidity) โดยคุณภาพน้ำทั้งก่อนเข้าและหลังเข้าระบบ ตั้งแต่ เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2560 เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2560 เดือนตุลาคม พ.ศ.2560 เดือนธันวาคม พ.ศ.2560 และเดือนมกราคม พ.ศ.2561 มีค่าความกระด้างของน้ำ คือ 80.00 69.70 112.00 68.00 และ 90.00 มก./ล. ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต และเมื่อผ่านระบบแล้ว พบว่า น้ำที่ได้มีค่าความกระด้างของน้ำลดลงอยู่ที่ 47.69 41.83 92.00 56.00 และ 48.00 ตามลำดับ

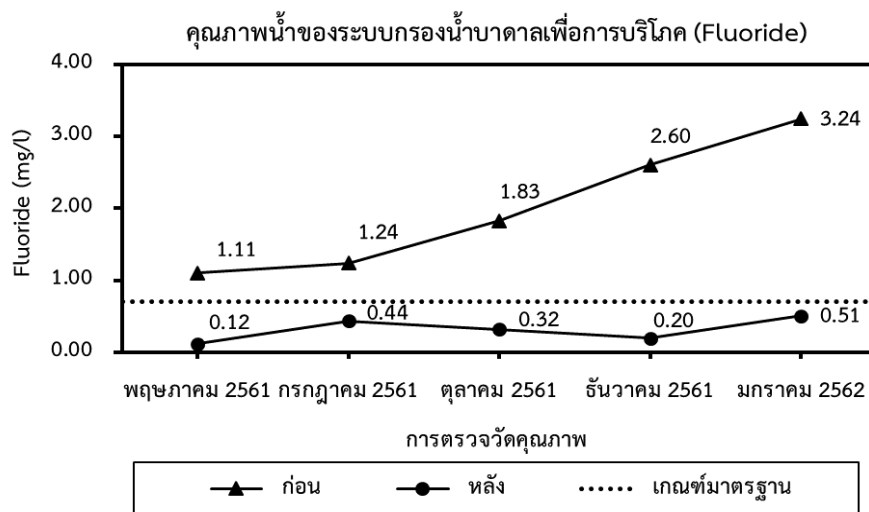
4.1.4 ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS)



ภาพที่ 32 คุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค (Total Dissolved Solids: TDS)

จากภาพที่ 32 แสดงคุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค ในส่วนค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS) โดยพบว่า ค่าที่ตรวจวัดได้ทั้งก่อน และหลังการเข้าระบบกรองน้ำมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลที่สามารถบริโภคได้เช่นเดียวกับค่าคุณภาพน้ำในตู้ชีวิตที่ผ่านมา โดยคุณภาพน้ำทั้งก่อนเข้าและหลังเข้าระบบ ตั้งแต่ เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2560 เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2560 เดือนตุลาคม พ.ศ.2560 เดือนธันวาคม พ.ศ.2560 และเดือนมกราคม พ.ศ.2561 มีค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดคือ 464.00 336.67 295.00 333.33 และ 340.00 มก./ล. และเมื่อผ่านระบบแล้ว พบว่า น้ำที่ได้มีค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำลดลงอยู่ที่ 186.00 288.00 280.00 326.67 และ 300.00 ตามลำดับ

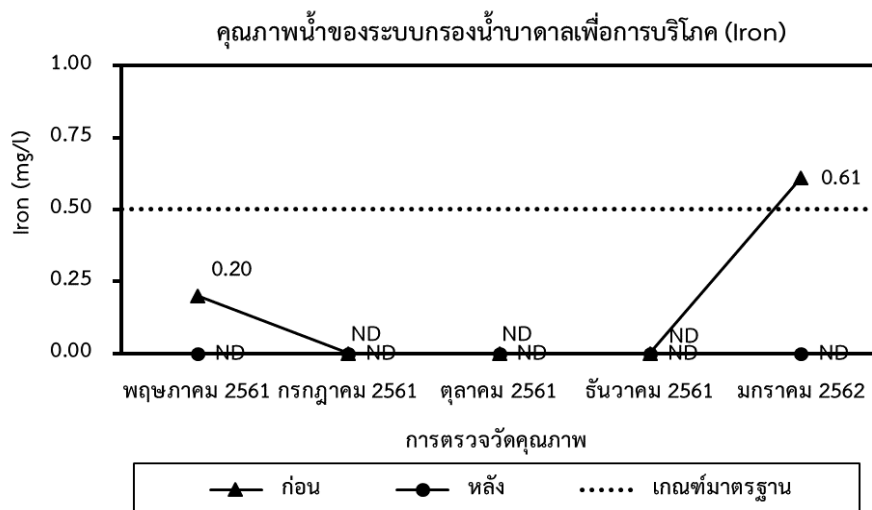
4.1.5 ฟลูออไรด์ (Fluoride)



ภาพที่ 33 คุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค (Fluoride)

จากภาพที่ 33 แสดงคุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค ในส่วนค่าปริมาณฟลูออไรด์ (Fluoride) โดยพบว่า ค่าของปริมาณฟลูออไรด์ก่อนเข้าระบบกรองน้ำ มีปริมาณที่สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในมาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค จาก ราชกิจจานุเบกษา (2551, 21 พฤษภาคม) มาก โดยตรวจวัดได้สูงสุดคือ 4.5 เท่าจากค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐาน 0.70 มก./ล.) ในเดือนมกราคม พ.ศ.2562 โดยตรวจพบค่าฟลูออไรด์สูงถึง 3.24 มก./ล. รองลงมาคือในเดือนธันวาคม พ.ศ.2561 เดือนตุลาคม พ.ศ.2561 เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2561 และเดือนพฤษภาคม 2561 ซึ่งมีค่าฟลูออไรด์คือ 2.60 1.83 1.24 และ 1.11 มก./ล. ตามลำดับ

4.1.6 เหล็ก (Iron)



ภาพที่ 34 คุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค (Iron)

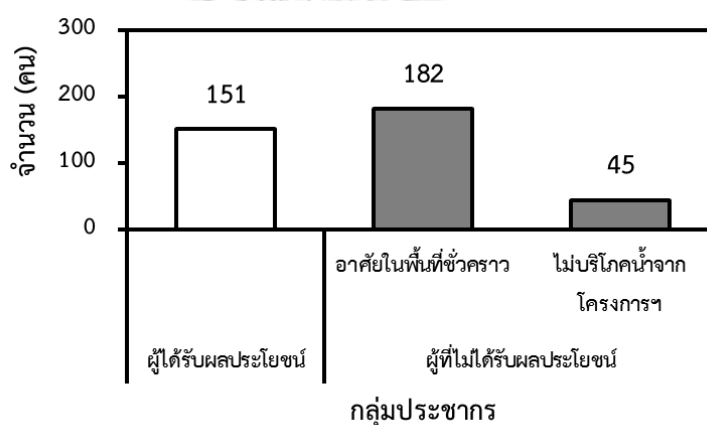
จากภาพที่ 34 แสดงคุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค ในส่วนค่าปริมาณของเหล็ก (Iron) โดยพบว่า ค่าที่ตรวจวัดได้ทั้งก่อน และหลังการเข้าระบบกรองน้ำ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2561 จนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2561 มีค่าน้อยมาก ซึ่งค่าปริมาณของเหล็กในแต่ละเดือนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลที่สามารถบริโภคได้ มีเพียงเดือนมกราคม พ.ศ.2562 ที่ค่าปริมาณของเหล็กในน้ำก่อนเข้าระบบสูงกว่าเกณฑ์เล็กน้อย ทั้งนี้ เมื่อผ่านการกรองน้ำ น้ำที่ออกจากระบบแล้วแต่มีคุณภาพที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค ซึ่งจากปริมาณที่ตรวจพบ อาจสันนิษฐานว่าปริมาณของเหล็กที่หายไป อาจหายไปในส่วนของการไหลผ่านแอร์เรเตอร์ที่อยู่ด้านบนของหอกรอง ซึ่งทำหน้าที่ลดขนาดของน้ำให้เป็นเม็ดเล็ก มีผลทำให้น้ำสัมผัสอากาศซึ่งมีออกซิเจนปะปนอยู่ได้มากขึ้น มีผลทำให้เกิดการทำปฏิกิริยาเกิดเป็นสภาพคอลลอยด์ที่มีลักษณะขุ่น อาจมีผลทำให้สามารถกรองออกได้โดยง่าย และเหลือปริมาณของเหล็กในน้ำเพียงเล็กน้อย หรืออาจไม่พบ (เอมอร์ คล่องแคล่ว, 2551)

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลคุณภาพน้ำบาดาลก่อนและหลังการกรองน้ำด้วยระบบหอกรองแบบผสมผสานตามภาพแผนภูมิเบื้องต้น พบว่า น้ำบาดาลภายในหมู่บ้านมีคุณภาพดี เพียงแต่ความเข้มข้นของฟลูออไรด์สูงกว่าค่ามาตรฐาน ทั้งนี้ ระบบถังกรองจึงมุ่งไปที่การกำจัดฟลูออไรด์จากน้ำโดยอาศัยการแลกเปลี่ยนไอออนด้วยโครงสร้างไฮดรอกซิลแฮปทาไฮโดรไทต์ในถ่านกระดูก สอดคล้องกับการศึกษาของ Bregnhøj H. (1995) ที่พบว่า โครงสร้างผลึกของอะพาไทต์ (Apatite) มีบทบาทสำคัญในกระบวนการดูดซับฟลูออไรด์ เนื่องจากมีแคลเซียมและฟอสเฟตเป็นโมเลกุลรากฐาน เมื่อเกิดการแทรกเข้าตรงแกนกลางของไฮดรอกไซด์ก็จะกลายเป็นโครงสร้างไฮดรอกซีอะพาไทต์ (Hydroxyapatite: $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) ที่สามารถดูดซับฟลูออไรด์ 1-2 โมเลกุลเข้ามาแทนที่ภายในโครงสร้างได้ เกิดเป็นฟลูอออะพาไทต์ (fluorapatite: $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$) เมื่อทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ออกจากระบบ ตั้งแต่วันที่ 12 พฤษภาคม 2561 จนถึง 19 มกราคม 2562 พบว่า ค่าของฟลูออไรด์มีปริมาณที่ลดลงในระดับที่น้อยกว่าค่ามาตรฐานน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค (0.70 มิลลิกรัมต่อลิตร) (ราชกิจจานุเบกษา, 2551, 21 พฤษภาคม) ซึ่งส่วนใหญ่คุณภาพน้ำหลังเข้าระบบจะดีขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำก่อนเข้าระบบ ทั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ กฤษภัทร ยินศิริ (2541) ที่ได้ศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกระดูกในการลดปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 5.0 7.5 และ 10 มิลลิกรัมฟลูออไรด์ต่อลิตร ให้เหลือน้อยกว่าค่ามาตรฐานคือ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพบว่าสามารถลดปริมาณฟลูออไรด์ให้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานได้ ประกอบกับ โยธิน มัชฌิมาดิลก (2557) ที่ได้ศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยถ่านกระดูกที่ผลิตขึ้นภายในครัวเรือน โดยใช้กระบวนการผลิตถ่านกระดูกที่ไม่ยุ่งยากและราคาถูก ทั้งนี้ได้ออกแบบกระบอกกรองสำหรับใช้บำบัดฟลูออไรด์ในครัวเรือนเพื่อลดความเข้มข้นฟลูออไรด์ ซึ่งพบว่า ระบบดังกล่าวสามารถลดปริมาณฟลูออไรด์ให้เหลือน้อยกว่าค่ามาตรฐานน้ำดื่มคือ 0.70 มิลลิกรัมต่อลิตรได้ นอกจากนี้ ในส่วนของตัวชี้วัดอื่น ๆ ก็มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มเช่นกัน อาทิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าความขุ่น (Turbidity) ค่าความกระด้างของน้ำ (Total-hardness) ค่าของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids) ค่าฟลูออไรด์ (Fluoride) และเหล็ก (Iron) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ จักรกฤษณ์ ภัทรวรานนท์ (2553) ที่กล่าวเพิ่มเติมว่า ถ่านกระดูก มีองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้สามารถดูดซับสารปนเปื้อนในน้ำได้ ไม่ว่าจะเป็นสารละลายนั้นจะเป็นส่วนแอนไอออนิก แคทไอออนิก สี กลิ่น รส คลอรีน ฟลูออรีน หรือสารอินทรีย์อื่น ๆ ก็ตาม โดยสารปนเปื้อนจะถูกนำเข้าไปในรูพรุนของถ่านกระดูก และจะถูกยึดติดทางเคมีเข้ากับโครงสร้างของไฮดรอกซีอะพาไทต์ ทำให้สารเหล่านั้นไม่สามารถหลุดออกมาได้อีก ปรากฏการณ์เช่นนี้ คือ ปรากฏการณ์เคมีซอร์บชัน (Chemisorption) ที่แสดงให้เห็นว่า โครงสร้างของไฮดรอกซีอะพาไทต์เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ถ่านกระดูกเป็นตัวดูดซับที่ดี

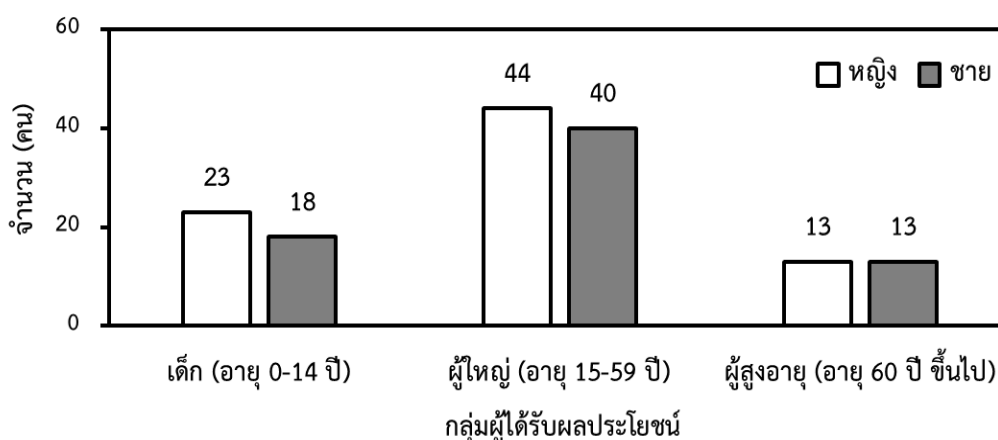
4.2 การวิเคราะห์ความเสี่ยงทางด้านสุขภาพจากการบริโภคน้ำปนเปื้อนฟลูออไรด์

จากการติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำ จะเห็นได้ว่า ฟลูออไรด์ เป็นหนึ่งในมลสารที่มีปริมาณสูงเกินค่ามาตรฐานตั้งแต่ก่อนเข้าระบบ ดังนั้น ระบบการกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การแก้ปัญหาด้านนี้ เพื่อเป็นการลดปริมาณของฟลูออไรด์ให้มีปริมาณที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้ น้ำบาดาลที่ออกจากระบบ ชาวบ้านจะใช้บริโภค แม้ว่าฟลูออไรด์ จะเป็นแร่ อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ โดยเฉพาะผลกระทบต่อกระดูก และฟัน จากการนำบาดาลที่ออกจากระบบเป็นน้ำสำหรับการบริโภค ดังนั้น การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจึงเป็นสิ่งจำเป็น จึงนำไปสู่การศึกษา โดยผลการศึกษามีดังต่อไปนี้

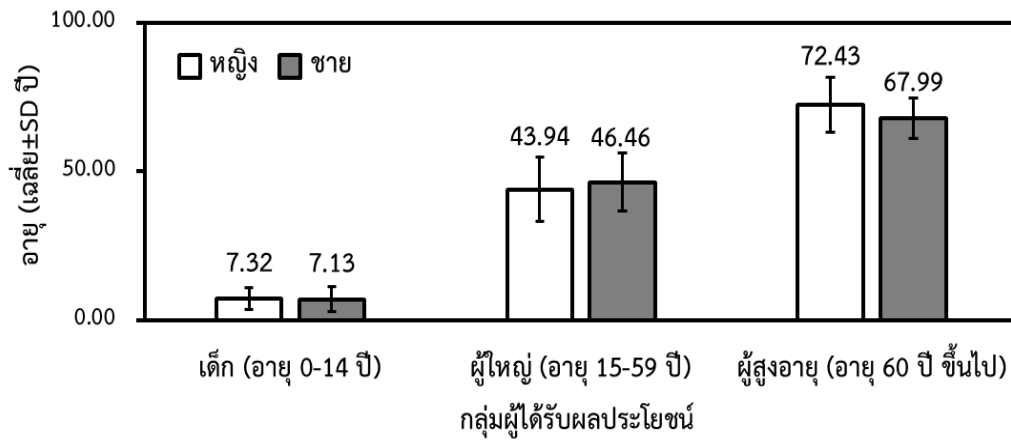
4.2.1 ผลสรุปข้อมูลจากการลงพื้นที่และสัมภาษณ์



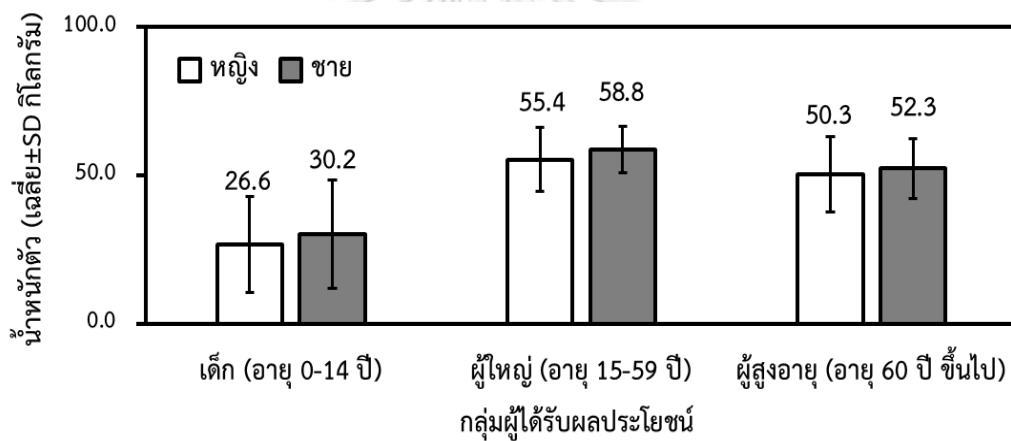
ภาพที่ 35 จำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎรจำแนกตามการได้รับผลประโยชน์จากโครงการ



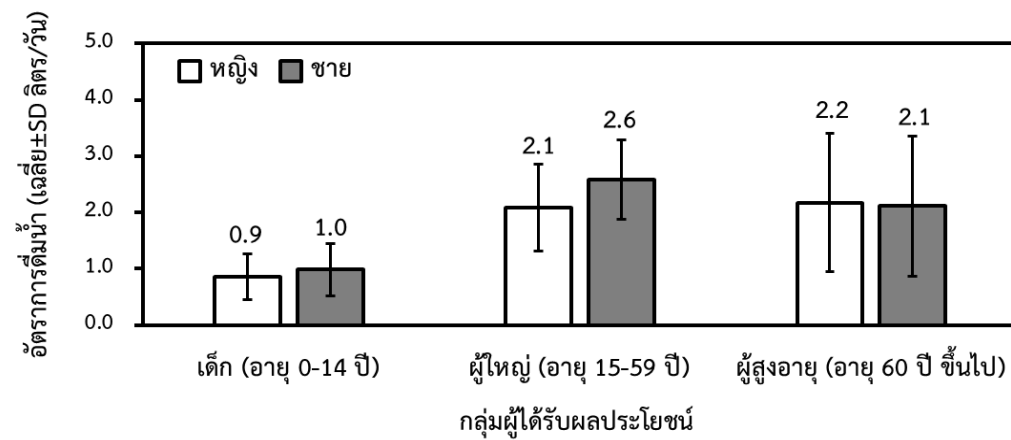
ภาพที่ 36 จำนวนของผู้ได้รับผลประโยชน์ จำแนกตามอายุ และเพศ



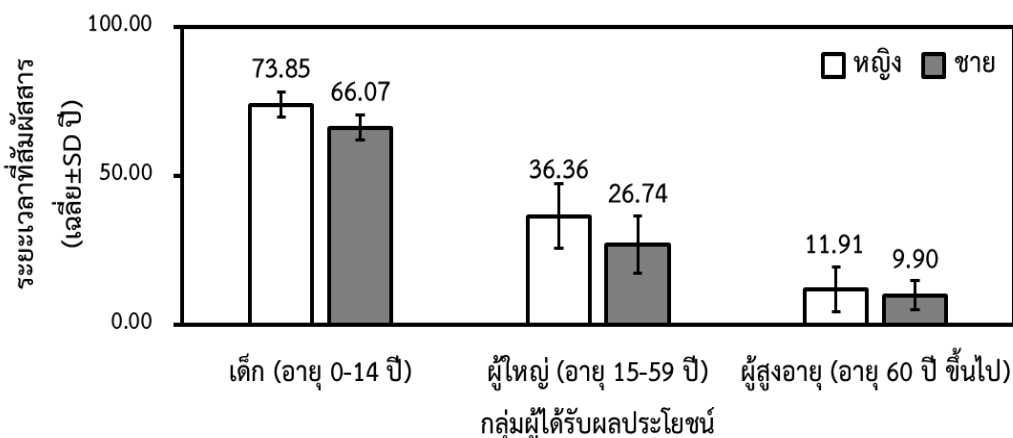
ภาพที่ 37 อายุโดยเฉลี่ยของผู้ได้รับผลประโยชน์ จำแนกตามอายุ และเพศ



ภาพที่ 38 น้ำหนักตัวโดยเฉลี่ยของผู้ได้รับผลประโยชน์ จำแนกตามอายุ และเพศ



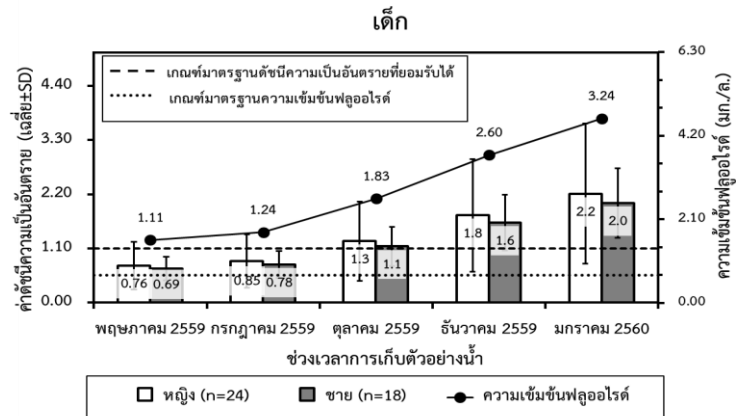
ภาพที่ 39 อัตราการดื่มน้ำเฉลี่ยของผู้ได้รับผลประโยชน์ จำแนกตามอายุ และเพศ



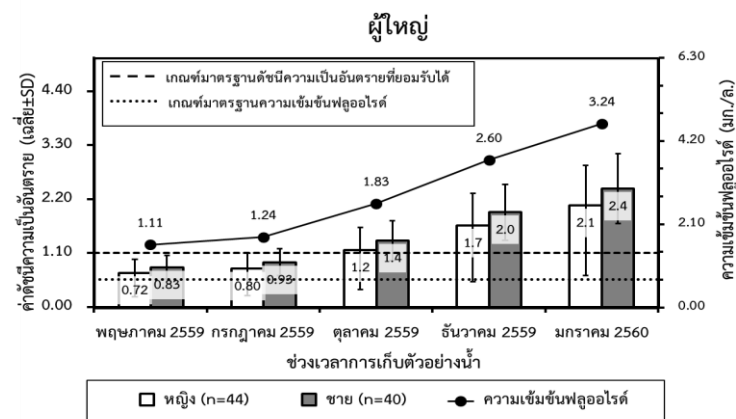
ภาพที่ 40 ระยะเวลาที่สัมผัสสารเฉลี่ยของผู้ได้รับผลประโยชน์ จำแนกตามอายุ และเพศ

4.2.2 ความเสี่ยงทางสุขภาพของผู้ได้รับผลประโยชน์ในแต่ละช่วงเวลา

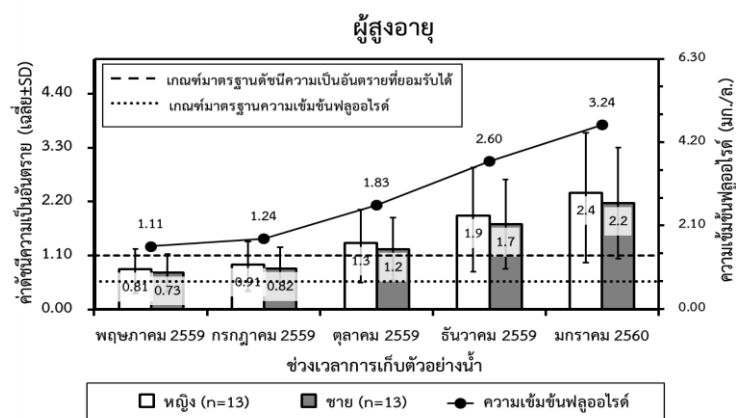
การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความเป็นอันตรายกับความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในแต่ละเดือน จะเป็นการศึกษา และประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากฟลูออไรด์ ที่เกิดจากการรับสัมผัสน้ำบาดาลผ่านการบริโภค จากการสัมภาษณ์ พบว่า กลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์บางส่วนได้ให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับการบริโภคน้ำในชีวิตประจำวันไว้ว่า ก่อนที่จะมีระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคได้มีการใช้น้ำบาดาลในการประกอบอาหาร และบริโภคร่วมด้วย ดังนั้น เมื่อทางผู้ศึกษาได้จัดตั้งโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการรับสัมผัสฟลูออไรด์จึงได้ทำการศึกษาเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีแรก จะเป็นการศึกษาความเสี่ยงทางสุขภาพที่อาจเกิดจากการบริโภคน้ำบาดาลที่มีได้ผ่านการกรองโดยระบบน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค และกรณีที่สอง คือ การศึกษาความเสี่ยงทางสุขภาพที่อาจเกิดจากการบริโภคน้ำบาดาลที่ผ่านการกรองโดยระบบน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคแล้ว ซึ่งการศึกษาความเสี่ยงทางสุขภาพทั้งสองกรณีนั้น จะศึกษาโดยการนำข้อมูลความเข้มข้นของฟลูออไรด์ที่ได้จากการติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำทั้งก่อน และหลังการเดินระบบในแต่ละเดือนมาคำนวณ โดยผลลัพธ์จะแสดงเป็นค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีความเป็นอันตรายที่จำแนกตามเวลาที่ตรวจวัดความเข้มข้น เพศ และกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ และจะแสดงผลเป็นรายบุคคล ซึ่งผลการศึกษาสามารถแสดงได้ดังภาพต่อไปนี้



ก. กลุ่มเด็ก (อายุ 0-14 ปี)



ข. กลุ่มผู้ใหญ่ (อายุ 15-59 ปี)



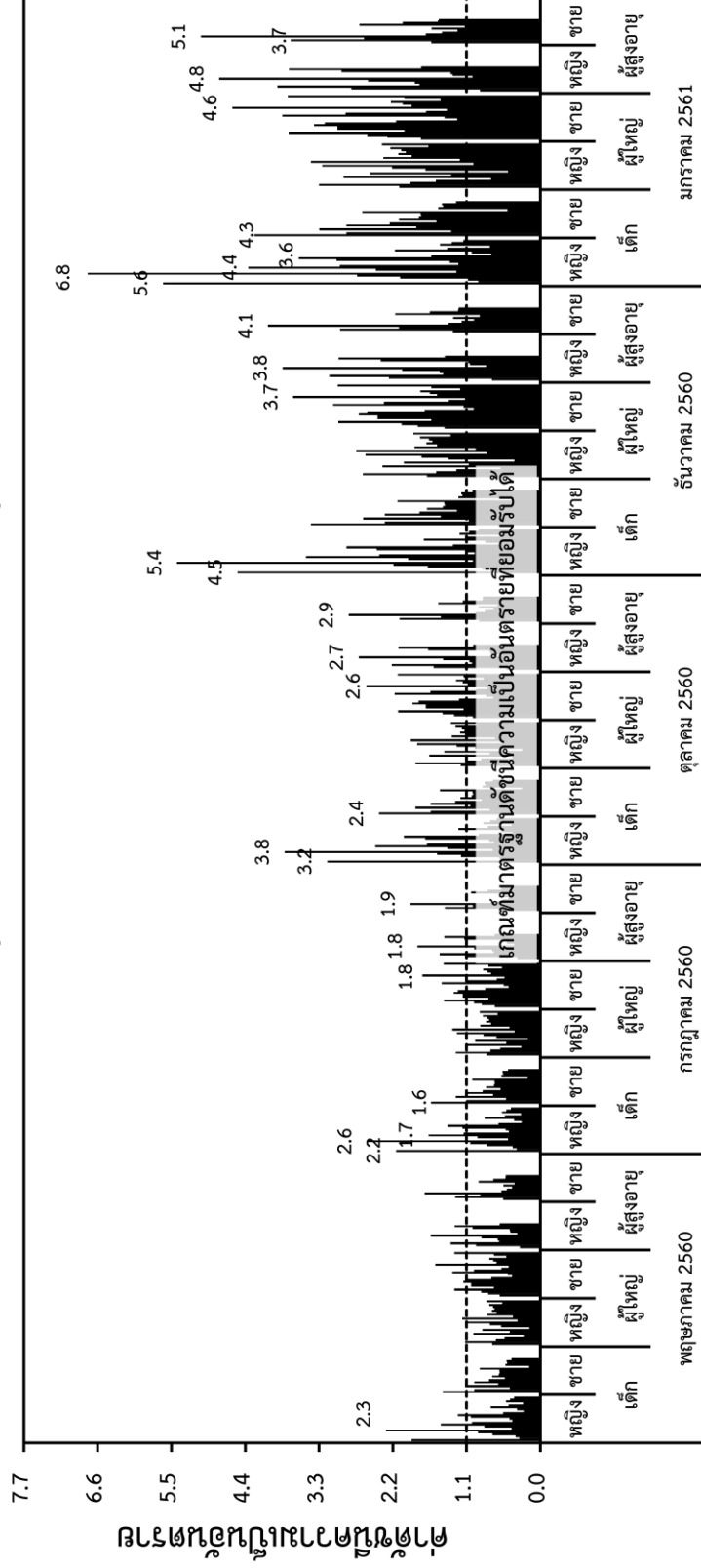
ค. กลุ่มผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปีขึ้นไป)

ภาพที่ 41 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความเครียด (น้ำก่อนเข้ารับ) กับความเข้มข้นฟลูออไรด์ในแต่ละเดือน จำแนกตามกลุ่มประชากร (ก.-ค.)

จากภาพ แสดงค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีความเป็นอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการบริโภคน้ำบาดาลที่ยังมิได้ผ่านการกรองระบบ หรือที่เรียกว่าน้ำดิบ จากการศึกษา พบว่า ในแต่ละเดือน ประชากรในทุกกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์จะได้รับสัมผัสน้ำบาดาลที่มีปริมาณของฟลูออไรด์สูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค จาก ราชกิจจานุเบกษา (2551, 21 พฤษภาคม) ทั้งสิ้น มีผลทำให้ค่าดัชนีความเป็นอันตราย ก็สูงเกินกว่าเกินมาตรฐานที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์ของ Hallenbeck WH. และ Springs W. (1993) อีกด้วย ทั้งนี้ ในแต่ละเดือน ตั้งแต่ เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2560 เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2560 เดือนตุลาคม พ.ศ.2560 เดือนธันวาคม พ.ศ.2560 และเดือนมกราคม พ.ศ.2561 กลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ที่เป็นกลุ่มเด็ก (อายุ 0-14 ปี) ในเพศหญิง มีค่าเฉลี่ย \pm SD ของค่าดัชนีความเป็นอันตราย คือ 0.76 ± 0.54 0.85 ± 0.61 1.26 ± 0.89 1.78 ± 1.27 และ 2.22 ± 1.58 ตามลำดับ ส่วนเพศชาย ค่าดัชนีความเป็นอันตราย คือ 0.69 ± 0.30 0.78 ± 0.34 1.15 ± 0.50 1.63 ± 0.71 และ 2.04 ± 0.89 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่า ในกลุ่มเดียวกัน เด็กเพศหญิง จะมีค่าดัชนีความเป็นอันตรายสูงกว่า นั่นหมายถึง เด็กเพศหญิง อาจมีโอกาสได้รับความเสี่ยงทางสุขภาพอันเกิดจากการบริโภคน้ำบาดาลที่มีการปนเปื้อนของฟลูออไรด์ได้มากกว่าเด็กเพศชาย ต่อมา ในกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ที่เป็นผู้ใหญ่ (อายุ 15-59 ปี) ค่าเฉลี่ย \pm SD ของค่าดัชนีความเป็นอันตรายในเพศหญิง คือ 0.72 ± 0.28 0.80 ± 0.31 1.18 ± 0.46 1.68 ± 0.66 และ 2.10 ± 0.82 ตามลำดับ ส่วนเพศชาย คือ 0.83 ± 0.27 0.93 ± 0.31 1.38 ± 0.45 1.96 ± 0.64 และ 2.44 ± 0.80 ตามลำดับ และสุดท้ายในกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ที่เป็นผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปี ขึ้นไป) ค่าเฉลี่ย \pm SD ของค่าดัชนีความเป็นอันตรายในเพศหญิง คือ 0.81 ± 0.42 0.91 ± 0.47 1.34 ± 0.69 1.90 ± 0.98 และ 2.37 ± 1.22 ตามลำดับ ส่วนเพศชาย คือ 0.73 ± 0.39 0.82 ± 0.43 1.22 ± 0.64 1.73 ± 0.91 และ 2.15 ± 1.13 ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยในกลุ่มต่าง ๆ ที่อยู่ในเดือนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

จะเห็นได้ว่า ไม่ว่าจะ เป็นกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ใด ล้วนแต่มีค่าดัชนีความเป็นอันตรายสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานทั้งสิ้น ซึ่งค่าดัชนีความเป็นอันตรายจะแปรผันตรงกับปริมาณของฟลูออไรด์ที่ตรวจพบสอดคล้องกับภาพที่ 41 ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) กับความเข้มข้นฟลูออไรด์ในแต่ละเดือนจำแนกตามกลุ่มประชากร และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีความเป็นอันตรายในแต่ละเดือนของแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ พบว่า ในสามอันดับแรก ได้แก่ กลุ่มผู้ใหญ่ (อายุ 15-59 ปี) เพศชาย จะมีค่าเฉลี่ยความเป็นอันตรายในแต่ละเดือนสูงสุด รองลงมาคือ กลุ่มผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปี ขึ้นไป) เพศหญิง และลำดับสุดท้ายคือเด็ก (อายุ 0-14 ปี) เพศหญิง อีกทั้งพบว่า ทุกกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ จะมีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความเป็นอันตรายสูงสุดในเดือนมกราคม พ.ศ.2561 รองลงมาคือ เดือนธันวาคม พ.ศ.2560 และเดือนตุลาคม พ.ศ.2560 ตามลำดับ

ผลการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการสัมผัสผลล่อไรด์รายบุคคล
(นำก่อนเข้ารับในปีในแต่ละเดือน)

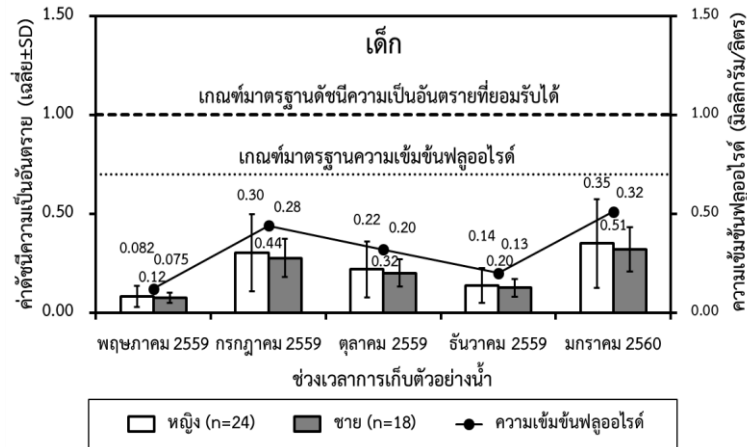


กลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์

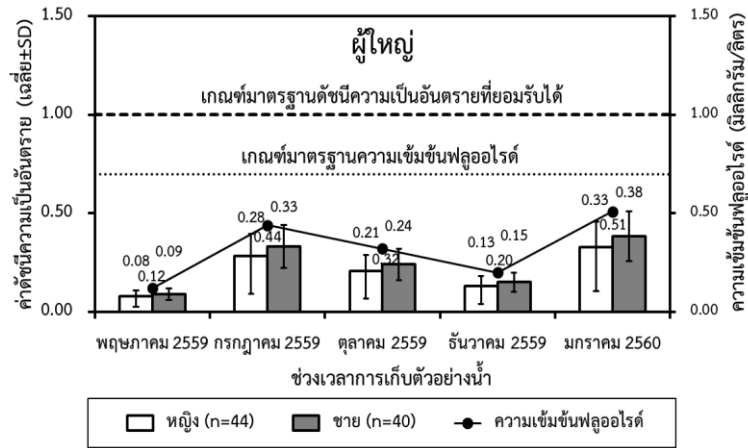
ภาพที่ 42 ค่าดัชนีความเสี่ยงเป็นอันตรายในแต่ละเดือนจำแนกตามรายบุคคล

จากภาพที่ 42 ที่แสดงค่าดัชนีความเป็นอันตรายจากการประเมินความเสี่ยงหากบริโภค น้ำก่อนการเข้าระบบในแต่ละเดือน จำแนกตามรายบุคคล พบว่า เมื่อแจกแจงความเสี่ยงออกเป็น รายบุคคล ทำให้เห็นถึงภาพรวมของความเป็นอันตรายค่อนข้างชัดเจน กลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์มีค่า ดัชนีความเป็นอันตรายสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก ซึ่งจากการแปลความจากค่าดัชนีความเป็น อันตรายให้เป็นระดับความเสี่ยง พบว่า ส่วนใหญ่ กลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์มีระดับความอันตรายอยู่ที่ เริ่มมีความเสี่ยง และในบางรายก็เกือบจะถึงระดับความเสี่ยงสูง ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่า หาก ประชากรในพื้นที่ บริโภคน้ำบาดาลที่ไม่ผ่านกรรมวิธีบำบัดที่ถูกต้อง ก็จะมีผลทำให้ได้รับปริมาณ ฟลูออไรด์เข้าสู่ร่างกายในปริมาณที่สูง อาจส่งผลทำให้เกิดผลกระทบทางสุขภาพได้ โดยฟลูออไรด์ ส่งผลโดยตรงกับระบบกระดูก ซึ่ง Adler P. (1970) กล่าวว่า หากได้รับปริมาณฟลูออไรด์ในปริมาณที่ มากเกินไปอาจเกิดผลกระทบทางสุขภาพได้ โดยปริมาณของฟลูออไรด์เพียง 2 เท่าของปริมาณที่ใช้ ป้องกันฟันผุ มีผลกระทบและรบกวนการสร้างสารเคลือบฟันได้ แต่ถ้าหากรับเข้าไปมากจนถึง 20 เท่า จะทำให้เกิดภาวะระบบกระดูกในร่างกายชำรุด (fluorosis) อีกทั้งยังรบกวนการทำงานของต่อม ไทรอยด์ ไต หรือแม้แต่ทำให้โครงสร้างร่างกายผิดปกติ และน้ำหนักรลดอีกด้วย

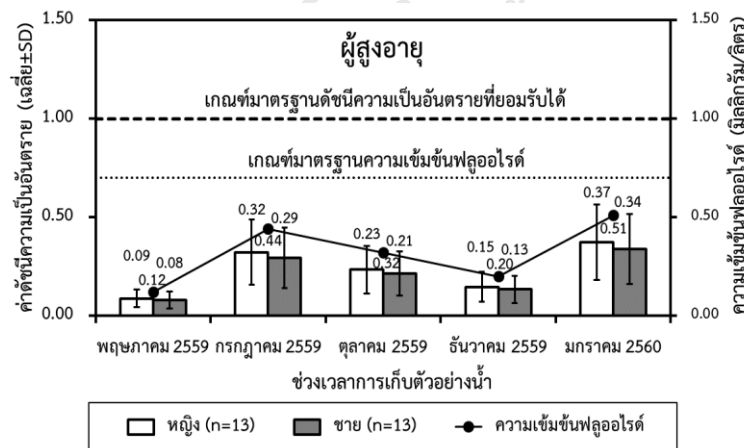
ต่อมา เมื่อทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ ในกรณีที่ชาวบ้านบริโภคน้ำบาดาลที่ผ่าน การกรองด้วยระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค ซึ่งน้ำที่ผ่านการกรองมีค่าความเข้มข้นของ ฟลูออไรด์ที่น้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค โดยทำการประเมินเช่นเดียวกับการ ประเมินน้ำบาดาลก่อนเข้าระบบ ซึ่งจากการคำนวณพบว่า ค่าเฉลี่ย±SD ของค่าดัชนีความเป็น อันตรายในแต่ละเดือน กลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์แต่ละกลุ่ม มีค่าเฉลี่ยดัชนีความเป็นอันตรายไม่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ และมีค่าที่ผ่านเกณฑ์ มาตรฐานทั้งสิ้น โดยในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2560 เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2560 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 เดือนธันวาคม พ.ศ.2560 และเดือนมกราคม พ.ศ.2561 กลุ่มเด็ก (อายุ 0-14 ปี) เพศหญิง มี ค่าเฉลี่ย±SD ของค่าดัชนีความเป็นอันตราย คือ 0.08±0.06 0.30±0.22 0.22±0.16 0.14±0.10 และ 0.35±0.25 ตามลำดับ ส่วนเพศชาย มีค่าดัชนีความเป็นอันตราย คือ 0.08±0.03 0.28±0.12 0.20±0.09 0.13±0.05 และ 0.32±0.14 ตามลำดับ ในกลุ่มผู้ใหญ่ (อายุ 15-59 ปี) เพศหญิง มี ค่าเฉลี่ย±SD ของค่าดัชนีความเป็นอันตราย คือ 0.08±0.03 0.28±0.11 0.21±0.08 0.13±0.05 และ 0.33±0.13 ตามลำดับ ส่วนเพศชาย ได้แก่ 0.09±0.03 0.33±0.11 0.24±0.08 0.15±0.05 และ 0.38±0.13 ตามลำดับ และสุดท้าย กลุ่มผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปี ขึ้นไป) มีค่าเฉลี่ย±SD ของค่าดัชนีความ เป็นอันตราย คือ 0.09±0.05 0.32±0.17 0.23±0.12 0.15±0.08 และ 0.37±0.19 ตามลำดับ และ เพศชาย ค่าดัชนีความเป็นอันตราย คือ 0.08±0.04 0.29±0.15 0.21±0.11 0.13±0.07 และ 0.34±0.18 ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับภาพดังต่อไปนี้



ก. กลุ่มเด็ก (อายุ 0-14 ปี)



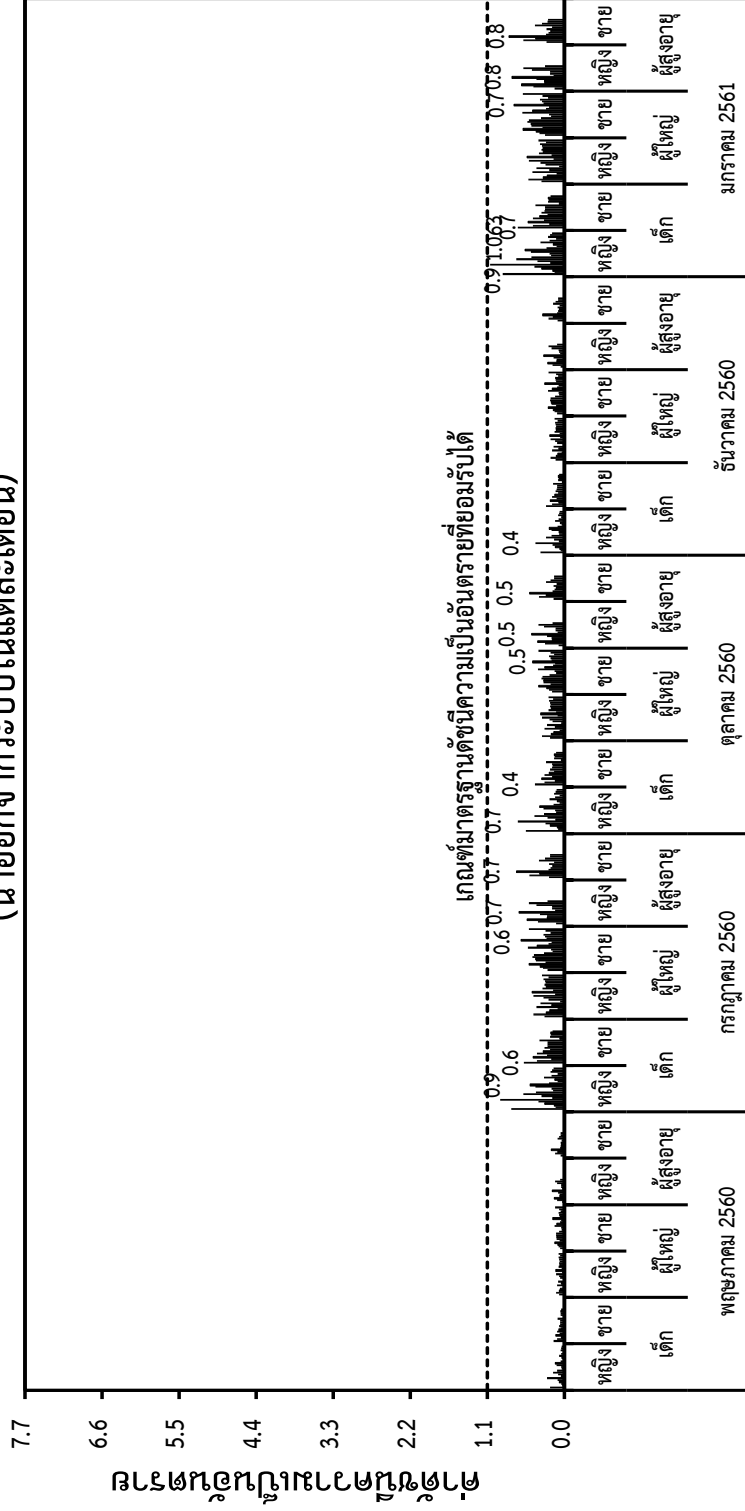
ข. กลุ่มผู้ใหญ่ (อายุ 15-59 ปี)



ค. กลุ่มผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปีขึ้นไป)

ภาพที่ 43 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) กับความเข้มข้นฟลูออไรด์ในแต่ละเดือน จำแนกตามกลุ่มประชากร (ก.-ค.)

ผลการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการสัมผัสฟลูออไรด์รายบุคคล
(นำออกจากระบบในแต่ละเดือน)



กลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์

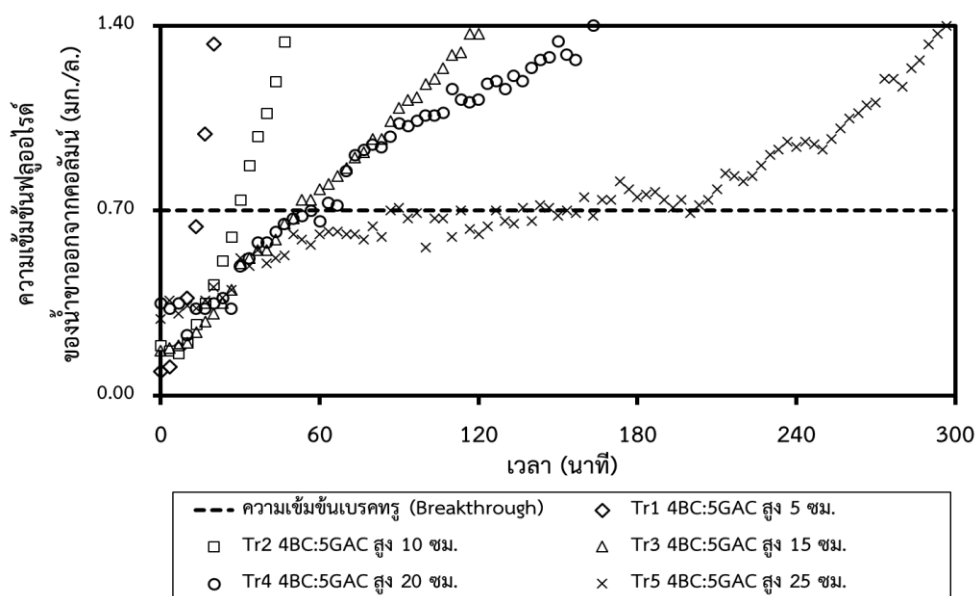
ภาพที่ 44 ค่าดัชนีความเสี่ยงเป็นอันตรายในแต่ละเดือนจำแนกตามรายบุคคล

4.3 ศึกษาการประเมินอายุการใช้งานของระบบ

4.3.1 ศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์

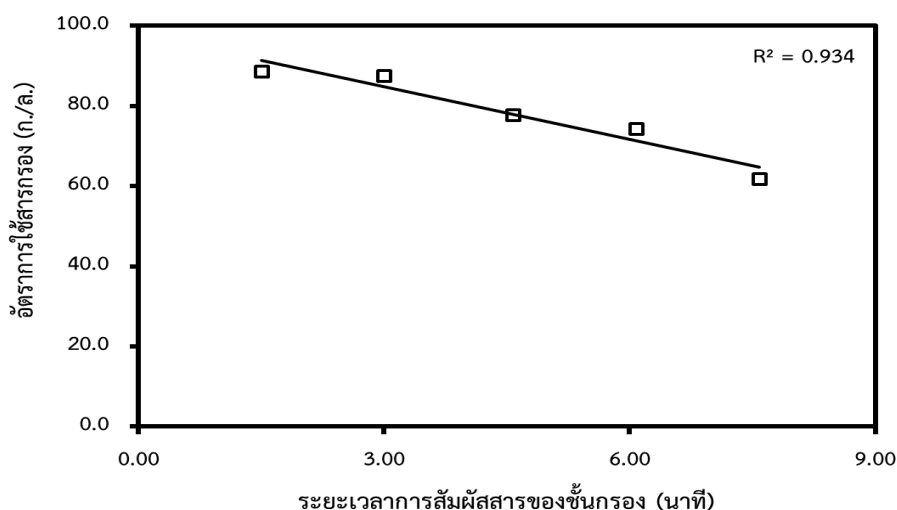
4.3.1.1 ศึกษาความสูงของชั้นกรองต่อการกำจัดฟลูออไรด์

จากการศึกษาความสูงของชั้นกรองต่อการกำจัดฟลูออไรด์ โดยศึกษาที่ความสูงชั้นกรองที่ 5.00 10.00 15.00 20.00 และ 25.00 เซนติเมตร ซึ่งแต่ละความสูงจะประกอบไปด้วยสารกรองสองชั้น ชั้นละ 1 ชนิด ประกอบไปด้วยถ่านกระดุก (BC) และถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด (GAC) โดยอัตราส่วนความสูงของสารกรอง จะใช้อัตราส่วน ถ่านกระดุกต่อถ่าน กัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ 4:5 จากนั้นจะสูบน้ำเข้าคอลัมน์ที่ความเร็ว 4.60 มิลลิลิตรต่อนาที และเก็บตัวอย่างน้ำที่ไหลออกจากคอลัมน์ที่เวลาต่าง ๆ จนได้ระยะเวลาที่น้ำตัวอย่างมีความเข้มข้นเท่ากับความเข้มข้นเบรกทรู (0.70 มก.ฟลูออไรด์/ล.) ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ที่ความสูงของชั้นกรองที่ 25.00 เซนติเมตร ระยะเวลาที่จุดเบรกทรูยาวนานที่สุด 86.7 นาที โดยปริมาตรน้ำที่ได้ ณ จุดเบรกทรูคือ 399 มิลลิลิตร รองลงมาคือที่ความสูง 20.00 15.00 10.00 และ 5.00 ซม. ตามลำดับ โดยปริมาตรน้ำที่ได้ ณ จุดเบรกทรูคือ 276 230 123 61.3 มิลลิลิตร และเวลาที่จุดเบรกทรูคือ 60.0 50.0 26.7 และ 13.3 นาที ตามลำดับ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฟลูออไรด์ของน้ำขาออก กับเวลา แสดงดังภาพที่ 45



ภาพที่ 45 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฟลูออไรด์ของน้ำขาออกจากคอลัมน์ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กับความสูงของชั้นกรอง

จากนั้นทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้สารกรอง (usage rate) กับระยะเวลาการสัมผัสสารของชั้นกรอง (Empty bed contact time: EBCT) พบว่า คอลัมน์ที่ใช้สารกรองที่ความสูง 5.00 10.00 15.00 20.00 และ 25.00 ซม. มีค่าอัตราการใช้สารกรองที่ 88.7 87.5 77.8 74.3 และ 64.4 ก./ล. ตามลำดับ ส่วนระยะเวลาการสัมผัสสารของชั้นกรอง คือ 1.50 3.01 4.58 6.08 และ 7.58 นาที ตามลำดับ ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 46

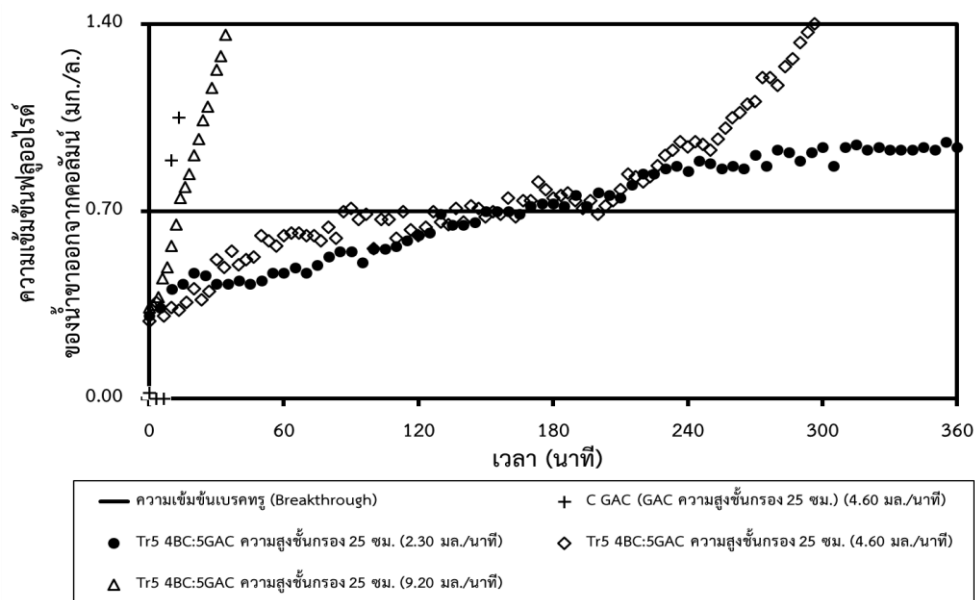


ภาพที่ 46 อัตราการใช้สารกรองที่ระยะเวลาการสัมผัสสารของชั้นกรองต่าง ๆ (ฟลูออไรด์)

จากภาพที่ 46 แสดงให้เห็นว่า เมื่อระยะเวลาการสัมผัสสารของสารกรองมีเพิ่มมากขึ้น อัตราการใช้สารกรองก็จะลดลง ซึ่งได้ว่าอัตราการใช้สารกรองมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการสัมผัส (EBCT) และในช่วงความลึกของชั้นกรองที่ทำการทดสอบพบว่าค่าอัตราการใช้สารกรองอาจจะลดลงได้อีกถ้าความลึกของชั้นกรองสูงขึ้น

ต่อมา จึงได้ทำการคัดเลือกกรรมวิธีคอลัมน์ ที่ความสูงชั้นกรองที่ 25.00 เซนติเมตร โดยประกอบไปด้วยสารกรองที่มีความสูงที่อัตราส่วนสารกรองถ่านกระดุก 4 ส่วน ต่อ ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด 5 ส่วน ทั้งนี้ จำแนกเป็นถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด สูง 13.90 เซนติเมตร และถ่านกระดุกสูง 11.10 เซนติเมตร ซึ่งที่อัตราการกรอง 4.60 มิลลิลิตรต่อนาที กรรมวิธีนี้สามารถทำให้ได้ค่าอัตราการใช้สารต่ำที่สุด จึงนำไปสู่การศึกษาผลของอัตราเร็วในการกรอง โดยจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าอัตราการกรองที่เปลี่ยนไป มีผลทำให้เวลาเบรกทुरुเกิดการเปลี่ยนแปลงจากที่อัตราการกรองเดิม ความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาที่ 4.3.1.1

4.3.1.2 ศึกษาอัตราการกรองต่อการกำจัดฟลูออไรด์



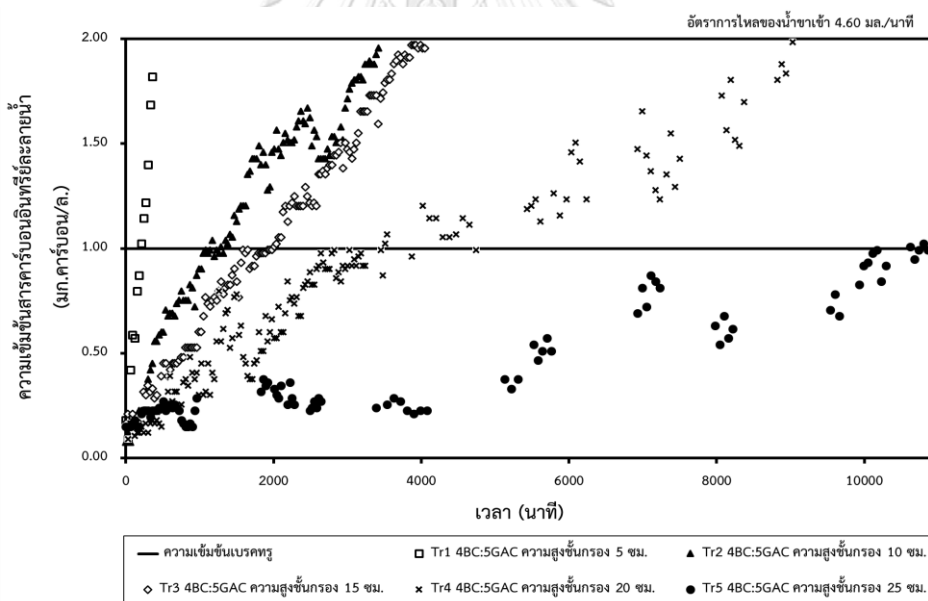
ภาพที่ 47 ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในของน้ำขาออกที่อัตราการกรองต่าง ๆ

จากภาพที่ 47 พบว่า คอลัมน์ที่บรรจุสารกรองเพียงถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดเพียงชนิดเดียวไม่สามารถกำจัดฟลูออไรด์ได้ และที่อัตราการกรอง 2.30 4.60 และ 9.20 มล./นาฬิกา เวลาเบรคทรูที่อัตราการกรอง 2.30 และ 9.20 มล./นาฬิกา มีเวลาเบรคทรูอยู่ที่ 165 และ 12.0 นาที คือ ตามลำดับ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงจากเวลาเบรคทรู 86.7 นาทีที่อัตราการกรอง 4.60 มล./นาฬิกา จะเห็นได้ว่า การใช้สารกรองเดิม หากต้องการเพิ่มให้อัตราการใช้สารลดลง และมีระยะเวลาเบรคทรูที่ยาวนานมากขึ้น จะต้องทำการลดอัตราการกรองของน้ำที่ไหลผ่านคอลัมน์ ทั้งนี้ก็เพื่อให้มีเวลาให้สารกรองทำหน้าที่กรองสารกรองที่มากับน้ำได้อย่างเต็มที่ ซึ่งที่อัตราการกรอง 2.30 มล./นาฬิกา มีอัตราการใช้สารที่ต่ำกว่าเดิม โดยลดลงจากค่าอัตราการใช้สารที่อัตราการกรอง 4.60 มล./นาฬิกา ซึ่งอัตราการใช้สารลดลงจากที่ 4.60 มล./นาฬิกา คือ 61.9 ก./ล. เหลือ 59.2 ก./ล. ที่อัตราการกรอง 2.30 มล./นาฬิกา ดังนั้น จึงนำไปสู่การศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำต่อไปเพื่อศึกษาความสูงของชั้นกรอง และอัตราการกรองที่ส่งผลต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ

4.3.2 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำด้วยระบบคอลัมน์

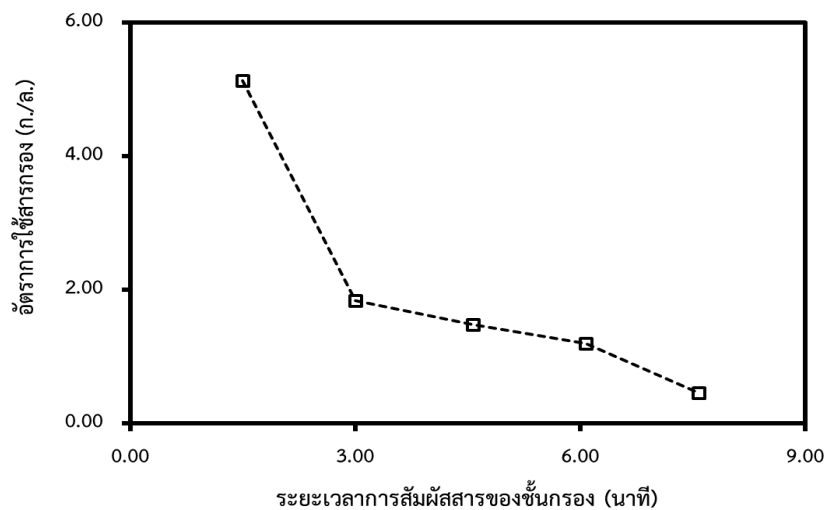
4.3.2.1 ศึกษาความสูงของชั้นกรองต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ

จากการศึกษาความสูงชั้นกรองตามแนวทางเช่นเดิมกับการศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ พบว่า ที่อัตราการกรอง 4.60 มล./นาที่ ระดับความสูงสารกรอง 5.00 10.00 15.00 20.00 และ 25.00 ซม. มีระยะเวลาการสัมผัสของสารกรอง (EBCT) ของแต่ละความสูงคือ 1.50 3.01 4.58 6.08 และ 7.58 นาที ตามลำดับ ส่วนระยะเวลาที่ความเข้มข้นเบรกทูลู คือ 210 1,170 2,010 3,510 และ 10,620 นาที ตามลำดับ ซึ่งอัตราการใช้สารกรอง (usage rate) คือ 5.14 1.84 1.48 1.20 และ 0.459 ก./ล. ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ที่ความสูงของชั้นกรอง 25.00 เซนติเมตร มีอัตราการใช้กรองน้อยที่สุด และให้เวลาที่เบรกทูลูสูงที่สุดด้วย จึงนำไปสู่การศึกษาอัตราการกรองของน้ำขาเข้า ซึ่งจะนำคอลัมน์ที่มีความสูงชั้นกรองที่ 25.00 ซม. ไปเดินระบบอีกครั้ง โดยจะเปลี่ยนจากอัตราการกรองที่ 4.60 มล./นาที่ เป็น 2.30 และ 9.20 มล./นาที่ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับภาพที่ 48 แสดงดังนี้



ภาพที่ 48 ความเข้มข้นคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำในแต่ละเวลาที่ความสูงของชั้นกรองต่าง ๆ

จากนั้น เมื่อนำข้อมูลที่ได้ไปสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้สารกรอง กับระยะเวลาการสัมผัสสารของชั้นกรองต่าง ๆ พบความสัมพันธ์ดังภาพที่ 49

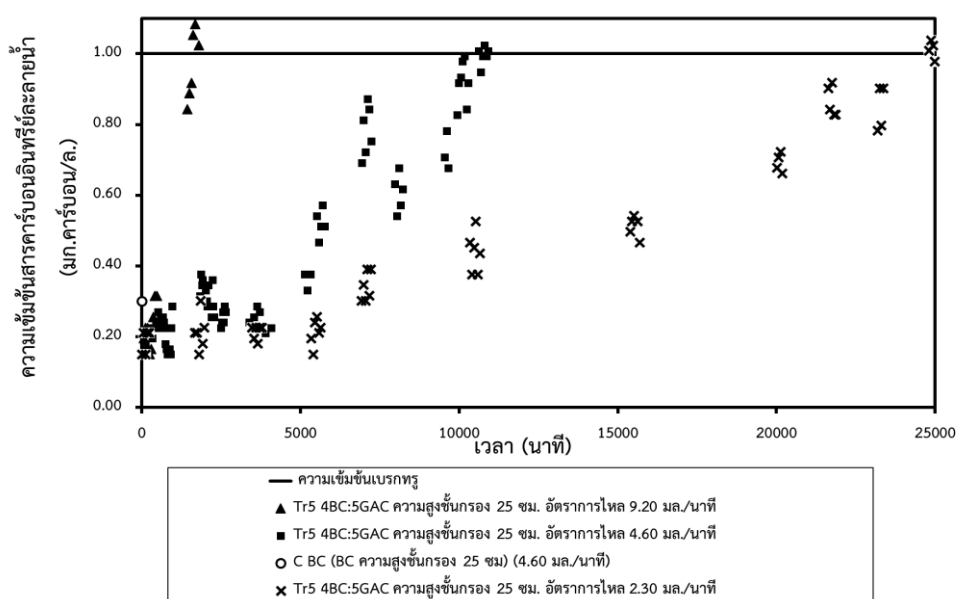


ภาพที่ 49 อัตราการใช้สารกรองที่ระยะเวลาการสัมผัสสารของชั้นกรองต่าง ๆ
(คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ)

จากภาพที่ 49 จะเห็นได้ว่า แนวโน้มของความสัมพัทธ์ก็จะมีคล้ายกับการศึกษาในส่วนของ การกำจัดฟลูออไรด์ที่ได้ทำการศึกษาไปในก่อนหน้า กล่าวคือ เมื่อเวลาการสัมผัสสารของชั้นกรองเพิ่มมากขึ้น ก็จะมีผลทำให้อัตราการใช้สารกรองลดลง

4.3.2.2 ศึกษาอัตราการกรองต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ

จากการศึกษาอัตราการกรองของน้ำขาเข้าระบบต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ โดยกรรมวิธีที่เลือกนำมาศึกษา ก็คือคอลัมน์ที่มีความสูงชันกรอง 25.00 ซม. เนื่องจากมีอัตราการใช้สารกรองน้อยที่สุด ในขณะที่ให้เวลาที่จุดเบรคทुरुสูงที่สุดด้วย โดยอัตราการกรองของน้ำที่จะศึกษาต่อ คือ 2.30 และ 9.20 มล./นาที ตามลำดับ โดยจากผลการศึกษา สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 50



ภาพที่ 50 ความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำของน้ำขาออกที่อัตราการกรองต่าง ๆ

จากภาพที่ 50 จะเห็นได้ว่า คอลัมน์ที่มีความสูงชันกรอง 25.00 ซม. ที่อัตราการกรอง 2.30 มล./นาที ได้ให้เวลาที่จุดเบรคทुरुสูงที่สุด ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่า ที่อัตราการกรอง 2.30 4.60 และ 9.20 มล./นาที เวลาที่จุดเบรคทुरुของแต่ละคอลัมน์คือ 24,810 10,620 และ 1,620 นาที ตามลำดับ

4.3.3 ศึกษาการทำนายอายุการใช้งานของสารกรอง

จากการศึกษาที่ผ่านมาทำให้ได้ค่าของตัวแปรต่าง ๆ ที่สามารถทำนายอายุการใช้งานของสารกรองของสารกรองชนิดต่าง ๆ ได้ ทั้งนี้การทำนายอายุของสารกรอง เป็นสิ่งสำคัญต่อการบำรุงรักษาระบบให้สามารถกรองน้ำบริโภคได้อย่างมีคุณภาพ ซึ่งการทำนายได้นำการศึกษาของโทมัสตามสมการ Thomas Equation สมการ Bohart and Adam equation และสมการระยะเวลาการสัมผัสของชั้นกรอง (Empty bed contact time) โดยการศึกษาตามสมการของ Thomas Equation จะทำการสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง สร้างแผนภูมิระหว่าง $\ln(C_0/C_t)$ กับเวลา(นาที่) ทำให้สุดท้ายจะได้ค่าคงที่ของโทมัส (ล./มก./นาที่) และความสามารถในการดูดซับสูงสุด (มก./ก.) ส่วนแบบจำลองของ Bohart and Adam equation สร้างกราฟระหว่างความสูงของชั้นกรอง(ซม.) กับเวลา(นาที่) โดยจะสามารถคำนวณค่าคงที่อัตราการดูดซับ (ลบ.ซม./มก./นาที่) และค่าความสามารถในการดูดซับของวัสดุดูดซับ (มก./ลบ.ซม.) ได้ และเมื่อให้ เวลา = 0 แล้วแทนลงในสมการของ Bohart and Adam equation จะได้ค่าความลึกวิกฤต (Critical bed depth) ซึ่งเป็นความหนาของชั้นวัสดุดูดซับที่ทำให้ความเข้มข้นของมลสารที่ออกจากระบบมีค่าเท่ากับความเข้มข้นเบรกทูล์ ซึ่งจากการศึกษาได้ผลดังต่อไปนี้

4.3.3.1 สมการ Thomas Equation

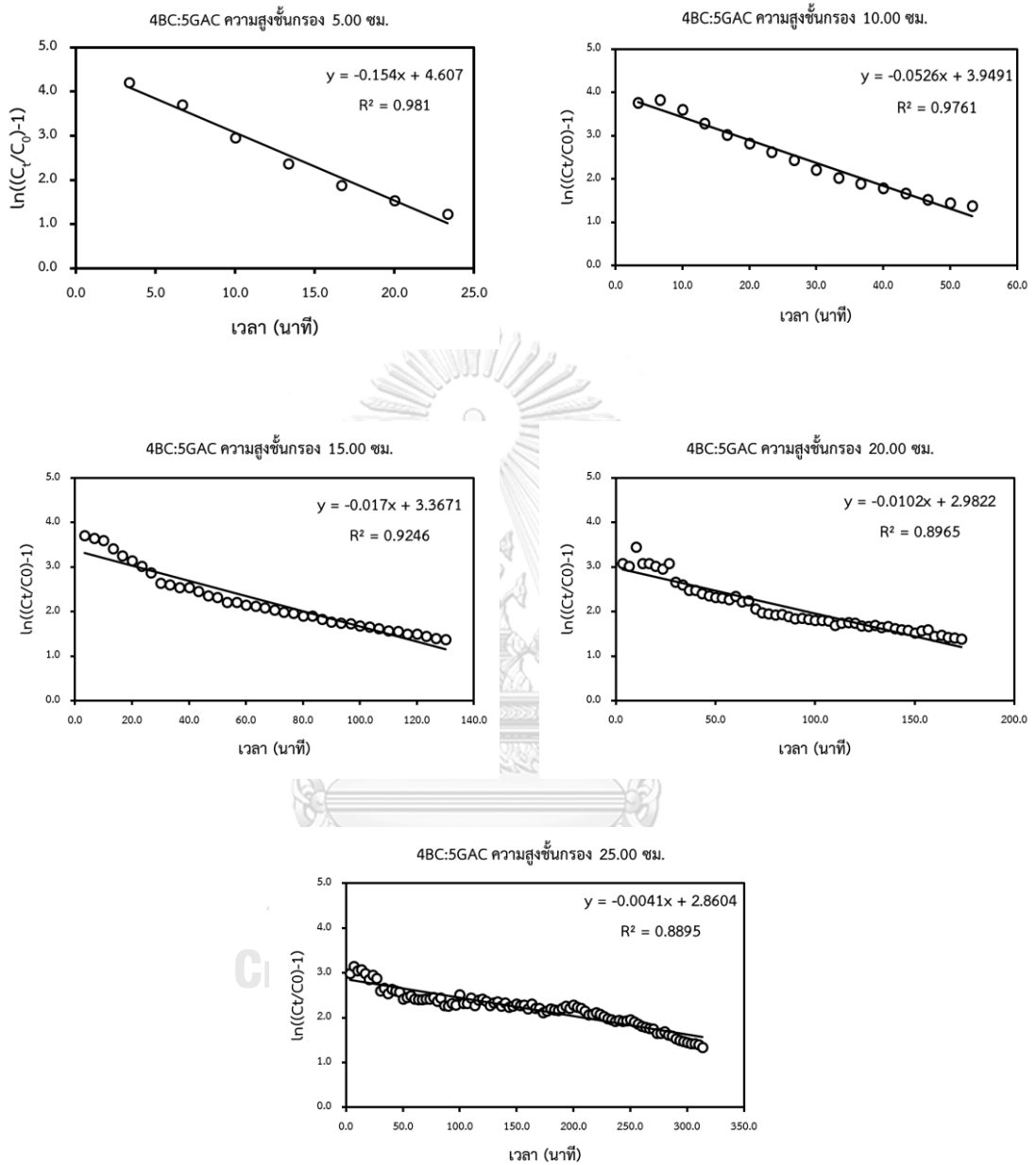
4.3.3.1.1 การกำจัดฟลูออไรด์

จากการศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ นำไปสู่การนำข้อมูลเวลา และความเข้มข้นของฟลูออไรด์ของน้ำขาออกจากระบบมาสร้างความสัมพันธ์และคำนวณโดยใช้สมการ Thomas Equation ผลปรากฏว่า สามารถคำนวณค่าคงที่ของโทมัส : k_t (ล./มก./นาที่) และค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุด : q_0 (มก./ก.) ได้ดังตารางที่ 21 และภาพที่ 51 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 21 ค่าคงที่จากการคำนวณสมการ Thomas ในการกำจัดฟลูออไรด์ที่ความสูงชั้นกรองต่างๆ

ค่าคงที่	ความสูงของชั้นกรอง (เซนติเมตร)				
	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00
ค่าคงที่ของโทมัส : k_t (ล./มก./นาที่)	0.021	0.0070	0.0023	0.0014	0.00055
ความสามารถในการดูดซับสูงสุด : q_0 (มก./ก.)	0.19	0.24	0.38	0.49	0.97
R^2	0.98	0.98	0.92	0.90	0.89

หมายเหตุ: อัตราการกรองของน้ำที่เข้าระบบคอลัมน์คือ 4.60 มิลลิลิตรต่อนาที



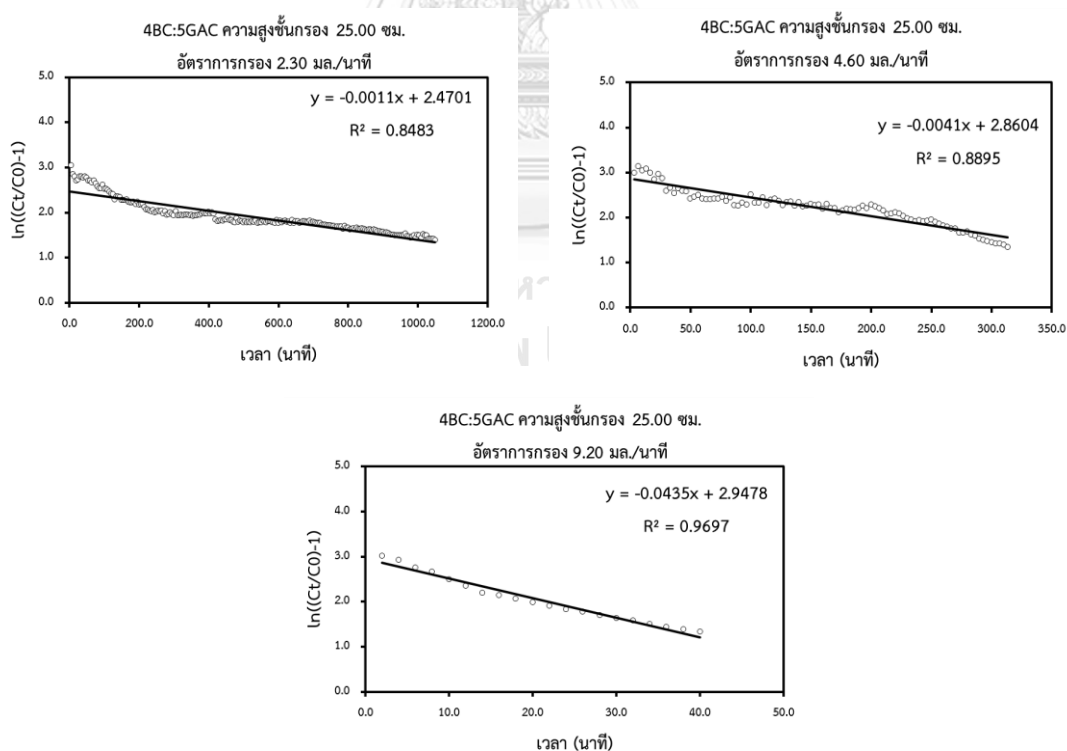
ภาพที่ 51 การศึกษาแบบจำลอง Thomas ของการกำจัดฟลูออไรด์
ในระบบคอลัมน์ที่มีความสูงชั้นกรองต่าง ๆ

นอกจากนี้ จากการศึกษาอัตราการกรองที่มีผลต่อการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ เมื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระหว่าง $\ln(C_0/C_t)$ กับเวลา(นาที) ตามแนวทางของสมการ Thomas Equation พบว่า เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราการกรอง ไม่เพียงส่งผลทำให้ค่าอัตราการใช้สารกรอง (usage rate) ต่ำเพียงอย่างเดียว แต่ยังส่งผลทำให้ค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุด ที่คำนวณด้วยการใช้สมการของ Thomas มีค่าลดลงด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่า ที่อัตราการกรอง 2.30 มล./นาที มีค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุด โดยผลการศึกษาได้ผลดังตารางที่ 22 และภาพที่ 52 ดังนี้

ตารางที่ 22 ค่าคงที่จากการคำนวณสมการ Thomas ในการกำจัดฟลูออไรด์ที่อัตราการกรองต่าง ๆ

ค่าคงที่	อัตราการกรองของน้ำขาเข้า (มล./นาที)		
	2.30	4.60	9.20
ค่าคงที่ของโทมัส : k_t (ล./มก./นาที)	0.00014	0.00055	0.0058
ความสามารถในการดูดซับสูงสุด : q_0 (มก./ก.)	1.8	0.97	0.20
R^2	0.85	0.89	0.97

หมายเหตุ: ระบบคอลัมน์มีความสูงชั้นสารกรองคือ 25.00 ซม.



ภาพที่ 52 การศึกษาแบบจำลอง Thomas ของการกำจัดฟลูออไรด์
ในระบบคอลัมน์ที่อัตราการกรองต่าง ๆ

4.3.3.1.2 การกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ

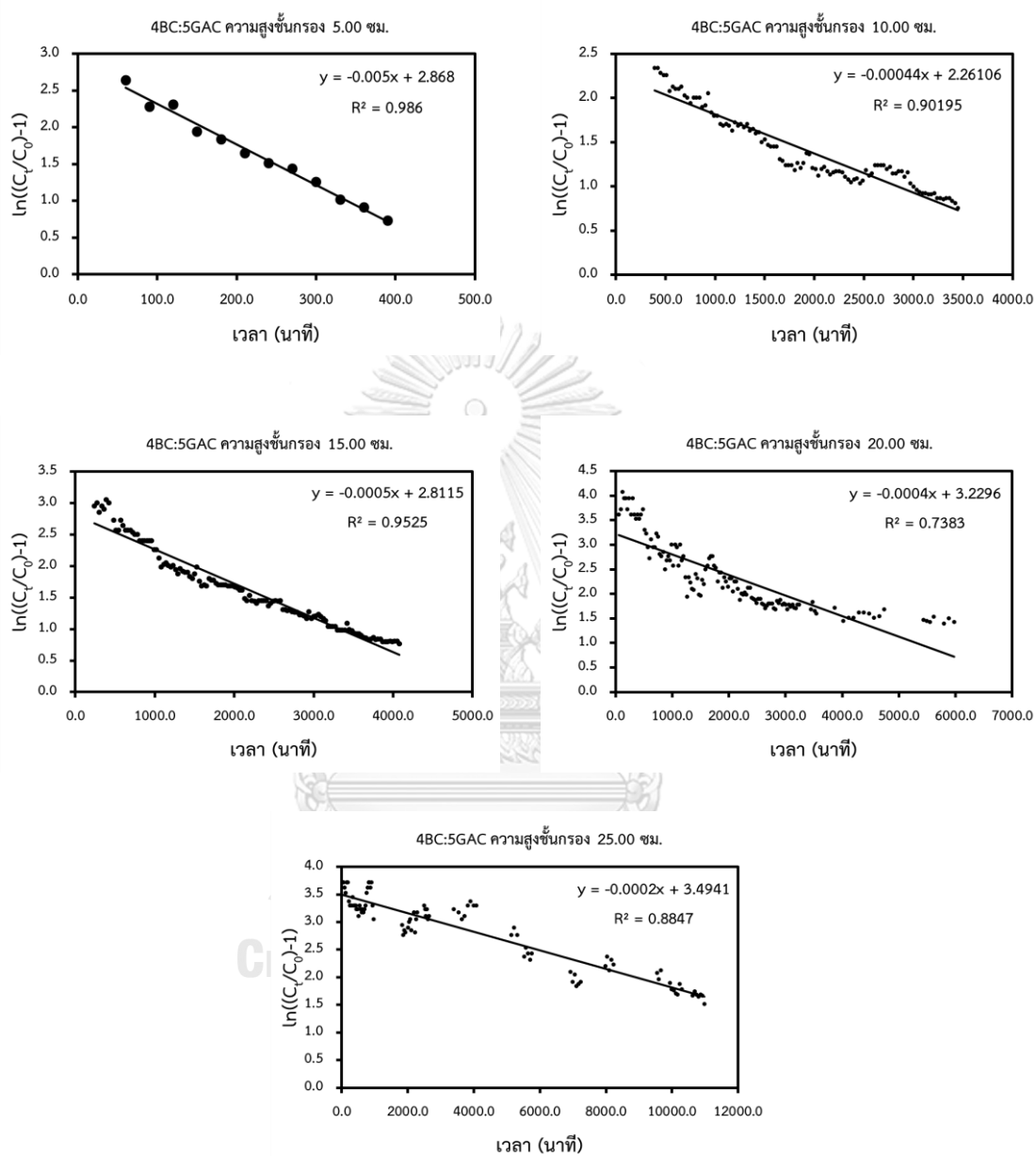
จากการศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำด้วยระบบคอลัมน์ จึงนำมาสู่การศึกษาเช่นเดียวกับการกำจัดฟลูออไรด์ ซึ่งก็คือ การศึกษาคำนวณโดยใช้สมการ Thomas Equation ผลปรากฏว่า สามารถคำนวณได้ดังตารางที่ 23 และภาพที่ 53 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 23 ค่าคงที่จากการคำนวณสมการ Thomas ในการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ ที่ความสูงชั้นกรองต่าง ๆ

ค่าคงที่	ความสูงของชั้นกรอง (เซนติเมตร)				
	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00
ค่าคงที่ของโทมัส: k_t (ล./มก./นาท)	0.00086	0.000070	0.000086	0.000066	0.000026
ความสามารถในการดูดซับสูงสุด : q_0 (มก./ก.)	3.1	15	11	12	27
R^2	0.99	0.90	0.95	0.74	0.88

หมายเหตุ: อัตราการกรองของน้ำที่เข้าระบบคอลัมน์คือ 4.60 มิลลิลิตรต่อนาที

จากตารางที่ 23 พบว่า ที่ความสูงชั้นกรอง 25.00 ซม. มีค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุดคือ 27 มก./ก. โดยรองลงมาคือที่ความสูงชั้นกรอง 20.00 10.00 20.00 15.00 และ 5.00 ซม. ตามลำดับ



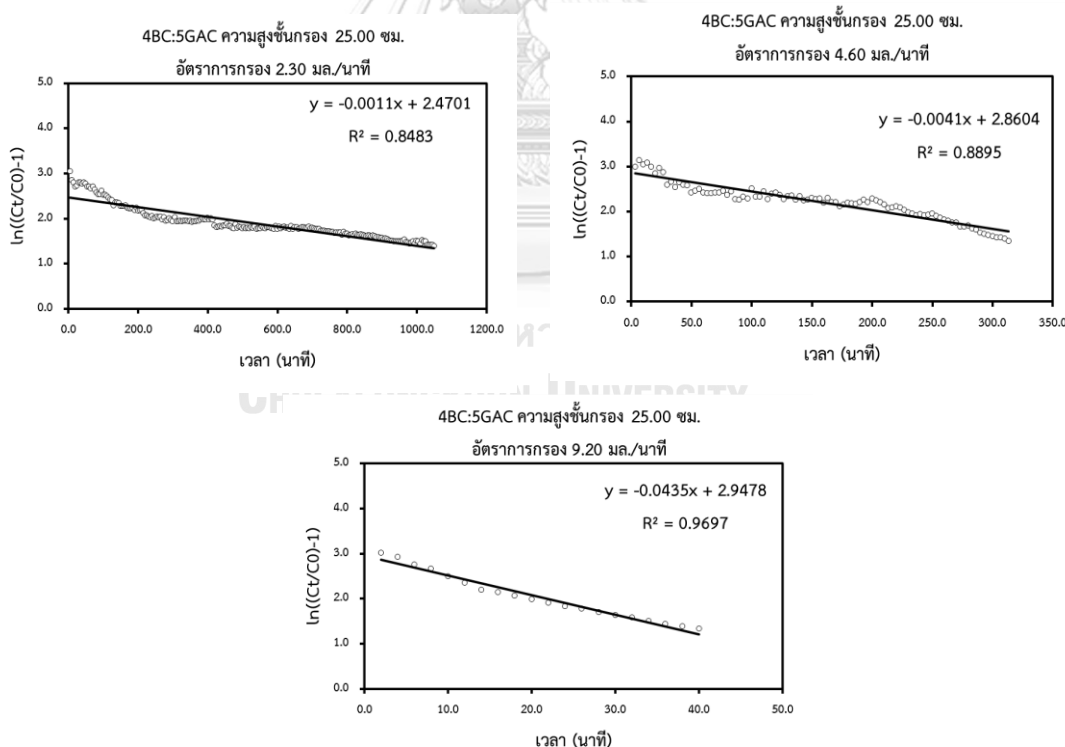
ภาพที่ 53 การศึกษาแบบจำลอง Thomas ของการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ
ในระบบคอลัมน์ที่ความสูงชั้นกรองต่าง ๆ

จากการศึกษาอัตราการกรองที่มีผลต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำด้วยระบบคอลัมน์ เมื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระหว่าง $\ln(C_0/C_t)$ กับเวลา(นาที) ตามแนวทางของสมการ Thomas Equation เช่นเดียวกับการศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ พบว่า ได้ผลเช่นเดียวกัน นั่นคืออัตราการกรองส่งผลทำให้ค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุด ซึ่งที่อัตราการกรอง 2.30 มล./นาที มีค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุด ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 24 และภาพที่ 54 ดังนี้

ตารางที่ 24 ค่าคงที่จากการคำนวณสมการ Thomas ในการกำจัดฟลูออไรด์ที่อัตราการกรองต่าง ๆ

ค่าคงที่	อัตราการกรองของน้ำขาเข้า (มล./นาที)		
	2.30	4.60	9.20
ค่าคงที่ของโทมัส : k_t (ล./มก./นาที)	0.000012	0.000026	0.00013
ความสามารถในการดูดซับสูงสุด : q_0 (มก./ก.)	30	27	10
R^2	0.94	0.88	0.92

หมายเหตุ: ระบบคอลัมน์มีความสูงชั้นสารกรองคือ 25.00 ซม.



ภาพที่ 54 การศึกษาแบบจำลอง Thomas ของการกำจัดฟลูออไรด์

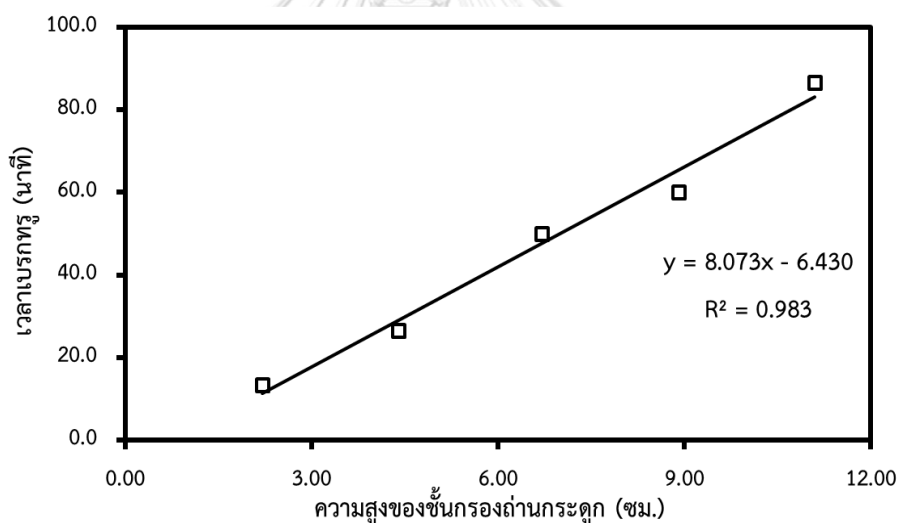
ในระบบคอลัมน์ที่อัตราการกรองต่าง ๆ

4.3.3.2 ศึกษาด้วยสมการ Bohar and Adam equation

นอกจากนี้ เมื่อนำข้อมูลความสูงของชั้นกรอง กับเวลาเบรกทูลูของแต่ละคอลัมน์มาสร้างเป็นแผนภูมิ จะสามารถหาความสัมพันธ์ของตัวแปรตามแนวทางของการศึกษาสมการ Bohar and Adam equation ได้ โดยในการศึกษานี้จะทำให้ได้ค่าคงที่ของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีความจำเป็นต่อการคำนวณเพื่อทำนายอายุการใช้งานของสารกรอง ซึ่งจะนำข้อมูลจากการศึกษาในส่วนของการกำจัดฟลูออไรด์แบบคอลัมน์ และการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ มาใช้ประกอบการศึกษาและการคำนวณ โดยผลการศึกษาแสดงดังนี้

4.3.3.2.1 การกำจัดฟลูออไรด์

จากการศึกษาความสูงของชั้นกรองต่อการกำจัดฟลูออไรด์ ทำให้ได้ข้อมูลในส่วนของความสูงของชั้นกรองต่าง ๆ ที่ให้เวลาเบรกทูลูที่แตกต่างกัน โดยเมื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาสร้างแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเบรกทูลู กับความสูงของชั้นกรองที่ระดับความสูงต่าง ๆ ทำให้ได้ภาพความสัมพันธ์แสดงดังภาพที่ 55



ภาพที่ 55 เวลาเบรกทูลูที่ความสูงชั้นกรองต่าง ๆ (ฟลูออไรด์)

จากภาพที่ 51 จะเห็นได้ว่าเมื่อความสูงของชั้นกรองเพิ่มมากขึ้น เวลาเบรกทูลูก็จะเพิ่มมากขึ้นไปด้วย ซึ่งแนวโน้มของข้อมูลจะเพิ่มขึ้นเป็นแบบความสัมพันธ์กันในลักษณะสมการเชิงเส้น แบบเส้นตรง ดังสมการ 4.3.3.1.1

$$Y = 8.073X - 6.430 \quad (4.3.3.2.1.1)$$

โดย Y คือ เวลาเบรกทูลู (นาที) และ X คือ ความสูงของชั้นกรอง (ซม.)

ซึ่งสมการดังกล่าว ในเบื้องต้นสามารถทำนายระยะเวลาที่สารกรองที่ความสูงต่าง ๆ ได้ โดยสมการนี้จะเป็นจุดเริ่มต้นที่จะต้องนำค่าคงที่ได้ที่ได้ไปคำนวณต่อ เพื่อหาค่าคงที่อื่นจะนำไปสู่การทำนายอายุการใช้งาน ออกแบบระบบกรอง หรือแม้แต่การคำนวณความคุ้มค่าของโครงการต่าง ๆ ซึ่งผลการคำนวณมีดังต่อไปนี้

$$t = \frac{N_0}{C_0 V} D - \left[\frac{1}{k C_0} \ln \left(\frac{C_0}{C_B} - 1 \right) \right] \quad (4.3.3.2.1.2)$$

จากสมการที่ 4.3.3.2.1.1 จะเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นในรูปแบบขอบ $Y=mX+C$ ซึ่งสอดคล้องกับสมการที่ 4.3.3.2.1.2 ที่อยู่ในรูปแบบสมการ $Y=mX+C$ เช่นกัน ดังนั้น

เมื่อ $Y =$ เวลาที่จุดเบรททูล : t (นาที) และ $X =$ ความสูงชั้นกรองต่าง ๆ : D (ซม.) ทำให้

$$Y = m X + C$$

$$t = (N_0/C_0 V) D - [(1/kC_0)\ln(C_0/C_B - 1)]$$

เมื่อนำสมการมาเทียบ

$$Y = 8.073X - 6.430 \quad (4.3.3.2.1.1)$$

จะได้ $8.073 = (N_0/C_0 V)$ และ $6.430 = [(1/kC_0)\ln(C_0/C_B - 1)]$

จากการคำนวณสามารถสรุปค่าของตัวแปรต่าง ๆ ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 25 สรุปค่าคงที่จากการคำนวณสมการ Bohar and Adam equation

รูปสมการ	R ²	C ₀ (มก./ล.)	C _B (มก./ล.)	V (มล./นาที/ลบ.ซม.)	N ₀ (มก./ลบ.ซม.)	k
Y=8.073X-6.430	0.983	7.50	0.70	0.732	44.3	0.0471

จากนั้น เมื่อนำค่าต่าง ๆ ที่ได้ไปคำนวณต่อเพื่อหาความลึกวิกฤติ (Critical bed depth) ซึ่งเป็นความหนาของชั้นวัสดุดูดซับที่ทำให้ความเข้มข้นของมลสารที่ออกจากระบบมีค่าเท่ากับความเข้มข้นเบรททูล ตามสมการที่ ต่อไปนี้

$$D_0 = \frac{V}{k N_0} \left[\ln \left(\frac{C_0}{C_B} - 1 \right) \right] \quad (4.3.3.2.1.3)$$

ทั้งนี้ เมื่อนำค่าที่ได้จากการคำนวณเบื้องต้น ทำให้ได้ค่าตัวแปรที่จะสามารถหาค่าของ D_0 ได้ ซึ่งจากการคำนวณพบว่า ค่า

$$D_0 = 0.797 \text{ ซม.} \quad (4.3.3.2.1.4)$$

ที่ในระบบจริง ระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคของหมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน มีพื้นที่หน้าตัดถังกรองขนาด 1.21 ตารางเมตร หากทำการเดินระบบการกรองวันละ 4 ชั่วโมง และกำหนดอัตราการกรองให้อยู่ที่ 0.01 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จะสามารถทำนายอายุการใช้งานได้ดังนี้

$$\text{จากสมการเดิม} \quad Y = 8.073X - 6.430 \quad (4.3.3.2.1.1)$$

$$\text{และสมการ} \quad t = \frac{N_0}{C_0 V} D - \left[\frac{1}{k C_0} \ln \left(\frac{C_0}{C_B} - 1 \right) \right] \quad (4.3.3.2.1.2)$$

มีการปรับเปลี่ยนค่า V จากเดิม 0.732 (มล./นาที่/ลบ.ชม.) เป็น 0.0138 (มล./นาที่/ลบ.ชม.)

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า V ทำให้ต้องคำนวณสัมประสิทธิ์ m ใหม่ทั้งหมด ($Y = mX + C$) จะได้

$$m' = m(v/v') \quad (4.3.3.2.1.5)$$

$$m' = 8.073(0.732/0.0138)$$

$$\text{คำนวณสมการใหม่} \quad Y = m'X - 6.430$$

$$\text{ดังนั้นสมการใหม่คือ} \quad Y = 429X - 6.430 \quad (4.3.3.2.1.6)$$

สรุป

ที่ความสูงชั้นกรองถ่านกระดูก 100 เซนติเมตร

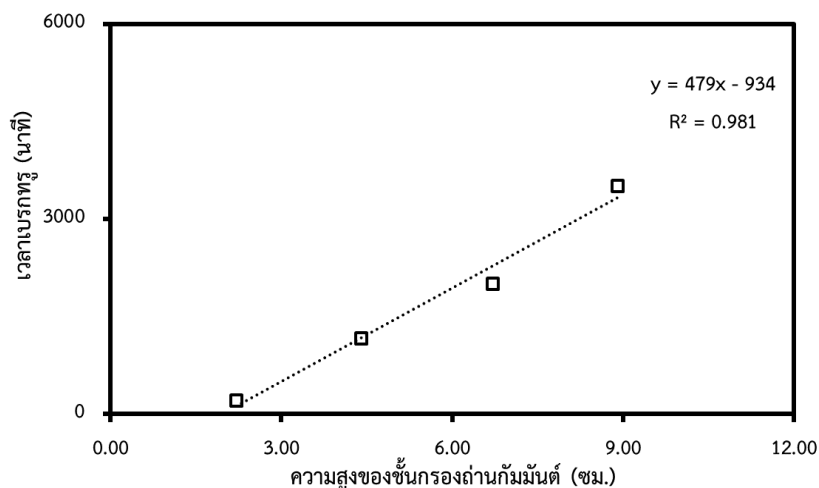
อัตราการกรอง 0.01 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เดินระบบวันละ 4 ชั่วโมง

อายุการใช้งานของสารกรองถ่านกระดูก คือ 179 วัน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.3.3.2.2 การกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ

ส่วนเมื่อนำข้อมูลอีกส่วน คือ ความสูงของชั้นกรองถ่านกัมมันต์ต่าง ๆ กับระยะเวลาที่จุดเบรทฐู มาสร้างแผนภาพความสัมพันธ์ จะได้ความสัมพันธ์ดังภาพที่ 56



ภาพที่ 56 เวลาเบรทฐูที่ความสูงชั้นกรองถ่านกัมมันต์ต่าง ๆ (คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ)

จากภาพที่ 56 จะเห็นได้ว่า เมื่อความสูงของชั้นกรองถ่านกัมมันต์เพิ่มขึ้น ก็จะทำให้เวลาที่จุดเบรทฐูมีเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยความสัมพันธ์ของทั้งสองตัวแปร สามารถแสดงเป็นสมการความสัมพันธ์ดังสมการ 4.3.3.2.2.1

$$Y = 479X - 934 \quad (4.3.3.2.2.1)$$

โดยที่ Y คือ เวลาเบรทฐู (นาที) และ X คือ ความสูงชั้นกรองถ่านกัมมันต์ต่าง ๆ ทั้งนี้ จากการศึกษาเบื้องต้น ถ่านกระดุกมีได้มีประสิทธิภาพในการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ จึงทำการศึกษาการกำจัดในชั้นกรองของถ่านกัมมันต์เพียงชนิดเดียว โดยจากการคำนวณสามารถสรุปค่าของตัวแปรต่าง ๆ ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 26 สรุปค่าคงที่จากการคำนวณสมการ Bohar and Adam equation

รูปสมการ	R ²	C ₀	C _B	V (มล./นาที/ลบ.ซม.)	N ₀ (มก./ลบ.ซม.)	k
Y = 479X - 934	0.981	6.36	1.00	0.732	2,231	0.000283

หมายเหตุ C₀ และ C_B มีหน่วยเป็น มก.คาร์บอน/ล.

จากนั้น เมื่อนำค่าต่าง ๆ ที่ได้ไปคำนวณต่อเพื่อหาความลึกวิกฤติ (Critical bed depth) ซึ่งเป็นความหนาของชั้นวัสดุดูดซับที่ทำให้ความเข้มข้นของมลสารที่ออกจากระบบมีค่าเท่ากับความเข้มข้นเบรกทรู ตามสมการที่ ต่อไปนี้

$$D_0 = \frac{V}{kN_0} \left[\ln \left(\frac{C_0}{C_B} - 1 \right) \right] \quad (4.3.3.2.2)$$

ทั้งนี้ เมื่อนำค่าที่ได้จากการคำนวณเบื้องต้น ทำให้ได้ค่าตัวแปรที่จะสามารถหาค่าของ D_0 ได้ ซึ่งจากการคำนวณพบว่า ค่า

$$D_0 = 1.95 \text{ ซม.} \quad (4.3.3.2.3)$$

ที่ในระบบจริง ระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคของหมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน มีพื้นที่หน้าตัดถึงกรองขนาด 1.21 ตารางเมตร หากทำการเดินระบบการกรองวันละ 4 ชั่วโมง และกำหนดอัตราการกรองให้อยู่ที่ 0.01 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จะสามารถทำนายอายุการใช้งานได้ดังนี้

$$\text{จากสมการเดิม} \quad Y = 479X - 934 \quad (4.3.3.2.2.1)$$

$$\text{และสมการ} \quad t = \frac{N_0}{C_0 V} D - \left[\frac{1}{k C_0} \ln \left(\frac{C_0}{C_B} - 1 \right) \right] \quad (4.3.3.2.2.4)$$

มีการปรับเปลี่ยนค่า V จากเดิม 0.732 (มล./นาที่/ลบ.ชม.) เป็น 0.0138 (มล./นาที่/ลบ.ชม.)

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า V ทำให้ต้องคำนวณสัมประสิทธิ์ m ใหม่ทั้งหมด ($Y=mX+C$) จะได้

$$m' = m(v/v') \quad (4.3.3.2.2.5)$$

$$m' = 479(0.732/0.0138)$$

$$\text{คำนวณสมการใหม่} \quad Y = m'X - 934$$

$$\text{ดังนั้นสมการใหม่คือ} \quad Y = 50,931X - 934 \quad (4.3.3.2.2.6)$$

โดยที่ Y คือ เวลาเบรกทรู (นาที่) และ X คือ ความสูงชั้นกรองถ่านกัมมันต์ต่าง ๆ (ซม.)

สรุป ที่ความสูงชั้นกรองถ่านกัมมันต์ 30 เซนติเมตร
อัตราการกรอง 0.01 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เดินระบบวันละ 4 ชั่วโมง
อายุการใช้งานของสารกรองถ่านกัมมันต์ คือ 3,178 วัน

4.4 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโครงการ

4.4.1 การเก็บข้อมูล

4.4.1.1 ข้อมูลปฐมภูมิ

จากการสัมภาษณ์ชาวบ้านที่เป็นผู้ได้รับผลประโยชน์จากโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค ทั้งสิ้น 151 คน จากทั้งหมด 64 ครัวเรือน เกี่ยวกับลักษณะการใช้น้ำ ปริมาณที่ใช้ และรายจ่ายต่อครั้งในการซื้อน้ำบริโภคจากโครงการ เพื่อคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำ และออกแบบการจัดการโครงการ ตลอดจนประกอบการประเมินผลโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค ได้ผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 27 สรุปการซื้อน้ำดื่มจากโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคของผู้ได้รับผลประโยชน์

รายการ	การซื้อน้ำดื่มจากโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค		
	รวม	เฉลี่ย±SD	พิสัย
จำนวนเงินที่จ่าย (บาท/ครั้ง)	757	12±6	1 - 7
จำนวนที่ซื้อน้ำ (ครั้ง/สัปดาห์)	136	2±1	3 - 30
รวมจำนวนเงินที่จ่าย	69,058	1,079±794	240 - 4320
	บาท/ปี	บาท/ครัวเรือน/ปี	ครั้ง/ปี

หมายเหตุ: ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ (n=64)

จากตารางที่ 27 จำนวนเงินที่ผู้ได้รับผลประโยชน์จ่ายค่าน้ำให้กับโครงการใน 1 ปี คำนวณจากการนำข้อมูลที่ได้จากสัมภาษณ์ผู้ได้รับผลประโยชน์ในแต่ละครัวเรือนมาประมาณการ โดยข้อมูลต่าง ๆ ผู้ให้สัมภาษณ์จะประเมินด้วยตนเอง ซึ่งจากผลการสัมภาษณ์ พบว่า จำนวนเงินต่อปีที่ได้รับผลประโยชน์จ่ายค่าน้ำให้กับโครงการคือ 69,058 บาท หรือ 1,079 บาท/ครัวเรือน/ปี

ตารางที่ 28 การดื่มน้ำโดยเฉลี่ยของผู้ได้รับผลประโยชน์

กลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์	เพศ (คน)	ปริมาณการดื่มน้ำโดยเฉลี่ยต่อวัน (ล./วัน)		
		รวม	เฉลี่ย±SD	พิสัย
เด็ก (อายุ 0-14 ปี)	หญิง (24)	19.8	0.86±0.40	0.12 - 1.8
	ชาย (18)	17.8	0.99±0.46	0.38 - 2.3
ผู้ใหญ่ (อายุ 15-59 ปี)	หญิง (44)	92.0	2.09±0.77	0.50 - 4.5
	ชาย (40)	103.5	2.59±0.70	1.5 - 5.0
ผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปี ขึ้นไป)	หญิง (13)	28.2	2.17±1.23	0.61 - 5.3
	ชาย (13)	27.5	2.12±1.25	1.0 - 4.8
รวม	151 คน	289 ลิตร		

จากตารางที่ 28 เมื่อนำผลรวมของปริมาณการเติมน้ำต่อวันของผู้ได้รับผลประโยชน์ แต่ละกลุ่มมาคำนวณค่าน้ำโดยใช้อัตราการจ่ายน้ำจริงของตู้กดน้ำดื่ม (1 บาท จะได้น้ำ 1.50 ลิตร จากการตรวจวัดปริมาณน้ำที่ออกจากตู้) จะพบว่า ใน 1 วัน ผู้ได้รับผลประโยชน์ทั้งหมดจะเติมน้ำเป็น ปริมาณทั้งสิ้น 289 ลิตร ซึ่งเมื่อคำนวณเป็นค่าน้ำโดยใช้อัตราการจ่ายน้ำจริงของตู้กดน้ำจะพบว่า โครงการจะได้รับเงินจากผู้ได้รับผลประโยชน์ 193 บาท/วัน คิดเป็น 70,275 บาท/ปี ซึ่งมีค่าใกล้เคียง และสอดคล้องกับจำนวนเงินต่อปีที่ได้รับผลประโยชน์จ่ายค่าน้ำให้กับโครงการ (ตารางที่ 27) ดังนั้น ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการจะได้รับจากผู้ได้รับผลประโยชน์ จะประมาณการณจากค่าเฉลี่ยของ รายได้ที่ได้รับจาก 2 ส่วนนี้ ซึ่งคิดเป็น 69,666 บาท/ปี

4.4.1.2 ข้อมูลทฤษฎี

ตารางที่ 29 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนการจัดตั้งโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วยละ (บาท)	จำนวนเงิน (บาท)
รายจ่ายส่วนระบบกรองน้ำ				
1	เครื่องสูบน้ำบาดาลขนาด 2 แรงม้า 1,500 วัตต์ แบบสแตนเลส	1	21,500 ¹	21,500
2	เครื่องสูบน้ำขนาด 1/2 แรงม้า 750 วัตต์ แบบสแตนเลส ระบบอัตโนมัติ	1	18,000 ²	18,000
3	เครื่องจ่ายน้ำอัตโนมัติแบบหยอดเหรียญพร้อมอุปกรณ์	1	35,900 ²	35,900
4	เครื่องฆ่าเชื้อ UV ขนาด 30 วัตต์	1	6,200 ³	6,200
5	ถังเก็บน้ำ ชนิดโพลีเอทิลีน ขนาด 3,000 ล. พร้อมอุปกรณ์	4	19,500 ²	78,000
6	ถังเก็บน้ำ ชนิดสแตนเลส ขนาด 1,000 ล. พร้อมอุปกรณ์	1	12,000 ²	12,000
7	ท่อ PVC ขนาด 1.5" ชั้นคุณภาพ 8.5 ยาวเส้นละ 4 ม.	10	114 ⁴	1,140
8	ท่อ PVC ขนาด 3/4" ชั้นคุณภาพ 8.5 ยาวเส้นละ 4 ม.	10	53 ⁴	530

¹ สัมภาษณ์ผู้ใหญ่บ้าน และราคาประกอบจาก บริษัท ไทยสมบูร์น จำกัด: www.thaisomboon.co.th

² ราคาประกอบจาก บ้านกรองน้ำ: <https://baankrongnam.com/product/>

³ ราคาประกอบจาก บริษัท ฟูลฟิล แอนด์ ซัพพลาย: <https://www.safetydrink.com/category/258/>

⁴ ราคาประกอบจาก บริษัท อุตสาหกรรมท่อน้ำไทย: <http://www.thaipipe.co.th/product-01-01-th.html>

ตารางที่ 29 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนการจัดตั้งโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วยละ (บาท)	จำนวนเงิน (บาท)
รายจ่ายส่วนหอกรองคอนกรีตเสริมเหล็ก⁵				
1	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1 ตราช้าง	30	140	4,200
2	ทรายหยาบ	3	373	1,119
3	หินย่อย เบอร์ 1 ราคา ณ โรงโม่	3	440	1,320
4	คอนกรีตผสมเสร็จ	2	2,300	4,600
5	เหล็ก DB 12 มม. ยาว 10 ม./เส้น	150	150	22,500
6	เหล็ก RB 9 มม. ยาว 10 ม./เส้น	70	87	6,090
7	ลวดผูกเหล็ก	60	55	3,300
8	ไม้แบบ (1.2x2.4 m)	60	480	28,800
9	ไม้คร่าว ไม้ค้ำยัน	110	50	5,500
10	ตะปู	18	37	666
11	แผ่นแอร์เรเตอร์อะลูมิเนียมหนา 0.55 ม.	4	500	2,000
12	เหล็กเพลทหนา 4 มม. ฐานเหล็กกล่อง	4	100	400
13	ไม้หน้า 5	6	100	600
รวมสุทธิ			309,405 (บาท)	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

⁵ รายละเอียดการประเมินราคาจาก กองช่าง องค์การบริหารส่วนตำบลสะเนียน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน

ตารางที่ 30 ค่าใช้จ่ายผันแปร(ค่าดำเนินการ) และค่าลงทุนรายปีโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วยละ (บาท)	จำนวนเงิน (บาท)
1	ค่าใช้จ่ายผันแปร: ค่าไฟฟ้าต่อปี (ค่าดำเนินการ)	1	15,000 ⁶	15,000
ค่าลงทุน				
1	ค่าตอบแทนคณะกรรมการ	12	300 ⁶	3,600
2	กระดุกวัวสำหรับผลิตถ่านกระดุก ถูกละ 1 กก.	1,500	30 ⁷	45,000
3	ถ่านกัมมันต์ ถูกละ 55 กก. (ทุก 2 ปี)	4	3,000 ⁸	12,000
4	ทรายกรองน้ำ เบอร์ 1 ขนาด0.5-0.8 มม. ถูกละ 45กก.	5	180 ⁸	900
5	หินหยาบ เบอร์ 3 ขนาด 3 - 5 มม. ถูกละ 45 กก.	3	180 ⁸	540
6	กรวดเบอร์ 6 คัดขนาด เบอร์ 15-25 มม. ถูกละ 45 กก.	5	180 ⁸	900
7	ค่าบริการบำรุงรักษาเครื่องจ่ายน้ำอัตโนมัติ แบบหยอดเหรียญประจำปี	2	500 ⁸	1,000
8	หลอดไฟอัลตราไวโอเล็ต 30 วัตต์	1	700 ⁹	700
รวมสุทธิ			79,640 (บาท)	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

⁶ สัมภาษณ์ผู้ใหญ่บ้าน (วัชรพล สุขะ, 2560)

⁷ ราคาประกอบจาก โรงฆ่าสัตว์อิบรอนิม มีท ฟาร์ม <http://www.ibrorheemandbeef.com/2019/>

⁸ ราคาประกอบจาก บ้านกรองน้ำ: <https://baankrongnam.com/product/>

⁹ ราคาประกอบจาก บริษัท ฟูลฟิล แอนด์ ซัพพลาย: <https://www.safetydrink.com/category/258/>

4.4.2 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโครงการ

ตารางที่ 31 มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิโครงการ (กรณีรัฐลงทุนให้ และส่งมอบชาวบ้าน)

ปีที่ (t)	ค่าลงทุน (บาท)	ค่าดำเนินการ (บาท)	ต้นทุนรวม (บาท) (Ct)	ผลประโยชน์ (บาท) (Bt)	ผลตอบแทนสุทธิ (บาท) (Bt-Ct)
1	0	15,000	15,000	69,666	54,666
2	64,640	15,000	79,640	69,666	-9,974
3	52,640	15,000	67,640	69,666	2,026
4	64,640	15,000	79,640	69,666	-9,974
5	52,640	15,000	67,640	69,666	2,026
6	64,640	15,000	79,640	69,666	-9,974
7	52,640	15,000	67,640	69,666	2,026
8	64,640	15,000	79,640	69,666	-9,974
9	52,640	15,000	67,640	69,666	2,026
10	64,640	15,000	79,640	69,666	-9,974
11	52,640	15,000	67,640	69,666	2,026
12	64,640	15,000	79,640	69,666	-9,974
13	52,640	15,000	67,640	69,666	2,026
14	64,640	15,000	79,640	69,666	-9,974
15	52,640	15,000	67,640	69,666	2,026
16	64,640	15,000	79,640	69,666	-9,974
17	52,640	15,000	67,640	69,666	2,026
18	64,640	15,000	79,640	69,666	-9,974
19	52,640	15,000	67,640	69,666	2,026
20	64,640	15,000	79,640	69,666	-9,974
รวม	1,120,160	300,000	1,420,160	1,393,320	-26,840

หมายเหตุ: อัตราดอกเบี้ย (r = 0.06)

ตารางที่ 32 มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิโครงการ (กรณีชาวบ้านลงทุนและจัดการทั้งหมด)

ปีที่ (t)	ค่าลงทุน (บาท)	ค่าดำเนินการ (บาท)	ต้นทุนรวม (บาท) (Ct)	ผลประโยชน์ (บาท) (Bt)	ผลตอบแทนสุทธิ (บาท) (Bt-Ct)
1	374,045	15,000	389,045	69,666	-319,379
2	64,640	15,000	79,640	69,666	-9,974
3	52,640	15,000	67,640	69,666	2,026
4	64,640	15,000	79,640	69,666	-9,974
5	52,640	15,000	67,640	69,666	2,026
6	64,640	15,000	79,640	69,666	-9,974
7	52,640	15,000	67,640	69,666	2,026
8	64,640	15,000	79,640	69,666	-9,974
9	52,640	15,000	67,640	69,666	2,026
10	64,640	15,000	79,640	69,666	-9,974
11	52,640	15,000	67,640	69,666	2,026
12	64,640	15,000	79,640	69,666	-9,974
13	52,640	15,000	67,640	69,666	2,026
14	64,640	15,000	79,640	69,666	-9,974
15	52,640	15,000	67,640	69,666	2,026
16	64,640	15,000	79,640	69,666	-9,974
17	52,640	15,000	67,640	69,666	2,026
18	64,640	15,000	79,640	69,666	-9,974
19	52,640	15,000	67,640	69,666	2,026
20	64,640	15,000	79,640	69,666	-9,974
รวม	1,494,205	300,000	1,794,205	1,393,320	-400,885

หมายเหตุ: อัตราดอกเบี้ย (r = 0.065)

จากตารางที่ 31 และ 32 ที่แสดงมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิโครงการ กรณีรัฐลงทุนให้ และส่งมอบชาวบ้าน กับ กรณีชาวบ้านลงทุนและจัดการทั้งหมด โดยทำการศึกษาเป็นเวลา 20 ปี ตามแนวทางการศึกษาที่ดัดแปลงมาจาก วรรณพงษ์ กิมเพ็ชร และ เบ็ญจวรรณ หาขุน (2553) โดยกรณีรัฐลงทุนให้ และส่งมอบชาวบ้าน เป็นกรณีที่รัฐออกเงินค่าลงทุนในปีแรกให้ทั้งหมด โดยกรณีนี้เป็นกรณีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งรัฐข้างต้นหมายถึง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มูลนิธิธรรมาภิบาล สำนักงานทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยเมื่อโครงการได้เปิดให้ใช้บริการ หน่วยงานทั้งหมดจะทำการส่งมอบโครงการให้กับชาวบ้านผู้ได้รับผลประโยชน์ หลังจากนั้นการดำเนินการต่าง ๆ ชาวบ้านผู้ได้รับผลประโยชน์จากโครงการจะต้องเป็นผู้ดูแลและรับผิดชอบโครงการต่อ ทั้งนี้การดำเนินการโครงการจะต้องมีค่าดำเนินการในทุกปีเป็นค่าไฟที่เป็นค่าใช้จ่ายผันแปร เป็นจำนวนเงิน 15,000 บาท และค่าลงทุน ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนสารกรองถ่านกระดุก อีกทั้งหมด 2 ปี โครงการจะต้องเสียค่าดำเนินการเพิ่ม 12,000 บาท เพื่อเปลี่ยนถ่านกัมมันต์ในถังกรอง ส่วนกรณีที่ชาวบ้านลงทุนและจัดการทั้งหมด ชาวบ้านจะลงทุนทั้งหมดด้วยตนเอง ไม่ว่าจะเป็นการก่อสร้างหอกรองน้ำ ระบบการกรอง รวมไปถึงการจัดการในด้านต่าง ๆ เกี่ยวกับโครงการ ซึ่งผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 31 ดังนี้

ตารางที่ 33 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโครงการในกรณีต่าง ๆ

การวิเคราะห์	กรณีรัฐลงทุนให้ และส่งมอบชาวบ้าน	กรณีชาวบ้านลงทุน และจัดการทั้งหมด
มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวม PVB (บาท)	847,007.34	817,510.32
มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม PVC (บาท)	840,558.98	1,183,332.82
มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ NPV (บาท)	6,448.36	-365,822.50
อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนโครงการ B/C Ratio	1.008	0.6909
อัตราผลตอบแทนโครงการ IRR (%)	4.407	ไม่สามารถหาค่าได้
ระยะเวลาคืนทุน PP (ปี)	0	ไม่สามารถหาค่าได้

จากตารางที่ 31 จะเห็นว่า ในกรณีรัฐลงทุนให้และส่งมอบชาวบ้านมีมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวม มากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวมเล็กน้อย ส่งผลทำให้ค่ามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิมีผลเป็นบวก ซึ่งการวิเคราะห์ผลในส่วนนี้สามารถให้ความหมายในแง่ของการพิจารณาความเหมาะสมโครงการได้ว่า โครงการเหมาะสมแก่การลงทุน สอดคล้องกับ Chutiwong N. (2004); พงศ์พันธุ์ แพรกทอง (2558) ที่กล่าวว่า โครงการที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่า 0 จะเป็นโครงการที่เหมาะสมแก่การลงทุน ด้วยเป็นโครงการที่มีมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่ายของโครงการมีมูลค่าน้อยกว่ามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับ แม้ว่าในส่วนของการวิเคราะห์

มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของโครงการในกรณีแรกจะให้ผลการศึกษาที่เหมาะสมแก่การลงทุน เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ผลในด้านอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนโครงการยังให้ผลเป็น 1 (1.008) ซึ่งหมายความว่าตลอดอายุของโครงการ ผลรวมมูลค่าผลตอบแทนปัจจุบันมีค่ามากกว่าผลรวมมูลค่าทั้งหมดของรายจ่ายตลอดอายุโครงการ ซึ่งการวิเคราะห์ในส่วนนี้จะเป็นส่วนในการตัดสินใจเลือกลงทุน ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ก็เหมาะสมแก่การลงทุน แม้ว่าการประเมินในแต่ละด้านจะบ่งบอกถึงความเหมาะสมของโครงการ แต่ในทางกลับกันอัตราผลตอบแทนโครงการกลับให้ผลตรงกันข้าม โดยคำนวณได้ร้อยละ 4.407 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ธนาคาร ($r=6.00\%$) หมายความว่า โครงการไม่เหมาะสม และไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน นั่นคืออัตราผลตอบแทนโครงการมีค่าน้อยกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ซึ่งอาจก่อให้เกิดการขาดทุนได้ในอนาคต (Meenaphant H., 2007) และด้วยกรณีแรก รัฐได้ลงทุนเริ่มแรกให้ทั้งหมด ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนจึงเป็น 0 เหตุเพราะไม่มีต้นทุน แต่ในกรณีที่ชาวบ้านลงทุนและจัดการทั้งหมด ผลการศึกษาพบว่าไม่มีความเหมาะสมแก่การลงทุนใด ๆ ซึ่งก็เป็นไปตามความเป็นจริง เพราะจากการลงพื้นที่สัมภาษณ์ชาวบ้านในพื้นที่ ชาวบ้านส่วนใหญ่เป็นผู้มีรายได้น้อย ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ดังนั้นจึงเป็นไม่ได้ที่จะสามารถลงทุนโครงการที่มีมูลค่าสูงได้ ดังนั้น จากการศึกษาความคุ้มค่าของโครงการในครั้งนี้ แม้ว่าจะให้ผลของโครงการที่ไม่เหมาะสมแก่การจัดตั้งเท่าที่ควร แต่เมื่อนำข้อมูลผลประโยชน์ที่ได้รับมาศึกษาเทียบกับการบริโภคน้ำของชาวบ้านในพื้นที่เมื่อก่อนที่จะมีโครงการ พบว่า ในเดือนตุลาคม 2559 จนถึงเดือนเมษายน 2560 หรือช่วงก่อนเกิดโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค ในหมู่บ้านได้นำเข้าน้ำสำหรับบริโภคเป็นจำนวนทั้งสิ้น 12 เทียวรถบรรทุกน้ำ รวมทั้งสิ้น 120,000 ลิตร คิดเป็นค่าธรรมเนียมการบริการจัดส่งเป็นเงินมูลค่า 3,000 บาท หรือ 250 บาท/เทียว) อีกทั้งชาวบ้านในพื้นที่ยังมีการซื้อน้ำดื่มจากเอกชนเฉลี่ย 8.57 ลิตร/วัน/ครัวเรือน ในราคา 2 บาท/ลิตร เป็นเงินทั้งสิ้น 5,760 บาท/ครัวเรือน/ปี หากคิดเป็นมูลค่ารวมทั้งหมู่บ้าน จะเป็นยอดเงินที่สูงถึง 564,480 บาท/ปี หรือแม้แต่ความเสี่ยงทางสุขภาพ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากการบริโภคน้ำบาดาลที่มีปริมาณฟลูออไรด์สูงเกินมาตรฐาน ซึ่งหากได้รับผลกระทบทางสุขภาพแล้ว ย่อมประเมินเป็นมูลค่าความเสียหายอย่างมหาศาล ดังนั้น หากเปรียบเทียบปริมาณผลประโยชน์อาจจะเสียไปกับการรักษาพยาบาลจากผลกระทบทางสุขภาพที่อาจได้รับ หรือแม้แต่การเสียเงินไปกับการซื้อน้ำบริโภคจากภายนอกหมู่บ้าน ซึ่งอันที่จริงสามารถผลิตน้ำสำหรับการบริโภคได้ด้วยตนเอง ดังนั้น จึงถือว่าผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค แม้ว่าจะขาดทุน ไม่เหมาะสมแก่การลงทุน แต่หากพิจารณาในด้านต่าง ๆ ประกอบนับว่าค่อนข้างเกิดความคุ้มค่า ทั้งช่วยให้ผลประโยชน์ต่าง ๆ กลับเข้าสู่ชุมชน ตลอดจนช่วยแบ่งเบาภาระทางการเงินให้ชาวบ้านได้อย่างมาก

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาอายุการใช้งานและผลกระทบต่อที่ได้รับจากระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อกำจัดฟลูออไรด์: กรณีศึกษา หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน ซึ่งศึกษาตามแนวทางการศึกษา 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนการศึกษาเชิงปริมาณในห้องปฏิบัติการเพื่อกำหนดวิธีการบำรุงรักษา ทำนายอายุการใช้งานระบบกรองน้ำบาดาลในหมู่บ้านฯ และส่วนการศึกษาเชิงคุณภาพเพื่อเก็บข้อมูลมาดำเนินการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการฯ ซึ่งจากการศึกษามุ่งหมดให้ผลสรุปดังต่อไปนี้

5.1.1 การติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำ

จากการติดตามตรวจสอบคุณภาพของระบบกรองน้ำ โดยตัวชี้วัดคุณภาพที่ใช้ประกอบด้วย ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าความขุ่น (Turbidity) ค่าความกระด้างของน้ำ (Total-hardness) ค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS) ค่าฟลูออไรด์ (Fluoride) และเหล็ก (Iron) ผลสรุปว่า แม้น้ำบาดาลในส่วนของน้ำขาเข้าจะมีค่าคุณภาพน้ำในบางตัวชี้วัดสูงกว่าค่ามาตรฐาน แต่หลังจากที่น้ำเข้าและออกจากระบบที่ระยะเวลาต่าง ๆ คุณภาพของน้ำขาออกมีคุณภาพที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลที่สามารถบริโภคได้ ที่ระบุไว้ใน ราชกิจจานุเบกษา 2551, 21 พฤษภาคม)

5.1.2 การวิเคราะห์ความเสี่ยงทางด้านสุขภาพจากการบริโภคน้ำปนเปื้อนฟลูออไรด์

จากการติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำ พบว่า ฟลูออไรด์ เป็นหนึ่งในมลสารที่มีปริมาณสูงเกินค่ามาตรฐานอย่างมากตั้งแต่ก่อนเข้าระบบ ดังนั้น ระบบจึงมุ่งเน้นไปที่การลดปริมาณของฟลูออไรด์ให้มีย่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ด้วยอาจทำให้เกิดผลกระทบทางสุขภาพ โดยเฉพาะผลกระทบต่อกระดูก และฟัน จึงนำไปสู่การศึกษาวิเคราะห์เพื่อประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ ดังต่อไปนี้

5.1.2.1 ผลสรุปข้อมูลจากการลงพื้นที่และสัมภาษณ์

การวิเคราะห์ความเสี่ยงทางสุขภาพจากการบริโภคน้ำปนเปื้อนฟลูออไรด์ของผู้ได้รับผลประโยชน์ 151 คน จากประชากรทั้งหมด 378 คนตามทะเบียนราษฎร โดยผู้ได้รับผลประโยชน์แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเด็ก (อายุ 0-14 ปี) แบ่งเป็นเพศหญิง 23 คน เพศชาย 18 คน กลุ่มผู้ใหญ่ (อายุ 15-59 ปี) เพศหญิง 44 คน เพศชาย 40 คน และกลุ่มสุดท้าย กลุ่มผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปี ขึ้นไป) เพศหญิง และเพศชาย เพศละ 13 คน จากนั้นเมื่อลงพื้นที่สัมภาษณ์ และเก็บ

น้ำหนักตัว รวมไปถึงปริมาณการดื่มน้ำของผู้ได้รับผลประโยชน์รายบุคคล พบว่า ใน เพศหญิง และเพศชาย กลุ่มเด็ก มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 26.6 ± 16.1 และ 30.2 ± 18.2 กิโลกรัม ตามลำดับ กลุ่มผู้ใหญ่ มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 55.4 ± 10.8 และ 58.8 ± 7.90 กิโลกรัม ตามลำดับ ขณะที่กลุ่มผู้สูงอายุ มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 50.3 ± 12.7 และ 52.3 ± 10.2 กิโลกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ ปริมาณการกินน้ำของผู้ได้รับผลประโยชน์ ของเด็ก ผู้ใหญ่ ผู้สูงอายุ ในเพศหญิง และชาย คือ 0.9 ± 0.4 , 1.0 ± 0.5 , 2.1 ± 0.8 , 2.6 ± 0.7 , 2.2 ± 1.2 และ 2.1 ± 1.2 ลิตร/วัน ตามลำดับ ส่วนอายุของผู้ได้รับผลประโยชน์สามารถคำนวณได้จากข้อมูลวันเกิดตามฐานข้อมูลทะเบียนราษฎร

5.1.2.2 ความเสี่ยงทางสุขภาพของผู้ได้รับผลประโยชน์ในแต่ละช่วงเวลา

จากการติดตามคุณภาพน้ำในแต่ละเดือน สามารถนำค่าคุณภาพน้ำในส่วนของคุณค่าปริมาณฟลูออไรด์มาคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตรายที่นำไปสู่การประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากฟลูออไรด์ที่อาจเกิดจากการรับสัมผัสน้ำบาดาลผ่านการบริโภค ทั้งนี้ทำการศึกษาเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีแรก ผู้ได้รับผลประโยชน์บริโภคน้ำบาดาลที่มีได้ผ่านการกรองโดยระบบน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค และกรณีที่สอง ผู้ได้รับผลประโยชน์บริโภคน้ำบาดาลที่ผ่านการกรองโดยระบบน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคแล้ว ผลสรุปว่า แนวโน้มของความเป็นอันตรายจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น โดยถ้าหากผู้ได้รับผลประโยชน์บริโภคน้ำบาดาลที่ยังมิได้ผ่านการกรองประชากรในทุกกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์จะได้รับสัมผัสน้ำบาดาลที่มีปริมาณของฟลูออไรด์สูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคอย่างมาก มีผลทำให้ค่าดัชนีความเป็นอันตรายสูงเกินกว่าเกินมาตรฐานที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์ของ Hallenbeck WH. และ Springs W. (1993) ซึ่งตั้งแต่เดือน พฤษภาคม พ.ศ.2560 จนถึงเดือนมกราคม พ.ศ.2561 พบว่า ในกลุ่มเด็ก เพศหญิงจะมีค่าดัชนีความเป็นอันตรายสูงกว่าเพศชาย ทำให้คาดการณ์ได้ว่าเด็กเพศหญิงอาจมีโอกาสได้รับความเสี่ยงทางสุขภาพอันเกิดจากการบริโภคน้ำบาดาลที่มีการปนเปื้อนของฟลูออไรด์ได้มากกว่าเด็กเพศชาย ต่อมาในกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ที่เป็นผู้ใหญ่ (อายุ 15-59 ปี) ค่าเฉลี่ย \pm SD ของค่าดัชนีความเป็นอันตรายสูงสุดในเพศหญิง กับเพศชาย คือ 2.10 ± 0.82 และ 2.44 ± 0.80 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปี ขึ้นไป) ค่าดัชนีความเป็นอันตรายสูงสุดในเพศหญิง และเพศชายอยู่ที่ 2.37 ± 1.22 และ 2.15 ± 1.13 ตามลำดับ โดยค่าดัชนีความเป็นอันตรายเฉลี่ยในกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์กลุ่มเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ซึ่งในกรณีการประเมินความเสี่ยงสุขภาพที่อาจได้รับจากการบริโภคน้ำบาดาลที่ไม่ได้ผ่านการกรอง พบว่า หากผู้ได้รับผลประโยชน์ในพื้นที่บริโภคน้ำบาดาลส่วนนี้เข้าไป ย่อมได้รับอันตรายและเกิดความเสี่ยงทางสุขภาพพิจารณาได้จากค่าดัชนีความเป็นอันตรายที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีความเป็นอันตรายในแต่ละเดือนของแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ พบว่า กลุ่มผู้ใหญ่ (อายุ 15-

59 ปี) เพศชาย กลุ่มผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปี ขึ้นไป) เพศหญิง และเด็ก (อายุ 0-14 ปี) เพศหญิง มีค่าเฉลี่ยความเป็นอันตรายในแต่ละเดือนสูงสุด ตามลำดับ โดยค่าดัชนีความเป็นอันตรายโดยเฉลี่ยจะสูงสุดในเดือนมกราคม พ.ศ.2561 รองลงมาคือ เดือนธันวาคม พ.ศ.2560 และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 ตามลำดับ

ต่อมา เมื่อทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ ในกรณีที่ผู้ได้รับผลประโยชน์ บริโภคน้ำบาดาลที่ผ่านการกรองด้วยระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค ซึ่งน้ำที่ใช้บริโภคมีค่าความเข้มข้นของฟลูออไรด์ที่น้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ค่าดัชนีความเป็นอันตรายในแต่ละเดือนของประชากรในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์จึงมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งในกลุ่มเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยในแต่ละเดือน ผู้ได้รับผลประโยชน์ทุกคนจากทุกกลุ่มมีค่าดัชนีความเป็นอันตรายอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทั้งสิ้น ซึ่งในเดือนมกราคม พ.ศ.2561 ในทุกกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์มีค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีความเป็นอันตรายสูงสุด แต่ทั้งนี้ ค่าดัชนีความเป็นอันตรายก็ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ

5.1.3 ศึกษาการประเมินอายุการใช้งานของระบบ

5.1.3.1 ศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์

5.1.3.1.1 ศึกษาความสูงของชั้นกรองต่อการกำจัดฟลูออไรด์

จากการศึกษาความสูงของชั้นกรองต่อการกำจัดฟลูออไรด์ พบว่า ที่ความสูงของชั้นกรองที่ 25.00 เซนติเมตร มีระยะเวลาที่จุดเบรคทฤษฎียาวนานที่สุด คือ 86.7 นาที ปริมาณน้ำที่ได้ ณ จุดเบรคทฤษฎีคือ 399 มิลลิลิตร รองลงมาคือที่ความสูง 20.00 15.00 10.00 และ 5.00 ซม. ตามลำดับ โดยปริมาณน้ำที่ได้ ณ จุดเบรคทฤษฎีคือ 276 230 123 61.3 มิลลิลิตร ตามลำดับ และเวลาที่จุดเบรคทฤษฎีคือ 60.0 50.0 26.7 และ 13.3 นาที ตามลำดับ โดยคอลัมน์ที่ใช้สารกรองที่ความสูง 25.00 ซม. มีค่าอัตราการใช้สารกรอง และระยะเวลาการสัมผัสสารของชั้นกรองดีที่สุด คือ 64.4 ก./ล. และ 7.58 นาที ตามลำดับ ดังนั้น จึงได้ทำการคัดเลือกกรรมวิธีคอลัมน์ ที่ความสูงชั้นกรองที่ 25.00 เซนติเมตร โดยกรรมวิธีนี้สามารถทำให้ได้ค่าอัตราการใช้สารต่ำที่สุด

5.1.3.1.2 ศึกษาอัตราการกรองต่อการกำจัดฟลูออไรด์

จึงนำไปสู่การศึกษาอัตราการกรองที่ลดลง และเพิ่มขึ้นจากเดิมอย่างละ 1 เท่าจากอัตราความเร็วเดิม ทั้งนี้พบว่า คอลัมน์ที่บรรจุสารกรองเพียงถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดเพียงชนิดเดียวไม่สามารถกำจัดฟลูออไรด์ได้ และที่อัตราการกรอง 2.30 เวลาเบรคทฤษฎีมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมที่อัตราการกรอง 4.60 มล./นาที เวลาเบรคทฤษฎีคือ 86.7 นาที แต่ที่อัตราการกรอง 2.30 เวลาเบรคทฤษฎีสูงสุดคือ 165 นาที อีกทั้งยังมีอัตราการใช้สารที่ต่ำกว่าเดิม โดยลดลงจาก 61.9 ก./ล. ที่อัตรา

การกรองที่ 4.60 มล./นาที่ เหลือ 59.2 ก./ล.ที่อัตราการกรอง 2.30 มล./นาที่ ดังนั้น จึงนำไปสู่ การศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำต่อไปเพื่อศึกษาความสูงของชั้นกรอง และอัตราการ กรองที่ส่งผลต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ

5.1.3.2 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำด้วยระบบคอลัมน์

5.1.3.2.1 ศึกษาความสูงชั้นกรองต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ

จากการศึกษาความสูงชั้นกรองตามแนวทางเช่นเดิมกับการศึกษาการ กำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ พบว่า ที่อัตราการกรอง 4.60 มล./นาที่ ระดับความสูงสารกรอง 25.00 ซม. มีระยะเวลาการสัมผัสของสารกรอง (EBCT) ระยะเวลาที่ความเข้มข้นเบรกทูลู และอัตรา การใช้สารกรอง (usage rate) ดีที่สุด คือ 7.58 นาที่ 10,620 นาที่ และ 0.459 ก./ล. ตามลำดับ ซึ่งที่ ความสูงชั้นกรอง 25.00 เซนติเมตร มีอัตราการใช้กรองน้อยที่สุด และให้เวลาที่เบรกทูลูสูงที่สุดด้วย จึงนำไปสู่การศึกษาอัตราการกรองของน้ำขาเข้า ซึ่งจะนำคอลัมน์ที่มีความสูงชั้นกรองที่ 25.00 ซม. ไปเดินระบบอีกครั้ง โดยจะเปลี่ยนจากอัตราการกรองที่ 4.60 มล./นาที่ เป็น 2.30 และ 9.20 มล./ นาที่ตามลำดับ

5.1.3.2.2 ศึกษาอัตราการกรองต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ

จากการศึกษาอัตราการกรองของน้ำขาเข้าระบบต่อการกำจัด คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ ซึ่งศึกษาโดยใช้คอลัมน์ที่มีความสูงชั้นกรอง 25.00 ซม. เนื่องจากมีอัตรา การใช้สารกรองน้อยที่สุด ในขณะที่ให้เวลาที่จุดเบรกทูลูสูงที่สุด โดยอัตราการกรองของน้ำที่ศึกษาเพิ่ม คือ 2.30 และ 9.20 มล./นาที่ ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า ที่อัตราการกรอง 2.30 มล./นาที่ เวลา ที่จุดเบรกทูลูสูงที่สุดคือ 24,810 นาที่ และอัตราการใช้สารกรองน้อยที่สุดเช่นกัน คือ 0.400 ก./ล.

5.1.4 ศึกษาการทำนายอายุการใช้งานของสารกรอง

จากการศึกษาการทำนายอายุของสารกรอง ตามแนวทางการศึกษาตามสมการ Thomas Equation สมการ Bohart and Adam equation และสมการระยะเวลาการสัมผัสของชั้น กรอง (Empty bed contact time) โดยการศึกษาตามสมการของ Thomas Equation ได้ผล การศึกษาดังนี้

5.1.4.1 ศึกษาด้วยสมการ Thomas Equation

5.1.4.1.1 การกำจัดฟลูออไรด์

จากการศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ นำไปสู่การนำ ข้อมูลเวลา และความเข้มข้นของฟลูออไรด์ของน้ำขาออกจากระบบมาสร้างความสัมพันธ์และคำนวณ โดยใช้สมการ Thomas Equation ผลปรากฏว่า ค่าคงที่ของโทมัส :kt ของชั้นความสูงสารกรองที่

5.00 10.00 15.00 20.00 และ 25.00 เซนติเมตร คือ 0.021, 0.0070, 0.0023, 0.0014 และ 0.00055 ล./มก./นาที่ ตามลำดับ และค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุด คือ 0.19, 0.24, 0.38, 0.49 และ 0.97 มก./ก. ตามลำดับ

นอกจากนี้ จากการศึกษาอัตราการกรองที่มีผลต่อการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ เมื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระหว่าง $\ln(C_0/C_t)$ กับเวลา(นาที่) ตามแนวทางของสมการ Thomas Equation พบว่า เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราการกรอง ไม่เพียงส่งผลทำให้ค่าอัตราการใช้สารกรอง (usage rate) ลดลง แต่ยังส่งผลทำให้ค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุดลดลงด้วย โดยที่อัตราการกรองของน้ำขาเข้า ที่ 2.30, 4.60 และ 9.20 มล./นาที่ ค่าคงที่ของโทมัส คือ 0.00014, 0.00055 และ 0.0058 ล./มก./นาที่ ตามลำดับ ส่วนค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุด คือ 1.78, 0.97 และ 0.20 มก./ก.

5.1.4.1.2 การกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ

จากการศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำด้วยระบบคอลัมน์ จึงนำมาสู่การศึกษาเช่นเดียวกับการกำจัดฟลูออไรด์ โดยใช้สมการ Thomas Equation ผลปรากฏว่า ค่าคงที่ของโทมัส ของคอลัมน์ที่ความสูงชั้นกรอง 5.00, 10.00, 15.00, 20.00 และ 25.00 ซม. คือ 0.00086, 0.000070, 0.000086, 0.000066 และ 0.000026 ล./มก./นาที่ ตามลำดับ ส่วนค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุด คือ 3.1, 15, 11, 12 และ 27 มก./ก. ตามลำดับ โดยที่ความสูงชั้นกรอง 25.00 ซม. มีค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุดคือ 27 มก./ก.

จากการศึกษาอัตราการกรองที่มีผลต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำด้วยระบบคอลัมน์ เมื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระหว่าง $\ln(C_0/C_t)$ กับเวลา(นาที่) ตามแนวทางของสมการ Thomas Equation เช่นเดียวกับการศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ พบว่า ได้ผลเช่นเดียวกัน นั่นคือที่อัตราการกรอง 2.30 มล./นาที่ มีค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุด คือ 30 มก./ก. โดยค่าคงที่ของโทมัส คือ 0.000012 ล./มก./นาที่

5.1.4.2 ศึกษาด้วยสมการ Bohar and Adam equation

นอกจากนี้ เมื่อนำข้อมูลความสูงของชั้นกรอง กับเวลาเบรกทรูของแต่ละคอลัมน์มาสร้างเป็นแผนภูมิ และศึกษาตามสมการ Bohar and Adam equation จะสามารถทำนายอายุการใช้งานของสารกรองได้ ซึ่งจะนำข้อมูลจากการศึกษาในส่วนของกำจัดฟลูออไรด์ และการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำแบบคอลัมน์มาใช้ประกอบการศึกษา โดยผลการศึกษาแสดงดังนี้

5.1.4.2.1 การกำจัดฟลูออไรด์

จากการศึกษาความสูงของชั้นกรองต่อการกำจัดฟลูออไรด์ เมื่อนำความสูงของชั้นกรองต่าง ๆ มาสร้างแผนภูมิร่วมกับเวลาเบรกทรูทำให้ได้ภาพความสัมพันธ์ในลักษณะสมการเชิงเส้น ดังสมการ 5.1.4.2.1.1

$$Y = 8.073X - 6.430 \quad R^2 = 0.983 \quad (5.1.4.2.1.1)$$

โดย Y คือ เวลาเบรกทรู (นาทีก) และ X คือ ความสูงของชั้นกรองถ่านกระดูก (ซม.)

จากการคำนวณ ทำให้ทราบค่าความสามารถในการดูดซับของวัสดุดูดซับ คือ 44.3 มก./ลบ.ซม. และค่าคงที่อัตราการดูดซับ คือ 0.0471 ลบ.ซม./มก./น. เมื่อกำหนดต่อ ทำให้ทราบค่าความลึกวิกฤติ (Critical bed depth) ซึ่งเป็นค่าความหนาของชั้นวัสดุดูดซับที่ทำให้ความเข้มข้นของมลสารที่ออกจากระบบมีค่าเท่ากับความเข้มข้นเบรกทรู คือ 0.797 ซม.

ที่ในระบบจริง ระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคของหมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียง อำเภอมืองน่าน จังหวัดน่าน มีพื้นที่หน้าตัดถึงกรองขนาด 1.21 ตารางเมตร หากทำการเดินระบบการกรองวันละ 4 ชั่วโมง และกำหนดอัตราการกรองให้อยู่ที่ 0.01 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สามารถทำนายอายุการใช้งานได้ดังสมการ 5.1.4.2.1.2

$$Y = 429X - 6.430 \quad (5.1.4.2.1.2)$$

โดย Y คือ เวลาเบรกทรู (นาทีก) และ X คือ ความสูงของชั้นกรองถ่านกระดูก (ซม.)

สรุป

ที่ความสูงชั้นกรองถ่านกระดูก 100 เซนติเมตร
อัตราการกรอง 0.01 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เดินระบบวันละ 4 ชั่วโมง
อายุการใช้งานของสารกรองถ่านกระดูก คือ 179 วัน

5.1.4.2.2 การกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ

ความสูงของชั้นกรองถ่านกัมมันต์ต่าง ๆ กับระยะเวลาที่จุดเบรคทูลู มีความสัมพันธ์ดังสมการ 5.1.4.2.2.1

$$Y = 479X - 934 \quad (5.1.4.2.2.1)$$

โดยที่ Y คือ เวลาเบรคทูลู (นาท) และ X คือ ความสูงชั้นกรองถ่านกัมมันต์ (ซม.)

ทั้งนี้ จากการศึกษาเบื้องต้น ถ่านกระดุมมีได้มีประสิทธิภาพในการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ จึงทำการศึกษาการกำจัดในชั้นกรองของถ่านกัมมันต์เพียงชนิดเดียว จากการคำนวณทำให้ทราบค่าคงที่ต่าง ๆ ประกอบไปด้วย ค่าความสามารถในการดูดซับของวัสดุดูดซับ คือ 2,231 มก./ลบ.ซม. และค่าคงที่อัตราการดูดซับ คือ 0.000283 ลบ.ซม./มก./น. และค่าความลึกวิกฤติ (D_0) คือ 1.95 ซม.

ที่ในระบบจริง ระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคของหมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียง อำเภอมืองน่าน จังหวัดน่าน มีพื้นที่หน้าตัดถังกรองขนาด 1.21 ตารางเมตร หากทำการเดินระบบการกรองวันละ 4 ชั่วโมง และกำหนดอัตราการกรองให้อยู่ที่ 0.01 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จะสามารถทำนายอายุการใช้งานได้ดังสมการ 5.1.4.2.2.2

$$Y = 50,931X - 934 \quad (5.1.4.2.2.2)$$

โดยที่ Y คือ เวลาเบรคทูลู (นาท) และ X คือ ความสูงชั้นกรองถ่านกัมมันต์ (ซม.)

สรุป

ที่ความสูงชั้นกรองถ่านกัมมันต์ 30 เซนติเมตร

อัตราการกรอง 0.01 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เดินระบบวันละ 4 ชั่วโมง

อายุการใช้งานของสารกรองถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด คือ 3,178 วัน

5.1.4 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโครงการ

5.1.4.1 การเก็บข้อมูล

5.1.4.1.1 ข้อมูลปฐมภูมิ

จากการสัมภาษณ์ชาวบ้านที่เป็นผู้ได้รับผลประโยชน์จากโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค ทั้งสิ้น 151 คน จากทั้งหมด 64 ครัวเรือน เกี่ยวกับลักษณะการใช้น้ำ ปริมาณที่ใช้ และรายจ่ายต่อครั้งในการซื้อน้ำบริโภคจากโครงการ พบว่า จำนวนเงินที่ผู้ได้รับผลประโยชน์จ่ายเพื่อซื้อน้ำดื่มจากโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค คือ 69,058 บาท/ปี คิดเป็น $1,079 \pm 794$ (เฉลี่ย \pm SD บาท/ครัวเรือน/ปี) เมื่อนำผลรวมของปริมาณการเติมน้ำต่อวันของผู้ได้รับผลประโยชน์แต่ละกลุ่มมาคำนวณค่าน้ำโดยใช้อัตราการจ่ายน้ำจริงของตุ๊กตน้ำดื่ม (1 บาท จะได้น้ำ 1.50 ลิตร จากการตรวจวัดปริมาณน้ำที่ออกจากตุ๊ก) จะพบว่า ใน 1 วัน ผู้ได้รับผลประโยชน์ทั้งหมดจะเติมน้ำเป็นปริมาณทั้งสิ้น 289 ลิตร ซึ่งเมื่อคำนวณเป็นค่าน้ำโดยใช้อัตราการจ่ายน้ำจริงของตุ๊กตน้ำจะพบว่าโครงการจะได้รับเงินจากผู้ได้รับผลประโยชน์ 193 บาท/วัน คิดเป็น 70,275 บาท/ปี ซึ่งมีค่าใกล้เคียงและสอดคล้องกับจำนวนเงินต่อปีที่ผู้ได้รับผลประโยชน์จ่ายค่าน้ำให้กับโครงการฯ ดังนั้น ผลประโยชน์ที่คาดว่าโครงการจะได้รับจากผู้ได้รับผลประโยชน์ จะประมาณการได้จากค่าเฉลี่ยของรายได้ที่ได้รับจาก 2 ส่วนนี้ ซึ่งคิดเป็น 69,666 บาท/ปี

5.1.4.1.2 ข้อมูลทุติยภูมิ

ค่าใช้จ่ายในการลงทุนการจัดตั้งโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค ในส่วนระบบกรองน้ำ และส่วนหอกรองคอนกรีตเสริมเหล็ก ยอดรวมคือ 309,405 บาท ค่าใช้จ่ายผันแปร: ค่าไฟฟ้าต่อปี 15,000 บาท และค่าดำเนินการรายปี คือ 67,640 บาท

5.1.4.2 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโครงการ

มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิโครงการ กรณีรัฐลงทุนให้ และส่งมอบชาวบ้าน กับ กรณีชาวบ้านลงทุนและจัดการทั้งหมด โดยทำการศึกษาเป็นเวลา 20 ปี โดยกรณีรัฐลงทุนให้ และส่งมอบชาวบ้าน เป็นกรณีที่รัฐออกเงินค่าลงทุนในปีแรกให้ทั้งหมด หลังจากนั้นการดำเนินการต่าง ๆ ชาวบ้านผู้ได้รับผลประโยชน์จากโครงการจะต้องเป็นผู้ดูแลและรับผิดชอบโครงการต่อ โดยผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการกรณีรัฐลงทุนให้ และส่งมอบชาวบ้าน มีมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ(NPV) คือ 6,083 บาท อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนโครงการ(B/C Ratio) 0.989 อัตราผลตอบแทนโครงการ(IRR) 0.04407 และระยะเวลาคืนทุน(PB) 0 ปี ส่วนกรณีชาวบ้านลงทุน และจัดการทั้งหมด มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ คือ -343,495 บาท อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนโครงการ 0.691 อัตราผลตอบแทนโครงการ ไม่สามารถหาค่าได้ และระยะเวลาคืนทุน -1 ปี

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาอายุการใช้งานและผลกระทบที่ได้รับจากระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อกำจัดฟลูออไรด์: กรณีศึกษา หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ศึกษาการเพิ่มอายุการใช้งานของถ่านกระดูกที่มีผลทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มมากขึ้น และมีเบรคทรูเพิ่มสูงขึ้น
2. ศึกษากระบวนการฟื้นฟูถ่านกระดูก และถ่านกัมมันต์ที่ใช้แล้วให้สามารถกลับมาใช้งานได้ และทราบอายุการใช้งาน
3. ศึกษาแหล่งน้ำอื่น ๆ ในพื้นที่เพื่อขยายอัตราการผลิตน้ำสำรองในอนาคต
4. ศึกษาการผลิตวัสดุดูดซับจากวัสดุในท้องถิ่นชนิดอื่น ๆ เพื่ออาจใช้ทดแทนถ่านกัมมันต์และถ่านกระดูก
5. ศึกษาการจัดตั้งโครงการในลักษณะเดียวกันในหมู่บ้านที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่บริเวณโดยรอบ
6. ศึกษากระบวนการจัดการให้เกิดความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีความคุ้มค่ามากขึ้น



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY


ส่วนที่ 1 การติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำ

ตารางที่ 34 คุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค

ช่วงการตรวจวัด		คุณภาพน้ำของระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค					
คุณภาพ		pH	Turbidity	Total-hardness	TDS	Fluoride	Iron
พ.ค.-61	ก่อน	7.32	1.69	80.00	464.00	1.11	0.20
	หลัง	8.15	0.80	47.69	186.00	0.12	nd
ก.ค.-61	ก่อน	7.25	1.50	69.70	336.67	1.24	nd
	หลัง	8.10	0.72	41.83	288.00	0.44	nd
ต.ค.-61	ก่อน	7.10	1.12	112.00	295.00	1.83	nd
	หลัง	7.70	0.95	92.00	280.00	0.32	nd
ธ.ค.-61	ก่อน	7.43	1.08	68.00	333.33	2.60	nd
	หลัง	7.96	0.65	56.00	326.67	0.20	nd
ม.ค.-62	ก่อน	7.55	1.22	90.00	340.00	3.24	0.61
	หลัง	8.06	0.14	48.00	300.00	0.51	nd
ค่ามาตรฐาน *		7.00 - 8.50	<5.00	<300.00	<600.00	<0.70	<0.50

หมายเหตุ: pH คือ ความเป็นกรด-ด่าง
 Turbidity คือ ค่าความขุ่น (NTU)
 Total-hardness คือ ความกระด้างของน้ำ (มก.แคลเซียมคาร์บอเนต/ล.)
 TDS คือ ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (มก./ล.)
 Fluoride คือ ค่าความเข้มข้นของฟลูออไรด์ (มก./ล.)
 Iron คือ ค่าความเข้มข้นของเหล็ก (มก./ล.)
 * คือ ค่ามาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค
 จาก ราชกิจจานุเบกษา 2551, 21 พฤษภาคม)

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ความเสี่ยงทางด้านสุขภาพจากการบริโภคน้ำปนเปื้อนฟลูออไรด์



CHULALONGKORN UNIVERSITY
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department of Environmental Engineering
Faculty of Engineering
Phayathai Road, Bangkok 10330 Tel : 02-218-6667
Telex : 20217 UNICHUL TH Fax : 662-218-6666
www.env.eng.chula.ac.th

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
ถนนพญาไท กทม. 10330 โทร. 02-218-6667
โทรสาร 02-218-6666
www.env.eng.chula.ac.th

ที่ วส. 927 /2562


๑๔ ตุลาคม 2562

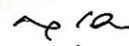
เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ฐานข้อมูลชาวบ้านในพื้นที่บ้านใหม่ในฝัน หมู่ที่ 12 ต.สะเมียน อ.เมืองน่าน จ.น่าน
เรียน นายอำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน

ด้วย นายกิตติคุณ เสมอภาค นิสิตระดับปริญญาโท สังกัดภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้จัดทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อเรื่อง “การศึกษาอายุการใช้งานและ
ผลกระทบที่ได้รับจากระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อกำจัดฟลูออไรด์: กรณีศึกษา หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบล
สะเมียน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน” โดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาหลักคือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ภูประเสริฐ
และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมคือ รองศาสตราจารย์ ดร.ปฏิภาณ ปัญญาผลกุล ในการนี้มีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูล
จากฐานข้อมูลทะเบียนราษฎรของประชาชนในพื้นที่บ้านใหม่ในฝัน หมู่ที่ 12 ต.สะเมียน อ.เมืองน่าน จ.น่าน
เพื่อประกอบการศึกษาวิทยานิพนธ์ โดยมอบหมายให้นายกิตติคุณ เสมอภาค เข้าไปติดต่อเพื่อขอถ่ายโอนข้อมูล
ดังกล่าวตามวัน เวลาราชการ ซึ่งข้อมูลที่ต้องการ คือ ชื่อ นามสกุล วัน เดือน ปีเกิด และสถานะเจ้าบ้าน ของ
ประชาชนทุกคนในทะเบียนราษฎร โดยจำแนกตามบ้านเลขที่ ทั้งนี้ ข้อมูลดังกล่าว จะใช้เพื่อประกอบการ
สัมภาษณ์ อีกทั้งจะถูกเก็บเป็นความลับ มิได้เผยแพร่ลงในรูปเล่มวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ


 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ภูประเสริฐ)
 อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก


 (รองศาสตราจารย์ ดร.เชมรัฐ โอสถาพันธุ)
 หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

หมายเลขติดต่อประสานงาน
นายกิตติคุณ เสมอภาค 080-017-8131

ภาพที่ 57 หนังสือขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากฐานข้อมูลทะเบียนราษฎร อำเภอเมืองน่าน



ที่ นน ๐๑๑๘.๔/๒๕๖๒

ที่ว่าการอำเภอเมืองน่าน
ถนนน่าน - ทะยาน นน ๕๕๐๐๐

๑๗ ธันวาคม ๒๕๖๒

เรื่อง แจ้งการคัดข้อมูลประชากรในพื้นที่บ้านใหม่ในฝั้น

เรียน หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

อ้างถึง หนังสือ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ วส.๙/๒๗/๒๕๖๒ ลงวันที่ ๒๔ ตุลาคม ๒๕๖๒

สิ่งที่ส่งมาด้วย บัญชีคนในบ้าน

จำนวน ๑ ชุด

ตามที่ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ขอข้อมูลทะเบียนราษฎรของประชาชนบ้านใหม่ในฝั้น ตำบลสะเนียน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน ประกอบการศึกษาวิทยานิพนธ์ ในหัวข้อเรื่อง “การศึกษาอายุการใช้งานและผลกระทบที่ได้รับจากระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อกำจัดฟลูออไรด์: กรณีศึกษา หมู่บ้านใหม่ในฝั้น ตำบลสะเนียน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน” เพื่อ ใช้ประกอบการสัมภาษณ์ โดยมอบหมายให้ นายกิตติคุณ เสมอภาค เป็นผู้รับข้อมูลเพื่อดำเนินการ นั้น

สำนักทะเบียนอำเภอเมืองน่าน ได้ดำเนินการตรวจสอบ คัดรับรองรายการข้างต้น แล้วรายละเอียดปรากฏตามเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้ อนึ่ง ข้อมูลหรือสำเนารายการทะเบียนเป็นข้อมูลส่วนบุคคล จะต้องใช้เพื่อการปฏิบัติหน้าที่ตามกฎหมาย และวัตถุประสงค์ที่ได้แจ้งต่อนายทะเบียนเท่านั้น การนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในส่วนอื่นที่ไม่เกี่ยวกับหน้าที่ของราชการ และการนำข้อมูลไปเปิดเผยที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่เจ้าของข้อมูล เป็นความผิดอาญาที่มีโทษจำคุกและหรือปรับตามมาตรา ๔๘/๑ และมาตรา ๔๙ แห่งพระราชบัญญัติการทะเบียนราษฎร พ.ศ.๒๕๓๔ แก้ไขเพิ่มเติม(ฉบับที่ ๒) พ.ศ.๒๕๕๑ ดังนั้น ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ต้องรับผิดชอบข้อมูลส่วนบุคคล และนำไปใช้ปฏิบัติราชการตามหนังสือที่อ้างถึงเท่านั้น

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

ขอแสดงความนับถือ

นางพิมพ์พันธุ์ จันทกาส
ปลัดอำเภอ(จพง.ปค.ชำนาญการพิเศษ)รักษาการแทน
นายอำเภอเมืองน่านที่ทำการปกครองอำเภอ
กลุ่มงานทะเบียนและบัตร
โทร. ๐๕๔-๗๑๖๐๖๑

ตารางที่ 35 ข้อมูลส่วนบุคคล(สัญชาติ ศาสนา วันเกิด) ของผู้ได้รับผลประโยชน์

ที่	บ้านเลขที่	ชื่อ นามสกุล	สัญชาติ	ศาสนา	วัน	เดือน	ปี พ.ศ. เกิด
1	1	นางสาวชนิสรา พิศจาร	ไทย	พุทธ	20	กันยายน	2526
2	1	นายครรชิต พิศจาร	ไทย	พุทธ	22	กันยายน	2496
3	1	นางจินดา พิศจาร	ไทย	พุทธ	20	มกราคม	2504
4	1	เด็กชายสันติสุข คีนประคอง	ไทย	พุทธ	22	สิงหาคม	2548
5	1	นายสุเชลท์ คีนประคอง	ไทย	พุทธ	1	มกราคม	2507
6	1	เด็กชายสรวิษฐ์ คีนประคอง	ไทย	พุทธ	20	พฤศจิกายน	2553
7	2	นายสุรศักดิ์ พิศจาร	ไทย	พุทธ	13	กุมภาพันธ์	2509
8	2	นางนิตยา พิศจาร	ไทย	พุทธ	4	พฤษภาคม	2510
9	5	นายวุฒิชัย คำแคว้น	ไทย	พุทธ	24	กุมภาพันธ์	2506
10	5	นายพูล คำแคว้น	ไทย	พุทธ	2	ตุลาคม	2509
11	7	นางธัญรดา พิศจาร	ไทย	พุทธ	30	มีนาคม	2514
12	7	นายเลื่อน พิศจาร	ไทย	พุทธ	16	กุมภาพันธ์	2509
13	9	นางแว่น พิศจาร	ไทย	พุทธ	9	มีนาคม	2509
14	9	นายสุรศักดิ์ หมอป่า	ไทย	พุทธ	21	ตุลาคม	2546
15	9	นายฤทธิ์ ศรีบุญเรือง	ไทย	พุทธ	-	-	2517
16	9	นายวิโรจน์ คำแคว้น	ไทย	พุทธ	3	กรกฎาคม	2536
17	11	นายสมบุญ ลำนัย	ไทย	พุทธ	5	ตุลาคม	2487
18	11	นางปณิตา ลำนัย	ไทย	พุทธ	6	กุมภาพันธ์	2506
19	11	นางสาวชนัญชิตา ลำนัย	ไทย	พุทธ	22	สิงหาคม	2540
20	12	นางสวय ศรีบุญเรือง	ไทย	พุทธ	10	กุมภาพันธ์	2484
21	12	นางแปง ศรีบุญเรือง	ไทย	พุทธ	4	พฤษภาคม	2472
22	12	นางสาวกัลยรัตน์ ศรีบุญเรือง	ไทย	พุทธ	26	ตุลาคม	2524
23	12	เด็กหญิงจุฑาทิพย์ ชันคำ	ไทย	พุทธ	9	ตุลาคม	2557
24	12	เด็กชายอมสิน ชัยวิรัช	ไทย	พุทธ	1	เมษายน	2558
25	13	นางใบ ไจมงคล	ไทย	พุทธ	6	กุมภาพันธ์	2493
26	13	นายเจริญ ไจมงคล	ไทย	พุทธ	14	กรกฎาคม	2525
27	13	เด็กชายกรวีร์ แดนป็น	ไทย	พุทธ	11	กันยายน	2551
28	13	เด็กหญิงอารยา คำกอง	ไทย	พุทธ	21	กรกฎาคม	2558
29	14	นายจำลอง ปัญญาวงศ์	ไทย	พุทธ	5	พฤษภาคม	2507
30	15	นายบุญเตียง พิศจารย์	ไทย	พุทธ	1	กุมภาพันธ์	2501
31	15	นางเป็ง พิศจารย์	ไทย	พุทธ	13	มกราคม	2507
32	15	นางสาวเพ็ญศิริ พิศจารย์	ไทย	พุทธ	31	มีนาคม	2528
33	15	นายสมสิทธิ์ พิศจารย์	ไทย	พุทธ	31	ธันวาคม	2537

ตารางที่ 35 ข้อมูลส่วนบุคคล(สัญชาติ ศาสนา วันเกิด) ของผู้ได้รับผลประโยชน์ (ต่อ)

ที่	บ้านเลขที่	ชื่อ นามสกุล	สัญชาติ	ศาสนา	วัน	เดือน	ปี พ.ศ. เกิด
34	16	นายบิน	พิจจาร	ไทย	พุทธ	28	สิงหาคม 2504
35	17	นางแก่น	พิจจาร	ไทย	พุทธ	29	สิงหาคม 2503
36	17	นายคำแฝง	พิจจารย์	ไทย	พุทธ	26	เมษายน 2521
37	18	นายสุทัศน์	ระวังเกียรติ	ไทย	พุทธ	10	มกราคม 2508
38	18	นางโสภา	ระวังเกียรติ	ไทย	พุทธ	5	กันยายน 2508
39	19	นางผา	คำแหง	ไทย	พุทธ	-	- 2487
40	19	นายสมพร	คำแหง	ไทย	พุทธ	5	กุมภาพันธ์ 2530
41	19	เด็กหญิงนภัสกมล	คำแหง	ไทย	พุทธ	23	พฤศจิกายน 2552
42	19	เด็กหญิงภคจิรา	คำแหง	ไทย	พุทธ	15	พฤษภาคม 2557
43	22	นายชัน	ฐิณินันท์กุล	ไทย	พุทธ	-	- 2503
44	22	นางมอน	ฐิณินันท์กุล	ไทย	พุทธ	28	กุมภาพันธ์ 2509
45	23	นายสมบูรณ์	เทพปัญญา	ไทย	พุทธ	2	กุมภาพันธ์ 2493
46	25	นางสาวคำ	ศรีบุญเรือง	ไทย	พุทธ	11	มิถุนายน 2525
47	25	เด็กหญิงอินธิรา	บุญภิพ	ไทย	พุทธ	18	พฤศจิกายน 2548
48	26	เด็กชายอนันท์ทาน	สินใจ	ไทย	พุทธ	31	มีนาคม 2558
49	27	นายประสงค์	คำแคว้น	ไทย	พุทธ	13	ธันวาคม 2499
50	27	นางทอง	คำแคว้น	ไทย	พุทธ	29	พฤษภาคม 2500
51	27	เด็กชายพดมินันท์	คำแคว้น	ไทย	พุทธ	24	ธันวาคม 2554
52	27	เด็กชายเสฏฐวุฒิ	คำแคว้น	ไทย	พุทธ	14	ธันวาคม 2560
53	28	นางอรพิมพ์	ไชยมงคล	ไทย	พุทธ	10	เมษายน 2502
54	29	นางสาวมะลิวัลย์	พิจจาร	ไทย	พุทธ	25	มกราคม 2533
55	29	นายกฤตวิทย์	กอบกิจไพศาล	ไทย	พุทธ	27	มีนาคม 2532
56	31	นายชัยวัฒน์	พิจจาร	ไทย	พุทธ	28	มกราคม 2503
57	31	นางเพียง	พิจจาร	ไทย	พุทธ	13	พฤศจิกายน 2508
58	31	นายขาว	ชาเหล็ก	ไทย	พุทธ	14	พฤศจิกายน 2488
59	31	เด็กหญิงศศิวิมล	พิจจาร	ไทย	พุทธ	16	มีนาคม 2557
60	31	นางจิต	ชาเหล็ก	ไทย	พุทธ	1	มกราคม 2514
61	33	นายบุญมี	วงศ์ป้อง	ไทย	พุทธ	-	- 2494
62	33	นางถา	วงศ์ป้อง	ไทย	พุทธ	-	- 2504
63	33	นางสาวถลันนันท์	วงศ์ป้อง	ไทย	พุทธ	-	- 2528
64	33	เด็กหญิงพัชรพร	ชัยฤทธิ์	ไทย	พุทธ	10	เมษายน 2550
65	34	นางบุญ	รัตนอินทร์	ไทย	พุทธ	-	- 2477
66	34	นางอิน	รัตนอินทร์	ไทย	พุทธ	-	- 2516

ตารางที่ 35 ข้อมูลส่วนบุคคล(สัญชาติ ศาสนา วันเกิด) ของผู้ได้รับผลประโยชน์ (ต่อ)

ที่	บ้านเลขที่	ชื่อ นามสกุล	สัญชาติ	ศาสนา	วัน	เดือน	ปี พ.ศ. เกิด
67	34	นายสมชาย ชัยฤทธิ์	ไทย	พุทธ	9	มกราคม	2510
68	34	เด็กหญิงอภิสราร รัตนเกิดกลาง	ไทย	พุทธ	21	มีนาคม	2562
69	35	นางทอง ขาเหล็ก	ไทย	พุทธ	-	-	2499
70	35	เด็กหญิงภิญญาพัชญ์ สุธะ	ไทย	พุทธ	5	กุมภาพันธ์	2553
71	35	เด็กหญิงศศิษา ขาเหล็ก	ไทย	พุทธ	12	กรกฎาคม	2554
72	36	นายเหมย ใจดี	ไทย	พุทธ	-	-	2501
73	36	นางพรม ใจดี	ไทย	พุทธ	-	-	2508
74	36	เด็กชายยศพันธ์ คำแสน	ไทย	พุทธ	26	สิงหาคม	2549
75	37	นายอนุเดช ทองดี	ไทย	พุทธ	-	-	2514
76	38	นายศรีนวล ใจสา	ไทย	พุทธ	-	-	2494
77	38	นางแพน ใจสา	ไทย	พุทธ	-	-	2498
78	38	นายชลัช ใจสา	ไทย	พุทธ	-	-	2529
79	38	เด็กชายศักดิ์สิทธิ์ แปะล้วน	ไทย	พุทธ	23	กุมภาพันธ์	2550
80	38	เด็กหญิงวันวิสา ใจสา	ไทย	พุทธ	14	ตุลาคม	2560
81	39	นายวิทย์ ยอดเหล็ก	ไทย	พุทธ	14	พฤษภาคม	2512
82	39	นางธัญจิรา ยอดเหล็ก	ไทย	พุทธ	30	มกราคม	2510
83	39	นางสาววิชุดา ยอดเหล็ก	ไทย	พุทธ	17	กุมภาพันธ์	2536
84	42	นายขาว ศรีบุญเรือง	ไทย	พุทธ	-	-	2476
85	42	นางแป๊ะ ศรีบุญเรือง	ไทย	พุทธ	-	-	2480
86	42	นายรัฐ ศรีบุญเรือง	ไทย	พุทธ	-	-	2527
87	45	นายสมหมาย บัวเหล็ก	ไทย	พุทธ	-	-	2526
88	47	นางศรีไฉ ธัมมาพิสุทธิ์	ไทย	พุทธ	12	เมษายน	2484
89	47	นายบุญมี ธัมมาพิสุทธิ์	ไทย	พุทธ	19	เมษายน	2495
90	48	นายนุกูล เสี่ยงกอง	ไทย	พุทธ	2	สิงหาคม	2507
91	48	นางบุญมี เสี่ยงกอง	ไทย	พุทธ	18	กุมภาพันธ์	2509
92	52	นายส่อง สุธะ	ไทย	พุทธ	31	ธันวาคม	2508
93	52	นางดวงฤดู สุธะ	ไทย	พุทธ	10	กรกฎาคม	2512
94	52	นางสาวนันทิกา สุธะ	ไทย	พุทธ	31	มีนาคม	2539
95	53	นายศักดิ์ รัตนอินทร์	ไทย	พุทธ	-	-	2504
96	53	นางซ็อน ชัยวงศ์	ไทย	พุทธ	10	กุมภาพันธ์	2515
97	56	นางอรพรรณ ยศดีะวงศ์	ไทย	พุทธ	5	มิถุนายน	2526
98	56	เด็กหญิงธันชญา ยศดีะวงศ์	ไทย	พุทธ	11	ธันวาคม	2550
99	58	นายปรีดา สุระ	ไทย	พุทธ	20	เมษายน	2504

ตารางที่ 35 ข้อมูลส่วนบุคคล(สัญชาติ ศาสนา วันเกิด) ของผู้ได้รับผลประโยชน์ (ต่อ)

ที่	บ้านเลขที่	ชื่อ นามสกุล	สัญชาติ	ศาสนา	วัน	เดือน	ปี พ.ศ. เกิด
100	58	นางสาวจันทร์ สุระ	ไทย	พุทธ	10	กุมภาพันธ์	2508
101	58	เด็กหญิงวรินทร์ทิรา สุระ	ไทย	พุทธ	1	เมษายน	2548
102	60	นางแสงจันทร์ ศรีบุญเรือง	ไทย	พุทธ	10	สิงหาคม	2486
103	60	นายขวัญชัย ทองดี	ไทย	พุทธ	-	-	2507
104	60	เด็กชายวรินทร์ ชง	ไทย	พุทธ	13	ตุลาคม	2554
105	60	เด็กหญิงกนกทิพย์ ศรีบุญเรือง	ไทย	พุทธ	5	กันยายน	2558
106	62	นายศักดิ์ ศรีบุญเรือง	ไทย	พุทธ	20	สิงหาคม	2507
107	62	นางปิ่น ศรีบุญเรือง	ไทย	พุทธ	1	กันยายน	2511
108	63	นายเปลี่ยน ใจปิง	ไทย	พุทธ	12	กุมภาพันธ์	2505
109	63	เด็กชายณรงค์เดช ใจปิง	ไทย	พุทธ	21	มิถุนายน	2549
110	63	นางปิ่น ใจปิง	ไทย	พุทธ	18	มกราคม	2521
111	64	นางสาวสิรินทรา พิศจารย์	ไทย	พุทธ	1	กันยายน	2524
112	64	นายพัฒนกร บุญภิพ	ไทย	พุทธ	8	เมษายน	2517
113	64	เด็กหญิงพิมพ์พิกา บุญภิพ	ไทย	พุทธ	8	สิงหาคม	2554
114	69	นายสาย ชัยฤทธิ์	ไทย	พุทธ	19	มิถุนายน	2491
115	69	นางศรีนวล ชัยฤทธิ์	ไทย	พุทธ	16	เมษายน	2493
116	70	นางนวล อินต๊ะจ๊ก	ลาว	พุทธ	7	กรกฎาคม	2502
117	77	นายอุดม ชัยฤทธิ์	ไทย	พุทธ	12	กรกฎาคม	2515
118	77	เด็กหญิงพัชรินทร์ ชัยฤทธิ์	ไทย	พุทธ	1	พฤศจิกายน	2555
119	78	นางปา พันธุ์อุดม	ไทย	พุทธ	13	มีนาคม	2501
120	79	นายยา พันธุ์อุดม	ไทย	พุทธ	10	กันยายน	2516
121	79	นางสาวจิราภา พันธุ์อุดม	ไทย	พุทธ	5	ตุลาคม	2519
122	81	นายผล พุทธวงศ์	ไทย	พุทธ	8	มีนาคม	2513
123	81	นางจินนภา พุทธวงศ์	ไทย	พุทธ	5	เมษายน	2522
124	81	เด็กหญิงขวัญจิรา พุทธวงศ์	ไทย	พุทธ	26	มีนาคม	2555
125	83	นายประเสริฐ บุญภิพ	ไทย	พุทธ	12	กุมภาพันธ์	2521
126	86	นายปิ่น ดอนชัยรัตน์	ไทย	พุทธ	15	ตุลาคม	2494
127	87	นางสาวศรีทอง คำวงศ์	ไทย	พุทธ	6	กันยายน	2506
128	89	นางศรีทอง บัวอิม	ไทย	พุทธ	11	มิถุนายน	2506
129	89	นายนิกร ปัญญาดี	ไทย	พุทธ	7	ตุลาคม	2515
130	89	นางสาวมัลลิการ์ ปัญญาดี	ไทย	พุทธ	11	ธันวาคม	2527
131	89	เด็กหญิงจิรนนท์ เหมยแก้ว	ไทย	พุทธ	3	ธันวาคม	2548
132	89	เด็กชายธิตกร ปัญญาดี	ไทย	พุทธ	8	กันยายน	2553

ตารางที่ 35 ข้อมูลส่วนบุคคล(สัญชาติ ศาสนา วันเกิด) ของผู้ได้รับผลประโยชน์ (ต่อ)

ที่	บ้านเลขที่	ชื่อ นามสกุล	สัญชาติ	ศาสนา	วัน	เดือน	ปี พ.ศ. เกิด
133	89	เด็กชายจิรายุทธ ปัญญาดี	ไทย	พุทธ	4	มิถุนายน	2556
134	90	นายศักดิ์ สุระ	ไทย	พุทธ	12	กันยายน	2519
135	93	เด็กหญิงณัฐธินิชา พิศจาร	ไทย	พุทธ	9	มิถุนายน	2549
136	93	เด็กหญิงพรรณปพร พิศจาร	ไทย	พุทธ	2	กุมภาพันธ์	2552
137	93	เด็กชายศุภกิตต์ พิศจาร	ไทย	พุทธ	12	มกราคม	2558
138	94	นางสาวพรพิมล คำแหง	ไทย	พุทธ	7	สิงหาคม	2528
139	94	เด็กหญิงชฎารัตน์ คำแหง	ไทย	พุทธ	7	ธันวาคม	2554
140	94	เด็กหญิงชฎาภา คำแหง	ไทย	พุทธ	7	ตุลาคม	2561
141	95	นางสาวชไมพร ระวังเกียรติ	ไทย	พุทธ	22	กุมภาพันธ์	2530
142	95	เด็กชายณัฐพงศ์ ระวังเกียรติ	ไทย	พุทธ	22	สิงหาคม	2559
143	95	เด็กหญิงณัฐธิดา ระวังเกียรติ	ไทย	พุทธ	23	ธันวาคม	2561
144	101	นายณรงค์ศักดิ์ คำแคว้น	ไทย	พุทธ	7	พฤศจิกายน	2513
145	101	นางอิศราพร คำแคว้น	ไทย	พุทธ	20	พฤศจิกายน	2524
146	101	เด็กชายชนะสิทธิ์ คำแคว้น	ไทย	พุทธ	21	ธันวาคม	2557
147	102	นายสมคิด พิศจาร	ไทย	พุทธ	3	กุมภาพันธ์	2523
148	102	เด็กชายนครินทร์ พิศจาร	ไทย	พุทธ	16	มิถุนายน	2552
149	102	นางสาวอำพร พิศจาร	ลาว	พุทธ	4	กุมภาพันธ์	2527
150	41/ซ	นางวันเพ็ญ จันทร์หอม	ไทย	พุทธ	21	พฤษภาคม	2523
151	8/ซ	นายเงิน ใจปิง	ไทย	พุทธ	12	ตุลาคม	2508

- หมายเหตุ :
1. ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ได้รับผลประโยชน์มาจากฐานข้อมูลทะเบียนราษฎร ซึ่งได้รับการอนุญาตเพื่อใช้ประกอบการวิจัย จาก ที่ว่าการอำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน ในวันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ.2562
 2. ผู้ได้รับผลประโยชน์อยู่ในเขตพื้นที่ บ้านใหม่ในฝัน หมู่ที่ 12 ตำบลสะเนียน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน

ตารางที่ 36 ข้อมูลส่วนบุคคล(ระดับการศึกษา อาชีพ สถานภาพสมรส) ของผู้ได้รับผลประโยชน์

ที่	ชื่อ นามสกุล	ระดับการศึกษา	อาชีพ	สถานภาพสมรส
1	นางสาวชนิสรา พิศจาร	ประถมศึกษา	รับจ้าง	คู่
2	นายครรชิต พิศจาร	ประถมศึกษา	เกษตรกร	โสด
3	นางจินดา พิศจาร	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
4	เด็กชายสันติสุข คีนประคอง	ประถมศึกษา	นักเรียน	โสด
5	นายสุเชลท์ คีนประคอง	มัธยมศึกษาตอนต้น	เกษตรกร	โสด
6	เด็กชายสรวิชญ์ คีนประคอง	ประถมศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
7	นายสุรศักดิ์ พิศจาร	ไม่ได้ศึกษา	เกษตรกร	คู่
8	นางนิตยา พิศจาร	มัธยมศึกษาตอนต้น	รับจ้าง	คู่
9	นายวุฒิชัย คำแคว้น	มัธยมศึกษาตอนต้น	รับจ้าง	คู่
10	นายพูล คำแคว้น	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
11	นางธัญรดา พิศจาร	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
12	นายเลื่อน พิศจาร	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
13	นางแว่น พิศจาร	ไม่ได้ศึกษา	เกษตรกร	คู่
14	นายสุรศักดิ์ หมอป่า	ประถมศึกษา	นักเรียน	โสด
15	นายฤทธิ์ ศรีบุญเรือง	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
16	นายวิโรจน์ คำแคว้น	มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	นักเรียน	โสด
17	นายสมบุญ ลำนัย	ไม่ได้ศึกษา	เกษตรกร	คู่
18	นางปณิตา ลำนัย	ไม่ได้ศึกษา	เกษตรกร	คู่
19	นางสาวชนัญชิตา ลำนัย	มัธยมศึกษาตอนต้น	นักเรียน	คู่
20	นางสวย ศรีบุญเรือง	ไม่ได้ศึกษา	เกษตรกร	หย่า
21	นางแปง ศรีบุญเรือง	ไม่ได้ศึกษา	เกษตรกร	คู่
22	นางสาวกัลยรัตน์ ศรีบุญเรือง	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
23	เด็กหญิงจุฑาทิพย์ ชันคำ	ไม่ได้ศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
24	เด็กชายออมสิน ชัยวิรัช	ไม่ได้ศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
25	นางใบ ไจมงคล	ไม่ได้ศึกษา	รับจ้าง	หม้าย
26	นายเจริญ ไจมงคล	ประถมศึกษา	รับจ้าง	โสด
27	เด็กชายกรวีร์ แदनป็น	ประถมศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
28	เด็กหญิงอารยา คำกอง	ไม่ได้ศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
29	นายจำลอง ปัญญาวงศ์	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
30	นายบุญเตียง พิศจารย์	ไม่ได้ศึกษา	เกษตรกร	คู่
31	นางเป็ง พิศจารย์	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
32	นางสาวเพ็ญศิริ พิศจารย์	มัธยมศึกษาตอนต้น	เกษตรกร	โสด
33	นายสมสิทธิ์ พิศจารย์	มัธยมศึกษาตอนต้น	เกษตรกร	โสด
34	นายปั้น พิศจาร	ไม่ได้ศึกษา	เกษตรกร	คู่
35	นางแก่น พิศจาร	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่

ตารางที่ 36 ข้อมูลส่วนบุคคล(ระดับการศึกษา อาชีพ สถานภาพสมรส) ของผู้ได้รับผลประโยชน์ (ต่อ)

ที่	ชื่อ นามสกุล	ระดับการศึกษา	อาชีพ	สถานภาพสมรส
36	นายคำแฝง พิศจารย์	ประถมศึกษา	รับจ้าง	โสด
37	นายสุทัศน์ ระวังเกียรติ	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
38	นางโสภา ระวังเกียรติ	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
39	นางผา คำแหง	ไม่ได้ศึกษา	เกษตรกร	คู่
40	นายสมพร คำแหง	ประถมศึกษา	รับจ้าง	โสด
41	เด็กหญิงนภัสกมล คำแหง	ประถมศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
42	เด็กหญิงภัคจิรา คำแหง	ไม่ได้ศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
43	นายชัน ฐิณินันท์กุล	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
44	นางม่อน ฐิณินันท์กุล	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
45	นายสมบูรณ์ เทพปัญญา	ไม่ได้ศึกษา	เกษตรกร	คู่
46	นางสาวคำ ศรีบุญเรือง	ประถมศึกษา	ค้าขาย	คู่
47	เด็กหญิงอินธิรา บุญภิพ	ประถมศึกษา	นักเรียน	โสด
48	เด็กชายอนันท์ทาน สิ้นใจ	ไม่ระบุ/ไม่ทราบ	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
49	นายประสงค์ คำแคว้น	ไม่ได้ศึกษา	เกษตรกร	คู่
50	นางทอง คำแคว้น	ไม่ได้ศึกษา	เกษตรกร	คู่
51	เด็กชายพดณินันท์ คำแคว้น	ประถมศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
52	เด็กชายเสฏฐวุฒิ คำแคว้น	ไม่ระบุ/ไม่ทราบ	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
53	นางอรพิมพ์ ไชยมงคล	ไม่ได้ศึกษา	เกษตรกร	หม้าย
54	นางสาวมะลิวัลย์ พิศจาร	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
55	นายกฤตวิทย์ กอบกิจไพศาล	มัธยมศึกษาตอนต้น	รับจ้าง	โสด
56	นายชัยวัฒน์ พิศจาร	ไม่ได้ศึกษา	เกษตรกร	คู่
57	นางเพียง พิศจาร	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
58	นายขาว ชาเหล็ก	ไม่ได้ศึกษา	เกษตรกร	คู่
59	เด็กหญิงศศิวิมล พิศจาร	ไม่ได้ศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
60	นางจัต ชาเหล็ก	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
61	นายบุญมี วงศ์ป้อง	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
62	นางถา วงศ์ป้อง	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
63	นางสาวถลันชนันท์ วงศ์ป้อง	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
64	เด็กหญิงพัชรพร ชัยฤทธิ์	ประถมศึกษา	นักเรียน	โสด
65	นางบุญ รัตนอินทร์	ประถมศึกษา	เกษตรกร	หม้าย
66	นางอิน รัตนอินทร์	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
67	นายสมชาย ชัยฤทธิ์	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
68	เด็กหญิงอภิสรา รัตนเกิดกลาง	ไม่ได้ศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
69	นางทอง ชาเหล็ก	ไม่พบข้อมูลจากฐานข้อมูล		
70	เด็กหญิงภิญญาพัชญ์ สุยะ	ประถมศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด

ตารางที่ 36 ข้อมูลส่วนบุคคล(ระดับการศึกษา อาชีพ สถานภาพสมรส) ของผู้ได้รับผลประโยชน์ (ต่อ)

ที่	ชื่อ นามสกุล	ระดับการศึกษา	อาชีพ	สถานภาพสมรส
71	เด็กหญิงศศิชา ขาเหล็ก	ประถมศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
72	นายเหมย ใจดี	ไม่ได้ศึกษา	เกษตรกร	คู่
73	นางพรม ใจดี	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
74	เด็กชายยศพันธ์ คำแสน	ประถมศึกษา	นักเรียน	โสด
75	นายคนุเดช ทองดี	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
76	นายศรีนวล ใจสา	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
77	นางแพน ใจสา	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
78	นายชัช ใจสา	มัธยมศึกษาตอนต้น	เกษตรกร	โสด
79	เด็กชายศักดิ์สิทธิ์ แปะล้วน	ประถมศึกษา	นักเรียน	โสด
80	เด็กหญิงวันวิสา ใจสา	ไม่ได้ศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
81	นายวิทย์ ยอดเหล็ก	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
82	นางรัญจิรา ยอดเหล็ก	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
83	นางสาววิชุดา ยอดเหล็ก	มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	นักเรียน	โสด
84	นายขาว ศรีบุญเรือง	ไม่ได้ศึกษา	เกษตรกร	คู่
85	นางแป๊ะ ศรีบุญเรือง	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
86	นายรัฐ ศรีบุญเรือง	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
87	นายสมหมาย บัวเหล็ก	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
88	นางศรีไฉ่ รัมมาพิสุทธิ์	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
89	นายบุญมี รัมมาพิสุทธิ์	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
90	นายนุกูล เสียงกอง	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
91	นางบุญมี เสียงกอง	ประถมศึกษา	รับจ้าง	คู่
92	นายสอง สุยะ	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
93	นางดวงฤดี สุยะ	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
94	นางสาวนันทิกา สุยะ	มัธยมศึกษาตอนต้น	นักเรียน	โสด
95	นายศักดิ์ รัตนอินทร์	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
96	นางช้อน ชัยวงศ์	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
97	นางอรพรรณ ยศดีวงศ์	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
98	เด็กหญิงธนัชญา ยศดีวงศ์	ประถมศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
99	นายปรีดา สุระ	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
100	นางสาวจันทร์ สุระ	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
101	เด็กหญิงวรินทร์ทิรา สุระ	ประถมศึกษา	นักเรียน	โสด
102	นางแสงจันทร์ ศรีบุญเรือง	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
103	นายขวัญชัย ทองดี	ประถมศึกษา	รับจ้าง	คู่
104	เด็กชายวรินทร์ ชง	ประถมศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
105	เด็กหญิงกนกทิพย์ ศรีบุญเรือง	ไม่ระบุ/ไม่ทราบ	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
106	นายศักดิ์ ศรีบุญเรือง	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่

ตารางที่ 36 ข้อมูลส่วนบุคคล(ระดับการศึกษา อาชีพ สถานภาพสมรส) ของผู้ได้รับผลประโยชน์ (ต่อ)

ที่	ชื่อ นามสกุล	ระดับการศึกษา	อาชีพ	สถานภาพสมรส
107	นางปิ่น ศรีบุญเรือง	ประถมศึกษา	เกษตรกร	หม้าย
108	นายเปลี่ยน ใจปิง	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
109	เด็กชายณรงค์เดช ใจปิง	ประถมศึกษา	นักเรียน	โสด
110	นางปิ่น ใจปิง	ประถมศึกษา	รับจ้าง	คู่
111	นางสาวสิรินทรา พิศจารย์	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
112	นายพัฒนกร บุญภิพ	ปวส./อนุปริญญา	เกษตรกร	คู่
113	เด็กหญิงพิมพ์พิกา บุญภิพ	ประถมศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
114	นายสาย ชัยฤทธิ์	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
115	นางศรีนวล ชัยฤทธิ์	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
116	นางนวล อินตะจักษ์	ประถมศึกษา	รับจ้าง	คู่
117	นายอุดม ชัยฤทธิ์	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
118	เด็กหญิงพัชรินทร์ ชัยฤทธิ์	ประถมศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
119	นางปา พันธุ์อุดม	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
120	นายยา พันธุ์อุดม	ประถมศึกษา	รับจ้าง	คู่
121	นางสาวจิราภา พันธุ์อุดม	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
122	นายผล พุทธวงศ์	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
123	นางจินนภา พุทธวงศ์	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
124	เด็กหญิงขวัญจิรา พุทธวงศ์	ประถมศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
125	นายประเสริฐ บุญภิพ	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
126	นายปิ่น ดอนชัยรัตน์	ไม่ได้ศึกษา	เกษตรกร	คู่
127	นางสาวศรีทอง คำวงศ์	ประถมศึกษา	รับจ้าง	หม้าย
128	นางศรีทอง บัวอ้อม	ประถมศึกษา	เกษตรกร	หม้าย
129	นายนิกร ปัญญาดี	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
130	นางสาวมัลลิการ์ ปัญญาดี	ประถมศึกษา	รับจ้าง	คู่
131	เด็กหญิงจิรนนท์ เหมยแก้ว	ประถมศึกษา	นักเรียน	โสด
132	เด็กชายธิตกร ปัญญาดี	ประถมศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
133	เด็กชายจิรายุทธ ปัญญาดี	ประถมศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
134	นายศักดิ์ สุระ	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
135	เด็กหญิงณัฐธมิชา พิศจาร	ประถมศึกษา	นักเรียน	โสด
136	เด็กหญิงพรรณนพพร พิศจาร	ประถมศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
137	เด็กชายศุภกิตต์ พิศจาร	ไม่ได้ศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
138	นางสาวพรพิมล คำแหง	มัธยมศึกษาตอนต้น	รับจ้าง	คู่
139	เด็กหญิงชฎารัตน์ คำแหง	ประถมศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
140	เด็กหญิงชฎาภา คำแหง	ไม่ได้ศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
141	นางสาวชไมพร ระวังเกียรติ	มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	เกษตรกร	คู่

ตารางที่ 36 ข้อมูลส่วนบุคคล(ระดับการศึกษา อาชีพ สถานภาพสมรส) ของผู้ได้รับผลประโยชน์ (ต่อ)

ที่	ชื่อ นามสกุล	ระดับการศึกษา	อาชีพ	สถานภาพสมรส
142	เด็กชายณัฐพงศ์ ระวังเกียรติ	ไม่ได้ศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
143	เด็กหญิงณัฐธิดา ระวังเกียรติ	ไม่ได้ศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
144	นายณรงค์ศักดิ์ คำแคว้น	ไม่ได้ศึกษา	เกษตรกร	คู่
145	นางอิสราพร คำแคว้น	มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	รับจ้าง	คู่
146	เด็กชายชนะสิทธิ์ คำแคว้น	ไม่ได้ศึกษา	ในความปกครอง/นร./แม่บ้าน	โสด
147	นายสมคิด พิศจาร	ไม่พบข้อมูลจากฐานข้อมูล		
148	เด็กชายนครินทร์ พิศจาร	ไม่พบข้อมูลจากฐานข้อมูล		
149	นางสาวอำพร พิศจาร	ไม่พบข้อมูลจากฐานข้อมูล		
150	นางวันเพ็ญ จันทร์หอม	ประถมศึกษา	เกษตรกร	คู่
151	นายเงิน ใจปิง	ไม่ได้ศึกษา	เกษตรกร	คู่

- หมายเหตุ :**
- ข้อมูลส่วนบุคคลในส่วนขอระดับการศึกษา อาชีพ และสถานภาพสมรสของผู้ได้รับผลประโยชน์มาจากฐานข้อมูลโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล บ้านน้ำโค้ง ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน
สำรวจข้อมูลประชากรเมื่อวันที่ 28 พฤศจิกายน พ.ศ.2562
 - ผู้ได้รับผลประโยชน์อยู่ในเขตพื้นที่ บ้านใหม่ในฝัน หมู่ที่ 12 ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน

ตารางที่ 37 ข้อมูลสำหรับใช้คำนวณความเสี่ยงทางสุขภาพของผู้ได้รับผลประโยชน์

ที่	บ้านเลขที่	ชื่อ นามสกุล	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	อัตราการดื่มน้ำ (ลิตร/วัน)	
				ต่ำสุด	สูงสุด
1	1	นางสาวชนิสรา พิศจาร	58.6	1.8	3.0
2	1	นายครรชิต พิศจาร	50.7	4.5	5.0
3	1	นางจินดา พิศจาร	49.1	1.0	2.3
4	1	เด็กชายสันติสุข คีนประคอง	82.9	1.5	3.0
5	1	นายสุเชลท์ คีนประคอง	71.0	1.8	3.0
6	1	เด็กชายสรวิชญ์ คีนประคอง	25.7	0.7	1.0
7	2	นายสุรศักดิ์ พิศจาร	69.8	1.5	4.0
8	2	นางนิตยา พิศจาร	64.2	1.0	3.0
9	5	นายวุฒิชัย คำแคว้น	53.3	1.5	3.0
10	5	นายพูล คำแคว้น	50.2	2.5	4.5
11	7	นางธัญรดา พิศจาร	62.9	1.5	4.0
12	7	นายเลื่อน พิศจาร	55.0	1.5	4.0
13	9	นางแว่น พิศจาร	32.1	0.8	1.8
14	9	นายสุรศักดิ์ หมอป่า	42.9	0.3	1.8
15	9	นายฤทธิ์ ศรีบุญเรือง	51.2	1.5	4.0
16	9	นายวิโรจน์ คำแคว้น	65.2	2.0	3.5
17	11	นายสมบุญ ลำน้ำ	53.0	1.0	2.0
18	11	นางปณิดา ลำน้ำ	70.1	1.0	2.0
19	11	นางสาวชนัญชิตา ลำน้ำ	76.9	1.5	4.5
20	12	นางสวย ศรีบุญเรือง	50.4	1.0	1.5
21	12	นางเป้ง ศรีบุญเรือง	38.0	1.0	1.5
22	12	นางสาวกัลยรัตน์ ศรีบุญเรือง	50.1	0.7	1.5
23	12	เด็กหญิงจุฑาทิพย์ ชันคำ	19.4	0.3	0.6
24	12	เด็กชายออมสิน ชัยวิรัช	18.3	0.3	0.6
25	13	นางใบ ไจมงคล	31.5	0.5	2.5
26	13	นายเจริญ ไจมงคล	52.0	1.5	5.0
27	13	เด็กชายกรวีร์ แตนป็น	30.5	1.5	1.5
28	13	เด็กหญิงอารยา คำกอง	8.0	1.0	1.0
29	14	นายจำลอง ปัญญาวงศ์	57.3	1.5	3.8
30	15	นายบุญเตียง พิศจารย์	43.2	1.0	1.6
31	15	นางเป็ง พิศจารย์	52.0	1.4	2.4
32	15	นางสาวเพ็ญศิริ พิศจารย์	65.1	1.6	1.6

ตารางที่ 37 ข้อมูลสำหรับใช้คำนวณความเสี่ยงทางสุขภาพของผู้ได้รับผลประโยชน์จากโครงการ (ต่อ)

ที่	บ้านเลขที่	ชื่อ นามสกุล	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	อัตราการดื่ม (ลิตร/วัน)		
				ต่ำสุด	สูงสุด	
33	15	นายสมสิทธิ์	พิศจารย์	68.3	1.5	3.0
34	16	นายบั้น	พิศจาร	51.7	1.5	2.4
35	17	นางแก่น	พิศจาร	54.5	1.0	1.0
36	17	นายคำแฝง	พิศจารย์	56.5	1.5	3.0
37	18	นายสุทัศน์	ระวังเกียรติ	63.3	2.0	2.5
38	18	นางโสภา	ระวังเกียรติ	73.1	1.5	2.0
39	19	นางผา	คำแหง	59.2	4.5	6.0
40	19	นายสมพร	คำแหง	72.0	4.0	6.0
41	19	เด็กหญิงนภัสกมล	คำแหง	59.1	0.6	1.0
42	19	เด็กหญิงภคจิรา	คำแหง	17.6	0.6	1.0
43	22	นายชัน	ฐิณันท์กุล	55.6	1.5	4.5
44	22	นางมอน	ฐิณันท์กุล	60.0	1.5	4.5
45	23	นายสมบูรณ์	เทพปัญญา	71.8	1.5	1.5
46	25	นางสาวคำ	ศรีบุญเรือง	65.0	1.2	1.2
47	25	เด็กหญิงอินธิรา	บุญทิพ	45.4	0.7	1.5
48	26	เด็กชายอนันท์ทกาน	สินใจ	20.5	1.0	1.5
49	27	นายประสงค์	คำแคว้น	61.7	2.0	4.0
50	27	นางทอง	คำแคว้น	47.9	1.0	4.0
51	27	เด็กชายพัฒนันท์	คำแคว้น	31.4	0.8	1.0
52	27	เด็กชายเสฏฐวุฒิ	คำแคว้น	11.4	0.8	1.0
53	28	นางอรพิมพ์	ไชยมงคล	49.4	1.0	2.0
54	29	นางสาวมะลิวัลย์	พิศจาร	78.1	1.5	3.0
55	29	นายกฤตวิทย์	กอบกิจไพศาล	62.8	2.0	4.0
56	31	นายชัยวัฒน์	พิศจาร	49.0	2.5	5.0
57	31	นางเพียง	พิศจาร	53.4	1.5	2.0
58	31	นายขาว	ขาเหล็ก	59.2	2.0	2.5
59	31	เด็กหญิงศศิวิมล	พิศจาร	15.8	0.3	2.3
60	31	นางจัต	ขาเหล็ก	50.3	0.8	0.8
61	33	นายบุญมี	วงศ์ป้อง	43.8	0.8	1.3
62	33	นางถา	วงศ์ป้อง	42.0	1.5	4.5
63	33	นางสาวถลันนันท	วงศ์ป้อง	47.9	1.5	3.0
64	33	เด็กหญิงพัชรพร	ชัยฤทธิ์	43.8	0.8	1.5

ตารางที่ 37 ข้อมูลสำหรับใช้คำนวณความเสี่ยงทางสุขภาพของผู้ได้รับผลประโยชน์จากโครงการ (ต่อ)

ที่	บ้านเลขที่	ชื่อ นามสกุล	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	อัตราการดื่มน้ำ (ลิตร/วัน)	
				ต่ำสุด	สูงสุด
65	34	นางบุญ รัตน์อินทร์	32.4	1.5	3.0
66	34	นางอิน รัตน์อินทร์	54.3	1.5	3.0
67	34	นายสมชาย ชัยฤทธิ์	59.9	1.5	3.0
68	34	เด็กหญิงอภิสราร รัตน์เกิดกลาง	8.4	0.8	1.0
69	35	นางทอง ขาเหล็ก	44.8	2.0	4.5
70	35	เด็กหญิงภิญญาพัชนี สุยะ	24.9	0.8	0.8
71	35	เด็กหญิงศศิชา ขาเหล็ก	15.0	1.0	1.0
72	36	นายเหมย ใจดี	65.3	4.5	4.5
73	36	นางพรหม ใจดี	52.0	2.0	3.0
74	36	เด็กชายยศพันธ์ คำแสน	62.1	1.5	2.0
75	37	นายตุนุเดช ทองดี	63.3	1.5	3.0
76	38	นายศรีนวล ใจสา	58.3	1.5	2.0
77	38	นางแพน ใจสา	67.4	1.5	3.0
78	38	นายชลัช ใจสา	66.6	2.0	3.0
79	38	เด็กชายศักดิ์สิทธิ์ แปงล้วน	41.5	0.3	0.5
80	38	เด็กหญิงวันวิสา ใจสา	9.3	0.4	0.4
81	39	นายวิทย์ ยอดเหล็ก	67.9	1.5	2.3
82	39	นางธัญจิรา ยอดเหล็ก	68.4	2.0	2.5
83	39	นางสาววิชุดา ยอดเหล็ก	55.8	1.5	2.5
84	42	นายขาว ศรีบุญเรือง	40.1	0.8	1.5
85	42	นางเป๊าะ ศรีบุญเรือง	59.2	1.5	5.0
86	42	นายรัฐ ศรีบุญเรือง	58.0	3.0	3.5
87	45	นายสมหมาย บัวเหล็ก	62.5	3.0	4.0
88	47	นางศรีไฉ ัฒมาพิสุทธิ์	61.8	1.0	2.0
89	47	นายบุญมี ัฒมาพิสุทธิ์	47.4	1.0	2.0
90	48	นายนุกุล เสี่ยงกอง	57.6	1.5	3.0
91	48	นางบุญมี เสี่ยงกอง	50.0	1.5	5.0
92	52	นายส่อง สุยะ	52.0	1.5	2.5
93	52	นางดวงฤๅตุ สุยะ	45.0	2.5	3.0
94	52	นางสวานันธิกา สุยะ	45.0	2.5	3.0
95	53	นายศักดิ์ รัตน์อินทร์	60.0	1.5	2.0
96	53	นางซ้อณ ชัยวงศ์	48.5	1.0	2.0

ตารางที่ 37 ข้อมูลสำหรับใช้คำนวณความเสี่ยงทางสุขภาพของผู้ได้รับผลประโยชน์จากโครงการ (ต่อ)

ที่	บ้านเลขที่	ชื่อ นามสกุล	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	อัตราการดื่มน้ำ (ลิตร/วัน)	
				ต่ำสุด	สูงสุด
97	56	นางอรพรรณ ยศดีวงค์	74.7	3.0	6.0
98	56	เด็กหญิงธนัญญา ยศดีวงค์	43.6	1.5	2.0
99	58	นายปรีดา สุระ	62.9	2.0	3.8
100	58	นางสาวจันทร์ สุระ	44.7	1.5	3.0
101	58	เด็กหญิงวรินทร์ทิรา สุระ	47.0	1.0	1.0
102	60	นางแสงจันทร์ ศรีบุญเรือง	60.2	0.8	1.5
103	60	นายขวัญชัย ทองดี	43.3	2.0	3.0
104	60	เด็กชายวรินทร์ ชง	22.4	0.8	1.0
105	60	เด็กหญิงกนกทิพย์ ศรีบุญเรือง	17.3	0.8	1.0
106	62	นายศักดิ์ ศรีบุญเรือง	53.5	1.5	2.5
107	62	นางปิ่น ศรีบุญเรือง	59.5	1.5	3.0
108	63	นายเปลี่ยน ใจปิง	64.1	1.5	3.0
109	63	เด็กชายณรงค์เดช ใจปิง	32.6	0.8	1.0
110	63	นางปิ่น ใจปิง	67.3	1.5	3.5
111	64	นางสาวสิรินทรา พิศจารย์	69.2	2.0	4.0
112	64	นายพัฒนกร บุญภิพ	49.1	2.0	5.0
113	64	เด็กหญิงพิมพ์พิกา บุญภิพ	22.2	1.0	1.5
114	69	นายสาย ชัยฤทธิ์	45.0	2.0	2.5
115	69	นางศรีนวล ชัยฤทธิ์	64.9	2.0	2.5
116	70	นางนวล อินดีะจัก	49.7	1.5	3.0
117	77	นายอุดม ชัยฤทธิ์	44.1	2.5	5.0
118	77	เด็กหญิงพัชรินทร์ ชัยฤทธิ์	20.3	0.8	1.5
119	78	นางปา พันธุ์อุดม	36.8	0.5	0.7
120	79	นายยา พันธุ์อุดม	63.4	1.5	2.5
121	79	นางสาวจิราภา พันธุ์อุดม	52.1	1.5	2.5
122	81	นายผล พุทรวงค์	63.6	2.3	3.0
123	81	นางจินนภา พุทรวงค์	47.4	0.7	3.0
124	81	เด็กหญิงขวัญจิรา พุทรวงค์	19.9	0.3	0.6
125	83	นายประเสริฐ บุญภิพ	76.1	1.5	2.0
126	86	นายปิ่น ดอนชัยรัตน์	40.5	1.0	1.2
127	87	นางสาวศรีทอง คำวงศ์	36.6	2.5	2.5
128	89	นางศรีทอง บัวอ้อม	40.8	1.5	1.5

ตารางที่ 37 ข้อมูลสำหรับใช้คำนวณความเสี่ยงทางสุขภาพของผู้ได้รับผลประโยชน์จากโครงการ (ต่อ)

ที่	บ้านเลขที่	ชื่อ นามสกุล	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	อัตราการดื่ม (ลิตร/วัน)	
				ต่ำสุด	สูงสุด
129	89	นายนิกร ปัญญาดี	58.1	1.5	1.5
130	89	นางสาวมัลลิการ์ ปัญญาดี	56.0	0.5	0.5
131	89	เด็กหญิงจิรนนท์ เหมยแก้ว	54.0	1.5	1.5
132	89	เด็กชายธิตกร ปัญญาดี	26.6	0.8	1.0
133	89	เด็กชายจิรายุทธ ปัญญาดี	21.7	0.9	0.9
134	90	นายศักดิ์ สุระ	66.1	1.0	2.5
135	93	เด็กหญิงณัฐณิชา พิศจาร	43.0	0.5	0.7
136	93	เด็กหญิงพรรณปพร พิศจาร	31.7	0.5	0.7
137	93	เด็กชายศุภกิตต์ พิศจาร	14.6	0.5	0.5
138	94	นางสาวพรพิมล คำแหง	46.0	2.0	3.0
139	94	เด็กหญิงชฎารัตน์ คำแหง	30.0	0.5	1.0
140	94	เด็กหญิงชฎาภา คำแหง	10.0	0.2	0.2
141	95	นางสาวชไมพร ระวังเกียรติ	64.0	0.8	1.0
142	95	เด็กชายณัฐพงศ์ ระวังเกียรติ	14.0	0.5	1.0
143	95	เด็กหญิงณัฐธิดา ระวังเกียรติ	7.0	0.1	0.1
144	101	นายณรงค์ศักดิ์ คำแคว้น	52.6	1.5	2.5
145	101	นางอศราพร คำแคว้น	49.4	2.5	3.8
146	101	เด็กชายชนะสิทธิ์ คำแคว้น	14.0	0.5	1.0
147	102	นายสมคิด พิศจาร	47.0	1.6	4.0
148	102	เด็กชายนครินทร์ พิศจาร	30.2	1.0	1.0
149	102	นางสาวอำพร พิศจาร	56.8	1.6	2.0
150	41/ช	นางวันเพ็ญ จันทร์หอม	49.3	1.5	2.0
151	8/ช	นายเงิน ใจปิง	56.8	1.3	3.0

- หมายเหตุ :
- ข้อมูลใช้สำหรับคำนวณความเสี่ยงทางสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากการดื่มน้ำที่มีฟลูออไรด์เจือปนของผู้ได้รับผลประโยชน์จากโครงการ ซึ่งข้อมูลน้ำหนัก กับอัตราการดื่มน้ำได้จากการวัดชั่ง และสัมภาษณ์ประชากรรายบุคคล ตามลำดับ สัมภาษณ์ในระหว่างวันที่ 17 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2562
 - ผู้ได้รับผลประโยชน์อยู่ในเขตพื้นที่ บ้านใหม่ในฝัน หมู่ที่ 12 ตำบลสะเนียน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน

ตารางที่ 38 ค่าดัชนีความเป็นอันตรายเฉลี่ย (น้ำก่อนเข้าระบบ) จำแนกตามเดือนที่ตรวจวัด
กลุ่มประชากร และเพศของผู้ได้รับผลประโยชน์

กลุ่ม	เพศ	ค่าดัชนีความเป็นอันตราย (เฉลี่ย±SD)*				
		พฤษภาคม 2560	กรกฎาคม 2560	ตุลาคม 2560	ธันวาคม 2560	มกราคม 2561
เด็ก	หญิง	0.76±0.54	0.85±0.61	1.26±0.89	1.78±1.27	2.22±1.58
	ชาย	0.69±0.30	0.78±0.34	1.15±0.50	1.63±0.71	2.04±0.89
ผู้ใหญ่	หญิง	0.72±0.28	0.80±0.31	1.18±0.46	1.68±0.66	2.10±0.82
	ชาย	0.83±0.27	0.93±0.31	1.38±0.45	1.96±0.64	2.44±0.80
ผู้สูงอายุ	หญิง	0.81±0.42	0.91±0.47	1.34±0.69	1.90±0.98	2.37±1.22
	ชาย	0.73±0.39	0.82±0.43	1.22±0.64	1.73±0.91	2.15±1.13

หมายเหตุ: * ค่าเฉลี่ย±SD ในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.05$)
เด็ก (ชาย) n=18, เด็ก (หญิง) n=24,
ผู้ใหญ่ (ชาย) n=40, ผู้ใหญ่ (หญิง) n=44,
ผู้สูงอายุ (ชาย) n=13, ผู้สูงอายุ (หญิง) n=13

ตารางที่ 39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) ในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ (พฤษภาคม 2560)

ANOVA

HQ_OVER_May2017

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.411	5	.082	.659	.655
Within Groups	18.081	145	.125		
Total	18.492	150			

ตารางที่ 40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) ในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ (กรกฎาคม 2560)

ANOVA

HQ_Oct2017

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.035	5	.007	.666	.650
Within Groups	1.531	145	.011		
Total	1.566	150			

ตารางที่ 41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) ในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ (ตุลาคม 2560)

ANOVA

HQ_OVER_Oct2017

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.121	5	.224	.654	.659
Within Groups	49.733	145	.343		
Total	50.854	150			

ตารางที่ 42 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) ในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ (ธันวาคม 2560)

ANOVA

HQ_OVER_Dec2017

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.206	5	.441	.641	.669
Within Groups	99.784	145	.688		
Total	101.990	150			

ตารางที่ 43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) ในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ (มกราคม 2561)

ANOVA

HQ_Jan2018

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.088	5	.018	.662	.653
Within Groups	3.851	145	.027		
Total	3.939	150			

ตารางที่ 44 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (พฤษภาคม 2560)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
1	เด็ก	หญิง	1.11	79.41	28985.50	0.12	1.9	เริ่มมีความเสี่ยง
2	เด็ก	หญิง	1.11	79.65	29073.50	0.019	0.32	ยอมรับได้
3	เด็ก	หญิง	1.11	79.86	29150.50	0.022	0.37	ยอมรับได้
4	เด็ก	หญิง	1.11	79.75	29110.50	0.043	0.71	ยอมรับได้
5	เด็ก	หญิง	1.11	77.65	28340.50	0.056	0.93	ยอมรับได้
6	เด็ก	หญิง	1.11	77.52	28294.50	0.14	2.3	เริ่มมีความเสี่ยง
7	เด็ก	หญิง	1.11	76.74	28009.50	0.026	0.43	ยอมรับได้
8	เด็ก	หญิง	1.11	76.34	27862.50	0.050	0.84	ยอมรับได้
9	เด็ก	หญิง	1.11	76.17	27802.50	0.089	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
10	เด็ก	หญิง	1.11	74.80	27302.50	0.061	1.0	ยอมรับได้
11	เด็ก	หญิง	1.11	74.20	27082.50	0.025	0.42	ยอมรับได้
12	เด็ก	หญิง	1.11	73.90	26972.50	0.028	0.46	ยอมรับได้
13	เด็ก	หญิง	1.11	73.57	26851.50	0.062	1.0	ยอมรับได้
14	เด็ก	หญิง	1.11	73.49	26824.50	0.074	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
15	เด็ก	หญิง	1.11	72.06	26302.50	0.033	0.55	ยอมรับได้
16	เด็ก	หญิง	1.11	71.86	26228.50	0.015	0.25	ยอมรับได้
17	เด็ก	หญิง	1.11	71.05	25934.50	0.021	0.35	ยอมรับได้
18	เด็ก	หญิง	1.11	69.91	25515.50	0.044	0.74	ยอมรับได้
19	เด็ก	หญิง	1.11	69.23	25270.50	0.028	0.47	ยอมรับได้
20	เด็ก	หญิง	1.11	68.40	24965.50	0.015	0.26	ยอมรับได้
21	เด็ก	หญิง	1.11	67.88	24777.50	0.031	0.51	ยอมรับได้
22	เด็ก	หญิง	1.11	67.84	24762.50	0.027	0.45	ยอมรับได้
23	เด็ก	หญิง	1.11	67.21	24531.50	0.024	0.39	ยอมรับได้
24	เด็ก	ชาย	1.11	72.82	26580.00	0.087	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
25	เด็ก	ชาย	1.11	71.51	26101.00	0.059	0.99	ยอมรับได้
26	เด็ก	ชาย	1.11	70.12	25592.00	0.027	0.45	ยอมรับได้
27	เด็ก	ชาย	1.11	70.11	25591.00	0.067	1.1	เริ่มมีความเสี่ยง
28	เด็ก	ชาย	1.11	69.90	25513.00	0.038	0.63	ยอมรับได้

ตารางที่ 44 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (พฤษภาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
29	เด็ก	ชาย	1.11	69.84	25491.00	0.059	0.99	ยอมรับได้
30	เด็ก	ชาย	1.11	68.29	24926.00	0.046	0.77	ยอมรับได้
31	เด็ก	ชาย	1.11	66.84	24398.00	0.032	0.53	ยอมรับได้
32	เด็ก	ชาย	1.11	66.65	24326.00	0.043	0.72	ยอมรับได้
33	เด็ก	ชาย	1.11	65.75	23999.00	0.037	0.62	ยอมรับได้
34	เด็ก	ชาย	1.11	65.55	23926.00	0.036	0.61	ยอมรับได้
35	เด็ก	ชาย	1.11	64.32	23477.00	0.037	0.61	ยอมรับได้
36	เด็ก	ชาย	1.11	63.56	23199.00	0.054	0.91	ยอมรับได้
37	เด็ก	ชาย	1.11	62.01	22633.00	0.010	0.17	ยอมรับได้
38	เด็ก	ชาย	1.11	61.51	22452.00	0.031	0.52	ยอมรับได้
39	เด็ก	ชาย	1.11	61.33	22386.00	0.030	0.49	ยอมรับได้
40	เด็ก	ชาย	1.11	60.50	22083.00	0.030	0.50	ยอมรับได้
41	เด็ก	ชาย	1.11	58.66	21412.00	0.026	0.43	ยอมรับได้
42	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	59.60	21752.50	0.043	0.72	ยอมรับได้
43	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	58.20	21243.50	0.068	1.1	เริ่มมีความเสี่ยง
44	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	55.08	20105.50	0.040	0.66	ยอมรับได้
45	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	52.02	18986.50	0.032	0.53	ยอมรับได้
46	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	49.09	17918.50	0.015	0.25	ยอมรับได้
47	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	47.55	17354.50	0.060	1.0	ยอมรับได้
48	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	47.19	17225.50	0.027	0.45	ยอมรับได้
49	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	46.95	17136.50	0.052	0.87	ยอมรับได้
50	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	46.89	17115.50	0.0099	0.16	ยอมรับได้
51	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	46.04	16804.50	0.035	0.58	ยอมรับได้
52	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	45.66	16667.50	0.045	0.75	ยอมรับได้
53	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	45.37	16560.50	0.067	1.1	เริ่มมีความเสี่ยง
54	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	44.39	16201.50	0.020	0.34	ยอมรับได้
55	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	43.83	15998.50	0.070	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
56	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	43.76	15973.50	0.025	0.41	ยอมรับได้

ตารางที่ 44 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (พฤษภาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
57	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	43.61	15918.50	0.048	0.80	ยอมรับได้
58	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	42.33	15450.50	0.039	0.65	ยอมรับได้
59	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	41.20	15038.50	0.043	0.72	ยอมรับได้
60	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	39.99	14596.50	0.041	0.68	ยอมรับได้
61	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	38.70	14126.50	0.042	0.71	ยอมรับได้
62	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	34.94	12753.50	0.046	0.76	ยอมรับได้
63	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	34.05	12427.50	0.034	0.57	ยอมรับได้
64	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	33.18	12110.50	0.048	0.81	ยอมรับได้
65	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	32.94	12022.50	0.016	0.27	ยอมรับได้
66	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	31.46	11482.50	0.068	1.1	เริ่มมีความเสี่ยง
67	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	30.60	11170.50	0.042	0.70	ยอมรับได้
68	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	29.27	10684.50	0.034	0.57	ยอมรับได้
69	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	29.02	10590.50	0.036	0.61	ยอมรับได้
70	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	28.12	10263.50	0.043	0.72	ยอมรับได้
71	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	28.09	10254.50	0.055	0.92	ยอมรับได้
72	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	28.07	10244.50	0.072	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
73	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	27.80	10147.50	0.036	0.60	ยอมรับได้
74	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	27.61	10078.50	0.026	0.44	ยอมรับได้
75	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	27.05	9871.50	0.056	0.93	ยอมรับได้
76	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	26.94	9831.50	0.053	0.89	ยอมรับได้
77	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	25.97	9477.50	0.040	0.67	ยอมรับได้
78	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	25.61	9348.50	0.075	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
79	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	25.37	9261.50	0.041	0.68	ยอมรับได้
80	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	25.03	9136.50	0.024	0.39	ยอมรับได้
81	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	22.98	8389.50	0.037	0.61	ยอมรับได้
82	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	22.93	8370.50	0.079	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
83	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	22.59	8245.50	0.020	0.34	ยอมรับได้
84	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	21.44	7826.50	0.050	0.83	ยอมรับได้

ตารางที่ 44 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (พฤษภาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
85	ผู้ใหญ่	หญิง	1.11	21.20	7738.50	0.034	0.56	ยอมรับได้
86	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	49.85	18196.00	0.036	0.61	ยอมรับได้
87	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	48.36	17650.00	0.047	0.78	ยอมรับได้
88	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	44.08	16091.00	0.053	0.88	ยอมรับได้
89	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	41.95	15310.00	0.077	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
90	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	40.85	14910.00	0.041	0.69	ยอมรับได้
91	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	38.85	14179.00	0.062	1.0	ยอมรับได้
92	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	37.85	13814.00	0.062	1.0	ยอมรับได้
93	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	37.38	13643.00	0.069	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
94	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	34.93	12751.00	0.066	1.1	ยอมรับได้
95	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	33.16	12103.00	0.044	0.73	ยอมรับได้
96	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	32.96	12030.00	0.025	0.42	ยอมรับได้
97	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	31.54	11512.00	0.029	0.49	ยอมรับได้
98	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	29.11	10624.00	0.079	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
99	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	28.84	10527.00	0.059	0.99	ยอมรับได้
100	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	28.53	10414.00	0.035	0.58	ยอมรับได้
101	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	27.61	10076.00	0.029	0.48	ยอมรับได้
102	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	27.37	10016.37	0.094	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
103	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	25.84	9482.68	0.039	0.65	ยอมรับได้
104	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	25.69	9453.06	0.042	0.70	ยอมรับได้
105	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	25.02	9232.08	0.046	0.76	ยอมรับได้
106	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	24.20	8955.01	0.031	0.51	ยอมรับได้
107	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	21.86	8109.15	0.042	0.69	ยอมรับได้
108	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	21.59	8030.10	0.077	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
109	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	20.96	7818.69	0.055	0.92	ยอมรับได้
110	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	20.95	7836.58	0.044	0.73	ยอมรับได้
111	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	20.83	7812.33	0.043	0.71	ยอมรับได้
112	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	20.61	7750.75	0.041	0.69	ยอมรับได้

ตารางที่ 44 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (พฤษภาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
113	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	19.86	7487.32	0.039	0.65	ยอมรับได้
114	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	19.47	7359.09	0.041	0.69	ยอมรับได้
115	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	19.42	7359.87	0.043	0.72	ยอมรับได้
116	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	19.18	7286.63	0.051	0.84	ยอมรับได้
117	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	18.83	7175.33	0.037	0.62	ยอมรับได้
118	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	18.83	7194.16	0.064	1.1	ยอมรับได้
119	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	17.98	6886.65	0.047	0.78	ยอมรับได้
120	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	16.95	6508.01	0.039	0.65	ยอมรับได้
121	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	16.49	6347.75	0.042	0.69	ยอมรับได้
122	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	16.13	6226.76	0.051	0.84	ยอมรับได้
123	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	15.83	6127.32	0.032	0.54	ยอมรับได้
124	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	14.90	5782.79	0.085	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
125	ผู้ใหญ่	ชาย	1.11	14.83	5768.92	0.060	0.99	ยอมรับได้
126	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.11	22.82	8331.00	0.018	0.31	ยอมรับได้
127	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.11	22.04	8043.00	0.058	0.96	ยอมรับได้
128	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.11	20.63	7529.00	0.080	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
129	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.11	19.63	7164.00	0.037	0.61	ยอมรับได้
130	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.11	14.91	5443.00	0.038	0.64	ยอมรับได้
131	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.11	14.72	5374.00	0.053	0.88	ยอมรับได้
132	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.11	8.62	3146.00	0.098	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
133	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.11	8.22	3002.00	0.021	0.34	ยอมรับได้
134	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.11	5.90	2152.00	0.027	0.45	ยอมรับได้
135	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.11	5.73	2091.00	0.027	0.46	ยอมรับได้
136	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.11	6.92	2524.50	0.061	1.0	ยอมรับได้
137	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.11	3.91	1428.50	0.077	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
138	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.11	0.75	274.50	0.036	0.61	ยอมรับได้
139	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.11	16.92	6174.00	0.033	0.55	ยอมรับได้
140	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.11	16.83	6143.00	0.076	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง

ตารางที่ 44 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (พฤษภาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
141	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.11	15.78	5759.00	0.054	0.90	ยอมรับได้
142	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.11	12.55	4581.00	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
143	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.11	11.12	4060.00	0.035	0.58	ยอมรับได้
144	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.11	10.61	3873.00	0.030	0.50	ยอมรับได้
145	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.11	9.82	3586.00	0.025	0.42	ยอมรับได้
146	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.11	9.82	3586.00	0.033	0.55	ยอมรับได้
147	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.11	8.91	3253.00	0.023	0.38	ยอมรับได้
148	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.11	7.29	2660.00	0.055	0.92	ยอมรับได้
149	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.11	4.69	1712.00	0.042	0.70	ยอมรับได้
150	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.11	3.58	1307.00	0.031	0.52	ยอมรับได้
151	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.11	0.71	260.50	0.031	0.52	ยอมรับได้

หมายเหตุ: (CF) คือ ค่าความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลที่ตรวจวัดได้ (มก./ลิตร)

(ED) คือ ค่าระยะเวลาที่สัมผัสสาร (ปี)

(AET) คือ ค่าเฉลี่ยการรับสัมผัสสาร (วัน)

(ADD) คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณฟลูออไรด์ที่ได้รับต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (มก./กก./วัน)

(HQ) คือ ค่าดัชนีความเป็นอันตราย

* คือ ระดับความเสี่ยงที่ระบุจากการประเมินจากค่าดัชนีความเป็นอันตราย

(Hazard Quotient) ตามเกณฑ์การประเมินและแปลผลจาก

Hallenbeck WH. และ Springs W. (1993)

ตารางที่ 45 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (กรกฎาคม 2560)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
1	เด็ก	หญิง	1.24	79.41	28985.50	0.13	2.2	เริ่มมีความเสี่ยง
2	เด็ก	หญิง	1.24	79.65	29073.50	0.021	0.35	ยอมรับได้
3	เด็ก	หญิง	1.24	79.86	29150.50	0.025	0.41	ยอมรับได้
4	เด็ก	หญิง	1.24	79.75	29110.50	0.048	0.80	ยอมรับได้
5	เด็ก	หญิง	1.24	77.65	28340.50	0.063	1.0	ยอมรับได้
6	เด็ก	หญิง	1.24	77.52	28294.50	0.16	2.6	เริ่มมีความเสี่ยง
7	เด็ก	หญิง	1.24	76.74	28009.50	0.029	0.48	ยอมรับได้
8	เด็ก	หญิง	1.24	76.34	27862.50	0.056	0.94	ยอมรับได้
9	เด็ก	หญิง	1.24	76.17	27802.50	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
10	เด็ก	หญิง	1.24	74.80	27302.50	0.069	1.1	เริ่มมีความเสี่ยง
11	เด็ก	หญิง	1.24	74.20	27082.50	0.028	0.47	ยอมรับได้
12	เด็ก	หญิง	1.24	73.90	26972.50	0.031	0.52	ยอมรับได้
13	เด็ก	หญิง	1.24	73.57	26851.50	0.070	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
14	เด็ก	หญิง	1.24	73.49	26824.50	0.083	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
15	เด็ก	หญิง	1.24	72.06	26302.50	0.037	0.62	ยอมรับได้
16	เด็ก	หญิง	1.24	71.86	26228.50	0.017	0.28	ยอมรับได้
17	เด็ก	หญิง	1.24	71.05	25934.50	0.023	0.39	ยอมรับได้
18	เด็ก	หญิง	1.24	69.91	25515.50	0.050	0.83	ยอมรับได้
19	เด็ก	หญิง	1.24	69.23	25270.50	0.032	0.53	ยอมรับได้
20	เด็ก	หญิง	1.24	68.40	24965.50	0.017	0.29	ยอมรับได้
21	เด็ก	หญิง	1.24	67.88	24777.50	0.034	0.57	ยอมรับได้
22	เด็ก	หญิง	1.24	67.84	24762.50	0.030	0.51	ยอมรับได้
23	เด็ก	หญิง	1.24	67.21	24531.50	0.026	0.44	ยอมรับได้
24	เด็ก	ชาย	1.24	72.82	26580.00	0.098	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
25	เด็ก	ชาย	1.24	71.51	26101.00	0.066	1.11	เริ่มมีความเสี่ยง
26	เด็ก	ชาย	1.24	70.12	25592.00	0.030	0.51	ยอมรับได้
27	เด็ก	ชาย	1.24	70.11	25591.00	0.076	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
28	เด็ก	ชาย	1.24	69.90	25513.00	0.042	0.71	ยอมรับได้

ตารางที่ 45 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (กรกฎาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
29	เด็ก	ชาย	1.24	69.84	25491.00	0.066	1.11	เริ่มมีความเสี่ยง
30	เด็ก	ชาย	1.24	68.29	24926.00	0.052	0.86	ยอมรับได้
31	เด็ก	ชาย	1.24	66.84	24398.00	0.036	0.59	ยอมรับได้
32	เด็ก	ชาย	1.24	66.65	24326.00	0.048	0.81	ยอมรับได้
33	เด็ก	ชาย	1.24	65.75	23999.00	0.042	0.69	ยอมรับได้
34	เด็ก	ชาย	1.24	65.55	23926.00	0.041	0.68	ยอมรับได้
35	เด็ก	ชาย	1.24	64.32	23477.00	0.041	0.68	ยอมรับได้
36	เด็ก	ชาย	1.24	63.56	23199.00	0.061	1.02	ยอมรับได้
37	เด็ก	ชาย	1.24	62.01	22633.00	0.011	0.19	ยอมรับได้
38	เด็ก	ชาย	1.24	61.51	22452.00	0.035	0.58	ยอมรับได้
39	เด็ก	ชาย	1.24	61.33	22386.00	0.033	0.55	ยอมรับได้
40	เด็ก	ชาย	1.24	60.50	22083.00	0.034	0.56	ยอมรับได้
41	เด็ก	ชาย	1.24	58.66	21412.00	0.029	0.48	ยอมรับได้
42	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	59.60	21752.50	0.048	0.81	ยอมรับได้
43	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	58.20	21243.50	0.076	1.26	เริ่มมีความเสี่ยง
44	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	55.08	20105.50	0.044	0.74	ยอมรับได้
45	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	52.02	18986.50	0.036	0.6	ยอมรับได้
46	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	49.09	17918.50	0.017	0.28	ยอมรับได้
47	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	47.55	17354.50	0.067	1.1	เริ่มมีความเสี่ยง
48	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	47.19	17225.50	0.030	0.5	ยอมรับได้
49	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	46.95	17136.50	0.058	1.0	ยอมรับได้
50	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	46.89	17115.50	0.011	0.2	ยอมรับได้
51	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	46.04	16804.50	0.039	0.65	ยอมรับได้
52	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	45.66	16667.50	0.051	0.85	ยอมรับได้
53	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	45.37	16560.50	0.075	1.24	เริ่มมีความเสี่ยง
54	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	44.39	16201.50	0.023	0.4	ยอมรับได้
55	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	43.83	15998.50	0.079	1.31	เริ่มมีความเสี่ยง
56	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	43.76	15973.50	0.028	0.46	ยอมรับได้

ตารางที่ 45 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (กรกฎาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
57	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	43.61	15918.50	0.054	0.90	ยอมรับได้
58	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	42.33	15450.50	0.044	0.7	ยอมรับได้
59	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	41.20	15038.50	0.049	0.81	ยอมรับได้
60	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	39.99	14596.50	0.046	0.77	ยอมรับได้
61	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	38.70	14126.50	0.048	0.79	ยอมรับได้
62	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	34.94	12753.50	0.051	0.86	ยอมรับได้
63	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	34.05	12427.50	0.038	0.64	ยอมรับได้
64	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	33.18	12110.50	0.054	0.9	ยอมรับได้
65	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	32.94	12022.50	0.018	0.31	ยอมรับได้
66	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	31.46	11482.50	0.076	1.26	เริ่มมีความเสี่ยง
67	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	30.60	11170.50	0.047	0.78	ยอมรับได้
68	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	29.27	10684.50	0.039	0.64	ยอมรับได้
69	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	29.02	10590.50	0.041	0.68	ยอมรับได้
70	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	28.12	10263.50	0.048	0.80	ยอมรับได้
71	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	28.09	10254.50	0.062	1.03	ยอมรับได้
72	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	28.07	10244.50	0.081	1.34	เริ่มมีความเสี่ยง
73	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	27.80	10147.50	0.041	0.68	ยอมรับได้
74	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	27.61	10078.50	0.030	0.5	ยอมรับได้
75	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	27.05	9871.50	0.062	1.04	ยอมรับได้
76	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	26.94	9831.50	0.060	0.99	ยอมรับได้
77	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	25.97	9477.50	0.045	0.76	ยอมรับได้
78	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	25.61	9348.50	0.085	1.41	เริ่มมีความเสี่ยง
79	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	25.37	9261.50	0.046	0.76	ยอมรับได้
80	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	25.03	9136.50	0.027	0.4	ยอมรับได้
81	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	22.98	8389.50	0.041	0.68	ยอมรับได้
82	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	22.93	8370.50	0.089	1.48	เริ่มมีความเสี่ยง
83	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	22.59	8245.50	0.023	0.4	ยอมรับได้
84	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	21.44	7826.50	0.056	0.94	ยอมรับได้

ตารางที่ 45 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (กรกฎาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
85	ผู้ใหญ่	หญิง	1.24	21.20	7738.50	0.038	0.6	ยอมรับได้
86	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	49.85	18196.00	0.041	0.68	ยอมรับได้
87	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	48.36	17650.00	0.052	0.87	ยอมรับได้
88	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	44.08	16091.00	0.059	0.99	ยอมรับได้
89	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	41.95	15310.00	0.086	1.44	เริ่มมีความเสี่ยง
90	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	40.85	14910.00	0.047	0.78	ยอมรับได้
91	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	38.85	14179.00	0.069	1.16	เริ่มมีความเสี่ยง
92	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	37.85	13814.00	0.069	1.16	เริ่มมีความเสี่ยง
93	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	37.38	13643.00	0.078	1.29	เริ่มมีความเสี่ยง
94	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	34.93	12751.00	0.074	1.23	เริ่มมีความเสี่ยง
95	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	33.16	12103.00	0.049	0.8	ยอมรับได้
96	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	32.96	12030.00	0.029	0.48	ยอมรับได้
97	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	31.54	11512.00	0.033	0.55	ยอมรับได้
98	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	29.11	10624.00	0.088	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
99	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	28.84	10527.00	0.067	1.11	เริ่มมีความเสี่ยง
100	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	28.53	10414.00	0.039	0.65	ยอมรับได้
101	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	27.61	10076.00	0.032	0.53	ยอมรับได้
102	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	27.37	10016.37	0.11	1.76	เริ่มมีความเสี่ยง
103	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	25.84	9482.68	0.044	0.73	ยอมรับได้
104	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	25.69	9453.06	0.047	0.79	ยอมรับได้
105	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	25.02	9232.08	0.051	0.85	ยอมรับได้
106	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	24.20	8955.01	0.034	0.57	ยอมรับได้
107	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	21.86	8109.15	0.047	0.78	ยอมรับได้
108	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	21.59	8030.10	0.086	1.44	เริ่มมีความเสี่ยง
109	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	20.96	7818.69	0.062	1.03	ยอมรับได้
110	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	20.95	7836.58	0.049	0.81	ยอมรับได้
111	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	20.83	7812.33	0.048	0.79	ยอมรับได้
112	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	20.61	7750.75	0.046	0.77	ยอมรับได้

ตารางที่ 45 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (กรกฎาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
113	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	19.86	7487.32	0.044	0.73	ยอมรับได้
114	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	19.47	7359.09	0.046	0.77	ยอมรับได้
115	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	19.42	7359.87	0.048	0.81	ยอมรับได้
116	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	19.18	7286.63	0.057	0.9	ยอมรับได้
117	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	18.83	7175.33	0.042	0.70	ยอมรับได้
118	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	18.83	7194.16	0.072	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
119	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	17.98	6886.65	0.052	0.9	ยอมรับได้
120	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	16.95	6508.01	0.044	0.7	ยอมรับได้
121	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	16.49	6347.75	0.047	0.8	ยอมรับได้
122	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	16.13	6226.76	0.057	0.94	ยอมรับได้
123	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	15.83	6127.32	0.036	0.60	ยอมรับได้
124	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	14.90	5782.79	0.095	1.58	เริ่มมีความเสี่ยง
125	ผู้ใหญ่	ชาย	1.24	14.83	5768.92	0.067	1.1	เริ่มมีความเสี่ยง
126	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.24	22.82	8331.00	0.021	0.34	ยอมรับได้
127	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.24	22.04	8043.00	0.065	1.08	ยอมรับได้
128	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.24	20.63	7529.00	0.090	1.50	เริ่มมีความเสี่ยง
129	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.24	19.63	7164.00	0.041	0.7	ยอมรับได้
130	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.24	14.91	5443.00	0.043	0.72	ยอมรับได้
131	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.24	14.72	5374.00	0.059	0.98	ยอมรับได้
132	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.24	8.62	3146.00	0.11	1.83	เริ่มมีความเสี่ยง
133	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.24	8.22	3002.00	0.023	0.39	ยอมรับได้
134	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.24	5.90	2152.00	0.030	0.50	ยอมรับได้
135	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.24	5.73	2091.00	0.031	0.5	ยอมรับได้
136	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.24	6.92	2524.50	0.068	1.14	เริ่มมีความเสี่ยง
137	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.24	3.91	1428.50	0.086	1.44	เริ่มมีความเสี่ยง
138	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.24	0.75	274.50	0.041	0.68	ยอมรับได้
139	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.24	16.92	6174.00	0.037	0.62	ยอมรับได้
140	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.24	16.83	6143.00	0.085	1.42	เริ่มมีความเสี่ยง

ตารางที่ 45 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (กรกฎาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
141	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.24	15.78	5759.00	0.060	1.00	ยอมรับได้
142	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.24	12.55	4581.00	0.12	1.94	เริ่มมีความเสี่ยง
143	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.24	11.12	4060.00	0.039	0.65	ยอมรับได้
144	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.24	10.61	3873.00	0.034	0.56	ยอมรับได้
145	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.24	9.82	3586.00	0.028	0.5	ยอมรับได้
146	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.24	9.82	3586.00	0.037	0.62	ยอมรับได้
147	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.24	8.91	3253.00	0.026	0.43	ยอมรับได้
148	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.24	7.29	2660.00	0.062	1.03	ยอมรับได้
149	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.24	4.69	1712.00	0.047	0.79	ยอมรับได้
150	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.24	3.58	1307.00	0.035	0.58	ยอมรับได้
151	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.24	0.71	260.50	0.035	0.6	ยอมรับได้

หมายเหตุ: (CF) คือ ค่าความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลที่ตรวจวัดได้ (มก./ลิตร)

(ED) คือ ค่าระยะเวลาที่สัมผัสสาร (ปี)

(AET) คือ ค่าเฉลี่ยการรับสัมผัสสาร (วัน)

(ADD) คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณฟลูออไรด์ที่ได้รับต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (มก./กก./วัน)

(HQ) คือ ค่าดัชนีความเป็นอันตราย

* คือ ระดับความเสี่ยงที่ระบุจากการประเมินจากค่าดัชนีความเป็นอันตราย

(Hazard Quotient) ตามเกณฑ์การประเมินและแปลผลจาก

Hallenbeck WH. และ Springs W. (1993)

ตารางที่ 46 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (ตุลาคม 2560)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
1	เด็ก	หญิง	1.83	79.41	28985.50	0.19	3.2	เริ่มมีความเสี่ยง
2	เด็ก	หญิง	1.83	79.65	29073.50	0.031	0.52	ยอมรับได้
3	เด็ก	หญิง	1.83	79.86	29150.50	0.037	0.61	ยอมรับได้
4	เด็ก	หญิง	1.83	79.75	29110.50	0.071	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
5	เด็ก	หญิง	1.83	77.65	28340.50	0.093	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
6	เด็ก	หญิง	1.83	77.52	28294.50	0.23	3.8	เริ่มมีความเสี่ยง
7	เด็ก	หญิง	1.83	76.74	28009.50	0.042	0.71	ยอมรับได้
8	เด็ก	หญิง	1.83	76.34	27862.50	0.083	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
9	เด็ก	หญิง	1.83	76.17	27802.50	0.15	2.5	เริ่มมีความเสี่ยง
10	เด็ก	หญิง	1.83	74.80	27302.50	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
11	เด็ก	หญิง	1.83	74.20	27082.50	0.041	0.69	ยอมรับได้
12	เด็ก	หญิง	1.83	73.90	26972.50	0.046	0.76	ยอมรับได้
13	เด็ก	หญิง	1.83	73.57	26851.50	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
14	เด็ก	หญิง	1.83	73.49	26824.50	0.12	2.0	เริ่มมีความเสี่ยง
15	เด็ก	หญิง	1.83	72.06	26302.50	0.055	0.92	ยอมรับได้
16	เด็ก	หญิง	1.83	71.86	26228.50	0.025	0.41	ยอมรับได้
17	เด็ก	หญิง	1.83	71.05	25934.50	0.035	0.58	ยอมรับได้
18	เด็ก	หญิง	1.83	69.91	25515.50	0.073	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
19	เด็ก	หญิง	1.83	69.23	25270.50	0.047	0.78	ยอมรับได้
20	เด็ก	หญิง	1.83	68.40	24965.50	0.026	0.43	ยอมรับได้
21	เด็ก	หญิง	1.83	67.88	24777.50	0.051	0.85	ยอมรับได้
22	เด็ก	หญิง	1.83	67.84	24762.50	0.045	0.75	ยอมรับได้
23	เด็ก	หญิง	1.83	67.21	24531.50	0.039	0.65	ยอมรับได้
24	เด็ก	ชาย	1.83	72.82	26580.00	0.14	2.4	เริ่มมีความเสี่ยง
25	เด็ก	ชาย	1.83	71.51	26101.00	0.098	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
26	เด็ก	ชาย	1.83	70.12	25592.00	0.045	0.75	ยอมรับได้
27	เด็ก	ชาย	1.83	70.11	25591.00	0.11	1.9	เริ่มมีความเสี่ยง
28	เด็ก	ชาย	1.83	69.90	25513.00	0.063	1.0	ยอมรับได้

ตารางที่ 46 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (ตุลาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
29	เด็ก	ชาย	1.83	69.84	25491.00	0.098	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
30	เด็ก	ชาย	1.83	68.29	24926.00	0.076	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
31	เด็ก	ชาย	1.83	66.84	24398.00	0.052	0.87	ยอมรับได้
32	เด็ก	ชาย	1.83	66.65	24326.00	0.071	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
33	เด็ก	ชาย	1.83	65.75	23999.00	0.061	1.0	ยอมรับได้
34	เด็ก	ชาย	1.83	65.55	23926.00	0.060	1.0	ยอมรับได้
35	เด็ก	ชาย	1.83	64.32	23477.00	0.061	1.0	ยอมรับได้
36	เด็ก	ชาย	1.83	63.56	23199.00	0.090	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
37	เด็ก	ชาย	1.83	62.01	22633.00	0.017	0.28	ยอมรับได้
38	เด็ก	ชาย	1.83	61.51	22452.00	0.052	0.86	ยอมรับได้
39	เด็ก	ชาย	1.83	61.33	22386.00	0.049	0.82	ยอมรับได้
40	เด็ก	ชาย	1.83	60.50	22083.00	0.050	0.83	ยอมรับได้
41	เด็ก	ชาย	1.83	58.66	21412.00	0.043	0.71	ยอมรับได้
42	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	59.60	21752.50	0.071	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
43	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	58.20	21243.50	0.11	1.9	เริ่มมีความเสี่ยง
44	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	55.08	20105.50	0.066	1.1	ยอมรับได้
45	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	52.02	18986.50	0.053	0.88	ยอมรับได้
46	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	49.09	17918.50	0.025	0.42	ยอมรับได้
47	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	47.55	17354.50	0.099	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
48	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	47.19	17225.50	0.045	0.75	ยอมรับได้
49	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	46.95	17136.50	0.086	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
50	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	46.89	17115.50	0.016	0.27	ยอมรับได้
51	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	46.04	16804.50	0.058	0.97	ยอมรับได้
52	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	45.66	16667.50	0.075	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
53	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	45.37	16560.50	0.11	1.8	เริ่มมีความเสี่ยง
54	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	44.39	16201.50	0.034	0.56	ยอมรับได้
55	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	43.83	15998.50	0.12	1.9	เริ่มมีความเสี่ยง
56	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	43.76	15973.50	0.041	0.68	ยอมรับได้

ตารางที่ 46 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (ตุลาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
57	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	43.61	15918.50	0.079	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
58	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	42.33	15450.50	0.065	1.1	ยอมรับได้
59	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	41.20	15038.50	0.072	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
60	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	39.99	14596.50	0.068	1.1	เริ่มมีความเสี่ยง
61	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	38.70	14126.50	0.070	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
62	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	34.94	12753.50	0.076	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
63	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	34.05	12427.50	0.057	0.94	ยอมรับได้
64	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	33.18	12110.50	0.080	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
65	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	32.94	12022.50	0.027	0.45	ยอมรับได้
66	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	31.46	11482.50	0.11	1.9	เริ่มมีความเสี่ยง
67	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	30.60	11170.50	0.069	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
68	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	29.27	10684.50	0.057	0.95	ยอมรับได้
69	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	29.02	10590.50	0.060	1.0	ยอมรับได้
70	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	28.12	10263.50	0.071	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
71	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	28.09	10254.50	0.092	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
72	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	28.07	10244.50	0.12	2.0	เริ่มมีความเสี่ยง
73	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	27.80	10147.50	0.060	1.0	ยอมรับได้
74	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	27.61	10078.50	0.044	0.73	ยอมรับได้
75	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	27.05	9871.50	0.092	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
76	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	26.94	9831.50	0.088	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
77	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	25.97	9477.50	0.067	1.1	เริ่มมีความเสี่ยง
78	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	25.61	9348.50	0.13	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง
79	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	25.37	9261.50	0.067	1.1	เริ่มมีความเสี่ยง
80	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	25.03	9136.50	0.039	0.65	ยอมรับได้
81	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	22.98	8389.50	0.061	1.0	ยอมรับได้
82	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	22.93	8370.50	0.13	2.2	เริ่มมีความเสี่ยง
83	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	22.59	8245.50	0.034	0.56	ยอมรับได้
84	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	21.44	7826.50	0.083	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง

ตารางที่ 46 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (ตุลาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
85	ผู้ใหญ่	หญิง	1.83	21.20	7738.50	0.056	0.93	ยอมรับได้
86	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	49.85	18196.00	0.060	1.0	ยอมรับได้
87	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	48.36	17650.00	0.077	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
88	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	44.08	16091.00	0.087	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
89	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	41.95	15310.00	0.13	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง
90	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	40.85	14910.00	0.069	1.1	เริ่มมีความเสี่ยง
91	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	38.85	14179.00	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
92	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	37.85	13814.00	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
93	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	37.38	13643.00	0.11	1.9	เริ่มมีความเสี่ยง
94	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	34.93	12751.00	0.11	1.8	เริ่มมีความเสี่ยง
95	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	33.16	12103.00	0.073	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
96	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	32.96	12030.00	0.042	0.70	ยอมรับได้
97	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	31.54	11512.00	0.048	0.81	ยอมรับได้
98	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	29.11	10624.00	0.13	2.2	เริ่มมีความเสี่ยง
99	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	28.84	10527.00	0.098	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
100	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	28.53	10414.00	0.058	0.96	ยอมรับได้
101	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	27.61	10076.00	0.047	0.79	ยอมรับได้
102	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	27.37	10016.37	0.16	2.6	เริ่มมีความเสี่ยง
103	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	25.84	9482.68	0.065	1.1	ยอมรับได้
104	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	25.69	9453.06	0.070	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
105	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	25.02	9232.08	0.076	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
106	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	24.20	8955.01	0.051	0.84	ยอมรับได้
107	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	21.86	8109.15	0.069	1.1	เริ่มมีความเสี่ยง
108	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	21.59	8030.10	0.13	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง
109	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	20.96	7818.69	0.092	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
110	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	20.95	7836.58	0.072	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
111	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	20.83	7812.33	0.070	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
112	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	20.61	7750.75	0.068	1.1	เริ่มมีความเสี่ยง

ตารางที่ 46 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (ตุลาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
113	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	19.86	7487.32	0.065	1.1	ยอมรับได้
114	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	19.47	7359.09	0.068	1.1	เริ่มมีความเสี่ยง
115	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	19.42	7359.87	0.071	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
116	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	19.18	7286.63	0.084	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
117	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	18.83	7175.33	0.062	1.0	ยอมรับได้
118	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	18.83	7194.16	0.11	1.8	เริ่มมีความเสี่ยง
119	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	17.98	6886.65	0.077	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
120	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	16.95	6508.01	0.064	1.1	ยอมรับได้
121	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	16.49	6347.75	0.069	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
122	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	16.13	6226.76	0.084	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
123	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	15.83	6127.32	0.053	0.89	ยอมรับได้
124	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	14.90	5782.79	0.14	2.3	เริ่มมีความเสี่ยง
125	ผู้ใหญ่	ชาย	1.83	14.83	5768.92	0.099	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
126	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.83	22.82	8331.00	0.030	0.51	ยอมรับได้
127	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.83	22.04	8043.00	0.096	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
128	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.83	20.63	7529.00	0.13	2.2	เริ่มมีความเสี่ยง
129	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.83	19.63	7164.00	0.061	1.0	ยอมรับได้
130	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.83	14.91	5443.00	0.063	1.1	ยอมรับได้
131	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.83	14.72	5374.00	0.087	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
132	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.83	8.62	3146.00	0.16	2.7	เริ่มมีความเสี่ยง
133	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.83	8.22	3002.00	0.034	0.57	ยอมรับได้
134	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.83	5.90	2152.00	0.044	0.74	ยอมรับได้
135	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.83	5.73	2091.00	0.045	0.76	ยอมรับได้
136	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.83	6.92	2524.50	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
137	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.83	3.91	1428.50	0.13	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง
138	ผู้สูงอายุ	หญิง	1.83	0.75	274.50	0.060	1.0	ยอมรับได้
139	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.83	16.92	6174.00	0.055	0.92	ยอมรับได้
140	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.83	16.83	6143.00	0.13	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง

ตารางที่ 46 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (ตุลาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
141	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.83	15.78	5759.00	0.089	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
142	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.83	12.55	4581.00	0.17	2.9	เริ่มมีความเสี่ยง
143	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.83	11.12	4060.00	0.058	0.97	ยอมรับได้
144	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.83	10.61	3873.00	0.050	0.83	ยอมรับได้
145	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.83	9.82	3586.00	0.042	0.70	ยอมรับได้
146	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.83	9.82	3586.00	0.055	0.92	ยอมรับได้
147	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.83	8.91	3253.00	0.038	0.64	ยอมรับได้
148	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.83	7.29	2660.00	0.092	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
149	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.83	4.69	1712.00	0.070	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
150	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.83	3.58	1307.00	0.052	0.86	ยอมรับได้
151	ผู้สูงอายุ	ชาย	1.83	0.71	260.50	0.051	0.86	ยอมรับได้

หมายเหตุ: (CF) คือ ค่าความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลที่ตรวจวัดได้ (มก./ลิตร)

(ED) คือ ค่าระยะเวลาที่สัมผัสสาร (ปี)

(AET) คือ ค่าเฉลี่ยการรับสัมผัสสาร (วัน)

(ADD) คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณฟลูออไรด์ที่ได้รับต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (มก./กก./วัน)

(HQ) คือ ค่าดัชนีความเป็นอันตราย

* คือ ระดับความเสี่ยงที่ระบุจากการประเมินจากค่าดัชนีความเป็นอันตราย

(Hazard Quotient) ตามเกณฑ์การประเมินและแปลผลจาก

Hallenbeck WH. และ Springs W. (1993)

ตารางที่ 47 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (ธันวาคม 2560)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
1	เด็ก	หญิง	2.60	79.41	28985.50	0.27	4.5	เริ่มมีความเสี่ยง
2	เด็ก	หญิง	2.60	79.65	29073.50	0.045	0.74	ยอมรับได้
3	เด็ก	หญิง	2.60	79.86	29150.50	0.052	0.87	ยอมรับได้
4	เด็ก	หญิง	2.60	79.75	29110.50	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
5	เด็ก	หญิง	2.60	77.65	28340.50	0.13	2.2	เริ่มมีความเสี่ยง
6	เด็ก	หญิง	2.60	77.52	28294.50	0.33	5.4	เริ่มมีความเสี่ยง
7	เด็ก	หญิง	2.60	76.74	28009.50	0.060	1.0	ยอมรับได้
8	เด็ก	หญิง	2.60	76.34	27862.50	0.12	2.0	เริ่มมีความเสี่ยง
9	เด็ก	หญิง	2.60	76.17	27802.50	0.21	3.5	เริ่มมีความเสี่ยง
10	เด็ก	หญิง	2.60	74.80	27302.50	0.14	2.4	เริ่มมีความเสี่ยง
11	เด็ก	หญิง	2.60	74.20	27082.50	0.059	0.98	ยอมรับได้
12	เด็ก	หญิง	2.60	73.90	26972.50	0.065	1.1	ยอมรับได้
13	เด็ก	หญิง	2.60	73.57	26851.50	0.15	2.4	เริ่มมีความเสี่ยง
14	เด็ก	หญิง	2.60	73.49	26824.50	0.17	2.9	เริ่มมีความเสี่ยง
15	เด็ก	หญิง	2.60	72.06	26302.50	0.078	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
16	เด็ก	หญิง	2.60	71.86	26228.50	0.035	0.59	ยอมรับได้
17	เด็ก	หญิง	2.60	71.05	25934.50	0.049	0.82	ยอมรับได้
18	เด็ก	หญิง	2.60	69.91	25515.50	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
19	เด็ก	หญิง	2.60	69.23	25270.50	0.067	1.1	เริ่มมีความเสี่ยง
20	เด็ก	หญิง	2.60	68.40	24965.50	0.036	0.60	ยอมรับได้
21	เด็ก	หญิง	2.60	67.88	24777.50	0.072	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
22	เด็ก	หญิง	2.60	67.84	24762.50	0.064	1.1	ยอมรับได้
23	เด็ก	หญิง	2.60	67.21	24531.50	0.055	0.92	ยอมรับได้
24	เด็ก	ชาย	2.60	72.82	26580.00	0.21	3.4	เริ่มมีความเสี่ยง
25	เด็ก	ชาย	2.60	71.51	26101.00	0.14	2.3	เริ่มมีความเสี่ยง
26	เด็ก	ชาย	2.60	70.12	25592.00	0.064	1.1	ยอมรับได้
27	เด็ก	ชาย	2.60	70.11	25591.00	0.16	2.6	เริ่มมีความเสี่ยง
28	เด็ก	ชาย	2.60	69.90	25513.00	0.089	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง

ตารางที่ 47 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (ธันวาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
29	เด็ก	ชาย	2.60	69.84	25491.00	0.14	2.3	เริ่มมีความเสี่ยง
30	เด็ก	ชาย	2.60	68.29	24926.00	0.11	1.8	เริ่มมีความเสี่ยง
31	เด็ก	ชาย	2.60	66.84	24398.00	0.075	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
32	เด็ก	ชาย	2.60	66.65	24326.00	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
33	เด็ก	ชาย	2.60	65.75	23999.00	0.087	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
34	เด็ก	ชาย	2.60	65.55	23926.00	0.086	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
35	เด็ก	ชาย	2.60	64.32	23477.00	0.086	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
36	เด็ก	ชาย	2.60	63.56	23199.00	0.13	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง
37	เด็ก	ชาย	2.60	62.01	22633.00	0.023	0.39	ยอมรับได้
38	เด็ก	ชาย	2.60	61.51	22452.00	0.073	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
39	เด็ก	ชาย	2.60	61.33	22386.00	0.070	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
40	เด็ก	ชาย	2.60	60.50	22083.00	0.071	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
41	เด็ก	ชาย	2.60	58.66	21412.00	0.061	1.0	ยอมรับได้
42	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	59.60	21752.50	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
43	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	58.20	21243.50	0.16	2.6	เริ่มมีความเสี่ยง
44	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	55.08	20105.50	0.093	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
45	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	52.02	18986.50	0.075	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
46	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	49.09	17918.50	0.036	0.59	ยอมรับได้
47	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	47.55	17354.50	0.14	2.4	เริ่มมีความเสี่ยง
48	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	47.19	17225.50	0.064	1.1	ยอมรับได้
49	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	46.95	17136.50	0.12	2.0	เริ่มมีความเสี่ยง
50	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	46.89	17115.50	0.023	0.39	ยอมรับได้
51	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	46.04	16804.50	0.082	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
52	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	45.66	16667.50	0.11	1.8	เริ่มมีความเสี่ยง
53	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	45.37	16560.50	0.16	2.6	เริ่มมีความเสี่ยง
54	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	44.39	16201.50	0.048	0.80	ยอมรับได้
55	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	43.83	15998.50	0.16	2.7	เริ่มมีความเสี่ยง
56	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	43.76	15973.50	0.058	0.96	ยอมรับได้

ตารางที่ 47 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (ธันวาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
57	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	43.61	15918.50	0.11	1.9	เริ่มมีความเสี่ยง
58	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	42.33	15450.50	0.092	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
59	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	41.20	15038.50	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
60	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	39.99	14596.50	0.097	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
61	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	38.70	14126.50	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
62	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	34.94	12753.50	0.11	1.8	เริ่มมีความเสี่ยง
63	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	34.05	12427.50	0.080	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
64	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	33.18	12110.50	0.11	1.9	เริ่มมีความเสี่ยง
65	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	32.94	12022.50	0.039	0.65	ยอมรับได้
66	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	31.46	11482.50	0.16	2.6	เริ่มมีความเสี่ยง
67	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	30.60	11170.50	0.098	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
68	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	29.27	10684.50	0.081	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
69	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	29.02	10590.50	0.086	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
70	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	28.12	10263.50	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
71	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	28.09	10254.50	0.13	2.2	เริ่มมีความเสี่ยง
72	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	28.07	10244.50	0.17	2.8	เริ่มมีความเสี่ยง
73	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	27.80	10147.50	0.085	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
74	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	27.61	10078.50	0.062	1.0	ยอมรับได้
75	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	27.05	9871.50	0.13	2.2	เริ่มมีความเสี่ยง
76	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	26.94	9831.50	0.13	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง
77	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	25.97	9477.50	0.095	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
78	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	25.61	9348.50	0.18	3.0	เริ่มมีความเสี่ยง
79	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	25.37	9261.50	0.096	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
80	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	25.03	9136.50	0.056	0.93	ยอมรับได้
81	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	22.98	8389.50	0.086	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
82	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	22.93	8370.50	0.19	3.1	เริ่มมีความเสี่ยง
83	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	22.59	8245.50	0.048	0.80	ยอมรับได้
84	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	21.44	7826.50	0.12	2.0	เริ่มมีความเสี่ยง

ตารางที่ 47 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (ธันวาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
85	ผู้ใหญ่	หญิง	2.60	21.20	7738.50	0.079	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
86	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	49.85	18196.00	0.086	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
87	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	48.36	17650.00	0.11	1.8	เริ่มมีความเสี่ยง
88	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	44.08	16091.00	0.12	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง
89	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	41.95	15310.00	0.18	3.0	เริ่มมีความเสี่ยง
90	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	40.85	14910.00	0.098	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
91	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	38.85	14179.00	0.15	2.4	เริ่มมีความเสี่ยง
92	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	37.85	13814.00	0.15	2.4	เริ่มมีความเสี่ยง
93	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	37.38	13643.00	0.16	2.7	เริ่มมีความเสี่ยง
94	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	34.93	12751.00	0.15	2.6	เริ่มมีความเสี่ยง
95	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	33.16	12103.00	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
96	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	32.96	12030.00	0.060	1.0	ยอมรับได้
97	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	31.54	11512.00	0.069	1.1	เริ่มมีความเสี่ยง
98	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	29.11	10624.00	0.19	3.1	เริ่มมีความเสี่ยง
99	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	28.84	10527.00	0.14	2.3	เริ่มมีความเสี่ยง
100	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	28.53	10414.00	0.082	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
101	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	27.61	10076.00	0.067	1.1	เริ่มมีความเสี่ยง
102	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	27.37	10016.37	0.22	3.7	เริ่มมีความเสี่ยง
103	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	25.84	9482.68	0.092	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
104	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	25.69	9453.06	0.099	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
105	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	25.02	9232.08	0.11	1.8	เริ่มมีความเสี่ยง
106	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	24.20	8955.01	0.072	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
107	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	21.86	8109.15	0.098	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
108	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	21.59	8030.10	0.18	3.0	เริ่มมีความเสี่ยง
109	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	20.96	7818.69	0.13	2.2	เริ่มมีความเสี่ยง
110	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	20.95	7836.58	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
111	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	20.83	7812.33	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
112	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	20.61	7750.75	0.097	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง

ตารางที่ 47 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (ธันวาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
113	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	19.86	7487.32	0.092	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
114	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	19.47	7359.09	0.097	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
115	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	19.42	7359.87	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
116	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	19.18	7286.63	0.12	2.0	เริ่มมีความเสี่ยง
117	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	18.83	7175.33	0.088	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
118	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	18.83	7194.16	0.15	2.5	เริ่มมีความเสี่ยง
119	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	17.98	6886.65	0.11	1.8	เริ่มมีความเสี่ยง
120	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	16.95	6508.01	0.091	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
121	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	16.49	6347.75	0.098	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
122	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	16.13	6226.76	0.12	2.0	เริ่มมีความเสี่ยง
123	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	15.83	6127.32	0.076	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
124	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	14.90	5782.79	0.20	3.3	เริ่มมีความเสี่ยง
125	ผู้ใหญ่	ชาย	2.60	14.83	5768.92	0.14	2.3	เริ่มมีความเสี่ยง
126	ผู้สูงอายุ	หญิง	2.60	22.82	8331.00	0.043	0.72	ยอมรับได้
127	ผู้สูงอายุ	หญิง	2.60	22.04	8043.00	0.14	2.3	เริ่มมีความเสี่ยง
128	ผู้สูงอายุ	หญิง	2.60	20.63	7529.00	0.19	3.1	เริ่มมีความเสี่ยง
129	ผู้สูงอายุ	หญิง	2.60	19.63	7164.00	0.087	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
130	ผู้สูงอายุ	หญิง	2.60	14.91	5443.00	0.090	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
131	ผู้สูงอายุ	หญิง	2.60	14.72	5374.00	0.12	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง
132	ผู้สูงอายุ	หญิง	2.60	8.62	3146.00	0.23	3.8	เริ่มมีความเสี่ยง
133	ผู้สูงอายุ	หญิง	2.60	8.22	3002.00	0.049	0.81	ยอมรับได้
134	ผู้สูงอายุ	หญิง	2.60	5.90	2152.00	0.063	1.1	ยอมรับได้
135	ผู้สูงอายุ	หญิง	2.60	5.73	2091.00	0.064	1.1	ยอมรับได้
136	ผู้สูงอายุ	หญิง	2.60	6.92	2524.50	0.14	2.4	เริ่มมีความเสี่ยง
137	ผู้สูงอายุ	หญิง	2.60	3.91	1428.50	0.18	3.0	เริ่มมีความเสี่ยง
138	ผู้สูงอายุ	หญิง	2.60	0.75	274.50	0.086	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
139	ผู้สูงอายุ	ชาย	2.60	16.92	6174.00	0.078	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
140	ผู้สูงอายุ	ชาย	2.60	16.83	6143.00	0.18	3.0	เริ่มมีความเสี่ยง

ตารางที่ 47 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (ธันวาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
141	ผู้สูงอายุ	ชาย	2.60	15.78	5759.00	0.13	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง
142	ผู้สูงอายุ	ชาย	2.60	12.55	4581.00	0.24	4.1	เริ่มมีความเสี่ยง
143	ผู้สูงอายุ	ชาย	2.60	11.12	4060.00	0.082	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
144	ผู้สูงอายุ	ชาย	2.60	10.61	3873.00	0.071	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
145	ผู้สูงอายุ	ชาย	2.60	9.82	3586.00	0.059	0.99	ยอมรับได้
146	ผู้สูงอายุ	ชาย	2.60	9.82	3586.00	0.078	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
147	ผู้สูงอายุ	ชาย	2.60	8.91	3253.00	0.054	0.91	ยอมรับได้
148	ผู้สูงอายุ	ชาย	2.60	7.29	2660.00	0.13	2.2	เริ่มมีความเสี่ยง
149	ผู้สูงอายุ	ชาย	2.60	4.69	1712.00	0.099	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
150	ผู้สูงอายุ	ชาย	2.60	3.58	1307.00	0.074	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
151	ผู้สูงอายุ	ชาย	2.60	0.71	260.50	0.073	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง

หมายเหตุ: (CF) คือ ค่าความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลที่ตรวจวัดได้ (มก./ลิตร)

(ED) คือ ค่าระยะเวลาที่สัมผัสสาร (ปี)

(AET) คือ ค่าเฉลี่ยการรับสัมผัสสาร (วัน)

(ADD) คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณฟลูออไรด์ที่ได้รับต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (มก./กก./วัน)

(HQ) คือ ค่าดัชนีความเป็นอันตราย

* คือ ระดับความเสี่ยงที่ระบุจากการประเมินจากค่าดัชนีความเป็นอันตราย

(Hazard Quotient) ตามเกณฑ์การประเมินและแปลผลจาก

Hallenbeck WH. และ Springs W. (1993)

ตารางที่ 48 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (มกราคม 2561)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
1	เด็ก	หญิง	3.24	79.41	28985.50	0.34	5.6	เริ่มมีความเสี่ยง
2	เด็ก	หญิง	3.24	79.65	29073.50	0.056	0.93	ยอมรับได้
3	เด็ก	หญิง	3.24	79.86	29150.50	0.065	1.1	ยอมรับได้
4	เด็ก	หญิง	3.24	79.75	29110.50	0.13	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง
5	เด็ก	หญิง	3.24	77.65	28340.50	0.16	2.7	เริ่มมีความเสี่ยง
6	เด็ก	หญิง	3.24	77.52	28294.50	0.41	6.8	เริ่มมีความเสี่ยง
7	เด็ก	หญิง	3.24	76.74	28009.50	0.075	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
8	เด็ก	หญิง	3.24	76.34	27862.50	0.15	2.5	เริ่มมีความเสี่ยง
9	เด็ก	หญิง	3.24	76.17	27802.50	0.26	4.4	เริ่มมีความเสี่ยง
10	เด็ก	หญิง	3.24	74.80	27302.50	0.18	3.0	เริ่มมีความเสี่ยง
11	เด็ก	หญิง	3.24	74.20	27082.50	0.073	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
12	เด็ก	หญิง	3.24	73.90	26972.50	0.081	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
13	เด็ก	หญิง	3.24	73.57	26851.50	0.18	3.0	เริ่มมีความเสี่ยง
14	เด็ก	หญิง	3.24	73.49	26824.50	0.22	3.6	เริ่มมีความเสี่ยง
15	เด็ก	หญิง	3.24	72.06	26302.50	0.098	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
16	เด็ก	หญิง	3.24	71.86	26228.50	0.044	0.73	ยอมรับได้
17	เด็ก	หญิง	3.24	71.05	25934.50	0.061	1.0	ยอมรับได้
18	เด็ก	หญิง	3.24	69.91	25515.50	0.13	2.2	เริ่มมีความเสี่ยง
19	เด็ก	หญิง	3.24	69.23	25270.50	0.083	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
20	เด็ก	หญิง	3.24	68.40	24965.50	0.045	0.75	ยอมรับได้
21	เด็ก	หญิง	3.24	67.88	24777.50	0.090	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
22	เด็ก	หญิง	3.24	67.84	24762.50	0.079	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
23	เด็ก	หญิง	3.24	67.21	24531.50	0.069	1.1	เริ่มมีความเสี่ยง
24	เด็ก	ชาย	3.24	72.82	26580.00	0.26	4.3	เริ่มมีความเสี่ยง
25	เด็ก	ชาย	3.24	71.51	26101.00	0.17	2.9	เริ่มมีความเสี่ยง
26	เด็ก	ชาย	3.24	70.12	25592.00	0.080	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
27	เด็ก	ชาย	3.24	70.11	25591.00	0.20	3.3	เริ่มมีความเสี่ยง
28	เด็ก	ชาย	3.24	69.90	25513.00	0.11	1.8	เริ่มมีความเสี่ยง

ตารางที่ 48 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (มกราคม 2561) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
29	เด็ก	ชาย	3.24	69.84	25491.00	0.17	2.9	เริ่มมีความเสี่ยง
30	เด็ก	ชาย	3.24	68.29	24926.00	0.13	2.2	เริ่มมีความเสี่ยง
31	เด็ก	ชาย	3.24	66.84	24398.00	0.093	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
32	เด็ก	ชาย	3.24	66.65	24326.00	0.13	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง
33	เด็ก	ชาย	3.24	65.75	23999.00	0.11	1.8	เริ่มมีความเสี่ยง
34	เด็ก	ชาย	3.24	65.55	23926.00	0.11	1.8	เริ่มมีความเสี่ยง
35	เด็ก	ชาย	3.24	64.32	23477.00	0.11	1.8	เริ่มมีความเสี่ยง
36	เด็ก	ชาย	3.24	63.56	23199.00	0.16	2.7	เริ่มมีความเสี่ยง
37	เด็ก	ชาย	3.24	62.01	22633.00	0.029	0.49	ยอมรับได้
38	เด็ก	ชาย	3.24	61.51	22452.00	0.091	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
39	เด็ก	ชาย	3.24	61.33	22386.00	0.087	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
40	เด็ก	ชาย	3.24	60.50	22083.00	0.088	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
41	เด็ก	ชาย	3.24	58.66	21412.00	0.076	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
42	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	59.60	21752.50	0.13	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง
43	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	58.20	21243.50	0.20	3.3	เริ่มมีความเสี่ยง
44	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	55.08	20105.50	0.12	1.9	เริ่มมีความเสี่ยง
45	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	52.02	18986.50	0.093	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
46	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	49.09	17918.50	0.044	0.74	ยอมรับได้
47	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	47.55	17354.50	0.18	2.9	เริ่มมีความเสี่ยง
48	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	47.19	17225.50	0.080	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
49	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	46.95	17136.50	0.15	2.5	เริ่มมีความเสี่ยง
50	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	46.89	17115.50	0.029	0.48	ยอมรับได้
51	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	46.04	16804.50	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
52	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	45.66	16667.50	0.13	2.2	เริ่มมีความเสี่ยง
53	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	45.37	16560.50	0.20	3.3	เริ่มมีความเสี่ยง
54	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	44.39	16201.50	0.060	1.0	ยอมรับได้
55	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	43.83	15998.50	0.21	3.4	เริ่มมีความเสี่ยง
56	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	43.76	15973.50	0.072	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง

ตารางที่ 48 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (มกราคม 2561) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
57	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	43.61	15918.50	0.14	2.3	เริ่มมีความเสี่ยง
58	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	42.33	15450.50	0.12	1.9	เริ่มมีความเสี่ยง
59	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	41.20	15038.50	0.13	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง
60	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	39.99	14596.50	0.12	2.0	เริ่มมีความเสี่ยง
61	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	38.70	14126.50	0.12	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง
62	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	34.94	12753.50	0.13	2.2	เริ่มมีความเสี่ยง
63	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	34.05	12427.50	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
64	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	33.18	12110.50	0.14	2.4	เริ่มมีความเสี่ยง
65	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	32.94	12022.50	0.048	0.81	ยอมรับได้
66	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	31.46	11482.50	0.20	3.3	เริ่มมีความเสี่ยง
67	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	30.60	11170.50	0.12	2.0	เริ่มมีความเสี่ยง
68	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	29.27	10684.50	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
69	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	29.02	10590.50	0.11	1.8	เริ่มมีความเสี่ยง
70	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	28.12	10263.50	0.13	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง
71	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	28.09	10254.50	0.16	2.7	เริ่มมีความเสี่ยง
72	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	28.07	10244.50	0.21	3.5	เริ่มมีความเสี่ยง
73	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	27.80	10147.50	0.11	1.8	เริ่มมีความเสี่ยง
74	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	27.61	10078.50	0.078	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
75	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	27.05	9871.50	0.16	2.7	เริ่มมีความเสี่ยง
76	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	26.94	9831.50	0.16	2.6	เริ่มมีความเสี่ยง
77	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	25.97	9477.50	0.12	2.0	เริ่มมีความเสี่ยง
78	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	25.61	9348.50	0.22	3.7	เริ่มมีความเสี่ยง
79	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	25.37	9261.50	0.12	2.0	เริ่มมีความเสี่ยง
80	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	25.03	9136.50	0.069	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
81	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	22.98	8389.50	0.11	1.8	เริ่มมีความเสี่ยง
82	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	22.93	8370.50	0.23	3.9	เริ่มมีความเสี่ยง
83	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	22.59	8245.50	0.059	0.99	ยอมรับได้
84	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	21.44	7826.50	0.15	2.4	เริ่มมีความเสี่ยง

ตารางที่ 48 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (มกราคม 2561) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
85	ผู้ใหญ่	หญิง	3.24	21.20	7738.50	0.098	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
86	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	49.85	18196.00	0.11	1.8	เริ่มมีความเสี่ยง
87	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	48.36	17650.00	0.14	2.3	เริ่มมีความเสี่ยง
88	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	44.08	16091.00	0.15	2.6	เริ่มมีความเสี่ยง
89	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	41.95	15310.00	0.23	3.8	เริ่มมีความเสี่ยง
90	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	40.85	14910.00	0.12	2.0	เริ่มมีความเสี่ยง
91	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	38.85	14179.00	0.18	3.0	เริ่มมีความเสี่ยง
92	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	37.85	13814.00	0.18	3.0	เริ่มมีความเสี่ยง
93	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	37.38	13643.00	0.20	3.4	เริ่มมีความเสี่ยง
94	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	34.93	12751.00	0.19	3.2	เริ่มมีความเสี่ยง
95	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	33.16	12103.00	0.13	2.2	เริ่มมีความเสี่ยง
96	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	32.96	12030.00	0.075	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
97	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	31.54	11512.00	0.086	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
98	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	29.11	10624.00	0.23	3.8	เริ่มมีความเสี่ยง
99	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	28.84	10527.00	0.17	2.9	เริ่มมีความเสี่ยง
100	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	28.53	10414.00	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
101	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	27.61	10076.00	0.084	1.4	เริ่มมีความเสี่ยง
102	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	27.37	10016.37	0.28	4.6	เริ่มมีความเสี่ยง
103	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	25.84	9482.68	0.12	1.9	เริ่มมีความเสี่ยง
104	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	25.69	9453.06	0.12	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง
105	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	25.02	9232.08	0.13	2.2	เริ่มมีความเสี่ยง
106	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	24.20	8955.01	0.089	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
107	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	21.86	8109.15	0.12	2.0	เริ่มมีความเสี่ยง
108	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	21.59	8030.10	0.23	3.8	เริ่มมีความเสี่ยง
109	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	20.96	7818.69	0.16	2.7	เริ่มมีความเสี่ยง
110	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	20.95	7836.58	0.13	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง
111	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	20.83	7812.33	0.12	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง
112	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	20.61	7750.75	0.12	2.0	เริ่มมีความเสี่ยง

ตารางที่ 48 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (มกราคม 2561) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
113	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	19.86	7487.32	0.12	1.9	เริ่มมีความเสี่ยง
114	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	19.47	7359.09	0.12	2.0	เริ่มมีความเสี่ยง
115	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	19.42	7359.87	0.13	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง
116	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	19.18	7286.63	0.15	2.5	เริ่มมีความเสี่ยง
117	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	18.83	7175.33	0.11	1.8	เริ่มมีความเสี่ยง
118	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	18.83	7194.16	0.19	3.1	เริ่มมีความเสี่ยง
119	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	17.98	6886.65	0.14	2.3	เริ่มมีความเสี่ยง
120	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	16.95	6508.01	0.11	1.9	เริ่มมีความเสี่ยง
121	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	16.49	6347.75	0.12	2.0	เริ่มมีความเสี่ยง
122	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	16.13	6226.76	0.15	2.5	เริ่มมีความเสี่ยง
123	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	15.83	6127.32	0.095	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
124	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	14.90	5782.79	0.25	4.1	เริ่มมีความเสี่ยง
125	ผู้ใหญ่	ชาย	3.24	14.83	5768.92	0.17	2.9	เริ่มมีความเสี่ยง
126	ผู้สูงอายุ	หญิง	3.24	22.82	8331.00	0.054	0.90	ยอมรับได้
127	ผู้สูงอายุ	หญิง	3.24	22.04	8043.00	0.17	2.8	เริ่มมีความเสี่ยง
128	ผู้สูงอายุ	หญิง	3.24	20.63	7529.00	0.24	3.9	เริ่มมีความเสี่ยง
129	ผู้สูงอายุ	หญิง	3.24	19.63	7164.00	0.11	1.8	เริ่มมีความเสี่ยง
130	ผู้สูงอายุ	หญิง	3.24	14.91	5443.00	0.11	1.9	เริ่มมีความเสี่ยง
131	ผู้สูงอายุ	หญิง	3.24	14.72	5374.00	0.15	2.6	เริ่มมีความเสี่ยง
132	ผู้สูงอายุ	หญิง	3.24	8.62	3146.00	0.29	4.8	เริ่มมีความเสี่ยง
133	ผู้สูงอายุ	หญิง	3.24	8.22	3002.00	0.061	1.0	ยอมรับได้
134	ผู้สูงอายุ	หญิง	3.24	5.90	2152.00	0.079	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
135	ผู้สูงอายุ	หญิง	3.24	5.73	2091.00	0.080	1.3	เริ่มมีความเสี่ยง
136	ผู้สูงอายุ	หญิง	3.24	6.92	2524.50	0.18	3.0	เริ่มมีความเสี่ยง
137	ผู้สูงอายุ	หญิง	3.24	3.91	1428.50	0.23	3.8	เริ่มมีความเสี่ยง
138	ผู้สูงอายุ	หญิง	3.24	0.75	274.50	0.11	1.8	เริ่มมีความเสี่ยง
139	ผู้สูงอายุ	ชาย	3.24	16.92	6174.00	0.098	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
140	ผู้สูงอายุ	ชาย	3.24	16.83	6143.00	0.22	3.7	เริ่มมีความเสี่ยง

ตารางที่ 48 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำก่อนเข้าระบบ) (มกราคม 2561) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
141	ผู้สูงอายุ	ชาย	3.24	15.78	5759.00	0.16	2.6	เริ่มมีความเสี่ยง
142	ผู้สูงอายุ	ชาย	3.24	12.55	4581.00	0.30	5.1	เริ่มมีความเสี่ยง
143	ผู้สูงอายุ	ชาย	3.24	11.12	4060.00	0.10	1.7	เริ่มมีความเสี่ยง
144	ผู้สูงอายุ	ชาย	3.24	10.61	3873.00	0.088	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
145	ผู้สูงอายุ	ชาย	3.24	9.82	3586.00	0.074	1.2	เริ่มมีความเสี่ยง
146	ผู้สูงอายุ	ชาย	3.24	9.82	3586.00	0.097	1.6	เริ่มมีความเสี่ยง
147	ผู้สูงอายุ	ชาย	3.24	8.91	3253.00	0.068	1.1	เริ่มมีความเสี่ยง
148	ผู้สูงอายุ	ชาย	3.24	7.29	2660.00	0.16	2.7	เริ่มมีความเสี่ยง
149	ผู้สูงอายุ	ชาย	3.24	4.69	1712.00	0.12	2.1	เริ่มมีความเสี่ยง
150	ผู้สูงอายุ	ชาย	3.24	3.58	1307.00	0.092	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง
151	ผู้สูงอายุ	ชาย	3.24	0.71	260.50	0.091	1.5	เริ่มมีความเสี่ยง

หมายเหตุ: (CF) คือ ค่าความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลที่ตรวจวัดได้ (มก./ลิตร)

(ED) คือ ค่าระยะเวลาที่สัมผัสสาร (ปี)

(AET) คือ ค่าเฉลี่ยการรับสัมผัสสาร (วัน)

(ADD) คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณฟลูออไรด์ที่ได้รับต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (มก./กก./วัน)

(HQ) คือ ค่าดัชนีความเป็นอันตราย

* คือ ระดับความเสี่ยงที่ระบุจากการประเมินจากค่าดัชนีความเป็นอันตราย

(Hazard Quotient) ตามเกณฑ์การประเมินและแปลผลจาก

Hallenbeck WH. และ Springs W. (1993)

ตารางที่ 49 ค่าดัชนีความเป็นอันตรายเฉลี่ย (น้ำออกจากระบบ) จำแนกตามเดือนที่ตรวจวัด
กลุ่มประชากร และเพศของผู้ได้รับผลประโยชน์

กลุ่ม	เพศ	ค่าดัชนีความเป็นอันตราย (เฉลี่ย±SD)*				
		พฤษภาคม 2560	กรกฎาคม 2560	ตุลาคม 2560	ธันวาคม 2560	มกราคม 2561
เด็ก	หญิง	0.08±0.06	0.30±0.22	0.22±0.16	0.14±0.10	0.35±0.25
	ชาย	0.08±0.03	0.28±0.12	0.20±0.09	0.13±0.05	0.32±0.14
ผู้ใหญ่	หญิง	0.08±0.03	0.28±0.11	0.21±0.08	0.13±0.05	0.33±0.13
	ชาย	0.09±0.03	0.33±0.11	0.24±0.08	0.15±0.05	0.38±0.13
ผู้สูงอายุ	หญิง	0.09±0.05	0.32±0.17	0.23±0.12	0.15±0.08	0.37±0.19
	ชาย	0.08±0.04	0.29±0.15	0.21±0.11	0.13±0.07	0.34±0.18

หมายเหตุ: * ค่าเฉลี่ย±SD ในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.05$)
เด็ก (ชาย) n=18, เด็ก (หญิง) n=24,
ผู้ใหญ่ (ชาย) n=40, ผู้ใหญ่ (หญิง) n=44,
ผู้สูงอายุ (ชาย) n=13, ผู้สูงอายุ (หญิง) n=13

ตารางที่ 50 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) ในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ (พฤษภาคม 2560)

ANOVA

HQ_May2017

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.005	5	.001	.656	.658
Within Groups	.213	145	.001		
Total	.218	150			

ตารางที่ 51 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) ในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ (กรกฎาคม 2560)

ANOVA

HQ_July2017

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.064	5	.013	.645	.665
Within Groups	2.860	145	.020		
Total	2.924	150			

ตารางที่ 52 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) ในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ (ตุลาคม 2560)

ANOVA

HQ_Oct2017

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.035	5	.007	.666	.650
Within Groups	1.531	145	.011		
Total	1.566	150			

ตารางที่ 53 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) ในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ (ธันวาคม 2560)

ANOVA

HQ_Dec2017

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.014	5	.003	.706	.620
Within Groups	.591	145	.004		
Total	.605	150			

ตารางที่ 54 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) ในแต่ละกลุ่มผู้ได้รับผลประโยชน์ (มกราคม 2561)

ANOVA

HQ_Jan2018

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.088	5	.018	.662	.653
Within Groups	3.851	145	.027		
Total	3.939	150			

ตารางที่ 55 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (พฤษภาคม 2560)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
1	เด็ก	หญิง	0.12	79.41	28985.50	0.013	0.21	ยอมรับได้
2	เด็ก	หญิง	0.12	79.65	29073.50	0.0021	0.034	ต่ำ
3	เด็ก	หญิง	0.12	79.86	29150.50	0.0024	0.040	ต่ำ
4	เด็ก	หญิง	0.12	79.75	29110.50	0.0046	0.077	ต่ำ
5	เด็ก	หญิง	0.12	77.65	28340.50	0.0061	0.10	ยอมรับได้
6	เด็ก	หญิง	0.12	77.52	28294.50	0.015	0.25	ยอมรับได้
7	เด็ก	หญิง	0.12	76.74	28009.50	0.0028	0.046	ต่ำ
8	เด็ก	หญิง	0.12	76.34	27862.50	0.0055	0.091	ต่ำ
9	เด็ก	หญิง	0.12	76.17	27802.50	0.010	0.16	ยอมรับได้
10	เด็ก	หญิง	0.12	74.80	27302.50	0.0067	0.11	ยอมรับได้
11	เด็ก	หญิง	0.12	74.20	27082.50	0.0027	0.045	ต่ำ
12	เด็ก	หญิง	0.12	73.90	26972.50	0.0030	0.050	ต่ำ
13	เด็ก	หญิง	0.12	73.57	26851.50	0.0068	0.11	ยอมรับได้
14	เด็ก	หญิง	0.12	73.49	26824.50	0.0080	0.13	ยอมรับได้
15	เด็ก	หญิง	0.12	72.06	26302.50	0.0036	0.060	ต่ำ
16	เด็ก	หญิง	0.12	71.86	26228.50	0.0016	0.027	ต่ำ
17	เด็ก	หญิง	0.12	71.05	25934.50	0.0023	0.038	ต่ำ
18	เด็ก	หญิง	0.12	69.91	25515.50	0.0048	0.080	ต่ำ
19	เด็ก	หญิง	0.12	69.23	25270.50	0.0031	0.051	ต่ำ
20	เด็ก	หญิง	0.12	68.40	24965.50	0.0017	0.028	ต่ำ
21	เด็ก	หญิง	0.12	67.88	24777.50	0.0033	0.056	ต่ำ
22	เด็ก	หญิง	0.12	67.84	24762.50	0.0029	0.049	ต่ำ
23	เด็ก	หญิง	0.12	67.21	24531.50	0.0026	0.043	ต่ำ
24	เด็ก	ชาย	0.12	72.82	26580.00	0.0095	0.16	ยอมรับได้
25	เด็ก	ชาย	0.12	71.51	26101.00	0.0064	0.11	ยอมรับได้
26	เด็ก	ชาย	0.12	70.12	25592.00	0.0030	0.049	ต่ำ
27	เด็ก	ชาย	0.12	70.11	25591.00	0.0073	0.12	ยอมรับได้
28	เด็ก	ชาย	0.12	69.90	25513.00	0.0041	0.068	ต่ำ

ตารางที่ 55 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (พฤษภาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
29	เด็ก	ชาย	0.12	69.84	25491.00	0.0064	0.11	ยอมรับได้
30	เด็ก	ชาย	0.12	68.29	24926.00	0.0050	0.083	ต่ำ
31	เด็ก	ชาย	0.12	66.84	24398.00	0.0034	0.057	ต่ำ
32	เด็ก	ชาย	0.12	66.65	24326.00	0.0047	0.078	ต่ำ
33	เด็ก	ชาย	0.12	65.75	23999.00	0.0040	0.067	ต่ำ
34	เด็ก	ชาย	0.12	65.55	23926.00	0.0039	0.066	ต่ำ
35	เด็ก	ชาย	0.12	64.32	23477.00	0.0040	0.066	ต่ำ
36	เด็ก	ชาย	0.12	63.56	23199.00	0.0059	0.10	ต่ำ
37	เด็ก	ชาย	0.12	62.01	22633.00	0.0011	0.018	ต่ำ
38	เด็ก	ชาย	0.12	61.51	22452.00	0.0034	0.056	ต่ำ
39	เด็ก	ชาย	0.12	61.33	22386.00	0.0032	0.054	ต่ำ
40	เด็ก	ชาย	0.12	60.50	22083.00	0.0033	0.054	ต่ำ
41	เด็ก	ชาย	0.12	58.66	21412.00	0.0028	0.047	ต่ำ
42	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	59.60	21752.50	0.0047	0.078	ต่ำ
43	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	58.20	21243.50	0.0073	0.12	ยอมรับได้
44	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	55.08	20105.50	0.0043	0.072	ต่ำ
45	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	52.02	18986.50	0.0035	0.058	ต่ำ
46	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	49.09	17918.50	0.0016	0.027	ต่ำ
47	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	47.55	17354.50	0.0065	0.11	ยอมรับได้
48	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	47.19	17225.50	0.0029	0.049	ต่ำ
49	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	46.95	17136.50	0.0056	0.094	ต่ำ
50	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	46.89	17115.50	0.0011	0.018	ต่ำ
51	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	46.04	16804.50	0.0038	0.063	ต่ำ
52	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	45.66	16667.50	0.0049	0.082	ต่ำ
53	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	45.37	16560.50	0.0072	0.12	ยอมรับได้
54	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	44.39	16201.50	0.0022	0.037	ต่ำ
55	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	43.83	15998.50	0.0076	0.13	ยอมรับได้
56	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	43.76	15973.50	0.0027	0.044	ต่ำ

ตารางที่ 55 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (พฤษภาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
57	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	43.61	15918.50	0.0052	0.087	ต่ำ
58	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	42.33	15450.50	0.0043	0.071	ต่ำ
59	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	41.20	15038.50	0.0047	0.078	ต่ำ
60	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	39.99	14596.50	0.0045	0.074	ต่ำ
61	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	38.70	14126.50	0.0046	0.077	ต่ำ
62	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	34.94	12753.50	0.0050	0.083	ต่ำ
63	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	34.05	12427.50	0.0037	0.062	ต่ำ
64	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	33.18	12110.50	0.0052	0.087	ต่ำ
65	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	32.94	12022.50	0.0018	0.030	ต่ำ
66	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	31.46	11482.50	0.0073	0.12	ยอมรับได้
67	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	30.60	11170.50	0.0045	0.076	ต่ำ
68	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	29.27	10684.50	0.0037	0.062	ต่ำ
69	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	29.02	10590.50	0.0039	0.066	ต่ำ
70	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	28.12	10263.50	0.0047	0.078	ต่ำ
71	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	28.09	10254.50	0.0060	0.10	ยอมรับได้
72	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	28.07	10244.50	0.0078	0.13	ยอมรับได้
73	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	27.80	10147.50	0.0039	0.066	ต่ำ
74	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	27.61	10078.50	0.0029	0.048	ต่ำ
75	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	27.05	9871.50	0.0060	0.10	ยอมรับได้
76	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	26.94	9831.50	0.0058	0.10	ต่ำ
77	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	25.97	9477.50	0.0044	0.073	ต่ำ
78	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	25.61	9348.50	0.0082	0.14	ยอมรับได้
79	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	25.37	9261.50	0.0044	0.074	ต่ำ
80	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	25.03	9136.50	0.0026	0.043	ต่ำ
81	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	22.98	8389.50	0.0040	0.066	ต่ำ
82	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	22.93	8370.50	0.0086	0.14	ยอมรับได้
83	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	22.59	8245.50	0.0022	0.037	ต่ำ
84	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	21.44	7826.50	0.0054	0.091	ต่ำ

ตารางที่ 55 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (พฤษภาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
85	ผู้ใหญ่	หญิง	0.12	21.20	7738.50	0.0036	0.061	ต่ำ
86	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	49.85	18196.00	0.0040	0.066	ต่ำ
87	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	48.36	17650.00	0.0051	0.084	ต่ำ
88	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	44.08	16091.00	0.0057	0.10	ต่ำ
89	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	41.95	15310.00	0.0083	0.14	ยอมรับได้
90	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	40.85	14910.00	0.0045	0.075	ต่ำ
91	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	38.85	14179.00	0.0067	0.11	ยอมรับได้
92	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	37.85	13814.00	0.0067	0.11	ยอมรับได้
93	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	37.38	13643.00	0.0075	0.13	ยอมรับได้
94	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	34.93	12751.00	0.0071	0.12	ยอมรับได้
95	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	33.16	12103.00	0.0048	0.080	ต่ำ
96	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	32.96	12030.00	0.0028	0.046	ต่ำ
97	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	31.54	11512.00	0.0032	0.053	ต่ำ
98	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	29.11	10624.00	0.0086	0.14	ยอมรับได้
99	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	28.84	10527.00	0.0065	0.11	ยอมรับได้
100	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	28.53	10414.00	0.0038	0.063	ต่ำ
101	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	27.61	10076.00	0.0031	0.052	ต่ำ
102	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	27.37	10016.37	0.010	0.17	ยอมรับได้
103	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	25.84	9482.68	0.0043	0.071	ต่ำ
104	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	25.69	9453.06	0.0046	0.076	ต่ำ
105	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	25.02	9232.08	0.0050	0.083	ต่ำ
106	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	24.20	8955.01	0.0033	0.055	ต่ำ
107	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	21.86	8109.15	0.0045	0.075	ต่ำ
108	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	21.59	8030.10	0.0084	0.14	ยอมรับได้
109	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	20.96	7818.69	0.0060	0.10	ยอมรับได้
110	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	20.95	7836.58	0.0047	0.079	ต่ำ
111	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	20.83	7812.33	0.0046	0.077	ต่ำ
112	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	20.61	7750.75	0.0045	0.075	ต่ำ

ตารางที่ 55 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (พฤษภาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
113	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	19.86	7487.32	0.0043	0.071	ต่ำ
114	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	19.47	7359.09	0.0045	0.075	ต่ำ
115	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	19.42	7359.87	0.0047	0.078	ต่ำ
116	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	19.18	7286.63	0.0055	0.092	ต่ำ
117	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	18.83	7175.33	0.0041	0.068	ต่ำ
118	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	18.83	7194.16	0.0069	0.12	ยอมรับได้
119	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	17.98	6886.65	0.0051	0.084	ต่ำ
120	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	16.95	6508.01	0.0042	0.070	ต่ำ
121	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	16.49	6347.75	0.0045	0.075	ต่ำ
122	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	16.13	6226.76	0.0055	0.091	ต่ำ
123	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	15.83	6127.32	0.0035	0.058	ต่ำ
124	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	14.90	5782.79	0.0092	0.15	ยอมรับได้
125	ผู้ใหญ่	ชาย	0.12	14.83	5768.92	0.0065	0.11	ยอมรับได้
126	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.12	22.82	8331.00	0.0020	0.033	ต่ำ
127	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.12	22.04	8043.00	0.0063	0.10	ยอมรับได้
128	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.12	20.63	7529.00	0.0087	0.15	ยอมรับได้
129	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.12	19.63	7164.00	0.0040	0.067	ต่ำ
130	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.12	14.91	5443.00	0.0042	0.069	ต่ำ
131	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.12	14.72	5374.00	0.0057	0.10	ต่ำ
132	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.12	8.62	3146.00	0.011	0.18	ยอมรับได้
133	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.12	8.22	3002.00	0.0022	0.037	ต่ำ
134	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.12	5.90	2152.00	0.0029	0.049	ต่ำ
135	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.12	5.73	2091.00	0.0030	0.050	ต่ำ
136	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.12	6.92	2524.50	0.0066	0.11	ยอมรับได้
137	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.12	3.91	1428.50	0.0083	0.14	ยอมรับได้
138	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.12	0.75	274.50	0.0039	0.066	ต่ำ
139	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.12	16.92	6174.00	0.0036	0.060	ต่ำ
140	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.12	16.83	6143.00	0.0083	0.14	ยอมรับได้

ตารางที่ 55 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (พฤษภาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
141	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.12	15.78	5759.00	0.0058	0.10	ต่ำ
142	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.12	12.55	4581.00	0.011	0.19	ยอมรับได้
143	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.12	11.12	4060.00	0.0038	0.063	ต่ำ
144	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.12	10.61	3873.00	0.0033	0.054	ต่ำ
145	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.12	9.82	3586.00	0.0027	0.046	ต่ำ
146	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.12	9.82	3586.00	0.0036	0.060	ต่ำ
147	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.12	8.91	3253.00	0.0025	0.042	ต่ำ
148	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.12	7.29	2660.00	0.0060	0.10	ยอมรับได้
149	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.12	4.69	1712.00	0.0046	0.076	ต่ำ
150	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.12	3.58	1307.00	0.0034	0.057	ต่ำ
151	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.12	0.71	260.50	0.0034	0.056	ต่ำ

หมายเหตุ: (CF) คือ ค่าความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลที่ตรวจวัดได้ (มก./ลิตร)

(ED) คือ ค่าระยะเวลาที่สัมผัสสาร (ปี)

(AET) คือ ค่าเฉลี่ยการรับสัมผัสสาร (วัน)

(ADD) คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณฟลูออไรด์ที่ได้รับต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (มก./กก./วัน)

(HQ) คือ ค่าดัชนีความเป็นอันตราย

* คือ ระดับความเสี่ยงที่ระบุจากการประเมินจากค่าดัชนีความเป็นอันตราย

(Hazard Quotient) ตามเกณฑ์การประเมินและแปลผลจาก

Hallenbeck WH. และ Springs W. (1993)

ตารางที่ 56 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (กรกฎาคม 2560)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
1	เด็ก	หญิง	0.44	79.41	28985.50	0.046	0.76	ยอมรับได้
2	เด็ก	หญิง	0.44	79.65	29073.50	0.0075	0.13	ยอมรับได้
3	เด็ก	หญิง	0.44	79.86	29150.50	0.0088	0.15	ยอมรับได้
4	เด็ก	หญิง	0.44	79.75	29110.50	0.017	0.28	ยอมรับได้
5	เด็ก	หญิง	0.44	77.65	28340.50	0.022	0.37	ยอมรับได้
6	เด็ก	หญิง	0.44	77.52	28294.50	0.055	0.92	ยอมรับได้
7	เด็ก	หญิง	0.44	76.74	28009.50	0.010	0.17	ยอมรับได้
8	เด็ก	หญิง	0.44	76.34	27862.50	0.020	0.33	ยอมรับได้
9	เด็ก	หญิง	0.44	76.17	27802.50	0.036	0.59	ยอมรับได้
10	เด็ก	หญิง	0.44	74.80	27302.50	0.024	0.41	ยอมรับได้
11	เด็ก	หญิง	0.44	74.20	27082.50	0.010	0.17	ยอมรับได้
12	เด็ก	หญิง	0.44	73.90	26972.50	0.011	0.18	ยอมรับได้
13	เด็ก	หญิง	0.44	73.57	26851.50	0.025	0.41	ยอมรับได้
14	เด็ก	หญิง	0.44	73.49	26824.50	0.029	0.49	ยอมรับได้
15	เด็ก	หญิง	0.44	72.06	26302.50	0.013	0.22	ยอมรับได้
16	เด็ก	หญิง	0.44	71.86	26228.50	0.0060	0.10	ต่ำ
17	เด็ก	หญิง	0.44	71.05	25934.50	0.0083	0.14	ยอมรับได้
18	เด็ก	หญิง	0.44	69.91	25515.50	0.018	0.29	ยอมรับได้
19	เด็ก	หญิง	0.44	69.23	25270.50	0.011	0.19	ยอมรับได้
20	เด็ก	หญิง	0.44	68.40	24965.50	0.0061	0.10	ยอมรับได้
21	เด็ก	หญิง	0.44	67.88	24777.50	0.012	0.20	ยอมรับได้
22	เด็ก	หญิง	0.44	67.84	24762.50	0.011	0.18	ยอมรับได้
23	เด็ก	หญิง	0.44	67.21	24531.50	0.0094	0.16	ยอมรับได้
24	เด็ก	ชาย	0.44	72.82	26580.00	0.035	0.58	ยอมรับได้
25	เด็ก	ชาย	0.44	71.51	26101.00	0.024	0.39	ยอมรับได้
26	เด็ก	ชาย	0.44	70.12	25592.00	0.011	0.18	ยอมรับได้
27	เด็ก	ชาย	0.44	70.11	25591.00	0.027	0.45	ยอมรับได้
28	เด็ก	ชาย	0.44	69.90	25513.00	0.015	0.25	ยอมรับได้

ตารางที่ 56 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (กรกฎาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
29	เด็ก	ชาย	0.44	69.84	25491.00	0.024	0.39	ยอมรับได้
30	เด็ก	ชาย	0.44	68.29	24926.00	0.018	0.30	ยอมรับได้
31	เด็ก	ชาย	0.44	66.84	24398.00	0.013	0.21	ยอมรับได้
32	เด็ก	ชาย	0.44	66.65	24326.00	0.017	0.29	ยอมรับได้
33	เด็ก	ชาย	0.44	65.75	23999.00	0.015	0.25	ยอมรับได้
34	เด็ก	ชาย	0.44	65.55	23926.00	0.014	0.24	ยอมรับได้
35	เด็ก	ชาย	0.44	64.32	23477.00	0.015	0.24	ยอมรับได้
36	เด็ก	ชาย	0.44	63.56	23199.00	0.022	0.36	ยอมรับได้
37	เด็ก	ชาย	0.44	62.01	22633.00	0.0040	0.066	ต่ำ
38	เด็ก	ชาย	0.44	61.51	22452.00	0.012	0.21	ยอมรับได้
39	เด็ก	ชาย	0.44	61.33	22386.00	0.012	0.20	ยอมรับได้
40	เด็ก	ชาย	0.44	60.50	22083.00	0.012	0.20	ยอมรับได้
41	เด็ก	ชาย	0.44	58.66	21412.00	0.010	0.17	ยอมรับได้
42	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	59.60	21752.50	0.017	0.29	ยอมรับได้
43	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	58.20	21243.50	0.027	0.45	ยอมรับได้
44	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	55.08	20105.50	0.016	0.26	ยอมรับได้
45	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	52.02	18986.50	0.013	0.21	ยอมรับได้
46	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	49.09	17918.50	0.0060	0.10	ยอมรับได้
47	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	47.55	17354.50	0.024	0.40	ยอมรับได้
48	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	47.19	17225.50	0.011	0.18	ยอมรับได้
49	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	46.95	17136.50	0.021	0.34	ยอมรับได้
50	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	46.89	17115.50	0.0039	0.065	ต่ำ
51	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	46.04	16804.50	0.014	0.23	ยอมรับได้
52	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	45.66	16667.50	0.018	0.30	ยอมรับได้
53	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	45.37	16560.50	0.027	0.44	ยอมรับได้
54	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	44.39	16201.50	0.0081	0.14	ยอมรับได้
55	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	43.83	15998.50	0.028	0.46	ยอมรับได้
56	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	43.76	15973.50	0.010	0.16	ยอมรับได้

ตารางที่ 56 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (กรกฎาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
57	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	43.61	15918.50	0.019	0.32	ยอมรับได้
58	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	42.33	15450.50	0.016	0.26	ยอมรับได้
59	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	41.20	15038.50	0.017	0.29	ยอมรับได้
60	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	39.99	14596.50	0.016	0.27	ยอมรับได้
61	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	38.70	14126.50	0.017	0.28	ยอมรับได้
62	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	34.94	12753.50	0.018	0.30	ยอมรับได้
63	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	34.05	12427.50	0.014	0.23	ยอมรับได้
64	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	33.18	12110.50	0.019	0.32	ยอมรับได้
65	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	32.94	12022.50	0.0066	0.11	ยอมรับได้
66	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	31.46	11482.50	0.027	0.45	ยอมรับได้
67	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	30.60	11170.50	0.017	0.28	ยอมรับได้
68	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	29.27	10684.50	0.014	0.23	ยอมรับได้
69	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	29.02	10590.50	0.014	0.24	ยอมรับได้
70	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	28.12	10263.50	0.017	0.29	ยอมรับได้
71	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	28.09	10254.50	0.022	0.37	ยอมรับได้
72	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	28.07	10244.50	0.029	0.48	ยอมรับได้
73	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	27.80	10147.50	0.014	0.24	ยอมรับได้
74	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	27.61	10078.50	0.011	0.18	ยอมรับได้
75	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	27.05	9871.50	0.022	0.37	ยอมรับได้
76	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	26.94	9831.50	0.021	0.35	ยอมรับได้
77	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	25.97	9477.50	0.016	0.27	ยอมรับได้
78	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	25.61	9348.50	0.030	0.50	ยอมรับได้
79	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	25.37	9261.50	0.016	0.27	ยอมรับได้
80	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	25.03	9136.50	0.0094	0.16	ยอมรับได้
81	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	22.98	8389.50	0.015	0.24	ยอมรับได้
82	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	22.93	8370.50	0.031	0.52	ยอมรับได้
83	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	22.59	8245.50	0.0081	0.13	ยอมรับได้
84	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	21.44	7826.50	0.020	0.33	ยอมรับได้

ตารางที่ 56 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (กรกฎาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
85	ผู้ใหญ่	หญิง	0.44	21.20	7738.50	0.013	0.22	ยอมรับได้
86	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	49.85	18196.00	0.015	0.24	ยอมรับได้
87	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	48.36	17650.00	0.019	0.31	ยอมรับได้
88	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	44.08	16091.00	0.021	0.35	ยอมรับได้
89	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	41.95	15310.00	0.031	0.51	ยอมรับได้
90	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	40.85	14910.00	0.017	0.28	ยอมรับได้
91	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	38.85	14179.00	0.025	0.41	ยอมรับได้
92	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	37.85	13814.00	0.025	0.41	ยอมรับได้
93	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	37.38	13643.00	0.028	0.46	ยอมรับได้
94	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	34.93	12751.00	0.026	0.44	ยอมรับได้
95	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	33.16	12103.00	0.018	0.29	ยอมรับได้
96	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	32.96	12030.00	0.010	0.17	ยอมรับได้
97	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	31.54	11512.00	0.012	0.19	ยอมรับได้
98	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	29.11	10624.00	0.031	0.52	ยอมรับได้
99	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	28.84	10527.00	0.024	0.39	ยอมรับได้
100	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	28.53	10414.00	0.014	0.23	ยอมรับได้
101	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	27.61	10076.00	0.011	0.19	ยอมรับได้
102	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	27.37	10016.37	0.037	0.62	ยอมรับได้
103	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	25.84	9482.68	0.016	0.26	ยอมรับได้
104	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	25.69	9453.06	0.017	0.28	ยอมรับได้
105	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	25.02	9232.08	0.018	0.30	ยอมรับได้
106	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	24.20	8955.01	0.012	0.20	ยอมรับได้
107	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	21.86	8109.15	0.017	0.28	ยอมรับได้
108	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	21.59	8030.10	0.031	0.51	ยอมรับได้
109	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	20.96	7818.69	0.022	0.37	ยอมรับได้
110	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	20.95	7836.58	0.017	0.29	ยอมรับได้
111	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	20.83	7812.33	0.017	0.28	ยอมรับได้
112	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	20.61	7750.75	0.016	0.27	ยอมรับได้

ตารางที่ 56 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (กรกฎาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
113	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	19.86	7487.32	0.016	0.26	ยอมรับได้
114	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	19.47	7359.09	0.016	0.27	ยอมรับได้
115	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	19.42	7359.87	0.017	0.29	ยอมรับได้
116	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	19.18	7286.63	0.020	0.34	ยอมรับได้
117	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	18.83	7175.33	0.015	0.25	ยอมรับได้
118	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	18.83	7194.16	0.025	0.42	ยอมรับได้
119	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	17.98	6886.65	0.019	0.31	ยอมรับได้
120	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	16.95	6508.01	0.015	0.26	ยอมรับได้
121	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	16.49	6347.75	0.017	0.28	ยอมรับได้
122	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	16.13	6226.76	0.020	0.34	ยอมรับได้
123	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	15.83	6127.32	0.013	0.21	ยอมรับได้
124	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	14.90	5782.79	0.034	0.56	ยอมรับได้
125	ผู้ใหญ่	ชาย	0.44	14.83	5768.92	0.024	0.40	ยอมรับได้
126	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.44	22.82	8331.00	0.0073	0.12	ยอมรับได้
127	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.44	22.04	8043.00	0.023	0.38	ยอมรับได้
128	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.44	20.63	7529.00	0.032	0.53	ยอมรับได้
129	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.44	19.63	7164.00	0.015	0.24	ยอมรับได้
130	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.44	14.91	5443.00	0.015	0.25	ยอมรับได้
131	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.44	14.72	5374.00	0.021	0.35	ยอมรับได้
132	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.44	8.62	3146.00	0.039	0.65	ยอมรับได้
133	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.44	8.22	3002.00	0.0082	0.14	ยอมรับได้
134	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.44	5.90	2152.00	0.011	0.18	ยอมรับได้
135	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.44	5.73	2091.00	0.011	0.18	ยอมรับได้
136	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.44	6.92	2524.50	0.024	0.40	ยอมรับได้
137	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.44	3.91	1428.50	0.031	0.51	ยอมรับได้
138	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.44	0.75	274.50	0.014	0.24	ยอมรับได้
139	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.44	16.92	6174.00	0.013	0.22	ยอมรับได้
140	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.44	16.83	6143.00	0.030	0.51	ยอมรับได้

ตารางที่ 56 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (กรกฎาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
141	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.44	15.78	5759.00	0.021	0.36	ยอมรับได้
142	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.44	12.55	4581.00	0.041	0.69	ยอมรับได้
143	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.44	11.12	4060.00	0.014	0.23	ยอมรับได้
144	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.44	10.61	3873.00	0.012	0.20	ยอมรับได้
145	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.44	9.82	3586.00	0.010	0.17	ยอมรับได้
146	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.44	9.82	3586.00	0.013	0.22	ยอมรับได้
147	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.44	8.91	3253.00	0.0092	0.15	ยอมรับได้
148	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.44	7.29	2660.00	0.022	0.37	ยอมรับได้
149	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.44	4.69	1712.00	0.017	0.28	ยอมรับได้
150	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.44	3.58	1307.00	0.012	0.21	ยอมรับได้
151	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.44	0.71	260.50	0.012	0.21	ยอมรับได้

หมายเหตุ: (CF) คือ ค่าความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลที่ตรวจวัดได้ (มก./ลิตร)

(ED) คือ ค่าระยะเวลาที่สัมผัสสาร (ปี)

(AET) คือ ค่าเฉลี่ยการรับสัมผัสสาร (วัน)

(ADD) คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณฟลูออไรด์ที่ได้รับต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (มก./กก./วัน)

(HQ) คือ ค่าดัชนีความเป็นอันตราย

* คือ ระดับความเสี่ยงที่ระบุจากการประเมินจากค่าดัชนีความเป็นอันตราย

(Hazard Quotient) ตามเกณฑ์การประเมินและแปลผลจาก

Hallenbeck WH. และ Springs W. (1993)

ตารางที่ 57 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (ตุลาคม 2560)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
1	เด็ก	หญิง	0.32	79.41	28985.50	0.033	0.56	ยอมรับได้
2	เด็ก	หญิง	0.32	79.65	29073.50	0.005	0.091	ต่ำ
3	เด็ก	หญิง	0.32	79.86	29150.50	0.006	0.11	ยอมรับได้
4	เด็ก	หญิง	0.32	79.75	29110.50	0.012	0.21	ยอมรับได้
5	เด็ก	หญิง	0.32	77.65	28340.50	0.016	0.27	ยอมรับได้
6	เด็ก	หญิง	0.32	77.52	28294.50	0.040	0.67	ยอมรับได้
7	เด็ก	หญิง	0.32	76.74	28009.50	0.007	0.12	ยอมรับได้
8	เด็ก	หญิง	0.32	76.34	27862.50	0.015	0.24	ยอมรับได้
9	เด็ก	หญิง	0.32	76.17	27802.50	0.026	0.43	ยอมรับได้
10	เด็ก	หญิง	0.32	74.80	27302.50	0.018	0.30	ยอมรับได้
11	เด็ก	หญิง	0.32	74.20	27082.50	0.007	0.12	ยอมรับได้
12	เด็ก	หญิง	0.32	73.90	26972.50	0.008	0.13	ยอมรับได้
13	เด็ก	หญิง	0.32	73.57	26851.50	0.018	0.30	ยอมรับได้
14	เด็ก	หญิง	0.32	73.49	26824.50	0.021	0.36	ยอมรับได้
15	เด็ก	หญิง	0.32	72.06	26302.50	0.010	0.16	ยอมรับได้
16	เด็ก	หญิง	0.32	71.86	26228.50	0.004	0.072	ต่ำ
17	เด็ก	หญิง	0.32	71.05	25934.50	0.006	0.10	ยอมรับได้
18	เด็ก	หญิง	0.32	69.91	25515.50	0.013	0.21	ยอมรับได้
19	เด็ก	หญิง	0.32	69.23	25270.50	0.008	0.14	ยอมรับได้
20	เด็ก	หญิง	0.32	68.40	24965.50	0.004	0.074	ต่ำ
21	เด็ก	หญิง	0.32	67.88	24777.50	0.009	0.15	ยอมรับได้
22	เด็ก	หญิง	0.32	67.84	24762.50	0.008	0.13	ยอมรับได้
23	เด็ก	หญิง	0.32	67.21	24531.50	0.007	0.11	ยอมรับได้
24	เด็ก	ชาย	0.32	72.82	26580.00	0.025	0.42	ยอมรับได้
25	เด็ก	ชาย	0.32	71.51	26101.00	0.017	0.29	ยอมรับได้
26	เด็ก	ชาย	0.32	70.12	25592.00	0.008	0.13	ยอมรับได้
27	เด็ก	ชาย	0.32	70.11	25591.00	0.020	0.33	ยอมรับได้
28	เด็ก	ชาย	0.32	69.90	25513.00	0.011	0.18	ยอมรับได้

ตารางที่ 57 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (ตุลาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
29	เด็ก	ชาย	0.32	69.84	25491.00	0.017	0.29	ยอมรับได้
30	เด็ก	ชาย	0.32	68.29	24926.00	0.013	0.22	ยอมรับได้
31	เด็ก	ชาย	0.32	66.84	24398.00	0.009	0.15	ยอมรับได้
32	เด็ก	ชาย	0.32	66.65	24326.00	0.013	0.21	ยอมรับได้
33	เด็ก	ชาย	0.32	65.75	23999.00	0.011	0.18	ยอมรับได้
34	เด็ก	ชาย	0.32	65.55	23926.00	0.011	0.18	ยอมรับได้
35	เด็ก	ชาย	0.32	64.32	23477.00	0.011	0.18	ยอมรับได้
36	เด็ก	ชาย	0.32	63.56	23199.00	0.016	0.26	ยอมรับได้
37	เด็ก	ชาย	0.32	62.01	22633.00	0.003	0.048	ต่ำ
38	เด็ก	ชาย	0.32	61.51	22452.00	0.009	0.15	ยอมรับได้
39	เด็ก	ชาย	0.32	61.33	22386.00	0.009	0.14	ยอมรับได้
40	เด็ก	ชาย	0.32	60.50	22083.00	0.009	0.14	ยอมรับได้
41	เด็ก	ชาย	0.32	58.66	21412.00	0.007	0.12	ยอมรับได้
42	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	59.60	21752.50	0.012	0.21	ยอมรับได้
43	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	58.20	21243.50	0.020	0.33	ยอมรับได้
44	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	55.08	20105.50	0.011	0.19	ยอมรับได้
45	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	52.02	18986.50	0.009	0.15	ยอมรับได้
46	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	49.09	17918.50	0.004	0.073	ต่ำ
47	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	47.55	17354.50	0.017	0.29	ยอมรับได้
48	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	47.19	17225.50	0.008	0.13	ยอมรับได้
49	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	46.95	17136.50	0.015	0.25	ยอมรับได้
50	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	46.89	17115.50	0.003	0.048	ต่ำ
51	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	46.04	16804.50	0.010	0.17	ยอมรับได้
52	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	45.66	16667.50	0.013	0.22	ยอมรับได้
53	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	45.37	16560.50	0.019	0.32	ยอมรับได้
54	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	44.39	16201.50	0.006	0.10	ต่ำ
55	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	43.83	15998.50	0.020	0.34	ยอมรับได้
56	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	43.76	15973.50	0.007	0.12	ยอมรับได้

ตารางที่ 57 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (ตุลาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
57	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	43.61	15918.50	0.014	0.23	ยอมรับได้
58	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	42.33	15450.50	0.011	0.19	ยอมรับได้
59	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	41.20	15038.50	0.013	0.21	ยอมรับได้
60	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	39.99	14596.50	0.012	0.20	ยอมรับได้
61	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	38.70	14126.50	0.012	0.20	ยอมรับได้
62	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	34.94	12753.50	0.013	0.22	ยอมรับได้
63	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	34.05	12427.50	0.010	0.16	ยอมรับได้
64	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	33.18	12110.50	0.014	0.23	ยอมรับได้
65	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	32.94	12022.50	0.005	0.080	ต่ำ
66	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	31.46	11482.50	0.020	0.33	ยอมรับได้
67	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	30.60	11170.50	0.012	0.20	ยอมรับได้
68	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	29.27	10684.50	0.010	0.17	ยอมรับได้
69	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	29.02	10590.50	0.011	0.18	ยอมรับได้
70	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	28.12	10263.50	0.012	0.21	ยอมรับได้
71	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	28.09	10254.50	0.016	0.27	ยอมรับได้
72	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	28.07	10244.50	0.021	0.35	ยอมรับได้
73	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	27.80	10147.50	0.010	0.17	ยอมรับได้
74	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	27.61	10078.50	0.008	0.13	ยอมรับได้
75	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	27.05	9871.50	0.016	0.27	ยอมรับได้
76	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	26.94	9831.50	0.015	0.26	ยอมรับได้
77	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	25.97	9477.50	0.012	0.19	ยอมรับได้
78	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	25.61	9348.50	0.022	0.36	ยอมรับได้
79	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	25.37	9261.50	0.012	0.20	ยอมรับได้
80	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	25.03	9136.50	0.007	0.11	ยอมรับได้
81	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	22.98	8389.50	0.011	0.18	ยอมรับได้
82	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	22.93	8370.50	0.023	0.38	ยอมรับได้
83	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	22.59	8245.50	0.006	0.10	ต่ำ
84	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	21.44	7826.50	0.014	0.24	ยอมรับได้

ตารางที่ 57 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (ตุลาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
85	ผู้ใหญ่	หญิง	0.32	21.20	7738.50	0.010	0.16	ยอมรับได้
86	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	49.85	18196.00	0.011	0.18	ยอมรับได้
87	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	48.36	17650.00	0.014	0.23	ยอมรับได้
88	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	44.08	16091.00	0.015	0.25	ยอมรับได้
89	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	41.95	15310.00	0.022	0.37	ยอมรับได้
90	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	40.85	14910.00	0.012	0.20	ยอมรับได้
91	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	38.85	14179.00	0.018	0.30	ยอมรับได้
92	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	37.85	13814.00	0.018	0.30	ยอมรับได้
93	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	37.38	13643.00	0.020	0.33	ยอมรับได้
94	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	34.93	12751.00	0.019	0.32	ยอมรับได้
95	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	33.16	12103.00	0.013	0.21	ยอมรับได้
96	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	32.96	12030.00	0.007	0.12	ยอมรับได้
97	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	31.54	11512.00	0.008	0.14	ยอมรับได้
98	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	29.11	10624.00	0.023	0.38	ยอมรับได้
99	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	28.84	10527.00	0.017	0.29	ยอมรับได้
100	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	28.53	10414.00	0.010	0.17	ยอมรับได้
101	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	27.61	10076.00	0.008	0.14	ยอมรับได้
102	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	27.37	10016.37	0.027	0.45	ยอมรับได้
103	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	25.84	9482.68	0.011	0.19	ยอมรับได้
104	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	25.69	9453.06	0.012	0.20	ยอมรับได้
105	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	25.02	9232.08	0.013	0.22	ยอมรับได้
106	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	24.20	8955.01	0.009	0.15	ยอมรับได้
107	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	21.86	8109.15	0.012	0.20	ยอมรับได้
108	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	21.59	8030.10	0.022	0.37	ยอมรับได้
109	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	20.96	7818.69	0.016	0.27	ยอมรับได้
110	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	20.95	7836.58	0.013	0.21	ยอมรับได้
111	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	20.83	7812.33	0.012	0.21	ยอมรับได้
112	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	20.61	7750.75	0.012	0.20	ยอมรับได้

ตารางที่ 57 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (ตุลาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
113	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	19.86	7487.32	0.011	0.19	ยอมรับได้
114	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	19.47	7359.09	0.012	0.20	ยอมรับได้
115	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	19.42	7359.87	0.012	0.21	ยอมรับได้
116	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	19.18	7286.63	0.015	0.24	ยอมรับได้
117	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	18.83	7175.33	0.011	0.18	ยอมรับได้
118	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	18.83	7194.16	0.018	0.31	ยอมรับได้
119	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	17.98	6886.65	0.014	0.23	ยอมรับได้
120	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	16.95	6508.01	0.011	0.19	ยอมรับได้
121	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	16.49	6347.75	0.012	0.20	ยอมรับได้
122	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	16.13	6226.76	0.015	0.24	ยอมรับได้
123	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	15.83	6127.32	0.009	0.16	ยอมรับได้
124	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	14.90	5782.79	0.024	0.41	ยอมรับได้
125	ผู้ใหญ่	ชาย	0.32	14.83	5768.92	0.017	0.29	ยอมรับได้
126	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.32	22.82	8331.00	0.005	0.089	ต่ำ
127	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.32	22.04	8043.00	0.017	0.28	ยอมรับได้
128	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.32	20.63	7529.00	0.023	0.39	ยอมรับได้
129	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.32	19.63	7164.00	0.011	0.18	ยอมรับได้
130	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.32	14.91	5443.00	0.011	0.19	ยอมรับได้
131	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.32	14.72	5374.00	0.015	0.25	ยอมรับได้
132	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.32	8.62	3146.00	0.028	0.47	ยอมรับได้
133	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.32	8.22	3002.00	0.006	0.10	ต่ำ
134	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.32	5.90	2152.00	0.008	0.13	ยอมรับได้
135	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.32	5.73	2091.00	0.008	0.13	ยอมรับได้
136	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.32	6.92	2524.50	0.018	0.29	ยอมรับได้
137	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.32	3.91	1428.50	0.022	0.37	ยอมรับได้
138	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.32	0.75	274.50	0.011	0.18	ยอมรับได้
139	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.32	16.92	6174.00	0.010	0.16	ยอมรับได้
140	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.32	16.83	6143.00	0.022	0.37	ยอมรับได้

ตารางที่ 57 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (ตุลาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
141	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.32	15.78	5759.00	0.016	0.26	ยอมรับได้
142	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.32	12.55	4581.00	0.030	0.50	ยอมรับได้
143	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.32	11.12	4060.00	0.010	0.17	ยอมรับได้
144	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.32	10.61	3873.00	0.009	0.14	ยอมรับได้
145	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.32	9.82	3586.00	0.007	0.12	ยอมรับได้
146	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.32	9.82	3586.00	0.010	0.16	ยอมรับได้
147	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.32	8.91	3253.00	0.007	0.11	ยอมรับได้
148	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.32	7.29	2660.00	0.016	0.27	ยอมรับได้
149	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.32	4.69	1712.00	0.012	0.20	ยอมรับได้
150	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.32	3.58	1307.00	0.009	0.15	ยอมรับได้
151	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.32	0.71	260.50	0.009	0.15	ยอมรับได้

หมายเหตุ: (CF) คือ ค่าความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลที่ตรวจวัดได้ (มก./ลิตร)

(ED) คือ ค่าระยะเวลาที่สัมผัสสาร (ปี)

(AET) คือ ค่าเฉลี่ยการรับสัมผัสสาร (วัน)

(ADD) คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณฟลูออไรด์ที่ได้รับต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (มก./กก./วัน)

(HQ) คือ ค่าดัชนีความเป็นอันตราย

* คือ ระดับความเสี่ยงที่ระบุจากการประเมินจากค่าดัชนีความเป็นอันตราย

(Hazard Quotient) ตามเกณฑ์การประเมินและแปลผลจาก

Hallenbeck WH. และ Springs W. (1993)

ตารางที่ 58 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (ธันวาคม 2560)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
1	เด็ก	หญิง	0.20	79.41	28985.50	0.021	0.35	ยอมรับได้
2	เด็ก	หญิง	0.20	79.65	29073.50	0.0034	0.057	ต่ำ
3	เด็ก	หญิง	0.20	79.86	29150.50	0.0040	0.067	ต่ำ
4	เด็ก	หญิง	0.20	79.75	29110.50	0.0077	0.13	ยอมรับได้
5	เด็ก	หญิง	0.20	77.65	28340.50	0.010	0.17	ยอมรับได้
6	เด็ก	หญิง	0.20	77.52	28294.50	0.025	0.42	ยอมรับได้
7	เด็ก	หญิง	0.20	76.74	28009.50	0.0046	0.077	ต่ำ
8	เด็ก	หญิง	0.20	76.34	27862.50	0.0091	0.15	ยอมรับได้
9	เด็ก	หญิง	0.20	76.17	27802.50	0.016	0.27	ยอมรับได้
10	เด็ก	หญิง	0.20	74.80	27302.50	0.011	0.18	ยอมรับได้
11	เด็ก	หญิง	0.20	74.20	27082.50	0.0045	0.075	ต่ำ
12	เด็ก	หญิง	0.20	73.90	26972.50	0.0050	0.083	ต่ำ
13	เด็ก	หญิง	0.20	73.57	26851.50	0.011	0.19	ยอมรับได้
14	เด็ก	หญิง	0.20	73.49	26824.50	0.013	0.22	ยอมรับได้
15	เด็ก	หญิง	0.20	72.06	26302.50	0.0060	0.10	ยอมรับได้
16	เด็ก	หญิง	0.20	71.86	26228.50	0.0027	0.045	ต่ำ
17	เด็ก	หญิง	0.20	71.05	25934.50	0.0038	0.063	ต่ำ
18	เด็ก	หญิง	0.20	69.91	25515.50	0.0080	0.13	ยอมรับได้
19	เด็ก	หญิง	0.20	69.23	25270.50	0.0051	0.086	ต่ำ
20	เด็ก	หญิง	0.20	68.40	24965.50	0.0028	0.047	ต่ำ
21	เด็ก	หญิง	0.20	67.88	24777.50	0.0056	0.093	ต่ำ
22	เด็ก	หญิง	0.20	67.84	24762.50	0.0049	0.082	ต่ำ
23	เด็ก	หญิง	0.20	67.21	24531.50	0.0043	0.071	ต่ำ
24	เด็ก	ชาย	0.20	72.82	26580.00	0.016	0.26	ยอมรับได้
25	เด็ก	ชาย	0.20	71.51	26101.00	0.011	0.18	ยอมรับได้
26	เด็ก	ชาย	0.20	70.12	25592.00	0.0049	0.082	ต่ำ
27	เด็ก	ชาย	0.20	70.11	25591.00	0.012	0.20	ยอมรับได้
28	เด็ก	ชาย	0.20	69.90	25513.00	0.0068	0.11	ยอมรับได้

ตารางที่ 58 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (ธันวาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
29	เด็ก	ชาย	0.20	69.84	25491.00	0.011	0.18	ยอมรับได้
30	เด็ก	ชาย	0.20	68.29	24926.00	0.0083	0.14	ยอมรับได้
31	เด็ก	ชาย	0.20	66.84	24398.00	0.0057	0.10	ต่ำ
32	เด็ก	ชาย	0.20	66.65	24326.00	0.0078	0.13	ยอมรับได้
33	เด็ก	ชาย	0.20	65.75	23999.00	0.0067	0.11	ยอมรับได้
34	เด็ก	ชาย	0.20	65.55	23926.00	0.0066	0.11	ยอมรับได้
35	เด็ก	ชาย	0.20	64.32	23477.00	0.0066	0.11	ยอมรับได้
36	เด็ก	ชาย	0.20	63.56	23199.00	0.010	0.16	ยอมรับได้
37	เด็ก	ชาย	0.20	62.01	22633.00	0.0018	0.030	ต่ำ
38	เด็ก	ชาย	0.20	61.51	22452.00	0.0056	0.094	ต่ำ
39	เด็ก	ชาย	0.20	61.33	22386.00	0.0054	0.089	ต่ำ
40	เด็ก	ชาย	0.20	60.50	22083.00	0.0054	0.090	ต่ำ
41	เด็ก	ชาย	0.20	58.66	21412.00	0.0047	0.078	ต่ำ
42	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	59.60	21752.50	0.0078	0.13	ยอมรับได้
43	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	58.20	21243.50	0.012	0.20	ยอมรับได้
44	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	55.08	20105.50	0.0072	0.12	ยอมรับได้
45	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	52.02	18986.50	0.0058	0.10	ต่ำ
46	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	49.09	17918.50	0.0027	0.046	ต่ำ
47	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	47.55	17354.50	0.011	0.18	ยอมรับได้
48	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	47.19	17225.50	0.0049	0.082	ต่ำ
49	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	46.95	17136.50	0.0094	0.16	ยอมรับได้
50	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	46.89	17115.50	0.0018	0.030	ต่ำ
51	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	46.04	16804.50	0.0063	0.11	ยอมรับได้
52	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	45.66	16667.50	0.0082	0.14	ยอมรับได้
53	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	45.37	16560.50	0.012	0.20	ยอมรับได้
54	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	44.39	16201.50	0.0037	0.062	ต่ำ
55	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	43.83	15998.50	0.013	0.21	ยอมรับได้
56	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	43.76	15973.50	0.0044	0.074	ต่ำ

ตารางที่ 58 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย น้ำออกจากระบบ (ธันวาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
57	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	43.61	15918.50	0.0087	0.14	ยอมรับได้
58	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	42.33	15450.50	0.0071	0.12	ยอมรับได้
59	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	41.20	15038.50	0.0078	0.13	ยอมรับได้
60	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	39.99	14596.50	0.0074	0.12	ยอมรับได้
61	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	38.70	14126.50	0.0077	0.13	ยอมรับได้
62	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	34.94	12753.50	0.0083	0.14	ยอมรับได้
63	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	34.05	12427.50	0.0062	0.10	ยอมรับได้
64	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	33.18	12110.50	0.0087	0.15	ยอมรับได้
65	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	32.94	12022.50	0.0030	0.050	ต่ำ
66	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	31.46	11482.50	0.012	0.20	ยอมรับได้
67	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	30.60	11170.50	0.0076	0.13	ยอมรับได้
68	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	29.27	10684.50	0.0062	0.10	ยอมรับได้
69	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	29.02	10590.50	0.0066	0.11	ยอมรับได้
70	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	28.12	10263.50	0.0078	0.13	ยอมรับได้
71	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	28.09	10254.50	0.010	0.17	ยอมรับได้
72	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	28.07	10244.50	0.013	0.22	ยอมรับได้
73	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	27.80	10147.50	0.0066	0.11	ยอมรับได้
74	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	27.61	10078.50	0.0048	0.080	ต่ำ
75	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	27.05	9871.50	0.010	0.17	ยอมรับได้
76	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	26.94	9831.50	0.010	0.16	ยอมรับได้
77	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	25.97	9477.50	0.0073	0.12	ยอมรับได้
78	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	25.61	9348.50	0.014	0.23	ยอมรับได้
79	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	25.37	9261.50	0.0074	0.12	ยอมรับได้
80	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	25.03	9136.50	0.0043	0.071	ต่ำ
81	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	22.98	8389.50	0.0066	0.11	ยอมรับได้
82	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	22.93	8370.50	0.014	0.24	ยอมรับได้
83	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	22.59	8245.50	0.0037	0.061	ต่ำ
84	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	21.44	7826.50	0.0091	0.15	ยอมรับได้

ตารางที่ 58 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (ธันวาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
85	ผู้ใหญ่	หญิง	0.20	21.20	7738.50	0.0061	0.10	ยอมรับได้
86	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	49.85	18196.00	0.0066	0.11	ยอมรับได้
87	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	48.36	17650.00	0.0084	0.14	ยอมรับได้
88	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	44.08	16091.00	0.010	0.16	ยอมรับได้
89	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	41.95	15310.00	0.014	0.23	ยอมรับได้
90	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	40.85	14910.00	0.0075	0.13	ยอมรับได้
91	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	38.85	14179.00	0.011	0.19	ยอมรับได้
92	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	37.85	13814.00	0.011	0.19	ยอมรับได้
93	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	37.38	13643.00	0.013	0.21	ยอมรับได้
94	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	34.93	12751.00	0.012	0.20	ยอมรับได้
95	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	33.16	12103.00	0.0080	0.13	ยอมรับได้
96	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	32.96	12030.00	0.0046	0.077	ต่ำ
97	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	31.54	11512.00	0.0053	0.088	ต่ำ
98	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	29.11	10624.00	0.014	0.24	ยอมรับได้
99	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	28.84	10527.00	0.011	0.18	ยอมรับได้
100	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	28.53	10414.00	0.0063	0.11	ยอมรับได้
101	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	27.61	10076.00	0.0052	0.086	ต่ำ
102	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	27.37	10016.37	0.017	0.28	ยอมรับได้
103	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	25.84	9482.68	0.0071	0.12	ยอมรับได้
104	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	25.69	9453.06	0.0076	0.13	ยอมรับได้
105	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	25.02	9232.08	0.0083	0.14	ยอมรับได้
106	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	24.20	8955.01	0.0055	0.092	ต่ำ
107	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	21.86	8109.15	0.0075	0.13	ยอมรับได้
108	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	21.59	8030.10	0.014	0.23	ยอมรับได้
109	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	20.96	7818.69	0.010	0.17	ยอมรับได้
110	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	20.95	7836.58	0.0079	0.13	ยอมรับได้
111	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	20.83	7812.33	0.0077	0.13	ยอมรับได้
112	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	20.61	7750.75	0.0075	0.12	ยอมรับได้

ตารางที่ 58 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (ธันวาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
113	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	19.86	7487.32	0.0071	0.12	ยอมรับได้
114	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	19.47	7359.09	0.0075	0.12	ยอมรับได้
115	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	19.42	7359.87	0.0078	0.13	ยอมรับได้
116	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	19.18	7286.63	0.0092	0.15	ยอมรับได้
117	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	18.83	7175.33	0.0068	0.11	ยอมรับได้
118	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	18.83	7194.16	0.012	0.19	ยอมรับได้
119	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	17.98	6886.65	0.0084	0.14	ยอมรับได้
120	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	16.95	6508.01	0.0070	0.12	ยอมรับได้
121	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	16.49	6347.75	0.0075	0.13	ยอมรับได้
122	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	16.13	6226.76	0.0091	0.15	ยอมรับได้
123	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	15.83	6127.32	0.0058	0.10	ต่ำ
124	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	14.90	5782.79	0.015	0.26	ยอมรับได้
125	ผู้ใหญ่	ชาย	0.20	14.83	5768.92	0.011	0.18	ยอมรับได้
126	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.20	22.82	8331.00	0.0033	0.055	ต่ำ
127	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.20	22.04	8043.00	0.010	0.17	ยอมรับได้
128	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.20	20.63	7529.00	0.015	0.24	ยอมรับได้
129	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.20	19.63	7164.00	0.0067	0.11	ยอมรับได้
130	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.20	14.91	5443.00	0.0069	0.12	ยอมรับได้
131	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.20	14.72	5374.00	0.010	0.16	ยอมรับได้
132	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.20	8.62	3146.00	0.018	0.30	ยอมรับได้
133	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.20	8.22	3002.00	0.0037	0.062	ต่ำ
134	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.20	5.90	2152.00	0.0049	0.081	ต่ำ
135	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.20	5.73	2091.00	0.0050	0.083	ต่ำ
136	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.20	6.92	2524.50	0.011	0.18	ยอมรับได้
137	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.20	3.91	1428.50	0.014	0.23	ยอมรับได้
138	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.20	0.75	274.50	0.0066	0.11	ยอมรับได้
139	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.20	16.92	6174.00	0.0060	0.10	ยอมรับได้
140	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.20	16.83	6143.00	0.014	0.23	ยอมรับได้

ตารางที่ 58 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (ธันวาคม 2560) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
141	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.20	15.78	5759.00	0.010	0.16	ยอมรับได้
142	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.20	12.55	4581.00	0.019	0.31	ยอมรับได้
143	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.20	11.12	4060.00	0.0063	0.11	ยอมรับได้
144	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.20	10.61	3873.00	0.0054	0.091	ต่ำ
145	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.20	9.82	3586.00	0.0046	0.076	ต่ำ
146	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.20	9.82	3586.00	0.0060	0.10	ยอมรับได้
147	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.20	8.91	3253.00	0.0042	0.070	ต่ำ
148	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.20	7.29	2660.00	0.010	0.17	ยอมรับได้
149	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.20	4.69	1712.00	0.0076	0.13	ยอมรับได้
150	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.20	3.58	1307.00	0.0057	0.094	ต่ำ
151	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.20	0.71	260.50	0.0056	0.094	ต่ำ

หมายเหตุ: (CF) คือ ค่าความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลที่ตรวจวัดได้ (มก./ลิตร)

(ED) คือ ค่าระยะเวลาที่สัมผัสสาร (ปี)

(AET) คือ ค่าเฉลี่ยการรับสัมผัสสาร (วัน)

(ADD) คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณฟลูออไรด์ที่ได้รับต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (มก./กก./วัน)

(HQ) คือ ค่าดัชนีความเป็นอันตราย

* คือ ระดับความเสี่ยงที่ระบุจากการประเมินจากค่าดัชนีความเป็นอันตราย

(Hazard Quotient) ตามเกณฑ์การประเมินและแปลผลจาก

Hallenbeck WH. และ Springs W. (1993)

ตารางที่ 59 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (มกราคม 2561)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
1	เด็ก	หญิง	0.51	79.41	28985.50	0.053	0.89	ยอมรับได้
2	เด็ก	หญิง	0.51	79.65	29073.50	0.0087	0.15	ยอมรับได้
3	เด็ก	หญิง	0.51	79.86	29150.50	0.010	0.17	ยอมรับได้
4	เด็ก	หญิง	0.51	79.75	29110.50	0.020	0.33	ยอมรับได้
5	เด็ก	หญิง	0.51	77.65	28340.50	0.026	0.43	ยอมรับได้
6	เด็ก	หญิง	0.51	77.52	28294.50	0.064	1.1	เริ่มมีความเสี่ยง
7	เด็ก	หญิง	0.51	76.74	28009.50	0.012	0.20	ยอมรับได้
8	เด็ก	หญิง	0.51	76.34	27862.50	0.023	0.39	ยอมรับได้
9	เด็ก	หญิง	0.51	76.17	27802.50	0.041	0.69	ยอมรับได้
10	เด็ก	หญิง	0.51	74.80	27302.50	0.028	0.47	ยอมรับได้
11	เด็ก	หญิง	0.51	74.20	27082.50	0.012	0.19	ยอมรับได้
12	เด็ก	หญิง	0.51	73.90	26972.50	0.013	0.21	ยอมรับได้
13	เด็ก	หญิง	0.51	73.57	26851.50	0.029	0.48	ยอมรับได้
14	เด็ก	หญิง	0.51	73.49	26824.50	0.034	0.57	ยอมรับได้
15	เด็ก	หญิง	0.51	72.06	26302.50	0.015	0.26	ยอมรับได้
16	เด็ก	หญิง	0.51	71.86	26228.50	0.0069	0.12	ยอมรับได้
17	เด็ก	หญิง	0.51	71.05	25934.50	0.010	0.16	ยอมรับได้
18	เด็ก	หญิง	0.51	69.91	25515.50	0.020	0.34	ยอมรับได้
19	เด็ก	หญิง	0.51	69.23	25270.50	0.013	0.22	ยอมรับได้
20	เด็ก	หญิง	0.51	68.40	24965.50	0.0071	0.12	ยอมรับได้
21	เด็ก	หญิง	0.51	67.88	24777.50	0.014	0.24	ยอมรับได้
22	เด็ก	หญิง	0.51	67.84	24762.50	0.012	0.21	ยอมรับได้
23	เด็ก	หญิง	0.51	67.21	24531.50	0.011	0.18	ยอมรับได้
24	เด็ก	ชาย	0.51	72.82	26580.00	0.040	0.67	ยอมรับได้
25	เด็ก	ชาย	0.51	71.51	26101.00	0.027	0.46	ยอมรับได้
26	เด็ก	ชาย	0.51	70.12	25592.00	0.013	0.21	ยอมรับได้
27	เด็ก	ชาย	0.51	70.11	25591.00	0.031	0.52	ยอมรับได้
28	เด็ก	ชาย	0.51	69.90	25513.00	0.017	0.29	ยอมรับได้

ตารางที่ 59 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (มกราคม 2561) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
29	เด็ก	ชาย	0.51	69.84	25491.00	0.027	0.46	ยอมรับได้
30	เด็ก	ชาย	0.51	68.29	24926.00	0.021	0.35	ยอมรับได้
31	เด็ก	ชาย	0.51	66.84	24398.00	0.015	0.24	ยอมรับได้
32	เด็ก	ชาย	0.51	66.65	24326.00	0.020	0.33	ยอมรับได้
33	เด็ก	ชาย	0.51	65.75	23999.00	0.017	0.29	ยอมรับได้
34	เด็ก	ชาย	0.51	65.55	23926.00	0.017	0.28	ยอมรับได้
35	เด็ก	ชาย	0.51	64.32	23477.00	0.017	0.28	ยอมรับได้
36	เด็ก	ชาย	0.51	63.56	23199.00	0.025	0.42	ยอมรับได้
37	เด็ก	ชาย	0.51	62.01	22633.00	0.0046	0.077	ต่ำ
38	เด็ก	ชาย	0.51	61.51	22452.00	0.014	0.24	ยอมรับได้
39	เด็ก	ชาย	0.51	61.33	22386.00	0.014	0.23	ยอมรับได้
40	เด็ก	ชาย	0.51	60.50	22083.00	0.014	0.23	ยอมรับได้
41	เด็ก	ชาย	0.51	58.66	21412.00	0.012	0.20	ยอมรับได้
42	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	59.60	21752.50	0.020	0.33	ยอมรับได้
43	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	58.20	21243.50	0.031	0.52	ยอมรับได้
44	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	55.08	20105.50	0.018	0.30	ยอมรับได้
45	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	52.02	18986.50	0.015	0.24	ยอมรับได้
46	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	49.09	17918.50	0.0070	0.12	ยอมรับได้
47	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	47.55	17354.50	0.028	0.46	ยอมรับได้
48	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	47.19	17225.50	0.013	0.21	ยอมรับได้
49	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	46.95	17136.50	0.024	0.40	ยอมรับได้
50	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	46.89	17115.50	0.0046	0.076	ต่ำ
51	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	46.04	16804.50	0.016	0.27	ยอมรับได้
52	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	45.66	16667.50	0.021	0.35	ยอมรับได้
53	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	45.37	16560.50	0.031	0.51	ยอมรับได้
54	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	44.39	16201.50	0.0094	0.16	ยอมรับได้
55	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	43.83	15998.50	0.032	0.54	ยอมรับได้
56	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	43.76	15973.50	0.011	0.19	ยอมรับได้

ตารางที่ 59 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (มกราคม 2561) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
57	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	43.61	15918.50	0.022	0.37	ยอมรับได้
58	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	42.33	15450.50	0.018	0.30	ยอมรับได้
59	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	41.20	15038.50	0.020	0.33	ยอมรับได้
60	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	39.99	14596.50	0.019	0.32	ยอมรับได้
61	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	38.70	14126.50	0.020	0.33	ยอมรับได้
62	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	34.94	12753.50	0.021	0.35	ยอมรับได้
63	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	34.05	12427.50	0.016	0.26	ยอมรับได้
64	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	33.18	12110.50	0.022	0.37	ยอมรับได้
65	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	32.94	12022.50	0.0076	0.13	ยอมรับได้
66	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	31.46	11482.50	0.031	0.52	ยอมรับได้
67	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	30.60	11170.50	0.019	0.32	ยอมรับได้
68	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	29.27	10684.50	0.016	0.26	ยอมรับได้
69	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	29.02	10590.50	0.017	0.28	ยอมรับได้
70	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	28.12	10263.50	0.020	0.33	ยอมรับได้
71	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	28.09	10254.50	0.026	0.43	ยอมรับได้
72	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	28.07	10244.50	0.033	0.55	ยอมรับได้
73	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	27.80	10147.50	0.017	0.28	ยอมรับได้
74	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	27.61	10078.50	0.012	0.20	ยอมรับได้
75	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	27.05	9871.50	0.026	0.43	ยอมรับได้
76	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	26.94	9831.50	0.025	0.41	ยอมรับได้
77	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	25.97	9477.50	0.019	0.31	ยอมรับได้
78	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	25.61	9348.50	0.035	0.58	ยอมรับได้
79	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	25.37	9261.50	0.019	0.31	ยอมรับได้
80	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	25.03	9136.50	0.011	0.18	ยอมรับได้
81	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	22.98	8389.50	0.017	0.28	ยอมรับได้
82	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	22.93	8370.50	0.036	0.61	ยอมรับได้
83	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	22.59	8245.50	0.0094	0.16	ยอมรับได้
84	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	21.44	7826.50	0.023	0.38	ยอมรับได้

ตารางที่ 59 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (มกราคม 2561) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
85	ผู้ใหญ่	หญิง	0.51	21.20	7738.50	0.015	0.26	ยอมรับได้
86	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	49.85	18196.00	0.017	0.28	ยอมรับได้
87	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	48.36	17650.00	0.022	0.36	ยอมรับได้
88	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	44.08	16091.00	0.024	0.41	ยอมรับได้
89	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	41.95	15310.00	0.035	0.59	ยอมรับได้
90	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	40.85	14910.00	0.019	0.32	ยอมรับได้
91	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	38.85	14179.00	0.029	0.48	ยอมรับได้
92	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	37.85	13814.00	0.029	0.48	ยอมรับได้
93	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	37.38	13643.00	0.032	0.53	ยอมรับได้
94	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	34.93	12751.00	0.030	0.51	ยอมรับได้
95	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	33.16	12103.00	0.020	0.34	ยอมรับได้
96	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	32.96	12030.00	0.012	0.20	ยอมรับได้
97	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	31.54	11512.00	0.014	0.23	ยอมรับได้
98	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	29.11	10624.00	0.036	0.61	ยอมรับได้
99	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	28.84	10527.00	0.027	0.46	ยอมรับได้
100	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	28.53	10414.00	0.016	0.27	ยอมรับได้
101	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	27.61	10076.00	0.013	0.22	ยอมรับได้
102	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	27.37	10016.37	0.043	0.72	ยอมรับได้
103	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	25.84	9482.68	0.018	0.30	ยอมรับได้
104	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	25.69	9453.06	0.019	0.32	ยอมรับได้
105	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	25.02	9232.08	0.021	0.35	ยอมรับได้
106	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	24.20	8955.01	0.014	0.23	ยอมรับได้
107	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	21.86	8109.15	0.019	0.32	ยอมรับได้
108	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	21.59	8030.10	0.036	0.59	ยอมรับได้
109	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	20.96	7818.69	0.026	0.43	ยอมรับได้
110	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	20.95	7836.58	0.020	0.33	ยอมรับได้
111	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	20.83	7812.33	0.020	0.33	ยอมรับได้
112	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	20.61	7750.75	0.019	0.32	ยอมรับได้

ตารางที่ 59 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (มกราคม 2561) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
113	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	19.86	7487.32	0.018	0.30	ยอมรับได้
114	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	19.47	7359.09	0.019	0.32	ยอมรับได้
115	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	19.42	7359.87	0.020	0.33	ยอมรับได้
116	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	19.18	7286.63	0.023	0.39	ยอมรับได้
117	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	18.83	7175.33	0.017	0.29	ยอมรับได้
118	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	18.83	7194.16	0.029	0.49	ยอมรับได้
119	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	17.98	6886.65	0.022	0.36	ยอมรับได้
120	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	16.95	6508.01	0.018	0.30	ยอมรับได้
121	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	16.49	6347.75	0.019	0.32	ยอมรับได้
122	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	16.13	6226.76	0.023	0.39	ยอมรับได้
123	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	15.83	6127.32	0.015	0.25	ยอมรับได้
124	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	14.90	5782.79	0.039	0.65	ยอมรับได้
125	ผู้ใหญ่	ชาย	0.51	14.83	5768.92	0.028	0.46	ยอมรับได้
126	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.51	22.82	8331.00	0.0085	0.14	ยอมรับได้
127	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.51	22.04	8043.00	0.027	0.44	ยอมรับได้
128	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.51	20.63	7529.00	0.037	0.62	ยอมรับได้
129	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.51	19.63	7164.00	0.017	0.28	ยอมรับได้
130	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.51	14.91	5443.00	0.018	0.29	ยอมรับได้
131	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.51	14.72	5374.00	0.024	0.40	ยอมรับได้
132	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.51	8.62	3146.00	0.045	0.75	ยอมรับได้
133	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.51	8.22	3002.00	0.010	0.16	ยอมรับได้
134	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.51	5.90	2152.00	0.012	0.21	ยอมรับได้
135	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.51	5.73	2091.00	0.013	0.21	ยอมรับได้
136	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.51	6.92	2524.50	0.028	0.47	ยอมรับได้
137	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.51	3.91	1428.50	0.035	0.59	ยอมรับได้
138	ผู้สูงอายุ	หญิง	0.51	0.75	274.50	0.017	0.28	ยอมรับได้
139	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.51	16.92	6174.00	0.015	0.26	ยอมรับได้
140	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.51	16.83	6143.00	0.035	0.59	ยอมรับได้

ตารางที่ 59 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเป็นอันตราย (น้ำออกจากระบบ) (มกราคม 2561) (ต่อ)

ที่	กลุ่ม	เพศ	(CF) (มก./ลิตร)	(ED) (ปี)	(AET) (วัน)	(ADD) (มก./กก./วัน)	(HQ)	ระดับความเสี่ยง*
141	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.51	15.78	5759.00	0.025	0.41	ยอมรับได้
142	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.51	12.55	4581.00	0.048	0.80	ยอมรับได้
143	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.51	11.12	4060.00	0.016	0.27	ยอมรับได้
144	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.51	10.61	3873.00	0.014	0.23	ยอมรับได้
145	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.51	9.82	3586.00	0.012	0.19	ยอมรับได้
146	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.51	9.82	3586.00	0.015	0.26	ยอมรับได้
147	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.51	8.91	3253.00	0.011	0.18	ยอมรับได้
148	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.51	7.29	2660.00	0.026	0.43	ยอมรับได้
149	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.51	4.69	1712.00	0.019	0.32	ยอมรับได้
150	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.51	3.58	1307.00	0.014	0.24	ยอมรับได้
151	ผู้สูงอายุ	ชาย	0.51	0.71	260.50	0.014	0.24	ยอมรับได้

หมายเหตุ: (CF) คือ ค่าความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลที่ตรวจวัดได้ (มก./ลิตร)

(ED) คือ ค่าระยะเวลาที่สัมผัสสาร (ปี)

(AET) คือ ค่าเฉลี่ยการรับสัมผัสสาร (วัน)

(ADD) คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณฟลูออไรด์ที่ได้รับต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (มก./กก./วัน)

(HQ) คือ ค่าดัชนีความเป็นอันตราย

* คือ ระดับความเสี่ยงที่ระบุจากการประเมินจากค่าดัชนีความเป็นอันตราย

(Hazard Quotient) ตามเกณฑ์การประเมินและแปลผลจาก

Hallenbeck WH. และ Springs W. (1993)

การเตรียมสารละลายเริ่มต้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ

เตรียมโดยใช้น้ำปราศจากไอออนล้างผ่านที่บดและคัดแยกขนาดแล้ว โดยการล้างจะใช้น้ำกลั่นประมาณ 1,000 มิลลิลิตร ต่อถ่านกระดูก 500 กรัม เริ่มจากนำถ่านกระดูกและน้ำกลั่นใส่ในขวดแก้วขนาด 2,500 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิท และเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสารที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นปิดเครื่องเขย่าสารและตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องอีกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลา ให้แยกส่วนที่เป็นของเหลวใสภายในขวดที่อยู่ด้านบนถ่านกระดูกมากรองเบื้องต้นโดยใช้กระดาษกรอง GF/C เสร็จแล้วให้กรองของเหลวใสที่ผ่านการกรองแล้วอีกรอบด้วยกระดาษกรองขนาดรูพรุน 0.45 μm สารละลายที่ได้จะถูกเรียกว่าคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (Dissolved organic carbon: DOC) (ฐากร เสนีย์มโนมัย, 2552) เทสารละลายที่ได้ไว้ในขวดแก้วสีชา และเก็บไว้ในที่ปราศจากแสงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส จากนั้นแบ่งสารละลายตัวอย่างจากสารละลายเริ่มต้นที่ได้มาส่วนหนึ่งเพื่อเตรียมการตรวจวัดค่าความเข้มข้นที่แน่นอน เพื่อใช้เตรียมการศึกษาต่อไป

การสร้างแผนภูมิมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำและ UV-254

1. เริ่มปรับปริมาตรครั้งที่ 1 โดยตวงสารละลายเริ่มต้น 10 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออนจนได้ปริมาตร 250.00 มิลลิลิตร จากนั้นเขย่าให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียว
2. นำสารละลายที่ได้หลังจากการปรับปริมาตร ที่ปริมาณ 0.50 1.00 2.00 5.00 10.00 และ 25.00 มิลลิลิตรตามลำดับ ต่อมาปรับปริมาตรครั้งที่ 2 ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออนอีกครั้งให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร
3. นำสารละลายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ความเข้มข้นละ 20.00 มิลลิลิตร ใส่ขวดแก้วขนาด 30.00 มิลลิลิตร จำนวน 3 ขวด ขวดละ 20 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปวัดค่าอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (Total Organic Carbon: TOC) ด้วยเครื่อง Total Organic Carbon Analyzer
4. นำน้ำส่วนที่เหลือจากการตรวจวัดค่าอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดมาตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-254) ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง (UV-VIS Spectrophotometer)

จากนั้นนำค่าต่าง ๆ ที่ได้มาสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ ซึ่งแสดงดังภาพและตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 60 ความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายเริ่มต้นคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ

ชุดสารละลาย	ซ้ำ	ปริมาตร สารละลายที่ใช้ ปรับปริมาตร ครั้งที่ 2 (มล.)	ความเข้มข้น คาร์บอนอินทรีย์ ละลายน้ำ (มก.คาร์บอน/ล.)	ความเข้มข้น สารละลายเริ่มต้น (มก.คาร์บอน/ล.)
1	A1	0.50	0.2650	1325
	A2	0.50	0.2932	1466
	A3	0.50	0.3694	1847
	B1	0.50	0.3309	1655
	B2	0.50	0.3737	1869
	B3	0.50	0.3527	1764
	C1	0.50	0.4406	2203
	C2	0.50	0.3551	1776
	C3	0.50	0.3046	1523
2	A1	1.00	0.5582	1396
	A2	1.00	0.5169	1292
	A3	1.00	0.5202	1301
	B1	1.00	0.5256	1314
	B2	1.00	0.5336	1334
	B3	1.00	0.5434	1359
	C1	1.00	0.6255	1564
	C2	1.00	0.6018	1505
	C3	1.00	0.5414	1354

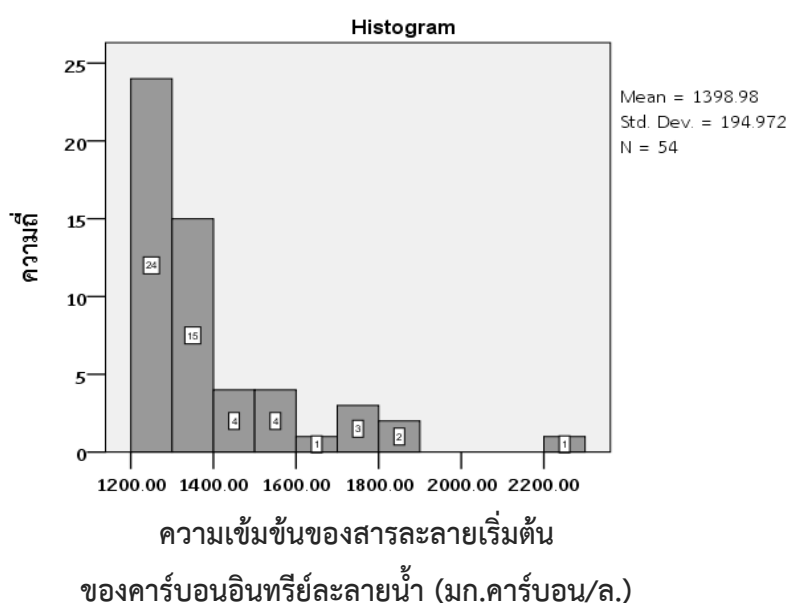
ตารางที่ 60 ความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายเริ่มต้นคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (ต่อ)

ชุดสารละลาย	ซ้ำ	ปริมาตร สารละลายที่ใช้ ปรับปริมาตร ครั้งที่ 2 (มล.)	ความเข้มข้น คาร์บอนอินทรีย์ ละลายน้ำ (มก.คาร์บอน/ล.)	ความเข้มข้น สารละลายเริ่มต้น (มก.คาร์บอน/ล.)
3	A1	2.00	1.047	1309
	A2	2.00	1.014	1268
	A3	2.00	1.063	1329
	B1	2.00	1.116	1395
	B2	2.00	1.061	1326
	B3	2.00	1.081	1351
	C1	2.00	1.241	1551
	C2	2.00	1.104	1380
	C3	2.00	1.044	1305
4	A1	5.00	2.598	1299
	A2	5.00	2.586	1293
	A3	5.00	2.592	1296
	B1	5.00	2.556	1278
	B2	5.00	2.542	1271
	B3	5.00	2.535	1268
	C1	5.00	2.651	1326
	C2	5.00	2.565	1283
	C3	5.00	2.581	1291

ตารางที่ 60 ความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายเริ่มต้นคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (ต่อ)

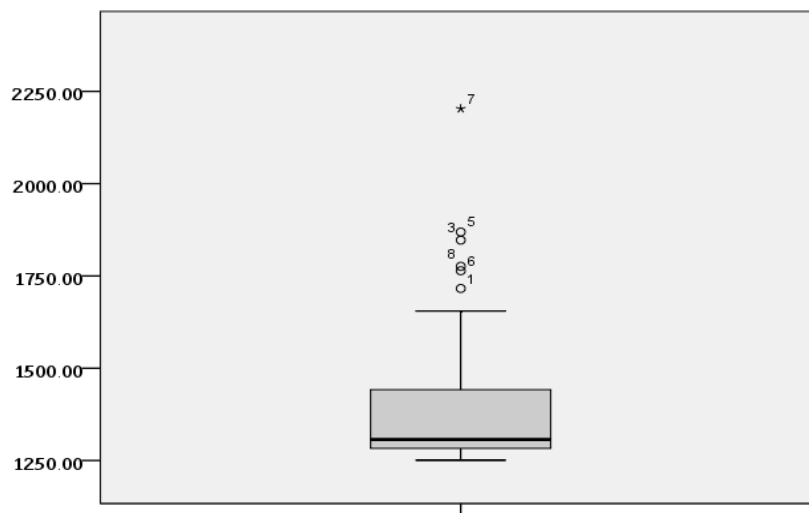
ชุดสารละลาย	ซ้ำ	ปริมาตร สารละลายที่ใช้ ปรับปริมาตร ครั้งที่ 2 (มล.)	ความเข้มข้น คาร์บอนอินทรีย์ ละลายน้ำ (มก.คาร์บอน/ล.)	ความเข้มข้น สารละลายเริ่มต้น (มก.คาร์บอน/ล.)
5	A1	10.00	5.209	1302
	A2	10.00	5.154	1289
	A3	10.00	5.170	1293
	B1	10.00	5.135	1284
	B2	10.00	5.052	1263
	B3	10.00	5.090	1273
	C1	10.00	5.004	1251
	C2	10.00	5.117	1279
	C3	10.00	5.094	1274
6	A1	25.00	12.84	1284
	A2	25.00	12.74	1274
	A3	25.00	12.71	1271
	B1	25.00	12.68	1268
	B2	25.00	12.71	1271
	B3	25.00	12.85	1285
	C1	25.00	14.25	1425
	C2	25.00	14.42	1442
	C3	25.00	14.60	1460
น้ำกลั่นปราศจากไอออน			0.06641	0.00

เมื่อนำค่าความเข้มข้นคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ได้มาคำนวณความเข้มข้นที่แท้จริงของสารละลายเริ่มต้น ซึ่งได้นำค่าความเข้มข้นที่แท้จริงไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ฟังก์ชัน Explore เพื่อวิเคราะห์การกระจายของข้อมูล พบว่า ความเข้มข้นที่แท้จริงสารละลายเริ่มต้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ มีค่าเฉลี่ย \pm SE คือ 1398.9815 ± 26.532320 จำนวนข้อมูลในชุดข้อมูล คือ 54 ค่าสูงสุด 2,203 และ ค่าต่ำสุด 1,251 มก.คาร์บอน/ล. ตามลำดับ และสุดท้าย %RSD คือ 13.66 ซึ่งถือว่าข้อมูลโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีความผิดปกติสูง สอดคล้องและแสดงให้เห็นตามการนำข้อมูลต่าง ๆ สร้างเป็นแผนภูมิฮิสโตแกรม (Histogram) และแผนภูมิก่อน (box-plot) ที่แสดงดังภาพที่ 59



ภาพที่ 59 แผนภาพการแจกแจงความถี่ความเข้มข้นที่แท้จริงของสารละลายเริ่มต้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (เดิม)

จากภาพ 59 จะเห็นได้ว่า ค่าความเข้มข้นแท้จริงสารละลายเริ่มต้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำจะเกาะกลุ่มกันอยู่ในช่วง 1,200 – 1,400 มก.คาร์บอน/ล. แต่จะมีค่าที่สูงเกินผิดปกติอยู่ ถัดไปด้วยเมื่อพิจารณาค่าต่าง ๆ ทางสถิติประกอบแล้ว พบว่า อาจมีค่าที่ผิดปกติปะปนอยู่ในชุดข้อมูล (Outlier) ส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยมีค่าสูง หรือต่ำจากความเป็นจริง และไม่สามารถนำไปใช้อ้างอิงเป็นค่าความเข้มข้นที่แท้จริงของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำของสารละลายเริ่มต้นได้ สอดคล้องกับแผนภาพแบบกล่อง ที่แสดงดังภาพที่ 60



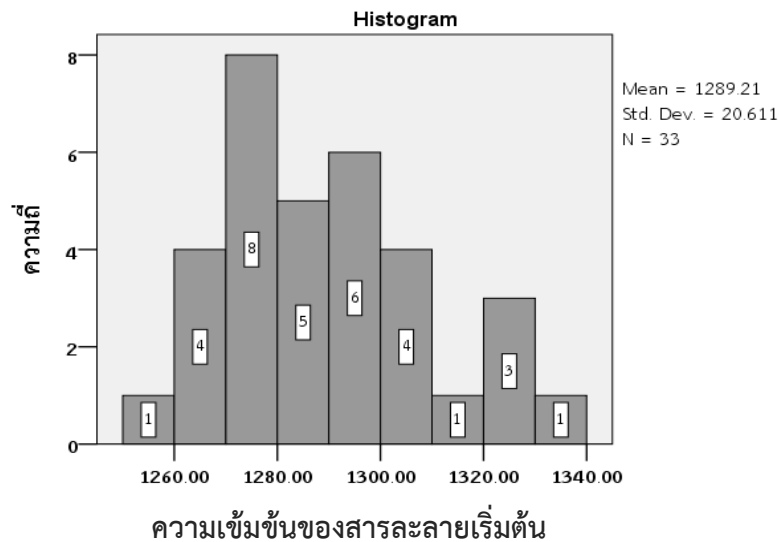
ความเข้มข้นของสารละลายเริ่มต้น

ของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (มก.คาร์บอน/ล.)

ภาพที่ 60 แผนภาพแบบกล่องของชุดความเข้มข้นที่แท้จริง

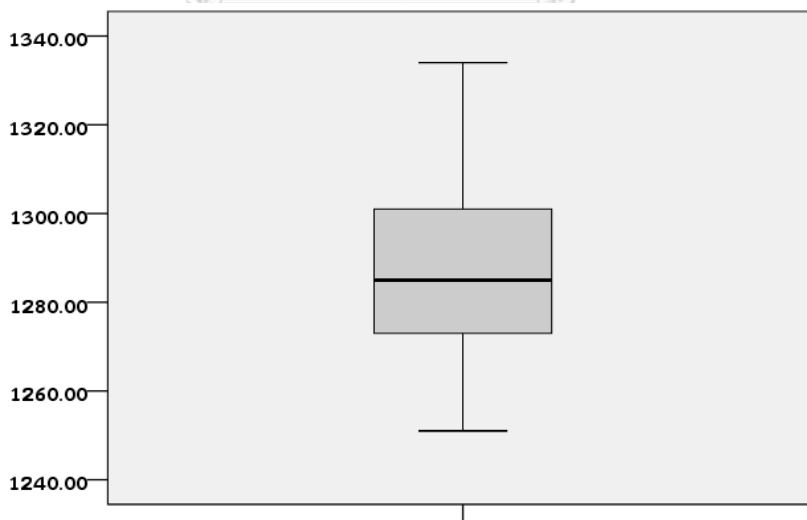
สารละลายเริ่มต้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (เดิม)

จากภาพที่ 60 จะเห็นได้ว่ามีค่าที่ผิดปกติและมีความกระจายออกไปจากกลุ่มข้อมูลจำนวนมาก สันนิษฐานว่าเป็นค่าที่มีความผิดพลาดสูงที่ก่อให้เกิดความผิดพลาดในการคำนวณค่าเฉลี่ย และค่าอื่น ๆ ทางสถิติ ส่งผลเสียต่อการคำนวณความเข้มข้นที่จะเกิดขึ้นต่อไปในการศึกษาดังกล่าว ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยที่สามารถใช้อ้างอิงและคำนวณเพื่อศึกษาและวิเคราะห์เกี่ยวกับการปลดปล่อยคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำได้ ทางผู้ศึกษาจึงได้ตัดค่าที่ผิดปกติเหล่านี้ทิ้ง ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางสถิติชุดใหม่ได้ผลดังภาพที่ 61 และ 62 ดังนี้



ความเข้มข้นของสารละลายเริ่มต้น
ของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (มก.คาร์บอน/ล.)

ภาพที่ 61 แผนภาพการแจกแจงความถี่ความเข้มข้นที่แท้จริง
สารละลายเริ่มต้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (ใหม่)



ความเข้มข้นของสารละลายเริ่มต้น
ของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (มก.คาร์บอน/ล.)

ภาพที่ 62 แผนภาพแบบกล่องของชุดความเข้มข้นที่แท้จริง
สารละลายเริ่มต้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (ใหม่)

การนี้ ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยที่สามารถใช้อ้างอิงเป็นค่าความเข้มข้นที่แท้จริงสารละลายเริ่มต้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ คือ ค่าเฉลี่ย \pm SD คือ 1289.2121 \pm 20.610613 มก.คาร์บอน/ล. (SE = 3.58785) จำนวนข้อมูลในชุดข้อมูล คือ 33 ความเข้มข้นสูงสุด คือ 1,334 และต่ำสุดคือ 1,251 มก.คาร์บอน/ล. ตามลำดับ โดยชุดข้อมูลของค่าความเข้มข้นต่าง ๆ และผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แสดงดังตารางที่ 61

ตารางที่ 61 ค่าความเข้มข้นที่แท้จริง และผลการวิเคราะห์ทางสถิติของสารละลายเริ่มต้นคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ

Descriptives			
		Statistic	Std. Error
CONC_STOCK	Mean	1289.2121	3.58785
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound 1281.9039 Upper Bound 1296.5203	
	5% Trimmed Mean	1288.6936	
	Median	1285.0000	
	Variance	424.797	
	Std. Deviation	20.61061	
	Minimum	1251.00	
	Maximum	1334.00	
	Range	83.00	
	Interquartile Range	29.50	
	Skewness	.568	.409
	Kurtosis	-.255	.798

ทั้งนี้ เมื่อทำการปิดเศษทศนิยมของค่าเฉลี่ย เป็น 1,289 มก.คาร์บอน/ล. แล้วทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม T-test (One-sample t-test) พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น จึงสามารถนำค่าดังกล่าว เป็นค่าความเข้มข้นที่แท้จริงของสารละลายเริ่มต้นคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำเพื่อสะดวกแก่การวิเคราะห์ต่อไป

ตารางที่ 62 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความเข้มข้นที่แท้จริงของสารละลายเริ่มต้นคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ

One-Sample Test						
Test Value = 1289						
t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
				Lower	Upper	
CONC_STOCK	.059	32	.953	.21212	-7.0961	7.5203

ดังนั้น ความเข้มข้นที่ไม่มี ความแตกต่างกับค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ที่สามารถนำไปใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำกับค่าการดูดกลืนแสง (UV-254) ได้มีดังตารางที่ 87 ต่อไปนี้

ตารางที่ 63 ความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำกับค่าการดูดกลืนแสง (UV-254)

(Vol.Dil 2) (มล.)	(DOC) (มก.คาร์บอน/ล.)	(UV-254) เฉลี่ย±SD (abs, cm ⁻¹)		
		1	2	3
1.00	0.5169	0.008±0.000	0.008±0.001	0.008±0.000
1.00	0.5202			
1.00	0.5256	0.009±0.001	0.008±0.001	0.008±0.000
1.00	0.5336			
เฉลี่ย±SD	0.5241±0.0073		0.008±0.000	
2.00	1.047			
2.00	1.014	0.015±0.000	0.015±0.000	0.015±0.001
2.00	1.063			
2.00	1.061	0.014±0.000	0.015±0.000	0.015±0.000
2.00	1.044			
เฉลี่ย±SD	1.046±0.020		0.015±0.000	

ตารางที่ 63 ความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำกับค่าการดูดกลืนแสง (UV-254) (ต่อ)

(Vol.Dil 2) (มล.)	(DOC) (มก.คาร์บอน/ล.)	(UV-254) เฉลี่ย±SD (abs, cm ⁻¹)		
		1	2	3
5.00	2.598			
5.00	2.586	0.035±0.000	0.035±0.001	0.035±0.001
5.00	2.592			
5.00	2.556			
5.00	2.542	0.034±0.001	0.035±0.001	0.035±0.000
5.00	2.535			
5.00	2.651			
5.00	2.565	0.035±0.001	0.035±0.001	0.035±0.001
5.00	2.581			
เฉลี่ย±SD	2.578±0.035		0.035±0.001	
10.00	5.209			
10.00	5.154	0.069±0.001	0.068±0.001	0.069±0.000
10.00	5.170			
10.00	5.135			
10.00	5.052	0.068±0.001	0.068±0.001	0.068±0.001
10.00	5.090			
10.00	5.004			
10.00	5.117	0.068±0.001	0.068±0.001	0.068±0.000
10.00	5.094			
เฉลี่ย±SD	5.114±0.062		0.069±0.001	

ตารางที่ 63 ความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำกับค่าการดูดกลืนแสง (UV-254) (ต่อ)

(Vol.Dil 2) (มล.)	(DOC) (มก.คาร์บอน/ล.)	(UV-254) เฉลี่ย±SD (abs, cm ⁻¹)		
		1	2	3
25.00	12.84			
25.00	12.74	0.170±0.001	0.170±0.001	0.170±0.001
25.00	12.71			
25.00	12.68			
25.00	12.71	0.170±0.001	0.170±0.001	0.170±0.001
25.00	12.85			
เฉลี่ย±SD	12.76±0.07	0.170±0.001		
(DI)	0.06641	0.000		

หมายเหตุ: (Vol.Dil 2) คือ ปริมาณสารละลายที่มาจากการปรับปริมาตรสารละลายเริ่มต้นครั้งแรกให้เป็น 250.00 มิลลิลิตร หลังจากนั้นจะถูกปรับปริมาตรต่อด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออนให้มีปริมาตรใหม่ที่ 100.00 (มก.คาร์บอน/ล.)

(DOC) คือ ความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (มก.คาร์บอน/ล.)

(UV-254) คือ ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร จากการตรวจวัด 5 ซ้ำ

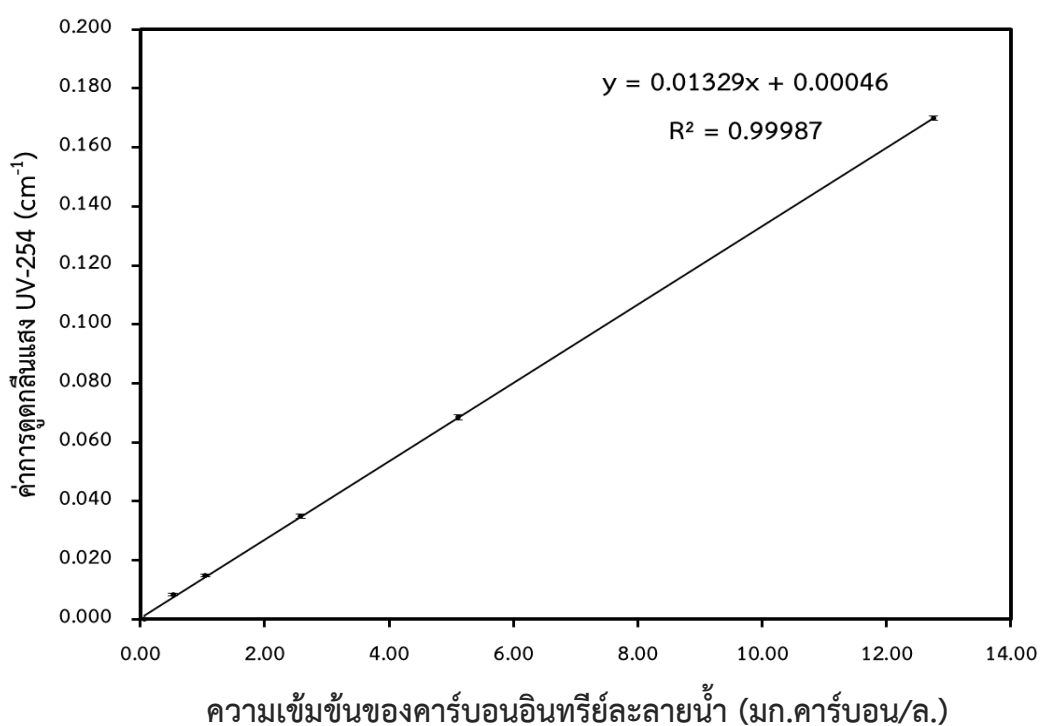
(DI) คือ น้ำกลั่นปราศจากไอออน

จากนั้น เมื่อนำค่าที่ได้ทั้งในส่วนของคุณค่าความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ รวมไปถึงค่าการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ ทำให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำกับค่าการดูดกลืนแสง (UV-254) และสอดคล้องตามภาพที่ 63

$$Y = 0.01329X + 0.00046$$

เมื่อ Y คือ ค่าการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร (UV-254) (cm^{-1})

X คือ ความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (มก.คาร์บอน/ล.)



ภาพที่ 63 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ
กับค่าการดูดกลืนแสง (UV-254)

ส่วนที่ 3 ศึกษาการประเมินอายุการใช้งานของระบบ

1. ศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์

1.1 การศึกษาความสูงของชั้นกรองต่อการกำจัดฟลูออไรด์

การศึกษาความสูงของชั้นกรองต่อการกำจัดฟลูออไรด์ ใช้อัตราการกรองของน้ำขาเข้าที่ 4.60 มิลลิลิตรต่อนาที ผลปรากฏดังตารางต่าง ๆ ต่อไปนี้

ตารางที่ 64 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่มีความสูงชั้นกรอง 5 เซนติเมตร

เวลา (วินาที)	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก./ล.)	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก./ล.)	หมายเหตุ
200	3.33	7.50	0.11	
400	6.67	7.50	0.18	
600	10.0	7.50	0.37	
800	13.3	7.50	0.64	Breakthrough
1000	16.7	7.50	0.99	
1200	20.0	7.50	1.33	
1400	23.3	7.50	1.70	
200	3.33	7.50	0.11	

ตารางที่ 65 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่ความสูงชั้นกรอง 10 เซนติเมตร

เวลา (วินาที)	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก./ล.)	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก./ล.)	หมายเหตุ
200	3.33	7.50	0.17	
400	6.67	7.50	0.16	
600	10.0	7.50	0.20	
800	13.3	7.50	0.27	
1000	16.7	7.50	0.35	
1200	20.0	7.50	0.42	
1400	23.3	7.50	0.51	
1600	26.7	7.50	0.60	Breakthrough
1800	30.0	7.50	0.74	
2000	33.3	7.50	0.87	
2200	36.7	7.50	0.98	
2400	40.0	7.50	1.07	
2600	43.3	7.50	1.19	
2800	46.7	7.50	1.34	
3000	50.0	7.50	1.43	
3200	53.3	7.50	1.51	

ตารางที่ 66 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่มีความสูงชันกรอง 15 เซนติเมตร

เวลา (วินาที)	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก./ล.)	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก./ล.)	หมายเหตุ
200	3.33	7.50	0.18	
400	6.67	7.50	0.19	
600	10.0	7.50	0.20	
800	13.3	7.50	0.24	
1000	16.7	7.50	0.28	
1200	20.0	7.50	0.31	
1400	23.3	7.50	0.35	
1600	26.7	7.50	0.40	
1800	30.0	7.50	0.50	
2000	33.3	7.50	0.52	
2200	36.7	7.50	0.55	
2400	40.0	7.50	0.55	
2600	43.3	7.50	0.59	
2800	46.7	7.50	0.65	
3000	50.0	7.50	0.67	Breakthrough
3200	53.3	7.50	0.74	
3400	56.7	7.50	0.74	
3600	60.0	7.50	0.78	
3800	63.3	7.50	0.80	
4000	66.7	7.50	0.83	
4200	70.0	7.50	0.86	
4400	73.3	7.50	0.90	
4600	76.7	7.50	0.92	
4800	80.0	7.50	0.97	
5000	83.3	7.50	0.97	
5200	86.7	7.50	1.04	
5400	90.0	7.50	1.09	
5600	93.3	7.50	1.12	

ตารางที่ 66 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่ความสูงชั้นกรอง 15 เซนติเมตร (ต่อ)

เวลา (วินาที)	เวลา (นาทื)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก./ล.)	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก./ล.)	หมายเหตุ
5800	96.7	7.50	1.13	
6000	100	7.50	1.18	
6200	103	7.50	1.20	
6400	107	7.50	1.24	
6600	110	7.50	1.29	
6800	113	7.50	1.30	
7000	117	7.50	1.37	
7200	120	7.50	1.37	
7400	123	7.50	1.42	
7600	127	7.50	1.48	
7800	130	7.50	1.52	

ตารางที่ 67 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่ความสูงชั้นกรอง 20 เซนติเมตร

เวลา (วินาที)	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก./ล.)	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก./ล.)	หมายเหตุ
200	3.33	7.50	0.33	
400	6.67	7.50	0.35	
600	10.0	7.50	0.23	
800	13.3	7.50	0.33	
1000	16.7	7.50	0.33	
1200	20.0	7.50	0.35	
1400	23.3	7.50	0.37	
1600	26.7	7.50	0.33	
1800	30.0	7.50	0.49	
2000	33.3	7.50	0.52	
2200	36.7	7.50	0.58	
2400	40.0	7.50	0.58	
2600	43.3	7.50	0.62	
2800	46.7	7.50	0.65	
3000	50.0	7.50	0.67	
3200	53.3	7.50	0.68	
3400	56.7	7.50	0.70	
3600	60.0	7.50	0.66	Breakthrough
3800	63.3	7.50	0.73	
4000	66.7	7.50	0.72	
4200	70.0	7.50	0.85	
4400	73.3	7.50	0.91	
4600	76.7	7.50	0.93	
4800	80.0	7.50	0.95	
5000	83.3	7.50	0.94	
5200	86.7	7.50	0.98	
5400	90.0	7.50	1.03	
5600	93.3	7.50	1.02	

ตารางที่ 67 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่ความสูงชั้นกรอง 20 เซนติเมตร (ต่อ)

เวลา (วินาที)	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก./ล.)	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก./ล.)	หมายเหตุ
5800	96.7	7.50	1.04	
6000	100	7.50	1.06	
6200	103	7.50	1.06	
6400	107	7.50	1.07	
6600	110	7.50	1.16	
6800	113	7.50	1.12	
7000	117	7.50	1.11	
7200	120	7.50	1.12	
7400	123	7.50	1.18	
7600	127	7.50	1.19	
7800	130	7.50	1.16	
8000	133	7.50	1.21	
8200	137	7.50	1.19	
8400	140	7.50	1.24	
8600	143	7.50	1.27	
8800	147	7.50	1.28	
9000	150	7.50	1.34	
9200	153	7.50	1.29	
9400	157	7.50	1.27	
9600	160	7.50	1.42	
9800	163	7.50	1.40	
10000	167	7.50	1.45	
10200	170	7.50	1.47	
10400	173	7.50	1.50	

ตารางที่ 68 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่มีความสูงชันกรอง 25 เซนติเมตร

เวลา (วินาที)	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก./ล.)	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก./ล.)	หมายเหตุ
200	3.33	7.50	0.36	
400	6.67	7.50	0.31	
600	10.0	7.50	0.34	
800	13.3	7.50	0.33	
1000	16.7	7.50	0.36	
1200	20.0	7.50	0.41	
1400	23.3	7.50	0.37	
1600	26.7	7.50	0.40	
1800	30.0	7.50	0.52	
2000	33.3	7.50	0.49	
2200	36.7	7.50	0.55	
2400	40.0	7.50	0.50	
2600	43.3	7.50	0.52	
2800	46.7	7.50	0.53	
3000	50.0	7.50	0.61	
3200	53.3	7.50	0.59	
3400	56.7	7.50	0.57	
3600	60.0	7.50	0.61	
3800	63.3	7.50	0.62	
4000	66.7	7.50	0.62	
4200	70.0	7.50	0.61	
4400	73.3	7.50	0.61	
4600	76.7	7.50	0.59	
4800	80.0	7.50	0.64	
5000	83.3	7.50	0.60	
5200	86.7	7.50	0.70	Breakthrough
5400	90.0	7.50	0.71	
5600	93.3	7.50	0.67	

ตารางที่ 68 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่ความสูงชั้นกรอง 25 เซนติเมตร (ต่อ)

เวลา (วินาที)	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก./ล.)	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก./ล.)	หมายเหตุ
5800	96.7	7.50	0.69	
6000	100	7.50	0.56	
6200	103	7.50	0.67	
6400	107	7.50	0.67	
6600	110	7.50	0.60	
6800	113	7.50	0.70	
7000	117	7.50	0.63	
7200	120	7.50	0.61	
7400	123	7.50	0.64	
7600	127	7.50	0.70	
7800	130	7.50	0.66	
8000	133	7.50	0.65	
8200	137	7.50	0.71	
8400	140	7.50	0.66	
8600	143	7.50	0.72	
8800	147	7.50	0.71	
9000	150	7.50	0.68	
9200	153	7.50	0.70	
9400	157	7.50	0.69	
9600	160	7.50	0.75	
9800	163	7.50	0.68	
10000	167	7.50	0.74	
10200	170	7.50	0.74	
10400	173	7.50	0.81	
10600	177	7.50	0.78	
10800	180	7.50	0.75	

ตารางที่ 68 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่ความสูงชั้นกรอง 25 เซนติเมตร (ต่อ)

เวลา (วินาที)	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก./ล.)	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก./ล.)	หมายเหตุ
11000	183	7.50	0.76	
11200	187	7.50	0.77	
11400	190	7.50	0.74	
11600	193	7.50	0.71	
11800	197	7.50	0.74	
12000	200	7.50	0.69	
12200	203	7.50	0.72	
12400	207	7.50	0.74	
12600	210	7.50	0.78	
12800	213	7.50	0.84	
13000	217	7.50	0.83	
13200	220	7.50	0.81	
13400	223	7.50	0.83	
13600	227	7.50	0.87	
13800	230	7.50	0.91	
14000	233	7.50	0.93	
14200	237	7.50	0.96	
14400	240	7.50	0.94	
14600	243	7.50	0.96	
14800	247	7.50	0.95	
15000	250	7.50	0.93	
15200	253	7.50	0.97	
15400	257	7.50	1.01	
15600	260	7.50	1.05	
15800	263	7.50	1.07	
16000	267	7.50	1.10	

ตารางที่ 68 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่ความสูงชั้นกรอง 25 เซนติเมตร (ต่อ)

เวลา (วินาที)	เวลา (นาทื)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก./ล.)	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก./ล.)	หมายเหตุ
16400	273	7.50	1.20	
16600	277	7.50	1.20	
16800	280	7.50	1.17	
17000	283	7.50	1.24	
17200	287	7.50	1.27	
17400	290	7.50	1.33	
17600	293	7.50	1.37	
17800	297	7.50	1.40	
18000	300	7.50	1.43	
18200	303	7.50	1.45	
18400	307	7.50	1.46	
18600	310	7.50	1.49	
18800	313	7.50	1.56	

ตารางที่ 69 ค่าตัวแปรในการศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่ความสูงชั้นกรองต่าง ๆ

ตัวแปรที่ศึกษา	ความสูงของชั้นกรอง (เซนติเมตร)				
	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00
ความเข้มข้นของน้ำขาเข้า (Ci: มก./ล.)	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50
มวลของถ่านกระตุก (m: ก.)	5.4399	10.7285	17.8837	20.5170	25.6802
รัศมีของคอลัมน์ (r: ซม.)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ความสูงชั้นกรองถ่านกระตุก (h: ซม.)	2.20	4.40	6.70	8.90	11.10
ปริมาตรของสารกรองในคอลัมน์ (Bedvolume: ลบ.ซม.)	6.91	13.8	21.0	28.0	34.9
อัตราการกรองของน้ำเข้า (มล./นาที่)	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60
ระยะเวลาการสัมผัสของสารกรอง (EBCT: นาที่)	1.50	3.01	4.58	6.08	7.58
ปริมาตรสารละลายที่ผ่านคอลัมน์จนถึง	61.3	123	230	276	399
ความเข้มข้นเบรกทรู (Vb: ล.)					
อัตราการใช้สารกรอง (usage rate: ก./ล.)	88.7	87.5	77.8	74.3	64.4
พื้นที่หน้าตัด (A: ตร.ซม.)	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14
อัตราการกรองที่ผิวหน้า ของสารกรอง (F: ซม./นาที่)	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
ระยะเวลาที่ความเข้มข้นเบรกทรู (Breakthrough: นาที่)	13.3	26.7	50.0	60.0	86.7

1.2 การศึกษาอัตราการกรองน้ำต่อการกำจัดฟลูออไรด์

การศึกษาอัตราการกรองน้ำต่อการกำจัดฟลูออไรด์ที่ความสูงชันกรองที่ 25 เซนติเมตร โดยอัตราการกรองของน้ำขาเข้าที่ 2.30 4.60 และ 9.20 มิลลิลิตรต่อนาที ตามลำดับ ผลปรากฏดังตารางต่าง ๆ ต่อไปนี้

ตารางที่ 70 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่อัตราการกรอง 2.30 มล./นาที

เวลา (วินาที)	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก./ล.)	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก./ล.)	หมายเหตุ
300	5.00	7.50	0.34	
600	10.0	7.50	0.41	
900	15.0	7.50	0.43	
1200	20.0	7.50	0.47	
1500	25.0	7.50	0.46	
1800	30.0	7.50	0.43	
2100	35.0	7.50	0.43	
2400	40.0	7.50	0.44	
2700	45.0	7.50	0.43	
3000	50.0	7.50	0.44	
3300	55.0	7.50	0.47	
3600	60.0	7.50	0.47	
3900	65.0	7.50	0.49	
4200	70.0	7.50	0.47	
4500	75.0	7.50	0.50	
4800	80.0	7.50	0.53	
5100	85.0	7.50	0.55	
5400	90.0	7.50	0.55	
5700	95.0	7.50	0.51	
6000	100	7.50	0.56	
6300	105	7.50	0.56	
6600	110	7.50	0.57	
6900	115	7.50	0.59	

ตารางที่ 70 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ ที่อัตราการกรอง 2.30 มล./นาที่ (ต่อ)

เวลา (วินาที)	เวลา (นาที่)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก./ล.)	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก./ล.)	หมายเหตุ
7200	120	7.50	0.61	
7500	125	7.50	0.62	
7800	130	7.50	0.69	
8100	135	7.50	0.65	
8400	140	7.50	0.65	
8700	145	7.50	0.66	
9000	150	7.50	0.70	
9300	155	7.50	0.70	
9600	160	7.50	0.70	
9900	165	7.50	0.69	Breakthrough
10200	170	7.50	0.72	
10500	175	7.50	0.73	
10800	180	7.50	0.73	
11100	185	7.50	0.72	
11400	190	7.50	0.76	
11700	195	7.50	0.72	
12000	200	7.50	0.77	
12300	205	7.50	0.76	
12600	210	7.50	0.75	
12900	215	7.50	0.80	
13200	220	7.50	0.84	
13500	225	7.50	0.84	
13800	230	7.50	0.86	
14100	235	7.50	0.87	
14400	240	7.50	0.85	
14700	245	7.50	0.89	
15000	250	7.50	0.88	
15300	255	7.50	0.86	

ตารางที่ 70 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ ที่อัตราการกรอง 2.30 มล./นาที (ต่อ)

เวลา (วินาที)	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก./ล.)	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก./ล.)	หมายเหตุ
15600	260	7.50	0.87	
15900	265	7.50	0.86	
16200	270	7.50	0.91	
16500	275	7.50	0.87	
16800	280	7.50	0.93	
17100	285	7.50	0.92	
17400	290	7.50	0.89	
17700	295	7.50	0.92	
18000	300	7.50	0.94	
18300	305	7.50	0.87	
18600	310	7.50	0.94	
18900	315	7.50	0.95	
19200	320	7.50	0.93	
19500	325	7.50	0.94	
19800	330	7.50	0.93	
20100	335	7.50	0.93	
20400	340	7.50	0.93	
20700	345	7.50	0.94	
21000	350	7.50	0.93	
21300	355	7.50	0.96	
21600	360	7.50	0.94	
21900	365	7.50	0.94	
22200	370	7.50	0.93	
22500	375	7.50	0.93	
22800	380	7.50	0.91	
23100	385	7.50	0.89	
23400	390	7.50	0.91	
23700	395	7.50	0.91	

ตารางที่ 70 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ ที่อัตราการกรอง 2.30 มล./นาที (ต่อ)

เวลา (วินาที)	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก./ล.)	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก./ล.)	หมายเหตุ
24000	400	7.50	0.88	
24300	405	7.50	0.91	
24600	410	7.50	0.89	
24900	415	7.50	0.91	
25200	420	7.50	1.02	
25500	425	7.50	1.06	
25800	430	7.50	1.05	
26100	435	7.50	1.04	
26400	440	7.50	1.05	
26700	445	7.50	1.02	
27000	450	7.50	1.02	
27300	455	7.50	0.99	
27600	460	7.50	1.03	
27900	465	7.50	1.03	
28200	470	7.50	1.07	
28500	475	7.50	1.08	
28800	480	7.50	1.00	
29100	485	7.50	1.07	
29400	490	7.50	1.05	
29700	495	7.50	1.06	
30000	500	7.50	1.08	
30300	505	7.50	1.06	
30600	510	7.50	1.08	
30900	515	7.50	1.07	
31200	520	7.50	1.08	
31500	525	7.50	1.06	
31800	530	7.50	1.07	
32100	535	7.50	1.05	

ตารางที่ 70 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ ที่อัตราการกรอง 2.30 มล./นาที (ต่อ)

เวลา (วินาที)	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก./ล.)	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก./ล.)	หมายเหตุ
32400	540	7.50	1.09	
32700	545	7.50	1.08	
33000	550	7.50	1.08	
33300	555	7.50	1.05	
33600	560	7.50	1.07	
33900	565	7.50	1.08	
34200	570	7.50	1.06	
34500	575	7.50	1.06	
34800	580	7.50	1.07	
35100	585	7.50	1.08	
35400	590	7.50	1.09	
35700	595	7.50	1.04	
36000	600	7.50	1.09	
36300	605	7.50	1.05	
36600	610	7.50	1.08	
36900	615	7.50	1.06	
37200	620	7.50	1.05	
37500	625	7.50	1.07	
37800	630	7.50	1.07	
38100	635	7.50	1.09	
38400	640	7.50	1.04	
38700	645	7.50	1.10	
39000	650	7.50	1.06	
39300	655	7.50	1.06	
39600	660	7.50	1.09	
39900	665	7.50	1.08	
40200	670	7.50	1.06	
40500	675	7.50	1.06	

ตารางที่ 70 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ ที่อัตราการกรอง 2.30 มล./นาที (ต่อ)

เวลา (วินาที)	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก./ล.)	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก./ล.)	หมายเหตุ
40800	680	7.50	1.07	
41100	685	7.50	1.07	
41400	690	7.50	1.05	
41700	695	7.50	1.08	
42000	700	7.50	1.07	
42300	705	7.50	1.08	
42600	710	7.50	1.09	
42900	715	7.50	1.09	
43200	720	7.50	1.10	
43500	725	7.50	1.13	
43800	730	7.50	1.13	
44100	735	7.50	1.13	
44400	740	7.50	1.14	
44700	745	7.50	1.14	
45000	750	7.50	1.15	
45300	755	7.50	1.16	
45600	760	7.50	1.16	
45900	765	7.50	1.18	
46200	770	7.50	1.17	
46500	775	7.50	1.17	
46800	780	7.50	1.17	
47100	785	7.50	1.22	
47400	790	7.50	1.16	
47700	795	7.50	1.19	
48000	800	7.50	1.20	
48300	805	7.50	1.23	
48600	810	7.50	1.22	
48900	815	7.50	1.21	

ตารางที่ 70 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ ที่อัตราการกรอง 2.30 มล./นาที (ต่อ)

เวลา (วินาที)	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก./ล.)	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก./ล.)	หมายเหตุ
49200	820	7.50	1.23	
49500	825	7.50	1.20	
49800	830	7.50	1.22	
50100	835	7.50	1.22	
50400	840	7.50	1.21	
50700	845	7.50	1.22	
51000	850	7.50	1.24	
51300	855	7.50	1.25	
51600	860	7.50	1.23	
51900	865	7.50	1.23	
52200	870	7.50	1.25	
52500	875	7.50	1.24	
52800	880	7.50	1.25	
53100	885	7.50	1.27	
53400	890	7.50	1.27	
53700	895	7.50	1.29	
54000	900	7.50	1.29	
54300	905	7.50	1.32	
54600	910	7.50	1.31	
54900	915	7.50	1.32	
55200	920	7.50	1.35	
55500	925	7.50	1.36	
55800	930	7.50	1.36	
56100	935	7.50	1.38	
56400	940	7.50	1.37	
56700	945	7.50	1.38	
57000	950	7.50	1.38	
57300	955	7.50	1.37	

ตารางที่ 70 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ ที่อัตราการกรอง 2.30 มล./นาที (ต่อ)

เวลา (วินาที)	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก./ล.)	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก./ล.)	หมายเหตุ
57600	960	7.50	1.36	
57900	965	7.50	1.33	
58200	970	7.50	1.39	
58500	975	7.50	1.40	
58800	980	7.50	1.44	
59100	985	7.50	1.41	
59400	990	7.50	1.38	
59700	995	7.50	1.43	
60000	1000	7.50	1.36	
60300	1005	7.50	1.37	
60600	1010	7.50	1.43	
60900	1015	7.50	1.34	
61200	1020	7.50	1.38	
61500	1025	7.50	1.37	
61800	1030	7.50	1.47	
62100	1035	7.50	1.46	
62400	1040	7.50	1.46	
62700	1045	7.50	1.47	
63000	1050	7.50	1.50	

ตารางที่ 71 การศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ ที่อัตราการกรอง 9.20 มล./นาที

เวลา (วินาที)	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก./ล.)	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก./ล.)	หมายเหตุ
120	2.00	7.50	0.35	
240	4.00	7.50	0.38	
360	6.00	7.50	0.45	
480	8.00	7.50	0.49	
600	10.0	7.50	0.57	
720	12.0	7.50	0.65	Breakthrough
840	14.0	7.50	0.75	
960	16.0	7.50	0.79	
1080	18.0	7.50	0.84	
1200	20.0	7.50	0.91	
1320	22.0	7.50	0.97	
1440	24.0	7.50	1.04	
1560	26.0	7.50	1.09	
1680	28.0	7.50	1.16	
1800	30.0	7.50	1.23	
1920	32.0	7.50	1.28	
2040	34.0	7.50	1.36	
2160	36.0	7.50	1.44	
2280	38.0	7.50	1.50	
2400	40.0	7.50	1.57	

ตารางที่ 72 ค่าตัวแปรในการศึกษาการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยระบบคอลัมน์ที่อัตราการกรองต่าง ๆ

ตัวแปรที่ศึกษา	อัตราการกรองของน้ำ (มล./นาที่)		
	2.30	4.60	9.20
ความเข้มข้นของน้ำขาเข้า (Ci: มก./ล.)	7.50	7.50	7.50
มวลของถ่านกระดูก (m: ก.)	22.4711	24.6802	23.1729
รัศมีของคอลัมน์ (r: ซม.)	1.00	1.00	1.00
ความสูงชั้นกรองถ่านกระดูก (h: ซม.)	11.10	11.10	11.10
ปริมาตรของสารกรองในคอลัมน์ (Bedvolume: ลบ.ซม.)	34.9	34.9	34.9
อัตราการกรองของน้ำเข้า (มล./นาที่)	2.30	4.60	9.20
ระยะเวลาการสัมผัสของสารกรอง (EBCT: นาที่)	15.2	7.58	3.79
ปริมาตรสารละลายที่ผ่านคอลัมน์จนถึงความเข้มข้นเบรกทรู (Vb: ล.)	380	399	110
อัตราการใช้สารกรอง (usage rate: ก./ล.)	59.2	61.9	210
พื้นที่หน้าตัด (A: ตร.ซม.)	3.14	3.14	3.14
อัตราการกรองที่ผิวหน้าของสารกรอง (F: ซม./นาที่)	0.732	1.46	2.93
ระยะเวลาที่ความเข้มข้นเบรกทรู (Breakthrough: นาที่)	165	86.7	12.0

1.2 การศึกษาความสูงของชั้นกรองต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ

การศึกษาความสูงของชั้นกรองต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ ใช้อัตราการกรองของน้ำเข้าที่ 4.60 มิลลิลิตรต่ออนาที ผลปรากฏดังตารางต่าง ๆ ต่อไปนี้

ตารางที่ 73 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 5.00 ซม.

เวลา (นาทีก)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm^{-1}) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
60.0	6.36	0.006	0.42	
90.0	6.36	0.008	0.59	
120	6.36	0.008	0.57	
150	6.36	0.011	0.80	
180	6.36	0.012	0.87	
210	6.36	0.014	1.02	Breakthrough
240	6.36	0.015	1.14	
270	6.36	0.016	1.22	
300	6.36	0.019	1.40	
330	6.36	0.022	1.69	
360	6.36	0.024	1.82	
390	6.36	0.027	2.06	

หมายเหตุ: * ค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัด 5 ซ้ำ

ตารางที่ 74 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 10.00 ซม.

เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm^{-1}) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
390.0	6.36	0.007	0.56	
420.0	6.36	0.007	0.56	
450.0	6.36	0.008	0.59	
480.0	6.36	0.008	0.60	
510.0	6.36	0.008	0.60	
540.0	6.36	0.009	0.71	
570.0	6.36	0.009	0.68	
600.0	6.36	0.009	0.69	
630.0	6.36	0.009	0.69	
660.0	6.36	0.009	0.68	
690.0	6.36	0.010	0.74	
720.0	6.36	0.010	0.75	
750.0	6.36	0.011	0.80	
780.0	6.36	0.010	0.75	
810.0	6.36	0.010	0.75	
840.0	6.36	0.010	0.75	
870.0	6.36	0.011	0.83	
900.0	6.36	0.011	0.81	
930.0	6.36	0.010	0.72	
960.0	6.36	0.012	0.87	
990.0	6.36	0.012	0.90	
1020	6.36	0.012	0.90	
1050	6.36	0.013	0.98	
1080	6.36	0.013	0.99	
1110	6.36	0.013	0.98	
1140	6.36	0.013	0.99	
1170	6.36	0.014	1.04	Breakthrough
1200	6.36	0.013	0.96	

ตารางที่ 74 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 10.00 ซม. (ต่อ)

เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm^{-1}) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
1230	6.36	0.013	0.99	
1260	6.36	0.013	0.98	
1290	6.36	0.013	1.01	
1320	6.36	0.013	0.98	
1350	6.36	0.014	1.04	
1380	6.36	0.014	1.02	
1410	6.36	0.014	1.07	
1440	6.36	0.014	1.05	
1470	6.36	0.015	1.16	
1500	6.36	0.015	1.13	
1530	6.36	0.016	1.19	
1560	6.36	0.016	1.20	
1590	6.36	0.016	1.20	
1620	6.36	0.016	1.20	
1650	6.36	0.018	1.35	
1680	6.36	0.018	1.37	
1710	6.36	0.019	1.43	
1740	6.36	0.019	1.43	
1770	6.36	0.019	1.43	
1800	6.36	0.020	1.49	
1830	6.36	0.019	1.40	
1860	6.36	0.019	1.46	
1890	6.36	0.019	1.40	
1920	6.36	0.017	1.28	
1950	6.36	0.017	1.29	
1980	6.36	0.019	1.46	
2010	6.36	0.020	1.47	
2040	6.36	0.021	1.56	

ตารางที่ 74 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 10.00 ซม. (ต่อ)

เวลา (นาทื)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm^{-1}) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
2070	6.36	0.020	1.47	
2100	6.36	0.019	1.44	
2130	6.36	0.020	1.50	
2160	6.36	0.021	1.55	
2190	6.36	0.020	1.52	
2220	6.36	0.020	1.50	
2250	6.36	0.020	1.50	
2280	6.36	0.020	1.52	
2310	6.36	0.021	1.58	
2340	6.36	0.021	1.61	
2370	6.36	0.022	1.65	
2400	6.36	0.021	1.61	
2430	6.36	0.021	1.59	
2460	6.36	0.022	1.67	
2490	6.36	0.022	1.62	
2520	6.36	0.020	1.49	
2550	6.36	0.021	1.56	
2580	6.36	0.020	1.53	
2610	6.36	0.019	1.43	
2640	6.36	0.019	1.43	
2670	6.36	0.019	1.43	
2700	6.36	0.019	1.43	
2730	6.36	0.020	1.47	
2760	6.36	0.019	1.44	
2790	6.36	0.020	1.53	
2820	6.36	0.020	1.53	
2850	6.36	0.020	1.50	
2880	6.36	0.020	1.50	

ตารางที่ 74 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 10.00 ซม. (ต่อ)

เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm^{-1}) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
2910	6.36	0.021	1.58	
2940	6.36	0.020	1.52	
2970	6.36	0.022	1.67	
3000	6.36	0.023	1.72	
3030	6.36	0.023	1.76	
3060	6.36	0.024	1.79	
3090	6.36	0.024	1.81	
3120	6.36	0.024	1.81	
3150	6.36	0.024	1.82	
3180	6.36	0.024	1.82	
3210	6.36	0.024	1.81	
3240	6.36	0.025	1.88	
3270	6.36	0.025	1.88	
3300	6.36	0.025	1.90	
3330	6.36	0.025	1.88	
3360	6.36	0.025	1.88	
3390	6.36	0.026	1.93	
3420	6.36	0.026	1.96	
3450	6.36	0.027	2.03	

หมายเหตุ: * ค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัด 5 ซ้ำ

ตารางที่ 75 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 15.00 ซม.

เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm^{-1}) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
240.0	6.36	0.004	0.32	
270.0	6.36	0.004	0.30	
300.0	6.36	0.005	0.35	
330.0	6.36	0.004	0.32	
360.0	6.36	0.004	0.33	
390.0	6.36	0.004	0.29	
420.0	6.36	0.004	0.30	
480.0	6.36	0.005	0.39	
510.0	6.36	0.006	0.45	
540.0	6.36	0.006	0.45	
570.0	6.36	0.005	0.39	
600.0	6.36	0.006	0.42	
630.0	6.36	0.006	0.45	
660.0	6.36	0.006	0.45	
690.0	6.36	0.006	0.45	
720.0	6.36	0.006	0.47	
750.0	6.36	0.006	0.48	
780.0	6.36	0.006	0.48	
810.0	6.36	0.007	0.53	
840.0	6.36	0.007	0.53	
870.0	6.36	0.007	0.53	
900.0	6.36	0.007	0.53	
930.0	6.36	0.007	0.53	
960.0	6.36	0.007	0.53	
990.0	6.36	0.008	0.60	
1020	6.36	0.008	0.60	
1050	6.36	0.009	0.68	
1080	6.36	0.010	0.77	

ตารางที่ 75 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 15.00 ซม. (ต่อ)

เวลา (นาทิจ)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C ₀) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm ⁻¹) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C _t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
1110	6.36	0.010	0.74	
1140	6.36	0.010	0.72	
1170	6.36	0.010	0.75	
1200	6.36	0.010	0.77	
1230	6.36	0.010	0.75	
1260	6.36	0.011	0.80	
1290	6.36	0.011	0.84	
1320	6.36	0.010	0.78	
1350	6.36	0.011	0.81	
1380	6.36	0.011	0.83	
1410	6.36	0.011	0.83	
1440	6.36	0.012	0.87	
1470	6.36	0.012	0.90	
1500	6.36	0.011	0.84	
1530	6.36	0.010	0.77	
1560	6.36	0.012	0.93	
1590	6.36	0.013	0.99	
1620	6.36	0.013	0.98	
1650	6.36	0.013	0.99	
1680	6.36	0.012	0.90	
1710	6.36	0.012	0.92	
1740	6.36	0.012	0.92	
1770	6.36	0.013	0.96	
1800	6.36	0.013	0.98	
1830	6.36	0.013	0.98	
1860	6.36	0.013	0.98	
1890	6.36	0.013	0.98	
1920	6.36	0.013	0.99	

ตารางที่ 75 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 15.00 ซม. (ต่อ)

เวลา (นาทิจ)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C ₀) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm ⁻¹) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C _t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
1950	6.36	0.013	0.99	
1980	6.36	0.013	0.99	
2010	6.36	0.013	1.01	Breakthrough
2040	6.36	0.014	1.02	
2070	6.36	0.014	1.05	
2100	6.36	0.014	1.05	
2130	6.36	0.016	1.17	
2160	6.36	0.016	1.20	
2190	6.36	0.015	1.13	
2220	6.36	0.016	1.20	
2250	6.36	0.016	1.22	
2280	6.36	0.017	1.25	
2310	6.36	0.016	1.20	
2340	6.36	0.016	1.20	
2370	6.36	0.016	1.20	
2400	6.36	0.016	1.20	
2430	6.36	0.017	1.29	
2460	6.36	0.017	1.25	
2490	6.36	0.016	1.22	
2520	6.36	0.016	1.20	
2550	6.36	0.016	1.22	
2580	6.36	0.016	1.20	
2610	6.36	0.018	1.35	
2640	6.36	0.018	1.35	
2670	6.36	0.018	1.37	
2700	6.36	0.018	1.35	
2730	6.36	0.018	1.38	
2760	6.36	0.019	1.40	

ตารางที่ 75 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 15.00 ซม. (ต่อ)

เวลา (นาทิจ)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C ₀) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm ⁻¹) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C _t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
2790	6.36	0.019	1.40	
2820	6.36	0.019	1.44	
2850	6.36	0.019	1.44	
2880	6.36	0.019	1.46	
2910	6.36	0.020	1.50	
2940	6.36	0.018	1.38	
2970	6.36	0.020	1.50	
3000	6.36	0.020	1.47	
3030	6.36	0.019	1.46	
3060	6.36	0.019	1.43	
3090	6.36	0.020	1.47	
3120	6.36	0.020	1.50	
3150	6.36	0.021	1.55	
3180	6.36	0.022	1.65	
3210	6.36	0.022	1.65	
3240	6.36	0.022	1.65	
3270	6.36	0.022	1.65	
3300	6.36	0.023	1.73	
3330	6.36	0.023	1.73	
3360	6.36	0.023	1.73	
3390	6.36	0.023	1.73	
3420	6.36	0.021	1.59	
3450	6.36	0.023	1.72	
3480	6.36	0.023	1.75	
3510	6.36	0.024	1.79	
3540	6.36	0.024	1.81	
3570	6.36	0.024	1.81	
3600	6.36	0.024	1.84	

ตารางที่ 75 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 15.00 ซม. (ต่อ)

เวลา (นาทิจ)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C ₀) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm ⁻¹) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C _t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
3630	6.36	0.025	1.88	
3660	6.36	0.025	1.90	
3690	6.36	0.026	1.93	
3720	6.36	0.025	1.91	
3750	6.36	0.025	1.88	
3780	6.36	0.026	1.93	
3810	6.36	0.025	1.91	
3840	6.36	0.025	1.91	
3870	6.36	0.026	1.97	
3900	6.36	0.026	1.97	
3930	6.36	0.026	1.97	
3960	6.36	0.026	1.96	
3990	6.36	0.026	1.97	
4020	6.36	0.026	1.96	
4050	6.36	0.026	1.96	
4080	6.36	0.027	2.02	

หมายเหตุ: * ค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัด 5 ซ้ำ

ตารางที่ 76 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 20.00 ซม.

เวลา (นาทื)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C ₀) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm ⁻¹) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C _t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
60.0	6.36	0.002	0.17	
90.0	6.36	0.002	0.15	
120	6.36	0.001	0.11	
150	6.36	0.002	0.12	
180	6.36	0.002	0.12	
210	6.36	0.002	0.15	
240	6.36	0.002	0.12	
270	6.36	0.002	0.17	
300	6.36	0.002	0.12	
330	6.36	0.002	0.17	
360	6.36	0.002	0.18	
390	6.36	0.002	0.17	
420	6.36	0.002	0.18	
450	6.36	0.002	0.17	
480	6.36	0.002	0.15	
510	6.36	0.003	0.23	
540	6.36	0.003	0.24	
570	6.36	0.004	0.32	
600	6.36	0.005	0.39	
630	6.36	0.004	0.27	
660	6.36	0.004	0.32	
690	6.36	0.004	0.32	
720	6.36	0.003	0.24	
750	6.36	0.003	0.26	
780	6.36	0.005	0.36	
810	6.36	0.005	0.38	
840	6.36	0.005	0.35	
870	6.36	0.006	0.48	

ตารางที่ 76 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 20.00 ซม. (ต่อ)

เวลา (นาทิจ)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C ₀) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm ⁻¹) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C _t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
900	6.36	0.005	0.41	
930	6.36	0.005	0.38	
960	6.36	0.005	0.41	
990	6.36	0.004	0.30	
1020	6.36	0.006	0.45	
1050	6.36	0.004	0.30	
1080	6.36	0.004	0.32	
1110	6.36	0.006	0.45	
1140	6.36	0.004	0.30	
1170	6.36	0.005	0.41	
1200	6.36	0.005	0.38	
1230	6.36	0.007	0.56	
1260	6.36	0.011	0.80	
1290	6.36	0.007	0.56	
1320	6.36	0.008	0.62	
1350	6.36	0.009	0.69	
1380	6.36	0.009	0.71	
1410	6.36	0.007	0.53	
1440	6.36	0.008	0.57	
1470	6.36	0.010	0.77	
1500	6.36	0.010	0.78	
1530	6.36	0.008	0.59	
1560	6.36	0.008	0.63	
1590	6.36	0.006	0.48	
1620	6.36	0.006	0.45	
1650	6.36	0.005	0.39	
1680	6.36	0.005	0.38	
1710	6.36	0.005	0.38	

ตารางที่ 76 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 20.00 ซม. (ต่อ)

เวลา (นาทิจ)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C ₀) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm ⁻¹) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C _t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
1740	6.36	0.006	0.45	
1770	6.36	0.006	0.47	
1800	6.36	0.008	0.60	
1830	6.36	0.007	0.51	
1860	6.36	0.007	0.51	
1890	6.36	0.009	0.68	
1920	6.36	0.007	0.56	
1950	6.36	0.008	0.60	
1980	6.36	0.009	0.66	
2010	6.36	0.008	0.57	
2040	6.36	0.008	0.57	
2070	6.36	0.010	0.72	
2100	6.36	0.008	0.60	
2130	6.36	0.008	0.60	
2160	6.36	0.009	0.69	
2190	6.36	0.011	0.84	
2220	6.36	0.010	0.75	
2250	6.36	0.010	0.77	
2280	6.36	0.010	0.74	
2310	6.36	0.010	0.77	
2340	6.36	0.009	0.68	
2370	6.36	0.009	0.68	
2400	6.36	0.011	0.81	
2430	6.36	0.011	0.83	
2460	6.36	0.011	0.84	
2490	6.36	0.012	0.89	
2520	6.36	0.011	0.83	
2550	6.36	0.011	0.83	

ตารางที่ 76 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 20.00 ซม. (ต่อ)

เวลา (นาทื)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C ₀) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm ⁻¹) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C _t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
2580	6.36	0.012	0.90	
2610	6.36	0.012	0.92	
2640	6.36	0.013	0.98	
2670	6.36	0.012	0.93	
2700	6.36	0.012	0.90	
2730	6.36	0.012	0.90	
2760	6.36	0.012	0.90	
2790	6.36	0.013	0.98	
2820	6.36	0.013	0.99	
2850	6.36	0.011	0.86	
2880	6.36	0.012	0.89	
2910	6.36	0.012	0.84	
2940	6.36	0.012	0.92	
2970	6.36	0.012	0.90	
3000	6.36	0.012	0.92	
3030	6.36	0.013	0.99	
3060	6.36	0.012	0.92	
3090	6.36	0.013	0.95	
3120	6.36	0.012	0.92	
3150	6.36	0.013	0.96	
3180	6.36	0.013	0.98	
3210	6.36	0.012	0.92	
3240	6.36	0.012	0.92	
3450	6.36	0.012	0.99	
3480	6.36	0.012	0.87	
3510	6.36	0.013	1.02	Breakthrough
3540	6.36	0.012	1.07	
3870	6.36	0.012	0.96	

ตารางที่ 76 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 20.00 ซม. (ต่อ)

เวลา (นาทิจ)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C ₀) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm ⁻¹) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C _t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
4020	6.36	0.016	1.20	
4110	6.36	0.015	1.14	
4200	6.36	0.015	1.14	
4290	6.36	0.014	1.05	
4380	6.36	0.014	1.05	
4470	6.36	0.014	1.07	
4560	6.36	0.015	1.14	
4650	6.36	0.015	1.11	
4740	6.36	0.013	0.99	
5430	6.36	0.016	1.19	
5490	6.36	0.016	1.20	
5550	6.36	0.016	1.23	
5610	6.36	0.015	1.13	
5790	6.36	0.017	1.26	
5880	6.36	0.015	1.16	
5970	6.36	0.016	1.23	
6030	6.36	0.019	1.46	
6090	6.36	0.020	1.50	
6150	6.36	0.019	1.41	
6240	6.36	0.016	1.23	
6930	6.36	0.020	1.47	
6990	6.36	0.022	1.65	
7050	6.36	0.019	1.44	
7110	6.36	0.018	1.37	
7170	6.36	0.017	1.28	
7230	6.36	0.016	1.23	
7320	6.36	0.018	1.35	
7380	6.36	0.021	1.55	

ตารางที่ 76 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 20.00 ซม. (ต่อ)

เวลา (นาทิจ)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C ₀) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm ⁻¹) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C _t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
7440	6.36	0.017	1.29	
7500	6.36	0.019	1.43	
8070	6.36	0.023	1.73	
8130	6.36	0.021	1.56	
8190	6.36	0.024	1.81	
8250	6.36	0.020	1.52	
8310	6.36	0.020	1.49	
8370	6.36	0.023	1.70	
8820	6.36	0.024	1.81	
8880	6.36	0.025	1.88	
8940	6.36	0.024	1.84	
9030	6.36	0.026	1.99	
9090	6.36	0.027	2.03	

หมายเหตุ: * ค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัด 5 ซ้ำ

ตารางที่ 77 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 25.00 ซม.

เวลา (นาทิจ)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C ₀) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm ⁻¹) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C _t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
30.0	6.36	0.002	0.15	
60.0	6.36	0.002	0.15	
90.0	6.36	0.002	0.17	
120	6.36	0.002	0.18	
150	6.36	0.002	0.15	
180	6.36	0.002	0.15	
210	6.36	0.003	0.21	
240	6.36	0.003	0.23	
270	6.36	0.003	0.23	
300	6.36	0.003	0.23	
330	6.36	0.003	0.20	
360	6.36	0.003	0.23	
390	6.36	0.003	0.23	
420	6.36	0.003	0.23	
450	6.36	0.003	0.24	
480	6.36	0.003	0.24	
510	6.36	0.004	0.27	
540	6.36	0.003	0.23	
570	6.36	0.003	0.24	
600	6.36	0.003	0.26	
630	6.36	0.003	0.24	
660	6.36	0.003	0.26	
690	6.36	0.003	0.24	
720	6.36	0.003	0.23	
750	6.36	0.002	0.18	
780	6.36	0.002	0.17	
810	6.36	0.002	0.15	
840	6.36	0.002	0.15	

ตารางที่ 77 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 25.00 ซม. (ต่อ)

เวลา (นาทิจ)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C ₀) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm ⁻¹) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C _t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
870	6.36	0.002	0.17	
900	6.36	0.002	0.15	
930	6.36	0.003	0.23	
960	6.36	0.004	0.29	
1830	6.36	0.004	0.32	
1860	6.36	0.005	0.38	
1890	6.36	0.005	0.35	
1920	6.36	0.005	0.36	
2010	6.36	0.004	0.33	
2040	6.36	0.004	0.30	
2070	6.36	0.004	0.29	
2100	6.36	0.005	0.35	
2190	6.36	0.003	0.26	
2220	6.36	0.005	0.36	
2250	6.36	0.004	0.29	
2280	6.36	0.003	0.26	
2490	6.36	0.003	0.23	
2520	6.36	0.003	0.24	
2550	6.36	4.000	0.27	
2580	6.36	0.003	0.24	
2610	6.36	0.004	0.29	
2640	6.36	0.004	0.27	
3390	6.36	0.003	0.24	
3540	6.36	0.003	0.26	
3630	6.36	0.004	0.29	
3720	6.36	0.004	0.27	
3810	6.36	0.003	0.23	
3900	6.36	0.003	0.21	

ตารางที่ 77 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 25.00 ซม. (ต่อ)

เวลา (นาทิจ)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C ₀) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm ⁻¹) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C _t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
3990	6.36	0.003	0.23	
4080	6.36	0.003	0.23	
5130	6.36	0.005	0.38	
5220	6.36	0.004	0.33	
5310	6.36	0.005	0.38	
5520	6.36	0.007	0.54	
5580	6.36	0.006	0.47	
5640	6.36	0.007	0.51	
5700	6.36	0.008	0.57	
5760	6.36	0.007	0.51	
6930	6.36	0.009	0.69	
6990	6.36	0.011	0.81	
7050	6.36	0.010	0.72	
7110	6.36	0.012	0.87	
7170	6.36	0.011	0.84	
7230	6.36	0.011	0.81	
7980	6.36	0.008	0.63	
8040	6.36	0.007	0.54	
8100	6.36	0.009	0.68	
8160	6.36	0.008	0.57	
8220	6.36	0.008	0.62	
9540	6.36	0.009	0.71	
9600	6.36	0.010	0.78	
9660	6.36	0.009	0.68	
9930	6.36	0.011	0.83	
9990	6.36	0.012	0.92	
10050	6.36	0.012	0.93	
10110	6.36	0.013	0.98	

ตารางที่ 77 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ความสูงชั้นกรอง 25.00 ซม. (ต่อ)

เวลา (นาทิจ)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm^{-1}) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
10170	6.36	0.013	0.99	
10230	6.36	0.011	0.84	
10290	6.36	0.012	0.92	
10620	6.36	0.013	1.01	Breakthrough
10680	6.36	0.013	0.95	
10740	6.36	0.013	0.99	
10800	6.36	0.014	1.02	
10860	6.36	0.013	0.99	
10920	6.36	0.013	1.01	
10980	6.36	0.015	1.14	

หมายเหตุ: * ค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัด 5 ซ้ำ

ตารางที่ 78 ค่าตัวแปรในการศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำด้วยระบบคอลัมน์ที่ความสูง
ชั้นกรองต่าง ๆ

ตัวแปรที่ศึกษา	ความสูงของชั้นกรอง (เซนติเมตร)				
	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00
ความเข้มข้นน้ำขาเข้า (Ci: มก.คาร์บอน/ล.)	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36
มวลของถ่านกระตุก (m: ก.)	4.9611	9.8947	13.6936	19.3283	22.4127
รัศมีของคอลัมน์ (r: ซม.)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ความสูงชั้นกรองถ่านกระตุก (h: ซม.)	2.20	4.40	6.70	8.90	11.10
ปริมาตรของสารกรองในคอลัมน์ (Bed volume: ลบ.ซม.)	6.91	13.8	21.0	28.0	34.9
อัตราการกรองของน้ำเข้า (มล./นาที่)	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60
ระยะเวลาการสัมผัสของสารกรอง (EBCT: นาที่)	1.50	3.01	4.58	6.08	7.58
ปริมาตรสารละลายที่ผ่านคอลัมน์จนถึง	966	5382	9246	16146	48852
ความเข้มข้นเบรกทูลู (Vb: ล.)					
อัตราการใช้สารกรอง (usage rate: ก./ล.)	5.14	1.84	1.48	1.20	0.459
พื้นที่หน้าตัด (A: ตร.ซม.)	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14
อัตราการกรองที่ผิวหน้า ของสารกรอง (F: ซม./นาที่)	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
ระยะเวลาที่ความเข้มข้นเบรกทูลู (Breakthrough: นาที่)	210	1170	2010	3510	10620

ตารางที่ 79 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่อัตราการกรอง 2.30 มล./นาที่

เวลา (นาที่)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C ₀) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm ⁻¹) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C _t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
60	6.36	0.003	0.21	
120	6.36	0.002	0.15	
180	6.36	0.003	0.21	
240	6.36	0.003	0.21	
1680	6.36	0.003	0.21	
1740	6.36	0.003	0.21	
1800	6.36	0.002	0.15	
1860	6.36	0.004	0.30	
1920	6.36	0.002	0.18	
1980	6.36	0.003	0.23	
3480	6.36	0.003	0.23	
3540	6.36	0.003	0.20	
3600	6.36	0.003	0.23	
3660	6.36	0.002	0.18	
3720	6.36	0.003	0.23	
3780	6.36	0.003	0.23	
5340	6.36	0.003	0.20	
5400	6.36	0.002	0.15	
5460	6.36	0.003	0.24	
5520	6.36	0.003	0.26	
5580	6.36	0.003	0.21	
5640	6.36	0.003	0.23	
6930	6.36	0.004	0.30	
6990	6.36	0.005	0.35	
7050	6.36	0.004	0.30	
7110	6.36	0.005	0.39	
7170	6.36	0.004	0.32	
7230	6.36	0.005	0.39	

ตารางที่ 79 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่อัตราการกรอง 2.30 มล./นาที่ (ต่อ)

เวลา (นาที่)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C ₀) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm ⁻¹) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C _t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
10350	6.36	0.006	0.47	
10410	6.36	0.005	0.38	
10470	6.36	0.006	0.45	
10530	6.36	0.007	0.53	
10590	6.36	0.005	0.38	
10650	6.36	0.006	0.44	
15390	6.36	0.007	0.50	
15450	6.36	0.007	0.53	
15510	6.36	0.007	0.54	
15630	6.36	0.007	0.53	
15690	6.36	0.006	0.47	
20010	6.36	0.009	0.68	
20070	6.36	0.009	0.71	
20130	6.36	0.010	0.72	
20190	6.36	0.009	0.66	
21630	6.36	0.012	0.90	
21690	6.36	0.011	0.84	
21750	6.36	0.012	0.92	
21810	6.36	0.011	0.83	
21870	6.36	0.011	0.83	
23190	6.36	0.010	0.78	
23250	6.36	0.012	0.90	
23310	6.36	0.011	0.80	
23370	6.36	0.012	0.90	
24810	6.36	0.013	1.01	Breakthrough
24870	6.36	0.014	1.04	
24930	6.36	0.014	1.02	

หมายเหตุ: * ค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัด 5 ซ้ำ

ตารางที่ 80 ศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่อัตราการกรอง 9.20 มล./นาที่

เวลา (นาที่)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) (มก.คาร์บอน/ล.)	ค่าการดูดกลืนแสง UV-254 (cm^{-1}) *	ความเข้มข้นที่เวลาใด ๆ (C_t) (มก.คาร์บอน/ล.)	หมายเหตุ
60.0	6.36	0.003	0.20	
120	6.36	0.003	0.23	
180	6.36	0.003	0.23	
240	6.36	0.002	0.15	
300	6.36	0.002	0.17	
360	6.36	0.003	0.26	
420	6.36	0.004	0.32	
480	6.36	0.004	0.32	
1440	6.36	0.011	0.84	
1500	6.36	0.012	0.89	
1560	6.36	0.012	0.92	
1620	6.36	0.014	1.05	Breakthrough
1680	6.36	0.014	1.08	
1740	6.36	0.016	1.20	
1800	6.36	0.014	1.02	
1860	6.36	0.017	1.25	
1920	6.36	0.018	1.34	
1980	6.36	0.017	1.25	
2640	6.36	0.019	1.44	
2700	6.36	0.020	1.49	
2760	6.36	0.021	1.56	
2820	6.36	0.022	1.69	
2880	6.36	0.023	1.72	
2940	6.36	0.023	1.75	
3000	6.36	0.024	1.79	
3060	6.36	0.025	1.85	
3120	6.36	0.024	1.84	

หมายเหตุ: * ค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัด 5 ซ้ำ

ตารางที่ 81 ค่าตัวแปรในการศึกษาการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำด้วยระบบคอลัมน์ที่อัตราการกรองของน้ำต่าง ๆ

ตัวแปรที่ศึกษา	อัตราการกรองของน้ำ		
	(มล./นาที่)		
	2.30	4.60	9.20
ความเข้มข้นของน้ำขาเข้า (Ci: มก.คาร์บอน/ล.)	6.36	6.36	6.36
มวลของถ่านกระดูก (m: ก.)	22.8331	22.4127	23.4170
รัศมีของคอลัมน์ (r: ซม.)	1.00	1.00	1.00
ความสูงชั้นกรองถ่านกระดูก (h: ซม.)	11.10	11.10	11.10
ปริมาตรของสารกรองในคอลัมน์ (Bed volume: ลบ.ซม.)	34.9	34.9	34.9
อัตราการกรองของน้ำเข้า (มล./นาที่)	2.30	4.60	9.20
ระยะเวลาการสัมผัสของสารกรอง (EBCT: นาที่)	15.2	7.58	3.79
ปริมาตรสารละลายที่ผ่านคอลัมน์จนถึงความเข้มข้นเบรกทรู (Vb: ล.)	57,063	48852	14904
อัตราการใช้สารกรอง (usage rate: ก./ล.)	0.400	0.459	1.57
พื้นที่หน้าตัด (A: ตร.ซม.)	3.14	3.14	3.14
อัตราการกรองที่ผิวหน้าของสารกรอง (F: ซม./นาที่)	0.73	1.46	2.93
ระยะเวลาที่ความเข้มข้นเบรกทรู (Breakthrough: นาที่)	24,810	10620	1620

ส่วนที่ 4 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโครงการ

1. ข้อมูลการซื้อน้ำดื่มจากโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคของชาวบ้าน

ตารางที่ 82 การซื้อน้ำดื่มจากโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคของผู้ได้รับผลประโยชน์

เลขที่แบบสัมภาษณ์	บ้านเลขที่	จำนวนที่ซื้อน้ำ (ครั้ง/สัปดาห์)	จำนวนเงินที่จ่าย (บาท/ครั้ง)	รวมจำนวนเงิน ที่จ่าย (บาท/ปี)
MNF 001	1	3	10	1440
MNF 002	2	1	10	480
MNF 003	5	2	10	960
MNF 004	7	1	8	384
MNF 005	9	1	14	672
MNF 006	11	3	10	1440
MNF 007	12	7	3	1008
MNF 008	13	1	14	672
MNF 009	14	1	10	480
MNF 010	15	3	15	2160
MNF 011	16	7	6	2016
MNF 012	17	3	7.5	1080
MNF 013	18	3	10	1440
MNF 014	19	2	13	1248
MNF 016	22	1	30	1440
MNF 017	23	1	15	720
MNF 019	25	1	10	480
MNF 020	26	2	10	960
MNF 021	27	3	10	1440
MNF 022	28	3	8.5	1224
MNF 023	29	1	10	480
MNF 025	31	1	14	672
MNF 027	33	3	28	4032
MNF 028	34	1.5	25	1800
MNF 029	35	1	10	480

ตารางที่ 82 การซื้อน้ำดื่มจากโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคของผู้ได้รับผลประโยชน์ (ต่อ)

เลขที่แบบสัมภาระณ	บ้านเลขที่	จำนวนที่ซื้อน้ำ (ครั้ง/สัปดาห์)	จำนวนเงินที่จ่าย (บาท/ครั้ง)	รวมจำนวนเงิน ที่จ่าย (บาท/ปี)
MNF 030	36	1	14	672
MNF 031	37	2	20	1920
MNF 032	38	1	12	576
MNF 033	39	1	16	768
MNF 035	42	1	14	672
MNF 038	45	1.4	8	537.6
MNF 040	47	0.25	24	288
MNF 041	48	2	10	960
MNF 044	51	2	5	480
MNF 045	52	3	5.5	792
MNF 046	53	3	10	1440
MNF 048	56	1	20	960
MNF 050	58	3	10	1440
MNF 052	60	1	14	672
MNF 054	62	2.5	5	600
MNF 055	63	1	25	1200
MNF 056	64	1	8	384
MNF 059	69	2	10	960
MNF 060	70	2	10	960
MNF 062	74	1	10	480
MNF 063	77	7	4	1344
MNF 064	78	1	5	240
MNF 065	79	2	10	960
MNF 067	81	1	10	480
MNF 069	83	2	5	480
MNF 072	86	3	4	576
MNF 073	87	3	4	576
MNF 074	89	1	8	384

ตารางที่ 82 การซื้อน้ำดื่มจากโครงการน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคของผู้ได้รับผลประโยชน์ (ต่อ)

เลขที่แบบสัมภาษณ์	บ้านเลขที่	จำนวนที่ซื้อน้ำ (ครั้ง/สัปดาห์)	จำนวนเงินที่จ่าย (บาท/ครั้ง)	รวมจำนวนเงิน ที่จ่าย (บาท/ปี)
MNF 075	90	2	2.5	240
MNF 078	93	2	5	480
MNF 079	94	2	20	1920
MNF 080	95	3	10	1440
MNF 081	96	3	12	1728
MNF 082	97	2.5	20	2400
MNF 084	100	2	10	960
MNF 085	101	1	14	672
MNF 086	102	3	7	1008
MNF 093	41/ซ	3	30	4320
MNF 095	8/ซ	4	15	2880
MNF 074	89	1	8	384
MNF 075	90	2	2.5	240
MNF 078	93	2	5	480
MNF 079	94	2	20	1920
MNF 080	95	3	10	1440
MNF 081	96	3	12	1728
MNF 082	97	2.5	20	2400
MNF 084	100	2	10	960
MNF 085	101	1	14	672
MNF 086	102	3	7	1008
MNF 093	41/ซ	3	30	4320
MNF 095	8/ซ	4	15	2880
รวม	64	136	757	69058
เฉลี่ย±SD	-	2±1	12±6	1079±794
พิสัย	-	1 - 7	3 - 30	240 - 4320
หน่วย	ครัวเรือน	ครั้ง/สัปดาห์	(บาท/ครั้ง)	(บาท/ปี)

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กรมทรัพยากรธรณี. (2542ก). แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กรุงเทพฯ: กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม.

กรมทรัพยากรธรณี. (2542ข). แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กรุงเทพฯ: กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม.

กรมทรัพยากรธรณี. (2542ค). แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพในพื้นที่ภาคใต้. กรุงเทพฯ: กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม.

กรมทรัพยากรธรณี. (2542ง). แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพในพื้นที่ภาคเหนือ. กรุงเทพฯ: กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. (2561). ข้อมูลตัวชี้วัด “ระดับน้ำบาดาล คุณภาพน้ำบาดาล และปริมาณการใช้น้ำบาดาล”. วันที่สืบค้นข้อมูล 30 มกราคม 2562. เข้าถึงได้จาก http://www.onep.go.th/env_data/2016/01_30/.

กรมบัญชีกลาง. (2559). การประกาศอัตราดอกเบี้ยเงินกู้สำหรับใช้เป็นเกณฑ์ในการคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง. กรุงเทพมหานคร: กองการพัสดุภาครัฐ กลุ่มงานพัฒนาราคากลาง.

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2562). ฤดูกาลของประเทศไทย. วันที่สืบค้นข้อมูล 31 มกราคม 2563. เข้าถึงได้จาก <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=53>.

กฤษฎิ์ ยินศิริ. (2541). ประสิทธิภาพของถ่านกระดูกในการลดปริมาณฟลูออไรด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กศน.ตำบลสะเนียง. (2558). ข้อมูลพื้นฐาน กศน.ตำบลสะเนียง. วันที่สืบค้นข้อมูล 31 มกราคม 2562. เข้าถึงได้จาก <http://tumbonsanian.blogspot.com/2015/03/blog-post.html>.

กองช่าง องค์การบริหารส่วนตำบลสะเนียง กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย.

(2560). โครงการพัฒนาระบบประปาเพื่อการบริโภค บ้านใหม่ในฝัน หมู่ที่ 12 ตำบลสะเนียง อำเภอมืองน่าน จังหวัดน่าน. น่าน: กองช่าง องค์การบริหารส่วนตำบลสะเนียง.

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2549). รายงานการสำรวจภาวะอาหารและโภชนาการของประเทศไทย ครั้งที่ 5 พ.ศ.2546. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (รสพ).

- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2547). วิศวกรรมกรรมการกำจัดน้ำเสีย เล่มที่ 5. นนทบุรี: เอส.อาร์.พรินต์ติ้ง แมสโปรดักส์.
- คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2560). แผนที่ภาพถ่ายบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนี่ยน อำเภอมือเมืองน่าน จังหวัดน่าน. In Map_BanMaiNaiFun.jpg (Ed.), (Vol. 9.90 MB).
- จอมจันทร์ นทีวัฒนา, จินตพัฒน์ นทีวัฒนา, เพชร เฟื่องชัย, ไผตรี สุทธิจิตต์, วิชัย เทียนถาวร, แสง ดอนคิม และ ควอง วู คิม. (2558). การประเมินความเสี่ยงคุณภาพน้ำตามมาตรฐานน้ำดื่มต่อสุขภาพ และความเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ในการจัดทำข้อเสนอแนะโครงการพระราชดำริอ่างเก็บน้ำแม่ป๋อก ตำบลศรีวิชัย อำเภอลี่ จังหวัดลำพูน. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 20(2), 14-32.
- จักรกฤษณ์ ภัทรวรรณท์. (2553). การกำจัดเหล็กและความขุ่นในแหล่งน้ำผิวดินโดยใช้ถ่านกระดูกสัตว์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- เจริญ เพียรเจริญ. (2525). อุทกธรณีวิทยาของประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: กรมทรัพยากรธรณี.
- เชิดชัย วรแก่นทราย, สุรินทร์ อารีย์ และ สิริศักดิ์ คำคง. (2558). คู่มือขั้นตอนการประสานงานการจัดการการลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: ธนาเพรส.
- ฐากร เสนีย์มโนมัย. (2552). การใช้ออร์แกนอเคลย์ดูดซับสารอินทรีย์ในน้ำดิบเพื่อลดโอกาสการเกิดไตรฮาโลมีเทน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร. (2563). อัตราดอกเบี้ยที่เรียกเก็บจากลูกค้ารายคน (เกษตรกร และบุคคล). วันที่สืบค้นข้อมูล 1 มิถุนายน 2563. เข้าถึงได้จาก https://www.baac.or.th/th/content-rate.php?content_group=9&content_group_sub=2&inside=1.
- นันทมน แฝงศรีคำ. (2542). การขจัดฟลูออไรด์ด้วยถ่านกระดูก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมี, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นันทิกา สุนทรไชยกุล, เพ็ญศรี วัจฉลชะญาณ และ สิริมา มงคลสัมฤทธิ์. (2552). การวิเคราะห์ความเสี่ยงทางสุขภาพสำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมโรค.
- นิติพงษ์ ส่งศรีโรจน์. (2559). การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลพุก ภูณิศึกษาพื้นที่บ้านอ้อคำ ตำบลกระนวน อำเภอลำสูง จังหวัดขอนแก่น. วารสารพัฒนบริหารศาสตร์, 56(3), 108-137.
- ปฎิภาณ ปัญญาพกุล. (2557). เอกสารประกอบคำสอนการดูดซับสำหรับการบำบัดน้ำเสียและผลิต

- น้ำประปา (Adsorption for water and wastewater treatment). กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประพัฒน์ เป็นตามวา, สมชาย แซ่มชุกกลิ่น และ สถาพร เป็นตามวา. (2557). การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของการบริโภคน้ำประปาชุมชน. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- พงศ์พันธุ์ แพรกทอง. (2558). การจัดตั้งและบริหารจัดการกลุ่มน้ำดื่มชุมชนเพื่อการพึ่งตนเองของชุมชนบ้านหนองชุมแสง ตำบลบ้านส้อง อำเภอเวียงสระ จังหวัดสุราษฎร์ธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- พบพร เศรษฐพฤกษา, กัมปนาท วิจิตรศรีกมล และ ปิยะ ดวงพัตรา. (2557). การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรในพื้นที่การเกษตรแบบพึ่งพาน้ำฝน อำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี. วารสารวิจัย มสส. สาขามนุษยศาสตร์ และสังคมศาสตร์, 10(2), 197-212.
- พรพิมล พัดภู. (2547). การกำจัดฟลูออไรด์ในน้ำดื่มโดยใช้หินภูเขาไฟและเปลือกหอยแครง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต(วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม), บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ภัทรกร ธนะภาวิธ และ อนนท์ ป้อมประสิทธิ์. (2551). การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ ตอนที่ 2 (Health Risk Assessments). วารสารสำนักบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ, 4(13), 21-25.
- มณฑล คงปิ่น. (2552). การขจัดฟลูออไรด์ออกจากน้ำบริโภค. เชียงใหม่: ศูนย์ทันตสาธารณสุขระหว่างประเทศ กรมอนามัยเชียงใหม่ กรมอนามัย.
- มรรยาท เพ็ชรตรา. (2546). การลดฟลูออไรด์ในน้ำประปาบาดาลโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว. วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- มหาวิทยาลัยขอนแก่น. (2549). สถานภาพทรัพยากรน้ำบาดาลและการบริหารจัดการของประเทศไทย. ขอนแก่น: [ม.ป.พ.].
- มันสิน ตันชุลเวศน์. (2551). คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัชวาลย์ จันทรวิจิตร ยุวรงค์ จันทรวิจิตร. (2545). ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับฟลูออไรด์. วารสารวิชาการสาธารณสุข, 11(3), 387-390.
- โยธิน มัชฌิมาติก. (2557). การกำจัดฟลูออไรด์ด้วยถ่านกระดุกที่ผลิตขึ้นภายในครัวเรือน. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

- ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้านสาธารณสุขและการป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ พ.ศ. 2551. (2551, 21 พฤษภาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 125 ตอนพิเศษ 85 ง. 15-18
- รุจิรา ไทยเอียด. (2548). ศึกษาและออกแบบระบบบำบัดฟลูออไรด์ในน้ำใต้ดินแบบทีละเท โดยวิธีการดูดซับด้วยดินเบนโทไนต์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(เคมีอุตสาหกรรม), คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- วรชาติ พวงเงิน. (2547). การกำจัดเหล็กในน้ำบาดาลบ่อตื้นโดยใช้วัสดุเหลือใช้จากการทำนา. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- วรรณพงษ์ กิมเพชร และ เบ็ญจวรรณ หาขุน. (2553). การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนโครงการประปา น้ำบาดาล กรณีศึกษา : ตำบลบางช้าง อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม. ปรินญาณินพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- วัชรพล สุขะ. (2560). การใช้น้ำบริโภคของชาวบ้านบ้านใหม่ในฝัน. In กิตติคุณ เสมอภาค (Ed.), สัมภาษณ์.
- สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล. (2563). ประชากรของประเทศไทย พ.ศ. 2563. สารประชากร มหาวิทยาลัยมหิดล, 29, 1.
- สมศักดิ์ ไชยโคตร. (2554). ความคุ้มค่าในการใช้ระบบน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรกรรมในพื้นที่หมู่ที่ 9 และหมู่ที่ 14 ตำบลเสิงสาง อำเภอเสิงสาง จังหวัดนครราชสีมา. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (การบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค), สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง. (2557). จำนวนประชากรตำบลสะเนียง. วันที่สืบค้นข้อมูล 31 มกราคม 2562. เข้าถึงได้จาก <http://tumbonsanian.blogspot.com/2015/03/blog-post.html>.
- สุขุม ธีรติลก. (2526). วิธีใช้ฟลูออไรด์ป้องกันฟันผุ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์บริษัทเสรี.
- สุเทพ เรื่องวิเศษ. (2551). บทความนำเสนอ ในเวทีสาธารณะครั้งที่ 3. In *Risk assessment* เพื่อการจัดการสารเคมีในประเทศไทย (24 พฤศจิกายน 2551 ed.): สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- สุมงคล กัลยาณี. (2545). การกำจัดเหล็กออกจากน้ำบาดาลโดยใช้ทรายไม่คัดขนาดและถ่านกรอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุรัชย์ อังคนาสายัณห์, เฉลียว เพชรทอง, วรณพา เดชพละ, เชิดศักดิ์ อุ่นคำ และ พลยุทธ สุขสมิติ. (2541). การศึกษาคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคและการบริโภคในเขตตำบลลาดหญ้า และ

ตำบลหนองบัว อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี. กาญจนบุรี: สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยี
สารสนเทศ, มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี.

เสาวภา พลานนท์. (2544). ประสิทธิภาพการดูดซับเหล็ก (II) บนถ่านกระดูกและอลูมินาแกมมันต์.

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนเคมี, บัณฑิตวิทยาลัย,
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

องค์การบริหารส่วนตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน. (2562). แผนที่ใช้ประโยชน์ในพื้นที่

ตำบลสะเนียง อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน. น่าน: องค์การบริหารส่วนตำบลสะเนียง อำเภอ
เมืองน่าน จังหวัดน่าน.

อดุลย์ ศรีพิลา. (2543). การศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการดูดซับฟลูออไรด์บนถ่านแกมมันต์และถ่าน

กระดูก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิชาการเคมี, บัณฑิต
วิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อนันต์ ตันติจรรยาโรจน์. (2553). การกำจัดฟลูออไรด์ในน้ำ โดยใช้เปลือกไข่ ถ่านแกมมันต์ และถ่าน

ดำ. วิทยานิพนธ์สาขารณศาสตร์มหาบัณฑิต(อนามัยสิ่งแวดล้อม), มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

อลงกต ไชยอุปละ. (2541). ผลของความเข้มข้นของฟลูออไรด์และขนาดของถ่านกระดูกที่มีต่อการกำจัด

ฟลูออไรด์ในน้ำดื่ม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์
สิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อัมพูช อินทรประสงค์. (2539). **Clinical Use of Fluoride**. กรุงเทพฯ: ซีตเตอร์แอนด์อิงค์.

อุบลรัตน์ วาริชวัฒนะ. (2544). การกำจัดโลหะหนักโดยใช้ถ่านกระดูก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร

ศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาสิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกรัฐ เดชศรี. (2548). การกำจัดฟลูออไรด์ด้วยดินเผาและศักยภาพในการนำไปใช้. วิทยานิพนธ์วิชา

ศาสตรมหาบัณฑิต(เคมี), บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เอมอร คล่องแคล่ว. (2551). การปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาล. วันที่สืบค้นข้อมูล 30 มกราคม 2562.

เข้าถึงได้จาก http://www.onep.go.th/env_data/2016/01_30/.

ภาษาอังกฤษ

Adimalla Narsimha และ Sanda Rajitha. (2018). Spatial distribution and seasonal variation

in fluoride enrichment in groundwater and its associated human health risk
assessment in Telangana State, South India AU. **Human and Ecological Risk**

Assessment, 24(8), 2119-2132.

Adler P. (1970). **Fluorides and Human Health**. Geneva: World Health Organization.

Anthony E. B., David H.G., Aidan R. V. และ David L. W. (2006). **Cost-Benefit Analysis:**

- Concept and Practice** New York: The Peatson series in Economics.
- Awassada Phongphiphat. (2004). **Effects of flow rate and bed depth on fluoride removal by contact precipitation in bone char column.** Thesis for Master degree of Engineering, Environmental Engineering, Graduate School, Chiang Mai University.
- Bregnhøj H. (1995). **Processes and Kinetics of Defluoridation of Drinking Water Using Bone Char** Ph. D. Thesis, Institute of Environmental Science Engineering, Technical University of Denmark.
- Cheung C. W., Chan C. K., Porter J. F. และ McKay G. (2001). Film-Pore Diffusion Control for the Batch Sorption of Cadmium Ions from Effluent onto Bone Char. **Journal of Colloid and Interface Science**, 234, 328-336.
- Chutiwong N. (2004). **Microeconomic theory.** Bangkok: Faculty of Economic, Chulalongkorn University.
- John C Crittenden, R Rhodes Trussell, David W Hand, Kerry J Howe และ George Tchobanoglous. (2012). **MWH's water treatment: principles and design:** John Wiley & Sons.
- Dahi E. (1998). **Small Community Defluoridation of Drinking Water: The State of Art.** Denmark: Environmental Development Cooperation (EnDeCo).
- Hallenbeck WH. และ Springs W. (1993). **Quantitative risk assessment for environmental and occupational health.** New York: CRC Press.
- Indian Council of Medical Research. (2009). **Nutrient requirements and recommended dietary allowances for Indians.** Hyderabad: Indians National Institute of Nutrition.
- J.C. Machac. (1966). **An Introduction to the Study of Fuel.** Amsterdam: Elsevier Publishing.
- L.B. Jha, M. Jha. (1982). Fluoride pollution in India. **Intern. J. Environ. Stud.**, 19, 225-230.
- Li Peiyue, Wu Jianhua, Qian Hui, Lyu Xinsheng และ Liu Hongwei. (2014). Origin and assessment of groundwater pollution and associated health risk: a case study in an industrial park, northwest China. 36(4), 693-712. doi:10.1007/s10653-013-9590-3

- Meenaphant H. (2007). **Principle Analysis Theory and Practice to Study the Feasibility of the project**. Bangkok: Chulalongkorn University Publishing House.
- Narsimha Adimalla, Peiyue Li และ Hui Qian. (2018). Evaluation of groundwater contamination for fluoride and nitrate in semi-arid region of Nirmal Province, South India: A special emphasis on human health risk assessment (HHRA). **Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal**, 1-18.
- Phatumvanit P. และ R. Z. Legeros. (1997). Characteristics of bone char related to efficacy of fluoride removal from highly fluoride water. **Fluoride**, 30(4), 207-218.
- Soma Giri และ Abhay Kumar Singh. (2015). **Human health risk assessment via drinking water pathway due to metal contamination in the groundwater of Subarnarekha River Basin, India** (Vol. 187).
- U.S. EPA. (2006). **USEPA Region III Risk-based Concentration Table: Technical Background Information**. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency.
- U.S. EPA. (2014). **Human Health Evaluation Manual, Supplemental Guidance: Update of Standard Default Exposure Factors-OSWER Directive 9200**. วันที่สืบค้นข้อมูล 31 มกราคม 2562. เข้าถึงได้จาก https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-11/documents/oswer_directive_9200.1-120_exposurefactors_corrected2.pdf.
- WHO. (2013). **World Health Statistics**. Geneva: World Health Organization.



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ว่าที่ ร.ต.กิตติคุณ เสมอภาค
วัน เดือน ปี เกิด	12 สิงหาคม 2537
วุฒิการศึกษา	ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
ผลงานตีพิมพ์	กิตติคุณ เสมอภาค, พัชรียา รุ่งกิจวัฒนานุกูล, ชัยพร ภู่งประเสริฐ, และ ปฏิภาณ ปัญญาพลกุล. (2562). การพัฒนาระบบกรองน้ำบาดาลเพื่อกำจัดฟลูออไรด์ กรณีศึกษา หมู่บ้านบ้านใหม่ในฝัน ตำบลสะเนียน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 18. สมาคม วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 23-24 พฤษภาคม 2562. หน้า 53-54.
รางวัลที่ได้รับ	1.ชนะเลิศ การแข่งขันโครงงานวิทยาศาสตร์ระดับประเทศ (ประเภทเดี่ยว) สาขา ชีวภาพ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในงาน“ค่ายเวทีนวิทยาศาสตร์รุ่นเยาว์แห่งชาติ ครั้งที่ 8 จัดโดย สมาคม วิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ร่วมกับ กระทรวงศึกษาธิการ และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี 2555 2.นิสิตดีเด่นผู้สร้างคุณประโยชน์ให้แก่คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2559 3.นิสิตนักกิจกรรมดีเด่นผู้สร้างคุณประโยชน์ให้แก่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี การศึกษา 2559 4.ประธานฝ่ายพัฒนาสังคมและบำเพ็ญประโยชน์ องค์การบริหารสโมสรนิสิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2559 5.ผู้ก่อตั้งโครงการจุฬาฯ-รากแก้ว อาสาพัฒนาชุมชนท้องถิ่นจังหวัดน่าน (จุฬาฯ- ฮักน่าน) ปีการศึกษา 2559