



## ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

### 4.1 การดำเนินการทดลอง

การเริ่มต้นเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์ (Start Up) ภายในระบบถังกรองไร้อากาศ ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้ถังกรองที่ทำด้วยท่อพีวีซีรูปทรงกระบอกที่มีขนาดเท่ากันจำนวน 3 ชุด บรรจุตุ๊กกลางที่จะทำการทดลองจนเต็มถึงทั้ง 3 ถัง จะได้ถึงปฏิภานสำหรับระบบถังกรองไร้อากาศที่จะใช้ในการวิจัยนี้ 3 ชุด ซึ่งแต่ละชุดจะมีการติดตั้งเหมือนกันทุกอย่างตามรูปที่ 3.5 ถึงเบอร์ 1 บรรจุหิน ถึงเบอร์ 2 บรรจุเศษคอนกรีต ถึงเบอร์ 3 บรรจุพลาสติก เป็นตุ๊กกลางตามลำดับ หลังจากนั้นทำการเติมตะกอนจุลินทรีย์ (Seed) ที่นำมาจากถังหมัก (Digester Tank) ของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง จำนวนถึงประมาณ 40% ของปริมาตรสุทธิถึง โดสถึงเบอร์ 1 (หิน) ใช้ตะกอนจุลินทรีย์ 2.9 ลิตร น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีซีโอไซด์ 300 มก./ล. จำนวน 4.1 ลิตร ถึงเบอร์ 2 (เศษคอนกรีต) ใช้ตะกอนจุลินทรีย์ 3.6 ลิตร น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีซีโอไซด์ 300 มก./ล. จำนวน 5.0 ลิตร ถึงเบอร์ 3 (พลาสติก) ใช้ตะกอนจุลินทรีย์ 6.3 ลิตร น้ำเสียสังเคราะห์ซีโอไซด์ 300 มก./ล. จำนวน 9.0 ลิตร เติมจนเต็มทุกถัง หลังจากบรรจุตะกอนจุลินทรีย์ลงในถังกรองทั้ง 3 ถังเรียบร้อยก็ทำการปิดฝาถังกรอง ชันน็อคให้แน่นหนาจัดเครื่องมือต่าง ๆ ให้เรียบร้อย โดยต่อท่อน้ำทิ้งของระบบ ท่อน้ำน้ำเสียเข้า และต่อแยกก๊าซจากระบบเข้ายังเครื่องวัดปริมาณก๊าซเรียบร้อยแล้วก็ทิ้งไว้ให้จุลินทรีย์ดำเนินการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียนั้น ทั้งระยะเวลาของถังกรองไว้ประมาณ 3 วัน เพื่อให้จุลินทรีย์ทำการผลิตก๊าซอย่างต่อเนื่อง โดยทำการวัดค่าพีเอชทุก ๆ วันให้มีค่าประมาณ 7 เมื่อสังเกตเห็นก๊าซเกิดขึ้นที่เครื่องวัดปริมาณก๊าซแล้ว

ก็ถือว่าจุลินทรีย์พร้อมที่จะรับน้ำเสียใหม่ จึงจะเริ่มค้นท่าการเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์โดยค่อย ๆ ป้อนน้ำเสียซึ่งเคราะห์เข้าสู่ระบบถังกรองไร้อากาศทั้ง 3 ถึงทางด้านล่างโดยค่อย ๆ เริ่มจากออร์แกนิกโพลลิ่งต่ำ ๆ ก่อน ประมาณ 0.20 กก. ซีโอดี/ม<sup>3</sup>-วัน จนเพิ่มถึงอัตราที่ออกแบบไว้ต่อไป โดยจะเริ่มทดลองระยะเวลาพักน้ำ 12 ชม. ทั้ง 3 ถังเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวจึงจะทดลองที่ระยะเวลาพักน้ำ 9 ชม. ต่อไปตามลำดับ

ขั้นตอนและระยะเวลาการทดลองต่าง ๆ มีดังนี้

ก. ถังกรองที่มีหินเป็นตัวกลาง ซึ่งต่อไปจะขอเรียกว่า "AF1"

- ทดลองที่ระยะเวลาพักน้ำ 12 ชม. ตั้งแต่วันที่ 6 กุมภาพันธ์ ถึง 13 พฤษภาคม 2538
- ทดลองที่ระยะเวลาพักน้ำ 9 ชม. ตั้งแต่วันที่ 16 พฤษภาคม ถึง 17 สิงหาคม 2538

ข. ถังกรองที่มีเศษคอนกรีตเป็นตัวกลาง ซึ่งต่อไปจะขอเรียกว่า "AF2"

- ทดลองที่ระยะเวลาพักน้ำ 12 ชม. ตั้งแต่วันที่ 11 กุมภาพันธ์ ถึง 25 มิถุนายน 2538
- ทดลองที่ระยะเวลาพักน้ำ 9 ชม. ตั้งแต่วันที่ 28 มิถุนายน ถึง 31 สิงหาคม 2538

ค. ถังกรองที่มีพลาสติกเป็นตัวกลาง ซึ่งต่อไปจะขอเรียกว่า "AF3"

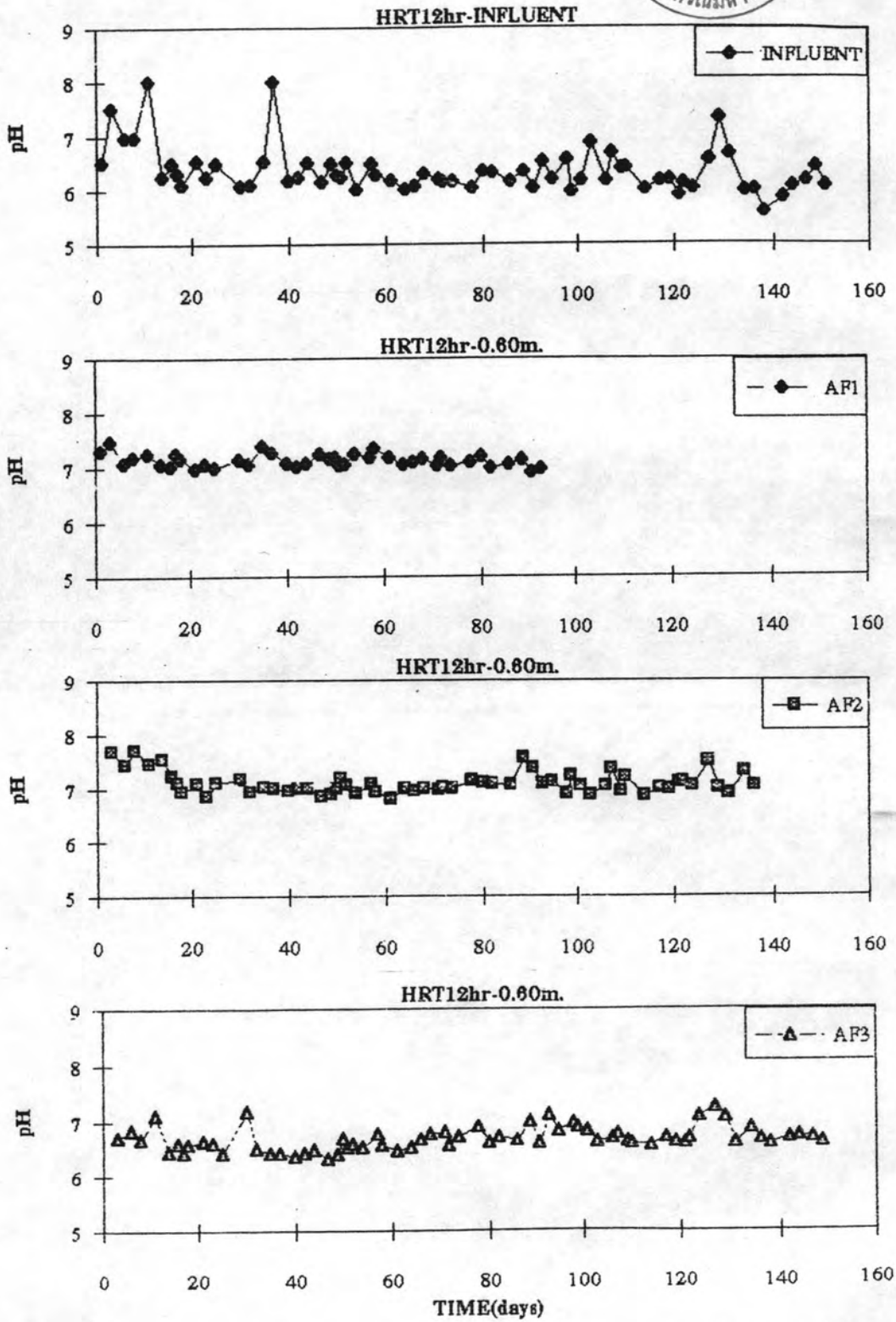
- ทดลองที่ระยะเวลาพักน้ำ 12 ชม. ตั้งแต่วันที่ 11 กุมภาพันธ์ ถึง 6 กรกฎาคม 2538
- ทดลองที่ระยะเวลาพักน้ำ 9 ชม. ตั้งแต่วันที่ 9 กรกฎาคม ถึง 31 สิงหาคม 2538

#### 4.2 ผลการวิจัยถึงกรองไว้รออากาศที่มึน เศษคอนกรีต และพลาสติกเป็นค้ำกลาง

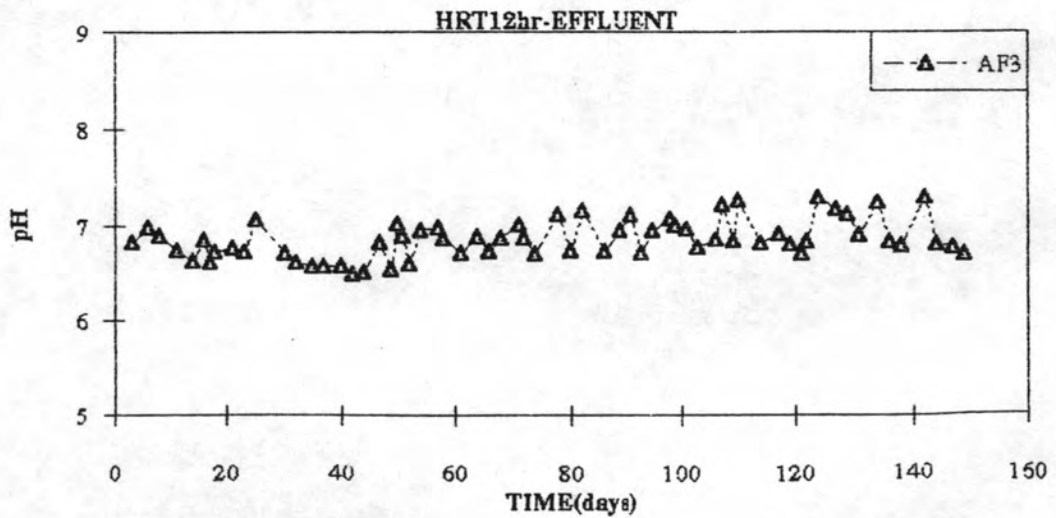
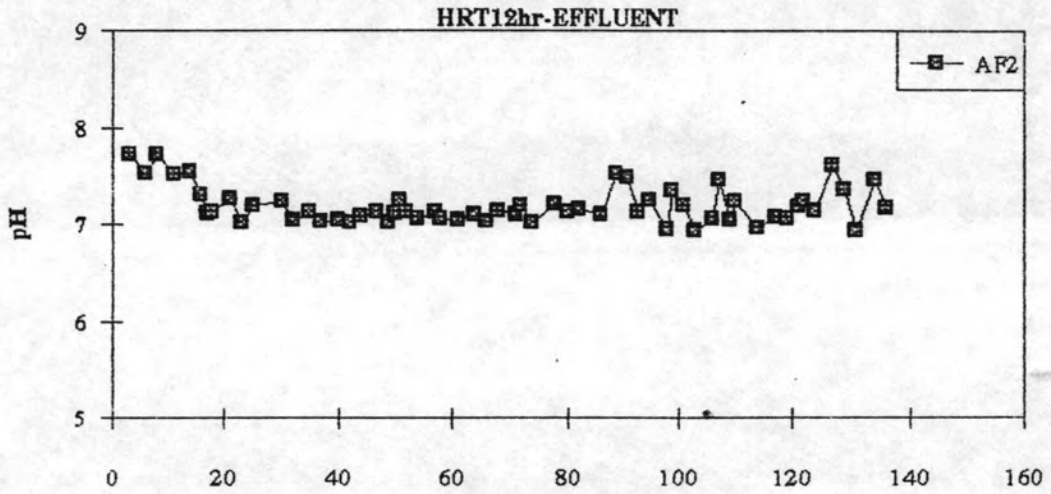
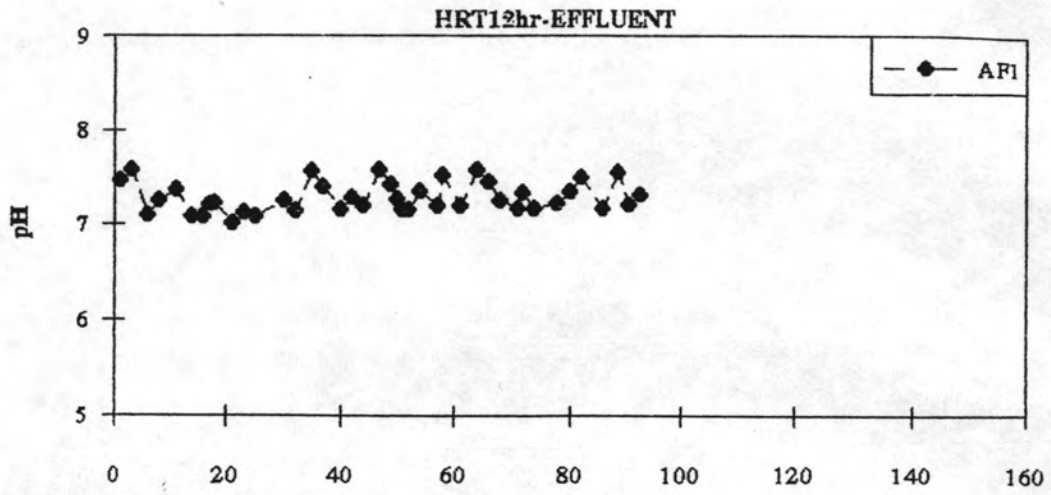
ผลการทดลองแสดงในรูปของกราฟ ค่าเฉลี่ยตัวแปรต่าง ๆ จะมาจากช่วงสภาวะคงตัว และตารางข้อมูลจะอยู่ในภาคผนวก ก. ผลการทดลองของตัวแปรต่าง ๆ มีดังนี้

##### 4.2.1 ค่าพีเอช

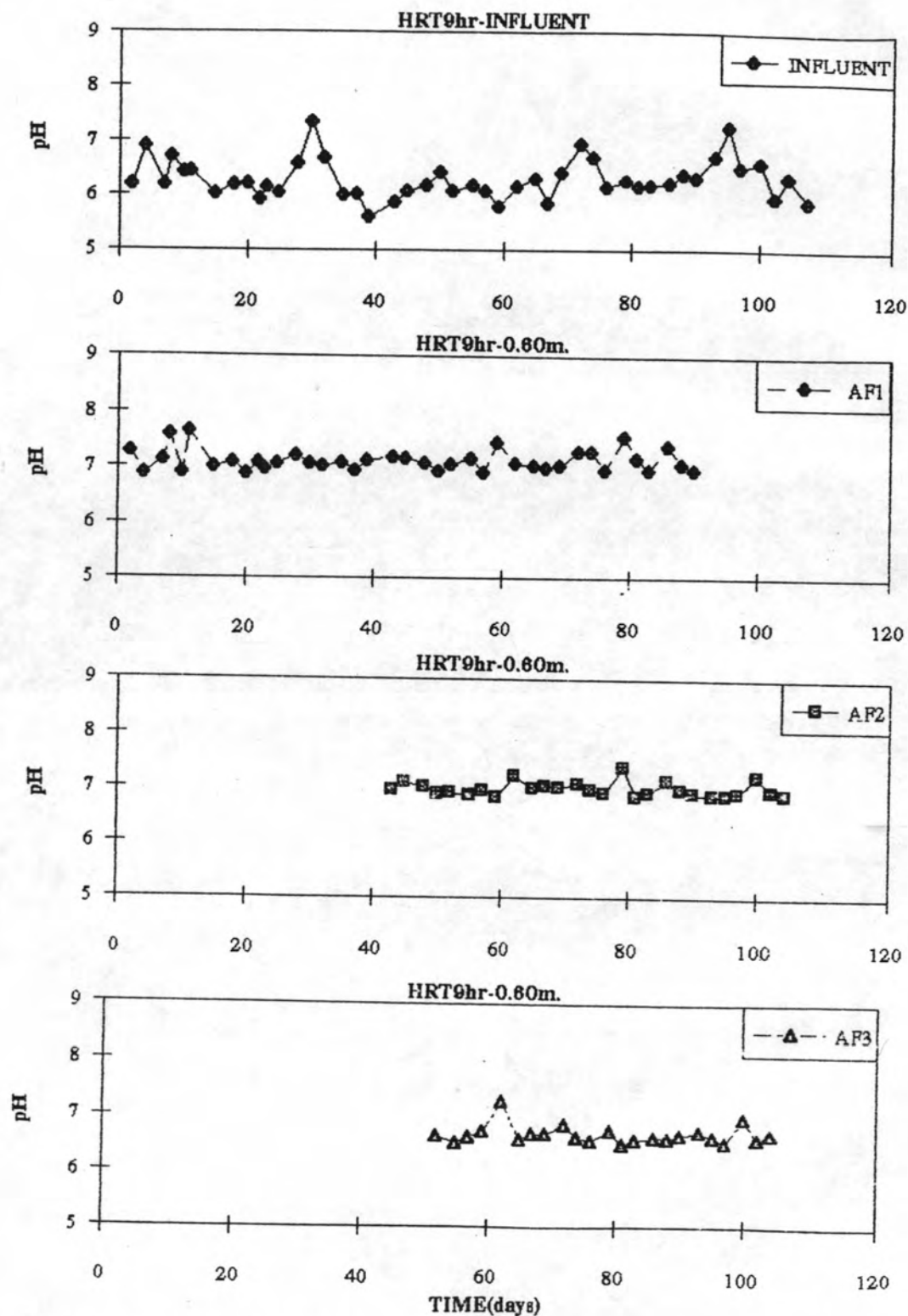
รูปที่ 4.1 ถึง 4.4 แสดงกราฟพีเอชของน้ำเสี้ยวที่เข้าระบบ ภายในถึง ๗ ระยะ 0.60 m และน้ำทิ้งจากระบบ ของทั้งสามถึง จากผลการทดลองพบว่า ๗ ระยะเวลากักน้ำ 12 ชม. ถึง AF1 และ AF2 โดยทั่วไปจะมีค่าพีเอชที่ใกล้เคียงกันคือมีค่าประมาณ 7 ยกเว้นในช่วงสองอาทิตย์แรกเท่านั้นที่ถึง AF2 จะมีพีเอชที่สูงกว่า AF1 เล็กน้อยคือมีค่าระหว่าง 7.51 ถึง 7.72 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเศษคอนกรีตที่มีความเป็นด่าง  $\text{Ca(OH)}_2$  ซึ่งเป็นด่างอ่อน ๆ แต่เมื่อทดลองต่อไปจนถึงช่วงสภาวะคงตัวแล้วปรากฏว่าถึง AF1 จะมีพีเอชที่สูงกว่าถึง AF2 เล็กน้อย สำหรับ AF3 นั้นตลอดการทดลองปรากฏว่ามีพีเอชที่ต่ำกว่าทั้งสองถึงข้างต้นเสมอ คือมีค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงตัวของภายในถึง (0.60m) และน้ำทิ้งเท่ากับ 6.72 และ 6.93 ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 4.1 และเมื่อมีการเพิ่มออร์แกนิกโพลีคิงค์ของระบบโดยลดระยะเวลาการกักน้ำเป็น 9 ชม. ปรากฏว่าค่าพีเอชของทั้งสามถึงลดลงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องมาจากการเพิ่มออร์แกนิกโพลีคิงค์จากเดิมเพียง 0.20 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ส่วนน้ำเสี้ยวที่เข้าระบบนั้น โดยทั่วไปจะมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6-7 โดยที่ไม่ได้มีการเพิ่มกำลังบัฟเฟอร์แต่ประการใด ทั้งนี้เพราะเมื่อพิจารณาถึงค่าพีเอชภายในถึงและน้ำทิ้งของทั้งสามถึงก็ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ระบบทำงานได้ดีคือระหว่าง 6.30 ถึง 7.72 สำหรับรูปที่ 4.5 ซึ่งแสดงค่าพีเอชตามระยะความสูงต่าง ๆ ของถังกรองทั้งสามถึง ก็ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกันกล่าวคือทั้งที่ระยะเวลาการกักน้ำ 12 และ 9 ชม. ถึง AF3 ก็จะมีค่าพีเอชที่ต่ำกว่าทั้ง 2 ถึง ทุกจุดความสูงเสมอ ส่วนถึง AF1 และ AF2 จะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ทั้งสามถึงก็ให้ค่าพีเอชที่มีแนวโน้มเหมือนกันคือ ค่าพีเอชต่ำสุดจะอยู่ที่กันถึงกรอง และค่อย ๆ สูงขึ้นตามความสูงของถังกรองตามลำดับ



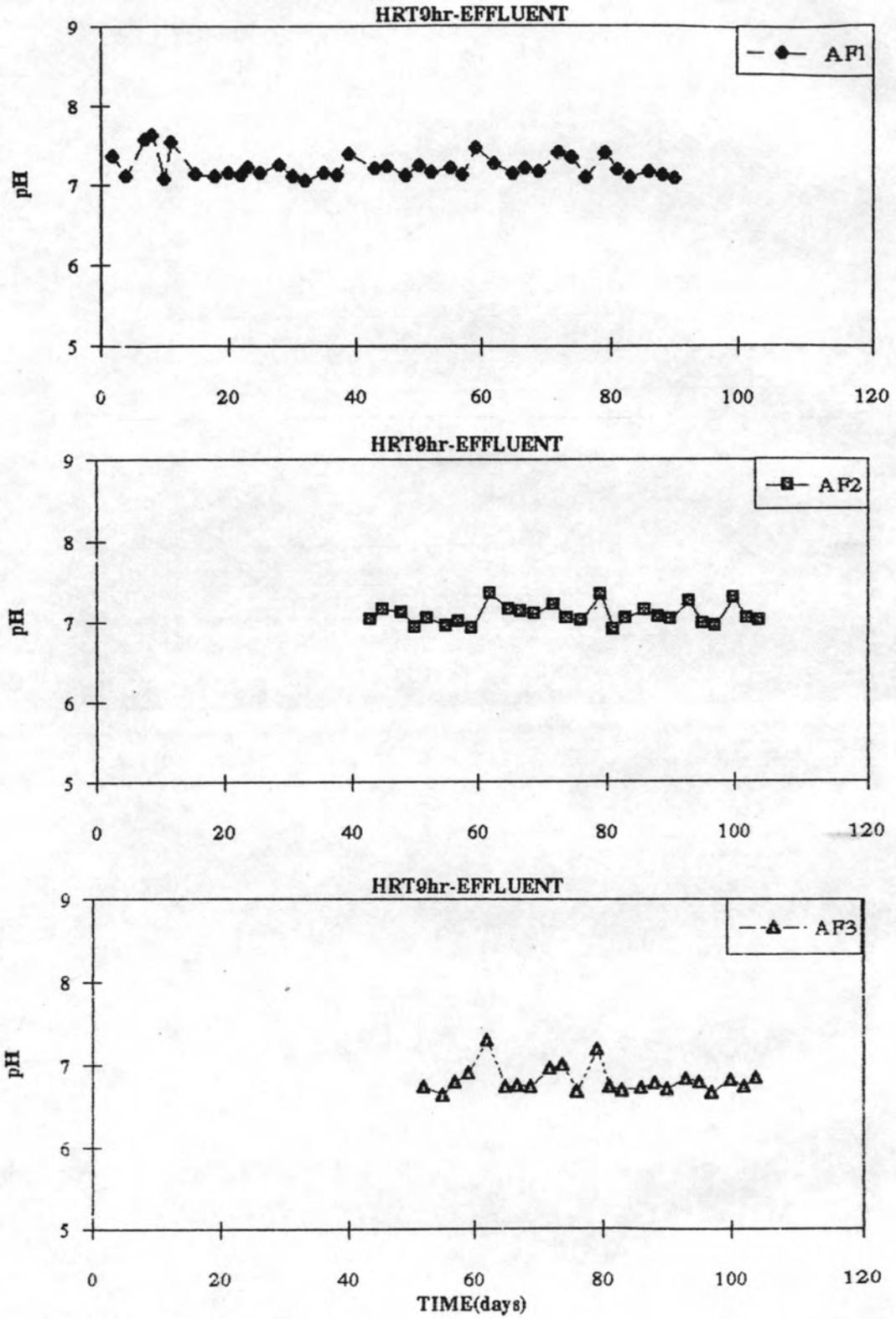
รูปที่ 4.1 ค่าพีเอชของน้ำเสียที่เข้าระบบ และภาสในถัง ๓ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถัง ที่ระยะเวลาพักน้ำ 12 ชั่วโมง



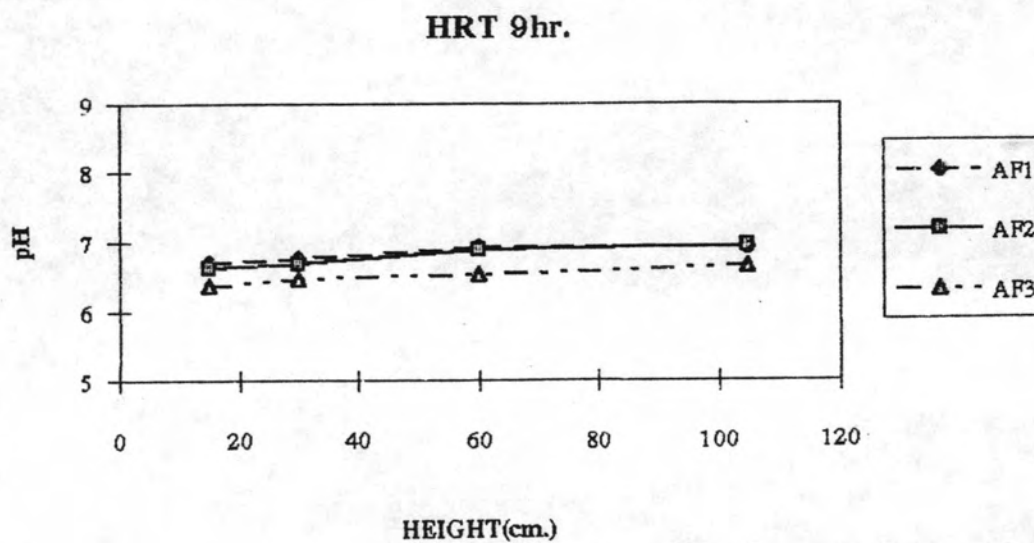
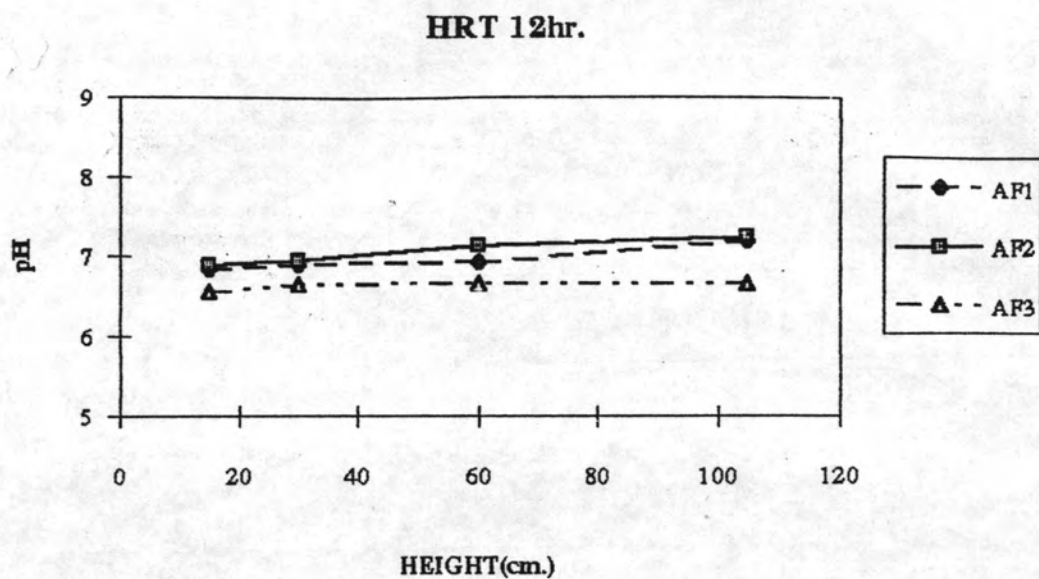
รูปที่ 4.2 ค่าพีเอชของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลาพักน้ำ 12 ชั่วโมง



รูปที่ 4.3 ค่าพีเอชของน้ำเสียที่เข้าระบบ และภายในถัง ๗ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถัง ที่ระยะเวลาพักน้ำ 9 ชั่วโมง



รูปที่ 4.4 ค่าพีเอชของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลาพักน้ำ 9 ชั่วโมง



รูปที่ 4.5 ค่าพีเอชตามระยะความสูงต่าง ๆ ของถังกรองฯ ทั้งสามถัง



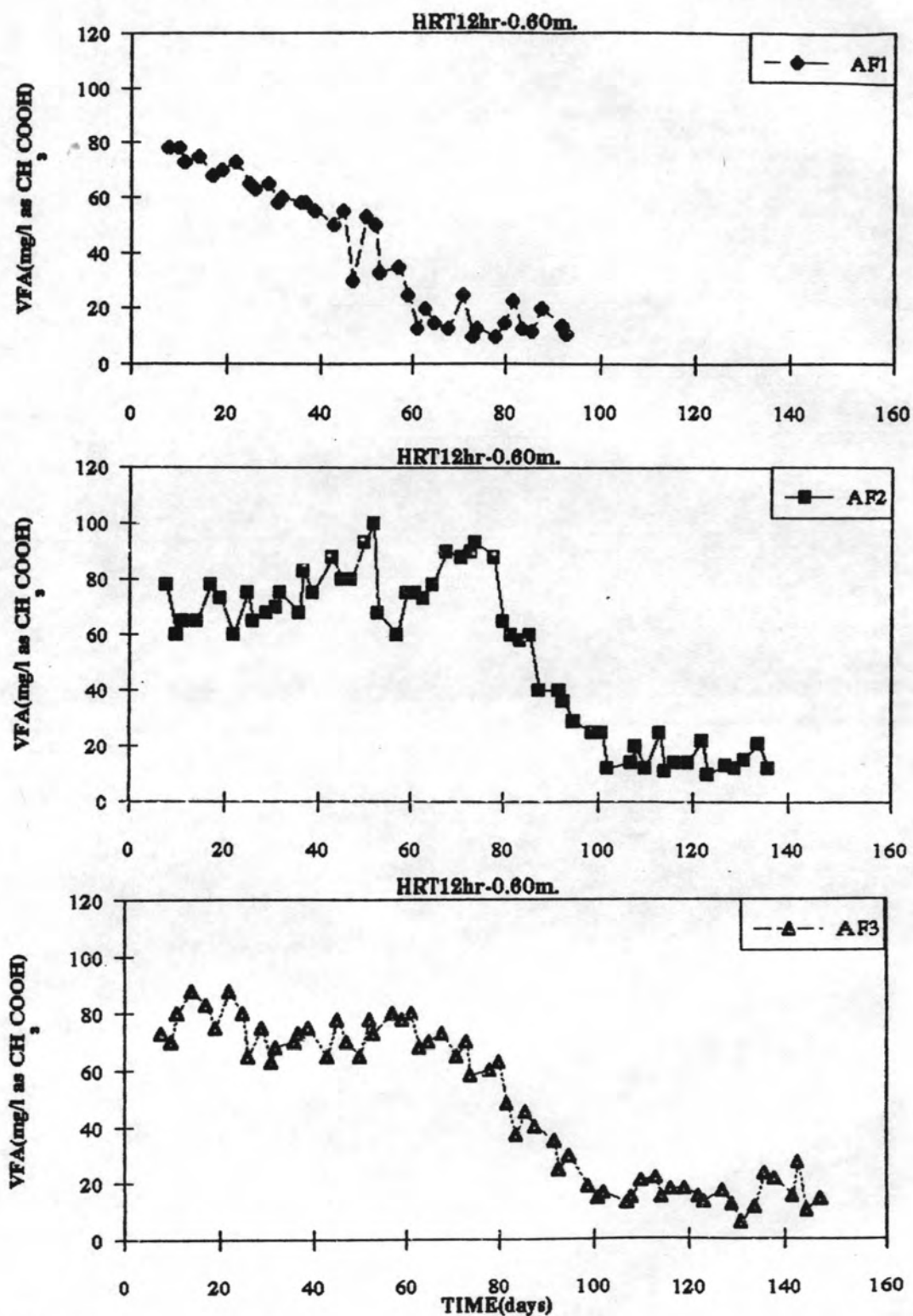


ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของพีเอช ๗ สภาวะคงตัว

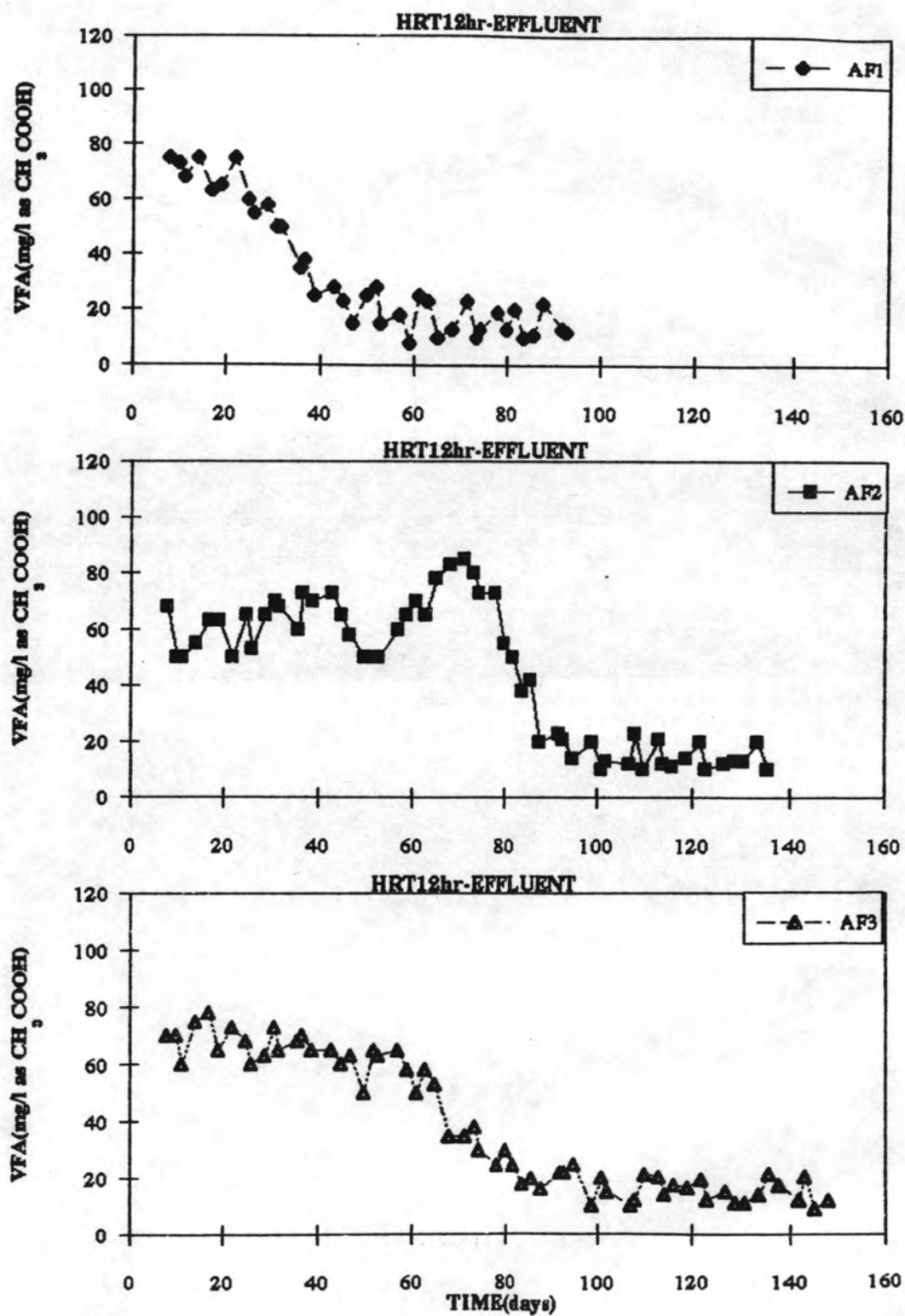
HRT (hr.)		INFLUENT	0.60 ม.			EFFLUENT		
			AF1	AF2	AF3	AF1	AF2	AF3
12	AVERAGE	6.25	7.12	7.08	6.72	7.33	7.19	6.93
	MAXIMUM	7.35	7.35	7.50	7.11	7.58	7.61	7.29
	MINIMUM	5.61	6.91	6.85	6.53	7.17	6.93	6.69
9	AVERAGE	6.30	7.13	6.99	6.69	7.23	7.07	6.81
	MAXIMUM	7.35	7.63	7.39	7.27	7.62	7.34	7.30
	MINIMUM	5.61	6.87	6.84	6.52	7.05	6.90	6.64

4.2.2 กรดโวลาคไทล์ ความเป็นค่าจรวม และอัตราส่วนกรดโวลาคไทล์ต่อความเป็นค่าจรวม

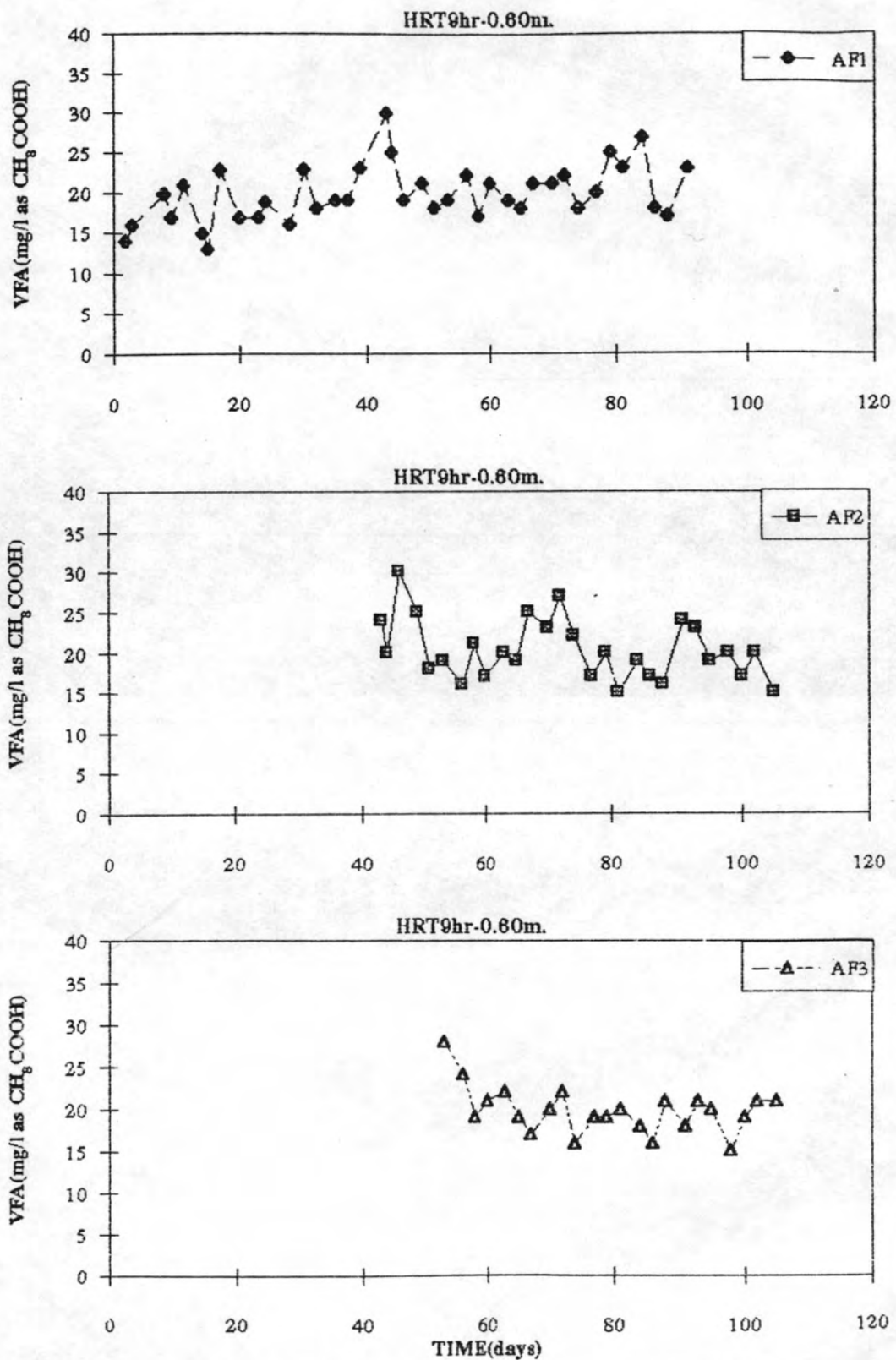
รูปที่ 4.6 ถึง 4.9 เป็นกราฟแสดงค่ากรดโวลาคไทล์ภายในถัง ๗ ระยะ 0.60 ม และค่าน้ำทิ้งจากระบบของทั้งสามถัง ๗ ระยะเวลากักน้ำ 12 ชม. พบว่ากรดโวลาคไทล์ในระยะแรกของการทดลองภายในถัง AF1 จะมีค่าเริ่มต้นประมาณ 80 มก./ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) และค่อยลดลงมาจนคงที่ในช่วงสภาวะคงตัวที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.65 มก./ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) ในขณะที่ถัง AF2 และ AF3 ในระยะแรกของการทดลองกรดโวลาคไทล์จะมีค่าอยู่ในช่วง 60-100 มก./ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) โดยถัง AF2 จะมีค่ากรดโวลาคไทล์



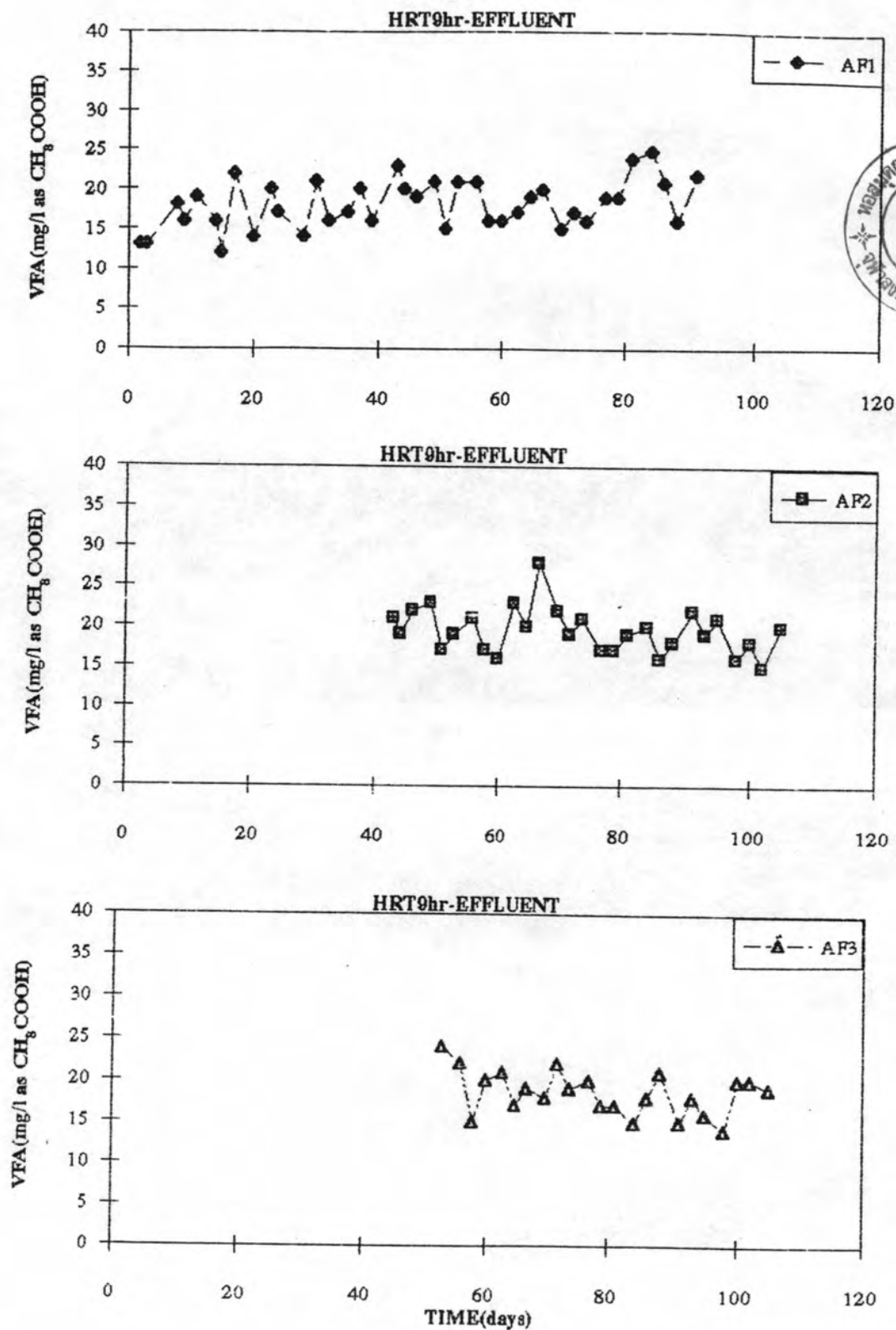
รูปที่ 4.6 ค่ากรดไขมันอิสระในถัง ณ ระยะ 0.60 m ของถังสามถังที่ระยะเวลาพักน้ำ 12 ชั่วโมง



รูปที่ 4.7 ค่ากรดไขมันอิสระที่ไหลออกจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลาพักน้ำ 12 ชั่วโมง



รูปที่ 4.8 ค่ากรดไขมันอิสระในถัง ๓ ระยะ 0.60 m ของทั้งสามถังที่ระยะเวลาพักน้ำ 9 ชั่วโมง



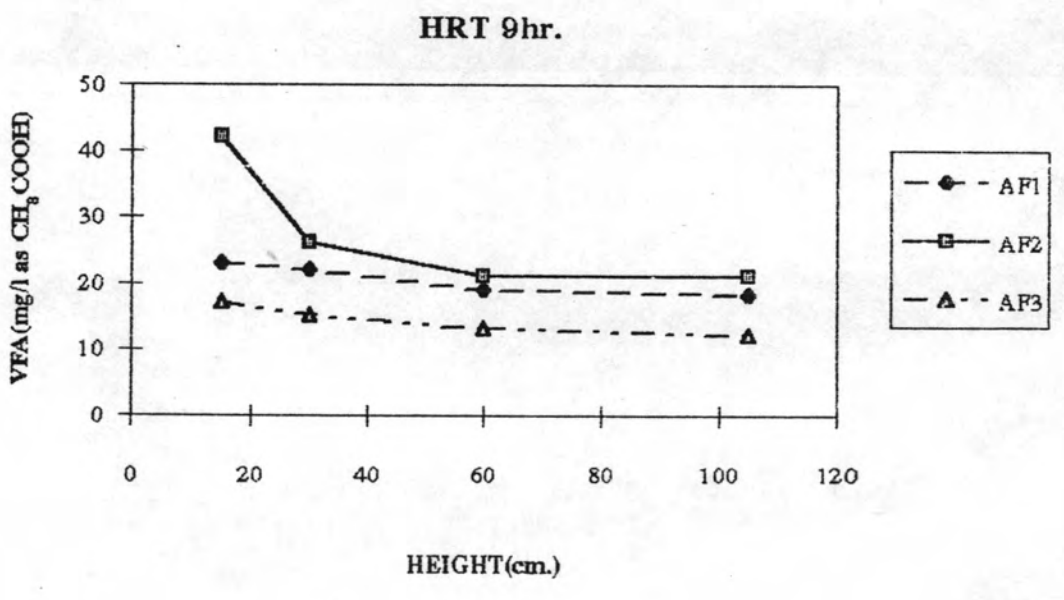
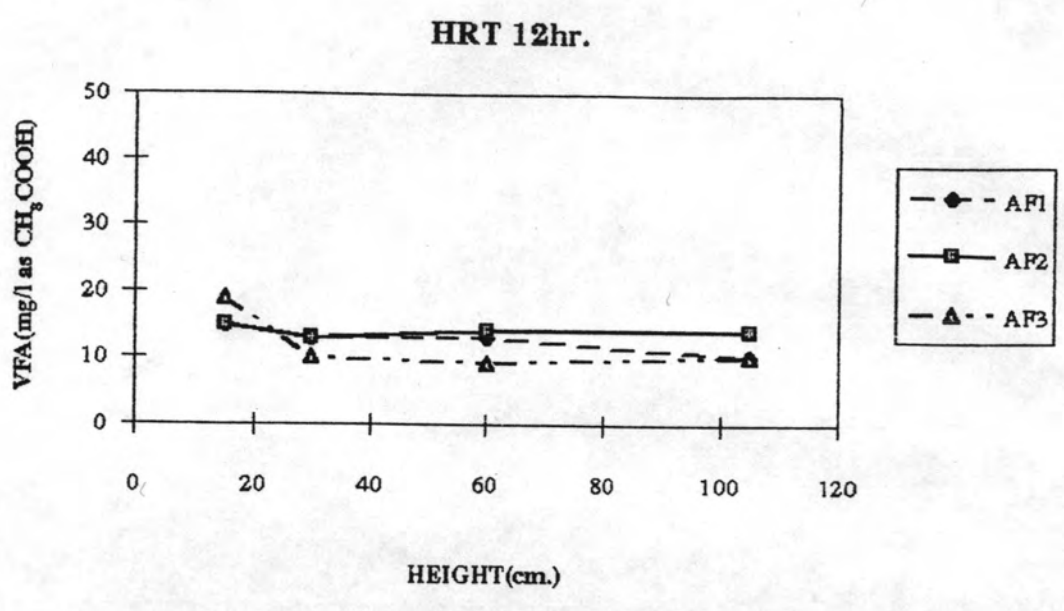
รูปที่ 4.9 ค่ากรดไขมันอิสระของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถึงที่ระยะเวลาพักน้ำ 9 ชั่วโมง

สูงกว่าถึง AF1 และ AF3 เล็กน้อย จากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงมาจนคงที่ในช่วงสภาวะคงตัวที่ประมาณ 16 มก./ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) สำหรับค่าน้ำทิ้งจากระบบของทั้งสามถังก็จะมีลักษณะคล้ายกับค่ากรดไวลาไทล่ภายในถังคือมีค่าสูงในช่วงแรกและลดลงจนคงที่ในช่วงสภาวะคงตัว เมื่อเพิ่มออร์แกนิกโหลดคั่งโดยลดระยะเวลาพักน้ำเป็น 9 ชม. ปรากฏว่ากรดไวลาไทล่ทั้งภายในถังและน้ำทิ้งจากระบบมีค่าสูงขึ้นจากเดิมเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อเทียบกับช่วงสภาวะคงตัวของระยะเวลาพักน้ำ 12 ชม. ดังแสดงในตารางที่ 4.2 สำหรับรูปที่ 4.10 ซึ่งแสดงกรดไวลาไทล่ตามระยะเวลาของถังนั้นจะพบว่าที่กั้นถังจะมีปริมาณกรดไวลาไทล่สูงที่สุดและค่อยลดลงตามความสูงของถังที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของกรดไวลาไทล่ (mg/l as  $\text{CH}_3\text{COOH}$ )

๓ สภาวะคงตัว

HRT (hr.)		0.60 m.			EFFLUENT		
		AF1	AF2	AF3	AF1	AF2	AF3
12	AVERAGE	16.65	16.00	16.13	15.80	14.27	15.00
	MAXIMUM	23	29	27	25	23	25
	MINIMUM	10	10	6	8	10	10
9	AVERAGE	21.18	21.30	19.13	20.25	19.46	17.57
	MAXIMUM	33	30	28	26	28	24
	MINIMUM	13	15	15	12	15	14



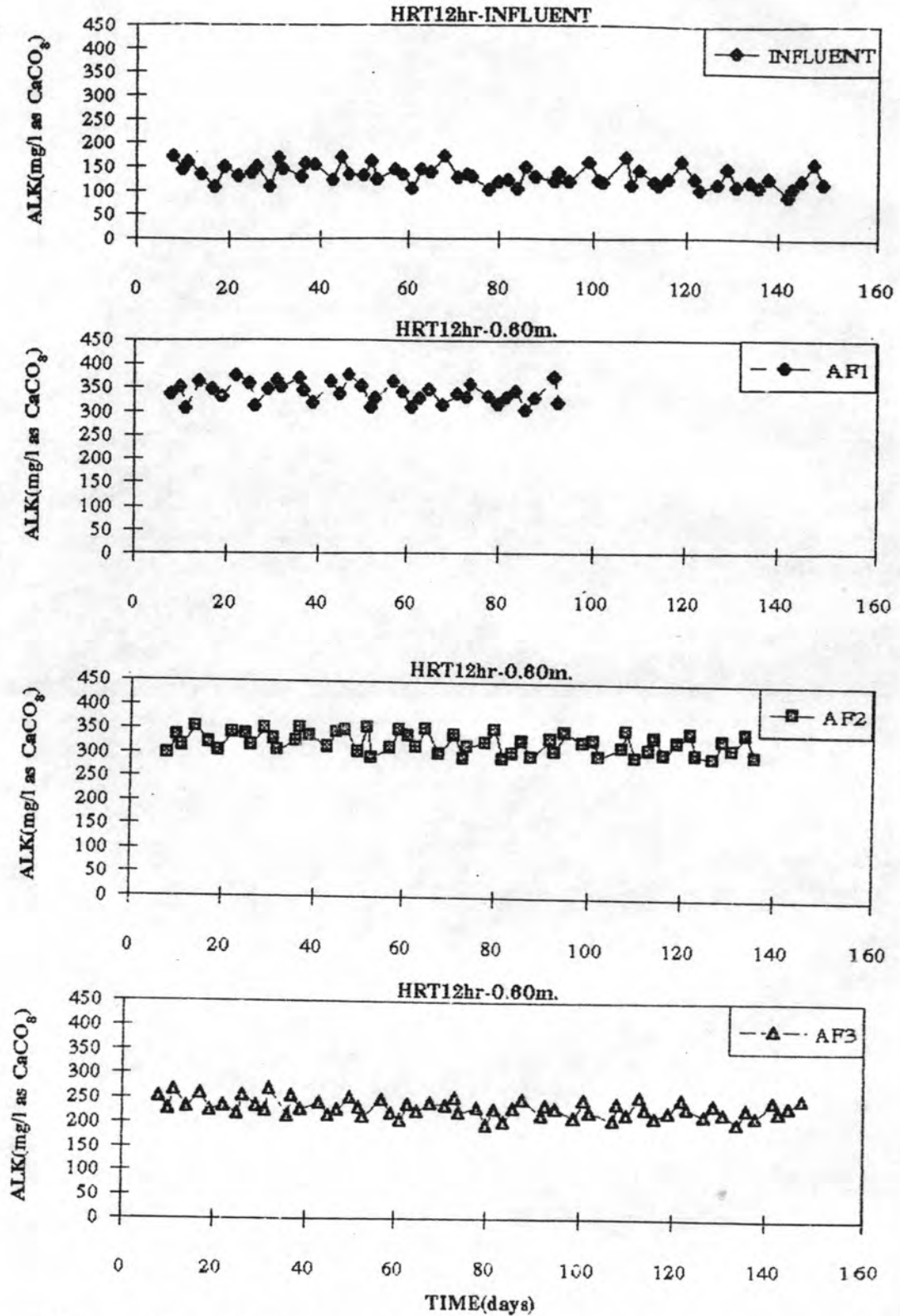
รูปที่ 4.10 ค่ากรดโวลลาไทล์ตามระยะความสูงต่าง ๆ ของถังกรองฯ ทั้งสามถัง

ส่วนค่าความเป็นค่ารวมของน้ำเสียที่เข้าระบบ ภายในถัง ณ ระยะ 0.60m และน้ำทิ้งจากระบบของทั้งสามถังนั้น แสดงอยู่ในรูปที่ 4.11 ถึง 4.14 พบว่าที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชม. ทั้งสามถังมีค่าความเป็นค่ารวมภายในถังค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง โดยค่าเฉลี่ยในช่วงสภาวะคงตัวของถัง AF1 และ AF2 มีค่าใกล้เคียงกันซึ่ง AF1 มีค่าสูงกว่าเล็กน้อยคือเท่ากับ 325 และ 314 มก./ล. (ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต) ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความเป็นค่ารวมของถัง AF3 จะต่ำกว่าถัง AF1 และ AF2 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 235 มก./ล. (ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต) และเมื่อพิจารณาถึงน้ำทิ้งจากระบบทั้งสามถังก็มีลักษณะค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลองเช่นเดียวกับภายในถัง โดยถัง AF3 มีค่าความเป็นค่ารวมต่ำที่สุดเช่นเดียวกันดังแสดงในตารางที่ 4.3 สำหรับค่าความเป็นค่ารวมของน้ำเสียที่เข้าระบบ มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 136 มก./ล. (ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต) ซึ่งไม่ได้มีการเพิ่มกำลังปั๊มเพื่อให้กับระบบ

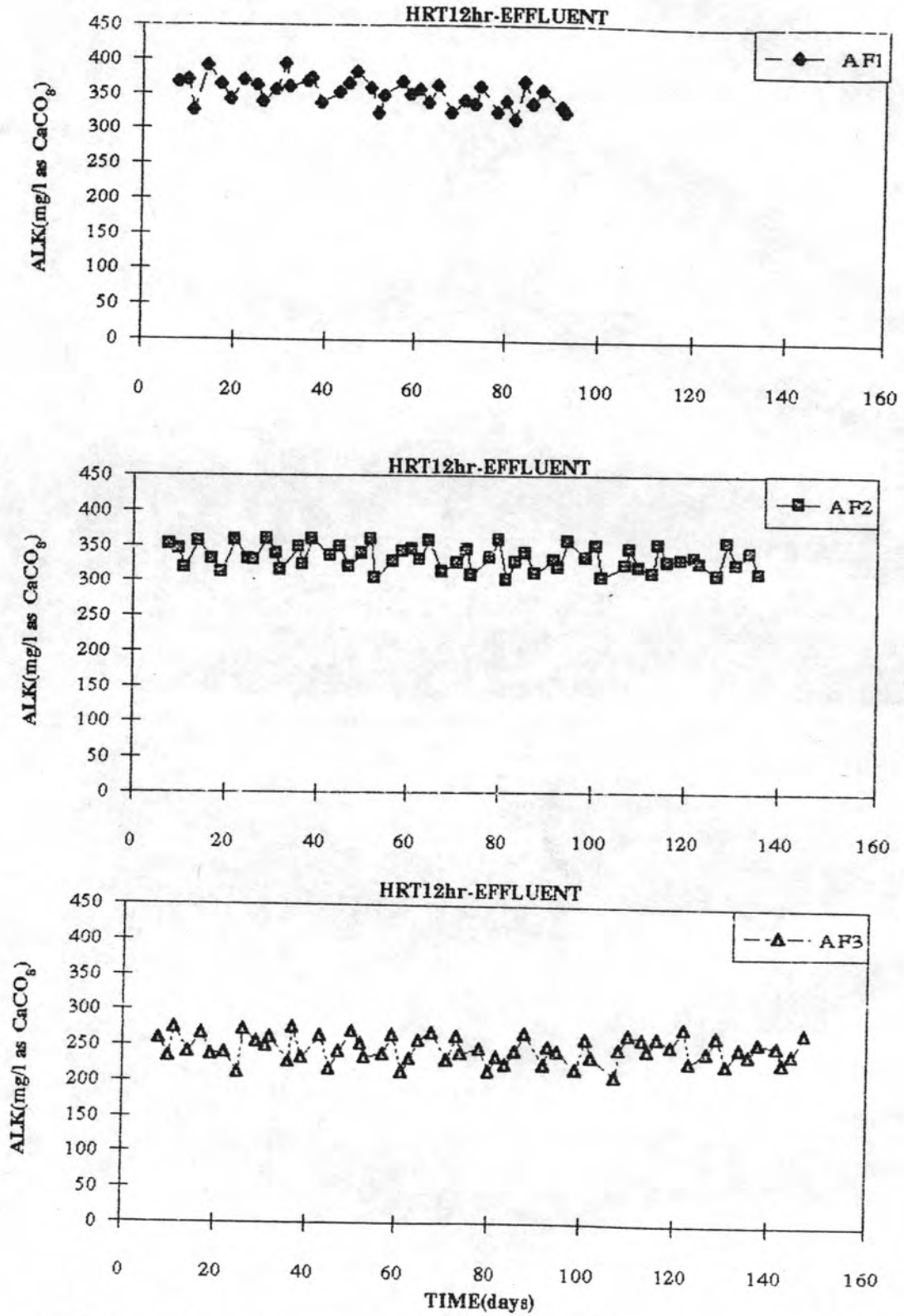
ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นค่ารวม (mg/l as CaCO<sub>3</sub>) ณ สภาวะคงตัว

HRT (hr.)		0.60 m.			EFFLUENT		
		AF1	AF2	AF3	AF1	AF2	AF3
12	AVERAGE	325	314	235	334	321	233
	MAXIMUM	374	352	258	369	356	278
	MINIMUM	305	296	203	316	305	211
9	AVERAGE	334	322	229	346	335	243
	MAXIMUM	359	349	260	365	359	265
	MINIMUM	312	300	198	320	304	215



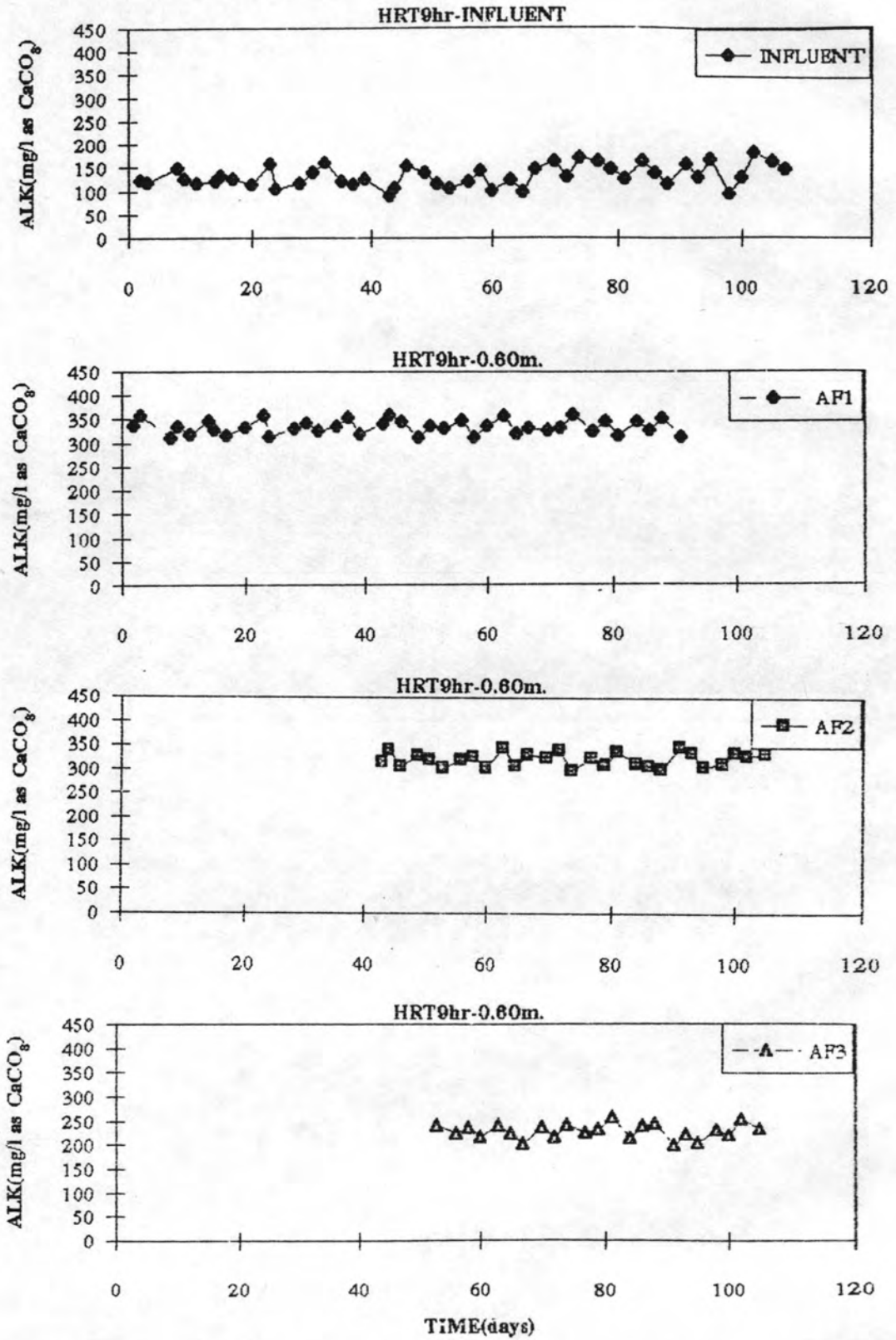


รูปที่ 4.11 ค่าความเป็นด่างรวมของน้ำเสียที่เข้าระบบ และภายในถัง ๓ ระยะ 0.60 m ของทั้งสามถังที่ระยะเวลาพักน้ำ 12 ชั่วโมง

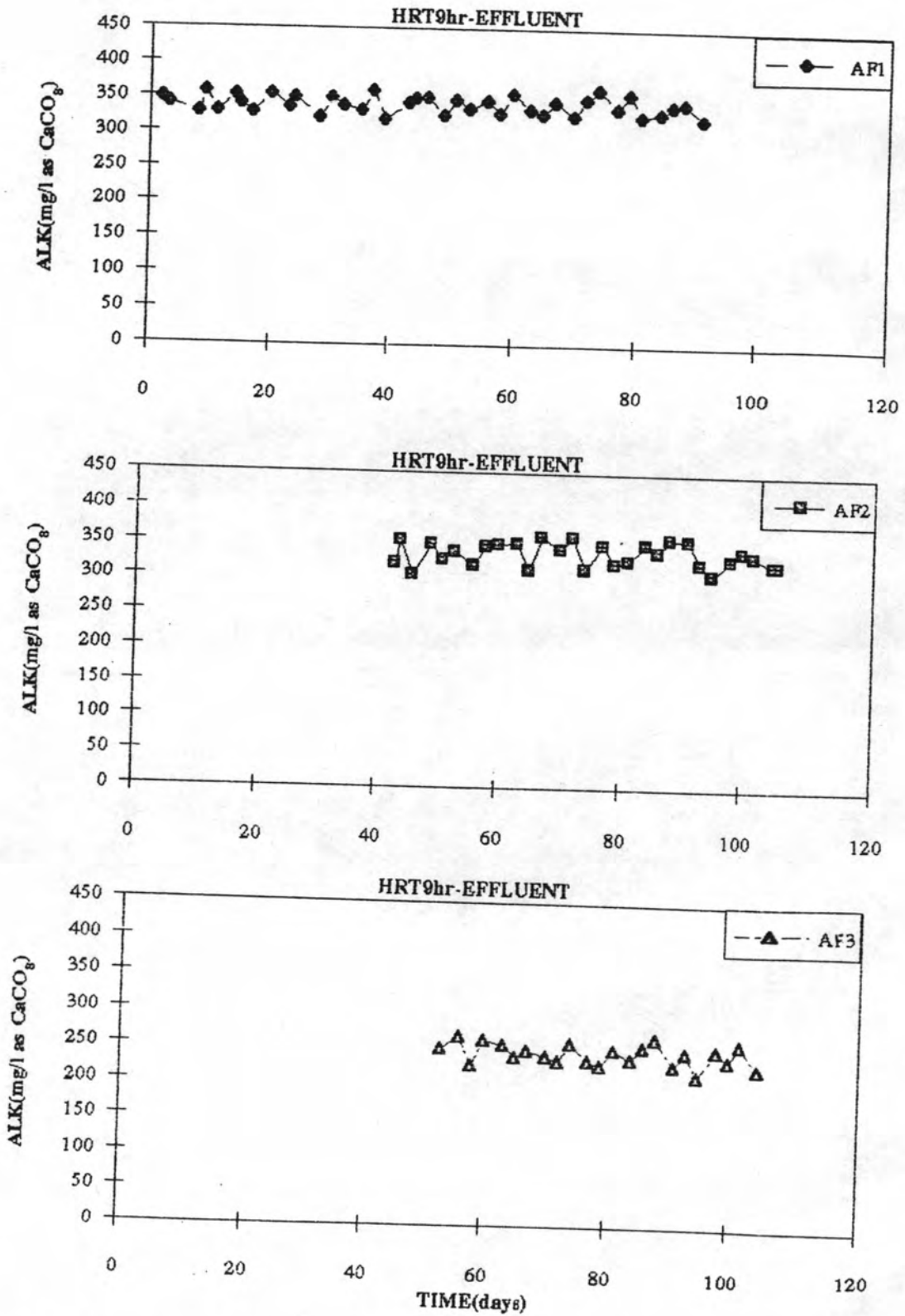


รูปที่ 4.12 ค่าความเป็นด่างรวมของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถึงที่ระยะเวลาถักน้ำ

12 ชั่วโมง.



รูปที่ 4.13 ค่าความเป็นด่างรวมของน้ำเสียที่เข้าระบบ และภายในถัง ๓ ระยะ 0.60 m ของทั้งสามถังที่ระยะเวลาพักน้ำ 9 ชั่วโมง



รูปที่ 4.14 ค่าความเป็นด่างรวมของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลาพักน้ำ 9 ชั่วโมง

แต่ประการใด เพราะระบบยังคงมีเสถียรภาพคืออยู่ เมื่อเพิ่มออร์แกนิกโพลคั้งเป็นระยะเวลาอีก น้ำ 9 ซม. ค่าความเป็นค่ารวมของภาสอินดิ้งและน้ำทั้งจากระบบยังคงมีค่าใกล้เคียงกับระยะเวลาอีกน้ำ 12 ซม. รูปที่ 4.15 แสดงค่าความเป็นค่ารวมตามระยะความสูงต่าง ๆ ภาสอินดิ้งกรอง ซึ่งค่าความเป็นค่ารวมจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะความสูงของดิ้ง โดยดิ้ง AF3 มีค่าความเป็นค่ารวมต่ำกว่าดิ้ง AF1 และ AF2 ทุกจุดความสูง

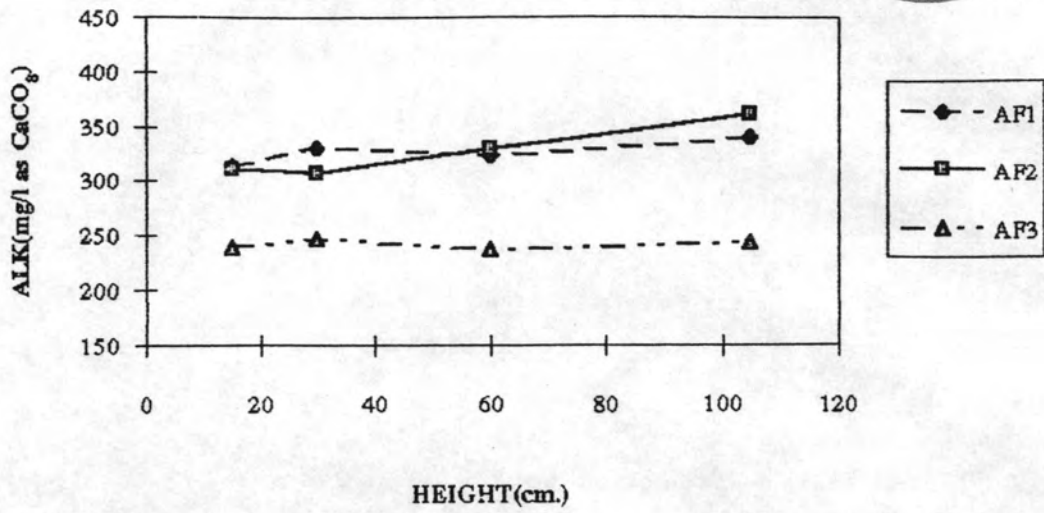
อัตราส่วนกรดโวลาคัลคือความเป็นค่ารวมของทั้งสามดิ้ง จะแสดงอยู่ในรูปที่ 4.16 ถึง 4.19 ซึ่งแสดงค่าภาสอินดิ้ง ๗ ระยะ 0.60 m และน้ำทั้งจากระบบ ในระยะเวลาอีกน้ำ 12 ซม. ช่วงแรกของการทดลองค่าอัตราส่วนนี้ภาสอินดิ้ง AF3 จะมีค่าสูงกว่า AF1 และ AF2 โดย AF3 มีค่าอยู่ในช่วง 0.25-0.39 AF2 มีค่าอยู่ในช่วง 0.18-0.31 และ AF1 มีค่าอยู่ในช่วง 0.08-0.24 จากนั้นจะเริ่มลดลงและคงที่ในช่วงสภาวะคงตัวโดยมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันทั้งสามดิ้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ส่วนน้ำทั้งจากระบบทั้งสามดิ้งในช่วงแรกของการทดลองจะมีค่าต่ำกว่าภาสอินดิ้ง และเมื่อเข้าสู่ช่วงสภาวะคงตัวจะมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับภาสอินดิ้ง เมื่อเพิ่มออร์แกนิกโพลคั้งเป็นระยะเวลาอีกน้ำ 9 ซม. ทั้งภาสอินดิ้งและน้ำทั้งจากระบบมีค่าอัตราส่วนเพิ่มขึ้นจากเดิมเล็กน้อยเท่านั้น รูปที่ 4.20 แสดงค่าอัตราส่วนกรดโวลาคัลคือความเป็นค่ารวมตามระยะความสูงของดิ้ง พบว่าจะมีค่าสูงสุดที่กันดิ้ง และลดลงตามระยะความสูงของดิ้งที่เพิ่มขึ้น

#### 4.2.3 ศักยภาพในการให้และรับอิเล็กตรอน(ORP)

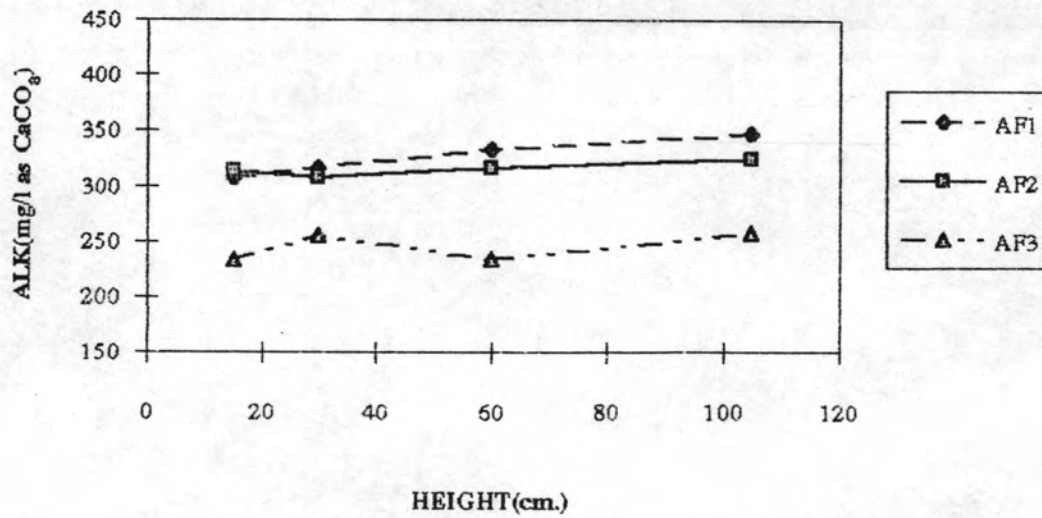
รูปที่ 4.21 ถึง 4.24 แสดงกราฟโออาร์พีภาสอินดิ้ง ๗ ระยะ 0.60m และน้ำทั้งจากระบบของทั้งสามดิ้งพบว่า ๗ ระยะเวลากักน้ำ 12 ซม. ค่าโออาร์พีของดิ้งมีลักษณะใกล้เคียงกันตลอดไม่ว่าจะเป็นการเปรียบเทียบภาสอินดิ้งด้วยตนเอง หรือเปรียบเทียบน้ำทั้งจากระบบก็ตามที่ กล่าวคือถ้าเปรียบเทียบภาสอินดิ้งก็จะพบว่าค่าโออาร์พีในช่วงแรกของการทดลองจะมีค่าที่เปลี่ยนแปลงขึ้นลงอยู่ในช่วง -200 ถึง -300 mv. และเมื่อระบบเริ่มเข้าสู่ช่วงสภาวะคงตัว ค่าโออาร์พีก็จะเริ่มคงที่อยู่ที่ระหว่าง -300 ถึง -370 mv. สำหรับน้ำทั้งจากระบบของทั้งสามดิ้งนั้นก็เช่นเดียวกัน คือมีลักษณะขึ้นลงในช่วงแรกของการทดลองอยู่ในช่วง -200 ถึง -300 mv. และ ๗ สภาวะคงตัวค่าโออาร์พีของ AF1 และ AF2 จะมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันคือ -136 และ



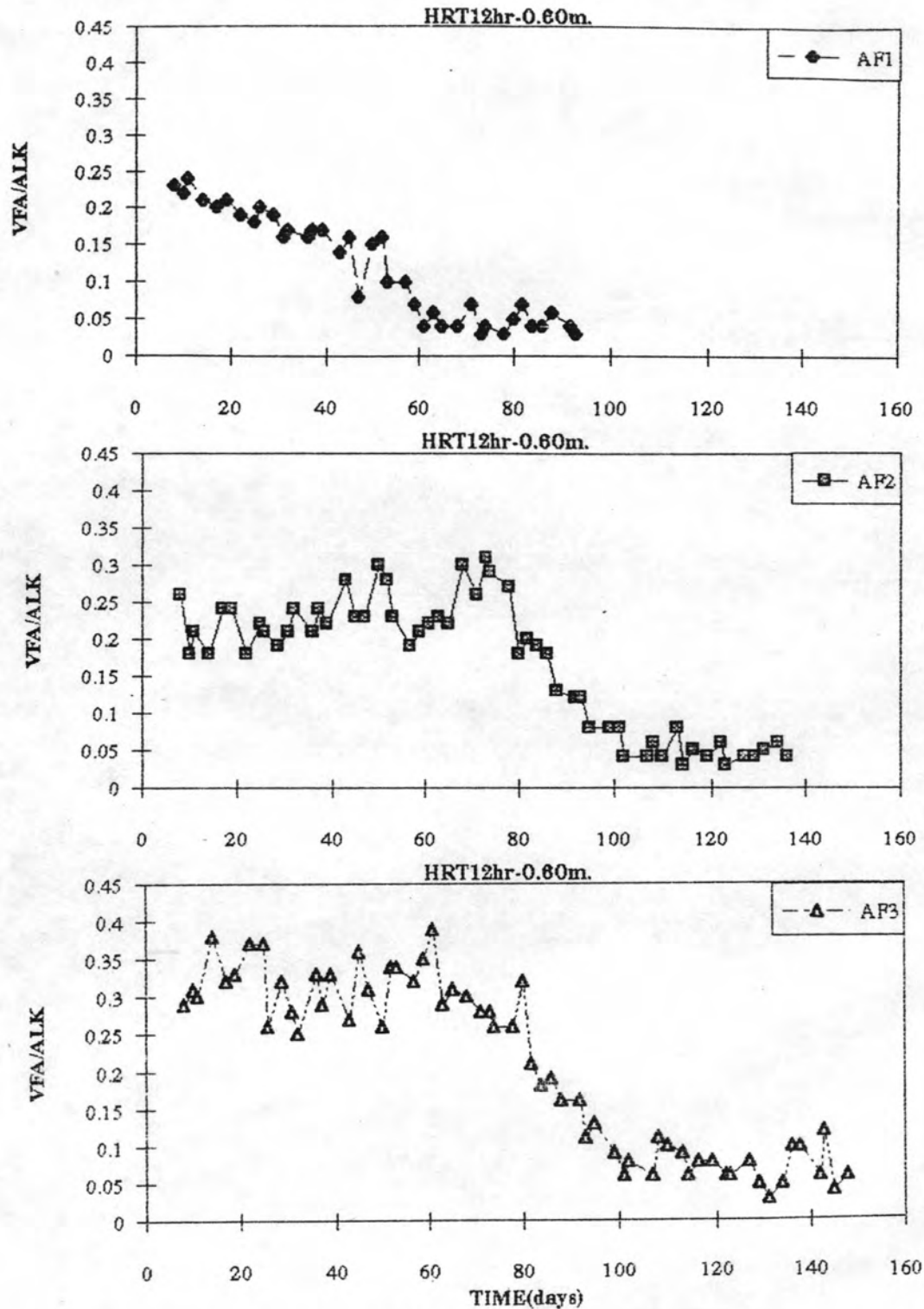
HRT 12hr.



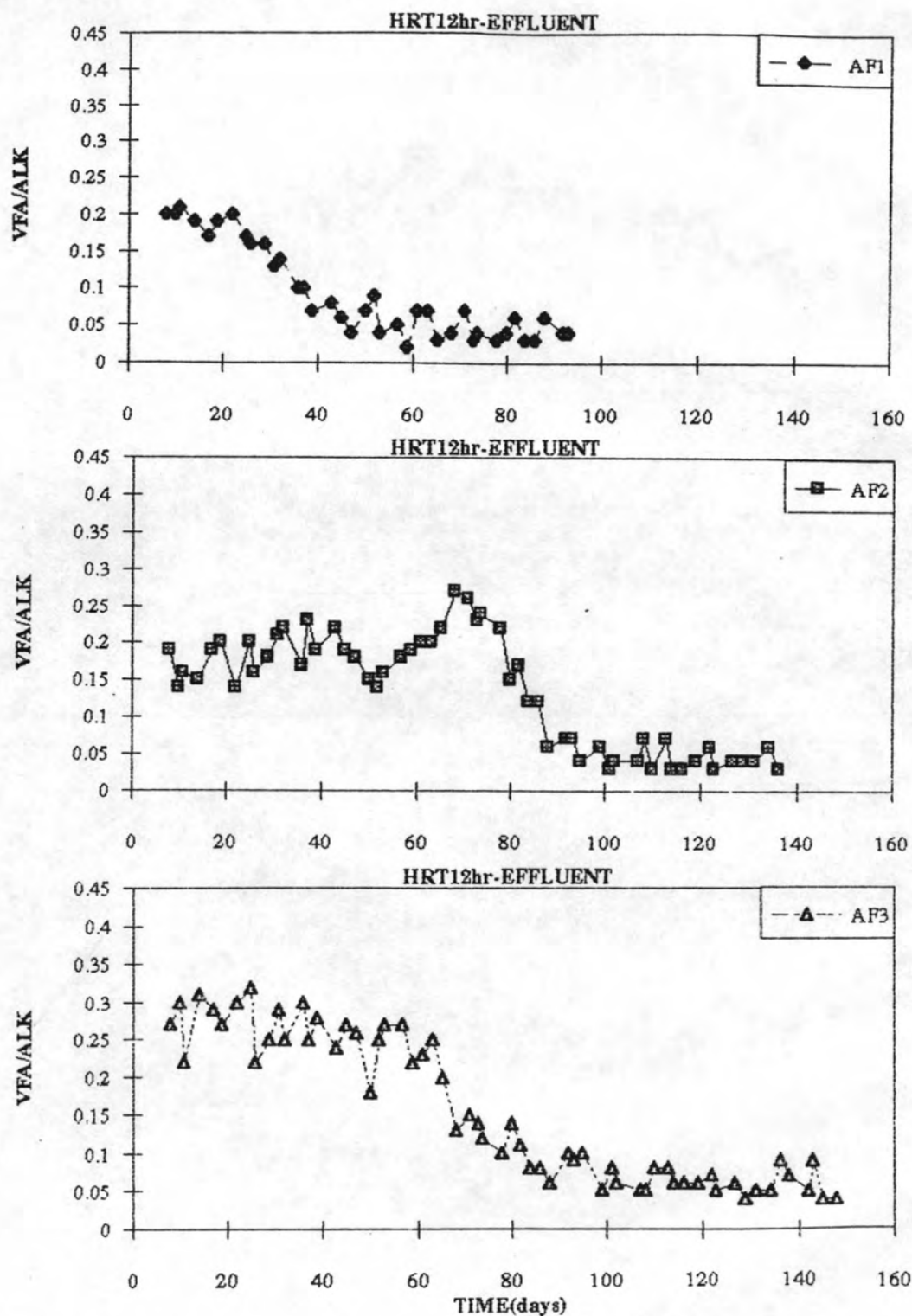
HRT 9hr.



รูปที่ 4.15 ค่าความเป็นด่างรวมตามระยะความสูงต่างๆ ของถังกรองฯ ทั้งสามถัง

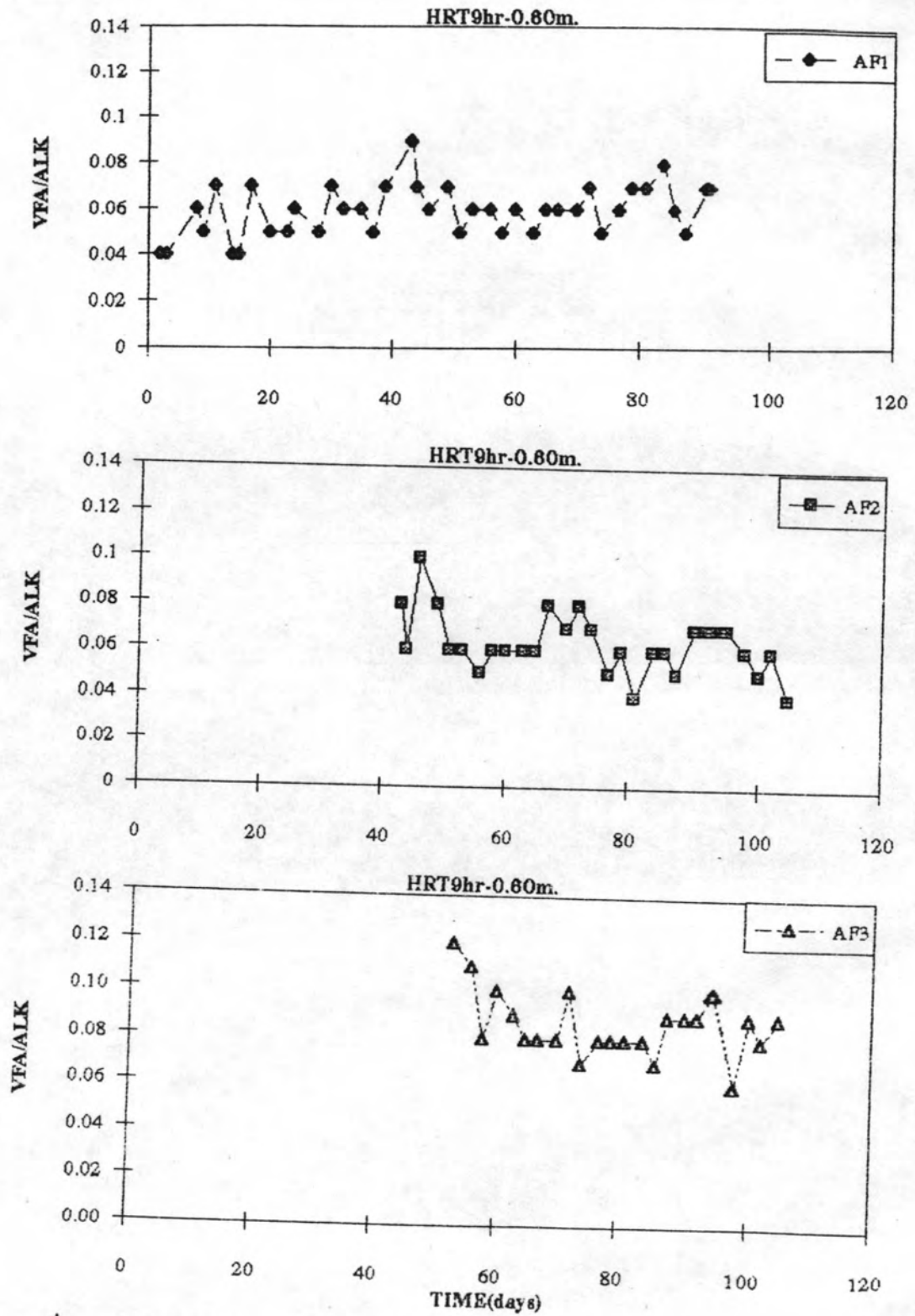


รูปที่ 4.16 ค่าอัตราส่วนกรดไขมันอิสระต่อความเป็นด่างรวมภายในถัง ๓ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถังที่ระยะเวลาพักน้ำ 12 ชั่วโมง

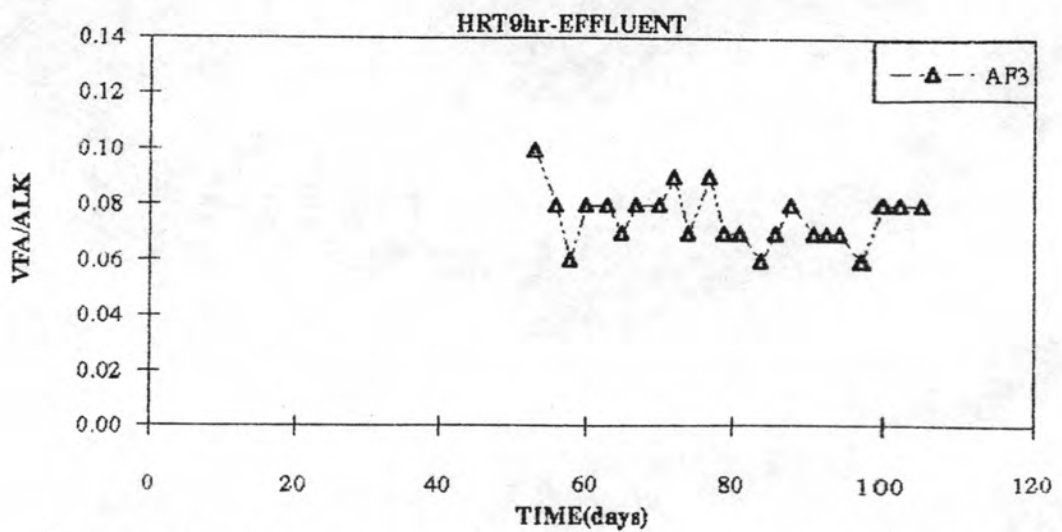
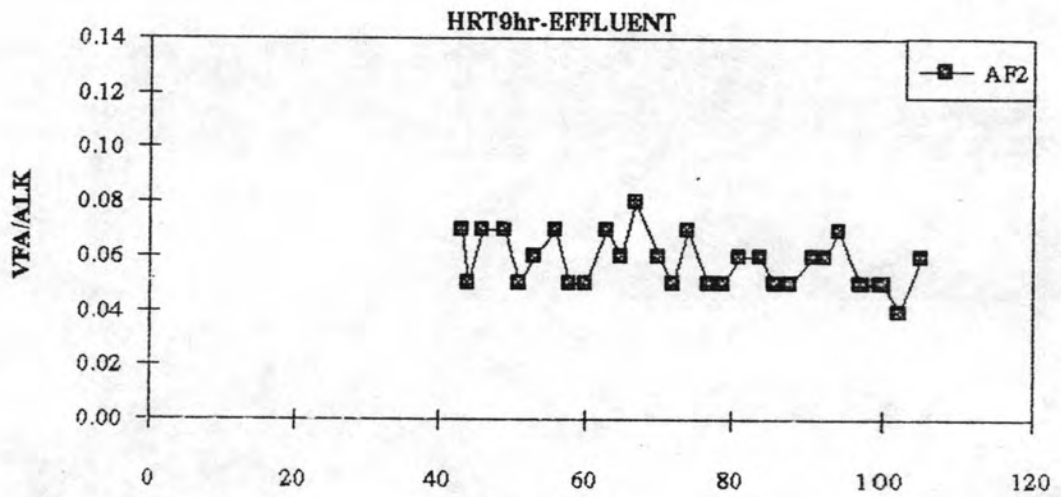
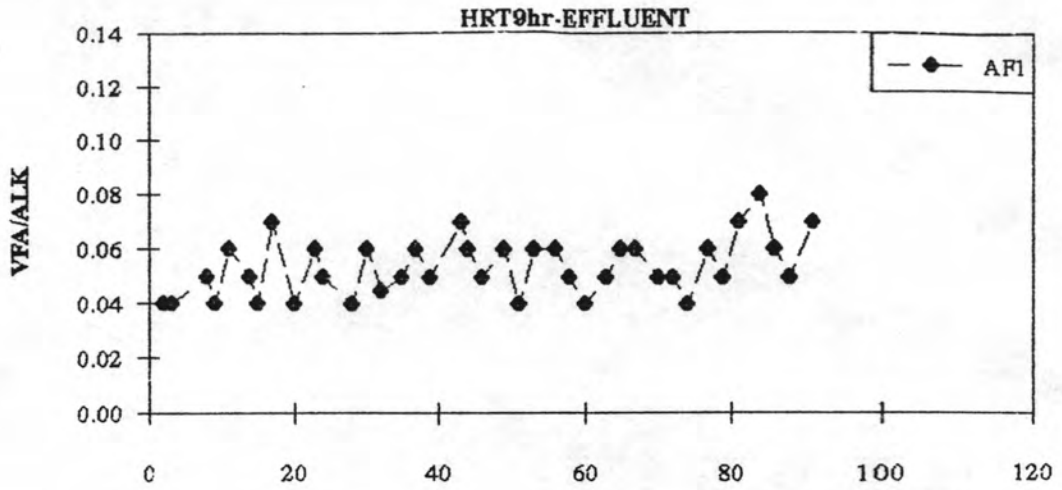


รูปที่ 4.17 ค่าอัตราส่วนกรดไขมันอิสระต่อความเป็นด่างรวมของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถึงที่  
ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง

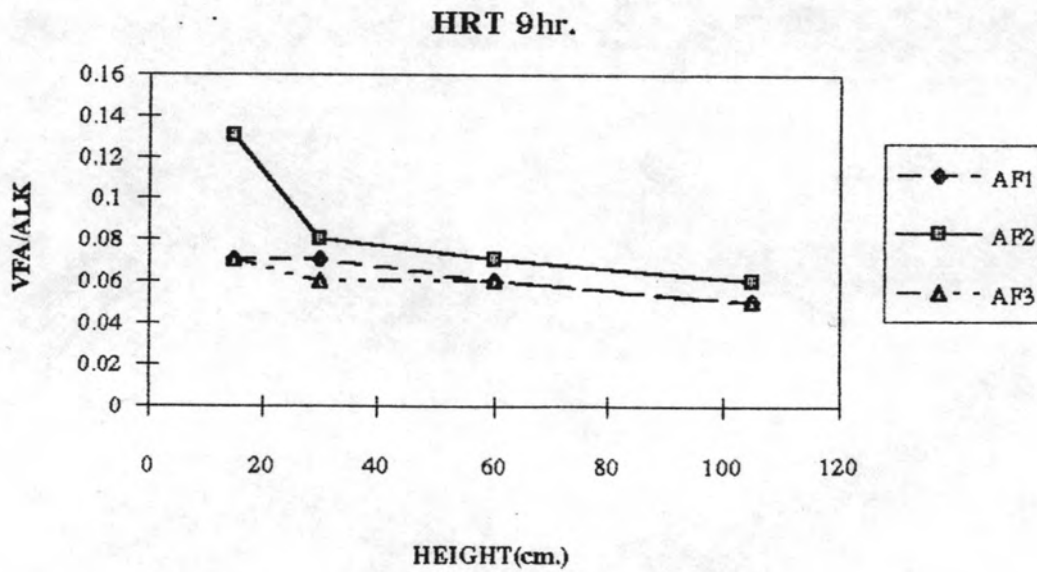
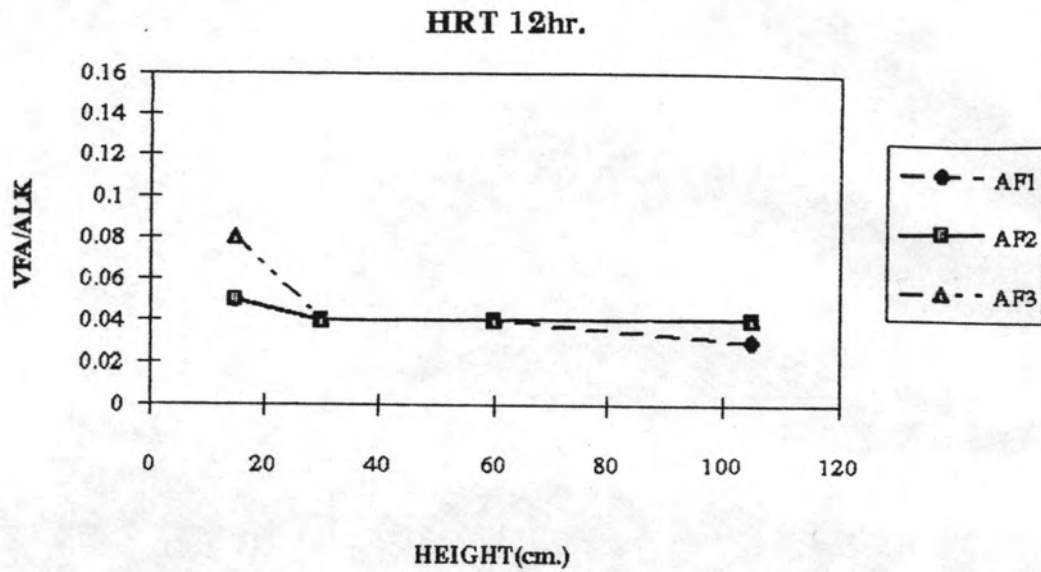




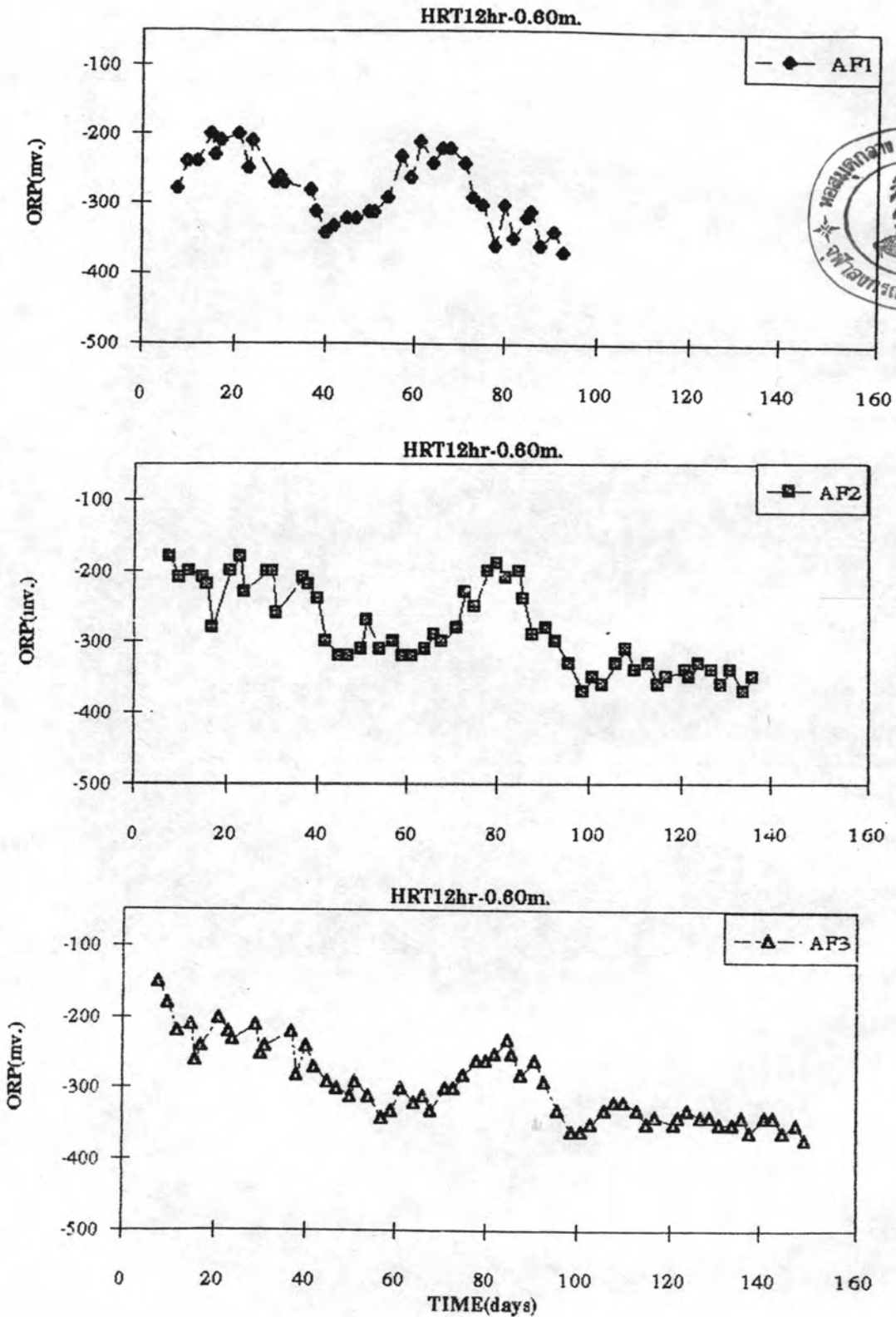
รูปที่ 4.18 ค่าอัตราส่วนกรดไขมันอิสระต่อความเป็นด่างรวมภายในถัง ณ ระยะ 0.60 m ของถังสามถังที่ระยะเวลาพักน้ำ 9 ชั่วโมง



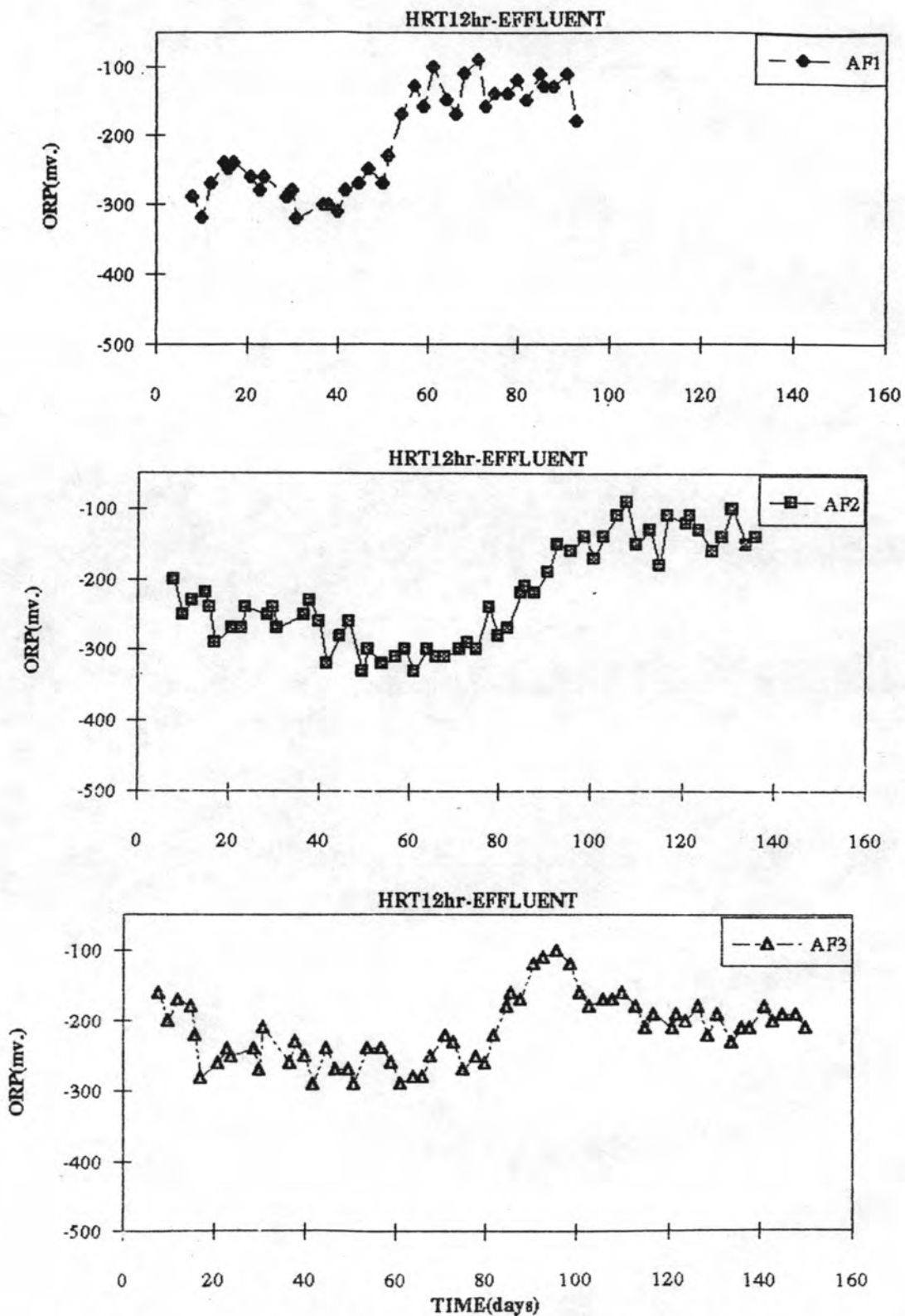
รูปที่ 4.19 ค่าอัตราส่วนกรดไขมันอิสระต่อความเป็นด่างรวมของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถึงที่  
ระยะเวลาพักน้ำ 9 ชั่วโมง



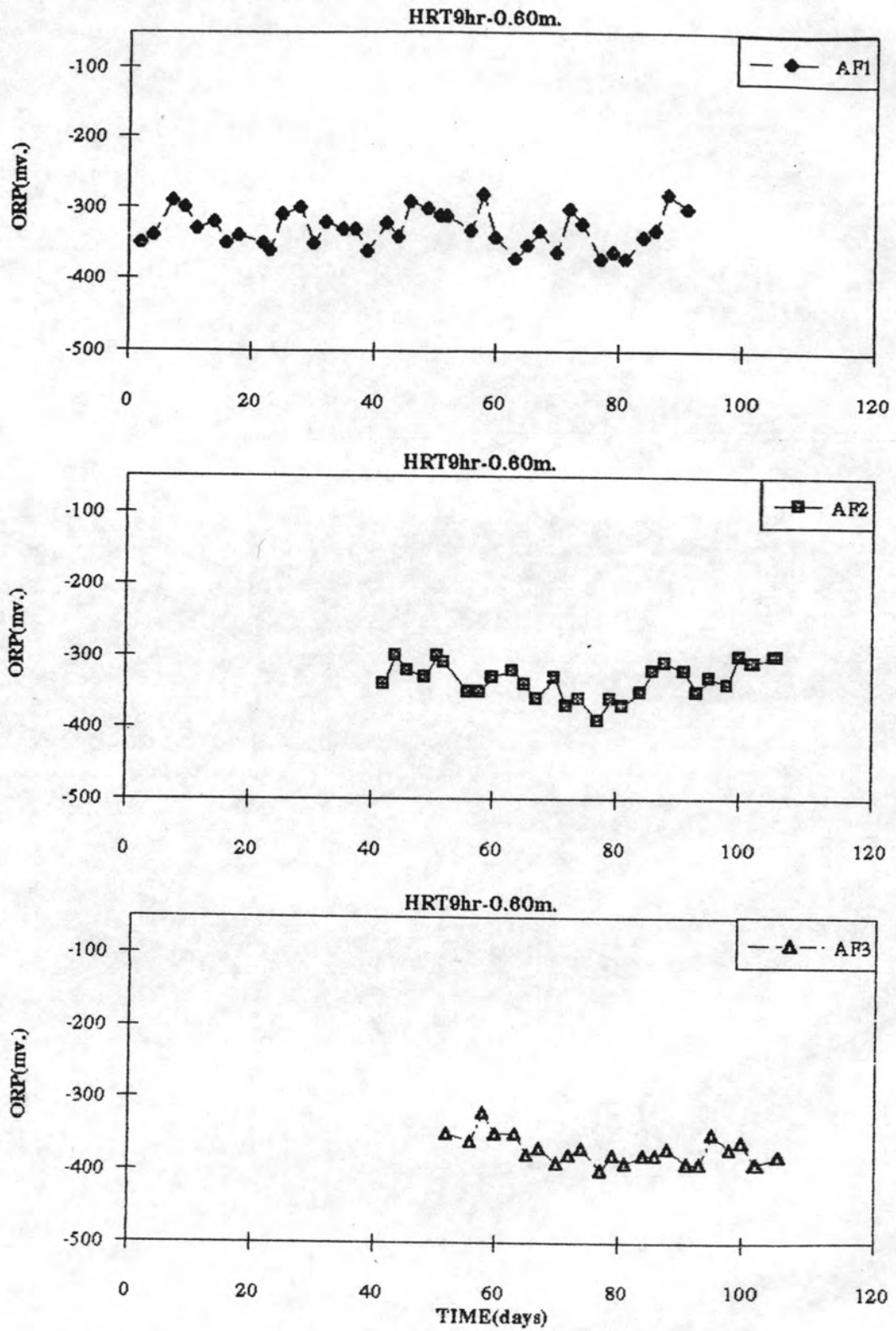
รูปที่ 4.20 ค่าอัตราส่วนกรดโวลลาไทล์ต่อความเป็นด่างรวมตามระยะความสูงต่างๆ ของถัง  
กรองฯ ทั้งสามถัง



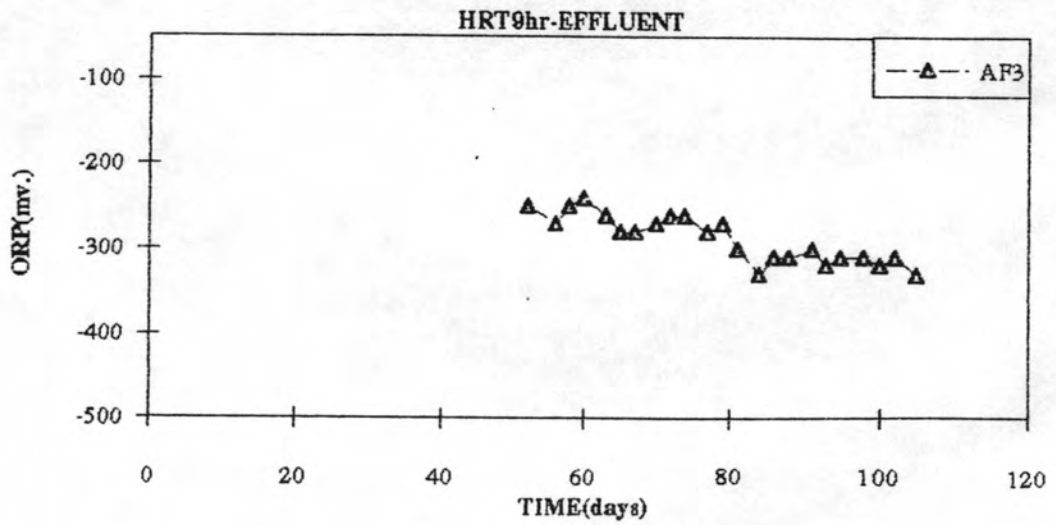
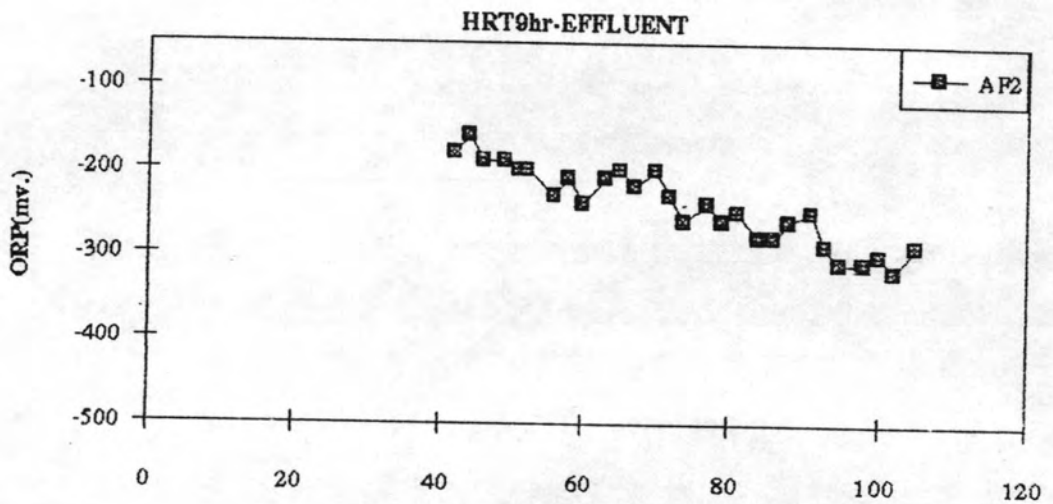
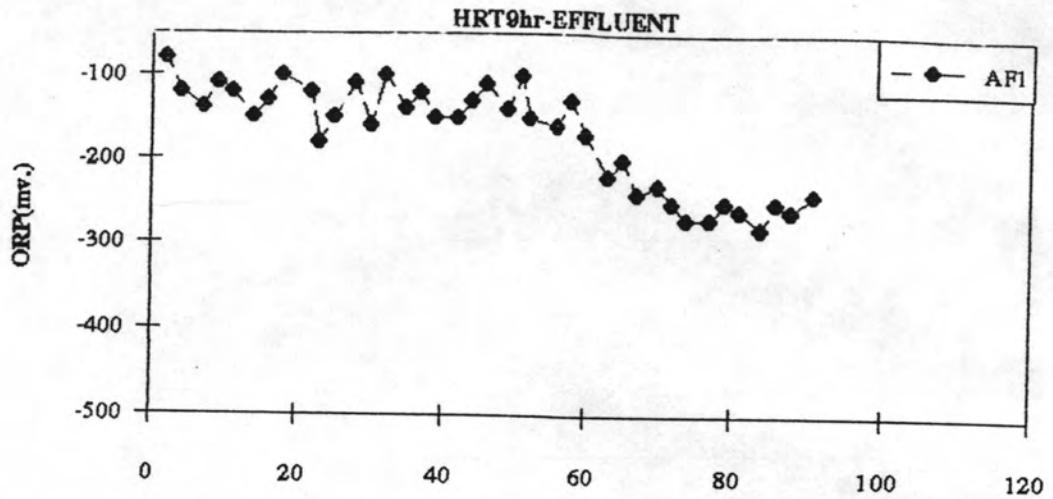
รูปที่ 4.21 ค่าโออาร์พีภายในถัง ๗ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง



รูปที่ 4.22 ค่าโออาร์พีของน้ำทิ้งจากระบบทั้งสามถึงที่ระยะเวลาที่น้ำ 12 ชั่วโมง



รูปที่ 4.23 ค่าโออาร์พีภายในถัง ณ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถังที่ระยะเวลาพักน้ำ 9 ชั่วโมง



รูปที่ 4.24 ค่าโออาร์พีของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลาพักน้ำ 9 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนกรเวลาไหลต่อความเป็นค่ารวม

๗ สภาวะคงตัว

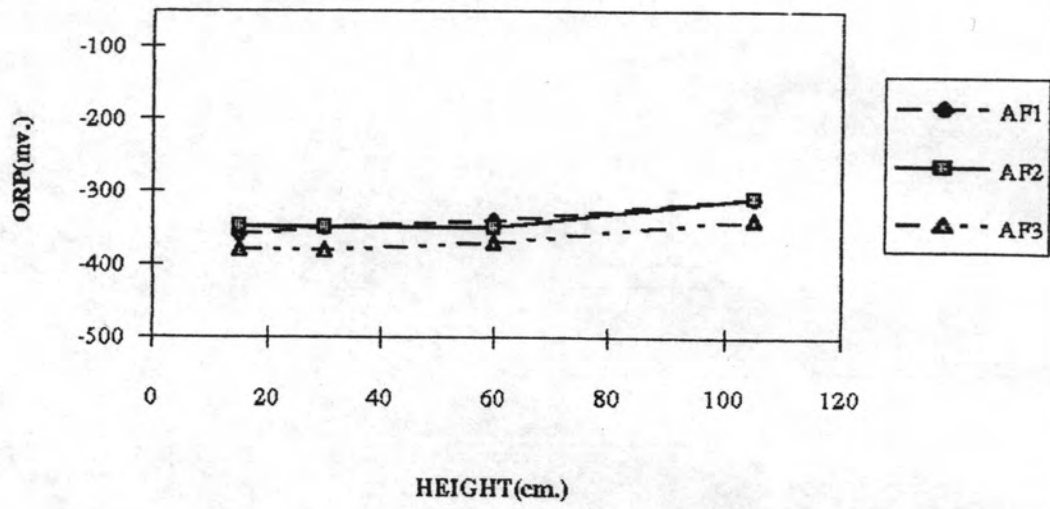


HRT (hr.)		0.60 m.			EFFLUENT		
		AF1	AF2	AF3	AF1	AF2	AF3
12	AVERAGE	0.05	0.05	0.07	0.04	0.04	0.06
	MAXIMUM	0.07	0.08	0.12	0.07	0.07	0.11
	MINIMUM	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03
9	AVERAGE	0.08	0.06	0.09	0.05	0.06	0.08
	MAXIMUM	0.11	0.10	0.12	0.08	0.08	0.10
	MINIMUM	0.04	0.04	0.06	0.04	0.03	0.06

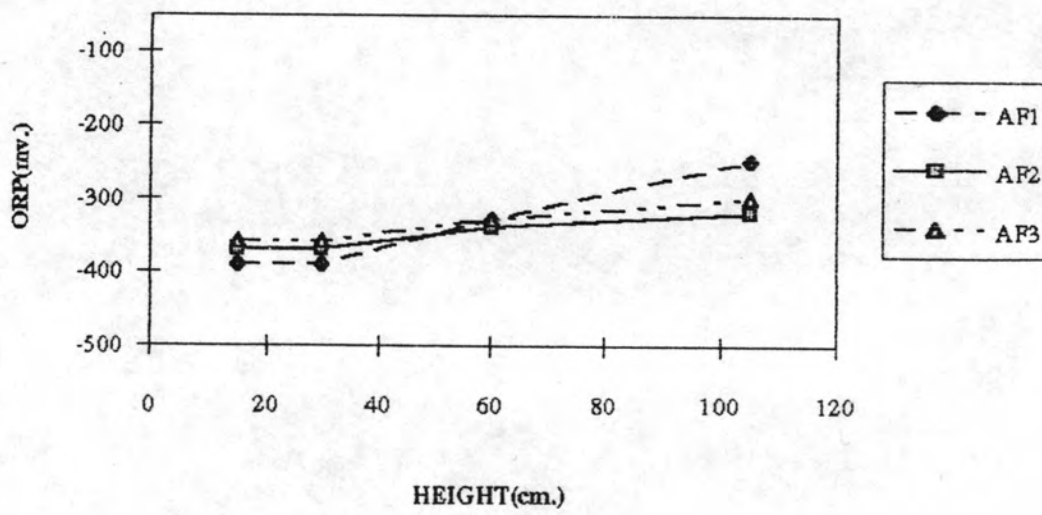
-139 มว. ตามลำดับ ส่วนถึง AF3 จะมีค่าไออาร์พีที่คิดลบสูงขึ้นเล็กน้อยเท่ากับ -194 มว. ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และเมื่อเพิ่มออร์แกนิกโพลีคอลลอยด์เป็นระยะเวลาอีกน้ำ 9 ชม. ค่าไออาร์พีภายในถังของทั้งสามถังก็ยังคงอยู่ระหว่าง -280 ถึง -400 มว. ซึ่งใกล้เคียงกับค่าไออาร์พีในช่วงสภาวะคงตัวของระยะเวลาอีกน้ำ 12 ชม. แต่เมื่อมาพิจารณาน้ำทิ้งจากระบบของทั้งสามถังจะพบว่าค่าไออาร์พีมีแนวโน้มที่คิดลบสูงขึ้น คือ ๗ สภาวะคงตัว ค่าไออาร์พีถึง AF1, AF2 และ AF3 จะมีค่าเท่ากับ -248, -241 และ -315 มว. ตามลำดับ สำหรับรูปที่ 4.25 ซึ่งเป็นกราฟไออาร์พีตามระยะความสูงต่าง ๆ ของถังกรองทั้งสามถังจะพบว่าค่าไออาร์พีจะคิดลบน้อยลงตามระยะความสูงที่เพิ่มขึ้นของถังกรอง นั่นคือส่วนล่างของถังกรองจะมีค่าไออาร์พีที่คิดลบสูงกว่าส่วนบนของถัง



HRT 12hr.



HRT 9hr.



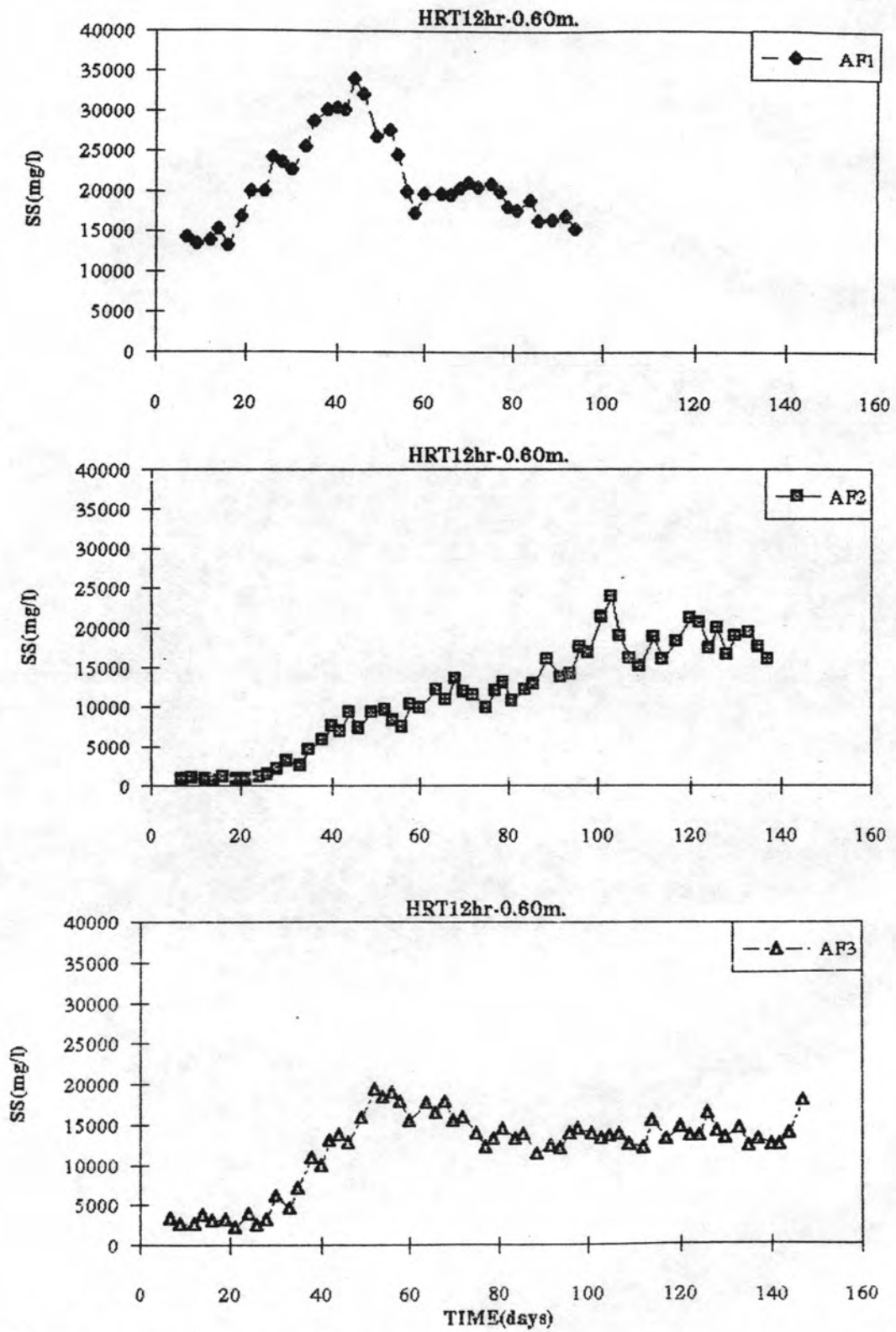
รูปที่ 4.25 ค่าโออาร์พีตามระยะความสูงต่าง ๆ ของถังกรองฯ ทั้งสามถัง

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยของไออาร์พี (mg.) ณ สภาวะคงตัว

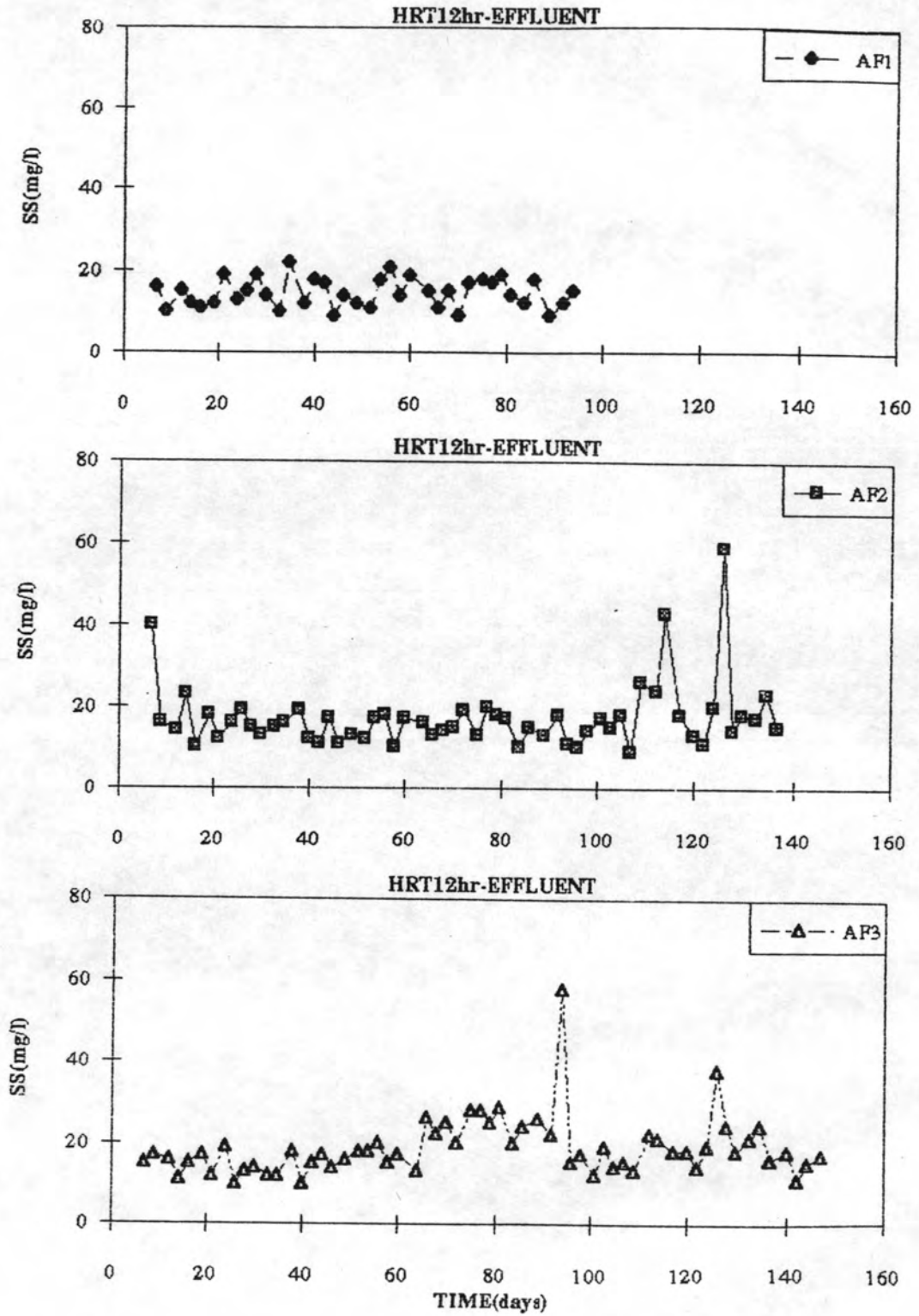
HRT (hr.)		0.60 m.			EFFLUENT		
		AF1	AF2	AF3	AF1	AF2	AF3
12	AVERAGE	-289	-340	-343	-136	-139	-194
	MAXIMUM	-210	-280	-320	-90	-90	-160
	MINIMUM	-370	-370	-370	-180	-190	-230
9	AVERAGE	-337	-334	-376	-248	-241	-135
	MAXIMUM	-280	-300	-350	-200	-160	-300
	MINIMUM	-370	-390	-390	-280	-320	-330

## 4.2.4 ค่าตะกอนแขวนลอยและตะกอนแขวนลอยเวลาไหล

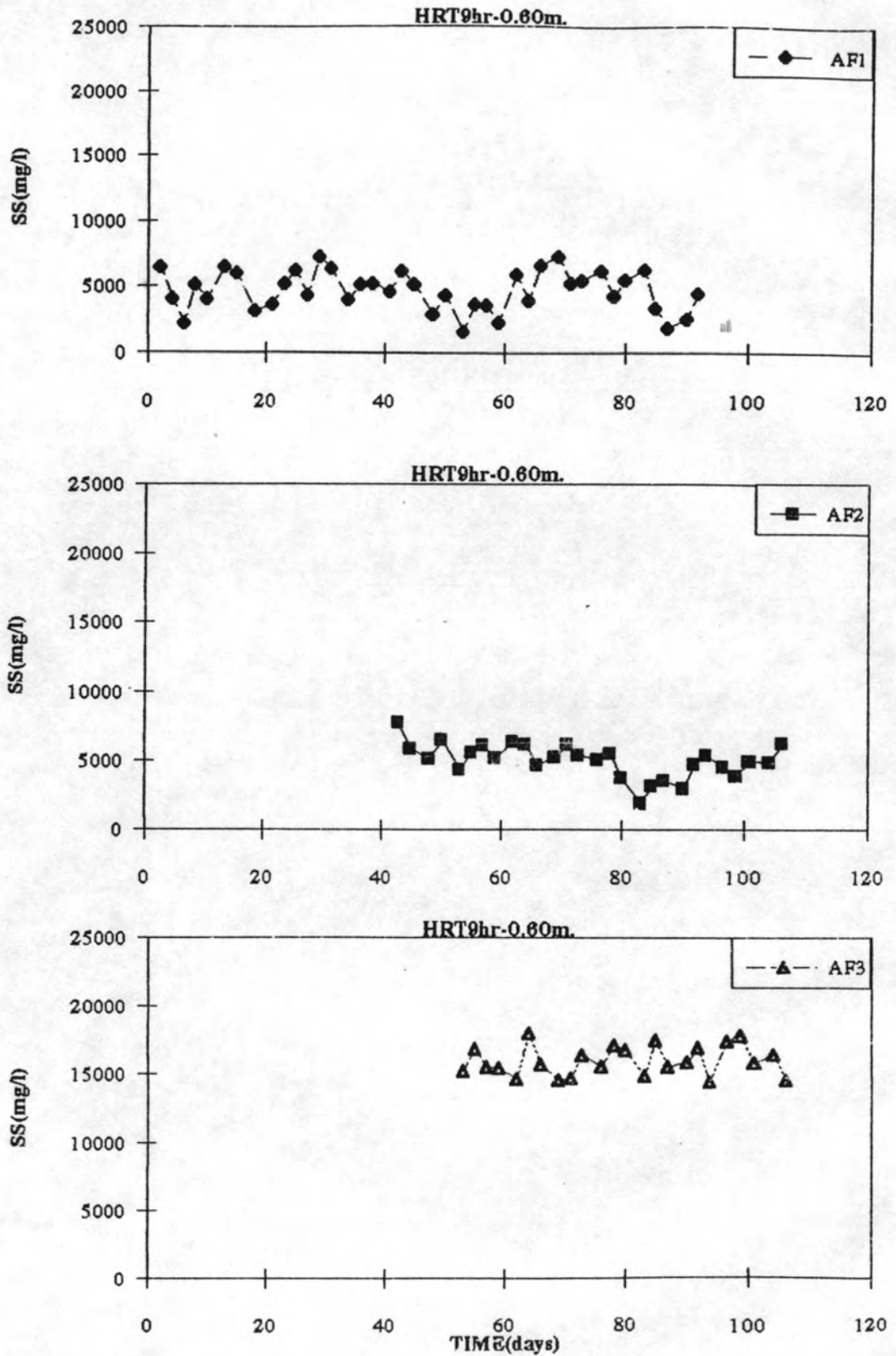
รูปที่ 4.26 ถึง 4.29 แสดงกราฟตะกอนแขวนลอย และรูปที่ 4.31 ถึง 4.34 แสดงกราฟของตะกอนแขวนลอยเวลาไหล ซึ่งแสดงถึงค่าภายในถึง ๗ ระยะ 0.60 m และน้ำทิ้งจากระบบของทั้งสามดังพบว่า ๗ ระยะเวลากักน้ำ 12 ชม. ค่าตะกอนแขวนลอยและตะกอนแขวนลอยเวลาไหลภายในถังมีลักษณะค่อนข้าง ๗ เพิ่มปริมาณจนถึงระดับหนึ่งจากนั้นจะมีค่าลดลงและเริ่มคงที่เมื่อเข้าสู่ช่วงสภาวะคงตัว โดยมีค่าเฉลี่ยถึง AF1 และ AF2 ใกล้เคียงกันที่ 18,626 และ 18,040 มก./ล. ตามลำดับส่วนถึง AF3 มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อยคือเท่ากับ 13,629 มก./ล. ส่วนตะกอนแขวนลอยเวลาไหลจะมีค่าเฉลี่ยในช่วงสภาวะคงตัวประมาณ 50-60% ของตะกอนแขวนลอย สำหรับค่าน้ำทิ้งจากระบบทั้งตะกอนแขวนลอยและตะกอนแขวนลอยเวลาไหลพบ



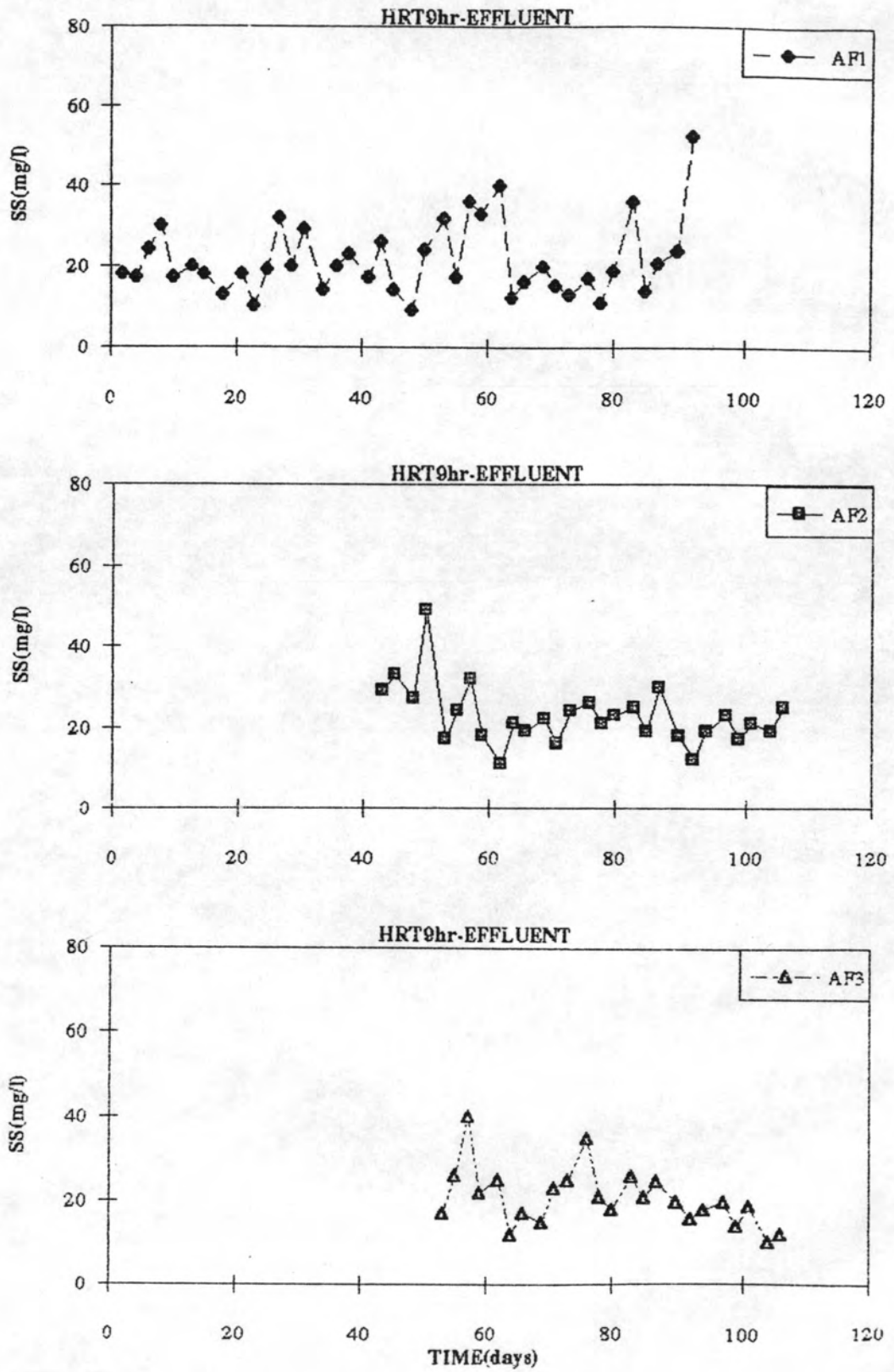
รูปที่ 4.26 ค่าตะกอนแขวนลอยภายในถัง ๗ ระยะ 0.60 m ของทั้งสามถังที่ระยะเวลาพักน้ำ 12 ชั่วโมง



รูปที่ 4.27 ค่าตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถึงที่ระยะเวลาพักน้ำ 12 ชั่วโมง

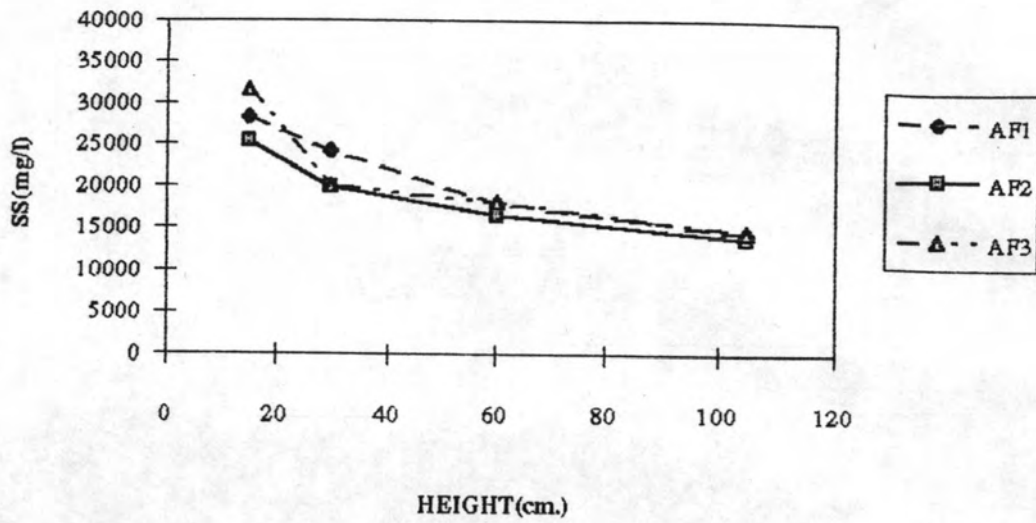


รูปที่ 4.28 ค่าตะกอนแขวนลอยภายในถัง ๗ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถังที่ระยะเวลา  
กักน้ำ 9 ชั่วโมง

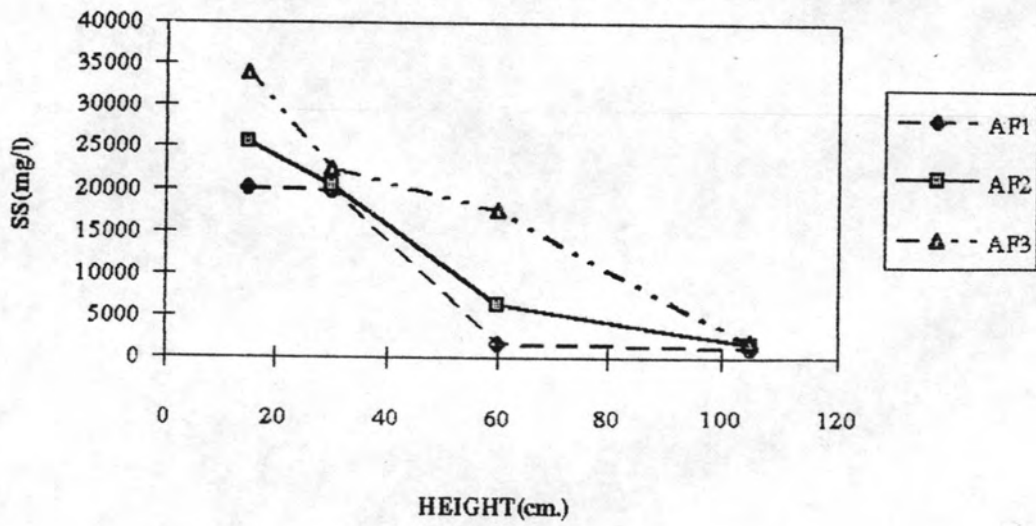


รูปที่ 4.29 ค่าตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลาพักน้ำ 9 ชั่วโมง

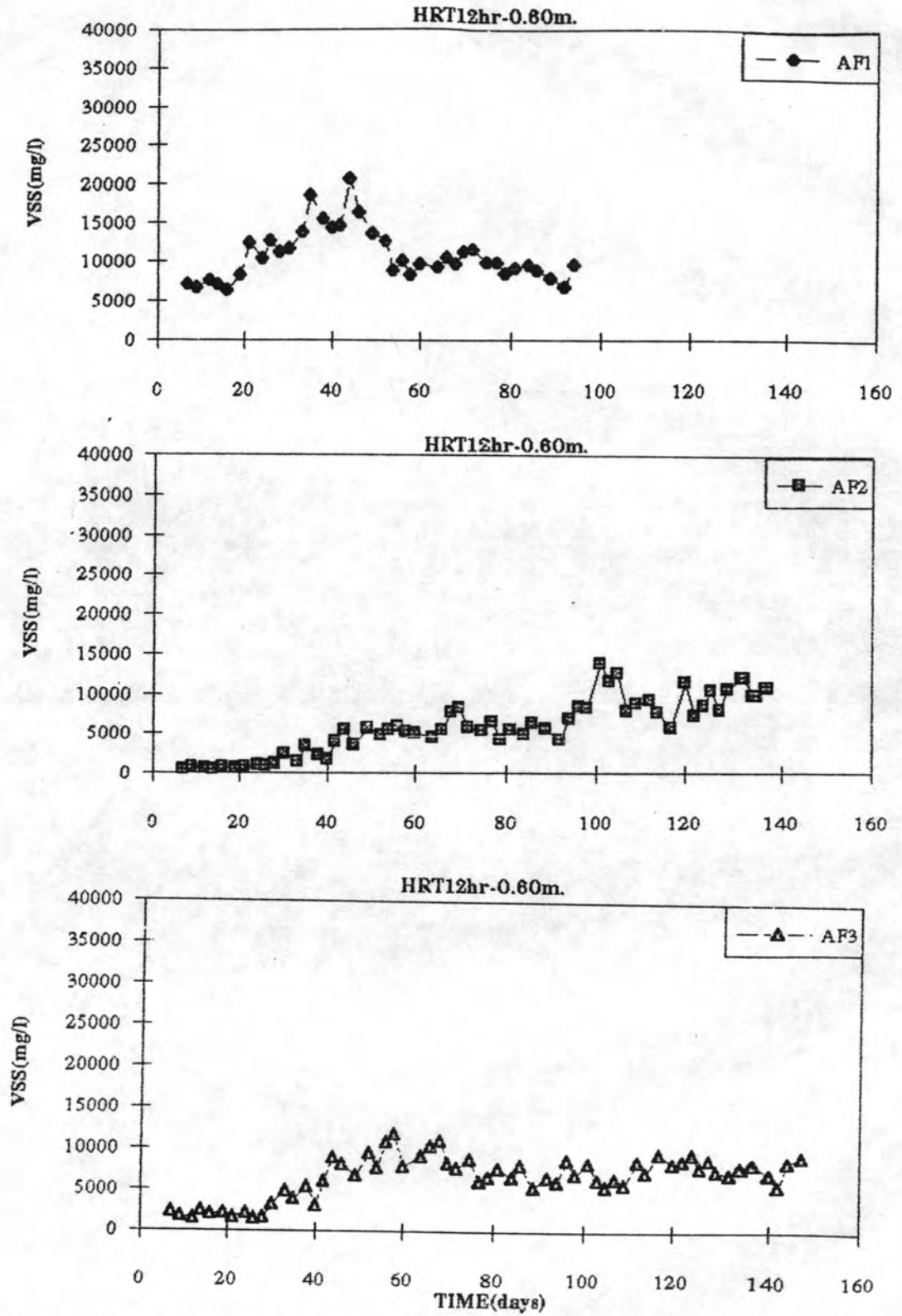
HRT 12hr.



HRT 9hr.

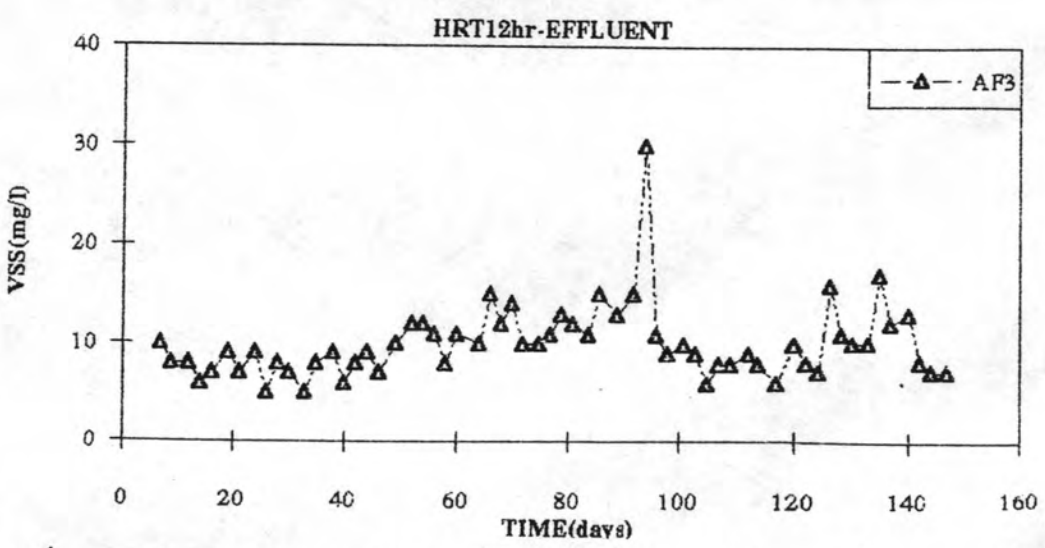
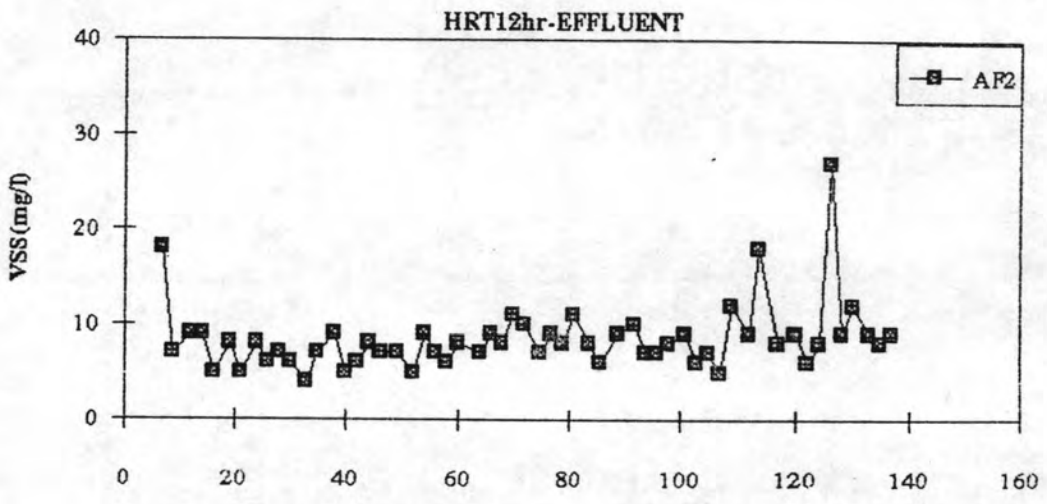
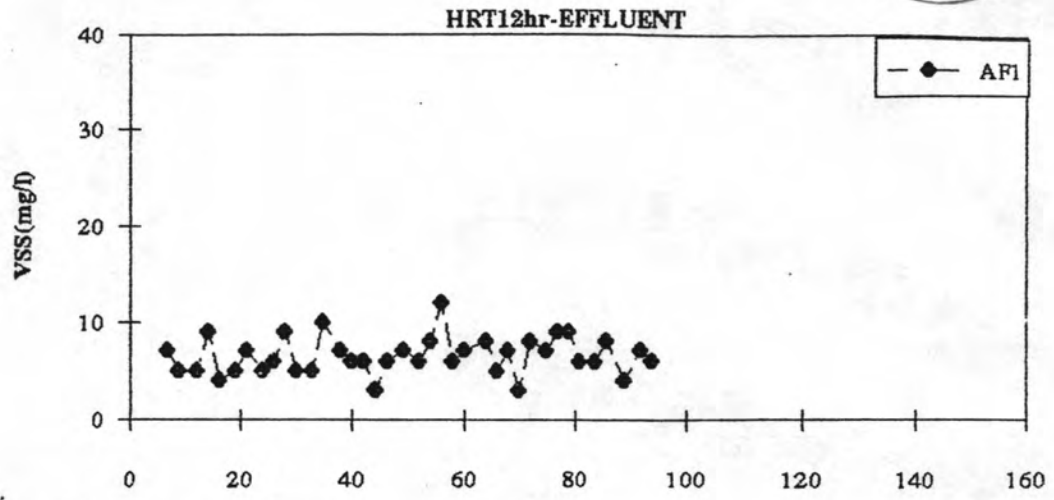


รูปที่ 4.30 ค่าตะกอนแขวนลอยตามระยะความสูงต่าง ๆ ของถังกรองฯ ทั้งสามถัง

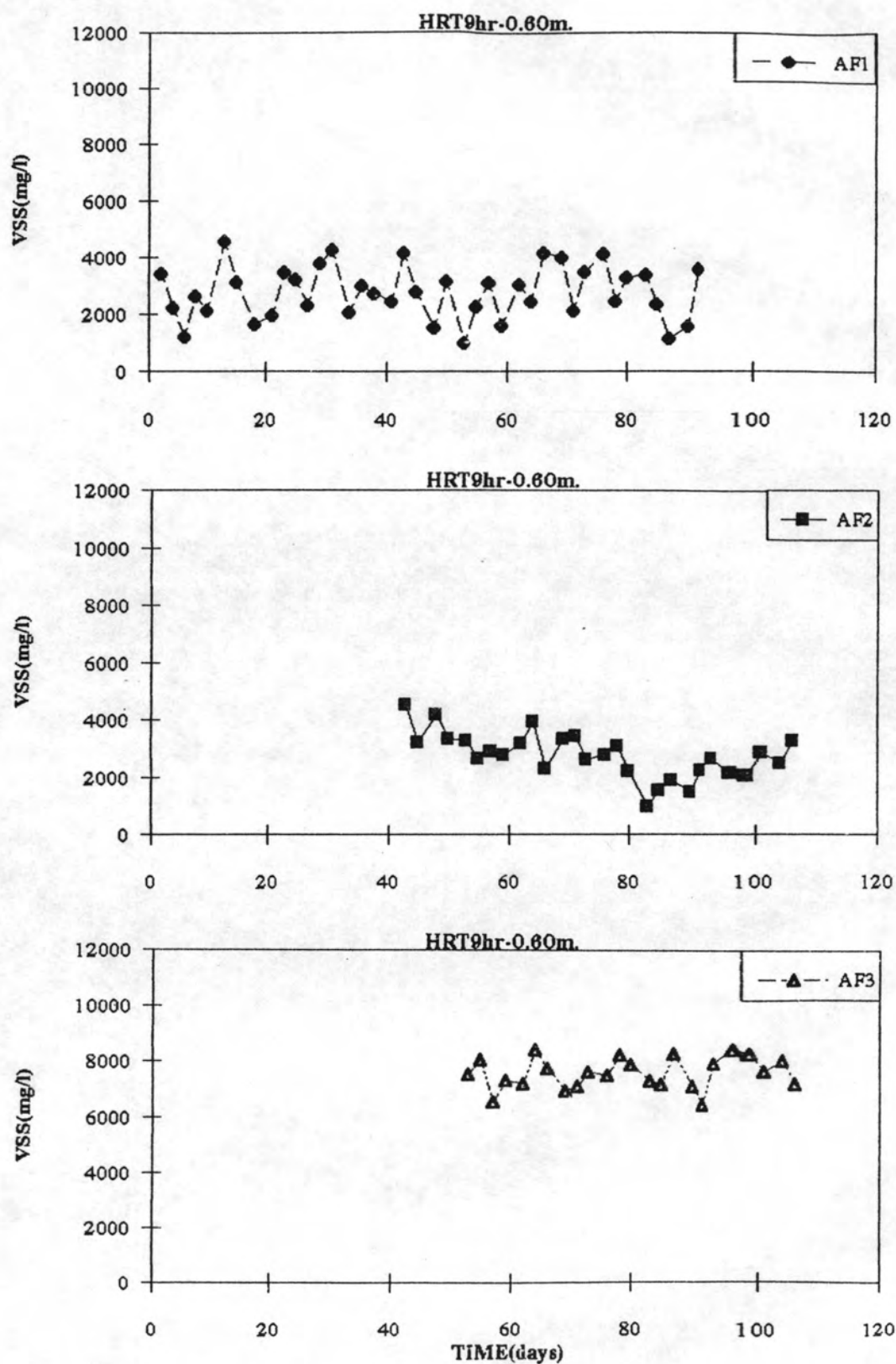


รูปที่ 4.31 ค่าตะกอนแขวนลอยเวลาไหลภายในถัง ณ ระยะ 0.60 m ของทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง

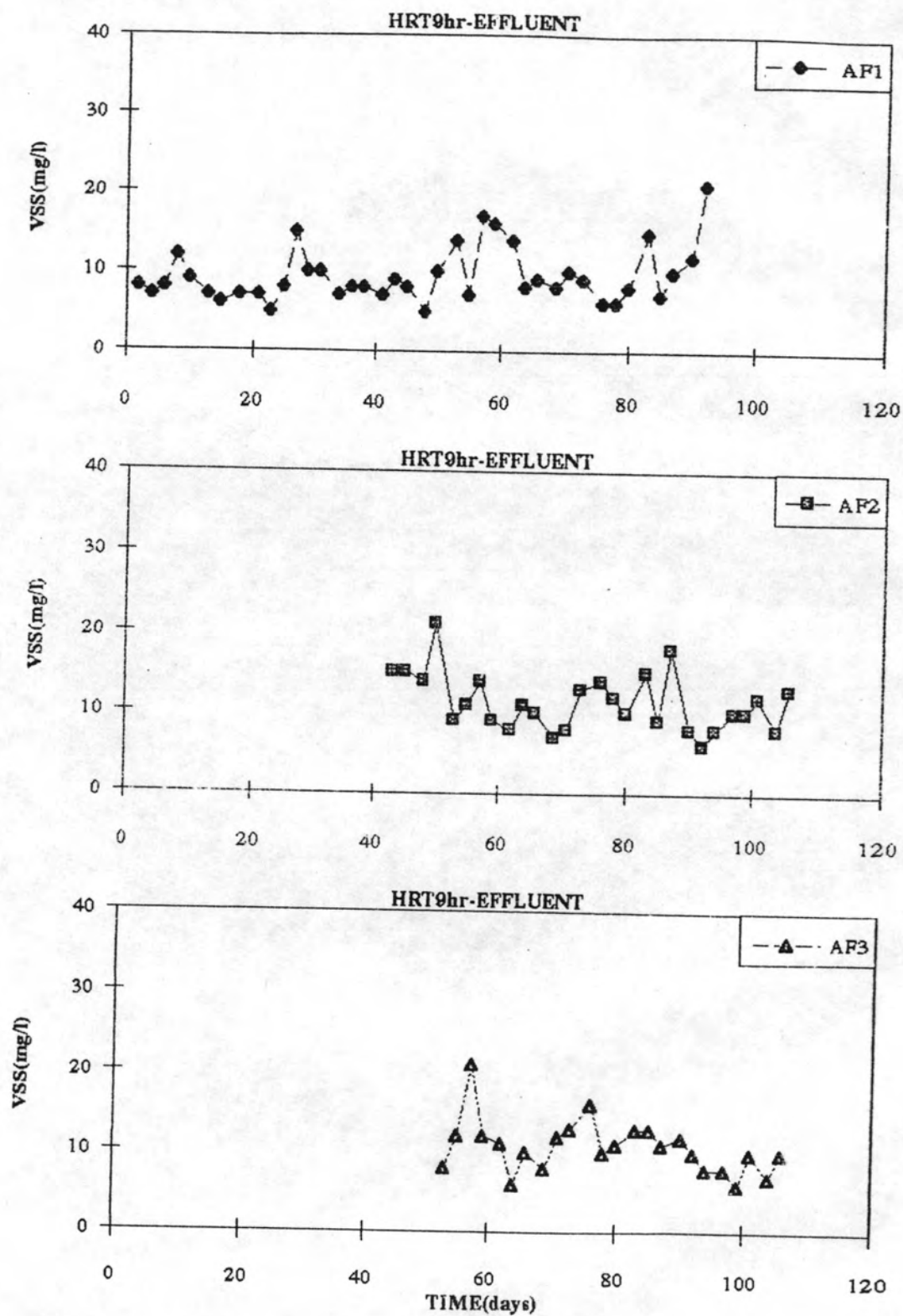




รูปที่ 4.32 ค่าตะกอนแขวนลอยเวลาไหลของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถึงที่ระยะเวลาพักน้ำ 12 ชั่วโมง



รูปที่ 4.33 ค่าตะกอนแขวนลอยเวลาไหลภายในถัง ณ ระยะ 0.60 m ของทั้งสามถังที่ระยะเวลากักน้ำ 9 ชั่วโมง



รูปที่ 4.34 ค่าตะกอนแขวนลอยเวลาไหลของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลาถักน้ำ 9 ชั่วโมง

ว่ามีค่าต่ำมากที่สุดสามถึงคือมีค่าเฉลี่ยของตะกอนแขวนลอยและตะกอนแขวนลอยโวลูไทล์ อยู่ระหว่าง 15-22 และ 7-11 มก./ล. ตามลำดับเมื่อเพิ่มออร์แกนิกโพลีคิงเป็นระยะเวลาอีกน้ำที่ 9 ชม. ปรากฏว่าภายในถึง AF1 และ AF2 มีการหลุดออก (Wash out) ของตะกอนแขวนลอยคือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4,749 และ 5,025 มก./ล. เท่านั้น แต่ถึง AF3 กลับมีค่าเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นเท่ากับ 15,918 มก./ล. และเมื่อพิจารณาในน้ำทิ้งจากระบบพบว่าทั้งสามถึงมีค่าตะกอนแขวนลอยสูงขึ้นจากเดิมเล็กน้อยเท่านั้นคือมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 20 ถึง 24 มก./ล. ดังแสดงใน ตารางที่ 4.6 สำหรับรูปที่ 4.30 และ 4.35 ซึ่งแสดงค่าตะกอนแขวนลอย และตะกอนแขวนลอยโวลูไทล์ตามลำดับนั้นจะแสดงค่าตามระยะความสูงต่างๆ ของถังกรองทั้งสามถึง โดยที่กันถึงจะมีการสะสมของตะกอนแขวนลอยและตะกอนแขวนลอยโวลูไทล์สูงที่สุด และจะเร็วค่อย ๆ ลดลงเมื่อระยะความสูงเพิ่มขึ้น ๗ ระยะเวลาอีกน้ำ 9 ชม. จะสังเกตเห็นว่า ๗ ตำแหน่ง 0.60 ม ขึ้นไป ถึง AF1 AF2 มีการหลุดออกของตะกอนค่อนข้างชัดเจน

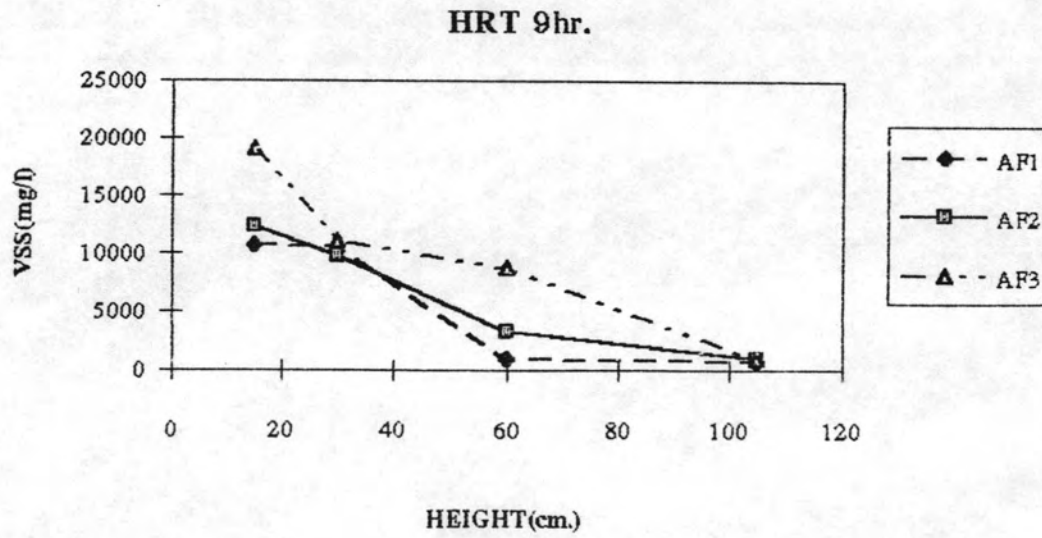
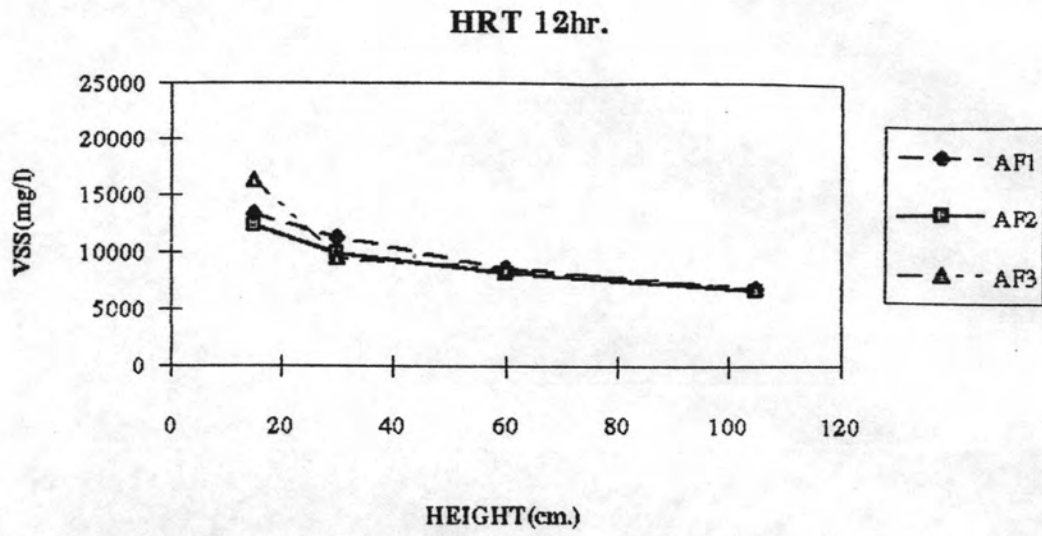
#### 4.2.5 ค่าซีไอดีและประสิทธิภาพในการบำบัด

รูปที่ 4.36 ถึง 4.39 แสดงค่าซีไอดีของน้ำเสียที่เข้าระบบ ภายในถึง ๗ ระยะ 0.60 ม และน้ำทิ้งจากระบบของทั้งสามถึง ๗ ระยะเวลาอีกน้ำ 12 ชม. จะพบว่าภายในถึงทั้งสามถึงมีแนวโน้มในการลดค่าซีไอดีที่ดี โดยถึง AF1 จะมีอัตราการลดค่าซีไอดีที่ดีกว่า ถึง AF2 และ AF3 แต่อย่างไรก็ตามที่ เมื่อระบบของทั้งสามถึงเข้าสู่ช่วงสภาวะคงตัว ค่าซีไอดีก็จะมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาที่น้ำทิ้งจากระบบสภาวะคงตัวจะมีค่าเฉลี่ยของถึง AF1 AF2 และ AF3 เท่ากับ 19 20 และ 17 มก./ล. ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีไอดีร้อยละเท่ากับ 92.6 92.2 และ 93.2% ตามลำดับซึ่งใกล้เคียงกัน โดยถึง AF3 มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีไอดีสูงกว่าเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเพิ่มออร์แกนิกโพลีคิงของระบบโดยการลดระยะเวลาอีกน้ำลงมาเป็น 9 ชม. ปรากฏว่าระบบมีการเปลี่ยนแปลงค่าซีไอดีจากช่วงสภาวะคงตัวของระยะเวลาอีกน้ำ 12 ชม. น้อยมาก โดยค่าเฉลี่ยที่ได้ ๗ ระยะเวลาอีกน้ำ 9 ชม. ของถึง AF1 AF2 และ AF3 ดังแสดงในตารางที่ 4.7 นั้น มีค่าเท่ากับ 26.4 25.9 และ 22.7 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีไอดีร้อยละเท่ากับ 89.7 89.9 และ 91.2 ตามลำดับ ซึ่ง

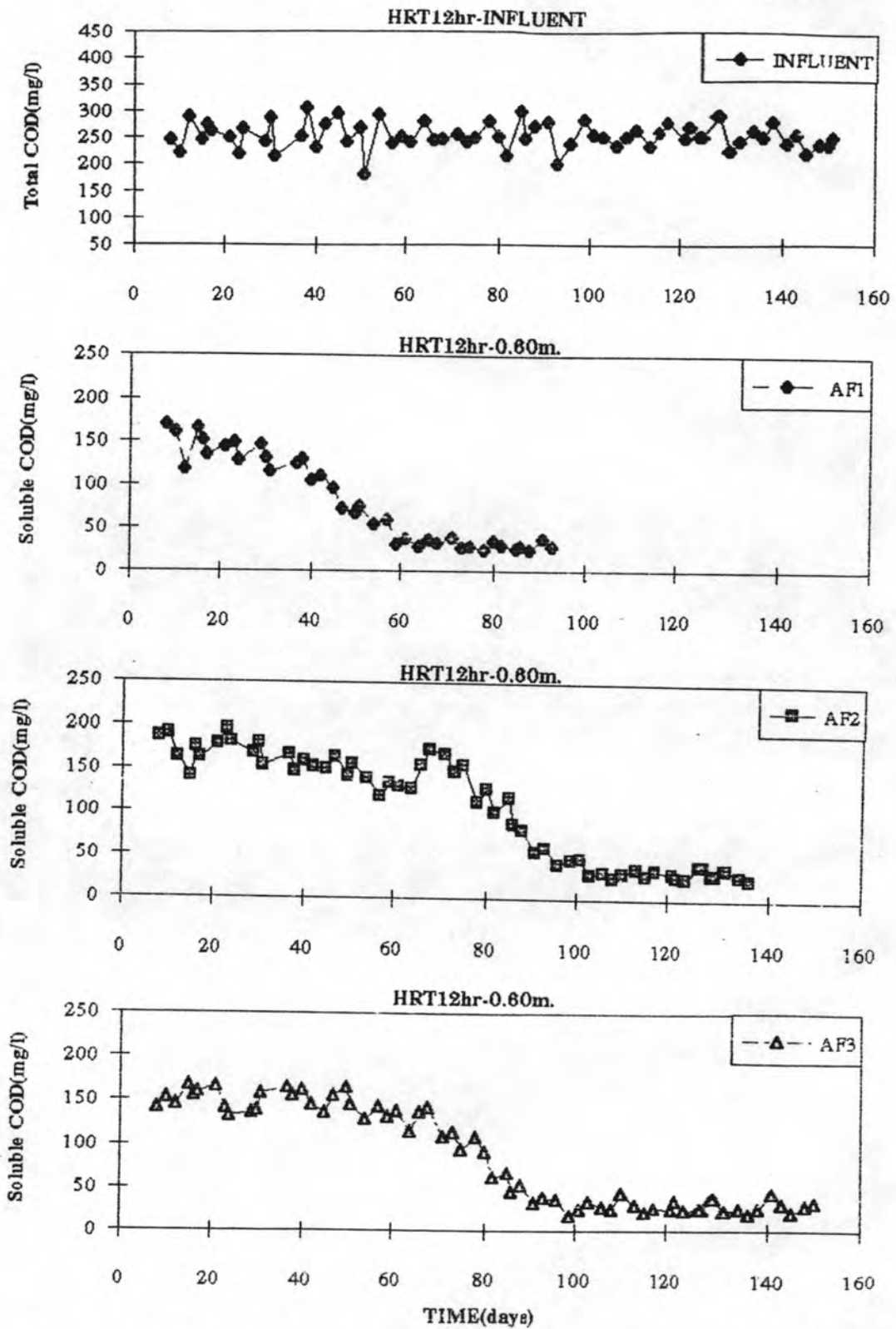
ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยของตะกอนแขวนลอย และตะกอนแขวนลอยเวลาไหล

(mg/l) ณ สภาวะคงตัว

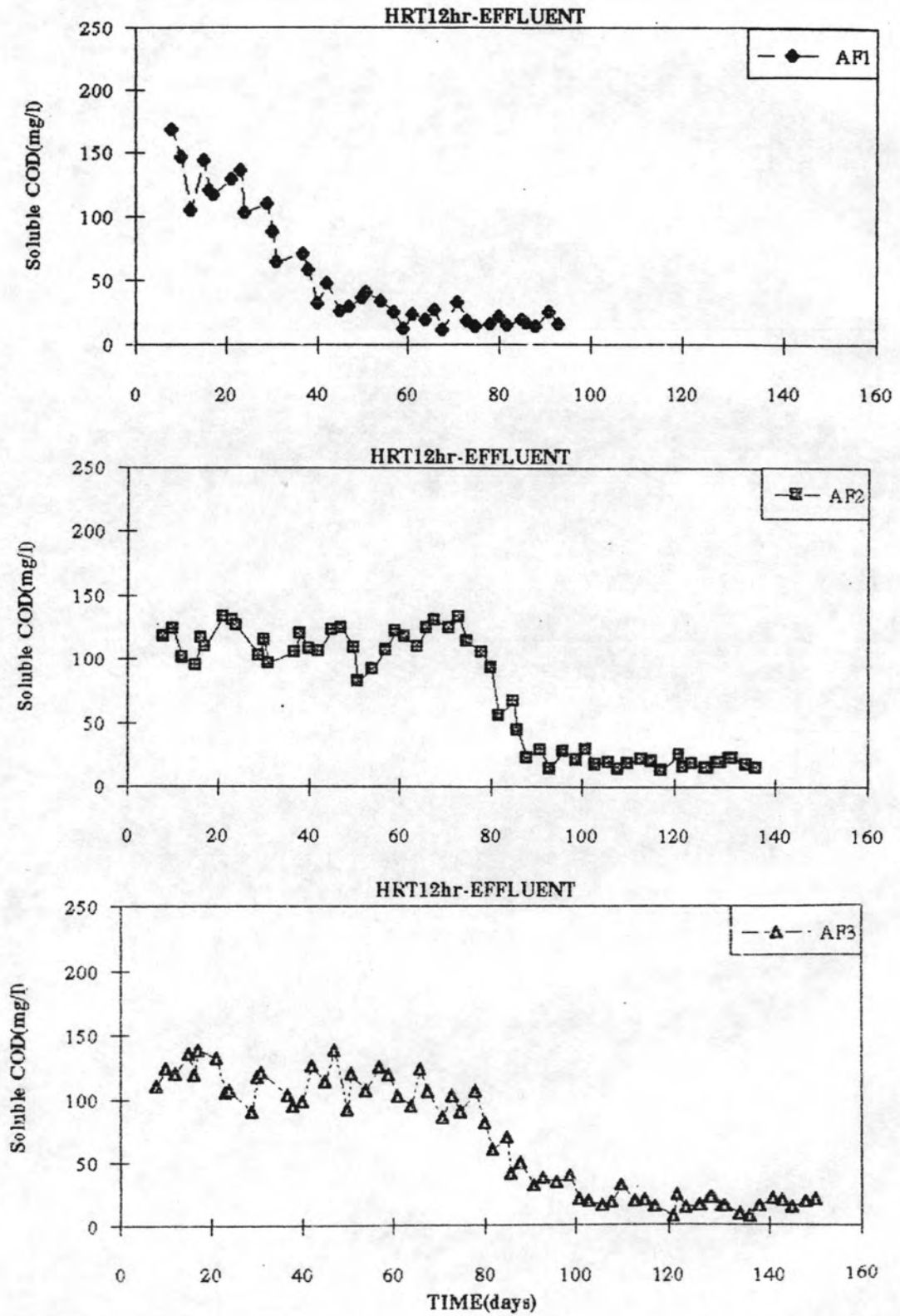
HRT (hr.)			0.60 m.			EFFLUENT		
			AF1	AF2	AF3	AF1	AF2	AF3
12	SS	AVERAGE	18,626	18,040	13,629	15	22	21
		MAXIMUM	20,944	21,258	18,106	21	59	58
		MINIMUM	15,310	15,044	11,268	9	9	11
	VSS	AVERAGE	9,439	9,166	8,193	7	11	10
		MAXIMUM	11,528	12,066	9,588	12	27	17
		MINIMUM	6,776	5,756	5,648	3	5	6
9	SS	AVERAGE	4,749	5,025	15,918	20	23	24
		MAXIMUM	7,293	7,764	17,996	53	49	40
		MINIMUM	1,594	2,092	14,436	9	11	9
	VSS	AVERAGE	2,931	2,759	7,678	10	10	13
		MAXIMUM	5,188	4,520	8,428	21	26	21
		MINIMUM	972	1,088	6,451	5	6	6



รูปที่ 4.35 ค่าตะกอนแขวนลอยเวลาไหลตามระยะความสูงต่าง ๆ ของถังกรองฯ ทั้งสามถัง

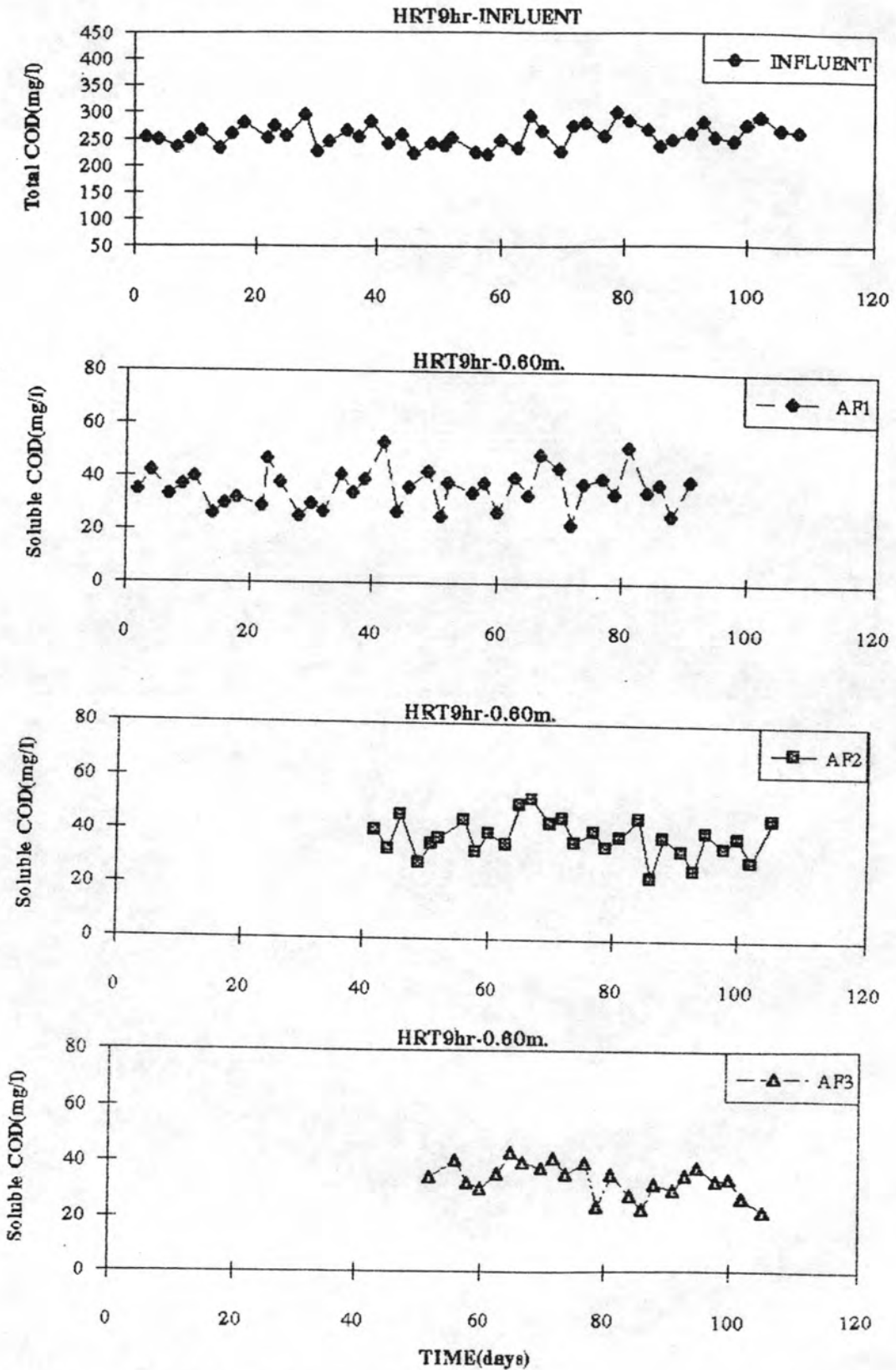


รูปที่ 4.36 ค่าซีโอดีของน้ำเสียที่เข้าระบบ และภายในถัง ๗ ระยะ ๐.๖๐ ม ของทั้งสามถัง ที่ระยะเวลาพักน้ำ 12 ชั่วโมง

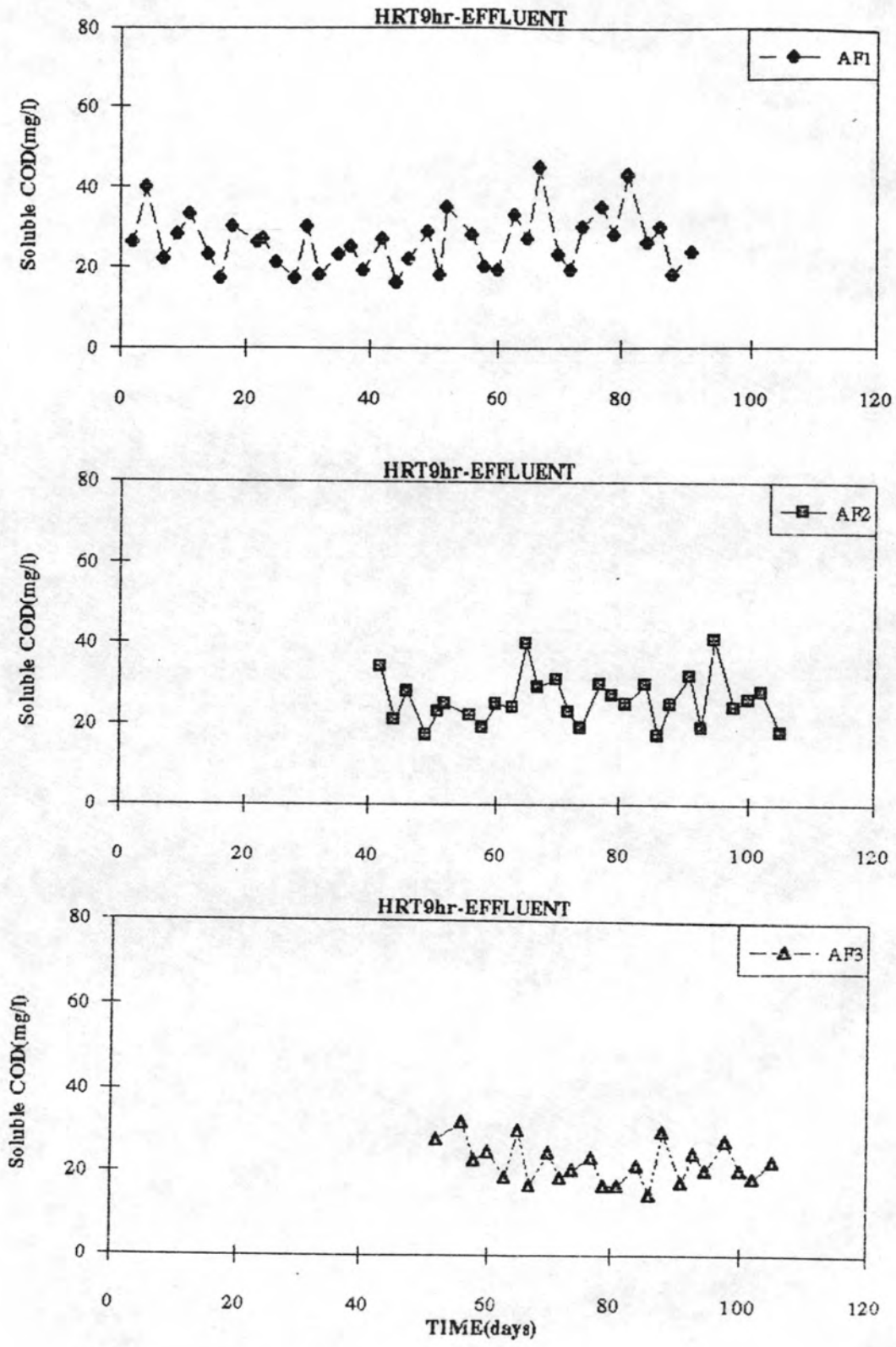


รูปที่ 4.37 ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถึงที่ระยะเวลาพักน้ำ 12 ชั่วโมง





รูปที่ 4.38 ค่าซีโอดีของน้ำเสียที่เข้าระบบ และภายในถัง ณ ระยะ 0.60 ม ของทั้งสามถังที่ระยะเวลาพักน้ำ 9 ชั่วโมง

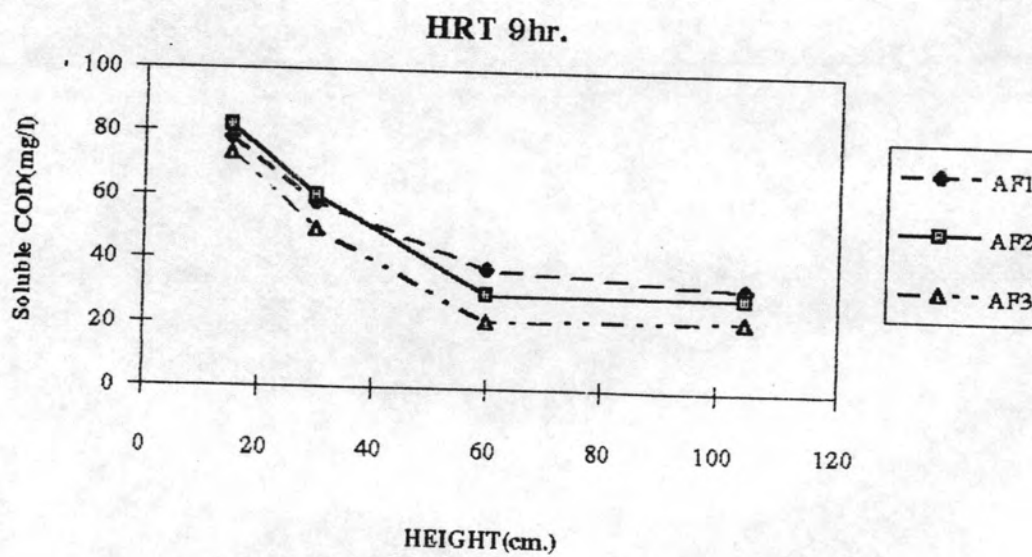
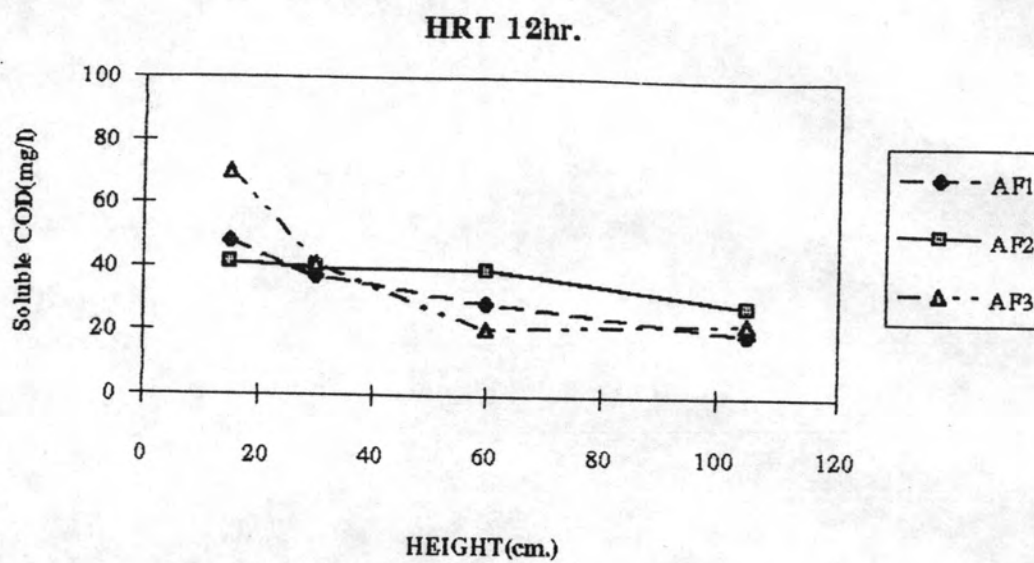


รูปที่ 4.39 ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจากระบบ ทั้งสามถึงที่ระยะเวลากักน้ำ 9 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยของซีโอดี (mg/l) ณ สภาวะคงตัว

HRT (hr.)		INFLUENT	0.60 m.			EFFLUENT		
			AF1	AF2	AF3	AF1	AF2	AF3
12	AVERAGE	254	31	29	28	19	20	17
	MAXIMUM	299	37	40	45	33	30	32
	MINIMUM	201	24	21	18	11	13	7
9	AVERAGE	257	36	38	33	26	26	23
	MAXIMUM	303	55	52	43	43	45	32
	MINIMUM	219	21	23	20	16	17	17

จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดลดลงจากระยะเวลากักน้ำ 12 ชม. เล็กน้อย ดังนั้นจะพบว่า ณ ระยะเวลากักน้ำที่สูงกว่า ซึ่งในการทดลองนี้มีค่าเท่ากับ 12 ชม. จะให้ประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีสูงกว่าระยะเวลาที่ต่ำกว่าคือ 9 ชม. โดยถึง AF3 ที่มีตัวกลางกรองเป็นพลาสติก มีค่าความพรุนเท่ากับ 94.38% จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีที่สูงกว่าถึง AF1 และ AF2 ที่มีตัวกลางกรองเป็นหิน และเศษคอนกรีต ซึ่งมีค่าความพรุนเท่ากับ 43.36% และ 53.45% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามถึง AF3 ก็มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงกว่าเล็กน้อย โดยที่ถึง AF1 และ AF2 มีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับรูปที่ 4.40 ซึ่งแสดงค่าซีโอดีตามระยะความสูงต่างๆ ของถังกรอง ไร้อากาศทั้งสามถึงนั้นจะพบว่า ค่าซีโอดีจะมีแนวโน้มลดลงตามระยะความสูงของถังที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้บริเวณตอนล่างของถังกรอง ณ ระยะ 0.15 m และ 0.30 m ของทั้งสามถึงก็สามารถที่จะ

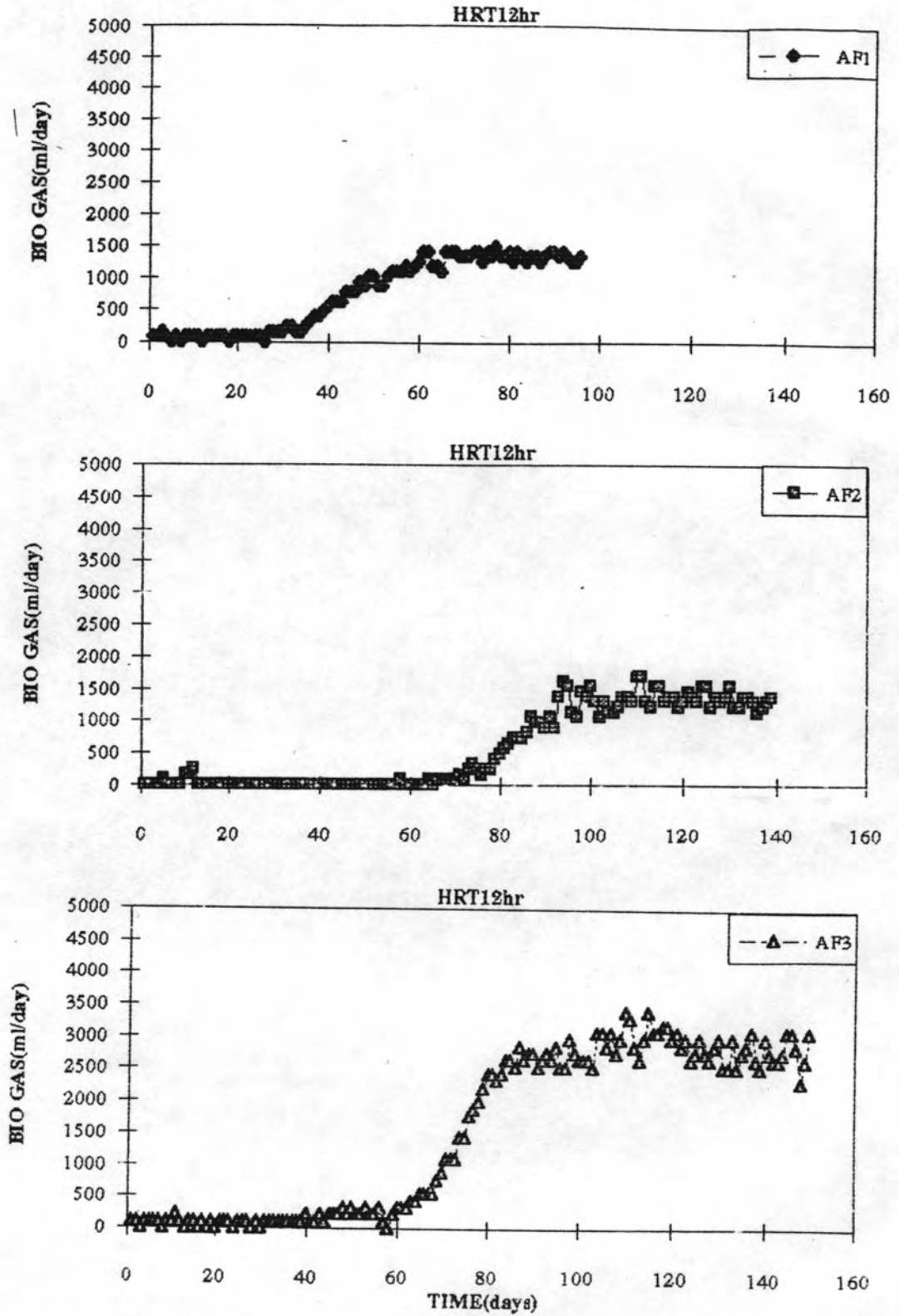


รูปที่ 4.40 ค่าซีโอดีตามระยะความสูงต่าง ๆ ของถังกรองฯ ทั้งสามถัง

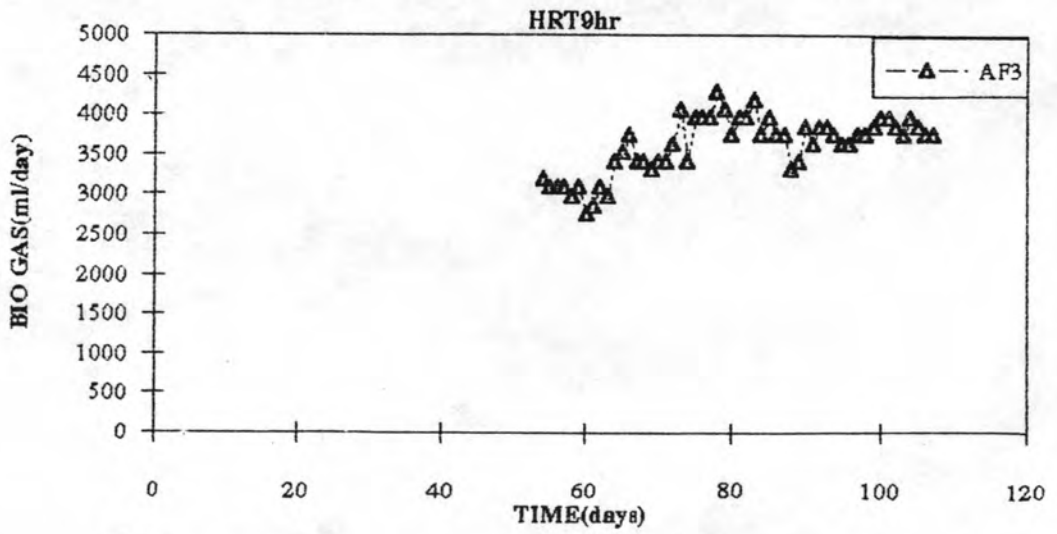
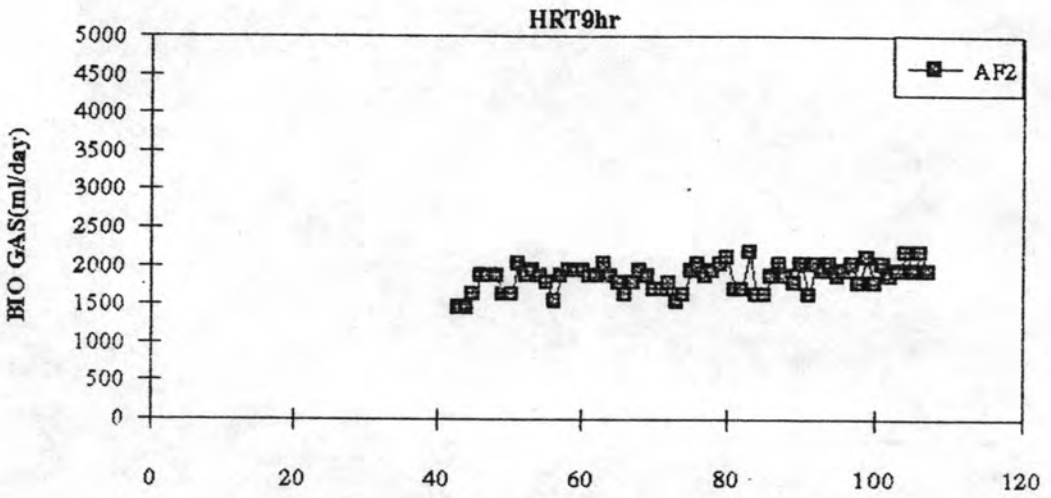
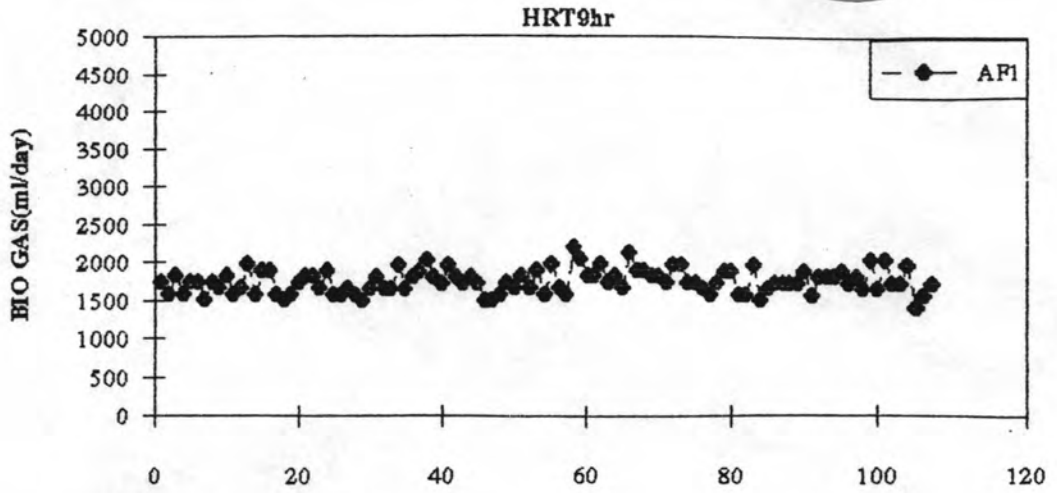
ลดค่าซีไอได้ถึงสูงถึงร้อยละ 72.94 ถึง 84.42 สำหรับระยะเวลาที่กักน้ำ 12 ชม. และร้อยละ 68.72 ถึง 81.08 สำหรับระยะเวลาที่กักน้ำ 9 ชม. ดังนั้นความสูงของตัวกลางกรองตั้งแต่ 0.30 ม ขึ้นไปนั้นก็ทำหน้าที่แค่เพียงลดค่าซีไอลงอีกเล็กน้อย และช่วยกักเซลล์จุลินทรีย์ไว้ในระบบ

#### 4.2.6 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ

รูปที่ 4.41 ถึง 4.42 เป็นกราฟแสดงปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดจากระบบทั้งสามถึง ๗ ระยะเวลาที่กักน้ำ 12 ชม. จะพบว่าในช่วงแรกของการทดลอง ถึง AF1 จะมีปริมาณก๊าซเกิดขึ้นประมาณ 80 มล./วัน เป็นระยะเวลา 27 วัน จากนั้นจะเริ่มมีปริมาณก๊าซชีวภาพค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ จนกระทั่งเริ่มคงที่ในช่วงสภาวะคงตัวโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,347 มล./วัน ถึง AF2 ในช่วง 5 วันแรกของการทดลองยังคงไม่มีปริมาณก๊าซชีวภาพ พอเช้าในวันที่ 6 เริ่มมีปริมาณก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นประมาณ 80 มล./วัน จากนั้นไม่มีปริมาณก๊าซอีก 4 วัน พอเช้าวันที่ 11 ถึง 13 ของการทดลองมีก๊าซเกิดขึ้นอีกมีค่าระหว่าง 162 ถึง 243 มล./วัน ต่อจากนั้นเป็นต้นไปก็ไม่มีปริมาณก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นเลยเป็นระยะเวลาประมาณ 1.5 เดือน ซึ่งในช่วงนี้ได้ทำการตรวจสอบระบบท่อสาขานำก๊าซชีวภาพต่าง ๆ ก็ยังคงอยู่ในสภาวะที่คิดว่าไม่มีการรั่วซึม ค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการควบคุมระบบก็ยังคงปกติจึงทำให้เชื่อว่าระบบยังไม่ล้มเหลว จึงได้ดำเนินการทดลองต่อไปจนกระทั่งวันที่ 59 ของการทดลอง ถึง AF2 จึงได้มีปริมาณก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นอีกครั้งวัดค่าได้ประมาณ 80 มล./วัน จากนั้นปริมาณก๊าซชีวภาพก็ไม่เกิดขึ้นอีกเป็นเวลา 5 วัน ปริมาณก๊าซชีวภาพเริ่มมีอย่างสม่ำเสมอในวันที่ 67 ของการทดลองโดยเริ่มมีประมาณ 80 มล./วัน และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งคงที่มีค่าเฉลี่ยในช่วงสภาวะคงตัวเท่ากับ 1,349 มล./วัน ส่วนถึง AF3 ก็มีลักษณะคล้าย ๆ กัน โดยช่วงแรกจะมีปริมาณก๊าซเกิดขึ้นประมาณ 110 มล./วัน สลับกับไม่มีปริมาณก๊าซเป็นช่วง ๆ เป็นระยะเวลาประมาณ 40 วัน จากนั้นจะเริ่มมีปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้นสม่ำเสมอจนเริ่มเข้าสู่ช่วงสภาวะคงตัวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,801 มล./วัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงสภาวะคงตัว ถึง AF1 และ AF2 จะมีปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกัน แต่ถึง AF3 จะมีปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นสูงกว่าทั้งสองถึง เมื่อเพิ่มออร์แกนิกโหลด



รูปที่ 4.41 ปริมาณก๊าซชีวภาพจากระบบ ทั้งสามถึงที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง



รูปที่ 4.42 ปริมาณก๊าซชีวภาพจากระบบ ทั้งสามถังที่ระยะเวลาพักน้ำ 9 ชั่วโมง

ตั้งของระบบเป็นระยะเวลาพักน้ำ 9 ชม. ทั้งสามถังจะมีปริมาณก๊าซชีวภาพที่เพิ่มสูงขึ้นจากเดิม แต่ทุกถังจะมีปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละวันใกล้เคียงกันทุกวันตลอดระยะเวลาพักน้ำ 9 ชม. โดยมีค่าเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยของปริมาณก๊าซชีวภาพ (ml/day) ณ สภาวะคงตัว

HRT (hr.)		AF1	AF2	AF3
12	AVERAGE	1,347	1,349	2,801
	MAXIMUM	1,503	1,702	3,413
	MINIMUM	1,108	1,054	2,312
9	AVERAGE	1,758	1,872	3,754
	MAXIMUM	2,215	2,189	4,294
	MINIMUM	1,424	1,540	3,303

สำหรับองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพต่าง ๆ นั้น ได้มีการทดลองหาโดยใช้เครื่องมือวัดก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas chromatography) รุ่น GC-7AG ที่ผลิตโดยบริษัท Shimadzu จำกัด ประเภทวิธี Thermal Conductivity Detector (TCD) โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

- Detector TCD, 100 mA. Carrier gas ใช้ก๊าซฮีเลียม (He) ในอัตรา 40 มล./นาที
- Detector Temp., 90 องศาเซลเซียส Injector Temp., 90 องศาเซลเซียส



- ปริมาณสารตัวอย่างที่ใช้ฉีดเข้าเครื่อง GC. เท่ากับ 1 มล. Column ที่ใช้เป็นชนิด Packed Column.
- การวิเคราะห์หา %  $\text{CO}_2$  และ %  $\text{CH}_4$  ใช้ Column Porapak QS 80/100 mesh,  $\frac{1}{8}$ " x 7', SS 25°C
- การวิเคราะห์หา %  $\text{N}_2$  และ %  $\text{CH}_4$  ใช้ Column MS-5A 60/80 mesh,  $\frac{1}{8}$ " x 7', SS 25°C

## ถึง AF1

- มี %  $\text{CH}_4$  อยู่ระหว่าง 54.77-62.46 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 58.89%
- มี %  $\text{CO}_2$  อยู่ระหว่าง 13.46-15.06 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.34%
- มี %  $\text{N}_2$  อยู่ระหว่าง 28.21-29.65 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.86%

## ถึง AF2

- มี %  $\text{CH}_4$  อยู่ระหว่าง 57.80-73.02 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.34%
- มี %  $\text{CO}_2$  อยู่ระหว่าง 14.85-16.57 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.80%
- มี %  $\text{N}_2$  อยู่ระหว่าง 19.55-19.92 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.69%

## ถึง AF3

- มี %  $\text{CH}_4$  อยู่ระหว่าง 63.67-70.73 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.85%
- มี %  $\text{CO}_2$  อยู่ระหว่าง 16.91-18.80 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.01%
- มี %  $\text{N}_2$  อยู่ระหว่าง 18.98-19.85 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.37%

## 4.2.7 ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

ความสำคัญของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เนื่องจากทั้งสองค่าล้วนแต่เป็นสารอาหารที่สำคัญสำหรับการเจริญเติบโตของเซลล์จุลินทรีย์ ดังนั้นในการควบคุมระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพที่ดี จึงจำเป็นต้องมีไนโตรเจน และฟอสฟอรัสให้มีอยู่ในปริมาณที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต ซึ่งปริมาณอาหารเสริมของระบบบำบัดแบบไร้อากาศขั้นต่ำสุดจะต้องมี COD:N:P เท่ากับ 100:1.1:0.2 (McCarty, 1964) โดยในการทดลองครั้งนี้ได้ควบคุมค่าไนโตรเจนและฟอสฟอ-

รัส ให้มีปริมาณที่เพียงพอเสมอเพราะว่าได้ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ป้อนเข้าระบบ จากตารางที่ 4.9 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จะพบว่าระบบบำบัดถึงกรองไว้อากาศนี้

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (mg/l)

HRT (hr.)		COD	TKN	TOTAL PHOSPHORUS	COD:N:P
12	INFLUENT	254	26.47	1.58	100:10.4:0.6
	EFFLUENT				
	- AF1	19	20.97	0.90	100:110.4:4.7
	- AF2	20	22.40	0.75	100:112.0:3.8
	- AF3	17	24.54	0.81	100:144.4:4.8
9	INFLUENT	257	27.71	1.35	100:10.8:0.5
	EFFLUENT				
	- AF1	26	25.45	1.10	100:97.9:4.2
	- AF2	26	26.45	0.69	100:101.7:2.7
	- AF3	23	21.49	1.03	100:93.4:4.5

เซลล์จุลินทรีย์มีการใช้ในโตรเจน และฟอสฟอรัสไปในปริมาณน้อยมากทั้งนี้สิ่งเกิดจากค่าน้ำเสียที่เข้าระบบ และค่าน้ำทิ้งมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก



#### 4.3 วิจารณ์ผลการทดลอง

4.3.1 อธิบายผลของระยะเวลาพักน้ำและค่าออร์แกนิกโพลีคิงที่มีผลต่อการทำงานของถังกรองไร้อากาศ

4.3.1.1 อธิบายผลของระยะเวลาพักน้ำและค่าออร์แกนิกโพลีคิงที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

ค่าพีเอช กรดโวลลาไทล์ ความเป็นค่ารวม ไออาร์พี ตะกอนแขวนลอย และตะกอนแขวนลอยโวลลาไทล์ พบว่า ๗ ระยะเวลาพักน้ำ 12 ชม. ค่าพีเอชของถัง AF1 และ AF2 โดยทั่วไปแล้วมีค่าใกล้เคียงกันคือ ๗ สภาวะคงตัวค่าน้ำทิ้งจากระบบมีค่าเท่ากับ 7.33 และ 7.19 ตามลำดับ ซึ่งค่าพีเอชของถัง AF1 โดยเฉลี่ยแล้วจะสูงกว่า AF2 เล็กน้อยเท่านั้น และเมื่อพิจารณาถึงค่าความเป็นค่ารวม ถัง AF1 และ AF2 ก็มีค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงตัวใกล้เคียงเช่นเดียวกัน คือ ค่าน้ำทิ้งจากระบบเท่ากับ 334 และ 321 มก./ล. (ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต) ตามลำดับ โดย AF1 สูงกว่า AF2 เล็กน้อย สำหรับถัง AF3 จะแตกต่างจากถัง AF1 และ AF2 คือมีค่าพีเอชและความเป็นค่ารวมที่ต่ำกว่ากล่าวคือ ๗ สภาวะคงตัวค่าพีเอชและความเป็นค่ารวม ของน้ำทิ้งจากระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.93 และ 233 มก./ล. (ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต) ทั้งนี้เนื่องจากถัง AF1 และ AF2 มีการใช้หินและเศษคอนกรีต เป็นตัวกลางในถังกรองไร้อากาศ ตามลำดับ ซึ่งมีลักษณะและค่าความพรุนที่ใกล้เคียงกัน และคาดว่าตัวกลางที่ใช้จะต้องมีความเป็นค่าอ่อน ๆ เช่น ค่า  $\text{Ca(OH)}_2$  อยู่ด้วยจึงทำให้ถัง AF1 และ AF2 มีค่าพีเอชและความเป็นค่ารวมที่สูงกว่าถัง AF3 ที่มีพลาสติกเป็นตัวกลาง สำหรับกรดโวลลาไทล์นั้นทั้งสามถังมีลักษณะใกล้เคียงกันคือมีค่าสูงอยู่ในช่วง 60-100 มก./ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) ในช่วงแรกและค่อย ๆ ลดลงมาจนคงที่ ๗ สภาวะคงตัวตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าตลอดการทดลองระบบมีเสถียรภาพที่ดี ถึงแม้ว่าค่าพีเอช และความเป็นค่ารวมของน้ำเสียที่เข้าระบบจะมีค่าค่อนข้างต่ำ คือพีเอช และความเป็นค่ารวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.25 และ 136 มก./ล. (ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต) แต่เมื่อพิจารณาถึงอัตราส่วนกรดโวลลาไทล์ต่อความเป็นค่ารวมของทั้งสามถังจะพบว่าค่าสูงสุดของการทดลองทั้งระยะเวลาพักน้ำ 12 ชม. และ 9 ชม. จะอยู่ภายในถัง AF3 มีค่าเท่ากับ

0.39 เท่านั้น ซึ่งก็ยิ่งต่ำกว่า 0.40 ที่หมายความว่าระบบยังคงทำงานได้คืออยู่ โดยไม่ต้องมีการเพิ่มกำลังปั๊มเฟอรัให้แก่ระบบแต่อย่างใด ส่วนค่าโออาร์พีนั้นในช่วงที่ระบบยังไม่เข้าสู่สภาวะคงตัว ค่าโออาร์พีจะมีค่าขึ้นลงอยู่ในช่วง -200 ถึง -300 mv. แต่เมื่อเข้าสู่สภาวะคงตัว ค่าโออาร์พีก็จะเริ่มคงที่ทั้งสามถึง ซึ่งค่าโออาร์พีที่ได้แสดงถึงระบบยังคงทำงานได้ดีเช่นกัน อย่างไรก็ตามที่เนื่องจากระยะเวลาในการวัดโออาร์พีรวมทั้งวิธีการที่จะนำตัวอย่างน้ำเสียมาวัดค่าโออาร์พีนั้นล้วนมีผลสำคัญอย่างมากที่จะทำให้ค่าโออาร์พีที่ได้มีความถูกต้องมาน้อยเพียงใด กล่าวคือวิธีการที่จะนำตัวอย่างน้ำเสียมาวัดค่าโออาร์พีที่ถูกต้องนั้นจะต้องทำกันภายในถังกรองไร้อากาศโดยตรง และไม่ให้มีการนำมาสัมผัสกับอากาศภายนอก ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ไม่สามารถทำได้เพราะข้อจำกัดทางเครื่องมือแต่ก็ได้นำตัวอย่างน้ำเสียมาวัดทันทีที่ภายนอกถัง ดังนั้นค่าโออาร์พีที่ได้จึงสามารถบอกเพียงคร่าว ๆ เท่านั้น สำหรับค่าตะกอนแขวนลอยและตะกอนแขวนลอยเวลาไหลนั้น ในช่วงแรกของการทดลองทั้งสามถึงมีค่าค่อนข้างต่ำ เพิ่มปริมาณขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง จากนั้นจะมีค่าลดลงและเริ่มคงที่ในช่วงสภาวะคงตัว โดยตะกอนแขวนลอยเวลาไหลจะมีค่าประมาณ 50-60% ของตะกอนแขวนลอย และเมื่อมีการเพิ่มค่าออร์แกนิกโพลลคิงของระบบโดยการลดระยะเวลาพักน้ำเป็น 9 ชม. ปรากฏว่าถึง AF1 และ AF2 มีการหลุดออก (wash out) ของตะกอนแขวนลอยเกิดขึ้น แต่ถึง AF3 กลับมีค่าตะกอนแขวนลอยสูงขึ้นจากเดิมโดยเฉลี่ย นั้นแสดงให้เห็นว่าตัวกลางพลาสติกที่มีอยู่ในถัง AF3 นั้นสามารถกักเซลล์จุลินทรีย์ไว้ในระบบได้ดีกว่า เพราะมีค่าความพรุนสูงเท่ากับ 94.38% ซึ่งสูงกว่าหินและเศษคอนกรีตที่ใช้เป็นตัวกลางในถัง AF1 และ AF2 ที่มีค่าความพรุนเพียง 43.36% และ 53.45% ตามลำดับ ทั้งนี้คาดว่าตัวกลางพลาสติกสามารถใช้เป็นที่ยึดเกาะของเซลล์จุลินทรีย์ได้ดีกว่าหิน และเศษคอนกรีตจึงทำให้เซลล์จุลินทรีย์ไม่หลุดออกมาจากระบบมากนัก แต่เมื่อมาพิจารณาถึงสภาพน้ำทิ้งจากระบบกลับพบว่าค่าตะกอนแขวนลอยของทั้งสามถึงมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจากเดิมเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เพราะวาระบบบำบัดน้ำได้มีการใช้ระบบที่รูปตัวรูปในการแยกก๊าซออกจากน้ำทิ้ง ซึ่งมีข้อดีเพิ่มขึ้น คือเปรียบเสมือนมีถังตกตะกอนชนิดหนึ่งที่คอยดักตะกอนแขวนลอยที่หลุดปะปนมาที่น้ำทิ้งให้มีค่าน้อยลงนั่นเอง จึงทำให้ตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ส่วนค่าพีเอช กรดเวลาไหล ความเป็นค่ารวม และโออาร์พี

ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะมีการเพิ่มออร์แกนิกโพลีดีนจากเดิม 0.60 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เป็น 0.80 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ซึ่งจะเพิ่มจากเดิมเพียง 0.20 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เท่านั้นจึงทำให้ออร์แกนิกโพลีดีนที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการทำงานของระบบไม่มากนัก

#### 4.3.1.2 อิทธิพลของระยะเวลาพักน้ำและค่าออร์แกนิกโพลีดีนที่มีผลต่อประสิทธิภาพการลดซีโอดี

ค่าซีโอดีโดยทั่วไปของทั้งสามถัง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ถึงแม้ว่าถัง AF3 จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีที่สูงกว่าถัง AF1 และ AF2 ทั้งที่ระยะเวลาพักน้ำ 12 และ 9 ชม. ก็ตามที่ แต่ที่สูงกว่าเพียงเล็กน้อยจนอาจจะถือว่าใกล้เคียงกันก็ได้ ทั้ง ๆ ที่ถัง AF3 มีตัวกลางกรองที่ใช้ในระบบเป็นพลาสติก ซึ่งให้ค่าความพรุนที่สูงถึง 94.38% ต่างจากตัวกลางกรองที่ใช้ในถัง AF1 และ AF2 ที่มีหิน และเศษคอนกรีต เป็นตัวกลางกรอง ซึ่งให้ค่าความพรุนที่ต่ำกว่าคือเท่ากับ 43.36% และ 53.45% ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีค่าซีโอดีไม่สูงมากนัก จึงทำให้ไม่เห็นความแตกต่างในการบำบัดค่าซีโอดีของทั้งสามถัง เมื่อมาพิจารณาถึงค่าออร์แกนิกโพลีดีนของระยะเวลาพักน้ำ 12 ชม. ซึ่งเท่ากับ 0.60 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน แล้วก็จะเห็นว่ามีความค่อนข้างต่ำ และเมื่อเพิ่มออร์แกนิกโพลีดีนของระบบโดยการลดระยะเวลาพักน้ำที่ทดลองลงมาเป็น 9 ชม. ค่าออร์แกนิกโพลีดีนก็จะสูงขึ้นจากเดิมเป็น 0.80 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน โดยเพิ่มขึ้นจากเดิมเพียง 0.20 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เท่านั้น ซึ่งถือว่าน้อยมาก ดังนั้นจึงพบว่าค่าซีโอดีในการทดลองที่ระยะเวลาพักน้ำ 9 ชม. มีค่าไม่แตกต่างจากค่าซีโอดีในการทดลองก่อนหน้านี้ ซึ่งอยู่ในช่วงสภาวะคงตัวของระยะเวลาพักน้ำ 12 ชม. เลย ถึงแม้ว่าในการทดลองที่ระยะเวลาพักน้ำ 9 ชม. ถึง AF1 และ AF2 จะมีการหลุดออก (Wash out) ของตะกอนแขวนลอย และตะกอนแขวนลอยเวลาไหลในตำแหน่งกึ่งกลางถึงที่ระยะ 0.60 ม จากกันถึงกรองๆ แต่เมื่อมาพิจารณาในตำแหน่งที่ 0.15 ม และ 0.30 ม ของค่าตะกอนแขวนลอยของถัง AF1 และ AF2 ก็จะพบว่ายังคงมีปริมาณตะกอนแขวนลอยและตะกอนแขวนลอยเวลาไหลที่สูงอยู่ โดยถัง AF1 จะมีค่าตะกอน

แขวนลอยโวล่าไทล์ ณ ระยะ 0.15 และ 0.30 ม เท่ากับ 10,742 และ 10,592 มก./ล. ถึง AF2 จะมีค่าตะกอนแขวนลอยโวล่าไทล์ ณ ระยะ 0.15 และ 0.30 ม เท่ากับ 12,286 และ 9,734 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมานั้น สอดคล้องกับประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอไซด์ ณ ระยะ 0.15 ม และ 0.30 ม ของถัง AF1 และ AF2 โดยถัง AF1 ณ ระยะ 0.15 ม และ 0.30 ม จะมีประสิทธิภาพในการลดซีโอไซด์คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 70.04 และ 77.93 ถึง AF2 ณ ระยะ 0.15 ม และ 0.30 ม มีประสิทธิภาพในการลดซีโอไซด์คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 68.72 และ 77.03 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าซีโอไซด์ได้ถูกลดลงไปในตำแหน่ง 0.15 ม และ 0.30 ม แล้ว จึงทำให้ประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอไซด์โดยรวมของถัง AF1 และ AF2 ในระยะเวลาที่กักน้ำ 9 ชม. มีค่าไม่แตกต่างจากการทดลองในระยะเวลาที่กักน้ำ 12 ชม. แต่อย่างไร

#### 4.3.1.3 อธิษณผลของระยะเวลาที่กักน้ำและค่าออร์แกนิกโพลีคอลลอยด์ที่มีผล

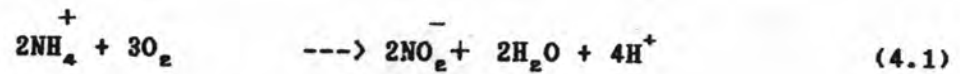
ต่อปริมาณก๊าซชีวภาพ

ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในการทดลองที่ระยะเวลาที่กักน้ำ 12 ชม. นั้น ในช่วงแรกของการทดลองทั้งสามถังจะมีปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นน้อยมาก แต่เมื่อทดลองไประยะหนึ่ง ปริมาณก๊าซชีวภาพก็จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนเริ่มคงที่เมื่อเข้าสู่ช่วงสภาวะคงตัว โดยปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในถัง AF1 และ AF2 นั้น ที่ค่าเฉลี่ยช่วงสภาวะคงตัว จะมีค่าใกล้เคียงกันมากคือเท่ากับ 1,347 และ 1,349 มล./วัน ส่วนถัง AF3 จะมีปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นสูงกว่าคือเท่ากับ 2,801 มล./วัน ทั้งนี้เนื่องมาจาก ถัง AF1 และ AF2 มีหินและเศษคอนกรีตเป็นตัวกลางกรองซึ่งมีลักษณะและค่าความพรุนที่ใกล้เคียงกันคือเท่ากับ 43.36% และ 53.45 % ตามลำดับ แต่ถัง AF3 นั้นมีตัวกลางกรองที่ใช้เป็นพลาสติกซึ่งให้ค่าความพรุนที่สูงกว่าถึง 94.38% นั้นหมายความว่าถัง AF3 สามารถที่จะเก็บกักเซลล์จุลินทรีย์ไว้ในระบบได้สูงกว่า โดยเฉพาะในตำแหน่งที่ 0.15 ม จากกันถึงกรองฯ ถึง AF3 จะมีค่าตะกอนแขวนลอยโวล่าไทล์ที่สูงกว่าถัง AF1 และ AF2 คือมีค่าเท่ากับ 16,392 มก./ล. ในขณะที่ถัง AF1 และ AF2 มีค่าตะกอนแขวนลอยโวล่าไทล์ที่ต่ำกว่าคือเท่ากับ 13,354 และ 12,346 มก./ล. ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อมาพิจารณาที่ค่าซีโอไซด์ของน้ำทิ้งจากระบบ ถึง AF3 โดยทั่วไปก็จะสามารถลดค่าซีโอไซด์ได้

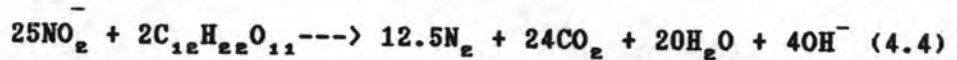
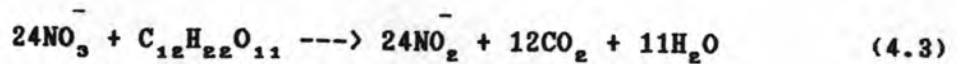
สูงกว่าถึง AF1 และ AF2 และเมื่อมีการเพิ่มค่าออกซิเจนให้แก่ระบบโดยการลดระยะเวลาพักน้ำมาเป็น 9 ชม. นั้น ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นของทั้งสามถังก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย โดยค่าเฉลี่ยของถัง AF1 AF2 และ AF3 นั้นมีค่าเท่ากับ 1,758 1,872 และ 3,754 มล./วัน ตามลำดับ ซึ่งก็ให้ค่าออกมาเป็นแนวโน้มคล้าย ๆ กันที่ระยะเวลาพักน้ำ 12 ชม. กล่าวคือ ถัง AF1 และ AF2 มีปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดใกล้เคียงกัน ส่วนถัง AF3 ก็จะมีปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นสูงกว่าและเมื่อมาพิจารณาดังสัดส่วนของก๊าซชนิดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในทั้งสามถัง ก็จะพบว่าถัง AF3 มีเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนที่สูงกว่าด้วย คือมีค่าเท่ากับ 66.85% ส่วนถัง AF1 และ AF2 มีค่าเท่ากับ 58.89% และ 63.34% โดยจะเห็นได้ว่ามีค่าที่สอดคล้องกับค่าความพรุนของตัวกลาง คือค่าความพรุนน้อยจะให้เปอร์เซ็นต์ของก๊าซมีเทนที่ต่ำกว่าตัวกลางกรองที่มีค่าความพรุนสูง แต่อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก และจากค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจากระบบก็พบว่า ถัง AF3 ยังคงสามารถลดค่าซีโอดีได้สูงกว่าถัง AF1 และ AF2 สำหรับเปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นถัง AF3 ก็จะมีค่าที่สูงกว่า AF1 และ AF2 เล็กน้อย คือถัง AF3 มีค่าเท่ากับ 18.01% ส่วนถัง AF1 และ AF2 มีค่าเท่ากับ 14.34% และ 15.80% ซึ่งใกล้เคียงกัน เปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของถัง AF3 ที่สูงกว่าจึงทำให้ค่าพีเอชในระบบของถัง AF3 มีค่าต่ำกว่าถัง AF1 และ AF2 ซึ่งให้ค่าพีเอชที่ใกล้เคียงกันเช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของถัง AF1 และ AF2 ที่ใกล้เคียงกันด้วย ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ก๊าซไนโตรเจนนั้น ถัง AF2 และ AF3 มีค่าใกล้เคียงกันคือเท่ากับ 19.69% และ 19.37% แต่ถัง AF1 มีค่าเท่ากับ 28.86% ซึ่งสูงกว่า AF2 และ AF3 ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ที่วามีการรั่วซึมของถุงเก็บก๊าซของถัง AF1 จึงทำให้อากาศภายนอกที่มีปริมาณก๊าซไนโตรเจนค่อนข้างสูงคือประมาณ 79% รั่วซึมเข้าไปได้ สำหรับก๊าซไนโตรเจนนั้นโดยทั่วไปแล้วถ้าน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมีความเข้มข้นสูง ๆ เปอร์เซ็นต์ก๊าซไนโตรเจนจะมีค่าค่อนข้างต่ำจนอาจถือได้ว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพนั้นมีเพียงเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่านั้น แต่ในกรณีน้ำเสียที่มีความเข้มข้นค่านั้นจะพบว่าปริมาณก๊าซไนโตรเจนมีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นจนต้องนำมาพิจารณาดู ซึ่งจากงานวิจัยของพิพัฒน์ ชื่นชมชาติ (2529) ได้กล่าวไว้ว่าปริมาณก๊าซไนโตรเจนที่เกิดขึ้นอาจมาจากกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrifi-

cation) ซึ่งเป็นผลมาจากออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำเสียซึ่งเคราะห์โดยมีขั้นตอนการเกิดดังนี้

ขบวนการไนตริฟิเคชั่น



ขบวนการดีไนตริฟิเคชั่น



อย่างไรก็ตาม พิตต์สัน ชื่นชมชาติ ได้กล่าวว่าปริมาณก๊าซไนโตรเจนส่วนใหญ่น่าจะมาจากการละลายเข้าไปพร้อมกับน้ำเสียซึ่งเคราะห์มากกว่าที่จะเกิดจากขบวนการดีไนตริฟิเคชั่น ในตารางที่ 4.10 แสดงสมดุลย์ของคาร์บอนในระบบซึ่งกำหนดให้ก๊าซมีเทน 0.351 ลิตร เท่ากับ 1 กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด 1 กรัมของตะกอนแขวนลอยเวลาไหลเท่ากับ 1.5 กรัมซีโอดี ก๊าซมีเทนสามารถละลายน้ำได้บางส่วนตามกฎของเฮนรี่ และสารอินทรีย์คาร์บอนมีการสะสมน้อยมากในระบบ จากค่าที่ได้พบว่า ณ ระยะเวลาที่น้ำ 12 ชม. ถึง AF1 และ AF3 มีค่าอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนที่เข้าและออกใกล้เคียงกันและมีค่าใกล้เคียงกับ 1.0 มาก แสดงว่าระบบทำงานได้ดีมีความสมดุลย์ภายในระบบ ส่วนถึง AF2 นั้นจะมีค่าที่มากกว่า 1.0 แสดงว่ามีการสะสมตัวของสารอินทรีย์คาร์บอนเกิดขึ้นในระบบแต่ก็น้อยมาก โดยทั่วไปถือว่าระบบของทั้งสามถังมีการทำงานได้ดีและมีความสมดุลย์ของคาร์บอนในระบบ และเมื่อเพิ่มออร์แกนิกโหลดคั้งของระบบโดยลดระยะเวลาที่น้ำลงมาเป็น 9 ชม. พบว่าทั้งสามถังมีอัตราส่วนลดลงโดยเฉพาะถึง AF2 และ AF3 ซึ่ง AF3 จะมีการลดลงของอัตราส่วนมากที่สุด นั้นแสดงให้เห็นว่าถึง AF3 มีเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนที่สูงขึ้นเช่นเดียวกับถึง AF2 เมื่อเปรียบเทียบทั้งสามถังจะเห็นว่า ถึง AF3 มีสัดส่วนนี้ต่ำที่สุดนั้นเพราะถึง AF3 มีเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนสูงที่สุดนั่นเอง สำหรับตารางที่ 4.11 ซึ่งแสดงอัตราการเกิดก๊าซมีเทนต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด นั้นพบว่ามีเทนฮิลด์ที่ได้ของทั้งสามถังมีค่าใกล้เคียงกันทั้งที่ระยะเวลาที่น้ำ 12 ชม. และ 9 ชม. โดย ณ ระยะเวลาที่น้ำ 12 ชม. มีเทนฮิลด์จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.285 ถึง





ตารางที่ 4.10 สมดุลย์ของคาร์บอนในระบบ (mg/day)

HRT (hr.)		Carbon in	Carbon out				Accumulated Carbon	Sum. of Carbon out	Ratio of Carbon in & out
		COD Influent	COD Effluent	CH <sub>4</sub> Gas	Soluble CH <sub>4</sub>	VSS in Effluent			
12	AF1	3,559	265	2,302	798	147	-	3,512	1.01
	AF2	4,382	342	2,305	980	285	-	3,902	1.12
	AF3	7,754	529	4,789	1,735	458	-	7,511	1.03
9	AF1	4,811	494	2,949	1,063	280	-	4,786	1.01
	AF2	5,923	597	3,379	1,308	345	-	5,629	1.05
	AF3	10,481	922	7,148	2,274	794	-	11,138	0.94

ตารางที่ 4.11 อัตราการเกิดก๊าซมีเทนต่อกรัมของโคลีที่ตกค้างจัด

HRT (hr.)		Bio Gas (ml/day)	CH <sub>4</sub> Gas (ml/day)	Soluble CH <sub>4</sub> (ml/day)	Total CH <sub>4</sub> (ml/day)	g.COD removal (g/day)	CH <sub>4</sub> Yield (l/g.COD removal)
12	AF1	1,347	808	280	1,088	3.29	0.330
	AF2	1,349	809	344	1,153	4.04	0.285
	AF3	2,801	1,681	609	2,290	7.22	0.317
9	AF1	1,758	1,035	373	1,408	4.32	0.325
	AF2	1,872	1,186	459	1,645	5.33	0.308
	AF3	3,754	2,509	798	3,307	9.56	0.344

0.330 ล./กรัม ซีโอซีที่ถูกกำจัด และเมื่อเพิ่มค่าออร์แกนิกโพลคิงของระบบเป็นระยะเวลาที่น้ำ  
ที่ 9 ซม. ค่ามีเทนไฮดรอกไซด์จะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นโดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.308 - 0.344 ล./กรัม  
ซีโอซีที่ถูกกำจัด

4.3.1.4 อิทธิพลของระยะเวลาที่น้ำและค่าออร์แกนิกโพลคิงที่มีผล  
ต่อราคาสุทธิของระบบ

ตัวกลางกรองที่ใช้ในถัง AF1 นั้นคือหิน ซึ่งมีค่าความพรุน  
เท่ากับ 43.36% ปริมาตรที่ใช้บรรจุลงในถังกรองฯ เท่ากับ 0.0162 ลบ.เมตร คิดเป็นจำนวน  
ถุงเท่ากับ 1ถุง มีราคาเท่ากับ 30บาท ตัวกลางกรองในถัง AF2 คือเศษคอนกรีต มีค่าความพรุน  
เท่ากับ 53.45% ปริมาตรที่ใช้บรรจุลงในถังกรองฯ เท่ากับ 0.0162 ลบ.เมตร คิดเป็นจำนวน  
ก้อนที่มีขนาด 20x40 ซม. หนาประมาณ 3นิ้วเท่ากับ 5ก้อน ราคาก้อนละ 4.50 บาท เป็นราคา  
รวมเท่ากับ 22.50 บาท และในถัง AF3 ตัวกรองที่ใช้เป็นพลาสติก ซึ่งทำมาจากโพลีเอทิลีนที่ตัด  
เป็นสองท่อน มีค่าความพรุนเท่ากับ 94.38% ปริมาตรที่บรรจุลงในถังกรองฯ เท่ากับ 0.0162ลบ.  
เมตร คิดเป็นจำนวนชิ้นที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. ยาว 6 ซม. เท่ากับ 380 ชิ้น ซึ่งใน  
ท้องตลาดจะเรียก 144ชิ้นเท่ากับ 1ก๊วยส มีราคา 100 บาท/ก๊วยส ดังนั้นใช้เท่ากับ 2.64 ก๊วยส มี  
ราคารวมเท่ากับ 263.88 บาท ปริมาตรสุทธิของถัง AF1 AF2 และ AF3เมื่อบรรจุตัวกลางแล้ว  
เท่ากับ 7.01 8.63 และ 15.27 ลิตร ตามลำดับ จากราคาของตัวกลางที่ใช้จ่ายไปเมื่อนำมา  
เทียบกับ กรัมซีโอซีที่ถูกกำจัดไปในแต่ละค่าออร์แกนิกโพลคิงแล้ว จะมีค่าดังแสดงในตารางที่  
4.12 ซึ่งจะพบว่า ณ ระยะเวลาที่น้ำ 12 และ 9 ซม. ค่าใช้จ่ายต่อกรัมซีโอซีที่ถูกกำจัดไปของ  
ทั้งสามถัง ถึง AF2 จะมีค่าใช้จ่ายที่ถูกลงที่สุดทั้งระยะเวลาที่น้ำ 12 และ 9 ซม. ทั้งนี้เพราะกรัม  
ซีโอซีที่ถูกกำจัดไปนั้นใกล้เคียงกับถัง AF1 และ AF3 แต่ถึง AF2มีราคาตัวกลางเทียบกับปริมาตร  
สุทธิของถังแล้วต่ำที่สุด สำหรับถัง AF1 นั้นก็มีราคาสูงขึ้นจากถัง AF2 เล็กน้อยเท่านั้น ส่วนถัง  
AF3 ถึงแม้ว่ากรัมซีโอซีที่ถูกกำจัดไปจะสูงกว่าถัง AF1 และ AF2 ทั้งระยะเวลาที่น้ำ 12 ซม.  
และ 9 ซม. แต่ก็สูงกว่าเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาถึงราคาตัวกลางเทียบกับปริมาตรสุทธิถังแล้ว  
จะสูงมากกว่าถัง AF1 และ AF2 ดังนั้นจึงทำให้ถัง AF3 เมื่อนำค่าใช้จ่ายมาคิดเฉพาะกรณี

ตารางที่ 4.12 ค่าใช้จ่ายต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด

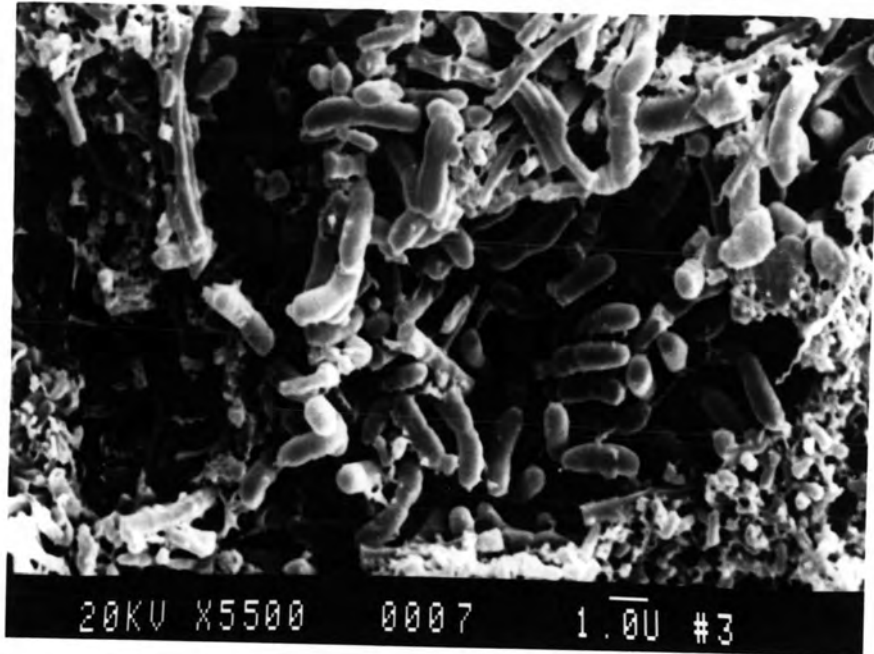
HRT (hr.)		Cost of Media (Baht/l)	g.COD removal/l	Cost (Baht/g.COD removal)
12	AF1	4.28	0.2350	18.21
	AF2	2.61	0.2341	11.14
	AF3	17.28	0.2366	73.05
9	AF1	4.28	0.2310	18.53
	AF2	2.61	0.2315	11.26
	AF3	17.28	0.2347	73.61

ตัวกลางแล้ว ถึง AF3 จะมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าถึงอื่น ๆ จึงสรุปได้ว่าค่าใช้จ่ายต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัดไปของถึง AF2 ที่มีเศษคอนกรีตเป็นตัวกลาง ณ ระยะเวลาที่น้ำ 12 ชม. มีค่าต่ำที่สุดคือมีราคาเท่ากับ 11.14 บาท/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด อย่างไรก็ตามสำหรับตัวกลางพลาสติกในสภาพใช้งานจริงแล้วโดยทั่วไปจะมีราคาประมาณ 6,000 บาท/ลบ.เมตร เมื่อนำมาคิดเทียบกับกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัดไปในแต่ละค่าออร์แกนิกโหลดคั้งแล้ว พบว่าที่ระยะเวลาที่น้ำ 12 ชม. จะมีค่าใช้จ่ายต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัดเท่ากับ 25.36 บาท/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด และที่ระยะเวลาที่น้ำ 9 ชม. มีค่าเท่ากับ 25.56 บาท/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ซึ่งจะเห็นได้ว่า ตัวกลางเศษคอนกรีตยังคงมีราคาค่าใช้จ่ายต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัดไปต่ำที่สุดอยู่เช่นเดิม

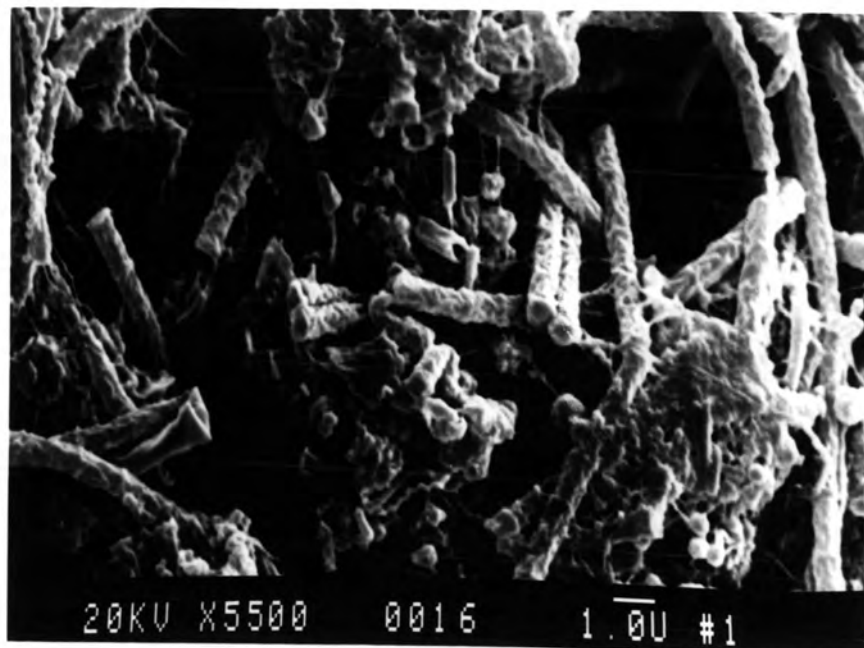
#### 4.3.2 ลักษณะเซลล์จุลินทรีย์ในถังกรองไร้อากาศ

จากการตรวจสอบจุลินทรีย์ในระบบด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดธรรมดา พบว่าโดยทั่วไปทั้งสามถังจะมีลักษณะของจุลินทรีย์คล้าย ๆ กัน คือพบแบคทีเรียชนิดเส้นใย (Fila-

mentous Bacteria) อยู่ในปริมาณพอสมควร นอกจากนี้ยังตรวจพบ Facultative Bacteria บ้างเล็กน้อยซึ่งคาดว่าโปรโตซัวพวกนี้อาจจะได้ออกซิเจนจากน้ำประปาที่ใช้เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ เนื่องจากระบบบำบัดที่ใช้เป็นแบบป้อนน้ำเสียเข้าระบบอย่างต่อเนื่อง (Continuous feed) ส่วนแบคทีเรียที่มีส่วนสำคัญในระบบบำบัดแบบไร้อากาศ ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจนเลย (Obligate anaerobic) นั้น เช่นแบคทีเรียที่ผลิตมีเทน จะมีขนาดเล็กมากตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดธรรมดาค่อนข้างยาก จึงได้นำไปตรวจสอบที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (Scanning electron microscopy) จากการส่องกราดด้วยลำแสงอิเล็กตรอนบนผิวตัวอย่างทั้งสามถึงพบว่า มีลักษณะแบคทีเรียที่พบคล้าย ๆ กัน ดังรูปที่ 4.43 ซึ่งมีลักษณะคล้าย Methanobrevibacter กล่าวคือจะมีรูปร่างเป็นท่อนรี ๆ (Oval rods) หรือทรงกลม (Cocci) จนถึงท่อนสั้น (Short rods) โดยทั่วไปจะพบเป็นคู่ หรือเป็นสายมีความกว้างในส่วนลำตัวประมาณ 0.5-0.7 ไมโครเมตร และยาวประมาณ 0.8-1.4 ไมโครเมตร โดยใช้  $H_2 + CO_2$ , Formate เป็นซับสเตรท (Balch และ Wolfe, 1981) ส่วน รูปที่ 4.44 ซึ่งมีลักษณะคล้าย Methanothrix คือจะมีรูปร่างเป็นท่อนยาว (Long rods) จนถึงเป็นเส้นใย (Filaments) ที่อาจพบรวมกันเป็นกลุ่ม ๆ (Bundles) มีขนาดความกว้างของลำตัวประมาณ 0.7-1.2 ไมโครเมตร ยาวประมาณ 2.0-6.0 ไมโครเมตร โดยใช้อะซิเตทเป็นซับสเตรท (Huser, Wuhrmann และ Zehnder, 1983) นอกจากนี้งานวิจัยต่าง ๆ ยังได้ระบุถึงลักษณะสำคัญที่จะพบในแบคทีเรียที่ผลิตมีเทนเท่านั้น เช่น Coenzyme  $F_{420}$  และ Coenzyme  $F_{430}$  เป็นต้นโดย Coenzyme  $F_{420}$  จะสามารถตรวจสอบการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร และจะให้การเรืองแสงที่มีสีน้ำเงินเขียว (Blue-green) ได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบฟลูออเรสเซนซ์ แต่ Coenzyme  $F_{430}$  จะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 430 นาโนเมตรได้แต่จะไม่มี การเรืองแสงเกิดขึ้นเหมือน Coenzyme  $F_{420}$  (Brock และ Madigan, 1991) ดังนั้นจึงได้นำไปตรวจสอบที่ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบฟลูออเรสเซนซ์ ซึ่งใช้แหล่งกำเนิดแสงเป็น Mercury lamp ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร จะเห็นการเรืองแสงเป็นสีน้ำเงินเขียวของแบคทีเรียที่ผลิตมีเทน ซึ่งจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ๆ ทำให้การเรืองแสงเห็นได้ชัดเจนกว่าเซลล์เดี่ยว



รูปที่ 4.43 แสดงจุลินทรีย์ในระบบที่มีลักษณะคล้าย Methanobrevibacter



รูปที่ 4.44 แสดงจุลินทรีย์ในระบบที่มีลักษณะคล้าย Methanotrrix