บทที่ 5

วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการวิจัย

5.1 ประสิทธิภาพในการจำกัดเหล็กที่ความดันในถังปฏิกรณ์ 0.5 บาร์

ในสภาพที่ควบคุมความดันในถังปฏิกรณ์ 0.5 บาร์ การวิเคราะห์ผลการทดลองสามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้ คือ

5.1.1 ความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์

ตารางที่ 5.1 และรูปที่ 5.1 แสดงถึงความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสที่ผ่านถังปฏิกรณ์ ที่ความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสในน้ำดิบสังเคราะห์ และอัตราการจ่ายน้ำต่างๆ จะเห็นว่าที่ความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสในน้ำดิบต่ำกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร การจ่ายน้ำดิบสังเคราะห์ด้วยอัตราต่างๆ ความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสของน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์ จะมีค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นต่ำสุดที่เหล็กจะสามารถละลายในน้ำได้ที่ pH 7.0 (ประมาณ 0.04-0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าถังปฏิกรณ์ไม่สามารถกำจัดเหล็กโดยการอ๊อกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนในอากาศได้มากไปกว่านี้แล้ว

เมื่อความเข้มข้นของเหล็กตั้งแต่ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความเข้มข้นของเหล็กในน้ำดิบสังเคราะห์เท่ากัน อัตราการสูบน้ำดิบต่ำ ปริมาณเหล็ก (Fe^{+2}) ที่ออกจากถังปฏิกรณ์จะน้อยกว่าที่อัตราการจ่ายน้ำสูง

5.1.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กในรูปเฟอร์รัส

ตารางที่ 5.1 และรูปที่ 5.2 แสดงถึงประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์ในการกำจัดเหล็กในรูปเฟอร์รัส ที่ความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสในน้ำดิบสังเคราะห์และอัตราการจ่ายน้ำต่างๆ จะเห็นว่ามีความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสในน้ำดิบต่ำกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพของการกำจัดเหล็กจะลดลง เพราะความเข้มข้นของเหล็กที่ผ่านถังปฏิกรณ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่เหล็กสามารถละลายได้ในน้ำที่ pH 7 จึงไม่สามารถใช้ค่าประสิทธิภาพในการกำจัดมาใช้พิจารณาได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 ความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์ และประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัสที่อัตราการจ่ายน้ำดิบ และความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำดิบต่างๆ ที่ความดัน 0.5 บาร์

P = 0.5 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe+2 (mg/l)	Eff Fe+2 (mg/l)	Eff (%)
60	0.26	0.04	84.62
50	0.26	0.04	84.62
40	0.26	0.04	84.62
30	0.26	0.04	84.62
20	0.26	0.04	84.62
60	0.54	0.08	85.19
50	0.54	0.08	85.19
40	0.54	0.08	85.19
30	0.54	0.08	85.19
20	0.54	0.04	92.59
60	0.76	0.14	81.58
50	0.76	0.10	86.84
40	0.76	0.10	86.84
30	0.76	0.08	89.47
20	0.76	0.08	89.47
60	1.00	0.16	84.00
50	1.00	0.12	88.00
40	1.04	0.08	92.31
30	1.00	0.04	96.00
20	1.00	0.04	96.00

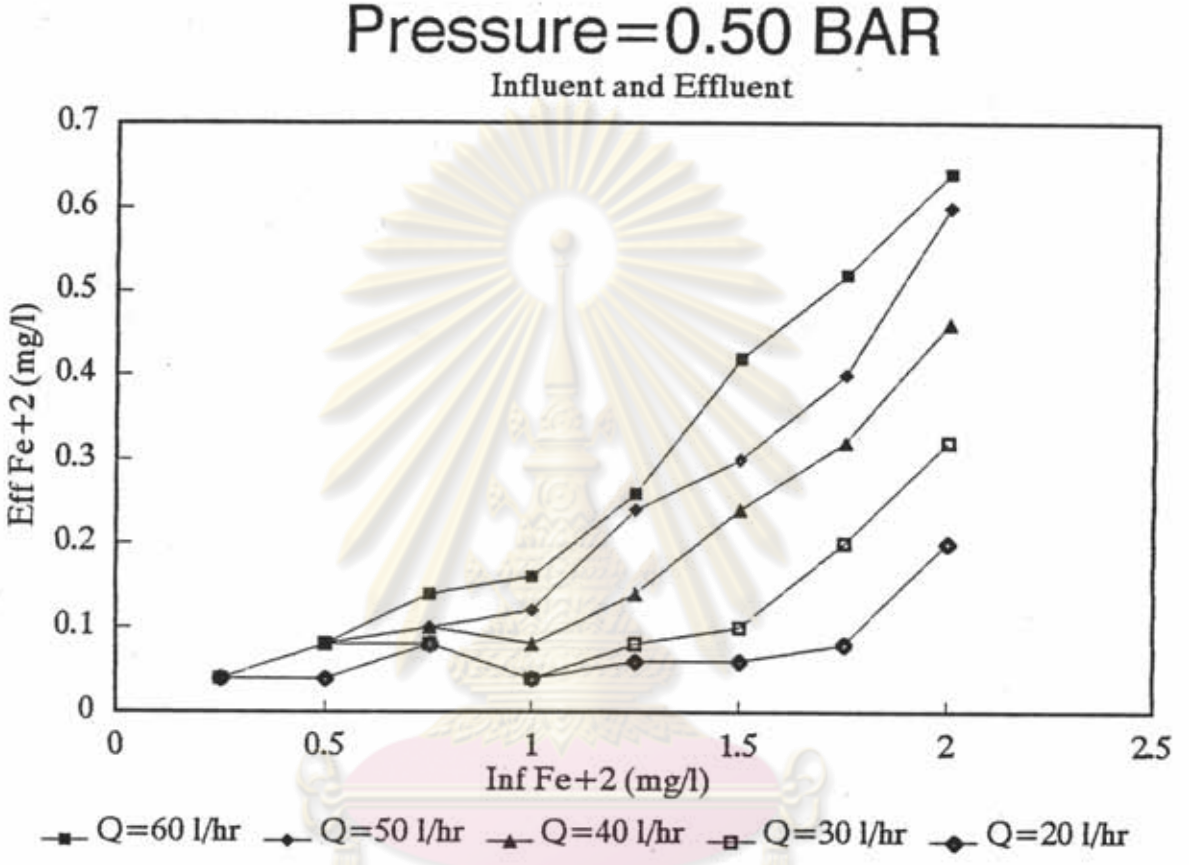
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 ความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์ และประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัสที่อัตราการจ่ายน้ำดิบ และความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำดิบต่างๆ ที่ความดัน 0.5 บาร์ (ต่อ)

P = 0.5 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe+2 (mg/l)	Eff Fe+2 (mg/l)	Eff (%)
60	1.26	0.26	79.37
50	1.30	0.24	81.54
40	1.20	0.14	88.33
30	1.26	0.08	93.65
20	1.26	0.06	95.24
60	1.48	0.42	71.62
50	1.46	0.30	79.45
40	1.52	0.24	84.21
30	1.46	0.10	93.15
20	1.46	0.06	95.89
60	1.72	0.52	69.77
50	1.70	0.40	76.47
40	1.72	0.32	81.40
30	1.76	0.20	88.64
20	1.76	0.08	95.45
60	1.96	0.64	67.35
50	1.96	0.60	69.39
40	1.92	0.46	76.04
30	1.96	0.32	83.67
20	1.92	0.20	89.58

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ DT = Detention Time (min)

Q = 60 l/hr , DT = 9.45 min Q = 50 l/hr , DT = 11.34 min

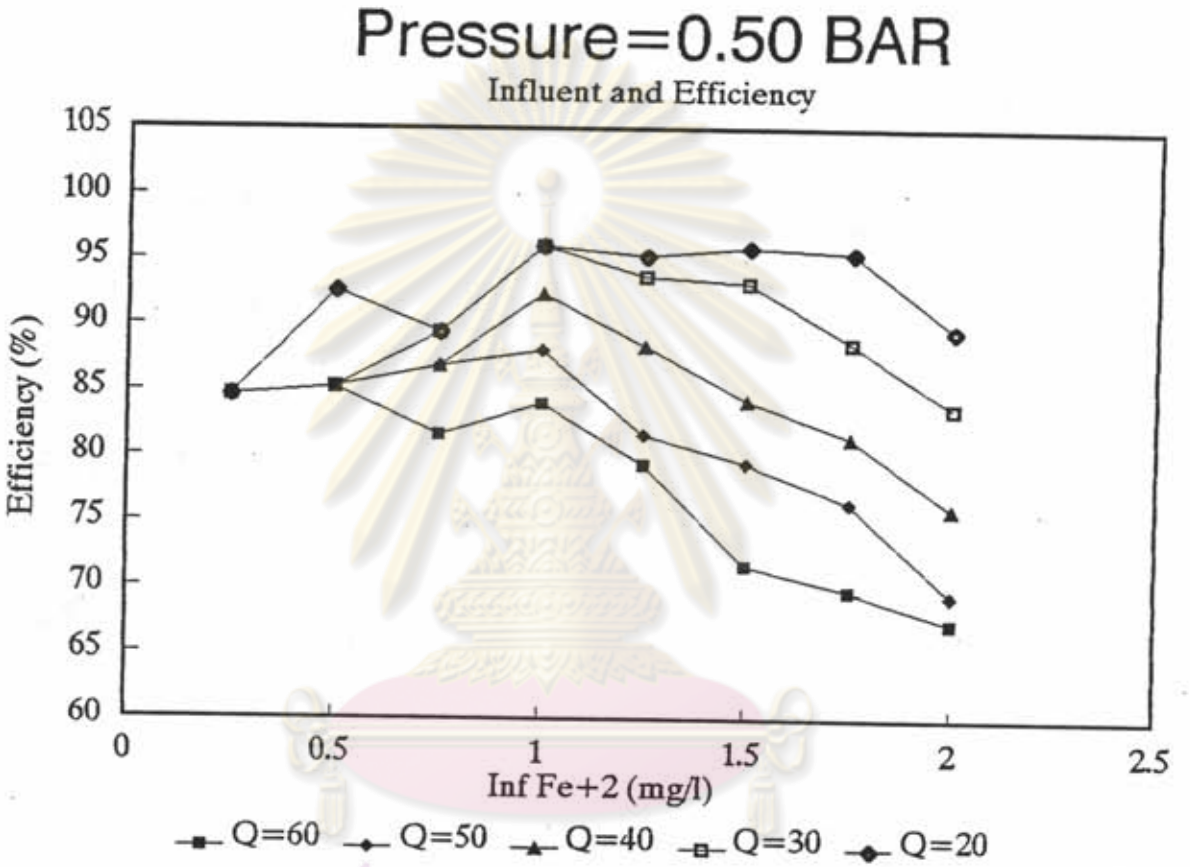
Q = 40 l/hr , DT =14.18 min Q = 30 l/hr , DT = 18.90 min

Q = 20 l/hr , DT =28.35 min

รูปที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์กับความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำดิบที่อัตราการจ่ายน้ำดิบต่างๆที่ความดัน 0.5 บาร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถ้าความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำดิบสังเคราะห์ตั้งแต่ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไป ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ในน้ำดิบสังเคราะห์เพิ่มขึ้น หรืออัตราการจ่ายน้ำเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาที่ความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ในน้ำดิบสังเคราะห์เท่ากัน ประสิทธิภาพจะลดเมื่ออัตราการจ่ายน้ำดิบสังเคราะห์เพิ่มขึ้น



หมายเหตุ DT = Detention Time (min)

Q = 60 l/hr , DT = 9.45 min Q = 50 l/hr , DT = 11.34 min

Q = 40 l/hr , DT =14.18 min Q = 30 l/hr , DT = 18.90 min

Q = 20 l/hr , DT =28.35 min

รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัสกับความเข้มข้นของเหล็กในน้ำดิบ ที่อัตราการจ่ายน้ำดิบระดับต่างๆ ที่ความดัน 0.5 บาร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์กับประสิทธิภาพของการกำจัดเหล็ก Fe^{+2}

จากการวิเคราะห์ผลของความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์และประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กในรูปเฟอร์รัส ตามข้อที่ 5.1.1 และ 5.1.2 ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก (Fe^{+2}) ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ในน้ำดิบสังเคราะห์และอัตราการสูบน้ำเข้าถังปฏิกรณ์ซึ่งสามารถแทนด้วยอัตราการป้อนเหล็ก (Fe^{+2}) โดยมวล (ผลคูณของความเข้มข้นของเหล็ก (Fe^{+2}) ในน้ำดิบสังเคราะห์กับอัตราการสูบน้ำเข้าระบบ มีหน่วยเป็นหน่วยมิลลิกรัมต่อชั่วโมง)

ตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.3 แสดงถึงอัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลกับ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} จากการพิจารณาความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ของน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์แล้ว เมื่อความเข้มข้นของน้ำมี Fe^{+2} อยู่ในช่วง 0.04 - 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นช่วงที่ใกล้เคียงกับความเข้มข้นต่ำสุดของเหล็ก Fe^{+2} ที่สามารถละลายได้ที่ pH 7 ผลการทดลองที่มีค่าความเข้มข้นดังกล่าว จะไม่นำมาพิจารณาในการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลกับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก เพราะถังปฏิกรณ์ไม่สามารถกำจัดเหล็ก โดยการออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนในอากาศให้ความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์มีความเข้มข้นต่ำกว่าค่านี้ไปได้

จากผลการทดลองพบว่า เมื่ออัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลที่มีค่าต่ำกว่า 35 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ไม่สามารถนำมาใช้พิจารณาหาความสัมพันธ์กับอัตราการป้อนเหล็ก Fe^{+2} โดยมวลได้เพราะความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าความเข้มข้นต่ำสุดของเหล็ก Fe^{+2} ที่สามารถละลายน้ำได้ที่ pH 7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลที่ความดัน 0.5 บาร์

P = 0.5 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe+2 (mg/l)	Eff Fe+2 (mg/l)	Inf*Q (mg/hr)	Eff (%)
20	0.26	0.04	5.2	84.62
30	0.26	0.04	7.8	84.62
40	0.26	0.04	10.4	84.62
20	0.54	0.04	10.8	92.59
50	0.26	0.04	13.0	84.62
20	0.76	0.08	15.2	89.47
60	0.26	0.04	15.6	84.62
30	0.54	0.08	16.2	85.19
20	1.00	0.04	20.0	96.00
40	0.54	0.08	21.6	85.19
30	0.76	0.08	22.8	89.47
20	1.26	0.06	25.2	95.24
50	0.54	0.08	27.0	85.19
20	1.46	0.06	29.2	95.89
30	1.00	0.04	30.0	96.00
40	0.76	0.10	30.4	86.84
60	0.54	0.08	32.4	85.19
20	1.76	0.08	35.2	95.45
30	1.26	0.08	37.8	93.65
50	0.76	0.10	38.0	81.84

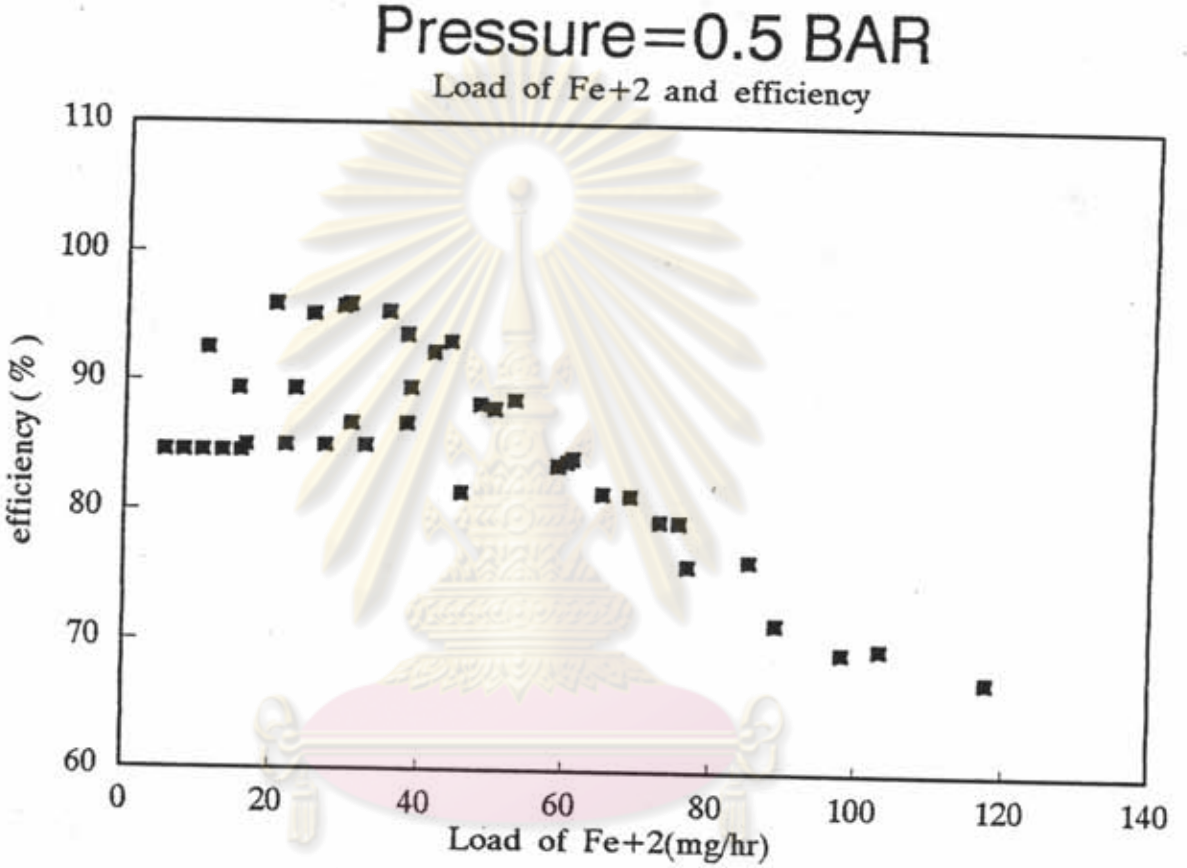
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลที่ความดัน 0.5 บาร์ (ต่อ)

P = 0.5 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe+2 (mg/l)	Eff Fe+2 (mg/l)	Inf*Q (mg/hr)	Eff (%)
20	1.92	0.20	38.4	89.58
40	1.04	0.08	41.6	92.31
30	1.46	0.10	43.8	93.15
60	0.76	0.14	45.6	81.58
40	1.20	0.14	48.0	88.33
50	1.00	0.12	50.0	88.00
30	1.76	0.20	52.8	88.64
30	1.96	0.32	58.8	83.67
60	1.00	0.16	60.0	84.00
40	1.52	0.24	60.8	84.21
50	1.30	0.24	65.0	81.54
40	1.72	0.32	68.8	81.40
50	1.46	0.30	73.0	79.45
60	1.26	0.26	75.6	79.37
40	1.92	0.46	76.8	76.04
50	1.70	0.40	85.0	76.47
60	1.48	0.42	88.8	71.62
50	1.96	0.60	98.0	69.39
60	1.72	0.52	103.2	69.77
60	1.96	0.64	117.6	67.35

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลที่ความดัน 0.5 บาร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การสร้างสมการแสดงประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์ เพื่อให้เป็นสมการทั่วไปจึงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์(ผลคูณของความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำดิบสังเคราะห์ กับอัตราการสูบน้ำเข้าระบบต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตรของถังปฏิกรณ์ต่อชั่วโมง) ซึ่งปริมาตรของถังปฏิกรณ์ที่ทำการวิจัยเท่ากับ 9.45 ลิตร ตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.4 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์

ดังได้กล่าวข้างต้นแล้วนั้น เมื่ออัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่ำกว่า 35 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งเท่ากับอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่ำกว่า 3.70 มิลลิกรัมต่อลิตรของถังปฏิกรณ์ต่อชั่วโมง ตารางที่ 5.4 และรูปที่ 5.5 แสดงให้เห็นว่าในช่วงที่นำมาพิจารณาความสัมพันธ์ของอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวล หรืออัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ กับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส เป็นเส้นตรง ดังนั้น การหาความสัมพันธ์ของอัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์กับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ของถังปฏิกรณ์ การวิเคราะห์จึงใช้วิธีกำลังสองต่ำสุด (Method of Lease Square) ในการวิเคราะห์ จากการวิเคราะห์พบว่า สมการของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์กับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ของถังปฏิกรณ์ได้ดังสมการที่ 5.1

$$E = -3.17 F + 104.01 \; ; \; F > 3.70 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5.1)$$

$$(r^2 = 0.90)$$

โดยที่ E = ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ของถังปฏิกรณ์ (%)

F = อัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ (mg/l-hr)

= ผลคูณของความเข้มข้นของ Fe^{+2} ในน้ำดิบสังเคราะห์ (mg/l) กับอัตราการสูบน้ำเข้าระบบ (l/hr)หารด้วยปริมาตรของถังปฏิกรณ์ ซึ่งเท่ากับ 9.45 ลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยสมการนี้จะใช้ได้ก็ต่อเมื่ออัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์จะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 3.70 มิลลิกรัมต่อลิตรชั่วโมง

ตารางที่ 5.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ที่ความดัน 0.5 บาร์ (หมายเหตุ ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ = 9.45 ลิตร)

P = 0.5 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe+2 (mg/l)	Eff Fe+2 (mg/l)	Inf*Q (mg/hr)	Inf*Q/V (mg/l-hr)	Eff (%)
20	0.26	0.04	5.20	0.55	84.62
30	0.26	0.04	7.80	0.83	84.62
40	0.26	0.04	10.4	1.10	84.62
20	0.54	0.04	10.8	1.14	92.59
50	0.26	0.04	13.0	1.38	84.62
20	0.76	0.08	15.2	1.61	89.47
60	0.26	0.04	15.6	1.65	84.62
30	0.54	0.08	16.2	1.71	85.19
20	1.00	0.04	20.0	2.12	96.00
40	0.54	0.08	21.6	2.29	85.19
30	0.76	0.08	22.8	2.41	89.47
20	1.26	0.06	25.2	2.67	95.24
50	0.54	0.08	27.0	2.86	85.19
20	1.46	0.06	29.2	3.09	95.89
30	1.00	0.04	30.0	3.17	96.00
40	0.76	0.10	30.4	3.22	86.84
60	0.54	0.08	32.4	3.43	85.19
20	1.76	0.08	35.2	3.72	95.45
30	1.26	0.08	37.8	4.00	93.65
50	0.76	0.10	38.0	4.02	81.84

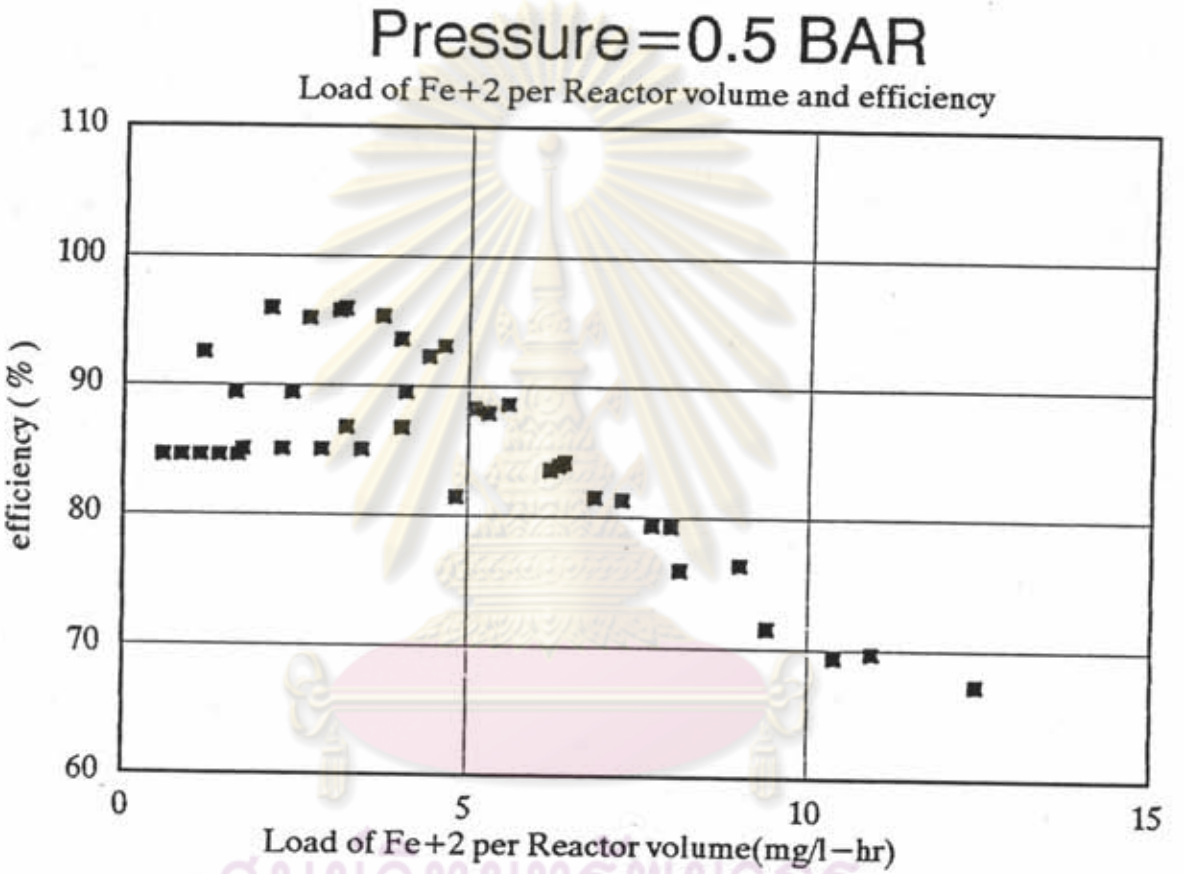
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ที่ความดัน 0.5 บาร์ (หมายเหตุ ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ = 9.45 ลิตร) (ต่อ)

P = 0.5 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe+2 (mg/l)	Eff Fe+2 (mg/l)	Inf*Q (mg/hr)	Inf*Q/V (mg/l-hr)	Eff (%)
20	1.92	0.20	38.4	4.06	89.58
40	1.04	0.08	41.6	4.40	92.31
30	1.46	0.10	43.8	4.63	93.15
60	0.76	0.14	45.6	4.83	81.58
40	1.20	0.14	48.0	5.08	88.33
50	1.00	0.12	50.0	5.29	88.00
30	1.76	0.20	52.8	5.59	88.64
30	1.96	0.32	58.8	6.22	83.67
60	1.00	0.16	60.0	6.35	84.00
40	1.52	0.24	60.8	6.43	84.21
50	1.30	0.24	65.0	6.88	81.54
40	1.72	0.32	68.8	7.28	81.40
50	1.46	0.30	73.0	7.72	79.45
60	1.26	0.26	75.6	8.00	79.37
40	1.92	0.46	76.8	8.13	76.04
50	1.70	0.40	85.0	8.99	76.47
60	1.48	0.42	88.8	9.40	71.62
50	1.96	0.60	98.0	10.37	69.39
60	1.72	0.52	103.2	10.92	69.77
60	1.96	0.64	117.6	12.44	67.35

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ที่ความดัน 0.5 บาร์ (หมายเหตุ ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ = 9.45 ลิตร)

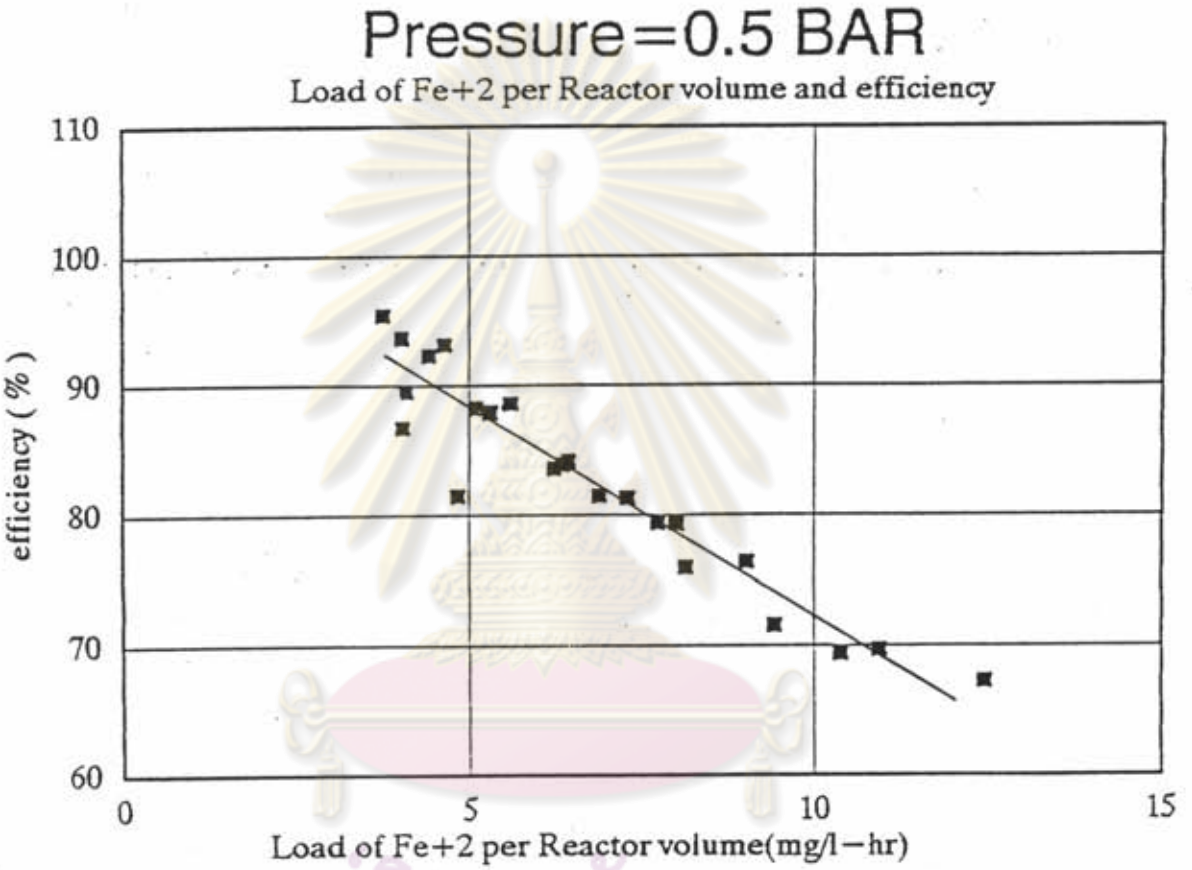
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.4 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่อปริมาตร ในช่วงที่นำมาพิจารณาหาความสัมพันธ์ที่ความดัน 0.5 บาร์ (หมายเหตุ ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ = 9.45 ลิตร)

P = 0.5 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe+2 (mg/l)	Eff Fe+2 (mg/l)	Inf*Q (mg/hr)	Inf*Q/V (mg/l-hr)	Eff (%)
20	1.76	0.08	35.2	3.72	95.45
30	1.26	0.08	37.8	4.00	93.65
50	0.76	0.10	38.0	4.02	81.84
20	1.92	0.20	38.4	4.06	89.58
40	1.04	0.08	41.6	4.40	92.31
30	1.46	0.10	43.8	4.63	93.15
60	0.76	0.14	45.6	4.83	81.58
40	1.20	0.14	48.0	5.08	88.33
50	1.00	0.12	50.0	5.29	88.00
30	1.76	0.20	52.8	5.59	88.64
30	1.96	0.32	58.8	6.22	83.67
60	1.00	0.16	60.0	6.35	84.00
40	1.52	0.24	60.8	6.43	84.21
50	1.30	0.24	65.0	6.88	81.54
40	1.72	0.32	68.8	7.28	81.40
50	1.46	0.30	73.0	7.72	79.45
60	1.26	0.26	75.6	8.00	79.37
40	1.92	0.46	76.8	8.13	76.04
50	1.70	0.40	85.0	8.99	76.47
60	1.48	0.42	88.8	9.40	71.62
50	1.96	0.60	98.0	10.37	69.39
60	1.72	0.52	103.2	10.92	69.77
60	1.96	0.64	117.6	12.44	67.35

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Pressure = 0.50 BAR ; E = -3.17 F + 104.01 ; F > 3.70

r^2 = 0.90

รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ในช่วงที่นำมาพิจารณาหาความสัมพันธ์ที่ความดัน 0.5 บาร์ (หมายเหตุ ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ = 9.45 ลิตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 ประสิทธิภาพในการจำกัดเหล็กที่ความดันในถังปฏิกรณ์ 1.0 บาร์

ในสภาพที่ควบคุมความดันในถังปฏิกรณ์ 1.0 บาร์ การวิเคราะห์ผลการทดลองสามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้ คือ

5.2.1 ความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์

ตารางที่ 5.5 และรูปที่ 5.6 แสดงถึงความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสที่ผ่านถังปฏิกรณ์ ที่ความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสในน้ำดิบสังเคราะห์ และอัตราการจ่ายน้ำต่างๆ จะเห็นว่าที่ความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสในน้ำดิบต่ำกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร การจ่ายน้ำดิบสังเคราะห์ด้วยอัตราต่างๆ ความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสของน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์ จะมีค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นต่ำสุดที่เหล็กจะสามารถละลายในน้ำได้ที่ pH 7.0 (ประมาณ 0.04-0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าถังปฏิกรณ์ไม่สามารถกำจัดเหล็กโดยการอ๊อกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนในอากาศได้มากไปกว่านี้แล้ว

เมื่อความเข้มข้นของเหล็กตั้งแต่ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความเข้มข้นของเหล็กในน้ำดิบสังเคราะห์เท่ากัน อัตราการสูบน้ำดิบต่ำ ปริมาณเหล็ก (Fe^{+2}) ที่ออกจากถังปฏิกรณ์จะน้อยกว่าที่อัตราการจ่ายน้ำสูง

5.2.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กในรูปเฟอร์รัส

ตารางที่ 5.5 และรูปที่ 5.7 แสดงถึงประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์ในการกำจัดเหล็กในรูปเฟอร์รัส ที่ความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสในน้ำดิบสังเคราะห์และอัตราการจ่ายน้ำต่างๆ จะเห็นว่าที่ความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสในน้ำดิบต่ำกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพของการกำจัดเหล็กจะลดลง เพราะความเข้มข้นของเหล็กที่ผ่านถังปฏิกรณ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่เหล็กสามารถละลายได้ในน้ำที่ pH 7 จึงไม่สามารถใช้ค่าประสิทธิภาพในการกำจัดมาใช้พิจารณาได้

ถ้าความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำดิบสังเคราะห์ตั้งแต่ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไป ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของเหล็ก (Fe^{+2}) ในน้ำดิบสังเคราะห์เพิ่มขึ้น และอัตราการจ่ายน้ำเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาที่ความเข้มข้นของเหล็ก (Fe^{+2}) ในน้ำดิบสังเคราะห์เท่ากัน ประสิทธิภาพจะลดเมื่ออัตราการจ่ายน้ำดิบสังเคราะห์เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 5.5 ความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์ และประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัสที่อัตราการจ่ายน้ำดิบ และความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำดิบต่างๆ ที่ความดัน 1.0 บาร์

P = 1.0 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe+2 (mg/l)	Eff Fe+2 (mg/l)	Eff (%)
60	0.26	0.04	84.62
50	0.26	0.04	84.62
40	0.26	0.04	84.62
30	0.26	0.04	84.62
20	0.26	0.04	84.62
60	0.54	0.08	85.19
50	0.54	0.08	85.19
40	0.54	0.04	92.59
30	0.54	0.04	92.59
20	0.55	0.04	92.73
60	0.72	0.08	88.89
50	0.72	0.08	88.89
40	0.80	0.12	85.00
30	0.76	0.08	89.47
20	0.72	0.04	94.44
60	1.04	0.16	84.62
50	1.04	0.12	88.46
40	1.00	0.12	88.00
30	1.00	0.12	88.00
20	1.04	0.08	92.31

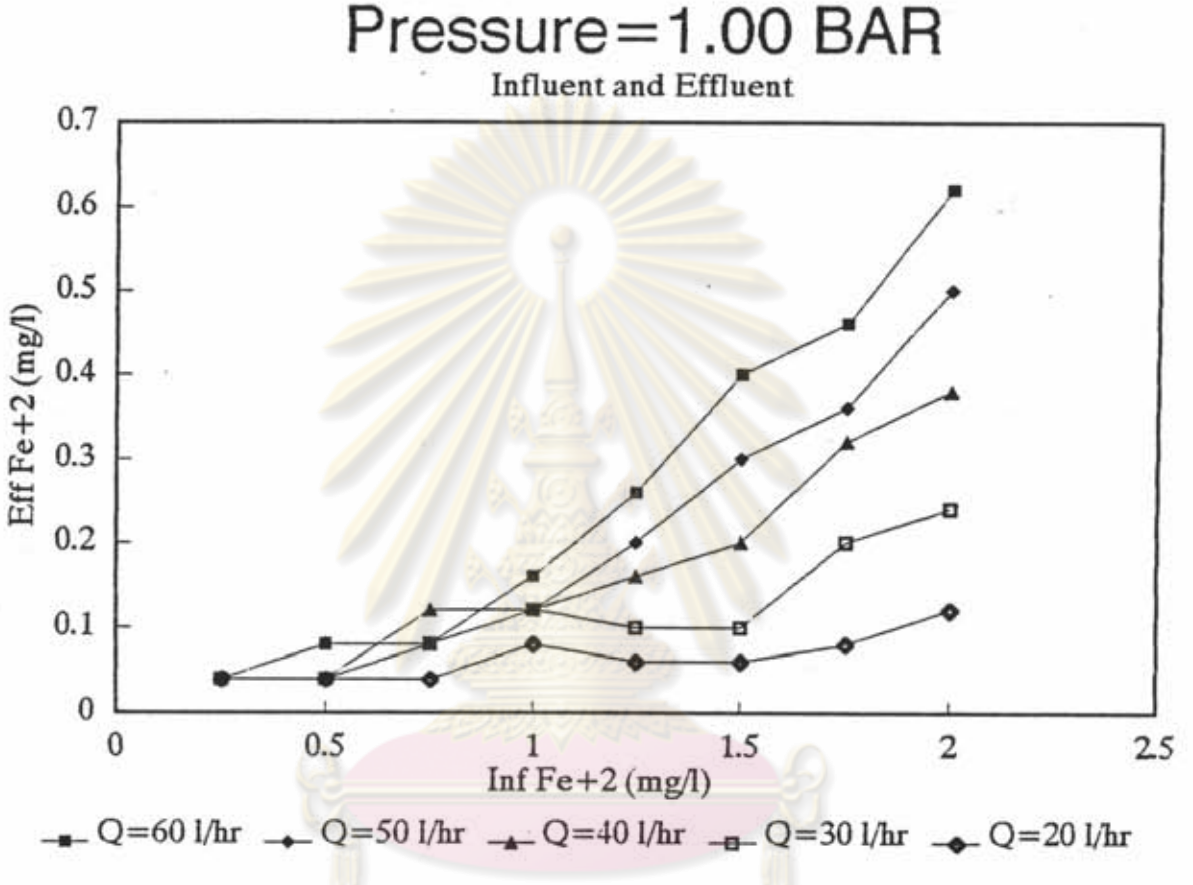
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.5 ความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์ และประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัสที่อัตราการจ่ายน้ำดิบ และความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำดิบต่างๆ ที่ความดัน 1.0 บาร์ (ต่อ)

P = 1.0 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe+2 (mg/l)	Eff Fe+2 (mg/l)	Eff (%)
60	1.28	0.26	79.69
50	1.28	0.20	84.38
40	1.24	0.16	87.10
30	1.28	0.10	92.19
20	1.30	0.06	95.38
60	1.54	0.40	74.03
50	1.54	0.30	80.52
40	1.46	0.20	86.30
30	1.54	0.10	93.51
20	1.52	0.06	96.05
60	1.72	0.46	73.26
50	1.76	0.36	79.55
40	1.80	0.32	82.22
30	1.76	0.20	88.64
20	1.80	0.08	95.56
60	2.04	0.62	69.61
50	1.92	0.50	73.96
40	2.00	0.38	81.00
30	1.92	0.24	87.50
20	1.94	0.12	93.81

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ DT = Detention Time (min)

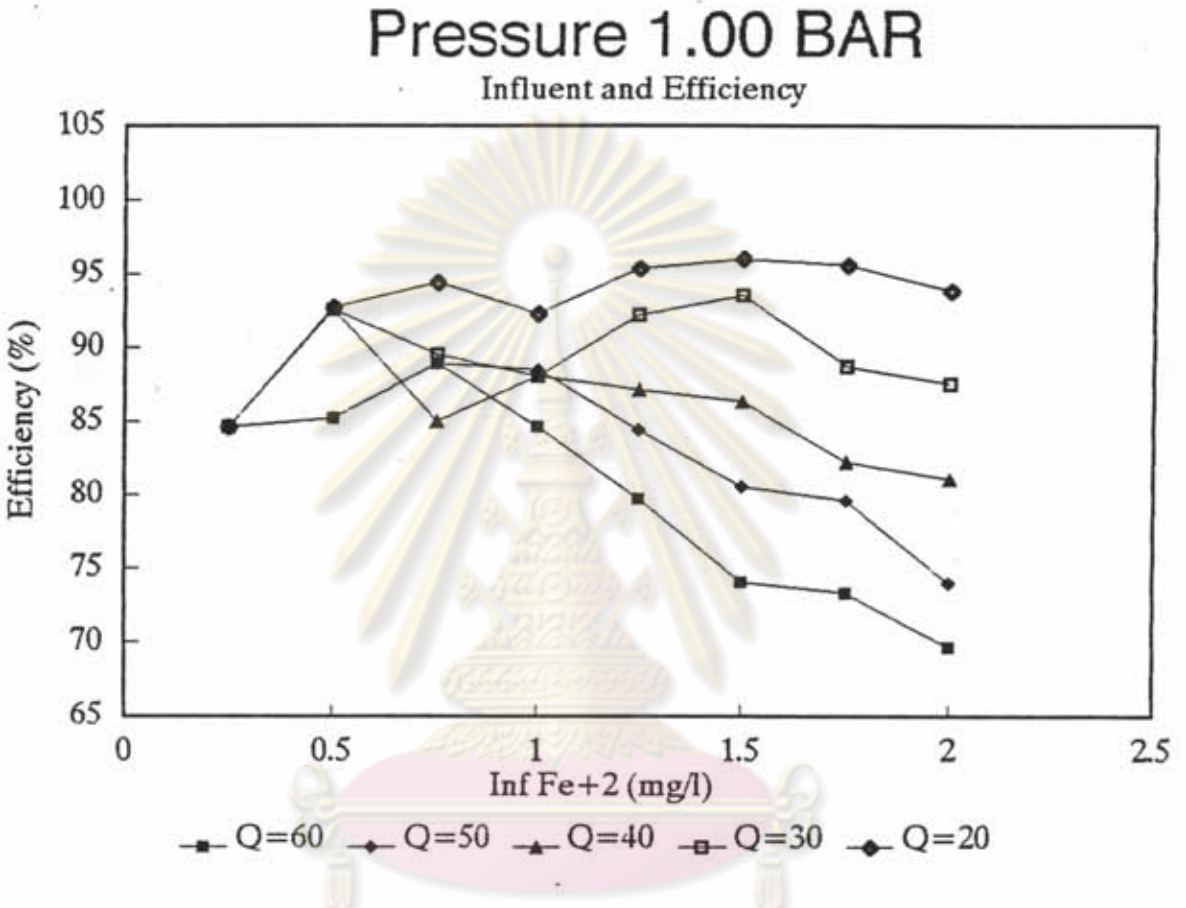
Q = 60 l/hr , DT = 9.45 min Q = 50 l/hr , DT = 11.34 min

Q = 40 l/hr , DT =14.18 min Q = 30 l/hr , DT = 18.90 min

Q = 20 l/hr , DT =28.35 min

รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์ กับความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำดิบที่อัตราการจ่ายน้ำดิบต่างๆ ที่ความดัน 1.0 บาร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ DT = Detention Time (min)

Q = 60 l/hr , DT = 9.45 min Q = 50 l/hr , DT = 11.34 min

Q = 40 l/hr , DT =14.18 min Q = 30 l/hr , DT = 18.90 min

Q = 20 l/hr , DT =28.35 min

รูปที่ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับความเข้มข้นของเหล็กในน้ำดิบที่อัตราการจ่ายน้ำดิบระดับต่างๆ ที่ความดัน 1.0 บาร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์กับประสิทธิภาพของการกำจัดเหล็ก (Fe^{+2})

จากการวิเคราะห์ผลของความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์และประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กในรูปเฟอร์รัส ตามข้อที่ 5.2.1 และ 5.2.2 ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก (Fe^{+2}) ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ในน้ำดิบสังเคราะห์และอัตราการสูบน้ำเข้าถังปฏิกรณ์ ซึ่งสามารถแทนด้วยอัตราการป้อนเหล็ก (Fe^{+2}) โดยมวล (ผลคูณของความเข้มข้นของเหล็ก (Fe^{+2}) ในน้ำดิบสังเคราะห์กับอัตราการสูบน้ำเข้าระบบ มีหน่วยเป็นหน่วยมิลลิกรัมต่อชั่วโมง)

ตารางที่ 5.6 และรูปที่ 5.8 แสดงถึงอัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลกับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} จากการพิจารณาความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ของน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์แล้ว เมื่อความเข้มข้นของน้ำมี Fe^{+2} อยู่ในช่วง 0.04 - 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นช่วงที่ใกล้เคียงกับความเข้มข้นต่ำสุดของเหล็ก Fe^{+2} ที่สามารถละลายได้ที่ pH 7 ผลการทดลองที่มีค่าความเข้มข้นดังกล่าว จะไม่นำมาพิจารณาในการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลถึงประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก เพราะถังปฏิกรณ์ไม่สามารถกำจัดเหล็ก โดยการออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนในอากาศให้ความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์มีความเข้มข้นต่ำกว่าค่านี้ไปได้

จากผลการทดลองพบว่า เมื่ออัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลที่มีค่าต่ำกว่า 45 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ไม่สามารถนำมาใช้พิจารณาหาความสัมพันธ์กับอัตราการป้อนเหล็ก Fe^{+2} โดยมวลได้เพราะความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าความเข้มข้นต่ำสุดของเหล็ก Fe^{+2} ที่สามารถละลายน้ำได้ที่ pH 7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.6 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลที่ความดัน 1.0 บาร์

P = 1.0 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe+2 (mg/l)	Eff Fe+2 (mg/l)	Inf*Q (mg/hr)	Eff (%)
20	0.26	0.04	5.2	84.62
30	0.26	0.04	7.8	84.62
40	0.26	0.04	10.4	84.62
20	0.55	0.04	11.0	92.73
50	0.26	0.04	13.0	84.62
20	0.72	0.04	14.4	94.44
60	0.26	0.04	15.6	84.62
30	0.54	0.04	16.2	92.59
20	1.04	0.08	20.8	92.31
40	0.54	0.04	21.6	92.59
30	0.76	0.08	22.8	89.47
20	1.30	0.06	26.0	95.38
50	0.54	0.08	27.0	85.19
30	1.00	0.12	30.0	88.00
20	1.52	0.06	30.4	96.05
40	0.80	0.12	32.0	85.00
60	0.54	0.08	32.4	85.19
50	0.72	0.08	36.0	88.89
20	1.80	0.08	36.0	95.56
30	1.28	0.10	38.4	92.19

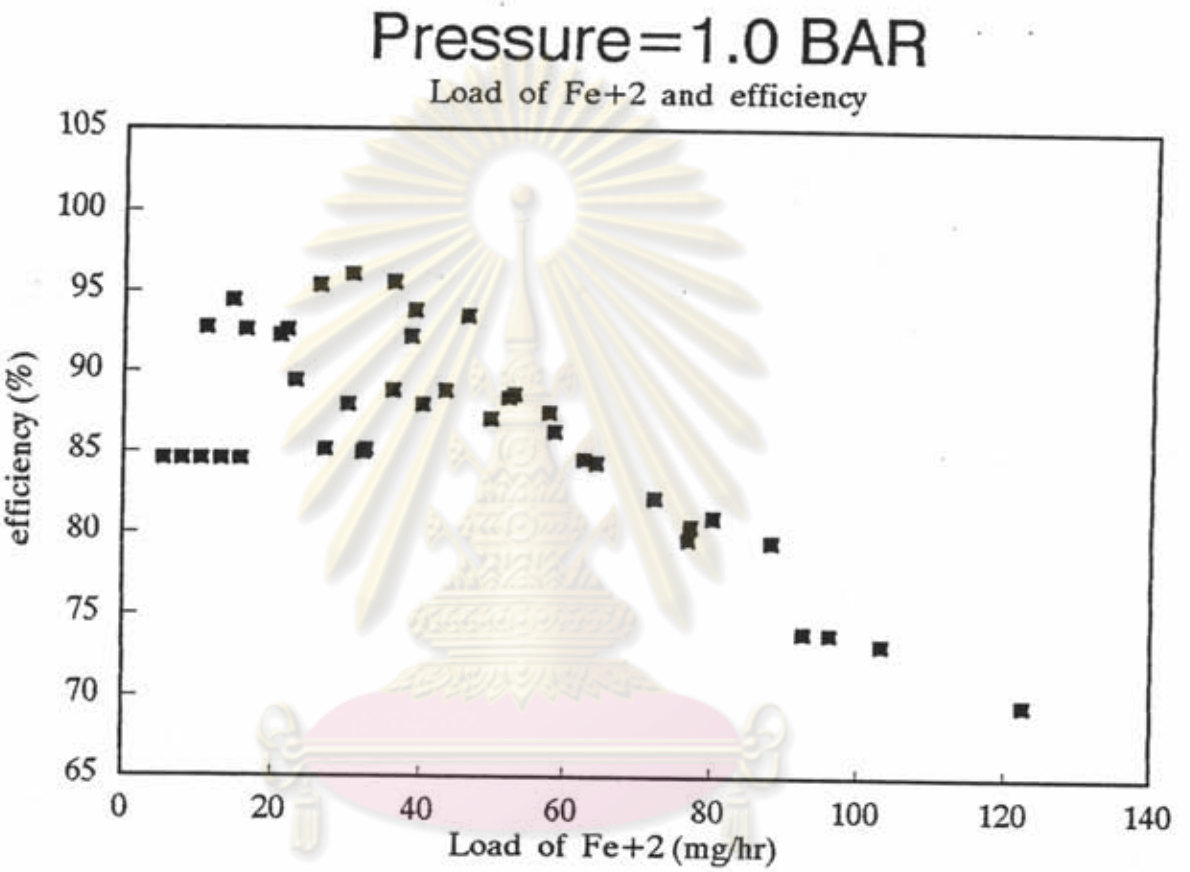
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.6 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลที่ความดัน 1.0 บาร์(ต่อ)

P = 1.0 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe+2 (mg/l)	Eff Fe+2 (mg/l)	Inf*Q (mg/hr)	Eff(%)
20	1.94	0.12	38.8	93.81
40	1.00	0.12	40.0	88.00
60	0.72	0.08	43.2	88.89
30	1.54	0.10	46.2	93.51
40	1.24	0.16	49.6	87.10
50	1.04	0.12	52.0	88.46
30	1.76	0.20	52.8	88.64
30	1.92	0.24	57.6	87.50
40	1.46	0.20	58.4	86.30
60	1.04	0.16	62.4	84.62
50	1.28	0.20	64.0	84.38
40	1.80	0.32	72.0	82.22
60	1.28	0.26	76.8	79.69
50	1.54	0.30	77.0	80.52
40	2.00	0.38	80.0	81.00
50	1.76	0.36	88.0	79.55
60	1.54	0.40	92.4	74.03
50	1.92	0.50	96.0	73.96
60	1.72	0.46	103.2	73.26
60	2.04	0.62	122.4	69.61

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลที่ความดัน 1.0 บาร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การสร้างสมการแสดงประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์ เพื่อให้เป็นสมการทั่วไปจึงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์(ผลคูณของความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำดิบสังเคราะห์ กับอัตราการสูบน้ำเข้าระบบต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตรของถังปฏิกรณ์ต่อชั่วโมง) ซึ่งปริมาตรของถังปฏิกรณ์ที่ทำการวิจัยเท่ากับ 9.45 ลิตร ตารางที่ 5.7 และรูปที่ 5.9 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์

ดังได้กล่าวข้างต้นแล้วนั้น เมื่ออัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่ำกว่า 45 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งเท่ากับอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่ำกว่า 4.76 มิลลิกรัมต่อลิตรของถังปฏิกรณ์ต่อชั่วโมง ตารางที่ 5.8 และรูปที่ 5.10 แสดงให้เห็นว่าในช่วงที่นำมาพิจารณาความสัมพันธ์ของอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวล หรืออัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ กับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส เป็นเส้นตรง ดังนั้น การหาความสัมพันธ์ของอัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์กับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ของถังปฏิกรณ์ การวิเคราะห์จึงใช้วิธีกำลังสองต่ำสุด (Method of Lease Square) ในการวิเคราะห์ จากการวิเคราะห์พบว่า สมการของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์กับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ของถังปฏิกรณ์ได้ดังสมการที่ 5.2

$$E = -2.80\,F + 103.83 \;;\; F > 4.76 \quad \text{.....} \quad (5.2)$$

$$(\; r^2 = 0.94 \;)$$

โดยที่ E = ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ของถังปฏิกรณ์ (%)

F = อัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ (mg/l-hr)

= ผลคูณของความเข้มข้นของ Fe^{+2} ในน้ำดิบสังเคราะห์ (mg/l) กับอัตราการสูบน้ำเข้าระบบ (l/hr)หารด้วยปริมาตรของถังปฏิกรณ์ ซึ่งเท่ากับ 9.45 ลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยสมการที่จะใช้ได้ก็ต่อเมื่ออัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลจะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 4.76 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง

ตารางที่ 5.7 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ที่ความดัน 1.0 บาร์ (หมายเหตุ ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ = 9.45 ลิตร)

P = 1.0 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe+2 (mg/l)	Eff Fe+2 (mg/l)	Inf*Q (mg/hr)	Inf*Q/V (mg/l-hr)	Eff (%)
20	0.26	0.04	5.20	0.55	84.62
30	0.26	0.04	7.80	0.83	84.62
40	0.26	0.04	10.4	1.10	84.62
20	0.55	0.04	11.0	1.16	92.73
50	0.26	0.04	13.0	1.38	84.62
20	0.72	0.04	14.4	1.52	94.44
60	0.26	0.04	15.6	1.65	84.62
30	0.54	0.04	16.2	1.71	92.59
20	1.04	0.08	20.8	2.20	92.31
40	0.54	0.04	21.6	2.29	92.59
30	0.76	0.08	22.8	2.41	89.47
20	1.30	0.06	26.0	2.75	95.38
50	0.54	0.08	27.0	2.86	85.19
30	1.00	0.12	30.0	3.17	88.00
20	1.52	0.06	30.4	3.22	96.05
40	0.80	0.12	32.0	3.39	85.00
60	0.54	0.08	32.4	3.43	85.19
50	0.72	0.08	36.0	3.81	95.56
20	1.80	0.08	36.0	3.81	88.89
30	1.28	0.10	38.4	4.06	92.19

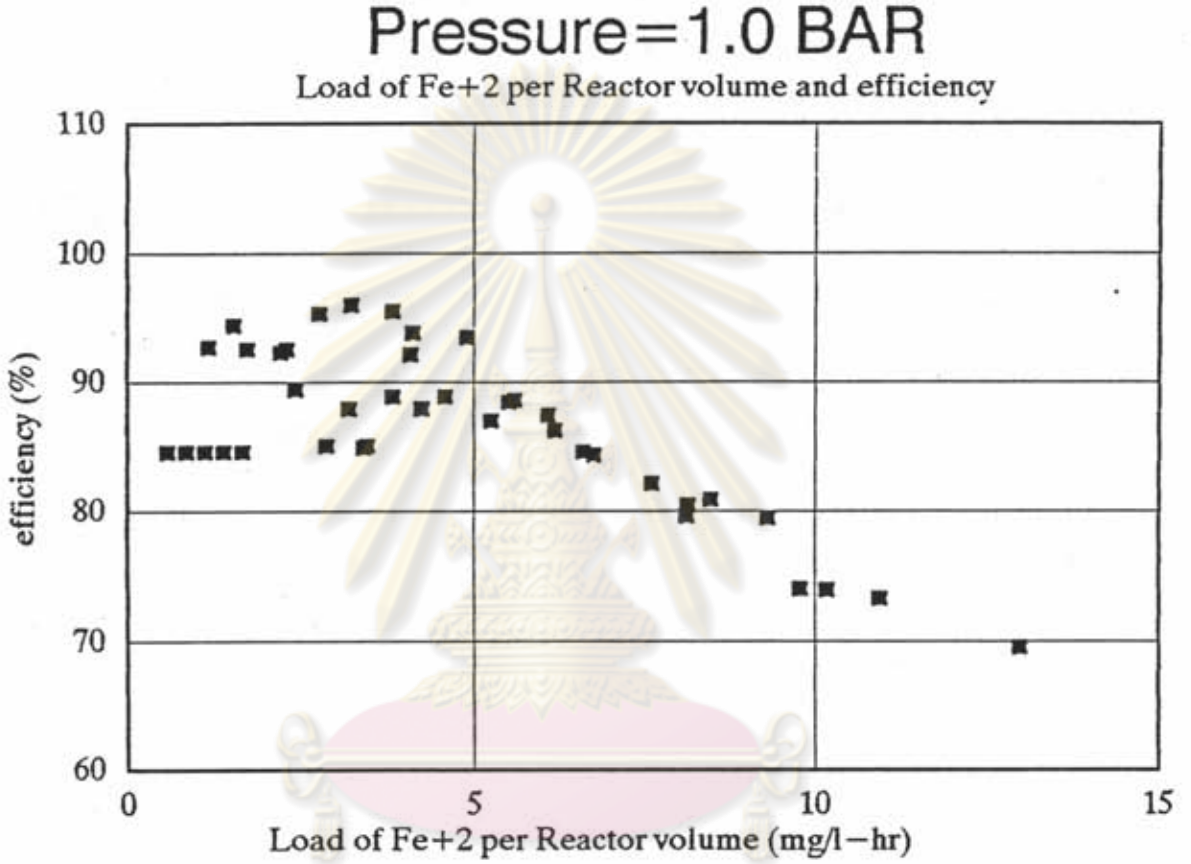
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.7 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ที่ความดัน 1.0 บาร์ (หมายเหตุ ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ = 9.45 ลิตร) (ต่อ)

P = 1.0 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe+2 (mg/l)	Eff Fe+2 (mg/l)	Inf*Q (mg/hr)	Inf*Q/V (mg/l-hr)	Eff (%)
20	1.94	0.12	38.8	4.11	93.81
40	1.00	0.12	40.0	4.23	88.00
60	0.72	0.08	43.2	4.57	88.89
30	1.54	0.10	46.2	4.89	93.51
40	1.24	0.16	49.6	5.25	87.10
50	1.04	0.12	52.0	5.50	88.46
30	1.76	0.20	52.8	5.59	88.64
30	1.92	0.24	57.6	6.10	87.50
40	1.46	0.20	58.4	6.18	86.30
60	1.04	0.16	62.4	6.60	84.62
50	1.28	0.20	64.0	6.77	84.38
40	1.80	0.32	72.0	7.62	82.22
60	1.28	0.26	76.8	8.13	79.69
50	1.54	0.30	77.0	8.15	80.52
40	2.00	0.38	80.0	8.47	81.00
50	1.76	0.36	88.0	9.31	79.55
60	1.54	0.40	92.4	9.78	74.03
50	1.92	0.50	96.0	10.16	73.96
60	1.72	0.46	103.2	10.92	73.26
60	2.04	0.62	122.4	12.95	69.61

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ที่ความดัน 1.0 บาร์ (หมายเหตุ ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ = 9.45 ลิตร)

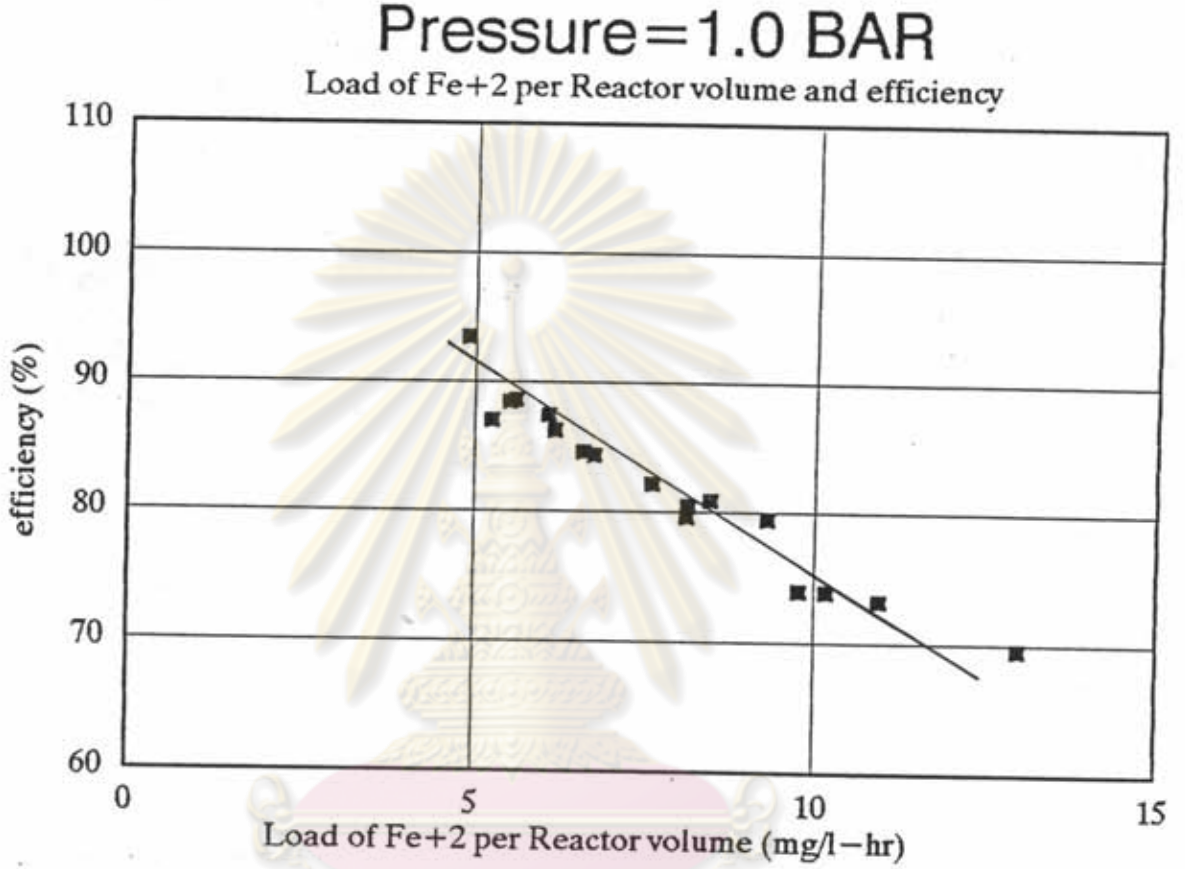
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.8 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่อปริมาตร ในช่วงที่นำมาพิจารณาหาความสัมพันธ์ที่ความดัน 1.0 บาร์ (หมายเหตุ ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ = 9.45 ลิตร)

P = 1.0 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe+2 (mg/l)	Eff Fe+2 (mg/l)	Inf*Q (mg/hr)	Inf*Q/V (mg/l-hr)	Eff (%)
30	1.54	0.10	46.2	4.89	93.51
40	1.24	0.16	49.6	5.25	87.10
50	1.04	0.12	52.0	5.50	88.46
30	1.76	0.20	52.8	5.59	88.64
30	1.92	0.24	57.6	6.10	87.50
40	1.46	0.20	58.4	6.18	86.30
60	1.04	0.16	62.4	6.60	84.62
50	1.28	0.20	64.0	6.77	84.38
40	1.80	0.32	72.0	7.62	82.22
60	1.28	0.26	76.8	8.13	79.69
50	1.54	0.30	77.0	8.15	80.52
40	2.00	0.38	80.0	8.47	81.00
50	1.76	0.36	88.0	9.31	79.55
60	1.54	0.40	92.4	9.78	74.03
50	1.92	0.50	96.0	10.16	73.96
60	1.72	0.46	103.2	10.92	73.26
60	2.04	0.62	122.4	12.95	69.61

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Pressure = 1.00 BAR ; E = -2.80 F + 103.83 ; F . 4.76

(r^2 = 0.94)

รูปที่ 5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ในช่วงที่นำมาพิจารณาหาความสัมพันธ์ที่ความดัน 1.0 บาร์ (หมายเหตุ ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ = 9.45 ลิตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3 ประสิทธิภาพในการจำกัดเหล็กที่ความดันในถังปฏิกรณ์ 0.25 บาร์

ในสภาพที่ควบคุมความดันในถังปฏิกรณ์ 0.25 บาร์ การวิเคราะห์ผลการทดลองสามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้ คือ

5.3.1 ความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์

ตารางที่ 5.9 และรูปที่ 5.11 แสดงถึงความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสที่ผ่านถังปฏิกรณ์ ที่ความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสในน้ำดิบสังเคราะห์ และอัตราการจ่ายน้ำต่างๆ จะเห็นว่าที่ความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสในน้ำดิบต่ำกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร การจ่ายน้ำดิบสังเคราะห์ด้วยอัตราต่างๆ ความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสของน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์ จะมีค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นต่ำสุดที่เหล็กจะสามารถละลายในน้ำได้ที่ pH 7.0 (ประมาณ 0.04-0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าถังปฏิกรณ์ไม่สามารถกำจัดเหล็กโดยการอ๊อกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนในอากาศได้มากไปกว่านี้แล้ว

เมื่อความเข้มข้นของเหล็กตั้งแต่ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความเข้มข้นของเหล็กในน้ำดิบสังเคราะห์เท่ากัน อัตราการสูบน้ำดิบต่ำ ปริมาณเหล็ก (Fe^{+2}) ที่ออกจากถังปฏิกรณ์จะน้อยกว่าที่อัตราการจ่ายน้ำสูง

5.3.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กในรูปเฟอร์รัส

ตารางที่ 5.9 และรูปที่ 5.11 แสดงถึงประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์ในการกำจัดเหล็กในรูปเฟอร์รัส ที่ความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสในน้ำดิบสังเคราะห์และอัตราการจ่ายน้ำต่างๆ จะเห็นว่าที่ความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสในน้ำดิบต่ำกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพของการกำจัดเหล็กจะลดลง เพราะความเข้มข้นของเหล็กที่ผ่านถังปฏิกรณ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่เหล็กสามารถละลายได้ในน้ำที่ pH 7 จึงไม่สามารถใช้ค่าประสิทธิภาพในการกำจัดมาใช้พิจารณาได้

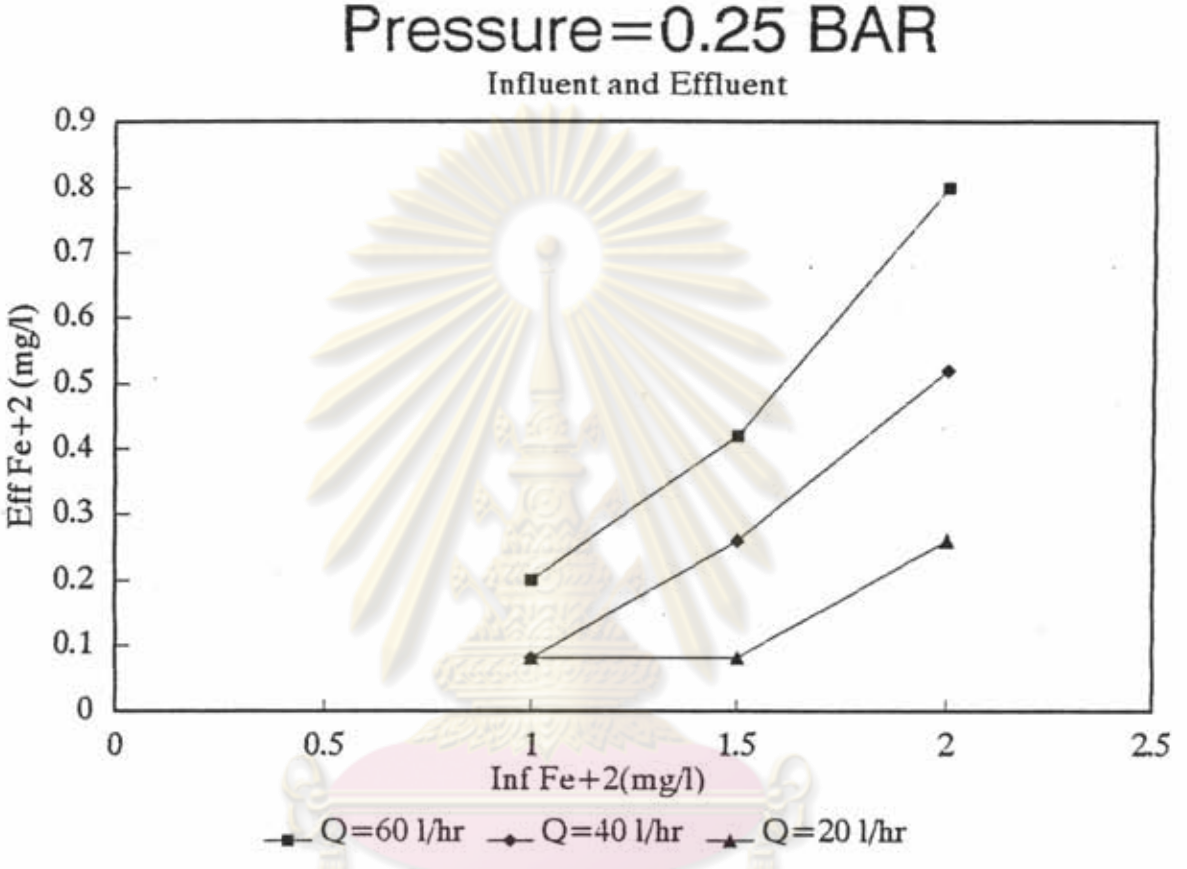
ถ้าความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำดิบสังเคราะห์ตั้งแต่ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไป ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของเหล็ก (Fe^{+2}) ในน้ำดิบสังเคราะห์เพิ่มขึ้น และอัตราการจ่ายน้ำเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาที่ความเข้มข้นของเหล็ก (Fe^{+2}) ในน้ำดิบสังเคราะห์เท่ากัน ประสิทธิภาพจะลดเมื่ออัตราการจ่ายน้ำดิบสังเคราะห์เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 5.9 ความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์ และประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัสที่อัตราการจ่ายน้ำดิบ และความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำดิบต่างๆ ที่ความดัน 0.25 บาร์

P = 0.25 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe+2 (mg/l)	Eff Fe+2 (mg/l)	Eff (%)
20	0.98	0.08	91.84
40	0.92	0.08	91.30
60	1.00	0.20	80.00
20	1.46	0.08	94.52
40	1.50	0.26	82.67
60	1.52	0.42	72.37
20	2.18	0.26	88.07
40	2.08	0.52	75.00
60	2.00	0.80	60.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ DT = Detention Time (min)

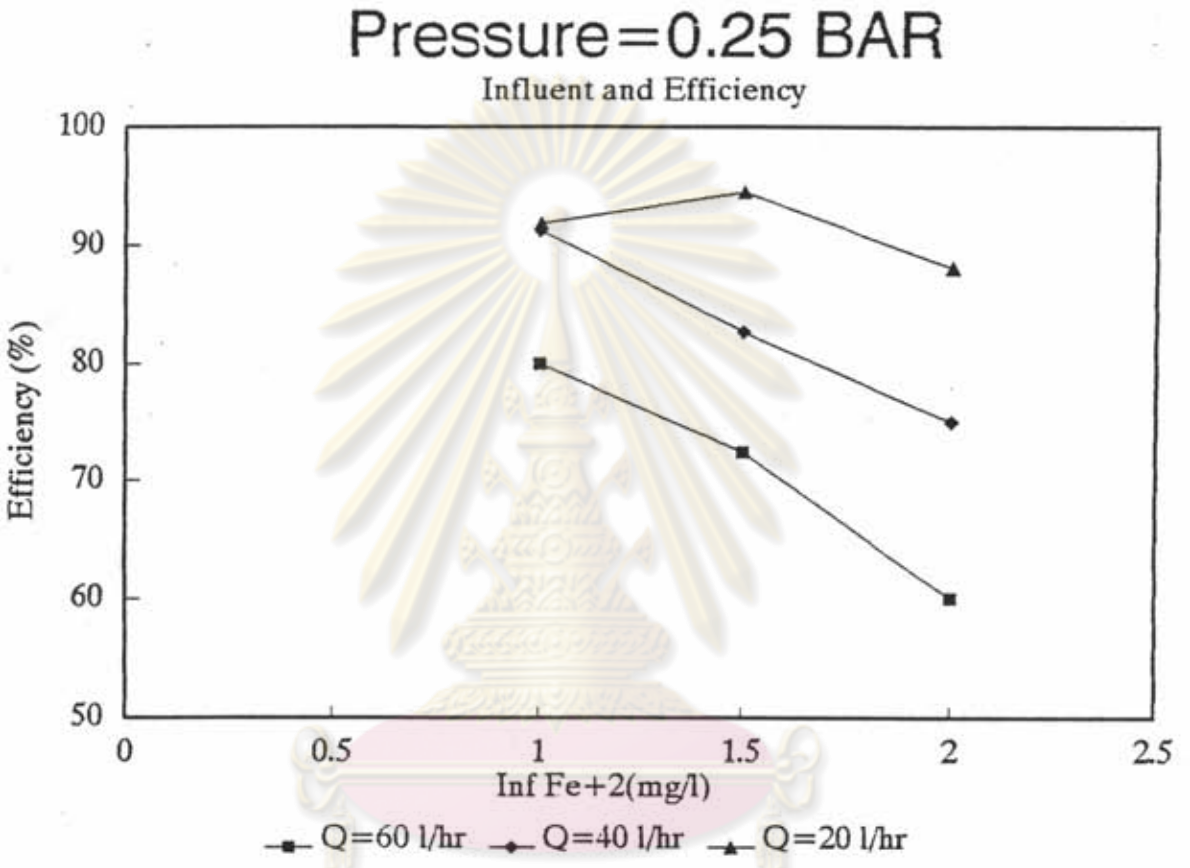
Q = 60 l/hr , DT = 9.45 min

Q = 40 l/hr , DT =14.18 min

Q = 20 l/hr , DT =28.35 min

รูปที่ 5.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์ กับความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำดิบที่อัตราการจ่ายน้ำดิบต่างๆที่ความดัน 0.25 บาร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ DT = Detention Time (min)
Q = 60 l/hr , DT = 9.45 min
Q = 40 l/hr , DT =14.18 min
Q = 20 l/hr , DT =28.35 min

รูปที่ 5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับความเข้มข้นของเหล็กในน้ำดิบที่อัตราการจ่ายน้ำดิบระดับต่างๆ ที่ความดัน 0.25 บาร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์กับประสิทธิภาพของการกำจัดเหล็ก (Fe^{+2})

จากการวิเคราะห์ผลของความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์และประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กในรูปเฟอร์รัส ตามข้อที่ 5.3.1 และ 5.3.2 ตามลำดับ ประสิทธิภาพของการกำจัดเหล็ก (Fe^{+2}) ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ในน้ำดิบสังเคราะห์และอัตราการสูบน้ำเข้าถังปฏิกรณ์ ซึ่งสามารถแทนด้วยอัตราการป้อนเหล็ก (Fe^{+2}) โดยมวล (ผลคูณของความเข้มข้นของเหล็ก (Fe^{+2}) ในน้ำดิบสังเคราะห์กับอัตราการสูบน้ำเข้าระบบ มีหน่วยเป็นหน่วยมิลลิกรัมต่อชั่วโมง)

ตารางที่ 5.10 และรูปที่ 5.13 แสดงถึงอัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลกับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} จากการพิจารณาความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ของน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์แล้ว เมื่อความเข้มข้นของน้ำมี Fe^{+2} อยู่ในช่วง 0.04 - 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นช่วงที่ใกล้เคียงกับความเข้มข้นต่ำสุดของเหล็ก Fe^{+2} ที่สามารถละลายได้ที่ pH 7 ผลการทดลองที่มีค่าความเข้มข้นดังกล่าว จะไม่นำมาพิจารณาในการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลถึงประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก เพราะถังปฏิกรณ์ไม่สามารถกำจัดเหล็ก โดยการออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนในอากาศให้ความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์มีความเข้มข้นต่ำกว่าค่านี้ไปได้

จากผลการทดลองพบว่า เมื่ออัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลที่มีค่าต่ำกว่า 30 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ไม่สามารถนำมาใช้พิจารณาหาความสัมพันธ์กับอัตราการป้อนเหล็ก Fe^{+2} โดยมวลได้เพราะความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าความเข้มข้นต่ำสุดของเหล็ก Fe^{+2} ที่สามารถละลายน้ำได้ที่ pH 7

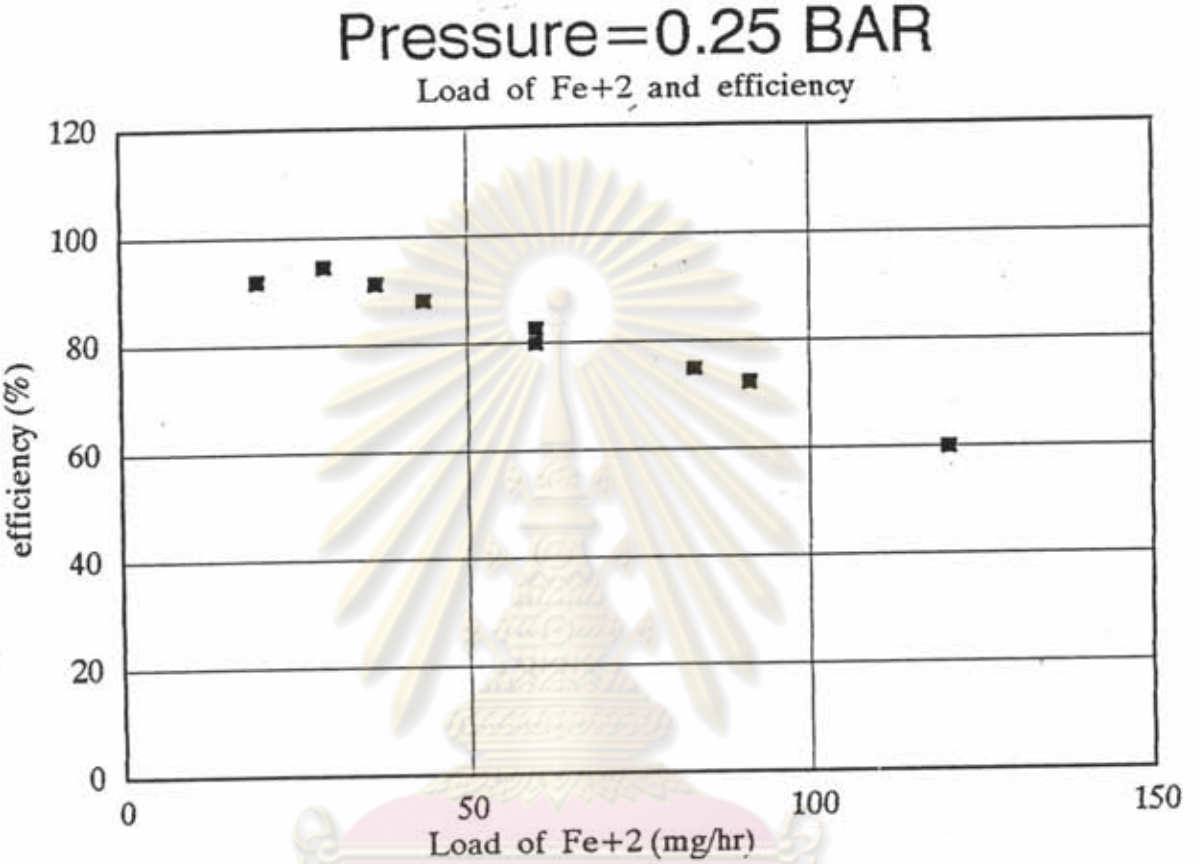
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัสกับอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลที่ความดัน 0.25 บาร์

P = 0.25 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe^{+2} (mg/l)	Eff Fe^{+2} (mg/l)	Inf*Q (mg/hr)	Eff (%)
20	0.98	0.08	19.6	91.84
20	1.46	0.08	29.2	94.52
40	0.92	0.08	36.8	91.30
20	2.18	0.26	43.6	88.07
40	1.50	0.26	60.0	82.67
60	1.00	0.20	60.0	80.00
40	2.08	0.52	83.2	75.00
60	1.52	0.42	91.2	72.37
60	2.00	0.80	120.0	60.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลที่ความดัน 0.25 บาร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การสร้างสมการแสดงประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์ เพื่อให้เป็นสมการทั่วไปจึงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์(ผลคูณของความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำดิบสังเคราะห์ กับอัตราการสูบน้ำเข้าระบบต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตรของถังปฏิกรณ์ต่อชั่วโมง) ซึ่งปริมาตรของถังปฏิกรณ์ที่ทำการวิจัยเท่ากับ 9.45 ลิตร ตารางที่ 5.11 และรูปที่ 5.14 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์

ดังได้กล่าวข้างต้นแล้วนั้น เมื่ออัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่ำกว่า 30 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งเท่ากับอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่ำกว่า 3.17 มิลลิกรัมต่อลิตรของถังปฏิกรณ์ต่อชั่วโมง ตารางที่ 5.12 และรูปที่ 5.15 แสดงให้เห็นว่าในช่วงที่นำมาพิจารณาความสัมพันธ์ของอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวล หรืออัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ กับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส เป็นเส้นตรง ดังนั้น การหาความสัมพันธ์ของอัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์กับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ของถังปฏิกรณ์ การวิเคราะห์จึงใช้วิธีกำลังสองต่ำสุด (Method of Lease Square) ในการวิเคราะห์ จากการวิเคราะห์พบว่า สมการของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์กับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ของถังปฏิกรณ์ได้ดังสมการที่ 5.3

$$E = -3.39\,F + 103.83 \;;\; F > 3.17 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5.3)$$

$$(\, r^2 = 0.98 \,)$$

โดยที่ E = ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ของถังปฏิกรณ์ (%)

F = อัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ (mg/l-hr)

= ผลคูณของความเข้มข้นของ Fe^{+2} ในน้ำดิบสังเคราะห์ (mg/l) กับอัตราการสูบน้ำเข้าระบบ (l/hr)หารด้วยปริมาตรของถังปฏิกรณ์ ซึ่งเท่ากับ 9.45 ลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

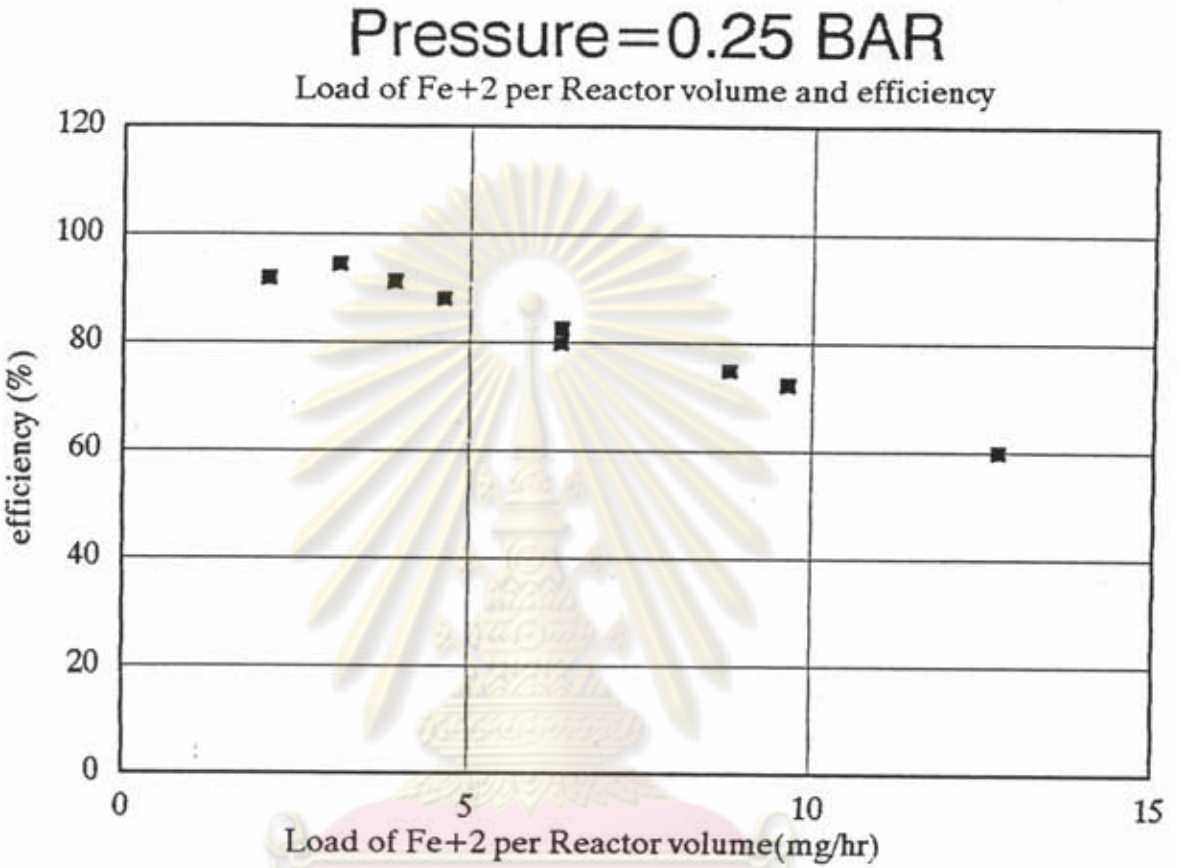
โดยสมการนี้จะใช้ได้ก็ต่อเมื่ออัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลจะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 3.17 มิลลิกรัมต่อลิตรชั่วโมง

ตารางที่ 5.11 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ที่ความดัน 0.25 บาร์ (หมายเหตุ ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ = 9.45 ลิตร)

P = 0.25 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe^{+2} (mg/l)	Eff Fe^{+2} (mg/l)	Inf*Q (mg/hr)	Inf*Q/V (mg/l-hr)	Eff (%)
20	0.98	0.08	19.60	2.07	91.84
20	1.46	0.08	29.20	3.09	94.52
40	0.92	0.08	36.80	3.89	91.30
20	2.18	0.26	43.60	4.61	88.07
40	1.50	0.26	60.00	6.35	82.67
60	1.00	0.20	60.00	6.35	80.00
40	2.08	0.52	83.20	8.80	75.00
60	1.52	0.42	91.20	9.65	72.37
60	2.00	0.80	120.00	12.70	60.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ที่ความดัน 0.25 บาร์ (หมายเหตุ ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ = 9.45 ลิตร)

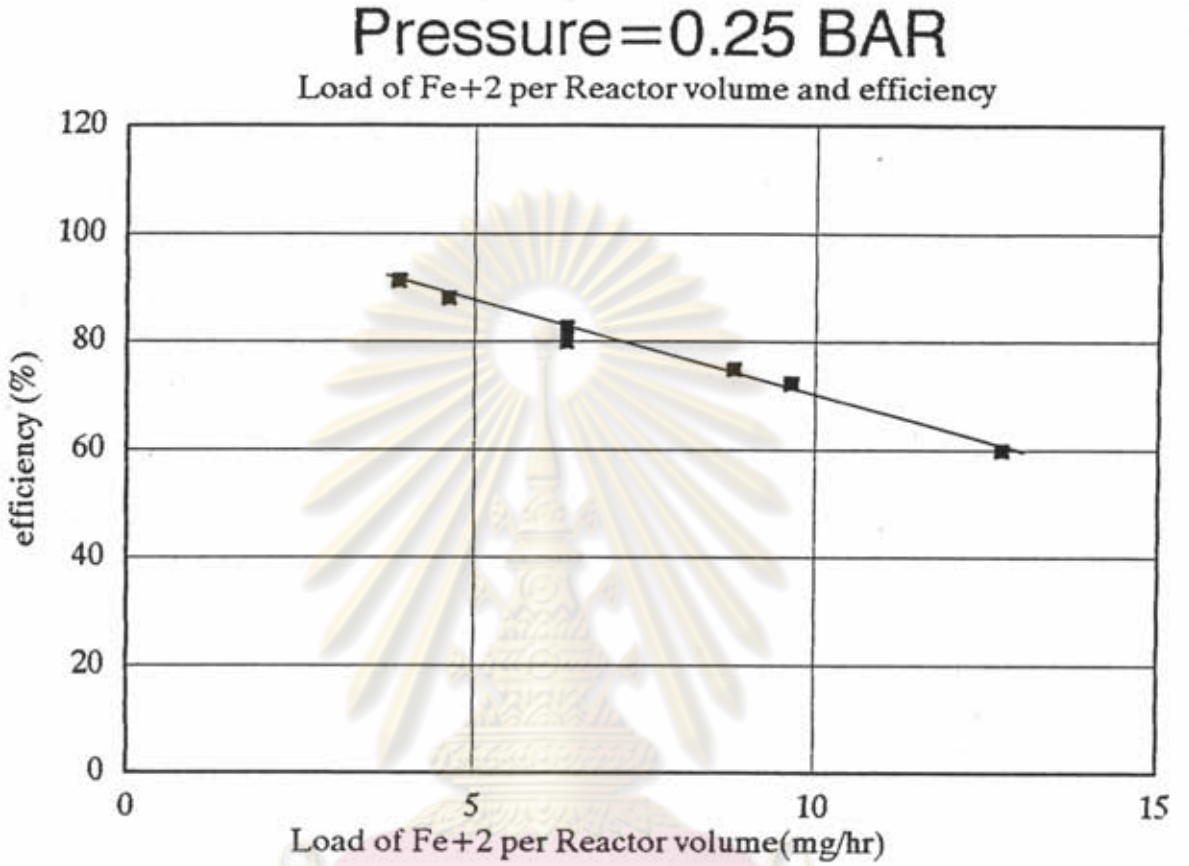
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.12 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่อปริมาตร ในช่วงที่นำมาพิจารณาหาความสัมพันธ์ที่ความดัน 0.25 บาร์ (หมายเหตุ ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ = 9.45 ลิตร)

P = 0.25 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe^{+2} (mg/l)	Eff Fe^{+2} (mg/l)	Inf*Q (mg/hr)	Inf*Q/V (mg/l-hr)	Eff (%)
40	0.92	0.08	36.80	3.89	91.30
20	2.18	0.26	43.60	4.61	88.07
40	1.50	0.26	60.00	6.35	82.67
60	1.00	0.20	60.00	6.35	80.00
40	2.08	0.52	83.20	8.80	75.00
60	1.52	0.42	91.20	9.65	72.37
60	2.00	0.80	120.00	12.70	60.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Pressure = 0.25 BAR ; E = -3.39 F + 103.83 ; F > 3.17

(r^2 = 0.98)

รูปที่ 5.15 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ในช่วงที่นำมาพิจารณาหาความสัมพันธ์ที่ความดัน 0.25 บาร์ (หมายเหตุ ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ = 9.45 ลิตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.4 ประสิทธิภาพในการจำกัดเหล็กที่ความดันในถังปฏิกรณ์ 0.75 บาร์

ในสภาพที่ควบคุมความดันในถังปฏิกรณ์ 0.75 บาร์ การวิเคราะห์ผลการทดลองสามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้ คือ

5.4.1 ความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์

ตารางที่ 5.13 และรูปที่ 5.16 แสดงถึงความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสที่ผ่านถังปฏิกรณ์ ที่ความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสในน้ำดิบสังเคราะห์ และอัตราการจ่ายน้ำต่างๆ จะเห็นว่าที่ความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสในน้ำดิบต่ำกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร การจ่ายน้ำดิบสังเคราะห์ด้วยอัตราต่างๆ ความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสของน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์ จะมีค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นต่ำสุดที่เหล็กจะสามารถละลายในน้ำได้ที่ pH 7.0 (ประมาณ 0.04-0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าถังปฏิกรณ์ไม่สามารถกำจัดเหล็กโดยการออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนในอากาศได้มากไปกว่านี้แล้ว

เมื่อความเข้มข้นของเหล็กตั้งแต่ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความเข้มข้นของเหล็กในน้ำดิบสังเคราะห์เท่ากัน อัตราการสูบน้ำดิบต่ำ ปริมาณเหล็ก (Fe^{+2}) ที่ออกจากถังปฏิกรณ์จะน้อยกว่าที่อัตราการจ่ายน้ำสูง

5.4.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กในรูปเฟอร์รัส

ตารางที่ 5.13 และรูปที่ 5.17 แสดงถึงประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์ในการกำจัดเหล็กในรูปเฟอร์รัส ที่ความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสในน้ำดิบสังเคราะห์และอัตราการจ่ายน้ำต่างๆ จะเห็นว่าที่ความเข้มข้นของเหล็กในรูปเฟอร์รัสในน้ำดิบต่ำกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพของการกำจัดเหล็กจะลดลง เพราะความเข้มข้นของเหล็กที่ผ่านถังปฏิกรณ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่เหล็กสามารถละลายได้ในน้ำที่ pH 7 จึงไม่สามารถใช้ค่าประสิทธิภาพในการกำจัดมาใช้พิจารณาได้

ถ้าความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำดิบสังเคราะห์ตั้งแต่ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไป ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของเหล็ก (Fe^{+2}) ในน้ำดิบสังเคราะห์เพิ่มขึ้น และอัตราการจ่ายน้ำเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาที่ความเข้มข้นของเหล็ก (Fe^{+2}) ในน้ำดิบสังเคราะห์เท่ากัน ประสิทธิภาพจะลดเมื่ออัตราการจ่ายน้ำดิบสังเคราะห์เพิ่มขึ้น

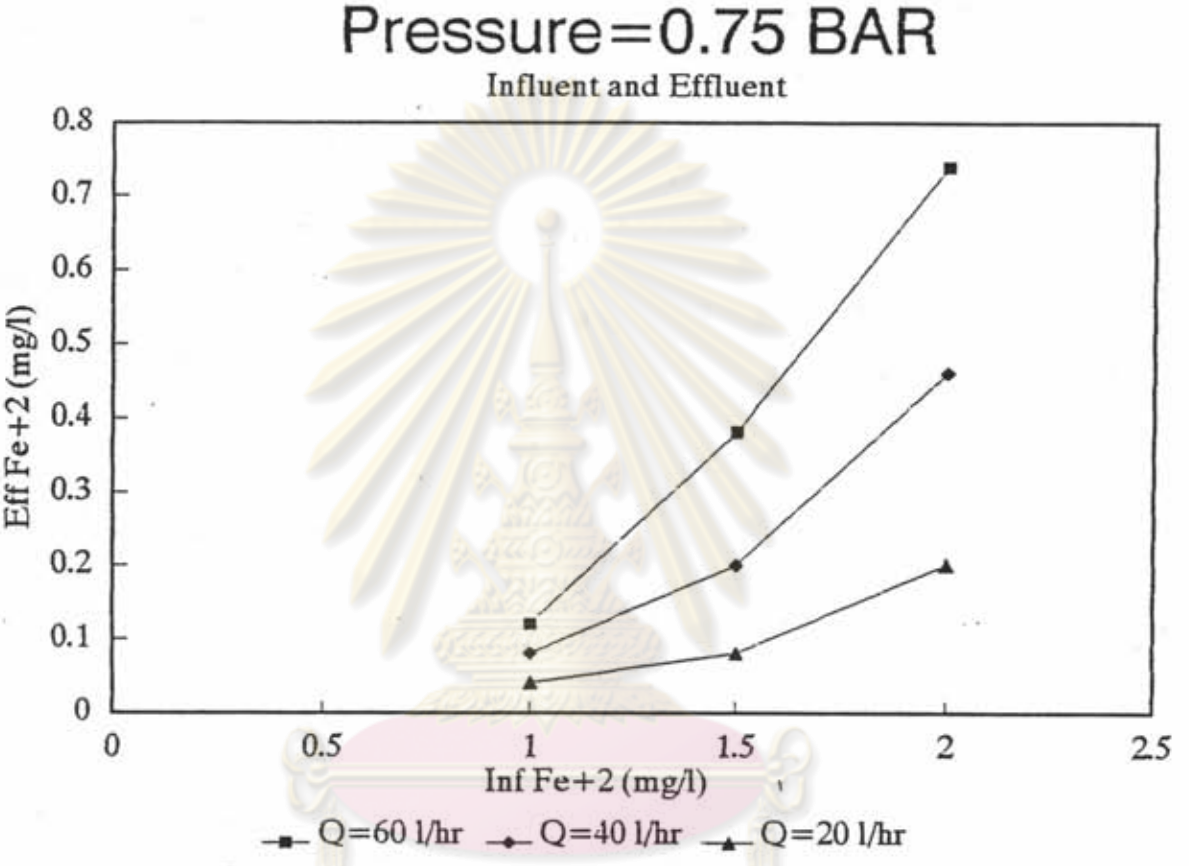
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.13 ความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์ และประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัสที่อัตราการจ่ายน้ำดิบ และความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำดิบต่างๆ ที่ความดัน 0.75 บาร์

P = 0.75 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe^{+2} (mg/l)	Eff Fe^{+2} (mg/l)	Eff (%)
20	0.98	0.04	95.92
40	0.98	0.08	91.84
60	0.90	0.12	86.67
20	1.46	0.08	94.52
40	1.46	0.20	86.30
60	1.52	0.38	75.00
20	2.12	0.20	90.57
40	2.11	0.46	78.10
60	2.08	0.74	64.42

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

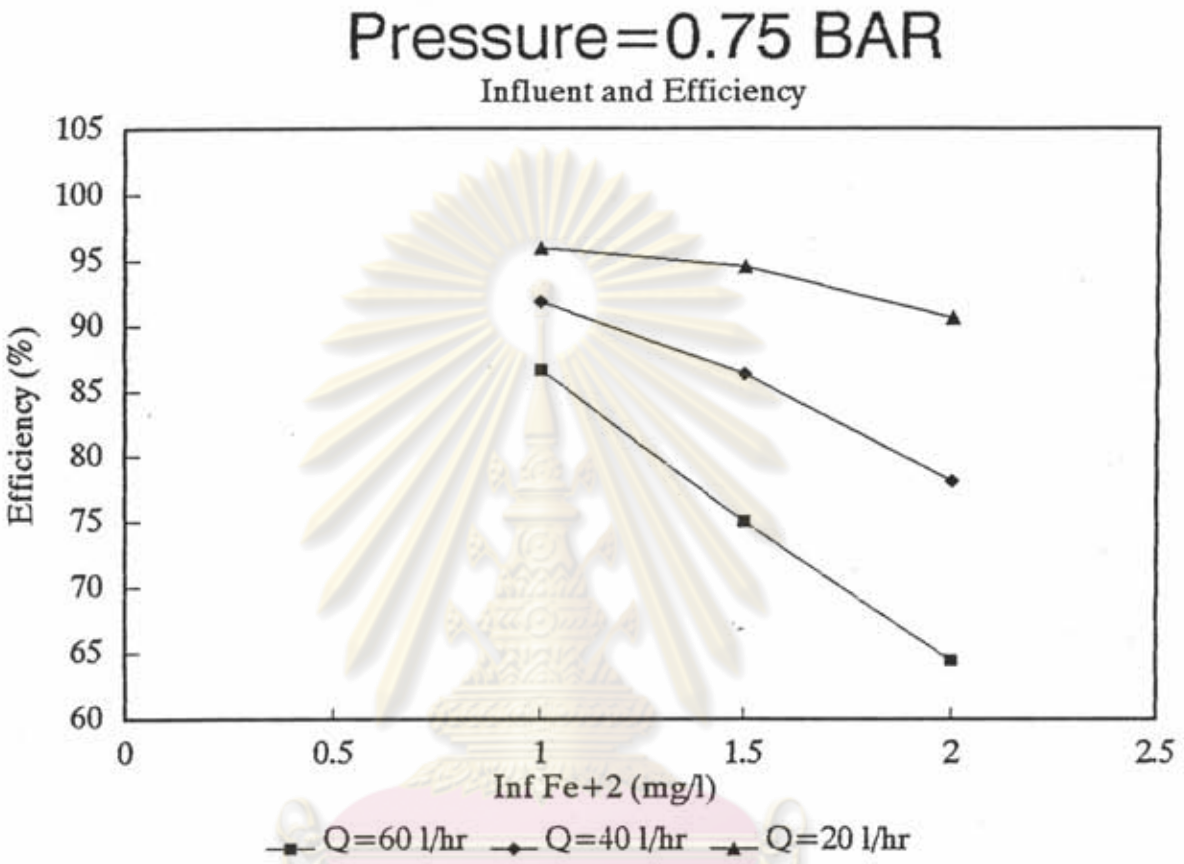
หมายเหตุ DT = Detention Time (min)

Q = 60 l/hr , DT = 9.45 min

Q = 40 l/hr , DT = 14.18 min

Q = 20 l/hr , DT = 28.35 min

รูปที่ 5.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์ กับความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำดิบที่อัตราการจ่ายน้ำดิบต่างๆที่ความดัน 0.75 บาร์



หมายเหตุ DT = Detention Time (min)

Q = 60 l/hr , DT = 9.45 min

Q = 40 l/hr , DT = 14.18 min

Q = 20 l/hr , DT = 28.35 min

รูปที่ 5.17 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับความเข้มข้นของเหล็กในน้ำดิบที่อัตราการจ่ายน้ำดิบระดับต่างๆ ที่ความดัน 0.75 บาร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์กับประสิทธิภาพของการกำจัดเหล็ก (Fe^{+2})

จากการวิเคราะห์ผลของความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์และประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กในรูปเฟอร์รัส ตามข้อที่ 5.4.1 และ 5.4.2 ตามลำดับ ประสิทธิภาพของการกำจัดเหล็ก (Fe^{+2}) ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ในน้ำดิบสังเคราะห์และอัตราการสูบน้ำเข้าถังปฏิกรณ์ ซึ่งสามารถแทนด้วยอัตราการป้อนเหล็ก (Fe^{+2}) โดยมวล (ผลคูณของความเข้มข้นของเหล็ก (Fe^{+2}) ในน้ำดิบสังเคราะห์กับอัตราการสูบน้ำเข้าระบบ มีหน่วยเป็นหน่วยมิลลิกรัมต่อชั่วโมง)

ตารางที่ 5.14 และรูปที่ 5.18 แสดงถึงอัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลกับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} จากการพิจารณาความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ของน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์แล้ว เมื่อความเข้มข้นของน้ำมี Fe^{+2} อยู่ในช่วง 0.4 - 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นช่วงที่ใกล้เคียงกับความเข้มข้นต่ำสุดของเหล็ก Fe^{+2} ที่สามารถละลายได้ที่ pH 7 ผลการทดลองที่มีค่าความเข้มข้นดังกล่าว จะไม่นำมาพิจารณาในการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลถึงประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก เพราะถังปฏิกรณ์ไม่สามารถกำจัดเหล็ก โดยการออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนในอากาศให้ความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์มีความเข้มข้นต่ำกว่าค่านี้ไปได้

จากผลการทดลองพบว่า เมื่ออัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลที่มีค่าต่ำกว่า 40 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ไม่สามารถนำมาใช้พิจารณาหาความสัมพันธ์กับอัตราการป้อนเหล็ก Fe^{+2} โดยมวลได้เพราะความเข้มข้นของเหล็ก Fe^{+2} ในน้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าความเข้มข้นต่ำสุดของเหล็ก Fe^{+2} ที่สามารถละลายน้ำได้ที่ pH 7

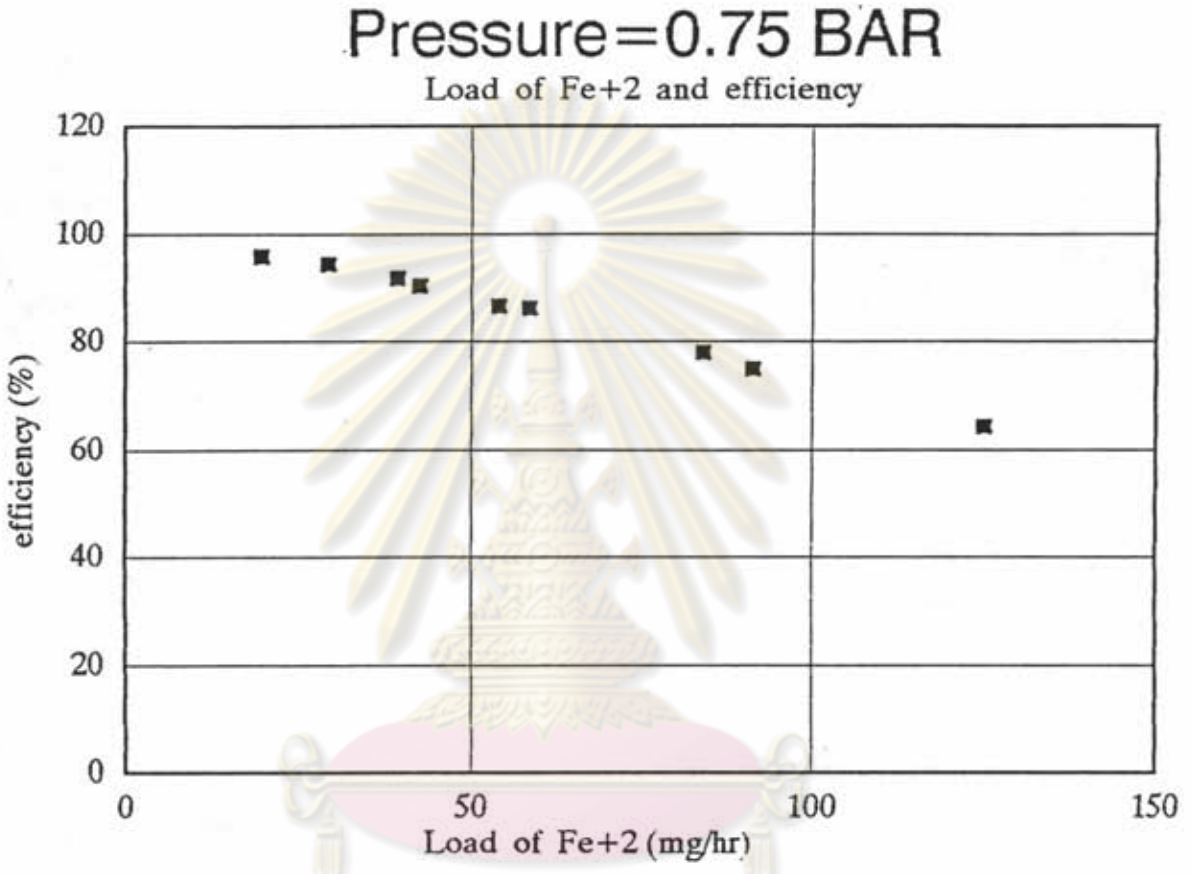
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.14 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัสกับอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลที่ความดัน 0.75 บาร์

P = 0.75 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe^{+2} (mg/l)	Eff Fe^{+2} (mg/l)	Inf*Q (mg/hr)	Eff (%)
20	0.98	0.04	19.60	95.92
20	1.46	0.08	29.20	94.52
40	0.98	0.08	39.20	91.84
20	2.12	0.20	42.40	90.57
60	0.90	0.12	54.00	86.67
40	1.46	0.20	58.40	86.30
40	2.10	0.46	84.00	78.10
60	1.52	0.38	91.20	75.00
60	2.08	0.74	124.80	64.42

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.18 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลที่ความดัน 0.75 บาร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การสร้างสมการแสดงประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์ เพื่อให้เป็นสมการทั่วไปจึงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์(ผลคูณของความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในน้ำดิบสังเคราะห์ กับอัตราการสูบน้ำเข้าระบบต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตรของถังปฏิกรณ์ต่อชั่วโมง) ซึ่งปริมาตรของถังปฏิกรณ์ที่ทำการวิจัยเท่ากับ 9.45 ลิตร ตารางที่ 5.15 และรูปที่ 5.19 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์

ดังได้กล่าวข้างต้นแล้วนั้น เมื่ออัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่ำกว่า 40 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งเท่ากับอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่ำกว่า 4.23 มิลลิกรัมต่อลิตรของถังปฏิกรณ์ต่อชั่วโมง ตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.20 แสดงให้เห็นว่าในช่วงที่นำมาพิจารณาความสัมพันธ์ของอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวล หรืออัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ กับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส เป็นเส้นตรง ดังนั้น การหาความสัมพันธ์ของอัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์กับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ของถังปฏิกรณ์ การวิเคราะห์จึงใช้วิธีกำลังสองต่ำสุด (Method of Lease Square) ในการวิเคราะห์ จากการวิเคราะห์พบว่า สมการของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์กับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ของถังปฏิกรณ์ได้ดังสมการที่ 5.4

$$E = -3.01\,F + 104.30 \quad ; \quad F > 4.23 \qquad \text{..... (5.4)}$$

$$(r^2 = 0.99)$$

โดยที่ E = ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ของถังปฏิกรณ์ (%)

F = อัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ (mg/l-hr)

= ผลคูณของความเข้มข้นของ Fe^{+2} ในน้ำดิบสังเคราะห์ (mg/l) กับอัตราการสูบน้ำเข้าระบบ (1/hr)หารด้วยปริมาตรของถังปฏิกรณ์ ซึ่งเท่ากับ 9.45 ลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

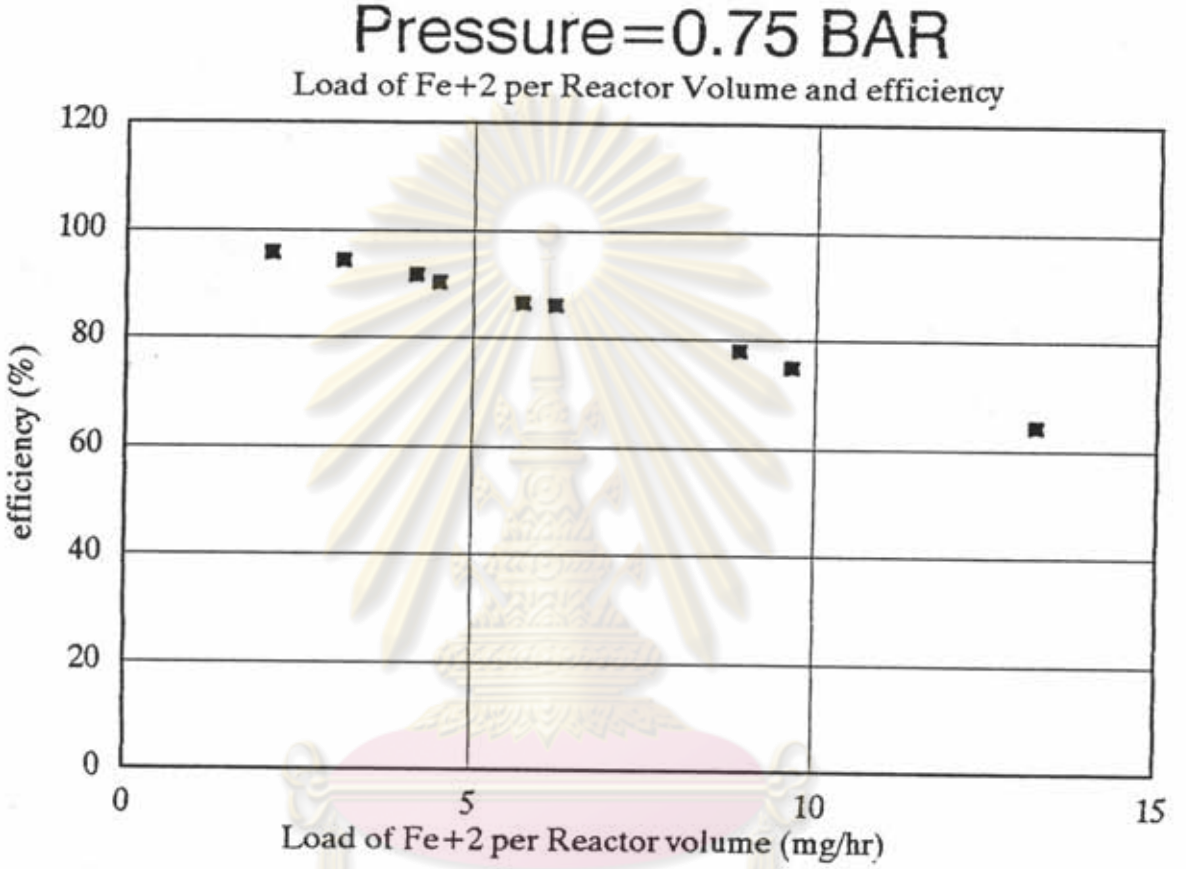
โดยสมการนี้จะใช้ได้ก็ต่อเมื่ออัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลจะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 4.23 มิลลิกรัมต่อลิตรชั่วโมง

ตารางที่ 5.15 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ที่ความดัน 0.75 บาร์(หมายเหตุ ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ = 9.45 ลิตร)

P = 0.75 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe^{+2} (mg/l)	Eff Fe^{+2} (mg/l)	Inf*Q (mg/hr)	Inf*Q/V (mg/l-hr)	Eff (%)
20	0.98	0.04	19.60	2.07	95.92
20	1.46	0.08	29.20	3.09	94.52
40	0.98	0.08	39.20	4.15	91.84
20	2.12	0.20	42.40	4.49	90.57
60	0.90	0.12	54.00	5.71	86.67
40	1.46	0.20	58.40	6.18	86.30
40	2.10	0.46	84.00	8.89	78.10
60	1.52	0.38	91.20	9.65	75.00
60	2.08	0.74	124.80	13.21	64.42

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.19 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ที่ความดัน 0.75 บาร์ (หมายเหตุ ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ = 9.45 ลิตร)

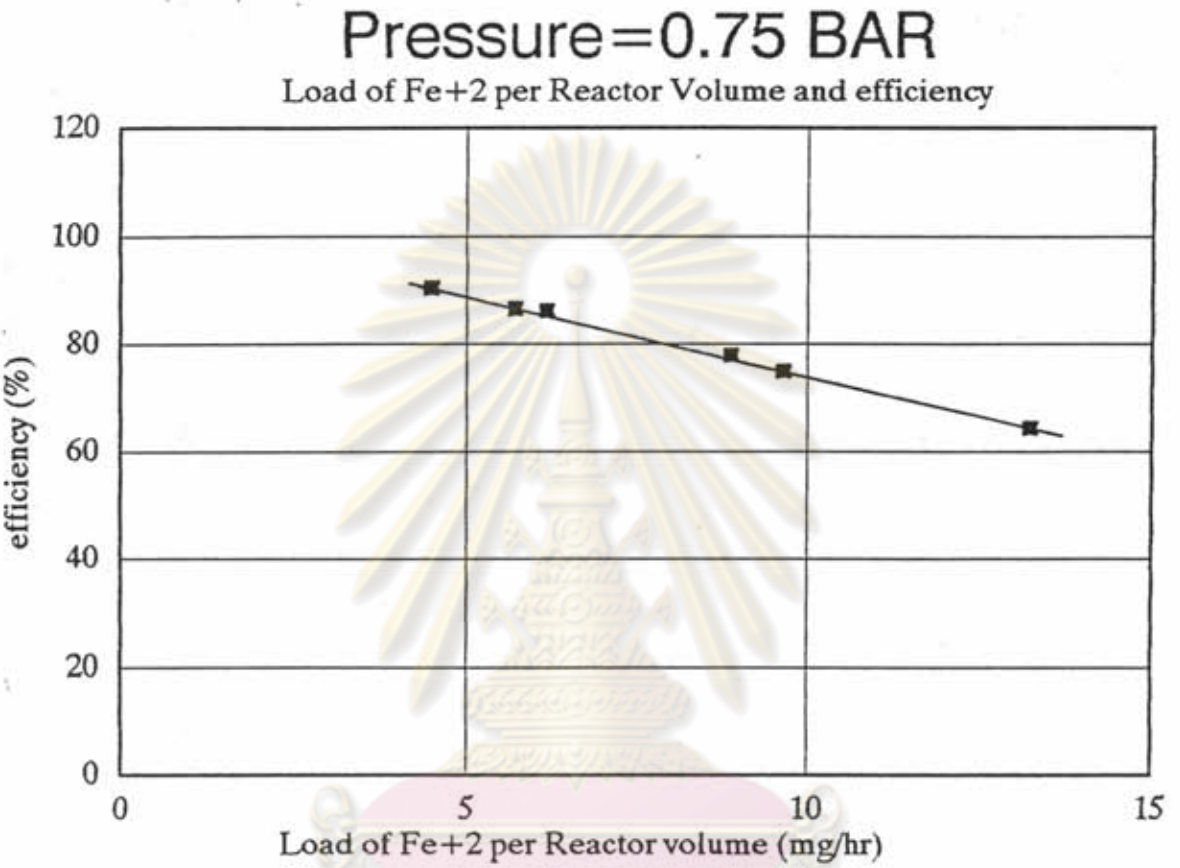
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.16 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กเฟอร์รัสโดยมวลต่อปริมาตร ในช่วงที่นำมาพิจารณาหาความสัมพันธ์ที่ความดัน 0.75 บาร์ (หมายเหตุ ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ = 9.45 ลิตร)

P = 0.75 BAR

Q (l/hr)	Inf Fe^{+2} (mg/l)	Eff Fe^{+2} (mg/l)	Inf*Q (mg/hr)	Inf*Q/V (mg/l-hr)	Eff (%)
20	2.12	0.20	42.40	4.49	90.57
60	0.90	0.12	54.00	5.71	86.67
40	1.46	0.20	58.40	6.18	86.30
40	2.10	0.46	84.00	8.89	78.10
60	1.52	0.38	91.20	9.65	75.00
60	2.08	0.74	124.80	13.21	64.42

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Pressure = 0.75 BAR ; E = - 3.01 F + 104.30 ; F > 4.23

(r^2 = 0.99)

รูปที่ 5.20 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัส กับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ในช่วงที่นำมาพิจารณาหาความสัมพันธ์ที่ความดัน 0.75 บาร์ (หมายเหตุ ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ = 9.45 ลิตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

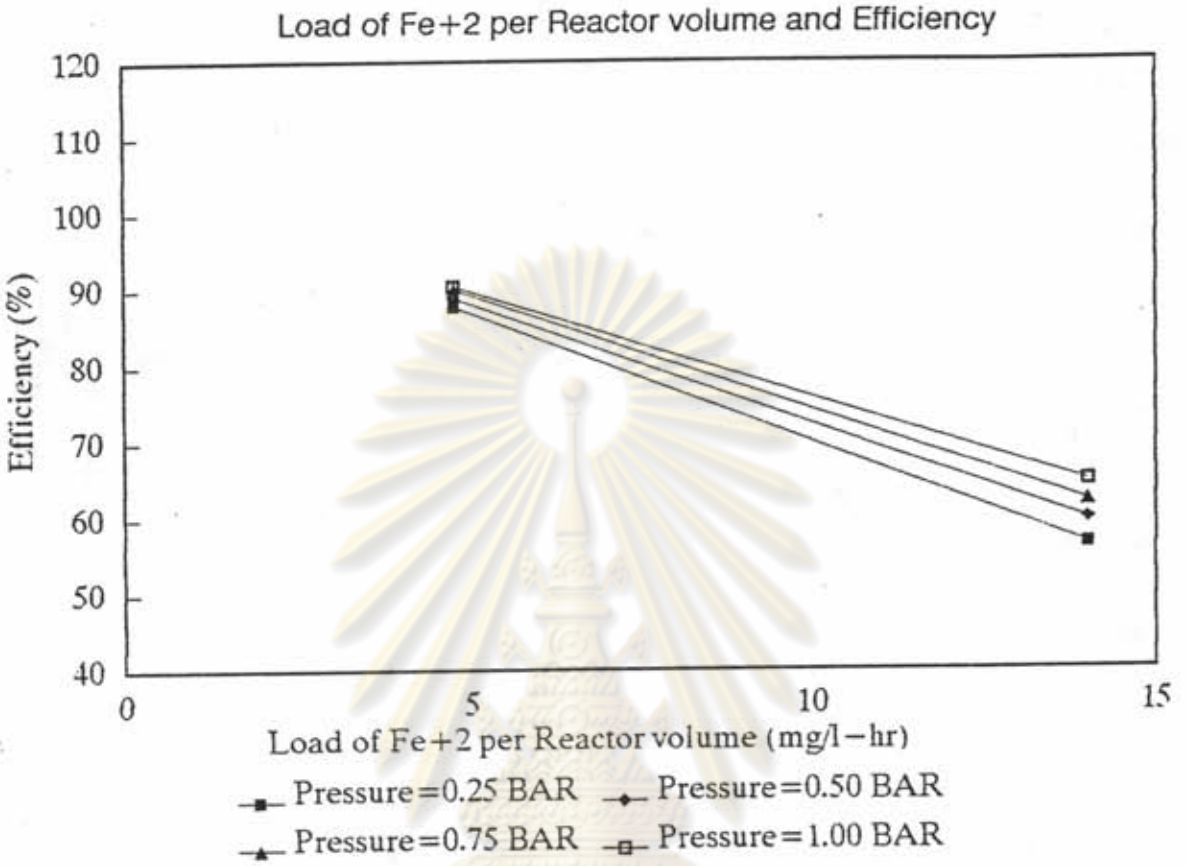
5.5 การวิเคราะห์สมการทั่วไปของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนเหล็ก Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ กับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ของถังปฏิกรณ์

จากการหาประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กที่ความดันต่างๆ ดังข้อที่ 5.1 ถึง 5.4 พอสรุปสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนเหล็ก Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์กับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ของถังปฏิกรณ์ได้ดังตารางที่ 5.17 และรูปที่ 5.21

ตารางที่ 5.17 สมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนเหล็ก Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์กับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ของถังปฏิกรณ์ที่ความดันต่าง ๆ

ความดัน (บาร์)	สมการ	อัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ที่นำมาพิจารณาในการวิเคราะห์สมการ	r^2
1.00	$E = -2.80 F + 103.83$	> 4.76	0.94
0.75	$E = -3.01 F + 104.30$	> 4.23	0.99
0.50	$E = -3.17 F + 104.01$	> 3.70	0.90
0.25	$E = -3.39 F + 103.83$	> 3.17	0.98

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Pressure = 1.00 BAR ; E = -2.85 F +103.83 ; F > 4.76

Pressure = 0.75 BAR ; E = -3.01 F +104.30 ; F > 4.23

Pressure = 0.50 BAR ; E = -3.17 F +104.01 ; F > 3.70

Pressure = 0.25 BAR ; E = -3.39 F +103.83 ; F > 3.17

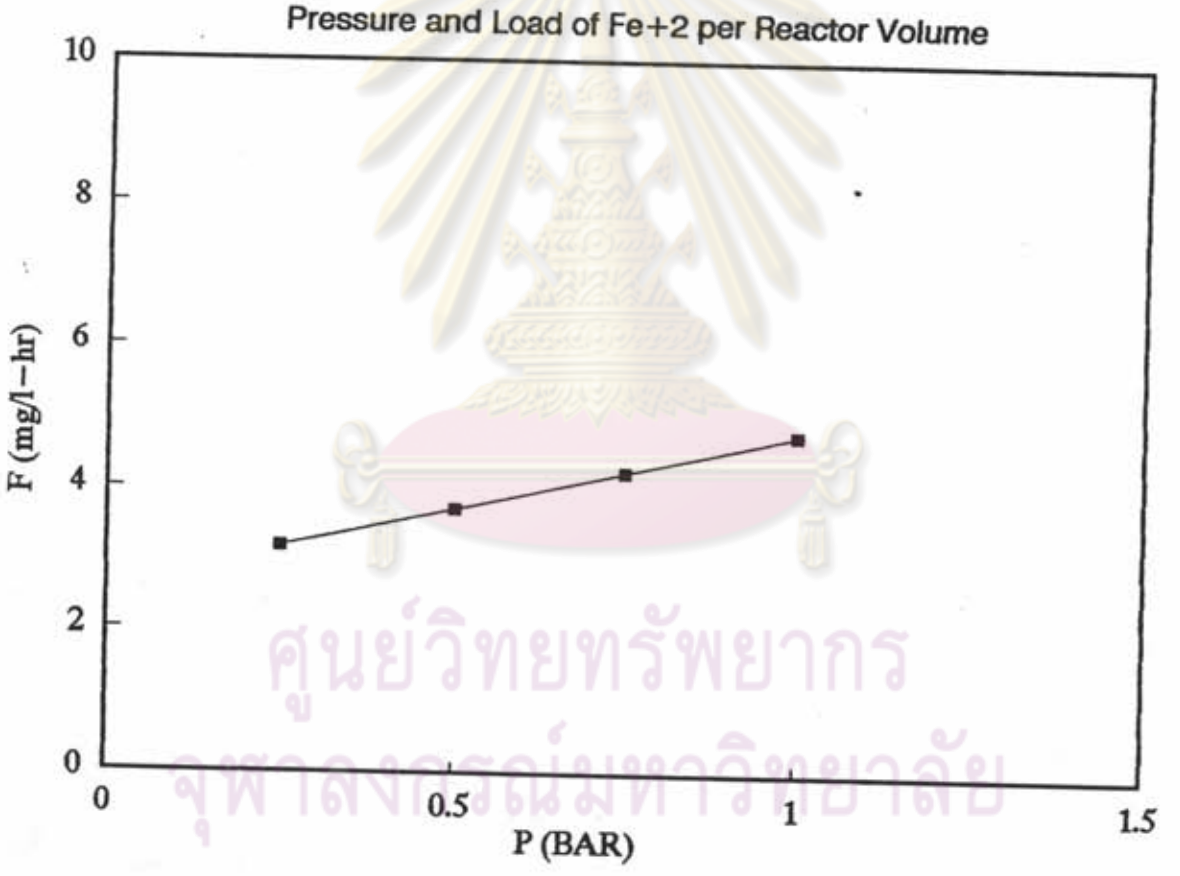
รูปที่ 5.21 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนเหล็ก Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์กับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ของถังปฏิกรณ์ที่ความดันต่าง ๆ

จากตารางที่ 5.17 และรูปที่ 5.22 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ ที่นำมาพิจารณาในการวิเคราะห์สมการทั่วไป ซึ่งสามารถสรุปเป็นสมการได้ ดังนี้

$$F > 2.12\ P + 2.64 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5.5)$$

โดย F = อัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ (มิลลิกรัมต่อลิตร-ชั่วโมง)

P = ความดันในถังปฏิกรณ์ (บาร์)



รูปที่ 5.22 ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน กับอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ ที่นำมาพิจารณาในการวิเคราะห์สมการทั่วไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 5.17 สามารถสรุปเป็นรูปสมการทั่วไปได้ดังนี้ คือ

$$E = -a F + b \quad ; \quad F > 2.12 P + 2.64 \ldots\ldots\ldots (5.6)$$

โดย E = ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ของถังปฏิกรณ์ (%)

F = อัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ (มิลลิกรัมต่อลิตร-ชั่วโมง)

= ผลคูณของความเข้มข้นของ Fe^{+2} ในน้ำดิบสังเคราะห์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) กับอัตราการสูบน้ำดิบเข้าระบบ (ลิตรต่อชั่วโมง)หารด้วยปริมาตรของถังปฏิกรณ์

a = ความชันของสมการ

b = ค่าคงที่ของสมการ

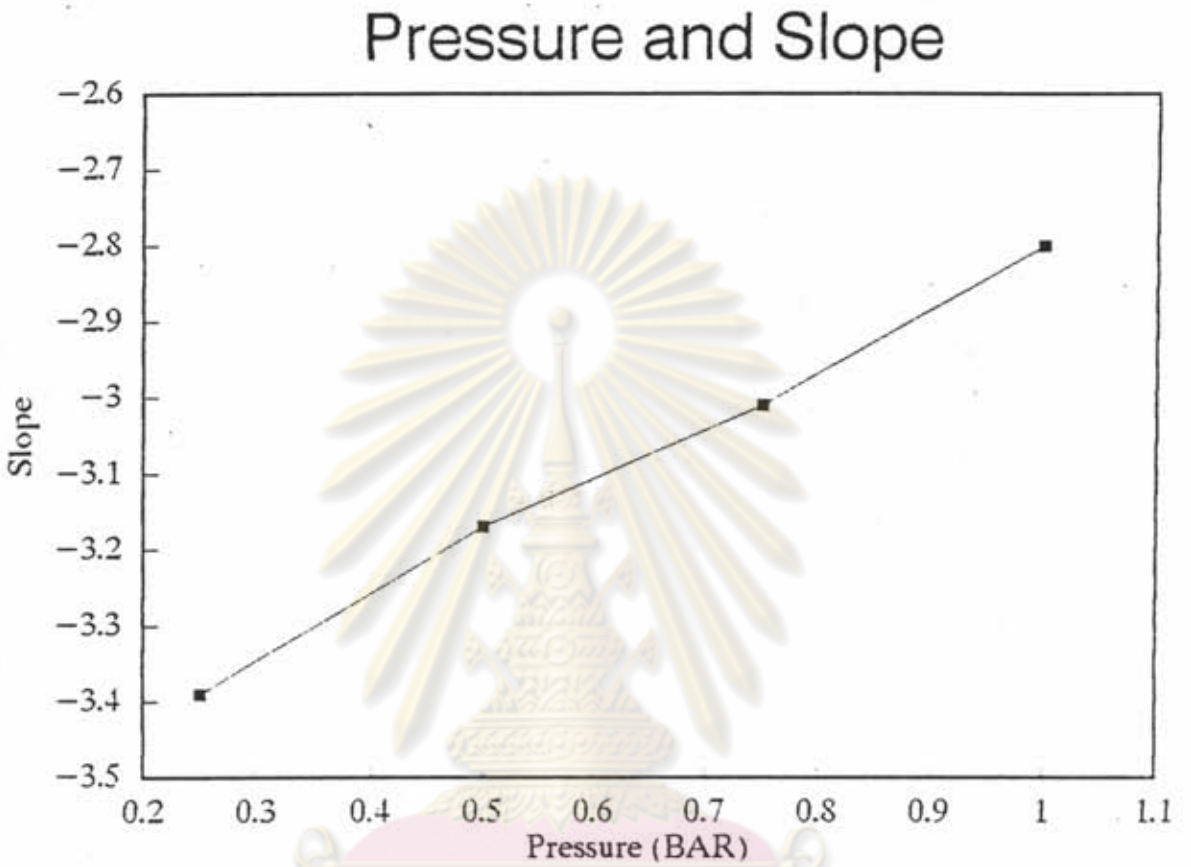
โดยอัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ที่นำมาพิจารณา วิเคราะห์สมการทั่วไปจะต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 2.12 P + 2.64 มิลลิกรัมต่อชั่วโมงตามสมการ (5.5)

ตารางที่ 5.18 และรูปที่ 5.23 แสดงถึงความสัมพันธ์ของความดันกับค่าความชันของสมการฯ แสดงให้เห็นว่าถ้าควบคุมความดันในระบบให้สูงขึ้น ความชันของสมการจะมีค่าเป็นลบน้อยลง

ตารางที่ 5.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับความชันของสมการฯ

ความดัน (บาร์)	ความชันของสมการ	หมายเหตุ
1.0	-2.80	A = 0.772
0.75	-3.01	B = -3.575
0.50	-3.17	
0.25	-3.39	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันในถังปฏิกรณ์กับความชันของสมการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ซึ่งสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างความดันในถังปฏิกรณ์กับค่าความชันของสมการฯ โดยวิธีกำลังสองน้อยสุด (Method of Lease square) เนื่องจากความสัมพันธ์ค่อนข้างเป็นเส้นตรงได้ ดังสมการที่ 5.7

$$a = -3.575\ P + 0.772 \ldots\ldots\ (5.7)$$

โดยที่

a = ความชันของสมการฯ

p = ความดันในถังปฏิกรณ์ (บาร์)

ตารางที่ 5.19 และรูปที่ 5.24 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความดันในถังปฏิกรณ์ กับค่าคงที่ของสมการฯ แสดงให้เห็นว่า ไม่ว่าจะควบคุมความดันในระบบเท่าใดก็ตาม ค่าคงที่ของสมการจะไม่เปลี่ยนแปลง

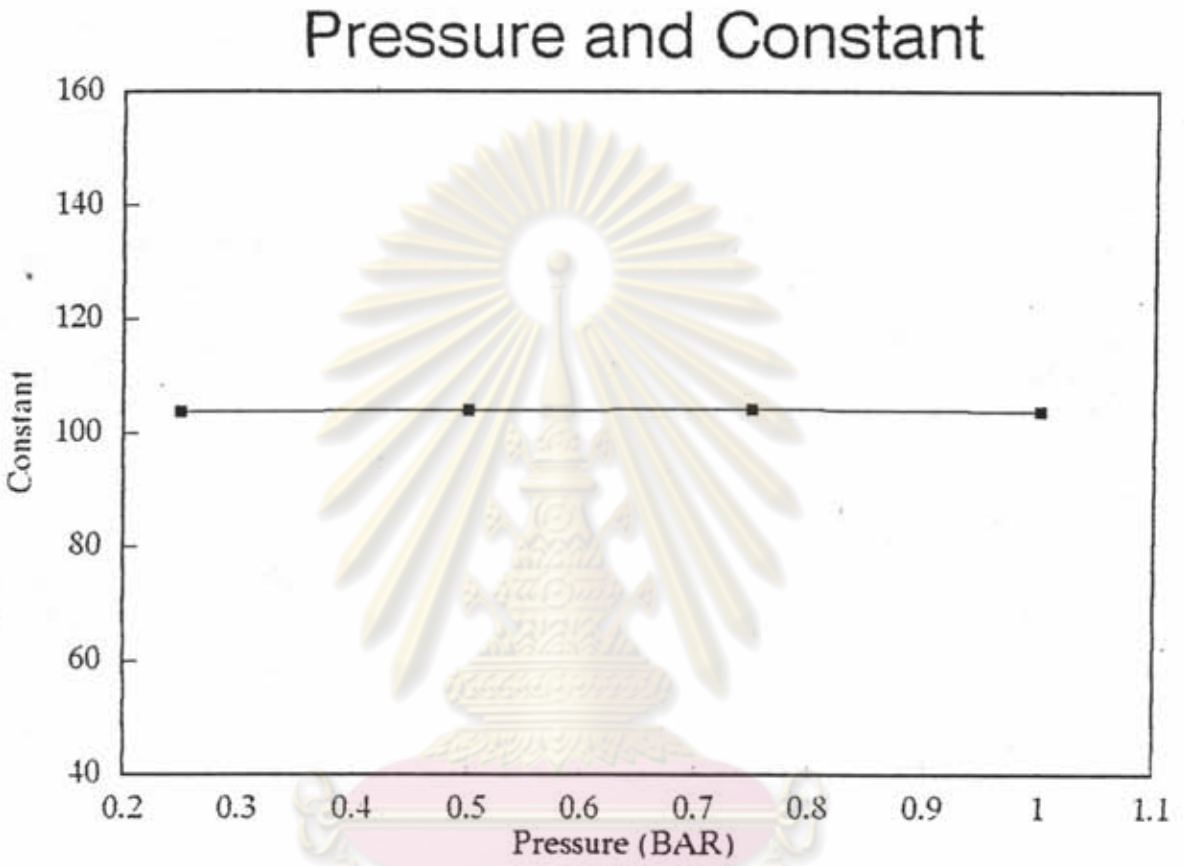
ตารางที่ 5.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันในถังปฏิกรณ์กับค่าคงที่ของสมการฯ

ความดัน (บาร์)	ค่าคงที่ของสมการ	หมายเหตุ
1.00	103.83	
0.75	104.01	Mean = 103.99
0.50	104.30	
0.25	103.83	

ซึ่งสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างความดันในถังปฏิกรณ์กับค่าคงที่ของสมการโดยการหาค่าเฉลี่ยของค่าคงที่ได้ดังสมการ 5.8

$$b = 103.99 \ldots\ldots\ (5.8)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.24 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันในถังปฏิกรณ์กับค่าคงที่ของสมการฯ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิจารณาสมการที่ 5.6, 5.7 และ 5.8 สามารถสรุปรูปทั่วไปของสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนเหล็ก Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์กับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ของถังปฏิกรณ์ ได้ดังนี้

จาก

$$E = -a F + b \quad \ldots\ldots\ldots (5.6)$$

$$a = -3.575 P + 0.772 \quad \ldots\ldots (5.7)$$

$$b = 103.99 \quad \ldots\ldots\ldots (5.7)$$

ดังนั้น

$$E = (3.575 P - 0.772)F + 103.99 \quad ; F > 2.12 P + 2.64 \quad \ldots(5.9)$$

โดย

E = ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก Fe^{+2} ของถังปฏิกรณ์ (%)

P = ความดันที่ควบคุมในถังปฏิกรณ์ (บาร์)

F = อัตราการป้อนเหล็กในรูป Fe^{+2} โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ (มิลลิกรัมต่อลิตร-ชั่วโมง)

= ผลคูณของความเข้มข้นของ Fe^{+2} ในน้ำดิบสังเคราะห์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) กับอัตราการสูบน้ำดิบเข้าระบบ (ลิตรต่อชั่วโมง หารด้วยปริมาตรของถังปฏิกรณ์(ลิตร)

โดยสมการนี้จะใช้ได้ก็ต่อเมื่ออัตราการป้อนเหล็กในรูปเฟอร์รัส โดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ จะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ $2.12 P + 2.64$ มิลลิกรัมต่อลิตร-ชั่วโมง ตามสมการ (5.5)

5.6 วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการวิจัย สามารถเปรียบเทียบกับการกำจัดเหล็กวิธีอื่นได้ ด้วยกระบวนการอื่นดังตารางที่ 5.20 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถังปฏิกรณ์วนเวียนแนวดิ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กได้ดีกว่า เมื่อเทียบกับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฉพาะส่วน การเติมอากาศด้วยกระบวนการอื่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.20 เปรียบเทียบการกำจัดเหล็กด้วยกระบวนการอื่น

ลำดับ	ผู้วิจัย	กระบวนการที่ใช้	รายละเอียด	ประสิทธิภาพ	หมายเหตุ
1.	ลองเล่และคณะ, 1961	เติมอากาศ		0.1-44%	ใช้น้ำบาดาล
		ตกตะกอน	เวลากักเก็บ 1 1/2 ชม	13%	
		กรอง		96-100%	
2.	ลิมรัตน์, 1968	เติมอากาศแบบถาดหลายชั้นโดยใช้ถ่านเป็นตัวกลาง	ถาด 6 ชั้น ห่างชั้นละ 3 เซนติเมตร, ใช้ถ่านขนาด 2 1/2 นิ้วถึง 4 1/2 นิ้ว	กำจัดเหล็กเฟอร์รัส 12%	ใช้น้ำบาดาล
		ถังตกตะกอน	ใช้ปูนขาวและสารส้ม	96%	
3.	ประกิต, 1979	เติมอากาศแบบถาดตามด้วยการกรองเร็ว	อัตราการไหลของน้ำต่อพื้นที่ถาด 12.5 เมตรต่อชั่วโมง อัตราการกรอง 5 เมตรต่อชั่วโมง	70%	ใช้น้ำบาดาล
		กรองโดยเร็ว	อัตรากรอง 5-7.5 เมตรต่อชั่วโมง	94-98%	
4.	ทรงศร, 1992	ถังปฏิกรณ์วนเวียน	ความดัน 0.25-1.00 บาร์, อัตราการสูบน้ำดิบ 20-60 ลิตรต่อชั่วโมง, ความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัส 0.25-2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร	60-90% เมื่ออัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรถังปฏิกรณ์มากกว่าหรือเท่ากับ 2.12P+2.64 มิลลิกรัมต่อลิตร-ชั่วโมง, และสามารถกำจัดเหล็กเฟอร์รัสได้จนถึงความสามารถในการละลายของเหล็กเฟอร์รัสที่ pH7 (0.04-0.08 มิลลิกรัมต่อลิตรเมื่ออัตราการป้อนเหล็กโดยมวลน้อยกว่า 2.12P + 2.64มิลลิกรัมต่อลิตร-ชั่วโมง	ใช้น้ำดิบสังเคราะห์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.7 <u>ประโยชน์ทางวิศวกรรม</u>

จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบถังปฏิกรณ์วนเวียนแนวดิ่งในการกำจัดเหล็ก พบว่าควรใช้อัตราการป้อนเหล็กโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ด้วยความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กจากสมการทั่วไป ดังนี้

$$E = (3.575\ P - 0.772) + 103.99\ F \ ; \quad F > 2.12\ P + 2.64$$

E = ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฟอร์รัสของถังปฏิกรณ์ (%)

P = ความดันที่ควบคุมในถังปฏิกรณ์ (บาร์)

F = อัตราการป้อนเหล็กในรูปเฟอร์รัสโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ (มิลลิกรัมต่อลิตร-ชั่วโมง)

สมการนี้จะใช้ได้ต่อเมื่อ อัตราการป้อนเหล็กในรูปเฟอร์รัสโดยมวลต่อปริมาตรของถังปฏิกรณ์ จะต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 2.12 P + 2.64

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย