



รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ชัยฤทธิ วสินสมบัติ. การใช้ดัชนีการกรองในการควบคุมโคแอกกูเลชัน.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต วิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.

ณรงค์ วุฑฒเสถียร. การปรับสภาพน้ำในอุตสาหกรรมและหม้อไอน้ำ.

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2526.

สมศักดิ์ เอกเวชวิท. การทำความสะอาดน้ำที่ล้างจากรถแล้วเพื่อนำกลับมา

ใช้ใหม่โดยการกรอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต วิศวกรรม
สุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520.

เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงาน

อุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน. พิมพ์ครั้งที่ 2. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2524.

ภาษาอังกฤษ

Arnold, E.G., Rhodes, R.T. and Lenore, S.C. Standard method for the examination of water and wastewater. 16th ed. APHA , AWWA and WPCF , 1985.

George, T. and Franklin, L.B. Wastewater Engineering treatment , Disposal and Reuse. 3rd ed.
McGraw-Hill Inc., 1991.

Geronimo, D.M. Hardness removal by ion exchange for industrial water uses in Bangkok. Master's Thesis,
Asian Institute of Technology, 1969.

Kirk, and Othmer,. Encyclopedia of Chemical Technology.
3rd ed. John Wiley & Son Inc., 1982.

- Kunin, R. Elements of Ion Exchange. New York:
Reinhlod Publishing, 1960.
- Munsin, T. Reclamation of potable water from high rate
oxidation pond effluent. Master's Thesis, Asian
Institute of Technology, 1971.
- Pansward, T., Polprasert, C. and Yamamoto, K. Water
pollution control in Asia. PERGAMON PRESS, 1988.
- Rohm and Haas Company. Duolite C20 Engineering Data
Sheet. 1990.
- Scott, J. and Paul, R. Implementing water reuse :
Proceeding of water reuse symposium IV August
2-7 , 1987. AWWA RESEARCH FOUNDATION, 1987.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการทดลอง

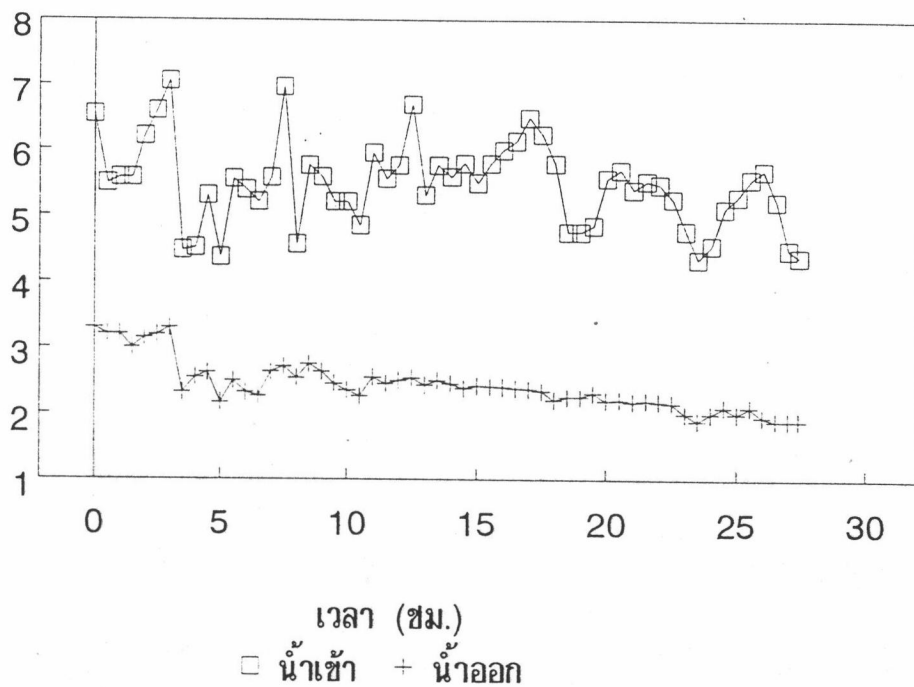
ตารางที่ ก1

ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่มีความสูงของทราย 20 ซม. และ แอนทราไซต์ 40 ซม.

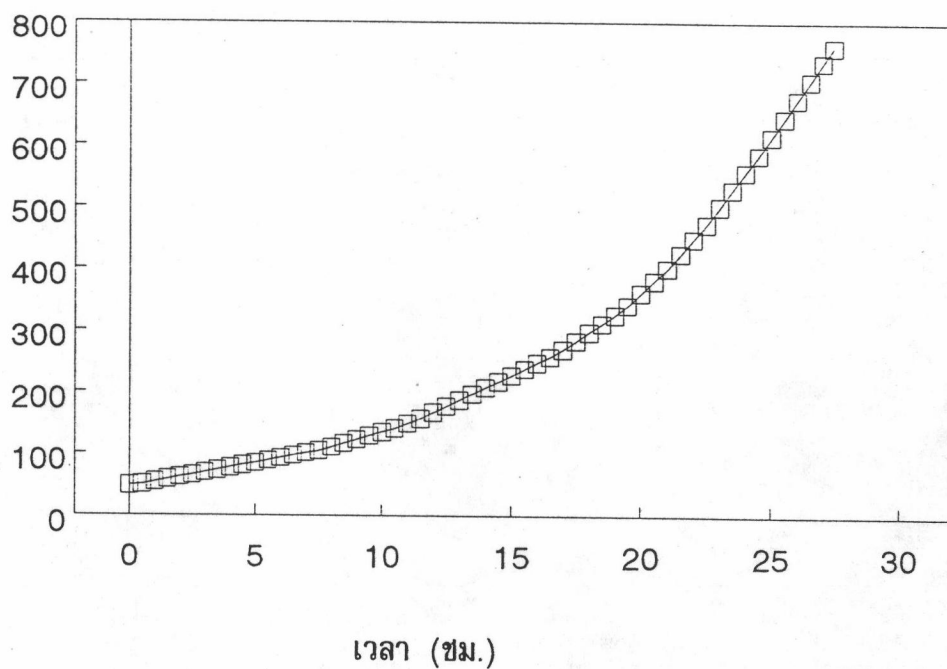
อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

เวลา (ชม.)	ค่าความขุ่น (เอ็นทียู)		ความดันสูญเสีย ทั้งหมด(มม.ปรอท)	เวลา (ชม.)	ค่าความขุ่น (เอ็นทียู)		ความดันสูญเสีย ทั้งหมด(มม.ปรอท)
	น้ำเข้า	น้ำออก			น้ำเข้า	น้ำออก	
0.0	6.54	3.30	48	17.5	6.24	2.34	283
0.5	5.49	3.21	50	18.0	5.80	2.21	297
1.0	5.58	3.21	54	18.5	4.76	2.25	311
1.5	5.58	3.00	58	19.0	4.76	2.25	325
2.0	6.21	3.15	62	19.5	4.85	2.31	341
2.5	6.60	3.20	65	20.0	5.57	2.20	361
3.0	7.06	3.30	69	20.5	5.70	2.21	381
3.5	4.48	2.32	73	21.0	5.40	2.18	401
4.0	4.52	2.55	77	21.5	5.53	2.20	425
4.5	5.31	2.62	81	22.0	5.48	2.18	449
5.0	4.38	2.17	85	22.5	5.26	2.16	473
5.5	5.56	2.50	89	23.0	4.78	2.00	501
6.0	5.40	2.32	93	23.5	4.35	1.90	529
6.5	5.21	2.26	97	24.0	4.56	2.00	557
7.0	5.58	2.63	101	24.5	5.12	2.10	585
7.5	6.97	2.71	105	25.0	5.30	2.00	615
8.0	4.57	2.54	111	25.5	5.57	2.10	645
8.5	5.77	2.75	117	26.0	5.70	1.95	675
9.0	5.59	2.63	123	26.5	5.23	1.90	705
9.5	5.21	2.45	129	27.0	4.50	1.90	735
10.0	5.21	2.35	135	27.4	4.39	1.90	760
10.5	4.85	2.26	141				
11.0	5.96	2.55	149				
11.5	5.56	2.45	157				
12.0	5.77	2.50	167				
12.5	6.70	2.54	177				
13.0	5.31	2.43	187				
13.5	5.77	2.50	197				
14.0	5.59	2.45	207				
14.5	5.80	2.38	217				
15.0	5.50	2.42	227				
15.5	5.80	2.41	237				
16.0	6.00	2.40	247				
16.5	6.14	2.38	257				
17.0	6.50	2.37	269				

ค่าความชื้น (เป็นทียู)



ความดันสูญเสียทั้งหมด (มม.ปรอท)



รูปที่ ก1 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเมดิทความสูงทราย 20 ซม. และ แอนทราไซต์ 40 ซม. อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

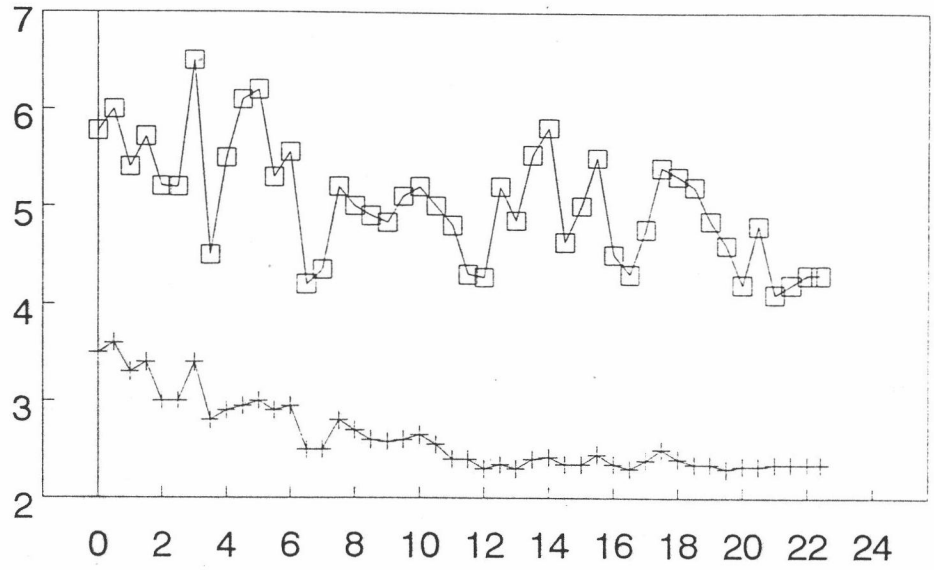
ตารางที่ ก2

ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่มีความสูงทราย 20 ซม. และ แอนทราไซต์ 40 ซม.

อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม. - ซม.

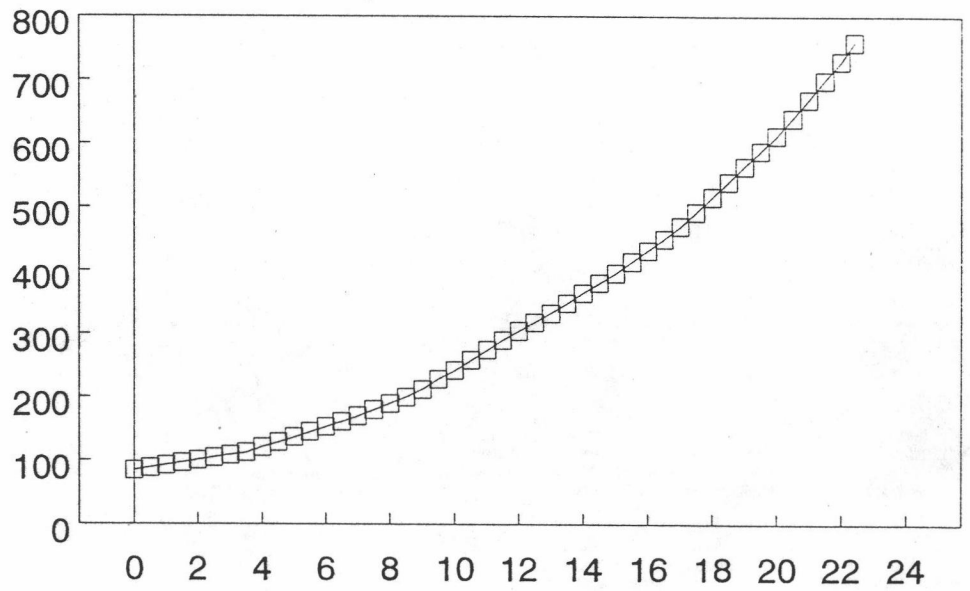
เวลา (ชม.)	ค่าความขุ่น (เอ็นทียู)		ความดันสูญเสีย ทั้งหมด(มม.ปรอท)	เวลา (ชม.)	ค่าความขุ่น (เอ็นทียู)		ความดันสูญเสีย ทั้งหมด(มม.ปรอท)
	น้ำเข้า	น้ำออก			น้ำเข้า	น้ำออก	
0.0	5.78	3.50	85	17.5	5.40	2.50	492
0.5	6.00	3.60	89	18.0	5.31	2.40	516
1.0	5.41	3.30	93	18.5	5.20	2.35	540
1.5	5.72	3.40	97	19.0	4.85	2.35	564
2.0	5.21	3.00	101	19.5	4.60	2.30	588
2.5	5.20	3.00	105	20.0	4.20	2.33	612
3.0	6.50	3.40	109	20.5	4.80	2.33	640
3.5	4.50	2.80	113	21.0	4.10	2.35	670
4.0	5.50	2.90	121	21.5	4.20	2.35	700
4.5	6.10	2.95	129	22.0	4.30	2.35	730
5.0	6.20	3.00	137	22.4	4.30	2.35	760
5.5	5.30	2.90	145				
6.0	5.56	2.95	153				
6.5	4.20	2.50	161				
7.0	4.35	2.50	170				
7.5	5.20	2.80	180				
8.0	5.00	2.70	190				
8.5	4.90	2.60	200				
9.0	4.83	2.58	212				
9.5	5.10	2.60	228				
10.0	5.20	2.65	242				
10.5	5.00	2.55	258				
11.0	4.80	2.40	274				
11.5	4.30	2.40	290				
12.0	4.27	2.30	304				
12.5	5.20	2.35	318				
13.0	4.85	2.30	332				
13.5	5.53	2.40	348				
14.0	5.81	2.42	364				
14.5	4.63	2.35	380				
15.0	5.00	2.35	396				
15.5	5.50	2.45	414				
16.0	4.50	2.35	432				
16.5	4.30	2.30	450				
17.0	4.76	2.39	470				

ค่าความชื้น (เอ็นทียู)



เวลา (ชม.)
 □ น้ำเข้า + น้ำออก

ความดันสูญเสียทั้งหมด (มม.ปรอท)



เวลา (ชม.)

รูปที่ ก2 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเมตที่ความสูงทราย 20 ซม. แอนทราไซต์ 40 ซม. อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

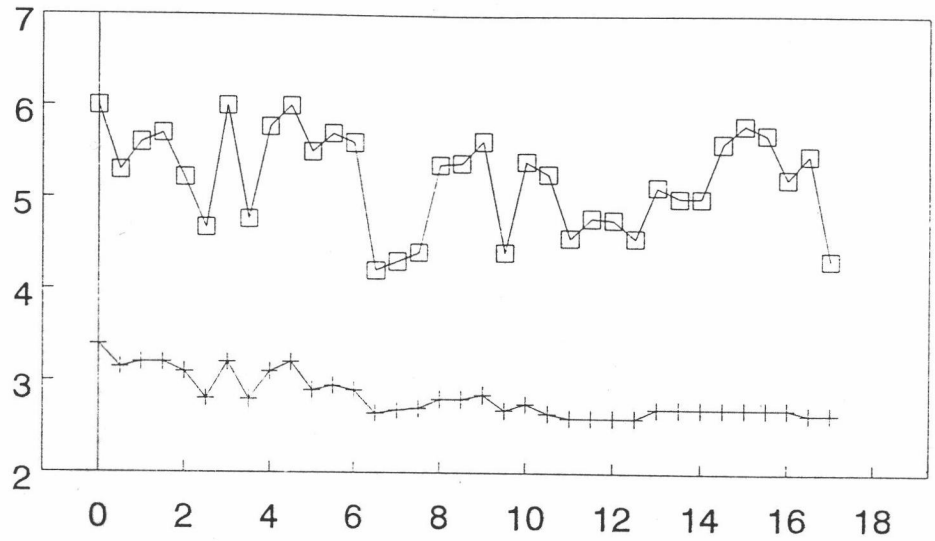
ตารางที่ ก3

ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดความสูงทราย 20 ซม. และ แอนทราไซต์ 40 ซม.

อัตราการไหล 40 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

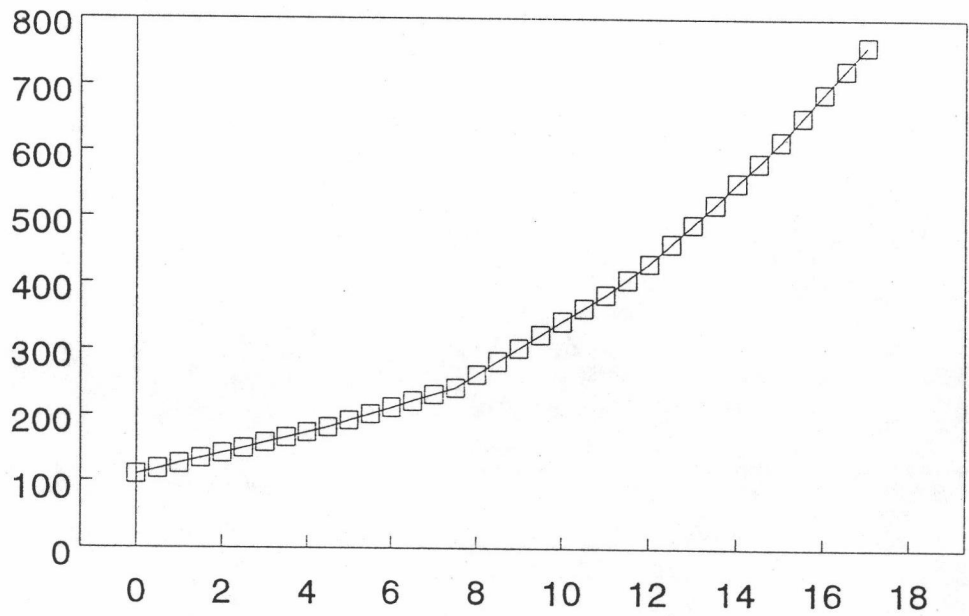
เวลา (ชม.)	ค่าความขุ่น (เอ็นทียู)		ความดันสูญเสีย ทั้งหมด(มม.ปรอท)	เวลา (ชม.)	ค่าความขุ่น (เอ็นทียู)		ความดันสูญเสีย ทั้งหมด(มม.ปรอท)
	น้ำเข้า	น้ำออก			น้ำเข้า	น้ำออก	
0.0	6.00	3.40	110				
0.5	5.30	3.15	118				
1.0	5.60	3.20	126				
1.5	5.70	3.20	134				
2.0	5.22	3.10	142				
2.5	4.67	2.81	150				
3.0	6.00	3.20	158				
3.5	4.76	2.80	166				
4.0	5.77	3.10	174				
4.5	6.00	3.20	182				
5.0	5.50	2.90	192				
5.5	5.70	2.95	202				
6.0	5.60	2.90	212				
6.5	4.20	2.65	222				
7.0	4.30	2.68	232				
7.5	4.40	2.70	242				
8.0	5.36	2.80	262				
8.5	5.38	2.80	282				
9.0	5.62	2.85	302				
9.5	4.40	2.68	322				
10.0	5.40	2.75	342				
10.5	5.26	2.65	362				
11.0	4.56	2.60	382				
11.5	4.78	2.60	405				
12.0	4.76	2.60	430				
12.5	4.56	2.60	460				
13.0	5.12	2.70	490				
13.5	5.00	2.70	520				
14.0	5.00	2.70	553				
14.5	5.60	2.70	583				
15.0	5.80	2.70	616				
15.5	5.70	2.70	652				
16.0	5.22	2.70	688				
16.5	5.48	2.65	724				
17.0	4.33	2.65	760				

ค่าความชื้น (เอินทียู)



เวลา (ชม.)
 □ น้ำเข้า + น้ำออก

ความดันสูญเสียทั้งหมด (มม.ปรอท)



เวลา (ชม.)

รูปที่ ก3 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเมตที่ความสูงทราย 20 ซม. และ แอนทราไซต์ 40 ซม. อัตราการไหล 40 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

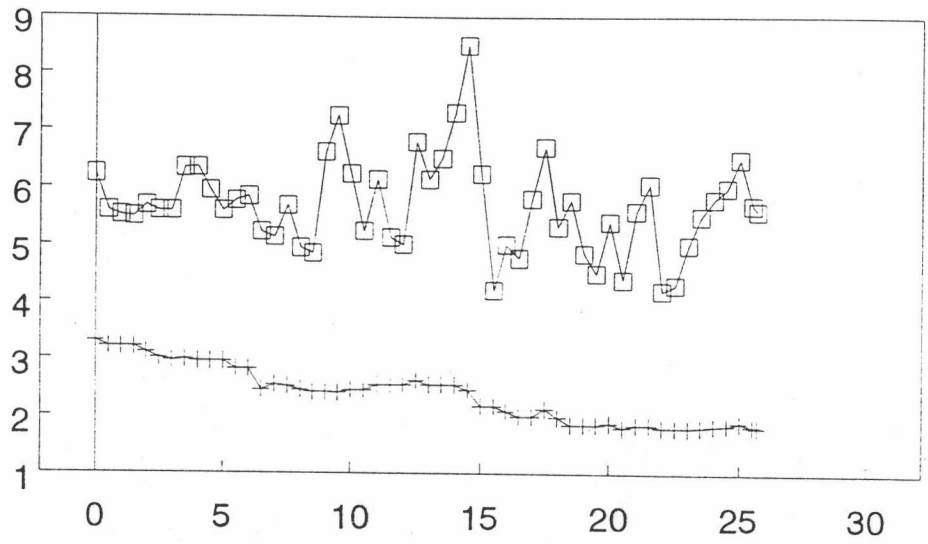
ตารางที่ ก4

ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดความสูงของทราย 25 ซม. และ แอนทราไซต์ 50 ซม.

อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม. - ซม.

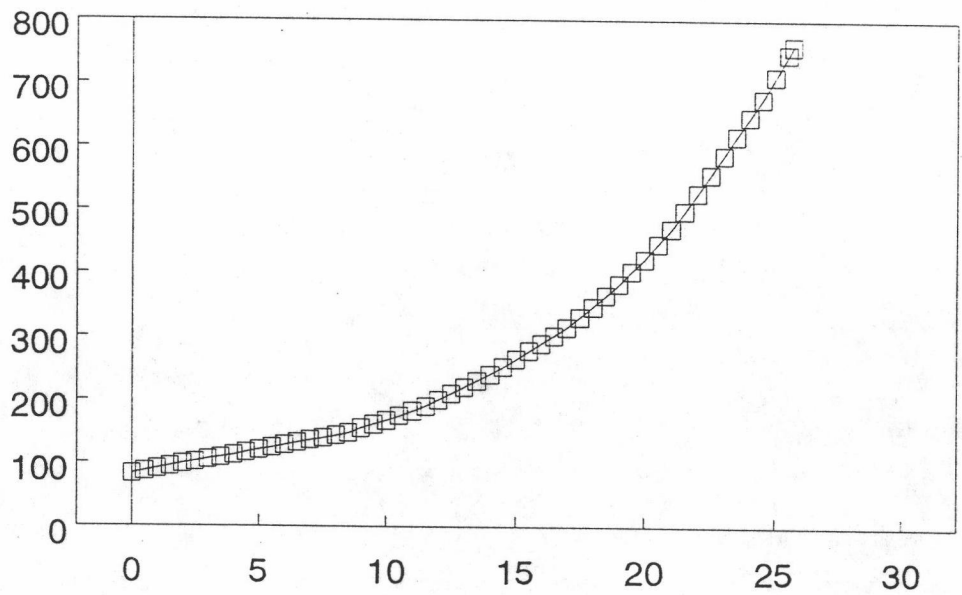
เวลา (ชม.)	ค่าความชุ่ม (เอินทียู)		ค่าความตันสูญเสีย ทั้งหมด(มม.ปรอท)	เวลา (ชม.)	ค่าความชุ่ม (เอินทียู)		ค่าความตันสูญเสีย ทั้งหมด(มม.ปรอท)
	น้ำเข้า	น้ำออก			น้ำเข้า	น้ำออก	
0.0	6.23	3.30	83	17.5	6.70	2.12	331
0.5	5.59	3.20	87	18.0	5.31	1.98	347
1.0	5.51	3.20	91	18.5	5.77	1.85	365
1.5	5.49	3.20	95	19.0	4.85	1.85	383
2.0	5.68	3.10	99	19.5	4.50	1.85	403
2.5	5.59	3.00	102	20.0	5.40	1.88	423
3.0	5.59	2.96	106	20.5	4.39	1.80	447
3.5	6.34	2.98	109	21.0	5.59	1.85	471
4.0	6.35	2.95	113	21.5	6.05	1.85	499
4.5	5.95	2.95	117	22.0	4.20	1.80	527
5.0	5.59	2.95	121	22.5	4.30	1.80	557
5.5	5.77	2.82	125	23.0	5.00	1.80	587
6.0	5.84	2.82	129	23.5	5.50	1.81	617
6.5	5.22	2.45	133	24.0	5.80	1.84	647
7.0	5.13	2.54	137	24.5	6.00	1.85	677
7.5	5.68	2.52	140	25.0	6.50	1.90	712
8.0	4.94	2.45	144	25.5	5.70	1.83	747
8.5	4.85	2.41	148	25.7	5.60	1.82	760
9.0	6.61	2.41	156				
9.5	7.25	2.40	162				
10.0	6.24	2.45	168				
10.5	5.23	2.45	175				
11.0	6.14	2.54	183				
11.5	5.12	2.54	191				
12.0	5.00	2.54	201				
12.5	6.79	2.62	211				
13.0	6.14	2.54	221				
13.5	6.50	2.54	231				
14.0	7.30	2.54	241				
14.5	8.50	2.45	253				
15.0	6.24	2.17	265				
15.5	4.20	2.17	278				
16.0	5.00	2.08	290				
16.5	4.76	1.99	302				
17.0	5.80	1.99	315				

ค่าความชื้น (เป็นทียู)



เวลา (ชม.)
 □ น้ำเข้า + น้ำออก

ความดันสูญเสียน้ำทั้งหมด (มม.ปรอท)



เวลา (ชม.)

รูปที่ ก4 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเมื่อดึงความสูงทราย 25 ซม. และ แอนทราไซต์ 50 ซม. อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

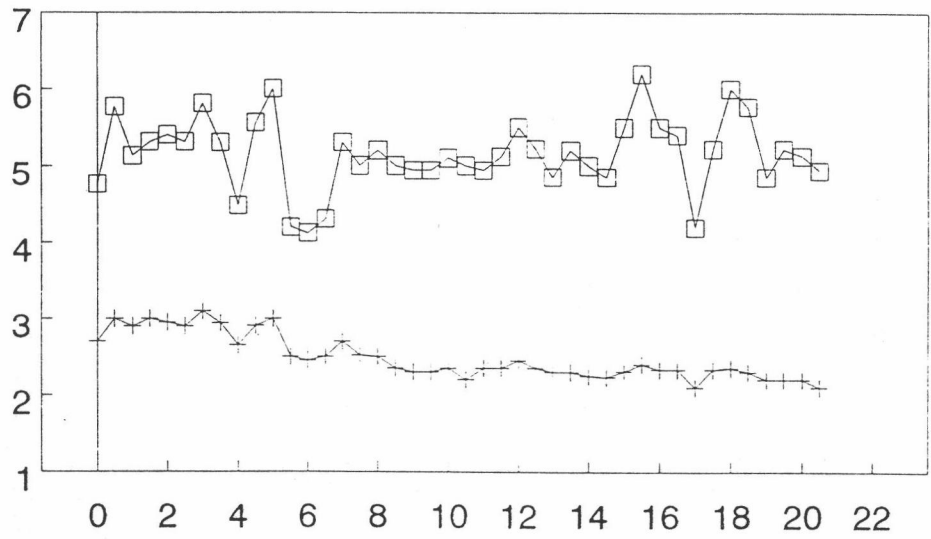
ตารางที่ ก5

ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดความสูงของทราย 25 ซม. และ แอนทราไซต์ 50 ซม.

อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม. - ซม.

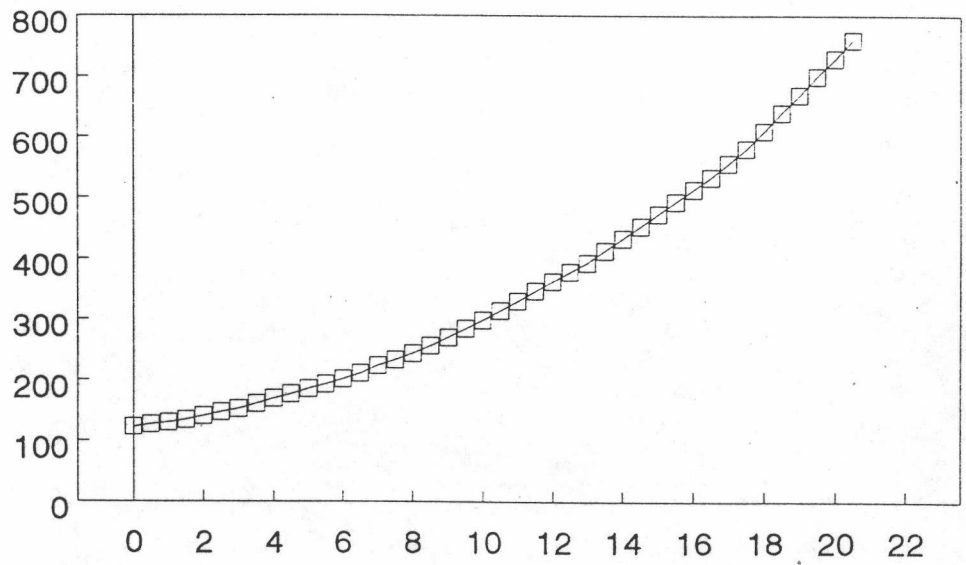
เวลา (ชม.)	ค่าความขุ่น(เอ็นทียู)		ค่าความดันสูญเสีย ทั้งหมด(มม.ปรอท)	เวลา (ชม.)	ค่าความขุ่น(เอ็นทียู)		ค่าความดันสูญเสีย ทั้งหมด(มม.ปรอท)
	น้ำเข้า	น้ำออก			น้ำเข้า	น้ำออก	
0.0	4.76	2.70	123	17.5	5.22	2.33	580
0.5	5.77	3.00	127	18.0	6.00	2.35	610
1.0	5.13	2.90	131	18.5	5.77	2.30	640
1.5	5.31	3.00	135	19.0	4.85	2.20	670
2.0	5.40	2.95	141	19.5	5.22	2.20	700
2.5	5.31	2.90	147	20.0	5.13	2.20	730
3.0	5.81	3.10	153	20.5	4.94	2.10	760
3.5	5.30	2.94	161				
4.0	4.48	2.65	169				
4.5	5.56	2.91	177				
5.0	6.00	3.00	185				
5.5	4.20	2.50	193				
6.0	4.12	2.45	201				
6.5	4.30	2.50	211				
7.0	5.30	2.70	223				
7.5	5.00	2.52	233				
8.0	5.20	2.50	243				
8.5	5.00	2.35	256				
9.0	4.94	2.30	270				
9.5	4.94	2.30	284				
10.0	5.10	2.35	298				
10.5	5.00	2.20	314				
11.0	4.94	2.35	330				
11.5	5.12	2.35	346				
12.0	5.50	2.45	362				
12.5	5.22	2.35	378				
13.0	4.85	2.30	392				
13.5	5.20	2.30	412				
14.0	5.00	2.25	432				
14.5	4.85	2.23	452				
15.0	5.50	2.31	472				
15.5	6.20	2.40	492				
16.0	5.50	2.33	512				
16.5	5.40	2.33	532				
17.0	4.20	2.10	556				

ค่าความชุ่ม (เกินทียู)



เวลา (ชม.)
 □ น้ำเข้า + น้ำออก

ความดันสูญเสียน้ำทั้งหมด (มม.ปรอท)



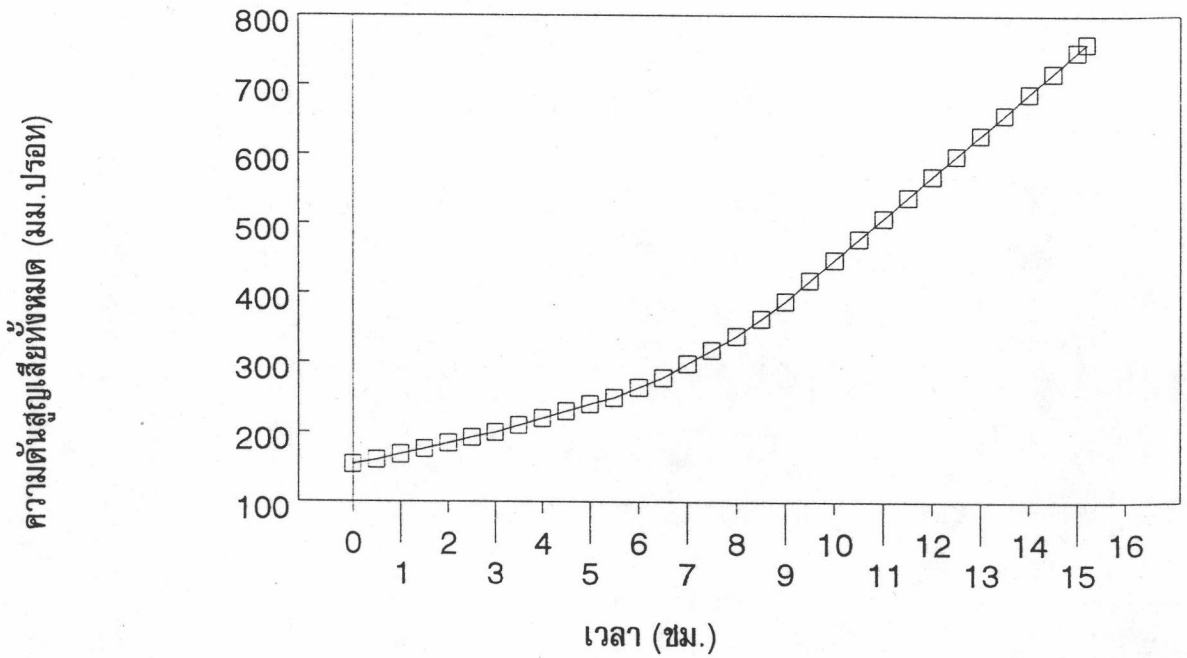
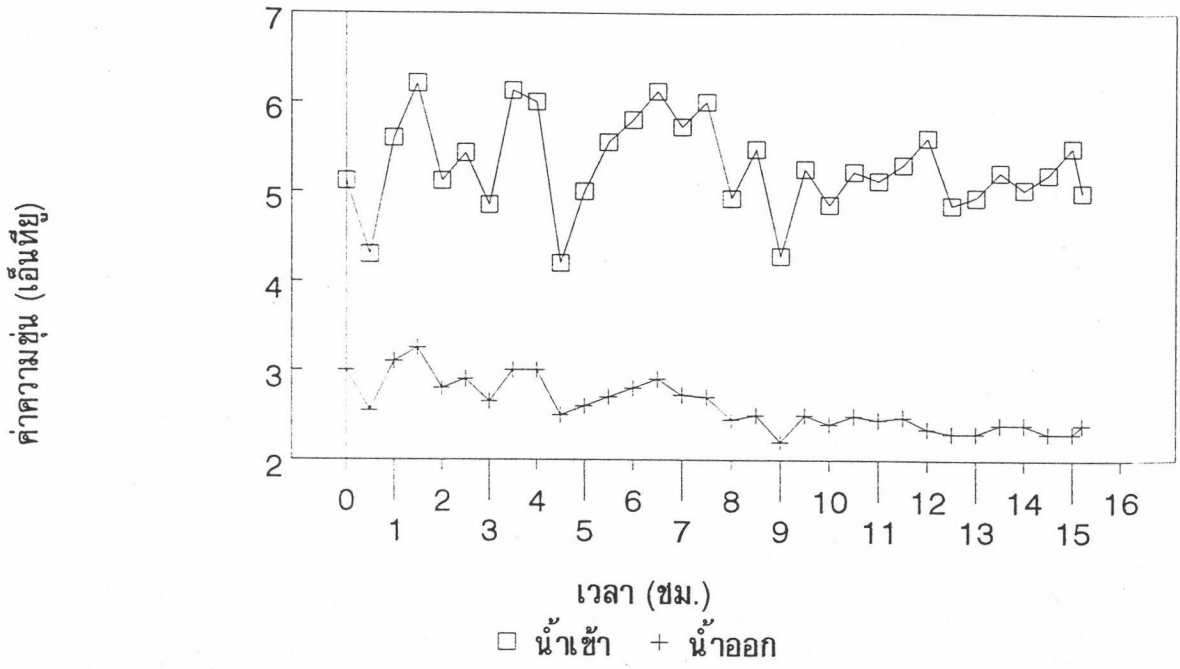
เวลา (ชม.)

รูปที่ ก5 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่มีความสูงทราย 25 ซม. และ แอนทราไซต์ 50 ซม. อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม.- ชม.

ตารางที่ ก6

ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่มีความสูงของทราย 25 ซม. และ แอนทราไซต์ 50 ซม.
อัตราการไหล 40 ลบ.ม./ตร.ม. - ซม.

เวลา (ชม.)	ค่าความขุ่น(เอ็นทียู)		ความดันสูญเสีย ทั้งหมด(มม.ปรอท)	เวลา (ชม.)	ค่าความขุ่น(เอ็นทียู)		ความดันสูญเสีย ทั้งหมด(มม.ปรอท)
	น้ำเข้า	น้ำออก			น้ำเข้า	น้ำออก	
0.0	5.12	3.00	154				
0.5	4.30	2.55	160				
1.0	5.60	3.10	168				
1.5	6.21	3.25	176				
2.0	5.12	2.80	184				
2.5	5.43	2.90	192				
3.0	4.85	2.65	200				
3.5	6.13	3.00	210				
4.0	6.00	3.00	220				
4.5	4.20	2.50	230				
5.0	5.00	2.60	240				
5.5	5.55	2.70	250				
6.0	5.80	2.80	264				
6.5	6.12	2.90	278				
7.0	5.72	2.72	298				
7.5	6.00	2.70	318				
8.0	4.92	2.45	338				
8.5	5.47	2.50	363				
9.0	4.28	2.20	388				
9.5	5.25	2.50	418				
10.0	4.85	2.40	448				
10.5	5.22	2.49	478				
11.0	5.12	2.45	508				
11.5	5.30	2.48	538				
12.0	5.60	2.35	568				
12.5	4.85	2.30	598				
13.0	4.94	2.30	628				
13.5	5.22	2.40	658				
14.0	5.03	2.40	688				
14.5	5.20	2.30	718				
15.0	5.50	2.30	748				
15.2	5.00	2.40	760				



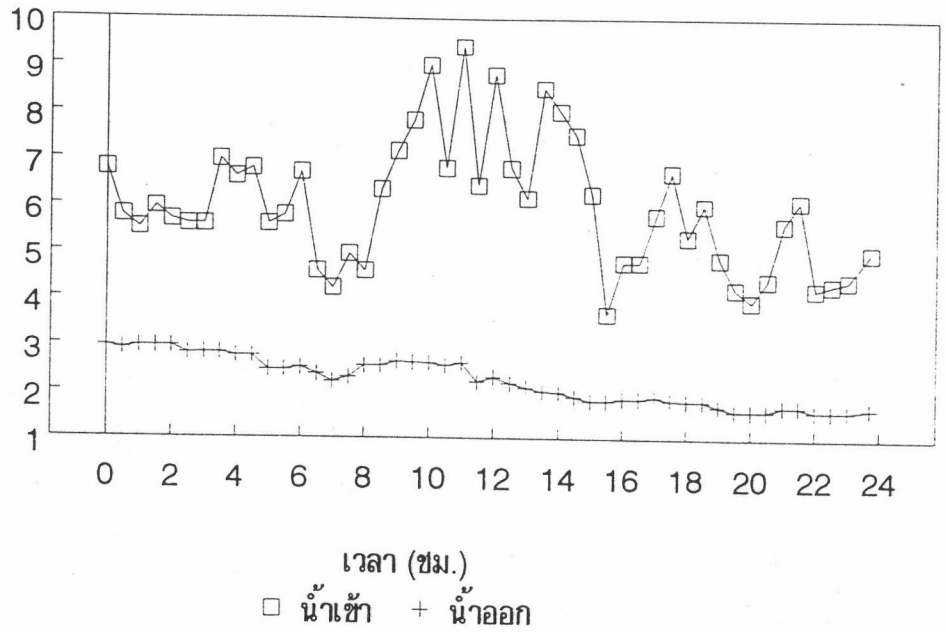
รูปที่ ก6 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเมดที่ความสูงของทราย 25 ซม. และ แอนทราไซต์ 50 ซม. อัตราการไหล 40 ลบ.ม./ตร.ม. - ชม.

ตารางที่ ก7

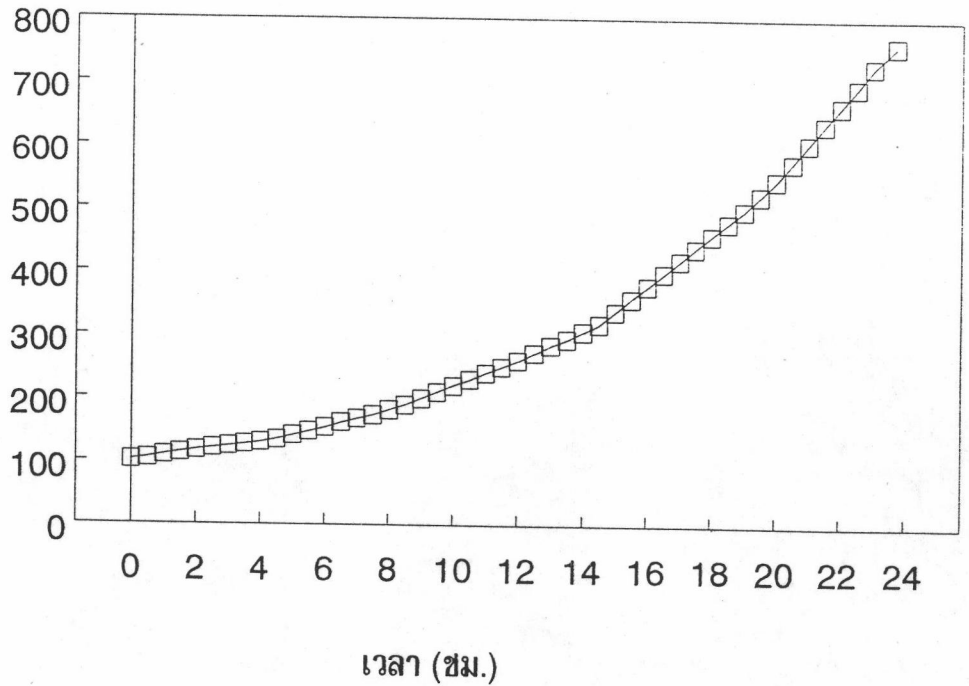
ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่มีความสูงของทราย 30 ซม. และ แอนทราไซต์ 60 ซม.
อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม. - ซม.

เวลา (ชม.)	ค่าความขุ่น (เอ็นทียู)		ความดันสูญเสีย ทั้งหมด(มม.ปรอท)	เวลา (ชม.)	ค่าความขุ่น (เอ็นทียู)		ความดันสูญเสีย ทั้งหมด(มม.ปรอท)
	น้ำเข้า	น้ำออก			น้ำเข้า	น้ำออก	
0.0	6.79	2.96	102	17.5	6.70	1.82	438
0.5	5.77	2.90	105	18.0	5.31	1.80	458
1.0	5.50	2.95	110	18.5	6.00	1.80	478
1.5	5.96	2.95	114	19.0	4.85	1.70	498
2.0	5.68	2.95	118	19.5	4.20	1.60	522
2.5	5.59	2.80	122	20.0	3.93	1.60	546
3.0	5.59	2.82	125	20.5	4.39	1.60	574
3.5	6.98	2.82	128	21.0	5.60	1.70	604
4.0	6.61	2.75	131	21.5	6.10	1.70	634
4.5	6.79	2.75	135	22.0	4.20	1.60	664
5.0	5.59	2.45	142	22.5	4.30	1.60	694
5.5	5.77	2.45	148	23.0	4.39	1.60	727
6.0	6.70	2.50	154	23.7	5.00	1.65	760
6.5	4.57	2.36	162				
7.0	4.20	2.20	168				
7.5	4.94	2.30	174				
8.0	4.57	2.54	182				
8.5	6.33	2.54	190				
9.0	7.16	2.62	200				
9.5	7.81	2.61	210				
10.0	9.00	2.60	220				
10.5	6.79	2.54	230				
11.0	9.40	2.60	240				
11.5	6.42	2.20	250				
12.0	8.80	2.30	260				
12.5	6.79	2.17	272				
13.0	6.14	2.08	284				
13.5	8.50	2.00	294				
14.0	8.00	1.99	306				
14.5	7.50	1.89	318				
15.0	6.24	1.80	338				
15.5	3.65	1.80	358				
16.0	4.76	1.85	378				
16.5	4.76	1.85	398				
17.0	5.77	1.89	418				

ค่าความชื้น (เฮนทียู)



ความดันสูญเสียทั้งหมด (มม.ปรอท)



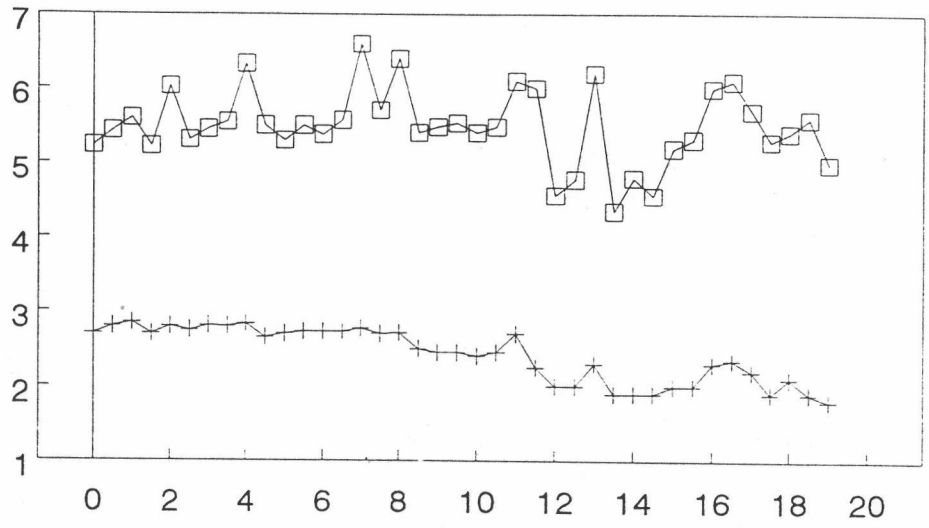
รูปที่ ก7 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเมดที่ความสูงของทราย 30 ซม. และ แอนทราไซต์ 60 ซม. อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ตารางที่ ก8

ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่มีความสูงของทราย 30 ซม. และ แอนทราไซต์ 60 ซม.
อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

เวลา (ชม.)	ค่าความสูง (เอินทียู)		ความดันสูญเสีย ทั้งหมด(มม.ปรอท)	เวลา (ชม.)	ค่าความสูง (เอินทียู)		ความดันสูญเสีย ทั้งหมด(มม.ปรอท)
	น้ำเข้า	น้ำออก			น้ำเข้า	น้ำออก	
0.0	5.23	2.70	138	17.5	5.30	1.90	672
0.5	5.43	2.80	146	18.0	5.41	2.10	700
1.0	5.60	2.85	154	18.5	5.60	1.90	730
1.5	5.22	2.70	164	19.0	5.00	1.80	760
2.0	6.03	2.80	172				
2.5	5.31	2.75	180				
3.0	5.45	2.81	188				
3.5	5.55	2.80	196				
4.0	6.33	2.83	204				
4.5	5.50	2.65	214				
5.0	5.30	2.70	224				
5.5	5.50	2.73	232				
6.0	5.38	2.73	240				
6.5	5.57	2.73	256				
7.0	6.60	2.77	268				
7.5	5.70	2.70	284				
8.0	6.40	2.71	300				
8.5	5.40	2.50	316				
9.0	5.48	2.45	334				
9.5	5.53	2.45	352				
10.0	5.40	2.40	364				
10.5	5.48	2.45	380				
11.0	6.10	2.70	400				
11.5	6.00	2.25	414				
12.0	4.56	2.00	434				
12.5	4.78	2.00	450				
13.0	6.20	2.30	470				
13.5	4.35	1.90	490				
14.0	4.80	1.90	510				
14.5	4.56	1.90	530				
15.0	5.20	2.00	550				
15.5	5.32	2.00	572				
16.0	6.00	2.30	596				
16.5	6.10	2.35	620				
17.0	5.70	2.20	644				

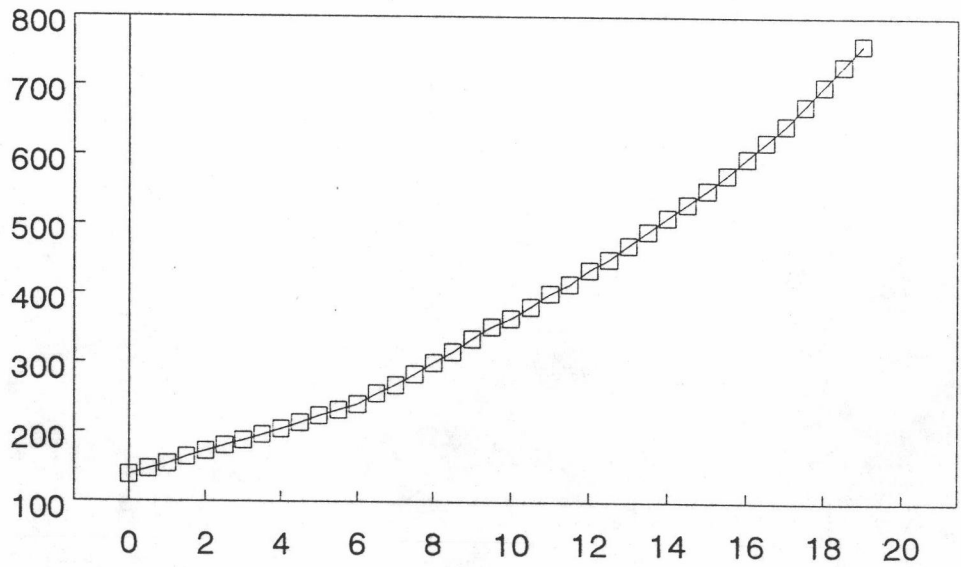
ค่าความชื้น (เอ็นทีย)



เวลา (ชม.)

□ น้ำเข้า + น้ำออก

ความดันสูญเสียน้ำทั้งหมด (มม.ปรอท)



เวลา (ชม.)

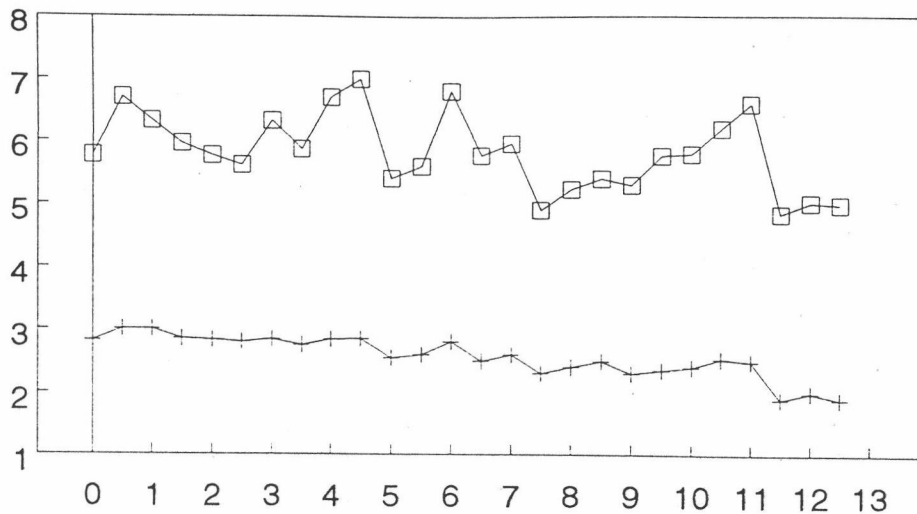
รูปที่ ๓8 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเมตที่ความสูงของทราย 30 ซม. และ แอนทราไซต์ 60 ซม. อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ตารางที่ ก9

ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่มีความสูงทราย 30 ซม. และ แอนทราไซต์ 60 ซม.
อัตราการไหล 40 ลบ.ม./ตร.ม. - ซม.

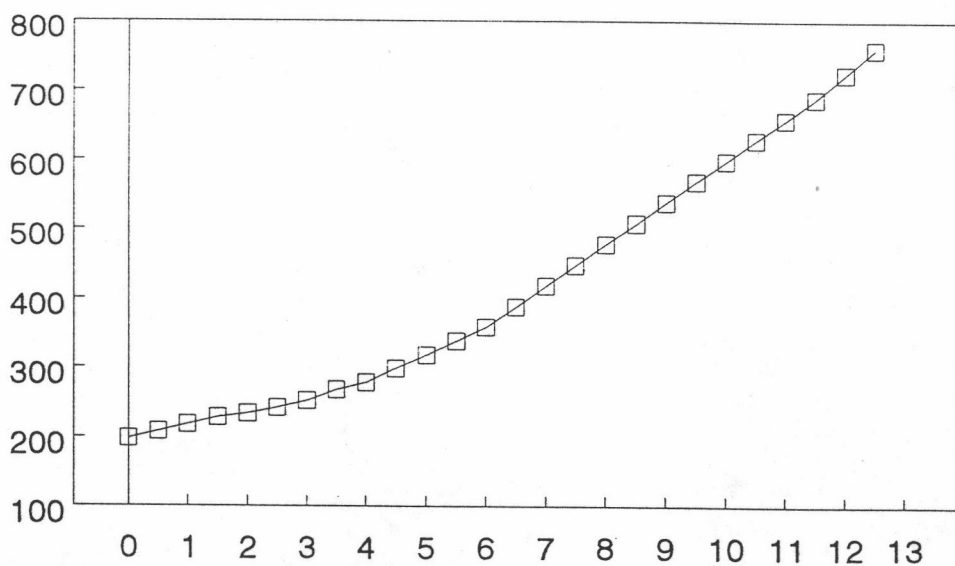
เวลา (ชม.)	ค่าความขุ่น (เอ็นทียู)		ความดันสูญเสีย ทั้งหมด(มม.ปรอท)	เวลา (ชม.)	ค่าความขุ่น (เอ็นทียู)		ความดันสูญเสีย ทั้งหมด(มม.ปรอท)
	น้ำเข้า	น้ำออก			น้ำเข้า	น้ำออก	
0.0	5.77	2.82	198				
0.5	6.70	3.00	208				
1.0	6.33	3.00	218				
1.5	5.96	2.85	228				
2.0	5.77	2.83	234				
2.5	5.62	2.80	242				
3.0	6.33	2.84	252				
3.5	5.87	2.75	268				
4.0	6.70	2.84	278				
4.5	7.00	2.85	298				
5.0	5.40	2.55	318				
5.5	5.60	2.60	338				
6.0	6.80	2.80	358				
6.5	5.77	2.50	388				
7.0	5.96	2.60	418				
7.5	4.90	2.30	448				
8.0	5.23	2.40	478				
8.5	5.40	2.50	508				
9.0	5.30	2.30	538				
9.5	5.77	2.35	568				
10.0	5.80	2.40	598				
10.5	6.20	2.53	628				
11.0	6.60	2.50	658				
11.5	4.85	1.90	688				
12.0	5.03	2.00	724				
12.5	5.00	1.90	760				

ค่าความชุ่ม (เอ็นทียู)



เวลา (ชม.)
 □ น้ำเข้า + น้ำออก

ความดันสูญเสียทั้งหมด (มม.ปรอท)



เวลา (ชม.)

รูปที่ ก9 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเมดที่ความสูงของทราย 30 ซม. และ แอนทราไซต์ 60 ซม. อัตราการไหล 40 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

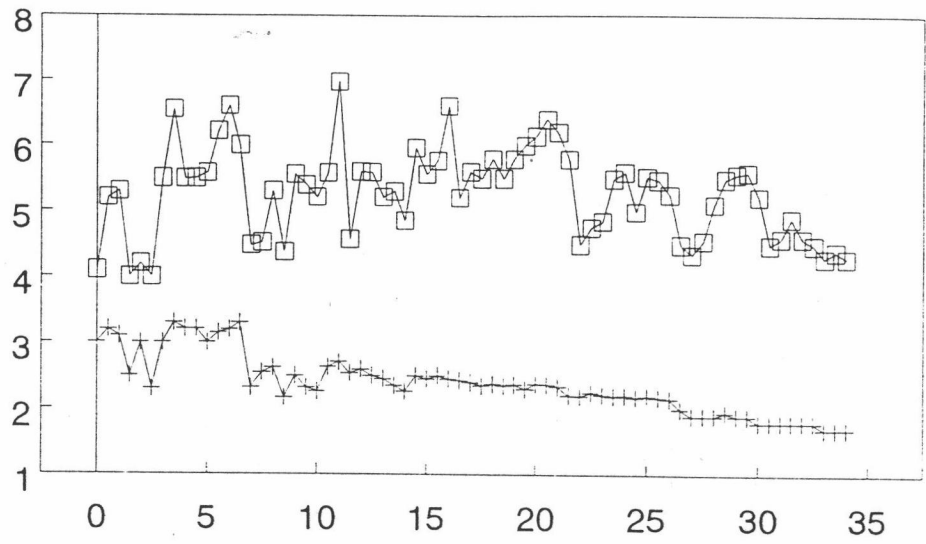
ตารางที่ ก10

ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่มีความสูงของทราย 20 ซม. และ แอนทราไซต์ 40 ซม.

อัตราการไหล 10 ลบ.ม./ตร.ม. - ซม.

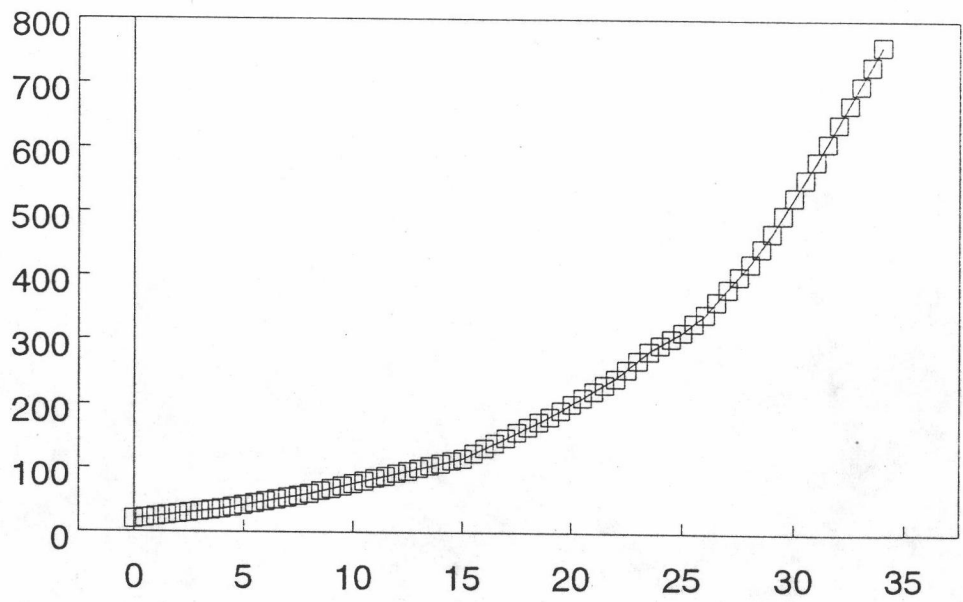
เวลา (ชม.)	ค่าความชุ่ม (เอ็นทียู)		ความดันสูญเสีย ทั้งหมด(มม.ปรอท)	เวลา (ชม.)	ค่าความชุ่ม (เอ็นทียู)		ความดันสูญเสีย ทั้งหมด(มม.ปรอท)
	น้ำเข้า	น้ำออก			น้ำเข้า	น้ำออก	
0.0	4.10	3.00	20	17.5	5.50	2.35	157
0.5	5.20	3.20	22	18.0	5.80	2.38	165
1.0	5.30	3.10	24	18.5	5.50	2.35	173
1.5	4.00	2.50	26	19.0	5.80	2.37	181
2.0	4.20	3.00	28	19.5	6.00	2.30	191
2.5	4.00	2.30	30	20.0	6.14	2.38	201
3.0	5.50	3.00	32	20.5	6.40	2.37	211
3.5	6.54	3.30	34	21.0	6.20	2.34	221
4.0	5.49	3.21	36	21.5	5.80	2.21	231
4.5	5.50	3.21	39	22.0	4.50	2.20	241
5.0	5.58	3.00	42	22.5	4.76	2.25	255
5.5	6.21	3.15	45	23.0	4.85	2.22	269
6.0	6.60	3.20	48	23.5	5.50	2.20	283
6.5	6.00	3.30	51	24.0	5.60	2.21	293
7.0	4.48	2.32	54	24.5	5.00	2.18	303
7.5	4.52	2.55	57	25.0	5.53	2.20	313
8.0	5.31	2.62	60	25.5	5.48	2.18	327
8.5	4.38	2.17	64	26.0	5.26	2.16	341
9.0	5.56	2.50	68	26.5	4.50	2.00	361
9.5	5.40	2.32	72	27.0	4.35	1.90	381
10.0	5.21	2.26	76	27.5	4.56	1.90	401
10.5	5.58	2.63	80	28.0	5.12	1.90	421
11.0	6.97	2.71	84	28.5	5.50	1.95	445
11.5	4.57	2.54	88	29.0	5.57	1.90	469
12.0	5.60	2.60	92	29.5	5.60	1.90	497
12.5	5.59	2.50	96	30.0	5.23	1.80	525
13.0	5.21	2.45	100	30.5	4.50	1.80	553
13.5	5.30	2.35	104	31.0	4.60	1.80	581
14.0	4.85	2.26	108	31.5	4.90	1.80	609
14.5	5.96	2.50	112	32.0	4.60	1.80	639
15.0	5.56	2.45	116	32.5	4.50	1.80	669
15.5	5.77	2.50	124	33.0	4.30	1.70	699
16.0	6.60	2.45	132	33.5	4.40	1.70	729
16.5	5.20	2.43	140	34.0	4.30	1.70	760
17.0	5.60	2.40	148				

ค่าความชื้น (เฮนทียู)



เวลา (ชม.)
 □ น้ำเข้า + น้ำออก

ความดันสูญเสียน้ำทั้งหมด (มม.ปรอท)



เวลา (ชม.)

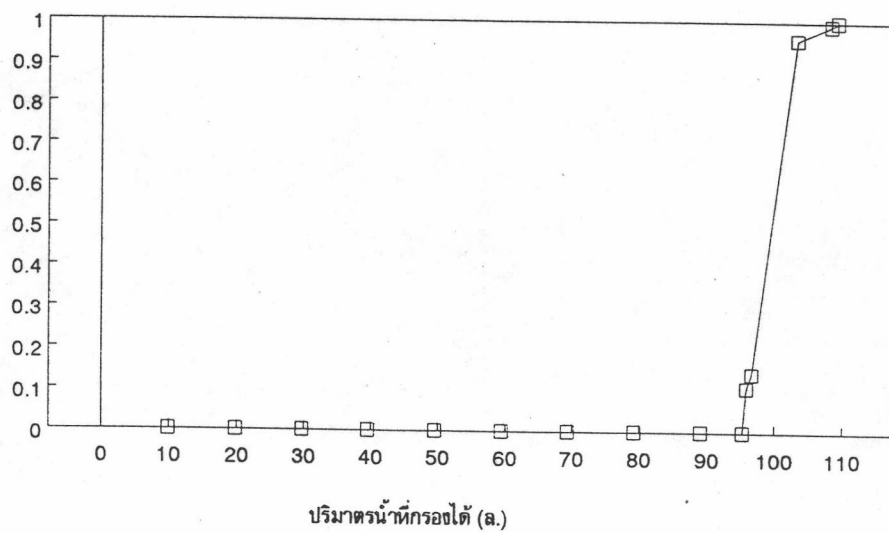
รูปที่ 10 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่มีความสูงของทราย 20 ซม. และ แอนทราไซด์ 40 ซม. อัตราการไหล 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ตารางที่ ก11

ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 70 ซม. อัตราการไหล 10 ลบ.ม./ตร.ม. - ซม.

เวลา (ชม.)	ปริมาณน้ำ ที่กรองได้ ΔV (ล.)	ความเป็นต่าง น้ำเข้า (มก./ล.)	ความเป็นต่าง น้ำออก (มก./ล.)	ความเป็นต่างน้ำออก/ ความเป็นต่างน้ำเข้า	ความเป็นต่างที่ ถูกกำจัด (มก.)
0.00	0.00	530	0	0.00	0.0
0.50	9.90	530	0	0.00	5247.0
1.00	9.90	550	0	0.00	5346.0
1.50	9.90	550	0	0.00	5445.0
2.00	9.90	540	0	0.00	5395.5
2.50	9.90	540	0	0.00	5346.0
3.00	9.90	530	0	0.00	5296.5
3.50	9.90	530	0	0.00	5247.0
4.00	9.90	520	0	0.00	5197.5
4.50	9.90	520	0	0.00	5148.0
4.81	6.14	550	0	0.00	3283.8
4.84	0.59	560	60	0.11	-
4.88	0.79	565	80	0.14	-
5.21	6.53	565	540	0.96	-
5.46	4.95	565	560	0.99	-
5.51	0.99	565	565	1.00	-

ความเป็นต่างน้ำออก/ความเป็นต่างน้ำเข้า



รูปที่ ก11

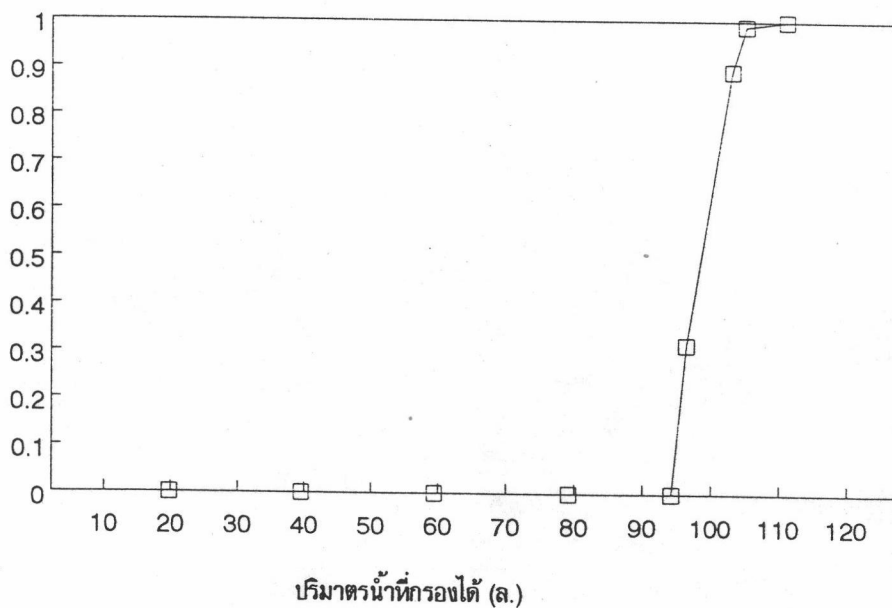
ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 70 ซม. อัตราการไหล 10 ลบ.ม./ตร.ม. - ซม.

ตารางที่ ก12

ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 70 ซม. อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

เวลา (ชม.)	ปริมาณน้ำ ที่กรองได้ ΔV (ล.)	ความเป็นต่าง น้ำเข้า (มก./ล.)	ความเป็นต่าง น้ำออก (มก./ล.)	ความเป็นต่างน้ำออก/ ความเป็นต่างน้ำเข้า	ความเป็นต่างที่ ถูกกำจัด (มก.)
0.00	0.00	515	0	0.00	0.0
0.50	19.80	515	0	0.00	10197.0
1.00	19.80	515	0	0.00	10197.0
1.50	19.80	520	0	0.00	10246.5
2.00	19.80	520	0	0.00	10296.0
2.38	15.05	525	0	0.00	7862.6
2.43	2.10	525	165	0.31	-
2.60	6.61	560	500	0.89	-
2.65	1.98	560	554	0.99	-
2.80	5.94	560	560	1.00	-

ความเป็นต่างน้ำออก/ความเป็นต่างน้ำเข้า



รูปที่ ก12

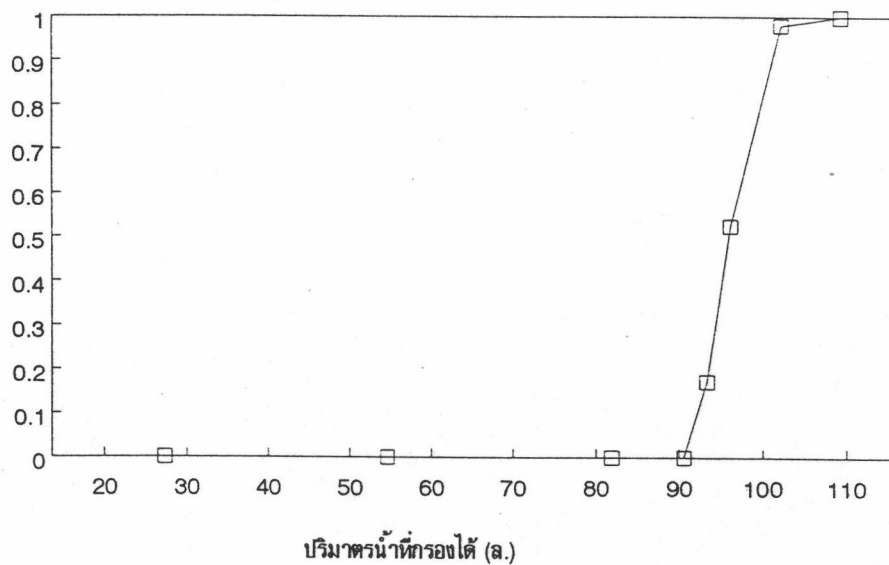
ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 70 ซม. อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ตารางที่ ก13

ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 70 ซม. อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม. - ชม.

เวลา (ชม.)	ปริมาณน้ำ ที่กรองได้ ΔV (ล.)	ความเป็นต่าง น้ำเข้า (มก./ล.)	ความเป็นต่าง น้ำออก (มก./ล.)	ความเป็นต่างน้ำออก/ ความเป็นต่างน้ำเข้า	ความเป็นต่างที่ ถูกกำจัด (มก.)
0.00	0.00	500	0	0.00	0.0
0.50	27.30	500	0	0.00	13650.0
1.00	27.30	500	0	0.00	13650.0
1.50	27.30	550	0	0.00	14332.5
1.66	8.74	580	0	0.00	4935.8
1.71	2.73	580	100	0.17	-
1.76	2.73	515	270	0.52	-
1.87	6.01	515	505	0.98	-
2.00	7.10	515	515	1.00	-

ความเป็นต่างน้ำออก/ความเป็นต่างน้ำเข้า



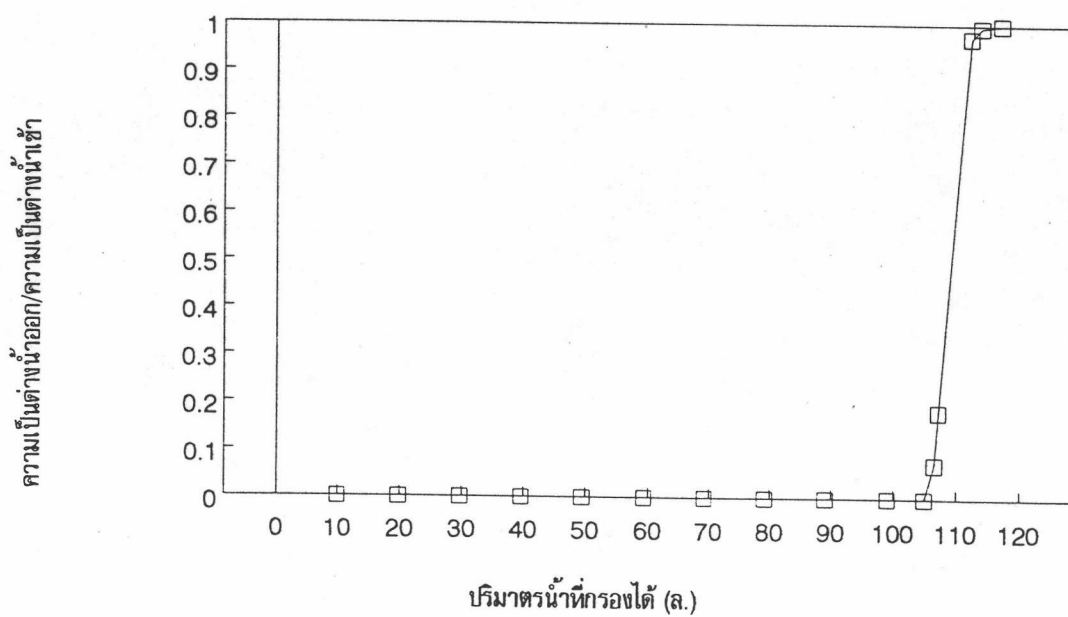
รูปที่ ก13

ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 70 ซม. อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม. - ชม.

ตารางที่ ก14

ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 80 ซม. อัตราการไหล 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

เวลา (ชม.)	ปริมาณน้ำ ที่กรองได้ ΔV (ล.)	ความเป็นต่าง น้ำเข้า (มก./ล.)	ความเป็นต่าง น้ำออก (มก./ล.)	ความเป็นต่างน้ำออก/ ความเป็นต่างน้ำเข้า	ความเป็นต่างที่ ถูกกำจัด (มก.)
0.00	0.00	550	0	0.00	0.0
0.50	9.90	550	0	0.00	5445.0
1.00	9.90	550	0	0.00	5445.0
1.50	9.90	560	0	0.00	5494.5
2.00	9.90	560	0	0.00	5544.0
2.50	9.90	560	0	0.00	5544.0
3.00	9.90	560	0	0.00	5544.0
3.50	9.90	570	0	0.00	5593.5
4.00	9.90	570	0	0.00	5643.0
4.50	9.90	570	0	0.00	5643.0
5.00	9.90	570	0	0.00	5643.0
5.30	5.94	550	0	0.00	3326.4
5.38	1.58	550	40	0.07	-
5.41	0.59	550	100	0.18	-
5.66	4.95	550	534	0.97	-
5.74	1.58	550	547	0.99	-
5.90	3.17	550	550	1.00	-



รูปที่ ก14

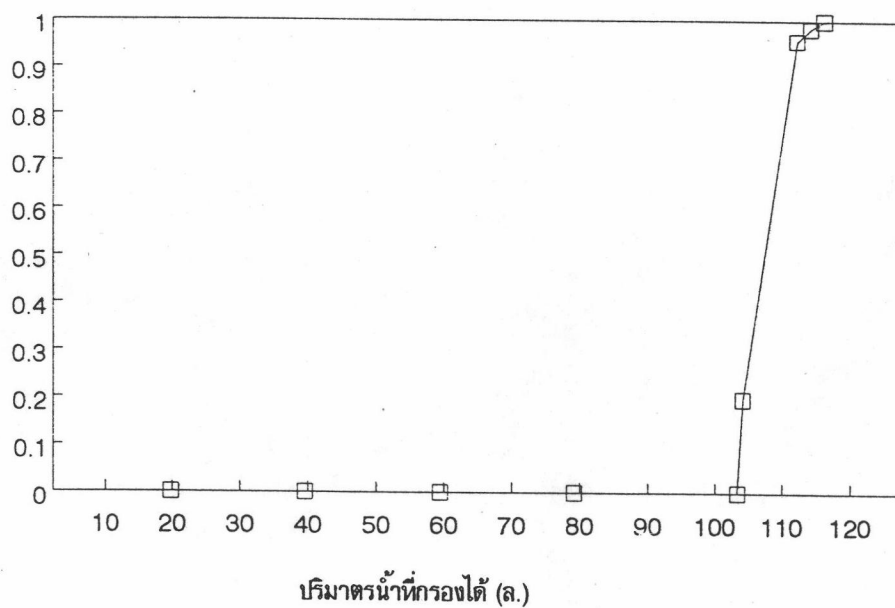
ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 80 ซม. อัตราการไหล 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ตารางที่ ก15

ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 80 ซม. อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

เวลา (ชม.)	ปริมาณน้ำ ที่กรองได้ ΔV (ล.)	ความเป็นต่าง น้ำเข้า (มก./ล.)	ความเป็นต่าง น้ำออก (มก./ล.)	ความเป็นต่างน้ำออก/ ความเป็นต่างน้ำเข้า	ความเป็นต่างที่ ถูกกำจัด (มก.)
0.00	0.00	500	0	0	0.0
0.50	19.80	500	0	0	9900.0
1.00	19.80	555	0	0	10444.5
1.50	19.80	555	0	0	10989.0
2.00	19.80	610	0	0	11533.5
2.61	24.16	610	0	0	14735.2
2.63	0.79	585	115	0.20	-
2.83	7.92	585	560	0.96	-
2.88	1.98	585	575	0.98	-
2.93	1.98	585	585	1.00	-

ความเป็นต่างน้ำออก/ความเป็นต่างน้ำเข้า



รูปที่ ก15

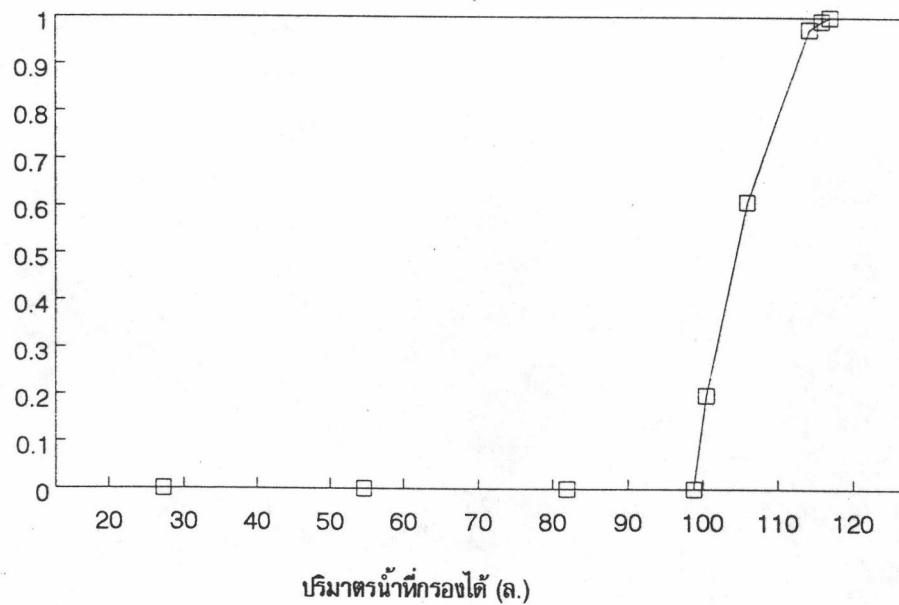
ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 80 ซม. อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ตารางที่ ก16

ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 80 ซม. อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม. - ซม.

เวลา (ชม.)	ปริมาณน้ำ ที่กรองได้ ΔV (ล.)	ความเป็นต่าง น้ำเข้า (มก./ล.)	ความเป็นต่าง น้ำออก (มก./ล.)	ความเป็นต่างน้ำออก/ ความเป็นต่างน้ำเข้า	ความเป็นต่างที่ ถูกกำจัด (มก.)
0.00	0.00	575	0	0.00	0.0
0.50	27.30	575	0	0.00	15697.5
1.00	27.30	555	0	0.00	15424.5
1.50	27.30	555	0	0.00	15151.5
1.81	16.93	555	0	0.00	9393.9
1.84	1.64	555	110	0.20	-
1.94	5.46	575	350	0.61	-
2.09	8.19	575	560	0.97	-
2.12	1.64	575	570	0.99	-
2.14	1.09	575	575	1.00	-

ความเป็นต่างน้ำออก/ความเป็นต่างน้ำเข้า



รูปที่ ก16

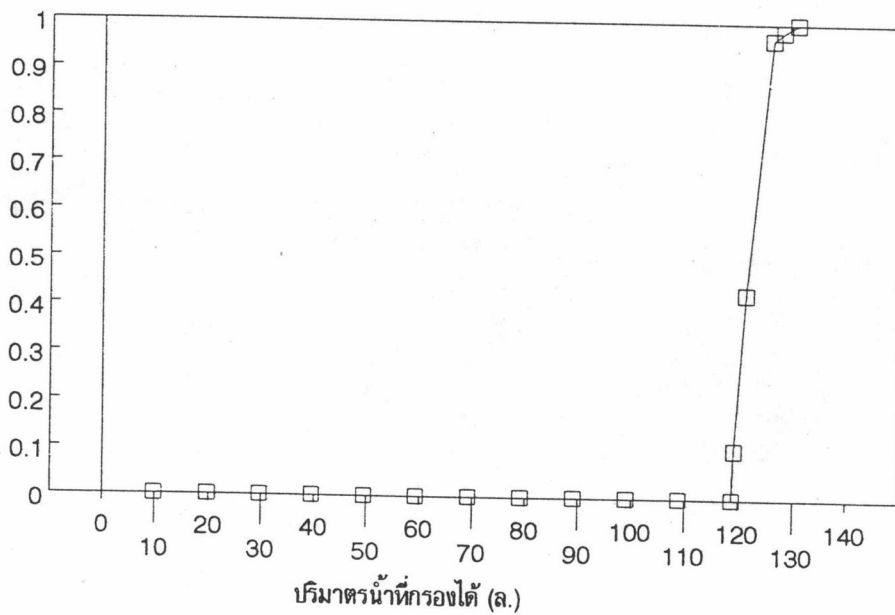
ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 80 ซม. อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม. - ซม.

ตารางที่ ก17

ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 90 ซม. อัตราการไหล 10 ลบ.ม./ตร.ม. - ซม.

เวลา (ชม.)	ปริมาณน้ำ ที่กรองได้ ΔV (ล.)	ความเป็นต่าง น้ำเข้า (มก./ล.)	ความเป็นต่าง น้ำออก (มก./ล.)	ความเป็นต่างน้ำออก/ ความเป็นต่างน้ำเข้า	ความเป็นต่างที่ ถูกกำจัด (มก.)
0.00	0.00	595	0	0.00	0.0
0.50	9.90	595	0	0.00	5890.5
1.00	9.90	590	0	0.00	5865.8
1.50	9.90	590	0	0.00	5841.0
2.00	9.90	585	0	0.00	5816.3
2.50	9.90	585	0	0.00	5791.5
3.00	9.90	590	0	0.00	5816.3
3.50	9.90	590	0	0.00	5841.0
4.00	9.90	590	0	0.00	5841.0
4.50	9.90	590	0	0.00	5841.0
5.00	9.90	585	0	0.00	5816.3
5.50	9.90	585	0	0.00	5791.5
6.00	9.90	585	0	0.00	5791.5
6.02	0.40	585	60	0.10	-
6.12	1.98	585	250	0.43	-
6.35	4.55	585	565	0.97	-
6.45	1.98	585	575	0.98	-
6.58	2.57	585	585	1.00	-

ความเป็นต่างน้ำออก/ความเป็นต่างน้ำเข้า



รูปที่ ก17

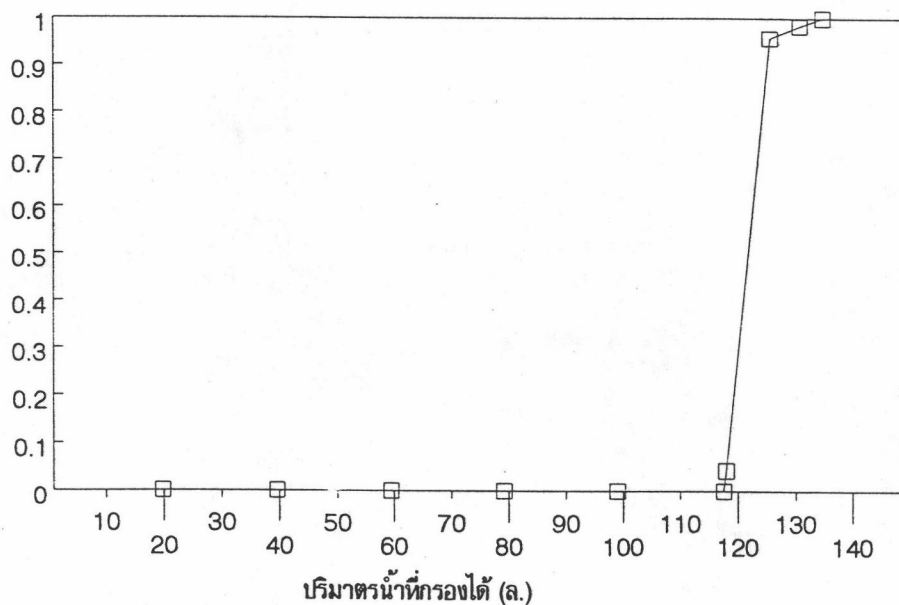
ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 90 ซม. อัตราการไหล 10 ลบ.ม./ตร.ม. - ซม.

ตารางที่ ก18

ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 90 ซม. อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

เวลา (ชม.)	ปริมาณน้ำ ที่กรองได้ ΔV (ล.)	ความเป็นต่าง น้ำเข้า (มก./ล.)	ความเป็นต่าง น้ำออก (มก./ล.)	ความเป็นต่างน้ำออก/ ความเป็นต่างน้ำเข้า	ความเป็นต่างที่ ถูกกำจัด (มก.)
0.00	0.00	570	0	0.00	0.0
0.50	19.80	570	0	0.00	11286.0
1.00	19.80	590	0	0.00	11484.0
1.50	19.80	590	0	0.00	11682.0
2.00	19.80	590	0	0.00	11682.0
2.50	19.80	580	0	0.00	11583.0
2.97	18.61	580	0	0.00	10795.0
2.98	0.40	585	25	0.04	-
3.17	7.52	585	560	0.96	-
3.30	5.15	585	575	0.98	-
3.40	3.96	585	585	1.00	-

ความเป็นต่างน้ำออก/ความเป็นต่างน้ำเข้า



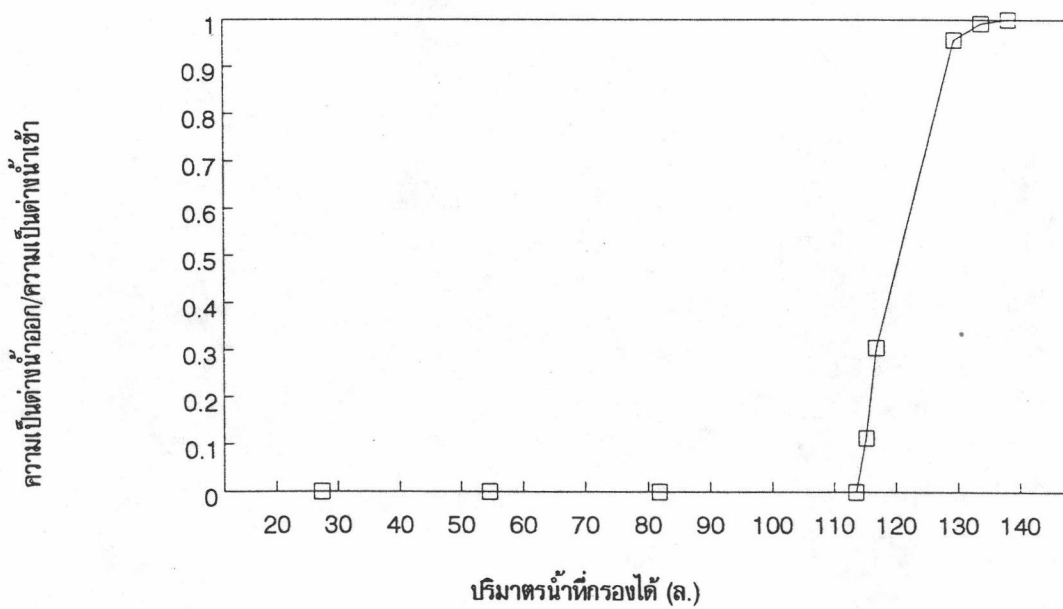
รูปที่ ก18

ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 90 ซม. อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ตารางที่ ก19

ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 90 ซม. อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม. - ซม.

เวลา (ชม.)	ปริมาณน้ำ ที่กรองได้ ΔV (ล.)	ความเป็นต่าง น้ำเข้า (มก./ล.)	ความเป็นต่าง น้ำออก (มก./ล.)	ความเป็นต่างน้ำออก/ ความเป็นต่างน้ำเข้า	ความเป็นต่างที่ ถูกกำจัด (มก.)
0.00	0.00	585	0	0.00	0.0
0.50	27.30	585	0	0.00	15970.5
1.00	27.30	585	0	0.00	15970.5
1.50	27.30	585	0	0.00	15970.5
2.08	31.67	575	0	0.00	18367.4
2.11	1.64	575	65	0.11	-
2.14	1.64	575	175	0.30	-
2.37	12.56	575	550	0.96	-
2.45	4.37	575	570	0.99	-
2.53	4.37	575	575	1.00	-



รูปที่ ก19

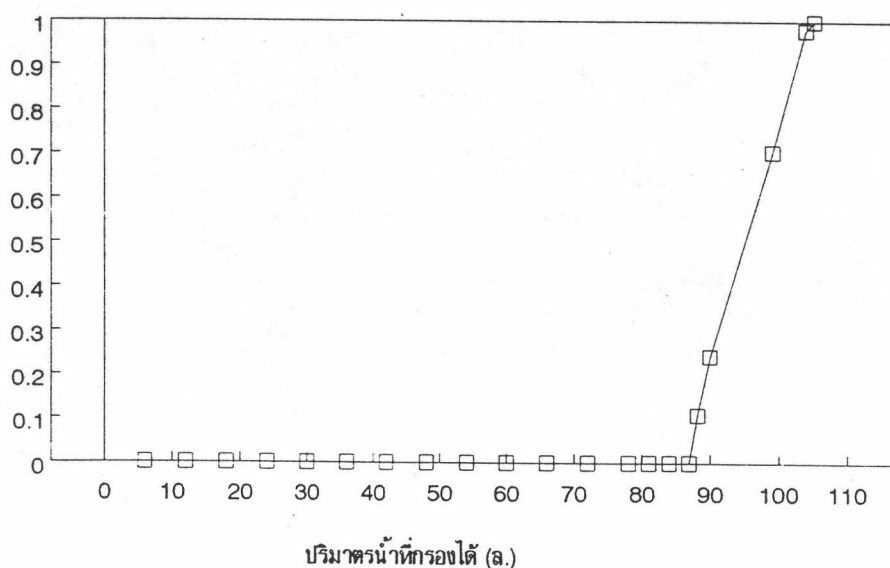
ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 90 ซม. อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม. - ซม.

ตารางที่ ก20

ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 90 ซม. อัตราการไหล 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

เวลา (ชม.)	ปริมาณน้ำ ที่กรองได้ ΔV (ล.)	ความเป็นต่าง น้ำเข้า (มก./ล.)	ความเป็นต่าง น้ำออก (มก./ล.)	ความเป็นต่างน้ำออก/ ความเป็นต่างน้ำเข้า	ความเป็นต่างที่ ถูกกำจัด (มก.)
0.00	0.0	560	0	0.00	0.0
1.00	6.0	560	0	0.00	3360
2.00	6.0	550	0	0.00	3330
3.00	6.0	550	0	0.00	3300
4.00	6.0	550	0	0.00	3300
5.00	6.0	570	0	0.00	3360
6.00	6.0	570	0	0.00	3420
7.00	6.0	560	0	0.00	3390
8.00	6.0	545	0	0.00	3315
9.00	6.0	550	0	0.00	3285
10.00	6.0	545	0	0.00	3285
11.00	6.0	555	0	0.00	3300
12.00	6.0	560	0	0.00	3345
13.00	6.0	580	0	0.00	3420
13.50	3.0	580	0	0.00	1740
14.00	3.0	560	0	0.00	1710
14.50	3.0	560	0	0.00	1680
14.70	1.2	555	60	0.11	-
15.00	1.8	555	135	0.24	-
16.50	9.0	545	384	0.70	-
17.30	4.8	550	539	0.98	-
17.50	1.2	550	550	1.00	-

ความเป็นต่างน้ำออก/ความเป็นต่างน้ำเข้า



รูปที่ ก20

ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 90 ซม. อัตราการไหล 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ภาคผนวก ข

วิธีการคำนวณ

1) วิธีการคำนวณค่าดัชนีประเภท1 และ ดัชนีประเภท2

$$\text{ดัชนีประเภท1} = \frac{T_f (1 - C_{out} / C_{in})}{AR}$$

$$\text{ดัชนีประเภท2} = \frac{\text{ดัชนีประเภท1}}{CF}$$

ตัวอย่าง การกรองด้วยวัสดุเม็ด ความสูงทราย 20 ซม. และ ความสูงแอนทราไซต์ 40 ซม. อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

จากตารางที่ 6.1

เวลาการกรอง (T_f)	= 27.4	ชม.
ความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำเข้า (C_{in})	= 5.48	เอ็นทียู
ความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำออก (C_{out})	= 2.42	เอ็นทียู
พื้นที่ใต้กราฟจากรูปที่ ก1 ได้ค่า	= 7229.25	ชม.-มม.ปรอท
ค่าใช้จ่ายในการสร้างถังเพื่อให้ได้ปริมาตรน้ำ 40 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.		
ต้องใช้พื้นที่หน้าตัดของถัง 2 ตร.ม. (CF)	= $\sqrt{2}$	

$$\text{ดัชนีประเภท1} = \frac{27.4 \times (1 - 2.42 / 5.48)}{7229.25}$$

$$= 0.00210$$

$$\text{ดัชนีประเภท2} = \frac{0.00210}{\sqrt{2}}$$

$$= 0.00149$$

2) วิธีการคำนวณค่าความจุเบรคทรรู

$$\text{ความจุเบรคทรรู} = \frac{\text{ปริมาณความป็นต่างที่ถูกก้าจัดทั้งหมด (มก.)}}{\text{ปริมาตรของเรซิน (ล.)}}$$

ตัวอย่าง การแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 70 ซม. อัตราการไหล 20
ลบ.ม./ตร.ม.-ซม.

จากตารางที่ ก11

ปริมาณความป็นต่างที่ถูกก้าจัดทั้งหมด	=	48799.1	มก.
ปริมาตรของเรซิน	=	1.11	ล.

$$\text{ความจุเบรคทรรู} = \frac{48799.1}{1.11}$$

$$= 43963.1 \quad \text{มก./ล.}$$

ประวัติผู้เขียน

นาย สมนึก จารุติลกกุล เกิดที่ อำเภอเมือง จังหวัดตรัง สำเร็จ
 การศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาจุลชีววิทยา สถาบันเทคโนโลยี
 พระจอมเกล้าธนบุรี ปีการศึกษา 2531 และ เข้าศึกษาต่อในหลักสูตร
 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 เมื่อ ปีการศึกษา 2535

