หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองของเครื่องกรองเร็วแบบไหลขึ้นได้สรุปไว้ในตารางที่ 4 - 1

4.1 <u>การลดความขุ่น</u> (Turbidity removal)

ในการนำน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งมีความขุ่นอยู่ระหว่าง 50-70 หน่วย(JTU) มาทำการตกตะกอนด้วยสารส้ม ทำให้ความขุ่นของน้ำหลังจากการตกตะกอนซึ่งจะนำมาเข้าเครื่องกรองแบบไหลขึ้นต่อไปนั้นมีความขุ่นอยู่ระหว่าง 10-12 (JTU) และเมื่อนำมาผ่านเครื่องกรองที่อัตราการกรองตั้งแต่ 100 - 500 เมตร/วัน ทำให้ค่าของความขุ่นภายหลังผ่านเครื่องกรองแล้ว มีค่าอยู่ระหว่าง 3.0-5.0 หน่วย (JTU) ซึ่งอยู่ในมาตรฐานน้ำดื่ม ซึ่งแสดงว่าประสิทธิภาพในการลดความขุ่นของเครื่องกรองทรายแบบไหลขึ้นนี้อยู่ระหว่าง 59-75% ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.1 ถึง 4.8 สำหรับอัตราการกรอง 100-500 เมตร/วัน ตามลำดับ

จากรูปดังกล่าวจะเห็นว่า ค่าของความขุ่นก่อนเข้าเครื่องกรองมีลักษณะเป็นเส้นตรง (ความขุ่นคงที่) และค่าของความขุ่นที่ออกจากเครื่องกรองก็มีลักษณะเป็นเส้นตรงจนกระทั่งถึงเวลาที่จะต้องทำการล้างเครื่องกรอง (Break Point) ค่าของความขุ่นที่ออกมาจะมีค่าเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น ที่อัตราการกรอง 150 เมตร/วัน ค่าความขุ่นของน้ำที่ออกจากการกรองจะเปลี่ยนจาก 2.8 หน่วย (JTU) เป็น 12 หน่วย (JTU) ในเวลา 51 ชั่วโมง โดยประสิทธิภาพในการลดความขุ่นที่อัตราการกรอง 100 - 300 เมตร/วัน อยู่ระหว่าง 70.9 - 75.0% และอัตราการกรอง 400 - 500 เมตร/วัน อยู่ระหว่าง 59.0 - 60.0%

4.2 <u>ระดับน้ำสูญเสีย</u> (Head loss)

จากการทดลองพบว่า ระดับน้ำสูญเสียที่ทุกอัตราการกรองจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลาและค่าสูงสุดของระดับน้ำสูญเสียก่อนถึงเวลาที่จะต้องล้างเครื่องกรอง (Break point)

TABLE 4 – 1

PERFORMANCE OF RAPID SAND UPFLOW FILTER

Parameter		Run-1	Run-2	Run-3	Run-4	Run-5	Run-6	Run-7
Filter rate	m/day	100	150	200	250	300	400	500
Turbidity inf.	JTU	12.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.8	10.0
Turbidity eff.	JTU	3.0	3.0	3.2	3.2	3.2	5.0	4.0
Turbidity Removal	%	75.0	72.7	70.9	70.9	70.9	59.0	60.0
Time to break-point	hr.	70.0	51.5	24.0	18.0	17.0	12.5	3.75
Filtrate Volume	m^2	6.56	7.24	4.50	4.22	4.78	4.68	1.76
	m^3/m^2	291.6	321.8	200.0	187.6	212.4	208.3	78.1
Backwash water	m^3	0.139	0.190	0.114	0.088	0.122	0.119	0.090
	%	2.12	2.62	2.53	2.08	2.55	2.54	5.11
Head loss maximum	cm.	76.0	76.4	74.0	75.5	76.5	71.4	53.0
SS. Loading	gm/m^2	2624	2574	1560	1463	1656	1416	546

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

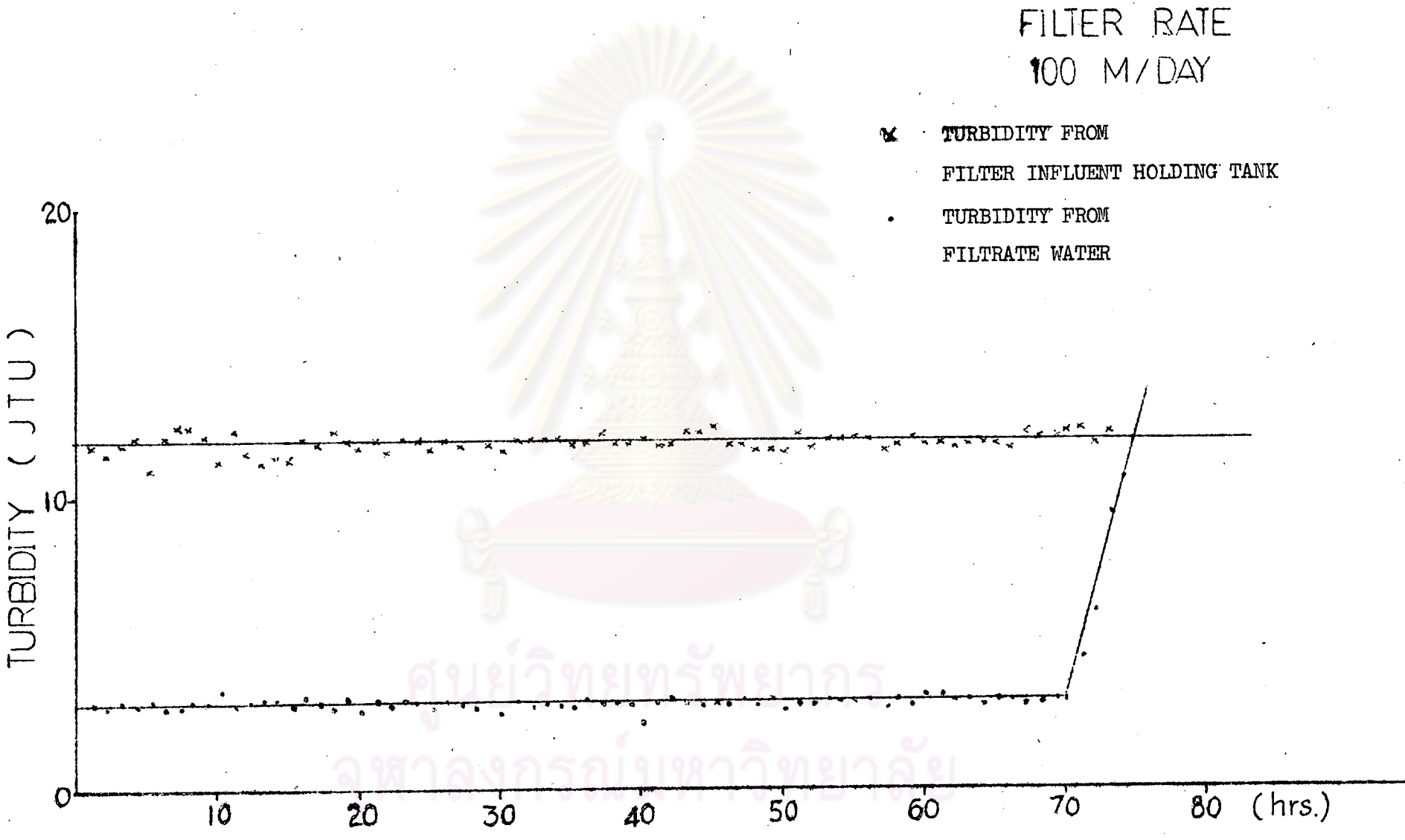

FIG.4-1 INFLUENT AND EFFLUENT TURBIDITIES AT FILTER RATE 100 M/DAY

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

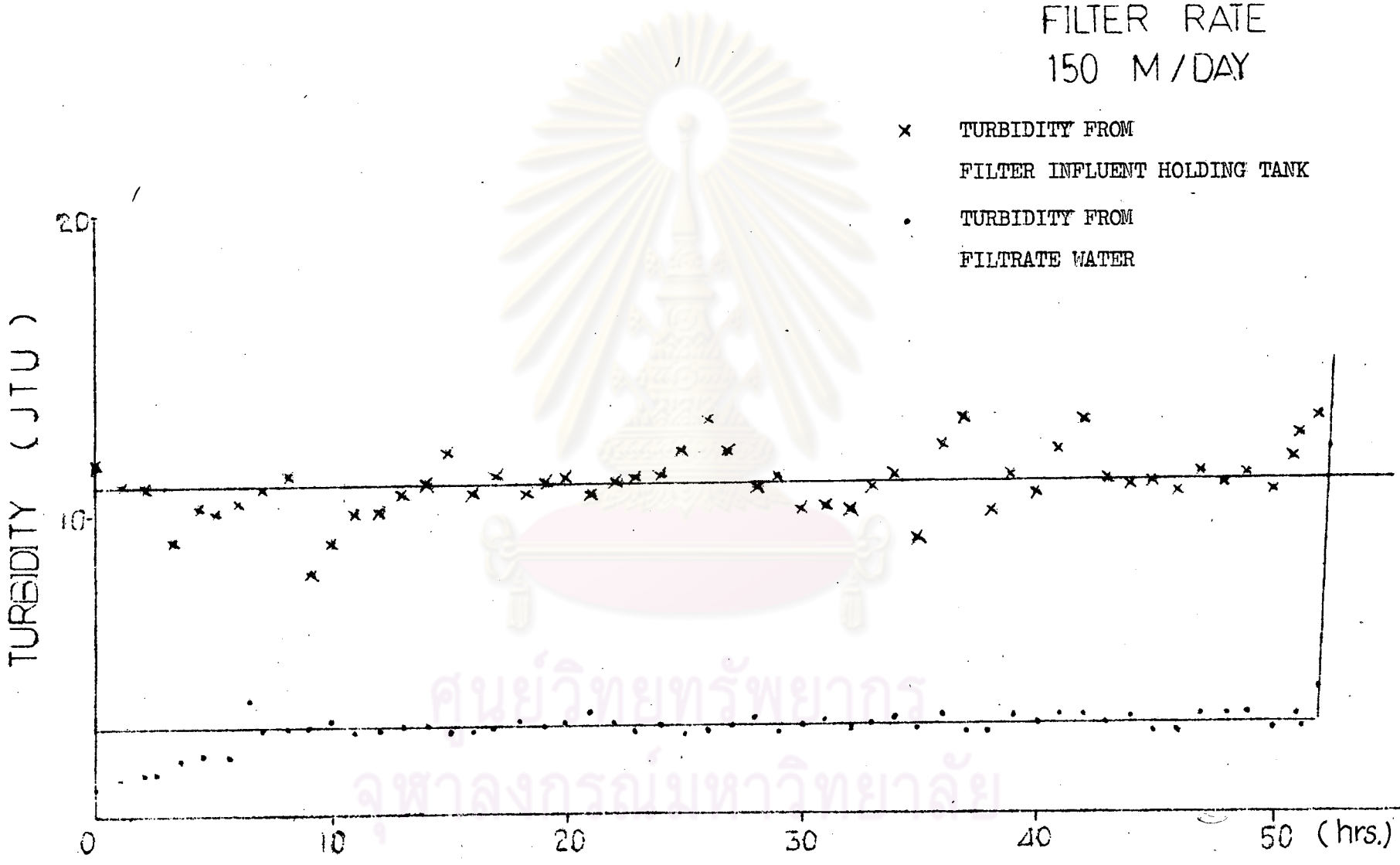

FIG.4-2 INFLUENT AND EFFLUENT TURBIDITIES AT FILTER RATE 150 M/DAY

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

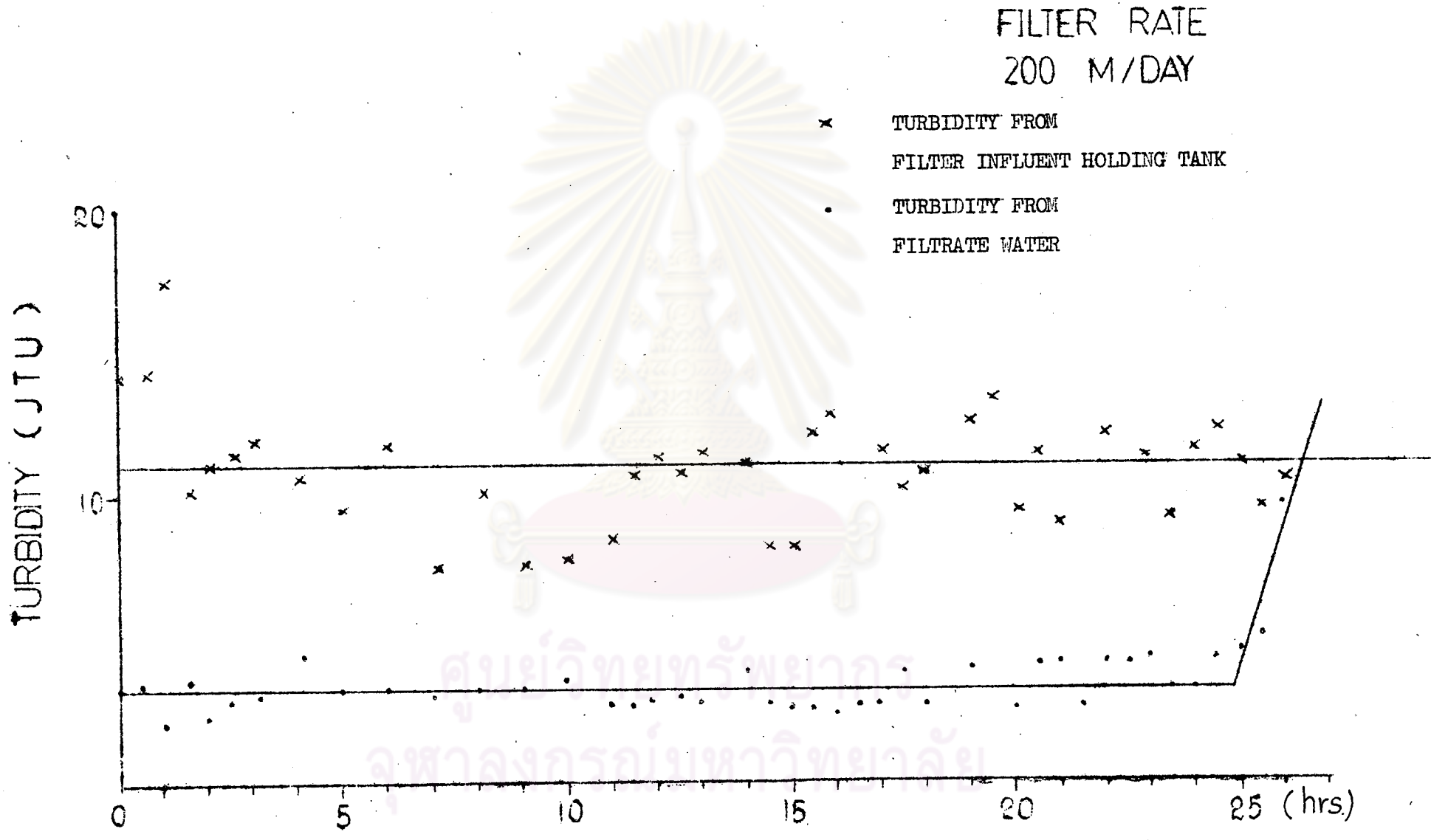

FIG. 4-3 INFLUENT AND EFFLUENT TURBIDITIES AT FILTER RATE 200 M/DAY

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

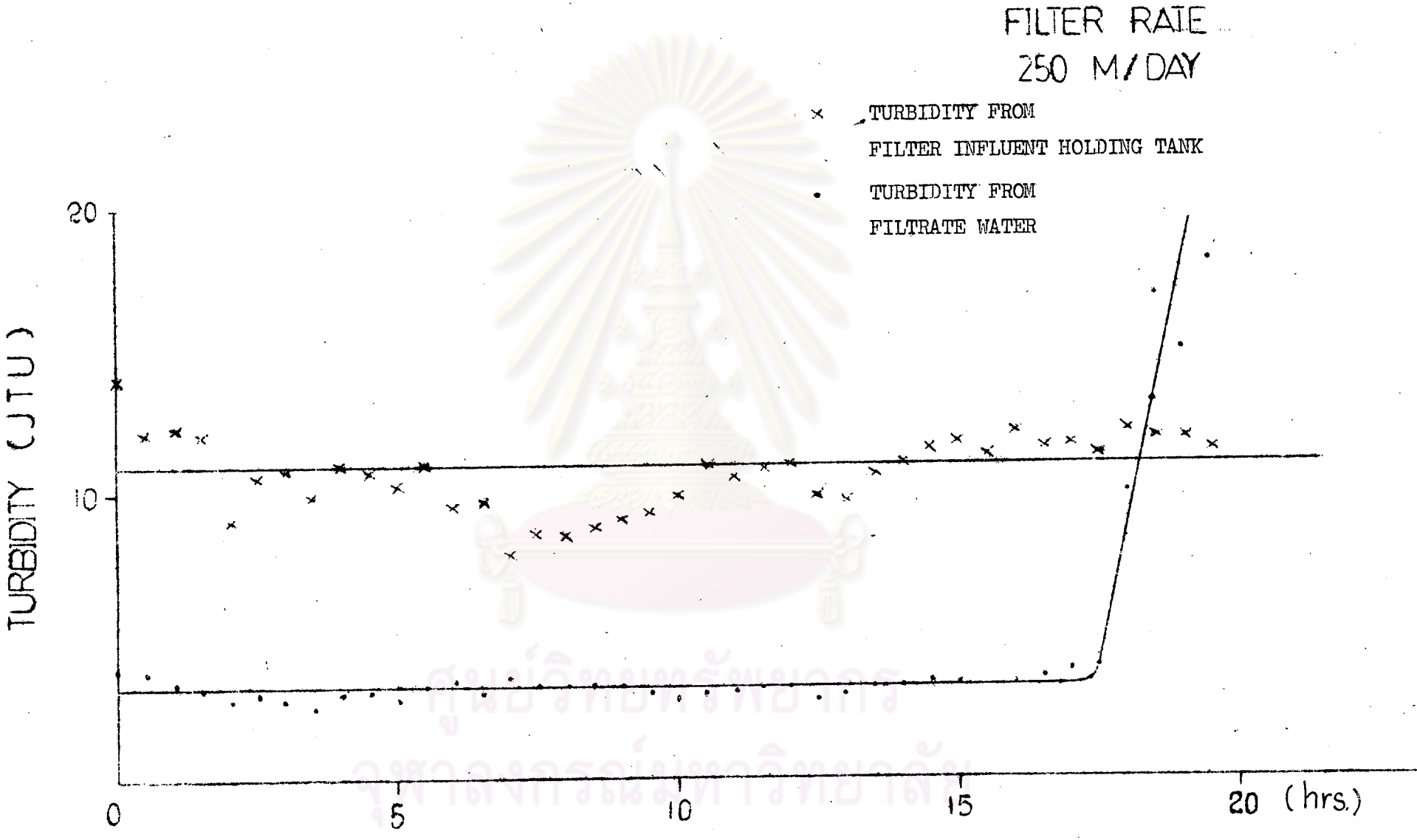

FIG. 4-4 INFLUENT AND EFFLUENT TURBIDITIES AT FILTER RATE 250 M/DAY

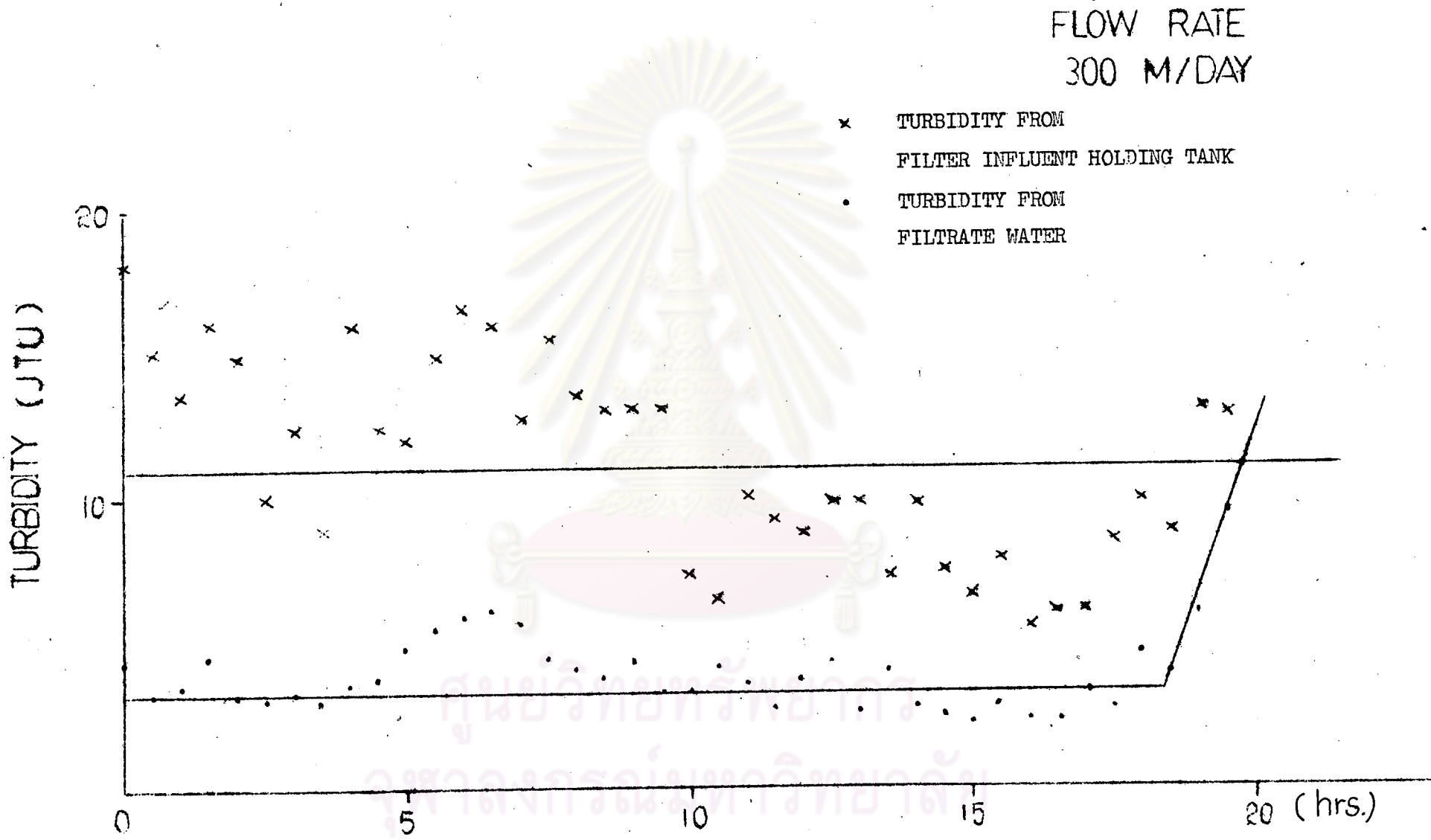

FIG.4-5 INFLUENT AND EFFLUENT TURBIDITIES AT FILTER RATE 300 M/DAY

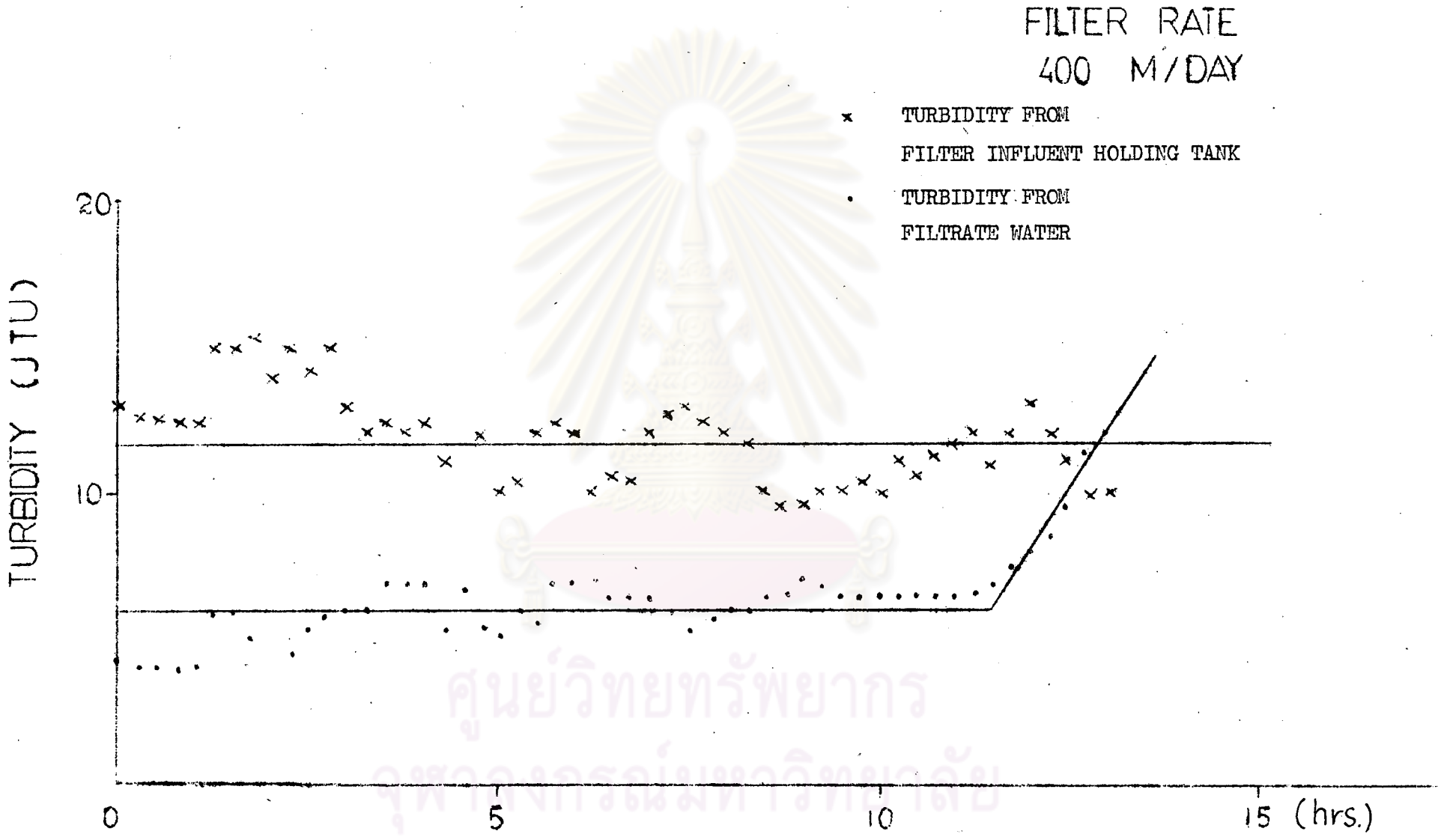

FIG.4-6 INFLUENT AND EFFLUENT TURBIDITIES AT FILTER RATE 400 M/DAY

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

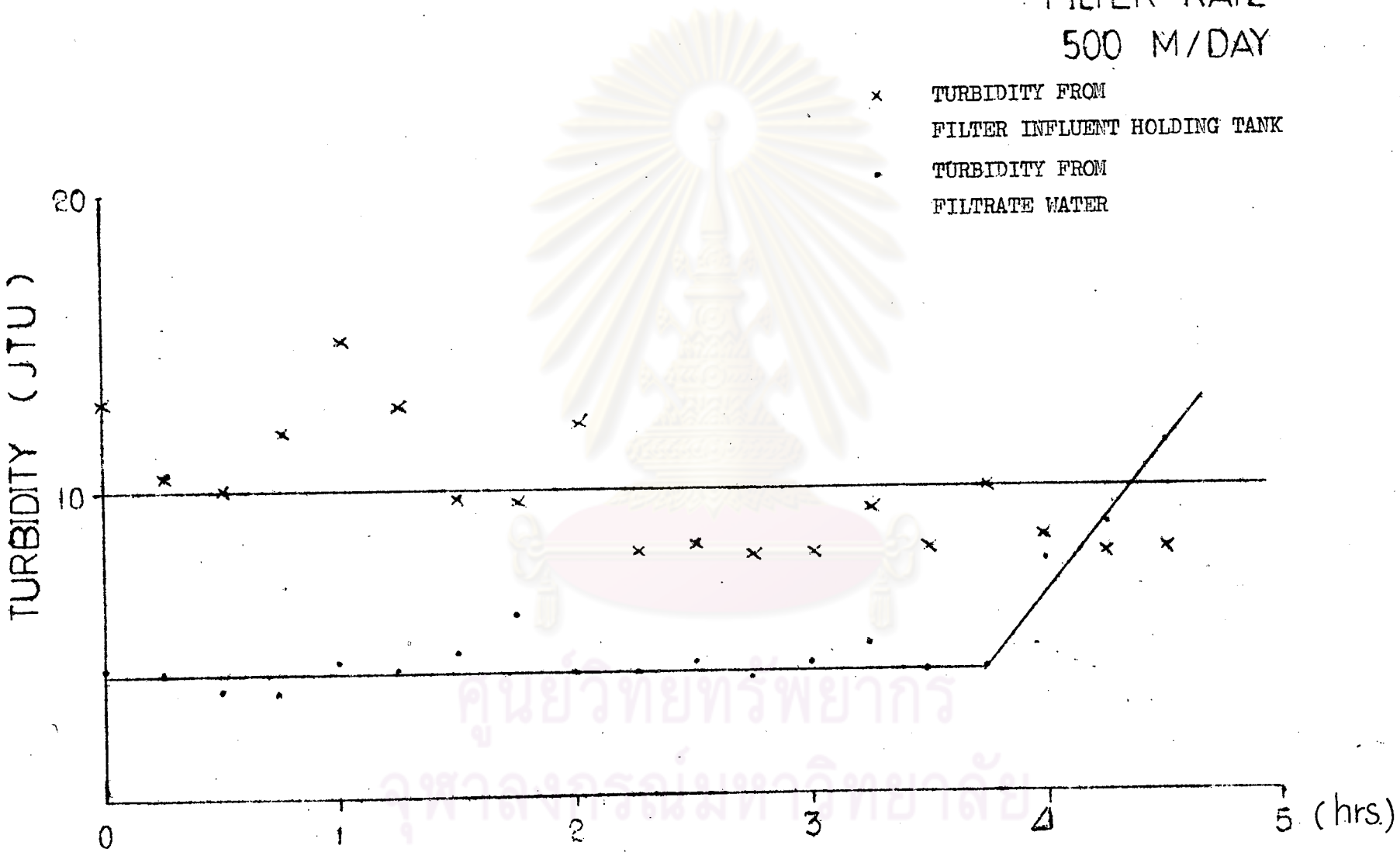

FIG.4-7 INFLUENT AND EFFLUENT TURBIDITIES AT FILTER RATE 500 M/DAY

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

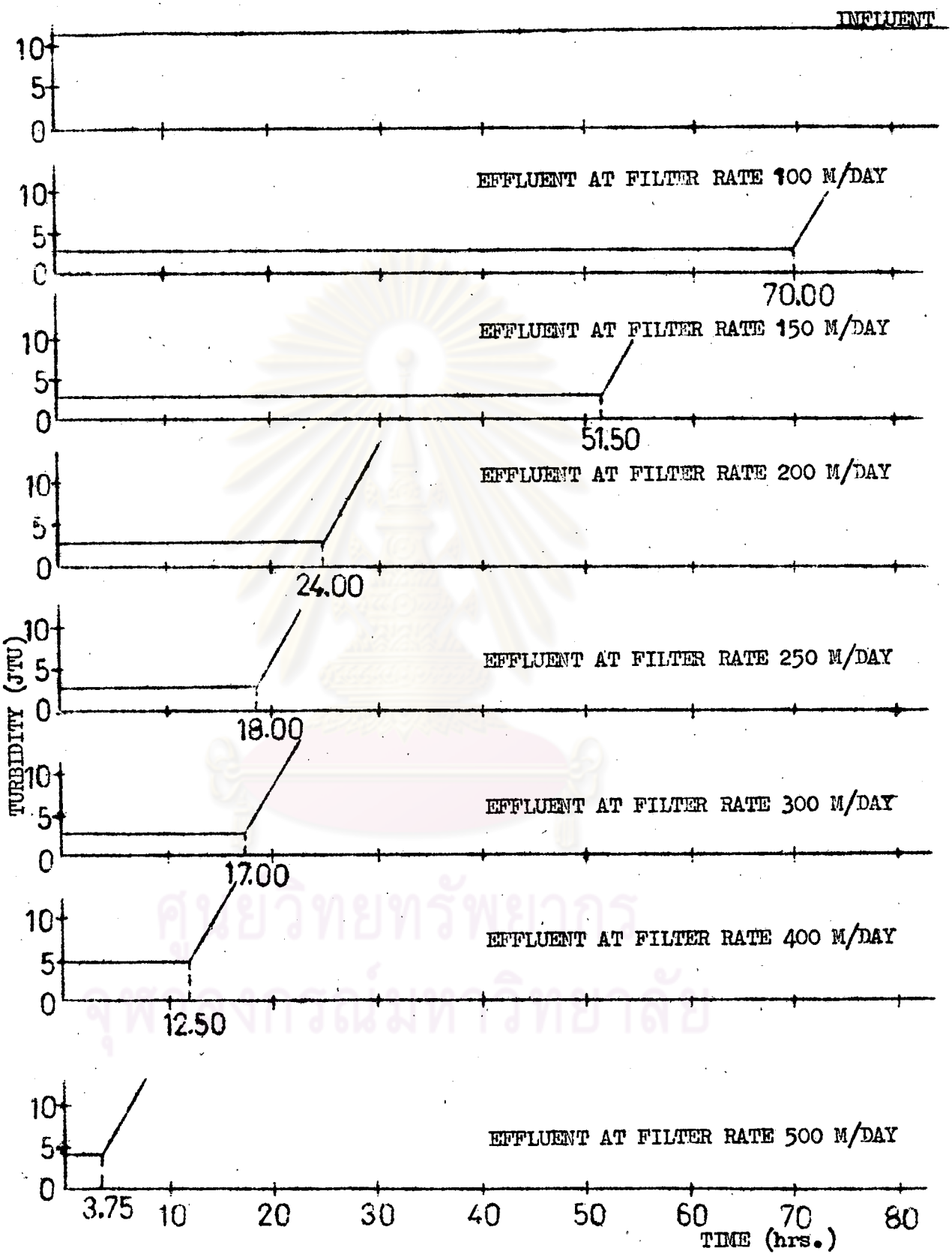

FIG. 4-8 INFLUENT AND EFFLUENT TURBIDITY AT EACH FILTER RATE

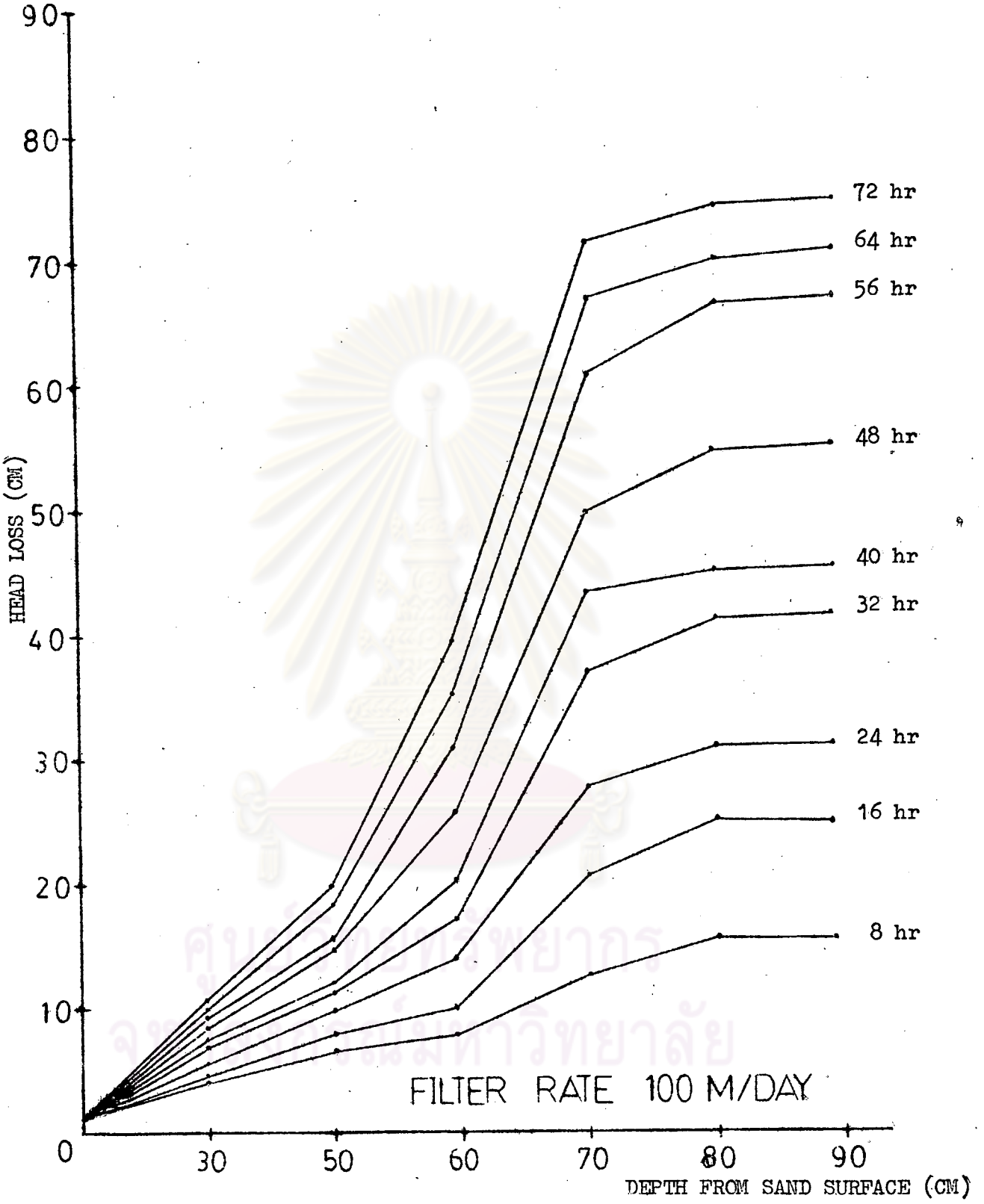

FIG.4-9 HEADLOSS THROUGH MEDIA WITH TIME

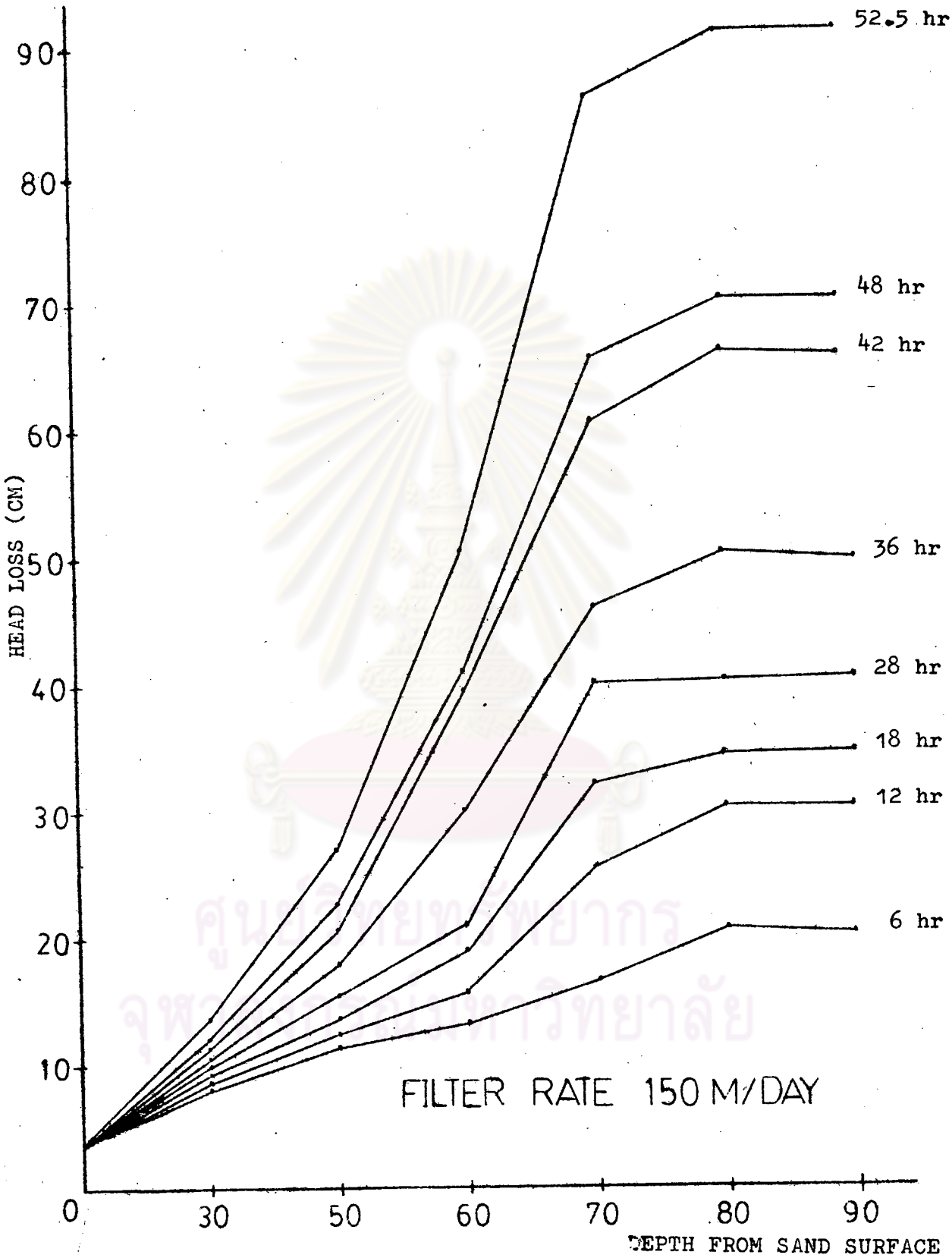

FIG.4 10 HEADLOSS THROUGH MEDIA WITH TIME

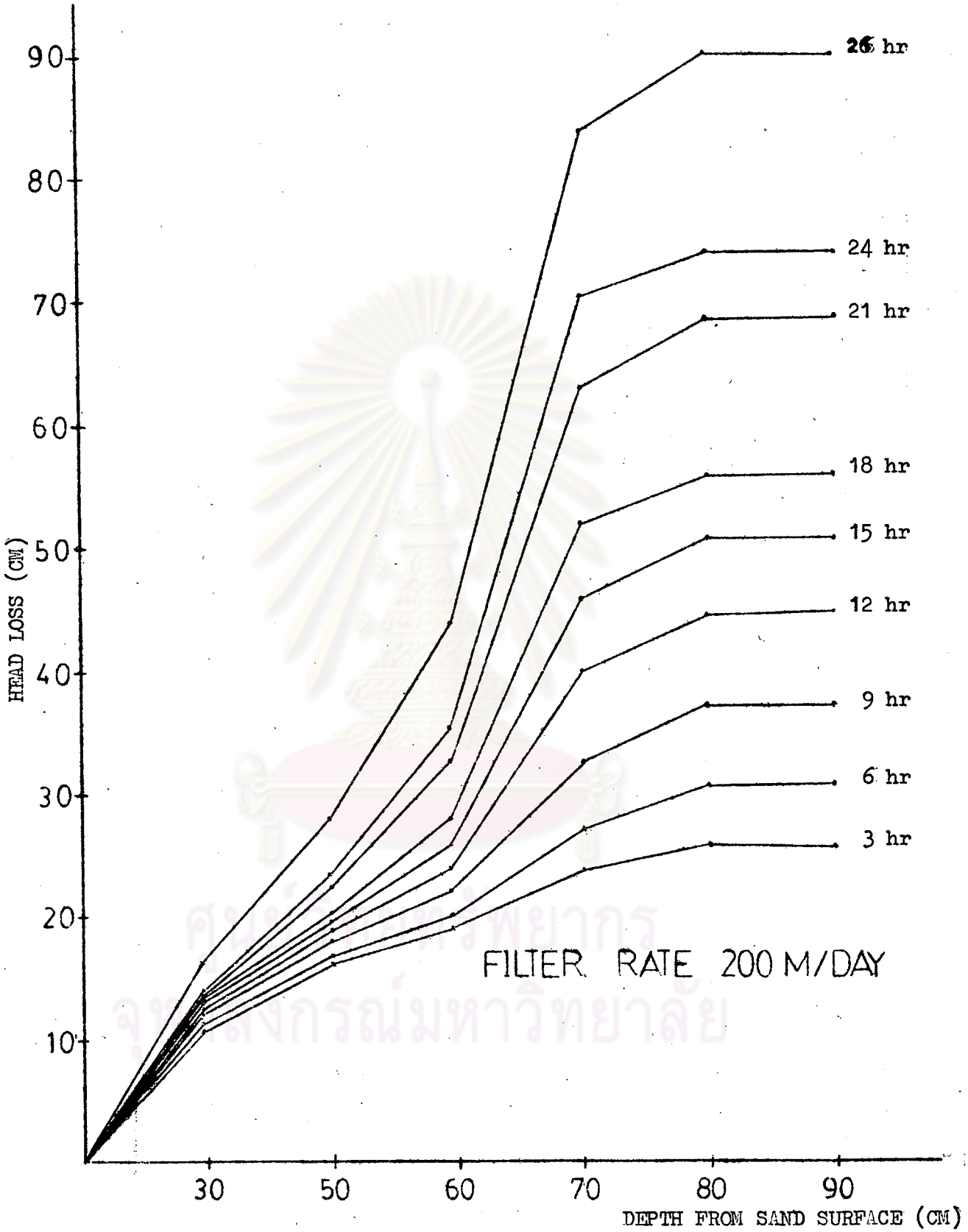

FIG.4-11 HEADLOSS THROUGH MEDIA WITH TIME

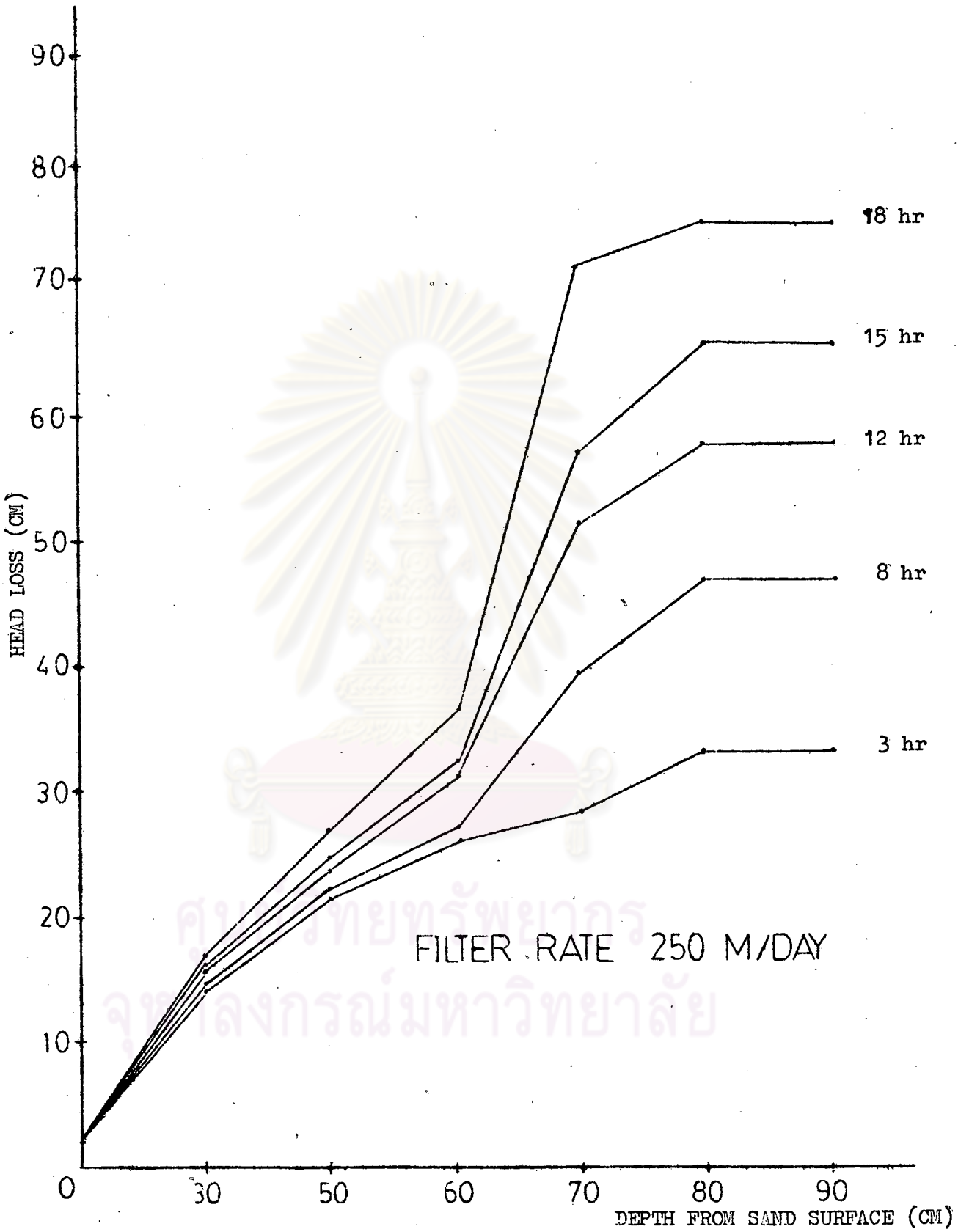

FIG.4-12 HEADLOSS THROUGH MEDIA WITH TIME

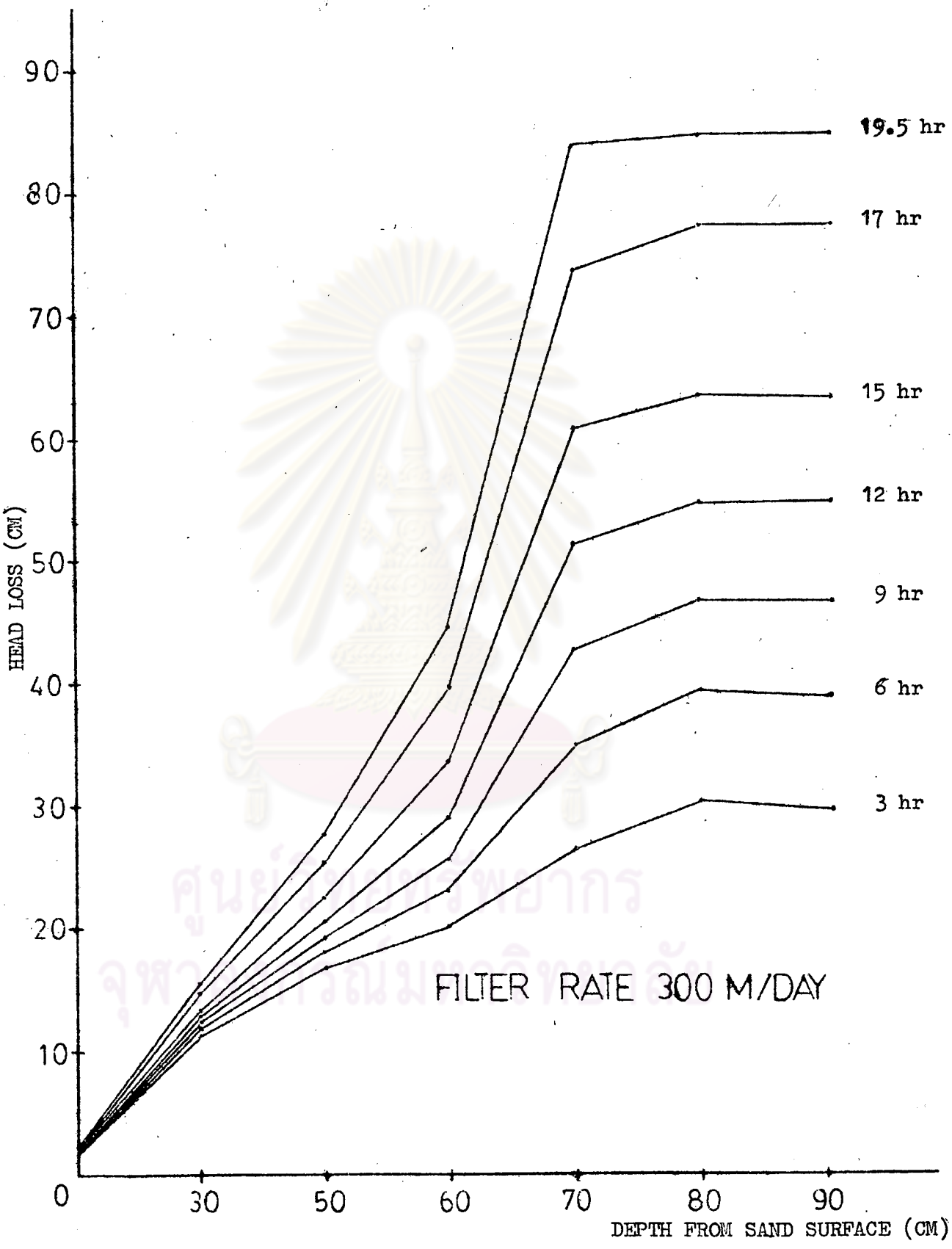

FIG. 4-13 HEADLOSS THROUGH MEDIA WITH TIME

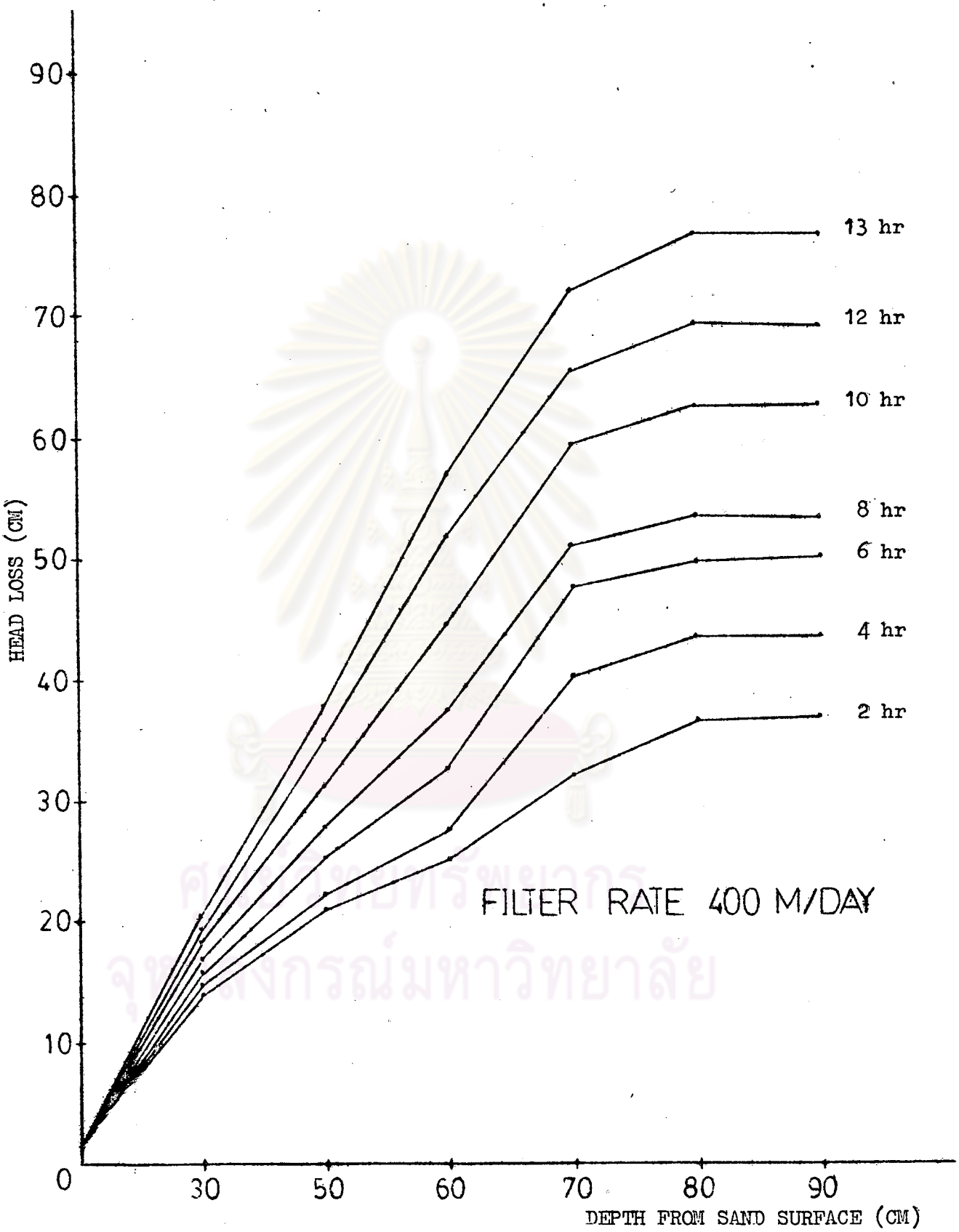

FIG.4-14 HEADLOSS THROUGH MEDIA WITH TIME

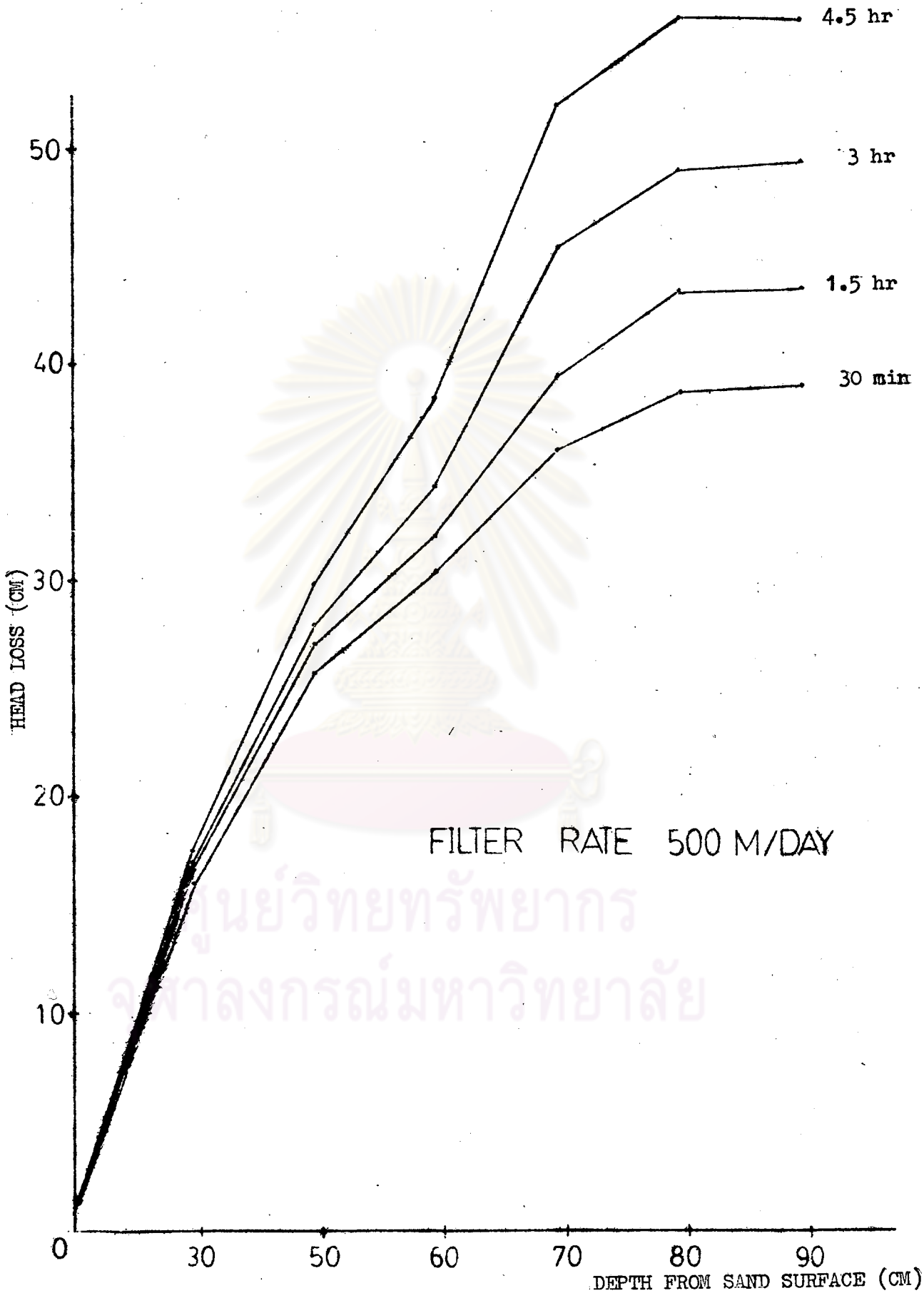

FIG.4-15 HEAD LOSS THROUGH MEDIA WITH TIME

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

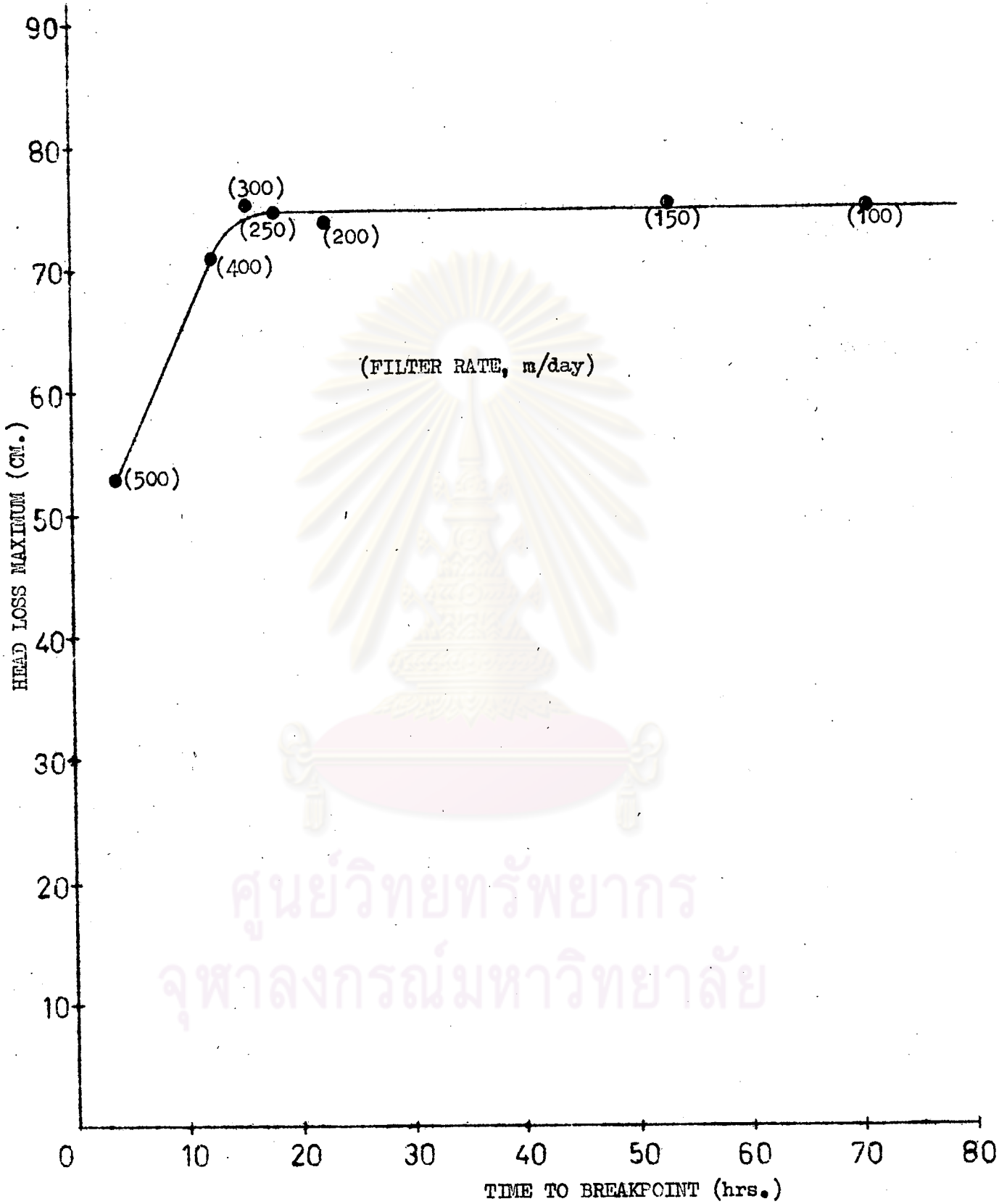

FIG. 4-16 HEAD LOSS MAXIMUM AT EACH FILTER RATE WITH TIME TO BREAKPOINT

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

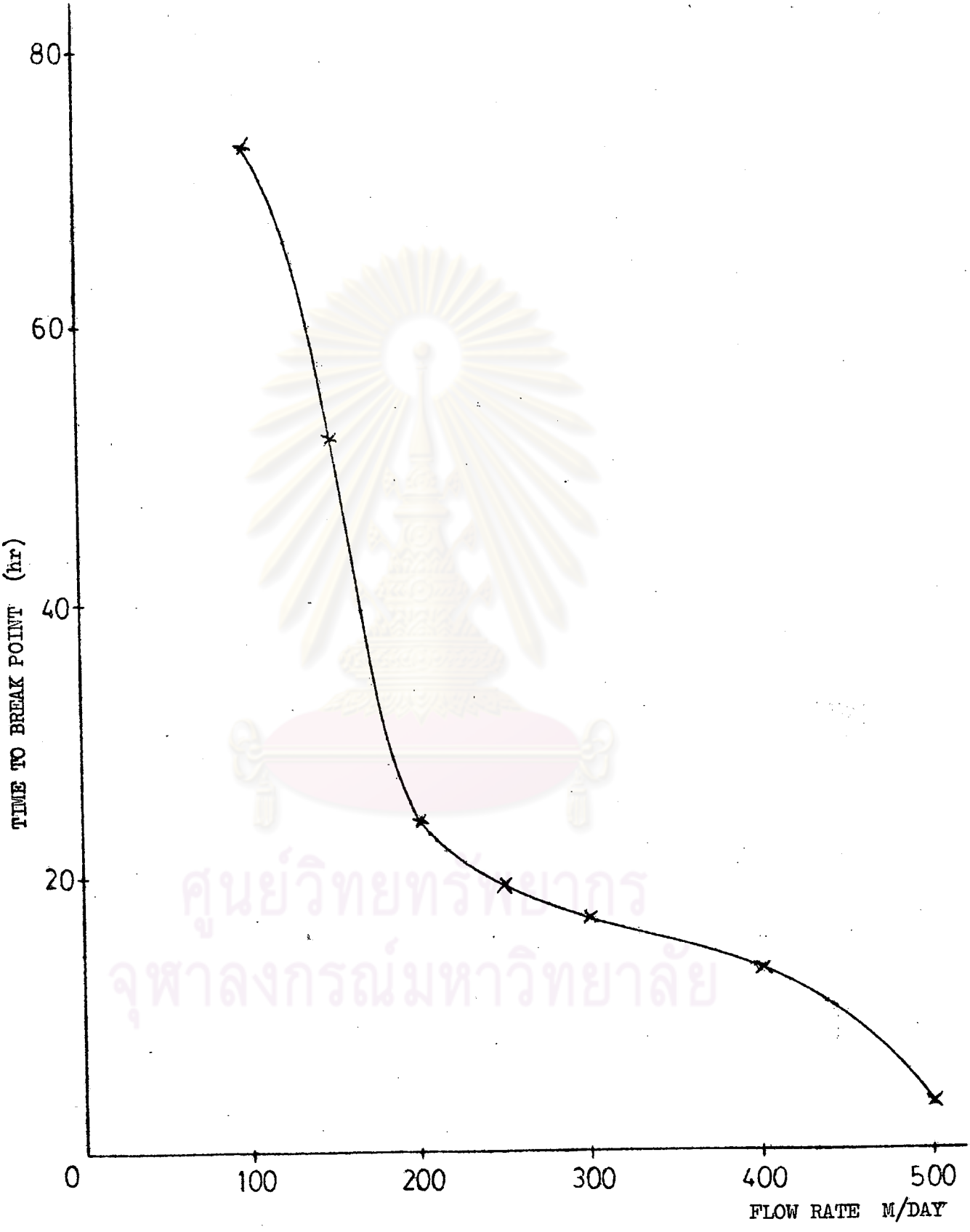

FIG.4-17 TIME TO BREAK POINT AT EACH FLOW RATE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จะมีค่าน้อยกว่าค่าระดับน้ำสูญเสียสูงสุดที่ยอมรับ (0.96 เท่าของความสูงชั้นทราย) ซึ่งสำหรับการทดลองนี้ใช้ชั้นทรายสูง 0.80 เมตร ดังนั้นค่าของระดับน้ำสูญเสียสูงสุดที่ยอมรับจะมีค่าเท่ากับ 0.96 x 0.80 = 0.768 เมตร หรือ 76.8 ซม. โดยที่อัตราการกรอง 100, 150, 200, 250, 300, 400 และ 500 เมตร/วัน จะมีค่าระดับน้ำสูญเสียสูงสุดเมื่อถึงเวลาล้างกลับเพียง 76.0, 76.4, 74.0, 75.5, 76.5, 71.4 และ 53.0 ซม. ตามลำดับ แสดงว่า ค่าที่จะใช้ในการควบคุมเวลาในการใช้งานของเครื่องกรองแบบไหลขึ้นนี้ คือ ค่าของความขุ่นของน้ำที่ได้จากการกรอง ไม่ใช่ค่าของระดับน้ำสูญเสีย

ค่าของระดับน้ำสูญเสียที่ความลึกจากผิวของชั้นทราย 0.00, 0.30, 0.50, 0.60, 0.70, และ 0.80 เมตร และบริเวณกึ่งกลางของชั้นหิน (0.90 เมตรจากผิวของชั้นทราย) สำหรับอัตราการกรอง 100 - 500 เมตร/วัน ที่เวลาต่าง ๆ กันจนถึงเวลาที่จะต้องล้างเครื่องกรอง ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4-9 ถึง 4-15 และค่าของระดับน้ำสูญเสียสูงสุดที่อัตราการกรองต่าง ๆ กันแสดงไว้ในรูปที่ 4-16

ซึ่งถ้าเป็นเครื่องกรองเร็วแบบไหลลงตามปกติจะมีค่าของระดับน้ำสูญเสียสูงสุดอยู่ระหว่าง 2.5 - 3.0 เมตร (ASCE, 1961) ทำให้ต้องใช้พลังงานเพื่อการกรองน้ำมากกว่า เครื่องกรองเร็วแบบไหลขึ้น

4.3 <u>เวลาในการกรองจนถึงเวลาที่ต้องล้างเครื่องกรอง</u> (Time to break point)

รูปที่ 4 - 17 แสดงถึงเวลาในการกรองจนถึงเวลาที่ต้องล้างเครื่องกรองเมื่อเดินเครื่องกรองที่อัตราการกรองต่าง ๆ กันพบว่า เมื่ออัตราการกรองต่ำเวลาดังกล่าวจะนานกว่าเมื่ออัตราการกรองสูง ซึ่งผลการทดลองที่อัตราการกรอง 100, 150, 200, 250, 300, 400 และ 500 เมตร/วัน จะทำให้เวลาในการกรองจนถึงเวลาในการล้างเครื่องกรองมีค่า 70.00, 51.50, 24.00, 18.00, 17.00, 12.50 และ 3.75 ชั่วโมงตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องกรองเร็วแบบไหลลงซึ่งอัตราการกรองอยู่ระหว่าง 80 - 200 แกลลอน/ตารางฟุต/ชั่วโมง (80 - 200 เมตร/วัน) (Degremont, 1973)และต้องทำการล้างเครื่องกรองทุกวัน จะเห็นว่าที่อัตราการกรอง

200 เมตร/วัน เครื่องกรองทั้งสองชนิดต้องทำการล้างเครื่องกรองในเวลาเดียวกัน แต่เครื่องกรองเร็วแบบไหลลงไม่สามารถใช้อัตราการกรองที่สูงกว่า 200 เมตร/วัน ได้เหมือนเครื่องกรองเร็วแบบไหลขึ้น

4.4 ปริมาตรการกรอง (Filtrate volume)

ปริมาตรการกรองหมายถึงปริมาตรน้ำที่ได้จากการกรองต่อพื้นที่หน้าตัดของเครื่องกรอง มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร โดยปกติจะขึ้นอยู่กับอัตราการกรองและช่วงเวลาในการใช้งานของการกรอง

จากการทดลองที่อัตราการกรอง 100, 150, 200, 250, 300, 400 และ 500 เมตร/วัน ซึ่งมีเวลาในการกรอง 70.00, 51.50, 24.00, 18.00, 17.00, 12.50 และ 3.75 ชั่วโมงตามลำดับนั้น ทำให้ได้ค่าของปริมาตรการกรองเป็น 291.6, 321.8, 200.0, 187.6, 212.4, 208.3, และ 78.1 $ม^3/ม^2$ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4-18 จะเห็นว่า ปริมาตรการกรองจะมีค่ามากที่อัตราการกรองต่ำและมีค่าน้อยที่อัตราการกรองสูง เนื่องจากประสิทธิภาพในการกักเก็บสารแขวนลอยของชั้นทรายที่อัตราการกรองต่ำ มีค่าสูงกว่าที่อัตราการกรองสูง โดยที่อัตราการกรองต่ำกว่า 200 เมตร/วัน ประสิทธิภาพในการใช้งานของชั้นกรองจะสูงกว่าที่อัตราการกรองสูงกว่า 400 เมตร/วัน ทำให้ปริมาตรการกรองที่อัตราการกรอง 200 เมตร/วัน สูงกว่าที่ 400 เมตร/วัน แต่ที่อัตราการกรอง 200 - 400 เมตร/วัน ได้ค่าปริมาตรการกรองใกล้เคียงกันคือประมาณ 200 $ม^3/ม^2$ สามารถอธิบายได้ว่า เมื่ออัตราการกรอง 200 - 400 เมตร/วัน และสำหรับความสูงของชั้นทรายกรอง 0.80 เมตร ประสิทธิภาพในการกักเก็บสารแขวนลอยของชั้นทราย (ซึ่งจะมากที่อัตราการกรองต่ำ และน้อยลงที่อัตราการกรองสูงขึ้น) เมื่อคูณกับความสูงของชั้นทรายที่ใช้งานจริงในแต่ละอัตราการกรอง (ซึ่งจะมากที่อัตราการกรองสูงและน้อยลงที่อัตราการกรองต่ำ) จะมีค่าใกล้เคียงกันคือ 200 $ม^3/ม^2$ ซึ่งค่านี้คือ ค่าความสามารถในการกักเก็บสารแขวนลอย (Suspended solids loading)

สำหรับเครื่องกรองเร็วแบบไหลลงจะมีค่าปริมาตรการกรองอยู่ระหว่าง 80-200 $ม^3/ม^2$ (HUISMAN) จะเห็นว่า เครื่องกรองเร็วแบบไหลขึ้นให้ปริมาตรน้ำต่อพื้นที่

หน้าตัดของชั้นกรองได้มากกว่าเครื่องกรองเร็วแบบไหลลง

4.5 ความสามารถในการกักเก็บสารแขวนลอย (Suspended solids loading)

จากการทดลองนี้สามารถหาความสามารถในการกักเก็บสารแขวนลอยในน้ำของเครื่องกรองจากสมการ

$$\text{Filtrate volume } (m^3/m^2) = \frac{\text{SS. loading } (gm/m^2)}{\text{SS. Influent } (gm/m^3) - \text{SS. Effluent } (gm/m^3)}$$

โดยจากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ พบว่า ค่าของความขุ่นและค่าของสารแขวนลอยจะมีค่าใกล้เคียงกันที่ความขุ่นไม่เกิน 20 หน่วย (JTU) ซึ่งเมื่อนำค่าความขุ่นมาแทนที่ค่าของสารแขวนลอยในสมการข้างต้นจะได้ค่า การกักเก็บสารแขวนลอย (SS. loading) เท่ากับ 2624, 2574, 1560, 1369, 1650, 1416 และ 546 กรัม/ม^2 สำหรับอัตราการกรอง 100, 150, 200, 250, 300, 400, และ 500 เมตร/วัน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4-19 ซึ่งสามารถอธิบายได้ในทำนองเดียวกับหัวข้อที่ 4.4 และสำหรับเครื่องกรองเร็วแบบไหลลงค่าความสามารถในการกักเก็บสารแขวนลอยจะอยู่ระหว่าง 800-1000 กรัม/ม^2 สำหรับอัตราการกรอง 80 - 200 เมตร/วัน (HUISMAN) จะเห็นว่า เครื่องกรองเร็วแบบไหลขึ้นสามารถกักเก็บสารแขวนลอยตามชั้นทรายได้สูงกว่าเครื่องกรองเร็วแบบไหลลง

4.6 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างกลับ (Backwash water)

อัตราความเร็วของน้ำที่ใช้ในการล้างเครื่องกรองในการทดลองมีสองอัตรา โดยตอนแรกจะใช้อัตราความเร็วของน้ำ 0.44 เมตร/นาที จนกระทั่งน้ำที่ออกจากการล้างเครื่องกรองมีความขุ่นลดลง จึงเพิ่มอัตราความเร็วของน้ำเป็น 1.05 เมตร/นาที จนน้ำที่ล้างออกมามีค่าความขุ่นเท่ากับน้ำที่ใช้ล้างเครื่องกรองจึงหยุดการล้าง การที่ใช้อัตราเร็วของน้ำดังกล่าวเนื่องจากเครื่องสูบน้ำที่ใช้มี 2 เครื่อง โดยเมื่อใช้งานเต็มที่เครื่องที่หนึ่งจะให้อัตราความเร็วของน้ำผ่านเครื่องกรอง 0.44 เมตร/นาที และถ้าใช้งานพร้อมกันทั้ง 2 เครื่อง จะให้อัตราเร็วของน้ำผ่านเครื่องกรอง 1.05 เมตร/นาที ซึ่งก็จะเพียงพอในการล้างเครื่องกรองทั้งสองขั้นตอน

จากการทดลองปรากฏว่า ปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างเครื่องกรองมีค่าประมาณ 2.12, 2.62, 2.53, 2.08, 2.55, 2.54 และ 5.11% ของปริมาณน้ำที่ได้จากการกรองที่อัตราการกรอง 100, 150, 200, 250, 300, 400 และ 500 เมตร/วัน ตามลำดับ โดยแสดงในรูปที่ 4-20 และค่าของสารแขวนลอยที่หลุดออกจากการล้างเครื่องกรองกับเวลา ที่อัตราการล้างทั้งสองแสดงไว้ในรูปที่ 4-21 ถึง 4-27 ตามลำดับ ซึ่งแต่ละอัตราการกรองจะมีค่าสูงสุดของความขุ่นต่างกันและในการล้างเครื่องกรอง สำหรับเครื่องกรองที่ใช้งานที่อัตราการกรองต่ำคือ 100 และ 150 เมตร/วัน ในเวลาล้างเครื่องกรองจะมีการลอยตัวของชั้นกรองทำให้ที่อัตราการกรอง 100 เมตร/วัน มีค่าความขุ่นสูงสุดที่การล้างเครื่องกรอง 0.44 เมตร/นาที 2 ค่า เนื่องจากชั้นกรองที่เกาะตัวกันอยู่ลอยตัวและแยกตัวออกจากกัน

ส่วนเครื่องกรองเร็วแบบไหลลงต้องใช้ปริมาณน้ำในการล้างเครื่องกรองอยู่ระหว่าง 1-6% (HUISMAN) ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันสำหรับเครื่องกรองทั้งสองชนิดนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

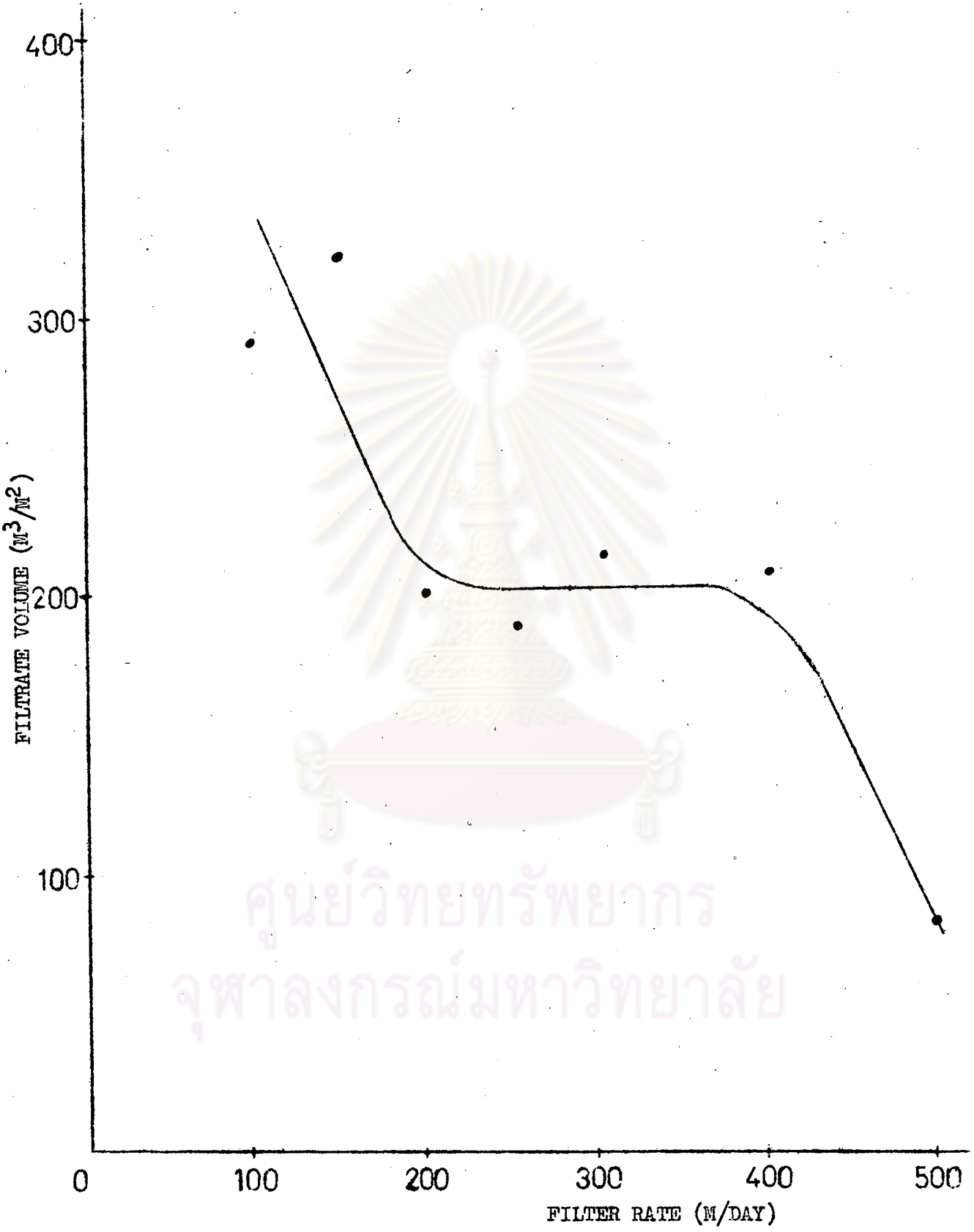

FIG.4-18 FILTRATE VOLUME AT EACH FILTER RATE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

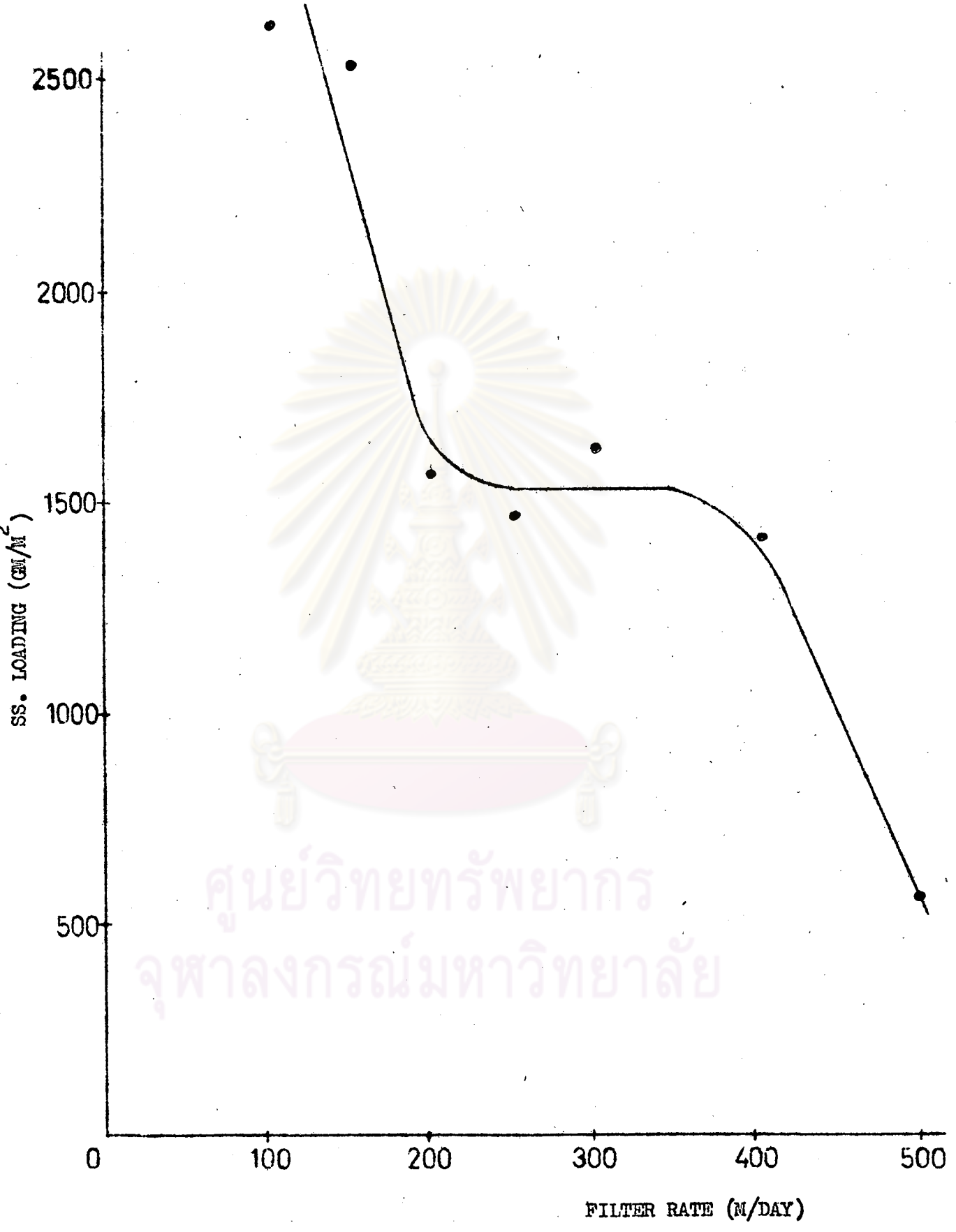

FIG 4-19 SUSPENDED SOLIDS LOADING AT EACH FILTER RATE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

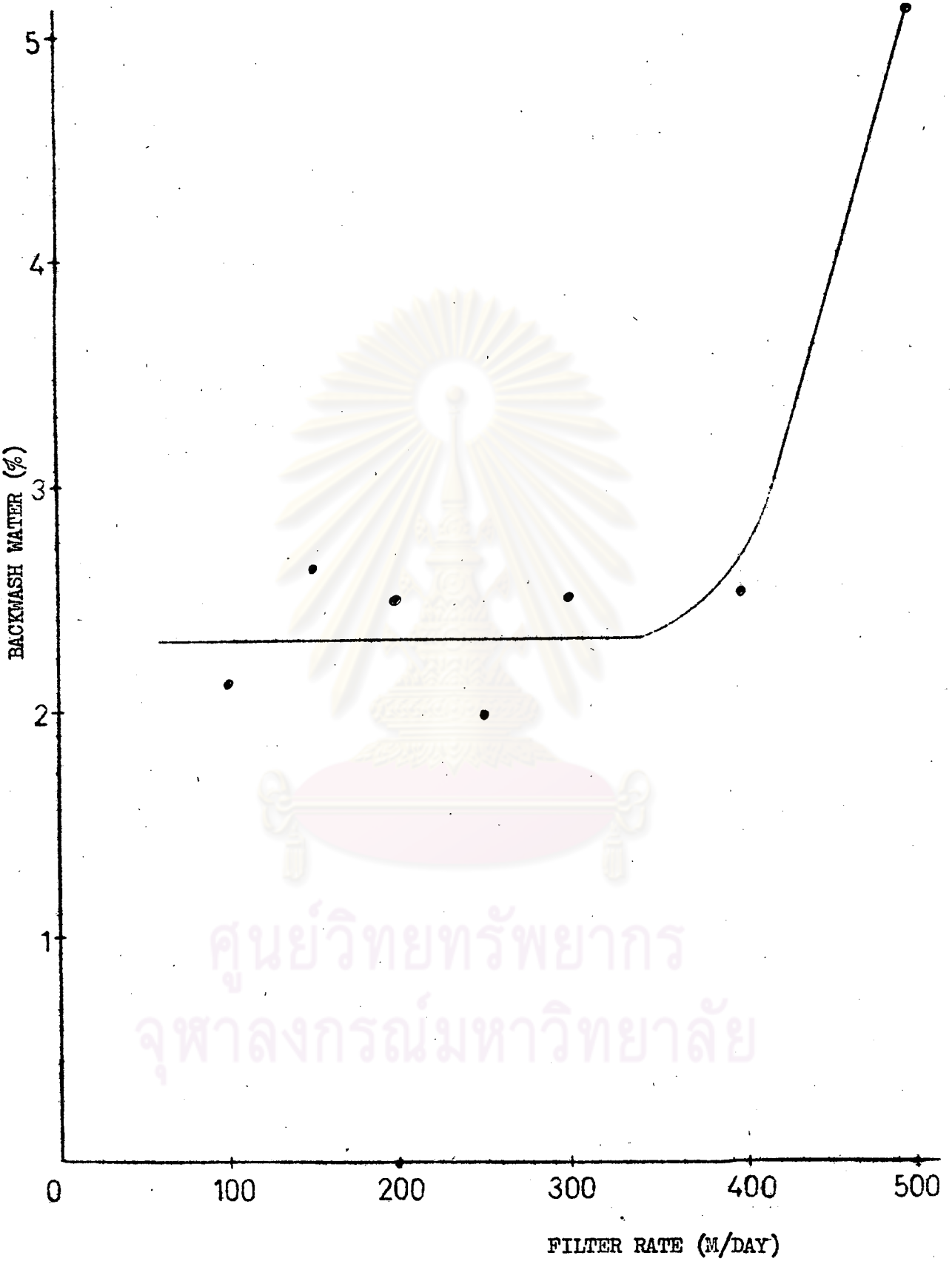

FIG 4-20 BACKWASH WATER AT EACH FILTER RATE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

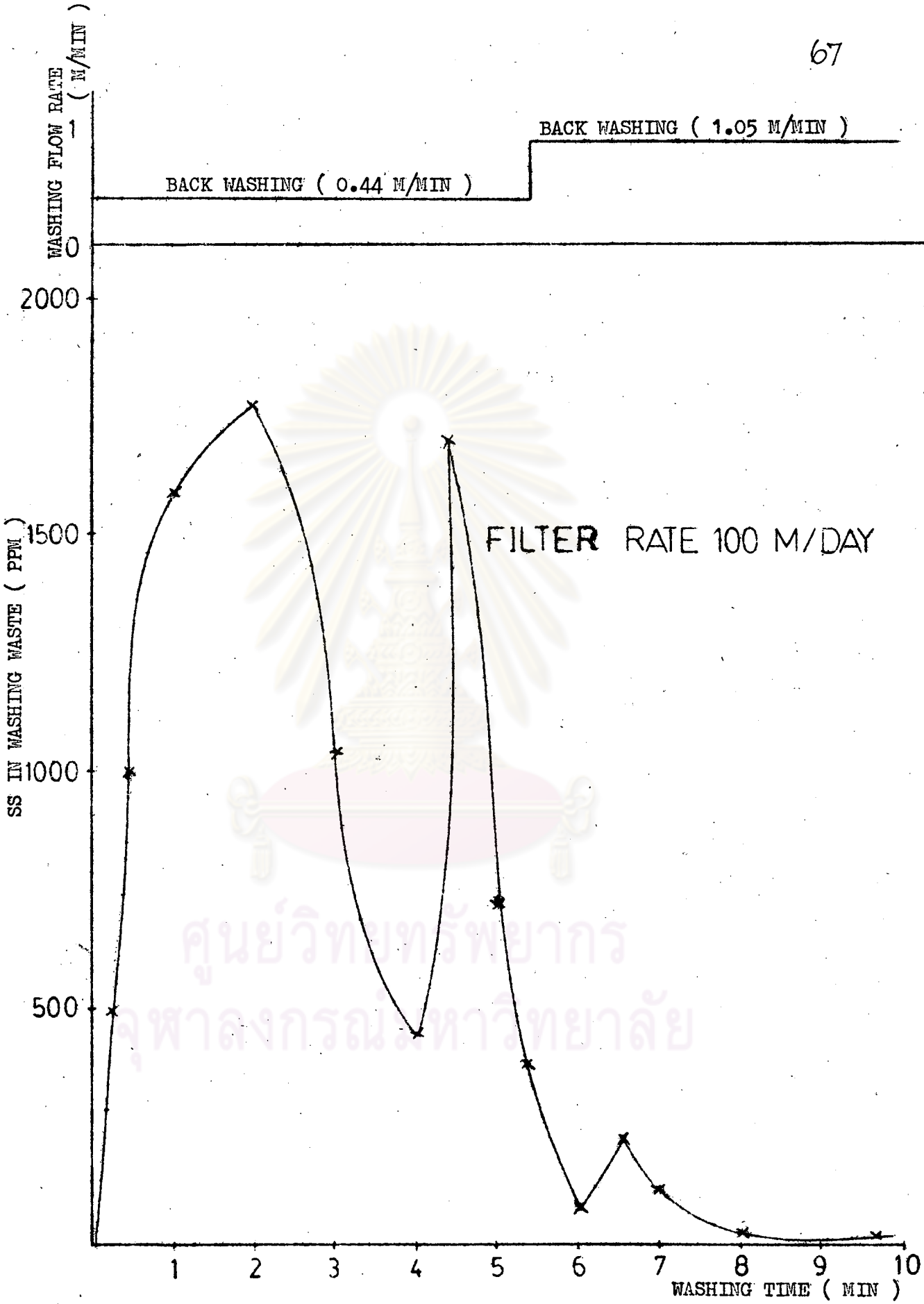

FIG.4-21 FILTER WASHING OF FLITER RATE 100 M/DAY

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

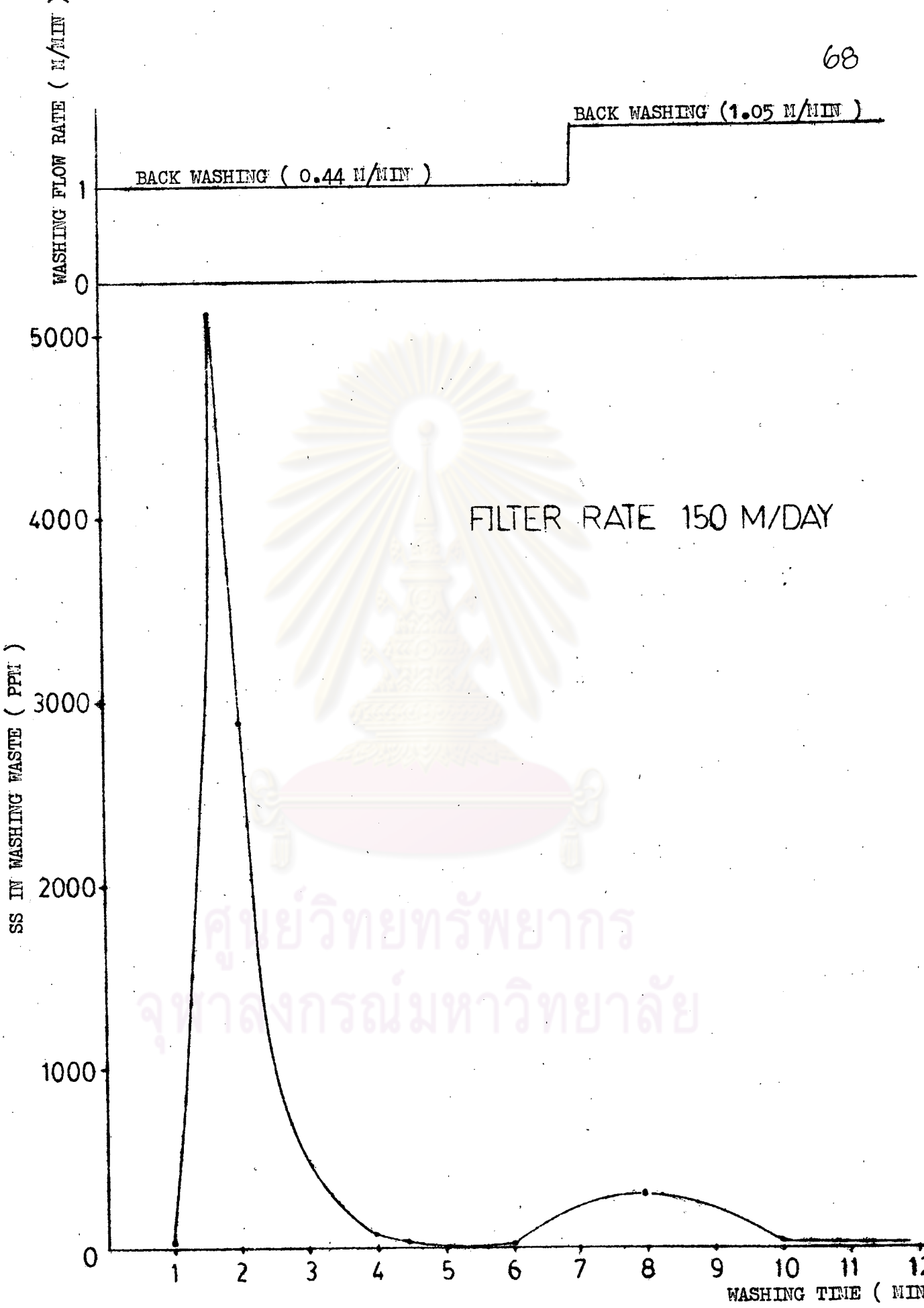

FIG.4-22 FILTER WASHING OF FILTER RATE 150 M/DAY

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

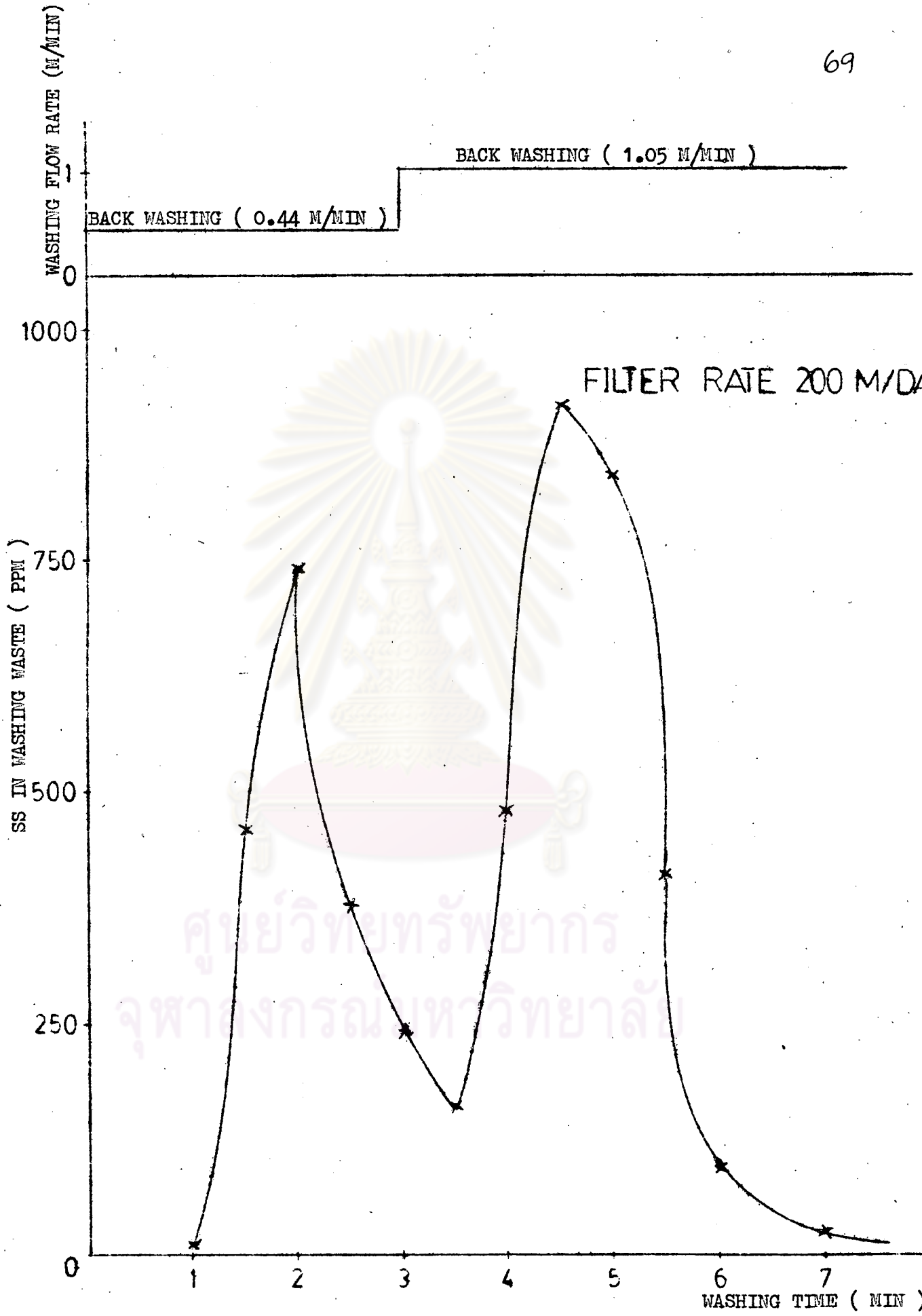

FIG.4-23 FILTER WASHING OF FILTER RATE 200 M/DAY

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

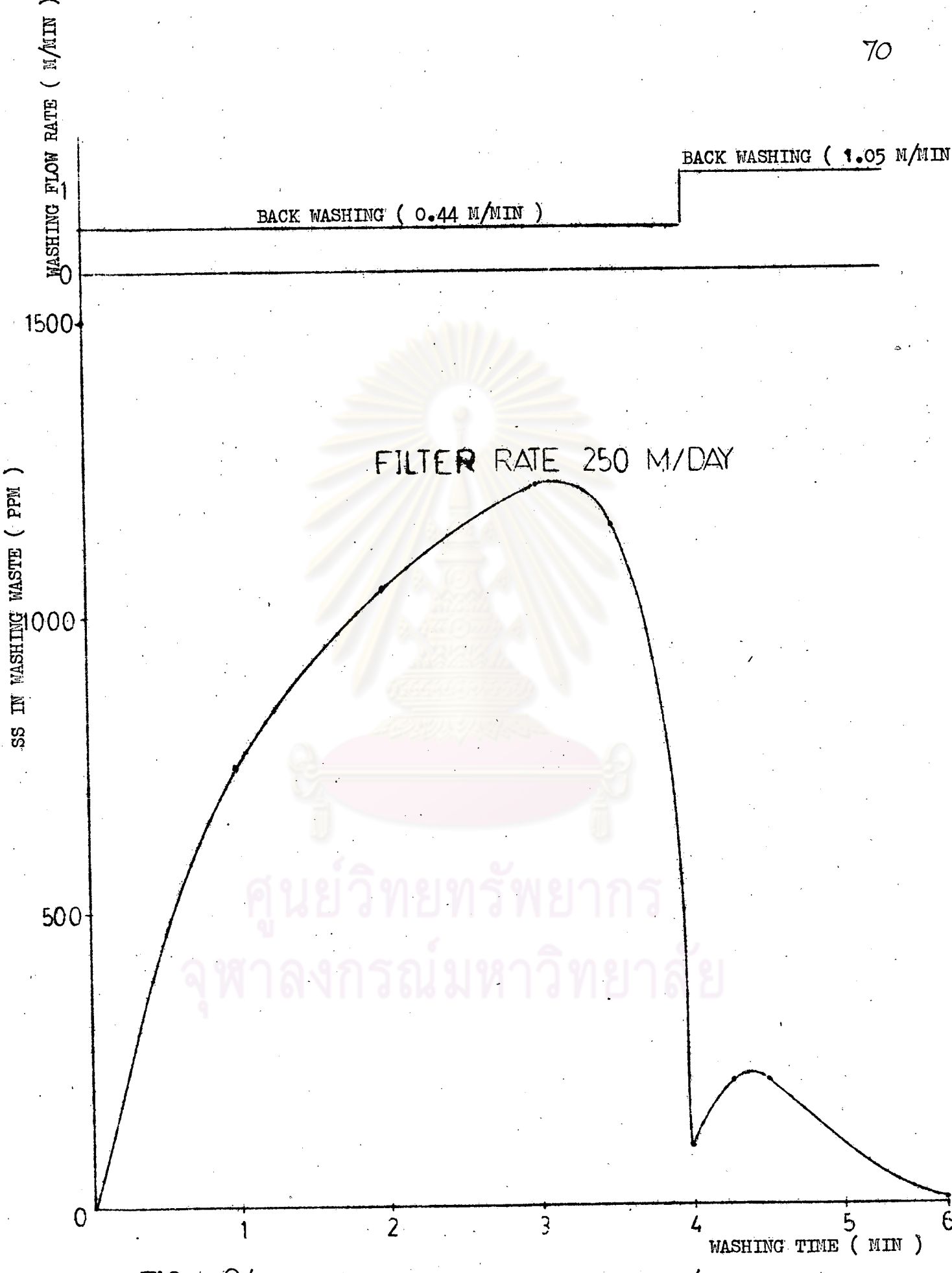

FIG.4-24 FILTER WASHING OF FILTER RATE 250 M/DAY

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

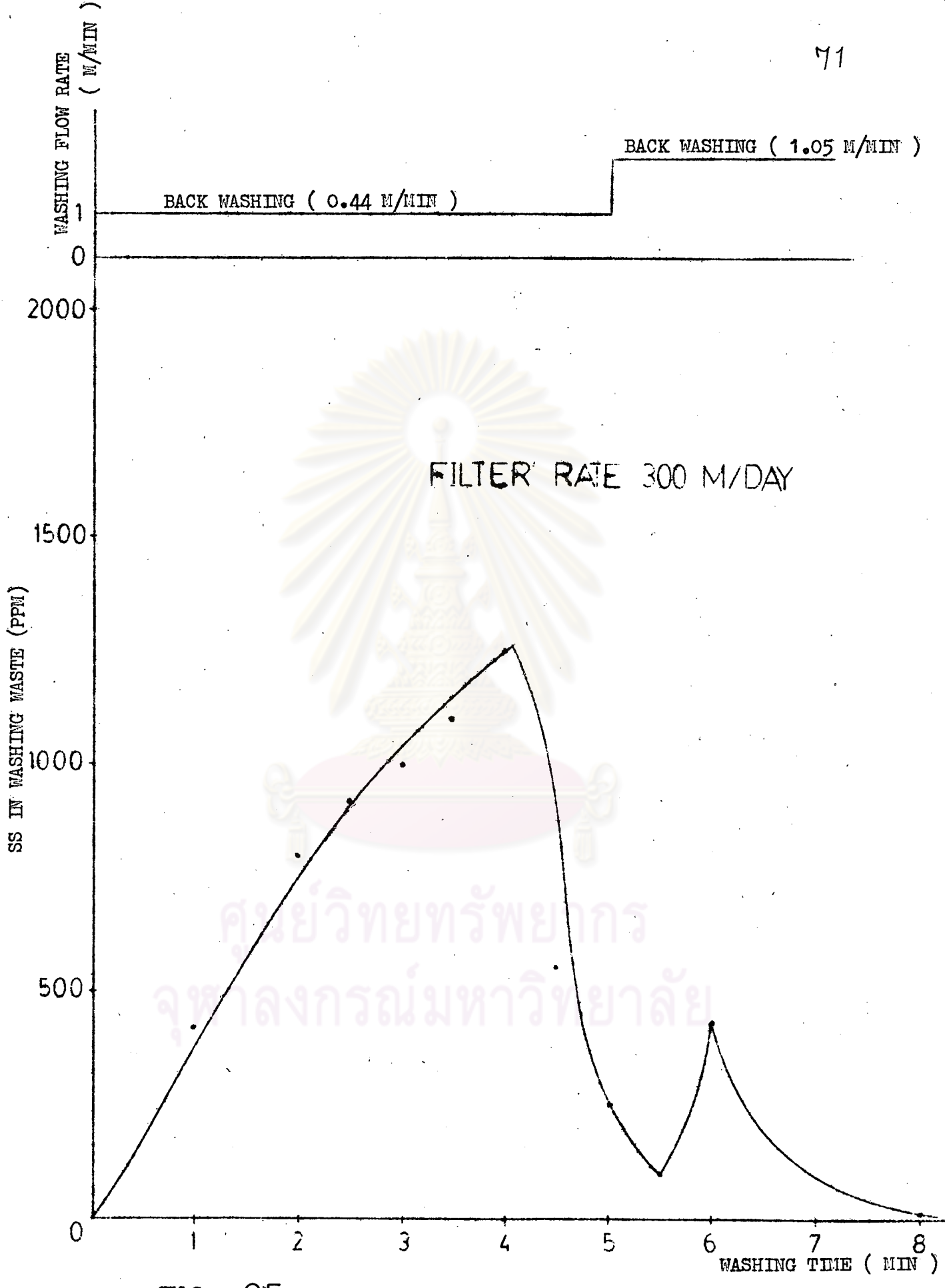

FIG.4-25 FILTER WASHING OF FILTER RATE 300 M/DAY

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

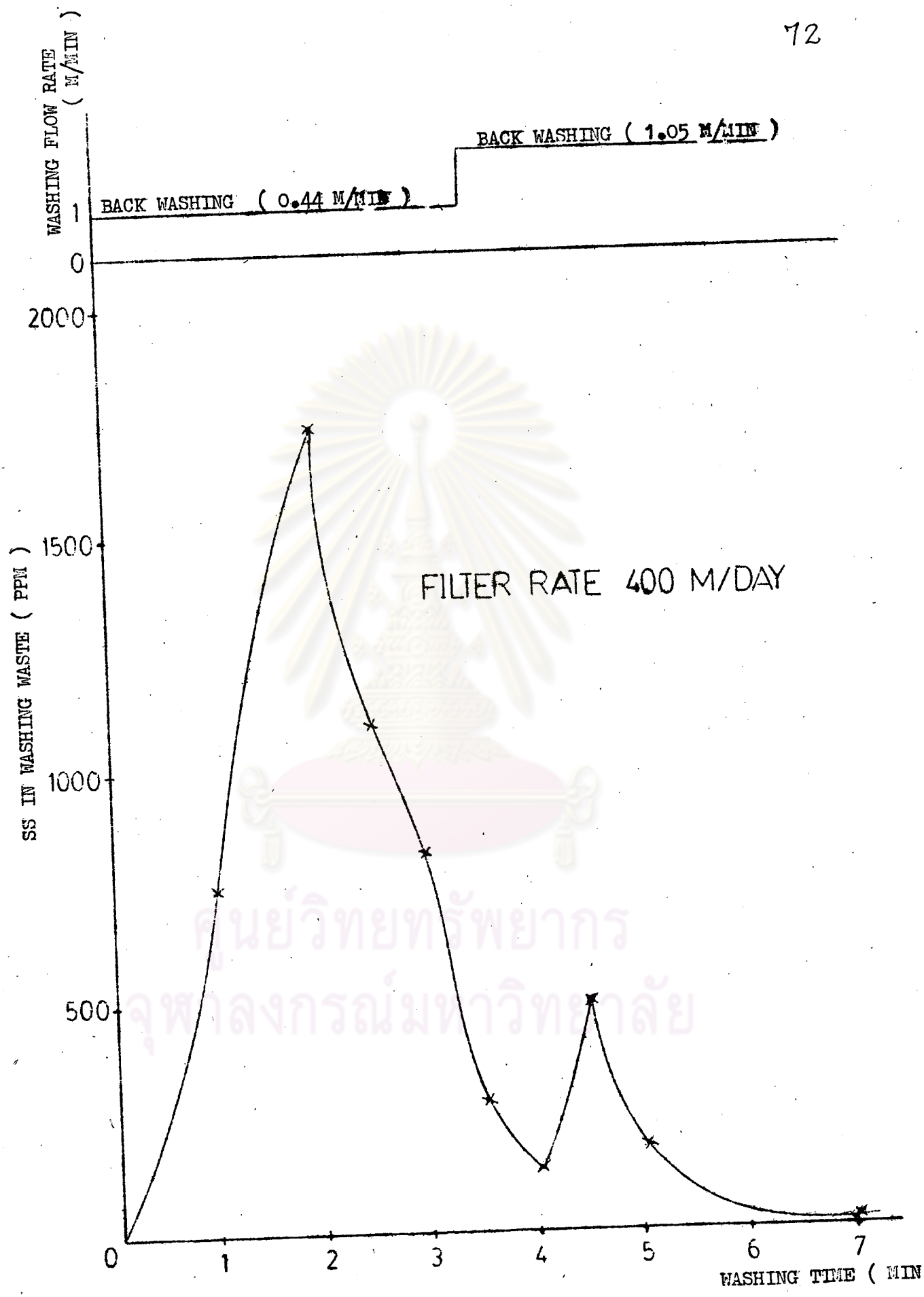

FIG.4-26 FILTER WASHING OF FILTER RATE 400 M/DAY

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

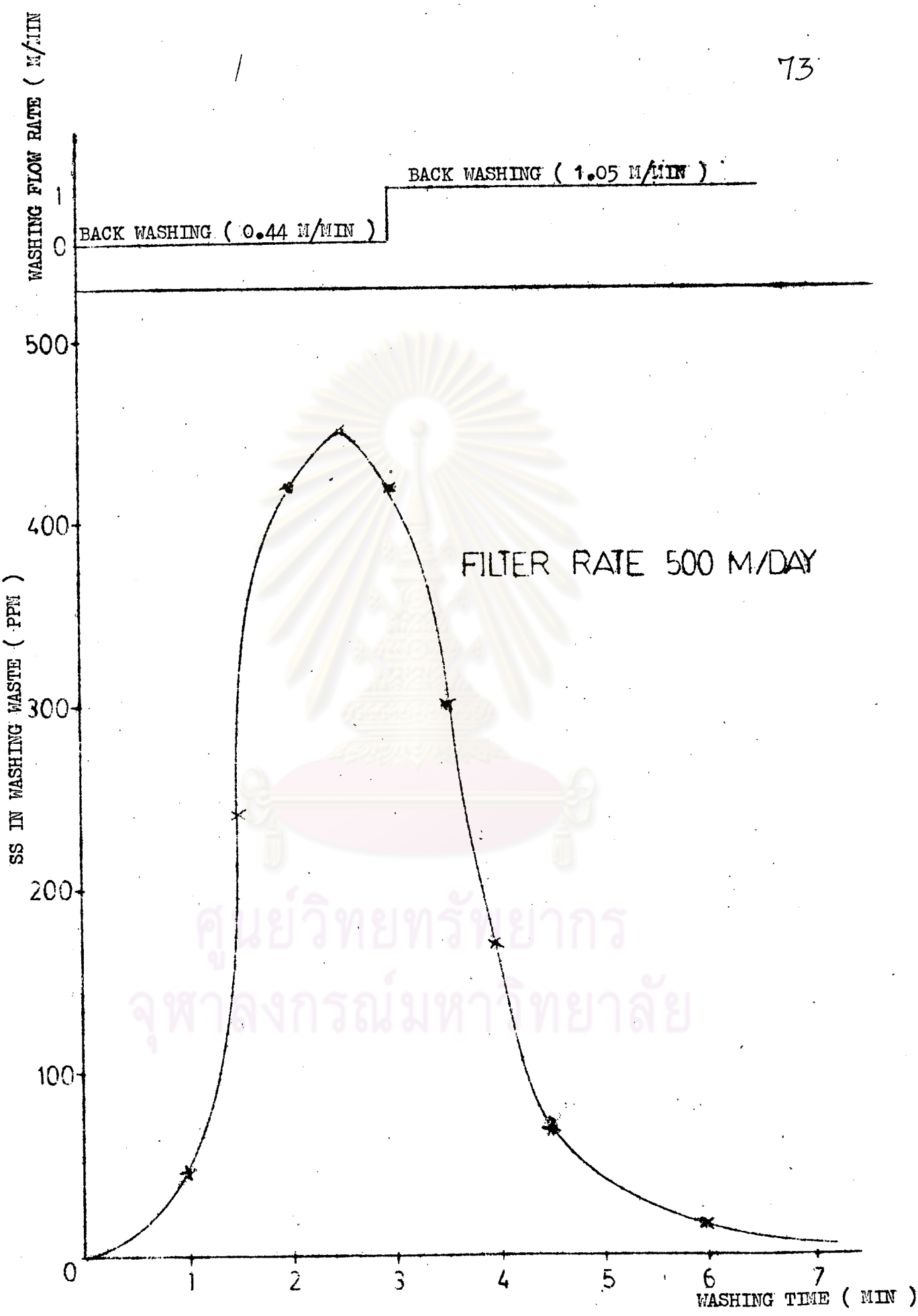

FIG.4-27 FILTER WASHING OF FILTER RATE 500 M/DAY

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย