ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล

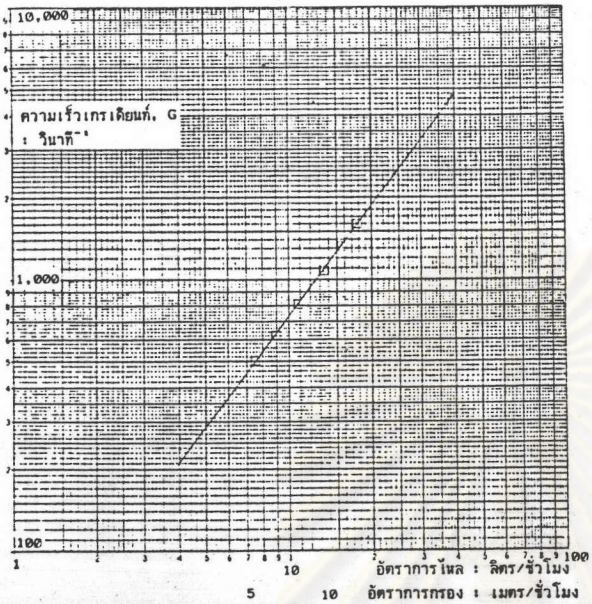
4.1 เครื่องกวนสถิตย์ (STATIC MIXER)

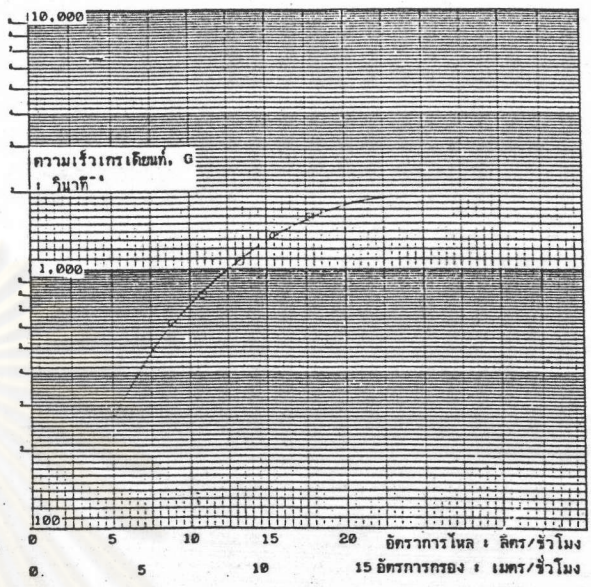
ในการควบคุมค่าความเร็วเกรเดียนท์(G) ในการทดลองไว้เท่ากับ 600+50 วินาที$^{-1}$ กับอัตราการกรองทั้งสามระดับ จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องกวนสถิตย์ให้เหมาะสมกับอัตราการไหลที่ใช้ จากการทำเครื่องกวนสถิตย์ พบว่าความยาวของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นมีผลโดยตรงต่อค่าการสูญเสียเฮด จากสมการที่ 3.4 ค่า G แปรผันโดยตรงกับ H/L แต่ความยาวของชิ้นส่วนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า H/L ลดลง การทำเครื่องกวนสถิตย์จึงจำเป็นจะต้องควบคุมความยาวของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นให้คงที่ด้วย ผู้วิจัยได้เลือกความยาวของชิ้นส่วนประมาณ 1.2 ซม. แล้วทดลองใช้น้ำประปาที่อัตราการไหลต่างๆกัน วัดค่าการสูญเสียเฮดที่ผ่านเครื่องกวนสถิตย์ เพื่อคำนวณค่า G ทั้งนี้ได้เปรียบเทียบการใช้กราฟ Log-Log และ Semi-Log ในการประเมินค่า G ดังรูป 4.1 พบว่าความสัมพันธ์ของค่า G กับอัตราการไหลอยู่ในรูปของกราฟเส้นตรงใน Log-Log Scale กล่าวคือ

$$\text{Log } G = A \text{ Log } Q + B \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4.1)$$

โดยที่ G = ความเร็วเกรเดียนท์ วินาที
A = ความชันของเส้นกราฟ
Q = อัตราการไหล ลิตร/วินาที
B = ค่าคงที่

อนึ่งการใช้งานของเครื่องกวนสถิตย์ที่ใช้อยู่ในระดับสเกลเล็ก ปัจจัยเพียงเล็กน้อยก็มักพบว่ามีผลต่อค่า G ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบการคำนวณค่า G จากการคิดหน้าตัดของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นกับการคิดเฉพาะหน้าตัดท่อเปล่าเปรียบเทียบ พบว่าค่า G ที่ได้จากการคิดแบบวิธีหลังให้ค่า G ต่ำกว่าแบบแรกประมาณร้อยละ 10 ดังนั้นการคำนวณค่า G ที่ใช้ในการทดลองนี้ทั้งหมดจึงคิดรวมหน้าตัดชิ้นส่วนของเครื่องกวนสถิตย์ด้วย





STATIC MIXER SIZE	6 mm. DIA.	AREA OF PIPE ONLY	0.000028 sq.m
LENGTH	0.2 m	AREA WITH MIXER	0.000022 sq.m

TABLE 1 Calculation of G

RUN.NO.	FLOW RATE	HEAD LOSS	AREA WITH MIXER			AREA OF PIPE ONLY		
			TIME	VELOCITY	G	TIME	VELOCITY	G
	l/hr	cm	s	m/s	1/s	s	m/s	1/S
1	7.52	4.4	2.13	0.09	503.0	2.71	0.07	446.4
2	8.88	5.7	1.81	0.11	622.1	2.29	0.09	552.2
3	10.82	7.9	1.48	0.13	808.4	1.88	0.11	717.6
4	13.36	11.4	1.20	0.17	1079.1	1.52	0.13	957.8
5	15.48	15.0	1.04	0.19	1332.5	1.32	0.15	1174.7
6	17.60	19.0	0.91	0.22	1599.0	1.16	0.17	1400.5

TABLE 2 Regression output

GRAPH	Constant	Std.Err of Y Est	R Squared	No. of Observ.	Degree of Freedom	X coef.	Std.Err of coef.
SEMI-LOG	2.3515	0.0207	0.9909	6	4	0.0496	0.0024
LOG-LOG	1.5035	0.0043	0.9996	6	4	1.3619	0.0135

รูปที่ 4.1 ข้อมูลเปรียบเทียบการใช้กราฟ Semi-Log และ Log-Log เพื่อประเมินค่า G

ผู้วิจัยได้ศึกษาผลของความยาวของเครื่องกวนสถิตย์ที่ประดิษฐขึ้น โดยใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. แปรเปลี่ยนความยาวเป็น 10 , 20 และ 30 ซม. ควบคุมขนาดของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นให้มีความยาวคงที่ประมาณ 1.2 ซม. แปรเปลี่ยนความยาวโดยจำนวนชิ้นส่วนที่ใช้ และทำการทดสอบเพื่อประเมินค่า G ของเครื่องกวนสถิตย์แต่ละอัน ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ ก1 ภาคผนวก ก และจากการใช้สมการที่ 4.1 เพื่อประเมินค่า G สรุปได้ดังตารางที่ 4.1 ซึ่งจะพบว่าค่า G ไม่แตกต่างกันนักทุกระดับอัตราการกรอง จึงสรุปได้ว่าค่า G ไม่ขึ้นกับความยาวรวมของเครื่องกวนสถิตย์

ตารางที่ 4.1 การศึกษาผลของความยาวของเครื่องกวนสถิตย์ต่อค่า G

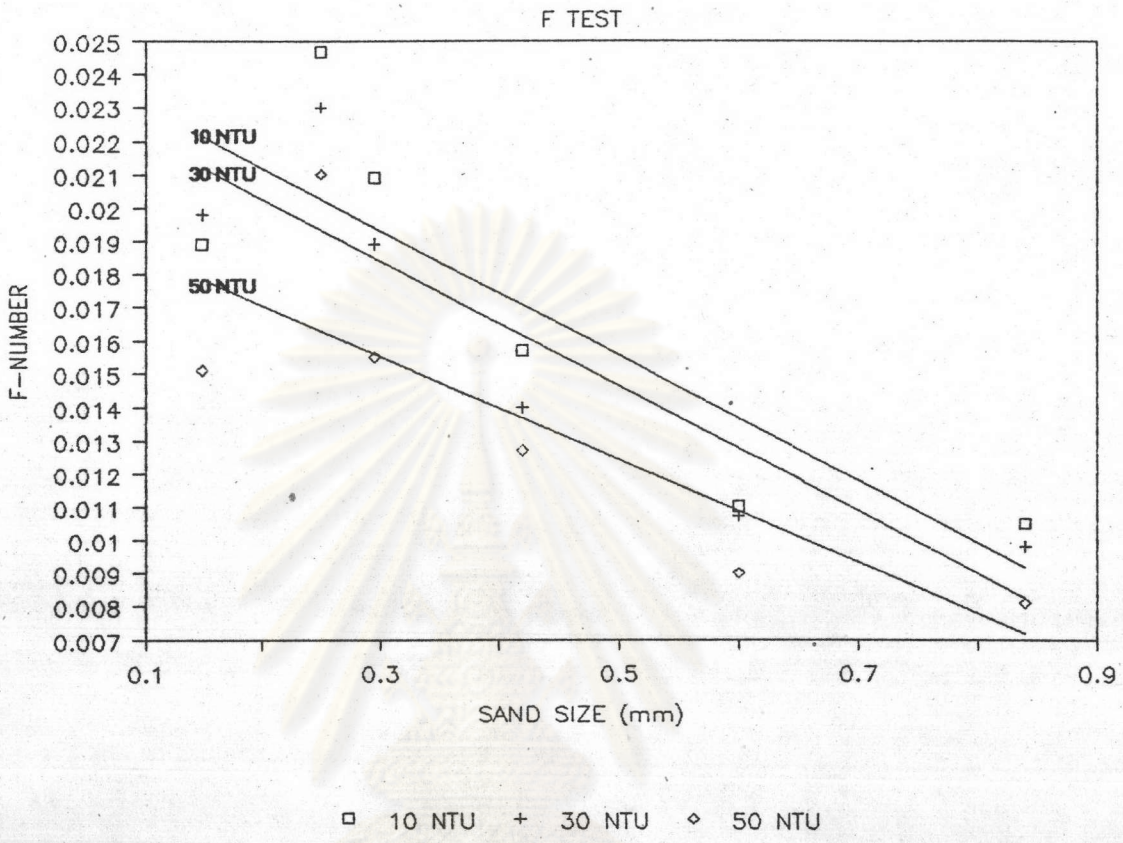
ความยาว	ค่าคงที่ในสมการ		การประเมินค่า G เปรียบเทียบ	
ซม.	A	B	อัตราการไหล(ล./ซม.)	G ($วินาที^{-1}$)
10	1.3717	1.4673	7	423.2
			14	1095.1
			21	1909.8
20	1.3619	1.5035	7	451.3
			14	1160.0
			21	2015.1
30	1.3866	1.4833	7	451.9
			14	1181.7
			21	2073.3

ด้วยหลักการเดียวกันนี้เองจึงประดิษฐ์เครื่องกวนสถิตย์ ด้วยการแปรเปลี่ยนเส้นผ่าศูนย์กลางของท่ออีกหลายขนาด เพื่อควบคุมค่า G ที่จุดเริ่มต้นที่ประมาณ 600+50 วินาที และเวลาสัมผัสประมาณ 2.5 วินาที พบว่าที่อัตราการไหลของของไหลคงที่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเครื่องกวนสถิตย์ ที่ใช้ใหญ่ขึ้นจะทำให้ค่า G ลดลง และจากการทดลองสรุปได้ว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เหมาะสมสำหรับอัตราการกรอง 5, 10 และ 15 ม./ชม. (อัตราการไหล 7 , 14 และ 21 ล./ชม.) คือ 6 , 7.5 และ 10.0 มม. ยาว 21, 26 และ 21 ซม. ตามลำดับ

4.2 การหาชนิดและปริมาณสารพอลิอิเล็กโทรไลต์

เนื่องจากการหาค่าดัชนีการกรองตามรูปแบบที่เลือกใช้นี้ ใช้ความสูงของชั้นกรอง 4 ซม. ผู้วิจัยจึงทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของขนาดทรายต่อดัชนีการกรอง ผลการทดลองแสดงในตารางที่ ข1 ในภาคผนวก ข จากการแปรเปลี่ยนขนาดทรายตั้งแต่ 0.149 มม. ถึง 0.840 มม โดยการไม่ใช้สารเคมีใดๆที่ความขุ่น 10 30 และ 50 NTU พบว่าค่าความขุ่นของน้ำกรองเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ทรายขนาดใหญ่ขึ้น ขณะที่การสูญเสียเฮดมีค่าลดลงเป็นลำดับ ซึ่งทั้งหมดส่งผลให้ค่าดัชนีการกรองมีค่าลดลง ความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 4.2 เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลและแทนกลุ่มข้อมูลชุดนี้ด้วยกราฟเส้นตรงจะมีค่าคงที่และความชันของเส้น ตลอดจนค่าความคลาดเคลื่อนสหสัมพันธ์ดังแสดงไว้ในตารางท้ายภาพ ผลสรุปจากการทดลองดังกล่าวจึงเลือกใช้ทรายขนาด 0.295 มม. (ทรายที่ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 40 และค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 50) ในการทดสอบหาชนิดและปริมาณสารพอลิอิเล็กโทรไลต์

เมื่อพิจารณาถึงกลไกการกำจัดความขุ่นของชั้นทรายในอุปกรณ์การหาค่าดัชนีการกรองจะพบว่าชั้นทรายที่มีขนาดเม็ดทรายใหญ่มีความสามารถในการกำจัดความขุ่นต่ำ เนื่องจากช่องว่างระหว่างเม็ดทรายกว้าง อนุภาคความขุ่นสามารถหลุดลอดไปได้ง่าย ในการศึกษาผลของขนาดทรายต่อค่าดัชนีการกรอง อนุภาคความขุ่นในน้ำที่นำมาทดสอบไม่การเติมสารเคมี จึงไม่มีการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ ซึ่งกลไกส่วนใหญ่ในการกำจัดความขุ่น จะเป็นกลไกการเคลื่อนย้ายอนุภาคสารแขวนลอยเข้าหาสารกรอง และเนื่องจากน้ำดิบสังเคราะห์ที่ใช้ทดลอง ผ่านการตั้งทิ้งไว้นาน 24 ชม. อนุภาคขนาดใหญ่ก็จะตกตะกอนไป ดังนั้นส่วนใหญ่จะเป็นอนุภาคขนาดเล็ก จะมีการเคลื่อนที่ของอนุภาคแบบบราวเนียน เกิดการเบียดเข้าหาสารกรอง และเกิดจากผลลัพธ์ของแรงดันน้ำปะทะบนชั้นกรองเป็นสำคัญ การกำจัดความขุ่นของชั้นกรองที่มีเม็ดสารกรองเล็กสามารถกำจัดความขุ่นได้ดี แต่ขณะเดียวกันก็ทำให้เกิดการอุดตันสูง จึงไม่เหมาะกับการนำไปใช้ เนื่องจากจะต้องใช้อุปกรณ์ที่สูงขึ้น เพื่อรองรับการอุดตันที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจะไม่สะดวกในการใช้งาน ในขณะเดียวกันชั้นทรายที่มีขนาดเม็ดทรายใหญ่ การอุดตันเกิดขึ้นน้อยก็ไม่เหมาะกับการนำไปใช้งานเช่นกัน เนื่องจากความแตกต่างของค่าสูญเสียเฮดไม่อาจแสดงให้เห็นได้ชัดเจน การเลือกทรายขนาด 0.295 มม. จึงเป็นเหตุผลอันเนื่องจากความสามารถในการกำจัดความขุ่นได้พอสมควร และขณะเดียวกันก็สามารถพิจารณาความแตกต่างของการสูญเสียเฮดได้ชัดเจน



REGRESSION OUTPUT

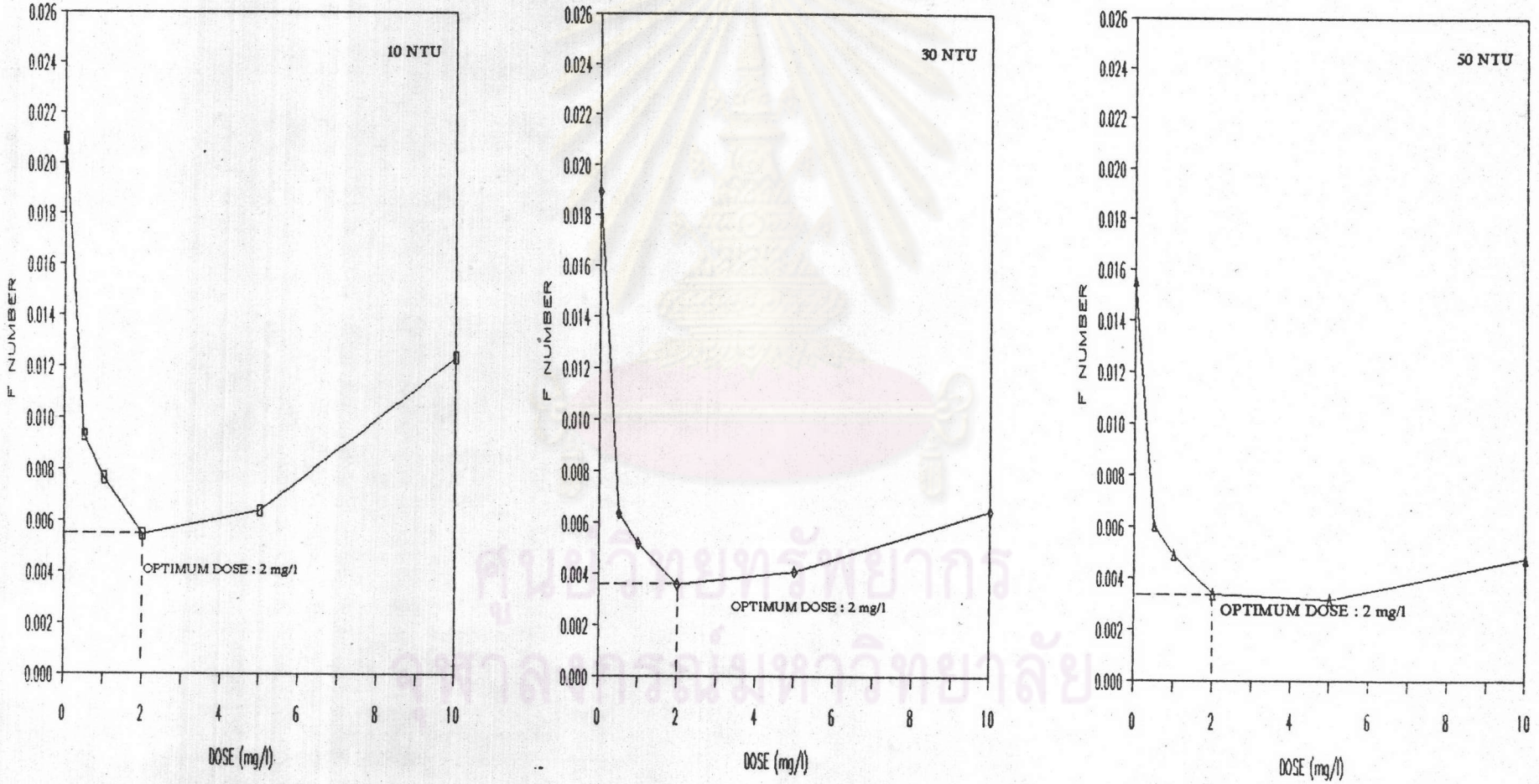
TURBID. NTU	Constant	Std.Err Of Y Est	R Square	NO. of Observation	Degree of freedom	X Coefficient	Std.Err of Coefficient
10	0.0249	0.0033	0.7258	6	4	-0.0187	0.0058
30	0.0240	0.0026	0.8105	6	4	-0.0188	0.0045
50	0.0202	0.0030	0.6900	6	4	-0.0155	0.0052

รูปที่ 4.2 ผลของขนาดทรายต่อค่าดัชนีการกรอง

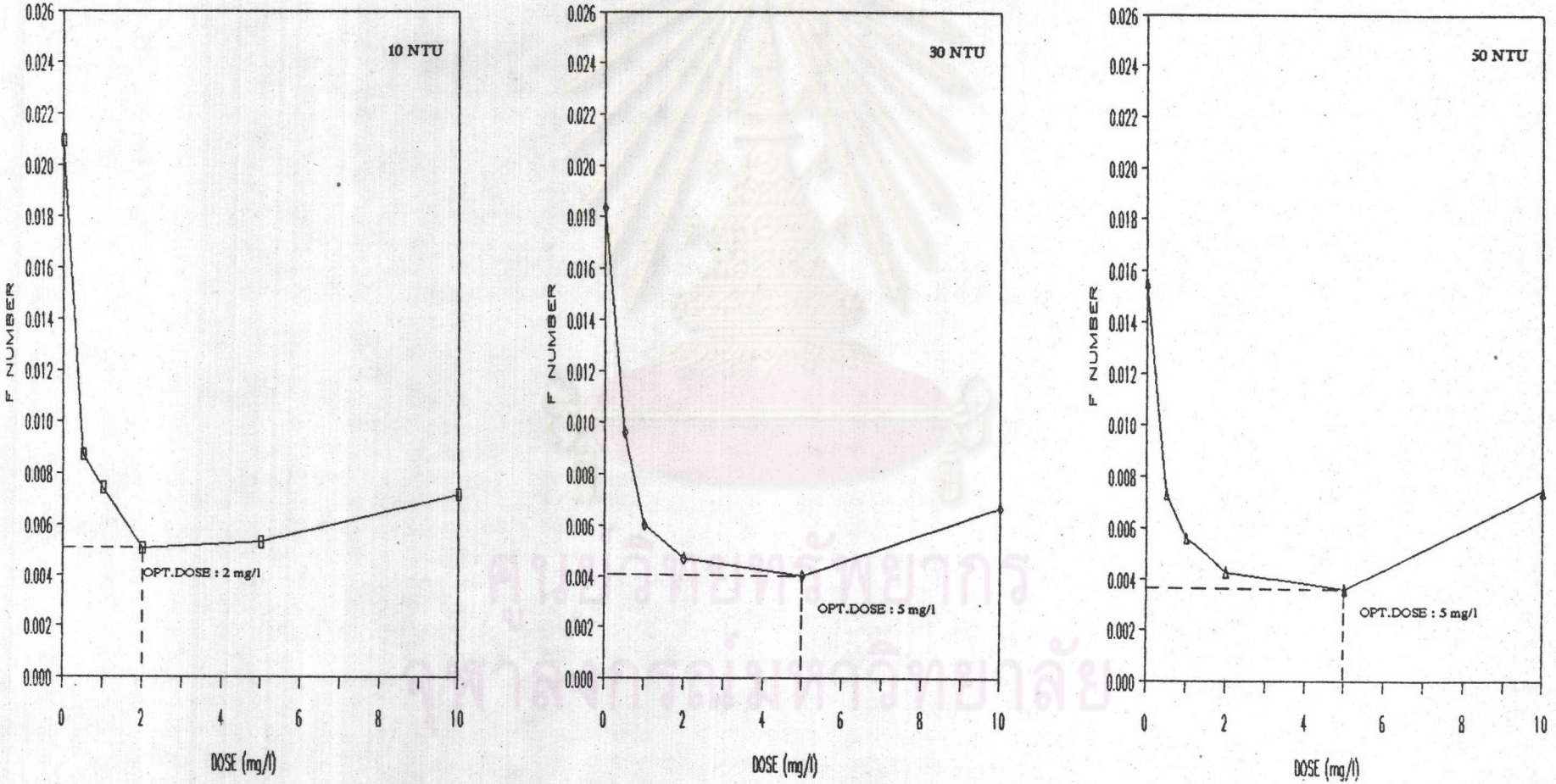
จากการทดลองใช้สารพอลิอิเล็กโทรไลต์สามชนิด คือ N 8103 C 2830 และ S 581 ทดสอบการหาค่าดัชนีการกรอง โดยใช้ปริมาณสารเคมี อยู่ในช่วง 0.5 ถึง 10.0 มก./ล. ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ ข2 ถึง ข4 ในภาคผนวก ข แสดงความสัมพันธ์ไว้ดังรูปที่ 4.3 ถึง 4.5 พบว่า โดยทั่วไปค่าดัชนีการกรองมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น แต่ความเข้มข้นที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 2-5 มก./ล. จากนั้นเมื่อทำการทดลองเปรียบเทียบการใช้สารส้มที่ปริมาณเท่ากัน ดังผลการทดลองในตาราง ข5 ภาคผนวก ข และรูปที่ 4.6 แนวโน้มของค่าดัชนีการกรองมีค่าต่ำลงตลอดทุกค่าความเข้มข้นที่ใช้ และทุกค่าความขุ่น ซึ่งสรุปได้ว่าปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมไม่สามารถชี้ให้เห็นชัดเจน จากความเข้มข้นในช่วงที่ทำการทดสอบ ทั้งนี้ปรีชา (17) ได้รายงานว่า ความเข้มข้นที่เหมาะสมโดยการใช้สารส้มเป็นสารโคแอกกูแลนท์ จากการหาค่าดัชนีการกรองที่ความขุ่น 10 และ 50 NTU มีค่าเท่ากับ 7.5 และ 15 มก./ล.ตามลำดับ

การที่ความขุ่นของน้ำกรองมีค่าสูงขึ้นหลังจากที่ใช้สารเคมีมากขึ้นกว่า 5 มก./ล เนื่องจากชั้นกรองที่ใช้มีความหนาเพียง 4 ซม. มีความเป็นไปได้ที่ปริมาณสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ ที่มากเกินพอจะทำให้อนุภาคคอลลอยด์มีเสถียรภาพกลับคืนมา อนุภาคสารแขวนลอยจึงหลุดลอดมากับน้ำกรองได้ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารส้มจะไม่พบว่าเกิดปรากฏการณ์ในลักษณะเดียวกัน จากค่าความขุ่นมีค่าลดลงตลอดค่าความเข้มข้นที่เลือกทำการทดลองนี้ เนื่องจากฟล็อคที่เกิดจากการใช้สารส้มมีขนาดใหญ่กว่า จึงทำให้ฟล็อคที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มที่จะติดอยู่บนชั้นกรอง ปิดช่องว่างของสารกรองจึงทำให้ความขุ่นน้ำกรองต่ำลง

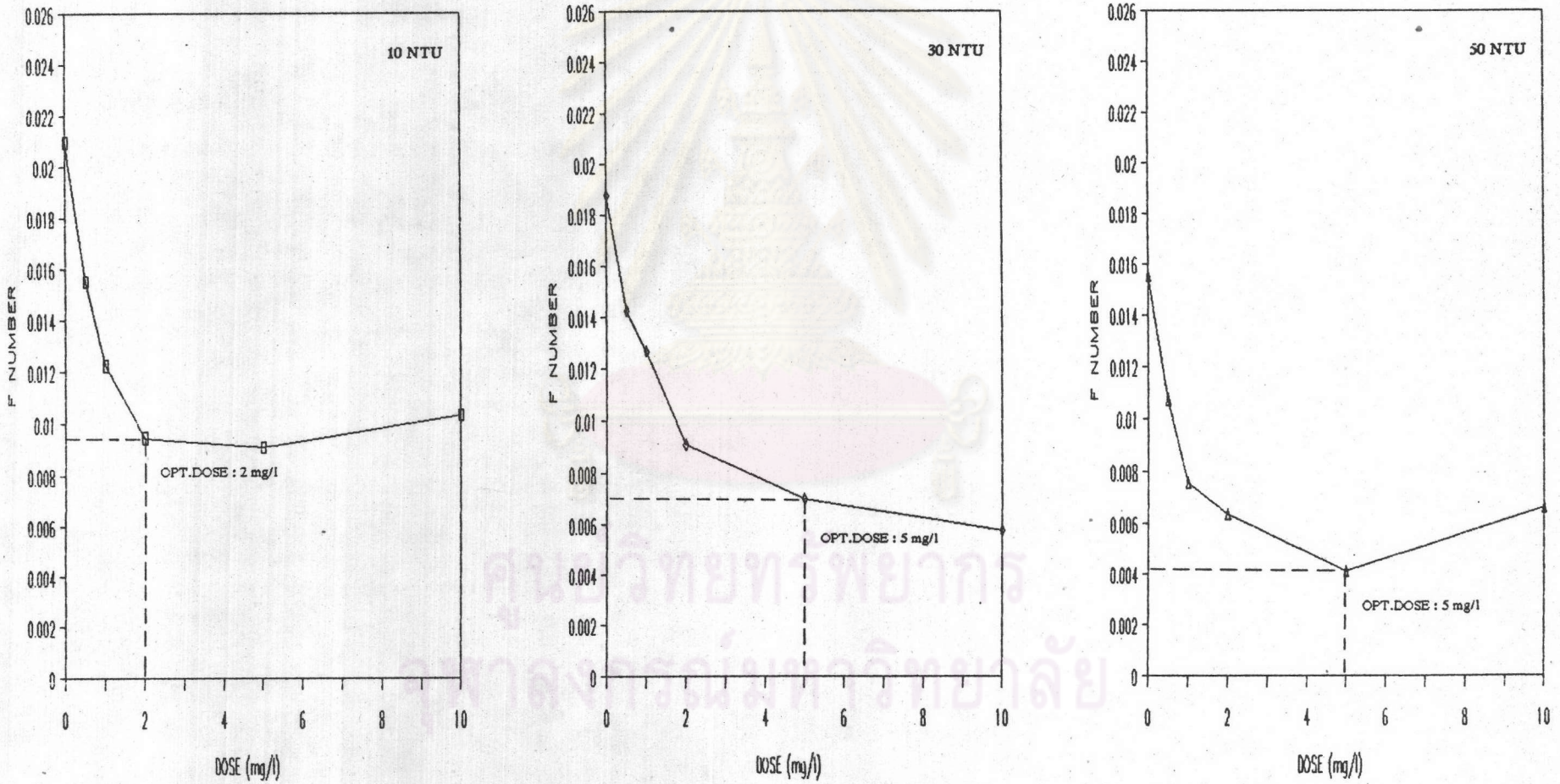
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



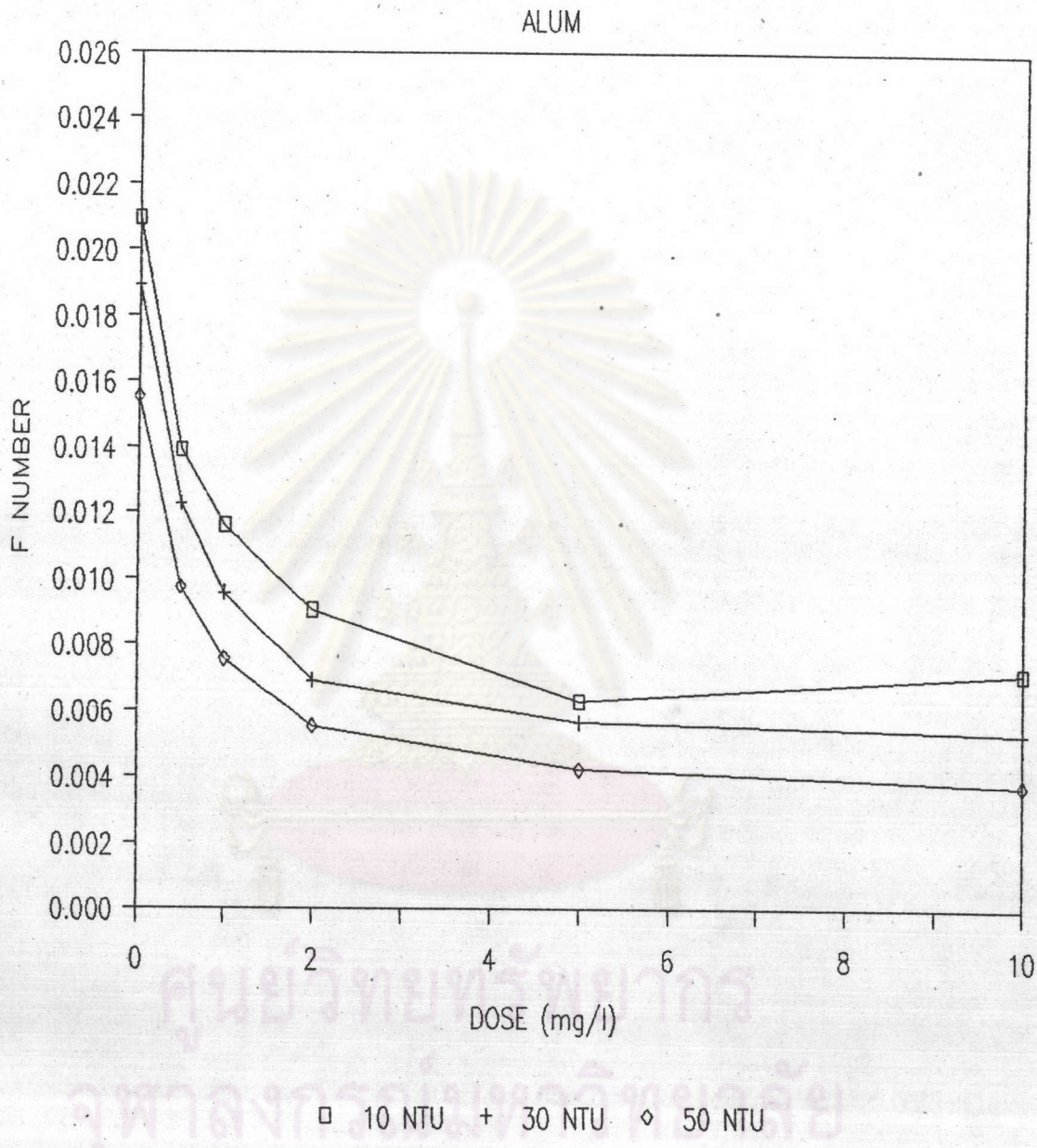
รูปที่ 4.3 ค่าดัชนีการกรองเมื่อใช้ N 8103 เป็นสารโคแอกกูแลนท์



รูปที่ 4.4 ค่าดัชนีการกรองเมื่อใช้ S 581 เป็นสารโคแอกกูแลนท์



รูปที่ 4.5 ค่าดัชนีการกรองเมื่อใช้ C 2830 เป็นสารโคแอกกูแลนท์



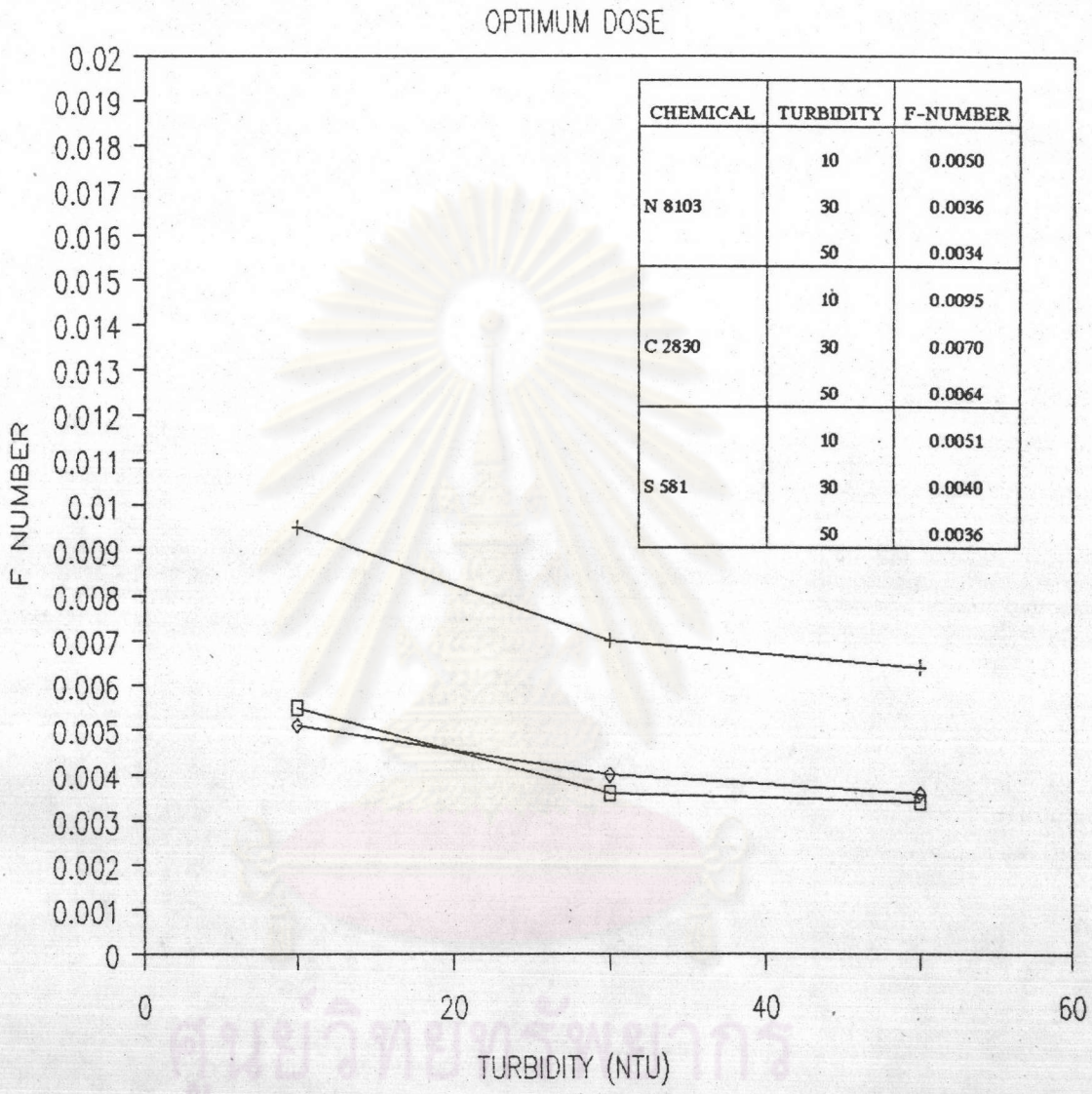
รูปที่ 4.6 ค่าดัชนีการกรองเมื่อใช้สารส้มเป็นสารโคแอกกูแลนท์

ในบรรดาสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ทั้งสามชนิดที่เลือกมาทดสอบ สามารถสรุปความเข้มข้นที่เหมาะสมได้ดังตารางที่ 4.2 และแสดงความสัมพันธ์ของค่าดัชนีการกรอง และความขุ่นได้ดังรูปที่ 4.7 จากความสัมพันธ์ดังกล่าว พบว่า C 2830 จะมีค่าดัชนีการกรองสูงที่สุด ส่วน N 2830 และ S 581 ให้ค่าดัชนีการกรองในระดับที่ใกล้เคียงกัน แต่ต่ำกว่า C 2830 ทุกค่าความขุ่น จึงเลือกใช้ 1 ชนิดคือ N 8103 ไปทดสอบสมรรถนะการกรองโดยตรง

ตารางที่ 4.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่เหมาะสมในการกรองน้ำ เมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีการกรอง

สารเคมี	ความขุ่น NTU	ความเข้มข้นที่เหมาะสม มก./ล.	ดัชนีการกรอง
N 8103	10	2.0	0.0050
	30	2.0	0.0036
	50	2.0	0.0034
C 2830	10	2.0	0.0095
	30	5.0	0.0070
	50	5.0	0.0064
S 581	10	2.0	0.0051
	30	5.0	0.0040
	50	5.0	0.0036

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



CHEMICAL	TURBIDITY	F-NUMBER
N 8103	10	0.0050
	30	0.0036
	50	0.0034
C 2830	10	0.0095
	30	0.0070
	50	0.0064
S 581	10	0.0051
	30	0.0040
	50	0.0036

รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีการกรองกับความขุ่นน้ำดิบ สำหรับสารพอลิอิเล็กโทรไลต์แต่ละชนิดที่จุด optimum dose

4.3 การกรองโดยตรง

จากการเลือกใช้ N 8103 ทำการทดสอบสมรรถนะการกรองโดยตรง โดยการใช้น้ำดิบที่สังเคราะห์ขึ้นโดยผงดินคาโอลิน ที่มีความขุ่น 10 30 และ 50 NTU ทำการแปรเปลี่ยนอัตราการกรอง 5 10 และ 15 ม/ชม. ผลการทดลองแสดงไว้ดังตารางที่ ค1 ถึง ค27 ในภาคผนวก ค จากการเลือกความเข้มข้นในช่วง 2 มก/ล ที่ประมาณได้จากทดลองในข้อ 4.2 พบว่าเมื่อทำการทดลองถึงความเข้มข้น 1.0 มก/ล การอุดตันเกิดขึ้นภายในเวลา 6 ชั่วโมง (อัตราการกรอง 5 ม/ชม. ความขุ่น 50 NTU) จึงปรับใช้ความเข้มข้นที่ 0.1 0.5 และ 1.0 มก/ล ในการทดลองการกรองโดยตรง ประสิทธิภาพการกรองน้ำสรุปได้ดังตารางที่ 4.3 พบว่า โดยทั่วไปแล้ว สาร N 8103 ค่อนข้างใช้ได้ผลกับการกรองโดยตรง เนื่องจากสามารถผลิตน้ำที่มีคุณภาพได้ โดยมีความขุ่นต่ำถึง 0.21 NTU แต่จะมีปัญหากับน้ำดิบที่มีความขุ่นสูง เนื่องจากอายุการกรองต่ำ เช่นน้ำดิบที่มีความขุ่น 50 NTU เครื่องกรองจะมีอายุการกรองเพียง 3 ชั่วโมง

ชั้นทรายเพียงลำพัง ไม่สามารถผลิตน้ำที่มีคุณภาพได้ (ความขุ่นต่ำกว่า 1 NTU) ทุกค่าความขุ่นที่ทดลอง และทุกอัตราการกรอง ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ ค 28 ถึง ค36 ในภาคผนวก ค โดยมีประสิทธิภาพการกรองน้ำสรุปได้ดังตารางที่ 4.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ผลการกรองโดยตรงเมื่อใช้น้ำขุ่นสังเคราะห์ และ N 8103 เป็นสารโคแอกกูแลนท์

TURBIDITY NTU	PE DOSE mg/l	FIL.RATE m/hr	RUN TIME hr	RUN TERMINATE	FILTRATE TURBID.	BACKWASH WATER RATE l/min	BACKWASH WATER RATE m/hr	BACKWASH WATER %	WATER PRODUCTION litre	WATER PRODUCTION l/hr	NOTE
		5	44.00	MAX.H.	0.45-2.10	1.30	56.30	2.13	298.16	6.78	
	0.1	10	8.00	T>1	0.50-2.00	1.26	54.57	2.39	-	-	
		15	19.00	MAX.H.	0.50-2.20	1.28	50.51	1.48	426.91	22.47	
		5	24.75	MAX.H.	0.27-2.10	1.26	54.57	3.68	165.07	6.67	
10	0.5	10	16.63	MAX.H.	0.27-1.70	1.54	60.77	3.05	245.14	14.74	
		15	14.80	MAX.H.	0.25-1.10	1.24	48.93	1.84	331.33	22.39	
		5	22.00	BT	0.24-3.10	1.25	54.24	4.14	146.03	6.64	
	1.0	10	17.47	MAX.H.	0.21-1.20	1.27	55.02	2.89	235.03	13.45	
		15	17.00	MAX.H.	0.24-0.90	1.55	61.31	2.01	379.90	22.35	
		5	8.00	T>1	1.20-7.50	1.42	55.90	4.47	-	-	30.00 hrs.:BT
	0.1	10	8.00	T>1	2.00-6.20	1.46	63.06	7.49	-	-	8.00 hrs.:BT
		15	9.00	MAX.H.	0.31-4.40	1.22	52.65	3.31	180.86	20.10	T<1 AFTER 1 hr.
		5	11.00	MAX.H.	0.60-4.90	1.24	53.49	8.14	69.96	6.36	
30	0.5	10	10.00	MAX.H.	0.40-3.20	1.28	50.51	4.21	145.64	14.56	
		15	5.00	MAX.H.	0.50-2.00	1.20	51.97	5.77	97.92	19.58	
		5	8.00	MAX.H.	0.60-4.90	1.32	57.17	11.92	48.79	6.10	
	1.0	10	6.00	MAX.H.	0.43-4.50	1.33	52.46	7.34	84.52	14.09	
		15	3.17	MAX.H.	0.50-7.10	1.44	62.36	10.93	58.69	18.51	
		5	8.00	T>1	0.90-17.00	1.38	54.59	4.55	-	-	24.00 hrs.:MAX.H.
	0.1	10	8.00	T>1	0.90-18.00	1.40	60.51	5.52	-	-	13.33 hrs.:MAX.H.
		15	6.75	MAX.H.	1.00-14.00	1.30	56.30	6.49	-	-	T>1
		5	11.50	MAX.H.	0.26-16.00	1.27	49.98	8.69	79.82	6.94	
50	0.5	10	6.00	MAX.H.	0.50-15.00	1.50	64.96	9.02	75.62	12.60	T<1 AFTER 1 hr.
		15	3.95	MAX.H.	0.50-14.80	1.54	66.69	9.38	74.40	18.83	
		5	6.42	MAX.H.	0.42-14.00	1.53	60.35	15.98	41.00	6.39	T<1 AFTER 1 hr.
	1.0	10	4.00	MAX.H.	0.50-1.30	1.40	60.63	12.63	48.42	12.10	
		15	3.00	MAX.H.	0.50-2.50	1.36	58.90	10.91	55.55	18.52	

หมายเหตุ : MAX.H.= เกิดการอุดตันบนชั้นกรอง

T>1 = ไม่สามารถผลิตน้ำความขุ่นต่ำกว่า 1 NTU ภายใน 1 ชม.

BT = ความขุ่นรั่ว (Break Throught)

ตารางที่ 4.4 ผลการกรองโดยตรงเมื่อใช้น้ำขุ่นสังเคราะห์โดยไม่ใช้สารเคมี

TURBIDITY NTU	FIL.RATE m/hr	FILTRATE TURBID. NTU	RUN TIME hr	RUN TERMINATE	BACKWASH WATER RATE l/min	BACKWASH WATER m/hr	BACKWASH WATER %	NOTE
10	5	4-6	8.00	T>1	1.40	60.63	7.58	
	10	3-8	8.00	T>1	1.44	62.36	6.50	
	15	2-5	8.00	T>1	1.20	51.97	4.69	
30	5	6-12	8.00	T>1	1.35	58.59	12.46	
	10	7-13	8.00	T>1	1.40	60.63	6.32	
	15	8-14	8.00	T>1	1.14	49.49	4.81	
50	5	11-18	8.00	T>1	1.40	60.63	12.64	
	10	14-18	8.00	T>1	1.44	62.36	6.50	
	15	16-35	8.00	T>1	2.00	86.61	6.01	

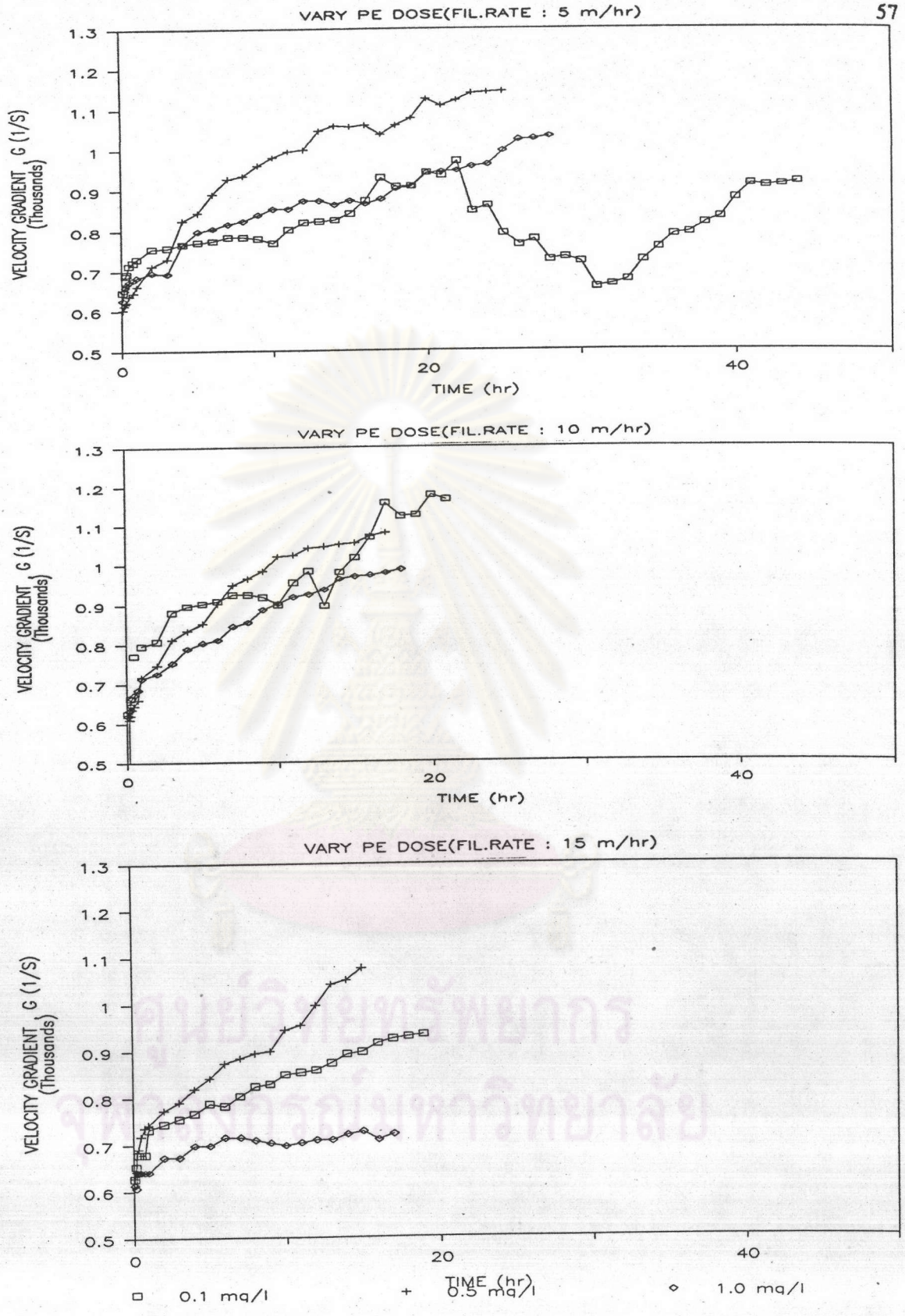
จากการผลการทดลองดังกล่าวแยกพิจารณาในรายละเอียดได้ดังนี้

4.3.1 ความเร็วเกรเดียนท์ (G) ในระหว่างการกรองน้ำ

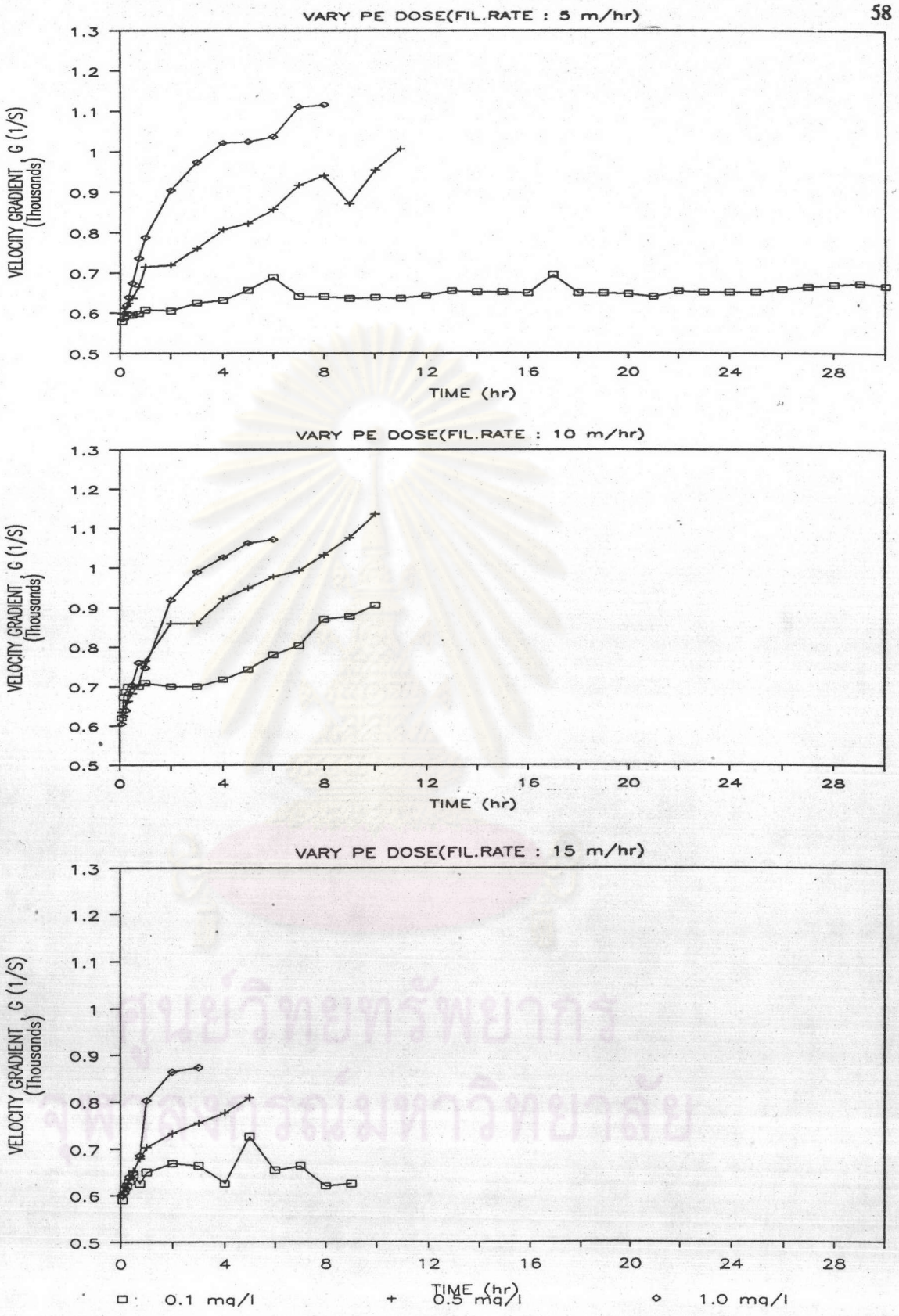
ในการวิจัยนี้ทุกการทดลองทำการควบคุมระดับความเร็วเกรเดียนท์(G) ที่จุดเริ่มต้นไว้ประมาณ 600 วินาที$^{-1}$ แต่ในขณะที่ทำการกรองน้ำ ค่า G มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาทุกค่าความขุ่น ดังแสดงในรูปที่ 4.8 ถึง 4.10 โดยมีแนวโน้มสูงขึ้นในชั่วโมงต้นๆ แต่หากการกรองน้ำที่มีอายุการกรองนาน จะพบว่าค่า G จะลดลงแล้วค่อยๆเพิ่มขึ้นอีก จากข้อสังเกตุพบว่าขณะที่ทำการกรองน้ำ น้ำขุ่นและสารเคมีที่ผสมกันก่อนเข้าเครื่องกวนสถิตย์นั้นก่อให้เกิดการอุดตันบนชิ้นส่วนของเครื่องกวนสถิตย์ และเมื่อตะกอนที่ติดอยู่มากขึ้นจนถึงระดับหนึ่งแล้วก็จะหลุดออก อันเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่า G ลดลง แล้วค่อยๆเกิดการสะสมตะกอนเช่นนี้อีกเป็นวัฏจักรต่อไป

ขณะเดียวกัน แนวโน้มโดยทั่วไปจะพบว่า ปริมาณสารเคมีที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า G สูงขึ้นทุกระดับความขุ่นที่ทำการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ มีโอกาสสร้างฟล้อคให้เกิดขึ้นบนเครื่องกวนสถิตย์ นั่นย่อมแสดงว่าเวลาสัมผัสที่ใช้ในการกวนเร็วนานพอที่จะเกิดการสร้างสัมผัสระหว่างอนุภาคแล้ว ฟล้อคที่เกิดขึ้นนี้ไม่เป็นประโยชน์นักในระบบการกรองโดยตรง เนื่องจากการกวนเร็วในระบบนี้ต้องการเพียงเพื่อให้เกิดการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์เท่านั้น โดยเป็นการสร้างโอกาสให้ไปเกิดฟล้อคภายในชั้นกรอง มิใช่เป็นฟล้อคเพื่อการตกตะกอน

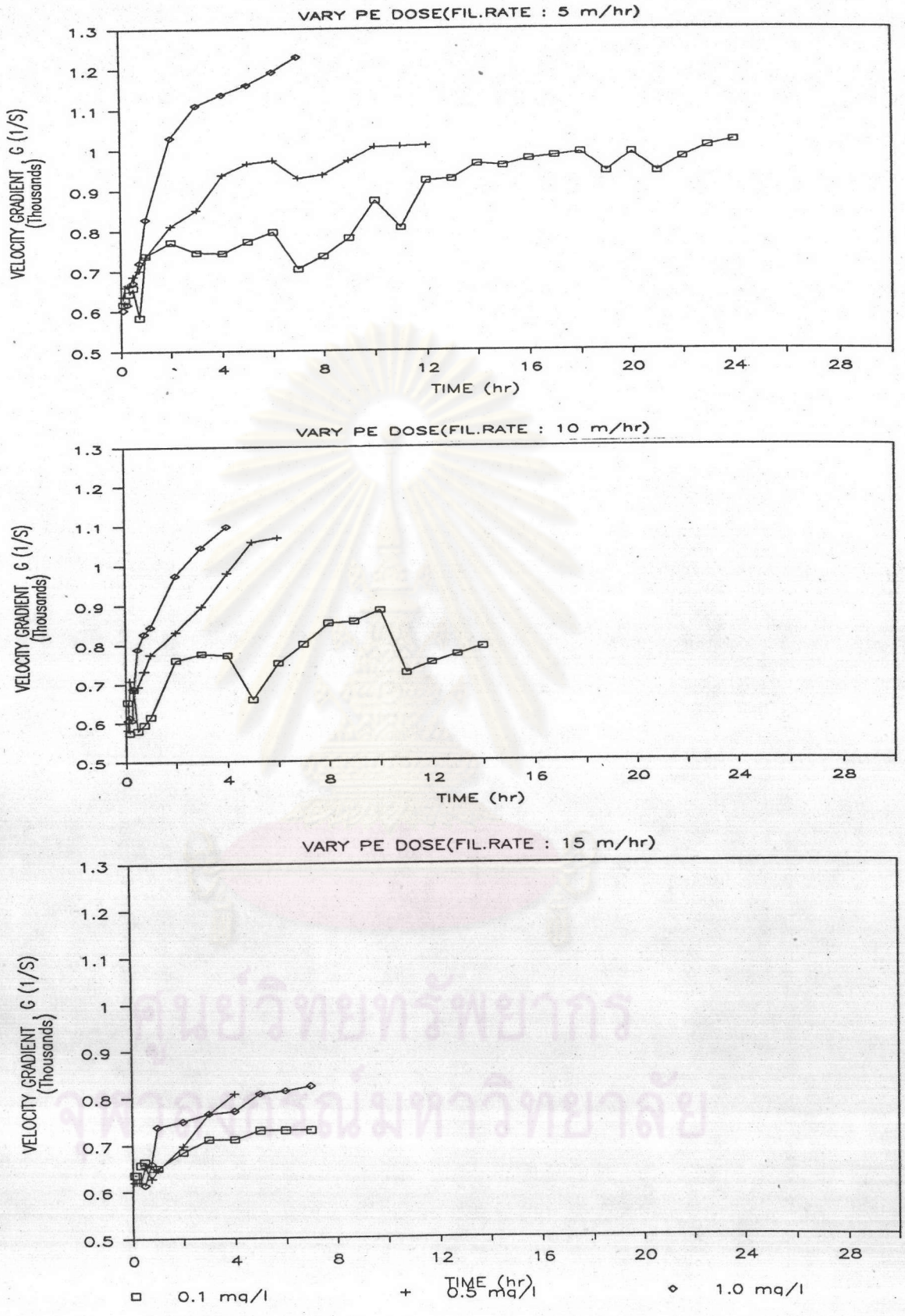
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงของค่า G ในระหว่างการกรองน้ำที่ปริมาณของสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ระดับต่างๆ ที่ความขุ่น 10 NTU



รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงของค่า G ในระหว่างการกรองน้ำที่ปริมาณของสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ระดับต่างๆ ที่ความขุ่น 30 NTU



รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงของค่า G ในระหว่างการกรองน้ำที่ปริมาณของสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ระดับต่างๆ ที่ความขุ่น 50 NTU

4.3.2 คุณภาพน้ำและอายุการกรอง

4.3.2.1 ปริมาณสารพอลิอิเล็กโทรไลต์

ก ความขุ่น 10 NTU

ตารางที่ 4.3 และ 4.4 ปริมาณความเข้มข้นของ N 8103 ตั้งแต่ 0.1 มก/ล สามารถผลิตน้ำที่มีความขุ่นต่ำกว่า 1 NTU ภายใน 1 ชั่วโมงแรก ยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.1 มก/ล อัตราการกรอง 10 ม/ชม ที่ต้องใช้เวลาถึง 3 ชั่วโมง เพื่อจะได้น้ำกรองที่มีความขุ่นต่ำกว่า 1 NTU ผลการกรองน้ำแสดงในรูปที่ 4.11 ความขุ่นของน้ำกรองอยู่ระหว่าง 0.21-3.10 อายุการกรองอยู่ในช่วง 19-44 ชั่วโมง สำหรับการใช้สารเคมีเข้มข้น 0.1 มก/ล 15-25 ชม. และ 17-22 ชั่วโมง สำหรับการใช้สารเคมีเข้มข้น 0.5 และ 0.1 มก/ล ตามลำดับ

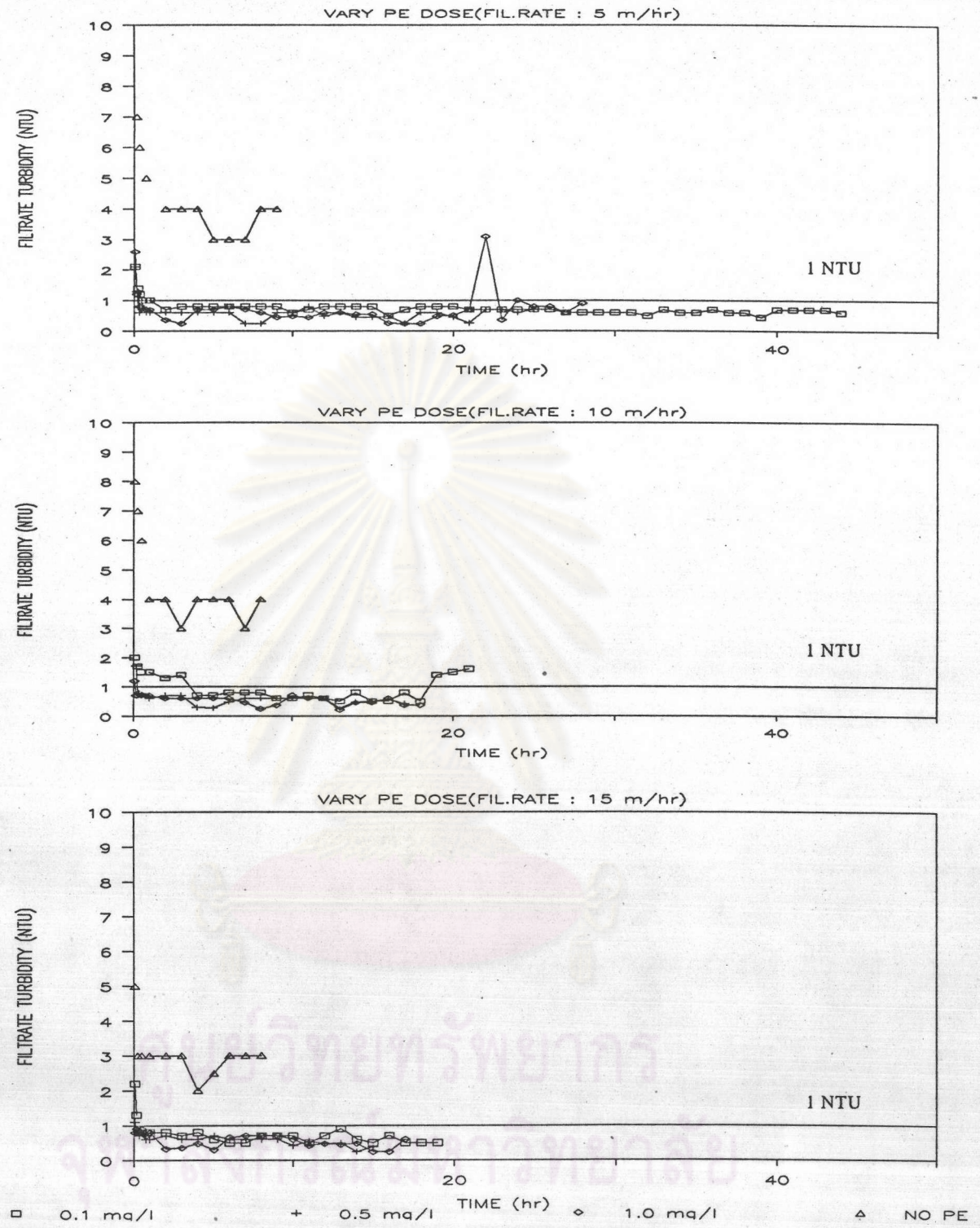
ข ความขุ่น 30 NTU

ตารางที่ 4.3 และ 4.4 ปริมาณความเข้มข้นของ N 8103 ตั้งแต่ 0.5 มก./ล. จึงจะสามารถผลิตน้ำที่มีคุณภาพได้ภายใน 1 ชม.แรก ผลการกรองน้ำแสดงในรูปที่ 4.12 ความขุ่นของน้ำกรองอยู่ระหว่าง 0.40-7.10 NTU อายุการกรองอยู่ในช่วง 5-11 ชั่วโมง สำหรับปริมาณสารเคมี 0.5 มก./ล. และ 3-8 ชม. สำหรับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นเป็น 1.0 มก./ล.

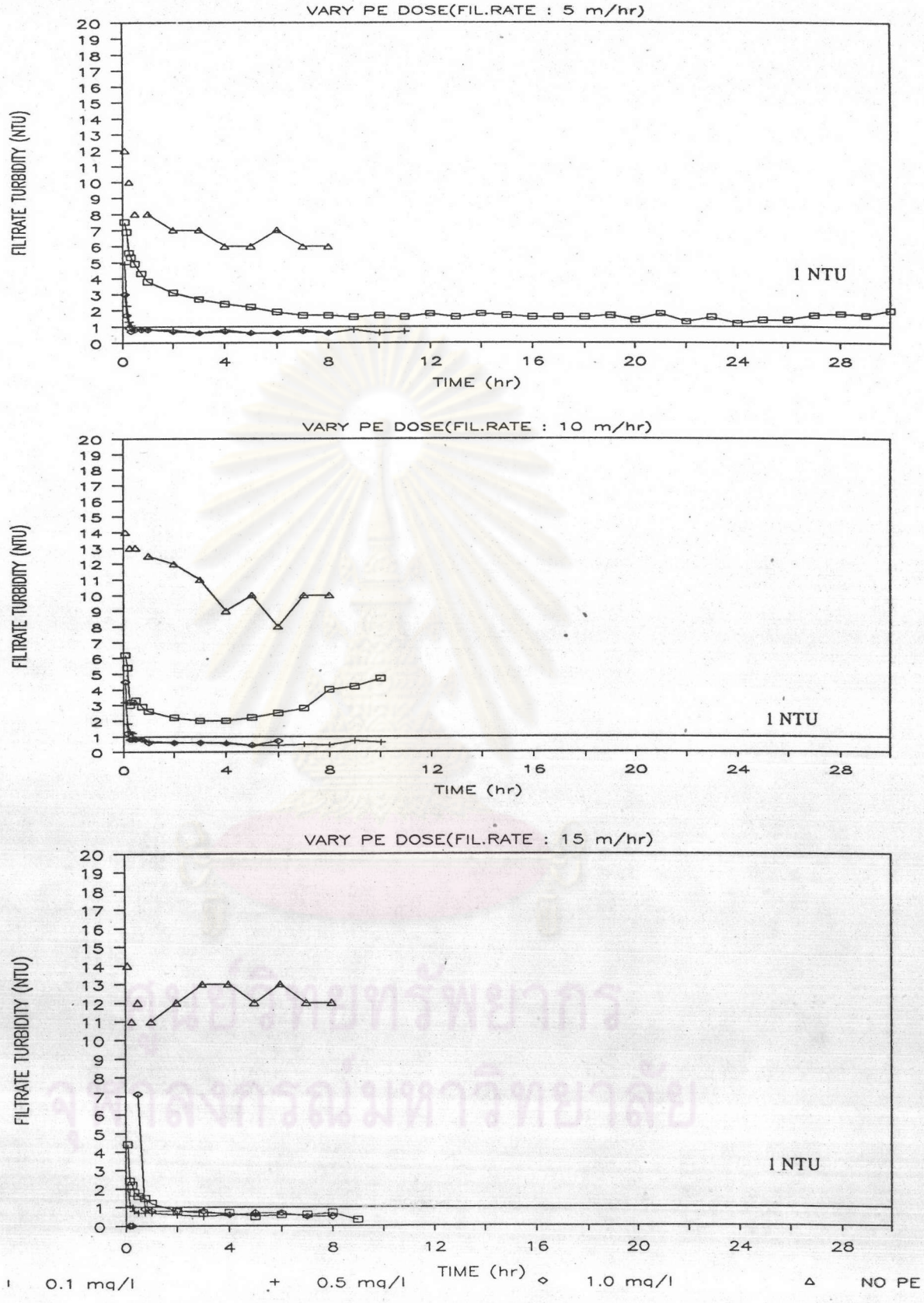
ค ความขุ่น 50 NTU

ตารางที่ 4.3 และ 4.4 เป็นไปในลักษณะเดียวกับที่ความขุ่น 30 NTU กล่าวคือ ปริมาณความเข้มข้นของ N 8103 ตั้งแต่ 0.5 มก./ล จึงจะสามารถผลิตน้ำที่มีคุณภาพได้ภายใน 1 ชม.แรก ผลการกรองน้ำแสดงในรูปที่ 4.13 ความขุ่นของน้ำกรองอยู่ระหว่าง 0.26-16.00 NTU อายุการกรองอยู่ในช่วง 4-12 ชั่วโมง สำหรับปริมาณสารเคมี 0.5 มก./ล. แต่จะเหลือเพียง 3-6 ชม. สำหรับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นเป็น 1.0 มก./ล.

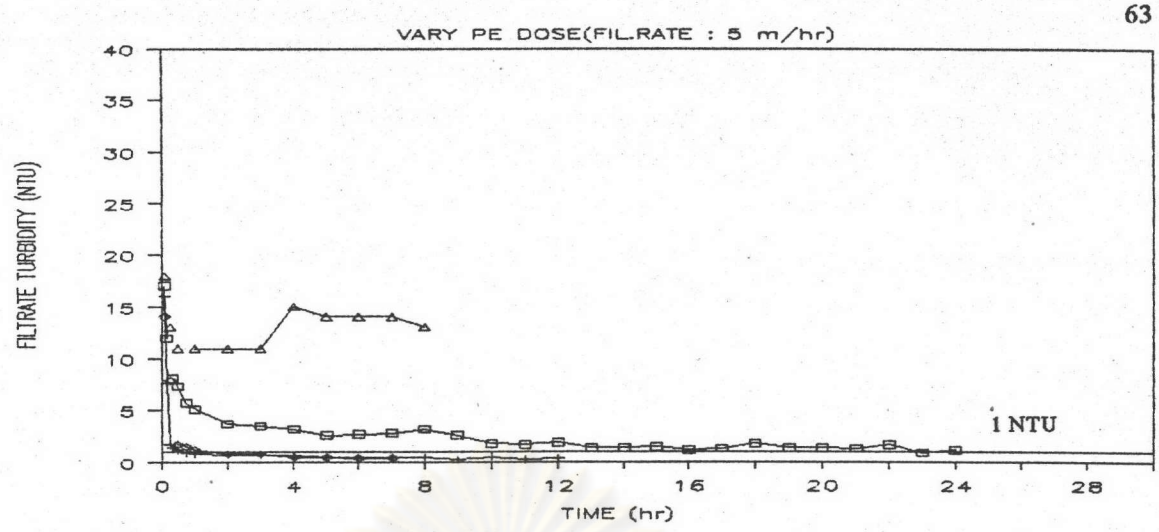
รูปที่ 4.14 เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอายุการกรองกับปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการกรองน้ำ ที่อัตราการกรอง 5 ม./ชม. พบว่าอายุการกรองมีแนวโน้มลดลงทุกค่าความขุ่นที่ใช้เมื่อความเข้มข้นสารเคมีเพิ่มขึ้น แต่สำหรับที่อัตราการกรอง 10 และ 15 ม./ชม. อายุการกรองกับปริมาณสารเคมีที่ใช้ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนนัก จึงสรุปว่าปริมาณความเข้มข้นของสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ ไม่มีผลโดยตรงกับอายุการกรอง

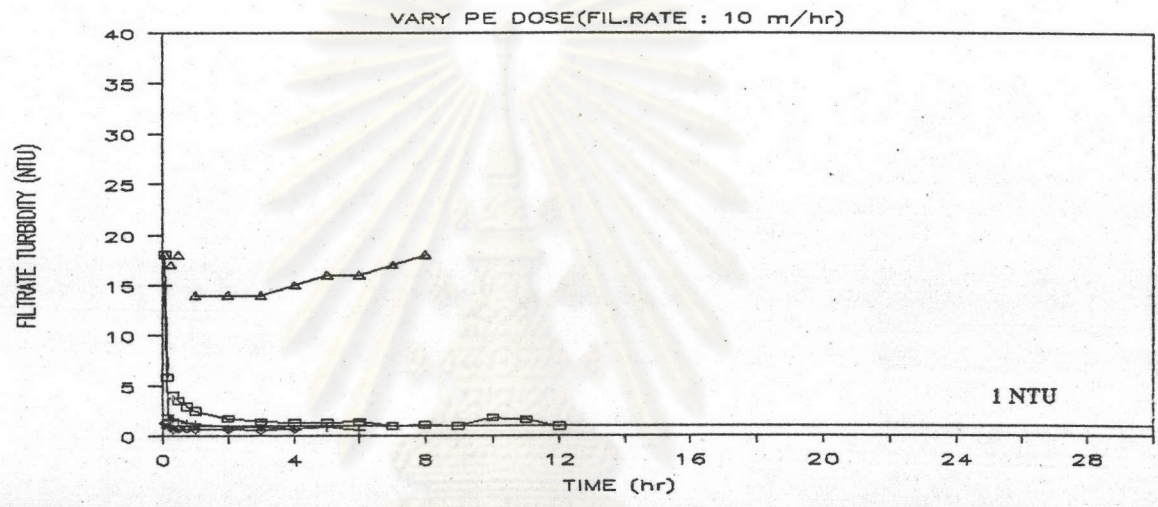


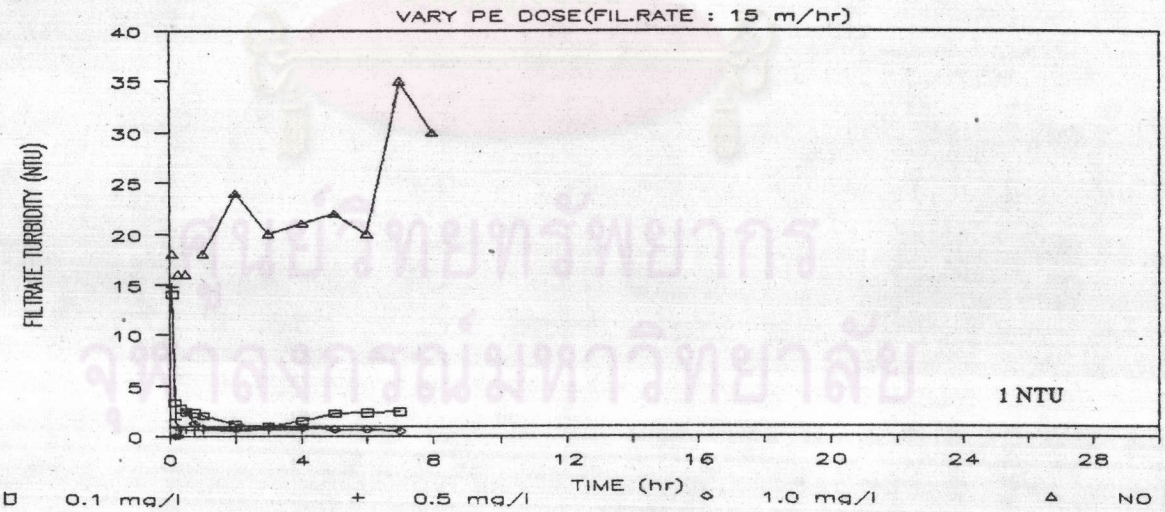
รูปที่ 4.11 ผลของปริมาณสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อคุณภาพน้ำและอายุการกรอง ที่ความขุ่น 10 NTU

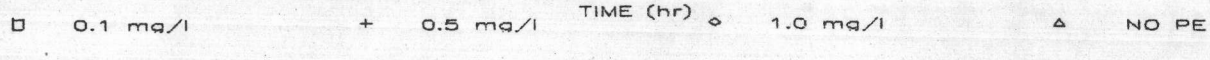


รูปที่ 4.12 ผลของปริมาณสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อคุณภาพน้ำและอายุการกรอง ที่ความขุ่น 30 NTU

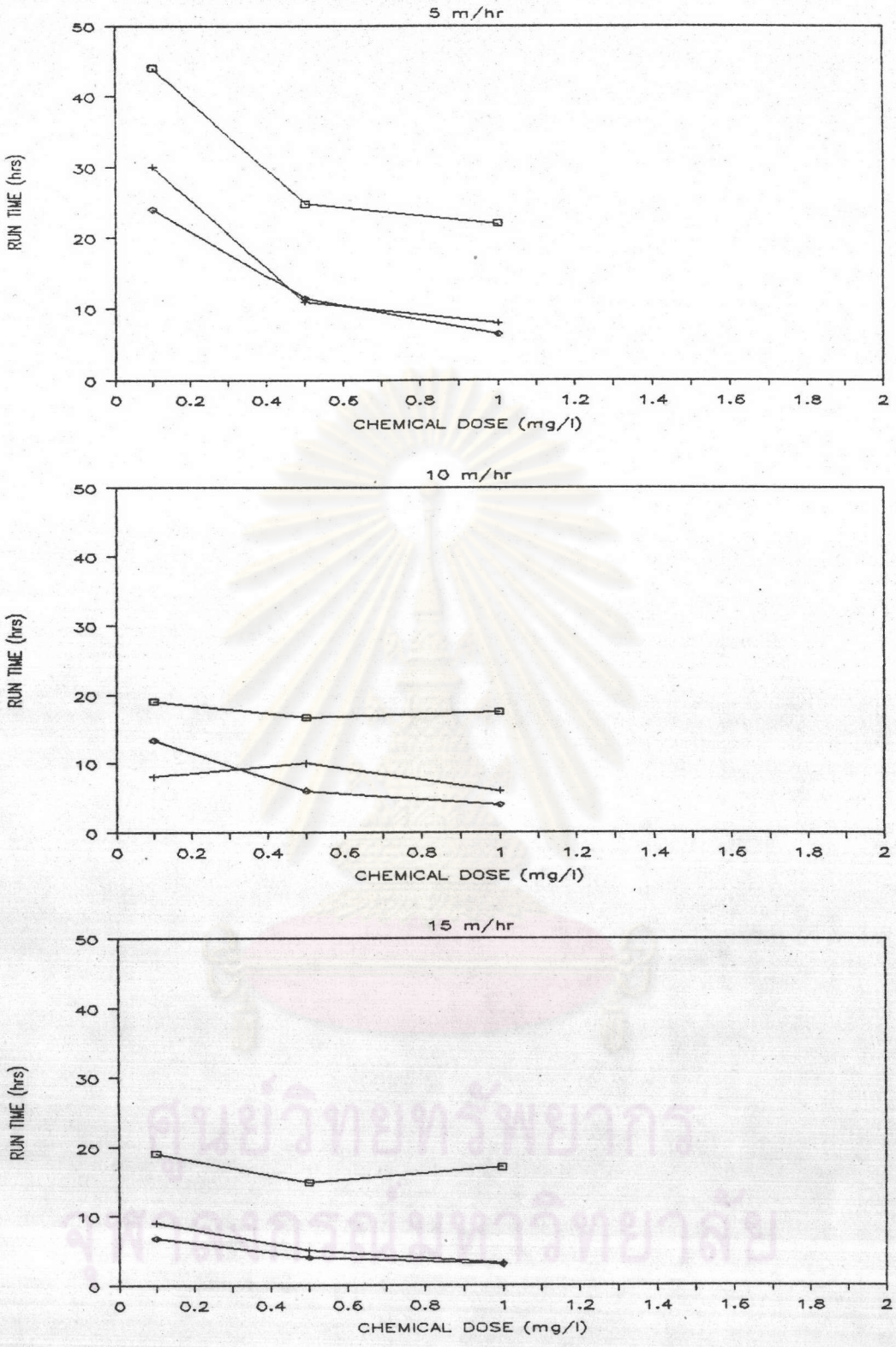








4.13 ผลของปริมาณสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อคุณภาพน้ำและอายุการกรอง ที่ความขุ่น 50 NTU



4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการกรองกับปริมาณสารเคมี
ที่ใช้ในการกรองน้ำที่อัตราการกรองระดับต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.2.2 สารเคมีชนิดอื่นเปรียบเทียบ

สารเคมีที่ใช้นอกจาก N 8103 แล้ว ได้ทำการกรองเปรียบเทียบโดยการใช้น้ำขุ่นสังเคราะห์ที่ความขุ่น 10 NTU แปรเปลี่ยนสารเคมีที่ใช้เป็น C 2830 และสารส้ม ด้วยอัตราการกรอง 15 ม/ชม. ผลการทดลองแสดงไว้ดังตารางที่ ข44 ถึง ข48 ในภาคผนวก ข สรุปประสิทธิภาพการกรองน้ำได้ดังตารางที่ 4.5 จากการใช้สาร N 8103 ทดสอบการกรองโดยตรง ผลการกรองทั้งหมดชี้ให้เห็นว่า N 8103 สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพกับน้ำดิบสังเคราะห์ความขุ่น 10 NTU ที่ความเข้มข้น 0.1 มก./ล. อัตราการกรอง 15 ม/ชม โดยมีการสิ้นสุดของการกรองเนื่องจากการอุดตันบนชั้นกรอง และมีอายุการกรอง 19 ชม. โดยในช่วงอายุการกรองน้ำนี้เครื่องกรองสามารถผลิตน้ำได้มากที่สุด (426.9 ลิตร) จึงทดลองใช้ C 2830 ความเข้มข้น 0.1 มก./ล. และสารส้มความเข้มข้น 0.1 1.0 2.0 และ 5.0 มก./ล. ทดสอบที่อัตราการกรองเดียวกัน ผลการทดลองเปรียบเทียบกันได้ดังรูปที่ 4.15

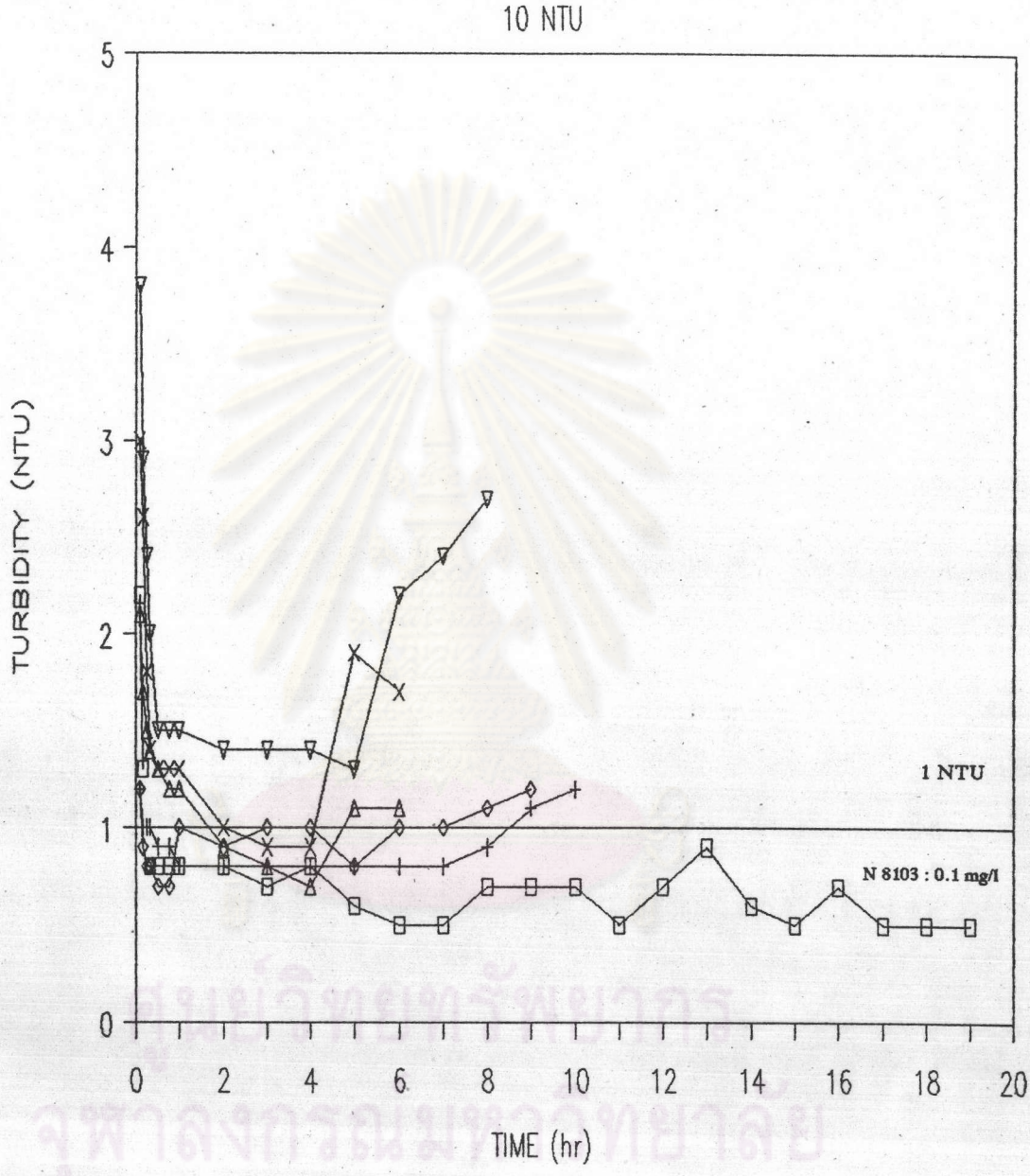
พบว่าที่อัตราการกรอง 15 ม./ชม. นี้ N 8103 มีประสิทธิภาพในการใช้งานดีที่สุด เนื่องจาก C 2830 ให้อายุการกรองเพียง 9 ชม. และมีจุดสิ้นสุดของการกรองเนื่องจากการเกิดความขุ่นรั่ว ขณะที่สารส้มต้องใช้เวลา 2-3 ชม. จึงจะผลิตน้ำที่มีความขุ่นต่ำกว่า 1 NTU ได้ และเกิดความขุ่นรั่วหลังจากเวลาผ่านไป 5 ชม.ความสัมพันธ์ของอายุการกรองและสาเหตุการยุติการกรองน้ำเปรียบเทียบกันได้ดังรูปที่ 4.16 อย่างไรก็ตาม การใช้งานสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ จำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยอื่นร่วมด้วยคือ การล้างย้อนกับชั้นกรองที่มีฟล็อคที่ค่อนข้างเหนียว รวมทั้งราคาต่อหน่วยของสารเคมี ฯลฯ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ผลการกรองโดยตรงเมื่อใช้น้ำขุ่นสังเคราะห์โดยใช้สารเคมีชนิดอื่นเปรียบเทียบ และการทดลองไม่ใช้เครื่องกวนสถิตย์ในการกรองโดยตรง

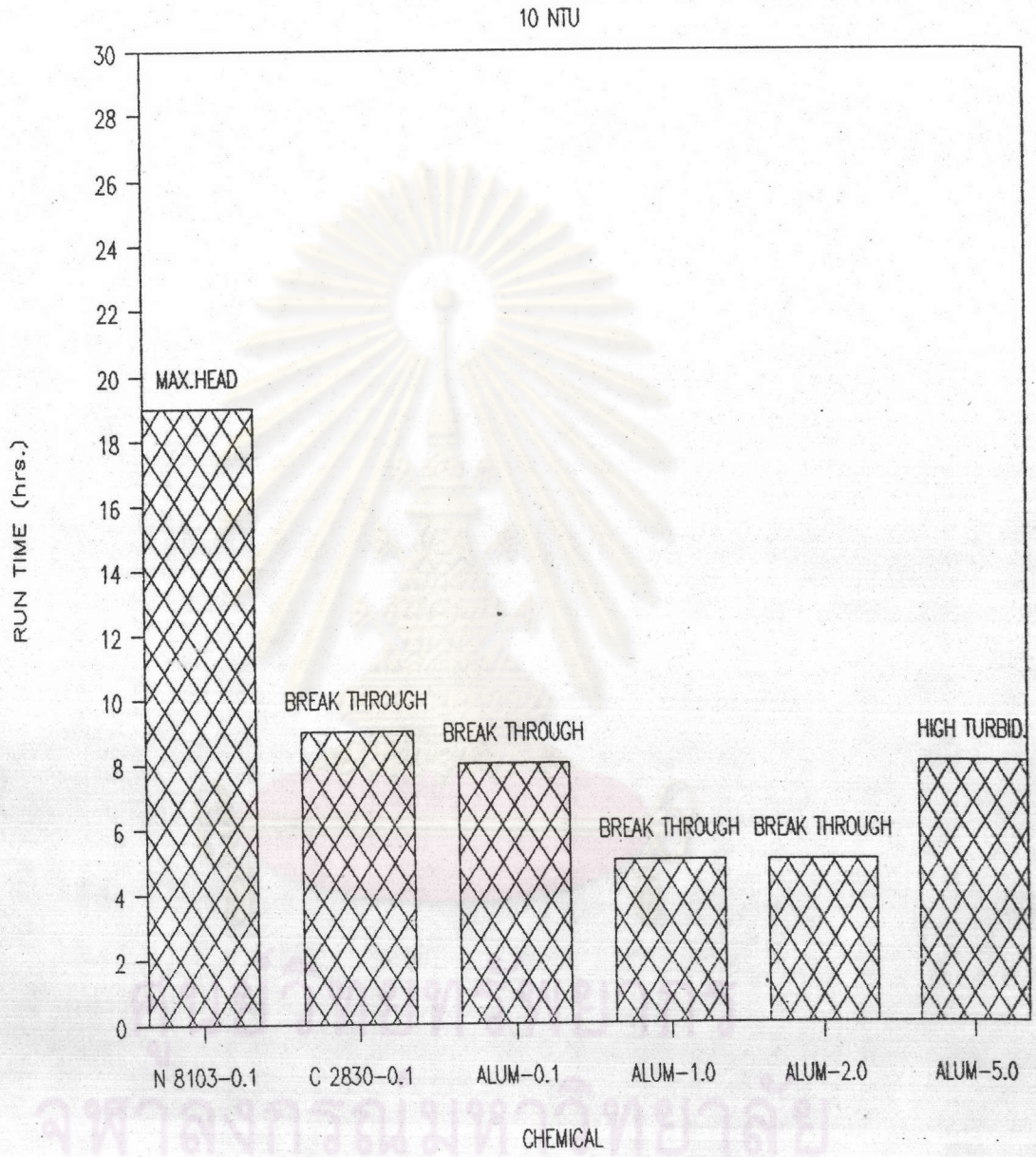
TURBIDITY NTU	CHEMICAL DOSE mg/l	FIL.RATE m/hr	RUN TIME hr	RUN TERMINATE	FILTRATE TURBIDITY NTU	BACKWASH WATER RATE m/hr	BACKWASH WATER %	WATER PRODUCTION litre	WATER PRODUCTION l/hr	NOTE
10 NTU	N 8103- 0.10	15	14.00	BT	0.30-1.20	60.63	1.92	285.38	20.38	WITHOUT MIXER
	C 2830- 0.10	15	9.00	BT	0.80-1.20	59.55	2.94	181.56	20.17	
	ALUM- 0.10	15	8.00	BT	0.70-1.20	62.80	3.49	-	-	T>1
	ALUM- 1.00	15	5.00	BT	0.70-2.10	56.30	5.00	98.72	19.74	
	ALUM- 2.00	15	5.00	BT	0.90-3.00	54.93	5.00	98.72	19.74	T<1 AFTER 1 hrs.
	ALUM- 5.00	15	8.00	T>1	1.40-3.80	60.63	2.53	-	-	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



□ N 8103-0.1 mg/l + C 2830-0.1 mg/l ◇ ALUM-0.1 mg/l △ ALUM-1.0 mg/l
× ALUM-2.0 mg/l ▽ ALUM-5.0 mg/l

รูปที่ 4.15 คุณภาพน้ำกรองเมื่อใช้สารส้ม C 2830 และ N 8103 เป็นสารโคแอกกูแลนท์



รูปที่ 4.16 อายุการกรองและการสิ้นสุดของการกรองเมื่อใช้สารส้ม C 2830 และ N 8103 เป็นสารโคแอกกูแลนท์

4.3.2.3 การแปรเปลี่ยนของอัตราการกรอง

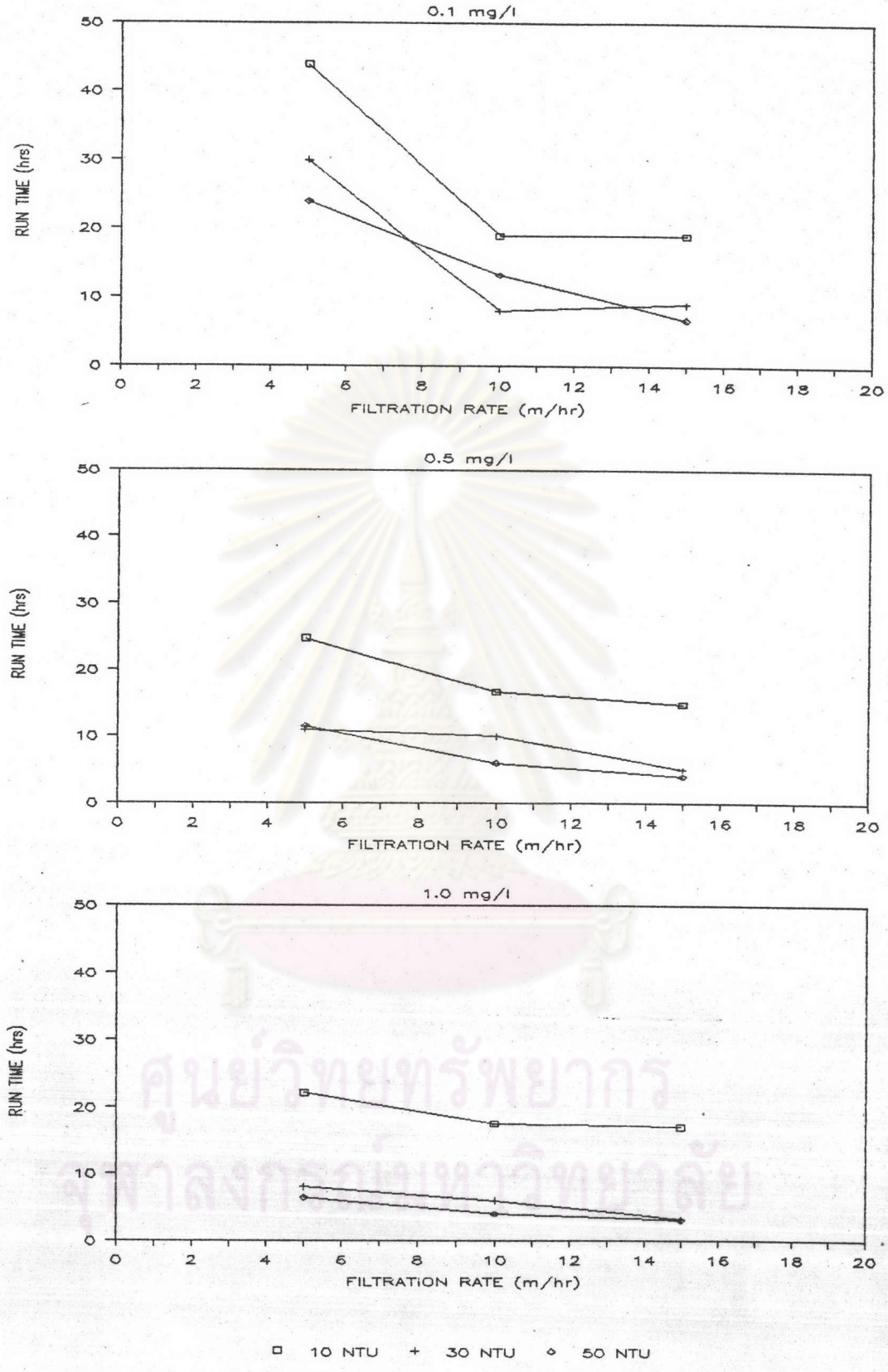
เมื่อพิจารณาถึงอัตราการกรองที่จะมีผลต่อคุณภาพน้ำ จากตารางที่ 4.3 พบว่า อัตราการกรองที่เลือกใช้ทุกค่าสามารถผลิตน้ำที่มีคุณภาพได้ภายใน 1 ชม. แรก ที่ทุกค่าความขุ่นที่ทำการทดลอง แต่เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการกรองกับอัตราการกรองที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีคงที่ค่าหนึ่งๆ จะพบว่าอายุการกรองจะลดลงเมื่อใช้อัตราการกรองที่สูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.17 ในขณะเดียวกันความขุ่นของน้ำดิบที่เพิ่มขึ้นก็ให้อายุการกรองที่ต่ำลง

4.3.2.4 ความขุ่นของน้ำดิบ

ก น้ำขุ่นสังเคราะห์

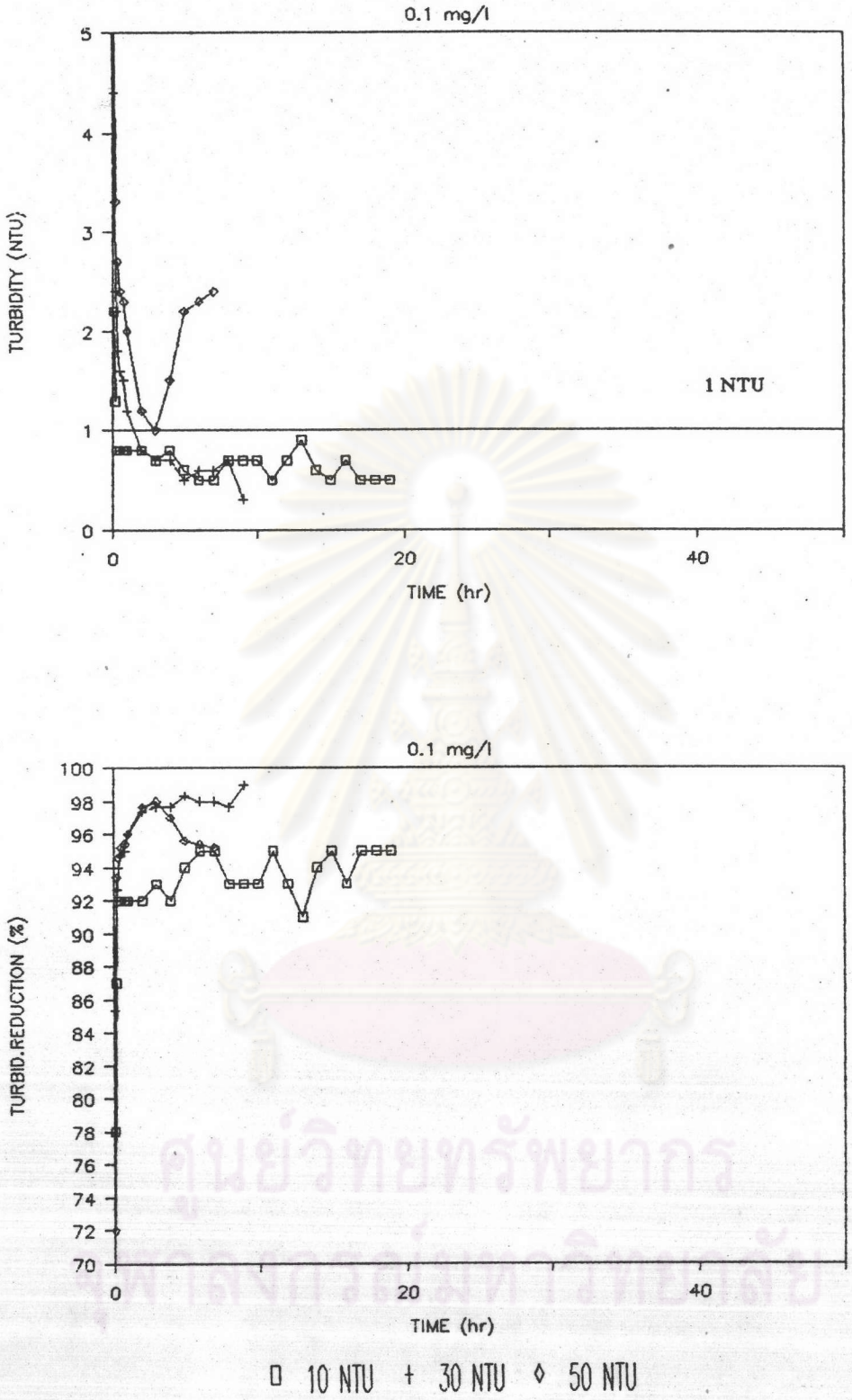
จากการใช้น้ำขุ่นสังเคราะห์ที่เตรียมจากผงดินคาโอลิน ที่ความขุ่น 10 30 และ 50 NTU พิจารณาจากการทดลองที่อัตราการกรอง 15 ม./ชม. เนื่องจากเป็นการกรองที่ปริมาณสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ ที่ใช้ทุกค่าความเข้มข้นสามารถผลิตน้ำที่มีความขุ่นต่ำกว่า 1 NTU ภายในเวลา 1 ชั่วโมง จึงแยกพิจารณาตามเข้มข้นของสาร พอลิอิเล็กโทร-ไลต์ ที่ใช้ดังแสดงในรูปที่ 4.18 ถึง 4.20 ซึ่งจะพบว่าในแง่ของความสามารถในการผลิตน้ำที่มีคุณภาพนั้น ทุกค่าความขุ่นไม่แตกต่างกัน แต่หากพิจารณาในแง่อัตราการลดลงของน้ำที่เข้าเครื่องกรอง และ คุณภาพน้ำที่กรองได้ในรูปร้อยละของประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น จะพบว่า ที่ความขุ่นสูงจะมีประสิทธิภาพมากกว่าและมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

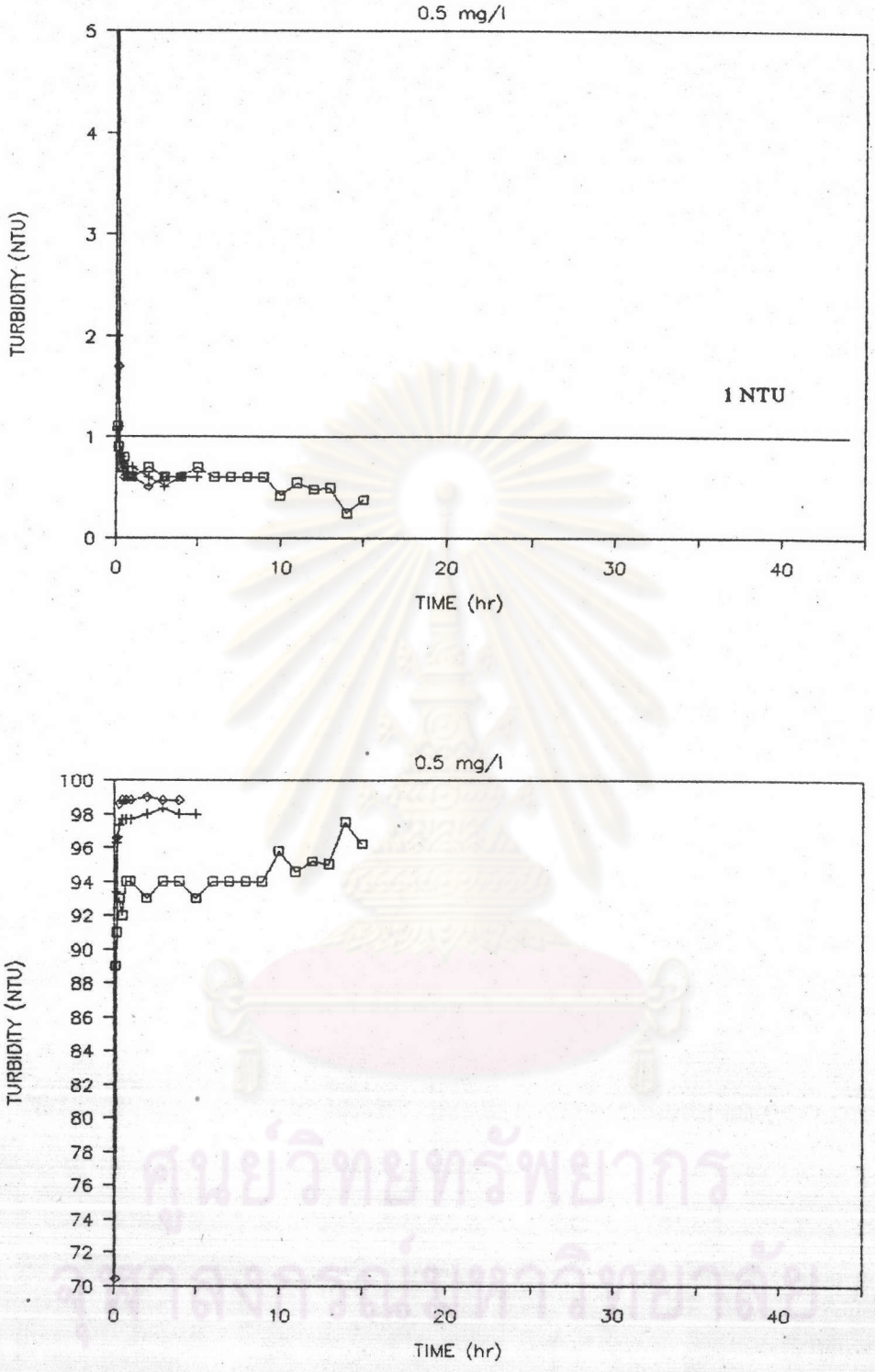


รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการกรองกับอัตราการกรอง
เมื่อใช้ปริมาณของ N 8103 ระดับต่างๆ

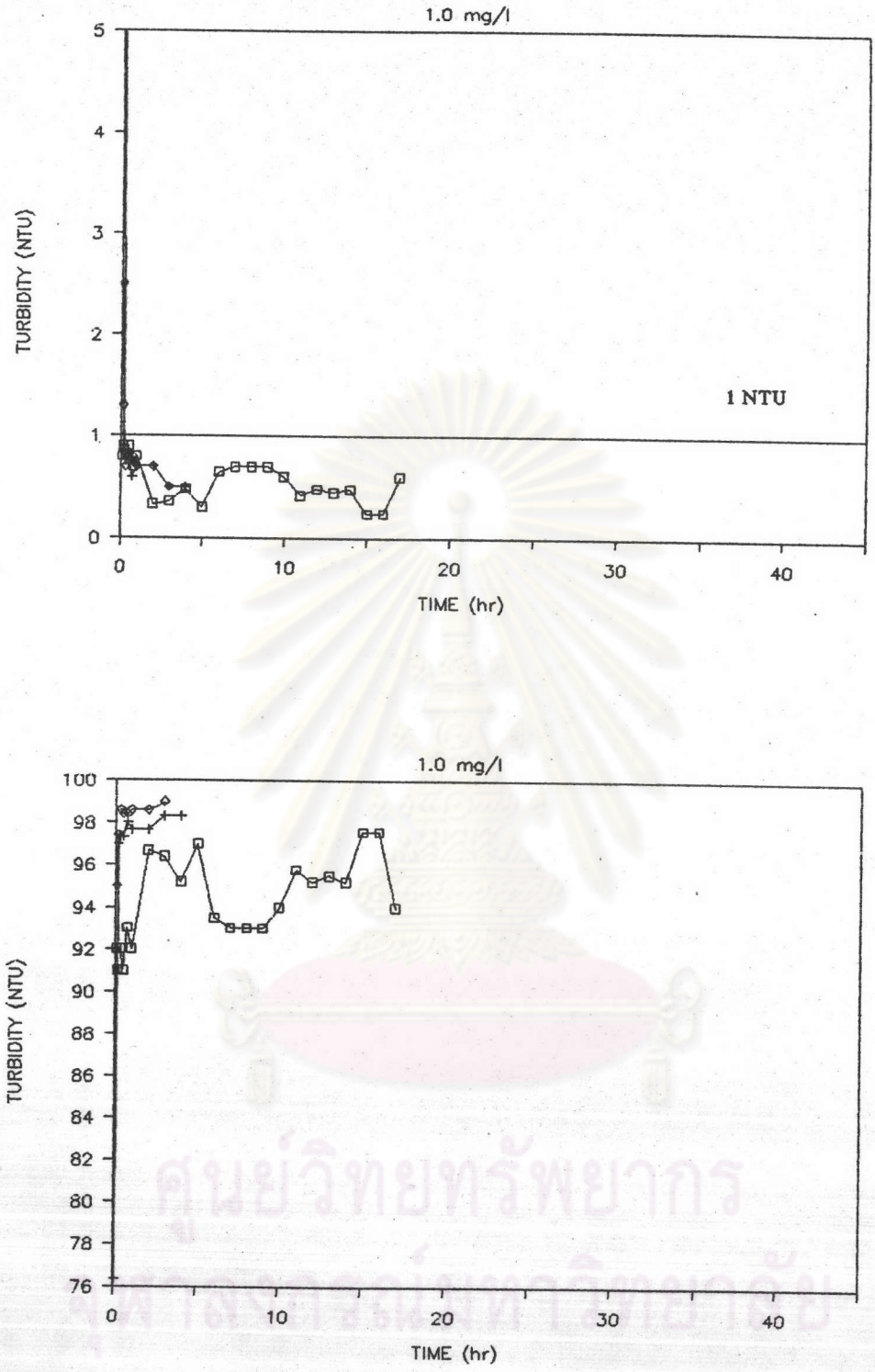
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.18 ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้ N 8103 ปริมาณ 0.1 มก./ล



รูปที่ 4.19 ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้ N 8103 ปริมาณ 0.5 มก./ล



รูปที่ 4.20 ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้ N 8103 ปริมาณ 1.0 มก./ล

ข น้ำดิบจากคลองประปา

การใช้น้ำดิบจริงจากคลองประปา ณ คลองประปาสามเสน ความขุ่นโดยเฉลี่ยประมาณ 62 NTU ทำการทดสอบการกรองโดยตรง โดยใช้ N 8103 เป็นสารโคแอกกูแลนท์ ผลการกรองน้ำแสดงดังตารางที่ ข37 ถึง ข40 ในภาคผนวก ข จำเป็นต้องใช้ N 8103 ปริมาณ 1.0 มก/ล จึงจะสามารถผลิตน้ำที่มีความขุ่นต่ำกว่า 1 NTU ได้ แต่ในเวลาเพียง 6 ชม. ก็ใช้เฮดบนชั้นกรองหมดแล้ว (120 ซม.) จึงทดลองเจือจางน้ำจากคลองประปานี้เหลือความขุ่น 10 NTU พบว่าการกรองน้ำสามารถผลิตน้ำที่มีความขุ่นต่ำกว่า 1 NTU ได้ภายในเวลา 1 ชม. มี อายุการกรอง 20 ชม. โดยการสิ้นสุดของเครื่องกรองเกิดเนื่องจากการอุดตันบนชั้นทรายแสดงข้อมูลดังตารางที่ ข41 และ ข42 ในภาคผนวกเดียวกัน และสามารถสรุปประสิทธิภาพการกรองน้ำได้ดังตารางที่ 4.6

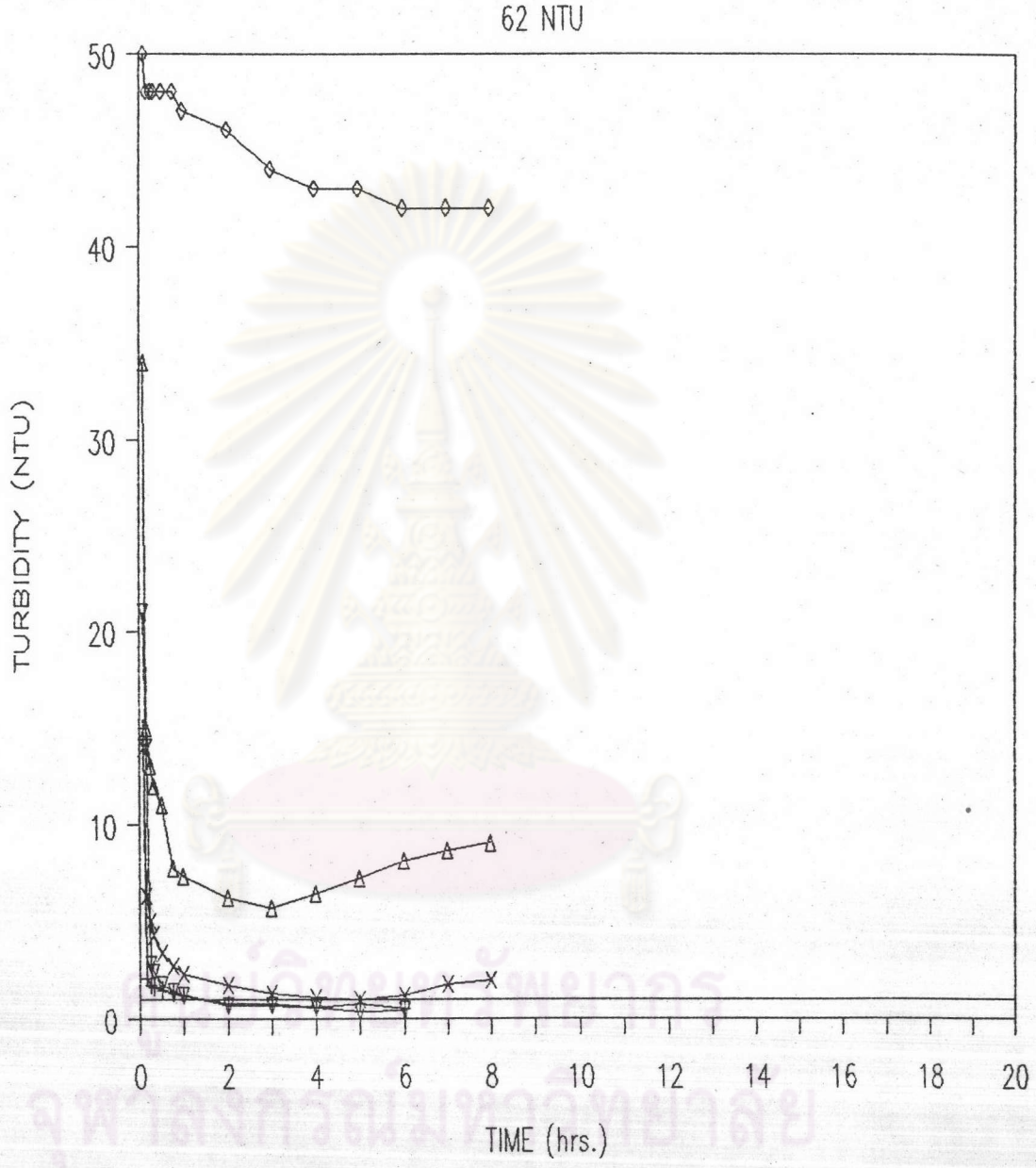
รูปที่ 4.21 พบว่าต้องใช้ N 8103 ความเข้มข้น 1.0 มก./ล จึงสามารถน้ำที่มีความขุ่นต่ำกว่า 1 NTU ทั้งนี้ได้เปรียบเทียบกับน้ำดิบที่ใช้ความขุ่นสังเคราะห์ที่มีค่าใกล้เคียงกันคือ 50 NTU จะใช้ N 8103 เพียง 0.5 มก./ล. ขณะที่มีอายุการกรองของเครื่องกรอง 6 ชั่วโมง เช่นเดียวกัน และเมื่อทำการทดลองเจือจางน้ำคลองเหลือประมาณ 10 NTU ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.22 พบว่า N 8103 ปริมาณ 1.0 มก./ล. จะสามารถผลิตน้ำที่มีคุณภาพได้ โดยจะมีอายุการกรอง 20 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับการใช้น้ำขุ่นสังเคราะห์ในความขุ่นระดับเดียวกัน ชี้ให้เห็นว่า การกรองโดยตรงมีแนวโน้มจะใช้ได้ผล หากน้ำดิบมีความขุ่นต่ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 ผลการกรองโดยตรงเมื่อใช้น้ำดิบจากคลองประปาโดยใช้ N 8103 เป็นสารโคแอกกูแลนท์

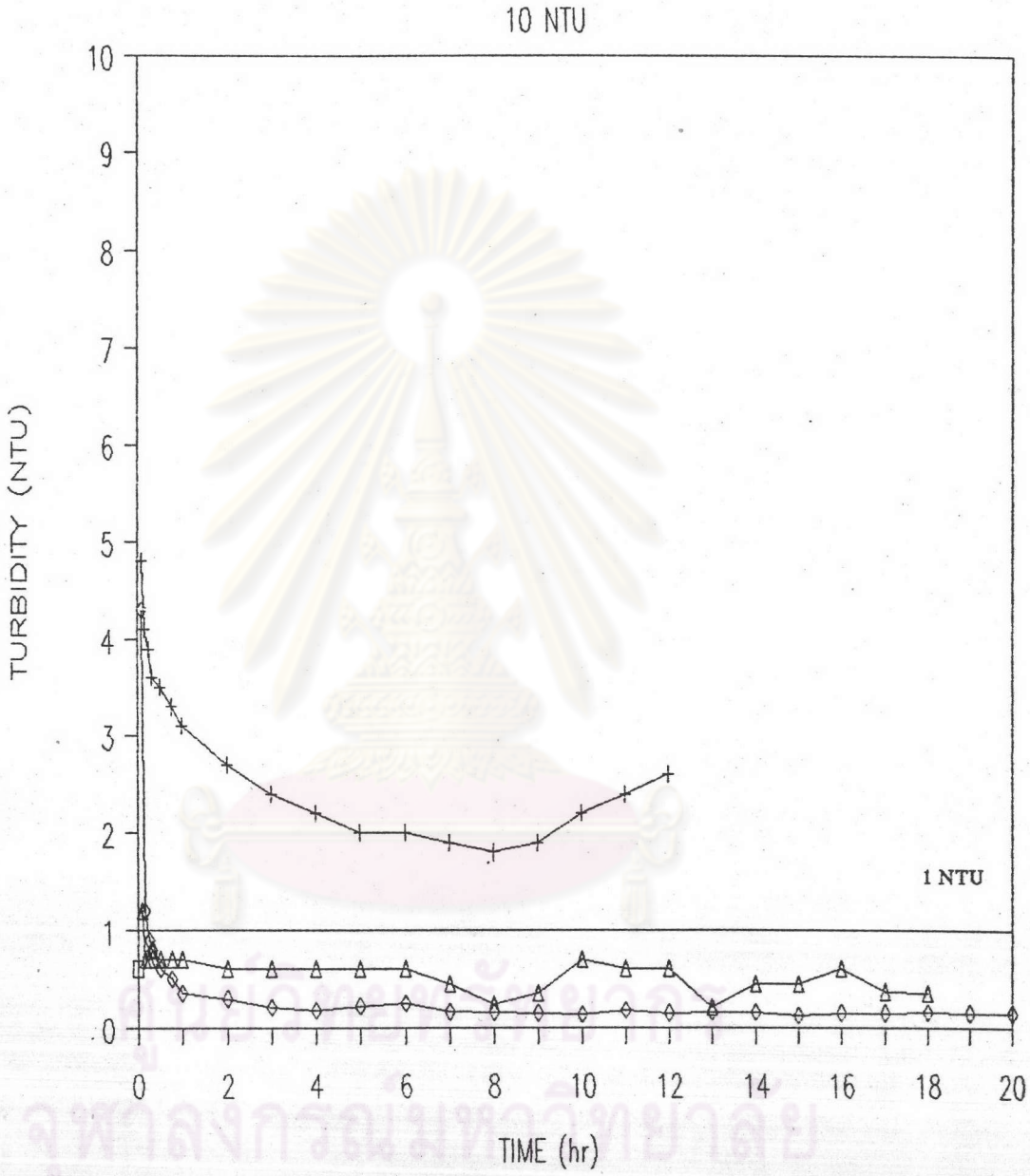
TURBIDITY NTU	CHEMICAL DOSE mg/l	RUN TIME	RUN TERMINATE	FILTRATE TURBIDITY NTU	BACKWASH WATER RATE	BACKWASH WATER %	WATER PRODUCTION litre	WATER PRODUCTION l/hr	NOTE
	0.10	8.00	T>1	42.00-50.00	61.16	7.65	-	-	
62 NTU	0.25	8.00	T>1	5.70-34.00	72.10	7.65	-	-	
FROM KLONG PRAPA	0.50	7.77	T>1	1.00-14.00	60.51	7.79	108.94	14.02	7.77 hrs:MAX.H
	1.00	9.00	MAX.H	0.36-21.00	63.14	8.77	83.22	13.87	T<1 AFTER 1 hrs
10 NTU DILUTED	0.10	8.00	T>1	1.80-4.80	61.16	10.19	-	-	
FROM KLONG PRAPA	1.00	20.00	MAX.H	0.13-4.30	67.13	2.24	-	-	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



+ 50 NTU-0.50 mg/l ◇ 62 NTU-0.10 mg/l △ 62 NTU-0.25 mg/l
× 62 NTU-0.50 mg/l ▽ 62 NTU-1.00 mg/l

4.21 ผลการกรองน้ำดิบจากคลองประปาโดยใช้ N 8103 เป็นสารโคแอกกูแลนท์ที่อัตราการกรอง 10 ม./ชม. เปรียบเทียบกับน้ำขุ่นสังเคราะห์ 50 NTU



4.22 ผลการกรองน้ำดิบจากคลองประปาเจือจางโดยใช้ N 8103 เป็นสารโคแอกกูแลนท์ ที่อัตราการกรอง 10 ม./ชม. เปรียบเทียบกับน้ำขุ่นสังเคราะห์ 10 NTU

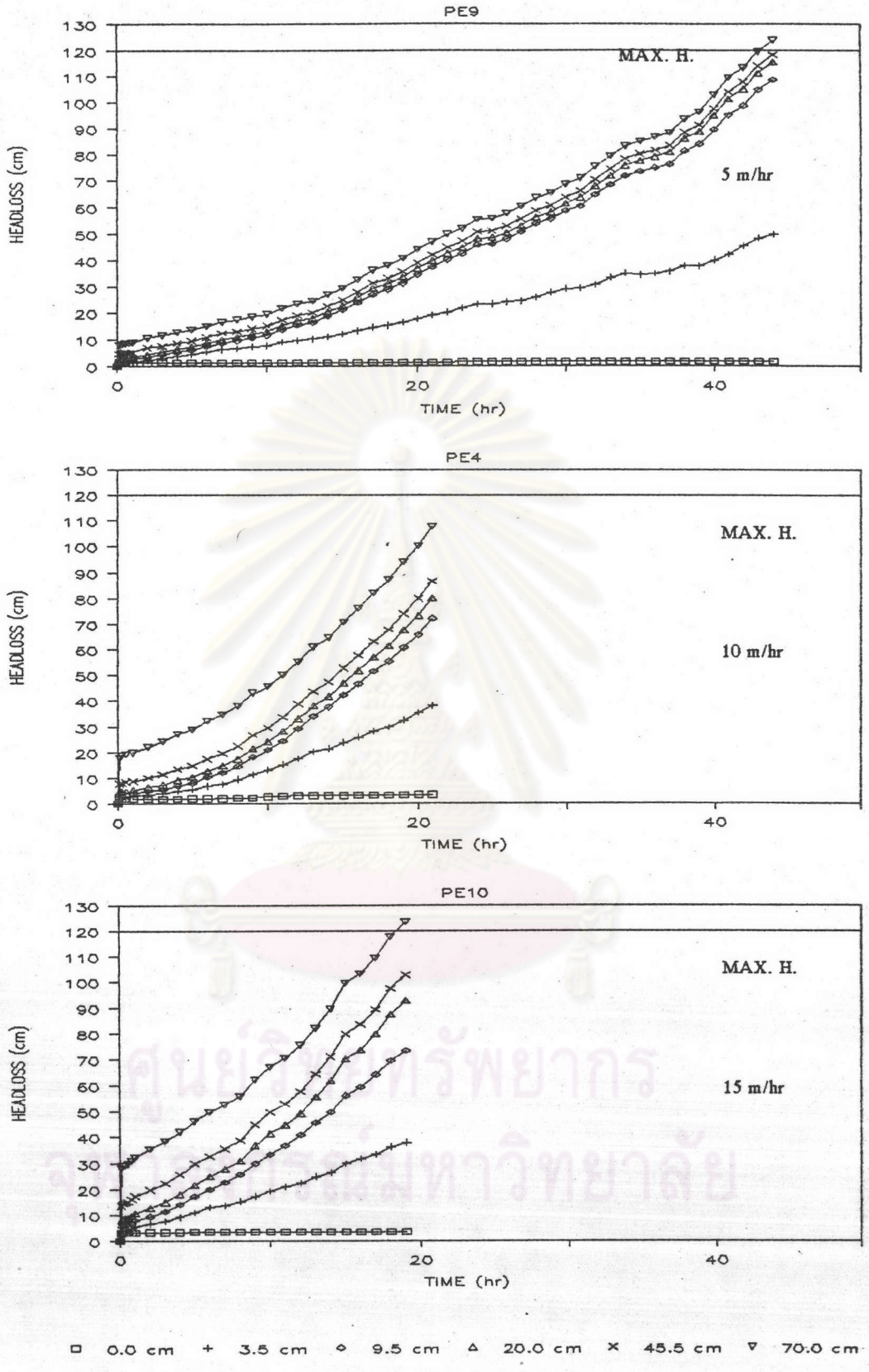
4.3.3 การอุดตันของชั้นกรอง

4.3.3.1 การอุดตันภายในชั้นกรอง

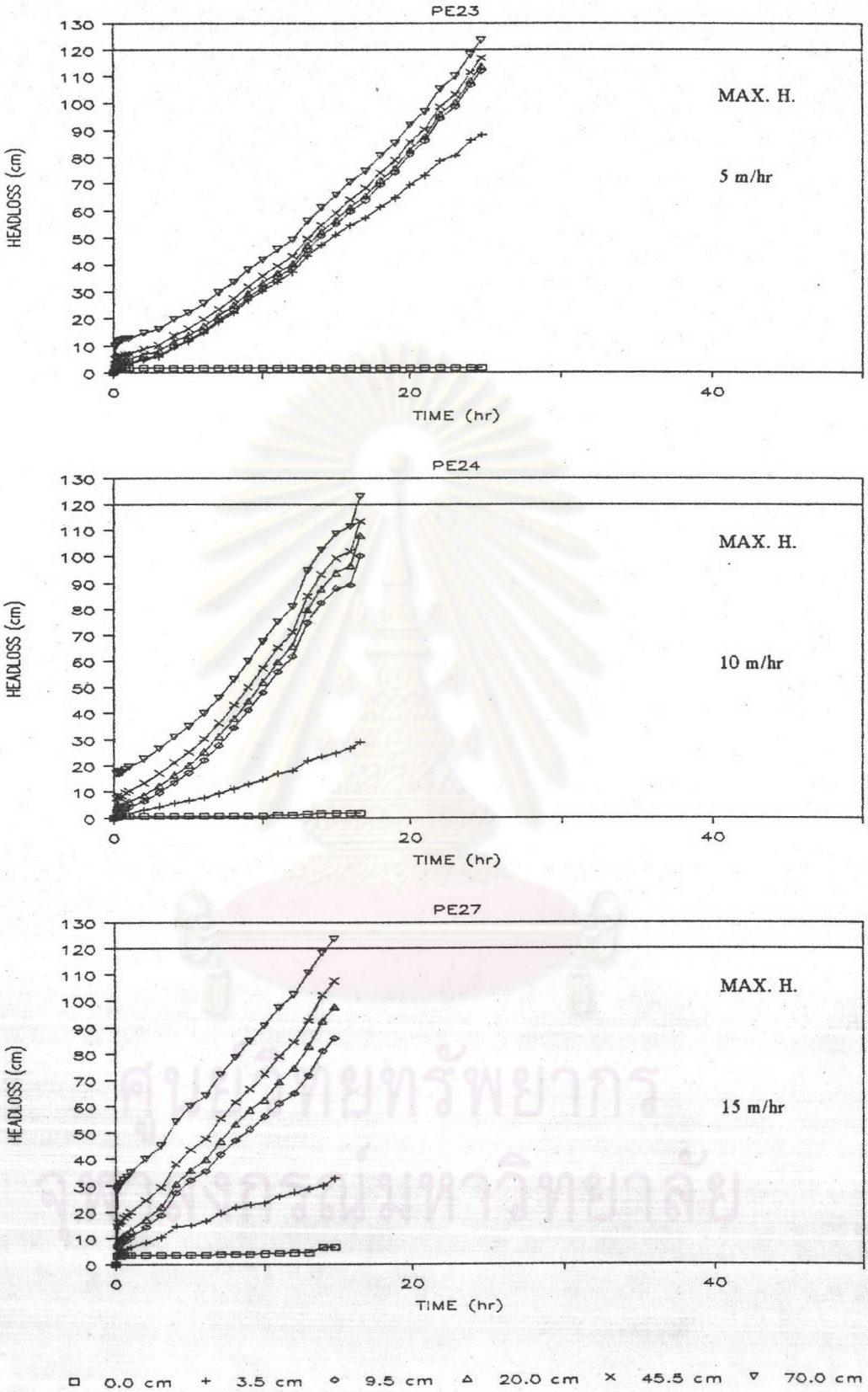
ในการวิจัยนี้ที่ระดับ 0 ถึง 45.5 ซม. เป็นชั้นถ่านแอนทราไซต์ ขนาดสัมฤทธิ์ 1.30 สปส.ความสม่ำเสมอ 1.50 และตั้งแต่ 45.5 ถึง 70.0 ซม. เป็นชั้นทรายซิลิกาขนาดสัมฤทธิ์ 0.55 สปส.ความสม่ำเสมอ 1.50 การอุดตันในชั้นทรายแสดงดังรูปที่ 4.23-4.25 จากการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียเฮดในระดับต่างๆทุกค่าความขุ่นที่ใช้ แนวโน้มของการอุดตันเป็นไปในลักษณะเดียวกัน ผู้เขียนจึงขอแสดงรูปกราฟเฉพาะที่ระดับความขุ่น 10 NTU พบว่า การอุดตันส่วนใหญ่เกิดภายในระดับชั้นถ่าน ซึ่งในขณะทำการทดลองก็จะเห็นฟล้อคอย่างชัดเจน ซึ่งการที่ชั้นถ่านทำหน้าที่เก็บกักฟล้อคไว้นี้เอง ทำให้การอุดตันของเครื่องกรองเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ชั้นทรายที่อยู่ข้างล่างที่จะทำหน้าที่รับภาระความขุ่นที่เหลือและทำให้น้ำกรองมีคุณภาพดีขึ้น แทบจะสังเกตุไม่เห็นฟล้อคปรากฏขึ้นเลย ผู้เขียนคิดว่าหากใช้ชั้นถ่านลึกมากขึ้นโดยมีขนาดสัมฤทธิ์ใหญ่ขึ้น แต่ไม่จำเป็นที่จะต้องมีการกระจายขนาดของเม็ดถ่านมากนัก (UC น้อยลง) เพื่อขยายช่องว่างระหว่างเม็ดสารกรองในชั้นผิวบนและเพิ่มโอกาสในการเกิดฟล้อคในชั้นกรองที่ลึกลงไป น่าจะเป็นการเพิ่มสมรรถนะของชั้นกรองยิ่งขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากวัฏจักรของการกรองน้ำ จำเป็นต้องมีการล้างย้อนซึ่งจะทำให้การจัดเรียงตัวของโครงร่างสารกรองภายหลังจากการล้างย้อนเป็นแบบ ละเอียด-หยาบ ทำให้ผิวบนของชั้นกรองเป็นเม็ดสารกรองขนาดเล็ก ซึ่งจะลดประสิทธิภาพของชั้นกรองโดยไม่จำเป็น

4.3.3.2 การอุดตันของเครื่องกรอง

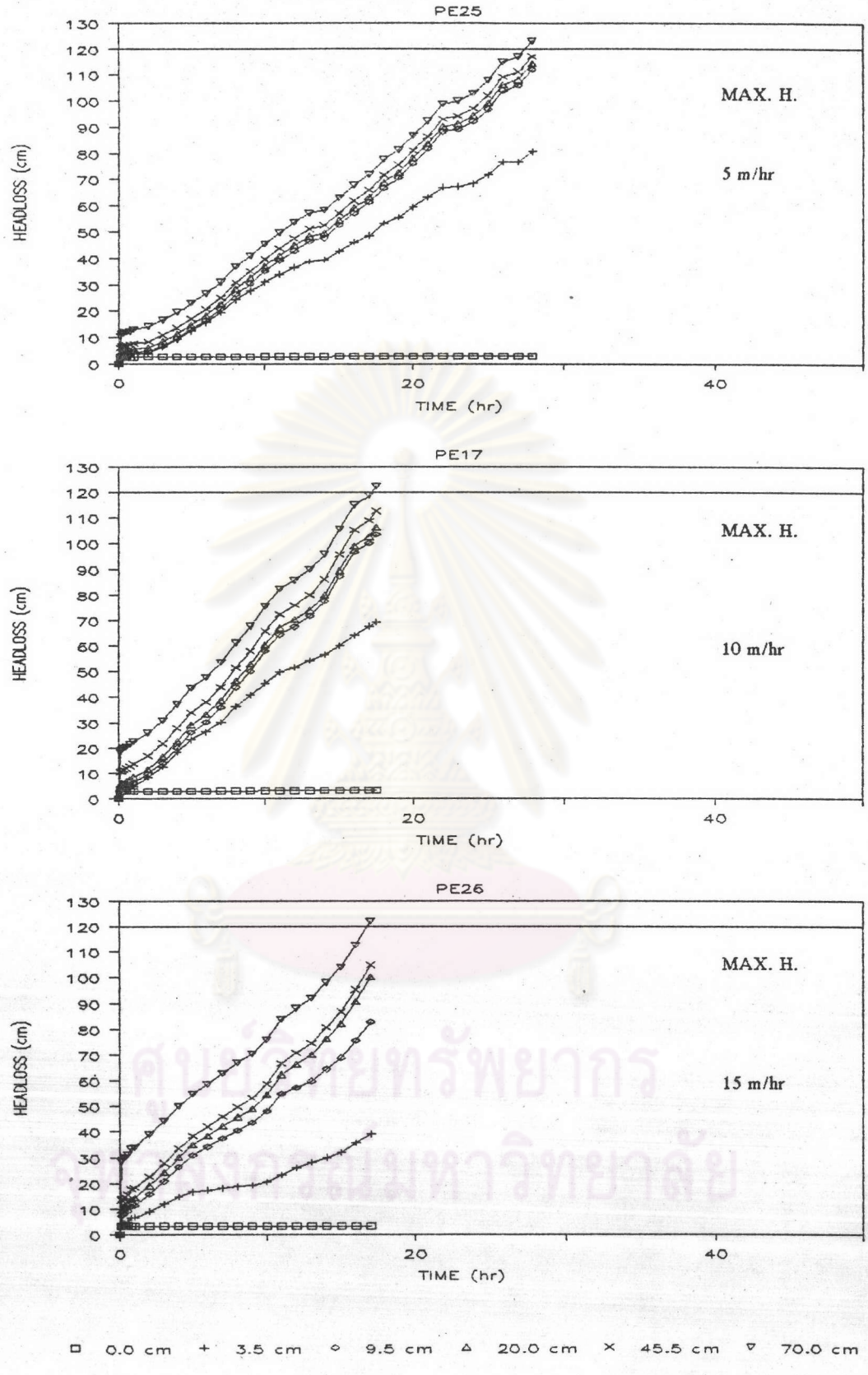
ดูรูปที่ 4.26-4.28 ความเปลี่ยนแปลงของการอุดตันของชั้นกรองเปรียบเทียบกันที่อัตราการกรองต่างๆ พบว่าที่อัตราการกรอง 15 ม/ชม. เส้นกราฟมีความลาดชันมาก ทุกค่าความขุ่นที่ทำการทดลอง นั่นคือการอุดตันเกิดขึ้นเร็ว โดยพิจารณาจากค่าเฮดสูญเสียรวมของเครื่องกรองซึ่งจะเป็นแนวโน้มบอกถึงอายุการกรองของเครื่องกรอง ขณะที่อัตราการกรอง 10 ม/ชม. และ 5 ม./ชม. มีความลาดชันของเส้นกราฟลดลงนั่นคืออายุของการกรองจะสูงขึ้นเป็นลำดับ เปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารเคมีใดๆ เส้นกราฟจะมีความลาดชันเพียงเล็กน้อยทุกค่าอัตราการกรอง



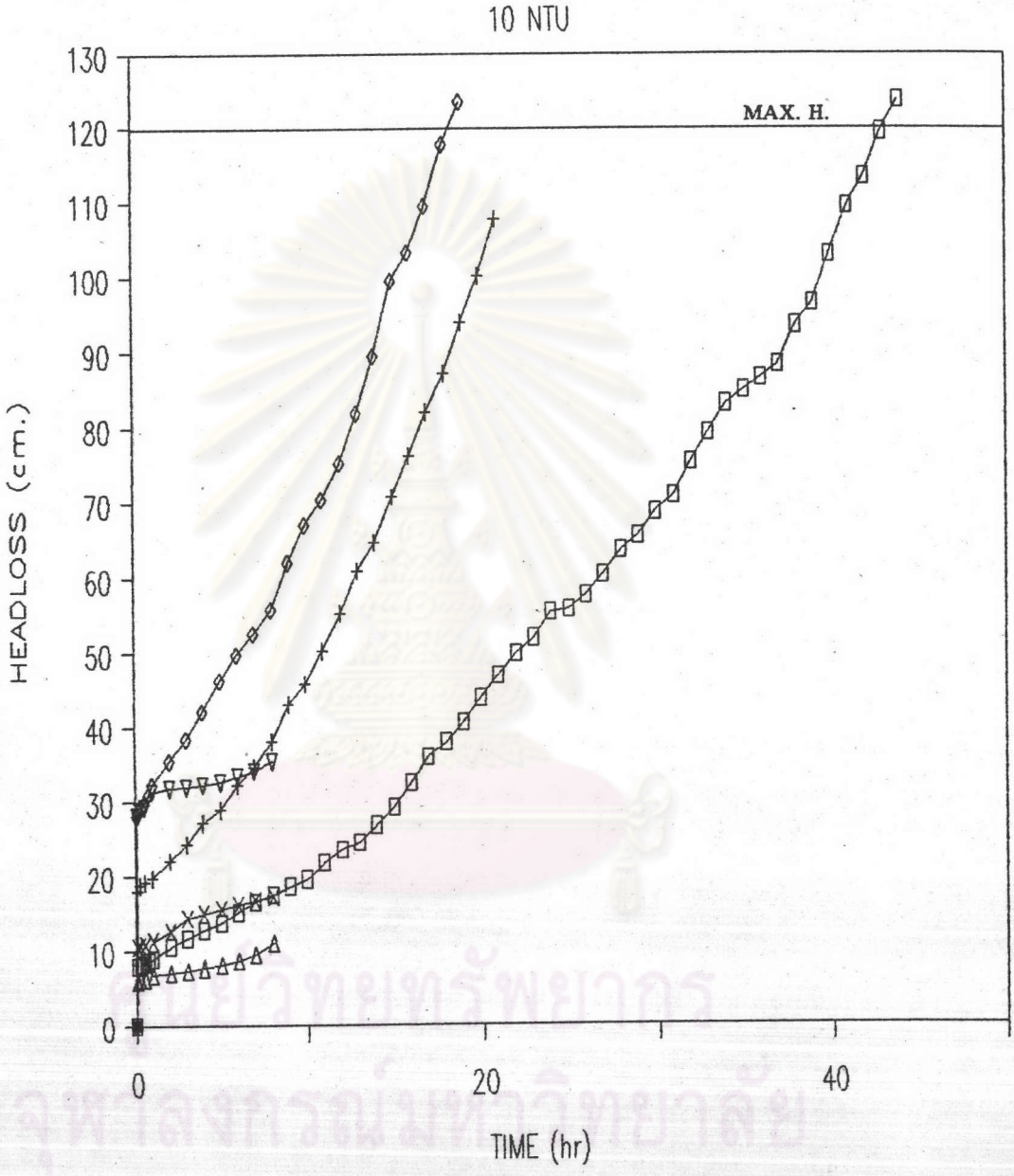
รูปที่ 4.23 การอุดตันภายในชั้นกรองที่ระดับความขุ่น 10 NTU ปริมาณของ N 8103 0.1 มก./ล. อัตราการกรอง 5 10 และ 15 ม./ชม.



รูปที่ 4.24 การอุดตันภายในชั้นกรองที่ระดับความขุ่น 10 NTU ปริมาณของ N 8103 0.5 มก./ล. อัตราการกรอง 5 10 และ 15 ม./ชม.



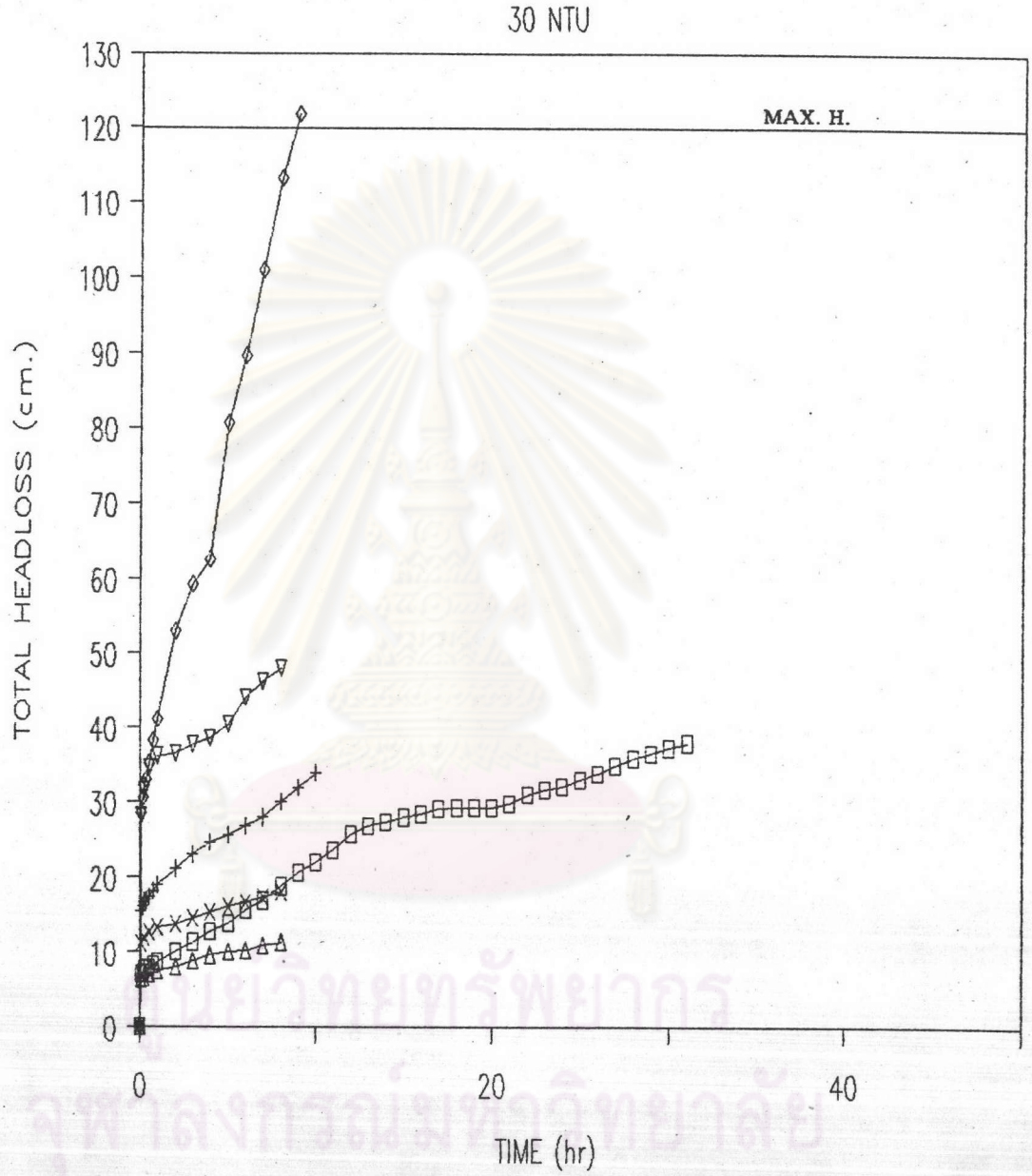
รูปที่ 4.25 การอุดตันภายในชั้นกรองที่ระดับความขุ่น 10 NTU ปริมาณของ N 8103 1.0 มก./ล. อัตราการกรอง 5 10 และ 15 ม./ชม.



□ WITH PE-5 m/hr + WITH PE-10 m/hr ◇ WITH PE-15 m/hr

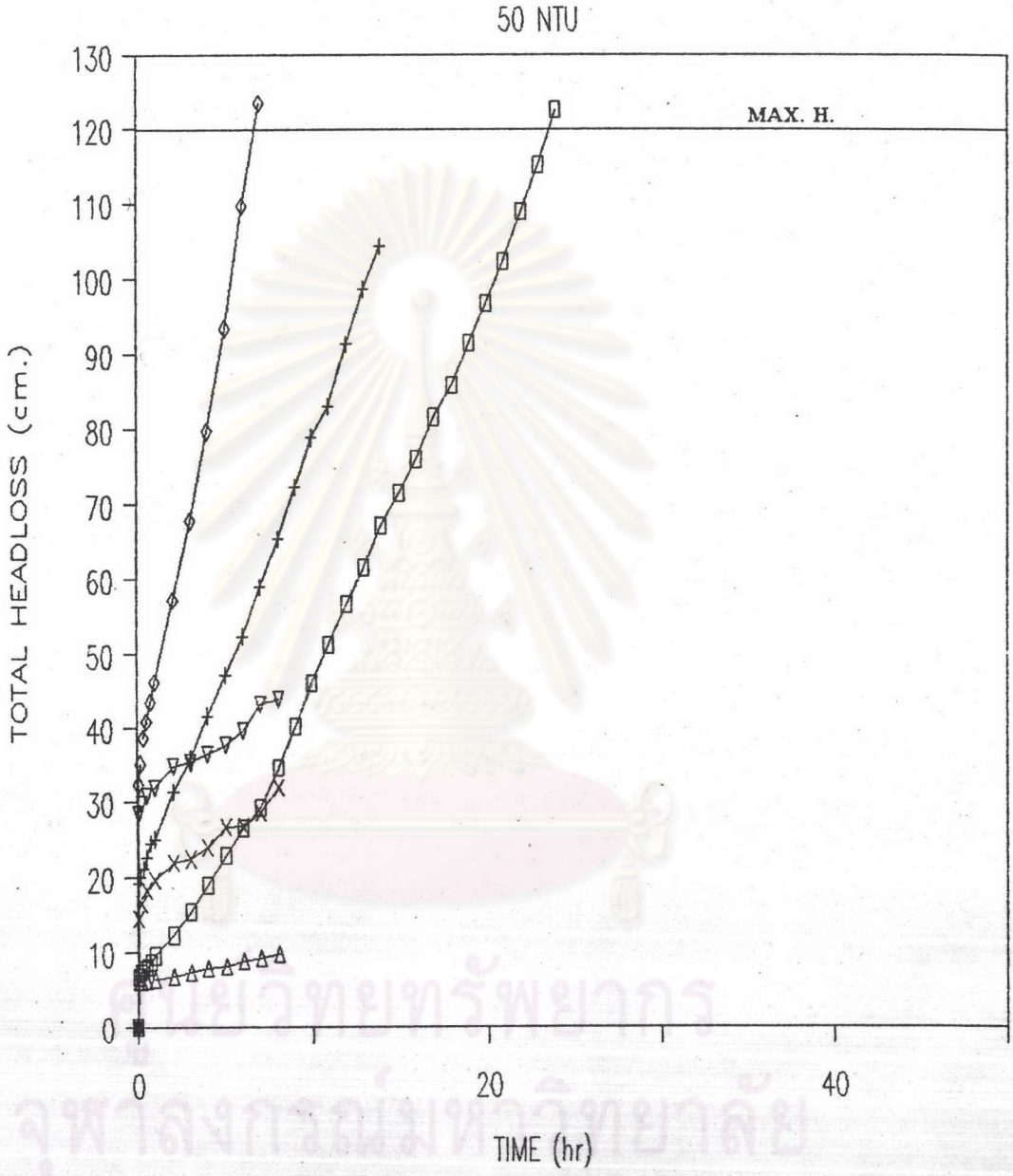
△ WITHOUT PE-5 m/hr × WITHOUT PE-10 m/hr ▽ WITHOUT PE-15 m/hr

รูปที่ 4.26 การอุดตันของเครื่องกรองที่ระดับความขุ่น 10 NTU ปริมาณของ N 8103 0.1 มก./ล. อัตราการกรอง 5 10 และ 15 ม./ชม.



□ WITH PE-5 m/hr + WITH PE-10 m/hr ◇ WITH PE-15 m/hr
△ WITHOUT PE-5 m/hr × WITHOUT PE-10 m/hr ▽ WITHOUT PE-15 m/hr

รูปที่ 4.27 การอุดตันของเครื่องกรองที่ระดับความขุ่น 30 NTU ปริมาณของ N 8103 0.1 มก./ล. อัตราการกรอง 5 10 และ 15 ม./ชม.



□ WITH PE-5 m/hr + WITH PE-10 m/hr ◇ WITH PE-15 m/hr

△ WITHOUT PE-5 m/hr × WITHOUT PE-10 m/hr ▽ WITHOUT PE-15 m/hr

รูปที่ 4.28 การอุดตันของเครื่องกรองที่ระดับความขุ่น 50 NTU ปริมาณของ N 8103 0.1 มก./ล. อัตราการกรอง 5 10 และ 15 ม./ชม.

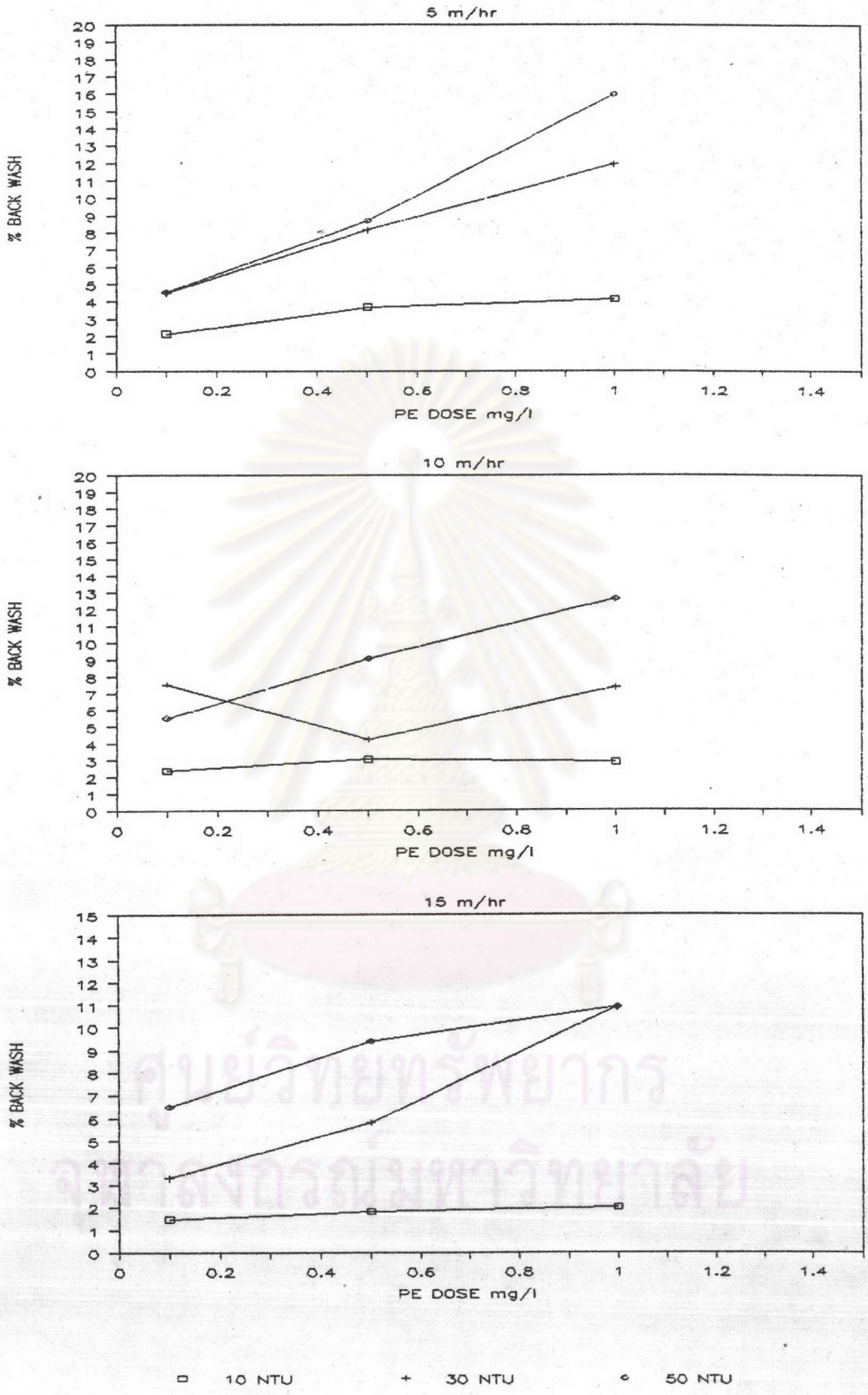
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.4 น้ำล้างย้อน

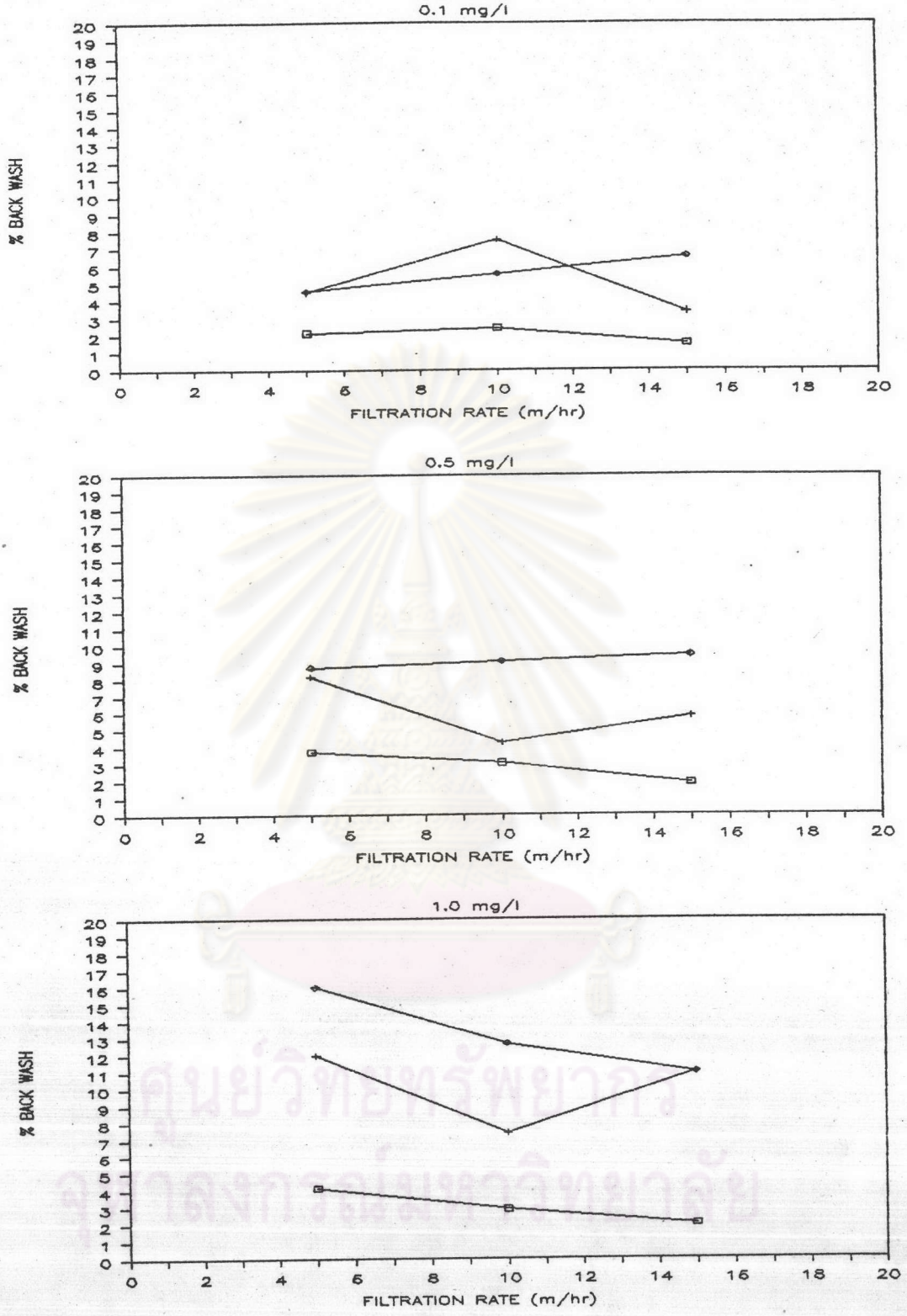
ในการทดลองควบคุมระดับปริมาณน้ำล้างย้อนไว้ที่ 35 % และล้างกระทั่งชั้นกรองสอาด อัตราการล้างย้อน อยู่ในช่วง 50-67 ม/ชม ดังผลการทดลองที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 สามารถพิจารณาแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของปริมาณน้ำล้างย้อนกับปริมาณสารเคมีที่ใช้ ดังรูปที่ 4.29 และเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำล้างย้อนที่อัตราการกรองระดับต่างๆ ดังรูปที่ 4.30 พบว่าปริมาณน้ำล้างย้อนมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารเคมีมากขึ้นและความขุ่นน้ำดิบสูงมีระดับการใช้น้ำล้างย้อนมากกว่าน้ำดิบความขุ่นต่ำ แต่ปริมาณน้ำล้างย้อนกับอัตราการกรองไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนนัก

อย่างไรก็ตามในการทดลองพบว่าการล้างย้อนโดยอาศัยการไหลของน้ำเพียงอย่างเดียวนั้น ไม่เพียงพอต่อการกำจัดสิ่งสกปรกภายในชั้นกรองให้หมดไปได้ จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ช่วยในการกวนเพื่อทำให้เกิดการขัดสีกันระหว่างเม็ดสารกรองให้มากขึ้น เพื่อทำให้สิ่งอุดตันหลุดออกได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำล้างย้อนกับความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ในการกรอง



รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำล้างย้อนกับอัตราการกรอง

4.3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการหาค่าค่าดัชนีการกรองและการกรองโดยตรง

หากพิจารณาผลการกรองโดยตรงดังที่สรุปไว้ในตารางที่ 4.3 ในการทดลองเฉพาะที่สามารถผลิตน้ำที่มีคุณภาพได้ภายใน 1 ชม. แรก สามารถสรุปเปรียบเทียบความเข้มข้นที่เหมาะสมในการหาค่าดัชนีการกรอง กับการกรองโดยตรงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ความเข้มข้นที่เหมาะสมในการกรองน้ำโดยวิธีหาค่าดัชนีการกรองและการกรองโดยตรง

สารเคมี	ความขุ่น	ความเข้มข้นเหมาะสมที่ใช้ (มก./ล.)	
	NTU	จากการหาค่าดัชนีการกรอง	จากการกรองโดยตรง
N 8103	10	2.0	0.1
	30	2.0	0.5
	50	2.0	0.5

ซึ่งสรุปได้ว่าระดับความเข้มข้นของสารเคมีที่เลือกใช้จากการทดลองหาค่าดัชนีการกรองไม่อยู่ในระดับเดียวกับความเข้มข้นที่เหมาะสมกับการใช้งานในการกรองโดยตรง แต่จากการใช้ C 2830 และสารส้มในภาวะเดียวกัน (ดังที่ได้พิจารณารายละเอียดในข้อ 4.3.2.2) พบว่าสารเคมีที่ให้ค่าดัชนีการกรองสูง มีแนวโน้มที่จะให้ผลการกรองน้ำในอุปกรณ์การกรองโดยตรงไม่ดีเช่นกัน แนวโน้มดังกล่าวสรุปได้ว่า ค่าดัชนีการกรองน่าจะเป็นดัชนีที่ดีในการเลือกสารเคมีที่ใช้ แต่สำหรับปริมาณความเข้มข้นที่จะเหมาะสมในกระบวนการกรองโดยตรงแล้วค่าดัชนีการกรองสามารถเป็นแนวโน้มในการบอกระดับโดยคร่าวๆเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากโครงร่างตลอดจนความลึกของชั้นกรองที่ใช้ต่างกันมาก

4.3.6 ประสิทธิภาพในการกรองน้ำเปรียบเทียบเมื่อใช้และไม่ใช้เครื่องกวนสถิตย์

การไม่ใช้เครื่องกวนสถิตย์ในการกรองน้ำ ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบไว้ 1 การทดลองคือที่ความขุ่นสังเคราะห์ 10 NTU อัตราการกรอง 15 ม/ชม. และปริมาณของ N 8103 0.1 มก/ล ดังข้อมูลในตารางที่ ข43 ภาคผนวก ข

ในการทดลองเปรียบเทียบการไม่ใช้เครื่องกวนสถิตย์ ในการกรองน้ำขุ่นสังเคราะห์ 10 NTU ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.31 พบว่าคุณภาพน้ำที่ได้ไม่ต่างกันนัก แต่การไม่ใช้เครื่องกวนสถิตย์เกิดความขุ่นรั่วในชั่วโมงที่ 14 ขณะที่การใช้เครื่องกวนสถิตย์มีอายุการกรอง 19 ชม. และการสิ้นสุดของการกรองน้ำเป็นสาเหตุเนื่องมาจากการใช้เฮดในชั้นทรายจนหมด ผลดังกล่าวมีแนวโน้มว่าเครื่องกวนสถิตย์อาจมีบทบาทในการทำให้เกิดฟล็อคที่ดีกว่า จึงทำให้ไม่เกิดความขุ่นรั่ว

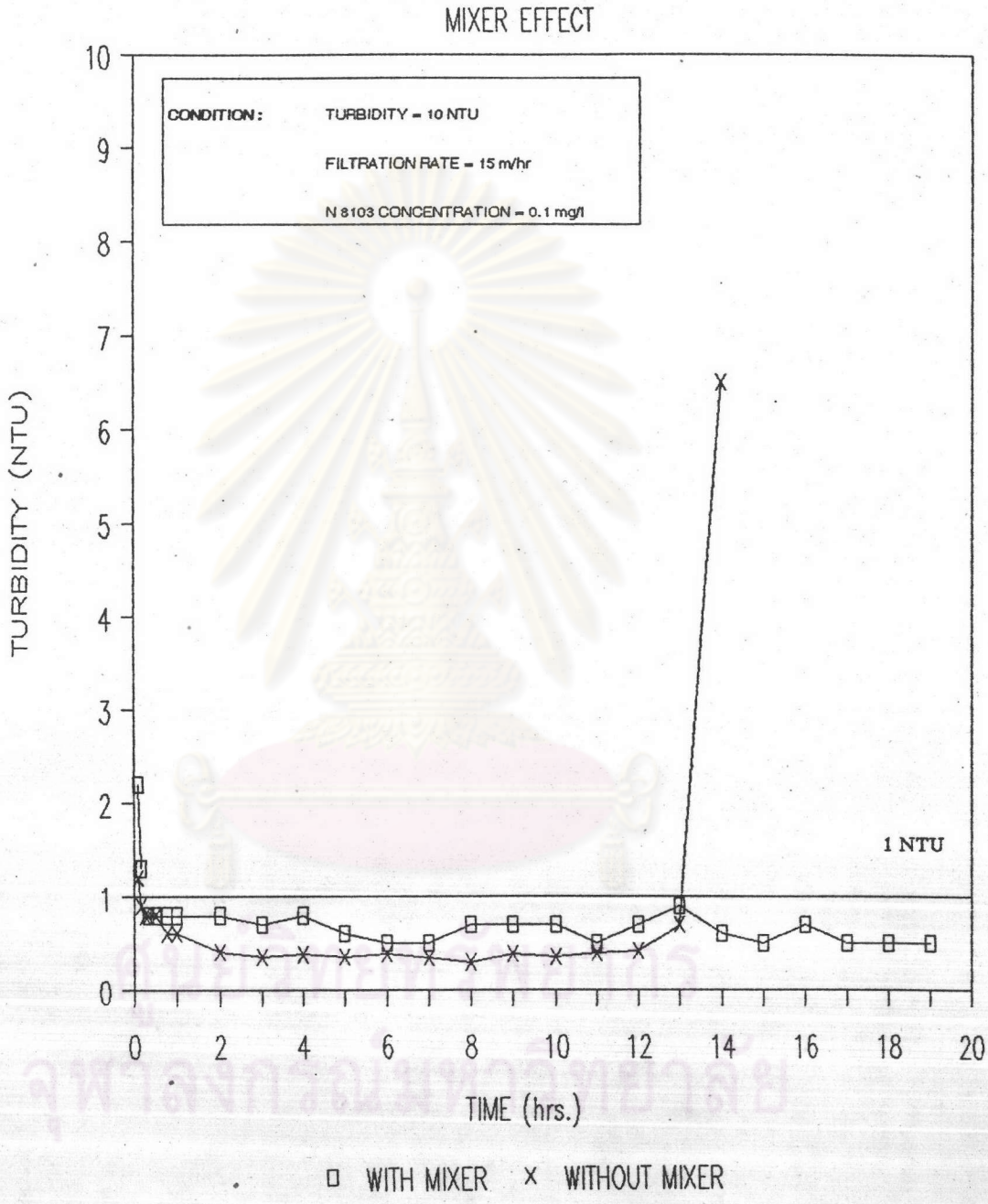
4.3.7 สาเหตุความคลาดเคลื่อนในการวิจัย

การวิจัยนี้แม้จะมีความพยายามในการควบคุมวิธีการและขั้นตอนต่างๆในการทำการทดลองอย่างถี่ถ้วนแล้ว ก็ยังพบว่าอาจมีปัจจัยอื่นที่เป็นไปได้ในการทำให้ข้อมูลคลาดเคลื่อน ดังองค์ประกอบต่อไปนี้

1. การทดลองกระทำในอุปกรณ์ขนาดเล็ก เช่นเครื่องกวนสถิตย์ (มีขนาดเล็กที่สุดเพียง 6 มม. จนถึงขนาดใหญ่ที่สุดเพียง 10 มม.) ซึ่งช่องทางการไหลของน้ำผสมกับสารเคมี ที่จะเข้าไปผ่านกระบวนการกรองนั้นเล็กมาก ทำให้เกิดการอุดตันของตะกอนอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ค่าความเร็วเกรเดียนท์ มีค่าเพิ่มขึ้นระหว่างการทดลองซึ่งเป็นเหตุผลเนื่องจากการย่อขนาดของหน่วยการกรอง

2. การกำจัดสิ่งสกปรกจากชั้นทรายโดยการล้างย้อนอาจทำได้ไม่หมดยังผลให้ชั้นกรองของข้อมูลในการทดลองต้นๆ ต่างจากชั้นกรองในการทดลองหลัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



4.31 ผลการกรองโดยตรงเปรียบเทียบเมื่อใช้และไม่ใช้เครื่องกวนสถิตย์

ตารางที่ ข5 ใช้สารส้มเป็นสารโคแอกกูแลนท์

RUN NO.	DOSE mg/l	TURBIDITY INITIAL NTU	TURBIDITY FILTRATE NTU	HEADLOSS cm	VOLUME ml	F NUMBER
7	0.0	10.0	7.0	2.5	1270	0.0209
69	0.5	10.0	2.7	4.2	1240	0.0139
70	1.0	10.0	2.5	3.8	1245	0.0116
71	2.0	10.0	1.8	4.1	1240	0.0090
72	5.0	10.0	1.4	3.7	1250	0.0063
73	10.0	10.0	1.3	4.5	1240	0.0072
8	0.0	30.0	10.0	4.6	1230	0.0189
74	0.5	30.0	4.7	6.2	1205	0.0123
75	1.0	30.0	3.8	6.0	1210	0.0095
76	2.0	30.0	3.2	5.2	1220	0.0069
77	5.0	30.0	2.8	4.9	1230	0.0057
78	10.0	30.0	2.7	4.8	1230	0.0053
9	0.0	50.0	12.0	5.2	1220	0.0155
34	0.5	50.0	8.0	4.9	1225	0.0097
35	1.0	50.0	7.7	4.0	1240	0.0076
36	2.0	50.0	4.2	5.3	1225	0.0055
37	5.0	50.0	3.1	5.5	1225	0.0042
38	10.0	50.0	2.3	6.5	1200	0.0038

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย