บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การเริ่มต้นระบบ (Start Up)

การเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียเริ่มด้วยการเติมเชื้อแบคทีเรีย (Seed) ที่นำมาจากห้องปฏิบัติการของบริษัท SAN.E.68 ด้วยวิธีการเทผ่านกลับไป-มา หลาย ๆ ครั้ง เพื่อทำให้ตะกอนจุลชีพเกาะติดค้างอยู่บนตัวกลาง และในครั้งสุดท้ายเติมจนเต็มถังกรอง จากนั้นทำการป้อนน้ำดิบสังเคราะห์ที่มีปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตต่ำแล้วค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตที่ต้องการใช้จริงและทำการควบคุมระยะเวลากักเก็บน้ำตามที่กำหนด การทดลองชุดที่ 1(a) และ 1(b) ทดลองกำจัดไนเตรตที่ความเข้มข้น 25 และ 75 มก./ล. ตามลำดับและที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ20 ชม. เท่ากัน การทดลองชุดที่ 1(a) เริ่มด้วยการป้อนน้ำดิบที่มีปริมาณความเข้มข้นของไนเตรต 12.5 มก./ล.ในอัตราประมาณ 2.4 ลิตร/วัน แล้วค่อย ๆ เพิ่มจนปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตเป็น 25 มก./ล. และเพิ่มอัตราการป้อนน้ำดิบเป็นประมาณ 4.8 ลิตร/วัน การทดลองชุดที่ 1(b) ก็เช่นเดียวกัน จะป้อนน้ำดิบที่มีปริมาณความเข้มข้นไนเตรต 37.5 มก./ล. และอัตราการป้อนน้ำดิบประมาณ 2.4 ลิตร/วันแล้วค่อย ๆ เพิ่มจนปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตเป็น 75 มก./ล. และเพิ่ม อัตราการป้อนน้ำดิบประมาณ 4.8 ลิตร/วัน จะได้ระยะเวลากักเก็บน้ำเท่ากับ 20 ชม. ตามที่กำหนดไว้ เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้วจึงเริ่มการทดลอง ชุดที่ 2(a) และ 2(b), 3(a) และ 3(b) ตามลำดับ ซึ่งจะใช้เวลาในการทดลองและเก็บ ข้อมูลการทำงานของระบบฯ ในแต่ละชุดการทดลองประมาณ 2 เดือน ดังมีรายละเอียดดังนี้

การทดลองชุดที่ 1(a) ทำการทดลองภายใต้การป้อนน้ำดิบสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของไนเตรตประมาณ 25 มก./ล. เวลากักเก็บน้ำ 20 ชม. เป็นระยะเวลา 58 วัน (1 สค. 2534 ถึง 27 กย. 2534)

การทดลองชุดที่ 1(b) ทำการทดลองภายใต้การป้อนน้ำดิบสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของไนเตรตประมาณ 75 มก./ล. เวลากักเก็บน้ำ 20 ชม. เป็นระยะเวลา 58 วัน (1 สค. 2534 ถึง 27 กย. 2534)

การทดลองชุดที่ 2(a) ทำการทดลองภายใต้การป้อนน้ำดิบสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของไนเตรตประมาณ 50 มก./ล. เวลากักเก็บน้ำ 10 ชม. เป็นระยะเวลา 60 วัน (7 มค. 2535 ถึง 6 มีค. 2535)

การทดลองชุดที่ 2(b) ทำการทดลองภายใต้การป้อนน้ำดิบสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของไนเตรตประมาณ 25 มก./ล. เวลากักเก็บน้ำ 10 ชม. เป็นระยะเวลา 57 วัน (13 ธค. 2534 ถึง 7 กพ. 2535)

การทดลองชุดที่ 3(a) ทำการทดลองภายใต้การป้อนน้ำดิบสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของไนเตรตประมาณ 75 มก./ล. เวลากักเก็บน้ำ 10 ชม. เป็นระยะเวลา 65 วัน (16 เมย.2535 ถึง 19 มิย. 2535)

การทดลองชุดที่ 3(b) ทำการทดลองภายใต้การป้อนน้ำดิบสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของไนเตรตประมาณ 50 มก./ล. เวลากักเก็บน้ำ 20 ชม. เป็นระยะเวลา 65 วัน (16 เมย.2535 ถึง 19 มิย. 2535)

4.2 การเสนอผลการวิจัย

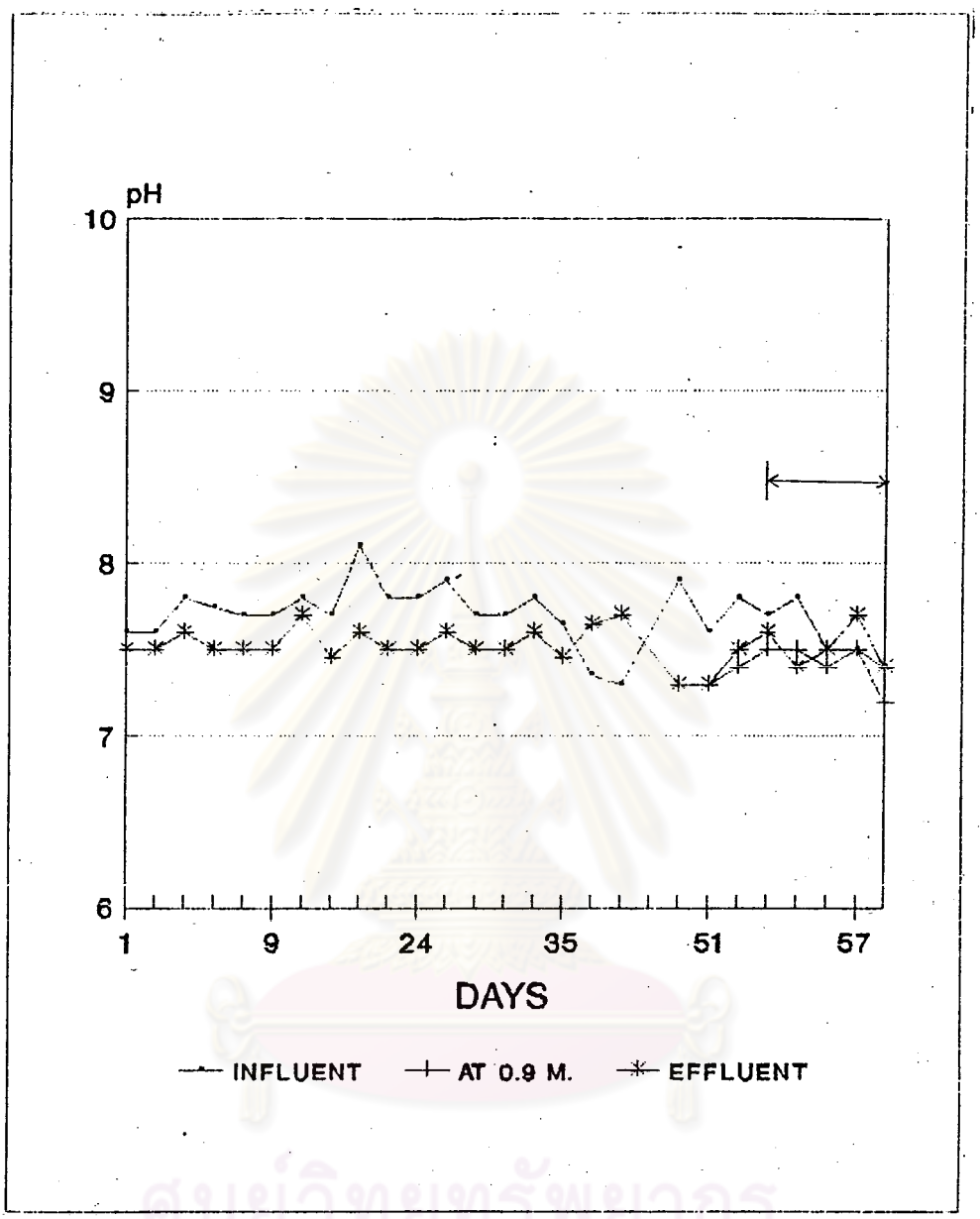
ผลการทดลองแสดงในรูปของกราฟ,ค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่างๆ ส่วนผลการทดลอง ในรูปตารางข้อมูลดิบจะอยู่ในภาคผนวก ผลของการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

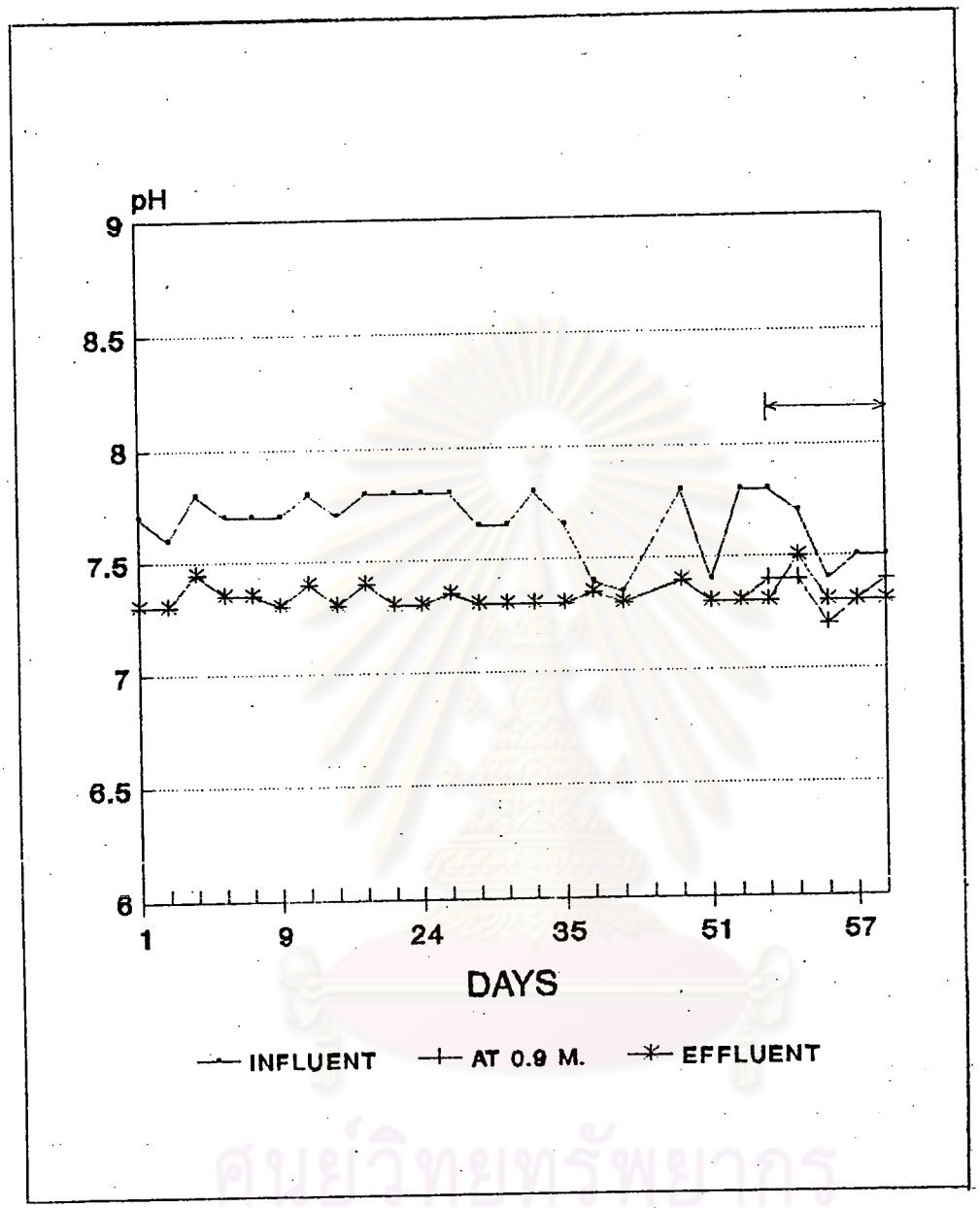
4.2.1 <u>ค่าพีเอช</u> (pH)

รูปที่ 4.1 - 4.6 แสดงกราฟของพีเอชในน้ำดิบสังเคราะห์เข้าระบบฯ,ออกจากระบบฯ และที่ระยะความสูง0.9เมตร จากด้านล่างถังกรองฯ ขึ้นมา โดยมีค่าเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าค่าพีเอชเฉลี่ยของน้ำดิบสังเคราะห์เข้าระบบถังกรองเอดี ของการทดลองทั้ง 6 ชุด มีค่าอยู่ในช่วง 7.5 - 7.8 ระดับพีเอชของน้ำออกจากระบบฯ มีค่าเฉลี่ยในช่วง 7.1-7.5 และระดับพีเอชเฉลี่ยของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างถังกรองฯ ขึ้นมามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.9 - 7.4 ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นช่วงพีเอชที่เหมาะสมที่จะทำให้แบคทีเรียในถังกรองนี้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

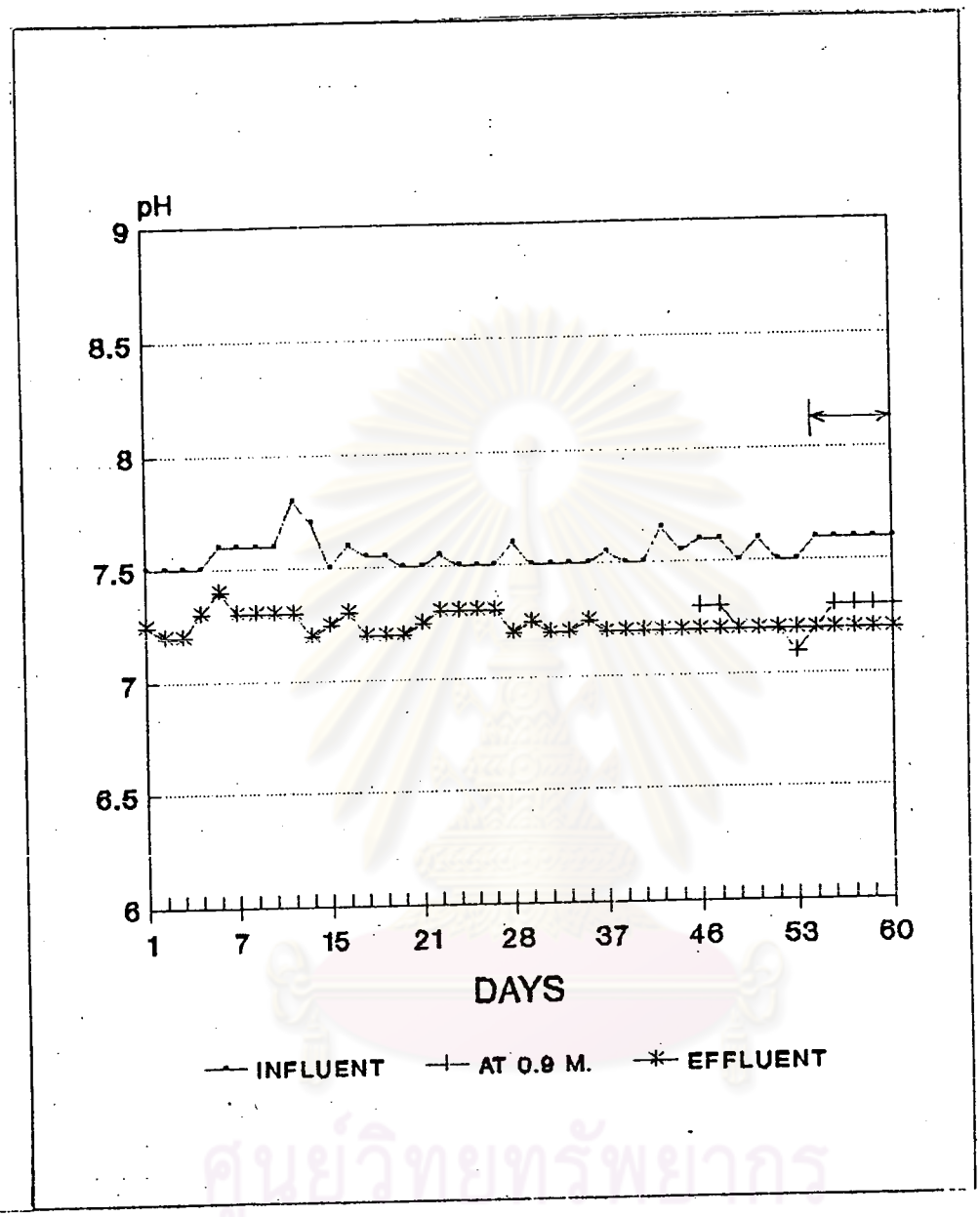


รูปที่ 4.1 แสดงระดับพีเอชของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ระดับพีเอชของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและระดับพีเอชของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 1(a))



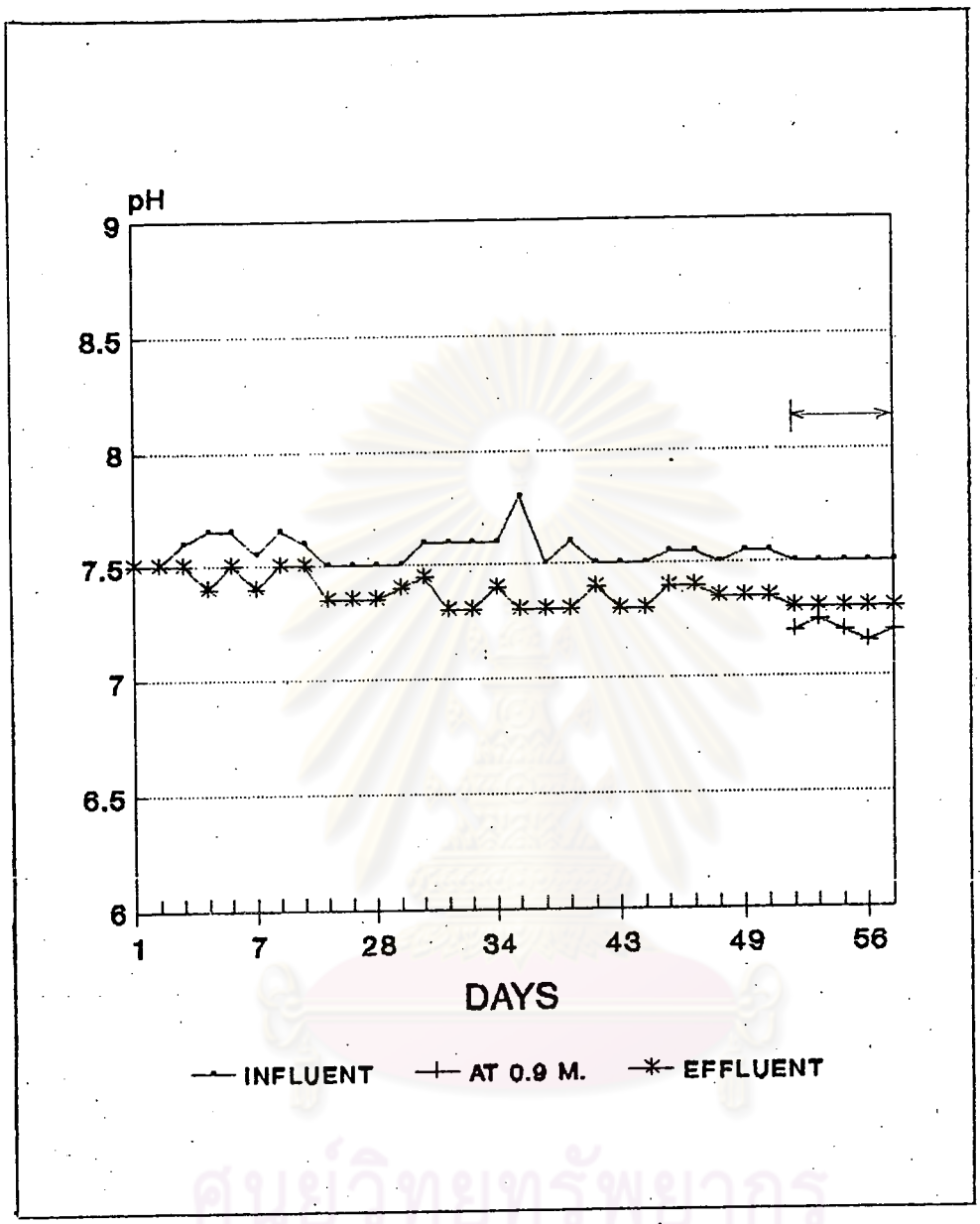
รูปที่ 4.2 แสดงระดับพีเอชของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ระดับพีเอชของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและระดับพีเอชของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 1(b))

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

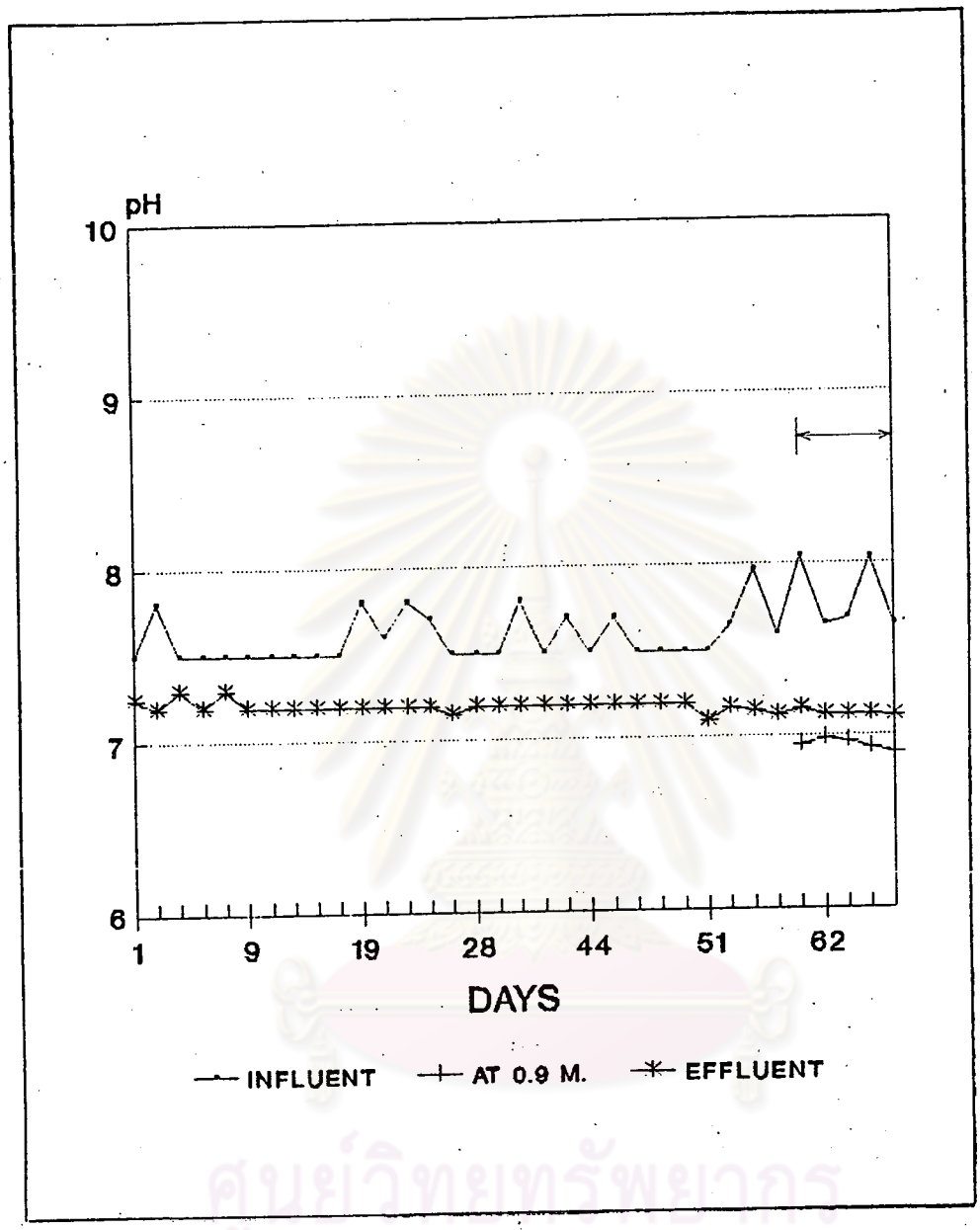


รูปที่ 4.3 แสดงระดับพีเอชของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี, ระดับพีเอชของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและระดับพีเอชของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 2(a))

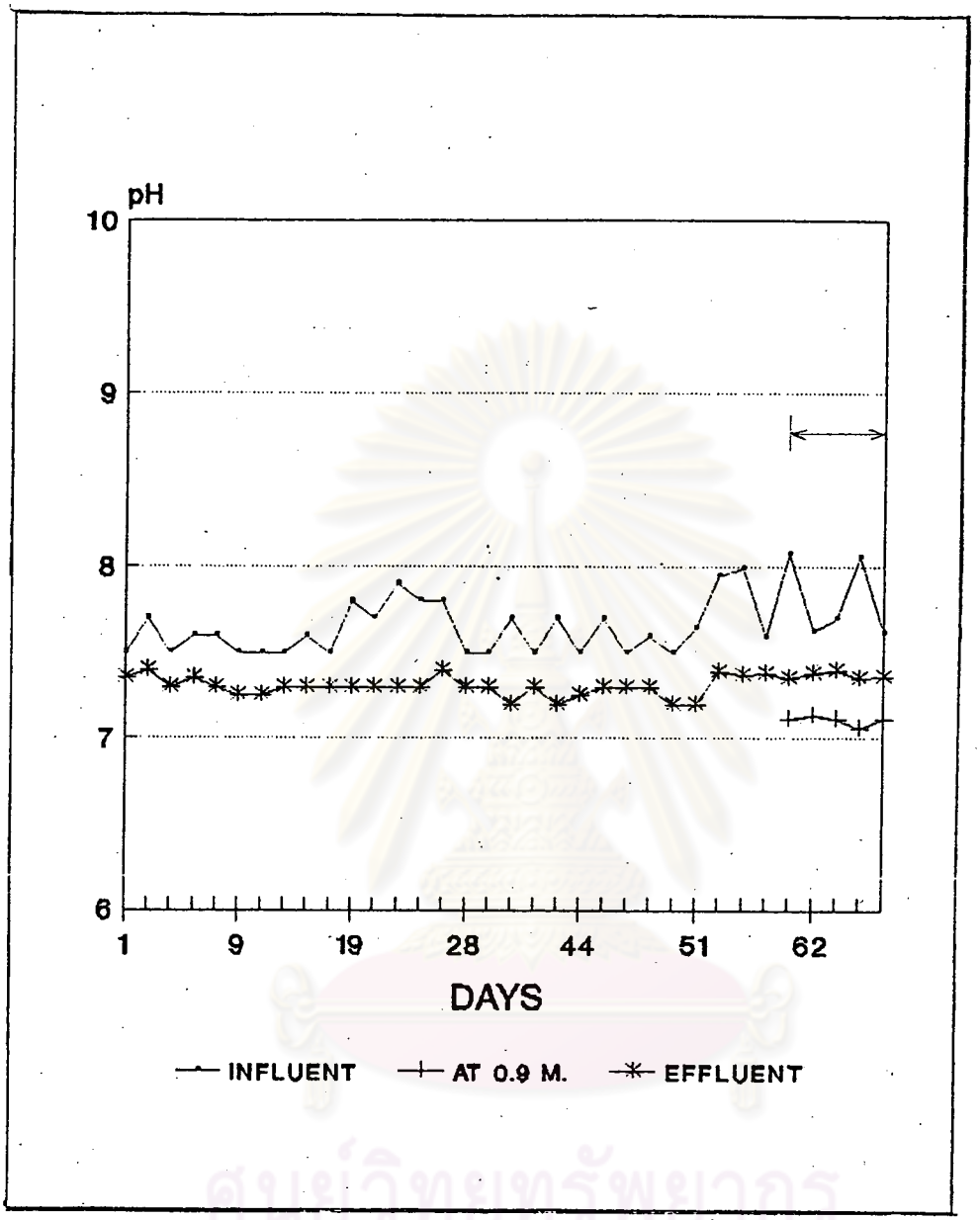
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 แสดงระดับพีเอชของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี, ระดับพีเอชของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและระดับพีเอชของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 2(b))



รูปที่ 4.5 แสดงระดับพีเอชของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี, ระดับพีเอชของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและระดับพีเอชของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 3(a))



รูปที่ 4.6 แสดงระดับพีเอชของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ระดับพีเอชของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและระดับพีเอชของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 3(b))

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของพีเอชในน้ำดิบเข้าระบบฯ น้ำออกจากระบบฯ และน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างของถังกรองฯ ขึ้นมา

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ค่าสถิติ	ค่าพีเอช		
				น้ำเข้าระบบฯ	น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบฯ
1(a)	25	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	7.30-8.10	7.20-7.50	7.30-7.70
			ค่าเฉลี่ย*	7.58	7.42	7.52
			SD*	0.16	0.13	0.13
			จำนวน*	5	5	5
1(b)	75	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	7.35-7.80	7.20-7.40	7.30-7.50
			ค่าเฉลี่ย*	7.58	7.34	7.34
			SD*	0.16	0.09	0.09
			จำนวน*	5	5	5
2(a)	50	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	7.50-7.80	7.10-7.30	7.20-7.40
			ค่าเฉลี่ย*	7.60	7.28	7.20
			SD*	0	0.04	0
			จำนวน*	5	5	5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของพีเอชในน้ำดิบเข้าระบบฯ น้ำออกจากระบบฯ และน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างของถังกรองฯ ขึ้นมา (ต่อ)

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ค่าสถิติ	ค่าพีเอช		
				น้ำเข้าระบบฯ	น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบฯ
2(b)	25	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	7.50-7.80	7.15-7.25	7.30-7.50
			ค่าเฉลี่ย*	7.50	7.20	7.30
			SD*	0	0.04	0
			จำนวน*	5	5	5
3(a)	75	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	7.50-8.04	6.90-6.99	7.10-7.30
			ค่าเฉลี่ย*	7.81	6.95	7.12
			SD*	0.21	0.03	0.02
			จำนวน*	5	5	5
3(b)	50	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	7.50-8.08	7.06-7.13	7.20-7.40
			ค่าเฉลี่ย*	7.81	7.10	7.37
			SD*	0.23	0.03	0.02
			จำนวน*	5	5	5

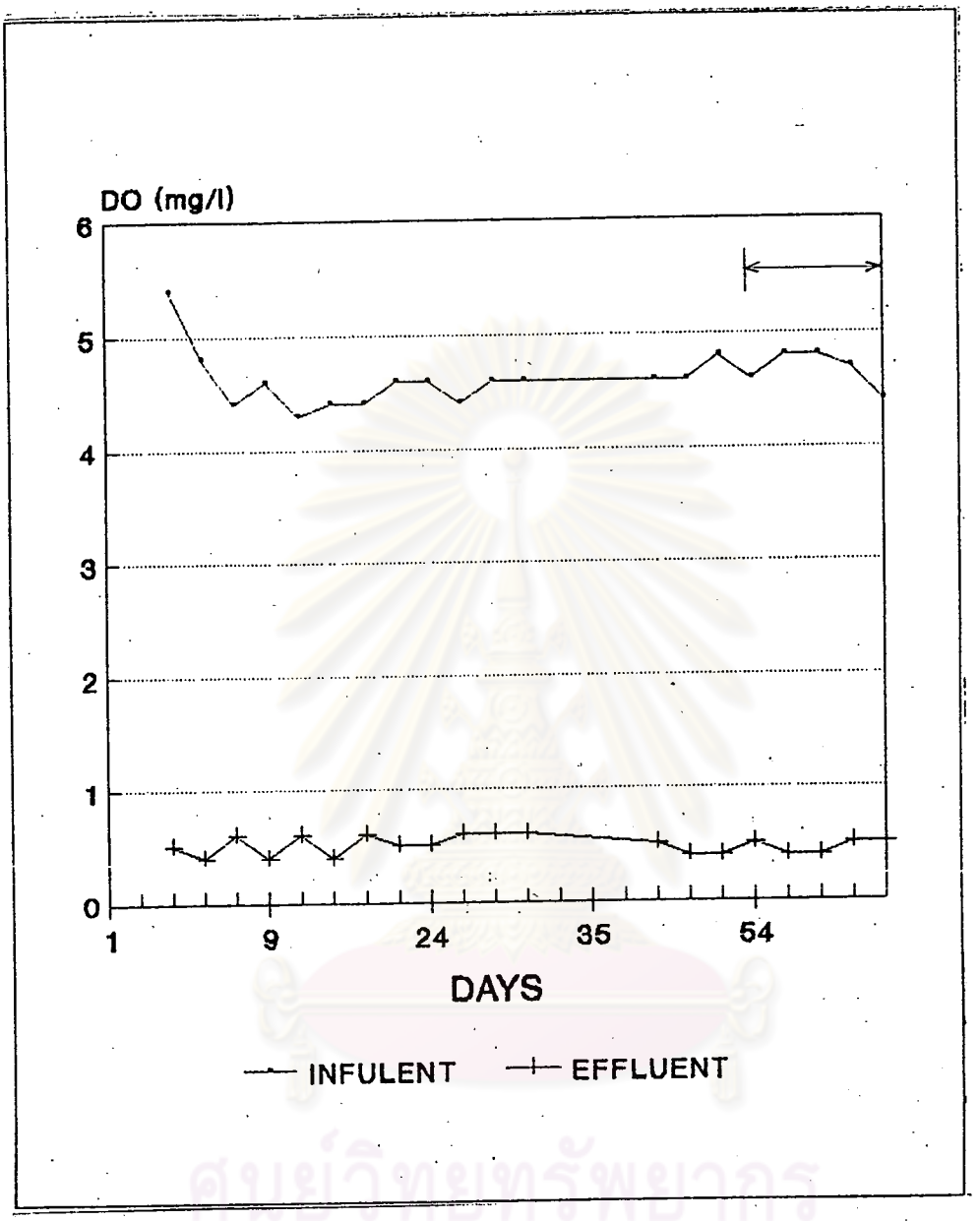
* แสดงค่าในช่วง Steady State (5 วันสุดท้าย)

SD ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.2.2 ระดับดีโอ (DO)

