บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การดำเนินการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาระบบกำจัดน้ำเสียแบบก่อสร้างอยู่กับแหล่งกำเนิดโดยการซึมลงดินและการระเหยโดยใช้พืช บ้านพักอาศัยที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ คือ บ้านเลขที่ 26/10 (บ้านแก้วประกิจ) หมู่บ้านเมืองทองนิเวศน์ 1 ถนนแจ้งวัฒนะ จังหวัดกรุงเทพฯ ซึ่งมีผู้พักอาศัย 6 คน เป็นผู้ใหญ่ 5 คน เด็ก 1 คน

ช่วงแรกของการดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจเพื่อหาสถานที่ในการติดตั้งระบบ trench system และระบบ evapotranspiration system ซึ่งสถานที่ที่จะติดตั้งระบบทั้งสอง จะต้องเป็นบ้านพักอาศัยที่มีบริเวณพื้นที่ว่างสำหรับวางระบบ และจะต้องเป็นบริเวณพื้นที่ราบ แสงแดดส่องได้ถึง โดยผู้วิจัยได้พบบ้านพักอาศัย 4 – 5 แห่งที่มีพื้นที่สำหรับวางระบบทั้งสองได้ หลังจากหาสถานที่วางระบบทั้งสองได้แล้ว ผู้วิจัยจึงได้ทำการสำรวจขั้นต้น โดยได้สำรวจถึงลักษณะดิน ความสามารถในการซึมน้ำของดิน และระดับน้ำใต้ดิน ผลปรากฏว่าลักษณะดินของทุกที่ที่ทำการสำรวจเป็นดินเหนียว ซึมน้ำได้ยาก และระดับน้ำใต้ดินอยู่สูงมาก โดยอัตราการซึมน้ำของดินที่จะทำการวิจัยเท่ากับ 38 นาทีต่อเซนติเมตร และระดับน้ำใต้ดินอยู่สูง โดยมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ระดับ 0.50 เมตรจากผิวดิน ซึ่งทั้งอัตราการซึมน้ำของดิน และระดับน้ำใต้ดินไม่อยู่ในเกณฑ์ที่จะติดตั้งระบบ trench system ได้ แต่สามารถติดตั้งระบบ evapotranspiration system ได้ ทำให้ทราบว่าพื้นที่ในเขตกรุงเทพฯ ไม่มีความเหมาะสมที่จะติดตั้งระบบ trench system และผู้วิจัยได้ตัดสินใจติดตั้งเพียงระบบ evapotranspiration system เพียงระบบเดียว เพราะระบบ trench system ไม่สามารถติดตั้งได้

ช่วงที่สองของการดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการเลือกบริเวณที่จะติดตั้งระบบ , ออกแบบ และทำการติดตั้งระบบ evapotaranspiration system โดยทำการศึกษาถึงการใช้น้ำของผู้พักอาศัย , อัตราการระเหยน้ำ (evaporation rate) , ความสามารถในการดูดซึมน้ำและระเหยน้ำของพืช (transpiration rate) ซึ่งในการทดลองนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ ต้นเข็ม มาใช้ในการทดลอง เนื่องมาจากต้นเข็มเป็นต้นไม้ที่เลี้ยงดูง่าย ทนต่อสภาวะอากาศต่างๆ และมีความสวยงามในการใช้ตกแต่งบริเวณบ้านให้ดูสวยงามได้ หลังจากผู้วิจัยได้ข้อมูลอัตราการระเหยน้ำและความสามารถในการดูดซึมและระเหยน้ำของต้นเข็มแล้ว ผู้วิจัยจึงได้นำค่าทั้งสองมาช่วยในการออกแบบขนาดของระบบ evapotaranspiration system และได้กำหนดปริมาณน้ำเสียที่จะกำจัด โดยให้ระบบสามารถ

กำจัดน้ำเสียได้หมดภายในระยะเวลาประมาณ 1 วัน ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดขนาดของระบบ โดยใช้กระบะพลาสติกขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 1.7 เมตร และลึก 0.6 เมตร ใช้ 2 กระบะวางต่อกัน และกำจัดน้ำเสียครั้งละ 20 ลิตร รายละเอียดของระบบ คือ ที่ก้นกระบะจะต่อท่อส่งจ่ายน้ำเสียเข้าสู่กระบะและใช้กรวดในการช่วยกระจายน้ำเสีย ซึ่งชั้นกรวดจะมีความหนา 20 เซนติเมตร ชั้นต่อมาเป็นชั้นทรายที่จะช่วยในการส่งน้ำเสียขึ้นสู่ด้านบนของกระบะโดยอาศัยแรงดัน capillary ในการดันน้ำขึ้นสูง ซึ่งชั้นทรายจะมีความหนา 30 เซนติเมตร ส่วนชั้นบนสุดจะปลูกด้วยต้นเข็ม ซึ่งเป็นชั้นดินที่มีความหนา 10 เซนติเมตร โดยออกแบบเป็นระบบอัตโนมัติในการสูบจ่ายน้ำเสียเข้าสูระบบและจับเวลาในการระเหยน้ำเสียจนหมดในแต่ละรอบการทำงาน ซึ่งใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าในการดำเนินการ

4.2 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

4.2.1 อัตราการซึมน้ำของดินและระดับน้ำใต้ดิน

ในการทดลองช่วงแรกนั้น จะทำการศึกษาถึงลักษณะของดินบริเวณที่จะวางระบบกำจัดน้ำเสียทั้ง 2 ระบบ คือ ระบบ trench system และระบบ evapotranspiration system ซึ่งในการศึกษาหาอัตราการซึมน้ำของดินนั้น จะใช้วิธี percolation test ซึ่งจากการทดลองหาอัตราการซึมน้ำของดินบริเวณที่จะวางระบบกำจัดน้ำเสียทั้ง 2 ระบบ ได้ผลการทดลอง คือ ดินบริเวณที่จะวางระบบทั้ง 2 ระบบนั้นเป็นดินเหนียวและมีอัตราการซึมน้ำของดินเท่ากับ 38 นาทีต่อเซนติเมตร หมายถึง ในหลุมที่ขุดทำ percolation test และเติมน้ำลงในหลุมเพื่อทำการทดลองนั้น ระดับน้ำในหลุมที่ลดลงเท่ากับ 1 เซนติเมตร จะต้องใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 38 นาที ซึ่งระบบ trench system จะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น อัตราการซึมน้ำของดินต้องไม่ช้ากว่า 25 นาทีต่อเซนติเมตร ซึ่งอัตราการซึมน้ำของดินบริเวณที่จะวางระบบทั้ง 2 ระบบนั้น มีอัตราการซึมน้ำช้ามากๆและเป็นดินเหนียวที่มีการซึมน้ำได้ยาก จึงสรุปว่าระบบ trench system ไม่มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการกำจัดน้ำเสียที่บริเวณนี้ แต่สำหรับระบบ evapotranspiration system สามารถติดตั้งในบริเวณนี้ได้โดยไม่มีปัญหาเรื่องลักษณะดินและอัตราการซึมน้ำของดินมาเกี่ยวข้อง

สิ่งที่ต้องพิจารณาอีกอย่าง คือ ระดับน้ำใต้ดิน โดยได้ทำการขุดหลุมเพื่อศึกษาหาระดับของน้ำใต้ดินที่บริเวณที่จะวางระบบทั้ง 2 ระบบ ซึ่งระดับน้ำใต้ดินบริเวณที่จะทำการวิจัยนี้มีระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำจากผิวดินประมาณ 50 เซนติเมตร ซึ่งระดับน้ำใต้ดินที่เหมาะสมในการวางระบบ trench system นั้น ควรมีค่าระดับน้ำใต้ดินต่ำกว่าผิวดินไม่น้อยกว่า 1.20 เมตร ซึ่งระดับน้ำใต้ดินนี้ก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้ไม่สามารถวางระบบ trench system ได้ แต่สามารถวางระบบ evapotranspiration system ได้อย่างไม่มีปัญหา

ซึ่งลักษณะดินและระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่กรุงเทพมหานครนั้น มีลักษณะดินส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว และมีระดับน้ำใต้ดินสูงมากใกล้กับระดับผิวดิน จึงสรุปได้ว่าระบบ trench system ไม่มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการกำจัดน้ำเสียจากบ้านพักอาศัยที่อยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ส่วนระบบ evapotranspiration system สามารถใช้ในการกำจัดน้ำเสียจากบ้านพักอาศัยที่อยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครได้ แต่จะต้องเป็นบ้านพักอาศัยที่มีพื้นที่พอสมควรสำหรับติดตั้งระบบ evapotranspiration system ได้

ตารางที่ 4.1 อัตราการซึมน้ำของดินและระดับน้ำใต้ดิน

อัตราการซึมน้ำของดิน (นาที/เซนติเมตร)	ระดับน้ำใต้ดินจากผิวดิน (เมตร)
38	0.50

- อัตราการซึมน้ำของดินเท่ากับ 38 นาทีต่อเซนติเมตร

- ระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่าระดับผิวดินประมาณ 50 เซนติเมตร

- ระบบ trench system ไม่เหมาะสมในการกำจัดน้ำเสียจากบ้านพักอาศัยในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (แต่สามารถหาเกณฑ์การออกแบบได้)

- ระบบ evapotranspiration system เหมาะสมในการกำจัดน้ำเสียจากบ้านพักอาศัยในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.2 อัตราการใช้น้ำประปาและอัตราการเกิดน้ำเสีย

ในการบันทึกการอัตราใช้น้ำประปาในแต่ละวันนั้น จะเก็บค่าที่มิเตอร์น้ำประปาที่อยู่บริเวณหน้าบ้านที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ คือ บ้านเลขที่ 26/10 (บ้านแก้วประกิจ) หมู่บ้านเมืองทองนิเวศน์ 1 ซึ่งการบันทึกค่าอัตราการใช้น้ำประปานี้ เพื่อที่จะนำค่าที่บันทึกมาช่วยในการออกแบบระบบ โดยจะดูว่าวันหนึ่งๆ มีอัตราการใช้น้ำประปาเป็นอย่างไร เพื่อจะมาประมาณค่าอัตราการเกิดน้ำเสียที่เกิดจากบ้านพักอาศัยนั้นๆ แล้วนำค่าอัตราการเกิดน้ำเสียที่ประมาณได้มาใช้ในการ

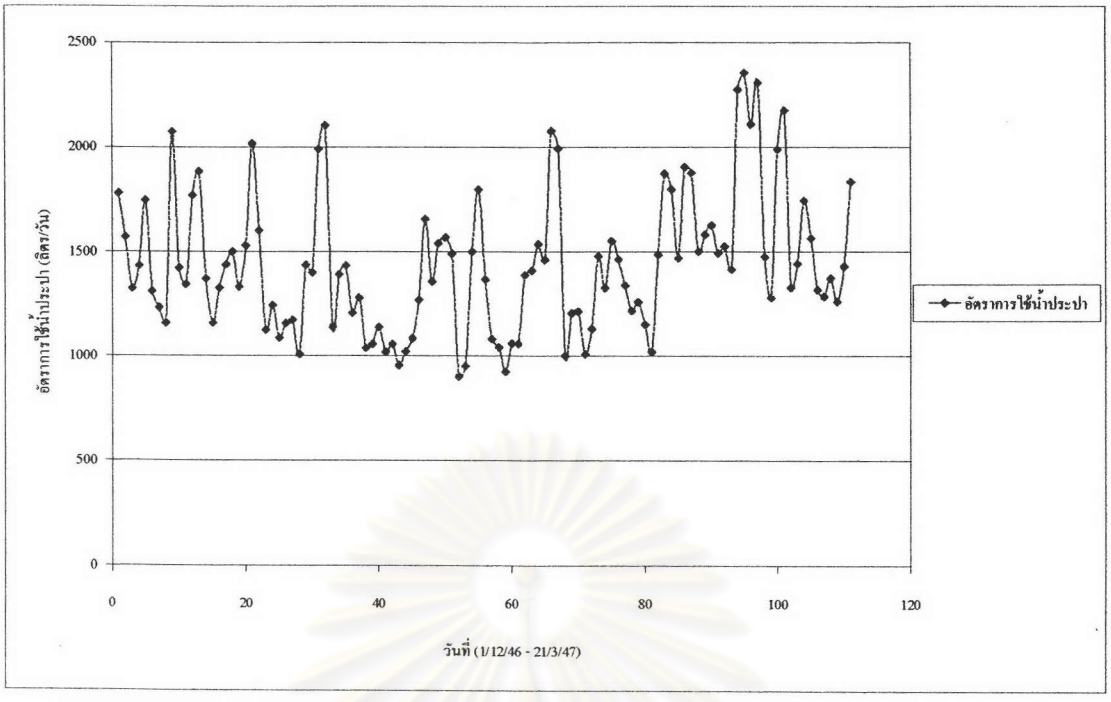
ออกแบบขนาดของระบบกำจัดน้ำเสีย ซึ่งการบันทึกค่าจะบันทึกค่าทุกวัน ซึ่งในระหว่างการทดลองนี้ อัตราการใช้น้ำประปามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 903 – 2,354 ลิตรต่อวัน จากผลการบันทึกค่าการใช้น้ำประปาในแต่ละวันนั้น สามารถทำการวิเคราะห์ได้ว่าอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยมีค่าประมาณ 1,438.28 ลิตรต่อวัน และจะนำค่าอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยมาคำนวณประมาณค่าอัตราการเกิดน้ำเสียเฉลี่ย โดยกำหนดให้อัตราการเกิดน้ำเสียเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 80 ของอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย ดังนั้นจะประมาณค่าอัตราการเกิดน้ำเสียเฉลี่ยได้เท่ากับ 1,150.62 ลิตรต่อวัน และจะนำค่าอัตราการเกิดน้ำเสียเฉลี่ยมาคำนวณประมาณค่าอัตราไหลรายวันสูงสุด อัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุด และอัตราไหลรายชั่วโมงต่ำสุด โดยที่จะให้ตัวคูณอัตราไหลรายวันสูงสุดเท่ากับ 1.1 ตัวคูณอัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุดประมาณ 1.6 – 1.8 และตัวคูณอัตราไหลรายชั่วโมงต่ำสุดประมาณ 0.5 – 0.7 ซึ่งจะได้ค่าอัตราไหลรายวันสูงสุดเท่ากับ 1,265.68 ลิตรต่อวัน อัตราไหลรายชั่วโมงสูงสุด 81.50 ลิตรต่อชั่วโมง และอัตราไหลรายชั่วโมงต่ำสุด 28.77 ลิตรต่อชั่วโมง แต่เนื่องจากตัวคูณต่างๆนี้มีการศึกษาข้อมูลมาน้อย จึงควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม เพื่อปรับปรุงตัวเลขดังกล่าวให้มีความถูกต้องมากขึ้น โดยอัตราการใช้น้ำประปาและอัตราการเกิดน้ำเสียแสดงไว้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 อัตราการใช้น้ำประปาและอัตราการเกิดน้ำเสีย

	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.	N	ช่วงเวลาที่บันทึกค่า	หมายเหตุ
อัตราการใช้น้ำประปา (ลิตร/วัน)	903	2,354	1,438.28	335.56	111	1/12/46 - 21/3/47	บันทึกค่าจริง
อัตราการเกิดน้ำเสีย (ลิตร/วัน)	-	-	1,150.62				ใช้ตัวคูณ factor
อัตราไหลน้ำเสียรายวัน (ลิตร/วัน)		1,265.68					ใช้ตัวคูณ factor
อัตราไหลน้ำเสียรายชั่วโมง (ลิตร/ชั่วโมง)	28.77	81.5					ใช้ตัวคูณ factor

จากข้อมูลของมั่นสิน ตัลพุลเวศม์ (2537) มีอัตราการใช้น้ำประปาเฉลี่ย 200 ลิตรต่อคนต่อวัน ซึ่งใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งมีค่าประมาณ 240 ลิตรต่อคนต่อวัน

จากข้อมูลของบุญส่ง ไข่เกศและคณะ (2534) มีอัตราการเกิดน้ำเสียเฉลี่ย 148 – 212 ลิตรต่อคนต่อวัน ซึ่งใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งมีค่าประมาณ 192 ลิตรต่อคนต่อวัน แสดงว่าที่ทำการวิจัยมีลักษณะใกล้เคียงกับบ้านพักอาศัยโดยรวมของกรุงเทพมหานครจึงมีความเหมาะสมที่จะทำการวิจัยได้



รูปที่ 4.1 อัตราการใช้น้ำประปาระหว่างทำการทดลอง

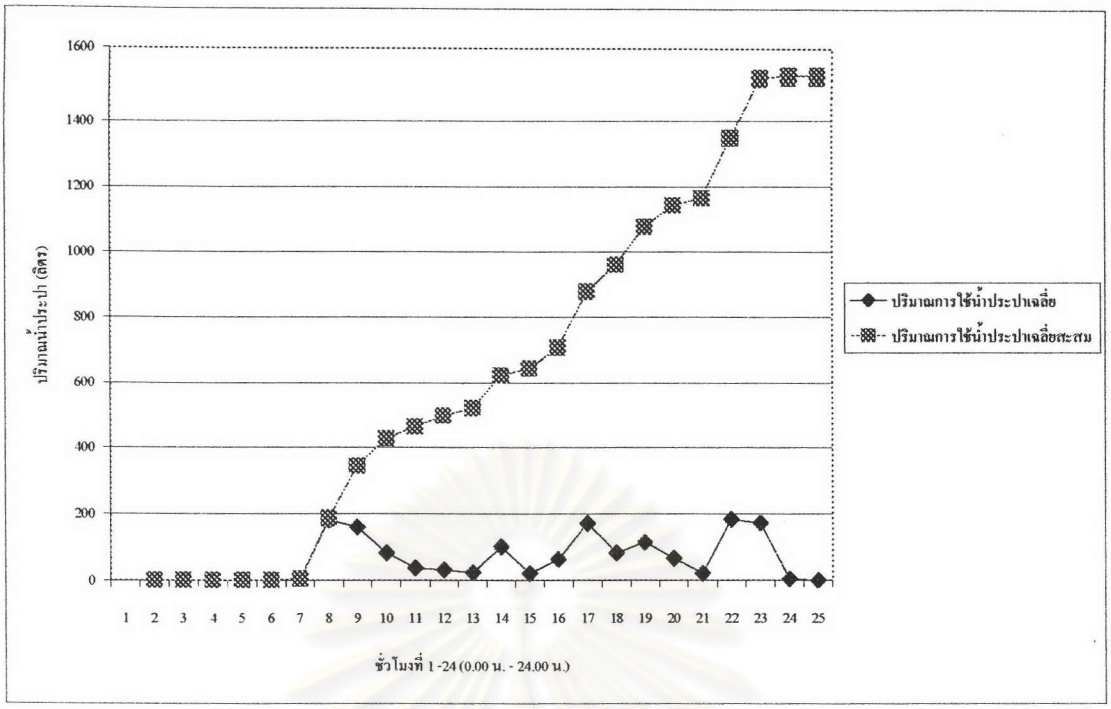
4.2.3 กิจกรรมและปริมาณการใช้น้ำประปาในแต่ละช่วงเวลา

ในการบันทึกค่ากิจกรรมและปริมาณการใช้น้ำประปาในแต่ละช่วงเวลานั้น จะบันทึกค่าที่มิเตอร์น้ำประปาที่อยู่บริเวณหน้าบ้านที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ คือ บ้านเลขที่ 26/10 (บ้านแก้วประกิจ) หมู่บ้านเมืองทองนิเวศน์ 1 และจะทำการบันทึกการทำกิจกรรมในทุกๆชั่วโมงของวันที่ทำการบันทึกค่าว่าทำกิจกรรมอะไรบ้างที่เกี่ยวกับการใช้น้ำประปา และกิจกรรมนั้นๆมีปริมาณการใช้น้ำประปาเป็นอย่างไร เพื่อที่จะนำค่าที่บันทึกมาช่วยในการออกแบบระบบ และสามารถจะคาดเดาได้คร่าวๆว่าน้ำเสียมีคุณลักษณะต่างๆ มีสาเหตุมาจากการทำกิจกรรมใดบ้าง โดยการบันทึกค่ากิจกรรมและปริมาณการใช้น้ำประปาในแต่ละช่วงเวลานั้น จะทำการบันทึกค่าอาทิตย์ละ 1 ครั้ง ซึ่งในระหว่างการทดลองนี้ อัตราการใช้น้ำประปามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0 - 182 ลิตรต่อชั่วโมง จากผลการบันทึกค่ากิจกรรมและปริมาณการใช้น้ำประปาในแต่ละช่วงเวลานั้น สามารถทำการวิเคราะห์ได้ว่าช่วงเวลา 06.00 น. – 07.00 น. และช่วงเวลา 20.00 น. – 21.00 น. มีปริมาณการใช้น้ำประปาเฉลี่ยสูงสุดในช่วงเวลา 1 วัน และช่วงเวลา 23.00 น. – 05.00 น. มีปริมาณการใช้น้ำประปาเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงเวลา 1 วัน โดยการบันทึกกิจกรรมและปริมาณการใช้น้ำประปาเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลานั้น จะแสดงไว้ในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 กิจกรรมและปริมาณการใช้น้ำประปาเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา

เวลา	ปริมาณการใช้น้ำประปาต่ำสุด (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำประปาสูงสุด (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำประปาเฉลี่ย (ลิตร)
00.00 น. - 01.00 น.	0	0	0
01.00 น. - 02.00 น.	0	0	0
02.00 น. - 03.00 น.	0	0	0
03.00 น. - 04.00 น.	0	0	0
04.00 น. - 05.00 น.	0	0	0
05.00 น. - 06.00 น.	0	15	6
06.00 น. - 07.00 น.	112	254	180
07.00 น. - 08.00 น.	98	220	159
08.00 น. - 09.00 น.	65	97	83
09.00 น. - 10.00 น.	0	131	37
10.00 น. - 11.00 น.	0	84	32
11.00 น. - 12.00 น.	0	108	24
12.00 น. - 13.00 น.	81	119	101
13.00 น. - 14.00 น.	0	105	22
14.00 น. - 15.00 น.	25	80	63
15.00 น. - 16.00 น.	19	387	171
16.00 น. - 17.00 น.	37	104	83
17.00 น. - 18.00 น.	95	136	115
18.00 น. - 19.00 น.	52	78	67
19.00 น. - 20.00 น.	0	65	22
20.00 น. - 21.00 น.	123	268	182
21.00 น. - 22.00 น.	107	247	171
22.00 น. - 23.00 น.	0	38	5
23.00 น. - 24.00 น.	0	0	0

ในการบันทึกข้อมูลปริมาณการใช้น้ำประปาที่ได้มาจากการบันทึกค่าจริงจากบ้านพักอาศัยที่ทำการวิจัย โดยทำการวัดอาทิตย์ละ 2 ครั้ง แล้วนำค่าที่ได้จากการบันทึกค่ามาหาปริมาณการใช้น้ำประปาเฉลี่ย



รูปที่ 4.2 อัตราการใช้น้ำประปาเฉลี่ยที่ใช้ใน 1 วัน

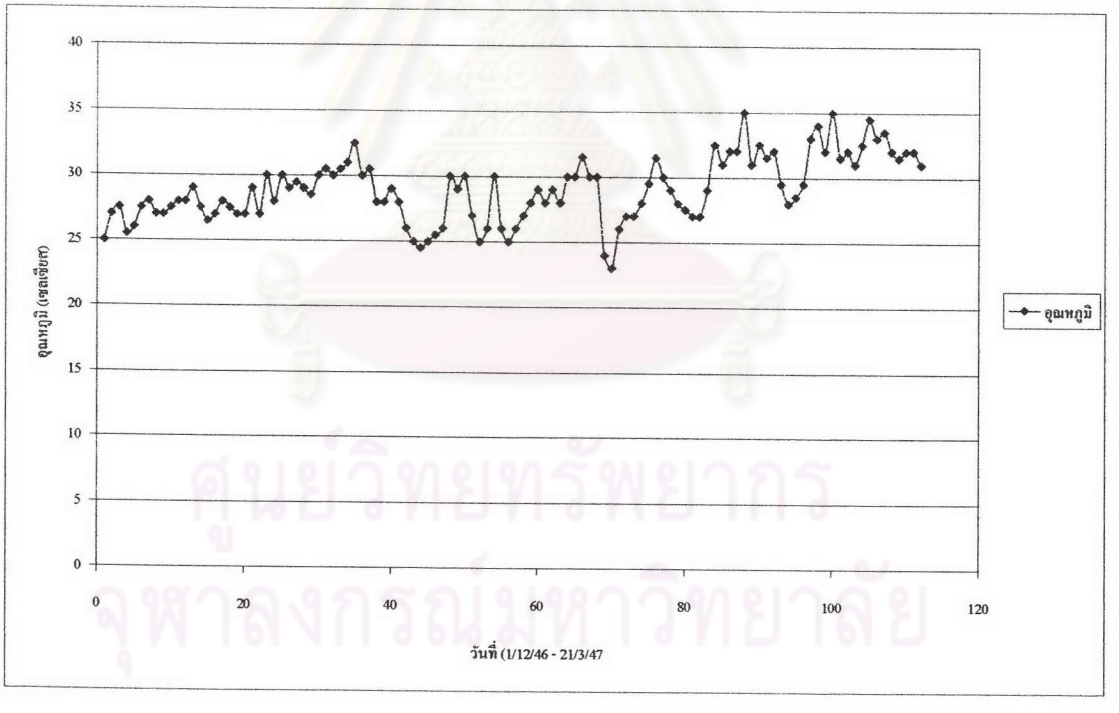
4.2.4 อุณหภูมิ , ความชื้นสัมพัทธ์และสภาพภูมิอากาศ

ในการบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศนั้น จะทำการบันทึกค่าที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ คือ บ้านเลขที่ 26/10 (บ้านแก้วประกิจ) หมู่บ้านเมืองทองนิเวศน์ 1 โดยการบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์นั้น เพื่อที่จะทำการวิเคราะห์ดูว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์นั้น มีผลต่อการระเหยน้ำเสียอย่างไร ซึ่งการบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์นั้น จะบันทึกค่าทุกวัน โดยติดตั้ง thermometer และ wet and dry thermometer ไว้บริเวณระบบ evapotranspiration system ในบ้านพักอาศัยที่ทำการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งในระหว่างการทดลองนี้ อุณหภูมิของอากาศมีค่าอยู่ในช่วง 23 – 35 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีค่าอยู่ในช่วง 54 – 96 % จากการติดตามศึกษาพบว่าแนวโน้มของเวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบนั้น มีแนวโน้มว่าหากช่วงใดมีอุณหภูมิของอากาศสูง ช่วงนั้นจะสามารถระเหยน้ำเสียออกจากระบบได้รวดเร็วกว่าช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า และช่วงใดที่มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำ ช่วงนั้นระบบก็จะสามารถระเหยน้ำเสียออกจากระบบได้รวดเร็วกว่าช่วงที่มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงกว่า แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นก็ยังมีองค์ประกอบอีกหลายๆด้านที่มีอิทธิผลต่อการระเหยน้ำเสียออกจากระบบอีก ซึ่งค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศนี้ จะสามารถบอกแนวโน้มว่าจะเป็นไปในทางใดอย่างคร่าวๆ แต่ไม่ถึงกับละเอียดมากนัก โดยค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์นั้น แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 โดยในระหว่างการทดลองมีฝนตกในเดือนมกราคมและเดือนกุมภาพันธ์

ตารางที่ 4.4 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

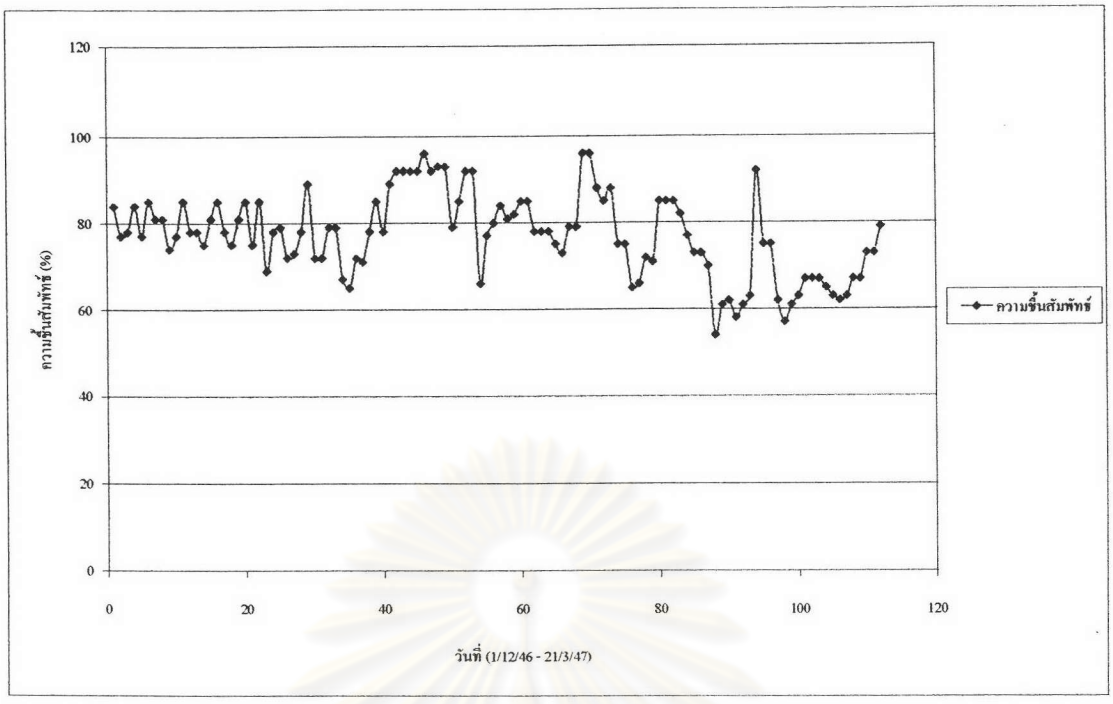
	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.	N	ช่วงเวลาที่บันทึกค่า
อุณหภูมิ (เซลเซียส)	23	35	28.99	2.52	112	1/12/46 - 21/3/47
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	54	96	77.13	9.64	112	1/12/46 - 21/3/47

จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีตรวจวัดอากาศดอนเมืองจะมีค่าอุณหภูมิเท่ากับ 23 – 31 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 58 - 92 % (เดือนพฤศจิกายน 2546 – เดือนมกราคม 2547) ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลที่บันทึกระหว่างการทดลอง ซึ่งมีอุณหภูมิระหว่างการทดลองเท่ากับ 24.5 - 32.5 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 65 - 96 %



รูปที่ 4.3 อุณหภูมิของอากาศระหว่างทำการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศระหว่างทำการทดลอง

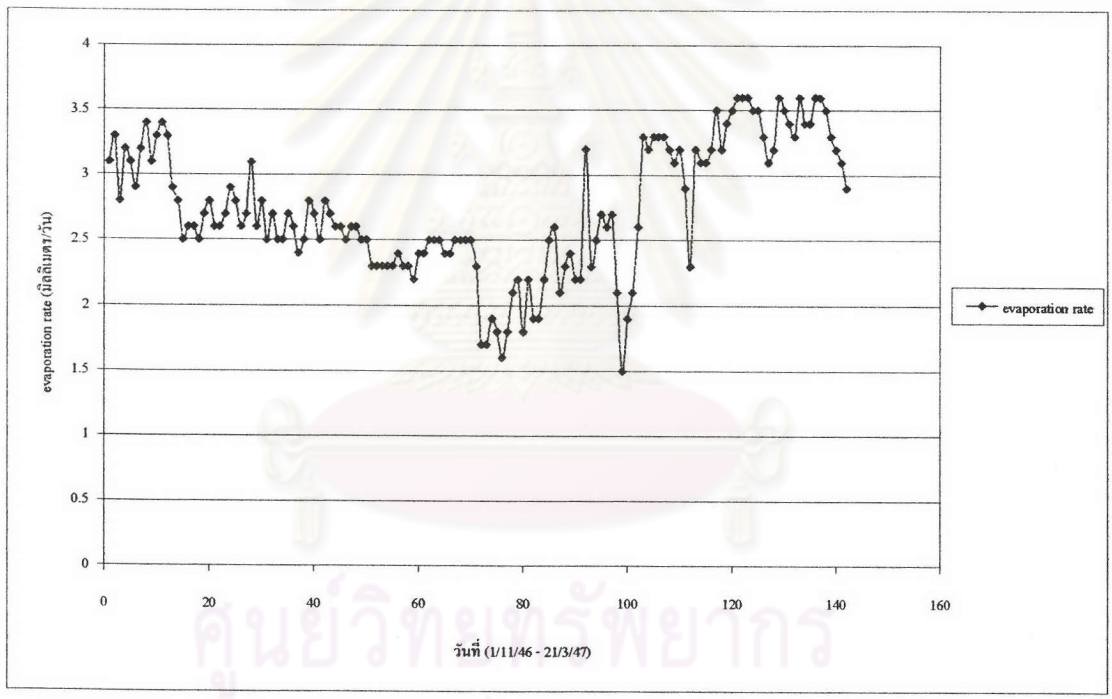
4.2.5 ค่า evaporation rate และปริมาณฝน

ในการบันทึกค่า evaporation rate และค่าปริมาณฝนนั้น จะทำการบันทึกค่าที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ คือ บ้านเลขที่ 26/10 (บ้านแก้วประกิจ) หมู่บ้านเมืองทองนิเวศน์ 1 โดยการบันทึกค่า evaporation rate และค่าปริมาณฝนนั้น เพื่อที่จะวิเคราะห์ดูว่าค่า evaporation rate และค่าปริมาณฝนนั้น มีผลต่อการระเหยน้ำเสียอย่างไร ซึ่งการบันทึกค่า evaporation rate และค่าปริมาณฝนนั้น จะบันทึกค่าจาก pan evaporation และมิเตอร์วัดฝน(ถังวัดน้ำฝน)ที่ติดตั้งไว้ที่ระบบ evapotranspiration system โดยทำการบันทึกค่าทุกวัน จากการติดตามศึกษาพบว่าค่า evaporation rate เป็นค่าหลักที่บ่งชี้ถึงความสามารถในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบโดยตรง ซึ่งทำให้สามารถสรุปได้ว่าช่วงเวลาที่มีค่า evaporation rate สูง ระบบจะสามารถระเหยน้ำเสียออกจากระบบได้เร็วกว่าช่วงเวลาที่มีค่า evaporation rate ต่ำกว่าหรือสรุปได้ว่าเวลาใช้ในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบจะแปรผกผันกับค่า evaporation rate นอกจากนี้ค่า evaporation rate ยังช่วยให้มองเห็นอย่างคร่าวๆได้ว่าระบบจะมีการระเหยและไม่ระเหยน้ำเสียในช่วงเวลาใดบ้าง ส่วนค่าปริมาณฝนนั้นจะสามารถนำมาช่วยในการหาค่า evaporation rate ในช่วงเวลาที่มีฝนตกลงมาสู่ระบบ โดยการนำค่าจาก pan evaporation บวกกับค่าปริมาณฝน จะทำให้ได้ค่า evaporation rate ในวันที่มีฝนตกลงมาสู่ระบบ และจากการติดตามผลการศึกษา พอจะสรุปได้ว่าช่วงเวลาที่มีฝนตก ค่า evaporation rate จะต่ำ แต่

ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะสูงมาก โดยที่ค่า evaporation rate และปริมาณฝน แสดงไว้ในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่า evaporation rate และปริมาณฝน

	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.	N	ช่วงเวลาที่บันทึกค่า
ค่า evaporation rate (มิลลิเมตร/วัน)	1.5	3.6	2.73	0.51	142	1/11/46 - 21/3/47
ปริมาณฝน (มิลลิเมตร/วัน)	0	19.8	0.38	2.34	142	1/11/46 - 21/3/47

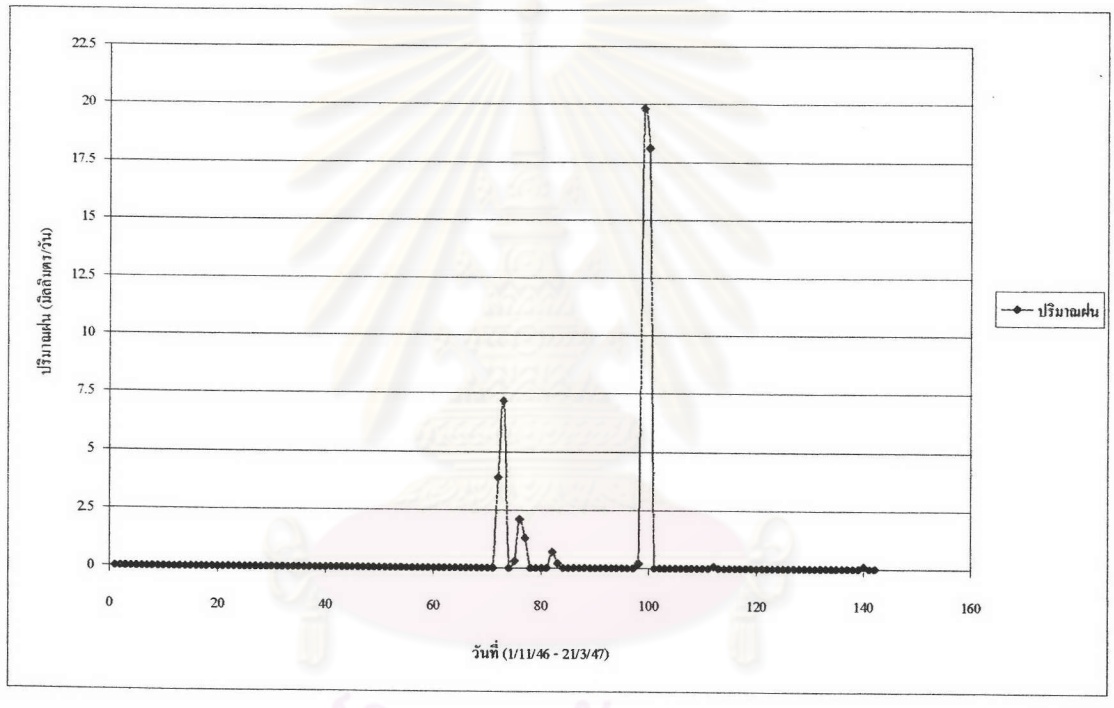


รูปที่ 4.5 ค่า evaporation rate ระหว่างทำการทดลอง

จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีตรวจวัดอากาศดอนเมืองจะมีค่าปริมาณฝนเฉลี่ยของเดือนมกราคม 2547 เท่ากับ 6.2 มิลลิเมตรต่อวัน (เดือนพฤศจิกายน 2546 – เดือนธันวาคม 2546 ไม่มีฝนตก) ส่วนข้อมูลจากการวิจัยมีปริมาณฝนเฉลี่ยของเดือนมกราคม 2547 เท่ากับ 5.2 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่า evaporation rate ไม่มีการบันทึกค่า จึงใช้ข้อมูลของสถานีตรวจวัดอากาศปทุมธานี ซึ่งเป็นสถานีตรวจวัดอากาศที่ใกล้เคียงที่สุด ได้ค่า evaporation rate เฉลี่ย

เท่ากับ 4.4 , 4.9 และ 4.0 มิลลิเมตรต่อวัน (เดือนพฤศจิกายน 2546 , เดือนธันวาคม 2546 และเดือนมกราคม 2547 ตามลำดับ) สำหรับค่า evaporation rate เฉลี่ยจากการวิจัยมีค่า 2.90 , 2.49 และ 2.22 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งมีค่าแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมของที่ทำการวิจัยมีต้นไม้ปลูกอยู่โดยรอบ เป็นส่วนทำให้มีการระเหยน้ำได้น้อยลง

อัตราส่วนระหว่างค่า evaporation rate เฉลี่ยที่ได้จากสถานีตรวจวัดอากาศปทุมธานีกับค่า evaporation rate เฉลี่ยที่ได้จากการวิจัยมีค่าประมาณ 1.52 , 1.97 และ 1.80 แสดงว่าค่า evaporation rate ที่ได้จากการวิจัยอาจจะมีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง จึงอาจต้องมีการปรับแก้ค่าให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.6 ปริมาณฝนระหว่างทำการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.6 ค่า transpiration rate ของต้นเข็ม

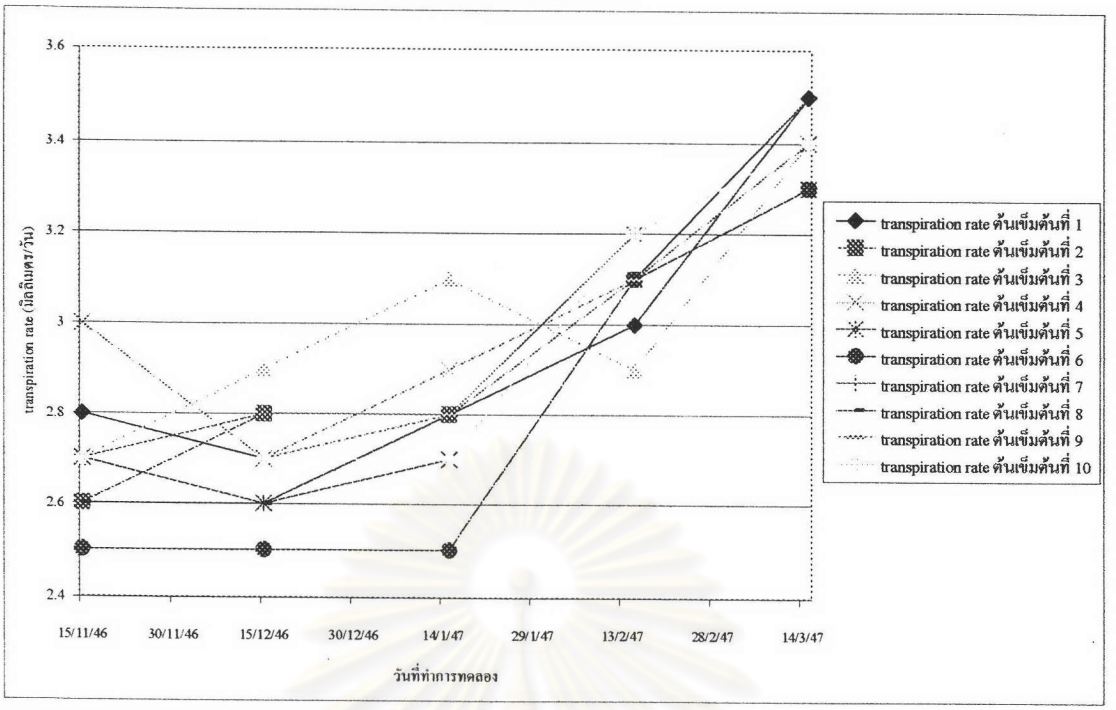
ในการบันทึกค่า transpiration rate ของต้นเข็มนั้น จะทำการบันทึกจากการนำต้นเข็มมาหาปริมาณน้ำที่ใช้ในการดูดซึมทางราก และระเหยน้ำออกทางใบ นั่นก็คือปริมาณน้ำที่ต้นเข็มใช้ไปในแต่ละวันว่ามีค่าเท่าไหร่ แล้วนำมาคำนวณให้เป็นค่า transpiration rate ของต้นเข็ม โดยการนำปริมาณน้ำที่ต้นเข็มใช้ไปในแต่ละวันมาหารด้วยช่วงเวลาที่ต้นเข็มดูดซึมน้ำไปใช้กับพื้นที่ใบของต้นเข็มที่ใช้ในการระเหยน้ำ (ภาคผนวก ข) โดยจะนำใบของต้นเข็มมาหาพื้นที่ประมาณ 10 ใบเพื่อ

เป็นตัวแทนใบของต้นเข็มทั้งต้น โดยการบันทึกค่า transpiration rate ของต้นเข็มนั้น เพื่อที่จะวิเคราะห์ดูว่าค่า transpiration rate ของต้นเข็มมีผลต่อการระเหยน้ำเสียอย่างไร ซึ่งการบันทึกค่า transpiration rate ของต้นเข็มจะบันทึกค่าจากการทำการทดลองให้ต้นเข็มดูดซึมน้ำ โดยทำการทดลองที่บริเวณพื้นที่ที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าค่า transpiration rate ของต้นเข็มมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการทดลองมากขึ้น เนื่องจากต้นเข็มมีการเจริญเติบโต ต้องใช้น้ำในการดำรงชีพมากขึ้นนั่นเอง และยังมีแนวโน้มของอุณหภูมิของอากาศที่สูงขึ้นเรื่อยๆระหว่างการทดลองด้วย นอกจากนี้ค่า transpiration rate ของต้นเข็มยังเป็นค่าที่มีความสำคัญในการบ่งชี้ถึงความสามารถในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบ จึงพอสรุปได้ว่าหากพืชมีค่า transpiration สูง ระบบก็จะมีแนวโน้มในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบได้เร็วกว่าระบบที่ใช้พืชที่มีค่า transpiration rate ต่ำกว่า แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นก็ยังต้องขึ้นกับชนิดของพืชที่ใช้และสภาพแวดล้อมของอากาศด้วย ค่า transpiration rate ของพืชยังช่วยให้มองเห็นอย่างคร่าวๆได้ว่าระบบจะมีการระเหยและไม่ระเหยน้ำเสียในช่วงเวลาใดบ้าง โดยที่ค่า transpiration rate ของต้นเข็มแสดงไว้ในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่า transpiration rate ของต้นเข็ม

	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.	N	ช่วงเวลาที่บันทึกค่า
ค่า transpiration rate ของต้นเข็ม (มิลลิเมตร/วัน) วันที่ 15/11/46	2.5	2.9	2.7	0.13	10	
ค่า transpiration rate ของต้นเข็ม (มิลลิเมตร/วัน) วันที่ 15/12/46	2.5	2.9	2.7	0.12	10	
ค่า transpiration rate ของต้นเข็ม (มิลลิเมตร/วัน) วันที่ 15/1/47	2.6	3.0	2.8	0.15	10	15/11/46 - 15/3/47
ค่า transpiration rate ของต้นเข็ม (มิลลิเมตร/วัน) วันที่ 15/2/47	2.9	3.3	3.1	0.09	10	
ค่า transpiration rate ของต้นเข็ม (มิลลิเมตร/วัน) วันที่ 15/3/47	3.2	3.6	3.4	0.07	10	

จากข้อมูลของ Sanga et al. (1968) จะมีค่า transpiration rate ของต้นไม้ประมาณ 2.88 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่า transpiration rate ของต้นเข็มที่วัดได้จากการทดลอง ซึ่งมีค่าประมาณ 2.7 มิลลิเมตรต่อวัน แสดงว่าต้นเข็มก็น่าจะมีความเหมาะสมในการปลูกคลุมดินสำหรับระบบ evapotranspiration system ได้ แต่ทั้งนี้ก็ยังมีพืชอีกหลายประเภทที่มีความเหมาะสมมากกว่าต้นเข็ม คือ พืชที่มีการดูดน้ำไปใช้ในปริมาณมากๆและมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมของอากาศได้ดี



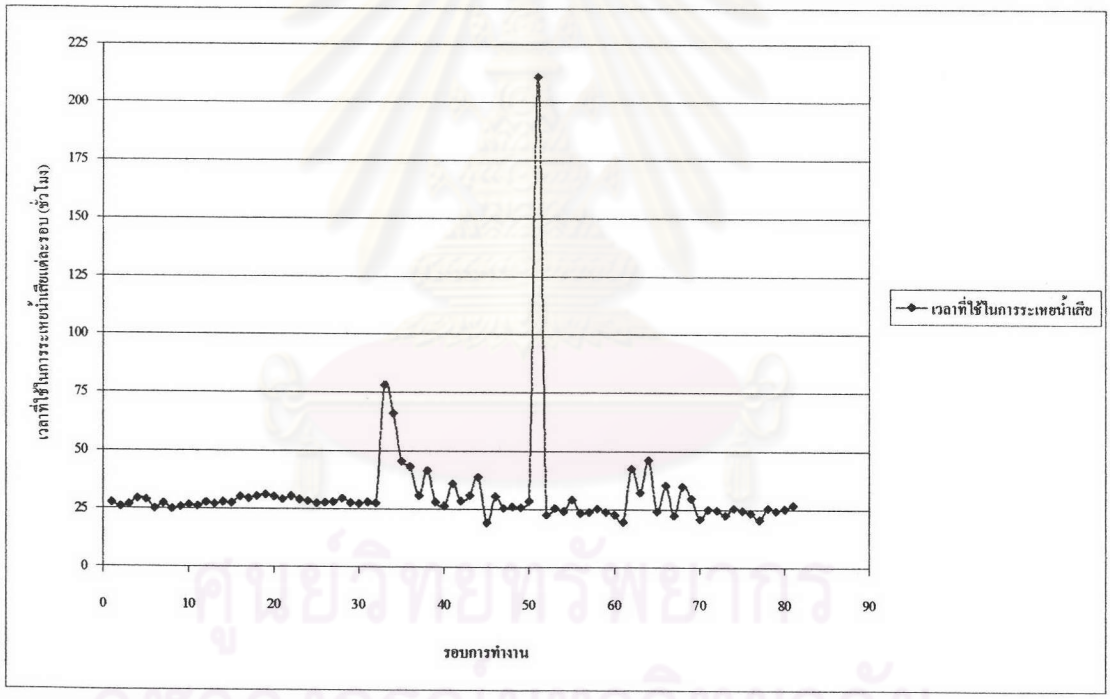
รูปที่ 4.7 ค่า transpiration rate ของต้นเข็มระหว่างทำการทดลอง

4.2.7 เวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบ

ในการบันทึกค่าเวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบนั้น จะทำการบันทึกค่าที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ คือ บ้านเลขที่ 26/10 (บ้านแก้วประกิจ) หมู่บ้านเมืองทองนิเวศน์ 1 โดยค่าเวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบนั้น จะได้มาจากเครื่องจับเวลา (timer) ที่ติดไว้ในตู้ controller ที่ติดตั้งไว้ใกล้ๆระบบ evapotranspiration system ซึ่งจะนำค่าเวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาความเหมาะสมและหาเกณฑ์ในการออกแบบระบบกำจัดน้ำเสียโดยวิธีการระเหยโดยใช้พืช (evapotranspiration system) โดยการบันทึกค่าเวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบจะทำการบันทึกค่าทุกวัน ช่วงเวลาประมาณ 9.00 น. ซึ่งในระหว่างการทดลองนี้ เวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียมีค่าอยู่ในช่วง 19:27:09 - 211:12:19 (ชั่วโมง:นาที:วินาที)ต่อรอบการทำงาน 1 รอบ จากผลการบันทึกค่าเวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบนั้น สามารถทำการวิเคราะห์ได้ว่าช่วงเวลาใดที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำ ค่าอุณหภูมิของอากาศ และค่า evaporation rate สูง เวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียในช่วงเวลานั้นจะน้อย แต่หากช่วงเวลานั้นมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูง ค่าอุณหภูมิของอากาศ และค่า evaporation rate ต่ำ เวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียในช่วงเวลานั้นจะมาก โดยเฉพาะช่วงที่มีฝนตกเวลาที่ใช้จะมาก โดยค่าเวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบนั้น แสดงไว้ในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 เวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system

	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.	N	ช่วงเวลาที่บันทึกค่า
เวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (ชั่วโมง:นาที:วินาที) (ระบบทำงาน 81 รอบ)	19:27:09	211:12:19	31:31:04	22.02	81	1/12/46 - 21/3/47



รูปที่ 4.8 เวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบในแต่ละรอบการทำงาน

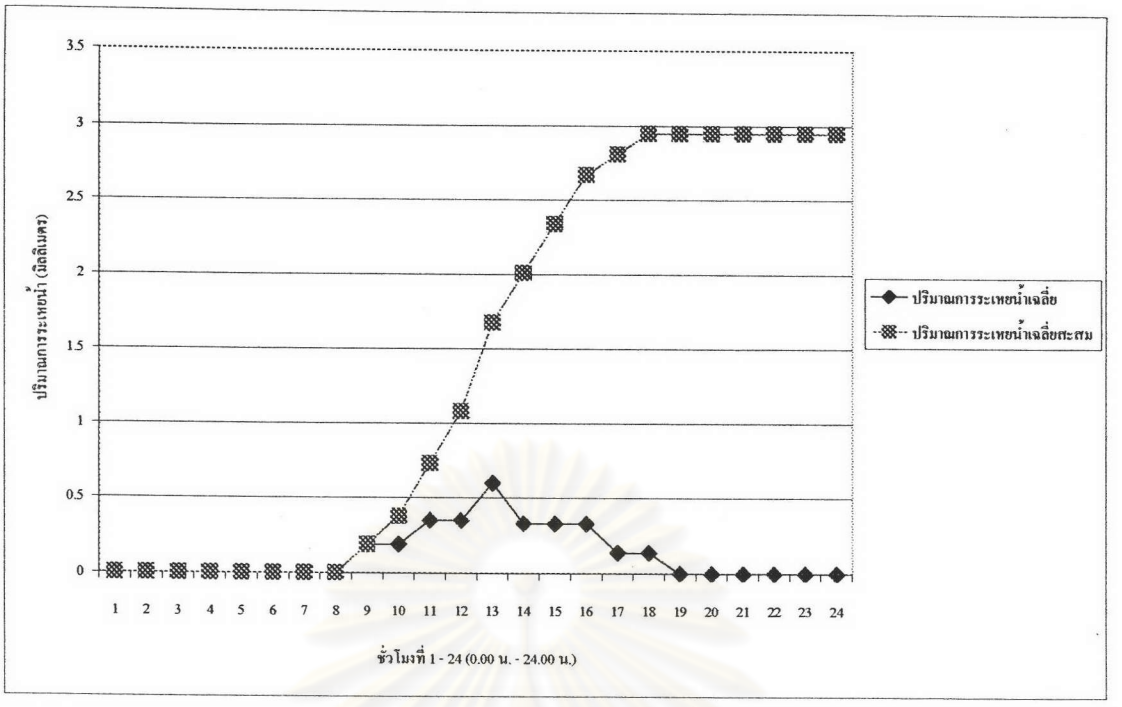
4.2.8 ค่า evaporation rate ในช่วงเวลาต่างๆ

ในการบันทึกค่า evaporation rate ในช่วงเวลาต่างๆนั้น จะทำการบันทึกค่าที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ คือ บ้านเลขที่ 26/10 (บ้านแก้วประกิจ) หมู่บ้านเมืองทองนิเวศน์ 1 และจะทำการบันทึกค่า evaporation rate ในทุกๆชั่วโมงของวันที่ทำการบันทึกค่า เพื่อที่จะวิเคราะห์ว่าการระเหยน้ำนั้นเกิดขึ้นในช่วงเวลาใด และช่วงเวลาใดมีหรือไม่มีการระเหยน้ำเกิดขึ้น ซึ่งอาจจะนำมาใช้ในการพิจารณาเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเริ่มเดินระบบว่าควรจะเริ่มเดินระบบในเวลาใด และดูว่ามีผลต่อเวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบหรือไม่ เช่น องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมเหมือนกัน แต่เวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบต่างกัน ซึ่งอาจเกิดมาจากการเริ่มเดินระบบในเวลาที่ต่างกัน ซึ่งอาจจะมีบางเวลาที่ไม่มีการระเหยน้ำเกิดขึ้น แต่ก็ทำการเริ่มเดินระบบ ทำให้เวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบมากกว่าการเริ่มเดินระบบในเวลาที่มีการระเหยของน้ำเกิดขึ้นได้ โดยการบันทึกค่า evaporation rate จะบันทึกค่าจาก pan evaporation ซึ่งติดตั้งไว้ใกล้ๆ ระบบ evapotranspiration system ซึ่งในระหว่างการทดลองนี้ ค่า evaporation rate มีค่าเฉลี่ย คือ ช่วง 8.00 น. – 10.00 น. มีค่า evaporation rate เฉลี่ย 0.19 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง , ช่วง 10.00 น. – 12.00 น. มีค่า evaporation rate เฉลี่ย 0.35 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง , ช่วง 12.00 น. – 13.00 น. มีค่า evaporation rate เฉลี่ย 0.60 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง , ช่วง 13.00 น. – 16.00 น. มีค่า evaporation rate เฉลี่ย 0.33 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง , ช่วง 16.00 น. – 18.00 น. มีค่า evaporation rate เฉลี่ย 0.14 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง และช่วงเวลาประมาณ 8.00 น. – 18.00 น. จะมีการระเหยน้ำเกิดขึ้น แต่ช่วงเวลาประมาณ 18.00 น. – 7.00 น. จะไม่มีการระเหยน้ำเกิดขึ้น หรือถ้ามีก็น้อยมากจนไม่ถือว่ามีการระเหยน้ำเกิดขึ้น จากผลการบันทึกค่า evaporation rate ในช่วงเวลาต่างๆนั้น สามารถทำการวิเคราะห์ได้ว่าในบางกรณีที่ระบบมีสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกัน แต่เวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบต่างกันมาก เนื่องจากการที่ระบบมีการเดินระบบในเวลาที่ต่างกัน ทำให้บางรอบการทำงานมีช่วงการทำงานในเวลาที่ไม่มีการระเหยน้ำเกิดขึ้นนาน ทำให้การระเหยน้ำเสียออกจากระบบในรอบนั้นมีเวลานานกว่ารอบการทำงานที่มีช่วงการทำงานในเวลาที่ไม่มีการระเหยน้ำเกิดขึ้นน้อยกว่า โดยค่า evaporation rate ในช่วงเวลาต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่า evaporation rate เฉลี่ยในช่วงเวลาต่างๆ

เวลา	ปริมาณการระเหยน้ำเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
00.00 น. - 01.00 น.	-
01.00 น. - 02.00 น.	-
02.00 น. - 03.00 น.	-
03.00 น. - 04.00 น.	-
04.00 น. - 05.00 น.	-
05.00 น. - 06.00 น.	-
06.00 น. - 07.00 น.	-
07.00 น. - 08.00 น.	-
08.00 น. - 09.00 น.	0.19
09.00 น. - 10.00 น.	0.19
10.00 น. - 11.00 น.	0.35
11.00 น. - 12.00 น.	0.35
12.00 น. - 13.00 น.	0.60
13.00 น. - 14.00 น.	0.33
14.00 น. - 15.00 น.	0.33
15.00 น. - 16.00 น.	0.33
16.00 น. - 17.00 น.	0.14
17.00 น. - 18.00 น.	0.14
18.00 น. - 19.00 น.	-
19.00 น. - 20.00 น.	-
20.00 น. - 21.00 น.	-
21.00 น. - 22.00 น.	-
22.00 น. - 23.00 น.	-
23.00 น. - 24.00 น.	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.9 ค่า evaporation rate เฉลี่ยที่เกิดขึ้นในช่วง 1 วัน

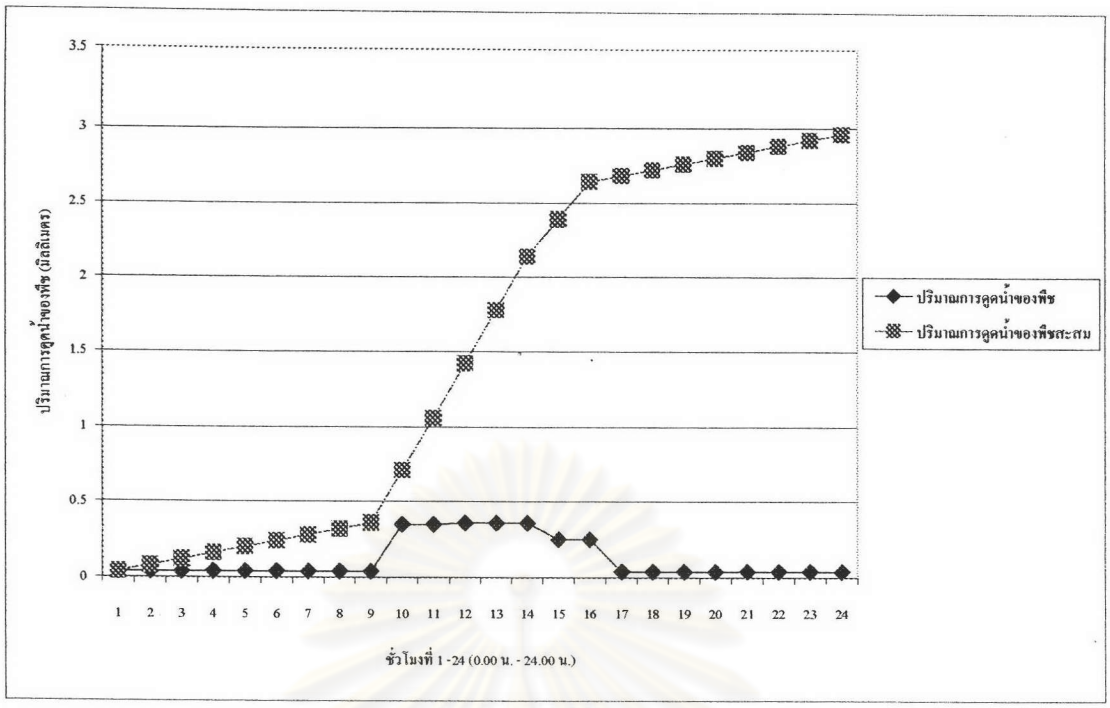
4.2.9 ค่า transpiration rate ของต้นเข็มในช่วงเวลาต่างๆ

ในการบันทึกค่า transpiration rate ของต้นเข็มนั้น จะทำการบันทึกจากการนำต้นเข็มมาหาปริมาณน้ำที่ใช้ในการดูดซึมทางราก และระเหยน้ำออกทางใบ นั่นก็คือปริมาณน้ำที่ต้นเข็มใช้ไปในแต่ละวันว่ามีค่าเท่าไหร่ แล้วนำมาคำนวณให้เป็นค่า transpiration rate ของต้นเข็มและจะทำการบันทึกค่า transpiration rate ของต้นเข็มในทุกๆชั่วโมงของวันที่ทำการบันทึกค่า เพื่อที่จะวิเคราะห์ว่าการดูดซึมน้ำและการระเหยน้ำทางใบของต้นเข็มนั้นเกิดขึ้นในช่วงเวลาใด และช่วงเวลาใดมีหรือไม่มีการดูดซึมน้ำและการระเหยน้ำทางใบของต้นเข็มนั้นเกิดขึ้น ซึ่งอาจจะนำมาใช้ในการพิจารณาเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเริ่มเดินระบบว่าควรจะเริ่มเดินระบบในเวลาใด โดยค่า transpiration rate ของต้นเข็มในช่วงเวลาต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่า transpiration rate เฉลี่ยของต้นเข็มในช่วงเวลาต่างๆ

เวลา	ปริมาณการดูดน้ำของต้นเข็ม (มิลลิเมตร)
00.00 น. - 01.00 น.	0.04
01.00 น. - 02.00 น.	0.04
02.00 น. - 03.00 น.	0.04
03.00 น. - 04.00 น.	0.04
04.00 น. - 05.00 น.	0.04
05.00 น. - 06.00 น.	0.04
06.00 น. - 07.00 น.	0.04
07.00 น. - 08.00 น.	0.04
08.00 น. - 09.00 น.	0.04
09.00 น. - 10.00 น.	0.35
10.00 น. - 11.00 น.	0.35
11.00 น. - 12.00 น.	0.36
12.00 น. - 13.00 น.	0.36
13.00 น. - 14.00 น.	0.36
14.00 น. - 15.00 น.	0.25
15.00 น. - 16.00 น.	0.25
16.00 น. - 17.00 น.	0.04
17.00 น. - 18.00 น.	0.04
18.00 น. - 19.00 น.	0.04
19.00 น. - 20.00 น.	0.04
20.00 น. - 21.00 น.	0.04
21.00 น. - 22.00 น.	0.04
22.00 น. - 23.00 น.	0.04
23.00 น. - 24.00 น.	0.04

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.10 ค่า transpiration rate เฉลี่ยของต้นเข็มที่เกิดขึ้นในช่วง 1 วัน

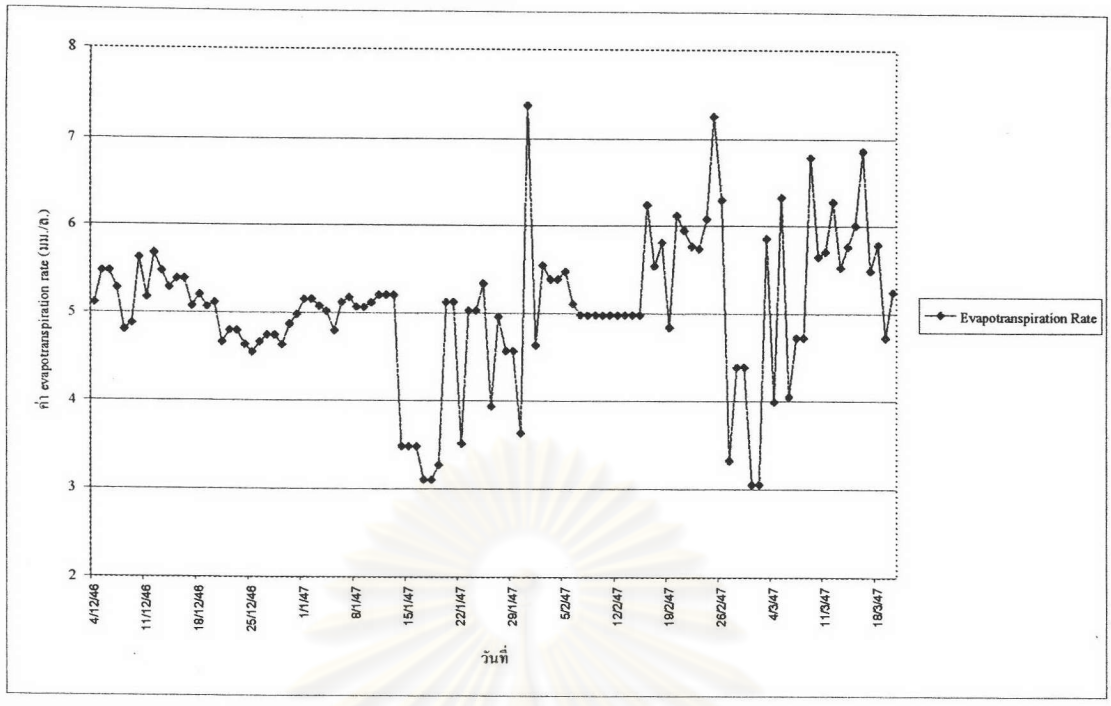
4.2.10 ค่า evapotranspiration rate ของระบบ evapotranspiration system

ในการหาค่า evapotranspiration rate ของระบบ evapotranspiration system นี้ จะหามาจากการคำนวณจากค่าเวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียแต่ละรอบ โดยคำนวณว่าในเวลา 1 วัน ระบบ evapotranspiration system นี้จะสามารถกำจัดน้ำเสียได้ในปริมาณเท่าใด

ตารางที่ 4.10 ค่า evapotranspiration rate ของระบบ evapotranspiration system

	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.	N	ช่วงเวลาที่บันทึกค่า
ค่า evapotranspiration rate (มิลลิเมตร/วัน)	3.05	7.38	5.06	0.83	81	1/12/46 - 21/3/47

จากข้อมูลของ Frederik Jones Syaranamual (1986) จะมีค่า evapotranspiration rate ของระบบ evapotranspiration system อยู่ในช่วง 3.9 – 7.0 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยที่ค่าที่ได้มีค่าประมาณ 3.05 – 7.38 มิลลิเมตรต่อวัน แสดงว่าระบบ evapotranspiration system มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการกำจัดน้ำเสียในพื้นที่กรุงเทพมหานคร



รูปที่ 4.11 ค่า evapotranspiration rate ของระบบ evapotranspiration system

4.2.11 คุณลักษณะน้ำเสียเข้าและออกจากระบบ evapotarnspiration system

ในการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียเข้าและออกจากระบบนั้น จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ คือ บ้านเลขที่ 26/10 (บ้านแก้วประกิจ) หมู่บ้านเมืองทองนิเวศน์ 1 และนำตัวอย่างน้ำเสียไปทำการวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการทันที โดยการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียเข้าระบบ (น้ำเสียผ่านถังเกรอะและถังดักไขมันแล้ว) นั้น เพื่อที่จะศึกษาดูว่า น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นจากถังเกรอะมาแล้วนั้น มีคุณลักษณะอย่างไร เพื่อดูว่าถังเกรอะมีประสิทธิภาพดีหรือไม่ในการบำบัดน้ำเสียขั้นต้น ดูว่าต้นไม้และระบบจะสามารถรองรับกับน้ำเสียที่มีคุณลักษณะเช่นไรได้บ้าง

ส่วนการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียออกจากระบบนั้น เพื่อที่จะศึกษาดูว่าระบบ evapotranspiration system สามารถบำบัดน้ำเสียได้ด้วยหรือไม่ มีความสามารถบำบัดน้ำเสียได้เช่นไร และเพื่อศึกษาดูว่า หากกรณีมีปริมาณฝนตกลงมาสู่ระบบจนระบบไม่สามารถระเหยน้ำเสียได้ทันแล้ว น้ำเสียที่ผ่านระบบ evapotranspiration system นั้น จะมีคุณลักษณะที่จะสามารถปล่อยทิ้งลงสู่แม่น้ำได้หรือไม่ (ผ่านหรือไม่ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้ง) และเพื่อเปรียบเทียบดูว่าน้ำเสียเข้าระบบกับน้ำเสียออกจากระบบนั้น จะมีคุณลักษณะต่างกันเช่นไร ซึ่งการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยจะเก็บตัวอย่างน้ำเสีย 3 จุด จุดที่ 1 คือ บริเวณที่น้ำเสียผ่านการ

บำบัดขั้นต้นจากถังเกรอะและถังดักไขมันแล้ว แต่ยังไม่เข้าระบบ จุดที่ 2 คือ บริเวณที่น้ำเสียผ่านเข้าระบบแล้วในกระบะอันที่ 1 แต่ยังไม่เข้ากระบะอันที่ 2 และจุดที่ 3 คือ บริเวณปลายของระบบที่ต่อไว้ปลายกระบะอันที่ 2 สำหรับการระบายน้ำออกจากระบบไม่ให้ล้นระบบ ซึ่งคุณลักษณะน้ำเสียเข้าและออกจากระบบ evapotranspiration system นั้น แสดงไว้ในตารางที่ 4.11 – 4.18

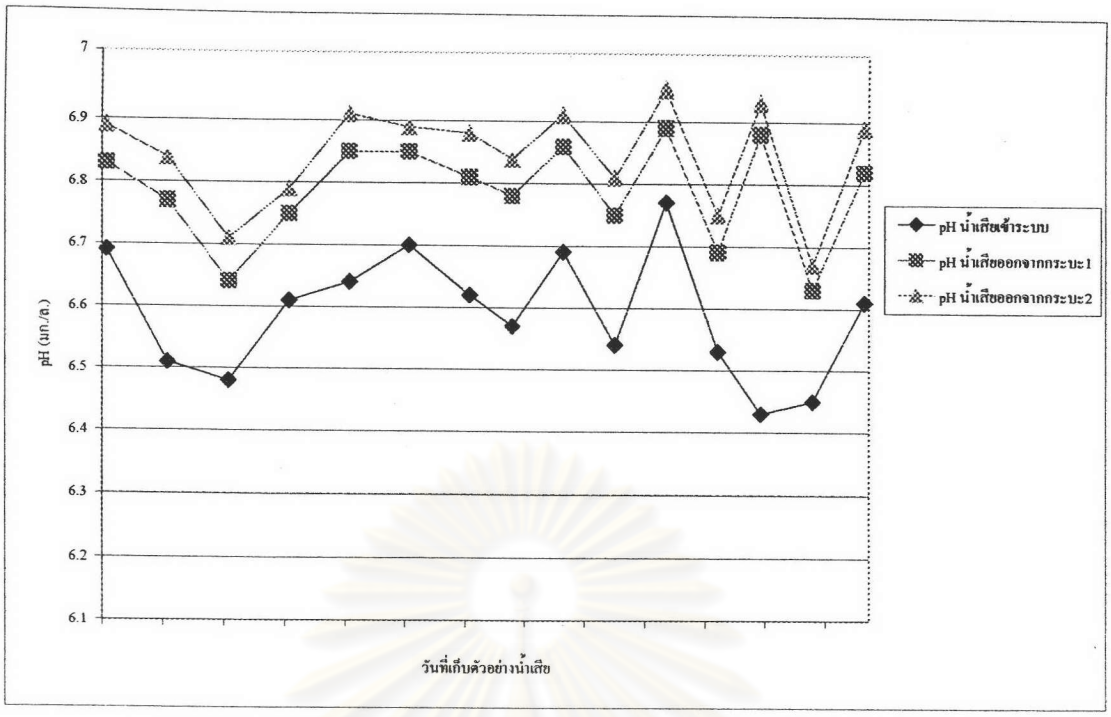
4.2.11.1 pH

จากการวัดค่าพีเอชของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบ evapotranspiration system ตลอดการทดลอง ซึ่งน้ำเข้าจะมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 6.43 – 6.77 และน้ำออกจากระบบจะมีค่าพีเอชเข้าใกล้ 7 จึงกล่าวได้ว่าระบบ evapotranspiration system สามารถปรับพีเอชให้เป็นกลางได้

ตารางที่ 4.11 ค่า pH น้ำเสียเข้าและออกจากระบบ evapotranspiration system

	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.	N	ช่วงเวลาที่บันทึกค่า
pH น้ำเสียเข้าระบบ evapotranspiration system	6.43	6.77	6.59	0.10	15	1/12/46 - 21/3/47
pH น้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (กระบะอันที่1)	6.63	6.89	6.79	0.08	15	1/12/46 - 21/3/47
pH น้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (กระบะอันที่ 2)	6.67	6.95	6.84	0.08	15	1/12/46 - 21/3/47
ประสิทธิภาพในการบำบัด pH (กระบะอันที่ 1)	-	-	-			
ประสิทธิภาพในการบำบัด pH (กระบะอันที่ 2)	-	-	-			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



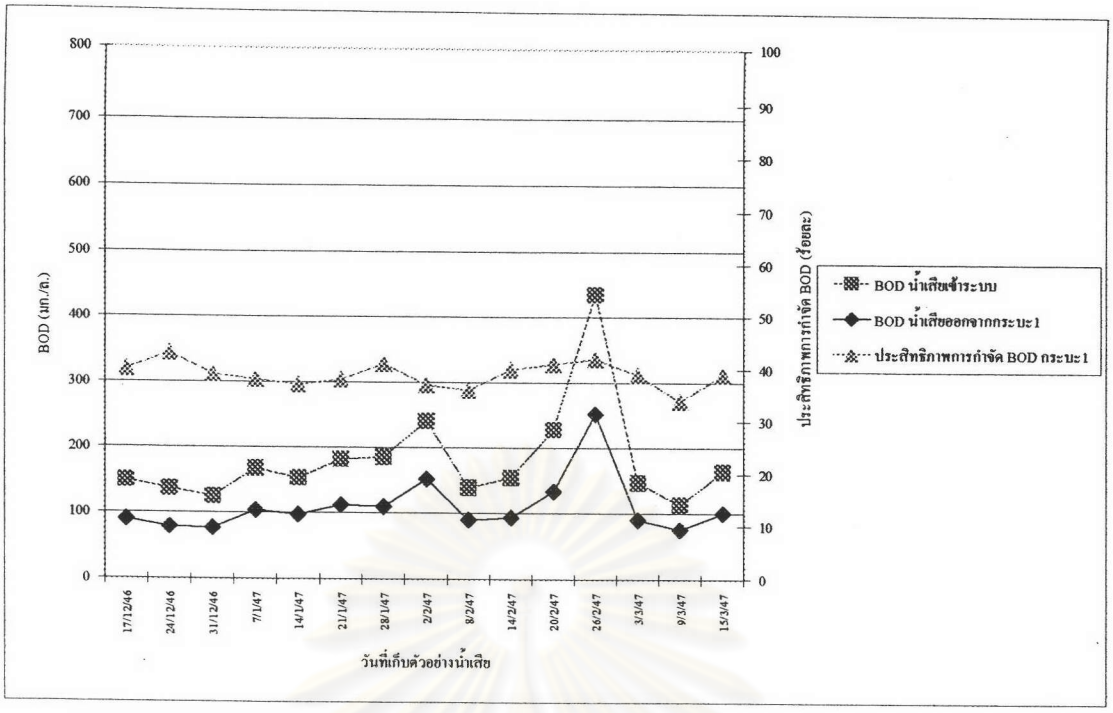
รูปที่ 4.12 ค่า pH ของน้ำเสียระหว่างทำการทดลอง

4.2.11.2 BOD

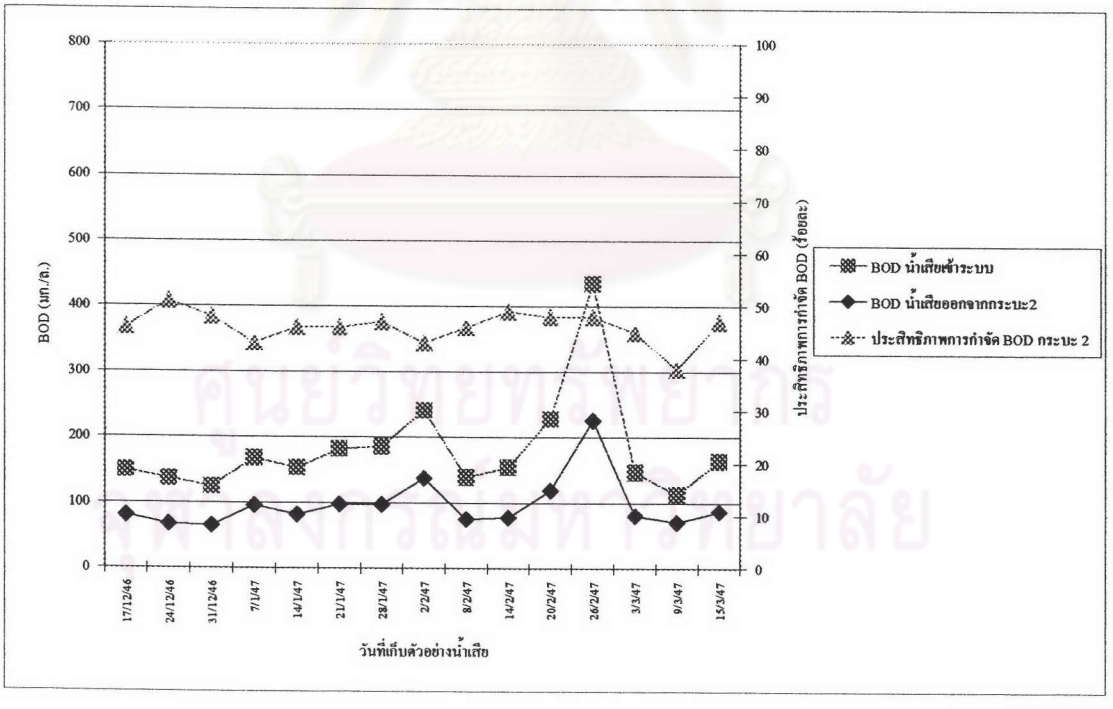
น้ำเสียที่เข้าระบบ evapotranspiration system มีค่าบีโอดีอยู่ในช่วง 113 – 435 มก./ล. หลังจากน้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system จะมีค่าบีโอดีลดลง แสดงว่าระบบ evapotranspiration system สามารถกำจัดบีโอดีให้มีค่าน้อยลงได้

ตารางที่ 4.12 ค่า BOD น้ำเสียเข้าและออกจากระบบ vapotranspiration system

	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.	N	ช่วงเวลาที่บันทึกค่า
BOD น้ำเสียเข้าระบบ evapotranspiration system	113	435	181	78.36	15	1/12/46 - 21/3/47
BOD น้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (กระบะอันที่1)	75	252	110	44.54	15	1/12/46 - 21/3/47
BOD น้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (กระบะอันที่ 2)	65	226	97	40.60	15	1/12/46 - 21/3/47
ประสิทธิภาพในการบำบัด BOD (กระบะอันที่ 1)	34	43	39			
ประสิทธิภาพในการบำบัด BOD (กระบะอันที่ 2)	38	51	46			



รูปที่ 4.13 ค่า BOD ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 1



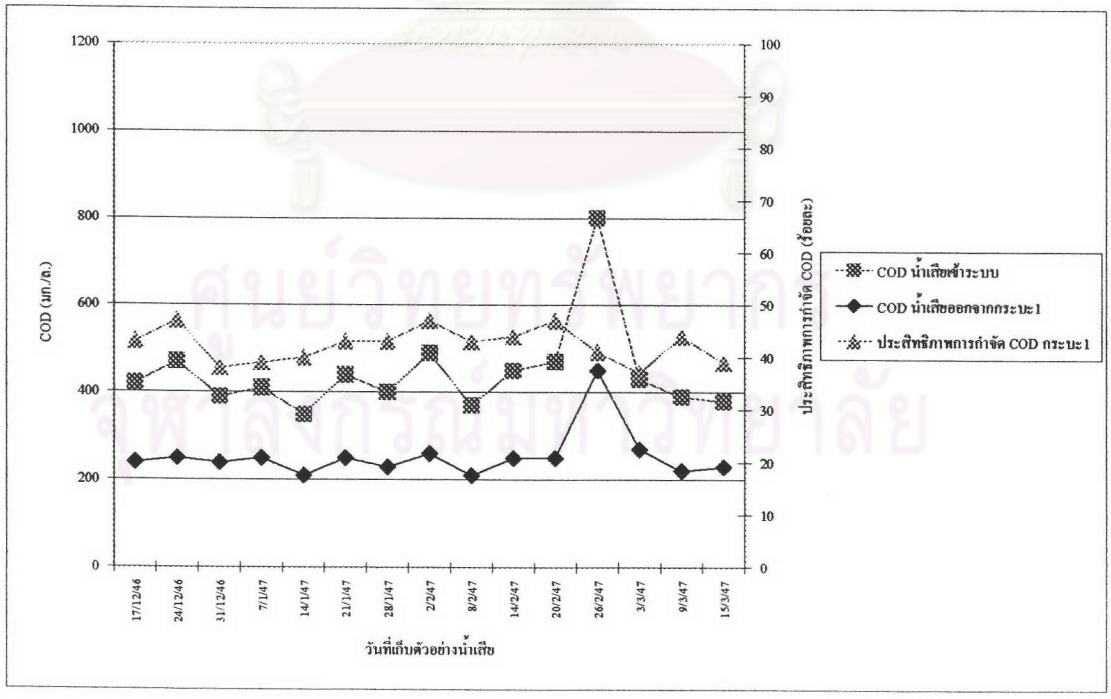
รูปที่ 4.14 ค่า BOD ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 2

4.2.11.3 COD

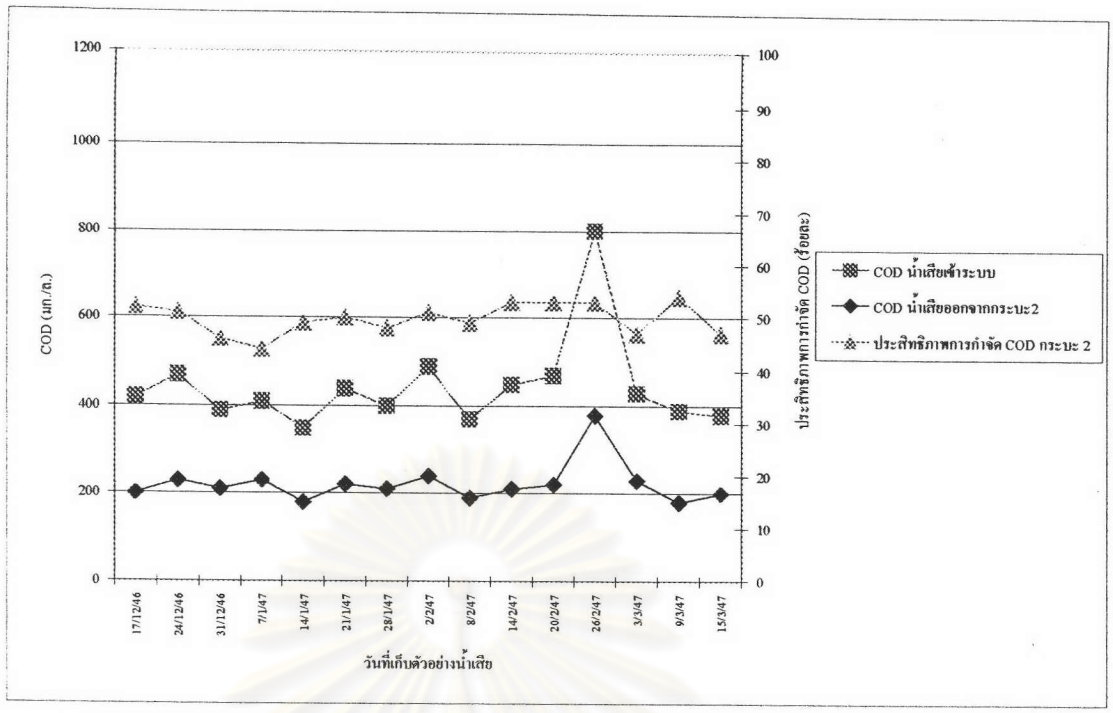
น้ำเสียที่เข้าระบบ evapotranspiration system มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 350-800 มก./ล. หลังจากน้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system จะมีค่าซีโอดีลดลง แสดงว่าระบบ evapotranspiration system สามารถกำจัดซีโอดีให้มีค่าน้อยลงได้

ตารางที่ 4.13 ค่า COD น้ำเสียเข้าและออกจากระบบ evapotranspiration system

	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.	N	ช่วงเวลาที่บันทึกค่า
COD น้ำเสียเข้าระบบ evapotranspiration system	350	800	444	106.36	15	1/12/46 - 21/3/47
COD น้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (กระบะอันที่1)	210	450	254	56.92	15	1/12/46 - 21/3/47
COD น้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (กระบะอันที่ 2)	180	380	222	47.39	15	1/12/46 - 21/3/47
ประสิทธิภาพในการบำบัด COD (กระบะอันที่ 1)	37	47	42			
ประสิทธิภาพในการบำบัด COD (กระบะอันที่ 2)	44	54	50			



รูปที่ 4.15 ค่า COD ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 1



รูปที่ 4.16 ค่า COD ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 2

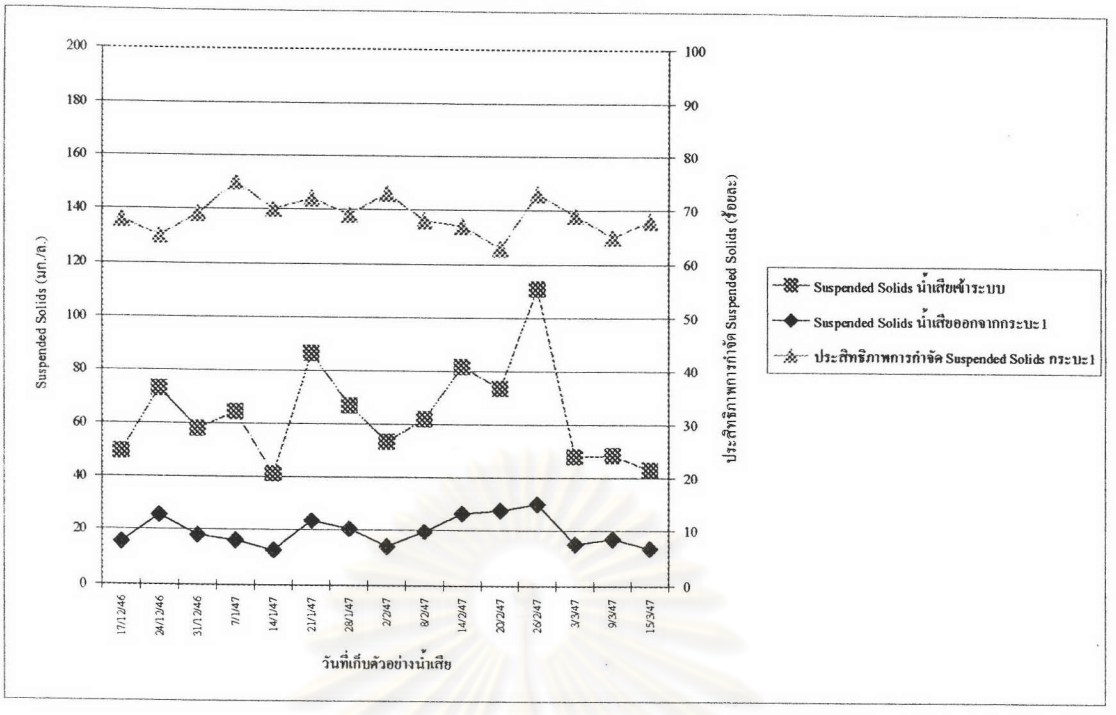
4.2.11.4 suspended solids , dissolved solids and settleable solids

น้ำเสียที่เข้าระบบ evapotranspiration system มีค่า suspended solids อยู่ในช่วง 41-111 มก./ล. ค่า dissolved solids อยู่ในช่วง 379 – 731 มก./ล. และมีค่า settleable solids น้อยมาก จนไม่สามรถวัดได้ ซึ่งหลังจากน้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system จะมีค่า suspended solids และค่า dissolved solids ลดลง แสดงว่าระบบ evapotranspiration system สามารถกำจัด suspended solids และ dissolved solids ให้มีค่าน้อยลงได้

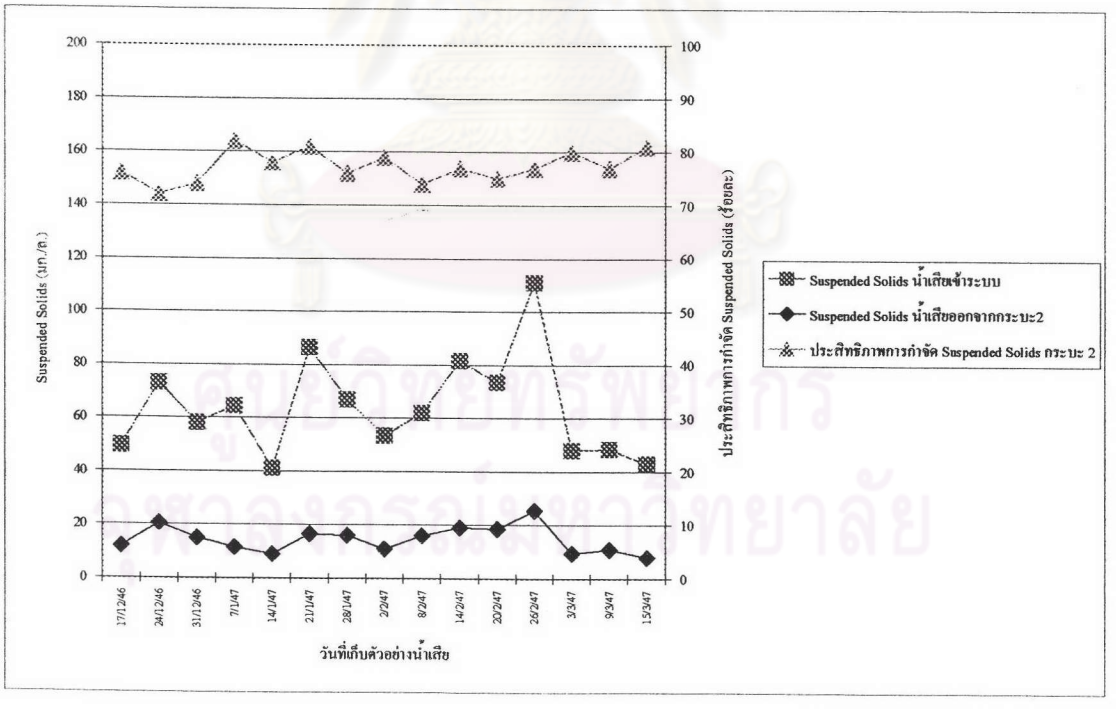
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.14 ค่า suspended solids , dissolved solids และ settleable solids น้ำเสียเข้าและออกจากระบบ evapotranspiration system

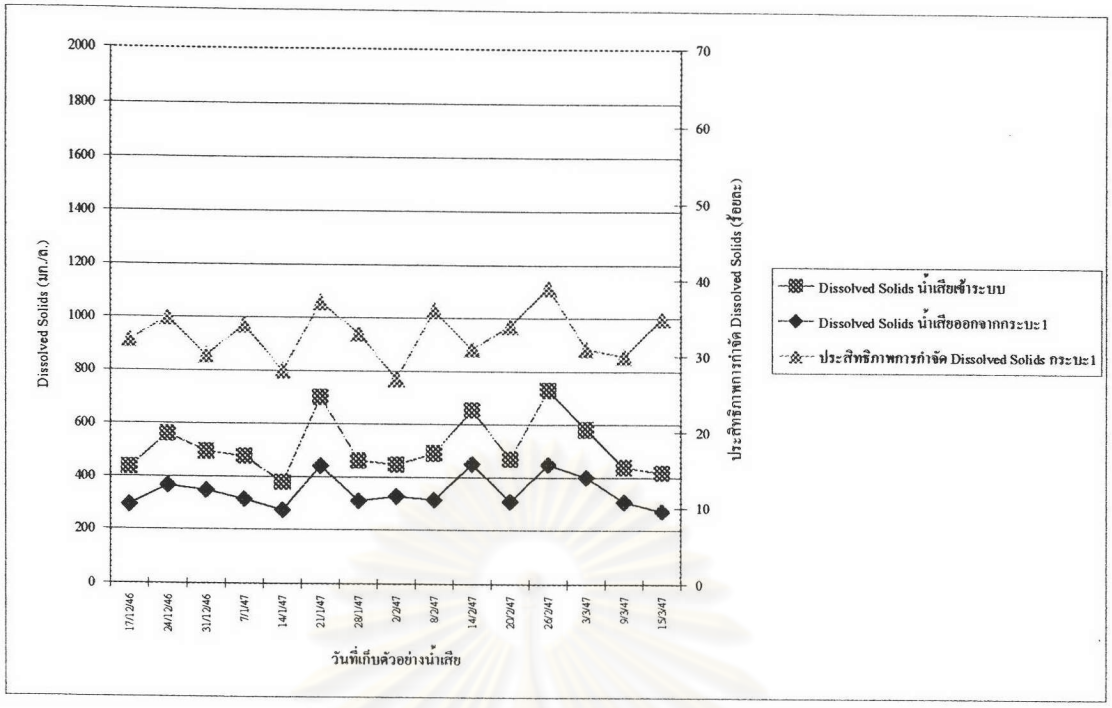
	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.	N	ช่วงเวลาที่บันทึกค่า
suspended solids น้ำเสียเข้าระบบ evapotranspiration system	41	111	64	18.95	15	1/12/46 - 21/3/47
suspended solids น้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (กระบะอันที่1)	12.5	30	19.6	5.66	15	1/12/46 - 21/3/47
suspended solids น้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (กระบะอันที่ 2)	8	25.5	14.6	4.92	15	1/12/46 - 21/3/47
ประสิทธิภาพในการบำบัด suspended solids (กระบะอันที่ 1)	63	75	69	-		
ประสิทธิภาพในการบำบัด suspended solids (กระบะอันที่ 2)	72	82	77	-		
dissolved solids น้ำเสียเข้าระบบ evapotranspiration system	379	731	516.8	106.49	15	1/12/46 - 21/3/47
dissolved solids น้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (กระบะอันที่1)	273	451	345.5	62.07	15	1/12/46 - 21/3/47
dissolved solids น้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (กระบะอันที่ 2)	235	393	303.1	54.04	15	1/12/46 - 21/3/47
ประสิทธิภาพในการบำบัด dissolved solids (กระบะอันที่ 1)	27	39	33	-		
ประสิทธิภาพในการบำบัด dissolved solids (กระบะอันที่ 2)	37	47	41	-		
settleable solids น้ำเสียเข้าระบบ evapotranspiration system	ND.	ND.	-	-	15	1/12/46 - 21/3/47
settleable solids น้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (กระบะอันที่1)	ND.	ND.	-	-	15	1/12/46 - 21/3/47
settleable solids น้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (กระบะอันที่ 2)	ND.	ND.	-	-	15	1/12/46 - 21/3/47
ประสิทธิภาพในการบำบัด settleable solids (กระบะอันที่ 1)	-	-	-	-		
ประสิทธิภาพในการบำบัด settleable solids (กระบะอันที่ 2)	-	-	-	-		



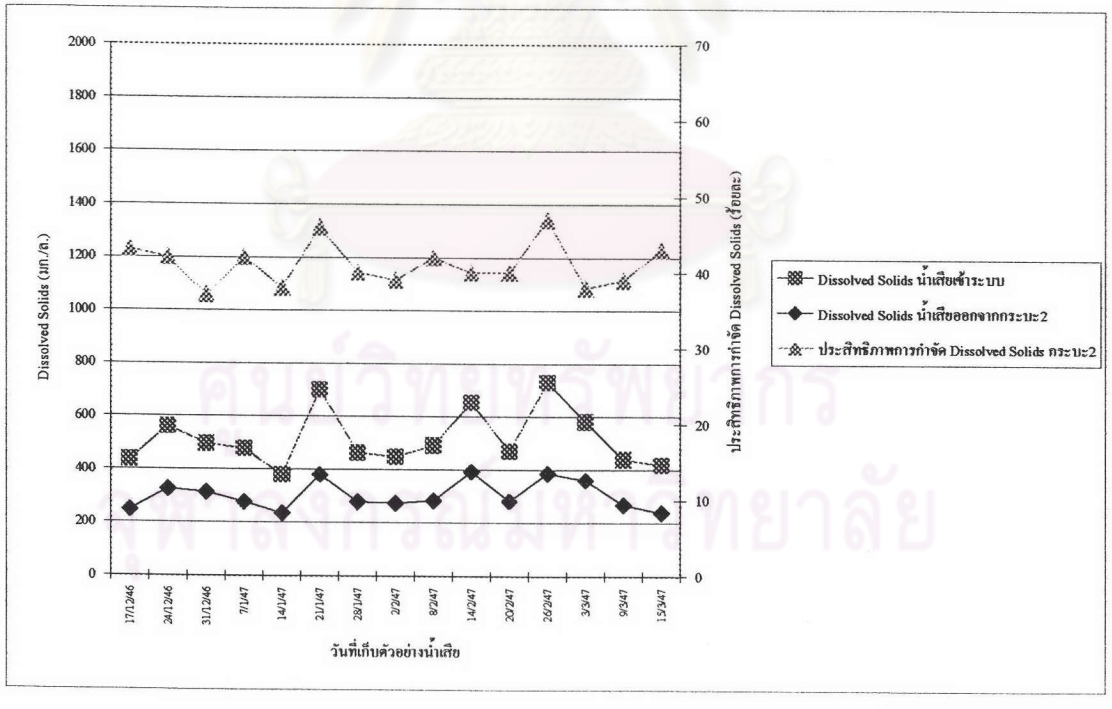
รูปที่ 4.17 ค่า suspended solids ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 1



รูปที่ 4.18 ค่า suspended solids ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 2



รูปที่ 4.19 ค่า dissolved solids ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 1



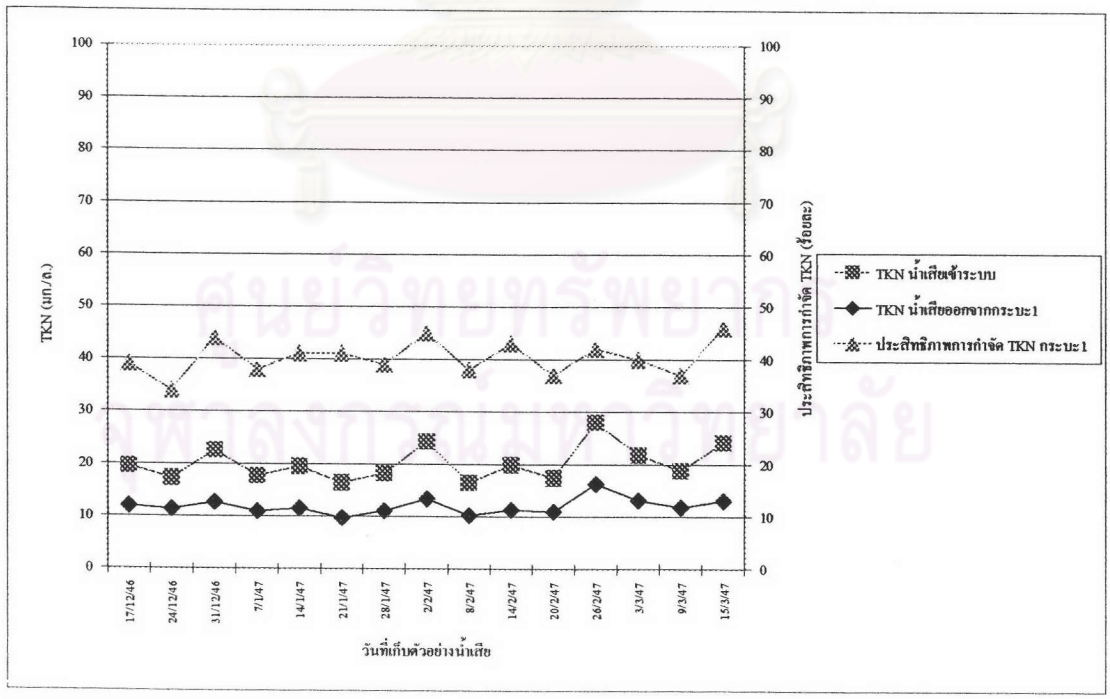
รูปที่ 4.20 ค่า dissolved solids ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 2

4.2.11.5 TKN

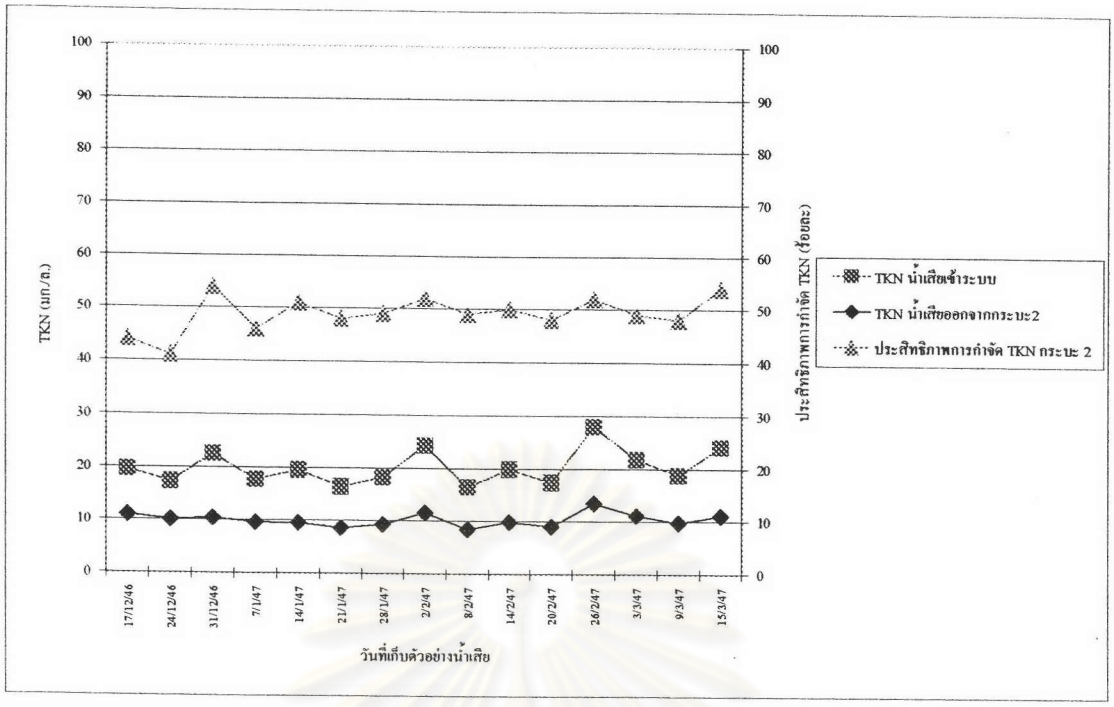
น้ำเสียที่เข้าระบบ evapotranspiration system มีค่าทีเคเอ็นอยู่ในช่วง 16.38 - 28 มก./ล. หลังจากน้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system จะมีค่าทีเคเอ็นลดลง แสดงว่าระบบ evapotranspiration system สามารถกำจัดทีเคเอ็นให้มีค่าน้อยลงได้

ตารางที่ 4.15 ค่า TKN น้ำเสียเข้าและออกจากระบบ evapotranspiration system

	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.	N	ช่วงเวลาที่บันทึกค่า
TKN น้ำเสียเข้าระบบ evapotranspiration system	16.38	28	20.12	3.38	15	1/12/46 - 21/3/47
TKN น้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (กระบะอันที่1)	9.66	16.24	11.94	1.59	15	1/12/46 - 21/3/47
TKN น้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (กระบะอันที่ 2)	8.39	13.41	10.14	1.31	15	1/12/46 - 21/3/47
ประสิทธิภาพในการบำบัด TKN (กระบะอันที่ 1)	34	46	40			
ประสิทธิภาพในการบำบัด TKN (กระบะอันที่ 2)	41	54	49			



รูปที่ 4.21 ค่า TKN ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 1



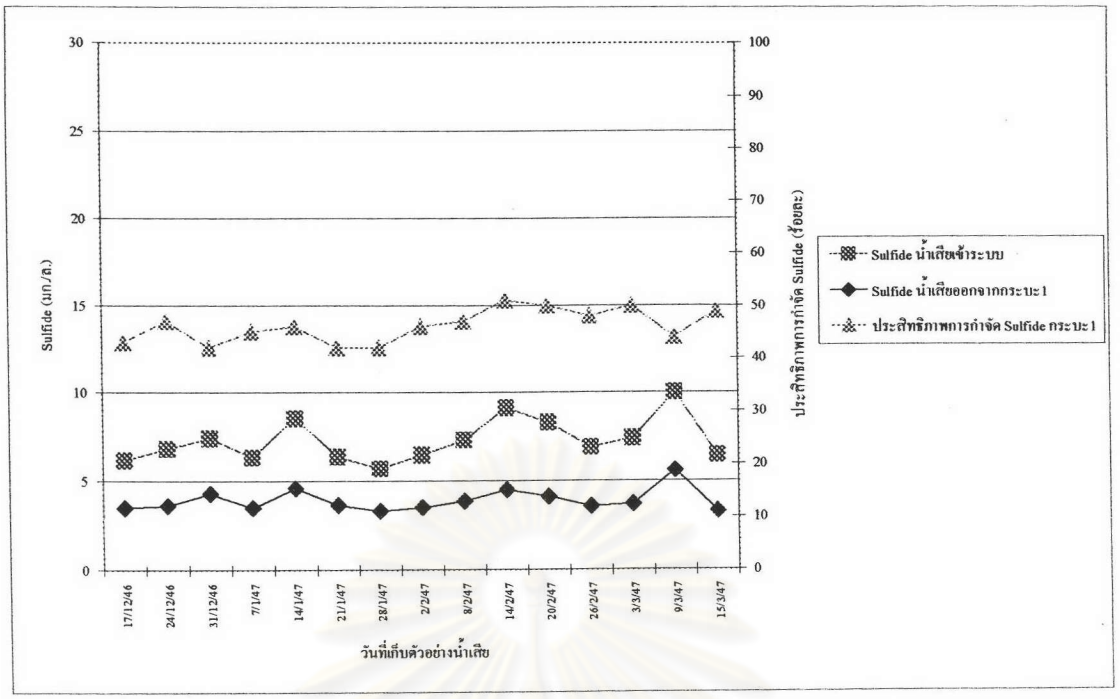
รูปที่ 4.22 ค่า TKN ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่ระบบ 2

4.2.11.6 sulfide

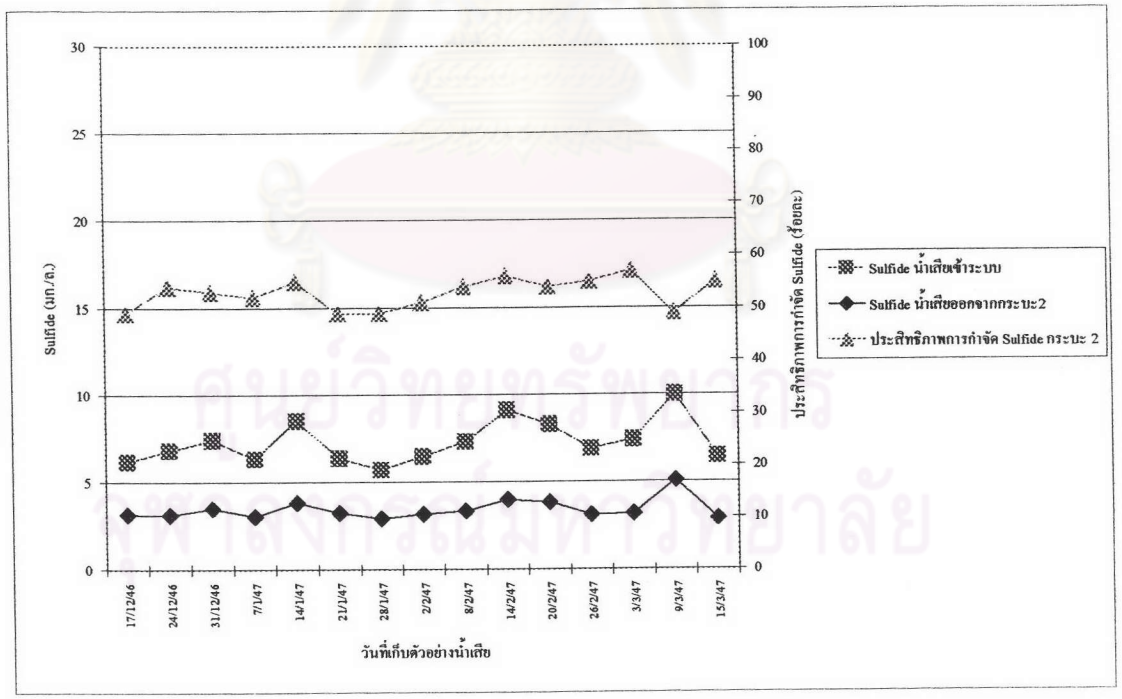
น้ำเสียที่เข้าระบบ evapotranspiration system มีค่าซัลไฟด์อยู่ในช่วง 5.72 – 10.03 มก./ล. หลังจากน้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system จะมีค่าซัลไฟด์ลดลง แสดงว่าระบบ evapotranspiration system สามารถกำจัดซัลไฟด์ให้มีค่าน้อยลงได้

ตารางที่ 4.16 ค่า sulfide น้ำเสียเข้าและออกจากระบบ evapotranspiration system

	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.	N	ช่วงเวลาที่บันทึกค่า
sulfide น้ำเสียเข้าระบบ evapotranspiration system	5.72	10.03	7.30	1.21	15	1/12/46 - 21/3/47
sulfide น้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (กระบะอันที่1)	3.3	5.62	3.92	0.63	15	1/12/46 - 21/3/47
sulfide น้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (กระบะอันที่ 2)	2.91	5.09	3.43	0.57	15	1/12/46 - 21/3/47
ประสิทธิภาพในการบำบัด sulfide (กระบะอันที่ 1)	42	51	46			
ประสิทธิภาพในการบำบัด sulfide (กระบะอันที่ 2)	49	57	53			



รูปที่ 4.23 ค่า sulfide ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 1



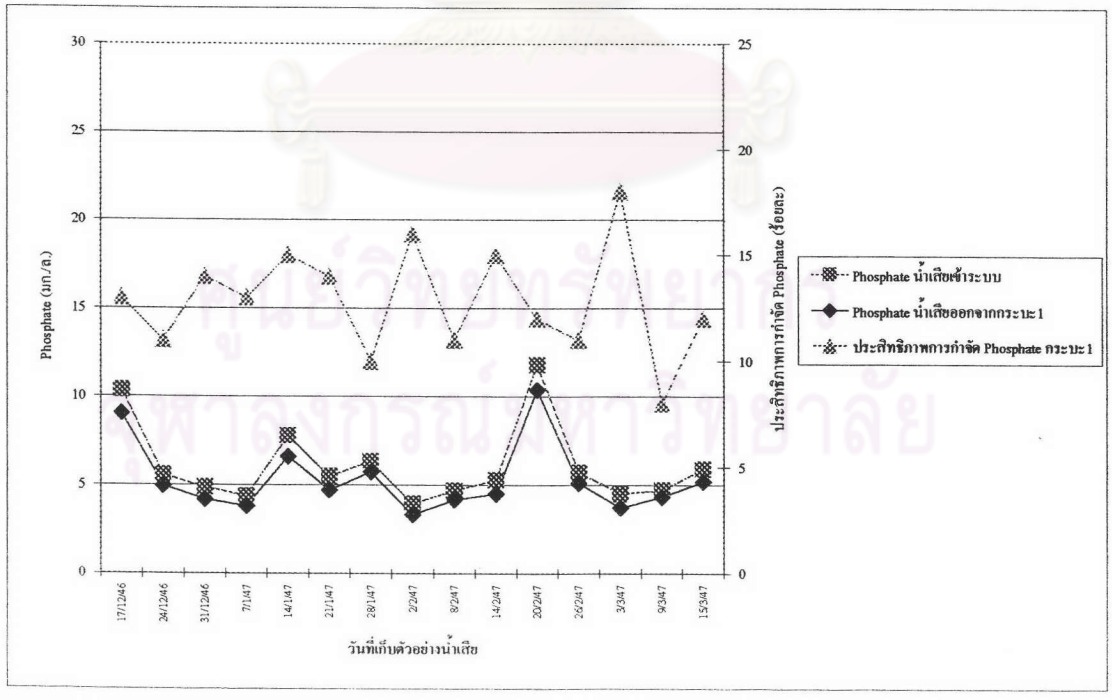
รูปที่ 4.24 ค่า sulfide ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 2

4.2.11.7 phosphate

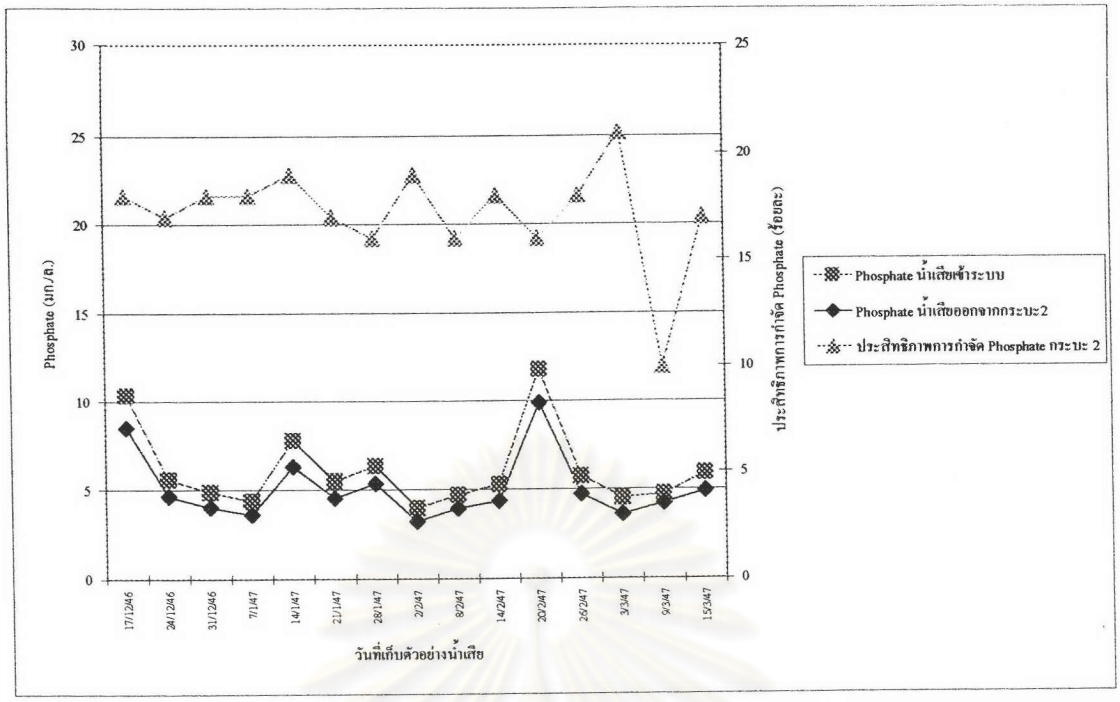
น้ำเสียที่เข้าระบบ evapotranspiration system มีค่าฟอสเฟตอยู่ในช่วง 3.96 – 11.8 มก./ล. หลังจากน้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system จะมีค่าฟอสเฟตลดลง แสดงว่าระบบ evapotranspiration system สามารถกำจัดฟอสเฟตให้มีค่าน้อยลงได้

ตารางที่ 4.17 ค่า phosphate น้ำเสียเข้าและออกจากระบบ evapotranspiration system

	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.	N	ช่วงเวลาที่บันทึกค่า
phosphate น้ำเสียเข้าระบบ evapotranspiration system	3.954	11.8	6.099	2.25	15	1/12/46 - 21/3/47
phosphate น้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (กระบะอันที่1)	3.321	10.384	5.321	1.98	15	1/12/46 - 21/3/47
phosphate น้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (กระบะอันที่ 2)	3.203	9.912	5.050	1.87	15	1/12/46 - 21/3/47
ประสิทธิภาพในการบำบัด phosphate (กระบะอันที่ 1)	8	18	13			
ประสิทธิภาพในการบำบัด phosphate (กระบะอันที่ 2)	10	21	17			



รูปที่ 4.25 ค่า phosphate ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 1



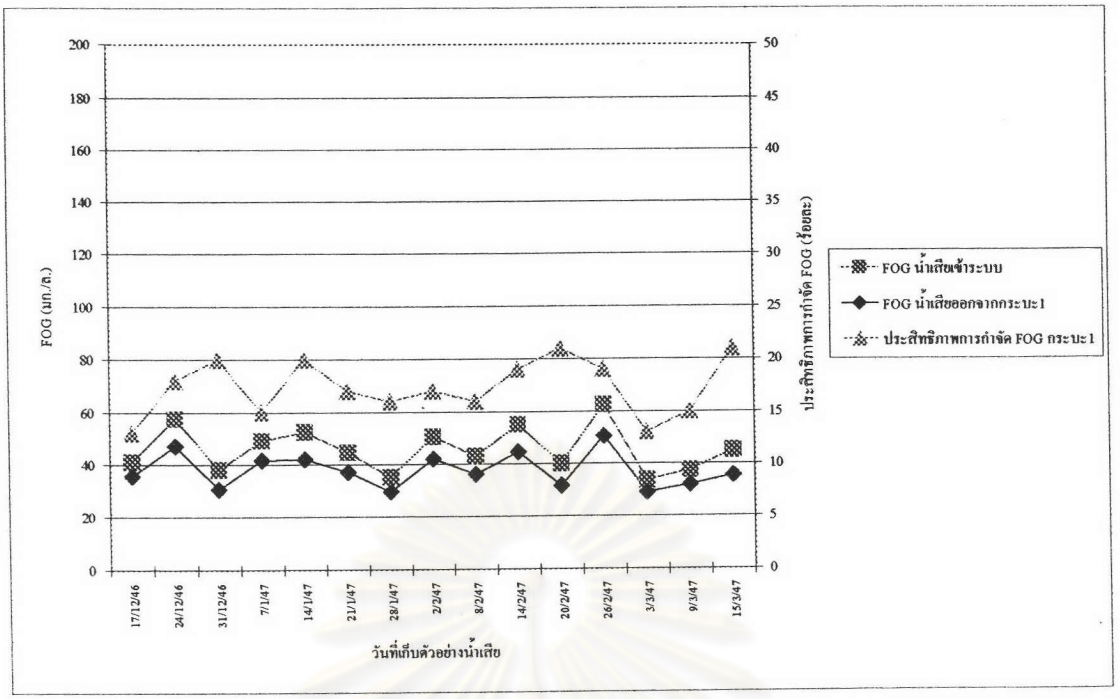
รูปที่ 4.26 ค่า phosphate ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 2

4.2.11.8 fat , oil and grease

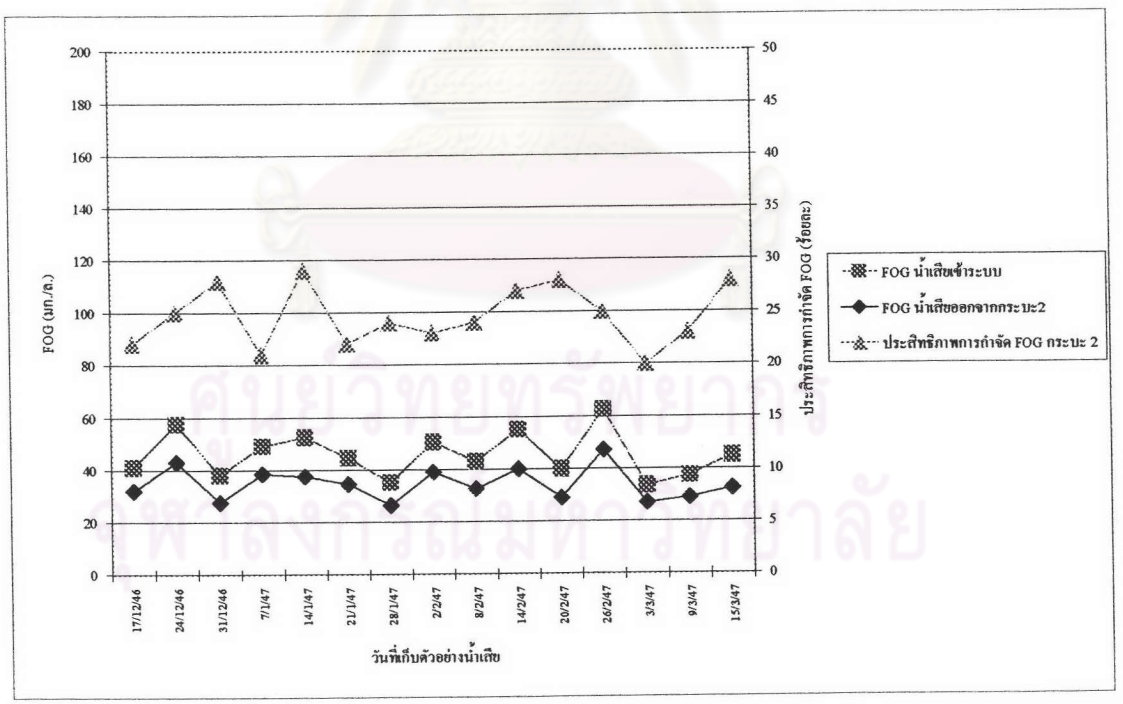
น้ำเสียที่เข้าระบบ evapotranspiration system มีค่า FOG อยู่ในช่วง 33.5 – 62.5 มก./ล. หลังจากน้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system จะมีค่า FOG ลดลง แสดงว่าระบบ evapotranspiration system สามารถกำจัด FOG ให้มีค่าน้อยลงได้

ตารางที่ 4.18 ค่า fat , oil and grease น้ำเสียเข้าและออกจากระบบ evapotranspiration system

	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.	N	ช่วงเวลาที่บันทึกค่า
FOG น้ำเสียเข้าระบบ evapotranspiration system	33.5	62.5	45.6	8.63	15	1/12/46 - 21/3/47
FOG น้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (กระบะอันที่1)	29	50.5	37.6	6.69	15	1/12/46 - 21/3/47
FOG น้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration system (กระบะอันที่ 2)	26.5	47	34.4	6.25	15	1/12/46 - 21/3/47
ประสิทธิภาพในการบำบัด FOG (กระบะอันที่ 1)	13	21	17			
ประสิทธิภาพในการบำบัด FOG (กระบะอันที่ 2)	20	29	25			



รูปที่ 4.27 ค่า fat , oil and grease ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 1



รูปที่ 4.28 ค่า fat , oil and grease ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 2

4.2.12 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบ evapotranspiration system

จากการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำเสียเข้าและออกจากระบบกำจัดน้ำเสียแล้วสามารถนำมาหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบได้ คือ

- ประสิทธิภาพการกำจัด BOD เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 46 ทำให้มีค่า BOD เฉลี่ยในน้ำที่ผ่านระบบกำจัดน้ำเสียแล้วเท่ากับ 97 mg/l ซึ่งเกินมาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนด

- ประสิทธิภาพการกำจัด COD เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 50 ทำให้มีค่า COD เฉลี่ยในน้ำที่ผ่านระบบกำจัดน้ำเสียแล้วเท่ากับ 222 mg/l

- ประสิทธิภาพการกำจัด suspended solids เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 77 ทำให้มีค่า suspended solids เฉลี่ยในน้ำที่ผ่านระบบกำจัดน้ำเสียแล้วเท่ากับ 14.6 mg/l ซึ่งไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนด

- ประสิทธิภาพการกำจัด dissolved solids เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 41 ทำให้มีค่า dissolved solids เฉลี่ยในน้ำที่ผ่านระบบกำจัดน้ำเสียแล้วเท่ากับ 303.1 mg/l ซึ่งไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนด

- ประสิทธิภาพการกำจัด settleable solids เฉลี่ยไม่สามารถหาค่าได้ เนื่องจาก settleable solids เฉลี่ยในน้ำเสียก่อนเข้าระบบมีค่าน้อยมากจนไม่สามารถหาค่าได้ หมายความว่า น้ำเสียมีค่า settleable solids ไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนด

- ประสิทธิภาพการกำจัด TKN เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 49 ทำให้มีค่า TKN เฉลี่ยในน้ำที่ผ่านระบบกำจัดน้ำเสียแล้วเท่ากับ 10.14 mg/l ซึ่งไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนด

- ประสิทธิภาพการกำจัด sulfide เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 53 ทำให้มีค่า sulfide เฉลี่ยในน้ำที่ผ่านระบบกำจัดน้ำเสียแล้วเท่ากับ 3.43 mg/l ซึ่งไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนด

- ประสิทธิภาพการกำจัด phosphate เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 17 ทำให้มีค่า phosphate เฉลี่ยในน้ำที่ผ่านระบบกำจัดน้ำเสียแล้วเท่ากับ 5.050 mg/l as P

- ประสิทธิภาพการกำจัด FOG เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 25 ทำให้มีค่า FOG เฉลี่ยในน้ำที่ผ่านระบบกำจัดน้ำเสียแล้วเท่ากับ 34.4 mg/l ซึ่งเกินมาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนด

ซึ่งคุณลักษณะน้ำเสียเข้าและออกจากระบบกำจัดน้ำเสีย และประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบ แสดงไว้ในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียเฉลี่ยของระบบ

พารามิเตอร์	คุณลักษณะน้ำเสียเฉลี่ยเข้าระบบ	คุณลักษณะน้ำเสียเฉลี่ยออกจากระบบ	มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน	หน่วย	ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบ (ร้อยละ)
pH	6.59	6.84	5.5 – 9.0	mg/l	-
BOD	181	97	≤ 90	mg/l	46
COD	444.00	222	-	mg/l	50
suspended solids	64.0	14.6	≤ 60	mg/l	77
dissolved solids	516.8	303.1	≤ 500	mg/l	41
settleable solids	ND.	ND.	≤ 0.5	mg/l	-
TKN	20.12	10.14	≤ 40	mg/l	49
sulfide	7.30	3.43	≤ 4.0	mg/l	53
phosphate	6.099	5.050	-	mg/l as P	17
FOG	45.6	34.4	≤ 20	mg/l	25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.13 ความสามารถในการกักเก็บน้ำของชั้นกรวด ทราย ดิน

การบันทึกค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำของชั้นกรวด ทราย ดิน นั้น จะทำการบันทึกค่าที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ คือ บ้านเลขที่ 26/10 (บ้านแก้วประกิจ) หมู่บ้านเมืองทองนิเวศน์ 1 การบันทึกค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำของชั้นกรวด ทราย ดิน นั้น เพื่อที่จะทำการศึกษาดูว่าระบบ evapotranspiration system มีความสามารถในการกักเก็บน้ำไว้ได้ปริมาณเท่าไหร่ ก่อนที่น้ำเสียจะล้นออกจากระบบ เพื่อใช้ในการพิจารณาการเดินระบบในช่วงฤดูฝนว่าปริมาณฝนตกและช่วงเวลาฝนตกนานเท่าไหร่ ที่ระบบจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในช่วงฤดูฝนหากมีปริมาณฝนตกเข้ามาในระบบมากเกินไปจะต้องมีการระบายน้ำเสียออกจากระบบ ซึ่งในระหว่างการทดลองนี้ ความสามารถในการกักเก็บน้ำของชั้นกรวดมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 203 – 219 ลิตร ความสามารถในการกักเก็บน้ำของชั้นทรายมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 256 – 273 ลิตร และความสามารถในการกักเก็บน้ำของชั้นดินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 17 – 20 ลิตร จากผลการบันทึกค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำของชั้นกรวด ทราย ดิน นั้น สามารถทำการวิเคราะห์ได้คร่าวๆว่าระบบสามารถรองรับน้ำฝนได้ในปริมาณ 264.5 ลิตร ในช่วงเวลาประมาณ 27 - 30 วัน หรือระบบยังสามารถทำงานได้ในกรณีที่มีฝนตก 2.78 มิลลิเมตรต่อวัน เป็นเวลา 30 วันติดต่อกันแล้วฝนหยุดตก โดยค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำของชั้นกรวด ทราย ดิน แสดงไว้ในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ความสามารถในการกักเก็บน้ำของชั้นกรวด ทราย ดิน

	ต่ำสุด	สูงสุด	S.D.	N	ค่าเฉลี่ย
ปริมาณน้ำที่ชั้นกรวดสามารถเก็บกักได้ (ลิตร)	203	219	6.83	4	212
ปริมาณน้ำที่ชั้นทรายสามารถเก็บกักได้ (ลิตร)	256	273	7.72	4	265.25
ปริมาณน้ำที่ชั้นดินสามารถเก็บกักได้ (ลิตร)	17	20	1.41	4	19