

ภาคผนวก ก

การเขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรมLINGO

จากสมการที่ (4.1) – (4.9) ซึ่งเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ในบทที่ 4 สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของแก้ปัญหาค่าตามสมการทางคณิตศาสตร์ โดยโปรแกรมสำหรับแก้ปัญหาค่าที่ดีที่สุด (โปรแกรม LINGO) ดังรูปแบบต่อไปนี้ (แสดงกรณีศึกษาข้อมูล จำนวน 4 จุดร่วมและท่อ 4 เส้น)

MODEL:

- 1] SETS:
- 2] NODE/1..5/:H;
- 3] ARC(NODE,NODE)/5,1 1,2 1,3 3,4/:L,D,HL,FLOW,COST;
- 4] SRC(NODE)/5/:HFIXED;
- 5] DEST(NODE)#NOT#@IN(SRC,&1):DEMAND;
- 6] ENDSETS
- 7] DATA:
- 8] HFIXED=49.21;
- 9] L=1042.08 1069.41 1630.52 516.59;
- 10] DEMAND=119.87 75.71 69.40 82.02;
- 11] KHW=10.458;
- 12] AHW=1.857;
- 13] BHW=4.871;
- 14] CHW=10772.02;
- 15] ENDDATA

16] @FOR(SRC(I):H(I)=HFIXED(I));

17]

@FOR(DEST(J):@SUM(ARC(I,J):FLOW(I,J))=DEMAND(J)+@SUM(ARC(J,K):FLOW(J,K)));

18]

@FOR(ARC(I,J):HL(I,J)=(KHW*L(I,J)*(FLOW(I,J)^AHW))/(CHW*(D(I,J)^BH W))););

19] @FOR(ARC(I,J):H(J)=H(I)-HL(I,J));

20] @FOR(ARC(I,J):H(J)>=32.81);;

21] @FOR(ARC(I,J):@GIN(D(I,J)));

22] @FOR(ARC(I,J):@BND(2,D,6));

23] @FOR(ARC(I,J):COST=(((0.2064*D(I,J)^4+3.5243*D(I,J)^3-9.225*D(I,J)^2+58.96*D(I,J)-52.189))*L(I,J)));

24] @SUM(ARC(I,J):COST(I,J))<=MAXCOST;

25] Min=@sum(ARC:HL);

END

โดยรูปแบบของแก้ปัญหาตามสมการทางคณิตศาสตร์สามารถอธิบายรายละเอียดได้ ดังต่อไปนี้

- บรรทัดที่ 1 – 6** เป็นการกำหนดขนาดของข้อมูล และจำนวนขนาดของตัวแปร ได้แก่
- บรรทัดที่ 2** คือจำนวนจุดรวม และความดันของแต่ละจุดรวม
- บรรทัดที่ 3** คือจำนวนท่อ และความยาว, เส้นผ่าศูนย์กลาง, ความดันที่สูญเสีย, อัตราการไหล, ต้นทุนของท่อแต่ละเส้น
- บรรทัดที่ 4** คือแหล่งน้ำ และความดันจากแหล่งจ่ายน้ำ
- บรรทัดที่ 5** คือจุดรับน้ำ และความดันของน้ำของแต่ละจุดรับน้ำ
- บรรทัดที่ 7 – 15** เป็นการป้อนข้อมูลเข้าโปรแกรม ได้แก่
- บรรทัดที่ 8** คือความดันจากแหล่งจ่ายน้ำ (หน่วย : ft)

บรรทัดที่ 9	คือความยาวของท่อ (หน่วย : ft)
บรรทัดที่ 10	คือความต้องการน้ำที่จุดรับน้ำ (หน่วย : GPM)
บรรทัดที่ 11	คือค่าคงที่ในการเปลี่ยนหน่วยในสมการ Hazen-Williams
บรรทัดที่ 12-13	คือ regression coefficients ในสมการ Hazen-Williams
บรรทัดที่ 14	คือสัมประสิทธิ์ความหยาบของท่อที่ใช้ในสมการ Hazen-Williams
บรรทัดที่ 16	เป็นการกำหนดแรงดันที่จุดจ่ายน้ำ
บรรทัดที่ 17	เป็นการกำหนดอัตราการไหลที่ผ่านจุดร่วมแต่ละจุดตามกฎอนุรักษ์มวล
บรรทัดที่ 18	เป็นการกำหนดความดันที่สูญเสียของท่อแต่ละเส้นตามสมการ Hazen-Williams
บรรทัดที่ 19	เป็นการกำหนดความดันที่จุดรับน้ำแต่ละจุดตามกฎอนุรักษ์พลังงาน
บรรทัดที่ 20	เป็นการกำหนดความดันที่ต่ำที่สุดของแต่ละจุดรับน้ำต้องมากกว่าค่าที่กำหนด
บรรทัดที่ 21	เป็นการกำหนดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อให้ขึ้นไปตามขนาดทางการค้า
บรรทัดที่ 22	เป็นการกำหนดขอบเขตบนและล่างของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อที่ใช้ในการสร้างระบบประปาโดยทั่วไป
บรรทัดที่ 23	เป็นการกำหนดต้นทุนของท่อแต่ละเส้นตามสมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อและราคาต่อหน่วยความยาว
บรรทัดที่ 24	เป็นการกำหนดมูลค่าต้นทุนรวมมากที่สุดที่สามารถรับได้ในการลงทุนสร้างระบบ
บรรทัดที่ 25	เป็นสมการเป้าหมายที่เป็นการหาความดันที่สูญเสียรวมที่ต่ำที่สุดในการสร้างระบบประปาด้วยขนาดท่อที่เหมาะสม

ซึ่งในกรณีที่สมการเป้าหมายที่เป็นการหามูลค่าต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดในการสร้างระบบประปาคด้วยขนาดท่อที่เหมาะสม รูปแบบของแก้ปัญหาที่ดีที่สุดจะมีรูปแบบการแก้ปัญหาเหมือนกับกรณีสมการเป้าหมายที่เป็นการหาความดันที่สูญเสียรวมที่ต่ำที่สุด แต่ไม่มีรูปแบบในบรรทัดที่ 24 และ บรรทัดที่

25 จะเปลี่ยนเป็น $\text{Min}=@\text{sum}(\text{ARC}:\text{COST})$; ซึ่งเป็นสมการเป้าหมายที่เป็นการหามูลค่าต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดในการสร้างระบบประปาด้วยขนาดท่อที่เหมาะสม

ภาคผนวก ข

ผลที่ได้จากโปรแกรม LINGO จากกรณีศึกษาข้อมูล จำนวนท่อ 4 เส้น

1) กรณีสมการเป้าหมายเป็นการหามูลค่าต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด

Local optimal solution found.
 Objective value: 317584.9
 Extended solver steps: 33
 Total solver iterations: 582

Variable	Value	Reduced Cost
KHW	10.45800	0.000000
AHW	1.857000	0.000000
BHW	4.871000	0.000000
CHW	10772.02	0.000000
H (1)	40.65796	0.000000
H (2)	36.91471	0.000000
H (3)	33.68536	0.000000
H (4)	32.97780	0.000000
H (5)	49.21000	0.000000
L (5, 1)	1042.080	0.000000
L (1, 2)	1069.410	0.000000
L (1, 3)	1630.520	0.000000
L (3, 4)	516.5900	0.000000
D (5, 1)	6.000000	31840.55
D (1, 2)	4.000000	22979.41
D (1, 3)	5.000000	45381.36
D (3, 4)	5.000000	14377.96
HL (5, 1)	8.552038	0.000000
HL (1, 2)	3.743252	0.000000

HL (1, 3)	6.972604	0.000000
HL (3, 4)	0.7075605	0.000000
FLOW (5, 1)	347.0000	0.000000
FLOW (1, 2)	75.71000	0.000000
FLOW (1, 3)	151.4200	0.000000
FLOW (3, 4)	82.02000	0.000000
COST (5, 1)	107569.1	0.000000
COST (1, 2)	52152.77	0.000000
COST (1, 3)	119881.5	0.000000
COST (3, 4)	37981.50	0.000000
HFIXED (5)	49.21000	0.000000
DEMAND (1)	119.8700	0.000000
DEMAND (2)	75.71000	0.000000
DEMAND (3)	69.40000	0.000000
DEMAND (4)	82.02000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
-----	------------------	------------

1	0.000000	0.000000
2	0.000000	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	0.000000	0.000000
5	0.000000	0.000000
6	0.000000	0.000000
7	0.000000	0.000000
8	0.000000	0.000000
9	0.000000	0.000000
10	0.000000	0.000000
11	0.000000	0.000000
12	0.000000	0.000000
13	0.000000	0.000000
14	7.847962	0.000000
15	4.104709	0.000000
16	0.8753575	0.000000
17	0.1677970	0.000000
18	0.000000	-1.000000
19	0.000000	-1.000000
20	0.000000	-1.000000
21	0.000000	-1.000000
22	317584.9	-1.000000

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved

LINGO - [Solution Report - Minimize Cost]

File Edit LINGO Window Help

Local optimal solution found.
 Objective value: 317584.9
 Extended solver steps: 33
 Total solver iterations: 582

Variable	Value	Reduced Cost
KHW	10.45800	0.000000
AHW	1.857000	0.000000
BHW	4.871000	0.000000
CHW	10772.02	0.000000
H (1)	40.65796	0.000000
H (2)	36.91471	0.000000
H (3)	33.68536	0.000000
H (4)	32.97780	0.000000
H (5)	49.21000	0.000000
L (5, 1)	1042.080	0.000000
L (1, 2)	1069.410	0.000000
L (1, 3)	1630.520	0.000000
L (3, 4)	516.5900	0.000000
D (5, 1)	6.000000	31840.55
D (1, 2)	4.000000	22979.41
D (1, 3)	5.000000	45381.36
D (3, 4)	5.000000	14377.96
HL (5, 1)	8.552038	0.000000
HL (1, 2)	3.743252	0.000000
HL (1, 3)	6.972604	0.000000
HL (3, 4)	0.7075605	0.000000
FLOW (5, 1)	347.0000	0.000000
FLOW (1, 2)	75.71000	0.000000
FLOW (1, 3)	151.4200	0.000000
FLOW (3, 4)	82.02000	0.000000
COST (5, 1)	107569.1	0.000000
COST (1, 2)	52152.77	0.000000
COST (1, 3)	119881.5	0.000000
COST (3, 4)	37981.50	0.000000

LINGO Solver Status [Minimize Cost]

Solver Status		Variables	
Model Class:	INLP	Total:	16
State:	Local Opt	Nonlinear:	4
Objective:	317585	Integers:	4
Infeasibility:	0	Constraints	
Iterations:	582	Total:	17
		Nonlinear:	8
Extended Solver Status		Nonzeros	
Solver Type:	B-and-B	Total:	35
Best Obj:	317585	Nonlinear:	8
Obj Bound:	317585	Generator Memory Used (K)	
Steps:	33	26	
Active:	0	Elapsed Runtime (hh:mm:ss)	
		00 : 00 : 01	
Update Interval: 2		<input type="button" value="Interrupt Solver"/> <input type="button" value="Close"/>	

ภาพภาคผนวกที่ 1 ขผลจากโปรแกรมกรณีสมการเป้าหมายเป็นการหามูลค่าต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด


 ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

2) กรณีสมการเป้าหมายเป็นการหาความดันที่สูญเสียรวมที่ต่ำที่สุด

Local optimal solution found.

Objective value:	19.97546
Extended solver steps:	9
Total solver iterations:	395

	Variable	Value	Reduced Cost
	KHW	10.45800	0.000000
	AHW	1.857000	0.000000
	BHW	4.871000	0.000000
	CHW	10772.02	0.000000
	MAXCOST	317584.9	0.000000
H(1)	40.65796	0.000000	
H(2)	36.91471	0.000000	
H(3)	33.68536	0.000000	
H(4)	32.97780	0.000000	
H(5)	49.21000	0.000000	
L(5, 1)	1042.080	0.000000	
L(1, 2)	1069.410	0.000000	
L(1, 3)	1630.520	0.000000	
L(3, 4)	516.5900	0.000000	
D(5, 1)	6.000000	-2.176908	
D(1, 2)	4.000000	-1.118678	
D(1, 3)	5.000000	0.000000	
D(3, 4)	4.999997	1.462793	
HL(5, 1)	8.552038	0.000000	
HL(1, 2)	3.743252	0.000000	
HL(1, 3)	6.972604	0.000000	
HL(3, 4)	0.7075624	0.000000	
FLOW(5, 1)	347.0000	0.000000	
FLOW(1, 2)	75.71000	0.000000	
FLOW(1, 3)	151.4200	0.000000	
FLOW(3, 4)	82.02000	0.000000	
COST(5, 1)	107569.1	0.000000	
COST(1, 2)	52152.77	0.000000	
COST(1, 3)	119881.5	0.000000	
COST(3, 4)	37981.46	0.000000	
HFIXED(5)	49.21000	0.000000	
DEMAND(1)	119.8700	0.000000	

DEMAND (2)	75.71000	0.000000
DEMAND (3)	69.40000	0.000000
DEMAND (4)	82.02000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.000000	0.000000
2	0.000000	-0.4576697E-01
3	0.000000	-0.1375809
4	0.000000	-0.1312784
5	0.000000	-0.1472982
6	0.000000	-1.000000
7	0.000000	-1.000000
8	0.000000	-1.000000
9	0.000000	-1.000000
10	0.000000	0.000000
11	0.000000	0.000000
12	0.000000	0.000000
13	0.000000	0.000000
14	7.847962	0.000000
15	4.104709	0.000000
16	0.8753575	0.000000
17	0.1677951	0.000000
18	0.000000	-0.1496809E-03
19	0.000000	-0.1496809E-03
20	0.000000	-0.1496809E-03
21	0.000000	-0.1496809E-03
22	0.000000	0.1496809E-03
23	19.97546	-1.000000

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

LINGO - [Solution Report - Minimize Head Loss]

File Edit LINGO Window Help

Local optimal solution found.
 Objective value: 19.97546
 Extended solver steps: 9
 Total solver iterations: 395

Variable	Value	Reduced Cost
KHW	10.45800	0.000000
AHW	1.857000	0.000000
BHW	4.871000	0.000000
CHW	10772.02	0.000000
MAXCOST	317584.9	0.000000
H (1)	40.65796	0.000000
H (2)	36.91471	0.000000
H (3)	33.68536	0.000000
H (4)	32.97780	0.000000
H (5)	49.21000	0.000000
L (5, 1)	1042.080	0.000000
L (1, 2)	1069.410	0.000000
L (1, 3)	1630.520	0.000000
L (3, 4)	516.5900	0.000000
D (5, 1)	6.000000	-2.176908
D (1, 2)	4.000000	-1.118678
D (1, 3)	5.000000	0.000000
D (3, 4)	4.999997	1.462793
HL (5, 1)	8.552038	0.000000
HL (1, 2)	3.743252	0.000000
HL (1, 3)	6.972604	0.000000
HL (3, 4)	0.7075624	0.000000
FLOW (5, 1)	347.0000	0.000000
FLOW (1, 2)	75.71000	0.000000
FLOW (1, 3)	151.4200	0.000000
FLOW (3, 4)	82.02000	0.000000
COST (5, 1)	107569.1	0.000000
COST (1, 2)	52152.77	0.000000
COST (1, 3)	119881.5	0.000000
COST (3, 4)	37981.46	0.000000

LINGO Solver Status [Minimize Head Loss]

Solver Status:	Model Class: INLP	Variables Total: 16
	State: Local Opt	Nonlinear: 4
	Objective: 19.9755	Integers: 4
	Infeasibility: 3.34694e-010	Constraints Total: 18
	Iterations: 395	Nonlinear: 8
Extended Solver Status:	Solver Type: B-and-B	Nonzeros Total: 39
	Best Obj: 19.9755	Nonlinear: 8
	Obj Bound: 19.9755	Generator Memory Used (K): 26
	Steps: 9	Elapsed Runtime (hh:mm:ss): 00:00:00
	Active: 0	

Update Interval: 2 Interrupt Solver Close

ภาพภาคผนวกที่ 2 ข ผลจากโปรแกรมกรณีสมการเป้าหมายเป็นการหาความดันที่สูงที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

ภาคผนวก ก

ตารางมาตรฐานความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค

ความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคของประชากรทั้งหมดที่อาศัยอยู่ในเขตเมือง และนอกเมืองซึ่งมีความต้องการใช้น้ำที่แตกต่างกัน การกำหนดอัตราการใช้น้ำของประชากรในชุมชนลักษณะต่างๆ โดยประชากรที่อยู่ในเขตเทศบาลได้วิเคราะห์จาก ข้อมูลปริมาณน้ำจำหน่ายของการประปาส่วนภูมิภาค ส่วนอัตราการใช้น้ำของประชากรนอกเขตเทศบาล กำหนดให้ใช้ตามมาตรฐานของการสำรวจความจำเป็นพื้นฐาน (จปฐ.) แสดงได้ดังตารางภาคผนวกที่ 1 ก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ก ตารางมาตรฐานความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค

เขตพื้นที่	อัตราการใช้น้ำ
เทศบาลนคร	250 ลิตร/คน/วัน
เทศบาลเมือง	200 ลิตร/คน/วัน
เทศบาลตำบล	120 ลิตร/คน/วัน
นอกเขตเทศบาล	50 ลิตร/คน/วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ง

ชุดของคำตอบที่ไม่มีกรอบง่าที่ได้จากจากวิธี MODE จากปัญหาจริงที่มีจำนวนท่อ 109 เส้น
ภายใต้งบประมาณค่าวัสดุท่อน้ำ 250,000 บาท

ตารางภาคผนวกที่ 1 ง ชุดคำตอบที่ 2 ต้นทุนรวม237,685บาท และ แรงดันสูญเสียรวม1.23ฟุต

Pipe line #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pipe diameter	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4
Pipe line #	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Pipe diameter	4	4	4	6	4	6	3	4	4	4	6	4	5	4
Pipe line #	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Pipe diameter	4	4	2	4	4	4	3	4	6	5	6	4	3	5
Pipe line #	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Pipe diameter	5	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	2	4	4
Pipe line #	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Pipe diameter	4	4	4	6	4	4	4	4	6	4	4	5	3	4
Pipe line #	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Pipe diameter	4	5	5	3	4	4	4	6	4	3	4	3	4	4
Pipe line #	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Pipe diameter	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	4	4	3	4
Pipe line #	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	-	-	-
Pipe diameter	4	4	3	4	4	6	5	3	4	4	4	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 2 ง ชุดคำตอบที่ 3 ต้นทุนรวม 236,134 บาท และ แรงดันสูญเสียรวม 1.40 ฟุต

Pipe line #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pipe diameter	4	2	5	5	4	4	5	4	3	4	4	4	4	5
Pipe line #	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Pipe diameter	4	5	3	6	4	5	5	4	4	4	4	3	3	2
Pipe line #	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Pipe diameter	5	5	2	5	3	6	5	4	4	4	3	5	6	4
Pipe line #	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Pipe diameter	5	4	4	5	4	4	5	4	3	3	6	5	3	3
Pipe line #	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Pipe diameter	3	4	3	5	4	3	5	4	3	5	4	4	4	3
Pipe line #	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Pipe diameter	5	4	5	3	4	4	4	5	4	5	3	3	4	4
Pipe line #	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Pipe diameter	5	4	5	5	4	2	2	5	3	4	4	3	3	5
Pipe line #	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	-	-	-
Pipe diameter	3	3	4	5	5	4	4	4	6	3	5	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 3 ง ชุดคำตอบที่ 4 ต้นทุนรวม 214,590 บาท และ แรงดันสูญเสียรวม 1.59 ฟุต

Pipe line #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pipe diameter	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
Pipe line #	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Pipe diameter	4	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3
Pipe line #	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Pipe diameter	4	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Pipe line #	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Pipe diameter	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	6	2	3	3

ตารางภาคผนวกที่ 3 ungskค่าตอบที่ 4 ต้นทุนรวม 214,590 บาท และ แรงดันสูญเสียรวม1.59 ฟุต (ต่อ)

Pipe line #	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Pipe diameter	4	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
Pipe line #	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Pipe diameter	2	3	3	3	3	4	3	3	3	3	2	3	3	3
Pipe line #	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Pipe diameter	3	4	3	2	3	3	3	3	3	2	2	2	3	2
Pipe line #	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	-	-	-
Pipe diameter	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 4 ungskค่าตอบที่ 5 ต้นทุนรวม207,270บาท และ แรงดันสูญเสียรวม1.92ฟุต

Pipe line #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pipe diameter	4	3	4	6	4	6	6	6	3	5	4	4	4	4
Pipe line #	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Pipe diameter	4	6	3	4	5	3	3	4	6	6	4	4	2	4
Pipe line #	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Pipe diameter	3	4	4	3	4	5	3	4	6	6	4	6	3	4
Pipe line #	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Pipe diameter	4	3	4	6	6	6	4	3	3	4	4	4	3	6
Pipe line #	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Pipe diameter	3	5	4	3	4	3	4	5	4	6	4	4	4	4
Pipe line #	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Pipe diameter	3	4	3	4	5	5	6	6	4	6	4	4	4	4
Pipe line #	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Pipe diameter	4	5	4	6	4	4	4	4	4	4	6	3	3	5
Pipe line #	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	-	-	-
Pipe diameter	3	4	2	5	4	3	4	3	2	6	4	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 5 ชุดคำตอบที่ 6 ต้นทุนรวม201,435บาท และ แรงดันสูญเสียรวม2.02ฟุต

Pipe line #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pipe diameter	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	5	6
Pipe line #	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Pipe diameter	4	4	4	4	2	2	4	4	4	4	4	5	4	6
Pipe line #	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Pipe diameter	4	4	5	2	2	4	4	4	4	4	4	2	5	4
Pipe line #	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Pipe diameter	2	3	4	3	4	4	4	4	4	2	3	6	4	3
Pipe line #	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Pipe diameter	4	4	2	2	4	4	4	4	4	4	4	2	5	4
Pipe line #	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Pipe diameter	4	4	2	3	5	4	4	4	4	2	4	4	4	4
Pipe line #	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Pipe diameter	4	5	4	4	4	4	3	4	4	2	4	3	4	4
Pipe line #	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	-	-	-
Pipe diameter	4	4	4	4	4	4	5	6	3	3	4	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 6 ชุดคำตอบที่ 7 ต้นทุนรวม193,846บาท และ แรงดันสูญเสียรวม2.33ฟุต

Pipe line #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pipe diameter	4	4	5	4	5	4	6	5	6	4	6	3	6	3
Pipe line #	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Pipe diameter	5	4	5	5	4	4	4	4	3	4	4	5	4	4
Pipe line #	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Pipe diameter	4	4	4	4	3	3	6	4	3	4	3	5	3	5
Pipe line #	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Pipe diameter	4	4	6	3	4	4	4	4	3	3	4	5	3	3

ตารางภาคผนวกที่ 6 งชุดคำตอบที่ 7 ต้นทุนรวม193,846 บาท และ แรงดันสูญเสียรวม2.33 ฟุต(ต่อ)

Pipe line #	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Pipe diameter	3	4	3	4	4	4	4	5	3	5	4	4	3	4
Pipe line #	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Pipe diameter	5	4	4	3	5	3	5	4	3	6	3	4	4	3
Pipe line #	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Pipe diameter	3	5	5	4	6	4	4	4	5	3	4	3	4	4
Pipe line #	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	-	-	-
Pipe diameter	3	4	4	5	3	5	5	4	4	3	6	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 7 งชุดคำตอบที่ 8 ต้นทุนรวม193,776บาท และ แรงดันสูญเสียรวม2.40ฟุต

Pipe line #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pipe diameter	5	5	6	5	5	5	6	5	6	6	5	5	6	5
Pipe line #	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Pipe diameter	6	5	5	5	6	5	5	6	5	5	5	5	2	5
Pipe line #	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Pipe diameter	5	6	5	5	5	2	5	5	5	2	5	5	5	5
Pipe line #	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Pipe diameter	5	5	5	5	5	5	6	2	5	5	5	5	5	5
Pipe line #	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Pipe diameter	5	5	5	2	5	5	5	5	5	5	5	2	6	5
Pipe line #	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Pipe diameter	5	5	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Pipe line #	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Pipe diameter	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	5	5
Pipe line #	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	-	-	-
Pipe diameter	5	6	5	6	5	5	5	5	6	5	5	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 8 ระบุค่าตอบที่ 9 ต้นทุนรวม181,642 บาท และ แรงดันสูญเสียรวม2.57 ฟุต

Pipe line #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pipe diameter	3	3	4	4	4	4	4	4	3	5	4	3	4	4
Pipe line #	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Pipe diameter	4	3	3	4	3	3	3	4	3	3	6	4	6	4
Pipe line #	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Pipe diameter	4	2	2	4	4	4	3	3	5	4	3	2	3	3
Pipe line #	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Pipe diameter	6	3	4	4	4	2	2	6	4	4	3	3	4	4
Pipe line #	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Pipe diameter	3	3	2	3	5	3	2	5	3	4	4	3	4	2
Pipe line #	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Pipe diameter	2	4	4	4	4	2	5	3	2	3	3	5	4	4
Pipe line #	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Pipe diameter	4	4	3	3	4	3	4	3	2	4	4	4	5	2
Pipe line #	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	-	-	-
Pipe diameter	2	4	3	4	3	3	3	4	3	3	3	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 9 ระบุค่าตอบที่ 10 ต้นทุนรวม168,960 บาท และ แรงดันสูญเสียรวม3.14 ฟุต

Pipe line #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pipe diameter	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	2	4	2	3
Pipe line #	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Pipe diameter	3	3	4	3	3	5	4	4	3	3	4	3	4	3
Pipe line #	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Pipe diameter	3	5	4	3	4	4	6	4	3	3	2	4	5	4
Pipe line #	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Pipe diameter	4	2	4	4	3	4	4	5	2	3	3	4	4	4

ตารางภาคผนวกที่ 9 ระบุค่าตอบที่ 10 ต้นทุนรวม168,960 บาทและแรงดันสูญเสียรวม3.14 ฟุต(ต่อ)

Pipe line #	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Pipe diameter	3	2	2	4	4	3	4	4	4	3	4	5	3	3
Pipe line #	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Pipe diameter	2	2	4	3	4	3	4	3	4	4	4	3	4	3
Pipe line #	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Pipe diameter	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	4
Pipe line #	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	-	-	-
Pipe diameter	3	3	4	6	4	2	6	4	3	3	3	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 10 ระบุค่าตอบที่ 11 ต้นทุนรวม151,107บาท และ แรงดันสูญเสียรวม4.64ฟุต

Pipe line #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pipe diameter	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3
Pipe line #	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Pipe diameter	4	6	4	3	3	3	4	3	4	4	4	3	3	3
Pipe line #	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Pipe diameter	3	3	4	3	3	4	4	4	4	3	3	4	3	3
Pipe line #	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Pipe diameter	3	3	6	2	2	3	3	4	3	4	4	4	3	3
Pipe line #	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Pipe diameter	6	4	4	3	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4
Pipe line #	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Pipe diameter	3	3	3	4	3	3	4	3	4	4	4	4	4	6
Pipe line #	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Pipe diameter	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3	4	3	3
Pipe line #	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	-	-	-
Pipe diameter	4	4	4	4	4	3	3	6	4	3	3	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 11 จุดคำตอบที่ 12 ต้นทุนรวม148,447 บาท และ แรงดันสูญเสียรวม5.46ฟุต

Pipe line #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pipe diameter	4	2	4	3	3	3	4	4	3	4	4	3	2	3
Pipe line #	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Pipe diameter	4	2	3	4	3	2	3	3	4	3	3	4	3	3
Pipe line #	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Pipe diameter	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3
Pipe line #	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Pipe diameter	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3
Pipe line #	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Pipe diameter	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4	4	3	3	3
Pipe line #	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Pipe diameter	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Pipe line #	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Pipe diameter	2	3	3	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3
Pipe line #	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	-	-	-
Pipe diameter	3	3	3	4	3	3	3	2	2	3	2	-	-	-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ตารางภาคผนวกที่ 12 จุดคำตอบที่ 13 ต้นทุนรวม135,294 บาท และ แรงดันสูญเสียรวม6.33ฟุต

Pipe line #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pipe diameter	3	3	3	3	3	3	6	3	2	3	3	3	3	2
Pipe line #	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Pipe diameter	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Pipe line #	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Pipe diameter	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
Pipe line #	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Pipe diameter	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3

ตารางภาคผนวกที่ 12 ระบุค่าตอบที่ 13 ต้นทุนรวม 135,294 บาทและแรงดันสูญเสียรวม 6.33 ฟุต (ต่อ)

Pipe line #	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Pipe diameter	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3
Pipe line #	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Pipe diameter	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Pipe line #	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Pipe diameter	3	3	3	3	6	3	3	3	3	3	3	3	2	3
Pipe line #	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	-	-	-
Pipe diameter	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 13 ระบุค่าตอบที่ 14 ต้นทุนรวม 133,798 บาท และ แรงดันสูญเสียรวม 6.53 ฟุต

Pipe line #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pipe diameter	3	3	3	3	3	3	4	3	2	6	3	3	3	3
Pipe line #	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Pipe diameter	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	4
Pipe line #	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Pipe diameter	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
Pipe line #	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Pipe diameter	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	4	3	2
Pipe line #	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Pipe diameter	3	3	2	3	3	2	2	3	3	3	3	3	2	3
Pipe line #	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Pipe diameter	3	3	4	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3
Pipe line #	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Pipe diameter	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Pipe line #	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	-	-	-
Pipe diameter	3	3	2	3	2	4	3	3	3	3	2	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 14 ระบุค่าตอบที่ 15 ต้นทุนรวม132,442 บาท และ แรงดันสูญเสียรวม6.96 ฟุต

Pipe line #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pipe diameter	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6
Pipe line #	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Pipe diameter	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3
Pipe line #	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Pipe diameter	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Pipe line #	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Pipe diameter	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3
Pipe line #	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Pipe diameter	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Pipe line #	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Pipe diameter	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Pipe line #	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Pipe diameter	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	2
Pipe line #	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	-	-	-
Pipe diameter	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-	-	-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ตารางภาคผนวกที่ 15 ระบุค่าตอบที่ 16 ต้นทุนรวม123,425 บาท และ แรงดันสูญเสียรวม8.36ฟุต

Pipe line #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pipe diameter	3	3	3	3	6	3	3	3	3	3	3	3	6	3
Pipe line #	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Pipe diameter	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3
Pipe line #	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Pipe diameter	3	2	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3	2	3
Pipe line #	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Pipe diameter	3	3	2	3	3	3	2	3	3	2	3	2	2	3

ตารางภาคผนวกที่ 15 จุดคำตอบที่ 16 ต้นทุนรวม 123,425 บาทและแรงดันสูญเสียรวม 8.36 ฟุต(ต่อ)

Pipe line #	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Pipe diameter	3	2	2	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3
Pipe line #	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Pipe diameter	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Pipe line #	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Pipe diameter	2	3	3	3	6	2	3	3	2	3	3	2	3	2
Pipe line #	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	-	-	-
Pipe diameter	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวดลยา บัวคำ
วัน เดือน ปี เกิด	6 พฤษภาคม 2526
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2549 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2553 เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผลงานตีพิมพ์	Dollaya, B.&Warisa, W., “Optimal Design of Pipe Diameter in Water Distribution System: A Case Study in Small Town in Chiang Mai”, International conference on Simulation and Modelling, January 23-25, 2017, 1-7.
ประสบการณ์	วิศวกร แผนกประกันคุณภาพ บริษัท โสยา กลาส ดิสค์ (ประเทศไทย) จำกัด



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved