การวิเคราะห์กระแสการไหลของไนโตรเจนในจังหวัดราชบุรีและ
จังหวัดสมุทรสงครามบริเวณลุ่มแม่น้ำแม่กลอง

นายณพ สัยละมัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

MATERIAL FLOW ANALYSIS OF NITROGEN IN RATCHABURI AND SAMUT SONGKHRAM PROVINCE OF MAEKLONG RIVER BASIN

Mr. Nop Sailamai

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Environmental Engineering
Department of Environmental Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์กระแสการไหลของไนโตรเจนในจังหวัดราชบุรีและจังหวัดสมุทรสงครามบริเวณลุ่มแม่น้ำแม่กลอง
โดย	นายณพ สัยละมัย
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนาธิป ผาริโน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.ปิณิดา ลีลพนัง กำแพงทอง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ภู่ประเสริฐ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนาธิป ผาริโน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ดร.ปิณิดา ลีลพนัง กำแพงทอง)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ ศรีเจริญชัยกุล)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.ตระการ ประภัสพงษา)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ณพ สัยละมัย : การวิเคราะห์กระแสการไหลของไนโตรเจนในจังหวัดราชบุรีและจังหวัดสมุทรสงครามบริเวณลุ่มแม่น้ำแม่กลอง. (MATERIAL FLOW ANALYSIS OF NITROGEN IN RATCHABURI AND SAMUT SONGKHRAM PROVINCE OF MAEKLONG RIVER BASIN) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.ชนาธิป ผาริโน, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ดร.ปิณิดา ลีลพนัง กำแพงทอง, 4 หน้า.

ปัญหายูโทรฟิเคชั่นในพื้นที่อ่าวไทยได้ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและระบบเศรษฐกิจของประเทศ แม่น้ำแม่กลองนั้นเป็นหนึ่งใน 5 แม่น้ำสายหลักที่ไหลลงสู่อ่าวไทย ซึ่งกระแสน้ำจะนำพาธาตุอาหารจากบริเวณที่ไหลผ่านลงสู่อ่าวไทยซึ่งเป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิดปัญหายูโทรฟิเคชั่น การศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำแม่กลองในเขตจังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงคราม โดยจะใช้วิธีพัฒนาผังกระแสการไหลของไนโตรเจน รวมถึงวิเคราะห์สัดส่วนของไนโตรเจนจากแต่ละกิจกรรม พร้อมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไข การศึกษานี้ได้แบ่งกิจกรรมออกเป็น 4 กลุ่มคือ การเกษตร (ปลูกข้าว ปศุสัตว์และเลี้ยงสัตว์น้ำ) อุตสาหกรรม ครัวเรือน และ การจัดการขยะและบำบัดน้ำเสีย ในการวิเคราะห์กระแสการไหลจากข้อมูลทุติยภูมิและตติยภูมิจากหน่วยงานรัฐ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผลการวิเคราะห์พบว่าในปี 2553 มีปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่พื้นที่ลุ่มน้ำของทั้งสองจังหวัดอยู่ที่ 69,802 ตันต่อปี ปริมาณไนโตรเจนสะสมอยู่ที่ 1,277 ตันต่อปี และปริมาณไนโตรเจนออกจากระบบอยู่ที่ 68,516 ตันต่อปี เมื่อพิจารณากิจกรรมหลักที่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนที่ปล่อยออกสู่แหล่งน้ำ พบว่า การเลี้ยงปศุสัตว์เป็นกิจกรรมหลักที่ปล่อยไนโตรเจนลงสู่แหล่งน้ำคิดเป็น 55 เปอร์เซ็นต์ (14,241 ตันต่อปี) รองลงมาคืออุตสาหกรรมคิดเป็น 22 เปอร์เซ็นต์ (5,604 ตันต่อปี) และน้ำเสียจากครัวเรือนคิดเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ (5,096 ตันต่อปี) ส่วนกิจกรรมอื่นพบว่ามีว่าปล่อยไนโตรเจนในปริมาณเพียงเล็กน้อย แนวทางการลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียโดยการใช้ระบบบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Baffled Reactor: ABR) เพื่อบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ ผลงานวิจัยคาดการณ์ว่าสามารถลดปริมาณไนโตรเจนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำได้ประมาณ 62-308 ตันต่อปี (0.2-1.2 %) และแนวทางการเพิ่มระบบรวบรวมและระบบบำบัดน้ำเสียจากภาคครัวเรือน คาดการณ์ว่าสามารถที่จะช่วยลดปริมาณไนโตรเจนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำได้ 116-582 ตันต่อปี (0.5-2.6 %) โดยแนวทางการลดปริมาณไนโตรเจนจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดปัญหายูโทรฟิเคชั่นในพื้นที่แม่น้ำแม่กลอง และอ่าวไทย

ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....
ปีการศึกษา	2556	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

5470184021 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING
KEYWORDS: MATERIAL FLOW ANALYSIS / EUTROPHICATION / NITROGEN CYCLE / ALGAL BLOOM

NOP SAILAMAI: MATERIAL FLOW ANALYSIS OF NITROGEN IN RATCHABURI AND SAMUT SONGKHRAM PROVINCE OF MAEKLONG RIVER BASIN. ADVISOR: ASST. PROF. CHANATHIP PHARINO, Ph.D., CO-ADVISOR: PINIDA LEELAPANANG KAMPHAENGTHONG, Ph.D., 4 pp.

Eutrophication in Thai Gulf triggers seriously ecological and economic impacts of Thailand. Recently, Maeklong River, one of the five major rivers flowing into Thai Gulf, carries nutrients into Gulf of Thailand and this process causes eutrophication. The study aims to determine sources and amounts of nitrogen from man-made activities in Ratchaburi and Samut Songkhram Province where Maeklong river basin is located. This study applied mass flow concept to analyze nitrogen and its contribution ratio from anthropogenic activity. In addition, it recommends strategies to solve eutrophication problem in Maeklong River. The scope of nitrogen flow analysis is divided into four activities: agriculture (rice cultivation, livestock, and aquaculture), industry, households, and waste management and wastewater treatment. Analysis of nitrogen flow used available secondary and tertiary data and statistics from relevant government agencies and existing literatures. The results found that total nitrogen input to Maeklong river basin from two provinces in 2010 is 69,802 tN per year. Nitrogen output from to Maeklong river basin is 68,516 tN per year and nitrogen accumulate is 1,277 tN per year. Considering the major activity discharging nitrogen into Maeklong river, the major activity discharging nitrogen into Maeklong river is livestock farming. It accounted for 55 percent (14,241 tN per year). industry is ranked in the second place of 22 percent (5,604 tN per year) and the third rank is household accounting for 20 percent (5,096 tN per year). Other activities are less significant to contribute discharging nitrogen into the river. For recommendation to reduce N in the river, application of best practices technology, such as Anaerobic Baffled Reactor(ABR), to treat wastewater from livestock activity was forecasted to help. This can reduce nitrogen emission up to 62-308 tN per year (0.2-1.2 %). Additionally, improvement of wastewater collection system and wastewater treatment plant will help reducing nitrogen discharge approximately 116-582 tN per year (0.5-2.6 %). The recommendation decreases the risk of eutrophication in Maeklong river and Thai Gulf.

Department:	Environmental Engineering	Student's Signature	.....
Field of Study:	Environmental Engineering	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2013	Co-Advisor's Signature	.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนาธิป ผาริโน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ดร.ปิณิดา ลีลพนัง กำแพงทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่สละเวลาช่วยให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อคิดเห็นในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทำให้การจัดทำสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ภู่ประเสริฐ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ ศรีเจริญชัยกุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ ดร.ตระการ ประภัสพงษา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ข้อคิดเห็น และคำแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ช่วยรวบรวมข้อมูล และอนุเคราะห์ข้อมูลของเสีย และน้ำเสียของพื้นที่จังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงคราม

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่อนุเคราะห์ข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลอง

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ประมงจังหวัดราชบุรี และประมงจังหวัดสมุทรสงครามที่อนุเคราะห์ข้อมูลการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงคราม

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสถิติปริมาณน้ำเสีย และระบบบำบัดของโรงงานในจังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงคราม

ขอขอบคุณ เพื่อนและพี่ในภาควิชาสิ่งแวดล้อมที่คอยให้คำปรึกษา และช่วยเหลือในการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ญาติพี่น้อง ที่เป็นกำลังใจ ให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือเสมอมา จนสำเร็จการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญรูป ..... ฐ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 แม่น้ำแม่กลอง 4
2.1.1 สภาพภูมิประเทศ 4
2.1.2 สถานการณ์คุณภาพน้ำ 5
2.2 ที่ราบแม่น้ำแม่กลองบริเวณจังหวัดกาญจนบุรี ราชบุรีและสมุทรสงคราม 13
2.2.1 ปริมาณฝน 13
2.2.2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน 15
2.2.3 การเกษตร ปศุสัตว์และเลี้ยงสัตว์น้ำ 18
2.2.4 ประชากร 19
2.2.5 อุตสาหกรรม 20
2.2.6 การจัดการขยะ และบำบัดน้ำเสีย 20
2.3 ยูโทรฟิเคชั่น (Eutrophication) 22
2.3.1 ธาตุอาหารที่ส่งผลต่อการเกิดยูโทรฟิเคชั่น 23
2.3.2 ปัญหายูโทรฟิเคชั่นบริเวณลำน้ำแม่กลอง 23
2.3.3 ปัญหายูโทรฟิเคชั่นบริเวณอ่าวไทย 24
2.4 ไนโตรเจน 29

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.4.1 การตรึงไนโตรเจน (Nitrogen Fixation) 29
2.4.2 แอมโมนิฟิเคชั่น (Ammonification) 29
2.4.3 ไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) 29
2.4.4 ดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) 30
2.4.5 การดูดซึม (Assimilation) 30
2.4.6 อนาม็อก (Anaerobic Ammonium Oxidation: Anammox) 30
2.5 เครื่องมือทางสิ่งแวดล้อม (Finnveden and Moberg, 2005) 30
2.5.1 การวิเคราะห์กระแสการไหล (Material Flow Analysis: MFA) 31
2.5.2 การวิเคราะห์เข้าและออกจากระบบเศรษฐกิจ (Input-Output Analysis: IOA) 31
2.5.3 ระบบสำหรับบัญชีเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม (System for economic and environmental account: SEEA) 31
2.5.4 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment: EIA) และการประเมินสิ่งแวดล้อมเชิงกลยุทธ์ (Strategic Environmental Assessment: SEA) 31
2.5.5 ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม (Environmental Management System: EMS) 31
2.5.6 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle Assessment: LCA) 32
2.5.7 ต้นทุนวัฏจักรชีวิต (Life-Cycle Costing: LCC) 32
2.5.8 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (Cost-Benefit Analysis: CBA) 32
2.5.9 วิเคราะห์พลังงาน (Energy Analysis: En) 32
2.5.10 รอยเท้านิเวศน์ (Ecological footprint: EF) 32
2.5.11 การประเมินความเสี่ยง (Risk assessment: RA) 32
2.6 Material Flow Analysis 34
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 37
2.7.1 วิธีการวิเคราะห์ และการแบ่งกลุ่มตัวอย่าง 37
2.7.2 ที่มาของข้อมูล 38
2.7.3 กิจกรรมที่ส่งผลต่อธาตุอาหารในน้ำ และแนวทางการแก้ไข 39
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 43
3.1 วิธีดำเนินการวิจัย 43

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

3.1.1 การรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น 43
3.1.2 การรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลในจังหวัดที่เป็นต้นเหตุการณ์ปล่อยไนโตรเจน 43
3.2 การเลือกใช้ข้อมูล 45
3.2.1 ข้อมูลกิจกรรมในพื้นที่ 45
3.2.2. ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณกระแสการไหลที่ไม่ใช่ข้อมูลในลักษณะแรก 45
3.3 การวิเคราะห์กระแสการไหลของไนโตรเจนในแต่ละกิจกรรม 46
3.4 รวบรวมผล จัดทำผังการกระแสการไหล วิเคราะห์กิจกรรมและลุ่มน้ำแม่น้ำแม่กลอง และเสนอแนวนโยบายในการแก้ไข 47
3.5 วิเคราะห์ความอ่อนไหวของการประเมิน 47
บทที่ 4 48
ข้อมูล และวิธีการการคำนวณ 48
4.1 การเกษตร 48
4.1.1 ปลูกข้าว 48
4.1.2 ปศุสัตว์ 58
4.1.3 การเลี้ยงสัตว์น้ำ 70
4.2 อุตสาหกรรม 79
4.3 ครัวเรือน 87
4.4 การจัดการของเสีย 94
4.4.1 การจัดการขยะ 94
4.4.2 การบำบัดน้ำเสีย 96
บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 104
5.1 ปริมาณไนโตรเจนขาเข้าและปริมาณไนโตรเจนขาออกจากกิจกรรมต่างๆ 104
5.1.1 เกษตรกรรม 104
5.1.1.1 ปลูกข้าว 104
5.1.1.2 ปศุสัตว์ 107
5.1.1.3 เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 109
5.1.2 อุตสาหกรรม 111
5.1.3 ครัวเรือน 113

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.1.4 การจัดการของเสีย 115
5.1.4.1 การจัดการขยะ 115
5.1.4.2 การบำบัดน้ำเสีย 115
5.2 ภาพรวมกระแสการไหลของไนโตรเจนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองบริเวณจังหวัดราชบุรี และสมุทรสงคราม 118
5.3 ปริมาณไนโตรเจนที่ระบายในรูปน้ำเสีย และแนวทางการลดผลกระทบ 123
5.3.1 การลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ปล่อยจากกิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์ 124
5.3.2 การลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ปล่อยจากกิจกรรมภาคครัวเรือน 125
5.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของการประเมิน (Sensitivity analysis) 128
5.4.1 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจากการปรับสมดุล 128
5.4.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจากการเปลี่ยนปริมาณกระแสการไหลที่เข้าสู่กิจกรรม . 129
บทที่ 6 สรุปผล และข้อเสนอแนะ 131
6.1 สรุปผล 131
6.2 ข้อเสนอแนะ 132
รายการอ้างอิง 134
ภาคผนวก ก 146
ภาคผนวก ข 152
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 171

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ค่าต่ำสุด-สูงสุดของคุณภาพน้ำที่สำคัญ ในปี 2554 7
ตารางที่ 2-2 รายละเอียดที่ตั้งจุดเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลอง 8
ตารางที่ 2-3 ปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันฝนตก ปี 2552-2554 13
ตารางที่ 2-4 การใช้ประโยชน์ที่ดิน 2553 15
ตารางที่ 2-5 จำนวนประชากรจากการทะเบียน อัตราการเปลี่ยนแปลง และความหนาแน่นของประชากร พ.ศ. 2551 – 2553 19
ตารางที่ 2-6 จำนวนสถานประกอบการอุตสาหกรรม 2553 20
ตารางที่ 2-7 ปริมาณขยะมูลฝอย จำแนกเป็นรายจังหวัดในภาคกลาง พ.ศ. 2551 – 2553 21
ตารางที่ 2-8 การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน จากการได้รับแจ้งและการออกสำรวจตามแผนโครงการติดตามและเฝ้าระวัง 25
ตารางที่ 2-9 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือกับเป้าหมาย และผลกระทบที่ต้องการประเมิน 33
ตารางที่ 2-10 ความสัมพันธ์ของเครื่องมือกับ รูปแบบการศึกษาและเป้าหมาย 34
ตารางที่ 4-1 ข้าวนาปี : เนื้อที่ และผลผลิตต่อไร่ในปี 2553 51
ตารางที่ 4-2 ข้าวนาปรัง : เนื้อที่ และผลผลิตต่อไร่ในปี 2553 51
ตารางที่ 4-3 สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการปลูกข้าว 52
ตารางที่ 4-4 สายพันธุ์และการเลี้ยงสัตว์ชนิดต่างๆ 59
ตารางที่ 4-5 จำนวนไก่และเป็ด ที่เลี้ยงและผลผลิตในจังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงครามในปี 2553 61
ตารางที่ 4-6 จำนวนสุกร โคเนื้อ โคนม และกระบือที่เลี้ยงในจังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงครามในปี 2553 61
ตารางที่ 4-7 สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์ 62
ตารางที่ 4-8 จำนวนเนื้อที่ของฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำและผลผลิตในจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม จำแนกตามประเภทการเลี้ยง ปี 2553 70
ตารางที่ 4-9 สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำ 73

ตารางที่ 4-10 แสดงรายละเอียดของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแต่ละชนิด 77
ตารางที่ 4-11 ลักษณะการประกอบกิจการโรงงาน และปริมาณน้ำเสีย ของโรงงานในจังหวัดราชบุรี 80
ตารางที่ 4-12 ลักษณะการประกอบกิจการโรงงาน และปริมาณน้ำเสีย ของโรงงานในจังหวัดสมุทรสงคราม 81
ตารางที่ 4-13 ปริมาณน้ำที่ใช้ต่อหน่วยผลผลิต 82
ตารางที่ 4-14 ปริมาณความเข้มข้นบีโอดี (มก.ต่อลิตร) 84
ตารางที่ 4-15 สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมทางอุตสาหกรรม 85
ตารางที่ 4-16 ปริมาณ TKN ในน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดในช่วงการตรวจวัดคุณภาพน้ำเดือนกุมภาพันธ์ 2555 88
ตารางที่ 4-17 สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมภาคครัวเรือน 89
ตารางที่ 4-18 ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดในจังหวัดราชบุรี และสมุทรสงครามในปี 2553 94
ตารางที่ 4-19 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบขยะมูลฝอย 95
ตารางที่ 4-20 เปอร์เซ็นต์ธาตุในองค์ประกอบขยะมูลฝอยชนิดต่างๆ 95
ตารางที่ 4-21 สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการจัดการขยะ 97
ตารางที่ 4-22 สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการบำบัดน้ำเสีย 101
ตารางที่ 5-1 ปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ปล่อยออกจากกิจกรรมต่างๆ 124
ตารางที่ 5-2 คาดการณ์ปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียจากการเลี้ยงปศุสัตว์ที่ลดลงจากการดำเนินการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ ABR 125
ตารางที่ 5-3 คาดการณ์ปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ลดลงจากการดำเนินการเพิ่มส่วนรองรับน้ำเสียและน้ำทิ้งจากบ่อเกรอะจากครัวเรือน 126
ตารางที่ 5-4 คาดการณ์ปริมาณไนโตรเจนในของเสียที่ลดลงจากการดำเนินการในการนำกลับมาใช้ใหม่ 127
ตารางที่ 5-5 เปอร์เซ็นต์กระแสการไหลที่ใช้ในการปรับสมดุลของแต่ละกิจกรรม 129
ตารางที่ 5-6 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของกระแสการไหลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณกระแสการไหลในแต่ละกิจกรรม 130

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2-1 แผนที่ลุ่มน้ำแม่กลอง 6
รูปที่ 2-2 ที่ตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำแม่น้ำแม่กลอง 9
รูปที่ 2-3 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทในแม่น้ำแม่กลอง ปี 2551-2554 ในช่วงการตรวจวัดในเดือนต่างๆ เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 10
รูปที่ 2-4 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์ในแม่น้ำแม่กลอง ปี 2551-2554 ในช่วงการตรวจวัดในเดือนต่างๆ 10
รูปที่ 2-5 ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียในแม่น้ำแม่กลอง ปี 2551-2554 ในช่วงการตรวจวัดในเดือนต่างๆ เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 11
รูปที่ 2-6 ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสรวมในแม่น้ำแม่กลอง ปี 2551-2554 ในช่วงการตรวจวัดในเดือนต่างๆ 11
รูปที่ 2-7 สัดส่วนระหว่างปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสรวม ปี 2551-2554 ในช่วงการตรวจวัดในเดือนต่างๆ 12
รูปที่ 2-8 ลุ่มน้ำสาขาที่ราบแม่น้ำแม่กลอง 14
รูปที่ 2-9 แผนที่จังหวัดราชบุรีแสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน 16
รูปที่ 2-10 แผนที่จังหวัดราชบุรีแสดงสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยของเทศบาล (จุดสีแดง) ระบบบำบัดน้ำเสีย (จุดสีน้ำเงิน) 16
รูปที่ 2-11 แผนที่จังหวัดราชบุรีแสดงตำแหน่งโรงงานอุตสาหกรรม 17
รูปที่ 2-12 แผนที่จังหวัดราชบุรีแสดงตำแหน่งฟาร์มสุกร และโรงฆ่าสัตว์ 17
รูปที่ 2-13 การเกิดกระบวนการยูโทรฟิเคชั่น 22
รูปที่ 2-14 วัฏจักรไนโตรเจน 30
รูปที่ 2-15 ผลการวิเคราะห์ระบบทั้งหมดของแม่น้ำท่าจีน 38
รูปที่ 2-16 กระแสของไนโตรเจนในแม่น้ำเจ้าพระยาประจำปี 2007 40
รูปที่ 2-17 ความสัมพันธ์ที่สำคัญของแบบจำลองแหล่งมลพิษธาตุอาหารของแม่น้ำท่าจีน 40
รูปที่ 3-1 ขั้นตอนการทำงานวิจัยโดยสรุป 44

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3-2 ผังกระแสการไหลของไนโตรเจนในแม่น้ำแม่กลองบริเวณจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม 46
รูปที่ 4-1 กระบวนการย่อยที่เกิดขึ้นในระบบการเกษตร 49
รูปที่ 4-2 กระบวนการย่อยที่เกิดขึ้นในระบบการเลี้ยงปศุสัตว์ 58
รูปที่ 4-3 กระบวนการย่อยที่เกิดขึ้นในระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบบ่อ 71
รูปที่ 4-4 กระบวนการย่อยที่เกิดขึ้นในระบบอุตสาหกรรม 79
รูปที่ 4-5 กระบวนการย่อยที่เกิดขึ้นในระบบครัวเรือน 87
รูปที่ 4-6 กระบวนการย่อยที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะ 94
รูปที่ 4-7 กระบวนการย่อยที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการบำบัดน้ำเสีย 96
รูปที่ 5-1 ผังกระแสการไหลของไนโตรเจน (ตัน) ในกิจกรรมการปลูกข้าวในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงครามในปี 2553 106
รูปที่ 5-2 ผังกระแสการไหลของไนโตรเจน (ตัน) ในกิจกรรมปศุสัตว์ในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงครามในปี 2553 108
รูปที่ 5-3 ผังกระแสการไหลของไนโตรเจน (ตัน) ในกิจกรรมเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่จังหวัดราชบุรีและจังหวัดสมุทรสงครามในปี 2553 110
รูปที่ 5-4 ผังกระแสการไหลของไนโตรเจน (ตัน) ในกิจกรรมอุตสาหกรรมในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงครามในปี 2553 112
รูปที่ 5-5 ผังกระแสการไหลของไนโตรเจน (ตัน) ในกิจกรรมครัวเรือนในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงครามในปี 2553 114
รูปที่ 5-6 ผังกระแสการไหลของไนโตรเจน (ตัน) ในกิจกรรการจัดการขยะในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงครามในปี 2553 116
รูปที่ 5-7 ผังกระแสการไหลของไนโตรเจน (ตัน) ในกิจกรรการบำบัดน้ำเสียในพื้นที่จังหวัดราชบุรีและจังหวัดสมุทรสงครามในปี 2553 117
รูปที่ 5-8 สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมต่างๆในจังหวัดราชบุรี 119
รูปที่ 5-9 สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากกิจกรรมต่างๆในจังหวัดราชบุรี 120
รูปที่ 5-10 สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมต่างๆในจังหวัดสมุทรสงคราม 120
รูปที่ 5-11 สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากกิจกรรมต่างๆในจังหวัดสมุทรสงคราม 120

รูปที่ 5-12 สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมต่างๆในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง 121
รูปที่ 5-13 สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากกิจกรรมต่างๆในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง 121
รูปที่ 5-14 ผังกระแสการไหลของไนโตรเจน (ตัน) จากกิจกรรมในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำแม่กลองบริเวณจังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงครามในปี 2553 122
รูปที่ 5-15 สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ระบายออกจากกิจกรรมต่างๆ 123
รูปที่ 5-16 ความเข้มข้นของปริมาณไนโตรเจนที่ลดลงจากการดำเนินนโยบายต่างๆ 128

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากการเพิ่มของประชากรและการพัฒนาเศรษฐกิจ ก่อให้เกิดการขยายตัวของการเกษตร อุตสาหกรรม การคมนาคม การท่องเที่ยว การค้าและการบริการ นอกจากจะส่งผลให้เกิดความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ ยังก่อให้เกิดการแพร่กระจายของมลพิษ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [สผ.], 2548: ออนไลน์) ไม่ว่าจะเป็นในด้านมลพิษอากาศ มลพิษทางดิน และมลพิษทางน้ำ ในด้านมลพิษทางน้ำกิจกรรมของมนุษย์ส่วนหนึ่งได้ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารหลักดังกล่าวได้ส่งผลให้เกิดสภาวะยูโทรฟิเคชั่น โดยสภาวะดังกล่าวส่งผลให้เกิดปรากฏการสาหร่ายสะพรั่ง เมื่อสาหร่ายซึ่งเป็นสารอินทรีย์ เมื่อตายลงแล้วเกิดการย่อยสลายจะส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดต่ำลง จนเกิดสภาวะน้ำเน่าเสียและอาจส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำ

ในพื้นที่อ่าวไทยตอนบนช่วงจังหวัดเพชรบุรีขึ้นมาก็ประสบปัญหาดังกล่าว โดยพื้นที่อ่าวไทยตอนบนจะรับน้ำจากแม่น้ำ 5 สายหลัก คือ แม่น้ำบางประกง แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำแม่กลอง และแม่น้ำเพชรบุรี ซึ่งแม่น้ำทั้ง 5 สายดังกล่าวเป็นที่รองรับน้ำเสียจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การปลูกข้าว การเลี้ยงสัตว์ ซึ่งแม่น้ำแต่ละสายจะมีความแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ ในพื้นที่แม่น้ำแม่กลองรวมถึงปากแม่น้ำแม่กลองถึงแม้จะมีการเกิดปัญหายูโทรฟิเคชั่นน้อยกว่าพื้นที่แม่น้ำและปากแม่น้ำเจ้าพระยา ท่าจีน และบางประกง แต่ในช่วงปลายปี 2555 ได้เกิดปัญหาน้ำเสียบริเวณปากแม่น้ำแม่กลองขึ้นไปจนเกือบถึงอัมพวา (ข่าวสด, 2555: ออนไลน์) โดยมีสาเหตุจากการเกิดยูโทรฟิเคชั่น (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ [กษ], กรมประมง [กปม.], 2555: ออนไลน์) ปัญหาที่เกิดขึ้นในครั้งนั้นได้ส่งผลให้สัตว์น้ำในแม่น้ำแม่กลองรวมถึงสัตว์น้ำที่เกษตรกรเพาะเลี้ยงตายลง โดยสารอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นปัจจัยควบคุมปริมาณแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำทะเล หรือมหาสมุทร (กรมควบคุมมลพิษ, ม.ป.ป.: ออนไลน์) นอกจากนี้ในช่วงปี 2551-2552 บริเวณอ่าวไทยตอนบนได้เกิดปัญหายูโทรฟิเคชั่นทั้งหมด 19 และ 15 ครั้งตามลำดับ

โดยเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมที่ใช้วิเคราะห์ปัญหามีหลายตัวด้วยกันเช่น การวิเคราะห์เข้าและออกจากระบบเศรษฐกิจ (Input-Output Analysis: IOA) ระบบสำหรับบัญชีเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม (System for economic and environmental account: SEEA) การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment: EIA) การวิเคราะห์กระแสการไหล (Material Flow Analysis: MFA) เป็นต้น ซึ่งแต่ละเครื่องมือจะมีวัตถุประสงค์ในการใช้แตกต่างกันออกไป โดยเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ปัญหายูโทรฟิเคชั่นอันเนื่องมาจากไนโตรเจนใน

แม่น้ำแม่กลอง คือ การวิเคราะห์กระแสการไหลของสสาร เนื่องจากพุ่งเป้าหมายไปที่สสาร รวมทั้งผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Finnveden and Moberg, 2005)

จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น รวมกับข้อมูลจากการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลองเมื่อปี 2553 พบว่าปริมาณสัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสลดลงต่ำกว่า 16 ต่อ 1 ในจุดตรวจวัดบริเวณปากน้ำแม่กลอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่จำกัดการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชแทนที่ฟอสฟอรัส นอกจากนี้งานวิจัยที่ผ่านมาได้ทำการศึกษากระแสการไหลของไนโตรเจนในพื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำท่าจีน เช่น การศึกษาของ Schaffner (2007) และ Pinida Leelapanang (2010) แต่ยังไม่ได้มีการทำการศึกษากระแสการไหลของไนโตรเจนในบริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง งานวิจัยฉบับนี้เห็นความสำคัญของวิเคราะห์กระแสการไหลของไนโตรเจน ในพื้นที่แม่น้ำแม่กลอง เมื่อนำผลไปประกอบกับลุ่มแม่นน้ำอื่นทั้ง 4 สายที่เหลือแล้วจะเป็นการช่วยในการคาดการณ์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมบริเวณอ่าวไทยตอนบนได้ จากกิจกรรมในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำแม่กลองบริเวณจังหวัดราชบุรี และสมุทรสงคราม ด้วยวิธีการวิเคราะห์กระแสการไหลวัสดุ ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ปริมาณการปล่อย และสามารถคาดการณ์ปริมาณการปล่อยจากกิจกรรมต่างๆได้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนและกำหนดนโยบายในการป้องกันและแก้ปัญหาคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลองได้ต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนจากกิจกรรมในภาคการเกษตร อุตสาหกรรม ครัวเรือน และของเสีย ในจังหวัดราชบุรี และสมุทรสงคราม ที่ทำให้เกิดปัญหาคุณภาพน้ำในบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง

1.2.2 พัฒนาแผนผังการไหลของไนโตรเจนรวม จากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ รวมถึงวิเคราะห์สัดส่วนกิจกรรมที่เป็นต้นเหตุสำคัญในการปล่อยไนโตรเจน ลงสู่แม่น้ำแม่กลอง

1.2.3 เสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหายูโทรฟิเคชั่น อันเนื่องมาจากไนโตรเจน ในอ่าวไทยตอนบน เพื่อใช้ในการกำหนดนโยบายที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาคุณภาพน้ำของแม่น้ำแม่กลอง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 พื้นที่ศึกษาบริเวณจังหวัดราชบุรี และสมุทรสงคราม

1.3.2 งานวิจัยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิ และตติยภูมิเป็นหลัก

1.3.3 งานวิจัยศึกษาการปล่อยไนโตรเจน ที่เกิดอันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์เท่านั้น

1.3.4 งานวิจัยศึกษาเฉพาะกิจกรรมที่อยู่กับที่ ได้แก่ ภาคการเกษตร ภาคอุตสาหกรรม ภาคครัวเรือน และภาคการจัดการของเสีย

1.3.5 กิจกรรมในภาคการเกษตรประกอบด้วย การเกษตร ปศุสัตว์ และเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

1.3.5.1 ในส่วนการเกษตรจะประเมินเฉพาะการปลูกข้าว โดยแบ่งเป็นสองรอบการผลิตคือ ข้าวนาปี และนาปรัง

1.3.5.2 ในส่วนการปศุสัตว์จะประเมินการเลี้ยงไก่ เป็ด โคเนื้อ โคนม และสุกร

1.3.5.3 การเลี้ยงสัตว์น้ำ ประเมินเฉพาะการเลี้ยงแบบบ่อและแบบกระชัง

1.3.6 กิจกรรมในภาคอุตสาหกรรมคิดเฉพาะอุตสาหกรรมประเภทอุตสาหกรรมเกษตร อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม

1.3.7 กิจกรรมในภาคครัวเรือนคิดเฉพาะน้ำเสียที่เกิดจากการอุปโภคและบริโภค

1.3.8 กิจกรรมในภาคการจัดการของเสียประกอบด้วยการจัดการขยะ และบำบัดน้ำเสีย

1.3.8.1 การจัดการขยะ คิดเฉพาะการจัดการขยะมูลฝอยภายในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และสมุทรสงคราม โดยไม่รวมการขนส่งไปกำจัดนอกพื้นที่ดังกล่าว

1.3.8.2 การบำบัดน้ำเสีย คิดเฉพาะโรงบำบัดน้ำเสียภาคครัวเรือน ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และสมุทรสงคราม โดยไม่รวมการขนส่งไปกำจัดนอกพื้นที่ดังกล่าว

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงกิจกรรมหลักที่ปล่อยไนโตรเจนลงสู่ลำน้ำแม่กลอง

1.4.2 เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการคาดการณ์ และประกอบการวางแผนนโยบายสำหรับการแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลองได้อย่างเหมาะสม

1.4.3 ใช้เป็นข้อมูล ร่วมกับข้อมูลในพื้นที่ลุ่มน้ำอื่นๆ ในการคาดการณ์ และประกอบการวางแผนนโยบายสำหรับการแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบนได้อย่างเหมาะสม

1.4.4 สามารถนำแนวทางการวิเคราะห์ไปประยุกต์ใช้สำหรับการคำนวณการปล่อยไนโตรเจนในบริเวณลุ่มน้ำอื่น ที่เกิดผลกระทบอันเนื่องมาจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประเมินกิจกรรมที่ส่งผลกระทบต่อการปล่อยไนโตรเจน ลงแม่น้ำแม่กลองในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงคราม อาศัยข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับ แม่น้ำแม่กลอง ที่ราบแม่น้ำแม่กลอง ยูโทรฟิเคชั่น วัฏจักรไนโตรเจน เครื่องมือทางสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์กระแสการไหล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการทำการออกแบบการประเมิน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 แม่น้ำแม่กลอง

แม่น้ำแม่กลองเป็นแม่น้ำที่สำคัญของภาคตะวันตก และเป็นหนึ่งในแม่น้ำ 5 สายหลักที่ไหลลงสู่อ่าวไทยตอนบนอันประกอบด้วย แม่น้ำบางประกง แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเพชรบุรี และแม่น้ำแม่กลอง โดยแม่น้ำแม่กลองมีรายละเอียดด้านสภาพภูมิประเทศ และสถานการณ์คุณภาพน้ำดังนี้

2.1.1 สภาพภูมิประเทศ

แม่น้ำแม่กลองมีพื้นที่ลุ่มน้ำครอบคลุม 8 จังหวัดได้แก่ ตาก อุทัยธานี กาญจนบุรี ราชบุรี สุพรรณบุรี นครปฐม สมุทรสงคราม และเพชรบุรี รวมพื้นที่ 30,180.71 ตารางกิโลเมตร มีลุ่มน้ำสาขาทั้งหมด 11 ลุ่มน้ำ (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [ทส], กรมทรัพยากรน้ำ [ทน.], 2552: ออนไลน์) ซึ่งลุ่มน้ำแม่กลองเป็นหนึ่งในแปดลุ่มน้ำสาขา โดยแบ่งตามสภาพภูมิประเทศได้เป็น ลุ่มน้ำแม่กลองตอนบนโดยเริ่มจากเขตอำเภอเมืองกาญจนบุรีที่ลำน้ำแควใหญ่และแควน้อยไหลมาบรรจบกันขึ้นไป โดยสภาพภูมิประเทศริมลำน้ำแควใหญ่และแควน้อยส่วนใหญ่เป็นป่าเขา และลุ่มน้ำแม่กลองตอนล่างตั้งแต่เขตอำเภอเมืองกาญจนบุรีไปจนออกอ่าวไทยมีลักษณะเป็นพื้นที่ราบลุ่ม อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1-2 เมตร มีความยาวของแม่น้ำนับจากต้นน้ำของแม่น้ำแควใหญ่สิ้นสุดที่ปากแม่น้ำแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงครามประมาณ 589 กิโลเมตร

โดยแม่น้ำแควใหญ่ มีความยาวประมาณ 449 กิโลเมตร มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาบริเวณตำบลโมโกร อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ที่อำเภอศรีสวัสดิ์ มีความลาดชันลำน้ำเฉลี่ย 1 : 240 จากนั้นไหลผ่านเขื่อนท่าทุ่งนา พื้นที่เขตอำเภอเมืองกาญจนบุรี มีความลาดชันลำน้ำเฉลี่ย 1 : 1,500

แม่น้ำแควน้อย มีความยาวประมาณ 379 กิโลเมตร มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาบริเวณตำบลไล่โว่ อำเภอสังขละบุรี ไหลลงสู่เขื่อนวชิราลงกรณ์ มีความลาดชันลำน้ำเฉลี่ย 1 : 70 จากนั้นผ่านไปยัง

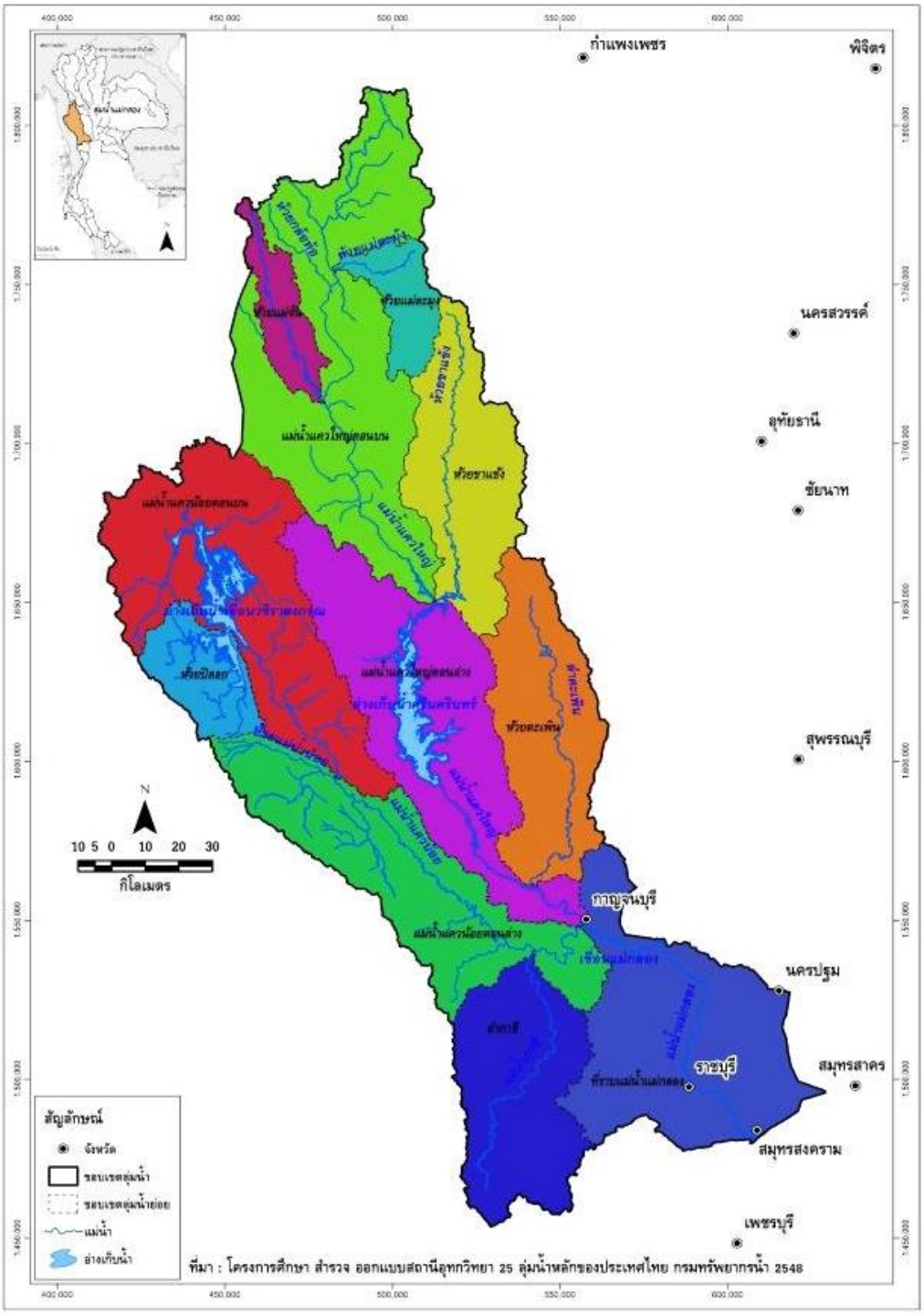
อำเภอทองผาภูมิ อำเภอไทรโยค อำเภอด่านมะขามเตี้ย และอำเภอเมืองกาญจนบุรี มีความลาดชันลำน้ำเฉลี่ย 1 : 3,800

แม่น้ำแม่กลอง มีความยาวประมาณ 140 กิโลเมตร จากจุดบรรจบระหว่างแม่น้ำแควใหญ่และแม่น้ำแควน้อย ผ่านจังหวัดกาญจนบุรีระยะทางประมาณ 43 กิโลเมตร จังหวัดราชบุรีระยะทางประมาณ 67 กิโลเมตร และจังหวัดสมุทรสงครามประมาณ 30 กิโลเมตร ไหลลงสู่อ่าวไทย โดยมีความลาดชันลำน้ำเฉลี่ย 1 : 9,000 (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร [สสนก.], 2555: ออนไลน์) โดยแม่น้ำแม่กลองสายหลักตั้งอยู่ในพื้นที่ราบแม่น้ำแม่กลอง ซึ่งครอบคลุมจังหวัดกาญจนบุรี ราชบุรี นครปฐม สมุทรสงคราม และสมุทรสาคร โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดราชบุรี

2.1.2 สถานการณ์คุณภาพน้ำ

จากรายงานประจำปี สำนักจัดการคุณภาพน้ำ พ.ศ.2554 พบว่าคุณภาพในปี 2554 แม่น้ำแม่กลองอยู่ในเกณฑ์พอใช้ ส่วนแม่น้ำแควใหญ่และแควน้อยอยู่ในเกณฑ์ดี เมื่อพิจารณาแบบแบ่งช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาน้ำน้อย (ม.ค.-มิ.ย.) และช่วงน้ำมาก (ก.ค.-ธ.ค.) พบว่าช่วงน้ำน้อยแม่น้ำแม่กลองมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้ แม่น้ำแควใหญ่และแควน้อยอยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนในช่วงเวลาน้ำมากคุณภาพแม่น้ำทั้งแม่กลองและแม่น้ำแควใหญ่อยู่ในเกณฑ์พอใช้ ส่วนแม่น้ำแควน้อยอยู่ในเกณฑ์ดี (ทส, กรมควบคุมมลพิษ [คพ.], 2555) โดยเกณฑ์การแบ่งคุณภาพอาศัยดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (Water Quality Index: WQI) โดยพิจารณาค่าคุณภาพน้ำ 8 ตัวคือ ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria: FCB) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand: BOD) ไนเตรท (NO_3) ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus: TP) ของแข็งรวม (Total Solid: TS) และของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: SS) ซึ่งมีผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำที่สำคัญดังตารางที่ 2-1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2-1 แผนที่ลุ่มน้ำแม่กลอง (สสนก., 2556: ออนไลน์)

ตารางที่ 2-1 ค่าต่ำสุด-สูงสุดของคุณภาพน้ำที่สำคัญ ในปี 2554 (ทส, คพ., 2554)

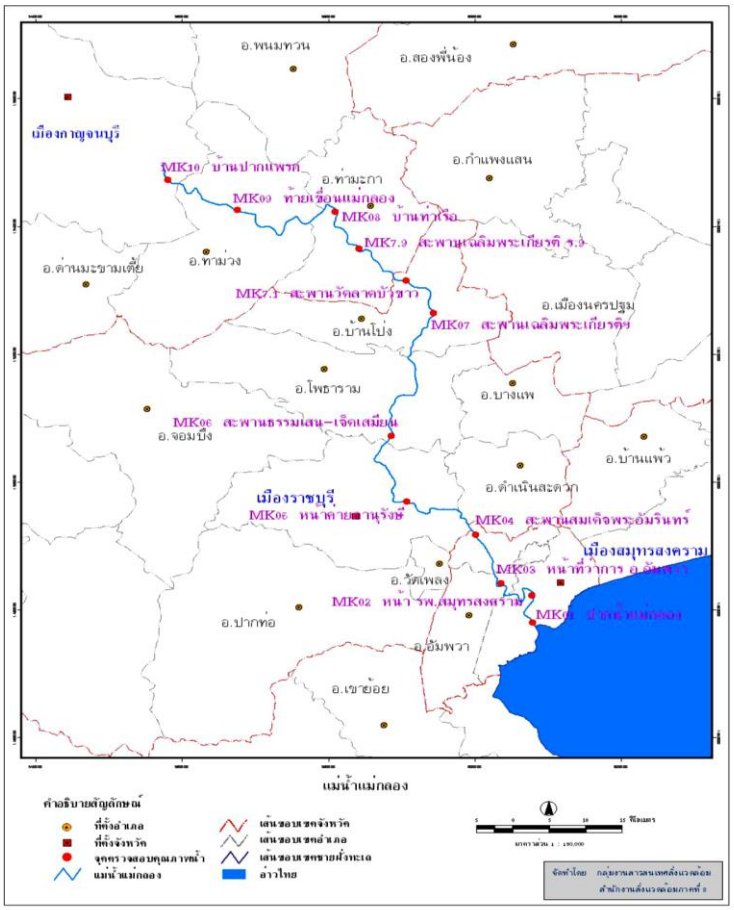
แหล่งน้ำ	ประเภทแหล่งน้ำ	ค่าต่ำสุด- สูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าร้อยละของการตรวจวัดที่ได้ตามมาตรฐาน ของคุณภาพน้ำที่สำคัญ					บริเวณที่มีปัญหา
		DO (มก./ล.)	BOD (มก./ล.)	TCB (MPN/100 มล.)	FCB (MPN/100 มล.)	NH3 (มก./ล.)	
แม่กลอง	3	3.4 – 6.9 5.0 85%(34/40)	0.8 – 3.0 1.5 88%(35/40)	490 – 490,000 8,650 83%(33/40)	110 – 70,000 1,300 85%(34/40)	0.01-0.26 0.07 100%(40/40)	TCB อ.โพธาราม ฐาชบุรี(ส.ค.) อ.บ้านโป่ง จราชบุรี (ส.ค. ธ.ค.) อ.ท่ามะกา จกาญจนบุรี (มี.ค. พ.ค. ส.ค. ธ.ค.) FCB ปากน้ำเมืองสมุทรสงคราม(พ.ค.) อ.โพธาราม จราชบุรี (ส.ค.) อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี (ธ.ค.) อ.ท่ามะกา จกาญจนบุรี(มี.ค. พ.ค. ส.ค.)
แควใหญ่	2	2.6 – 5.7 4.7 0%(0/20)	0.8 – 2.2 1.3 70%(14/20)	18 – 7,000 790 95%(19/20)	18 – 330 60 100%(20/20)	0.01 – 0.27 0.12 100%(20/20)	
แควน้อย	2	3.6 – 6.4 5.2 10%(2/20)	0.6 – 1.6 1.0 95%(19/20)	170 – 7,900 1,950 95%(19/20)	18 – 2,300 330 90%(18/20)	0.01 – 0.50 0.05 100%(20/20)	
มาตรฐานแหล่งน้ำประเภทที่ 2		≥ 6.0	≤ 1.5	≤ 5,000	≤ 1,000	≤ 0.5	คุณภาพน้ำที่เป็นปัญหา พิจารณาดังนี้ DO ต่ำกว่า 2.0 มก./ล. BOD มากกว่า 4.0 มก./ล. TCB มากกว่า 20,000 หน่วย FCB มากกว่า 4,000 หน่วย NH3 มากกว่า 0.5 มก./ล.
มาตรฐานแหล่งน้ำประเภทที่ 3		≥ 4.0	≤ 2.0	≤ 20,000	≤ 4,000	≤ 0.5	

ในส่วนการตรวจวัดคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลองสายหลัก ด้านปริมาณธาตุอาหารหลักในแม่น้ำแม่กลอง คือ ไนโตรเจน โดยตรวจวัดในรูปไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนีย และฟอสฟอรัส ตรวจวัดในรูปปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ซึ่งกรมควบคุมมลพิษมีสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำทั้งหมด 10 จุดตามตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 รายละเอียดที่ตั้งจุดเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลอง

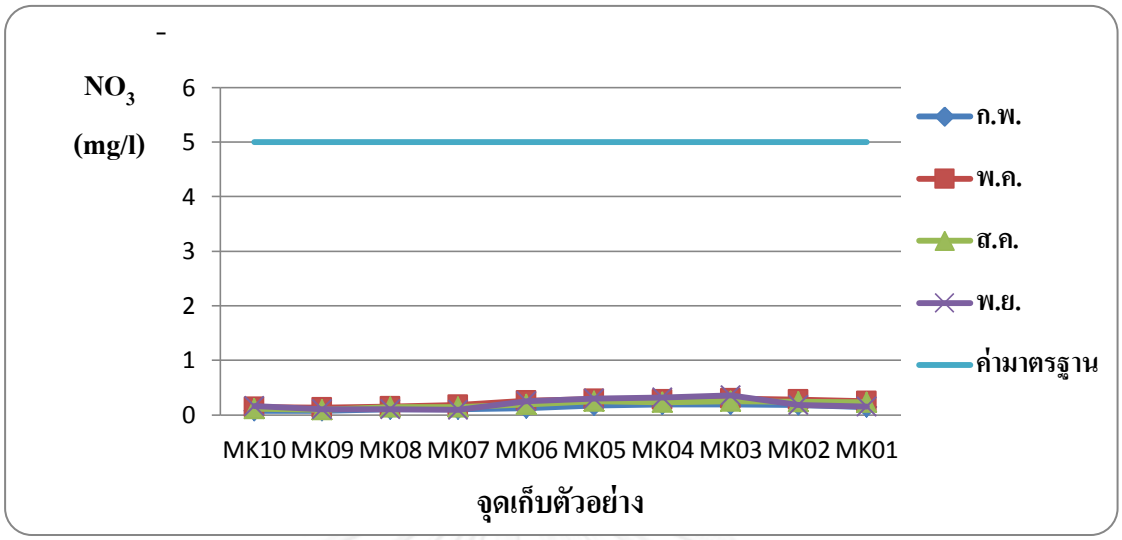
พื้นที่รับผิดชอบ	รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่าง	
	รหัส	ที่ตั้ง
1. สมุทรสงคราม	MK01	ปากน้ำแม่กลอง อ.เมือง จ.สมุทรสงคราม
	MK02	หน้าโรงพยาบาลสมุทรสงคราม อ.เมือง จ.สมุทรสงคราม
	MK03	หน้าที่ว่าการ อ.อัมพวา จ.สมุทรสงคราม (จุดเดิม)
2. ราชบุรี	MK04	สะพานสมเด็จพระอัมรินทร์ อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี(จุดเดิม)
	MK05	หน้าค่ายภาณุรังษี อ.เมือง จ.ราชบุรี(จุดเดิม)
	MK06	สะพานธรรมเสน-เจ็ดเสมียน อ.โพธาราม จ.ราชบุรี(จุดเดิม)
	MK07	สะพานเฉลิมพระเกียรติ 60 พรรษา มหาราชินี อ.บ้านโป่ง จ. ราชบุรี
	MK7.1	สะพานวัดลาดบัวขาว อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี
3. กาญจนบุรี	MK7.9	สะพานเฉลิมพระเกียรติ์ ร.9 (วัดดงสัก) อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี
	MK08	บ้านท่าเรือ อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี
	MK09	ท้ายเขื่อนแม่กลอง อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี
	MK10	บ้านปากแพรก อ.เมือง จ.กาญจนบุรี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

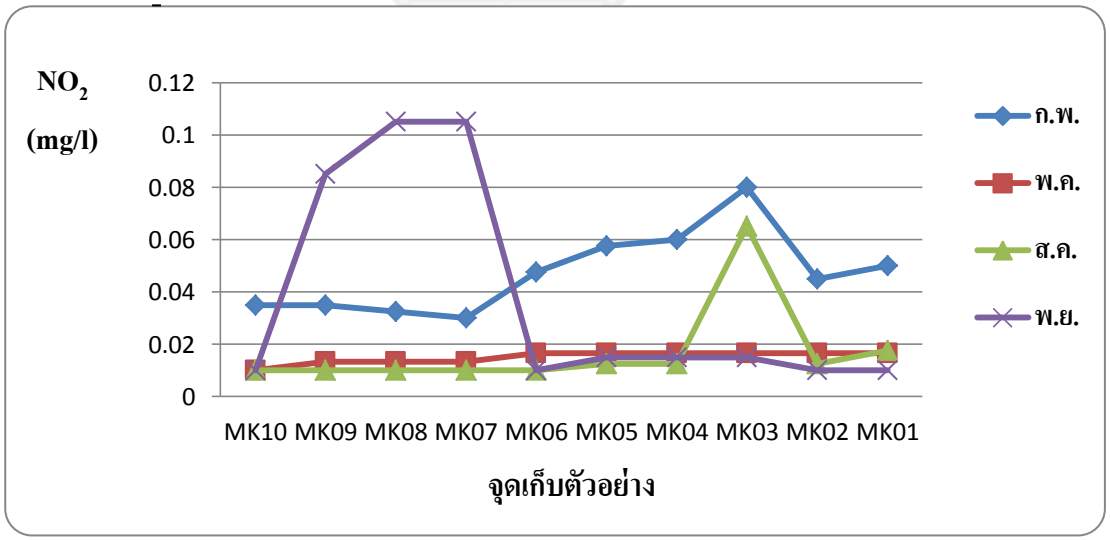


รูปที่ 2-2 ที่ตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำแม่น้ำแม่กลอง
(ทส, สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8 [สสภ.8], ม.ป.ป.: ออนไลน์)

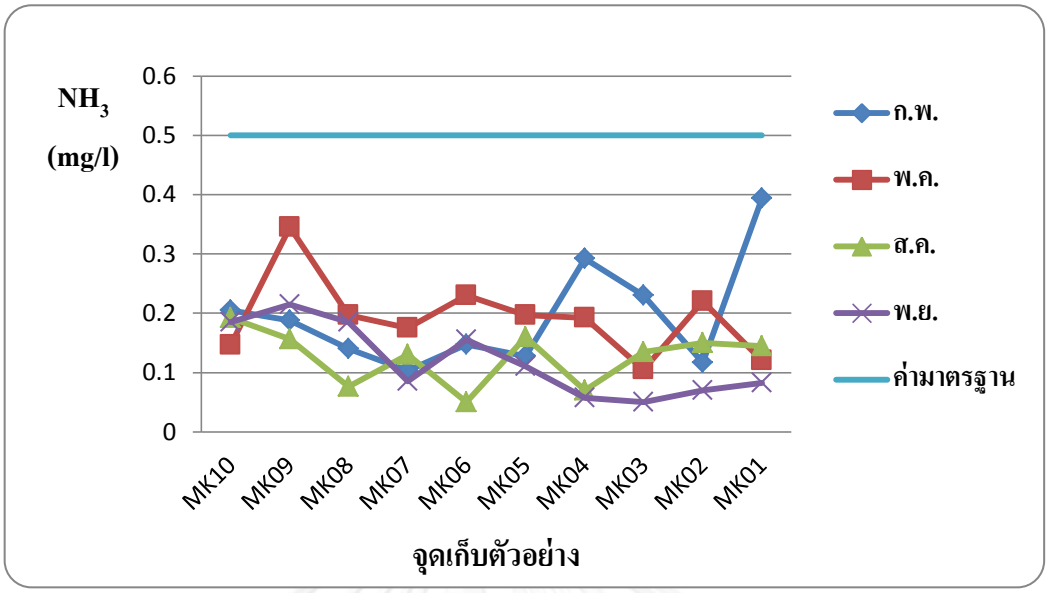
จากการตรวจวัดปริมาณฟอสฟอรัสรวม อนินทรีย์ไนโตรเจน (ไนเตรท-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน) ทั้งหมดสี่ครั้งคือในเดือน กุมภาพันธ์ พฤษภาคม สิงหาคม และพฤศจิกายน พบว่าค่าเฉลี่ยทั้งฟอสฟอรัสรวม และอนินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้นจากระยะต้นน้ำลงสู่อ่าวไทยไม่มากนัก โดยปริมาณฟอสฟอรัสรวมเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ส่วนปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงท้ายน้ำ ในด้านสัดส่วนของอนินทรีย์ไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสรวมมีแนวโน้มลดลง โดยสัดส่วนต้นน้ำจะสูงกว่า 16:1 ดังนั้นฟอสฟอรัสจึงเป็นธาตุอาหารที่จำกัดการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช สัดส่วนดังกล่าวค่อยๆลดลงเมื่อถึงจุดตรวจวัดที่ปากแม่น้ำแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม โดยสัดส่วนระหว่างอนินทรีย์ไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสจะลดลงต่ำกว่า 16:1 ดังรูปที่ 2-7 ซึ่งไนโตรเจนจะเป็นธาตุอาหารที่จำกัดการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชแทนที่ฟอสฟอรัส



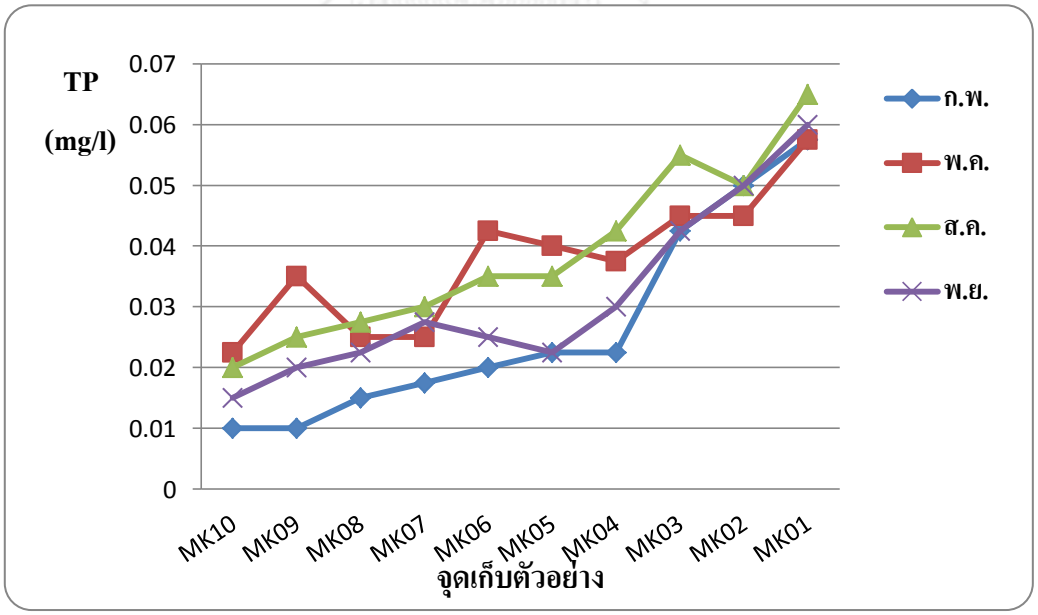
รูปที่ 2-3 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทในแม่น้ำแม่กลอง ปี 2551-2554 ในช่วงการตรวจวัดในเดือนต่างๆ เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3
(หมายเหตุ MK คือ ที่ตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำดังตารางที่ 2-2)



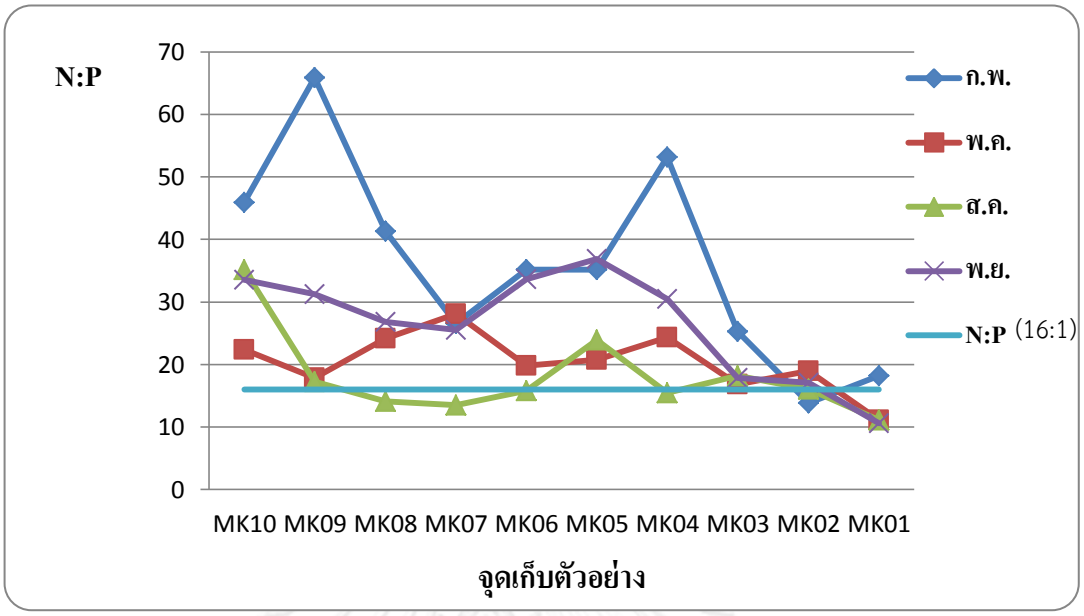
รูปที่ 2-4 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์ในแม่น้ำแม่กลอง ปี 2551-2554 ในช่วงการตรวจวัดในเดือนต่างๆ
(หมายเหตุ MK คือ ที่ตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำดังตารางที่ 2-2)



รูปที่ 2-5 ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียในแม่น้ำแม่กลอง ปี 2551-2554 ในช่วงการตรวจวัดในเดือนต่างๆ เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3
(หมายเหตุ MK คือ ที่ตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำดังตารางที่ 2-2)



รูปที่ 2-6 ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสรวมในแม่น้ำแม่กลอง ปี 2551-2554 ในช่วงการตรวจวัดในเดือนต่างๆ
(หมายเหตุ MK คือ ที่ตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำดังตารางที่ 2-2)



รูปที่ 2-7 สัดส่วนระหว่างปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสรวม ปี 2551-2554 ในช่วงการตรวจวัดในเดือนต่างๆ
(หมายเหตุ MK คือ ที่ตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำดังตารางที่ 2-2)

ส่วนคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำแม่กลองที่จังหวัดสมุทรสงครามโดยตรวจวัดห่างจากชายฝั่ง 500 เมตร พบว่ามีคุณภาพเสื่อมโทรมโดยการประเมินอาศัย ดัชนีคุณภาพน้ำทะเล (Marine Water Quality Index: MWQI) ซึ่งกรมควบคุมมลพิษพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ประเมินสถานการณ์คุณภาพน้ำทะเลโดยรวม

จากข้อมูลคุณภาพน้ำในลำน้ำแม่กลองจนถึงปากแม่น้ำแม่กลอง พบว่ามีคุณภาพน้ำโดยรวมอยู่ในเกณฑ์พอใช้ตลอดทั้งปี ส่วนคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำมีคุณภาพเสื่อมโทรม ในด้านปริมาณไนโตรเจนพบว่าในช่วงน้ำน้อยคือในเดือนมกราคมถึงมิถุนายน ไนโตรเจนในรูปไนไตรท์และแอมโมเนียมีแนวโน้มสูงกว่าในเดือนที่มีน้ำมาก ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสไม่พบความแตกต่างระหว่างช่วงน้ำน้อย และน้ำมาก ถึงแม้ว่าปริมาณไนเตรทไม่เกินค่ามาตรฐาน แต่ปริมาณไนเตรท และฟอสฟอรัสรวมก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจุดตรวจวัดจากต้นน้ำถึงบริเวณปากแม่น้ำ อีกทั้งสัดส่วนปริมาณไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส ซึ่งบอกถึงสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชตาม Redfield ratio โดยค่าสัดส่วนที่ลดลงจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัส ซึ่งเพิ่มโอกาสในการเกิดสภาวะยูโทรฟิเคชั่น

โดยงานวิจัยนี้จะเริ่มใช้ค่าการตรวจวัดจากจุดตรวจวัดบริเวณ ปากน้ำแม่กลอง อ.เมือง จ.สมุทรสงคราม (MK01) ถึงจุดตรวจวัดก่อนเข้าพื้นที่จังหวัดราชบุรีที่ บ้านท่าเรือ อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี (MK08) เป็นค่าตรวจวัดที่ใช้ในการประเมินกระแสการไหลของไนโตรเจนในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำแม่กลอง

2.2 ที่ราบแม่น้ำแม่กลองบริเวณจังหวัดกาญจนบุรี ราชบุรีและสมุทรสงคราม

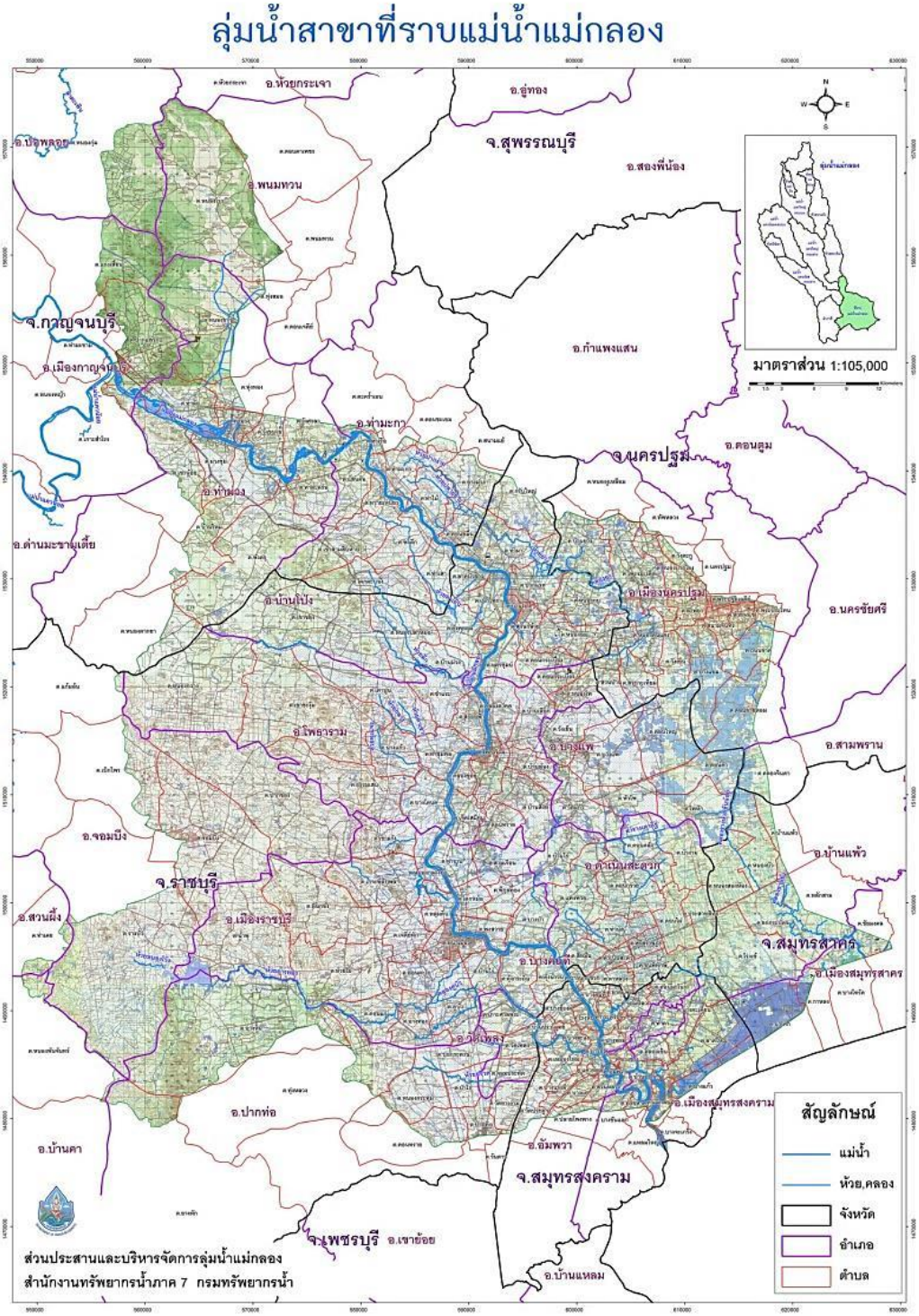
ที่ราบแม่น้ำแม่กลอง มีความยาวลำน้ำแม่กลองประมาณ 140 กิโลเมตร นับจากตำบลปากแพรก อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี ที่แม่น้ำแควน้อยและแม่น้ำแควใหญ่ไหลมาบรรจบกัน กลายเป็นแม่น้ำแม่กลองไหลผ่าน อำเภอเมืองกาญจนบุรี ก่อนไหลลงสู่เขื่อนวชิราลงกรณ์ที่อำเภอท่าม่วงท่าม่วง แล้วจึงไหลผ่านอำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดราชบุรี และไหลลงสู่อ่าวไทยที่จังหวัดสมุทรสงคราม มีความลาดชันลำน้ำเฉลี่ยประมาณ 1 : 9,000 (สสนก., ม.ป.ป.: ออนไลน์) มีพื้นที่ลุ่มน้ำ 3,800.04 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 12.59 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง (ทส, ทน., 2552: ออนไลน์) ซึ่งที่ราบแม่น้ำแม่กลองมีพื้นที่ครอบคลุม 3 จังหวัด (รูปที่ 2-8) ได้แก่ จ.กาญจนบุรี (อำเภอท่ามะกา อำเภอท่าม่วง อำเภอพนมทวน และอำเภอบ่อพลอย) จ.ราชบุรี (อำเภอจอมบึง อำเภอดำเนินสะดวก อำเภอบางแพ อำเภอบ้านโป่ง อำเภอปากท่อ อำเภอวัดเพลง อำเภอเมืองราชบุรี และอำเภอโพธาราม) จ.สมุทรสงคราม (อำเภอบางคนที อำเภออัมพวา และอำเภอเมืองสมุทรสงคราม)

2.2.1 ปริมาณฝน

จากข้อมูลน้ำฝนรายเดือนของสถานีวัดน้ำฝนบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองพบว่าค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง 1,454.18 มิลลิเมตร โดยลำน้ำสาขาคือ ห้วยปิล๊อกมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีสูงสุดคือ 3,343.59 มิลลิเมตร รองลงมาคือแม่น้ำแควน้อยตอนบนปริมาณฝนเฉลี่ย 2,494.19 มิลลิเมตร แม่น้ำแควใหญ่ตอนบนปริมาณฝนเฉลี่ย 1,338.75 มิลลิเมตร ในส่วนของที่ราบแม่น้ำแม่กลองในปี 2553 จังหวัดกาญจนบุรีมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,120.4 มิลลิเมตร จังหวัดราชบุรีมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,205.0 มิลลิเมตร ซึ่งปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นปัจจัยที่เพิ่มปริมาณไนโตรเจนในพื้นที่ รวมทั้งเป็นปัจจัยในการนำพาธาตุอาหารลงสู่แหล่งน้ำอีกด้วย

ตารางที่ 2-3 ปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันฝนตก ปี 2552-2554 (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ [กษ], สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [สศก.], ม.ป.ป.: ออนไลน์)

จังหวัด	ปริมาณน้ำฝน (มม.)			จำนวนวันฝนตก (วัน)		
	2552	2553	2554	2552	2553	2554
กาญจนบุรี	1,329.2	1,120.4	1,067.0	109	99	109
ราชบุรี	1,089.7	1,205.0	910.0	111	116	128



รูปที่ 2-8 ลุ่มน้ำสาขาที่ราบแม่น้ำแม่กลอง (ทส, ทน., ม.ป.ป.: ออนไลน์)

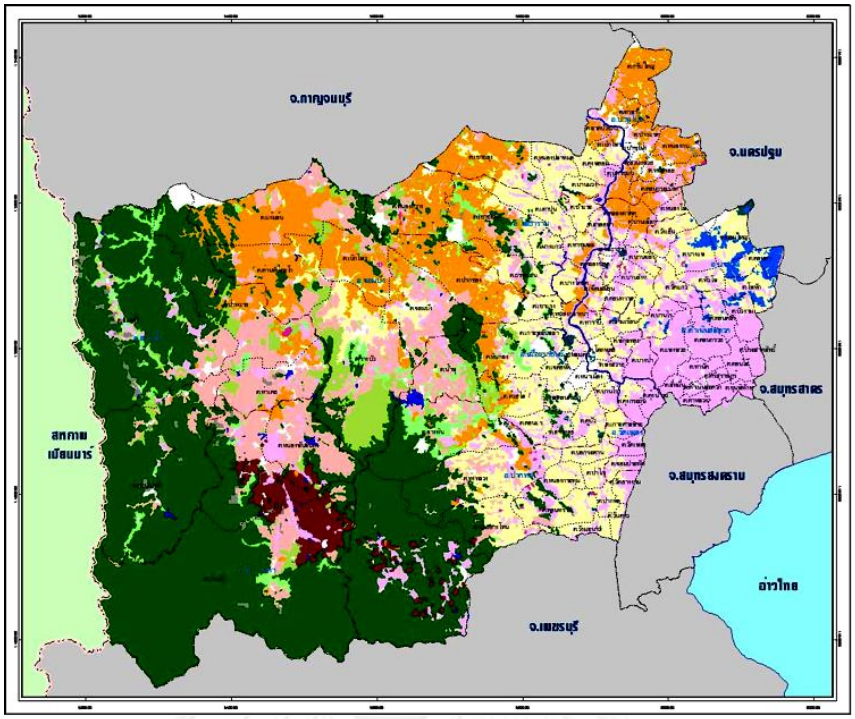
2.2.2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ตามข้อมูลการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรของประเทศไทยในปี 2553 ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ในจังหวัดที่แม่น้ำแม่กลองไหลผ่าน คือ กาญจนบุรี ราชบุรี สมุทรสงคราม พบว่า จังหวัดกาญจนบุรีมีเนื้อที่ประมาณ 12.1 ล้านไร่ ประมาณ 63 เปอร์เซ็นต์เป็นพื้นที่ป่าไม้ เป็นเนื้อที่ถือครองทางการเกษตร 22 เปอร์เซ็นต์ และเป็นพื้นที่นอกการเกษตรอีก 15 เปอร์เซ็นต์ จังหวัดราชบุรีมีเนื้อที่ประมาณ 3.2 ล้านไร่ ประมาณ 34 เปอร์เซ็นต์เป็นพื้นที่ป่าไม้ เป็นเนื้อที่ถือครองทางการเกษตร 46 เปอร์เซ็นต์ และเป็นพื้นที่นอกการเกษตรอีก 20 เปอร์เซ็นต์ จังหวัดสมุทรสงครามมีเนื้อที่ประมาณ 2.6 แสนไร่ ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์เป็นพื้นที่ป่าไม้ เป็นเนื้อที่ถือครองทางการเกษตร 77 เปอร์เซ็นต์ และเป็นพื้นที่นอกการเกษตรอีก 18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 2-4 โดยการกระจายตัวของการใช้ประโยชน์พื้นที่ในจังหวัดราชบุรีเป็นดังรูปที่ 2-9 2-10 2-11 และ 2-12

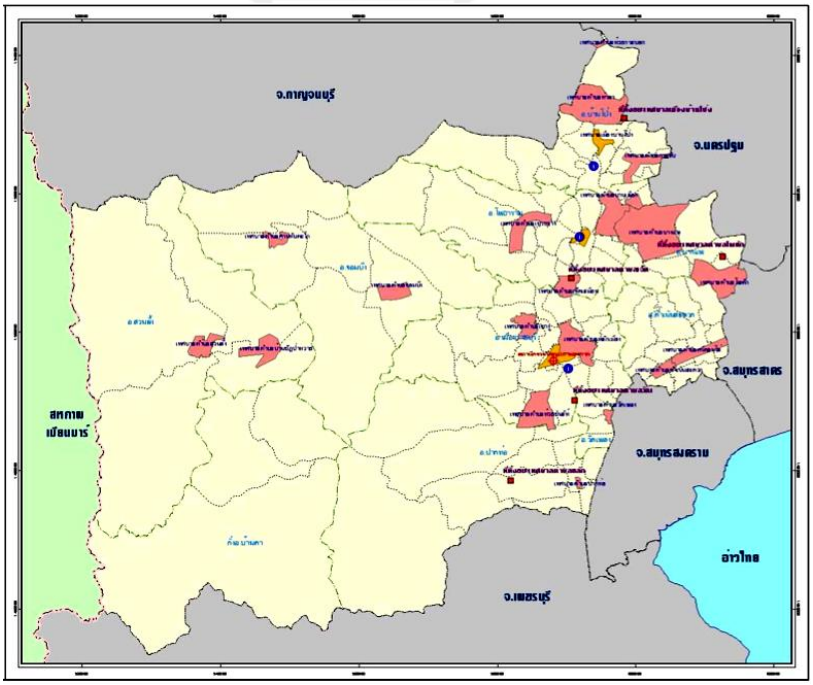
ซึ่งในส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่สามจังหวัดที่แม่น้ำแม่กลองไหลผ่าน เป็นการใช้ประโยชน์ในรูปแบบพื้นที่เป็นป่าไม้ แม้ว่าจะเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่แต่ไม่ได้ถูกวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ เนื่องจากไม่ใช่กิจกรรมของมนุษย์ นอกจากนี้รูปการใช้ประโยชน์ที่ดิน(รูปที่ 2-9 ถึง 2-12) แสดงให้เห็นถึงกิจกรรมของมนุษย์ซึ่งส่วนใหญ่เกิดขึ้นในพื้นที่ราบแม่น้ำแม่กลอง(รูปที่ 2-8)

ตารางที่ 2-4 การใช้ประโยชน์ที่ดิน 2553 (กษ, สศก., 2554)

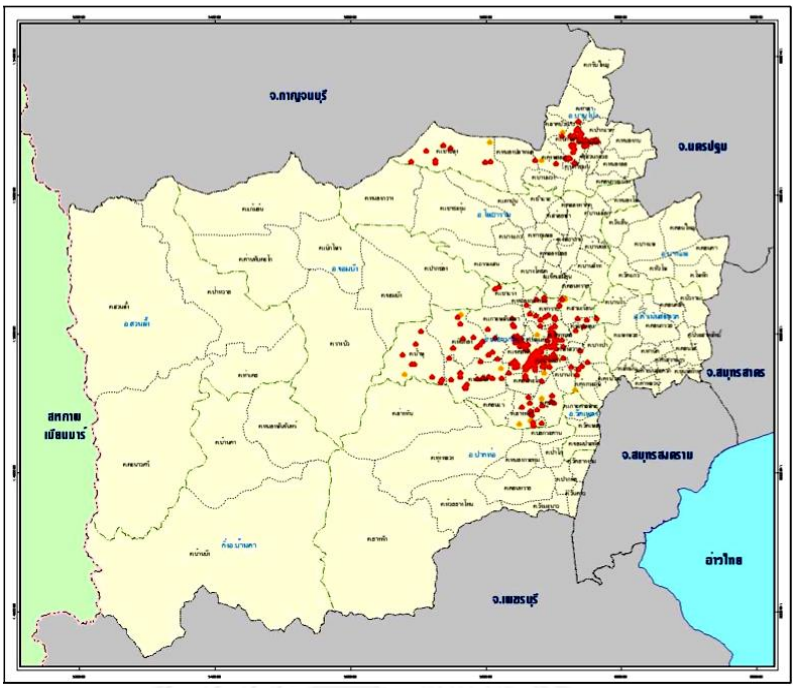
จังหวัด	เนื้อที่ทั้งหมด (ไร่)	เนื้อที่ป่าไม้ (ไร่)	เนื้อที่ถือครองทางการเกษตร (ไร่)	จำนวนครัวเรือน (ครัวเรือน)	ขนาดของฟาร์ม (ไร่/ครัวเรือน)	เนื้อที่นอกการเกษตร (ไร่)
กาญจนบุรี	12,176,968	7,678,169	2,859,945	53,058	53.9022	1,638,854
ราชบุรี	3,247,789	1,097,367	1,532,089	53,018	28.8975	618,333
สมุทรสงคราม	260,442	12,647	216,312	10,645	20.3205	31,483



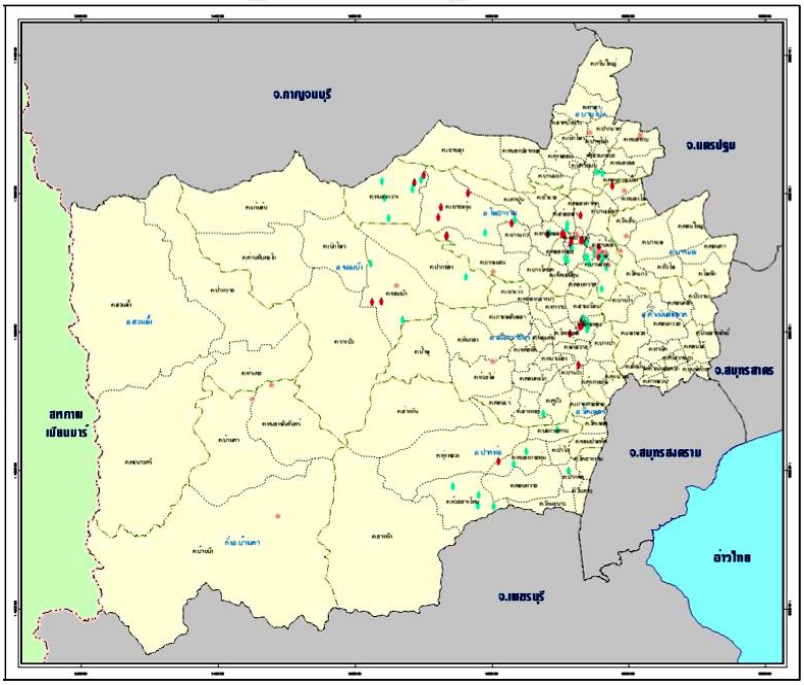
รูปที่ 2-9 แผนที่จังหวัดราชบุรีแสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (สีเหลืองอ่อน คือ นาข้าว สีส้ม คือ พื้นที่ปลูกอ้อย สีแดงเข้ม คือ สับปะรด สีชมพู คือ พืชไร่ สีเขียวอ่อน คือ ไม้ยืนต้น สีม่วง คือ ไม้ผล สีเขียวเข้ม คือ พื้นที่ป่าไม้ สีฟ้า คือ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สีน้ำเงิน คือ แหล่งน้ำ) (ทส, สสภ.8, 2550: ออนไลน์)



รูปที่ 2-10 แผนที่จังหวัดราชบุรีแสดงสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยของเทศบาล (จุดสีแดง) ระบบบำบัดน้ำเสีย (จุดสีน้ำเงิน) และสถานีตรวจวัด คุณภาพอากาศ (สีแดง คือ พื้นที่เทศบาล) (ทส, สสภ.8, 2550: ออนไลน์)



รูปที่ 2-11 แผนที่จังหวัดราชบุรีแสดงตำแหน่งโรงงานอุตสาหกรรม (สีเหลือง คือ โรงงานอุตสาหกรรมประเภทที่ 2 สีแดง คือ โรงงานอุตสาหกรรมประเภทที่ 3 (ทส, สสภ.8, 2550: ออนไลน์)



รูปที่ 2-12 แผนที่จังหวัดราชบุรีแสดงตำแหน่งฟาร์มสุกร และโรงฆ่าสัตว์ (สีชมพู คือ โรงฆ่าสัตว์ สีแดง คือ ฟาร์มสุกรประเภทที่ 1 สีฟ้า คือ ฟาร์มสุกรประเภทที่ 2) (ทส, สสภ.8, 2550: ออนไลน์)

2.2.3 การเกษตร ปศุสัตว์และเลี้ยงสัตว์น้ำ

ที่ราบแม่น้ำแม่กลองเป็นพื้นที่ผลิตผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญที่สุดในลุ่มน้ำแม่กลอง โดยมีการทำการเกษตรอย่างหนาแน่น ซึ่งการเกษตรที่สำคัญของที่ราบแม่น้ำแม่กลองคือ การปลูกข้าวและอ้อย โดยส่วนใหญ่ข้าวจะปลูกในส่วนของที่ราบลุ่มและอยู่ในเขตชลประทาน ส่วนอ้อยและมันสำปะหลังจะปลูกมากบริเวณพื้นที่ดอนไร่ แต่ก็มีการปลูกพืชไร่ในเขตพื้นที่ชลประทานด้วยเช่นกัน ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้จะประเมินเฉพาะการปลูกข้าว เนื่องจากการปลูกข้าวส่วนใหญ่อยู่ในเขตที่ราบแม่น้ำแม่กลอง แต่พื้นที่การปลูกข้าวส่วนใหญ่จะอยู่นอกพื้นที่ราบแม่น้ำแม่กลอง (รูปที่ 2-8 และ รูปที่ 2-9) นอกจากนี้ที่ราบแม่น้ำแม่กลองยังมีการปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้น ซึ่งเป็นพืชที่สำคัญของที่ราบแม่น้ำแม่กลองเช่นกันโดยมีการปลูกกระจายอยู่ทั่วไป

ในพื้นที่จังหวัดราชบุรีมีการเลี้ยงปศุสัตว์อันได้แก่ โคนม โคเนื้อ สุกรไก่ เป็ด โดยโคนมในจังหวัดราชบุรีที่อำเภอบ้านโป่งมีมากเป็นอันดับที่ 1 รองลงมาคืออำเภอโพธาราม การเลี้ยงโคเนื้อในจังหวัดราชบุรีมีโคเนื้อมากในอำเภอปากท่อ อำเภอบ้านโป่ง ส่วนสุกรส่วนใหญ่เลี้ยงในอำเภอปากท่อ อำเภอโพธาราม และอำเภอจอมบึง การเลี้ยงไก่มีเลี้ยงกันมากในเขตอำเภอเมืองราชบุรี โพธาราม และจอมบึง

จังหวัดราชบุรีมีการขุดบ่อเลี้ยงปลาน้ำจืดจำพวกปลาตะเพียนขาว ปลานิล ปลายี่สกเทศ ปลาไน ปลานวลจันทร์ ปลาสวาย และปลาจีน ทำกันมากในเขตอำเภอเมืองราชบุรี บ้านโป่ง และโพธาราม นอกจากนั้นในปัจจุบันยังนิยมเลี้ยงและเพาะพันธุ์ ปลาสวยงาม โดยมีเลี้ยงในเขตอำเภอบ้านโป่ง โพธาราม และเมืองราชบุรี ส่วนการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามได้ทวีจำนวนสูงขึ้น เนื่องจากมีการนำเอาเทคโนโลยีจากการเลี้ยงกุ้งทะเลมาปรับใช้ สามารถส่งผลให้อัตราผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูงขึ้น โดยนิยมเลี้ยงกันมากในท้องที่ อำเภอบางแพ ดำเนินสะดวก และเมืองราชบุรี นอกจากนี้ได้เริ่มมีการนำเอาปลาสลิดมาเลี้ยงในพื้นที่จังหวัดราชบุรีในเขตอำเภอบางแพ ดำเนินสะดวก โพธาราม และปากท่อ เนื่องจากพื้นที่อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ มีปัญหาจากการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรม

ในจังหวัดสมุทรสงครามมีพื้นที่ปลูกข้าวแต่มีไม่มากนักเนื่องจากดินมีสภาพเป็นดินเค็ม แหล่งเพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ในตำบลแพรกหนามแดง และตำบลวัดประดู่ ในด้านการเลี้ยงปศุสัตว์ เกษตรกรจะเลี้ยงโคพื้นเมืองในพื้นที่ทำนาในพื้นที่สองตำบลดังกล่าวข้างต้น การเลี้ยงสุกรภายในจังหวัดมีทั้งสุกรขุนและสุกรที่เป็นแม่พันธุ์ การเลี้ยงไก่ในจังหวัดมีฟาร์มไก่เนื้อและไก่ไข่ขนาดใหญ่นอกจากนี้ยังมีการเลี้ยงไก่พื้นเมืองเพื่อบริโภคในครัวเรือน การเลี้ยงสัตว์น้ำในจังหวัดสมุทรสงครามมีการเลี้ยงหอยแครง หอยแมลงภู่ กุ้งทะเลและปูทะเลบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล นอกจากนี้ยังมีการขุดบ่อเลี้ยงปลาสลิดในพื้นที่อำเภออัมพวา การเลี้ยงปลาดุกในอำเภออัมพวาและอำเภอเมืองสมุทรสงคราม และการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในอำเภอบางคนที

สาเหตุของกิจกรรมเกษตรกรรมที่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การใช้ปุ๋ยในการเพาะปลูกและการเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักของพืช ปุ๋ยที่ใส่ให้กับพืชส่วนใหญ่จะใช้ไม่หมดและตกค้างอยู่ในดินซึ่งถูกดูดซับไว้ในรูปของสารคอลลอยด์ในดิน และเกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำบาดาล น้ำในแม่น้ำ และน้ำทะเลเมื่อถูกละลายชะล้างลงไป (กรมโรงงานอุตสาหกรรม [กรอ.], 2548) ในส่วนของปศุสัตว์การให้อาหาร มูลสัตว์ และการทำความสะอาดโรงเรือนทำให้เกิดน้ำเสียไหลลงสู่แม่น้ำลำคลองด้วยเช่นกัน โดยปศุสัตว์จะทำการ

ประเมินเฉพาะไก่เนื้อ ไก่ไข่ เป็ดเนื้อ เป็ดไข่ โคเนื้อ โคนม และสุกร เนื่องจากมีการเลี้ยงเป็นจำนวนมาก (มีการเลี้ยงปศุสัตว์แต่ละชนิดในจังหวัดราชบุรีแตกต่างกนออกไป คือ สัตว์ปีกแต่ละชนิดข้างต้นมากกว่า 176,651 ตัว และมากถึง 3,245,022 สำหรับไก่เนื้อ โคเนื้อ 163,489 ตัว โคนม 58,815 ตัว และสุกร 1,492,465 ตัว (กษ, สสก., ม.ป.ป.: ออนไลน์)) เมื่อเปรียบเทียบกับ จำนวนแพะ และแกะ ซึ่งมีปริมาณอยู่ที่ 7,845 และ 198 ตัว ในจังหวัดราชบุรี และ 9 และ 2 ตัวในจังหวัดสมุทรสงคราม (กษ, กรมปศุสัตว์ [กปศ.], ,ม.ป.ป.: ออนไลน์)

2.2.4 ประชากร

ประชากรปี 2553 ในจังหวัดกาญจนบุรี ราชบุรี และสมุทรสงครามมีจำนวน 839,776 839,075 และ 194,075 คนตามลำดับ โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงประชากรในช่วงสามปีอยู่ในระดับคงที่ คือมีการเปลี่ยนแปลงไม่ถึง 1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความหนาแน่นของประชากรจังหวัดสมุทรสงครามมีความหนาแน่นสูงสุด รองลงมาคือ จังหวัดราชบุรี และกาญจนบุรีตามลำดับ ซึ่งจำนวนประชากรจะส่งผลถึงปริมาณการอุปโภค บริโภค โดยส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำเสียและปริมาณขยะที่เกิด การอุปโภคที่ส่งผลต่อปริมาณธาตุอาหารคือการใช้สารเคมีทำความสะอาด เช่น ผงซักฟอก ซึ่งส่งผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสีย ในส่วนการบริโภคนั้นทำให้เกิดของเสียจากการขับถ่ายโดยจะส่งผลต่อทั้งปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัส

ตารางที่ 2-5 จำนวนประชากรจากการทะเบียน อัตราการเปลี่ยนแปลง และความหนาแน่นของประชากร พ.ศ. 2551 – 2553 (กระทรวงมหาไทย [มท], กรมการปกครอง [ปค.] อ้างถึงใน กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร [ทก], สำนักงานสถิติแห่งชาติ [สสช.], ม.ป.ป.: ออนไลน์)

จังหวัด	จำนวนประชากร (คน)			อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)		ความหนาแน่นของประชากร (ต่อ ตร.กม.)
	2551	2552	2553	2552	2553	
กาญจนบุรี	840,905	833,423	839,776	-0.890	0.760	43.100
ราชบุรี	835,861	835,231	839,075	-0.075	0.460	161.470
สมุทรสงคราม	194,054	193,647	194,057	-0.210	0.210	465.000

2.2.5 อุตสาหกรรม

จากสถิติของจังหวัดพบว่าอุตสาหกรรมที่สำคัญของราชบุรีอุตสาหกรรมที่สำคัญ คือ อุตสาหกรรมอาหารรองลงมาคือ อุตสาหกรรมอโลหะ อุตสาหกรรมขนส่ง อุตสาหกรรมผลิตโลหะ และ อุตสาหกรรมไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ ส่วนจังหวัดสมุทรสงครามอุตสาหกรรมที่สำคัญ คือ อุตสาหกรรมอาหารรองลงมา คือ อุตสาหกรรมไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ อุตสาหกรรมขนส่ง อุตสาหกรรมผลิตโลหะ และอุตสาหกรรมเครื่องจักรกล โดยในพื้นที่จังหวัดราชบุรีอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ลุ่มแม่น้ำแม่กลองดังรูปที่ 2-9 ซึ่งจังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรปราการมีจำนวนสถานประกอบการอุตสาหกรรมทั้งหมด 1,382 และ 258 โรงตามลำดับ โดยมีสถานประกอบการอุตสาหกรรมในด้านการเกษตร อาหารและเครื่องดื่มทั้งหมด 282 และ 75 โรงตามลำดับ ซึ่งน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหารมักถูกปล่อยออกมาเป็นจำนวนมาก โดยปกติแล้วไม่มีสารอันตรายอย่างเช่นโลหะหนัก แต่มักจะประกอบด้วยน้ำมัน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส (กรอ., 2548)

ตารางที่ 2-6 จำนวนสถานประกอบการอุตสาหกรรม 2553 (สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดกาญจนบุรี, 2556 : ออนไลน์; สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดราชบุรี, 2556 : ออนไลน์; สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดสมุทรสงคราม, 2556 : ออนไลน์)

ประเภทอุตสาหกรรม	กาญจนบุรี	ราชบุรี	สมุทรสงคราม
การเกษตร	454	107	4
อาหาร	108	171	71
เครื่องดื่ม	14	4	-
รวม	576	282	75

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.6 การจัดการขยะ และบำบัดน้ำเสีย

จังหวัดราชบุรีมีระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสีย 3 แห่งคือ ระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองโพธาราม ระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองบ้านโป่ง ระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองราชบุรี

โดยเทศบาลเมืองบ้านโป่ง มีพื้นที่ทั้งหมด 2.91 ตารางกิโลเมตร โดยการรวบรวมน้ำเสียครอบคลุมทั้งเทศบาล ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้เป็นชนิดบ่อผึ่งหรือ บ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) สามารถรองรับน้ำเสียได้วันละ 5,000 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 2,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในส่วนเทศบาลเมืองโพธาราม มีพื้นที่ทั้งหมด 2.6 ตารางกิโลเมตร โดยการรวบรวมน้ำเสียครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของเทศบาล ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้เป็นชนิด คลองวนเวียน (Oxidation Ditch) รองรับน้ำเสียได้วันละ 5,000 ลูกบาศก์เมตร แต่ปริมาณน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 2,200 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และ เทศบาลเมืองราชบุรี มีพื้นที่ทั้งหมด 8.7 ตารางกิโลเมตร ระบบ

รวบรวมน้ำเสียได้ ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของเทศบาล ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นชนิด บ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) สามารถรองรับน้ำเสียได้ 20,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ส่วนการจัดการขยะของราชบุรีนั้น มีความแตกต่างกันในแต่ละเทศบาลซึ่งส่วนใหญ่เป็นการกำจัดในลักษณะฝังกลบซึ่งไม่ถูกหลักสุขาภิบาล โดยมีเพียงเทศบาลเดียวเท่านั้นที่ทำถูกหลัก

ในส่วนจังหวัดสมุทรสงครามด้านน้ำเสียไม่มีบ่อบำบัดน้ำเสียของเทศบาล ด้านขยะมูลฝอยในอดีตจะถูกส่งไปฝังกลบที่ หมู่บ้านตะวันจักร ตำบลลาดใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม มีพื้นที่ 60 ไร่ แต่เนื่องจากปริมาณขยะจากเทศบาลสูงเกินความสามารถที่หลุมฝังกลบจะรับได้ รวมทั้งการประท้วงจากชาวบ้านทำให้ต้องปิดหลุมฝังกลบและจ้างเอกชนในการขนถ่ายขยะมูลฝอยไปกำจัด

ตารางที่ 2-7 ปริมาณขยะมูลฝอย จำแนกเป็นรายจังหวัดในภาคกลาง พ.ศ. 2551 – 2553 (สำนักงานสถิติจังหวัด ราชบุรี, ม.ป.ป.)

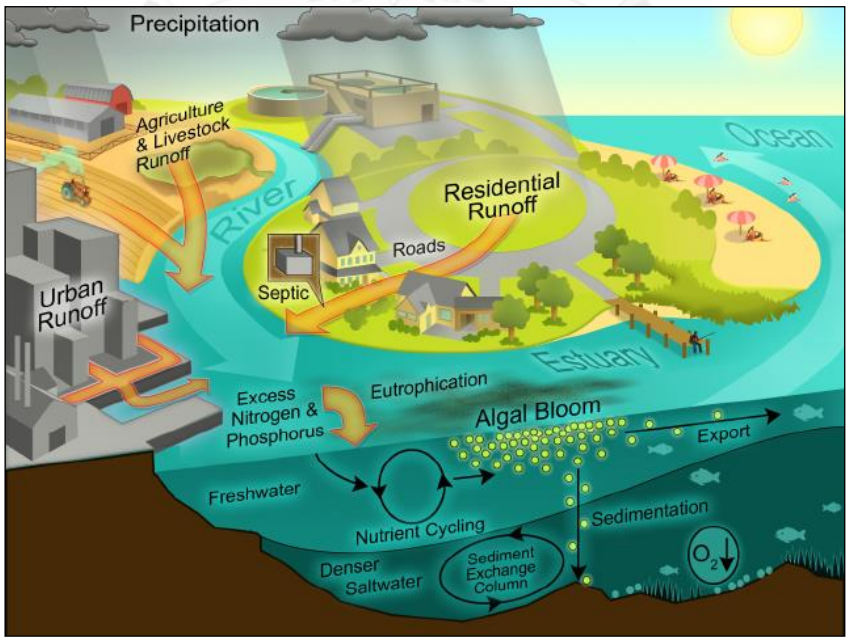
จังหวัด	2551			2552			2553		
	รวม	ในเขตเทศบาล	นอกเขตเทศบาล	รวม	ในเขตเทศบาล	นอกเขตเทศบาล	รวม	ในเขตเทศบาล	นอกเขตเทศบาล
กาญจนบุรี	424	190	234	418	196	222	421	198	223
ราชบุรี	463	260	203	468	252	216	506	258	247
สุมทรสง-คราม	988	42	56	110	47	63	114	52	62

โดยสรุป งานวิจัยนี้จึงทำการประเมินเฉพาะพื้นที่จังหวัดราชบุรี และสมุทรสงคราม เนื่องจากข้อมูลแม่น้ำแม่กลอง และที่ราบแม่น้ำแม่กลอง แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ราบแม่น้ำแม่กลองในจังหวัดกาญจนบุรีมีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดพื้นที่จังหวัด (รูปที่ 2-8) นอกจากนี้จังหวัดกาญจนบุรีมีพื้นที่ประมาณ 63 เปอร์เซ็นต์เป็นพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ประเมิน ในส่วนพื้นที่จังหวัดราชบุรีนั้นเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นของที่ราบแม่น้ำแม่กลอง และมีกิจกรรมที่เกิดขึ้นในพื้นที่เป็นจำนวนมาก เช่น จำนวนปศุสัตว์ ประชากร เป็นต้น ในส่วนจังหวัดสมุทรสงครามถึงแม้จะเป็นจังหวัดที่มีกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในจังหวัดน้อยกว่าจังหวัดอื่นๆ แต่เนื่องจากเป็นจังหวัดที่ค่าการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำในส่วนของสัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสลดลงจึงเป็นเหตุผลสำคัญในการเลือกจังหวัดสมุทรสงครามเป็นอีกจังหวัดหนึ่งในการประเมิน

2.3 ยูโทรฟิเคชั่น (Eutrophication)

ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) คือ สภาวะธาตุอาหารมากเกินไป เช่น ไนเตรท และฟอสเฟต ส่งผลให้เกิดการเร่งอัตราการการเจริญเติบโตของสาหร่ายขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดสภาวะสาหร่ายสะพรั่ง (Algal Bloom) สาหร่ายที่เกิดจะปกคลุมผิวหน้าน้ำทำให้อัตราการละลายของออกซิเจนจากอากาศลงสู่แหล่งน้ำลดลง รวมทั้งการหายใจของสาหร่ายในเวลากลางคืนก็ทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลง เมื่อสาหร่ายตายลงและจมลงสู่ก้นแหล่งน้ำ จะเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำลดลง อาจทำให้แหล่งน้ำเกิดการเน่าเสีย

กระบวนการยูโทรฟิเคชั่นมีทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ (Natural Eutrophication) และกระบวนการยูโทรฟิเคชั่นที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Cultural Eutrophication) ซึ่งกิจกรรมต่างๆ เป็นต้นเหตุของการปล่อยธาตุอาหารลงสู่แหล่งน้ำซึ่งเป็นการเร่งให้เกิดกระบวนการดังกล่าว เช่น การใช้ปุ๋ย การเลี้ยงสัตว์น้ำ การเลี้ยงปศุสัตว์ กิจกรรมในครัวเรือน เป็นต้น โดยการเกิดยูโทรฟิเคชั่นสามารถบ่งชี้ได้จากปริมาณคลอโรฟิลล์เอ หรือผลผลิตข้างต้น (ปริมาณพลังงานและคาร์บอนที่เข้าสู่ระบบนิเวศน์) (Committee to Evaluate Indicators for Monitoring Aquatic and Terrestrial Environments, Commission on Geosciences, Environment and Resources, Division on Earth and Life Studies, National Research Council, 2000) ซึ่งแหล่งน้ำที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอมากกว่า 10 มคก./ล. หรือมีผลผลิตขั้นต้นมากกว่า 300 กรัม-คาร์บอน/ม^2/ปี บ่งชี้ว่าเกิดยูโทรฟิเคชั่น (นิคม ละอองศิริวงศ์, 2547) นอกจากนี้ยังสามารถบ่งชี้ได้จากปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำซึ่งมากกว่า 0.168 และ0.082 มคก./ล. ตามลำดับ (Bock และคณะ, 1999 อ้างถึงใน นิคม ละอองศิริวงศ์, 2547)



รูปที่ 2-13 การเกิดกระบวนการยูโทรฟิเคชั่น (Paerl, 2006)

2.3.1 ธาตุอาหารที่ส่งผลต่อการเกิดยูโทรฟิเคชั่น

Redfield ratio เป็นสัดส่วนพื้นฐานความต้องการพื้นฐานของแพลงก์ตอนพืชโดยมีสัดส่วน C : N : P เท่ากับ 106 : 16 : 1 (RedField และคณะ, 1958) โดยแพลงก์ตอนพืชต้องการไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากแหล่งน้ำตามสัดส่วนไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในตัวแพลงก์ตอนพืช ดังสมการ

$$106CO_2 + 16NH_4^+ + HPO_4^{2-} + 108H_2O \text{ ------> } C_{106}H_{263}O_{110}N_{16}P_1 + 107O_2 + 14H^+$$

ในสภาวะที่แหล่งน้ำมี ปริมาณฟอสฟอรัสจำกัดจะพบว่า N : P > 22 และ Si : P > 22 สภาวะที่ไนโตรเจนมีปริมาณจำกัด N : P < 10 และ Si : N >1 และสภาวะที่ซิลิเกตมีปริมาณจำกัดSi:N<1และSi:P<10 (ชลาทิพ จันทร์ชมภู, จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ และ เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์, 2549) โดยงานศึกษาของชลาทิพ จันทร์ชมภู และคณะ(2549) พบว่าอัตราส่วน N : P > 16 ส่งผลให้คลอโรฟิลล์ เอ อยู่ในระดับที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง

2.3.2 ปัญหายูโทรฟิเคชั่นบริเวณลำน้ำแม่กลอง

ความถี่ของการเกิดปรากฏการน้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณอ่าวไทยตอนบนช่วงปากแม่น้ำแม่กลองในช่วงพฤศจิกายน 2546 ถึงตุลาคม 2547 มีปรากฏการน้ำทะเลเปลี่ยนสีเกิดขึ้นทั้งหมด 6 ครั้ง โดยพบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีเกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม ส่วนในช่วงฤดูฝนพบ ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีเกิดขึ้นในเดือนกรกฎาคมและตุลาคม ส่วนเดือนอื่นๆ ไม่พบปรากฏการณ์ดังกล่าว โดยธาตุอาหาร(ยกเว้นออร์โธฟอสเฟต)มีผลต่อแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน (รวมทรัพย์ ชำนาญธนา, 2547) ซึ่งในช่วงปี พ.ศ. 2539 ที่บริเวณปากแม่น้ำแม่กลองพบแพลงก์ตอนพืชมีความหนาแน่นในช่วง $3.94 \times 10^4 - 2.30 \times 10^5$ เซลล์/ลิตร (รังสิมันต์ บัวทอง, 2540 อ้างถึงใน อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ และคณะ, 2552) หลังจากนั้นในช่วงปี พ.ศ.2546 – พ.ศ.2549 แพลงก์ตอนพืชในบริเวณปากแม่น้ำ และชายฝั่งที่เป็นแหล่งเพาะเลี้ยงมีความหนาแน่นสูงขึ้นเป็น $4.12 \times 10^3 - 2.78 \times 10^6$ เซลล์/ลิตร (รวมทรัพย์ ชำนาญธนา, 2549 อ้างถึงใน อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ และคณะ, 2552)

เหตุการณ์ล่าสุดในช่วงกลางเดือนพฤศจิกายน 2555 ได้เกิดปัญหาน้ำเสียที่บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง และรุกเข้ามาในแม่น้ำแม่กลองจนเกือบถึงตลาดน้ำอัมพวา กรมประมงได้วิเคราะห์สาเหตุไว้โดยสรุปดังนี้ ข้อมูลคุณภาพน้ำทะเลและชายฝั่งในเดือนตุลาคม จนถึงวันที่ 5 พฤศจิกายน 2555 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ แต่ในช่วงที่พบปลาตาย พบว่า ค่าออกซิเจนในน้ำที่ผิวหน้าดินมีค่าต่ำและแอมโมเนียในน้ำมีค่าสูงเกินมาตรฐานที่สัตว์น้ำจะดำรงชีวิตอยู่ได้ และพบปริมาณแพลงก์ตอนพืชในน้ำหนาแน่นกว่าปกติ นอกจากนี้ก่อนการรายงานการพบปลาตาย พบว่า มีภาวะฝนตกหนักในพื้นที่จังหวัดสมุทรสาครและสมุทรสงคราม ทำให้น้ำจืดปริมาณมาก รวมทั้งมลพิษและธาตุอาหารถูกผลักดันให้ไหลลงสู่ปากแม่น้ำท่าจีนและแม่กลอง ลงสู่ชายฝั่งทะเลพื้นที่อ่าวไทยตอนในผลกระทบดังกล่าวส่งผลให้คุณภาพน้ำทะเลมีการเปลี่ยนแปลง เกิดการแบ่งชั้นระหว่างน้ำจืดและน้ำทะเล ทำให้ออกซิเจนจากบรรยากาศไม่สามารถละลายผ่านลงไปถึงหน้าดินได้ ทำให้ปริมาณออกซิเจน

ที่ผิวหน้าดินมีปริมาณต่ำส่งผลต่อการดำรงชีพของทรัพยากรสัตว์น้ำโดยเฉพาะสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่หน้าดินโดยตรง (กรมประมง [กปม.], 2555: ออนไลน์)

2.3.3 ปัญหายูโทรฟิเคชั่นบริเวณอ่าวไทย

การเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่นในอ่าวไทยได้ส่งผลกระทบให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีตามมา ซึ่งสามารถเกิดได้ตลอดทั้งปี เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนทำให้อุณหภูมิของน้ำทะเลมีค่าสูงตลอดทั้งปี โดยพื้นที่ที่มีรายงานการพบ ปรากฏการณ์ดังกล่าวบ่อยที่สุดได้แก่ พื้นที่ในอ่าวไทยตอนในบริเวณปากแม่น้ำสายหลัก 4 สาย ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา บางปะกง ท่าจีน และแม่กลอง หรือพื้นที่ใกล้เคียงที่ได้รับอิทธิพล เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีการชะล้างสารอาหารจากแม่น้ำลงสู่ทะเล (พรศรี มิ่งขวัญ, สุภกิจ จิ๋วเจริญ และ มารุต สุขสมจิตร, 2555: ออนไลน์) จากข้อมูลของศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง พบการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน จากการได้รับแจ้ง และการออกสำรวจตามแผนโครงการติดตามและเฝ้าระวัง ในปี 2551 เกิดขึ้นทั้งหมด 19 ครั้ง ในปี 2552 เกิดขึ้นทั้งหมด 15 ครั้ง ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวมีทั้งกรณีที่ส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำและไม่ส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำมีดังตารางที่ 2-8

ผลจากการเกิดปรากฏการน้ำทะเลเปลี่ยนสีในอ่าวไทย ได้ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ทางทะเลโดยบางเหตุการณ์ได้ส่งผลกระทบให้เกิดการตายของสัตว์หน้าดิน และ ปลา (ตารางที่ 2-8) ซึ่งหลายชนิดมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ รวมทั้งการเกิดปรากฏการณ์ได้ส่งผลกระทบต่อทัศนียภาพทางทะเล ซึ่งส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยวอีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2-8 การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน จากการได้รับแจ้งและการออกสำรวจตามแผนโครงการติดตามและเฝ้าระวัง (มกราคม 2551-ธันวาคม 2552) (ฐานข้อมูลความรู้ทางทะเล, 2556: ออนไลน์)

เดือน	พื้นที่	ชนิดแพลงก์ตอน	ความหนาแน่น (เซลล์/ลิตร)	หมายเหตุ
ม.ค. 2551	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Noctiluca scintillans* *Ciliate protozoa* *Dinophysis caudata*	225-72,695 5,500-41,850	
ม.ค. 2551	ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน กรุงเทพฯ	*Noctiluca scintillans* *Chaetoceros* spp. *Dinophysis caudata*	2,430-11,470 4,337,991-9,885,240 76,664-453,180 2,200-5,670	
ก.พ. 2551	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Noctiluca scintillans* *Skeletonema costatum*	3,322-3,353 134,134	
ก.พ. 2551	ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน กรุงเทพฯ	*Noctiluca scintillans* *Chaetoceros* spp.	128-476 18,096-81,330	
ก.พ. 2551	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Noctiluca scintillans* *Ceratium furca*	4,845-7,905 55,800	
มี.ค. 2551	ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน กรุงเทพฯ	*Noctiluca scintillans*	815-4,702	
เม.ย. 2551	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Chaetoceros* spp.	1,839,392	
เม.ย. 2551	ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ	*Skeletonema* spp. *Thalassiosira* spp.	946,995-1,621,155 261,653	

ตารางที่ 2-8(ต่อ) การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน จากการได้รับแจ้งและการออกสำรวจตามแผนโครงการติดตามและเฝ้าระวัง (มกราคม 2551-ธันวาคม 2552) (ฐานข้อมูลความรู้ทางทะเล, 2556: ออนไลน์)

เดือน	พื้นที่	ชนิดแพลงก์ตอน	ความหนาแน่น (เซลล์/ลิตร)	หมายเหตุ
พ.ค. 2551	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Skeletonema* spp. *Chaetoceros* spp.	2,305,095-22,906,620 33,840-1,753,440	
พ.ค. 2551	ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน กรุงเทพฯ	*Noctiluca scintillans*	435-18,420	
มิ.ย. 2551	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Skeletonema* spp.	749,83-20,592,413	
ก.ค. 2551	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Skeletonema* spp.	9,779,840-34,391,440	
ก.ย. 2551	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Skeletonema* spp. *Chaetoceros* spp. *Noctiluca scintillans*	5,219,627 2,012,610-434,407 312-5,308	
ต.ค. 2551	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Skeletonema* spp. *Chaetoceros* spp.	306,178-3,430,329 3,988,667	
ต.ค. 2551	ปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา	*Peridinium* sp.	251,600	หอยแมลงภู่ตายเป็นจำนวนมาก
ต.ค. 2551	อ่างศิลา จังหวัดชลบุรี	*Chaetoceros* spp.	1,480,024	แมงดาทะเล ปลาลิ้นหมา ลอยหายใจที่ผิวน้ำ

ตารางที่ 2-8(ต่อ) การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน จากการได้รับแจ้งและการออกสำรวจตามแผนโครงการติดตามและเฝ้าระวัง (มกราคม 2551-ธันวาคม 2552) (ฐานข้อมูลความรู้ทางทะเล, 2556: ออนไลน์)

เดือน	พื้นที่	ชนิดแพลงก์ตอน	ความหนาแน่น (เซลล์/ลิตร)	หมายเหตุ
พ.ย. 2551	ปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา	*Ceratium furca*	4,975,000	
ธ.ค. 2551	ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ	*Noctiluca scintillans* *Ceratium furca*	199,000 92,000	
ธ.ค. 2551	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Noctiluca scintillans* *Ceratium furca* *Chaetoceros* spp.	467-7,480 55,433-1,120,776 220,827-5,671,653	
ม.ค. 2552	ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ	*Noctiluca scintillans* *Dinophysis caudata*	887-1,920 17,739-36,353	
ม.ค. 2552	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Noctiluca scintillans* *Dinophysis caudata*	3,562 15,132-31,130	
ก.พ. 2552	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Noctiluca scintillans* *Skeletonema* spp.	1,652-36,773 4,060-475,878	
ก.พ. 2552	ปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา	*Skeletonema* spp.	798,993	
ก.พ. 2552	บริเวณคลองสหกรณ์ จังหวัดสมุทรสาคร	*Noctiluca scintillans*	25,200	
ก.พ. 2552	บริเวณชายหาดชะอำ จังหวัดเพชรบุรี คลองบางตะบูน จังหวัดเพชรบุรี	*Noctiluca scintillans*	2,800-18,850	

ตารางที่ 2-8(ต่อ) การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน จากการได้รับแจ้งและการออกสำรวจตามแผนโครงการติดตามและเฝ้าระวัง (มกราคม 2551-ธันวาคม 2552) (ฐานข้อมูลความรู้ทางทะเล, 2556: ออนไลน์)

เดือน	พื้นที่	ชนิดแพลงก์ตอน	ความหนาแน่น (เซลล์/ลิตร)	หมายเหตุ
ก.พ. 2552	แม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ	*Noctiluca scintillans*	247-24,960	
มี.ค. 2552	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Noctiluca scintillans*	684-8,700	
เม.ย. 2552	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Skeletonema* spp. *Chaetoceros* spp.	264,000- 3,869,320 2,211,066	
ส.ค. 2552	ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร	*Ceratium furca* *Skeletonema* spp. *Oscillatoria* spp.	12,438-34,440 262,947 5,698,000	สัตว์น้ำตายเป็นจำนวนมาก
ส.ค. 2552	ชายฝั่งทะเล ตำบลบางกระจ้าว จังหวัดสมุทรสาคร	*Ceratium furca* *Skeletonema* spp. *Noctiluca scintillans*	117,180- 653,000 366,193 750	หอยแมลงภู่ตายเป็นจำนวนมาก
พ.ย. 2552	ชายฝั่งทะเล ตำบลบางกระจ้าว จังหวัดสมุทรสาคร	*Pseudo-nitzschia* spp.	360,827- 1,494,667	สัตว์น้ำตายเป็นจำนวนมาก
พ.ย. 2552	ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน กรุงเทพฯ	*Pseudo-nitzschia* spp.	183,902- 3,407,910	สัตว์น้ำตายเป็นจำนวนมาก
พ.ย. 2552	ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	*Chaetoceros* spp. *Peridinium* spp.	4,511,467 76,104	

2.4 ไนโตรเจน (Sawyer, McCarty and Parkin, 2002)

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่เป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหายูโทรฟิเคชั่น การเข้าใจกระบวนการหลักของไนโตรเจนจะช่วยให้เข้าใจการเคลื่อนย้ายของไนโตรเจนในกิจกรรมต่างๆได้ดียิ่งขึ้น โดยกระบวนการหลักของวัฏจักรไนโตรเจนมี 6 รูปแบบคือ 1.การตรึงไนโตรเจน 2.แอมโมนิฟิเคชั่น 3.ไนตริฟิเคชั่น 4.ดีไนตริฟิเคชั่น 5.การดูดซึม และ 6.อนาม็อก

2.4.1 การตรึงไนโตรเจน (Nitrogen Fixation) แบ่งเป็น

2.4.1.1. การตรึงไนโตรเจนในอากาศ (Atmospheric Nitrogen Fixation) ไนโตรเจนที่พบทั่วไปในธรรมชาติ ได้แก่ NH_4^+, N_2, NO_2^-, NO_3^- โดยในบรรยากาศไนโตรเจนจะอยู่มากในรูปของก๊าซไนโตรเจน เมื่อเกิดพายุฝนฟ้าคะนองทำให้เปลี่ยนไนโตรเจนเป็นออกไซด์ไนโตรเจน เมื่อรวมกับน้ำแล้วเกิดเป็นกรดไนตริค และกรดไนตรัสตกลงมา เมื่อกรดดังกล่าวไปรวมกับเกลือก็จะเปลี่ยนเป็นไนเตรท ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืช

2.4.1.2. การตรึงไนโตรเจนโดยกระบวนการทางชีวภาพ (Biological Nitrogen Fixation) เป็นกระบวนการทางชีวภาพในการเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนเป็นไนเตรทโดยแบคทีเรียทั้งแอโรบิค และแอนแอโรบิค เช่น ไรโซเบียมซึ่งอยู่ที่ปมรากถั่ว

2.4.1.3. การตรึงไนโตรเจนโดยกระบวนการทางอุตสาหกรรม (Industrial Nitrogen Fixation) การผลิตแอมโมเนียจากการรวมตัวของไนโตรเจน กับไฮโดรเจนภายใต้สภาวะความดันและความร้อนสูง

2.4.2 แอมโมนิฟิเคชั่น (Ammonification)

เป็นกระบวนการที่เกี่ยวกับการย่อยสลายซากพืช และซากสัตว์ รวมทั้งของเสียที่มีองค์ประกอบของโปรตีน กลับไปเป็นแอมโมเนีย โดยกระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้นจาก Fungi แบคทีเรียในกลุ่ม Actinomycetes และ Ammonifying bacteria เช่น *Bascillus mycoides* โดยกระบวนสามารถเกิดขึ้นได้ภายใต้สภาวะมีออกซิเจน และไร้ออกซิเจน

2.4.3 ไนตริฟิเคชั่น (Nitrification)

เป็นกระบวนการเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นสารประกอบไนเตรทด้วย ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของแบคที่เรียประเภท Nitrifying bacteria โดยเริ่มแรกแอมโมเนียจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ โดย Nitrosomonas และ Nitrococcus bacteria หลังจากนั้นไนไตรต์จะถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรทโดย Nitrobacter และ Nitrocystis bacteria

Chulalongkorn University

2.4.4 ดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification)

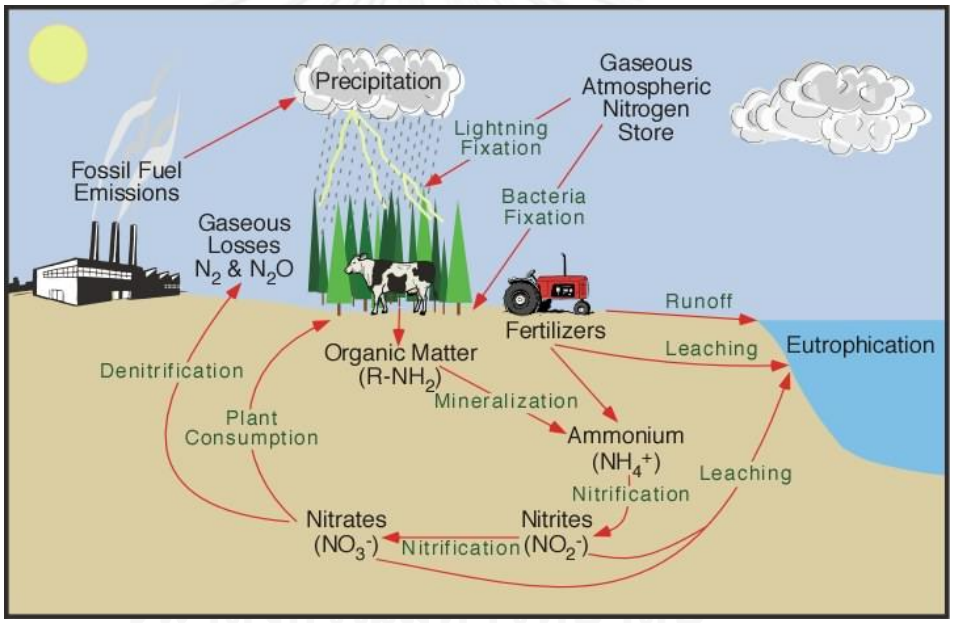
เป็นกระบวนการเปลี่ยนไนเตรท ไปเป็นไนไตรท์ไปเป็นก๊าซไนโตรเจนโดยแบคทีเรียในกลุ่ม Denitrifying bacteria เช่น *Micrococcus denitrificans*, *Pseudomonas stutzeri*

2.4.5 การดูดซึม (Assimilation)

เป็นกระบวนการที่พืช และแบคทีเรียดูดซึมไนเตรทและแอมโมเนียมจากดิน

2.4.6 อนาม็อก (Anaerobic Ammonium Oxidation: Anammox)

เป็นกระบวนการทางชีวภาพในการเปลี่ยนไนไตรท์ และแอมโมเนียม ไปเป็นก๊าซไนโตรเจนโดยตรง ซึ่งกระบวนการนี้เป็นกระบวนการหลักในการเปลี่ยนไนโตรเจนในมหาสมุทร



รูปที่ 2-14 วัฏจักรไนโตรเจน (Pidwirny, 2006: Online)

2.5 เครื่องมือทางสิ่งแวดล้อม (Finnveden and Moberg, 2005)

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมีอยู่หลายตัวด้วยกัน เช่น การวิเคราะห์เข้าและออกจากระบบเศรษฐกิจ (Input-Output Analysis: IOA) ระบบสำหรับบัญชีเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม (System for economic and environmental account: SEEA) การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment: EIA) การวิเคราะห์กระแสการไหล (Material Flow Analysis: MFA) การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life-Cycle Assessment: LCA) เป็นต้น ซึ่งแต่ละเครื่องมือจะมีวัตถุประสงค์ในการใช้แตกต่างกันออกไป ดังนี้

2.5.1 การวิเคราะห์กระแสการไหล (Material Flow Analysis: MFA)

เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์กระแสการไหล แบ่งออกเป็นสามชนิดคือ

2.5.1.1 ความต้องการวัสดุทั้งหมด (Total Material Requirement: TMR) มีเป้าหมายในการคำนวณวัสดุที่เข้าสู่สังคม ทั้งทางตรงและทางอ้อม

2.5.1.2 ความเข้มข้นวัสดุต่อหน่วยบริการ (Material Intensity Per Unit Service: MIPS) มีการคำนวณปริมาณสารที่เข้าสู่ระบบ แต่เป้าหมายของการประเมินอยู่ที่ผลิตภัณฑ์ หรือ การบริการ

2.5.1.3 การวิเคราะห์กระแสการไหลของสสาร (Substance Flow Analysis: SFA) มีความเฉพาะเจาะจงไปที่สสาร โดยมุ่งจุดสนใจตั้งแต่สสารเข้าสู่ระบบจนกระทั่งออกจากระบบ

2.5.2 การวิเคราะห์เข้าและออกจากระบบเศรษฐกิจ (Input-Output Analysis: IOA)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เศรษฐกิจ และระบบของบัญชีประชาชาติ โดยถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยการเพิ่มสัมประสิทธิ์การปล่อย (emission coefficient) ในส่วนของการเงิน หรือการแทนที่เงินที่เข้าและออกด้วยกระแสการไหลทางกายภาพ

2.5.3 ระบบสำหรับบัญชีเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม (System for economic and environmental account: SEEA)

เป็นระบบบัญชีบริวารและบัญชีประชาชาติ ซึ่งมีเป้าหมายอยู่ที่กิจกรรมทางเศรษฐกิจอันประกอบด้วยบัญชีทางกายภาพคือเข้าและออก (ทรัพยากรที่ใช้ และสิ่งที่ปล่อย) และบัญชีทางการเงิน

2.5.4 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment: EIA) และการประเมินสิ่งแวดล้อมเชิงกลยุทธ์ (Strategic Environmental Assessment: SEA)

เป็นเครื่องมือใช้ในการปรับเปลี่ยนในเชิงกระบวนการ โดยการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมเป็นเครื่องมือหลักสำหรับประเมินผลกระทบจากโครงการ ในส่วนการประเมินสิ่งแวดล้อมเชิงกลยุทธ์ใช้ในขั้นตอนตัดสินใจ

2.5.5 ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม (Environmental Management System: EMS)

ซึ่งใช้กระบวนการตรวจสอบบัญชีด้านสิ่งแวดล้อมเป็นเครื่องมือเชิงกระบวนการหลัก โดยอาศัยมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อมและการตรวจสอบโครงการ (Eco Management and Audit Scheme: EMAS) ร่วมกับ ISO 14001

2.5.6 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle Assessment: LCA)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และการใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติตลอดชีวิตผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การใช้ การบริการ ตลอดจนการจัดการขั้นสุดท้าย

2.5.7 ต้นทุนวัฏจักรชีวิต (Life-Cycle Costing: LCC)

ใช้ในประเมินต้นทุนผลิตภัณฑ์หรือบริการจากมุมมองด้านวัฏจักรชีวิต โดยรวมต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อมและสังคม

2.5.8 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (Cost-Benefit Analysis: CBA)

เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ราคา และผลประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงการ หรือแผนงาน โดยในต้นทุนและผลตอบแทนได้รวมต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมและผลตอบแทนเข้าไปด้วย

2.5.9 วิเคราะห์พลังงาน (Energy Analysis: En)

เครื่องมือนี้ส่วนใหญ่คล้ายการวิเคราะห์กระแสการไหล โดยมุ่งเน้นไปที่สิ่งที่เข้าสู่ระบบด้วยวิธีการวัดทางกายภาพ และอาจใช้การประเมินทางเทคนิค

2.5.10 รอยเท้านิเวศน์ (Ecological footprint: EF)

เป็นวิธีการที่สามารถประยุกต์ใช้ได้หลากหลายเป้าหมาย แต่ส่วนใหญ่จะใช้ในระดับภูมิภาค ประเทศ และโครงการ โดยผลที่ได้จะแสดงในรูปพื้นที่ที่ถูกใช้ โดยเจาะจงไปที่พื้นที่ที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆ รวมถึงพื้นที่ที่ถูกใช้ในการดูดซับมลพิษ

2.5.11 การประเมินความเสี่ยง (Risk assessment: RA)

เป็นวิธีการที่ครอบคลุมการประเมินหลายชนิด ทั้งด้านการประเมินความเสี่ยงของสารเคมี การประเมินความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุ เป็นต้น

จากตารางที่ 2-9 เครื่องมือการวิเคราะห์กระแสการไหลของสสาร (SFA) ซึ่งเป็นหนึ่งในรูปแบบของเครื่องมือวิเคราะห์กระแสการไหล (MFA) จึงเป็นเครื่องมือที่มีความครอบคลุม และเหมาะสมในการวิเคราะห์สสารที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งในกรณีนี้คือปริมาณไนโตรเจนจากกิจกรรมในพื้นจังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงคราม รวมทั้งสามารถใช้ในการทำบัญชี และใช้ในการคาดการณ์การเพื่อปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขได้อีกด้วย (ตารางที่ 2-10)

ตารางที่ 2-9 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือกับเป้าหมาย และผลกระทบที่ต้องการประเมิน (Finnveden and Moberg, 2005)

ผลกระทบ / เป้าหมาย	ทรัพยากร-ธรรมชาติ	ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	ทรัพยากรธรรมชาติและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	ด้านเศรษฐกิจประกอบด้วยทรัพยากรธรรมชาติและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม
นโยบาย แผนงาน และโครงการ	En EF MFA (TMR)	RA-accidents	SEA และ EIA	CBA
ภูมิภาค และระดับชาติ	En EF MFA (DMI และ DMC)	-	SEEA ประกอบด้วย IOA	SEEA ประกอบด้วย IOA
องค์กร	En EF MFA	-	EMS ร่วมกับการตรวจสอบทางสิ่งแวดล้อม	-
ผลิตภัณฑ์/การใช้งาน	En EF MFA (MIPS)	-	LCA	LCC
สสาร	En EF MFA (SFA)	SFA RA-accidents	-	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2-10 ความสัมพันธ์ของเครื่องมือกับ รูปแบบการศึกษาและเป้าหมาย (Finnveden and Moberg, 2005)

รูปแบบการศึกษา / เป้าหมาย	เพื่อทำบัญชี	เพื่อการเปลี่ยนแปลง
นโยบาย แผนงาน และโครงการ	-	SEA, EIA, CBA
ภูมิภาค และระดับชาติ	TMR, IOA, SEEA	แบบจำลองนโยบายด้านเศรษฐกิจ ร่วมกับการนำเข้าจาก SEEA
องค์กร	การตรวจสอบด้านสิ่งแวดล้อม	-
ผลิตภัณฑ์/การใช้งาน	LCA	LCA
สสาร	SFA	SFA, RA-chemical

2.6 Material Flow Analysis

Material Flow Analysis (MFA) หรือ การวิเคราะห์กระแสการไหลวัสดุ เป็นระบบที่ใช้ประเมินกระแสการไหล และการสะสมวัสดุในระบบ โดยจะใช้เพื่ออธิบาย สืบหา และประเมินกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากมนุษย์ และจากธรรมชาติในสถานที่ ณ ช่วงเวลาหนึ่งๆ โดยทั่วไปการทำสมดุลวัสดุจะเปรียบเทียบการป้อนเข้าทั้งหมด การสะสม และผลิตภัณฑ์ขาออก อีกทั้งการเชื่อมโยงแหล่งกำเนิด เส้นทางการเคลื่อนย้าย การดูดซับ ซึ่งการทำการวิเคราะห์กระแสการไหลของวัสดุจะช่วยในการ บริหารจัดการขยะ บริหารจัดการสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

การวิเคราะห์ผังการไหลอาศัยหลักการพื้นฐาน คือ กฎทรงมวล ซึ่งมวลสารเข้าเท่ากับมวลสารออกโดยไม่มีการสูญหายดังสมการ

กระแสการไหลเข้าสู่ระบบ – กระแสการไหลออกจากระบบ + ถูกสร้าง – ถูกใช้ = ที่ถูกเก็บสะสม

โดยข้อแม้จะต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับธรรมชาติของระบบนั้นๆ การวิเคราะห์กระแสการไหลนั้นช่วยให้ความสมบูรณ์และความสอดคล้องของข้อมูลเกี่ยวกับกระแสการไหลทั้งหมด การสะสมของวัสดุในระบบ ตลอดจนสมดุลเข้าระบบและออกจากระบบ กระแสการไหลของปริมาณวัสดุ และแหล่งกำเนิด การใช้หรือการสะสมวัสดุถูกระบุเพื่อหามาตรการหรือสนับสนุนการพัฒนาและการใช้ประโยชน์ในอนาคต นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยที่ไม่สามารถตรวจวัดได้ในเวลาอันสั้นแต่จะค่อยส่งผลช้าๆและความเสียหายในระยะยาวก็จะกลายเป็นเห็นได้ชัด (Uraiwan Saeuy, 2007) โดยองค์ประกอบของการวิเคราะห์กระแสการไหลของวัสดุมีดังนี้ (Brunner and Rechberger, 2004)

1.) สสาร (Substance) หรือสิ่งที่ต้องการทำการวิเคราะห์กระแสการไหลของวัสดุ คือ ธาตุ หรือ การรวมกันของสารประกอบของหน่วยที่เหมือนกัน มีลักษณะเฉพาะ และเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งสสารจะไม่ถูกทำลายหรือเปลี่ยนรูปในกระบวนการ เช่น ไนโตรเจน(N) ฟอสฟอรัส(P)

2.) ผลิตภัณฑ์ (Good) คือผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจทางบวกหรือทางลบ ซึ่งผลิตภัณฑ์จะเกิดจากวัตถุดิบตัวเดียว หรือหรือหลายตัวก็ได้

3.) กระบวนการ (Process) มีสามรูปแบบคือ การเปลี่ยนรูป การขนส่ง หรือการเก็บกักวัตถุดิบ โดยการเปลี่ยนรูปอาจเกิดจากการกระทำของมนุษย์หรือธรรมชาติก็ได้ การขนส่ง คือ มีการเปลี่ยนที่ของผลิตภัณฑ์แต่ไม่มีการเปลี่ยนรูป การเก็บกักวัตถุดิบ คือ ปริมาณของวัตถุดิบที่ถูกเก็บไว้ในกระบวนการซึ่งปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ ปริมาณการกักเก็บ และอัตราการกักเก็บ

4.) อัตราการไหล (Flow และ Flux) โดย Flow คืออัตราการไหลมีหน่วยเป็นมวลต่อเวลา flux คืออัตราการไหลมีหน่วยเป็นหน่วยต่อเวลาต่อพื้นที่

5.) สัมประสิทธิ์การเปลี่ยน (Transfer Coefficients) คือค่าสัดส่วนการเปลี่ยนจากวัตถุดิบเป็นผลิตภัณฑ์ โดยค่าดังกล่าวขึ้นกับลักษณะของกระบวนการนั้นๆ

6.) ระบบและขอบเขตของระบบ (System and System Boundaries) ระบบคือเป้าหมายในการทำการวิเคราะห์กระแสการไหล ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการ การเชื่อมต่อและความสัมพันธ์ของการไหลระหว่างกระบวนการ โดยระบบอาจมีกระบวนการเดียวหรือหลายกระบวนการรวมกัน ซึ่ง ขอบเขตของระบบถูกนิยามในเวลา และพื้นที่ โดยการกำหนดขอบเขตขึ้นกับชนิดของระบบ และปัญหา

โดยขั้นตอนในการทำการวิเคราะห์กระแสการไหลของวัสดุมีดังนี้ (Brunner and Rechberger, 2004)

1.) เลือกสสาร โดยมีวิธีการมากมายในการเลือกสสาร ได้แก่ วิธีแรก คือการเลือกตามกฎหมาย คุณภาพวัสดุ หรือรหัสความปลอดภัยของสารที่ถูกควบคุม วิธีที่สองคือ เลือกจากสสารในกระแสการไหลของผลิตภัณฑ์หลักที่จะประเมินโดยเป็นสัดส่วนอย่างน้อย 90 เปอร์เซ็นต์ของกระแสการไหลเข้าและออกจากระบบ วิธีที่สามคือ ไม่ใช่วิธีการที่แท้จริง แต่ได้จากการศึกษากระแสการไหลของการศึกษาที่ผ่านมาที่ได้ระบุถึงการเผาผลาญของระบบ ของสสารตัวเดียว หรือหลายตัวต่อทรัพยากรธรรมชาติหรือด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยหลักในการเลือกขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์กระแสการไหล ความแม่นยำ ทุนทรัพย์ และกำลังคน

2.) กำหนดระบบในรูปพื้นที่ และเวลา โดยทั่วไปในรูปพื้นที่จะระบุจากขอบเขตของงาน อาจเป็นขอบเขตพื้นที่ บริษัท หรือขอบเขตทางน้ำ ซึ่งการเลือกระบบจะเลือกที่มีขนาดเล็ก และมีความสม่ำเสมอ โดยยังครอบคลุมกระบวนการ และกระแสการไหลที่จำเป็นทั้งหมด ส่วนในขอบเขตด้านเวลานั้น ต้องมีระยะเวลานานเพียงพอที่จะครอบคลุมความไม่แน่นอนของระบบ

3.) ระบุกระแสการไหล การสะสม และกระบวนการ โดยข้อมูลกระแสการไหลได้จากงานวิจัย หรือรายงานบริษัท รายงานประชาชาติ หรืออาจได้จากการติดต่อผู้เชี่ยวชาญ หรือหน่วยงานของรัฐ ในส่วนของกระบวนการ จำนวนของกระบวนจะขึ้นกับวัตถุประสงค์การศึกษา และความซับซ้อนของระบบ

โดยในการทำการวิเคราะห์กระแสการไหลอาศัยหลักการสมดุลมวล ถ้ากรณีที่กระแสการไหลที่เข้า และออกไม่สมดุลกันแสดงว่ากระแสการไหลบางส่วนอาจหายไป หรืออาจกำหนดผิด ในหลักการการสมดุลมวลถ้ารู้กระแสที่เข้า และกระแสออก และสิ่งที่สะสมเป็นศูนย์ หรือ สามารถวัดได้การทำสมดุลก็จะบรรลุผล แต่ในทางปฏิบัติเราสามารถคำนวณสิ่งที่สะสมได้จากความแตกต่างระหว่างสิ่งที่เข้า และสิ่งที่ออกจากระบบ

4.) หาค่าปริมาณกระแสการไหล การสะสม และความเข้มข้น ค่าดังกล่าวได้จากฐานข้อมูล การวัดโดยตรง หรือ การวัดทางอ้อมจากพื้นที่ เช่น ข้อมูลจากสำนักสถิติ สมาคมอุตสาหกรรม งานวิจัย หนังสือ เป็นต้น บางกระแสการไหลสามารถประเมินจากสมมุติฐาน การเปรียบเทียบระหว่างระบบที่เหมือนกัน หรือ ข้อมูลเชิงประมาณการณ์

5.) ประเมินกระแสการไหล และการสะสมทั้งหมด โดยกระแสการไหลของสสารได้จากกระแสการไหลของผลิตภัณฑ์คูณกับความเข้มข้นของสสารในผลิตภัณฑ์นั้นๆ ในส่วนของหลักการสมดุลมวลความผิดพลาดจะถูกกำจัดออกไปตั้งแต่ขั้นตอนที่สาม รวมทั้งความแตกต่างระหว่างสารเข้าและสารออกที่ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ถือเป็นเรื่องปกติและไม่มีความสำคัญ ในส่วนปริมาณการสะสมสามารถประเมินได้สองวิธี คือ วิธีแรกคือการวัดโดยตรง หรือการประเมินจากปริมาณและความเข้มข้นของการสะสม โดยวิธีการนี้ใช้ในกรณีที่การสะสมไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในระยะเวลานาน วิธีที่สองใช้สำหรับกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงการสะสมอย่างรวดเร็ว โดยการคำนวณความแตกต่างระหว่างสิ่งที่เข้า และสิ่งที่ออกในช่วงเวลาหนึ่งๆ

6.) การนำเสนอผล มีเป้าหมายคือ ชัดเจน เข้าใจง่าย และน่าเชื่อถือ โดยรายงานที่นำเสนอประกอบด้วย บทนำ เป้าหมาย วัตถุประสงค์ องค์ความรู้อันประกอบด้วย งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการศึกษาก่อนหน้า บัญชีกระบวนการอันประกอบด้วย วิธีที่ใช้ นิยามระบบ การได้มาซึ่งข้อมูล การจัดการกับความไม่แน่นอน ในส่วนต่อมาเป็นผลและบทสรุป

7.) การทำบัญชีวัสดุ เป็นการสรุปสิ่งที่เกิดขึ้นประจำ โดยสามารถช่วยในการวิเคราะห์ตามปกติที่กินเวลานานเนื่องจากการวิเคราะห์กระแสการไหล และการสะสมในระบบ ด้วยการวัดบางปัจจัยหลักของกระแสการไหล และการสะสม โดยแบ่งเป็น

7.1) การวิเคราะห์กระแสการไหลขั้นแรก เพื่อหากระบวนการ การสะสม และกระแสการไหลหลัก

7.2) การคำนวณ กระบวนการ การสะสม และกระแสการไหลหลัก โดยอยู่บนพื้นฐานขั้นตอนก่อนหน้า ซึ่งขั้นแรกในส่วนนี้คือการกำหนดเป้าหมายของการจัดการในอนาคต ขั้นต่อมาคือการเลือกกระบวนการและกระแสการไหลที่เหมาะสมเพื่อวัด หรือประเมินในการทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ โดยความเหมาะสมในกรณีนี้คือมีความถูกต้องแม่นยำและค่าใช้จ่ายต่ำ

7.3) การประเมินเป็นประจำ เป็นการวิเคราะห์และติดตามผลเมื่อระยะเวลาเปลี่ยนไป เพื่อตรวจสอบสมมุติฐาน

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ส่วนนี้จะได้มีการทบทวนและรวบรวมผลงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาการวางแผนการแก้ปัญหาคุณภาพสิ่งแวดล้อมโดยใช้แนวทางการวิเคราะห์กระแสการไหลของวัสดุเป็นจุดเริ่มต้น และได้มีการใช้แนวทางนี้วิจัยในหลากหลายระบบสิ่งแวดล้อมทั้งในประเทศและต่างประเทศ ดังต่อไปนี้

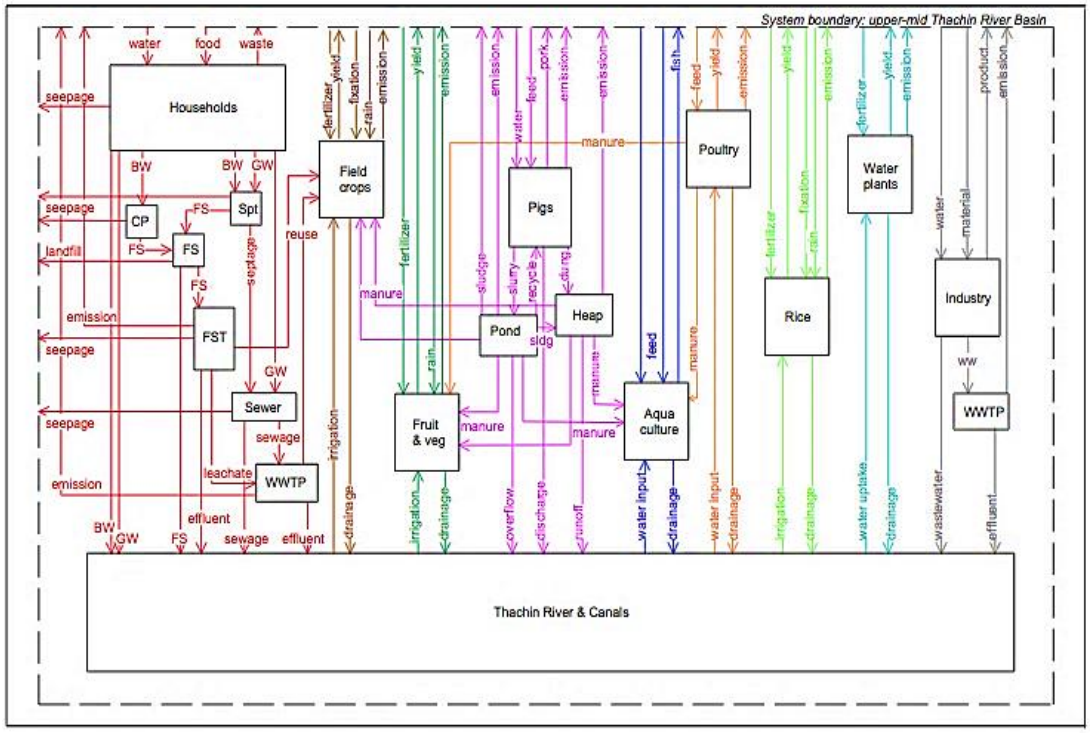
2.7.1 วิธีการวิเคราะห์ และการแบ่งกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาของ Pinida Leelapanang (2010) ใช้วิธีการวิเคราะห์กระแสการไหลเพื่อศึกษาการกระแสการไหลของไนโตรเจนที่เกิดจากการการบริโภคอาหาร และการผลิตจากภาคส่วนอุตสาหกรรมและการเกษตร ในพื้นที่ 11 จังหวัด บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา โดยการศึกษาแบ่งเป็น 2 ฤดู คือ ฤดูแล้งช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน และฤดูฝนช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ครอบคลุมภาคส่วนทางการเกษตร อุตสาหกรรม และครัวเรือน ซึ่งแบ่งกลุ่มลักษณะกิจกรรมเป็น พื้นที่เพาะปลูก ปศุสัตว์ เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อุตสาหกรรมเกษตร อุตสาหกรรมเกี่ยวข้องกับอาหาร ปุ๋ยอินทรีย์ การบริโภคในครัวเรือน โรงบำบัดน้ำเสีย การฝังกลบ และการผลิตน้ำประปา งานวิจัยของ Schaffner (2007) ได้ศึกษามลพิษทางน้ำในแม่น้ำท่าจีน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์กระแสการไหล โดยงานวิจัยได้ทำการแบ่งกลุ่มกิจกรรมออกเป็น กิจกรรมทางการเกษตร การปลูกพืชในน้ำ ปศุสัตว์ การเลี้ยงสัตว์น้ำ ครัวเรือน และอุตสาหกรรม ดังรูปที่ 2-15

นอกจากงานวิจัยที่ได้วิเคราะห์กระแสการไหลของไนโตรเจน ยังมีงานวิจัยที่ศึกษากระแสการไหลของฟอสฟอรัสซึ่งวิธีการวิเคราะห์กระแสการไหลวัสดุเหมือนกัน ดังนี้ งานวิจัยของ Li และคณะ (2010) ได้วิเคราะห์กระแสการไหลของฟอสฟอรัสที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ในเมืองเหอเฟย ประเทศจีน โดยผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์กระแสการไหลของสสาร (SFA) เพื่อประเมินวัฏจักรฟอสฟอรัสในเมืองโดยวัฏจักรดังกล่าวแบ่งเป็น 4 ช่วงคือ 1.การแยกหรือการสกัด 2.การสร้างและการผลิต 3.การใช้ 4.การจัดการของเสีย โดยการศึกษามุ่งเน้นปริมาณกระแสการไหลของฟอสฟอรัสจากส่วนที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยไม่รวมการสูญเสียฟอสฟอรัสเนื่องจากสภาวะทางธรรมชาติ ซึ่งการศึกษาได้แบ่งช่วงวัฏจักรเช่นเดียวกับของ Yuan และคณะ (2011) ที่พัฒนาแบบจำลองการวิเคราะห์กระแสการไหลของฟอสฟอรัสที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ในเมืองเฉาหูโดยอยู่บนพื้นฐานของ และงานวิจัยของ Chen และคณะ (2008) ได้ศึกษาการเคลื่อนย้ายของฟอสฟอรัสจากพื้นที่การเกษตรลงสู่แหล่งน้ำ โดยอาศัยพื้นฐานของการวิเคราะห์บัญชีแหล่งกำเนิด (EIA) และการทำสมดุลธาตุอาหาร (nutrient full balance: NFA) โดยในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์การไหลของวัสดุ (SFA) เพื่ออธิบายการเคลื่อนที่ของฟอสฟอรัสในระบบการเกษตรในประเทศจีน และประเมินผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ต่อแหล่งน้ำจากกิจกรรมเกษตรและชีวิตชนบท เพื่อบอกปริมาณมลพิษจากการเกษตร และผลกระทบจากการกำหนดแนวนโยบาย

ในพื้นที่แม่กลอง วราภรณ์ ทนงศักดิ์ (2547) ได้ทำการประเมินภาระมลพิษในลุ่มน้ำแม่กลอง โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 5 ลุ่มน้ำย่อย ซึ่งแบ่งแหล่งกำเนิดมลพิษที่มีจุดกำเนิดแน่นอน ได้แก่ ชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม และแหล่งกำเนิดมลพิษที่มีจุดกำเนิดไม่แน่นอน ได้แก่ ปศุสัตว์ พื้นที่นาข้าว พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เกษตรกรรมซึ่งรวมพื้นที่ไม้ผลและพืชไร่ ซึ่งในพื้นที่นาข้าว พื้นที่ป่าไม้ และ

พื้นที่เกษตรกรรมจะประเมินภาระมลพิษในรูปของค่า BOD ไนเตรท และฟอสฟอรัส ส่วนในพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรม และชุมชน ได้ประเมินภาระมลพิษเฉพาะค่า BOD เท่านั้น และงานวิจัยของ Wannipa Noyboonya (2008) ได้ทำการวิเคราะห์การไหลของฟอสฟอรัสในแม่น้ำแม่กลองบริเวณจังหวัดสมุทรสงครามซึ่งมีความยาวประมาณ 22 กิโลเมตร โดยการศึกษาได้แบ่งแหล่งกำเนิดเป็นชุมชน เกษตรกรรม (การเลี้ยงสัตว์น้ำและการเพาะปลูก) และอุตสาหกรรม



รูปที่ 2-15 ผลการวิเคราะห์ระบบทั้งหมดของแม่น้ำท่าจีน (Schaffner, 2007)

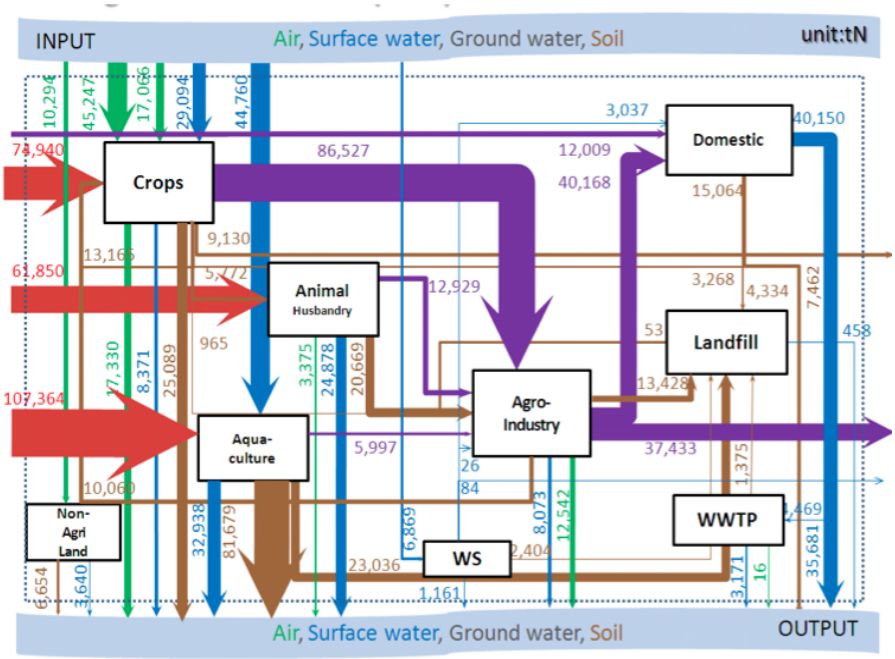
2.7.2 ที่มาของข้อมูล

Schaffner (2007) ใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ของการวิเคราะห์กระแสการไหลในการประเมินมลพิษทางน้ำในแม่น้ำท่าจีน โดยใช้ข้อมูลปฐมภูมิ ทุติยภูมิ และตติยภูมิ ในการทำแบบจำลองซึ่งจะรวบรวมและจำลองการไหลของธาตุอาหาร โดยจะมีการยืนยันผลจากการวัดโดยตรงและงานวิจัย รวมทั้งใช้การจำลองของ Monte Carlo ในการหา ค่าความไม่แน่นอนของแบบจำลอง รวมทั้งการคิดโครงการและพัฒนาแนวทางในการแก้ปัญหา Li และคณะ (2010) และ Yuan และคณะ (2011) ใช้ข้อมูลที่ได้จาก ข้อมูลทางสถิติอย่างเป็นทางการ ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ข้าราชการ ผู้บริหาร ผู้เชี่ยวชาญ และ เกษตรกร ข้อมูลจากการทำแบบสอบถาม งานวิจัยของ Wannipa Noyboonya (2008) ในการคำนวณนั้น ได้ใช้แนวทางจากหลายๆงานวิจัยร่วมกัน และใช้ข้อมูลในลักษณะทุติยภูมิในการคำนวณ โดยอยู่บนสมมุติฐานการผลิตจะสัมพันธ์กับความต้องการการบริโภค เมื่อเหลือจึงส่งออก ดังนั้นการนำเข้าจำเป็นสำหรับการตอบสนองต่อการบริโภคในเมืองเนื่องจากขาดข้อมูลสถิติการซื้อขาย โดยข้อมูลจะถูกคำนวณอยู่บนพื้นฐานของกฎทรงมวล ซึ่งสมการที่ใช้คำนวณแบ่งเป็นสามกลุ่ม คือ 1.มี

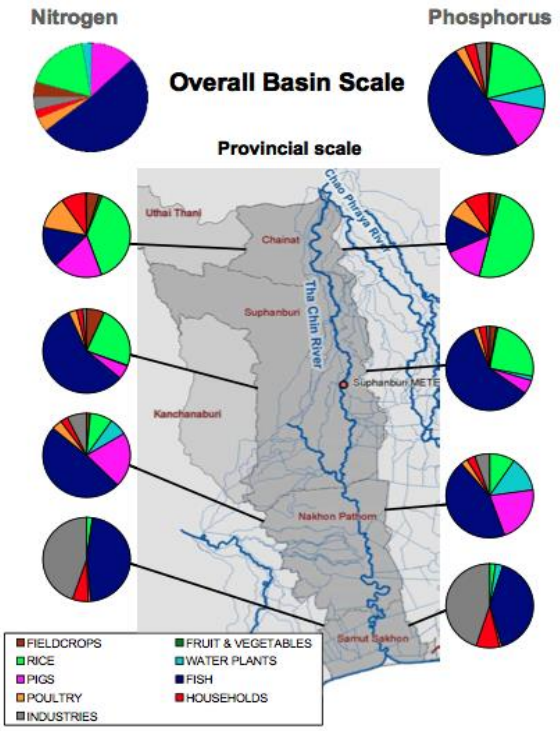
ค่าคงที่และเป็นอิสระจากสมการอื่น สำหรับตัวแปรที่ได้จากสถิติหรือการเก็บข้อมูลภาคสนาม 2. สมการที่ขึ้นกับการคำนวณจากสมการอื่น 3.สมการสมดุล เป็นสมการเพื่อทำให้การคำนวณสมดุล วราภรณ์ ทนงศักดิ์ (2547) ได้ทำการประเมินภาระมลพิษในลุ่มน้ำแม่กลอง โดยการคำนวณจะอาศัยปริมาณน้ำที่ใช้หรือปริมาณน้ำเสียคูณกับค่าเฉลี่ยความเข้มข้น หรือ ค่าบีโอดี หรือ ค่าความเข้มข้นการชะเฉลี่ย (Mean Run off Concentration) (ในกรณีพื้นที่นาข้าว พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เกษตรกรรม) ซึ่งได้ค่ามาจากกรมควบคุมมลพิษ (2545)

2.7.3 กิจกรรมที่ส่งผลต่อธาตุอาหารในน้ำ และแนวทางการแก้ไข

Pinida Leelapanang (2010) ศึกษาพบว่ากิจกรรมหลักของการไหลของไนโตรเจนในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างคือ พื้นที่เพาะปลูกและการเลี้ยงสัตว์น้ำ ถ้าเรียงลำดับตามการไหลของไนโตรเจนประจำปีจากการวิเคราะห์กระแสการไหลพบว่า การให้อาหารของการเลี้ยงสัตว์น้ำมีปริมาณไนโตรเจนสูงสุด (107,363 tN) รองลงมาคือ ปริมาณอาหารที่เหลือจากการเลี้ยงสัตว์น้ำ (89,794 tN) ผลิตภัณฑ์จากพื้นที่เพาะปลูกไปสู่อุตสาหกรรม (86,527 tN) การใส่ปุ๋ย (74,940 tN) และการให้อาหารปศุสัตว์ (61,850 tN) ดังรูปที่ 2-16 เมื่อพิจารณาตามฤดูกาลพบว่ากระแสไนโตรเจนจากกิจกรรมในฤดูร้อนส่วนใหญ่จะสูงกว่าในฤดูฝน ยกเว้นการชะผิวหน้าจากพื้นที่เพาะปลูกซึ่งสูงกว่าฤดูร้อน 3 เท่า โดยมีปริมาณไนโตรเจนที่ถูกปล่อยสู่แหล่งน้ำ 116,739 tN มีค่าความไม่แน่นอน อยู่ที่ 3 ถึง 24 เปอร์เซ็นต์ ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา คือ การนำน้ำเสียจากปศุสัตว์ และน้ำเสียจากการเลี้ยงสัตว์น้ำมาเป็นปุ๋ยในการเพาะปลูก รวมถึงการนำของเสียจากขยะชุมชนและบ่อเกรอะมาใช้เป็นปุ๋ยด้วย ซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกับการศึกษาของ Schaffner (2007) ที่ศึกษาพบว่ากิจกรรมที่มีการปล่อยมลพิษสูงได้แก่ การเลี้ยงสัตว์น้ำซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญถึงประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแม่น้ำท่าจีน รองลงมาคือนาข้าว โดยสัดส่วนการปล่อยธาตุอาหารลงสู่แม่น้ำท่าจีนเป็นดังรูป 2-17 ส่วนฟาร์มเลี้ยงสุกรจะปล่อยมลพิษซึ่งส่งผลต่อค่า BOD ในแม่น้ำท่าจีนเป็นหลัก กิจกรรมที่มีการปล่อยมลพิษปานกลาง คือ พื้นที่เพาะปลูก ฟาร์มสัตว์ปีก อุตสาหกรรม และครัวเรือน กิจกรรมที่มีการปล่อยมลพิษลงสู่แม่น้ำท่าจีนระดับต่ำคือ การปลูกผักและผลไม้ และการเพาะปลูกพืชในน้ำ เมื่อวิเคราะห์เป็นรายจังหวัดพบว่าการเลี้ยงสัตว์น้ำมีส่วนสำคัญในทุกจังหวัด การปลูกข้าวเป็นกิจกรรมหลักที่ปล่อยมลพิษในจังหวัดชัยนาท ในจังหวัดนครปฐมฟาร์มหมูเป็นกิจกรรมหลัก และจังหวัดสมุทรสาครอุตสาหกรรมเป็นกิจกรรมที่ปล่อยสารอาหารประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ผู้วิจัยเสนอแนวทางการแก้ไขโดย ปรับปรุงการจัดการตะกอนและการระบายน้ำจากการเลี้ยงสัตว์น้ำ ลดการใช้ปุ๋ยในนาข้าว และใช้โครงการที่เหมาะสมกับฟาร์มเลี้ยงสุกร



รูปที่ 2-16 กระแสของไนโตรเจนในแม่น้ำเจ้าพระยาประจำปี 2007 (สีเขียว คือ กระแสการไหลในอากาศ สีฟ้า คือ กระแสการไหลในน้ำผิวดิน สีม่วง คือ กระแสการไหลในผลิตภัณฑ์ สีน้ำตาล คือ กระแสการไหลในดิน) (Pinida Leelapanang, 2010)



รูปที่ 2-17 ความสัมพันธ์ที่สำคัญของแบบจำลองแหล่งมลพิษธาตุอาหารของแม่น้ำท่าจีน (Schaffner, 2007)

ในส่วนการศึกษากระแสการไหลฟอสฟอรัส ของ Li และคณะ (2010) พบว่าการสร้างและการผลิตได้มีการนำเข้าฟอสฟอรัสมาในรูปของแร่และพืชผล เพื่อใช้ในการทำอาหารสัตว์และผงซักฟอกโดยคิดเป็น 47 เปอร์เซ็นต์ของการนำเข้าฟอสฟอรัสแต่จะถูกส่งกลับออกไปคิดเป็น 65 เปอร์เซ็นต์จากการนำเข้าดังกล่าว ในส่วนการใช้นั้นส่วนใหญ่เกิดในภาคการเกษตรซึ่งบริโภคฟอสฟอรัสคิดเป็น 40 เปอร์เซ็นต์ของการนำเข้าส่วนใหญ่มาในรูปปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ภาคการเกษตรยังมีการนำฟอสฟอรัสจากในส่วนการเลี้ยงสัตว์และครัวเรือนกลับมาใช้ใหม่ในรูปของปุ๋ยคอก ปริมาณฟอสฟอรัสที่ออกจากภาคส่วนนี้ส่วนใหญ่ประมาณ 1,100 ตันฟอสฟอรัสจะถูกดูดซับลงดินและ 1,000 ตันฟอสฟอรัสจะถูกชะไปกับน้ำ ที่เหลือจะอยู่ในรูปผลผลิตที่ส่งไปยังภาคปศุสัตว์ และครัวเรือน ในภาคส่วนการจัดการของเสียนั้นประกอบด้วยระบบบำบัดน้ำเสียซึ่งจะบำบัดน้ำเสียจากภาคครัวเรือนที่อยู่ในเมือง โดยฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ถูกกำจัดให้อยู่ในรูปกากตะกอนและถูกส่งไปฝังกลบ จากการวิเคราะห์ส่วนใหญ่ของฟอสฟอรัสที่ลงสู่แหล่งน้ำส่วนใหญ่มาจากภาคเกษตรกรรมประมาณ 64 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือการชะของเสียที่ถูกขับถ่ายออกมา 14 เปอร์เซ็นต์ จากน้ำเสีย 11 เปอร์เซ็นต์ ผู้วิจัยได้เสนอแนวในการลดการปล่อยฟอสฟอรัส ได้แก่ การใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ การเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภค เช่น การใช้ผงซักฟอกที่ไม่มีฟอสฟอรัส การทำปุ๋ยหมัก ความไม่แน่นอนของงานวิจัยนี้มาจาก ไม่มีข้อมูลท้องถิ่นทำให้ต้องใช้ข้อมูลทั่วไป เช่น ข้อมูลจากงานวิจัย การมีข้อมูลที่จำกัดทำให้การประเมินวัฏจักรฟอสฟอรัสไม่สมบูรณ์ Yuan และคณะ (2011) พบว่าในปี 2008 เมืองมีการนำเข้า ฟอสฟอรัสประมาณ 8,517.70 ตัน ประมาณ 75.5 เปอร์เซ็นต์ถูกนำเข้ามาในรูปปุ๋ย และวัสดุสำหรับทำปุ๋ย อีก 21.3 เปอร์เซ็นต์ถูกนำเข้ามารูปอาหารสัตว์ ฟอสฟอรัสจะถูกส่งกลับออกไปในรูปของปุ๋ย 71.4 เปอร์เซ็นต์ ในรูปผลผลิตทางการเกษตร 18.9 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนการใช้นั้นภาคการเกษตรนั้นมีการใช้ฟอสฟอรัสมากในรูปของปุ๋ย 2,979 ตัน และมีการใช้ของเสียจากครัวเรือนและปศุสัตว์กลับมาเป็นปุ๋ยอีก 1,492 ตัน ซึ่งเป็นภาคส่วนที่มีการใช้ฟอสฟอรัสมากที่สุด ปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำมีประมาณ 544 ตัน โดยหลักๆของการปล่อยนั้น 72 เปอร์เซ็นต์มาจากภาคการเกษตร 10 เปอร์เซ็นต์จากฟาร์มปศุสัตว์ขนาดใหญ่ แนวทางการแก้ไขที่ผู้วิจัยเสนอคือการปรับเปลี่ยนวิธีการระบายน้ำจากพื้นที่เกษตร เช่นการปลูกพืชกันชนระหว่างพื้นที่เกษตรและแหล่งน้ำ การเพิ่มปริมาณการรวบรวมและกำจัดของเสียจากภาคครัวเรือนและฟาร์มปศุสัตว์ขนาดใหญ่ ข้อจำกัดของงานวิจัยฉบับนี้ คือ วิธีการนี้อยู่บนพื้นฐานแบบจำลองการวิเคราะห์ทางสถิติและมีข้อมูลเพียงปีเดียวที่ใช้ในการวิเคราะห์ การขาดข้อมูลนำเข้าและส่งออก อีกทั้งการใช้ตัวแปรจำนวนมากจากหลายที่มาเพื่อใช้คำนวณโดยไม่ได้คำนึงถึงสภาพภูมิศาสตร์ ซึ่งงานวิจัยของ Li และคณะ (2010) และ Yuan และคณะ (2011) มีผลไปในทางเดียวกันคือภาคการเกษตรมีการใช้ฟอสฟอรัสมากที่สุด เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Chen และคณะ (2008) ที่พบว่าในปี 2004 พบว่าฟอสฟอรัสถูกใช้ประโยชน์ในการเกษตรอยู่ที่ 45.7 เปอร์เซ็นต์ โดยส่วนเกินเฉลี่ยอยู่ที่ 14.7 kg $ha^{-1}a^{-1}$ ซึ่งการใช้ปุ๋ยเคมีที่มากเกินไปในพื้นที่การเกษตร นำไปสู่การสะสมในดินส่งผลต่อความเสี่ยงในการเกิดปัญหาคุณภาพน้ำ ในขณะที่ในพื้นที่ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์มีการขาดดุลฟอสฟอรัสเนื่องจากการเสื่อมโทรมของดินอย่างรุนแรง ดังนั้นวิธีที่มีประสิทธิภาพเพื่อลดปัญหาโดยลดปัญหาไปพร้อม ๆ กันด้วยวิธีการควบคุมและความสมดุลของกระแสฟอสฟอรัสระหว่างสองระบบ

การศึกษาในพื้นที่แม่น้ำแม่กลองของ Wannipa Noyboonya (2008) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ไหลลงสู่แม่น้ำแม่กลองมีประมาณ 226 ตันต่อปี โดย 64 เปอร์เซ็นต์เป็นฟอสฟอรัสที่มาจากน้ำเสียชุมชน (ไม่รวมน้ำเสียจากส้วม) 24 เปอร์เซ็นต์มาจากกิจกรรมทางการเกษตร วราภรณ์ ทนงศักดิ์ (2547) พบว่า บริเวณลุ่มน้ำแม่กลองตอนล่างมีภาระมลพิษจากฟอสเฟตและไนเตรท คือ 325.53 กิโลกรัมต่อวัน และ 3,794.07 กิโลกรัมต่อวันตามลำดับ ลุ่มแม่น้ำแควใหญ่ปล่อยฟอสเฟต 270.87 กิโลกรัมต่อวัน และ ไนเตรท 3,738.7 กิโลกรัมต่อวัน ลุ่มน้ำแควน้อยปล่อยฟอสเฟต 291.35 กิโลกรัมต่อวัน และ ไนเตรท 3,369.15 กิโลกรัมต่อวัน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการปล่อยฟอสฟอรัสจากการเลี้ยงปลาสลิดในพื้นที่จังหวัดสมุทรสงครามของ Uraiwan Saeuy (2008) โดยใช้วิธีวิเคราะห์กระแสการไหล และคำนวณตามวิธีการของ Wittmer (2005) โดยสารไนโตรเจนที่เข้าสู่ระบบมาจากทางน้ำฝน 0.04 กก./แฮกแตร์/ปี ทางน้ำและแพลงค์ตอนพืชจากคลองผีหลอก 96.46 กก./แฮกแตร์/ปี และจากสิ่งที่ใส่เพิ่มในระบบคือ ปุ๋ยคอก อาหารเม็ด และปุ๋ยเคมี 374.42 กก./แฮกแตร์/ปี รวมปริมาณไนโตรเจนที่เข้าระบบทั้งหมด 470.92 กก./แฮกแตร์/ปี ส่วนปริมาณไนโตรเจนที่ไหลออกจากระบบคือ 402.62 กก./แฮกแตร์/ปี โดยแบ่งเป็น ไนโตรเจนที่เจือปนมากับผลิตภัณฑ์ 135.07 กก./แฮกแตร์/ปี และไนโตรเจนที่ออกจากระบบการเลี้ยงลงสู่ระบบคลองผีหลอก 267.55 กก./แฮกแตร์/ปี โดยส่วนนี้ประกอบด้วย ปริมาณผลรวมของไนโตรเจนที่เจือปนมากับน้ำตะกอนและแพลงค์ตอนพืช เท่ากับ 61.10 กก/แฮคแตร์/ปี และไนโตรเจนจาก การย่อยสลาย การระเหยของแอมโมเนีย และการรั่วซึมของน้ำ เท่ากับ 206.45 กก/แฮคแตร์/ปี

โดยสรุป จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการแบ่งกลุ่มภาคส่วนหลักๆ ที่ประเมิน คือ ภาคการเกษตร ครัวเรือน อุตสาหกรรม และการจัดการของเสีย ในส่วนข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยส่วนใหญ่มาจากข้อมูลระดับทุติยภูมิเป็นหลัก โดยอาจมีการใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ร่วมด้วย นอกจากนี้ยังมีการใช้สมมุติฐานในกรณีที่ไม่มีข้อมูล คือการสมมุติฐานการผลิตจะสัมพันธ์กับความต้องการการบริโภค เมื่อเหลือจึงส่งออก ดังนั้นการนำเข้าจำเป็นสำหรับการตอบสนองต่อการบริโภคในเมือง ผลของการศึกษาส่วนใหญ่กิจกรรมหลักที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณกระแสการไหลของธาตุอาหาร คือ การเกษตร การเลี้ยงสัตว์น้ำ นอกจากนี้การศึกษาในพื้นที่แม่น้ำแม่กลองกิจกรรมที่ปล่อยฟอสฟอรัสลงสู่แม่น้ำมากที่สุดคือภาคครัวเรือน ในส่วนแนวทางการแก้ไขนั้นขึ้นอยู่กับปัญหาของแต่ละพื้นที่ รวมทั้งกระแสการไหลที่เป็นปัญหา

จากข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ และงานวิจัยข้างต้นจึงได้แบ่งกลุ่มการวิเคราะห์กิจกรรมที่เป็นสาเหตุการปล่อยไนโตรเจนออกเป็น ภาคการเกษตร ครัวเรือน อุตสาหกรรม และการจัดการขยะและบำบัดน้ำเสีย โดยในภาคส่วนการเกษตรได้แบ่งย่อยเป็น การปลูกข้าว ปศุสัตว์ และเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อให้เห็นที่มาจากภาคส่วนย่อยในภาคการเกษตรได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ในส่วนข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนั้นจะใช้ข้อมูลระดับทุติยภูมิ และตติยภูมิเป็นหลัก ในส่วนการแก้ไขปัญหาข้อมูลจากงานวิจัยนี้จะใช้ผลจากในกรณีศึกษาที่เกิดปัญหาจากสาเหตุที่คล้ายคลึงหรือใกล้เคียงกันเพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์และวางแผนการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นต่อไป

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1.1 การรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

3.1.1.1 รวบรวมศึกษาข้อมูลแม่น้ำแม่กลอง เช่น ลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำ

3.1.1.2 ใช้ข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพน้ำจากกรมควบคุมมลพิษ เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักที่เป็นปัญหา รวมทั้งบริเวณที่ปล่อยลงสู่แม่น้ำแม่กลองอยู่ที่จังหวัดใดระหว่าง ราชบุรี และสมุทรสงคราม

3.1.1.3 รวบรวมข้อมูลกิจกรรมที่เกิดขึ้นในจังหวัดที่เป็นสาเหตุหลักของการปล่อย และจัดทำผังการวิเคราะห์กระแสการไหลวัสดุของกิจกรรมในจังหวัดเบื้องต้น โดยกิจกรรมหลักมีดังนี้ คือ การเกษตร อุตสาหกรรม ครัวเรือน และ การจัดการของเสีย

3.1.1.4 รวบรวมวิธีการที่ใช้คำนวณปริมาณการปล่อย จากกิจกรรมตามข้อ 3.1.1.3

3.1.2 การรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลในจังหวัดที่เป็นต้นเหตุการณ์ปล่อยไนโตรเจน

3.1.2.1 รวบรวมข้อมูลสถิติของจังหวัดจากข้อ 3.1.1.2 ตามกิจกรรมและวิธีการคำนวณ จากหน่วยงานภาครัฐ หรือเอกชน ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลดังกล่าวจะพิจารณาหาข้อมูลที่ใช้แทนดังนี้

3.1.2.1.1 ใช้ข้อมูลจากจังหวัดข้างเคียงที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

3.1.2.1.2 ใช้ข้อมูลเฉลี่ยจากทั้งประเทศ

3.1.2.1.3 ใช้ข้อมูลจากงานวิจัย

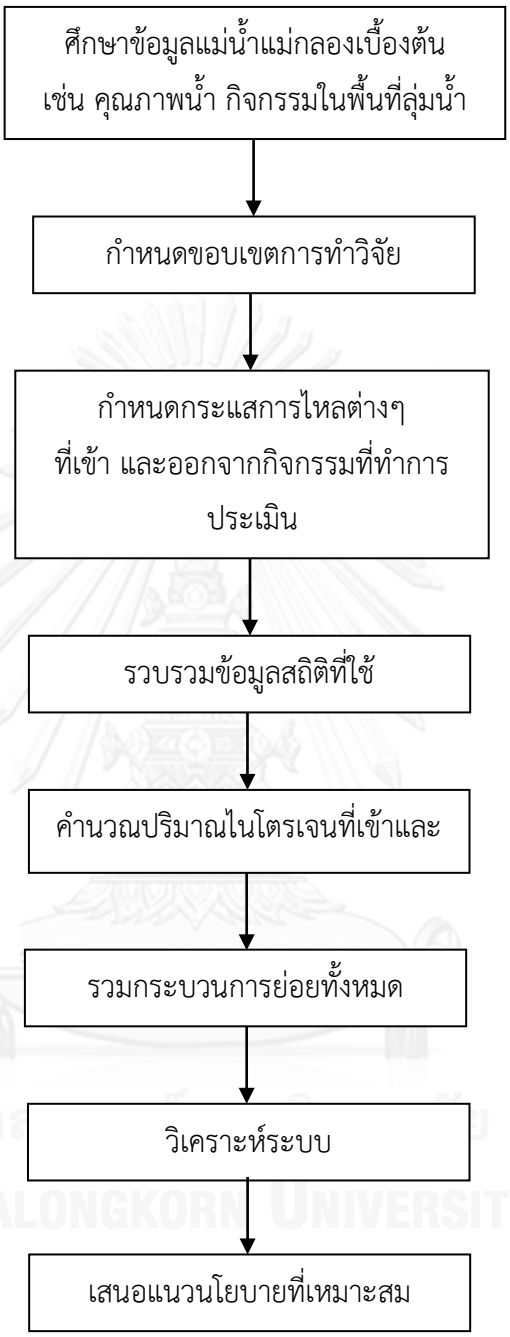
3.1.2.2 ทำการคำนวณตามวิธีการในข้อ 3.1.1.4

3.1.2.3 รวบรวมผลการวิเคราะห์และผังการวิเคราะห์กระแสการไหลวัสดุของกิจกรรมในจังหวัด และเปรียบเทียบผลการคำนวณกับค่าที่ตรวจวัดได้

3.1.2.4 วิเคราะห์หากิจกรรมที่มีสัดส่วนหลักในการปล่อยไนโตรเจนลงสู่แม่น้ำแม่กลอง และเสนอแนวทางต่างๆ เพื่อลดปัญหาคุณภาพน้ำจากสาเหตุโดยตรง พร้อมทั้งคาดการณ์ผลกระทบที่จะลดลงได้หากมีการดำเนินการตามแนวทางที่ได้เสนอ

3.1.2.5 สรุปแผนการแก้ไขปัญหาพร้อมแนวนโยบายที่เหมาะสมสำหรับการลดการปล่อยไนโตรเจนลงแม่น้ำแม่กลอง

โดยขั้นตอนการทำงานวิจัยโดยสรุปเป็นไปดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 ขั้นตอนการทำงานวิจัยโดยสรุป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 การเลือกใช้ข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ข้อมูลทุติยภูมิ คือ ข้อมูลที่ไม่ได้เก็บด้วยตัวเอง โดยมาจากองค์กรภาครัฐ เอกชน งานวิจัย วารสาร หนังสือพิมพ์ เป็นต้น และข้อมูลตติยภูมิ คือ ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลระดับทุติยภูมิของ องค์กรภาครัฐ เอกชน งานวิจัย วารสาร หนังสือพิมพ์ โดยแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ 1.ข้อมูลกิจกรรมในพื้นที่ เช่น พื้นที่เพาะปลูก จำนวนปศุสัตว์ จำนวนประชากร เป็นต้น และ 2.ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณกระแสการไหลไม่ใช่ข้อมูลในลักษณะแรก เช่น อัตราการซึม ปริมาณไนโตรเจนในอาหาร ปริมาณไนโตรเจนในผลผลิต เป็นต้น โดยมีหลักในการพิจารณาเลือกข้อมูลมาวิเคราะห์ผังการไหลของไนโตรเจน ตามแนวทางดังนี้

3.2.1 ข้อมูลกิจกรรมในพื้นที่

3.2.1.1 ใช้ข้อมูลระดับทุติยภูมิจาก หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมนั้นๆ โดยตรง หรือ หน่วยงานภาครัฐที่เป็นต้นสังกัด เช่น ข้อมูลการเลี้ยงสัตว์น้ำจากประมงจังหวัด หรือกรมประมง การเลี้ยงสัตว์จากปศุสัตว์จังหวัด หรือกรมปศุสัตว์

3.2.1.2 ใช้ข้อมูลระดับทุติยภูมิจาก สำนักงานสถิติแห่งชาติ

3.2.1.3 ใช้ข้อมูลระดับทุติยภูมิจาก การศึกษา งานวิจัย หรือ องค์กรเอกชน หรือบริษัท

3.2.1.4 ใช้ข้อมูลระดับตติยภูมิจาก หน่วยงานภาครัฐ การศึกษา งานวิจัย องค์กรเอกชน หรือบริษัท

3.2.2. ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณกระแสการไหลที่ไม่ใช่ข้อมูลในลักษณะแรก

3.2.2.1 ใช้ข้อมูลระดับทุติยภูมิจาก การศึกษา หรืองานวิจัย ที่เก็บข้อมูลจากในพื้นที่จังหวัดราชบุรี หรือ จังหวัดสมุทรสงคราม และได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

3.2.2.2 ใช้ข้อมูลระดับทุติยภูมิจาก การศึกษา หรืองานวิจัย ที่เก็บข้อมูลจากในพื้นที่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน และได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ เช่น ลักษณะดินเหมือนกัน

3.2.2.3 ใช้ข้อมูลระดับทุติยภูมิจาก การศึกษา หรืองานวิจัย ที่เก็บข้อมูลจากในประเทศ และได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

3.2.2.4 ใช้ข้อมูลระดับตติยภูมิจาก การศึกษา หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

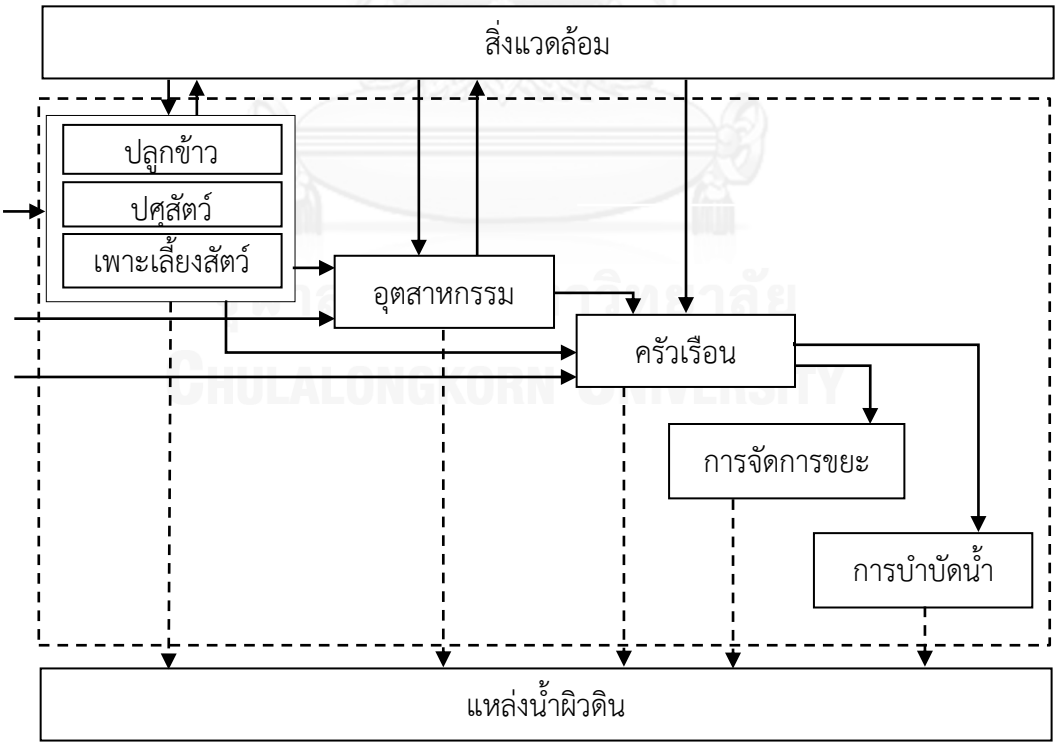
3.2.2.5 ใช้ข้อมูลระดับทุติยภูมิ หรือตติยภูมิจาก การศึกษา หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.3 การวิเคราะห์กระแสการไหลของไนโตรเจนในแต่ละกิจกรรม

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นกิจกรรมหลักที่เกิดขึ้นในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และสมุทรสงคราม ที่อาจส่งผลให้มีการปล่อยไนโตรเจนในรูปต่างๆ ลงสู่แม่น้ำแม่กลองมีดังนี้คือ ภาคการเกษตร ภาคอุตสาหกรรม ภาคครัวเรือน และการจัดการของเสีย โดยทำการศึกษากระแสการไหลของไนโตรเจนในน้ำในรูปไนโตรเจนรวม(TN) แต่เนื่องจากการวัดค่าไนโตรเจนบางครั้งวัดในรูปอนินทรีย์ไนโตรเจน (TIN) ได้แก่ แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ซึ่งในฤดูฝนคิดเป็น 56 เปอร์เซ็นต์ ในฤดูแล้งคิดเป็น 38 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนรวม (Pinida Leelapanang, 2010) โดยเปอร์เซ็นต์อนินทรีย์ไนโตรเจน เมื่อเทียบกับไนโตรเจนรวมดังกล่าวมีความสำคัญในการหาปริมาณไนโตรเจนรวมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์กระแสการไหล โดยกิจกรรมดังกล่าวในข้างต้นสามารถจัดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม และแม่น้ำแม่กลองดังรูปที่ 3-2

ในการคำนวณได้ตั้งอยู่บนสมมุติฐานหลักสองข้อคือ

1.) การผลิตในภาคการเกษตรเป็นการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของกิจกรรมภาคครัวเรือน และอุตสาหกรรมในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และสมุทรสงคราม
2.) การผลิตในภาคอุตสาหกรรมเป็นการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของกิจกรรมภาคครัวเรือน และภาคการเกษตรในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และสมุทรสงคราม



รูปที่ 3-2 ผังกระแสการไหลของไนโตรเจนในแม่น้ำแม่กลองบริเวณจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม (กรอบเส้นประ คือ ขอบเขตระบบที่ทำการประเมิน)

ในการพัฒนาแผนผังการไหล ได้แบ่งการวิเคราะห์การไหลออกเป็นส่วนย่อยๆ ตามประเภทแหล่งกำเนิด ได้แก่ การปลูกข้าว ปศุสัตว์ เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ครัวเรือน อุตสาหกรรม การจัดการขยะ และการบำบัดน้ำเสียโดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์แต่ละกิจกรรมดังนี้

1. ทำการเขียนผังกระแสการไหลในแต่ละกิจกรรมข้างต้น
2. กำหนดสมการ และรวบรวมตัวแปรในแต่ละกระแสการไหลที่เข้าและออกจากกิจกรรม
3. คำนวณกระแสการไหลของไนโตรเจนในแต่ละกระแสการไหล
4. รวมข้อมูลกระแสการไหลของไนโตรเจนแต่ละกระแสการไหล ประกอบเป็นผังกระแสการไหลของแต่ละกิจกรรมนั้นๆ

3.4 รวบรวมผล จัดทำผังการกระแสการไหล วิเคราะห์กิจกรรมและลุ่มน้ำแม่น้ำแม่กลอง และเสนอแนวนโยบายในการแก้ไข

รวบรวมผลการคำนวณจากวิธีการในข้อ 3.3 เพื่อทำผังระบบของกระแสการไหลในทุกกิจกรรมที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำแม่กลองในจังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงคราม วิเคราะห์ผังระบบการไหลของมลสารทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาเพื่อหากิจกรรมหลักที่สำคัญที่เป็นสาเหตุการปล่อยไนโตรเจน ลงสู่แม่น้ำแม่กลอง และจะได้ดำเนินการกำหนดวิธีหรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาจากสาเหตุ รวมทั้งจะได้ดำเนินการคาดการณ์ผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลองที่อาจจะลดลงได้ หากมีการดำเนินการตามวิธีการที่เสนอ โดยใช้พื้นฐานข้อมูลจากผังการไหลที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นโมเดลในการคาดการณ์ผลกระทบในอนาคต

3.5 วิเคราะห์ความอ่อนไหวของการประเมิน

ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของการประเมิน โดยแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ วิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจากการปรับสมดุล และการวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจากการเปลี่ยนปริมาณกระแสการไหลที่เข้าสู่กิจกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4

ข้อมูล และวิธีการการคำนวณ

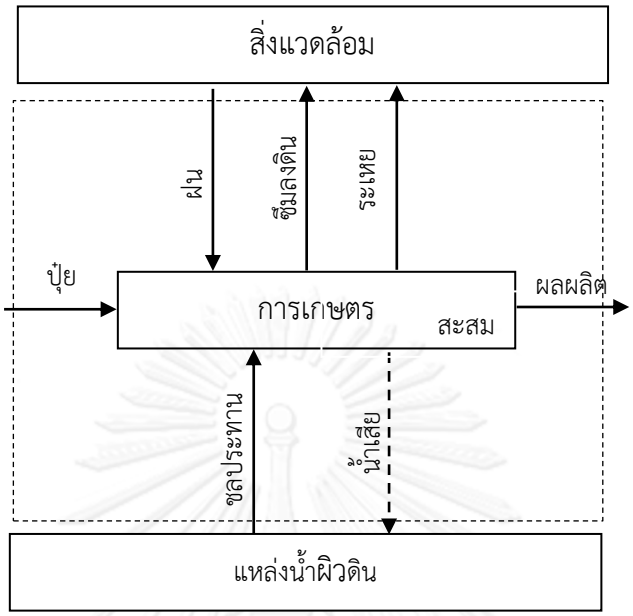
ข้อมูล และวิธีการคำนวณในการคำนวณของแต่ละกิจกรรมจะมีกระแสการไหลที่เข้าและออกจากกิจกรรมหลักแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของแต่ละกิจกรรมนั้นๆ ซึ่งข้อมูลและวิธีการคำนวณในงานวิจัยครั้งนี้มีวิธีการ และรายละเอียดดังนี้

4.1 การเกษตร

กิจกรรมภาคการเกษตรมีการประเมินแบ่งออกเป็น 3 กิจกรรมย่อย ได้แก่ ปลูกข้าว ปศุสัตว์ ประกอบด้วยการเลี้ยงไก่เนื้อ ไก่ไข่ เป็ดเนื้อ เป็ดไข่ โคเนื้อ โคนม สุกร และการเลี้ยงสัตว์น้ำ ประกอบด้วยการเลี้ยงกุ้งขาวแวนาไมแบบกึ่งพัฒนา กุ้งขาวแวนาไมแบบพัฒนา ปลาสลิด ปลานิล กุ้งก้ามกราม และปลากะพง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 ปลูกข้าว

การเพาะปลูกข้าวและพืชไร่ประกอบด้วยกระบวนการย่อย ได้แก่ ใส่ปุ๋ย ชลประทาน การดูดซึมไนโตรเจนของพืช น้ำเสีย มลพิษอากาศ การผลิตปุ๋ย และผลผลิต โดยข้อมูลพื้นที่การเพาะปลูกจากสถิติการเกษตรของประเทศไทย ของสำนักงานสถิติการเกษตรดังตารางที่ 4-1 และตารางที่ 4-2 โดยกระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบการปลูกข้าวธาตุอาหารจะมาจากน้ำชลประทาน การใส่ปุ๋ย และจากฝน จากนั้นจะออกจากระบบไปในรูปผลผลิต บางส่วนจะไปกับน้ำเสีย การซึม และการระเหย (รูปที่ 4-1) จากกิจกรรมดังกล่าวสามารถคำนวณปริมาณไนโตรเจนที่เข้าและออกจากระบบได้ดังสูตรและตัวแปรตามตารางที่ 4-3 ซึ่งจากการศึกษาของ Liang และคณะ (2007) ได้ทำการศึกษาโดยพัฒนาแบบจำลองของการปลูกข้าวโดยใช้ปุ๋ยยูเรียในพื้นที่นาข้าวบริเวณใกล้คูดิน ซึ่งได้พิจารณาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในทุกรูปแบบ เช่น การระเหย กระบวนการดิไนตริฟิเคชั่น รวมทั้งการเคลื่อนย้ายในรูปแบบต่างๆที่สำคัญๆ เช่น การชะ ซึ่งผลการศึกษาพบว่าไนโตรเจนระเหยในรูปแอมโมเนียอยู่ที่ 26.5-29.4 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนที่เข้าระบบ ถูกดูดซึม 38.2-44.8 เปอร์เซ็นต์ ถูกชะ การซึมในแนวดิ่ง และการซึมแนวนอน 5.6-7.7, 4.0-4.9, และ 5.0-5.3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งการคำนวณปริมาณไนโตเจนในระบบอาศัยปัจจัยต่างๆดังนี้



รูปที่ 4-1 กระบวนการย่อยที่เกิดขึ้นในระบบการเกษตร

1.) น้ำชลประทาน การใช้น้ำในการเพาะปลูกข้าวแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน โดยการใช้น้ำจะรวบปริมาณน้ำที่ซึม ปริมาณน้ำที่ทำให้ดินอิ่มตัวและรักษาชั้นน้ำ เนื่องจากการทำนามีการกักน้ำในนาข้าว และปริมาณความต้องการน้ำของข้าวพันธุ์ กข. มีอายุ 110 วัน จำนวนวันที่ต้องการน้ำ 86 วัน โดยน้ำใช้ของพืชต่อวันอยู่ที่ 8.52 มิลลิเมตรต่อวัน (กรมชลประทาน [ชป.], 2556: ออนไลน์) ซึ่งค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนในน้ำที่ใช้ในการชลประทานจากการตรวจวัด 4 ครั้งในเดือนต่างๆในปี 2553 ได้จากจุดตรวจวัดคุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษก่อนเข้าพื้นที่จังหวัดราชบุรีที่จุดตรวจวัด บ้านท่าเรือ อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี มีค่าเฉลี่ยอนินทรีย์ไนโตรเจนอยู่ที่ 0.427 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยแบ่งเป็นไนเตรทไนโตรเจน 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์ไนโตรเจน 0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร และ แอมโมเนียไนโตรเจน 0.247 มิลลิกรัมต่อลิตร และจุดตรวจวัดก่อนเข้าจังหวัดสมุทรสงคราม ที่จุดตรวจวัด ที่สะพานสมเด็จพระอัมรินทร์ อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี มีค่าเฉลี่ยอนินทรีย์ไนโตรเจนอยู่ที่ 0.66 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยแบ่งเป็นไนเตรทไนโตรเจน 0.217 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์ไนโตรเจน 0.087 มิลลิกรัมต่อลิตร และ แอมโมเนียไนโตรเจน 0.357 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.) ปริมาณฝน จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยาปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่จังหวัดราชบุรีมีปริมาณฝนที่ตกในปี 2553 อยู่ที่ 1,205.1 มิลลิเมตร โดยมีจำนวนวันที่ฝนตกในจังหวัดราชบุรี 99 วัน ส่วนปริมาณฝนตกในจังหวัดสมุทรสงครามไม่มีข้อมูลดังกล่าวเนื่องจากไม่มีสถานีตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยาดังนั้นการคำนวณจึงใช้ข้อมูลของจังหวัดราชบุรีแทน ปริมาณไนโตรเจนในน้ำฝนจากการตรวจวัดในรูปแบบแอมโมเนียและไนเตรทในฤดูฝน ในพื้นที่ชนบทในจังหวัดเชียงใหม่และ น่านมีปริมาณอยู่ที่ 5.6±2.4 และ 5.8±1.4 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกเตอร์ต่อปีตามลำดับ (Suparb และ

คณะ, 2005) ดังนั้นในการคำนวณจะใช้ปริมาณไนโตรเจนที่ 5.8 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกเตอร์ต่อปี หรือ 0.928 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี

3.) การใช้ปุ๋ย การใช้ปุ๋ยในพื้นที่สองจังหวัดอาศัยการ การเพาะปลูกแบบนาโยนกล้า โดยใส่ปุ๋ยเคมี โดยมีการใส่ปุ๋ยทั้งหมด 2 ครั้งคือ ครั้งแรกใส่ปุ๋ยแอมโมเนียฟอสเฟตสูตรต่างๆ 30-35 กิโลกรัมต่อไร่ ในที่นี้ใช้สูตร 16-20-0 ปุ๋ยสูตรดังกล่าวมีปริมาณไนโตรเจน 16 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก ครั้งที่สองใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) 20 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณไนโตรเจน 46 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก

4.) การซึม การซึมมีทั้งการซึมแบบแนวดิ่ง (Percolation) และการซึมในแนวราบ (Seepage)(PERC) จากการศึกษาการทดลอง พบว่าการซึมมีความสัมพันธ์กับค่าการนำน้ำขณะอิ่มตัว (Saturated Hydraulic Conductivities) โดยในพื้นที่ที่มีค่าการนำน้ำขณะอิ่มตัวของดินชั้นล่างต่ำจะมีอัตราการซึมอยู่ที่ 0-5 มิลลิเมตรต่อวัน (Bouman และคณะ, 1994) เมื่อแบ่งอัตราการซึมตามลักษณะดิน ดินเหนียวอัตราการซึมอยู่ที่ 4 มิลลิเมตรต่อวัน ดินทราย 8 มิลลิเมตรต่อวัน ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6 มิลลิเมตรต่อวัน (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], n.d.: Online)

5.) การระเหย การระเหยใช้ค่าการระเหย (E) ของกรมชลประทาน คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยจากถาดวัดการระเหย หมายถึงการระเหยน้ำจากผิวน้ำและ/หรือผิวดินซึ่งมีความแตกต่างกันไปขึ้นกับพื้นที่ โดยจังหวัดราชบุรีมีค่าเฉลี่ยการระเหยอยู่ที่ 5.3 มิลลิเมตรต่อวัน ส่วนจังหวัดสมุทรสงครามไม่ค่าดังกล่าวจึงใช้ค่าเดียวกับจังหวัดราชบุรี

6.) ปริมาณน้ำที่ทำให้ดินอิ่มตัว (SAT) เป็นปริมาณน้ำที่ใช้ในการทำให้ดินอิ่มตัวก่อนทำการหว่าน หรือเพาะปลูก โดยมีปริมาณเท่ากับ 200 มิลลิเมตร (FAO, n.d.: Online)

7.) ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเกิดชั้นน้ำ (WL) เป็นปริมาณชั้นน้ำที่เกิดขึ้นในช่วงการหว่าน และการเพาะปลูก โดยมีความจำเป็นในการรักษาชั้นน้ำที่สูญเสียไปกับการซึม โดยมีปริมาณ 100 มิลลิเมตร (FAO, n.d.: Online)

8.) ผลผลิต ผลผลิตที่เกิดจากการเพาะปลูกใช้ข้อมูลจากสถิติการเกษตรของประเทศไทย ปริมาณผลผลิตที่ได้ในการปลูกข้าวนาปี และนาปรังมีปริมาณไม่เท่ากัน โดยปริมาณผลผลิตต่อไร่ในปี 2553 จังหวัดราชบุรีมีผลผลิตข้าวนาปี 654 กิโลกรัมต่อไร่ ข้าวนาปรังมีผลผลิต 703 กิโลกรัมต่อไร่ จังหวัดสมุทรสงครามมีผลผลิตข้าวนาปี 618 กิโลกรัมต่อไร่ ข้าวนาปรังมีผลผลิต 684 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากปริมาณผลผลิตที่ออกมาในรูปข้าวเปลือกแล้ว ยังมีฟางข้าวซึ่งเป็นผลผลิตพลอยได้ ซึ่งมีสัดส่วน 1ต่อ1กับปริมาณข้าวเปลือก (Lim et. al., 2012)

9.) น้ำไหลบ่าบนผิวดิน (Surface runoff) เป็นน้ำที่ชะออกจากพื้นที่นาข้าว ซึ่งมีไนโตรเจนอยู่ในสัดส่วนเท่ากับ 0.0665 ของไนโตรเจนขาเข้า (Liang และคณะ, 2007)

จากปัจจัยดังกล่าวข้างต้นจะพบว่าแบบจำลองนี้จะคำนวณเฉพาะน้ำในส่วนขาเข้าเพื่อหาปริมาณไนโตรเจนที่มากับน้ำชลประทานและน้ำฝนเท่านั้น ในส่วนของน้ำเสียจะอาศัยสัดส่วนจากงานวิจัย ในส่วนของไนโตรเจนในปุ๋ย และผลผลิตนั้นจะใช้การคำนวณจากปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนที่มีอยู่ในตัววัตถุดิบชนิดนั้นๆ ซึ่งตัวแปรในการคำนวณเป็นไปตามตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-1 ข้าวนาปี : เนื้อที่ และผลผลิตต่อไร่ในปี 2553 (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ [กษ], สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [สศก]., ม.ป.ป.: ออนไลน์)

จังหวัด	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
ราชบุรี	345,412	332,338	217,264	654
สมุทรสงคราม	2,758	2,620	1,619	618

ตารางที่ 4-2 ข้าวนาปรัง : เนื้อที่ และผลผลิตต่อไร่ในปี 2553 (กษ, สสก., ม.ป.ป.: ออนไลน์)

จังหวัด	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
ราชบุรี	266,699	266,510	187,376	703
สมุทรสงคราม	2,267	2,264	1,581	689

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-3 สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการปลูกข้าว

ปลูกข้าว								
กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ข้าว	น้ำชลประทาน	**สูตร**	$IN = A_{crop}(((T_{cw}ET_{crop})+(T_{crop}PERC))- Pe + SAT +WL)$ (ประยุกต์จาก Food and Agiculture Organization of the United Nations [FAO], n.d.)					
		IN	ปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน	คำนวณ	$\frac{\text{ลบ. ม.}}{\text{รอบ}}$	-	-	-
		ET_{crop}	ปริมาณความต้องการน้ำของข้าวพันธุ์ กข.	8.52	$\frac{\text{มม.}}{\text{รอบ}}$	ไสว วงศุฒิสาโรช, ม.ป.ป. : ออนไลน์	ทุติยภูมิ	-
		SAT	ปริมาณน้ำที่ทำให้ดินอิ่มตัว	200	มม.	FAO, n.d.: Online	ตติยภูมิ	-
		PERC	ปริมาณน้ำที่ซึมทั้งแนวดิ่งและแนวราบ	6	$\frac{\text{มม.}}{\text{วัน}}$	FAO, n.d.: Online	ตติยภูมิ	-
		WL	ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเกิดชั้นน้ำ	100	มม.	FAO, n.d.: Online	ตติยภูมิ	-
		Pe	ปริมาณฝนใช้การ $Pe = 0.8\ P - 25$ เมื่อ $P > 75$ ($\frac{\text{มม.}}{\text{เดือน}}$) $Pe = 0.6\ P - 10$ เมื่อ $P < 75$ ($\frac{\text{มม.}}{\text{เดือน}}$) P คือ ปริมาณฝน ($\frac{\text{มม.}}{\text{เดือน}}$)	สถิติ	$\frac{\text{มม.}}{\text{วัน}}$	กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร [ทก], สำนักงานสถิติแห่งชาติ [สสช.], ม.ป.ป. : ออนไลน์	ทุติยภูมิ	-

ตารางที่ 4-3(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการปลูกข้าว

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ข้าวนาน้ำ	น้ำชลประทาน	T_w	วันที่ให้น้ำต่อรอบการผลิตข้าวพันธุ์ กข.	86	$\frac{\text{วัน}}{\text{รอบ}}$	ไสว วงศุฒิสาโรช, ม.ป.ป.: ออนไลน์	ทุติยภูมิ	-
		T_{crop}	วันที่เพาะปลูกข้าวพันธุ์ กข.	110	$\frac{\text{วัน}}{\text{รอบ}}$	ไสว วงศุฒิสาโรช, ม.ป.ป.: ออนไลน์	ทุติยภูมิ	-
		A_{crop}	พื้นที่เพาะปลูก	ตารางที่ 4-1 ถึง 4-2	ตร.ม.	กษ, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [สศก.], 2555	ทุติยภูมิ	-
		สูตร	$N_{irr}= IN (C_{irr}/1000)$					
		N_{irr}	ปริมาณไนโตรเจนจากน้ำชลประทาน	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{รอบ}}$	-	-	-
		IN	ปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน	คำนวณ	$\frac{\text{ลบ. ม.}}{\text{รอบ}}$	-	ทุติยภูมิ	-
		C_{irr}	ความเข้มข้นไนโตรเจนในแหล่งน้ำ	สถิติ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ลบ. ม.}}$	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [ทส], กรมควบคุมมลพิษ [คพ.], ม.ป.ป.	ทุติยภูมิ	-

ตารางที่ 4-3(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการปลูกข้าว

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ข้าวเปลือก	ฝน	สูตร	$N_{rain} = PA_{crop}C_{rain}$					
		N_{rain}	ปริมาณไนโตรเจนจากน้ำฝน	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{รอบ}}$	-	ทุติยภูมิ	-
		C_{rain}	ความเข้มข้นไนโตรเจนในฝน	0.00059	$\frac{\text{กก.}}{\text{ลบ. ม.}}$	Paramee et al., 2005	ทุติยภูมิ	-
	ปุ๋ย	สูตร	$N_{fer}=(Q_{fer}P_{fer}A_{crop})/100$					
		N_{fer}	ปริมาณไนโตรเจนจากปุ๋ย	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{รอบ}}$	-	-	-
		Q_{fer}	ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ - 16-20-0 - 46-0-0	 30 20	$\frac{\text{กก.}}{\text{ไร่ ⋅ รอบ}}$	ภัทรานิษฐ์ เปลี่ยนไธสง, ม.ป.ป. : ออนไลน์	ทุติยภูมิ	-
		P_{fer}	ความเข้มข้นไนโตรเจนในปุ๋ย - 16-20-0 - 46-0-0	 16 46	%	-	-	-

ตารางที่ 4-3(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการปลูกข้าว

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาออก	การซึม	สูตร	$N_{sp} = N_{input}F_{perc}$					
		N_{sp}	ปริมาณไนโตรเจนที่ซึมออก	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{รอบ}}$	-	-	-
		N_{input}	ปริมาณไนโตรเจนขาเข้าทั้งหมด	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{รอบ}}$	-	-	-
		F_{perc}	สัดส่วนการซึม	0.096	-	Liang et al., 2007	ทุติยภูมิ	-
	การระเหย	สูตร	$N_{eva}= N_{input}F_{eva}$					
		N_{eva}	ปริมาณไนโตรเจนที่ระเหยออก	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{รอบ}}$	-	-	-
		F_{eva}	สัดส่วนการระเหย	0.28	-	Liang et al., 2007	ทุติยภูมิ	-
	น้ำไหลบ่าบนผิวดิน	สูตร	$N_{ww}= N_{input}F_{ww}$					
		N_{ww}	ปริมาณไนโตรเจนที่ออกกับน้ำไหลบ่าบนผิวดิน	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{รอบ}}$	-	-	-
		F_{ww}	สัดส่วนการเป็นน้ำเสีย	0.0665	-	Liang et al., 2007	ทุติยภูมิ	-

ตารางที่ 4-3(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการปลูกข้าว

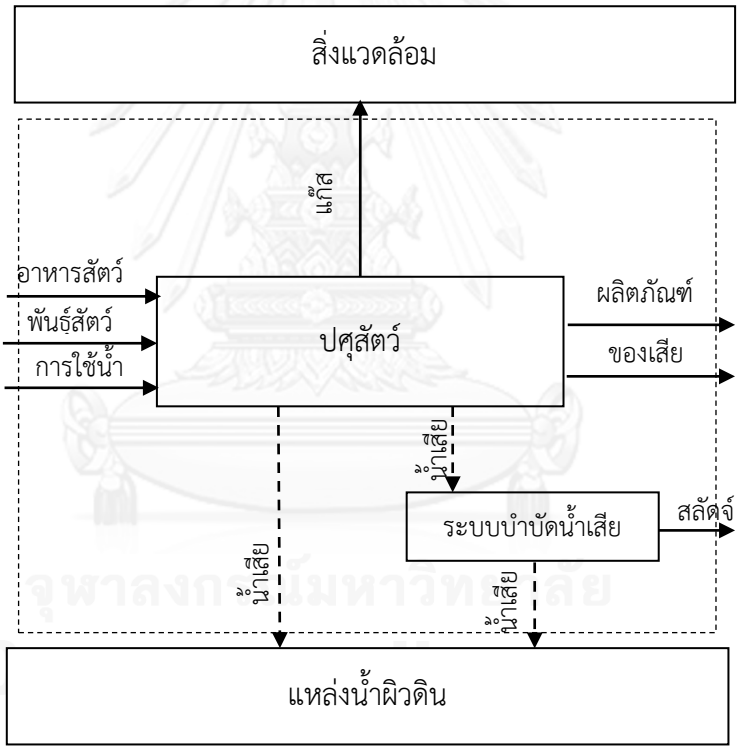
กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาออก	ผลผลิต	สูตร	$N_{pro} = (Q_{pro}F_{pro})(1-F_{wa})\ C_{pro}$					
		N_{pro}	ปริมาณไนโตรเจนในผลผลิต	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{รอบ}}$	-	-	-
		Q_{pro}	ปริมาณผลผลิต	ตารางที่4-1 ถึง 4-2	-	กษ, สศก, ม.ป.ป: ออนไลน์	ทุติยภูมิ	-
		F_{wa}	สัดส่วนความชื้นในผลผลิต - ข้าว - แกลบ - ฟาง	 0.111 0.089 0.1	-	Heinemann et. al., 2005 กรมการข้าว. สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว, ม.ป.ป.:ออนไลน์ Gadde, Menke, and Wassmann, 2009	ทุติยภูมิ	-
		C_{pro}	ความเข้มข้นไนโตรเจนในผลผลิต - ข้าว - แกลบ - ฟาง	 0.0107 0.0052 0.0058	$\frac{\text{กก.}}{\text{กก.}}$	Heinemann et. al., 2005 Lim et. al., 2012 Gadde, Menke, and Wassmann, 2009	ทุติยภูมิ	-
		F_{pro}	สัดส่วนผลผลิตในฤดูปลูกต่างๆเทียบกับปริมาณข้าวเปลือ - ข้าว - แกลบ - ฟาง	 1-0.33 0.33 1		 Lim et. al., 2012 Lim et. al., 2012		-

ตารางที่ 4-3(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการปลูกข้าว

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
	สะสม	สูตร	$N_{acc}=N_{input}-N_{output}$					
		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
		N_{acc}	ปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในพื้นที่	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{รอบ}}$	-	-	-
สมมุติฐานในการประเมิน								
1.	การทำนาในพื้นที่ประเมิน แบ่งเป็นการทำนาสองรอบต่อปี คือ นาปีในเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม และนาปรังในเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์							
2.	วิธีการทำนาเป็นแบบโยนกล้า และใช้เฉพาะปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าว							
3.	ปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการปลูกเป็นปริมาณที่แนะนำในการปลูกข้าวแบบโยนกล้า							

4.1.2 ปศุสัตว์

ปศุสัตว์ที่เลี้ยงในจังหวัดราชบุรี และสมุทรสงคราม ได้แก่ ไก่เนื้อ ไก่ไข่ เป็ดเนื้อ เป็ดไข่ แกะ แพะ โคเนื้อ และโคนม ซึ่งปริมาณแกะ และแพะที่เลี้ยงในพื้นที่สองจังหวัดมีจำนวนน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณปศุสัตว์ชนิดอื่นจึงไม่นำมาคิด ดังนั้นแบบจำลองนี้จึงคิดเฉพาะคิดเฉพาะไก่เนื้อ ไก่ไข่ เป็ดเนื้อ เป็ดไข่ โคเนื้อ และโคนมโดยมีจำนวนปศุสัตว์ที่เลี้ยงในสองจังหวัดดังตารางที่ 4-4 และ 4-5 ซึ่งการคำนวณอาศัยปริมาณผลผลิตที่มาจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร แทนข้อมูลจากกรมปศุสัตว์ที่มีเฉพาะปริมาณการเลี้ยงเนื่องจากเป็นค่าปริมาณผลผลิตที่เกิดขึ้นเพราะปศุสัตว์บางชนิด เช่น ไก่เนื้อ เป็ดเนื้อ มีการเลี้ยงมากกว่า 1 ครั้งต่อปี โดยวิธีการเลี้ยงที่ใช้ในการประเมินจะอาศัยวิธีการตามคู่มือการเลี้ยงจากกรมปศุสัตว์ หรือ ผู้เชี่ยวชาญเป็นแนวทางในการคำนวณ ซึ่งมีกระบวนการย่อยในระบบดังรูปที่ 4-2 และรายละเอียดคร่าวๆในการเลี้ยงสัตว์แต่ละชนิดดังตารางที่ 4-4



รูปที่ 4-2 กระบวนการย่อยที่เกิดขึ้นในระบบการเลี้ยงปศุสัตว์

ตารางที่ 4-4 สายพันธุ์และการเลี้ยงสัตว์ชนิดต่างๆ

พันธุ์สัตว์	รายละเอียด	อ้างอิง
ไก่เนื้อ	การเลี้ยงไก่กระทงซึ่งเป็นไก่ที่เลี้ยงไว้บริโภคเนื้อเป็นหลักและมีอายุการเลี้ยงสั้น คือ 28-60 วัน โดยอาหารที่ให้เป็นอาหารเม็ด	ประภากร ธาราฉาย, 2555 :ออนไลน์
ไก่ไข่	การเลี้ยงไก่ไข่เป็นการเลี้ยงไก่ไข่สีน้ำตาลแบบบนกรง โดยให้อาหารเม็ด	ประภากร ธาราฉาย, 2555 :ออนไลน์
เป็ดเนื้อ เป็ดไข่	เป็นการเลี้ยงเป็ดเทศพันธุ์กบินทร์บุรี เป็นเป็ดที่พัฒนาขึ้นเพื่อผลิตเนื้อป้อนตลาด ซึ่งมีอายุการเลี้ยงอยู่ที่ 10-12 สัปดาห์ นอกจากนี้ยังสามารถเลี้ยงเพื่อใช้เป็นเป็ดไข่ได้อีกด้วย โดยจะเริ่มให้ไข่เมื่อมีอายุ 20 สัปดาห์ และสามารถให้ไข่ได้ 1-2 ปี	กษ, กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์ กษ, กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์
โคเนื้อ	การเลี้ยงโคขุนพันธุ์ตากโดยเริ่มขุนที่น้ำหนัก 250 กก. จนมีน้ำหนัก 450 กก. โดยให้อาหารข้นร่วมกับฟางข้าว	กษ, กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์
โคนม	การเลี้ยงโคนมอาศัยการให้อาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น โดยอาหารหยาบคือ อาหารที่มีกากใยสูงกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ เช่น หญ้า ร่วมกับอาหารข้น คืออาหารที่มีปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารต่อหน่วยสูง เช่น ปลายข้าว รำ ปลาบ่น	กษ, กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์
สุกร	การเลี้ยงสุกรอาศัยการเลี้ยงสุกรที่มีอายุตั้งแต่ 30 วัน จนกระทั่งครบ 170 วัน โดยอาหารที่ให้จะมีปริมาณโปรตีนไม่เท่ากันตลอดอายุการเลี้ยง ดังนั้นจึงใช้อาหารที่โปรตีน 18% ในการเลี้ยง	กษ, กปศ., 2548

1.) พันธุ์สัตว์ พันธุ์สัตว์ที่ประเมินในงานวิจัยนี้ทำการประเมินเฉพาะไก่ เป็ด โคเนื้อ โคนม และสุกรเท่านั้น เนื่องจากปริมาณการเลี้ยงกระบือในพื้นที่มีจำนวนน้อยมาก (ตารางที่ 4-6) โดยการเลี้ยงสัตว์มีทั้งที่เพาะพันธุ์ขึ้นเอง หรือซื้อพันธุ์มาเลี้ยงต่อ ในการประเมินอาศัยสมมุติฐานการซื้อพันธุ์สัตว์มาเลี้ยง ในส่วนการเลี้ยงไก่ไข่ เป็ดไข่ และโคนม ไม่มีการประเมินไนโตรเจนในส่วนของพันธุ์สัตว์เนื่องจากการเลี้ยงหนึ่งครั้งสามารถให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี

2.) อาหาร ปริมาณความต้องการอาหารมีความแตกต่างกัน โดยขึ้นกับชนิด ซึ่งเปอร์เซ็นต์ธาตุอาหารหลักที่มีในอาหารของสัตว์แต่ละชนิดก็มีความแตกต่างกันออกไปด้วย ดังตาราง 4-7

3.) การใช้น้ำ เป็นปริมาณน้ำที่สัตว์แต่ละชนิดต้องการ โดยมีความแตกต่างกันออกไป โดยสัตว์ที่ให้ผลผลิตต้องการน้ำมากกว่าที่ไม่ให้ผลผลิต นอกจากนี้ปริมาณน้ำในผลผลิตยังส่งผลต่อความต้องการน้ำอีกด้วย

4.) การขับถ่ายของเสีย สัตว์แต่ละชนิดมีปริมาณการการขับถ่ายในรูปมูลสัตว์และปัสสาวะ ซึ่งจะรวมกันออกมาในรูปแบบของเสีย (excrete) โดยขั้นตอนการเลี้ยงจะมีการเก็บของเสียออกก่อนการล้างคอก นอกจากของเสียที่ออกมาแล้วนั้นปศุสัตว์ยังมีการปล่อยแก๊สที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ คือ แก๊สแอมโมเนีย ซึ่งมีปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันออกไปตามชนิดปศุสัตว์ โดยการคำนวณปริมาณไนโตรเจนที่ถูกปล่อยออกมาในรูปต่างๆเป็นไปตามตารางที่ 4-7 ซึ่งตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณจะแตกต่างกันออกไปตามแต่ละชนิดของพันธุ์สัตว์ที่เพาะเลี้ยง โดยเป็ดค่าตัวแปรในการคำนวณของเป็ดไข่ไม่มี จึงใช้ตัวแปรของเป็ดเนื้อในการประเมิน

5.) ผลผลิต ปริมาณผลผลิตที่เกิดขึ้นจากการเลี้ยงปศุสัตว์มีทั้งเนื้อสัตว์ และปริมาณผลผลิตอื่นๆ คือ ไข่ไก่ ไข่เป็ด และนม โดยปริมาณผลผลิตที่เกิดขึ้นนั้นเป็นดังตารางที่ 4-5 และ ตารางที่ 4-6 ซึ่งปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจนในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์มีค่าดังตารางที่ 4-7

6.) น้ำเสีย น้ำเสียที่เกิดจากการเลี้ยงปศุสัตว์มาจากปริมาณการใช้น้ำเนื่องจาก การล้างทำความสะอาดโรงเรือน และคอกเลี้ยง โดยปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียได้จากการปรับสมดุลไนโตรเจนขาเข้าเท่ากับขาออก

7.) ระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้น เป็นการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นภายในฟาร์มก่อนปล่อยออกภายนอก โดยการประเมินระบบบำบัดขั้นต้นจะมีเฉพาะการเลี้ยงสุกรเท่านั้น ซึ่งความเข้มข้นของไนโตรเจนก่อนการบำบัดอยู่ที่ 1,094 มิลลิกรัมต่อลิตร และหลังการบำบัดอยู่ที่ 196 มิลลิกรัมต่อลิตร (คพ. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, 2553.)

ตารางที่ 4-5 จำนวนไก่และเป็ด ที่เลี้ยงและผลผลิตในจังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงครามในปี 2553 (กษ, สสก., ม.ป.ป.: ออนไลน์)

จังหวัด		ไก่พื้นเมือง (ตัว)	ไก่เนื้อ (ตัว)	ไก่ไข่ (ตัว)	เป็ดเนื้อ (ตัว)	เป็ดไข่ (ตัว)
ราชบุรี	การเลี้ยง	300,197	3,245,022	655,346	176,651	181,323
	ผลผลิต	488,818	19,105,644	35,016,000 (ฟอง)	459,292	35,129,000 (ฟอง)
สมุทรสง-คราม	การเลี้ยง	12,894	21,135	59,331	596	3,465
	ผลผลิต	17,267	168,396	371,000	1,072	371,000

ตารางที่ 4-6 จำนวนสุกร โคเนื้อ โคนม และกระบือที่เลี้ยงในจังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงคราม ในปี 2553 (กษ, สสก., ม.ป.ป.: ออนไลน์)

จังหวัด		สุกร (ตัว)	โคเนื้อ (ตัว)	โคนม (ตัว)	กระบือ (ตัว)
ราชบุรี	การเลี้ยง	1,492,465	163,489	58,815	501
	ผลผลิต	1,623,011	30,863	90,941 (ตัน)	70
สมุทรสง-คราม	การเลี้ยง	5,906	635	-	-
	ผลผลิต	9,555	101	-	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-7 สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์

ปศุสัตว์								
กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
น้ำเข้า	พืช/สัตว์	สูตร	$N_{aniin}=(Q_{ani}\ W_{aniin}\ P_{ani})/(6.25x100)$ (1/6.25 คือ การเปลี่ยนจากโปรตีนเป็นไนโตรเจน)					
		N_{aniin}	ปริมาณไนโตรเจนในเนื้อสัตว์ที่เริ่มเลี้ยง	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		Q_{ani}	ปริมาณสัตว์ที่เพาะเลี้ยง	ตารางที่ 4-5 ถึง 4-6	$\frac{\text{ตัว}}{\text{ปี}}$	กษ, กรมปศุสัตว์ [กปศ.], ม.ป.ป.	ทุติยภูมิ	-
		W_{aniin}	น้ำหนักสัตว์เริ่มต้น - ไก่เนื้อ - เป็ดเนื้อ - โคเนื้อ - สุกร	 0.14 0.235 250 6.5	$\frac{\text{กก.}}{\text{ตัว}}$	ประภากร ธาราฉาย, 2555: ออนไลน์ กษ, กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์ กษ, กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์ กษ, กปศ., 2548	 ตติยภูมิ ทุติยภูมิ ทุติยภูมิ ทุติยภูมิ	-
		P_{ani}	ปริมาณโปรตีนในสัตว์ - ไก่เนื้อ - เป็ดเนื้อ - โคเนื้อ - สุกร	 24.5 17 14.7 9.8	%	 Smith, Charles, and Moorhouse, 2000 FAO, n.d.: Online	 ทุติยภูมิ ทุติยภูมิ	-

ตารางที่ 4-7(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
บนบก	อาหารสัตว์	สูตร	$N_{feed}= (Q_{ani}Q_{feed}T_{ani}P_{feed})/(100*6.25)$					
		N_{feed}	ปริมาณไนโตรเจนในอาหารสัตว์	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-		-
		Q_{feed}	ปริมาณอาหารที่ให้ - ไก่เนื้อ - ไก่ไข่ - เป็ดเนื้อ - เป็ดไข่ - โคเนื้อ(ฟาง,อาหารข้น) - โคนม(หญ้า,อาหารข้น) - สุกร	 0.071 0.093 0.085 0.15 0.955, 7.56 25.2, 7.04 2.7	$\frac{\text{กก.}}{\text{ตัว} \cdot \text{วัน}}$	 ประภากร ธาราฉาย, 2555: ออนไลน์ ประภากร ธาราฉาย, 2555: ออนไลน์ กษ, กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์ กษ, กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์ กษ, กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์ กษ, กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์ กษ, กปศ., 2548: ออนไลน์	 ตติยภูมิ ตติยภูมิ ทุติยภูมิ ทุติยภูมิ ทุติยภูมิ ทุติยภูมิ ทุติยภูมิ	-
		T_{ani}	วันที่เลี้ยง - ไก่เนื้อ - เป็ดเนื้อ - โคเนื้อ(ฟาง,อาหารข้น) - สุกร - ไก่ไข่ เป็ดไข่โคนม	 42 84 151 170 365	วัน	 ประภากร ธาราฉาย, 2555: ออนไลน์ กษ, กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์ กษ, กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์ กษ, กปศ., 2548	 ตติยภูมิ ทุติยภูมิ ทุติยภูมิ ทุติยภูมิ	-

ตารางที่ 4-7(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ปัจจัยเข้า	อาหารสัตว์	P_{feed}	ความเข้มข้นโปรตีนในอาหารสัตว์					
			- ไก่เนื้อ	16	%	กษ, กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์	ทุติยภูมิ	-
			- ไก่ไข่	15		กษ, กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์	ทุติยภูมิ	
			- เป็ดเนื้อ	18		กษ, กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์	ทุติยภูมิ	
			- เป็ดไข่	18.7		กษ, กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์	ทุติยภูมิ	
			- โคเนื้อ(ฟาง,อาหารข้น)	0.87, 2.24		กษ, กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์	ทุติยภูมิ	
			- โคนม(หญ้า,อาหารข้น)	1.12, 2.88		กษ, กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์	ทุติยภูมิ	
			- สุกร	2.88		กษ, กปศ., 2548	ทุติยภูมิ	
	ปริมาณการใช้น้ำ	สูตร	$N_{wa}= (Q_{ani}T_{ani}Q_{wa}C_{wa})$					
		N_{wa}	ปริมาณไนโตรเจนในน้ำ	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		C_{wa}	ปริมาณไนโตรเจนสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในน้ำประปา	10	$\frac{\text{มก.}}{\text{ลิตร}}$	มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์, 2538	ตติยภูมิ	-

ตารางที่ 4-7(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
น้ำเข้า	อาหารสัตว์	Q_{wa}	ปริมาณน้ำที่ใช้ - ไก่เนื้อ - ไก่ไข่ - เป็ดเนื้อ - เป็ดไข่ - โคเนื้อ - โคนม - สุกร	 0.17 0.25 0.25 0.12 25 25 48	$\frac{\text{ลิตรตัว}}{\text{วัน}}$	กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์	ตติยภูมิ	-
น้ำออก	สัตว์	สูตร	$N_{aniout}=(Q_{ani}W_{aniout}P_{ani})/(6.25x100)$					
		N_{aniin}	ปริมาณไนโตรเจนในเนื้อสัตว์ที่ออกจากระบบ	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-		-
		W_{aniout}	น้ำหนักสัตว์ออกจากระบบ - ไก่เนื้อ - เป็ดเนื้อ - โคเนื้อ - สุกร	 1.49 2.82 446.7 100	$\frac{\text{กก.}}{\text{ตัว}}$	ประภากร ธาราฉาย, 2555: ออนไลน์ กษ, กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์ กษ, กปศ., ม.ป.ป.: ออนไลน์ กษ, กปศ., 2548	ตติยภูมิ ทุติยภูมิ ทุติยภูมิ ทุติยภูมิ	-

ตารางที่ 4-7(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาออก	ผลผลิตอื่นๆ	สูตร	$N_{pro}=(Q_{pro}P_{pro}W_{pro})/(6.25x100)$					
		N_{pro}	ปริมาณไนโตรเจนในผลิตภัณฑ์ที่ออกจากระบบ เช่น นมวัว ไข่ไก่	คำนวณ	$\frac{กก.}{ปี}$	-		
		Q_{pro}	ปริมาณผลิตภัณฑ์	ตารางที่ 4-5 ถึง 4-6	$\frac{ฟอง.}{ปี}$, $\frac{กก.}{ปี}$	กษ, สศก., 2555	ทุติยภูมิ	-
		W_{pro}	น้ำหนักผลิตภัณฑ์ - ไข่ไก่ - ไข่เป็ด	0.064 0.064*	$\frac{กก.}{ฟอง}$	Smith, Charles, and Moorhouse, 2000	ตติยภูมิ	* ใช้ค่าของไก่เนื้อเนื่องจากไม่มีข้อมูล
		P_{pro}	ความเข้มข้นโปรตีนในผลิตภัณฑ์ - ไข่ไก่ - ไข่เป็ด - นมวัว	 10.6 11.3 14.7	%	 Smith, Charles, and Moorhouse, 2000 FAO, n.d.: Online FAO, n.d.: Online	 ตติยภูมิ ทุติยภูมิ ทุติยภูมิ	

ตารางที่ 4-7(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาออก	แก๊ส	สูตร	$N_{gas} = Q_{ani}T_{ani}P_{gas}Q_{exc}C_{exc}$					
		N_{gas}	ปริมาณไนโตรเจนออกจากระบบในรูปแก๊ส	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-		
		P_{gas}	เปอร์เซ็นต์การเกิดแก๊สสัตว์ - ไก่เนื้อ - ไก่ไข่ - เป็ดเนื้อ - เป็ดไข่ - โคเนื้อ - โคนม - สุกร	 24 46 24* 46** 11 21 36	%	Misselbrook et. al., 2000	ตติยภูมิ	* ใช้ค่าของไก่เนื้อเนื่องจากไม่มีข้อมูล ** ใช้ค่าของไก่ไข่เนื่องจากไม่มีข้อมูล
		Q_{exc}	ปริมาณของเสียที่เกิด - ไก่เนื้อ - ไก่ไข่ - เป็ดเนื้อ - เป็ดไข่ - โคเนื้อ - โคนม - สุกร	 0.06 0.115 0.29 0.29* 21 42 4.5	$\frac{\text{กก.}}{\text{ตัว} \cdot \text{วัน}}$	Smith, Charles, and Moorhouse, 2000 Smith and Frost, 2000 Smith, Charles, and Moorhouse, 2000	ตติยภูมิ ตติยภูมิ ตติยภูมิ	* ใช้ค่าของเป็ด เนื้อเนื่องจากไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 4-7(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาออก	แก๊ส	C_{exc}	ความเข้มข้นของไนโตรเจนในของเสีย - ไก่เนื้อ - ไก่ไข่ - เป็ดเนื้อ - เป็ดไข่ - โคเนื้อ - โคนม - สุกร	 0.00003 0.000016 0.00001 0.00001* 0.005 0.005 0.007	$\frac{\text{กก.}}{\text{กก.}}$	Smith, Charles, and Moorhouse, 2000 Smith and Frost, 2000 Smith, Charles, and Moorhouse, 2000	ตติยภูมิ ตติยภูมิ ตติยภูมิ	* ใช้ค่าของเป็ด เนื้อเนื่องจากไม่มีข้อมูล
	ของเสีย	สูตร	$N_{exc} = ((Q_{ani} T_{ani} Q_{exc} C_{exc})/100) - N_{gas}$					
		N_{exc}	ปริมาณไนโตรเจนออกจากระบบในรูปของเสีย (มูล+ปัสสาวะ)	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
	น้ำเสีย	สูตร	$N_{ww} = (N_{aniin} + N_{feed}) - N_{aniout} - N_{pro} - N_{gas} - N_{exc}$					
		N_{ww}	ปริมาณไนโตรเจนออกจากระบบในรูปของน้ำเสีย	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-

ตารางที่ 4-7(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์

สมมุติฐานในการประเมิน	
1.	การประเมินการเลี้ยงไก่เนื้อ ไก่ไข่ เป็ดเนื้อ โคเนื้อ และสุกร จะประเมินตามวิธีการเลี้ยง ไก่กระทง ไก่ไข่สีน้ำตาล เป็ดเนื้อพันธุ์กบินทร์บุรี โคขุนพันธุ์ตาก และสุกรขุน
2.	การประเมินการเลี้ยงไก่ไข่สีน้ำตาล เป็ดไข่ และโคนม ไม่คิดปริมาณไนโตรเจนในน้ำหนักเริ่มและสิ้นสุดของพันธ์สัตว์ที่เลี้ยง เนื่องจากใช้รอบการเลี้ยง 1 ปี และน้ำหนักเริ่มเท่ากับน้ำหนักสิ้นสุด
3.	การประเมินปริมาณไนโตรเจนที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นจะคิดเฉพาะการเลี้ยงสุกรขุนเท่านั้น

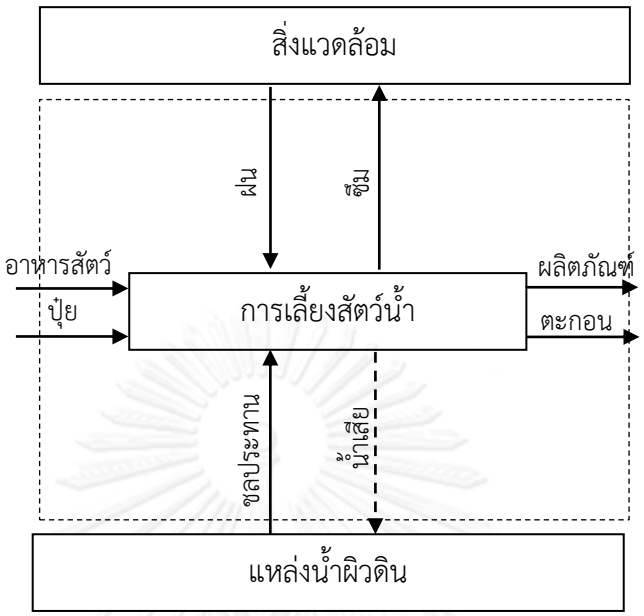
4.1.3 การเลี้ยงสัตว์น้ำ

การเลี้ยงสัตว์น้ำในเขตพื้นที่จังหวัดราชบุรี และสมุทรปราการ มีการเลี้ยงด้วยกันหลายชนิด โดยมีการชนิดที่เลี้ยงหลักๆ ดังนี้ การเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งพัฒนา การเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา ปลาสลิด ปลานิล กุ้งก้ามกราม และการเลี้ยงปลากะพงในรูปแบบกระชัง ซึ่งจากข้อมูลประมงจังหวัดราชบุรีและประมงจังหวัดสมุทรสงคราม พบว่าสัตว์น้ำดังกล่าวข้างต้นมีปริมาณการเลี้ยงดังตารางที่ 4-8 โดยมีกระบวนการตามรูปที่ 4-3

ตารางที่ 4-8 จำนวนเนื้อที่ของฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำและผลผลิตในจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม จำแนกตามประเภทการเลี้ยง ปี 2553 (กษ, กปม., ม.ป.ป., กษ, กปม., ม.ป.ป.)

จังหวัด	ราชบุรี		สมุทรสงคราม	
ชนิดสัตว์น้ำ	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (กก.)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (กก.)
เลี้ยงกุ้งกึ่งพัฒนา	5556.5	-	21300	465,163
เลี้ยงกุ้งพัฒนา	-	-	1078	817,790
ปลาสลิด	88	-	6761	1,597,887
ปลานิล	3828.78	-	215	98,363
กุ้งก้ามกราม	3604	-	-	-
ปลากะพง (กระชัง)	-	-	5.873	559,997

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-3 กระบวนการย่อยที่เกิดขึ้นในระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบบ่อ

จากข้อมูลข้างต้นเนื่องจากไม่มีข้อมูลผลผลิตในพื้นที่จังหวัดราชบุรี ดังนั้นการประเมินในพื้นที่จังหวัดราชบุรีจะใช้ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่จากคู่มือ หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ส่วนข้อมูลในการเลี้ยงสัตว์น้ำแต่ละชนิดนั้นมีความแตกต่างกันในการเลี้ยงทั้งในด้านการเตรียมบ่อ อาหาร การเปลี่ยนน้ำ และอายุการเลี้ยง ดังตารางที่ 4-10 ซึ่งงานวิจัยของ Wittmer (2005) เป็นงานวิจัยหลักที่ใช้เป็นแนวทางในการทำการวิเคราะห์กระแสการไหลของการเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทย Uraiwan Saeuy (2007) ได้ใช้วิธีการคำนวณบางส่วนจากงานวิจัยดังกล่าว ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณธาตุอาหารที่ออกจากระบบหลักๆ ได้แก่ ผลผลิต น้ำเสีย และถูกย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีวภาพ (biodegradation) ซึ่งการย่อยสลายทางชีวภาพนั้นเมื่อย่อยสลายแล้วจะส่งกลับไปยังแหล่งน้ำ ในส่วนการสูญเสียธาตุอาหารจากกระบวนการอื่นๆ เช่น การระเหย การซึม พบว่ามีปริมาณเล็กน้อย ดังนั้นการสูญเสียธาตุอาหารในส่วนดังกล่าวจึงไม่นำมาคำนวณ โดยมีปัจจัยที่นำมาคำนวณดังนี้

1.) น้ำจากชลประทาน ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับขนาดบ่อ ปริมาณการถ่ายน้ำ ขนาดพื้นที่ และระยะเวลาในการเลี้ยง โดยความเข้มข้นไนโตรเจนในน้ำชลประทานจะใช้ความเข้มข้นไนโตรเจนในแม่น้ำแม่กลองก่อนเข้าพื้นที่จังหวัดนั้นๆ (ตารางที่ 4-10)

2.) อาหาร ปริมาณอาหารคำนวณจากปริมาณผลผลิตสัตว์น้ำที่ได้ โดยใช้ค่าอัตราการแลกเนื้อ (Feed conversion ratio: FCR) ซึ่งค่าดังกล่าวคือ น้ำหนักอาหารที่กินต่อน้ำหนักผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ค่า FCR จะแตกต่างกันขึ้นกับชนิดสัตว์น้ำ อาหาร และรูปแบบการเลี้ยง ดังตารางที่ 4-10 โดยปริมาณอาหารที่คำนวณได้เป็นปริมาณอาหารเม็ดที่ให้พอดีกับความต้องการของสัตว์น้ำแต่ละชนิด

3.) ปุ๋ย ปริมาณปุ๋ยและชนิดที่ใช้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของสัตว์น้ำ โดยการใส่ปุ๋ยดังกล่าวจะใส่ไปเพื่อให้เกิดแพลงก์ตอน หรือพืชน้ำ เพื่อเป็นอาหารให้แก่สัตว์น้ำ ซึ่งจะใส่ในช่วงการเตรียมบ่อในช่วงเริ่มต้นการเลี้ยง

4.) ฝน ปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่พื้นที่ที่มาพร้อมกับฝน จะคิดตามขนาดพื้นที่ และความเข้มข้นปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในน้ำฝนเช่นเดียวกับกรณีนาข้าว

5.) ผลผลิต ข้อมูลในผลผลิตส่วนจังหวัดสมุทรสงครามจะใช้ปริมาณผลผลิตจากข้อมูลประมงจังหวัดสมุทรสงคราม (ตารางที่ 4-8) ในส่วนของจังหวัดราชบุรีนั้นเนื่องจากไม่มีข้อมูลปริมาณผลผลิตของสัตว์น้ำแต่ละชนิด จึงใช้ข้อมูลผลผลิตต่อไร่ต่อรอบการผลิตดังตารางที่ 4-10 ซึ่งปริมาณไนโตรเจนจะขึ้นอยู่กับความปริมาณโปรตีนในเนื้อสัตว์น้ำแต่ละชนิด

6.) น้ำเสีย ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นมาจากการถ่ายน้ำ ร่วมกับน้ำส่วนเกินจากการระเหยและการซึม ส่วนปริมาณธาตุอาหารในน้ำเสียมาจากสองส่วนคือ ธาตุอาหารที่เข้ามาจากระบบชลประทาน และปริมาณธาตุอาหารที่เกิดจากมูลสัตว์ ปุ๋ยคอก และอาหารที่เหลือ ที่ถูกย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีวภาพ

7.) การซึม เป็นปริมาณไนโตรเจนที่สูญเสียไปกับการซึมของน้ำ โดยในพื้นที่บ่อดินจะมีอัตราการซึมอยู่ที่ 4 มิลลิเมตรต่อวัน (FAO, n.d.: Online)

8.) การตกตะกอน ซึ่งในส่วนนี้จะใช้การคำนวณเพื่อปรับสมดุลระหว่างไนโตรเจนขาเข้า และไนโตรเจนขาออก

ในส่วนของปลากะพงซึ่งเป็นการเลี้ยงในรูปแบบกระชังซึ่งต่างจากการเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่นการประเมินใช้การประเมินปริมาณอาหาร เช่นเดียวกับการเลี้ยงแบบบ่อ แต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยคอก และการปล่อยของเสีย จะปล่อยโดยตรงสู่แหล่งน้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-9 สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำ

เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ								
กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาเข้า	น้ำชลประทาน	สูตร	$N_{irr}=((T_{aqu}C_{irr}A_{aqu}R_{aqu}H_{aqu})((100+P_{ex})+(Q_{eva}+Q_{sp})))/100$					
		N_{irr}	ปริมาณไนโตรเจนที่มากับน้ำชลประทาน	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		T_{aqu}	จำนวนวันที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง	ตารางที่ 4-10	$\frac{\text{วัน}}{\text{รอบ}}$	-	ทุติยภูมิ	-
		C_{irr}	ความเข้มข้นไนโตรเจนในแหล่งน้ำ	สถิติ	$\frac{\text{มก.}}{\text{ลิตร}}$	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [ทส], กรมควบคุมมลพิษ [คพ.], ม.ป.ป.	ทุติยภูมิ	
		A_{aqu}	พื้นที่การเพาะเลี้ยง	ตารางที่ 4-8	$\frac{\text{ตร. ม.}}{\text{รอบ}}$	กษ, กรมประมง [กปม.], ม.ป.ป.	ทุติยภูมิ	
		H_{aqu}	ความลึกบ่อ	ตารางที่ 4-10	เมตร	-	ทุติยภูมิ	
		R_{aqu}	รอบการผลิตต่อปี	ตารางที่ 4-10	$\frac{\text{รอบ}}{\text{ปี}}$	-	ทุติยภูมิ	
		P_{ex}	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนน้ำ	ตารางที่ 4-10	%	-	ทุติยภูมิ	

ตารางที่ 4-9(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำ

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาเข้า	น้ำซึมประทาน	Q_{eva}	ปริมาณน้ำที่ระเหย	5.3	$\frac{\text{มม.}}{\text{วัน}}$	นายไสว วงศุฒิสาโรช, ม.ป.ป.: ออนไลน์	ตติยภูมิ	-
		Q_{sp}	ปริมาณน้ำที่ซึมทั้งแนวดิ่งและแนวราบ	4	$\frac{\text{มม.}}{\text{วัน}}$	Frobish, 1989	ตติยภูมิ	-
	ฝน	สูตร	$N_{rain}= A_{aqu}D_{aqu}Q_{rain}C_{rain}$					
		N_{rain}	ปริมาณไนโตรเจนที่มากับน้ำฝน	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		Q_{rain}	ปริมาณฝน	สถิติ	$\frac{\text{มม.}}{\text{เดือน}}$	ทก, สสช., ม.ป.ป.: ออนไลน์	ทุติยภูมิ	-
		C_{rain}	ความเข้มข้นไนโตรเจนในฝน	0.00059	$\frac{\text{กก.}}{\text{ลบ. ม.}}$	Paramee et al., 2005	ทุติยภูมิ	-
	อาหาร	สูตร	N_{feed} = (FCR $D_{aqu}R_{aqu}Q_{pro}P_{feed}$)/100					
		N_{feed}	ปริมาณไนโตรเจนที่มากับอาหาร	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		FCR	อัตราการแลกเนื้อ	ตารางที่ 4-10		-	ทุติยภูมิ	-
		P_{feed}	เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นไนโตรเจนในอาหาร	ตารางที่ 4-10	%	-	ทุติยภูมิ	-

ตารางที่ 4-9(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำ

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาเข้า	อาหาร	Q_{pro}	ปริมาณผลผลิต	ตารางที่ 4-8, 4-10	$\frac{\text{กก.}}{\text{ไร่ ⋅ รอบ}}$	-	ทุติยภูมิ	-
	ปุ๋ย	สูตร	$N_{fer}=(A_{aqu}R_{aqu}Q_{fer}P_{fer})/100$					
		N_{fer}	ปริมาณไนโตรเจนที่มากับปุ๋ยที่ใส่ตอนเริ่มเลี้ยง	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		Q_{fer}	ปริมาณปุ๋ยที่ใส่	ตารางที่ 4-10	$\frac{\text{กก.}}{\text{ไร่ ⋅ รอบ}}$	-	ทุติยภูมิ	-
		P_{fer}	เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นไนโตรเจนในปุ๋ย	ตารางที่ 4-10	%	-	ทุติยภูมิ	-
ขาออก	น้ำเสีย	สูตร	$N_{ww}=(N_{irr}+ N_{rain}+ N_{feed}+ N_{fer})P_{ww}$ หรือ $N_{ww}=(A_{aqu}R_{aqu}H_{aqu}C_{ww}T_{ex}(P_{ex}+100))/100$					
		N_{ww}	ปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสีย	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		P_{ww}	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนขาเข้าที่ออกในรูปน้ำเสีย	ตารางที่ 4-10	%	-	ทุติยภูมิ	-
		P_{ex}	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนน้ำ	ตารางที่ 4-10	%	-	ทุติยภูมิ	-
		C_{ww}	ความเข้มข้นไนโตรเจนในน้ำเสีย	ตารางที่ 4-10	$\frac{\text{กก.}}{\text{ลบ. ม.}}$	-	ทุติยภูมิ	-

ตารางที่ 4-9(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำ

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาออก	ผลผลิต	สูตร	$N_{pro}=A_{aqu}R_{aqu}Q_{pro}P_{pro}$					
		N_{pro}	ปริมาณไนโตรเจนในผลผลิต	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		Q_{pro}	ปริมาณผลผลิตต่อไร่	ตารางที่ 4-10	$\frac{\text{กก.}}{\text{ไร่ ⋅ รอบ}}$	-	ทุติยภูมิ	-
		P_{pro}	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเนื้อสัตว์	ตารางที่ 4-10	%	-	ทุติยภูมิ	-
	การสืบพันธุ์	สูตร	$N_{sp}= T_{aqu}\ A_{aqu}\ Q_{sp}\ C_{ww}$					
		N_{sp}	ปริมาณไนโตรเจนที่ซึมออก	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{รอบ}}$	-	-	-
ขาออก	ตะกอน	สูตร	$N_{sed}=(N_{irr}+ N_{rain}+ N_{feed}+ N_{fer})- N_{ww}- N_{pro}- N_{sp}$					
		N_{sed}	ปริมาณไนโตรเจนที่ตกตะกอน	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
สมมุติฐานในการประเมิน								
1.	รอบการผลิตคิดจากจำนวนวันในหนึ่งปี(365 วัน) หารด้วยระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงโดยผลที่ได้ไม่ปัดเศษ							
2.	การเลี้ยงสัตว์น้ำทุกชนิด ยกเว้นการเลี้ยงปลากะพงแบบกระชังมีการสูบตะกอนออกทุกปี							

ตารางที่ 4-10 แสดงรายละเอียดของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแต่ละชนิด

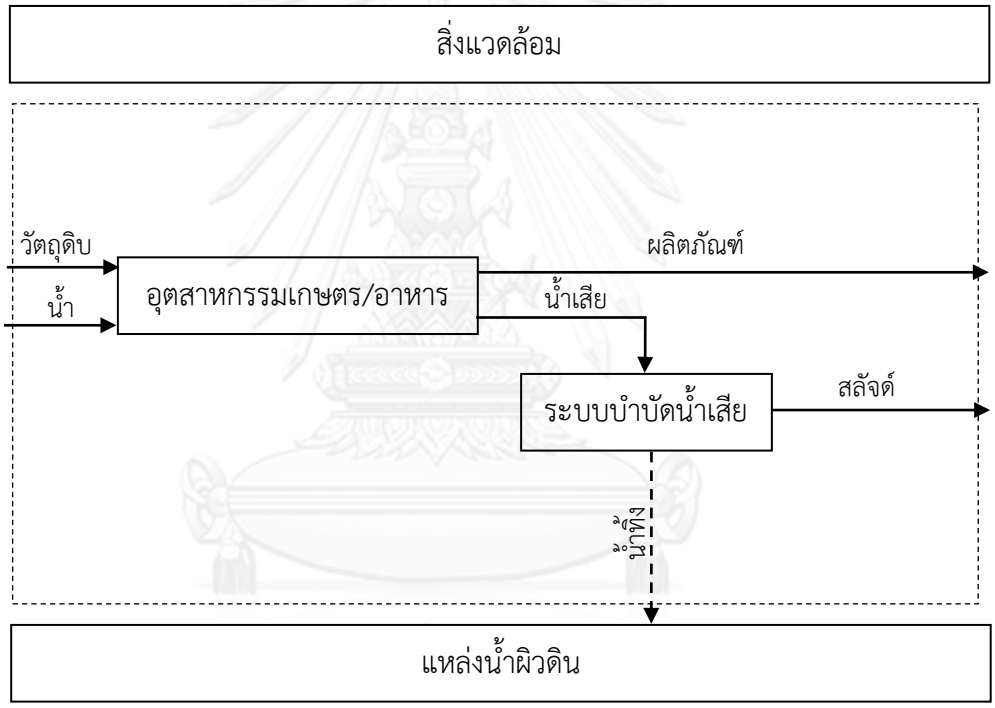
รายละเอียด		ตัวแปร	กุ้งกึ่งพัฒนา	กุ้งแบบพัฒนา	ปลานิล	ปลาสลิด	ปลากะพง	กุ้งก้ามกราม	หน่วย
ระยะเวลาการเลี้ยง		T_{aqu}	203[1]	90[2]	180[1]	300[1]	260[2]	150[1]	วัน
รอบการเลี้ยง		R_{aqu}	1	4	2	1	1	2	รอบ
ความลึกบ่อเลี้ยง		H_{aqu}	0.9[1]	1[2]	1.5[1]	0.65[1]	กระชัง	1	ม.
การเปลี่ยนน้ำ	ปริมาณ	P_{ex}	11.5[1]	-	25[1]	-	-	4[4]	%
	จำนวนครั้ง	T_{ex}	203	-	25[1]	-	-	1	ครั้ง
การใส่ปุ๋ย	ปริมาณ	Q_{fer}	1.6[1]	-	267.2[1]	1.488[1]	-	-	กก./ไร่
	%N	P_{fer}	15[1]	-	0.016	46	-	-	%
อาหาร	อัตราการแลกเนื้อ (FCR)	FCR	1.79[1]	1.52[2]	1.27[1]	2.97[1]	1.08[1]	1.52[2]	กก./กก.
	ปริมาณโปรตีน	P_{feed}	35[1]	42[2]	30[1]	41.6[1]	43.41[1]	42[2]	%
ผลผลิต	ปริมาณ	Q_{pro}	467.2[1]	584.4[2]	1525[1]	125	400[1]	400[1]	กก./ไร่/รอบการผลิต
	%N	P_{pro}	2.9[2]	2.9[1]	2.94[2]	2.752[1]	3.1472[1]	2.9[3]	

ตารางที่ 4-10(ต่อ) แสดงรายละเอียดของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแต่ละชนิด

รายละเอียด		ตัวแปร	กุ้งกึ่งพัฒนา	กุ้งแบบพัฒนา	ปลานิล	ปลาสลิด	ปลากะพง	กุ้งก้ามกราม	หน่วย
น้ำเสีย	ความเข้มข้น N ออกจากระบบ	P_{ww}	-	-	0.75133[1]	0.02[1]	0.10481[1]	-	มก./ล.
	%N ขาออกเทียบ N ขาเข้า	C_{ww}	19.1[1]	21[2]	-	-	-	21	%
ที่มา	1.	-	Casillas-Hernandez et. al., 2006	Jackson et. al., 2003	วัชรินทร์ รัตนชู และ ไพบูลย์ วัฒนกิจ, 2545	Uraiwan Saeuy, 2008	จูอะดี พงศ์มณีรัตน์ และ พัชรี ชุ่นสั้น, 2553	นภดล จันทรมณี และ นิวุฒิ หวังชัย, 2553	-
	2.	-	Jackson et. al., 2003	Tarkul and Lin, 2003	วนิดา มนต์พิพัฒน์ และ ชุติมา ไวรายุทธ์, 2554	-	กษ., กรมประมง [กปม.], ม.ป.ป. : ออนไลน์	Tarkul and Lin, 2003 (ใช้ค่ากุ้งขาว)	-
	3.	-	-	-	-	-	-	Jackson et al., 2003 (ใช้ค่ากุ้งขาว)	-
	4.	-	-	-	-	-	-	Paez-osuna, F. and et. al., 1997 (ใช้ค่ากุ้งกุลาดำ)	-

4.2 อุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมที่ประเมินการปล่อยไนโตรเจน คือ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ และอุตสาหกรรมบำบัดน้ำเสีย จากข้อมูลกรมโรงงานอุตสาหกรรมพบว่าในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และสมุทรสงครามมีจำนวนโรงงานประเภทดังกล่าวทั้งหมด 17 และ 29 โรง ตามลำดับ โดยข้อมูลที่ได้จากกรมโรงงานมีเฉพาะปริมาณน้ำเสีย ดังตารางที่ 4-11 และ ตารางที่ 4-12 ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวไม่มีคุณภาพน้ำเสีย จึงใช้การเปรียบเทียบปริมาณน้ำเสียกับปริมาณผลผลิต ปริมาณน้ำเสียกับค่าบีโอดี และใช้ค่าบีโอดีเทียบกับค่าไนโตรเจน (ตารางที่ 4-13 และ 4-14) โดยการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในภาคอุตสาหกรรมเป็นดังตารางที่ 4-15 ซึ่งมีกระบวนการย่อยคือ วัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ น้ำเสีย และสลัดจ์ (รูปที่ 4-4)



รูปที่ 4-4 กระบวนการย่อยที่เกิดขึ้นในระบบอุตสาหกรรม

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4-11 ลักษณะการประกอบกิจการโรงงาน และปริมาณน้ำเสีย ของโรงงานในจังหวัดราชบุรี (กระทรวงอุตสาหกรรม [อก], กรมโรงงานอุตสาหกรรม [กรอ.], ม.ป.ป.)

ประกอบกิจการ	ระบบบำบัดน้ำเสีย	ปริมาณน้ำเสียสูงสุด (ลบ.ม./วัน)	ปริมาณน้ำทิ้งที่ระบายออก (ลบ.ม./วัน)
ผลิตบะหมี่ เส้นหมี่ และเส้นก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป เครื่องปรุงรส และบรรจุภัณฑ์	AS	600	450
ทำเส้นก๋วยเตี๋ยว	Sed Pond	5	3
ทำขนมจีน	Anae F	10	4
ทำขนมจีน	Anae F	5	2
ทำขนมปังกรอบรูปถ้วยไอศกรีม	AL	5	5
ทำสัตว์น้ำแช่แข็ง	AS	400	130
ผลิตผักอบแห้ง เครื่องปรุงรสอาหาร อาหารกระป๋องและอาหารแช่แข็ง	AS	1,500	400
ทำผักและผลไม้อบแห้ง	cover lagoon + AS	550	400
ผลิตผักผลไม้กระป๋อง	AS	200	150
ผลิตน้ำปลาร้าบรรจุขวด	Anae F	1.5	1
ทำซีอิ้ว	AL	50	10
ทำน้ำปลาผสม	Sep Tank	1	0.5
ผลิตนมสดพลาสเจอร์ไรส์, นม.ยู.เอช.ที.นมเปรี้ยว, เนยเหลวและไอศกรีม	AS	1,500	800
ผลิตภัณฑ์จากน้ำอ้อย	Sed Tank	5	5
ผลิตน้ำกะทิบรรจุกระป๋อง ผลิตน้ำผลไม้บรรจุกระป๋อง	AS	150	100
ผลิตอาหารสัตว์	Sep Tank	10	5
บำบัดน้ำเสียรวม	AS	45,000	35000

ตารางที่ 4-12 ลักษณะการประกอบกิจการโรงงาน และปริมาณน้ำเสีย ของโรงงานในจังหวัดสมุทรสงคราม (อก, กรอ., ม.ป.ป.)

ประกอบกิจการ	ระบบบำบัดน้ำเสีย	ปริมาณน้ำเสียสูงสุด (ลบ.ม./วัน)	ปริมาณน้ำทิ้งที่ระบายออก (ลบ.ม./วัน)
ทำผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำแช่แข็งและห้องเย็น	Anae F+AL+Po Pond	300	200
ตัดหัวปลา แกะไส้ปลาและนึ่งปลาทูน่า	AS	20	20
อบหอยลายและหอยกระปุก	AL	5	5
ผลิตลูกชิ้นปลา	AS	40	15
ผลิตพืช ผัก ผลไม้ สัตว์น้ำอบแห้ง	Anae F.	5	2
ทำหอมเจียว และกระเทียมเจียว	AS	2	1
ทำทอฟฟี่	SBR	30	10
ผลิตซีอิ้วและเต้าเจี้ยว	Anae F,Per F	4	4
ทำเต้าเจี้ยวและซีอิ้ว	Sta Pond	4	3
ทำน้ำปลา และน้ำเกลือปรุงรส	Anae F	1	1
ทำน้ำปลา	Anae F	2	1
ทำน้ำปลา	Anae F	1	0.5
ทำน้ำปลา	Sep. Tank	5	3
ทำน้ำปลา	Anae F	0	3
ทำน้ำปลา	Sep Tank	2	2
ทำน้ำปลา	Sep Tank	2	2
ทำน้ำปลา	Anae F	1.5	1
ทำน้ำปลา	Anae F	2	1
ทำน้ำปลา	Anae F	2	2
ทำน้ำปลา	AS	40	40
ทำน้ำปลา	Anae F	5	3
ทำน้ำปลา	Sed Pond	2	2
ทำน้ำปลา	Anae F	2	1
ทำน้ำปลา	Sta Pond	5	2

ตารางที่ 4-12(ต่อ) ลักษณะการประกอบกิจการโรงงาน และปริมาณน้ำเสีย ของโรงงานในจังหวัดสมุทรสงคราม (อก, กรอ., ม.ป.ป.)

ประกอบกิจการ	ระบบบำบัดน้ำเสีย	ปริมาณน้ำเสียสูงสุด (ลบ.ม./วัน)	ปริมาณน้ำทิ้งที่ระบายออก (ลบ.ม./วัน)
ทำปลากระป๋อง ผลไม้กระป๋อง และเครื่องดื่ม	AS	130	70
ทำน้ำผลไม้บรรจุกระป๋องและขวด	Anae F+AL+Po Pond	100	35
ทำผัก ผลไม้ และน้ำผลไม้บรรจุกระป๋อง	Sta Pond+AL+Po Pond	1,000	450
บำบัดน้ำเสียรวม	Sta Pond+AL	500	250
ปรับคุณภาพของเสียรวม	AS	450	430

ตารางที่ 4-13 ปริมาณน้ำที่ใช้ต่อหน่วยผลผลิต (ธรรมพงศ์ เนาวบุตร, ม.ป.ป.: ออนไลน์)

หมวด	กิจการ	อัตราการใช้น้ำต่อหน่วยผลิตภัณฑ์	หน่วย
เนื้อสัตว์	ไก่สดแช่แข็ง	17.73	ลบ.ม./ตัน
	ฆ่าโค, กระบือ	0.96	ลบ.ม./ตัน
อาหาร	ไส้กรอก, เนื้อปลาบดรมควัน	157	ลบ.ม./ตัน
	กุนเชียง แหนม ไส้กรอก หมูยอ ลูกชิ้น	16.75	ลบ.ม./ตัน
	แยม มักกะโรนี ซอส มาการีน น้ำสลัด	4.76	ลบ.ม./ตัน
แป้ง	ผลิตแป้งมันสำปะหลัง	15.81	ลบ.ม./ตัน
	แป้งข้าวโพด ข้าวจ้าว ข้าวเหนียว	1.19	ลบ.ม./ตัน
แป้งแปรรูป	ผลิตวุ้นเส้น, แป้งถั่วเขียว	36.19	ลบ.ม./ตัน
	ข้าวเกรียบ	33.33	ลบ.ม./ตัน
	ขนมปังเวเฟอร์ ลูกกวาด	7.13	ลบ.ม./ตัน
	ขนมปังปี๊บ ขนมปังกล่อง	2.23	ลบ.ม./ตัน
	ขนมปังกรอบ	11.89	ลบ.ม./ตัน
	เส้นก๋วยเตี๋ยว บะหมี่ เส้นหมี่ วุ้นเส้น	29.74	ลบ.ม./ตัน

ตารางที่ 4-13(ต่อ) ปริมาณน้ำที่ใช้ต่อหน่วยผลผลิต (ธรรมพงศ์ เนาวบุตร, ม.ป.ป.: ออนไลน์)

หมวด	กิจการ	อัตราการใช้น้ำต่อหน่วยผลิตภัณฑ์	หน่วย
น้ำมัน	ผลิตน้ำมันพืช (สกัดน้ำมันจากพืช)	1	ลบ.ม./ตัน
	ผลิตน้ำมันจากพืช (ทำน้ำมันพืชให้บริสุทธิ์)	0.68	ลบ.ม./ตัน
เครื่องปรุง-รส	น้ำตาลทราย	8.65	ลบ.ม./ตัน
	ซีอิ๊ว เต้าเจี้ยว ซอสปรุงรส	1.69	ลบ.ม./ตัน
	ผงชูรส	134.2	ลบ.ม./ตัน
	น้ำปลา	1.56	ลบ.ม./ตัน
	น้ำส้มสายชู	2.08	ลบ.ม./ลิตร
ผลไม้	ผลไม้อบแห้ง	1.87	ลบ.ม./ตัน
	ผักหรือผลไม้กระป๋องปิดสนิท	19.46	ลบ.ม./ตัน
	ผัก ผลไม้แช่แข็ง	28.95	ลบ.ม./ตัน
	ผัก ผลไม้กระป๋อง	5.98	ลบ.ม./ตัน
	ผัก ผลไม้แช่แข็ง, อบแห้ง	5.56	ลบ.ม./ตัน
	ผัก ผลไม้ดอง	3.49	ลบ.ม./ตัน
ไอศกรีม	ไอศกรีมที่เกี่ยวกับนมหรือน้ำนม	46.95	ลบ.ม./ตัน
	ไอศกรีมทั่วไป	7.43	ลบ.ม./ตัน
เครื่องดื่ม	ผลิตภัณฑ์นมผง	9.87	ลบ.ม./ตัน
	กาแฟ	1.25	ลบ.ม./ตัน
	ผลิตภัณฑ์นมพร้อมดื่ม	3.38	ลบ.ม./ตัน
	ผลิตเครื่องดื่ม (ชา กาแฟ น้ำบ๊วย น้ำกระเจี๊ยบ น้ำมะขาม)	0.52	ลบ.ม./ตัน
	ผลิตสุราจากกากน้ำตาล	21.2	ลบ.ม./ตัน
	ผลิตเบียร์	3.33	ลบ.ม./ตัน
	ผลิตเบียร์ โซดา น้ำดื่ม	4.92	ลบ.ม./ตัน
	เครื่องดื่มบรรจุขวด	6.99	ลบ.ม./ตัน
	น้ำอัดลม	6.86	ลบ.ม./ตัน
อาหารสัตว์	อาหารสัตว์	27.5	ลบ.ม./ตัน
อื่นๆ	กระดูกป่น ปลาป่น	1.25	ลบ.ม./ตัน

ตารางที่ 4-14 ปริมาณความเข้มข้นบีโอดี (มก.ต่อลิตร) (คพ., 2542 อ้างถึงใน อก, กรอ., 2548.)

ประเภทอุตสาหกรรม	ความเข้มข้นบีโอดี (มก./ลิตร)
กระดาษ	530
สบู่	1,180
ผงชูรส	890
สุรา-แอลกอฮอล์	29,000
น้ำอัดลม	740
นม	1,125
น้ำตาล	1,320
สิ่งทอ	230
ห้องเย็น	1,560
เครื่องกระป๋อง	3,560
วุ้นเส้น	1,840
เส้นหมี่	3,620
โม่แป้ง แบะแซะ	5,235

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4-15 สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมทางอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรม								
กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาเข้า	วัตถุดิบ	สูตร	$N_{mat}=N_{pro}+N_{ww}+N_{sed}$					
		N_{mat}	ปริมาณไนโตรเจนที่เข้ามาในรูปวัตถุดิบ	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
	น้ำใช้	สูตร	$N_{wa}= C_{wa}\ Q_{wa}$					
		N_{wa}	ปริมาณไนโตรเจนในน้ำ	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		C_{wa}	ปริมาณไนโตรเจนสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในน้ำประปา	10	$\frac{\text{มก.}}{\text{ลิตร}}$	มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์, 2538	ตติยภูมิ	-
		Q_{wa}	ปริมาณการใช้น้ำต่อหน่วยผลิตภัณฑ์	ตารางที่ 4-13	$\frac{\text{กก.}}{\text{ลบ. ม.}}$	ธรรมพงศ์ เนาวบุตร, ม.ป.ป.: ออนไลน์	ตติยภูมิ	-
ขาออก	ผลผลิต	สูตร	$N_{pro}=(Q_{ww}/Q_{wa})C_{pro}x365$					
		N_{pro}	ปริมาณไนโตรเจนที่ออกในรูปผลผลิต	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		Q_{ww}	ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น	ตารางที่ 4-11ถึง4-12	$\frac{\text{ลบ. ม.}}{\text{ปี}}$	อก, กรอ., ม.ป.ป.	ทุติยภูมิ	-
		C_{pro}	ความเข้มข้นไนโตรเจนในผลผลิต	ขึ้นกับผลผลิต	$\frac{\text{กก.}}{\text{กก.}}$	FAO, n.d. :Online	ทุติยภูมิ	-

ตารางที่ 4-15(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมทางอุตสาหกรรม

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาออก	น้ำทิ้ง	สูตร	$N_{ww}= Q_{ww}C_{BOD}F_{TN/BOD}(1-F_{wt})$					
		N_{ww}	ปริมาณไนโตรเจนที่ออกในรูปน้ำทิ้ง	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		C_{BOD}	ความเข้มข้นบีโอดีในน้ำเสีย	ตารางที่ 4-14	$\frac{\text{กก.}}{\text{กก.}}$	คพ., 2542 อ้างถึงใน อก, กรอ., 2548.	ทุติยภูมิ	-
		$F_{TN/BOD}$	สัดส่วนไนโตเจนรวมต่อบีโอดี - การผลิตด้านการเกษตร ปศุสัตว์ - การบริการด้านสาธารณสุข	 0.64 0.44	-	Diego-mcglone, Smith, and Nicolas, 2000	ทุติยภูมิ	-
		F_{wt}	สัดส่วนการบำบัด	0.3	-	-	-	-
	ตะกอน	สูตร	$N_{sed}= (Q_{ww}C_{BOD}F_{TN/BOD})- N_{ww}$					
		N_{sed}	ปริมาณไนโตรเจนที่ออกในรูปตะกอน	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
สมมุติฐานในการประเมิน								
1.	การประเมินกิจกรรมนี้คิดย้อนกลับจากปริมาณน้ำเสียที่เกิดเนื่องจากมีข้อมูลเพียงปริมาณน้ำ และระบบบำบัดเท่านั้น							
2.	การประเมินใช้ประสิทธิภาพการบำบัดอยู่ที่ 30% ของไนโตรเจนในน้ำเสีย							
3.	ปริมาณน้ำใช้ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์เท่ากับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นต่อหน่วยผลิตภัณฑ์							

4.3 ครัวเรือน

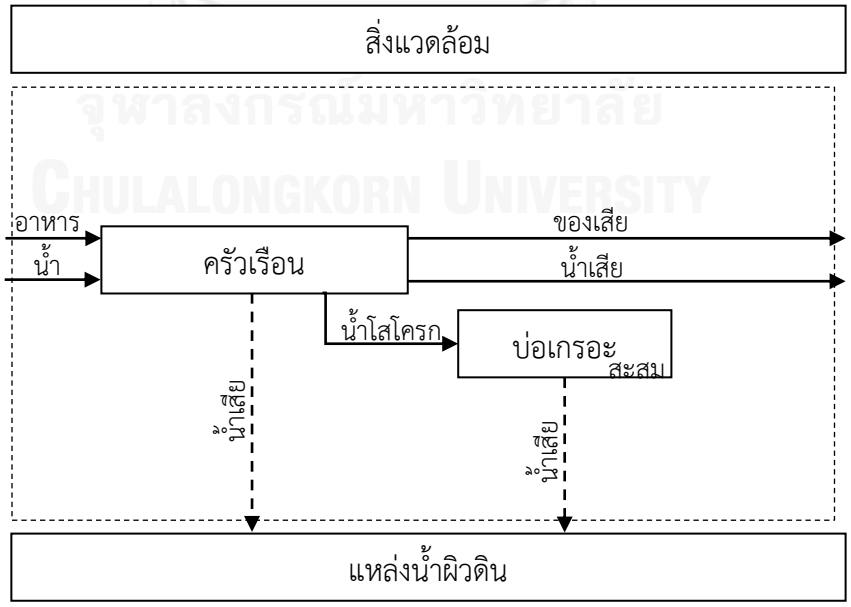
ปริมาณไนโตรเจนในภาคครัวเรือนมีแหล่งที่มามาจากการอุปโภคและบริโภคซึ่งแบ่งกระบวนการได้ดังนี้ (รูปที่ 4-5)

1.) การบริโภคอาหารของภาคครัวเรือนอาศัยข้อมูลจากองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ซึ่งการบริโภคในส่วนนี้จะทำให้เกิดน้ำโสโครก (Black water) ซึ่งน้ำเสียและของเสียที่เกิดขึ้นจะถูกสะสมไว้ในบ่อเกรอะ

2.) ปริมาณการใช้น้ำ ปริมาณการใช้น้ำของครัวเรือนแต่ละจังหวัดจะแตกต่างกันออกไป โดยปริมาณการใช้น้ำจะใช้ปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยต่อคนในการคำนวณ

3.) น้ำทิ้ง (Grey water) น้ำเสียจากกิจกรรมในครัวเรือนจะผ่านบ่อเกรอะก่อนน้ำเสียจะระบายออกสู่พื้นที่รับน้ำต่างๆส่วนหนึ่งจะไหลลงสู่แหล่งน้ำโดยตรงและอีกส่วนหนึ่งจะเข้าสู่โรงบำบัดน้ำเสีย ซึ่งในพื้นที่จังหวัดราชบุรีมีโรงบำบัดน้ำเสียทั้งหมด 3 แห่ง คือ โรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองราชบุรี ระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อรวมครอบคลุมพื้นที่เทศบาล 8.7 ตารางกิโลเมตร รับน้ำเสียได้วันละ 20,000 ลูกบาศก์เมตร โรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองบ้านโป่ง ระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อรวมครอบคลุมพื้นที่เทศบาล 2.91 ตารางกิโลเมตร รับน้ำเสียได้วันละ 5,000 ลูกบาศก์เมตร แต่ไม่ได้ดำเนินการ และโรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองโพธาราม ระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อรวมครอบคลุมพื้นที่เทศบาล 2.6 ตารางกิโลเมตร รับน้ำเสียได้วันละ 5,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งครอบคลุมประชากรประมาณ 45,919 คน (จากประชากรทั้งสิ้น 851,918 คน) โดยมีความเข้มข้นในน้ำเสียดังตารางที่ 4-16 ส่วนในพื้นที่จังหวัดสมุทรสงครามไม่มีโรงบำบัดน้ำเสีย

4.) ของเสีย จากการเก็บข้อมูลของสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8 พบว่าในพื้นที่จังหวัดราชบุรีมีปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น 570 ตันต่อวัน และจังหวัดสมุทรสงคราม 58 ตันต่อวัน โดยปริมาณไนโตรเจนในขยะจะขึ้นกับองค์ประกอบ ซึ่งจะกล่าวถึงในส่วนต่อไป



รูปที่ 4-5 กระบวนการย่อยที่เกิดขึ้นในระบบครัวเรือน

ตารางที่ 4-16 ปริมาณ TKN ในน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดในช่วงการตรวจวัดคุณภาพน้ำเดือนกุมภาพันธ์ 2555 (ทส, สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8 [สสภ.8], ม.ป.ป.)

โรงบำบัดน้ำเสีย	ปริมาณ TKN ในน้ำเสีย (mg/l)		ปริมาตรน้ำเสียที่รองรับได้ (ลบ.ม./วัน)	ปริมาตรน้ำเสียที่เข้าระบบ (ลบ.ม./วัน)
	ก่อนเข้าระบบ	ออกจากระบบ		
เทศบาลเมืองราชบุรี	8.06	3.35	20,000	8,000
เทศบาลเมืองบ้านโป่ง	-	-	5,000	หยุดเดินระบบ
เทศบาลเมืองโพธาราม	11.01	2.17	5,000	2,200
เฉลี่ยรวม	17.9	13.76	-	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-17 สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมภาคครัวเรือน

ครัวเรือน									
กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาเข้า	บริโภค	สูตร	$N_{con}=(Q_{peo}Q_{con}P_{con})/100$					
		N_{con}	ปริมาณไนโตรเจนที่เข้าระบบในรูปอาหาร	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		Q_{peo}	จำนวนคนในจังหวัด	ตารางที่ 2-5	คน	-	ทุติยภูมิ	-
		Q_{con}	ปริมาณความต้องการอาหารที่บริโภค		$\frac{\text{กก.}}{\text{คน} \cdot \text{ปี}}$			-
			- ข้าว	186.442		Gerbens-Leenes, Nonhebel and Krol, 2010	ตติยภูมิ	
			- เนื้อวัว	3.77				
			- หมู	8.13		Kennedy, Burlingame and Nguyen, n.d.	ทุติยภูมิ	
			- ไก่	14.4				
			- นม	5.4		FAO, n.d.: Online	ทุติยภูมิ	
			- ไข่	9.63		FAO, n.d.: Online	ทุติยภูมิ	
			- สัตว์น้ำ	31.8				

ตารางที่ 4-17(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมภาคครัวเรือน

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาเข้า	บริโภค	P_{con}	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในอาหาร - ข้าว - เนื้อวัว - หมู - ไก่ - นม - ไข่ - สัตว์น้ำ	 1.07 2.352 1.568 3.865 0.56 1.665 2.917	%	Heinemann et. al., 2005 FAO, n.d. Online	 ทุติยภูมิ ทุติยภูมิ	-
	น้ำใช้	สูตร	$N_{wa} = C_{wa}Q_{wa}\ Q_{peo}$					
		N_{wa}	ปริมาณไนโตรเจนในน้ำ	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		C_{wa}	ปริมาณไนโตรเจนสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในน้ำประปา	10	$\frac{\text{มก.}}{\text{ลิตร}}$	มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์, 2538		-
		Q_{wa}	ปริมาณการใช้น้ำต่อคน	300	$\frac{\text{ลิตร}}{\text{คน วัน}}$	การประปาส่วนภูมิภาค อ้างถึงในกรมทรัพยากรน้ำ, ม.ป.ป. : ออนไลน์	ทุติยภูมิ	-

ตารางที่ 4-17(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมภาคครัวเรือน

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาเข้า	อื่นๆ	สูตร	$N_{oth}= N_{waste}$					
		N_{oth}	ปริมาณไนโตรเจนที่เข้าในรูปแบบอื่นๆ	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
ขาออก	น้ำโสโครก	สูตร	$N_{wbw}= N_{con}+ N_{wa} - N_{int}- N_{outt}$					
		N_{wbw}	ปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากระบบในรูปน้ำเสีย (ลงบ่อเกรอะ)	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
	ตะกอนในบ่อเกรอะ	สูตร	$N_{sep}=PQ_{sep}N_{sep}*365$					
		N_{sep}	ปริมาณไนโตรเจนในบ่อเกรอะ	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		Q_{sep}	ปริมาณตะกอนที่เกิด	1	$\frac{\text{ลิตร}}{\text{คน วัน}}$	คพ. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, 2545.	ทุติยภูมิ	-
		N_{sep}	ความเข้มข้นไนโตรเจนในตะกอน	1200	$\frac{\text{มก.}}{\text{ลิตร}}$	คพ. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, 2545.	ทุติยภูมิ	-
	น้ำทิ้ง	สูตร	$N_{ww}= N_{wbw}- N_{sep}$					
		N_{ww}	ปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อเกรอะ	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-

ตารางที่ 4-17(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมภาคครัวเรือน

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาออก	น้ำเสียเข้าระบบ	สูตร	$N_{int}= Q_{int}C_{ww}F_{TKN/TN}$					
		N_{int}	ปริมาณไนโตรเจนที่ออกในรูปน้ำเสียและเข้าสู่ระบบบำบัด	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		Q_{int}	ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	ตารางที่ 4-16	$\frac{\text{ลบ. ม.}}{\text{ปี}}$	ทส, สสภ.8, ม.ป.ป.	ทุติยภูมิ	-
		C_{ww}	ความเข้มข้นไนโตรเจนในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	ตารางที่ 4-16	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	ทส., สสภ.8, ม.ป.ป.	ทุติยภูมิ	-
		$F_{TKN/TN}$	สัดส่วน TKN ต่อ TN	0.96	-	Diego-mcglone, Smith, and Nicolas, 2000	-	-
	น้ำเสียไม่เข้าระบบ	สูตร	$N_{outt}= (N_{int} /Q_{pint}) Q_{poutt}$					
		N_{outt}	ปริมาณไนโตรเจนที่ออกในรูปน้ำเสียและไม่สู่ระบบบำบัด	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		Q_{pint}	จำนวนประชากรที่อยู่พื้นที่ระบบบำบัด	สถิติ	คน	ทส., สสภ.8, ม.ป.ป.	ทุติยภูมิ	-
		Q_{poutt}	จำนวนประชากรที่อยู่นอกพื้นที่ระบบบำบัด	สถิติ	คน	ทส., สสภ.8, ม.ป.ป.	ทุติยภูมิ	-

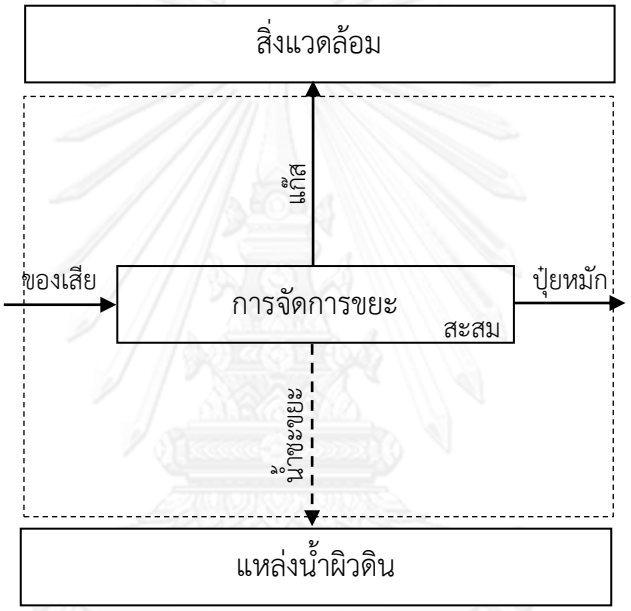
ตารางที่ 4-17(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมภาคครัวเรือน

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาออก	ขยะ	สูตร	N_{waste}					
		N_{waste}	ปริมาณไนโตรเจนที่ออกในรูปแบบขยะ	คำนวณ (กิจกรรมการจัดการของเสีย)	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
สมมุติฐานในการประเมิน								
1.	ความต้องการข้าวคิดจากปริมาณแคลอรี่ที่ต้องการต่อคนในหนึ่งวัน เทียบกับปริมาณแคลอรี่ในข้าว							
2.	ปริมาณอาหารที่บริโภคแต่ละชนิด คิดจากปริมาณที่บริโภคหารในประเทศด้วยจำนวนประชากรของประเทศ คูณกับจำนวนประชากรในแต่ละจังหวัด							

4.4 การจัดการของเสีย

4.4.1 การจัดการขยะ

ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในปี 2553 ในจังหวัดราชบุรีมีปริมาณ 570 ตันต่อวัน จังหวัดสมุทรสงครามมีปริมาณ 68 ตันต่อวัน (ตารางที่ 4-18) ซึ่งมีการจัดการขยะในหลายรูปแบบ เช่น กองกองแล้วเผา เททิ้งในบ่อ ฝังกลบตามหลักวิชาการ หมักทำปุ๋ย จ้างเอกชนกำจัด และอื่นๆ โดยขยะดังกล่าวมีองค์ประกอบดังตารางที่ 4-19 ซึ่งการคำนวณนั้นจะใช้องค์ประกอบธาตุ (ตารางที่ 4-20) ในแต่ละองค์ประกอบของขยะในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้น



รูปที่ 4-6 กระบวนการย่อยที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะ

ตารางที่ 4-18 ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดในจังหวัดราชบุรี และสมุทรสงครามในปี 2553 (ทส, สสภ.8, ม.ป.ป.)

จังหวัด	ปริมาณขยะ (ตัน/วัน)		
	รวบรวม	ไม่รวบรวม	รวม
ราชบุรี	397.37	173.25	570.62
สมุทรสงคราม	57.23	10.64	67.87

ตารางที่ 4-19 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบขยะมูลฝอย (ทส, คพ.8, ม.ป.ป.)

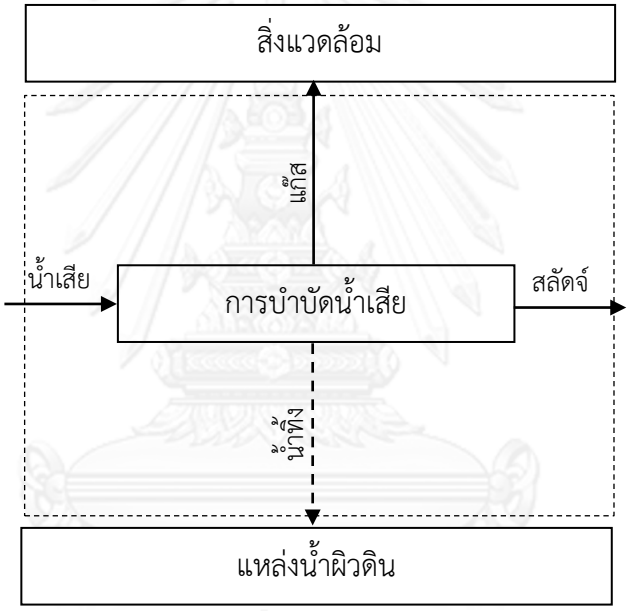
องค์ประกอบขยะ	สัดส่วน (%โดยน้ำหนัก)	
	ราชบุรี	สมุทรสงคราม
เศษอาหาร	42.68	44.1
กระดาษ	15.93	8.54
พลาสติก	20.87	20.32
แก้ว	6.34	4.78
โลหะ	3.14	3.15
ยาง/หนัง	2.13	5.02
ผ้า	2.36	3.35
ไม้/ใบไม้	4.04	6.93
หิน/กระเบื้อง	1.23	0.28
อื่นๆ	1.28	3.54

ตารางที่ 4-20 เปอร์เซ็นต์ธาตุในองค์ประกอบขยะมูลฝอยชนิดต่างๆ (Pichtel, 2005)

องค์ประกอบขยะ	% โดยน้ำหนักแห้ง						% ความชื้น
	C	H	O	N	S	Ash	
เศษอาหาร	48	6.4	37.6	2.6	0.4	5	70
กระดาษ	43.5	6	44	0.3	0.2	6	10.2
ขยะจากสนาม	47.8	6	38	3.4	0.3	4.5	60
สิ่งทอ	55	6.6	31.2	4.6	0.15	2.5	10
ยาง	78	10	0	2	0	10	0
พลาสติก	60	7.2	22.8	0	0	10	0.2
ไม้	49.5	6	42.7	0.2	0.1	1.5	20
แก้ว	0.5	0.1	0.4	0.1	0	98.9	2
โลหะ	4.5	0.6	4.3	0.1	0	90.5	2
สิ่งสกปรก เถ้า	26.3	3	2	0.5	0.2	68	8

4.4.2 การบำบัดน้ำเสีย

ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดได้จากรายงานระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสีย ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8 จังหวัดราชบุรี ดังข้อมูลในตารางที่ 4-16 ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียจะรองรับเฉพาะน้ำเสียจากภาคครัวเรือนเท่านั้นและมีระบบบำบัดที่ดำเนินการเพียงสองที่ คือ เทศบาลเมืองราชบุรี และเทศบาลเมืองโพธารามในจังหวัดราชบุรีเท่านั้น โดยปริมาณไนโตรเจนที่เข้าระบบจะเท่ากับปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบคูณความเข้มข้นขาเข้า และไนโตรเจนที่ออกจากระบบจะเท่ากับปริมาณน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดคูณกับปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจนขาออก ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่บำบัดได้คาดว่าจะถูกสะสมในสลัดจ์และส่วนที่เหลือจะเปลี่ยนเป็นรูปแก๊ส (ตารางที่ 4-18)



รูปที่ 4-7 กระบวนการย่อยที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการบำบัดน้ำเสีย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-21 สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการจัดการขยะ

การจัดการขยะ								
กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ทางเข้า	ขยะ	สูตร	$N_{waste}= \Sigma(Q_{waste}F_{wt}F_{wcom}F_{com})$					
		N_{waste}	ปริมาณไนโตรเจนที่เข้าในรูปแบบขยะ	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		Q_{waste}	ปริมาณขยะที่เกิดต่อปี	สถิติ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	ทส., สสภ.8, ม.ป.ป.	ทุติยภูมิ	-
		F_{wt}	สัดส่วนขยะที่กำจัดในรูปแบบต่างๆ	สถิติ	-	ทส., สสภ.8, ม.ป.ป.	ทุติยภูมิ	-
		F_{wcom}	สัดส่วนของประเภทขยะ	สถิติ	ตารางที่ 4-19	ทก, สสช., ม.ป.ป.	ทุติยภูมิ	-
		F_{com}	สัดส่วนขององค์ประกอบขยะ	ขึ้นกับประเภทขยะ	ตารางที่ 4-20	Pichtel, 2005	ทุติยภูมิ	-

ตารางที่ 4-21(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการจัดการขยะ

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาเข้า	ฝน	สูตร	$N_{rain}=Q_{rain}C_{rain}A_{wt}$					
		N_{rain}	ไนโตรเจนที่มากับฝน	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		Q_{rain}	ปริมาณฝน	สถิติ	$\frac{\text{มม.}}{\text{เดือน}}$	ทก, สสช., ม.ป.ป.	ทุติยภูมิ	-
		C_{rain}	ความเข้มข้นไนโตรเจนในฝน	0.00059	$\frac{\text{กก.}}{\text{ลบ.ม.}}$	Paramee et al., 2005	ทุติยภูมิ	-
		A_{wt}	พื้นที่การกำจัด	สถิติ	ไร่	ทส., สสภ.8, ม.ป.ป.	ทุติยภูมิ	-
ขาออก	แก๊ส	สูตร	$N_{gas}= Q_{waste}F_{wt}F_{wcom}F_{com}$					
		N_{gas}	ปริมาณไนโตรเจนที่ออกในรูปแบบแก๊สจากการย่อยสลายขยะที่ย่อยง่าย และจากการเผา	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
	น้ำ	สูตร	$N_{ww}=N_{rain}+(Q_{waste}F_{wt}F_{wcom}F_{com}F_{moi})$					
		N_{ww}	ปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากระบบในรูปน้ำเสีย	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		F_{moi}	สัดส่วนน้ำในขยะ	ขึ้นกับประเภทขยะ	-	Pichtel, 2005	ทุติยภูมิ	-

ตารางที่ 4-21(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการจัดการขยะ

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาออก	ปุ๋ย	สูตร	$N_{fer}= Q_{waste}F_{wt}F_{wcom}F_{com}$					
		N_{fer}	ปริมาณไนโตรเจนออกจากระบบในรูปแบบปุ๋ย	คำนวณ	$\frac{กก.}{ปี}$	-	-	-
	ขยะที่แยก	สูตร	$N_{sep}= Q_{waste}F_{wt}F_{wcom}F_{com}$					
		N_{sep}	ปริมาณไนโตรเจนในขยะที่ย่อยสลายยากและไม่ย่อยที่ถูกแยกออกจากการจัดการขยะแบบหมัก	คำนวณ	$\frac{กก.}{ปี}$	-	-	-
	ขยะสะสม	สูตร	$N_{acc}= Q_{waste}F_{wt}F_{wcom}F_{com}$					
		N_{acc}	ปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในระบบเนื่องจากเป็นขยะย่อยสลายยาก และไม่ย่อย	คำนวณ	$\frac{กก.}{ปี}$	-	-	-
	ขยะไม่รู้ที่ไป	สูตร	$N_{unk}= Q_{waste}F_{wt}F_{wcom}F_{com}$					
		N_{unk}	ปริมาณไนโตรเจนที่ไม่รู้วิธีการกำจัด	คำนวณ	$\frac{กก.}{ปี}$	-	-	-

ตารางที่ 4-21(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการจัดการขยะ

สมมุติฐานในการประเมิน	
1.	ขยะที่ประเมิน จะถูกแบ่งออกขยะแบ่งเป็น ขยะย่อยสลายเร็ว(เศษอาหาร ใบไม้ และกระดาษ)ขยะย่อยสลายช้า (ขยะจากสนาม สิ่งทอ ยาง พลาสติก) และขยะไม่ย่อยสลาย (แก้ว โลหะ เถ้า)
2.	การกำจัดมีหลายรูปแบบ ได้แก่ การเผา ฝังกลบ กอง ทำปุ๋ย เททิ้งในบ่อ ไม่รู้วิธีการ และอื่นๆ
3.	ขยะที่ย่อยสลายได้ง่ายจะเกิดการย่อยสลายสมบูรณ์ในหนึ่งปี (เศษอาหาร ใบไม้ และกระดาษ)
4.	ขยะที่ย่อยสลายยาก จะไม่เกิดการย่อยในหนึ่งปี (ขยะจากสนาม สิ่งทอ ยาง พลาสติก)
5.	ขยะอื่นๆ เช่น แก้ว โลหะ เถ้า ที่เป็นอนินทรีย์จะถูกแยกvvd
6.	การกำจัดโดยวิธีเผาไหม้รูปแบบต่างๆจะคำนวณโดยสมมุติให้เกิดการเผาไหม้โดยสมบูรณ์
7.	การคำนวณประยุกต์จากวิธีการคำนวณของ Pichtel, 2005

ตารางที่ 4-22 สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสีย								
กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาเข้า	น้ำเสีย	สูตร	$N_{int}= Q_{int}C_{ww}F_{TKN/TN}$					
		N_{int}	ปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่ระบบบำบัดในรูปน้ำเสีย	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		Q_{int}	ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	ตารางที่ 4-16	$\frac{\text{ลบ. ม.}}{\text{ปี}}$	ทส, สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8 [สสภ.8], ม.ป.ป.	ทุติยภูมิ	-
		C_{ww}	ความเข้มข้นไนโตรเจนในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	ตารางที่ 4-16	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	ทส., สสภ.8, ม.ป.ป.	ทุติยภูมิ	-
		$F_{TKN/TN}$	สัดส่วน TKN ต่อ TN	0.96	-	Diego-mcglone, Smith, and Nicolas, 2000	ทุติยภูมิ	-
ขาออก	น้ำเสีย	สูตร	$N_{outt}= Q_{int}C_{outt}F_{TKN/TN}$					
		N_{outt}	ปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากระบบบำบัดในรูปน้ำเสีย	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		C_{out}	ความเข้มข้นไนโตรเจนในน้ำเสียที่ออกจากระบบ	สถิติ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	ทส., สสภ.8, ม.ป.ป.	ทุติยภูมิ	-

ตารางที่ 4-22(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการบำบัดน้ำเสีย

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาออก	สลัดจ์	สูตร	$N_{slu}= Q_{slu}C_{slu}$					
		N_{slu}	ปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากระบบในรูปของสลัดจ์	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
		Q_{sed}	ปริมาณการเกิดสลัดจ์ - Primary sedimentation - Activated sludge - Trickling filter - Extended aeration - Aerated lagoon - Filtration - Suspended growth nitrification - Suspended growth denitrification	 150 80 70 100 100 20 - 18	$\frac{\text{กก.}}{\text{ลบ. ม.}}$	Metcalf & Eddy, 2003.	ตติยภูมิ	-
		C_{sed}	ความเข้มข้นของไนโตรเจนในสลัดจ์ - Untreat primary sludge - Digested primary sludge - Untreat activated sludge	 2.5 3 3.2	%	Metcalf & Eddy, 2003.	ตติยภูมิ	-

ตารางที่ 4-22(ต่อ) สูตรและตัวแปรในการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการบำบัดน้ำเสีย

กระแสการไหล		ตัวแปร	อธิบายตัวแปร	ค่า	หน่วย	ที่มา	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
ขาออก	แก๊ส	สูตร	$N_{gas} = N_{int} - N_{outt} - N_{slu}$					
		N_{gas}	ปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากระบบบำบัดในรูปแก๊ส	คำนวณ	$\frac{\text{กก.}}{\text{ปี}}$	-	-	-
สมมุติฐานในการประเมิน								

บทที่ 5
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการประเมินกระแสการไหลในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำแม่กลองในจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม โดยแบ่งผลการวิเคราะห์ออกเป็น 4 ส่วนประกอบด้วย 1.ปริมาณไนโตรเจนขาเข้าและปริมาณไนโตรเจนขาออกจากกิจกรรมต่างๆ ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่เข้าและออกจากกิจกรรมต่างๆในจังวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงคราม 2.ภาพรวมกระแสการไหลของไนโตรเจนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองบริเวณจังหวัดราชบุรีและจังหวัดสมุทรสงคราม แสดงผลการวิเคราะห์ภาพรวมของกระแสการไหล และกิจกรรมที่เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อกระแสการไหลของไนโตรเจนในพื้นที่ลุ่มน้ำ 3.ปริมาณไนโตรเจนที่ระบายในรูปน้ำเสีย และแนวทางการลดผลกระทบแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณ สัดส่วนไนโตรเจนในรูปน้ำเสีย และแนวทางที่เหมาะสมในการลดผลกระทบ 4.การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis) โดยหัวข้อนี้จะกล่าวถึงความอ่อนไหวของการปรับสมดุล และกระแสการไหลของไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรม โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ปริมาณไนโตรเจนขาเข้าและปริมาณไนโตรเจนขาออกจากกิจกรรมต่างๆ

จากการศึกษากระแสการไหลของไนโตรเจนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองในจังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงครามพบว่า จังหวัดราชบุรีมีปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่ระบบ 66,099 ตันต่อปี ปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากระบบ 64,931 ตันต่อปี และปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในระบบอยู่ที่ 1,161 ตันต่อปีตามลำดับ จังหวัดสมุทรสงครามมีปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่ระบบ 4,049 ตันต่อปี ปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากระบบ 3,934 ตันต่อปีและปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในระบบอยู่ที่ 115 ตันต่อปีตามลำดับ ซึ่งผลการวิเคราะห์จะแสดงในรูปผังกระแสการไหล โดยลูกศรสีฟ้าแสดงถึงไนโตรเจนในรูปของเหลว ลูกศรสีเขียวแสดงถึงไนโตรเจนในรูปของแข็ง และสีแดงแสดงถึงไนโตรเจนในรูปของแก๊ส ในส่วนของลูกศรที่เป็นเส้นประคือ กระแสการไหลที่ใช้ปรับสมดุล โดยมีรายละเอียดกิจกรรมต่างๆ ดังนี้

5.1.1 เกษตรกรรม

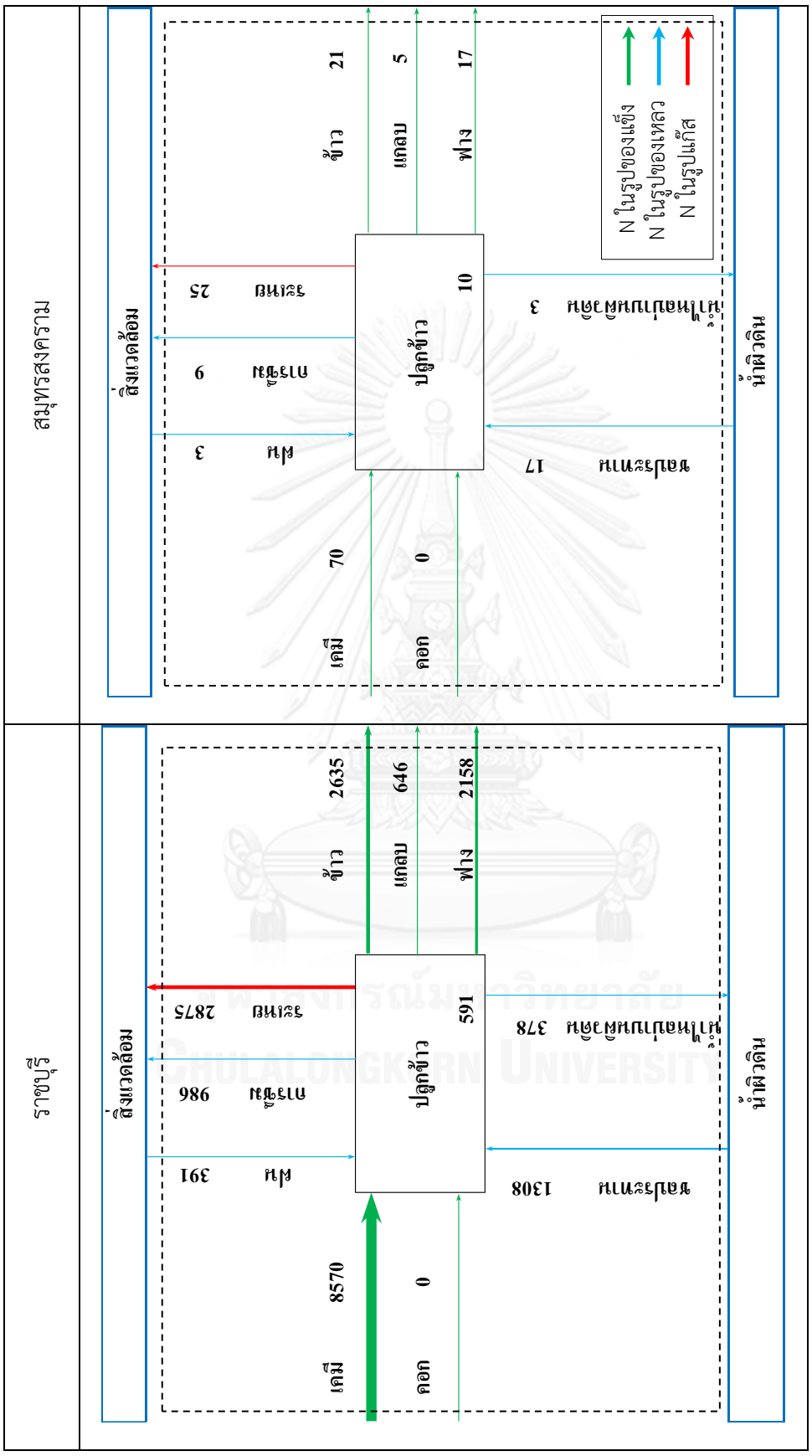
5.1.1.1 ปลูกข้าว

กิจกรรมการปลูกข้าวมีปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมจากฝน ปุ๋ย และน้ำชลประทาน ซึ่งปัจจัยหลักของปริมาณไนโตรเจนขาเข้ามาจากการใช้ปุ๋ย โดยปริมาณไนโตรเจนจากการใช้ปุ๋ยในจังหวัดราชบุรีอยู่ที่ 8,570 ตันต่อปี และปริมาณไนโตรเจนจากการใช้ปุ๋ยในจังหวัดสมุทรสงครามอยู่ที่ 70 ตันต่อปี ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่เข้ามาในกิจกรรมส่วนหนึ่งจะออกไปกับ

ผลผลิต อันประกอบด้วย ข้าวสาร แกลบ และฟางข้าว ซึ่งข้าวสารที่ได้จะถูกบริโภคโดยครัวเรือนในพื้นที่ โดยส่วนที่เหลือจะถูกส่งออกนอกกิจกรรมส่วนฟางข้าวจะถูกบริโภคต่อโดยปศุสัตว์ส่วนที่เหลือก็จะถูกส่งออกนอกกิจกรรมเช่นกัน นอกจากปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากกิจกรรมในรูปผลผลิตดังกล่าวแล้วนั้น ไนโตรเจนที่เข้ามาในกิจกรรมยังออกไปกับน้ำไหลบ่าผิวดินซึ่งจะนำพาไนโตรเจนลงสู่แหล่งน้ำผิวดิน การระเหย และการซึมดังรูปที่ 5-1 โดยปริมาณไนโตรเจนส่วนที่เหลือจากปริมาณไนโตรเจนขาออกจะถูกสะสมในดิน ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนสะสมในจังหวัดราชบุรีเท่ากับ 591 ตันต่อปี และจังหวัดสมุทรสงคราม 10 ตันต่อปี

จากผลของปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในกิจการเพาะปลูกข้าว พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่เข้าและออกจากกิจกรรมจะเพิ่มขึ้นตามขนาดพื้นที่ใช้ในการเพาะปลูกเป็นหลัก เนื่องจากปริมาณพื้นที่จะส่งผลต่อปริมาณปุ๋ยที่ใช้ ซึ่งในพื้นที่จังหวัดราชบุรีมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปี 345,412 ไร่ พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรัง 266,699 ไร่ มีปริมาณไนโตรเจนเข้าและออกเท่ากับ 10,269 และ 9,617 ตันต่อปีตามลำดับ โดยมีปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมจากการใช้ปุ๋ยคิดเป็น 83 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมการปลูกข้าว ส่วนจังหวัดสมุทรสงครามมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปี 2,758 ไร่ และพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรัง 2,267 ไร่ มีปริมาณไนโตรเจนเข้าและออกเท่ากับ 90 และ 80 ตันต่อปีตามลำดับ โดยมีปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมจากการใช้ปุ๋ยคิดเป็น 78 เปอร์เซ็นต์ปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมการปลูกข้าว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



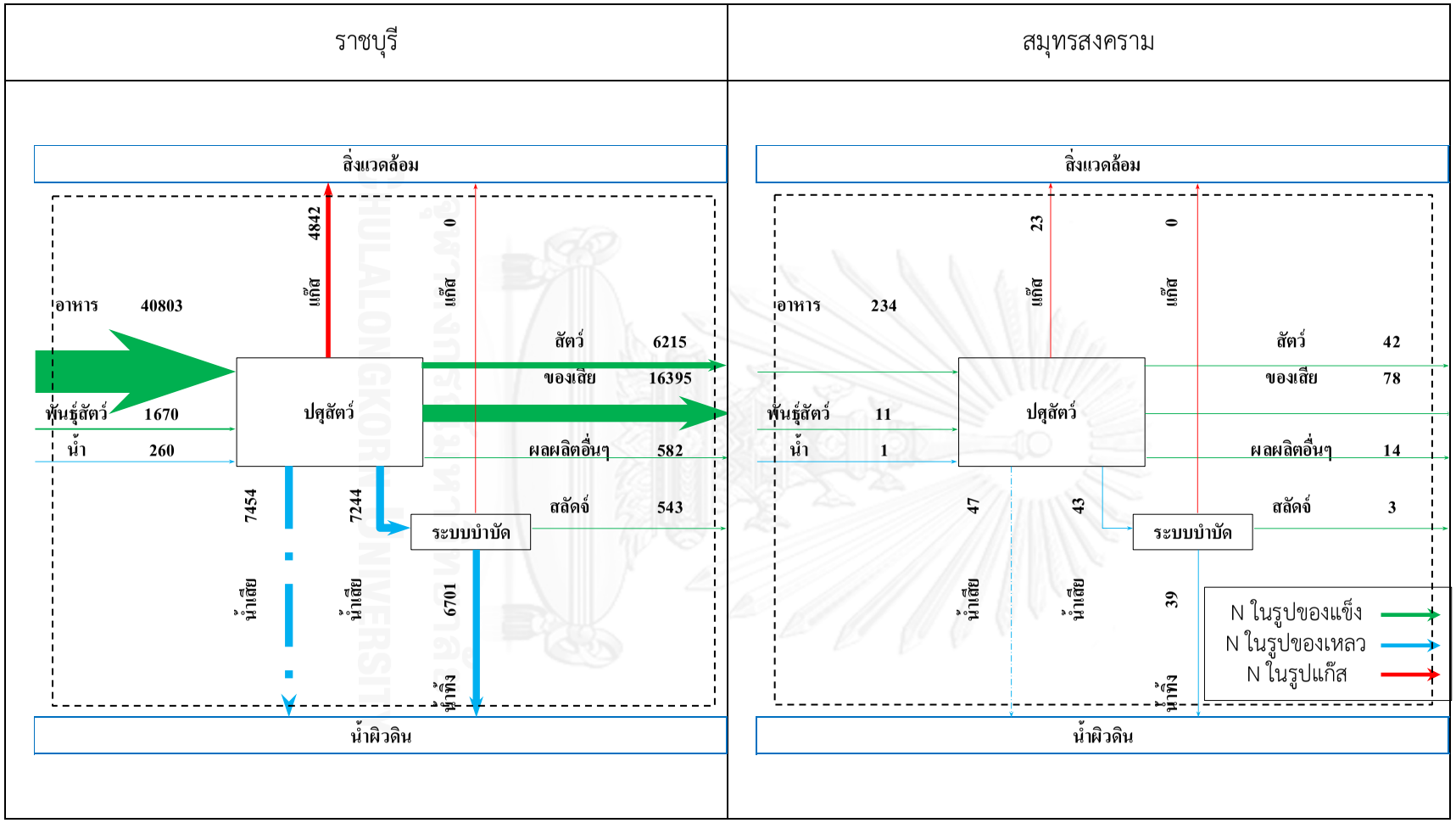
รูปที่ 5-1 ผังกระแสการไหลของไนโตรเจน (ตัน) ในกิจกรรมการปลูกข้าวในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงครามในปี 2553

5.1.1.2 ปศุสัตว์

กิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองมีการเลี้ยงพันธุ์สัตว์หลายชนิดด้วยกัน ซึ่งแบบจำลองนี้ได้ทำการประเมินปศุสัตว์ที่เลี้ยงในพื้นที่ลุ่มน้ำประกอบด้วย ไก่เนื้อ ไก่ไข่ เป็ดเนื้อ เป็ดไข่ โคเนื้อ โคนม และสุกร ซึ่งการเลี้ยงปศุสัตว์ในพื้นที่จังหวัดราชบุรี เป็นกิจกรรมหลักที่มีปริมาณไนโตรเจนขาเข้าและปริมาณไนโตรเจนขาออกจากกิจกรรมมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมอื่นๆในจังหวัด โดยมีปริมาณไนโตรเจนขาเข้าเท่ากับ 42,733 ตันต่อปี หรือคิดเป็น 60 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนขาเข้าระบบของจังหวัดราชบุรี โดยแบ่งเป็นไนโตรเจนที่เข้ามาในรูปของอาหารสัตว์ 40,803 ตันต่อปี พันธุ์สัตว์ 1,670 ตันต่อปี และน้ำที่ใช้เลี้ยงสัตว์ 260 ตันต่อปี ในส่วนปริมาณไนโตรเจนขาออกจากกิจกรรรมนั้นได้ออกไปในรูปแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) 4,842 ตันต่อปี ผลผลิตที่เป็นเนื้อสัตว์ 6,215 ตันต่อปี ผลผลิตอื่นๆอันประกอบด้วย ไข่ไก่ ไข่เป็ด และนมโค 582 ตันต่อปี ของเสีย (มูลและปัสสาวะ) 16,395 ตันต่อปี และน้ำเสีย 14,698 ตันต่อปี

ในพื้นที่จังหวัดสมุทรสงครามมีปริมาณไนโตรเจนเข้าสู่กิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์ 246 ตันต่อปี แบ่งเป็นไนโตรเจนที่เข้ามาในรูปของอาหารสัตว์ 234 ตันต่อปี พันธุ์สัตว์ 11 ตันต่อปี และน้ำที่ใช้เลี้ยงสัตว์ 1 ตันต่อปี ในส่วนปริมาณไนโตรเจนขาออกจากกิจกรรรมนั้นออกไปในรูปแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) 23 ตันต่อปี ผลผลิตที่เป็นเนื้อสัตว์ 42 ตันต่อปี ผลผลิตอื่นๆ 14 ตันต่อปี ของเสีย 89 ตันต่อปี และน้ำเสีย 89 ตันต่อปี

เมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมเลี้ยงปศุสัตว์ นอกจากปริมาณของปศุสัตว์ที่ส่งผลแล้ว ชนิดของปศุสัตว์เป็นอีกปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจน เนื่องจากจะส่งผลถึงวันที่ใช้เพาะเลี้ยง ปริมาณอาหาร ของเสียที่เกิด และปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง โดยชนิดปศุสัตว์ที่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนในพื้นที่มากที่สุดในจังหวัดราชบุรี คือ สุกร คิดเป็น 51 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์ ซึ่งมีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 1,623,011 ตัวต่อปี โคนม 26 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการเลี้ยงเท่ากับ 58,815 ตัวต่อปี และโคเนื้อ 18 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการเลี้ยงเท่ากับ 118,515 ตัวต่อปี ในส่วนจังหวัดสมุทรสงครามชนิดปศุสัตว์ที่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนในพื้นที่มากที่สุดคือสุกร คิดเป็น 52 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์ มีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 9,555 ตัวต่อปี โคเนื้อ 20 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการเลี้ยงเท่ากับ 754 ตัวต่อปี และไก่ไข่ 19 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 185,663 ตัวต่อปี



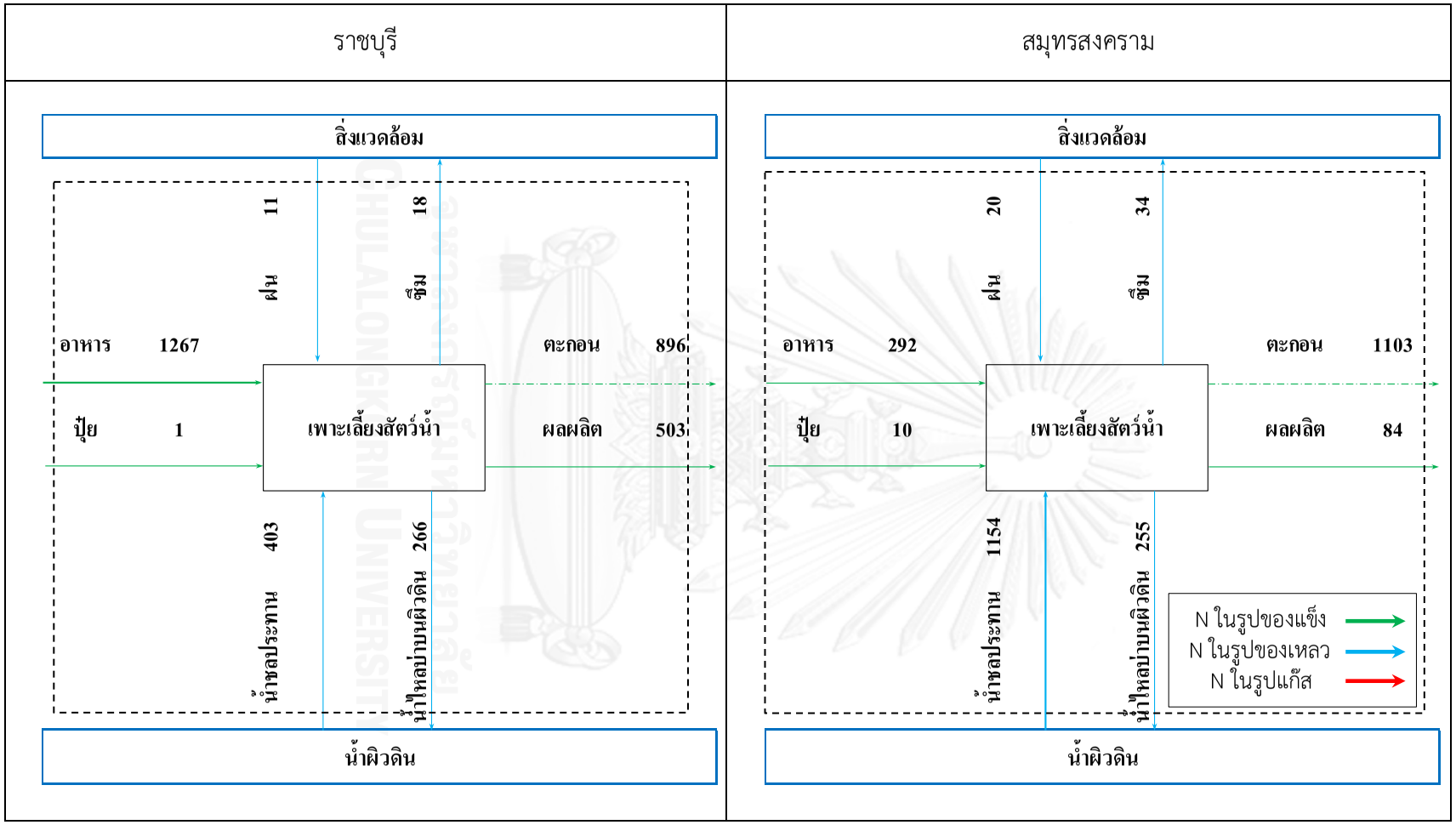
รูปที่ 5-2 ผังกระแสการไหลของไนโตรเจน (ตัน) ในกิจกรรมปศุสัตว์ในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงครามในปี 2553

5.1.1.3 เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

พันธุ์สัตว์น้ำในพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกันมากประกอบด้วยการเลี้ยงกุ้งแวนาไมแบบกึ่งพัฒนา และแบบพัฒนา การเลี้ยงปลานิล ปลาสลิด กุ้งก้ามกราม และปลากะพง ซึ่งการเลี้ยงปลากะพงเป็นการเลี้ยงในรูปแบบกระชัง ในส่วนรายละเอียดวิธีการเลี้ยงนั้นจะมีความแตกต่างกันออกไปแล้วแต่ชนิดพันธุ์สัตว์น้ำ โดยในพื้นที่จังหวัดราชบุรีปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมมาจากอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงเป็นหลัก เช่นเดียวกับในกรณีของปศุสัตว์ ส่วนจังหวัดสมุทรสงครามจะมาจากน้ำชลประทาน เนื่องจากการใช้น้ำและการเปลี่ยนน้ำในการเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งพัฒนาโดยมีปริมาณไนโตรเจนถึง 1,107 ตันต่อปี ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่จังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงครามในรูปของอาหารสัตว์มีปริมาณไนโตรเจน 1,267 และ 292 ตันต่อปีตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมจากน้ำชลประทานหรือน้ำจากลุ่มน้ำแม่กลองในจังหวัดราชบุรีมีปริมาณ 403 ตันต่อปี จังหวัดสมุทรสงคราม 1,154 ตันต่อปี ในขณะที่ปริมาณไนโตรเจนขาออกจะอยู่ในลักษณะการซึมมีปริมาณ 18 และ 33 ตันต่อปีตามลำดับ การตกตะกอนมีปริมาณ 896 และ 1103 ตันต่อปีตามลำดับ ออกไปในรูปผลผลิต 503 และ 84 ตันต่อปีตามลำดับ และออกไปในรูปน้ำเสีย 266 และ 255 ตันต่อปีตามลำดับ (รูปที่ 5-3)

เมื่อดูสัดส่วนชนิดพันธุ์สัตว์น้ำที่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนในสองจังหวัดพบว่ามีความแตกต่างกัน โดยสัดส่วนปริมาณไนโตรเจนจากการเลี้ยงสัตว์น้ำโดยจำแนกตามชนิดพันธุ์ที่เพาะเลี้ยงในจังหวัดราชบุรีแบ่งออกเป็น ปลานิล 50 เปอร์เซ็นต์ การเลี้ยงกุ้งแวนาไมแบบกึ่งพัฒนา 27 เปอร์เซ็นต์ และกุ้งก้ามกราม 23 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในจังหวัดสมุทรสงครามสัดส่วนไนโตรเจนจากการเลี้ยงสัตว์น้ำโดยจำแนกตามชนิดพันธุ์ที่เพาะเลี้ยงแบ่งออกเป็น การเลี้ยงกุ้งแวนาไมแบบกึ่งพัฒนา 79 เปอร์เซ็นต์ ปลาสลิด 11 เปอร์เซ็นต์ การเลี้ยงกุ้งแวนาไมแบบพัฒนา 6 เปอร์เซ็นต์ ปลากะพง 3 เปอร์เซ็นต์ และปลานิล 1 เปอร์เซ็นต์โดยปัจจัยของการปริมาณไนโตรเจนที่เข้าและออกจากกิจกรรม คือ พื้นที่การเลี้ยงหรือปริมาณผลผลิต และชนิดพันธุ์ของสัตว์น้ำ โดยชนิดพันธุ์จะส่งผลถึงวันที่เพาะเลี้ยง อาหาร การเปลี่ยนน้ำ ซึ่งเป็นกระแสการไหลหลักที่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนในกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

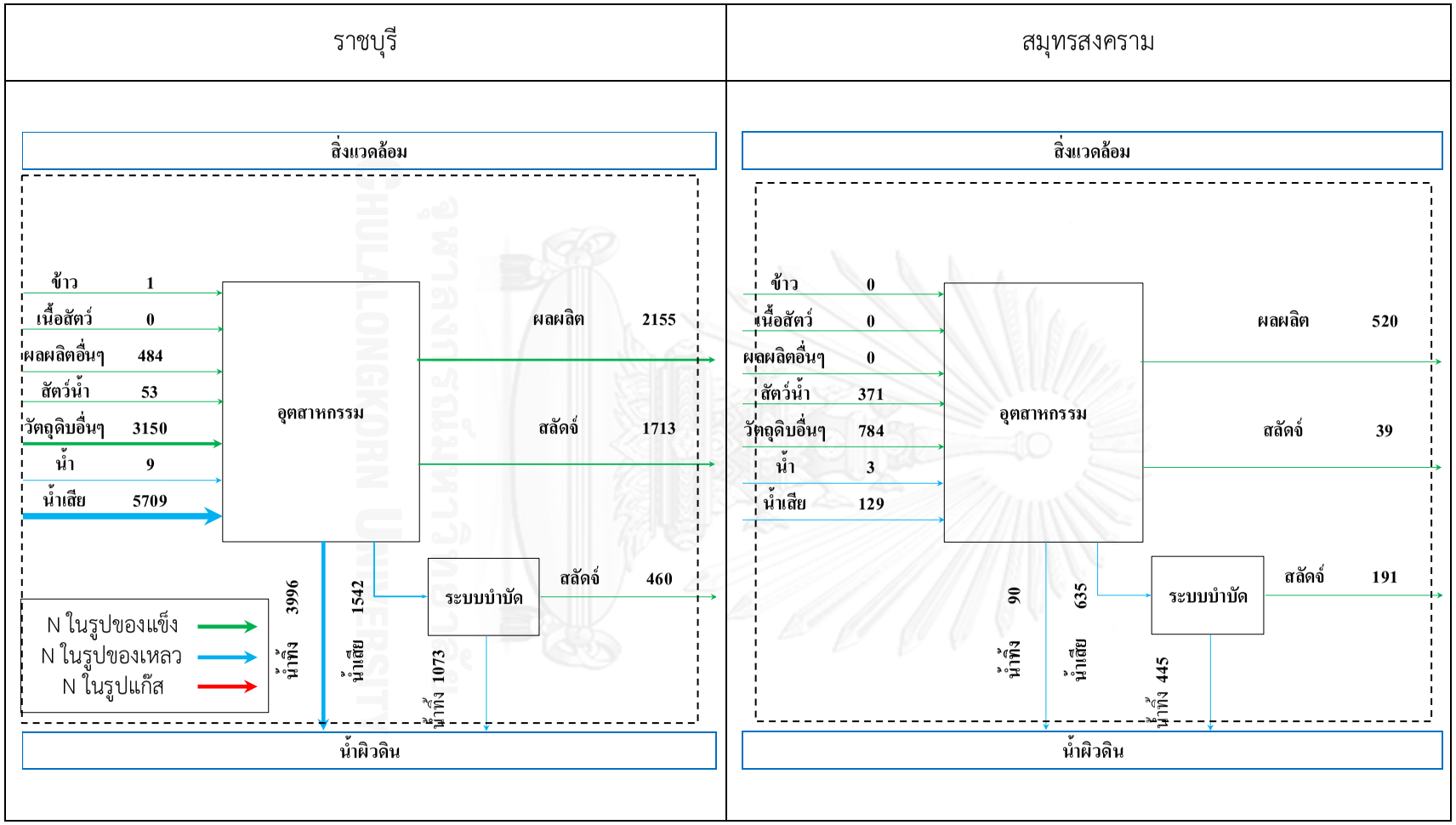


รูปที่ 5-3 ผังกระแสการไหลของไนโตรเจน (ตัน) ในกิจกรรมเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงครามในปี 2553

5.1.2 อุตสาหกรรม

การประเมินกระแสการไหลของไนโตรเจนในกิจกรรมภาคอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นกิจกรรมที่มีข้อจำกัดในด้านข้อมูล โดยมีข้อมูลในส่วนปริมาณน้ำเสียและระบบบำบัดเท่านั้น เป็นเหตุให้ต้องทำการประเมินย้อนกลับจากปริมาณน้ำเสียที่มี โดยทำการประเมินปริมาณไนโตรเจนในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม อาหารสัตว์ และโรงงานบำบัดน้ำเสียในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งมีลักษณะการประกอบกิจการ เช่น การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว ทำน้ำปลา อาหารกระป๋อง อาหารสัตว์ การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสีย เป็นต้น จากข้อมูลการดำเนินการของโรงงานประเภทดังกล่าวจากกรมโรงงาน และจากการประเมินพบว่าปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมในรูปของวัตถุดิบประกอบด้วย ข้าว เนื้อสัตว์ สัตว์น้ำ ผลผลิตอื่นได้แก่ นม และไข่ และวัตถุดิบอื่นๆ ซึ่งวัตถุดิบที่เข้ามาในกิจกรรมดังกล่าวมาจากกิจกรรมภาคการเกษตรเป็นหลัก โดยปริมาณไนโตรเจนในวัตถุดิบที่เข้าสู่ภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่ราชบุรี และสมุทรสงคราม เท่ากับ 3,687 และ 1,155 ตันต่อปีตามลำดับ นอกจากวัตถุดิบภาคการเกษตรแล้วยังมีน้ำเสียที่เข้าสู่โรงงานบำบัดน้ำเสีย ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจน 5,709 ตันต่อปีในจังหวัดราชบุรี และ 129 ตันต่อปีในจังหวัดสมุทรสงคราม หลังจากนั้นปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่ภาคอุตสาหกรรมจะออกไปในรูปผลผลิต สลัดจ์จากการบำบัดน้ำเสียข้างต้นและน้ำทิ้ง โดยมีปริมาณไนโตรเจนที่ออกในรูปแบบดังกล่าวข้างต้นจากทั้งสองจังหวัดดังรูปที่ 5-4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 5-4 ผังกระแสการไหลของไนโตรเจน (ตัน) ในกิจกรรมอุตสาหกรรมในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงครามในปี 2553

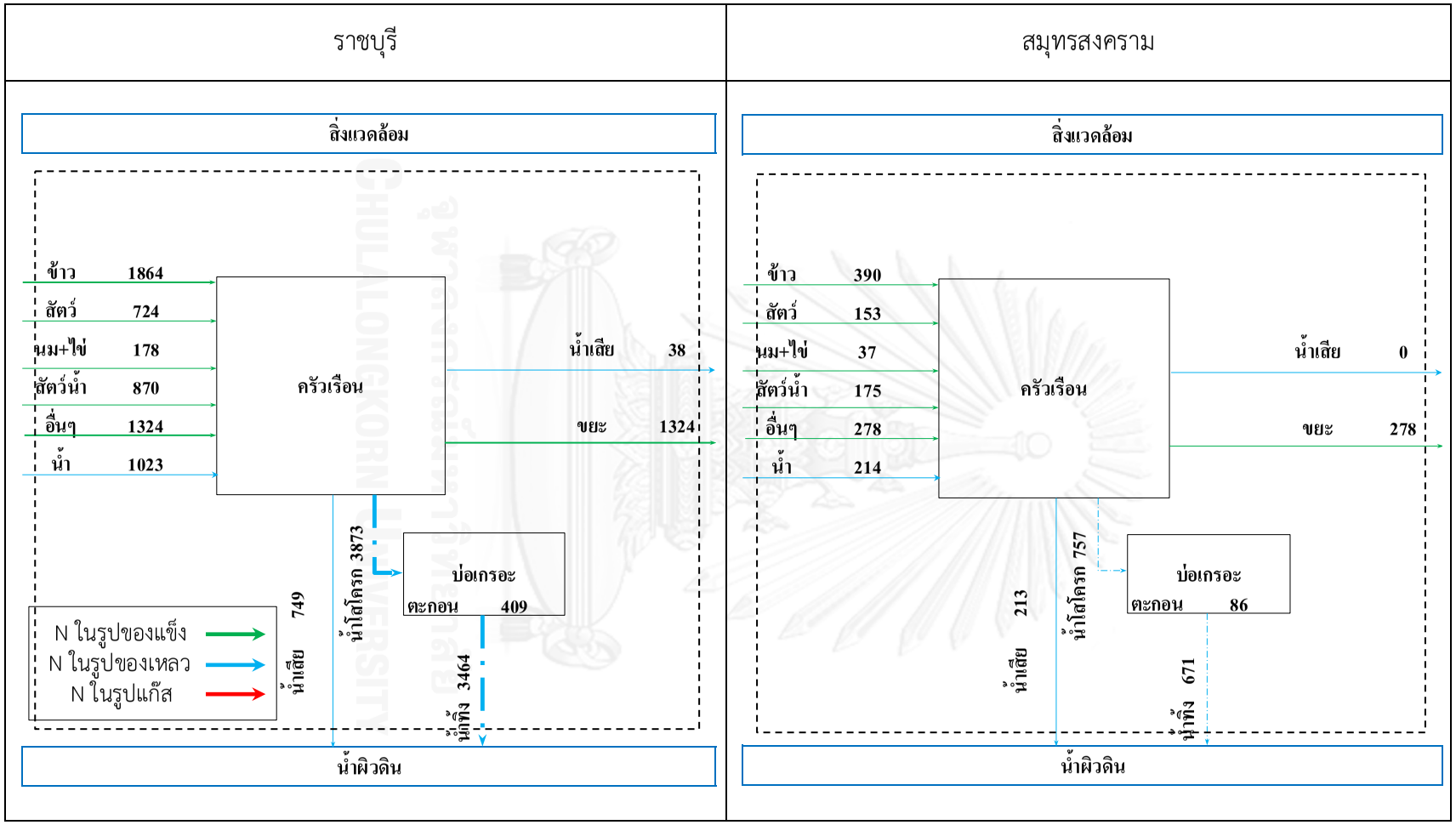
5.1.3 ครัวเรือน

กิจกรรมภาคครัวเรือนเป็นอีกกิจกรรมหนึ่งที่รับไนโตรเจนบางส่วนจากกิจกรรมอื่นๆในระบบ โดยปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับมาจากกิจกรรมภาคการเกษตรเข้ามาในรูปของอาหาร ประกอบด้วยข้าว เนื้อสัตว์ประเภทต่างๆ ไข่ และนม โดยออกไปในรูปน้ำโสโครก และน้ำเสีย นอกจากในรูปแบบที่กล่าวมาข้างต้นไนโตรเจนที่เข้าสู่ภาคครัวเรือนยังเข้ามาในรูปแบบอื่นๆ ซึ่งในส่วนนี้จะออกไปในรูปขยะ

ปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมภาคครัวเรือนในจังหวัดราชบุรี และสมุทรสงครามอยู่ที่ 5,983 ตันต่อปีและ 1,247 ตันต่อปีตามลำดับ โดยเป็นมีปริมาณไนโตรเจนที่รับมาจากกิจกรรมภาคการเกษตรภายในจังหวัดเท่ากับ 1,225 และ 161 ตันต่อปีตามลำดับ ซึ่งเป็นไนโตรเจนที่มากับอาหาร ในส่วนไนโตรเจนขาออกที่ออกในรูปขยะนั้นในพื้นที่จังหวัดราชบุรีมีทั้งหมด 1,324 ตันต่อปี และจังหวัดสมุทรสงคราม 278 ตันต่อปี ไนโตรเจนในส่วนดังกล่าวจะถูกส่งต่อไปยังการจัดการขยะ ในส่วนไนโตรเจนขาออกในรูปน้ำเสียนั้น แบ่งเป็นน้ำโสโครก และน้ำเสีย โดยน้ำโสโครกจะเข้าสู่บ่อเกรอะโดยตะกอนจะถูกสะสมไว้ในระบบ ส่วนน้ำที่ล้นจะถูกระบายออกในรูปน้ำทิ้ง ในส่วนของน้ำเสียมีปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียเท่ากับ 786 ตันต่อปีในจังหวัดราชบุรี ซึ่งจะเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียประมาณ 4 ตันต่อปี ในส่วนจังหวัดสมุทรสงครามมีปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียเท่ากับ 213 ตันต่อปี ซึ่งทั้งหมดไม่ได้เข้าสู่ระบบบำบัด

เนื่องจากการประเมินไนโตรเจนในกิจกรรมอาศัยข้อมูลการบริโภคต่อคนของประชากร และปริมาณการใช้น้ำต่อคน ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนเข้าสู่กิจกรรมจะขึ้นกับจำนวนประชากร ยกเว้นปริมาณขยะที่เกิดขึ้นที่ปริมาณขยะมาจากข้อมูลสถิติ ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมจากการบริโภคจะมาจากผลผลิตภายในจังหวัดเป็นหลัก โดยจังหวัดราชบุรีมีสัดส่วนถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนจังหวัดสมุทรสงครามมีสัดส่วนอยู่ที่ 21 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนในอาหารที่บริโภค ในส่วนปริมาณไนโตรเจนขาออกนั้นส่วนใหญ่จากผลการประเมินพบว่าส่วนใหญ่ออกไปกับน้ำโสโครกที่เข้าสู่บ่อเกรอะถึง 65 เปอร์เซ็นต์ ในจังหวัดราชบุรี และ 60 เปอร์เซ็นต์ ในจังหวัดสมุทรสงคราม ซึ่งบ่อเกรอะจะสามารถเก็บกักปริมาณไนโตรเจนที่เข้าได้เพียง 11 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่บ่อเกรอะทั้งในจังหวัดราชบุรีและจังหวัดสมุทรสงคราม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 5-5 ผังกระแสการไหลของไนโตรเจน (ตัน) ในกิจกรรมครัวเรือนในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงครามในปี 2553

5.1.4 การจัดการของเสีย

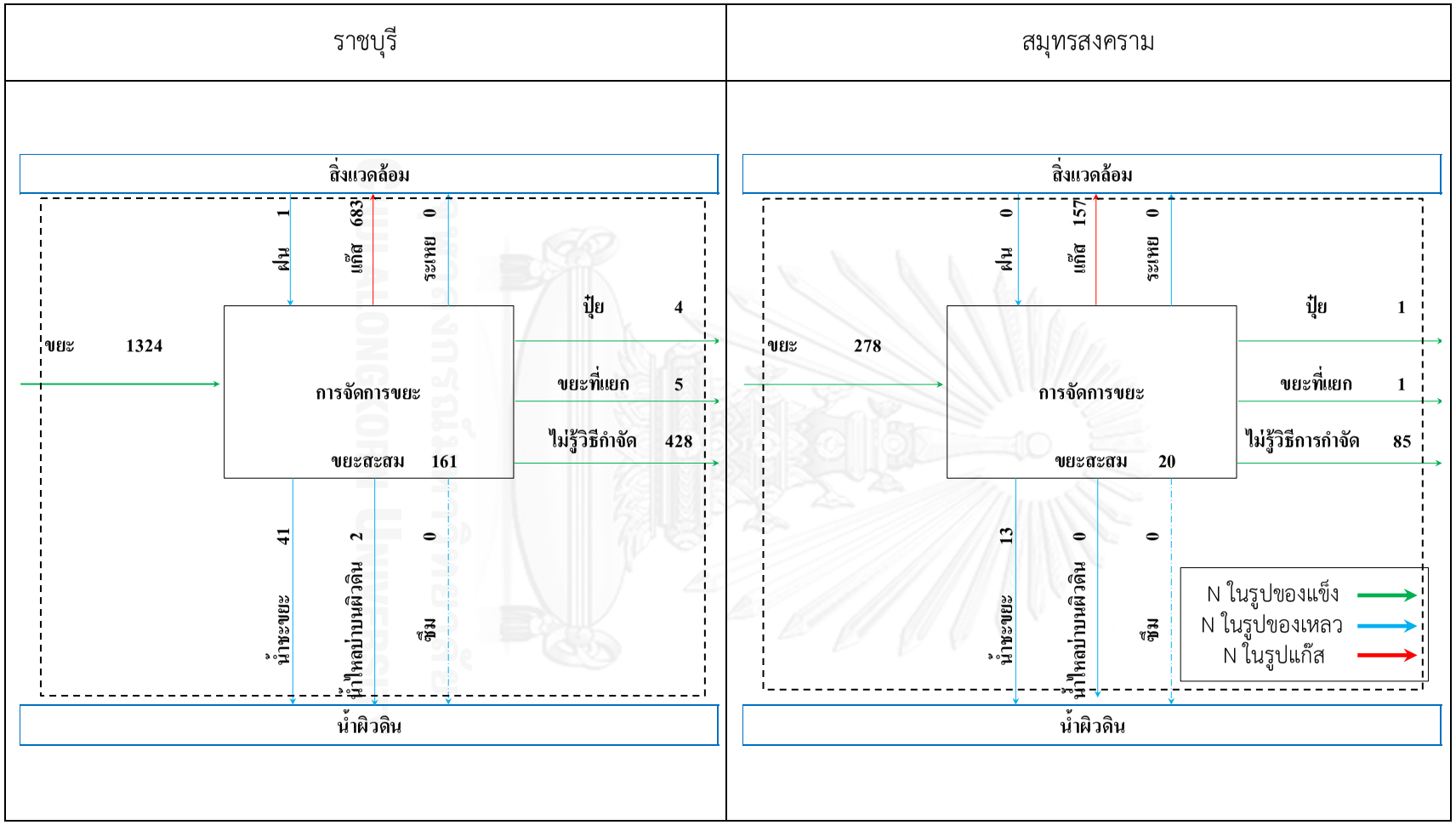
5.1.4.1 การจัดการขยะ

ปริมาณขยะที่เข้าสู่กิจกรรมนี้มาจากกิจกรรมภาคครัวเรือนมีทั้งขยะที่ถูกเก็บรวบรวม และขยะที่ไม่ถูกเก็บรวบรวม โดยขยะที่เก็บรวบรวมมีวิธีการกำจัดหลากหลายวิธีตั้งแต่การฝังกลบตามหลักวิชาการ การเทกอง การเผาในเตา การกองและเผา จนกระทั่งหมักทำปุ๋ย ซึ่งไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในระบบจังหวัดราชบุรี และสมุทรสงครามมีปริมาณเท่ากับ 162 และ 20 ตันต่อปี ตามลำดับ โดยมาจากขยะที่ไปฝังกลับและการกองที่ยังไม่ย่อยสลาย ส่วนปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากกิจกรรมจะออกในรูปแบบแก๊สเป็นส่วนใหญ่ถึง 683 ตันในจังหวัดราชบุรี และ 157 ตันในจังหวัดสมุทรสงคราม เนื่องจากการกำจัดด้วยวิธีการเผาและการย่อยสลายจากการฝังกลบ โดยปริมาณไนโตรเจนขาออก จะออกมาในรูปของปุ๋ย ขยะที่ถูกแยก น้ำชะขยะ น้ำไหลบ่าผิวหน้าดิน และการซึม (รูปที่ 5-6) ในส่วนหนึ่งที่เกิดขึ้นไม่รู้วิธีการกำจัดโดยมีปริมาณไนโตรเจนในขยะ 428 ตันต่อปีในราชบุรี และ 85 ตันต่อปีในสมุทรสงคราม

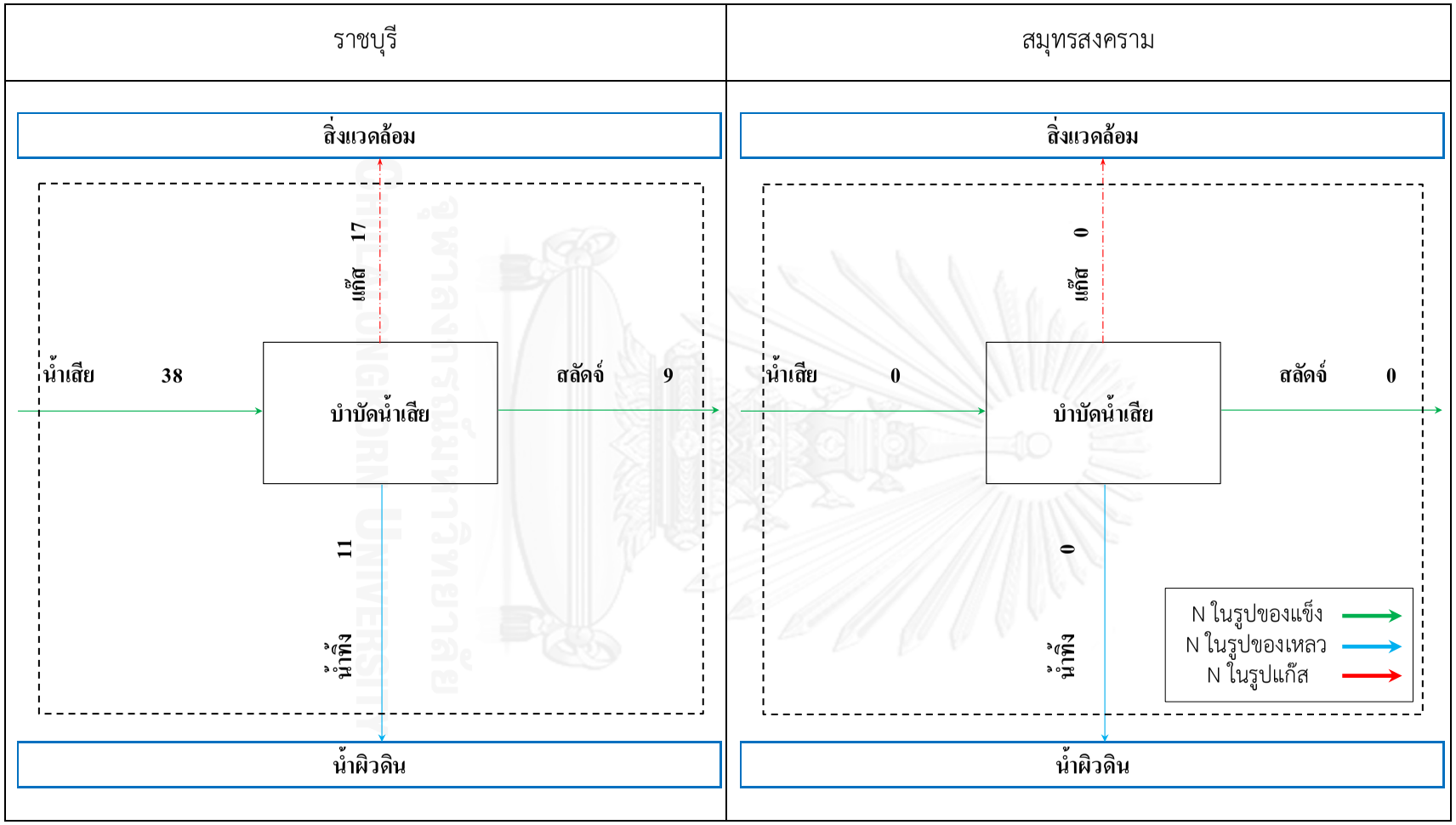
ปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากการจัดการขยะในรูปแบบต่างๆนั้น จะขึ้นกับวิธีการที่ใช้ในการจัดการ เช่นกรณีปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นนั้นมาจาการจัดการขยะในรูปแบบการกองแล้วเผา ใช้เตาเผา และมาจากการย่อยสลายจากการกอง และการฝังกลบทั้งถูกหลักไม่ถูกหลัก โดยปริมาณขยะที่ทำการกำจัดโดยการเผาทั้งสองแบบนั้นในจังหวัดราชบุรีอยู่ที่ 19 เปอร์เซ็นต์และสมุทรสงคราม 38 เปอร์เซ็นต์ของขยะทั้งหมด ทำให้เมื่อรวมกับขยะอินทรีย์ย่อยสลายง่ายที่ถูกกำจัดโดยวิธีอื่น สัดส่วนปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจึงสูงถึง 52 เปอร์เซ็นต์ในจังหวัดราชบุรี และ 57 เปอร์เซ็นต์ในจังหวัดสมุทรสงคราม

5.1.4.2 การบำบัดน้ำเสีย

ในส่วนปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนนั้นในพื้นที่จังหวัดราชบุรีมีโรงบำบัดน้ำเสียที่ดำเนินการอยู่ 2 โรงคือ โรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองราชบุรี และโรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองโพธาราม ซึ่งรองรับปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียเท่ากับ 38 ตันต่อปี หรือคิดเป็น 5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่เกิดขึ้นในจังหวัด ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่จังหวัดราชบุรี โดยระบบบำบัดน้ำเสียทั้งสองแห่งในจังหวัดราชบุรีจะลดปริมาณไนโตรเจนขาเข้าลงเหลือ 11 ตันต่อปีก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ส่วนพื้นที่จังหวัดสมุทรสงครามนั้นไม่มีโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน ทำให้ไม่มีการบำบัดน้ำเสียเกิดขึ้นในพื้นที่การบำบัดน้ำเสีย (รูปที่ 5-7)



รูปที่ 5-6 ผังกระแสการไหลของไนโตรเจน (ตัน) ในกิจกรรมการจัดการขยะในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงครามในปี 2553



รูปที่ 5-7 ผังกระแสการไหลของไนโตรเจน (ตัน) ในกิจกรรมการบำบัดน้ำเสียในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงครามในปี 2553

5.2 ภาพรวมกระแสการไหลของไนโตรเจนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองบริเวณจังหวัดราชบุรี และสมุทรสงคราม

จากผลการประเมินกระแสการไหลของไนโตรเจนในกิจกรรมต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนกิจกรรมที่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่แต่ละจังหวัด พบว่า ในจังหวัดราชบุรีกิจกรรมหลักของกระแสการไหลของไนโตรเจน คือ ปศุสัตว์ 60 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่จังหวัดราชบุรี อุตสาหกรรม 14 เปอร์เซ็นต์ และปลูกข้าว 13 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (รูปที่ 5-8 ถึง 5-9) สาเหตุที่การเลี้ยงปศุสัตว์เป็นปัจจัยหลักเนื่องจากพื้นที่จังหวัดราชบุรีเป็นจังหวัดที่มีการเลี้ยงปศุสัตว์เป็นจำนวนมาก เช่น สุกรมากเป็นอันดับที่ 1 ของประเทศ(ในปี 2553) โคนมมากเป็นอันดับ 4 โคเนื้อมาเป็นอันดับ 9 (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ [กษ], สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [สศก.], 2555) ในส่วนจังหวัดสมุทรสงครามกิจกรรมหลักของกระแสการไหลของไนโตรเจน คือ การเลี้ยงสัตว์น้ำคิดเป็น 32 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่จังหวัดสมุทรสงคราม ครัวเรือน 28 เปอร์เซ็นต์ และอุตสาหกรรม 27 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ(รูปที่ 5-10 ถึง 5-11) โดยเหตุผลที่ทำให้มีสัดส่วนของกิจกรรมแตกต่างจากจังหวัดราชบุรีเนื่องจากจังหวัดสมุทรสงครามเป็นจังหวัดขนาดเล็กและติดทะเลจึงทำให้มีการเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นหลัก โดยเฉพาะการเลี้ยงกุ้งขาวแวนาไมทั้งการเลี้ยงในแบบพัฒนา และกึ่งพัฒนา การเป็นจังหวัดที่ติดทะเลของจังหวัดสมุทรสงครามนอกจากจะส่งผลถึงปริมาณการเลี้ยงสัตว์น้ำแล้วยังส่งถึงปริมาณโรงงานที่ตั้งขึ้นเพื่อแปรรูปผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับสัตว์น้ำ เช่นโรงงานทำน้ำปลาที่มีอยู่ทั้งสิ้น 15 โรงงาน โรงงานทำปลากระป๋อง โรงงานทำลูกชิ้น 6 โรงงาน จากโรงงานทั้งสิ้น 29 โรงงานที่ทำการประเมิน

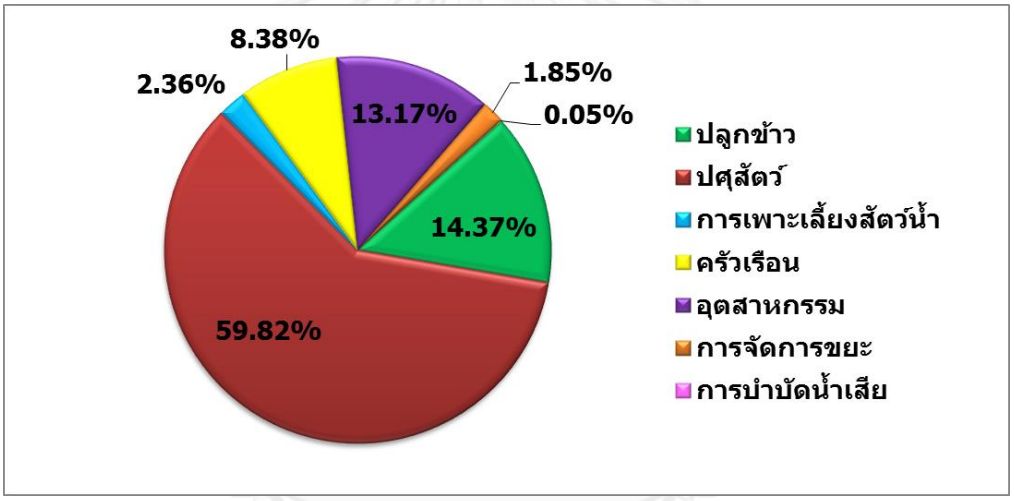
เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างไนโตรเจนขาเข้า และไนโตรเจนขาออกทั้งในจังหวัดราชบุรีและจังหวัดสมุทรสงครามพบว่ามีสัดส่วนเปลี่ยนไปเล็กน้อย(ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์) เนื่องจากมีปริมาณไนโตรเจนจากกิจกรรมปลูกข้าว ภาคครัวเรือน และการจัดการขยะที่สะสมอยู่ในระบบจึงส่งผลให้สัดส่วนเปลี่ยนไป

เมื่อรวมผลการประเมินกิจกรรมต่างๆในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และสมุทรสงครามเข้าด้วยกันดังรูปที่ 5-14 ผังกระแสการไหลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า กิจกรรมหลักที่มีปริมาณไนโตรเจนเข้าและออกจากระบบ คือ ปศุสัตว์ ปลูกข้าว อุตสาหกรรม และครัวเรือนคิดเป็น 57 เปอร์เซ็นต์ 14 เปอร์เซ็นต์ 14 เปอร์เซ็นต์และ 10 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ(รูปที่ 5-12 ถึง 5-13) ซึ่งมีทิศทางเช่นเดียวกับกิจกรรมที่ส่งผลต่อสัดส่วนปริมาณไนโตรเจนเข้าและออกจากจังหวัดราชบุรี เหตุผลที่เป็นเช่นนั้นเนื่องจากปริมาณของแต่ละกิจกรรมในจังหวัดราชบุรีมีมากกว่าพื้นที่จังหวัดราชบุรี จึงส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากแต่ละกิจกรรมมากขึ้นตามมาด้วยเห็นได้จากปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่จังหวัดราชบุรีมากกว่าไนโตรเจนที่เข่าสู่จังหวัดสมุทรสงครามถึง 15 เท่า

จากภาพรวมกระแสการไหลของปริมาณไนโตรเจนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง(รูปที่ 5-14) พบว่าเสียในปี 2553 มีปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่พื้นที่ลุ่มน้ำในสองจังหวัดอยู่ที่ 69,802 ตันต่อปี ปริมาณไนโตรเจนสะสมอยู่ที่ 1,277 ตันต่อปี และปริมาณไนโตรเจนออกจากระบบอยู่ที่ 68,516 ตันต่อปี โดยกระแสการไหลที่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่ระบบมากที่สุด 3 กิจกรรม คือ อาหารที่ให้ปศุสัตว์มีปริมาณไนโตรเจน 40,734 ตันต่อปี ปุ๋ยเคมีที่ใส่ในนาข้าวมีปริมาณไนโตรเจน 8,640 ตันต่อปี และ

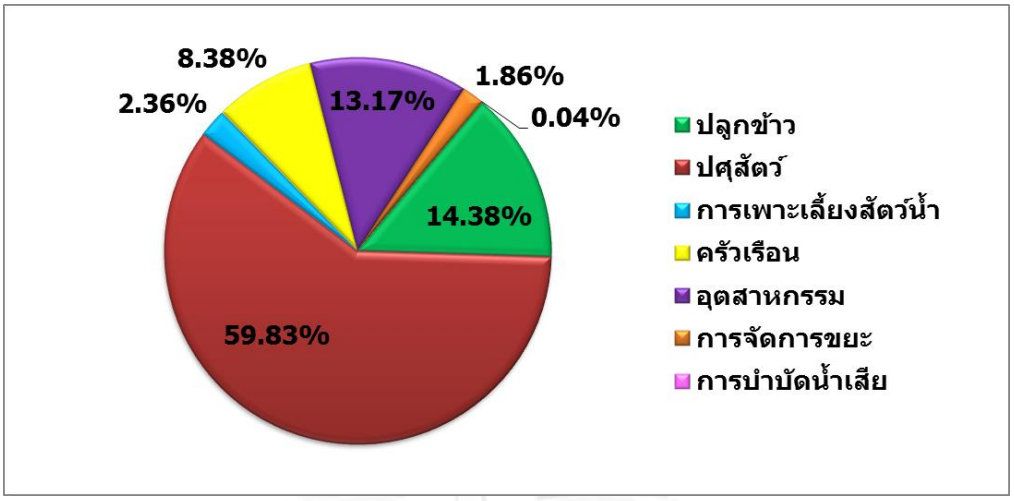
น้ำเสียที่เข้าสู่โรงงานบำบัดน้ำเสียภาคอุตสาหกรรมมีปริมาณไนโตรเจน 5,837 ตันต่อปี ส่วนปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากระบบมากที่สุด 3 กระบวนการ คือ ของเสียจากปศุสัตว์มีปริมาณไนโตรเจน 16,473 ตันต่อปี น้ำเสียจากปศุสัตว์ที่ไม่ผ่านการบำบัดมีปริมาณไนโตรเจน 7,501 ตันต่อปี และน้ำเสียจากการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นจากการเลี้ยงปศุสัตว์(ฟาร์มสุกร) มีปริมาณไนโตรเจน 6,740 ตันต่อปี

เมื่อพิจารณาในส่วนไนโตรเจนที่เข้าระบบจากการกระทำของมนุษย์ พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนเข้าระบบ 69,375 ตัน หรือคิดเป็น 99 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ส่วนที่เหลืออีก 1 เปอร์เซ็นต์จะเข้ามาจากฝน เมื่อพิจารณาสถานะของไนโตรเจนที่เข้ามาในระบบพบว่าไนโตรเจนเข้ามากับของของแข็งถึง 85 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลืออีก 15 เปอร์เซ็นต์จะเข้ามากับน้ำ ส่วนไนโตรเจนขาออกจากระบบนั้นจะออกไปกับของแข็ง เช่น ผลผลิตต่างๆ ของเสีย เป็นต้น ประมาณ 48 เปอร์เซ็นต์ ของเหลว เช่น น้ำเสียประมาณ 39 เปอร์เซ็นต์ และแก๊สประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์

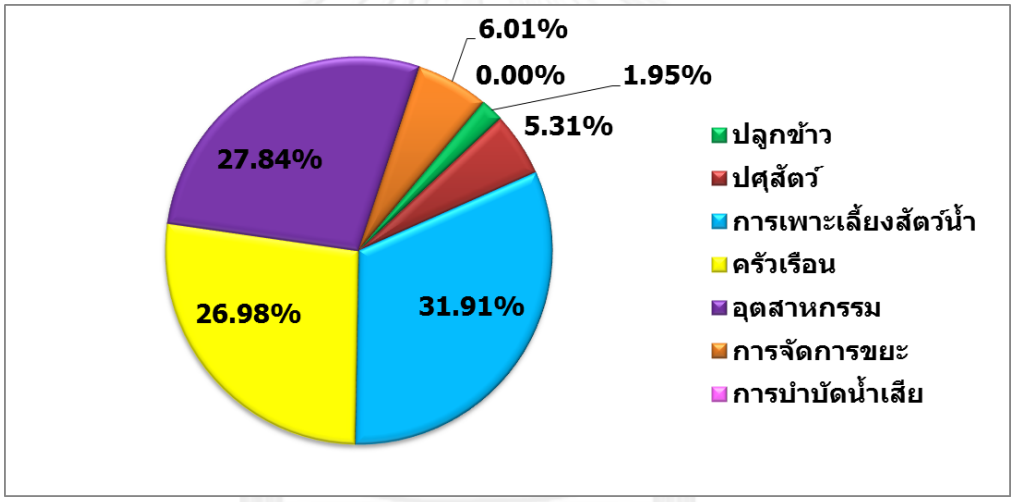


รูปที่ 5-8 สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมต่างๆในจังหวัดราชบุรี

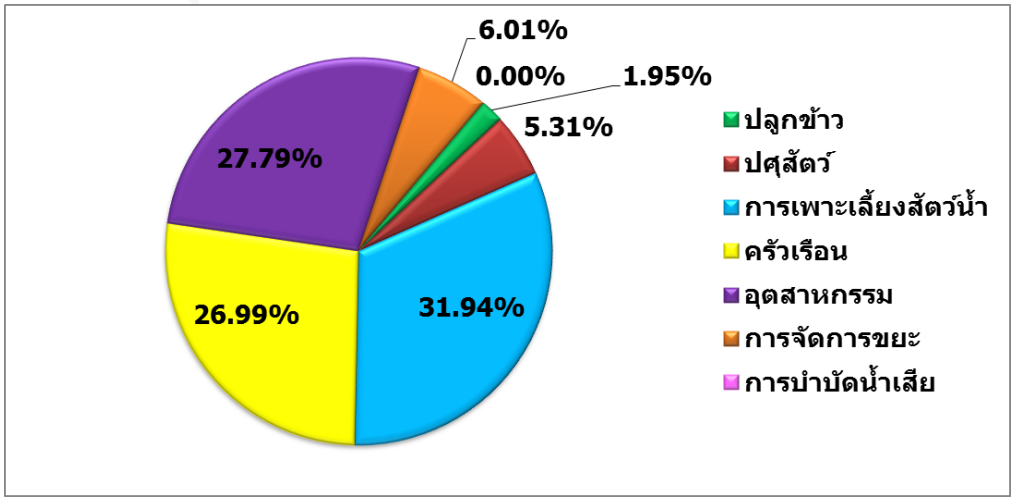
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



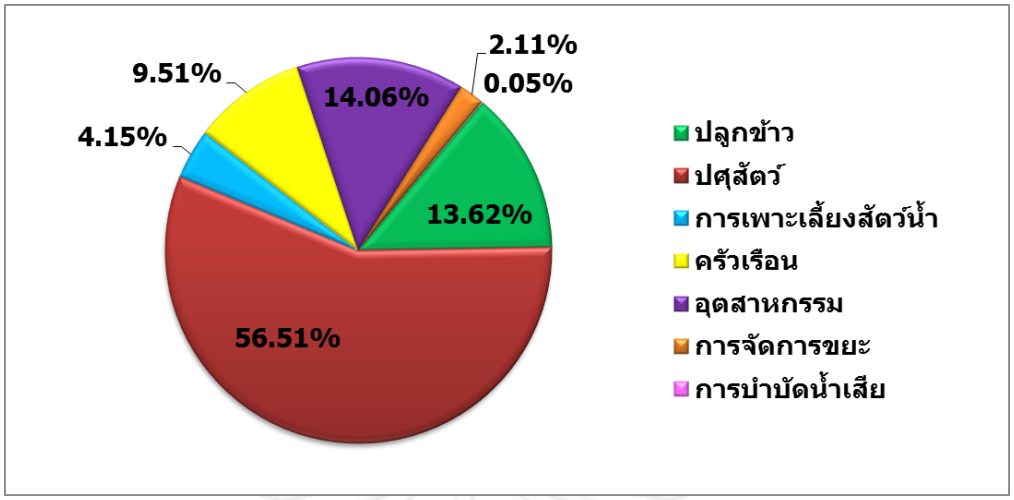
รูปที่ 5-9 สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากกิจกรรมต่างๆในจังหวัดราชบุรี



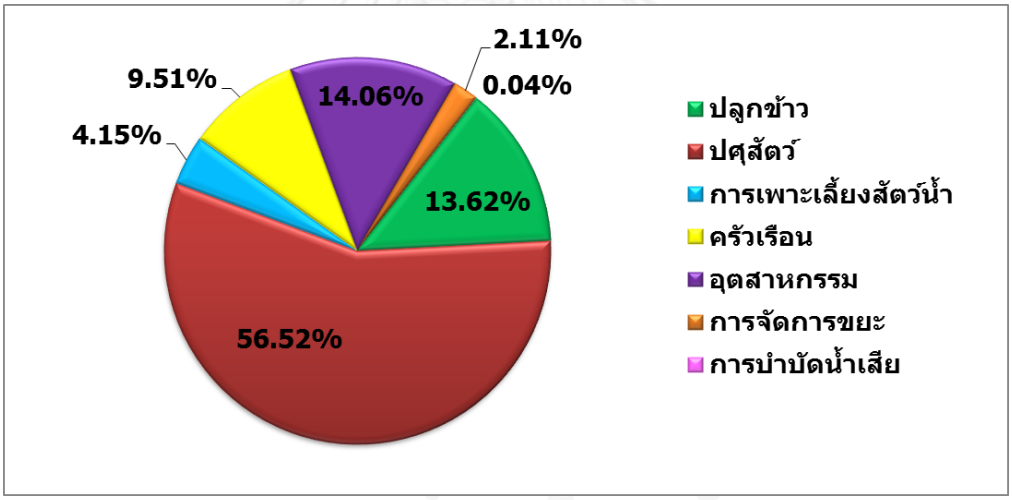
รูปที่ 5-10 สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมต่างๆในจังหวัดสมุทรสงคราม



รูปที่ 5-11 สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากกิจกรรมต่างๆในจังหวัดสมุทรสงคราม

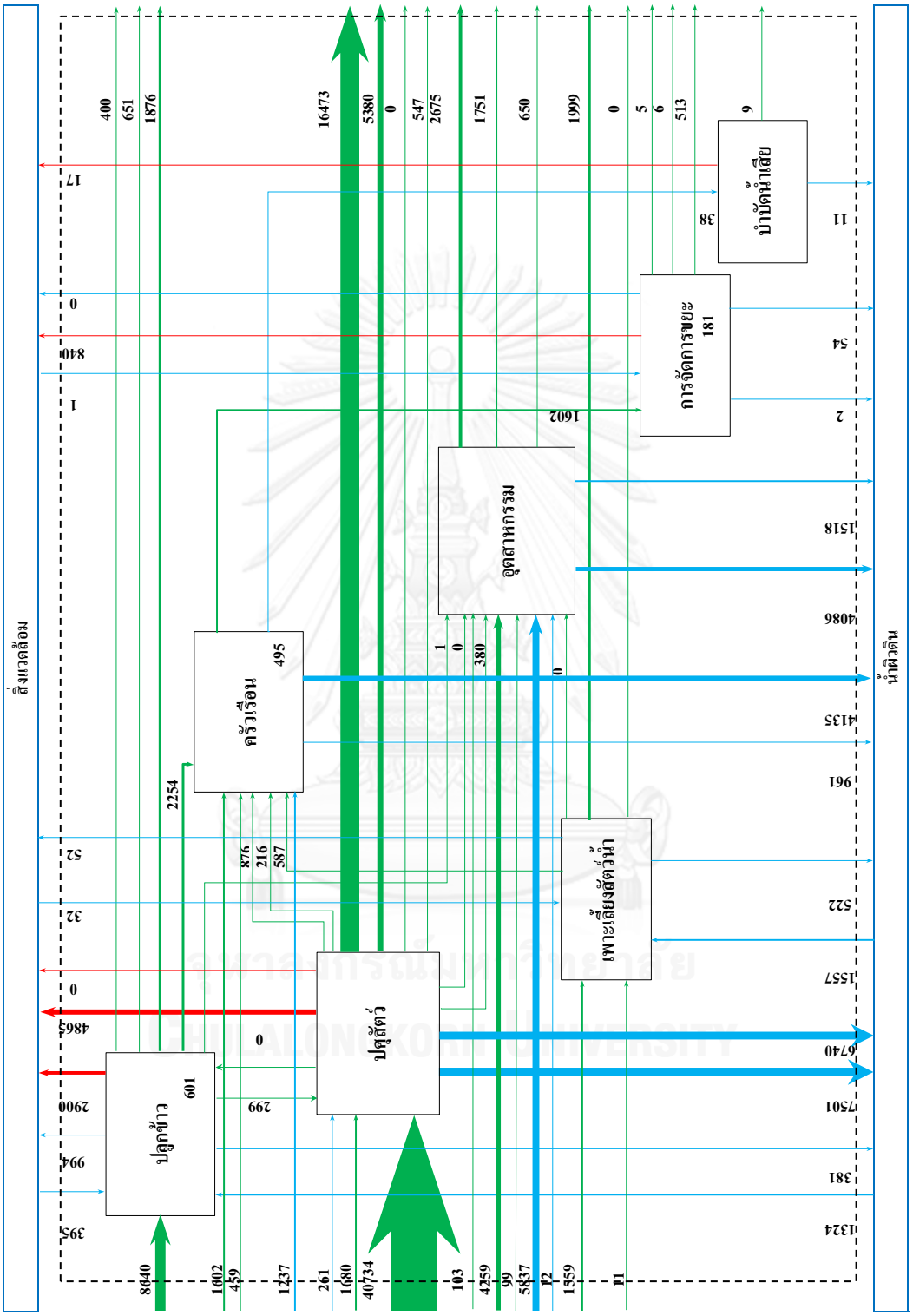


รูปที่ 5-12 สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมต่างๆในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง



รูปที่ 5-13 สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากกิจกรรมต่างๆในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

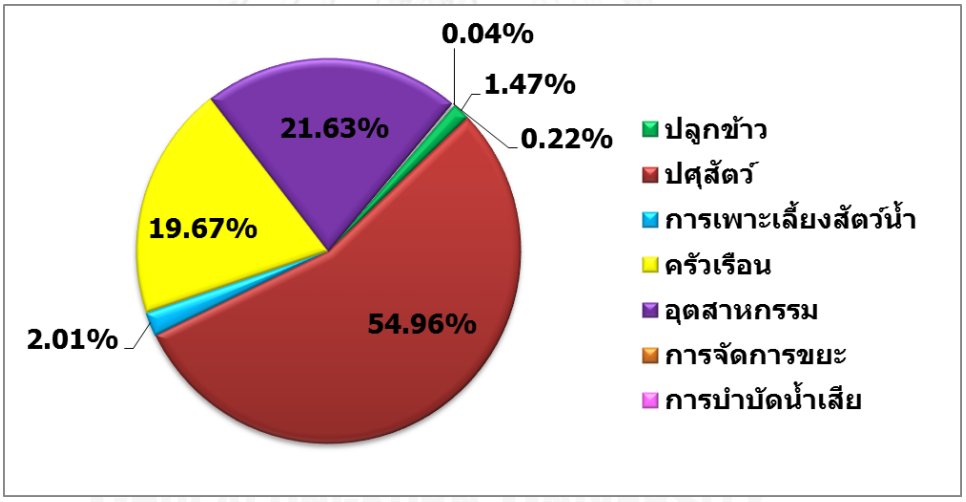
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 5-14 ผังกระแสการไหลของไนโตรเจน (ตัน) จากกิจกรรมในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำแม่กลองบริเวณจังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงครามในปี 2553

5.3 ปริมาณไนโตรเจนที่ระบายในรูปน้ำเสีย และแนวทางการลดผลกระทบ

จากการประเมินกิจกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองในจังหวัดราชบุรี และสมุทรสงครามพบว่าสัดส่วนปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียมาจากกิจกรรมปศุสัตว์ อุตสาหกรรม และครัวเรือนเป็นหลัก (รูปที่ 5-15) โดยมีปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ปล่อยออกจากกิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์ถึง 14,241 ตันต่อปี พันธุ์สัตว์ที่เพาะเลี้ยงในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองที่เป็นปัจจัยหลักในการปล่อยไนโตรเจนในรูปน้ำเสีย คือ โคนมคิดเป็น 69 เปอร์เซ็นต์ สุกรคิดเป็น 15 เปอร์เซ็นต์และโคเนื้อคิดเป็น 6 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ปล่อยออกจากกิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์ ในส่วนกิจกรรมภาคอุตสาหกรรมนั้นประเภทอุตสาหกรรมที่ส่งผลต่อการปล่อยปริมาณไนโตรเจนในรูปน้ำเสียมากที่สุดคือ โรงบำบัดน้ำเสียคิดเป็น 73 เปอร์เซ็นต์และอุตสาหกรรมอาหารคิดเป็น 24 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ปล่อยออกจากกิจกรรมภาคอุตสาหกรรม อีกกิจกรรมหนึ่งที่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียคือกิจกรรมภาคครัวเรือน โดยมีปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ไม่เข้าระบบบำบัดถึง 5,096 ตันต่อปี ซึ่งมาจากน้ำเสียสองส่วนคือ ไนโตรเจนในน้ำเสียที่ไม่เข้าระบบบำบัด 962 ตันต่อปี และไนโตรเจนที่ออกมากับน้ำล้นจากบ่อเกรอะ 4,135 ตันต่อปี นอกจากไนโตรเจนจากน้ำเสียในสามกิจกรรมหลักข้างต้นแล้ว กิจกรรมอื่นๆที่ปล่อยน้ำเสียที่มีไนโตรเจนออกสู่แหล่งน้ำมีปริมาณที่ปล่อยเป็นไปตามตารางที่ 5-1



รูปที่ 5-15 สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ระบายออกจากกิจกรรมต่างๆ

ตารางที่ 5-1 ปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ปล่อยออกจากกิจกรรมต่างๆ

กิจกรรม	ปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสีย (ตันต่อปี)
ปลูกข้าว	381
ปศุสัตว์	14,241
เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	522
อุตสาหกรรม	5,604
ครัวเรือน	5,096
การจัดการขยะ	56
การบำบัดน้ำเสีย	11
รวม	25,911

จากผลการประเมินดังกล่าวแสดงให้เห็นสาเหตุของปริมาณไนโตรเจน ที่ส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมเพาะเลี้ยงปศุสัตว์ถึง 55 เปอร์เซ็นต์ อุตสาหกรรม 22 เปอร์เซ็นต์ และครัวเรือน 20 เปอร์เซ็นต์ แต่เนื่องจากข้อมูลในการวิเคราะห์กิจกรรมภาคอุตสาหกรรมมีปริมาณน้อย ดังนั้นแนวทางในการลดผลกระทบจึงมุ่งไปที่กิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์และกิจกรรมภาคครัวเรือน โดยงานวิจัยฉบับนี้ได้เสนอแนวทางเพื่อลดปริมาณการปล่อยไนโตรเจนลงสู่แหล่งน้ำ 2 วิธีดังนี้

5.3.1 การลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ปล่อยจากกิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์

จากคาดการณ์การเพิ่มระบบบำบัดน้ำเสียในจากกิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์ โดยคาดการณ์เปอร์เซ็นต์การนำไปใช้ตั้งแต่ 10-50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสีย และอาศัยวิธีการลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียโดยใช้ระบบบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Baffled Reactor: ABR) ตามคู่มือการจัดการน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์โดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ เอบีอาร์ ของกรมควบคุมมลพิษ (2553) โดยระบบมีความเหมาะสมกับน้ำเสียที่มีความสกปรกสูง (น้ำเสียจากฟาร์มสุกรมีค่า COD ประมาณ 5,000-11,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (Yamamoto และคณะ, 2006)) และระบบบำบัดน้ำเสียสามารถให้ผลผลิตเป็นแก๊สชีวภาพอีกด้วย ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอบีอาร์มีองค์ประกอบของระบบ ได้แก่ บ่อรวบรวมน้ำเสีย บ่อสูบน้ำเสีย บ่อเอบีอาร์ บ่อเติมอากาศ บ่อดึงกาก และชุดปรับปรุงแก๊สชีวภาพ โดยประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนได้อยู่ที่ 7.5 เปอร์เซ็นต์ (คาดการณ์จากประสิทธิภาพการลด COD ในน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ 69 เปอร์เซ็นต์ (Metcalf & Eddy, 2003) โดยสัดส่วน COD ต่อน้ำหนักเซลล์อยู่ที่ 1.20 และเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเซลล์อยู่ที่ 13 เปอร์เซ็นต์ (Rittmann and McCarty, 2000)) การดำเนินแนวทางนี้จะสามารถลดปริมาณไนโตรเจนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำได้ 62-308 ตันต่อปี (การใช้แนวทางนี้ไม่รวมปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียจาก

ฟาร์มสุกร เนื่องจากมีการบำบัดแล้ว) จากการลดดังกล่าวคิดเป็นสัดส่วนไนโตรเจนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำอยู่ที่ 0.2-1.2 เปอร์เซ็นต์จากปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่แหล่ง (ตารางที่ 5-2)

ตารางที่ 5-2 คาดการณ์ปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียจากการเลี้ยงปศุสัตว์ที่ลดลงจากการดำเนินการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ ABR

เปอร์เซ็นต์การดำเนินการ (%)	ปริมาณที่เข้าก่อนการบำบัด (ตันต่อปี)	ปริมาณที่ออกหลังการบำบัด (ตันต่อปี)	ปริมาณที่ลดได้ (ตันต่อปี)	สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่จากฟาร์มปศุสัตว์ที่ลดลง (%)	สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียจากทุกกิจกรรมที่ลดลง (%)
50	4,104	3,797	308	3.8	1.2
40	3,283	3,037	246	3.0	1.0
30	2,463	2,278	185	2.3	0.7
20	1,642	1,519	123	1.5	0.5
10	821	759	62	0.8	0.2

5.3.2 การลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ปล่อยจากกิจกรรมภาคครัวเรือน

ในส่วนของภาคครัวเรือนนั้น เนื่องจากปัญหาการขาดระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งระบบที่มีอยู่ในปัจจุบันครอบคลุมพื้นที่เพียง 2 เปอร์เซ็นต์เฉพาะในส่วนจังหวัดราชบุรีเท่านั้น ดังนั้นการเพิ่มระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียจะสามารถช่วยในการลดปริมาณไนโตรเจนลงได้ โดยคาดการณ์การเพิ่มระบบรวบรวมและระบบบำบัดน้ำเสียจากภาคครัวเรือน โดยคาดการณ์เปอร์เซ็นต์การรวบรวมตั้งแต่ 10-50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสีย โดยระบบบำบัดสามารถลดปริมาณไนโตรเจนได้ 23 เปอร์เซ็นต์ (จากค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในจังหวัดราชบุรีในปัจจุบัน) การดำเนินแนวทางนี้จะสามารถลดปริมาณไนโตรเจนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำได้ 116-582 ตันต่อปี จากการลดดังกล่าวคิดเป็นสัดส่วนไนโตรเจนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำอยู่ที่ 0.5-2.6 เปอร์เซ็นต์จากปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่แหล่ง (ตารางที่ 5-3)

ตารางที่ 5-3 คาดการณ์ปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ลดลงจากการดำเนินการเพิ่มส่วนรองรับน้ำเสียและน้ำทิ้งจากบ่อเกรอะจากครัวเรือน

เปอร์เซ็นต์การดำเนินการ (%)	ปริมาณที่เข้าก่อนการบำบัด (ตัน)	ปริมาณที่ออกหลังการบำบัด (ตัน)	ปริมาณที่ลดได้ (ตัน)	สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่จากครัวเรือนที่ลดลง (%)	สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียจากทุกกิจกรรมที่ลดลง (%)
50	2,530	1,948	582	11.5	2.6
40	2,024	1,558	465	9.2	2.1
30	1,518	1,167	349	6.9	1.6
20	1,012	779	233	4.6	1.0
10	506	390	116	2.3	0.5

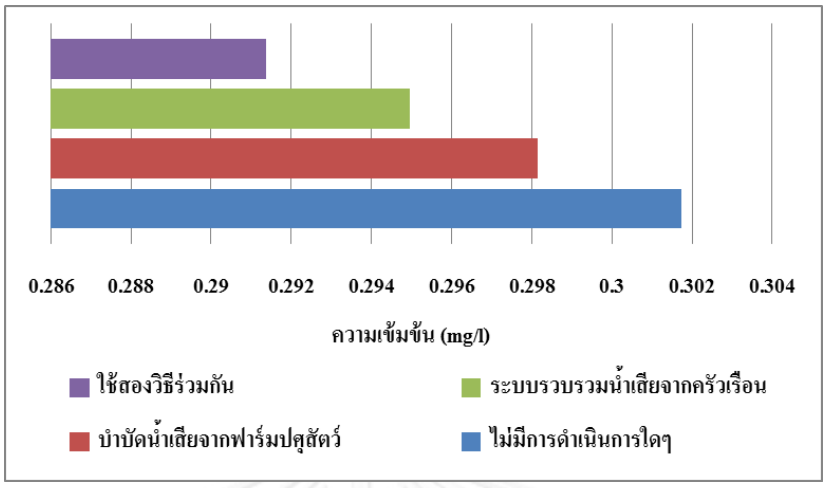
นอกจากการลดผลกระทบโดยตรงจากการลดปริมาณไนโตรเจนที่มาจากน้ำเสียแล้ว การลดปริมาณไนโตรเจนที่ออกไปในรูปของๆเสียที่ออกจากระบบ ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ใช้ในการลดปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากพื้นที่ โดยการนำของเสียจากฟาร์มปศุสัตว์กลับมาใช้ทดแทนการใช้ปุ๋ยในการปลูกข้าว ปริมาณที่นำกลับมาใช้ทดแทนตั้งแต่ 10-40 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนในของเสีย ซึ่งปริมาณที่ 40 เปอร์เซ็นต์จะสามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีได้ทั้งหมด การใช้วิธีดังกล่าวสามารถลดปริมาณของเสียที่ออกนอกระบบได้ตั้งแต่ 2,183-8,640 ตัน (ตารางที่ 5-4)

Chulalongkorn University

ตารางที่ 5-4 คาดการณ์ปริมาณไนโตรเจนในของเสียที่ลดลงจากการดำเนินการในการนำกลับมาใช้ใหม่

เปอร์เซ็นต์การการดำเนินการ (%)	ปริมาณที่ใช้ทดแทนปุ๋ย (ตัน)	ปริมาณที่เหลือออก (ตัน)	ปริมาณที่ใช้ปุ๋ยเหมือนเดิม (ตัน)	ปริมาณที่ลดการปล่อยลงได้ (ตัน)
40	8,640	13,188	0	8,640
30	6,548	15,280	2,092	6,548
20	4,366	17,462	4,274	4,366
10	2,183	19,645	6,457	2,183

จากปริมาณไนโตรเจนที่คาดการณ์ว่าจะลดลงจากการดำเนินแนวทางการลดปริมาณไนโตรเจนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำทั้งสองวิธีโดยดูปริมาณที่คาดการณ์ว่าจะสามารถลดปริมาณไนโตรเจนได้สูงสุดคือ 308 ตันสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยวิธีเอบีอาร์ และ 582 ตันสำหรับการดำเนินการเพิ่มส่วนรองรับน้ำเสีย และน้ำทิ้งจากบ่อเกรอะจากครัวเรือน เมื่อคำนวณความเข้มข้นปริมาณไนโตรเจนในแหล่งน้ำโดยอาศัยปริมาณน้ำฝนที่ตกในปี 2553 อยู่ที่ 1,205.1 มิลลิเมตร (กษ, สศก., 2555) เปอร์เซ็นต์น้ำไหลบ่าผิวหน้าดินที่ 23.59 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยปีละ 3,183 ล้าน ลบ.ม. (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [ทพ.], กรมทรัพยากรน้ำ [ทน.], ม.ป.ป.: ออนไลน์) พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนรวมในแม่น้ำจากการประเมินอยู่ที่ 0.302 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการดำเนินแนวทางในการลดปริมาณไนโตรเจนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำด้วยวิธีการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ด้วยวิธีเอบีอาร์ความเข้มข้นของไนโตรเจนรวมในแม่น้ำเท่ากับ 0.298 มิลลิกรัมต่อลิตร การลดปริมาณไนโตรเจนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำด้วยวิธีการดำเนินการเพิ่มส่วนรองรับน้ำเสีย และน้ำทิ้งจากบ่อเกรอะจากครัวเรือนความเข้มข้นของไนโตรเจนรวมในแม่น้ำเท่ากับ 0.295 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อใช้สองแนวทางร่วมกันปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนรวมในแม่น้ำเท่ากับ 0.291 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 5-16) ซึ่งสามารถลดปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในแหล่งน้ำได้ 0.011 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้ความเสี่ยงการเกิดปัญหายูโทรฟิเคชั่นในพื้นที่แม่น้ำแม่กลอง และบริเวณอ่าวไทยตอนบนลดลง



รูปที่ 5-16 ความเข้มข้นของปริมาณไนโตรเจนที่ลดลงจากการดำเนินนโยบายต่างๆ

5.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของการประเมิน (Sensitivity analysis)

5.4.1 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจากการปรับสมดุล

จากการประเมินกระแสการไหลของไนโตรเจนในกิจกรรมต่างๆ พบว่าข้อมูลสถิติของปริมาณกิจกรรมในพื้นที่ และข้อมูลตัวแปรที่ใช้ในการประเมินมีจำกัด ซึ่งในการประเมินได้ทำการประเมินในทุกกระแสการไหลที่เข้าและออกจากกิจกรรมทุกกระแสการไหลจากข้อมูลที่มี แต่การประเมินยังพบความแตกต่างระหว่างปริมาณไนโตรเจนขาเข้า และปริมาณไนโตรเจนขาออก โดยในแต่ละกิจกรรมจะมีกระแสการไหลที่ใช้ในการปรับสมดุลปริมาณไนโตรเจนขาเข้าและปริมาณไนโตรเจนขาออกแตกต่างกันไปดังตารางที่ 5-5 ซึ่งกิจกรรมที่มีเปอร์เซ็นต์ปริมาณไนโตรเจนที่ปรับสมดุลต่อปริมาณไนโตรเจนขาเข้ามากที่สุดคือ กิจกรรมครัวเรือน จากปริมาณไนโตรเจนในน้ำโสโครกคิดเป็น 64 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กิจกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำ จากปริมาณไนโตรเจนในตะกอนคิดเป็น 63 เปอร์เซ็นต์ และกิจกรรมการบำบัดน้ำเสีย จากปริมาณแก๊สคิดเป็น 46 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนกิจกรรมอุตสาหกรรมที่ไม่มีเปอร์เซ็นต์ปริมาณไนโตรเจนที่ใช้ปรับสมดุล เนื่องจากการประเมินในภาคอุตสาหกรรมเป็นการคิดย้อนกลับจากปริมาณน้ำเสีย ดังนั้นจึงไม่มีการสมดุลปริมาณไนโตรเจน

ตารางที่ 5-5 เปอร์เซ็นต์กระแสการไหลที่ใช้ในการปรับสมดุลของแต่ละกิจกรรม

กิจกรรม	กระแสการไหลที่ใช้ปรับสมดุล	เปอร์เซ็นต์ปริมาณไนโตรเจนที่ใช้ปรับสมดุล (%)
ปลูกข้าว	สะสม	11
ปศุสัตว์	น้ำเสีย (ยกเว้นฟาร์มสุกร)	17
เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	ตะกอน	63
อุตสาหกรรม	-	-
ครัวเรือน	น้ำโสโครก	64
การจัดการขยะ	การซึม	0.03
การบำบัดน้ำเสีย	แก๊ส	46

5.4.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจากการเปลี่ยนปริมาณกระแสการไหลที่เข้าสู่กิจกรรม

จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณกระแสการไหลที่เข้าสู่กิจกรรม โดยวิเคราะห์จากการเพิ่มขึ้นของกระแสการไหลเข้าหลักของแต่ละกิจกรรมอีก 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การเปลี่ยนแปลงในด้านปริมาณการใช้ปุ๋ยทั้งสูตร 16-20-0 และ 46-0-0 ในกิจกรรมการปลูกข้าว และการเพิ่มปริมาณอาหารสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำ ส่งผลกระทบต่อการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากกิจกรรม และเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่ปล่อยลงสู่แหล่งเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (ตารางที่ 5-5) ส่วนการเปลี่ยนแปลงกระแสการไหลที่ส่งผลกระทบมากที่สุด คือ การเพิ่มปริมาณอาหารของปศุสัตว์อีก 10 เปอร์เซ็นต์ โดยจะส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากกิจกรรมเพิ่มขึ้นอีก 12.19 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณไนโตรเจนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจากทุกกิจกรรมเพิ่มขึ้น 11.9 เปอร์เซ็นต์

ในส่วนกิจกรรมที่ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลง คือ อุตสาหกรรม การจัดการขยะ และการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากในส่วนของอุตสาหกรรมนั้นเป็นการประเมินย้อนกับจากข้อมูลปริมาณน้ำเสีย ดังนั้นการวิเคราะห์โดยการเพิ่มกระแสการไหลเข้าจะส่งผลต่อปริมาณน้ำเสียออกจากกิจกรรม ซึ่งเป็นส่วนที่ข้อมูลเดียว และเป็นข้อมูลที่มีความเชื่อมโยงกับพื้นที่มากที่สุดของกิจกรรมนี้ ในกรณีของการจัดการขยะ และการบำบัดน้ำเสียนั้น เนื่องจากกระแสการไหลที่เข้าสู่ระบบมาจากข้อมูลสถิติของปริมาณขยะและน้ำเสียจากหน่วยงานที่ดูแลพื้นที่ที่ประเมินโดยตรง ดังนั้นข้อมูลที่นำมาใช้จึงมีความน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 5-6 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของกระแสการไหลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณกระแสการไหลในแต่ละกิจกรรม

กิจกรรม	กระแสการไหลที่เปลี่ยน	ปริมาณที่เปลี่ยน	เปอร์เซ็นต์ปริมาณไนโตรเจนขาออกที่เปลี่ยนแปลง (%)	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียในแต่ละกิจกรรม (%)	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ปล่อยสู่ลุ่มน้ำ (%)
ปลูกข้าว	ปุ๋ยสูตร 16-20-0	+10 %	2.86	2.92	0.04
	ปุ๋ยสูตร 46-0-0	+10 %	1.85	1.93	0.08
ปศุสัตว์	ปริมาณอาหารสัตว์	+10 %	12.19	21.64	11.90
เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	ปริมาณอาหารสัตว์	+10 %	4.94	2.65	0.05
อุตสาหกรรม	-	-	-	-	-
ครัวเรือน	ปริมาณการบริโภค	+10 %	6.07	8.62	1.69
การจัดการขยะ	-	-	-	-	-
การบำบัดน้ำเสีย	-	-	-	-	-

จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจากการปรับสมดุล และความอ่อนไหวเนื่องจากกระแสการไหลที่เข้าสู่กิจกรรม สรุปได้ว่ากิจกรรมครัวเรือน การเลี้ยงสัตว์น้ำ และการบำบัดน้ำเสีย มีความเป็นไปได้ที่การประเมินไม่ครอบคลุมทุกกระแสการไหลของกิจกรรม ส่วนข้อมูลที่ใช้ในการประเมินนั้น กิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์เป็นกิจกรรมที่การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลด้านปริมาณอาหารจะส่งผลกระทบต่อปริมาณไนโตรเจนมากที่สุด และกิจกรรมที่ไม่สามารถประเมินความอ่อนไหวได้คือ กิจกรรมภาคอุตสาหกรรมเนื่องจากขาดข้อมูลที่ใช้ในการประเมิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผล

ในพื้นที่จังหวัดราชบุรี และสมุทรสงครามซึ่งตั้งอยู่ในลุ่มแม่น้ำแม่กลอง มีกิจกรรมหลักอันประกอบด้วย การเกษตร ครัวเรือน อุตสาหกรรม และการจัดการขยะและบำบัดน้ำเสีย โดยในปี 2553 มีปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่พื้นที่ลุ่มน้ำในสองจังหวัดอยู่ที่ 69,802 ตันต่อปี ปริมาณไนโตรเจนสะสมอยู่ที่ 1,277 ตันต่อปี และปริมาณไนโตรเจนออกจากระบบอยู่ที่ 68,516 ตันต่อปี โดยมีปริมาณไนโตรเจนที่เข้าและออกจากแต่ละกิจกรรมดังนี้

- การปลูกข้าว มีปริมาณไนโตรเจนเข้าสู่กิจกรรม 10,359 ตันต่อปี โดยมาจากปุ๋ยเคมี 8,640 ตันต่อปี ส่วนปริมาณไนโตรเจนออกจากกิจกรรมอยู่ที่ 9,698 ตันต่อปี ส่วนที่เหลือ 601 ตันต่อปีจะถูกสะสมในกิจกรรม
- การเลี้ยงปศุสัตว์ มีปริมาณไนโตรเจนเข้าและออกจากกิจกรรม 42,978 ตันต่อปี โดยปริมาณไนโตรเจนขาเข้ามาจากอาหารสัตว์เป็นหลักถึง 41,037 ตันต่อปี ส่วนปริมาณไนโตรเจนออกจากกิจกรรมแบ่งเป็น 4 ส่วนหลักคือ ของเสีย 16,473 ตันต่อปี น้ำเสีย 7,501 ตันต่อปี น้ำทิ้งจากการบำบัด 6,740 ตันต่อปี ผลผลิตพวกเนื้อสัตว์ 6,257 ตันต่อปี
- การเลี้ยงสัตว์น้ำ มีปริมาณไนโตรเจนเข้าและออกจากกิจกรรม 3,159 ตันต่อปี โดยปริมาณไนโตรเจนขาเข้ามาจาก 2 ส่วนหลักคืออาหารสัตว์เป็นหลักถึง 1,559 ตันต่อปี และน้ำชลประทาน 1,557 ตันต่อปี ส่วนปริมาณไนโตรเจนออกจากกิจกรรมแบ่งเป็น 3 ส่วนหลักคือ ตะกอน 1,999 ตันต่อปี ผลผลิต 587 ตันต่อปี และน้ำไหลบ่าผิวดิน 522 ตันต่อปี
- อุตสาหกรรม มีปริมาณไนโตรเจนเข้าและออกจากกิจกรรม 10,692 ตันต่อปี โดยปริมาณไนโตรเจนขาเข้ามาจากวัตถุดิบ และน้ำเสียเป็นหลักถึง 4,843 และ 5,837 ตันต่อปีตามลำดับ ส่วนปริมาณไนโตรเจนออกจากกิจกรรมแบ่งเป็น 3 ส่วนหลักคือ น้ำทิ้งจากโรงงานบำบัดน้ำเสีย 4,086 ตันต่อปี ผลผลิต 2,675 ตันต่อปี และสลัดจ์จากโรงงานบำบัดน้ำเสีย 1,751 ตันต่อปี
- ครัวเรือน มีปริมาณไนโตรเจนเข้าและออกจากกิจกรรม 7,231 ตันต่อปี โดยมาจากอาหารที่บริโภค 4,392 ตันต่อปี ส่วนปริมาณไนโตรเจนออกจากกิจกรรมอยู่ที่ 6,736 ตันต่อปี โดยส่วนใหญ่ออกไปในลักษณะน้ำซึมจากบ่อเกรอะ 4,135 ตันต่อปี ในส่วนปริมาณไนโตรเจนที่เหลือ 495 ตันต่อปีที่ไม่ออกจากกิจกรรม จะถูกสะสมในรูปตะกอนในบ่อเกรอะ

- การจัดการขยะ มีปริมาณไนโตรเจนเข้ากิจกรรม 1,607 ตันต่อปี สะสมในบ่อหรือหลุมฝังกลบ 182 ตันต่อปี ออกจากกิจกรรมทั้งสิ้น 1,425 ตันต่อปี โดยออกไปใน 2 รูปแบบหลักคือแก๊สจากการเผาและย่อยสลาย 843 ตันต่อปี ไม่รู้วิธีการกำจัด 515 ตันต่อปี
- การบำบัดน้ำเสีย โดยมีปริมาณน้ำเสียเข้ากิจกรรม 38 ตัน และออกจากกิจกรรมเป็นแก๊ส 17 ตันต่อปี สลัดจ์ 9 ตันต่อปี และน้ำทิ้ง 11 ตันต่อปี

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนในระบบ คือ ปริมาณของกิจกรรม และลักษณะของกิจกรรม เช่น วิธีการเลี้ยงสัตว์ วิธีการกำจัดของเสีย โดยกระแสการไหลที่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนเข้าระบบคืออาหารของปศุสัตว์ (58 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่ระบบ) ปุ๋ยที่ใช้ในการปลูกข้าว (12 เปอร์เซ็นต์) และน้ำเสียที่เข้าสู่โรงงานบำบัดน้ำเสีย (8 เปอร์เซ็นต์) ในส่วนกระแสการไหลหลักที่ส่งผลต่อไนโตรเจนขาออกคือ ของเสียจากปศุสัตว์ (24 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่ระบบ) น้ำเสียจากการเลี้ยงปศุสัตว์ (11 เปอร์เซ็นต์) น้ำทิ้งจากการบำบัดน้ำเสียขั้นต้น (ฟาร์มสุกร) (10 เปอร์เซ็นต์) และสัตว์จากปศุสัตว์ (8 เปอร์เซ็นต์)

ในส่วนของน้ำเสียนั้นกิจกรรมต่างๆนั้น แต่ละกิจกรรมได้ส่งผลต่อการปล่อยไนโตรเจนลงสู่แหล่งน้ำแตกต่างกันออกไป โดยกิจกรรมสำคัญที่ส่งผลต่อการปล่อยไนโตรเจนลงสู่แหล่งน้ำได้แก่ กิจกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์ อุตสาหกรรม และภาคครัวเรือน โดยมีปริมาณ 14,241 ตันต่อปี (55 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนที่ปล่อยในรูปน้ำเสีย) 5,604 ตันต่อปี (22 เปอร์เซ็นต์) และ 5,096 ตันต่อปี (20 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ โดยแนวทางการลดปริมาณการปล่อยไนโตรเจนลงสู่แหล่งน้ำได้แก่ การจัดทำระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอบีอาร์สำหรับฟาร์มเพาะเลี้ยงปศุสัตว์ ซึ่งสามารถลดปริมาณไนโตรเจนที่ปล่อยลงได้ 62-308 ตันต่อปี หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในน้ำเสียจากทุกกิจกรรมที่ 0.2-1.2 เปอร์เซ็นต์ และอีกวิธีการหนึ่งคือการเพิ่มระบบรวบรวมและระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ซึ่งจะสามารถลดปริมาณไนโตรเจนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำได้ 116-582 ตันต่อปี หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในน้ำเสียจากทุกกิจกรรมที่ลดลงประมาณ 0.5-2.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อดำเนินแนวทางการลดทั้งสองวิธีร่วมกันสามารถลดปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนลงจากการไม่ได้ดำเนินแนวทางการลด 0.011 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะลดความเสี่ยงในการเกิดปัญหายูโทรฟิเคชั่นในแม่น้ำแม่กลองและอ่าวไทยตอนบน

Chulalongkorn University

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการวิจัยฉบับนี้ได้ มีข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไปดังนี้

- การประเมินในงานวิจัยนี้ครอบคลุมพื้นที่ 2 จังหวัดหลักของที่ราบแม่น้ำแม่กลอง แต่พื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองคลอบคลุมพื้นที่ 8 จังหวัด ดังนั้นควรมีการขยายพื้นที่ศึกษาเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งลุ่มน้ำ

- งานวิจัยฉบับนี้ยังขาดการเชื่อมโยงปริมาณไนโตรเจนที่ปล่อยออกจากกิจกรรม และความเข้มข้นในแหล่งน้ำอย่างเหมาะสม ซึ่งจะเป็นองค์ประกอบในการวางแผนการจัดการและการตรวจวัดความแม่นยำของการวิเคราะห์ให้มีความถูกต้องมากขึ้น ดังนั้นควรจัดทำผังกระแสการไหลของน้ำรวมทั้งพิจารณาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจน เพื่อใช้ประกอบในการประเมินร่วมกับผังการไหลของ

ไนโตรเจน เพื่อเพิ่มความแม่นยำ ทำให้รู้ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ปล่อยสามารถเปรียบเทียบผลการประเมินกับค่าที่ตรวจวัด รวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนการจัดการได้

- ในส่วนของข้อมูลรายกิจกรรมซึ่งมีรายละเอียดมาก และมีความแตกต่างในแต่ละกิจกรรม รวมถึงข้อมูลสถิติในแต่ละกิจกรรมที่นำมาวิเคราะห์ ยังขาดรายละเอียดของข้อมูล ดังนั้นในการวิจัยต่อไปควรทำการแยกวิเคราะห์รายกิจกรรมโดยใช้การเก็บข้อมูลจริงภายในพื้นที่ เพื่อให้ได้รายละเอียดและความแม่นยำในการประเมินเพิ่มมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Bock และคณะ. 1999, อ้างถึงใน นิคม ละอองศิริวงศ์. ธาตุอาหารที่เป็นปัจจัยกำจัดมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในทะเลสาบสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2547.

Bouman, B.A.M., Wopereis, M.C.S., Kropff, M.J., Berge, H.F.M., and Tuong T.P. Water use efficiency of flooded rice fields II. Percolation and seepage losses. AgriculturalWater Management 26 (1994): 291-304.

Brunner, P.H. and Rechberger, H. Practical Handbook of Material Flow Analysis. the United States of America: Lewis, 2004.

Casillas-Hernandez, R., Magallon-Barajas, F., Portillo-Clarck, G. and Paez-Osuna, F. Nutrient mass balances in semi-intensive shrimp ponds from Sonora, Mexico using two feeding strategies: Trays and mechanical dispersal. Aquaculture 258 (2006): 289-298.

Chen, M., Chen, J., and Sun, F. Agricultural phosphorus flow and its environmental impacts in China. Science of Total Environment 405 (2008): 140-152.

Committee to Evaluate Indicators for Monitoring Aquatic and Terrestrial Environments,Commission on Geosciences, Environment and Resources,Division on Earth and Life Studies,National Research Council. Ecological Indicators for the Nation. Washinton,D.C.: National Academies Press, 2000.

Diego-mcglone, M.L.S., Smith, S.V. and Nicolas, V.F. Stoichiometric Interpretations of C:P:N Ratios in Organic Waste Materials. Marine Pollution Bulletin 40 (2000): 325-330.

Finnveden, G. and Moberg, A. Environmental systems analysis tools – an overview. Journal of Cleaner Production 13 (2005): 1165-1173.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. Determination of the effectivve rainfall [Online]. (n.d.). Available from : http://www.fao.org/docrep/S2022E/s2022e08.htm [2013, June 12]

Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food composition tables for international use [Online]. (n.d.). Available from : http://www.fao.org/docrep/X5557e/x5557e0a.htm#meat and meat products [2013, September 17]

Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food composition tables for international use [Online]. (n.d.). Available from : http://www.fao.org/docrep/X5557e/x5557e00.htm#Contents [2013, September 17]

Food and Agriculture Organization of the United Nations. Livestock sector brief_Thailand [Online]. (n.d.). Available from : http://www.fao.org/ag/againfo/resources/en/publications/sector_briefs/lsb_THA.pdf [2013, September 01]

Food and Agriculture Organization of the United Nations. National fishery sector overview Thailand [Online]. (n.d.). Available from : ftp://ftp.fao.org/Fi/DOCUMENT/fcp/en/Fl_CP_TH.pdf [2013, September 01]

Food and Agriculture Organization of the Uniteds Nations. IRRIGATION WATER NEEDS [Online]. (n.d.). Available : http://www.fao.org/docrep/s2022e/s2022e08.htm [2556, April 16]

Frobish, L.T. Seeppage from Fishponds. Alabama : Bulletin 599, 1989.

Fujimori, S., and Matsuoka, Y. Development of estimating method of global carbon, nitrogen, and phosphorus flows caused by human activity. Ecological Economics 62 (2007): 399-418.

Gadde, B., Menke, C. and Wassmann, R. Rice straw as a renewable energy source in India, Thailand, and the Philippines: Overall potential and limitations for energy contribution and greenhouse gas mitigation. Biomass and Bioenergy 33 (2009): 1532-1546.

Gerbens-Leenes, P.W., Nonhebel, S. and Krol, M.S. Food consumption patterns and economic growth. Increasing affluence and the use of natural resource. Appetite 55 (2010): 597-608.

Heinemann, R.J.B., Fagundes, P.L., Pinto, E.A., Penteado, M.V.C. and Lanfer-Marquez, U.M. Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. Journal of Food Composition and Analysis 18 (2005): 287-296.

Jackson, C., Preston, N., Thompson, P.J. and Burford, M. Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm. Aquaculture 218 (2003): 397-411.

Kennedy, G., Burlingame, B. and Nguyen, V.N. Nutritional contribution of rice and impact of biotechnology and biodiversity in rice-consuming countries [Online]. (n.d.). Available from : http://www.fao.org/docrep/006/y4751e/y4751e05.htm [2013, September 01]

Li, S., Yuan, Z., Bi, J., and Wu, H. Anthropogenic phosphorus flow analysis of Hefei City, China. Science of the Total Environment 408 (2010) : 5715-5722.

Li, Y., Cao, W., Su, C. and Hong, H. Nutrient sources and composition of recent algal blooms and eutrophication in the northern Jiulong River, Southeast China. Marine Pollution Bulletin 63 (2011) : 249-254.

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Liang, X. Q., Chen, Y.X., Li, H., Tian, G.M., Ni, W.Z., He, M.M. and Zhang, Z.J. Modeling transport and fate of nitrogen from urea applied to a near-trench paddy field. Environmental Pollution 150 (2007): 313-320.

Lim, J.S., Manan, Z.A. Alwi, S.R.W. and Hasin, H. A review on Utilisation of biomass from rice industry as a source of renewable energy. Renewable and Sustainable Reviews 16 (2012): 3084-3094.

Metcalf & Eddy Inc., Tchobanoglous, G., Burton F. L., Stensel H. D. Wastewater Engineering Treatment and Reuse. Fourth Edition. McGRAW-HILL, 2003.

Misselbrook, T.H., et. al. Ammonia emission factors for UK agriculture. Atmospheric Environment 34 (2000): 871-880.

Paerl, H.W. Assessing and managing nutrient-enhanced eutrophication in estuarine and coastal waters: Interactive effects of human and climatic perturbations. Ecological Engineering 26 (2006) : 40-54.

Paez-osuna, F., Guerrero-galvan, S.R., Ruiz-fernandez, A.C. and Espinoza-angulo, R. Fluxes and Mass Balances of Nutrients in a Semi- Intensive Shrimp Farm in North-Western Mexico. Marine Pollution Bulletin 34 (1997): 290-297.

Paramee, S., Chidthaisong, A., Towprayoon, S., Asnachinda, P., Bashkin, V.N. and Tangtham, N. Three-Year Monironing Results of Nitrate and Ammonium Wet Deposition in Thailand. Environmental monitoring and Assessment 102 (2005): 27-40.

Pichtel, J. Waste Management Practices. Florida: CRC, 2005.

Pidwirny, M. The Nitrogen Cycle [Online]. (2006). Available from : http://www.physicalgeography.net/fundamentals/9s.html

Pinida Leelapanang. Material Flow Analysis of Nitrogen through Food Production and Consumption for Watershed Management in Chaophraya River Delta, Thailand. Doctoral dissertation, Department of Urban Engineering Graduate School of Engineering The University of Tokyo, 2010.

Redfield, A.C. The biological control of chemical factors in the environment. American Scientist 46 (1958): 205-221.

Rittmann and McCarty, Environmental Biotechnology: Principles and Applications. McGRAW-HILL, 2000.

Sawyer, C.N., McCarty, P.L. and Parkin, G.F. Chemistry for Environmental Engineering and Science. 5th ed. McGRAW-HILL, 2002.

Schaffner, M. Applying a Material Flow Analysis Model to Assess River Water Pollution and Mitigation Potentials A Case-Study in the Thachin River Basin, Central Thailand. Doctoral dissertation, Centre for Development and Environment (CDE) and Hydrology Group Department of Geography University of Bern, 2007.

Schaffner, M., Bader, H. and Scheidegger, R. Modeling the contribution of point sources and non-point sources to Thachin River water pollution. Science of the Total Environment 407 (2009) : 4902-4915.

Smith, K.A. and Frost, J.P. Nitrogen excretion by farm livestock with respect to land spreading requirements and controlling nitrogen losses to ground and surface water. Part 1: cattle and sheep. Bioresource Technology 71 (2000): 173-181.

Smith, K.A., Charles, D.R. and Moorhouse, D. Nitrogen excretion by farm livestock with respect to land spreading requirements and controlling nitrogen losses to ground and surface water. Part 2: pigs and poultry. Bioresource Technology 71 (2000): 183-194.

Stone, N.M., and Boyd, C.E. Seepage from Fishponds. Auburn, Albama: Alabama Agricultural Experiment Station, 1989.

Stuffer, B. Lakes [Online]. (n.d.). Available from : http://www.sswm.info/category/implementation-tools/water-sources/hardware/surface-water-sources/lakes [2013, Febuary 20]

Suparb Paramee, Amnat Chidthaisong, Sirintornthep Towprayoon, Pongpor Asnachinda, Bashkin, V. N. and Nipon Tangtham. Three-Year Monitoring Resaults of Nitrate and Ammonium Wet Deposition in Thailand. Environmental Monitoring and Assessment 102 (2005): 27-40.

Tarkul, P.D., and Lin, C.K. Water quality and nutrient budget in closed shrimp (Penaeus monodon) culture system. Aquacultural Engineering 27 (2003): 159-176.

Uraiwan Saeuy. Flow of Nitrogen in the Snakeskin Gourami (Trichogaster pectoralis Regan) Raising Pond Using Material Flow Analysis at Samut Songkhram Province. Master's Thesis, Faculty of Graduate Studies Mahidol University, 2008.

Wannipa Noyboonya. Material Flow Analysis of Phosphorus in the Maeklong River. Master's Thesis, Faculty of Graduate Studies Mahidol University, 2008.

Wittmer, I. Modeling the Water and Nutrient Flows of Freshwater Aquaculture in Thailand. Diploma Thesis, Environmental Science, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, 2005.

Wopereis, M.C.S., Bouman, B.A.M., Kropff, M.J., Berge, H.F.M., and Maligaya A.R. Water use efficiency of flooded rice fields I. Validation of the soil-water balance model SAWAH. AgriculturalWater Management 26 (1994): 277-289.

Yamamoto, T., Takaki K., Koyama, K. Novel partial nitritation treatment for anaerobic digestion liquor of swine wastewater using swim-bed technology. Journal of Bioscience and Bioengineering 102 (2006): 497-503.

Yuan, Z., Shi, J., Wu, H. Zhang, L., and Bi, J. Understanding the anthropogenic phosphorus pathway with substance flow analysis at the city level. Journal of Environmental Management 92 (2011) : 2021-2028.

กรมการข้าว. สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว การใช้ประโยชน์จากแกลบและผลิตภัณฑ์ [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา: http://www.riceproduct.org/index.php?option=com_content&task=view&id=94&Itemid=50 [2556, มิถุนายน 20]

กรมควบคุมมลพิษ, 2542 อ้างถึงใน อุตสาหกรรม, กระทรวง. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. ตำราระบบบำบัดมลพิษทางน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพ: สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2548.

กรมควบคุมมลพิษ, สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. น้ำเสียชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2545.

กรมควบคุมมลพิษ. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. คู่มือการจัดการน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์โดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ ABR (Anaerobic Baffled Reactor). กรุงเทพมหานคร: สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, 2553.

กรมควบคุมมลพิษ. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. คู่มือการประเมินปริมาณน้ำเสียและปริมาณมลพิษจากการเลี้ยงสุกร. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2545.

กรมควบคุมมลพิษ. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. สถานการณ์ปัจจุบันบริเวณอ่าวไทยตอนในและความเชื่อมโยงกับ ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://wqm.pcd.go.th/water/images/stories/marine/journal/Redtide.pdf [2556, กุมภาพันธ์ 20]

กรมชลประทาน. การเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชัง [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://kmcenter.rid.go.th/kmc01/pdf/other/การเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชัง.pdf [2556, กุมภาพันธ์ 20]

กรมประมง. สรุปผลการประชุมหารือเรื่อง การวิเคราะห์สาเหตุสัตว์น้ำตายที่บริเวณอ่าวไทยตอนในบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม [ออนไลน์]. 2555. แหล่งที่มา : http://www.fisheries.go.th/dof/index.php?option=com_content&view=article&id=284:201211-15-05-53-38&catid=75:2012-02-28-14-00-36 [2556, กุมภาพันธ์ 20]

กรมปศุสัตว์. ความต้องการน้ำของสัตว์ [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา: http://www.dld.go.th/nutrition/SERVICE/NEWS/new53/image53/drink.pdf [2557,มีนาคม 19]

กรมส่งเสริมวัฒนธรรม. วัฒนธรรม พัฒนาการทางประวัติศาสตร์ เอกลักษณ์และภูมิปัญญา จังหวัดสมุทรสงคราม [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://webhost.m-culture.go.th/province/samutsongkhram/default.html [2556, กุมภาพันธ์ 20]

การประปาส่วนภูมิภาค อ้างถึงใน ธรรมพงศ์ เนาวบุตร. การประเมินความต้องการน้ำอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรม [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : 202.129.59.73/wm/Water/water%20demand%201.pdf [2556, กันยายน 1]

เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง. กรมชลประทาน. ข้อมูลการใช้น้ำของพืชในภาคกลาง [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://water.rid.go.th/hwm/cropwater/CWRdata/ET/et_central.pdf [2556, กุมภาพันธ์ 20]

เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง. กรมประมง. การเพาะเลี้ยงปลากะพงขาว Lates calcarifer (Bloch) ในกระชังขนาดใหญ่ [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://www.fisheries.go.th/cf-phuket/aofamru%20Lates%20Calcarifer.pdf [2556,กันยายน 01]

เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง. กรมปศุสัตว์. การเลี้ยงโคเนื้อ [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://www.dld.go.th/service/duck%205%20type/kabin.html [2556, กุมภาพันธ์ 20]

เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง. กรมปศุสัตว์. การเลี้ยงเป็ดเทศพันธุ์กบินทร์บรี [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://www.dld.go.th/service/duck%205%20type/kabin.html [2556, กุมภาพันธ์ 20]

เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง. กรมปศุสัตว์. การเลี้ยงสุกร. 17,000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2548.

เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง. กรมปศุสัตว์. การให้อาหารและสูตรอาหารไก่ไข่ [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://www.dld.go.th/service/webeggs/mainegg.html [2557, มกราคม 20]

เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง. กรมปศุสัตว์. จำนวนแกะและเกษตรกรผู้เลี้ยงรายจังหวัดระหว่างปี 2552-2553. [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://www.dld.go.th/ict/th/images/stories/stat_web/yearly/2553/reportgoat/goat_province_52-53_2.pdf [2556, กุมภาพันธ์ 20]

เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง. กรมปศุสัตว์. จำนวนแพะและเกษตรกรผู้เลี้ยงรายจังหวัดระหว่างปี 2552-2553. [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://www.dld.go.th/ict/th/images/stories/stat_web/yearly/2553/reportsheep53/3%20sheep_p52-53.pdf [2556, กุมภาพันธ์ 20]

เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง. กรมปศุสัตว์. พันธุ์เป็ดไข่ [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://www.dld.go.th/service/dkegg_kabin/main.html [2557, มกราคม 20]

เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง. สำนักงานประมงจังหวัดราชบุรี. ข้อมูลการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในจังหวัดราชบุรี. [รายงานสถิติ]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา: เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง. สำนักงานประมงจังหวัดราชบุรี. [2556, กุมภาพันธ์ 20]

เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง. สำนักงานประมงจังหวัดสมุทรสงคราม. ข้อมูลการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในจังหวัดสมุทรสงคราม. [รายงานสถิติ]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา: เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง. สำนักงานประมงจังหวัดสมุทรสงคราม. [2556, กุมภาพันธ์ 20]

เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2554 [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://www.oae.go.th/download/download_journal/yearbook54.pdf [2556, กุมภาพันธ์ 20]

ข่าวสด. ทะเลแม่กลองเน่าจี้ผู้ว่าฯดูแล [ออนไลน์]. 2555. แหล่งที่มา : http://www.khaosod.co.th/view_newsonline.php?newsid=TVRNMU1qZzVNelF3Tmc9PQ== [2556, กุมภาพันธ์ 20]

เครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย. ปัญหามลภาวะในฟาร์มเลี้ยงสัตว์และการบำบัด [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://teenet.cmu.ac.th/btc/farmpollution.php#01 [2556, กุมภาพันธ์ 20]

จันทร์จิรา ช่ออังชัญ. การวิเคราะห์การไหลของฟอสฟอรัสในระบบนาข้าว : กรณีศึกษานาข้าวริมน้ำกว๊านพะเยา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา, 2555.

จูอะดี พงศ์มณีรัตน์ และ พัชรี ซุ่นสั้น. การสะสมและการขับทิ้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* Bloch, 1790) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดแห้งและอาหารปลาสด. วารสารการประมง. (2553): 487-501.

ชนกันต์ จิตมนัส และ สมชาย มะกาว. ผลของระดับโปรตีนและลักษณะของอาหารเม็ดสำเร็จรูปต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของการเลี้ยงปลาทับทิมในกระชังบริเวณอ่างเก็บน้ำห้วยแพะ ต.นาปรัง อ.ปง จ.พะเยา ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: สาขาประมง. หน้า 271-278. กรุงเทพฯ, 2553.

ชลาทิพ จันทร์ชมภู, จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ และเชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์. การใช้ปริมาณและอัตราส่วนของธาตุอาหารเพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์และมลภาวะของแหล่งน้ำในแม่น้ำบางประกง เขตอำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา. ใน รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 205-213. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร, 2549.

ฐานข้อมูลความรู้ทางทะเล. ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา : http://www.mkh.in.th/index.php/2010-03-22-18-05-34/2010-03-26-07-59-54 [2556, กุมภาพันธ์ 20]

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. กรมควบคุมมลพิษ. ข้อมูลคุณภาพน้ำ. [รายงานสถิติ]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา: ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. กรมควบคุมมลพิษ. [2556, กุมภาพันธ์ 20]

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. กรมควบคุมมลพิษ. รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2554. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : ดอกเบี้ย, 2555.

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. กรมทรัพยากรน้ำ. แผนที่มาตรฐานการแบ่งลุ่มน้ำหลัก และลุ่มน้ำสาขาของประเทศไทย [ออนไลน์]. 2552. แหล่งที่มา : http://dwr.go.th/contents/files/article/article_th-27012012-162728-85852.pdf [2556, กุมภาพันธ์ 20]

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. กรมทรัพยากรน้ำ. แผนที่ลุ่มน้ำสาขาที่ราบแม่น้ำแม่กลอง [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://intranet.dwr.go.th/wrro7/images/map%20teelabmakong.jpg [2556, กุมภาพันธ์ 20]

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. กรมทรัพยากรน้ำ. ศักยภาพและลุ่มน้ำสาขาที่ราบแม่น้ำแม่กลอง [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา: region.dwr.go.th/wrro7/download/s-04.doc [2557, เมษายน]

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. โครงการติดตามและประเมินผลการจัดการขยะมูลฝอยและน้ำเสียชุมชนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น [ออนไลน์]. 2548. แหล่งที่มา : http://eia.onep.go.th/eialibrary/cd-000137/RT4813%20(รายงานฉบับสมบูรณ์)/ [2556, กุมภาพันธ์ 20]

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8. การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสียและระบบกำจัดขยะมูลฝอย [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://www.envwest.com/present/Report_planwaste_54.pdf [2556, กุมภาพันธ์ 20]

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8. ฐานข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมเชิงพื้นที่ จังหวัดราชบุรี [ออนไลน์]. (2550). แหล่งที่มา : http://www.envwest.com/present/reo8_ratchaburi.pdf [2556, กุมภาพันธ์ 20]

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8. รายงานสถานการณ์สิ่งแวดล้อมภาคตะวันตก พ.ศ.2554 [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://www.envwest.com/present/report_soe%202554.pdf [2556, กุมภาพันธ์ 20]

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8. รายงานคุณภาพน้ำผิวดิน ปี 2555 [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://www.envwest.com/present/wq_report%202555.pdf [2556, กุมภาพันธ์ 20]

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8. ข้อมูลมูลน้ำเสีย. [รายงานสถิติ]. (ม.ป.ป.). ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8. [2556, กุมภาพันธ์ 20]

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8. ข้อมูลปริมาณขยะและวิธีการกำจัด. [รายงานสถิติ]. (ม.ป.ป.). ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8. [2556, กุมภาพันธ์ 20]

เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กระทรวง. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. ปริมาณขยะมูลฝอยจำแนกเป็นรายจังหวัดในภาค พ.ศ.2550-2553 [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://ratburi.nso.go.th/nso/project/table/files/ratburi/O-src-23/2553/000/ratburi_O-src-23_2553_000_40000300.xls [2556, กุมภาพันธ์ 20]

เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กระทรวง. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. ปริมาณฝนเป็นรายเดือน พ.ศ.2552-2553 [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://samutsongkhram.nso.go.th/nso/project/table/files/smskhram/O-src-23/2549/000/smskhram_O-src23_2549_000_40000300.xls [2556, กุมภาพันธ์ 20]

ธรรมพงศ์ เนาวบุตร. การประเมินความต้องการน้ำอุปโภค บริโภคและอุตสาหกรรม [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://202.129.59.73/wm/Water/water%20demand%201.pdf [2013, September 01]

นภดล จันทรมณี และ นิวุฒิ หวังชัย. สถานการณ์การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดีของเกษตรกร ในอำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี. วารสารการประมง. (2553): 335-351.

นิคม ละอองศิริวงศ์. สิ่งบ่งชี้ความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ. [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา : www.nicaonline.com/download/An%2520indication.doc [2556, กุมภาพันธ์ 20]

นิคม ละอองศิริวงศ์. ธาตุอาหารที่เป็นปัจจัยกำจัดมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในทะเลสาบสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2547.

ประภากร ธาราฉาย. การเลี้ยงและการจัดการไก่กระทง [ออนไลน์]. 2555. แหล่งที่มา: http://www.as.mju.ac.th/E-book/t_prapakorn/สศ241/การเลี้ยงและการจัดการไก่กระทง.pdf [2556, เมษายน 16]

ประภากร ธาราฉาย. การเลี้ยงและการจัดการไก่ไข่ระยะไก่รุ่น [ออนไลน์]. 2555. แหล่งที่มา: http://www.as.mju.ac.th/E-book/t_prapakorn/สศ241/การเลี้ยงและการจัดการไก่ไข่ระยะไก่รุ่น.pdf [2556, เมษายน 16]

พรศรี มิ่งขวัญ, สุภกิจ จิ๋วเจริญ และ มารุต สุขสมจิตร. ภาพถ่ายดาวเทียมเมื่อเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี [ออนไลน์]. 2555. แหล่งที่มา : http://wqm.pcd.go.th/water/images/stories/agriculture/journal/2555/sattellite.pdf [2556, กุมภาพันธ์ 20]

ภัทรานิษฐ์ เปลี่ยนไธสง. การปลูกข้าวโดยวิธีโยนกล้า [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา: http://wqm.pcd.go.th/km/images/stories/agriculture/2555/throwingrice.pdf [2556, มิถุนายน 20]

มหาดไทย, กระทรวง. กรมการปกครอง อ้างถึงใน เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กระทรวง. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. จำนวนประชากรจากการทะเบียน อัตราการเปลี่ยนแปลง และความหนาแน่นของประชากร จำแนกเป็นรายอำเภอ พ.ศ. 2549-2553. [ออนไลน์] (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://kanchanaburi.nso.go.th/nso/project/table/files/kcnburi/O-src-01/2553/000/kcnburi_O-src-01_2553_000_40000100.xls [2556, กุมภาพันธ์ 20]

มหาดไทย, กระทรวง. กรมการปกครอง อ้างถึงใน เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กระทรวง. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. จำนวนประชากรจากการทะเบียน อัตราการเปลี่ยนแปลงและความหนาแน่นของประชากร จำแนกเป็นรายอำเภอ พ.ศ. 2551-2553 [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://ratburi.nso.go.th/nso/project/table/files/ratburi/O-src-01/2553/000/ratburi_O-src-01_2553_000_40000100.xls [2556, กุมภาพันธ์ 20]

มหาดไทย, กระทรวง. กรมการปกครอง อ้างถึงใน เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กระทรวง. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. จำนวนประชากรจากการทะเบียน อัตราการเปลี่ยนแปลง และความหนาแน่นของประชากร จำแนกเป็นรายอำเภอ พ.ศ. 2551-2553. [ออนไลน์] (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://samutsongkhram.nso.go.th/nso/project/table/files/smskhram/O-src-01/2553/000/smskhram_O-src-01_2553_000_40000100.xls [2556, กุมภาพันธ์ 20]

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์. วิศวกรรมประปา. เล่ม1, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

รวมทรัพย์ ชำนาญธนา. แพลงก์ตอนพืชที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน. สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2549. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2549, อ้างถึงใน อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ และคณะ. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชที่อาจก่อให้เกิดอันตรายบริเวณชายฝั่ง จังหวัดสมุทรสาคร-สมุทรสงคราม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2552.

รังสิมันต์ บัวทอง. ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรแพลงก์ตอนกับความหนาแน่นและฤดูกาลสืบพันธุ์ของหอยหลอดสกุล Solen ณ ดอนหอยหลอด จังหวัดสมุทรสงคราม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาชีววิทยาทางทะเล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547, อ้างถึงใน อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ และคณะ. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชที่อาจก่อให้เกิดอันตรายบริเวณชายฝั่ง จังหวัดสมุทรสาคร-สมุทรสงคราม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2552.

ราชภัฏเลย, มหาลัย. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปริมาณการใช้น้ำของพืช [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://www.somsak.lru.ac.th/Site/Academics_files/lesson%203.pdf [2556, กุมภาพันธ์ 20]

วนิดา มนต์พิพัฒน์ และ ชุติมา ไวศรายุทธ์. การประมาณค่าไนโตรเจนแฟคเตอร์สำหรับเนื้อปลานิลแล่จากการเพาะเลี้ยงในประเทศไทย. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 49: สาขาประมง. หน้า 212-219. กรุงเทพฯ, 2554.

วราภรณ์ ทนงศักดิ์. การประเมินภาระมลพิษในลุ่มน้ำแม่กลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547.

วัชรินทร์ รัตนชู และ ไพบูลย์ วัฒนกิจ, การเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในบ่อดินที่ความหนาแน่นต่างกัน. วารสารการประมง. (2545): 33-46.

ศราวุธ เจะโส๊ะ, ชไมพร แก้วศรีทอง และ สุกัญญา ดำชู. การประเมินสภาวะการเลี้ยงปลาในกระชังในแม่น้ำสายบุรี [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://www.fisheries.go.th/if-pattani/web2/images/stories/fishsaiburi.pdf [2556, กุมภาพันธ์ 20]

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร. สภาพทั่วไปของลุ่มน้ำ [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://www.haii.or.th/wiki/index.php/สภาพภูมิประเทศลุ่มน้ำแม่กลอง [2556, เมษายน 9]

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร. สภาพปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรที่เกี่ยวข้อง [ออนไลน์]. 2555. แหล่งที่มา : http://www.haii.or.th/wiki/index.php/สภาพปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรที่เกี่ยวข้องลุ่มน้ำแม่กลอง [2556, กุมภาพันธ์ 20]

สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดกาญจนบุรี อ้างถึงใน เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กระทรวง. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. จำนวนสถานประกอบการอุตสาหกรรม จำแนกตามประเภทอุตสาหกรรม พ.ศ.2549-2553 [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://kanchanaburi.nso.go.th/nso/project/table/files/kcnburi/O-src-11/2553/000/kcnburi_O-src-11_2553_000_40000400.xls [2556, กุมภาพันธ์ 20]

สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดราชบุรี อ้างถึงใน เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กระทรวง. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. จำนวนสถานประกอบการอุตสาหกรรม จำแนกตามประเภทอุตสาหกรรม พ.ศ.2551-2553 [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://ratburi.nso.go.th/nso/project/table/files/ratburi/O-src-11/2553/000/ratburi_O-src-11_2553_000_40000400.xls [2556, กุมภาพันธ์ 20]

สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดสมุทรสงคราม อ้างถึงใน เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กระทรวง. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. จำนวนสถานประกอบการอุตสาหกรรม จำแนกตามประเภทอุตสาหกรรม พ.ศ.2551-2553 [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://samutsongkhram.nso.go.th/nso/project/table/files/smskhram/O-src-11/2553/000/smskhram_O-src-11_2553_000_40000400.xls [2556, กุมภาพันธ์ 20]

ไสว วงศุฒิสาโรช. ปริมาณการใช้น้ำของข้าว. [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา : http://www.rid.go.th/attatch_branch/qrice.html [2556, สิงหาคม 20]

อ่อนจันทร์ โคตรพงษ์, อัศมน ลิ่มสกุล, วุฒิชัย แพงแก้ว และ บุญชอบ สุทธมนัสวงษ์. พลวัตของธาตุอาหารพืช ยูโทรฟิเคชั่น และเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศในพื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อย. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม 6 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2553) : 1-18.

อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ และคณะ. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชที่อาจก่อให้เกิดอันตรายบริเวณชายฝั่ง จังหวัดสมุทรสาคร-สมุทรสงคราม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2552.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. ข้อมูลปริมาณน้ำเสียของโรงงานในจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม. [รายงานสถิติ]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา: อุตสาหกรรม, กระทรวง. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. [2556, กุมภาพันธ์ 20]

อุตสาหกรรม, กระทรวง. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. ตำราระบบบำบัดมลพิษทางน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2548.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการคำนวณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวอย่างการคำนวณ การคำนวณกิจกรรมการเกษตร(ปลูกข้าว) ในจังหวัดราชบุรี

ข้อมูลสถิติที่ใช้ในการคำนวณประกอบด้วย 1.ปริมาณผลผลิตและพื้นที่เพาะปลูก 2.ปริมาณฝน โดยปริมาณเนื้อที่ และผลผลิตต่อไร่ในปี 2553 เป็นดังตารางที่ ก-1 และปริมาณฝนดังตารางที่ ก-2 ซึ่งมีการปลูกข้านาปีในเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม และนาปรังเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์

ตารางที่ ก-1 ข้าวนาปี: เนื้อที่ และผลผลิตต่อไร่ในปี 2553 (กษ, สสก., 2555)

ช่วงการปลูก	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
นาปี	345,412	654
นาปรัง	266,699	703

ตารางที่ ก-2 ข้าวนาปี: เนื้อที่ และผลผลิตต่อไร่ในปี 2553 (กษ, สสก., 2555)

เดือน	ปริมาณฝน (มม./ม.)	ปริมาณฝนใช้การ (มม./ม.)
ม.ค.	2	0
ก.พ.	0.1	0
มี.ค.	21.3	2.78
เม.ย.	13.3	0
พ.ค.	71	32.6
มิ.ย.	147.2	92.76
ก.ค.	250.8	175.64
ส.ค.	185.3	123.24
ก.ย.	196.7	132.36
ต.ค.	291.6	208.28
พ.ย.	1.8	0
ธ.ค.	24	0
รวม	1,205.1	767.66

หมายเหตุ ปริมาณฝนใช้การ = 0.8ปริมาณฝน – 25 (กรณีปริมาณฝนมากกว่า 75 มม.ต่อเดือน)
ปริมาณฝนใช้การ = 0.6ปริมาณฝน – 10 (กรณีปริมาณฝนน้อยกว่า 75 มม.ต่อเดือน)

ในการคำนวณใช้สูตรตามตารางที่ 4-3 ซึ่งแบ่งกระแสการไหลออกเป็น 1.น้ำชลประทาน 2. ปุ๋ย 3.ฝน 4.การซึม 5.การระเหย 6.น้ำไหลบ่าผิวดิน 7.ผลผลิตอันประกอบด้วย ข้าว แกลบ และฟาง และ 8.สะสม โดยมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

น้ำชลประทาน

สูตร IN $=A_{crop}(((T_wET_{crop})+(T_{crop}PERC))–Pe+SAT+WL)$

ตัวแปร A_{crop} = ตารางที่ ก-1

T_w = 86 วัน

T_{crop} = 110 วัน

ET_{crop} = 8.52 มม./วัน, 0.00852 ม./วัน

PERC = 6 มม./วัน, 0.006 ม./วัน

Pe = ตารางที่ ก-2

SAT = 200 มม., 0.2 ม.

WL = 100 มม., 0.1 ม.

โดยปริมาณน้ำที่ใช้ในช่วงการปลูกข้าวนาปีในช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคมในพื้นที่ 345,412 ไร่ หรือเท่ากับ 552,659,200 ตารางเมตรคำนวณได้ดังนี้

IN $= A_{crop}\ (((T_wET_{crop})+ (T_{crop}PERC))– Pe + SAT +WL)$

$= 552,659,200(((86*0.00852)+(110*0.006))-(0.093+0.176+0.123)+0.2+0.1)$

$= 552,659,200(((86*0.00852)+(110*0.006))-(0.3916)+0.2+0.1)$

$= 552,659,200((1.393)-0.3916+0.2+0.1)$

= 719,053,831 ลบ.ม./ปี

จากสมการเดียวกันเมื่อคิดปริมาณน้ำที่ใช้ในช่างการปลูกข้านาปรังในช่วงเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ในพื้นที่ 266,699 ไร่ หรือเท่ากับ 426,718,400 ตารางเมตร ใช้ปริมาณน้ำชลประทานเท่ากับ 720,437,209 ลูกบาศก์เมตร โดยปริมาณไนโตรเจนในน้ำชลประทานคิดจากความเข้มข้นของปริมาณไนโตรเจนที่ตรวจวัดก่อนเข้าพื้นที่จังหวัดราชบุรี โดยมีความเข้มข้นอนินทรีย์ไนโตรเจนเท่ากับ 0.427 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือคิดเป็นปริมาณไนโตรเจนรวมเท่ากับ 0.9085 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสมการที่ใช้คำนวณคือ

N_{irr} = IN $(C_{in}/1000)$

N_{irr} = (719,053,831+720,437,209)(0.909/1000)

N_{irr} = 1,307,793 กก./ปี หรือ 1,308 ตันต่อปี

1. ปุ๋ย

ปุ๋ยที่ใช้ในการเพาะปลูกมี 2 สูตรคือ 16-20-0 และ 46-0-0 โดยมีปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมจากปุ๋ยคำนวณได้ดังนี้

N_{fer} = $(Q_{fer}P_{fer}A_{crop})/100$

ตัวแปร Q_{fer} = ปุ๋ยสูตร 16-20-0 30 กก./ไร่
ปุ๋ยสูตร 46-0-0 20 กก./ไร่

C_{fer} = ปุ๋ยสูตร 16-20-0 16 %
ปุ๋ยสูตร 46-0-0 46 %

โดยปริมาณไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ใช้ในช่วงการปลูกข้าวนาปีคำนวณได้ดังนี้

N_{fer} = $(Q_{fer}P_{fer}A_{crop})/100$
= ((30*16*345,412)/100)+((20*46*345,412)/100)
= 1,657,978+3,177,790
= 4,835,768 กก./ปี

ในส่วนของปริมาณไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ใช้ในการปลูกข้าวนาปรังคำนวณเช่นเดียวกับนาปี โดยมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 3,733,768 กก./ปี เมื่อรวมทั้งสองฤดูการเพาะปลูกมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 8,569,554 กก./ปี

2. ฝน

ปริมาณไนโตรเจนที่มากับฝนคำนวณจากพื้นที่การเพาะนาปีเนื่องจากครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด และคำนวณปริมาณฝนทุกเดือนตลอดปีทั้งในฤดูการผลิต และนอกฤดูการผลิต โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

N_{rain} = $PA_{crop}C_{rain}$

ตัวแปร P = ตารางที่ ก-2

C_{rain} = 0.00059 กก./ลบ.ม.

โดยปริมาณไนโตรเจนจากฝนมีปริมาณเท่ากับ

N_{rain} = $PA_{crop}C_{rain}$
= (1,205.1/1000)*552,659,200*0.00059
= 391,410 กก./ปี

จากการคำนวณปริมาณไนโตรเจนจากกระแสการไหลที่เข้าสู่กิจกรรมจากกระแสการไหลทั้งสามส่วนคือ น้ำชลประทาน ปุ๋ย และฝนมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 10,268,757 กก./ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. การซึม

ปริมาณไนโตรเจนที่ซึมมีปริมาณคิดเป็น 0.096 ของปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรม โดยคำนวณปริมาณไนโตรเจนได้ดังนี้

N_{sp} = $N_{input}F_{perc}$
= 10,268,757*0.096
= 985,801 กก./ปี

4. การระเหย

ปริมาณไนโตรเจนที่ซึมมีปริมาณคิดเป็น 0.28 ของปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรม โดยคำนวณปริมาณไนโตรเจนได้ดังนี้

N_{eva} = $N_{input}F_{eva}$
= 10,268,757*0.28
= 2,875,252 กก./ปี

5. น้ำไหลบ่าผิวดิน

ปริมาณไนโตรเจนที่ซึมมีปริมาณคิดเป็น 0.0665 ของปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรม โดยคำนวณปริมาณไนโตรเจนได้ดังนี้

N_{ww} = $N_{input}F_{ww}$
= 10,268,757*0.0665
= 377,682 กก./ปี

6. ผลผลิต

ผลผลิตที่ได้จากการปลูกข้าวจะมีข้อมูลสถิติในส่วนของข้าวเปลือกซึ่งมีปริมาณดังตารางที่ ก-1 โดยมีปริมาณผลผลิตรวมทั้งสองฤดูการเพาะปลูกเท่ากับ 413,388,845 กิโลกรัม สามารถแบ่งออกเป็นสามส่วนคือ ข้าวสาร ข้าวเปลือก และฟาง ซึ่งมีวิธีการคำนวณดังนี้

7.1 ข้าวสาร

N_{pro} = $(Q_{pro}F_{pro})(1-F_{wa})\ C_{pro}$
Q_{pro} = 413,388,845 กก.
F_{pro} = 0.67
F_{wa} = 0.111
C_{pro} = 0.0107

โดยปริมาณไนโตรเจนในข้าวสารมีปริมาณเท่ากับ

N_{pro} = $(Q_{pro}F_{pro})$ $(1-F_{wa})$ C_{pro}
= (413,388,845*0.67)(1-0.111)0.0107
= 2,634,627 กก.

7.2 แกลบ

N_{pro} = $(Q_{pro}F_{pro})$ $(1-F_{wa})$ C_{pro}
Q_{pro} = 413,388,845 กก.
F_{pro} = 0.33
F_{wa} = 0.089
C_{pro} = 0.0052

โดยปริมาณไนโตรเจนในข้าวสารมีปริมาณเท่ากับ

N_{pro} = $(Q_{pro}F_{pro})$ $(1-F_{wa})$ C_{pro}
= (413,388,845*0.33)(1-0.089)0.0052
= 646,241 กก.

7.3 ฟาง

N_{pro} = $(Q_{pro}F_{pro})$ $(1-F_{wa})$ C_{pro}
Q_{pro} = 413,388,845 กก.
F_{pro} = 1
F_{wa} = 0.1
C_{pro} = 0.0058

โดยปริมาณไนโตรเจนในข้าวสารมีปริมาณเท่ากับ

N_{pro} = $(Q_{pro}F_{pro})$ $(1-F_{wa})$ C_{pro}
= (413,388,845*1)(1-0.1)0.0058
= 2,157,890 กก.

จากผลการคำนวณจะได้ปริมาณไนโตรเจนในข้าวสาร 2,634,627 กิโลกรัม แกลบ 646,241 กิโลกรัม และฟาง 2,157,890 กิโลกรัม

7. สะสม

ปริมาณไนโตรเจนที่เข้าสู่กิจกรรมมีปริมาณเท่ากับ 10,268,757 กก./ปี และปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากกิจกรรมมีปริมารเท่ากับ 9,677,492 กก./ปี ดังนั้นจะมีปริมาณไนโตรเจนสะสมเท่ากับ 591,265 กก./ปี

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างโปรแกรมคำนวณ (จังหวัดราชบุรี)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คู่มือแนะนำ	สถิติ	paper	คำนวณแปลงหน่วย	คำนวณผล	ปรับสมดุล	

ข้อมูลพื้นฐ	จังหวัด	ราชบุรี											
	พื้นที่เพาะปลูก		rai	พื้นที่เพาะปลูก			ผลผลิต	ข้าวเปลือก		สัดส่วนคุณภาพน้ำ		*********	
	รอบการผลิ	2	times/y	นาปี	345412	rai	นาปี	654	kg/rai	TIN	0.427	mg/l	
	ระยะเวลาก	110	day	นาปรัง	266699	rai	นาปรัง	703	kg/rai	สัดส่วน	47		
	ระยะเวลาใ	86	day							TN	0.0009085	kg/m3	

ปริมาณฝน	mm/m											
2553	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
P	2	0.1	21.3	13.3	71	147.2	250.8	185.3	196.7	291.6	1.8	24
Pe	-8.8	-9.94	2.78	-2.02	32.6	92.76	175.64	123.24	132.36	208.28	-8.92	4.4
Runoff	0.4718	0.02359	5.02467	3.13747	16.7489	34.7245	59.1637	43.7123	46.40153	68.7884	0.42462	5.6616

สูตร	Pe = 0.8 P - 25 if P > 75 mm/month*
	Pe = 0.6 P - 10 if P < 75 mm/month*
	IN = Etcrop+SAT+PERC+WL-Pe*

* Food and Agiculture Organization of the United Nations. Determination of the effectivve rainfall. [online]. Available from : http://www.fao.org/docrep/S2022E/s2022e08.htm [2013, Ju

** Sriwongsitanon, S. and Taesombat, W. Effect of land cover on runoff coefficient. Journal of Hydrology 410 (2011): 226-238.

ตัวแปร												
	SAT	200	mm*		E	5.3	mm/d		Etcrop	8.52	mm/d		
	WL	100	mm*			583	mm/r			732.72	mm/r		
	%Runoff	23.59	%**	Clay 4 mr	PERC***	6	mm/d	ปริมาณปุ๋ย	16-20-0	30	kg/rai	16	%
				Sand 8 mm/d		660	mm/r		46-0-0	20	kg/rai	46	%
				Ave 6 mm/d					ปุ๋ยคอก	0	kg/rai	1.1	%N

		ตัวแปร			
ฝน**** N(	0.48	mg/l	0.10839	mg-N/l	
NH4	0.62	mg/l	0.48222	mg-N/l	
รวม			0.00059	kg/m3	
N ในน้ำชลประทาน			0.00091	kg/m3	
สัดส่วนต่อ	ฟาง	1		*****	
	แกลบ	0.33		*****	
	ข้าว				
ความชื้น	ฟาง	10	%	********	
	แกลบ	8.9	%	*******	
	ข้าว	11.1	%	******	
ปริมาณไนโ	ฟาง	0.58	%นน แห้ง	********	
	แกลบ	0.52	%นน แห้ง	*****	
	ข้าว	1.07	%นน แห้ง	******	
		สัดส่วนสารออก			
ระเหย	0.28		Liang, X.Q., et. al. M		
ถูกดูซึมโดย	0.415				
Runoff	0.0665				
Percolate	0.0445	รวมซึม	0.096		
Seepage	0.0515				

รูปที่ ข-1 โปรแกรมการคำนวณกิจกรรมการปลูกข้าว (ส่วนกรอกข้อมูล)

Input					Output					แตกต่าง
นาปี	ชลประทาน		653268.0558	kg-N/y	นาปี	การซึม+ซึมลึก(ฝน)		545225.1346	kg-N/y	
	ปริมาณฝน		190392.4295	kg-N/y		ระเหย		1590239.976	kg-N/y	
	ปริมาณปุ๋ย	16-20-0	1657977.6	kg-N/y		น้ำไหลบ่าบนผิวดิน		377681.9943	kg-N/y	
		46-0-0	3177790.4	kg-N/y		ผลผลิต	ข้าว	1439711.624	kg-N/y	
		ปุ๋ยคอก	0	kg-N/y			แกลบ	353143.1855	kg-N/y	
	รวม		5679428.485	kg-N/y			ฟาง	1179195.119	kg-N/y	
						soil abs			kg-N/y	
							รวม	5485197.033	kg-N/y	-3.4199119
นาปรัง	ชลประทาน		654524.8687	kg-N/y	นาปรัง	การซึม+ซึมลึก(ฝน)		421909.3144	kg-N/y	
	ปริมาณฝน		6577.822841	kg-N/y		ระเหย		1230568.834	kg-N/y	
	ปริมาณปุ๋ย	16-20-0	1280155.2	kg-N/y		น้ำไหลบ่าบนผิวดิน		292260.098	kg-N/y	
		46-0-0	2453630.8	kg-N/y		ผลผลิต	ข้าว	1194915.112	kg-N/y	
		ปุ๋ยคอก	0	kg-N/y			แกลบ	293097.6746	kg-N/y	
	รวม		4394888.692	kg-N/y			ฟาง	978694.6523	kg-N/y	
						soil abs			kg-N/y	
							รวม	4411445.685	kg-N/y	0.3767329
ปฏิบัติการผล	ชลประทาน			kg-N/y	ปฏิบัติการผล	การซึม		18666.22655	kg-N/y	
	ปริมาณฝน		194439.8599	kg-N/y		ระเหย		54443.16076	kg-N/y	
	ปริมาณปุ๋ย	16-20-0		kg-N/y		ผลผลิต			kg-N/y	
		46-0-0		kg-N/y		น้ำไหลบ่าบนผิวดิน		12930.25068	kg-N/y	
	รวม		194439.8599	kg-N/y		soil abs				-100
							รวม	86039.63798	kg-N/y	

สรุป										แตกต่าง
Input	ชลประทาน		1307792.925	kg-N/y	Output	การซึม		985800.6755	kg-N/y	
	ฝน		391410.1122	kg-N/y		ระเหย		2875251.97	kg-N/y	
	ปุ๋ย	เคมี	8569554	kg-N/y		ผลผลิต	ข้าว	2634626.736	kg-N/y	
		คอก	0	kg-N/y			แกลบ	646240.8601	kg-N/y	
							ฟาง	2157889.771	kg-N/y	
	รวม		10268757.04	kg-N/y		น้ำไหลบ่าบนผิวดิน		377681.9943	kg-N/y	
						สะสม		591265.0298	kg-N/y	
							รวม	10268757.04	kg-N/y	0

รูปที่ ข-2 โปรแกรมการคำนวณกิจกรรมการปลูกข้าว (ส่วนผลการคำนวณ)

	จำนวนสัตว์ (ตัว)					ผลผลิต			คุณภาพน้ำ		
	ไก่พื้นเมือง	ไก่เนื้อ	ไก่ไข่	ไก่เนื้อพันธุ์	ไก่ไข่พันธุ์	ไก่พื้นเมือง	ไก่เนื้อ		TIN	0.427	mg/l
	300197	3425022	145284			488818	19105644		สัดส่วน	47	
	เป็ดเทศ	เป็ดเนื้อ	เป็ดไข่	เป็ดไล่ทุ่ง	เป็ดไข่ไล่ทุ่ง	เป็ดเทศ	เป็ดเนื้อ		TN	0.000909	kg/m3
		176651	181323				459292		ปริมาณNในโ	16	%

	ไก่เนื้อ	ไก่ไข่	เป็ดเนื้อ	เป็ดไข่	โคเนื้อ	โคนม	สุกร		kg	lb
จำนวนสัต	3725219	145284	176651	181323	118515	58815	1492465		1	2.20458
ผลผลิต	1	1	1	1		1	1	0='ไม่มี, 1	ระยะเวลา(d)	365
จำนวณผล	19594462	35016000	459292	35129000		90941000	1623011			
หน่วย	ตัว	ฟอง	ตัว	ฟอง	ตัว	กก.	ตัว		1 Gall	3.785 l

รูปที่ ข-3 โปรแกรมการคำนวณกิจกรรมปศุสัตว์ (ส่วนกรอกข้อมูล)

		ไก่เนื้อ		
พันธ์		ไก่กระทง		
ระยะเวลาการเลี้ยง		6	42	d/cycle
รอบการเ	occupancy(	76	6	cycle/y
นน.เริ่ม			0.14	kg/Ani
นน.สิ้นสุด			1.49	kg/Ani
อาหาร	สูตร			
	ปริมาณ**	2.9792	0.070933	kg/Ani/d
	%ความชื้น	#	12	%
	นน.แห้ง		0.062421	kg/Ani/d
	โปรตีน	12-18*	16	%
	%N		2.56	%
	N		0.001816	kg/Ani/d
การใช้น้ำ	**บริโภค**	1.7311	0.17	l/Ani/d
	N		10	mg/l
	อุปโภค			l/Ani/d
	N			mg/l
ผลผลิต	**เนื้อสัตว์**			kg/Ani
	%ความชื้น			%
	นน.แห้ง			kg/Ani
***	โปรตีน		24.5	%
	%N		3.92	%
	อื่น			
	%ความชื้น			%
	นน.			
	นน.แห้ง			
	โปรตีน			%
	%N			%
ของเสีย*	**excrete**	0.06-0.12	0.06	kg/Ani/d
***	%นน.แห้ง		60	%
	นน.แห้ง		0.036	kg/Ani/d
,*	%N		0.003	%
	N		1.8E-06	kg/Ani/d
****	**แก๊สNH3-I**	22-48	24	% (Nexcr
	N		4.32E-07	kg/Ani/d
	น้ำเสีย			
	%N			
หมายเหต	*อาหาร ไก่	1-6 สัปดาห์	18%	คู่มือกรมปศ
		7-14 สัปดาห์	15%	
		15-20 สัปดา	12%	
	**	ปริมาณอาหารรวม 6 สัปด		ประภากร ธ
	***	ปริมาณน้ำรวม 6 สัปดาห์		
	****	Broiler		
		กรมปศุสัตว์. ความต้องการน้ำของสัต		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ ข-4 โปรแกรมการคำนวณกิจกรรมปศุสัตว์ (ไก่เนื้อ) (ส่วนกรอกข้อมูล)

	input					output				%ความต่าง
ไก่เนื้อ	มวล	พันธุ์สัตว์	นน.เริ่ม	2743224.68	kg/y	สัตว์	นน.สิ้นสุด	29195748	kg/y	
			*********				*******		m3/y	
		อาหาร	นน.แห้งอาหา	51370722.6	kg/y	ผลผลิตอื่นๆ	นน.แห้ง	0	kg/y	
			น้ำในอาหาร	7005.09854	m3/y		น้ำ	0	m3/y	
		น้ำ	บริโภค	139904.459	m3/y	excrete	นน.แห้ง	29626827	kg/y	
			อุปโภค	0	m3/y		น้ำ	19751.218	m3/y	
						แก๊ส		431.70519	kg/y	
						น้ำเสีย			m3/y	
		รวม	มวล	54113947.3	kg/y	รวม	มวล	58823007	kg/y	8.00547196
			น้ำ	146909.557	m3/y		น้ำ	19751.218	m3/y	-643.8
	ไนโตรเจน	พันธุ์สัตว์	นน.เริ่ม	107534.407	kg-N/y	สัตว์	นน.สิ้นสุด	1144473.3	kg-N/y	
		อาหาร		1494421.02	kg-N/y	ผลผลิตอื่นๆ		0	kg-N/y	
		น้ำ	บริโภค	1399.04459	kg-N/y	ของเสีย		1125.8194	kg-N/y	
			อุปโภค	0	kg-N/y	แก๊ส		355.52192	kg-N/y	
						น้ำเสีย		457399.8	kg-N/y	
		รวม		1603354.47	kg-N/y	รวม		1603354.5	kg-N/y	0

**	Ling, L., et. al. Estimate of nitrous oxide and methane emission from livestock of urban agriculture in Beijing. Agriculture, E
***	Smith, K.A., Charles, D.R. and Moorhouse, D. Nitrogen excretion by farm livestock with respect to land spreading requirem
****	Misselbrook, T.H., et. al. Ammonia emission factors for UK agriculture. Atmospheric Environment 34 (2000): 871-880.

ประสิทธิภาพการบำบัด		%	Vol.gas		kg/m3
Vol.เข้า		%	gasNออก		mg/kg
Vol.ออก		%	Vol.sed		kg/m3
TN ออกจากระบบ		mg/l	sed.Nออก		mg/kg

	ระบบบำบัด									
	Input					Output				%ความแตกต่าง
ไก่	มวล	น้ำเสีย		0	m3/y	น้ำเสียออก		0	m3/y	
						ตะกอน		0	kg/y	
						แก๊ส		0	kg/y	
		รวม								
	ไนโตรเจน	น้ำเสีย		0	kg/y	น้ำเสียออก		0	kg/y	
						ตะกอน		0	kg/y	
						แก๊ส		0	kg/y	
		รวม		0	kg/y			0	kg/y	#DIV/0!

รูปที่ ข-5 โปรแกรมการคำนวณกิจกรรมปศุสัตว์ (ไก่เนื้อ) (ส่วนผลการคำนวณ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	ข้อมูลพื้นฐา	จังหวัด	ราชบุรี										
		จำนวน	เนื้อที่		ผลผลิต	ผลผลิตเฉลี่ย			คุณภาพน้ำ				
		(ราย)	(ตร.ม.)	(ไร่)	(กก./ปี)	(กก./ไร่/ปี)		TIN	0.427	mg/l			
น้ำจืด	ปลาสลิด		140800	88		0		สัดส่วน	47				
	ปลานิล		6126048	3828.78		0		TN	0.00091	kg/m3			
	ปลาทับทิม		23275.2	14.547		0							
	กุ้งก้ามกราม		5766400	3604		0		อัตราการระเหย		5.3	mm/day		
								อัตราการซึ clay		4	mm/day		
น้ากร่อย	กุ้งกึ่งพัฒนา		8890400	5556.5		0							
	กุ้งแวนาไมพัฒนา		0			0					ตัวแปร		
								ฝน NO3	0.48	mg/l	0.10839	mg-N/l	
		(ราย)				(กก./ตร.ม.)		NH4	0.62	mg/l	0.48222	mg-N/l	
กระชัง	ปลากระพง		0			0		รวม			0.00059	kg/m3	
								N ในน้ำชลประทาน			0.00091	kg/m3	

ปริมาณฝน	mm/m											
2553	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
P	2	0.1	21.3	13.3	71	147.2	250.8	185.3	196.7	291.6	1.8	24

รูปที่ ข-6 โปรแกรมการคำนวณกิจกรรมเลี้ยงสัตว์น้ำ (ส่วนกรอกข้อมูล)

		กุ้งกึ่งพัฒนา	
พันธ์		**การเลี้ยง**	กึ่งพัฒนา
ระยะเวลาการเลี้ยง			203 d/cycle
รอบการเ	occupancy(%)		1 cycle/y
ความลึกบ่อ			0.9 m
ขนาดที่ปล่อย			kg/ani
ขนาดที่จับได้			0.0295 kg/ani
อัตราความหนาแน่น		5-15	15 PL/m2
อัตราการรอด			%
ปริมาณน้	น้ำในบ่อ		8001360 m3/cycle
	ปริมาณที่เปลี่ยน		11.5 %/d
	อัตราการเปลี่ยนน้ำ		Time/cycl
	ปริมาณเปลี่ยนออกทั้งหมด		186791749 m3/cycle
การใส่ปุ๋ย	ชนิด		
	ปริมาณ		1.6 l/rai
	%ความชื้น		%
	นน.แห้ง		kg/rai/cyc
	%N		15 %
	N		kg/rai/cyc
อาหาร	ธรรมชาติ+เสริม		
	เม็ด		
	อัตราการแลกเนื้อ (FCR)		1.79
	ปริมาณ		kg/rai/cyc
	%ความชื้น		12 %
	นน.แห้ง		kg/rai/cyc
	โปรตีน		35 %
	%N		5.6 %
	N		kg/rai/cyc
ผลผลิต	**เนื้อสัตว์**		467.2 kg/rai/cyc
	%ความชื้น		74 %
	นน.แห้ง		kg/rai/cyc
	โปรตีน		%
	%N		2.9 %
	%Nเข้า		%
ของเสีย	**แก๊ส NH3-N**		% (Nexcr
	N		kg/rai/cyc
	%Nเข้า		%
ตกตะกอน	ความหนาชั้นตะกอน		m
	ความหนาแน่น		kg/m3
	%Nนน.ตะกอน		%
น้ำเสีย	ปริมาณที่เปลี่ยนทั้งหมด		m3/cycle
	%N		
	%Nเข้า		19.1 %
	แอมโมเนียรวม		mg/l
	ไนไตรท์		mg/l
	ไนเตรท		mg/l
	N รวม		0 mg/l

รูปที่ ข-7 โปรแกรมการคำนวณกิจกรรมเลี้ยงสัตว์น้ำ (กุ้งขาวแวนาไม) (ส่วนกรอกข้อมูล)

			กุ้งกึ่งพัฒนา				
		input			output		ความแตก
ไนโตรเจน	น้ำชลประทา	186806.73	kg-N/y	น้ำระเหย		kg-N/y	
	ฝน	3519.2317	kg-N/y	น้ำซึม	3198.618	kg-N/y	
	พันธุ์		kg-N/y	น้ำที่ระบาย	86309.508	kg-N/y	
	อาหาร	260222.72	kg-N/y	ตะกอน	287090.21	kg-N/y	
	ปุ๋ย	1333.56	kg-N/y	ผลผลิต	75283.907	kg-N/y	
รวม		451882.24	kg-N/y		451882.24	kg-N/y	-1E-14
			สรุป				
ไนโตรเจน	น้ำชลประทา	402960.81	kg-N/y		0	kg-N/y	
	ฝน	11275.356	kg-N/y	ซึม	17976.957	kg-N/y	
	พันธุ์	0	kg-N/y	น้ำที่ระบาย	266438.94	kg-N/y	
	อาหาร	1267385.8	kg-N/y	ตะกอน	896135.1	kg-N/y	
	ปุ๋ย	1455.1772	kg-N/y	ผลผลิต	502526.13	kg-N/y	
รวม		1683077.1	kg-N/y		1683077.1	kg-N/y	-1E-14

รูปที่ ข-8 โปรแกรมการคำนวณกิจกรรมเลี้ยงสัตว์น้ำ (กุ้งขาวแวนาไม) (ส่วนผลการคำนวณ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมวด	กิจการ	การใช้น้ำต่อหน่วยผลิตภัณฑ์		%Protein	%N		หมวด	กิจการ	ช้น้ำต่อหน่วยผลิตภัณฑ์		%protein	%N						
เนื้อสัตว์	ไก่สดแช่เย็	17.73	m3/ton	12.3	1.968	Chicken	ผลไม้	ผลไม้อบแห้ง	1.87	m3/ton	0.8	0.128	Average Fruit			BOD		
	ฆ่าโค, กระบื	0.96	m3/ton	14.7	2.352	Beef, Medium		ผักหรือผลไม้ก	19.46	m3/ton	0.8	0.128	Average Fruit			mg/L		
อาหาร	ไส้กรอก, เนื้	157	m3/ton	8.5	1.36	Bacon(smoked belly)		ผัก ผลไม้แช่แ	28.95	m3/ton	0.8	0.128	Average Fruit	โรงงาน	กระดาษ	530	กรมควบคุ	1
	กุนเชียง แหน	16.75	m3/ton	15	2.4	Pork(Ham)		ผัก ผลไม้กระป๋	5.98	m3/ton	0.8	0.128	Average Fruit		สบู่	1180	กรมควบคุ	2
	แยม มักกะโร	4.76	m3/ton		0			ผัก ผลไม้แช่แ	5.56	m3/ton	0.8	0.128	Average Fruit		ผงชูรส	890	กรมควบคุ	น้ำปลา น้ำ
แป้ง	ผลิตแป้งมัน	15.81	m3/ton	8.5	1.36			ผัก ผลไม้ดอง	3.49	m3/ton	0.8	0.128	Average Fruit		สุรา-แอลก	29000	กรมควบคุ	4
	แป้งข้าวโพด	1.19	m3/ton	0.5	0.08		ไอศกรีม	ไอศกรีมที่เกี่ยว	46.95	m3/ton	3.5	0.56	Milk 3.5%fat		น้ำอัดลม	740	กรมควบคุ	5
แป้งแปรรูป	ผลิตวุ้นเส้น,	36.19	m3/ton	23.89	3.8224	Mug bean		ไอศครีมทั่วไป	7.43	m3/ton		0			นม	1125	กรมควบคุ	6
	ข้าวเกรียบ	33.33	m3/ton	12.2	1.952	Wheat, flo	เครื่องดื่ม	ผลิตภัณฑ์นมผ	9.87	m3/ton	7	1.12	whole, evaporated, Unsweeter		น้ำตาล	1320	กรมควบคุ	7
	ขนมปังเวเฟ	7.13	m3/ton	12.2	1.952	Wheat, flour		UHT	0.016	m3/dozen		0			สิ่งทอ	230	กรมควบคุ	8
	ขนมปังปิ๊บ ข	2.23	m3/ton	12.2	1.952	Wheat, flour		กาแฟ	1.25	m3/ton		0			ห้องเย็น	1560	กรมควบคุ	9
	ขนมปังกรอบ	11.89	m3/ton	12.2	1.952	Wheat, flour		ผลิตภัณฑ์นมข	3.38	m3/ton	3.5	0.56	Milk 3.5%fat		เครื่องกระป๋	3560	กรมควบคุ	ผลไม้อบแ
	เส้นก๋วยเตี๋ยว	29.74	m3/ton	6.7	1.072	Rice, milled, white		ผลิตเครื่องดื่ม	0.52	m3/ton		0			วุ้นเส้น	1840	กรมควบคุ	11
น้ำมัน	ผลิตน้ำมันพื	1	m3/ton	0	0	Oil, pure		ผลิตสุราจากก	21.2	m3/m3	0	0			เส้นหมี่	3620	กรมควบคุ	เส้นขนมจีบ
	ผลิตน้ำมันจ	0.68	m3/ton	0	0	Oil, pure		ผลิตสุราจากผ	3.75	m3/ton		0			โม่แป้ง แบ	5235	กรมควบคุ	13
เครื่องปรุงรส	น้ำตาลทราย	8.65	m3/ton	0	0			ผลิตเบียร์	3.33	m3/ton	0	0						
	ซีอิ๊ว เต้าเจี้ย	1.69	m3/ton	36.49	5.8384	Soybean		ผลิตเบียร์ โซ	4.92	m3/ton	0	0		TN/BOD	Animal A	Food, Tar	Industrial	Sanitary S
	ผงชูรส	134.2	m3/ton		0			เครื่องดื่มบรรจ	6.99	m3/ton		0		สัดส่วน	0.64			0.44
	น้ำปลา	1.56	m3/ton	8.8	1.408	Fish, unspecifiied, round		น้ำอัดลม	6.86	m3/ton		0		Diego-mc	glone, M.L.S., Smith, S.V. and Nicolas, V			
		0.04	m3/dozen		0		อาหารสัตว์	อาหารสัตว์	27.5	m3/ton	40	6.4	อาหารสัตว์ทั่วไป					
	น้ำส้มสายชู	2.08	m3/L		0		อื่นๆ	กระดูกปน ปลา	1.25	m3/ton	60	9.6	Dried-fish eaten wh	ปริมาณ N	10	mg/l	มันสิน ตัณฑุลเวศน์. ร	

รูปที่ ข-9 โปรแกรมการคำนวณกิจกรรมอุตสาหกรรม (ส่วนกรอกข้อมูล)

กลุ่ม		ประเภท							น้ำเสีย			การบำบัด			ผลิตภัณฑ์				
		ประเภทรหัส	ประกอบกิจการ	บบบำบัดน้ำ	ณน้ำเสียสุณน้ำเสียบำน้ำทิ้งที่ระ			ประเภท	BOD	TN	TN	ริภาพการ	TN กำจัด	N risidu	น้ำต่อหน่	ผลิตภัณฑ์	ในโตรเจน		code
					(ลบ.ม./วันลบ.ม./วันลบ.ม./วัน)				(mg/L)	(mg/L)	kg/d	%	(kg/d)	(kg/d)	m3/ton	kg/d	%N	(kg/d)	
อาหาร	เนื้อสัตว์	602	ท่าสัตว์น้ำแช่แข็ง	AS	400	325	130		1560	998.4	129.792	30	38.9376	90.8544	17.73	7332.21	1.968	144.298	6
									0	0	0		0	0		0		0	
									0	0	0		0	0		0		0	
									0	0	0		0	0		0		0	
									0	0	0		0	0		0		0	
	ผลไม้	801	ผลิตน้ำกระทิบรรจุกระป๋อ	AS	150	100	100		3560	2278.4	227.84	30	68.352	159.488	5.98	16722.4	0.8	133.779	0
		801	ผลิตผักผลไม้กระป๋อง	AS	200	180	150		3560	2278.4	341.76	30	102.528	239.232	5.98	25083.6	0.8	200.669	0
		802	ผลิตผักอบแห้ง เครื่องปร	AS	1500	800	400		3560	2278.4	911.36	30	273.408	637.952	1.87	213904	0.8	1711.23	0
		802	ท่าผักและผลไม้อบแห้ง	cover lago	550	400	400		3560	2278.4	911.36	30	273.408	637.952	1.87	213904	0.8	1711.23	0
	แป้งแปรรูป	1002	ท่าขนมปังกรอบรูปถ้วยไ	AL	5	5	5		3620	2316.8	11.584	30	3.4752	8.1088	11.89	420.521	1.952	8.20858	0
		1003	ท่าเส้นก๋วยเตี๋ยว	Sed Pond	5	3	3		3620	2316.8	6.9504	30	2.08512	4.86528	29.74	100.874	1.072	1.08137	1
		1003	ท่าขนมจีน	Anae F	5	2	2		3620	2316.8	4.6336	30	1.39008	3.24352	29.74	67.2495	1.072	0.72091	1
		1003	ผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป เ	AS แบบบริ	600	500	450		3620	2316.8	1042.56	30	312.768	729.792	29.74	15131.1	1.952	295.36	0
		1003	ท่าขนมจีน	Anae F แบ	10	4	4		3620	2316.8	9.2672	30	2.78016	6.48704	29.74	134.499	1.072	1.44183	1
	เครื่องปรุงร	1302	ท่าซีอิ้ว	AL	50	10	10	3	890	569.6	5.696	30	1.7088	3.9872	1.69	5917.16	5.8384	345.467	0
		1302	ผลิตน้ำปลาร้าบรรจุขวด	Anae F แบ	1.5	1	1	3	890	569.6	0.5696	30	0.17088	0.39872	1.56	641.026	1.408	9.02564	0
		1302	ท่าน้ำปลาผสม	Sep Tank	1	0.5	0.5	3	890	569.6	0.2848	30	0.08544	0.19936	1.56	320.513	1.408	4.51282	0
เครื่องดื่ม		501	ผลิตนมสดพลาสเจอร์ไร	AS	1500	1100	800		1125	720	576	30	172.8	403.2	3.38	236686	0.56	1325.44	5
		2002	ผลิตภัณฑ์จากน้ำอ้อยเข้	Sed Tank	5	5	5		740	473.6	2.368	30	0.7104	1.6576	0.52	9615.38	0	0	0
									0	0	0	30	0	0		0		0	0
									0	0	0	30	0	0		0		0	0
									0	0	0	30	0	0		0		0	0
อาหารสัตว์		1501	ผลิตอาหารสัตว์	Sep Tank	10	5	5		5235	3350.4	16.752	30	5.0256	11.7264	27.5	181.818	6.4	11.6364	0
									0	0	0	30	0	0		0		0	0
									0	0	0	30	0	0		0		0	0
									0	0	0	30	0	0		0		0	0
									0	0	0	30	0	0		0		0	0
บำบัดน้ำเสีย		10100	บำบัดน้ำเสียรวม	AS	45000	35000	35000	3	1015.5814	446.856	15640	30	4691.99	10948		0		0	0
									0	0	0	30	0	0		0		0	0
									0	0	0	30	0	0		0		0	0
									0	0	0	30	0	0		0		0	0
รวม					49992.5	38440.5	37465.5				19838.7		5951.62	13887.1		746162			

รูปที่ ข-10 โปรแกรมการคำนวณกิจกรรมอุตสาหกรรม (ส่วนกรอกข้อมูล)

					สรุป					% แตกต่าง
			Input					Output		
ไนโตรเจน	วัตถุดิบ	อาหาร	2982298.875	kg-N/y		ผลผลิต	อาหาร	1666963.851	kg-N/y	
		เครื่องดื่ม	694891.3022	kg-N/y			เครื่องดื่ม	483786.9822	kg-N/y	
		อาหารสัตว์	10361.75273	kg-N/y			อาหารสัตว์	4247.272727	kg-N/y	
		รวม	3687551.93	kg-N/y		น้ำเสีย	อาหาร	1321377.599	kg-N/y	
	น้ำเสีย	น้ำเสีย	5708583.023	kg-N/y			เครื่องดื่ม	214042.57	kg-N/y	
	น้ำ	อาหาร	6042.575	kg-N/y			อาหารสัตว์	6132.73	kg-N/y	
		เครื่องดื่ม	2938.25	kg-N/y		น้ำทิ้ง	บำบัดน้ำเสี	3996008.116	kg-N/y	
		อาหารสัตว์	18.25	kg-N/y		สลัดจ์	บำบัดน้ำเสี	1712574.907	kg-N/y	
	รวม		9405134.029	kg-N/y				9405134.029	kg-N/y	0

			ระบบบำบัด							
			Input					Output		%ความแตก
ไนโตรเจน	น้ำเสีย	อาหาร	1315335.024	kg-N/y		น้ำทิ้ง	อาหาร	920734.5168	kg-N/y	
		เครื่องดื่ม	211104.32	kg-N/y			เครื่องดื่ม	147773.024	kg-N/y	
		อาหารสัตว์	6114.48	kg-N/y			อาหารสัตว์	4280.136	kg-N/y	
						สลัดจ์	อาหาร	394600.5072	kg-N/y	
							เครื่องดื่ม	63331.296	kg-N/y	
							อาหารสัตว์	1834.344	kg-N/y	
	รวม		1532553.824	kg-N/y				1532553.824	kg/y	4.6E-14

รูปที่ ข-11 โปรแกรมการคำนวณกิจกรรมอุตสาหกรรม (ส่วนผลการคำนวณ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ครวเรือน	ประชากร (คน)		
	ประชากร	ประชากรแฝ	รวม
251561	839075	95375	934450

	Asia						Thai				%N		%Moisture	
แคลอรี่ ที่ต้	2540	Kcal/h/d	Gerbens-Leenes, P.W., Nonhebel, S. and Krol, M		ประชากรรวม		62193000	คน	Food and Agicult	ปี 2002				
Fat (E)	18	(%)	Gerbens-Leenes, P.W., Nonhebel, S. and Krol, M		เนื้อวัว	รวมทั้งประเ	234700	ton/y	Food and Agicult	ปี 2002	2.352	Food and A	75	Flores, M.
Protein(E)	9	(%)	Gerbens-Leenes, P.W., Nonhebel, S. and Krol, M	S. Food co		ต่อคน	3.773736594	kg/h/y						*pork mea
Carbohydra	73	(%)			หมู	รวมทั้งประเ	505700	ton/y	Food and Agicult	ปี 2002	1.568	Food and A	75	Flores, M.
Carbohydra	1854.2	Kcal/h/d				ต่อคน	8.13114016	kg/h/y						
					ไก่	รวมทั้งประเ	897700	ton/y	Food and Agicult	ปี 2002	3.869061	คำนวณจาก	75	Flores, M.
	ข้าว (white raw)			%N		ต่อคน	14.4341003	kg/h/y						*pork mea
พลังงาน(E)	3630	Kcal/kg	Kennedy, G	1.07	Heinemann, R.J.B., e	นม	338500	ton/y	Food and Agicult	ปี 2002	0.56	Food and Agiculture Organization		
ความต้องก	186.4416	kg/h/y		%moisture		ต่อคน	5.442734713	kg/h/y						
				11.1	Heinemann, R.J.B., e	ไข่	599000	ton/y	Food and Agicult	ปี 2002	1.665	คำนวณจาก	69.25	Food and A
						ต่อคน	152.8779205	ton/h/y		0.063 kg/egg				สัดส่วนไข่แ
ปริมาณการ	300	l/h/d	การประปาส่วนภูมิภาค อ้างถึงใน ธรรมพงศ์ เนาวบุตร,		สัตว์น้ำ	ต่อคน	31.8	kg/h/y	Food and Agicult	ปี 2002	2.927113	คำนวณจาก	78.59204	คำนวณจาก
ปริมาณ N ใ	10	mg/l	มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์. วิศวกรรมประปา. เล่ม1, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.											

N	Black water		100	mg/l	Voorthuizen, E.V. and et. al. Biological black water treatment combined wit membrane separation. Water research 42 (2008): 4334-4340.
	Grey wate	15-30	15	mg/l	Luostarinen, S. and et. al. Effect of temperature on anaerobic treatment of black water in UASB-septic tank systems. Bioresource Technology 9
บ่อเกรอะ	ปริมาณตะกอน		1	l/h/d	กรมควบคุมมลพิษ. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. น้ำเสียชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2545.
	ความเข้มข้	TKN=1200	1200	mg/l	กรมควบคุมมลพิษ. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. น้ำเสียชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2545.

รูปที่ ข-12 โปรแกรมการคำนวณกิจกรรมภาคครัวเรือน (ส่วนกรอกข้อมูล)

	input				output				%ความแตกต่าง
ไนโตรเจน	บริโภค	ข้าว	1864157.756	kg-N/y	น้ำโสโครก		3873022.88	kg-N/y	
		เนื้อวัว	82940.17913	kg-N/y	น้ำเสีย	เข้าระบบ	37702.97917	kg-N/y	
		หมู	119138.8967	kg-N/y		ไม่ได้เข้าระ	748728.198	kg-N/y	
		ไก่+เป็ด	521856.7764	kg-N/y	ขยะ		1324018.214	kg-N/y	
		รวมผลผลิตเนื้อสัตว์	723935.8522	kg-N/y					
		สัตว์น้ำ	869806.6918	kg-N/y					
		นม	28481.39533	kg-N/y					
		ไข่	149849.6118	kg-N/y					
		รวมผลผลิตอื่นๆ	178331.0071	kg-N/y					
	อุปโภค	น้ำ	1023222.75	kg-N/y					
	อื่นๆ		1324018.214	kg-N/y					
	รวม		5983472.272	kg-N/y	รวม		5983472.272	kg-N/y	0.0E+00

ระบบบำบัด

	Input				Output				%ความแตกต่าง
มวล	น้ำโสโครก	นน.แห้ง	170163984.1	kg/y	น้ำทิ้ง		22874443.96	m3/y	
		น้ำ	23215518.21	m3/y	สลัดจ์สะสม		341074.25	m3/y	
	รวม								
ไนโตรเจน	น้ำโสโครก		3873022.88	kg-N/y	น้ำทิ้ง		3463733.78	kg-N/y	
					ตะกอน		409289.1	kg-N/y	
	รวม		3873022.88	kg-N/y			3873022.88	kg/y	0

รูปที่ ข-13 โปรแกรมการคำนวณกิจกรรมภาคครัวเรือน (ส่วนผลการคำนวณ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จำนวณ	รูปแบบการปกครอง	ขนาดพื้นที่ (km2)	ประชากร					การเก็บรวบรวม	การคัดแยก	ประชากรเขตรวบรวม (คน)	ปริมาณขยะมูลฝอยที่รวบรวม	อัตราเกิดขยะ	วิธีการกำจัดมูลฝอยที่ใช้ (รวบรวม) (ตัน/วัน)								ประชากรนอกเขตรวบรวม (คน)	ปริมาณขยะมูลฝอยที่ไม่รวบรวม (ตัน/วัน)	วิธีการกำจัดมูลฝอยที่ใช้ (นอกเขตรวบรวม) (ตัน/วัน)							
			ข้อมูลปี	ประชากร	ครัวเรือน	ปชก.แฝง (รวมนักท่องเที่ยว)	รวม ปชก.				ร(ตัน/วัน)	kg./คน/วัน	กอง	กองแล้วผา	เททิ้งในบ่อ (1/2)	ฝังกลบหลักวิชาการ	หมักทำปุ๋ย	เตาเผาประเภทระบุ	อื่นๆ ระบุ	จ้างเอกชนกำจัด (ไม่รู้ที่ไป)			กอง	กองแล้วผา	เททิ้งในบ่อ (1/2)	ฝังกลบหลักวิชาการ	หมักทำปุ๋ย	เตาเผาประเภทระบุ	อื่นๆ ระบุ	ไม่รู้ที่ไป
32	เทศบาล	581.65		308600	103513	90925	399525	28	6	366312	270.43	0.738	33	21	84.43	38	0	11	24	59.00	33213	22.0641	0	8.948334	2.673205	0	0	0	0	10.44
76	อบต.	4453.87		487,543	148048	4450	491,993	26	5	216042	116.44	0.539	10	0.5	53	42.92	0	8.5	1.52	0.00	275,951	183.32	3.17019	60.01746	7.698991	3.306	7.977	5.047	0	96.1
	รวม	5035.52		796143	251561	95375	891518	54	11	582354	386.87	0.664	43	21.5	137.43	80.92	0	19.5	25.52	59	309164	205.384	3.17019	68.9658	10.3722	3.306	7.977	5.047	0	106.5
	ทั้งจังหวัด	5035.52		839075	251561	95375	934450			610397.9	405.5001374	0.664	45.07	22.54	144.0481	84.82	0	20.44	26.75	61.84	324052.1	215.275	3.32285	72.28692	10.87168	3.465	8.361	5.29	0	111.7
พื้นที่การกำจัด (ตร.ม.)													144276	8438.4	593638.4	64836	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	
น(Assume คาดการณ์ขนาดพื้นที่ต่อปี) (ตร.ม.)													74776.41	37388.2	238988.8736	140718.8	0						5259.627166	114420.5263	17208.41595	5485.377	5294.034			
	assume												กองสูง15ร	กองสูง15ร	กองสูง15m พื้	กองสูง15ร	กองสูง1.5m พื้นที่รองรับ1ปี เผื่อพื้นที่50%						กองสูง15m พื้	กองสูง15m พื้น	กองสูง15m พื้น	กองสูง15ร	กองสูง1.5m พื้นที่รองรับ1ปี เผื่อพื้นที่50%			

องค์ประกอบขยะ	เศษอาหาร	กระดาษ	พลาสติก	แก้ว	โลหะ	ยาง/หนัง	ผ้า	ไม้/ไปไม้	หิน/กระเบื้อง	อื่นๆ
สัดส่วน (%โดยน้ำหนัก)	42.68	15.93	20.87	6.34	3.14	2.13	2.36	4.04	1.23	1.28

ปริมาณฝน	mm/m											
2553	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
P	2	0.1	21.3	13.3	71	147.2	250.8	185.3	196.7	291.6	1.8	24

องค์ประกอบ	% โดยนน. (นน.แห้ง) C	H	O	N	S	Ash	Moisture content (% by WT)	
อินทรีย์								
ขยะอาหาร	48	6.4	37.6	2.6	0.4	5	70	470085.5823
กระดาษ	43.5	6	44	0.3	0.2	6	10.2	(paper mixed)
ขยะจากสนาม	47.8	6	38	3.4	0.3	4.5	60	
สิ่งทอ	55	6.6	31.2	4.6	0.15	2.5	10	
ยาง	78	10	0	2	0	10	0	assume
พลาสติก	60	7.2	22.8	0	0	10	0.2	(plastics mixed)
ไม้	49.5	6	42.7	0.2	0.1	1.5	20	
อนินทรีย์								
แก้ว	0.5	0.1	0.4	0.1	0	98.9	2	
โลหะ	4.5	0.6	4.3	0.1	0	90.5	2	
สิ่งสกปรก, เถ้า	26.3	3	2	0.5	0.2	68	8	
MSW	15-30	2-5	12-24	0.2-1.0	0.02-0.1		0	

Pichtel, J. Waste Management Practices. Florida : CRC, 2005.
0=-

น้ำชะขยะ								
	L=P-Ron+U-E-Roff				Run off	23.59	%	
	L=P-E-Roff	กรณีหลุมฝังกลบถูกหลัก			ซึม	4	mm/d	
L	leachate							
P	precipitation				องค์ประกอบ	NH3	0.39-2100	mg/l
Ron	Run-on surface water						1050	mg/l
U	underflow of groundwater into cell					N	864.7059	mg/l
E	evapotranspiration						0.864706	kg/m3
Roff	run-off surface water				องค์ประกอบ	NH4-N	0.35	mg/l
						NO3-N	1	mg/l
						NO2-N	0.02	mg/l
							0.00137	kg/m3
E	20	%ของฝน	Yuen, S.T.S., Styles, Q.J.W. and Mcmahon, T.A. Water balance comparison between a dry and a wet landfill - a full-scale experiment. Journal of Hydrology 251 (2001): 29-48.					
compost	30	%	assume					

ความหนาแน่นขยะ	550	kg/m3

ตัวแปร			
ฝน NO3	0.48	mg/l	0.108387097 mg-N/l
NH4	0.62	mg/l	0.482222222 mg-N/l
รวม			0.000590609 kg/m3
N ในน้ำชะประทาน			0 kg/m3
Pichtel			

รูปที่ ข-14 โปรแกรมการคำนวณกิจกรรมการจัดการขยะ (ส่วนกรอกข้อมูล)

สรุป									
				input				output		ความแตกต่าง
	ไนโตรเจน	ขยะ		1324018.214	kg-N/y	แก๊ส		682884.37	kg-N/y	
		ฝน		678.6918867	kg-N/y	น้ำ	น้ำชะขยะ	41342.544	kg-N/y	
							น้ำไหลบ่าบนผิวด	1597.5306	kg-N/y	
							ระเหย	0	kg-N/y	
							ซึม	382.54738	kg-N/y	
							เถ้า	0	kg-N/y	
						ปุ๋ย		3943.9866	kg-N/y	
						ขยะที่แยก		4738.2033	kg-N/y	
						ขยะสะสม		161446.05	kg-N/y	
						ไม่รู้วิธีกำจัด		428361.68	kg-N/y	
		รวม		1324696.906	kg-N/y	รวม		1324696.9	kg-N/y	-3.5152E-14

รูปที่ ข-15 โปรแกรมการคำนวณกิจกรรมการจัดการขยะ (ส่วนผลการคำนวณ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

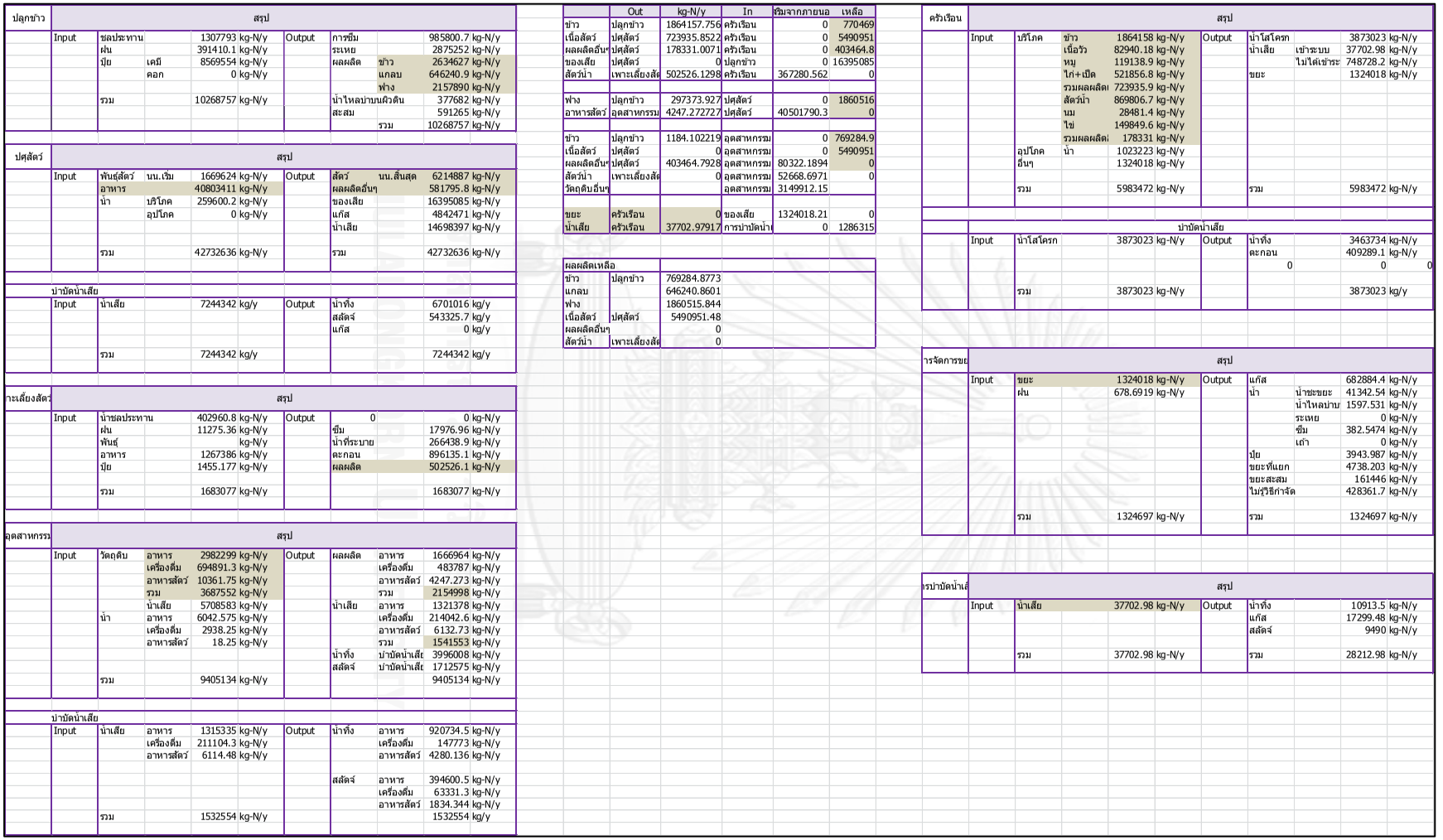
	พื้นที่	ประชากร	ประชากรแฝง	รวม	พื้นที่ครอบคลุม		ระบบรวบรวมแบบการบำ		เฉลี่ยต่อคน	องรับน้ำเสีย	าเสียเข้าระบบ	คุณภาพน้ำเข้าระบบ		คุณภาพน้ำออกจากระบบ		ปริมาณ sludge	ปริมาณ N
		คน	คน	คน	km2	m2			l/d/h	m3/d	m3/d	TN	TKN	TN	TKN	หมายเหตุ	kg/1000m3
												mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		กรอก
ในเขตรอง	เทศบาลเมืองบ้	17872	0	17872	2.91	2910000	ท่อรวม	Stabilization Pond		5000						หยุดเดินระ	100
	เทศบาลเมืองโ	9881	0	9881	2.6	2600000	ท่อรวม	Oxidation	243	5,000	2,400	0	11.01	0	2.17	ตรวจวัดเดื	100
	เทศบาลเมืองรา	36038	0	36038	8.7	8700000	ท่อรวม	Stabilizati	222	20,000	8,000	0	8.06	0	3.35	ตรวจวัดเดื	100
	รวม	45919	0	45919	14.21	14210000			232.439	30000	10400	9.93229	9.535	0	2.76		
หมายเหตุ					เมื่อมีปริมาณน้ำฝนที่ผสมกับท่อน้ำ				ค่าเฉลี่ย				ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย		

	พื้นที่	ประชากร	ประชากรแฝง	รวม	พื้นที่ครอบคลุม		น้ำเสียเฉลี่ยต่อคน	ปริมาณน้ำเสียที่เกิด		คุณภาพน้ำเสีย					
		คน	คน	คน	km2	m2	l/d/h	m3/d		TN	TKN				
										mg/l	mg/l				
นอกเขตรอ	รวม	793156	95375	888531	5182.252	5182252000	232.439	206529		9.93229	9.535				
หมายเหตุ															

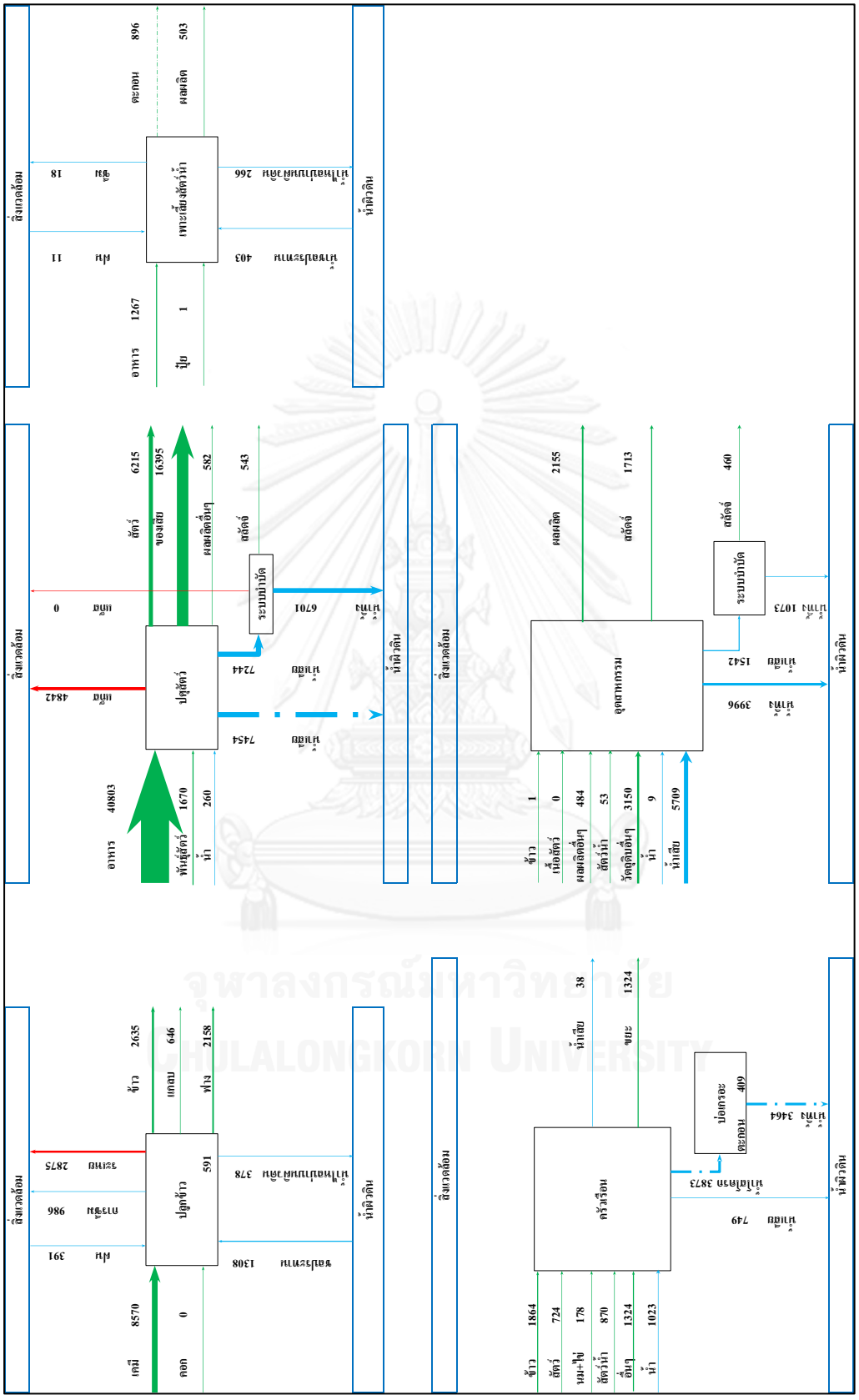
ปริมาณฝน	mm/m											คุณภาพน้ำ			
2553	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	พ.ย.	ธ.ค.	TKN/TN	0.96	sanitary s	Diego-mcglone, M.L.S
P	2	0.1	21.3	13.3	71	147.2	250.8	185.3	196.7	1.8	24				

			input			output		ความแตกต่าง
ในเขตรอง	มวล	น้ำเสีย	3796000	m3/y	น้ำทิ้ง	3796000	m3/y	
					ตะกอน	379600	kg/y	
					แก๊ส		m3/y	
		รวม	3796000	m3/y	รวม	3796000	m3/y	0
	ไนโตรเจน	น้ำเสีย	37702.9792	kg-N/y	น้ำทิ้ง	10913.5	kg-N/y	
					แก๊ส	17299.48	kg-N/y	
					สลัดจ์	9490	kg-N/y	
		รวม	37702.9792	kg-N/y	รวม	28212.98	kg-N/y	-25.17

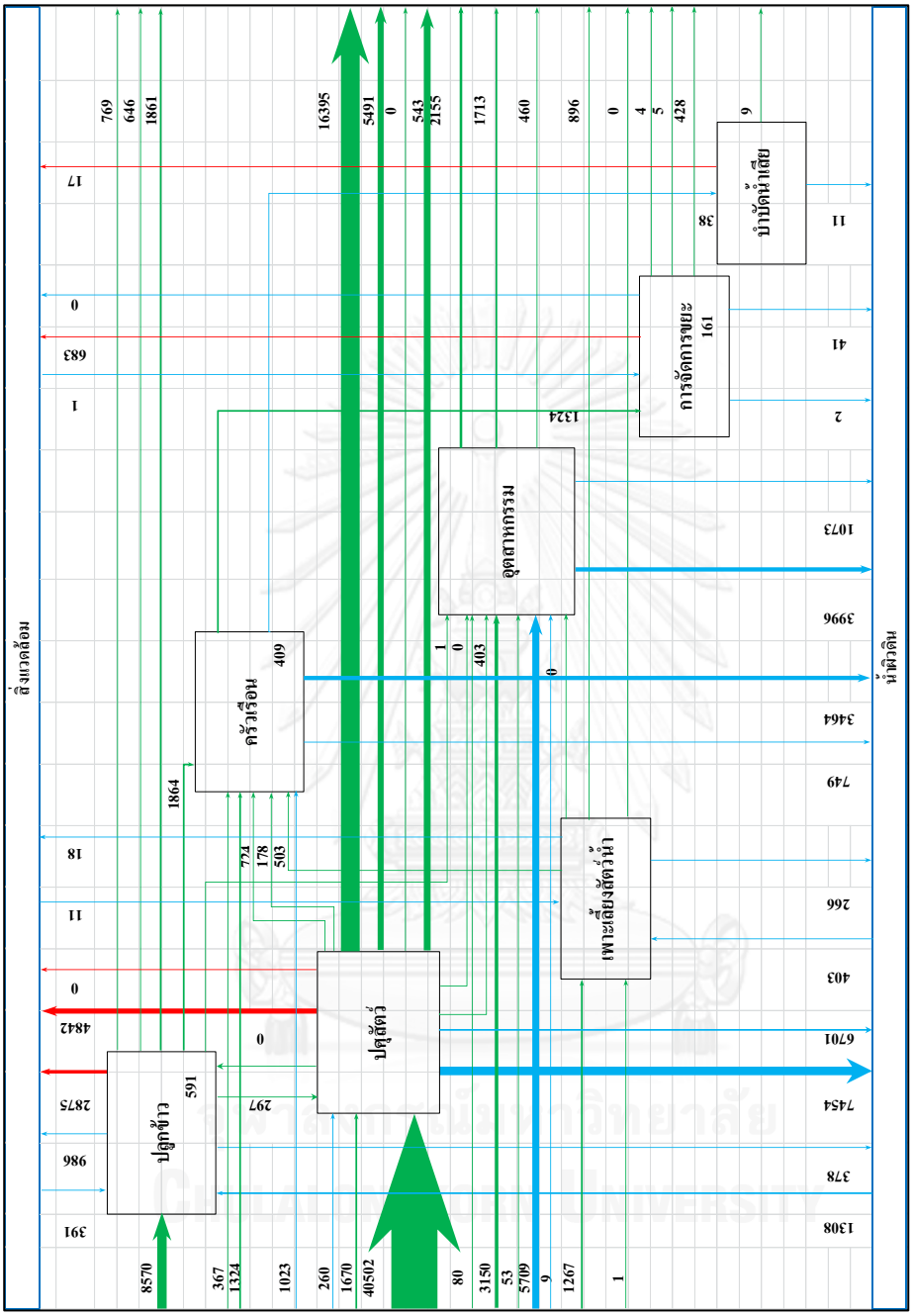
รูปที่ ข-16 โปรแกรมการคำนวณกิจกรรมการบำบัดน้ำเสีย



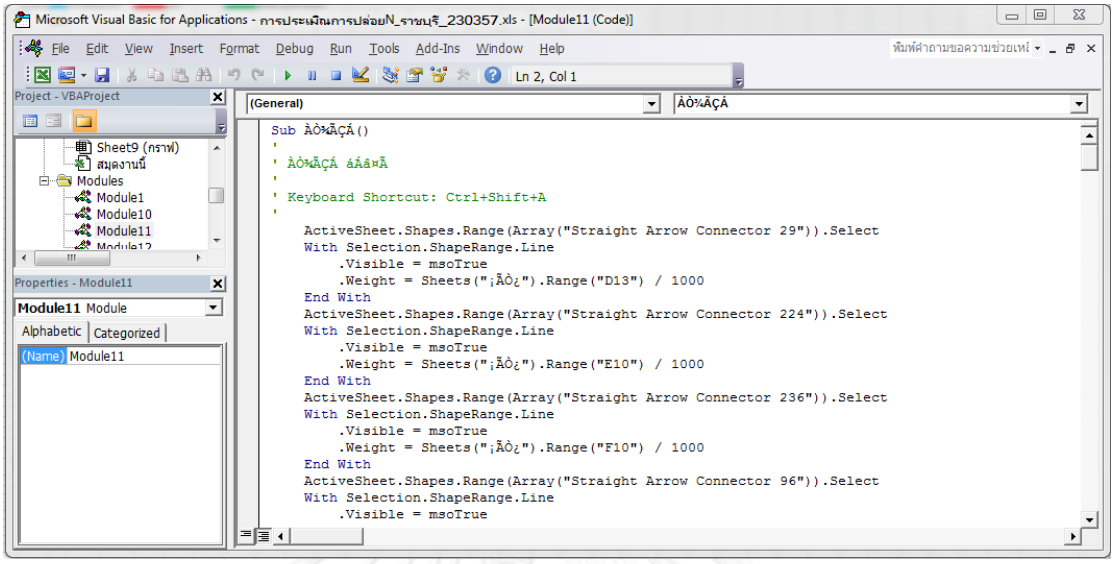
รูปที่ ข-17 โปรแกรมการคำนวณส่วนของสรุปผล



รูปที่ ฉ-18 โปรแกรมการคำนวณด้านการสร้างพังกระแสสถานะของน้ำในโครงข่ายแม่ลิขกิจกรรม



รูปที่ ข-19 โปรแกรมการคำนวณส่วนการสร้างผังกระแสการไหลของระบบ



รูปที่ ข-20 โปรแกรมการคำนวณส่วนคำสั่ง Macro ในการสร้างผังกระแสการไหลของระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายณพ สัยละมัย เกิดเมื่อที่ 5 กรกฎาคม พ.ศ.2532 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานครฯ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในปีการศึกษา 2554 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2554

ผลงานวิจัยส่วนหนึ่งจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เผยแพร่ในงานประชุม International Water Week Amsterdam จัดที่โรงแรม RAI Amsterdam ในชื่อหัวข้อ Material Flow Analysis of Nitrogen in Maeklong River Basin in Ratchaburi Province, Thailand วันที่ 4 – 8 พฤศจิกายน 2556

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University