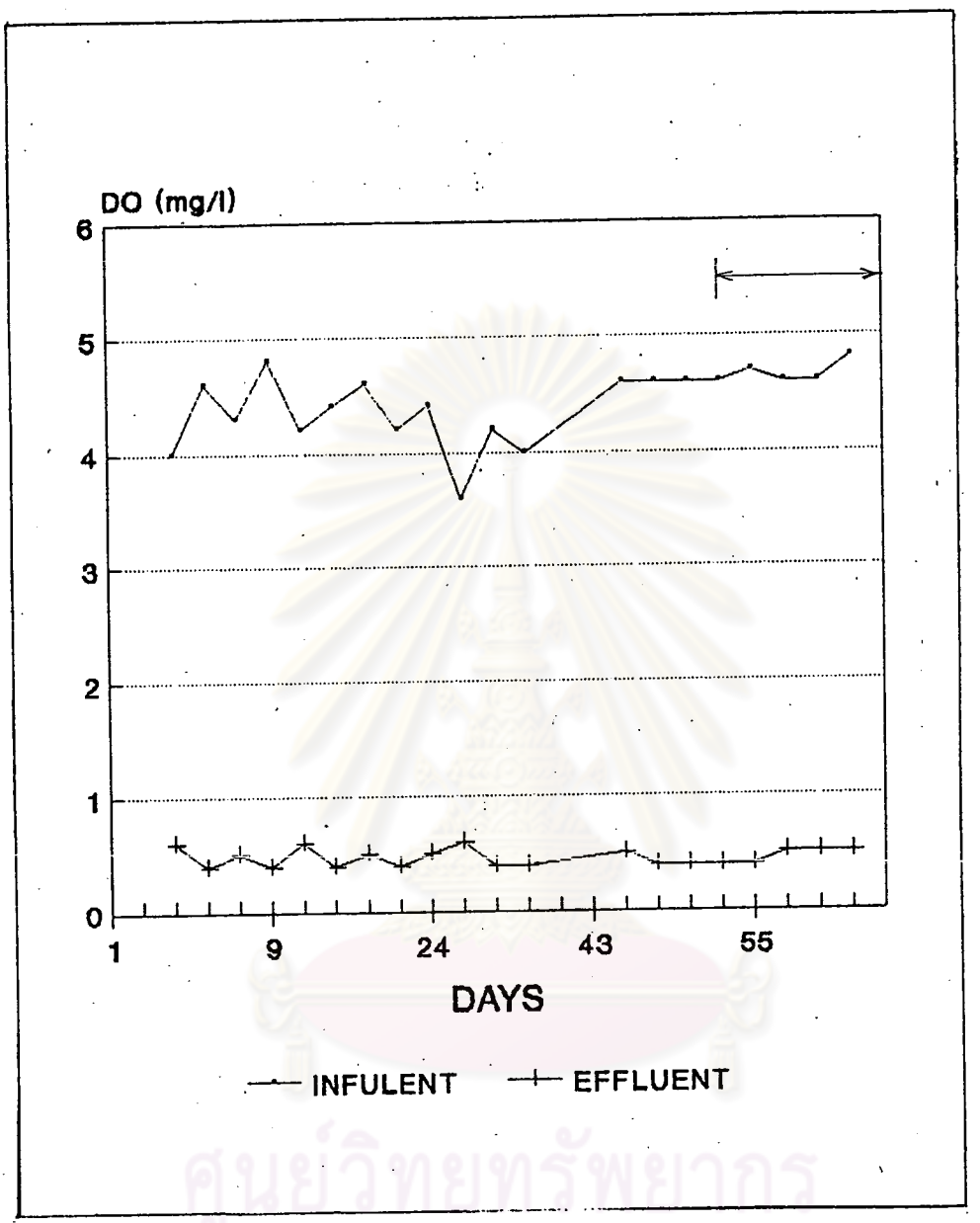
ในการทดลองครั้งนี้ค่าระดับดีโอ (DO)ของน้ำที่วัดได้มีความสำคัญมากเพราะจะเป็นตัวชี้ว่ามีการเกิดปฏิกิริยาออโตโทรฟิกดีไนตริฟิเคชั่นได้ดีเพียงใด ถ้าในน้ำมีออกซิเจนอยู่มาก ออกซิเจนจะทำให้อัตราดีไนตริฟิเคชั่นเกิดได้ช้าลง ทั้งนี้เนื่องจากว่าออกซิเจนจะเป็นตัวแก่งแย่งอิเลคตรอน ได้ดีกว่าไนเตรต ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.7 - 4.12 พบว่ามีค่าเฉลี่ยของระดับดีโอ (DO) ในน้ำดิบสังเคราะห์เข้าระบบฯ ในช่วงสภาวะคงตัวทางการทดลองทั้ง 6 ชุด มีค่าอยู่ในช่วง 4.4- 5.1 มก./ล. และน้ำที่ออกจากระบบฯ จะมีค่าเฉลี่ยของระดับดีโอ (DO) อยู่ในช่วง 0.5 -0.6 มก./ล. ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



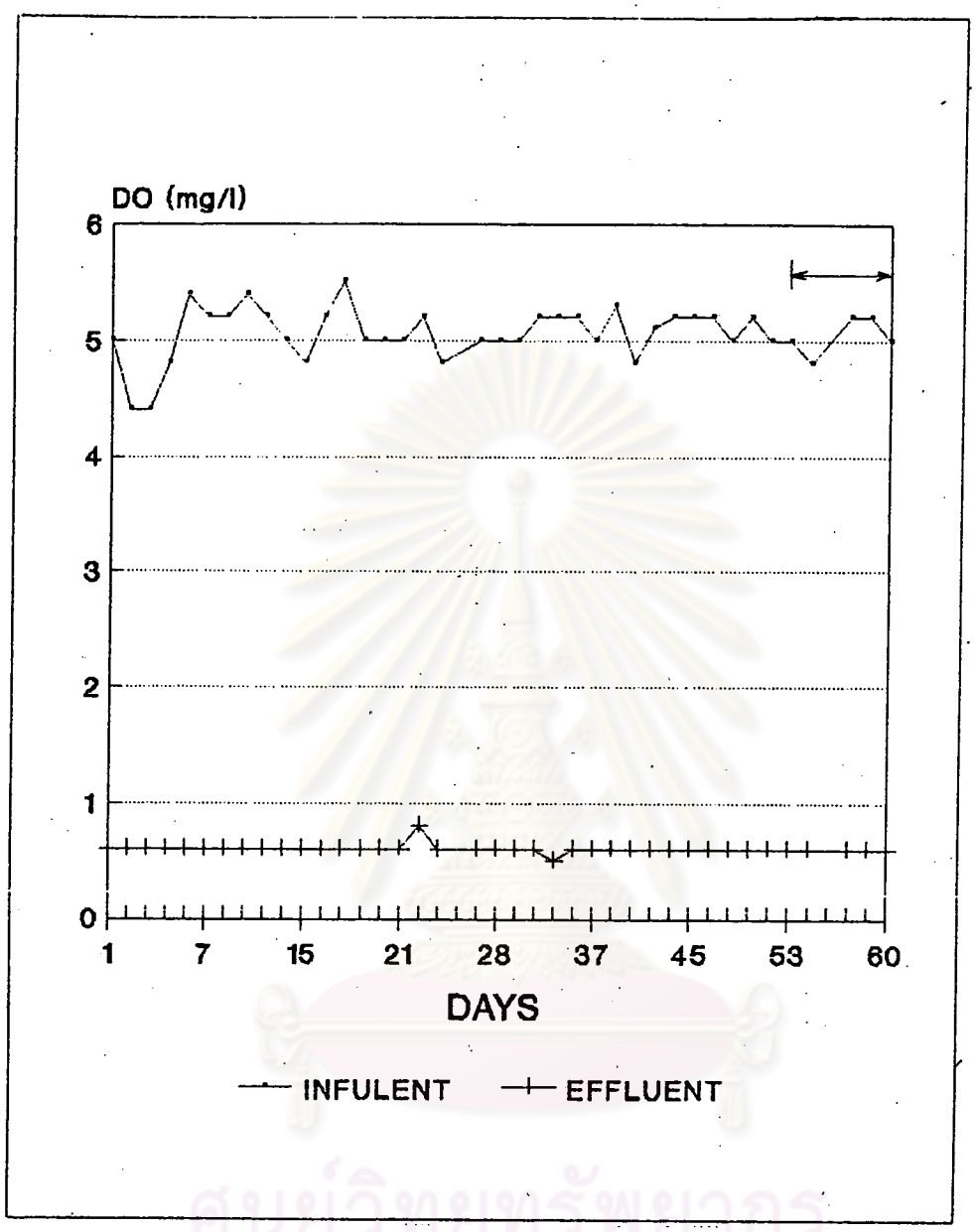
รูปที่ 4.7 แสดงระดับดีโอของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดีและระดับดีโอของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 1(a))

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



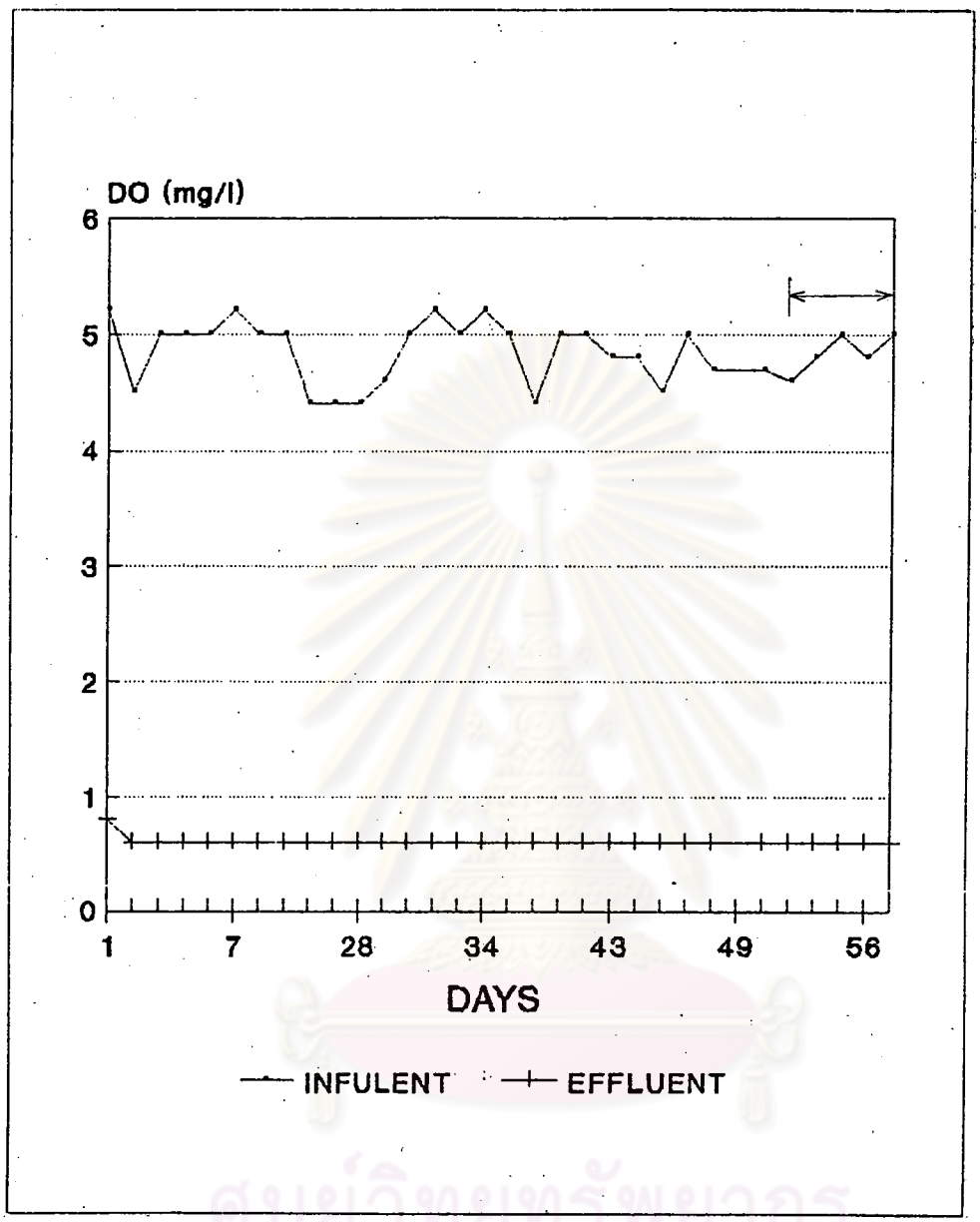
รูปที่ 4.8 แสดงระดับดีโอของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดีและระดับดีโอของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 1(b))

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



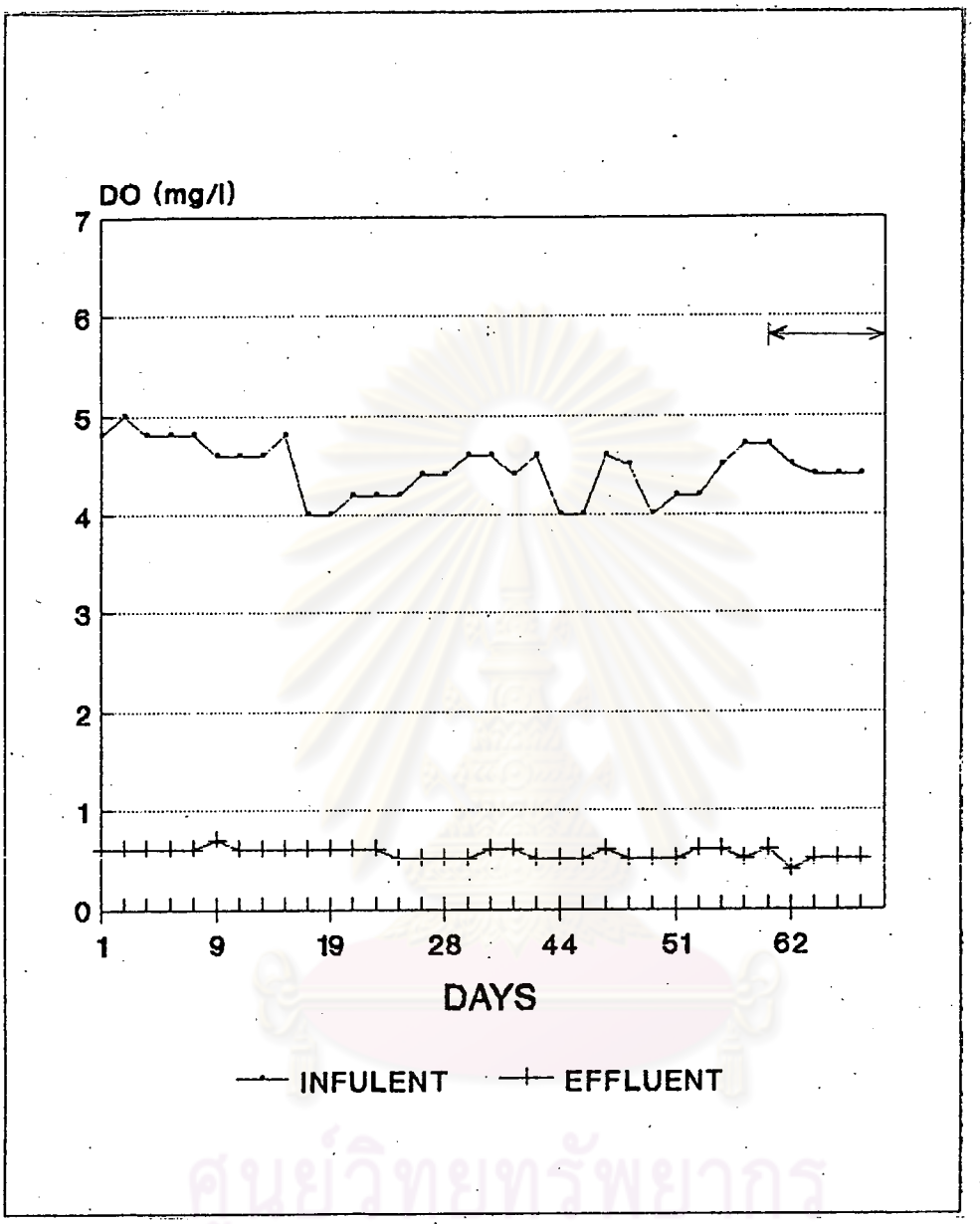
รูปที่ 4.9 แสดงระดับดีโอของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดีและระดับดีโอของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 2(a))

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



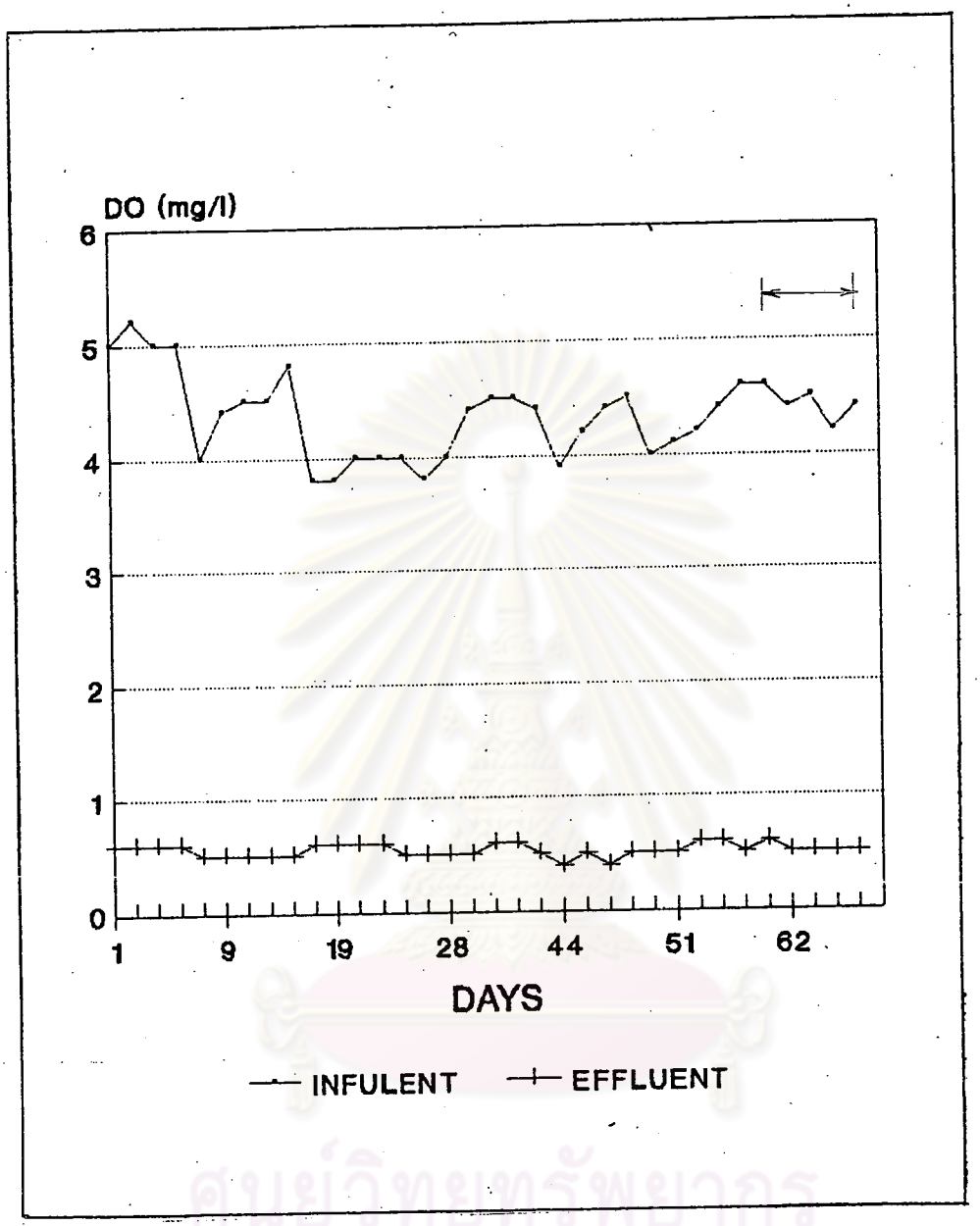
รูปที่ 4.10 แสดงระดับดีโอของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดีและระดับดีโอของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 2(b))

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.11 แสดงระดับดีโอของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดีและระดับดีโอของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 3(a))

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.12 แสดงระดับดีโอของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดีและระดับดีโอของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 3(b))

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของระดับดีโอในน้ำดิบสังเคราะห์เข้าระบบฯ และน้ำออกจากระบบถังกรองเอดี

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ค่าสถิติ	ระดับดีโอ	
				น้ำเข้าระบบฯ (มก./ล.)	น้ำออกจากระบบฯ (มก./ล.)
1(a)	25	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	4.3-5.4	0.4-0.6
			ค่าเฉลี่ย*	4.7	0.5
			SD*	0.17	0.05
			จำนวน*	5	5
1(b)	75	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	3.6-4.8	0.4-0.6
			ค่าเฉลี่ย*	4.7	0.5
			SD*	0.09	0.05
			จำนวน*	5	5
2(a)	50	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	4.4-5.4	0.6-0.8
			ค่าเฉลี่ย*	5.1	0.6
			SD*	0.19	0
			จำนวน*	5	5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของระดับดีโอในน้ำดิบสังเคราะห์เข้าระบบฯ และน้ำออกจากระบบถังกรองเอคี (ต่อ)

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ค่าสถิติ	ระดับดีโอ	
				น้ำเข้าระบบฯ (มก./ล.)	น้ำออกจากระบบฯ (มก./ล.)
2(b)	25	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	4.4-5.4	0.6-0.80
			ค่าเฉลี่ย*	4.8	0.6
			SD*	0.17	0
			จำนวน*	5	5
3(a)	75	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	4.0-5.0	0.4-0.7
			ค่าเฉลี่ย*	4.5	0.6
			SD*	0.13	0.07
			จำนวน*	5	5
3(b)	50	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	3.8-5.2	0.4-0.6
			ค่าเฉลี่ย*	4.4	0.5
			SD*	0.15	0.04
			จำนวน*	5	5

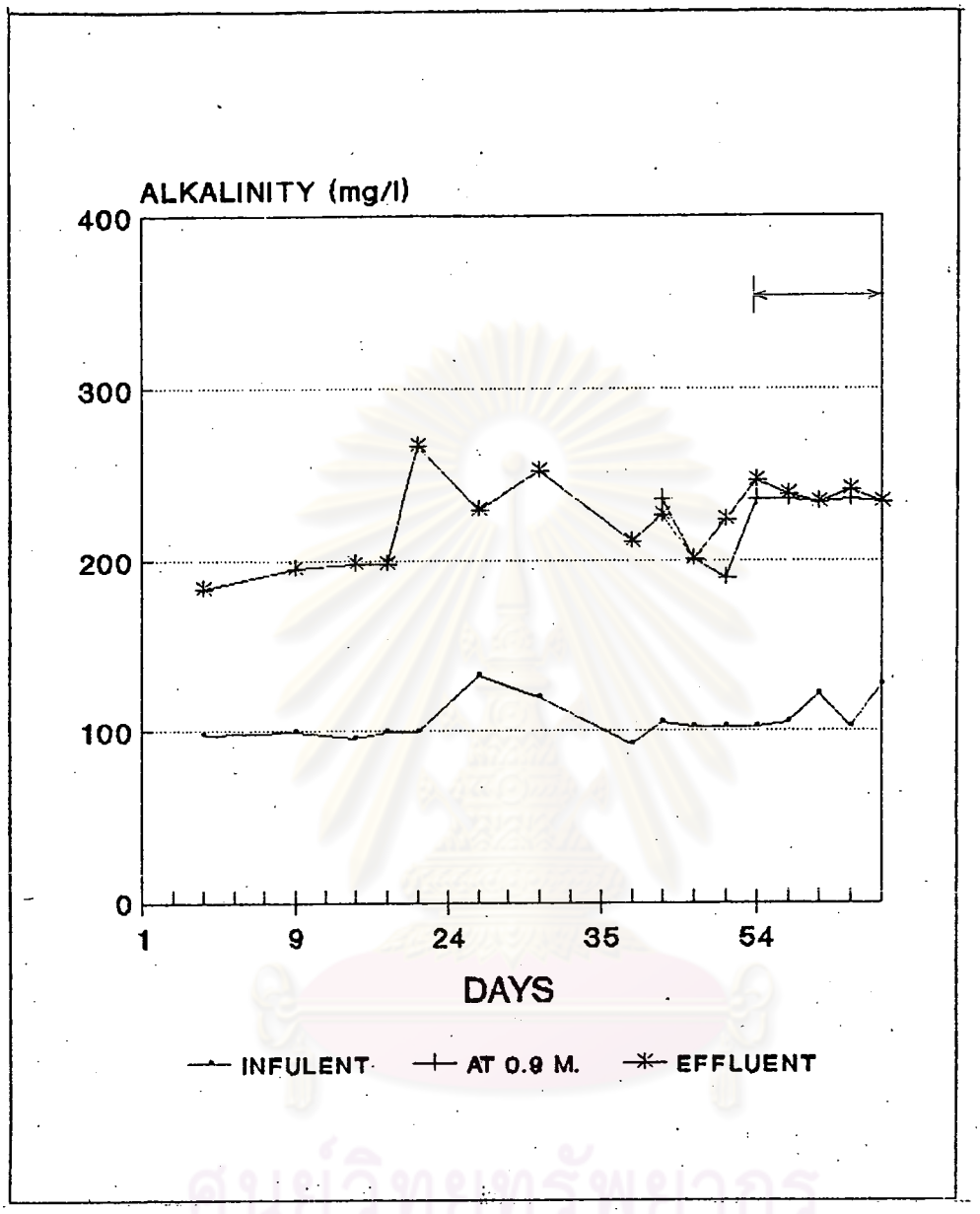
* แสดงค่าในช่าง Steady State (5 วันสุดท้าย)

SD ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

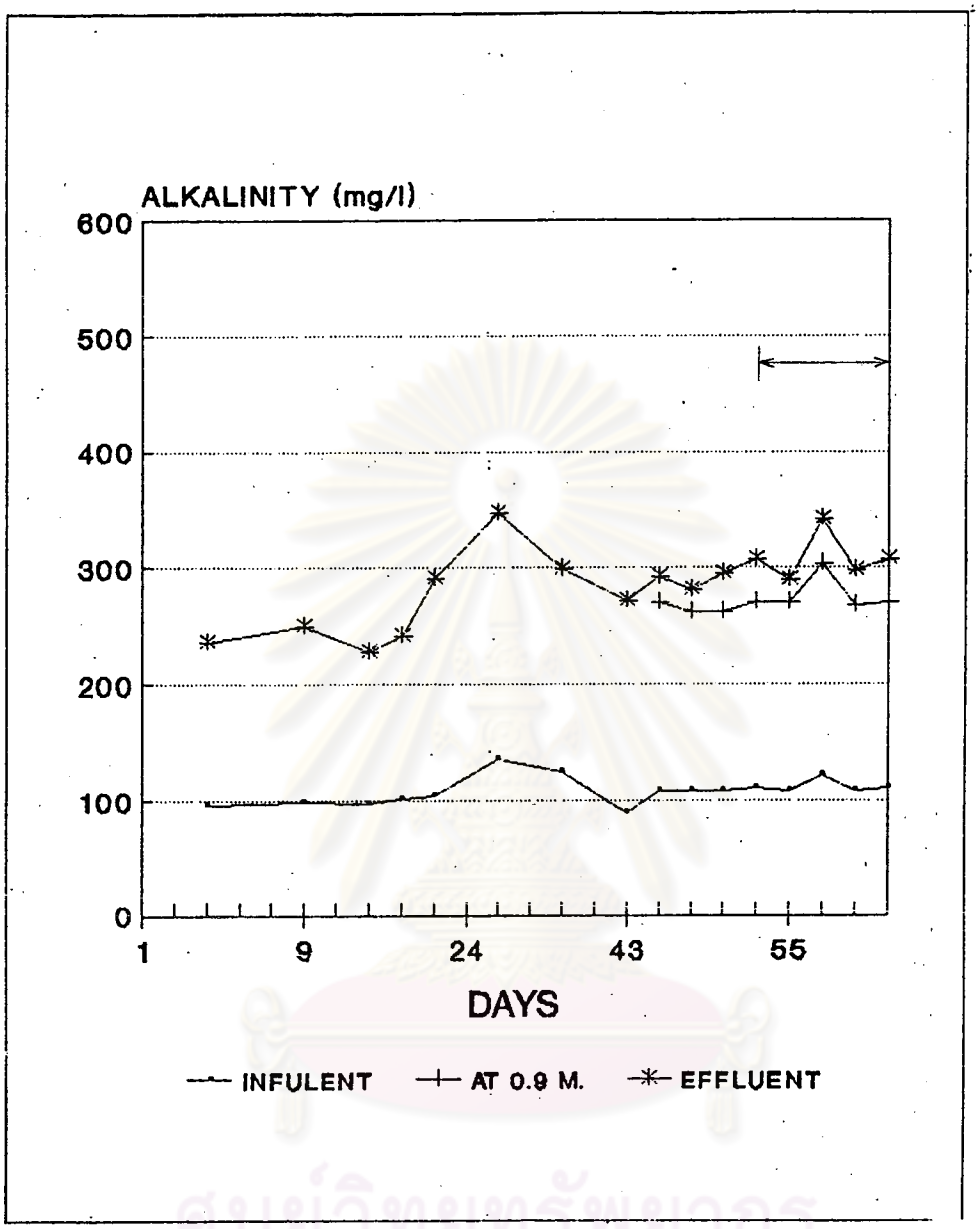
4.2.3 สภาพความเป็นด่าง

สภาพความเป็นด่าง จะเป็นตัวบ่งบอกถึงการมีเสถียรภาพในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงพีเอช จากการทดลองพบว่า สภาพด่างรวมมีค่าต่ำที่ด้านล่างของถังกรองฯ และเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดน้ำออกจากระบบฯ ทั้งนี้เนื่องจากมีการใช้ความเป็นด่างไป เพื่อรักษาพีเอชของระบบให้อยู่ในช่วงที่แบคทีเรียจะดำรงชีพอยู่ได้ การเกิดปฏิกิริยาออโตโทรฟิกดีไนตริฟิเคชั่นแบบนี้ จะทำให้เกิดไฮโดรเจนอิออน(H^+) ซึ่งจะทำให้สภาพพีเอชต่ำลงมาก จึงมีการใช้สารพวกคาร์บอเนต, ไบคาร์บอเนตที่ได้มาจากหินปูนหรือ แคลเซี่ยมคาร์บอเนต ที่เป็นตัวกลางในระบบฯ เพื่อทำการสมดุลย์กับไฮโดรเจนอิออนที่เกิดจากปฏิกิริยาดังกล่าว ผลการทดลองได้แสดงในรูปที่ 4.13 - 4.18 ค่าเฉลี่ยในช่วงสภาวะคงตัวของปริมาณความเป็นด่างในน้ำเข้าระบบฯ,ปริมาณความเป็นด่างของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างถังกรองฯ ขึ้นมา และปริมาณความเป็นด่างของน้ำออกจากระบบฯ แสดงในตารางที่ 4.3

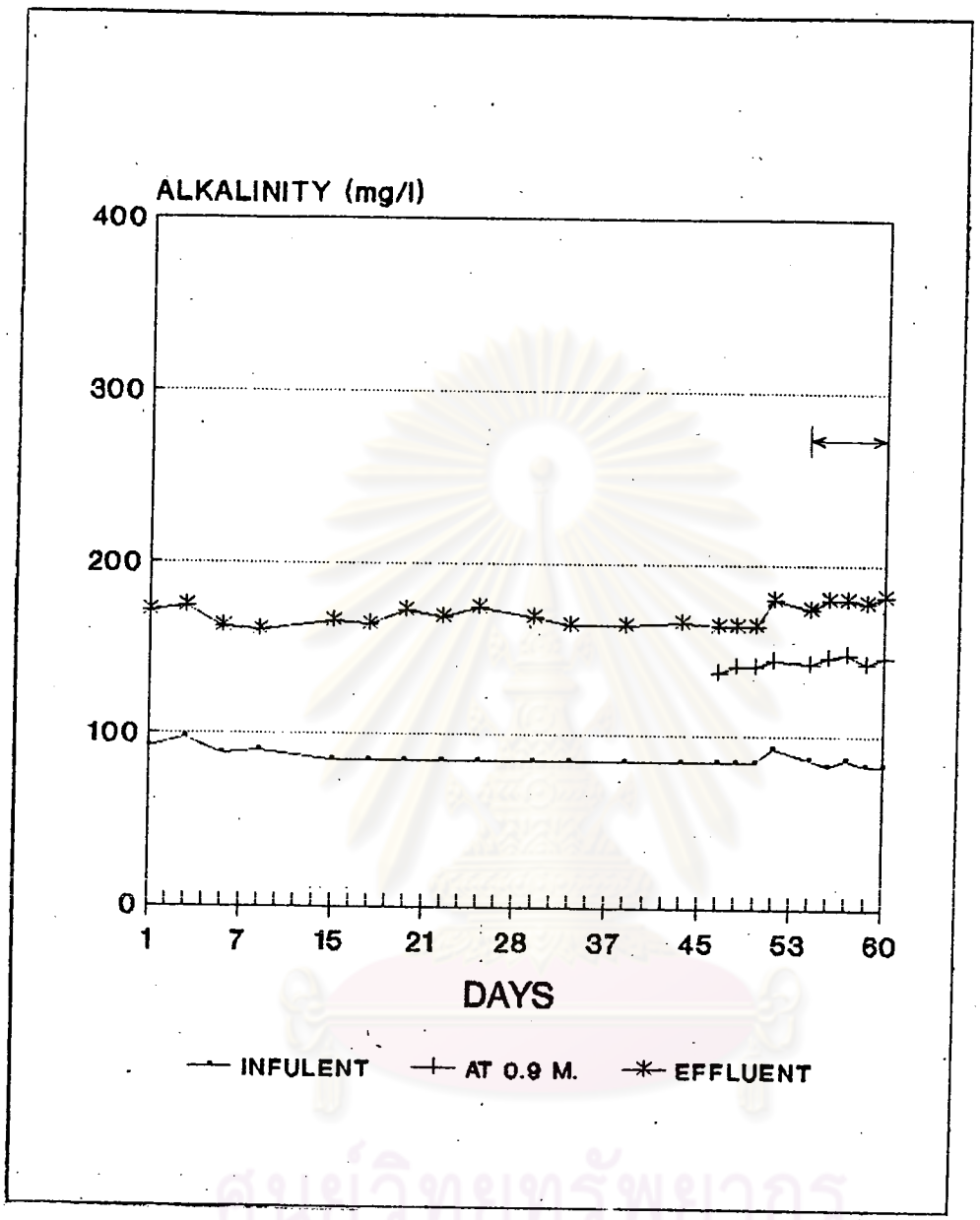
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



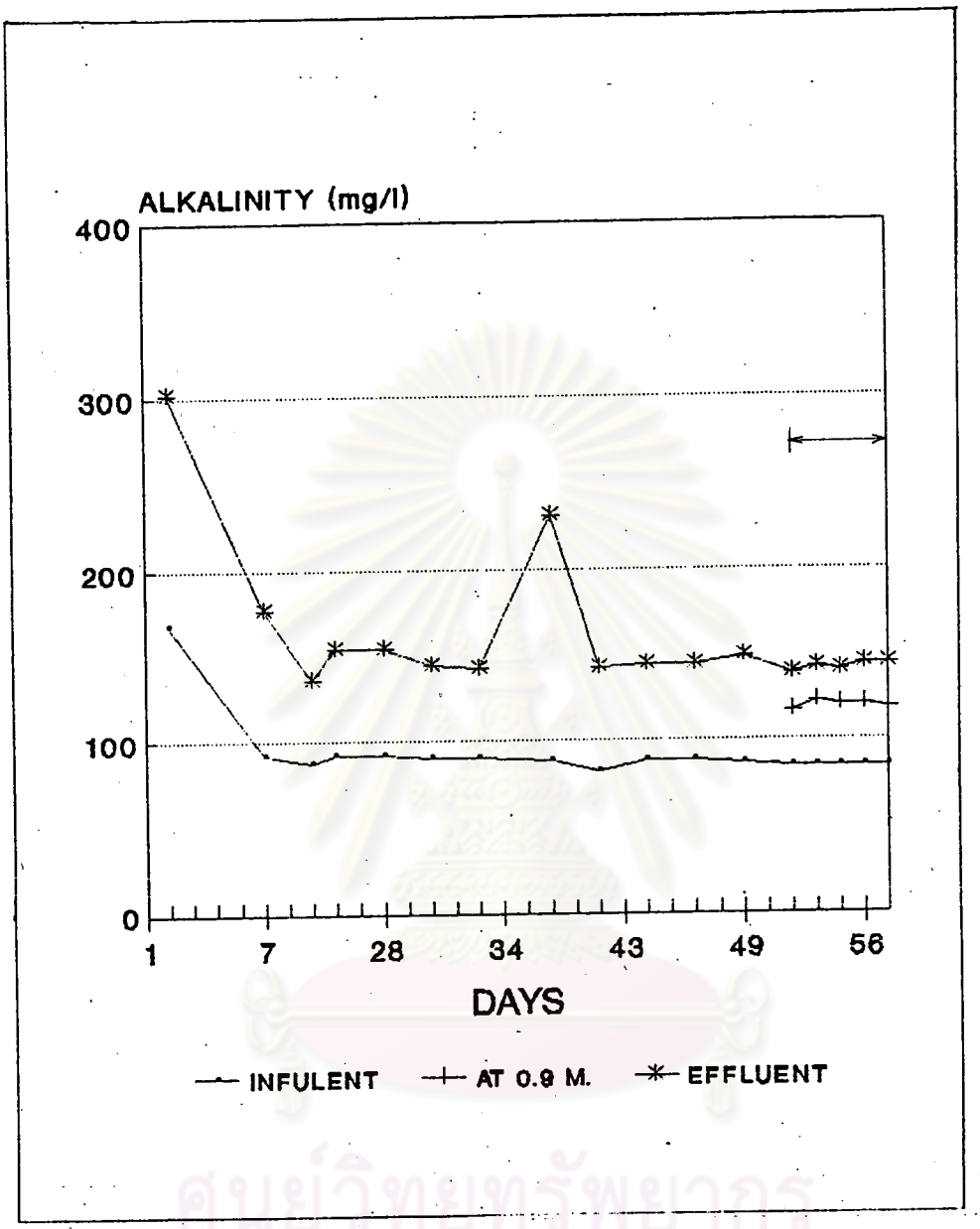
รูปที่ 4.13 แสดงค่าความเป็นด่างของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ค่าความเป็นด่างของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและค่าความเป็นด่างของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 1(a))



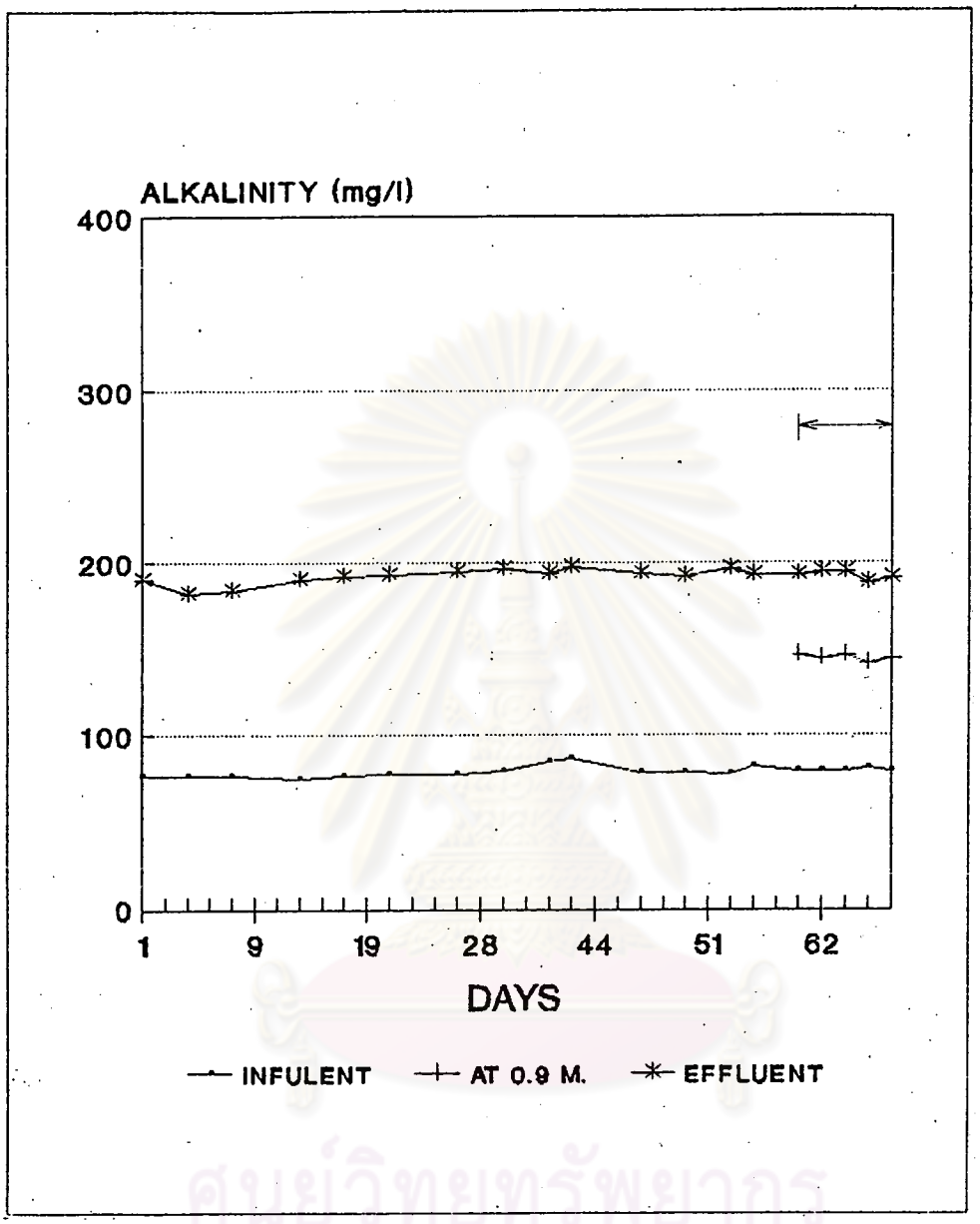
รูปที่ 4.14 แสดงค่าความเป็นด่างของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ค่าความเป็นด่างของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและค่าความเป็นด่างของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 1(b))



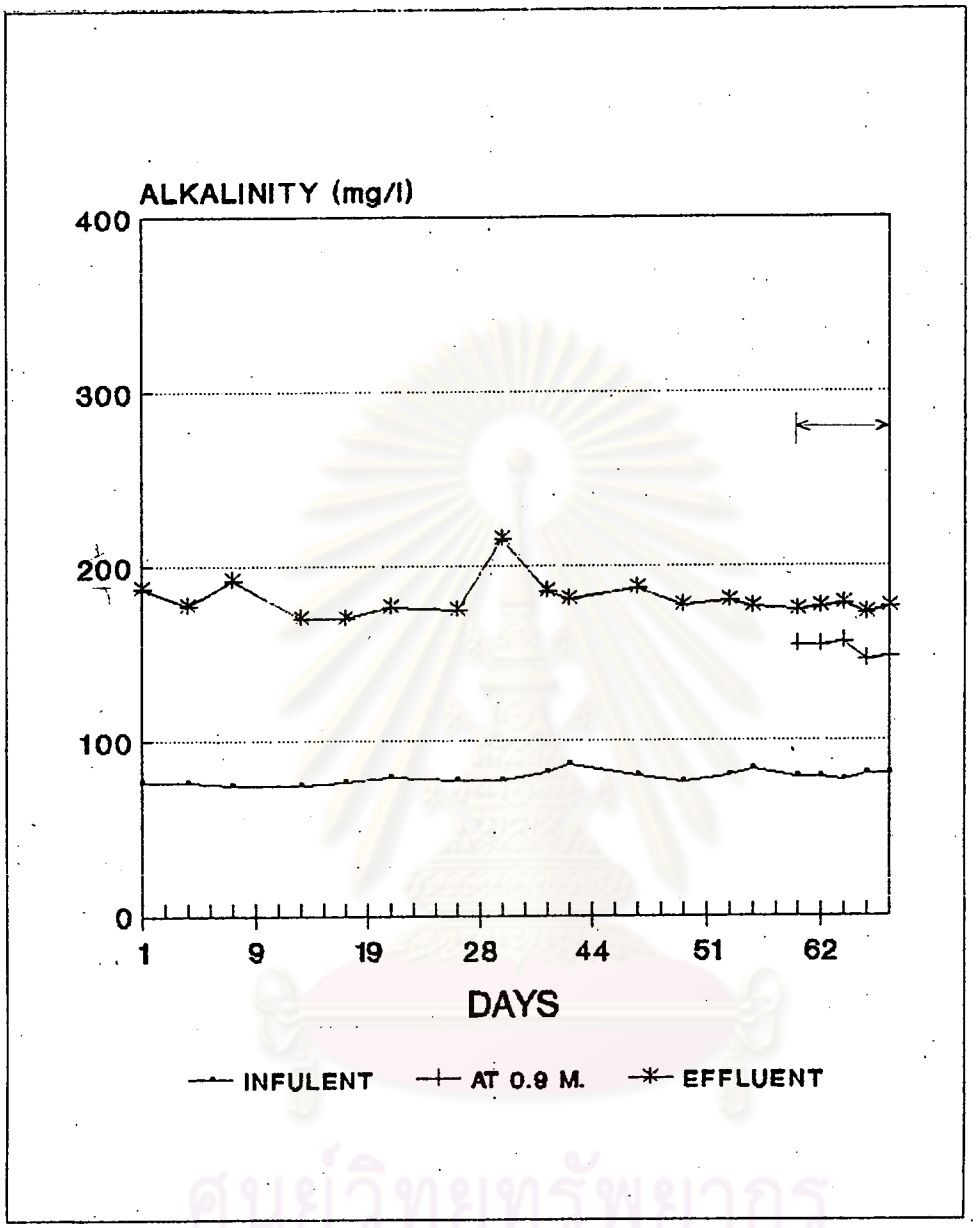
รูปที่ 4.15 แสดงค่าความเป็นด่างของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ค่าความเป็นด่างของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและค่าความเป็นด่างของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 2(a))



รูปที่ 4.16 แสดงค่าความเป็นด่างของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ค่าความเป็นด่างของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและค่าความเป็นด่างของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 2(b))



รูปที่ 4.17 แสดงค่าความเป็นด่างของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ค่าความเป็นด่างของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและค่าความเป็นด่างของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 3(a))



รูปที่ 4.18 แสดงค่าความเป็นด่างของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ค่าความเป็นด่างของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและค่าความเป็นด่างของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 3(b))

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณความเป็นด่างรวมในน้ำดิบเข้าระบบฯ น้ำออกจากระบบฯ และน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างของถังกรองฯ ขึ้นมา

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ค่าสถิติ	ความเป็นด่าง		
				น้ำเข้าระบบฯ	น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบฯ
1(a)	25	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	92 - 132	190 - 236	183 - 247
			ค่าเฉลี่ย*	112	235	239
			SD*	11.7	0.6	5.2
			จำนวน*	5	5	5
1(b)	75	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	89 - 13	216 - 304	228 - 347
			ค่าเฉลี่ย*	112	276.0	309
			SD*	5.6	15.5	20.0
			จำนวน*	5	5	5
2(a)	50	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	83 - 98	137 - 147	161 - 182
			ค่าเฉลี่ย*	85	145	179
			SD*	2.2	2.6	3.0
			จำนวน*	5	5	5

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยบริมาณความเข้มข้นของสีรวมในน้ำดิบเข้าระบบฯ น้ำออกจากระบบฯ และน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างของถังกรองฯ ขึ้นมา (ต่อ)

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของโนเตรด (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ค่าสถิติ	ความเข้มข้นของสี		
				น้ำเข้าระบบฯ	น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบฯ
2(b)	25	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	84 - 93	117 - 123	139 - 231
			ค่าเฉลี่ย*	84	120	142
			SD*	0	2.3	2.6
			จำนวน*	5	5	5
3(a)	75	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	75 - 87	142 - 146	182 - 198
			ค่าเฉลี่ย*	80	145	192
			SD*	0.9	1.7	2.7
			จำนวน*	5	5	5
3(b)	50	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	75 - 87	146 - 156	170 - 212
			ค่าเฉลี่ย*	80	152	176
			SD*	1.7	4.4	2.3
			จำนวน*	5	5	5

* แสดงค่าในช่วง Steady State (5 วันสุดท้าย)

SD ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเดียวกัน ค่าความเป็นด่างจะเพิ่มขึ้นเมื่อ ปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตเพิ่มสูงขึ้น และที่ปริมาณความเข้มข้นเดียวกัน ค่าความเป็นด่างจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลากักเก็บน้ำนานขึ้น

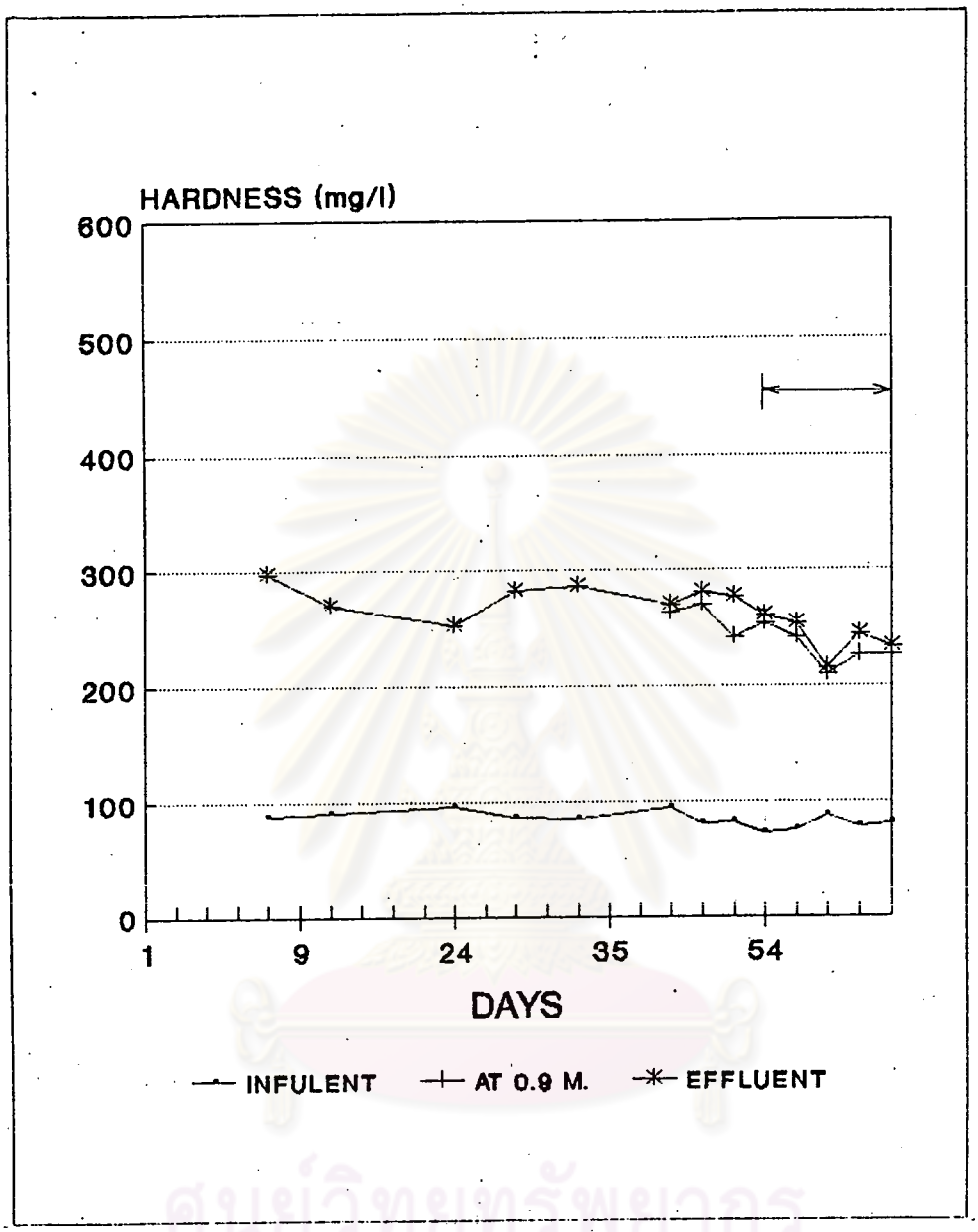
4.2.4 <u>ค่าความกระด้าง</u>

ค่าความกระด้างเป็นตัวแปรตามที่สำคัญตัวแปรหนึ่ง ที่ต้องทำการวิเคราะห์ เนื่องจากได้มีรายงานการวิจัยของ Driscoll และ Bisogni (1978) กล่าวว่า การกำจัดไนเตรตด้วยกระบวนการออโตโทรฟิกดีไนตริฟิเคชั่นแบบนี้ จะทำให้มีการเพิ่มของค่าความกระด้างในน้ำที่ผ่านออกจากระบบฯ ความกระด้างที่เพิ่มขึ้นนี้ เกิดเนื่องจากในระบบถังกรองเอดีมีสารแคลเซี่ยม ที่ได้มาจากจากการละลายของแคลเซียมคาร์บอเนตหรือหินปูนที่ใช้เป็นตัวกลางในระบบฯ

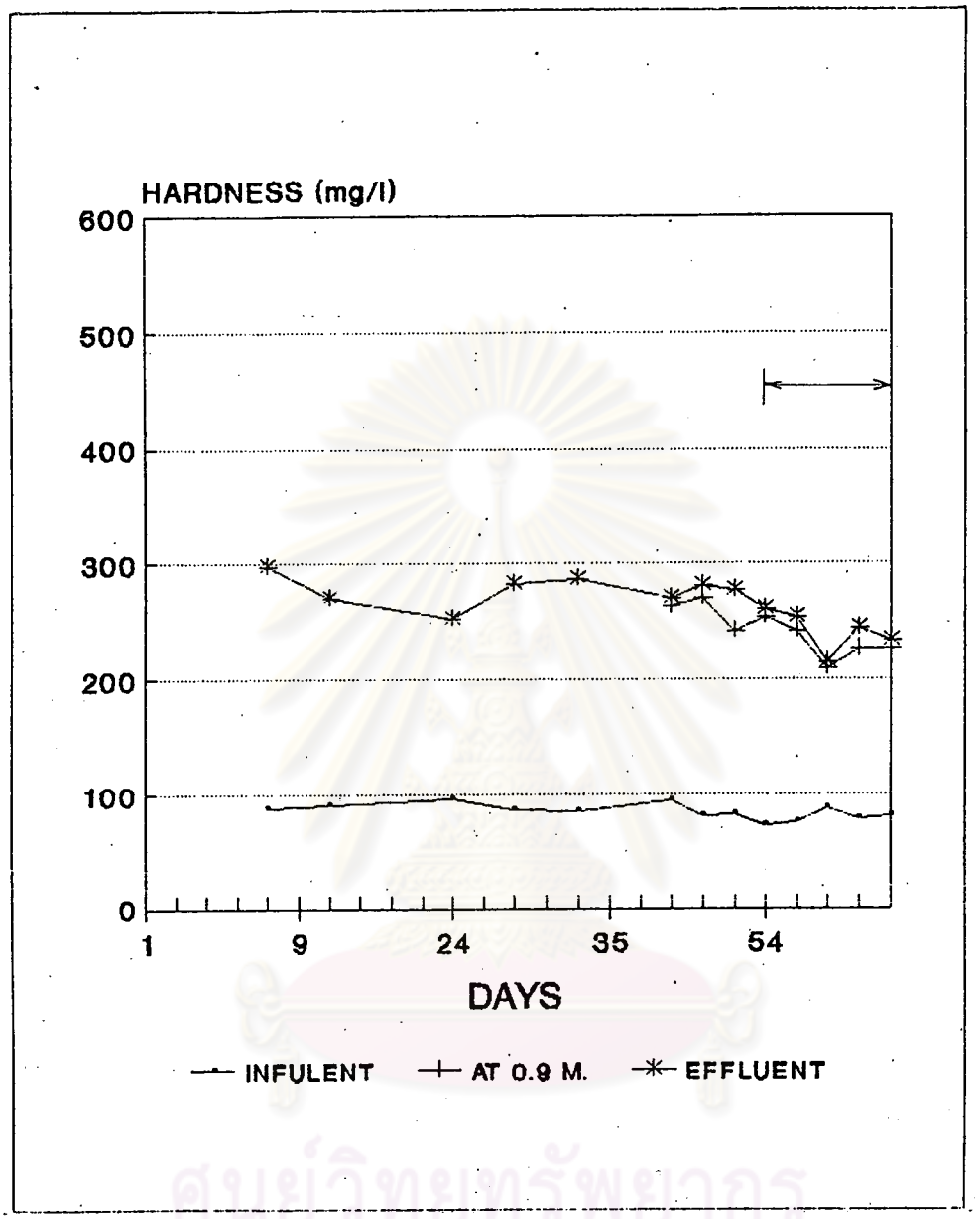
จากรูปที่ 4.19 - 4.24 เป็นกราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่าความกระด้างของการทดลองทั้ง6 ชุด และตารางที่ 4.4 แสดงถึงค่าเฉลี่ยของความกระด้างในช่วงสภาวะคงตัวและค่าต่ำสุด - สูงสุดของค่าความกระด้างตลอดการทดลอง

จากการทดลองพบว่า ที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเดียวกัน ค่าความกระด้างของน้ำจะเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของไนเตรตเพิ่มขึ้น และที่ความเข้มข้นของไนเตรตเท่ากัน ค่าความกระด้างของน้ำจะเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลากักเก็บน้ำนานขึ้น

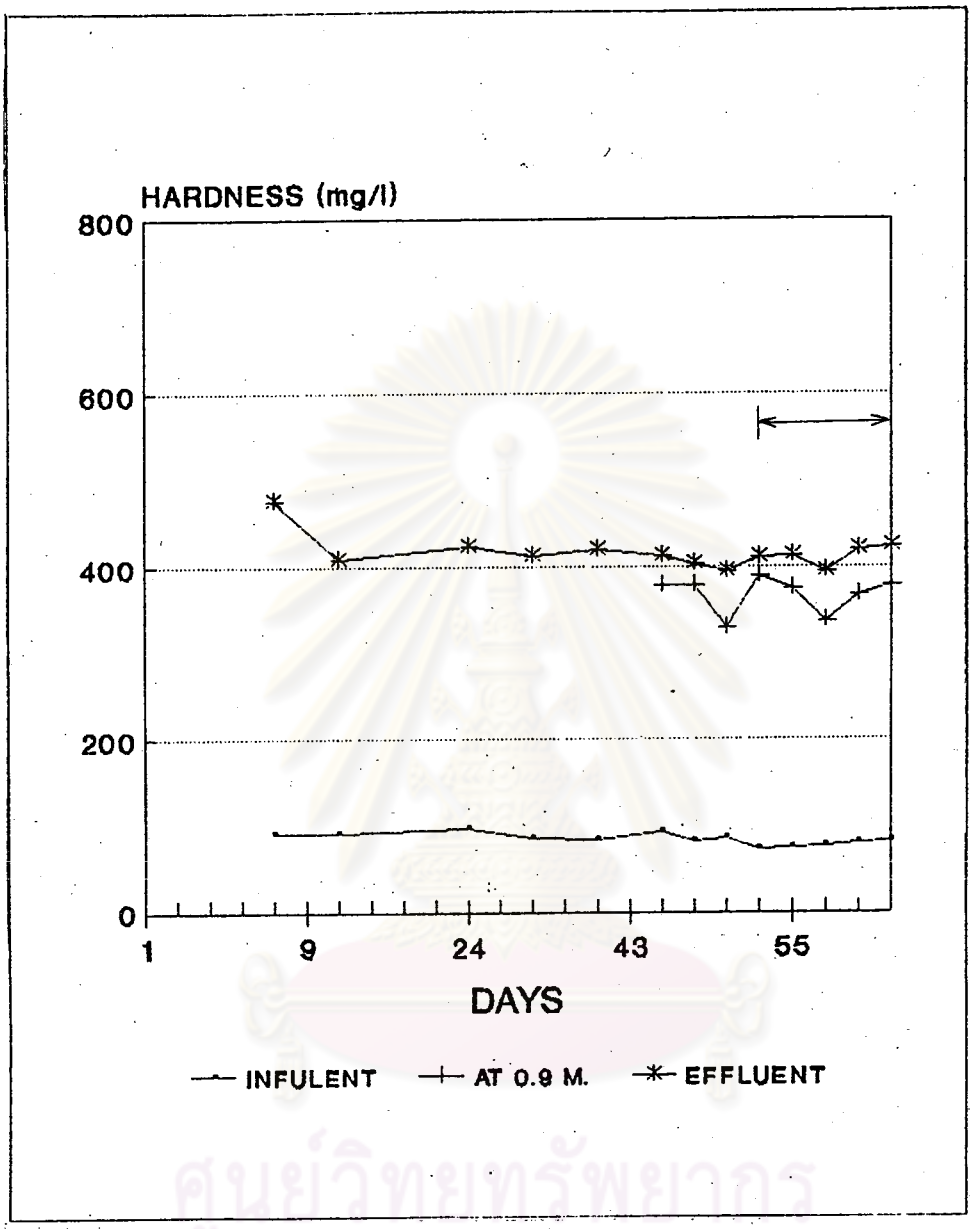
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



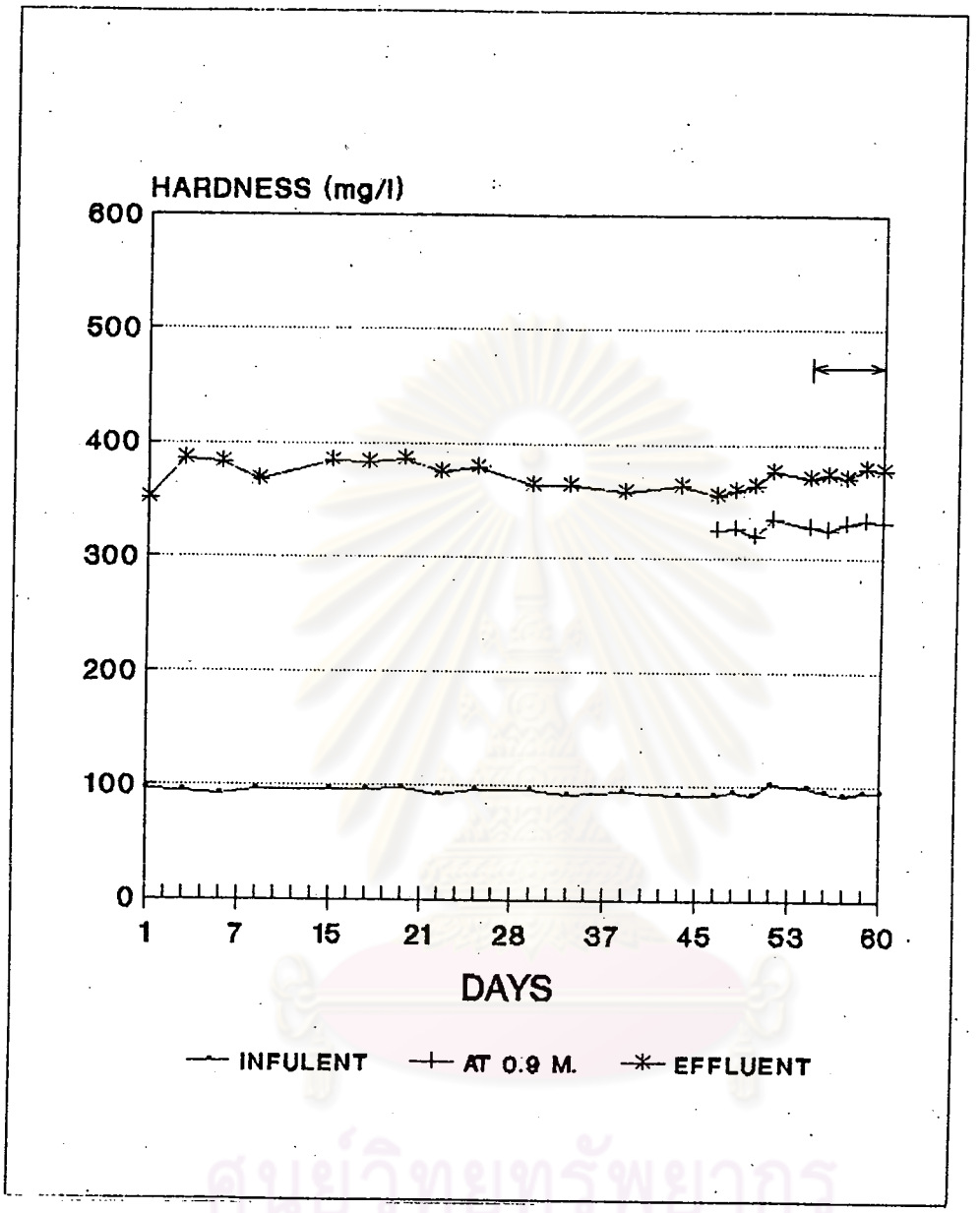
รูปที่ 4.19 แสดงค่าความกระด้างของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ค่าความกระด้างของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและค่าความกระด้างของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 1(a))



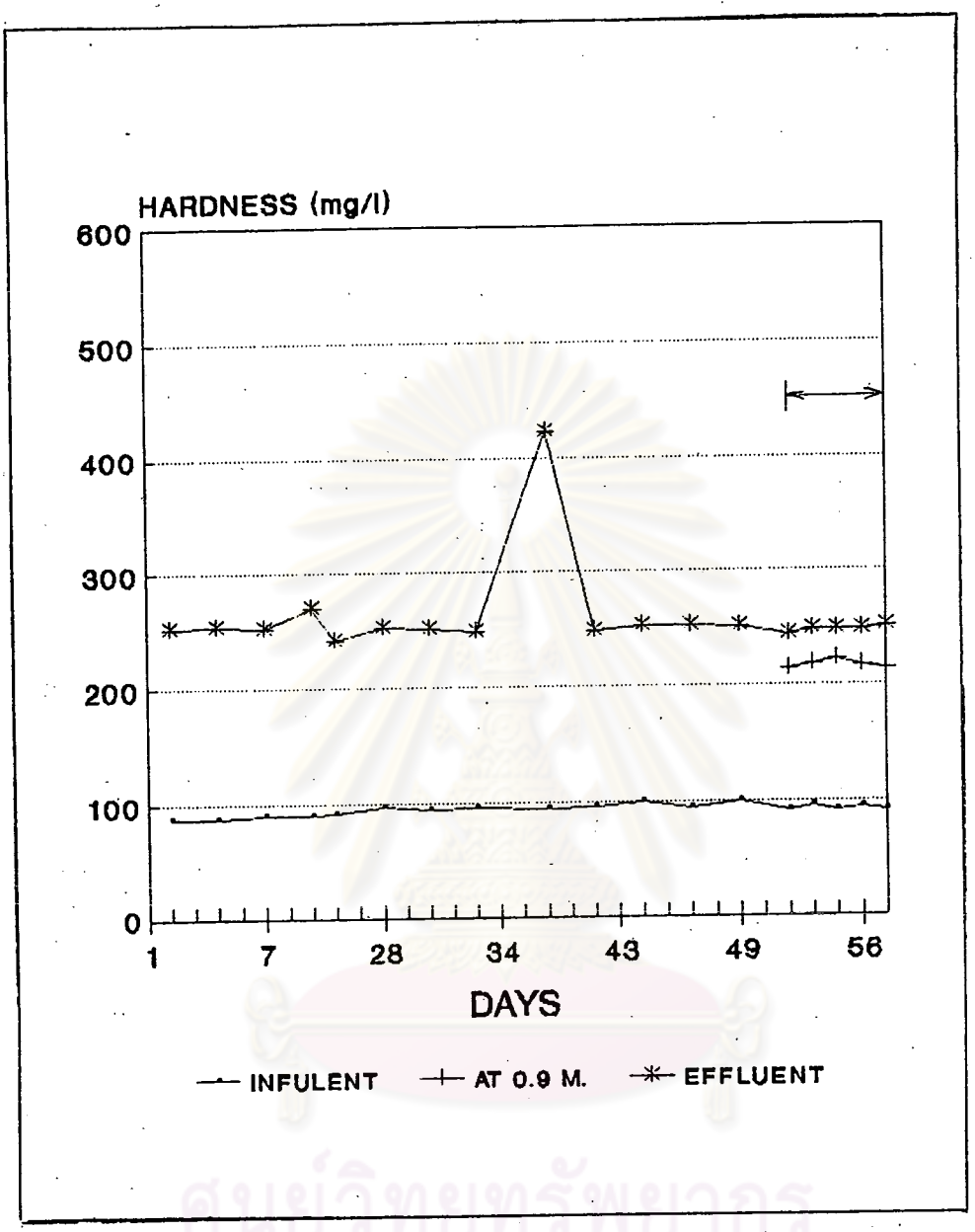
รูปที่ 4.19 แสดงค่าความกระด้างของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ค่าความกระด้างของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและค่าความกระด้างของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 1(a))



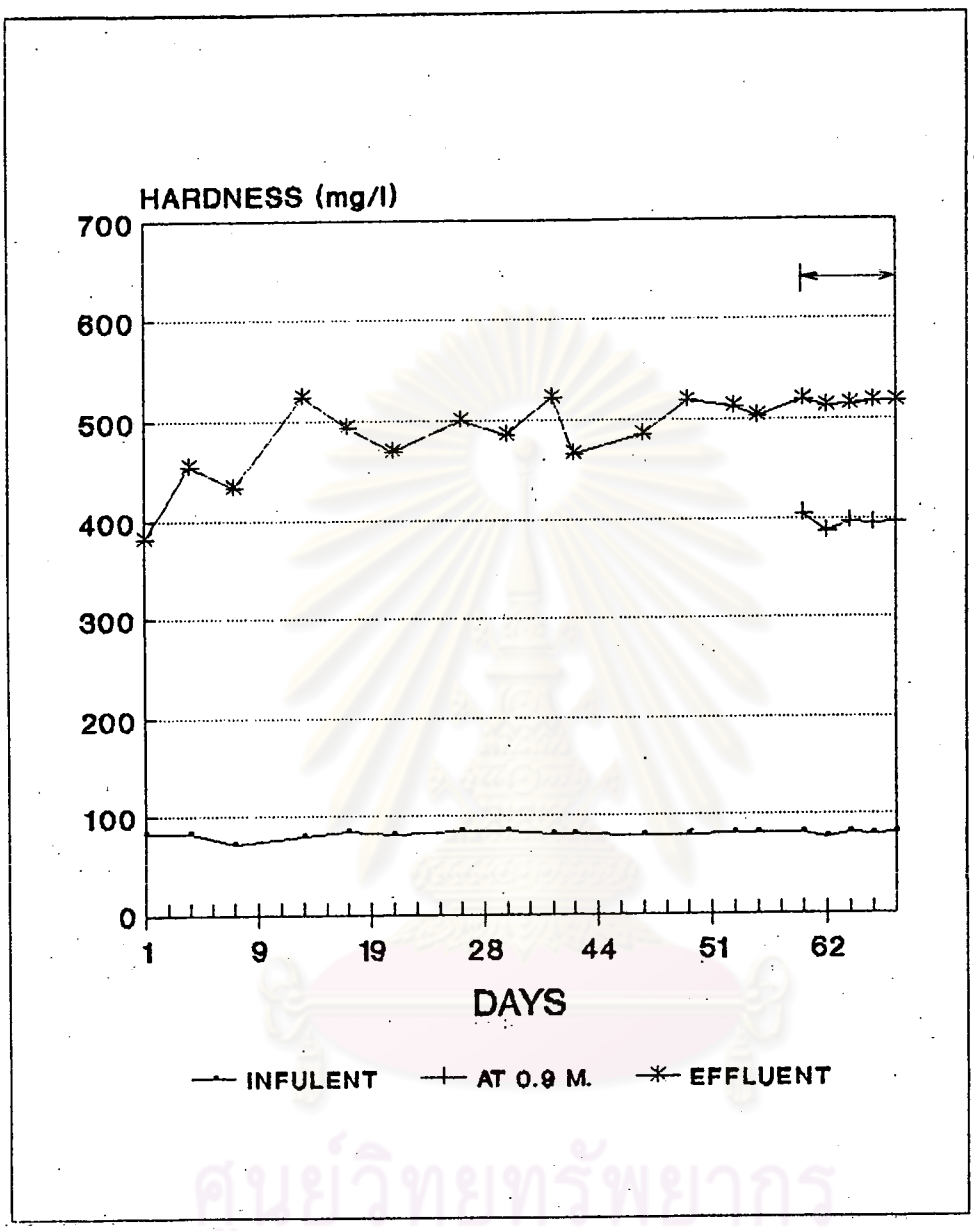
รูปที่ 4.20 แสดงค่าความกระด้างของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ค่าความกระด้างของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและค่าความกระด้างของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 1(b))



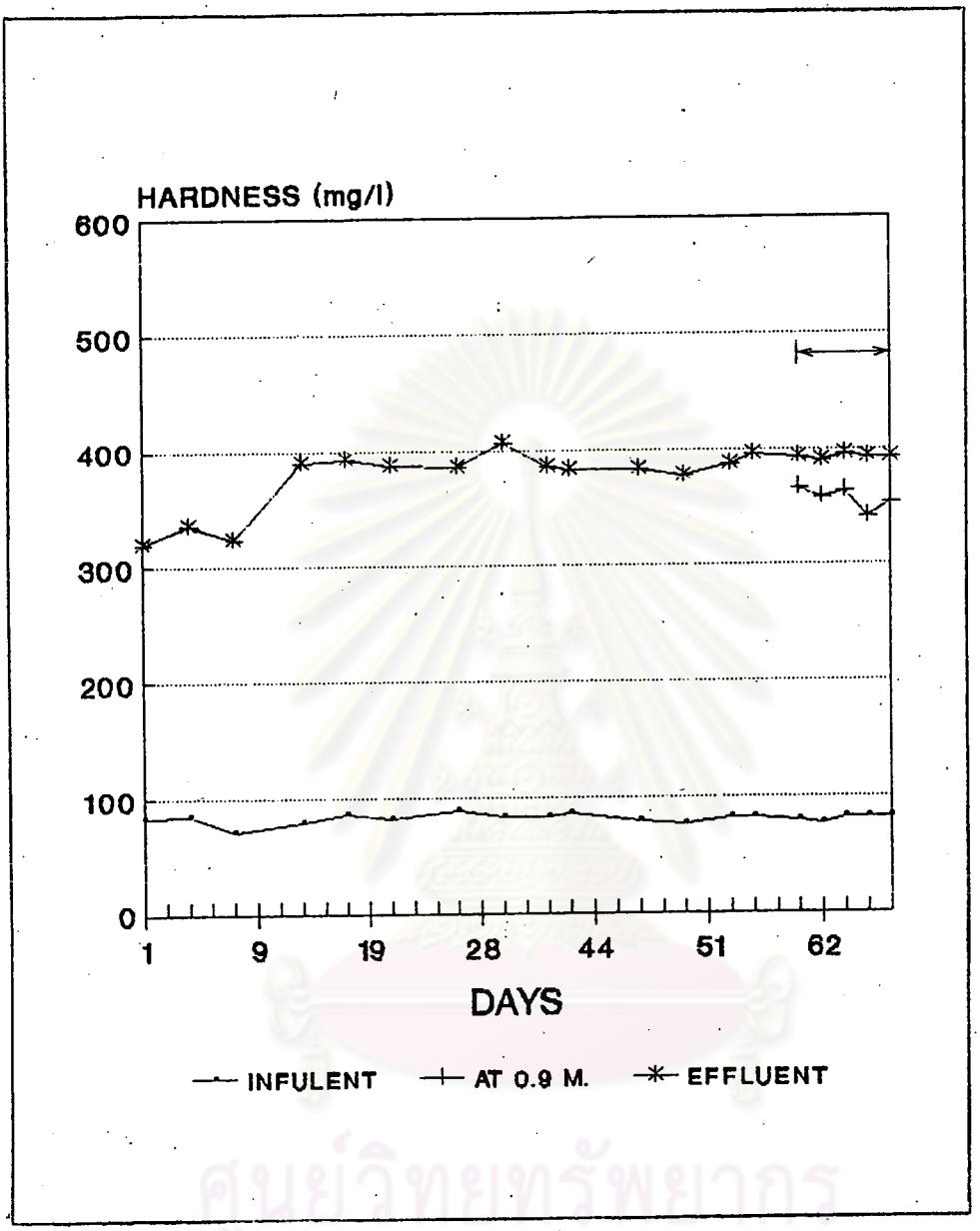
รูปที่ 4.21 แสดงค่าความกระด้างของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ค่าความกระด้างของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและค่าความกระด้างของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 2(a))



รูปที่ 4.22 แสดงค่าความกระด้างของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ค่าความกระด้างของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและค่าความกระด้างของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 2(b))



รูปที่ 4.23 แสดงค่าความกระด้างของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ค่าความกระด้างของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและค่าความกระด้างของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 3(a))



รูปที่ 4.24 แสดงค่าความกระด้างของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ค่าความกระด้างของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและค่าความกระด้างของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 3(b))

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยความกระด้างของน้ำในน้ำดิบเข้าระบบฯ น้ำออกจากระบบฯ และน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างของถังกรองฯ ขึ้นมา

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ค่าสถิติ	ความกระด้าง		
				น้ำเข้าระบบฯ	น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบฯ
1(a)	25	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	73 - 94	210 - 270	215 - 298
			ค่าเฉลี่ย*	79	231	242
			SD*	5.1	15.2	15.9
			จำนวน*	5	5	5
1(b)	75	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	73 - 96	329 - 390	396 - 478
			ค่าเฉลี่ย*	77	369	413
			SD*	3.6	18.4	9.9
			จำนวน*	5	5	5
2(a)	50	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	91 - 101	319 - 334	356 - 386
			ค่าเฉลี่ย*	95	330	374
			SD*	2.4	2.8	3.4
			จำนวน*	5	5	5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยความกระด้างของน้ำในน้ำดิบเข้าระบบฯ น้ำออกจากระบบฯ และน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างของถังกรองฯ ขึ้นมา (ต่อ)

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ค่าสถิติ	ความกระด้าง		
				น้ำเข้าระบบฯ	น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบฯ
2(b)	25	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	88 - 98	214 - 222	241 - 423
			ค่าเฉลี่ย*	93	217	248
			SD*	1.5	2.9	1.8
			จำนวน*	5	5	5
3(a)	75	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	71 - 84	388 - 404	383 - 524
			ค่าเฉลี่ย*	80	396	516
			SD*	1.9	5.4	2.5
			จำนวน*	5	5	5
3(b)	50	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	71 - 89	342 - 366	320 - 407
			ค่าเฉลี่ย*	80	357	392
			SD*	1.9	8.5	1.5
			จำนวน*	5	5	5

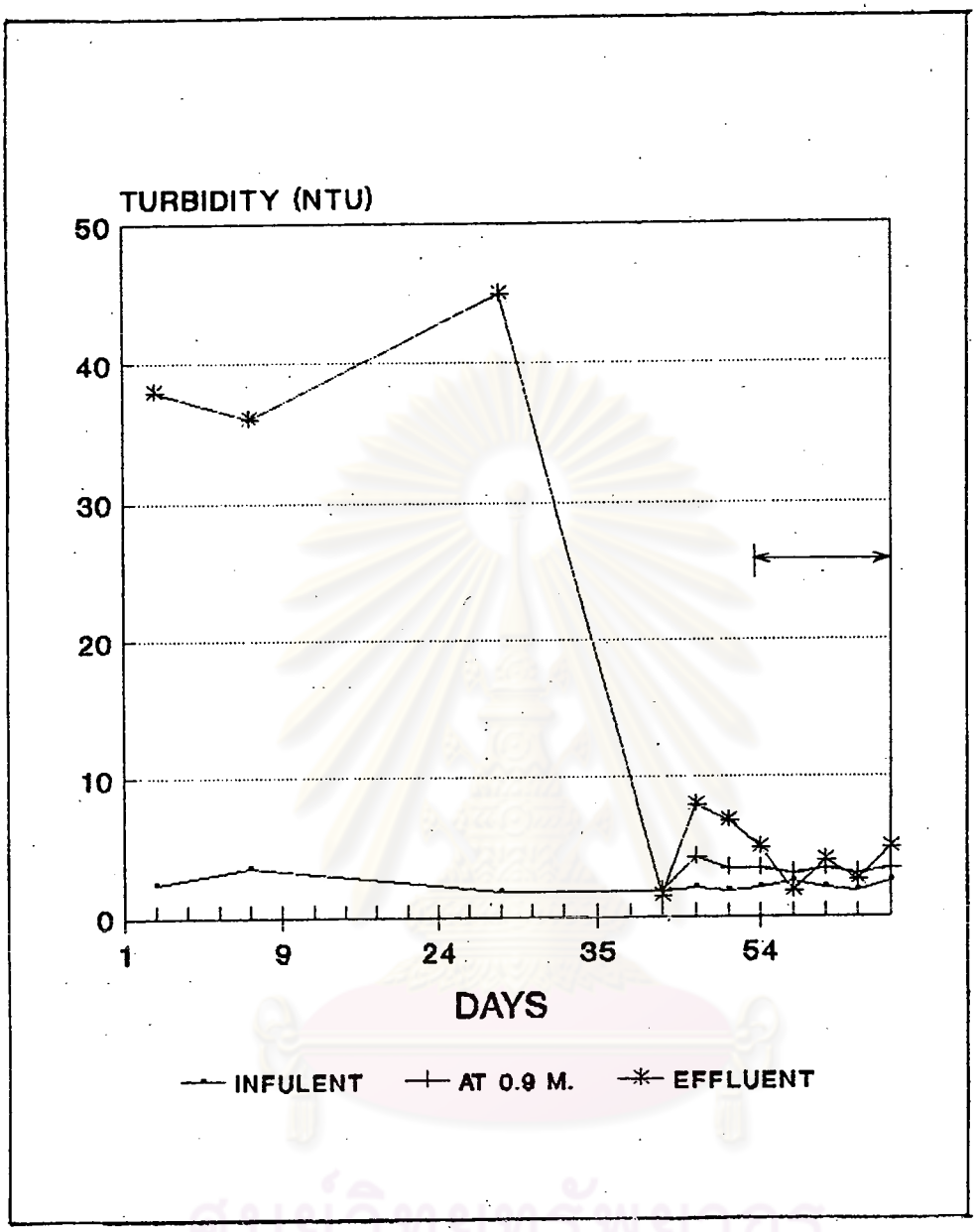
* แสดงค่าในช่วง Steady State (5 วันสุดท้าย)

SD ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

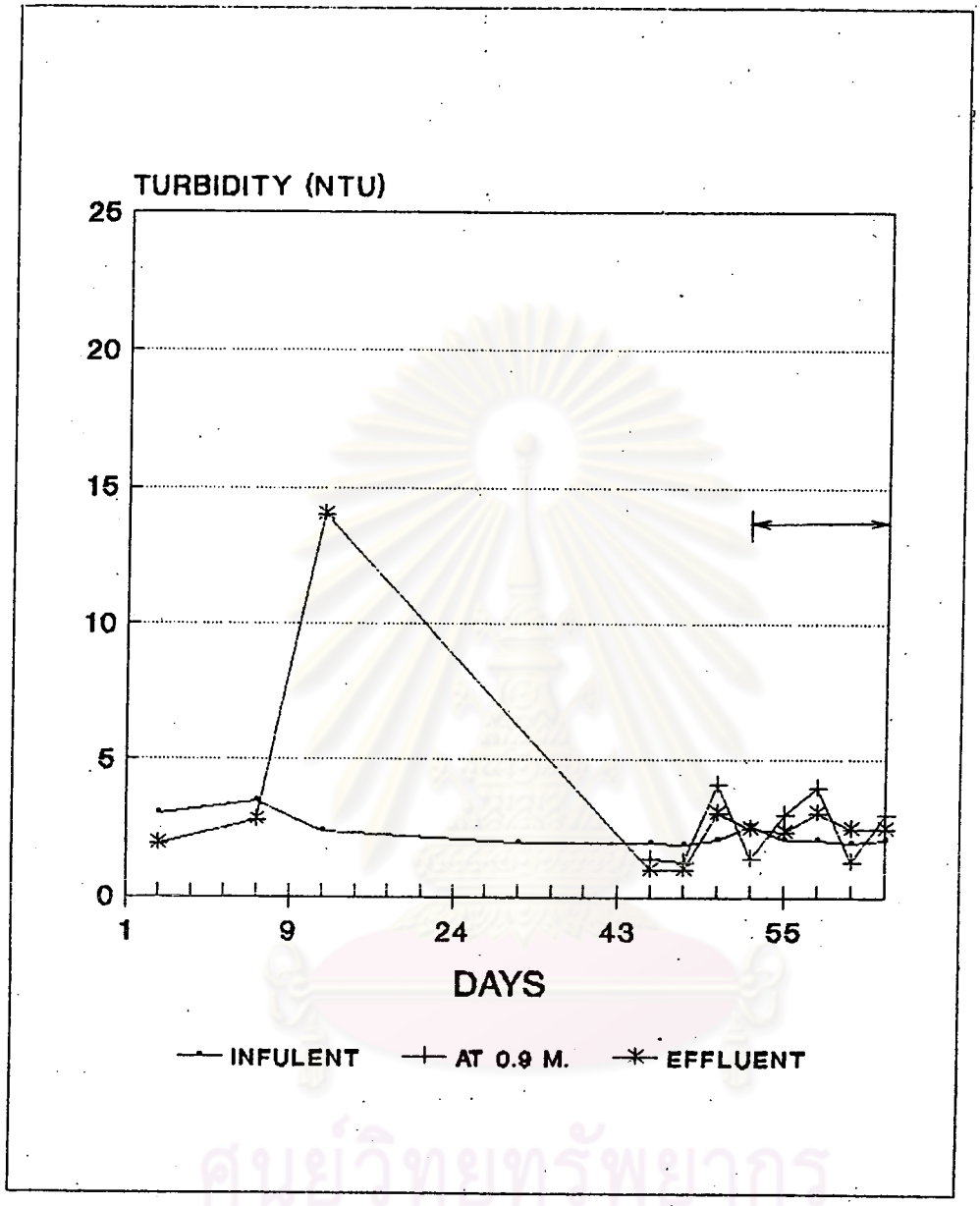
4.2.5 ค่าความขุ่น

รูปที่ 4.25 - 4.30 เป็นกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความขุ่นในน้ำดิบเข้าระบบฯ ค่าความขุ่นภายในถังกรองเอดี เก็บที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างของถังกรองฯ ขึ้นมา และค่าความขุ่นในน้ำออกจากระบบฯของการทดลองทั้งหมด และมีค่าเฉลี่ยของค่าความขุ่นที่ตำแหน่งต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 4.5

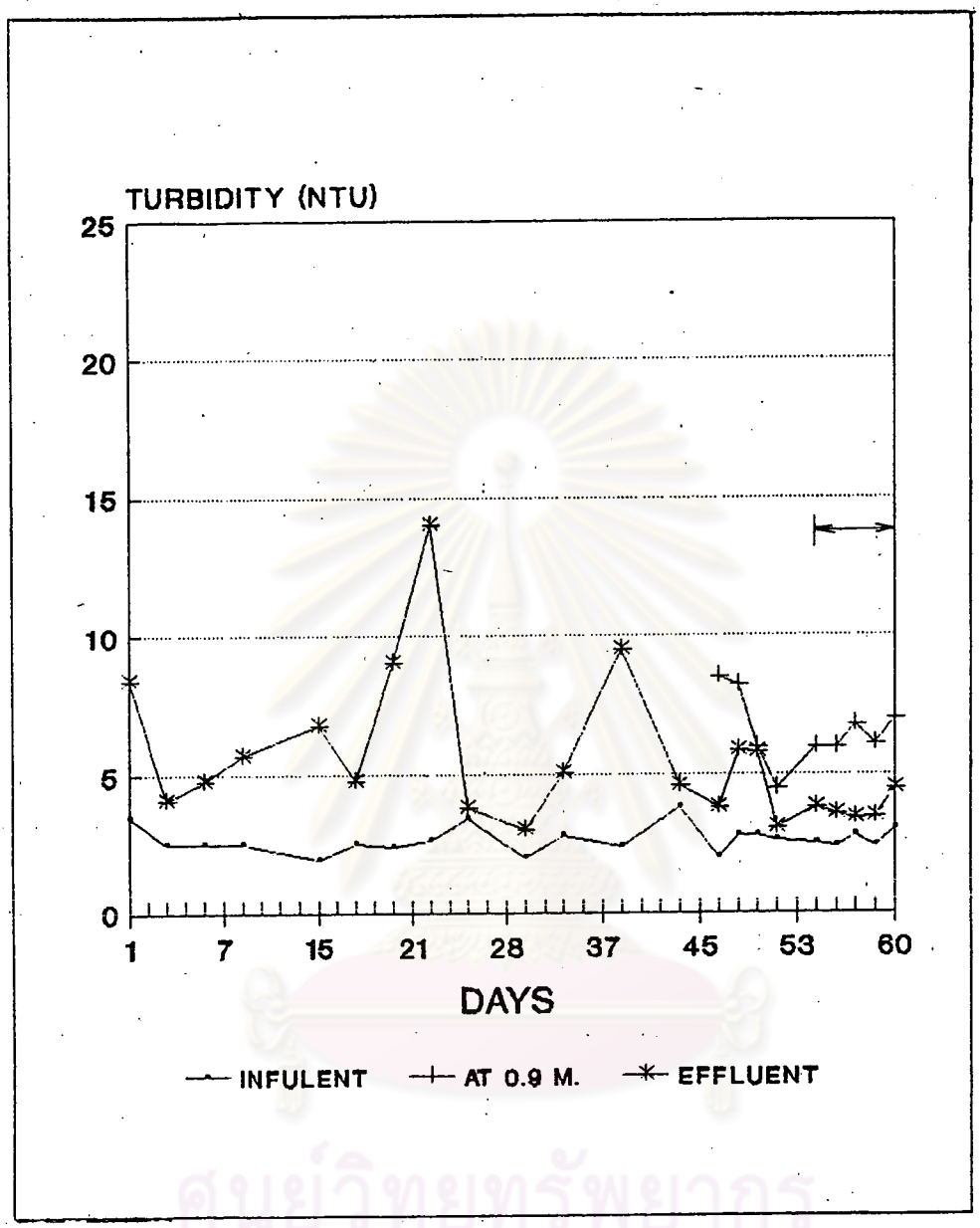
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.25 แสดงค่าความขุ่นของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ค่าความขุ่นของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและค่าความขุ่นของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 1(a))

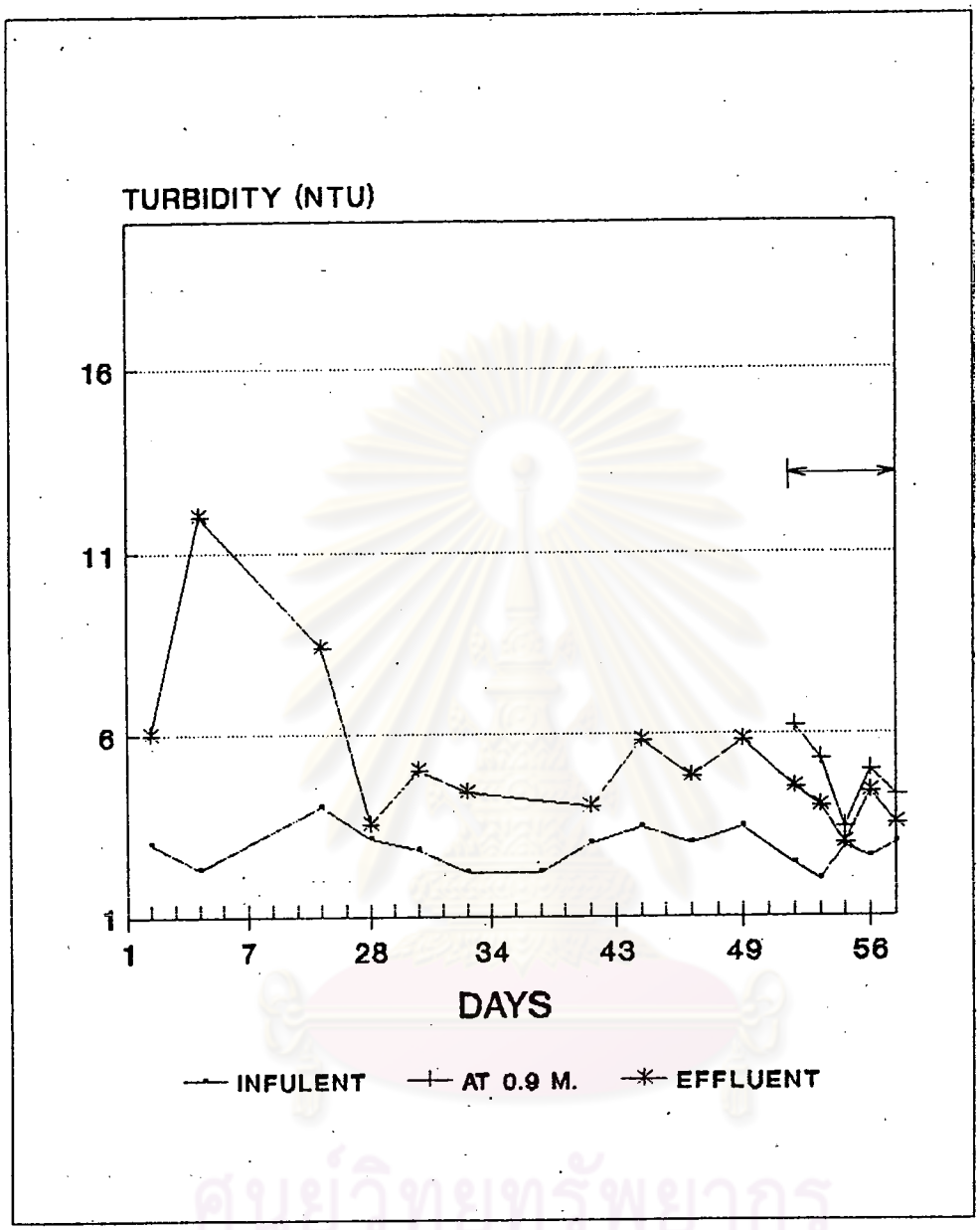


รูปที่ 4.26 แสดงค่าความขุ่นของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ค่าความขุ่นของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและค่าความขุ่นของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 1(b))

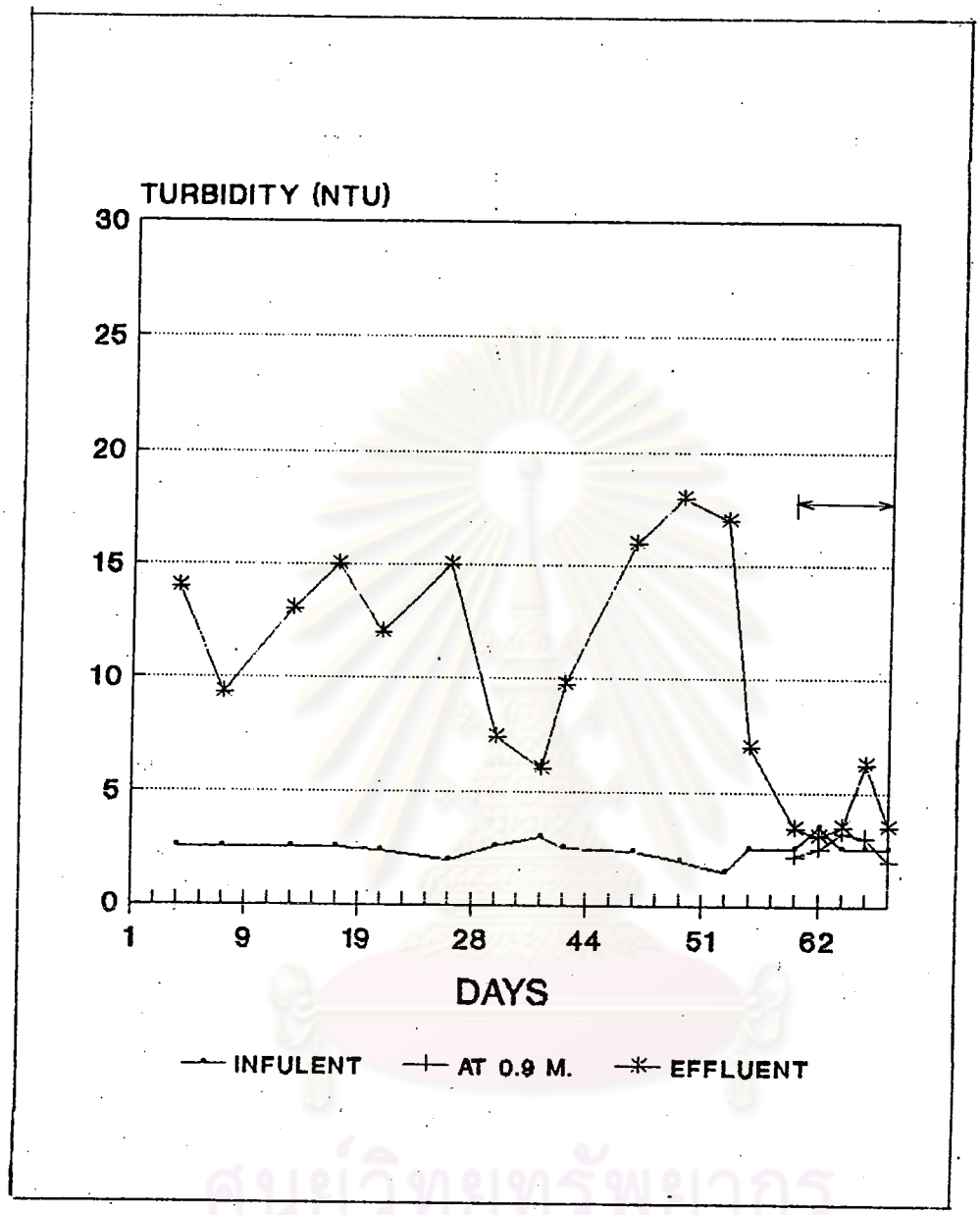


รูปที่ 4.27 แสดงค่าความขุ่นของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ค่าความขุ่นของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและค่าความขุ่นของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 2(a))

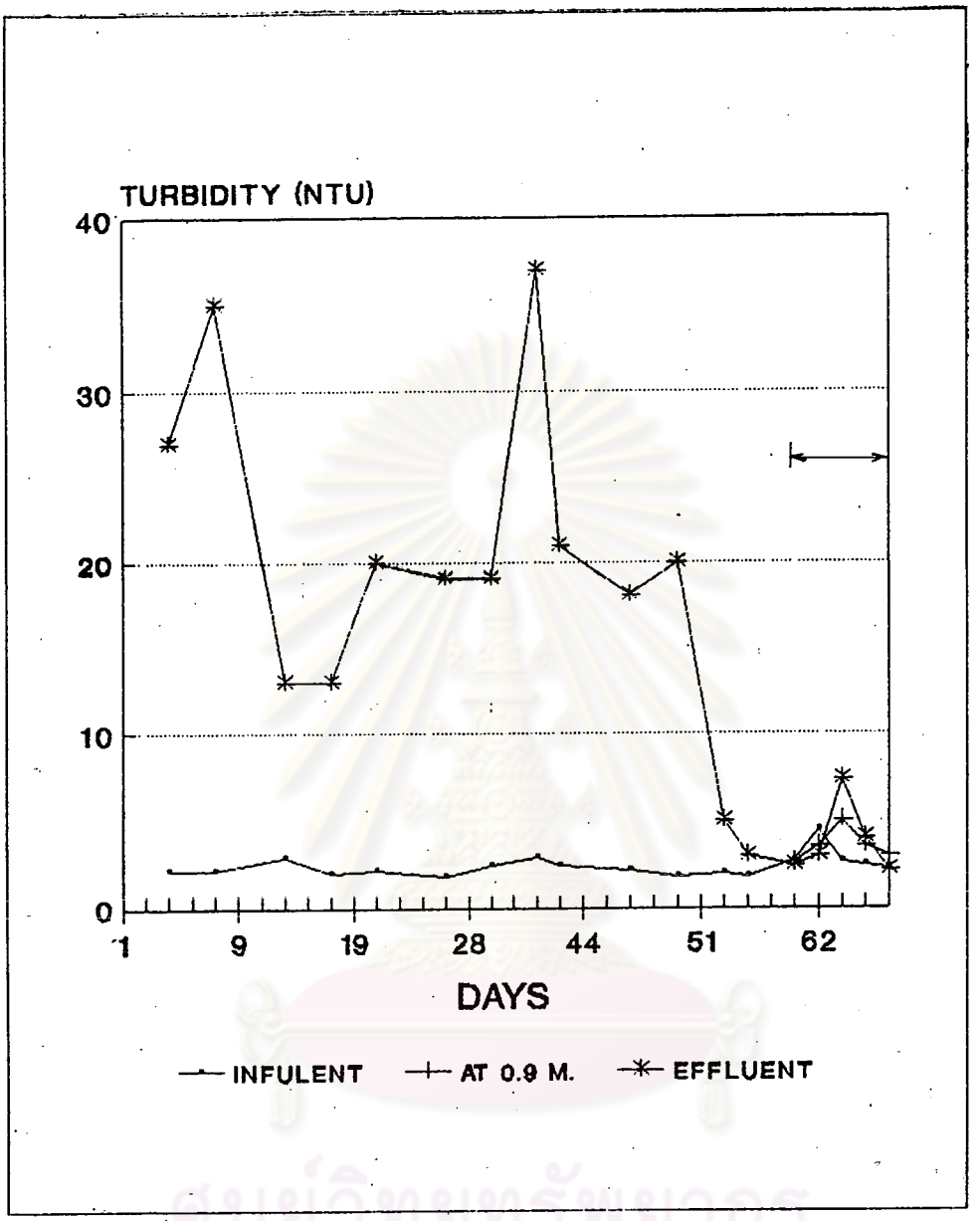
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.28 แสดงค่าความขุ่นของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ค่าความขุ่นของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและค่าความขุ่นของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 2(b))



รูปที่ 4.29 แสดงค่าความขุ่นของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ค่าความขุ่นของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและค่าความขุ่นของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 3(a))



รูปที่ 4.30 แสดงค่าความขุ่นของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ค่าความขุ่นของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและค่าความขุ่นของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 3(b))

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยของค่าความขุ่นในน้ำดิบเข้าระบบฯ น้ำออกจากระบบฯ และน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างถังกรองฯ ขึ้นมา

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ค่าสถิติ	ค่าความขุ่น (NTU)		
				น้ำเข้าระบบฯ	น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบฯ
1(a)	25	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	1.8-3.5	1.8-4.2	1.4-45.0
			ค่าเฉลี่ย*	2.2	3.2	3.6
			SD*	0.3	0.2	1.4
			จำนวน*	5	5	5
1(b)	75	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	1.9-3.5	1.3-4.1	1.0-31.0
			ค่าเฉลี่ย*	2.2	2.5	2.6
			SD*	0.2	1.2	0.3
			จำนวน*	5	5	5
2(a)	50	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	1.9-3.8	4.5-8.5	3.0-14.0
			ค่าเฉลี่ย*	2.6	6.4	3.8
			SD*	0.3	0.5	0.4
			จำนวน*	5	5	5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยของค่าความขุ่นในน้ำดิบเข้าระบบฯ น้ำออกจากระบบฯ และน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างถังกรองฯ ขึ้นมา (ต่อ)

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ค่าสถิติ	ค่าความขุ่น (NTU)		
				น้ำเข้าระบบฯ	น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบฯ
2(b)	25	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	2.0-4.0	3.4-6.2	3.0-12.0
			ค่าเฉลี่ย*	2.6	4.8	3.9
			SD*	0.4	1.1	0.6
			จำนวน*	5	5	5
3(a)	75	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	1.5-3.5	2.0-3.2	3.1-18.0
			ค่าเฉลี่ย*	2.7	2.6	3.9
			SD*	0.5	0.5	1.3
			จำนวน*	5	5	5
3(b)	50	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	1.8-4.5	2.6-5.0	2.2-37.0
			ค่าเฉลี่ย*	2.9	3.5	3.8
			SD*	0.9	0.9	2.1
			จำนวน*	5	5	5

* แสดงค่าในช่วง Steady State (5 วันสุดท้าย)

SD ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

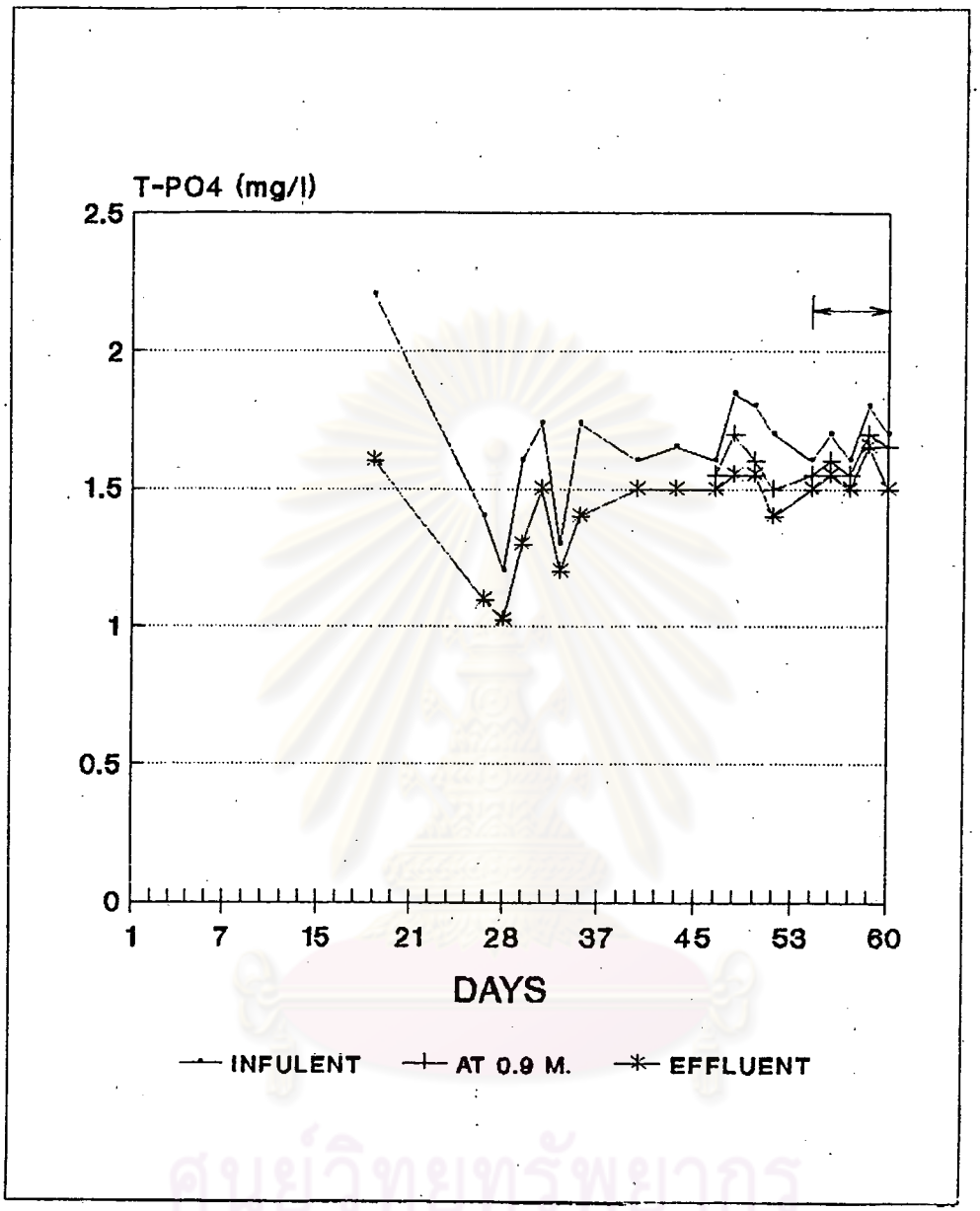
จากตารางที่ 4.5 กล่าวได้ว่า ค่าปริมาณความขุ่นของน้ำก่อนเข้าระบบ ถังกรองเอ ดี และน้ำที่ออกจากระบบถังกรองเอดีมีค่าเฉลี่ยในช่วงสภาพคงตัวไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะน้ำเข้าระบบฯ เป็นน้ำดิบสังเคราะห์ที่เตรียมขึ้นโดยใช้น้ำประปาจึงทำให้ มีค่าเฉลี่ยความขุ่นในปริมาณต่ำ (ประมาณ 2.2-2.9 NTU.) ส่วนในน้ำออกจากระบบถังกรองเอดีนั้นพบว่ามีปริมาณความขุ่นสูงกว่าในน้ำเข้าเล็กน้อย ความขุ่นที่เพิ่มขึ้นนี้อาจเนื่องมาจาก มีเชื้อแบคทีเรียที่ตายและ/หรือแบคทีเรียที่เกาะอยู่บนตัวกลางหลุดออกมา ซึ่งจะมีเพียงเล็กน้อยถ้าระบบยังทำงานได้ดี จึงทำให้ค่าความขุ่นในน้ำออกจากถังกรองเอดีมีค่าต่ำ (ประมาณ 2.6 - 3.9 NTU.) ส่วนน้ำภายในถังกรองเอดีที่เก็บที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างของถังกรองฯ ขึ้นมามีปริมาณค่าความขุ่นสูงกว่าค่าความขุ่นในน้ำออก จากถังกรองเอดีเล็กน้อย (ประมาณ 2.5-6.4 NTU.) ทั้งนี้ก็อาจเนื่องจากว่าเป็นน้ำที่มีตะกอนจุลชีพที่ยึดเกาะอยู่กับตัวกลาง และ/หรือตะกอนจุลชีพที่อยู่ในช่องว่างระหว่างตัวกลางหลุดออกมา

4.2.6 ปริมาณฟอสเฟต

การกำจัดไนเตรตด้วยกระบวนการออโตโทรฟิกดีไนตริฟิเคชั่นนั้น จากรายงานการศึกษาที่ผ่านมา Kruithof และคณะ (1988) พบว่าเชื้อ Thiobacillus denitrificans ต้องการฟอสเฟตเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ฟอสฟอรัสจะรวมตัวกันกับมวลชีวภาพ (Biomass) ตามสูตรโมเลกุลดังนี้ $C_2H_7O_2NP_{0.03}$ ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์หาค่าฟอสเฟตในการทดลองเพียง4 ชุด การทดลองเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากว่าการทดลอง 2 ชุดแรก คือการทดลองชุดที่ 1(a) และ 1(b) ได้สิ้นสุดการทดลองก่อนมีการเพิ่มการวิเคราะห์ตัวแปรตาม ฟอสเฟต แต่จากข้อมูลการทดลอง สามารถกล่าวได้ว่า ข้อมูลของการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟตจากการทดลอง 4 ชุด คือ ชุดที่ 2(a), 2(b), 3(a) และ 3(b) นั้น ครอบคลุมถึงการทดลองชุดที่ 1(a) และ 1(b) ด้วย เนื่องจากการทดลองชุดที่ 1(a) และ 1(b) นั้นมีการให้สารฟอสเฟตในรูปของสารอาหารเสริมสร้างเท่ากับการทดลองชุดที่ 2(b) และ 3(a) ตามลำดับ อาหารเสริมสร้างในการวิจัยครั้งนี้ได้ให้ในอัตราส่วน N:P เท่ากับ 5:1 เหมือนกันทุก ๆ ชุดการทดลอง

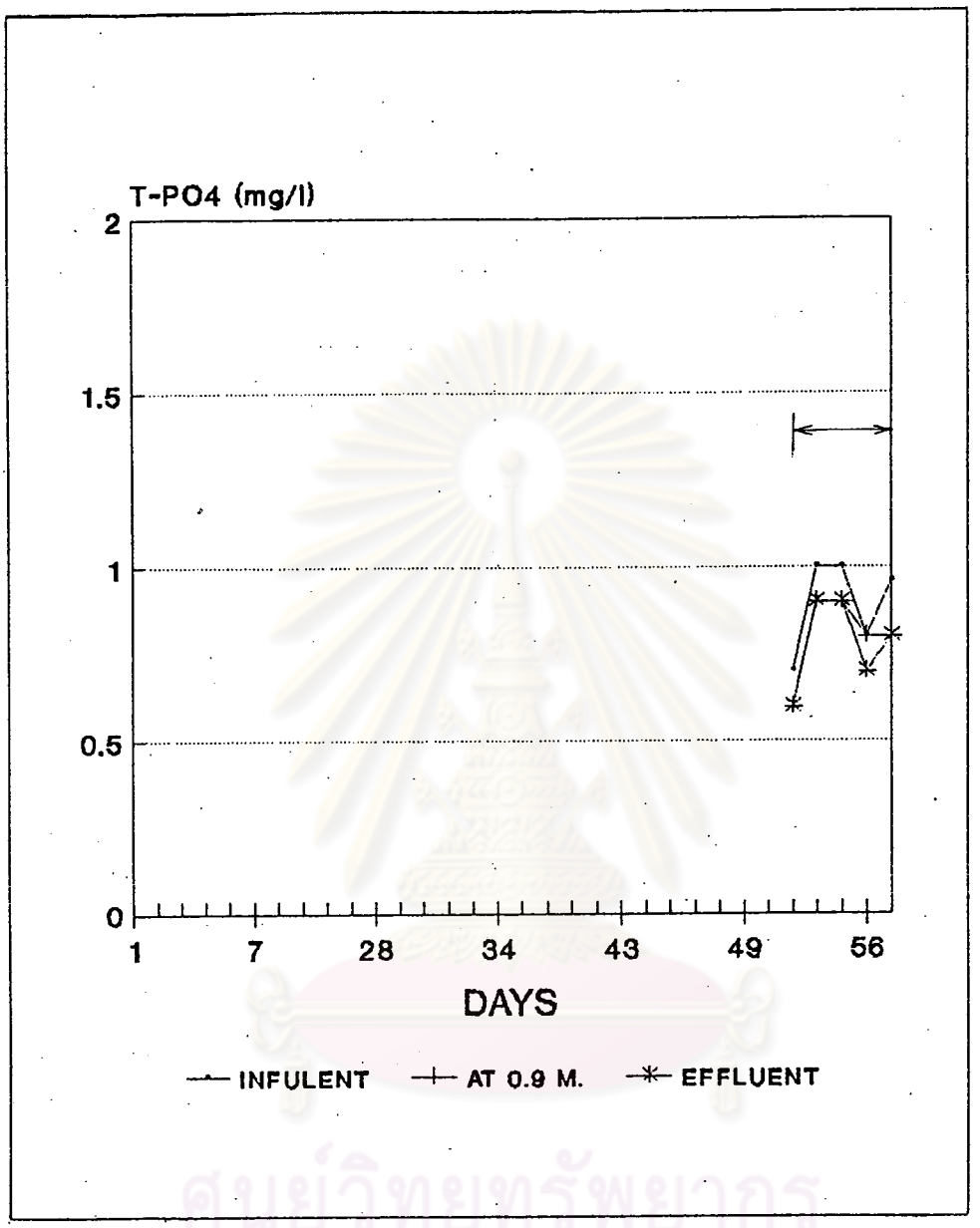
รูปที่ 4.31 - 4.34 เป็นกราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณ ฟอสเฟตในน้ำดิบเข้าระบบฯปริมาณฟอสเฟตในน้ำที่ระยะ 0.9 เมตร จากด้านล่างของถังกรองฯและปริมาณฟอสเฟตในน้ำออกจากระบบฯ และค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสเฟตที่ตำแหน่งต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 4.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



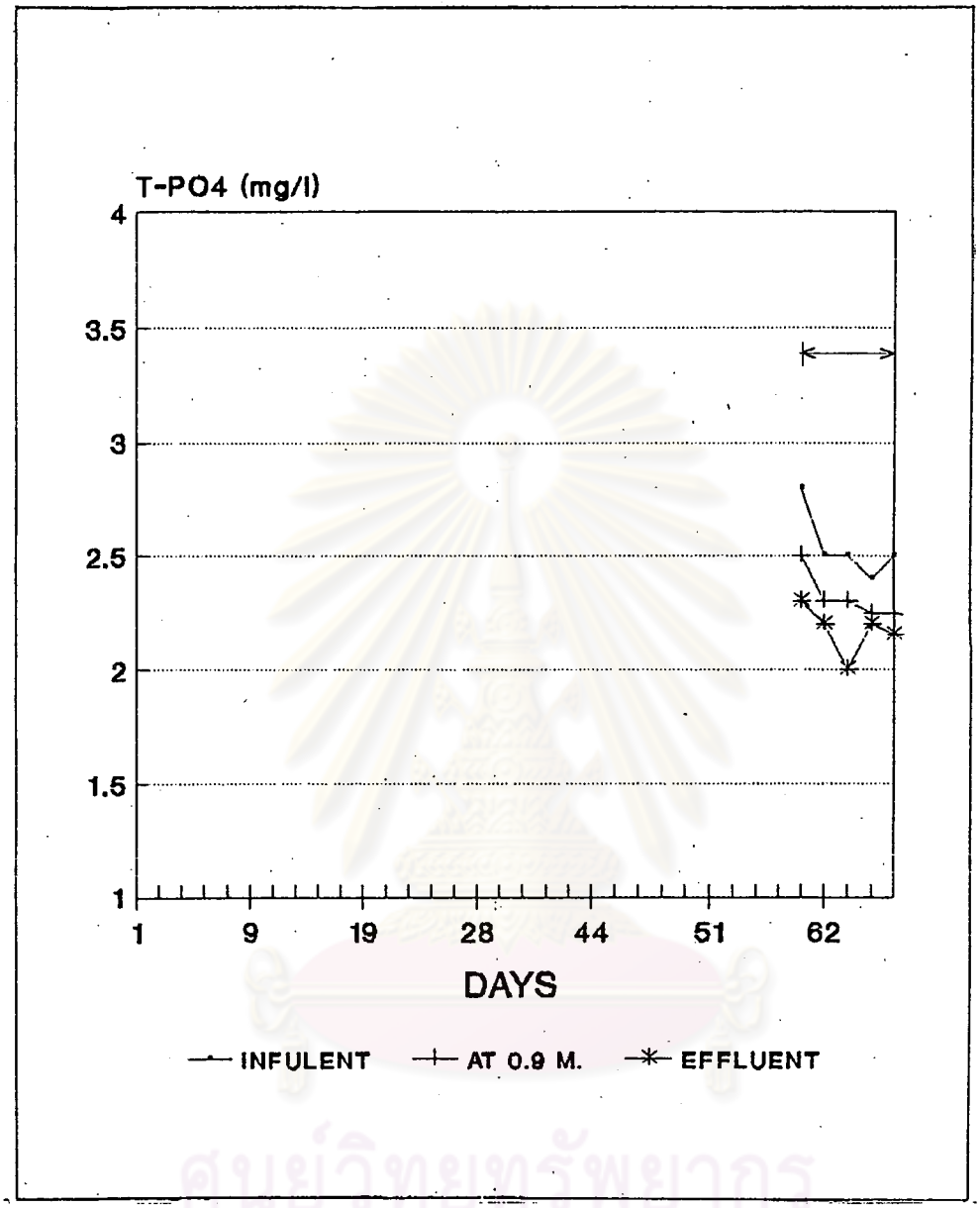
รูปที่ 4.31 แสดงปริมาณฟอสเฟตของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี, ปริมาณฟอสเฟตของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณฟอสเฟตของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 2(a))

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

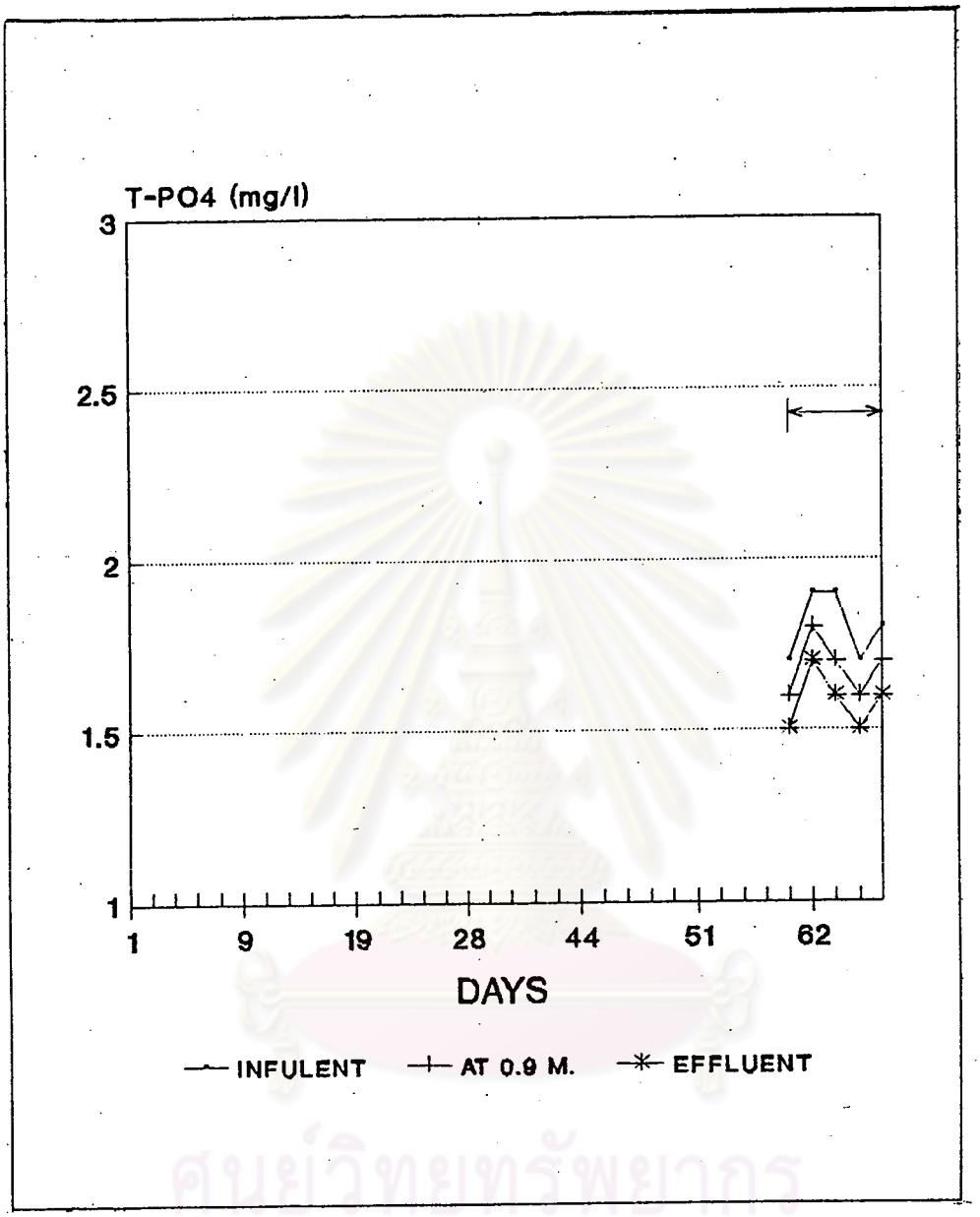


รูปที่ 4.32 แสดงปริมาณฟอสเฟตของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ปริมาณฟอสเฟตของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณฟอสเฟตของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 2(b)).

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.33 แสดงปริมาณฟอสเฟตของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ปริมาณฟอสเฟตของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณฟอสเฟตของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 3(a))



รูปที่ 4.34 แสดงปริมาณฟอสเฟตของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ปริมาณฟอสเฟตของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณฟอสเฟตของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 3(b))

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสเฟตในน้ำดิบเข้าระบบฯ น้ำออกจากระบบฯ และน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างของถังกรองฯ ขึ้นมา

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ค่าสถิติ	ปริมาณฟอสเฟต		
				น้ำเข้าระบบฯ	น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบฯ
2(a)	50	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	1.2-2.2	1.5-1.7	1.0-1.7
			ค่าเฉลี่ย*	1.7	1.6	1.5
			SD*	0.08	0.07	0.07
			จำนวน*	5	5	5
2(b)	25	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	0.7-1.0	0.6-0.9	0.6-0.9
			ค่าเฉลี่ย*	0.9	0.8	0.8
			SD*	0.1	0.1	0.1
			จำนวน*	5	5	5
3(a)	75	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	2.4-2.8	2.3 - 2.5	2.2 - 2.3
			ค่าเฉลี่ย*	2.5	2.3	2.2
			SD*	0.2	0.1	0.1
			จำนวน*	5	5	5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสเฟตในน้ำดิบเข้าระบบฯ น้ำออกจากระบบฯ และน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างของถังกรองฯ ขึ้นมา (ต่อ)

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ค่าสถิติ	ปริมาณฟอสเฟส		
				น้ำเข้าระบบฯ	น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบฯ
3(b)	50	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	1.7-1.9	1.6-1.8	1.5-1.7
			ค่าเฉลี่ย*	1.8	1.7	1.6
			SD*	0.11	0.08	0.08
			จำนวน*	5	5	5

* แสดงค่าในช่วง Steady State (5 วันสุดท้าย)

SD ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

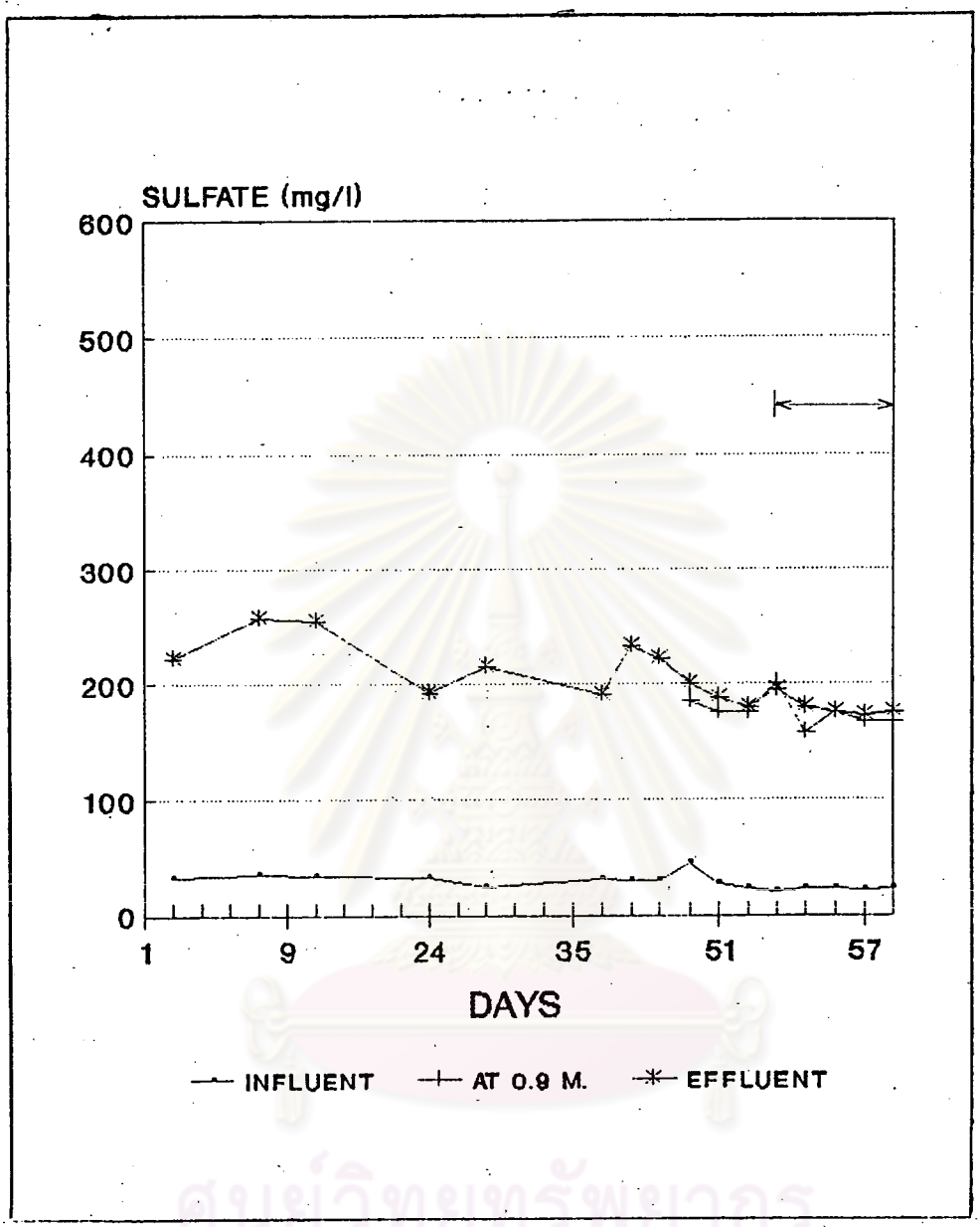
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ปริมาณฟอสเฟตจะมีค่าสูงสุดที่บริเวณน้ำเข้าถังกรองฯ และลดลงตามระยะความสูงของถังกรองฯ จนกระทั่งถึงจุดน้ำออก ทั้งนี้เนื่องจากว่า ฟอสเฟตถูกใช้ไปเพื่อเป็นสารอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย อัตราการลดลงหรือถูกใช้ไปของฟอสเฟตที่ปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตเท่ากัน มีการเติมปริมาณฟอสเฟตในน้ำดิบสังเคราะห์เท่ากัน แต่มีระยะเวลากักเก็บน้ำต่างกัน พบว่าจะมีอัตราการลดลงหรือถูกใช้ไปของฟอสเฟตไม่เท่ากัน ปริมาณฟอสเฟตของการทดลองที่ 3(b) ที่มีระยะเวลากักเก็บน้ำ 20 ชั่วโมง จะมีปริมาณฟอสเฟตที่ลดลงหรือถูกใช้ไปมากกว่าการทดลองที่ 2(a) ที่มีระยะเวลากักเก็บน้ำ 10 ชั่วโมง นั่นก็คือ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสเฟต มีความสัมพันธ์กันกับระยะเวลากักเก็บน้ำ และที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเท่ากัน แต่มีปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตต่างกัน ปริมาณฟอสเฟตที่ถูกใช้ไปจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตเพิ่มขึ้น

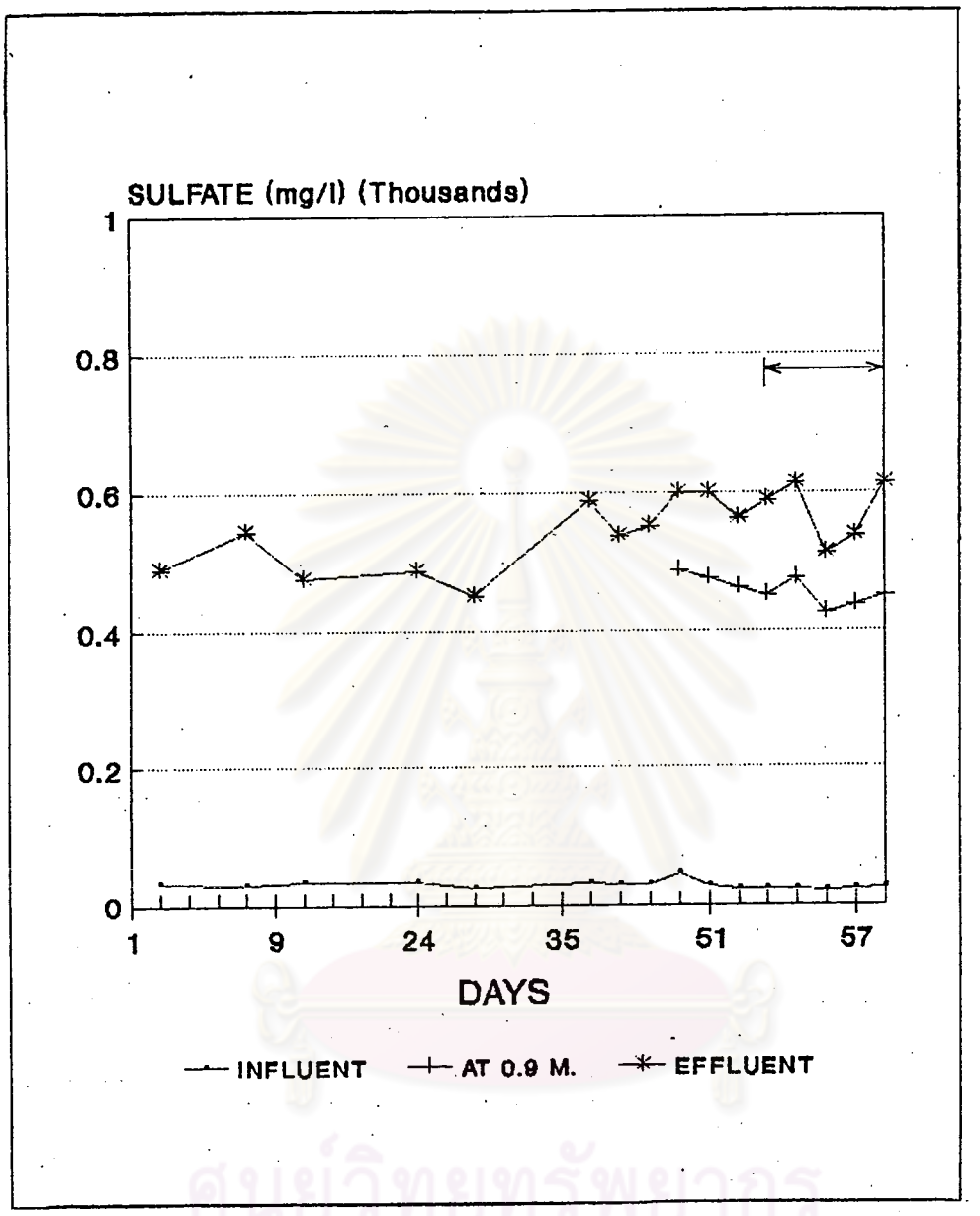
4.2.7 ปริมาณซัลเฟต

ปริมาณซัลเฟตเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญมากที่ต้องทำการวิเคราะห์ สำหรับการกำจัดไนเตรตด้วยกระบวนการออโตโทรฟิกดีไนตริฟิเคชั่นชนิดนี้ ทั้งนี้เนื่องจากว่า แบคทีเรียพวก Thiobacillus denitrificans จะทำการออกซิไดส์สารซัลเฟอร์ที่ถูกใส่ลงไปในระบบถังกรองเอดี เพื่อใช้เป็นตัวกลางและแหล่งอาหารให้แก่แบคทีเรีย ให้กลายไปเป็นซัลเฟต ดังรูปที่ 2.4 และด้วยเหตุนี้ จึงเป็นข้อเสียหรือข้อจำกัดของการกำจัดไนเตรตด้วยวิธีการนี้ ที่ไม่สามารถใช้ได้กับโรงบำบัดน้ำ ที่มีปริมาณซัลเฟตสูงอยู่แล้ว การประปานครหลวงและกระทรวงสาธารณสุขสหรัฐอเมริกา U.S. Public Health Service ได้กำหนดปริมาณซัลเฟตในน้ำดื่มที่ยอมรับได้สูงสุดไม่เกิน 250 มก./ล.

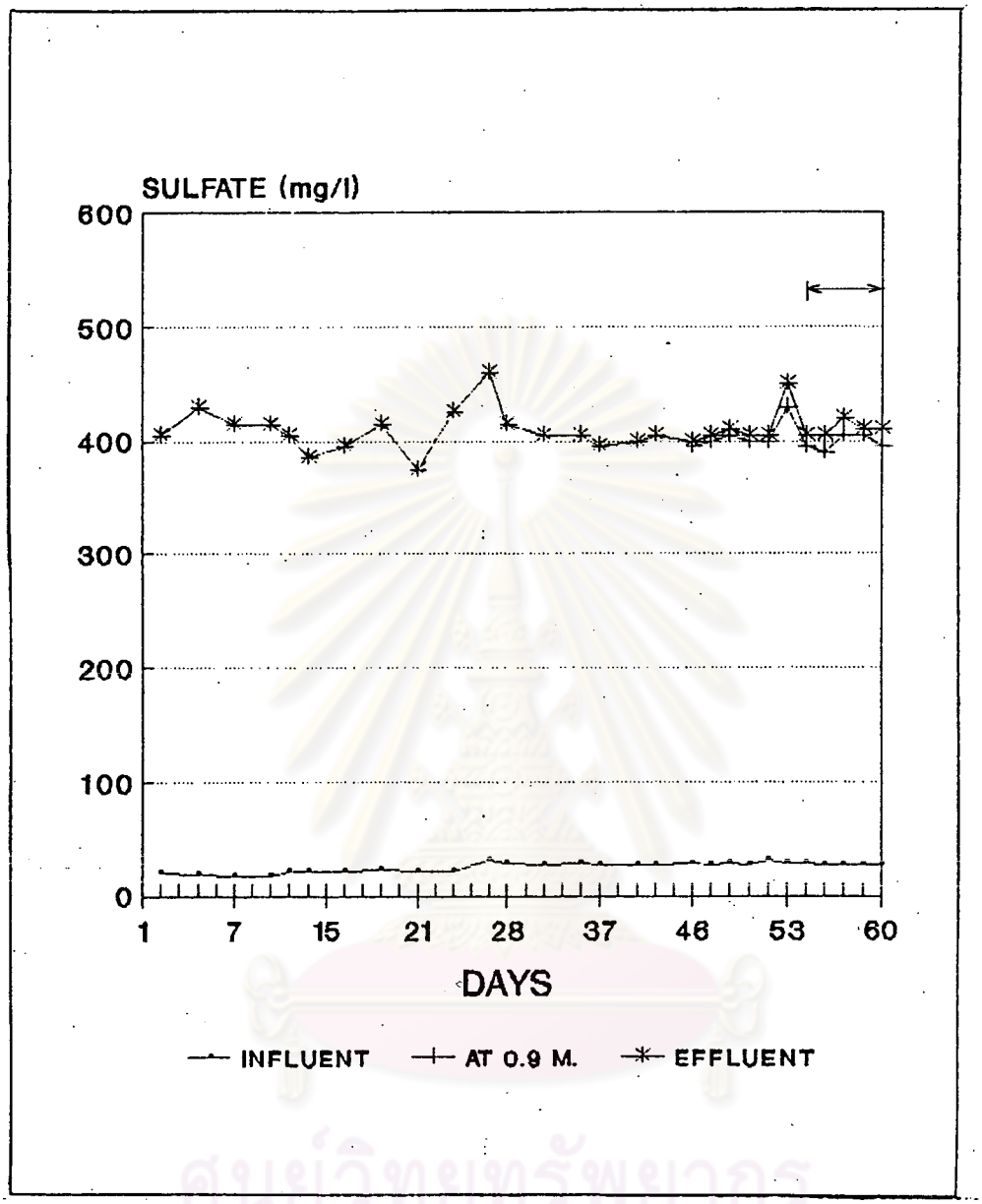
ผลจากการทดลองแสดงในรูปของกราฟ และตารางแสดงค่าเฉลี่ยของ ค่าปริมาณซัลเฟตในน้ำดิบเข้าถังกรองฯ ปริมาณซัลเฟตในน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จาก ด้านล่างของถังกรองฯและปริมาณซัลเฟตในน้ำออกจากระบบฯดังรูปที่ 4.35 - 4.40 และ ตารางที่ 4.7 ตามลำดับ ผลจากการทดลองสรุปได้ว่า ปริมาณซัลเฟตมีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตที่ต้องการกำจัด กล่าวคือ ปริมาณซัลเฟตจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณ ไนเตรตที่ถูกกำจัด และปริมาณซัลเฟตจะเพิ่มปริมาณมากขึ้น จากด้านล่างของถังกรองมายังด้านบน และจะมากที่สุดที่น้ำที่ผ่านออกจากถังกรองเอดี



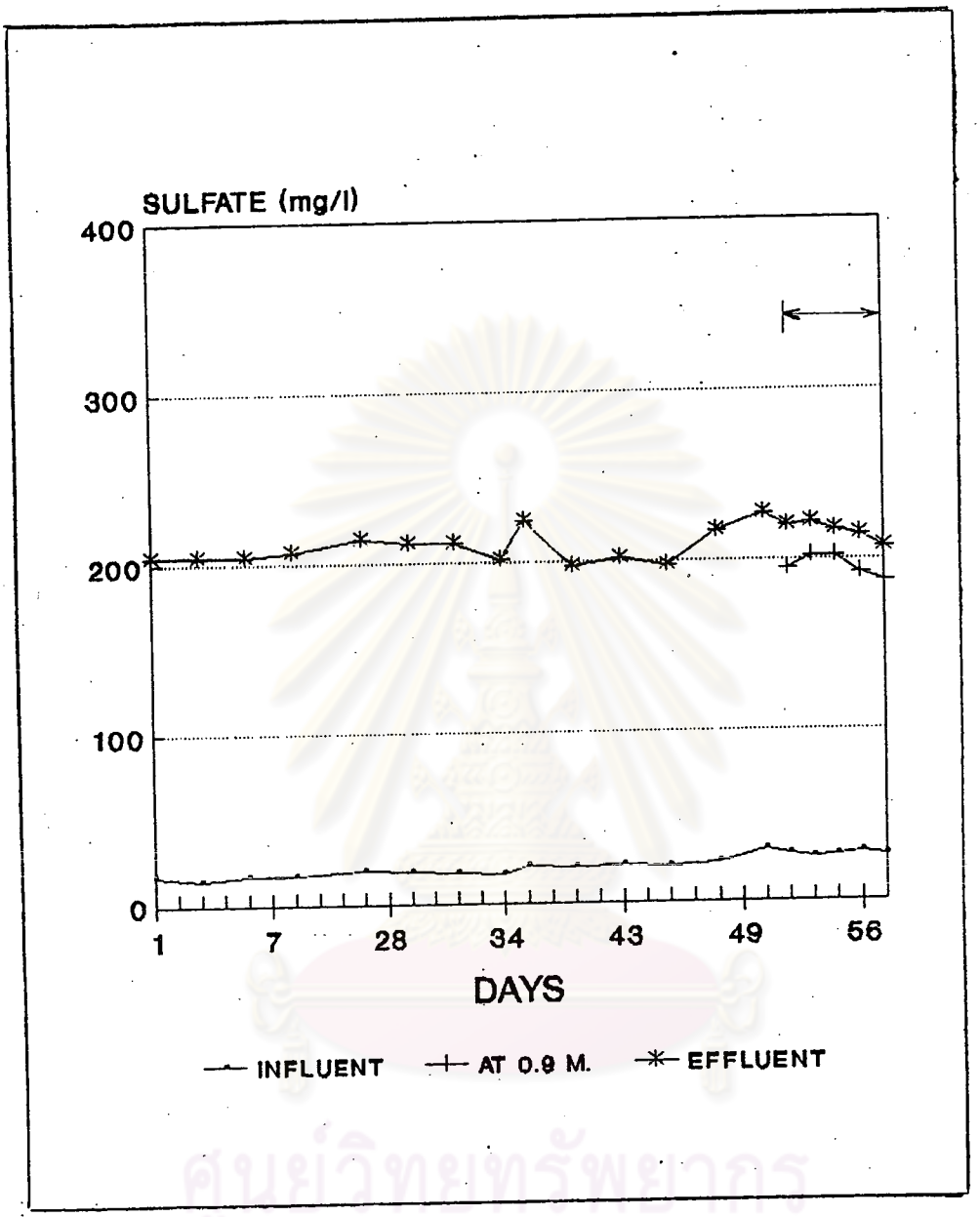
รูปที่ 4.35 แสดงปริมาณซัลเฟตของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ปริมาณซัลเฟตของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณซัลเฟตของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 1(a))



รูปที่ 4.36 แสดงปริมาณซัลเฟตของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี, ปริมาณซัลเฟตของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณซัลเฟตของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 1(b))

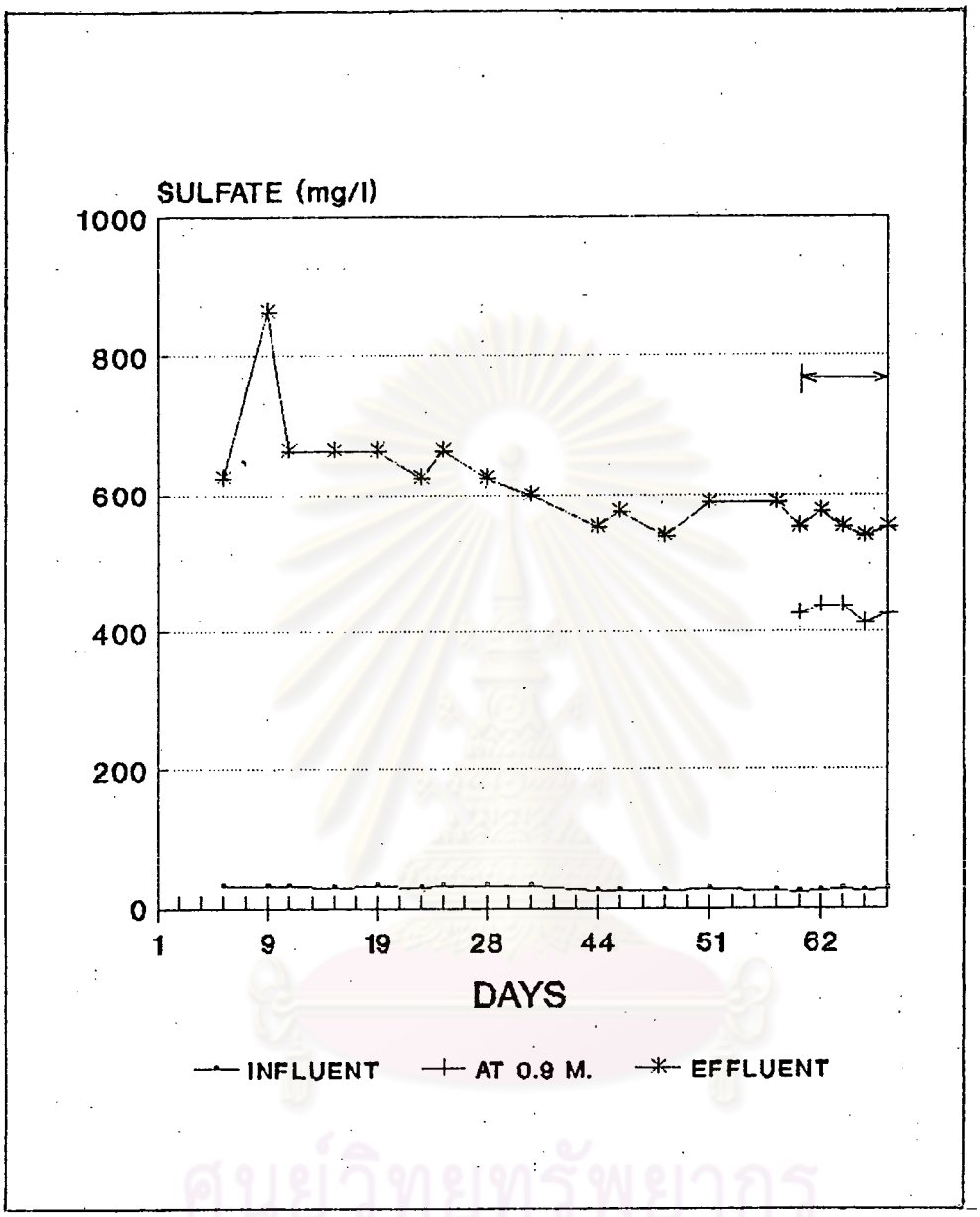


รูปที่ 4.37 แสดงปริมาณซัลเฟตของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี, ปริมาณซัลเฟตของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณซัลเฟตของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 2(a))



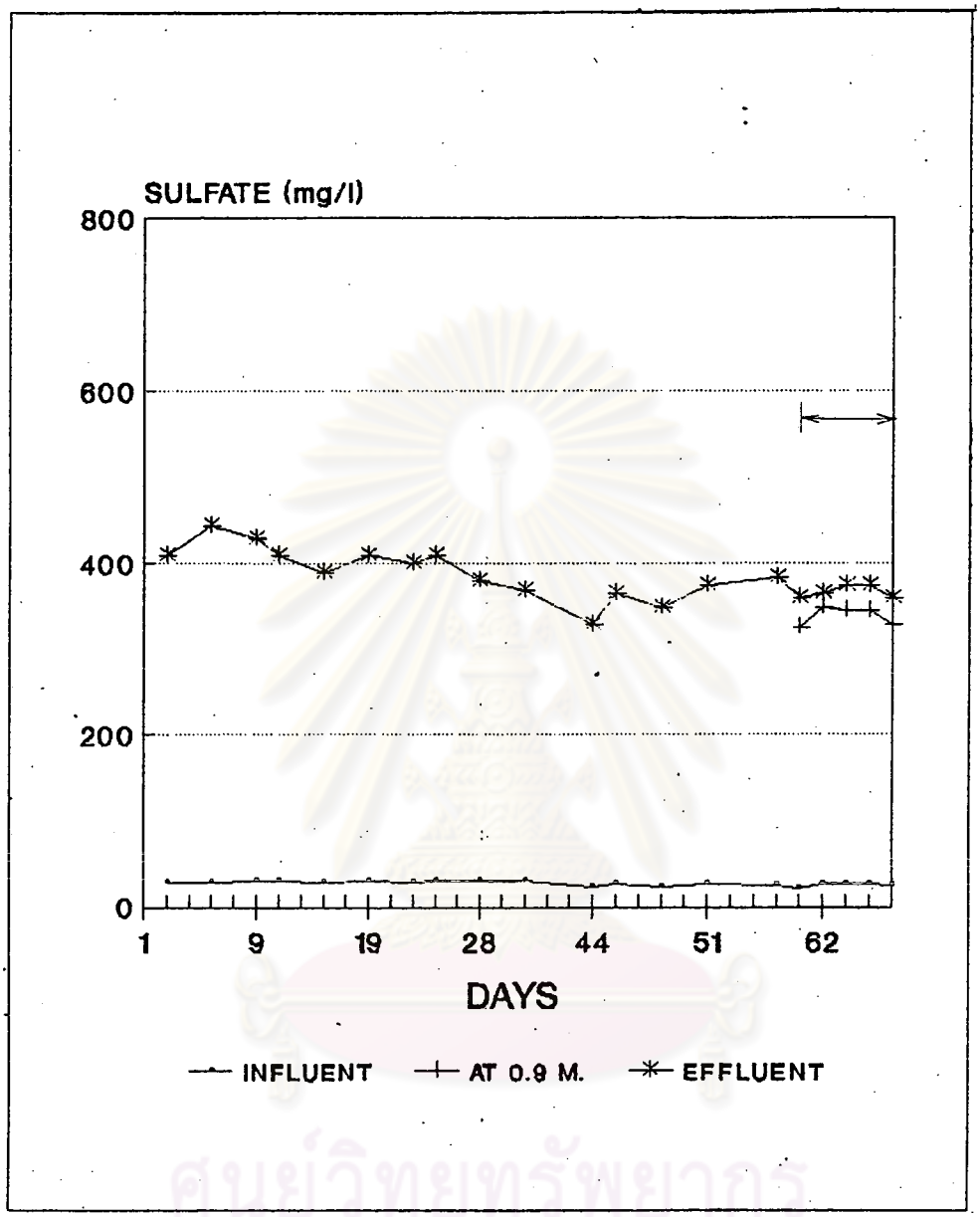
รูปที่ 4.38 แสดงปริมาณซัลเฟตของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี, ปริมาณซัลเฟตของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณซัลเฟตของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 2(b))

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.39 แสดงปริมาณซัลเฟตของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี, ปริมาณซัลเฟตของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณซัลเฟตของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 3(a))

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.40 แสดงปริมาณซัลเฟตของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ปริมาณซัลเฟตของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณซัลเฟตของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 3(b))

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยของปริมาณซัลเฟตในน้ำดิบเข้าระบบฯ น้ำออกจากระบบฯ และน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างของถังกรองฯ ขึ้นมา

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ค่าสถิติ	ปริมาณซัลเฟต		
				น้ำเข้าระบบฯ	น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบฯ
1(a)	25	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	22 - 45	158 - 200	173 - 258
			ค่าเฉลี่ย*	22	174	180
			SD*	1.4	16.0	9.1
			จำนวน*	5	5	5
1(b)	75	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	20 - 46	425 - 488	450 - 613
			ค่าเฉลี่ย*	22	448	573
			SD*	1.5	18.5	45.4
			จำนวน*	5	5	5
2(a)	50	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	18 - 31	390 - 430	385 - 460
			ค่าเฉลี่ย*	28	398	410
			SD*	0.8	6.7	6.1
			จำนวน*	5	5	5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยของปริมาณซัลเฟตในน้ำดิบเข้าระบบฯ น้ำออกจากระบบฯ และน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างของถังกรองฯ ขึ้นมา (ต่อ)

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ค่าสถิติ	ปริมาณซัลเฟต		
				น้ำเข้าระบบฯ	น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบฯ
2(b)	25	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	15 - 30	188 - 203	198 - 228
			ค่าเฉลี่ย*	27	196	216
			SD*	0.9	6.5	5.8
			จำนวน*	5	5	5
3(a)	75	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	22 - 32	413 - 438	538 - 862
			ค่าเฉลี่ย*	25	428	553
			SD*	1.9	10.5	13.7
			จำนวน*	5	5	5
3(b)	50	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	22 - 31	325 - 350	330 - 445
			ค่าเฉลี่ย*	26	339	367
			SD*	2.2	10.8	7.6
			จำนวน*	5	5	5

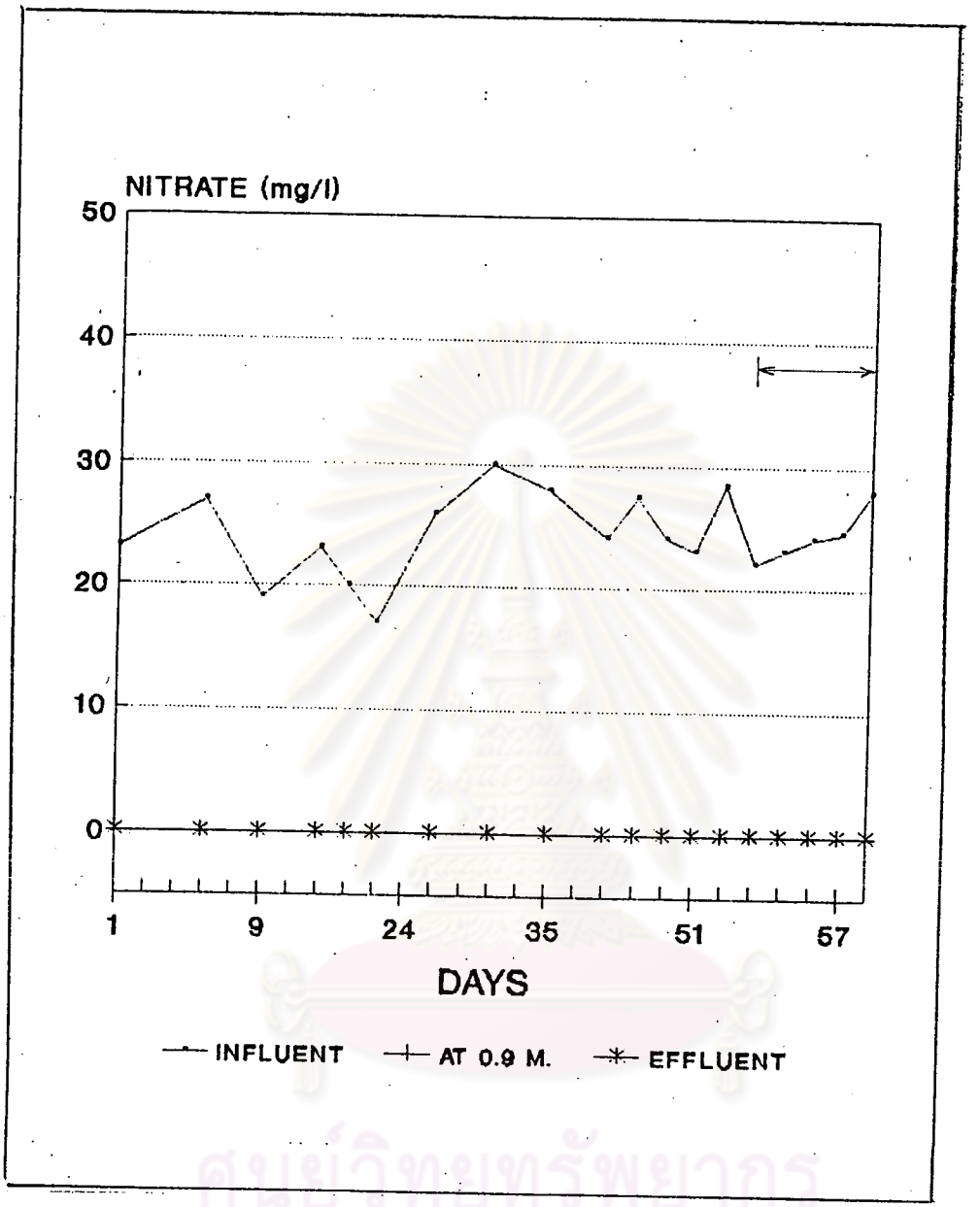
* แสดงค่าในช่วง Steady State (5 วันสุดท้าย)

SD ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

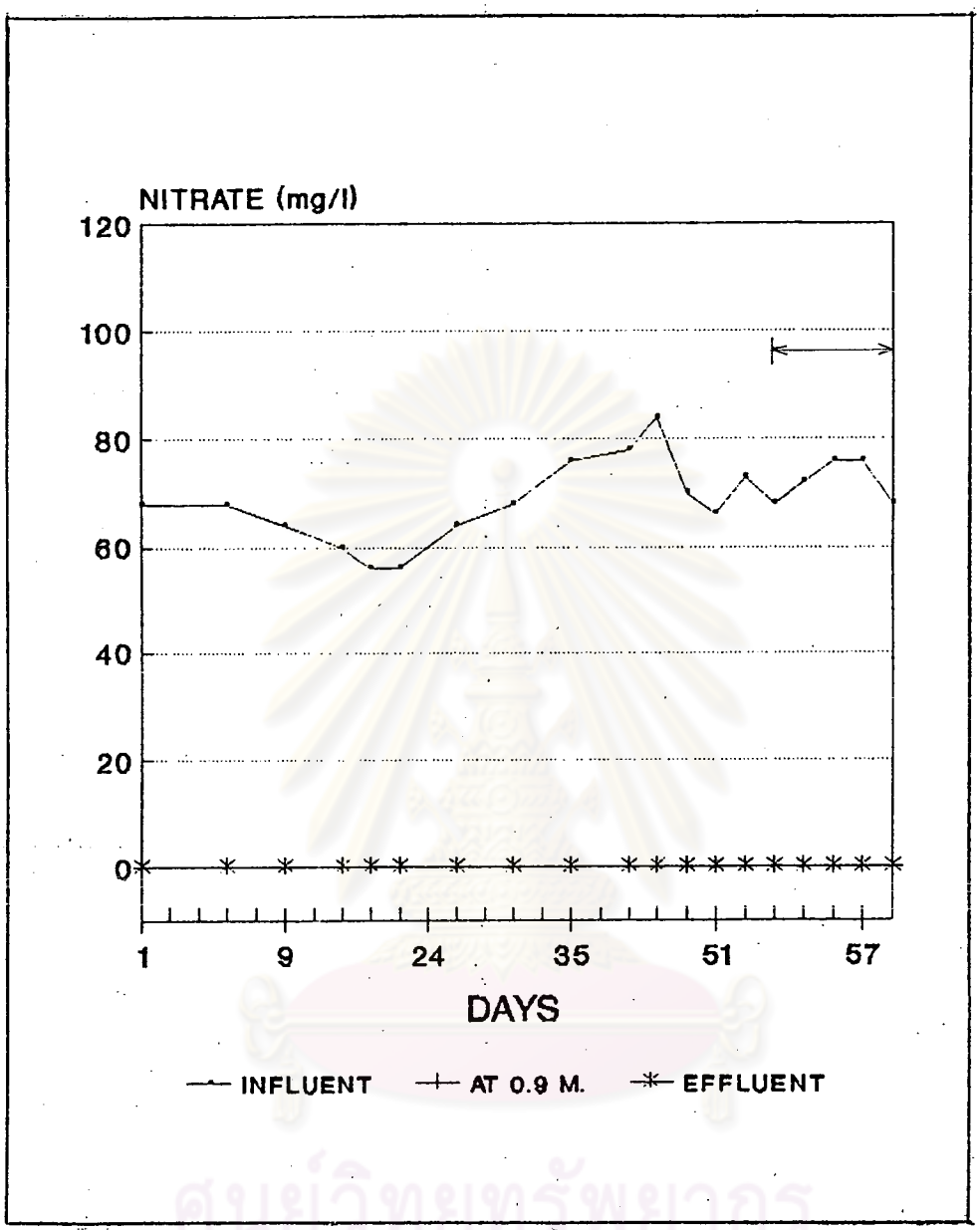
4.2.8 ไนเตรต

ไนเตรตเป็นพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญมากของการวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากเป็นตัวบ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการทำงานของถังกรองเอดี สำหรับงานวิจัยนี้ ผลการทดลองได้แสดงไว้ดังรูปที่ 4.41 - 4.46 และค่าเฉลี่ยของไนเตรตของน้ำเข้าระบบฯ น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯ ขึ้นมา และไนเตรตที่น้ำออกจากถังกรองเอดี ดังแสดงในตารางที่ 4.8 ซึ่งจะพบว่าปริมาณไนเตรตลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้นจากด้านล่างของถังกรองเอดีและประสิทธิภาพในการกำจัดไนเตรตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลากักเก็บน้ำที่เพิ่มขึ้น

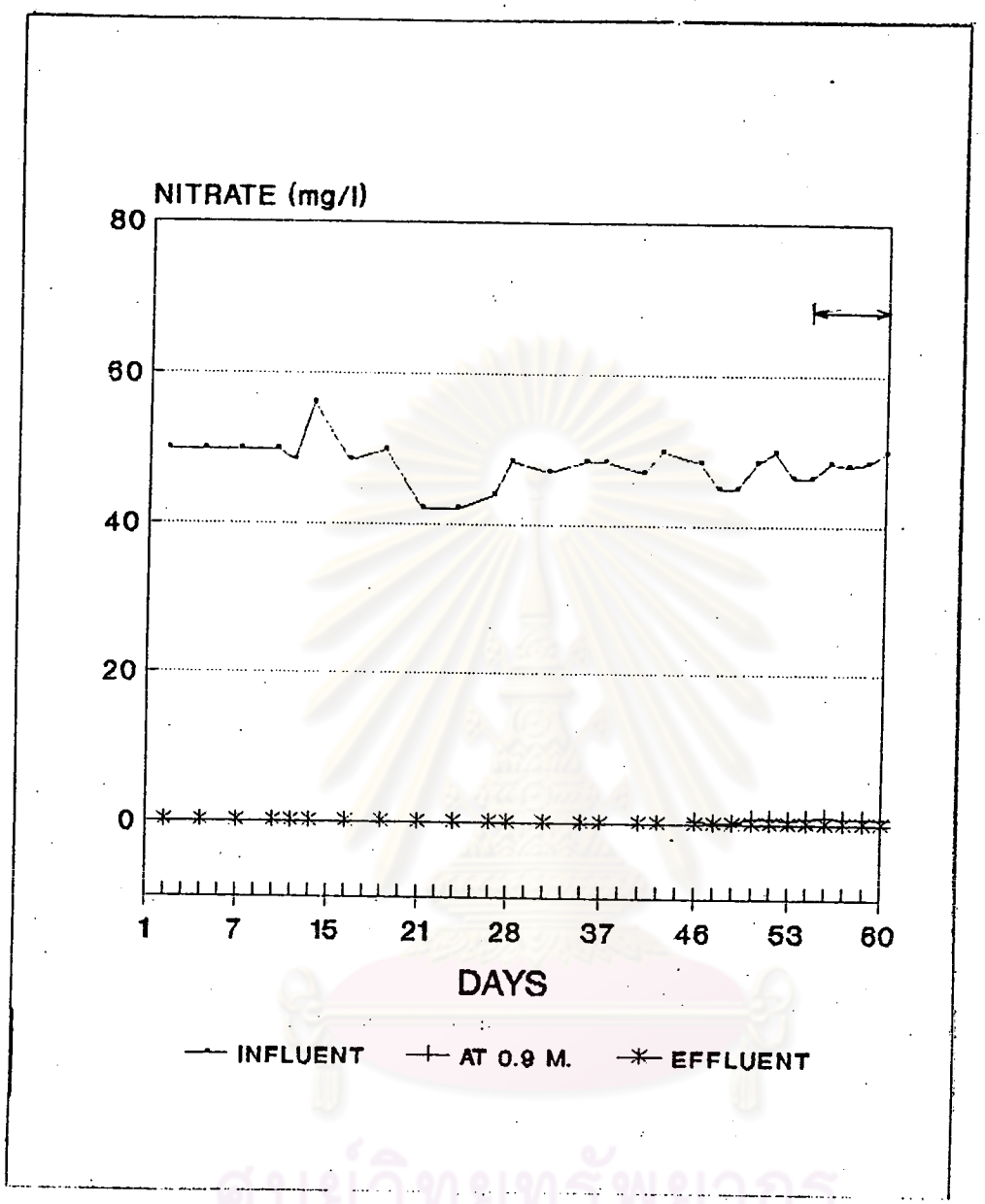
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



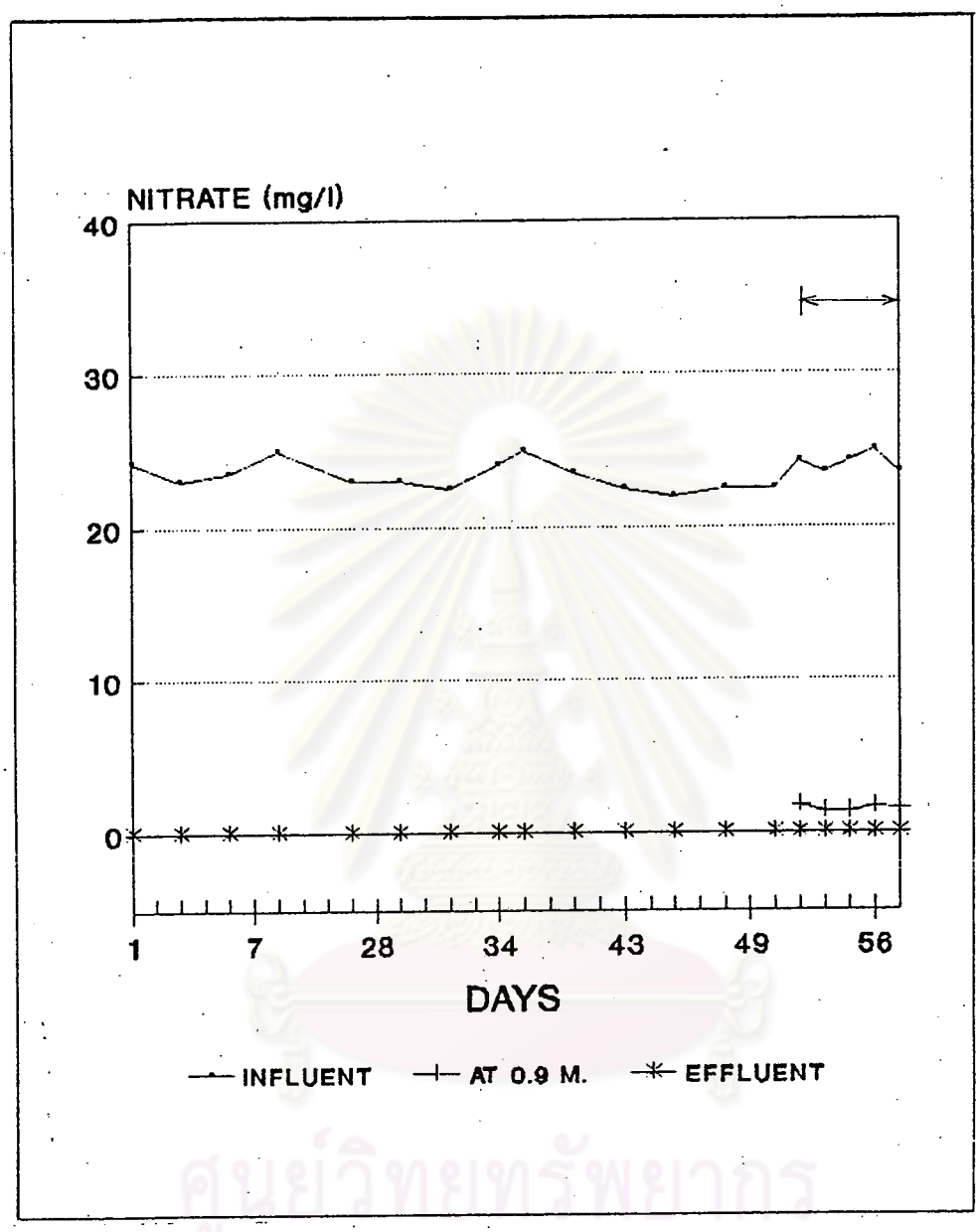
รูปที่ 4.41 แสดงปริมาณไนเตรตของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ปริมาณไนเตรตของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณไนเตรตของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 1(a))



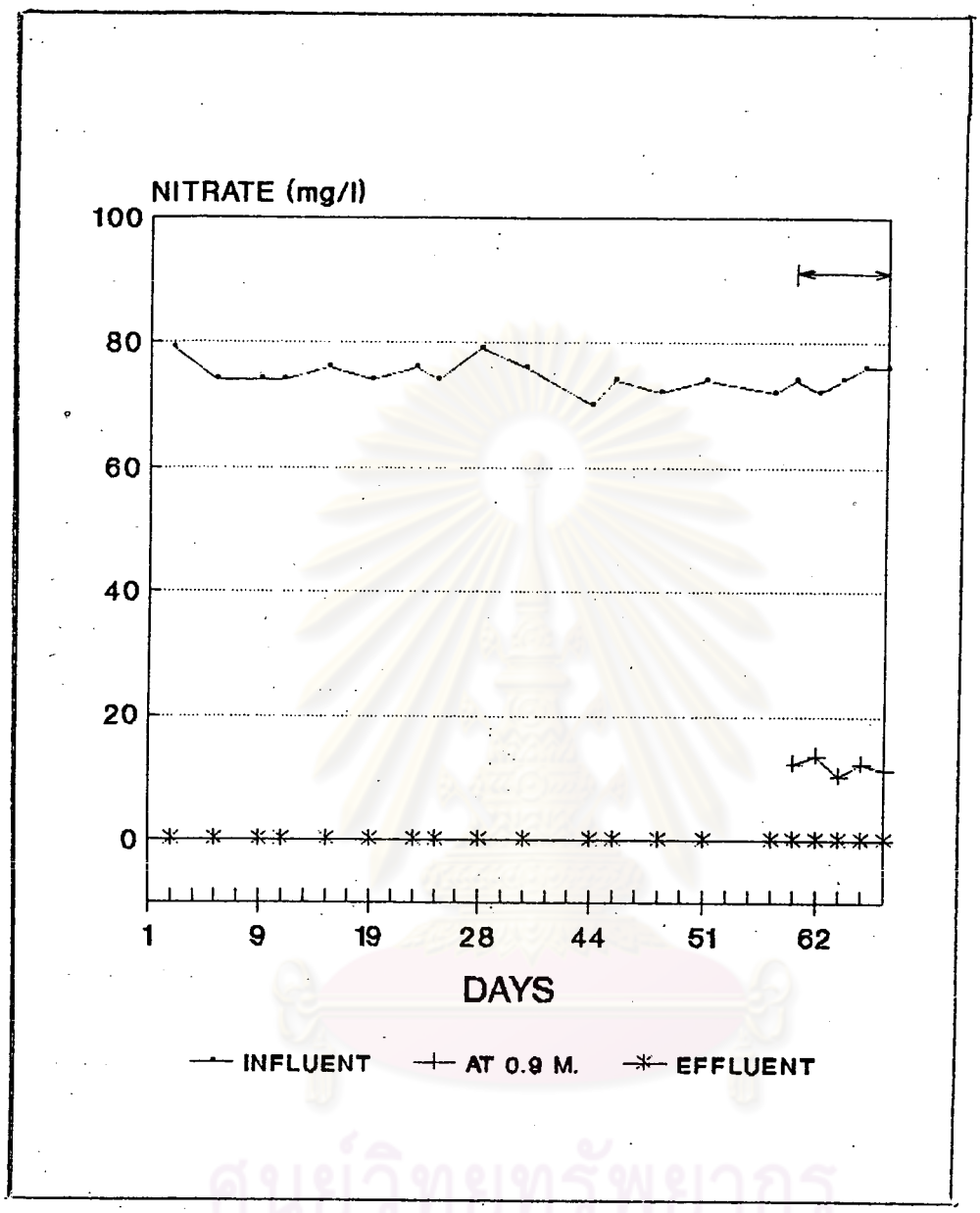
รูปที่ 4.42 แสดงปริมาณไนเตรตของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ปริมาณไนเตรตของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณไนเตรตของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 1(b))



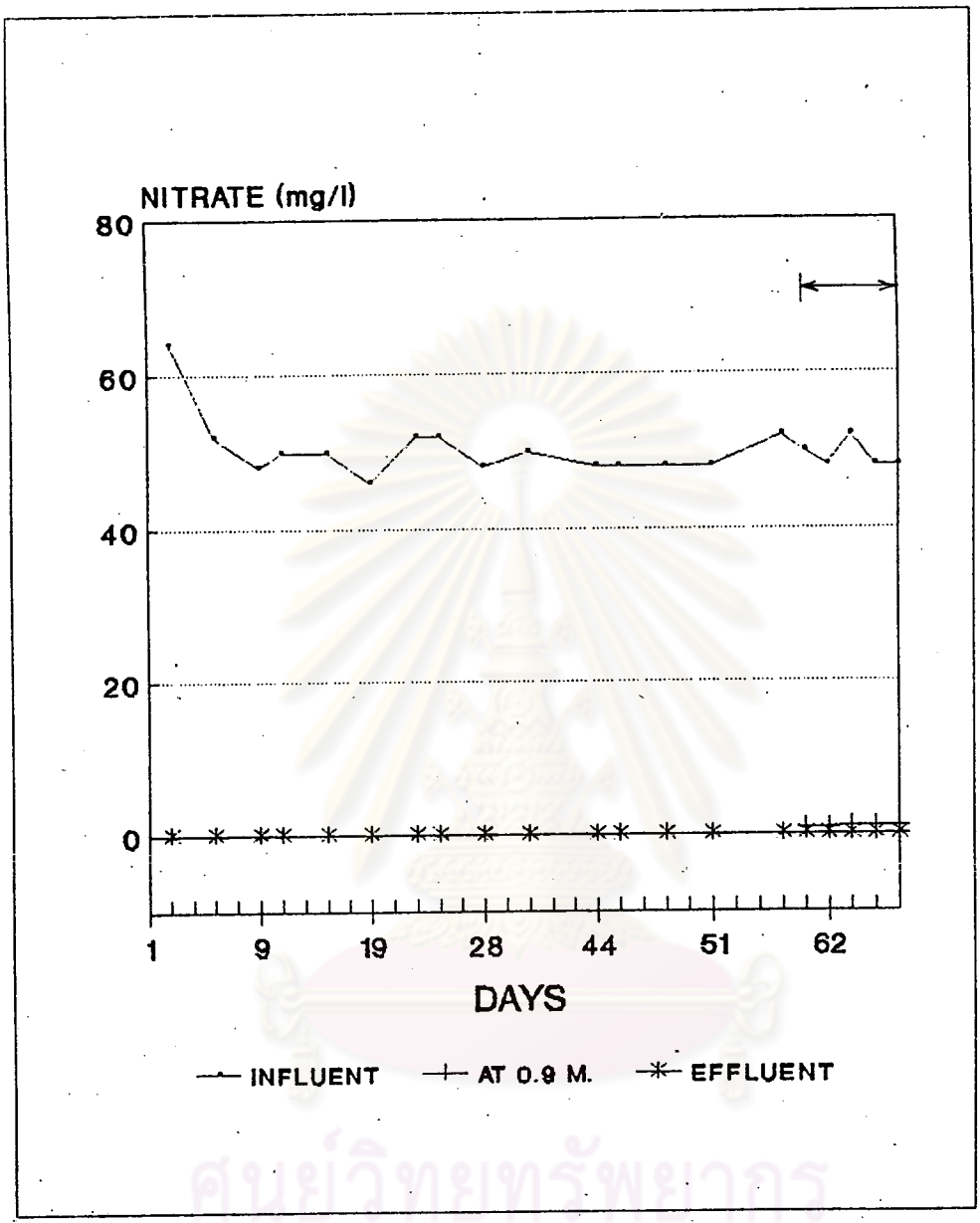
รูปที่ 4.43 แสดงปริมาณไนเตรตของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ปริมาณไนเตรตของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณไนเตรตของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 2(a))



รูปที่ 4.44 แสดงปริมาณไนเตรตของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ปริมาณไนเตรตของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณไนเตรตของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 2(b))



รูปที่ 4.45 แสดงปริมาณไนเตรตของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ปริมาณไนเตรตของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณไนเตรตของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 3(a))



รูปที่ 4.46 แสดงปริมาณไนเตรตของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี, ปริมาณไนเตรตของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณไนเตรตของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 3(b))

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนเตรตในน้ำดิบเข้าระบบฯ น้ำออกจากระบบฯ และน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างของถังกรองฯ ขึ้นมา

การทดลองชุดที่	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ค่าสถิติ	ปริมาณไนเตรต		
			น้ำเข้าระบบฯ	น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบฯ
1(a)	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	17 - 30	ND.	ND.
		ค่าเฉลี่ย*	24	ND.	ND.
		SD*	2.3	0	0
		จำนวน*	5	5	5
1(b)	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	56 - 84	ND. - 0.2	ND.
		ค่าเฉลี่ย*	72	0.1	ND.
		SD*	4.0	0.07	0
		จำนวน*	5	5	5
2(a)	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	42 - 50	0.2 - 1.0	ND.-0.06
		ค่าเฉลี่ย*	48	0.9	ND.
		SD*	1.3	0.1	0
		จำนวน*	5	5	5

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนเตรตในน้ำดิบเข้าระบบฯ น้ำออกจากระบบฯ และน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างของถังกรองฯ ขึ้นมา (ต่อ)

การทดลองชุดที่	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ค่าสถิติ	ปริมาณไนเตรต		
			น้ำเข้าระบบฯ	น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบฯ
2(b)	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	22 - 25	1.3 - 1.7	ND.-0.06
		ค่าเฉลี่ย*	24	1.5	ND.
		SD*	0.6	0.2	0
		จำนวน*	5	5	5
3(a)	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	72 - 79	10.2-13.6	ND.-0.03
		ค่าเฉลี่ย*	74	12	ND.
		SD*	1.7	1.3	0
		จำนวน*	5	5	5
3(b)	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	40 - 54	0.85-1.05	ND.-0.07
		ค่าเฉลี่ย*	49	0.95	ND.
		SD*	1.8	0.08	0
		จำนวน*	5	5	5

* แสดงค่าในช่วง Steady State (5 วันสุดท้าย)

SD ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.2.9 ไนไตรต์

ไนไตรต์ก็เป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงภายในถังกรองเอดี เป็นตัวบ่งชี้ถึงการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นของระบบถังกรองเอดี กล่าวคือ แบคทีเรียพวก Thiobacillus denitrificans จะใช้สารประกอบไนเตรตเป็นตัวรับอิเลคตรอนเมื่อระบบอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน ไนเตรตจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนไตรต์, ไนโตรเจนออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนตามลำดับดังนั้น ผลจากการทดลองจึงพบว่า ในน้ำเข้าระบบฯ จะมีค่าปริมาณไนไตรต์ต่ำมาก(ประมาณ N.D.-0.004 มก./ล.) ในน้ำภายในถังกรองเอดีหรือน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร นั้นจะพบว่ามีค่าปริมาณไนไตรต์สูงก็เนื่องมาจากว่า ภายในถังกรองเอดีเกิดกระบวนการออโตโทรฟิกดีไนตริฟิเคชั่นขึ้น มีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนเตรตไปเป็นก๊าซไนโตรเจนตามกลไกการลดสารประกอบไนเตรต แต่เป็นการเกิดที่ยังไม่สมบูรณ์จึงยังพบว่ามีสารที่อยู่ในรูปของสารประกอบไนไตรต์อยู่มาก (ประมาณ 0.16 - 7.50 มก./ล.) ส่วนในน้ำที่ออกจากระบบถังกรองเอดีนั้นจะเห็นว่า มีการตรวจพบค่าปริมาณสารไนไตรต์ต่ำมาก สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ก็เนื่องจากว่าในน้ำที่ออกจากระบบฯ นั้นได้เกิดกระบวนการ ออโตโทรฟิกดี-ไนตริฟิเคชั่น อย่างสมบูรณ์แล้ว ไนเตรตถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซไนโตรเจนทั้งหมด

รูปที่ 4.47 - 4.52 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณไนไตรต์ที่วัดได้ ตำแหน่งน้ำเข้าระบบ,น้ำภายในถังกรองฯที่ความสูง 0.9 เมตร และในน้ำออกจากระบบฯ ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณไนไตรต์ที่ตำแหน่งน้ำเข้าระบบฯน้ำภายในถังกรองที่ความสูง0.9 เมตร และค่าปริมาณไนไตรต์ในน้ำออกจากระบบฯ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.9 ไนไตรต์

ไนไตรต์ก็เป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงภายในถังกรองเอดี เป็นตัวบ่งชี้ถึงการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นของระบบถังกรองเอดี กล่าวคือ แบคทีเรียพวก Thiobacillus denitrificans จะใช้สารประกอบไนเตรตเป็นตัวรับอิเลคตรอน เมื่อระบบอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน ไนเตรตจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนไตรต์, ไนโตรเจนออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนตามลำดับดังนั้น ผลจากการทดลองจึงพบว่า ในน้ำเข้าระบบฯ จะมีค่าปริมาณไนไตรต์ต่ำมาก(ประมาณ N.D.-0.004 มก./ล.) ในน้ำภายในถังกรองเอดีหรือน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร นั้นจะพบว่ามีค่าปริมาณไนไตรต์สูงก็เนื่องมาจากว่า ภายในถังกรองเอดีเกิดกระบวนการออโตโทรฟิกดีไนตริฟิเคชั่นขึ้น มีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนเตรตไปเป็นก๊าซไนโตรเจนตามกลไกการลดสารประกอบไนเตรต แต่เป็นการเกิดที่ยังไม่สมบูรณ์จึงยังพบว่ามีสารที่อยู่ในรูปของสารประกอบไนไตรต์อยู่มาก (ประมาณ 0.16 - 7.50 มก./ล.) ส่วนในน้ำที่ออกจากระบบถังกรองเอดีนั้นจะเห็นว่า มีการตรวจพบค่าปริมาณสารไนไตรต์ต่ำมาก สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ก็เนื่องจากว่าในน้ำที่ออกจากระบบฯ นั้นได้เกิดกระบวนการ ออโตโทรฟิกดี-ไนตริฟิเคชั่น อย่างสมบูรณ์แล้ว ไนเตรตถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซไนโตรเจนทั้งหมด

รูปที่ 4.47 - 4.52 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณไนไตรต์ที่วัดได้ ตำแหน่งน้ำเข้าระบบ,น้ำภายในถังกรองฯที่ความสูง 0.9 เมตร และในน้ำออกจากระบบฯ ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณไนไตรต์ที่ตำแหน่งน้ำเข้าระบบฯน้ำภายในถังกรองที่ความสูง0.9 เมตร และค่าปริมาณไนไตรต์ในน้ำออกจากระบบฯ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าปริมาณไนโตรต์ในน้ำดิบเข้าระบบถังกรองเอดี, ค่าปริมาณไนโตรต์ที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมา และค่าปริมาณไนโตรต์ในน้ำออกจากถังกรองเอดี

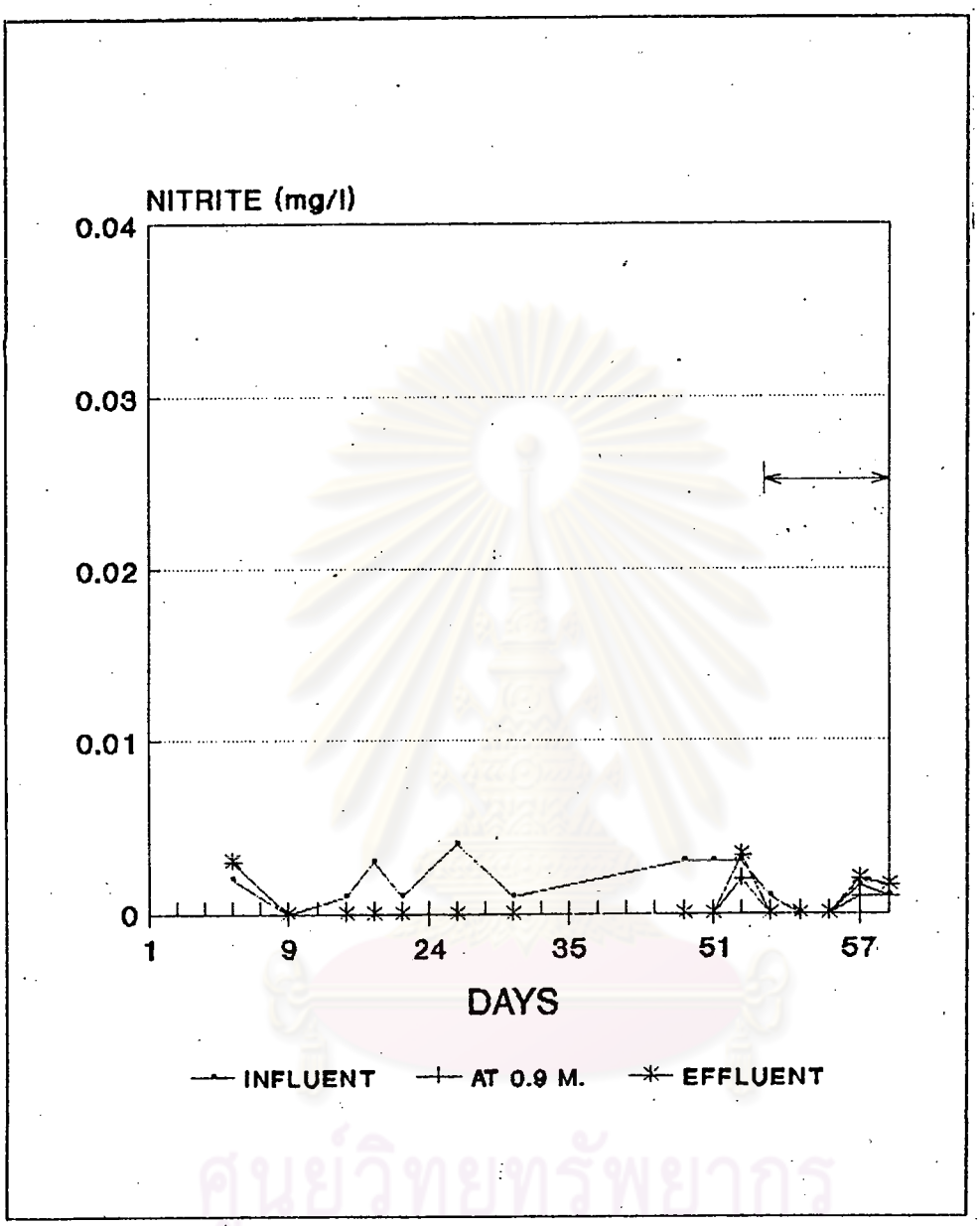
การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ค่าสถิติ	ปริมาณไนโตรต์		
				น้ำเข้าระบบฯ	น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบฯ
1(a)	25	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	0.001-0.004	0.001-0.002	0.002-0.003
			ค่าเฉลี่ย*	ND.	ND.	ND.
			SD*	0.0008	0.0005	0.001
			จำนวน*	5	5	5
1(b)	75	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	0.001-0.056	0.006-0.175	0.001-0.006
			ค่าเฉลี่ย*	0.001	0.16	0.001
			SD*	0.0009	0.01	0.0013
			จำนวน*	5	5	5
2(a)	50	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ND.-0.004	0.64-2.40	ND.-0.005
			ค่าเฉลี่ย*	ND.	1.17	ND.
			SD*	0.0001	0.16	0.0004
			จำนวน*	5	5	5

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าปริมาณไนไตรต์ในน้ำดิบเข้าระบบถังกรองเอดี, ค่าปริมาณไนไตรต์ที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างของถังกรองขึ้นมา และค่าปริมาณไนไตรต์ในน้ำออกจากถังกรองเอดี (ต่อ)

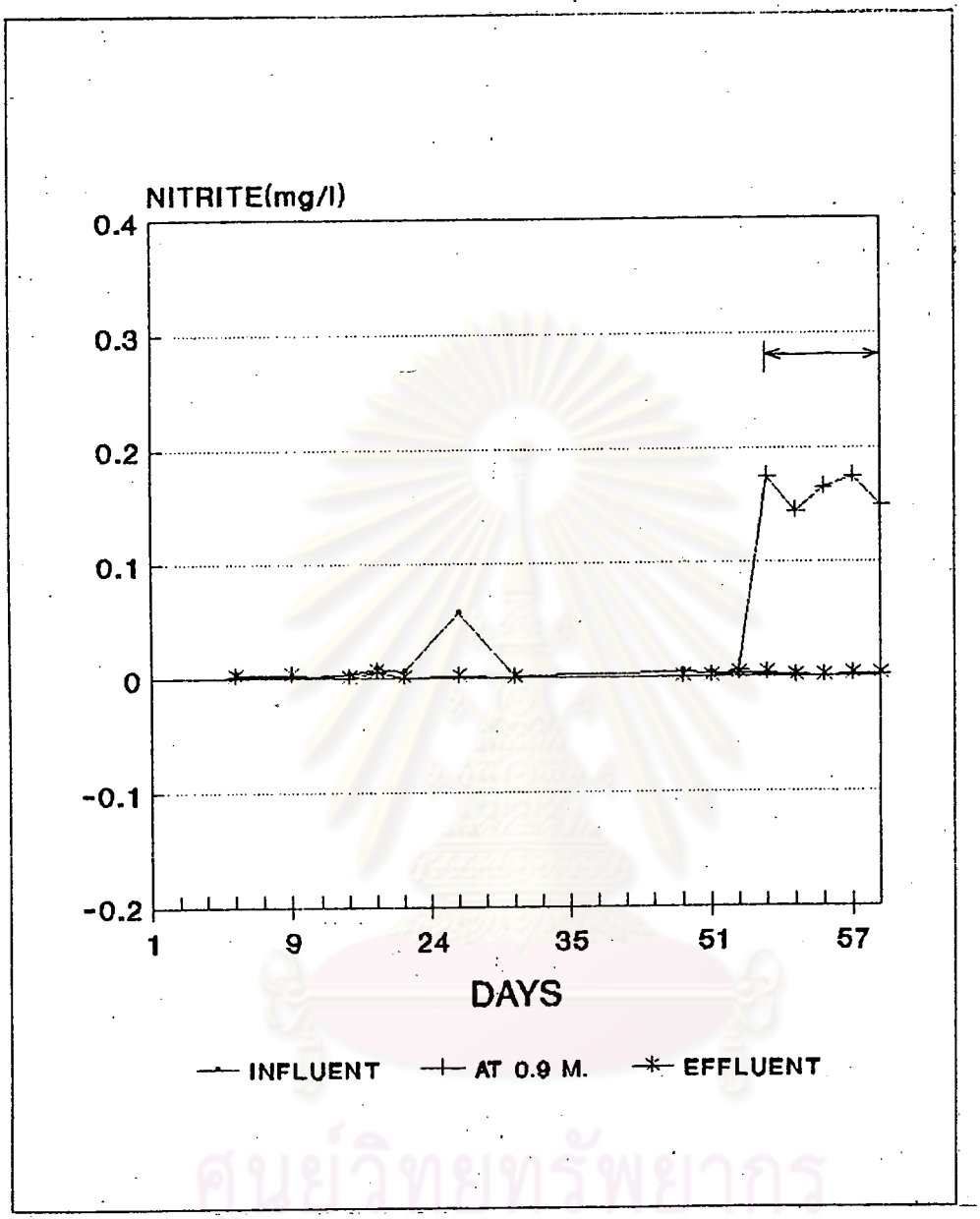
การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ค่าสถิติ	ปริมาณไนไตรต์		
				น้ำเข้าระบบฯ	น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบฯ
2(b)	25	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ND.-0.003	1.40-2.04	ND.-0.003
			ค่าเฉลี่ย*	0.002	1.76	0.001
			SD*	0.0005	0.28	0.0021
			จำนวน*	5	5	5
3(a)	75	10	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	0.001-0.004	7.30-7.80	0.001-0.006
			ค่าเฉลี่ย*	0.002	7.50	0.004
			SD*	0.0009	0.2	0.0021
			จำนวน*	5	5	5
3(b)	50	20	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	0.001-0.007	2.90-3.20	0.001-0.003
			ค่าเฉลี่ย*	0.003	3.02	0.002
			SD*	0.0022	0.13	0.0011
			จำนวน*	5	5	5

* แสดงค่าเฉพาะในช่วง Steady State (5 วันสุดท้าย)

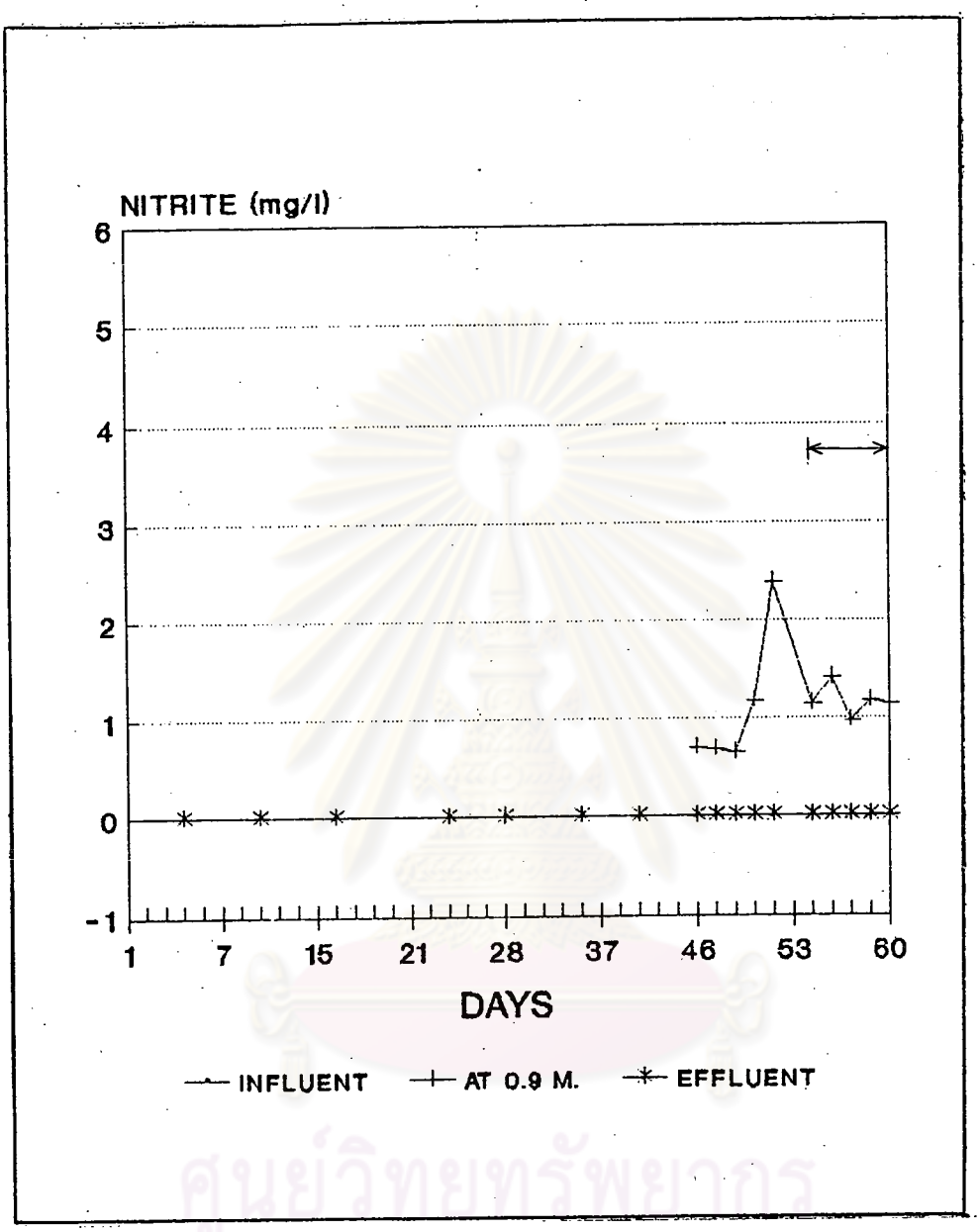
SD ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ 4.47 แสดงปริมาณไนไตรต์ของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ปริมาณไนไตรต์ของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณไนไตรต์ของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 1(a))

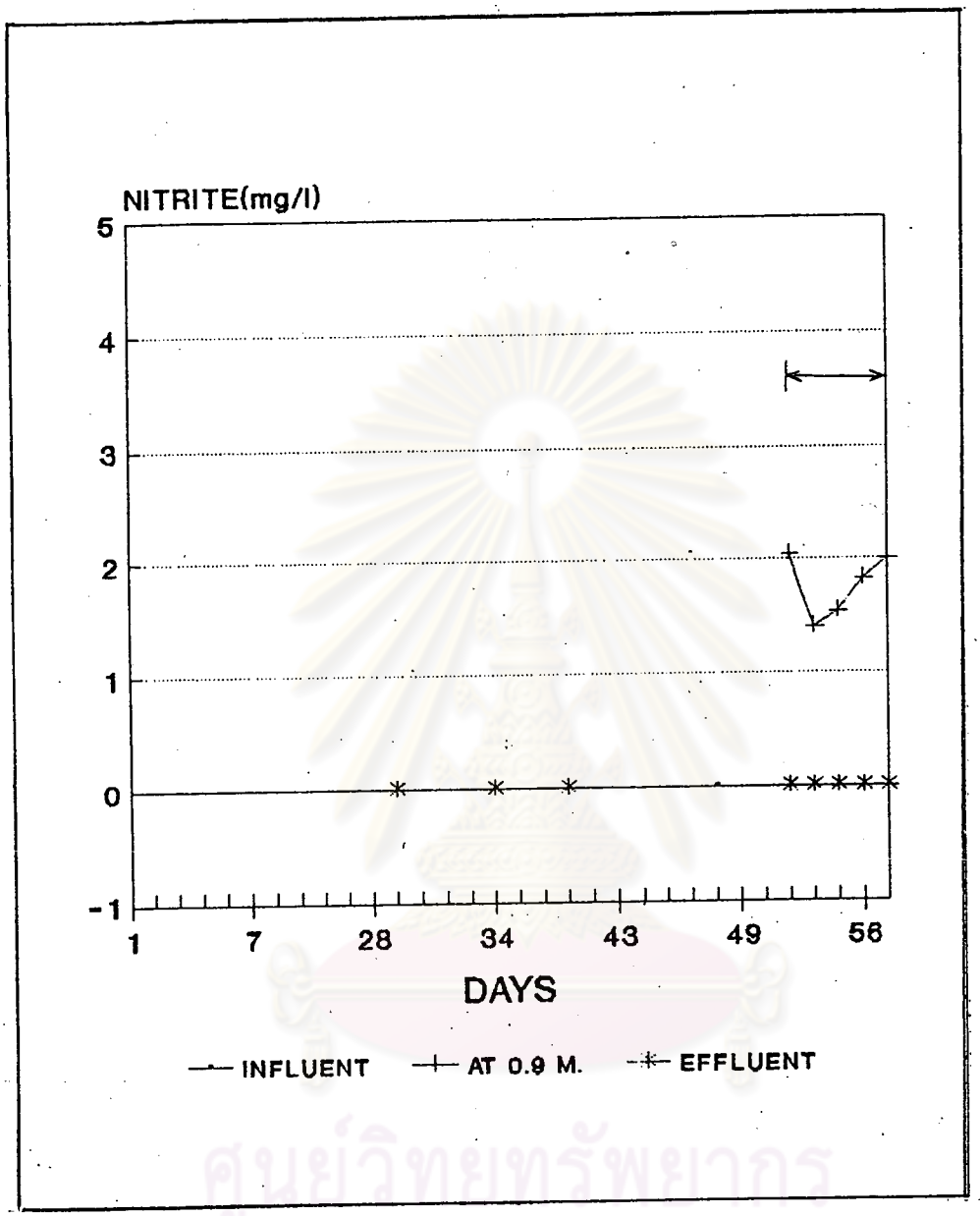


รูปที่ 4.48 แสดงปริมาณไนไตรต์ของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ปริมาณไนไตรต์ของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณไนไตรต์ของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 1(b))



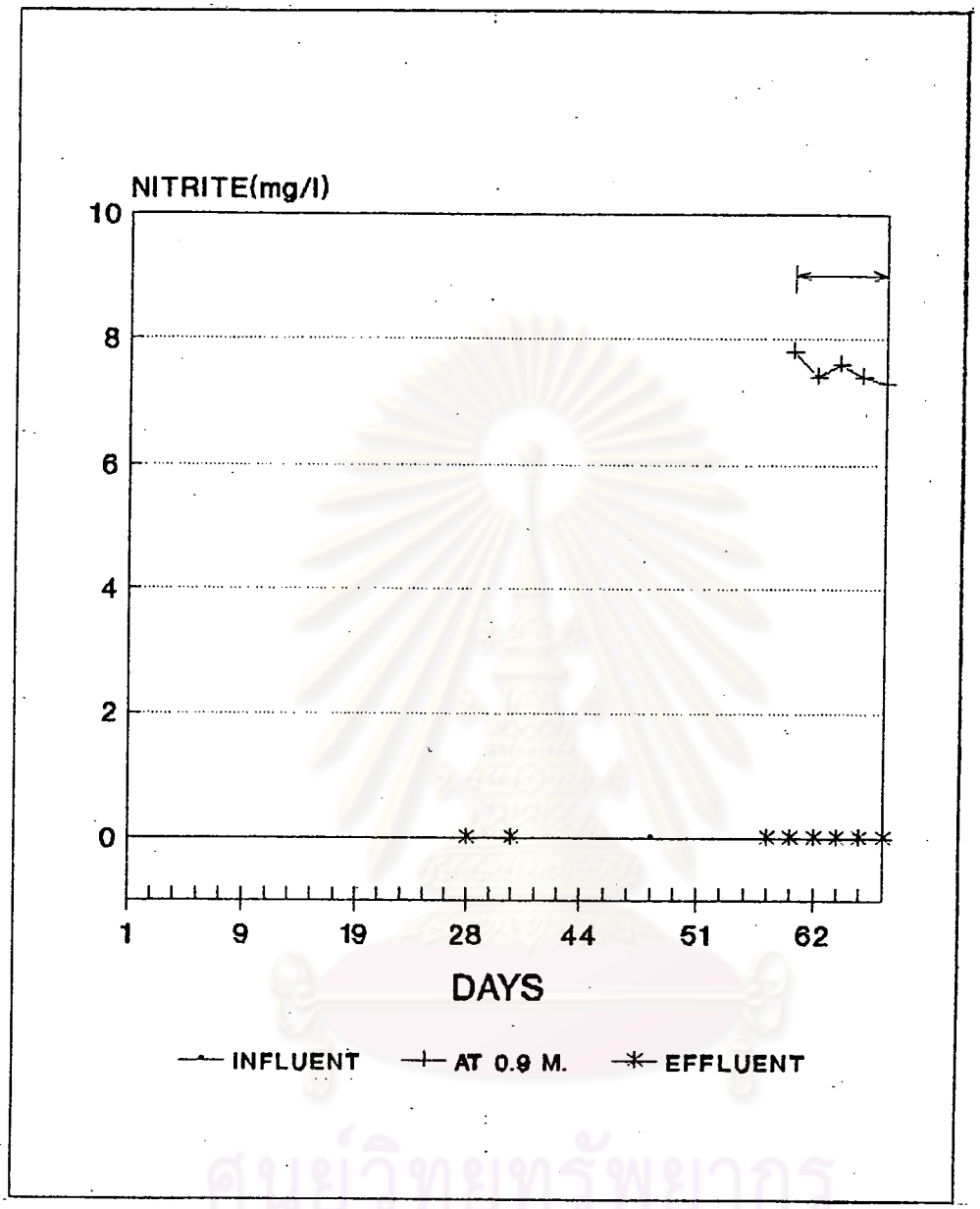
รูปที่ 4.49 แสดงปริมาณไนไตรต์ของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ปริมาณไนไตรต์ของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณไนไตรต์ของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 2(a))

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



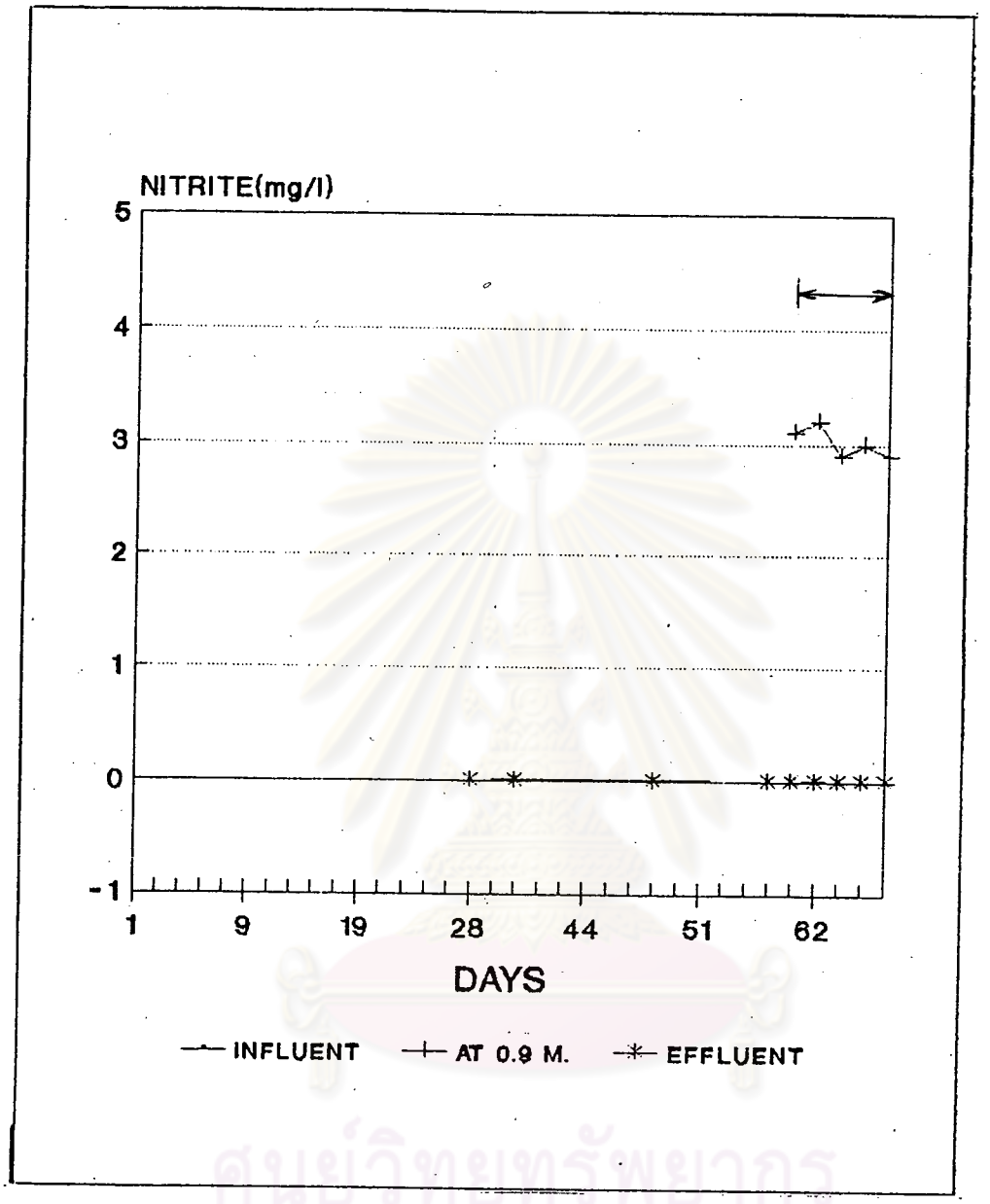
รูปที่ 4.50 แสดงปริมาณไนไตรต์ของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ปริมาณไนไตรต์ของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณไนไตรต์ของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 2(b))

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.51 แสดงปริมาณไนไตรต์ของน้ำเสียเข้าถังกรองเอดี,ปริมาณไนไตรต์ของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณไนไตรต์ของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 3(a))

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.52 แสดงปริมาณไนไตรต์ของน้ำเสียเข้าถังกรองเอคี,ปริมาณไนไตรต์ของน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและปริมาณไนไตรต์ของน้ำทิ้งจากถังกรองฯ (การทดลองชุดที่ 3(b))

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การวิจารณ์ผลการวิจัย

4.3.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดไนเตรต

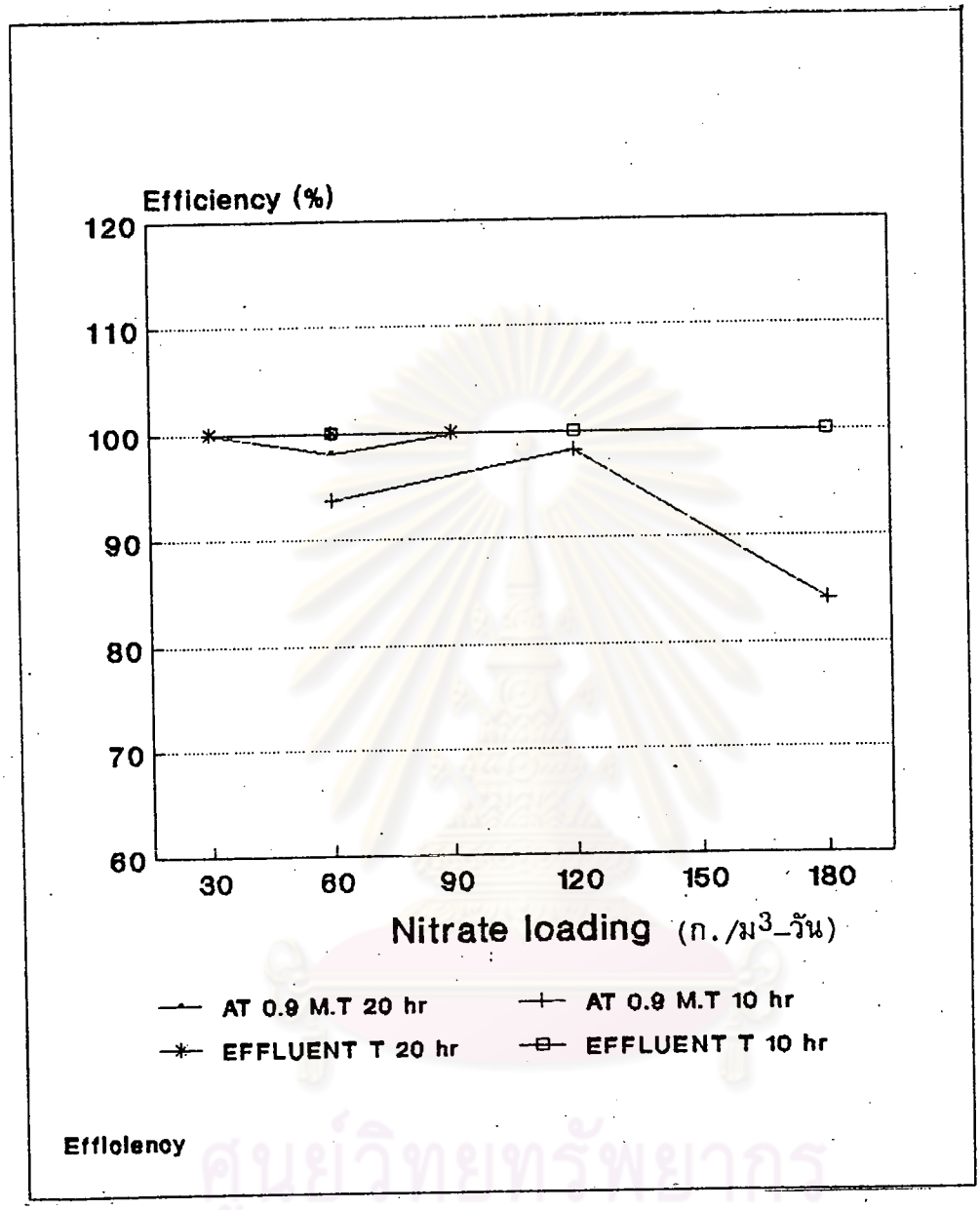
ประสิทธิภาพในการกำจัดไนเตรตในถังกรองเอดี ของการทดลองทั้ง 6 ชุดนี้ มีค่าไม่แตกต่างกันเพราะการทดลองแต่ละชุดมีประสิทธิภาพในการกำจัดไนเตรตได้เต็มที่ 100% ส่วนประสิทธิภาพของถังกรองเอดี ที่ ระยะความสูง 0.9 เมตร ที่อาจถือได้ว่าเป็นระยะกึ่งกลางถังกรองนี้ มีประสิทธิภาพ ดังนี้ คือ ที่ระยะเวลากักเก็บน้ำคิดเป็น 10 ชม. การทดลองชุดที่ 1(a) คิดเป็นปริมาณไนเตรตโหลดดิ้งเท่ากับ 30 ก/ม^3-วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดไนเตรตได้ 100% การทดลองชุดที่ 3(b) คิดเป็นปริมาณไนเตรตโหลดดิ้งเท่ากับ 60 ก/ม^3-วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดไนเตรตได้ 98.1% การทดลองชุดที่ 1(b) คิดเป็นปริมาณไนเตรตโหลดดิ้งเท่ากับ 90 ก/ม^3-วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดไนเตรตได้ 99.9% และที่ระยะเวลากักเก็บน้ำคิดเป็น 5 ชม. การทดลองชุด 2(b) คิดเป็นปริมาณโหลดดิ้งเท่ากับ 60 ก/ม^3 - วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดไนเตรตได้ 93.7 % การทดลองชุดที่ 2 (a) คิดเป็นปริมาณไนเตรตโหลดดิ้งเท่ากับ 120 ก/ม^3-วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดไนเตรตได้ 98.2 % การทดลองชุดที่ 3(a) คิดเป็นปริมาณไนเตรตโหลดดิ้งเท่ากับ 180 ก/ม^3-วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดไนเตรตได้ 84.0% ดังแสดงในตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.53

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 ประสิทธิภาพในการกำจัดไนเตรตภายใต้สภาวะการทดลองต่าง ๆ

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	ไนเตรตโหลดดิ้ง (ก/ม^3-วัน)	น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร		น้ำออกจากระบบ	
			เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ประสิทธิภาพในการกำจัดไนเตรต (%)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ประสิทธิภาพในการกำจัดไนเตรต (%)
1(a)	25	30	10	100	20	100
3(b)	50	60	10	98.1	20	100
1(b)	75	90	10	99.9	20	100
2(b)	25	60	5	93.7	10	100
2(a)	50	120	5	98.2	10	100
3(a)	75	180	5	84.0	10	100

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.53 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดไนเตรตกับปริมาณไนเตรตโหลดดิ้ง ที่ตำแหน่งน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯ ขึ้นมาและที่ตำแหน่งน้ำทิ้งจากถังกรองฯ

4.3.2 การเปรียบเทียบปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นกับปริมาณไนเตรตที่ถูกจำกัด

จากผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 4.7 สามารถกล่าวได้ว่า ในช่วงที่ระบบอยู่ในสภาวะคงตัว การทดลองชุดที่ 1(a) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีปริมาณซัลเฟตเพิ่มขึ้นเท่ากับ 151.3 มก./ล. และในน้ำออกมีปริมาณซัลเฟตเพิ่มขึ้นเท่ากับ 157.3 มก./ล. คิดเป็นปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 6.23 มก./ล. และ 6.47 มก./ล. ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกจำกัด 1 มก./ล. ตามลำดับ การทดลองชุดที่ 1(b) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 425.5 มก./ล. และในน้ำออกมีปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 550.5 มก./ล. คิดเป็นปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.92 มก./ล. และ 7.64 มก./ล. ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกจำกัด 1 มก./ล. ตามลำดับ การทดลองชุดที่ 2(a) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีปริมาณซัลเฟตเพิ่มขึ้นเท่ากับ 370.4 มก./ล. และในน้ำออกมีปริมาณซัลเฟตเพิ่มขึ้นเท่ากับ 382 มก./ล. คิดเป็นปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 7.80 มก./ล.และ 7.92 มก./ล. ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกจำกัด 1 มก./ล. ตามลำดับ การทดลองชุดที่ 2(b) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีปริมาณซัลเฟตเพิ่มขึ้นเท่ากับ 169.2 มก./ล. และในน้ำออกมีปริมาณซัลเฟตเพิ่มขึ้นเท่ากับ 188.7 มก./ล. คิดเป็นปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 7.49 มก./ล. และ 7.83 มก./ล. ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด 1 มก./ล. การทดลองชุดที่ 3(a) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรมีปริมาณซัลเฟตเพิ่มขึ้นเท่ากับ 313.3 มก./ล. และในน้ำออกมีปริมาณซัลเฟตเพิ่มขึ้นเท่ากับ 341.3 มก./ล. คิดเป็นปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 6.40 มก./ล. และ 6.94 มก./ล. ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด 1 มก./ล. ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 ปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัดภายใต้สภาวะการทดลองต่าง ๆ

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้น/ปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด	
			น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบ
1(a)	25	20	6.32	6.47
1(b)	75	20	5.92	7.64
2(a)	50	10	7.80	7.92
2(b)	25	10	7.49	7.83
3(a)	75	10	6.44	7.09
3(b)	50	20	6.49	6.94
		ค่าเฉลี่ย	6.73	7.32

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรายงานการศึกษาที่ผ่านมาของ Driscoll, C.T. และ Bisogni, J.J. (1978) ได้รายงานว่าสามารถคำนวณปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด เท่ากับ 7.6 ส่วนที่ได้จากการทดลองทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 4.11 สรุปได้ว่าที่บริเวณน้ำออกจากถังกรองเอดี จะมีปริมาณซัลเฟตเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 7.32 มก./ล.ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด 1 มก./ล. และที่บริเวณน้ำภายในถังกรองเอดีที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีปริมาณซัลเฟตเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 6.73 มก./ล. ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด 1 มก./ล. ซึ่งค่าที่ได้จากผลการทดลองสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการคำนวณจากสมการ 2.2

4.3.3 การเปลี่ยนแปลงของสภาพความเป็นด่างในการกำจัดไนเตรตด้วยกระบวนการออโตโทรฟิกดีไนตริฟิเคชั่น

จากผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 4.3 กล่าวได้ว่า ในช่วงที่ระบบอยู่ในสภาวะคงตัว การทดลองชุดที่ 1(a) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีค่าปริมาณความเป็นด่างเพิ่มขึ้นเท่ากับ 123.7 มก./ล. และในน้ำออกมีค่าปริมาณความเป็นด่างเพิ่มขึ้นเท่ากับ 127.6 มก./ล. การทดลองชุดที่ 1(b) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีค่าปริมาณความเป็นด่างเพิ่มขึ้นเท่ากับ 164.2 มก./ล. และในน้ำออกมีค่าปริมาณความเป็นด่างเพิ่มขึ้นเท่ากับ 196.9 มก./ล. การทดลองชุดที่ 2(a) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีค่าปริมาณความเป็นด่างเพิ่มขึ้นเท่ากับ 60.56 มก./ล. และในน้ำออกมีค่าปริมาณความเป็นด่างเพิ่มขึ้น 94.26 มก./ล. การทดลองที่ 2(b) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีค่าปริมาณความเป็นด่างเพิ่มขึ้นเท่ากับ 35.38 มก./ล. และในน้ำออกมีค่าปริมาณความเป็นด่างเพิ่มขึ้นเท่ากับ 57.88 มก./ล. การทดลองชุดที่ 3(a) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีค่าปริมาณความเป็นด่างเพิ่มขึ้นเท่ากับ 64.92 มก./ล. และในน้ำออกมีค่าปริมาณความเป็นด่างเพิ่มขึ้นเท่ากับ 112.82 มก./ล. การทดลองชุดที่ 3(b) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีปริมาณความเป็นด่างเพิ่มขึ้นเท่ากับ 72.22 มก./ล. และในน้ำออกมีค่าปริมาณความเป็นด่างเพิ่มขึ้นเท่ากับ 96.12 มก./ล. ดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 แสดงปริมาณความเป็นด่างที่เพิ่มขึ้น ที่ตำแหน่งน้ำออกจากระบบถังกรองเอดีและที่ตำแหน่งน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างของถังกรองฯ ขึ้นมา

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ปริมาณความเป็นด่างที่เพิ่มขึ้น (มก./ล.)	
			น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบฯ
1(a)	25	20	123.7	127.6
1(b)	75	20	164.2	196.9
2(a)	50	10	60.56	94.26
2(b)	25	10	35.38	37.88
3(a)	75	10	64.92	112.82
3(b)	50	20	72.22	96.12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรายงานการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ในการเกิดปฏิกิริยาของ กระบวนการออโตโทรฟิกดีไนตริฟิเคชั่นนั้น (สมการที่ 2.2) พบว่าปฏิกิริยาจะให้ไฮโดรเจนอิออน (H^+) ออกมามีผลทำให้สภาพความเป็นกรดสูงมากขึ้น (pH ต่ำลง) และถ้าสภาพความเป็นกรดสูงขึ้นมาก ๆ อาจทำให้แบคทีเรียในระบบฯ หยุดทำงานเนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม (Baalsrud ได้แนะนำไว้ว่าพีเอชต่ำสุดที่เชื้อ Thiobacillus denitrificans สามารถ ทำงานได้คือ ประมาณ 6.2) ดังนั้นในการเกิดกระบวนการกำจัดไนเตรตโดยวิธีนี้ จึงมีความจำเป็นต้องมีการใช้ความเป็นด่างเพื่อสมดุลย์ กับไฮโดรเจนอิออน (H^+) ที่ถูกปล่อยออกมา ความเป็นด่างที่ถูกใช้ไปนี้ถูกเรียกว่า Alkalinity Consumption จากรายงานการศึกษาของ Driscoll,C.T. และ Bisogni, J.J. (1978) ได้กล่าวว่า หินปูน (Limestone) มีความสามารถในการเพิ่มความเป็นด่างให้แก่ระบบถังกรองเอดีนี้ได้เมื่อน้ำที่เข้าระบบถังกรองฯ มีสภาพความเป็นด่างต่ำ ๆ

4.3.4 การเปรียบเทียบปริมาณความกระด้างของน้ำที่เพิ่มขึ้นกับปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด

จากผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 4.4 กล่าวได้ว่า ในช่วงที่ระบบอยู่ในสภาวะคงตัว การทดลองชุดที่ 1(a) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีปริมาณความกระด้างของน้ำที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 152.6 มก./ล. และในน้ำออกมีปริมาณความกระด้างของน้ำเพิ่มขึ้นเท่ากับ 162.9 มก./ล. คิดเป็นปริมาณความกระด้างของน้ำที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 6.28 มก./ล. และ 6.70 มก./ล. ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด 1 มก./ล. ตามลำดับ การทดลองชุดที่ 1(b) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร จะมีปริมาณความกระด้างของน้ำเพิ่มขึ้นเท่ากับ 292.12 มก./ล. และในน้ำออกมีปริมาณความกระด้างของน้ำเพิ่มขึ้นเท่ากับ 335.92 มก./ล. คิดเป็นปริมาณความกระด้างของน้ำที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 4.06 มก./ล. และ 4.67 มก./ล. ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด 1 มก./ล. ตามลำดับ การทดลองชุดที่ 2(a) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีปริมาณความกระด้างของน้ำเพิ่มขึ้นเท่ากับ 235.09 มก./ล. และในน้ำออกมีปริมาณความกระด้างของน้ำเพิ่มขึ้นเท่ากับ 280.02 มก./ล. คิดเป็นปริมาณความกระด้างของน้ำที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 4.95 มก./ล.และ 5.80 มก./ล. ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด 1 มก./ล. ตามลำดับ การทดลองชุดที่ 2(b) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีปริมาณความกระด้างของน้ำเพิ่มขึ้น

เท่ากับ 123.87 มก./ล. และในน้ำออกมีปริมาณความกระด้างของน้ำเพิ่มขึ้นเท่ากับ 155.27 มก./ล. คิดเป็นปริมาณความกระด้างของน้ำที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.49 มก./ล. และ 6.44 มก./ล. ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด 1 มก./ล. ตามลำดับ การทดลองชุดที่ 3(a) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีปริมาณความกระด้างของน้ำเพิ่มขึ้นเท่ากับ 316.21 มก./ล. และในน้ำออกมีปริมาณความกระด้างของน้ำเพิ่มขึ้นเท่ากับ 435.81 มก./ล. คิดเป็นปริมาณความกระด้างของน้ำที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.06 มก./ล. และ 5.86 มก./ล. ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด 1 มก./ล. ตามลำดับ การทดลองชุดที่ 3(b) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีปริมาณความกระด้างของน้ำเพิ่มขึ้น 277.01 มก./ล. และในน้ำออกมีปริมาณความกระด้างของน้ำเพิ่มขึ้นเท่ากับ 312.41 มก./ล. คิดเป็นปริมาณความกระด้างของน้ำที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.74 มก./ล. และ 6.35 มก./ล. ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด 1 มก./ล. ตามลำดับ ดังแสดงผลในตารางที่ 4.13

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 ปริมาณความกระด้างที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัดภายใต้สภาวะการทดลองต่าง ๆ

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ปริมาณความกระด้างที่เพิ่มขึ้น/ปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด	
			น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบฯ
1(a)	25	20	6.28	6.70
1(b)	75	20	4.06	4.67
2(a)	50	10	4.95	5.80
2(b)	25	10	5.49	6.44
3(a)	75	10	5.06	5.86
3(b)	50	20	5.75	6.35
		ค่าเฉลี่ย	5.27	5.97

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการทดลองทั้งหมด พบว่าในการเกิดกระบวนการกำจัดไนเตรตด้วยกระบวนการออโตโทรฟิกดีไนตริฟิเคชั่น จะทำให้เกิดการการเพิ่มขึ้นของค่าความกระด้างของน้ำโดยจะเพิ่มจากด้านล่างขึ้นไปด้านบนและมีค่ามากที่สุดที่บริเวณน้ำออกจากระบบถังกรองฯ ค่าความกระด้างของน้ำที่วิเคราะห์ได้จากการทดลองนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเป็นด่างรวมแล้วพบว่าค่าความกระด้างของน้ำมีค่ามากกว่าความเป็นด่างรวม ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าความกระด้างของน้ำจากผลการทดลองเป็นทั้งแบบ Carbonate hardness และแบบ Non-Carbonate hardness และจากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.13 สรุปได้ว่ามีปริมาณความกระด้างของน้ำเพิ่มขึ้นที่บริเวณภายในถังกรองเอดีที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.27 มก./ล. ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด 1 มก./ล. และที่บริเวณน้ำออกจากถังกรองเอดีจะมีปริมาณความกระด้างของน้ำน้ำเพิ่มขึ้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.97 มก./ล. ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด 1 มก./ล.

4.3.5 <u>การเปรียบเทียบปริมาณฟอสเฟตที่ถูกใช้ไปกับปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด</u>

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.6 กล่าวได้ว่า ในช่วงที่ระบบอยู่ในสภาวะคงตัว การทดลองชุดที่ 2(a) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีปริมาณฟอสเฟตที่ลดลงหรือถูกใช้ไปเท่ากับ 0.09 มก./ล. และในน้ำออกมีปริมาณฟอสเฟตที่ลดลงหรือถูกใช้ไปเท่ากับ 0.16 มก./ล. คิดเป็นปริมาณฟอสเฟตที่ถูกใช้ไปเท่ากับ 0.0019 มก./ล. และ 0.0033 มก./ล. ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด 1 มก./ล. ตามลำดับ การทดลองชุดที่ 2(b) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีปริมาณฟอสเฟตที่ถูกใช้ไปเท่ากับ 0.1 มก./ล. และในน้ำออกมีปริมาณฟอสเฟตที่ถูกใช้ไปเท่ากับ 0.1 มก./ล. คิดเป็นปริมาณฟอสเฟตที่ถูกใช้ไปเท่ากับ 0.0044 มก./ล. และ 0.0041 มก./ล. ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด 1 มก./ล. ตามลำดับ การทดลองชุดที่ 3(a) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีปริมาณฟอสเฟตที่ลดลงเท่ากับ 0.18 มก./ล. และในน้ำออกมีประมาณฟอสเฟตที่ลดลงเท่ากับ 0.33 มก./ล. คิดเป็นปริมาณฟอสเฟตที่ถูกใช้ไปเท่ากับ 0.0029 มก./ล. และ 0.0044 มก./ล. ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด 1 มก./ล. ตามลำดับ การทดลองชุดที่ 3(b) น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร มีปริมาณฟอสเฟตที่ลดลงเท่ากับ 0.1 มก./ล. และในน้ำออกมีปริมาณฟอสเฟตที่ลดลงเท่ากับ 0.2 มก./ล. คิดเป็นปริมาณฟอสเฟตที่ถูกใช้ไปเท่ากับ 0.0021 มก./ล. และ 0.0041 มก./ล. ต่อปริมาณไนเตรทที่ถูกกำจัด 1

ตารางที่ 4.14 ปริมาณฟอสเฟตที่ละลายหรือถูกใช้ไป ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัดภายใต้สภาวะการทดลองต่าง ๆ

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ปริมาณฟอสเฟตที่ละลาย/ปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด	
			น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบ
2(a)	50	10	0.0019	0.0033
2(b)	25	10	0.0044	0.0041
3(a)	75	10	0.0029	0.0044
3(b)	50	20	0.0021	0.0041
		ค่าเฉลี่ย	0.0028	0.004

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มก./ล. ตามลำดับ ดังแสดงผลในตารางที่ 4.14

จากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.14 ทั้งหมดสรุปได้ว่า ในการกำจัดไนเตรตด้วยกระบวนการออโตโทรฟิกดีไนตริฟิเคชั่นแบบนี้นั้น แบคทีเรียที่ทำงานในระบบฯ ต้องการฟอสเฟตเป็นสารอาหาร เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ดังจะได้เห็นจากผลการทดลองที่มีปริมาณฟอสเฟตที่ลดลงหรือถูกใช้ไปจากด้านล่างขึ้นไปยังด้านบน และจะน้อยที่สุดที่บริเวณน้ำออกจากระบบฯ ปริมาณ อัตราการถูกใช้ไปหรือลดลงของฟอสเฟตจากผลการทดลองสรุปได้ดังนี้คือ ที่น้ำภายในถังกรองเอดีที่ระยะความสูง 0.9 เมตร ปริมาณฟอสเฟตที่ลดลงหรือถูกใช้ไปมีค่าอยู่ในช่วง 0.0019 - 0.0044 มก./ล. ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด 1 มก./ล. และ ในน้ำออกจากระบบถังกรองเอดีจะมีปริมาณฟอสเฟตรวมที่ลดลงหรือถูกใช้ไปมีค่าอยู่ในช่วง 0.0033 - 0.0044 มก./ล. ต่อปริมาณไนเตรตที่ถูกกำจัด 1 มก./ล.

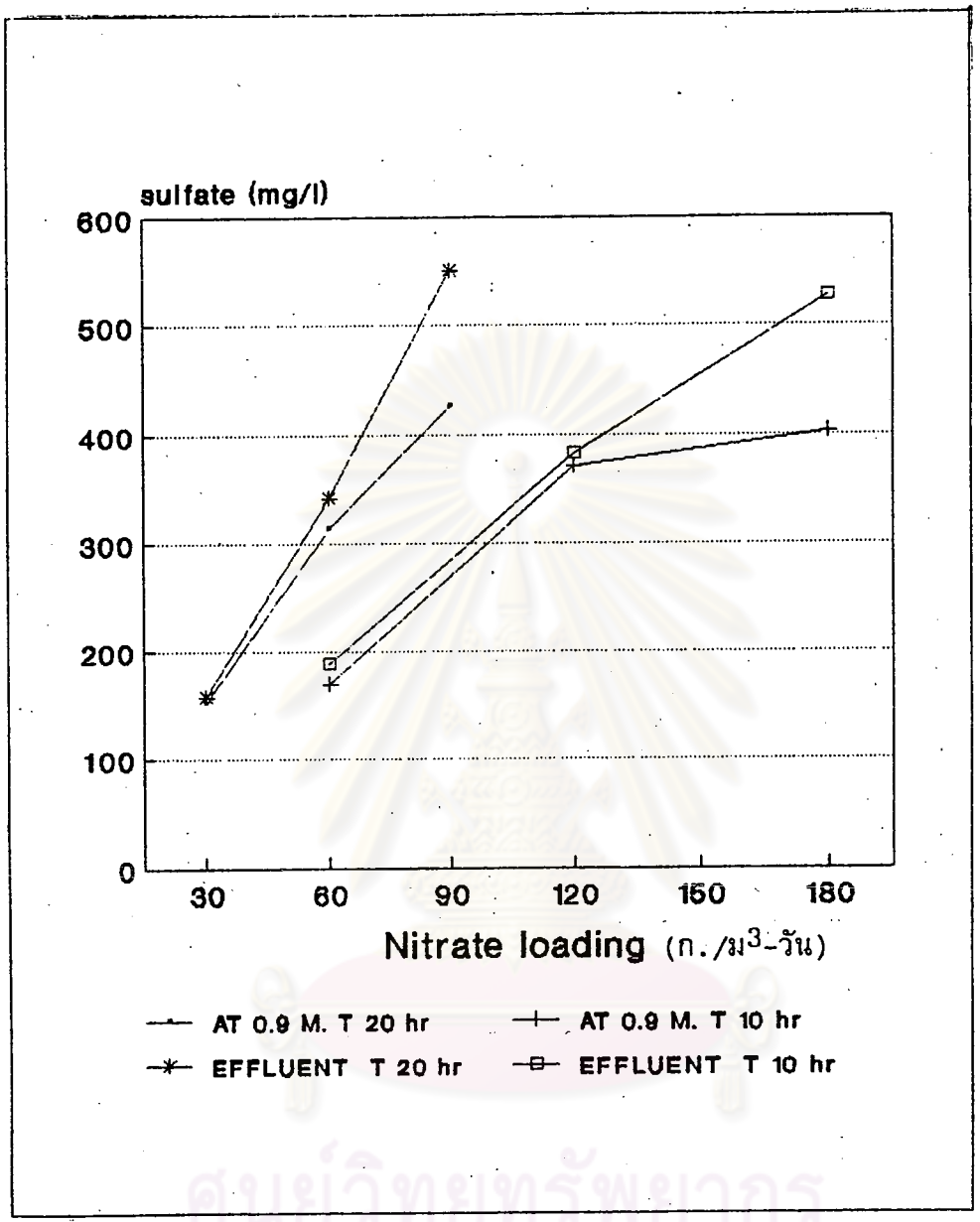
4.3.6 การเปรียบเทียบปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นกับปริมาณไนเตรตโหลดดิ้ง

รูปที่ 4.54 และตารางที่ 4.15 แสดงปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้น ที่ตำแหน่งน้ำออกจากระบบถังกรองเอดี และปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นของน้ำที่ตำแหน่งระยะความสูง 0.9 เมตร จากด้านล่างของถังกรองฯ ขึ้นมา เปรียบเทียบกับปริมาณไนเตรตโหลดดิ้งที่ป้อนเข้าถังกรองเอดีพบว่า เมื่อปริมาณไนเตรตโหลดดิ้งมีค่ามากขึ้น ปริมาณซัลเฟตก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเมื่อมีปริมาณไนเตรตโหลดดิ้งถูกป้อนเข้าถังกรองเอดีเพิ่มมากขึ้น ก็จะมีปริมาณไนเตรตที่ต้องการกำจัดมากขึ้น แบคทีเรียในระบบฯ ต้องทำงานเพิ่มมากขึ้น และต้องการพลังงานสำหรับการเจริญเติบโต ซึ่งได้มาจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารอนินทรีย์กำมะถัน หรือสารซัลเฟอร์ที่ถูกใช้เป็นตัวกลางของถังกรองเอดี ผลจากการถูกออกซิไดซ์ของสารซัลเฟอร์จะได้ซัลเฟตออกมา (ดังรูปที่ 2.4)

ผลการทดลองพบว่าปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้น ของการทดลองชุดที่ 3(b) ที่มีระยะเวลากักเก็บน้ำ 20 ชม. และมีปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตเท่ากับ 50 มก./ล. มีปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 341 มก./ล. ซึ่งมากกว่า การทดลองชุดที่ 2(b) ที่มีระยะเวลากักเก็บน้ำ 10 ชม. และมีปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตเท่ากับ 25 มก./ล. มีปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ

189 มก./ล. นั่นหมายความว่า ปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นนี้นอกจากจะมีความสัมพันธ์กันกับปริมาณไนเตรตโหลดดิ้งแล้วยังมีความสัมพันธ์กันกับระยะเวลากักเก็บน้ำ และปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตอีกด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.54 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นกับปริมาณไนเตรตโหลดดิ้ง ที่ตำแหน่งน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและที่ตำแหน่งน้ำทิ้งจากถังกรองฯ

ตารางที่ 4.15 การเปรียบเทียบปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณไนเตรตโหลดดิ้งภายใต้สภาวะการทดลองต่าง ๆ

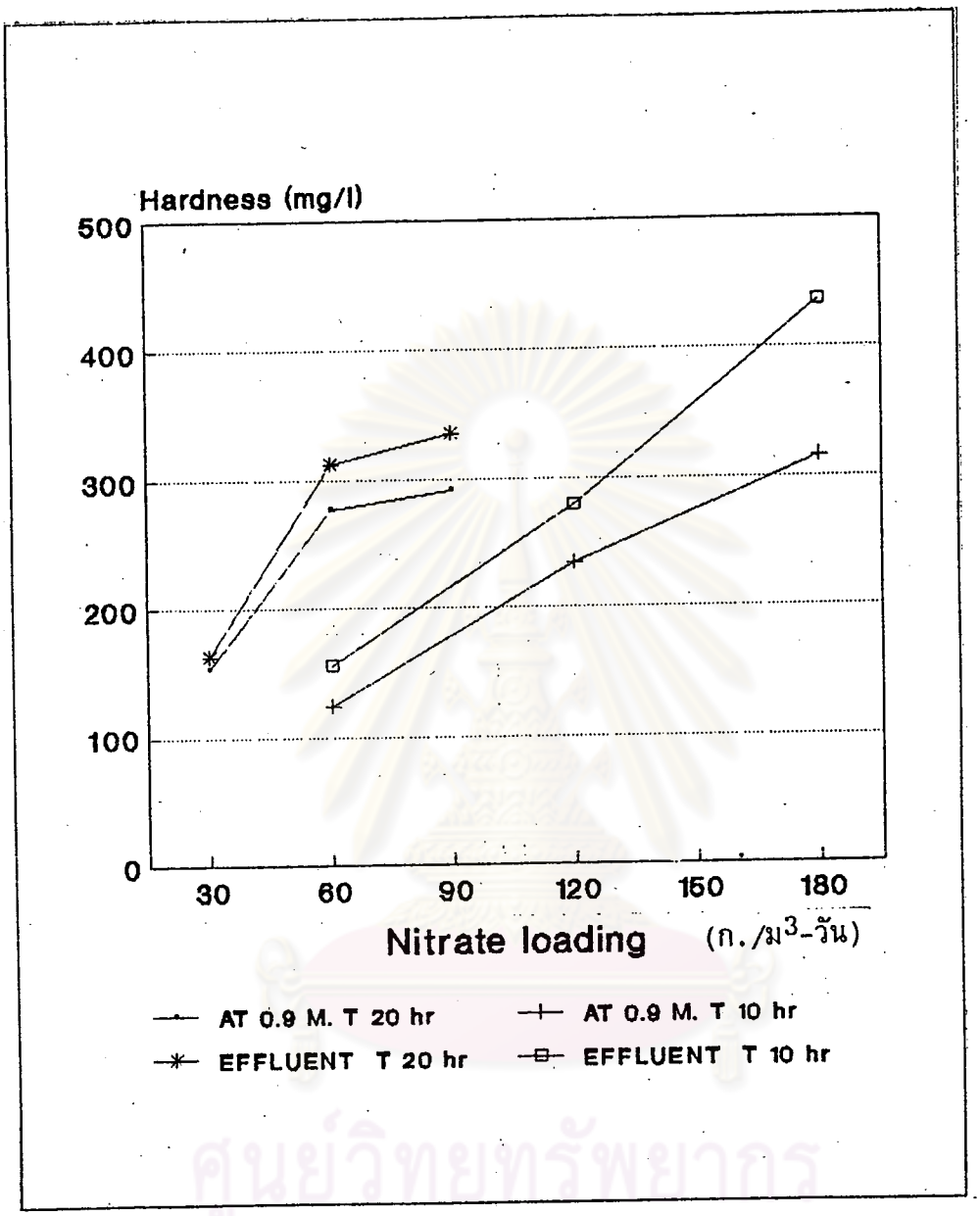
การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ไนเตรตโหลดดิ้ง ($ก/ม^3$-วัน)	ปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้น (มก./ล.)	
				น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบ
1(a)	25	20	30	151	157
3(b)	50	20	60	313	341
1(b)	75	20	90	426	551
2(b)	25	10	60	169	189
2(a)	50	10	120	370	382
3(a)	75	10	180	420	527

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.7 การเปรียบเทียบปริมาณความกระด้างของน้ำที่เพิ่มขึ้นกับปริมาณไนเตรตโหลดดิ้ง

รูปที่ 4.56 และตารางที่ 4.16 แสดงปริมาณความกระด้างของน้ำที่เพิ่มขึ้นที่ตำแหน่งน้ำออกจากระบบถังกรองเอดีและตำแหน่งน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร เปรียบเทียบกับปริมาณไนเตรตโหลดดิ้ง ที่ป้อนเข้าถังกรองเอดี พบว่า เมื่อปริมาณไนเตรตโหลดดิ้งมีค่ามากขึ้น มีการเกิดปฏิกิริยาออโตโทรฟิกดีไนตริฟิเคชั่น ในถังกรองเอดีเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดไฮโดรเจนอิออน (H^+) เพิ่มมากขึ้น จึงต้องการความเป็นด่างที่ได้จากหินปูนที่ใช้เป็นตัวกลางในถังกรองฯ ไปใช้ในการสมดุลย์กับไฮโดรเจนอิออน ในถังกรองเอดีจะมีแคลเซียมที่เหลืออยู่จากการละลายของหินปูน ทำให้น้ำที่ผ่านระบบถังกรองเอดีมีปริมาณความกระด้างของน้ำเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบอีกว่า เมื่อปริมาณไนเตรตโหลดดิ้งเท่ากันแต่มีระยะเวลากักเก็บน้ำและปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตต่างเท่ากัน เช่นการทดลองชุดที่ 3(b) และ 2(b) มีปริมาณไนเตรตโหลดดิ้งเท่ากันเป็น 60 ก/ม^3-วัน แต่มีระยะเวลากักเก็บน้ำและปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตต่างกัน คือ การทดลองชุดที่ 3(b) มีปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตเป็น 50 มก./ล. มีระยะเวลากับเก็บน้ำ 20 ชม. มีปริมาณความกระด้างของน้ำในน้ำออกจากระบบฯ เพิ่มขึ้นเท่ากับ 312.41 มก./ล. และการทดลองชุดที่ 2(b) มีปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตเป็น 25 มก./ล. มีระยะเวลากักเก็บน้ำ 10 ชม. มีปริมาณความกระด้างของน้ำในน้ำทิ้งจะระบบฯ เพิ่มขึ้นเท่ากับ 155.27 มก./ล. พบว่าการทดลองชุดที่ 3(b) มีปริมาณความกระด้างของน้ำเพิ่มขึ้นมากกว่า การทดลอง ชุดที่ 2(b) นั่นก็คือ ปริมาณความกระด้างที่เพิ่มขึ้นของน้ำที่ผ่านออกจากถังกรองเอดี มีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นของไนเตรต และระยะเวลากักเก็บน้ำอีกด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.55 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความกระด้างที่เพิ่มขึ้นกับปริมาณไนเตรตโหลดดิ้ง ที่ตำแหน่งน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและที่ตำแหน่งน้ำทิ้งจากถังกรองฯ

ตารางที่ 4.16 การเปรียบเทียบปริมาณความกระด้างของน้ำที่เพิ่มขึ้นกับปริมาณไนเตรตโหลดดิ้ง ภายใต้สภาวะการทดลองต่าง ๆ

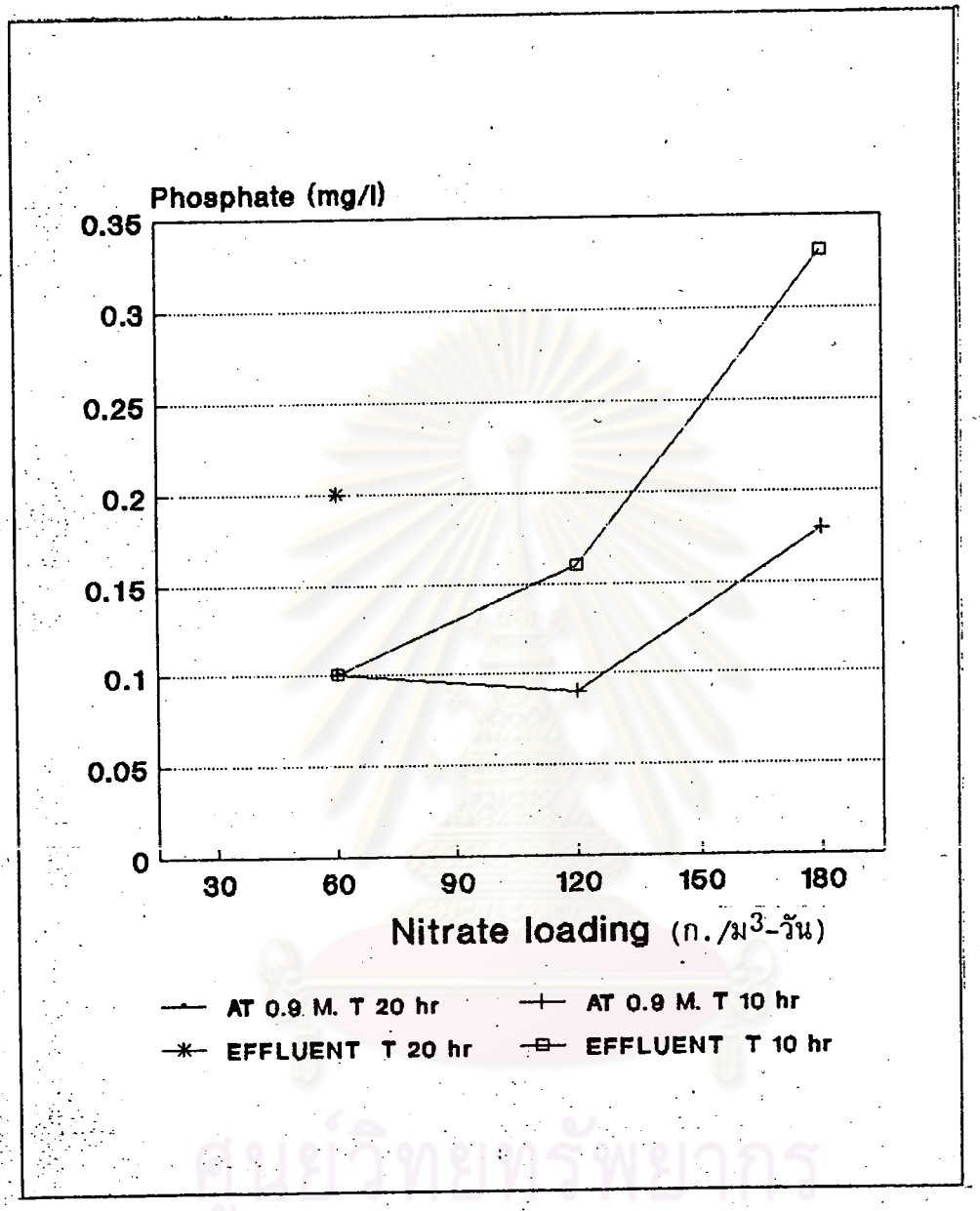
การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ไนเตรตโหลดดิ้ง ($ก/ม^3$-วัน)	ปริมาณความกระด้างที่เพิ่มขึ้น (มก./ล.)	
				น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบฯ
1(a)	25	20	30	153	163
3(b)	50	20	60	277	312
1(b)	75	20	90	292	336
2(b)	25	10	60	124	155
2(a)	50	10	120	235	280
3(a)	75	10	180	316	436

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.8 การเปรียบเทียบปริมาณฟอสเฟตที่ลดลงกับปริมาณไนเตรตโหลดดิ้ง

จากรูปที่ 4.57 และตารางที่ 4.17 แสดงปริมาณฟอสเฟตที่ถูกใช้ไปสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ที่ตำแหน่งออกจากถังกรองเอดี และตำแหน่งน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร เปรียบเทียบกับปริมาณไนเตรตโหลดดิ้งที่ถูกป้อนเข้าถังกรองเอดี พบว่า เมื่อปริมาณไนเตรตโหลดดิ้งมีค่าสูงขึ้น ปริมาณฟอสเฟตที่ถูกใช้ไปก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้เพราะเมื่อมีปริมาณไนเตรตโหลดดิ้งที่ป้อนเข้าถังกรองเอดีมากขึ้น ปริมาณไนเตรตที่ต้องการกำจัดก็มากขึ้นด้วย จึงต้องมีปริมาณแบคทีเรียเพิ่มขึ้นมากพอที่จะทำหน้าที่กำจัดไนเตรตในถังกรองฯ ปริมาณฟอสเฟตจึงถูกใช้ไปมากขึ้น ฟอสเฟตถูกใช้ไปเพื่อเป็นสารอาหาร สำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และใช้เป็นส่วนประกอบของเซลล์ (ตามสูตรโมเลกุลดังนี้ $C_5H_7O_2NP_{0.03}$) นอกจากนี้ยังพบอีกว่า เมื่อปริมาณไนเตรตโหลดดิ้งเท่ากัน แต่มีระยะเวลากักเก็บน้ำและปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตต่างกันเช่น การทดลองชุดที่ 3(b) และ 2(b) พบว่าการทดลองชุดที่ 3(b) ที่มีระยะเวลากักเก็บน้ำ และปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตความเข้มข้นของไนเตรตมีค่ามากกว่า (20 ชม. และ 50 มก./ล. ตามลำดับ) จะต้องการใช้ปริมาณฟอสเฟตสูงกว่าการทดลองชุดที่ 2(b) ที่มีระยะเวลากักเก็บน้ำ และปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตมีค่าน้อยกว่า (10 ชม.และ 25 มก./ล.ตามลำดับ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.56 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณฟอสเฟตที่ถูกใช้กับปริมาณไนเตรตไหลคดิ้ง ที่ตำแหน่งน้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตรจากด้านล่างของถังกรองฯขึ้นมาและที่ตำแหน่งน้ำทิ้งจากถังกรองฯ

ตารางที่ 4.17 การเปรียบเทียบปริมาณฟอสเฟตที่ถูกใช้ไปกับปริมาณไนเตรตไหลลงดิน

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของไนเตรต (มก./ล.)	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ไนเตรตไหลลงดิน (ก/ม^3-วัน)	ปริมาณความเป็นด่างที่เพิ่มขึ้น (มก./ล.)	
				น้ำที่ระยะความสูง 0.9 เมตร	น้ำออกจากระบบฯ
1(a)	25	20	30	-	-
3(b)	50	20	60	0.1	0.2
1(b)	75	20	90	-	-
2(b)	25	10	60	0.1	0.1
2(a)	50	10	120	0.09	0.16
3(a)	75	10	180	0.18	0.33

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.9 การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามต่าง ๆ ที่ตำแหน่งน้ำเข้าถังกรองฯและน้ำที่ออกจากถังกรองเอดีกับระยะเวลากักเก็บน้ำ

จากตารางที่ 4.18 และตารางที่ 4.19 แสดงค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามต่างๆ ที่ตำแหน่งน้ำดิบสังเคราะห์เข้าถังกรองฯ และค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามต่าง ๆที่ตำแหน่งน้ำออกจากถังกรองเอดีเปรียบเทียบกับระยะเวลากักเก็บน้ำ จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ที่เวลากักเก็บน้ำเท่ากัน การเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณซัลเฟต, ปริมาณความเป็นด่างและปริมาณความกระด้างจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามความเข้มข้นของไนเตรตที่เพิ่มขึ้น และจากผลการทดลอง กล่าวได้ว่าการทดลองกำจัดไนเตรตจากน้ำภายใต้ระยะเวลากักเก็บน้ำ 10 ชม. มีประสิทธิภาพและความเหมาะสมดีกว่าการทดลองกำจัดไนเตรตจากน้ำภายใต้ระยะเวลากักเก็บน้ำ 20 ชม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าปริมาณของตัวแปรตามต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ ที่ตำแหน่งน้ำดิบสังเคราะห์เข้าระบบ

การทดลองชุดที่	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ปริมาณไนเตรต (มก./ล.)	ปริมาณไนไตรต์ (มก./ล.)	ปริมาณซัลเฟต (มก./ล.)	ความเป็นด่าง (มก./ล.)	ความกระด้าง (มก./ล.)
2(b)	10	24	0.002	27	84	93
2(a)	10	48	ND.	28	85	95
3(a)	10	74	0.002	25	80	80
1(a)	20	24	ND.	22	112	79
3(b)	20	49	0.003	26	80	80
1(b)	20	72	0.001	22	112	77

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าปริมาณของตัวแปรตามต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ ที่ตำแหน่งน้ำออกจากระบบฯ

การทดลองชุดที่	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ปริมาณไนเตรต (มก./ล.)	ปริมาณไนไตรต์ (มก./ล.)	ปริมาณซัลเฟต (มก./ล.)	ความเป็นด่าง (มก./ล.)	ความกระด้าง (มก./ล.)
2(b)	10	ND.	0.001	216	142	248
2(a)	10	ND.	ND.	410	179	374
3(a)	10	ND.	0.004	553	192	516
1(a)	20	ND.	ND.	180	239	242
3(b)	20	ND.	0.002	367	176	392
1(b)	20	ND.	0.001	573	309	413

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย