

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตัวอย่างผลการทดสอบ

ผลการทดลองได้ทำการเก็บบันทึกไว้ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ข. การคำนวณ

ภาคผนวก ข

การคำนวณ

ข.1 คำนวณหาขนาดปั๊มที่ใช้จริง

จากตาราง ค.1 ที่ Air Washer อัตราส่วนน้ำ / อัตราส่วนอากาศ อยู่ในช่วง 0.1 ถึง 0.4 เลือกใช้ค่า 0.3

คำนวณค่า Pounds of dry air ของคุณสมบัติที่ทดลองจริง จากสมการที่ (2.6) $M_a = \rho_{air} A U$

$$\rho_{air} = 1.1595 \text{ Kg/m}^3$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{(50 \times 10^{-2})^2 \pi}{4} = 0.196 \text{ m}^2$$

$$U = 2.13 \text{ m/s}$$

จากการวัดความเร็วลมที่ผ่านคอนเดนเซอร์ โดยเฉลี่ย

ดังนั้น

$$M_{air} = 0.5 \text{ Kg/s}$$

จาก

$$\frac{M_{Water}}{M_{air}} = 0.3 = \frac{M_{Water}}{0.5}$$

ดังนั้น

$$M_{\text{(น้ำที่ต้องการใช้)}} = 0.15 \text{ Kg/s}$$

ข.1.1 หาอัตราการไหล

$$\begin{aligned} M_{\text{(น้ำที่ต้องการใช้)}} &= 0.15 \text{ Kg/s} \\ &= 0.15 \times 60 = 9 \text{ kg/min} \\ &= 2.378 \text{ gpm} \end{aligned}$$

ข.1.2 คำนวณหา Head ในท่อคำนวณ ณ ท่อใช้ในการปล่อยน้ำตก

ข.1.2.1 คำนวณ Static Head

จากความสูงของท่อ = 3.2 ft

ข.1.2.2 คำนวณ Friction Loss

จาก กราฟ ภาคผนวก ค.2 ท่อขนาด ½ นิ้ว และ 1 นิ้ว เลือกใช้ค่า อัตราการไหล 2.378 gpm จากกราฟ เปิดหาค่า Head loss, ft/100 ft ของท่อขนาด ½ นิ้วจะได้ Head loss, ft/100 ft ประมาณ 10 ft/100 ft และ Head loss, ft/100 ft ของท่อขนาด 1 นิ้วจะได้ Head loss, ft/100 ft ประมาณ 0.7 ft/100 ft

จากตาราง ภาคผนวก ค.2 Equivalent length ของอุปกรณ์ แต่ละชิ้น ได้ดังนี้

ข้อต่อ 3 ทาง 1 "	มี Equivalent length	=	5.6	ft
ข้อลด d/D = ½, 1 "	มี Equivalent length	=	1	ft
Gate Valve ½ "	มี Equivalent length	=	0.3	ft
ข้องอ 90 องศา ½ "	มี Equivalent length	=	1.5	ft
ข้อต่อ 3 ทาง ½ "	มี Equivalent length	=	3	ft

ดังนั้น

ค่า Equivalent length ของอุปกรณ์ทุกชิ้น ดังนี้

ข้อต่อ 3 ทาง 1 " จำนวน 1 ตัว	มี Equivalent length	=	5.5 x 1 = 5.5	ft
ข้อลด d/D = ½, 1 " จำนวน 1 ตัว	มี Equivalent length	=	0.3 x 1 = 1	ft
Gate Valve ½ " จำนวน 5 ตัว	มี Equivalent length	=	1.5 x 5 = 0.3	ft
ข้องอ 90 องศา ½ " จำนวน 5 ตัว	มี Equivalent length	=	1.5 x 5 = 7.5	ft
ข้อต่อ 3 ทาง ½ " จำนวน 3 ตัว	มี Equivalent length	=	3 x 3 = 9	ft

ใช้ท่อ ½ " ยาว 6.9 " หรือ 5.75 ft

เมื่อ คิดเป็นท่อ ½ " มีความยาวรวมทั้งหมดเท่ากับ $5.75 + 0.3 + 7.5 + 9 = 22.55$ ft

ใช้ท่อ 1" ยาว 19" หรือ 1.58 ft

เมื่อ คิดเป็นท่อ 1" มีความยาวรวมทั้งหมด เท่ากับ $1.58 + 5.5 + 1 = 8.08$ ft

หา friction loss

ท่อขนาด ½ " ยาว 22.55 ft มี friction loss = $22.55 \times 10/100 = 2.255$ ft

ท่อขนาด 1" ยาว 8.08 ft มี friction loss = $8.08 \times 0.7/100 = 0.056$ ft

$$\begin{aligned}\text{Total head} &= \text{Static head} + \text{Friction loss} \\ &= 3.2 + (2.255 + 0.056) = 5.511 \text{ ft}\end{aligned}$$

2.3 คำนวณหา Break horse Power (Bhp)

$$Bhp = \frac{gpm \times \text{Total Head (ft)}}{3960 \times \eta}$$

เมื่อกำหนดให้ ปั๊มมีประสิทธิภาพสูงสุด 60 %

$$Bhp = \frac{2.378 \times 5.511 (\text{ft})}{3960 \times 0.6} = 5.52 \times 10^{-3} \text{ hp}$$

ข.1.3 คำนวณหา Head ในท่อคำนวณ ท่อใช้ในการปล่อยน้ำตก

ข.1.3.1 คำนวณ Static Head

จากความสูงของท่อ = 1.8 ft

ข.1.3.2 คำนวณ Friction Loss

จาก กราฟ ภาคผนวก ค.2 ท่อขนาด ½ นิ้ว และ 1 นิ้ว เลือกใช้ค่า อัตราการไหล 2.378 gpm จากกราฟ เปิดหาค่า Head loss, ft/100 ft ของท่อขนาด ½ นิ้ว จะได้ Head loss, ft/100 ft ประมาณ 10 ft/100 ft และ Head loss, ft/100 ft ของท่อขนาด 1 นิ้ว จะได้ Head loss, ft/100 ft ประมาณ 0.7 ft/100 ft

จากตาราง ภาคผนวก ค.2 Equivalent length ของอุปกรณ์ แต่ละชิ้น ได้ดังนี้

ข้อต่อ 3 ทาง 1"	มี Equivalent length	=	5.5	ft
ข้อลด d/D = ½, 1"	มี Equivalent length	=	1	ft
Gate Valve 1"	มี Equivalent length	=	0.6	ft
ข้องอ 90 องศา ½"	มี Equivalent length	=	1.5	ft
ข้อต่อ 3 ทาง ½"	มี Equivalent length	=	3	ft

ดังนั้น

ค่า Equivalent length ของอุปกรณ์ทุกชิ้น ดังนี้

ข้อต่อ 3 ทาง 1" จำนวน 1 ตัว	มี Equivalent length	=	5.5 x 1 = 5.5	ft
ข้อลด d/D = ½, 1" จำนวน 1 ตัว	มี Equivalent length	=	0.3 x 1 = 1	ft
Gate Valve 1" จำนวน 1 ตัว	มี Equivalent length	=	0.6 x 1 = 0.6	ft

ข้องอ 90 องศา $\frac{1}{2}$ " จำนวน 5 ตัว มี Equivalent length = $1.5 \times 5 = 7.5$ ft

ข้อต่อ 3 ทาง $\frac{1}{2}$ " จำนวน 2 ตัว มี Equivalent length = $3 \times 2 = 6$ ft

ใช้ท่อ $\frac{1}{2}$ " ยาว 163.5" หรือ 13.625 ft

เมื่อ คิดเป็นท่อ $\frac{1}{2}$ " มีความยาวรวมทั้งหมดเท่ากับ $13.625 + 6 + 7.5 = 27.125$ ft

ใช้ท่อ 1" ยาว 18.9" หรือ 1.575 ft

เมื่อ คิดเป็นท่อ 1" มีความยาวรวมทั้งหมด เท่ากับ $1.58 + 5.5 + 1 + 0.6 = 7.675$ ft

หา friction loss

ท่อขนาด $\frac{1}{2}$ " ยาว 27.125 ft มี friction loss = $27.125 \times 10/100 = 2.7125$ ft

ท่อขนาด 1" ยาว 7.675 ft มี friction loss = $7.675 \times 0.7/100 = 0.054$ ft

Total head = Static head + Friction loss

$$= 1.8 + (2.7125 + 0.054) = 4.56 \text{ ft}$$

ข.1.3.3 คำนวณหา Break horse Power (Bhp)

$$Bhp = \frac{gpm \times Total Head (ft)}{3960 \times \eta}$$

เมื่อกำหนดให้ ปั๊มมีประสิทธิภาพสูงสุด 60 %

$$Bhp = \frac{2.378 \times 4.56 (ft)}{3960 \times 0.6} = 4.56 \times 10^{-3} \text{ hp}$$

ข.2 ประสิทธิภาพของปั๊มที่เลือกใช้

ข.1.4 คำนวณหา Head ในท่อคำนวณ ณ ท่อใช้ในการการปล่อยน้ำโดยไม่ผ่านวัสดุใด
จากกราฟ ภาคผนวก ค.2 ท่อขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว และ 1 นิ้ว เลือกใช้ค่าอัตราการไหล 5.5 gpm จากกราฟ
เปิดหาค่า Head loss ของท่อขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว เท่ากับ 30 ft/100ft และค่า Head loss ของท่อขนาด 1 นิ้ว
เท่ากับ 3.5 ft/100ft

ข.2.1 คำนวณ Friction Loss

จากตาราง ภาคผนวก ค.2 Equivalent length ของอุปกรณ์ แต่ละชิ้น ได้ดังนี้

ข้อต่อ 3 ทาง 1"	มี Equivalent length	=	5.6	ft
ข้อลด d/D = $\frac{1}{2}$, 1"	มี Equivalent length	=	1	ft
Gate Valve $\frac{1}{2}$ "	มี Equivalent length	=	0.3	ft

ข้อต่อ 90 องศา $\frac{1}{2}$ "	มี Equivalent length	=	1.5	ft
ข้อต่อ 3 ทาง $\frac{1}{2}$ "	มี Equivalent length	=	3	ft

ดังนั้น

ค่า Equivalent length ของอุปกรณ์ทุกชิ้น ดังนี้

ข้อต่อ 3 ทาง 1" จำนวน 1 ตัว	มี Equivalent length	=	$5.5 \times 1 = 5.5$	ft
ข้อต่อ d/D = $\frac{1}{2}$, 1" จำนวน 1 ตัว	มี Equivalent length	=	$0.3 \times 1 = 1$	ft
Gate Valve $\frac{1}{2}$ " จำนวน 1 ตัว	มี Equivalent length	=	$1.5 \times 5 = 0.3$	ft
ข้อต่อ 90 องศา $\frac{1}{2}$ " จำนวน 1 ตัว	มี Equivalent length	=	$1.5 \times 5 = 7.5$	ft
ข้อต่อ 3 ทาง $\frac{1}{2}$ " จำนวน 1 ตัว	มี Equivalent length	=	$3 \times 3 = 9$	ft

ใช้ท่อ $\frac{1}{2}$ " ยาว 6.9 " หรือ 5.75 ft

เมื่อ คิดเป็นท่อ $\frac{1}{2}$ " มีความยาวรวมทั้งหมดเท่ากับ $5.75 + 0.3 + 7.5 + 9 = 22.55$ ft

ใช้ท่อ 1" ยาว 19" หรือ 1.58 ft

เมื่อ คิดเป็นท่อ 1" มีความยาวรวมทั้งหมด เท่ากับ $1.58 + 5.5 + 1 = 8.08$ ft

หา friction loss

ท่อขนาด $\frac{1}{2}$ " ยาว 22.55 ft มี friction loss = $22.55 \times 30/100 = 6.765$ ft

ท่อขนาด 1" ยาว 8.08 ft มี friction loss = $8.08 \times 3.5/100 = 0.2828$ ft

Total head = Static head + Friction loss

$$= 3.2 + (6.765 + 0.2828) = 10.25 \text{ ft}$$

2.3 คำนวณหา Break horse Power (Bhp)

$$Bhp = \frac{gpm \times \text{Total Head (ft)}}{3960 \times \eta}$$

เมื่อ gpm = 5.5

Total head = 10.25 ft

ปั๊มน้ำใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย = 10.25 ft

ปั๊มน้ำใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 0.246 kW

1 แรงม้า = 0.746 kW

ดังนั้น ปั๊มน้ำมี Bhp = $0.246/0.746 = 0.33$ hp

$$\text{แทนค่า } \eta = \frac{5.5 \times 10.25}{3960 \times 0.33} = 0.043 = 4.3\%$$

ภาคผนวก ค .ตารางอ้างอิง

ตารางที่ ๑๓.๑ Operating Characteristics of various direct evaporative coolers

Media Type	Saturation efficiency, ϵ_{sat}	Face velocity fpm	Air-Side Pressure drop, In, W.G.	Water-air ratio $\frac{M_o}{M_a} \frac{\rho_w}{\rho_a}$	Water usage gal/h 100 cfm	Remark
Air washer	0.8 - 0.9	400 - 800	0.2 - 0.5	0.1 - 0.4	-	
Evaporative	0.8	100-300	0.1	-	1.3	Pad Thickness of 2 in
Rigid Media	0.75 - 0.95	200-400	0.05 - 0.1	-	-	Thickness of 8-12 in
Rotary wheel	-	100 - 600	0.5	-	-	

(ที่มา : Table 13.1, Page 13.5 Handbook of Air Conditioning and Refrigeration, Shan k. Wang)

ตาราง 15-1 แสดง Equivalent length in feet to be added to run owing to valves and fittings

Type of fitting	Nominal pipe sizes—inches													
	1/8	1/4	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5
Gate valve—open	0.3	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.4	1.7	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
Globe valve—open	16	21	26	35	43	54	65	80	95	110	120	140	160	180
Angle valve—open	8	11	14	18	20	25	31	40	45	51	60	70	80	91
Standard 45 deg elbow	0.8	1.0	1.3	1.6	2.0	2.5	3.0	3.8	4.5	5.0	5.8	6	8	8.5
Standard 90 deg elbow	1.5	2.0	2.5	3.5	4.5	5.6	6.5	8.0	10	11	13	14	16	18
Medium sweep 90 deg elbow	1.4	1.8	2.3	3.0	3.5	4.5	5.2	6.8	8	9	10	11	14	15
Long sweep 90 deg elbow	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4	5	6	7	8	9	10	12
Square elbow 90 deg	3.0	4.5	5.5	7.5	9	12	14	17	20	22	24	26	33	38
Close return bend	3.5	5	6	8	10	13	15	18	20	24	26	30	35	42
Stand tee—full-size branch*	3.0	4.5	5.5	7.5	9	12	14	17	20	22	24	26	33	38
Stand tee—through run	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4	5	6	7	8	9	10	12
Sudden enlargement from d to Dt	1.5	2.0	2.5	3.5	4.5	5.0	6.5	8.0	10	11	13	14	16	18
d/D = 1/4	1.0	1.3	1.6	2.2	2.6	3.3	3.8	4.9	5.6	6.4	7.0	8.1	10	11
d/D = 1/2	0.3	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.4	1.7	2.0	2.5	2.7	3.0	3.5	4.0
Sudden contraction from D to dt	0.8	1.0	1.3	1.6	2.0	2.5	3.0	3.8	4.5	5.0	5.8	6	8	8.5
d/D = 1/4	0.6	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.3	2.8	3.4	3.6	4.3	4.8	5.6	6.4
d/D = 1/2	0.3	0.5	0.6	0.8	0.9	1.3	1.4	1.7	2.0	2.5	2.7	3.0	3.5	4.0
Ordinary pipe entrance with upstream end of pipe flush with inside of tank	0.9	1.3	1.5	2.0	2.4	3.0	3.6	4.5	5.1	6.0	6.6	7.5	9.0	11
Entrance with pipe projecting into tank beyond inside face (borda entrance)	1.5	2.0	2.5	3.5	4.0	5.0	6.0	7.8	9.0	10	12	13	15	17
* Pressure drop through side outlet, or from side outlet through run.														
† Equivalent feet of the smaller diameter pipe, "d."														

Courtesy of York Corporation.

(ที่มา : Table 15-1, page 285, Principles of Refrigeration, Roy J. Dossat)



PSYCHROMETRIC CHART

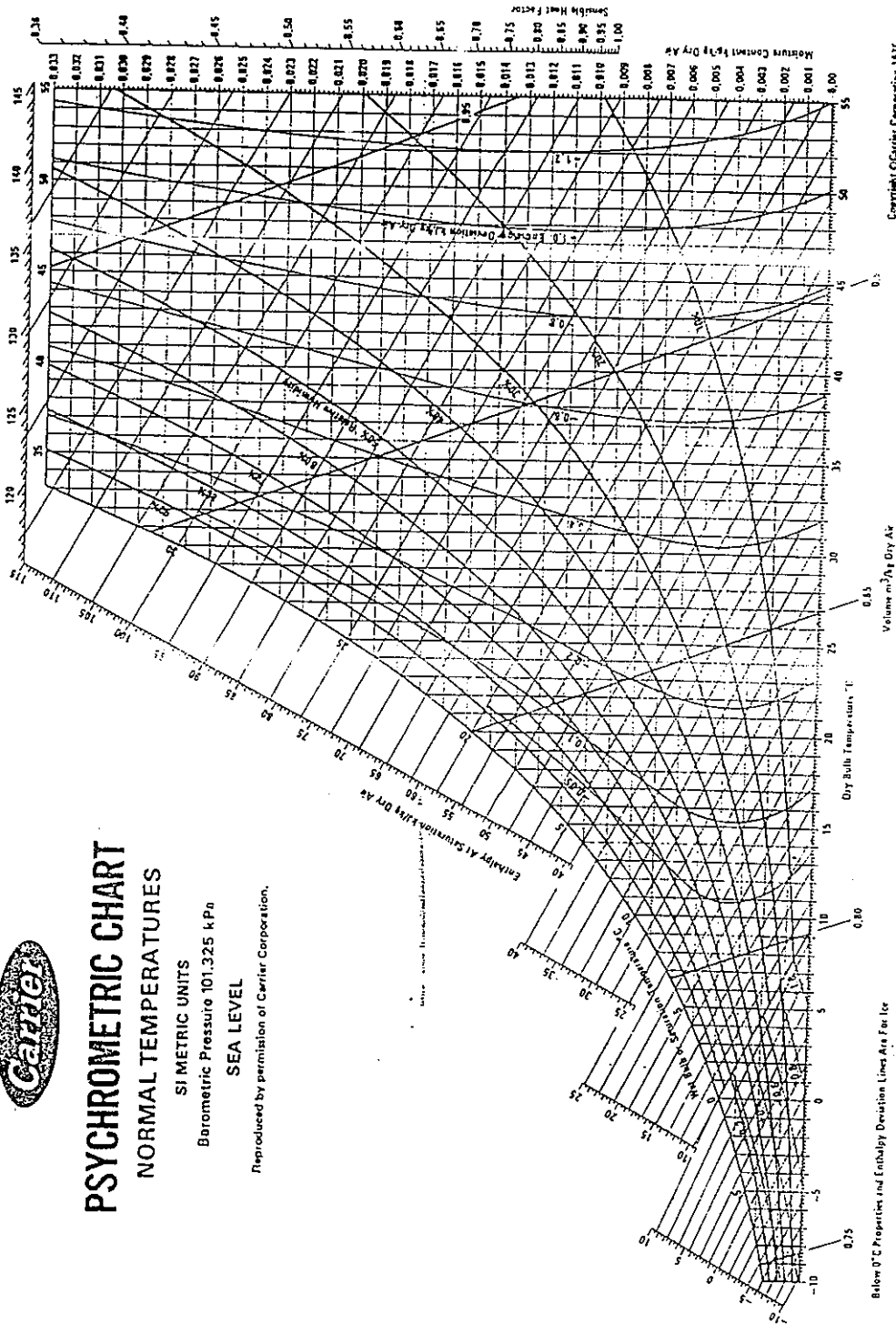
NORMAL TEMPERATURES

SI METRIC UNITS

Barometric Pressure 101.325 kPa

SEA LEVEL

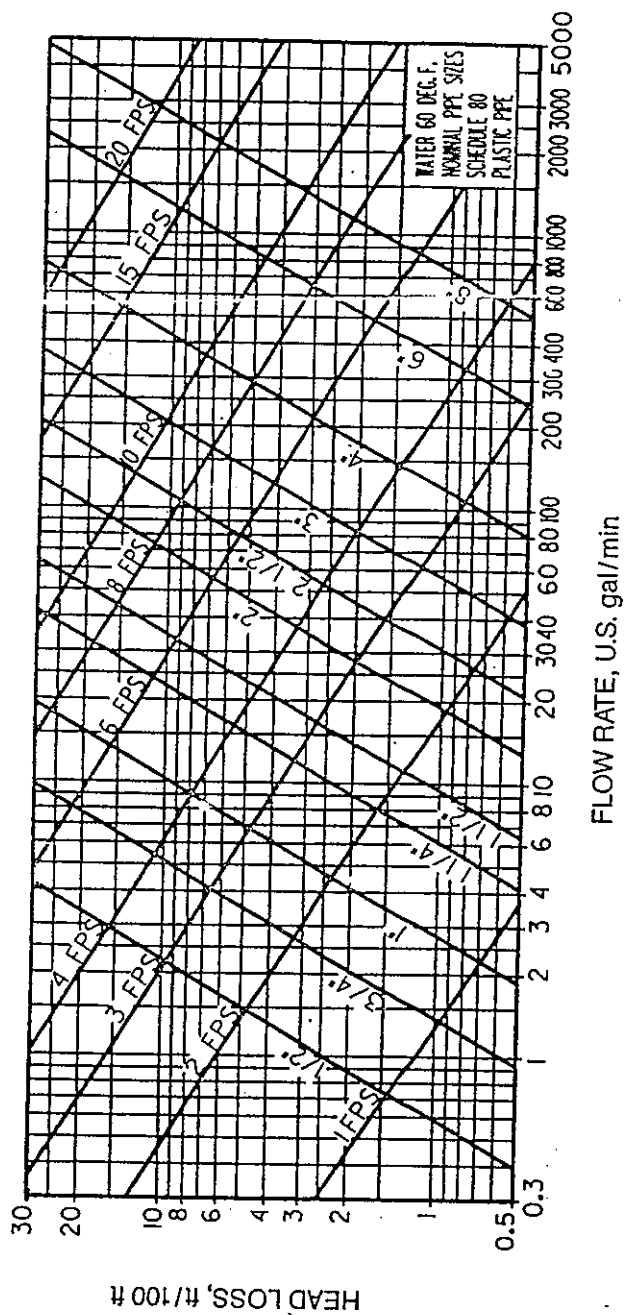
Reproduced by permission of Carrier Corporation.



Copyright © Carrier Corporation 1975
Cat. No. 794-002 Printed in U.S.A.

กราฟที่ ค.1 แสดง Psychrometric chat

(ที่มา : Fig 5-11 page 82 Principles of Refrigeration ,Roy J. Dossat)

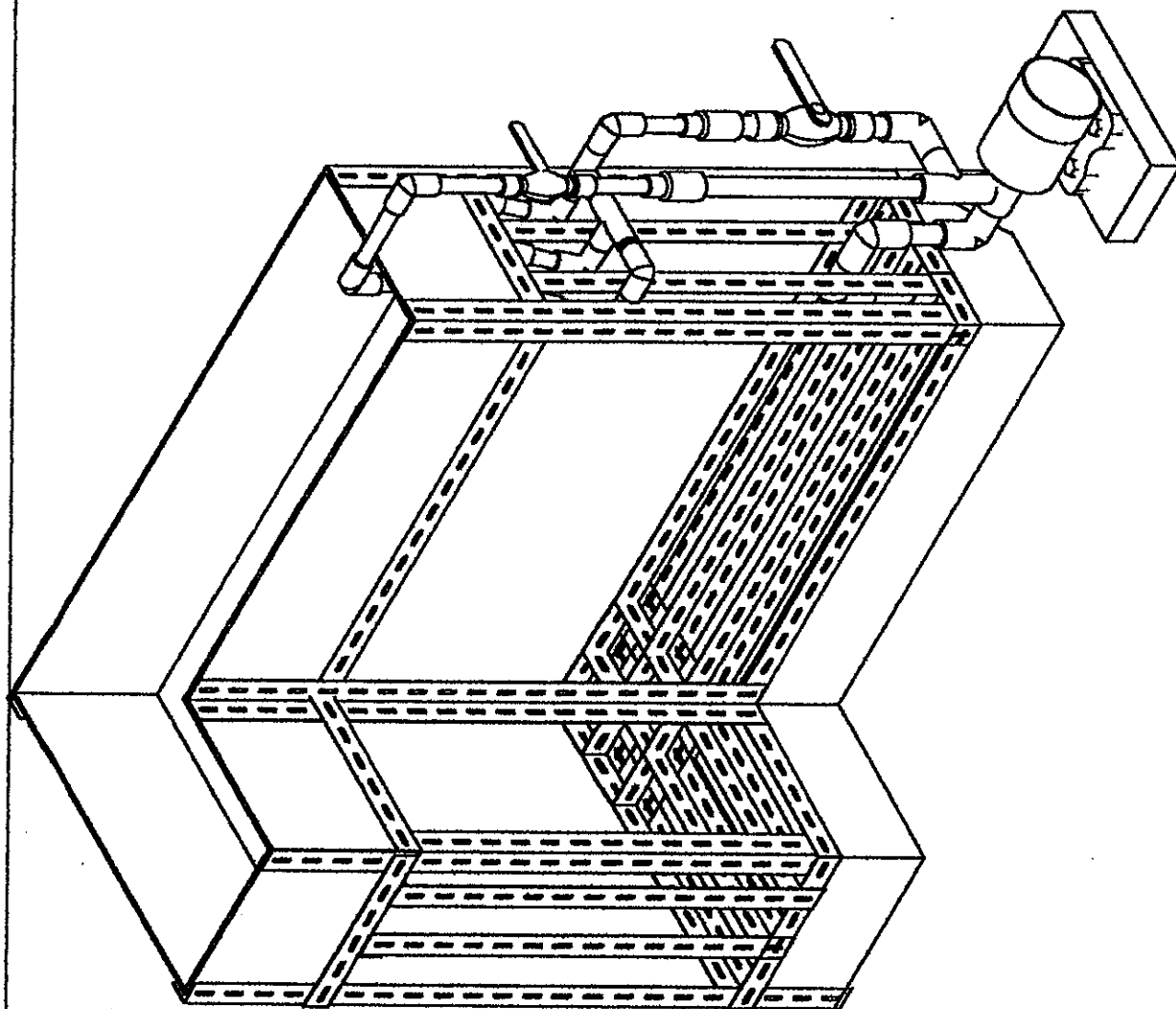


FRICION LOSS FOR WATER IN PLASTIC PIPE (SCHEDULE 80). REPRINTED BY PERMISSION FROM THE 1989 ASHRAE HANDBOOK—FUNDAMENTALS.

กราฟ ๓.2 แสดง Friction Loss of water in plastic pipe

(ที่มา : Chart 15-3, page 285, Principles of Refrigeration, Roy J. Dossat)

ภาคผนวก ง
แบบของเครื่องทำความเย็นแบบระเหย



FACULTY OF ENGINEERING
NARESUAN UNIVERSITY

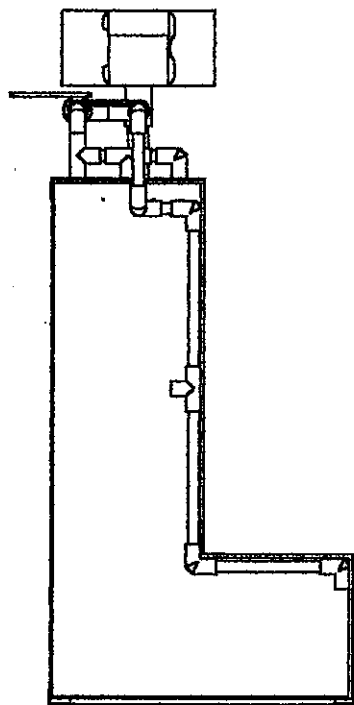
Isometric
Evaporative Air Cooling System

SCALE : 1:10

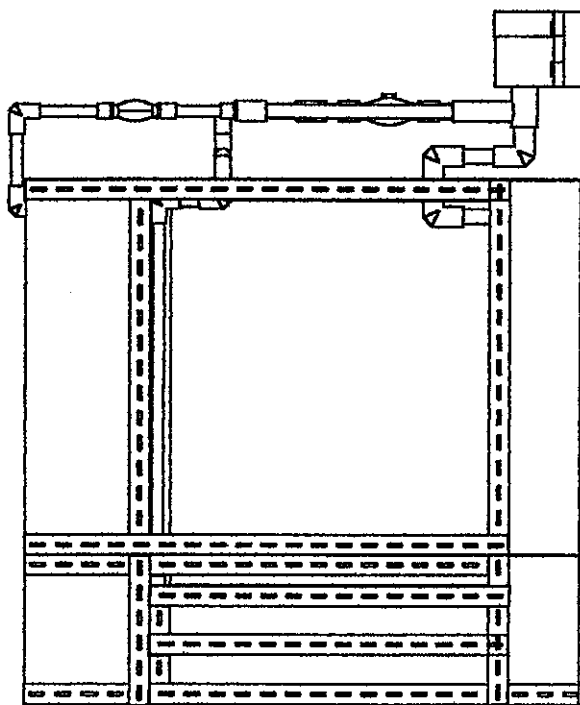
DATE : 21/04/02

ME PROJECT

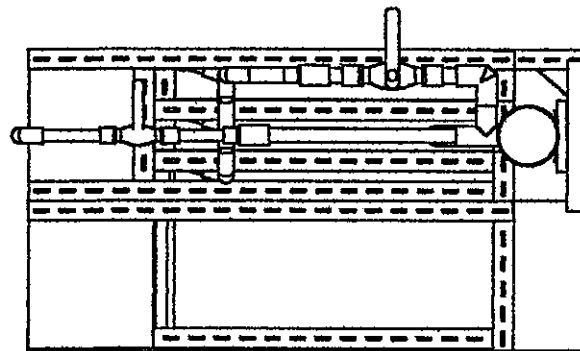
PLATE : 1/5



TOP VIEW

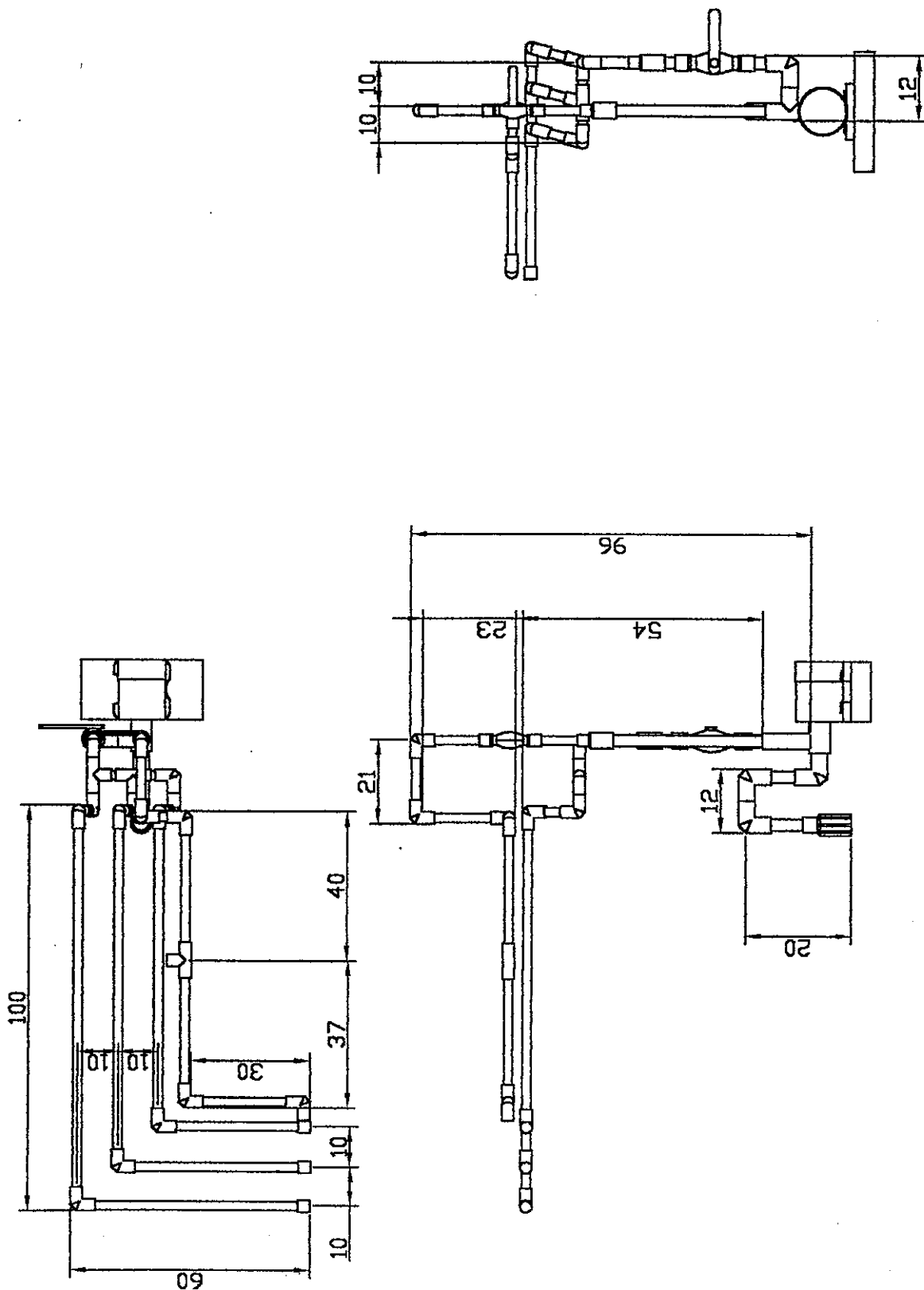


FRONT VIEW



SIDE VIEW

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Evaporative Air Cooling System	SCALE : 1:10	ME PROJECT
	All dimensions are in centimeters	DATE : 21/04/02	PLATE : 2/5



FACULTY OF ENGINEERING
NARESUAN UNIVERSITY

Piping System

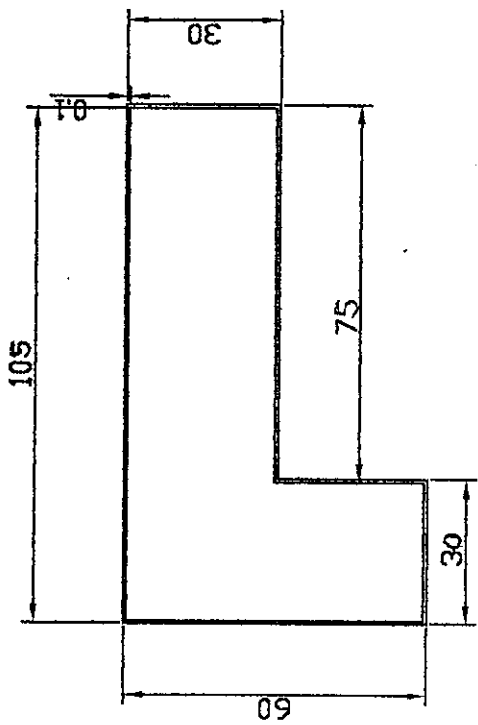
All dimensions are in centimeters

SCALE : 1:10

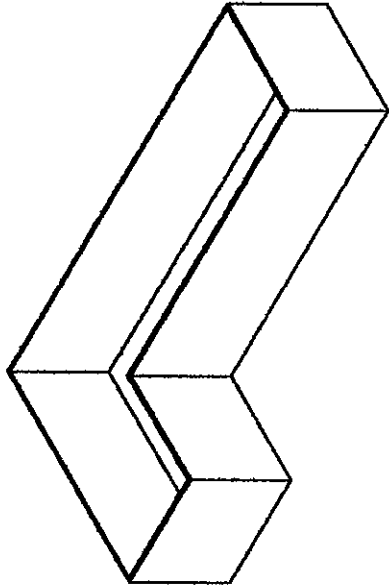
DATE : 21/04/02

ME PROJECT

PLATE : 3/5



TOP VIEW



ISOMETRIC



FRONT VIEW



SIDE VIEW

FACULTY OF ENGINEERING
 NARESUAN UNIVERSITY

Tank Top Side

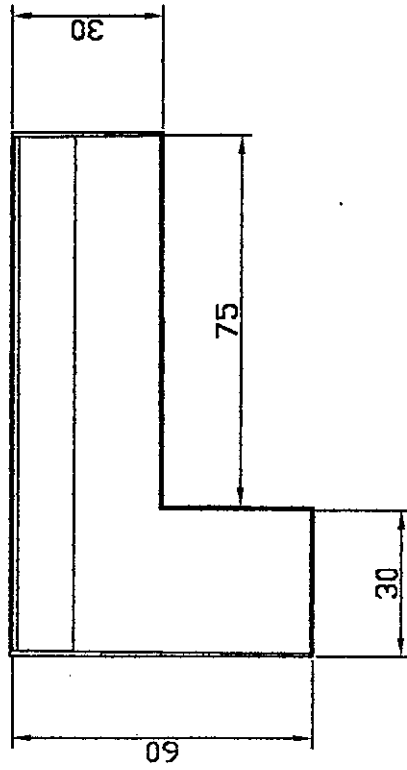
All dimensions are in centimeters

SCALE : 1:10

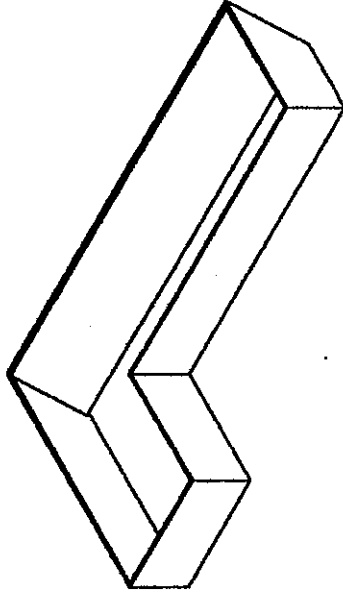
ME PROJECT

DATE : 21/04/02

PLATE : 4/5



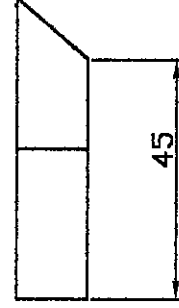
TOP VIEW



ISOMETRIC



FRONT VIEW



SIDE VIEW

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY		Tank Bottom Side	SCALE : 1:10	ME PROJECT
All dimensions are in centimeters		DATE : 21/04/02		PLATE : 5/5