บทที่ 4

การศึกษาและวิเคราะห์

โครงการศึกษาเบื้องต้นของการก่อสร้างเขื่อนเตี้ยขวางลำน้ำแควน้อยท้ายเขื่อนเขาแหลม สำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้า ห่างจากเขื่อนเขาแหลมมาตามลำน้ำประมาณ 21.5 กิโลเมตร ได้มีการศึกษาและวิเคราะห์ด้านต่าง ๆ ดังนี้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>การศึกษาด้านอุทกวิทยา</u>

1. รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำเฉลี่ยรายวัน ที่ปล่อยจากเขื่อนเขาแหลม มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ช่วงระยะเวลาตั้งแต่สร้างเขื่อนเขาแหลมเสร็จ เมื่อ ค.ศ. 1985 จนถึง ค.ศ. 1993 รวมระยะเวลา 9 ปี ตารางที่ ก-1 ถึง ก-9 และแสดงอยู่ในรูปของกราฟ รูปที่ ก-1 ถึง ก-9 ซึ่งได้ใช้ข้อมูลเหล่านี้เขียนกราฟ FLOW-DURATION CURVE เพื่อเปรียบเทียบการปล่อยปริมาณน้ำของเขื่อนเขาแหลมรูปที่ ก-10 จากกราฟนี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำที่ปล่อยในแต่ละปีมีค่าใกล้เคียงกัน

2. เนื่องจากปริมาณน้ำเฉลี่ยรายวันเป็นการเฉลี่ยตลอดเวลา 24 ชั่วโมง แต่จากการตรวจสอบข้อมูลแล้วปรากฏว่า ในการปล่อยปริมาณน้ำจากเขื่อนเขาแหลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า มีการปล่อยน้ำไม่ตลอดเวลา ไม่มีแผนหรือรูปแบบของการระบายน้ำขึ้นอยู่กับศูนย์ประสานการใช้น้ำในส่วนกลางจะกำหนดให้ระบาย ดังนั้นปริมาณน้ำที่ปล่อยเฉลี่ยรายวันจะไม่เป็นปริมาณน้ำที่ระบายจริง จึงได้ติดต่อขอข้อมูลจากเขื่อนเขาแหลมเกี่ยวกับชั่วโมงของการระบายน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าในแต่ละวัน ของปีล่าสุด คือ ปี 1993 ซึ่งมีการติดตั้ง TURBINE จำนวน 3 หน่วย (UNIT) ตารางที่ ก-10 ถึง ก-12 และกราฟแสดงชั่วโมงการผลิตพลังงานไฟฟ้า หรือการระบายน้ำของเขื่อนเขาแหลม รูปที่ ก-11 ถึง ก-13 จากข้อมูลดังกล่าวได้ค่าเฉลี่ยของการผลิตพลังงานไฟฟ้า 8.7 ชั่วโมงต่อวัน

3. การปรับแก้ปริมาณน้ำรายวันของปี ค.ศ. 1993 โดยได้อาศัยข้อมูลการกระจายรายชั่วโมง ของการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากโรงไฟฟ้าเขื่อนเขาแหลม รูปที่ 4-1 ซึ่งจะใช้เป็นตัวแทนในการกระจายปริมาณน้ำรายวัน ให้เป็นปริมาณน้ำรายชั่วโมง ทำได้โดย คำนวณหาปริมาณน้ำจากพื้นที่ใต้กราฟของแต่ละชั่วโมง จากรูป 4-1 แล้วคิดเป็นเปอร์เซนต์ของพื้นที่ทั้งหมด ก็จะได้การกระจายปริมาณน้ำของแต่ละชั่วโมง คือ 6.55% 9.82%, 10.91%, 7.27%, 6.55% ,8.73% ,13.82% ,14.55% ,12.73% ,9.09%

4. นำเปอร์เซนต์การกระจายของปริมาณน้ำแต่ละชั่วโมงในข้อ 3 ไปกระจายปริมาณน้ำในแต่ละวันแล้วสร้างกราฟ FLOW DURATION CURVE ของปริมาณน้ำรายชั่วโมงในแต่ละเดือน รูปที่ ก-14 ถึง ก-25

5. จากกราฟรูปที่ ก-14 ถึง ก-25 อ่านค่าปริมาณน้ำที่ค่าต่าง ๆ กับจำนวนชั่วโมงแล้วนำไปเขียนกราฟ FLOW DURATION CURVE ซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ กับช่วงระยะเวลา (ชั่วโมง) เทียบเป็นเปอร์เซนต์ทั้งปี รูปที่ 4-2 จะเห็นว่าปริมาณน้ำที่ระบายลงมีอยู่ระหว่าง 100-700 ลบ.ม./วินาที

<u>การศึกษาด้านพลังงานไฟฟ้า</u>

1. จากข้อมูลการสำรวจแผนที่ภูมิประเทศ (TOPOGRAPHIC MAP) และผลสำรวจรูปตัดตามขวาง (CROSS-SECTION) รูปที่ ก-26 บริเวณที่ทำการศึกษาปรากฏว่าลาดท้องน้ำของลำน้อยแคว้นอย จากเขื่อนเขาแหลมลงมาถึงบริเวณที่ทำการศึกษามีลาดอยู่ 2 ช่วง มีลาดท้องน้ำ 0.0002 และ 0.0007 ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 0.0005 หรือ 1:2,000 รูปที่ ก-27 นำผลสำรวจนี้ไปแทนในสมการ (7) ดังผลการคำนวณ ตารางที่ ก-13 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณน้ำด้านท้ายน้ำ (TAIL WATER RATING CURVE) รูปที่ 4-3

2. จากกราฟ FLOW-DURATION CURVE รูปที่ 4-2 และ กราฟ TAIL WATER RATING รูปที่ 4-3 โดยกำหนดให้ระดับน้ำด้านหน้าเขื่อนอยู่ที่ระดับ +82.500 ม.รทก. แล้วสร้างกราฟความสูงน้ำสุทธิ (NET HEAD CURVE) รูปที่ 4-4

3. คำนวณหากำลังผลิตไฟฟ้าจากการใช้ FLOW DURATION CURVE และ NET HEAD CURVE โดยแทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการ (6) กำหนดให้ประสิทธิภาพรวมเท่ากับ 88 เปอร์เซ็นต์ และค่า HEAD LOSS เท่ากับ 0.30 เมตร ดังรายละเอียดผลการคำนวณ ตารางที่ 4-1 สร้างกราฟ POWER DURATION CURVE รูปที่ 4-5 แล้วคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าจากพื้นที่ใต้กราฟ มีค่าเท่ากับ 72.14 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี หรือ คือ 72.14 ล้านหน่วย/ปี ถือเป็นศักยภาพสูงสุดที่สามารถจะผลิตได้

<u>การศึกษาการติดตั้งกำลังผลิต</u>

1. การติดตั้งกำลังผลิต (INSTALLED CAPACITY) ในการศึกษาแบบ RUN OF RIVER OR FLOW DURATION METHOD การหาขนาดการติดตั้งกำลังผลิตไฟฟ้าจะเริ่มจากการใช้ปริมาณน้ำเฉลี่ยในการออกแบบการติดตั้งกำลังการผลิต(DESIGN DISCHARGE) ซึ่งจาก FLOW DURATION CURVE รูป 4-2 ค่าปริมาณน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 250 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และมีความสูงของน้ำสุทธิ (NET HEAD)เท่ากับ 9.27 เมตร แล้วนำไปแทนค่าในสมการ (6) จะได้กำลังผลิตในการติดตั้ง 19.98 กิโลวัตต์

2. ปริมาณน้ำออกแบบ 250 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และความสูงน้ำออกแบบสุทธิ 9.27 เมตร นำไปพิจารณาเลือกใช้ TURBINE รูปที่ 3-5 ควรใช้ ADJUSTABLE PROPELLER TURBINE (KAPIAN TURBINE) และสามารถนำไปหาค่าปริมาณน้ำต่ำสุด (MINIMUM DISCHARGE)ได้จาก ตารางที่ 3-1 มีค่าเท่ากับ 125 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

3. คำนวณหาขนาดการติดตั้งกำลังผลิตและพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จริง โดยต้องพิจารณาถึงประสิทธิภาพของกังหันน้ำที่จะเปลี่ยนแปลงไปตามความสูงน้ำสุทธิ และปริมาณการไหลของน้ำ รูปที่ 4-6 ดังรายละเอียดผลการคำนวณ ตารางที่ 4-2 จากผลการคำนวณควรจะติดตั้งกำลังผลิต 19.98 เมกะวัตต์ จำนวน 2 หน่วย (รวมกำลังติดตั้ง 39.96 เมกะวัตต์ ทำการเขียนกราฟ POWER DURATION CURVE รูปที่ 4-7 เมื่อคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าจากพื้นที่ใต้กราฟ มีค่าเท่ากับ 66.62 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี หรือคือ 66.62 ล้านหน่วย/ปี

4. นอกจากนี้ได้ทดสอบหาการติดตั้งกำลังผลิตออกแบบอีก 2 ลักษณะคือ

4.1 ติดตั้งกำลังผลิตที่มีปริมาณน้ำออกแบบ 300 และ ความสูงน้ำออกแบบสุทธิ 8.90 เมตร แทนค่าในสมการ (6) ซึ่งควรมีการติดตั้งขนาดกำลังผลิต 23.03 เมกะวัตต์ จำนวน 2 หน่วย (รวมกำลังติดตั้ง 46.06 เมกะวัตต์) ดังรายละเอียดผลการคำนวณ ตารางที่ 4-3 และคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าจากพื้นที่ใต้กราฟ รูปที่ 4-8 มีค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ 66.18 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี หรือ 66.18 ล้านหน่วย/ปี

4.2 ติดตั้งกำลังผลิตที่มีปริมาณน้ำออกแบบ 200 ลูกบาศก์เมตร ความสูงน้ำออกแบบสุทธิ 9.63 เมตร จำนวน 3 หน่วย ซึ่งควรมีการติดตั้งกำลังผลิตหน่วยละ 16.61 เมกะวัตต์ (รวมกำลังติดตั้ง 49.83 เมกะวัตต์) ดังรายละเอียดผลการคำนวณ ตารางที่ 4-4 และคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าจากพื้นที่ใต้กราฟรูปที่ 4-9 มีค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ 71.91 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี หรือ 71.91 ล้านหน่วย/ปี

ตารางที่ 4-1 รายละเอียดการคำนวณหาศักยภาพกำลังผลิตและพลังงานไฟฟ้า

POWER =9.8QHe (หน่วย - kilowatt)

Q =ปริมาณน้ำ (cms.)

H =Head (m.)

e =Over All Efficiency (88%)

FLOW DURATION CURVE		ระดับเก็บกัก หน้าเขื่อน	ระดับน้ำท้าย เขื่อนจาก	NET HEAD	กำลังการผลิต POWER	PERCEENT OF TIME	พลังงานที่ผลิตได้
Discharge Q - cms.	Number of hours	m.-M.S.L.	Rating - Curve	m.	kw.	%	Kilowatt-hours
50.00	3643	82.50	70.90	11.30	4,872.56	41.6	0.0
100.00	3442	82.50	71.64	10.56	9,106.94	39.3	1,404,940
150.00	2838	82.50	72.20	10.00	12,936.00	32.4	6,656,969
200.00	2347	82.50	72.57	9.63	16,609.82	26.8	7,253,500
250.00	1744	82.50	72.93	9.27	19,986.12	19.9	11,033,677
300.00	1258	82.50	73.30	8.90	23,026.08	14.4	10,451,965
350.00	872	82.50	73.70	8.50	25,656.40	10.0	9,395,719
400.00	632	82.50	74.10	8.10	27,941.76	7.2	6,431,779
450.00	438	82.50	74.30	7.90	30,658.32	5.0	5,684,208
500.00	281	82.50	74.80	7.40	31,908.80	3.2	4,911,519
550.00	172	82.50	75.30	6.90	32,728.08	2.0	3,522,710
600.00	88	82.50	75.60	6.60	34,151.04	1.0	2,808,923
650.00	13	82.50	76.00	6.20	34,754.72	0.1	2,583,966
700.00	0	82.50	76.40	5.80	35,013.44	0.0	0

REMARK:HEAD LOSS 0.3 m. TOTAL ENERGY 72,139,874

ตารางที่ 4-2 รายละเอียดการคำนวณหากำลังผลิตและพลังงานไฟฟ้า กรณีที่ 1

POWER = 9.8QHe (kilowatt-hour) เมื่อ Q = ปริมาณน้ำ (cms.), H = Head (m.), e = Efficiency)

FLOW DURATION CURVE					ระดับเก็บกัก หน้าเขื่อน	ระดับน้ำ-ท้ายเขื่อน อ่านจาก	NET HEAD	PERCENT OF RATED	EFFICIENC	กำลังการผลิต POWER	PERCEENT OF	พลังงานไฟฟ้า-ที่ผลิตได้
Discha-rge Q-cms.	OPRERATION - Q UNIT #1	UNIT #2	PERCENT OF RATED DISCHARGE	Number of hours	m.-M.S.L.	Rating-Curve	m.	HEAD	%	kw.	TIME %	Kilowatt - hours
125.00	125.00		50.00	3197	82.50	72.00	10.20	110.03	91.50	11,432.93	36.5	
150.00	150.00		60.00	2838	82.50	72.20	10.00	107.87	91.80	13,494.60	32.4	4,474,491
200.00	200.00		80.00	2347	82.50	72.57	9.63	103.88	91.40	17,251.57	26.8	7,548,184
250.00	250.00		100.00	1744	82.50	72.93	9.27	100.00	88.00	19,986.12	19.9	11,227,163
300.00	175.00		70.00	1258	82.50	73.30	8.90	96.01	91.55	13,973.73	14.4	8,252,245
350.00	175.00		70.00	872	82.50	73.70	8.50	91.69	91.53	13,342.79	10.0	5,272,088
400.00	200.00		80.00	632	82.50	74.10	8.10	87.38	90.60	14,383.66	7.2	3,327,173
450.00	225.00		90.00	438	82.50	74.30	7.90	85.22	89.00	15,503.36	5.0	2,899,040
500.00	250.00		100.00	281	82.50	74.80	7.40	79.83	86.00	15,591.80	3.2	2,440,970
550.00	250.00		100.00	172	82.50	75.20	7.00	75.51	86.00	14,749.00	2.0	1,653,574
600.00	250.00		100.00	88	82.50	75.60	6.60	71.20	85.00	13,744.50	1.0	1,196,727
650.00	250.00		100.00	13	82.50	76.00	6.20	66.88	84.00	12,759.60	0.1	993,904
700.00	250.00		100.00	0	82.50	76.30	5.90	63.65	83.00	11,997.65	0.0	160,922

FLOW DURATION CURVE					ระดับเก็บกัก หน้าเขื่อน	ระดับน้ำท้ายเขื่อนจาก	NET HEAD	PERCENT OF RATED	EFFICIENC	กำลังการผลิต POWER	PERCEENT OF	พลังงานที่ผลิตไ
Dischar Q - cms	OPRERATION - Q UNIT #1	UNIT #2	PERCENT OF RATED DISCHARGE	Number of hours	m.-M.S.L.	Rating Curve	m.	HEAD	%	kw.	TIME %	Kilowatt-ho
300.00		125.00	50.00	1258	82.50	73.30	8.90	96.01	91.55	9,981.24	14.4	
350.00		175.00	70.00	872	82.50	73.70	8.50	91.69	91.51	13,339.87	10.0	4,500,974
400.00		200.00	80.00	632	82.50	74.10	8.10	87.38	90.50	14,367.78	7.2	3,324,918
450.00		225.00	90.00	438	82.50	74.30	7.90	85.22	89.00	15,503.36	5.0	2,897,500
500.00		250.00	100.00	281	82.50	74.80	7.40	79.83	86.00	15,591.80	3.2	2,440,970
550.00		250.00	100.00	172	82.50	75.20	7.00	75.51	86.00	14,749.00	2.0	1,653,574
600.00		250.00	100.00	88	82.50	75.60	6.60	71.20	85.00	13,744.50	1.0	1,196,727
650.00		250.00	100.00	13	82.50	76.00	6.20	66.88	84.00	12,759.60	0.1	993,904
700.00		250.00	100.00	0	82.50	76.30	5.90	63.65	83.00	11,997.65	0.0	160,922

REMARK:HEAD LOSS 0.3 m.

TOTAL ENERGY 66,615,968

==========

ตารางที่ 4-3 รายละเอียดการคำนวณหากำลังผลิตและพลังงานไฟฟ้า กรณีที่ 2

POWER =9.8 x Q x H x e (หน่วย - kilowatt)

Q =ปริมาณน้ำ (cms.)

H =Head (m.)

e =Efficiency

FLOW DURATION CURVE					ระดับเก็บกักหน้าเขื่อน	ระดับน้ำท้ายเขื่อนอ่านจาก	NET HEAD	PERCENT OF RATED HEAD	EFFICIENC	กำลังการผลิต POWER	PERCEENT OF TIME	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้
Discharge Q-cms.	OPRERATION - Q		PERCENT OF RATED DISCHARGE	Number of hours	m.-M.S.L.	Rating Curve	m.		%	kw.	%	Kilowatt - hours
	UNIT #1	UNIT #2										
										0.00	32.4	
150.00	150.00		50.00	2838	82.50	72.20	10.00	112.36	91.50	13,450.50	32.4	
200.00	200.00		66.67	2347	82.50	72.57	9.63	108.20	91.56	17,281.77	26.8	7,544,772
250.00	250.00		83.33	1744	82.50	72.93	9.27	104.16	91.00	20,667.46	19.9	11,441,693
300.00	300.00		100.00	1258	82.50	73.30	8.90	100.00	88.00	23,026.08	14.4	10,617,531
350.00	175.00	175.00	58.33	872	82.50	73.70	8.50	95.51	91.58	26,700.15	10.0	9,597,162
400.00	200.00	200.00	66.67	632	82.50	74.10	8.10	91.01	91.55	29,068.96	7.2	6,692,293
450.00	225.00	225.00	75.00	438	82.50	74.30	7.90	88.76	91.40	31,842.85	5.0	5,908,445
500.00	250.00	250.00	83.33	281	82.50	74.80	7.40	83.15	91.58	33,206.91	3.2	5,106,406
550.00	275.00	275.00	91.67	172	82.50	75.20	7.00	78.65	89.00	33,579.70	2.0	3,639,870
600.00	300.00	300.00	100.00	88	82.50	75.60	6.60	74.16	86.50	33,568.92	1.0	2,820,242
650.00	300.00	300.00	100.00	13	82.50	76.00	6.20	69.66	84.90	30,951.14	0.1	2,419,502
700.00	300.00	300.00	100.00	0	82.50	76.30	5.90	66.29	84.50	29,314.74	0.0	391,728

REMARK:HEAD LOSS 0.3 m.

TOTAL ENERGY 66,179,644

==========

ตารางที่ 4-4 รายละเอียดการคำนวณหากำลังผลิตและพลังงานไฟฟ้า กรณีที่ 3

POWER =9.8 x Q x H x e (หน่วย - kilowatt)

Q =ปริมาณน้ำ (cms.)

H =Head (m.)

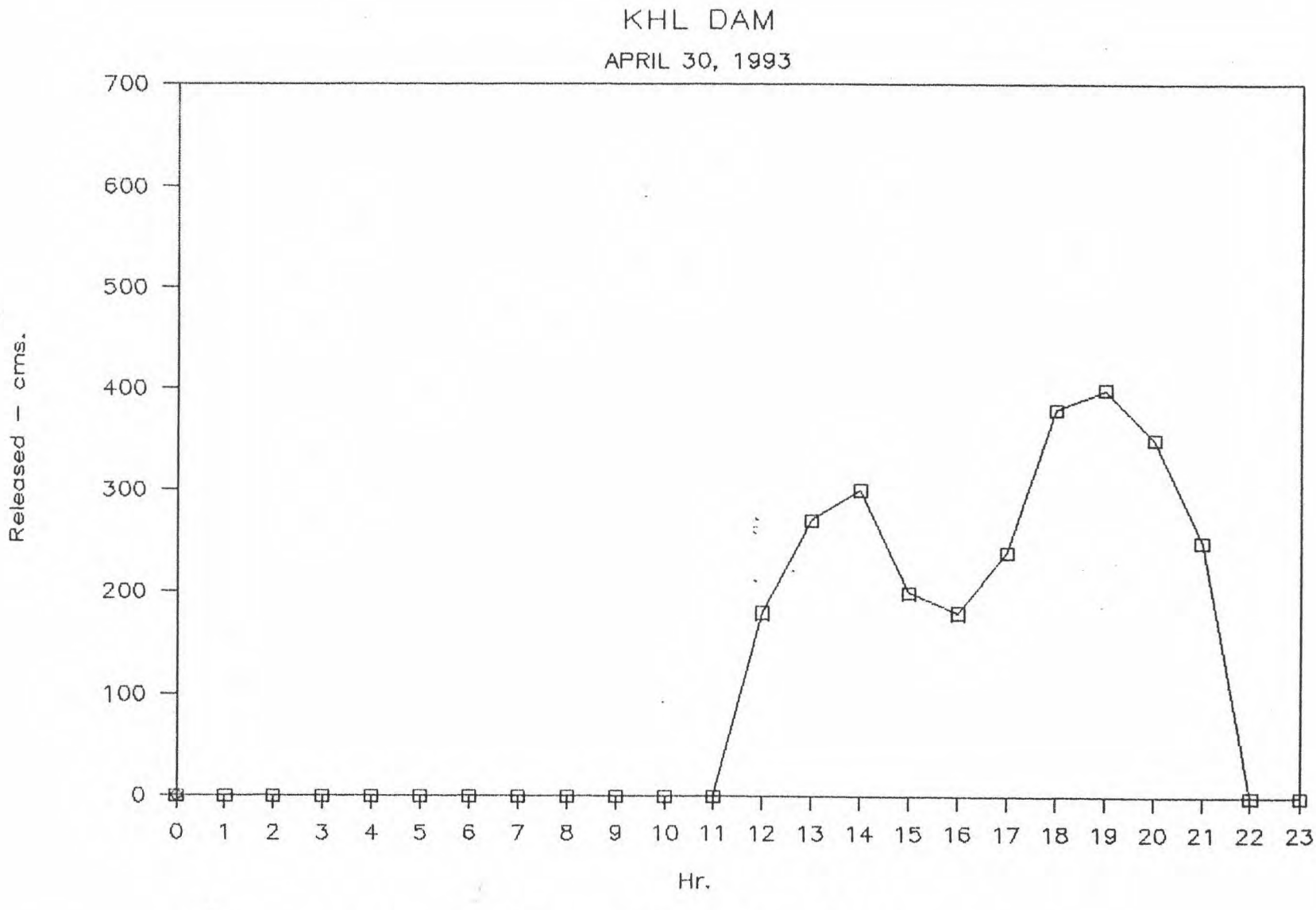
e =Efficiency

FLOW DURATION CURVE						ระดับเก็บกัก หน้าเขื่อน	ระดับน้ำ- ท้ายเขื่อน	NET HEAD	PERCENT OF RATED	EFFICIENC	กำลังการผลิต	PERCEENT OF	พลังงานไฟฟ้า- ที่ผลิตได้
Discha- rge Q-cms.	OPRERATION - Q			PERCENT OF RATED DISCHARGE	Number of hours	m.-M.S.L.	อ่านจาก Rating- Curve	m.	HEAD	%	POWER kw.	TIME %	Kilowatt - hours
	UNIT #1	UNIT #2	UNIT #2										
											0.00	39.3	
100.00	100.00			50.00	3442	82.50	72.00	10.20	105.92	91.53	9,149.34	39.3	
150.00	150.00			75.00	2838	82.50	72.20	10.00	103.84	91.52	13,453.44	32.4	6,826,039
200.00	200.00			100.00	2347	82.50	72.57	9.63	100.00	88.00	16,609.82	26.8	7,380,531
250.00	125.00	125.00		62.50	1744	82.50	72.93	9.27	96.26	91.56	20,794.65	19.9	11,277,449
300.00	150.00	150.00		75.00	1258	82.50	73.30	8.90	92.42	91.00	23,811.06	14.4	10,839,187
350.00	175.00	175.00		87.50	872	82.50	73.70	8.50	88.27	88.80	25,889.64	10.0	9,592,235
400.00	200.00	200.00		100.00	632	82.50	74.10	8.10	84.11	87.00	27,624.24	7.2	6,421,666
450.00	150.00	150.00	150.00	75.00	438	82.50	74.30	7.90	82.04	87.80	30,588.64	5.0	5,646,650
500.00	166.00	166.00	166.00	83.00	281	82.50	74.80	7.40	76.84	88.50	31,961.74	3.2	4,910,205
550.00	183.00	183.00	183.00	91.50	172	82.50	75.20	7.00	72.69	86.50	32,577.11	2.0	3,517,367
600.00	200.00	200.00	200.00	100.00	88	82.50	75.60	6.60	68.54	84.50	32,792.76	1.0	2,745,535
650.00	200.00	200.00	200.00	100.00	13	82.50	76.00	6.20	64.38	83.50	30,440.76	0.1	2,371,257
700.00	200.00	200.00	200.00	100.00	0	82.50	76.30	5.90	61.27	83.00	28,794.36	0.0	385,028

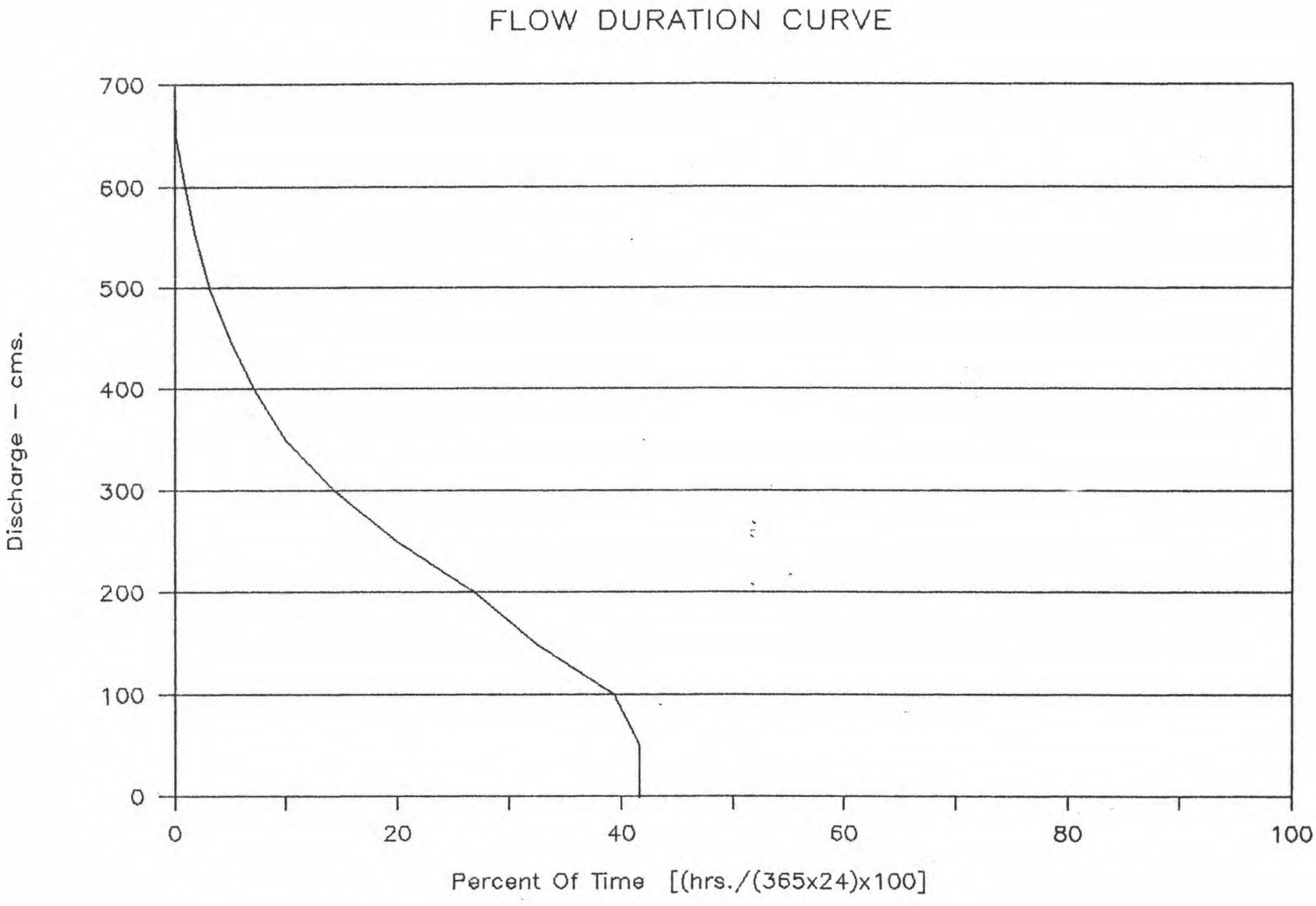
REMARK:HEAD LOSS 0.3 m.

TOTAL ENERGY 71,913,149

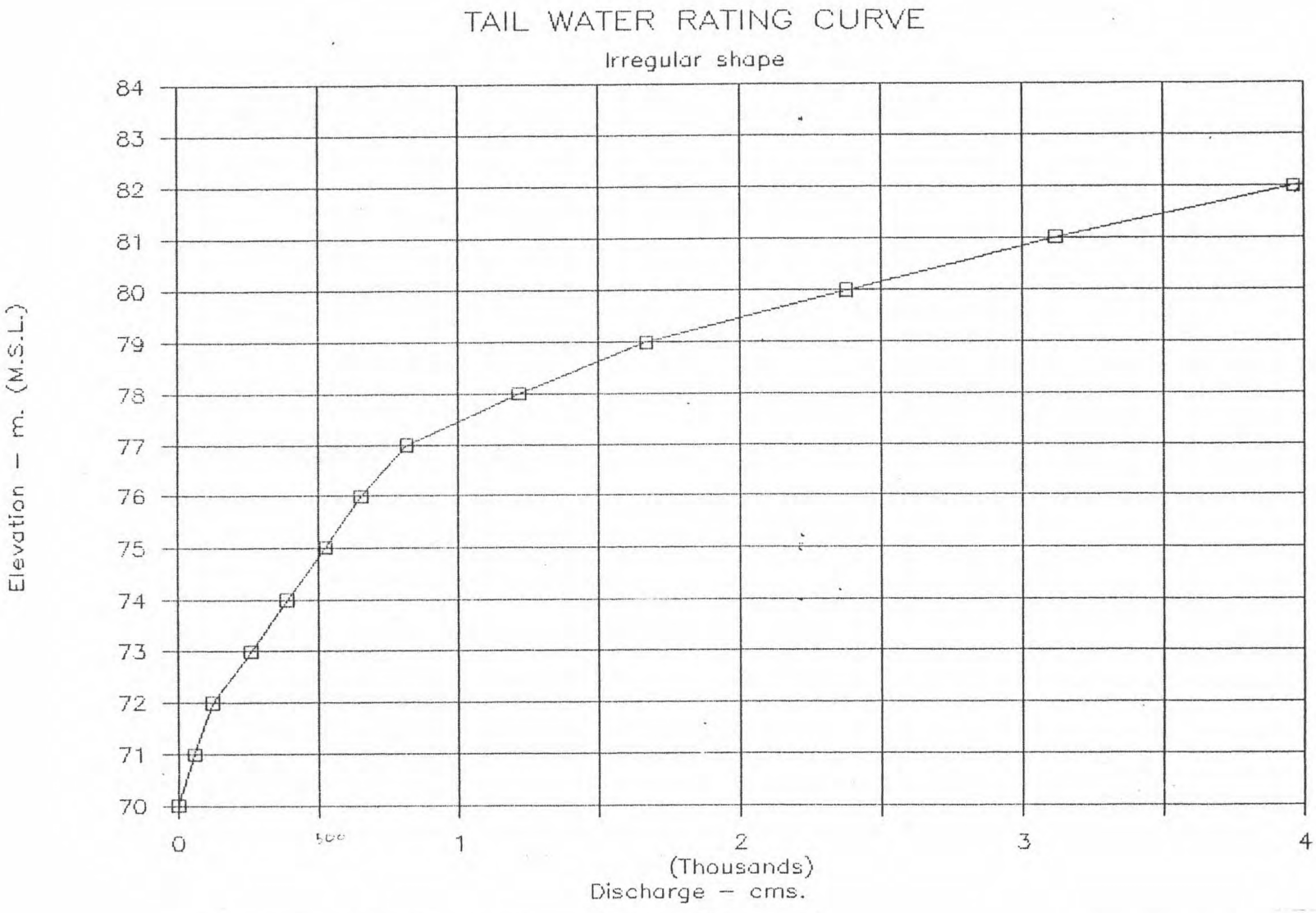
==========



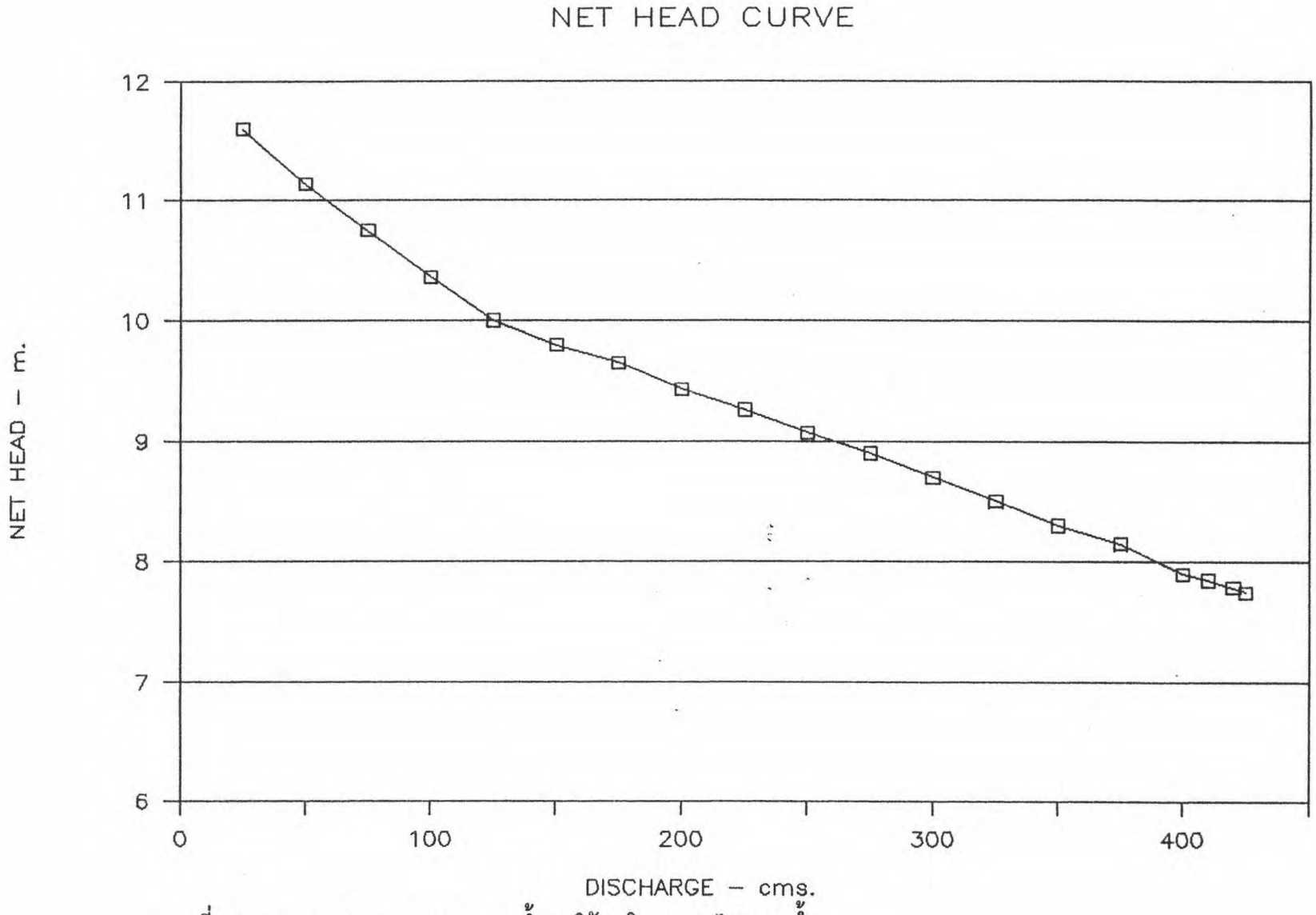
รูปที่ 4-1 กราฟแสดงการกระจายชั่วโมงการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเขื่อนเขาแหลม



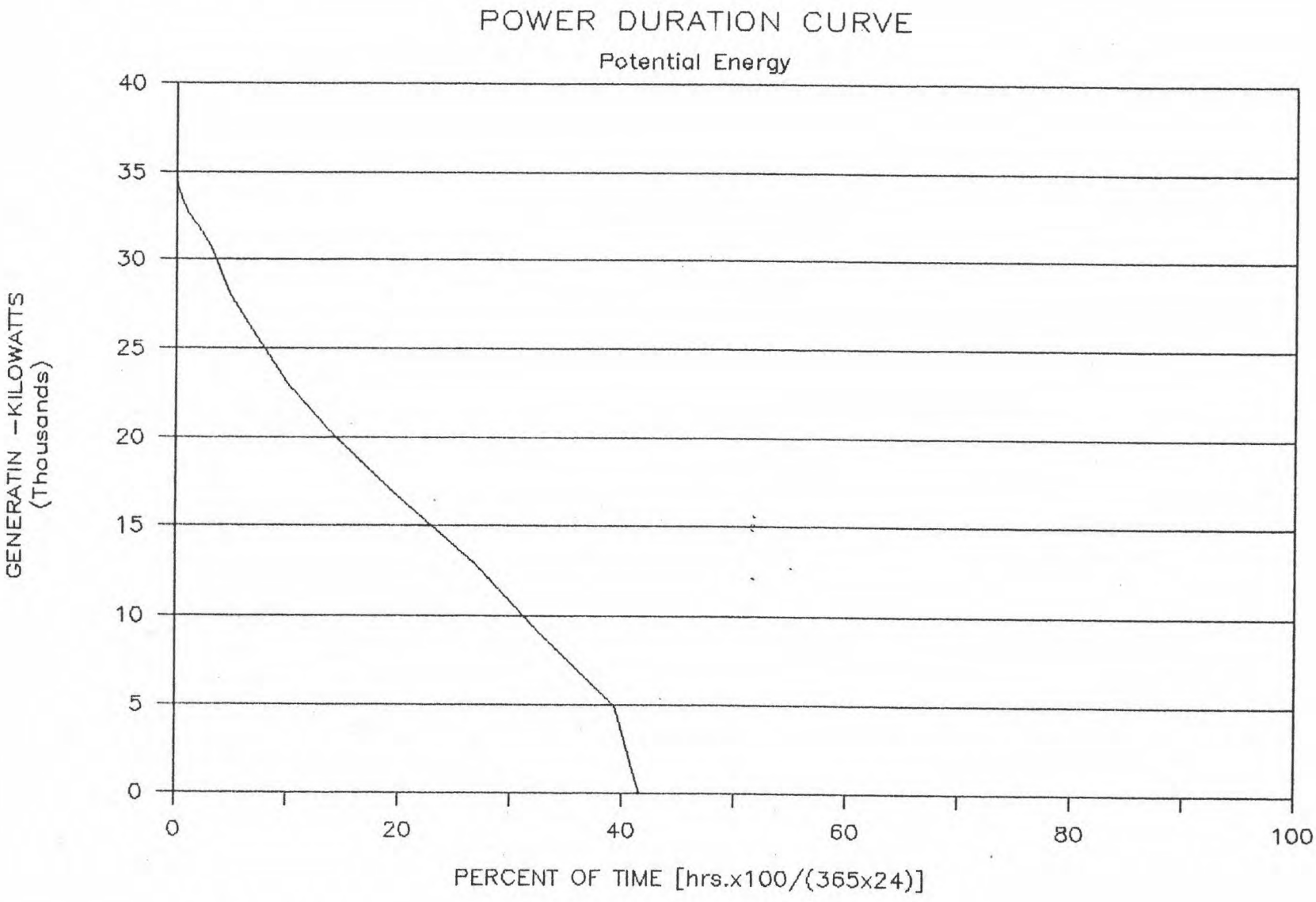
รูปที่ 4-2 กราฟแสดงปริมาณการไหลของน้ำกับช่วงระยะเวลา



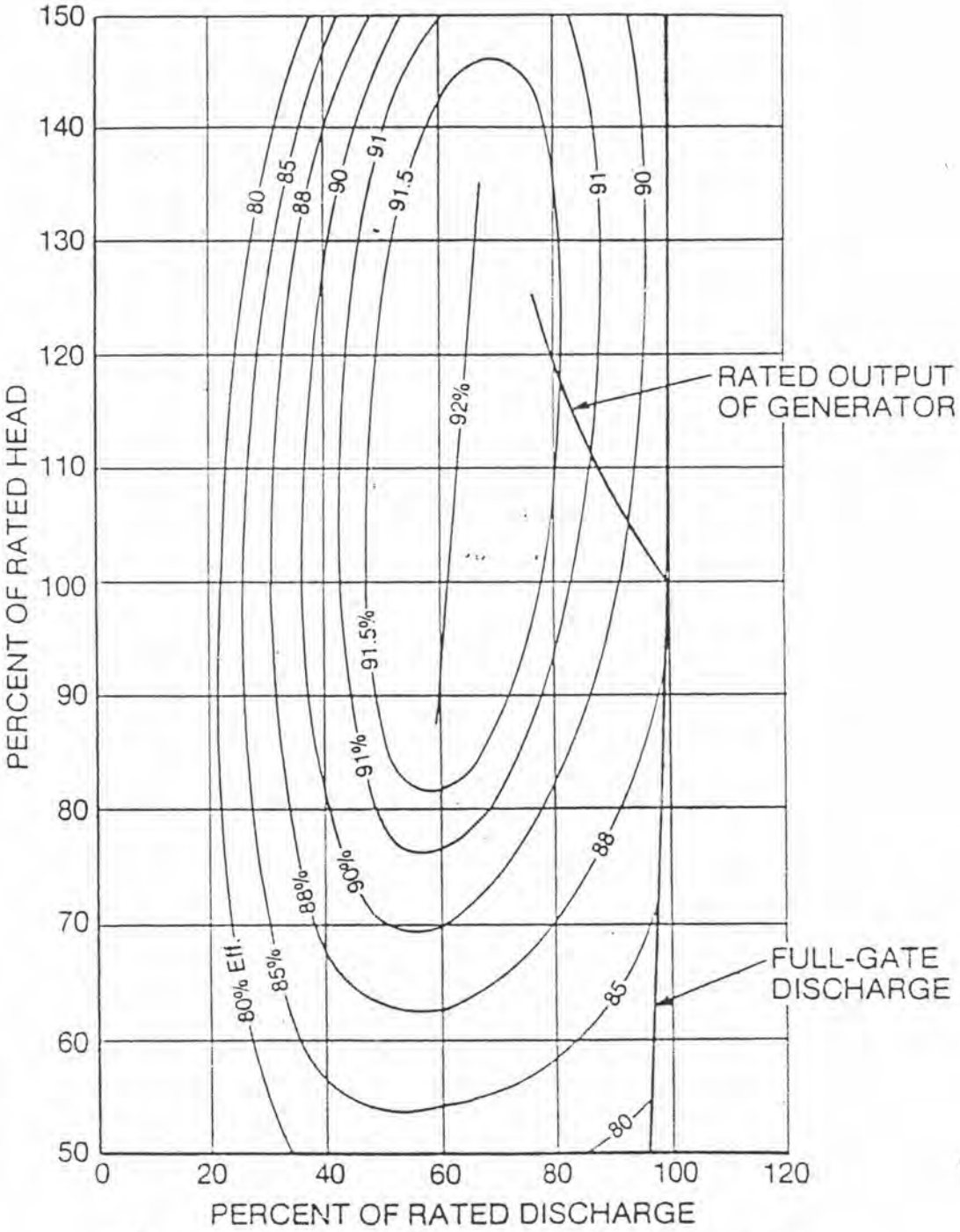
รูปที่ 4-3 กราฟแสดงปริมาณการไหลของน้ำกับระดับน้ำด้านท้ายน้ำ



รูปที่ 4-4 กราฟแสดงความสูงของน้ำสุทธิกับปริมาณการไหลของน้ำ

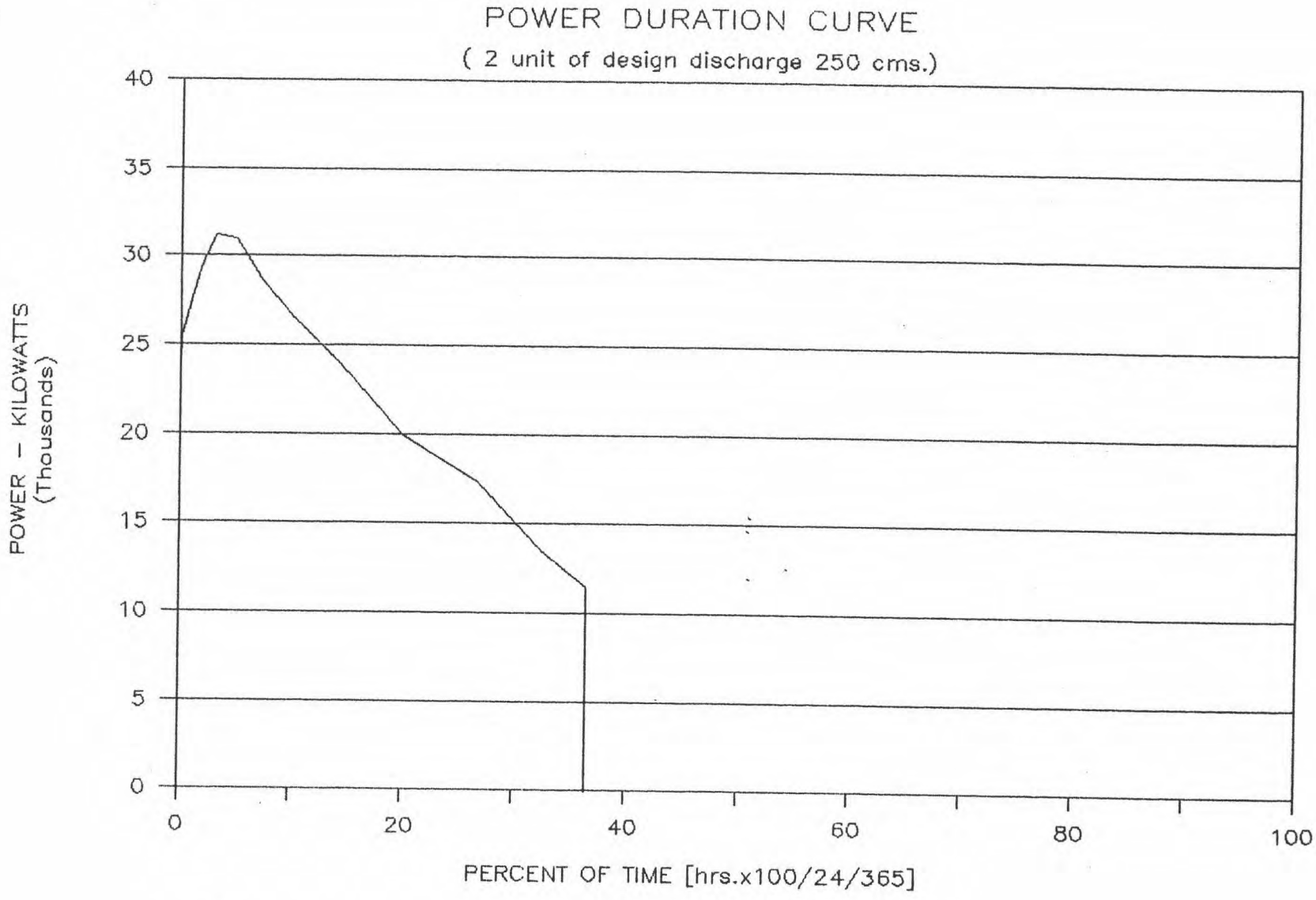


รูปที่ 4-5 กราฟแสดงกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้ากับช่วงระยะเวลา

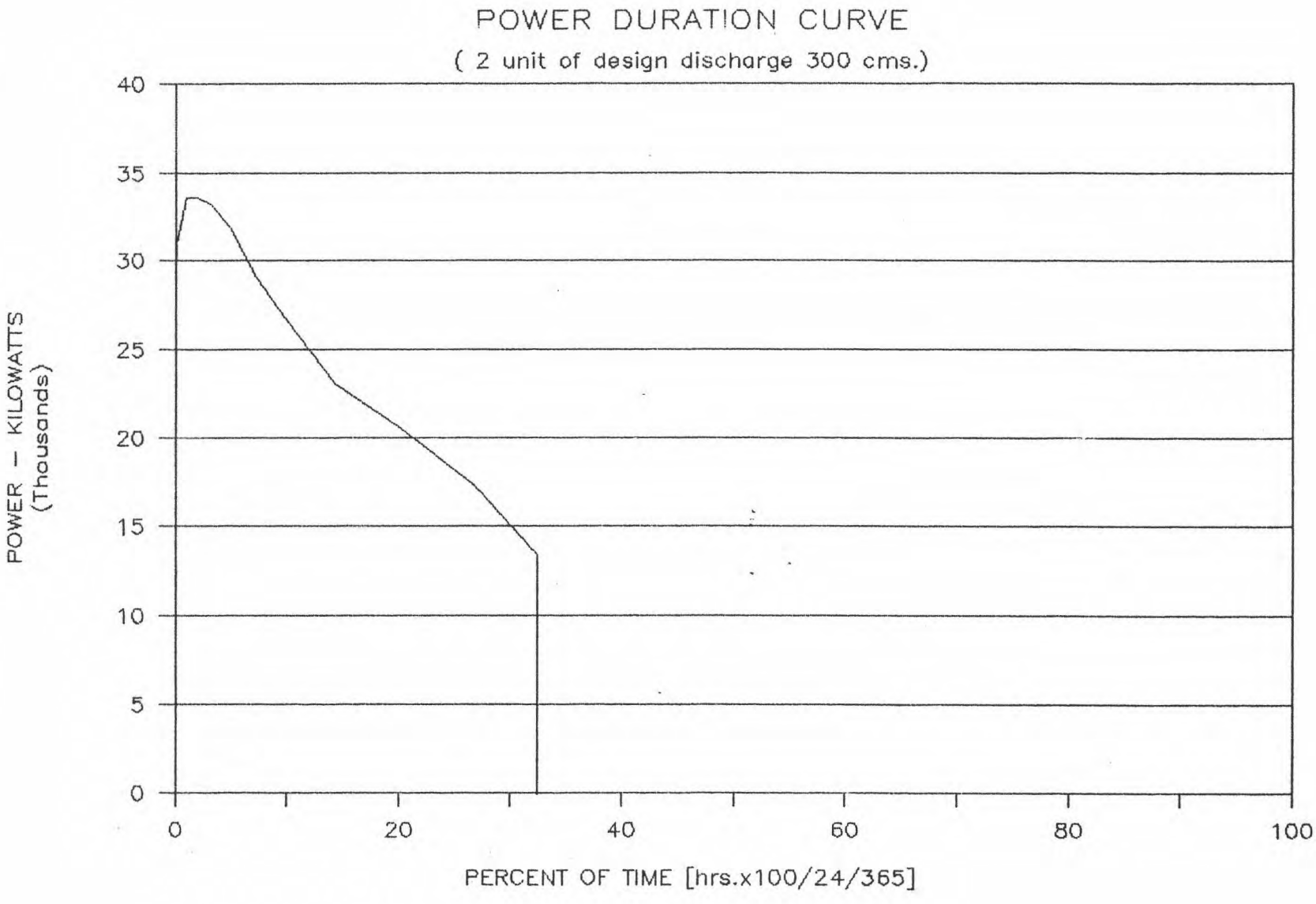


รูปที่ 4-6 กราฟแสดงประสิทธิภาพของกังหันน้ำชนิดปรับใบพัดได้

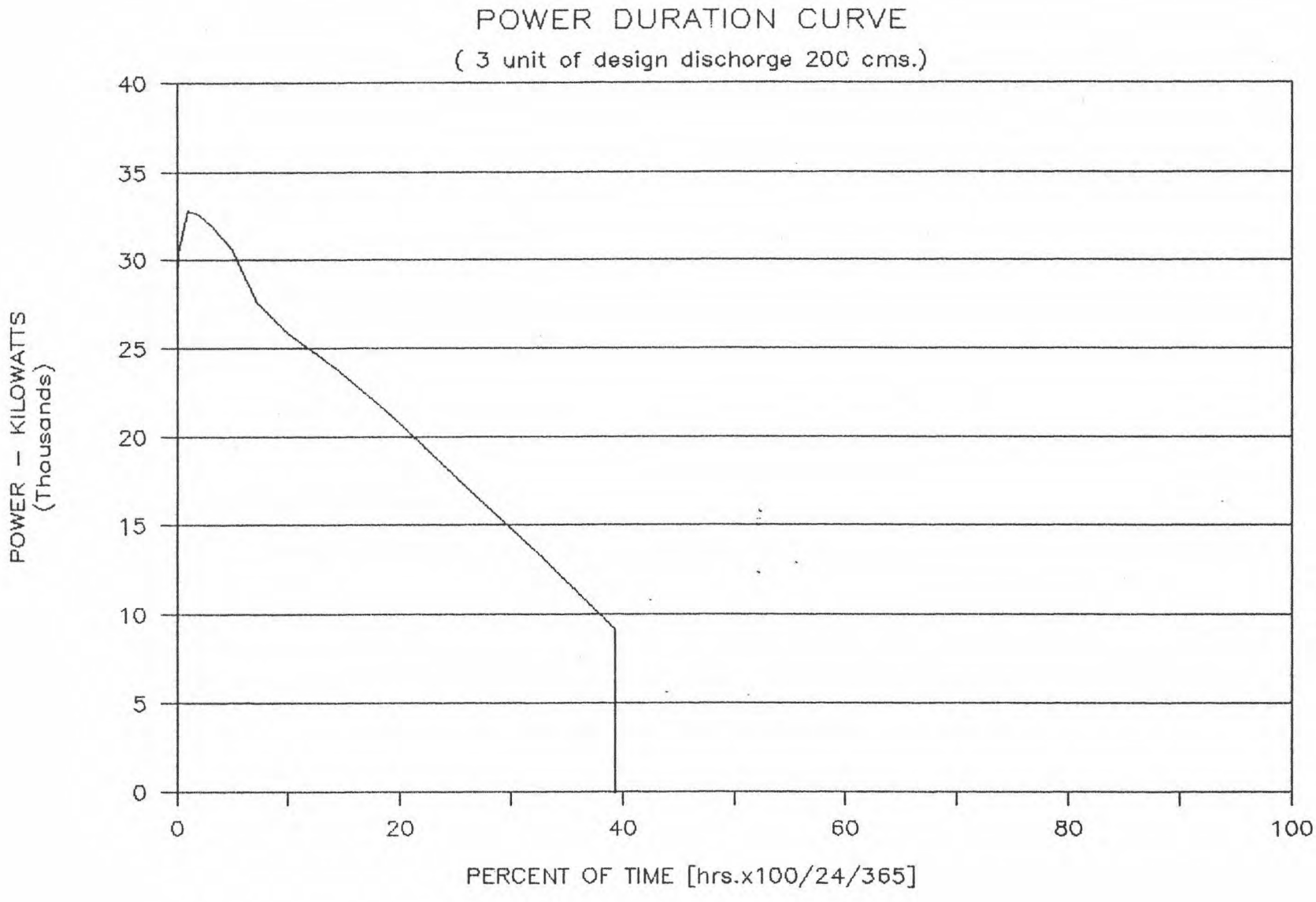
Turbine performance curve-adjustable blade propeller turbine (Courtesy of U.S. Bureau of Reclamation)



รูปที่ 4-7 กราฟแสดงกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้ากับช่วงระยะเวลา กรณีที่ 1



รูปที่ 4-8 กราฟแสดงกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้ากับช่วงระยะเวลา กรณีที่ 2



รูปที่ 4-9 กราฟแสดงกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้ากับช่วงระยะเวลา กรณีที่ 3