



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง สมดุลน้ำในระบบบ่อฝังบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อม
แหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี

Water Balance in Oxidation Pond System at The King's Royally Initiated Laem Phak Bia
Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province

นามผู้วิจัย นายชนวัฒน์ จินจาร์ักษ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์กอบเกียรติ ผ่องพฒ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ศาสตราจารย์เกษม จันทร์แก้ว, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นภาพร เปี่ยมสง่า, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสถิตี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

สมดุลน้ำในระบบบ่อกักน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย
อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี

Water Balance in Oxidation Pond System at The King's Royally Initiated Laem Phak Bia
Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province

โดย

นายธนวัฒน์ จินจาร์ภัย

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธนวัฒน์ จินจาร์ภัย 2557: สมดุลน้ำในระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ กอบเกียรติ ผ่องพุฒิ, Ph.D. 186 หน้า

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมดุลน้ำในระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี ศึกษาความสัมพันธ์อัตราการระเหยในถาดวัดการระเหยที่สถานีวัดอากาศและในบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียตามวิธีการบำบัดโดยกระบวนการธรรมชาติช่วยธรรมชาติ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำเสียที่ส่งผลต่ออัตราการระเหย การศึกษาดำเนินในช่วงฤดูฝนตั้งแต่วันที่ 5 มิถุนายน ถึง 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 เป็นเวลา 176 วัน โดยเก็บข้อมูลภาคสนามและคำนวณปริมาตรน้ำเป็นรายวัน ผลการศึกษาพบว่าระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียมีระยะเวลาเก็บกักทั้งหมด 65.4 วัน จำแนกเป็นบ่อตกตะกอน บ่อฝึงบำบัด 1, 2, 3 และบ่อปรับสภาพ มีระยะเวลาเก็บกัก 5.2, 12.4, 15.9, 15.0 และ 16.9 วัน ตามลำดับ สมดุลน้ำในระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยน้ำเสียเข้าระบบ น้ำฝน น้ำไหลล้นออก น้ำระเหยออก และน้ำซึมออก ซึ่งมีปริมาตรน้ำทั้งหมดเท่ากับ 1,125,901.69, 171,018.92, 1,151,153.09, 141,495.59 และ 4,667.17 ม³ ตามลำดับ โดยน้ำเสียเข้าระบบบ่อฝึงบำบัดตกตะกอนและไหลออกที่บ่อปรับสภาพ ค่าอัตราการระเหยเฉลี่ยจากถาดวัดของบ่อตกตะกอน บ่อฝึงบำบัด 1, 2, 3 บ่อปรับสภาพ และสถานีวัดอากาศ มีค่า 5.79, 5.39, 5.33, 5.53, 5.39 และ 5.04 มม. ตามลำดับ ค่าอัตราการระเหยในบ่อฝึงบำบัดทั้ง 5 บ่อนี้สามารถประมาณค่าได้จากอัตราการระเหยของถาดวัดบนบกโดยใช้สมการถดถอยเชิงเส้นตรงและมีค่าความถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 55 และ 70 ที่บ่อฝึงบำบัด 3 และบ่อฝึงบำบัดอื่นๆ ที่เหลือ ตามลำดับ ผู้วิจัยยังพบว่าคุณภาพน้ำมีผลต่ออัตราการระเหยด้วย โดยอัตราการระเหยของน้ำที่มากขึ้นเป็นผลจากการดูดซับพลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ที่สูงขึ้น เนื่องจากสีเทาของเหล็กซัลไฟด์ (FeS) และอนุภาคของแข็งแขวนลอยในน้ำ นอกจากนี้ น้ำเสียยังได้รับพลังงานความร้อนจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์อีกด้วย สารลดแรงตึงผิวส่งผลให้มีการใช้พลังงานความร้อนน้อยลงเพื่อการระเหยน้ำ แต่ถ้าค่าความเค็มของน้ำสูงขึ้นก็จะส่งผลให้ค่าอากาศขาดความอึดตัวของความดันไอน้ำลดลง ส่งผลให้อัตราการระเหยของน้ำลดลง

Thanawat Jinjaruk 2014: Water Balance in Oxidation Pond System at The King's
Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project,
Phetchaburi Province. Master of Engineering (Water Resources Engineering), Major
Field: Water Resources Engineering, Department of Water Resources Engineering.
Thesis Advisor: Associate Professor Kobkiat Pongput, Ph.D. 186 pages.

The purposes of this research are to determine water balance in oxidation pond system (OPS) at The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, to find the correlations of evaporation rate between climatic station (CS) and 5 oxidation ponds (5 OPs) arranged by degree of degradation by nature process, and to analyze the effect of wastewater quality toward evaporation rate. The study was conducted in rainy season started from June 5 to November 27, 2013, totaling 176 days. The data were collected and calculated daily. The result of the study showed that the total retention time of OPS was 65.4 days which were 5.2, 12.4, 15.9, 15.0 and 16.9 days for sedimentation pond (SP), 1, 2, and 3 oxidation ponds (1-OP, 2-OP and 3-OP) and polishing pond (PP), respectively. There were five factors effecting the water balance; the amount of wastewater input ($1,125,901.69 \text{ m}^3$), the rain water ($171,018.92 \text{ m}^3$), the wastewater output ($1,151,076.48 \text{ m}^3$), the evaporation ($141,495.59 \text{ m}^3$), and the seepage ($4,741.44 \text{ m}^3$). The wastewater was taken into OPS at SP and discharged at PP. The average of evaporation rate of SP, 1-OP, 2-OP, 3-OP, PP and CS were 5.79, 5.39, 5.33, 5.53, 5.39 and 5.04 mm, respectively. The evaporation rate of all 5 OPs were calculated by using linear regression equation from the evaporation rate at CS at the accuracy not less than 55% and 70% for 3-OP and other respectively. The study also showed that the water quality has an effect on evaporation rate. The increase of evaporation rate of wastewater was affected by the increase of solar heat energy absorption, caused by dark color from ferric sulfide (FeS) and suspended solid. Moreover, the wastewater also received heat energy from the degradation process of microorganism. The surfactant helped the wastewater use less energy to evaporate. However, if the salinity increases, the vapor pressure deficit of water at surface will decrease, resulting the evaporation rate decreases.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.กอบเกียรติ ผ่องพุฒิ อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก และ ศาสตราจารย์ ดร.เกษม จันทรแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้
คำปรึกษาจนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องทางวิชาการและสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.เกษม จันทรแก้ว ผู้อำนวยการโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนา
สิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สำนักงานมูลนิธิชัยพัฒนา ที่ให้โอกาสข้าพเจ้าเข้า
มาทำงานในตำแหน่งนักวิชาการสิ่งแวดล้อม และได้ถ่ายทอดวิชาความรู้และแนวคิดการทำงาน ส่งเสริม
ประสบการณ์วิชาชีพให้แก่ข้าพเจ้า ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ อาจารย์ทุกท่านที่ได้เคยอบรมสั่งสอนประสาทวิชา
ความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนกระทั่งถึงระดับมหาวิทยาลัย ขอขอบคุณ นายอร่าม
พรหมเดช นายอานนท์ ดอกจันทร์ และเจ้าหน้าที่โครงการแหลมผักเบี้ยฯ ทุกท่าน ทั้งเจ้าหน้าที่
สำนักงานเพชรบุรีและเจ้าหน้าที่สำนักงานส่วนกลางกรุงเทพฯ ที่อำนวยความสะดวกและช่วยเหลือตลอด
การดำเนินงาน

ท้ายที่สุดขอขอบพระคุณครอบครัวของข้าพเจ้า ขอมอบคุณความดีและประโยชน์อันพึงมีจาก
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แด่คุณตาวิ จินจาร์กัย คุณแม่สุพรรณิ จินจาร์กัย คุณป้าสุรีย์ ทองใบ คุณพ่อธน
ทองคง และญาติพี่น้องทุกท่านที่ได้ช่วยเหลือสนับสนุนและให้กำลังใจอันดีแก่ข้าพเจ้าเสมอมา

ธนวัฒน์ จินจาร์กัย

พฤษภาคม 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	37
อุปกรณ์	37
วิธีการ	39
ผลและวิจารณ์	70
สรุปและข้อเสนอแนะ	122
สรุป	122
ข้อเสนอแนะ	123
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	124
ภาคผนวก	128
ภาคผนวก ก ตารางอัตราการระเหยรายวันในระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสีย	129
ภาคผนวก ข ตารางสมมูลน้ำในระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสีย	136
ภาคผนวก ค ตารางระดับน้ำรายวันของบ่อฝึงบ่ทั้ง 5 บ่อ	167
ภาคผนวก ง ตารางอัตราการระเหยและคุณภาพน้ำเสียทั้ง 11 พารามิเตอร์	173
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	186

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สูตรการคำนวณความเร็วเฉลี่ยในลูกตั้งในแต่ละส่วนที่ถูกแบ่งของลำน้ำ	25
2	การดำเนินงานบำบัดน้ำเสียระบบต่างๆ ของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ	42
3	ความลึก พื้นที่ผิว และปริมาตรบ่อฝังบำบัดน้ำเสียโครงการแหลมผักเบี้ยฯ	72
4	อัตราการไหลของน้ำเสียในท่อส่งน้ำเสีย	73
5	ตัวอย่างตารางคำนวณปริมาตรน้ำเสียเข้าระบบบ่อฝังวันเสาร์ที่ 8 เมษายน และอาทิตย์ที่ 9 เมษายน 2556	76
6	ตัวอย่างการคำนวณปริมาตรน้ำเสียเข้าแปลงพืชกรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม ในช่วงวันจันทร์ที่ 10 ถึงวันศุกร์ที่ 14 มิถุนายน พ.ศ.2556 ช่วงเวลา 9.00 ถึง 15.30 นาฬิกา	77
7	ตัวอย่างการคำนวณค่าแอมโมเนียไนโตรเจน (C) ในช่วงระหว่างวันจันทร์ที่ 10 ถึงวันศุกร์ที่ 14 มิถุนายน พ.ศ.2556	78
8	ตัวอย่างการคำนวณปริมาตรน้ำเสียเข้าระบบบ่อฝังที่บ่อดกตะกอนในช่วงวันที่ 5 ถึง 15 มิถุนายน พ.ศ.2556	79
9	ปริมาณน้ำฝนรายวันช่วงวันที่ 5 มิถุนายน ถึง 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556	81
10	พื้นที่ผิวน้ำและพื้นที่รับน้ำรอบบ่อฝังแต่ละบ่อ	82
11	ตัวอย่างการคำนวณปริมาตรน้ำฝนเข้าบ่อดกตะกอนตั้งแต่วันที่ 5 ถึง 30 มิถุนายน พ.ศ.2556	83
12	ค่าความนำคลศาสตร์พื้นบ่อฝังบำบัดน้ำเสีย	86
13	ค่าความนำคลศาสตร์คันบ่อฝังบำบัดน้ำเสีย	87
14	รายละเอียดและผลการคำนวณอัตราการไหลซึ่งมีรายวันบริเวณคันบ่อฝังบำบัดน้ำเสียทั้ง 5 บ่อ	93
15	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นของอัตราการระเหยรายวันบ่อปรับสภาพ กับบ่ออื่นๆ และสถานีวัดอากาศ	96
16	อัตราการระเหยรายเดือนและเฉลี่ยรายวันของบ่อฝัง 5 บ่อ และสถานีวัดอากาศ	97

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
17	ตัวอย่างตารางคำนวณปริมาตรการระเหยบ่อตกตะกอนวันที่ 5 ถึง 10 มิถุนายน พ.ศ.2556	98
18	ระดับสันฝายและความยาวสันฝายในแต่ละบ่อ	100
19	ข้อมูลระดับน้ำเหนือสันฝาย	102
20	ตัวอย่างตารางคำนวณอัตราการไหลออกจากบ่อตกตะกอนวันที่ 5 ถึง 8 มิถุนายน พ.ศ.2556	106
21	ปริมาณน้ำที่เข้าและออกของบ่อฝั้งแต่ละบ่อ	108
22	ผลรวมสมดุลน้ำปริมาณที่เข้าและออกจากระบบบ่อฝั้งบำบัดน้ำเสียของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ	108
23	เวลาที่น้ำเริ่มเข้าและออกจากบ่อฝั้งแต่ละบ่อและระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียของแต่ละบ่อ	109
24	ค่าสมการถดถอยเชิงเส้นและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ค่าอัตราการระเหยรายวัน เฉลี่ยราย 3, 5, 7, 10, 15 และ 30 วัน	111
25	เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี T-test ที่นัยสำคัญ 0.05 ของอัตราการระเหยในแต่ละบ่อฝั้ง	112

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ก1 อัตราการระเหยรายวันสถานีวัดอากาศ	130
ก2 อัตราการระเหยรายวันบ่อตกตะกอน (บ่อ 1)	131
ก3 อัตราการระเหยรายวันบ่อผิ่ 1 (บ่อ 2)	132
ก4 อัตราการระเหยรายวันบ่อผิ่ 2 (บ่อ 3)	133
ก5 อัตราการระเหยรายวันบ่อผิ่ 3 (บ่อ 4)	134
ก6 อัตราการระเหยรายวันบ่อปรับสภาพ (บ่อ 5)	135
ข1 สมดุลน้ำในบ่อตกตะกอน (บ่อ 1)	137
ข2 สมดุลน้ำในบ่อผิ่ 1 (บ่อ 2)	143
ข3 สมดุลน้ำในบ่อผิ่ 2 (บ่อ 3)	149
ข4 สมดุลน้ำในบ่อผิ่ 3 (บ่อ 4)	155
ข5 สมดุลน้ำในบ่อปรับสภาพ (บ่อ 5)	161
ค1 ระดับน้ำรายวันของบ่อตกตะกอน	168
ค2 ระดับน้ำรายวันของบ่อผิ่ 1	169
ค3 ระดับน้ำรายวันของบ่อผิ่ 2	170
ค4 ระดับน้ำรายวันของบ่อผิ่ 3	171
ค5 ระดับน้ำรายวันของบ่อปรับสภาพ	172
ง1 อัตราการระเหยในบ่อผิ่ทั้ง 5 บ่อ ในวันที่มีการเก็บตัวอย่างน้ำเสียเพื่อ วิเคราะห์คุณภาพน้ำ ทั้งหมด 19 วัน	174
ง2 ค่าบีโอดีของบ่อผิ่ทั้ง 5 บ่อ	175
ง3 ค่าซีโอดีของบ่อผิ่ทั้ง 5 บ่อ	176
ง4 ค่าของแข็งละลายได้ของบ่อผิ่ทั้ง 5 บ่อ	177
ง5 ค่าความนำไฟฟ้าของบ่อผิ่ทั้ง 5 บ่อ	178
ง6 ค่าความเค็มของบ่อผิ่ทั้ง 5 บ่อ	179
ง7 ค่าของแข็งแขวนลอยของบ่อผิ่ทั้ง 5 บ่อ	180
ง8 ค่าความเป็นกรด-ด่างของผิ่ทั้ง 5 บ่อทั้ง 5 บ่อ	181

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ง9	ค่าสารลดแรงตึงผิวของบ่อฝังทั้ง 5 บ่อ	182
ง10	ค่าความหนืดของบ่อฝังทั้ง 5 บ่อ	183
ง11	ค่าสีของบ่อฝังทั้ง 5 บ่อ	184
ง12	ค่าความโปร่งใสของบ่อฝังทั้ง 5 บ่อ	185

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 สมดุลน้ำที่เข้าและออกจากระบบ	4
2 เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบไม้อัดโนมิตี Standard 8-inch rain gauge	6
3 สมดุลรังสีดวงอาทิตย์บนโลก	7
4 ตัววัดอุณหภูมิและเทอร์โมมิเตอร์บันทึกอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด	9
5 เครื่องมือวัดความเร็วลม Anemometer	11
6 ถาดวัดการระเหยแบบ เอ (U.S. Weather Bureau Class A pan)	13
7 การทดลองการไหลของน้ำผ่านมวลดินที่บรรจุในท่อของ Darcy	17
8 เครื่องมือวัดค่าความนำหลศาสตร์แบบความดันคงที่	19
9 เครื่องมือวัดค่าความนำหลศาสตร์แบบความดันแปรเปลี่ยน	20
10 การเปลี่ยนค่าความชื้นน้ำตามเวลา (1) น้ำและดินที่ใช้ในการทดสอบถูกฆ่าเชื้อ (2) ฆ่าเชื้อเฉพาะดิน (3) ไม่ฆ่าเชื้อทั้งน้ำและดิน	21
11 ชนิดของเครื่องมือที่ใช้วัดอัตราการไหลในคลองชลประทาน	23
12 ไม้วัดระดับน้ำชนิดต่าง ๆ	24
13 ภาพตัดขวางฝายสันคัมและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง	26
14 รูปทรงฝายแล็บบรินซ์ (A) ทรงสามเหลี่ยม, (B) ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู, (C) ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	28
15 รูปตัดด้านข้างของฝายสันกว้างที่มีทางยกระดับด้านท้ายน้ำแบบตัดปลาย	30
16 รูปตัดด้านเหนือหน้าของฝายสันกว้างในคลองรูปสี่เหลี่ยมคางหมู	30
17 พลังงานการไหลในท่อแบบสมำเสมอ	31
18 ตำแหน่งติดตั้งเครื่อง UDF และรูปแบบการทำงานของระบบ	33
19 ตำแหน่งติดตั้งเครื่อง UTF และรูปแบบการทำงานของระบบ	34
20 ตำแหน่งระบบบ่อฝ่งบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ และการจัดการน้ำเสียจากเทศบาลเมืองเพชรบุรี	36
21 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินและชุดทดลองหาค่าความนำหลศาสตร์แบบความดันแปรเปลี่ยน	38

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
22	ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาสมมูลน้ำของระบบบ่อฝังบำบัดน้ำเสีย	39
23	ผังท่อส่งน้ำเสียของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ และจุดวัดอัตราการไหลในเส้นท่อ	40
24	การวัดอัตราการไหลในท่อส่งน้ำเสียโดยใช้คลื่นความถี่เหนือเสียงแบบ ultrasonic transit-time flow meter	42
25	การวัดปริมาณน้ำฝนของเครื่องวัดน้ำฝนแบบไม้อัดโนมดิ	44
26	บ่อฝังและพื้นที่รับน้ำฝนรอบบ่อฝัง	45
27	จุดเก็บตัวอย่างดินในบ่อฝังบริเวณท้องบ่อและคันบ่อทั้ง 5 บ่อ	48
28	การเก็บตัวอย่างดินบริเวณท้องบ่อ	49
29	การเก็บตัวอย่างดินบริเวณคันบ่อ	49
30	การแช่ตัวอย่างดินในน้ำ	49
31	การต่อตัวอย่างดินเข้ากับอุปกรณ์วัดความนำหลศาสตร์แบบความดันแปรเปลี่ยน	50
32	เครื่องมือวัดค่าความนำหลศาสตร์แบบความดันแปรเปลี่ยน	51
33	การไหลซึมของน้ำในบ่อลงสู่ใต้ดิน	52
34	กำหนดจุดการคำนวณการไหลซึมออกด้านข้างคันบ่อแต่ละบ่อ	53
35	การไหลซึมออกของน้ำในบ่อฝังผ่านคันบ่อ	54
36	จุดติดตั้งถาดวัดการระเหยแบบลอยน้ำในบ่อฝังบำบัดน้ำเสียและถาดวัดการระเหยที่สถานีวัดอากาศ	56
37	(ก) ถาดวัดการระเหยบนบกที่สถานีวัดอากาศ (ข) ถาดวัดการระเหยแบบลอยน้ำ	56
38	(ก) บ่อน้ำนิ่ง (ข) ขอบวัดระดับน้ำในถาดวัดการระเหย	57
39	โครงสร้างการติดตั้งถาดวัดการระเหยแบบลอยน้ำ (ก) ภาพเขียนแบบมุมมองด้านบน (top view), (ข) ภาพเขียนแบบมุมมองด้านข้าง (cross section)	59
39	(ต่อ) (ค) โครงสร้างไม้ถาดวัดการระเหยแบบลอยน้ำ และ (ง) ถาดวัดการระเหยแบบลอยน้ำเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จ	60
40	ลักษณะคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนไปเมื่อเวลาผ่านไป 1 วัน	62

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
41 (ก) ฝ่ายระบายน้ำล้นแบบแลบปรินทร์ทรงสี่เหลี่ยม (ข) ภาพตัดขวางสันฝายมีลักษณะโค้งมนเกือบแบนราบ (ค) การไหลของน้ำเสียจากบ่อหนึ่งไปยังบ่อถัดไป	63
42 ไม้วัชระดับน้ำและการติดตั้ง	64
43 ช่วงที่น้ำไหลล้นสันฝาย ระดับน้ำมีความสูงเท่ากับความสูงสันฝาย	65
44 ตำแหน่งระบบบ่อฝั่งบำบัดน้ำเสียของโครงการแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ	71
45 ฝั่งท่อดักน้ำเสียโครงการแหลมผักเบี้ยฯ และจุดวัดอัตราการไหลในเส้นท่อ	73
46 (ก) บริเวณที่มีการซึมน้ำด้านข้างของบ่อฝั่งที่ 3 (ข) บริเวณท่อบ่อฝั่งที่ไม่มีน้ำซึมเข้าระบบ	84
47 ระดับน้ำในบ่อฝั่งที่ 3 และบ่อปรับสภาพ กับระดับนํ้านอกบ่อหลังจากปล่อยน้ำเข้าระบบ โดยเป็นด้านที่มีการซึมเข้าในช่วงที่ไม่มีน้ำในบ่อ	85
48 ดินที่ใช้ทำคันบ่อฝั่งบำบัดน้ำเสียของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ	90
49 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องสำหรับการคำนวณอัตราการไหลซึมของน้ำผ่านคันบ่อ	92
50 ข้อมูลอัตราการระเหยรายวันของบ่อฝั่งทั้ง 5 บ่อ และที่สถานีวัดอากาศ	95
51 ฝ่ายระบายน้ำล้นในบ่อฝั่ง	99
52 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาสมดุลน้ำในระบบบ่อฝั่งบำบัดน้ำเสีย	107
53 ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและบีโอดีในบ่อฝั่งทั้ง 5 บ่อ	114
54 ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและซีโอดีในบ่อฝั่งทั้ง 5 บ่อ	114
55 ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและของแข็งละลายได้ในฝั่งทั้ง 5 บ่อ	115
56 ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและความนำไฟฟ้าในฝั่งทั้ง 5 บ่อ	115
57 ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและความเค็มในฝั่งทั้ง 5 บ่อ	116
58 ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและของแข็งแขวนลอยในฝั่งทั้ง 5 บ่อ	116
59 ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและความเป็นกรด-ด่าง ในฝั่งทั้ง 5 บ่อ	117
60 ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและสารลดแรงตึงผิว ในฝั่งทั้ง 5 บ่อ	117
61 ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและความขุ่นในฝั่งทั้ง 5 บ่อ	118

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
62	ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและสีในฝิ่งทั้ง 5 บ่อ	118
63	ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและความโปร่งใสในฝิ่งทั้ง 5 บ่อ	119
64	อัตราการระเหยสะสม 176 วัน ของถาดวัดการระเหยในบ่อฝิ่ง 5 บ่อ และสถานีวัด อากาศ	120

สมดุลน้ำในระบบบ่อฝังบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อม แหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี

Water Balance in Oxidation Pond System at The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province

คำนำ

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตั้งอยู่ที่ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี เป็นโครงการที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวพระราชดำริก่อตั้งขึ้นเพื่อศึกษาวิจัยหาองค์ความรู้ต่างๆ ในด้านการบำบัดน้ำเสียและการกำจัดขยะและใช้เป็นพื้นที่บำบัดน้ำเสียและกำจัดขยะที่เกิดขึ้นจากเทศบาลเมืองเพชรบุรี ภายใต้แนวทางการดำเนินงาน 3 ข้อ คือ ใช้วิถีธรรมชาติช่วยธรรมชาติ เทคโนโลยีอย่างง่าย และราคาประหยัด สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ มีทั้งหมด 4 ระบบ คือ ระบบบ่อฝังบำบัดน้ำเสีย (oxidation pond) ระบบฟิซกรองน้ำเสีย (plant filtration) ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม (constructed wetland) และระบบป่าชายเลนบำบัดน้ำเสีย (mangrove forest treatment) น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกปล่อยลงสู่ป่าชายเลนก่อนไหลออกสู่อ่าวไทยต่อไป

ระบบบ่อฝังบำบัดน้ำเสียของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ มีบ่อฝังทั้งหมด 5 บ่อ เรียงตัวกันตามทิศการบำบัดโดยกระบวนการธรรมชาติช่วยธรรมชาติ ประกอบด้วย บ่อดกตะกอน บ่อฝังที่ 1, 2, 3 และบ่อปรับสภาพ ระบบบ่อฝังบำบัดน้ำเสียเป็นระบบที่รองรับน้ำเสียมากที่สุดในโครงการแหลมผักเบี้ยฯ เมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ ปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาสมดุลน้ำในระบบบ่อบำบัด จึงทำให้ไม่สามารถทราบปริมาณน้ำเสียที่ไหลเข้าและออกจากระบบ รวมทั้งปริมาณน้ำเสียที่สูญหายในระหว่างกักพัก ส่งผลให้ไม่สามารถคำนวณหาระยะเวลาเก็บกักแต่ละบ่อบำบัดที่แท้จริงได้

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมดุลน้ำในระบบบ่อฝังบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ทำให้สามารถทราบปริมาณน้ำที่เข้าและออกจากระบบบ่อฝัง สามารถประเมินระยะเวลาเก็บกักของบ่อฝังทั้ง 5 บ่อ และ

สามารถประยุกต์ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำร่วมกับคุณภาพน้ำเสียเพื่อคำนวณอัตราการระเหย (loading) ของมลสารที่ปนเปื้อนในน้ำเสียที่เข้าระบบ บำบัดได้ในระบบ และปล่อยออกจากระบบบ่อฝั ง มากไปกว่านั้นได้มี การศึกษาหาความสัมพันธ์อัตราการระเหยจากถาดวัดที่สถานีวัดอากาศและในระบบบ่อฝั ง ทั้ง 5 บ่อ เพื่อต่อการประเมินค่าอัตราการระเหยในอนาคต และหาความสัมพันธ์ของ คุณภาพน้ำเสียที่ส่งผลต่ออัตราการระเหยในระบบบ่อฝั งของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ



วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมมูลน้ำในระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์อัตราภาระเหจากถาดวัดการระเหยที่สถานีวัดอากาศและในระบบบ่อฝึงบ 5 บ่อ ที่เรียงตัวกันตามตึกการบำบัดโดยกระบวนการธรรมชาติช่วยธรรมชาติ
3. เพื่อหาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำเสียที่ส่งผลต่ออัตราภาระเหจากระบบบ่อฝึงบ 5 บ่อ ที่เรียงตัวกันตามตึกการบำบัดโดยกระบวนการธรรมชาติช่วยธรรมชาติ

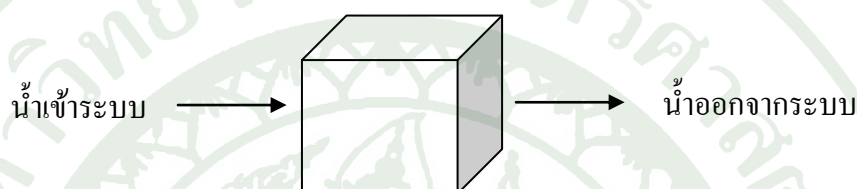
ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาสมมูลน้ำในระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี
2. ศึกษาสมมูลน้ำในช่วงฤดูฝนตั้งแต่วันที่ 5 มิถุนายน ถึง 27 พฤศจิกายน พ.ศ.2556
3. วิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งหมด 11 พารามิเตอร์ ประกอบด้วย บีโอดี (biochemical oxygen demand, BOD), ซีโอดี (chemical oxygen demand, COD), ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (total dissolved solid, TDS), ความนำไฟฟ้า (electro conductivity, EC), ความเค็ม (salinity), ของแข็งแขวนลอย (suspended solid), ความเป็นกรด-ด่าง (pH), สารลดแรงตึงผิว (surfactant), ความขุ่น (turbidity), สี (color) และความโปร่งใส (transparency) เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์กับอัตราภาระเหของน้ำเสียในบ่อฝึงบ 5 บ่อ ของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ
4. พิจารณาให้อัตราการซึมออกของน้ำในระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียมีค่าคงที่ตลอดช่วงการศึกษา

การตรวจเอกสาร

สมดุลน้ำ

Charles (1999) กล่าวว่าสมดุลน้ำ คือ การคิดปริมาณน้ำที่เข้าและออกจากปริมาตร 3 มิติ ใดๆ ในช่วงเวลาหนึ่ง อาจทำให้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในระบบเปลี่ยนแปลงไป



ภาพที่ 1 สมดุลน้ำที่เข้าและออกจากระบบ

สำหรับระบบใดๆ สามารถพิจารณาสมดุลของปริมาตรน้ำที่เข้า-ออก และส่วนที่เปลี่ยนแปลงอยู่ในระบบ โดยเขียนสมการสมดุลน้ำได้ดังนี้

$$I - O = \Delta S \quad \text{----- (1)}$$

โดยที่ I คือ ปริมาณน้ำเข้าระบบ

O คือ ปริมาณน้ำออกจากระบบ

ΔS คือ ปริมาณน้ำในระบบที่เปลี่ยนแปลงไป

Linsley *et al.* (1992) แสดงความลุ่มลึกของแต่ละตัวแปรจะพบว่าน้ำที่เข้าระบบอาจมาจากฝน น้ำในแม่น้ำ น้ำใต้ดิน และน้ำที่ออกจากระบบอาจมาจากน้ำไหลออก การคายระเหย การซึมลงดิน เป็นต้น ซึ่งถ้าพิจารณาระบบสมดุลของน้ำบนผิวดินจะได้สมการสมดุลน้ำดังนี้

$$P + Q_{in} + Q_g - Q_{out} - I_f - ET = \Delta S \quad \text{----- (2)}$$

โดยที่ P คือ ปริมาณฝน

Q_{in} คือ ปริมาณน้ำไหลเข้าระบบ

Q_{out} คือ ปริมาณน้ำไหลออกจากระบบ

Q_g คือ ปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลเข้าสู่ระบบ

I_f คือ ปริมาณน้ำซึมผ่านผิวดิน

ET คือ ปริมาณการคายระเหย

1. ฝน (Rainfall)

ไอน้ำที่มีอยู่ในบรรยากาศเมื่อได้รับความเย็นและรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่ขึ้นจนตกลงมาสู่พื้นดินทั้งลักษณะของเหลวและของแข็ง เช่น น้ำฝน ลูกเห็บ หิมะ จะรวมเรียกกันว่า น้ำจากฟ้า หรือน้ำจากอากาศ (precipitation) สำหรับในประเทศไทย น้ำจากฟ้าที่มีผลกระทบในทางอุทกวิทยา จะตกลงมาในรูปของฝน (rain) การวัดปริมาณน้ำฝนนิยมใช้หน่วยเป็นความลึกของน้ำ เช่น มิลลิเมตร นิ้ว เป็นต้น เครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณน้ำฝนสามารถแบ่งได้เป็นสองชนิด คือ เครื่องวัดน้ำฝนแบบไม่อัตโนมัติ (non-recording rain gauge) และเครื่องวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติ (recording rain gauge)

1.1 เครื่องวัดน้ำฝนแบบไม่อัตโนมัติ

เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบไม่อัตโนมัติมีหลายชนิดด้วยกัน เครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้ในประเทศไทยคือแบบ Standard 8-inch rain gauge (ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556) ซึ่งถูกออกแบบโดย U.S. National Weather Service ประกอบด้วยกรวยรองรับน้ำฝนปากกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว ไว้รองรับน้ำฝน น้ำฝนจะไหลลงไปยังกระบอกตวงที่มีพื้นที่หน้าตัด 0.1 เท่า ของปากกรวยรองรับน้ำฝน ถ้าน้ำในกระบอกตวงอ่านค่าได้ 1 นิ้ว แสดงว่าความลึกฝนมีค่า 0.1 นิ้ว (ภาพที่ 2) เครื่องวัดน้ำฝนแบบไม่อัตโนมัติจะอ่านค่าวันละ 1 ครั้ง

1.2 เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติ

การวัดน้ำฝนด้วยเครื่องมือแบบอัตโนมัตินั้นจะสามารถคำนวณหาความเข้มของฝนที่ตก (intensity) และช่วงเวลาที่ฝนตก (duration) ได้ ความลึกของน้ำฝนที่ตกจะบันทึกลงแผ่นกราฟ

ซึ่งจะแบ่งเวลาให้แต่ละ 24 ชั่วโมง เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติที่นิยมใช้กันมีอยู่ 3 ชนิด คือ แบบถังกระดก (tipping bucket gage) แบบชั่งน้ำหนัก (weighing gage) และแบบทุ่นลอย (float gage)



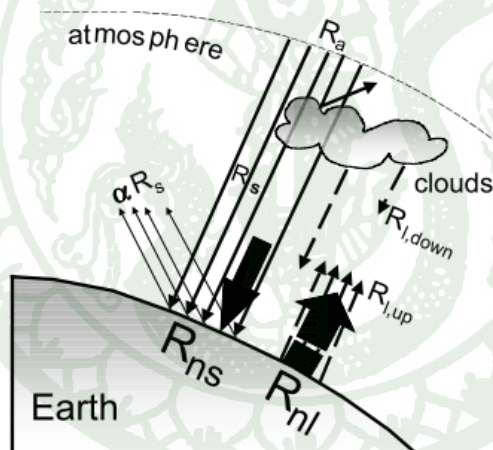
ภาพที่ 2 เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติ Standard 8-inch rain gauge

2. การระเหย (Evaporation)

Penman (1948); Linsley *et al.* (1992); Allen *et al.* (1998) กล่าวว่า การระเหยคือกระบวนการที่เปลี่ยนน้ำในรูปของเหลวให้กลายเป็นไอและเคลื่อนย้ายออกไปจากพื้นผิวระเหย เช่น แม่น้ำ ดิน ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ ฯลฯ ซึ่งในกระบวนการระเหยน้ำ 1 กรัม จำเป็นต้องใช้พลังงานความร้อนประมาณ 583 แคลลอรี่ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (เกษม, 2539) พลังงานความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำส่วนมากได้มาจากรังสีดวงอาทิตย์ นอกจากนี้ยังมีความร้อนจากอากาศ หรือความร้อนที่เก็บสะสมไว้ในน้ำหรือในดินอีกด้วย จากทฤษฎีของ Dalton ซึ่งกล่าวว่า อัตราการระเหยจากผิวน้ำเป็นสัดส่วนกับค่าความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำที่ผิวน้ำและความดันไอน้ำในอากาศที่อยู่เหนือผิวน้ำนั้น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่ผลต่ออัตราการระเหยของน้ำ คือ ดัชนีอุตุนิยมวิทยา ลักษณะของพืช การบริหารจัดการและลักษณะสภาพแวดล้อม สำหรับดัชนีอุตุนิยมวิทยาหลัก 4 ดัชนี ที่มีผลกระทบต่อ การระเหยของน้ำ คือ รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นอากาศ และความเร็วลม (Allen *et al.*, 1998)

2.1 รังสีดวงอาทิตย์ (Solar radiation)

รังสีดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่สำคัญแก่โลก ซึ่งจะแผ่รังสีในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคลื่น คือ คลื่นสั้น (short wave) มีความยาวคลื่นสั้นกว่า 4 ไมโครเมตร และคลื่นยาว (long wave) มีความยาวคลื่นมากกว่า 4 ไมโครเมตร รังสีดวงอาทิตย์ก่อนเข้ามาถึงพื้นผิวโลกจะต้องผ่านสิ่งเจือปนต่างๆ ในชั้นบรรยากาศ เช่น กลุ่มแก๊ส เมฆ ฝุ่นละออง ทำให้เกิดการสะท้อนกลับ (reflection) การกระจาย (scattering) และการดูดซับ (absorption) ดังนั้นปริมาณรังสีที่เข้ามาถึงพื้นผิวโลกจึงมีค่าน้อยกว่าปริมาณรังสีที่ผิวชั้นนอกสุดของบรรยากาศโลก (extraterrestrial radiation, R_a) หน่วยที่ใช้วัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์จะบอกในรูปของพลังงานความร้อนต่อพื้นที่ต่อเวลา เช่น แคลอรีต่อตารางเซนติเมตรต่อนาที ($\text{cal/cm}^2/\text{min}^{-1}$) หรือเมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ($\text{MJ/m}^2/\text{d}$) เป็นต้น



ภาพที่ 3 สมดุลรังสีดวงอาทิตย์บนโลก

ที่มา: Allen *et al.* (1998)

รังสีสุทธิ (net radiation, R_n) คือผลต่างระหว่างปริมาณรังสีที่เข้ามายังพื้นผิวโลกกับรังสีที่ออกจากพื้นผิวโลก (สมการ 3) โดยรังสีที่เข้ามายังพื้นผิวโลกจะมีลักษณะของทั้งคลื่นสั้น (R_{sd}) และคลื่นยาว (R_{ld}) รังสีคลื่นสั้นจะมาจากดวงอาทิตย์โดยตรงและที่เกิดมาจากการกระจายของแสง (scattering) เนื่องจากโมเลกุลของสารในชั้นบรรยากาศที่มีขนาดเล็กกว่าความยาวคลื่นแสง ในส่วนของรังสีคลื่นยาวที่ส่งมายังพื้นผิวโลกก็เกิดจากดวงอาทิตย์โดยตรงและจากการแผ่รังสีความร้อน

(re-radiation) จากสารเจือปนต่างๆ ในชั้นบรรยากาศ ในส่วนของรังสีที่ออกจากผิวโลกก็จะมีทั้งรังสีคลื่นสั้น (R_{su}) และคลื่นยาว (R_{lu}) อีกเช่นกัน โดยรังสีคลื่นสั้นเกิดจากการสะท้อนบนพื้นผิววัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่าความยาวคลื่นของรังสีที่เข้ามา มักเรียกว่า reflection หรือ albedo ซึ่งจะบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ของรังสีคลื่นสั้นที่เข้ามา สำหรับรังสีคลื่นยาวที่ออกจากผิวโลกนั้นเกิดจากการที่โลกได้รับความร้อนทั้งคลื่นสั้นและคลื่นยาวจะมีการสะสมความร้อนเอาไว้ แล้วก็จะแผ่รังสีความร้อนออกในรูปรังสีคลื่นยาว เรียกว่า terrestrial radiation

$$R_n = R_{sd} - R_{ld} + R_{su} - R_{lu} \quad \text{----- (3)}$$

ปริมาณความร้อนหรือรังสีสุทธิที่โลกได้รับนั้นจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ คือ การระเหยน้ำ (latent heat flux, LE) การพาผลาญอากาศ (sensible heat flux, H) การไหลลงสู่ดิน (soil heat flux, G) การเก็บไว้ในวัตถุหรือต้นไม้และดิน (heat storage, S) การสังเคราะห์แสง (photosynthesis flux, Ph) กระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism, M) และอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามค่าของความร้อนที่ใช้ในการเก็บไว้ในวัตถุหรือต้นไม้และดิน การสังเคราะห์แสง และกระบวนการเมตาบอลิซึม ยังมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับค่ารังสีสุทธิ จึงไม่นำมาพิจารณา สามารถเขียนสมการการใช้พลังงานความร้อนที่ผิวโลกได้ดังสมการ 4

$$R_n + LE + H + G = 0 \quad \text{----- (4)}$$

ดังนั้นถ้าพิจารณาผลกระทบของพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อการคายระเหย (evapotranspiration) หรือการระเหย (evaporation) จะต้องคำนึงถึงพลังงานความร้อนที่จะถูกใช้ไปในการพาผลาญอากาศและไหลลงดินด้วย (Allen *et al.*, 1998) ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ($\text{MJ/m}^2/\text{day}$) สามารถแปลงให้อยู่ในรูปการระเหยเทียบเท่า (equivalent evaporation) ในหน่วยความลึกน้ำ (มิลลิเมตรต่อวัน) โดยคูณกับแฟกเตอร์ของส่วนกลับความร้อนแฝงการกลายเป็นไอซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.45 MJ/kg ($1/\lambda = 1/2.45 = 0.408$)

$$\text{Equivalent evaporation} = 0.408 \times \text{Radiation} \quad \text{----- (5)}$$

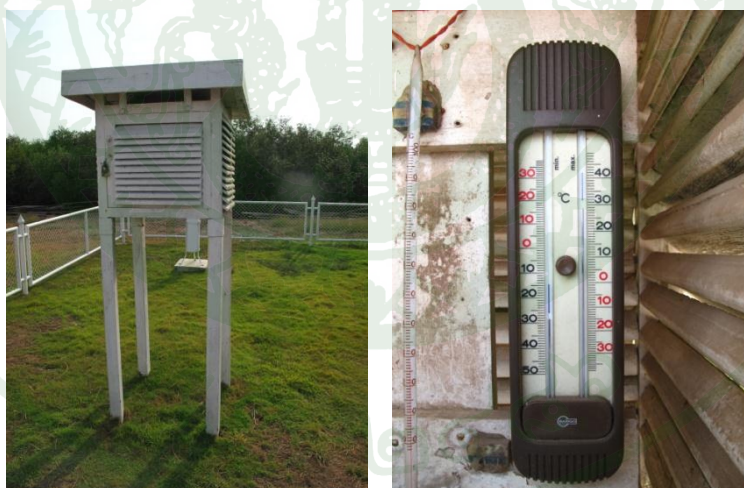
Jurgen (2007) ได้ศึกษาความสามารถของวัตถุในการดูดซึมพลังงานจากดวงอาทิตย์ และถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสี โครงสร้าง และชนิดของวัตถุ

Metcelf and Eddy (2004) พบว่าเหล็กเป็นสารอนินทรีย์ที่ดูดซับรังสีช่วงคลื่นอัลตราไวโอเลต (UV) ได้ดีที่สุด

2.2 อุณหภูมิอากาศ (Air temperature)

รังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาในโลกหรือสะท้อนจากผิวโลกบางส่วนจะถูกดูดซับโดยชั้นบรรยากาศแล้วปล่อยพลังงานความร้อนออกมา ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้น พลังงานความร้อนจากอากาศสามารถส่งผ่านไปยังพืชหรือพื้นผิวระเหยได้ (evaporation surface) ทำให้ส่งผลกระทบต่อการระเหยหรือการคายระเหยได้

เทอร์โมมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้วัดอุณหภูมิอากาศ สำหรับสถานีตรวจวัดอากาศจะนำเทอร์โมมิเตอร์ไปติดตั้งในตู้วัดอุณหภูมิ (shelter) ที่มีความสูง 2 เมตร จากพื้นดิน ตามมาตรฐานองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (WMO) ตู้วัดอุณหภูมิจะป้องกันความร้อนจากรังสีโดยตรงที่มาจากดวงอาทิตย์ และถูกสร้างมาให้สามารถถ่ายเทอากาศผ่านได้สะดวก



ภาพที่ 4 ตู้วัดอุณหภูมิและเทอร์โมมิเตอร์บันทึกอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด

การเก็บข้อมูลอุณหภูมิสามารถเก็บได้หลายแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ ชนิดเครื่องมือวัด เช่น การบันทึกอุณหภูมิตลอดเวลาหรือทุกๆ ชั่วโมง การบันทึกวันละครั้งซึ่งประกอบด้วยอุณหภูมิขณะบันทึก อุณหภูมิสูงสุด (maximum daily temperature, T_{max}) และ อุณหภูมิต่ำสุด (minimum daily temperature, T_{min}) ซึ่งจะมีเทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด

โดยเฉพาะ สำหรับค่าอุณหภูมิเฉลี่ยประจำวัน (mean daily temperature, T_{mean}) สามารถคำนวณได้จากอุณหภูมิรายชั่วโมง หรือข้อมูลทุกๆ 3 หรือ 6 ชั่วโมง แต่ที่นิยมและง่ายต่อการคำนวณคือเฉลี่ยจากอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ซึ่งสามารถนำไปใช้ในสูตร FAO Penman-Monteith ในการคำนวณหา อัตราการคายระเหยอ้างอิง (reference evapotranspiration) ต่อไป

$$T_{\text{mean}} = \frac{T_{\text{max}} + T_{\text{min}}}{2} \quad \text{----- (6)}$$

2.3 ความชื้นอากาศ (Air humidity)

ค่าความชื้นในอากาศจะเป็นดัชนีที่บ่งถึงปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ แรงดันย่อยที่เกิดจากไอน้ำที่มีอยู่ในบรรยากาศเรียกว่า แรงดันไอน้ำ (water vapor) การระเหยจะเกิดขึ้นได้นั้น ความดันไอน้ำของผิวน้ำ (e_w) จะมากกว่าความดันไอน้ำของอากาศ (e_a) สำหรับปริมาณไอน้ำสูงสุดที่บรรยากาศจะสามารถรับไว้ได้นั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ เรียกสภาวะนี้ว่า สภาวะอิ่มตัวของบรรยากาศ (saturated vapor pressure) ซึ่งถือว่าเป็นความดันไอน้ำสูงสุดสำหรับอุณหภูมินั้น ที่สภาวะนี้การระเหยจะไม่เกิดขึ้น

การวัดความชื้นของบรรยากาศจะใช้เครื่องมือเรียกว่า Psychrometer ซึ่งประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน แบบกระเปาะเปียก (wet bulb) ที่หุ้มกระเปาะให้มีความชื้นอิ่มตัวตลอดเวลา และแบบกระเปาะแห้ง (dry bulb) ซึ่งจะทำหน้าที่บันทึกอุณหภูมิของอากาศธรรมดา ค่าความแตกต่างที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสองเรียกว่า Wet bulb depression ค่าของอุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งและ Wet bulb depression นำไปหาค่าความชื้นได้จากกราฟที่เรียกว่า Psychrometric charts

Kokya and Kokya (2007) ศึกษาอัตราการระเหยในแหล่งน้ำที่มีความเค็มพบว่า อัตราการระเหยมีค่าลดลงเมื่อน้ำมีความเค็มเพิ่มขึ้น เนื่องจากความเค็มมีผลต่อการลดความดันไอน้ำอิ่มตัว (saturated vapor pressure) ที่ผิวน้ำ ส่งผลให้ความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำอิ่มตัวและความดันไอน้ำ หรือค่าอากาศขาดความอิ่มตัวของความดันไอน้ำ (vapor pressure deficit) มีค่าลดลง ไอน้ำเคลื่อนตัวจากผิวระเหยได้น้อยลง

2.4 ความเร็วลม (Wind speed)

ลมเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทั้งขนาดและทิศทาง ซึ่งการบอกทิศทางจะบอกจากทิศที่ลมพัดมา โดยถือหลักของเข็มทิศ มีทั้งหมด 16 ทิศ สำหรับการหาค่าอัตราการระเหยจะมีความสัมพันธ์กับลมในด้านของความเร็ว (wind speed) ความเร็วลมจะวัดในหน่วย เมตรต่อวินาที หรือไมล์ต่อชั่วโมง หรือนอต (1 นอต = 1.151 ไมล์ต่อชั่วโมง = 0.514 เมตรต่อวินาที) เครื่องมือที่ใช้วัดความเร็วลมคือ Anemometer ซึ่งประกอบไปด้วยแกนหมุนและถ้วยหรือใบพัดที่จะหมุนรอบแกนหมุนเนื่องจากแรงลม วัดโดยการนับจำนวนรอบในช่วงระยะเวลาหนึ่ง สามารถคำนวณหาความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงเวลานั้น ความเร็วลมที่วัดที่ระดับความสูงต่างกันจากพื้นดินจะมีค่าต่างกัน โดยจะมีค่าต่ำสุดที่ระดับผิวดินเนื่องมาจากแรงเสียดทาน สำหรับความเร็วลมที่นำมาใช้คำนวณอัตราการคายระเหยจะวัดที่ระดับ 2 เมตร (Allen *et al.*, 1998) ถ้าสถานีอุตุนิยมวิทยาวัดความเร็วลมที่ระดับอื่น เช่น 10 เมตร ก็สามารถปรับค่าความเร็วลมมาที่ระดับ 2 เมตร ดังสมการ 7

$$u_2 = u_z \frac{4.87}{\ln(67.8z - 5.42)} \quad \text{----- (7)}$$

โดยที่ u_2 คือ ความเร็วลมที่ระดับ 2 เมตรเหนือผิวดิน

u_z คือ ความเร็วลมที่ระดับ z เมตรเหนือผิวดิน

z คือ ระดับความสูงของเครื่องมือวัดความเร็วลมเหนือพื้นดิน



ภาพที่ 5 เครื่องมือวัดความเร็วลม Anemometer

Linsley *et al.* (1975) รายงานว่า ถ้ารังสีดวงอาทิตย์และปัจจัยอื่นๆ ทางอุตุนิยมวิทยาทั้งหมดมีค่าคงที่เหนือทะเลสาบที่ตื้น ในช่วงเวลาการหาอัตราการระเหยค่าหนึ่ง ถ้าความเร็วลมเพิ่มขึ้นสองเท่าทันทีทันใด อัตราการระเหยขณะนั้นจะเพิ่มเป็นสองเท่า

2.5 การหาค่าการระเหย

การหาค่าการระเหยของน้ำในอ่างเก็บน้ำหรือสระน้ำมีหลายวิธี ทั้งการคำนวณและการวัดโดยตรงในภาคสนาม เช่น การคำนวณการระเหยด้วยหลักดุลยภาพของน้ำ (water-budge) การคำนวณการระเหยด้วยหลักดุลยภาพของพลังงาน (energy budget) การคำนวณการระเหยด้วยวิธี Aerodynamic การคำนวณการระเหยโดยใช้ข้อมูลจากถาดวัดการระเหยและข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

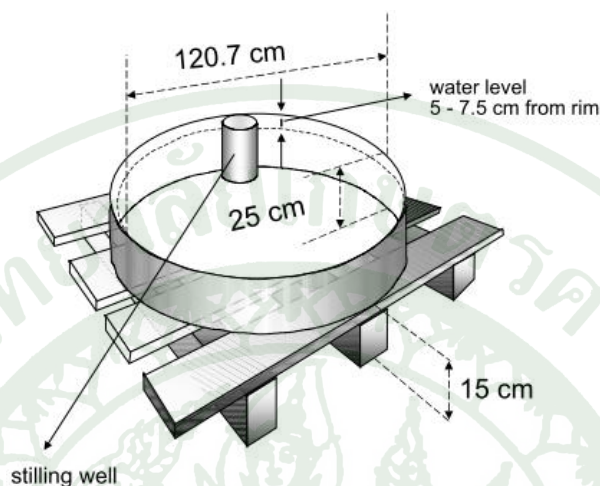
2.5.1 ถาดวัดการระเหย

ถาดวัดการระเหยเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้วัดการระเหยของน้ำในปัจจุบัน แบ่งได้ 3 ชนิด คือ ชนิดฝังดิน (sunken pan) ชนิดลอยอยู่บนผิวน้ำ (floating pan) ชนิดอยู่บนผิวดิน (surface pan) ถาดวัดการระเหยชนิดฝังดินและลอยน้ำจะทำการติดตั้งและดูแลรักษายาก จึงไม่เป็นที่นิยมใช้ ถาดวัดการระเหยชนิดอยู่บนผิวดินจึงเป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ชนิดของถาดวัดการระเหยที่เป็นที่ยอมรับในหน่วยงานระดับนานาชาติ เช่น องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO), องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก คือ U.S. Weather Bureau Class A pan

2.5.2 ถาดวัดการระเหยแบบ เอ

ถาดวัดการระเหยแบบ เอ มีลักษณะเป็นถาดกระบอกทรงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 120.7 เซนติเมตร ลึก 25 เซนติเมตร วัสดุทำจากเหล็กอาบสังกะสีที่เคลือบด้วยอลูมิเนียม วางอยู่บนแผงไม้ที่อยู่สูงจากพื้นดิน 15 เซนติเมตร และปูหญ้าบริเวณรอบถาดวัดการระเหย 20x20 เมตร ระดับน้ำในถาดสูงสุดอยู่ต่ำกว่าขอบถาด 5 เซนติเมตร และยอมให้ระดับน้ำลดลงได้มากที่สุด 7.5 เซนติเมตร จากขอบถาด การวัดการระเหยจะวัดตอนเช้าทุกวันในเวลาเดียวกัน (Allen *et al.*, 1998) โดยใช้ขอวัดระดับน้ำ (hook gauge) วัดในบ่อน้ำนิ่ง (stilling well) น้ำในถาดควรเปลี่ยนอย่าง

สม่ำเสมออย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เพื่อกำจัดความขุ่นของน้ำในถาด นอกจากนี้อาจมีตระแกรงปกคลุมปากถาดเพื่อป้องกันสัตว์ที่มากินน้ำในถาด



ภาพที่ 6 ถาดวัดการระเหยแบบ เอ (U.S. Weather Bureau Class A pan)

ที่มา: Allen *et al.*, (1998)

ข้อมูลการระเหยที่วัดได้จากถาดวัดการระเหยอาจมีค่าไม่เท่ากับการระเหยจริงจากอ่างเก็บน้ำหรือบ่อน้ำ เนื่องจากมีเหตุปัจจัยหลายอย่าง เช่น พลังงานความร้อนที่ขอบถาด พลังงานความร้อนที่สะสมอยู่ในน้ำ ดังนั้นจึงต้องมีการนำค่าการระเหยที่วัดได้คูณด้วยสัมประสิทธิ์ของถาด (pan coefficient) มีความสัมพันธ์ดังนี้

$$E = C_f \cdot E_{\text{pan}} \quad \text{----- (8)}$$

โดย E คือ อัตราการระเหยจากอ่างเก็บน้ำ

C_f คือ สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหย

E_{pan} คือ อัตราการระเหยจากถาดวัดการระเหยแบบ เอ

ไพโรจน์ (2528) ศึกษาความสัมพันธ์อัตราการระเหยที่วัดได้จากถาดวัดบนบก และที่วัดได้จากถาดวัดแบบลอยน้ำในสระเก็บน้ำบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน พบว่าอัตราการระเหยสูงสุด-ต่ำสุด ของถาดวัดแบบลอยน้ำมีค่าไม่อยู่ในช่วงเดียวกันกับ

อัตราการระเหยของผิวดินบนบก เนื่องจากการสะสมพลังงานความร้อนอันเนื่องมาจากขนาดและความลึกของน้ำในสระเก็บน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าการเปรียบเทียบข้อมูลอัตราการระเหยของผิวดินบนบกมีแนวโน้มความสัมพันธ์ที่ดีขึ้นกับอัตราการระเหยจากผิวดินแบบลอยน้ำ เมื่อใช้ข้อมูลอัตราการระเหยเฉลี่ยมากกว่า 1 วัน

3. การรั่วซึม (Seepage)

วารุช (2525) กล่าวว่า การรั่วซึม หมายถึงการสูญเสียน้ำเนื่องจากการไหลซึมลงไปในดิน ทั้งในแนวดิ่งและด้านข้าง ในแปลงเพาะปลูก สระน้ำ คลองส่งน้ำ หรืออ่างเก็บน้ำก็ได้ การรั่วซึมจะเกิดขึ้นเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ หรือหลังจากที่ดินได้ดูดซึมน้ำเป็นเวลานานจนกระทั่งการดูดซึมน้ำมีค่าคงที่ ซึ่งปริมาณการรั่วซึมต่อหนึ่งหน่วยเวลาจะเรียกว่า อัตราการรั่วซึม (seepage rate) ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการรั่วซึมมีมากมาย เป็นการยากที่จะแยกแยะอิทธิพลของปัจจัยแต่ละอย่างออกจากกันได้ ปัจจัยที่มีความสำคัญมี 7 ปัจจัย (ไพโรจน์, 2528) ได้แก่

- 1) ค่าความนำคลศาสตร์หรือความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ของดิน
- 2) ความลึกของน้ำและความลึกของระดับน้ำใต้ดิน
- 3) ลักษณะชั้นดินใต้พื้นสระเก็บน้ำ
- 4) เวลาและการตกตะกอน
- 5) พื้นที่เปียกน้ำ
- 6) อุณหภูมิและฟองอากาศในดิน
- 7) คุณสมบัติทางเคมีของดินและน้ำ

3.1 วิธีการหาอัตราการสูญเสียเนื่องจากการซึมผ่าน

กอบเกียรติ (2542) กล่าวว่า วิธีการพื้นฐาน 3 วิธีที่จะแสดงถึงวิธีการหาอัตราการสูญเสียเนื่องจากการซึมผ่าน มีดังต่อไปนี้

- 1) จำนวนอัตราการสูญเสียเนื่องจากการซึมผ่าน (Q_i) ในหน่วยของลิตรต่อวินาทีต่อ 100 เมตรของความยาวของทางน้ำ ซึ่งเท่ากับความแตกต่างของอัตราการไหลในหน่วยลิตรต่อวินาที

ระหว่างตำแหน่งในด้านเหนือ (Q_u) และ ด้านท้ายน้ำ (Q_d) หาด้วยความยาว (L) ในทุกระยะที่เพิ่มขึ้น 100 เมตร

$$Q_l = \frac{10 \cdot (Q_u - Q_d)}{L} \quad \text{----- (9)}$$

เมื่อ Q_l คือ อัตราการสูญเสียเนื่องจากการซึมผ่าน (ลิตร/วินาที/100 ม.)

Q_u คือ ปริมาณน้ำไหลเข้าถึงลำน้ำ (ลบ.ม./วินาที)

Q_d คือ ปริมาณน้ำไหลออกจากลำน้ำ (ลบ.ม./วินาที)

L คือ ความยาวของท้ายน้ำ (ม.)

2) กำหนดอัตราการสูญเสียเนื่องจากการซึมผ่าน (Q_{lp}) ในรูปของเปอร์เซ็นต์ต่อความยาว 100 เมตร ซึ่งก็คือค่า Q_l หาด้วยค่า Q_u เพื่อแสดงค่าความสูญเสียเนื่องจากการซึมผ่านในรูปของอัตราส่วนของ Q_u แล้วคูณด้วย 100 เพื่อเปลี่ยนอัตราส่วนให้อยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์

$$Q_{lp} = \frac{(Q_u - Q_d)}{Q_u \cdot L} \quad \text{----- (10)}$$

เมื่อ Q_{lp} คือ อัตราการสูญเสียเนื่องจากการซึมผ่าน (%/100 ม.)

Q_u คือ ปริมาณน้ำไหลเข้าถึงลำน้ำ (ลบ.ม./วินาที)

Q_d คือ ปริมาณน้ำไหลออกจากลำน้ำ (ลบ.ม./วินาที)

L คือ ความยาวของท้ายน้ำ (ม.)

3) วิธีที่สามเป็นวิธีที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง ในการแสดงถึงอัตราการสูญเสียเนื่องจากการซึมผ่าน (Q_{slr}) ในหน่วยของลูกบาศก์เมตรของความสูญเสียเนื่องจากการซึมผ่านต่อตารางเมตรของเส้นรอบรูปเปียกต่อวัน ใช้สัญลักษณ์ “cmd” ในทำนองเดียวกัน Q_{slr} สามารถคำนวณได้ในหน่วยของลูกบาศก์ฟุตของความสูญเสียเนื่องจากการซึมผ่านต่อตารางฟุตของเส้นรอบรูปเปียกต่อวัน ใช้สัญลักษณ์ “cfd” เนื่องจาก 1 เมตร เท่ากับ 3.28 ฟุต ดังนั้น 1 cmd จึงเท่ากับ 3.28 cfd และบ่อยครั้งที่อัตราการสูญเสียเนื่องจากการซึมผ่านอยู่ในหน่วยของมิลลิเมตรต่อวัน (1 cmd = 1,000 mm/day)

$$Q_{slr} = \frac{8.64 \cdot 10^7 \cdot (Q_u - Q_d)}{WP_{avg} \cdot L} \quad \text{----- (11)}$$

เมื่อ Q_{slr} คือ อัตราการสูญเสียเนื่องจากการซึมผ่าน (มม./วัน)

WP_{avg} คือ เส้นรอบรูปเปียกเฉลี่ย (ม.)

Q_u คือ ปริมาณน้ำไหลเข้าถึงลำน้ำ (ลบ.ม./วินาที)

Q_d คือ ปริมาณน้ำไหลออกจากลำน้ำ (ลบ.ม./วินาที)

L คือ ความยาวของท้ายน้ำ (ม.)

3.2 การวัดการรั่วซึมโดยวัดอัตราการไหลเข้าและออก (Inflow-Outflow Method)

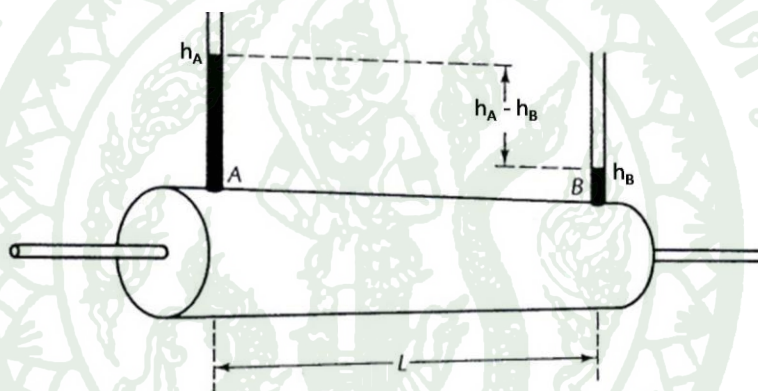
หลักการวัดอัตราการรั่วซึมด้วยวิธีนี้คือ วัดอัตราไหลเข้าและอัตราไหลออกจากบ่อน้ำหรือความยาวคลองในช่วงหนึ่ง รวมทั้งวัดปริมาณน้ำที่อาจเข้าหรือออกจากพื้นที่ศึกษาจากกระบวนการอื่น คือ ฟน การระเหย วิธีการนี้เป็นวิธีคล้ายการหาสมดุลของน้ำ ซึ่งถ้าทราบค่าของแต่ละตัวแปรก็สามารถคำนวณหาอัตราการรั่วซึมได้ การวัดด้วยวิธีนี้จะต้องรักษาสภาพการไหลให้คงที่ตลอดเวลา เพื่อจัดผลของการสะสมน้ำตามคันดินในช่องทางน้ำไหล

กอบเกียรติ (2542) กล่าวว่าเทคนิคที่ถูกต้องแม่นยำในการวัดความสูญเสียเนื่องจากการซึมผ่านในคลองชลประทาน คือ วิธี “Inflow-Outflow Method” โดยการใช้อาคารชลประทานที่มีอยู่ในปัจจุบันเป็นเครื่องมือสำหรับการวัดอัตราการไหล อัตราการสูญเสียเนื่องจากการซึมผ่านนั้น สามารถประเมินได้จากแต่ละช่วงลำคลอง (reach) ระหว่างสองอาคาร

กอบเกียรติ (2542) กล่าวว่าอีกเทคนิคหนึ่งสำหรับการใช้วิธี “Inflow-Outflow Method” คือ การติดตั้งเครื่องมือวัดการไหลแบบชั่วคราว เช่น ฝายสันกว้าง (broad-crested weirs) หรือ รางน้ำแบบ cutthroat flume เพื่อวัดอัตราการไหลด้านเหนือน้ำ (Q_u) และท้ายน้ำ (Q_d) วิธีการนี้เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในระบบส่งน้ำขนาดเล็กเท่านั้น ข้อเสียที่สำคัญคือ เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นส่งผลให้ระดับผิวน้ำด้านเหนือน้ำของอาคารวัดอัตราการไหลเพิ่มสูงขึ้น ทำให้เกิดการสูญเสียเนื่องจากการซึมผ่านเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน

3.3 การหาอัตราการรั่วซึมจากสูตรของ Darcy

Fetter (2001) กล่าวว่าคุณสมบัติของดินที่บ่งถึงความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ของดิน เรียกว่า ความนำชลศาสตร์ (hydraulic conductivity) ซึ่งเป็นค่าคงที่ของดินแต่ละชนิดและพื้นที่ Darcy (1856) ได้ศึกษาการซึมผ่านของน้ำในมวลดินในสภาพที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated) การไหลทิศทางเดียว (one-dimensional) และเป็นการไหลแบบราบเรียบ (laminar flow) โดยบรรจุดินอยู่ในท่อที่มีหลอดวัดความดันน้ำ (piezometer) ระหว่างจุดสองจุดที่มีระยะห่างเท่ากับ L จากการศึกษาพบว่าค่าอัตราการไหลของน้ำที่จุดทางน้ำออกแปรผันตรงกับความแตกต่างของความดันน้ำ (head) ระหว่างจุดสองจุด และแปรผกผันกับระยะทางของน้ำที่ไหลผ่านตัวกลาง



ภาพที่ 7 การทดลองการไหลของน้ำผ่านมวลดินที่บรรจุในท่อของ Darcy

ที่มา: Fetter (2001)

$$Q \propto h_A - h_B \text{ และ } Q \propto \frac{1}{L} \quad \text{----- (12)}$$

จากการทดลองของ Darcy พบอีกว่าการไหลของน้ำผ่านมวลดินยังเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อพื้นที่หน้าตัด (cross-section, A) เมื่อนำค่าคงที่ K มารวมในสมการก็จะได้สมการแสดงดังสมการที่ 13

$$Q = -K \cdot A \cdot \left(\frac{h_A - h_B}{L} \right) = -K \cdot A \cdot \left(\frac{dh}{dl} \right) \quad \text{----- (13)}$$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหลของน้ำผ่านมวลดิน

A คือ พื้นที่หน้าตัดของมวลดิน

h_A คือ ความดันน้ำที่จุดเริ่มต้น (A)

h_B คือ ความดันน้ำที่จุดสุดท้าย (B)

L คือ ระยะทางที่น้ำไหลผ่านมวลดิน หรือระยะระหว่างจุดเริ่มต้น A กับ B

K คือ ค่าความนำชลศาสตร์หรือค่าความสามารถในการไหลผ่านมวลดินของน้ำ

ค่าสัดส่วนความแตกต่างความดันต่อระยะทาง เรียกว่า ค่าความลาดระดับน้ำ (hydraulic gradient, i) เป็นค่าที่แสดงถึงประสิทธิภาพของแรงขับเคลื่อนน้ำผ่านมวลดิน จากสมการ 13 สามารถจัดเรียงใหม่ เพื่อแสดงค่าความนำชลศาสตร์ มีหน่วยเป็น ระยะทางต่อเวลา (L/t)

$$K = \frac{-Q}{A(dh/dl)} \quad \text{----- (14)}$$

3.4 เครื่องมือวัดความนำชลศาสตร์

การหาค่าความนำชลศาสตร์ (K) ของดินสามารถหาได้ทั้งในภาคสนามหรือเก็บตัวอย่างดินมาวัดในห้องปฏิบัติการ สำหรับการหาค่าความนำชลศาสตร์ในห้องปฏิบัติการสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ วิธีความดันคงที่ (constant-head method) และวิธีความดันแปรเปลี่ยน (falling-head method)

3.4.1 วิธีความดันคงที่ (Constant-head method)

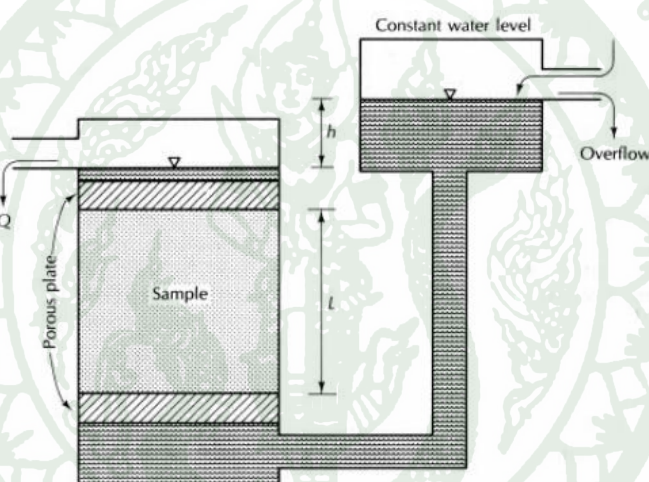
Fetter (2001) กล่าวว่าวิธีความดันคงที่เป็นวิธีที่นิยมวิธีหนึ่งในการหาค่าความนำชลศาสตร์ในวัสดุที่อิ่มตัวด้วยน้ำ เหมาะกับตัวอย่างดินที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ เช่น ดินทราย (sand) การดำเนินการทดลองจะสอดคล้องกับ Darcy's law คือ ให้น้ำไหลในทิศทางเดียวผ่านตัวอย่างดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำที่บรรจุอยู่ในท่อทรงกระบอกพื้นที่หน้าตัด (A) เท่ากันตลอดความยาว (L) ภายใต้ความดันคงที่ (constant-head) วัดปริมาตรของน้ำที่ไหลผ่านระบบในช่วงเวลา t สามารถหาค่าความนำชลศาสตร์โดยประยุกต์ใช้สมการของ Darcy (สมการที่ 13) โดยคูณเวลาทั้งสองข้างจะได้

$$Q \cdot t = -K \cdot A \cdot t \cdot \left(\frac{h_A - h_B}{L} \right) \quad \text{----- (15)}$$

จัดสมการ 15 ใหม่ โดย $V=Q \cdot t$ และให้ $h=(h_A-h_B)$

$$K = \frac{V \cdot L}{A \cdot t \cdot h} \quad \text{----- (16)}$$

เมื่อ V คือ ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านตัวอย่างเมื่อเวลาผ่านไป t (ลบ.ม.)



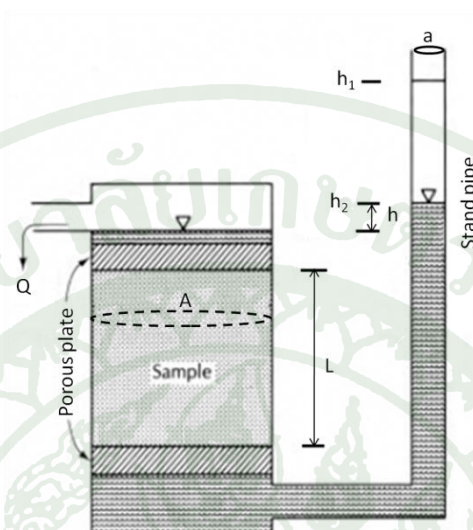
ภาพที่ 8 เครื่องมือวัดค่าความนำคลศาสตร์แบบความดันคงที่

ที่มา: Fetter (2001)

3.4.2 วิธีความดันแปรเปลี่ยน (Falling-head method)

Fetter (2001) กล่าวว่าวิธีความดันแปรเปลี่ยนมีรูปแบบคล้ายกับวิธีความดันคงที่ แต่ต่างกันตรงที่ความดันน้ำ (head) ในท่อตั้ง (stand pipe) มีพื้นที่หน้าตัด a ที่เป็นแรงขับเคลื่อนให้น้ำไหลผ่านระบบจะมีการเปลี่ยนแปลง โดยระดับน้ำจะลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เป็น การไหลแบบไม่คงที่ (unsteady flow) และมีความดันน้ำเปลี่ยน วิธีนี้เหมาะกับการวัดตัวอย่างดินที่มี ขนาดละเอียด เช่น ดินทรายแป้ง (silt) การดำเนินงานสามารถทำได้โดยใส่น้ำในท่อตั้งที่ระดับ h_1

จับเวลาจนระดับน้ำลดลงมาอยู่ที่ระดับ h_2 นำไปหาค่า K โดยประยุกต์ใช้สมการของ Darcy โดยใช้หลักการอัตราการไหลในท่อเท่ากับอัตราการไหลผ่านตัวอย่าง



ภาพที่ 9 เครื่องมือวัดค่าความนำชลศาสตร์แบบความดันแปรเปลี่ยน

ที่มา: Fetter (2001)

$$Q_{\text{stand pipe}} = Q_{\text{sample}}$$

$$-a \frac{dh}{dl} = KA \frac{h}{L}$$

แก้สมการจะได้สูตรการหาค่า K ด้วยวิธีความดันแปรเปลี่ยน

$$K = \frac{L \cdot a}{A \cdot t} \cdot \ln \left(\frac{h_1}{h_2} \right) \quad \text{----- (17)}$$

เมื่อ K คือ ค่าความนำชลศาสตร์

A คือ พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดินในกระบอกเก็บตัวอย่างดิน

a คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อตั้ง

L คือ ความยาวตัวอย่างดิน

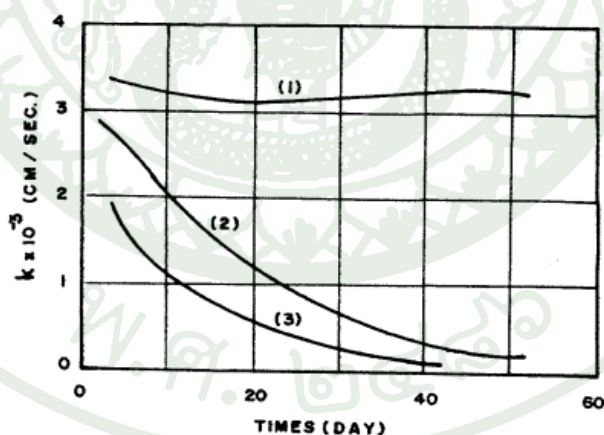
t คือ ระยะเวลาที่ระดับน้ำไหลจาก h_1 ถึง h_2

h_1 คือ ระดับน้ำที่จุดเริ่มต้นถึงระดับอ้างอิง

h_2 คือ ระดับน้ำที่จุดสุดท้ายถึงระดับอ้างอิง

Robinson and Rohwer (1959) ได้ทำการทดลองในคลองที่เนื้อดินเป็นทรายแป้ง ดินทราย แป้งปนดินเหนียวจนถึงทราย (poorly graded sand) ในรัฐโคโลราโด รายงานว่าการหาอัตราเร็วซึม โดยวิธีขังน้ำเป็นบ่อจะให้อัตราเร็วซึมสูงกว่าการใช้เครื่องวัดการรั่วซึมที่ก้นบ่อ และวิธีขังน้ำเป็นบ่อ จะมีค่าอัตราการรั่วซึมเปลี่ยนไปตามความลึกของน้ำในบ่อ นอกจากนี้ยังพบว่าการตกตะกอนในบ่อ น้ำทำให้แรงอัดทางคิ่งมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราการรั่วซึมลดลง

Allison (1947) รายงานว่าการทดสอบความชื้นน้ำเป็นระยะเวลานานจะส่งผลให้สารอินทรีย์ เจริญเติบโตขึ้นและเกิดการอุดตัน ส่งผลให้ค่าความชื้นน้ำลดลง เมื่อทดลองเพิ่มเติมโดยเปรียบเทียบ ค่าการซึมน้ำของดินและน้ำที่ไม่ได้ฆ่าเชื้อกับที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธี Sterilized พบว่าค่าความชื้น น้ำของดินและน้ำที่ไม่มีการฆ่าเชื้อมีค่าลดลง 8 ถึง 50 เท่า ของที่มีการฆ่าเชื้อ ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนค่าความชื้นน้ำตามเวลา (1) น้ำและดินที่ใช้ในการทดสอบถูกฆ่าเชื้อ (2) ฆ่าเชื้อเฉพาะดิน (3) ไม่ฆ่าเชื้อทั้งน้ำและดิน

ที่มา: Allison (1947)

Olson and Daniel (1981) รายงานว่าการไหลซึมในแนวราบ (k_h) มีค่ามากกว่าแนวตั้ง (k_v) และอัตราส่วนระหว่าง k_h/k_v สำหรับดินเหนียวแบ่งชั้น (vared clay) จะมีค่ามากกว่า 10 แต่ถ้าดินประกอบด้วยรฐหรือหลุมจะทำให้การซึมในแนวตั้งมีค่ามากกว่าแนวราบ การเก็บตัวอย่างดินทดสอบการไหลซึมต้องเป็นตัวแทนของทิศทางการไหลในสนาม สอดคล้องกับสมหมาย (2535) ศึกษาพบว่าอัตราการซึมผ่านของเขื่อนหนองปลาไหลและดินจากบ่อขุดถมเขื่อนคลองพลวงในแนวราบมีค่ามากกว่าแนวตั้ง 2.1 ถึง 7.5 เท่า โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อความซึมผ่านและอัตราส่วนความซึมผ่านคือ ลาดระดับน้ำ (i), ชีดจํากันเหลว (LL) และจำนวนรอบการทดสอบ

4. การไหลของน้ำ

การไหลของน้ำสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ การไหลในทางน้ำเปิด (open channel) และการไหลในท่อ (pipe flow)

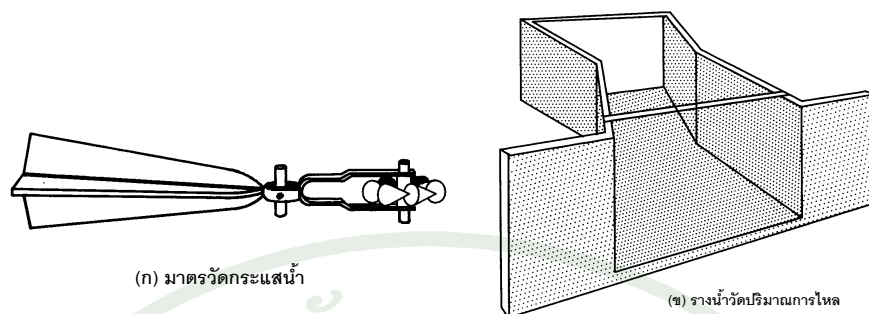
4.1 การไหลในทางน้ำเปิด

การไหลในทางน้ำเปิดเป็นการไหลที่ผิวน้ำสัมผัสกับอากาศ เช่น การไหลในแม่น้ำ คลองชลประทาน การไหลในท่อแบบน้ำไม่เต็มท่อ เป็นต้น โดยการไหลในทางน้ำเปิดจะไหลเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก การวัดอัตราการไหลในทางน้ำเปิดมีหลายแบบ ถ้าเป็นการไหลในแม่น้ำธรรมชาติจะนิยมใช้ current meter ถ้าเป็นลำน้ำขนาดเล็กหรือคลองส่งน้ำที่สร้างขึ้นจะนิยมใช้ฝาย (weir) และ venture-type meter (Linsley *et al.*, 1992)

4.1.1 การวัดอัตราการไหลในสนาม

1) การวัดอัตราการไหลสำหรับการปรับเทียบในสนาม

กอบเกียรติ (2542) กล่าวว่าวิธีวัดอัตราการไหลซึ่งเป็นที่นิยมในระบบชลประทาน มี 2 วิธี ได้แก่ มาตรวัดกระแสน้ำและการวัดอัตราการไหลผ่านรางวัดน้ำ เช่น รางน้ำแบบพาร์เซลหรือรางน้ำแบบไม่มีคอ (ภาพที่ 11) มาตรวัดกระแสน้ำมักจะถูกใช้ในการวัดอัตราการไหลมากกว่า 500 ลิตรต่อวินาที ในทางตรงกันข้าม รางวัดน้ำชั่วคราวจะถูกใช้ในการวัดอัตราการไหลที่น้อยกว่าประมาณ 300-500 ลิตรต่อวินาที



ภาพที่ 11 ชนิดของเครื่องมือที่ใช้วัดอัตราการไหลในคลองชลประทาน

ที่มา: กอบเกียรติ (2542)

2) การวัดความลึกการไหล

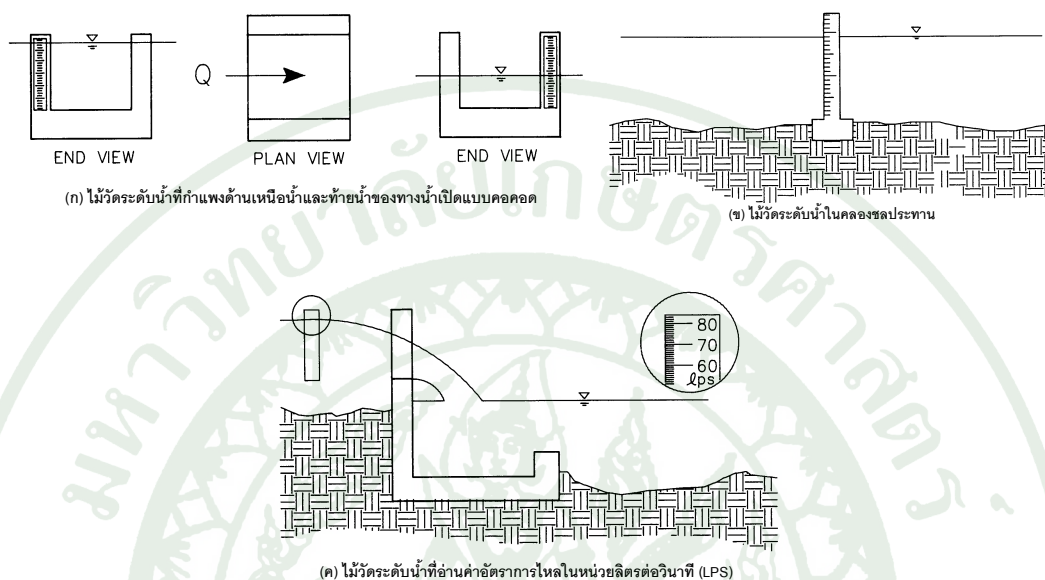
กอบเกียรติ (2542) กล่าวว่าไม้วัดระดับน้ำมักจะนำมาใช้ในการวัดความลึกการไหลของน้ำ โดยจะวางไว้ติดกับผนังของอาคารชลประทานหรือบนเสาที่ตั้งอยู่ตรงกลางคลองชลประทาน ข้อได้เปรียบเบื้องต้นของไม้วัดระดับน้ำก็คือง่ายต่อการอ่านค่า ด้วยเหตุนี้ไม้วัดระดับน้ำจึงมักทำให้อ่านค่าในหน่วยของลิตรต่อวินาที โดยตรงมากกว่าจะเป็นความลึกการไหลของน้ำ แต่วิธีนี้ใช้ได้ผลสำหรับการไหลอิสระ และไม้วัดระดับน้ำจะต้องถูกทำมาพิเศษสำหรับอาคารประกอบแต่ละชนิด (ภาพที่ 12) และ การวัดก็จะต้องเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป

4.1.2 เครื่องมือวัดการไหล

1) เครื่องมือวัดกระแสน้ำ

กอบเกียรติ (2554) กล่าวว่าเครื่องมือวัดกระแสน้ำเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความเร็วกระแสน้ำ มีตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนการหมุนรอบแกนกับเวลา ซึ่งก่อนที่นำเอาเครื่องมือวัดกระแสน้ำไปใช้งาน จะต้องมีการสอบเทียบ (calibration) หาค่าคงที่ของเครื่องเสียก่อน เครื่องวัดกระแสน้ำที่ใช้โดยทั่วไปมีอยู่ 2 แบบคือ แบบใช้ถ้วยรูปทรงคล้ายกรวย (cup type) และแบบใช้ใบพัด (propeller type) โดยเครื่องมือวัดกระแสน้ำ

แต่ละแบบจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นใบพัดหรือรูปถ้วย และส่วนที่ให้สัญญาณบอกจำนวนรอบของการหมุน



ภาพที่ 12 ไม้วัดระดับน้ำชนิดต่าง ๆ

ที่มา: กอบเกียรติ (2542)

เครื่องมือวัดกระแสน้ำ ไม่สามารถวัดความเร็วของกระแสน้ำได้โดยตรงแต่จะวัดจำนวนรอบที่หมุนกับเวลาที่ใช้ ความเร็วของกระแสน้ำที่วัดได้จะเท่ากับจำนวนรอบของการหมุนของใบพัดคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์และบวกด้วยค่าคงที่จำนวนหนึ่งซึ่งเป็นค่าเฉพาะของแต่ละเครื่อง การตรวจสอบการหมุนของส่วนประกอบที่หมุนได้ ทำได้โดยนำเอาส่วนที่หมุนได้ไปติดกับรถหรืออุปกรณ์ที่วิ่งด้วยความเร็วคงที่และจุ่มลงในน้ำ จากนั้นตรวจสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ของเครื่องมือวัดกระแสน้ำได้ด้วยการนำไป plot กราฟความสัมพันธ์

$$V = a \cdot n + b \quad \text{----- (18)}$$

เมื่อ V คือ ความเร็วของกระแสน้ำ

n คือ จำนวนรอบต่อวินาทีของเครื่องวัดกระแสน้ำในการวัดกระแสน้ำ

a, b คือ ค่าคงที่หรือสัมประสิทธิ์ของเครื่องวัดกระแสน้ำ

จากค่า V ที่คำนวณได้ จะสามารถนำไปคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำได้ โดยการแบ่งพื้นที่หน้าตัดของการไหลในทางน้ำออกเป็นส่วนๆ แล้ววัดความเร็วเฉลี่ยที่จุดศูนย์กลางของพื้นที่ย่อยๆ เหล่านั้น ผลรวมของผลคูณระหว่างพื้นที่หน้าตัดของน้ำกับความเร็วเฉลี่ยในส่วนนั้นครบทุกพื้นที่ย่อยก็จะเป็นอัตราการไหลในลำน้ำนั้น ดังสมการ

$$Q = \sum (A \cdot V) \quad \text{----- (19)}$$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหลของน้ำในหน้าตัดการไหลที่พิจารณา

V คือ ความเร็วกระแส น้ำบริเวณหน้าตัดการไหลย่อยที่พิจารณา

A คือ พื้นที่หน้าตัดการไหลย่อย

วีระพล (2533) กล่าวว่า การวัดความเร็วการไหลตามรูปตัดขวางลำน้ำจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ เพื่อหาความเร็วเฉลี่ยโดยแต่ละส่วนที่แบ่งจะต้องมีปริมาณการไหลของน้ำไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการไหลรวมทั้งรูปตัดลำน้ำ การกำหนดจุดวัดความเร็วน้ำในแนวตั้งของแต่ละส่วนแบ่งแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรการคำนวณความเร็วเฉลี่ยในลูกตั้งในแต่ละส่วนที่ถูกแบ่งของลำน้ำ

ความลึกลูกตั้ง (เมตร)	จุดความลึกจากผิวน้ำที่ทำการวัด	ความเร็วเฉลี่ย
0.3-0.6	0.6D	$V_{avg} = V_{0.6}$
0.6-3	0.2D และ 0.8D	$V_{avg} = \frac{1}{2}(V_{0.2} + V_{0.8})$
3-6	0.2D, 0.6D และ 0.8D	$V_{avg} = \frac{1}{4}(V_{0.2} + 2V_{0.6} + V_{0.8})$
มากกว่า 6	0.3 เมตรจากผิวน้ำ, 0.2D, 0.6D, 0.8D และ 0.3 เมตรเหนือท้องน้ำ	$V_{avg} = \frac{1}{10}(V_S + 3V_{0.2} + 2V_{0.6} + 3V_{0.8} + V_B)$

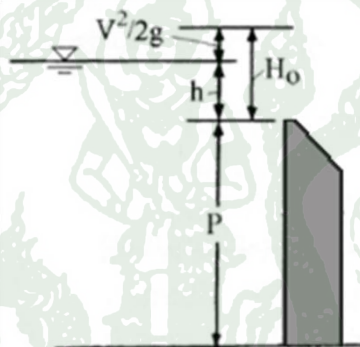
หมายเหตุ V_S และ V_B เป็นความเร็ววัดที่ 0.3 เมตร จากผิวน้ำ และ 0.3 เมตร เหนือท้องน้ำ

D เป็นความลึกของระดับน้ำทั้งหมด

ที่มา: วีระพล (2533)

2) ฝายสันคม (Sharp crest weir)

ฝายสันคมเป็นเครื่องมือวัดอัตราการไหลในทางน้ำเปิดชนิดหนึ่ง ที่สร้างขึ้นลำนํ้าเพื่อให้ น้ำไหลผ่านแบบตั้งฉากกับสันฝายที่มีปลายแหลม ซึ่งจะมีความสัมพันธ์ที่แน่นอนระหว่างความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (head) และอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่าน ฝายสันคมมีหลายชนิดโดยเรียกตามรูปร่างลักษณะของสันฝาย เช่น รูปสี่เหลี่ยม (rectangular weir) รูปสี่เหลี่ยมคางหมู (trapezoidal weir) รูปสามเหลี่ยม (triangular weir) สำหรับฝายสี่เหลี่ยมแบ่งออกเป็นฝายแบบไม่บีบข้าง (suppressed weir) มีความกว้างของสันฝายเท่ากับ ความกว้างของทางน้ำ และฝายแบบบีบข้าง (contracted weir) มีช่องเปิดให้น้ำไหลผ่านแคบกว่าความกว้างของทางน้ำ



ภาพที่ 13 ภาพตัดขวางฝายสันคมและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

ความสูงของระดับน้ำเหนือสันฝาย (ระดับน้ำที่ไม่มีผลกระทบจากความโค้งที่เกิดจากการไหลข้ามสันฝาย) จะเรียกว่า head (h) เมื่อนำเอา velocity head ($V^2/2g$) รวมเข้ากับความสูง h จะเป็นความสูงของพลังงานที่ตำแหน่งนั้น ความสูงนี้เรียกว่า total head (H_0) ฝายมีความสูง P ความกว้าง B

จากภาพที่ 13 แสดงหน้าข้างการไหลของการไหลข้ามฝายสันคม ชูเกียร์ติ และ ไตรรด์น (2532) กล่าวว่า การวิเคราะห์เบื้องต้นทำได้โดยการสมมุติว่าการไหลไม่สัมผัสเมื่อมันไหลข้ามฝาย และความดันเป็นความดันบรรยากาศตลอดหน้าตัดการไหล ด้วยสมมุติฐานดังกล่าวจะได้ว่าความเร็วที่จุดใดๆ จะมีค่าเท่ากับ $\sqrt{2gH}$ และอัตราการไหลต่อหน่วยความกว้าง q จะมีค่าดังสมการ

$$q = \int_{\frac{v_0^2}{2g}}^{h + \frac{v_0^2}{2g}} \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \cdot dH = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \left\{ \left(\frac{v_0^2}{2g} + h \right)^{3/2} - \left(\frac{v_0^2}{2g} \right)^{3/2} \right\} \quad \text{----- (20)}$$

โดยที่ H คือ ความลึกวัดในทิศทางลงจากเส้นพลังงานทั้งหมด

h คือ ความลึกน้ำเหนือสันฝาย

v_0 คือ ความเร็วเฉลี่ยการไหลหน้าสันฝาย

กรณีสันฝายมีขนาดเล็กกว่าความกว้างลำน้ำ (fully-contracted rectangular weir) จะมีการบีบทางน้ำให้แคบลง ทำให้มีผลกระทบกับการไหลซึ่งแสดงได้ด้วยสัมประสิทธิ์การหด (contraction coefficient, C_c) จะได้อัตราการไหลต่อหน่วยความกว้างดังสมการ

$$q = C_d \frac{2}{3} \sqrt{2g} \left\{ \left(\frac{v_0^2}{2g} + h \right)^{3/2} - \left(\frac{v_0^2}{2g} \right)^{3/2} \right\} \quad \text{----- (21)}$$

สมมติให้ C_d แทนสัมประสิทธิ์การไหล (discharge coefficient) แทนค่าลงในสมการ 21 จะได้

$$q = C_d \frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot h^{3/2} \quad \text{----- (22)}$$

อัตราการไหลตลอดแนวความยาวสันฝายที่มีความยาว B

$$Q = C_d \frac{2}{3} B \sqrt{2g} \cdot h^{3/2} \quad \text{----- (23)}$$

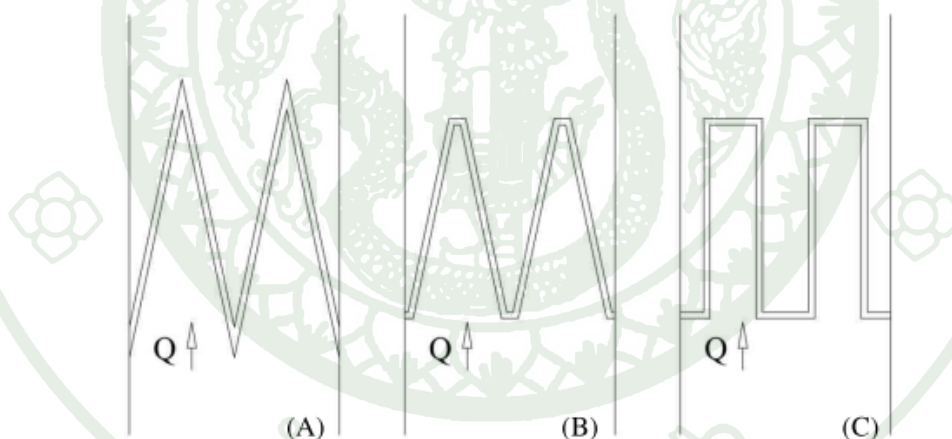
อัตราการไหล Rehbock (1929) กล่าวว่า C_d เป็นฟังก์ชันของ h/P เพียงอย่างเดียว และได้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 24

$$C_d = 0.611 + 0.08 \frac{h}{P} \quad \text{----- (24)}$$

เมื่อความสูงของฝาย (P) มีค่ามาก ๆ อัตราส่วน h/P จะมีค่าน้อยจนเข้าใกล้ศูนย์ ดังนั้น C_d จะมีค่าประมาณ 0.611

3) ฝายเล็บบิรินท์ (Labyrinth weir)

ฝายเล็บบิรินท์เป็นฝายที่สร้างเพื่อเพิ่มความยาวสันฝายในพื้นที่ทางน้ำที่มีความกว้างจำกัด และเหมาะสำหรับใช้ระบายน้ำในทางน้ำที่มีข้อจำกัดของระยะระหว่างระดับน้ำและขอบตลิ่ง (free board) เพิ่มความสามารถในการระบายน้ำได้สูงขึ้นในขณะที่ระดับน้ำเหนือสันฝายคงที่ ฝายเล็บบิรินท์อาจมีรูปร่างได้หลายรูปแบบเมื่อมองในมุมมองด้านบน (top view) เช่น รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปสี่เหลี่ยมคางหมู หรือรูปสามเหลี่ยม (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 14 รูปทรงฝายเล็บบิรินท์ (A) ทรงสามเหลี่ยม, (B) ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู, (C) ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ที่มา: Crookston (2010)

Crookston (2010) กล่าวว่า สูตรทางคณิตศาสตร์ที่ใช้คำนวณอัตราการไหลผ่านฝายเล็บบิรินท์ที่มีความถูกต้องสูงยังทำได้ยาก เนื่องจากมีหลายตัวแปรที่เกี่ยวข้อง คือ energy, momentum, non-parallel streamline, pressure under the nappe, the dynamics of the air cavity

behind the nappe, nappe interference, local submergence, surface tension effects, viscosity effects, weir geometry and crest shape สมการคณิตศาสตร์ที่ใช้คำนวณอัตราการไหลผ่านฝายแลบ บิรินจ์จะใช้สมการเดียวกับที่ใช้หาอัตราการไหลผ่านฝายแบบเส้นตรงในกรณีการไหลอิสระ (free flow) และหาค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล (discharge coefficient) ได้จากการทดลอง (Tullis *et al.*, 1995)

$$Q = C_d \frac{2}{3} L \sqrt{2g} \cdot H_T^{3/2} \quad \text{----- (25)}$$

โดยที่ Q คือ อัตราการไหลผ่านสันฝาย

C_d คือ สัมประสิทธิ์อัตราการไหล

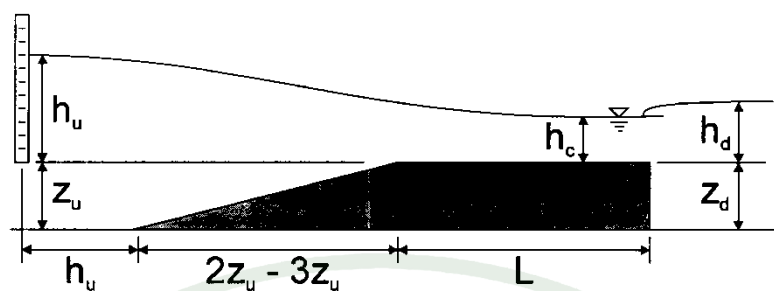
L คือ ความยาวสันฝาย

H_T คือ เสดรวม (total head) ด้านเหนือสันฝาย

g คือ อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก 9.81 m/s^2

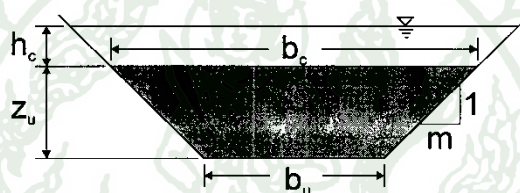
4) ฝายสันกว้าง (Broad-crested weirs)

กอบเกียรติ (2542) กล่าวว่าฝายสันกว้าง เป็นเครื่องมือวัดอัตราการไหล ในทางน้ำเปิด ซึ่งรวมหลักการเบื้องต้นทั้งของฝายและรางน้ำเข้าด้วยกัน ด้วยการที่เป็นเครื่องมือวัด การไหลในทางน้ำเปิด ฝายสันกว้างจะมีส่วนที่ลู่เข้าทางด้านเหนือน้ำ ส่วนที่เป็นคอหรือร่องและ ส่วนที่ลู่ออกทางด้านท้ายน้ำ (ภาพที่ 15 และ 16) ฝายสันกว้างสามารถถูกปรับเทียบสำหรับสภาวะ การไหลแบบท่วมท้ายได้ ถูกปรับเทียบได้ทั้งในภาคสนามและในห้องทดลอง และสามารถเปรียบ เป็นเครื่องมือวัดการไหลภายใต้สภาวะการไหลอิสระที่มีการเพิ่มขึ้นของความลึกด้านเหนือน้ำน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับรางน้ำหรือฝายชนิดอื่นๆ ซึ่งนี่ถือเป็นข้อได้เปรียบอย่างมากอันหนึ่ง



ภาพที่ 15 รูปตัดด้านข้างของฝายสันกว้างที่มีทางยกระดับด้านท้ายน้ำแบบตัดปลาย

ที่มา: กอบเกียรติ (2542)



ภาพที่ 16 รูปตัดด้านเหนือน้ำของฝายสันกว้างในคลองรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

ที่มา: กอบเกียรติ (2542)

4.2 การไหลในท่อ

Bureau of Reclamation (2001) กล่าวว่า การไหลในท่อที่มีของไหลอยู่เต็มท่อจะเกิดขึ้นเมื่อความดันในท่อ 2 จุด มีค่าแตกต่างกัน (pressure or head difference) ซึ่งอัตราการไหลจะขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 อย่าง คือ 1) ความแตกต่างความดันระหว่างจุดสองจุด 2) แรงเสียดทานที่เกิดจากความยาวท่อ ความขรุขระ ข้อต่อ การเปลี่ยนรูปทรงหรือขนาดท่อ และชนิดของของไหล และ 3) พื้นที่หน้าตัดท่อ ความเร็วของการไหลในท่อจะมีค่ามากที่สุดที่จุดกึ่งกลางท่อและลดลงถึงศูนย์ที่บริเวณขอบท่อ (pipe wall) แสดงให้เห็นแรงต้านทานการไหลที่ขอบท่อที่เกิดจากแรงเฉือน (shear stress, τ_0) ทำให้การไหลของของไหลในท่อเกิดการสูญเสียแรงดันอันเนื่องมาจากแรงเสียดทานนี้ ถ้าพิจารณาแรงดันที่สูญเสียจากการไหลแบบคงที่ (steady flow) ในท่อที่มีขนาดสม่ำเสมอและมี

ความยาวค่าหนึ่ง จะเรียกแรงดันหรือพลังงานที่สูญเสียทั้งหมดนี้ว่า head loss แทนด้วย h_f (ภาพที่ 17) หาค่าได้จากสมการของ Darcy-Weisbach

$$h_f = \frac{\lambda \cdot L \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot D} \quad \text{----- (26)}$$

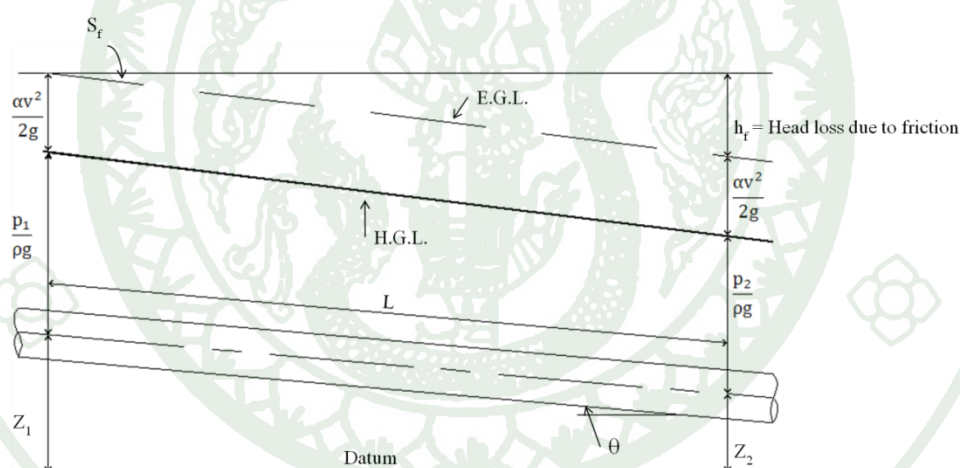
โดยที่ h_f คือ การสูญเสียพลังงานในเส้นท่อเนื่องจากแรงเสียดทาน

L คือ ความยาวเส้นท่อ

λ คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (friction factor)

v คือ ความเร็วเฉลี่ยของน้ำในเส้นท่อ

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ



ภาพที่ 17 พลังงานการไหลในท่อแบบสม่ำเสมอ

ณัฐ (ม.ป.ป.) เส้นชลศาสตร์ (hydraulic grade line: H.G.L.) เป็นเส้นที่แสดงแรงดันของของไหลในท่ออันเนื่องมาจากความสูงของของไหล (pressure head) หรือความสูงของเหลวที่สามารถยกตัวขึ้นไปได้ในแนวตั้งในหลอดแก้วที่ต่อกับ piezometer ปลายเปิด ความสูงเส้นชลศาสตร์จากระดับอ้างอิงมีค่า $\frac{p}{\gamma} + Z$ สำหรับเส้นพลังงาน (energy grade line: E.G.L.) เป็นเส้นที่แสดงพลังงานทั้งหมดของของไหลในท่อ ประกอบด้วยความสูงหรือพลังงานอันเนื่องมาจาก

ความเร็วการไหล (velocity head) และแรงดัน (pressure head) มีค่า $\frac{v_2^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + Z$ จากระดับอ้างอิง
 ในเส้นท่อที่มีขนาดและชนิดเดียวกันจะมีความเร็วการไหลคงที่ เส้นพลังงานจะขนานกับเส้นชล
 ศาสตร์ สมดุลพลังงานระหว่างตำแหน่งใดๆ สามารถประยุกต์ใช้สมการของ Bernoulli ดังสมการ 27

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + h_f \quad \text{----- (27)}$$

โดยที่ Z_1, Z_2 คือ ความสูงจุดศูนย์กลางเส้นท่อกับระดับอ้างอิงที่จุด 1 และ 2

$\frac{p_1}{\rho g}, \frac{p_2}{\rho g}$ คือ ความดันเนื่องมาจากความสูงน้ำที่จุด 1 และ 2

$\frac{\alpha v_1^2}{2g}, \frac{\alpha v_2^2}{2g}$ คือ ความดันเนื่องมาจากความเร็วที่จุด 1 และ 2

$$V_1 = V_2 \quad \text{จะได้} \quad Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + h_f \quad \text{----- (28)}$$

การวัดอัตราการไหลในท่ออาจไม่สามารถวัดได้โดยตรง เครื่องมือที่ใช้วัดอัตราการ
 ไหลในท่ออาจวัดในรูปความเร็วของของไหลในท่อ เช่น ultrasonic flowmeter, vane deflection
 meter หรือเป็นเครื่องมือวัดความดันในเส้นท่อ เช่น orifices, venturi meter, pitot tube แล้วนำข้อมูล
 ที่วัดได้ไปหาอัตราการไหลต่อไป

Friendrich (2000) กล่าวว่าเครื่องวัดอัตราการไหลแบบอัลตราโซนิก สามารถวัดอัตรา
 การไหลของของไหล (liquid) และแก๊ส (gas) ในเส้นท่อ โดยประยุกต์ใช้คลื่นความถี่เหนือเสียงใน
 หน่วย megahertz (MHz) และ 100 kilohertz ตามลำดับ เครื่องอัลตราโซนิกที่ใช้วัดอัตราการไหล
 ของน้ำในเส้นท่อสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ ultrasonic doppler flowmeter และ ultrasonic transit-
 time flowmeter

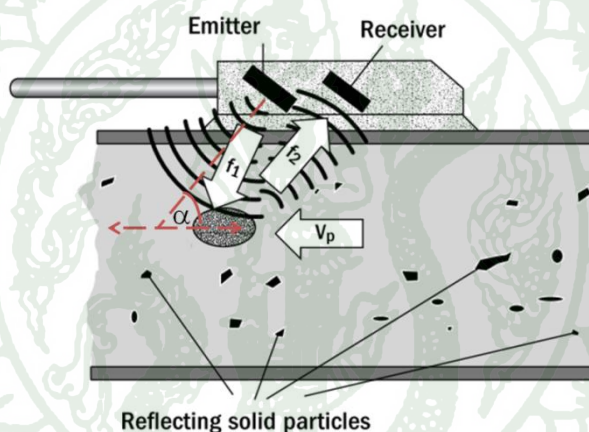
4.2.1 Ultrasonic doppler flowmeter (UDF)

เครื่อง UDF สามารถใช้วัดอัตราการไหลของน้ำเสียในท่อโดยนำไปประกบติด
 กับผิวท่อ แหล่งกำเนิดคลื่นเสียง (emitter) จะปล่อยคลื่นความถี่เหนือเสียง (ultrasonic wave)

ออกมาที่ความถี่ f_1 ที่ทำมุม α กับแนวการไหล เข้าไปยังในท่อ คลื่นเสียงจะชนอนุภาคที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v และเกิดการสะท้อนกลับ (reflected) ไปยังตัวรับคลื่นเสียง (receiver) ที่ความถี่ f_2 (ภาพที่ 18) จากการเปลี่ยนแปลงความถี่ของคลื่นเสียงที่ปล่อยออกและรับเข้ามา สามารถคำนวณหาความเร็วของอนุภาคหรือความเร็วของไหล และนำไปคำนวณหาอัตราการไหลต่อไป

$$V = \frac{c(f_2 - f_1)}{2 \cdot f_1 \cdot \cos \alpha} \quad \text{----- (29)}$$

โดยที่ c คือความเร็วของเสียงในน้ำ มีค่า 1497 m/s ที่ 25°C



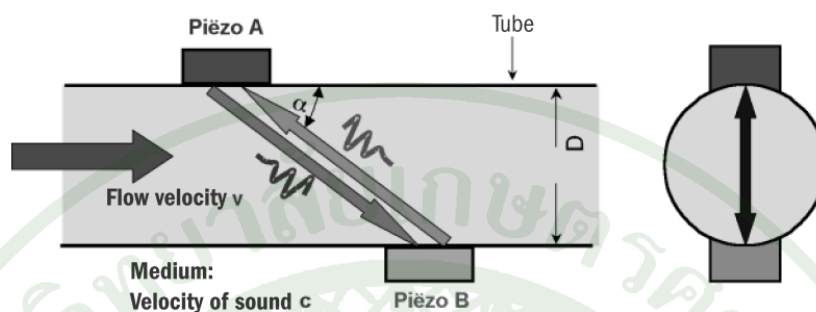
ภาพที่ 18 ตำแหน่งติดตั้งเครื่อง UDF และรูปแบบการทำงานของระบบ

ที่มา: Friendrich (2000)

4.2.2 Ultrasonic transit-time flowmeter (UTF)

UTF เป็นเครื่องมือวัดอัตราการไหลของของไหลในท่อกึ่งชนิดหนึ่งที่ใช้คลื่นความถี่เหนือเสียง ใช้หลักการปล่อยคลื่นเสียงที่มีความถี่เดียวกันตามทิศทางการไหลและตรงข้ามทิศทางการไหลของน้ำที่ระยะทางเท่ากัน โดยจะพบว่าระยะเวลาที่คลื่นเสียงใช้ในการเดินทางจะไม่เท่ากัน (ภาพที่ 19) คลื่นเสียงที่ปล่อยตามทิศทางการไหลของน้ำจะใช้ระยะเวลาน้อยกว่า

ระยะเวลาที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความเร็วของน้ำ ทำให้สามารถนำไปคำนวณหาความเร็วของน้ำ และหาอัตราการไหลได้ต่อไป



ภาพที่ 19 ตำแหน่งติดตั้งเครื่อง UTF และรูปแบบการทำงานของระบบ

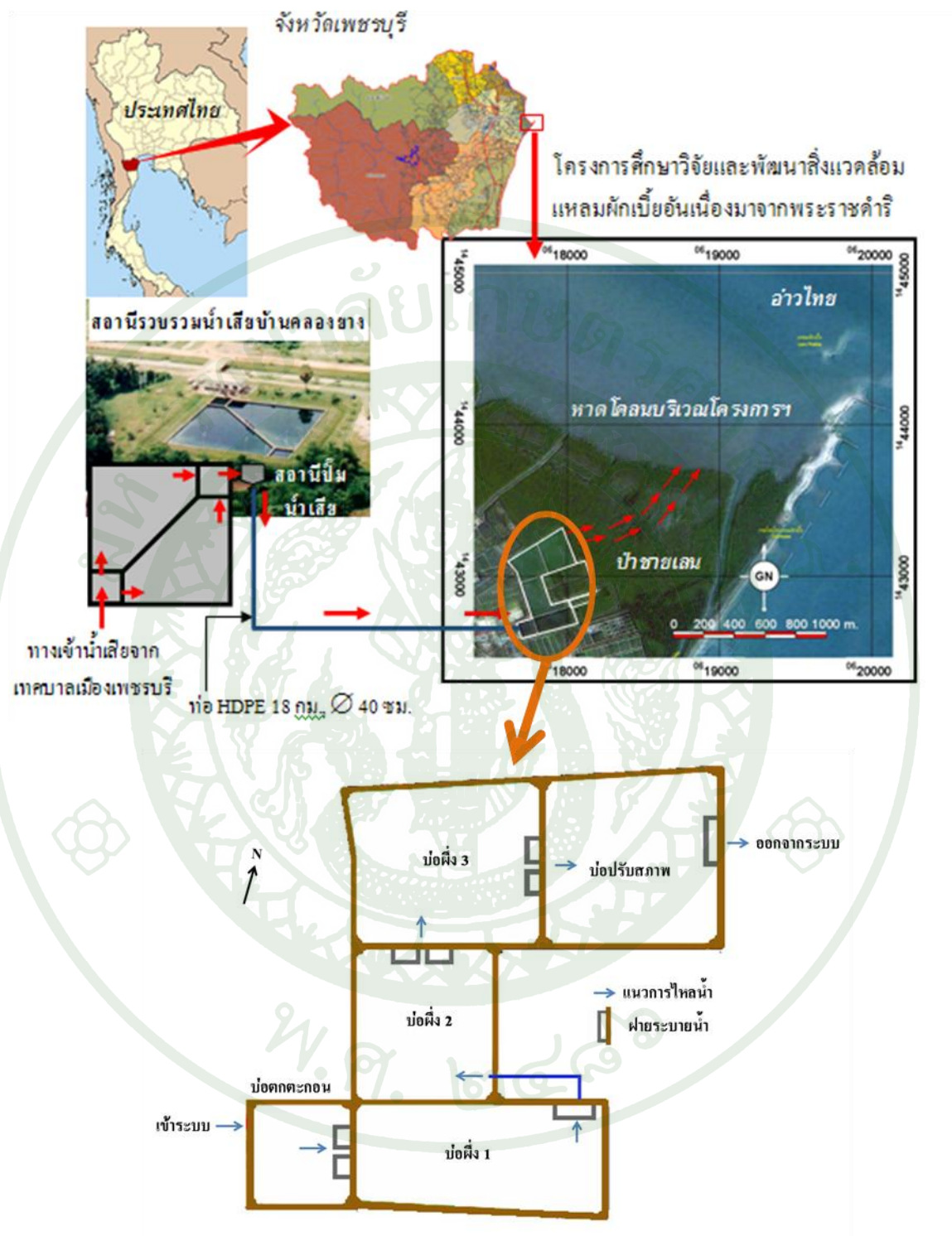
ที่มา: Friedrich (2000)

ระบบบ่อฝังกักน้ำเสีย

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวพระราชดำริให้ก่อตั้งโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำรินี้ขึ้นเพื่อบำบัดน้ำเสียและกำจัดขยะภายใต้แนวคิด 3 ประการ คือ ใช้ธรรมชาติช่วยธรรมชาติ เทคโนโลยีอย่างง่าย และราคาประหยัด หลังจากมีการศึกษาและวิจัยเป็นระยะเวลา 5 ปี ได้เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสีย 4 ระบบ คือ บ่อฝังกักน้ำเสีย (oxidation pond) ฟิสิกกรองน้ำเสีย (plant filtration) พื้นที่ชุ่มน้ำเทียม (constructed wetland) และป่าชายเลน (mangrove forest treatment) และได้เทคโนโลยีกำจัดขยะ 1 ระบบ คือ กล้องคอนกรีตกำจัดขยะ พื้นที่ดำเนินงานศึกษาวิจัยโครงการแหลมผักเบี้ย ตั้งอยู่ที่ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ตั้งอยู่บนพิกัด UTM ที่ 1442240 ถึง 1443480 เหนือ และ 0617780 และ 0619271 ตะวันออก

ระบบบ่อฝังกักน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ประกอบด้วยบ่อฝังกักน้ำเสียทั้งหมด 5 บ่อ คือ บ่อดักตะกอน บ่อฝังกักที่ 1, 2, 3 และบ่อปรับสภาพ เรียงตัวกันตามวิธีการบำบัดโดยกระบวนการธรรมชาติช่วยธรรมชาติ น้ำเสียจากเทศบาลเมืองเพชรบุรีจะถูกรวบรวมที่บ่อรวมน้ำเสีย บ้านคลองยาง ตำบลนาวิ่ง อำเภอมือง จังหวัดเพชรบุรี ก่อนถูกส่งมาตามท่อส่งน้ำเสีย HDPE ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร มายังโครงการแหลมผักเบี้ยฯ แล้วไหลไปยังระบบบำบัดน้ำเสียต่างๆ ที่มีในโครงการ น้ำเสียที่ไหลเข้าระบบบ่อฝังกักจะไหลเข้าที่บ่อดักตะกอนเป็นบ่อแรก แล้วไหลตามแรงโน้มถ่วงต่อไปบ่อฝังกักที่ 1, 2, 3 และไหลออกจากระบบที่บ่อปรับสภาพ ตามลำดับ น้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วจะถูกปล่อยเข้าสู่ป่าชายเลนบริเวณโครงการแหลมผักเบี้ยฯ ก่อนไหลออกสู่ทะเลอ่าวไทยต่อไป ภาพที่ 20



ภาพที่ 20 ตำแหน่งระบบบ่อผึ่งบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ และการจัดการน้ำเสียจากเทศบาลเมืองเพชรบุรี

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

การศึกษาสมมูลน้ำในระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี มีอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์วัดน้ำไหลในเส้นท่อ

1.1 Portable Ultrasonic flowmeter, Model Accusonic 500 Series, Serial No 80800288H.

2. อุปกรณ์วัดอัตราการไหลล้นออกจากระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสีย

2.1 ไม้วัดระดับน้ำ

2.2 เครื่องมือวัดความเร็วน้ำ current meter

2.3 สายวัดความยาว

3. อุปกรณ์วัดอัตราการระเหย

3.1 ถาดวัดการระเหย class A pan (Allen *et al.*, 1998) สำหรับติดตั้งที่สถานีวัดอากาศและในบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียทั้ง 5 บ่อ พร้อมบ่อน้ำนิ่งและขอวัดระดับน้ำ

3.2 ไม้วัด

3.3 เครื่องวัดน้ำฝนแบบไม่อัตโนมัติ

4. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน

4.1 ชุดเก็บตัวอย่างดิน (ภาพที่ 21 (ก)) เพื่อนำตัวอย่างดินไปทดลองหาค่าความนำชลศาสตร์ของดินในห้องปฏิบัติการประกอบด้วย

- 1) กระบอกลูกเก็บตัวอย่างดิน (soil core) ยาว 5 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร พร้อมฝาปิดหัว-ท้าย
- 2) ค้อน
- 3) ตัวรับแรงตอกของค้อนกับกระบอกลูกเก็บตัวอย่างดิน
- 4) มีดปาดผิวดิน

5) เสียมขุดดิน

4.2 ชุดทดลองหาค่าความนำชลศาสตร์แบบความดันแปรเปลี่ยน (falling-head method)

(ภาพที่ 21 (ข))

- 1) ฐานรองตัวอย่างดินพร้อมตระแกรงระบายน้ำ
- 2) ท่อตั้ง (stand pipe) ใส่ น้ำพร้อมเหล็กถ่วงน้ำหนัก
- 3) ขากรัดตัวอย่างดินเข้ากับหลอดใส่น้ำ
- 4) นาฬิกาจับเวลา
- 5) กระบอกฉีดน้ำ



(ก)

(ข)

ภาพที่ 21 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินและชุดทดลองหาค่าความนำชลศาสตร์แบบความดันแปรเปลี่ยน

5. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ

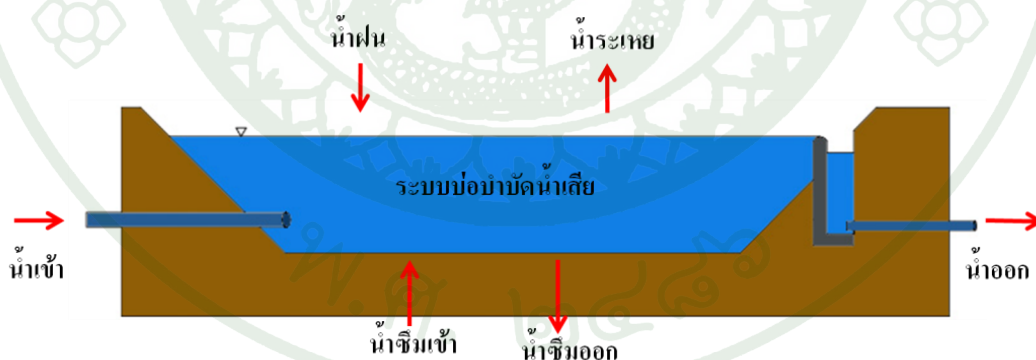
5.1 ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ Polyethylene ขนาด 1 ลิตร

วิธีการ

แผนการดำเนินงานถูกแยกออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ การศึกษาสมดุลน้ำในระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสีย และการศึกษาความสัมพันธ์อัตราภาระเหຍจากถาดวัดที่สถานีวัดอากาศและในบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียและคุณภาพน้ำเสียที่ส่งผลต่ออัตราภาระเหຍ มีสถานที่ศึกษาอยู่ที่ระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยศึกษาในช่วงระหว่างวันที่ 5 มิถุนายน ถึง 27 พฤศจิกายน พ.ศ.2556 รวมทั้งหมด 176 วัน ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน วิธีการศึกษาวิจัยแสดงดังต่อไปนี้

1. สมดุลน้ำในระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสีย

การศึกษาสมดุลน้ำในระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสีย เป็นการศึกษาปริมาณน้ำที่เข้าระบบ ออกจากระบบ และปริมาณในระบบที่เปลี่ยนแปลง สำหรับศึกษานี้มีทั้งหมด 6 ปัจจัย แบ่งเป็นน้ำเข้าระบบ 3 ปัจจัย ประกอบไปด้วย 1.น้ำเสียเข้าระบบ 2.น้ำฝน และ 3.น้ำซึมเข้า และน้ำที่ออกจากระบบ 3 ปัจจัย ประกอบด้วย 1.น้ำไหลออกผ่านทางระบายน้ำล้น 2.การระเหຍ และ 3.การซึมออก (ภาพที่ 22) วิธีการวัดและการคำนวณปริมาณน้ำของแต่ละปัจจัยแสดงดังต่อไปนี้



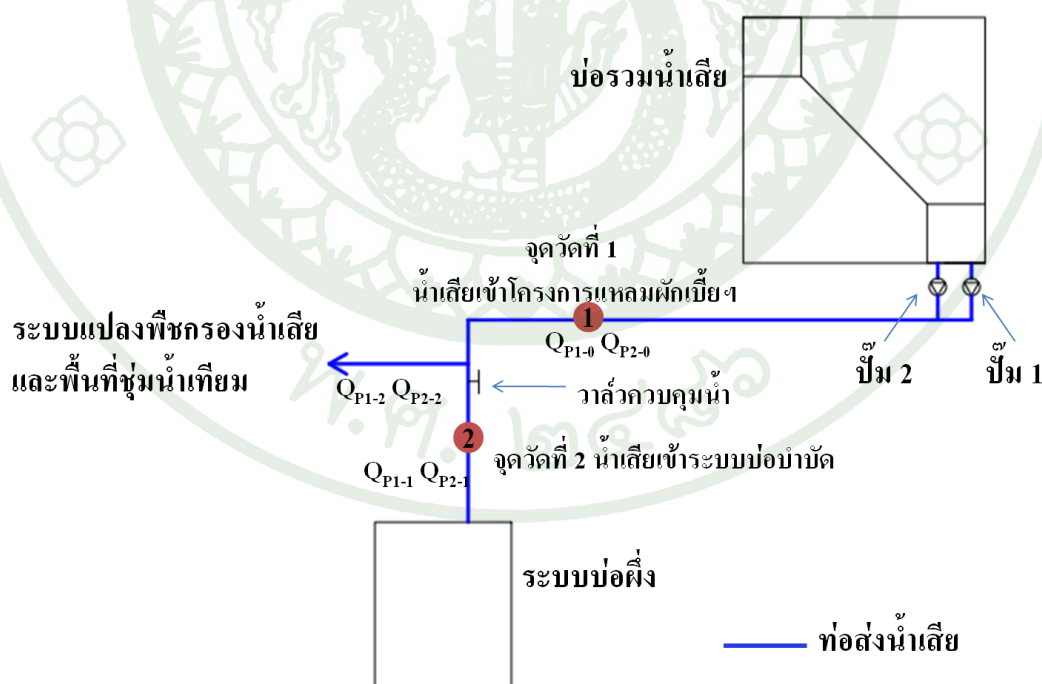
ภาพที่ 22 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาสมดุลน้ำของระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสีย

1.1 ปริมาณน้ำเสียไหลเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริมีระบบรวบรวมน้ำเสียอยู่ที่บ้านคลองยาง ตำบลนาวัน อำเภอมือง จังหวัดเพชรบุรี มีเครื่องสูบน้ำ 2 เครื่องทำงานสลับกัน น้ำเสียจะถูกสูบน้ำผ่านท่อ HDPE ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ระยะทางประมาณ 18 กิโลเมตร เข้าสู่ระบบบำบัด

1.1.1 การวัดอัตราการไหลน้ำเสียในท่อส่งน้ำเสีย

การวัดอัตราการไหลในเส้นท่อใช้หลักคลื่นความถี่เหนือเสียง (ultrasonic flowmeter) โดยกำหนดจุดวัดอัตราการไหล 2 จุด คือ จุดที่ 1 วัดอัตราการไหลน้ำเสียทั้งหมดที่ไหลเข้าโครงการแหลมผักเบี้ย (Q_0) และจุดที่ 2 วัดอัตราการไหลของน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบบำบัด สามารถใช้สมการต่อเนื่อง (continuity equation) (สมการที่ 30 และ 31) คำนวณหาอัตราการไหลเข้าแปลงพืชกรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม แสดงดังภาพที่ (ภาพที่ 23)



ภาพที่ 23 ผังท่อส่งน้ำเสียของโครงการแหลมผักเบี้ย และจุดวัดอัตราการไหลในเส้นท่อ

$$Q_{P1-0} = Q_{P1-1} + Q_{P1-2} \quad \text{----- (30)}$$

$$Q_{P2-0} = Q_{P2-1} + Q_{P2-2} \quad \text{----- (31)}$$

โดยที่ Q_{P1-0} , Q_{P2-0} คือ อัตราการไหลน้ำเสียเข้าโครงการแหลมผักเบี้ยฯ จากการทำงานของ
ปั๊ม 1 และ 2 ตามลำดับ (ลบ.ม./ชม.)

Q_{P1-1} , Q_{P2-1} คือ อัตราการไหลน้ำเสียเข้าระบบบ่อดำรง จากการทำงานของปั๊ม 1 และ 2
ตามลำดับ (ลบ.ม./ชม.)

Q_{P1-2} , Q_{P2-2} คือ อัตราการไหลน้ำเสียเข้าแปลงพืชกรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม
จากการทำงานของปั๊ม 1 และ 2 ตามลำดับ (ลบ.ม./ชม.)

การวัดอัตราการไหลในท่อส่งน้ำเสียในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือ Portable ultrasonic flowmeter แบบ ultrasonic transit-time flowmeter (UTF) โมเดล accuSonic 500 series, serial no 80800288H. เริ่มต้นโดยเลือกจุดวัดที่ 1 ปั๊ม 1 ทำงาน จากนั้นใส่ข้อมูลชนิดท่อและเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นท่อ แล้วนำอุปกรณ์ปล่อยคลื่นเสียง 2 ตัวไปวางทาบไว้ที่ท่อให้ห่างกันประมาณ 40 เซนติเมตร (ภาพที่ 24) รอจนกว่าเครื่องจะแสดงค่าอัตราการไหลแล้วบันทึกข้อมูล ได้ค่า Q_{P1-0} จากนั้นเปลี่ยนการทำงานของปั๊มเป็นปั๊มที่ 2 แล้วทำการวัดอีกครั้ง ได้ค่า Q_{P2-0} หลังจากนั้นจึงย้ายอุปกรณ์ไปจุดวัดที่ 2 เพื่อวัดอัตราการไหลเข้าระบบบ่อดำรง แล้วทำการวัดอัตราการไหลจากการทำงานของปั๊มที่ 2 และ 1 ได้ค่า Q_{P2-1} และ Q_{P1-1} ตามลำดับ การวัดอัตราการไหลในท่อถูกดำเนินการในวันที่ 18 มกราคม พ.ศ.2556 เวลา 10.00 น. ถึง 13.00 น. ซึ่งอยู่ในช่วงดำเนินการบำบัดน้ำเสียทุกระบบของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ ในปัจจุบันที่ประกอบไปด้วย 3 ระบบ คือ ระบบบ่อดำรงบำบัดน้ำเสีย ระบบพืชกรองน้ำเสีย และระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม รายละเอียดการดำเนินการบำบัดน้ำเสียโครงการแหลมผักเบี้ยฯ แสดงดังตารางที่ 2

1.1.2 การคำนวณปริมาตรน้ำเสียเข้าระบบบ่อดำรงบำบัดน้ำเสีย

การคำนวณปริมาตรน้ำเสียเข้าระบบบ่อดำรงบำบัดน้ำเสียรายวัน คำนวณได้จากใช้ข้อมูลอัตราการไหลในท่อคูณกับเวลาที่เครื่องสูบน้ำทำงาน แบ่งการคิดเป็น 2 แบบ คือ การคำนวณในวันเสาร์และอาทิตย์ และการคำนวณในช่วงวันจันทร์ถึงวันศุกร์

1) ในช่วงวันเสาร์และอาทิตย์จะไม่เปิดน้ำเสียเข้าระบบแปลงพืชกรองน้ำเสีย และพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม ดังนั้นน้ำเสียที่ถูกสูบจากโรงสูบน้ำเสียทั้งหมดจะไหลเข้าระบบบ่อดักน้ำเสีย แสดงสมการคำนวณปริมาณน้ำเสียดังสมการ 32

$$V_{\text{น้ำเสียเข้าระบบบ่อดักวันเสาร์-อาทิตย์}} = Q_{P1-0} \times t_{P1} + Q_{P2-0} \times t_{P2} \quad \text{----- (32)}$$

โดยที่ t_{P1} , t_{P2} คือ ระยะเวลาที่ปั๊ม 1 และ 2 ทำงานในแต่ละวัน ตามลำดับ (ชม.)



ภาพที่ 24 การวัดอัตราการไหลในท่อส่งน้ำเสียโดยใช้คลื่นความถี่เหนือเสียงแบบ ultrasonic transit-time flow meter

ตารางที่ 2 การดำเนินงานบำบัดน้ำเสียระบบต่างๆ ของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ

วัน	รายละเอียดการดำเนินการบำบัดน้ำเสีย
จันทร์ – ศุกร์	- ช่วงเวลา 9.00 ถึง 15.30 นาฬิกา ปล่อยน้ำเสียเข้าระบบบำบัดทุกระบบ ประกอบไปด้วยระบบบ่อดัก แปลงพืชกรองน้ำเสีย และพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม - 0.00 ถึง 9.00 และ 15.30 ถึง 24.00 นาฬิกา น้ำเสียทั้งหมดจะเข้าระบบบ่อดัก
เสาร์ - อาทิตย์	- น้ำเสียเข้าระบบบ่อดักน้ำเสียทั้งหมด

2) ในช่วงวันจันทร์ถึงศุกร์เวลา 9.00 ถึง 15.30 นาฬิกา มีการเปิดระบบบำบัดน้ำเสียทุกระบบของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ ทำให้มีน้ำเสียส่วนหนึ่งไหลเข้าระบบฟิซกรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม สำหรับนอกช่วงเวลาดังกล่าวคือ เวลา 0.00 ถึง 9.00 และ 15.30 ถึง 24.00 นาฬิกา จะปิดระบบฟิซกรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม ส่งผลให้น้ำเสียทั้งหมดไหลเข้าระบบบ่อฝัง การคำนวณปริมาตรการไหลเข้าบ่อฝังสำหรับวันจันทร์ถึงศุกร์ สามารถทำได้โดยคำนวณหาปริมาตรน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบฟิซกรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม แล้วนำมาเปรียบเทียบกับปริมาตรน้ำเสียที่ถูกสูบบำบัดทั้งหมด เพื่อกำหนดค่าแฟกเตอร์ตัวคูณ (C) ไว้สำหรับคำนวณปริมาตรน้ำเสียเข้าระบบบ่อฝังในแต่ละวันของในช่วงวันจันทร์ถึงวันศุกร์ต่อไปโดยใช้สมการ 33 และ 34

$$V_{\text{แปลงพีช}} = Q_{P1-2} \times t_{P1-\text{แปลงพีช}} + Q_{P2-2} \times t_{P2-\text{แปลงพีช}} \quad \text{----- (33)}$$

โดยที่ $V_{\text{แปลงพีช}}$ คือ ปริมาตรน้ำเสียเข้าระบบฟิซกรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม

$t_{P1-\text{แปลงพีช}}, t_{P2-\text{แปลงพีช}}$ คือ ระยะเวลาที่ปั๊ม 1 และ 2 ทำงานในช่วงที่เปิดน้ำเข้าแปลงฟิซกรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม ตามลำดับ (ชม.)

$$\text{แฟกเตอร์ตัวคูณ} \quad C = 1 - \frac{V_{\text{แปลงพีช}}}{V_{\text{น้ำเสียจากโรงสูบน้ำเสีย}}} \quad \text{----- (34)}$$

ปริมาตรน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบ่อฝังในช่วงวันจันทร์ถึงศุกร์ มีค่าเป็น C เท่าของน้ำเสียที่ถูกสูบบำบัดจากโรงสูบน้ำเสียทั้งหมด ปริมาตรน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบ่อฝังสามารถคำนวณได้โดยนำค่าปริมาตรน้ำเสียทั้งหมดที่ถูกสูบบำบัดจากโรงสูบน้ำเสีย ($V_{\text{น้ำเสียจากโรงสูบน้ำเสีย}}$) คูณกับค่าแฟกเตอร์ตัวคูณ แสดงดังสมการ 35

$$V_{\text{เข้าระบบบ่อฝังวันจันทร์-ศุกร์}} = C \cdot V_{\text{น้ำเสียจากโรงสูบน้ำเสีย}} \quad \text{----- (35)}$$

โดยที่ $V_{\text{ระบบบ่อฝังวันจันทร์-ศุกร์}}$ คือ ปริมาตรน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบ่อฝังในแต่ละวันในช่วงวันจันทร์ถึงศุกร์ (ลบ.ม.)

1.2 ปริมาณน้ำฝนเข้าระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสีย

1.2.1 การวัดน้ำฝน

การศึกษานี้วัดปริมาณน้ำฝนโดยใช้เครื่องมือแบบไม่อัตโนมัติ ตามมาตรฐานที่ใช้ในประเทศไทยคือแบบ Standard 8-inch rain gauge (ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556) เครื่องมือวัดน้ำฝนถูกติดตั้งที่สถานีวัดอากาศโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมภาคฝายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เก็บข้อมูลน้ำฝนทุกวันที่เวลา 8 นาฬิกา โดยเปิดกรวยรองรับน้ำฝนแล้วนำไม้วัดระดับน้ำฝนหย่อนลงไปในห้องเก็บน้ำฝนในแนวดิ่ง แล้วดึงขึ้นมาอ่านค่าระดับน้ำฝนตามสเกลของไม้ระดับ



ภาพที่ 25 การวัดปริมาณน้ำฝนของเครื่องวัดน้ำฝนแบบไม่อัตโนมัติ

1.2.2 การคำนวณปริมาณน้ำฝนเข้าระบบบ่อฝึงบ

การคำนวณปริมาณน้ำฝนเข้าระบบบ่อฝึงบสามารถทำได้โดยแบ่งพื้นที่รับน้ำฝนของบ่อฝึงบแต่ละบ่อออกเป็น 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ผิวน้ำและพื้นที่ผิวดินรอบบ่อฝึงบแต่ละบ่อ (ภาพที่ 26) น้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ผิวน้ำของบ่อฝึงบแต่ละบ่อให้ถือว่าน้ำฝนเหล่านั้นเข้าบ่อฝึงบทั้งหมด แต่ถ้าน้ำฝนตกลงพื้นที่รอบบ่อ จะกลายเป็นน้ำไหลนองเข้าบ่อฝึงบ (บริเวณขอบบ่อและครึ่งหนึ่งของถนน) การคำนวณปริมาณน้ำฝนไหลเข้าบ่อฝึงบใช้ค่าสัมประสิทธิ์การไหลนองเท่ากับ 0.8 เนื่องจากถนนรอบบ่อเป็นดินลูกรังที่บดแน่น ส่งผลให้มีค่าการซึมน้ำต่ำ

$$V_R = R \cdot A_w + C \cdot R \cdot A_G \quad \text{----- (36)}$$

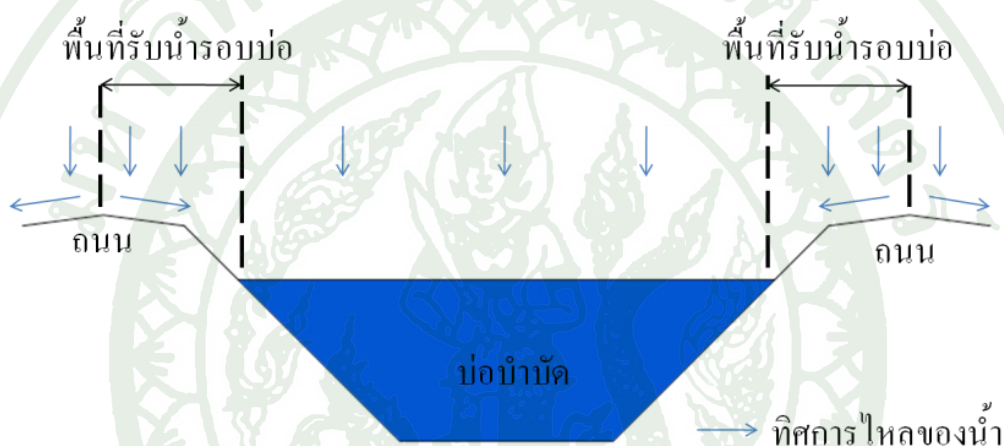
โดยที่ V_R คือ ปริมาณน้ำฝนเข้าบ่อฝิ่ง (ลบ.ม.)

C คือ สัมประสิทธิ์การไหลนอง มีค่า 0.8

R คือ ปริมาณน้ำฝนรายวัน (มม.)

A_w คือ พื้นที่ผิวน้ำ (ตร.ม.)

A_G คือ พื้นที่รับน้ำฝนรอบบ่อฝิ่ง (ตร.ม.)



ภาพที่ 26 บ่อฝิ่งและพื้นที่รับน้ำฝนรอบบ่อฝิ่ง

1.3 ปริมาณน้ำซึมเข้าระบบบ่อฝิ่งบำบัดน้ำเสีย

การตรวจสอบการซึมของน้ำเข้าระบบบ่อฝิ่งดำเนินการในช่วงหลังจากระบายน้ำออกจากบ่อฝิ่งทุกบ่อ ชุดลอกตะกอนแล้วปล่อยให้แห้ง ซึ่งเป็นช่วงที่ยังไม่เปิดน้ำเสียเข้าสู่ระบบ การวัดน้ำซึมเข้าระบบสามารถทำได้โดยใช้ไม้วัดระดับน้ำที่ติดตั้งในบ่อฝิ่งทุกบ่อ วัดระดับน้ำที่เปลี่ยนไปในแต่ละวัน (ถ้ามี) ลบด้วยค่าอัตราการระเหยที่วัดได้จากถาดวัดการระเหยของสถานีวัดอากาศ ก็จะได้ปริมาณน้ำซึมเข้าบ่อฝิ่งในหน่วยความลึก เมื่อนำไปคูณกับพื้นที่ผิวน้ำก็จะได้ปริมาณน้ำที่ซึมเข้าระบบ

$$V_L = (L + E)A \quad \text{----- (37)}$$

โดยที่ V_L คือ ปริมาณน้ำซึมเข้าระบบบ่อฝังบำบัดน้ำเสีย (ลบ.ม.)

L คือ ระดับน้ำในบ่อฝังช่วงยังไม่มี การเติมน้ำเสีย (มม.)

E คือ อัตราการระเหย (มม.)

A คือ พื้นที่ผิวน้ำ (ตร.ม.)

1.4 ปริมาณการรั่วซึมออกจากระบบบ่อฝังบำบัดน้ำเสีย

การวัดสมมูลน้ำในระบบบ่อฝังจะต้องวัดการสูญเสียจากการรั่วซึม การวัดการรั่วซึมในแต่ละบ่อถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การวัดการรั่วซึมที่ท้องบ่อ และการวัดการรั่วซึมบริเวณคันบ่อ เนื่องจากมีลักษณะของดินและการไหลซึมของน้ำที่แตกต่างกัน การคำนวณหาอัตราการรั่วซึมที่ท้องบ่อและคันบ่อจะใช้สมการของ Darcy (1856) และ Casagrande (1932) ตามลำดับ ซึ่งค่าความนำหลศาสตร์สามารถหาได้จากการเก็บตัวอย่างดินในบ่อฝังแล้วนำไปทดลองในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีความดันแปรเปลี่ยน (falling-head method) จุดเก็บตัวอย่างดินและขั้นตอนวัดการรั่วซึมแสดงดังต่อไปนี้

1.4.1 จุดเก็บตัวอย่างดิน

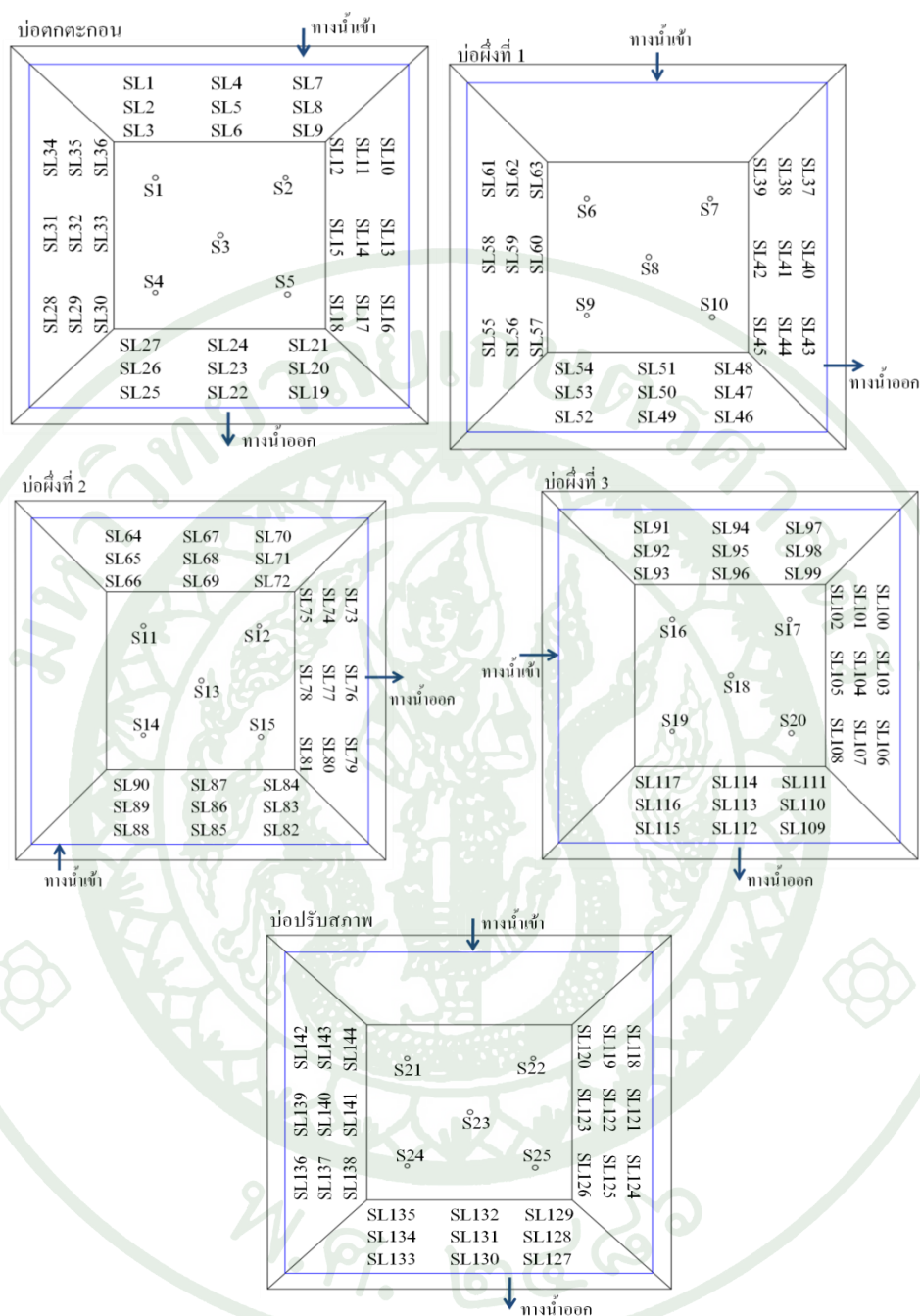
จุดเก็บตัวอย่างดินที่นำไปทดลองหาค่าความนำหลศาสตร์จะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ จุดที่อยู่บริเวณท้องบ่อ และบริเวณคันบ่อ สำหรับจุดเก็บดินบริเวณท้องบ่อแต่ละบ่อจะแบ่งจุดเก็บตัวอย่างดินทั้งหมด 5 จุด บริเวณกลางบ่อ 1 จุด และบริเวณข้าง 4 มุม มุมละ 1 จุด รวมเป็น 5 จุด เป็นตัวแทนค่าความนำหลศาสตร์ที่ท้องบ่อ สำหรับจุดเก็บตัวอย่างดินบริเวณคันบ่อในบ่อตกตะกอนจะแบ่งออกเป็น 4 ด้าน แต่ละด้านจะแบ่งจุดเก็บเพื่อเป็นตัวแทนทั้งหมด 9 จุด แบ่งเป็น 3 ช่วง คือ หัว กลาง ท้าย ซึ่งแต่ละช่วงแบ่งเป็น 3 ระดับความลึก คือ ที่ 30 เซนติเมตรจากผิวน้ำ, กึ่งกลางความลึก และช่วงล่างสุด รวมจุดเก็บแนวคันบ่อตกตะกอนทั้งหมด 36 จุด สำหรับจุดเก็บดินบริเวณคันบ่อของบ่อฝังที่ 1, 2, 3 และบ่อปรับสภาพ จะเก็บตัวอย่างดินทั้งหมดบ่อละ 3 ด้าน โดยไม่เก็บตัวอย่างดินในด้านที่ติดกับบ่อก่อนหน้า เช่น ในบ่อฝังที่ 1 จะไม่เก็บตัวอย่างดินด้านที่ติดกับบ่อตกตะกอน เพราะน้ำในบ่อตกตะกอนมีระดับน้ำสูงกว่า จึงเกิดการซึมจากบ่อตกตะกอนมายังบ่อฝังที่ 1 เท่านั้น

บ่อฝั่งที่ 1, 2, 3 และบ่อปรับสภาพ มีจุดเก็บตามแนวคันบ่อทั้งหมดบ่อละ 27 จุด ดังนั้นจึงมีจุดเก็บดินบริเวณพื้นบ่อทั้งหมด 25 จุด และบริเวณแนวคันบ่อทั้งหมด 144 จุด แสดงดังภาพที่ 27

1.4.2 การเก็บตัวอย่างดิน

การเก็บตัวอย่างดินที่พื้นบ่อและคันบ่อจะใช้วิธีเก็บเดียวกันซึ่งเป็นแบบไม่คงสภาพ แต่มีทิศทางต่างกัน โดยตัวอย่างดินที่เก็บบริเวณพื้นบ่อจะถูกเก็บในแนวตั้ง เนื่องจากน้ำซึมผ่านพื้นบ่อในแนวตั้ง การเก็บตัวอย่างดินบริเวณคันบ่อจะถูกเก็บในแนวราบ เนื่องจากน้ำซึมออกด้านข้างคันบ่อในแนวราบ เขียนสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งจุดเก็บบริเวณด้านข้างกระบอเก็บตัวอย่างก่อนนำไปเก็บตัวอย่างดิน

การเก็บตัวอย่างดินพื้นบ่อเริ่มจากปาดผิวหน้าดินลึกประมาณ 5 เซนติเมตรออกไป แล้วนำกระบอเก็บตัวอย่างดินวางลงในแนวตั้ง นำตัวเชื่อมมาวางให้พอดีกับกระบอเก็บตัวอย่างดินแล้วตอกด้วยค้อนให้กระบอเก็บตัวอย่างดินจมลงไปดิน ใช้มีดหรือเสียมขุดดินบริเวณรอบๆ และด้านข้างแล้วนำตัวอย่างที่เก็บได้ขึ้นมา เอาดินส่วนเกินออกแล้วใช้มีดปาดดินทั้งสองด้านให้เรียบ นำฝาปิดแล้วใช้เทปกาวพันรอบเอาไว้เพื่อป้องกันฝาทหลุด (ภาพที่ 28) สำหรับการเก็บตัวอย่างดินบริเวณขอบบ่อที่มีความชันจะเก็บในแนวราบ (horizontal) โดยเริ่มจากปาดหน้าดินในแนวตั้งลึกเข้าไปประมาณ 0.3 เมตร แล้วนำกระบอเก็บตัวอย่างดินวางลงในแนวราบ นำตัวเชื่อมมาวางให้พอดีกับกระบอเก็บตัวอย่างดินแล้วตอกด้วยค้อนให้กระบอเก็บตัวอย่างดินจมลงไปดิน ใช้มีดปาดหน้าดินบริเวณปากกระบอให้เรียบแล้วใช้ฝาปิด จากนั้นใช้มีดหรือเสียมขุดดินบริเวณรอบๆ แล้วนำตัวอย่างที่เก็บได้ขึ้นมา เอาดินส่วนเกินออกแล้วใช้มีดปาดดินอีกด้านให้เรียบ นำฝาปิดแล้วใช้เทปกาวพันรอบเอาไว้เพื่อป้องกันฝาทหลุด (ภาพที่ 29) หลังจากเก็บตัวอย่างดินเสร็จแล้วให้นำไปแช่น้ำ โดยใส่น้ำลงในกะละมังท้องแบนให้มีระดับน้ำประมาณ 1-2 เซนติเมตร นำกระบอเก็บตัวอย่างดินไปแช่น้ำโดยให้ปากกระบอเก็บตัวอย่างด้านหนึ่งแช่อยู่ในตัวอย่างน้ำทิ้งไว้ประมาณ 1 วัน เพื่อให้ดินในกระบอเก็บตัวอย่างอิ่มตัวด้วยน้ำ ก่อนนำไปทดลองหาค่าความนำหลศาสตร์ต่อไป (ภาพที่ 30)



ภาพที่ 27 จุดเก็บตัวอย่างดินในบ่อฝิ่งบริเวณท้องบ่อและคันบ่อทั้ง 5 บ่อ

หมายเหตุ — ระดับผิวน้ำในบ่อ

➔ แสดงจุดน้ำเข้าและออก

S- สัญลักษณ์แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินบริเวณท้องบ่อ

SL- สัญลักษณ์แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินบริเวณคันบ่อ



ภาพที่ 28 การเก็บตัวอย่างดินบริเวณท้องบ่อ



ภาพที่ 29 การเก็บตัวอย่างดินบริเวณคันบ่อ



ภาพที่ 30 การแช่ตัวอย่างดินในน้ำ

1.4.3 การทดลองหาค่าความนำชลศาสตร์แบบความดันแปรเปลี่ยน

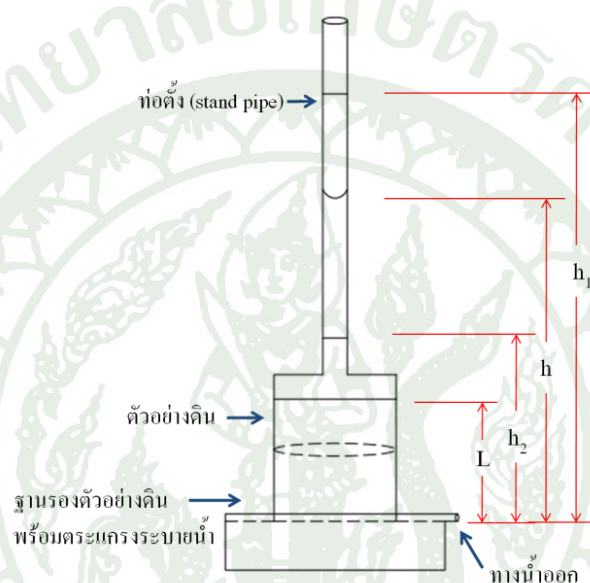
นำตัวอย่างดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำมาทดลองหาค่าความนำชลศาสตร์แบบความดันแปรเปลี่ยน (falling-head method) อุปกรณ์ประกอบด้วย ฐานรองตัวอย่างดินพร้อมตระแกรงระบายน้ำ ท่อตั้ง (stand pipe) ใส่ น้ำพร้อมเหล็กถ่วงน้ำหนัก ยางรัดตัวอย่างดินเข้ากับท่อตั้ง นาฬิกาจับเวลา และกระบอกฉีดน้ำ ต่ออุปกรณ์โดยนำตัวอย่างดินวางบนตระแกรงแล้ววางบนฐานรองตัวอย่างดิน จากนั้นนำท่อตั้งวางบนตัวอย่างดินแล้วรัดเข้ากับยางรัดแล้วใส่เหล็กถ่วงน้ำหนัก (ภาพที่ 31)



ภาพที่ 31 การต่อตัวอย่างดินเข้ากับอุปกรณ์วัดความนำชลศาสตร์แบบความดันแปรเปลี่ยน

การทดลองหาค่าความนำชลศาสตร์สามารถทำได้โดยเติมน้ำใส่ท่อตั้งให้เลยขีดบนสุด เมื่อระดับผิวน้ำในท่อ (ท่อน้ำ) เคลื่อนลงมาเนื่องจากน้ำซึมผ่านตัวอย่างดินจนถึงขีดบนของท่อตั้ง ให้เริ่มจับเวลาจนกระทั่งระดับท่อน้ำในท่อเคลื่อนถึงขีดล่าง (ห่างจากขีดบน 10 เซนติเมตร) หยุดเวลาแล้วบันทึกข้อมูล จากนั้นเติมน้ำใส่ท่อตั้งเข้าไปใหม่แล้วทำซ้ำไปเรื่อยๆ (บันทึกช่วงเวลาที่ได้ทุกค่า) จนกระทั่งได้ช่วงเวลาที่เท่ากัน 3 ครั้งติดต่อกันจึงหยุด บันทึกเวลาที่ได้แล้วเปลี่ยนตัวอย่างดินเพื่อทดลองหาค่าความนำชลศาสตร์ต่อไป แต่ถ้าตัวอย่างดินมีอัตราการซึมต่ำมากๆ ส่งผลให้ระดับน้ำในท่อลดลงช้ามากๆ เมื่อเติมน้ำจนถึงขีดบนให้ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมงหรือมากกว่า บันทึกระยะเวลาที่ใช้และระยะทางที่ระดับน้ำเคลื่อนลงไปคำนวณหาค่าความนำชลศาสตร์ต่อไป

การคำนวณหาค่าความนำชลศาสตร์ (K) ประยุกต์ใช้สมการของ Darcy โดยมีแนวคิดอัตราการไหลในท่อตั้ง (พื้นที่หน้าตัด a) มีค่าเท่ากับอัตราการไหลผ่านตัวอย่างดิน (พื้นที่หน้าตัด A, ความยาว L) ระดับจิตบนของท่อตั้ง ระดับจิตล่าง และระดับน้ำในท่อตั้งขณะใดๆ เมื่อวัดจากจุดควบคุมน้ำออกของฐานรองตัวอย่างดินมีค่าเท่ากับ h_1 , h_2 และ h ตามลำดับ และ t คือ ระยะเวลาที่ระดับน้ำในท่อตั้ง h_1 เคลื่อนที่ไปถึงจุดใดๆ (h) (ภาพที่ 32)



ภาพที่ 32 เครื่องมือวัดค่าความนำชลศาสตร์แบบความดันแปรเปลี่ยน

จากอัตราการไหลในท่อตั้งเท่ากับอัตราการไหลผ่านตัวอย่างดิน จะได้

$$Q_{\text{stand pipe}} = Q_{\text{sample}}$$

$$-a \frac{dh}{dt} = K \cdot A \cdot \frac{h}{L}$$

แก้สมการจะได้สูตรการหาค่า K ด้วยวิธีความดันแปรเปลี่ยนดังสมการ 38

$$K = \frac{L \cdot a}{A \cdot t} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2} \quad \text{----- (38)}$$

1.4.4 การคำนวณปริมาตรการซึมออกจากระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสีย

ปริมาตรการซึมสามารถคำนวณได้จากการนำค่าอัตราการซึมคูณกับระยะเวลา สำหรับการศึกษาค้างนี้จะคิดข้อมูลเป็นรายวัน การคำนวณอัตราการซึมของท้องบ่อและคันบ่อแสดงดังต่อไปนี้

1) การคำนวณอัตราการซึมบริเวณท้องบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียสามารถประยุกต์ใช้สมการของ Darcy (สมการ 13) โดยพิจารณาเป็นการไหลซึมของน้ำในบ่อลงสู่ชั้นดิน แสดงดังภาพที่ 33

$$Q = K_h \cdot A \cdot i = K_h \cdot A \cdot \left(\frac{dh}{dL} \right) \quad \text{-----}(39)$$

โดยที่ Q คือ อัตราการไหลของน้ำผ่านมวลดิน (ลบ.ม./วัน)

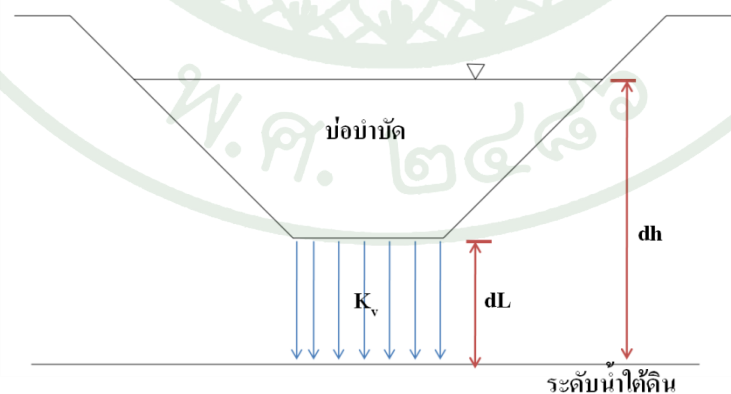
A คือ พื้นที่หน้าตัดท้องบ่อ (ตร.ม.)

i คือ ค่าความลาดระดับน้ำ (hydraulic gradient, $\frac{dh}{dL}$)

dh คือ ความแตกต่างความดันน้ำ (ม.)

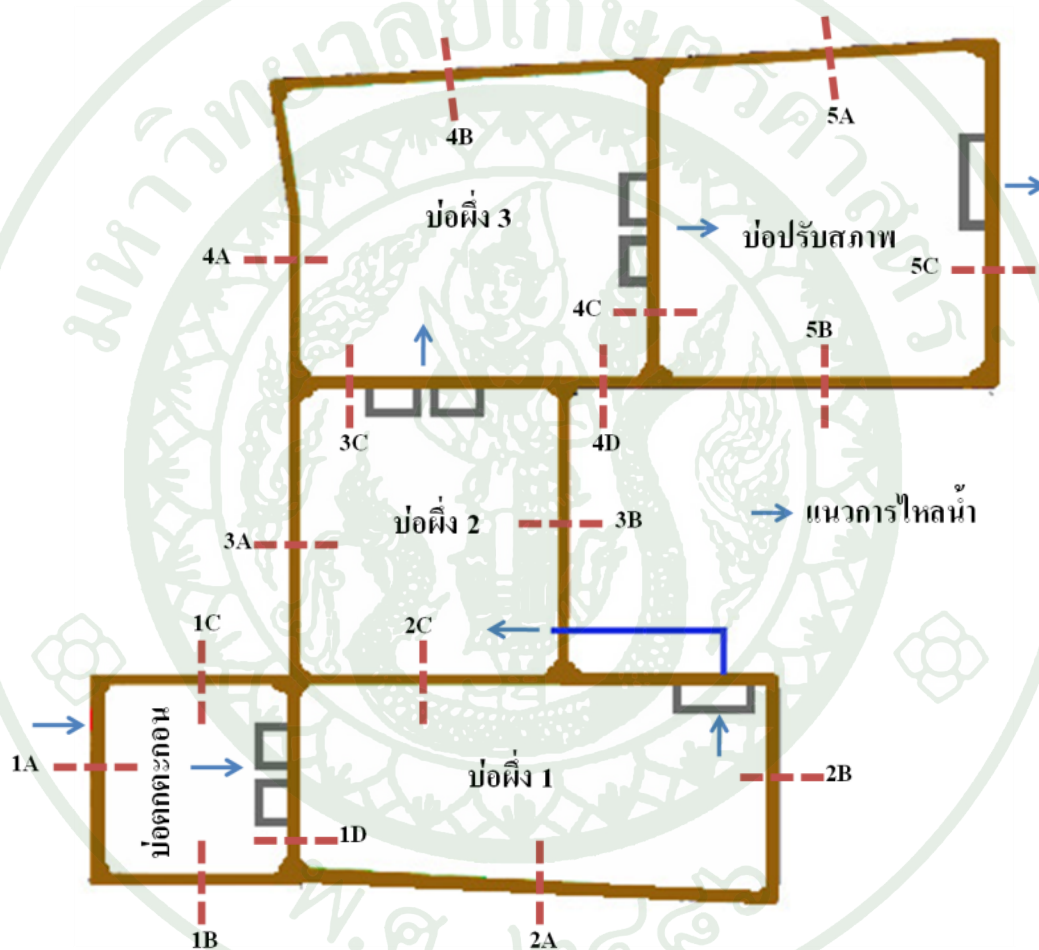
dL คือ ระยะทางที่น้ำไหลผ่านมวลดินหรือระยะทางระหว่างจุดเริ่มต้นกับสุดท้าย (ม.)

K_v คือ ค่าความนำชลศาสตร์ของดินบริเวณท้องบ่อ (ม./วัน)

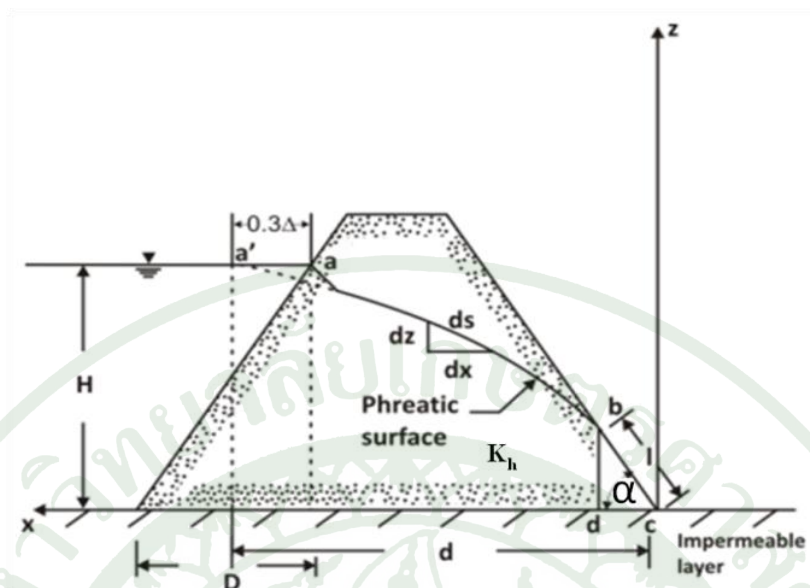


ภาพที่ 33 การไหลซึมของน้ำในบ่อลงสู่ชั้นดิน

2) การคำนวณปริมาตรการซึมบริเวณคันบ่อจะประยุกต์ใช้สมการของ Casagrande (1932) (สมการที่ 40-42) โดยพิจารณาเป็นการไหลซึมออกด้านข้างคันบ่อที่มีเนื้อดินเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) ปริมาตรการซึมในแต่ละบ่อจะพิจารณาเป็นด้าน แล้วนำค่าปริมาตรการซึมทั้ง 4 ด้าน มารวมกันเป็นค่าการซึมแต่ละบ่อ จุดพิจารณาแต่ละด้านแสดงดังภาพที่ 34 สำหรับตัวแปรที่เกี่ยวข้องสำหรับการคำนวณแสดงดังภาพที่ 35



ภาพที่ 34 กำหนดจุดการคำนวณการไหลซึมออกด้านข้างคันบ่อแต่ละบ่อ



ภาพที่ 35 การไหลซึมออกของน้ำในบ่อฝังผ่านคันบ่อ

ที่มา: Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology (n.d.)

$$q_i = K_h l_i \sin^2 \alpha \quad \text{----- (40)}$$

$$l_i = \sqrt{d^2 + H^2} - \sqrt{d^2 - H^2 \cdot \cot^2 \alpha} \quad \text{----- (41)}$$

$$V_s = \sum (q_i \cdot D_i) \quad \text{----- (42)}$$

โดยที่ q_i คือ อัตราการไหลซึมคันบ่อต่อหนึ่งหน่วยความกว้างแต่ละด้าน (ลบ.ม./วัน/ม.)

K_h คือ ค่าความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ของดินบริเวณคันบ่อ (ม./วัน)

l_i คือ ระยะทางระหว่างระดับผิวอิสระของน้ำที่ซึมผ่านคันดินด้านนอกกับขอบคันบ่อด้านนอกแต่ละด้าน (ม.)

d คือ ระยะทางแนวราบจากขอบคันบ่อด้านนอกถึงขอบคันบ่อด้านในบริเวณผิวน้ำบวกด้วย 0.3Δ (ม.)

H คือ ความแตกต่างระดับน้ำในบ่อกับขอบคันบ่อด้านนอก (ม.)

V_s คือ ปริมาตรการซึมออกจากบ่อฝัง (ลบ.ม.)

D_i คือ ความยาวคันบ่อแต่ละด้าน (ม.)

1.5 ปริมาตรการระเหยออกจากระบบบ่อฝังบำบัดน้ำเสีย

การวัดสมมูลน้ำในระบบบ่อฝังบำบัดน้ำเสียจำเป็นต้องมีการวัดการสูญเสียน้ำจากการระเหย จากสมมุติฐานน้ำเสียในบ่อฝังแต่ละบ่อมีลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้มีอัตราการระเหยของน้ำไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงมีการติดตั้งถาดวัดการระเหยของน้ำเสียในบ่อฝังทั้ง 5 บ่อ คือ บ่อดกตะกอน บ่อฝังที่ 1, 2, 3 และบ่อปรับสภาพ รายละเอียดเกี่ยวกับสถานที่ติดตั้งอุปกรณ์ ขั้นตอนการติดตั้งถาดวัดการระเหย การป้องกันคลื่น และวิธีการวัดอัตราการระเหย แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.5.1 สถานที่ติดตั้งถาดวัดการระเหย

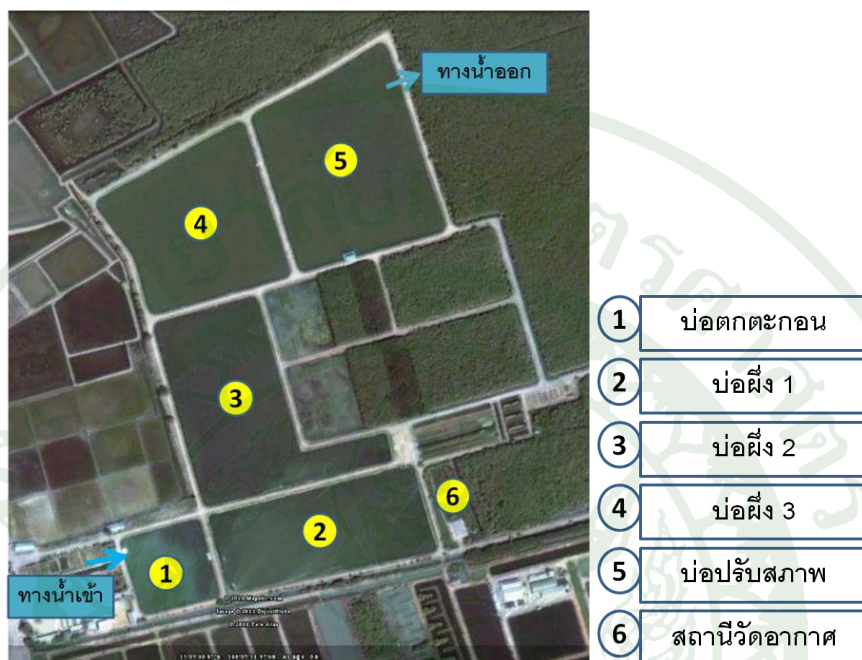
ถาดวัดการระเหยแบบลอยน้ำจะถูกติดตั้งที่บริเวณกลางบ่อฝังทั้ง 5 บ่อ เป็นพื้นที่ที่ไม่มีร่มเงาและไม่มีผลกระทบต่อลมทั้งทิศทางและความเร็ว ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการระเหย นอกจากนี้บริเวณพื้นที่ที่ติดตั้งถาดวัดการระเหยจะต้องไม่มีสิ่งก่อสร้างที่สูงเหนือขอบถาดหรือให้มีน้อยที่สุด เนื่องจากอาจส่งผลต่อการสะท้อนของรังสีดวงอาทิตย์ ลมทั้งทิศทางและความเร็ว ซึ่งจะส่งผลกระทบต่ออัตราการระเหยเช่นกัน สำหรับถาดวัดการระเหยบนบกจะติดตั้งบริเวณสถานีวัดอากาศ (หมายเลข 6) ซึ่งอยู่ติดกับบ่อฝังที่ 1 ของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ (ภาพที่ 36)

1.5.2 อุปกรณ์ถาดวัดการระเหย

อุปกรณ์ของถาดวัดการระเหยประกอบไปด้วย ถาดวัดการระเหยแบบ class A pan, บ่อน้ำนิ่ง (stilling well) และขอวัดระดับน้ำ (hook gauge) ถ้าเป็นถาดวัดการระเหยแบบลอยน้ำ จะมีลักษณะแตกต่างจากถาดวัดการระเหยเล็กน้อย คือ ถาดวัดการระเหยแบบลอยน้ำจะมีห่วงสำหรับยึดเสากับถาด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ถาดวัดการระเหย เป็นแบบ U.S. Weather Bureau Class A pan เป็นถาดทรงกระบอก ทำจากวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) เส้นผ่านศูนย์กลาง 120.7 เซนติเมตร ลึก 25 เซนติเมตร ถ้าเป็นถาดวัดการระเหยแบบลอยน้ำ บริเวณขอบถาดด้านล่างมีปลอกทรงกระบอก 3 ปลอก ทำมุมที่จุดศูนย์กลางถาด 120 องศา ทุกปลอกถูกเจาะรูด้านข้าง 1 รู และนำน็อตตัวเมียเชื่อมติดไว้ เพื่อใช้ยึดถาดกับเสาโดยน็อตตัวผู้ (ภาพที่ 37) ถาดวัดการระเหยจะถูกยึดอยู่กับที่เนื่องจาก

ระดับน้ำในบ่อฝั้งแต่ละบ่อเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และเพื่อให้ถาดนึ่งอยู่กับที่ช่วงดำเนินการวัดอัตราการระเหย



ภาพที่ 36 จุดติดตั้งถาดวัดการระเหยแบบลอยน้ำในบ่อฝั้งบำบัดน้ำเสียและถาดวัดการระเหยที่สถานีวัดอากาศ



(ก)



(ข)

ภาพที่ 37 (ก) ถาดวัดการระเหยบนบกที่สถานีวัดอากาศ (ข) ถาดวัดการระเหยแบบลอยน้ำ

2) บ่อน้ำนิ่ง มีหน้าที่ป้องกันการกระเพื่อมของคลื่นน้ำในถาด ส่งผลให้ระดับผิวน้ำในบ่อน้ำนิ่งคงที่และสะดวกต่อการวัดการระเหย บ่อน้ำนิ่งประกอบด้วย 2 ส่วน ทำจากวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมทั้งหมด ส่วนแรกเป็นท่อทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร สูง 24 เซนติเมตร ส่วนที่สองเป็นฐานรูปสามเหลี่ยมด้านเท่ากว้าง 21.5 เซนติเมตร เจาะรูที่มุมทั้ง 3 ด้านเพื่อใส่ยึดทำเป็นขา ทำให้ฐานอยู่สูงจากพื้นถาดวัดการระเหย 3.0 เซนติเมตร บริเวณตรงกลางเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร นำส่วนท่อทรงกระบอกต่อเชื่อมกับส่วนฐาน เพื่อให้ให้น้ำในถาดไหลเข้าท่อได้ เมื่อวางบ่อน้ำนิ่งในถาดวัดการระเหย ระดับน้ำในถาดวัดการระเหยจะมีระดับเท่ากับน้ำในบ่อน้ำนิ่ง (ภาพที่ 38 (ก))

3) ขอวัดระดับน้ำ ช่วยให้อ่านระดับน้ำในถาดได้สะดวกและความแม่นยำสูง ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม ส่วนบนเป็นท่อทรงกระบอกมีเกลียวที่มีสเกลแบ่งไว้ 1 มิลลิเมตร ส่วนกลางมีลักษณะเป็นสามขา แยกออกในแนวราบ สำหรับใช้วางขอวัดระดับน้ำไว้บนบ่อน้ำนิ่ง ซึ่งจุดกึ่งกลางจะมีที่หมุนไว้สำหรับเลื่อนขอวัดระดับน้ำขึ้น-ลง และมีสเกลละเอียด 0.1 มิลลิเมตร ถ้าหมุนครบ 1 รอบ ก็จะทำให้ขอวัดระดับเลื่อนในแนวตั้ง 1 มิลลิเมตร ในส่วนล่างจะเป็นท่อเหล็กกล้าไร้สนิมเส้นเล็กๆ ที่ตอนปลายเป็นขอเบ็ด เมื่อหมุนขอเบ็ดมาอยู่ที่ระดับผิวน้ำก็สามารถอ่านค่าระดับน้ำได้ (ภาพที่ 38 (ข))



(ก)



(ข)

ภาพที่ 38 (ก) บ่อน้ำนิ่ง (ข) ขอวัดระดับน้ำในถาดวัดการระเหย

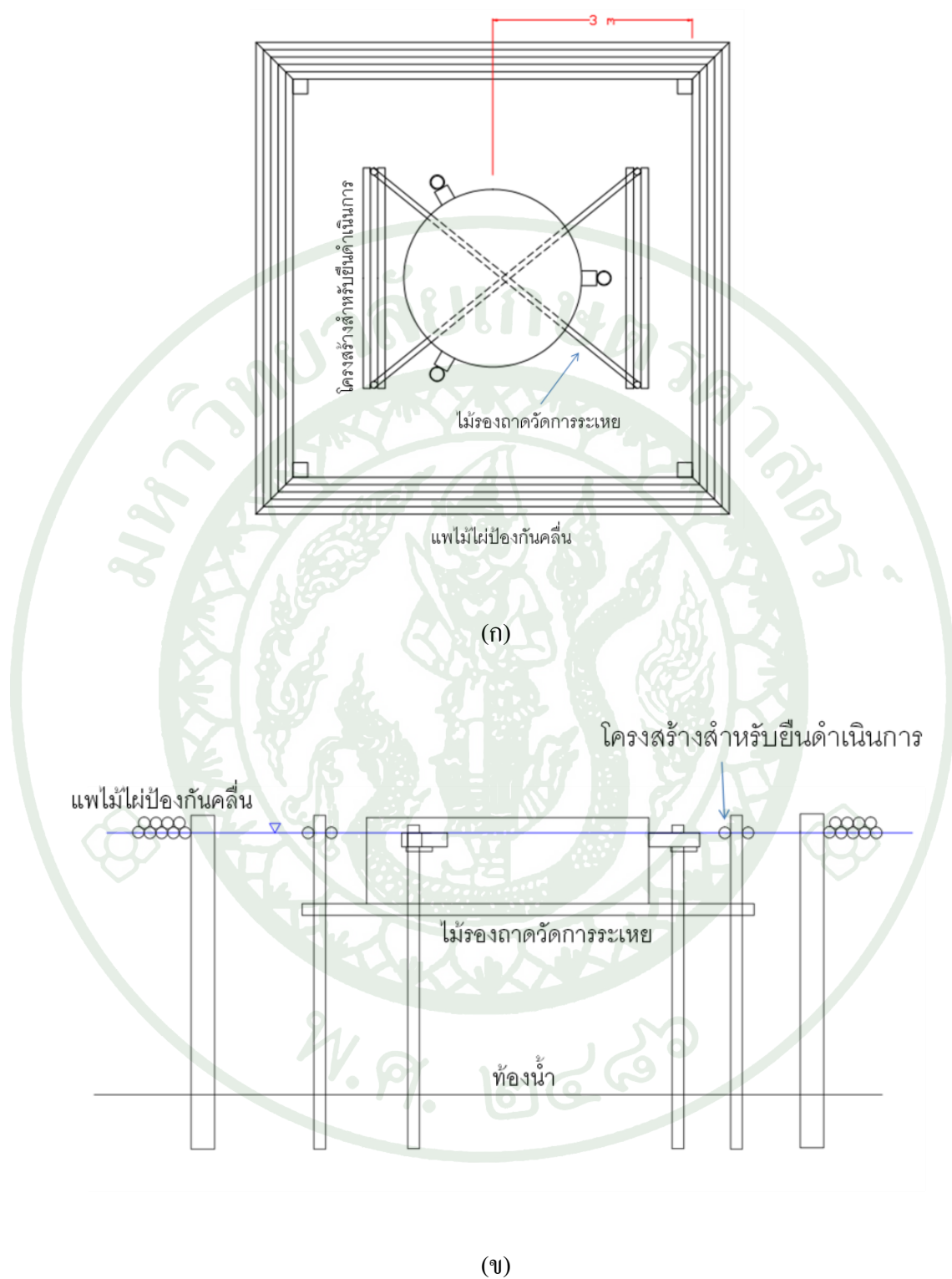
4) เสายึดถาดทรงกระบอกทำจากวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม สามารถสวมเข้ากับ ปลอกทรงกระบอกที่อยู่กับถาดวัดการระเหย ขนาดความยาวขึ้นอยู่กับความลึกของน้ำแต่ละบ่อรวม กับความลึกที่ต้องปักเสาลงในพื้นดินประมาณ 50 เซนติเมตร เพื่อให้มีเสถียรภาพและยึดถาดวัดการ ระเหยเข้ากับเสาได้

1.5.3 การติดตั้งถาดวัดการระเหยแบบลอยน้ำ

ถาดวัดการระเหยแบบลอยน้ำจะถูกติดตั้งบริเวณจุดศูนย์กลางของบ่อฝั่งทั้ง 5 บ่อ ในขั้นแรกใช้ไม้ไผ่ (ไม้โคนขอ) ทำเสา 4 เสา รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความยาวแต่ละด้านประมาณ 1.5 เมตร ปลายเสาอยู่เหนือผิวน้ำประมาณ 30 เซนติเมตร ผูกไม้ไผ่ระหว่างเสาในแนวนอนให้แน่น 2 ด้าน ตรงด้านข้าง โดยให้ไม้ไผ่อยู่เหนือระดับผิวน้ำครึ่งหนึ่ง (ภาพที่ 39) เพื่อทำที่ยืนสำหรับการ ดำเนินงานเก็บข้อมูลและล้างถาดวัดการระเหย จากนั้นนำแผ่นไม้เรียบหน้ากว้าง 3 นิ้ว คั่นเป็นรูป กากบาทแล้วนำไปผูกไว้กับเสาไม้แต่ละเสาอย่างหลวมๆ แล้วนำถาดวัดการระเหยวางไว้ตรงกลาง ระหว่างที่ยืนแล้วปักเสายึดถาดลงไปในแนวตั้งในปลอกทรงกระบอกทั้งสามที่อยู่ตรงขอบถาด ดึง เสาลงไปในดินให้แน่น จากนั้นใส่น้ำลงในถาดวัดการระเหยโดยให้ระดับน้ำอยู่ต่ำกว่าขอบถาด 6 เซนติเมตร (ตามมาตรฐานจะให้ระดับน้ำในถาดอยู่ต่ำกว่าขอบถาด 5-7.5 เซนติเมตร) ทั้งนี้อาจทำ สัญลักษณ์ที่มุมทั้งสามไว้เพื่อเป็นตำแหน่งอ้างอิงให้ระดับน้ำในถาดวัดการระเหยเท่ากัน ประกอง ถาดให้หนึ่งเพื่อให้ระดับน้ำในถาดเท่ากับระดับน้ำภายนอกแล้วจึงไขน็อตที่อยู่ตรงปลอกทั้งสามเพื่อถี อกให้ถาดหนึ่งอยู่กับที่ สุดท้ายดันแผ่นไม้ที่ทำเป็นรูปกากบาทที่ผูกหลวมๆ กับเสาไม้ไว้แต่แรกขึ้นมา ให้ติดกับขอบถาดด้านล่างแล้วผู้ให้แน่น เพื่อทำเป็นคานป้องกันไม่ให้ถาดจมเนื่องจากน้ำฝน

1.5.4 การป้องกันคลื่นน้ำเข้าถาดวัดการระเหย

การป้องกันคลื่นน้ำทำได้โดยใช้ไม้ไผ่ยาว 6 เมตร จำนวน 10 ท่อนผูก รวมกันต่อ 1 ด้าน ในแต่ละบ่อจะมีทั้งหมด 4 ด้าน ทำเป็นรูปสี่เหลี่ยม จุดกึ่งกลางของแปไม้ไผ่แต่ละ ด้านจะอยู่ห่างจากขอบถาดวัดการระเหยประมาณ 3 เมตร แปไม้ไผ่จะถูกผูกเข้ากับเสาไม้ไผ่ 4 เสา และมีมุมหนึ่งที่ใช้เชือกคล้องกับเสา เพื่อทำเป็นประตู เปิด-ปิด ทำให้สามารถพายเรือเข้าไปวัดการ ระเหยได้ (ภาพที่ 39)



ภาพที่ 39 แบบโครงสร้างถาดวัดการระเหยแบบลอยน้ำ (ก) แบบมุมมองด้านบน (top view), (ข) แบบมุมมองด้านข้าง (cross section), (ค) โครงสร้างไม้ถาดวัดการระเหยแบบลอยน้ำ และ (ง) ถาดวัดการระเหยแบบลอยน้ำเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จ



(ค)



(ง)

ภาพที่ 39 (ต่อ)

1.5.5 การตรวจวัดการระเหย

งานวิจัยนี้ดำเนินการตรวจวัดการระเหยทุกวัน เริ่มตั้งแต่วันที่ 5 มิถุนายน ไปจนถึงวันที่ 27 พฤศจิกายน พ.ศ.2556 ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน การเก็บข้อมูลจะเริ่มต้นวัดการระเหยที่สถานีวัดอากาศที่เวลา 9:00 นาฬิกา แล้วตรวจวัดการระเหยในบ่อตกตะกอน, บ่อฝิ่งที่ 1, 2, 3 และบ่อปรับสภาพ ตามลำดับ การวัดระดับน้ำในถาดวัดการระเหยสามารถทำได้โดยนำขอวัดระดับน้ำวางให้อยู่บริเวณกึ่งกลางบ่อน้ำนิ่ง จากนั้นให้หมุนทิสทอนเข็มนาฬิกาตรงจุดหมุนเพื่อให้ขอวัดระดับน้ำเลื่อนลงไปอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำ แล้วหมุนตามเข็มนาฬิกาเพื่อให้ปลายขอวัดระดับน้ำเลื่อนขึ้นมาที่ระดับผิวน้ำ สังเกตจากปลายแหลมไหล่พื้นผิวน้ำเล็กน้อย แล้วจึงยกขอวัดระดับน้ำมาอ่านค่าที่ได้ เมื่อนำค่าระดับน้ำที่วัดได้ในวันก่อนหน้าหักลบกับค่าที่วัดได้นี้แล้วนำไปรวมกับปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดอากาศก็จะได้ค่าการระเหยในหน่วยความลึกมิลลิเมตร ดังแสดงดังสมการ 43

$$\text{การระเหย} = \text{ระดับน้ำในถาดวันก่อนหน้า} - \text{ระดับน้ำในถาดวันหลัง} + \text{น้ำฝน} \quad \text{----- (43)}$$

การตรวจวัดการระเหยในบ่อฝิ่งดำเนินการโดยพายเรือเข้าไปยังถาดวัดการระเหยแล้ววัดระดับน้ำในถาดโดยใช้ขอวัดระดับน้ำ จากนั้นปลดล๊อคถาดกับเสาแล้วล้างทำความสะอาดถาดวัดการระเหยรวมทั้งบ่อน้ำนิ่ง เนื่องจากน้ำเสียในถาดที่ใช้วัดการระเหยมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพอย่างเห็นได้ชัด เช่น สี ความขุ่น ฯลฯ (ภาพที่ 40) และอาจมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีและชีวภาพด้วย นอกจากนี้คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ของน้ำเสียแต่ละบ่อในแต่ละวันก็จะมีค่าแตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้คุณภาพน้ำในถาดวัดมีค่าใกล้เคียงกับน้ำในบ่อฝิ่ง จึงต้องเปลี่ยนน้ำที่ใช้วัดการระเหยในบ่อฝิ่งทุกวัน หลังจากล้างถาดวัดการระเหยเสร็จแล้ว ให้เติมน้ำถึงระดับที่กำหนดไว้แล้วล๊อคถาดวัดการระเหยกับเสา วางบ่อน้ำนิ่งในถาด แล้วจึงวัดระดับน้ำในถาดโดยใช้ขอวัดระดับน้ำเพื่อเป็นค่าเริ่มต้นสำหรับวัดการระเหยต่อไป สำหรับถาดวัดการระเหยที่สถานีวัดอากาศจะใช้น้ำประปาและมีการล้างทำความสะอาดทุก 3-4 วัน



ภาพที่ 40 ลักษณะคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนไปเมื่อเวลาผ่านไป 1 วัน

1.5.6 การคำนวณปริมาตรการระเหย

ปริมาตรการระเหยสามารถคำนวณได้โดยนำข้อมูลอัตราการระเหยรายวันของแต่ละบ่อคูณกับพื้นที่ผิวน้ำของบ่อนั้นๆ แสดงดังสมการ 44

$$V_E = \frac{E \cdot A}{1000} \quad \text{----- (44)}$$

โดยที่ V_E คือ ปริมาตรน้ำระเหยออกจากบ่อผึ่ง (ลบ.ม.)

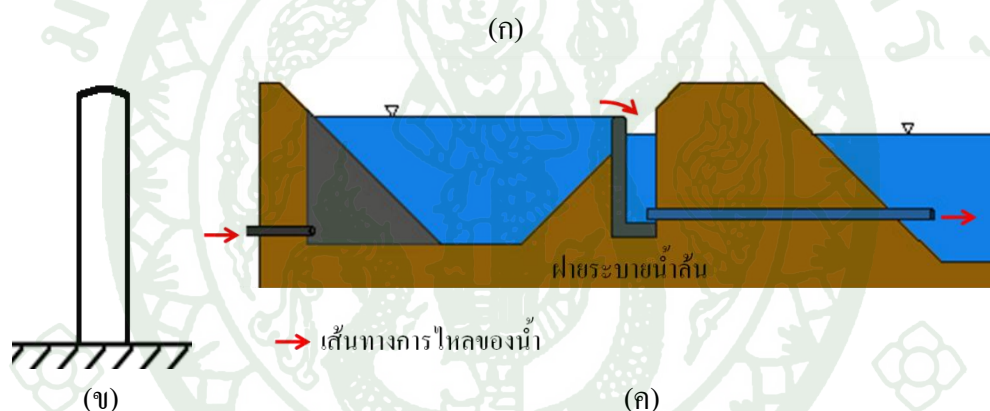
E คือ อัตราการระเหยของบ่อใดๆ (มม.)

A คือ พื้นที่ผิวน้ำของบ่อใดๆ (ตร.ม.)

1.6 ปริมาณน้ำไหลล้นออกจากระบบบ่อผึ่งบำบัดน้ำเสีย

น้ำเสียที่ไหลเข้าระบบบ่อผึ่งบำบัดน้ำเสียจะถูกเก็บกักเป็นระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้เกิดกระบวนการบำบัดตามธรรมชาติ (natural purification) ระดับของน้ำเสียในบ่อผึ่งแต่ละบ่อถูกควบคุมโดยฝายแลบิรินธ์ทรงสี่เหลี่ยม (rectangular labyrinth weir) สันฝายมีลักษณะโค้งมนเกือบแบนราบ (ภาพที่ 41) น้ำที่ไหลล้นฝายออกจากบ่อผึ่งหนึ่งจะไหลเข้าไปยังบ่อผึ่งถัดไปผ่านท่อ

ระบายน้ำเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร อุปกรณ์และวิธีการวัดอัตราการไหลล้นฝายของน้ำแสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 41 (ก) ฝายระบายน้ำล้นแบบแลบปริ้นท์ทรงสี่เหลี่ยม (ข) ภาพตัดขวางสันฝายมีลักษณะโค้งมนเกือบแบนราบ (ค) การไหลของน้ำเสียจากบ่อหนึ่งไปยังบ่อถัดไป

1.6.1 ไม้วัดระดับน้ำ

ไม้วัดระดับน้ำทำมาจากไม้เนื้อแข็ง มีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมและไสเรียบทุกด้าน ทาสีน้ำมันให้ทั่วแล้วทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นทำสเกลที่ความละเอียด 1 เซนติเมตร โดยที่สเกลศูนย์อยู่ห่างจากจุดปลายล่างสุดของไม้ประมาณ 60 เซนติเมตร (เพื่อให้เป็นส่วนที่ปักลงไปในดิน) ใช้สีน้ำมันที่มีสีต่างกับสีพื้นทาแสดงขนาดของสเกล (มีรูปแบบเหมือนสเกลวัดระดับน้ำของกรมชลประทาน) ทิ้งให้สีแห้ง จากนั้นนำแผ่นไม้หน้ากว้าง 3 นิ้ว จำนวน 2 แผ่น มาตอกเข้ากับไม้วัดระดับน้ำทั้งด้านหน้าและหลังที่สเกลศูนย์โดยให้อยู่ในแนวตั้งฉากกัน เพื่อช่วยป้องกันการทรุดตัว

ของไม้วัดระดับน้ำ บริเวณที่ติดตั้งไม้วัดระดับน้ำจะต้องเป็นบริเวณที่อ่านค่าได้สะดวกและไม่ได้รับผลกระทบจากแนวโค้งของฝื่อน้ำที่เกิดจากการไหลล้นสันฝาย ซึ่งโดยทั่วไปจะตั้งไม้วัดระดับน้ำ ห่างจากสันฝายมากกว่า 4 เท่าของความลึกน้ำสูงสุดเหนือสันฝาย



ภาพที่ 42 ไม้วัดระดับน้ำและการติดตั้ง

1.6.2 วิธีการเก็บข้อมูลเพื่อคำนวณอัตราการไหล

การวัดอัตราการไหลล้นของน้ำผ่านสันฝายจำเป็นต้องรู้ข้อมูลต่างๆ ดังนี้ ความสูงของสันฝาย (P) ระดับน้ำรวมเหนือสันฝาย (total head) และความยาวของสันฝายที่น้ำไหลล้น (B) ซึ่งการศึกษานี้จะใช้ระดับท้องบ่อแต่ละบ่อกำหนดเป็นระดับอ้างอิง (datum) ของความสูงสันฝายและระดับน้ำในบ่ออื่นๆ จากนั้นจึงนำค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ไปแทนค่าในสูตรหาอัตราการไหลของน้ำผ่านสันฝาย ดังแสดงรายละเอียดการหาข้อมูลดังต่อไปนี้

1) สันฝายอยู่ในแนวราบ แต่ระดับสันฝายของแต่ละบ่อไม่เท่ากันตลอดแนวราบ การวัดระดับความสูงสันฝายสามารถทำได้โดยแบ่งความกว้างของสันฝายออกเป็นช่วง

สั้นๆ สังเกตระดับน้ำในช่วงเวลาเริ่มล้นแล้วจดบันทึกความสูงของระดับน้ำซึ่งจะมีค่าเท่ากับความสูงของสันฝายในช่วงนั้นๆ จากนั้นรวมความยาวสันฝาย (B_1) มีระดับความสูงเท่ากัน



ภาพที่ 43 ช่วงที่น้ำไหลล้นสันฝาย ระดับน้ำมีความสูงเท่ากับความสูงสันฝาย

2) เก็บข้อมูลระดับน้ำในแต่ละบ่อเป็นรายวัน โดยเลือกเก็บที่เวลา 9.00 นาฬิกา ของทุกวัน

3) ใช้เครื่องวัดความเร็วน้ำ (current meter) วัดความเร็วของน้ำในแนวตั้งฉากกับสันฝายที่ระยะห่างจากสันฝายเท่ากับระยะของไม้วัดระดับน้ำ เพื่อนำไปหาความสูงน้ำเนื่องจากความเร็วการไหล ($\text{velocity head} = v^2/2g$)

1.6.3 การคำนวณอัตราการไหลผ่านสันฝาย

สมการคณิตศาสตร์ที่ใช้คำนวณอัตราการไหลผ่านฝายแลบปริ้นท์ทรงสี่เหลี่ยมสามารถใช้สมการเดียวกับที่ใช้หาอัตราการไหลผ่านฝายแบบเส้นตรง โดยสมมุติให้เป็นการไหลใน 1 มิติ เป็นของไหลในอุดมคติ (ideal fluid) เส้นทางไหลตั้งฉากกับสันฝาย และหาค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล (discharge coefficient, C_d) ได้จากการทดลอง (Tullis *et al.*, 1995) การคำนวณอัตราการไหลจะพิจารณาเป็นช่วงความกว้างที่มีระดับสันฝายเท่ากัน (Q) แล้วนำค่าที่

คำนวณได้ในแต่ละช่วงมารวมกันเป็นอัตราการไหลสิ้นของน้ำเสียทั้งหมดที่ไหลออกจากบ่อฝั้แต่
ละบ่อ อัตราการไหลสิ้นฝ่ายของน้ำเสียแต่ละช่วงความกว้างสามารถคำนวณได้จากสมการ 45

$$Q_i = C_d \frac{2}{3} B_i \sqrt{2g} \cdot H_{Ti}^{3/2} \quad \text{----- (45)}$$

โดยที่ค่า Q_i , B_i และ h_{Ti} คือค่าอัตราการไหล ความยาวสันฝาย และพลังงานน้ำรวม
เหนือสันฝาย (total head: $H_T = h + v_i^2/2g$) ที่แต่ละช่วงความกว้างสันฝายที่มีระดับเท่ากันตามลำดับ
ดังนั้นอัตราการไหลสิ้นของน้ำเสียทั้งหมดมีค่าเท่ากับผลรวมของอัตราการไหลสิ้นในแต่ละช่วง
ความกว้างสันฝายที่มีระดับเท่ากัน แสดงดังสมการ 46

$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n \quad \text{----- (46)}$$

1.6.4 การคำนวณปริมาตรการไหลผ่านสันฝาย

ปริมาตรน้ำเสียที่ไหลผ่านสันฝายสามารถคำนวณได้โดยใช้ข้อมูลอัตราการไหล
ทั้งหมดคูณกับระยะเวลาที่น้ำไหลสิ้น แสดงดังสมการ 47 ดังนี้

$$V_{\text{ไหลสิ้น}} = f \cdot Q_{\text{total}} \cdot t \quad \text{----- (47)}$$

โดยที่ $V_{\text{ไหลสิ้น}}$ คือ ปริมาตรน้ำเสียไหลออกจากบ่อฝั้ผ่านฝายระบายน้ำสิ้น (ลบ.ม.)

Q_{total} คือ อัตราการไหลสิ้นของน้ำเสียทั้งหมด (ลบ.ม./ชม.)

t คือ ระยะเวลาไหลสิ้นเท่ากับ 24 ชั่วโมง

f คือ แฟกเตอร์ตัวคูณ

จากสมการที่ 47 พบว่าปริมาตรการไหลสิ้นสันฝายคำนวณมาจากอัตราการไหล
ที่ใช้ข้อมูลระดับน้ำรายวัน ซึ่งในแต่ละช่วงเวลาของวันอาจมีปัจจัยอื่นทำให้ระดับน้ำในบ่อแตกต่าง
กันออกไป ส่งผลให้ปริมาตรน้ำไหลออกแตกต่างกันไปด้วย ประกอบไปด้วย ลม ฝน และการหยุด
ทำงานของปั้มน้ำเสียเข้าโครงการ นอกจากนี้ปริมาณน้ำฝนที่เดิมเข้ามาในบ่อฝั้ โดยเฉพาะบ่อ
ตกตะกอน บ่อฝั้ 1 และ 2 น้ำฝนที่เดิมเข้ามาจะไหลออกหมดภายในระยะเวลาไม่ถึง 24 ชั่วโมง

ระดับน้ำจึงไม่เปลี่ยนแปลง แต่อาจส่งผลเล็กน้อยที่บ่อฝั ง 3 และบ่อปรับสภาพ ที่รับน้ำฝนที่ไหลมาจาก 3 บ่อแรก ระดับน้ำในระบบบ่อฝั งทุกบ่อจึงมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อย ส่งผลให้ปริมาณน้ำในบ่อฝั งแต่ละบ่อเปลี่ยนแปลง (ΔS) เล็กน้อยเช่นกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีแฟลคเตอร์ตัวคูณ (f) เพื่อชดเชยปริมาณน้ำที่เกิดจากความผิดพลาดขององค์ประกอบดังกล่าว สามารถคำนวณปริมาณน้ำไหลออกได้สอดคล้องกับปริมาณน้ำในแต่ละบ่อที่เปลี่ยนแปลง (ΔS) ตามระดับน้ำที่เปลี่ยน

1.7 สมดุลน้ำในระบบบ่อฝั งบำบัดน้ำเสีย

การศึกษาสมดุลน้ำในระบบบ่อฝั งบำบัดน้ำเสียนี้มีทั้งหมด 6 ปัจจัย ประกอบด้วยน้ำเข้าระบบ 3 ปัจจัย ได้แก่ น้ำเสียเข้าระบบ น้ำฝน และน้ำซึมเข้า และน้ำที่ออกจากระบบ 3 ปัจจัย ได้แก่ น้ำไหลออกผ่านทางระบายน้ำล้น การระเหย และการซึมออก สำหรับการศึกษานี้ได้คำนวณสมดุลน้ำรายวันในหน่วยปริมาตร แสดงดังสมการ 48

$$(V_{IN} + V_R + V_L) - (V_{OUT} + V_E + V_S) = \Delta S \quad \text{----- (48)}$$

โดยที่ ΔS คือ ปริมาณน้ำในบ่อฝั งที่เปลี่ยนแปลง หาได้จากระดับน้ำที่เปลี่ยนในแต่ละวัน คูณกับพื้นที่ผิวหน้า (ลบ.ม.)

V_{IN} คือ ปริมาณน้ำเสียไหลเข้าระบบ (ลบ.ม.)

V_R คือ ปริมาณฝน (ลบ.ม.)

V_L คือ ปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลเข้าระบบ (ลบ.ม.)

V_{OUT} คือ ปริมาณน้ำไหลออกจากระบบ (ลบ.ม.)

V_E คือ ปริมาณการระเหย (ลบ.ม.)

V_S คือ ปริมาณน้ำซึมออกจากบ่อฝั ง (ลบ.ม.)

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์อัตราการระเหยของถาดวัดที่สถานีวัดอากาศและในบ่อฝัง

เนื่องจากการวัดอัตราการระเหยในบ่อตตะกอน บ่อฝัง 1, 2, 3 และบ่อปรับสภาพ มีความยุ่งยากและใช้เวลามาก การศึกษาครั้งนี้จึงหาความสัมพันธ์อัตราการระเหยของบ่อฝังทั้ง 5 บ่อ กับ อัตราการระเหยบนบกที่สถานีวัดอากาศ โดยใช้สมการถดถอยเชิงเส้น (linear regression equation) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงเส้น (linear correlation coefficient; R^2) เพื่อง่ายต่อการประเมินค่าอัตราการระเหยในบ่อฝังต่อไปในอนาคต สำหรับข้อมูลที่น่ามาเปรียบเทียบจะใช้ข้อมูลที่เก็บได้จริงเท่านั้น ซึ่งเป็นข้อมูลที่ยังไม่ได้มีการเติมข้อมูลในส่วนที่ขาดหายจากเหตุปัจจัยต่างๆ และตัดข้อมูลการระเหยที่มีค่าสูงกว่าปกติ (มากกว่า 10 มิลลิเมตรต่อวัน) และต่ำกว่าปกติ (น้อยกว่า 2 มิลลิเมตรต่อวัน) ออก

การเปรียบเทียบความสัมพันธ์อัตราการระเหยของถาดวัดในบ่อฝังแต่ละบ่อกับสถานีวัดอากาศ จะใช้ข้อมูลอัตราการระเหยรายวัน เฉลี่ยราย 3, 5, 7, 10, 15 และ 30 วัน ตามลำดับ เนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่ไม่เหมือนกันในแต่ละวัน เช่น เมฆ ปริมาณรังสี และการสะสมความร้อนของน้ำในสระ การเปรียบเทียบข้อมูลอัตราการระเหยที่สถานีวัดอากาศมีแนวโน้มความสัมพันธ์ที่ดีขึ้นกับข้อมูลจากถาดวัดแบบลอยน้ำ เมื่อใช้ข้อมูลอัตราการระเหยเฉลี่ยมากกว่า 1 วัน (ไพโรจน์ 2528)

3. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์คุณภาพน้ำและอัตราการระเหยในบ่อฝัง

จากสมมุติฐานการระเหยในบ่อฝังแต่ละบ่อไม่เท่ากันเนื่องจากคุณภาพน้ำที่แตกต่างกัน การศึกษาครั้งนี้จึงมีการเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อฝังมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งหมด 11 พารามิเตอร์ ประกอบด้วย บีโอดี (biochemical oxygen demand, BOD), ซีโอดี (chemical oxygen demand, COD), ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (total dissolved solid, TDS), ความนำไฟฟ้า (electro conductivity, EC), ความเค็ม (salinity), ของแข็งแขวนลอย (suspended solid), ความเป็นกรด-ด่าง (pH), สารลดแรงตึงผิว (surfactant), ความขุ่น (turbidity), สี (color) และความโปร่งใส (transparency) เพื่อหาแนวโน้มของแต่ละพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการระเหย

3.1 การเก็บตัวอย่างและวัดคุณภาพน้ำเสีย

เก็บตัวอย่างน้ำเสียแบบจ้วง (grab sampling) หลังจากเติมน้ำเข้าถาดวัดการระเหยและวัดข้อมูลแล้ว ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยเก็บน้ำในบ่อบริเวณด้านข้างถาดวัดการระเหย เพื่อเป็นตัวแทนคุณภาพน้ำเสียของแต่ละบ่อในวันนั้นๆ แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียทั้ง 11 พารามิเตอร์ ตามวิธี Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA and WEF, 1995) ที่ห้องปฏิบัติการโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

3.2 การเปรียบเทียบข้อมูลอัตราการระเหยกับคุณภาพน้ำเสีย

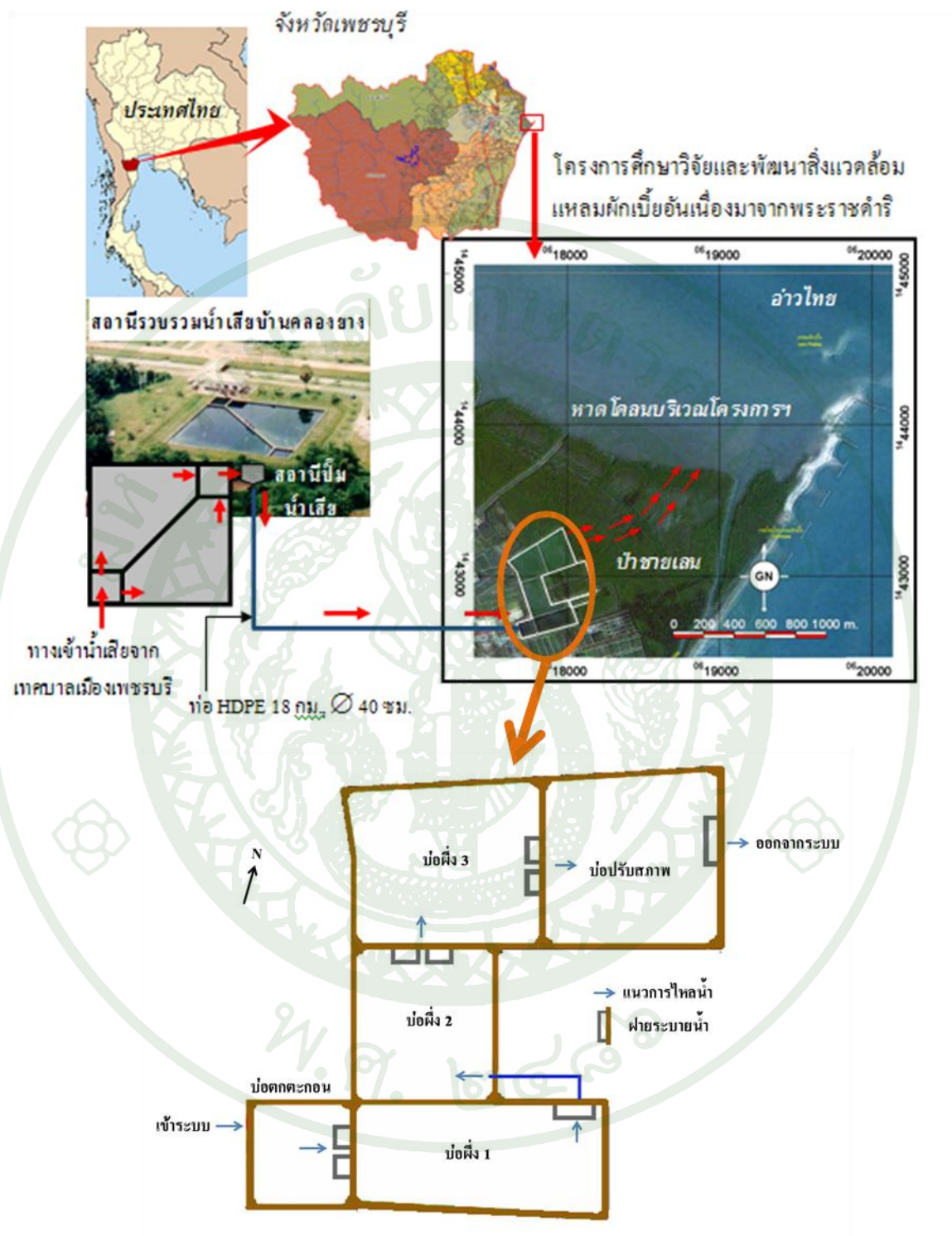
การเปรียบเทียบข้อมูลอัตราการระเหยกับคุณภาพน้ำเสีย สามารถทำได้โดยนำค่าเฉลี่ยข้อมูลอัตราการระเหยของบ่อฝั่งเฉพาะในวันที่มีการเก็บตัวอย่างน้ำเสียมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลคุณภาพน้ำทั้ง 11 พารามิเตอร์ โดยการเปรียบเทียบกราฟดูแนวโน้มที่เกิดขึ้น

ผลและวิจารณ์

การศึกษาสมมูลน้ำในระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ดำเนินงานตั้งแต่วันที่ 5 มิถุนายน ถึง 27 พฤศจิกายน พ.ศ.2556 ซึ่งอยู่ในฤดูฝน รวมทั้งหมด 176 วัน โดยคำนวณสมมูลน้ำเป็นรายวัน ประกอบด้วยของปริมาตรน้ำไหลเข้า น้ำฝน การซึมเข้า น้ำไหลออกผ่านทางระบายน้ำล้น การระเหย และการซึมออก มากไปกว่านั้นได้มีการศึกษาหาความสัมพันธ์การระเหยของถาดวัดที่สถานีวัดอากาศและในบ่อฝึงบ่อบ่อ เพื่อง่ายต่อการประเมินค่าอัตราการระเหยในอนาคต และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำเสียที่ส่งผลต่อการระเหยในบ่อฝึงบำบัดน้ำเสีย ผลการศึกษาแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลกายภาพระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ตั้งอยู่บนพิกัด UTM ที่ 1442240 ถึง 1443480 เหนือ และ 0617780 และ 0619271 ตะวันออก ประกอบด้วยบ่อฝึงบ่อบ่อทั้งหมด 5 บ่อ คือ บ่อดกตะกอน บ่อฝึงบ่อบ่อที่ 1, 2, 3 และบ่อปรับสภาพ ต่อกันอย่างอนุกรม น้ำเสียจะไหลเข้าระบบที่บ่อดกตะกอนเป็นบ่อแรกแล้วไหลตามแรงโน้มถ่วงต่อไปบ่อฝึงบ่อบ่อที่ 1, 2, 3 และบ่อปรับสภาพตามลำดับ น้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วจะถูกปล่อยเข้าสู่ป่าชายเลนบริเวณโครงการแหลมผักเบี้ยฯ ก่อนไหลออกสู่ทะเลอ่าวไทยต่อไป (ภาพที่ 44) บ่อฝึงบ่อบ่อที่ 5 บ่อ มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า บ่อดกตะกอน บ่อฝึงบ่อบ่อที่ 2 และ 3 มีฝายระบายน้ำล้นบ่อละ 2 ฝาย ในขณะที่บ่อฝึงบ่อบ่อที่ 1 และบ่อปรับสภาพมี 1 ฝาย สำหรับค่าความลึก พื้นที่ผิวหน้า และปริมาตรของบ่อฝึงบ่อบ่อแต่ละบ่อแสดงดังตารางที่ 3



ภาพที่ 44 ตำแหน่งระบบบ่อฝัังบำบัดน้ำเสียของโครงการแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ตารางที่ 3 ความลึก พื้นที่ผิว และปริมาตรบ่อฝังบำบัดน้ำเสียโครงการแหลมผักเบี้ยฯ

บ่อที่	ชื่อบ่อ	ความลึก (ม.)	พื้นที่ผิว (ตร.ม.)	ปริมาตร (ตร.ม.)
1	ตกตะกอน	2.43	10,134.67	21,969.91
2	ฝิ่ง 1	2.23	28,795.10	60,905.50
3	ฝิ่ง 2	1.93	32,140.33	59,006.65
4	ฝิ่ง 3	1.64	33,912.12	54,011.13
5	ปรับสภาพ	1.42	42,878.69	59,154.86
	รวม		147,860.91	255,048.04

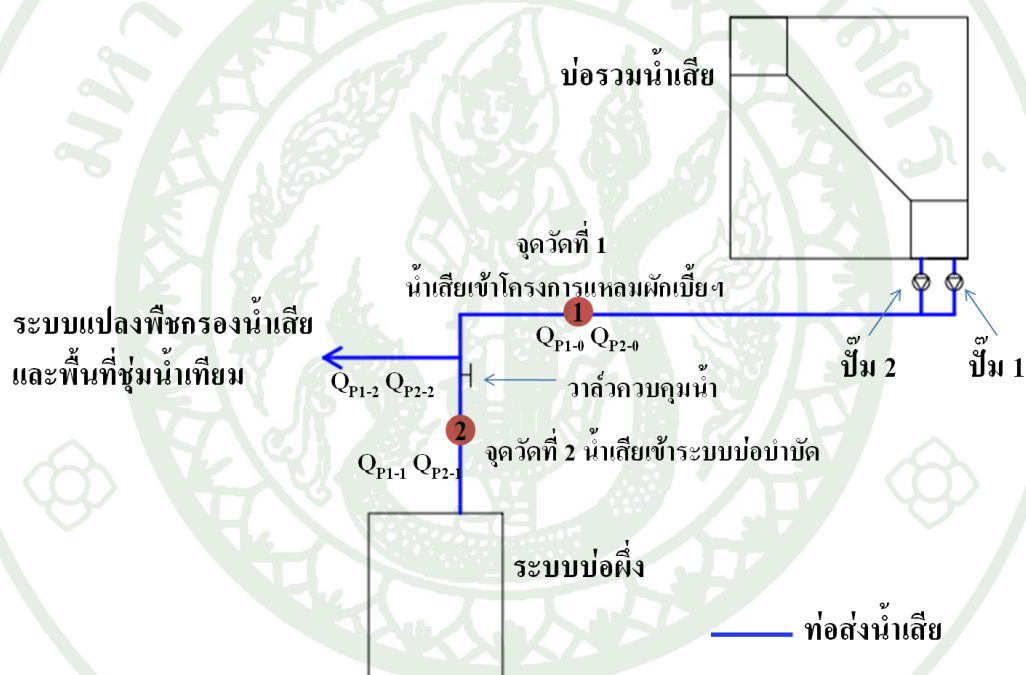
หมายเหตุ ดำเนินการวัดในเดือนมีนาคม พ.ศ.2556

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าบ่อตกตะกอน บ่อฝิ่ง 1, 2, 3 และบ่อปรับสภาพ มีความลึกของน้ำ 2.430, 2.226, 1.931, 1.636 และ 1.415 เมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าระดับน้ำในบ่อตกตะกอนมีความลึกมากที่สุดและมีค่าลดลงตามลำดับจนถึงบ่อปรับสภาพมีค่าน้อยที่สุด การก่อสร้างระบบบ่อฝิ่งมีการปรับให้พื้นบ่อแต่ละบ่อมีระดับใกล้เคียงกัน ส่งผลให้ความลึกน้ำตลอดพื้นที่ผิวในบ่อแต่ละบ่อค่อนข้างคงที่ เมื่อพิจารณาพื้นที่ผิวพบว่าบ่อที่มีค่าน้อยสุดที่บ่อตกตะกอนและมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับจนถึงบ่อปรับสภาพมีพื้นที่ผิวมากที่สุด โดยมีค่า 10,134.67, 28,795.10, 32,140.33, 33,912.12 และ 42,878.69 ตารางเมตร ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาปริมาตรน้ำพบว่าบ่อฝิ่ง 1 มีค่ามากที่สุดที่ 60,905.50 ลูกบาศก์เมตร และมีค่าลดลงที่บ่อปรับสภาพ บ่อฝิ่ง 2, 3 และบ่อที่มีค่าน้อยที่สุดที่บ่อตกตะกอน โดยมีค่า 59,154.86, 59,006.65, 54,011.13 และ 21,969.91 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ รวมปริมาตรบ่อฝังทั้งหมด 255,048.04 ลูกบาศก์เมตร

2. ปริมาณน้ำเสียไหลเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย

2.1 อัตราการไหลในท่อส่งน้ำเสีย

จากการวัดอัตราการไหลน้ำเสียในท่อโดยวิธีคลื่อนความถี่เหนือเสียง ค่าอัตราการไหลของน้ำเสียจากโรงสูบน้ำเสีย (จุดวัด 1) จากการทำงานของปั๊ม 1 (Q_{P1-0}) และ ปั๊ม 2 (Q_{P2-0}) และอัตราการไหลน้ำเสียเข้าระบบบำบัด (จุดวัด 2) จากการทำงานของปั๊ม 1 (Q_{P1-1}) และ ปั๊ม 2 (Q_{P2-1}) แสดงดังตารางที่ 4



ภาพที่ 45 ผังท่อส่งน้ำเสียโครงการแหลมผักเบี้ยฯ และจุดวัดอัตราการไหลในเส้นท่อ

ตารางที่ 4 อัตราการไหลของน้ำเสียในท่อส่งน้ำเสีย

Pump	อัตราการไหลน้ำเสีย (ลบ.ม./ชม.)		ความแตกต่าง	
	ทั้งหมด (Q_0)	เข้าระบบบำบัด (Q_1)	อัตราการไหล (ลบ.ม./ชม.)	เปอร์เซ็นต์
1	293.50	261.50	32.00	10.90
2	312.80	275.60	37.20	11.89
เฉลี่ย	303.15	268.55	34.60	11.41

จากตารางที่ 4 พบว่าในช่วงดำเนินการบำบัดน้ำเสียทุกระบบ อัตราการไหลของน้ำเสียทั้งหมดจากการทำงานของปั๊มที่ 1 และ 2 มีค่า 293.50 และ 312.80 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ และอัตราการไหลเข้าระบบบ่อผึ่งจากการทำงานของปั๊มที่ 1 และ 2 มีค่า 261.50 และ 275.60 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อใช้สมการต่อเนื่อง (สมการที่ 30 และ 31) คำนวณหาอัตราการไหลเข้าระบบแปลงพืชกรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมมีค่า 32.00 และ 37.20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จากการทำงานของปั๊มที่ 1 และ 2 ตามลำดับ จากข้อมูลอัตราการไหลในท่อจะพบว่าในช่วงเวลาดำเนินการบำบัดน้ำเสียทุกระบบ (9.00 ถึง 15.30 นาฬิกา) ของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ มีน้ำเสียไหลเข้าระบบบ่อผึ่งมากที่สุด มีเพียงส่วนน้อยประมาณร้อยละ 10.90-11.89 ไหลเข้าระบบแปลงพืชกรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม สำหรับนอกช่วงเวลาดังกล่าวของวันจันทร์ถึงวันศุกร์ และของวันเสาร์และอาทิตย์ จะไม่มีการเปิดน้ำเสียเข้าระบบแปลงพืชกรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม น้ำเสียที่ถูกสูบมาทั้งหมดจะไหลเข้าระบบบ่อผึ่ง

2.2 ปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบ่อผึ่ง

การคำนวณปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบ่อผึ่งถูกคำนวณเป็นรายวัน โดยแบ่งการคิดเป็น 2 แบบ คือ การคำนวณในวันเสาร์และอาทิตย์ และการคำนวณในช่วงวันจันทร์ถึงวันศุกร์ แสดงดังต่อไปนี้

2.2.1 การคำนวณปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบ่อผึ่งในวันเสาร์และอาทิตย์

วันเสาร์และอาทิตย์จะไม่เปิดน้ำเสียเข้าระบบแปลงพืชกรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม ดังนั้นน้ำเสียที่ถูกสูบเข้ามาโครงการแหลมผักเบี้ยฯ ทั้งหมดจะไหลเข้าระบบบ่อผึ่ง ตัวอย่างตารางแสดงการคำนวณปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบ่อผึ่งในวันที่ 8 และ 9 มิถุนายน 2556 แสดงดังตารางที่ 5 และแสดงตัวอย่างการคำนวณโดยใช้ข้อมูลในวันที่ 8 มิถุนายน 2556 ดังนี้

จากตารางที่ 4 อัตราการไหลของน้ำเสียทั้งหมดจากการทำงานของปั๊มที่ 1 (Q_{p1-0}) และ 2 (Q_{p2-0}) มีค่าเท่ากับ 293.50 และ 312.80 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ระยะเวลาการทำงานของปั๊มที่ 1 (t_{p1}) และปั๊มที่ 2 (t_{p2}) มีค่าเท่ากับ 11 ชั่วโมง และ 10 ชั่วโมง 30 นาที ตามลำดับ แทนค่าลงในสมการ 32 ได้

$$V_{\text{น้ำเสียเข้าระบบบ่อฝึ่งวันเสาร์อาทิตย์}} = 293.5 \times 11 + \left(312.8 \times 10 + 312.5 \times \frac{30}{60} \right)$$

$$V_{\text{น้ำเสียเข้าระบบบ่อฝึ่งเสาร์-อาทิตย์}} = 6512.9 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบ่อฝึ่งในวันเสาร์ที่ 8 และอาทิตย์ที่ 9 มิถุนายน 2556 เท่ากับ 6512.9 และ 6366.15 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ โดยน้ำเสียทั้งหมดจะไหลเข้าระบบบ่อฝึ่งที่บ่อดกตะกอน ดังนั้นปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบบ่อฝึ่งในช่วงวันเสาร์และอาทิตย์จึงขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการทำงานของเครื่องสูบน้ำเพียงอย่างเดียว สำหรับปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบ่อฝึ่งที่บ่อดกตะกอนตลอดช่วงการศึกษาแสดงในตารางผนวกที่ ข1

2.2.2 การคำนวณปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบ่อฝึ่งในช่วงวันจันทร์ถึงศุกร์

ช่วงวันจันทร์ถึงวันศุกร์ตั้งแต่เวลา 9.00 ถึง 15.30 นาฬิกา จะเปิดน้ำเสียเข้าระบบฟัชรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่ามีน้ำเสียไหลเข้าระบบดังกล่าวในอัตรา 32.00 (Q_{P1-2}) และ 37.20 (Q_{P2-2}) ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จากการทำงานของปั๊ม 1 และ 2 ตามลำดับ ตัวอย่างตารางการคำนวณหาปริมาณน้ำเสียเข้าระบบแปลงฟัชรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมในวันจันทร์ที่ 10 ถึงวันศุกร์ที่ 14 มิถุนายน พ.ศ.2556 แสดงดังตารางที่ 6 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณน้ำเสียเข้าแปลงฟัชรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมวันจันทร์ที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2556 แสดงดังต่อไปนี้

จากตารางที่ 6 ระยะเวลาการทำงานของปั๊มที่ 1 ($t_{P1-\text{แปลงฟัช}}$) มีค่าเท่ากับ 2 ชั่วโมง 30 นาที และปั๊มที่ 2 ($t_{P2-\text{แปลงฟัช}}$) มีค่า 3 ชั่วโมง แทนค่าลงในสมการ 33 ได้

$$V_{\text{แปลงฟัช}} = \left(32 \times 2 + 32 \times \frac{30}{60} \right) + 37.2 \times 3$$

$$V_{\text{แปลงฟัช}} = 191.6 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

ตารางที่ 5 ตัวอย่างตารางคำนวณปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบ่อดึงวันเสาร์ที่ 8 เมษายน และอาทิตย์ที่ 9 เมษายน 2556

ว ด ป	ปั้ม	เวลาที่สูบน้ำ								ปริมาตร (ลบ.ม.)	ปริมาตรรวม (V _{IN})	หมายเหตุ
		ระยะเวลาการสูบ			ปั้ม 1		ปั้ม 2					
					(Q=293.5 ลบ.ม./ชม.)		(Q=312.8 ลบ.ม./ชม.)					
		เริ่ม	หยุด	รวม	ชั่วโมง	นาที	ชั่วโมง	นาที	ปั้ม 1	ปั้ม 2	(ลบ.ม.)	
8 เม.ย. 56	2	0:30	6:00	5:30								
	1	6:30	12:00	5:30	10	0	11	30	3,228.50	3,284.40	6,512.90	วันเสาร์
	2	12:00	18:00	6:00								
	1	19:30	24:00	4:30								
9 เม.ย. 56	2	0:00	6:00	6:00								
	1	6:30	12:00	5:30	11	15	11	30	3,081.75	3,284.40	6,366.15	วันอาทิตย์
	2	12:30	18:00	5:30								
	1	18:15	24:00	5:45								

ตารางที่ 6 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณน้ำเสียเข้าแปลงพืชกรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมในช่วงวันจันทร์ที่ 10 ถึงวันศุกร์ที่ 14 มิถุนายน พ.ศ.2556 ช่วงเวลา 9.00 ถึง 15.30 นาฬิกา

ว ค ป	เวลาเปิดน้ำเสียเข้าระบบ		ปีม	ปริมาตร (ลบ.ม.)	
	ช่วงเวลา	ระยะเวลา (ชม.)		ต่อปีม	รวม
10 มิ.ย. 56	9:00-12:00	3	2	111.6	191.6
	13:00-15:30	2.5	1	80	
11 มิ.ย. 56	9:00-12:00	3	2	111.6	191.6
	13:00-15:30	2.5	1	80	
12 มิ.ย. 56	9:00-12:00	3	2	111.6	191.6
	13:00-15:30	2.5	1	80	
13 มิ.ย. 56	9:00-12:00	3	2	111.6	191.6
	13:00-15:30	2.5	1	80	
14 มิ.ย. 56	9:00-12:00	3	2	111.6	191.6
	13:00-15:30	2.5	1	80	

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าในช่วงระหว่างวันจันทร์ที่ 10 ถึงวันศุกร์ที่ 14 มิถุนายน พ.ศ.2556 ช่วงเวลา 9.00 ถึง 15.30 นาฬิกา มีปริมาณน้ำเสียเข้าแปลงพืชกรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมวันละ 191.6 ลูกบาศก์เมตร เท่ากันทุกวันและมีค่าใกล้เคียงกันกับช่วงวันจันทร์ถึงวันศุกร์ในสัปดาห์อื่นๆ ตลอดช่วงการศึกษา เนื่องจากการเปิดและปิดน้ำเสียเข้าระบบเป็นเวลาแน่นอน สำหรับการคำนวณหาค่าแฟกเตอร์ตัวคูณ (C) จำเป็นต้องทราบค่าปริมาณน้ำเสียที่ถูกสูบเข้ามาทั้งหมดแล้วนำไปแทนค่าในสมการที่ 34 แสดงวิธีการคำนวณดังตารางที่ 7

จากตารางที่ 7 พบว่าค่าแฟกเตอร์ตัวคูณ (C) ในช่วงวันจันทร์ที่ 10 ถึงวันศุกร์ที่ 14 มิถุนายน พ.ศ.2556 มีค่า 0.97 เท่ากันทุกวัน และมีค่าใกล้เคียงกับช่วงวันจันทร์ถึงวันศุกร์ในสัปดาห์อื่นๆ ตลอดช่วงการศึกษา แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำเสียทั้งหมดต่อวันที่ถูกสูบรวมจากโรงสูบน้ำเสียในช่วงวันจันทร์ถึงศุกร์ จะไหลเข้าระบบบ่อฝักร้อยละ 97 ที่เหลืออีกร้อยละ 3 ไหลเข้าระบบแปลงพืชกรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม ดังนั้นการคำนวณปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบ่อฝักร้อยละ 97 สำหรับวันจันทร์ถึงศุกร์อื่นๆ สามารถคำนวณได้โดยนำค่าปริมาณน้ำเสียทั้งหมดที่ถูกสูบรวมมาในแต่ละวันคูณกับค่าแฟกเตอร์ตัวคูณ 0.97 แสดงตัวอย่างตารางการคำนวณปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบ่อฝักร้อยละ 97 ในระหว่างวันที่ 5 ถึง 15 มิถุนายน พ.ศ.2556 ดังตารางที่ 8 สำหรับปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบ่อฝักร้อยละ 97

ตลอดช่วงการศึกษาแสดงในตารางผนวกที่ ข1 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบ่อดังวันจันทร์ที่ 10 มิถุนายน พ.ศ.2556 แสดงดังต่อไปนี้

จากตารางที่ 4 อัตราการไหลของน้ำเสียทั้งหมดจากการทำงานของปั๊มที่ 1 (Q_{p1-0}) และ 2 (Q_{p2-0}) มีค่าเท่ากับ 293.50 และ 312.80 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จากตารางที่ 8 ระยะเวลาการทำงานของปั๊มที่ 1 (t_{p1}) และปั๊มที่ 2 (t_{p2}) ในวันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ.2556 มีค่าเท่ากันที่ 10 ชั่วโมง 30 นาที แทนค่าลงในสมการ 35 ได้

$$V_{\text{ระบบบำบัด}} = 0.97 \times \left(\left(293.5 \times 10 + 293.5 \times \frac{30}{60} \right) + \left(312.8 \times 10 + 312.8 \times \frac{30}{60} \right) \right)$$

$$V_{\text{ระบบบำบัด}} = 6175.17 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

ตารางที่ 7 ตัวอย่างการคำนวณค่าแฟกเตอร์ตัวคูณ (C) ในช่วงระหว่างวันจันทร์ที่ 10 ถึงวันศุกร์ที่ 14 มิถุนายน พ.ศ.2556

ว ด ป	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม.)		แฟกเตอร์ตัวคูณ
	จากโรงสูบน้ำเสีย	ระบบพีชกรองน้ำเสียและ	$C = 1 - \frac{V_{\text{แปลงพืช}}}{V_{\text{น้ำเสียจากโรงสูบน้ำเสีย}}}$
	ทั้งหมด	พื้นที่ชุ่มน้ำเทียม	
10 มิ.ย. 56	6366.15	191.6	0.97
11 มิ.ย. 56	6366.15	191.6	0.97
12 มิ.ย. 56	6366.15	191.6	0.97
13 มิ.ย. 56	6303.59	191.6	0.97
14 มิ.ย. 56	6209.75	191.6	0.97

น้ำเสียที่ไหลเข้าระบบบ่อดังจะถูกปล่อยที่บ่อดกตะกอนเป็นบ่อแรก (ตารางผนวกที่ ข 1) สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำเข้าที่ใช้ในการคำนวณสมดุลน้ำของบ่อดัง 1, 2, 3 และบ่อปรับสภาพ หาได้จากข้อมูลปริมาณน้ำออกจากบ่อดกตะกอน บ่อดัง 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อที่ 5 คือ ปริมาณน้ำเสียออกจากบ่อดังแต่ละบ่อต่อไป

ตารางที่ 8 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบ่อบำบัดที่บ่อดกตะกอนในช่วงวันที่ 5 ถึง 15 มิถุนายน พ.ศ.2556

ว ค ป	เวลาทำงาน				ปริมาตร (ลบ.ม.)		factor	ปริมาตรรวม (V _{IN}) (ลบ.ม.)	หมายเหตุ
	ปั้ม 1 (Q=293.5 ลบ.ม./ชม.)		ปั้ม 2 (Q=293.5 ลบ.ม./ชม.)		ปั้ม 1	ปั้ม 2			
	ชั่วโมง	นาที	ชั่วโมง	นาที					
5 มิ.ย. 56	10	40	7	30	3130.67	2346.00	0.97	5312.37	เสาร์ อาทิตย์
6 มิ.ย. 56	11	0	11	0	3228.50	3440.80	0.97	6469.22	
7 มิ.ย. 56	10	0	10	30	2935.00	3284.40	0.97	6032.82	
8 มิ.ย. 56	11	0	10	30	3228.50	3284.40	1	6512.90	
9 มิ.ย. 56	10	30	10	30	3081.75	3284.40	1	6366.15	
10 มิ.ย. 56	10	30	10	30	3081.75	3284.40	0.97	6175.17	
11 มิ.ย. 56	10	30	10	30	3081.75	3284.40	0.97	6175.17	
12 มิ.ย. 56	10	30	10	30	3081.75	3284.40	0.97	6175.17	
13 มิ.ย. 56	10	30	10	20	3081.75	3232.27	0.97	6124.60	
14 มิ.ย. 56	11	0	10	0	3228.50	3128.00	0.97	6165.81	
15 มิ.ย. 56	11	10	10	38	3277.42	3326.11	1	6603.52	เสาร์

หมายเหตุ วันเสาร์-อาทิตย์ น้ำเสียทั้งหมดเข้าระบบบ่อบำบัด ค่า factor เท่ากับ 1

3. ปริมาณน้ำฝนเข้าระบบบ่อฝังกักน้ำเสีย

3.1 ปริมาณน้ำฝน

การศึกษานี้ใช้เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบ Standard 8-inch rain gauge (ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556) ถูกติดตั้งที่สถานีวัดอากาศโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ข้อมูลน้ำฝนรายวันตั้งแต่วันที่ 5 มิถุนายน ถึง 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 รวมทั้งหมด 176 วัน แสดงดังตารางที่ 9

จากตารางที่ 9 พบว่าในช่วงดำเนินงานวิจัยทั้งหมด 176 วัน มีจำนวนวันที่ฝนตก 104 วัน วัดปริมาณน้ำฝนได้ทั้งหมด 1097.2 มิลลิเมตร เดือนตุลาคมมีฝนตกมากที่สุด วัดได้ 429.2 มิลลิเมตร ในขณะที่เดือนสิงหาคมมีฝนตกน้อยที่สุด วัดได้ 67.6 มิลลิเมตร วันที่ฝนตกมากที่สุดคือวันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ.2556 วัดได้ 117.6 มิลลิเมตร

ตารางที่ 9 ปริมาณน้ำฝนรายวันช่วงวันที่ 5 มิถุนายน ถึง 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556

วันที่	ปริมาณน้ำฝนรายวัน (มม.)					
	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน
1	-	5.6	0	0	0.4	0
2	-	0	13	0	5.4	0
3	-	0	0	0	57	0
4	-	0	4.6	0	47.6	0
5	17.6	0	0	3.4	25.2	0
6	0	0	0.2	45	33	0
7	3	1.8	34.2	3	26.2	46.8
8	0	0.4	0	0	44	117.6
9	0	0.6	0.4	0	0.2	0.6
10	0.2	11.2	0	21.6	0	0
11	36.6	2.8	0	0	0	0
12	8.6	0	0.4	8.6	0	0
13	1.4	0	0.2	4.8	0	0
14	4	0	0.4	0.2	0	3.4
15	5.2	5	0.2	10.8	37	0
16	1.8	0.2	0	1	18	3.2
17	2.4	0	0	0.2	10.2	0.2
18	1.6	28.2	0.2	4.4	0.2	0
19	0.2	0	0	7.4	0.2	0
20	0.2	0.6	0	3.8	24	0
21	0	0	8.6	0	0.4	0
22	2.6	2.6	1	13.2	0	0.4
23	1.6	2.4	2.6	1	5.6	45.4
24	0.4	0.2	1.6	14.7	0.4	5
25	0.4	0	0	2	94	0
26	0.4	4.4	0	3	0.2	4
27	0	0	0	0.4	0	0
28	23.6	5.3	0	0	0	-
29	5.8	10.8	0	17.2	0	-
30	0.2	5	0	2	0	-
31	-	1.2	0	-	0	-

3.2 ปริมาณน้ำฝนเข้าระบบบ่อฝัง

พื้นที่ผิวน้ำและพื้นที่รับน้ำรอบบ่อฝังแต่ละบ่อ (ภาพที่ 26) สามารถวัดโดยใช้เทปวัดระยะทางแล้วนำข้อมูลมาคำนวณพื้นที่ แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 พื้นที่ผิวน้ำและพื้นที่รับน้ำรอบบ่อฝังแต่ละบ่อ

บ่อ	พื้นที่ (ตร.ม.)	
	ผิวน้ำ	ขอบตลิ่งและถนน
ตกตะกอน	10134.67	1280.37
ฝัง 1	28795.10	2549.38
ฝัง 2	32140.33	2551.84
ฝัง 3	33912.12	2556.88
ปรับสภาพ	42878.69	2823.72

การคำนวณปริมาณน้ำฝนคำนวณได้จากสมการ 36 โดยแบ่งเป็นปริมาณน้ำฝนที่ตกบนพื้นที่ผิวน้ำและพื้นที่รอบบ่อฝังแต่ละบ่อ ตัวอย่างการคำนวณปริมาณน้ำฝนเข้าบ่อตกตะกอน ตั้งแต่วันที่ 5 ถึง 30 มิถุนายน พ.ศ.2556 แสดงได้ดังตารางที่ 11 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนทั้งหมดที่เข้าบ่อตกตะกอน บ่อฝัง 1, 2, 3 และบ่อปรับสภาพ แสดงในตารางผนวกที่ ข1 ถึง ข5 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณน้ำฝนเข้าบ่อตกตะกอนในวันที่ 5 มิถุนายน พ.ศ.2556 แสดงดังนี้

จากตารางที่ 11 วันที่ 5 มิถุนายน พ.ศ.2556 มีฝนตก (R) 17.6 มิลลิเมตร บ่อตกตะกอน มีพื้นที่ผิวน้ำ พื้นที่ขอบตลิ่งและถนนเท่ากับ 10,134.67 และ 1,280.37 ตารางเมตร ตามลำดับ แทนค่าลงในสมการ 36 ได้

$$V_R = \frac{17.6}{1000} \times 10134.67 + \frac{17.6}{1000} \times 0.8 \times 1280.37$$

$$V_R = 196.4 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

ตารางที่ 11 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณน้ำฝนเข้าบ่อตกตะกอนตั้งแต่วันที่ 5 ถึง 30 มิถุนายน พ.ศ.2556

ว ด ป	วันสะสม	ฝน (มม.)	ปริมาณน้ำฝน (ลบ.ม.)				หมายเหตุ
			บนพื้นที่ผิวหน้า	บนพื้นที่รับน้ำรอบบ่อ		ปริมาณน้ำฝนเข้าบ่อ	
				สปีด การไหลนอง	ปริมาตร		
5 มิ.ย. 56	1	17.6	178.37	0.8	18.03	196.40	
6 มิ.ย. 56	2	0.0	0.00	0.8	0.00	0.00	
7 มิ.ย. 56	3	3.0	30.40	0.8	3.07	33.48	
8 มิ.ย. 56	4	0.0	0.00	0.8	0.00	0.00	
9 มิ.ย. 56	5	0.0	0.00	0.8	0.00	0.00	
10 มิ.ย. 56	6	0.2	2.03	0.8	0.20	2.23	
11 มิ.ย. 56	7	36.6	370.93	0.8	37.49	408.42	
12 มิ.ย. 56	8	8.6	87.16	0.8	8.81	95.97	
13 มิ.ย. 56	9	1.4	14.19	0.8	1.43	15.62	
14 มิ.ย. 56	10	4.0	40.54	0.8	4.10	44.64	
15 มิ.ย. 56	11	5.2	52.70	0.8	5.33	58.03	

4. ปริมาณน้ำซึมเข้าระบบบ่อฝังบำบัดน้ำเสีย

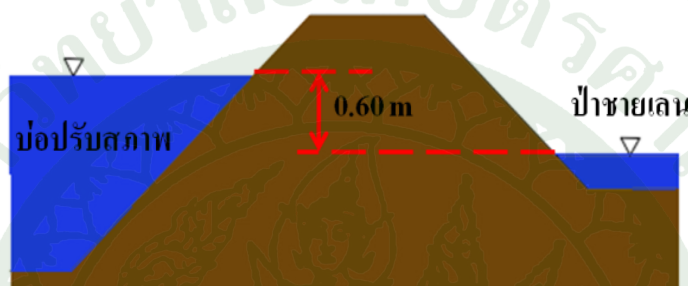
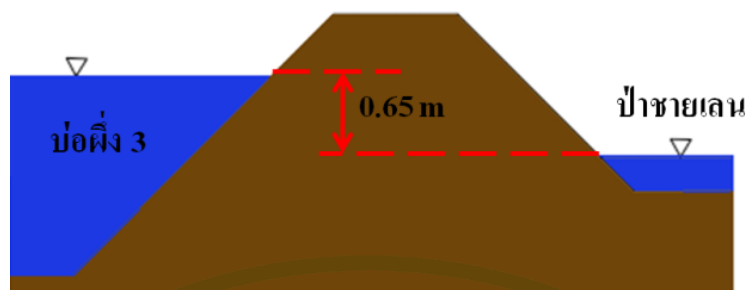
จากการตรวจสอบการซึมของน้ำเข้าระบบบ่อฝังบำบัดน้ำเสีย ซึ่งดำเนินการหลังจากระบายน้ำออกจากบ่อฝังทุกบ่อ ขุดลอกตะกอนแล้วปล่อยให้แห้ง และเป็นช่วงที่ยังไม่เปิดน้ำเสียเข้าสู่ระบบบ่อฝัง พบว่า พื้นของบ่อตกตะกอน บ่อฝังที่ 1 และ 2 มีลักษณะแห้งทั้งหมด แสดงให้เห็นว่า 3 บ่อนี้ไม่มีน้ำซึมเข้าหรือมีน้อยมาก สำหรับบ่อฝังที่ 3 และบ่อปรับสภาพพบว่ามีบริเวณดินพื้นบ่อบางส่วนที่เปียกชื้นประมาณไม่เกินร้อยละ 15 ของพื้นที่ (ภาพที่ 46) จากการเดินสำรวจพื้นที่พบว่าน้ำที่ซึมเข้าบ่อฝังที่ 3 และบ่อปรับสภาพ เป็นการซึมทางด้านข้างช่วงที่น้ำทะเลขึ้นสูง แต่หลังจากปล่อยน้ำเข้าระบบบ่อฝังพบว่าระดับน้ำในบ่อฝังที่ 3 และบ่อปรับสภาพ มีค่าสูงกว่าระดับน้ำที่อยู่ด้านข้างบ่อทั้งสอง 0.65 และ 0.60 เมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 47) ส่งผลให้น้ำด้านนอกไม่สามารถไหลเข้าบ่อได้ จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าไม่มีน้ำซึมเข้าระบบบ่อฝังบำบัดน้ำเสียโครงการแหลมผักเบี้ยฯ จึงไม่นำมาพิจารณาในการศึกษาสมดุลน้ำในระบบบ่อฝัง



(ก)

(ข)

ภาพที่ 46 (ก) บริเวณที่มีการซึมน้ำด้านข้างของบ่อฝังที่ 3 (ข) บริเวณท้องบ่อฝังที่ไม่มีน้ำซึมเข้าระบบ



ภาพที่ 47 ระดับน้ำในบ่อฝั่งที่ 3 และบ่อปรับสภาพ กับระดับนํ้านอกบ่อหลังจากปล่อยน้ำเข้าระบบ โดยเป็นด้านที่มีการซึมเข้าในช่วงที่ไม่มีน้ำในบ่อ

4. ปริมาณการรั่วซึมออกจากระบบบ่อฝั่งบำบัดน้ำเสีย

การหาปริมาณการรั่วซึมจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ปริมาณการรั่วซึมที่ท้องบ่อและปริมาณการรั่วซึมบริเวณคันบ่อ ผลการทดลองหาค่าความนำคลศาสตร์และการคำนวณปริมาณการรั่วซึมแสดงดังต่อไปนี้

4.1 ความนำคลศาสตร์

การศึกษาหาค่าความนำคลศาสตร์ (K) ได้กำหนดจุดเก็บตัวอย่างดินท้องบ่อ บ่อละ 5 จุด รวม 5 บ่อ มีทั้งหมด 25 จุด และเก็บตัวอย่างดินคันบ่อตกระกอน 36 จุด และบ่ออื่นๆ อีก 4 บ่อ บ่อละ 27 จุด รวมทั้งหมด 144 จุด นำตัวอย่างดินไปทดลองหาความนำคลศาสตร์ในห้องปฏิบัติการโดยวิธีแบบความดันแปรเปลี่ยน แสดงผลดังตารางที่ 12 และ 13

ตารางที่ 12 ค่าความนำชลศาสตร์พื้นบ่อฝังน้ำบาดิน้ำเสีย

บ่อ	ชื่อบ่อ	จุดเก็บ	K (ม./วัน)
1	ตกตะกอน	S1	0.0004
		S2	0.0054
		S3	0.0075
		S4	0.0004
		S5	0.0001
2	ฝัง 1	S6	0.0011
		S7	0.0032
		S8	0.0004
		S9	0.0003
		S10	0.0004
3	ฝัง 2	S11	0.0002
		S12	0.0042
		S13	0.0001
		S14	0.0003
		S15	0.0003
4	ฝัง 3	S16	0.0002
		S17	0.0007
		S18	0.0005
		S19	0.0004
		S20	0.0002
5	ปรับสภาพ	S21	0.0011
		S22	0.0020
		S23	0.0013
		S24	0.0018
		S25	0.0001

ตารางที่ 13 ค่าความนำหลศาสตร์คันบ่อฝั่งบำนัดน้ำเสีย

บ่อตกตะกอน		บ่อฝั่ง 1		บ่อฝั่ง 2		บ่อฝั่ง 3		บ่อปรับสภาพ	
จุดเก็บ	K (ม./วัน)	จุดเก็บ	K (ม./วัน)	จุดเก็บ	K (ม./วัน)	จุดเก็บ	K (ม./วัน)	จุดเก็บ	K (ม./วัน)
SL1	0.008	SL37	49.772	SL64	0.0198	SL91	33.181	SL118	0.515
SL2	0.020	SL38	3.291	SL65	0.0729	SL92	1.665	SL119	0.088
SL3	0.428	SL39	0.004	SL66	0.0007	SL93	0.004	SL120	0.102
SL4	16.591	SL40	12.443	SL67	9.7116	SL94	99.544	SL121	37.922
SL5	9.049	SL41	17.065	SL68	19.9088	SL95	4.977	SL122	24.886
SL6	0.003	SL42	0.770	SL69	0.0019	SL96	0.002	SL123	1.441
SL7	38.286	SL43	0.443	SL70	0.0015	SL97	99.544	SL124	0.215
SL8	6.636	SL44	5.239	SL71	3.8286	SL98	19.909	SL125	24.886
SL9	0.002	SL45	0.001	SL72	0.0060	SL99	0.227	SL126	7.885
SL10	3.137	SL46	0.687	SL73	8.1817	SL100	3.478	SL127	35.133
SL11	66.363	SL47	0.315	SL74	0.0005	SL101	8.472	SL128	31.435
SL12	0.697	SL48	0.008	SL75	0.0108	SL102	12.609	SL129	0.415
SL13	20.595	SL49	0.085	SL76	11.0605	SL103	2.581	SL130	1.161
SL14	2.531	SL50	0.007	SL77	5.7936	SL104	11.810	SL131	0.122
SL15	4.063	SL51	0.177	SL78	0.0026	SL105	0.146	SL132	3.733

ตารางที่ 13 (ต่อ)

บ่อตกตะกอน (บ่อ 1)		บ่อฝั่ง 1 (บ่อ 2)		บ่อฝั่ง 2 (บ่อ 3)		บ่อฝั่ง 3 (บ่อ 4)		บ่อปรับสภาพ (บ่อ 5)	
จุดเก็บ	K (ม./วัน)	จุดเก็บ	K (ม./วัน)	จุดเก็บ	K (ม./วัน)	จุดเก็บ	K (ม./วัน)	จุดเก็บ	K (ม./วัน)
SL16	12.252	SL52	0.590	SL79	11.0605	SL106	24.886	SL133	0.148
SL17	22.753	SL53	0.624	SL80	10.6654	SL107	9.189	SL134	0.115
SL18	0.226	SL54	0.150	SL81	0.0026	SL108	0.002	SL135	2.067
SL19	8.472	SL55	11.442	SL82	3.0349	SL109	33.181	SL136	0.004
SL20	49.772	SL56	5.914	SL83	1.4427	SL110	49.772	SL137	2.655
SL21	0.354	SL57	0.003	SL84	0.0035	SL111	2.812	SL138	5.706
SL22	0.003	SL58	5.171	SL85	5.3012	SL112	19.909	SL139	35.133
SL23	29.278	SL59	1.998	SL86	0.0721	SL113	3.687	SL140	1.788
SL24	24.886	SL60	0.006	SL87	0.0198	SL114	2.499	SL141	49.772
SL25	99.544	SL61	3.576	SL88	3.8616	SL115	0.761	SL142	27.997
SL26	0.010	SL62	33.181	SL89	6.5875	SL116	7.657	SL143	24.886
SL27	0.002	SL63	0.002	SL90	0.0083	SL117	0.100	SL144	2.364
SL28	5.301	-	-	-	-	-	-	-	-
SL29	16.481	-	-	-	-	-	-	-	-
SL30	0.169	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 13 (ต่อ)

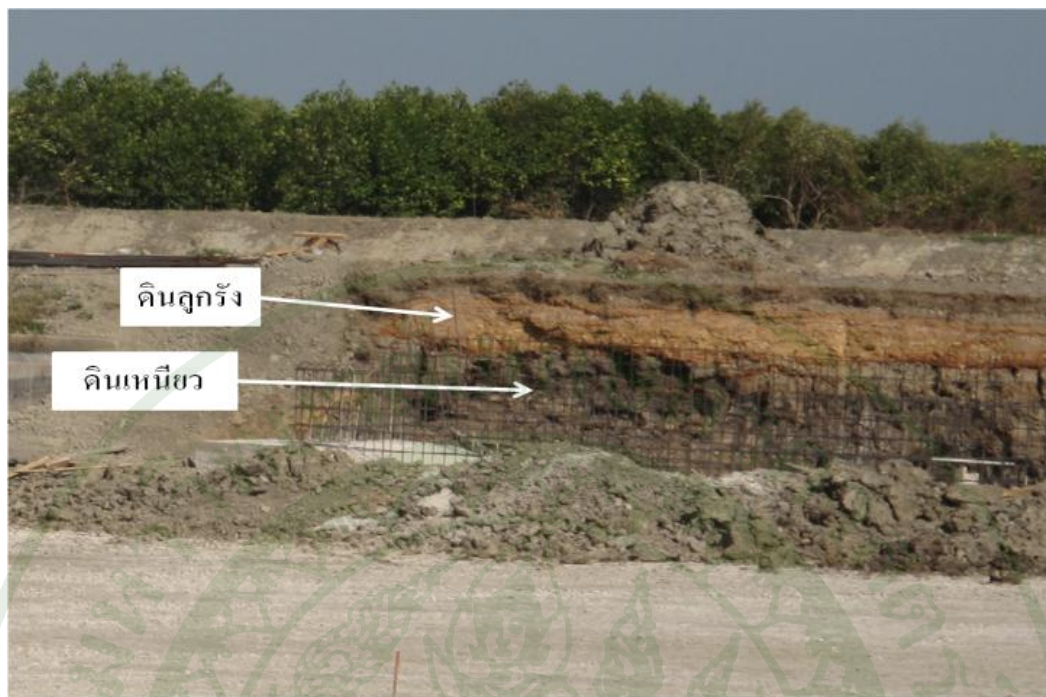
บ่อตกตะกอน		บ่อฝัง 1		บ่อฝัง 2		บ่อฝัง 3		บ่อปรับสภาพ	
จุดเก็บ	K (ม./วัน)	จุดเก็บ	K (ม./วัน)	จุดเก็บ	K (ม./วัน)	จุดเก็บ	K (ม./วัน)	จุดเก็บ	K (ม./วัน)
SL31	2.727	-	-	-	-	-	-	-	-
SL32	2.078	-	-	-	-	-	-	-	-
SL33	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-
SL34	0.443	-	-	-	-	-	-	-	-
SL35	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-
SL36	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ตำแหน่งของจุดเก็บ SL1-SL144 ในระบบบ่อฝัง แสดงได้ดังภาพที่ 27

จากตารางที่ 12 พบว่า ค่าความนำชลศาสตร์พื้นบ่อฝิ่งทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.0001 ถึง 0.0075 เมตรต่อวัน ซึ่งอยู่ในช่วงของชั้นสภาพน้ำที่ขณะอิ่มตัวแบบช้ามาก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) น้ำซึมผ่านได้น้อย ส่งผลให้มีการสูญเสียน้ำจากการรั่วซึมที่ห้องบ่อน้อยมาก ดังนั้นจึงไม่้นำการสูญเสียน้ำจากการรั่วซึมที่ห้องบ่อมาพิจารณาในการศึกษาสมดุลน้ำของระบบบ่อฝิ่ง

จากตารางที่ 13 พบว่าค่าความนำชลศาสตร์ของดินคันบ่อฝิ่งทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 99.54-0.0004 เมตรต่อวัน ซึ่งอยู่ในช่วงที่มีค่าสภาพน้ำตั้งแต่ช้ามาก (น้อยกว่า 0.2 เมตรต่อวัน) จนถึงเร็วมาก (มากกว่า 3 เมตรต่อวัน) จากจุดเก็บทั้งหมด 144 จุด พบว่ามีจุดที่มีสภาพน้ำเร็วมาก ซึ่งมากกว่า 3 เมตรต่อวัน ถึง 67 จุด เนื่องจากดินบริเวณคันบ่อฝิ่งทุกด้านเป็นดินตะกอนที่นำมาจาก การขุดลอกตะกอนที่ห้องบ่อฝิ่ง แล้วนำมาปาดไว้ที่คันบ่อด้านใน และมีดินลูกรังผสมอยู่ด้วย ส่งผลให้มีช่องว่างระหว่างอนุภาคเม็ดดินมาก ทำให้มีค่าความนำน้ำสูง แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างดินที่เก็บ มาวัดค่าความนำชลศาสตร์อาจไม่ใช่ตัวแทนที่แท้จริงของดินที่ใช้ทำคันบ่อ ถึงแม้จะขุดหน้าดินเป็น ระยะ 0.3 เมตร จากผิวบนสุดแล้วก็ตาม จึงจำเป็นต้องกำหนดค่าความนำชลศาสตร์ที่เป็นตัวแทน ของดินที่ใช้ทำโครงสร้างคันบ่อ เพื่อให้สามารถคำนวณปริมาณการซึมได้อย่างเหมาะสมต่อไป

จากการสอบถามผู้ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างคันบ่อและศึกษารูปร่างของโครงการ แลนมผักเป็ดฯ ในช่วงที่มีการขุดคันบ่อเพื่อปรับปรุงทางระบายน้ำพบว่า ดินที่ใช้ทำโครงสร้างคัน บ่อด้านในมีสีดำซึ่งเป็นดินเหนียว และมีดินลูกรังถมทับอยู่ด้านบน (ภาพที่ 48) ดังนั้นการศึกษารการ รั่วซึมนี้จึงกำหนดให้ดินคันบ่อมีค่าความนำชลศาสตร์เท่ากับ 0.2 เมตรต่อวัน เท่ากันทั้งหมด โดย เป็นดินที่มีค่าสภาพน้ำในช่วงช้ามาก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) เนื่องจากเป็นดิน เหนียวที่มีการบดอัด ก่อสร้างพร้อมกัน และเป็นดินเนื้อเดียวกัน



ภาพที่ 48 ดินที่ใช้ทำคันบ่อฝังบำบัดน้ำเสียของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ

4.2 ปริมาตรการซึม

การสูญเสียจากการซึมจะพิจารณาเฉพาะการไหลซึมออกด้านข้างคันบ่อ เนื่องจากดินบริเวณท้องบ่อมีค่าความนำชลศาสตร์ที่ต่ำมาก ขอมให้น้ำซึมผ่านได้น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับดินบริเวณคันบ่อ ปริมาตรการซึมในแต่ละบ่อฝั่งจะพิจารณาเป็นด้าน แล้วนำค่าปริมาตรการซึมแต่ละด้านมารวมกันเป็นค่าการซึมแต่ละบ่อ การคำนวณปริมาตรการซึมขบบ่อจะประยุกต์ใช้สมการของ Casagrande (1932) ข้อมูลตัวแปรของคันบ่อแต่ละด้านสำหรับใช้ในการคำนวณแสดงดังภาพที่ 49 ตารางการคำนวณอัตราการไหลซึมรายวันแสดงดังตารางที่ 14 ตัวอย่างการคำนวณอัตราการไหลซึมของบ่อดกตะกอน ด้าน 1A (ภาพที่ 34) แสดงดังนี้

ค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย $H=1.95$ m, $\Delta=1.95$ m, $0.3\Delta=0.59$ m, $d=9.69$ m, $K_v=0.2$ m/d, $D_{1A}=89.15$ m, $\alpha=45$ องศา (เท่ากันทุกจุด) แทนค่าลงในสมการ 40, 41 และ 42 จะได้

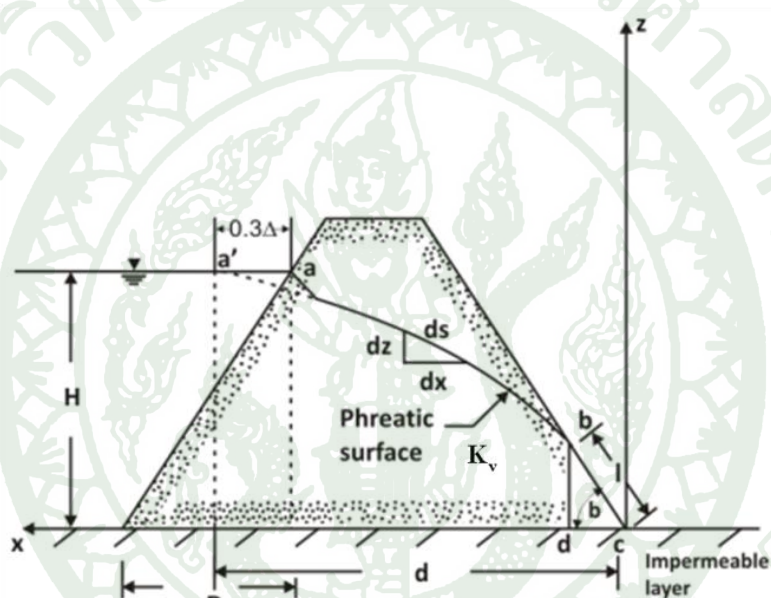
$$l = \sqrt{9.69^2 + 1.95^2} - \sqrt{9.69^2 - 1.95^2 \times \cot^2 45} = 0.39 \text{ ม.}$$

แทนค่า 1 ในสมการ 40 จะได้ $q_{1A} = 0.2 \times 0.39 \times \sin^2 45 = 0.039$ ลบ.ม./ม./วัน

แทนค่า q_{1A} ในสมการ 42 จะได้ $Q_{1A} = 0.39 \times 89.15 = 3.50$ ลบ.ม./วัน

รวมอัตราการไหลซึมบ่อดกตะกอนทั้งหมด $Q_{\text{total}} = Q_{1A} + Q_{1B} + Q_{1C} + Q_{1D}$

$$Q_{\text{total}} = 3.50 + 3.57 + 1.00 + 0.13 = 8.19 \text{ ลบ.ม./วัน}$$



ภาพที่ 49 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องสำหรับการคำนวณอัตราการไหลซึมของน้ำผ่านคันบ่อ

ที่มา: Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology (n.d.)

ตารางที่ 14 รายละเอียดและผลการคำนวณอัตราการไหลซึ่งมีรายวันบริเวณคันบ่อฝั่งบำบัดน้ำเสียทั้ง 5 บ่อ

บ่อที่	ชื่อบ่อ	ตำแหน่ง	H (ม.)	Δ (ม.)	0.3Δ (ม.)	d (ม.)	L (ม.)	K ม./วัน	q ลบ.ม./วัน/ม.	ความยาวคันบ่อ (D _i) (ม.)	อัตราการไหลแต่ละด้าน ลบ.ม./วัน	อัตราการไหลรวม ลบ.ม./วัน
1	ตกตะกอน	1A	1.95	1.95	0.59	9.69	0.39	0.2	0.039	89.15	3.50	8.19
		1B	1.95	1.95	0.59	9.69	0.39	0.2	0.039	90.80	3.57	
		1C	1.73	1.73	0.52	25.52	0.12	0.2	0.012	84.90	1.00	
		1D	0.3	0.3	0.09	6.29	0.01	0.2	0.001	92.15	0.13	
2	ฝั่ง 1	2A	1.65	1.65	0.50	9.90	0.27	0.2	0.028	258.30	7.11	8.13
		2B	1.13	1.13	0.34	17.94	0.07	0.2	0.007	106.84	0.76	
		2C	0.27	0.27	0.08	7.08	0.01	0.2	0.001	255.45	0.26	
3	ฝั่ง 2	3A	1.15	1.15	0.35	12.40	0.11	0.2	0.011	229.60	2.45	4.42
		3B	0.95	0.95	0.29	10.39	0.09	0.2	0.009	223.60	1.94	
		3C	0.13	0.13	0.04	7.54	0.00	0.2	0.000	127.25	0.03	
4	ฝั่ง 3	4A	1.02	1.02	0.31	12.31	0.08	0.2	0.008	155.50	1.31	2.48
		4B	0.65	0.65	0.20	10.96	0.04	0.2	0.004	205.20	0.79	
		4C	0.05	0.05	0.02	10.52	0.00	0.2	0.000	195.10	0.005	
		4D	0.82	0.82	0.25	8.87	0.08	0.2	0.008	48.95	0.37	
5	ปรับสภาพ	5A	0.6	0.6	0.18	10.98	0.03	0.2	0.003	187.20	0.61	3.72
		5B	0.76	0.76	0.23	8.85	0.07	0.2	0.007	184.83	1.21	
		5C	0.95	0.95	0.29	11.52	0.08	0.2	0.008	242.07	1.90	

จากตารางที่ 14 แสดงให้เห็นว่าอัตราการไหลซึมออกด้านข้างคันบ่อของบ่อดกตะกอน บ่อฝิ่ง 1, 2, 3 และบ่อปรับสภาพ มีค่า 8.19, 8.13, 4.42, 2.48 และ 3.72 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน บ่อดกตะกอนมีค่าอัตราการซึมสูงสุดเนื่องมาจากมีความแตกต่างของระดับน้ำ (H) สูงสุด สำหรับน้ำที่ซึมในด้าน 1D (ภาพที่ 34) ของบ่อดกตะกอนซึ่งมีค่า 0.13 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จะเป็นปริมาตรน้ำไหลเข้าบ่อฝิ่ง 1 น้ำที่ซึมในด้าน 2C ของบ่อฝิ่ง 1 ซึ่งมีค่า 0.26 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จะเป็นปริมาตรน้ำไหลเข้าบ่อฝิ่ง 2 น้ำที่ซึมในด้าน 3C ของบ่อฝิ่ง 2 ซึ่งมีค่า 0.03 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จะเป็นปริมาตรน้ำไหลเข้าบ่อฝิ่ง 3 และน้ำที่ซึมในด้าน 4C ของบ่อฝิ่ง 3 ซึ่งมีค่า 0.005 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จะเป็นปริมาตรน้ำไหลเข้าบ่อบปรับสภาพ ดังนั้นปริมาตรน้ำที่สูญเสียออกจากระบบบ่อฝิ่ง เนื่องจากการซึมของบ่อดกตะกอน บ่อฝิ่ง 1, 2, 3 และบ่อปรับสภาพ มีค่า 8.06, 7.87, 4.39, 2.48 และ 3.72 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ตามลำดับ

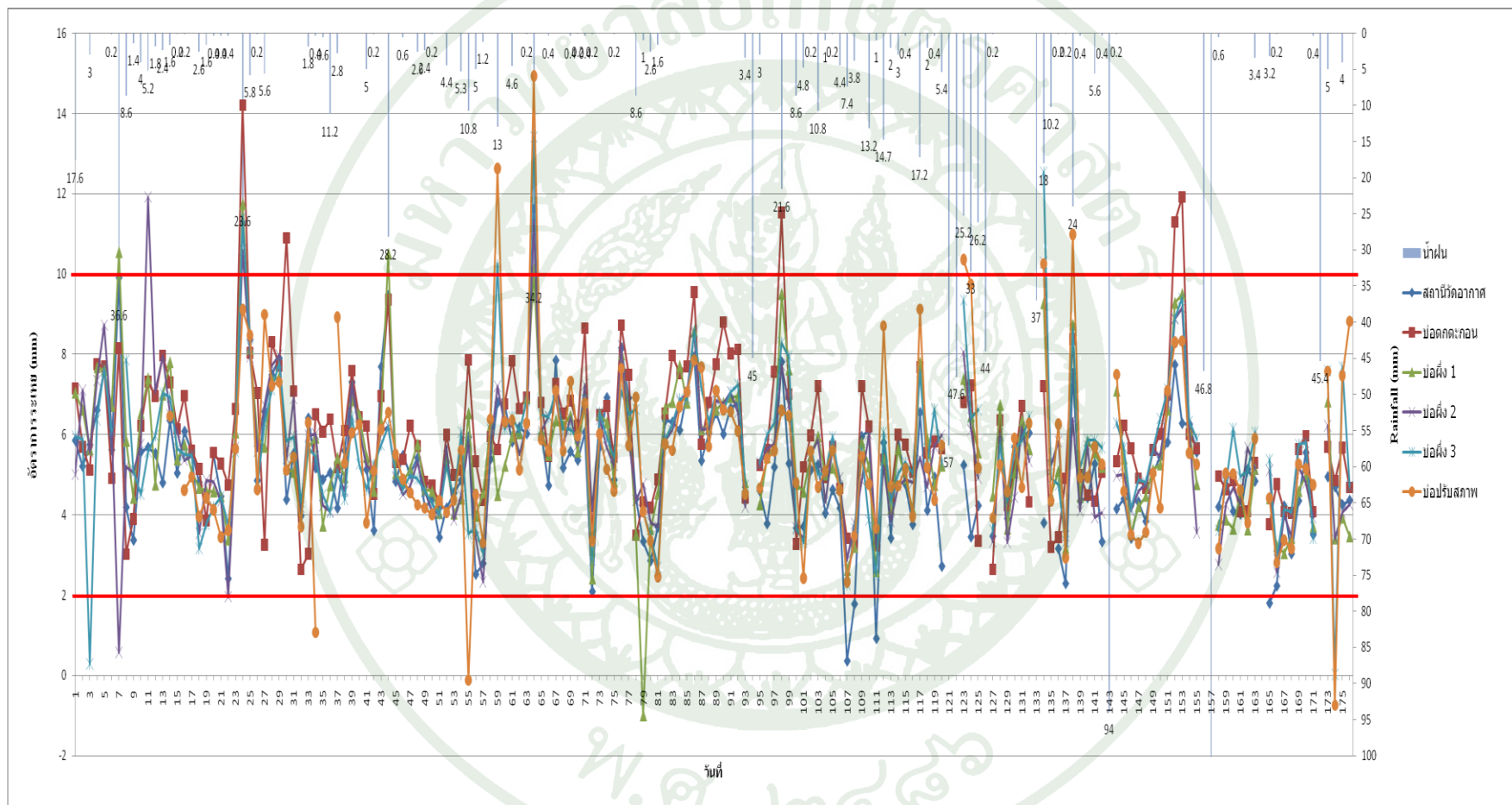
Allison (1974); Robinson และ Rohwer (1959) รายงานว่าอัตราการไหลซึมจะมีค่าลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการอุดตันที่เกิดขึ้นจากสารอินทรีย์ที่เข้าไปเจริญในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน และอนุภาคขนาดเล็กที่ไหลเข้าไปตักค้ำตามช่องว่าง แต่การศึกษานี้จะขอกำหนดให้ปริมาตรการสูญเสียเนื่องจาก การซึมมีค่าคงที่ตลอดช่วงการทดลอง

5. ปริมาณการระเหยออกจากระบบบ่อฝิ่งบำบัดน้ำเสีย

การศึกษาสมดุลน้ำในระบบบ่อฝิ่งได้มีการวัดการสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยทุกบ่อ โดยติดตั้งถาดวัดการระเหยแบบลอยน้ำที่บริเวณกลางบ่อฝิ่งทั้ง 5 บ่อ นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งถาดวัดอัตราการระเหยบนบกที่สถานีวัดอากาศอีกด้วยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของอัตราการระเหยระหว่างในบ่อฝิ่งและบนบก ค่าอัตราการระเหยจากบ่อฝิ่งแต่ละบ่อจะถูกนำไปคำนวณเป็นปริมาตรน้ำที่สูญเสียจากการทำสมดุลน้ำต่อไป

5.1 คุณภาพข้อมูลอัตราการระเหย

จากการเก็บรวบรวมอัตราการระเหยรายวันทั้งหมดพบว่า มีข้อมูลที่ขาดหายเนื่องจากฝนตกหนักจนวัดการระเหยไม่ได้ การซ่อมบำรุงอุปกรณ์ หรือขาดบุคลากรวัดข้อมูล สำหรับข้อมูลอัตราการระเหยของบ่อปรับสภาพเริ่มเก็บวันที่ 17 มิถุนายน พ.ศ.2556 ทำให้มีข้อมูลขาดหายต่อเนื่อง 13 วัน อัตราการระเหยรายวันทั้งหมดแสดงดังภาพที่ 50



ภาพที่ 50 ข้อมูลอัตราการระเหยรายวันของบ่อฝั่งทั้ง 5 บ่อ และที่สถานีวัดอากาศ

จากภาพที่ 50 พบว่าข้อมูลอัตราการระเหยรายวันของบ่อฝั้งทั้ง 5 บ่อ และสถานีวัดอากาศ มีค่าผันแปรไปในแต่ละวันตลอดช่วงการศึกษา และในวันที่มีฝนตกหนักพบว่าค่าอัตราการระเหยที่วัดได้มีค่าสูงกว่าปกติ (มากกว่า 10 มิลลิเมตรต่อวัน) ซึ่งมีค่าเกินจริง เป็นความคลาดเคลื่อนจากอุปกรณ์ นอกจากนี้ค่าอัตราการระเหยในบ่อฝั้งที่ 2, 3 และบ่อปรับสภาพ มีบางค่าที่มีค่าต่ำกว่าปกติ (น้อยกว่า 2 มิลลิเมตรต่อวัน) เนื่องมาจากคลื่นน้ำในบ่อฝั้งไหลเข้าถาดวัดการระเหย ส่งผลให้ค่าที่วัดได้น้อยกว่าปกติ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงตัดข้อมูลการระเหยที่มีค่าเกิน 10 มิลลิเมตรและน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร ออกแล้วเติมข้อมูลอัตราการระเหยที่ขาดหายไปดังแสดงหัวข้อต่อไป

5.2 การเติมข้อมูลที่ขาดหาย

สำหรับข้อมูลที่ตัดออกหรือที่ขาดหายไปติดต่อกันไม่เกิน 3 วัน สามารถเติมข้อมูลเหล่านี้ โดยการเฉลี่ยข้อมูลอัตราการระเหยก่อนและหลัง 3 วัน สำหรับข้อมูลอัตราการระเหยของบ่อปรับสภาพในช่วงวันที่ 5 ถึง 17 มิถุนายน พ.ศ.2556 ที่ขาดหายอย่างต่อเนื่อง 13 วัน จะถูกเติมข้อมูลโดยใช้สมการถดถอยเชิงเส้น โดยเปรียบเทียบความสัมพันธ์อัตราการระเหยรายวันของบ่อปรับสภาพกับบ่ออื่นๆ และสถานีวัดอากาศ แสดงตารางความสัมพันธ์ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นของอัตราการระเหยรายวันบ่อปรับสภาพกับบ่ออื่นๆ และสถานีวัดอากาศ

จุดวัดการระเหย	สมการถดถอยเชิงเส้น	R^2
บ่อตกตะกอน (บ่อ 1)	$y=0.5733x+2.7134$	0.261
บ่อฝั้ง 1 (บ่อ 2)	$y=0.6395x+1.9183$	0.491
บ่อฝั้ง 2 (บ่อ 3)	$y=0.6172x+1.954$	0.478
บ่อฝั้ง 3 (บ่อ 4)	$y=0.7257x+1.6093$	0.632
สถานีวัดอากาศ	$y=0.584x+1.8959$	0.385

จากตารางที่ 15 พบว่าอัตราการระเหยในบ่อปรับสภาพ (บ่อ 5) มีความสัมพันธ์ดีที่สุดกับบ่อฝั้ง 3 (บ่อ 4) โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.632 สามารถคำนวณหาอัตราการระเหยของบ่อปรับสภาพในวันที่ 5 ถึง 17 มิถุนายน พ.ศ.2556 โดยใช้สมการ $y=0.7257x+1.6093$ โดยที่ x คืออัตราการระเหยรายวันของบ่อฝั้ง 3 ในวันเดียวกัน ได้ค่าความถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 63.2 ข้อมูลอัตราการระเหย

รายวันทั้งหมดของน้ำเสียแต่ละบ่อที่มีการเติมข้อมูลที่ขาดหายแล้วแสดงในตารางผนวกที่ ก1 ถึง ก6 อัตราการระเหยรายเดือนของบ่อฝังแต่ละบ่อแสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 อัตราการระเหยรายเดือนและเฉลี่ยรายวันของบ่อฝัง 5 บ่อ และสถานีวัดอากาศ

เดือน	อัตราการระเหย (มม.)					สถานีวัดอากาศ
	บ่อดกตะกอน	บ่อฝัง 1	บ่อฝัง 2	บ่อฝัง 3	บ่อปรับสภาพ	
มิถุนายน	157.43	155.07	151.06	147.54	145.07	140.58
กรกฎาคม	180.83	162.72	161.42	157.13	163.90	159.97
สิงหาคม	201.40	184.47	186.72	187.71	181.81	177.88
กันยายน	174.81	159.27	153.33	159.59	157.46	151.31
ตุลาคม	152.63	157.13	153.27	166.65	153.45	131.32
พฤศจิกายน	151.44	130.17	132.96	154.73	146.84	125.99
รวม	1018.54	948.84	938.75	973.34	948.52	887.05
เฉลี่ยรายวัน	5.79	5.39	5.33	5.53	5.39	5.04

จากตารางที่ 16 พบว่าอัตราการระเหยรวมตลอดช่วงการศึกษา 176 วัน ของบ่อดกตะกอน บ่อฝัง 1, 2, 3 บ่อปรับสภาพ และสถานีวัดอากาศ มีค่า 1018.54, 948.84, 938.75, 973.34, 948.52 และ 887.05 มิลลิเมตร ตามลำดับ อัตราการระเหยเฉลี่ยรายวันมีค่า 5.79, 5.39, 5.33, 5.53, 5.39 และ 5.04 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยบ่อดกตะกอนมีค่าอัตราการระเหยสูงสุดและมีค่าลดลงตามลำดับที่บ่อฝัง 1 และ 2 จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นที่บ่อฝัง 3 และมีค่าลดลงที่บ่อปรับสภาพ ส่วนถาดวัดระเหยบนบ่อที่สถานีวัดอากาศมีค่าต่ำสุด สำหรับปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการระเหยจะได้กล่าวในหัวข้อความสัมพันธ์อัตราการระเหยในบ่อฝังและคุณภาพน้ำ (หัวข้อที่ 8) ต่อไป นอกจากนี้ยังพบว่าในเดือนสิงหาคมมีค่าการระเหยรายเดือนสูงสุดที่ทุกจุดวัดการระเหย สอดคล้องกับข้อมูลน้ำฝนที่จำนวนวันที่ฝนตกและปริมาณน้ำฝนรวมเดือนสิงหาคมมีน้อยที่สุด ส่งผลให้บ่อฝังมีโอกาสได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ได้สูงสุด

5.3 ปริมาตรการระเหย

ปริมาตรการระเหยสามารถคำนวณได้โดยนำข้อมูลอัตราการระเหยรายวันของแต่ละบ่อ คูณกับพื้นที่ผิวน้ำของบ่อนั้นๆ ข้อมูลปริมาตรการระเหยรายวันทั้งหมดของแต่ละบ่อแสดงในตารางผนวกที่ ข1 ถึง ข5 ตัวอย่างตารางการคำนวณปริมาตรการระเหยของบ่อดกตะกอนวันที่ 5 ถึง 10 มิถุนายน พ.ศ.2556 แสดงดังตารางที่ 17 ตัวอย่างการคำนวณปริมาตรการระเหยน้ำของบ่อดกตะกอนวันที่ 5 มิถุนายน พ.ศ.2556 แสดงดังนี้

บ่อดกตะกอนมีพื้นที่ผิว 10,134.67 ตารางเมตร ค่าอัตราการระเหย วันที่ 5 มิถุนายน พ.ศ.2556 มีค่า 7.15 มิลลิเมตร แทนค่าในสมการ 44 ได้

$$V_E = \frac{7.15 \times 10134.67}{1000} = 72.46 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

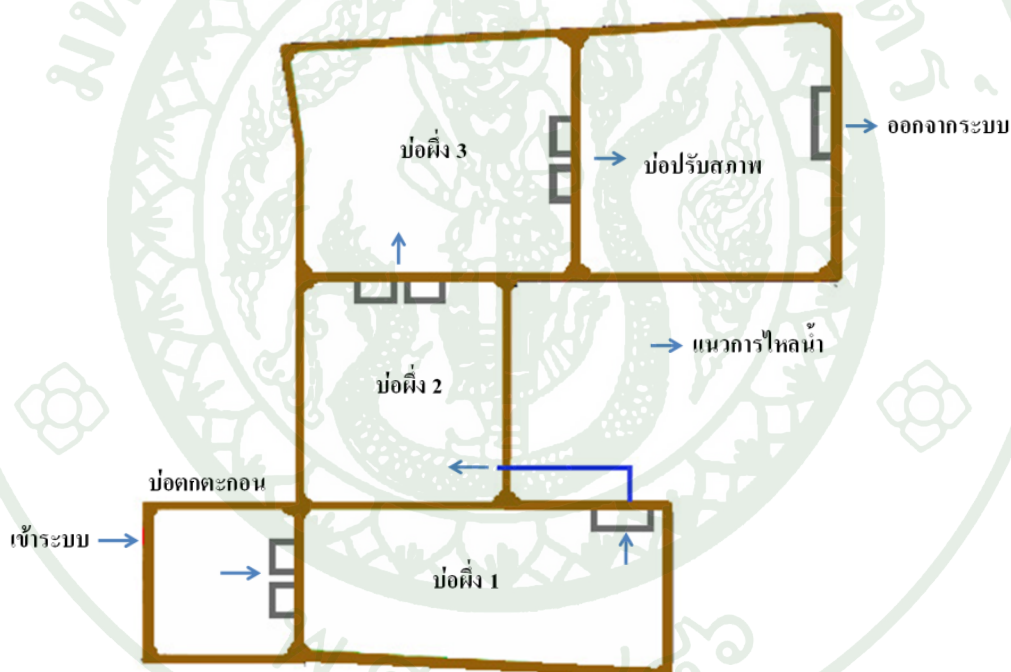
ตารางที่ 17 ตัวอย่างตารางคำนวณปริมาตรการระเหยบ่อดกตะกอนวันที่ 5 ถึง 10 มิถุนายน พ.ศ. 2556

ว ด ป	อัตราการระเหย	ปริมาตรการระเหย
	มม.	ลบ.ม.
5 มิ.ย. 56	7.15	72.46
6 มิ.ย. 56	5.69	57.67
7 มิ.ย. 56	5.12	51.89
8 มิ.ย. 56	7.75	78.54
9 มิ.ย. 56	7.7	78.04
10 มิ.ย. 56	4.91	49.76

หมายเหตุ บ่อดกตะกอนมีพื้นที่ผิวน้ำ 10,134.67 ตารางเมตร

6. ปริมาณน้ำไหลล้นออกจากระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสีย

น้ำเสียในบ่อฝึงบำบัดแต่ละบ่อจะถูกควบคุมโดยฝายแลบปรินซ์ทรงสี่เหลี่ยม (rectangular labyrinth weir) สันฝายมีลักษณะโค้งมนเกือบแบนราบ สำหรับบ่อตกตะกอน บ่อฝึงบำบัด 2 และ 3 มีฝายระบายน้ำล้นบ่อละ 2 ฝาย ในขณะที่บ่อฝึงบำบัด 1 และบ่อปรับสภาพมีฝายระบายน้ำล้นบ่อละ 1 ฝาย (ภาพที่ 51) การคำนวณหาปริมาณการไหลออกของน้ำเสียแต่ละบ่อในแต่ละวันจำเป็นต้องทราบข้อมูลระดับของสันฝาย (P) ระดับน้ำรวมเหนือสันฝาย (total head) และความยาวของสันฝายที่น้ำไหลล้น (B) ซึ่งการศึกษานี้จะใช้ระดับท้องบ่อแต่ละบ่อกำหนดเป็นระดับอ้างอิง (datum) ของความสูงสันฝายและระดับน้ำในบ่อนั้นๆ แสดงรายละเอียดผลการดำเนินงานดังต่อไปนี้



ภาพที่ 51 ฝายระบายน้ำล้นในบ่อฝึงบำบัด

6.1 ระดับของสันฝาย

ระดับสันฝายระบายน้ำล้นในแต่ละบ่อมีค่าไม่เท่ากันตลอดแนวราบ การวัดความสูงสันฝายสามารถทำได้โดยวัดระดับน้ำเสียในบ่อในช่วงเวลาที่น้ำเริ่มไหลล้นข้ามสันฝาย แล้ววัดความยาวสันฝายที่น้ำไหลล้น จากนั้นจึงรวมความยาวสันฝายที่มีระดับความสูงสันฝายเท่ากัน (B_i)

ให้นำข้อมูลไปคำนวณอัตราการไหลสั้นฝ่ายต่อไป ระดับสั้นฝ่ายและความยาวสั้นฝ่ายแสดงดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ระดับสั้นฝ่ายและความยาวสั้นฝ่ายในแต่ละบ่อ

ชื่อบ่อฝั่ง	ระดับสั้นฝ่าย (ม.)	ความยาวสั้นฝ่าย (ม.)	
		ที่ระดับเท่ากัน	ทั้งหมด
ตกตะกอน (บ่อ 1)	2.400	3.31	19.78
	2.410	3.18	
	2.415	10.52	
	2.420	2.77	
บ่อฝั่ง 1 (บ่อ 2)	2.200	1.45	17.92
	2.205	2.03	
	2.210	7.18	
	2.215	4.655	
	2.220	2.605	
บ่อฝั่ง 2 (บ่อ 3)	1.895	0.33	16.71
	1.910	3.1	
	1.915	1.55	
	1.920	4.91	
	1.925	2.32	
	1.930	4.5	
บ่อฝั่ง 3 (บ่อ 4)	1.610	0.9	18.47
	1.615	1.23	
	1.620	8.48	
	1.625	0.15	
	1.630	6.08	
	1.635	1.63	
บ่อปรับสภาพ (บ่อ 5)	1.390	0.62	16.75
	1.395	0.93	
	1.400	6.88	
	1.410	8.32	

จากภาพที่ 51 จะเห็นว่าฝายระบายน้ำล้นทุกบ่อฝั่งเป็นฝายแลบปรินทร์ทรงสี่เหลี่ยม (rectangular labyrinth weir) และจากตารางที่ 18 พบว่าในบ่อตกตะกอนมีความสูงสันฝาย 4 ระดับ คือ 2.400, 2.410, 2.415 และ 2.420 เมตร มีความยาวสันฝายที่น้ำไหลล้นทั้งหมด 19.78 เมตร บ่อฝั่ง 1 มีความสูงสันฝาย 5 ระดับ คือ 2.200, 2.205, 2.210, 2.215 และ 2.220 เมตร มีความยาวสันฝายที่น้ำไหลล้นทั้งหมด 17.92 เมตร บ่อฝั่ง 2 มีความสูงสันฝาย 6 ระดับ คือ 1.895, 1.910, 1.915, 1.920, 1.925 และ 1.930 เมตร มีความยาวสันฝายที่น้ำไหลล้นทั้งหมด 16.71 เมตร บ่อฝั่ง 3 มีความสูงสันฝาย 6 ระดับ คือ 1.161, 1.615, 1.620, 1.625, 1.630 และ 1.635 เมตร มีความยาวสันฝายที่น้ำไหลล้นทั้งหมด 18.47 เมตร บ่อปรับสภาพมีความสูงสันฝาย 4 ระดับ คือ 1.390, 1.395, 1.400 และ 1.410 เมตร มีความยาวสันฝายที่น้ำไหลล้นทั้งหมด 16.75 เมตร การคำนวณอัตราการไหลออกของน้ำเสียแต่ละบ่อจะสมมุติให้แต่ละบ่อมีฝายระบายน้ำล้นฝายเดียว รวมความยาวของสันฝายที่มีระดับเท่ากันมาคำนวณอัตราการไหลด้วยกัน แล้วนำไปรวมกับอัตราการไหลที่ระดับสันฝายอื่นๆ จะได้อัตราการไหลทั้งหมด

6.2 ระดับน้ำรวมเหนือสันฝาย

ระดับน้ำรวมเหนือสันฝายมีค่าเท่ากับค่าระดับน้ำเหนือสันฝายในบ่อ (head) รวมกับความสูงเนื่องจากความเร็ว (velocity head) ของน้ำในแนวตั้งฉากกับสันฝายบริเวณไม่ได้รับผลกระทบจากแนวโค้งของผิวน้ำที่เกิดจากการไหลล้น จากการใช้ current meter วัดความเร็วน้ำบริเวณเหนือสันฝายทุกบ่อ พบว่ามีค่าเท่ากับ 0 เมตรต่อวินาที เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดบ่อมีขนาดใหญ่ส่งผลให้น้ำไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดช้า และสันฝายมีความยาว ระดับน้ำเหนือสันฝายมีค่าน้อย ดังนั้นระดับน้ำรวมเหนือสันฝายที่ใช้คำนวณอัตราการไหลออกจึงมีค่าเท่ากับระดับน้ำเหนือสันฝายเพียงอย่างเดียว ข้อมูลระดับน้ำจะถูกเก็บเป็นรายวันและเก็บเป็นเวลา 9.00 น. ข้อมูลระดับน้ำเฉลี่ยตลอดช่วงการเก็บข้อมูลแสดงผลดังตาราง 19 และข้อมูลระดับน้ำรายวันของบ่อฝั่งทั้ง 5 บ่อ แสดงในตารางภาคผนวกที่ ค1 ถึง ค5

ตารางที่ 19 ข้อมูลระดับน้ำเหนือสันฝาย

บ่อที่	ชื่อบ่อ	ระดับน้ำ (ม.)	ระดับสันฝาย (P) (ม.)	ระดับน้ำเหนือสันฝาย (h) (ม.)	h/P
1	ตกตะกอน	2.43	2.400	0.030	0.013
			2.410	0.020	0.008
			2.415	0.015	0.006
			2.420	0.010	0.004
2	บ่อฝั่ง 1	2.22	2.200	0.025	0.011
			2.205	0.020	0.009
			2.210	0.015	0.007
			2.215	0.010	0.004
			2.220	0.005	0.002
3	บ่อฝั่ง 2	1.93	1.895	0.036	0.019
			1.910	0.021	0.011
			1.915	0.016	0.008
			1.920	0.011	0.006
			1.925	0.006	0.003
			1.930	0.001	0.000
4	บ่อฝั่ง 3	1.64	1.610	0.026	0.016
			1.615	0.021	0.013
			1.620	0.016	0.010
			1.625	0.011	0.007
			1.630	0.006	0.004
			1.635	0.001	0.000
5	บ่อปรับสภาพ	1.42	1.390	0.026	0.018
			1.395	0.021	0.015
			1.400	0.016	0.011
			1.410	0.006	0.004

จากตารางที่ 19 พบว่าระดับน้ำเหนือสันฝายแลบบรินทร์ทรงสี่เหลี่ยมของทุกบ่อฝิ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.001 ถึง 0.036 เมตร ซึ่งมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับระดับความสูงสันฝาย จึงไม่ส่งผลกระทบต่อการเกิดน้ำไหลชนกันที่มุม (nappe) ของสันฝาย ดังนั้นสามารถคิดเป็นการไหลล้นทั่วความยาวสันฝายแบบเส้นตรง (Noel R. S. *et al.*, 1994) การศึกษานี้จึงพิจารณาฝายระบายน้ำล้นทุกบ่อฝิ่งเป็นเสมือนฝายแบบเส้นตรง ความยาวสันฝายทั้งหมดมีค่าเท่ากับ ความยาวสันฝายบริเวณที่มีน้ำไหลล้น

6.3 การคำนวณอัตราการไหล

การคำนวณอัตราการไหลจะพิจารณาเป็นช่วงความกว้างที่มีระดับสันฝายเท่ากัน แล้วนำค่าที่คำนวณได้ในแต่ละช่วง (Q_i) มารวมกันเป็นอัตราการไหลล้นของน้ำเสียทั้งหมดที่ไหลออกจากบ่อฝิ่งแต่ละบ่อ อัตราการไหลล้นฝายของน้ำเสียสามารถคำนวณได้จากสมการ 45 สำหรับค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหลล้นสันฝาย (discharge coefficient, C_d) กำหนดโดยใช้สมการของ Rehbock (1929) ซึ่งค่า C_d เป็นฟังก์ชันของ h/P เพียงอย่างเดียว (สมการ 24) จากตารางที่ 19 พบว่าค่า h/P มีค่าน้อยมาก ดังนั้น C_d จะมีค่าประมาณ 0.611-0.613 แต่เนื่องจากที่สันฝายระบายน้ำของทุกบ่อมีตระแกรงติดไว้เพื่อป้องกันปลาที่จะว่ายข้ามบ่อ ส่งผลให้เกิดขวางการไหลของน้ำและเกิดการสูญเสียพลังงาน (head loss) นอกจากนี้ยังส่งผลให้การไหลมีความปั่นป่วน (turbulence) ส่งผลให้เกิดการสูญเสียพลังงานเพิ่มขึ้น (Ali, 2014)

การศึกษานี้จึงกำหนดค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล (C_d) ของบ่อตกตะกอนมีค่าเท่ากับ 0.52 เนื่องจากเมื่อคำนวณอัตราการไหลล้นสันฝายแล้วค่า factor ตัวคูณ ที่ใช้คำนวณปริมาตรมีค่าใกล้เคียง 1 มากที่สุด สำหรับบ่อฝิ่งที่ 1, 2, 3 และบ่อปรับสภาพ มีค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหลเท่ากันที่ 0.56 มีค่าน้อยกว่าค่า C_d ของบ่อตกตะกอน เนื่องจากบ่อตกตะกอนนอกจากจะมีตระแกรงที่สันฝายแล้ว ยังมีสาหร่ายเกาะตามสันฝายและตระแกรงมากกว่าบ่อฝิ่งอื่นๆ ส่งผลให้ขัดขวางการไหลมากกว่าบ่ออื่นๆ ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหลจึงมีค่าน้อยกว่าบ่ออื่นๆ

ตารางแสดงตัวอย่างการคำนวณปริมาตรการไหลออกของบ่อตกตะกอนในช่วงวันที่ 5 ถึง 8 มิถุนายน พ.ศ.2556 แสดงดังตารางที่ 20 ปริมาตรการไหลออกของแต่ละบ่อฝิ่งในแต่ละวันทั้งหมดแสดงในตารางคำนวณสมดุลน้ำในตารางผนวกที่ ข1 ถึง ข5 สำหรับตัวอย่างการคำนวณปริมาตรการไหลออกของบ่อตกตะกอนในวันที่ 7 มิถุนายน พ.ศ.2556 แสดงดังนี้

วันที่ 7 มิถุนายน พ.ศ.2556 บ่อดกตะกอนมีระดับน้ำ 2.43 เมตร มีระดับสันฝาย 4 ระดับ เท่ากับ 2.400, 2.410, 2.415 และ 2.420 เมตร ที่ระดับความยาวสันฝาย 3.31, 3.18, 10.52 และ 2.77 เมตร ตามลำดับ อัตราการไหลออกทั้งหมดแสดงดังนี้

$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$Q_{\text{total}} = C_d \frac{2}{3} B_1 \sqrt{2g} \cdot H_{T1}^{3/2} + C_d \frac{2}{3} B_2 \sqrt{2g} \cdot H_{T2}^{3/2} + C_d \frac{2}{3} B_3 \sqrt{2g} \cdot H_{T3}^{3/2} + C_d \frac{2}{3} B_4 \sqrt{2g} \cdot H_{T4}^{3/2}$$

$$Q_{\text{total}} = C_d \frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot (3.31 \times 0.03^{3/2} + 3.18 \times 0.02^{3/2} + 10.52 \times 0.015^{3/2} + 2.77 \times 0.01^{3/2})$$

$$Q_{\text{total}} = 0.026 + 0.014 + 0.03 + 0.004 = 0.074 \text{ ลบ.ม./วินาที} = 6,406.69 \text{ ลบ.ม./วัน}$$

ในวันที่ 7 มิถุนายน พ.ศ.2556 มีปริมาณน้ำไหลออกจากบ่อดกตะกอน 6,406.69 ลูกบาศก์เมตร แต่เนื่องจากระดับน้ำของวันที่ 6 และ 7 ไม่เปลี่ยนแปลง (ตารางผนวกที่ ค1) ดังนั้น ความแตกต่างปริมาตร (ΔS) ในบ่อดกตะกอนเท่ากับ 0 จึงต้องทำสมดุลน้ำในบ่อดกตะกอนเพื่อให้ได้ค่า $\Delta S=0$ ค่าปริมาณน้ำเสียเข้าระบบ น้ำฝน การระเหย และการซึมในวันที่ 7 มิถุนายน พ.ศ.2556 มีค่า 6,032.82, 33.48, 51.89 และ 8.19 ตามลำดับ แทนค่าลงสมการ 48 จะได้

$$(V_{\text{IN}} + V_R + V_L) - (V_{\text{OUT}} + V_E + V_S) = \Delta S$$

$$(6,032.82 + 33.48) - (6,406.69 + 51.89 + 8.19) = \Delta S$$

$$\Delta S = -400.47 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

จากการคำนวณจะพบว่าปริมาณน้ำเข้าระบบไม่สอดคล้องกับน้ำที่ออกจากระบบ เนื่องจากค่าระดับน้ำในบ่อดกตะกอนและบ่อฝั่งอื่นๆ ที่เปลี่ยนใน 24 ชั่วโมง จากปัจจัยต่างๆ เช่น ลมที่ส่งผลให้เกิดคลื่นน้ำ การหยุดทำงานของปั๊มน้ำเสียเข้าโครงการ น้ำฝนที่เดิมเข้ามาในบ่อฝั่ง โดยเฉพาะบ่อดกตะกอน บ่อฝั่ง 1 และ 2 ที่มีขนาดพื้นที่เล็ก น้ำฝนที่ตกลงมาจึงไหลออกหมดภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ระดับน้ำจึงไม่เปลี่ยนแปลงเมื่ออ่านค่าระดับในวันถัดมา การคำนวณปริมาตร

การไหลล้นใช้ข้อมูลระดับน้ำเพียงค่าเดียว ในขณะที่ความเป็นจริงอาจมีหลายระดับจากเหตุผลที่กล่าวมา จึงทำให้การคำนวณอัตราการไหลล้นออกจากบ่อฝิ่งทุกบ่อมีค่าผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงต้องมีการใช้ค่าแฟกเตอร์ตัวคูณ (f) (สมการ 47) ในการคำนวณน้ำไหลล้นด้านฝาย เพื่อชดเชยความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ส่งผลให้ได้ค่าปริมาตรน้ำที่เปลี่ยนแปลงจากการคำนวณมีค่าเข้าใกล้ปริมาตรน้ำที่เปลี่ยนในแต่ละวัน (ΔS , ปริมาตรน้ำที่เปลี่ยนในแต่ละวันคูณกับพื้นที่ผิวน้ำ) จากตารางที่ 20 ค่า factor ตัวคูณมีค่า 0.938 ส่งผลให้มีค่าอัตราการไหลออกจริงเท่ากับ 6,009.48 ลูกบาศก์เมตร ทำให้การคำนวณสมดุลน้ำได้ค่า $\Delta S = -4.94$ ลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 0 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้จะถูกนำไปคำนวณปริมาตรน้ำไหลล้นฝายออกจากบ่อฝิ่งบำบัดน้ำเสียอื่นๆ เช่นกัน

$$Q_{\text{total}} = 6406.69 \times 0.938 = 6009.48 \text{ ลบ.ม./วัน}$$

ใช้ค่าอัตราการไหลล้นที่คำนวณได้ใหม่จะได้

$$(6,032.82 + 33.48) - (6,009.48 + 51.89 + 8.19) = \Delta S$$

$$\Delta S = -4.94 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

ปริมาตรน้ำที่ไหลล้นออกจากบ่อตกตะกอนรวมกับน้ำที่ซึมด้านข้างคันบ่อตกตะกอนด้าน 1D (ภาพที่ 34) จะเป็นข้อมูลปริมาตรน้ำไหลเข้าของบ่อฝิ่ง 1 ปริมาตรน้ำที่ไหลล้นออกจากบ่อฝิ่ง 1, 2 และ 3 รวมกับปริมาตรน้ำซึมด้านข้างคันบ่อฝิ่ง 1 (ด้าน 2C) บ่อฝิ่ง 2 (ด้าน 3C) และบ่อฝิ่ง 3 (ด้าน 4C) (ภาพที่ 34) จะเป็นข้อมูลน้ำไหลเข้าบ่อฝิ่ง 2, 3 และบ่อปรับสภาพ ตามลำดับ ส่วนปริมาณน้ำที่ไหลออกจากบ่อปรับสภาพซึ่งเป็นบ่อสุดท้ายจะเป็นข้อมูลน้ำไหลออกจากระบบบ่อฝิ่งบำบัดน้ำเสีย

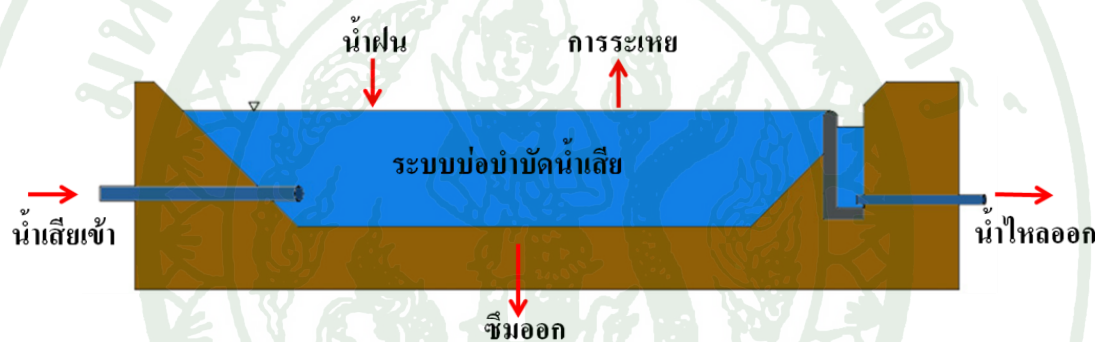
ตารางที่ 20 ตัวอย่างตารางคำนวณอัตราการไหลออกจากบ่อตกตะกอนวันที่ 5 ถึง 8 มิถุนายน พ.ศ.2556

ว ค ป	วันสะสม	ระดับน้ำ (ม.)	ระดับสันฝาย P_i (ม.)	ความกว้างฝาย B_i (ม.)	ระดับน้ำเหนือ สันฝาย h (ม.)	C_d	อัตราการไหลแต่ละช่วง Q_i (ลบ.ม./วินาที)	อัตราการไหลรวม Q_{total} (ลบ.ม./วินาที)	factor	ปริมาณน้ำ ไหลออก V_{OUT} (ลบ.ม.)
5 มิ.ย. 56	1	2.43	2.400	3.31	0.030	0.52	0.026	0.074	0.848	5432.87
			2.410	3.18	0.020	0.52	0.014			
			2.415	10.52	0.015	0.52	0.030			
			2.420	2.77	0.010	0.52	0.004			
6 มิ.ย. 56	2	2.43	2.400	3.31	0.030	0.52	0.026	0.074	0.999	6400.28
			2.410	3.18	0.020	0.52	0.014			
			2.415	10.52	0.015	0.52	0.030			
			2.420	2.77	0.010	0.52	0.004			
7 มิ.ย. 56	3	2.43	2.400	3.31	0.030	0.52	0.026	0.074	0.938	6009.48
			2.410	3.18	0.020	0.52	0.014			
			2.415	10.52	0.015	0.52	0.030			
			2.420	2.77	0.010	0.52	0.004			
8 มิ.ย. 56	4	2.43	2.400	3.31	0.030	0.52	0.026	0.074	1.003	6425.91
			2.410	3.18	0.020	0.52	0.014			
			2.415	10.52	0.015	0.52	0.030			
			2.420	2.77	0.010	0.52	0.004			

7. สมดุลน้ำในระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสีย

7.1 ปริมาณสมดุลน้ำ

จากการศึกษาสมดุลน้ำในระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสีย 5 บ่อ พบว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 5 ปัจจัย คือ น้ำเสียเข้าระบบ น้ำฝน น้ำไหลออก น้ำซึมออก และน้ำระเหยออก (ภาพที่ 52) ปริมาณน้ำที่เข้าและออกจากบ่อดักตะกอน บ่อฝึงบำบัดน้ำเสีย 1, 2, 3 และบ่อปรับสภาพ แสดงดังตารางที่ 21 และผลรวมสมดุลน้ำทั้งหมดที่เข้าและออกจากระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียแสดงดังตารางที่ 22 สมดุลน้ำรายวันของบ่อฝึงบำบัดน้ำเสีย 5 บ่อ ตั้งแต่วันที่ 5 มิถุนายน ถึง 27 พฤศจิกายน พ.ศ.2556 แสดงในตารางผนวกที่ ข1 ถึง ข5



ภาพที่ 52 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาสมดุลน้ำในระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสีย

จากตารางที่ 21 และ 22 แสดงให้เห็นว่ามีน้ำเข้าระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียในช่วงฤดูฝนทั้งหมด 1,296,920.61 ลูกบาศก์เมตร มาจากน้ำเสียเข้าระบบที่บ่อดักตะกอนมากที่สุด 1,125,901.69 ลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 86.81) และน้ำฝน 171,018.92 ลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 13.19) ส่วนน้ำที่ออกจากระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียมีทั้งหมด 1,297,315.86 ลูกบาศก์เมตร เป็นปริมาณน้ำไหลล้นออกทางระบายน้ำล้นที่บ่อปรับสภาพ (บ่อ 5) มากที่สุด 1,151,153.09 ลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 88.73) น้ำสูญเสียจากการระเหย 141,495.59 ลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 10.91) และรั่วซึม 4,667.17 ลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 0.36) ตามลำดับ เมื่อนำปริมาตรน้ำเข้าทั้งหมดลบด้วยปริมาตรน้ำออกทั้งหมดจะมีค่า -395.24 ลูกบาศก์เมตร แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณน้ำไหลออกมากกว่าน้ำไหลเข้า ซึ่งเป็นน้ำที่ถูกเก็บกักอยู่ในระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสีย 5 บ่อ

ตารางที่ 21 ปริมาณน้ำที่เข้าและออกของบ่อฝึแต่ละบ่อ

บ่อที่	ชื่อบ่อ	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)			น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			
		น้ำเข้า	ฝน	ซึมเข้า	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
							ออกจากระบบ	เข้าบ่อต่อไป
1	ตกตะกอน	1,125,901.69	12,243.62	0.00	1,126,387.60	10,322.53	1,418.95	22.88
2	ฝึ 1	1,126,410.48	32,293.28	0.00	1,129,954.26	27,321.81	1,384.76	45.76
3	ฝึ 2	1,130,000.02	37,504.27	0.00	1,136,554.71	30,171.89	773.16	5.28
4	ฝึ 3	1,136,559.99	39,452.71	0.00	1,142,738.41	33,008.03	436.00	0.88
5	ปรับสภาพ	1,142,739.29	49,525.05	0.00	1,151,153.09	40,671.34	654.30	-

ตารางที่ 22 ผลรวมสมดุลน้ำปริมาณที่เข้าและออกจากระบบบ่อฝึบำบัดน้ำเสียของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ

	น้ำเข้าระบบ			น้ำออกระบบ			
	น้ำเสียเข้า	ฝน	รวม	ไหลออก	ระเหย	รั่วซึม	รวม
ปริมาณน้ำ (ลบ.ม.)	1,125,901.69	171,018.92	1,296,920.61	1,151,153.09	141,495.59	4,667.17	1,297,315.86
เปอร์เซ็นต์	86.81	13.19	100.00	88.73	10.91	0.36	100.00

7.2 ระยะเวลาเก็บกักน้ำ (retention time)

เนื่องจากช่วงเวลาเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 5 มิถุนายน ถึง 27 พฤศจิกายน พ.ศ.2556 เป็นช่วงฤดูฝน การคำนวณสมดุลน้ำจึงมีน้ำฝนมาเกี่ยวข้อง ดังนั้นถ้านำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาระยะเวลาเก็บกักในระบบบ่อฝิ่ง จะทำให้ได้ระยะเวลาน้อยกว่าความเป็นจริง โดยทั่วไปการคำนวณระยะเวลาเก็บกักจะคำนวณโดยนำค่าปริมาตรของบ่อหารด้วยอัตราการไหลเข้าของน้ำเสียเท่านั้น ดังนั้นการหารระยะเวลาเก็บกักของระบบบ่อฝิ่งจะใช้วิธีการเผ่าสังเกตตั้งแต่เริ่มปล่อยน้ำเข้าระบบบ่อฝิ่งในวันที่ 1 เมษายน พ.ศ.2556 ที่บ่อดกตะกอนจนถึงน้ำไหลลงบ่อฝิ่ง 1, 2, 3 และ บ่อปรับสภาพ ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ได้รับผลกระทบจากฝนน้อยมากเนื่องจากอยู่ในช่วงฤดูแล้ง แสดงข้อมูลดังตารางที่ 23 ทำให้ได้ค่าระยะเวลาเก็บกักที่ถูกต้องมากกว่า แต่การเก็บข้อมูลช่วงเวลาที่น้ำเสียเริ่มไหลเข้าบ่อระบบบ่อฝิ่งก็จะมีข้อเสียที่จะมีการสูญเสียเนื่องจากการซึมสูง แต่จากการศึกษาสมดุลน้ำพบว่าระบบบ่อฝิ่งมีการสูญเสียจากการซึมต่ำ จึงอาจส่งผลกระทบต่อค่าระยะเวลาเก็บกักเนื่องจากการซึมเริ่มต้นต่ำเช่นกัน

ตารางที่ 23 เวลาที่น้ำเริ่มเข้าและออกจากบ่อฝิ่งแต่ละบ่อและระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียของแต่ละบ่อ

บ่อที่	ชื่อบ่อ	น้ำเข้า		น้ำเริ่มล้น		ระยะเวลาเก็บกัก	
		ว	ด ป	ว	ด ป	วัน	ชั่วโมง
1	ตกตะกอน	1 เม.ย. 56	11:00	6 เม.ย. 56	15:15	5	4
2	ฝิ่ง 1	6 เม.ย. 56	15:15	19 เม.ย. 56	0:00	12	9
3	ฝิ่ง 2	19 เม.ย. 56	0:00	4 พ.ค. 56	22:00	15	22
4	ฝิ่ง 3	4 พ.ค. 56	22:00	19 พ.ค. 56	23:00	15	-
5	ปรับสภาพ	19 พ.ค. 56	23:00	5 มิ.ย. 56	21:00	16	22
รวมทั้งหมด						65	9

ระบบบ่อฝิ่งบำบัดน้ำเสียมีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียทั้งหมด 65.4 วัน โดยบ่อดกตะกอนมีระยะเวลาเก็บกักน้อยสุดที่ 5.2 วัน เนื่องจากมีปริมาตรน้อยที่สุด บ่อฝิ่ง 1, 2 และ 3 มีระยะเวลาเก็บกัก 12.4 วัน, 15.9 วัน และ 15 วัน ตามลำดับ บ่อปรับสภาพมีระยะเวลาเก็บกักสูงสุดที่ 16.9 วัน เนื่องจากมีปริมาตรมากเป็นอันดับสองรองจากบ่อฝิ่ง 1 แต่มีอัตราการไหลเข้าของน้ำเสียน้อยสุดเนื่องจากเกิดการสูญเสียจากการระเหยและการซึมก่อนที่น้ำเสียจะไหลมาถึงบ่อปรับสภาพ

8. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์อัตราภาระเหยของถาดวัดที่สถานีวัดอากาศและในบ่อฝัง

การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์อัตราภาระเหยของถาดวัดที่สถานีวัดอากาศและในบ่อฝังทั้ง 5 บ่อ ดำเนินการโดยใช้สมการถดถอยเชิงเส้น (linear regression equation) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงเส้น (linear correlation coefficient; R^2) ที่ค่าอัตราภาระเหยรายวัน เฉลี่ยราย 3, 5, 7, 10, 15 และ 30 วัน แสดงดังตารางที่ 24

จากตารางที่ 24 พบว่าบ่อตกตะกอน บ่อฝัง 1 และ 2 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงเส้นกับอัตราภาระเหยที่สถานีวัดอากาศมากที่สุดที่อัตราภาระเหยเฉลี่ยราย 30 วัน มีค่า R^2 เท่ากับ 0.8720, 0.8604 และ 0.9099 ที่สมการเส้นตรง $y=0.9653x+0.979$, $y=0.8438x+1.1641$ และ $y=1.0421x+0.0705$ ตามลำดับ สามารถคำนวณอัตราภาระเหยโดยใช้ข้อมูลอัตราภาระเหยจากสถานีวัดอากาศเฉลี่ยราย 30 วัน ได้ถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 87.20, 86.04 และ 90.99 ตามลำดับ เมื่อ y คืออัตราภาระเหยรายวันในบ่อฝังต่างๆ และ x คืออัตราภาระเหยเฉลี่ยของสถานีวัดอากาศเฉลี่ยราย 30 วัน สำหรับบ่อฝังที่ 3 และบ่อปรับสภาพ มีความสัมพันธ์อัตราภาระเหยกับสถานีวัดอากาศมากที่สุดที่ค่าอัตราภาระเหยเฉลี่ยราย 5 วัน และ 10 วันตามลำดับ มีค่า R^2 เท่ากับ 0.5886 และ 0.7336 มีสมการเส้นตรง $y=0.682x+2.0866$ และ $y=0.8112x+1.2404$ ตามลำดับ สามารถคำนวณภาระเหยได้ถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 55.86 และ 73.36 โดยที่ x คืออัตราภาระเหยเฉลี่ยของสถานีวัดอากาศราย 5 และ 10 วัน ตามลำดับ

ตารางที่ 24 ค่าสมการถดถอยเชิงเส้นและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ใช้อัตราการระเหยรายวัน เฉลี่ยราย 3, 5, 7, 10, 15 และ 30 วัน

บ่อที่-ชื่อบ่อ	สมการถดถอยเชิงเส้น						
	รายวัน	3 วัน	5 วัน	7 วัน	10 วัน	15 วัน	30 วัน
1-บ่อดกตะกอน	$y=0.7996x+1.8206$	$y=0.9963x+0.8205$	$y=0.9559x+1.0267$	$y=1.1087x+0.2465$	$y=0.9164x+1.2288$	$y=1.1428x+0.0731$	$y=0.9653x+0.979$
2-บ่อฝั้ง 1	$y=0.7441x+1.6647$	$y=0.8246x+1.2623$	$y=0.8766x+0.9958$	$y=0.9175x+0.793$	$y=0.836x+1.204$	$y=0.9913x+0.4086$	$y=0.8438x+1.1641$
3-บ่อฝั้ง 2	$y=0.7517x+1.5491$	$y=0.8852x+0.8715$	$y=0.9202x+0.6924$	$y=1.0386x+0.095$	$y=1.0103x+0.2324$	$y=0.9949x+0.3113$	$y=1.0421x+0.0705$
4-บ่อฝั้ง 3	$y=0.6461x+2.2925$	$y=0.7355x+1.8208$	$y=0.682x+2.0866$	$y=0.7269x+1.8649$	$y=0.5935x+2.5502$	$y=0.759x+1.6669$	$y=0.4365x+3.3612$
5-บ่อปรับสภาพ	$y=0.6588x+2.0795$	$y=0.6718x+1.9844$	$y=0.8252x+1.1697$	$y=0.7059x+1.8415$	$y=0.8112x+1.2404$	$y=0.6075x+2.2979$	$y=0.4547x+3.0874$
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงเส้น (R^2)							
1-บ่อดกตะกอน	0.4485	0.5879	0.7472	0.7608	0.7790	0.8437	0.8720
2-บ่อฝั้ง 1	0.5620	0.6358	0.7231	0.6844	0.7601	0.7110	0.8604
3-บ่อฝั้ง 2	0.5662	0.6682	0.8050	0.7665	0.8696	0.8226	0.9099
4-บ่อฝั้ง 3	0.4518	0.4753	0.5886	0.5453	0.2907	0.3505	0.2990
5-บ่อปรับสภาพ	0.3847	0.5235	0.7165	0.5787	0.7336	0.6182	0.4209

จากการศึกษาจะพบว่าอัตราการระเหยในบ่อฝัง 5 บ่อ สามารถประเมินโดยใช้ข้อมูลอัตราการระเหยจากถาดวัดที่สถานีวัดอากาศ โดยความสัมพันธ์ของอัตราการระเหยในบ่อตกตะกอน บ่อฝัง 1, 2 และบ่อปรับสภาพ มีความสัมพันธ์ที่ดีกับอัตราการระเหยที่สถานีวัดอากาศ ($R^2 > 0.7$) ในขณะที่บ่อฝัง 3 มีความสัมพันธ์ปานกลาง ($R^2 > 0.5$) ข้อมูลอัตราการระเหยของบ่อตกตะกอน บ่อฝัง 1 และ 2 มีความสัมพันธ์ดีที่สุดกับสถานีวัดอากาศเมื่อใช้ข้อมูลอัตราการระเหยเฉลี่ยที่จำนวนวันมากที่สุดคือ 30 วัน การใช้ข้อมูลอัตราการระเหยเฉลี่ยราย 30 วัน จะมีจำนวนข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบความสัมพันธ์น้อยกว่าจำนวนวันเฉลี่ยที่น้อยกว่า อาจส่งผลให้มีค่า R^2 มากกว่าก็เป็นได้ จึงควรมีการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลายาวนานขึ้น ทำให้ได้ข้อมูลการระเหยมาหาความสัมพันธ์มีจำนวนมากขึ้น และน่าเชื่อถือมากขึ้น

9. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์คุณภาพน้ำและอัตราการระเหยในบ่อฝัง

9.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการระเหยทางสถิติ

ข้อมูลอัตราการระเหยของบ่อฝังแต่ละบ่อถูกนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยใช้วิธี T-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี T-test ที่นัยสำคัญ 0.05 ของอัตราการระเหยในแต่ละบ่อฝัง

	บ่อบำบัด			
	ฝัง1 (บ่อ2)	ฝัง2 (บ่อ3)	ฝัง3 (บ่อ4)	ปรับสภาพ (บ่อ5)
บ่อตกตะกอน (บ่อ1)	✓	✓	✓	✓
บ่อฝัง1 (บ่อ2)		✗	✗	✗
บ่อฝัง2 (บ่อ3)			✓	✗
บ่อฝัง3 (บ่อ4)				✓

หมายเหตุ เครื่องหมาย ✓ หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่นัยสำคัญ 0.05

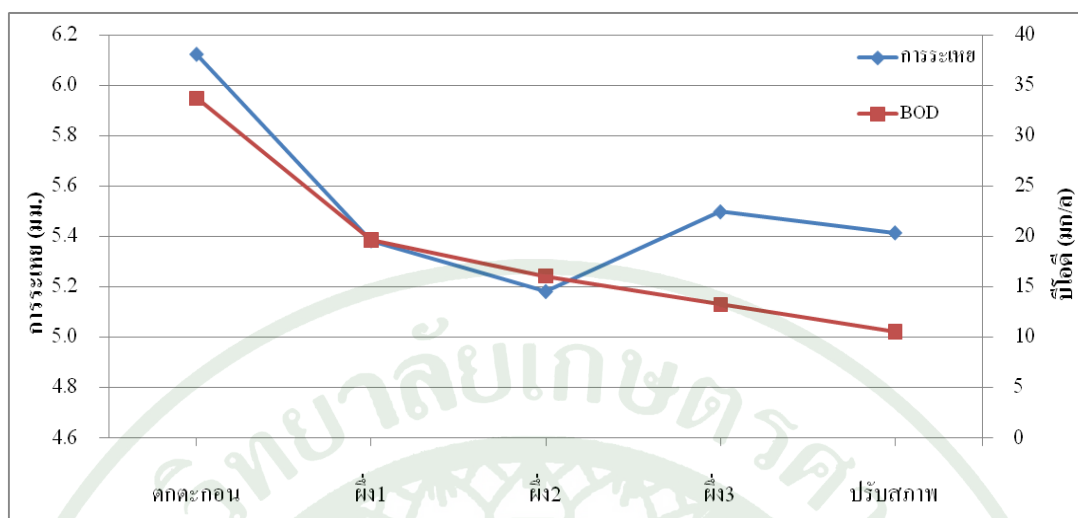
เครื่องหมาย ✗ หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่นัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 25 เมื่อเปรียบเทียบอัตราการระเหยในบ่อตกตะกอนกับบ่อฝังอื่นๆ บ่อฝัง 2 กับ บ่อฝัง 3 และบ่อฝัง 3 กับบ่อปรับสภาพ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ นัยสำคัญ 0.05 นอกนั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

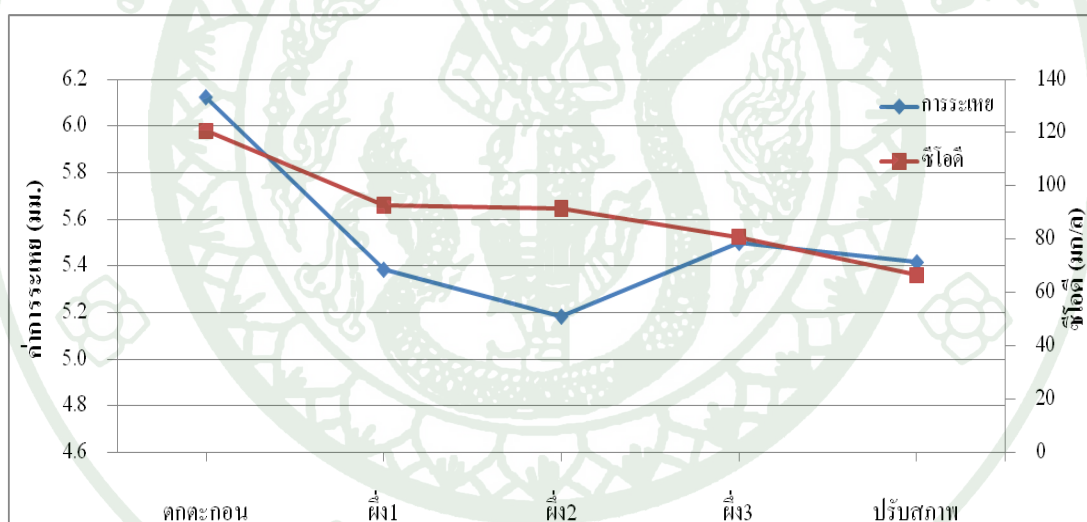
อัตราการระเหยของน้ำจะขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพภูมิอากาศ 4 พารามิเตอร์ คือ รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นอากาศ และความเร็วลม (Allen *et al.*, 1998) ซึ่งบ่อฝังบำบัดน้ำเสีย ทั้ง 5 บ่อ ตั้งอยู่ในพื้นที่เดียวกัน จึงมีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกัน แต่จากตารางที่ 25 แสดงให้เห็นว่า มีค่าอัตราการระเหยในบ่อฝังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงน่าจะมีปัจจัยอื่นที่รวมอยู่ในน้ำ ส่งผลต่อการระเหยของน้ำ โดยที่ปัจจัยเหล่านั้นจะต้องมีความแตกต่างกันในแต่ละบ่อ ซึ่งก็คือ คุณภาพน้ำ ดังนั้นคุณภาพน้ำเสียจึงมีผลต่ออัตราการระเหยของน้ำ

9.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์คุณภาพน้ำและอัตราการระเหยในบ่อฝัง

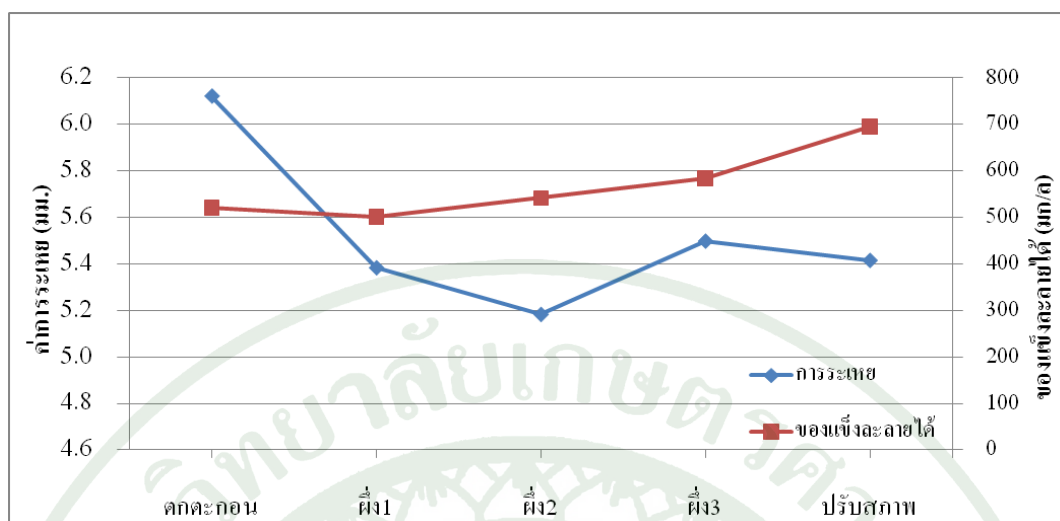
จากข้อมูลอัตราการระเหยและคุณภาพน้ำเสียในบ่อฝังที่เก็บรวบรวมได้ทั้งหมด จะถูกตัดข้อมูลในวันที่มีฝนตกออก เนื่องจากน้ำฝนจะไปเจือจางน้ำเสียในบ่อฝัง ส่งผลต่อคุณภาพน้ำ ดังนั้นจึงมีข้อมูลอัตราการระเหยและคุณภาพน้ำทั้งหมด 19 วัน กราฟแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ยของอัตราการระเหยและคุณภาพน้ำ 11 พารามิเตอร์ ประกอบด้วย บีโอดี ซีโอดี ของแข็ง ละลายได้ ความนำไฟฟ้า ความเค็ม ของแข็งแขวนลอย ความเป็นกรด-ด่าง สารลดแรงตึงผิว ความ ชุ่น สี และความโปร่งใส แสดงดังภาพที่ 53 ถึง 63 ข้อมูลอัตราการระเหยและคุณภาพน้ำในแต่ละ บ่อฝังในแต่ละวัน แสดงในตารางผนวกที่ ง1 ถึง ง12



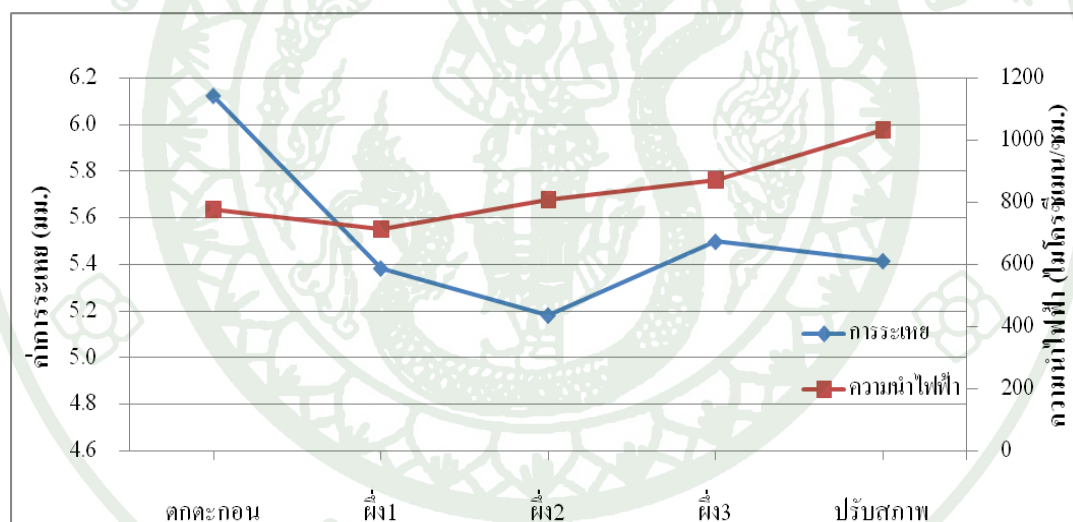
ภาพที่ 53 ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและบีโอดีในบ่อผึ่งทั้ง 5 บ่อ



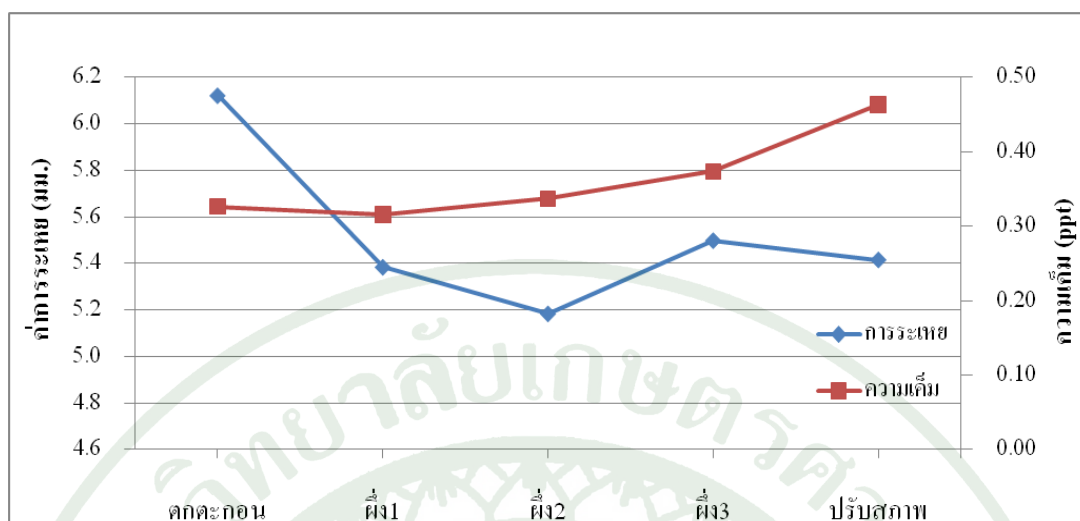
ภาพที่ 54 ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและซีโอดีในบ่อผึ่งทั้ง 5 บ่อ



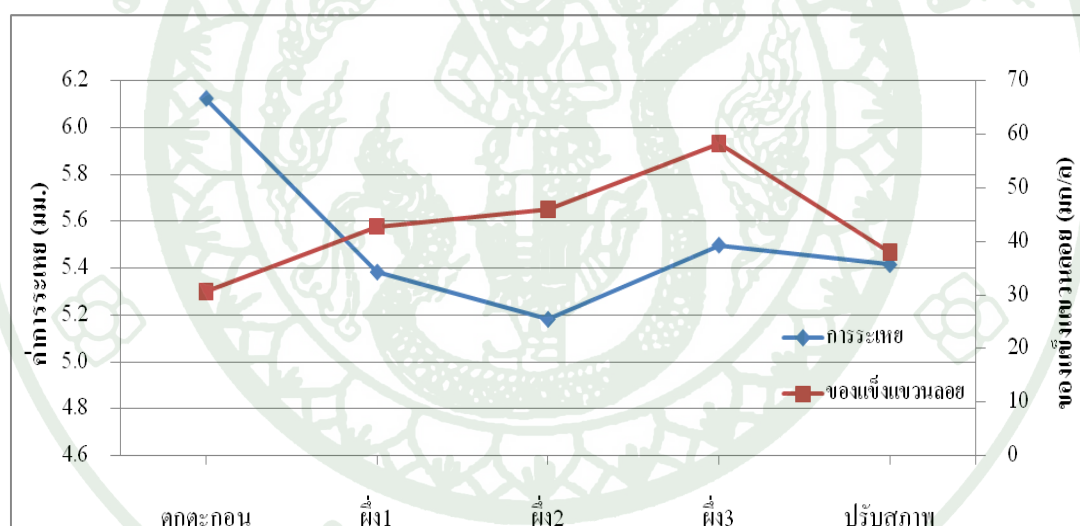
ภาพที่ 55 ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและของแข็งละลายได้ในบ่อผีงทั้ง 5 บ่อ



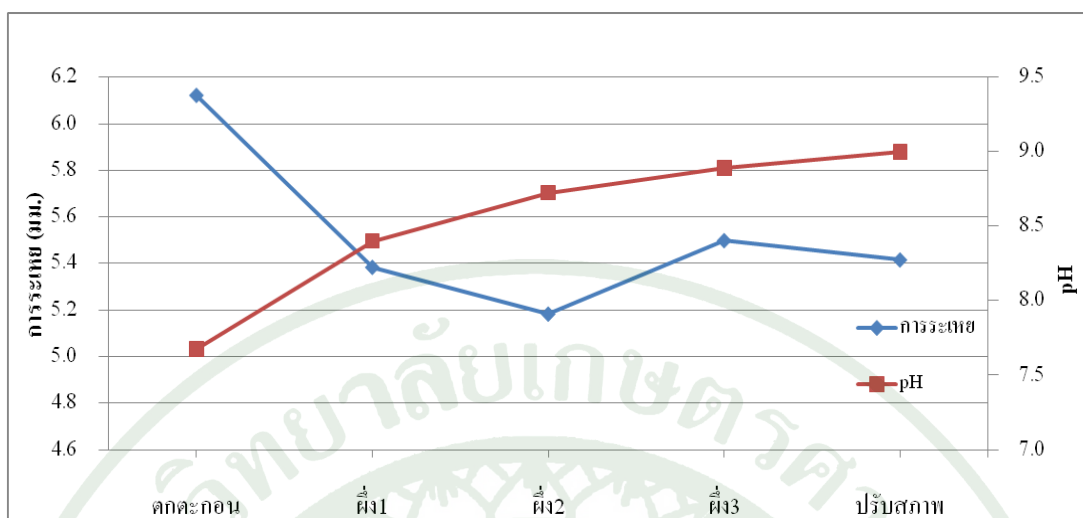
ภาพที่ 56 ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและความนำไฟฟ้าในบ่อผีงทั้ง 5 บ่อ



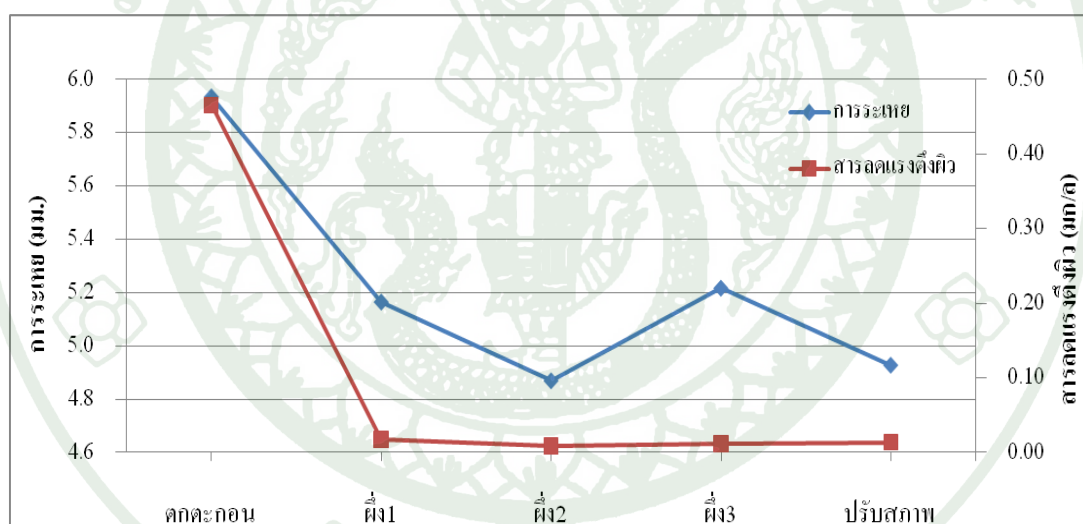
ภาพที่ 57 ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและความเค้นในบ่อผึ่งทั้ง 5 บ่อ



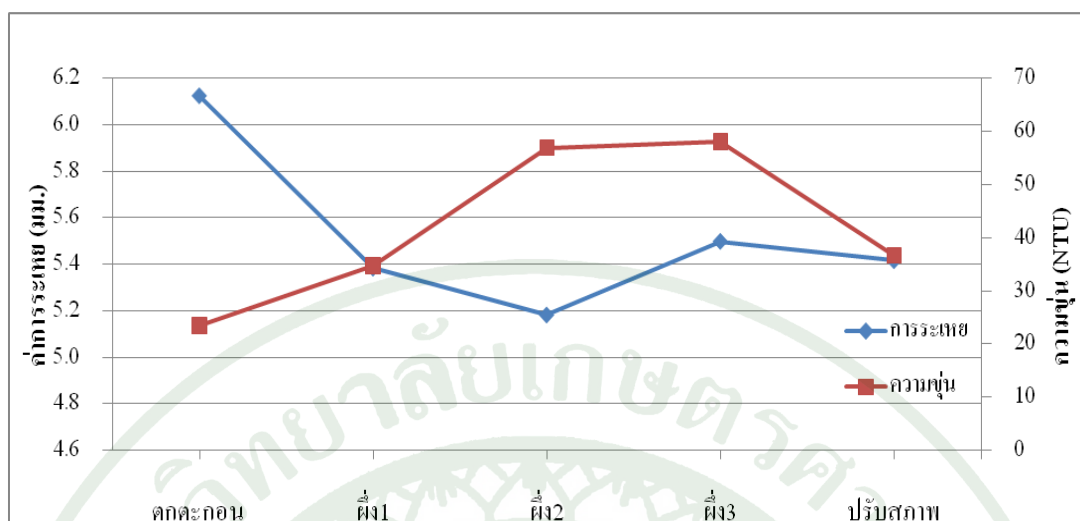
ภาพที่ 58 ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและของแข็งแขวนลอยในบ่อผึ่งทั้ง 5 บ่อ



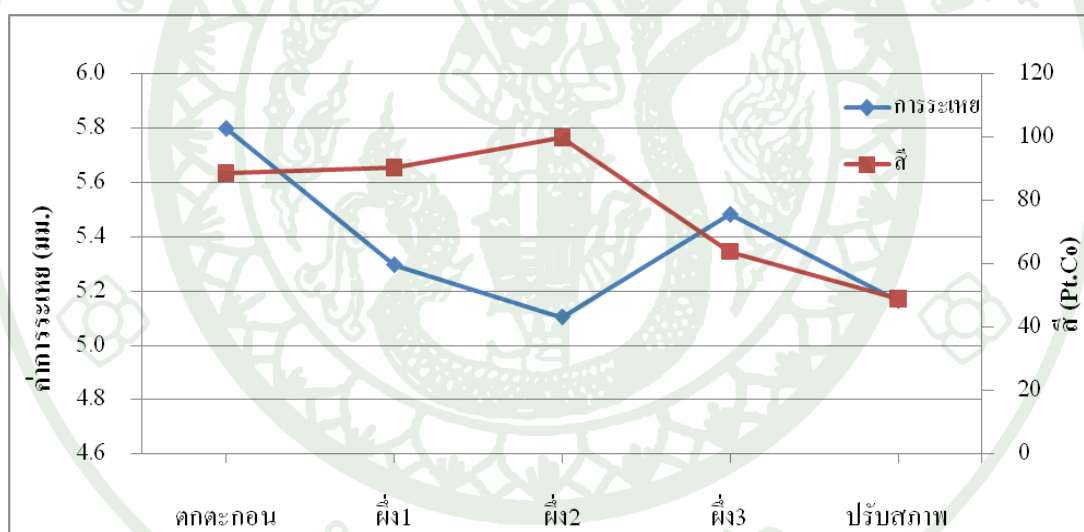
ภาพที่ 59 ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและความเป็นกรด-ด่าง ในบ่อผีงทั้ง 5 บ่อ



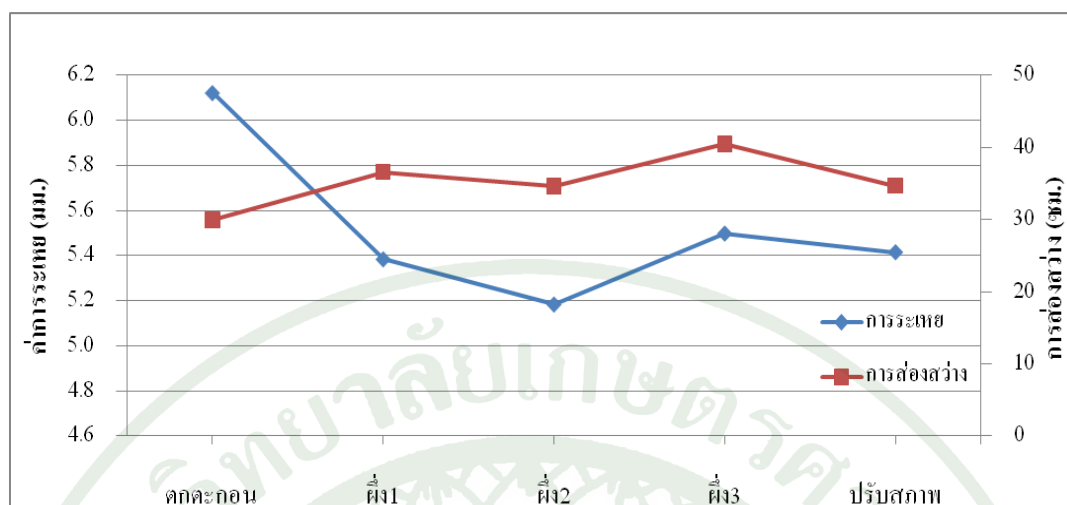
ภาพที่ 60 ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและสารลดแรงตึงผิวในบ่อผีงทั้ง 5 บ่อ



ภาพที่ 61 ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและความขุ่นในบ่อฝั่งทั้ง 5 บ่อ



ภาพที่ 62 ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและสีในบ่อฝั่งทั้ง 5 บ่อ



ภาพที่ 63 ค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยและความโปร่งใสในบ่อฝิ่งทั้ง 5 บ่อ

จากภาพที่ 53 ถึง 63 พบว่าอัตราการระเหยเฉลี่ย 19 วัน ที่มีการเก็บตัวอย่างน้ำ มีค่ามากที่สุดที่บ่อดกตะกอนเท่ากับ 6.12 มิลลิเมตร และมีค่าลดลงที่บ่อฝิ่ง 1 และน้อยสุดที่บ่อฝิ่ง 2 เท่ากับ 5.38 และ 5.18 มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่าอัตราการระเหยมีค่าเพิ่มขึ้นที่บ่อฝิ่ง 3 มีค่า 5.50 มิลลิเมตร และลดลงอีกครั้งที่บ่อปรับสภาพ 5.42 มิลลิเมตร

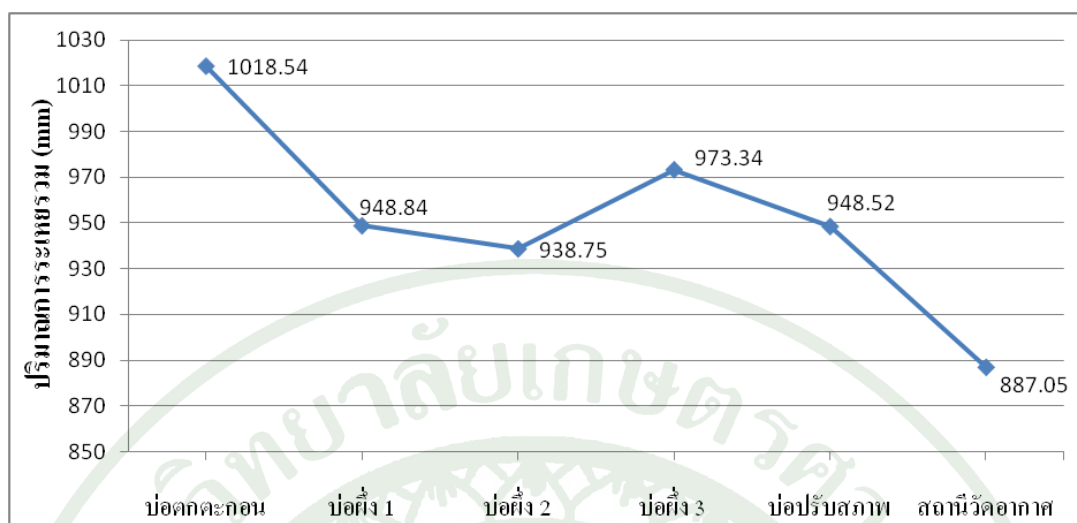
อัตราการระเหยบ่อดกตะกอนมีค่าสูงสุดเนื่องจากได้รับพลังงานความร้อนสูงสุดจากปัจจัย 2 ประการ คือ ประการแรกบ่อดกตะกอนมีสีดำคล้ำซึ่งเป็นสีของเหล็กซัลไฟด์ (FeS) ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาจากธาตุทั้งสองในสภาพไร้อากาศขณะที่น้ำเสียถูกส่งมาตามท่อส่งน้ำเสีย ทำให้น้ำเสียกลายเป็นสีดำคล้ำ โดยเป็นสีที่สามารถดูดซับพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ได้ดีกว่าสีโทนสว่างของน้ำเสียในบ่อฝิ่งอื่นๆ นอกจากนี้เหล็กยังเป็นสารอินทรีย์ที่ดูดซับรังสี โดยเฉพาะรังสีช่วงอัลตราไวโอเล็ต (UV) ได้ดีที่สุด (Metcelf and Eddy, 2004) ส่งผลให้บ่อดกตะกอนได้รับพลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ได้สูงสุด ประการที่ 2 บ่อดกตะกอนมีค่าความสกปรกในรูปของบีโอดีและซีโอดีสูงสุด ส่งผลให้เกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์สูงสุด กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นกระบวนการคายความร้อน จึงมีการปล่อยพลังงานออกมา โดยพลังงานประมาณร้อยละ 60 จะถูกจุลินทรีย์นำไปใช้ในการสังเคราะห์ชีวมวล ส่วนที่เหลือร้อยละ 40 จะสูญหายในรูปของพลังงานความร้อน (Svoboda, 2003) นอกจากนี้เรื่องของพลังงานแล้วบ่อดกตะกอนยังมีสารลดแรงตึงผิว (surfactant) สูงสุดซึ่งอาจส่งผลให้ใช้พลังงานความร้อนน้อยลงเพื่อใช้ในการระเหยน้ำ สำหรับอัตราการระเหยในบ่อฝิ่ง 1 และ 2 ที่มีค่าลดลง เนื่องจากน้ำมีความสะอาดมากขึ้น

สอดคล้องกับค่าบีโอดีและซีโอดีที่ลดลง พลังงานจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ลดลง แสดงให้เห็นว่าค่าบีโอดีและซีโอดีเป็นปัจจัยคุณภาพน้ำเด่นที่ส่งผลต่ออัตราการระเหยในบ่อดกตะกอน บ่อฝิ่ง 1 และ 2

บ่อฝิ่งที่ 3 มีอัตราการระเหยสูงขึ้นมากกว่าบ่อฝิ่ง 1 และ 2 มีเหตุผลเนื่องมาจากบ่อฝิ่ง 3 มีความโปร่งแสง ความชุ่มชื้น และของแข็งแขวนลอยสูงที่สุด อุณหภูมิของแข็งแขวนลอยในน้ำสามารถดูดซับพลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ได้มากกว่าน้ำที่มีของแข็งแขวนลอยน้อยกว่า รวมกับความโปร่งแสงที่สูง ส่งผลให้มีรังสีดวงอาทิตย์ส่องลงไปใต้น้ำได้ลึกมากขึ้น ส่งผลให้ได้รับพลังงานความร้อนมากขึ้น น้ำในบ่อฝิ่ง 3 จึงระเหยได้มากกว่า สำหรับอัตราการระเหยในบ่อปรับสภาพมีค่าลดลงจากบ่อฝิ่ง 3 เนื่องจากมีค่าความเค็ม ของแข็งละลายได้และความนำไฟฟ้าสูงที่สุด ส่งผลให้ความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำอิ่มตัวและความดันไอน้ำ หรือค่าอากาศขาดความอิ่มตัวของความดันไอน้ำ (vapor pressure deficit) มีค่าลดลง ไอน้ำเคลื่อนตัวจากผิวระเหยได้น้อยลง (Kokya and Kokya, 2007) สำหรับคุณภาพน้ำด้านสี (หน่วยแพลทตินัมโคบอลต์) และค่าความเป็นกรด-ด่าง ยังส่งผลไม่ชัดเจนต่อการระเหย

9.3 อัตราการระเหยสะสมสถานีวัดอากาศและในบ่อบ่อฝิ่ง

อัตราการระเหยสะสม 176 วัน ของบ่อดกตะกอน บ่อฝิ่ง 1, 2, 3 บ่อปรับสภาพ และสถานีวัดอากาศ แสดงดังภาพที่ 64



ภาพที่ 64 อัตราการระเหยสะสม 176 วัน ของถาดวัดการระเหยในบ่อฝั่ง 5 บ่อ และสถานีวัดอากาศ

จากภาพที่ 64 พบว่าอัตราการระเหยสะสมจากถาดวัดการระเหยของบ่อดกตะกอน บ่อฝั่ง 1, 2, 3 บ่อปรับสภาพ และสถานีวัดอากาศ มีค่า 1018.54, 948.84, 938.75, 973.34, 948.52 และ 887.05 มิลลิเมตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าอัตราการระเหยสะสมของถาดวัดการระเหยบนบกที่สถานีวัดอากาศมีค่าน้อยที่สุด เนื่องจากน้ำในบ่อฝั่งที่มีความลึกและปริมาตรมากกว่าสามารถสะสมพลังงานความร้อนได้สูงกว่าในถาดวัดการระเหยและคายความร้อนได้ช้ากว่า (ไพโรจน์, 2528) นอกจากนี้คุณภาพน้ำในบ่อฝั่งบำบัดน้ำเสียเอื้อต่อการได้รับพลังงานความร้อนมากกว่า จึงส่งผลให้น้ำในบ่อฝั่ง 5 บ่อ มีอัตราการระเหยสูงกว่าสถานีวัดอากาศ

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. สมคูลน้ำในระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ ทั้ง 5 บ่อ ซึ่งประกอบไปด้วยบ่อดกตะกอน บ่อฝึ้ง 1, 2, 3 และบ่อปรับสภาพ มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 5 ปัจจัย คือ น้ำเสียเข้าระบบ น้ำฝน น้ำไหลล้นออก น้ำซึมออก และน้ำระเหยออก มีปริมาณน้ำเสียเข้าระบบที่บ่อดกตะกอน (บ่อ 1) มากที่สุดที่ 1,125,901.69 ลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 86.81) และน้ำฝนเข้าระบบ 171,018.92 ลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 13.19) รวมปริมาณน้ำเข้าระบบทั้งหมด 1,296,920.61 ลูกบาศก์เมตร มีปริมาณน้ำออกจากระบบทั้งหมด 1,297,315.86 ลูกบาศก์เมตร แบ่งเป็นการไหลล้นออกทางอาคารระบายน้ำล้นที่บ่อปรับสภาพ (บ่อ 5) มากที่สุดที่ 1,151,153.09 ลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 88.73) การสูญเสียจากกระบวนการระเหย 141,495.59 ลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 10.91) และการรั่วซึมออกด้านข้างคันบ่อ 4,667.17 ลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 0.36)

2. ระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ มีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียทั้งหมด 65.4 วัน จำแนกเป็นบ่อดกตะกอน บ่อฝึ้ง 1, 2, 3 และบ่อปรับสภาพ มีระยะเวลาเก็บกัก 5.2, 12.4, 15.9, 15 และ 16.9 วัน ตามลำดับ

3. การประมาณค่าอัตราการระเหยบ่อดกตะกอน (บ่อ 1) บ่อฝึ้ง 1 (บ่อ 2) และบ่อฝึ้ง 2 (บ่อ 3) สามารถทำได้โดยใช้สมการเส้นตรง $y=0.9653x+0.979$, $y=0.8438x+1.1641$ และ $y=1.0421x+0.0705$ ซึ่งคำนวณได้ถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 87.20, 86.04 และ 90.99 ตามลำดับ โดยใช้ข้อมูลอัตราการระเหยจากสถานีวัดอากาศเฉลี่ยราย 30 วัน สำหรับอัตราการระเหยของบ่อฝึ้ง 3 (บ่อ 4) และบ่อปรับสภาพ (บ่อ 5) สามารถทำได้โดยใช้สมการเส้นตรง $y=0.682x+2.0866$ และ $y=0.8112x+1.2404$ สามารถคำนวณการระเหยได้ถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 55.86 และ 73.36 โดยใช้ข้อมูลอัตราการระเหยจากสถานีวัดอากาศเฉลี่ยราย 5 วัน และ 10 วันตามลำดับ

4. คุณภาพน้ำมีผลต่ออัตราการระเหย น้ำเสียได้รับพลังงานความร้อนสูงขึ้นจากแหล่งพลังงานความร้อน 2 แหล่ง คือ พลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์และพลังงานความร้อนจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยสีค่าคลอโรฟิลล์ของน้ำเสียจากโมเลกุลเหล็กซัลไฟด์ (FeS) อนุภาคของแข็งแขวนลอยในน้ำ ส่งผลให้สามารถดูดซับพลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ได้มากขึ้น

ความโปร่งแสงของน้ำที่มากขึ้นส่งผลให้รังสีดวงอาทิตย์ส่องลงน้ำได้ลึกมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยจากสารลดแรงตึงผิว (surfactant) ส่งผลให้ใช้พลังงานความร้อนน้อยลงเพื่อใช้ในการระเหยน้ำ ค่าความเค็มที่สูงขึ้นของน้ำ ส่งผลให้ค่าอากาศขาดความอึดตัวของความดันไอน้ำ (vapor pressure deficit) มีค่าลดลง ไอน้ำเคลื่อนตัวจากผิวระเหยได้น้อยลง

ข้อเสนอแนะ

1. เก็บข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้องของกับสมดุลน้ำในระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสียในฤดูแล้งเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลสมดุลน้ำในฤดูฝน
2. เก็บข้อมูลการระเหยของถาดวัดในบ่อฝึงบำบัด 5 บ่อ และสถานีวัดอากาศ รวมทั้งคุณภาพน้ำเสียในบ่อฝึงบำบัด 5 บ่อ ในฤดูแล้ง เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างกับข้อมูลในฤดูฝน
3. เก็บข้อมูลอุณหภูมิของน้ำในบ่อฝึงบำบัด 5 บ่อ ในช่วงเวลาที่มากขึ้นกว่ารายวัน เช่น ราย 3 ชั่วโมง เพื่อใช้เป็นข้อมูลแสดงให้เห็นแนวโน้มการได้รับพลังงานความร้อนและการสะสมความร้อนในบ่อบำบัดที่จะมีผลต่ออัตราการระเหย
4. นำข้อมูลสภาพภูมิอากาศ 4 พารามิเตอร์ คือ รังสีดวงอาทิตย์ ความชื้นอากาศ ลม และอุณหภูมิอากาศ มาคำนวณอัตราการระเหยในบ่อฝึงบำบัด 5 บ่อ โดยใช้สมการของ FAO Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998) เปรียบเทียบกับข้อมูลของสถานีวัดอากาศ เพื่อเพิ่มแนวทางในการประเมินอัตราการระเหยในบ่อฝึงบำบัด

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กอบเกียรติ ผ่องพุฒิ. 2542. กระบวนการเรียนรู้ การบำรุงรักษาและปฏิบัติการชลประทาน.

ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.

กอบเกียรติ ผ่องพุฒิ. 2554. การจัดการทรัพยากรน้ำ. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาการจัดการ

ทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทรแก้ว. 2539. หลักการจัดการลุ่มน้ำ. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.

พิมพ์ครั้งที่ 9. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล และ ไตรรัตน์ ศรีวัฒนา. 2532. การไหลในทางน้ำเปิด. ภาควิชาวิศวกรรม
ทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ณัฐ มาแจ้ง. ม.ป.ป. กลศาสตร์ของไหล. เอกสารประกอบการสอนวิชาชลศาสตร์ประยุกต์ ภาควิชา
วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไพโรจน์ กอสุธารักษ์. 2528. การสูญเสียน้ำโดยการระเหยและรั่วซึมจากสระเก็บน้ำ. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรารุณ วุฒินิชย์. 2525. การออกแบบระบบชลประทานบนแปลงเพาะปลูก. ภาควิชาวิศวกรรม
ชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วีระพล แต่สมบัติ. 2533. หลักอุทกวิทยา. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ.

ศูนย์อุตุนิยมหาวิทยาลัยภาคเหนือ กรมอุตุนิยวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร.

2556. เครื่องมืออุตุนิยวิทยา. สำนักเครื่องมืออุตุนิยวิทยา. แหล่งที่มา:

<http://www.cmmet.tmd.go.th/instrument/instruments.php>, 25 มกราคม 2556.

สมหมาย ลากเกรียงไกร. 2535. การศึกษาความชื้นน้ำของดินบดอันในแนวราบและแนวดิ่ง.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Ali, S. and W.S.J Uijtewaal. 2014. Flow Resistance of Vegetated Oblique Weir-like Obstracles during High Water Stages. **Hydro and Earth System Science** 18: 1-14.

Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. **Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements, Irrigation and Drain, Paper No. 56.**

FAO, Rome, Italy.

Allison, L. E. 1947. Soil science, pp. 439-450. Cited by T. F. Zimmie and C. O. Riggs (eds.).

Permeability and Groundwater Contaminant Transport. ASTM STP 746, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

American Public Health Association (APHA), The American Water Works Association

(AWWA) and The Water Environment Federation (WEF). 1995. **Standard Method for the Examination of Water and Wastewater.** 19th (ed.). America Public Health

Association, Washington, DC.

Bureau of Reclamation, United States Department of the Interior. 2001. **Water Measurement**

Manual. Available Source:

http://www.usbr.gov/pmts/hydraulics_lab/pubs/wmm/, November 2, 2012.

Casagrande, L., 1932. **Naeherungsmethoden zur Bestimmung von Artund Menge der**

Sickerung durch geschuettete Daemme. Thesis, Technische Hochschule, Vienna.

- Charles M.B. 1999. Irrigation Water Balance Fundamentals, **Conference on Benchmarking Irrigation System Performance Using Water Measurement and Water Balances 10 March 1999**, pp. 1-13. USCID, Denver, Colo.
- Crookston, B.M. 2010. **Labyrinth Weirs**. Background and literature, Utah State University, Logan, UT.
- Darcy, H. 1856. **Les fontaines publiques de la ville de Kijon**. Victor Dalmont, Paris.
- Department of Civil Engineering. Indian Institute of Technology. n.d. **Advanced Geotechnical Engineering**. Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology.
- Fetter, C.W. 2001. **Applied Hydrogeology**. 4th (ed.). Prentice-Hall, New Jersey.
- Friedrich, H. 2000. **Fundamentals of Ultrasonic flow measurement for industrial applications**. KROHNE Messtechnik GmbH & Co. KG Duisburg.
- Jurgen, C. 2007. Solar-reflective (Cool) leather. **World Leather** February/March 2007: 32-35.
- Kokya, B.A. and T.A. Kokya. 2007. Proposing a Formula for Evaporation Measurement from Salt Water Resources. **Hydrological Processes** 22: 2005-2012.
- Linsley, R.K., M.A. Kohler and J.L.H. Paulhus. 1975. **Hydrology for Engineering**. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Linsley, R.K., J.B. Franzini, D.L. Freyberg and G. Tchobanoglous. 1992. **Water-Resources Engineering**. McGraw-Hill Book Company, Singapore.

Metcalf and Eddy. 2004. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse**. 4th (ed.). McGraw-Hill, New York.

Noel R.O., L.E. Book, T. E. Hepler and H.E. Jackson. 1994. **Alternatives for Overtopping Projection of Dam**. The American society of Civil Engineering, U.S.A.

Olson, R. E. and D. E. Daniel. 1981. Measurement of hydraulic conductivity of fine grained soils, pp. 18-64. *In* T. F. Zimmie and C. O. Riggs (eds.). **Permeability and Groundwater Contaminant Transport**. ASTM STP 746, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

Penman, H.L. 1948. Natural Evaporation from Open Water, Bare, Soil and Grass. **Roy. Soc. London (Series A), Proc.** 193: 120-145.

Rehbock, T. 1929. Discussion of Precise weir measurement by Schoder, E.W. and K.B. Turner. **Transcript of the American Society of Civil Engineering** 93: 1143-1162.

Robinson, A. R. and C. Rohwer. 1959. **Measuring Seepage from Irrigation Channels**. Technical Bulletin No. 1203. pp.2-12. U.S. Department of Agriculture, Washington D.C. U.S.A.

Svoboda, I. F. 2003. Anaerobic digestion, storage, oligolysis, lime, heat and aerobic treatment of livestock manures. **QLC** 9/2. 110.

Tullis, P., N. Amanian and D. Waldron. 1995. Design of labyrinth weir spillways. **J. of Hyd. Engrg., ASCE** 121: 247-255.





ตารางผนวกที่ ก1 อัตราการระเหยรายวันสถานีวัดอากาศ

วันที่	อัตราการระเหยสถานีวัดอากาศ (มม./วัน)					
	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน
1	-	6.57	5.39	6.54	4.94	5.44
2	-	7.49	6.80	6.01	2.72	5.81
3	-	7.90	6.74	6.65	3.92	7.74
4	-	4.38	5.82	6.79	3.86	6.28
5	5.86	5.53	6.18	4.49	3.50	6.26
6	5.21	3.98	6.02	5.25	3.88	5.56
7	5.75	6.41	6.10	4.60	4.23	5.22
8	6.61	5.17	6.02	3.78	4.14	5.22
9	7.62	4.88	4.73	5.19	3.47	4.20
10	5.62	5.05	7.85	4.37	5.85	4.95
11	5.50	4.17	5.17	5.28	3.91	4.09
12	4.19	5.60	5.58	3.67	5.69	4.02
13	3.37	7.30	5.36	3.71	5.95	5.14
14	5.57	6.22	6.06	5.12	6.04	4.84
15	5.68	5.13	2.09	5.25	4.49	3.71
16	5.53	3.61	5.69	4.04	4.46	1.80
17	4.80	7.69	6.92	4.63	4.29	2.23
18	6.35	5.29	4.87	4.17	3.16	4.22
19	5.04	4.83	8.16	5.02	2.29	3.03
20	6.08	5.48	6.91	5.02	3.81	4.35
21	5.56	5.02	4.40	5.95	4.35	5.55
22	4.81	5.42	3.34	6.10	4.43	3.51
23	4.80	4.18	2.86	5.33	5.27	4.55
24	5.50	4.40	3.70	5.80	3.33	4.95
25	4.45	3.44	6.35	3.42	4.17	4.70
26	2.41	4.17	6.31	5.93	4.15	4.25
27	5.66	4.55	6.11	4.77	4.40	4.36
28	5.39	4.86	7.03	3.76	3.42	-
29	8.37	5.94	7.94	6.55	4.32	-
30	4.86	2.52	5.35	4.11	3.84	-
31	-	2.79	6.03	-	5.04	-

ตารางผนวกที่ ก2 อัตราการระเหยรายวันบ่อดกตะกอน (บ่อ 1)

วันที่	อัตราการระเหยบ่อดกตะกอน (บ่อ 1) (มม./วัน)					
	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน
1	-	3.26	5.95	7.75	5.83	6.01
2	-	8.31	5.63	8.80	5.66	7.00
3	-	7.72	6.76	8.02	5.68	11.30
4	-	10.90	7.84	8.12	5.72	11.92
5	7.15	7.08	6.65	4.43	5.69	6.01
6	5.69	2.64	6.93	6.50	5.11	5.66
7	5.12	3.03	6.82	5.24	3.35	6.34
8	7.75	6.51	6.80	5.63	4.56	6.34
9	7.70	6.07	5.46	7.56	2.64	4.97
10	4.91	6.38	7.26	5.65	6.36	4.64
11	5.58	5.18	6.53	7.01	4.24	4.85
12	3.02	6.10	6.85	3.28	5.21	4.08
13	3.90	7.59	6.22	5.19	6.71	4.09
14	6.22	6.43	8.65	5.98	4.32	5.30
15	7.32	6.21	3.48	7.20	4.63	4.35
16	6.96	4.52	6.49	4.93	4.63	3.77
17	7.97	6.96	6.71	5.69	3.20	4.77
18	7.30	5.77	5.44	4.66	3.44	4.08
19	6.14	5.32	8.73	3.42	4.91	4.05
20	6.97	5.38	7.49	3.23	4.23	5.64
21	5.60	6.22	3.49	7.21	5.00	5.97
22	5.15	5.71	4.32	6.20	4.49	4.08
23	3.86	4.82	4.18	3.24	4.34	5.32
24	5.55	4.74	4.88	5.37	5.06	5.69
25	5.28	4.30	6.53	4.47	5.19	4.85
26	4.74	6.00	7.97	6.00	5.34	5.68
27	6.64	4.99	7.53	5.75	6.23	4.68
28	5.83	5.12	7.70	5.06	5.66	-
29	8.04	7.86	9.55	7.68	4.91	-
30	7.03	5.34	5.76	5.54	4.67	-
31	-	4.37	6.80	-	5.62	-

ตารางผนวกที่ ก3 อัตราการระเหยรายวันบ่อฝัง 1 (บ่อ 2)

วันที่	อัตราการระเหยบ่อฝัง 1 (บ่อ 2) (มม./วัน)					
	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน
1	-	5.69	6.23	6.62	4.74	5.25
2	-	7.36	4.49	6.79	5.22	6.62
3	-	7.44	5.22	6.93	5.28	9.28
4	-	5.15	5.95	6.96	5.08	9.50
5	7.04	5.07	6.03	4.81	5.19	6.10
6	6.62	3.81	6.90	5.69	5.28	4.76
7	5.63	5.68	6.14	4.26	5.55	5.27
8	7.68	5.92	6.09	5.43	5.15	5.27
9	7.60	3.73	5.49	5.75	4.47	3.75
10	6.71	4.73	6.35	5.40	6.74	3.88
11	6.46	5.42	6.25	7.62	3.65	3.65
12	5.84	4.93	6.46	4.77	5.05	4.53
13	4.42	6.85	5.57	4.57	6.35	3.63
14	6.53	6.49	6.79	5.47	5.63	5.14
15	7.40	5.44	2.41	5.95	4.96	4.00
16	4.75	4.59	6.51	5.00	4.96	4.41
17	6.99	6.31	6.30	5.17	4.49	3.22
18	7.80	5.22	4.83	4.75	5.09	3.04
19	5.38	5.03	7.99	2.63	3.17	3.42
20	5.75	4.80	6.49	3.20	4.77	4.59
21	5.07	5.14	3.51	5.80	4.45	4.97
22	4.67	5.76	5.47	5.20	5.84	3.70
23	4.59	4.63	3.64	2.59	5.55	4.57
24	4.58	4.59	4.53	5.39	5.19	6.82
25	4.46	4.04	6.65	4.16	5.44	3.41
26	3.38	5.42	6.81	5.64	7.09	3.93
27	6.05	4.03	7.71	4.91	5.40	3.46
28	5.61	4.40	6.79	4.13	3.55	-
29	8.13	6.53	8.57	7.79	4.21	-
30	5.93	3.97	6.13	5.89	4.47	-
31	-	4.55	6.18	-	5.12	-

ตารางผนวกที่ ก4 อัตราการระเหยรายวันบ่อฝัง 2 (บ่อ 3)

วันที่	อัตราการระเหยบ่อฝัง 2 (บ่อ 3) (มม./วัน)					
	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน
1	-	6.73	5.65	6.84	5.71	5.46
2	-	7.72	7.20	6.78	5.99	6.76
3	-	7.98	6.25	7.05	5.47	8.88
4	-	5.40	6.22	6.55	5.72	9.15
5	5.00	6.90	5.51	4.20	5.73	6.09
6	7.11	4.19	6.23	5.75	5.46	3.56
7	5.57	5.98	6.24	5.26	4.92	5.09
8	7.35	6.01	6.07	5.65	4.79	5.09
9	8.73	4.23	6.46	5.76	3.33	2.77
10	6.11	4.08	6.95	5.08	6.02	4.27
11	6.37	5.02	5.74	6.75	3.31	4.68
12	5.21	4.59	6.41	3.65	4.44	4.27
13	5.05	7.20	5.75	3.40	6.19	5.67
14	5.76	6.11	7.24	5.49	5.33	5.15
15	6.26	5.23	4.10	5.86	5.08	4.46
16	7.07	5.07	6.38	4.32	5.08	5.11
17	7.96	6.05	5.68	5.71	5.22	2.57
18	6.50	5.09	5.23	4.92	5.83	4.00
19	6.07	4.93	8.22	2.87	3.47	3.46
20	5.36	4.51	5.90	3.79	4.71	5.20
21	5.48	4.72	4.36	4.85	4.10	4.80
22	3.54	5.32	4.77	6.01	5.71	3.93
23	4.86	4.57	3.81	3.21	3.93	4.60
24	4.82	4.09	3.71	5.23	4.05	6.22
25	4.35	4.05	5.85	3.84	4.63	3.40
26	1.96	5.72	6.10	4.72	4.98	4.06
27	5.67	3.88	6.83	4.88	5.02	4.26
28	5.37	4.48	7.06	4.80	4.10	-
29	7.94	5.79	8.54	5.42	4.59	-
30	5.59	3.45	6.12	4.70	4.76	-
31	-	2.33	6.14	-	5.60	-

ตารางผนวกที่ ก5 อัตราการระเหยรายวันบ่อฝัง 3 (บ่อ 4)

วันที่	อัตราการระเหยบ่อฝัง 3 (บ่อ 4) (มม./วัน)					
	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน
1	-	6.27	6.13	7.06	6.63	6.40
2	-	7.12	5.25	6.61	5.30	7.13
3	-	7.79	6.15	7.05	5.73	8.90
4	-	5.85	6.43	7.24	5.89	9.39
5	5.96	5.94	6.08	4.73	5.64	6.33
6	5.89	4.33	6.84	6.10	5.97	5.88
7	6.39	5.67	6.56	5.30	6.62	6.02
8	6.37	5.45	6.51	6.00	5.33	6.02
9	7.64	4.50	6.43	6.29	3.62	3.62
10	6.10	4.06	7.08	5.42	5.78	4.75
11	6.27	5.10	6.14	7.95	4.34	6.15
12	7.86	4.39	6.13	3.68	5.63	4.95
13	5.11	6.45	5.92	3.32	5.86	5.09
14	4.51	5.27	6.87	5.60	6.45	6.05
15	5.57	4.64	2.87	5.01	5.16	4.75
16	5.98	5.25	6.54	5.04	5.16	5.37
17	7.04	5.74	5.94	5.95	4.92	2.89
18	6.93	5.04	5.43	4.72	4.75	4.15
19	5.66	4.97	7.09	2.26	3.33	4.07
20	5.51	4.63	6.51	3.66	4.98	5.75
21	5.49	4.99	6.63	5.62	5.17	5.80
22	3.16	4.90	4.07	3.87	5.86	3.43
23	3.77	4.60	3.46	2.51	5.86	6.02
24	4.20	4.27	2.70	6.06	5.67	7.59
25	4.45	4.01	5.87	4.34	5.58	5.84
26	3.74	5.23	6.26	5.02	6.29	7.68
27	5.57	4.39	6.88	5.31	5.67	4.71
28	5.49	6.06	6.89	5.03	4.15	-
29	8.18	3.54	8.59	7.57	4.89	-
30	4.71	3.66	7.14	5.26	4.81	-
31	-	3.02	6.32	-	5.62	-

ตารางผนวกที่ 6 อัตราการระเหยรายวันบ่อปรับสภาพ (บ่อ 5)

วันที่	อัตราการระเหยบ่อปรับสภาพ (บ่อ 5) (มม./วัน)					
	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน
1	-	8.99	6.38	7.09	4.37	4.17
2	-	7.22	5.33	6.62	5.73	7.09
3	-	7.31	6.32	6.57	5.09	8.30
4	-	5.12	6.36	6.09	5.06	8.33
5	5.93	5.44	5.13	4.52	5.30	5.54
6	5.88	3.71	6.28	5.47	5.15	5.26
7	6.25	6.30	6.06	4.66	5.16	5.39
8	6.23	5.56	5.87	5.40	4.89	5.39
9	7.15	4.88	5.60	5.60	3.93	3.16
10	6.04	4.56	7.09	4.89	5.24	5.03
11	6.16	8.92	5.60	6.47	4.58	5.02
12	7.31	5.29	7.33	4.81	5.91	4.62
13	5.32	6.04	5.98	2.42	4.68	3.80
14	4.88	6.25	6.78	5.59	6.28	5.90
15	5.65	3.80	3.35	4.69	5.07	4.15
16	5.95	5.10	6.02	5.09	5.07	4.42
17	6.72	6.13	5.14	5.61	4.34	2.81
18	6.46	5.00	4.60	4.62	6.26	3.37
19	5.44	5.51	7.65	2.33	2.93	3.16
20	4.62	4.89	5.73	3.47	4.85	5.26
21	4.95	4.55	6.93	5.46	4.93	5.15
22	3.95	4.25	4.09	4.77	4.94	4.75
23	4.43	4.17	3.35	3.66	5.69	6.16
24	4.12	4.01	2.46	8.71	5.26	7.57
25	3.45	4.36	5.77	4.71	5.25	6.75
26	3.61	4.06	5.61	4.72	7.50	7.47
27	5.65	4.37	6.70	5.15	4.59	8.82
28	5.80	5.61	7.06	3.96	3.50	-
29	8.47	4.70	7.86	9.12	3.29	-
30	4.64	4.50	7.68	5.18	3.57	-
31	-	3.30	5.70	-	5.04	-



ภาคผนวก ข
ตารางสมมูลน้ำในระบบบ่อฝึงบำบัดน้ำเสีย

ตารางผนวกที่ ข1 สมดุลน้ำในบ่อตกตะกอน (บ่อ 1)

ว ค ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
5 มิ.ย. 56	1	5,312.37	196.40	5,432.87	72.46	8.19	-4.76
6 มิ.ย. 56	2	6,469.22	0.00	6,400.28	57.67	8.19	-1.68
7 มิ.ย. 56	3	6,032.82	33.48	6,009.48	51.89	8.19	-4.94
8 มิ.ย. 56	4	6,512.90	0.00	6,425.91	78.54	8.19	-4.69
9 มิ.ย. 56	5	6,366.15	0.00	6,278.56	78.04	8.19	-3.32
10 มิ.ย. 56	6	6,175.17	2.23	6,118.39	49.76	8.19	-2.26
11 มิ.ย. 56	7	6,175.17	408.42	6,522.01	56.59	8.19	-5.47
12 มิ.ย. 56	8	6,175.17	95.97	6,227.30	30.61	8.19	-0.43
13 มิ.ย. 56	9	6,124.60	15.62	6,092.76	39.53	8.19	-0.69
14 มิ.ย. 56	10	6,165.81	44.64	6,144.02	63.04	8.19	-5.50
15 มิ.ย. 56	11	6,603.52	58.03	6,579.67	74.19	8.19	-5.99
16 มิ.ย. 56	12	6,209.75	20.09	6,150.42	70.54	8.19	-5.31
17 มิ.ย. 56	13	6,175.17	26.78	6,111.98	80.77	8.19	-4.31
18 มิ.ย. 56	14	6,175.17	17.85	6,111.98	73.98	8.19	-5.44
19 มิ.ย. 56	15	6,214.55	2.23	6,144.02	62.23	8.19	-3.10
20 มิ.ย. 56	16	6,175.17	2.23	6,099.17	70.64	8.19	-3.70
21 มิ.ย. 56	17	6,124.60	0.00	6,060.73	56.75	8.19	-4.78
22 มิ.ย. 56	18	6,366.15	29.01	6,336.22	52.19	8.19	-6.21
23 มิ.ย. 56	19	6,209.75	17.85	6,176.05	39.12	8.19	-1.97
24 มิ.ย. 56	20	6,165.81	4.46	6,105.58	56.25	8.19	-1.72
25 มิ.ย. 56	21	6,023.46	4.46	5,964.63	53.51	8.19	-0.12
26 มิ.ย. 56	22	6,072.20	4.46	6,022.29	48.04	8.19	-1.98
27 มิ.ย. 56	23	6,317.51	0.00	6,246.52	67.29	8.19	-6.47
28 มิ.ย. 56	24	7,057.33	263.35	7,252.37	59.10	8.19	-5.46
29 มิ.ย. 56	25	6,669.30	64.72	6,643.74	81.48	8.19	-4.84
30 มิ.ย. 56	26	6,773.57	2.23	6,694.99	71.25	8.19	-3.47
1 ก.ค. 56	27	6,469.22	62.49	6,489.98	33.04	8.19	-2.97
2 ก.ค. 56	28	6,469.22	0.00	6,324.46	84.22	8.19	49.38
3 ก.ค. 56	29	6,469.22	0.00	6,483.57	78.24	8.19	-51.40
4 ก.ค. 56	30	6,469.22	0.00	6,304.18	110.47	8.19	-5.02

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

ว ค ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
5 ก.ค. 56	31	6,469.22	0.00	6,387.47	71.75	8.19	-3.22
6 ก.ค. 56	32	6,669.30	0.00	6,637.33	26.76	8.19	-6.19
7 ก.ค. 56	33	6,669.30	20.09	6,650.15	30.71	8.19	-5.85
8 ก.ค. 56	34	6,469.22	4.46	6,393.88	65.98	8.19	-0.21
9 ก.ค. 56	35	6,469.22	6.70	6,406.69	61.52	8.19	-0.69
10 ก.ค. 56	36	6,469.22	124.98	6,522.01	64.66	8.19	-1.35
11 ก.ค. 56	37	6,469.22	31.25	6,438.72	52.50	8.19	-0.30
12 ก.ค. 56	38	6,469.22	0.00	6,400.28	61.82	8.19	-1.37
13 ก.ค. 56	39	6,669.30	0.00	6,586.08	76.92	8.19	-3.26
14 ก.ค. 56	40	6,669.30	0.00	6,598.89	65.17	8.19	-6.21
15 ก.ค. 56	41	6,469.22	55.79	6,451.54	62.94	8.19	-3.86
16 ก.ค. 56	42	6,469.22	2.23	6,419.50	45.81	8.19	-5.91
17 ก.ค. 56	43	6,469.22	0.00	6,387.47	70.54	8.19	-2.88
18 ก.ค. 56	44	6,469.22	314.68	6,720.62	58.46	8.19	-6.25
19 ก.ค. 56	45	6,469.22	0.00	6,406.69	53.92	8.19	-5.83
20 ก.ค. 56	46	6,669.30	6.70	6,611.70	54.52	8.19	-4.25
21 ก.ค. 56	47	6,669.30	0.00	6,598.89	63.04	8.19	-5.07
22 ก.ค. 56	48	6,469.22	29.01	6,432.32	57.87	8.19	-5.21
23 ก.ค. 56	49	6,469.22	26.78	6,438.72	48.85	8.19	-4.97
24 ก.ค. 56	50	6,469.22	2.23	6,413.10	48.04	8.19	-2.84
25 ก.ค. 56	51	4,895.98	0.00	4,843.46	43.58	8.19	-2.09
26 ก.ค. 56	52	4,555.12	49.10	4,535.94	60.81	8.19	-2.81
27 ก.ค. 56	53	4,696.00	0.00	4,638.44	50.57	8.19	-4.02
28 ก.ค. 56	54	4,696.00	59.14	4,696.10	51.89	8.19	-5.06
29 ก.ค. 56	55	4,555.12	120.52	4,587.19	79.66	8.19	-4.46
30 ก.ค. 56	56	4,555.12	55.79	4,548.75	54.12	8.19	-4.60
31 ก.ค. 56	57	4,555.12	13.39	4,516.72	44.29	8.19	-5.29
1 ส.ค. 56	58	6,263.29	0.00	6,195.27	60.30	8.19	-5.76
2 ส.ค. 56	59	6,263.29	145.07	6,342.62	57.06	8.19	-5.28
3 ส.ค. 56	60	6,457.00	0.00	6,381.06	68.51	8.19	-6.04

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

ว ค ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
4 ส.ค. 56	61	6,457.00	51.33	6,419.50	79.46	8.19	-4.86
5 ส.ค. 56	62	6,263.29	0.00	6,188.86	67.40	8.19	-6.02
6 ส.ค. 56	63	6,263.29	2.23	6,182.46	70.23	8.19	-1.38
7 ส.ค. 56	64	6,263.29	381.64	6,566.86	69.15	8.19	-0.65
8 ส.ค. 56	65	6,263.29	0.00	6,188.86	68.92	8.19	-3.33
9 ส.ค. 56	66	6,263.29	4.46	6,201.68	55.34	8.19	-0.78
10 ส.ค. 56	67	6,457.00	0.00	6,381.06	73.58	8.19	-6.61
11 ส.ค. 56	68	6,457.00	0.00	6,381.06	66.18	8.19	-5.04
12 ส.ค. 56	69	6,263.29	4.46	6,188.86	69.42	8.19	-3.76
13 ส.ค. 56	70	6,263.29	2.23	6,195.27	63.04	8.19	-4.74
14 ส.ค. 56	71	6,469.22	4.46	6,374.66	87.66	8.19	-1.57
15 ส.ค. 56	72	6,469.22	2.23	6,432.32	35.27	8.19	-5.89
16 ส.ค. 56	73	6,469.22	0.00	6,393.88	65.77	8.19	-4.51
17 ส.ค. 56	74	6,669.30	0.00	6,592.48	68.00	8.19	-3.89
18 ส.ค. 56	75	6,669.30	2.23	6,605.30	55.13	8.19	-0.98
19 ส.ค. 56	76	6,469.22	0.00	6,374.66	88.48	8.19	-3.08
20 ส.ค. 56	77	6,469.22	0.00	6,387.47	75.91	8.19	-5.43
21 ส.ค. 56	78	6,469.22	95.97	6,522.01	35.37	8.19	-5.81
22 ส.ค. 56	79	6,469.22	11.16	6,425.91	43.78	8.19	-3.32
23 ส.ค. 56	80	6,469.22	29.01	6,445.13	42.36	8.19	-0.77
24 ส.ค. 56	81	6,669.30	17.85	6,630.92	49.46	8.19	-2.18
25 ส.ค. 56	82	6,669.30	0.00	6,598.89	66.18	8.19	-6.14
26 ส.ค. 56	83	6,469.22	0.00	6,374.66	80.77	8.19	-0.54
27 ส.ค. 56	84	6,469.22	0.00	6,387.47	76.31	8.19	-3.30
28 ส.ค. 56	85	6,469.22	0.00	6,381.06	78.04	8.19	-1.37
29 ส.ค. 56	86	6,469.22	0.00	6,368.25	96.79	8.19	-5.37
30 ส.ค. 56	87	6,469.22	0.00	6,400.28	58.38	8.19	-3.00
31 ส.ค. 56	88	6,669.30	0.00	6,592.48	68.92	8.19	-3.29
1 ก.ย. 56	89	6,669.30	0.00	6,579.67	78.54	8.19	-0.40
2 ก.ย. 56	90	6,469.22	0.00	6,374.66	89.19	8.19	-3.21

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

ว ค ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
3 ก.ย. 56	91	6,469.22	0.00	6,381.06	81.28	8.19	-4.52
4 ก.ย. 56	92	6,469.22	0.00	6,374.66	82.29	8.19	-0.44
5 ก.ย. 56	93	6,469.22	37.94	6,457.94	44.90	8.19	-4.31
6 ก.ย. 56	94	6,469.22	502.15	6,893.60	65.88	8.19	-0.60
7 ก.ย. 56	95	6,669.30	33.48	6,643.74	53.11	8.19	-2.86
8 ก.ย. 56	96	6,669.30	0.00	6,605.30	57.06	8.19	-4.11
9 ก.ย. 56	97	6,469.22	0.00	6,381.06	76.62	8.19	-0.76
10 ก.ย. 56	98	6,469.22	241.03	6,650.15	57.28	8.19	-6.11
11 ก.ย. 56	99	6,469.22	0.00	6,387.47	71.04	8.19	-3.60
12 ก.ย. 56	100	6,469.22	95.97	6,522.01	33.24	8.19	-1.85
13 ก.ย. 56	101	6,469.22	53.56	6,464.35	52.60	8.19	-4.21
14 ก.ย. 56	102	6,669.30	2.23	6,598.89	60.61	8.19	-0.36
15 ก.ย. 56	103	6,669.30	120.52	6,714.21	72.97	8.19	-5.92
16 ก.ย. 56	104	6,469.22	11.16	6,419.50	49.96	8.19	-3.20
17 ก.ย. 56	105	6,469.22	2.23	6,406.69	57.67	8.19	-4.29
18 ก.ย. 56	106	6,469.22	49.10	6,464.35	47.23	8.19	-5.74
19 ก.ย. 56	107	6,469.22	82.58	6,509.20	34.66	8.19	-5.99
20 ก.ย. 56	108	6,469.22	42.40	6,470.76	32.73	8.19	-6.05
21 ก.ย. 56	109	6,669.30	0.00	6,586.08	73.07	8.19	-4.09
22 ก.ย. 56	110	6,669.30	147.30	6,746.25	62.83	8.19	-4.76
23 ก.ย. 56	111	6,469.22	11.16	6,438.72	32.84	8.19	-4.13
24 ก.ย. 56	112	6,469.22	164.04	6,566.86	54.42	8.19	-0.34
25 ก.ย. 56	113	6,469.22	22.32	6,438.72	45.30	8.19	-1.02
26 ก.ย. 56	114	6,469.22	33.48	6,438.72	60.81	8.19	-6.04
27 ก.ย. 56	115	6,469.22	4.46	6,406.69	58.27	8.19	-5.52
28 ก.ย. 56	116	6,669.30	0.00	6,605.30	51.28	8.19	-0.99
29 ก.ย. 56	117	6,669.30	191.93	6,778.28	77.83	8.19	-4.05
30 ก.ย. 56	118	6,469.22	22.32	6,425.91	56.15	8.19	-2.76
1 ต.ก. 56	119	6,469.22	4.46	6,406.69	59.09	8.19	-3.04
2 ต.ก. 56	120	6,469.22	60.26	6,464.35	57.36	8.19	-3.47

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

ว ค ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
3 ต.ค. 56	121	6,469.22	636.06	7,040.95	57.53	8.19	-4.86
4 ต.ค. 56	122	6,469.22	531.17	6,932.04	57.99	8.19	-2.69
5 ต.ค. 56	123	6,669.30	281.21	6,887.19	57.63	8.19	-5.20
6 ต.ค. 56	124	6,669.30	368.25	6,976.89	51.78	8.19	-4.51
7 ต.ค. 56	125	6,469.22	292.36	6,720.62	33.95	8.19	-5.68
8 ต.ค. 56	126	6,620.93	490.99	7,053.77	46.26	8.19	-1.97
9 ต.ค. 56	127	6,469.22	2.23	6,438.72	26.76	8.19	-4.19
10 ต.ค. 56	128	6,469.22	0.00	6,393.88	64.46	8.19	-1.49
11 ต.ค. 56	129	6,469.22	0.00	6,419.50	42.97	8.19	-2.93
12 ต.ค. 56	130	6,669.30	0.00	6,611.70	52.80	8.19	-6.33
13 ต.ค. 56	131	6,669.30	0.00	6,592.48	68.00	8.19	-5.71
14 ต.ค. 56	132	6,469.22	0.00	6,413.10	43.78	8.19	-1.56
15 ต.ค. 56	133	6,469.22	412.88	6,829.53	46.94	8.19	-4.12
16 ต.ค. 56	134	6,469.22	200.86	6,611.70	46.94	8.19	-0.87
17 ต.ค. 56	135	6,469.22	113.82	6,547.64	32.43	8.19	-6.09
18 ต.ค. 56	136	6,469.22	2.23	6,425.91	34.86	8.19	-3.60
19 ต.ค. 56	137	6,669.30	2.23	6,611.70	49.76	8.19	-1.72
20 ต.ค. 56	138	6,669.30	267.82	6,887.19	42.87	8.19	-2.86
21 ต.ค. 56	139	6,469.22	4.46	6,413.10	50.67	8.19	-1.14
22 ต.ค. 56	140	6,469.22	0.00	6,419.50	45.50	8.19	-5.11
23 ต.ค. 56	141	6,469.22	62.49	6,477.16	43.98	8.19	-2.74
24 ต.ค. 56	142	6,469.22	4.46	6,413.10	51.28	8.19	-1.62
25 ต.ค. 56	143	6,469.22	1048.94	7,457.39	52.57	8.19	-1.60
26 ต.ค. 56	144	6,669.30	2.23	6,611.70	54.12	8.19	-4.09
27 ต.ค. 56	145	6,669.30	0.00	6,598.89	63.14	8.19	-5.01
28 ต.ค. 56	146	6,469.22	0.00	6,400.28	57.36	8.19	-1.62
29 ต.ค. 56	147	6,469.22	0.00	6,413.10	49.76	8.19	-3.45
30 ต.ค. 56	148	6,469.22	0.00	6,413.10	47.33	8.19	-2.85
31 ต.ค. 56	149	6,469.22	0.00	6,406.69	56.96	8.19	-5.46
1 พ.ย. 56	150	6,469.22	0.00	6,400.28	60.91	8.19	-5.62

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

ว ค ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
2 พ.ย. 56	151	6,669.30	0.00	6,586.08	70.94	8.19	-1.54
3 พ.ย. 56	152	6,669.30	0.00	6,547.64	114.52	8.19	-2.59
4 พ.ย. 56	153	6,469.22	0.00	6,342.62	120.81	8.19	-4.98
5 พ.ย. 56	154	6,469.22	0.00	6,400.28	60.91	8.19	-5.15
6 พ.ย. 56	155	6,469.22	0.00	6,400.28	57.36	8.19	-1.76
7 พ.ย. 56	156	6,469.22	522.24	6,919.23	64.27	8.19	-1.99
8 พ.ย. 56	157	6,469.22	1312.29	7,662.68	64.27	8.19	44.38
9 พ.ย. 56	158	6,669.30	6.70	6,714.21	50.37	8.19	-52.39
10 พ.ย. 56	159	6,669.30	0.00	6,566.86	47.02	8.19	-5.17
11 พ.ย. 56	160	6,469.22	0.00	6,413.10	49.15	8.19	-6.39
12 พ.ย. 56	161	6,469.22	0.00	6,419.50	41.35	8.19	-6.21
13 พ.ย. 56	162	6,469.22	0.00	6,419.50	41.45	8.19	-6.13
14 พ.ย. 56	163	6,469.22	37.94	6,445.13	53.71	8.19	-6.00
15 พ.ย. 56	164	6,469.22	0.00	6,413.10	44.07	8.19	-2.14
16 พ.ย. 56	165	6,669.30	35.71	6,662.96	38.21	8.19	-6.49
17 พ.ย. 56	166	6,669.30	2.23	6,611.70	48.34	8.19	-3.19
18 พ.ย. 56	167	6,469.22	0.00	6,419.50	41.35	8.19	-3.02
19 พ.ย. 56	168	6,469.22	0.00	6,419.50	41.05	8.19	-2.53
20 พ.ย. 56	169	6,469.22	0.00	6,406.69	57.16	8.19	-5.35
21 พ.ย. 56	170	6,469.22	0.00	6,400.28	60.50	8.19	-5.11
22 พ.ย. 56	171	6,469.22	4.46	6,419.50	41.35	8.19	-0.47
23 พ.ย. 56	172	6,669.30	506.62	7,066.90	53.90	8.19	46.46
24 พ.ย. 56	173	6,669.30	55.79	6,759.06	57.67	8.19	-53.36
25 พ.ย. 56	174	6,469.22	0.00	6,361.84	49.15	8.19	-3.33
26 พ.ย. 56	175	6,469.22	44.64	6,445.13	57.56	8.19	-0.36
27 พ.ย. 56	176	6,469.22	0.00	6,419.50	47.43	8.19	-6.26

ตารางผนวกที่ ข2 สมดุลน้ำในบ่อฝัง 1 (บ่อ 2)

ว ค ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
5 มิ.ย. 56	1	5,433.00	518.01	5,740.42	202.72	8.13	-0.25
6 มิ.ย. 56	2	6,400.41	0.00	6,230.89	190.62	8.13	-29.49
7 มิ.ย. 56	3	6,009.61	88.30	5,901.30	162.12	8.13	-3.13
8 มิ.ย. 56	4	6,426.04	0.00	6,168.81	221.15	8.13	24.83
9 มิ.ย. 56	5	6,278.69	0.00	6,077.42	218.84	8.13	-0.88
10 มิ.ย. 56	6	6,118.52	5.89	5,953.61	193.22	8.13	-31.43
11 มิ.ย. 56	7	6,522.14	1,077.23	7,345.45	186.11	8.13	28.24
12 มิ.ย. 56	8	6,227.43	253.12	6,334.46	168.16	8.13	-1.96
13 มิ.ย. 56	9	6,092.89	41.21	5,997.46	127.27	8.13	-0.72
14 มิ.ย. 56	10	6,144.15	117.73	6,094.87	188.03	8.13	-29.87
15 มิ.ย. 56	11	6,579.80	153.05	6,482.01	213.08	8.13	-0.25
16 มิ.ย. 56	12	6,150.55	52.98	6,063.48	136.78	8.13	-5.10
17 มิ.ย. 56	13	6,112.11	70.64	6,054.74	201.28	8.13	-86.50
18 มิ.ย. 56	14	6,112.11	47.09	5,783.15	224.60	8.13	56.82
19 มิ.ย. 56	15	6,144.15	5.89	6,074.70	154.92	8.13	-30.89
20 มิ.ย. 56	16	6,099.30	5.89	5,873.74	165.57	8.13	26.86
21 มิ.ย. 56	17	6,060.86	0.00	5,906.53	145.99	8.13	27.07
22 มิ.ย. 56	18	6,336.35	76.52	6,271.62	134.47	8.13	25.71
23 มิ.ย. 56	19	6,176.18	47.09	6,111.69	132.17	8.13	-3.01
24 มิ.ย. 56	20	6,105.71	11.77	5,974.61	131.88	8.13	-0.15
25 มิ.ย. 56	21	5,964.76	11.77	5,843.24	128.43	8.13	-3.41
26 มิ.ย. 56	22	6,022.42	11.77	5,958.85	97.33	8.13	-33.52
27 มิ.ย. 56	23	6,246.65	0.00	6,032.09	174.21	8.13	-1.30
28 มิ.ย. 56	24	7,252.50	694.61	7,751.00	161.44	8.13	25.24
29 มิ.ย. 56	25	6,643.87	170.71	6,628.50	234.10	8.13	-30.91
30 มิ.ย. 56	26	6,695.12	5.89	6,465.83	170.75	8.13	25.38
1 ก.ค. 56	27	6,490.11	164.82	6,511.52	163.84	8.13	-3.18
2 ก.ค. 56	28	6,324.59	0.00	6,105.98	211.93	8.13	-4.63
3 ก.ค. 56	29	6,483.70	0.00	6,260.20	214.24	8.13	-3.50
4 ก.ค. 56	30	6,304.31	0.00	6,173.34	148.29	8.13	-28.95

ตารางผนวกที่ ข2 (ต่อ)

ว ด ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
5 ก.ค. 56	31	6,387.60	0.00	6,264.81	145.99	8.13	-60.28
6 ก.ค. 56	32	6,637.46	0.00	6,463.55	109.71	8.13	-4.21
7 ก.ค. 56	33	6,650.28	52.98	6,528.36	163.56	8.13	-1.00
8 ก.ค. 56	34	6,394.01	11.77	6,230.24	170.47	8.13	-4.06
9 ก.ค. 56	35	6,406.82	17.66	6,220.22	107.41	8.13	84.67
10 ก.ค. 56	36	6,522.14	329.64	6,797.12	136.20	8.13	-4.99
11 ก.ค. 56	37	6,438.85	82.41	6,412.48	156.07	8.13	-60.40
12 ก.ค. 56	38	6,400.41	0.00	6,162.88	141.96	8.13	27.04
13 ก.ค. 56	39	6,586.21	0.00	6,441.08	197.25	8.13	-33.21
14 ก.ค. 56	40	6,599.02	0.00	6,345.99	186.88	8.13	24.81
15 ก.ค. 56	41	6,451.67	147.16	6,461.08	156.65	8.13	-2.22
16 ก.ค. 56	42	6,419.63	5.89	6,312.36	132.17	8.13	-29.36
17 ก.ค. 56	43	6,387.60	0.00	6,169.33	181.70	8.13	-0.91
18 ก.ค. 56	44	6,720.75	829.99	7,422.71	150.26	8.13	-31.27
19 ก.ค. 56	45	6,406.82	0.00	6,225.92	144.84	8.13	-3.34
20 ก.ค. 56	46	6,611.83	17.66	6,424.46	138.22	8.13	55.34
21 ก.ค. 56	47	6,599.02	0.00	6,443.57	148.01	8.13	54.66
22 ก.ค. 56	48	6,432.45	76.52	6,450.62	165.86	8.13	-60.98
23 ก.ค. 56	49	6,438.85	70.64	6,336.20	133.32	8.13	-29.14
24 ก.ค. 56	50	6,413.23	5.89	6,282.09	132.17	8.13	-32.41
25 ก.ค. 56	51	4,843.59	0.00	4,687.80	116.33	8.13	-1.08
26 ก.ค. 56	52	4,536.07	129.50	4,446.90	156.07	8.13	53.39
27 ก.ค. 56	53	4,638.57	0.00	4,572.46	116.04	8.13	-4.67
28 ก.ค. 56	54	4,696.23	155.99	4,774.21	126.70	8.13	-61.49
29 ก.ค. 56	55	4,587.32	317.87	4,705.86	188.03	8.13	-58.32
30 ก.ค. 56	56	4,548.88	147.16	4,375.29	114.32	8.13	139.99
31 ก.ค. 56	57	4,516.85	35.32	4,640.28	131.02	8.13	-87.27
1 ส.ค. 56	58	6,195.40	0.00	5,923.48	179.39	8.13	-2.88
2 ส.ค. 56	59	6,342.75	382.62	6,588.85	129.29	8.13	-3.77
3 ส.ค. 56	60	6,381.19	0.00	6,134.54	150.31	8.13	84.45

ตารางผนวกที่ ข2 (ต่อ)

ว ด ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
4 ส.ค. 56	61	6,419.63	135.39	6,549.96	171.33	8.13	-89.95
5 ส.ค. 56	62	6,188.99	0.00	5,919.16	173.63	8.13	-1.89
6 ส.ค. 56	63	6,182.59	5.89	5,983.97	198.69	8.13	-4.20
7 ส.ค. 56	64	6,566.99	1,006.59	7,445.15	176.66	8.13	-60.56
8 ส.ค. 56	65	6,188.99	0.00	5,833.29	175.36	8.13	111.66
9 ส.ค. 56	66	6,201.81	11.77	6,162.88	158.09	8.13	-3.86
10 ส.ค. 56	67	6,381.19	0.00	6,189.04	182.85	8.13	-2.68
11 ส.ค. 56	68	6,381.19	0.00	6,251.84	179.97	8.13	-61.43
12 ส.ค. 56	69	6,188.99	11.77	5,949.40	186.02	8.13	-4.21
13 ส.ค. 56	70	6,195.40	5.89	6,031.50	160.39	8.13	-2.94
14 ส.ค. 56	71	6,374.79	11.77	6,182.71	195.52	8.13	-2.74
15 ส.ค. 56	72	6,432.45	5.89	6,359.86	69.40	8.13	-1.79
16 ส.ค. 56	73	6,394.01	0.00	6,200.00	187.46	8.13	-3.37
17 ส.ค. 56	74	6,592.61	0.00	6,403.06	181.41	8.13	-3.36
18 ส.ค. 56	75	6,605.43	5.89	6,403.54	139.08	8.13	57.21
19 ส.ค. 56	76	6,374.79	0.00	6,251.84	230.07	8.13	-58.05
20 ส.ค. 56	77	6,387.60	0.00	6,135.19	186.88	8.13	-0.64
21 ส.ค. 56	78	6,522.14	253.12	6,666.62	101.07	8.13	-1.20
22 ส.ค. 56	79	6,426.04	29.43	6,290.73	157.46	8.13	-2.05
23 ส.ค. 56	80	6,445.26	76.52	6,407.38	104.81	8.13	-0.59
24 ส.ค. 56	81	6,631.05	47.09	6,482.01	130.44	8.13	56.97
25 ส.ค. 56	82	6,599.02	0.00	6,515.40	191.49	8.13	-59.02
26 ส.ค. 56	83	6,374.79	0.00	6,113.59	196.09	8.13	-2.04
27 ส.ค. 56	84	6,387.60	0.00	6,216.47	222.01	8.13	-61.06
28 ส.ค. 56	85	6,381.19	0.00	6,119.02	195.52	8.13	-2.53
29 ส.ค. 56	86	6,368.38	0.00	6,057.42	246.77	8.13	53.53
30 ส.ค. 56	87	6,400.41	0.00	6,215.20	176.51	8.13	54.11
31 ส.ค. 56	88	6,592.61	0.00	6,519.72	177.95	8.13	-59.08
1 ก.ย. 56	89	6,579.80	0.00	6,325.29	190.62	8.13	-3.32
2 ก.ย. 56	90	6,374.79	0.00	6,169.75	195.52	8.13	-1.94

ตารางผนวกที่ ข2 (ต่อ)

ว ด ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
3 ก.ย. 56	91	6,381.19	0.00	6,174.07	199.55	8.13	-2.50
4 ก.ย. 56	92	6,374.79	0.00	6,165.43	200.41	8.13	-1.69
5 ก.ย. 56	93	6,458.07	100.07	6,411.70	138.50	8.13	-1.88
6 ก.ย. 56	94	6,893.73	1,324.46	8,044.87	163.84	8.13	-0.54
7 ก.ย. 56	95	6,643.87	88.30	6,601.81	122.67	8.13	-0.98
8 ก.ย. 56	96	6,605.43	0.00	6,441.95	156.36	8.13	-1.99
9 ก.ย. 56	97	6,381.19	0.00	6,208.64	165.57	8.13	-3.13
10 ก.ย. 56	98	6,650.28	635.74	7,120.28	155.49	8.13	-1.01
11 ก.ย. 56	99	6,387.60	0.00	6,161.11	219.42	8.13	-2.07
12 ก.ย. 56	100	6,522.14	253.12	6,627.73	137.35	8.13	-0.03
13 ก.ย. 56	101	6,464.48	141.28	6,467.87	131.59	8.13	-1.87
14 ก.ย. 56	102	6,599.02	5.89	6,437.63	157.51	8.13	-0.23
15 ก.ย. 56	103	6,714.34	317.87	6,856.72	171.33	8.13	-4.19
16 ก.ย. 56	104	6,419.63	29.43	6,295.05	143.98	8.13	-2.28
17 ก.ย. 56	105	6,406.82	5.89	6,313.93	148.87	8.13	-60.51
18 ก.ย. 56	106	6,464.48	129.50	6,333.93	136.78	8.13	54.63
19 ก.ย. 56	107	6,509.33	217.80	6,701.18	75.73	8.13	-3.28
20 ก.ย. 56	108	6,470.89	111.84	6,480.83	92.14	8.13	-1.66
21 ก.ย. 56	109	6,586.21	0.00	6,411.70	167.01	8.13	-2.29
22 ก.ย. 56	110	6,746.38	388.51	6,977.70	149.73	8.13	-2.97
23 ก.ย. 56	111	6,438.85	29.43	6,385.78	74.58	8.13	-3.17
24 ก.ย. 56	112	6,566.99	432.66	6,891.72	155.21	8.13	-58.59
25 ก.ย. 56	113	6,438.85	58.86	6,256.16	119.79	8.13	55.05
26 ก.ย. 56	114	6,438.85	88.30	6,411.70	162.40	8.13	-0.04
27 ก.ย. 56	115	6,406.82	11.77	6,327.86	141.38	8.13	-58.81
28 ก.ย. 56	116	6,605.43	0.00	6,364.18	118.92	8.13	55.38
29 ก.ย. 56	117	6,778.41	506.24	7,111.63	224.31	8.13	-4.05
30 ก.ย. 56	118	6,426.04	58.86	6,303.69	169.60	8.13	-0.56
1 ต.ค. 56	119	6,406.82	11.77	6,303.78	136.49	8.13	-30.37
2 ต.ค. 56	120	6,464.48	158.94	6,379.11	150.31	8.13	55.50

ตารางผนวกที่ ข2 (ต่อ)

ว ด ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
3 ต.ค. 56	121	7,041.08	1,677.65	8,645.43	152.13	8.13	-31.46
4 ต.ค. 56	122	6,932.17	1,400.98	8,148.57	146.31	8.13	-1.32
5 ต.ค. 56	123	6,887.32	741.70	7,470.24	149.59	8.13	-0.25
6 ต.ค. 56	124	6,977.02	971.27	7,817.47	151.96	8.13	-29.52
7 ต.ค. 56	125	6,720.75	771.13	7,296.04	159.81	8.13	-1.63
8 ต.ค. 56	126	7,053.90	1,295.03	8,191.02	148.21	8.13	-0.06
9 ต.ค. 56	127	6,438.85	5.89	6,311.56	128.71	8.13	-3.73
10 ต.ค. 56	128	6,394.01	0.00	6,161.11	194.08	8.13	26.96
11 ต.ค. 56	129	6,419.63	0.00	6,333.93	105.10	8.13	-0.57
12 ต.ค. 56	130	6,611.83	0.00	6,459.23	145.42	8.13	-1.51
13 ต.ค. 56	131	6,592.61	0.00	6,403.06	182.85	8.13	-2.94
14 ต.ค. 56	132	6,413.23	0.00	6,243.20	162.12	8.13	-3.16
15 ต.ค. 56	133	6,829.66	1,089.00	7,711.45	142.92	8.13	53.00
16 ต.ค. 56	134	6,611.83	529.78	7,102.99	142.92	8.13	-59.42
17 ต.ค. 56	135	6,547.77	300.21	6,597.11	129.29	8.13	54.03
18 ต.ค. 56	136	6,426.04	5.89	6,390.10	146.57	8.13	-58.84
19 ต.ค. 56	137	6,611.83	5.89	6,463.55	91.28	8.13	-4.08
20 ต.ค. 56	138	6,887.32	706.38	7,387.09	137.21	8.13	57.20
21 ต.ค. 56	139	6,413.23	11.77	6,407.38	128.14	8.13	-61.45
22 ต.ค. 56	140	6,419.63	0.00	6,182.71	168.16	8.13	-0.83
23 ต.ค. 56	141	6,477.29	164.82	6,476.51	159.81	8.13	-3.17
24 ต.ค. 56	142	6,413.23	11.77	6,264.81	149.45	8.13	-0.55
25 ต.ค. 56	143	7,457.52	2,766.65	10,002.91	156.55	8.13	56.03
26 ต.ค. 56	144	6,611.83	5.89	6,466.32	204.16	8.13	-4.85
27 ต.ค. 56	145	6,599.02	0.00	6,434.93	155.49	8.13	-4.38
28 ต.ค. 56	146	6,400.41	0.00	6,288.44	102.22	8.13	-2.75
29 ต.ค. 56	147	6,413.23	0.00	6,342.58	121.23	8.13	-61.46
30 ต.ค. 56	148	6,413.23	0.00	6,304.06	128.71	8.13	-89.14
31 ต.ค. 56	149	6,406.82	0.00	6,079.02	147.43	8.13	83.10
1 พ.ย. 56	150	6,400.41	0.00	6,325.29	151.17	8.13	-1.08

ตารางผนวกที่ ข2 (ต่อ)

ว ด ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
2 พ.ย. 56	151	6,586.21	0.00	6,390.10	190.62	8.13	-3.73
3 พ.ย. 56	152	6,547.77	0.00	6,269.13	267.22	8.13	-0.44
4 พ.ย. 56	153	6,342.75	0.00	6,061.74	273.55	8.13	-1.10
5 พ.ย. 56	154	6,400.41	0.00	6,217.28	175.65	8.13	-1.75
6 พ.ย. 56	155	6,400.41	0.00	6,256.16	137.06	8.13	-2.69
7 พ.ย. 56	156	6,919.36	1,377.44	8,135.61	151.85	8.13	-1.48
8 พ.ย. 56	157	7,662.81	3,461.26	10,965.57	151.85	8.13	-2.96
9 พ.ย. 56	158	6,714.34	17.66	6,614.77	107.98	8.13	-1.84
10 พ.ย. 56	159	6,566.99	0.00	6,446.27	111.72	8.13	-0.97
11 พ.ย. 56	160	6,413.23	0.00	6,299.37	105.10	8.13	-0.35
12 พ.ย. 56	161	6,419.63	0.00	6,282.09	130.44	8.13	-1.37
13 พ.ย. 56	162	6,419.63	0.00	6,308.01	104.53	8.13	-2.40
14 พ.ย. 56	163	6,445.26	100.07	6,390.10	148.01	8.13	-3.31
15 พ.ย. 56	164	6,413.23	0.00	6,290.73	115.04	8.13	-3.98
16 พ.ย. 56	165	6,663.09	94.18	6,619.09	126.99	8.13	-0.91
17 พ.ย. 56	166	6,611.83	5.89	6,519.72	92.72	8.13	-3.76
18 พ.ย. 56	167	6,419.63	0.00	6,320.97	87.54	8.13	-0.76
19 พ.ย. 56	168	6,419.63	0.00	6,312.33	98.48	8.13	-0.07
20 พ.ย. 56	169	6,406.82	0.00	6,269.13	132.17	8.13	-2.68
21 พ.ย. 56	170	6,400.41	0.00	6,247.52	143.11	8.13	-1.03
22 พ.ย. 56	171	6,419.63	11.77	6,316.65	106.54	8.13	-0.94
23 พ.ย. 56	172	7,067.03	1,336.23	8,265.22	131.59	8.13	-2.62
24 พ.ย. 56	173	6,759.19	147.16	6,701.18	196.38	8.13	-1.97
25 พ.ย. 56	174	6,361.97	0.00	6,256.16	98.19	8.13	-2.48
26 พ.ย. 56	175	6,445.26	117.73	6,441.95	113.16	8.13	-2.73
27 พ.ย. 56	176	6,419.63	0.00	6,312.33	99.63	8.13	-3.19

ตารางผนวกที่ ข3 สมดุลน้ำในบ่อฝั่ง 2 (บ่อ 3)

ว ด ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
5 มิ.ย. 56	1	5,740.68	601.60	6,178.88	160.70	4.42	-1.72
6 มิ.ย. 56	2	6,231.15	0.00	5,997.72	228.52	4.42	-1.23
7 มิ.ย. 56	3	5,901.56	102.55	5,822.14	179.02	4.42	-2.70
8 มิ.ย. 56	4	6,169.07	0.00	5,671.14	236.23	4.42	254.58
9 มิ.ย. 56	5	6,077.68	0.00	6,148.16	280.59	4.42	-100.91
10 มิ.ย. 56	6	5,953.87	6.84	5,631.06	196.38	4.42	27.95
11 มิ.ย. 56	7	7,345.71	1,251.05	8,418.96	204.68	4.42	-3.35
12 มิ.ย. 56	8	6,334.72	293.96	6,454.87	167.45	4.42	-1.41
13 มิ.ย. 56	9	5,997.72	47.85	5,882.22	162.31	4.42	-4.79
14 มิ.ย. 56	10	6,095.13	136.73	6,037.94	185.13	4.42	-0.43
15 มิ.ย. 56	11	6,482.27	177.75	6,488.71	201.14	4.42	-34.68
16 มิ.ย. 56	12	6,063.74	61.53	5,862.84	227.23	4.42	-3.92
17 มิ.ย. 56	13	6,055.00	82.04	5,842.04	255.84	4.42	30.83
18 มิ.ย. 56	14	5,783.41	54.69	5,850.01	208.91	4.42	-194.41
19 มิ.ย. 56	15	6,074.96	6.84	5,688.36	195.09	4.42	-0.48
20 มิ.ย. 56	16	5,874.00	6.84	5,705.08	172.27	4.42	-1.42
21 มิ.ย. 56	17	5,906.79	0.00	5,727.38	176.13	4.42	-2.56
22 มิ.ย. 56	18	6,271.88	88.87	6,240.19	113.78	4.42	-0.19
23 มิ.ย. 56	19	6,111.95	54.69	6,006.08	156.20	4.42	-0.25
24 มิ.ย. 56	20	5,974.87	13.67	5,830.50	154.92	4.42	-1.55
25 มิ.ย. 56	21	5,843.50	13.67	5,713.44	139.81	4.42	-2.05
26 มิ.ย. 56	22	5,959.11	13.67	5,905.75	63.00	4.42	-2.44
27 มิ.ย. 56	23	6,032.35	0.00	5,747.99	182.24	4.42	95.27
28 มิ.ย. 56	24	7,751.26	806.69	8,477.14	172.70	4.42	-1.05
29 มิ.ย. 56	25	6,628.76	198.25	6,601.65	255.19	4.42	-35.30
30 มิ.ย. 56	26	6,466.09	6.84	6,318.23	179.66	4.42	-64.69
1 ก.ค. 56	27	6,511.78	191.42	6,418.56	216.30	4.42	-0.78
2 ก.ค. 56	28	6,106.24	0.00	5,791.95	248.12	4.42	60.97
3 ก.ค. 56	29	6,260.46	0.00	5,998.46	256.48	4.42	62.07
4 ก.ค. 56	30	6,173.60	0.00	6,187.24	173.56	4.42	-129.55

ตารางผนวกที่ ข3 (ต่อ)

ว ด ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
5 ก.ค. 56	31	6,265.07	0.00	5,911.32	221.77	4.42	-1.99
6 ก.ค. 56	32	6,463.81	0.00	6,323.80	134.67	4.42	-1.07
7 ก.ค. 56	33	6,528.62	61.53	6,393.48	192.20	4.42	-1.03
8 ก.ค. 56	34	6,230.50	13.67	6,047.89	193.16	4.42	-2.33
9 ก.ค. 56	35	6,220.48	20.51	6,100.84	135.95	4.42	-2.55
10 ก.ค. 56	36	6,797.38	382.84	6,980.66	131.13	4.42	61.45
11 ก.ค. 56	37	6,412.74	95.71	6,468.73	161.34	4.42	-64.60
12 ก.ค. 56	38	6,163.14	0.00	5,947.55	147.52	4.42	-0.96
13 ก.ค. 56	39	6,441.34	0.00	6,206.75	231.41	4.42	-2.20
14 ก.ค. 56	40	6,346.25	0.00	6,145.43	196.38	4.42	-2.18
15 ก.ค. 56	41	6,461.34	170.91	6,457.58	168.09	4.42	-0.02
16 ก.ค. 56	42	6,312.62	6.84	6,153.80	162.95	4.42	-1.74
17 ก.ค. 56	43	6,169.59	0.00	5,969.85	194.45	4.42	-0.87
18 ก.ค. 56	44	7,422.97	963.93	8,219.00	163.43	4.42	-0.81
19 ก.ค. 56	45	6,226.18	0.00	6,064.61	158.45	4.42	-2.12
20 ก.ค. 56	46	6,424.72	20.51	6,229.53	144.95	4.42	64.21
21 ก.ค. 56	47	6,443.83	0.00	6,418.56	151.70	4.42	-66.65
22 ก.ค. 56	48	6,450.88	88.87	6,236.42	170.99	4.42	61.27
23 ก.ค. 56	49	6,336.46	82.04	6,393.48	146.88	4.42	-65.02
24 ก.ค. 56	50	6,282.35	6.84	6,089.69	131.45	4.42	-1.40
25 ก.ค. 56	51	4,688.06	0.00	4,554.03	130.17	4.42	-1.96
26 ก.ค. 56	52	4,447.16	150.40	4,409.11	183.84	4.42	-1.76
27 ก.ค. 56	53	4,572.72	0.00	4,442.55	124.70	4.42	-0.72
28 ก.ค. 56	54	4,774.47	181.16	4,904.58	143.99	4.42	-98.07
29 ก.ค. 56	55	4,706.12	369.16	4,755.77	186.09	4.42	30.93
30 ก.ค. 56	56	4,375.55	170.91	4,397.96	110.88	4.42	64.13
31 ก.ค. 56	57	4,640.54	41.02	4,763.77	74.89	4.42	-97.39
1 ส.ค. 56	58	5,923.74	0.00	5,546.22	181.59	4.42	94.11
2 ส.ค. 56	59	6,589.11	444.36	6,892.36	231.41	4.42	-0.61
3 ส.ค. 56	60	6,134.80	0.00	5,930.83	200.88	4.42	-1.94

ตารางผนวกที่ ข3 (ต่อ)

ว ด ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
4 ส.ค. 56	61	6,550.22	157.24	6,502.18	199.91	4.42	-0.99
5 ส.ค. 56	62	5,919.42	0.00	5,738.53	177.09	4.42	-1.61
6 ส.ค. 56	63	5,984.23	6.84	5,785.91	200.23	4.42	-1.10
7 ส.ค. 56	64	7,445.41	1,169.02	8,408.51	200.56	4.42	-0.16
8 ส.ค. 56	65	5,833.55	0.00	5,635.40	195.09	4.42	-1.53
9 ส.ค. 56	66	6,163.14	13.67	5,964.28	207.63	4.42	-1.04
10 ส.ค. 56	67	6,189.30	0.00	5,961.49	223.38	4.42	-1.03
11 ส.ค. 56	68	6,252.10	0.00	6,064.61	184.49	4.42	-2.44
12 ส.ค. 56	69	5,949.66	13.67	5,752.46	206.02	4.42	-2.00
13 ส.ค. 56	70	6,031.76	6.84	5,850.01	184.81	4.42	-2.65
14 ส.ค. 56	71	6,182.97	13.67	5,958.70	232.70	4.42	-1.82
15 ส.ค. 56	72	6,360.12	6.84	6,229.05	131.78	4.42	-0.10
16 ส.ค. 56	73	6,200.26	0.00	5,992.15	205.06	4.42	-1.47
17 ส.ค. 56	74	6,403.32	0.00	6,215.11	182.56	4.42	-0.23
18 ส.ค. 56	75	6,403.80	6.84	6,240.19	168.09	4.42	-2.31
19 ส.ค. 56	76	6,252.10	0.00	5,983.79	264.19	4.42	-2.61
20 ส.ค. 56	77	6,135.45	0.00	5,939.19	189.63	4.42	-0.40
21 ส.ค. 56	78	6,666.88	293.96	6,817.11	140.13	4.42	-1.22
22 ส.ค. 56	79	6,290.99	34.18	6,167.73	153.31	4.42	-1.51
23 ส.ค. 56	80	6,407.64	88.87	6,368.40	122.45	4.42	-0.27
24 ส.ค. 56	81	6,482.27	54.69	6,415.78	119.24	4.42	-2.74
25 ส.ค. 56	82	6,515.66	0.00	6,321.02	188.02	4.42	-0.55
26 ส.ค. 56	83	6,113.85	0.00	5,914.11	196.06	4.42	-1.29
27 ส.ค. 56	84	6,216.73	0.00	6,057.68	219.52	4.42	-66.17
28 ส.ค. 56	85	6,119.28	0.00	5,822.80	226.91	4.42	-1.02
29 ส.ค. 56	86	6,057.68	0.00	5,778.06	274.48	4.42	-0.30
30 ส.ค. 56	87	6,215.46	0.00	6,015.18	196.70	4.42	-1.14
31 ส.ค. 56	88	6,519.98	0.00	6,254.13	197.34	4.42	62.95
1 ก.ย. 56	89	6,325.55	0.00	6,164.94	219.84	4.42	-0.70
2 ก.ย. 56	90	6,170.01	0.00	6,012.94	217.91	4.42	-65.96

ตารางผนวกที่ ข3 (ต่อ)

ว ด ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
3 ก.ย. 56	91	6,174.33	0.00	5,878.72	226.59	4.42	-1.35
4 ก.ย. 56	92	6,165.69	0.00	5,950.30	210.52	4.42	-0.90
5 ก.ย. 56	93	6,411.96	116.22	6,323.80	134.99	4.42	64.07
6 ก.ย. 56	94	8,045.13	1,538.18	9,459.23	184.65	4.42	-0.92
7 ก.ย. 56	95	6,602.07	102.55	6,532.83	169.06	4.42	-2.61
8 ก.ย. 56	96	6,442.21	0.00	6,254.13	181.59	4.42	-0.55
9 ก.ย. 56	97	6,208.90	0.00	6,020.02	185.13	4.42	-1.22
10 ก.ย. 56	98	7,120.54	738.33	7,692.24	163.22	4.42	-2.24
11 ก.ย. 56	99	6,161.37	0.00	5,939.19	216.95	4.42	-1.43
12 ก.ย. 56	100	6,627.99	293.96	6,800.39	117.31	4.42	-1.59
13 ก.ย. 56	101	6,468.13	164.07	6,518.90	109.28	4.42	-1.98
14 ก.ย. 56	102	6,437.89	6.84	6,262.49	176.45	4.42	-0.62
15 ก.ย. 56	103	6,856.98	369.16	7,034.50	188.34	4.42	-1.74
16 ก.ย. 56	104	6,295.31	34.18	6,187.24	138.85	4.42	-2.75
17 ก.ย. 56	105	6,314.19	6.84	6,131.50	183.52	4.42	-1.17
18 ก.ย. 56	106	6,334.19	150.40	6,482.49	158.13	4.42	-161.61
19 ก.ย. 56	107	6,701.44	252.95	6,535.62	92.24	4.42	160.50
20 ก.ย. 56	108	6,481.09	129.89	6,647.10	121.81	4.42	-1.85
21 ก.ย. 56	109	6,411.96	0.00	6,251.34	155.88	4.42	-1.53
22 ก.ย. 56	110	6,977.96	451.20	7,232.38	193.16	4.42	-2.34
23 ก.ย. 56	111	6,386.04	34.18	6,312.66	103.17	4.42	-2.37
24 ก.ย. 56	112	6,891.98	502.47	7,221.23	168.09	4.42	-1.66
25 ก.ย. 56	113	6,256.42	68.36	6,261.24	123.42	4.42	-65.95
26 ก.ย. 56	114	6,411.96	102.55	6,292.56	151.70	4.42	-0.12
27 ก.ย. 56	115	6,328.12	13.67	6,117.56	156.84	4.42	62.84
28 ก.ย. 56	116	6,364.44	0.00	6,270.85	154.27	4.42	-2.27
29 ก.ย. 56	117	7,111.89	587.93	7,519.45	174.20	4.42	-0.51
30 ก.ย. 56	118	6,303.95	68.36	6,217.90	151.06	4.42	-1.58
1 ต.ก. 56	119	6,304.04	13.67	6,128.71	183.52	4.42	-0.52
2 ต.ก. 56	120	6,379.37	184.58	6,368.40	192.52	4.42	-1.91

ตารางผนวกที่ ข3 (ต่อ)

ว ด ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
3 ต.ค. 56	121	8,645.69	1,948.36	10,540.89	175.70	4.42	-128.87
4 ต.ค. 56	122	8,148.83	1,627.05	9,268.50	183.91	4.42	190.18
5 ต.ค. 56	123	7,470.50	861.38	7,950.38	184.05	4.42	383.22
6 ต.ค. 56	124	7,817.73	1,128.00	9,601.37	175.45	4.42	-452.29
7 ต.ค. 56	125	7,296.30	895.56	7,577.98	158.13	4.42	-0.95
8 ต.ค. 56	126	8,191.28	1,504.00	9,537.27	154.09	4.42	-1.45
9 ต.ค. 56	127	6,311.82	6.84	6,206.75	107.03	4.42	-0.98
10 ต.ค. 56	128	6,161.37	0.00	5,964.28	193.48	4.42	-1.79
11 ต.ค. 56	129	6,334.19	0.00	6,223.47	106.38	4.42	-1.88
12 ต.ค. 56	130	6,459.49	0.00	6,312.66	142.70	4.42	-2.17
13 ต.ค. 56	131	6,403.32	0.00	6,198.39	198.95	4.42	-0.60
14 ต.ค. 56	132	6,243.46	0.00	6,067.40	171.31	4.42	-0.26
15 ต.ค. 56	133	7,711.71	1,264.73	8,809.85	163.27	4.42	-1.37
16 ต.ค. 56	134	7,103.25	615.27	7,550.10	163.27	4.42	-0.64
17 ต.ค. 56	135	6,597.37	348.65	6,775.31	167.77	4.42	-2.12
18 ต.ค. 56	136	6,390.36	6.84	6,203.96	187.38	4.42	-0.68
19 ต.ค. 56	137	6,463.81	6.84	6,354.46	111.53	4.42	-0.44
20 ต.ค. 56	138	7,387.35	820.36	8,051.77	151.38	4.42	-0.31
21 ต.ค. 56	139	6,407.64	13.67	6,287.57	131.78	4.42	-2.76
22 ต.ค. 56	140	6,182.97	0.00	5,994.93	183.52	4.42	-2.66
23 ต.ค. 56	141	6,476.77	191.42	6,535.62	126.31	4.42	-0.82
24 ต.ค. 56	142	6,265.07	13.67	6,145.43	130.17	4.42	-2.11
25 ต.ค. 56	143	10,003.17	3,213.09	13,062.88	148.86	4.42	-2.01
26 ต.ค. 56	144	6,466.58	6.84	6,307.08	160.06	4.42	-0.16
27 ต.ค. 56	145	6,435.19	0.00	6,270.85	161.34	4.42	-1.59
28 ต.ค. 56	146	6,288.70	0.00	6,151.01	131.78	4.42	-0.10
29 ต.ค. 56	147	6,342.84	0.00	6,192.81	147.52	4.42	-2.02
30 ต.ค. 56	148	6,304.32	0.00	6,145.43	152.99	4.42	-0.54
31 ต.ค. 56	149	6,079.28	0.00	5,894.60	179.99	4.42	-0.26
1 พ.ย. 56	150	6,325.55	0.00	6,145.43	175.49	4.42	-0.05

ตารางผนวกที่ ข3 (ต่อ)

ว ด ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
2 พ.ย. 56	151	6,390.36	0.00	6,170.52	217.27	4.42	-1.90
3 พ.ย. 56	152	6,269.39	0.00	5,978.21	285.41	4.42	-0.55
4 พ.ย. 56	153	6,062.00	0.00	5,763.61	294.08	4.42	-0.66
5 พ.ย. 56	154	6,217.54	0.00	6,017.23	195.73	4.42	-0.51
6 พ.ย. 56	155	6,256.42	0.00	6,139.86	114.42	4.42	-2.78
7 พ.ย. 56	156	8,135.87	1,599.71	9,565.14	163.49	4.42	-0.26
8 พ.ย. 56	157	10,965.83	4,019.78	13,534.08	163.49	4.42	1283.37
9 พ.ย. 56	158	6,615.03	20.51	9,113.64	89.03	4.42	-1288.18
10 พ.ย. 56	159	6,446.53	0.00	5,019.47	137.24	4.42	-2.77
11 พ.ย. 56	160	6,299.63	0.00	6,142.65	150.42	4.42	-0.63
12 พ.ย. 56	161	6,282.35	0.00	6,142.65	137.24	4.42	-2.59
13 พ.ย. 56	162	6,308.27	0.00	6,120.35	182.24	4.42	-1.32
14 พ.ย. 56	163	6,390.36	116.22	6,496.24	165.52	4.42	-160.93
15 พ.ย. 56	164	6,290.99	0.00	5,822.14	143.40	4.42	160.11
16 พ.ย. 56	165	6,619.35	109.38	6,722.35	164.24	4.42	-2.17
17 พ.ย. 56	166	6,519.98	6.84	6,438.07	82.60	4.42	-0.45
18 พ.ย. 56	167	6,321.23	0.00	6,190.03	128.56	4.42	-2.23
19 พ.ย. 56	168	6,312.59	0.00	6,195.60	111.21	4.42	-0.86
20 พ.ย. 56	169	6,269.39	0.00	6,098.05	167.13	4.42	-1.08
21 พ.ย. 56	170	6,247.78	0.00	6,089.69	154.27	4.42	-1.68
22 พ.ย. 56	171	6,316.91	13.67	6,198.39	126.31	4.42	-0.22
23 พ.ย. 56	172	8,265.48	1,551.85	9,665.47	147.90	4.42	-0.67
24 พ.ย. 56	173	6,701.44	170.91	6,507.11	199.91	4.42	160.23
25 พ.ย. 56	174	6,256.42	0.00	6,465.94	109.28	4.42	-162.99
26 พ.ย. 56	175	6,442.21	136.73	6,282.00	130.49	4.42	-0.96
27 พ.ย. 56	176	6,312.59	0.00	6,170.52	136.92	4.42	-0.23

ตารางผนวกที่ ๔ สมดุลน้ำในบ่อฝิ่ง 3 (บ่อ 4)

ว ค ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
5 มิ.ย. 56	1	6,178.91	632.85	6,610.45	202.12	2.48	-3.28
6 มิ.ย. 56	2	5,997.75	0.00	5,624.06	199.74	2.48	168.19
7 มิ.ย. 56	3	5,822.17	107.87	5,884.17	216.77	2.48	-5.19
8 มิ.ย. 56	4	5,671.17	0.00	5,450.66	216.02	2.48	-3.17
9 มิ.ย. 56	5	6,148.19	0.00	5,886.62	259.09	2.48	-3.17
10 มิ.ย. 56	6	5,631.09	7.19	5,428.61	206.86	2.48	-2.84
11 มิ.ย. 56	7	8,418.99	1,316.05	9,520.21	212.46	2.48	-2.95
12 มิ.ย. 56	8	6,454.90	309.24	5,306.66	266.55	2.48	1185.50
13 มิ.ย. 56	9	5,882.25	50.34	8,130.46	173.29	2.48	-1188.13
14 มิ.ย. 56	10	6,037.97	143.83	4,771.94	152.94	2.48	66.31
15 มิ.ย. 56	11	6,488.74	186.98	6,621.13	188.89	2.48	-70.48
16 มิ.ย. 56	12	5,862.87	64.72	5,652.88	202.79	2.48	-1.03
17 มิ.ย. 56	13	5,842.07	86.30	5,688.47	238.74	2.48	-2.36
18 มิ.ย. 56	14	5,850.04	57.53	5,669.13	235.01	2.48	-1.41
19 มิ.ย. 56	15	5,688.39	7.19	5,499.91	191.94	2.48	-0.17
20 มิ.ย. 56	16	5,705.11	7.19	5,524.69	186.86	2.48	-1.89
21 มิ.ย. 56	17	5,727.41	0.00	5,537.82	186.18	2.48	-0.96
22 มิ.ย. 56	18	6,240.22	93.49	6,225.99	107.16	2.48	-2.88
23 มิ.ย. 56	19	6,006.11	57.53	5,930.54	127.85	2.48	-0.10
24 มิ.ย. 56	20	5,830.53	14.38	5,702.71	142.43	2.48	-2.82
25 มิ.ย. 56	21	5,713.47	14.38	5,572.33	150.91	2.48	-0.68
26 มิ.ย. 56	22	5,905.78	14.38	5,791.71	126.83	2.48	-1.54
27 มิ.ย. 56	23	5,748.02	0.00	5,724.79	188.89	2.48	-169.68
28 มิ.ย. 56	24	8,477.17	848.60	8,866.71	186.06	2.48	100.84
29 มิ.ย. 56	25	6,601.68	208.55	6,631.91	277.40	2.48	-0.72
30 มิ.ย. 56	26	6,318.26	7.19	6,096.41	159.73	2.48	66.12
1 ก.ค. 56	27	6,418.59	201.36	6,497.46	212.63	2.48	-26.49
2 ก.ค. 56	28	5,791.98	0.00	5,726.69	241.45	2.48	-205.14
3 ก.ค. 56	29	5,998.49	0.00	5,393.01	264.18	2.48	133.68
4 ก.ค. 56	30	6,187.27	0.00	6,225.19	198.39	2.48	-105.11

ตารางผนวกที่ ๔ (ต่อ)

ว ด ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
5 ก.ค. 56	31	5,911.35	0.00	5,606.72	201.44	2.48	-4.39
6 ก.ค. 56	32	6,323.83	0.00	6,173.17	146.84	2.48	-3.05
7 ก.ค. 56	33	6,393.51	64.72	6,265.65	192.28	2.48	-5.23
8 ก.ค. 56	34	6,047.92	14.38	5,870.02	184.82	2.48	-0.25
9 ก.ค. 56	35	6,100.87	21.57	5,867.29	152.60	2.48	99.82
10 ก.ค. 56	36	6,980.69	402.73	7,346.19	137.68	2.48	-3.12
11 ก.ค. 56	37	6,468.76	100.68	6,463.17	172.95	2.48	-72.27
12 ก.ค. 56	38	5,947.58	0.00	5,624.40	148.87	2.48	99.56
13 ก.ค. 56	39	6,206.78	0.00	6,187.88	218.73	2.48	-102.75
14 ก.ค. 56	40	6,145.46	0.00	5,763.23	178.72	2.48	98.29
15 ก.ค. 56	41	6,457.61	179.79	6,578.41	157.35	2.48	-2.55
16 ก.ค. 56	42	6,153.83	7.19	6,012.41	178.04	2.48	-34.47
17 ก.ค. 56	43	5,969.88	0.00	5,738.31	194.66	2.48	-0.03
18 ก.ค. 56	44	8,219.03	1,014.00	9,059.80	170.80	2.48	-0.09
19 ก.ค. 56	45	6,064.64	0.00	5,826.16	168.54	2.48	67.37
20 ก.ค. 56	46	6,229.56	21.57	6,263.60	157.01	2.48	-104.58
21 ก.ค. 56	47	6,418.59	0.00	6,211.76	169.22	2.48	-69.44
22 ก.ค. 56	48	6,236.45	93.49	6,026.65	166.17	2.48	65.20
23 ก.ค. 56	49	6,393.51	86.30	6,456.55	156.00	2.48	-70.01
24 ก.ค. 56	50	6,089.72	7.19	5,781.03	144.80	2.48	98.59
25 ก.ค. 56	51	4,554.06	0.00	4,550.70	135.99	2.48	-36.52
26 ก.ค. 56	52	4,409.14	158.21	4,588.98	177.36	2.48	-237.99
27 ก.ค. 56	53	4,442.58	0.00	4,053.47	148.87	2.48	-0.23
28 ก.ค. 56	54	4,904.61	190.58	4,684.26	205.51	2.48	202.70
29 ก.ค. 56	55	4,755.80	388.34	5,293.34	120.05	2.48	-69.03
30 ก.ค. 56	56	4,397.99	179.79	4,314.55	124.12	2.48	67.59
31 ก.ค. 56	57	4,763.80	43.15	4,770.02	102.41	2.48	-0.37
1 ส.ค. 56	58	5,546.25	0.00	5,370.32	207.88	2.48	-34.81
2 ส.ค. 56	59	6,892.39	467.45	7,151.83	177.87	2.48	-7.15
3 ส.ค. 56	60	5,930.86	0.00	5,681.86	208.56	2.48	30.81

ตารางผนวกที่ ๔ (ต่อ)

ว ค ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
4 ส.ค. 56	61	6,502.21	165.41	6,514.20	218.05	2.48	-36.31
5 ส.ค. 56	62	5,738.56	0.00	5,496.90	206.19	2.48	-3.32
6 ส.ค. 56	63	5,785.94	7.19	5,560.48	231.96	2.48	-5.11
7 ส.ค. 56	64	8,408.54	1,229.75	9,340.68	222.52	2.48	67.50
8 ส.ค. 56	65	5,635.43	0.00	5,549.64	220.77	2.48	-69.96
9 ส.ค. 56	66	5,964.31	14.38	5,689.15	218.05	2.48	-0.95
10 ส.ค. 56	67	5,961.52	0.00	5,722.32	240.10	2.48	-4.33
11 ส.ค. 56	68	6,064.64	0.00	6,019.28	208.22	2.48	-169.67
12 ส.ค. 56	69	5,752.49	14.38	5,289.00	207.88	2.48	97.84
13 ส.ค. 56	70	5,850.04	7.19	5,684.91	200.76	2.48	66.92
14 ส.ค. 56	71	5,958.73	14.38	5,806.37	232.98	2.48	-1.80
15 ส.ค. 56	72	6,229.08	7.19	6,304.45	97.33	2.48	-169.79
16 ส.ค. 56	73	5,992.18	0.00	5,428.61	221.79	2.48	169.51
17 ส.ค. 56	74	6,215.14	0.00	6,182.16	201.44	2.48	-1.43
18 ส.ค. 56	75	6,240.22	7.19	5,992.94	184.14	2.48	66.42
19 ส.ค. 56	76	5,983.82	0.00	5,876.95	240.44	2.48	-69.63
20 ส.ค. 56	77	5,939.22	0.00	5,649.80	220.77	2.48	-3.46
21 ส.ค. 56	78	6,817.14	309.24	6,898.79	224.84	2.48	-3.19
22 ส.ค. 56	79	6,167.76	35.96	5,959.01	138.02	2.48	101.02
23 ส.ค. 56	80	6,368.43	93.49	6,546.33	117.34	2.48	-103.22
24 ส.ค. 56	81	6,415.81	57.53	6,279.39	91.56	2.48	-3.31
25 ส.ค. 56	82	6,321.05	0.00	6,117.37	199.06	2.48	-1.17
26 ส.ค. 56	83	5,914.14	0.00	5,869.62	212.29	2.48	-171.43
27 ส.ค. 56	84	6,057.71	0.00	5,652.88	233.32	2.48	-2.39
28 ส.ค. 56	85	5,822.83	0.00	5,585.67	233.65	2.48	-1.37
29 ส.ค. 56	86	5,778.09	0.00	5,484.67	291.31	2.48	-1.74
30 ส.ค. 56	87	6,015.21	0.00	5,770.53	242.13	2.48	-1.67
31 ส.ค. 56	88	6,254.16	0.00	5,934.10	214.32	2.48	101.59
1 ก.ย. 56	89	6,164.97	0.00	6,026.65	239.42	2.48	-1.99
2 ก.ย. 56	90	6,012.97	0.00	5,889.95	224.16	2.48	-105.60

ตารางผนวกที่ ๔ (ต่อ)

ว ค ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
3 ก.ย. 56	91	5,878.75	0.00	5,537.36	239.08	2.48	-5.77
4 ก.ย. 56	92	5,950.33	0.00	5,699.20	245.52	2.48	-2.64
5 ก.ย. 56	93	6,323.83	122.26	6,181.43	160.40	2.48	99.13
6 ก.ย. 56	94	9,459.26	1,618.09	10,967.58	206.92	2.48	-0.49
7 ก.ย. 56	95	6,532.86	107.87	6,291.34	179.73	2.48	166.69
8 ก.ย. 56	96	6,254.16	0.00	6,389.25	203.47	2.48	-174.36
9 ก.ย. 56	97	6,020.05	0.00	5,631.52	213.31	2.48	-1.62
10 ก.ย. 56	98	7,692.27	776.68	8,283.25	183.92	2.48	-2.30
11 ก.ย. 56	99	5,939.22	0.00	5,496.25	269.60	2.48	168.59
12 ก.ย. 56	100	6,800.42	309.24	7,322.40	124.80	2.48	-171.43
13 ก.ย. 56	101	6,518.93	172.60	6,339.91	112.59	2.48	65.12
14 ก.ย. 56	102	6,262.52	7.19	5,973.61	189.91	2.48	168.83
15 ก.ย. 56	103	7,034.53	388.34	7,590.49	169.90	2.48	-171.17
16 ก.ย. 56	104	6,187.27	35.96	5,778.15	170.92	2.48	100.52
17 ก.ย. 56	105	6,131.53	7.19	6,035.35	201.78	2.48	-0.37
18 ก.ย. 56	106	6,482.52	158.21	6,749.28	160.07	2.48	-271.46
19 ก.ย. 56	107	6,535.65	266.09	6,282.95	76.64	2.48	168.20
20 ก.ย. 56	108	6,647.13	136.64	6,827.59	124.12	2.48	-2.21
21 ก.ย. 56	109	6,251.37	0.00	6,056.38	190.59	2.48	-0.29
22 ก.ย. 56	110	7,232.41	474.64	7,575.14	131.24	2.48	-2.10
23 ก.ย. 56	111	6,312.69	35.96	6,260.30	85.12	2.48	-1.35
24 ก.ย. 56	112	7,221.26	528.58	7,543.06	205.51	2.48	-2.56
25 ก.ย. 56	113	6,261.27	71.92	6,248.86	147.18	2.48	-67.90
26 ก.ย. 56	114	6,292.59	107.87	6,161.20	170.24	2.48	-1.35
27 ก.ย. 56	115	6,117.59	14.38	5,897.15	180.07	2.48	50.92
28 ก.ย. 56	116	6,270.88	0.00	6,149.77	170.58	2.48	-1.02
29 ก.ย. 56	117	7,519.48	618.47	7,881.28	256.71	2.48	-3.54
30 ก.ย. 56	118	6,217.93	71.92	6,109.59	178.38	2.48	-4.15
1 ต.ค. 56	119	6,128.74	14.38	5,913.07	224.84	2.48	-1.41
2 ต.ค. 56	120	6,368.43	194.17	6,381.26	179.73	2.48	-2.28

ตารางผนวกที่ ๔ (ต่อ)

ว ค ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
3 ต.ค. 56	121	10,540.92	2,049.58	12,565.99	194.32	2.48	-174.56
4 ต.ค. 56	122	9,268.53	1,711.58	9,960.17	199.63	2.48	643.28
5 ต.ค. 56	123	7,950.41	906.13	8,800.93	191.23	2.48	505.18
6 ต.ค. 56	124	9,601.40	1,186.60	11,971.39	202.42	2.48	-883.11
7 ต.ค. 56	125	7,578.01	942.09	7,379.66	224.50	2.48	30.34
8 ต.ค. 56	126	9,537.30	1,582.14	10,967.58	180.68	2.48	-0.97
9 ต.ค. 56	127	6,206.78	7.19	6,224.09	122.76	2.48	-136.32
10 ต.ค. 56	128	5,964.31	0.00	5,631.52	196.01	2.48	-2.03
11 ต.ค. 56	129	6,223.50	0.00	6,072.93	147.18	2.48	-1.11
12 ต.ค. 56	130	6,312.69	0.00	6,119.20	190.93	2.48	-1.03
13 ต.ค. 56	131	6,198.42	0.00	6,169.04	198.73	2.48	-172.86
14 ต.ค. 56	132	6,067.43	0.00	5,505.63	218.73	2.48	167.73
15 ต.ค. 56	133	8,809.88	1,330.43	10,301.08	174.87	2.48	-170.39
16 ต.ค. 56	134	7,550.13	647.24	7,684.50	174.87	2.48	165.12
17 ต.ค. 56	135	6,775.34	366.77	7,308.16	166.85	2.48	-170.26
18 ต.ค. 56	136	6,203.99	7.19	5,880.70	161.08	2.48	-3.34
19 ต.ค. 56	137	6,354.49	7.19	6,244.53	112.93	2.48	-1.60
20 ต.ค. 56	138	8,051.80	862.98	8,742.73	168.94	2.48	-0.96
21 ต.ค. 56	139	6,287.60	14.38	5,785.06	175.33	2.48	338.15
22 ต.ค. 56	140	5,994.96	0.00	6,471.83	198.73	2.48	-339.92
23 ต.ค. 56	141	6,535.65	201.36	6,197.41	198.73	2.48	-1.52
24 ต.ค. 56	142	6,145.46	14.38	5,795.30	192.28	2.48	168.26
25 ต.ค. 56	143	13,062.91	3,380.02	16,591.97	189.34	2.48	-172.60
26 ต.ค. 56	144	6,307.11	7.19	5,587.58	213.31	2.48	338.33
27 ต.ค. 56	145	6,270.88	0.00	6,753.88	192.28	2.48	-339.42
28 ต.ค. 56	146	6,151.04	0.00	5,499.91	140.74	2.48	168.48
29 ต.ค. 56	147	6,192.84	0.00	6,198.82	165.83	2.48	-5.80
30 ต.ค. 56	148	6,145.46	0.00	5,976.65	163.12	2.48	-2.58
31 ต.ค. 56	149	5,894.63	0.00	5,699.20	190.59	2.48	-0.22
1 พ.ย. 56	150	6,145.46	0.00	6,098.03	217.04	2.48	-172.30

ตารางผนวกที่ ๔ (ต่อ)

ว ค ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
2 พ.ย. 56	151	6,170.55	0.00	5,757.00	241.79	2.48	-3.03
3 พ.ย. 56	152	5,978.24	0.00	5,676.08	301.82	2.48	-5.17
4 พ.ย. 56	153	5,763.64	0.00	5,439.29	318.43	2.48	-1.74
5 พ.ย. 56	154	6,017.26	0.00	5,800.08	214.66	2.48	-1.70
6 พ.ย. 56	155	6,139.89	0.00	5,941.97	199.40	2.48	-5.66
7 พ.ย. 56	156	9,565.17	1,682.82	11,038.27	204.15	2.48	-2.58
8 พ.ย. 56	157	13,534.11	4,228.62	15,859.09	204.15	2.48	1694.43
9 พ.ย. 56	158	9,113.67	21.57	12,402.15	122.76	2.48	-1697.73
10 พ.ย. 56	159	5,019.50	0.00	3,160.43	161.08	2.48	-2.22
11 พ.ย. 56	160	6,142.68	0.00	5,760.43	208.56	2.48	168.98
12 พ.ย. 56	161	6,142.68	0.00	6,311.43	167.86	2.48	-170.11
13 พ.ย. 56	162	6,120.38	0.00	5,776.24	172.61	2.48	-1.07
14 พ.ย. 56	163	6,496.27	122.26	6,411.32	205.17	2.48	-1.51
15 พ.ย. 56	164	5,822.17	0.00	5,659.47	161.08	2.48	-2.37
16 พ.ย. 56	165	6,722.38	115.06	6,655.07	182.11	2.48	-4.58
17 พ.ย. 56	166	6,438.10	7.19	6,343.47	98.01	2.48	-3.24
18 พ.ย. 56	167	6,190.06	0.00	6,044.45	140.74	2.48	-0.85
19 พ.ย. 56	168	6,195.63	0.00	5,902.43	138.02	2.48	151.85
20 พ.ย. 56	169	6,098.08	0.00	6,055.13	194.99	2.48	-2.67
21 พ.ย. 56	170	6,089.72	0.00	5,888.68	196.69	2.48	-0.80
22 พ.ย. 56	171	6,198.42	14.38	6,094.50	116.32	2.48	-1.29
23 พ.ย. 56	172	9,665.50	1,632.48	11,263.03	203.99	2.48	-172.82
24 พ.ย. 56	173	6,507.14	179.79	5,745.75	257.39	2.48	508.48
25 พ.ย. 56	174	6,465.97	0.00	7,114.06	198.11	2.48	-340.20
26 พ.ย. 56	175	6,282.03	143.83	5,654.28	260.45	2.48	168.46
27 พ.ย. 56	176	6,170.55	0.00	6,347.03	159.73	2.48	-170.22

ตารางผนวกที่ ข5 สมดุลน้ำในบ่อปรับสภาพ (บ่อ 5)

ว ค ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
5 มิ.ย. 56	1	6,610.45	794.42	7,146.70	254.47	3.72	-0.01
6 มิ.ย. 56	2	5,624.07	0.00	4,726.66	252.29	3.72	641.39
7 มิ.ย. 56	3	5,884.17	135.41	6,391.39	267.91	3.72	-2.05
8 มิ.ย. 56	4	5,450.66	0.00	5,308.11	267.22	3.72	-130.44
9 มิ.ย. 56	5	5,886.62	0.00	5,532.29	306.74	3.72	-86.57
10 มิ.ย. 56	6	5,428.62	9.03	5,046.13	258.82	3.72	42.41
11 มิ.ย. 56	7	9,520.21	1,652.04	10,948.21	263.96	3.72	-1.23
12 มิ.ย. 56	8	5,306.66	388.18	5,420.11	313.59	3.72	-43.80
13 มิ.ย. 56	9	8,130.46	63.19	7,876.07	228.02	3.72	42.05
14 มิ.ย. 56	10	4,771.95	180.55	4,741.76	209.35	3.72	39.72
15 มิ.ย. 56	11	6,621.13	234.72	6,651.79	242.33	3.72	-2.28
16 มิ.ย. 56	12	5,652.88	81.25	5,558.86	255.09	3.72	-85.82
17 มิ.ย. 56	13	5,688.48	108.33	5,377.89	288.07	3.72	41.31
18 มิ.ย. 56	14	5,669.14	72.22	5,459.87	277.00	3.72	42.08
19 มิ.ย. 56	15	5,499.92	9.03	5,357.99	233.31	3.72	-43.99
20 มิ.ย. 56	16	5,524.69	9.03	5,545.61	198.10	3.72	-257.70
21 มิ.ย. 56	17	5,537.82	0.00	5,065.37	212.25	3.72	-1.22
22 มิ.ย. 56	18	6,226.00	117.36	5,957.39	169.37	3.72	211.65
23 มิ.ย. 56	19	5,930.54	72.22	6,235.67	189.95	3.72	-214.93
24 มิ.ย. 56	20	5,702.72	18.06	5,326.92	176.66	3.72	-1.45
25 มิ.ย. 56	21	5,572.34	18.06	5,225.27	147.93	3.72	212.02
26 มิ.ย. 56	22	5,791.71	18.06	6,079.04	154.79	3.72	-215.76
27 มิ.ย. 56	23	5,724.79	0.00	5,051.09	242.26	3.72	211.96
28 มิ.ย. 56	24	8,866.72	1,065.25	9,765.09	248.77	3.72	126.34
29 มิ.ย. 56	25	6,631.92	261.80	6,696.21	363.18	3.72	-43.06
30 มิ.ย. 56	26	6,096.41	9.03	6,160.31	198.96	3.72	-300.61
1 ก.ค. 56	27	6,497.46	252.77	6,061.31	385.48	3.72	-0.88
2 ก.ค. 56	28	5,726.70	0.00	5,198.70	309.58	3.72	213.82
3 ก.ค. 56	29	5,393.02	0.00	5,290.21	313.44	3.72	-0.54
4 ก.ค. 56	30	6,225.20	0.00	6,046.86	219.54	3.72	-45.46

ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

ว ด ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
5 ก.ค. 56	31	5,606.73	0.00	5,496.85	233.26	3.72	-172.56
6 ก.ค. 56	32	6,173.18	0.00	5,838.18	159.08	3.72	-0.36
7 ก.ค. 56	33	6,265.66	81.25	6,073.13	270.14	3.72	-0.44
8 ก.ค. 56	34	5,870.03	18.06	5,646.09	238.60	3.72	-0.76
9 ก.ค. 56	35	5,867.29	27.08	5,337.98	209.04	3.72	342.88
10 ก.ค. 56	36	7,346.20	505.54	8,124.26	195.34	3.72	-128.70
11 ก.ค. 56	37	6,463.17	126.39	6,034.78	382.48	3.72	39.87
12 ก.ค. 56	38	5,624.40	0.00	5,350.29	226.83	3.72	83.44
13 ก.ค. 56	39	6,187.88	0.00	6,094.50	258.99	3.72	-85.88
14 ก.ค. 56	40	5,763.23	0.00	5,321.57	267.99	3.72	84.07
15 ก.ค. 56	41	6,578.41	225.69	6,724.79	162.94	3.72	-3.27
16 ก.ค. 56	42	6,012.41	9.03	5,712.62	218.68	3.72	83.15
17 ก.ค. 56	43	5,738.31	0.00	5,601.37	262.85	3.72	-46.47
18 ก.ค. 56	44	9,059.81	1,272.88	10,072.52	214.25	3.72	-4.27
19 ก.ค. 56	45	5,826.16	0.00	5,968.21	236.26	3.72	-386.30
20 ก.ค. 56	46	6,263.60	27.08	5,434.29	209.68	3.72	256.69
21 ก.ค. 56	47	6,211.76	0.00	6,187.29	195.10	3.72	82.34
22 ก.ค. 56	48	6,026.65	117.36	6,127.68	182.23	3.72	-87.28
23 ก.ค. 56	49	6,456.55	108.33	6,296.88	178.80	3.72	-1.80
24 ก.ค. 56	50	5,781.03	9.03	5,656.28	171.94	3.72	-43.68
25 ก.ค. 56	51	4,550.71	0.00	4,276.44	186.95	3.72	39.92
26 ก.ค. 56	52	4,588.98	198.61	4,693.88	174.09	3.72	-44.18
27 ก.ค. 56	53	4,053.48	0.00	3,820.05	187.38	3.72	-1.86
28 ก.ค. 56	54	4,684.27	239.23	4,679.12	240.55	3.72	-1.75
29 ก.ค. 56	55	5,293.35	487.49	5,659.90	201.67	3.72	-86.21
30 ก.ค. 56	56	4,314.56	225.69	4,130.46	192.95	3.72	126.90
31 ก.ค. 56	57	4,770.03	54.17	4,850.35	141.50	3.72	-44.47
1 ส.ค. 56	58	5,370.33	0.00	5,051.09	273.57	3.72	-2.52
2 ส.ค. 56	59	7,151.84	586.79	7,504.31	228.61	3.72	-0.53
3 ส.ค. 56	60	5,681.87	0.00	5,364.62	270.99	3.72	42.00

ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

ว ด ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
4 ส.ค. 56	61	6,514.20	207.63	6,533.06	272.71	3.72	-45.65
5 ส.ค. 56	62	5,496.90	0.00	5,228.22	219.97	3.72	-0.65
6 ส.ค. 56	63	5,560.48	9.03	5,296.12	269.28	3.72	-0.26
7 ส.ค. 56	64	9,340.69	1,543.71	10,621.76	259.63	3.72	-0.97
8 ส.ค. 56	65	5,549.65	0.00	5,296.12	251.70	3.72	-2.86
9 ส.ค. 56	66	5,689.15	18.06	5,461.44	240.12	3.72	-0.93
10 ส.ค. 56	67	5,722.33	0.00	5,414.20	304.01	3.72	-0.54
11 ส.ค. 56	68	6,019.28	0.00	5,990.38	240.12	3.72	-215.47
12 ส.ค. 56	69	5,289.01	18.06	4,646.59	314.30	3.72	126.98
13 ส.ค. 56	70	5,684.92	9.03	5,476.20	256.41	3.72	84.59
14 ส.ค. 56	71	5,806.38	18.06	5,614.95	290.72	3.72	-0.36
15 ส.ค. 56	72	6,304.45	9.03	6,380.48	143.64	3.72	-214.72
16 ส.ค. 56	73	5,428.62	0.00	4,738.17	258.13	3.72	213.88
17 ส.ค. 56	74	6,182.17	0.00	6,257.84	220.40	3.72	-85.91
18 ส.ค. 56	75	5,992.95	9.03	5,629.71	197.24	3.72	85.40
19 ส.ค. 56	76	5,876.96	0.00	5,632.66	328.02	3.72	-2.05
20 ส.ค. 56	77	5,649.81	0.00	5,399.44	245.69	3.72	-1.10
21 ส.ค. 56	78	6,898.79	388.18	6,987.69	297.15	3.72	-2.68
22 ส.ค. 56	79	5,959.02	45.14	5,694.94	175.37	3.72	127.45
23 ส.ค. 56	80	6,546.34	117.36	6,775.13	143.64	3.72	-131.35
24 ส.ค. 56	81	6,279.40	72.22	6,113.86	105.48	3.72	-2.80
25 ส.ค. 56	82	6,117.37	0.00	5,865.88	247.41	3.72	-2.43
26 ส.ค. 56	83	5,869.63	0.00	5,838.18	240.55	3.72	-215.25
27 ส.ค. 56	84	5,652.88	0.00	5,146.64	287.29	3.72	-0.02
28 ส.ค. 56	85	5,585.68	0.00	5,150.96	302.72	3.72	128.24
29 ส.ค. 56	86	5,484.67	0.00	5,402.28	337.03	3.72	-130.11
30 ส.ค. 56	87	5,770.53	0.00	5,307.71	329.31	3.72	-0.31
31 ส.ค. 56	88	5,934.10	0.00	5,473.25	244.41	3.72	212.42
1 ก.ย. 56	89	6,026.65	0.00	5,933.78	304.01	3.72	-2.44
2 ก.ย. 56	90	5,889.95	0.00	5,814.54	283.86	3.72	-214.60

ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

ว ด ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
3 ก.ย. 56	91	5,537.36	0.00	5,038.78	281.71	3.72	-1.45
4 ก.ย. 56	92	5,699.21	0.00	5,433.31	261.13	3.72	-0.40
5 ก.ย. 56	93	6,181.44	153.47	5,924.92	193.81	3.72	212.06
6 ก.ย. 56	94	10,967.58	2,031.19	12,974.60	234.69	3.72	-2.18
7 ก.ย. 56	95	6,291.34	135.41	6,092.93	199.81	3.72	128.12
8 ก.ย. 56	96	6,389.26	0.00	6,412.02	231.54	3.72	-129.91
9 ก.ย. 56	97	5,631.52	0.00	5,260.69	240.12	3.72	-2.92
10 ก.ย. 56	98	8,283.25	974.97	9,042.37	209.82	3.72	-0.60
11 ก.ย. 56	99	5,496.25	0.00	5,087.70	277.43	3.72	126.81
12 ก.ย. 56	100	7,322.40	388.18	7,758.19	206.25	3.72	-130.76
13 ก.ย. 56	101	6,339.91	216.66	6,320.51	103.77	3.72	-2.18
14 ก.ย. 56	102	5,973.62	9.03	5,524.34	239.69	3.72	212.71
15 ก.ย. 56	103	7,590.50	487.49	8,301.38	201.10	3.72	-215.51
16 ก.ย. 56	104	5,778.15	45.14	5,260.02	218.25	3.72	125.79
17 ก.ย. 56	105	6,035.35	9.03	5,970.69	240.55	3.72	-44.80
18 ก.ย. 56	106	6,749.28	198.61	6,917.44	198.10	3.72	-216.17
19 ก.ย. 56	107	6,282.96	334.02	6,169.95	99.91	3.72	127.23
20 ก.ย. 56	108	6,827.60	171.52	6,975.88	148.79	3.72	-2.04
21 ก.ย. 56	109	6,056.39	0.00	5,904.10	234.12	3.72	-87.58
22 ก.ย. 56	110	7,575.14	595.82	7,790.67	204.53	3.72	84.46
23 ก.ย. 56	111	6,260.30	45.14	6,231.94	156.94	3.72	-2.70
24 ก.ย. 56	112	7,543.07	663.52	7,829.04	373.47	3.72	-2.35
25 ก.ย. 56	113	6,248.87	90.28	6,131.57	201.96	3.72	-0.45
26 ก.ย. 56	114	6,161.20	135.41	6,090.24	202.39	3.72	-0.18
27 ก.ย. 56	115	5,897.15	18.06	5,691.70	220.83	3.72	-1.22
28 ก.ย. 56	116	6,149.77	0.00	6,061.57	169.80	3.72	-86.54
29 ก.ย. 56	117	7,881.28	776.37	8,006.58	391.05	3.72	169.75
30 ก.ย. 56	118	6,109.60	90.28	6,231.94	222.11	3.72	-88.15
1 ต.ค. 56	119	5,913.07	18.06	5,739.78	187.38	3.72	-87.90
2 ต.ค. 56	120	6,381.26	243.74	6,160.85	245.69	3.72	126.84

ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

ว ด ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
3 ต.ค. 56	121	12,565.99	2,572.85	15,301.03	218.40	3.72	-257.47
4 ต.ค. 56	122	9,960.17	2,148.55	10,945.07	217.16	3.72	685.31
5 ต.ค. 56	123	8,800.94	1,137.47	9,325.68	227.08	3.72	1067.24
6 ต.ค. 56	124	11,971.40	1,489.54	15,718.52	220.97	3.72	-1415.03
7 ต.ค. 56	125	7,379.67	1,182.61	6,925.83	221.25	3.72	-3.56
8 ต.ค. 56	126	10,967.58	1,986.06	12,653.97	209.82	3.72	82.58
9 ต.ค. 56	127	6,224.09	9.03	6,316.78	168.51	3.72	-173.32
10 ต.ค. 56	128	5,631.52	0.00	5,058.61	224.68	3.72	171.18
11 ต.ค. 56	129	6,072.93	0.00	6,044.57	196.38	3.72	-0.56
12 ต.ค. 56	130	6,119.21	0.00	6,078.43	253.41	3.72	-216.92
13 ต.ค. 56	131	6,169.04	0.00	5,962.30	200.67	3.72	-214.57
14 ต.ค. 56	132	5,505.64	0.00	4,806.06	269.28	3.72	212.00
15 ต.ค. 56	133	10,301.08	1,670.09	12,177.29	217.25	3.72	-215.08
16 ต.ค. 56	134	7,684.51	812.48	7,634.99	217.25	3.72	425.94
17 ต.ค. 56	135	7,308.16	460.40	8,434.41	186.09	3.72	-429.71
18 ต.ค. 56	136	5,880.70	9.03	4,974.34	268.42	3.72	213.55
19 ต.ค. 56	137	6,244.54	9.03	6,338.22	125.63	3.72	-0.46
20 ต.ค. 56	138	8,742.74	1,083.30	9,615.08	207.89	3.72	-1.11
21 ต.ค. 56	139	5,785.07	18.06	5,375.71	211.39	3.72	211.20
22 ต.ค. 56	140	6,471.84	0.00	6,897.65	211.82	3.72	-430.16
23 ต.ค. 56	141	6,197.41	252.77	5,773.17	243.98	3.72	-0.84
24 ต.ค. 56	142	5,795.31	18.06	5,369.92	225.54	3.72	213.33
25 ต.ค. 56	143	16,591.98	4,242.94	20,821.36	224.97	3.72	-1.80
26 ต.ค. 56	144	5,587.58	9.03	4,632.46	321.59	3.72	637.05
27 ต.ค. 56	145	6,753.88	0.00	8,048.74	196.81	3.72	-858.34
28 ต.ค. 56	146	5,499.92	0.00	4,274.68	150.08	3.72	213.10
29 ต.ค. 56	147	6,198.82	0.00	6,267.37	141.07	3.72	-0.24
30 ต.ค. 56	148	5,976.65	0.00	5,821.60	153.08	3.72	-1.98
31 ต.ค. 56	149	5,699.21	0.00	5,479.15	216.11	3.72	-1.75
1 พ.ย. 56	150	6,098.04	0.00	6,129.28	178.80	3.72	-215.51

ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

ว ด ป	วันสะสม	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม.)		น้ำออกจากระบบ (ลบ.ม.)			ปริมาณเก็บกัก ΔS (ลบ.ม.)
		น้ำเสียเข้า	ฝน	ไหลล้น	ระเหย	รั่วซึม	
2 พ.ย. 56	151	5,757.01	0.00	5,233.82	304.01	3.72	-0.06
3 พ.ย. 56	152	5,676.09	0.00	5,316.57	355.89	3.72	-0.16
4 พ.ย. 56	153	5,439.30	0.00	5,078.67	357.18	3.72	-0.43
5 พ.ย. 56	154	5,800.08	0.00	5,558.91	237.55	3.72	-0.53
6 พ.ย. 56	155	5,941.97	0.00	5,712.58	225.54	3.72	-0.40
7 พ.ย. 56	156	11,038.28	2,112.44	12,916.11	231.12	3.72	-0.62
8 พ.ย. 56	157	15,859.09	5,308.19	18,386.33	231.12	3.72	2545.50
9 พ.ย. 56	158	12,402.16	27.08	16,984.26	135.50	3.72	-2148.74
10 พ.ย. 56	159	3,160.43	0.00	1,009.63	215.68	3.72	-217.33
11 พ.ย. 56	160	5,760.44	0.00	5,325.64	215.25	3.72	-1.50
12 พ.ย. 56	161	6,311.43	0.00	6,110.90	198.10	3.72	-2.79
13 พ.ย. 56	162	5,776.25	0.00	5,821.93	162.94	3.72	-215.13
14 พ.ย. 56	163	6,411.32	153.47	6,093.81	252.98	3.72	-0.86
15 พ.ย. 56	164	5,659.47	0.00	5,477.64	178.09	3.72	-0.83
16 พ.ย. 56	165	6,655.08	144.44	6,606.56	189.52	3.72	-1.12
17 พ.ย. 56	166	6,343.47	9.03	6,228.28	120.49	3.72	-1.11
18 พ.ย. 56	167	6,044.45	0.00	5,895.81	144.50	3.72	-0.69
19 พ.ย. 56	168	5,902.44	0.00	5,762.82	135.50	3.72	-0.29
20 พ.ย. 56	169	6,055.13	0.00	5,612.00	225.54	3.72	213.58
21 พ.ย. 56	170	5,888.69	0.00	5,880.64	220.83	3.72	-2.91
22 พ.ย. 56	171	6,094.50	18.06	5,904.26	203.67	3.72	-2.00
23 พ.ย. 56	172	11,263.04	2,049.25	13,042.50	264.08	3.72	-0.01
24 พ.ย. 56	173	5,745.76	225.69	3,952.46	324.59	3.72	1690.67
25 พ.ย. 56	174	7,114.07	0.00	10,013.18	289.52	3.72	-1501.69
26 พ.ย. 56	175	5,654.28	180.55	4,013.20	320.30	3.72	-4.08
27 พ.ย. 56	176	6,347.03	0.00	6,175.85	378.19	3.72	-214.81



ตารางผนวกที่ ๑๑ ระดับน้ำรายวันของบ่อตกตะกอน

วันที่	ระดับน้ำบ่อตกตะกอน (บ่อ 1) (ม.)					
	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน
1	-	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
2	-	2.435	2.430	2.430	2.430	2.430
3	-	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
4	-	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
5	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
6	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
7	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
8	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.435
9	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
10	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
11	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
12	2.439	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
13	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
14	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
15	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
16	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
17	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
18	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
19	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
20	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
21	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
22	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
23	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
24	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
25	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
26	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
27	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430
28	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	-
29	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	-
30	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	-
31	-	2.430	2.430	-	2.430	-

ตารางผนวกที่ ๒ ระดับน้ำรายวันของบ่อฝิ่ง 1

วันที่	ระดับน้ำบ่อฝิ่ง 1 (บ่อ 2) (ม.)					
	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน
1	-	2.228	2.225	2.225	2.224	2.225
2	-	2.228	2.225	2.225	2.226	2.225
3	-	2.228	2.228	2.225	2.225	2.225
4	-	2.227	2.225	2.225	2.225	2.225
5	2.228	2.225	2.225	2.225	2.225	2.225
6	2.227	2.225	2.225	2.225	2.224	2.225
7	2.227	2.225	2.223	2.225	2.224	2.225
8	2.228	2.225	2.227	2.225	2.224	2.225
9	2.228	2.228	2.227	2.225	2.224	2.225
10	2.227	2.228	2.227	2.225	2.225	2.225
11	2.228	2.226	2.225	2.225	2.225	2.225
12	2.228	2.227	2.225	2.225	2.225	2.225
13	2.228	2.226	2.225	2.225	2.225	2.225
14	2.227	2.227	2.225	2.225	2.225	2.225
15	2.227	2.227	2.225	2.225	2.227	2.225
16	2.227	2.226	2.225	2.225	2.225	2.225
17	2.224	2.226	2.225	2.223	2.227	2.225
18	2.226	2.225	2.227	2.225	2.225	2.225
19	2.225	2.225	2.225	2.225	2.225	2.225
20	2.226	2.227	2.225	2.225	2.227	2.225
21	2.227	2.229	2.225	2.225	2.225	2.225
22	2.228	2.227	2.225	2.225	2.225	2.225
23	2.228	2.226	2.225	2.225	2.225	2.225
24	2.228	2.225	2.227	2.223	2.225	2.225
25	2.228	2.225	2.225	2.225	2.227	2.225
26	2.227	2.227	2.225	2.225	2.227	2.225
27	2.227	2.227	2.223	2.223	2.227	2.225
28	2.228	2.225	2.223	2.225	2.227	-
29	2.227	2.223	2.225	2.225	2.225	-
30	2.228	2.228	2.227	2.225	2.222	-
31	-	2.225	2.225	-	2.225	-

ตารางผนวกที่ ค3 ระดับน้ำรายวันของบ่อฝิ่ง 2

วันที่	ระดับน้ำบ่อฝิ่ง 2 (บ่อ 3) (ม.)					
	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน
1	-	1.930	1.930	1.930	1.930	1.930
2	-	1.932	1.930	1.928	1.930	1.930
3	-	1.934	1.930	1.928	1.926	1.930
4	-	1.930	1.930	1.928	1.932	1.930
5	1.930	1.930	1.930	1.930	1.944	1.930
6	1.930	1.930	1.930	1.930	1.930	1.930
7	1.930	1.930	1.930	1.930	1.930	1.930
8	1.938	1.930	1.930	1.930	1.930	1.970
9	1.935	1.930	1.930	1.930	1.930	1.930
10	1.936	1.932	1.930	1.930	1.930	1.930
11	1.936	1.930	1.930	1.930	1.930	1.930
12	1.936	1.930	1.930	1.930	1.930	1.930
13	1.936	1.930	1.930	1.930	1.930	1.930
14	1.936	1.930	1.930	1.930	1.930	1.925
15	1.935	1.930	1.930	1.930	1.930	1.930
16	1.935	1.930	1.930	1.930	1.930	1.930
17	1.936	1.930	1.930	1.930	1.930	1.930
18	1.930	1.930	1.930	1.925	1.930	1.930
19	1.930	1.930	1.930	1.930	1.930	1.930
20	1.930	1.932	1.930	1.930	1.930	1.930
21	1.930	1.930	1.930	1.930	1.930	1.930
22	1.930	1.932	1.930	1.930	1.930	1.930
23	1.930	1.930	1.930	1.930	1.930	1.930
24	1.930	1.930	1.930	1.930	1.930	1.935
25	1.930	1.930	1.930	1.928	1.930	1.930
26	1.930	1.930	1.930	1.928	1.930	1.930
27	1.933	1.930	1.928	1.930	1.930	1.930
28	1.933	1.927	1.928	1.930	1.930	-
29	1.932	1.928	1.928	1.930	1.930	-
30	1.930	1.930	1.928	1.930	1.930	-
31	-	1.927	1.930	-	1.930	-

ตารางผนวกที่ ค4 ระดับน้ำรายวันของบ่อฝิ่ง 3

วันที่	ระดับน้ำบ่อฝิ่ง 3 (บ่อ 4) (ม.)					
	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน
1	-	1.640	1.635	1.633	1.635	1.630
2	-	1.634	1.635	1.630	1.635	1.630
3	-	1.638	1.636	1.630	1.630	1.630
4	-	1.635	1.635	1.630	1.649	1.630
5	1.635	1.635	1.635	1.633	1.664	1.630
6	1.640	1.635	1.635	1.633	1.638	1.630
7	1.640	1.635	1.637	1.638	1.639	1.630
8	1.640	1.635	1.635	1.633	1.639	1.680
9	1.640	1.638	1.635	1.633	1.635	1.630
10	1.640	1.638	1.635	1.633	1.635	1.630
11	1.640	1.636	1.630	1.638	1.635	1.635
12	1.675	1.639	1.633	1.633	1.635	1.630
13	1.640	1.636	1.635	1.635	1.630	1.630
14	1.642	1.639	1.635	1.640	1.635	1.630
15	1.640	1.639	1.630	1.635	1.630	1.630
16	1.640	1.638	1.635	1.638	1.635	1.630
17	1.640	1.638	1.635	1.638	1.630	1.630
18	1.640	1.638	1.637	1.630	1.630	1.630
19	1.640	1.640	1.635	1.635	1.630	1.635
20	1.640	1.637	1.635	1.635	1.630	1.635
21	1.640	1.635	1.635	1.635	1.640	1.635
22	1.640	1.637	1.638	1.635	1.630	1.635
23	1.640	1.635	1.635	1.635	1.630	1.630
24	1.640	1.638	1.635	1.635	1.635	1.645
25	1.640	1.637	1.635	1.633	1.630	1.635
26	1.640	1.630	1.630	1.633	1.640	1.640
27	1.635	1.630	1.630	1.635	1.630	1.635
28	1.638	1.636	1.630	1.635	1.635	-
29	1.638	1.634	1.630	1.635	1.635	-
30	1.640	1.636	1.630	1.635	1.635	-
31	-	1.636	1.633	-	1.635	-

ตารางผนวกที่ ค5 ระดับน้ำรายวันของบ่อปรับสภาพ

วันที่	ระดับน้ำบ่อปรับสภาพ (บ่อ 5) (ม.)					
	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน
1	-	1.410	1.415	1.415	1.413	1.410
2	-	1.415	1.415	1.410	1.416	1.410
3	-	1.415	1.416	1.410	1.410	1.410
4	-	1.414	1.415	1.410	1.426	1.410
5	1.405	1.410	1.415	1.415	1.451	1.410
6	1.420	1.410	1.415	1.415	1.418	1.410
7	1.420	1.410	1.415	1.418	1.418	1.410
8	1.417	1.410	1.415	1.415	1.420	1.470
9	1.415	1.418	1.415	1.415	1.416	1.420
10	1.416	1.415	1.415	1.415	1.420	1.415
11	1.416	1.416	1.410	1.418	1.420	1.415
12	1.415	1.418	1.413	1.415	1.415	1.415
13	1.416	1.416	1.415	1.415	1.410	1.410
14	1.417	1.418	1.415	1.420	1.415	1.410
15	1.417	1.418	1.410	1.415	1.410	1.410
16	1.415	1.420	1.415	1.418	1.420	1.410
17	1.416	1.419	1.413	1.417	1.410	1.410
18	1.417	1.419	1.415	1.412	1.415	1.410
19	1.416	1.410	1.415	1.415	1.415	1.410
20	1.410	1.416	1.415	1.415	1.415	1.415
21	1.410	1.418	1.415	1.413	1.420	1.415
22	1.415	1.416	1.418	1.415	1.410	1.415
23	1.410	1.416	1.415	1.415	1.410	1.415
24	1.410	1.415	1.415	1.415	1.415	1.455
25	1.415	1.416	1.415	1.415	1.415	1.420
26	1.410	1.415	1.410	1.415	1.430	1.420
27	1.415	1.415	1.410	1.415	1.410	1.415
28	1.418	1.415	1.413	1.413	1.415	-
29	1.417	1.413	1.410	1.417	1.415	-
30	1.410	1.416	1.410	1.415	1.415	-
31	-	1.415	1.415	-	1.415	-



ตารางผนวกที่ ๑ อัตราการระเหยในบ่อฝังทั้ง 5 บ่อ ในวันที่มีการเก็บตัวอย่างน้ำเสียเพื่อวิเคราะห์
คุณภาพน้ำ ทั้งหมด 19 วัน

ว ด ป	ครั้งที่	ค่าการระเหยในบ่อฝังทั้ง 5 บ่อ (มม.)				
		บ่อดกตะกอน	บ่อฝัง1	บ่อฝัง2	บ่อฝัง3	บ่อปรับสภาพ
20 มิ.ย. 56	1	6.97	5.75	5.36	5.51	4.62
27 มิ.ย. 56	2	6.64	6.05	5.67	5.57	5.65
4 ก.ค. 56	3	10.9	5.15	5.4	5.85	5.12
11 ก.ค. 56	4	5.18	5.42	5.02	5.1	8.92
25 ก.ค. 56	5	4.3	4.04	4.05	4.01	4.36
1 ส.ค. 56	6	5.95	6.23	5.65	6.13	6.38
8 ส.ค. 56	7	6.8	6.09	6.07	6.51	5.87
15 ส.ค. 56	8	3.48	2.41	4.1	2.87	3.35
20 ส.ค. 56	9	7.49	6.49	5.9	6.51	5.73
2 ก.ย. 56	10	8.8	6.79	6.78	6.61	6.62
26 ก.ย. 56	11	6	5.64	4.72	5.02	4.72
30 ก.ย. 56	12	5.54	5.89	4.7	5.26	5.18
10 ต.ค. 56	13	6.36	6.74	6.02	5.78	5.24
14 ต.ค. 56	14	4.32	5.63	5.33	6.45	6.28
24 ต.ค. 56	15	5.06	5.19	4.05	5.67	5.26
28 ต.ค. 56	16	5.66	3.55	4.1	4.15	3.5
31 ต.ค. 56	17	5.62	5.12	5.6	5.62	5.04
14 พ.ย. 56	18	5.3	5.14	5.15	6.05	5.9
21 พ.ย. 56	19	5.97	4.97	4.8	5.8	5.15
เฉลี่ย		6.12	5.38	5.18	5.50	5.42

ตารางผนวกที่ ๖2 ค่าบีโอดีของบ่อฝังทั้ง 5 บ่อ

ว ค ป	ครั้งที่	บีโอดี (มก./ลิตร)				
		บ่อดกตะกอน	บ่อฝัง1	บ่อฝัง2	บ่อฝัง3	บ่อปรับสภาพ
20 มิ.ย. 56	1	21.6	19.8	14.4	11.4	19.0
27 มิ.ย. 56	2	39	25.2	10.2	18	13.8
4 ก.ค. 56	3	52.5	11.4	22.8	14.4	17.4
11 ก.ค. 56	4	43	20.2	29.4	22.2	10.8
25 ก.ค. 56	5	35.6	13.8	12	15.2	7.5
1 ส.ค. 56	6	39	15	22	23	16.0
8 ส.ค. 56	7	37	16.8	17.4	10.8	13.2
15 ส.ค. 56	8	31	15	14.4	9	9.6
20 ส.ค. 56	9	38	18	7.2	8.4	7.2
2 ก.ย. 56	10	34	29.04	16.8	16.2	11.4
26 ก.ย. 56	11	29	20.4	18.6	11.2	9.0
30 ก.ย. 56	12	20.4	10.2	8.1	4.8	3.6
10 ต.ค. 56	13	26	16.2	7.8	9.6	8.4
14 ต.ค. 56	14	37	29.2	24	19.8	16.0
24 ต.ค. 56	15	20	16	10.3	6	5.4
28 ต.ค. 56	16	46	26.4	15	10.2	5.4
31 ต.ค. 56	17	31.8	25.2	17.4	12.6	4.8
14 พ.ย. 56	18	35.2	22.6	18.6	12.3	11.2
21 พ.ย. 56	19	24.6	22.8	19.2	16.8	11.4
เฉลี่ย		33.72	19.64	16.08	13.26	10.58

ตารางผนวกที่ 3 ค่าซีโอดีของบ่อฝังทั้ง 5 บ่อ

ว ค ป	ครั้งที่	ซีโอดี (มก./ลิตร)				
		บ่อดกตะกอน	บ่อฝัง1	บ่อฝัง2	บ่อฝัง3	บ่อปรับสภาพ
20 มิ.ย. 56	1	80	64	80	48	96.0
27 มิ.ย. 56	2	120	80	80	80	96.0
4 ก.ค. 56	3	128.0	48.0	122.0	80.0	112.0
11 ก.ค. 56	4	112	96	80	96	48.0
25 ก.ค. 56	5	96	96	128	80	80.0
1 ส.ค. 56	6	128	112	64	80	48.0
8 ส.ค. 56	7	112	96	80	64	96.0
15 ส.ค. 56	8	160	112	96	96	64.0
20 ส.ค. 56	9	112	80	96	80	48.0
2 ก.ย. 56	10	176	112	96	128	80.0
26 ก.ย. 56	11	128	80	96	80	48.0
30 ก.ย. 56	12	112	64	80	48	32.0
10 ต.ค. 56	13	96	80	64	64	32.0
14 ต.ค. 56	14	160	128	112	112	80.0
24 ต.ค. 56	15	128	112	112	64	80.0
28 ต.ค. 56	16	112	112	80	96	80.0
31 ต.ค. 56	17	108	96	80	80	48.0
14 พ.ย. 56	18	112	96	96	80	48.0
21 พ.ย. 56	19	112	96	96	80	48.0
เฉลี่ย		120.63	92.63	91.47	80.84	66.53

ตารางผนวกที่ 4 ค่าของแข็งละลายได้ของบ่อฝังทั้ง 5 บ่อ

ว ด ป	ครั้งที่	ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ลิตร)				
		บ่อตกตะกอน	บ่อฝัง1	บ่อฝัง2	บ่อฝัง3	บ่อปรับสภาพ
20 มิ.ย. 56	1	480	446	519	677	1021
27 มิ.ย. 56	2	446	476	517	623	925
4 ก.ค. 56	3	416	444	466	565	819
11 ก.ค. 56	4	466	464	480	571	780
25 ก.ค. 56	5	495	456	482	553	715
1 ส.ค. 56	6	490	453	481	548	682
8 ส.ค. 56	7	404	456	498	553	687
15 ส.ค. 56	8	457	463	504	559	717
20 ส.ค. 56	9	497	479	524	657	730
2 ก.ย. 56	10	488	485	513	578	735
26 ก.ย. 56	11	618	506	509	521	614
30 ก.ย. 56	12	625	543	540	518	711
10 ต.ค. 56	13	567	524	586	543	548
14 ต.ค. 56	14	650	529	592	572	551
24 ต.ค. 56	15	530	574	637	611	580
28 ต.ค. 56	16	613	570	616	598	557
31 ต.ค. 56	17	685	589	629	611	579
14 พ.ย. 56	18	380	506	600	610	623
21 พ.ย. 56	19	578	548	602	627	643
เฉลี่ย		520.26	500.58	541.84	583.95	695.63

ตารางผนวกที่ 5 ค่าความนำไฟฟ้าของบ่อฝังทั้ง 5 บ่อ

ว ด ป	ครั้งที่	ความนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์/ชม.)				
		บ่อตกตะกอน	บ่อฝัง1	บ่อฝัง2	บ่อฝัง3	บ่อปรับสภาพ
20 มิ.ย. 56	1	717	666	774	1011	1524
27 มิ.ย. 56	2	665	710	769	930	1388
4 ก.ค. 56	3	621	662	696	844	1233
11 ก.ค. 56	4	694	693	717	852	1164
25 ก.ค. 56	5	741	680	720	826	1068
1 ส.ค. 56	6	730	677	718	818	1018
8 ส.ค. 56	7	603	681	743	825	1026
15 ส.ค. 56	8	681	691	760	835	1070
20 ส.ค. 56	9	742	715	782	990	1089
2 ก.ย. 56	10	729	725	766	863	1097
26 ก.ย. 56	11	922	756	762	778	917
30 ก.ย. 56	12	946	780	791	766	932
10 ต.ค. 56	13	846	782	875	811	820
14 ต.ค. 56	14	980	790	883	853	823
24 ต.ค. 56	15	792	856	952	912	866
28 ต.ค. 56	16	915	851	919	893	831
31 ต.ค. 56	17	1023	879	939	913	864
14 พ.ย. 56	18	568	153	896	910	927
21 พ.ย. 56	19	863	818	899	936	960
เฉลี่ย		781.17	713.95	808.47	871.89	1032.47

ตารางผนวกที่ ๖ ค่าความเต็มของบ่อฝั้งทั้ง 5 บ่อ

ว ด ป	ครั้งที่	ความเต็ม (ส่วนในพันส่วน)				
		บ่อดกตะกอน	บ่อฝั้ง1	บ่อฝั้ง2	บ่อฝั้ง3	บ่อปรับสภาพ
20 มิ.ย. 56	1	0.3	0.3	0.3	0.4	0.7
27 มิ.ย. 56	2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.7
4 ก.ค. 56	3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.6
11 ก.ค. 56	4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5
25 ก.ค. 56	5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5
1 ส.ค. 56	6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5
8 ส.ค. 56	7	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5
15 ส.ค. 56	8	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5
20 ส.ค. 56	9	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5
2 ก.ย. 56	10	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5
26 ก.ย. 56	11	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4
30 ก.ย. 56	12	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4
10 ต.ค. 56	13	0.4	0.3	0.4	0.3	0.3
14 ต.ค. 56	14	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3
24 ต.ค. 56	15	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4
28 ต.ค. 56	16	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
31 ต.ค. 56	17	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
14 พ.ย. 56	18	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4
21 พ.ย. 56	19	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4
เฉลี่ย		0.33	0.32	0.34	0.37	0.46

ตารางผนวกที่ 7 ค่าของแข็งแขวนลอยของบ่อฝั้งทั้ง 5 บ่อ

ว ด ป	ครั้งที่	ของแข็งแขวนลอย (มก./ลิตร)				
		บ่อตกตะกอน	บ่อฝั้ง1	บ่อฝั้ง2	บ่อฝั้ง3	บ่อปรับสภาพ
20 มิ.ย. 56	1	52	48	48	76	88
27 มิ.ย. 56	2	34	46	39	98	39
4 ก.ค. 56	3	27	41	35	29	41
11 ก.ค. 56	4	18	32	52	48	40
25 ก.ค. 56	5	23	32	41	27	28
1 ส.ค. 56	6	32	28	38	75	40
8 ส.ค. 56	7	40	38	31	57	24
15 ส.ค. 56	8	38	41	40	63	27
20 ส.ค. 56	9	32	48	40	63	37
2 ก.ย. 56	10	24	36	58	42	29
26 ก.ย. 56	11	26	44	49	61	31
30 ก.ย. 56	12	36	53	35	42	29
10 ต.ค. 56	13	34	60	44	50	38
14 ต.ค. 56	14	34	49	68	57	56
24 ต.ค. 56	15	31	29	35	43	20
28 ต.ค. 56	16	12	50	76	81	54
31 ต.ค. 56	17	36	58	50	93	40
14 พ.ย. 56	18	26	34	42	52	26
21 พ.ย. 56	19	28	46	52	50	34
เฉลี่ย		30.68	42.79	45.95	58.26	37.95

ตารางผนวกที่ 8 ค่าความเป็นกรด-ด่างของบ่อฝังทั้ง 5 บ่อ

ว ด ป	ครั้งที่	ความเป็นกรด-ด่าง				
		บ่อดกตะกอน	บ่อฝัง1	บ่อฝัง2	บ่อฝัง3	บ่อปรับสภาพ
20 มิ.ย. 56	1	7.354	7.919	8.1	7.997	8.205
27 มิ.ย. 56	2	7.375	7.895	8.078	8.803	8.185
4 ก.ค. 56	3	7.734	8.761	9.354	9.065	9.145
11 ก.ค. 56	4	7.388	7.997	8.837	9.13	9.01
25 ก.ค. 56	5	7.342	7.762	7.991	8.475	8.684
1 ส.ค. 56	6	7.533	7.593	8.804	8.653	8.787
8 ส.ค. 56	7	7.565	7.969	8.139	8.611	8.936
15 ส.ค. 56	8	7.46	8.326	8.811	8.91	9.059
20 ส.ค. 56	9	7.294	8.099	8.32	8.788	8.941
2 ก.ย. 56	10	7.135	8.178	8.926	8.863	8.995
26 ก.ย. 56	11	7.853	8.86	9.038	9.436	9.378
30 ก.ย. 56	12	7.632	8.741	9.018	9.526	9.421
10 ต.ค. 56	13	8.139	8.618	8.31	8.436	8.659
14 ต.ค. 56	14	8.006	9.219	8.982	8.639	9.228
24 ต.ค. 56	15	7.994	8.594	8.888	8.839	8.644
28 ต.ค. 56	16	7.828	8.53	8.965	8.853	9.498
31 ต.ค. 56	17	7.778	8.453	8.67	9.008	9.414
14 พ.ย. 56	18	8.574	9.338	9.308	9.465	9.436
21 พ.ย. 56	19	7.881	8.755	9.24	9.421	9.377
เฉลี่ย		7.68	8.40	8.73	8.89	9.00

ตารางผนวกที่ 9 ค่าสารลดแรงตึงผิวของบ่อฝังทั้ง 5 บ่อ

ว ด ป	ครั้งที่	สารลดแรงตึงผิว (มก./ลิตร)				
		บ่อดกตะกอน	บ่อฝัง1	บ่อฝัง2	บ่อฝัง3	บ่อปรับสภาพ
27 มิ.ย. 56	1	0.906	0.012	0.003	0.001	0.003
25 ก.ค. 56	2	1.17	0.035	0.011	0	0
20 ส.ค. 56	3	0.043	0.003	0	0.001	0.001
30 ก.ย. 56	4	0.162	0.032	0.016	0.045	0.045
28 ต.ค. 56	5	0.507	0.024	0.022	0.022	0.034
21 พ.ย. 56	6	0.007	0	0	0	0
เฉลี่ย		0.47	0.02	0.01	0.01	0.01

ตารางผนวกที่ 10 ค่าความขุ่นของบ่อฝั้งทั้ง 5 บ่อ

ว ด ป	ครั้งที่	ความขุ่น (NTU)				
		บ่อดกตะกอน	บ่อฝั้ง1	บ่อฝั้ง2	บ่อฝั้ง3	บ่อปรับสภาพ
20 มิ.ย. 56	1	19	23	56	50	42
27 มิ.ย. 56	2	18	28	46	31	25
4 ก.ค. 56	3	18	84	110	83	69
11 ก.ค. 56	4	24	27	181	82	63
25 ก.ค. 56	5	35	39	55	28	28
1 ส.ค. 56	6	35	32	77	67	56
8 ส.ค. 56	7	21	25	20	28	21
15 ส.ค. 56	8	34	40	32	41	78
20 ส.ค. 56	9	43	48	32	51	25
2 ก.ย. 56	10	18	72	95	56	18
26 ก.ย. 56	11	19.9	36	55	104	40
30 ก.ย. 56	12	15.2	30	68	125	38
10 ต.ค. 56	13	22	39	48	109	18.3
14 ต.ค. 56	14	18	23	32	56	41
24 ต.ค. 56	15	16.8	19	20	32	38
28 ต.ค. 56	16	14.5	19.5	23	32	21.8
31 ต.ค. 56	17	26	22	18	25	18
14 พ.ย. 56	18	-	-	-	-	-
21 พ.ย. 56	19	24	18	56	44	19
เฉลี่ย		23.41	34.69	56.89	58.00	36.62

ตารางผนวกที่ 11 ค่าสีของบ่อฝังทั้ง 5 บ่อ

ว ด ป	ครั้งที่	สี (Pt.CO)				
		บ่อดกตะกอน	บ่อฝัง1	บ่อฝัง2	บ่อฝัง3	บ่อปรับสภาพ
15 ส.ค. 56	1	148.75	86.25	41.25	53.75	61.25
20 ส.ค. 56	2	241.25	141.25	121.25	26.25	46.25
2 ก.ย. 56	3	121.25	98.75	103.75	146.25	33.75
26 ก.ย. 56	4	81.25	161.25	103.75	96.25	73.25
30 ก.ย. 56	5	86.25	171.25	118.75	98.75	86.25
10 ต.ค. 56	6	71.25	28.75	111.25	28.75	26.25
14 ต.ค. 56	7	66.25	78.75	133.75	93.75	83.75
24 ต.ค. 56	8	39	71	79	9	31
28 ต.ค. 56	9	126.25	71.00	101.25	91.00	73.75
31 ต.ค. 56	10	23.75	28.75	81.25	53.75	26.25
14 พ.ย. 56	11	26.75	65.25	82.25	25.75	25.25
21 พ.ย. 56	12	31.25	83.75	121.25	43.75	21.25
เฉลี่ย		88.60	90.50	99.90	63.92	49.02

ตารางผนวกที่ 12 ค่าความโปร่งใสของบ่อฝังทั้ง 5 บ่อ

ว ด ป	ครั้งที่	การส่องสว่าง (ชม.)				
		บ่อดกตะกอน	บ่อฝัง1	บ่อฝัง2	บ่อฝัง3	บ่อปรับสภาพ
20 มิ.ย. 56	1	28	45	44.8	58.4	41.7
27 มิ.ย. 56	2	29	47	38	47	41
4 ก.ค. 56	3	27	52.5	26	40	31.2
11 ก.ค. 56	4	30	42.5	25	33	29
25 ก.ค. 56	5	34	33	30	44.5	45
1 ส.ค. 56	6	30	30	28	33	32
8 ส.ค. 56	7	21	42.5	41	43	36.78
15 ส.ค. 56	8	20	30	38.5	42.3	38.4
20 ส.ค. 56	9	25.4	26.5	34	39	38.3
2 ก.ย. 56	10	28.5	24.7	22	31	28.8
26 ก.ย. 56	11	-	-	-	-	-
30 ก.ย. 56	12	33	29	30	24	30
10 ต.ค. 56	13	32	24	38	46	30
14 ต.ค. 56	14	29	30	38	45	30
24 ต.ค. 56	15	34	33	30	44.5	45
28 ต.ค. 56	16	20	42	40	52	30
31 ต.ค. 56	17	35.5	42	48	43.5	33.5
14 พ.ย. 56	18	55	32	40	30	35
21 พ.ย. 56	19	28	53	32	33	29
เฉลี่ย		29.97	36.59	34.63	40.51	34.70

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นายชนวัฒน์ จินจาร์ภัย
เกิดวันที่ 3 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2530
สถานที่เกิด จังหวัดกาญจนบุรี
ประวัติการศึกษา วศ.บ. (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (พ.ศ.2552)
ตำแหน่งงานปัจจุบัน นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
สถานที่ทำงานปัจจุบัน โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย
 อันเนื่องมาจากพระราชดำริ
 เลขที่ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ -
ทุนการศึกษาที่ได้รับ โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย
 อันเนื่องมาจากพระราชดำริ