

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
กราฟมาตรฐานและการคำนวณ

กราฟมาตรฐานและตัวอย่างการคำนวณ

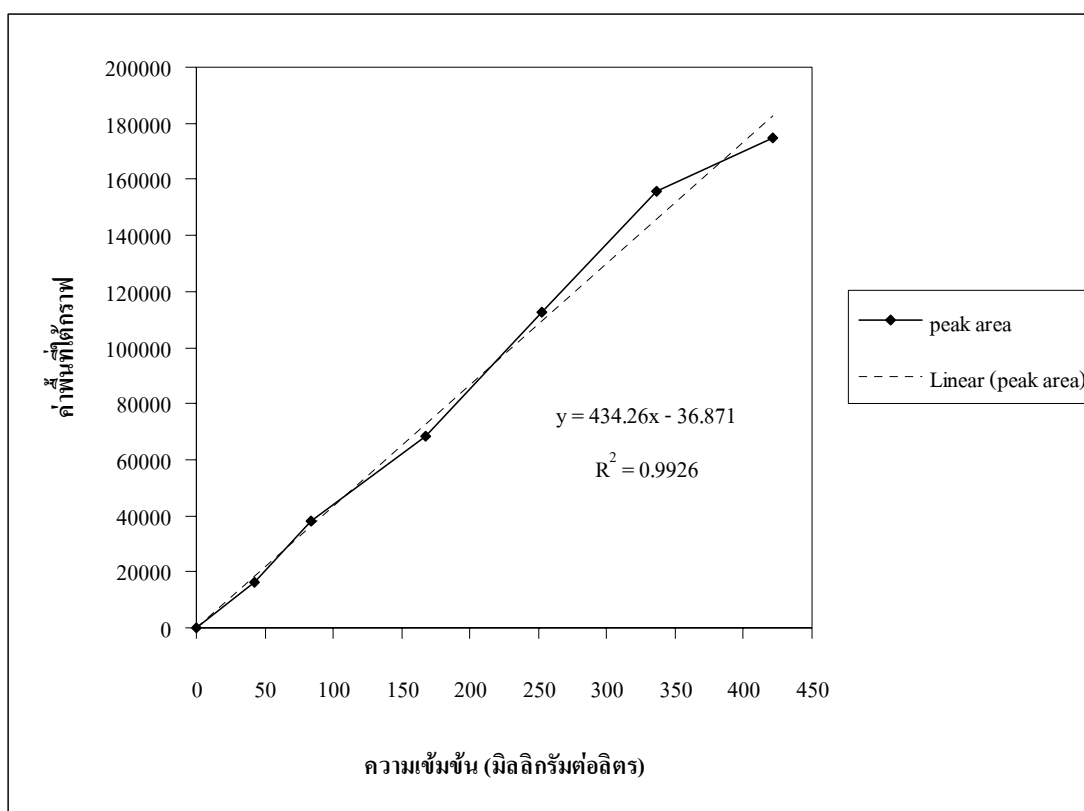
1. กราฟมาตรฐานโทลูอิน

เตรียมโทลูอินที่ความเข้มข้นต่างๆ นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatograph (GC) ซึ่งค่าพื้นที่ใต้กราฟ (peak area) ที่ได้แสดงดังตารางผนวกที่ ก1

ตารางผนวกที่ ก1 ค่าพื้นที่ใต้กราฟ (peak area) ที่ความเข้มข้นโทลูอินต่างๆ

ความเข้มข้นโทลูอิน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าพื้นที่ใต้กราฟ (peak area)
0	0
42	15979
84	38316
168	68246
252	112488
336	155927
421	174623

นำค่าที่ได้มาพล็อตระหว่างความเข้มข้นโทลูอิน (มิลลิกรัมต่อลิตร) กับ ค่าพื้นที่ใต้กราฟ เพื่อหาความสัมพันธ์ และใช้เป็นกราฟมาตรฐานในการหาปริมาณโทลูอินในตัวอย่างอื่นๆต่อไป



ภาพผนวกที่ ก1 กราฟมาตรฐานโทลูอิน

สมการ $y = 434.26x - 36.871$ โดย $R^2 = 0.9926$

โดยที่ $y =$ ค่าพื้นที่ใต้กราฟ

$x =$ ค่าความเข้มข้นโทลูอิน (มิลลิกรัมต่อลิตร)

1.1 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณโทลูอิน

ตารางผนวกที่ ก2 ค่าพื้นที่ใต้กราฟของโทลูอินในตัวอย่างน้ำออก

ตัวอย่างที่	ค่าพื้นที่ใต้กราฟ (Peak area)
1	114326
2	...
...	...

$$\text{สมการ } y = 434.26x - 36.871$$

ตัวอย่างที่ 1

$$\text{แทนค่า } x = (114326 + 36.871)/434.26$$

$$x = 263.3511 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร}$$

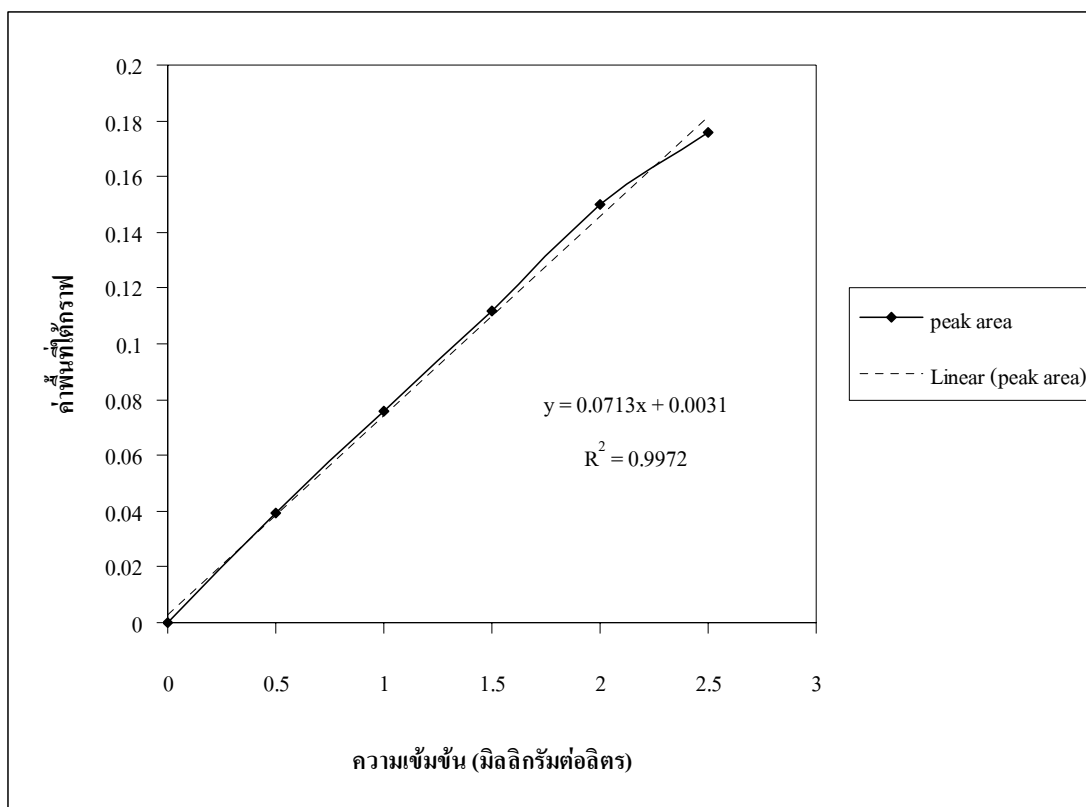
2. กราฟมาตรฐานแมงกานีสไอออน

เตรียมแมงกานีสไอออนที่มีความเข้มข้นต่างๆ นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) ซึ่งค่าพื้นที่ใต้กราฟ (peak area) ที่ได้แสดงดังตารางผนวกที่ ก3

ตารางผนวกที่ ก3 ค่าพื้นที่ใต้กราฟ (peak area) ที่ความเข้มข้นแมงกานีสไอออนต่างๆ

ความเข้มข้นแมงกานีสไอออน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าพื้นที่ใต้กราฟ (peak area)
0	0
0.5	0.0395
1.0	0.0758
1.5	0.1116
2.0	0.1501
2.5	0.1760

นำค่าที่ได้มาพล็อตระหว่างความเข้มข้นแมงกานีสไอออน (มิลลิกรัมต่อลิตร) กับ ค่าพื้นที่ใต้กราฟ เพื่อหาความสัมพันธ์ และใช้เป็นกราฟมาตรฐาน



ภาพผนวกที่ ก2 กราฟมาตรฐานแมงกานีสไอออน

สมการ $y = 0.0713x + 0.0031$ โดย $R^2 = 0.9972$

โดยที่ $y =$ ค่าพื้นที่ใต้กราฟ

$x =$ ค่าความเข้มข้นแมงกานีสไอออน (มิลลิกรัมต่อลิตร)

2.1 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณแมงกานีสไอออน

ตารางผนวกที่ ก4 ค่าพื้นที่ใต้กราฟของแมงกานีสไอออนในตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างที่	ค่าพื้นที่ใต้กราฟ (Peak area)
1	0.1233
2	...
...	...

$$\text{สมการ } y = 0.0713x + 0.0031$$

ตัวอย่างที่ 1

$$\text{แทนค่า } x = (0.1233 - 0.0031)/0.0713$$

$$x = 1.687 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร}$$

นำตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์เจือจาง 10 เท่า ดังนั้นปริมาณแมงกานีสไอออนคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณแมงกานีสไอออน} = 1.687 \times 10$$

$$= 16.87 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร}$$

3. การคำนวณค่าการสูญเสียแรงดันของน้ำ (Pressure loss)

ในการทดลองใช้เครื่องวัดแรงดันน้ำในคอลัมน์ ซึ่งพัฒนาโดย ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งจะออกมาในรูปแบบการวัดศักย์ไฟฟ้า (โวลต์) ของของเหลวในคอลัมน์โดยที่ ศักย์ไฟฟ้า 0.45 โวลต์ (V) เท่ากับแรงดันน้ำ 1 กิโลปาสกาล (kPa) ซึ่งเท่ากับความสูงน้ำ 10.1973 เซนติเมตรน้ำ (cm H₂O)

จากภาพที่ 8 การวัดความดันที่จุดต่างๆในคอลัมน์ทดลอง ประกอบไปด้วยจุด A B C และ D การคำนวณค่าการสูญเสียแรงดันทำโดยการนำค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ก่อนการทดลองที่จุดต่างๆลบจากค่าศักย์ไฟฟ้าระหว่างการทดลอง และแปลงหน่วยจากค่าศักย์ไฟฟ้าเป็นความสูงของน้ำ (pressure head) ที่จุดนั้นๆ แสดงดังตารางผนวกที่ ก5 และ ก6

ตารางผนวกที่ ก5 ค่าศักย์ไฟฟ้าเริ่มต้นของตัวเซนเซอร์ในเครื่องวัดแรงดันก่อนการทดลอง

เซนเซอร์ตัวที่ (จุดที่)	ค่าศักย์ไฟฟ้า (โวลต์; V)
1. จุด A	0.169
2. จุด B	0.224
3. จุด C	0.187
4. จุด D	0.197

3.1 ตัวอย่างการคำนวณค่าการสูญเสียแรงดัน

ตารางผนวกที่ ก6 แสดงการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าเป็นค่าแรงดัน

เซนเซอร์ตัวที่ (จุดที่)	ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ (โวลต์; V)	ค่าศักย์ไฟฟ้าแท้จริง (โวลต์; V)	ค่าแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ; cm H ₂ O)
1. จุด A	0.978	$0.978 - 0.169 = 0.809$	$(0.809/0.45) \times 10.197 = 18.33$
2. จุด B	1.012	$1.012 - 0.224 = 0.788$	$(0.788/0.45) \times 10.197 = 17.85$
3. จุด C	0.906	$0.906 - 0.187 = 0.719$	$(0.719/0.45) \times 10.197 = 16.29$
4. จุด D	0.876	$0.876 - 0.197 = 0.679$	$(0.679/0.45) \times 10.197 = 15.38$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าการสูญเสียแรงดันจุด B (pressure loss AB)} &= \text{ค่าแรงดันจุดอ้างอิง (จุด A)} - \text{ค่าแรงดันจุด B} \\
 &= 18.33 - 17.85 \\
 &= 0.48 \text{ เซนติเมตรน้ำ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าการสูญเสียแรงดันจุด C (pressure loss AC)} &= \text{ค่าแรงดันจุดอ้างอิง (จุด A)} - \text{ค่าแรงดันจุด C} \\
 &= 18.33 - 16.29 \\
 &= 2.04 \text{ เซนติเมตรน้ำ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าการสูญเสียแรงดันจุด D (pressure loss AD)} &= \text{ค่าแรงดันจุดอ้างอิง (จุด A)} - \text{ค่าแรงดันจุด D} \\
 &= 18.33 - 15.38 \\
 &= 2.95 \text{ เซนติเมตรน้ำ}
 \end{aligned}$$

ค่าการสูญเสียแรงดัน มีค่าเป็นบวก แสดงว่า แรงดันที่จุดนั้นๆ มีค่ามากกว่าแรงดันด้านทางเข้า (ที่จุดอ้างอิง A) แต่ถ้าค่าการสูญเสียแรงดัน มีค่าเป็นลบ แสดงว่า แรงดันด้านทางเข้า (ที่จุดอ้างอิง A) มีค่ามากกว่าแรงดันที่จุดนั้นๆ

4. การคำนวณค่า Pore volume (PV)

Pore volume คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาตรของน้ำที่ผ่านตัวกลาง (V_{liquid}) ต่อปริมาตรช่องว่างในตัวกลาง (V_{void}) นั่นคือ

$$PV = V_{\text{liquid}}/V_{\text{void}}$$

$$\text{จาก } V_{\text{liquid}} = QT \text{ และ } V_{\text{void}} = ALn$$

เมื่อ Q = อัตราการไหล [ml/min]

T = ระยะเวลาในการชะ [min]

A = พื้นที่หน้าตัดของคอลัมน์ [cm^2]

L = ความยาวของคอลัมน์ส่วนที่ปนเปื้อนโทลูอิน [cm]

n = ความพรุน [-]

4.1 ตัวอย่างการคำนวณค่า Pore volume

คำนวณค่า Pore volume ที่ระยะเวลา (T) 360 นาที ในการทดลองนี้ใช้ปั๊มอัตราการไหล (Q) 2 มิลลิลิตรต่อนาที พื้นที่หน้าตัดของคอลัมน์ (A) เท่ากับ 20.28 ตารางเซนติเมตร ความยาวของคอลัมน์ส่วนที่ปนเปื้อนโทลูอิน (L) 17 เซนติเมตร และความพรุนของดินทราย (n) เท่ากับ 0.2939

$$\begin{aligned} \text{จาก } PV &= V_{\text{liquid}}/V_{\text{void}} \\ &= QT/ALn \\ &= (2 \times 360)/(20.28 \times 17 \times 0.2939) \\ &= 7.11 \text{ เท่า} \end{aligned}$$

ดังนั้นที่ระยะเวลาการชะคอลัมน์ 360 นาที คิดเป็น Pore volume เท่ากับ 7.11 เท่า

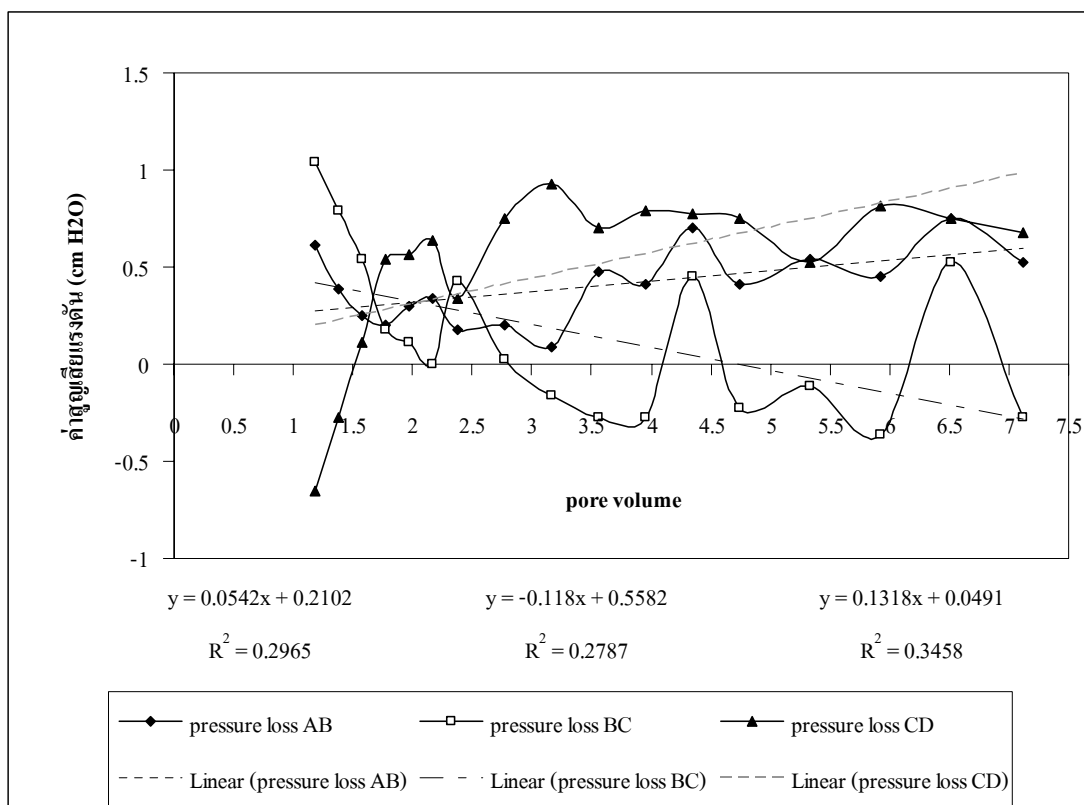
5. การคำนวณค่า K (hydraulic conductivity) ในชุดควบคุมการทดลอง

ในชุดควบคุมเป็นการใช้น้ำกลั่น ป้อนด้วยอัตราการไหล 2 มิลลิลิตรต่อนาที เข้าไปในคอลัมน์ทดลองซึ่งบรรจุดินทรายที่ปนเปื้อนโคลนจากนั้นวัดค่าแรงดัน เพื่อคำนวณค่าการสูญเสียแรงดันที่เวลาต่างๆ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

ตารางผนวกที่ ก7 ผลการทดลองค่าการสูญเสียแรงดัน ในชุดควบคุมการทดลอง

เวลา (นาที่)	Pore volume (PV)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
		Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
		AB	BC	CD
60	1.185	0.6118	1.0423	-0.6572
70	1.383	0.3852	0.7931	-0.2719
80	1.580	0.2492	0.5438	0.1133
90	1.778	0.2039	0.1812	0.5438
100	1.975	0.2945	0.1133	0.5665
110	2.173	0.3399	0.0000	0.6344
120	2.370	0.1812	0.4305	0.3399
140	2.766	0.2039	0.0226	0.7478
160	3.161	0.0906	-0.1586	0.9290
180	3.556	0.4758	-0.2719	0.7024
200	3.951	0.4078	-0.2719	0.7931
220	4.346	0.7024	0.4532	0.7704
240	4.741	0.4078	-0.2266	0.7478
270	5.334	0.5438	-0.1133	0.5211
300	5.927	0.4532	-0.3625	0.8157
330	6.520	0.7478	0.5211	0.7478
360	7.112	0.5211	-0.2719	0.6798

นำค่าที่ได้มาพล็อตระหว่างค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ) กับ ค่า Pore volume (PV) เพื่อหาความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรง



ภาพผนวกที่ 3 การคำนวณหาค่า K (hydraulic conductivity) ในชุดควบคุมการทดลอง

จากสมการของดาร์ซี

$$v = Q/A = -K\Delta h/\Delta l \quad (2)$$

จะได้ $K = Q\Delta l/A\Delta h$

โดยที่ Δl = ความยาวของคอลัมน์ระยะต่างๆ [L]

กำหนดให้ L_{AB} , L_{BC} และ L_{CD} เป็นความยาวของระยะ AB, BC และ CD ตามลำดับ

ดังนั้น $K_{AB} = [QL_{AB}/A][1/(0.0542PV + 0.2102)]$

$K_{BC} = [QL_{BC}/A][1/(-0.118PV + 0.5582)]$

$K_{CD} = [QL_{CD}/A][1/(0.1318PV + 0.0491)]$

ภาคผนวก ข
ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางผนวกที่ ข1 ผลการทดลองบำบัดโทลูอินด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตในระดับ
ห้องปฏิบัติการ

เวลา (วัน)	น้ำหนักตะกอนแมงกานีสออกไซด์ (กรัม)
0.0104	0.0006
0.0208	0.0008
0.0417	0.0016
0.1667	0.0052
0.7500	0.0232
1.0000	0.0323
2.0000	0.0346
3.0000	0.0454
4.0000	0.0473
5.0000	0.0474
6.0000	0.0475
7.0000	0.0484

ตารางผนวกที่ ข2 ผลการทดลองละลายตะกอนแมงกานีสออกไซด์ด้วยกรดซิตริกในระดับ
ห้องปฏิบัติการ แบบชั่งน้ำหนักตะกอน

เวลา (นาที)	ความเข้มข้นตะกอนแมงกานีสออกไซด์ (กรัมต่อลิตร)
0	0.1100
15	0.1070
45	0.0990
105	0.0950

ตารางผนวกที่ ข3 ผลการทดลองละลายตะกอนแมงกานีสออกไซด์ด้วยกรดซิตริกในระดับ
ห้องปฏิบัติการ แบบวัดปริมาณแมงกานีสไอออน

เวลา (นาที)	ความเข้มข้นแมงกานีสไอออน (มิลลิกรัมต่อลิตร)
0	0.0020
15	35.2800
30	55.4200
60	61.3600
120	61.5400

ตารางผนวกที่ ข4 ผลการทดลองหาความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เหมาะสมสำหรับละลายตะกอน
แมงกานีสออกไซด์ในระดับห้องปฏิบัติการ

เวลา (นาที)	ความเข้มข้นแมงกานีสไอออน (มิลลิกรัมต่อลิตร) เมื่อละลายด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นดังนี้			
	0.5 โมลาร์	1.0 โมลาร์	2.0 โมลาร์	3.0 โมลาร์
0	0.0060	0.0240	0.0450	0.0110
15	56.8100	63.9300	70.6800	69.3200
30	60.1400	64.1100	70.7000	71.0600
60	60.1600	65.8500	71.3600	71.1600
120	60.6700	65.9200	71.4500	71.6700

ตารางผนวกที่ ๕ ผลการทดลองปริมาณโทลูอินในน้ำ เมื่อใช้น้ำกลั่นผ่านคอลัมน์ทดลอง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (ชุดควบคุมการทดลอง)

เวลา (นาที)	Pore volume (PV)	ความเข้มข้นของโทลูอินในน้ำออก (มิลลิกรัมต่อลิตร)
10	0.197	328.1257
20	0.395	309.2729
30	0.592	307.1590
40	0.790	351.4481
50	0.987	355.0497
60	1.185	297.5311
70	1.383	345.7488
80	1.580	363.4594
90	1.778	419.2636
100	1.975	390.7633
110	2.173	367.6688
120	2.370	346.8035
140	2.766	332.9684
160	3.161	371.6526
180	3.556	389.4415
200	3.951	392.5618
220	4.346	329.2978
240	4.741	324.9157
270	5.334	332.7243
300	5.927	399.9859
330	6.520	395.5853
360	7.112	410.4013

ตารางผนวกที่ ๖ ผลการทดลองค่าการสูญเสียแรงดัน เมื่อใช้น้ำกลั่นผ่านคอลัมน์ทดลอง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (ชุดควบคุมการทดลอง)

เวลา (นาฬิกา)	Pore volume (PV)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
		Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
		AB	AC	AD
10	0.197	0.9290	1.5182	2.2887
20	0.395	1.7222	2.2660	3.0138
30	0.592	1.8128	2.4700	3.1271
40	0.790	2.0394	2.2207	2.9232
50	0.987	1.7675	2.1074	2.7419
60	1.185	0.6118	1.6542	0.9970
70	1.383	0.3852	2.4926	0.9517
80	1.580	0.2492	0.7931	0.9064
90	1.778	0.2039	0.3852	0.9290
100	1.975	0.2945	0.4078	0.9744
110	2.173	0.3399	0.3399	0.9744
120	2.370	0.1812	0.6118	0.9517
140	2.766	0.2039	0.2266	0.9744
160	3.161	0.0906	-0.0679	0.8611
180	3.556	0.4758	0.2039	0.9064
200	3.951	0.4078	0.1359	0.9290
220	4.346	0.7024	1.1556	0.9290
240	4.741	0.4078	0.1812	0.9290
270	5.334	0.5438	0.4305	0.9517
300	5.927	0.4532	0.0906	0.9064
330	6.520	0.7478	1.2689	0.9290
360	7.112	0.5211	0.2492	0.9290

ตารางผนวกที่ ข7 ผลการทดลองปริมาณโทลูอินในน้ำ เมื่อชะคอัลมันท์ทดลองด้วยสารละลาย
โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

เวลา (นาที่)	Pore volume (PV)	ความเข้มข้นของโทลูอินในน้ำออก (มิลลิกรัมต่อลิตร)
10	0.197	ND
20	0.395	ND
30	0.592	9.7358
50	0.987	164.1548
65	1.284	306.4889
75	1.481	319.7171
85	1.679	332.9454
100	1.975	368.9653
120	2.370	79.3623
130	2.568	9.0496
140	2.766	ND
155	3.062	ND
175	3.457	ND
195	3.852	ND
215	4.247	ND
235	4.643	ND
255	5.038	ND
305	6.026	ND
335	6.618	ND
365	7.211	ND
395	7.804	ND

หมายเหตุ ND = Not Detected (น้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร)

ตารางผนวกที่ ข8 ผลการทดลองค่าการสูญเสียแรงดัน เมื่อชะลอถัมน์ทดลองด้วยสารละลาย
โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

เวลา (นาทึ)	Pore volume (PV)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
		Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
		AB	AC	AD
10	0.197	0.0453	1.2916	0.7251
20	0.395	0.2492	1.4956	0.6571
30	0.592	0.2492	1.5635	0.8384
50	0.987	0.5211	1.6768	1.0650
65	1.284	0.7024	1.7222	0.4985
75	1.481	0.3852	1.2689	0.8837
85	1.679	0.4078	1.4956	1.0650
100	1.975	0.7024	1.7222	1.2463
120	2.370	0.7251	1.3143	1.0197
130	2.568	0.8384	1.3596	1.9261
140	2.766	0.9517	2.0394	1.5409
155	3.062	0.8157	2.0621	1.7675
175	3.457	0.6344	0.4020	1.8581
195	3.852	0.4758	2.0394	2.9458
215	4.247	0.2719	2.7192	2.5379
235	4.643	0.4305	3.1271	3.1951
255	5.038	0.2719	3.1724	3.6483
305	6.026	0.3852	0.2602	5.2799
335	6.618	0.7024	4.4641	5.5971
365	7.211	0.4532	4.6907	6.6395
395	7.804	-1.7901	4.6907	7.2060

ตารางผนวกที่ ข9 ผลการทดลองหาคอสัมพันธ์ทดลองด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
สลับกับสารละลายกรดซัลฟิวริกในวัฏจักรที่ 1

สารละลาย	เวลา (นาที)	ความเข้มข้น โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
			Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
			AB	AC	AD
โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต	20	5.5747	0.5891	0.8611	0.4078
	40	182.6714	4.6907	5.0533	4.4641
	60	250.7067	1.1556	3.7163	3.3084
	80	247.5748	1.4502	2.9912	2.6512
	100	273.2577	-1.1330	0.1359	1.4956
	120	174.1534	0.4532	-0.3172	0.7931
	140	30.5091	0.2266	-1.1783	0.3625
กรดซัลฟิวริก	160	0.9599	2.4246	4.9400	5.2572
	180	108.9552	0.4758	2.9912	3.7390
	200	320.5404	1.4956	3.1498	-1.2236
	220	355.5703	-0.1359	1.7448	-1.4049
	240	397.5703	0.5438	2.4020	-0.0906
	260	228.9524	-0.0679	1.6995	0.4985
	280	253.8430	-0.4305	1.5862	0.9517
	300	361.1773	0.3399	1.7448	1.4729
	320	237.0858	0.1586	1.9941	1.7222
	340	312.0478	0.5211	2.1754	1.7222
	360	261.4652	0.2039	1.9714	1.9488
	380	224.5518	0.6571	2.6512	2.3340

ตารางผนวกที่ ข10 ผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
สลับกับสารละลายกรดซัลฟิวริกในวัฏจักรที่ 2

สารละลาย	เวลา (นาที)	ความเข้มข้น โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
			Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
			AB	AC	AD
โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต	410	242.6677	0.1812	0.0226	0.8837
	440	286.7173	0.2719	-0.4985	0.7251
	470	197.3722	-0.8611	1.7222	2.6286
	500	345.0049	0.7478	-0.2039	1.9488
	530	226.8269	0.2945	0.8837	2.1754
	560	89.1721	0.2945	0.9064	0.2945
	590	35.0050	1.3596	0.4985	-2.4700
	620	27.0641	-0.7251	0.1133	-3.2858
	650	32.4411	-3.0138	-1.1103	-3.8069
กรดซัลฟิวริก	680	27.4211	-2.1980	2.9685	4.1695
	710	96.4327	-1.7675	-0.5438	-2.1980
	740	266.2779	-5.5971	0.4758	-2.5153
	770	188.6816	0.6798	1.7901	-2.0394
	800	185.0870	0.8611	1.6995	-1.0650
	830	190.0218	0.3852	1.2689	-0.0226
	860	226.8914	0.0679	0.9744	0.5891
	890	245.4702	-0.2492	0.6571	0.4532

ตารางผนวกที่ ข11 ผลการทดลองชะลอต้นทุนทดลองด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
สลับกับสารละลายกรดซิตริกในวัฏจักรที่ 3

สารละลาย	เวลา (นาที่)	ความเข้มข้น โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
			Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
			AB	AC	AD
โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต	930	241.6453	4.8947	5.7331	5.9370
	970	246.8149	3.1271	3.9656	4.4641
	1010	280.4561	0.3399	3.8976	4.2148
	1050	348.1598	1.9714	2.2660	5.3705
	1090	214.6107	2.1980	-2.7192	-3.3537
	1130	68.4793	4.5774	4.8267	1.6995
	1170	ND	2.8325	3.3084	3.3537
	1210	1.6876	-1.0423	0.3399	-2.0394
กรดซิตริก	1250	160.3483	0.9290	4.3281	3.8749
	1290	354.7964	1.0650	1.4049	1.5182
	1330	321.2542	0.1133	1.5409	1.4502
	1370	192.4098	2.7419	2.4926	1.7448
	1410	207.2764	4.1922	1.8581	1.3369
	1450	112.8468	3.2404	3.9876	4.4188

หมายเหตุ ND = Not Detected (น้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร)

ตารางผนวกที่ ข12 ผลการทดลองหาคอถ่วงน้ำทดลองด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
สลับกับสารละลายกรดซัลฟริกในวัฏจักรที่ 4

สารละลาย	เวลา (นาที)	ความเข้มข้น โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
			Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
			AB	AC	AD
โพแทสเซียมเปอร์แมงกา เนต	1500	338.3799	1.5182	1.6542	3.0818
	1550	374.4367	1.8128	1.5635	2.6059
	1600	302.3992	-1.0650	-0.1359	1.3823
	1650	65.8082	6.7528	7.5686	5.5971
	1700	5.2846	-2.9458	0.7931	-3.1951
	1750	1.0981	-0.3399	0.7704	-0.7251
กรดซัลฟริก	1800	100.3479	0.4078	-0.5891	0.5211
	1850	272.4770	-0.4758	-0.7251	-1.4502
	1900	118.2077	-1.0197	0.1359	-2.6966
	1950	88.4859	0.7704	2.9232	2.3567
	2000	88.0898	0.5665	2.3113	1.5409

ตารางผนวกที่ ข13 ผลการทดลองหาคอถัมน้ำทดลองด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
สลับกับสารละลายกรดซัลฟิวริกในวัฏจักรที่ 5

สารละลาย	เวลา (นาที่)	ความเข้มข้น โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
			Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
			AB	AC	AD
โพแทสเซียม เปอร์แมงกาเนต	2060	201.1488	-0.1812	-5.0759	-3.7390
	2120	243.0615	2.0621	2.1074	3.1951
	2180	49.1569	1.9034	1.2463	0.7704
	2240	2.8344	1.8355	0.2945	-3.3084
กรดซัลฟิวริก	2300	46.8518	1.4956	1.1330	0.3399
	2360	153.3871	0.9970	1.0423	0.0453
	2420	98.9957	-0.3625	-0.8384	-2.0394
	2480	63.0172	-0.7931	1.1103	0.1359
	2540	53.2121	-1.0423	0.7478	0.1359
	2600	69.3752	-0.4758	1.4729	-0.5438

ตารางผนวกที่ ข14 ผลการทดลองหาคอถ่วงน้ำทดลองด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
สลับกับสารละลายกรดซัลฟิวริกในวัฏจักรที่ 6

สารละลาย	เวลา (นาที)	ความเข้มข้น โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
			Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
			AB	AC	AD
โพแทสเซียม เปอร์แมงกาเนต	2660	106.8942	0.6118	2.2660	0.7024
	2720	86.4617	-0.9290	1.0650	-1.4276
	2780	ND	-1.4729	-1.8128	-2.6739
กรดซัลฟิวริก	2840	46.1379	-0.5665	-0.1359	0.8384
	2900	56.8136	0.8611	2.0394	2.1074
	2960	46.9600	-1.9261	-2.2660	-2.6966
	3020	40.2498	1.5182	1.2916	1.2010

หมายเหตุ ND = Not Detected (น้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร)

ตารางผนวกที่ ข15 ผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียแรงดันของสายเคเบิลไฟฟ้าแรงดัน 10 kV ที่เชื่อมต่อกับสายเคเบิลแรงดัน 10 kV
สลับกับสายเคเบิลแรงดัน 10 kV ในวัฏจักรที่ 7

สายเคเบิล	เวลา (นาฬิกา)	ความเข้มข้น โพตัสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
			Pressure loss AB	Pressure loss AC	Pressure loss AD
โพตัสเซียม เปอร์แมงกาเนต	3080	90.1784	-0.2945	0.6344	2.5153
	3140	53.6588	-0.4758	0.3172	2.2207
	3200	0.9669	2.2660	1.4502	0.6798
กรดซัลฟิวริก	3260	15.5963	0.9064	1.1783	0.2266
	3320	34.2695	-6.4129	-1.9714	-9.8120
	3380	35.0869	1.7901	2.0167	0.4305
	3440	26.0279	1.3369	2.2207	-1.2463

ตารางผนวกที่ ข16 ผลการทดลองหาคอถ่วงน้ำหนักของด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
สลับกับสารละลายกรดซัลฟิวริกในวัฏจักรที่ 8

สารละลาย	เวลา (นาท)	ความเข้มข้น โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
			Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
			AB	AC	AD
โพแทสเซียม เปอร์แมงกาเนต	3500	25.4015	2.1074	4.1469	3.5350
	3560	67.6827	1.3596	2.6059	-0.7251
	3620	25.2403	-1.6995	-0.2945	-4.7134
กรดซัลฟิวริก	3680	12.2412	0.5665	0.1812	0.5891
	3740	32.4273	0.7024	-0.0906	0.2945
	3800	16.7109	1.1783	1.3143	2.1754
	3860	18.659	0.8384	0.2492	-1.3596

ตารางผนวกที่ ข17 ผลการทดลองหาคอถ่วงน้ำหนักของด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
สลับกับสารละลายกรดซัลฟิวริกในวัฏจักรที่ 9

สารละลาย	เวลา (นาท)	ความเข้มข้น โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
			Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
			AB	AC	AD
โพแทสเซียม เปอร์แมงกาเนต	3920	98.5374	1.8581	0.8837	2.4473
	3980	37.4473	-0.2719	2.1754	0.7024
	4040	2.8183	0.5211	-0.0226	-0.6798
กรดซัลฟิวริก	4100	1.3422	-0.2719	1.3369	-1.1330
	4160	20.5427	0.3625	0.9290	-3.6936
	4220	11.3892	0.1586	1.0197	-1.0197

ตารางผนวกที่ ข18 ผลการทดลองหาคอถัมน้ำทดลองด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
สลับกับสารละลายกรดซัลฟิวริกในวัฏจักรที่ 10

สารละลาย	เวลา (นาที่)	ความเข้มข้น โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
			Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
			AB	AC	AD
โพแทสเซียม เปอร์แมงกาเนต	4280	63.0725	2.3567	2.7192	2.3340
	4340	39.6925	0.1133	-2.6966	-1.6768
	4400	15.1197	0.9290	-0.5212	-2.4926
กรดซัลฟิวริก	4460	10.1595	1.0423	0.5211	0.9744
	4520	17.3534	-1.6995	-1.4729	-0.7024
	4580	15.6447	1.2010	2.4926	4.2602
	4640	12.0155	-0.0453	3.4217	1.1783

ตารางผนวกที่ ข19 ผลการทดลองหาคอถัมน้ำทดลองด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
สลับกับสารละลายกรดซัลฟิวริกในวัฏจักรที่ 11

สารละลาย	เวลา (นาที่)	ความเข้มข้น โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
			Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
			AB	AC	AD
โพแทสเซียม เปอร์แมงกาเนต	4700	15.7207	3.5350	4.5094	2.9232
	4760	12.0178	0.5891	1.0197	1.0877
	4820	2.3163	1.0197	3.5350	2.1980
กรดซัลฟิวริก	4880	2.6249	0.9064	1.9034	3.5577
	4940	6.7906	2.0621	1.1783	0.1586
	5000	4.3842	-0.1359	2.3793	0.2719
	5060	5.3513	2.0847	1.3143	0.2945

ตารางผนวกที่ ข20 ผลการทดลองหาคอถ่วงน้ำทดลองด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
สลับกับสารละลายกรดซัลฟิวริกในวัฏจักรที่ 12

สารละลาย	เวลา (นาที)	ความเข้มข้น โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
			Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
			AB	AC	AD
โพแทสเซียม เปอร์แมงกาเนต	5120	5.0289	6.3223	6.7755	7.2740
	5180	7.1728	0.9517	2.9005	5.0080
	5240	4.1631	0.5665	2.7419	-3.6483
กรดซัลฟิวริก	5300	8.9529	6.0277	3.7163	1.9714
	5360	9.4364	1.5635	2.4246	4.7360
	5420	5.8510	1.5635	3.8069	2.4246
	5480	4.8885	-1.7448	-0.0226	-2.6059

ตารางผนวกที่ ข21 ผลการทดลองหาคอถ่วงน้ำทดลองด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
สลับกับสารละลายกรดซัลฟิวริกในวัฏจักรที่ 13

สารละลาย	เวลา (นาที)	ความเข้มข้น โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
			Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
			AB	AC	AD
โพแทสเซียม เปอร์แมงกาเนต	5540	21.3970	3.8976	5.9370	5.6425
	5600	13.0311	3.7390	3.1951	4.8947
	5660	3.2213	4.6001	4.4868	3.3311
กรดซัลฟิวริก	5720	1.2731	0.1812	-1.7901	0.9064
	5780	11.4284	1.4502	1.4502	-2.4473
	5840	3.5667	1.5182	2.3567	2.9232

ตารางผนวกที่ ข22 ผลการทดลองหาคอถ่วงน้ำทดลองด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
สลับกับสารละลายกรดซัลฟิวริกในวัฏจักรที่ 14

สารละลาย	เวลา (นาที่)	ความเข้มข้น โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
			Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
			AB	AC	AD
โพแทสเซียม เปอร์แมงกาเนต	5900	3.7187	5.2346	6.4356	6.6395
	5960	6.0675	-0.9970	1.4049	2.0167
	6020	3.3318	-0.8611	-1.7222	-5.6651
กรดซัลฟิวริก	6080	3.7901	1.7222	0.0906	-2.6059
	6140	7.4492	2.9685	3.0138	2.3793
	6200	3.7993	0.6344	-0.2945	-2.0168
	6260	3.4009	1.9034	0.0453	0.3172

ตารางผนวกที่ ข23 ผลการทดลองหาคอถ่วงน้ำทดลองด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
สลับกับสารละลายกรดซัลฟิวริกในวัฏจักรที่ 15

สารละลาย	เวลา (นาท)	ความเข้มข้น โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
			Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
			AB	AC	AD
โพแทสเซียม เปอร์แมงกาเนต	6320	3.5252	1.0877	2.5153	6.1637
	6380	5.2546	-2.9912	0.0226	5.1213
	6440	2.5649	-5.4612	-1.6768	-1.9941
กรดซัลฟิวริก	6500	3.4354	-0.3172	0.0906	-0.4305
	6560	9.8947	-0.4078	2.5833	-1.9261
	6620	5.9662	-1.4049	0.5211	0.1586
	6680	4.6352	0.7931	2.1980	2.0394

ตารางผนวกที่ ข24 ผลการทดลองหาคอถ่วงน้ำทดลองด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
สลับกับสารละลายกรดซัลฟิวริกในวัฏจักรที่ 16

สารละลาย	เวลา (นาท)	ความเข้มข้น โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
			Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
			AB	AC	AD
โพแทสเซียม เปอร์แมงกาเนต	6740	9.2845	5.6878	9.5628	9.6761
	6800	6.7859	1.9714	1.0650	3.5577
	6860	1.8903	4.2828	5.6425	4.3281
กรดซัลฟิวริก	6920	3.1130	0.9970	0.8384	-0.4305
	6980	4.7951	-3.1724	-2.4926	-3.5577
	7040	1.9179	0.7478	1.1103	0.4532

ตารางผนวกที่ ข25 ผลการทดลองหาคอถัมน้ำทดลองด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
สลับกับสารละลายกรดซิตริกในวัฏจักรที่ 17

สารละลาย	เวลา (นาที)	ความเข้มข้น โทลูอิน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
			Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
			AB	AC	AD
โพแทสเซียม เปอร์แมงกาเนต	7100	2.4153	3.1724	3.6030	3.3537
	7160	1.5840	0.7704	1.0650	0.0453
	7220	ND	-0.1133	-1.7675	-2.0168
กรดซิตริก	7280	0.7366	1.5182	1.5635	1.4956
	7340	1.4244	1.4956	0.8384	0.6798
	7400	1.8304	1.6768	1.4276	2.1074

หมายเหตุ ND = Not Detected (น้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร)

ตารางผนวกที่ ข26 ผลการทดลองหาคอตันน้ำทดลองด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
สลับกับสารละลายกรดซิตริกในวัฏจักรที่ 18

สารละลาย	เวลา (นาที)	ความเข้มข้น โทลูอิน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
			Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
			AB	AC	AD
โพแทสเซียม เปอร์แมงกาเนต	7460	1.7019	4.0789	3.0591	4.7134
	7520	ND	0.3172	0.7478	-6.9568
	7580	ND	1.0650	1.2689	-3.9882
กรดซิตริก	7640	0.9058	4.0789	3.0591	4.7134
	7700	ND	0.3172	0.7478	-6.9568
	7760	0.9594	1.0650	1.2689	-3.9882

หมายเหตุ ND = Not Detected (น้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร)

ตารางผนวกที่ ข27 ผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การกระจายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
สลับกับสารละลายกรดซัลฟิวริกในวัฏจักรที่ 19

สารละลาย	เวลา (นาท)	ความเข้มข้น โพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการสูญเสียแรงดัน (เซนติเมตรน้ำ)		
			Pressure loss	Pressure loss	Pressure loss
			AB	AC	AD
โพแทสเซียม เปอร์แมงกาเนต	7820	ND	2.0847	2.5833	2.9685
	7880	ND	0.4532	1.5635	3.1271
	7940	ND	1.8808	3.7390	1.4729
กรดซัลฟิวริก	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ND = Not Detected (น้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร)