บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล

4.1 การทดลองหาประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและ/หรือแมงกานีสในน้ำของ แมงกานีสกรีนแซนด์ เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบทีละเท

อัตราการกรองที่ใช้ในการทดลองขั้นนี้มี 2 ค่า คือ 10 และ 20 ลบ.ม/ตร.ม.-ชม. ผลการทดลองแยกการพิจารณาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแมงกานีสกรีนแซนด์ได้ดังนี้

4.1.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กของแมงกานีสกรีนแซนด์

ในการทดลองกำหนดปริมาณเหล็กทั้งหมดที่ยอมรับในน้ำที่ผ่านการกรองไว้เท่ากับ 0.3 มก./ล. ผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.,ขและ ค. แยกพิจารณาตามอัตราการกรองที่ใช้ดังนี้ คือ

4.1.1.1 อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตรม.ชม.

ผลของการกำจัดเหล็กในน้ำ โดยใช้แมงกานีสกรีนแซนด์ที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.ชม. แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 ถึง 4.4 และรูปที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ และสามารถแยกพิจารณาผลได้ดังนี้ คือ

ก. คุณภาพน้ำและอายุการทำงานของแมงกานีสกรีนแซนด์

รูปที่ 4.1 และตารางที่ 4.1 - 4.4 แสดงถึงปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ และอายุการทำงานของแมงกานีสกรีนแซนด์แต่ละชนิด โดยทำการควบคุมให้มีสภาวะการทดลองแบบเดียวกัน คือไม่มีการกระตุ้นชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข. และ ค. ด้วยการเติมคลอรีนลงในน้ำดิบ เพื่อจะได้ทราบถึงประสิทธิภาพที่แท้จริงของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข. และ ค. จากผลการทดลองจะเห็นว่า ในช่วงแรกของการทดลอง แมงกานีสกรีนแซนด์ทั้ง 3 ชนิด สามารถออกซิไดซ์เหล็ก (II) ที่มีอยู่ในน้ำและกำจัดออก

ตารางที่ 4.1 ผลการกำจัดเหล็กในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.ที่อัตราการกรอง-
10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น	4.07	มก./ล.	พีเอช	6.6	
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น	3.82	มก./ล.	โออาร์พี	-110	มิลลิโวลท์
ออกซิเจนละลายน้ำ	7.6	มก./ล.	สภาพการนำไฟฟ้า	800	μmho/cm
ความขุ่น	1.6	NTU			

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU	ออกซิเจนละลายน้ำ,มก./ล.	สภาพการนำไฟฟ้า μmho/cm
0	0	80.7	90	6.6	0.27	7.4	1000
1	0	97.6	170	6.55	0.25	7.6	600
2	0	118.0	180	6.45	0.28	7.3	600
3	0	140.0	200	6.5	0.29	7.5	600
4	0	168.6	200	6.5	0.29	7.6	600
4:24	0	180.0	200	6.5	0.26	7.5	500
ปริมาณน้ำล้างย้อน 24.6 ล. อัตราการล้างย้อน 16.6 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.							
4:24	0	81.4	170	6.50	0.23	6.4	410
5:24	0	92.9	190	6.50	0.20	5.9	380
6:24	0.03	104.1	160	6.55	0.25	7.1	410
7:24	0.02	114.2	200	6.40	0.25	7.0	410
8:24	0.02	141.8	170	6.40	0.41	6.8	370
9:24	0.03	155.6	190	6.50	0.35	7.0	300
10:24	0.03	173.3	160	6.40	0.41	7.1	310
10:39	0.03	180.0	190	6.40	0.41	7.0	310
ปริมาณน้ำล้างย้อน 25.8 ล. อัตราการล้างย้อน 17.4 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.							

ตารางที่ 4.2 ผลการกำจัดเหล็กในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.ที่อัตราการกรอง-
10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 4.24 มก./ล. พีเอช 6.6
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น 4.14 มก./ล. โออาร์พี -180 มิลลิโวลท์
ออกซิเจนละลายน้ำ 7.1 มก./ล. สภาพการนำไฟฟ้า 330 μmho/cm
ความขุ่น 3.1 NTU

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU	ออกซิเจนละลายน้ำ,มก./ล.	สภาพการนำไฟฟ้า μmho/cm
0	0	78.6	170	6.60	0.32	7.0	340
1	0	84.3	260	6.70	0.32	7.0	320
2	0	87.1	190	6.60	0.31	7.2	320
3	0	90.2	150	6.70	0.33	7.2	320
5	0	96.6	180	6.60	0.35	7.1	320
9	0	102.1	220	6.70	0.29	7.2	315
11	0	114	220	6.40	0.28	7.0	315
12	0	116.6	210	6.40	0.30	7.0	315
15	0	121.1	220	6.55	0.28	7.0	310
18	0	134.9	200	6.55	0.33	6.95	315
21	0	144.7	200	6.50	0.30	6.9	310
23	0	151.3	170	6.60	0.30	6.9	310
24	0	155.4	170	6.50	0.28	6.9	310
25	0	158.8	180	6.50	0.28	7.0	310
27	0	167.9	170	6.65	0.32	6.6	315
28	0	174.0	150	6.45	0.31	6.8	310
29	0	177.5	120	6.40	0.31	6.8	310
29:33	0.03	180.0	90	6.40	0.30	6.7	260
ปริมาณน้ำล้างย้อน 85.2 ล. อัตราการล้างย้อน 57.6 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.							
29:33	0	74.2	160	6.65	0.59	6.7	290
30:33	0.03	75.9	120	6.50	0.57	6.7	290
31:33	0.08	79.0	100	6.55	0.54	6.7	290
32:33	0.12	81.1	90	6.50	0.52	6.7	290
35:33	0.20	86.1	40	6.55	0.49	6.7	290
36:11	0.29						
36:33	0.30	89.0	40	6.55	0.48	6.9	285
37:33	0.48	91.0	-10	6.50	0.47	6.9	290

ปริมาณน้ำล้างย้อน 81.6 ล. อัตราการล้างย้อน 55.2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ตารางที่ 4.3 ผลการกำจัดเหล็กในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ค. ที่อัตราการกรอง-10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 4.15 มก./ล. พีเอช 6.4
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น 4.08 มก./ล. โออาร์พี -110 มิลลิโวลท์
ความขุ่น 2.0 NTU

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0	73.3	150	6.55	0.43
1	0	75.3	210	6.50	0.42
2	0	78.6	240	6.55	0.42
3	0.01	85.4	220	6.45	0.47
6	0	105.0	240	6.60	0.47
9	0	118.3	260	6.40	0.47
11	0	133.8	260	6.40	0.50
15	0	162.3	250	6.60	0.47
17:39	0.01	180	260	6.60	0.47
ปริมาณน้ำล้างย้อน 69.6 ล.		อัตราการล้างย้อน 47.0 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.			
17:39	0	71.7	150	6.60	0.74
18:39	0	77.6	270	6.50	0.53
19:39	0.01	84.4	320	6.35	0.53
20:39	0	-	-	-	-
22:39	-	104.9	300	6.50	0.51
23:39	0	111.2	295	6.50	0.50
26:39	0	127.6	300	6.35	0.49
29:39	0	159.0	320	6.35	0.50
32:15	0	180.0	280	6.40	0.49
ปริมาณน้ำล้างย้อน 67.8 ล.		อัตราการล้างย้อน 45.8 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม			
32:15	0	71.6	150	6.80	0.63
33:15	0	73.3	250	6.60	0.60
34:15	0	81.5	265	6.55	0.59
35:15	0	89.0	280	6.55	0.54
38:15	0	91.1	300	6.55	0.57
41:15	0	116.8	200	6.70	0.56
44:15	0	142.3	245	6.60	0.56

(ต่อ)

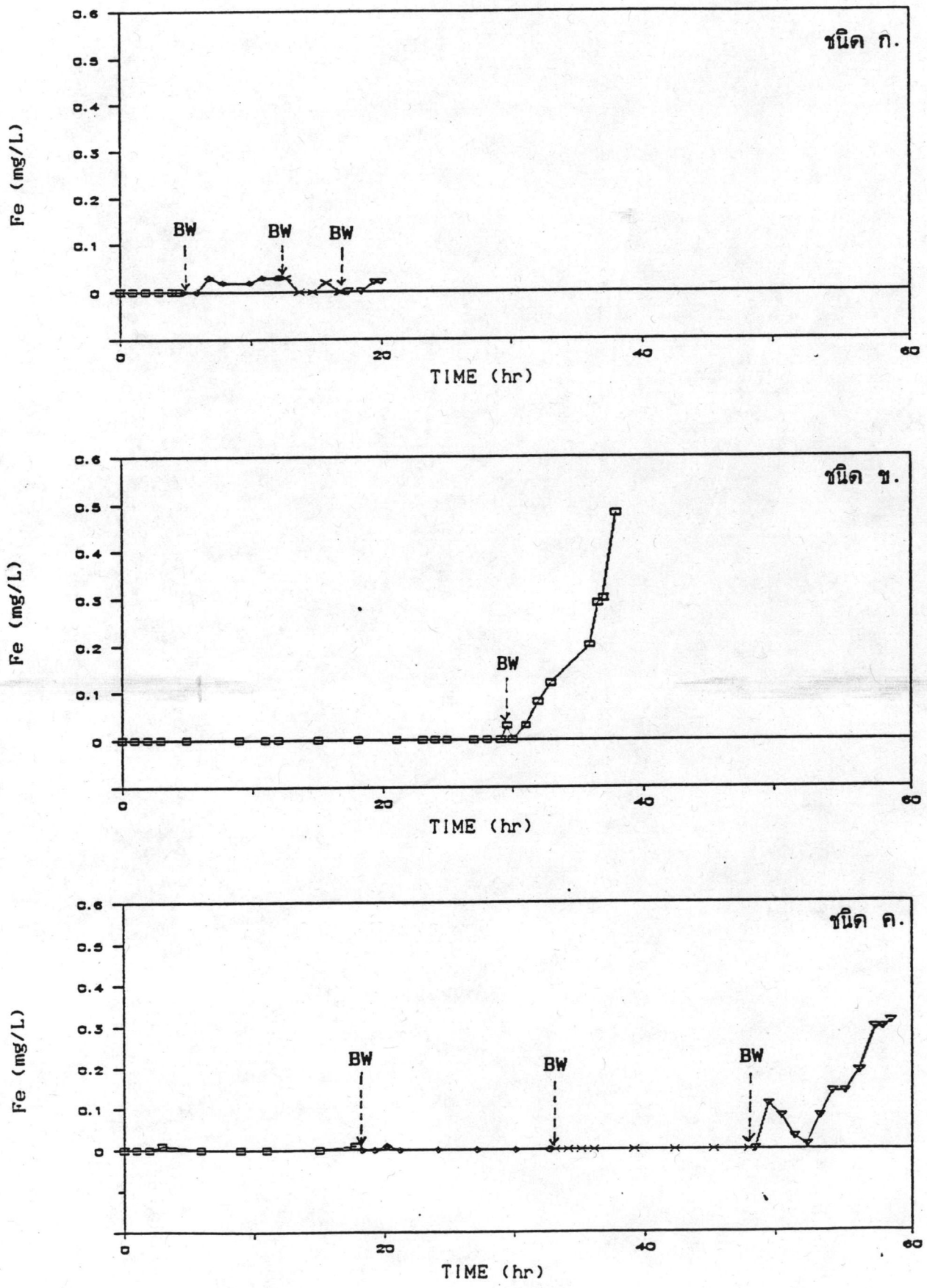
ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
46:15	-	-	260	-	-
46:58	0	180	250	6.70	0.58
ปริมาณน้ำล้างย้อน 69.6 ล. อัตราการล้างย้อน 47.0 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม					
46:58	0	71.0	165	6.65	0.58
47:58	0.11	73.0	195	6.65	0.51
48:58	0.08	77.9	110	6.65	0.50
49:58	0.03	83.0	70	6.65	0.48
50:28	-	-	10	-	-
50:58	0.01	86.2	0	6.65	0.48
51:58	0.08	-	-	-	-
52:58	0.14	91.5	-20	6.65	0.47
53:58	0.14	95.0	-30	6.65	0.47
54:58	0.19	98.8	-75	-	0.47
55:58	0.295	103.3	-100	6.75	0.47
56:28	0.295	-	-	-	-
56:58	0.31	110.8	-140	6.75	0.47
ปริมาณน้ำล้างย้อน 57.6 ล. อัตราการล้างย้อน 38.9 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม					

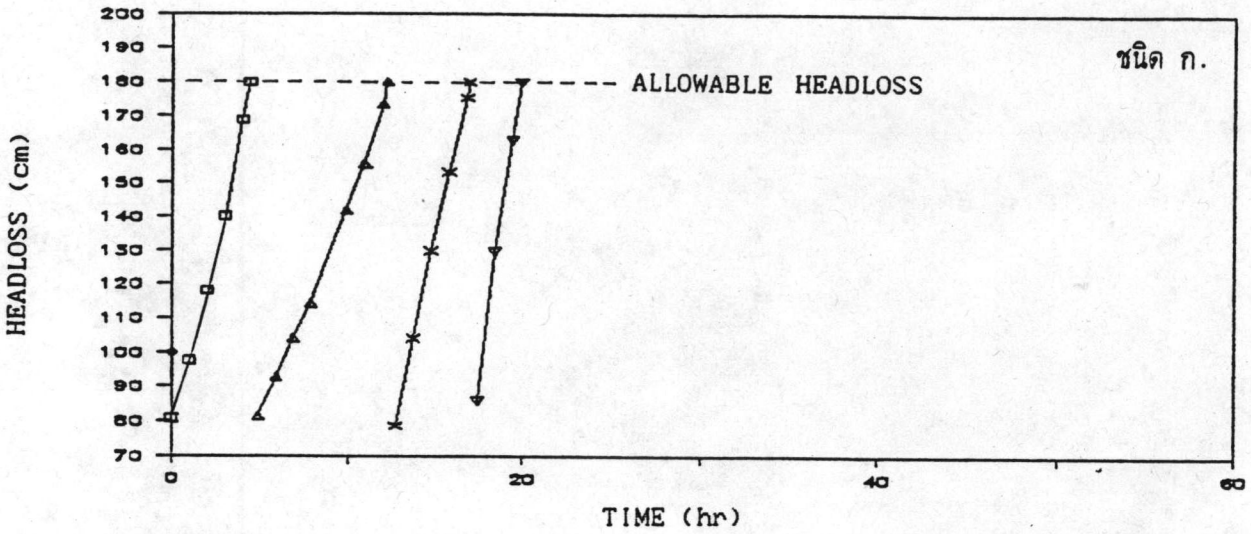
ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กของแมงกานีสกรีนแซนด์ ที่อัตราการกรอง-
10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

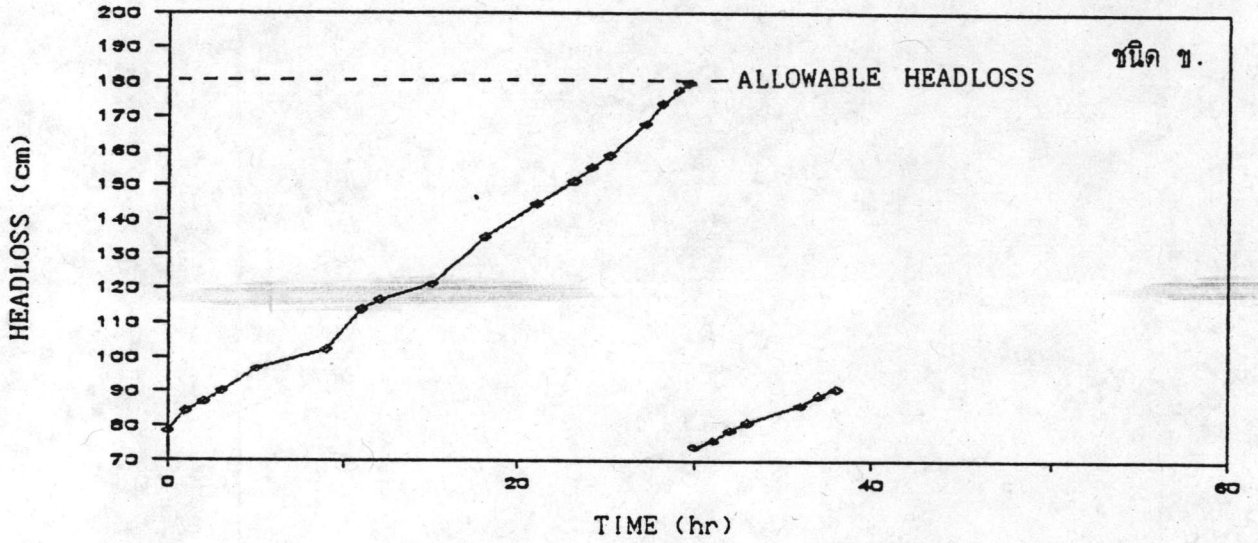
ชนิดของแมงกานีสกรีนแซนด์	ปริมาณเหล็กในน้ำดิบสังเคราะห์โดยเฉลี่ย มก./ล.		ปริมาณเหล็กที่กำจัดได้ กรัม/ลิตรของแมงกานีสกรีนแซนด์	%เหล็ก(II)ที่ถูกออกซิไดซ์	อายุการกรอง ชม.:นาที	ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ ลิตร	ปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการรีเจนเนอเรชัน กรัม/ลิตรของแมงกานีสกรีนแซนด์
	เหล็กทั้งหมด	เหล็ก(II)					
ก.	4.07	3.82	0.957*	100	18:21	272	2.490
ข.	4.24	4.14	1.976	98	36:33	544	2.325
ค.	4.13	4.04	3.076	99	56:58	835	2.653

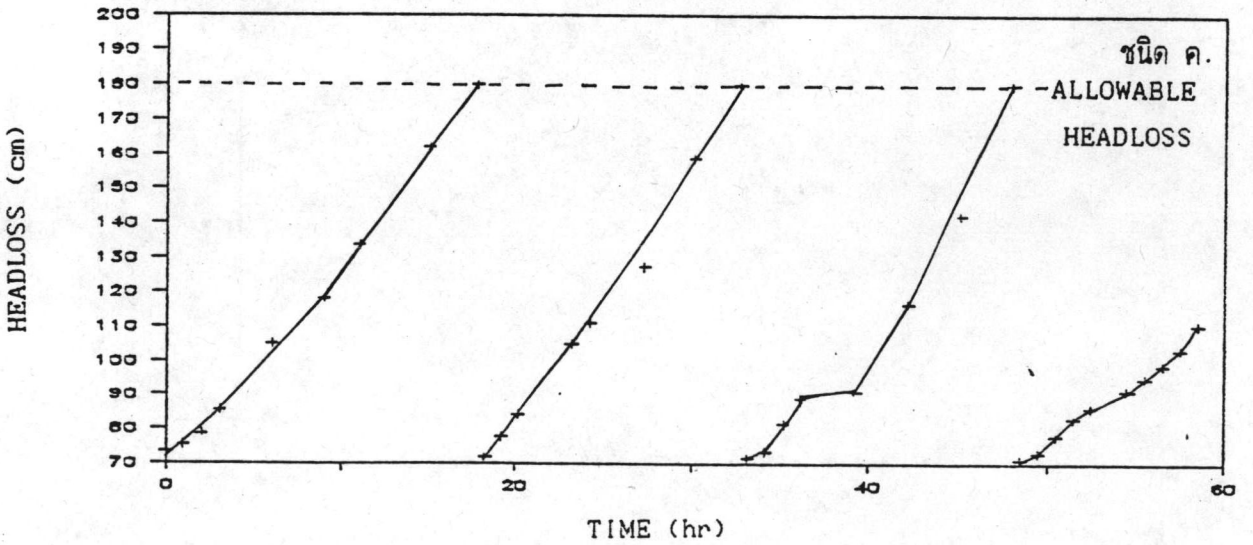
หมายเหตุ * เป็นประสิทธิภาพที่คำนวณได้ เมื่อทำการทดลองจนการสูญเสียเฮดมีค่า 180 ซม. เนื่องจากช่วงอายุการกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ ชนิด ก.สั้น ที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ทำให้การเบรคทรูเกิดขึ้นได้ช้า



รูปที่ 4.1 ปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ ชนิด ก., ข. และ ค. ที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.



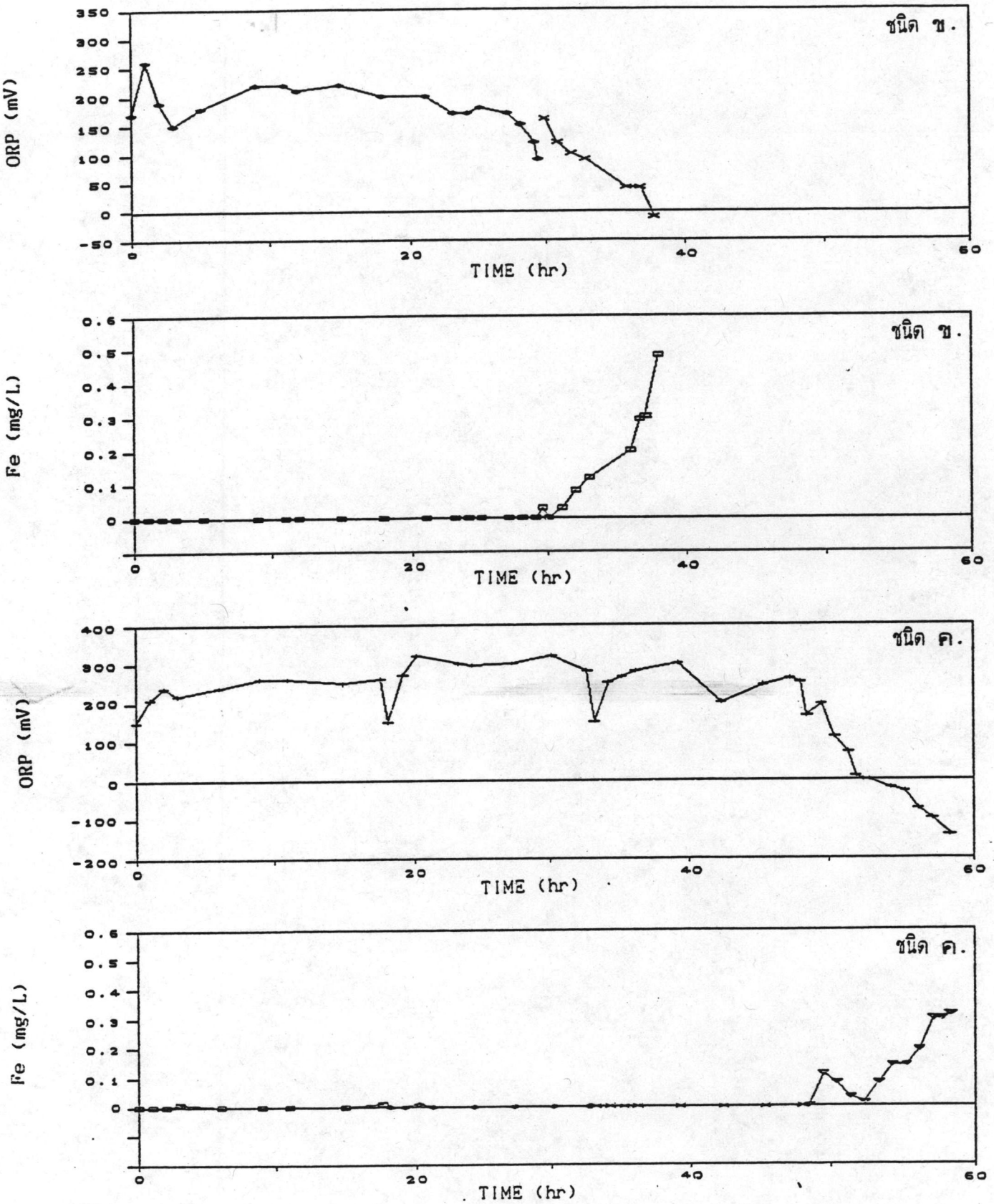




รูปที่ 4.2 ค่าการสูญเสียเฮดของแมงกานีสกรีนแซนด์ ชนิด ก., ข. และ ค

ออกจากน้ำ โดยการกรองผ่านชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเห็นได้จากปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านการกรองมีค่าน้อยมาก คือไม่เกิน 0.03 มก./ล. (องค์การอนามัยโลก กำหนดมาตรฐานน้ำดื่มต้องมีเหล็กไม่เกิน 0.3 มก./ล.) เมื่อทำการกรองต่อไปจนกระทั่งใกล้ถึงจุดเบรคทรู (หลังชั่วโมงที่ 29 และ 47 สำหรับแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข. และ ค. ตามลำดับ) พบว่าปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านการกรองจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งไม่สามารถกำจัดเหล็กในน้ำให้มีอยู่ในปริมาณที่ยอมรับได้คือ 0.3 มก./ล. ในขณะที่แมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. ยังคงมีประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กอยู่เมื่อสิ้นสุดการกรอง

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กของแมงกานีสกรีนแซนด์แต่ละชนิด ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.4 แล้ว แมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.และ ค.มีประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กได้ดี ถึงแม้จะไม่ได้รับการกระตุ้นและจะเห็นได้ว่าชนิด ค.มีประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กได้ดีกว่าชนิด ข. โดยชนิด ค.สามารถจับเหล็กได้ถึง 3.0761 กรัมต่อ 1 ลิตรของแมงกานีสกรีนแซนด์ ซึ่งมากกว่าชนิด ข. 1.6 เท่า ผลการทดลองที่ได้นี้สอดคล้องกับคุณสมบัติของแมงกานีสกรีนแซนด์ที่แสดงในตารางที่ 3.1 (จากตารางที่ 3.1 ชนิด ค. สามารถกำจัดเหล็กได้ดีกว่าชนิด ข. 2.5 เท่า) สำหรับแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. ซึ่งเป็นแมงกานีสกรีนแซนด์ประเภททั่วไปนั้น ปรากฏว่ายังมีประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กอยู่เมื่อหยุดทำการทดลอง แต่เนื่องจากค่าการสูญเสียเฮดเพิ่มขึ้นเร็วมาก ทำให้อายุการกรองสั้น ดังนั้นการที่จะหาประสิทธิภาพของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. ที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ต้องใช้เวลานานเพื่อให้สามารถดำเนินการกรองได้นานขึ้น จึงต้องลดอัตราการกรองเป็น 5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวในหัวข้อ 4.1.1.3 ต่อไป จากข้อมูลในตารางที่ 4.2 และ 4.3 จะพบความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พี (เป็นค่าของความสามารถในการให้และรับอิเลคตรอนระหว่างปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชัน) กับปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านการกรอง เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น กล่าวคือ เมื่อทำการกรองเป็นเวลานาน (หลังชั่วโมงที่ 29 และ 47 สำหรับแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.และ ค. ตามลำดับ) ปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านการกรองจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในขณะที่ค่าโออาร์พี มีค่าลดลงเรื่อย ๆ จนมีค่าเป็นลบ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นระหว่างแมงกานีสกรีนแซนด์กับเหล็ก (II) ในน้ำ มีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากประสิทธิภาพของแมงกานีสกรีนแซนด์เริ่มลดลง ทำให้ความสามารถในการออกซิไดซ์เหล็ก (II) ให้กลายเป็นเหล็ก (III) ลดลงด้วย ดังนั้นปริมาณเหล็ก (II) ในน้ำที่ผ่านชั้นกรองแมงกานีสกรีนแซนด์จึงเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ค่าโออาร์พีลดลงจนกระทั่งเป็นลบ ซึ่งเป็นการแสดงว่าเหล็กที่อยู่ในน้ำส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเหล็ก (II) (ดูได้จากรูปที่ 2.3 หัวข้อ 2.2.2.)



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของโออาร์พี เมื่อปริมาณเหล็กในน้ำเพิ่มขึ้น ที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ข. การสูญเสียเฮด

เมื่อแมงกานีสกรีนแซนด์ออกซิไดซ์เหล็ก (II) ในน้ำให้กลายเป็นเหล็ก (III) ซึ่งไม่ละลายน้ำ แล้วถูกกรองออกจากน้ำโดยชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ จากตารางที่ 4.1-4.3 และรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าอัตราการสูญเสียเฮด (ความลาดชันของเส้นกราฟ) ของชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข. และ ค. จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกิดการออกซิไดซ์ขึ้นตลอดชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ ส่วนแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.นั้นมีอัตรการสูญเสียเฮดสูง (เส้นกราฟชันมาก) ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อพิจารณาถึงขนาดสัมฤทธิ์ของแมงกานีสกรีนแซนด์ จากตารางที่ 3.1 ในบทที่ 3 แล้ว จะเห็นได้ว่าขนาดของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.(Ø.3-Ø.35 มม.) จะเล็กกว่าขนาดของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข. (Ø.6 มม.) และชนิด ค.(Ø.55-Ø.85 มม.) ประมาณ 1 เท่าตัว ดังนั้นเมื่อใช้อัตราการกรองที่เท่ากัน ค่าการสูญเสียเฮดสำหรับแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. ซึ่งมีขนาดเล็กจะเพิ่มขึ้นรวดเร็วกว่าแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.และ ค. ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า ซึ่งจะทำให้แมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.มีอายุการกรองสั้นเมื่อดำเนินการกรองได้เพียงไม่นาน ต้องหยุดทำการล้างย้อนโดยจะเห็นได้ว่า ในช่วงการกรอง 18 ชั่วโมง 21 นาที ต้องทำการล้างย้อนถึง 4 ครั้ง ซึ่งทำให้ไม่ประหยัดในเชิงเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากทำให้เสียเวลาและเปลืองน้ำที่ใช้ในการล้างย้อนด้วย

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการรีเจนเนอเรชัน พบว่ามีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนัก

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. เมื่อทำการทดลองในสภาวะที่ไม่มีการกระตุ้นแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข. และ ค. ด้วยการเติมคลอรีนลงในน้ำดิบก่อนเข้าสู่ชั้นกรอง พบว่าแมงกานีสกรีนแซนด์ทั้ง 2 ชนิด สามารถออกซิไดซ์เหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.และ ค. ปริมาตร 1 ลิตร สามารถจับเหล็กได้ 1.976 กรัม และ 3.076 กรัม ตามลำดับ ส่วนแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. ซึ่งเป็นแมงกานีสกรีนแซนด์ประเภททั่วไป สามารถออกซิไดซ์เหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพแต่ไม่เหมาะสมที่จะใช้ที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. เนื่องจากแมงกานีสกรีนแซนด์ ชนิด ก.มีขนาดเล็ก ค่าการสูญเสียเฮดจึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ช่วงอายุการกรองสั้น

4.1.1.2 อัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ตารางที่ 4.5 - 4.7 แสดงถึงผลการกำจัดเหล็กในน้ำ โดยใช้-แมงกานีสกรีนแซนด์ที่อัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. และสามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้ คือ

ก. คุณภาพน้ำและอายุการทำงานของแมงกานีสกรีนแซนด์

จากตารางที่ 4.5-4.8 และรูปที่ 4.4 จะเห็นความแตกต่างของผลการทดลองที่ได้ระหว่างแมงกานีสกรีนแซนด์ ทั้ง 2 ประเภท นั่นคือ สำหรับแมงกานีสกรีน-แซนด์ชนิด ก. ซึ่งเป็นชนิดทั่วไปสามารถกำจัดเหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพที่อัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ในขณะที่ชนิด ข.และ ค. ไม่สามารถกำจัดเหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทำการกรองได้เพียง 1 ชม. 48 นาที และ 54 นาที สำหรับชนิด ข และ ค. ตามลำดับ ก็เกิดการเบรคทรู สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ เนื่องมาจากเมื่อไม่ได้ทำการกระตุ้นชั้นกรองโดยการเติม-คลอรีนลงในน้ำดิบ ทำให้ประสิทธิภาพของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข. และ ค. ค่อย ๆ หมดลง เพราะ MnO_2 เมื่อออกซิไดซ์เหล็ก (II) แล้วกลายเป็น Mn_2O_3 ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการออกซิไดซ์หมดลง ประกอบกับเมื่อทำการเพิ่มอัตราการกรองเป็น 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ซึ่งหมายถึงในช่วงเวลาเท่ากัน ปริมาณน้ำดิบที่เข้าสู่ชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์จะเพิ่มขึ้น ดัง-นั้นความเร็วของน้ำที่ผ่านชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์จะเพิ่มขึ้น ทำให้แมงกานีสกรีนแซนด์ออกซิไดซ์เหล็ก (II) ในน้ำดิบได้น้อยลง เนื่องจากเวลาสัมผัสระหว่างแมงกานีสกรีนแซนด์กับ-เหล็ก (II) ลดลง

เมื่อพิจารณาค่าโออาร์พี พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับการทดลองที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. สำหรับแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.และ ค. คือ ค่าโออาร์พีจะลดลงเมื่อเวลาในการกรองเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณเหล็ก (II) ในน้ำที่ผ่าน-ชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์มีค่าสูงขึ้น

ตารางที่ 4.5 ผลการกำจัดเหล็กในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.ที่อัตราการกรอง-
20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 4.12 มก./ล. พีเอช 6.55
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น 3.91 มก./ล. โออาร์พี -120 มิลลิโวลท์
ความขุ่น 1.2 NTU

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0.05	99.8	100	6.55	0.57
0:55	0.03	180.0	150	6.55	0.24
ปริมาณน้ำล้างย้อน 24.6 ล. อัตราการล้างย้อน 16.6 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					
0	0.03	105.1	120	6.65	0.41
0:50	0.03	180.0	170	6.60	0.20
ปริมาณน้ำล้างย้อน 24.0 ล. อัตราการล้างย้อน 16.2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม					

ตารางที่ 4.6 ผลการกำจัดเหล็กในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.ที่อัตราการกรอง-
20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 4.05 มก./ล. พีเอช 6.55
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น 3.98 มก./ล. โออาร์พี -10 มิลลิโวลท์
ความขุ่น 1.4 NTU

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0	81.0	210	6.50	0.52
1	0	86.3	220	6.50	0.42
2	0.70	92.5	80	6.40	0.40
3	1.17	98.0	80	6.50	0.40
3:30	1.38	-	80	6.50	0.39
ปริมาณน้ำล้างย้อน 81.0 ล. อัตราการล้างย้อน 54.8 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม					

ตารางที่ 4.7 ผลการกำจัดเหล็กในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ค.ที่อัตราการกรอง-
20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น	4.13	มก./ล.	พีเอช	6.60	
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น	4.08	มก./ล.	โออาร์พี	-110	มิลลิโวลท์
ความขุ่น	3.2	NTU			

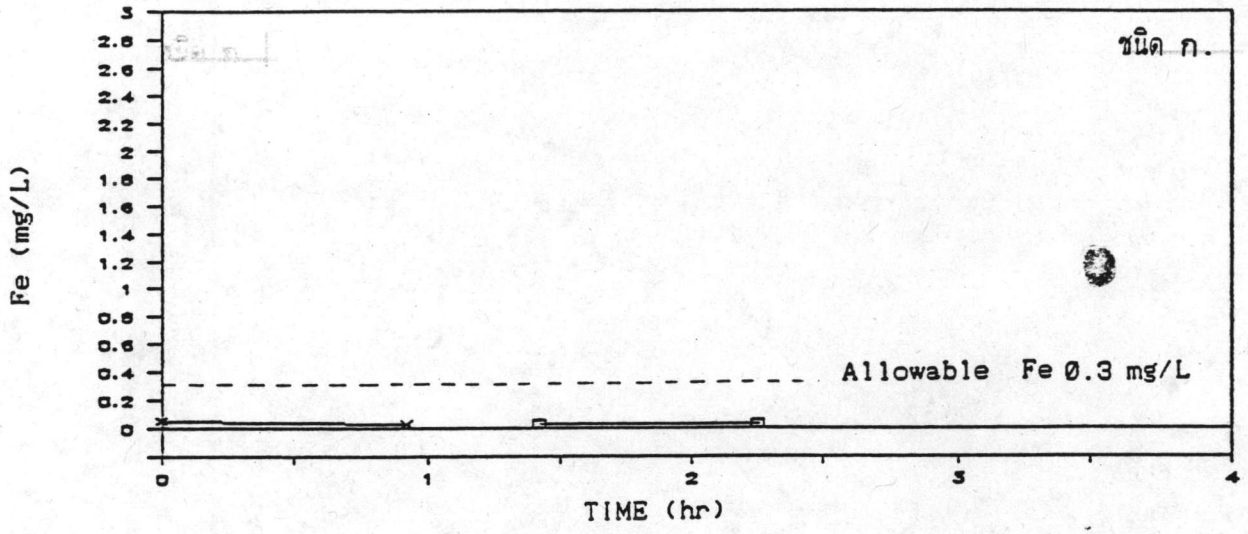
เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0	76.0	120	6.85	0.23
1	0.34	77.2	-30	6.85	0.21
1:30	0.48	-	-	-	-
2	1.20	78.6	-130	6.80	0.21
2:30	1.40	-	-	-	-
3	1.56	80.5	-50	6.90	0.26

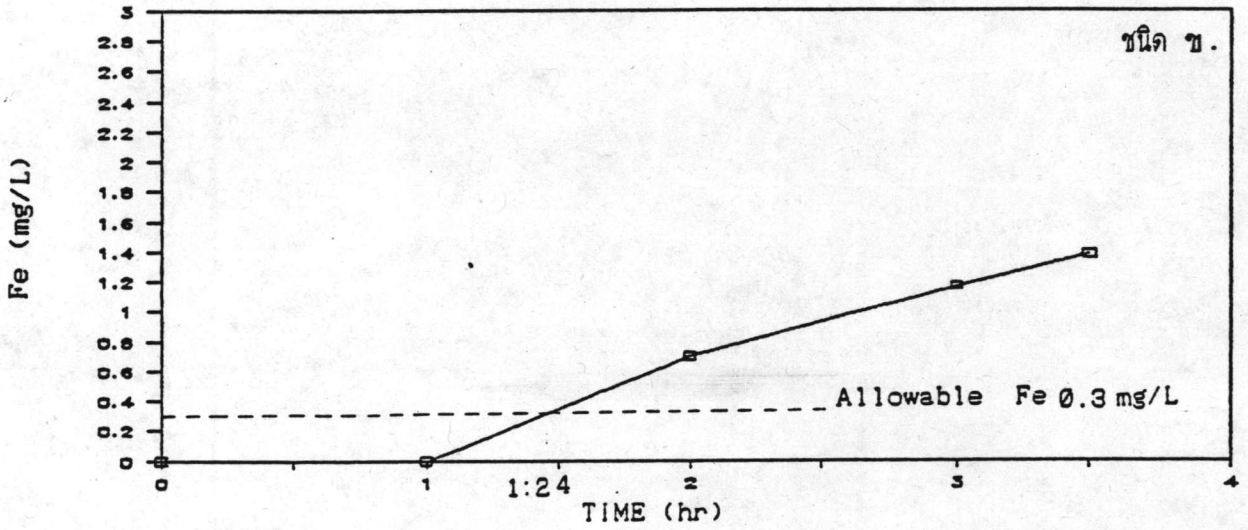
ปริมาณน้ำล้างย้อน 71.4 ล. อัตราการล้างย้อน 48.3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม

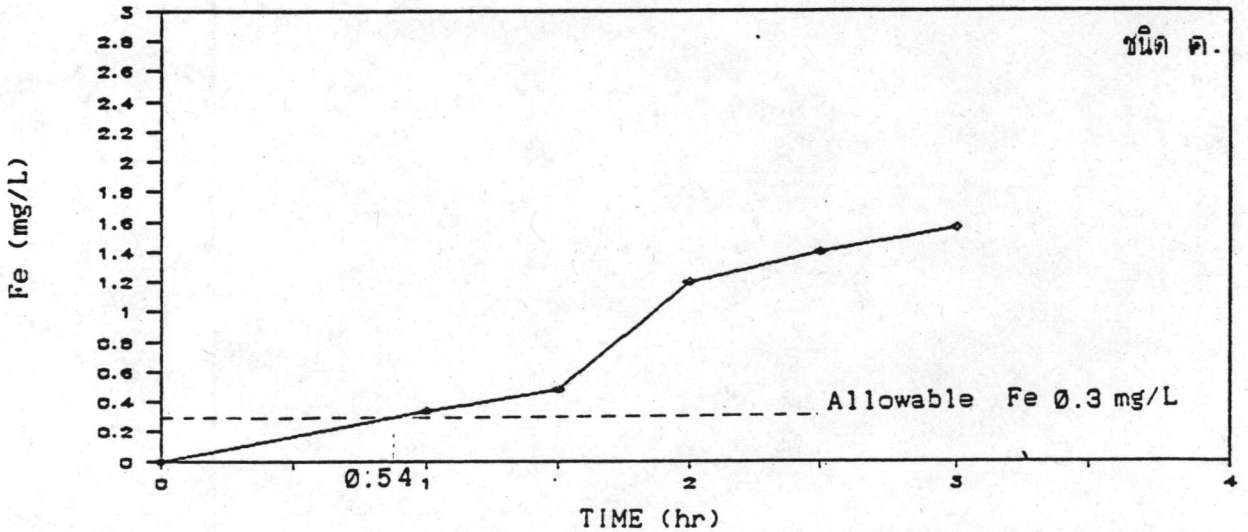
ตารางที่ 4.8 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กของแมงกานีสกรีนแซนด์ ที่อัตราการกรอง-
20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ชนิดของแมงกานีสกรีนแซนด์	ปริมาณเหล็กในน้ำดิบสังเคราะห์โดยเฉลี่ย มก./ล.		ปริมาณเหล็กที่กำจัดได้ กรัม/ลิตรของแมงกานีสกรีนแซนด์	%เหล็ก(II)ที่ถูกออกซิไดซ์	อายุการกรอง ชม.:นาที	ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ ลิตร	ปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการรีเจนเนอเรชั่น กรัม/ลิตรของแมงกานีสกรีนแซนด์
	เหล็กทั้งหมด	เหล็ก(II)					
ก.	4.12	3.91	0.958*	99	0:55	27	2.562
ข.	4.05	3.98	0.145	98	1:24	42	2.540
ค.	4.13	4.08	0.106	96	0:54	27	2.114

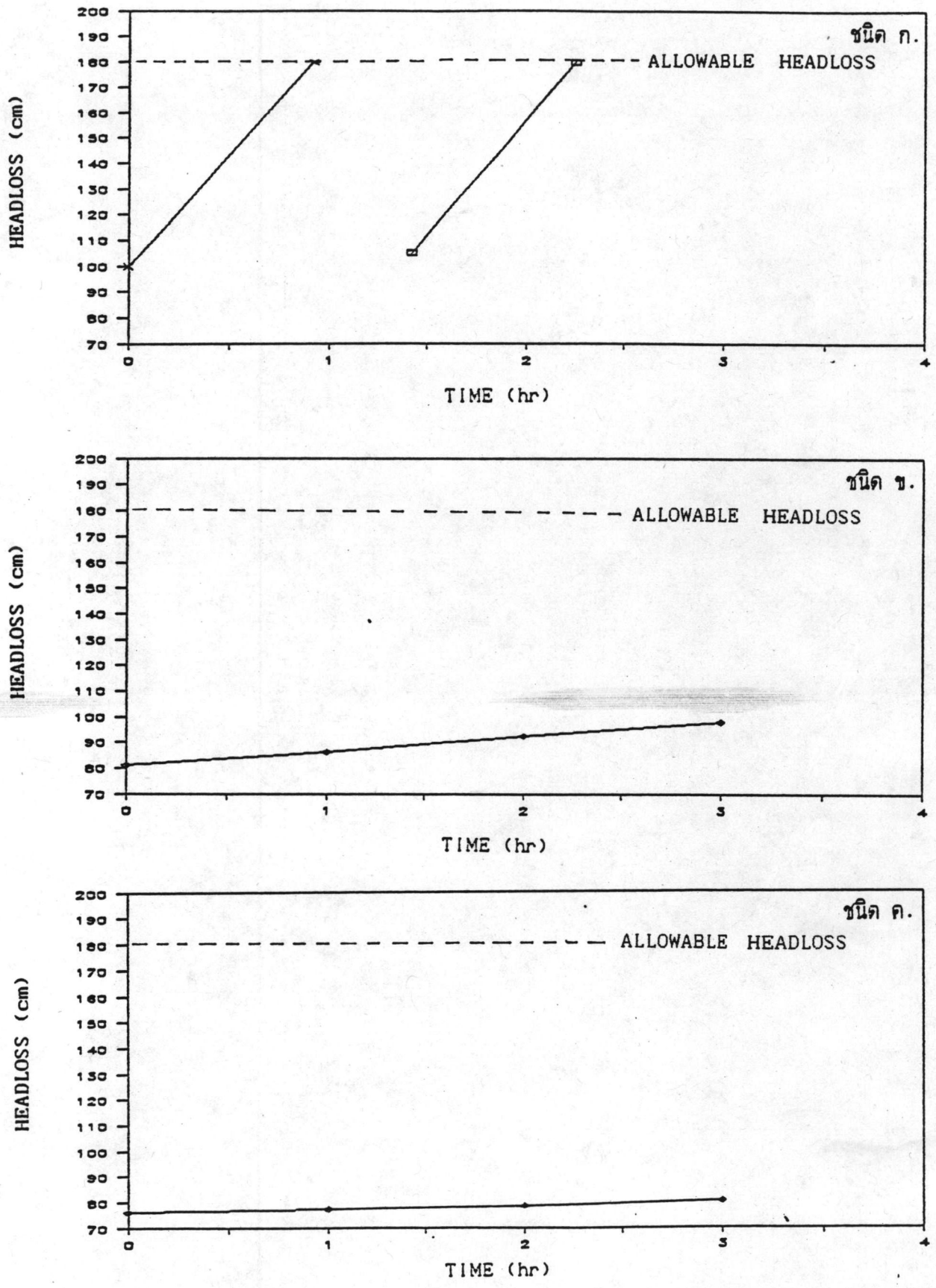
หมายเหตุ * เป็นประสิทธิภาพที่คำนวณได้ เมื่อทำการทดลองจนการสูญเสียเฮดมีค่า 180 ซม. เนื่องจากช่วงอายุการกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ ชนิด ก.สั้น ที่อัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ทำให้การเบรคทรูเกิดขึ้นได้ช้า







รูปที่ 4 .4 ปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ ชนิด ก.,ข. และ ค. ที่อัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.



รูปที่ 4 .5 ค่าการสูญเสียเฮดของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.,ข. และ ค ในการกำจัดเหล็ก ที่อัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ข. การสูญเสียเฮด

จากรูปที่ 4.5 และตารางที่ 4.5-4.7 ซึ่งแสดงค่าการสูญเสียเฮดของแมงกานีสกรีนแซนด์แต่ละชนิด ที่อัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. เมื่อพิจารณาผลการทดลองจะเห็นความแตกต่างระหว่างผลการทดลองของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. กับชนิด ข., ค. คือ ค่าการสูญเสียเฮดของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในขณะที่ค่าการสูญเสียเฮดของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข. และ ค. จะเพิ่มอย่างช้า ๆ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจาก เมื่อพิจารณาปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. จะเห็นว่า ปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านชั้นกรองมีค่าน้อย นั่นคือ เหล็ก (II) ในน้ำจะถูกออกซิไดซ์โดยชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ กลายเป็นเหล็ก (III) ซึ่งเป็นผลึก และทำให้ชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์เกิดการอุดตัน นอกจากนี้แล้ว เนื่องจากช่องว่างระหว่างเม็ดทรายมีน้อย (แมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. มีขนาดเล็ก) จึงทำให้การอุดตันเกิดขึ้นเร็ว ค่าการสูญเสียเฮดจึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่วนแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข. และ ค.นั้น น้ำที่ผ่านชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ทั้ง 2 ชนิดจะมีเหล็ก (II) อยู่ในปริมาณมากกว่าชนิด ก. ซึ่งแสดงว่าเหล็ก (II) ที่มีอยู่ในน้ำถูกออกซิไดซ์ในปริมาณที่น้อยกว่าเมื่อผ่านชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. ดังนั้นผลึกของเหล็ก (III) จึงเกิดขึ้นน้อย การอุดตันในชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์จึงเกิดขึ้นน้อยกว่าชนิด ก. จึงมีผลทำให้ค่าการสูญเสียเฮดเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการรีเจนเนอเรชัน จะเห็นว่าจะเพิ่มขึ้นเมื่อประสิทธิภาพในการออกซิไดซ์เหล็กของแมงกานีสกรีนแซนด์เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจาก แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) ซึ่งเคลือบอยู่ที่ผิวของกรีนแซนด์เมื่อทำการออกซิไดซ์เหล็ก (II) แล้ว จะเปลี่ยนเป็น Mn_2O_3 ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตจะกลับเป็นแมงกานีสไดออกไซด์เช่นเดิม ดังนั้นเมื่อแมงกานีสกรีนแซนด์สามารถออกซิไดซ์เหล็ก (II) ได้มาก ย่อมต้องการโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตในปริมาณมาก เพื่อทำให้ Mn_2O_3 กลับเป็น แมงกานีสไดออกไซด์ดังเดิม

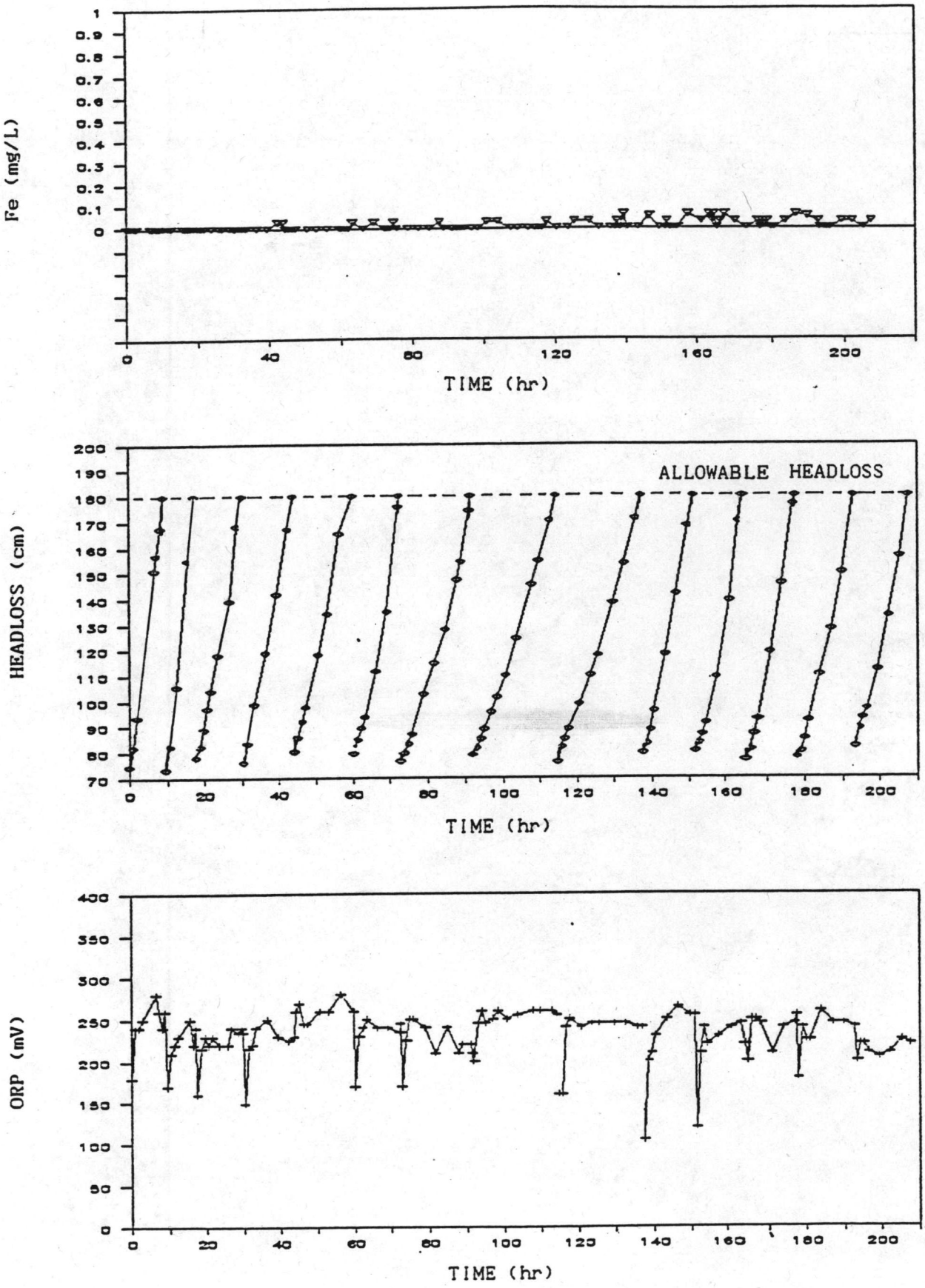
4.1.1.3 อัตราการกรอง 5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการกรอง 5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.นี้ ใช้สำหรับแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. เท่านั้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวแล้วในหัวข้อ 4.1.1.1 (ก) ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.6 และ 4.7 ซึ่งจะเห็นได้ว่า แมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. สามารถกำจัดเหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถึงแม้ดำเนินการกรองนานถึง 201 ชม. 4 นาที ปริมาณเหล็กที่จับได้ 5.7817 กรัม แต่ประสิทธิภาพของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. ก็ยังไม่หมด (เนื่องจากยังไม่เกิดการเบรคทรูของปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านการกรอง และน้ำที่ผ่านการกรองยังมีคุณภาพดี ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 4.6) เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพที่คำนวณจากคู่มือของบริษัทผู้ผลิต ซึ่งสามารถจับเหล็กได้ 0.768 กรัม และมีอายุการกรองนาน 25 ชม. 58 นาทีเท่านั้น จะเห็นว่าประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กที่ได้จากการทดลองมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณมาก ดังนั้นเพื่อเป็นการยืนยันผลการทดลอง จึงได้ทำการทดลองใหม่โดยลดค่าพีเอชของน้ำดิบเป็น 6.2 ซึ่งเป็นค่าพีเอชต่ำที่สุดของช่วงพีเอชที่เหมาะสมสำหรับแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. เมื่อดำเนินการวิจัยแบบกระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบทีละเท (จากตารางที่ 3.1) และปริมาณเหล็กเริ่มต้นในน้ำดิบสังเคราะห์ 4 มก./ล. เช่นเดิม ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.8 และ 4.9 ปรากฏว่าถึงแม้จะดำเนินการกรองนานถึง 102 ชม. 57 นาที ปริมาณเหล็กที่จับได้ 2.7124 กรัม แต่ก็ยังไม่หมดประสิทธิภาพเช่นเดิม น้ำที่ผ่านการกรองยังมีคุณภาพดีเช่นเดิม ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 4.8 และ 4.9 เมื่อผลการทดลองปรากฏเช่นนี้ ทำให้ไม่สามารถทราบว่าแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. สามารถกำจัดเหล็กได้มากเพียงใด จึงต้องทำการทดลองต่อไปโดยเพิ่มปริมาณเหล็กเริ่มต้นในน้ำดิบสังเคราะห์เป็น 3 เท่า คือ 12 มก./ล. เพื่อย่นระยะเวลาในการทดลอง โดยพีเอชในน้ำดิบสังเคราะห์มีค่าเท่าเดิม คือ 6.2 จากผลการทดลองซึ่งแสดงในตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.10 จะเห็นว่าเมื่อดำเนินการกรองเป็นเวลาถึง 75 ชม. 55 นาที ปริมาณเหล็กที่จับได้ 6.8612 กรัม ก็ยังไม่เกิดการเบรคทรู น้ำที่กรองได้ยังมีคุณภาพดีเช่นเดียวกับการทดลองที่ผ่านมา ดังนั้นจะเห็นได้ว่า แมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.(ซึ่งเป็นแมงกานีสกรีนแซนด์ประเภทที่ทำจากกลูโคนิติคกรีนแซนด์แล้วนำมาเคลือบด้วยแมงกานีสไดออกไซด์) สามารถกำจัดเหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ และอัตราการกรองที่เหมาะสมคือ 5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.และยังสามารถกำจัดเหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพในน้ำที่มีพีเอชตั้งแต่ 6.2 ขึ้นไป

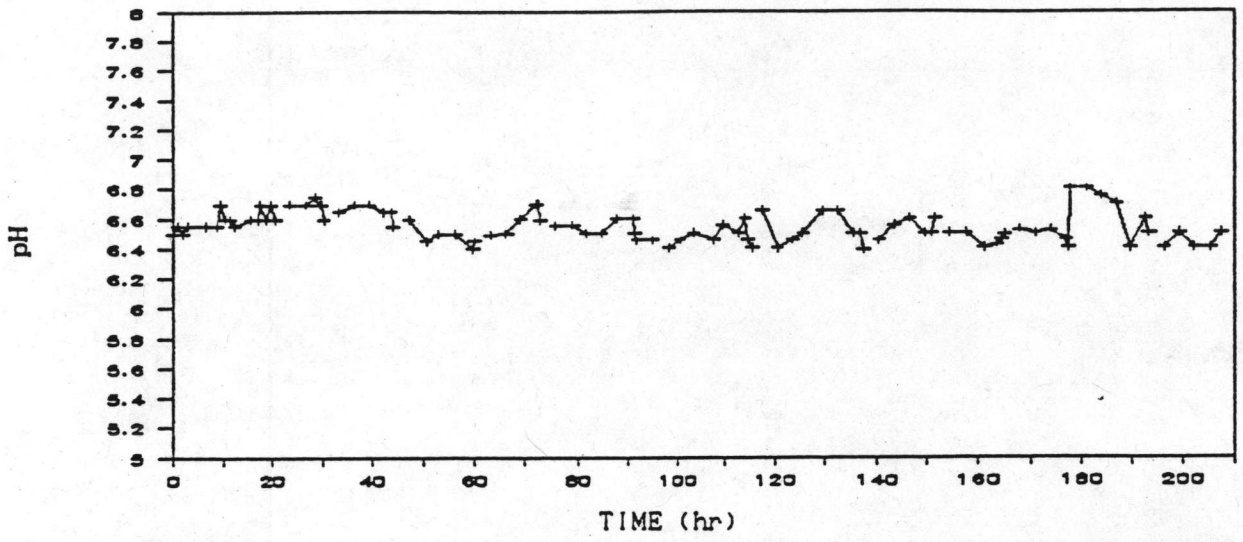
ตารางที่ 4.9 ผลการกำจัดเหล็กในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.ที่อัตราการกรอง-5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. พีเอช 6.5

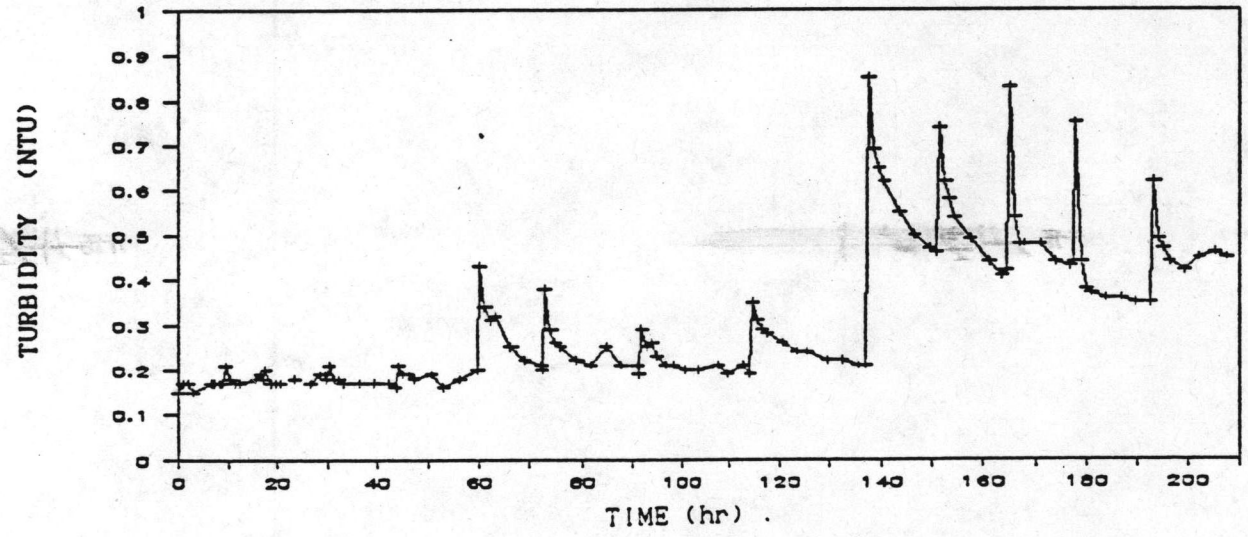
ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น	4.01	มก./ล.	พีเอช	6.5	
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น	3.63	มก./ล.	โออาร์พี	-135	มิลลิโวลท์
ความขุ่น	1.9	NTU			

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0	74.7	180	6.50	0.15
1	0	81.9	240	6.55	0.17
2	0	93.8	240	6.50	0.17
3	0	-	250	6.55	0.15
6:30	0	151.3	280	6.55	0.17
7	0	157.0	260	-	0.17
8	0	167.6	240	-	0.17
8:47	0	180.0	260	6.55	0.17
ปริมาณน้ำล้างย้อน 36 ล. อัตราการล้างย้อน 24.3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					
8:47	0	73.5	170	6.70	0.21
9:47	0	82.5	210	6.60	0.18
10:47	0	-	220	6.60	0.17
11:47	0	105.8	230	6.55	0.17
14:47	0	155.0	250	6.60	0.18
15:47	0	-	220	-	0.19
16:28	0	180.0	240	6.60	0.18
ปริมาณน้ำล้างย้อน 42 ล. อัตราการล้างย้อน 28.4 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม					
16:28	0	78.0	160	6.70	0.20
17:28	0	82.3	215	6.60	0.17
18:28	0	89.0	230	6.70	0.17
19:28	0	97.2	220	6.60	0.17
20:28	0	104.0	230	-	-
22:28	0	118.2	220	6.70	0.18
25:28	0	139.4	240	6.70	0.17
27:28	0	168.4	235	6.75	0.19
28:28	0	-	240	6.70	0.19
28:44	0	180.0	235	6.70	0.18
ปริมาณน้ำล้างย้อน 31.8 ล. อัตราการล้างย้อน 21.5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม					



รูปที่ 4.6 ลักษณะสมบัติของน้ำที่ผ่านชั้นกรองของ แมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก


pH
8
7.8
7.6
7.4
7.2
7
6.8
6.6
6.4
6.2
6
5.8
5.6
5.4
5.2
5
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
TIME (hr)

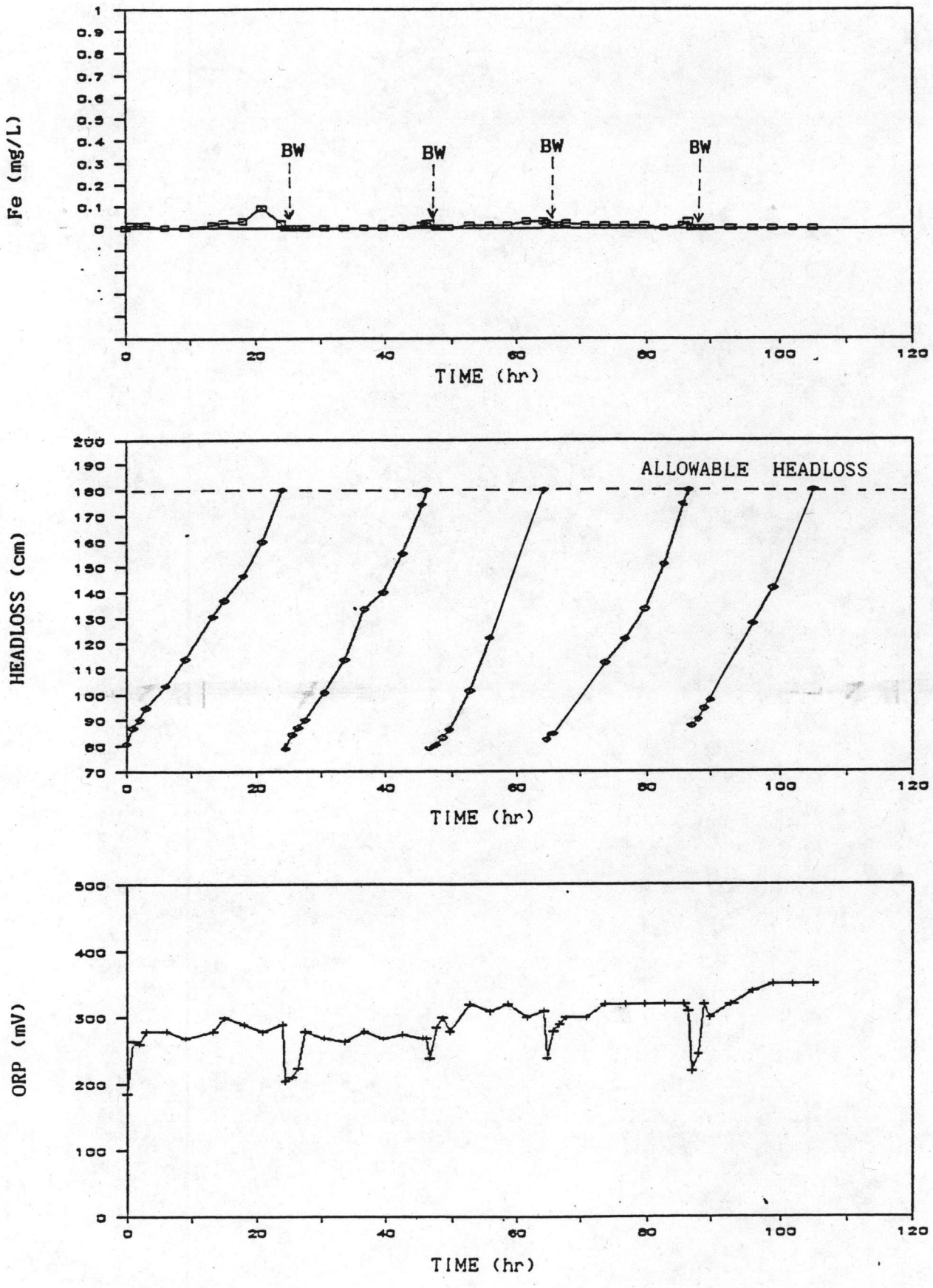

TURBIDITY (NTU)
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
TIME (hr)

รูปที่ 4.6 (ต่อ)

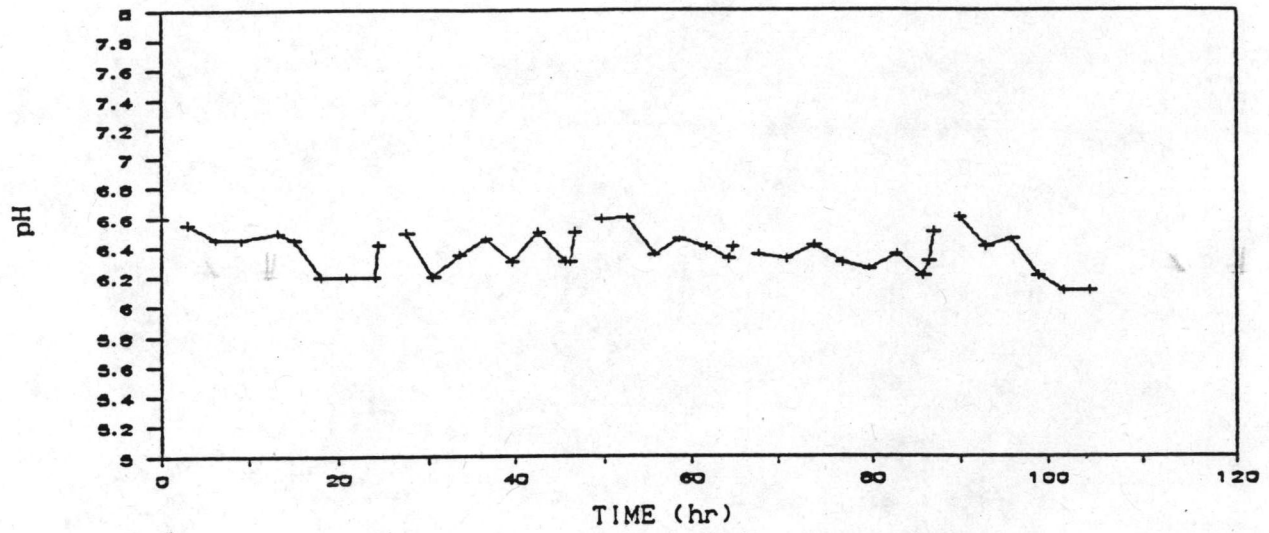
ตารางที่ 4.10 ผลการกำจัดเหล็กในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.ที่อัตราการกรอง-5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. พีเอช 6.2

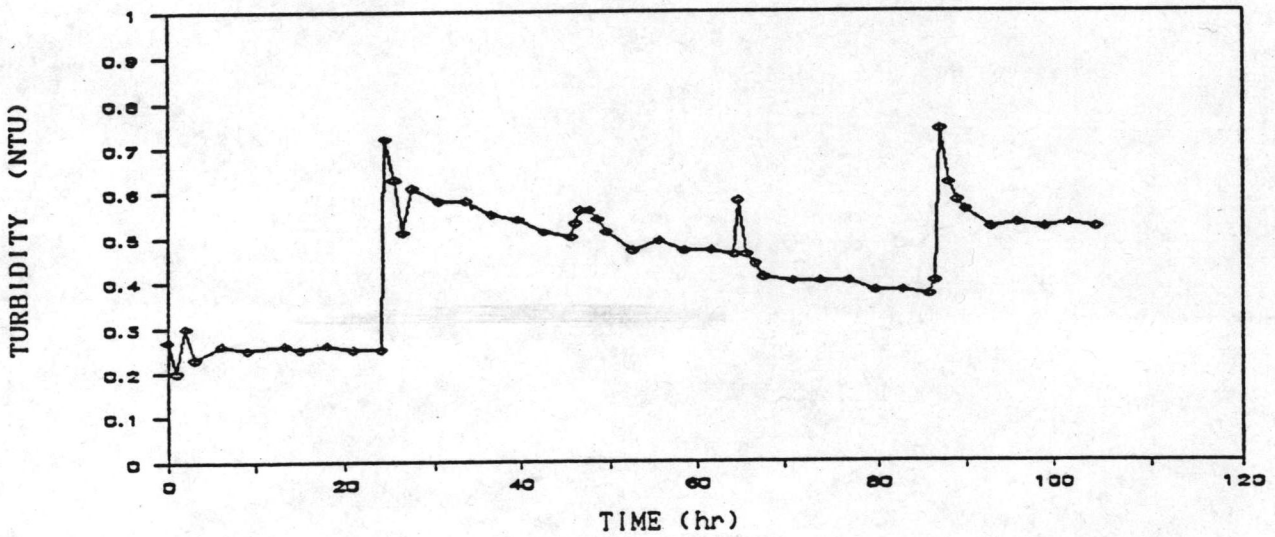
ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 3.94 มก./ล. พีเอช 6.25
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น 3.80 มก./ล. โออาร์พี -60 มิลลิโวลท์
ความขุ่น 0.77 NTU

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0	80.9	185	6.60	0.27
1	0.01	87.0	265	6.60	0.20
2	0.01	90.2	260	6.60	0.30
3	0.01	94.9	280	6.55	0.23
6	0	103.5	280	6.45	0.26
9	0	114.0	270	6.45	0.25
13:14	0.01	130.5	280	6.50	0.26
15	0.02	136.8	300	6.45	0.25
18	0.03	146.5	290	6.20	0.26
21	0.09	160	280	6.20	0.25
24	0.02	180	290	6.20	0.25
ปริมาณน้ำล้างย้อน 24.6 ล.		อัตราการล้างย้อน 16.6 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.			
24	0	79.0	205	6.40	0.72
25	0	84.4	210	-	0.63
26	0	87.1	225	6.45	0.51
27	0	90.0	280	6.50	0.61
30	0	100.7	270	6.20	0.58
33	0	113.5	265	6.35	0.58
36	0	133.4	280	6.45	0.55
39	0	139.9	270	6.30	0.54
42	0	155.1	275	6.50	0.51
45	0.01	174.3	270	6.30	0.50
45:38	0.02	180.0	270	6.30	0.53
ปริมาณน้ำล้างย้อน 25.2 ล.		อัตราการล้างย้อน 17.0 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.			



รูปที่ 4.7 ลักษณะสมบัติของน้ำที่ผ่านชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก โดยใช้อัตราการกรอง 5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ที่พีเอช 6.2


pH
8
7.8
7.6
7.4
7.2
7
6.8
6.6
6.4
6.2
6
5.8
5.6
5.4
5.2
5
0
20
40
60
80
100
120
TIME (hr)

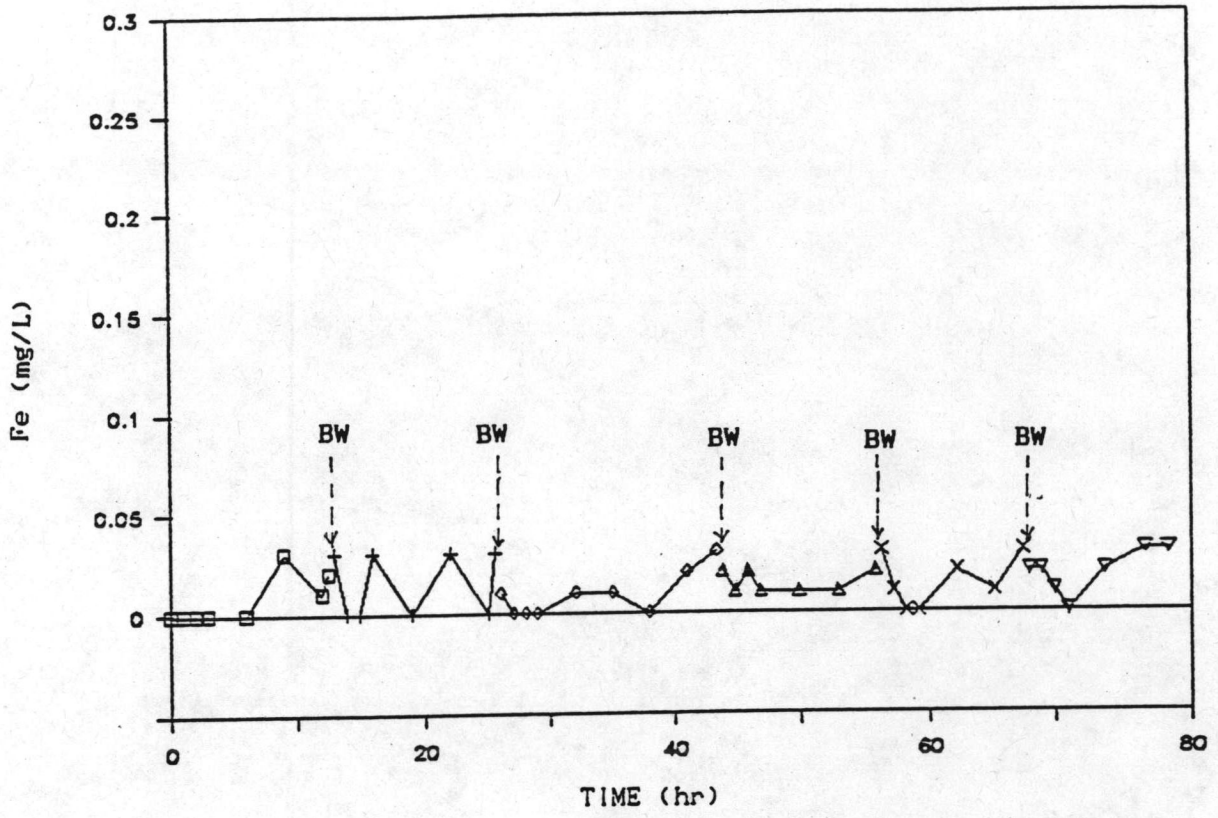

TURBIDITY (NTU)
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
20
40
60
80
100
120
TIME (hr)

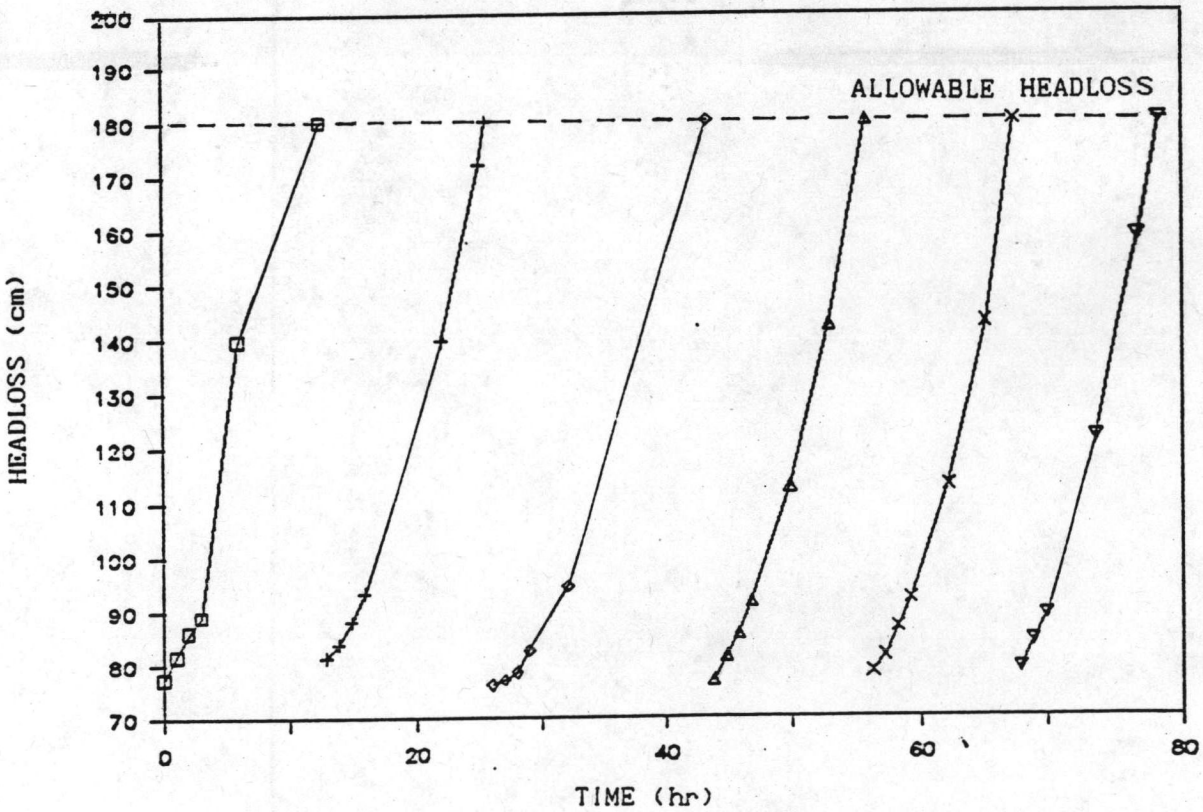
รูปที่ 4.7 (ต่อ)

ตารางที่ 4.11 ผลการกำจัดเหล็กในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.ที่อัตราการกรอง-5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 12 มก./ล.

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น	11.77	มก./ล.	พีเอช	6.19	
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น	11.70	มก./ล.	โออาร์พี	-80	มิลลิโวลท์
ความขุ่น	1.1	NTU			

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0	77.3	180	6.30	0.35
1	0	81.7	245	6.30	0.31
2	0	86.1	270	6.35	0.36
3	0	89.0	265	6.35	0.32
6	0	139.7	285	6.30	0.27
9	0.03	-	-	-	-
12	0.01	-	-	-	-
12:29	0.02	180.0	310	6.35	0.25
ปริมาณน้ำล้างย้อน 24.6 ล. อัตราการล้างย้อน 16.6 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					
12:29	0.03	81.3	165	6.40	0.32
13:29	0	83.8	260	6.40	0.28
14:29	0	88.0	280	6.40	0.29
15:29	0.03	93.3	280	6.35	0.26
18:29	0	-	290	6.30	0.25
21:29	0.03	139.5	290	6.35	0.29
24:29	0	172.1	285	6.15	0.25
25:02	0.03	180.0	290	6.25	0.25
ปริมาณน้ำล้างย้อน 24 ล. อัตราการล้างย้อน 16.2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					





รูปที่ 4.8 ประสิทธิภาพของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. ในการกำจัดเหล็กในน้ำที่มีปริมาณเหล็กทั้งหมด 12 มก./ล. โดยใช้อัตราการกรอง 5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.ที่พีเอช 6.2

ตารางที่ 4.12 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. ที่อัตราการกรอง 5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.(โดยที่ยังไม่เกิดการเบรคทรู)

ปริมาณเหล็กในน้ำดิบสังเคราะห์โดยเฉลี่ย มก./ล.		พีเอช	ปริมาณเหล็กที่กำจัดได้, กรัม	อายุการกรอง ชม.:นาที	จำนวนครั้งของการล้างย้อน	ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ ลิตร	ปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการรีเจนเนอเรชั่น กรัม/ลิตรของแมงกานีสกรีนแซนด์
เหล็กทั้งหมด	เหล็ก(II)						
4.07	3.86	6.5	5.782	201:04	14	1490	2.876
3.95	3.78	6.2	2.712	102:57	5	745	2.853
12.32	12.08	6.2	6.861	75:55	6	566	2.675

จากผลการทดลองที่ได้จากหัวข้อ 4.1.1.1, 4.1.1.2 และ 4.1.1.3 สรุปได้ว่า เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบทีละเท โดยทำการทดลองที่สภาวะเดียวกัน คือ ไม่มีการกระตุ้นแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.และ ค.ด้วยการเติมคลอรีน ผลปรากฏว่าแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.และ ค. สามารถกำจัดเหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.ที่พีเอช 6.5 โดยแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ค.มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการกำจัดเหล็กในน้ำที่มีปริมาณเหล็กทั้งหมด 4 มก./ล.สำหรับอัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการกำจัดเหล็กในน้ำที่มีปริมาณเหล็กทั้งหมด 4 มก./ล. ที่พีเอช 6.5 เพราะประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข. และ ค. มีค่าต่ำ ส่วนแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. ถึงแม้จะกำจัดเหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่มีอัตราการสูญเสียเฮดสูง นอกจากนั้นสำหรับแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. ซึ่งเป็นชนิดทั่วไปที่ไม่ต้องทำการกระตุ้นชั้นกรองด้วยการเติมคลอรีน พบว่าจะมีประสิทธิภาพดีที่สุดที่อัตราการกรอง 5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

4.1.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดแมงกานีสของแมงกานีสกรีนแซนด์

ในการทดลองกำหนดปริมาณแมงกานีสทั้งหมดที่ยอมรับในน้ำที่ผ่านการกรองไว้เท่ากับ 0.05 มก./ล. ผลการทดลองแยกการพิจารณาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแมงกานีสกรีนแซนด์ต่างชนิดกันได้ดังนี้

4.1.2.1 อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ตารางที่ 4.13-4.15 และรูปที่ 4.9 และ 4.10 แสดงถึงผลการกำจัดแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ทั้ง 3 ชนิด ที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม และสามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้คือ

ตารางที่ 4.13 ผลการกำจัดแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.ที่อัตราการกรอง-10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ปริมาณแมงกานีสทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 2.06 มก./ล. พีเอช 6.45
ความขุ่น 0.85 NTU โออาร์พี 210 มิลลิโวลท์

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0	87.1	260	6.50	0.39
1	0	95.8	280	6.55	0.35
2	0	106.4	230	6.55	0.22
3	0	119.3	270	6.40	0.25
6	0	159.0	280	6.40	0.17
6:55	0	180	270	6.50	0.17

ปริมาณน้ำล้างย้อน 27.6 ล. อัตราการล้างย้อน 18.6 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม

ตารางที่ 4.14 ผลการกำจัดแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.ที่อัตราการกรอง-10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ปริมาณแมงกานีสทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 2.01 มก./ล. พีเอช 6.70
ความขุ่น 1.50 NTU โออาร์พี 200 มิลลิโวลท์

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0.14	76.2	300	6.8	0.42
1	0.84	78.7	320	6.8	0.40
2	1.11	80.9	310	6.8	0.38
3	1.38	82.2	300	6.9	0.39
6	1.64	86.1	310	6.8	0.38
9	1.89	92.1	280	6.9	0.40
11	1.89	94.9	180	-	0.40
11:32	1.89	97.7	180	6.8	0.39

ปริมาณน้ำล้างย้อน 76.8 ล. อัตราการล้างย้อน 51.9 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม

ตารางที่ 4.15 ผลการกำจัดแมงกานีลในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ค.ที่อัตราการกรอง-
10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

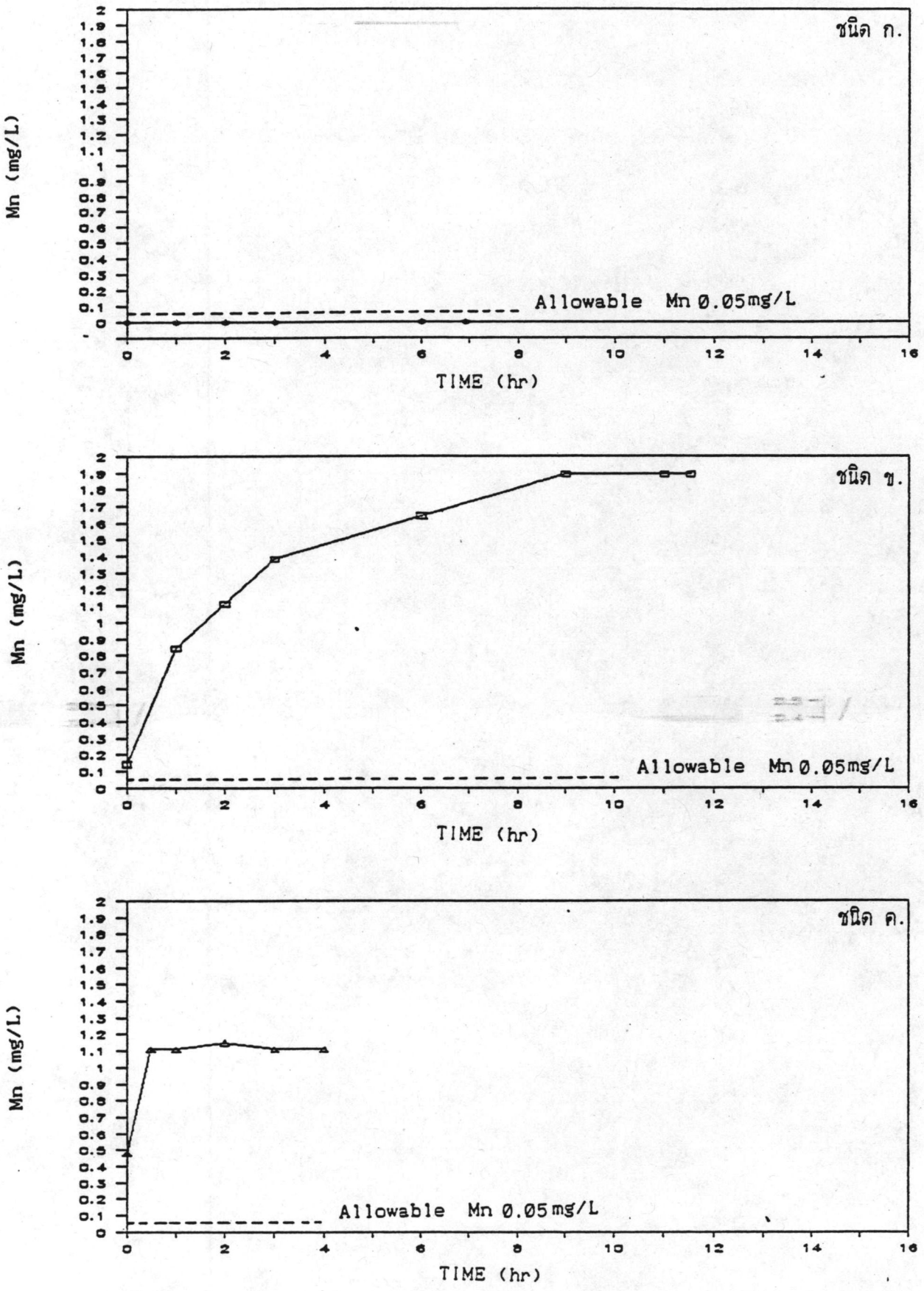
ปริมาณแมงกานีสทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 2.00 มก./ล. พีเอช 6.42
ความขุ่น 2.00 NTU โออาร์พี 160 มิลลิโวลท์

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณแมงกานีลในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0.48	79.5	185	6.40	0.35
0:30	1.11	-	-	-	-
1	1.11	95.5	200	6.50	0.29
2	1.15	111.0	180	6.50	0.30
3	1.11	130.2	180	6.60	0.30
4	1.11	147.0	185	6.45	0.29

ปริมาณน้ำล้างย้อน 71.4 ล. อัตราการล้างย้อน 48.3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม

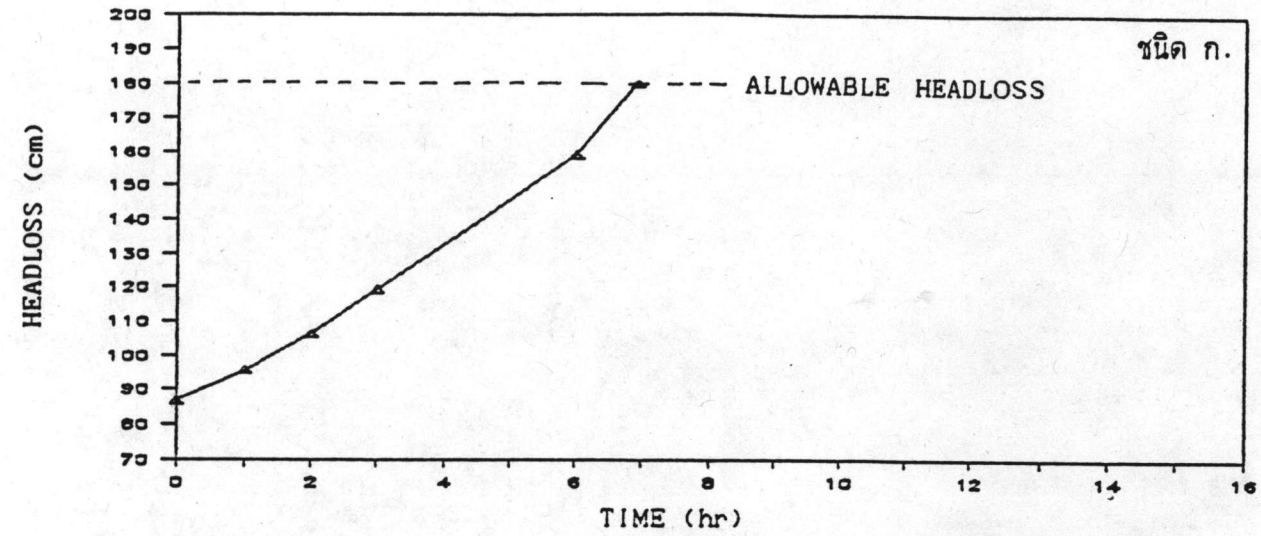
ตารางที่ 4.16 ประสิทธิภาพในการกำจัดแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์
ที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

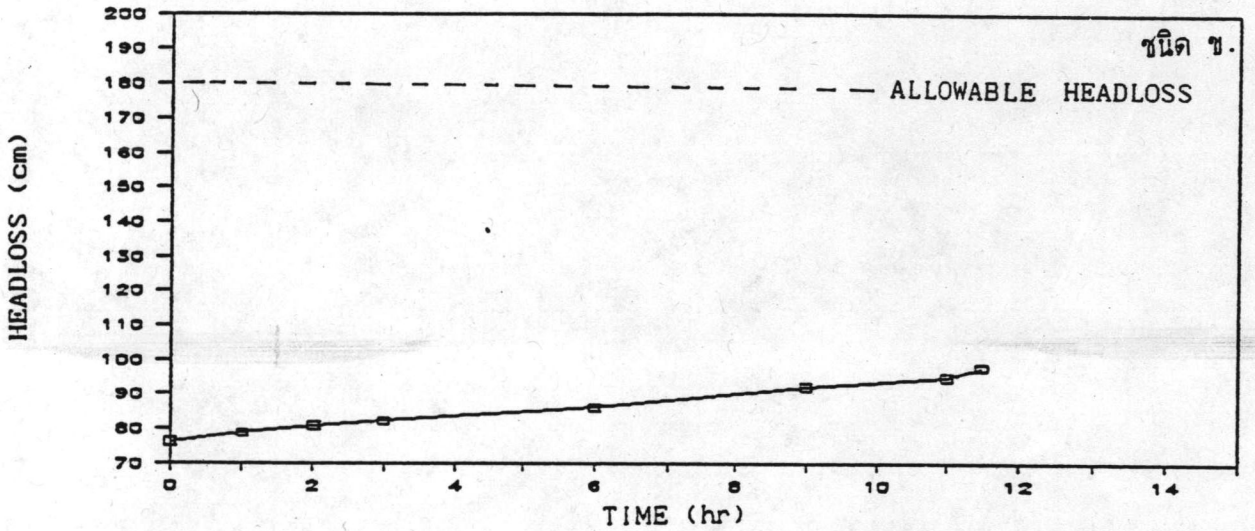
ชนิดของแมงกานีสกรีนแซนด์	ปริมาณแมงกานีสในน้ำดิบสังเคราะห์, มก./ล.	ปริมาณแมงกานีสที่กำจัดได้, กรัม/ลิตรของแมงกานีสกรีนแซนด์	%แมงกานีสที่ถูกออกซิไดซ์	อายุการกรอง, ชม.:นาที	ปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการรีเจนเนอเรชัน, กรัม/ลิตรของแมงกานีสกรีนแซนด์
ก.	2.06	0.193	100	6:55	2.579
ข.	2.01	0.092	33	0	2.584
ค.	2.00	0.050	49	0	2.332

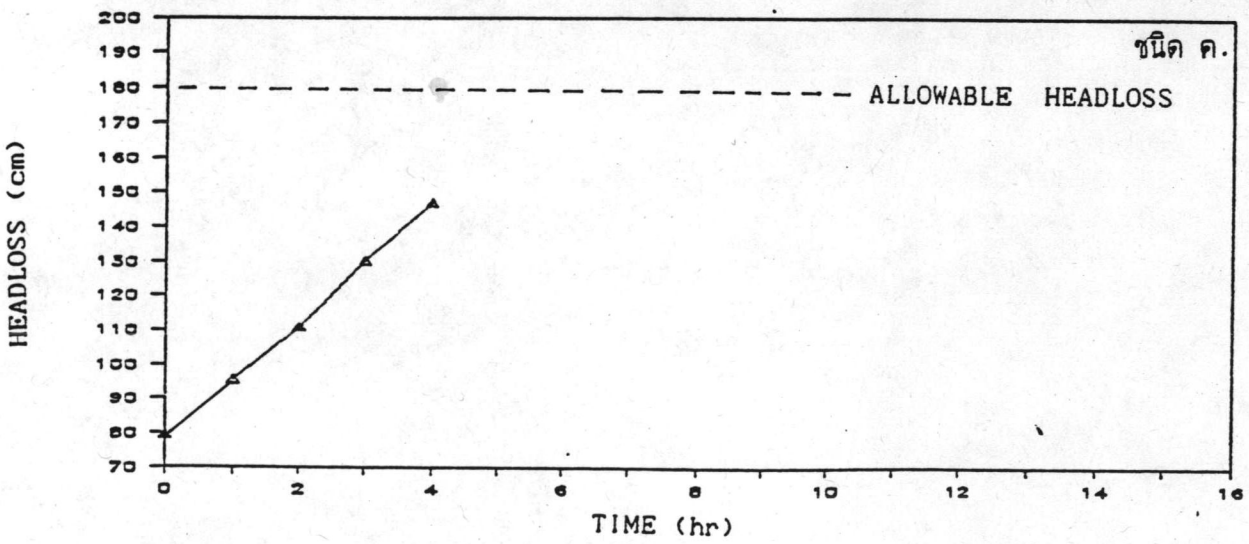


รูปที่ 4.9 ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่ผ่านชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ ชนิด ก.,ข. และ ค.

ที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.







รูปที่ 4.10 ค่าการสูญเสียเฮดของแมงกานีสกรีนแซนด์ทั้ง 3 ชนิด ในการกำจัดแมงกานีสในน้ำ

ที่มีอัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ก. คุณภาพน้ำและอายุการทำงานของแมงกานีสกรีนแซนด์

การออกซิไดซ์แมงกานีสซึ่งละลายอยู่ในน้ำให้กลายเป็นแมงกานีส (IV) นั้นทำได้ยาก เพราะจะต้องเปลี่ยนสภาวะออกซิเดชันจาก +2 เป็น +4 จากผลการทดลองจะเห็นว่าที่อัตรการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. แมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. สามารถจัดแมงกานีสได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่ชนิด ข. และ ค. ไม่สามารถกำจัดแมงกานีสในน้ำให้มีอยู่ในปริมาณที่ยอมรับได้ แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการทดลองในสภาวะการทดลองแบบเดียวกัน คือ ไม่มีการกระตุ้นชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข. และ ค. ด้วยการเติมคลอรีนนั้น ประสิทธิภาพของแมงกานีสออกไซด์ที่เคลือบเม็ดทรายของแมงกานีสกรีนแซนด์ ชนิด ข. และ ค. จะหมดลงอย่างรวดเร็ว ประกอบกับพีเอชของน้ำดิบมีค่าต่ำ เพราะโดยทั่วไปจากการทดลองของนักวิจัย (9, 10, 18) พบว่าพีเอชของน้ำดิบมีผลต่อการกำจัดแมงกานีสอย่างมีนัยสำคัญ พีเอชที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดแมงกานีสของแมงกานีสกรีนแซนด์ คือ พีเอช ตั้งแต่ 7.5 ขึ้นไป (3)

ข. การสูญเสียเฮด

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.10 จะเห็นว่าค่าการสูญเสียเฮดของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.และ ค.มาก ทั้งนี้เนื่องมาจากแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. สามารถออกซิไดซ์แมงกานีสที่ละลายในน้ำให้กลายเป็นออกไซด์ของแมงกานีส (IV) ได้หมด แต่แมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.และ ค.ไม่สามารถออกซิไดซ์แมงกานีสได้หมด (ดังจะเห็นจากตารางที่ 4.14-4.16)ซึ่งออกไซด์ของแมงกานีส (IV) ซึ่งเป็นผลึกจะทำให้ชั้นกรองแมงกานีสกรีนแซนด์เกิดการอุดตัน ดังนั้นชั้นกรองแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. ซึ่งออกซิไดซ์แมงกานีสที่ละลายน้ำได้มากกว่า จึงเกิดการอุดตันเร็วกว่าชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.และ ค.

4.1.2.2 อัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ผลการทดลองที่ได้คล้ายคลึงกับผลการทดลองที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ซึ่งสามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้คือ

ก. คุณภาพน้ำและอายุการทำงานของแมงกานีสกรีนแซนด์

ผลการทดลองที่ได้คล้ายคลึงกับผลการทดลองที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. นั่นคือ แมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. ยังสามารถกำจัดแมงกานีสได้อย่างมีประสิทธิภาพในขณะที่แมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข. และ ค. ไม่สามารถกำจัดแมงกานีสในน้ำให้มีอยู่ในปริมาณที่ยอมรับได้ น้ำที่ผ่านชั้นกรองแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. มีคุณภาพดี เนื่องจากไม่มีแมงกานีสละลายอยู่ในน้ำและความขุ่นต่ำ แต่อายุการกรองจะสั้น นอกจากนั้นจะเห็นว่า ผลการทดลองของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. ที่ได้จะเหมือนกับการทดลองอื่น ๆ ที่ผ่านมา คือ แมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. ยังมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมงกานีสอยู่

ข. การสูญเสียเฮด

ลักษณะกราฟของค่าการสูญเสียเฮดจะคล้ายคลึงกับเมื่อทำการทดลองที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. คือ ค่าการสูญเสียเฮดของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ด้วยเหตุผลดังกล่าวแล้วในหัวข้อ 4.1.2.1 (ข) ส่วนค่าการสูญเสียเฮดของแมงกานีสกรีนแซนด์ ชนิด ข. และ ค. จะเพิ่มน้อยมาก เพราะสามารถออกซิไดซ์แมงกานีสในน้ำได้เพียงเล็กน้อย ผลึกของแมงกานีส (IV) จึงมีน้อยทำให้ค่าการสูญเสียเฮดเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

จากการผลการทดลองในหัวข้อ 4.1.2.1 และ 4.1.2.2 สรุปได้ว่า แมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. สามารถกำจัดแมงกานีสได้อย่างมีประสิทธิภาพที่อัตราการกรอง 10 และ 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. แต่มีข้อเสีย คือ ช่วงอายุการกรองสั้น ทำให้ต้องทำการล้างย้อนบ่อยครั้ง และแมงกานีสกรีนแซนด์ ชนิด ข. และ ค. ไม่สามารถกำจัดแมงกานีสในน้ำให้มีอยู่ในปริมาณที่ยอมรับได้ที่อัตราการกรอง 10 และ 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. เมื่อไม่ได้รับการกระตุ้นชั้นกรองด้วยการเติมคลอรีน

ตารางที่ 4.17 ผลการกำจัดแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.ที่อัตราการกรอง-20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ปริมาณแมงกานีสทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 2.02 มก./ล. พีเอช 6.55
ความขุ่น 0.85 NTU โออาร์พี 210 มิลลิโวลท์

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0	89.4	220	6.60	0.39
1	0	142.6	230	6.60	0.25
2:07	0	180.0	230	6.55	0.22

ปริมาณน้ำล้างย้อน 28.2 ล. อัตราการล้างย้อน 19.1 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม

ตารางที่ 4.18 ผลการกำจัดแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.ที่อัตราการกรอง-20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ปริมาณแมงกานีสทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 2.22 มก./ล. พีเอช 6.55
ความขุ่น 0.91 NTU โออาร์พี 230 มิลลิโวลท์

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	1.11	78.4	250	6.60	0.57
1	2.22	86.9	250	6.60	0.45
2	2.22	90.2	240	6.60	0.40
3	2.22	93.7	240	6.55	0.34

ปริมาณน้ำล้างย้อน 69.6 ล. อัตราการล้างย้อน 47.0 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม

ตารางที่ 4.19 ผลการกำจัดแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ค.ที่อัตราการกรอง-
20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

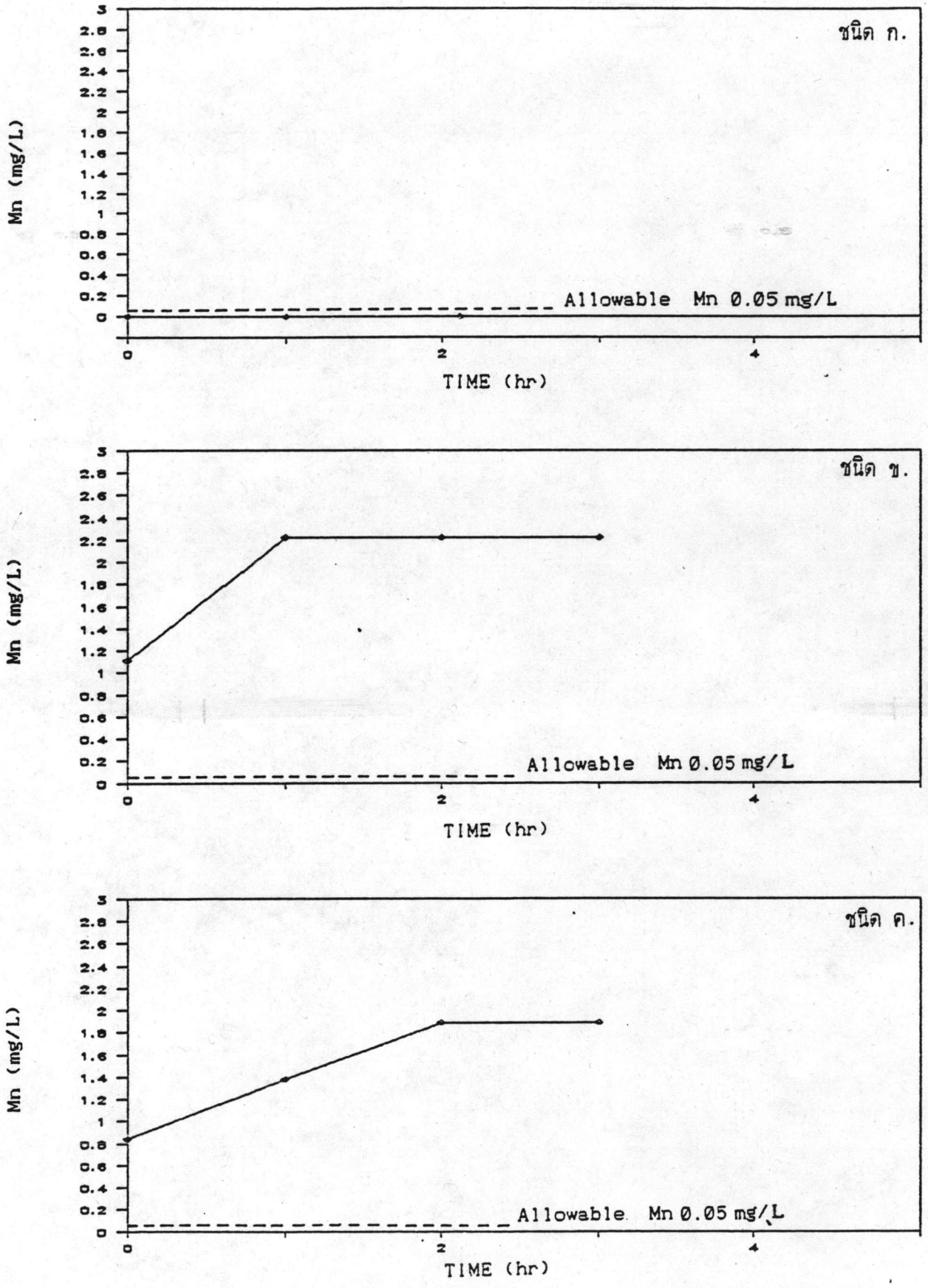
ปริมาณแมงกานีสทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 1.89 มก./ล. พีเอช 6.40
ความขุ่น 0.76 NTU โออาร์พี 210 มิลลิโวลท์

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0.84	83.6	230	6.50	0.38
1	1.38	90.2	230	6.55	0.25
2	1.89	96.1	220	6.60	0.20
3	1.89	100.3	230	6.55	0.20

ปริมาณน้ำล้างย้อน 71.4 ล. อัตราการล้างย้อน 48.3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม

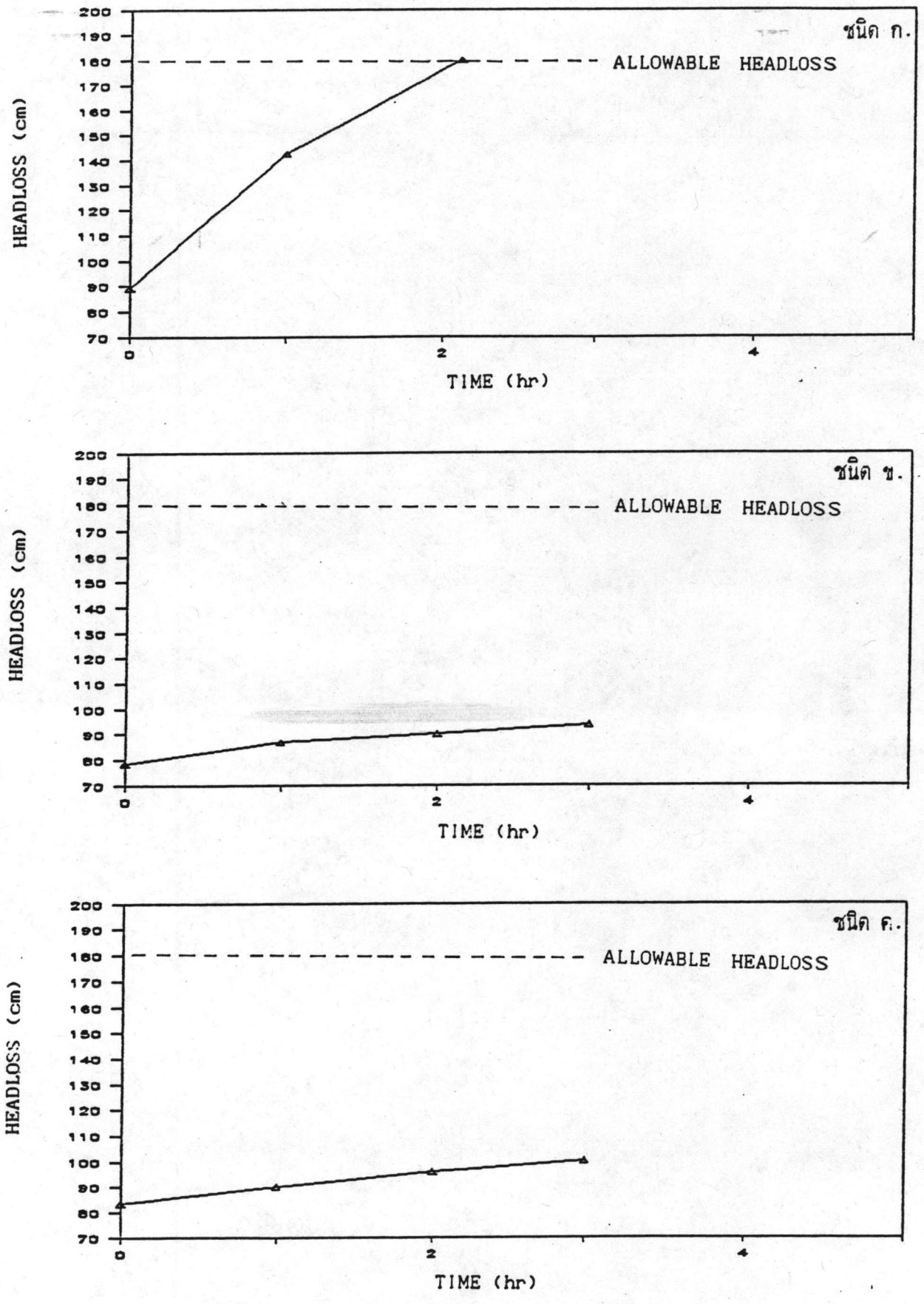
ตารางที่ 4.20 ประสิทธิภาพในการกำจัดแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์
ที่อัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ชนิดของแมงกานีสกรีนแซนด์	ปริมาณแมงกานีสในน้ำดิบสังเคราะห์ มก./ล.	ปริมาณแมงกานีสที่กำจัดได้ กรัม/ลิตรของแมงกานีสกรีนแซนด์	%แมงกานีสที่ถูกออกซิไดซ์	อายุการกรอง ชม.:นาที	ปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการรีเจนเนอเรชัน กรัม/ลิตรของแมงกานีสกรีนแซนด์
ก.	2.02	0.115	100	2:07	2.581
ข.	2.22	0.015	12	0	2.415
ค.	1.89	0.028	21	0	2.365



รูปที่ 4.11 ผลการกำจัดแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก., ข และ ค.

ที่อัตรากรองกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.



รูปที่ 4.12 ค่าการสูญเสียเฮดของแมงกานีสกรีนแซนด์ทั้ง 3 ชนิด ในการกำจัดแมงกานีส ที่อัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม-ชม.

4.1.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและแมงกานีสของแมงกานีสกรีนแซนด์

ในการทดลองส่วนนี้ กำหนดปริมาณเหล็กและแมงกานีสที่ยอมรับในน้ำที่ผ่านการกรองไว้เท่ากับ 0.3 และ 0.05 มก./ล. ตามลำดับ โดยทำการทดลองที่อัตราการกรอง 10 และ 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ผลการทดลองแยกการพิจารณา เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแมงกานีสกรีนแซนด์ทั้ง 3 ชนิด ได้ดังนี้

4.1.3.1 อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและแมงกานีสของแมงกานีสกรีนแซนด์ทั้ง 3 ชนิด ที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. แสดงไว้ในตารางที่ 4.21-4.24 และรูปที่ 4.13-4.14 โดยแยกการพิจารณาได้ดังนี้คือ

ก. คุณภาพน้ำและอายุการทำงานของแมงกานีสกรีนแซนด์

เนื่องจากการออกซิไดซ์เหล็ก (II) ให้เป็นเหล็ก (III) นั้นเป็นการเพิ่มสภาวะออกซิเดชันของเหล็กจาก +2 เป็น +3 ซึ่งง่ายกว่าการออกซิไดซ์แมงกานีสซึ่งต้องเพิ่มสภาวะออกซิเดชันจาก +2 เป็น +4 ดังนั้นจากตารางที่ 4.21-4.24 และจากรูปที่ 4.13 จะเห็นว่า แมงกานีสกรีนแซนด์ ชนิด ข. และ ค. นั้นสามารถกำจัดเหล็กในน้ำให้มีอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แต่ไม่สามารถกำจัดแมงกานีสในน้ำที่ผ่านการกรองให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ นอกจากนั้นประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กจะหมดลงอย่างรวดเร็ว (4 ชม. สำหรับ ชนิด ข. และ 1 ชม. สำหรับ ชนิด ค.) ทั้งนี้เพราะแมงกานีสกรีนแซนด์ต้องทำการออกซิไดซ์ทั้งเหล็กและแมงกานีส จึงทำให้ประสิทธิภาพหมดลงเร็วกว่าเมื่อทำการออกซิไดซ์เหล็กเพียงอย่างเดียว

สำหรับแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. นั้นสามารถกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำให้มีอยู่ในปริมาณที่ยอมรับได้ แต่การสูญเสียเฮดมีค่าสูง แสดงให้เห็นว่าแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. มีประสิทธิภาพในการออกซิไดซ์ทั้งเหล็ก และแมงกานีสได้ดี แต่ไม่ประหยัดในเชิงเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากมีอายุการกรองที่สั้นมาก (ประมาณ 22 นาที ที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ดังนั้นในการใช้งานแล้วควรลดอัตราการกรองลง เพื่อให้มีอายุการกรองนานขึ้น)

ตารางที่ 4.21 ผลการกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.ที่อัตรา-การกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 4.06 มก./ล. พีเอช 6.40
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น 3.98 มก./ล. โออาร์พี -90 มิลลิโวลท์
ปริมาณแมงกานีสเมื่อเริ่มต้น 1.89 มก./ล. ความขุ่น 2.9 NTU

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0.03	0	98.5	250	6.50	0.24
0:24	0.03	0	180.0	255	6.45	0.20
ปริมาณน้ำล้างย้อน 25.0 ล. อัตราการล้างย้อน 16.9 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.						
0	0	0	100.1	255	6.50	0.21
0:21	0	0	180.0	255	6.50	0.19

ปริมาณน้ำล้างย้อน 24.6 ล. อัตราการล้างย้อน 16.6 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม

ตารางที่ 4.22 ผลการกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.ที่อัตรา-การกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 4.06 มก./ล. พีเอช 6.50
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น 4.00 มก./ล. โออาร์พี -70 มิลลิโวลท์
ปริมาณแมงกานีสเมื่อเริ่มต้น 2.02 มก./ล. ความขุ่น 0.83 NTU

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0	0.77	78.0	190	6.50	0.39
1	0	1.11	79.5	250	-	0.36
2	0	1.24	80.9	280	6.55	0.36
3	0.20	1.11	84.2	180	6.50	0.35
4	0.30	1.38	-	-	-	-
6	1.40	1.89	93.1	80	6.40	0.35
7	1.57	1.89	98.7	60	6.40	0.35
8	1.68	1.89	102.1	50	6.40	0.35
9	1.89	2.02	109.9	40	6.45	0.34

ปริมาณน้ำล้างย้อน 87.6 ล. อัตราการล้างย้อน 53.2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม

ตารางที่ 4.23 ผลการกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ค.ที่อัตรา-การกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น	4.15	มก./ล.	พีเอช	6.50	
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น	4.00	มก./ล.	โออาร์พี	-105	มิลลิโวลท์
ปริมาณแมงกานีสเมื่อเริ่มต้น	2.18	มก./ล.	ความขุ่น	1.7	NTU

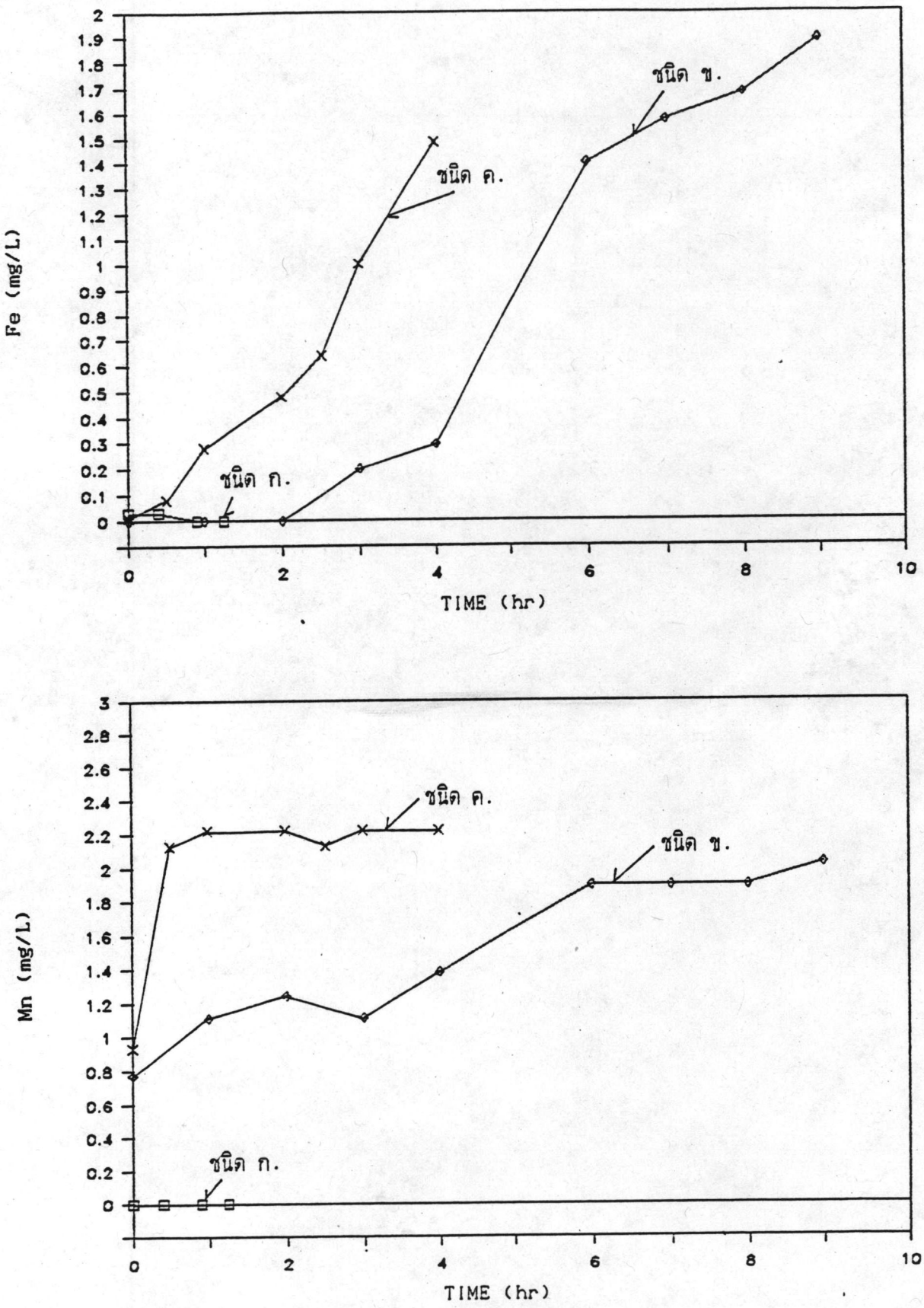
เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0.01	0.93	76.0	115	6.75	0.28
0:30	0.08	2.13	-	-	-	-
1	0.28	2.22	77.5	190	6.60	0.24
2	0.48	2.22	85.6	65	6.60	0.26
2:30	0.64	2.13	-	-	-	-
3	1.00	2.22	92.0	40	6.45	0.28
4	1.48	2.22	94.7	10	6.70	0.31

ปริมาณน้ำล้างย้อน 83.5 ล. อัตราการล้างย้อน 56.4 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม

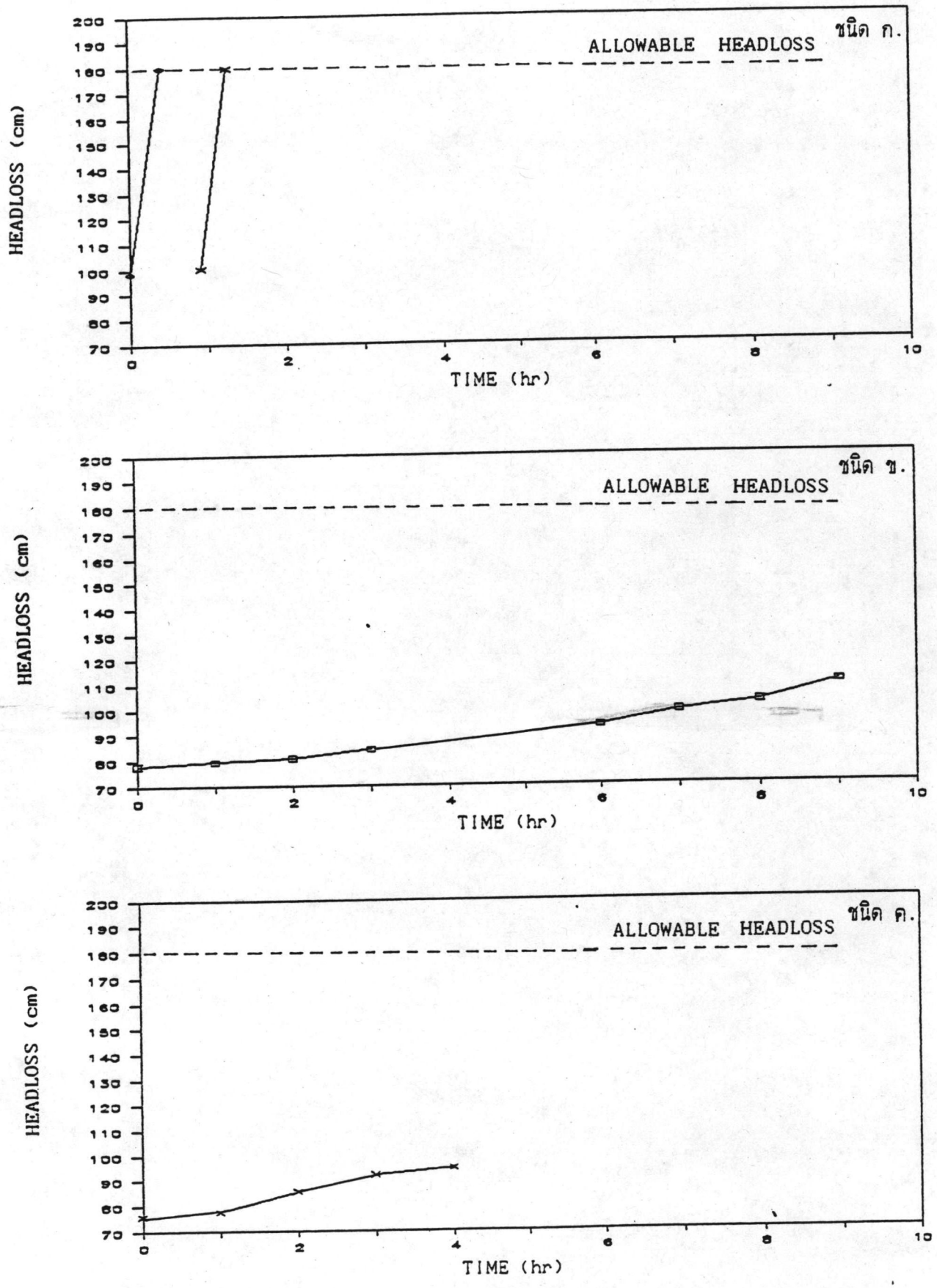
ตารางที่ 4.24 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและแมงกานีสของแมงกานีสกรีนแซนด์ ที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ชนิดของแมงกานีสกรีนแซนด์	ปริมาณเหล็กในน้ำดิบสังเคราะห์โดยเฉลี่ย มก./ล.		ปริมาณเหล็กที่กำจัดได้ กรัม/ลิตร ของแมงกานีสกรีนแซนด์	%เหล็ก(II) ที่ถูกออกซิไดซ์	ปริมาณแมงกานีสในน้ำดิบสังเคราะห์โดยเฉลี่ย มก./ล.	ปริมาณแมงกานีสที่กำจัดได้ กรัม/ลิตร ของแมงกานีสกรีนแซนด์	%แมงกานีสที่ถูกออกซิไดซ์	อายุการกรอง ชม.:นาที	ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ ลิตร	ปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการรีเจนเนอเรชัน กรัม/ลิตรของแมงกานีสกรีนแซนด์
	เหล็กทั้งหมด	เหล็ก(II)								
ก.	4.06	3.98	0.419	100	1.98	0.217	100	0:24	6	2.514
ข.	4.06	4.00	0.211	99.8	2.02	0.047	44	4*	0	2.046
ค.	4.15	4.00	0.054	96.4	2.22	0.005	15	1*	0	2.282

หมายเหตุ * เป็นอายุการกรองตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองจนกระทั่งเกิดการเบรคทรูของปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว (เนื่องจากเกิดการเบรคทรูของแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว ตั้งแต่เริ่มการทดลอง)



รูปที่ 4.13 ผลการกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ ชนิด ก.,ข.และ ค. ที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.



รูปที่ 4.14 ค่าการสูญเสียเฮดของแมงกานีสกรีนแซนด์ในการกำจัดเหล็กและแมงกานีสที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ข. การสูญเสียเฮด

จากรูปที่ 4.14 จะเห็นความแตกต่างของค่าการสูญเสียเฮดของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. กับแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข. และ ค. ทั้งนี้เนื่องจากเหล็กและแมงกานีสในน้ำจะถูกออกซิไดซ์เป็นเหล็ก (III) และแมงกานีส (IV) ซึ่งจะทำให้เกิดการอุดตันขึ้นในชั้นกรอง เมื่อแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.และ ค. ออกซิไดซ์เหล็กและแมงกานีสได้ในปริมาณน้อย (พิจารณาจากปริมาณเหล็กและแมงกานีสในน้ำที่ผ่านชั้นกรองของชนิด ข. และ ค.) จึงเกิดการอุดตันในชั้นกรองน้อยกว่าแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. ซึ่งออกซิไดซ์เหล็กและแมงกานีสได้ในปริมาณที่มากกว่า

4.1.3.2 อัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและแมงกานีสที่อัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. แสดงไว้ในตารางที่ 4.25-4.29 และรูปที่ 4.15 และ 4.16 โดยแยกพิจารณาได้ดังนี้คือ

ก. คุณภาพน้ำและอายุการทำงานของแมงกานีสกรีนแซนด์

จากตารางที่ 4.25-4.29 และรูปที่ 4.15 พบว่าผลที่ได้เหมือนกับที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. นั่นคือแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. สามารถกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำให้มีอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ส่วนแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.และ ค. สามารถกำจัดเหล็กให้มีอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แต่ไม่สามารถกำจัดแมงกานีสให้มีอยู่ในปริมาณที่ยอมรับได้ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.และ ค. จะหมดลงอย่างรวดเร็ว (ประมาณครึ่งชั่วโมง) และปริมาณเหล็กและแมงกานีสในน้ำที่ผ่านการกรองจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วซึ่งแสดงว่าชั้นกรองแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข. และ ค.ไม่เหมาะสมที่จะใช้ที่อัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ส่วนแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. จะมีอายุการกรองสั้นมาก คือ ทำการกรองได้ประมาณ 8 นาที ก็ต้องหยุดการกรองเพื่อทำการล้างย้อน ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ในเชิงเศรษฐศาสตร์นั้น แมงกานีสกรีนแซนด์ทั้ง 3 ชนิด ไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำที่อัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ตารางที่ 4.25 ผลการกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.ที่อัตรา-การกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 3.95 มก./ล. พีเอช 6.45
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น 3.68 มก./ล. โออาร์พี -70 มิลลิโวลท์
ปริมาณแมงกานีสเมื่อเริ่มต้น 2.02 มก./ล. ความขุ่น 2.1 NTU

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0.03	0	147.9	150	6.50	0.22
0:07	0	0	180.0	160	6.55	0.15
ปริมาณน้ำล้างย้อน 24.2 ล. อัตราการล้างย้อน 16.4 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.						
0	0.03	0	145.1	160	6.50	0.21
0.08	0	0	180.0	160	6.60	0.19

ปริมาณน้ำล้างย้อน 27.6 ล. อัตราการล้างย้อน 18.6 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ตารางที่ 4.26 ผลการกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.ที่อัตรา-การกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 4.01 มก./ล. พีเอช 6.40
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น 3.75 มก./ล. โออาร์พี -70 มิลลิโวลท์
ปริมาณแมงกานีสเมื่อเริ่มต้น 2.22 มก./ล. ความขุ่น 0.58 NTU

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0	1.11	79.9	160	6.60	0.33
0:30	0	1.38	-	-	-	-
1	0.91	1.89	85.6	-59	6.40	0.35
1:30	2.30	2.22	-	-	-	-
2	2.64	2.02	91.5	-80	6.40	0.37
3	2.99	2.02	99.5	-60	6.45	0.35

ปริมาณน้ำล้างย้อน 82.8 ล. อัตราการล้างย้อน 56.0 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ตารางที่ 4.27 ผลการกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ค.ที่อัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 4.05 มก./ล. พีเอช 6.30
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น 3.66 มก./ล. โออาร์พี -100 มิลลิโวลท์
ปริมาณแมงกานีสเมื่อเริ่มต้น 2.13 มก./ล. ความขุ่น 1.3 NTU

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0.09	1.64	81.1	75	6.60	0.36
0:30	0.31	1.89	-	-	-	-
1	1.54	1.89	97.1	-120	-	0.27
1:30	2.08	2.13	-	-	-	-
2	2.28	2.13	108.7	-85	6.60	0.27
3	2.51	2.13	122.0	-120	6.60	0.26

ปริมาณน้ำล้างย้อน 79.3 ล. อัตราการล้างย้อน 53.6 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ตารางที่ 4.28 ผลการกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.ที่อัตราการกรอง 5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 4.06 มก./ล. พีเอช 6.30
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น 3.72 มก./ล. โออาร์พี -30 มิลลิโวลท์
ปริมาณแมงกานีสเมื่อเริ่มต้น 1.89 มก./ล. ความขุ่น 2.9 NTU

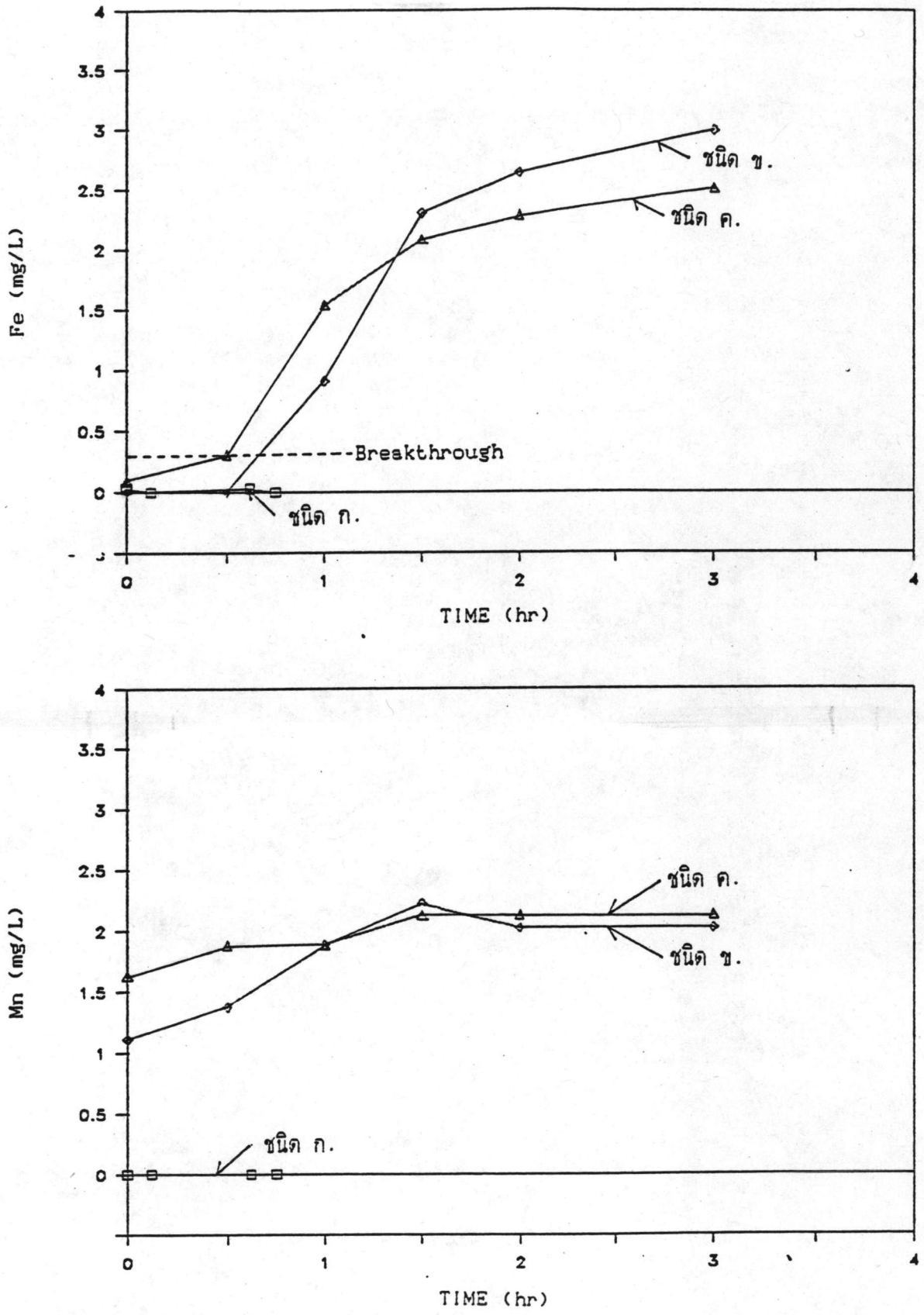
เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0	0	82.5	255	6.40	0.23
1	0	0	153.6	250	6.20	0.16
1:31	0	0	180.0	260	6.40	0.16
ปริมาณน้ำล้างย้อน 30.6 ล. อัตราการล้างย้อน 20.7 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.						
0	0	0	82.9	170	6.30	0.25
1	0	0	155.3	180	6.40	0.17
1:21	0.03	0	180.0	200	6.30	0.15

ปริมาณน้ำล้างย้อน 27.6 ล. อัตราการล้างย้อน 18.6 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

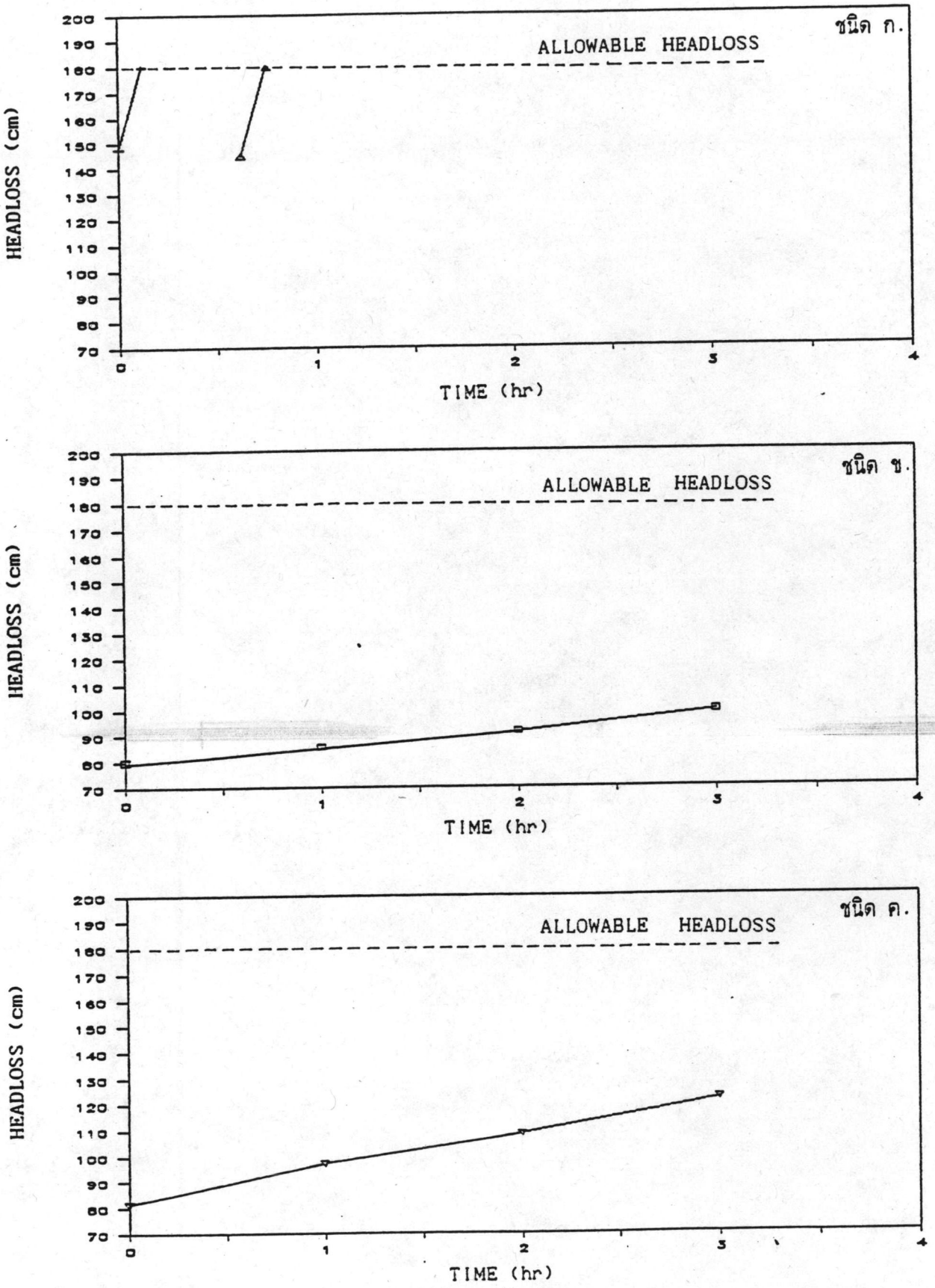
ตารางที่ 4.29 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและแมงกานีสของแมงกานีสกรีนแซนด์ที่อัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ชนิดของแมงกานีสกรีนแซนด์	ปริมาณเหล็กในน้ำดิบสังเคราะห์โดยเฉลี่ย มก./ล.		ปริมาณเหล็กที่กำจัดได้ กรัม/ลิตรของแมงกานีสกรีนแซนด์	%เหล็ก(II)ที่ถูกออกซิไดซ์	ปริมาณแมงกานีสในน้ำดิบสังเคราะห์โดยเฉลี่ย มก./ล.	ปริมาณแมงกานีสที่กำจัดได้ กรัม/ลิตรของแมงกานีสกรีนแซนด์	%แมงกานีสที่ถูกออกซิไดซ์	ถายุการกรอง ชม.:นาที	ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ ลิตร	ปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการรีเจนเนอเรชัน กรัม/ลิตรของแมงกานีสกรีนแซนด์
	เหล็กทั้งหมด	เหล็ก(II)								
ก.	3.95	3.68	0.026	100	2.02	0.014	100	0:07	3	2.472
ข.	4.01	3.75	0.072	99	2.12	0.015	38	0:42*	0	2.560
ค.	4.05	3.66	0.054	94	2.13	0.005	17	0:30*	0	2.040

หมายเหตุ * เป็นถายุการกรองตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองจนกระทั่งเกิดการเบรคทรูของปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว (เนื่องจากเกิดการเบรคทรูของแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว ตั้งแต่เริ่มการทดลอง)



รูปที่ 4.15 ผลการกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ ที่อัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.



รูปที่ 4.16 ค่าการสูญเสียเฮดของแมงกานีสกรีนแซนด์ในการกำจัดเหล็ก และแมงกานีสในน้ำ ที่อัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ข. <u>การสูญเสียเฮด</u>

จากรูปที่ 4.16 จะเห็นได้ว่า ค่าการสูญเสียเฮดเริ่มต้นของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.จะสูงมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากอัตราการกรองที่ใช้มีค่าสูง (ซึ่งก็คือปริมาณน้ำดิบที่เข้าสู่เครื่องกรองมีปริมาณมาก) ดังนั้น ผลึกที่เกิดจากการออกซิไดซ์จึงมีปริมาณมากทำให้เกิดการอุดตันอย่างรวดเร็ว ส่วนแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.และ ค.นั้น ค่าการสูญเสียเฮดมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับชนิด ก. ทั้งนี้เนื่องจากแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.และ ค.ออกซิไดซ์เหล็ก และแมงกานีสได้น้อย (จากตารางที่ 4.26 และ 4.27) ทำให้เหล็กและแมงกานีสส่วนใหญ่ยังอยู่ในสถานะที่ละลายน้ำ ดังนั้นค่าการสูญเสียเฮดจึงเพิ่มอย่างช้า ๆ

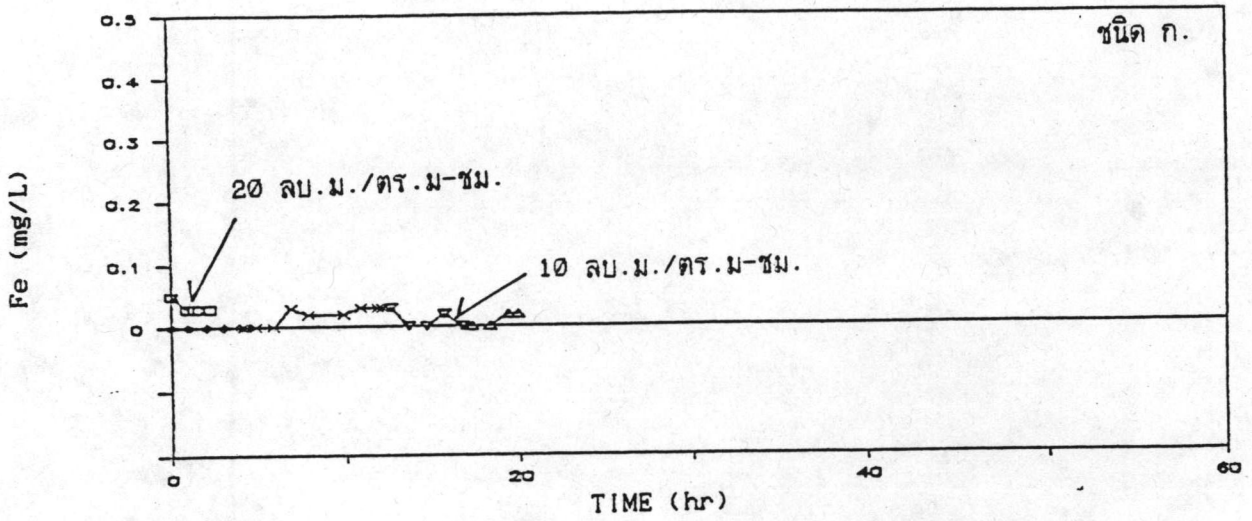
จากหัวข้อ 4.1.1, 4.1.2 และ 4.1.3 สามารถสรุปได้ว่า แมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.และ ค. เหมาะสมที่จะใช้ในการกำจัดเหล็กที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งมีพีเอช 6.5 ที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม/ตร.ม-ชม. มากกว่าแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.แต่ไม่เหมาะสมที่จะใช้กับน้ำที่มีแมงกานีสละลายอยู่ ส่วนแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.นั้น เหมาะสมที่จะใช้ในการกำจัดเหล็กหรือแมงกานีสในน้ำ ที่อัตราการกรอง 5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. นอกจากนั้นอัตราการกรอง 10 และ 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำซึ่งมีเหล็กและแมงกานีสละลายอยู่ในปริมาณ 4 และ 2 มก./ล. ตามลำดับ

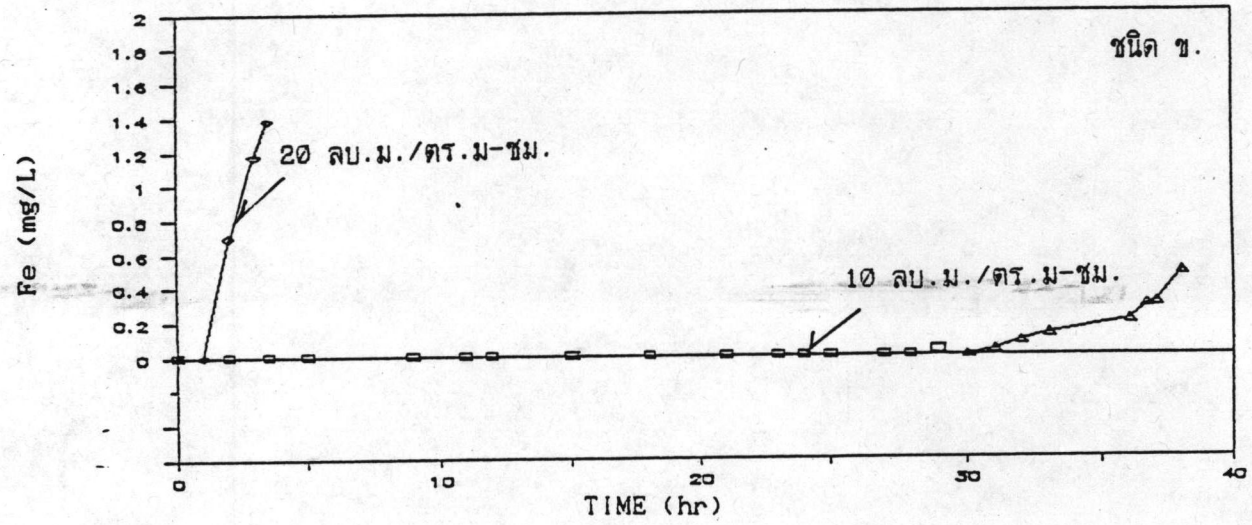
4.2 อิทธิพลของอัตราการกรองที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและ/หรือแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบทีละเท

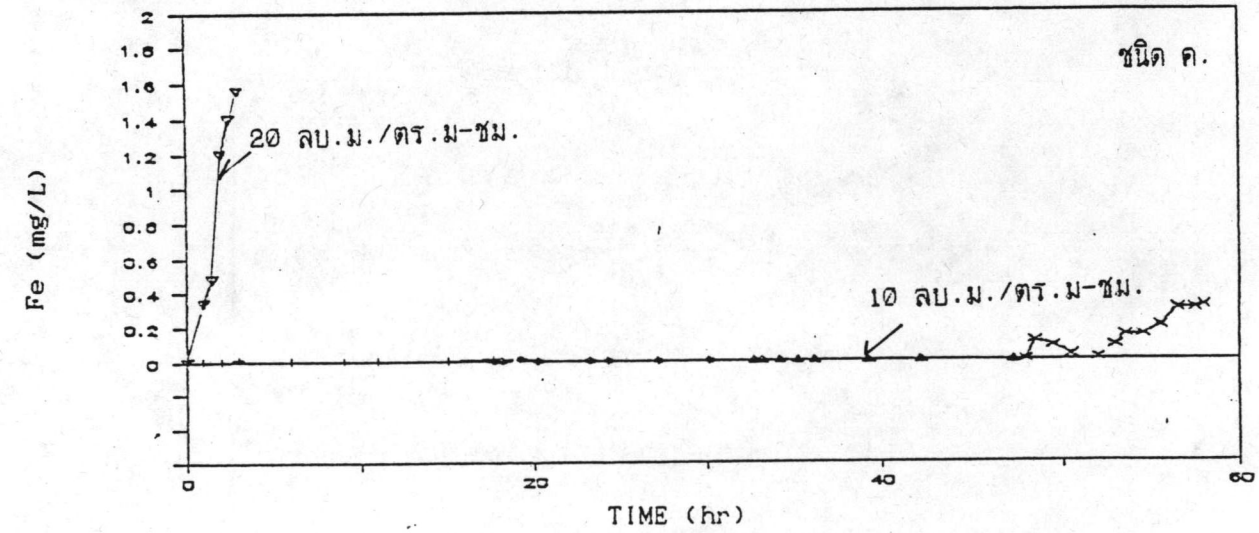
ผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 4.1-4.3, 4.5-4.7, 4.13-4.19, 4.21-4.23 และ 4.25-4.27 สามารถแยกพิจารณาผลได้ดังนี้คือ

4.2.1 อิทธิพลของอัตราการกรองต่อประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กในน้ำ

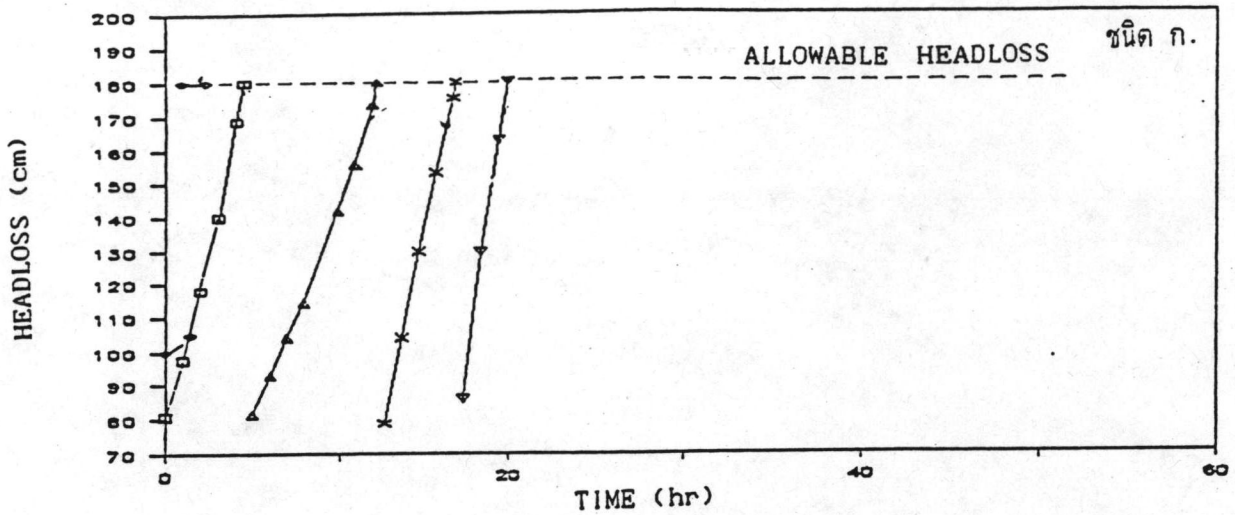
รูปที่ 4.17-4.18 แสดงถึงประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กในน้ำ ของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.,ข และ ค.ที่อัตราการกรอง 10 และ 20 ลบ.ม./ตร.ม-ชม. จากรูปจะเห็นว่าอัตราการกรองมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.และค. มากกว่าชนิด ก. กล่าวคือ เมื่ออัตราการกรองเพิ่มขึ้นจาก 10 เป็น 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ประสิทธิภาพในการจับเหล็กจะลดลงจาก 2.234 กรัมเป็น 0.164 กรัม สำหรับแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.และลดลงจาก 3.0761 กรัมเป็น 0.112 กรัม สำหรับแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ค. ส่วนแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. ยังมีประสิทธิภาพอยู่เช่นเดิมเมื่ออัตราการกรองเพิ่มขึ้น (แต่อัตราการกรองที่เพิ่มขึ้น จะมีผลต่อค่าการสูญเสียเฮดของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. ดังแสดงในรูปที่ 4.17 และ 4.18) และจะเห็นว่าเมื่ออัตราการกรองเพิ่มขึ้น ปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านการกรองจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากเมื่ออัตราการกรองเพิ่มขึ้น ทำให้เวลาสัมผัสระหว่างน้ำ (ซึ่งมีเหล็ก (II) ละลายอยู่) กับพื้นที่ผิวของแมงกานีสกรีนแซนด์ลดลง ดังนั้นเวลาในการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันเพื่อเปลี่ยนเหล็ก (II) ให้เป็นเหล็ก (III) จึงลดลง ปริมาณเหล็ก (II) ที่ถูกออกซิไดซ์จึงลดลง ทำให้เกิดการเบรคทรูของปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านการกรองเร็วขึ้น นอกจากนั้นอัตราการกรองที่เพิ่มขึ้นยังมีผลให้ค่าการสูญเสียเฮดเริ่มต้นและอัตราการสูญเสียเฮด (ความลาดชันของเส้นกราฟ) มีค่าสูงขึ้นทั้งนี้เนื่องจากอัตราการกรองที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณน้ำที่ผ่านชั้นกรองต่อหน่วยเวลามี ค่ามากขึ้น ดังนั้นค่าสูญเสียเฮดจึงสูงขึ้นด้วย

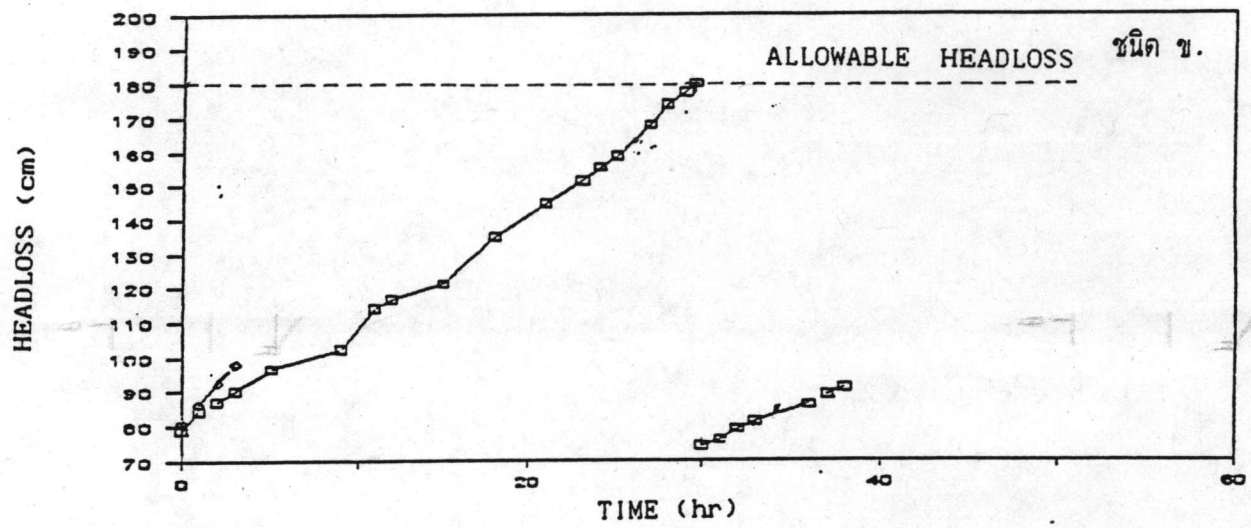


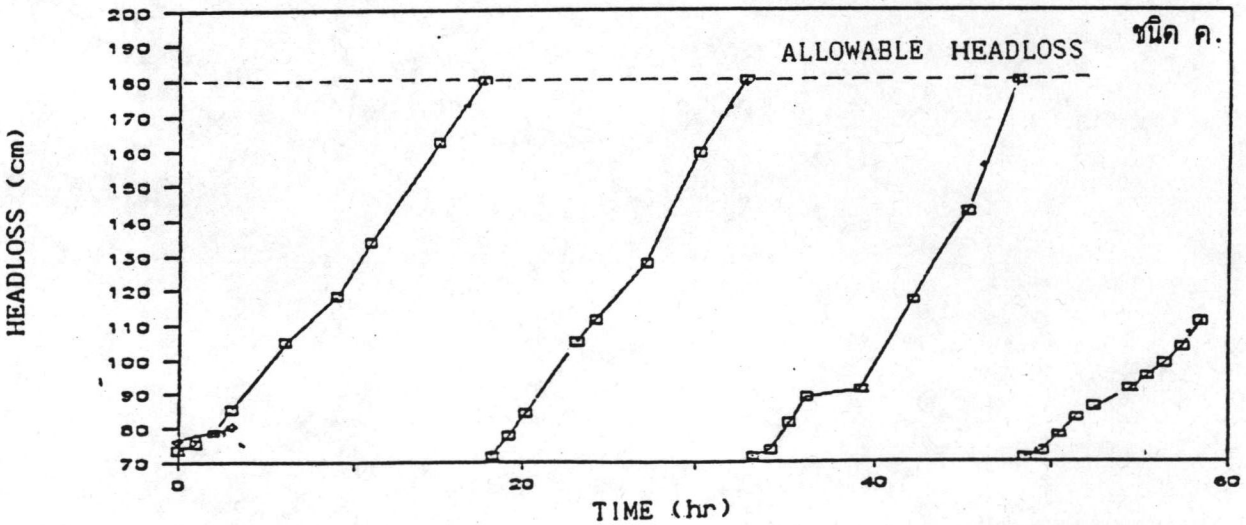




รูปที่ 4.17 อิทธิพลของอัตราการกรองที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กในน้ำ





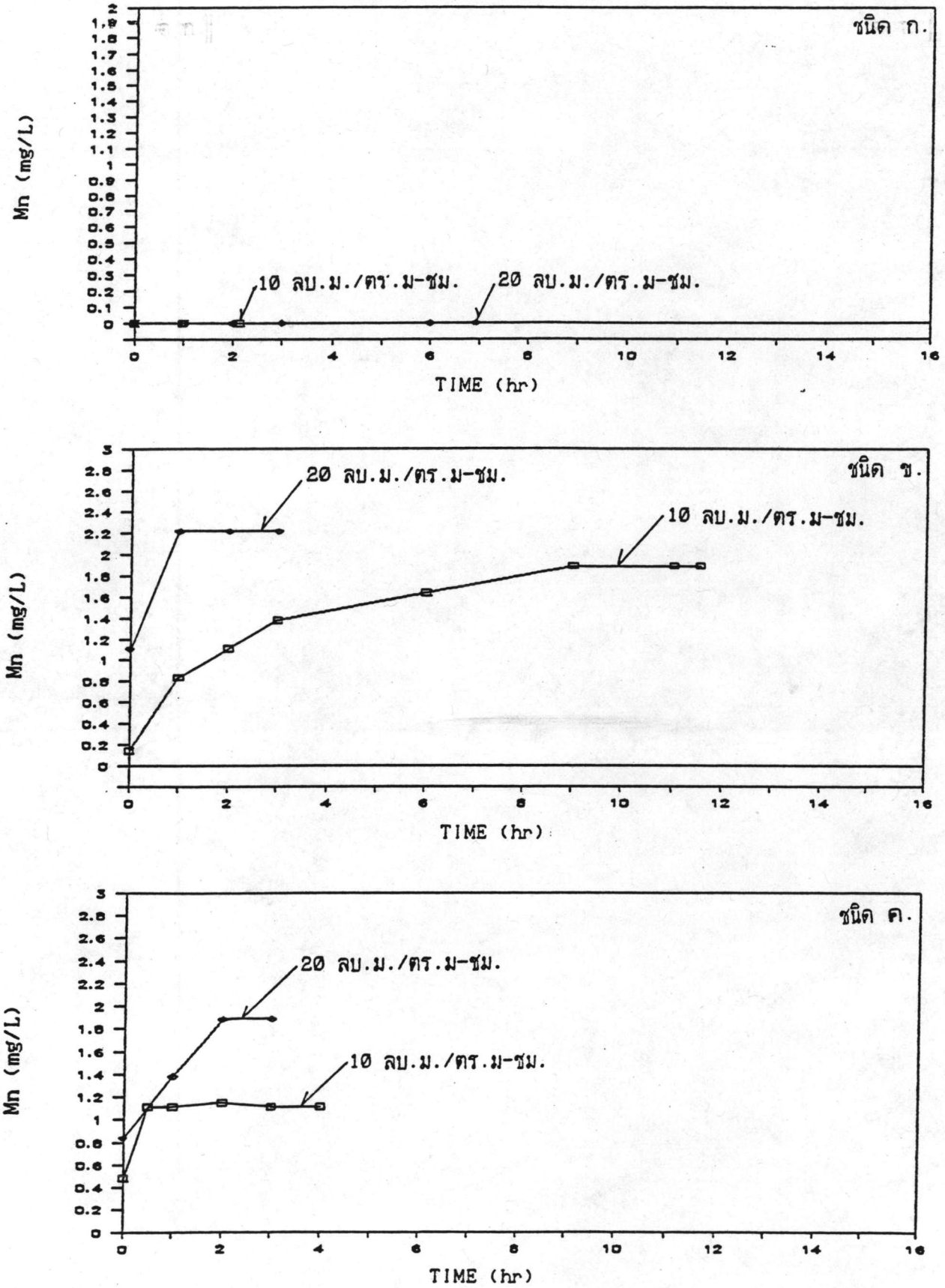


△,×,▽,□ 10 ลบ.ม./ตร.ม-ชม. ◇ 20 ลบ.ม./ตร.ม-ชม.

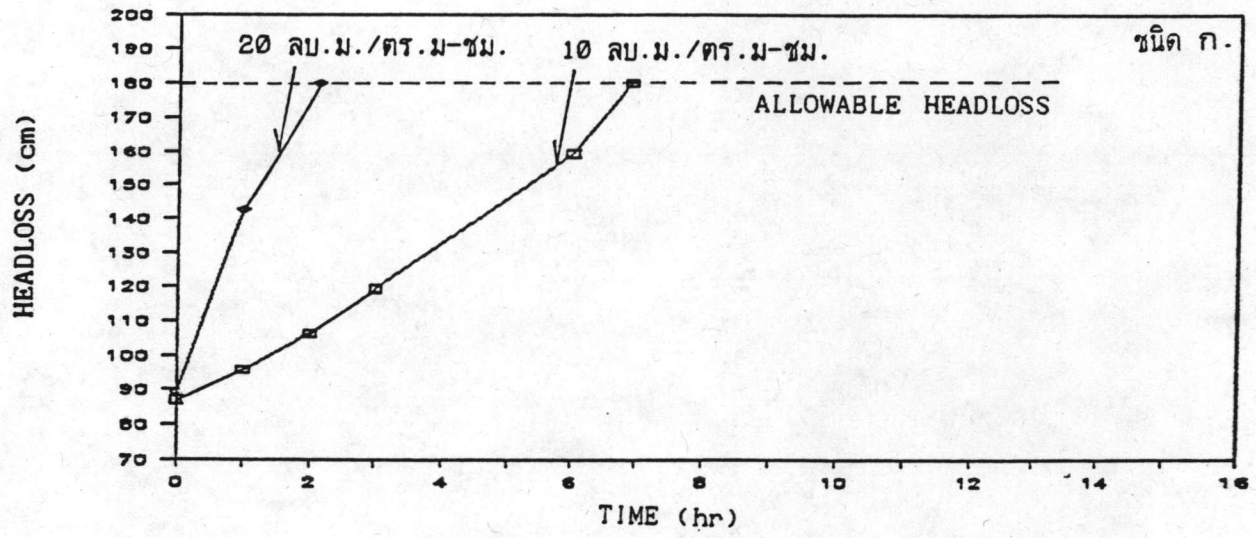
รูปที่ 4.18 อิทธิพลของอัตราการกรองที่มีต่อค่าการสูญเสียเฮด

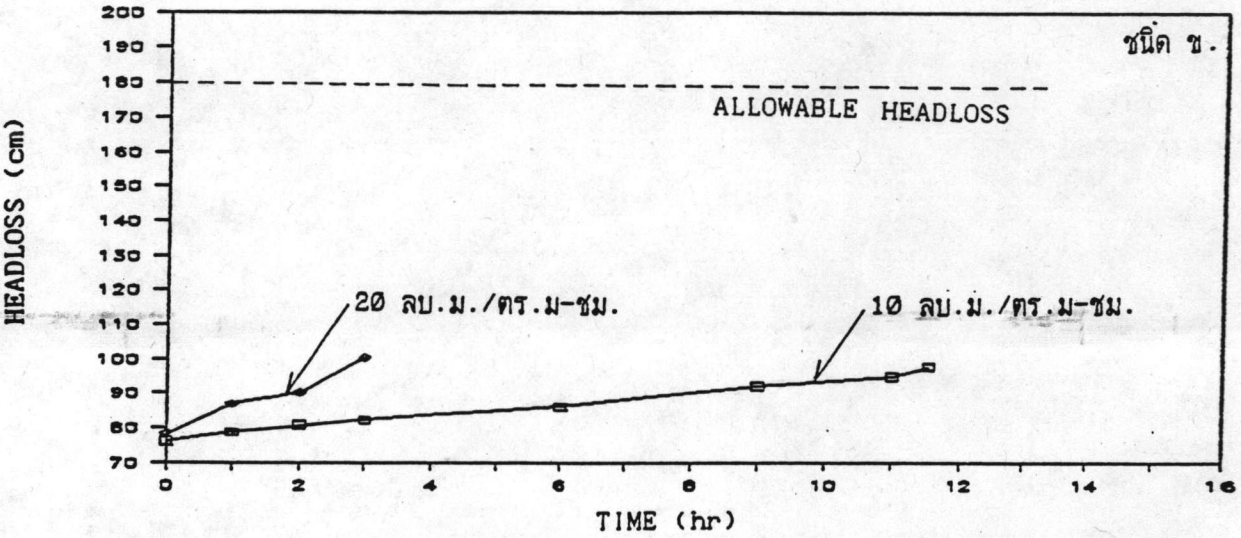
4.2.2 อิทธิพลของอัตราการกรองต่อประสิทธิภาพในการกำจัดแมงกานีสในน้ำ

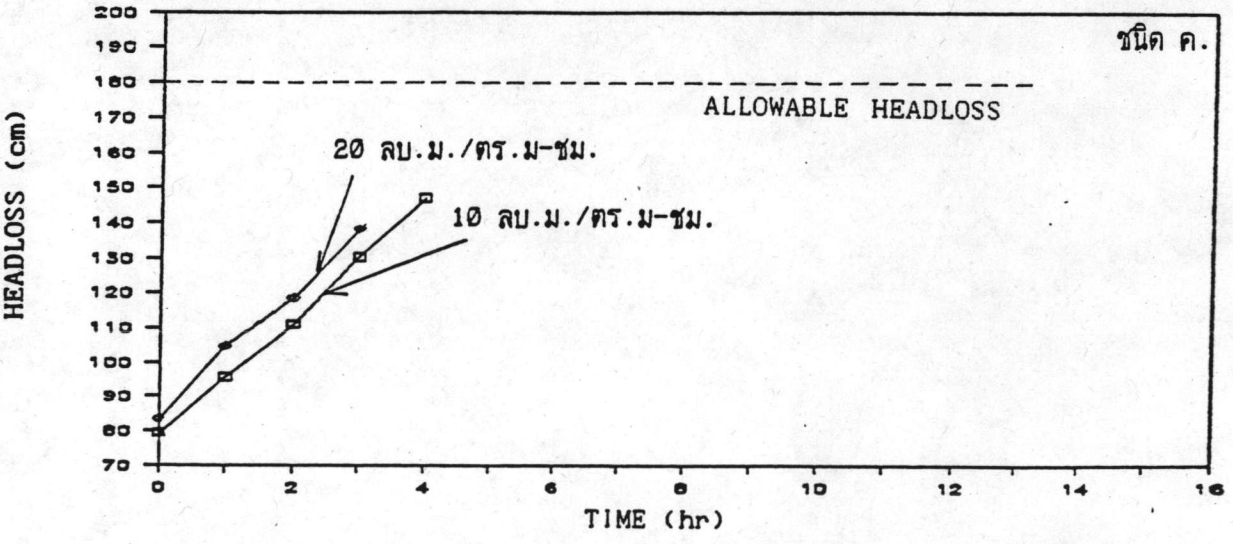
รูปที่ 4.19-4.20 แสดงถึงอิทธิพลของอัตราการกรองที่มีต่อประสิทธิภาพของแมงกานีสกรีนแซนด์ในการกำจัดแมงกานีสในน้ำ จากรูปจะเห็นได้ว่าแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. ยังสามารถกำจัดแมงกานีสได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ว่าอัตราการกรองจะเพิ่มขึ้นจาก 10 เป็น 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. แต่ค่าการสูญเสียเริ่มต้นและอัตราการสูญเสียเฮดจะมีค่าสูงขึ้นเมื่ออัตราการกรองเพิ่มขึ้น ซึ่งผลที่ได้นี้เหมือนกับในหัวข้อ 4.2.1 สำหรับแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข. และ ค.นั้น จากรูปที่ 4.19 และ 4.20 สามารถสรุปแนวโน้มได้เช่นเดียวกับหัวข้อ 4.2.1 นั่นคือ เมื่ออัตราการกรองเพิ่มขึ้นจาก 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. เป็น 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ประสิทธิภาพในการออกซิไดซ์แมงกานีสของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.และ ค.จะลดลง และค่าการสูญเสียเฮดเริ่มต้น และอัตราการสูญเสียเฮดจะมีค่าสูงขึ้นด้วย ด้วยเหตุผลดังกล่าวแล้วในหัวข้อ 4.2.1



รูปที่ 4.19 อิทธิพลของอัตราการกรองที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดแมงกานีส





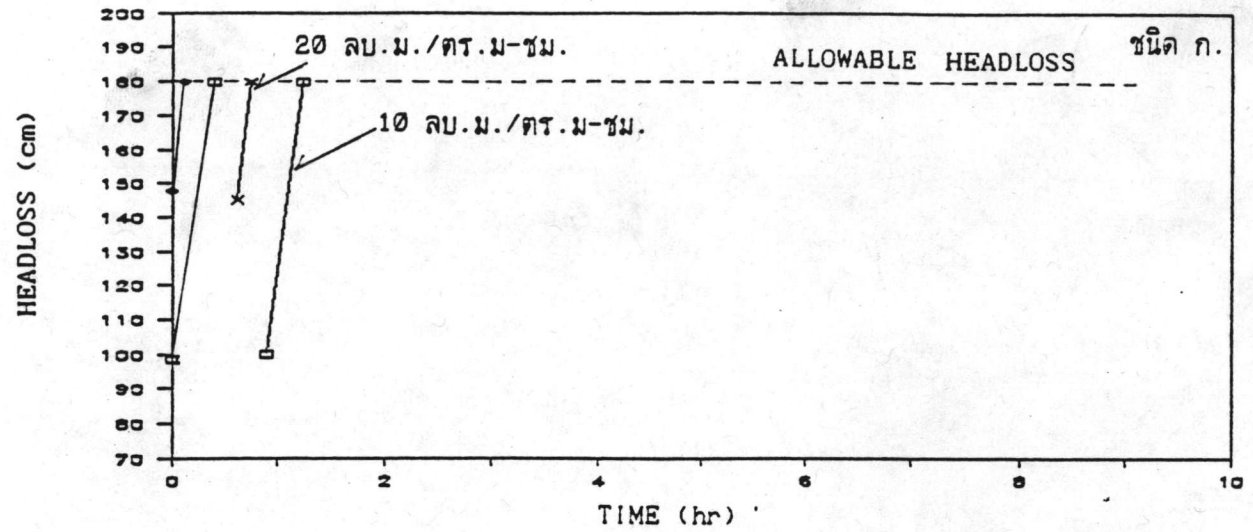


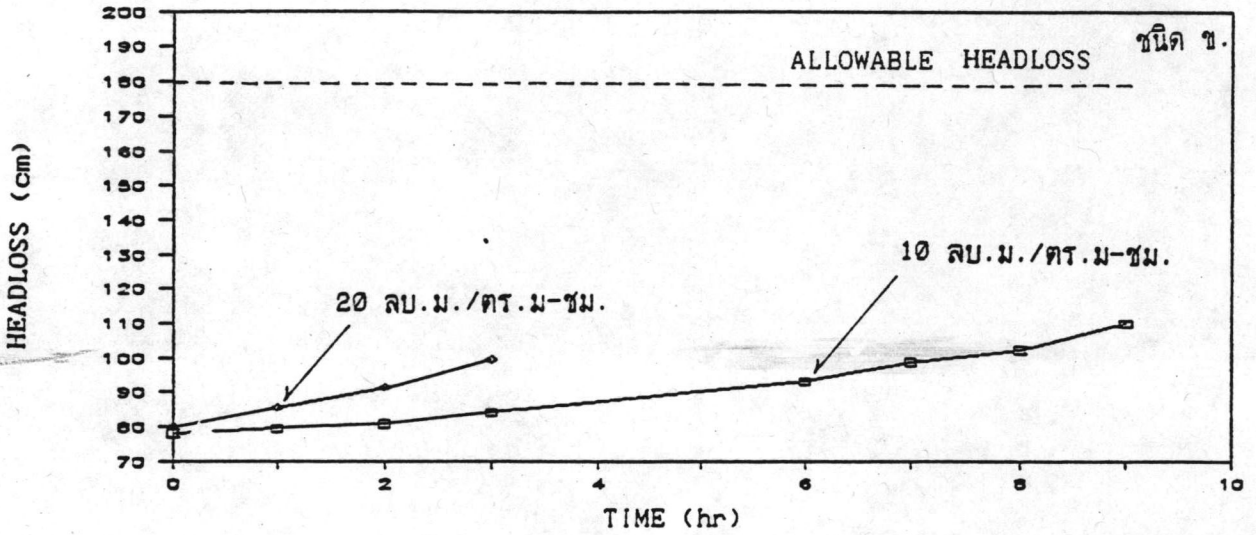
รูปที่ 4.20 อิทธิพลของอัตราการกรองที่มีต่อค่าการสูญเสียเฮด.

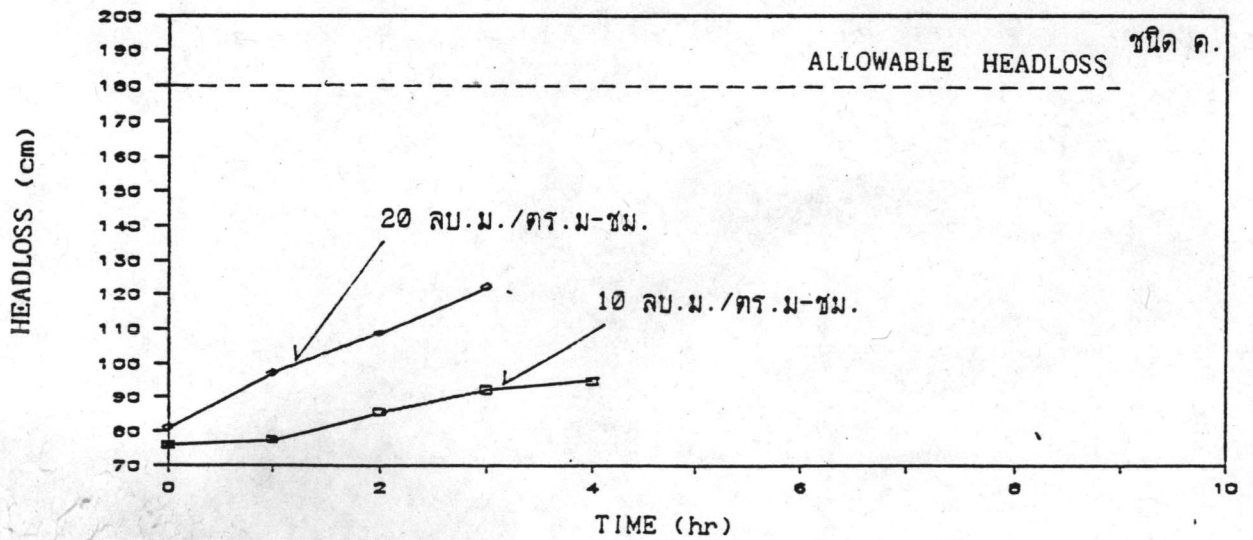
4.2.3 อิทธิพลของอัตราการกรองต่อประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและแมงกานีสซึ่งอยู่รวมกันในน้ำ

รูปที่ 4.21 แสดงถึงอิทธิพลของอัตราการกรองที่มีต่อประสิทธิภาพของแมงกานีสกรีนแซนด์ทั้ง 3 ชนิด ในการกำจัดเหล็กและแมงกานีสซึ่งอยู่ร่วมกันในน้ำ จากรูปจะเห็นว่าผลจากอิทธิพลของอัตราการกรองที่เพิ่มขึ้น จะเหมือนกับผลในหัวข้อ 4.2.1 และ 4.2.2

ดังนั้นจึงกล่าวโดยสรุปได้ว่า เมื่ออัตราการกรองเพิ่มขึ้น ซึ่งหมายถึงเวลาสัมผัสระหว่างน้ำที่มีเหล็ก และ/หรือแมงกานีสละลายอยู่กับพื้นที่ผิวของแมงกานีสกรีนแซนด์มีค่าน้อยลงจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของแมงกานีสกรีนแซนด์ในการกำจัดเหล็ก และ/หรือแมงกานีสในน้ำน้อยลงเช่นกัน นอกจากนั้นยังมีผลทำให้ค่าการสูญเสียเฮดเริ่มต้นและอัตราการสูญเสียเฮดมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย







รูปที่ 4.21 อิทธิพลของอัตราการกรองต่อการสูญเสียเฮดในการกำจัดเหล็กและแมงกานีสซึ่งอยู่ร่วมกันในน้ำ

4.3 การทดลองหาประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและ/หรือแมงกานีสในน้ำของแมงกานีส-กรีนแซนด์ เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่อง

อัตราการกรองที่ใช้ในการทดลองขั้นนี้ คือ 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ซึ่งเมื่อดำเนินการทดลองกับแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. ปรากฏว่า ค่าการสูญเสียเฮดเริ่มต้นและอัตราการสูญเสียเฮดมีค่าสูงมาก (ค่าการสูญเสียเฮดเริ่มต้น 108.1 ซม. และมีค่า 180 ซม. ภายในเวลา 13 นาที) ดังแสดงในตารางที่ 4.30 ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่องนั้น จะใช้สารละลายโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตในการออกซิไดซ์เหล็กและ/หรือแมงกานีสในน้ำ ซึ่งผลจากการออกซิไดซ์ คือผลึกของเหล็ก (III) และ/หรือแมงกานีส (IV) โดยจากการทดลองพบว่าความขุ่นของน้ำดิบสังเคราะห์เพิ่มจาก 0.42 NTU เป็น 5.0 NTU หลังจากทำการป้อนสารละลายโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตให้ผสมกับน้ำดิบซึ่งมีเหล็ก (II) ละลายอยู่ในปริมาณโดยเฉลี่ย 4.2 มก./ล. ความขุ่นที่เพิ่มขึ้นนี้เกิดจากผลึกของเหล็ก (III) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็ก (II) กับสารละลายโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตนั่นเอง ซึ่งผลึกเหล่านี้จะทำให้ชั้นกรองเกิดการอุดตันอย่างรวดเร็ว ดังนั้นสำหรับแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก. จะทำการทดลองที่อัตราการกรอง 5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ด้วย โดยผลการทดลองสามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้ คือ

4.3.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กในน้ำ

ในการทดลองกำหนดปริมาณเหล็กที่ยอมรับในน้ำที่ผ่านการกรองไว้เท่ากับในการทดลองแบบใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบทีละเท คือ 0.30 มก./ล. ผลการทดลองเมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กของแมงกานีสกรีนแซนด์ทั้ง 3 ชนิด แสดงไว้ในตารางที่ 4.30-4.33 และรูปที่ 4.22 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.30 ผลการทดลองในการกำจัดเหล็กในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.ที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่อง

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 4.20 มก./ล. พีเอช 6.45
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น 3.74 มก./ล. โออาร์พี -50 มิลลิโวลท์
ความขุ่น 0.42 NTU
ปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ออกซิไดซ์ เหล็ก(II) 1 มก./ล. = 1.06 มก./ล.

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0.03	108.1	300	6.70	0.21
0:13	0.00	180.0	320	6.80	0.18
ปริมาณน้ำล้างย้อน 29.2 ล. อัตราการล้างย้อน 19.7 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					
0	0.00	105.6	320	6.80	0.25
0:14	0.00	180.0	320	6.80	0.19
ปริมาณน้ำล้างย้อน 27.6 ล. อัตราการล้างย้อน 18.7 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					

ตารางที่ 4.31 ผลการทดลองในการกำจัดเหล็กในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.ที่อัตราการกรอง 5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่อง

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 4.17 มก./ล. พีเอช 6.45
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น 3.79 มก./ล. โออาร์พี -20 มิลลิโวลท์
ความขุ่น 0.42 NTU
ปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ออกซิไดซ์ เหล็ก(II) 1 มก./ล. = 1.05 มก./ล.

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0.03	78.1	320	6.80	0.13
0:49	0.00	180.0	360	6.9	0.09
ปริมาณน้ำล้างย้อน 28.8 ล. อัตราการล้างย้อน 19.5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					
0	0.02	78.1	340	6.90	0.14
0:50	0.00	180.0	365	6.90	0.09
ปริมาณน้ำล้างย้อน 30.6 ล. อัตราการล้างย้อน 20.7 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					

ตารางที่ 4.32 ผลการทดลองในการกำจัดเหล็กในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.ที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่อง

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 3.98 มก./ล. พีเอช 6.55
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น 3.68 มก./ล. โออาร์พี -80 มิลลิโวลท์
ความขุ่น 0.71 NTU
ปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ออกซิไดซ์ เหล็ก(II) 1 มก./ล. = 1.03 มก./ล.

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0.10	88.0	340	6.90	0.32
1:03	0.00	180.0	340	6.60	0.16
ปริมาณน้ำล้างย้อน 73.2 ล. อัตราการล้างย้อน 49.5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					
0	0.08	87.5	320	7.00	0.55
1:11	0.00	180.0	340	7.00	0.16
ปริมาณน้ำล้างย้อน 76.8 ล. อัตราการล้างย้อน 51.9 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					
0	0.08	87.0	330	6.90	0.51
1:28	0.00	180.0	340	6.60	0.15
ปริมาณน้ำล้างย้อน 76.8 ล. อัตราการล้างย้อน 51.9 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					

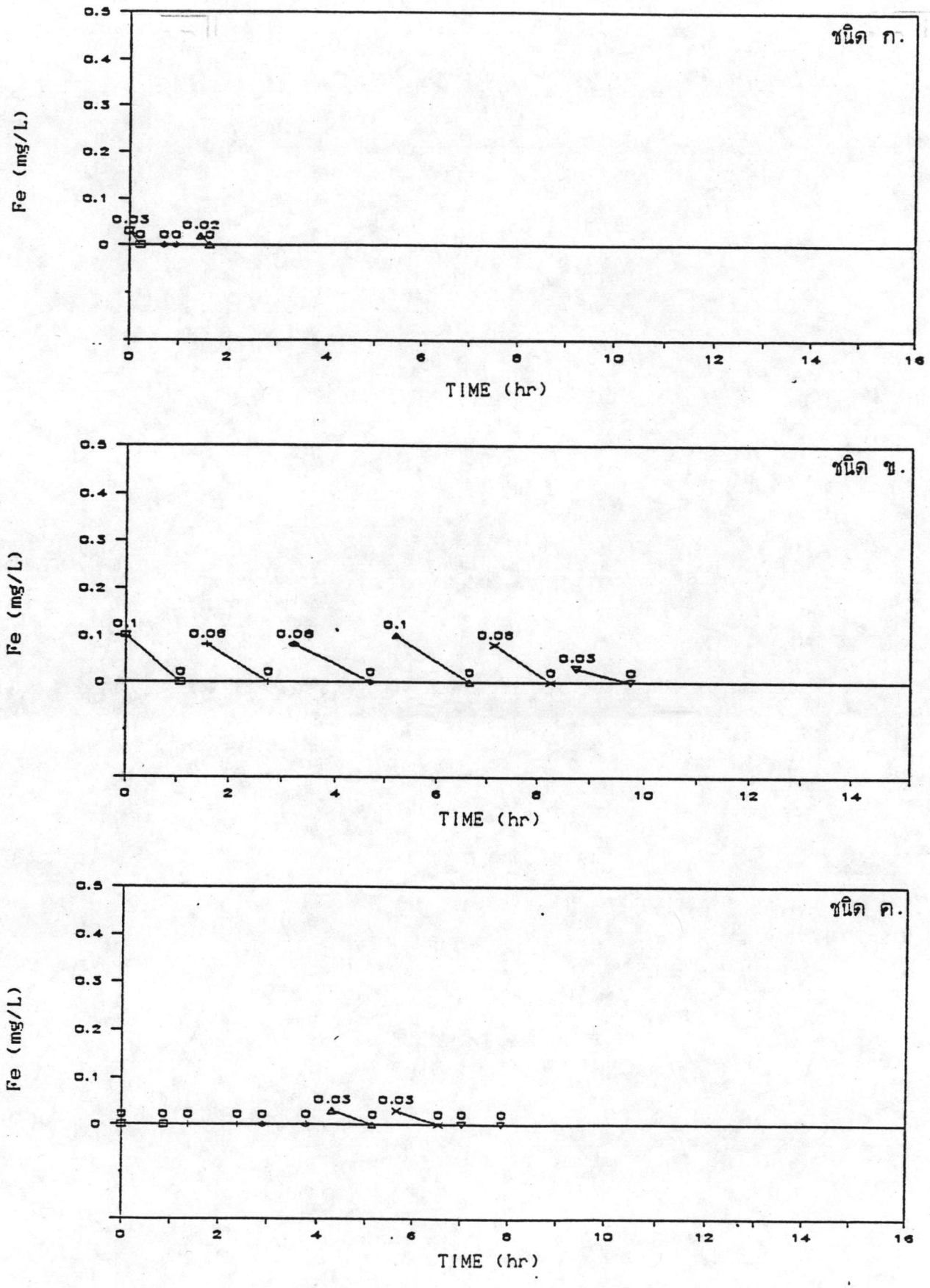
ตารางที่ 4.33 ผลการทดลองในการกำจัดเหล็กในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ค. ที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่อง

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 4.12 มก./ล. พีเอช 6.45
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น 3.74 มก./ล. โออาร์พี -155 มิลลิโวลท์
ความขุ่น 0.63 NTU
ปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ออกซิไดซ์ เหล็ก(II) 1 มก./ล. = 1.07 มก./ล.

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0.00	101.6	150	6.7	0.17
0:52	0.00	180.0	140	6.7	0.10
ปริมาณน้ำล้างย้อน 68.4 ล. อัตราการล้างย้อน 46.2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					
0	0.00	76.8	100	6.8	0.35
1:01	0.00	180.0	170	6.5	0.10
ปริมาณน้ำล้างย้อน 67.2 ล. อัตราการล้างย้อน 45.4 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					
0	0.00	87.3	120	6.8	0.27
0:54	0.00	180.0	190	6.7	0.12
ปริมาณน้ำล้างย้อน 67.2 ล. อัตราการล้างย้อน 45.4 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					

ตารางที่ 4.34 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กของแมงกานีสกรีนแซนด์ทั้ง 3 ชนิด เมื่อใช้-กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่อง

ชนิดของแมงกานีสกรีนแซนด์	อัตราการกรอง ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.	ปริมาณเหล็กในน้ำดิบสังเคราะห์โดยเฉลี่ย มก./ล.		ปริมาณสาร-ละลายโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต มก./ล.	ปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ออกซิไดซ์เหล็ก(II) ปริมาณ 1 มก./ล. มก./ล.	อายุการกรองโดยเฉลี่ย ชม.:นาที
		เหล็กทั้งหมด	เหล็ก(II)			
ก.	5	4.17	3.79	3.97	1.05	0:48
	10	4.20	3.74	3.96	1.06	0:14
ข.	10	3.98	3.68	3.58	1.03	1:22
ค.	10	4.12	3.74	4.0	1.07	0:53



รูปที่ 4.22 ปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก ข. และ ค. เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่องที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

จากตารางที่ 4.30-4.33 และรูปที่ 4.22 จะเห็นว่าปริมาณเหล็กในน้ำซึ่งผ่านชั้นกรองแมงกานีสกรีนแซนด์ เมื่อเริ่มทำการทดลอง (ชั่วโมงที่ 0) จะมีค่าสูง (0.10 มก./ล. สำหรับแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข. และ 0.03 มก./ล. สำหรับแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.) และเหล็กจะถูกกำจัดออกจากน้ำจนหมดเมื่อสิ้นสุดการกรอง (การสูญเสียเฮด มีค่า 180 ซม.) ซึ่งแตกต่างจากเมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบทีละเท คือเมื่อเริ่มทำการทดลองปริมาณเหล็กในน้ำซึ่งผ่านชั้นของแมงกานีสกรีนแซนด์จะมีค่าเท่ากับ 0 มก./ล. และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อแมงกานีสกรีนแซนด์ใกล้หมดประสิทธิภาพ สาเหตุที่แตกต่างกันเนื่องมาจากกระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่องจะมีผลึกของเหล็ก (III) และแมงกานีสไดออกไซด์ ($MnO_{2(s)}$) ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างเหล็ก (II) กับโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต ดังนั้นในช่วงแรกของการทดลอง การอุดตันของชั้นแมงกานีสกรีนแซนด์จึงเกิดขึ้นน้อย ทำให้ผลึกของเหล็ก (III) สามารถหลุดลอดผ่านชั้นแมงกานีสกรีนแซนด์ไปได้ ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านการกรองมีค่าสูง เมื่อทำการกรองต่อไปผลึกของเหล็ก (III) และแมงกานีสไดออกไซด์ จะติดค้างอยู่ในช่องว่างระหว่างสารกรองมากขึ้น (ซึ่งจะเห็นได้จากค่าการสูญเสียเฮดที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว) ทำให้โอกาสที่ผลึกของเหล็ก (III) จะหลุดจากชั้นกรองนั้นมีน้อย นอกจากนี้แมงกานีสไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นยังทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังสมการ 2.17 ในบทที่ 2 ปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านชั้นกรองแมงกานีสกรีนแซนด์จึงมีค่าน้อยมาก

จากตารางที่ 4.30-4.33 จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่อง อายุการกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ทั้ง 3 ชนิด จะลดลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบทีละเท ซึ่งมีสาเหตุดังกล่าวแล้วในหัวข้อ 4.3 เมื่อเป็นเช่นนี้ทำให้ต้องทำการล้างย้อนบ่อยครั้ง ซึ่งเป็นการเสียเวลาและไม่เป็นการประหยัดในเชิงเศรษฐศาสตร์ Shorde (11) แนะนำว่าควรจะมีชั้นของถ่านแอนทราไซต์ เพื่อเก็บกักผลึกของเหล็กและแมงกานีสที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ก่อนที่จะเข้าสู่ชั้นของแมงกานีสกรีนแซนด์ เพื่อให้อายุการกรองนานขึ้นกว่าเดิม สำหรับการวิจัยนี้ไม่ได้ทำการทดลองแบบ 2 ชั้นกรอง (ชั้นถ่านแอนทราไซต์และแมงกานีสกรีนแซนด์) เนื่องจากต้องการควบคุมชนิดและความสูงของสารกรองในกระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบทีละเทและแบบต่อเนื่อง ให้เหมือนกัน

4.3.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดแมงกานีสในน้ำ

ปริมาณแมงกานีสที่ยอมรับในน้ำที่ผ่านการกรอง คือ 0.05 มก./ล. ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4.35-4.38 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ถึงแม้พีเอชของน้ำจะมีค่าค่อนข้างต่ำ เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่องจะสามารถกำจัดแมงกานีสในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพถึง 100% เมื่อพิจารณาถึงปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการออกซิไดซ์แมงกานีสพบว่ามีปริมาณต่าง ๆ กันโดยส่วนใหญ่จะมีค่าน้อยกว่าค่าตามทฤษฎี ทั้งนี้เพราะแมงกานีสไดออกไซด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่าแมงกานีสกับโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต จะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยสามารถจะดูดซับ (adsorb) อิออนบวก เช่น แมงกานีส (II) ได้ ทำให้ปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงการเนตที่ใช้ในการออกซิไดซ์มีค่าน้อยลง

เมื่อพิจารณาถึงอายุการกรอง จะพบว่าผลการทดลองที่ได้จะเหมือนกับในหัวข้อ 4.3.1 คือ อายุการกรองระยะสั้น เนื่องจากเกิดการอุดตันของชั้นกรองแมงกานีสกรีนแซนด์ ซึ่งมีสาเหตุจากผลึกของแมงกานีสออกไซด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันนั่นเอง

ตารางที่ 4.35 ผลการทดลองในการกำจัดแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.ที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่อง

ปริมาณแมงกานีสทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 2.12 มก./ล. พีเอช 6.45
ความขุ่น 0.71 NTU โออาร์พี 200 มิลลิโวลท์
ปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ออกซิไดซ์ แมงกานีส(II) 1 มก./ล. = 1.73 มก./ล.

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0.00	96.4	260	6.5	0.27
0:18	0.00	180.0	280	6.5	0.18
ปริมาณน้ำล้างย้อน 26.7 ล. อัตราการล้างย้อน 18.0 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					
0	0.00	99.2	250	6.4	0.22
0:15	0.00	180.0	280	6.5	0.13
ปริมาณน้ำล้างย้อน 27.0 ล. อัตราการล้างย้อน 18.2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					

ตารางที่ 4.36 ผลการทดลองในการกำจัดแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.ที่อัตราการกรอง 5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่อง

ปริมาณแมงกานีสทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 2.02 มก./ล. พีเอช 6.5
ความขุ่น 0.58 NTU โออาร์พี 205 มิลลิโวลท์
ปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ออกซิไดซ์ แมงกานีส(II) 1 มก./ล. = 1.68 มก./ล.

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0.00	77.0	290	6.55	0.30
0:48	0.00	180.0	290	6.60	0.22
ปริมาณน้ำล้างย้อน 30.0 ล. อัตราการล้างย้อน 20.3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					
0	0.00	77.5	265	6.90	0.32
0:54	0.00	180.0	265	6.90	0.20
ปริมาณน้ำล้างย้อน 27.0 ล. อัตราการล้างย้อน 18.2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					

ตารางที่ 4.37 ผลการทดลองในการกำจัดแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.ที่อัตรา-การกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่อง

ปริมาณแมงกานีสทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 2.06 มก./ล. พีเอช 6.60
ความขุ่น 0.68 NTU โออาร์พี 230 มิลลิโวลท์
ปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ออกซิไดซ์ แมงกานีส(II) 1 มก./ล. = 2.6 มก./ล.

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0.00	102.3	425	6.45	0.80
1:06	0.00	180.0	440	6.50	0.38
ปริมาณน้ำล้างย้อน 76.2 ล. อัตราการล้างย้อน 51.5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					
0	0.00	93.1	440	6.60	0.87
1:28	0.00	180.0	440	6.50	0.40
ปริมาณน้ำล้างย้อน 79.2 ล. อัตราการล้างย้อน 53.5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					

ตารางที่ 4.38 ผลการทดลองในการกำจัดแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ค.ที่อัตรา-การกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่อง

ปริมาณแมงกานีสทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 2.22 มก./ล. พีเอช 6.50
ความขุ่น 0.48 NTU โออาร์พี 170 มิลลิโวลท์
ปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ออกซิไดซ์ แมงกานีส(II) 1 มก./ล. = 1.91 มก./ล.

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0.00	97.2	250	6.65	0.95
0:59	0.00	180.0	190	6.55	0.19
ปริมาณน้ำล้างย้อน 64.8 ล. อัตราการล้างย้อน 43.8 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					
0	0.00	96.3	245	6.55	0.64
0:53	0.00	180.0	205	6.70	0.27
ปริมาณน้ำล้างย้อน 65.5 ล. อัตราการล้างย้อน 44.3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.					

ตารางที่ 4.39 ประสิทธิภาพในการกำจัดแมงกานีสของแมงกานีสกรีนแซนด์ทั้ง 3 ชนิด เมื่อใช้-กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่อง

ชนิดของแมงกานีสกรีนแซนด์	อัตราการกรอง ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.	ปริมาณแมงกานีสในน้ำดิบสังเคราะห์โดยเฉลี่ย มก./ล.	ปริมาณสาร-ละลายโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต มก./ล.	ปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ออกซิไดซ์แมงกานีสปริมาณ 1 มก./ล. มก./ล.	อายุการกรองโดยเฉลี่ย ชม.:นาที
ก.	5	2.02	3.40	1.68	0:54
	10	2.12	3.67	1.73	0:16
ข.	10	2.06	5.36	2.60	1:08
ค.	10	2.22	4.24	1.91	0:54

4.3.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและแมงกานีสซึ่งอยู่ร่วมกันในน้ำ

ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4.40-4.43 และรูปที่ 4.23 จะเห็นได้ว่าผลการทดลองเหมือนกับหัวข้อ 4.3.1 และ 4.3.2 นั่นคือ ในช่วงแรกของการทดลองปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านการกรอง จะมีค่าสูงและจะลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นซึ่งเหตุผลได้กล่าวแล้วในหัวข้อ 4.3.1 และไม่มีแมงกานีสละลายอยู่ในน้ำที่ผ่านการกรอง นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาอายุการกรองจะเห็นได้ว่า มีปริมาณเหล็กและแมงกานีสในน้ำดิบจะมีผลต่ออายุการกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ โดยอายุการกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก., ข. และ ค. จะลดลงประมาณ 44%, 16% และ 30% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับอายุการกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ เมื่อน้ำดิบมีเหล็กละลายอยู่เพียงชนิดเดียว และอายุการกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ ชนิด ก. และ ค. จะลดลงประมาณ 50% และ 31% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับอายุการกรองเมื่อน้ำดิบมีแมงกานีสละลายอยู่เพียงชนิดเดียว สาเหตุที่อายุการกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์เมื่อใช้ในการกำจัดเหล็กและแมงกานีสซึ่งอยู่ร่วมกันในน้ำ มีระยะเวลาสั้นกว่าในน้ำที่มีเหล็กหรือแมงกานีสละลายอยู่เพียงชนิดเดียว เนื่องจากในน้ำที่มีเหล็กและแมงกานีสอยู่ร่วมกันในน้ำ เมื่อทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตแล้ว จะเกิดผลึกของเหล็ก (III) และแมงกานีสไดออกไซด์ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าผลึกที่เกิดในน้ำที่มีเหล็กหรือแมงกานีสละลายอยู่เพียงชนิดเดียว

ตารางที่ 4.40 ผลการกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.ที่อัตราการกรอง-10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่อง

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 3.94 มก./ล.
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น 3.80 มก./ล.
ปริมาณแมงกานีสเมื่อเริ่มต้น 2.02 มก./ล.
ปริมาณสารละลายโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการออกซิไดซ์ 7.5 มก./ล.

พีเอช 6.45
โออาร์พี -20 มิลลิโวลท์
ความขุ่น 0.81 NTU

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0.03	0	150.3	120	6.50	0.22
0:11	0.00	0	180.0	220	6.60	0.15
ปริมาณน้ำล้างย้อน 28.0 ล. อัตราการล้างย้อน 18.9 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.						
0	0.02	0	145.9	200	6.60	0.19
0:11	0.00	0	180.0	250	6.55	0.10
ปริมาณน้ำล้างย้อน 27.6 ล. อัตราการล้างย้อน 18.7 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.						

ตารางที่ 4.41 ผลการกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ก.ที่อัตราการกรอง-5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่อง

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 4.20 มก./ล.
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น 3.78 มก./ล.
ปริมาณแมงกานีสเมื่อเริ่มต้น 1.94 มก./ล.
ปริมาณสารละลายโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการออกซิไดซ์ 7.6 มก./ล.

พีเอช 6.40
โออาร์พี -10 มิลลิโวลท์
ความขุ่น 0.57 NTU

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0.03	0	77.0	295	6.60	0.25
0:27	0.00	0	180.0	320	6.65	0.18
ปริมาณน้ำล้างย้อน 28.2 ล. อัตราการล้างย้อน 19.1 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.						
0	0.00	0	88.0	315	6.80	0.16
0:30	0.00	0	180.0	310	6.75	0.15
ปริมาณน้ำล้างย้อน 27.6 ล. อัตราการล้างย้อน 18.7 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.						

ตารางที่ 4.42 ผลการกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข.ที่อัตราการกรอง-10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่อง

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 4.03 มก./ล. พีเอช 6.40
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น 3.68 มก./ล. โออาร์พี 65 มิลลิโวลท์
ปริมาณแมงกานีสเมื่อเริ่มต้น 2.22 มก./ล. ความขุ่น 0.65 NTU
ปริมาณสารละลายโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการออกซิไดซ์ 7.6 มก./ล.

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0.10	0	79.5	340	6.80	0.71
1:05	0.00	0	180.0	380	6.80	0.15
ปริมาณน้ำล้างย้อน 73.8 ล. อัตราการล้างย้อน 49.9 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.						
0	0.08	0	83.5	380	6.80	0.52
1:04	0.00	0	180.0	375	6.5	0.19
ปริมาณน้ำล้างย้อน 73.2 ล. อัตราการล้างย้อน 49.5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.						

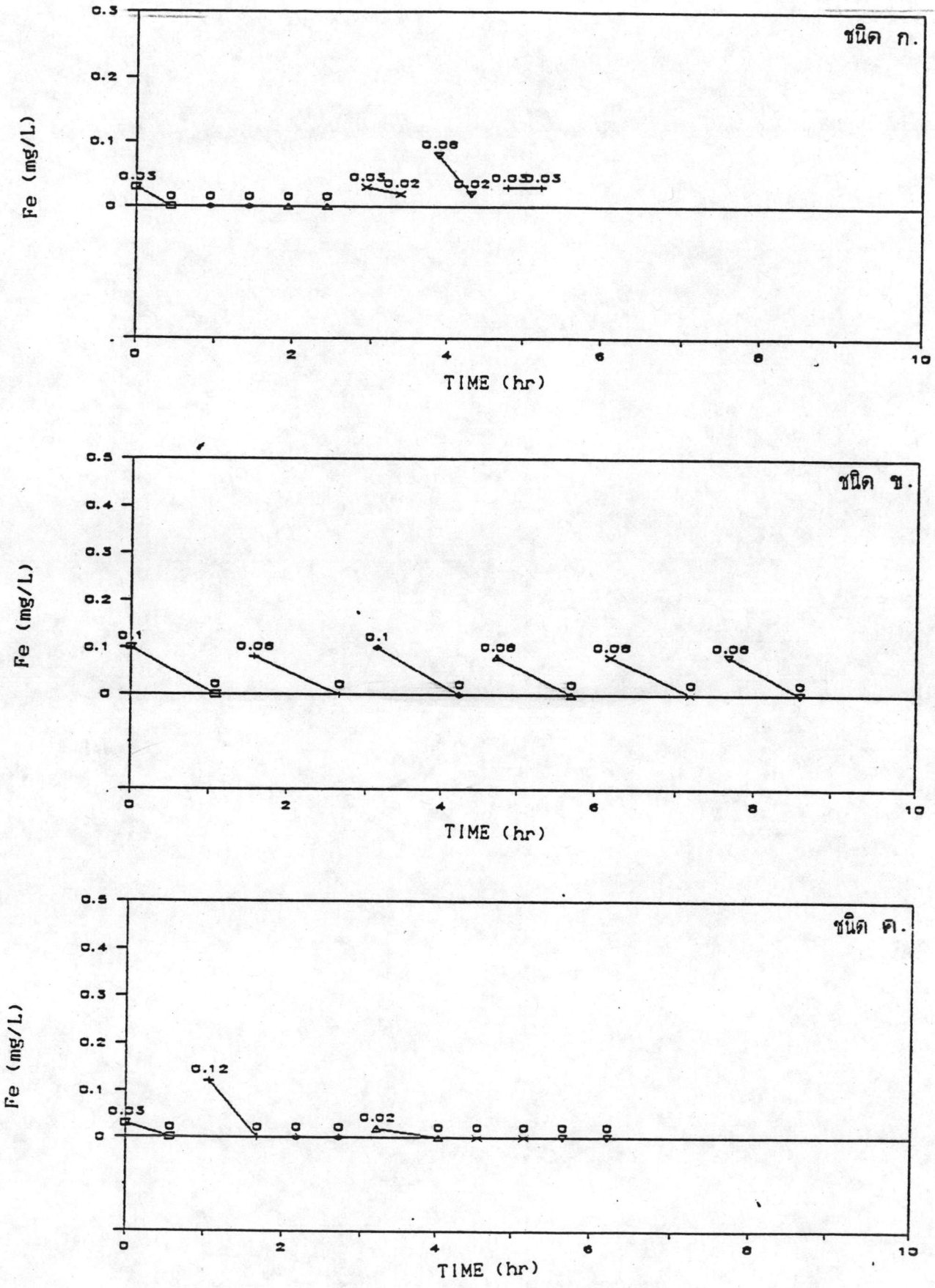
ตารางที่ 4.43 ผลการกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ค.ที่อัตราการกรอง-10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่อง

ปริมาณเหล็กทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น 4.12 มก./ล. พีเอช 6.45
ปริมาณเหล็ก(II)เมื่อเริ่มต้น 3.71 มก./ล. โออาร์พี -80 มิลลิโวลท์
ปริมาณแมงกานีสเมื่อเริ่มต้น 1.68 มก./ล. ความขุ่น 0.70 NTU
ปริมาณสารละลายโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้ในการออกซิไดซ์ 7.3 มก./ล.

เวลา ชม.:นาที	ปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล.	ปริมาณแมงกานีสในน้ำที่กรองแล้ว,มก./ล	ค่าการสูญเสียเฮด,ซม.	โออาร์พี มิลลิโวลท์	พีเอช	ความขุ่น NTU
0	0.03	0	90.0	185	6.80	0.57
0:34	0.00	0	180.0	230	6.50	0.11
ปริมาณน้ำล้างย้อน 67.2 ล. อัตราการล้างย้อน 45.4 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.						
0	0.12	0	86.2	260	6.80	0.54
0:37	0.00	0	180.0	320	6.50	0.17
ปริมาณน้ำล้างย้อน 70.2 ล. อัตราการล้างย้อน 47.4 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.						

ตารางที่ 4.44 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและแมงกานีสของแมงกานีลกรีนแซนด์ 3 ชนิด เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่อง

ชนิดของแมงกานีลกรีนแซนด์	ก.		ข.	ค.
อัตราการกรอง, ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.	5	10	10	10
ปริมาณเหล็กในน้ำดิบโดยเฉลี่ย				
-เหล็กทั้งหมด, มก./ล.	4.20	3.94	4.03	4.12
-เหล็ก(II), มก./ล.	3.78	3.80	3.68	3.71
ปริมาณแมงกานีสในน้ำดิบโดยเฉลี่ย มก./ล.	1.94	2.02	2.22	1.68
ปริมาณสารละลายโปตัสเซียม-เปอร์แมงกาเนต, มก./ล.	7.6	7.5	7.6	7.3
อายุการกรองโดยเฉลี่ย, ชม.:นาที	0:27	0:11	1:09	0:37



รูปที่ 4.23 ผลการกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำของแมงกานีสกรีนแซนด์ทั้ง 3 ชนิด เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่อง ที่อัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

จากผลการทดลองในหัวข้อ 4.3.1-4.3.3 จะเห็นได้ว่าการกำจัดเหล็กและ/หรือแมงกานีสในน้ำด้วยแมงกานีสกรีนแซนด์โดยใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่องสามารถกำจัดเหล็กและ/หรือแมงกานีสที่มีอยู่ในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ต้องทำการล้างย้อนบ่อยครั้ง นอกจากนั้นถ้าปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตมากเกินไป จะทำให้น้ำที่ผ่านชั้นกรองมีสีชมพู ถ้าปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตน้อยไป เมื่อทำการกรองได้ช่วงเวลาหนึ่งจะเกิดการเบรคทรูของปริมาณเหล็กและ/หรือแมงกานีสในน้ำที่ผ่านการกรองได้เช่นกัน (16)

4.4 อิทธิพลของกระบวนการรีเจนเนอเรชันที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและ/หรือแมงกานีสของแมงกานีสกรีนแซนด์

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากหัวข้อ 4.1 และ 4.3 แล้ว จะเห็นว่ากระบวนการรีเจนเนอเรชันจะมีอิทธิพลต่อการกำจัดเหล็ก และ/หรือแมงกานีส ดังนี้คือ

4.4.1 อิทธิพลที่มีต่อคุณภาพน้ำและอายุการทำงานของแมงกานีสกรีนแซนด์

จากหัวข้อ 4.1 และ 4.3 จะเห็นได้ว่าในการกำจัดเหล็กในน้ำนั้น น้ำที่ผ่านชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์จะมีคุณภาพใกล้เคียงกัน คือ ปริมาณเหล็กในน้ำจะมีอยู่ในปริมาณน้อย แต่จะเห็นความแตกต่างได้ชัดเจนเมื่อกระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่องสามารถกำจัดแมงกานีสในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่เมื่อใช้กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบทีละเทนั้น แมงกานีสกรีนแซนด์ชนิด ข. และ ค. ไม่สามารถกำจัดแมงกานีสให้อยู่ในปริมาณที่ยอมรับได้ ซึ่งสาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดในกระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่องจะเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขณะที่อยู่ในสถานะเดียวกัน คือในสถานะของเหลว(liquid-to-liquid) ดังนั้นปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์และรวดเร็ว ในขณะที่ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบทีละเทเป็นปฏิกิริยาแบบต่างสถานะ คือแมงกานีสไดออกไซด์ซึ่งอยู่ในสถานะของแข็งกับเหล็กและ/หรือแมงกานีสในน้ำซึ่งอยู่ในสถานะของเหลว ซึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดช้ากว่า (15) สำหรับการกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำก็เช่นกัน พบว่ากระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่อง สามารถกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่กระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบทีละเทนั้น สามารถกำจัดเหล็กได้แต่ไม่สามารถกำจัดแมงกานีสได้ เนื่องจากสาเหตุดังกล่าวแล้วข้างต้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากระบวนรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่องสามารถที่จะทนต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำได้ดีกว่ากระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบทีละเท แต่จะควบคุมการดำเนินงานได้ยากกว่า เพราะถ้าปริมาณโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่เติมมากเกินไป จะทำให้น้ำมีสีชมพู

4.4.2 อิทธิพลที่มีต่อค่าการสูญเสียเฮด

ในกระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบทีละเท ค่าการสูญเสียเฮดจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาที่เกิดเป็นแบบออกซิเดชันที่เกิดขึ้นที่ผิวของแมงกานีสกรีนแซนด์ ส่วนกระบวนการรีเจนเนอเรชันแบบต่อเนื่องนั้นโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตจะออกซิไดซ์เหล็ก (II) และ/หรือแมงกานีส (II) ให้กลายเป็นผลึกของเหล็ก (III) และ/หรือแมงกานีส (IV) ก่อนที่จะเข้าสู่ชั้นของแมงกานีสกรีนแซนด์ ดังนั้นการอุดตันจึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว