



วิทยานิพนธ์

การวางแผนงานก่อสร้างโดยวิธี Repetitive Scheduling Method ที่
ประกอบด้วยคนงานหลายกลุ่ม

**REPETITIVE SCHEDULING METHOD WITH MULTIPLE
WORKING TEAMS**

นายพิเชษฐ์ มณีพงศ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

ปริญญา

วิศวกรรมโยธา

สาขา

วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา

เรื่อง การวางแผนงานก่อสร้าง โดยวิธี Repetitive Scheduling Method ที่ประกอบด้วย
คนงานหลายกลุ่ม

Repetitive Scheduling Method with Multiple Working Teams

นามผู้วิจัย นายพิเชษฐ์ มณีพงศ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนีรัตน์ กุศลาศัย, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชลิ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์วรกร ไม้เรียง, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 3 เดือน เมษายน พ.ศ. 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การวางแผนงานก่อสร้างโดยวิธี Repetitive Scheduling Method ที่ประกอบด้วยคนงานหลายกลุ่ม

Repetitive Scheduling Method with Multiple Working Teams

โดย

นายพิเชษฐ์ มณีพงศ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

พ.ศ. 2551

พิเชษฐ์ มณีพงศ์ 2551: การวางแผนงานก่อสร้างโดยวิธี Repetitive Scheduling Method ที่
ประกอบด้วยคนงานหลายกลุ่ม ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) สาขา
วิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนิรัตน์ กุศลาศัย, Ph.D. 315 หน้า

การวางแผนงานก่อสร้างโดยวิธี Repetitive Scheduling Method (RSM) ซึ่งคิดค้นโดย Robert B. Harris และ Photios G. Ioannou ในปี ค.ศ.1998 เพื่อวางแผนงานก่อสร้างที่กิจกรรมมีการทำงานซ้ำๆ กัน และหลักการวิธี RSM สามารถแสดงเส้นทางวิกฤติหรือกิจกรรมที่ไม่สามารถล่าช้าได้ ในวิธี RSM เส้นตรงแต่ละเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการทำงานสะสมของกิจกรรมกับระยะเวลา โดยเส้นตรงหนึ่งเส้นแทนการทำงานของหนึ่งกิจกรรมและความชันของเส้นตรงแสดงถึงอัตราการทำงานของกลุ่มคนงาน วิธี RSM เป็นการวางแผนการทำงานของกิจกรรมที่ประกอบด้วยกลุ่มคนงาน 1 กลุ่มที่ทำงานต่อเนื่องโดยไม่มีการหยุดชะงัก การปรับเพิ่ม-ลดจำนวนคนงานซึ่งมีผลให้อัตราการทำงานเปลี่ยนแปลงนั้นทำได้โดยการปรับความชันของเส้นการทำงานของกิจกรรมนั้นๆ การวางแผนโดยที่กิจกรรมประกอบด้วยคนงานมากกว่าหนึ่งกลุ่มทำงานขนานกันอยู่นอกขอบข่ายที่จะประยุกต์ใช้วิธี RSM ได้ เนื่องจากการปรับให้ความชันของเส้นการทำงานให้ผลที่ขัดแย้งกับการปฏิบัติงานจริง ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อแสดงให้เห็นถึงรูปแบบปัญหาเมื่อนำวิธี RSM มาใช้วางแผนการทำงานของกลุ่มคนงานมากกว่า 1 กลุ่มและพัฒนาแนวทางและรูปแบบของการวางแผนการทำงานดังกล่าว โดยการวิเคราะห์ได้กำหนดให้มีกิจกรรมจำนวน 3 กิจกรรมที่ทำงานต่อเนื่องกันตามความสัมพันธ์ Finish-To-Start ได้แก่ กิจกรรมเริ่มต้น กิจกรรมที่อยู่ตรงกลางและกิจกรรมสุดท้าย โดยกำหนดให้แต่ละกิจกรรมมีจำนวนกลุ่มคนงานและระยะเวลาในการทำงานเท่ากันและแตกต่างกัน จึงสามารถแบ่งตัวอย่างรูปแบบการวางแผนได้ 729 ตัวอย่าง เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ระยะเวลาการทำงานและจำนวนกลุ่มคนงาน โดยพิจารณาจากระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรม จากการวิเคราะห์พบว่ารูปแบบการวางแผนจัดกลุ่มคนงานมี 2 ลักษณะ คือ การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นที่ไม่ต้องคำนึงถึงระยะเวลาการทำงานและจำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมที่ตามมาซึ่งมีเพียงวิธีเดียวและการวางแผนของกิจกรรมที่อยู่ตรงกลางหรือกิจกรรมสุดท้ายที่ต้องทำการเปรียบเทียบระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลระหว่างกิจกรรมนำหน้าและกิจกรรมที่พิจารณาเพื่อกำหนดตำแหน่งของจุดควบคุมและกำหนดเวลาการทำงาน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ 1.) กิจกรรมที่มีระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลเร็วกว่ากิจกรรมก่อนหน้า 2.) กิจกรรมที่มีระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลช้ากว่ากิจกรรมก่อนหน้า และ 3.) กิจกรรมที่มีระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลเท่ากับกิจกรรมก่อนหน้า นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนของกลุ่มคนงานไม่มีผลต่อรูปแบบของแผนการทำงานเนื่องจากให้กลุ่มคนงานทุกกลุ่มเริ่มต้นทำงานพร้อมกันและทำงานอย่างต่อเนื่องจนกิจกรรมแล้วเสร็จ

พิเชษฐ์ มณีพงศ์
ลายมือชื่อนิติ


ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

17 / 03 / 51

Pichet Maneepong 2008: Repetitive Scheduling Method with Multiple Working Teams. Master of Engineering (Civil Engineering), Major Field: Civil Engineering, Department of Civil Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Suneerat Kusalasai, Ph.D. 315 pages.

Repetitive Scheduling Method (RSM) is a scheduling method that is designed for a construction project where each activity is performed by one trade working continuously without any interruption. Increasing or decreasing the crew size, which changes productivity, can be done through adjusting the production line. Ordinary RSM, however, cannot be applied to the case where activities have different number of teams in parallel. Given this limitation, this research aims at illustrating the problems where RSM is applied to such circumstance and developing a guideline of scheduling this particular resource assignment. In this research, all analyzed cases contain 3 activities to be performed in sequence with Finish-To-Start relationship. These three activities represent starting activity, finishing activity, and activity in between, and have different working durations and number of working teams. Given these setup, 729 cases were analyzed. It is founded that, with 6 repetitive units, effective working duration (D^*) is the main factor in identifying the location of a control point between two adjacent activities. Three possible cases are 1.) the effective working duration of predecessor is shorter than that of an activity in consideration, 2.) the effective working duration of predecessor is longer than that of an activity in consideration and 3.) the effective working duration of predecessor is equal to that of an activity in consideration. In addition, it is also found that number of working teams has no impacts on working pattern because all teams start at the same time and work continuously until the last unit.

Pichet Maneepong

Student's signature



Thesis Advisor's signature

17 / 03 / 51

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ กุศลาศัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานการทำวิจัยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชลี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ดร.ก่อโชค จันทรวรางกูร ประธานการสอบและรศ.จิรพัฒน์ โชติกไกร ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในการวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณสัญญา แสงพุ่มพงษ์ ผู้อำนวยการโครงการชลประทานปราจีนบุรี คุณเสน่ห์ รงรองเมือง ผู้อำนวยการโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเขื่อนคลองสียัด คุณสมชาย ตีรเจริญ หัวหน้าโครงการปฏิบัติการคันคูน้ำที่ 9 และคุณเนตร อัจฉริยะพิทักษ์ ผู้อำนวยการโครงการชลประทานระยอง ที่ได้ช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและสนับสนุนต่างๆ ตลอดการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และน้องๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จนลุล่วงได้ด้วยดี

พิเชษฐ์ มณีพงศ์

กุมภาพันธ์ 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	15
อุปกรณ์	15
วิธีการ	15
ผลและวิจารณ์	17
ผล	17
วิจารณ์	63
สรุปและข้อเสนอแนะ	67
สรุป	67
ข้อเสนอแนะ	69
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	70
ภาคผนวก	71

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

1 ลำดับผลการทดลอง

29

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 โครงข่าย CPM สำหรับการวางแผนงานก่อสร้างจำนวน 3 หน่วย	5
2 การวางแผนโดยใช้วิธี Bar Chart	7
3 การวางแผนงานโดยใช้วิธี LOB	8
4 การวางแผนโดยใช้วิธี RSM เมื่อกิจกรรมนำหน้าใช้ระยะเวลาการทำงานมากกว่า กิจกรรมตามหลัง	10
5 การวางแผนโดยใช้วิธี RSM เมื่อกิจกรรมนำหน้าใช้ระยะเวลาการทำงานน้อยกว่า กิจกรรมตามหลัง	11
6 การนำวิธี RSM ไปใช้กับงานก่อสร้างที่มีจำนวนหน่วยการก่อสร้าง 20 หน่วย	12
7 การปรับระยะเวลาการทำงานของกลุ่มคนงานตามวิธี RSM	13
8 การเปรียบเทียบระยะเวลาการทำงานของกลุ่มคนงาน	18
9 การวางแผนการทำงานของของกลุ่มคนงานตามแนวความคิดเดิม	19
10 การวางแผนการทำงานของของกลุ่มคนงาน 2 กลุ่ม ที่ทำงานในหน่วยการก่อสร้าง 2 หน่วย	20
11 การจัดลำดับการทำงานของกิจกรรม A	21
12 ตัวอย่างแนวทางต่างๆ ของลำดับการก่อสร้างโดยเริ่มต้นในหน่วยก่อสร้างที่ 3	22
13 การใช้ลูกศรแนวดิ่งแสดงความต่อเนื่องของกลุ่มคนงาน	23
14 รูปแบบการวางแผนของกิจกรรมเมื่อมีจำนวนกลุ่มคนงานแตกต่างกัน	24
15 การจัดการทำงานที่มีจำนวนกลุ่มคนงานแตกต่างกัน	26
16 องค์ประกอบของผลการทดลอง	28
17 การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้น	32
18 การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$	34
19 การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p = N_s$	35

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p < N_s$	37
21	การวางแผนกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเท่ากัน ($D_p^* = D_s^*$)	38
22	การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* = D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$	39
23	การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* = D_s^*$ กรณี $N_p = N_s$	40
24	การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* = D_s^*$ กรณี $N_p < N_s$	41
25	การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* < D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$	42
26	การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* < D_s^*$ กรณี $N_p = N_s$	44
27	การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* < D_s^*$ กรณี $N_p < N_s$	45
28	การวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมสุดท้ายน้อยกว่า ($D_p^* > D_s^*$)	47
29	การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$	48
30	การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p = N_s$	49
31	การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p < N_s$	50
32	การวางแผนกิจกรรมสุดท้ายเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเท่ากัน ($D_p^* = D_s^*$)	52
33	การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* = D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$	52
34	การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* = D_s^*$ กรณี $N_p = N_s$	54
35	การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* = D_s^*$ กรณี $N_p < N_s$	55
36	การวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมสุดท้ายมากกว่า ($D_p^* < D_s^*$)	56
37	การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* < D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$	57
38	การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* < D_s^*$ กรณี $N_p = N_s$	58
39	การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* < D_s^*$ กรณี $N_p < N_s$	59
40	การกำหนดเส้นทางวิกฤติของโครงการ	61

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
41	ผลที่เกิดจากการเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานที่มีผลต่อระยะเวลาของโครงการ	63
42	ผลที่เกิดจากการเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานที่มีผลต่อเส้นทางวิกฤติ	64
43	การจัดกิจกรรมในโครงการขนาดใหญ่โดยใช้คนงานหนึ่งกลุ่ม	65
44	การจัดกิจกรรมในโครงการขนาดใหญ่ที่ประกอบด้วยคนงานหลายกลุ่ม	66

ภาพผนวกที่

1	ผลการทดลองลำดับที่ 1-3	72
2	ผลการทดลองลำดับที่ 4-6	73
3	ผลการทดลองลำดับที่ 7-9	74
4	ผลการทดลองลำดับที่ 10-12	75
5	ผลการทดลองลำดับที่ 13-15	76
6	ผลการทดลองลำดับที่ 16-18	77
7	ผลการทดลองลำดับที่ 19-21	78
8	ผลการทดลองลำดับที่ 22-24	79
9	ผลการทดลองลำดับที่ 25-27	80
10	ผลการทดลองลำดับที่ 28-30	81
11	ผลการทดลองลำดับที่ 31-33	82
12	ผลการทดลองลำดับที่ 34-36	83
13	ผลการทดลองลำดับที่ 37-39	84
14	ผลการทดลองลำดับที่ 40-42	85
15	ผลการทดลองลำดับที่ 43-45	86
16	ผลการทดลองลำดับที่ 46-48	87
17	ผลการทดลองลำดับที่ 49-51	88
18	ผลการทดลองลำดับที่ 52-54	89

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
19 ผลการทดลองลำดับที่ 55-57	90
20 ผลการทดลองลำดับที่ 58-60	91
21 ผลการทดลองลำดับที่ 61-63	92
22 ผลการทดลองลำดับที่ 64-66	93
23 ผลการทดลองลำดับที่ 67-69	94
24 ผลการทดลองลำดับที่ 70-72	95
25 ผลการทดลองลำดับที่ 73-75	96
26 ผลการทดลองลำดับที่ 76-78	97
27 ผลการทดลองลำดับที่ 79-81	98
28 ผลการทดลองลำดับที่ 82-84	99
29 ผลการทดลองลำดับที่ 85-87	100
30 ผลการทดลองลำดับที่ 88-90	101
31 ผลการทดลองลำดับที่ 91-93	102
32 ผลการทดลองลำดับที่ 94-96	103
33 ผลการทดลองลำดับที่ 97-99	104
34 ผลการทดลองลำดับที่ 100-102	105
35 ผลการทดลองลำดับที่ 103-105	106
36 ผลการทดลองลำดับที่ 106-108	107
37 ผลการทดลองลำดับที่ 109-111	108
38 ผลการทดลองลำดับที่ 112-114	109
39 ผลการทดลองลำดับที่ 115-117	110
40 ผลการทดลองลำดับที่ 118-120	111
41 ผลการทดลองลำดับที่ 121-123	112
42 ผลการทดลองลำดับที่ 124-126	113
43 ผลการทดลองลำดับที่ 127-129	114

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
44 ผลการทดลองลำดับที่ 130-132	115
45 ผลการทดลองลำดับที่ 133-135	116
46 ผลการทดลองลำดับที่ 136-138	117
47 ผลการทดลองลำดับที่ 139-141	118
48 ผลการทดลองลำดับที่ 142-144	119
49 ผลการทดลองลำดับที่ 145-147	120
50 ผลการทดลองลำดับที่ 148-150	121
51 ผลการทดลองลำดับที่ 151-152	122
52 ผลการทดลองลำดับที่ 153-155	123
53 ผลการทดลองลำดับที่ 156-158	124
54 ผลการทดลองลำดับที่ 159-161	125
55 ผลการทดลองลำดับที่ 162-165	126
56 ผลการทดลองลำดับที่ 166-168	127
57 ผลการทดลองลำดับที่ 169-171	128
58 ผลการทดลองลำดับที่ 172-174	129
59 ผลการทดลองลำดับที่ 175-177	130
60 ผลการทดลองลำดับที่ 178-180	131
61 ผลการทดลองลำดับที่ 181-183	132
62 ผลการทดลองลำดับที่ 184-186	133
63 ผลการทดลองลำดับที่ 187-189	134
64 ผลการทดลองลำดับที่ 190-192	135
65 ผลการทดลองลำดับที่ 193-195	136
66 ผลการทดลองลำดับที่ 196-198	137
67 ผลการทดลองลำดับที่ 199-201	138
68 ผลการทดลองลำดับที่ 202-204	139
69 ผลการทดลองลำดับที่ 205-207	140

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
70 ผลการทดลองลำดับที่ 208-210	141
71 ผลการทดลองลำดับที่ 211-213	142
72 ผลการทดลองลำดับที่ 213-216	143
73 ผลการทดลองลำดับที่ 217-219	144
74 ผลการทดลองลำดับที่ 220-222	145
75 ผลการทดลองลำดับที่ 223-225	146
76 ผลการทดลองลำดับที่ 226-228	147
77 ผลการทดลองลำดับที่ 229-231	148
78 ผลการทดลองลำดับที่ 232-234	149
79 ผลการทดลองลำดับที่ 235-237	150
80 ผลการทดลองลำดับที่ 238-240	151
81 ผลการทดลองลำดับที่ 241-243	152
82 ผลการทดลองลำดับที่ 244-246	153
83 ผลการทดลองลำดับที่ 247-249	154
84 ผลการทดลองลำดับที่ 250-252	155
85 ผลการทดลองลำดับที่ 253-255	156
86 ผลการทดลองลำดับที่ 256-258	157
87 ผลการทดลองลำดับที่ 259-261	158
88 ผลการทดลองลำดับที่ 262-264	159
89 ผลการทดลองลำดับที่ 265-267	160
90 ผลการทดลองลำดับที่ 268-270	161
91 ผลการทดลองลำดับที่ 271-273	162
92 ผลการทดลองลำดับที่ 274-276	163
93 ผลการทดลองลำดับที่ 277-279	164
94 ผลการทดลองลำดับที่ 280-282	165
95 ผลการทดลองลำดับที่ 283-285	166

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
96 ผลการทดลองลำดับที่ 286-288	167
97 ผลการทดลองลำดับที่ 289-291	168
98 ผลการทดลองลำดับที่ 292-294	169
99 ผลการทดลองลำดับที่ 295-297	170
100 ผลการทดลองลำดับที่ 298-300	171
101 ผลการทดลองลำดับที่ 301-303	172
102 ผลการทดลองลำดับที่ 304-306	173
103 ผลการทดลองลำดับที่ 307-309	174
104 ผลการทดลองลำดับที่ 310-312	175
105 ผลการทดลองลำดับที่ 313-315	176
106 ผลการทดลองลำดับที่ 316-318	177
107 ผลการทดลองลำดับที่ 319-321	178
108 ผลการทดลองลำดับที่ 322-324	179
109 ผลการทดลองลำดับที่ 325-327	180
110 ผลการทดลองลำดับที่ 328-330	181
111 ผลการทดลองลำดับที่ 331-333	182
112 ผลการทดลองลำดับที่ 334-336	183
113 ผลการทดลองลำดับที่ 337-339	184
114 ผลการทดลองลำดับที่ 340-342	185
115 ผลการทดลองลำดับที่ 343-345	186
116 ผลการทดลองลำดับที่ 346-348	187
117 ผลการทดลองลำดับที่ 349-351	188
118 ผลการทดลองลำดับที่ 352-354	189
119 ผลการทดลองลำดับที่ 355-357	190
120 ผลการทดลองลำดับที่ 358-360	191
121 ผลการทดลองลำดับที่ 361-363	192

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
122 ผลการทดลองลำดับที่ 364-366	193
123 ผลการทดลองลำดับที่ 367-369	194
124 ผลการทดลองลำดับที่ 370-372	195
125 ผลการทดลองลำดับที่ 373-375	196
126 ผลการทดลองลำดับที่ 376-378	197
127 ผลการทดลองลำดับที่ 379-381	198
128 ผลการทดลองลำดับที่ 382-384	199
129 ผลการทดลองลำดับที่ 385-387	200
130 ผลการทดลองลำดับที่ 388-390	201
131 ผลการทดลองลำดับที่ 391-393	202
132 ผลการทดลองลำดับที่ 394-396	203
133 ผลการทดลองลำดับที่ 397-399	204
134 ผลการทดลองลำดับที่ 400-402	205
135 ผลการทดลองลำดับที่ 403-405	206
136 ผลการทดลองลำดับที่ 406-408	207
137 ผลการทดลองลำดับที่ 409-411	208
138 ผลการทดลองลำดับที่ 412-414	209
139 ผลการทดลองลำดับที่ 415-417	210
140 ผลการทดลองลำดับที่ 418-420	211
141 ผลการทดลองลำดับที่ 421-423	212
142 ผลการทดลองลำดับที่ 424-426	213
143 ผลการทดลองลำดับที่ 427-429	214
144 ผลการทดลองลำดับที่ 430-432	215
145 ผลการทดลองลำดับที่ 433-435	216
146 ผลการทดลองลำดับที่ 436-438	217
147 ผลการทดลองลำดับที่ 439-441	218

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
148 ผลการทดลองลำดับที่ 442-444	219
149 ผลการทดลองลำดับที่ 445-447	220
150 ผลการทดลองลำดับที่ 448-450	221
151 ผลการทดลองลำดับที่ 451-453	222
152 ผลการทดลองลำดับที่ 454-456	223
153 ผลการทดลองลำดับที่ 457-459	224
154 ผลการทดลองลำดับที่ 460-462	225
155 ผลการทดลองลำดับที่ 463-465	226
156 ผลการทดลองลำดับที่ 466-468	227
157 ผลการทดลองลำดับที่ 469-471	228
158 ผลการทดลองลำดับที่ 472-474	229
159 ผลการทดลองลำดับที่ 475-477	230
160 ผลการทดลองลำดับที่ 478-480	231
161 ผลการทดลองลำดับที่ 481-483	232
162 ผลการทดลองลำดับที่ 484-486	233
163 ผลการทดลองลำดับที่ 487-489	234
164 ผลการทดลองลำดับที่ 490-492	235
165 ผลการทดลองลำดับที่ 493-495	236
166 ผลการทดลองลำดับที่ 496-498	237
167 ผลการทดลองลำดับที่ 499-501	238
168 ผลการทดลองลำดับที่ 502-504	239
169 ผลการทดลองลำดับที่ 505-507	240
170 ผลการทดลองลำดับที่ 508-510	241
171 ผลการทดลองลำดับที่ 511-513	242
172 ผลการทดลองลำดับที่ 514-516	243
173 ผลการทดลองลำดับที่ 517-519	244

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
174 ผลการทดลองลำดับที่ 520-522	245
175 ผลการทดลองลำดับที่ 523-525	246
176 ผลการทดลองลำดับที่ 526-528	247
177 ผลการทดลองลำดับที่ 529-531	248
178 ผลการทดลองลำดับที่ 532-534	249
179 ผลการทดลองลำดับที่ 535-537	250
180 ผลการทดลองลำดับที่ 538-560	251
181 ผลการทดลองลำดับที่ 561-563	252
182 ผลการทดลองลำดับที่ 564-566	253
183 ผลการทดลองลำดับที่ 567-569	254
184 ผลการทดลองลำดับที่ 570-572	255
185 ผลการทดลองลำดับที่ 573-575	256
186 ผลการทดลองลำดับที่ 576-578	257
187 ผลการทดลองลำดับที่ 579-561	258
188 ผลการทดลองลำดับที่ 562-564	259
189 ผลการทดลองลำดับที่ 565-567	260
190 ผลการทดลองลำดับที่ 568-570	261
191 ผลการทดลองลำดับที่ 571-573	262
192 ผลการทดลองลำดับที่ 574-576	263
193 ผลการทดลองลำดับที่ 577-579	264
194 ผลการทดลองลำดับที่ 580-582	265
195 ผลการทดลองลำดับที่ 583-585	266
196 ผลการทดลองลำดับที่ 586-588	267
197 ผลการทดลองลำดับที่ 589-591	268
198 ผลการทดลองลำดับที่ 592-294	269
199 ผลการทดลองลำดับที่ 595-597	270

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
200 ผลการทดลองลำดับที่ 598-600	271
201 ผลการทดลองลำดับที่ 601-603	272
202 ผลการทดลองลำดับที่ 604-606	273
203 ผลการทดลองลำดับที่ 607-609	274
204 ผลการทดลองลำดับที่ 610-612	275
205 ผลการทดลองลำดับที่ 613-615	276
206 ผลการทดลองลำดับที่ 616-618	277
207 ผลการทดลองลำดับที่ 619-621	278
208 ผลการทดลองลำดับที่ 622-624	279
209 ผลการทดลองลำดับที่ 625-628	280
210 ผลการทดลองลำดับที่ 629-630	281
211 ผลการทดลองลำดับที่ 631-633	282
212 ผลการทดลองลำดับที่ 634-636	283
213 ผลการทดลองลำดับที่ 637-639	284
214 ผลการทดลองลำดับที่ 640-642	285
215 ผลการทดลองลำดับที่ 643-645	286
216 ผลการทดลองลำดับที่ 646-648	287
217 ผลการทดลองลำดับที่ 649-651	288
218 ผลการทดลองลำดับที่ 652-654	289
219 ผลการทดลองลำดับที่ 655-657	290
220 ผลการทดลองลำดับที่ 658-660	291
221 ผลการทดลองลำดับที่ 661-663	292
222 ผลการทดลองลำดับที่ 664-666	293
223 ผลการทดลองลำดับที่ 667-669	294
224 ผลการทดลองลำดับที่ 670-672	295
225 ผลการทดลองลำดับที่ 673-675	296

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
226 ผลการทดลองลำดับที่ 676-678	297
227 ผลการทดลองลำดับที่ 679-681	298
228 ผลการทดลองลำดับที่ 682-684	299
229 ผลการทดลองลำดับที่ 685-687	300
230 ผลการทดลองลำดับที่ 688-690	301
231 ผลการทดลองลำดับที่ 691-693	302
232 ผลการทดลองลำดับที่ 694-696	303
233 ผลการทดลองลำดับที่ 697-699	304
234 ผลการทดลองลำดับที่ 700-702	305
235 ผลการทดลองลำดับที่ 703-705	306
236 ผลการทดลองลำดับที่ 706-708	307
237 ผลการทดลองลำดับที่ 709-711	308
238 ผลการทดลองลำดับที่ 712-714	309
239 ผลการทดลองลำดับที่ 715-717	310
240 ผลการทดลองลำดับที่ 718-720	311
241 ผลการทดลองลำดับที่ 721-723	312
242 ผลการทดลองลำดับที่ 724-726	313
243 ผลการทดลองลำดับที่ 727-729	314

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

D^*	=	ระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกลุ่มคนงานทั้งหมดของกิจกรรม (วันต่อหน่วย)
D	=	ระยะเวลาการทำงานปกติ โดยมีกลุ่มคนงานหนึ่งกลุ่ม (วันต่อหน่วย)
$teams$	=	จำนวนกลุ่มคนงานทั้งหมด (กลุ่ม)
R	=	จำนวนรอบของการทำงานของกลุ่มคนงานทั้งหมด (รอบ)
N	=	จำนวนของหน่วยก่อสร้างทั้งหมด (หน่วย)
T	=	ระยะเวลาในการทำงานของกิจกรรม (วัน)

การวางแผนงานก่อสร้างโดยวิธี Repetitive Scheduling Method ที่ประกอบด้วยคนงาน หลายกลุ่ม

Repetitive Scheduling Method with Multiple Working Teams

คำนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมก่อสร้างมีการเติบโตอย่างกว้างขวางและรวดเร็ว โดยเฉพาะโครงการก่อสร้างหมู่บ้านจัดสรรที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างมากเพื่อตอบสนองความต้องการแก่ผู้ที่ต้องการที่อยู่อาศัย โดยส่วนใหญ่โครงการหมู่บ้านจัดสรรที่มีราคาในระดับปานกลางหรือระดับล่างเป็นบ้านสร้างเสร็จก่อนขาย รูปแบบของบ้านสำหรับการเลือกซื้อค่อนข้างจำกัดและโครงสร้างของบ้านแต่ละรูปแบบคล้ายคลึงกันซึ่งทำให้ขั้นตอนในการก่อสร้างและเนื้องานใกล้เคียงกันหรือเหมือนกัน ดังนั้นการก่อสร้างจึงเป็นไปในรูปแบบที่เหมือนกันหรือซ้ำกันเป็นจำนวนมากตลอดทั้งโครงการ นอกจากนั้นบางโครงการได้นำระบบการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูปมาใช้ทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลงเพื่อให้สามารถเข้ามาแข่งขันในตลาดได้ และเป็นการเพิ่มปริมาณการผลิตและลดระยะเวลาในการก่อสร้าง โดยในบางโครงการเจ้าของโครงการเลือกที่จะไม่ดำเนินการเองเนื่องจากขาดแคลนบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญหรือเครื่องจักรเครื่องมือที่ต้องลงทุนสูง เจ้าของโครงการจึงทำการจ้างเหมาผู้รับจ้างรายย่อยเข้ามาดำเนินการในกิจกรรมต่าง ๆ ของโครงการก่อสร้างโดยฝ่ายเจ้าของโครงการดำเนินการเพียงจัดวิศวกรเข้าไปควบคุมงาน จัดทำแผนหรือตารางการทำงานของผู้รับเหมาแต่ละรายเพื่อให้เกิดการประสานงานที่ดีและมีประสิทธิภาพ

นอกจากโครงการหมู่บ้านจัดสรรแล้ว ตัวอย่างของโครงการก่อสร้างที่มีลักษณะการทำงานที่ซ้ำ ๆ กันยังมีอีกหลายประเภท เช่น งานก่อสร้างถนน หรืองานวางท่อส่งน้ำ เป็นต้น โดยในแต่ละโครงการได้มีการแบ่งหน่วยการทำงานออกเป็นหลายหน่วยก่อสร้างที่ประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ และมีการทำงานเหมือนกันตลอดทั้งโครงการ เช่น งานก่อสร้างหมู่บ้านจัดสรรเป็นการก่อสร้างบ้านแต่ละหลังหรืองานก่อสร้างทางเป็นการทำงานที่เหมือนกันในแต่ละช่วงของความยาวของถนน ดังนั้น การทำงานจึงจำเป็นต้องมีการวางแผนและจัดรูปแบบการทำงานเพื่อให้งานก่อสร้างแต่ละหน่วยดำเนินไปอย่างต่อเนื่องเพราะการรอคอยของกลุ่มคนงานเนื่องจากกิจกรรมที่ทำหน้าในหน่วยก่อสร้างเดียวกันยังไม่แล้วเสร็จเป็นผลทำให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

วิธีการที่นำมาใช้ในการวางแผนการก่อสร้างในกรณีของการทำงานที่ซ้ำ ๆ กัน ประกอบด้วย วิธี Line-of-Balance (LOB) ซึ่งนิยมใช้อย่างแพร่หลาย โดยมีแนวความคิดเริ่มต้นมาจากบริษัท Goodyear ในปี ค.ศ. 1940 และได้มีการนำไปพัฒนาต่อโดยกองทัพเรือของประเทศสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 1950 เพื่อใช้วางแผนและควบคุมโครงการที่มีการทำงานซ้ำ ๆ กันหรืออาจจะไม่ซ้ำกันได้ (Turban 1968, Lutz and Halpin 1992) โดยมีข้อดี คือ LOB แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมใดที่กำลังทำอยู่และทำอยู่ที่หน่วยก่อสร้างใดของโครงการ ซึ่งทำให้ติดตามความก้าวหน้าได้สะดวก แต่วิธี LOB ไม่สามารถแสดงเส้นทางวิกฤติของการทำงานหน่วยก่อสร้างในแต่ละกิจกรรมหรือในภาพรวมของโครงการได้

ต่อมาในปี ค.ศ.1998 Robert B. Harris และ Photios G. Ioannou ได้คิดค้นวิธี Repetitive Scheduling Method (RSM) วิธีการนี้ใช้สำหรับการวางแผนงานก่อสร้างที่มีแบ่งการทำงานออกเป็นหน่วยก่อสร้างและมีขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำ ๆ กันหรือใกล้เคียงกันไปตลอดทั้งโครงการคล้ายกับวิธี LOB และมีจุดเด่น คือ สามารถแสดงให้เห็นถึงเส้นทางวิกฤติในการทำงานของกิจกรรมหรือหน่วยก่อสร้างในภาพรวมของโครงการได้ โดยวิธี RSM เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสะสมของการทำงานของแต่ละกิจกรรมกับระยะเวลาของโครงการซึ่งแสดงในรูปแบบของกราฟแกน y และแกน x ตามลำดับ และใช้เส้นตรงแทนการทำงานในแต่ละกิจกรรมและความชันของเส้นตรงแสดงถึงอัตราการทำงานของแต่ละกิจกรรม

ในการจัดการทำงานของกลุ่มคนงานตามแนวความคิดของวิธี RSM สามารถนำไปใช้ได้กับการทำงานที่แต่ละกิจกรรมประกอบด้วยกลุ่มคนงานเพียงหนึ่งกลุ่ม มีระยะเวลาการทำงานที่สม่ำเสมอตั้งแต่เริ่มต้นจนแล้วเสร็จ และทำงานอย่างต่อเนื่องไม่มีการหยุดชะงัก การปรับอัตราการทำงานในแต่ละกิจกรรมเมื่อมีการเพิ่ม-ลดจำนวนคนงานทำได้โดยการปรับหรือหมุนความชันของเส้นตรงที่แสดงถึงการทำงานของกิจกรรมให้เป็นไปตามจำนวนหรือประสิทธิภาพของกลุ่มคนงานที่ทำงาน แต่งานก่อสร้างโดยทั่วไปอาจมีการจัดให้แต่ละกิจกรรมประกอบด้วยกลุ่มคนงานมากกว่า 1 กลุ่ม ที่แต่ละกลุ่มทำงานในหน่วยก่อสร้างที่ต่างกันไปพร้อมกัน เนื่องจากมีข้อกำหนดของพื้นที่ทำงานในแต่ละหน่วยก่อสร้างซึ่งไม่สามารถเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานเข้าไปอีกได้ หรือการเลือกจัดแบ่งกลุ่มคนงานให้มีระยะเวลาการทำงานที่เท่ากันและทำงานขนานไปพร้อมกันในหน่วยก่อสร้างที่ต่างกัน ซึ่งกรณีเช่นนี้ไม่สามารถนำวิธีการหมุนปรับความชันของเส้นการทำงานมาวางแผนได้ ทำให้รูปแบบของการวางแผนตามแนวความคิดของวิธี RSM นั้นไม่สามารถนำไปใช้ได้โดยตรง และ

ในปัจจุบันยังไม่ได้มีศึกษาเพื่อกำหนดถึงวิธีการวางแผนหรือรูปแบบการวางแผนงานก่อสร้างที่มีการใช้กลุ่มคนงานมากกว่า 1 กลุ่มที่มีการทำงานในหน่วยการทำงานที่แตกต่างไปพร้อมกัน

วัตถุประสงค์

การศึกษาครั้งนี้ มุ่งเน้นไปที่การจัดรูปแบบการวางแผนงานที่มีประสิทธิภาพสำหรับงานก่อสร้างที่มีรูปแบบขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำกัน เมื่อกิจกรรมก่อสร้างประกอบด้วยกลุ่มคนงานมากกว่า 1 กลุ่มที่มีการทำงานในหน่วยก่อสร้างที่แตกต่างกันไปพร้อมกัน เพื่อให้กลุ่มคนงานแต่ละกลุ่มมีการทำงานอย่างต่อเนื่องไปตลอดทั้งกิจกรรมจนแล้วเสร็จทั้งโครงการ ซึ่งวัตถุประสงค์ย่อยของการศึกษาประกอบด้วย

1. เพื่อแสดงให้เห็นถึงปัญหาเมื่อนำวิธี RSM มาใช้วางแผนและจัดรูปแบบการทำงานของกิจกรรมที่ประกอบด้วยกลุ่มคนงานมากกว่า 1 กลุ่มที่ทำงานขนานกัน
2. เพื่อพัฒนาแนวทางสำหรับการจัดรูปแบบการทำงานของกลุ่มคนงานที่มีมากกว่า 1 กลุ่มในแต่ละกิจกรรมของหน่วยก่อสร้าง และรูปแบบการวางแผนที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสำหรับกิจกรรมที่ประกอบด้วยกลุ่มคนงานที่มีมากกว่า 1 กลุ่มที่ทำงานในหน่วยก่อสร้างที่แตกต่างกันไปพร้อมกันและทำให้มีความต่อเนื่องในการทำงานของกลุ่มคนงานแต่ละกลุ่ม โดยกำหนดให้แต่ละกิจกรรมของโครงการมีความสัมพันธ์แบบ Finish-To-Start (FTS)

ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้ได้นำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้วิธี RSM และรูปแบบการวางแผนงานก่อสร้างด้วยวิธี RSM โดยกำหนดให้แต่ละกิจกรรมของโครงการมีความสัมพันธ์แบบ Finish-To-Start (FTS) โดยแต่ละหน่วยก่อสร้างประกอบด้วยกิจกรรมที่คล้ายกัน ซึ่งการทำงานในแต่ละหน่วยก่อสร้างมีระยะเวลาที่เท่ากันไปจนกิจกรรมแล้วเสร็จ นอกจากนั้นกลุ่มคนงานแต่ละกลุ่มที่ทำงานในกิจกรรมเดียวกันมีระยะเวลาการทำงานในแต่ละหน่วยที่เท่ากันและกำหนดให้กลุ่มคนงานทั้งหมดของกิจกรรมเริ่มต้นทำงานพร้อมกันทุกกลุ่ม การศึกษานี้จะพิจารณาถึงผลกระทบของระยะเวลาการทำงานและจำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมที่มีความสัมพันธ์กัน

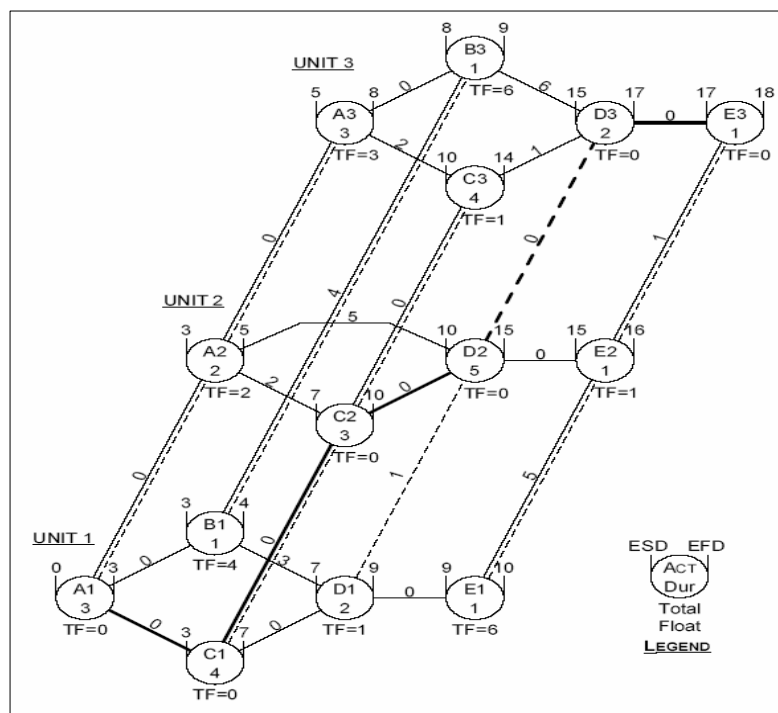
การตรวจเอกสาร

1. การวางแผนงานก่อสร้าง

1.1 Critical Path Method (CPM)

โดยทั่วไปในการวางแผนงานก่อสร้าง วิธีที่เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายและมีการนำมาใช้วางแผนงาน ได้แก่ วิธี Critical Path Method (CPM) ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณและวางแผนการทำงานที่แสดงให้เห็นถึงการกำหนดเวลาที่เร็วที่สุดและช้าที่สุดที่สามารถเริ่มการทำงานในแต่ละกิจกรรมและแสดงถึงเส้นทางวิกฤติของกิจกรรม เพื่อให้การทำงานเป็นไปตามกำหนดเวลาที่วางไว้

แต่งงานก่อสร้างบางประเภท เช่น งานก่อสร้างหมู่บ้านจัดสรร งานก่อสร้างถนนหรืองานวางท่อส่งน้ำ เป็นการก่อสร้างของแบบเดียวกันหรือคล้ายกันเป็นจำนวนมาก ซึ่งงานก่อสร้างลักษณะนี้ความต่อเนื่องของการทำงานเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมาก เพราะส่งผลโดยตรงต่อผลิตภาพในการทำงานและต้นทุนของงานก่อสร้าง



ภาพที่ 1 โครงข่าย CPM สำหรับการวางแผนงานก่อสร้างจำนวน 3 หน่วย

ที่มา: Harris and Ioannou (1998)

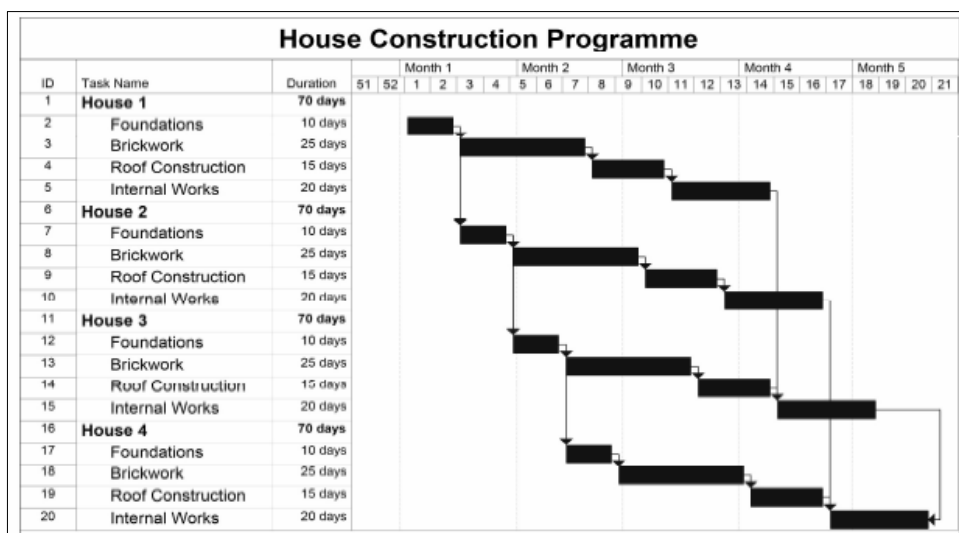
ภาพที่ 1 แสดงแผนการทำงานเมื่อนำวิธี CPM มาใช้ในการวางแผนงานก่อสร้างที่มีหน่วยก่อสร้างจำนวน 3 หน่วย และแต่ละหน่วยก่อสร้างมีขั้นตอนการทำงานที่คล้ายกัน จากรูปจะเห็นว่าวิธี CPM แสดงถึงกำหนดเวลาเริ่มต้นและแล้วเสร็จเร็วที่สุด (Early Start และ Early Finish) ในการทำงานของกิจกรรมต่าง ๆ และแสดงเวลาในการรอคอยเพื่อให้งานที่ทำในกิจกรรมเดียวกันของหน่วยก่อสร้างที่นำหน้าหรืองานของกิจกรรมอื่น ๆ ที่ทำงานนำหน้าแล้วเสร็จ โดยเส้นทึบระหว่างหน่วยก่อสร้างแสดงถึงความสัมพันธ์ในแต่ละกิจกรรมที่มีการทำงานเหมือนกันในแต่ละหน่วยและเส้นประเป็นความสัมพันธ์ของแผนการทำงานและความต่อเนื่องในการทำงานของทรัพยากรหรือกลุ่มคนงานที่ทำงานในกิจกรรมที่เหมือนกัน จากการวางแผนของวิธี CPM โดยใช้ทั้งหลักการของกิจกรรมนำหน้าและการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ของงานแต่ละหน่วยก่อสร้างเพื่อกำหนดเวลาในการเริ่มต้นของการทำงานในแต่ละกิจกรรม แต่ไม่สามารถวางแผนเพื่อทำให้การทำงานของแต่ละกิจกรรมนั้นมีความต่อเนื่องหรือไม่ถูกขัดจังหวะของการใช้ทรัพยากรหรือกลุ่มคนงานจากหน่วยหนึ่งถึงอีกหน่วยถัดไปได้ จากรูปกลุ่มคนงานที่ทำงานในกิจกรรม C ซึ่งทำงานตั้งแต่วันที่ 3-14 มีการทำงานอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการหยุดรอคอยของการทำงาน แต่สำหรับกิจกรรม D กลุ่มคนงานไม่ได้มีการทำงานอย่างต่อเนื่อง โดยกลุ่มคนงานของกิจกรรม D1 ทำงานแล้วเสร็จในวันที่ 9 แต่กิจกรรม D2 เริ่มต้นทำงานได้ในวันที่ 10 เนื่องจากกิจกรรม D2 จะเริ่มต้นได้เมื่อกิจกรรม C2 แล้วเสร็จ ทำให้คนงานที่ทำงานกิจกรรม D1 เสียเวลารอคอย 1 วันเพื่อและกิจกรรม A ที่มีความต่อเนื่องในการทำงาน คือ กลุ่มคนงานในแต่ละหน่วยของ A2 และ A3 สามารถเริ่มต้นทำงานได้ทันทีเมื่องานของหน่วยก่อสร้างนำหน้าแล้วเสร็จหรือไม่มีการรอคอยของกลุ่มคนงาน

ในการแก้ปัญหาการขาดความต่อเนื่องของการทำงานของกลุ่มคนงานในบางกิจกรรมต้องทำการจัดเวลาของการเริ่มต้นของกิจกรรมอีกครั้งเพื่อทำให้การทำงานมีความต่อเนื่องมากขึ้นหรือลดระยะเวลาของการรอคอยของกลุ่มคนงาน เช่น D1 มีระยะเวลาลอยตัว เท่ากับ 1 วัน จึงต้องเลื่อนไปเริ่มต้นวันที่ 8 จึงทำให้กิจกรรม D มีความต่อเนื่อง แต่สำหรับโครงการขนาดใหญ่และมีหน่วยก่อสร้างเป็นจำนวนมากหรือมีกิจกรรมที่ซ้ำ ๆ กันจำนวนมาก การคำนวณวิเคราะห์ในแต่ละกิจกรรมของวิธี CPM เพื่อให้กลุ่มคนงานมีความต่อเนื่อง กระบวนการดังกล่าวมีความยุ่งยากและอาจเกิดการผิดพลาดได้

จะเห็นได้ว่าวิธี CPM ไม่สามารถวางแผนให้การทำงานของแต่ละกิจกรรมในหน่วยก่อสร้างมีความต่อเนื่องกันไปได้ตลอดทั้งโครงการ (Harris and Ioannou ,1998) แต่ถ้าหากต้องการ

ลดเวลาในการรอคอยของการทำงานแต่ละหน่วยก่อสร้างหรือแต่ละกิจกรรมเพื่อต้องการทำให้ระยะเวลาของโครงการลดลงและงานของกิจกรรมเดียวกันมีความต่อเนื่องต้องทำการคำนวณวางแผนซ้ำอีกโดยการปรับระยะเวลาการทำงานในแต่ละหน่วยก่อสร้างหรือแต่ละกิจกรรมจนกว่าระยะเวลาการรอคอยหรือระยะเวลาของโครงการน้อยที่สุด ซึ่งเป็นการทำงานที่ซับซ้อนยุ่งยากและอาจเกิดความผิดพลาดได้ และการวางแผนงานโดยวิธี CPM ไม่สามารถจัดตารางเวลาการทำงานที่คงความต่อเนื่องของทรัพยากรหรือกลุ่มคนงานได้

นอกจากนี้การวางแผนสำหรับโครงการที่มีการทำงานที่ซ้ำ ๆ กันหลาย ๆ หน่วยก่อสร้างทำให้ต้องใช้เอกสารเป็นจำนวนมากเมื่อจำนวนของกิจกรรมและหน่วยก่อสร้างมีปริมาณมาก (Arditi, Tokdemir and Suh, 2002) เช่น ภาพที่ 2 เป็นการวางแผนงานก่อสร้างบ้านจำนวน 4 หลัง โดยใช้วิธี Bar Chart หรือวิธี Gantt Chart และบ้านแต่ละหลังมีการทำงาน 4 ขั้นตอน ถ้าหากมีการกำหนดให้โครงการมีการก่อสร้างบ้านจำนวนมากกว่า 4 หลังเป็นต้นไปหรือการก่อสร้างบ้านแต่ละหลังมีหลายขั้นตอน ทำให้เอกสารที่พิมพ์ออกมาต้องมีขนาดใหญ่หรือมีจำนวนหลายหน้าเพื่อให้สามารถดูรายละเอียดของงานได้ชัดเจน



ภาพที่ 2 การวางแผนโดยใช้วิธี Bar Chart

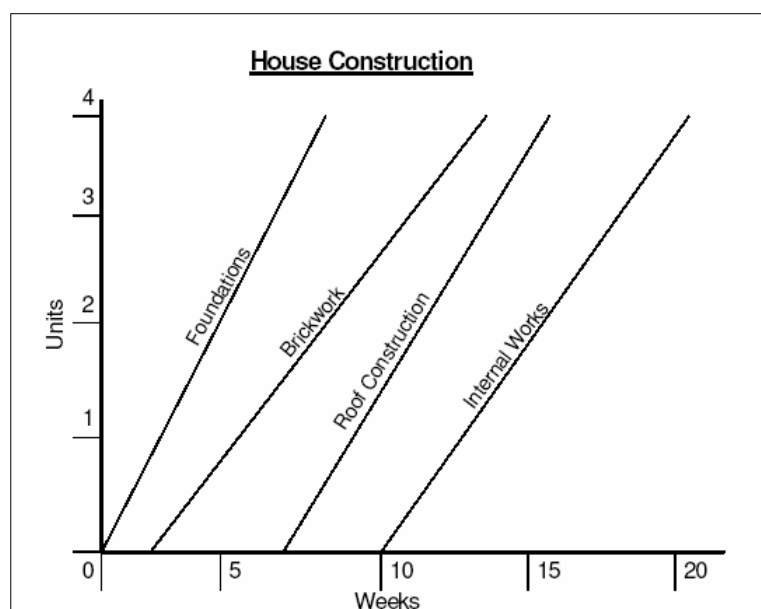
ที่มา: Whatley (2006)

ภาพที่ 1 และภาพที่ 2 ทั้งวิธี CPM และวิธี Bar Chart แสดงถึงแผนผังของโครงการที่มีลักษณะเป็นเหมือนขั้นบันได ซึ่งแต่ละขั้นแสดงถึงหน่วยก่อสร้างที่ประกอบด้วยงานย่อยซึ่งมี

กิจกรรมต่าง ๆ ประกอบอยู่และวิธี CPM แสดงถึงความสัมพันธ์ของกิจกรรมที่คล้ายคลึงกันในรูปแบบของกิจกรรมที่ทำงานตามหลังและจำนวนของจุดที่แสดงความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมมีจำนวนมากทำให้เห็นว่ามีคามยุ่งยากในการปรับแก้เพื่อให้การทำงานมีความต่อเนื่องหรือการใช้เอกสารจำนวนมากเพื่อศึกษาตรวจสอบรายละเอียดการวางแผนงาน ทำให้มีการคิดค้นรูปแบบวิธีการวางแผนงานก่อสร้างที่มีลักษณะการทำงานที่ซ้ำ ๆ กัน และนำเสนอในหลากหลายวิธีการ ซึ่งมีชื่อเรียกที่แตกต่างกัน เช่น Line-of-Balance (LOB), Linear Scheduling Method (LSM) หรือ Vertical Production Method (VPM) (Harris and Ioannou, 1998)

1.2 Line-of-Balance (LOB)

Line-of-Balance (LOB) เป็นวิธีการวางแผนงานก่อสร้างที่แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการทำงานที่มีความซ้ำ ๆ กันและต่อเนื่องตลอดทั้งโครงการ โดยแนวความคิดเริ่มต้นมาจากบริษัท Goodyear ในปี ค.ศ. 1940 และได้มีการนำไปพัฒนาต่อโดยกองทัพเรือของสหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ. 1950 เพื่อใช้วางแผนและควบคุมโครงการที่มีการทำงานซ้ำ ๆ กันหรืออาจจะไม่ซ้ำกันได้ (Turban 1968, Johnston 1981, Lutz and Halpin 1992)



ภาพที่ 3 การวางแผนงานโดยใช้วิธี LOB

ที่มา: Whatley (2006)

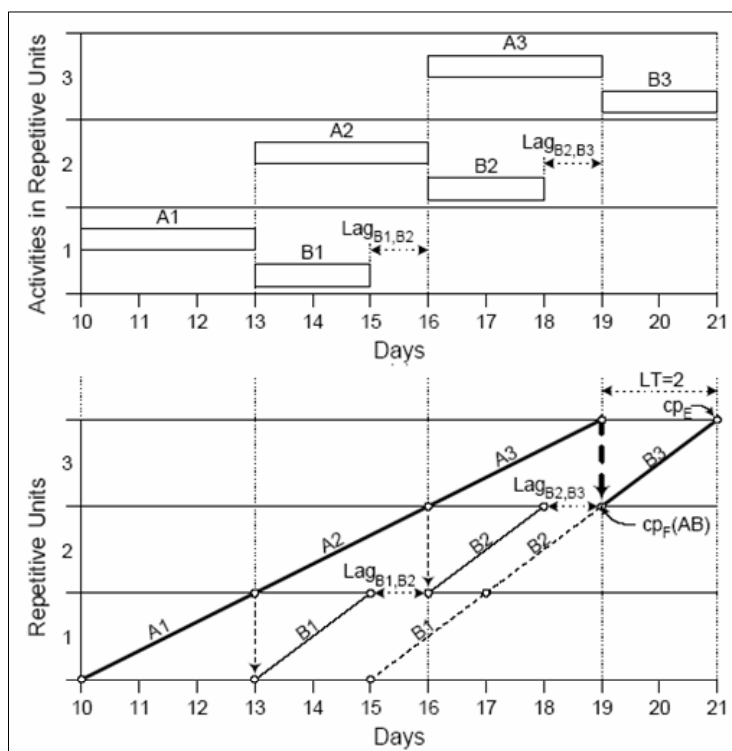
ภาพที่ 3 แสดงถึงอัตราการทำงานในแต่ละกิจกรรมโดยการใช้เส้นกราฟที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนการก่อสร้างและระยะเวลา ที่ใช้แนวความคิดพื้นฐานให้งานมีอัตราการทำงานหรือระยะเวลาการทำงานที่สม่ำเสมอซึ่งแสดงในรูปของความชันมีหน่วยเป็นหน่วยการทำงานต่อระยะเวลา โดย LOB มีข้อดี คือ แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมใดที่กำลังทำงานอยู่ ซึ่งทำให้ติดตามความก้าวหน้าได้สะดวกและสามารถทราบถึงปริมาณทรัพยากรที่ต้องใช้ในแต่ละช่วงเพื่อสามารถสร้างงานตามจำนวนที่ต้องการได้ (Ogunlana,2005) แต่วิธี LOB ไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงเส้นทางวิกฤติของกิจกรรมในภาพรวมของโครงการได้ (Harris and Ioannou ,1998)

1.3 Repetitive Scheduling Method (RSM)

วิธีการนี้ได้ถูกคิดค้นโดย Robert B. Harris และ Photios G. Ioannou ในปี ค.ศ.1998 เพื่อใช้ในการวางแผนงานก่อสร้างที่มีการทำงานที่ซ้ำ ๆ กันตลอดทั้งโครงการคล้ายคลึงกับ LOB แต่สามารถแสดงให้เห็นถึงเส้นทางวิกฤติของกิจกรรมในภาพรวมของโครงการได้ แต่เนื่องจากวิธี RSM แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสะสมของหน่วยการทำงานตามระยะเวลาการทำงาน of โครงการ จึงไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่าหน่วยก่อสร้างใดที่กำลังมีการทำงานอยู่ เพียงแต่แสดงให้เห็นว่าได้ดำเนินการแล้วเสร็จไปแล้วเป็นจำนวนกี่หน่วยเท่านั้นตามระยะเวลาของโครงการ

การวางแผนโดยวิธี RSM ทำได้โดยการสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความก้าวหน้าของงานที่ทำและระยะเวลาของโครงการ โดยใช้แนวความคิดที่สำคัญ 2 ประการ คือ การกำหนดจุดควบคุม (Control Points,CP) และการจัดลำดับควบคุม (Controlling Sequence) โดยให้มีการจัดลำดับเช่นเดียวกับวิธี Critical Path Method (CPM) และเมื่อกิจกรรมได้ถูกจัดลำดับเพื่อให้เป็นรูปแบบของวิธีดังกล่าว โดยมีข้อกำหนด 2 ประการ ซึ่งควบคุมลำดับของหน่วยก่อสร้างในวิธี RSM คือ ข้อกำหนดในเทคนิคตามรูปแบบของกิจกรรมนำหน้า และข้อกำหนดของการใช้ทรัพยากรหรือการทำงานของกลุ่มคนงาน

จากแนวความคิดของวิธี RSM จึงนำมาใช้ในการเขียนกราฟตามความสัมพันธ์รูปแบบต่าง ๆ สำหรับการวางแผนงานของวิธี RSM โดยแบ่งความสัมพันธ์ออกเป็น Finish-To-Start (FTS), Start-To-Start (STS) และ Finish-To-Finish (FTF) เมื่อระยะเวลาการทำงานของกิจกรรมนำหน้ามากกว่ากิจกรรมที่ตามมาจะทำให้เส้นกราฟลู่ออกเข้าหากันเมื่อหน่วยก่อสร้างเพิ่มมากขึ้นตามภาพที่ 4

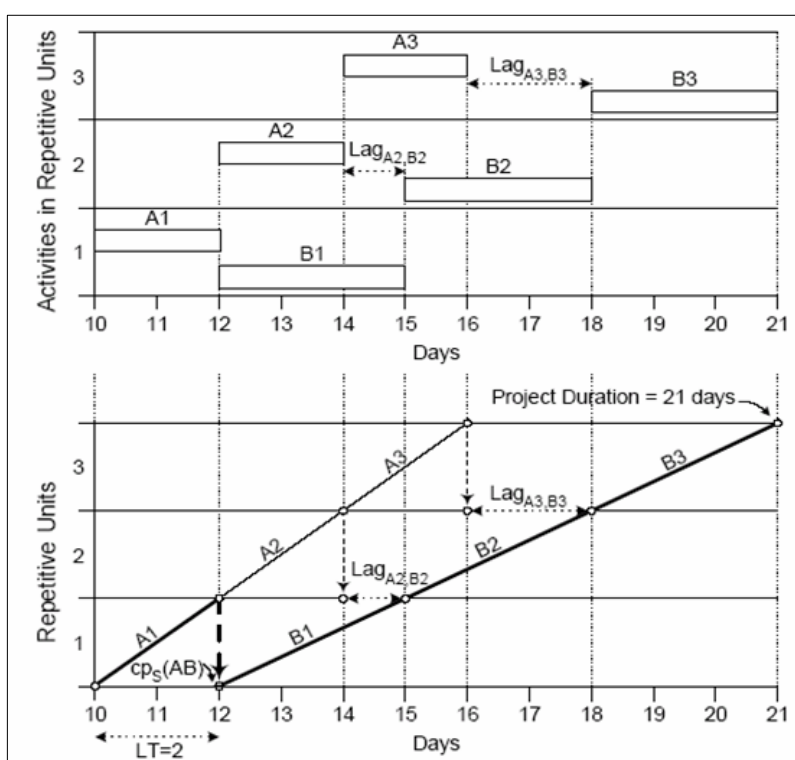


ภาพที่ 4 การวางแผนโดยใช้วิธี RSM เมื่อกิจกรรมนำหน้าใช้ระยะเวลาการทำงานมากกว่ากิจกรรมตามหลัง

ที่มา: Harris and Ioannou (1998)

ภาพที่ 4 แสดงแนวคิดของการวางแผนโดยใช้วิธี RSM เมื่อกิจกรรมนำหน้าใช้ระยะเวลาการทำงานมากกว่ากิจกรรมตามหลังหรือเส้นการทำงานของกิจกรรมนำหน้ามีความชันน้อยกว่ากิจกรรมตามหลัง โดยกิจกรรมมีความสัมพันธ์แบบ Finish-To-Start(FTS) รูปบนแสดงถึงการจัดกิจกรรมด้วยวิธี Bar Chart ซึ่งกิจกรรม A ในแต่ละหน่วยมีการทำงานอย่างต่อเนื่อง แต่เมื่อพิจารณากิจกรรม B ที่ทำงานต่อจากกิจกรรม A แล้วเห็นว่ากลุ่มคนงานของกิจกรรม B มีระยะเวลาลอยตัวในระหว่างหน่วยก่อสร้าง เมื่อนำมาเขียนตามวิธี RSM ตามรูปด้านล่าง เส้นที่แสดงถึงการทำงานหรือเส้นการทำงานของกิจกรรม A ต่อเนื่องเป็นเส้นตรงเดียวกัน แต่กิจกรรม B เส้นการทำงานยังไม่ต่อเนื่องกันจึงต้องเลื่อนการทำงานบางหน่วยเพื่อให้เส้นการทำงานต่อเนื่องเป็นเส้นเดียวกัน

จะสังเกตเห็นว่าวันที่แล้วเสร็จในหน่วยก่อสร้างสุดท้ายของกิจกรรมนำหน้าเป็นจุดควบคุมให้หน่วยก่อสร้างสุดท้ายของกิจกรรมที่ตามมาได้เริ่มต้นการทำงานและควบคุมเส้นการทำงานของกิจกรรมที่ตามมาทั้งเส้น จุดนี้จะเป็นจุดควบคุมโดยมีหลักการของวิธี RSM คือ “เมื่ออัตราการทำงานของกิจกรรมที่ตามมามากกว่ากิจกรรมที่ทำมาก่อน เส้นการทำงานทั้ง 2 จะลู่อเข้าหากัน ตามจำนวนของหน่วยก่อสร้างที่ทำซ้ำกันและจุดที่ควบคุมให้การทำงานมีการต่อเนื่องของทั้ง 2 กิจกรรม คือ จุดที่หน่วยสุดท้ายของกิจกรรมที่ตามมาเริ่มต้นทำงาน”

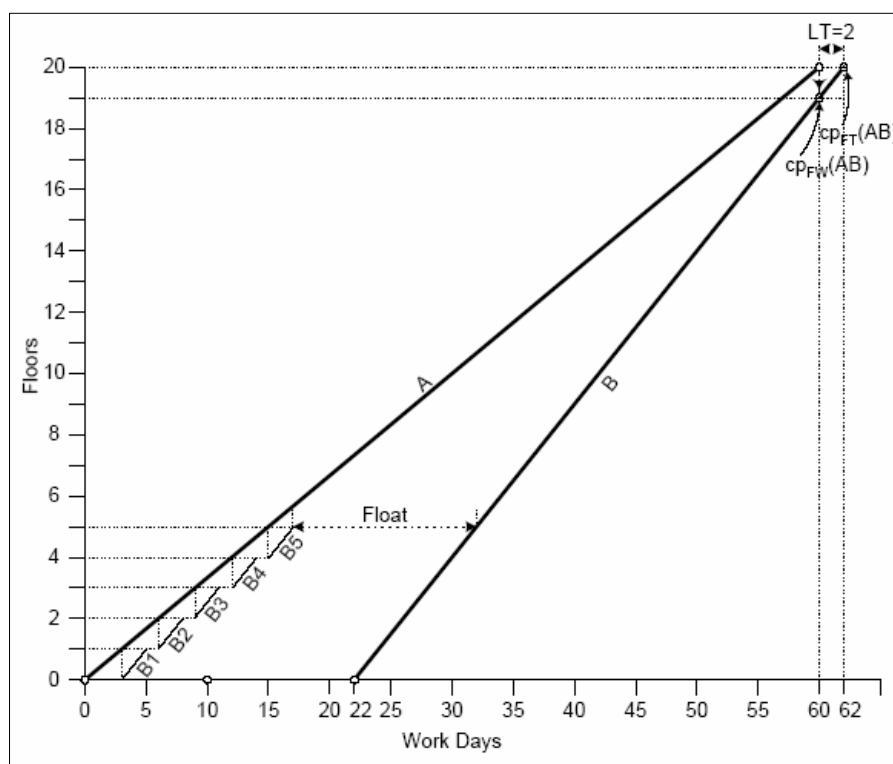


ภาพที่ 5 การวางแผนโดยใช้วิธี RSM เมื่อกิจกรรมนำหน้าใช้ระยะเวลาการทำงานน้อยกว่ากิจกรรมตามหลัง

ที่มา: Harris and Ioannou (1998)

ภาพที่ 5 แสดงแนวความคิดของการวางแผนโดยใช้วิธี RSM เมื่อกิจกรรมนำหน้าใช้ระยะเวลาการทำงานน้อยกว่ากิจกรรมตามหลังหรือเส้นการทำงานของกิจกรรมนำหน้ามีความชันมากกว่ากิจกรรมตามหลัง รูปบนแสดงถึงการจัดกิจกรรมด้วยวิธี Bar Chart ซึ่งกิจกรรม A ในแต่ละหน่วยมีการทำงานอย่างต่อเนื่อง แต่เมื่อพิจารณากิจกรรม B ที่ทำงานต่อจากกิจกรรม A แล้วเห็นว่าหน่วยก่อสร้างของกิจกรรม B ต้องรอให้กลุ่มคนงานที่ทำงานในหน่วยก่อสร้างนำหน้าทำงานแล้ว

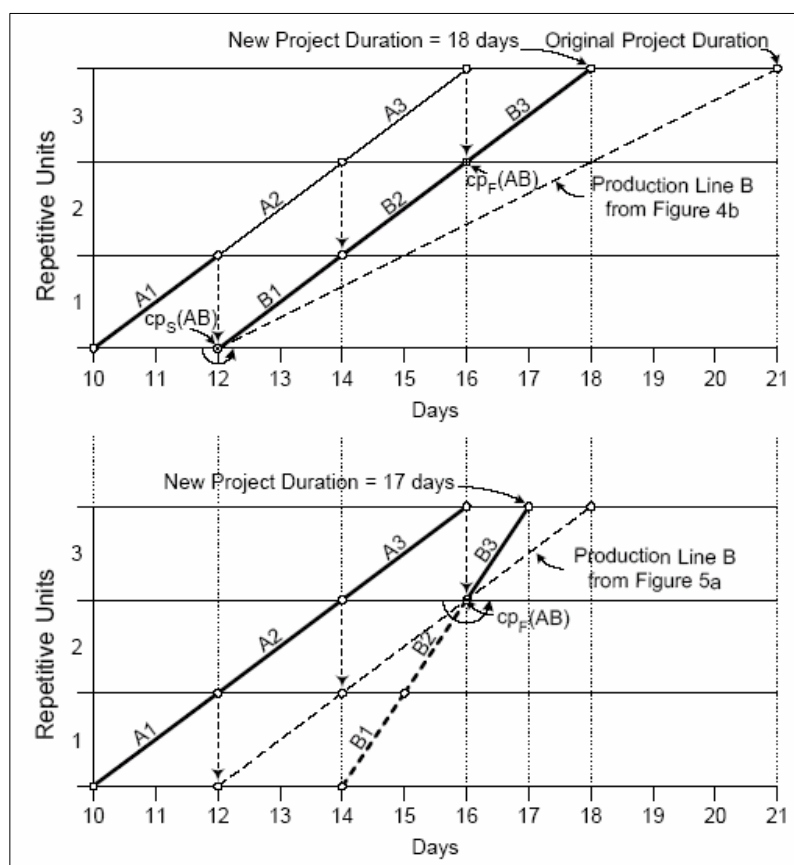
เสร็จก่อนจึงเริ่มต้นทำงานในหน่วยก่อสร้างถัดมาได้ เมื่อนำมาเขียนตามวิธี RSM ตามรูปด้านล่าง เส้นการทำงานของกิจกรรม A ต่อเนื่องเป็นเส้นตรงเดียวกัน และกิจกรรม B เส้นการทำงานของแต่ละหน่วยสามารถเริ่มต้นได้ทันทีเมื่อกิจกรรม A ของหน่วยก่อสร้างนั้นแล้วเสร็จ แต่กลุ่มคนงานของกิจกรรม B ที่ทำงานในหน่วยก่อสร้างนำหน้ายังทำงานไม่เสร็จเส้นการทำงานจึงไม่ต่อเนื่องกันต้องเลื่อนการทำงานบางหน่วยออกเพื่อให้เส้นการทำงานต่อเนื่องเป็นเส้นเดียวกัน และถ้าระยะเวลาการทำงานของกิจกรรมนำหน้ามากกว่ากิจกรรมที่ตามมา ทำให้เส้นการทำงานของทั้ง 2 กิจกรรมลู่ออกจากกันและจุดที่ควบคุมระหว่างกิจกรรมทั้ง 2 อยู่ที่วันที่แล้วเสร็จของหน่วยที่ 1 ของกิจกรรมนำหน้า โดยมีหลักการคือ “เมื่ออัตราการทำงานของกิจกรรมที่ตามมาน้อยกว่ากิจกรรมที่นำหน้า ทำให้เส้นการทำงานทั้งสองลู่ออกจากกันตามจำนวนหน่วยการทำงาน และจุดที่ทำให้เกิดความต่อเนื่องของการทำงานแต่ละกิจกรรมจะอยู่ที่วันที่แล้วเสร็จของหน่วยแรกของกิจกรรมนำหน้า”



ภาพที่ 6 การนำวิธี RSM ไปใช้กับงานก่อสร้างที่มีจำนวนหน่วยการก่อสร้าง 20 หน่วย
ที่มา: Harris and Ioannou (1998)

ภาพที่ 6 แสดงให้เห็นถึงการนำวิธี RSM ไปใช้ในการวางแผนงานก่อสร้างที่มีจำนวนหน่วยก่อสร้าง 20 หน่วย โดยที่กิจกรรมนำหน้ามีระยะเวลาการทำงานที่มากกว่ากิจกรรมที่ตามมา

เส้นกราฟทั้งสองคู่เข้าหากันเมื่อจำนวนหน่วยก่อสร้างเพิ่มขึ้น จุดควบคุมจึงอยู่ที่วันที่แล้วเสร็จของหน่วยสุดท้ายในกิจกรรมนำหน้าและต้องเลื่อนกิจกรรม B ในหน่วยก่อสร้างเริ่มต้นออกมาเพื่อให้เส้นการทำงานเป็นเส้นตรงเดียวกัน



ภาพที่ 7 การปรับระยะเวลาการทำงานของกลุ่มคนงานตามวิธี RSM

ที่มา: Harris and Ioannou (1998)

สำหรับการปรับให้ระยะเวลาการทำงานหรืออัตราการทำงานของบางกิจกรรมเพิ่มขึ้น ทำโดยการปรับให้เส้นการทำงานของกิจกรรมมีความชันมากขึ้น ดังภาพที่ 7 โดยให้จุดควบคุมเป็นจุดหมุนของเส้นการทำงาน การปรับให้กิจกรรมมีความชันเพิ่มขึ้นนี้ เป็นการเพิ่มอัตราการทำงานของกลุ่มคนงานที่มีอยู่เพื่อทำให้ระยะเวลาในการทำงานในแต่ละกิจกรรมของหน่วยก่อสร้างลดลง แต่ในบางกิจกรรมที่การทำงานอยู่ภายใต้พื้นที่ที่จำกัด เช่น การทำงานของเครน 2 ตัวในพื้นที่การทำงานของหน่วยก่อสร้างเดียวกันทำให้เกิดการกีดขวางซึ่งกันและกันหรือการเลือกที่จะให้กลุ่มคนงานทำงานแยกออกจากกันแต่ให้ทำงานพร้อมกันหรือขนานกันไป ซึ่งจากปัญหานี้นำไปสู่

การศึกษาเพื่อกำหนดแนวทางการจัดการกลุ่มคนงานที่มีมากกว่า 1 กลุ่มลงในหน่วยก่อสร้างของกิจกรรมมากกว่า 1 หน่วย ซึ่งแก้ปัญหาด้านการใช้พื้นที่หรือการกำหนดการทำงานของกลุ่มคนงานได้ โดยยังคงให้มีผลของระยะเวลาการทำงานที่เหมือนกับการปรับความชันของเส้นตรงและมีความต่อเนื่องของการทำงานของกลุ่มคนงานแต่ละกลุ่มอยู่

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์
2. เครื่องพิมพ์

วิธีการ

ในงานวิจัยนี้จะแบ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ศึกษาออกเป็น 3 ส่วนหลัก ประกอบด้วย

การเสนอแนวทางสำหรับแก้ปัญหาของการวางแผนและจัดรูปแบบการทำงานของกลุ่มคนงานด้วยวิธี RSM เมื่อกิจกรรมประกอบด้วยกลุ่มคนงานมากกว่า 1 กลุ่ม ที่ทำงานในหน่วยก่อสร้างหลายหน่วยพร้อมกัน เป็นการนำแนวทางเดิมของวิธี RSM มาประยุกต์ใช้เพื่อแสดงให้เห็นถึงวิธีการในการจัดรูปแบบการทำงานของกลุ่มคนงาน และคงเงื่อนไขของความต่อเนื่องในการทำงานของกลุ่มคนงาน คือ กลุ่มคนงานแต่ละกลุ่มจะต้องทำงานอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มต้นจนงานแล้วเสร็จ

นำแนวทางการแก้ปัญหาที่เสนอไว้แล้วมาทำการทดลองจัดรูปแบบการทำงานให้แก่กลุ่มคนงานตามรูปแบบความสัมพันธ์ Finish-To-Start (FTS) กับตัวอย่างที่มีหน่วยก่อสร้างจำนวน 6 หน่วย และแต่ละหน่วยประกอบด้วยกิจกรรม 3 กิจกรรม เพื่อพิจารณาถึงผลกระทบจากลำดับความสัมพันธ์ของกิจกรรมประกอบด้วย กิจกรรมเริ่มต้นหรือกิจกรรมนำหน้า กิจกรรมตัวกลางที่อยู่ระหว่างสองกิจกรรมและกิจกรรมสุดท้ายหรือกิจกรรมที่ตามมา ซึ่งหากกำหนดให้มีจำนวนมากจะทำให้การศึกษามีความยุ่งยากซับซ้อนไม่สามารถที่จะทำการวางแผนและการคำนวณด้วยมือได้ทำการสมมติระยะเวลาการทำงานและจำนวนกลุ่มคนงานให้มีจำนวนที่แตกต่างกัน เพื่อแสดงให้เห็นถึงวิธีการในการวางแผนจัดรูปแบบให้แก่กลุ่มคนงานเมื่อมีการกำหนดให้มีการทำงานมากกว่า 1 หน่วยก่อสร้างไปพร้อมกัน

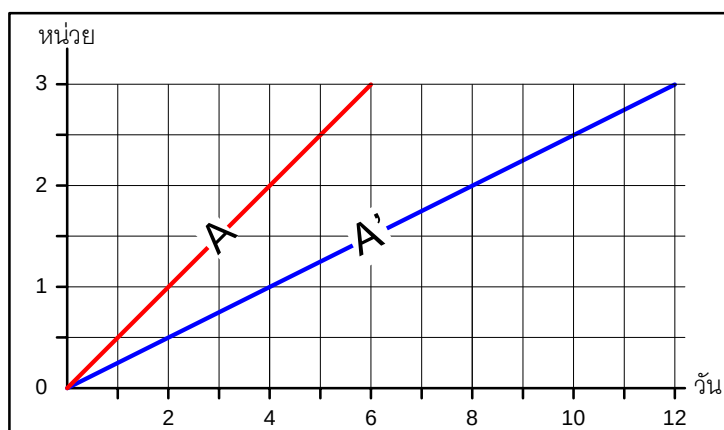
การรวบรวมรูปแบบกรณีต่าง ๆ ของการทำงานที่เหมาะสม เพื่อนำไปกำหนดหลักการในการวางแผนให้เหมาะสมตามลักษณะของการทำงานในแต่ละกิจกรรมและสรุปถึงข้อดีและข้อเสียของการวางแผนแต่ละรูปแบบ

ผลและวิจารณ์

ผล

1. ปัญหาของการวางแผนโดยวิธี RSM

โดยทั่วไปแล้วบางกิจกรรมก่อสร้างที่มีการทำงานของกลุ่มคนงานจำนวนหนึ่งซึ่งทำงานในหน่วยก่อสร้างเดียวกัน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนคนงานหรือกลุ่มคนงานโดยการเพิ่มหรือลดจำนวนคนงานหรือกลุ่มคนงานหรือต้องการแบ่งกลุ่มคนงานที่มีอยู่ออกเป็นหลาย ๆ กลุ่มเพื่อให้สามารถทำงานได้หลายหน่วยก่อสร้างและมีความเหมาะสมตามสภาพทำงานในแต่ละกิจกรรม โดยวิธี RSM เป็นการวางแผนการทำงานในแต่ละกิจกรรมประกอบด้วยเส้นการทำงานของกิจกรรมที่สร้างจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการทำงานและระยะเวลาและลำดับการทำงานก่อน-หลังของแต่ละกิจกรรม โดยแต่ละกิจกรรมจะมีเส้นการทำงานเพียงเส้นเดียว การเพิ่ม-ลดจำนวนคนงานในแต่ละกิจกรรมของวิธี RSM ทำได้โดยการปรับความชันของเส้นการทำงานของกิจกรรมให้เป็นไปตามความสามารถในการทำงานของคนงานทั้งหมดที่ทำงานอยู่ในกิจกรรมนั้น ซึ่งหมายความว่าจำนวนคนงานทั้งหมดถูกกำหนดให้ทำงานที่หน่วยก่อสร้างเดียวกัน แต่ในความเป็นจริงของงานก่อสร้างนั้นบางกิจกรรมอาจแยกคนงานออกมากกว่าหนึ่งกลุ่มทำงานในหน่วยก่อสร้างที่แตกต่างกันไปพร้อมกัน การปรับความชันของเส้นการทำงานในแต่ละกิจกรรมจึงไม่สามารถที่จะแสดงให้เห็นรูปแบบการทำงานของกลุ่มคนงานทั้งหมดได้อย่างถูกต้อง



ภาพที่ 8 การเปรียบเทียบระยะเวลาการทำงานของกลุ่มคนงาน

ภาพที่ 8 แสดงการทำงานของกลุ่มคนงาน A' ที่มีระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 2 วันต่อหน่วย ($1/2$ หน่วยต่อวัน) และเมื่อทำการปรับระยะเวลาการทำงานของกลุ่มคนงานให้ลดลง โดยให้เพิ่มกลุ่มคนงานเข้ามาทำงานอีก 1 กลุ่ม ที่มีระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 2 วัน/หน่วย เช่นกัน ทำให้ระยะเวลาในการทำงานทั้งหมดเท่ากับ 1 วันต่อหน่วยและเส้นที่แสดงระยะเวลาการทำงานมีความชันมากขึ้น นั่นก็คือ เส้นการทำงานของกลุ่มคนงาน A

2. แนวทางการประยุกต์ใช้วิธี RSM กับการก่อสร้างที่ประกอบด้วยคนงานหลายกลุ่ม

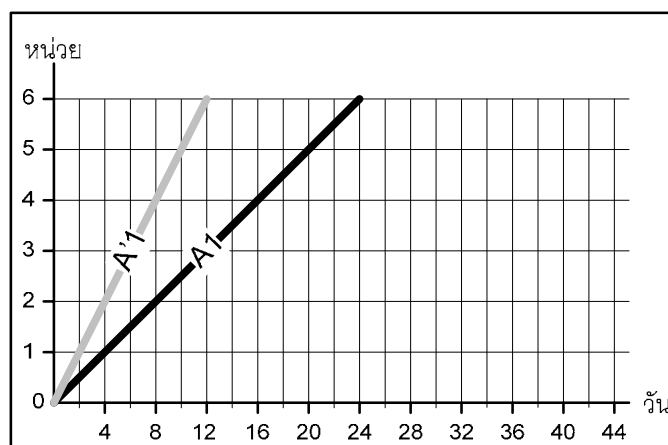
ในการจัดคนงานและวางแผนงานของกิจกรรมที่ประกอบด้วยกลุ่มคนงานหลายกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มทำงานเป็นอิสระต่อกัน เพื่อให้สามารถแสดงถึงแผนการทำงานของกลุ่มคนงานแต่ละกลุ่ม งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอแนวทางในการวางแผนเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ดังนี้

2.1 การเพิ่มจำนวนเส้นการทำงานให้เท่ากับจำนวนกลุ่มคนงาน

ตามแนวความคิดเดิมของวิธี RSM กำหนดให้เส้นการทำงานแต่ละเส้นแสดงถึงการวางแผนการทำงานของกลุ่มคนงานที่ทำงานก่อสร้างกิจกรรมหนึ่ง ๆ อย่างต่อเนื่องจนแล้วเสร็จ การเพิ่ม-ลดจำนวนคนงานทำได้โดยการปรับความชันของเส้นการทำงานให้เป็นไปตามอัตราการทำงานของจำนวนคนงานทั้งหมด หลายครั้งที่พบว่ากิจกรรมก่อสร้างหนึ่ง ๆ อาจถูกดำเนินการโดยคนงานหลายกลุ่มที่ต่างรับผิดชอบในหน่วยก่อสร้างของตนเอง ซึ่งการวางแผนในลักษณะนี้ไม่

สามารถนำวิธี RSM มาใช้ได้โดยตรงเนื่องจากการแสดงถึงระยะเวลาการทำงานโดยเส้นการทำงานหนึ่งเส้นที่ได้ทำการปรับความชันให้เท่ากับระยะเวลาการทำงานของกลุ่มคนงานทั้งหมดที่มีอยู่ในกิจกรรมไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงการทำงานของกลุ่มคนงานแต่ละกลุ่มที่ทำงานอยู่ในกิจกรรมนั้นได้อย่างถูกต้อง เช่น การเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานที่มีระยะเวลาการทำงานที่เท่ากันเข้าไปทำงานในหน่วยก่อสร้างที่ต่างกันของกิจกรรมเดียวกัน ไม่สามารถทำได้โดยการปรับความชันของเส้นการทำงาน เนื่องจากเส้นการทำงาน 1 เส้นแทนการทำงานของกลุ่มคนงาน 1 กลุ่ม

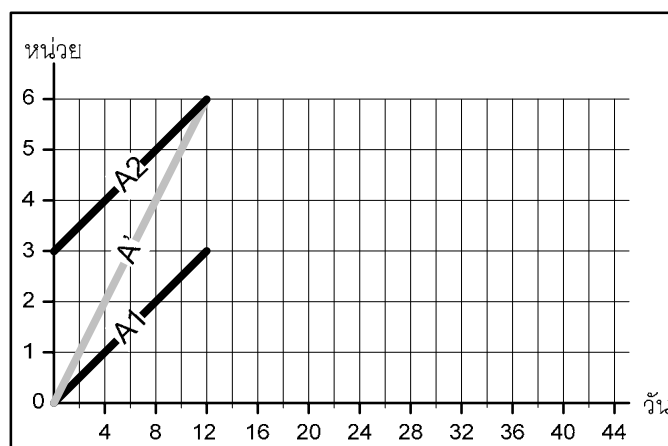
ดังนั้น จำนวนเส้นการทำงานของแต่ละกิจกรรมนั้นจึงควรมีจำนวนเท่ากับจำนวนกลุ่มคนงานที่ทำงานอยู่ในกิจกรรมนั้น เพื่อให้เส้นการทำงานแต่ละเส้นแสดงถึงการทำงานของกลุ่มคนงานแต่ละกลุ่มและหน่วยก่อสร้างที่กลุ่มคนงานต้องเข้าไปทำงานตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ เพื่อให้สามารถติดตามความก้าวหน้าของกิจกรรมและกลุ่มคนงานได้ถูกต้อง



ภาพที่ 9 การวางแผนการทำงานของกลุ่มคนงานตามแนวความคิดเดิม

ภาพที่ 9 แสดงรูปแบบของการวางแผนตามแนวความคิดของวิธี RSM ที่กำหนดให้กลุ่มคนงาน 1 กลุ่มทำงานกิจกรรม A โดยมีระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 4 วันต่อหน่วย เส้นการทำงาน (A1) แสดงถึงการทำงานของกลุ่มคนงานทำงานแล้วเสร็จ 1 หน่วยใช้ระยะเวลาในการทำงานเท่ากับ 4 วัน ตามรูป เมื่อมีจำนวนหน่วยก่อสร้างทั้งหมด 6 หน่วย จึงใช้เวลาในการทำงานกิจกรรม A เท่ากับ 24 วัน หากเพิ่มคนงานอีก 1 กลุ่มที่มีระยะเวลาในการทำงานกิจกรรม A เท่ากับ 4 วันต่อหน่วยเช่นกัน จะทำให้ระยะเวลาในการทำงานของกลุ่มคนงานทั้งหมดเท่ากับ 2 วันต่อหน่วย และทำให้เส้นการทำงานมีความชันเพิ่มมากขึ้น (A'1)

แต่ถ้ากลุ่มคนงานของกิจกรรมถูกกำหนดให้แยกกันทำงานในหน่วยก่อสร้างที่ต่างกัน
แผนการทำงานของทั้งสองกลุ่มคนงานจึงแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 การจัดการทำงานของกลุ่มคนงาน 2 กลุ่มที่ทำงานในหน่วยการก่อสร้าง 2 หน่วย

ภาพที่ 10 แสดงการวางแผนของกิจกรรม A ที่มีการทำงานของกลุ่มคนงาน 2 กลุ่ม คือ A1 และ A2 โดยแต่ละกลุ่มคนงานรับผิดชอบงานจำนวน 3 หน่วย โดยทั้งสองกลุ่มเริ่มต้นทำงานพร้อมกันและแล้วเสร็จในวันที่ 12 เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาการทำงานโดยรวมของทุกกลุ่มเท่ากับ 2 วันต่อหน่วย เช่นเดียวกับการเพิ่มกลุ่มคนงานตามแนวความคิดเดิม แต่มีความแตกต่างคือ ในวันที่ 2 เส้นการทำงาน A' มีการทำงานแล้วเสร็จ 1 หน่วยซึ่งในการทำงานจริงนั้นแต่ละกลุ่มได้ทำงานแล้วเสร็จกลุ่มละครั้งหน่วยก่อสร้างแต่ละผลงานรวมทั้งหมดยังคงเท่ากับ 1 หน่วย และจากการวางแผนในลักษณะนี้จะทำให้มองเห็นและติดตามการทำงานที่แท้จริงของกลุ่มคนงานแต่ละกลุ่มได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

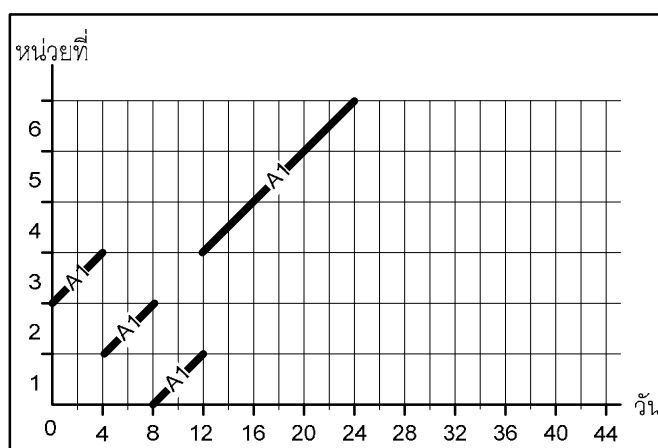
2.2 การกำหนดให้แกน y ระบุถึงตำแหน่งของหน่วยก่อสร้าง

ในกรณีที่ไม่มีข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับลำดับก่อน-หลังของการก่อสร้างในแต่ละหน่วย การวางแผนงานก่อสร้างโดยทั่วไปขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ คือ

- ความพร้อมของหน่วยก่อสร้าง (Technical Constraint)

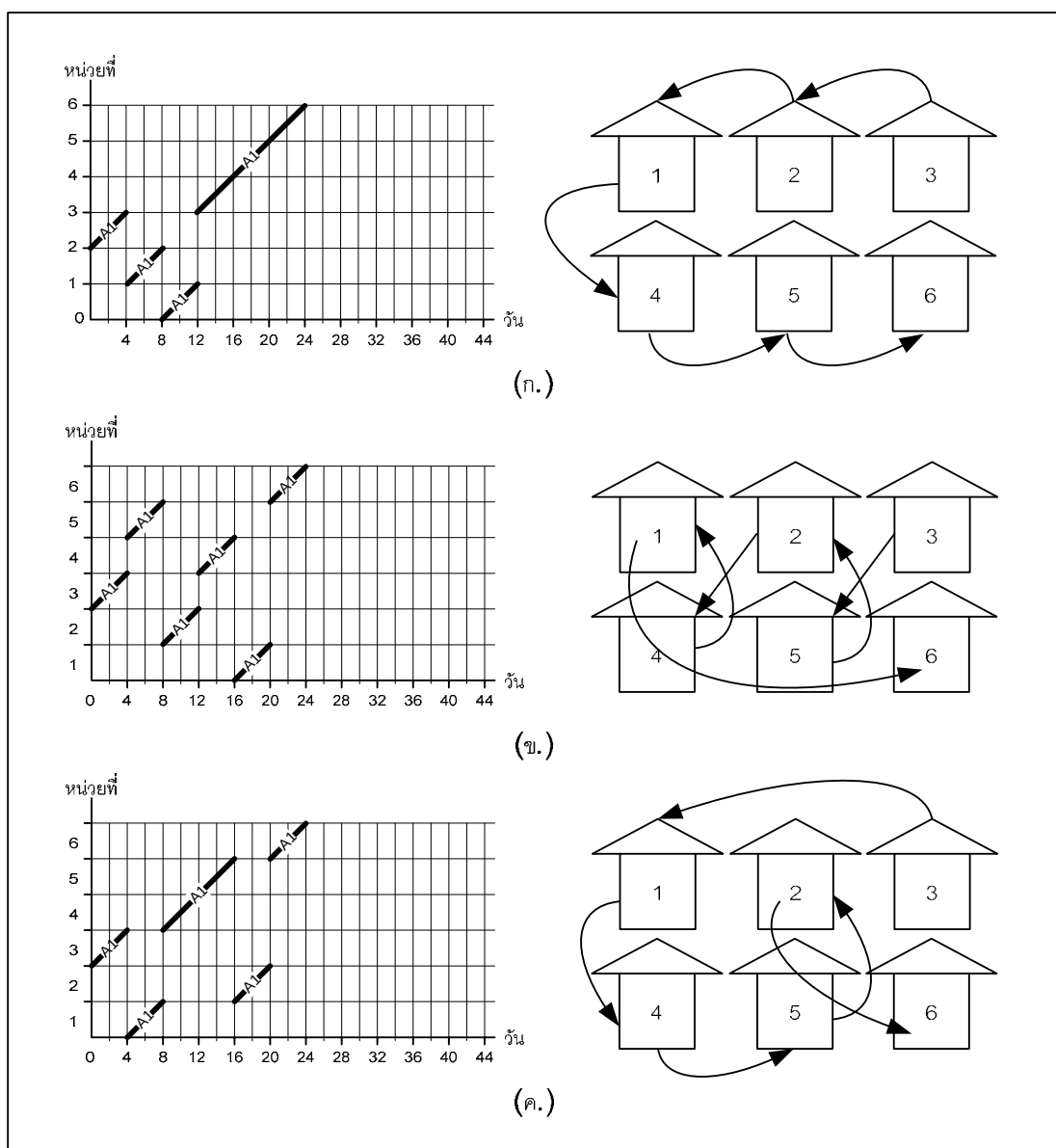
- ความพร้อมของกลุ่มคนงาน (Resource Constraint)

การกำหนดให้เส้นการทำงานมีจำนวนเท่ากับจำนวนกลุ่มคนงาน ทำให้แกนแนวดิ่ง (y) ไม่เหมาะสมที่จะแสดงถึงปริมาณสะสมของการทำงาน การเปลี่ยนให้แกนแนวดิ่งเป็นตำแหน่งของหน่วยก่อสร้างที่กลุ่มคนงานเข้าทำงานจะแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งและลำดับของการทำงาน แต่ยังคงรักษาความต่อเนื่องของการทำงานของกลุ่มคนงานแต่ละกลุ่ม



ภาพที่ 11 การจัดลำดับการทำงานของกิจกรรม A

ภาพที่ 11 แสดงตัวอย่างการวางแผนการทำงานของกิจกรรม A ซึ่งกำหนดให้เป็นกิจกรรมเริ่มต้นของการก่อสร้าง จากภาพกลุ่มคนงาน A1 เริ่มทำการก่อสร้างในหน่วยก่อสร้างที่ 3 เป็นหน่วยแรก ด้วยระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 4 วันต่อหน่วย หลังจากทำงานของหน่วยที่ 3 แล้วเสร็จ คนงานจึงทำงานต่อในหน่วยก่อสร้างที่ 2, 1, 4, 5 และ 6 ตามลำดับโดยไม่มีการหยุดทำงาน จะเห็นว่าด้วยแนวความคิดดังกล่าวการจัดลำดับการทำงานของกิจกรรม A มีได้หลายรูปแบบดังตัวอย่างในภาพที่ 12



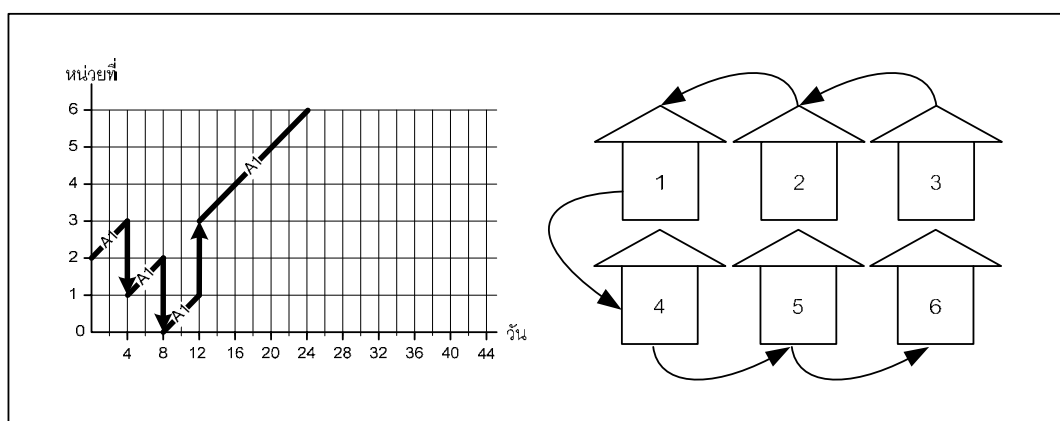
ภาพที่ 12 ตัวอย่างแนวทางต่าง ๆ ของลำดับการก่อสร้างโดยเริ่มต้นในหน่วยก่อสร้างที่ 3

แนวทางการวางแผนการทำงานดังภาพที่ 12 เป็นแผนการทำงานที่กลุ่มคนงานเริ่มทำงานในหน่วยก่อสร้างที่ 3 เป็นหน่วยแรก ซึ่งสามารถวางแผนจัดลำดับของการก่อสร้างได้หลากหลายรูปแบบ และทุกรูปแบบใช้ระยะเวลาในการทำงานที่เท่ากัน โดยที่การทำงานของกิจกรรม A เป็นไปอย่างต่อเนื่องแล้วเสร็จในวันที่ 24 แต่ความเหมาะสมที่จะกล่าวได้ว่าการจัดลำดับงานรูปแบบใดมีความเหมาะสมมากที่สุดนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยในการทำงานจริงหรือ

กิจกรรมที่ทำงานตามหลังของกิจกรรม A ที่ทำให้ระยะเวลาของทั้งโครงการน้อยที่สุดและมีการทำงานในทุก ๆ ของกลุ่มคนงานอย่างมีประสิทธิภาพและต่อเนื่องตลอดการทำงานของกลุ่มคนงาน

2.3 ความต่อเนื่องในแนวดิ่งของการทำงาน

จากแผนการทำงานข้างต้นในภาพที่ 11 จะเห็นได้ว่าการกำหนดให้แกนแนวดิ่งแสดงถึงตำแหน่งของหน่วยก่อสร้าง อาจทำให้เส้นการทำงานของบางกิจกรรมไม่เป็นเส้นที่ยาวต่อเนื่องเป็นเส้นเดียว แต่ความต่อเนื่องสามารถตรวจสอบโดยการลากเส้นตรงในแนวดิ่งต่อเชื่อมระหว่างหน่วยก่อสร้าง ซึ่งกิจกรรมที่มีการทำงานต่อเนื่องกันดูได้จากวันที่แล้วเสร็จของหน่วยก่อสร้างนำหน้าเป็นวันเดียวกันกับวันเริ่มต้นของหน่วยก่อสร้างที่ตามมา ดังนั้นการทำงานของแต่ละหน่วยของกิจกรรม A ตามตัวอย่างมีการทำงานอย่างต่อเนื่องทุกวันโดยไม่มีการหยุดงาน นอกจากนั้นเส้นการทำงานไม่ได้แสดงถึงลำดับของการเข้าทำงานของกลุ่มคนงาน จึงจำเป็นต้องประยุกต์รูปแบบเพื่อให้เส้นที่แสดงถึงการทำงานของกลุ่มคนงานมีความต่อเนื่องเชื่อมต่อเป็นกิจกรรมเดียวกันหรือกลุ่มคนงานเดียวกัน สามารถทำได้โดยการเพิ่มเส้นลูกศรที่แสดงถึงทิศทางลำดับการเข้าทำงานของกลุ่มคนงาน

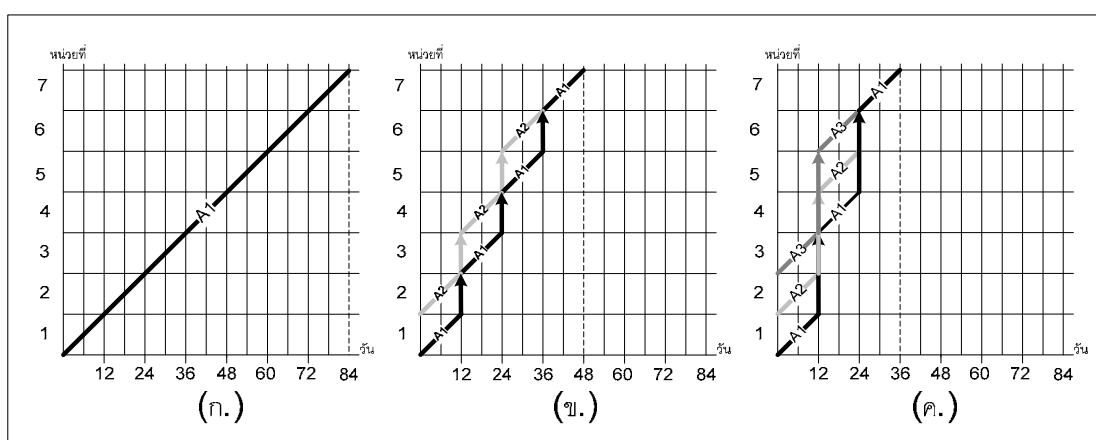


ภาพที่ 13 การใช้ลูกศรแนวดิ่งแสดงความต่อเนื่องของกลุ่มคนงาน

ภาพที่ 13 การเพิ่มลูกศรแนวดิ่งที่ลากจากจุดที่แล้วเสร็จของหน่วยก่อสร้างก่อนหน้ามายังจุดเริ่มต้นของหน่วยถัดมาซึ่งเป็นวันเดียวกันของการทำงานแสดงถึงความต่อเนื่องในการทำงานของกลุ่มคนงานที่ทำงานในหน่วยก่อสร้างต่าง ๆ ของกิจกรรมนั้นและหัวลูกศรได้แสดงถึงทิศทางลำดับในการทำงานของกลุ่มคนงานเข้าไปทำงานยังหน่วยก่อสร้างแต่ละหน่วยอีกด้วย

3. การวางแผนการทำงานสำหรับวิธี RSM กับการก่อสร้างที่ประกอบด้วยกลุ่มคนงานหลายกลุ่ม

การวางแผนการทำงานของกลุ่มคนงานมากกว่า 1 กลุ่มในงานวิจัยนี้กำหนดให้ทุกกลุ่มคนงานของแต่ละกิจกรรมเริ่มต้นทำงานในวันเดียวกันและพยายามให้แล้วเสร็จในวันเดียวกัน เนื่องจากปกติของการทำงานผู้รับเหมาจะนำกลุ่มคนงานที่มีอยู่มาทำการก่อสร้างในระยะเวลาตอนต้นของการทำงานและเมื่อการทำงานใกล้จะแล้วเสร็จจึงทยอยนำคนงานออก



ภาพที่ 14 รูปแบบการวางแผนของกิจกรรมเมื่อมีจำนวนกลุ่มคนงานแตกต่างกัน

ภาพที่ 14 แสดงถึงรูปแบบวิธีการวางแผนงานของกิจกรรม A ที่มีจำนวนหน่วยก่อสร้างทั้งหมด 7 หน่วย และมีจำนวนกลุ่มคนงานแตกต่างกัน โดยกลุ่มคนงานแต่ละกลุ่มมีระยะเวลาการทำงาน 12 วันต่อหน่วยและกำหนดให้ทุกกลุ่มคนงานเริ่มต้นทำงานพร้อมกัน ภาพที่ 14(ก.) เมื่อกิจกรรม A ประกอบด้วยกลุ่มคนงานเพียงกลุ่มเดียว (A1) ใช้เวลาทำงานเท่ากับ 84 วัน ($12 \times 7 = 84$) และภาพที่ 14(ข.) กำหนดให้ใช้กลุ่มคนงาน 2 กลุ่ม คือกลุ่มคนงาน A1 และ A2 ทำงานกิจกรรม A โดยให้ทั้งสองกลุ่มเริ่มต้นทำงานพร้อมกัน เมื่อมีการทำงานแล้วเสร็จทั้ง 6 หน่วยก่อสร้าง แต่ละกลุ่มทำงานได้จำนวน 3 หน่วย คงเหลือหน่วยก่อสร้างอีกหนึ่งหน่วย จึงให้กลุ่มคนงานกลุ่มใดที่ทำงานแล้วเสร็จ 3 หน่วยก่อสร้างก่อนทำงานหน่วยก่อสร้างที่เหลือ ซึ่งบางครั้งอาจมีกลุ่มคนงานบางกลุ่มทำงานล่าช้ากว่าแผนที่วางไว้จึงให้กลุ่มคนงานที่ทำงานเสร็จเร็วที่สุดทำงานต่อไปในส่วนที่เหลือ จากภาพจึงได้กำหนดให้กลุ่มคนงาน A1 ทำงานหน่วยก่อสร้างที่ 7 จึงใช้ระยะเวลาในการทำงานเท่ากับ 48 วัน (ระยะเวลาของ 6 หน่วยก่อสร้างที่ทำงานทุกกลุ่มเท่ากับ $6/2 \times 12 = 36$ วัน และ

หน่วยก่อสร้างที่เหลืออีกหนึ่งหน่วยก่อสร้างเท่ากับ 12 วัน รวมเป็น 48 วันหรือใช้เวลาทำงาน 4 รอบการทำงาน ๆ ละ 12 วัน เท่ากับ 48 วัน) ในทำนองเดียวกันภาพที่ 14(ค.) ให้กิจกรรม A ประกอบด้วยกลุ่มคนงาน 3 กลุ่ม คือ A1 ,A2 และ A3 ใช้เวลาในการทำงานเท่ากับ 36 วัน และการวางแผนในลักษณะเช่นนี้ยังคงแสดงให้เห็นถึงการทำงานที่มีความต่อเนื่องไปตลอดจนกิจกรรมแล้วเสร็จ โดยได้นำแนวทางการใช้ลูกศรที่แสดงความสัมพันธ์ในแนวดิ่งมาเชื่อมต่อการทำงานแต่ละกลุ่มคนงานที่เป็นกลุ่มคนงานเดียวกัน โดยการระบุชื่อกลุ่มคนงานเป็นเพียงการกำกับเส้นการทำงานแต่ละเส้นเพื่อสะดวกในการอธิบาย

3.1 วิธีการสร้างความสัมพันธ์

3.1.1 คำนวณระยะเวลาการทำงานของกลุ่มคนงาน

เมื่อกิจกรรมประกอบด้วยกลุ่มคนงานมากกว่าหนึ่งกลุ่มที่มีการทำงานพร้อมกัน ในหลายหน่วยก่อสร้าง จำเป็นต้องหาอัตราการทำงานและระยะเวลาการทำงานของกิจกรรม เพื่อนำไปใช้พิจารณาในการจัดรูปแบบการวางแผนให้กับกิจกรรมนั้น ๆ และกิจกรรมที่ทำงานต่อเนื่อง โดยกำหนดให้ระยะเวลาการทำงานของกิจกรรมเนื่องจากกลุ่มคนงานทั้งหมดเป็นระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลและสามารถหาได้ โดย

$$D^* = \frac{D}{teams} \quad (1)$$

เมื่อ D^* = ระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกลุ่มคนงานทั้งหมดของกิจกรรม (วันต่อหน่วย)

D = ระยะเวลาการทำงานปกติ โดยมีกลุ่มคนงานหนึ่งกลุ่ม (วันต่อหน่วย)

$teams$ = จำนวนกลุ่มคนงานทั้งหมด (กลุ่ม)

เมื่อต้องการคำนวณหาระยะเวลาในการทำงานของกิจกรรมที่มีการทำงานของกลุ่มคนงานหลายกลุ่ม จำเป็นต้องหารอบของการทำงานของกลุ่มคนงานทั้งหมดเพื่อนำไปหาระยะเวลาการทำงานทั้งหมดของกิจกรรม

$$R = \text{roundup} \left[\frac{N}{\text{teams}} \right] \quad (2)$$

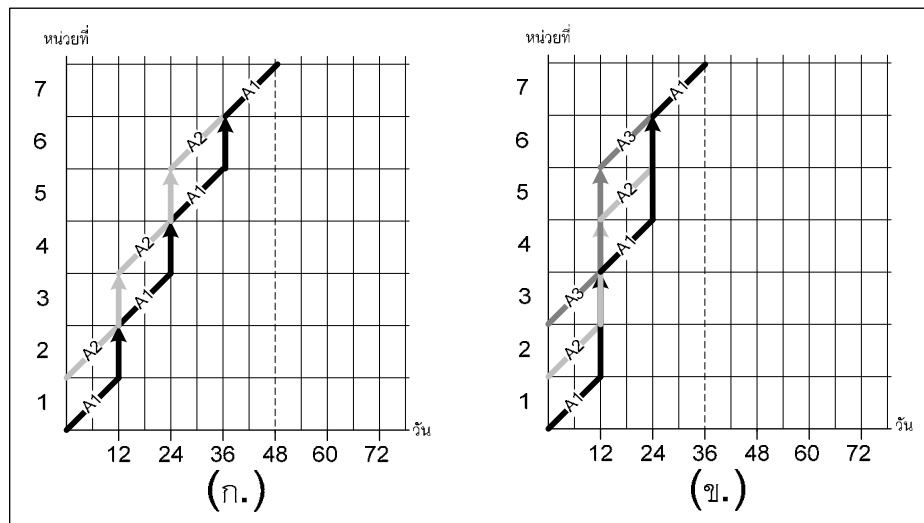
เมื่อ R = จำนวนรอบของการทำงานของกลุ่มคนงานทั้งหมด (รอบ)

N = จำนวนของหน่วยก่อสร้างทั้งหมด (หน่วย)

โดยให้ปัดเศษขึ้นเป็นจำนวนเต็ม (Roundup) เพื่อให้เป็นจำนวนรอบการทำงานสูงสุดของการทำงานในกิจกรรมนั้น แล้วจึงคำนวณหาระยะเวลาในการทำงานของกิจกรรม

$$T = R \times D \quad (3)$$

เมื่อ T = ระยะเวลาในการทำงานของกิจกรรม (วัน)



ภาพที่ 15 การจัดการทำงานที่มีจำนวนกลุ่มคนงานแตกต่างกัน

ภาพที่ 15 แสดงแผนการทำงานเมื่อกิจกรรมก่อสร้างมีจำนวนกลุ่มคนงานที่แตกต่างกันในการทำงานของกิจกรรม A ที่ประกอบด้วยหน่วยก่อสร้างจำนวน 7 หน่วย โดยภาพที่ 15(ก.) ใช้กลุ่มคนงานทั้งหมด 2 กลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มมีระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 12 วันต่อหน่วย

โดยมี 1 กลุ่มรับผิดชอบหน่วยก่อสร้างเท่ากับ 3 หน่วย ($6/2 = 3$) และอีกหนึ่งกลุ่มรับผิดชอบงาน 4 หน่วย ระยะเวลาในการทำงานประสิทธิผลของกลุ่มคนงานทั้งหมด (D^*) ของกิจกรรม A หรือ D^*BAB มีค่าเท่ากับ 6 วันต่อหน่วย ($12/2 = 6$ วันต่อหน่วย) รอบการทำงานเท่ากับ 3.5 รอบ ($7/2 = 3.5$ รอบ) จึงพิเศษขึ้นทำให้มีรอบการทำงาน 4 รอบ ซึ่งเป็นจำนวนรอบสูงสุดสำหรับการทำงาน กิจกรรม A เมื่อหารระยะเวลาในการทำงานกิจกรรม A เท่ากับ 48 วัน ($4 \times 12 = 48$ วัน) ภาพที่ 15(ข.) แสดงแผนการทำงานเมื่อใช้กลุ่มคนงาน 3 กลุ่ม ระยะเวลาในการทำงานประสิทธิผลของกลุ่มคนงานทั้งหมด (D^*) ของกิจกรรม A ได้เท่ากับ 4 วันต่อหน่วย ($12/3 = 4$ วันต่อหน่วย) และรอบการทำงานของกลุ่มคนงานได้เท่ากับ 2.33 รอบ ($7/3 = 2.33$ รอบ) แล้วจึงพิเศษเป็น 3 รอบ และจัดจำนวนหน่วยของการทำงาน โดยมีกลุ่มคนงานหนึ่งกลุ่มที่ต้องทำงาน 3 รอบ ที่เป็นการทำงานที่มีจำนวนรอบสูงสุด ทำให้กลุ่มคนงานที่เหลืออีกสองกลุ่มทำงาน 2 รอบ ในที่นี้จึงกำหนดให้กลุ่มคนงาน A1 ทำงาน 3 รอบ และกลุ่มคนงาน A2 และ A3 ทำงาน 2 รอบ และเมื่อหารระยะเวลาในการทำงานจึงนำรอบการทำงานที่มากที่สุดไปคำนวณ จึงได้ระยะเวลาเท่ากับ 36 วัน ($3 \times 12 = 36$ วัน)

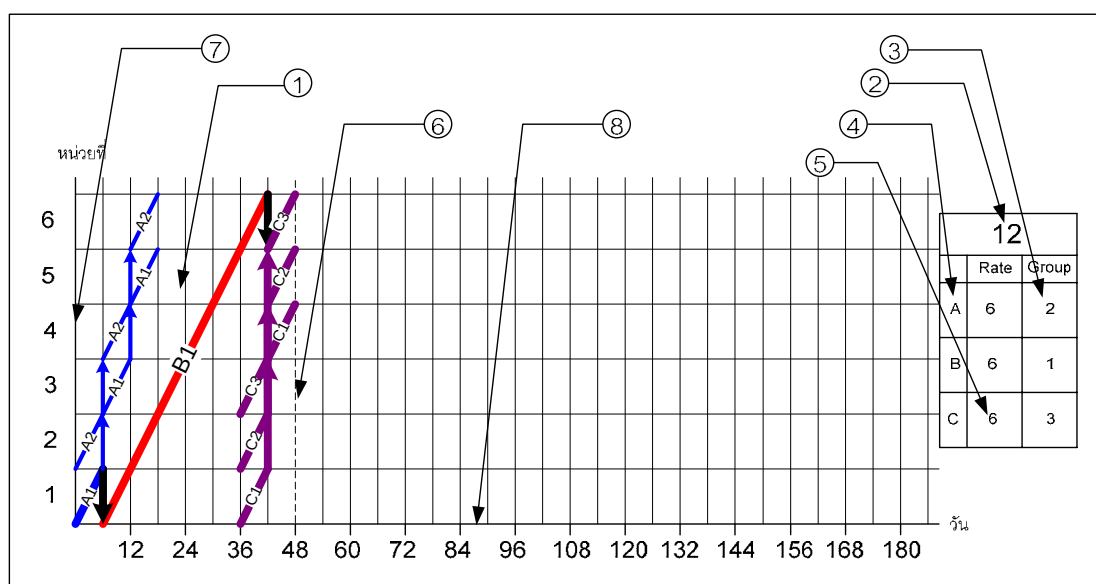
3.1.2 การวางแผนงาน

ในการเขียนแผนภาพเพื่อกำหนดวันทำงานของกลุ่มคนงานในแต่ละกิจกรรมที่มีคนงานหลายกลุ่มกำหนดให้ทุกกลุ่มเริ่มต้นทำงานพร้อมกันและทำงานไปอย่างต่อเนื่องจนกิจกรรมแล้วเสร็จครบทุกหน่วยก่อสร้าง โดยพิจารณาวันเริ่มต้นของกิจกรรมจากระยะเวลาการทำงานของกิจกรรมนำหน้า กิจกรรมที่ตามมาและระยะเวลาประสิทธิผล จึงได้นำเสนอวิธีการเขียนแผนภาพและแบ่งการอธิบายออกเป็นดังนี้

- กิจกรรมเริ่มต้น
- กิจกรรมสุดท้าย
- กิจกรรมที่อยู่ระหว่างกิจกรรมนำหน้าและกิจกรรมที่ตามมา

ปัจจัยที่มีผลต่อการวางแผนงาน ได้แก่ ระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกลุ่มคนงานและจำนวนกลุ่มคนงานที่มีผลทำให้การวางแผนแตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษานี้จึงจำเป็นต้องมีการทดสอบกับการวางแผนงานหลาย ๆ กรณีเพื่อให้ครอบคลุมการวางแผนทุกรูปแบบ เพื่อให้ง่าย

ต่อความเข้าใจตัวอย่างการทดลองกำหนดให้โครงการก่อสร้างประกอบด้วยกิจกรรม 3 กิจกรรม คือ A, B และ C เพื่อเป็นการศึกษาถึงผลของการวางแผนที่เกิดจากการทำงานของกิจกรรมนำหน้า ตรงกลางหรือตามหลัง ซึ่งแต่ละกิจกรรมประกอบด้วยกลุ่มคนงานตั้งแต่ 1, 2 และ 3 กลุ่ม ที่มีระยะเวลาการทำงานตั้งแต่ 6, 12 และ 18 หน่วยต่อวันเพื่อให้สามารถทำการวางแผนด้วยมือได้โดยไม่ซับซ้อนมาก ทำให้จำนวนรูปแบบการเขียนแผนการทำงานมีจำนวนทั้งสิ้น 729 ตัวอย่าง โดยได้จัดรวบรวมไว้ในภาคผนวก เพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นในแต่ละตัวอย่าง



ภาพที่ 16 องค์ประกอบของผลการทดลอง

ภาพที่ 16 แสดงตัวอย่างผลการทดลองการวางแผน โดยแต่ละตัวอย่างประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ คือ (1) แผนภาพของแผนการทำงานของกลุ่มคนงานในแต่ละกิจกรรม, (2) เลขลำดับของผลการทดลอง, (3) จำนวนกลุ่มคนงานของแต่ละกิจกรรม, (4) ชื่อกิจกรรม, (5) ระยะเวลาการทำงานของกลุ่มคนงานในแต่ละหน่วย (วันต่อหน่วย), (6) เส้นประที่แสดงถึงวันที่แล้วเสร็จของโครงการ, (7) แกนตั้งแสดงตำแหน่งหน่วยก่อสร้าง และ (8) แกนนอนแสดงถึงระยะเวลาของโครงการ ซึ่งได้จัดลำดับผลการทดลองที่แบ่งกลุ่มตามจำนวนกลุ่มคนงานและระยะเวลาการทำงานของกลุ่มคนงานแสดงไว้ในตารางที่ 1

การกำหนดรายละเอียดในตารางที่ 1 ลำดับผลการทดลอง ประกอบด้วย หัวตารางแนวนอน (Group) หมายเลขที่นำหน้าตัวอักษร คือ จำนวนกลุ่มคนงาน และตัวอักษร คือ ชื่อ

กิจกรรม เช่น 1A2B3C หมายความว่า ผลการทดลองที่กิจกรรม A มีกลุ่มคนงาน 1 กลุ่ม กิจกรรม B มีกลุ่มคนงาน 2 กลุ่มและกิจกรรม C มีกลุ่มคนงาน 3 กลุ่มเป็นต้น และ หัวตารางแนวดิ่ง (Rate) ประกอบด้วย อัตราการทำงานของกิจกรรม A, B และ C และตัวเลขในตารางส่วนกลาง คือ ลำดับผลการทดลอง

ตารางที่ 1 ลำดับผลการทดลอง

Rate			Group								
A	B	C	1A1B1C	1A1B2C	1A1B3C	1A2B1C	1A2B2C	1A2B3C	1A3B1C	1A3B2C	1A3B3C
6	6	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		12	28	29	30	31	32	33	34	35	36
		18	55	56	57	58	59	60	61	62	63
	12	6	82	83	84	85	86	87	88	89	90
		12	109	110	111	112	113	114	115	116	117
		18	136	137	138	139	140	141	142	143	144
	18	6	163	164	165	166	167	168	169	170	171
		12	190	191	192	193	194	195	196	197	198
		18	217	218	219	220	221	222	223	224	225
12	6	6	244	245	246	247	248	249	250	251	252
		12	271	272	273	274	275	276	277	278	279
		18	298	299	300	301	302	303	304	305	306
	12	6	325	326	327	328	329	330	331	332	333
		12	352	353	354	355	356	357	358	359	360
		18	379	380	381	382	383	384	385	386	387
	18	6	406	407	408	409	410	411	412	413	414
		12	433	434	435	436	437	438	439	440	441
		18	460	461	462	463	464	465	466	467	468
18	6	6	487	488	489	490	491	492	493	494	495
		12	514	515	516	517	518	519	520	521	522
		18	541	542	543	544	545	546	547	548	549
	12	6	568	569	570	571	572	573	574	575	576
		12	595	596	597	598	599	600	601	602	603
		18	622	623	624	625	626	627	628	629	630
	18	6	649	650	651	652	653	654	655	656	657
		12	676	677	678	679	680	681	682	683	684
		18	703	704	705	706	707	708	709	710	711

ตารางที่ 1 (ต่อ)

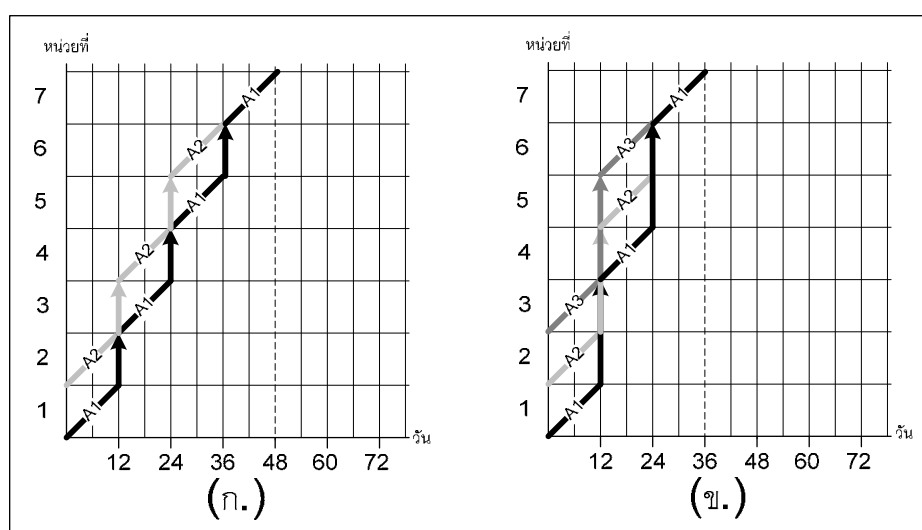
Rate			Group								
A	B	C	2A1B1C	2A1B2C	2A1B3C	2A2B1C	2A2B2C	2A2B3C	2A3B1C	2A3B2C	2A3B3C
6	6	6	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		12	37	38	39	40	41	42	43	44	45
		18	64	65	66	67	68	69	70	71	72
	1 2	6	91	92	93	94	95	96	97	98	99
		12	118	119	120	121	122	123	124	125	126
		18	145	146	147	148	149	150	151	152	153
	1 8	6	172	173	174	175	176	177	178	179	180
		12	199	200	201	202	203	204	205	206	207
		18	226	227	228	229	230	231	232	233	234
1 2	6	6	253	254	255	256	257	258	259	260	261
		12	280	281	282	283	284	285	286	287	288
		18	307	308	309	310	311	312	313	314	315
	1 2	6	334	335	336	337	338	339	340	341	342
		12	361	362	363	364	365	366	367	368	369
		18	388	389	390	391	392	393	394	395	396
	1 8	6	415	416	417	418	419	420	421	422	423
		12	442	443	444	445	446	447	448	449	450
		18	469	470	471	472	473	474	475	476	477
1 8	6	6	496	497	498	499	500	501	502	503	504
		12	523	524	525	526	527	528	529	530	531
		18	550	551	552	553	554	555	556	557	558
	1 2	6	577	578	579	580	581	582	583	584	585
		12	604	605	606	607	608	609	610	611	612
		18	631	632	633	634	635	636	637	638	639
	1 8	6	658	659	660	661	662	663	664	665	666
		12	685	686	687	688	689	690	691	692	693
		18	712	713	714	715	716	717	718	719	720

ตารางที่ 1 (ต่อ) ลำดับผลการทดลอง

Rate			Group								
A	B	C	3A1B1C	3A1B2C	3A1B3C	3A2B1C	3A2B2C	3A2B3C	3A3B1C	3A3B2C	3A3B3C
6	6	6	19	20	21	22	23	24	25	26	27
		12	46	47	48	49	50	51	52	53	54
		18	73	74	75	76	77	78	79	80	81
	12	6	100	101	102	103	104	105	106	107	108
		12	127	128	129	130	131	132	133	134	135
		18	154	155	156	157	158	159	160	161	162
	18	6	181	182	183	184	185	186	187	188	189
		12	208	209	210	211	212	213	214	215	216
		18	235	236	237	238	239	240	241	242	243
12	6	6	262	263	264	265	266	267	268	269	270
		12	289	290	291	292	293	294	295	296	297
		18	316	317	318	319	320	321	322	323	324
	12	6	343	344	345	346	347	348	349	350	351
		12	370	371	372	373	374	375	376	377	378
		18	397	398	399	400	401	402	403	404	405
	18	6	424	425	426	427	428	429	430	431	432
		12	451	452	453	454	455	456	457	458	459
		18	478	479	480	481	482	483	484	485	486
18	6	6	505	506	507	508	509	510	511	512	513
		12	532	533	534	535	536	537	538	539	540
		18	559	560	561	562	563	564	565	566	567
	12	6	586	587	588	589	590	591	592	593	594
		12	613	614	615	616	617	618	619	620	621
		18	640	641	642	643	644	645	646	647	648
	18	6	667	668	669	670	671	672	673	674	675
		12	694	695	696	697	698	699	700	701	702
		18	721	722	723	724	725	726	727	728	729

ก. กิจกรรมเริ่มต้น

กิจกรรมเริ่มต้นเป็นกิจกรรมที่ไม่มีกิจกรรมใดทำงานก่อนหน้า กิจกรรมเริ่มต้นจึงเป็นกิจกรรมที่เริ่มทำงานในเช้าของวันที่หนึ่งของโครงการ ดังนั้นการวางแผนการทำงานจึงขึ้นอยู่กับจำนวนของกลุ่มคนงานในกิจกรรมนั้น ๆ นั่นคือ กลุ่มคนงานทุกกลุ่มเริ่มต้นทำงานพร้อมกันและทำงานต่อเนื่องจนกิจกรรมแล้วเสร็จ โดยไม่จำเป็นต้องพิจารณาถึงการทำงานของกิจกรรมที่ตามมา



ภาพที่ 17 การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้น

ภาพที่ 17 แสดงถึงการวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นที่มีจำนวนกลุ่มคนงานแตกต่างกัน โดยให้กิจกรรม A เป็นกิจกรรมเริ่มต้นมีหน่วยก่อสร้างจำนวน 7 หน่วย ตามภาพที่ 17 (ก.) ประกอบด้วยกลุ่มคนงานสองกลุ่ม คือ A1 และ A2 เมื่อถึงวันเริ่มต้นของการทำงาน กลุ่มคนงานทั้งสองกลุ่มเริ่มต้นทำงานพร้อมกันและทำงานไปจนครบ 6 หน่วย คือกลุ่มคนงานทั้งสองกลุ่มรับผิดชอบการทำงานจำนวน 3 หน่วย ยังคงเหลืออีกหนึ่งหน่วยซึ่งสามารถกำหนดให้กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งทำงานหรือกลุ่มที่ทำงานแล้วเสร็จจำนวน 3 หน่วยก่อนทำงานในหน่วยสุดท้ายนี้ เช่นเดียวกันกับภาพที่ 17(ข.) ที่ประกอบด้วยกลุ่มคนงานจำนวน 3 กลุ่ม จึงให้ทั้งสามกลุ่มเริ่มต้นทำงานพร้อมกันและทำงานจนครบ 6 หน่วย คือ ทำงานกลุ่มละ 2 หน่วย และหน่วยที่เหลือจัดให้กลุ่มคนงานที่ทำงานแล้วเสร็จจำนวน 2 หน่วยเป็นกลุ่มแรกและสามารถเข้าไปทำงานในหน่วยที่เหลือได้

สำหรับการจัดกิจกรรมที่ทำงานต่อจากกิจกรรมเริ่มต้นต้องพิจารณาถึงระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลและจำนวนกลุ่มคนงานของแต่ละกิจกรรมที่มีผลต่อการกำหนดตำแหน่งของจุดควบคุมและรูปแบบของกิจกรรมที่ตามมา โดยแบ่งการอธิบายย่อยได้ดังนี้

1) เมื่อระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเริ่มต้นมากกว่า ($D_p^* > D_s^*$)

เมื่อระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเริ่มต้น (D_p^*) มากกว่าระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมที่ตามมา (D_s^*) ความชันของเส้นการทำงานของกิจกรรมเริ่มต้นจึงมีความชันน้อยกว่ากิจกรรมที่ตามมาและเส้นการทำงานของกลุ่มคนงานของกิจกรรมทั้งสองจะลู่อเข้าหากันเมื่อปริมาณการทำงานเพิ่มขึ้น จากหลักการของวิธี RSM เมื่อแต่ละกิจกรรมประกอบด้วยคนงาน 1 กลุ่ม จุดควบคุมจะอยู่ที่ลำดับการทำงานหน่วยสุดท้ายของกิจกรรมนำหน้า

ในการวิเคราะห์แผนการทำงานเมื่อกิจกรรมก่อสร้างประกอบด้วยกลุ่มคนงานมากกว่า 1 กลุ่ม จำนวนกลุ่มคนงานอาจส่งผลกระทบต่อการวางแผนงานจัดรูปแบบและตำแหน่งของจุดควบคุม ดังนั้นการวิเคราะห์จึงแบ่งย่อยออกเป็น 3 กรณี ดังนี้

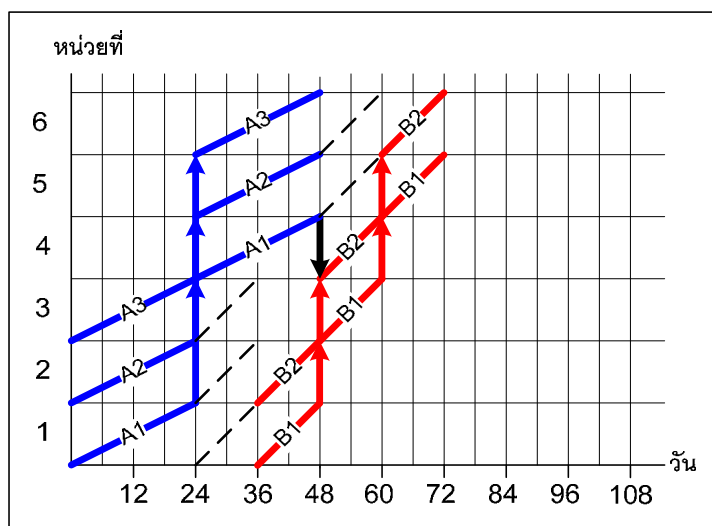
- กรณีจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมเริ่มต้นมากกว่ากิจกรรมที่ตามมา ($N_p > N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$

- กรณีจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมเริ่มต้นเท่ากับกิจกรรมที่ตามมา ($N_p = N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p = N_s$

- กรณีจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมเริ่มต้นน้อยกว่ากิจกรรมที่ตามมา ($N_p < N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p < N_s$

โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

- กรณีจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมเริ่มต้นมากกว่ากิจกรรมที่ตามมา ($N_p > N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$



ภาพที่ 18 การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$

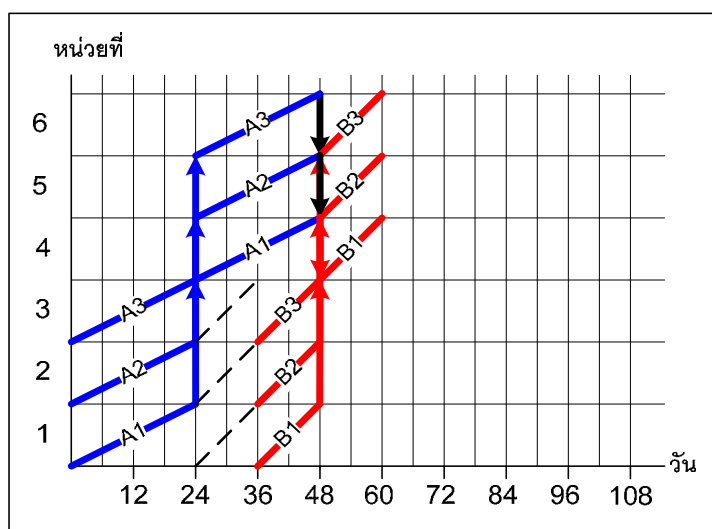
ภาพที่ 18 แสดงรูปแบบการวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเริ่มต้นมากกว่ากิจกรรมที่ตามมาและจำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมเริ่มต้นมากกว่ากิจกรรมที่ตามมา โดยกำหนดหน่วยก่อสร้างจำนวน 6 หน่วย และให้กิจกรรม A ประกอบด้วยกลุ่มคนงานจำนวน 3 กลุ่ม คือ A1, A2 และ A3 แต่ละกลุ่มมีระยะเวลาทำงาน 24 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 8 วันต่อหน่วย ($24/3=8$) มีรอบการทำงาน 2 รอบ (6 หน่วย/3 กลุ่ม = 2 รอบ) รอบการทำงานละ 24 วัน จึงใช้เวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 48 วัน ($24 \times 2=48$) และกิจกรรม B ประกอบด้วยกลุ่มคนงาน 2 กลุ่ม คือ B1 และ B2 แต่ละกลุ่มมีระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 12 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 6 วันต่อหน่วย มีรอบการทำงาน 2 รอบและใช้เวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 36 วัน

เริ่มต้นโดยการจัดรูปแบบกลุ่มคนงานของกิจกรรมเริ่มต้น ซึ่งจัดตามหลักการที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ผ่านมา คือ ให้กลุ่มคนงานเริ่มต้นทำงานพร้อมกันทุกกลุ่ม จะเห็นว่ากลุ่มคนงานของกิจกรรม A แต่ละกลุ่มทำงานจำนวน 2 หน่วยหรือ 2 รอบการทำงานและแล้วเสร็จในวันที่ 48 ต่อจากนั้นจึงเป็นการวางแผนของกิจกรรม B โดยสมมติให้หน่วยก่อสร้างทุกหน่วยของกิจกรรม B ทำงานต่อจากกิจกรรม A ที่ทำงานแล้วเสร็จในแต่ละหน่วย (เส้นประ) จะเห็น

ว่ากลุ่มคนงานกิจกรรม B ไม่ได้ทำงานอย่างต่อเนื่องจึงต้องทำการเลื่อนการเริ่มต้นทำงานในบางหน่วยก่อสร้าง จึงให้กลุ่มคนงาน B1 และ B2 ของหน่วยก่อสร้างที่ 1 และ 2 เริ่มต้นทำงานพร้อมกัน และเลื่อนการทำงานของหน่วยที่เหลือออกมาเพื่อให้การทำงานของกลุ่มคนงานมีความต่อเนื่องกัน แต่จะพบว่ากลุ่มคนงาน B2 ของหน่วยที่ 4 ในรอบการทำงานที่สองไม่เริ่มต้นทำงานได้ เนื่องจากงานกิจกรรม A ของหน่วยที่ 4 ยังไม่แล้วเสร็จ จึงต้องทำการปรับแก้อีกครั้ง

เมื่อการวางแผนในครั้งแรกคิดจัดในหน่วยที่ 4 จึงแก้ไขโดยการทดลองให้กลุ่มคนงาน B2 ที่ทำงานหน่วยก่อสร้างที่ 4 ทำงานต่อจากกิจกรรม A และจัดการทำงานของกลุ่มคนงานกลุ่มอื่นที่ทำงานในรอบการทำงานเดียวกันกับกลุ่มคนงาน B2 ในหน่วยที่ 4 ให้ทำงานพร้อมกันและเลื่อนการทำงานของหน่วยที่เหลือเพื่อทำให้การทำงานของงานมีความต่อเนื่องกัน ซึ่งจะได้รูปแบบการวางแผนการทำงาน (เส้นทึบ) จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาการทำงานประสิทธิภาพของกิจกรรมนำหน้ามากกว่ากิจกรรมที่ตามมาตำแหน่งของจุดควบคุมอยู่ที่การทำงานในรอบสุดท้ายของกิจกรรมนำหน้าซึ่งเป็นไปตามหลักการของวิธี RSM

- กรณีจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมเริ่มต้นเท่ากับกิจกรรมที่ตามมา ($N_p = N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p = N_s$



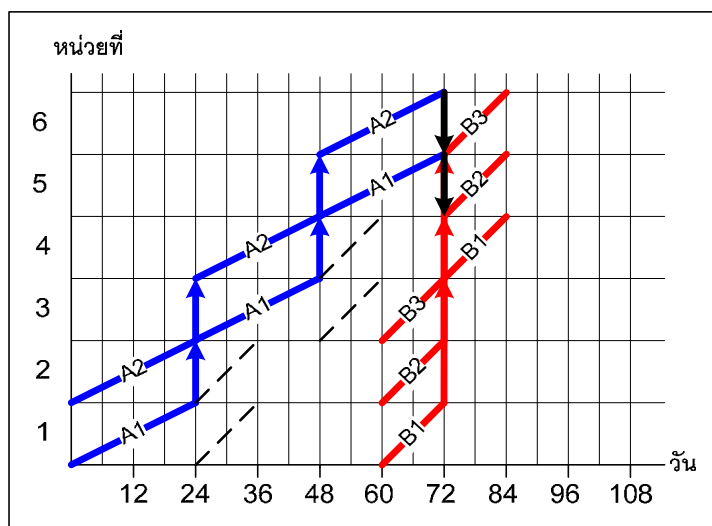
ภาพที่ 19 การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p = N_s$

ภาพที่ 19 แสดงรูปแบบการวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเริ่มต้นมากกว่ากิจกรรมที่ตามมาและจำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมเริ่มต้นเท่ากับกิจกรรมที่ตามมา โดยให้กิจกรรม A ประกอบด้วยกลุ่มคนงานจำนวน 3 กลุ่ม คือ A1, A2 และ A3 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 24 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 8 วันต่อหน่วย ($24/3=8$) แต่ละกลุ่มทำงาน 2 รอบ ($6/3=2$) และใช้ระยะเวลารวมเท่ากับ 48 วัน ($2 \times 24=48$) และกิจกรรม B ประกอบด้วยกลุ่มคนงาน 3 กลุ่ม คือ B1, B2 และ B3 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 12 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 4 วันต่อหน่วย แต่ละกลุ่มทำงาน 2 รอบและใช้เวลาทำงานรวมเท่ากับ 24 วัน

การวางแผนเริ่มต้นโดยการจัดรูปแบบกลุ่มคนงานของกิจกรรม A ซึ่งเป็นกิจกรรมนำหน้าและจากนั้นจึงเป็นการวางแผนของกิจกรรม B โดยสมมติให้หน่วยก่อสร้างทุกหน่วยของกิจกรรม B ทำงานต่อจากกิจกรรม A ที่ทำงานแล้วเสร็จในแต่ละหน่วย (เส้นประ) เช่นเดียวกับหัวข้อที่ผ่านมา จะเห็นว่ากลุ่มคนงานกิจกรรม B ไม่ได้ทำงานอย่างต่อเนื่องจึงต้องทำการเลื่อนการเริ่มต้นทำงานในบางหน่วยก่อสร้าง จึงให้กลุ่มคนงาน B1, B2 และ B3 ของหน่วยก่อสร้างที่ 1, 2 และ 3 เริ่มต้นทำงานพร้อมกันและเลื่อนการทำงานของหน่วยที่เหลือออกมาเพื่อให้การทำงานของกลุ่มคนงานมีความต่อเนื่องกัน แต่จะพบว่าการทำงานของหน่วยที่ 4 ไม่เริ่มต้นทำงานได้ เนื่องจากงานกิจกรรม A ของหน่วยที่ 4 ยังไม่แล้วเสร็จ จึงต้องทำการปรับแก้อีกครั้ง

เมื่อการวางแผนในครั้งแรกติดขัดในหน่วยที่ 4 จึงแก้ไขโดยการทดลองให้กลุ่มคนงาน B1 ที่ทำงานหน่วยก่อสร้างที่ 4 ทำงานต่อจากกิจกรรม A และจัดการทำงานของกลุ่มคนงานกลุ่มอื่นที่ทำงานในรอบการทำงานเดียวกันกับกลุ่มคนงาน B1 ในหน่วยที่ 4 ให้ทำงานพร้อมกันและเลื่อนการทำงานของหน่วยที่เหลือเพื่อทำให้การทำงานมีความต่อเนื่องกัน ซึ่งจะได้รูปแบบการวางแผนการทำงาน (เส้นทึบ) จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมนำหน้ามากกว่ากิจกรรมที่ตามมาตำแหน่งของจุดควบคุมอยู่ที่การทำงานในรอบสุดท้ายของกิจกรรมนำหน้าซึ่งเป็นไปตามหลักการของวิธี RSM เช่นกัน

- กรณีจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมเริ่มต้นมีน้อยกว่ากิจกรรมที่ตามมา ($N_p < N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p < N_s$



ภาพที่ 20 การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p < N_s$

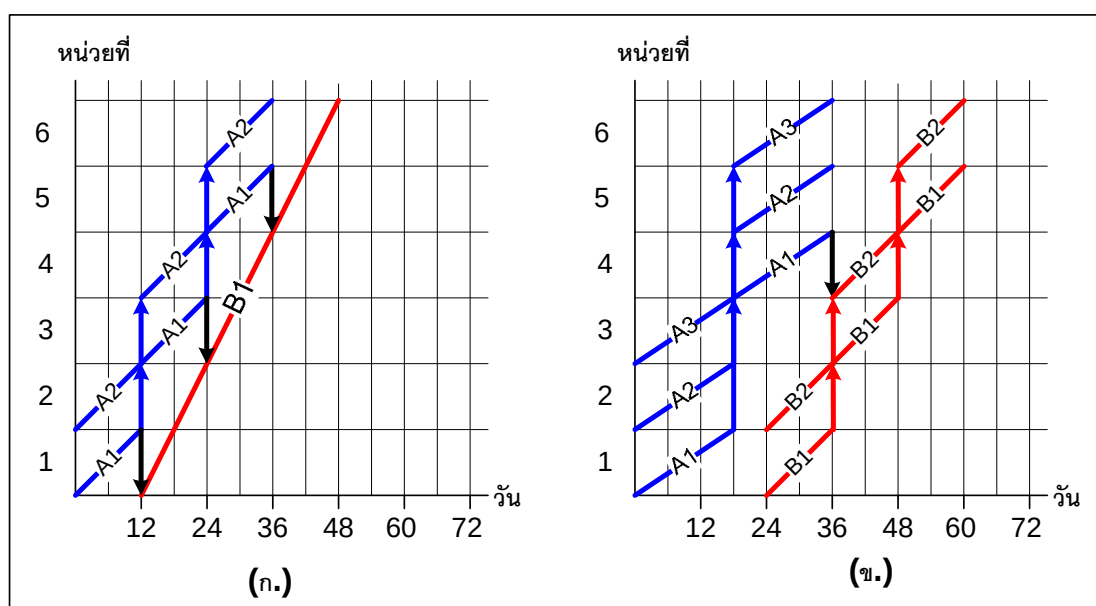
ภาพที่ 20 แสดงรูปแบบการวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเริ่มต้นมากกว่ากิจกรรมที่ตามมาแต่จำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมเริ่มต้นน้อยกว่ากิจกรรมที่ตามมา โดยให้กิจกรรม A ประกอบด้วยกลุ่มคนงานจำนวน 2 กลุ่ม คือ A1 และ A2 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 24 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 12 วันต่อหน่วย ($24/2=12$) ใช้เวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 3 รอบ ($6/2=3$) จึงใช้ระยะเวลาเท่ากับ 72 วัน ($3 \times 24=72$) และกิจกรรม B ประกอบด้วยกลุ่มคนงาน 3 กลุ่ม คือ B1, B2 และ B3 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 12 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 4 วันต่อหน่วย ($12/3=4$) และใช้เวลาทำงาน 2 รอบ ($6/3=2$) และใช้เวลาทำงานเท่ากับ 24 วัน ($2 \times 12=24$)

เมื่อจัดกลุ่มคนงานของกิจกรรม A แล้วเสร็จ จึงเป็นการวางแผนของกิจกรรม B โดยให้การทำงานของกิจกรรม B ทุกหน่วยทำงานต่อจากกิจกรรม A ทันทีเมื่อแล้วเสร็จ (เส้นประ) แต่จะเห็นว่าการทำงานของกิจกรรม B ไม่ต่อเนื่องกันจึงต้องเลื่อนการทำงานของกิจกรรม B ในบางส่วนออกไป จึงให้กลุ่มคนงาน B3 ในหน่วยก่อสร้างที่ 6 ทำงานต่อจากกลุ่มคนงาน A2 และจัดการทำงานของกลุ่มคนงานที่ทำงานในรอบการทำงานเดียวกันให้เริ่มต้นพร้อม

กัน แล้วจึงเลื่อนการทำงานที่เหลือเพื่อให้การทำงานของกิจกรรม B มีความต่อเนื่องกัน (เส้นทึบ) เมื่อระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมนำหน้ามากกว่ากิจกรรมที่ตามมาจุดควบคุมจะอยู่ที่หน่วยก่อสร้างในรอบการทำงานสุดท้ายของกิจกรรมนำหน้าตามหลักของวิธี RSM เช่นเดียวกัน

2) เมื่อระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเริ่มต้นเท่ากับกิจกรรมที่ตามมา ($D_p^* = D_s^*$)

เมื่อระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเริ่มต้น (D_p^*) เท่ากับระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมที่ตามมา (D_s^*) ความชันของเส้นการทำงานของกิจกรรมเริ่มต้นจึงมีความชันที่เท่ากับกิจกรรมที่ตามมาและการทำงานของกิจกรรมทั้งสองจะขนานกันไปตลอดการทำงาน สำหรับกรณีที่กิจกรรมมีระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลเท่ากันจะพบจุดควบคุมเพิ่มขึ้นหรือมีมากกว่าหนึ่งจุดเมื่อจำนวนหน่วยก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น

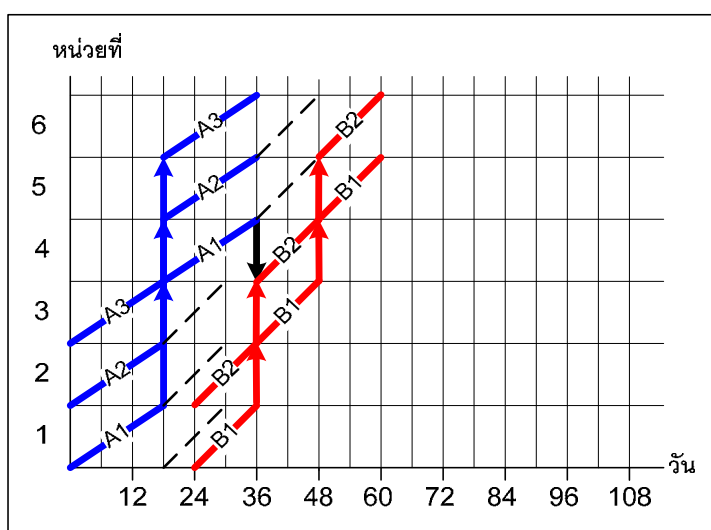


ภาพที่ 21 การวางแผนกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเท่ากัน ($D_p^* = D_s^*$)

ภาพที่ 21 แสดงรูปแบบการวางแผนของกิจกรรมที่ตามมาเมื่อระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเท่ากัน ภาพที่ 21(ก.) จะเห็นว่าจุดควบคุมมีมากกว่าหนึ่งจุดที่วันแล้วเสร็จของรอบการทำงานของกลุ่มคนงาน A1 นอกจากนี้จำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมทั้ง

สอง อาจส่งผลกระทบต่อข้อกำหนดจุดควบคุม จึงได้นำเสนอรูปแบบการจัดได้อีก 3 กรณี เช่นเดียวกับในหัวข้อ “เมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเริ่มต้นมากกว่า ($D_p^* > D_s^*$)” โดยมีกรณีปลีกย่อย 3 กรณี ดังนี้

- กรณีจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมเริ่มต้นมากกว่ากิจกรรมที่ตามมา ($N_p > N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* = D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$

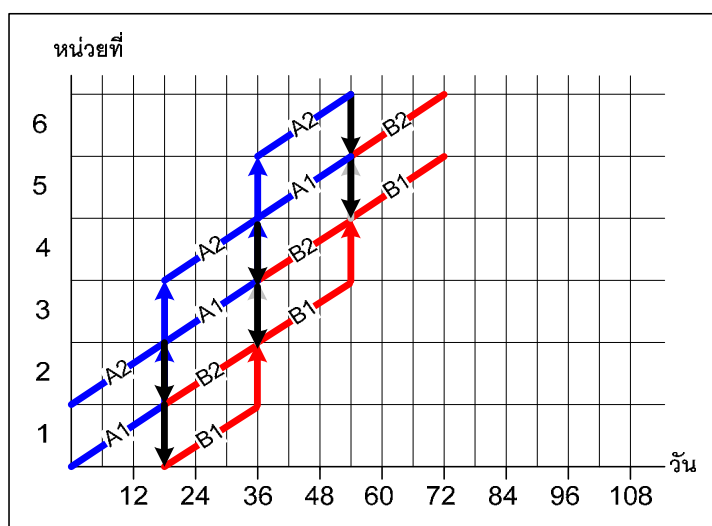


ภาพที่ 22 การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* = D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$

ภาพที่ 22 แสดงรูปแบบการวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเริ่มต้นเท่ากับกิจกรรมที่ตามมาและจำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมเริ่มต้นมากกว่ากิจกรรมที่ตามมา โดยกำหนดหน่วยก่อสร้างจำนวน 6 หน่วย และให้กิจกรรม A ประกอบด้วยกลุ่มคนงานจำนวน 3 กลุ่ม คือ A1, A2 และ A3 แต่ละกลุ่มใช้เวลาทำงาน 18 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 6 วันต่อหน่วย ($18/3=6$) มีรอบการทำงานเท่ากับ 2 รอบ ($6/3=2$) และใช้เวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 36 วัน ($2 \times 18=36$) และกิจกรรม B คือ B1 และ B2 แต่ละกลุ่มมีระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 12 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 6 วันต่อหน่วย ($12/2=6$) มีรอบการทำงาน 3 รอบ ($6/2=3$) และใช้ระยะเวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 36 วัน ($3 \times 12=36$)

ในการวางแผนจัดรูปแบบของกลุ่มคนงานเมื่อได้จัดกลุ่มคนงานของกิจกรรม A ที่มีกลุ่มคนงาน 3 กลุ่มแล้วเสร็จ จากนั้นเป็นการวางแผนของกิจกรรม B เช่นเดียวกับที่ผ่านมา เมื่อได้ทำการวางแผนของกิจกรรม B แล้วจะพบปัญหาเช่นเดียวกับเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$ คือ งานของกิจกรรม A หน่วยที่ 4 ยังไม่เสร็จไม่สามารถให้กิจกรรม B ทำงานต่อได้ในวันที่ 36 จึงต้องทำการปรับแก้อีกครั้งเช่นเดียวกับกรณี $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$ และได้รูปแบบการวางแผนตามภาพ

- กรณีจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมเริ่มต้นเท่ากับกิจกรรมที่ตามมา ($N_p = N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* = D_s^*$ กรณี $N_p = N_s$

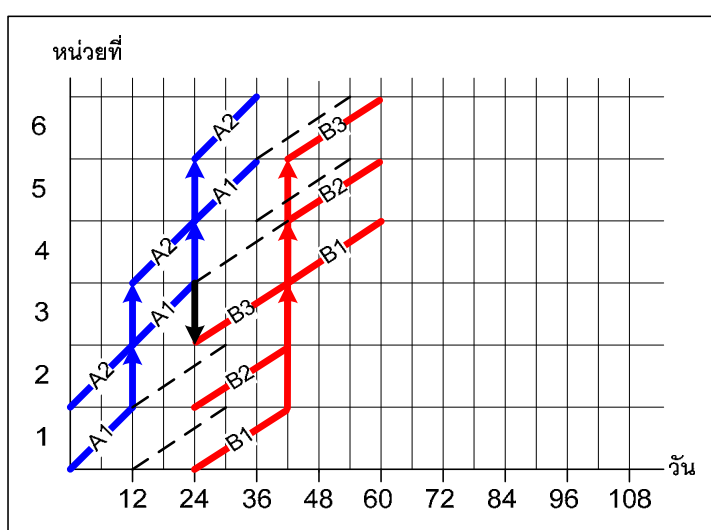


ภาพที่ 23 การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* = D_s^*$ กรณี $N_p = N_s$

ภาพที่ 23 แสดงรูปแบบการวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเริ่มต้นเท่ากับกิจกรรมที่ตามมาและมีจำนวนกลุ่มคนงานเท่ากัน โดยให้กิจกรรม A ประกอบด้วยกลุ่มคนงานจำนวน 2 กลุ่ม คือ A1 และ A2 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 18 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 9 วันต่อหน่วย ใช้เวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 3 รอบและใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 54 วัน และกิจกรรม B ประกอบด้วยกลุ่มคนงาน 2 กลุ่ม คือ B1 และ B2 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 18 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 9 วันต่อหน่วยและใช้เวลาทำกิจกรรมเท่ากับ 3 รอบและใช้เวลาทำงานเท่ากับ 54 วัน เช่นเดียวกับกิจกรรม A

การวางแผนจัดรูปแบบของกลุ่มคนงานเมื่อได้จัดกลุ่มคนงานของกิจกรรม A ที่มีกลุ่มคนงาน 3 กลุ่มแล้วเสร็จ จากนั้นเป็นการวางแผนของกิจกรรม B เช่นเดียวกับที่ผ่านมา โดยการวางแผนสามารถให้แต่ละหน่วยทำงานต่อเนื่องได้ เนื่องจากกลุ่มคนงานมีจำนวนและระยะเวลาการทำงานที่เท่ากัน

- กรณีจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมเริ่มต้นน้อยกว่ากิจกรรมที่ตามมา ($N_p < N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D^*_p = D^*_s$ กรณี $N_p < N_s$



ภาพที่ 24 การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D^*_p = D^*_s$ กรณี $N_p < N_s$

ภาพที่ 24 แสดงรูปแบบการวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเริ่มต้นเท่ากับกิจกรรมที่ตามมาและจำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมเริ่มต้นน้อยกว่ากิจกรรมที่ตามมา ให้กิจกรรม A ประกอบด้วยกลุ่มคนงานจำนวน 2 กลุ่ม คือ A1 และ A2 แต่ละกลุ่มสามารถทำงานได้ 12 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 6 วันต่อหน่วยมีรอบการทำงาน 3 รอบ ใช้เวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 36 วัน และกิจกรรม B คือ B1, B2 และ B3 แต่ละกลุ่มมีระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 18 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 6 วันต่อหน่วยมีรอบการทำงาน 2 รอบและใช้ระยะเวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 36 วัน

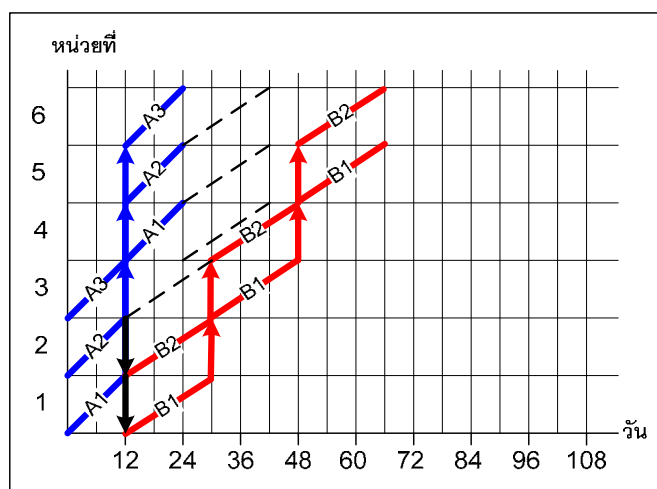
ในการวางแผนการทำงานของของกลุ่มคนงานเมื่อได้จัดกลุ่มคนงานของกิจกรรม A ที่มีกลุ่มคนงาน 2 กลุ่มทำงานกลุ่มละ 3 หน่วยแล้วเสร็จ จึงเป็นการวางแผนของกิจกรรม

B โดยให้ทุกหน่วยก่อสร้างทำงานต่อเนื่องทันที (เส้นประ) แต่จะเห็นว่าการทำงานในหน่วยที่ 3 และ 4 ยังเริ่มทำงานไม่ได้ เนื่องจากการทำงานของหน่วยที่ทำงานนำหน้ายังไม่แล้วเสร็จซึ่งมีลักษณะของปัญหาเช่นเดียวกับเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$ และเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p = N_s$ คือ งานของกิจกรรม A ในบางหน่วยยังทำงานไม่เสร็จ จึงต้องทำการปรับแก้อีกครั้งเช่นเดียวกับกรณี $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$ โดยให้หน่วยที่ 3 และ 4 ทำงานต่อเนื่องจากกิจกรรม A และปรับการทำงาน of หน่วยก่อสร้างอื่นได้รูปแบบการวางแผนตามภาพ

3) เมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเริ่มต้นน้อยกว่า ($D_p^* < D_s^*$)

ในกรณีที่ระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเริ่มต้น (D_p^*) น้อยกว่าระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมที่ตามมา (D_s^*) แนวของเส้นการทำงานของกิจกรรมเริ่มต้นจะมีความชันมากกว่าของกิจกรรมที่ตามมาและการทำงานของกลุ่มคนงานทั้งสองคู่ ออกจากกันเมื่อจำนวนหน่วยก่อสร้างเพิ่มขึ้น จากหลักการของวิธี RSM เมื่อระยะเวลาการทำงาน of กิจกรรมนำหน้าเร็วกว่ากิจกรรมที่ตามมาจุดควบคุมจะอยู่ที่วันที่แล้วเสร็จในหน่วยเริ่มต้นของกิจกรรมนำหน้า

- กรณีจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมเริ่มต้นมากกว่ากิจกรรมที่ตามมา ($N_p > N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* < D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$

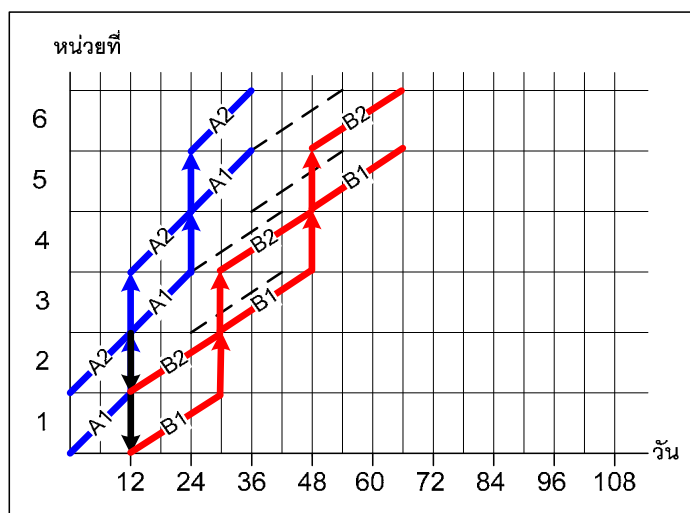


ภาพที่ 25 การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* < D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$

ภาพที่ 25 แสดงรูปแบบการวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเริ่มต้นน้อยกว่ากิจกรรมที่ตามมาแต่จำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมเริ่มต้นมากกว่ากิจกรรมที่ตามมา โดยให้กิจกรรม A ประกอบด้วยกลุ่มคนงานจำนวน 3 กลุ่ม คือ A1, A2 และ A3 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 12 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 4 วันต่อหน่วย ใช้เวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 2 รอบจึงใช้ระยะเวลาเท่ากับ 24 วัน และกิจกรรม B ประกอบด้วยกลุ่มคนงาน 2 กลุ่ม คือ B1 และ B2 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 18 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 9 วันต่อหน่วยและใช้เวลาทำกิจกรรมเท่ากับ 3 รอบและเวลาทำงานเท่ากับ 54 วัน

เมื่อจัดกลุ่มคนงานของกิจกรรม A แล้วเสร็จ จึงเป็นการวางแผนจัดกลุ่มคนงานของกิจกรรม B โดยให้ทุกหน่วยก่อสร้างของกิจกรรม B ทำงานต่อจากกิจกรรม A ทันทีเมื่อแล้วเสร็จ (เส้นประ) แต่การทำงานของกิจกรรม B ในบางหน่วยก่อสร้างยังไม่สามารถเริ่มต้นได้เนื่องจากการทำงานของหน่วยก่อสร้างนำหน้าของกลุ่มคนงานเดียวกันยังไม่แล้วเสร็จ จึงต้องเลื่อนการทำงานของกิจกรรม B ในบางส่วนออก จึงให้กลุ่มคนงาน B1 ในหน่วยก่อสร้างเริ่มต้นทำงานต่อจากกลุ่มคนงาน A1 แล้วจึงเลื่อนการทำงานรอบที่เหลือเพื่อทำให้การทำงานของกิจกรรม B มีความต่อเนื่องกัน (เส้นทึบ) จะเห็นว่าเมื่อกิจกรรมนำหน้ามีระยะเวลาการทำงานน้อยกว่ากิจกรรมที่ตามมาจะทำให้จุดควบคุมอยู่ที่วันที่ทำงานแล้วเสร็จของหน่วยก่อสร้างเริ่มต้นของกิจกรรมนำหน้า นอกจากนั้นเมื่อจัดกลุ่มคนงานแล้วเสร็จเห็นว่ากลุ่มคนงาน B2 ของรอบการทำงานเริ่มต้นทำงานต่อจากกลุ่มคนงาน A2 รอบเริ่มต้นเช่นกัน แสดงว่ากลุ่มคนงาน A2 รอบการทำงานเริ่มต้นเป็นจุดควบคุมการทำงานด้วย

- กรณีจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมเริ่มต้นเท่ากับกิจกรรมที่ตามมา ($N_p = N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* < D_s^*$ กรณี $N_p = N_s$



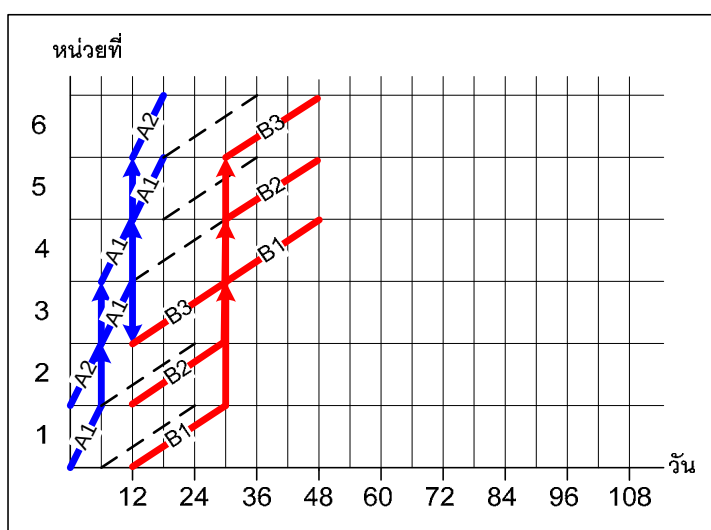
ภาพที่ 26 การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D^*_p < D^*_s$ กรณี $N_p = N_s$

ภาพที่ 26 แสดงรูปแบบการวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเริ่มต้นน้อยกว่ากิจกรรมที่ตามมาและทั้งสองกิจกรรมมีจำนวนกลุ่มคนงานเท่ากัน โดยให้กิจกรรม A ประกอบด้วยกลุ่มคนงานจำนวน 2 กลุ่ม คือ A1 และ A2 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 12 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 6 วันต่อหน่วย ใช้เวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 3 รอบและใช้ระยะเวลาเท่ากับ 36 วัน และกิจกรรม B ประกอบด้วยกลุ่มคนงาน 2 กลุ่ม คือ B1 และ B2 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 18 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 9 วันต่อหน่วยและใช้ระยะเวลาทำกิจกรรมเท่ากับ 3 รอบ เวลาทำงานของกิจกรรมเท่ากับ 54 วัน

เมื่อวางแผนการทำงานของกิจกรรม A แล้วเสร็จ จึงวางแผนการทำงานของกิจกรรม B โดยการให้การทำงานของกิจกรรม B ทุกหน่วยทำงานต่อจากกิจกรรม A ทันทีเมื่อแล้วเสร็จ (เส้นประ) แต่จะเห็นว่าการทำงานของกิจกรรม B ในบางหน่วยก่อสร้างยังไม่สามารถเริ่มต้นได้ เนื่องจากการทำงานของหน่วยก่อสร้างนำหน้าของกลุ่มคนงานเดียวกันยังไม่แล้วเสร็จ จึงต้องเลื่อนการทำงานของกิจกรรม B ในบางส่วน และให้กลุ่มคนงาน B1 หรือในหน่วยก่อสร้างเริ่มต้นทำงานต่อจากกลุ่มคนงาน A1 หรือ A2 และเลื่อนการทำงานของกลุ่มคนงานทุกกลุ่มในรอบการทำงานเดียวกันให้เริ่มต้นทำงานพร้อมกันแล้วจึงเลื่อนการทำงานที่เหลือเพื่อทำให้การทำงานของกิจกรรม B มีความต่อเนื่องกัน (เส้นทึบ) ซึ่งจะเห็นจุดควบคุมระหว่างกลุ่มคนงาน A1 และ B1 ในหน่วยก่อสร้างเริ่มต้น นอกจากนั้นเมื่อจัดกลุ่มคนงานแล้วเสร็จจะเห็นว่ากลุ่มคนงาน B2 ของ

รอบการทำงานเริ่มต้นทำงานต่อจากกลุ่มคนงาน A2 รอบเริ่มต้นเช่นกัน แสดงว่ากลุ่มคนงาน A2 รอบการทำงานเริ่มต้นเป็นจุดควบคุมการทำงานด้วยเช่นเดียวกันกับการวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้น เมื่อ $D_p^* < D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$

- กรณีจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมเริ่มต้นน้อยกว่ากิจกรรมที่ตามมา ($N_p < N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* < D_s^*$ กรณี $N_p < N_s$



ภาพที่ 27 การวางแผนของกิจกรรมเริ่มต้นเมื่อ $D_p^* < D_s^*$ กรณี $N_p < N_s$

ภาพที่ 27 แสดงรูปแบบการวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเริ่มต้นน้อยกว่ากิจกรรมที่ตามมาและจำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมเริ่มต้นน้อยกว่ากิจกรรมที่ตามมาเช่นกัน โดยกำหนดหน่วยก่อสร้างจำนวน 6 หน่วย และให้กิจกรรม A ประกอบด้วยกลุ่มคนงานจำนวน 2 กลุ่ม คือ A1 และ A2 แต่ละกลุ่มสามารถทำงานได้ 6 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 3 วันต่อหน่วยและมีรอบการทำงาน 3 รอบ ใช้เวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 18 วัน และกิจกรรม B ประกอบด้วยกลุ่มคนงาน B1, B2 และ B3 แต่ละกลุ่มมีระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 18 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 6 วันต่อหน่วยรอบการทำงาน 2 รอบและใช้เวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 36 วัน

เมื่อจัดรูปแบบกลุ่มคนงานโดยการจัดกิจกรรมเริ่มต้นตามหลักการที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ผ่านมาแล้วเสร็จ จะเห็นว่ากลุ่มคนงานของกิจกรรม A แต่ละกลุ่มจะทำงาน

จำนวน 3 หน่วยหรือรอบการทำงาน 3 รอบ จากนั้นจึงเป็นการวางแผนของกิจกรรม B โดยสมมติให้หน่วยก่อสร้างทุกหน่วยของกิจกรรม B ทำงานต่อจากกิจกรรม A ที่ทำงานแล้วเสร็จ (เส้นประ) จะเห็นว่ากลุ่มคนงานไม่ได้ทำงานอย่างต่อเนื่องจึงต้องทำการเลื่อนการทำงานออกไป และให้กลุ่มคนงาน B1 ของการทำงานหน่วยแรกทำงานต่อจากกลุ่มคนงานของกิจกรรม A ที่ทำงานในหน่วยก่อสร้างเริ่มต้น เมื่อกลุ่มคนงานของกิจกรรม B ทำงานจำนวนที่เท่ากันจึงให้กลุ่มคนงาน B1 และ B2 ทำงานเริ่มต้นพร้อมกันและเลื่อนการทำงานของหน่วยที่เหลือออกมาเพื่อให้การทำงานของกลุ่มคนงานมีความต่อเนื่องกัน แต่จะพบว่ากลุ่มคนงาน B1 ของหน่วยที่ 3 ไม่สามารถเริ่มต้นการทำงานได้ เนื่องจากงานกิจกรรม A ของหน่วยที่ 3 ยังไม่แล้วเสร็จในวันที่ 6 จึงต้องทำการปรับแก้อีกครั้ง

เมื่อทำการวางแผนอีกครั้งโดยการแก้ไขในหน่วยที่ 3 จึงให้กลุ่มคนงานของกิจกรรม B ที่ทำงานในหน่วยก่อสร้างที่ 3 ทำงานต่อจากกลุ่มคนงานของกิจกรรม A ที่ทำงานในหน่วยที่ 3 ทันที และจัดการทำงานของกลุ่มคนงานกลุ่มอื่นที่ทำงานในรอบการทำงานเดียวกันกับกลุ่มคนงาน B3 ในหน่วยที่ 3 ให้เริ่มต้นทำงานพร้อมกันและเลื่อนการทำงานของหน่วยที่เหลือเพื่อให้การทำงานมีความต่อเนื่องกัน ทำให้การทำงานของกลุ่มคนงานทั้งสองกิจกรรมทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

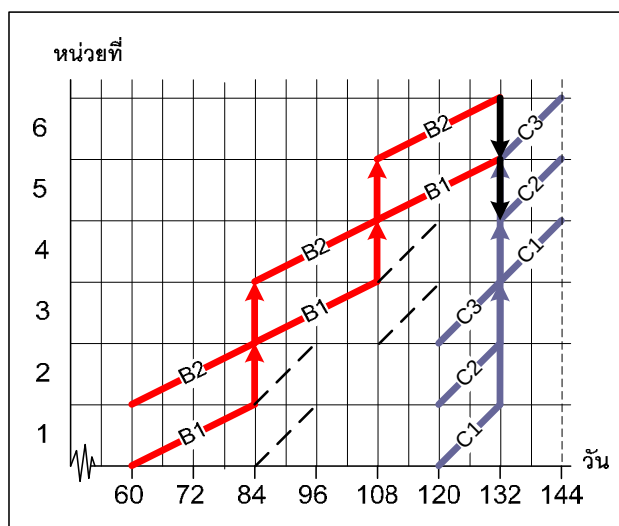
ข. กิจกรรมสุดท้าย

กิจกรรมสุดท้ายเป็นกิจกรรมซึ่งไม่มีกิจกรรมหรืองานใดทำงานต่อจากกิจกรรมสุดท้ายอีก ดังนั้นวิธีการจัดรูปแบบของกลุ่มคนงานจึงขึ้นอยู่กับรูปแบบการทำงานของกลุ่มคนงานที่ทำในกิจกรรมนำหน้า โดยการพิจารณาถึงจุดควบคุมของกิจกรรมนำหน้า ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลและจำนวนกลุ่มคนงานของทั้งกิจกรรมนำหน้าและกิจกรรมสุดท้าย การจัดรูปแบบของกิจกรรมสุดท้ายสามารถแบ่งการอธิบายย่อยได้ดังนี้

1) เมื่อระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมสุดท้ายน้อยกว่า ($D^*_p > D^*_s$)

เมื่อระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมนำหน้า (D^*_p) มากกว่าระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมสุดท้าย (D^*_s) แนวของเส้นการทำงานของ

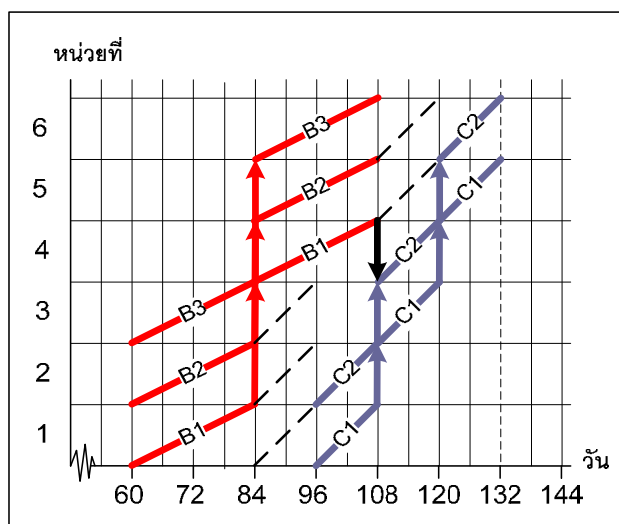
กิจกรรมนำหน้าจึงมีความชันน้อยกว่ากิจกรรมสุดท้ายและคู่เข้าหากันเมื่อปริมาณการทำงานเพิ่มขึ้น และจุดควบคุมอยู่ที่ลำดับการทำงานหน่วยสุดท้ายของกิจกรรมนำหน้า



ภาพที่ 28 การวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมสุดท้ายน้อยกว่า ($D_p^* > D_s^*$)

ภาพที่ 28 แสดงรูปแบบการวางแผนของกิจกรรมสุดท้าย เมื่อระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมนำหน้ามากกว่า โดยให้กิจกรรม C เป็นกิจกรรมสุดท้ายและกิจกรรม B เป็นกิจกรรมนำหน้า โดยเริ่มต้นวางแผนการทำงานของกิจกรรม B ซึ่งกิจกรรมนำหน้าให้มีรูปแบบตามที่กำหนดไว้ จากนั้นจึงวางแผนการทำงานของกิจกรรมสุดท้าย โดยให้ทุกกลุ่มคนงานเริ่มต้นเร็วที่สุด คือ การทำงานต่อจากกิจกรรม B ทันทีที่หน่วยก่อสร้างแล้วเสร็จ แต่ถ้าหากการทำงานของกลุ่มคนงานในกิจกรรมสุดท้ายขาดความต่อเนื่องหรือไม่สามารถทำงานตามหลักการของวิธี RSM ได้ จึงจำเป็นต้องทำการปรับแก้โดยการเลื่อนการทำงานบางกลุ่ม และจึงพิจารณาถึงตำแหน่งของจุดควบคุมเพื่อกำหนดเส้นทางของกิจกรรมวิกฤติ นอกจากนี้จำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมนำหน้า อาจส่งผลกระทบต่อข้อกำหนดจุดควบคุม จึงได้นำเสนอรูปแบบการจัดได้อีก 3 กรณี ดังนี้

- เมื่อจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมนำหน้ามากกว่ากิจกรรมสุดท้าย ($N_p > N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$



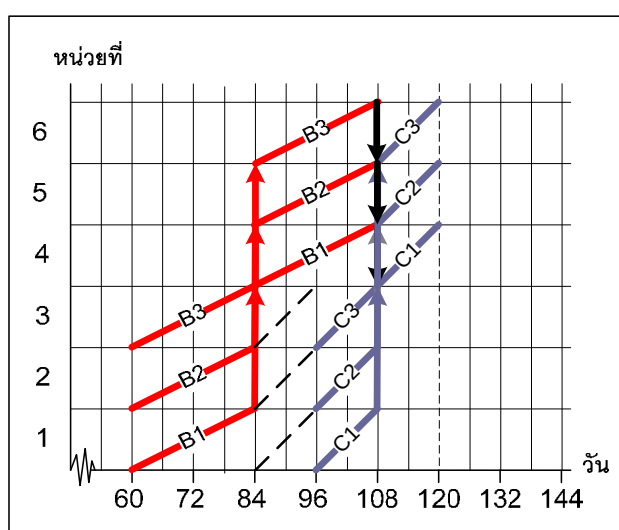
ภาพที่ 29 การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$

ภาพที่ 29 แสดงรูปแบบการวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมนำหน้ามากกว่ากิจกรรมสุดท้ายและจำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมนำหน้ามากกว่ากิจกรรมสุดท้าย โดยกำหนดหน่วยก่อสร้างจำนวน 6 หน่วย และให้กิจกรรม B ซึ่งเป็นกิจกรรมนำหน้า ประกอบด้วยกลุ่มคนงานจำนวน 3 กลุ่ม คือ B1, B2 และ B3 แต่ละกลุ่มสามารถทำงานได้ 24 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 8 วันต่อหน่วยรอบการทำงาน 2 รอบ ใช้เวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 48 วัน และกิจกรรม C เป็นกิจกรรมสุดท้าย มีกลุ่มคนงาน 2 กลุ่ม คือ C1 และ C2 แต่ละกลุ่มมีระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 12 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 6 วันต่อหน่วยรอบการทำงาน 3 รอบและใช้เวลาในการทำงานกิจกรรม C เท่ากับ 36 วัน

เมื่อกิจกรรมนำหน้าได้ถูกจัดรูปแบบแล้ว จากนั้นจึงเป็นการวางแผนของกิจกรรม C โดยสมมติให้หน่วยก่อสร้างทุกหน่วยของกิจกรรม C ทำงานต่อจากกิจกรรม B ที่ทำงานแล้วเสร็จ (เส้นประ) ซึ่งเห็นว่ากลุ่มคนงานไม่ได้ทำงานอย่างต่อเนื่องจึงต้องทำการเลื่อนการทำงานของบางหน่วยการทำงาน จึงทดลองให้การทำงานของกลุ่มคนงาน C1 และ C2 ที่ทำงานหน่วยก่อสร้างที่ 1 และ 2 ทำงานต่อเนื่องจากกลุ่มคนงาน B1 และ B2 ที่ทำงานหน่วยก่อสร้างที่ 1 และ 2 และเลื่อนการทำงานของหน่วยก่อสร้างที่เหลือออกไปเพื่อให้มีรูปแบบการทำงานตามที่ได้กำหนดไว้ แต่จะทำให้การทำงานของกลุ่มคนงาน C2 ในหน่วยก่อสร้างที่ 4 ไม่สามารถเริ่มต้นทำงานได้ เนื่องจากการทำงานของกลุ่มคนงาน B1 ในหน่วยก่อสร้างที่ 4 ซึ่งทำงานนำหน้ายังไม่แล้ว

เสร็จ จึงต้องทำการปรับแก้อีกครั้ง โดยการแก้ไขให้หน่วยที่ 4 ของการทำงานของกลุ่มคนงาน B1 ทำงานต่อเนื่องจากกิจกรรม B และปรับการทำงานอีกครั้งซึ่งจะได้รูปแบบการวางแผนตามเส้นทึบ และจะเห็นว่าเมื่อกิจกรรมนำหน้ามีระยะเวลาการทำงานน้อยกว่ากิจกรรมที่ตามมาตำแหน่งของจุดควบคุมจะอยู่ที่การทำงานในรอบการทำงานสุดท้ายซึ่งยังคงหลักการเดิมของวิธี RSM อยู่

- เมื่อจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมนำหน้าเท่ากับกิจกรรมสุดท้าย ($N_p = N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p = N_s$

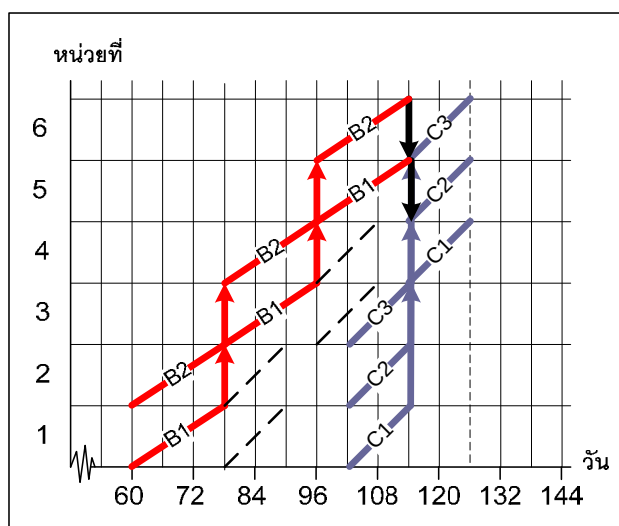


ภาพที่ 30 การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p = N_s$

ภาพที่ 30 แสดงรูปแบบการวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมนำหน้ามากกว่ากิจกรรมสุดท้ายและจำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมนำหน้าเท่ากับกิจกรรมสุดท้าย โดยให้กิจกรรม B ประกอบด้วยกลุ่มคนงานจำนวน 3 กลุ่ม คือ B1, B2 และ B3 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 24 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 8 วันต่อหน่วย ใช้เวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 2 รอบและใช้ระยะเวลาเท่ากับ 48 วัน และกิจกรรม C ที่เป็นกิจกรรมสุดท้ายประกอบด้วยกลุ่มคนงาน 3 กลุ่ม คือ C1, C2 และ C3 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 12 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 4 วันต่อหน่วยและใช้เวลาทำกิจกรรมเท่ากับ 2 รอบและใช้เวลาทำงานเท่ากับ 24 วัน

เมื่อกิจกรรมมีจำนวนกลุ่มคนงานที่เท่ากัน รูปแบบการวางแผนจึงเหมือนกับการวางแผนตามหลักการของแนวคิดเดิมที่มีการทำงานของกลุ่มคนงานเพียงหนึ่งกลุ่ม ทำให้การวางแผนที่มีจำนวนเท่ากันนั้นพิจารณาในส่วนหนึ่งของระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลเท่านั้นเพื่อนำไปกำหนดจุดควบคุมของกิจกรรม จะเห็นว่ากลุ่มคนงานแต่ละกลุ่มจะมีการกำหนดจุดควบคุมกลุ่มคนงานที่ทำงานตามมาตรฐานลำดับหมายเลขกลุ่มเดียวกัน เช่น กลุ่มคนงาน B1 ควบคุมกลุ่มคนงาน C1 หรือกลุ่มคนงาน B2 ควบคุมกลุ่มคนงาน C2 เป็นต้น

- เมื่อจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมนำหน้ามีน้อยกว่ากิจกรรมสุดท้าย ($N_p < N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p < N_s$



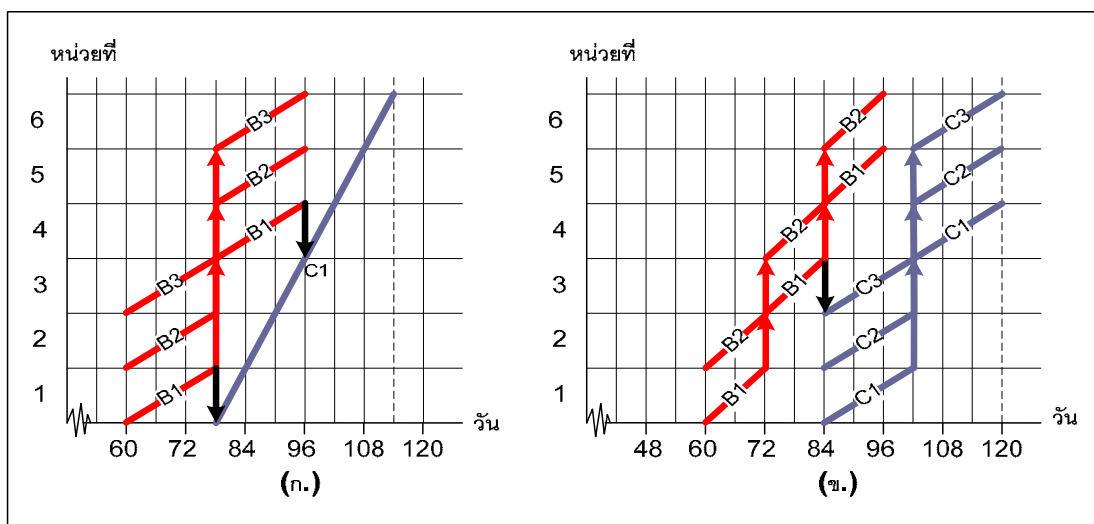
ภาพที่ 31 การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* > D_s^*$ กรณี $N_p < N_s$

ภาพที่ 31 แสดงรูปแบบการวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมนำหน้ามากกว่ากิจกรรมสุดท้ายแต่จำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมนำหน้าน้อยกว่า ให้กิจกรรมนำหน้าคือ กิจกรรม B ประกอบด้วยกลุ่มคนงานจำนวน 2 กลุ่ม คือ B1 และ B2 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 18 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 9 วันต่อหน่วย ใช้เวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 3 รอบจึงใช้ระยะเวลาเท่ากับ 54 วัน และกิจกรรม C ประกอบด้วยกลุ่มคนงาน 3 กลุ่ม คือ C1, C2 และ C3 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 12 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 4 วันต่อหน่วยและใช้เวลาทำกิจกรรมเท่ากับ 2 รอบและใช้เวลาทำงานเท่ากับ 24 วัน

เมื่อจัดกลุ่มคนงานของกิจกรรมนำหน้าแล้วเสร็จ จึงให้การทำงานของกิจกรรม C ทุกหน่วยงานต่อจากกิจกรรม B ทันทีเมื่อแล้วเสร็จ (เส้นประ) แต่จะเห็นว่าการทำงานของกิจกรรม C ไม่ต่อเนื่องกันจึงต้องเลื่อนการทำงานของกิจกรรม C บางกลุ่ม จึงให้กลุ่มคนงาน C3 ในหน่วยก่อสร้างสุดท้ายทำงานต่อจากกลุ่มคนงาน B2 และเลื่อนการทำงานของกลุ่มคนงานทุกกลุ่มในรอบการทำงานเดียวกันให้เริ่มต้นทำงานพร้อมกันแล้วจึงเลื่อนการทำงานที่เหลือเพื่อให้การทำงานของกิจกรรม C มีความต่อเนื่องกัน (เส้นทึบ) และจะเห็นว่าเมื่อกิจกรรมนำหน้ามีระยะเวลาการทำงานน้อยกว่ากิจกรรมที่ตามมาตำแหน่งของจุดควบคุมจะอยู่ที่การทำงานในรอบการทำงานสุดท้าย นอกจากนั้นกลุ่มคนงาน C2 ของรอบการทำงานสุดท้ายทำงานต่อจากกลุ่มคนงาน B1 รอบสุดท้ายและเริ่มต้นทำงานพร้อมกับกลุ่มคนงาน C2 ในรอบการทำงานสุดท้ายเช่นกัน แสดงว่ากลุ่มคนงาน B1 รอบการทำงานสุดท้ายเป็นจุดควบคุมเช่นเดียวกับกลุ่มคนงาน C2 ในรอบการทำงานสุดท้ายด้วย

2) เมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมสุดท้ายเท่ากับกิจกรรมนำหน้า ($D_p^* = D_s^*$)

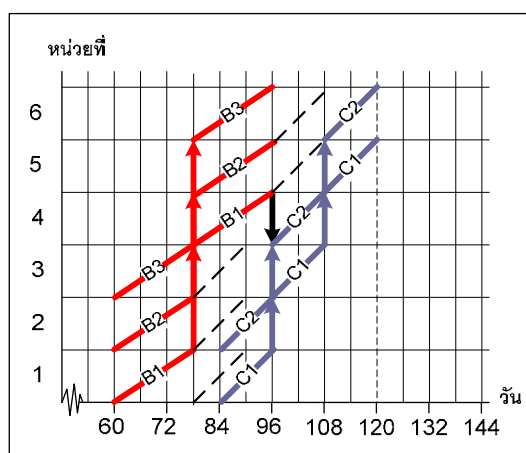
เมื่อระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมนำหน้า (D_p^*) เท่ากับระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมสุดท้าย (D_s^*) ความชันของเส้นการทำงานของทั้งสองจึงเท่ากันและเส้นการทำงานของกิจกรรมทั้งสองจะขนานกันไปตลอดการทำงาน สำหรับการกำหนดจุดควบคุมอยู่ในรอบการทำงานเริ่มต้นหรือรอบการทำงานสุดท้ายและอาจพบจุดควบคุมอีกมากกว่าหนึ่งจุดในรอบการทำงานที่ต่างกันเมื่อจำนวนหน่วยก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น



ภาพที่ 32 การวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเท่ากัน ($D_p^* = D_s^*$)

ภาพที่ 32 แสดงรูปแบบการวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเท่ากัน ภาพที่ 32(ก.) จะเห็นว่าจุดควบคุมมีมากกว่าหนึ่งจุดของรอบการทำงานที่ 1 และ 2 ของกลุ่มคนงาน B1 นอกจากนี้จำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมทั้งสองอาจส่งผลกระทบต่อข้อกำหนดจุดควบคุม จึงได้นำเสนอรูปแบบการจัดได้อีก 3 กรณี ดังนี้

- เมื่อจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมนำหน้าน้ำมากกว่ากิจกรรมสุดท้าย ($N_p > N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* = D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$

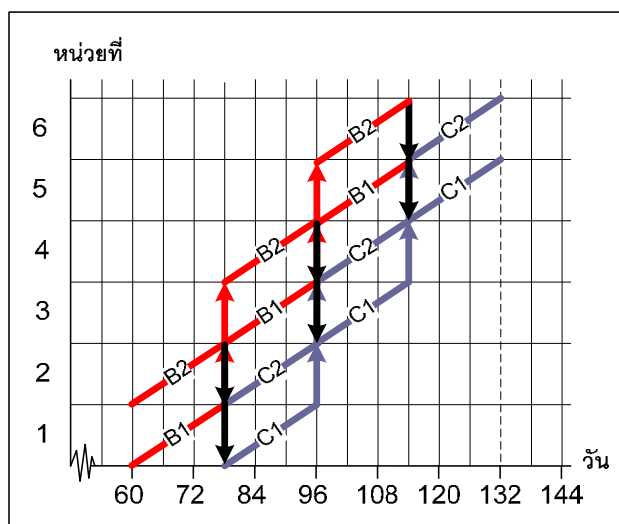


ภาพที่ 33 การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* = D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$

ภาพที่ 33 แสดงรูปแบบการวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมเท่ากันแต่จำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมนำหน้ามากกว่ากิจกรรมสุดท้าย โดยกำหนดให้กิจกรรม B ประกอบด้วยกลุ่มคนงานจำนวน 3 กลุ่ม คือ B1, B2 และ B3 แต่ละกลุ่มสามารถทำงานได้ 18 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 6 วันต่อหน่วยและรอบการทำงาน 2 รอบ ใช้เวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 36 วัน และกิจกรรมสุดท้าย คือกิจกรรม C ประกอบด้วย C1 และ C2 แต่ละกลุ่มมีระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 12 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 6 วันต่อหน่วย รอบการทำงาน 3 รอบและใช้ระยะเวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 36 วัน

ในการจัดรูปแบบของกลุ่มคนงานเมื่อได้จัดกลุ่มคนงานของกิจกรรม B ที่มีกลุ่มคนงาน 3 กลุ่มแล้วเสร็จ จากนั้นเป็นการวางแผนของกิจกรรม C โดยจุดควบคุมอาจอยู่ที่หน่วยก่อสร้างเริ่มต้นหรือสุดท้ายหรือในรอบการทำงานใด ๆ จึงทดลองให้กลุ่มคนงานของกิจกรรม C ทำงานต่อจากการทำงานของกิจกรรม B ในรอบการทำงานสุดท้าย ได้แก่ หน่วยที่ 4, 5 หรือ 6 เมื่อทำการจัดกลุ่มคนงานของกิจกรรม C โดยให้กลุ่มคนงาน C1 และ C2 ทำงานต่อจากกิจกรรม B ในหน่วยก่อสร้างที่ 5 และ 6 แล้วจะพบปัญหา คือ งานของกิจกรรม B หน่วยที่ 4 ยังไม่เสร็จจึงไม่สามารถให้กิจกรรม C ทำงานต่อได้ในวันที่ 36 จึงต้องทำการปรับแก้อีกครั้ง โดยปรับให้กิจกรรม C ทำงานต่อจากกลุ่มคนงาน B1 ของรอบการทำงานสุดท้าย คือ หน่วยก่อสร้างที่ 4 แล้วจึงจัดการทำงานของหน่วยก่อสร้างที่เหลือของกิจกรรม C จนได้ตามรูป (เส้นทึบ)

- เมื่อจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมนำหน้าเท่ากับกิจกรรมสุดท้าย ($N_p = N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* = D_s^*$ กรณี $N_p = N_s$

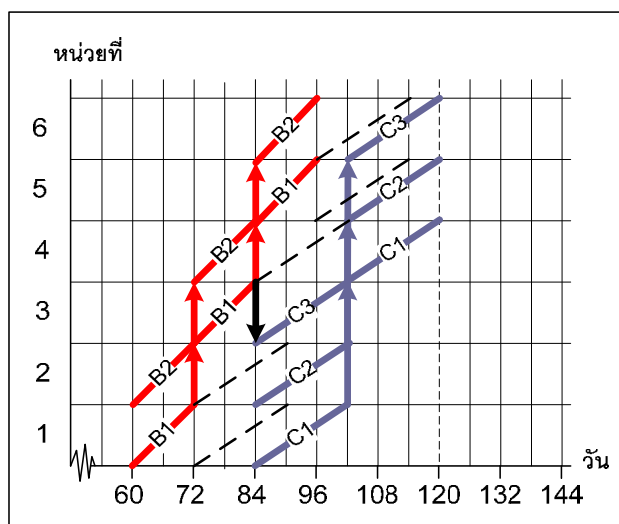


ภาพที่ 34 การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* = D_s^*$ กรณี $N_p = N_s$

ภาพที่ 34 แสดงรูปแบบการวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมนำหน้าเท่ากับกิจกรรมสุดท้ายและจำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมนำหน้าเท่ากับกิจกรรมสุดท้าย โดยให้กิจกรรม B ประกอบด้วยกลุ่มคนงานจำนวน 2 กลุ่ม คือ B1 และ B2 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 18 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 9 วันต่อหน่วย ใช้เวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 3 รอบและใช้ระยะเวลาเท่ากับ 54 วัน และกิจกรรม C ประกอบด้วยกลุ่มคนงาน 2 กลุ่ม คือ C1 และ C2 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 18 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 9 วันต่อหน่วยและใช้เวลาทำกิจกรรมเท่ากับ 3 รอบและใช้เวลาทำงานเท่ากับ 54 วัน เช่นเดียวกับกิจกรรม B

เมื่อจำนวนกลุ่มคนงานที่เท่ากันรูปแบบการวางแผนเหมือนกับการวางแผนที่มีการทำงานของกลุ่มคนงานเพียงหนึ่งกลุ่ม ทำให้การวางแผนที่มีจำนวนกลุ่มคนงานเท่ากันนั้นพิจารณาในส่วนของระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลเท่านั้นเพื่อกำหนดจุดควบคุมระหว่างสองกิจกรรม

- เมื่อจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมนำหน้าน้อยกว่ากิจกรรมสุดท้าย ($N_p < N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* = D_s^*$ กรณี $N_p < N_s$



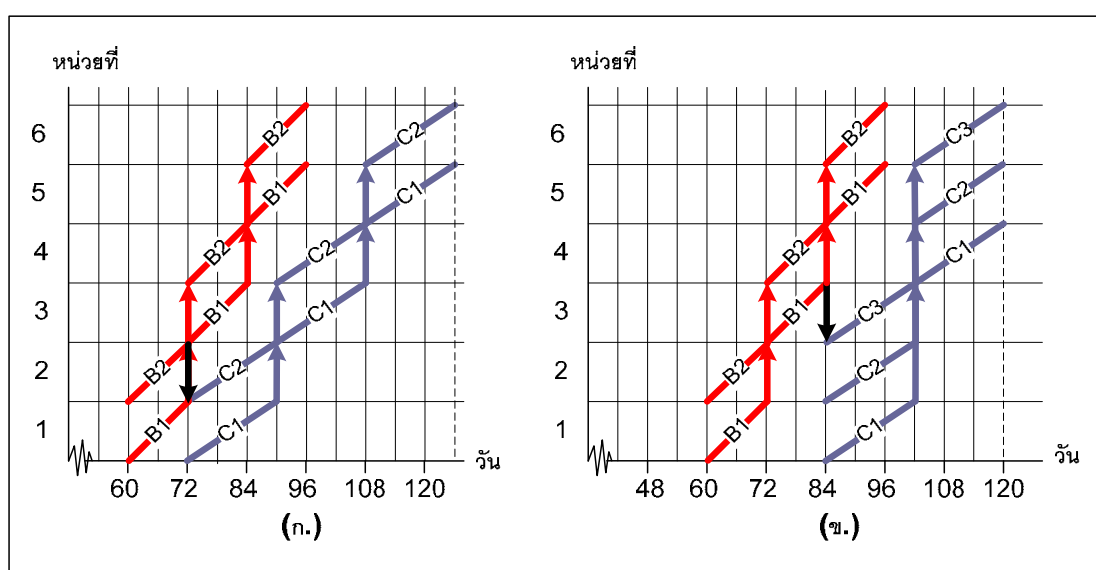
ภาพที่ 35 การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* = D_s^*$ กรณี $N_p < N_s$

ภาพที่ 35 แสดงรูปแบบการวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมสุดท้ายเท่ากับกิจกรรมนำหน้าและจำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมนำหน้าน้อยกว่ากิจกรรมสุดท้าย ให้กิจกรรม B ประกอบด้วยกลุ่มคนงานจำนวน 2 กลุ่ม คือ B1 และ B2 แต่ละกลุ่มสามารถทำงานได้ 12 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 6 วันต่อหน่วย ใช้เวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 36 วัน และกิจกรรม C คือ C1, C2 และ C3 แต่ละกลุ่มมีระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 18 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 6 วันต่อหน่วยและใช้ระยะเวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 36 วัน

ในการจัดรูปแบบของกลุ่มคนงานเมื่อได้จัดกลุ่มคนงานของกิจกรรม B ที่มีกลุ่มคนงาน 2 กลุ่มทำงานกลุ่มละ 3 หน่วยแล้วเสร็จ จากนั้นเป็นการวางแผนของกิจกรรม C โดยให้ทุกหน่วยก่อสร้างทำงานต่อเนื่องจากกิจกรรม B (เส้นประ) จะเห็นว่ากลุ่มคนงาน C3 ที่ทำงานในหน่วยก่อสร้างที่ 3 ไม่ได้เริ่มต้นทำงานพร้อมกับการทำงานของกลุ่มคนงาน C1 และ C2 จึงจะต้องเลื่อนการทำงานบางกลุ่ม โดยให้กลุ่มคนงานที่ทำงานในหน่วยที่ 3 ของกิจกรรม C คือกลุ่มคนงาน C3 ทำงานต่อจากการทำงานของกิจกรรม B และเลื่อนให้การทำงานในหน่วยก่อสร้างที่ 1 และ 2 เริ่มต้นพร้อมกับการทำงานในหน่วยก่อสร้างที่ 3 และเลื่อนการทำงานที่เหลือจนได้รูปแบบที่แสดงไว้ (เส้นทึบ)

3) เมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมสุดท้ายมากกว่า ($D_p^* < D_s^*$)

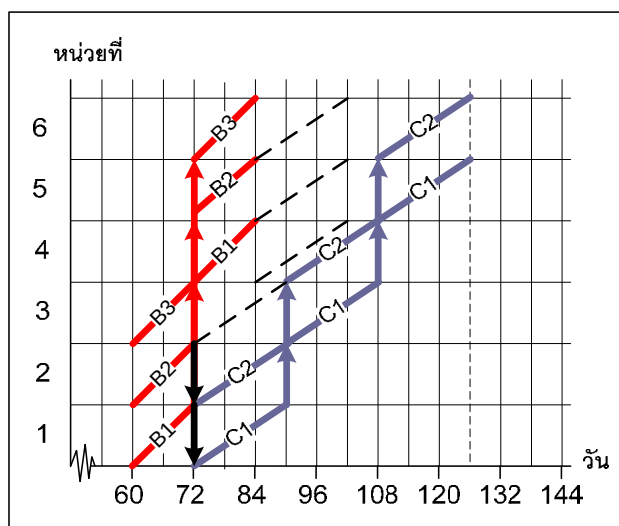
เมื่อระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมนำหน้า (D_p^*) น้อยกว่าระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมสุดท้าย (D_s^*) เส้นการทำงานของกิจกรรมนำหน้าจึงมีความชันมากกว่ากิจกรรมสุดท้ายและลู่ออกจากกันเมื่อปริมาณการทำงานเพิ่มขึ้น จากหลักการของวิธี RSM กำหนดให้จุดควบคุมอยู่ที่ลำดับการทำงานหน่วยเริ่มต้นของกิจกรรมนำหน้า



ภาพที่ 36 การวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมสุดท้ายมากกว่า ($D_p^* < D_s^*$)

ภาพที่ 36 แสดงรูปแบบการวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมนำหน้าน้อยกว่ากิจกรรมสุดท้าย โดยกำหนดจำนวนกลุ่มคนงานที่แตกต่างกัน นอกจากนี้จำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมทั้งสอง อาจส่งผลกระทบต่อ การกำหนดจุดควบคุม จึงได้นำเสนอรูปแบบการจัดได้ อีก 3 กรณี ดังนี้

- เมื่อจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมนำหน้าน้ำมากกว่ากิจกรรมสุดท้าย ($N_p > N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D^*_p < D^*_s$ กรณี $N_p > N_s$



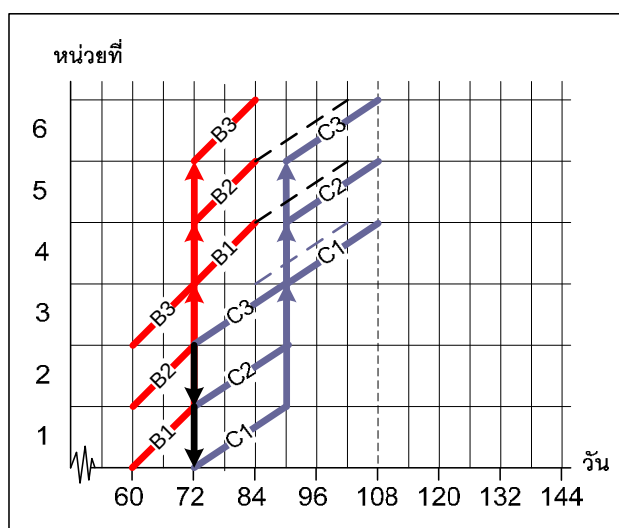
ภาพที่ 37 การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D^*_p < D^*_s$ กรณี $N_p > N_s$

ภาพที่ 37 แสดงรูปแบบการวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมนำหน้าน้อยกว่ากิจกรรมสุดท้ายแต่จำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมนำหน้าน้ำมากกว่ากิจกรรมสุดท้าย โดยให้กิจกรรม B ประกอบด้วยกลุ่มคนงานจำนวน 3 กลุ่ม คือ B1, B2 และ B3 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 12 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 4 วันต่อหน่วย ใช้เวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 2 รอบจึงใช้ระยะเวลาเท่ากับ 24 วัน และกิจกรรม C ประกอบด้วยกลุ่มคนงาน 2 กลุ่ม คือ C1 และ C2 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 18 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 9 วันต่อหน่วยและใช้เวลาทำกิจกรรมเท่ากับ 3 รอบและใช้เวลาทำงานเท่ากับ 54 วัน

เมื่อจัดกลุ่มคนงานของกิจกรรม B แล้วและจัดกลุ่มคนงานของกิจกรรม C โดยการให้การทำงานของกิจกรรม C ทุกหน่วยทำงานต่อจากกิจกรรม B ทันทีเมื่อเสร็จ (เส้นประ) แต่จะเห็นว่าการทำงานของกิจกรรม C ไม่ต่อเนื่องกันจึงต้องเลื่อนการทำงานของกิจกรรม C ในบางส่วน และให้กลุ่มคนงาน C1 ในหน่วยก่อสร้างเริ่มต้นทำงานต่อจากกลุ่มคนงาน B1 และเลื่อนการทำงานของกลุ่มคนงานทุกกลุ่มในรอบการทำงานเดียวกันให้เริ่มต้นทำงานพร้อมกัน จากนั้นจึงเลื่อนกลุ่มคนงานที่เหลือเพื่อทำให้การทำงานของกิจกรรม C มีความต่อเนื่องกัน (เส้น

ที่บ) และเมื่อระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมนำหน้าน้อยกว่ากิจกรรมที่ตามมา ตำแหน่งของจุดควบคุมจะอยู่ที่วันที่แล้วเสร็จของรอบการทำงานเริ่มต้นของกิจกรรมนำหน้า คือ การทำงานของกลุ่มคนงาน B1 ในหน่วยก่อสร้างเริ่มต้น นอกจากนั้นจะเห็นว่ากลุ่มคนงาน C2 ของรอบการทำงานเริ่มต้นทำงานต่อจากกลุ่มคนงาน B2 ในรอบเริ่มต้นเช่นกัน แสดงว่ากลุ่มคนงาน B2 รอบการทำงานเริ่มต้นเป็นจุดควบคุมการทำงานด้วย

- เมื่อจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมนำหน้าเท่ากับกิจกรรมสุดท้าย ($N_p = N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* < D_s^*$ กรณี $N_p = N_s$

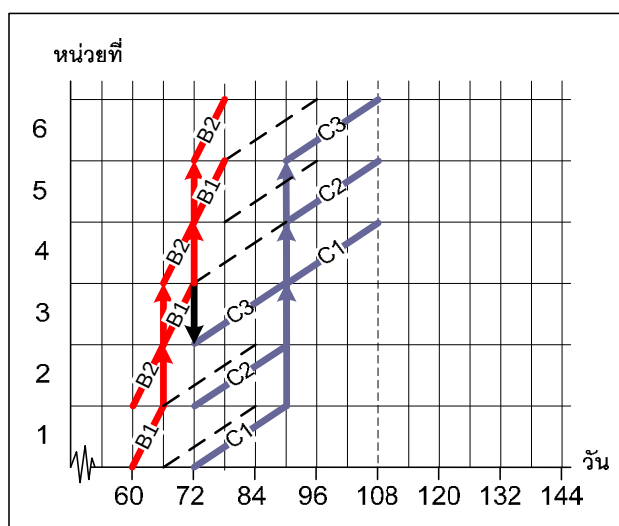


ภาพที่ 38 การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* < D_s^*$ กรณี $N_p = N_s$

ภาพที่ 38 แสดงรูปแบบการวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมนำหน้าน้อยกว่ากิจกรรมสุดท้ายแต่ทั้งสองกิจกรรมมีจำนวนกลุ่มคนงานเท่ากัน โดยให้กิจกรรม B เป็นกิจกรรมนำหน้าประกอบด้วยกลุ่มคนงานจำนวน 3 กลุ่ม คือ B1, B2 และ B3 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 12 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 4 วันต่อหน่วย ใช้เวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 2 รอบและใช้ระยะเวลาเท่ากับ 24 วัน และกิจกรรม C ซึ่งเป็นกิจกรรมสุดท้าย ประกอบด้วยกลุ่มคนงาน 3 กลุ่ม คือ C1, C2 และ C3 แต่ละกลุ่มใช้ระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 18 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 6 วันต่อหน่วยและใช้ระยะเวลาทำกิจกรรมเท่ากับ 2 รอบ เวลาทำงานของกิจกรรมเท่ากับ 36 วัน

เมื่อได้จัดวางรูปแบบการทำงานของกิจกรรมนำหน้าแล้วเสร็จ จึงจัดกลุ่มคนงานของกิจกรรม C โดยการให้การทำงานของกิจกรรม C ทุกหน่วยทำงานต่อจากกิจกรรม B ทันทีเมื่อแล้วเสร็จ (เส้นประ) แต่จะเห็นว่าการทำงานของกิจกรรม C ไม่ต่อเนื่องกันจึงต้องเลื่อนการทำงานของกิจกรรม C ในบางส่วน และให้กลุ่มคนงาน C1 ในหน่วยก่อสร้างเริ่มต้นทำงานต่อจากกลุ่มคนงาน B1 และเลื่อนการทำงานของกลุ่มคนงานทุกกลุ่มในรอบการทำงานเดียวกันให้เริ่มต้นทำงานพร้อมกันแล้วจึงเลื่อนการทำงานของกลุ่มคนงานที่เหลือเพื่อทำให้การทำงานของกิจกรรม C มีความต่อเนื่องกัน (เส้นทึบ) จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมนำหน้าน้อยกว่ากิจกรรมที่ตามมา ตำแหน่งของจุดควบคุมจะอยู่ที่วันที่แล้วเสร็จของรอบการทำงานเริ่มต้นของกิจกรรมนำหน้า นอกจากนั้นเมื่อจัดกลุ่มคนงานแล้วเสร็จจะเห็นว่ากลุ่มคนงาน C2 และ C3 ของรอบการทำงานเริ่มต้นทำงานต่อจากกลุ่มคนงาน B2 และ B3 ในรอบการทำงานเริ่มต้นเช่นกัน แสดงว่ากลุ่มคนงาน B2 และ B3 รอบการทำงานเริ่มต้นเป็นจุดควบคุมการทำงานด้วยเช่นเดียวกันกับการวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* < D_s^*$ กรณี $N_p > N_s$

- เมื่อจำนวนกลุ่มคนงานกิจกรรมนำหน้าน้อยกว่ากิจกรรมสุดท้าย ($N_p < N_s$) หรือกำหนดเป็นสัญลักษณ์ คือ การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* < D_s^*$ กรณี $N_p < N_s$



ภาพที่ 39 การวางแผนของกิจกรรมสุดท้ายเมื่อ $D_p^* < D_s^*$ กรณี $N_p < N_s$

ภาพที่ 39 แสดงรูปแบบการวางแผนเมื่อระยะเวลาทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมนำหน้าน้อยกว่ากิจกรรมสุดท้ายและจำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมนำหน้าน้อยกว่า

กิจกรรมสุดท้าย โดยกำหนดหน่วยก่อสร้างจำนวน 6 หน่วย และให้กิจกรรม B ประกอบด้วยกลุ่มคนงานจำนวน 2 กลุ่ม คือ B1 และ B2 แต่ละกลุ่มสามารถทำงานได้ 6 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 3 วันต่อหน่วยรอบการทำงาน 3 รอบ ใช้เวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 18 วัน และกิจกรรม C ประกอบด้วยกลุ่มคนงาน C1, C2 และ C3 แต่ละกลุ่มมีระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 18 วันต่อหน่วย ดังนั้นระยะเวลาทำงานประสิทธิผลเท่ากับ 6 วันต่อหน่วยรอบการทำงาน 2 รอบและใช้เวลาในการทำกิจกรรมเท่ากับ 36 วัน

เมื่อจัดรูปแบบกลุ่มคนงานของกิจกรรมนำหน้า ซึ่งจัดตามหลักการที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ผ่านมา จะเห็นว่ากลุ่มคนงานของกิจกรรม B แต่ละกลุ่มจะทำงานจำนวน 3 หน่วยหรือรอบการทำงาน 3 รอบ จากนั้นจึงเป็นการวางแผนของกิจกรรม C โดยสมมติให้หน่วยก่อสร้างทุกหน่วยของกิจกรรม C ทำงานต่อจากกิจกรรม B ที่ทำงานแล้วเสร็จ (เส้นประ) จะเห็นว่ากลุ่มคนงานไม่ได้ทำงานอย่างต่อเนื่องจึงต้องทำการเลื่อนการทำงานออกไป จึงให้กลุ่มคนงาน C1 ของการทำงานหน่วยแรกทำงานต่อจากกิจกรรม B ของรอบการทำงานเริ่มต้นทันทีที่เสร็จ เมื่อกลุ่มคนงานของกิจกรรม C ทำงานจำนวนเท่ากันจึงให้กลุ่มคนงาน C1 และ C2 ทำงานเริ่มต้นพร้อมกันและเลื่อนการทำงานของหน่วยที่เหลือออกมาเพื่อให้การทำงานของกลุ่มคนงานมีความต่อเนื่องกัน แต่จะพบว่ากลุ่มคนงาน C1 ของหน่วยที่ 3 ไม่สามารถเริ่มต้นการทำงานได้ เนื่องจากงานกิจกรรม B ของหน่วยที่ 3 ยังไม่แล้วเสร็จในวันที่ 66 จึงต้องทำการปรับแก้อีกครั้ง

เมื่อจัดรูปแบบอีกครั้งโดยการแก้ไขในหน่วยที่ 3 โดยปรับให้หน่วยก่อสร้างที่ 3 ทำงานต่อจากกิจกรรม B และจัดการทำงานของกลุ่มคนงานกลุ่มอื่นที่ทำงานในรอบการทำงานเดียวกันกับกลุ่มคนงาน C3 ในหน่วยที่ 3 ให้เริ่มต้นทำงานพร้อมกันและเลื่อนการทำงานของหน่วยที่เหลือเพื่อทำให้การทำงานมีความต่อเนื่องกัน (เส้นทึบ)

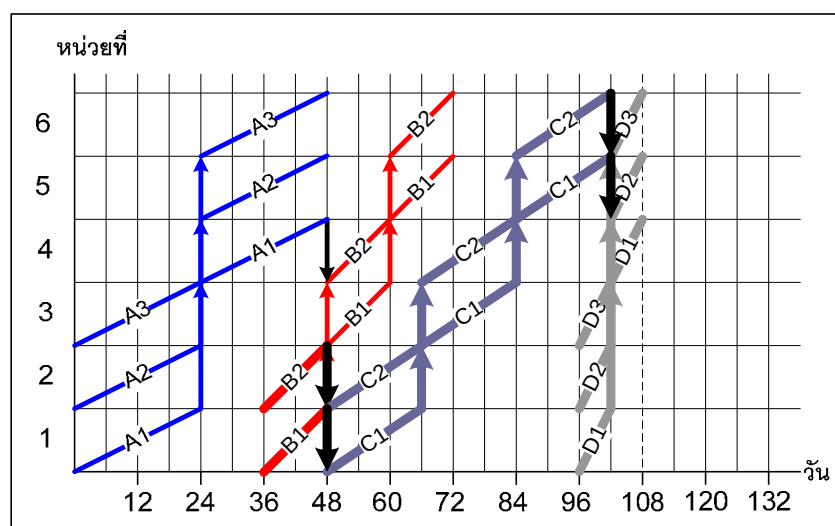
ค. กิจกรรมที่อยู่ระหว่างกิจกรรมนำหน้าและกิจกรรมตามหลัง

สำหรับกิจกรรมที่มีทั้งกิจกรรมที่ทำงานนำหน้าและกิจกรรมที่ทำงานตามหลังหรือเรียกว่า “กิจกรรมตัวกลาง” การจัดรูปแบบการทำงานของกลุ่มคนงานในกิจกรรมตัวกลางจึงมีรูปแบบเช่นเดียวกับการวางแผนการทำงานของกิจกรรมสุดท้าย เนื่องจากทั้งสองมีกิจกรรมที่ทำงานนำหน้า การวางแผนจึงพิจารณาจากการจัดรูปแบบของกิจกรรมนำหน้าเท่านั้น และการเปรียบเทียบระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลระหว่างกิจกรรมนำหน้ากับกิจกรรมตัวกลาง

เพื่อกำหนดตำแหน่งของจุดควบคุมซึ่งมีวิธีการเช่นเดียวกับการวางแผนกิจกรรมสุดท้าย ตามที่ได้อธิบายในหัวข้อที่ผ่านมาแล้ว

3.1.3 การกำหนดเส้นทางวิกฤติ

การกำหนดเส้นทางวิกฤติของงานก่อสร้างยังคงพิจารณาตามหลักการเดิมของวิธี RSM คือ หน่วยก่อสร้างที่ทำงานแล้วเสร็จในวันสุดท้ายของโครงการเป็นการทำงานบนเส้นทางวิกฤติ ซึ่งอาจจะมีมากกว่าหนึ่งหน่วยได้ในกรณีที่กิจกรรมนั้นมีการทำงานของกลุ่มคนงานมากกว่าหนึ่งกลุ่มและทำงานแล้วเสร็จพร้อมกันในวันสุดท้ายของโครงการ แล้วจึงพิจารณาถึงการทำงานในหน่วยก่อสร้างที่ทำงานนำหน้าของกลุ่มคนงานกลุ่มเดียวกัน จนกระทั่งพบจุดควบคุมของกิจกรรม นำหน้าและให้หน่วยก่อสร้างที่เป็นจุดควบคุมนั้นอยู่บนเส้นทางวิกฤติ และพิจารณาถึงหน่วยก่อสร้างของกลุ่มคนงานเดียวกันที่ทำนำหน้าจนกว่าไม่มีหน่วยก่อสร้างของกลุ่มคนงานกลุ่มเดียวกันที่ทำงานนำหน้าหรือจุดควบคุมของกิจกรรมนำหน้า สัญลักษณ์ของเส้นทางวิกฤติ กำหนดให้ใช้เส้นหนาและกิจกรรมที่ไม่เป็นเส้นทางวิกฤติใช้เส้นที่บางกว่า



ภาพที่ 40 การกำหนดเส้นทางวิกฤติของโครงการ

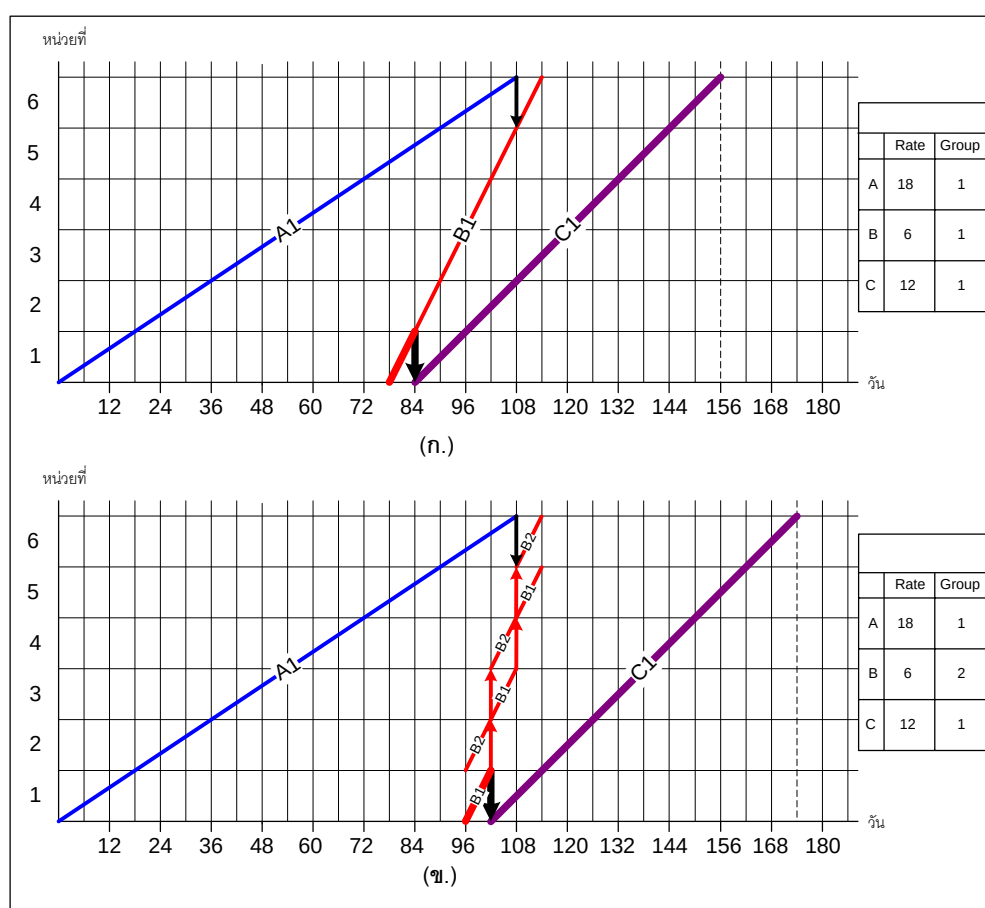
ภาพที่ 40 แสดงถึงวิธีการกำหนดเส้นทางวิกฤติของโครงการ จะเห็นว่าวันสุดท้ายของโครงการ คือ วันที่ 108 ซึ่งหน่วยก่อสร้างที่มีการทำงานแล้วเสร็จในวันนั้น คือ หน่วยก่อสร้างที่ 4, 5 และ 6 ของกิจกรรม D โดยกลุ่มคนงาน D1, D2 และ D3 จึงทำให้การทำงานดังกล่าว

อยู่บนเส้นทางวิกฤติและเส้นทางวิกฤติได้ผ่านจุดควบคุมไปยังกิจกรรมนำหน้า คือ กิจกรรม C จากนั้นจึงพิจารณาการทำงานของกลุ่มคนงานกลุ่มเดียวกันที่ทำงานนำหน้า ได้แก่ หน่วยก่อสร้างที่ 1, 2 และ 3 ของกลุ่มคนงาน D1, D2 และ D3 จึงมีสถานะเป็นการทำงานบนเส้นทางวิกฤติด้วย และเมื่อพิจารณาผ่านจุดควบคุมกิจกรรม C ที่มีการทำงานในรอบการทำงานสุดท้าย คือ หน่วยก่อสร้างที่ 5 และ 6 ของกลุ่มคนงาน C1 และ C2 จึงเป็นเส้นทางวิกฤติและการทำงานของกลุ่มคนงานเดียวกัน ในกิจกรรมเดียวกัน ได้แก่ หน่วยก่อสร้างที่ 1-4 ของกลุ่มคนงาน C1 และ C2 จึงทำให้กิจกรรม C เป็นเส้นทางวิกฤติทั้งหมด นอกจากนั้นเส้นทางวิกฤติได้ผ่านลำดับควบคุมของกิจกรรม C ไปยังจุดควบคุมของกิจกรรมนำหน้า คือ กิจกรรม B ในรอบการทำงานเริ่มต้น จึงทำให้กิจกรรม B ในรอบการทำงานเริ่มต้น คือ เป็นเส้นทางวิกฤติด้วย และเมื่อพิจารณาต่อไปจะไม่มีกลุ่มคนงานใดที่ทำงานนำหน้าหน่วยก่อสร้างที่ 1 และ 2 ของกลุ่มคนงาน B1 และ B2 และไม่มีจุดควบคุมของกิจกรรมนำหน้าแล้วจึงสรุปได้ คือ เส้นทางวิกฤติของโครงการประกอบด้วยหน่วยก่อสร้างที่ 1 และ 2 ของกลุ่มคนงาน B1 และ B2 กิจกรรม C ของกลุ่มคนงาน C1 และ C2 และกิจกรรม D ของกลุ่มคนงาน D1 และ D2

วิจารณ์

1. ผลกระทบของการเพิ่ม-ลดกลุ่มคนงาน

ในบางกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงจำนวนกลุ่มคนงานจะทำให้ระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลเปลี่ยนแปลงไปและอาจจะไม่เกิดผลดีต่อโครงการเช่นเดียวกับการปรับความชันของการทำงานของกลุ่มคนงานหนึ่งกลุ่ม จึงจำเป็นต้องพิจารณาเลือกกิจกรรมที่มีผลดีต่อโครงการหรือให้เกิดผลเสียน้อยที่สุด

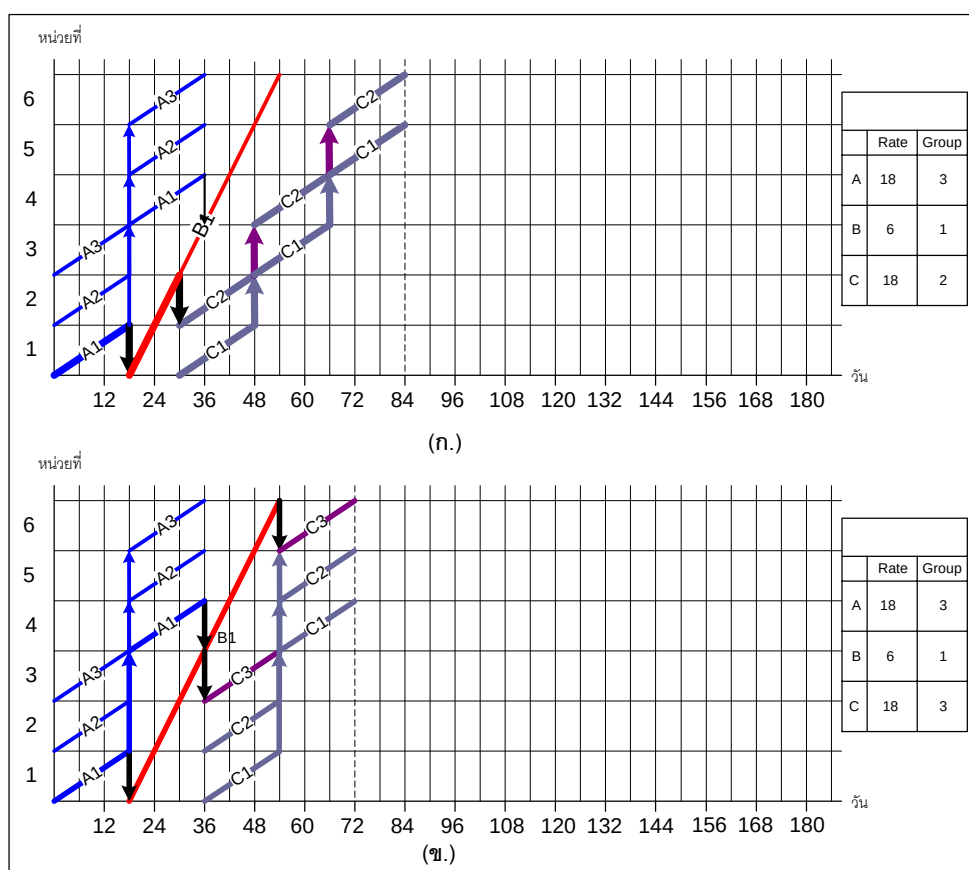


ภาพที่ 41 ผลที่เกิดจากการเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานที่มีผลต่อระยะเวลาของโครงการ

ภาพที่ 41 แสดงผลที่เกิดจากการเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานที่มีผลต่อระยะเวลาของโครงการ โดยเปรียบเทียบระยะเวลาของโครงการเมื่อมีการเพิ่มจำนวนของกลุ่มคนงานที่มีผลต่อระยะเวลา

ของโครงการ โดยภาพที่ 41(ก.) ประกอบด้วยกิจกรรม A, B และ C ซึ่งแต่ละกิจกรรมมีกลุ่มคนงานหนึ่งกลุ่ม ระยะเวลาของโครงการแล้วเสร็จวันที่ 156 และเมื่อต้องการลดระยะเวลาการทำงานของกิจกรรม B ลงโดยการเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานอีกกลุ่ม กิจกรรม B จึงประกอบด้วยกลุ่มคนงาน B1 และ B2 ดังนั้นวันเริ่มต้นของกิจกรรม B ช้าลง ทำให้กิจกรรม C ที่มีระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลช้ากว่าต้องทำงานต่อจากรอบการทำงานแรกของกิจกรรม B หรือ B1 ต้องเริ่มต้นทำงานช้าตามไปด้วย จึงทำให้วันที่แล้วเสร็จของโครงการเป็นวันที่ 174

เมื่อมีการเพิ่ม-ลดจำนวนกลุ่มคนงานแล้วทำให้บางกิจกรรมที่ทำงานนำหน้าและตามหลังมีผลเปลี่ยนไปจากเดิม โดยทำให้จุดควบคุมระหว่างกิจกรรมเปลี่ยนตำแหน่งจึงทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนวันทำงานและส่งผลถึงระยะเวลาของโครงการและเส้นทางวิกฤติ



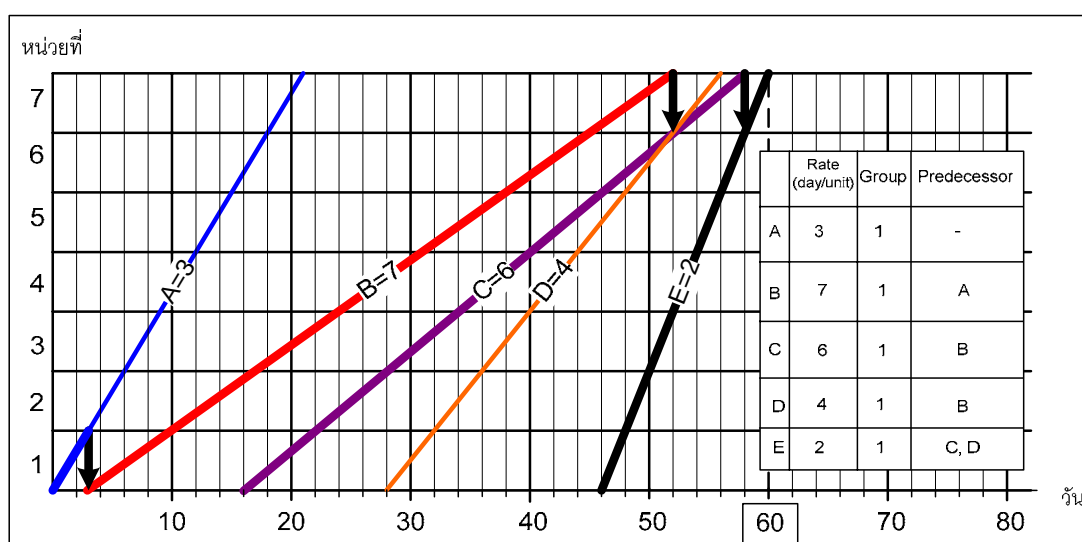
ภาพที่ 42 ผลที่เกิดจากการเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานที่มีผลต่อเส้นทางวิกฤติ

ภาพที่ 42 แสดงการเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานที่มีผลต่อเส้นทางวิกฤติ เมื่อพิจารณาภาพที่ 42 (ก.) ที่กิจกรรม C ประกอบด้วยกลุ่มคนงานสองกลุ่ม ทำงานต่อเนื่องกิจกรรม B ที่ประกอบด้วยกลุ่มคนงานหนึ่งกลุ่ม เส้นทางวิกฤติประกอบด้วย กลุ่มคนงาน C1 และ C2 ของทุกหน่วยก่อสร้าง กลุ่มคนงาน B1 หน่วยก่อสร้างที่ 1 และ 2 และกลุ่มคนงาน A1 ของหน่วยก่อสร้างเริ่มต้น

เมื่อเพิ่มกลุ่มคนงานของกิจกรรม C เป็นสามกลุ่มคนงาน ทำให้จุดควบคุมเลื่อนขึ้นมารอบการทำงานสุดท้ายของกลุ่มคนงาน B1 ส่งผลทำให้กลุ่มคนงาน B1 เป็นเส้นทางวิกฤติทั้งหมด และกลุ่มคนงาน A1 ที่มีจุดควบคุมกิจกรรม B มากกว่าหนึ่งจุด จึงทำให้กลุ่มคนงาน A1 ของรอบการทำงานสุดท้ายเป็นเส้นทางวิกฤติด้วย

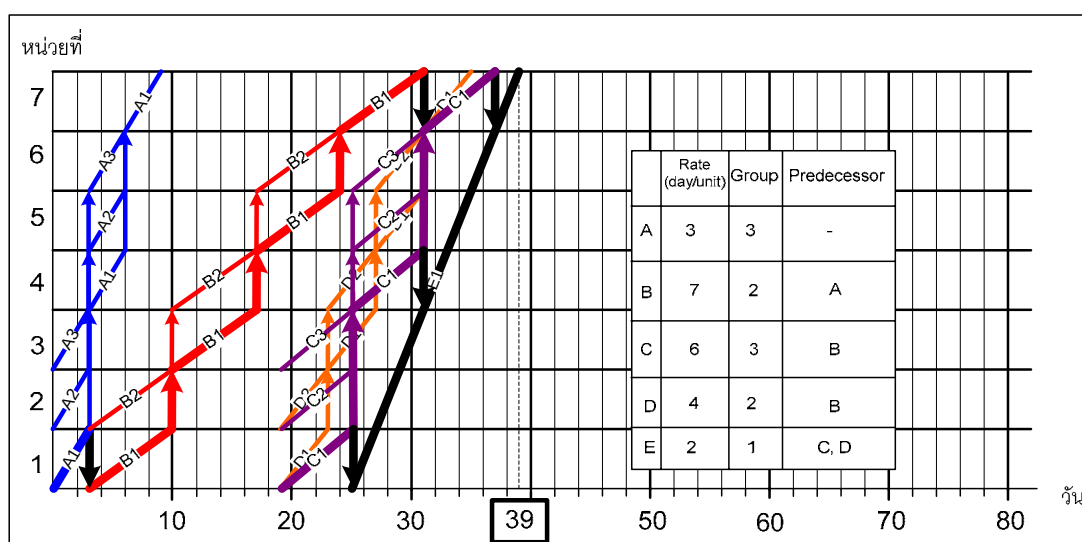
2. ตัวอย่างการวางแผนโครงการก่อสร้าง

การนำหลักการในการวางแผนที่ได้กำหนดเป็นแนวทางในหัวข้อที่ผ่านมาและใช้อธิบายกับโครงการที่สมมติขึ้น โดยโครงการมีจำนวนของกิจกรรมเพียงสามกิจกรรม และเพื่อเป็นการแสดงให้เห็นภาพของโครงการที่ดีขึ้นจึงนำไปใช้กับโครงการที่มีจำนวนกิจกรรมและหน่วยก่อสร้างมากขึ้น



ภาพที่ 43 การวางแผนงานก่อสร้างโดยใช้คนงานหนึ่งกลุ่ม

ภาพที่ 43 แสดงการวางแผนที่แต่ละกิจกรรมประกอบด้วยกลุ่มคนงานเพียงกลุ่มเดียว ตามรูปแบบเดิมของวิธี RSM โดยกำหนดให้กิจกรรม A เป็นกิจกรรมเริ่มต้นมีระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 3 วันต่อหน่วย, กิจกรรม B ทำงานต่อจากกิจกรรม A มีระยะเวลาการทำงาน 7 วันต่อหน่วย, กิจกรรม C ทำงานต่อจากกิจกรรม B มีระยะเวลาการทำงาน 6 วันต่อหน่วย, กิจกรรม D ทำงานต่อจากกิจกรรม B มีระยะเวลาการทำงาน 4 วันต่อหน่วยและ กิจกรรม E ซึ่งเป็นกิจกรรมสุดท้ายทำงานต่อจากกิจกรรม C และ D มีระยะเวลาการทำงาน 2 วันต่อหน่วย เมื่อจัดการทำงานตามวิธีการแล้วได้ระยะเวลาโครงการเท่ากับ 60 วัน มีกิจกรรมบนเส้นทางวิกฤติ คือ กิจกรรม B ,กิจกรรม C และกิจกรรม E ทุกหน่วยก่อสร้าง และกิจกรรม A ในหน่วยก่อสร้างที่ 1 และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนกลุ่มคนงานทำให้รูปแบบและระยะเวลาเปลี่ยนไปดังภาพที่ 44



ภาพที่ 44 การวางแผนงานก่อสร้างที่ประกอบด้วยคนงานหลายกลุ่ม

ภาพที่ 44 แสดงถึงการวางแผนที่แต่ละกิจกรรมมีกลุ่มคนงานมากกว่าหนึ่งกลุ่ม คือ กิจกรรม A มีกลุ่มคนงาน 3 กลุ่ม, กิจกรรม B มีกลุ่มคนงาน 2 กลุ่ม, กิจกรรม C มีกลุ่มคนงาน 3 กลุ่ม, กิจกรรม D มีกลุ่มคนงาน 2 กลุ่มและกิจกรรม E มีกลุ่มคนงาน 1 กลุ่ม โดยเมื่อจัดกลุ่มคนงานตามรูปแบบที่กำหนดแล้วได้ระยะเวลาของโครงการเท่ากับ 39 วัน และเส้นทางกิจกรรมวิกฤติประกอบด้วย กิจกรรม E, กิจกรรม C กลุ่มคนงาน C1, กิจกรรม B กลุ่มคนงาน B1 และกลุ่มคนงาน A1 ของรอบการทำงานเริ่มต้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. ข้อจำกัดของวิธีการวางแผนแบบ RSM และแนวทางการปรับใช้

การวางแผนงานก่อสร้างโดยวิธี Repetitive Scheduling Method (RSM) ซึ่งคิดค้นโดย Robert B. Harris และ Photios G. Ioannou ในปี ค.ศ.1998 เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการวางแผนงานก่อสร้างที่กิจกรรมมีการทำงานซ้ำ ๆ กันในแต่ละหน่วยก่อสร้างตลอดทั้งโครงการ และหลักการวิธี RSM ยังสามารถแสดงถึงเส้นทางวิกฤติของกิจกรรมในภาพรวมตลอดทั้งโครงการได้ หลักการวิธี RSM แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการทำงานสะสมของกิจกรรมกับระยะเวลาในรูปแบบกราฟเส้น โดยใช้เส้นตรงหนึ่งเส้นแทนการทำงานในแต่ละกิจกรรมและความชันของเส้นตรงแสดงถึงอัตราการทำงานของกลุ่มคนงาน การวางแผนการทำงานของบุคคลงานซึ่งตามหลักการวิธี RSM เป็นการทำงานของกิจกรรมที่ประกอบด้วยกลุ่มคนงาน 1 กลุ่มโดยมีการทำงานที่ต่อเนื่องโดยไม่มีการหยุดชะงัก และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการทำงานของกิจกรรมทำได้โดยการปรับความชันของเส้นการทำงานของกิจกรรมนั้น ๆ ส่วนกิจกรรมใด ๆ ประกอบด้วยคนงานมากกว่าหนึ่งกลุ่มและทำงานในหน่วยก่อสร้างที่แตกต่างกันไปพร้อมกัน รูปแบบการวางแผนตามหลักการวิธี RSM นั้นจึงไม่สามารถนำไปใช้ได้ เนื่องจากอัตราการทำงานในแต่ละหน่วยก่อสร้างเป็นการทำงานของบุคคลงานเพียงหนึ่งกลุ่มซึ่งไม่เท่ากับอัตราการทำงานทั้งกิจกรรมที่เป็นการทำงานของบุคคลงานทั้งหมดหรือระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรม จึงจำเป็นต้องหาแนวทางในการวางแผนเพื่อแสดงถึงระยะเวลาในการทำงานของบุคคลงานแต่ละกลุ่มให้ถูกต้อง

งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางที่นำมาใช้ในการวางแผนเพื่อทำให้วิธี RSM สามารถนำไปใช้กับการวางแผนงานก่อสร้างที่กิจกรรมมีการทำงานของกลุ่มคนงานหลายกลุ่มที่ทำงานขนานกันในแต่ละหน่วยก่อสร้าง ซึ่งประกอบด้วย 3 แนวทาง คือ 1) การเพิ่มเส้นการทำงานให้มีจำนวนเท่ากับกลุ่มคนงาน เพื่อให้เส้นการทำงานแต่ละเส้นแสดงถึงการทำงานของบุคคลงานแต่ละกลุ่มที่ทำงานพร้อมกันกิจกรรม 2) การกำหนดให้แกน y ระบุตำแหน่งของหน่วยก่อสร้างที่ได้มีการทำงานตามระยะเวลาต่าง ๆ ของโครงการและแสดงถึงลำดับก่อน-หลังของการทำงานของหน่วยก่อสร้างต่าง ๆ ได้ เนื่องจากหลักการ RSM เดิมนั้นได้กำหนดให้แกน y แสดงถึงปริมาณสะสมของการทำงานที่เสร็จ และ 3) เนื่องจากแต่ละกลุ่มคนงานถูกกำหนดให้ดำเนินการในหน่วยก่อสร้างตาม

แนวทางที่ 2 ความต่อเนื่องในการทำงานของกลุ่มคนงานสามารถตรวจสอบได้จากการใช้ลูกศร แนวโค้งลากเชื่อมต่อการทำงานในแต่ละหน่วยก่อสร้างของกลุ่มคนงานกลุ่มเดียวกัน เส้นการทำงานที่ได้จึงอาจไม่เป็นเส้นตรงที่ลากต่อเนื่องเป็นเส้นเดียวตามหลักการของวิธี RSM เดิม แต่จะคงความต่อเนื่องและแสดงถึงทิศทางลำดับการทำงานของกลุ่มคนงาน

2. รูปแบบการวางแผนกิจกรรมตามความสัมพันธ์ FTS

ในงานวิจัยนี้การหาแนวทางการวางแผนการทำงานของกิจกรรมตามความสัมพันธ์ Finish-To-Start ได้จากการวิเคราะห์แผนการทำงานจำนวน 729 แผน ของกิจกรรม 3 ประเภท คือ กิจกรรมเริ่มต้น กิจกรรมอยู่ระหว่างและกิจกรรมสุดท้าย โดยให้กิจกรรมแต่ละประเภทมีอัตราการทำงาน และจำนวนกลุ่มคนงานที่แตกต่างกัน

จากผลการทดลองและวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าแนวทางการวางแผนและการจัดรูปแบบของงานก่อสร้างที่ประกอบด้วยกลุ่มคนงานมากกว่าหนึ่งกลุ่มประกอบด้วย 2 รูปแบบ คือ 1) รูปแบบการจัดกิจกรรมเริ่มต้นหรือกิจกรรมนำหน้า ซึ่งผู้วางแผนสามารถเขียนการจัดรูปแบบได้โดยไม่ต้องพิจารณาถึงการทำงานหรือจำนวนกลุ่มคนงานของกิจกรรมที่ตามมา โดยในวันแรกของการทำงานให้กลุ่มคนงานทุกกลุ่มของกิจกรรมเริ่มต้นทำงานพร้อมกันและต่อเนื่องจนครบรอบการทำงานหรือจนกว่ากิจกรรมจะแล้วเสร็จ และ 2) กิจกรรมที่อยู่ระหว่างสองกิจกรรมหรือกิจกรรมสุดท้ายซึ่งการวางแผนการทำงานจะต้องเปรียบเทียบกับระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของกิจกรรมนำหน้าเพื่อกำหนดจุดควบคุมซึ่งระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลของแต่ละกิจกรรมคำนวณได้จากระยะเวลาการทำงานในหนึ่งหน่วยก่อสร้างของกลุ่มคนงานหนึ่งกลุ่มหารด้วยจำนวนกลุ่มคนงานทั้งหมด และพบว่าการจัดรูปแบบการทำงานสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี คือ ก) เมื่อกิจกรรมนำหน้ามีระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลน้อยกว่ากิจกรรมที่ตามมา การกำหนดจุดควบคุมจะอยู่ที่รอบการทำงานเริ่มต้นของกิจกรรมที่มีจำนวนกลุ่มคนงานมากกว่าและแนวของเส้นการทำงานของทั้งสองกิจกรรมจะลู่ออกจากกันเมื่อจำนวนหน่วยก่อสร้างเพิ่มขึ้น ข) เมื่อกิจกรรมนำหน้ามีระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลมากกว่ากิจกรรมที่ตามมา การกำหนดจุดควบคุมจะอยู่ที่รอบการทำงานสุดท้ายของกิจกรรมที่มีจำนวนกลุ่มคนงานมากกว่า เช่นเดียวกับกรณี ก) และแนวของเส้นการทำงานของทั้งสองกิจกรรมจะลู่ออกจากกันเมื่อจำนวนหน่วยก่อสร้างเพิ่มขึ้น และ ค) เมื่อกิจกรรมนำหน้ามีระยะเวลาการทำงานประสิทธิผลเท่ากับกิจกรรมที่ตามมา การกำหนดจุดควบคุมจะอยู่ที่รอบการทำงานเริ่มต้นของการทำงาน

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้ครอบคลุมกับงานก่อสร้างประเภทดังกล่าวจึงควรจัดทำแนวทางรูปแบบการวางแผนของความสัมพันธ์ที่เหลืออยู่ ได้แก่ Finish-To-Finish (FTF) , Start-To-Start (STS) และ Start-To-Finish (STF) ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์เป็น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ใช้กับการวางแผนการทำงานของโครงการที่มีกิจกรรมและหน่วยก่อสร้างเป็นจำนวนมาก

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

David, A., O. B. Tokdemir and K. Suh. 2002. Challenges in Line-of-Balance Scheduling.
Journal of Construction Engineering and Management 6 (128): 545-556.

Lutz, J. D. and D. W. Halpin. 1992. Analyzing Linear Construction Operations Using
Simulation and Line Of Balance. pp.48-56. **Transportation Research Record.**
No. 1351. Construction Quality and Construction Management.

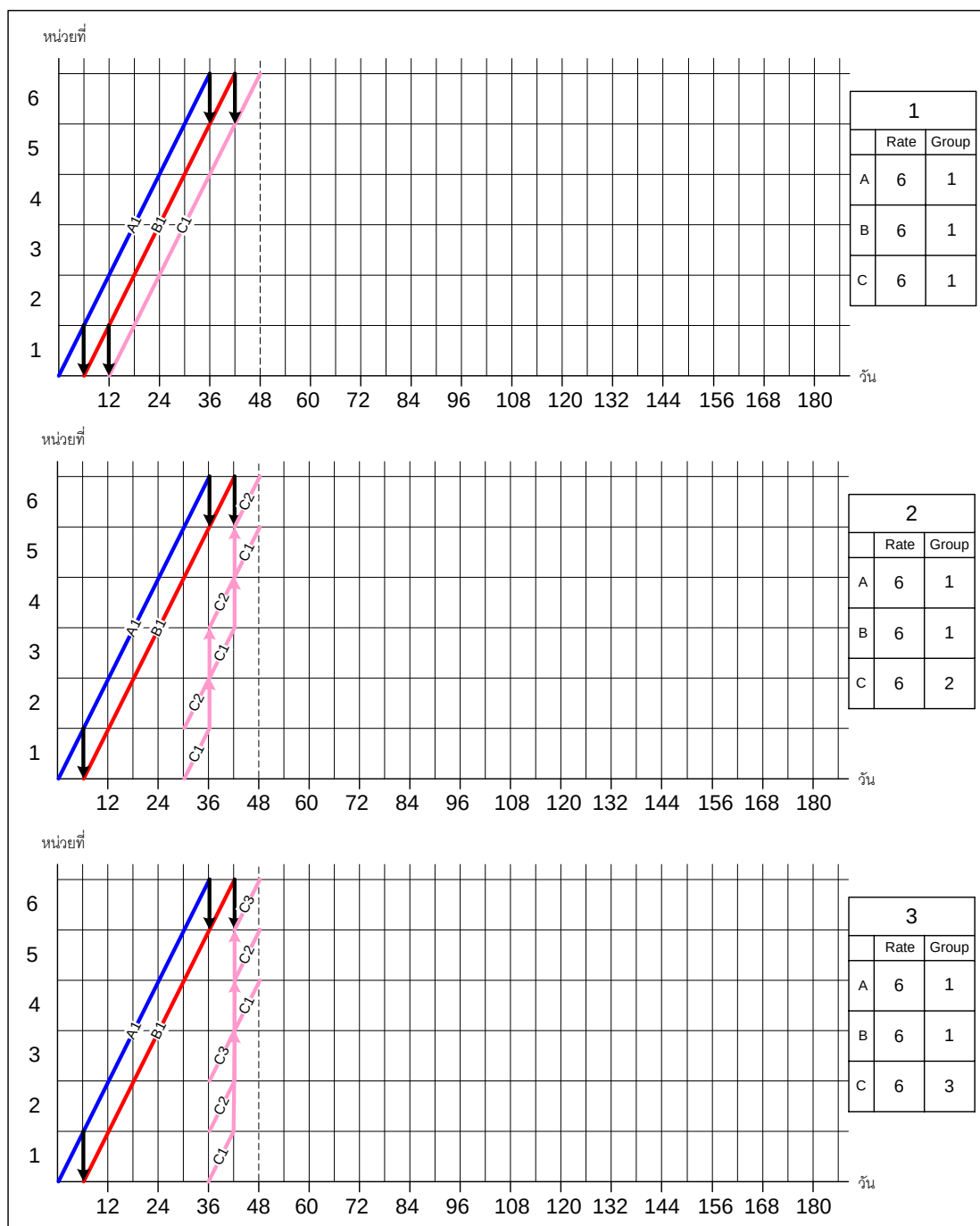
Paul, W. 2006. **Line of Balance.** The PEO publishes papers. Planning Engineers Organisation.
Available Source: <http://www.planningengineers.org/publications/papers.aspx#cat5>

Robert, B. H. and P. G. Ioannou. 1998. Repetitive Scheduling Method. **Center for**
Construction Engineering and Management. The University of Michigan. Ann Arbor.
UMCEE. Report No. 98-35.

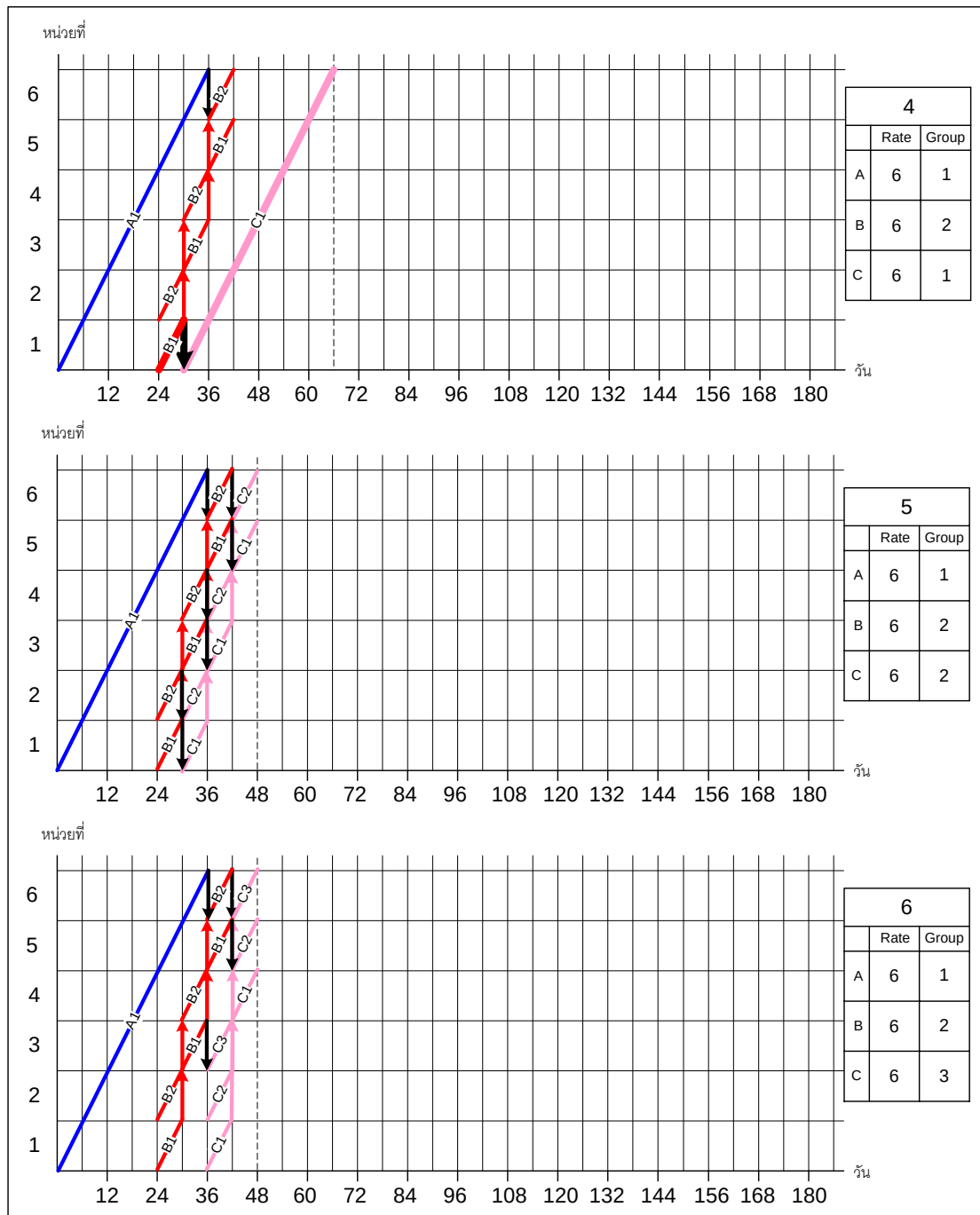
Stephen, O. O. 2005. Modeling the Dynamics of an Infrastructure Project Computer-Aided Civil
and Infrastructure Engineering.. **Computer-Aided Civil and Infrastructure**
Engineering. 20(4): 265-279.

Turban, E. 1968. Incentives during Learning - an Application of the Learning Curve Theory and
a Survey of Other Methods. pp 600-607. **Journal of Industrial Engineering** 19(12):
600-607.

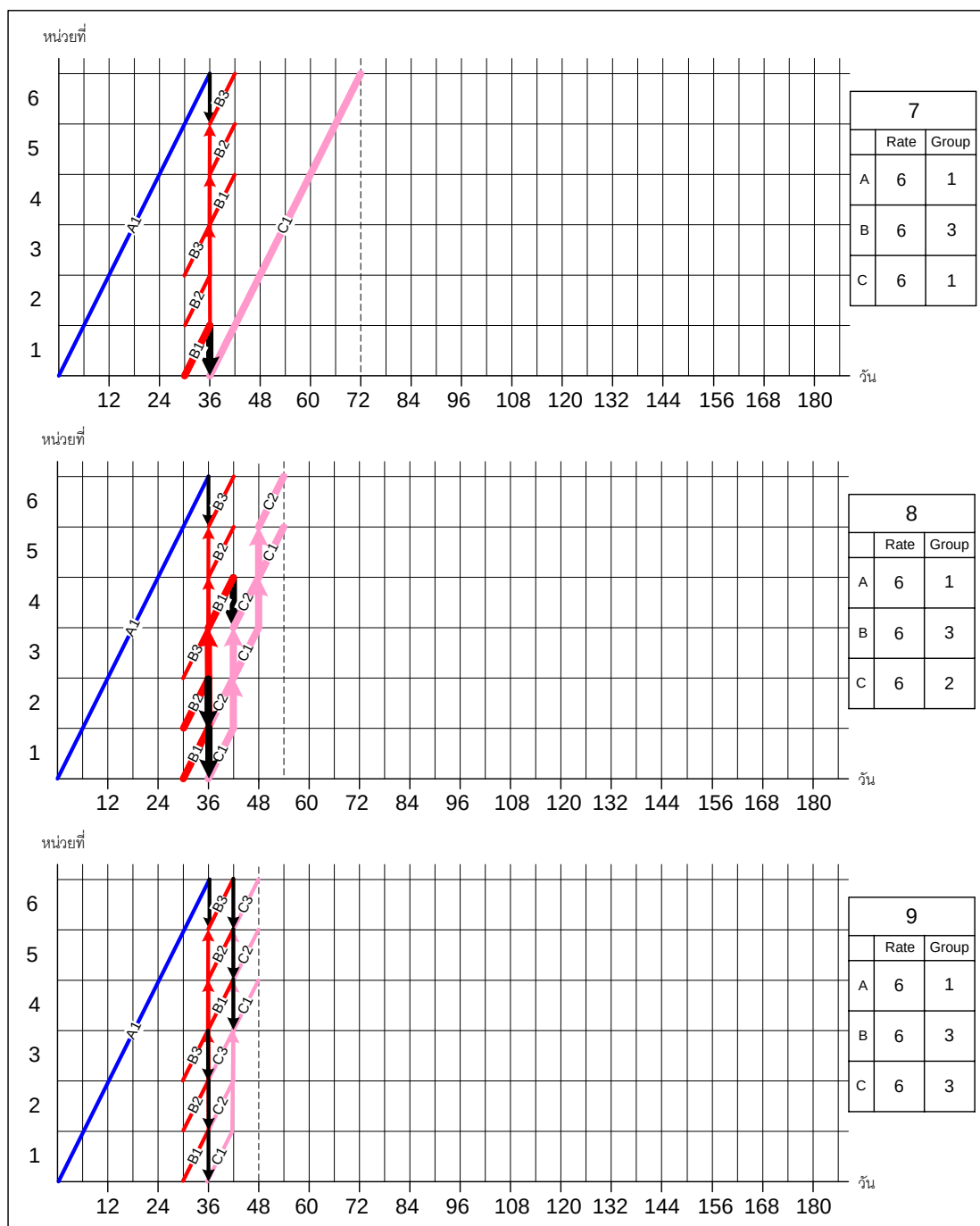
ภาคผนวก



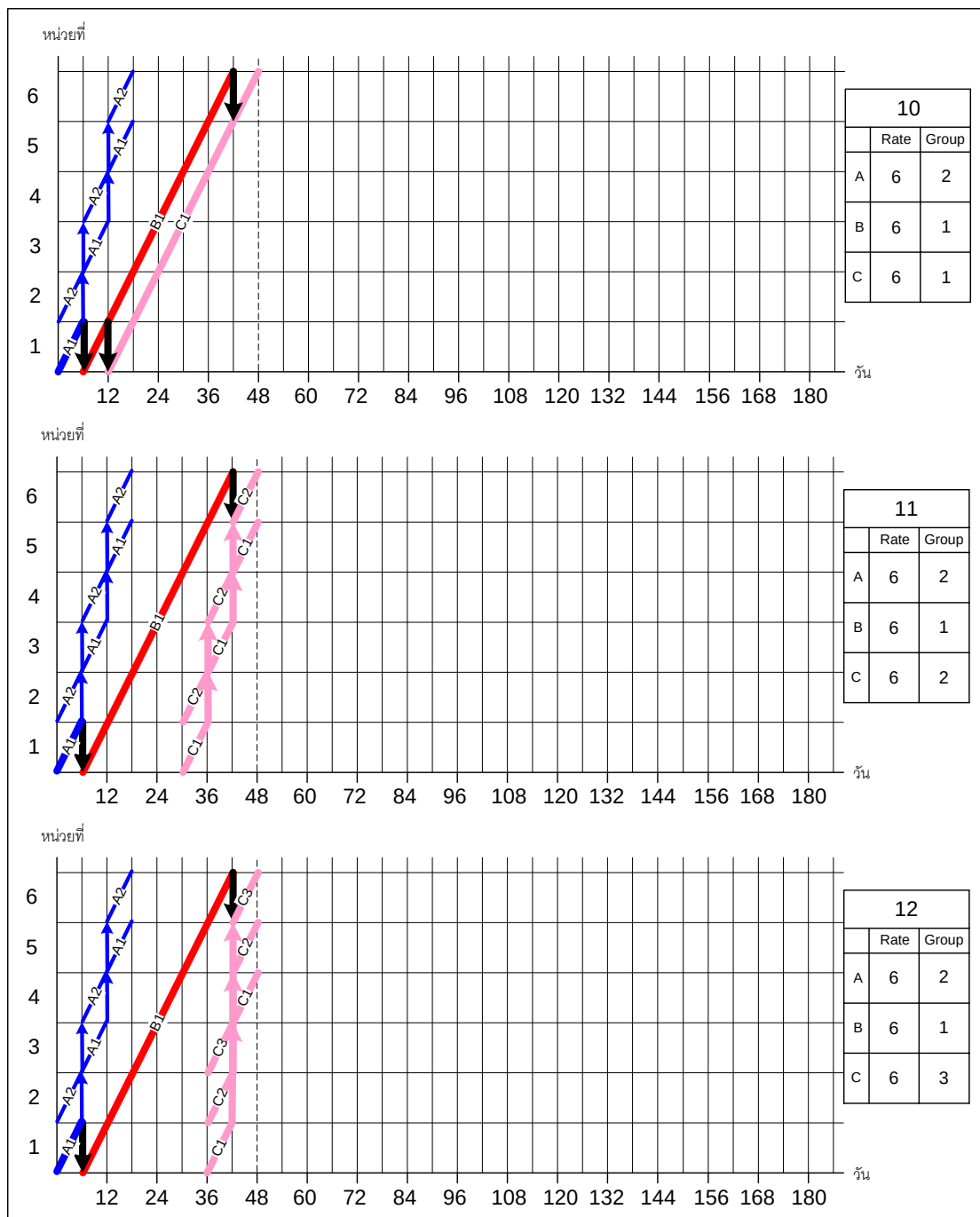
ภาพผนวกที่ 1 ผลการทดลองลำดับที่ 1-3



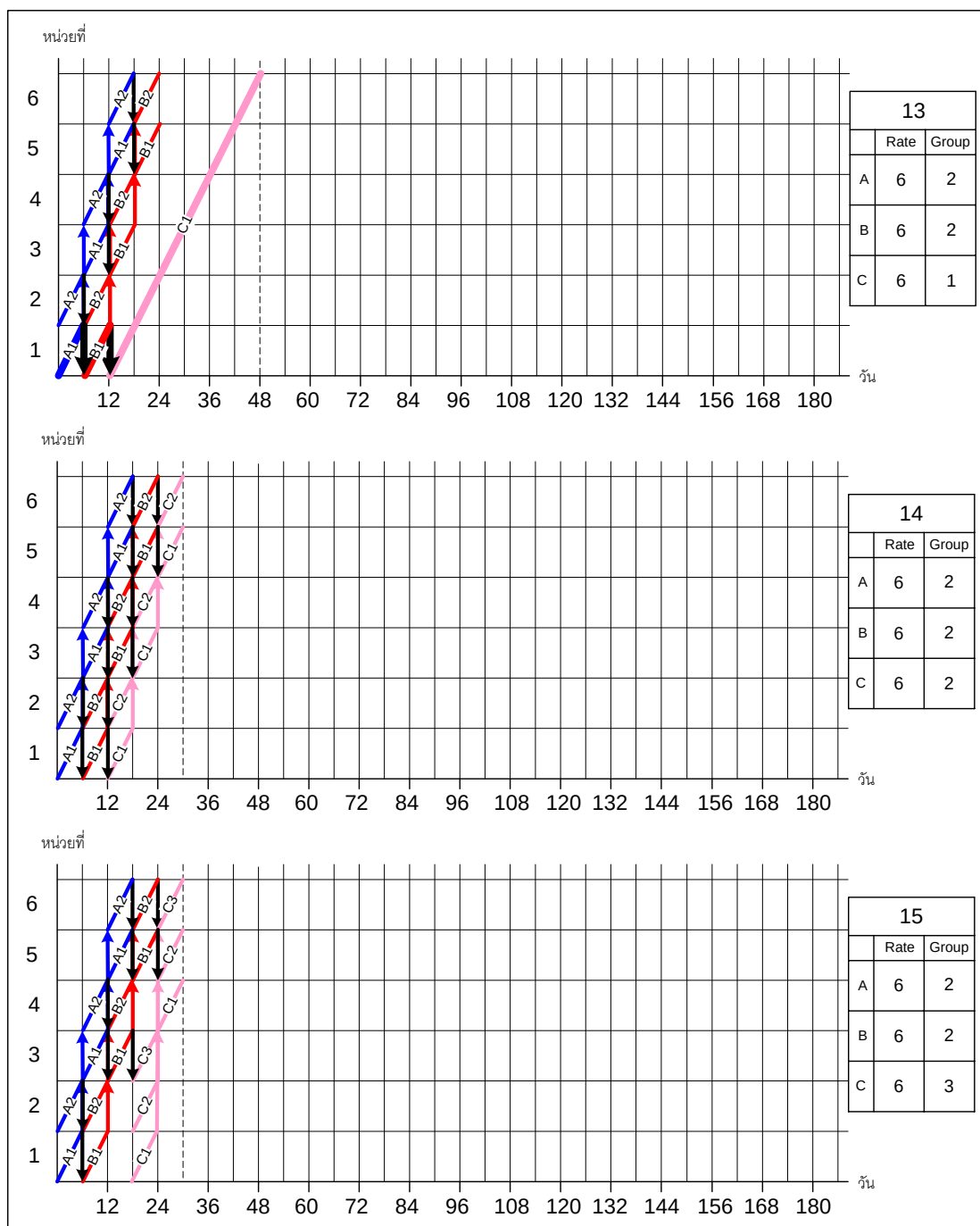
ภาพผนวกที่ 2 ผลการทดลองลำดับที่ 4-6



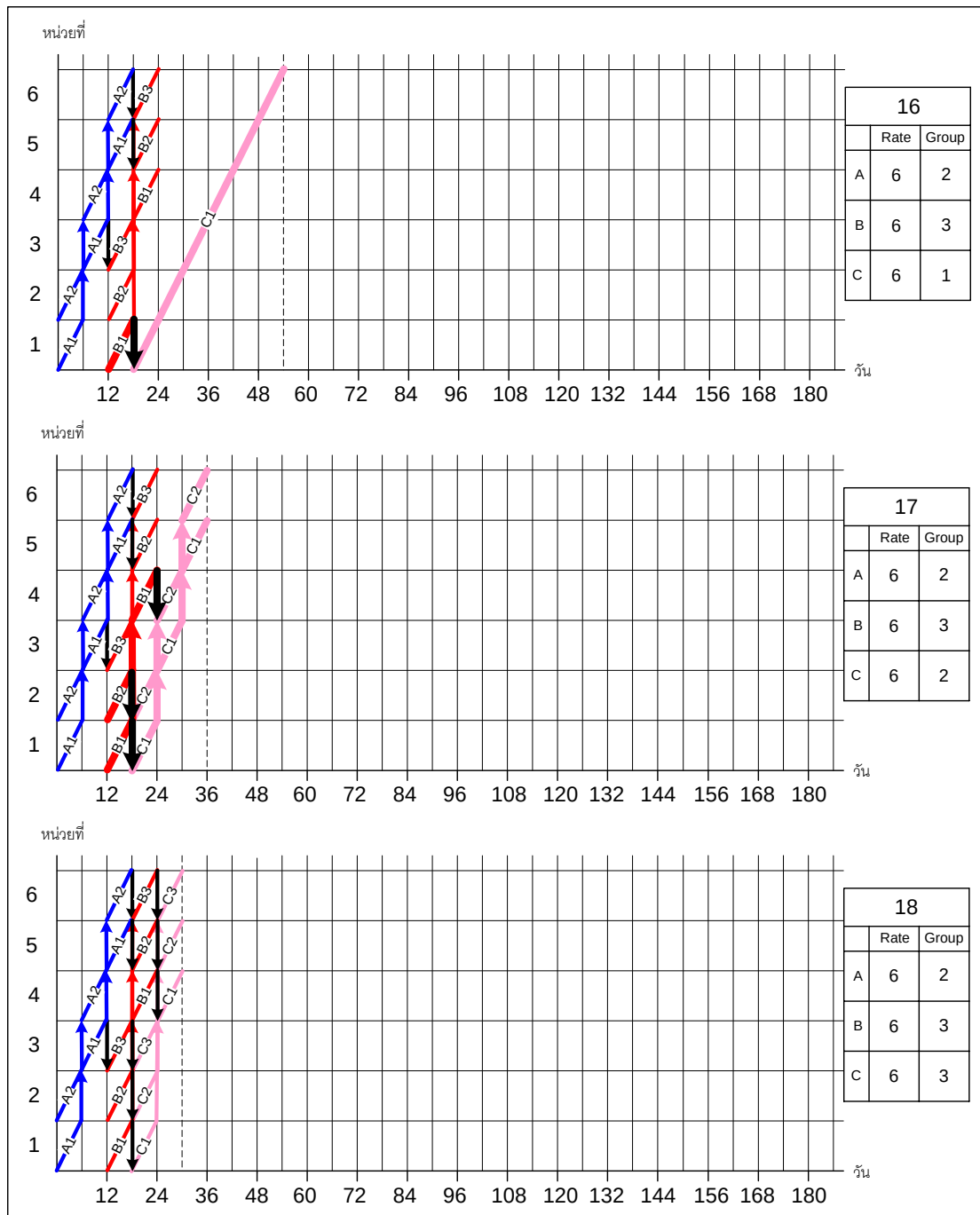
ภาพผนวกที่ 3 ผลการทดลองลำดับที่ 7-9



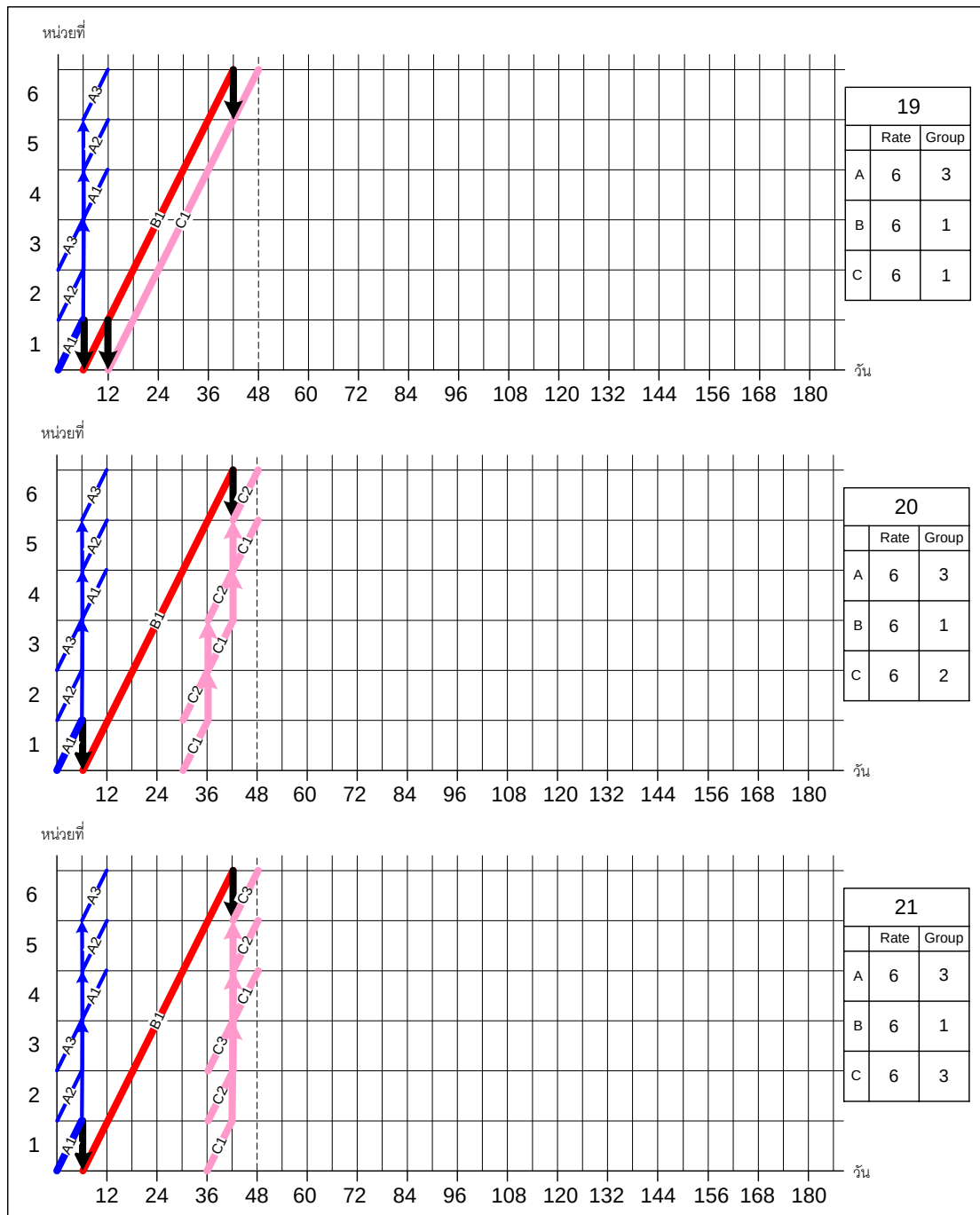
ภาพผนวกที่ 4 ผลการทดลองลำดับที่ 10-12



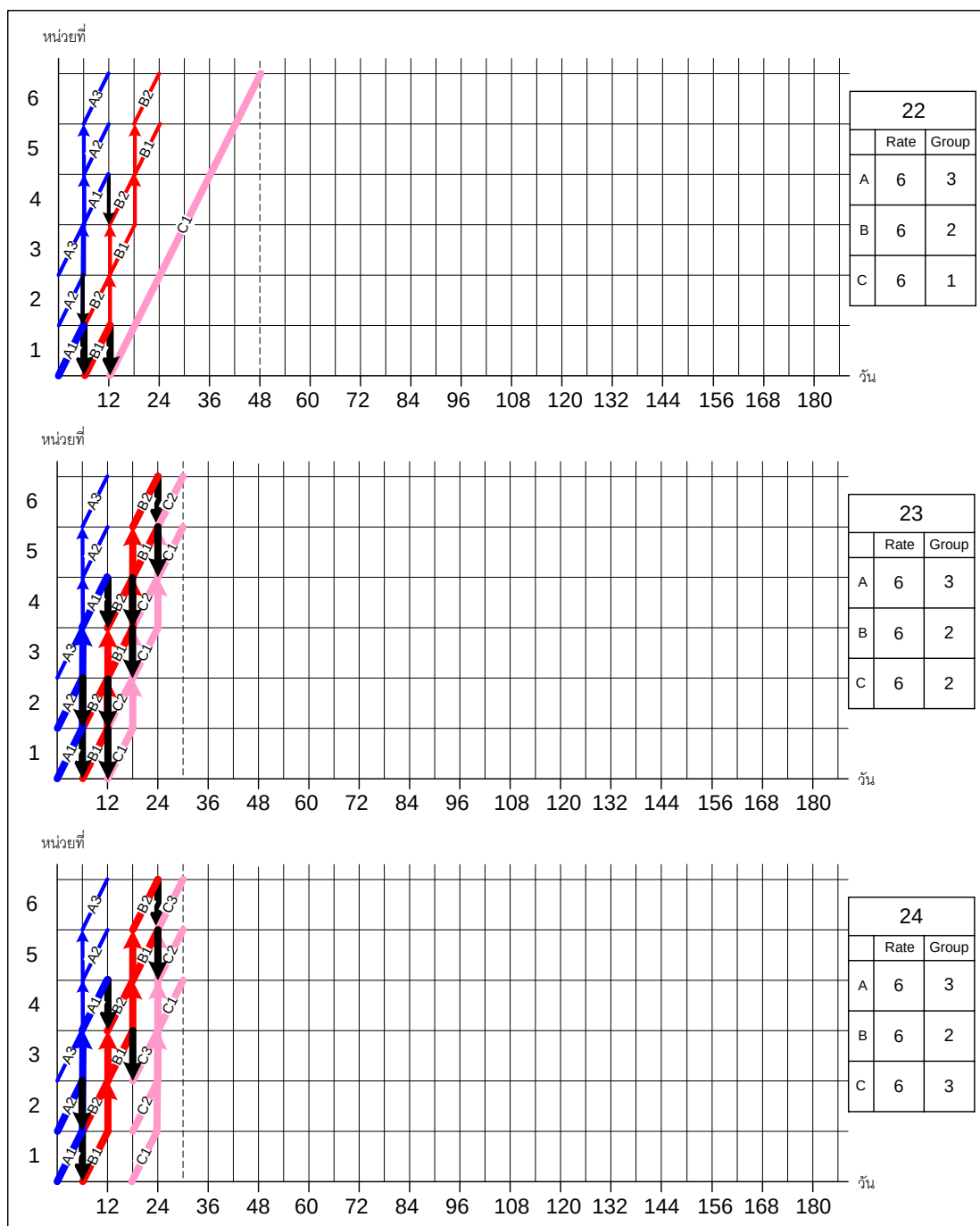
ภาพผนวกที่ 5 ผลการทดลองลำดับที่ 13-15



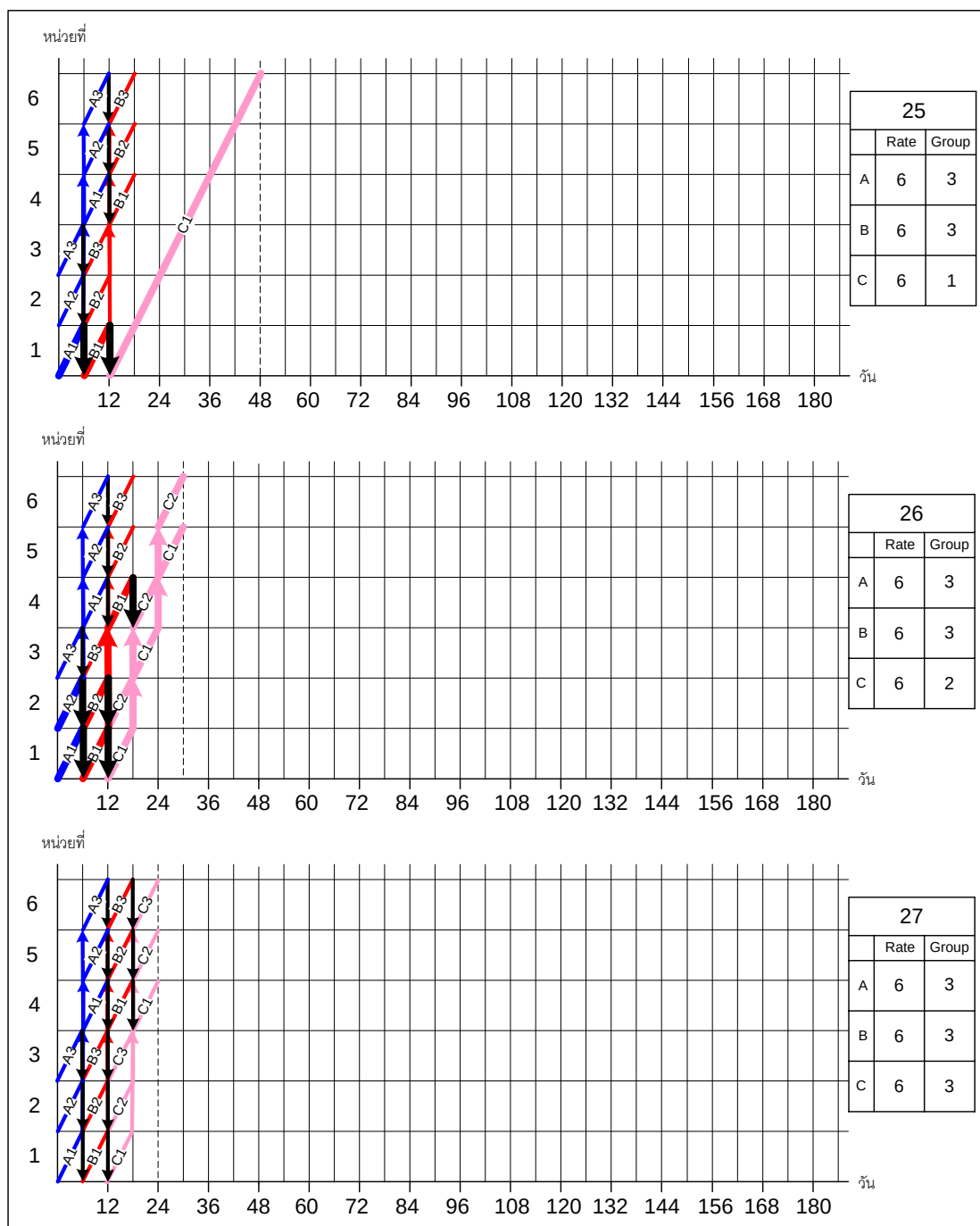
ภาพผนวกที่ 6 ผลการทดลองลำดับที่ 16-18



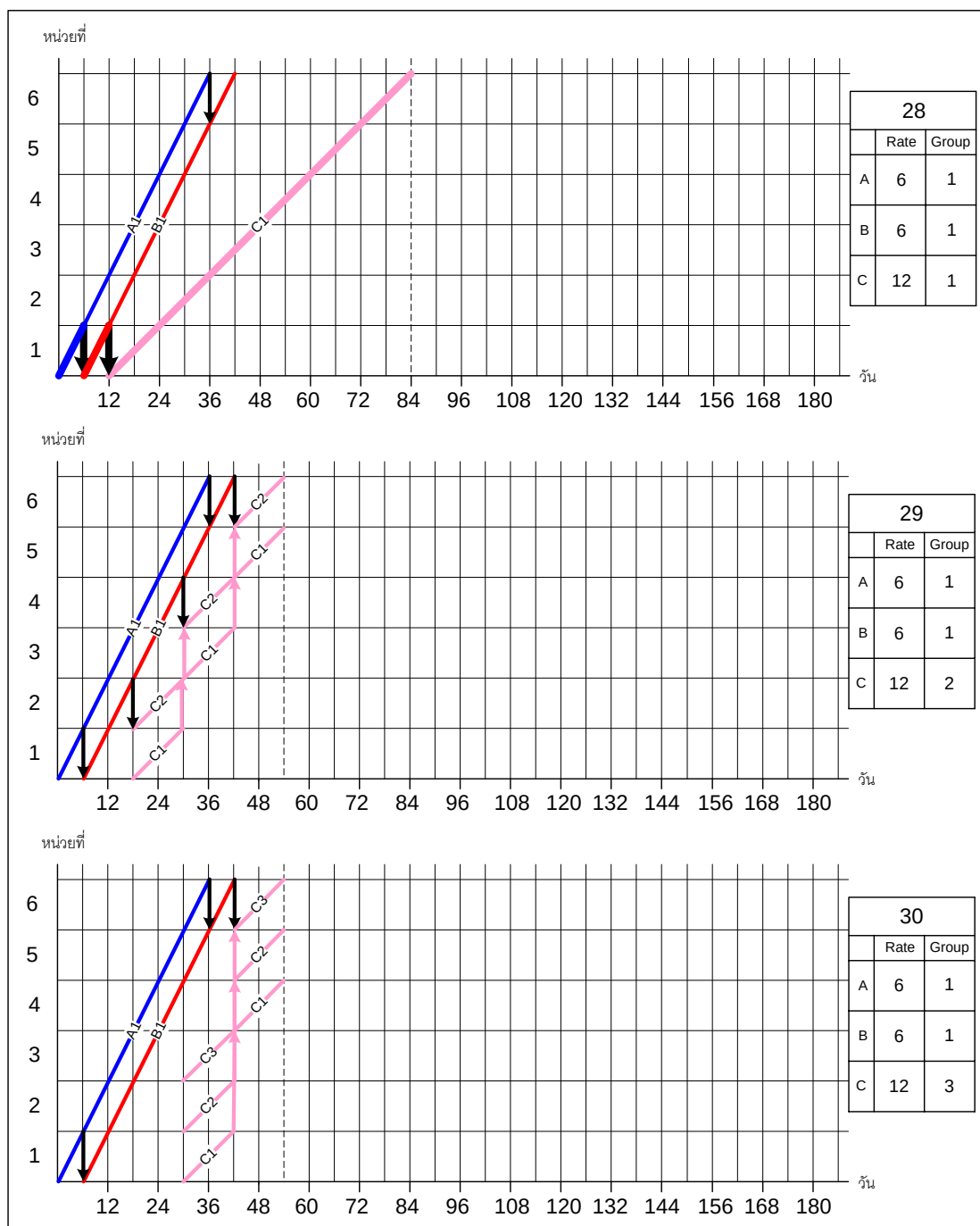
ภาพผนวกที่ 7 ผลการทดลองลำดับที่ 19-21



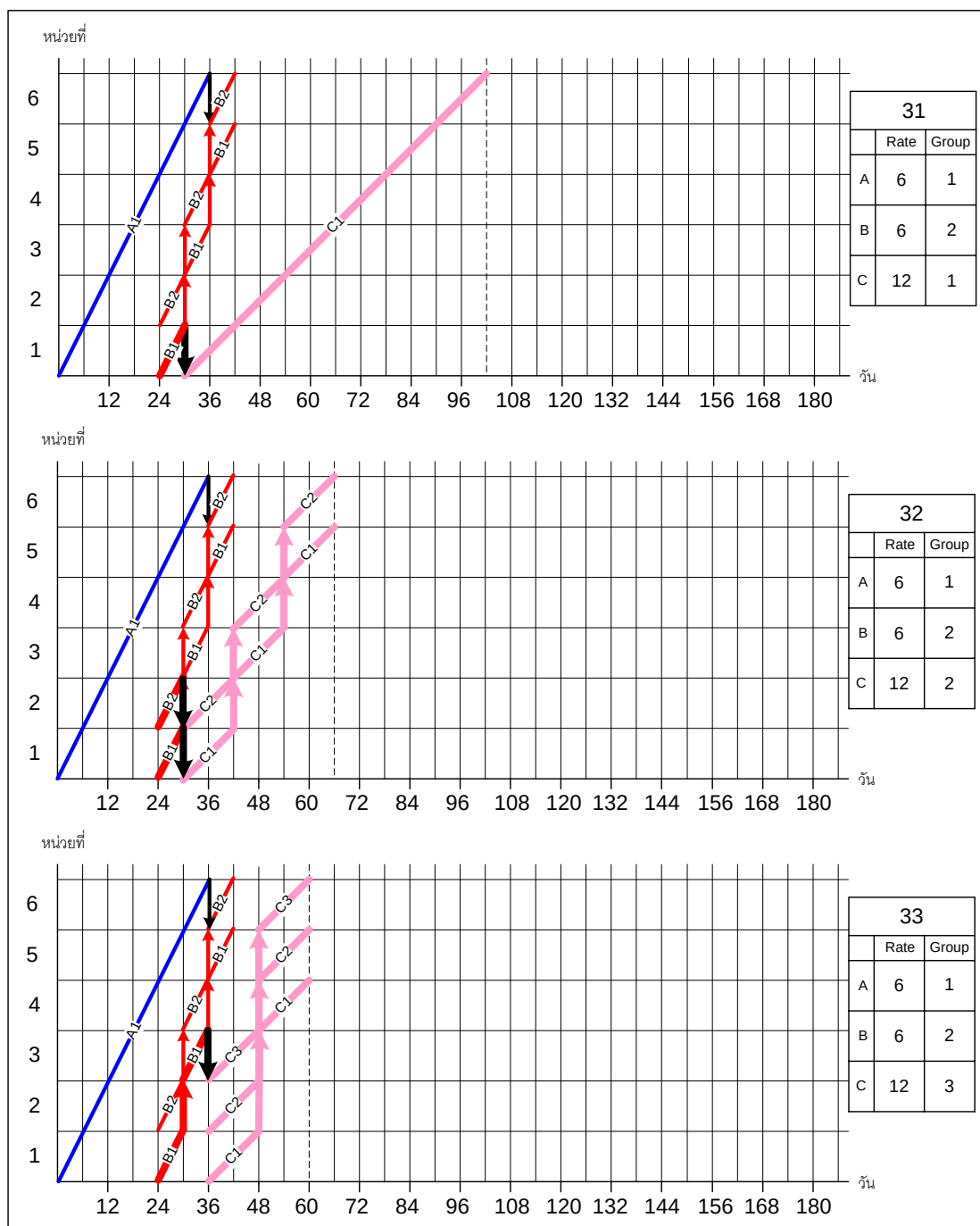
ภาพผนวกที่ 8 ผลการทดลองลำดับที่ 22-24



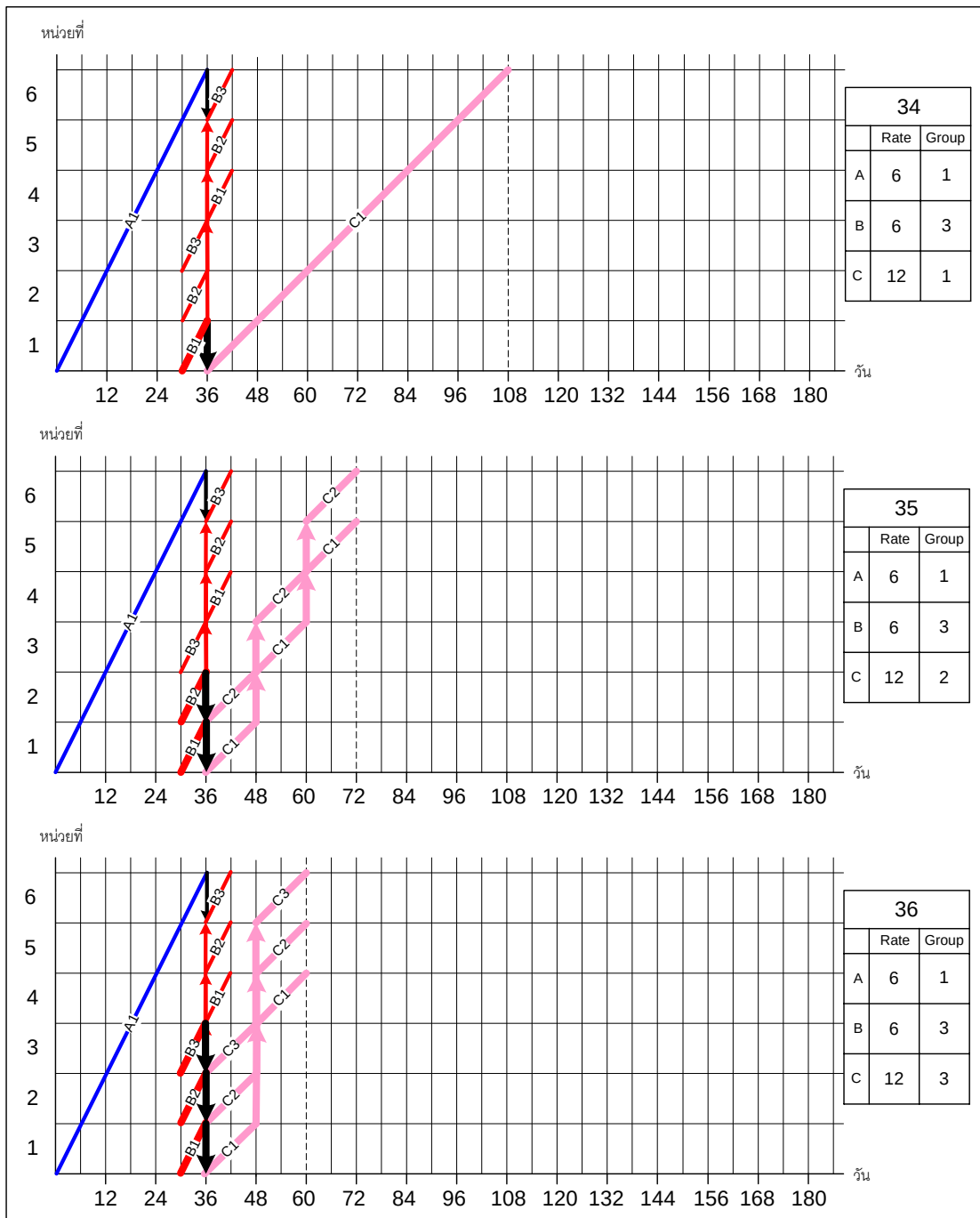
ภาพผนวกที่ 9 ผลการทดลองลำดับที่ 25-27



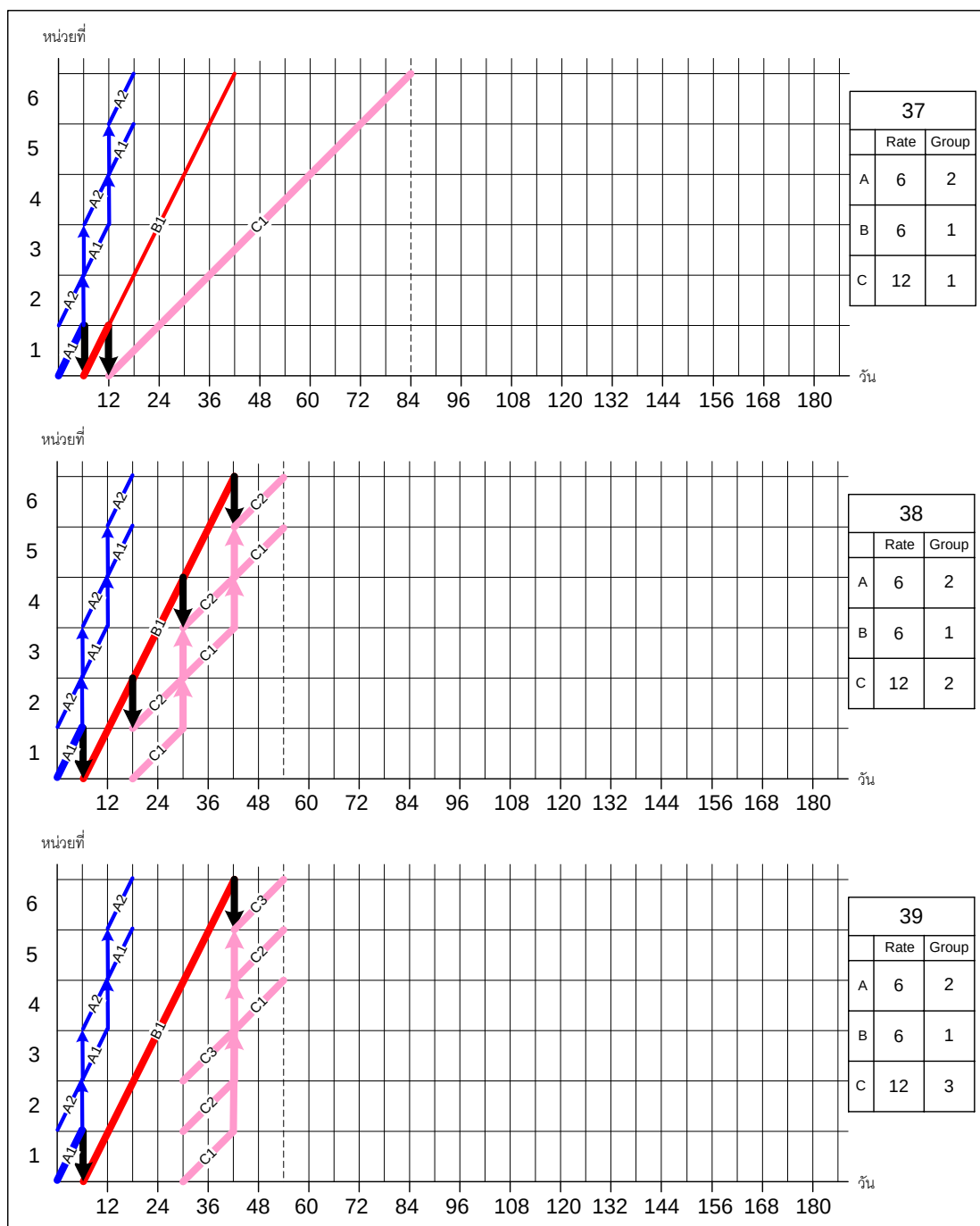
ภาพผนวกที่ 10 ผลการทดลองลำดับที่ 28-30



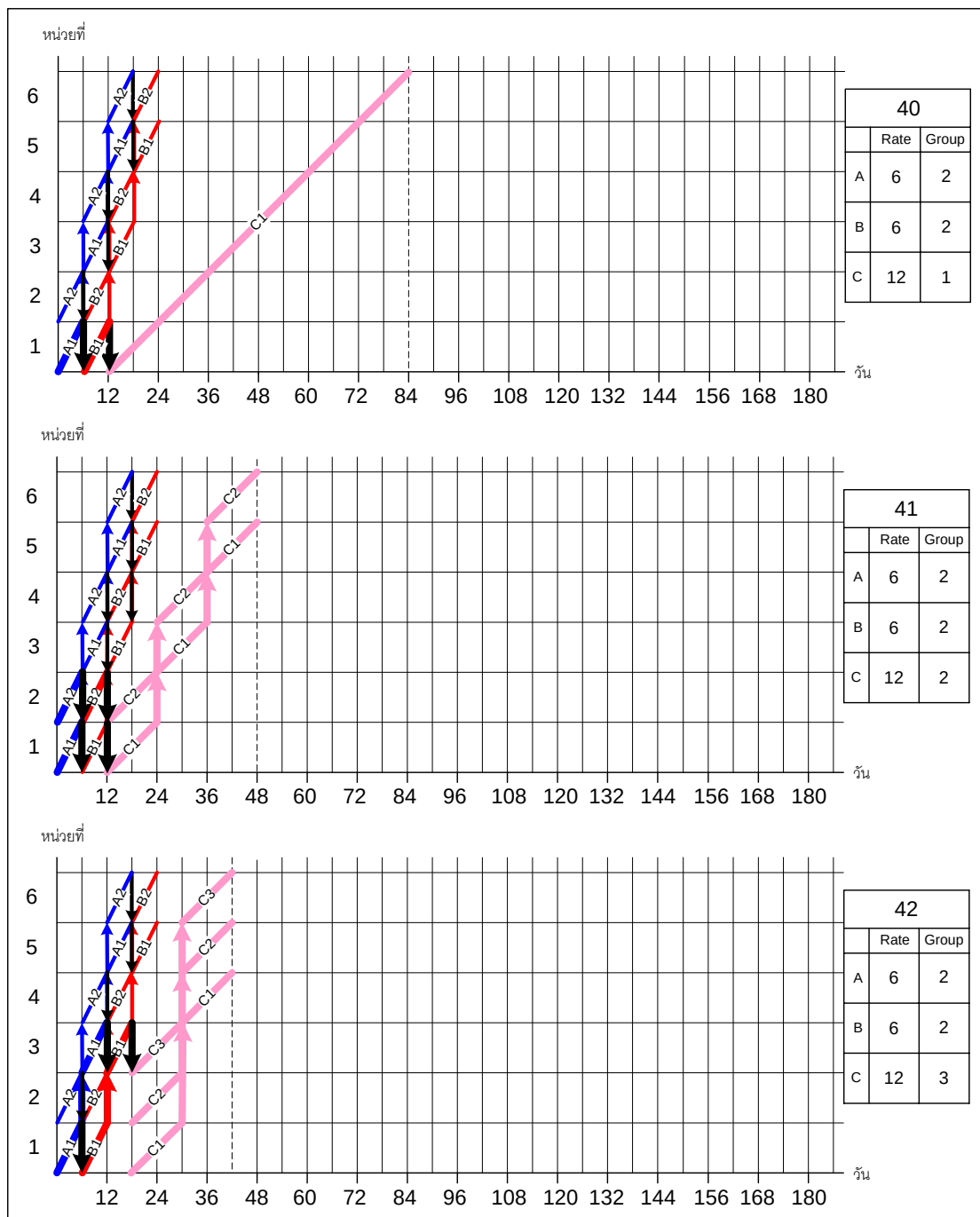
ภาพผนวกที่ 11 ผลการทดลองลำดับที่ 31-33



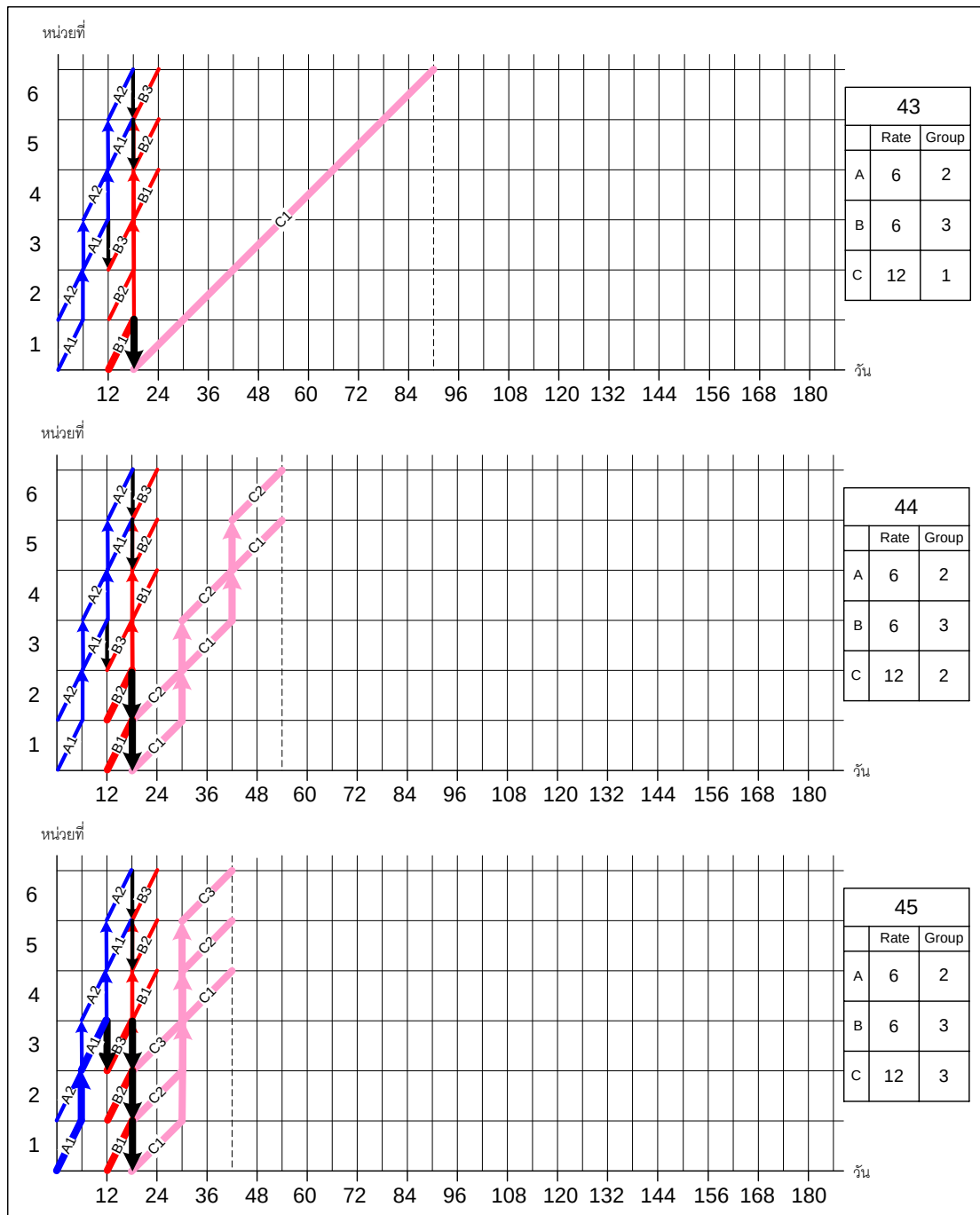
ภาพผนวกที่ 12 ผลการทดลองลำดับที่ 34-36



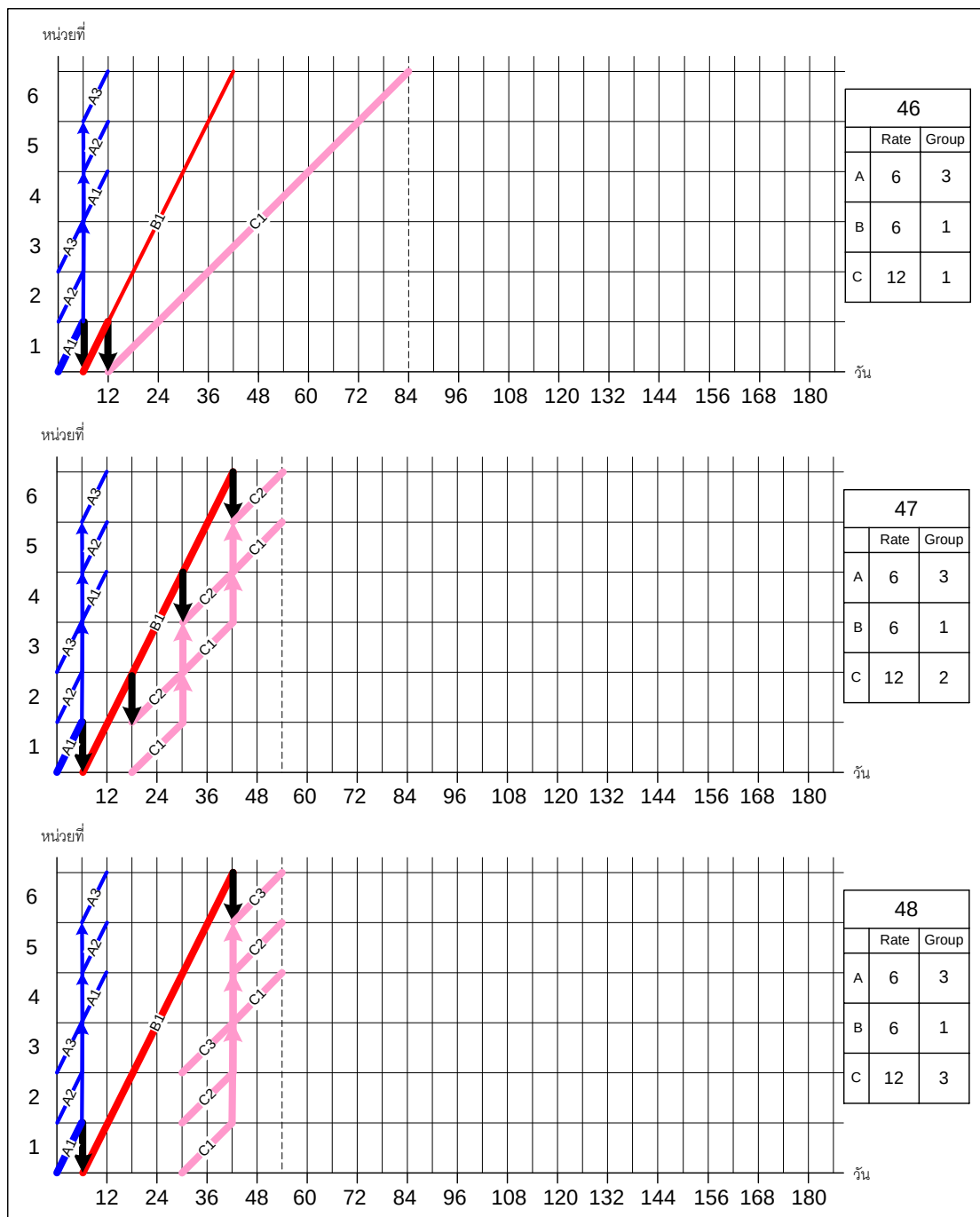
ภาพผนวกที่ 13 ผลการทดลองลำดับที่ 37-39



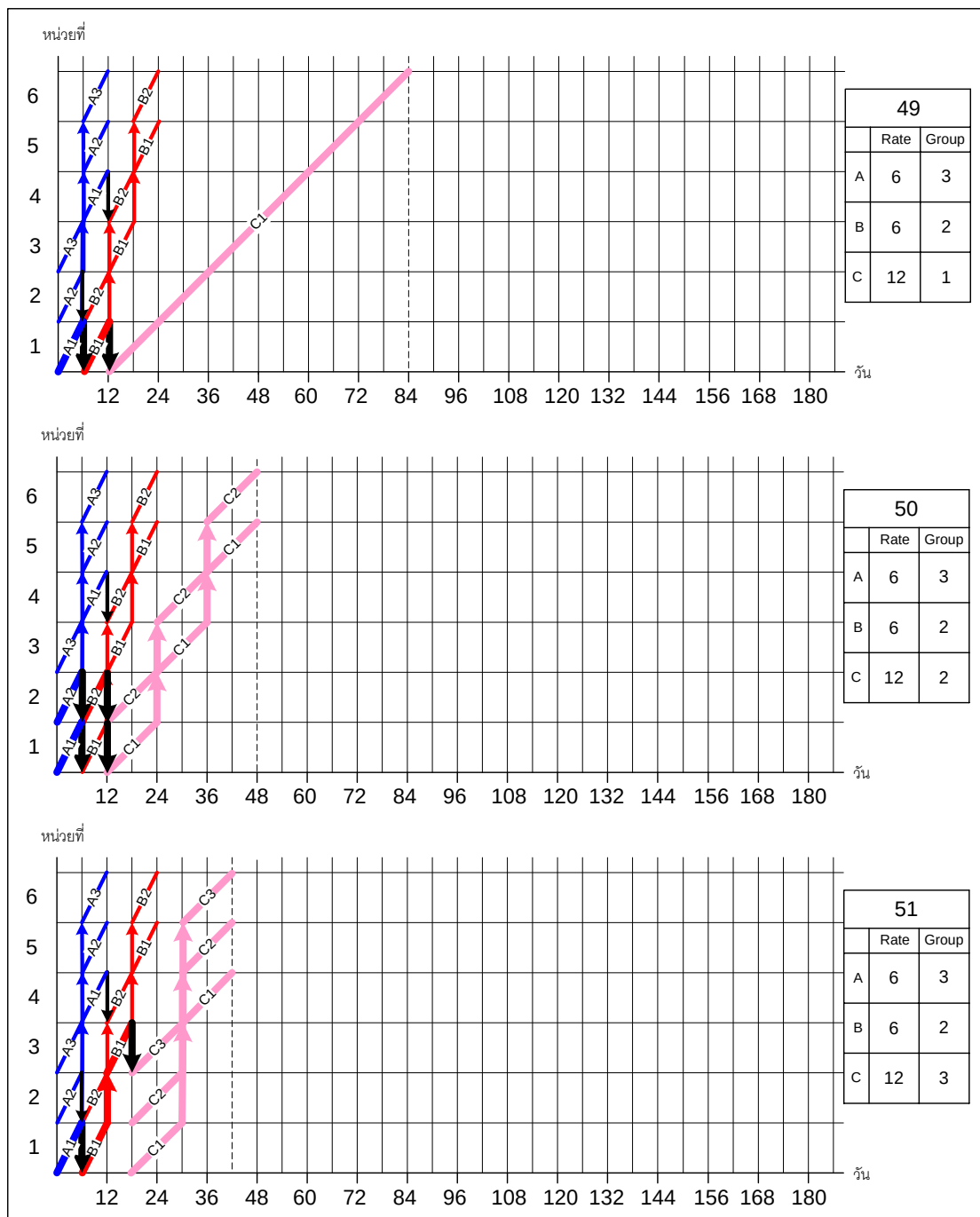
ภาพผนวกที่ 14 ผลการทดลองลำดับที่ 40-42



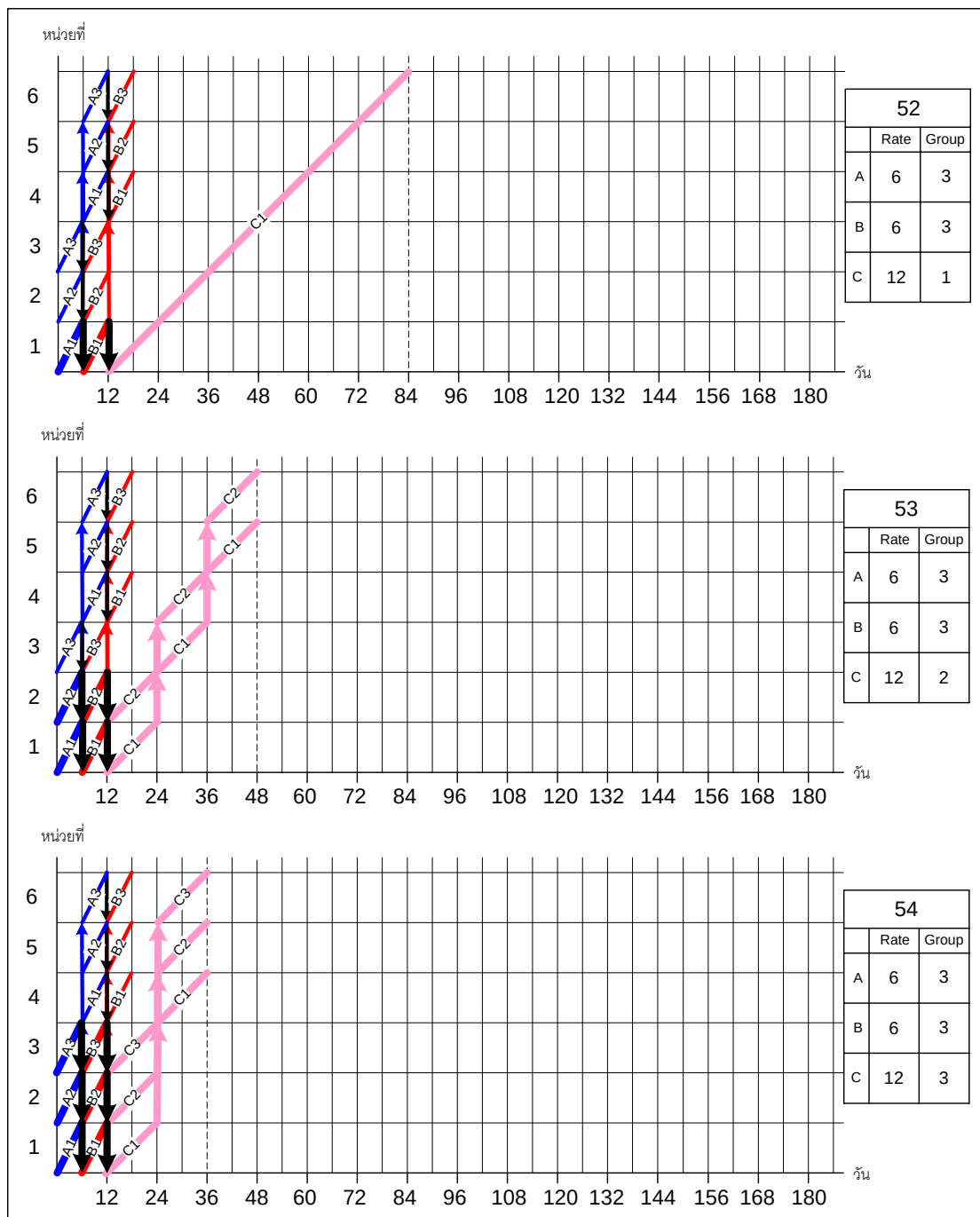
ภาพผนวกที่ 15 ผลการทดลองลำดับที่ 43-45



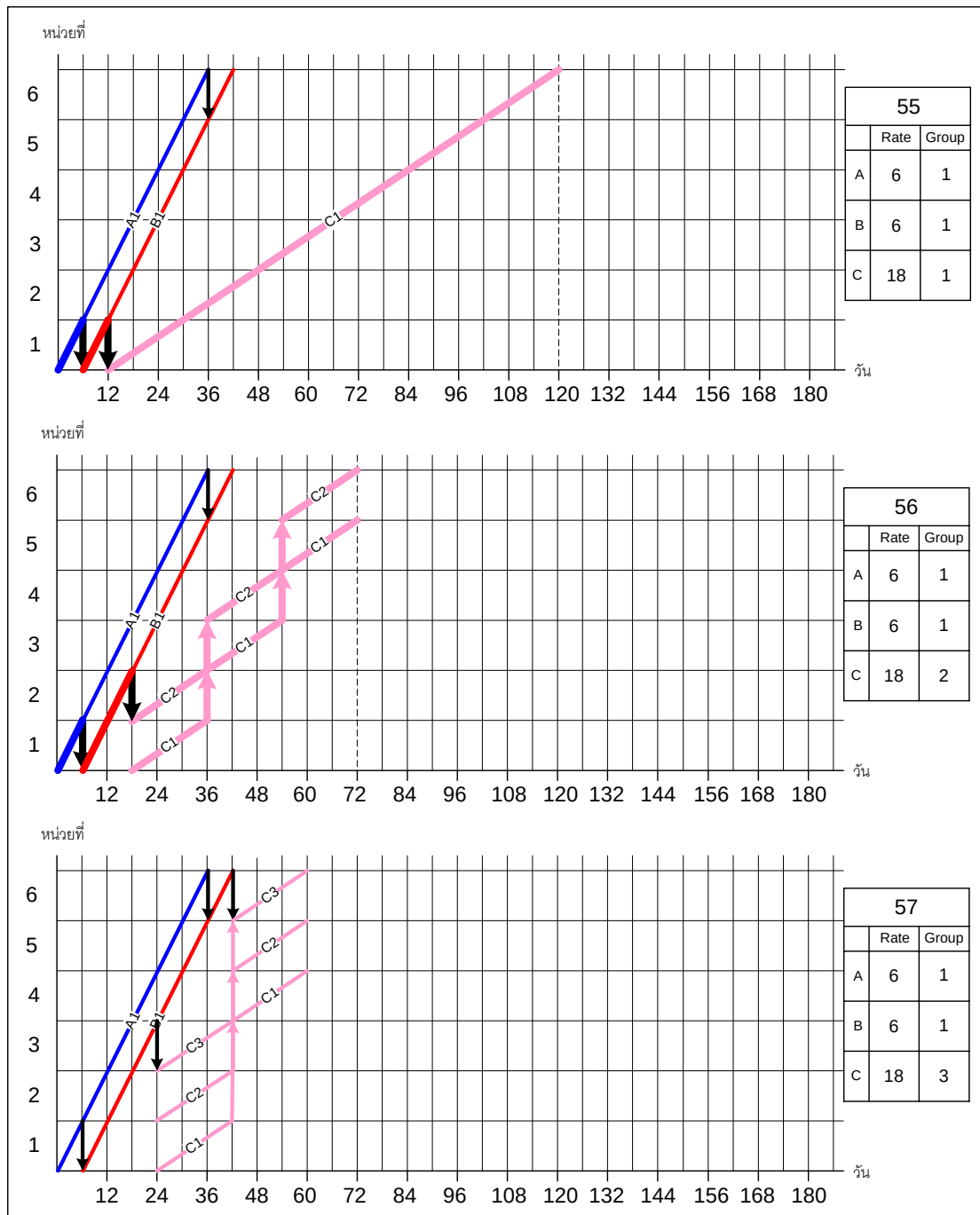
ภาพผนวกที่ 16 ผลการทดลองลำดับที่ 46-48



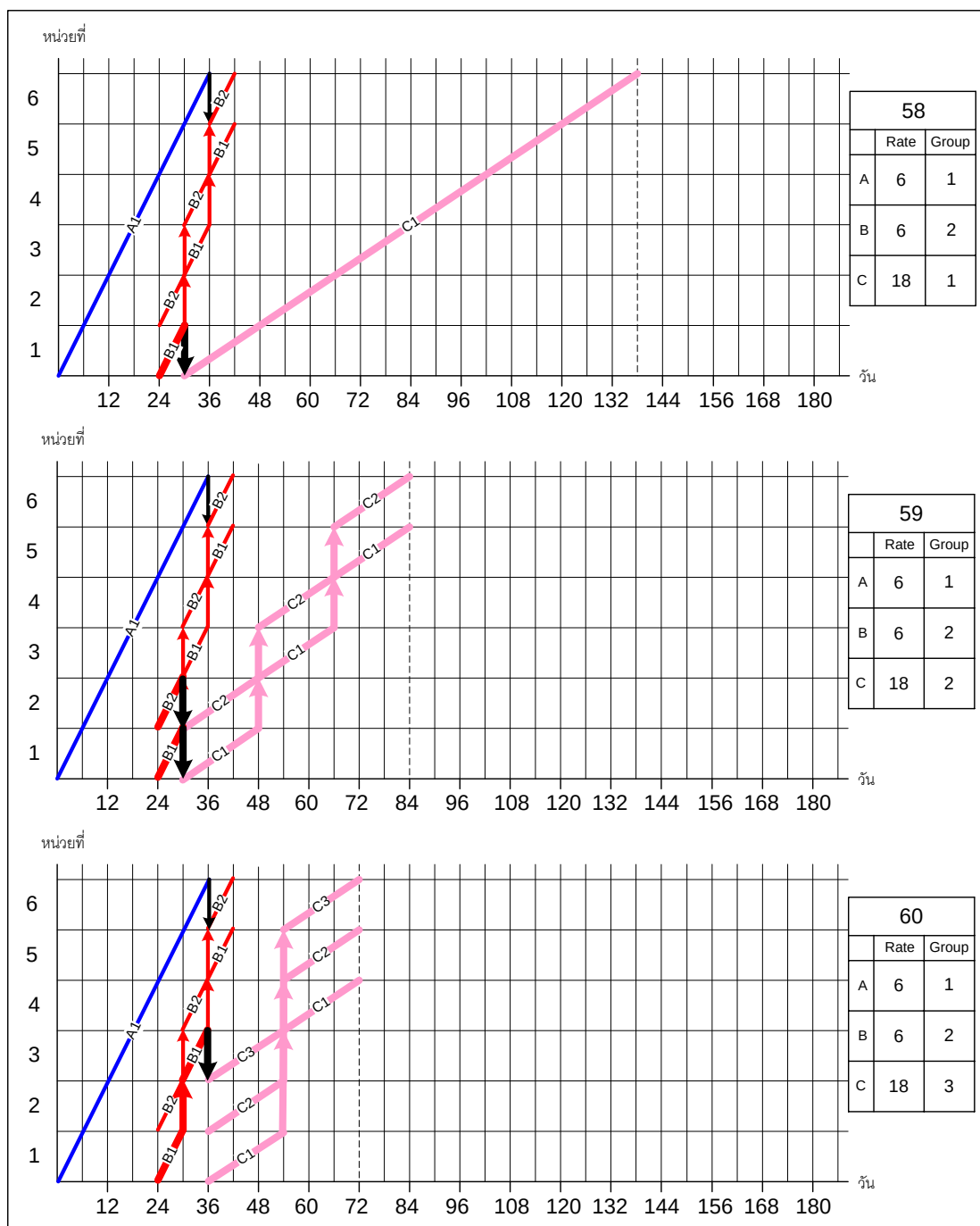
ภาพผนวกที่ 17 ผลการทดลองลำดับที่ 49-51



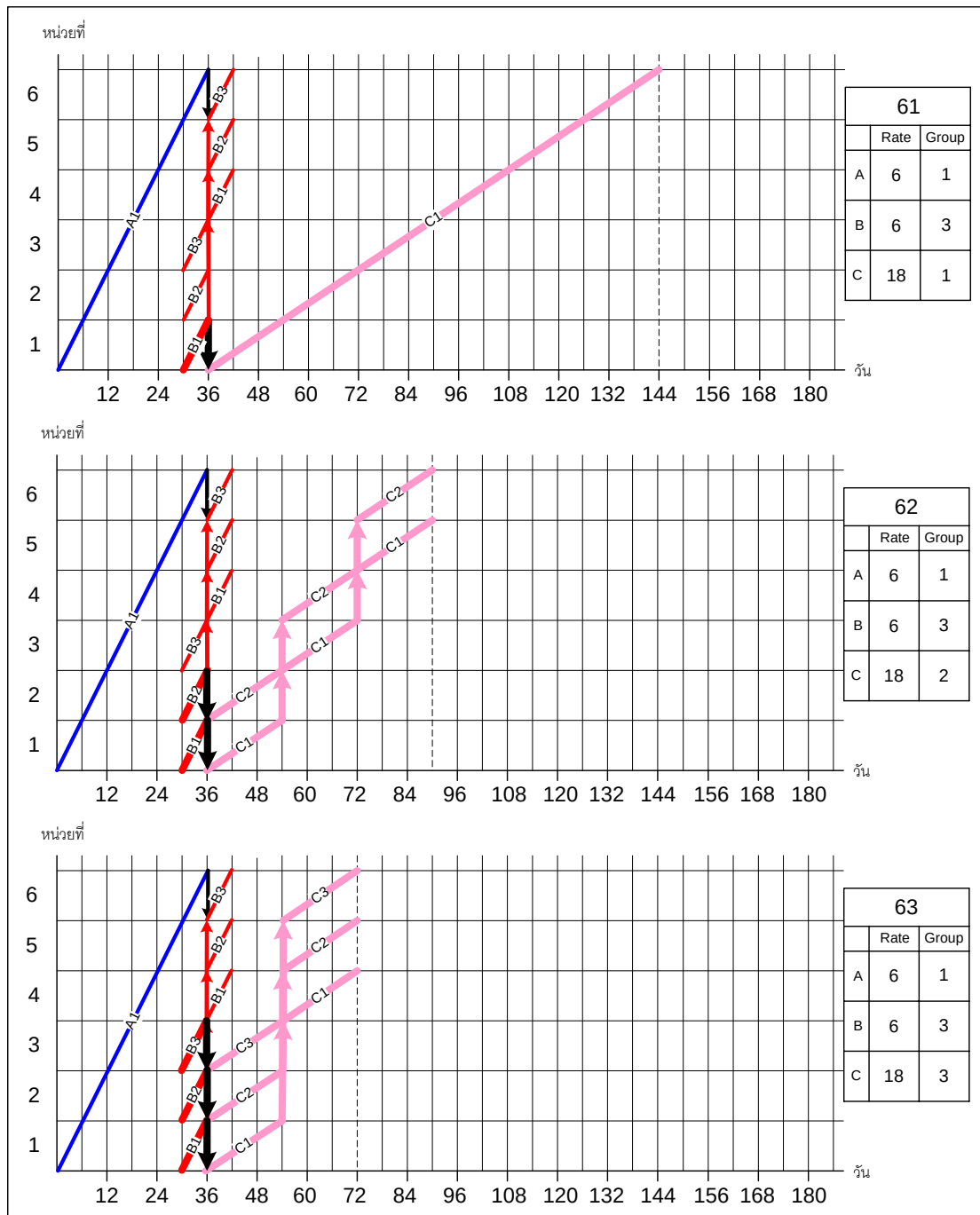
ภาพผนวกที่ 18 ผลการทดลองลำดับที่ 52-54



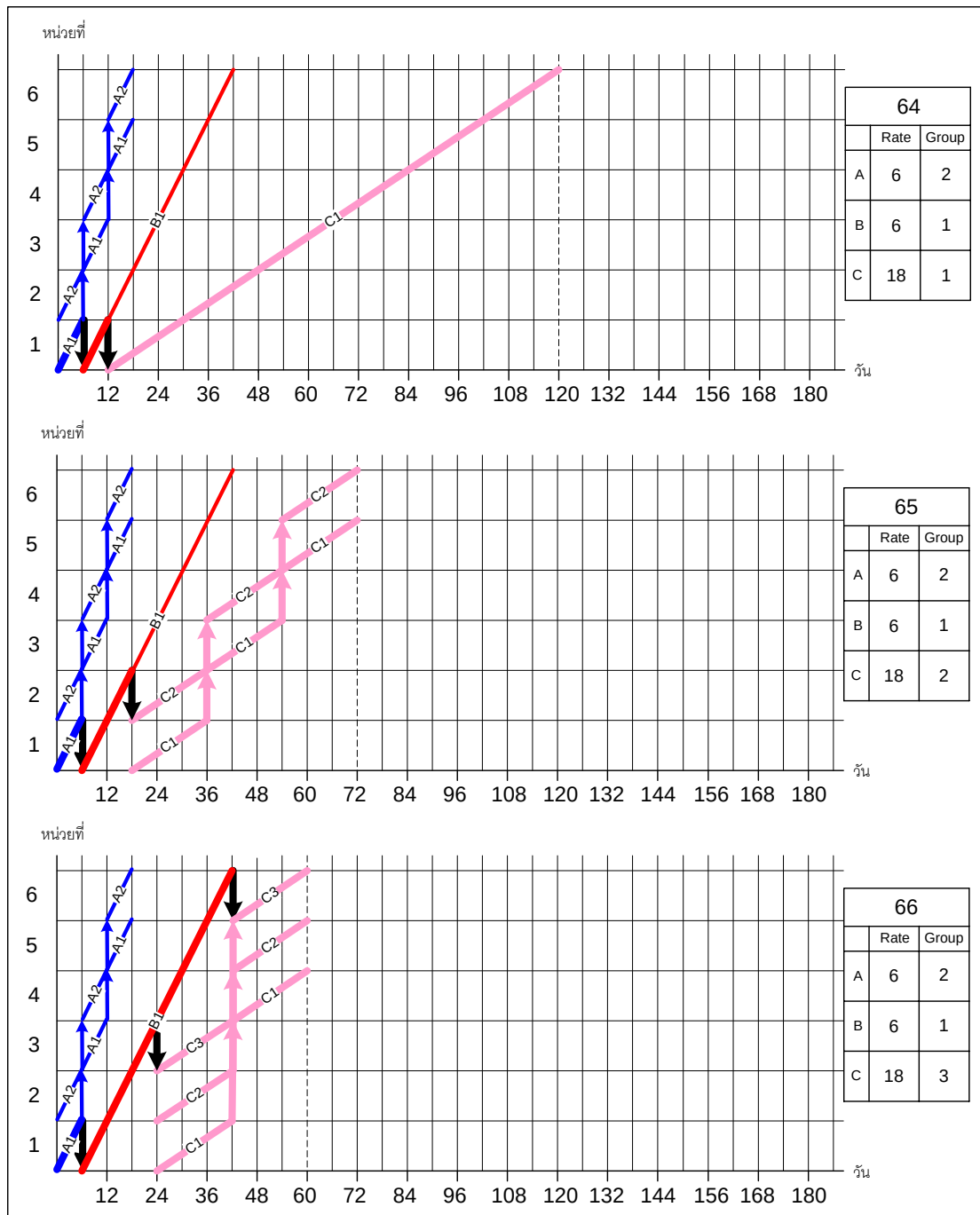
ภาพผนวกที่ 19 ผลการทดลองลำดับที่ 55-57



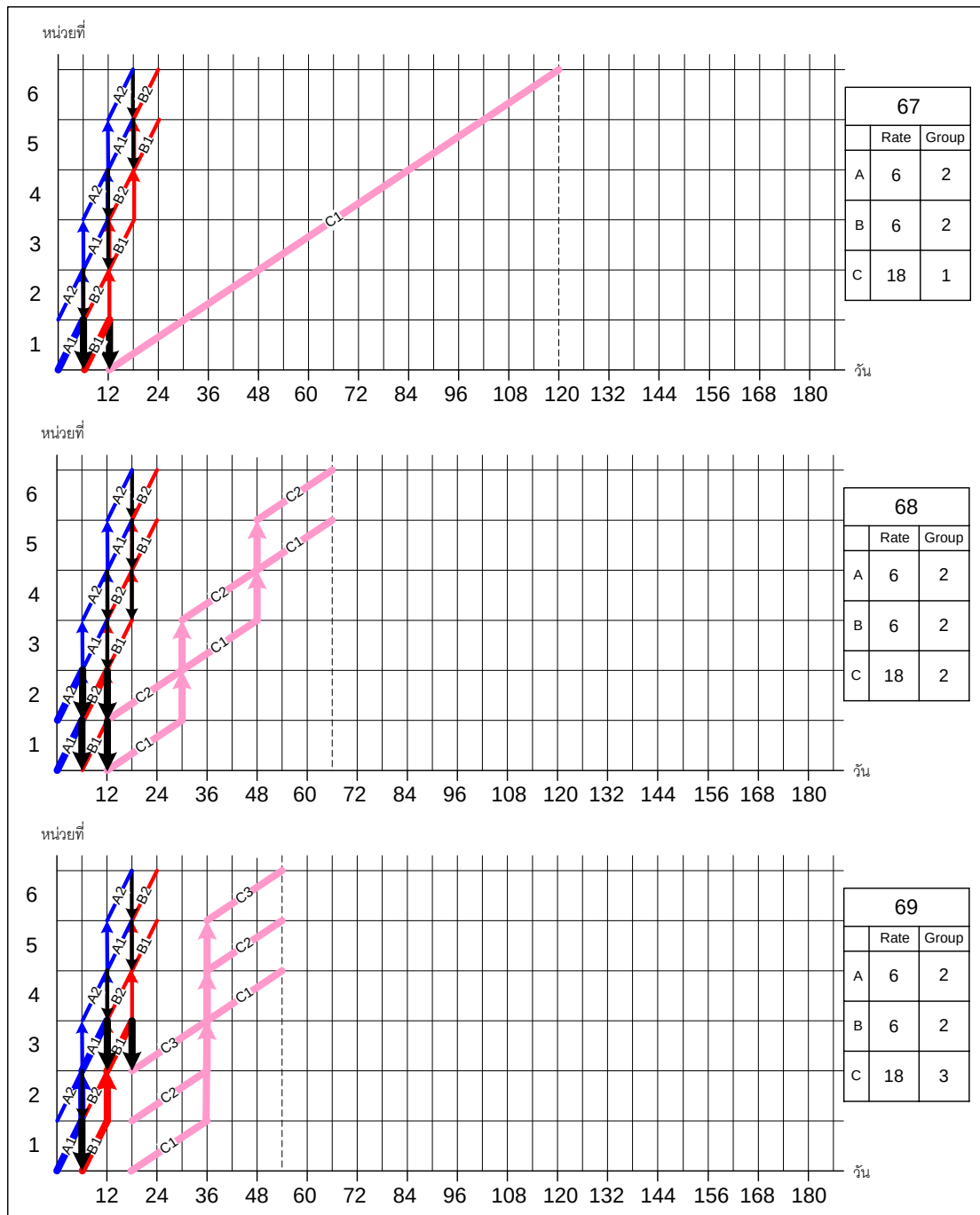
ภาพผนวกที่ 20 ผลการทดลองลำดับที่ 58-60



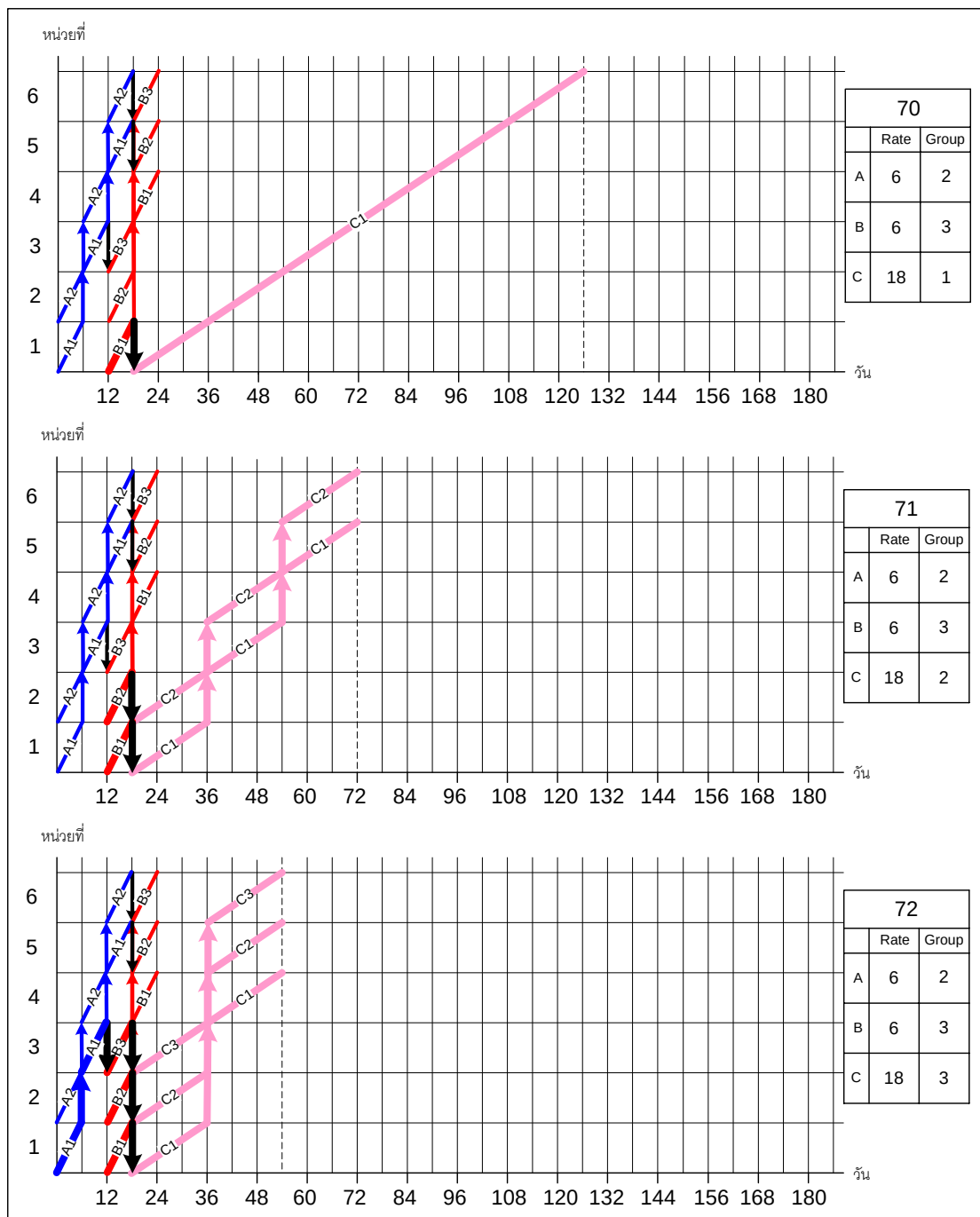
ภาพผนวกที่ 21 ผลการทดลองลำดับที่ 61-63



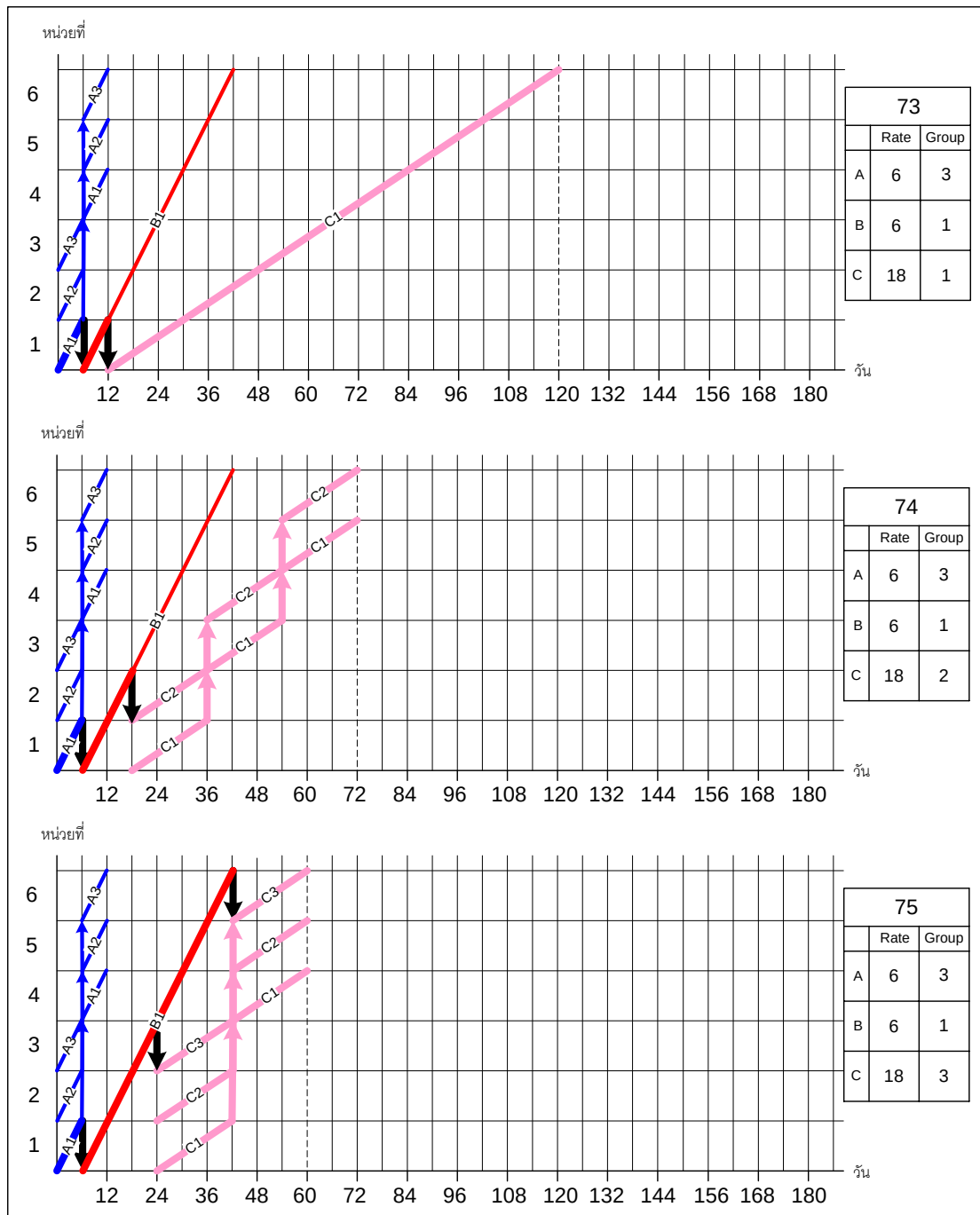
ภาพผนวกที่ 22 ผลการทดลองลำดับที่ 64-66



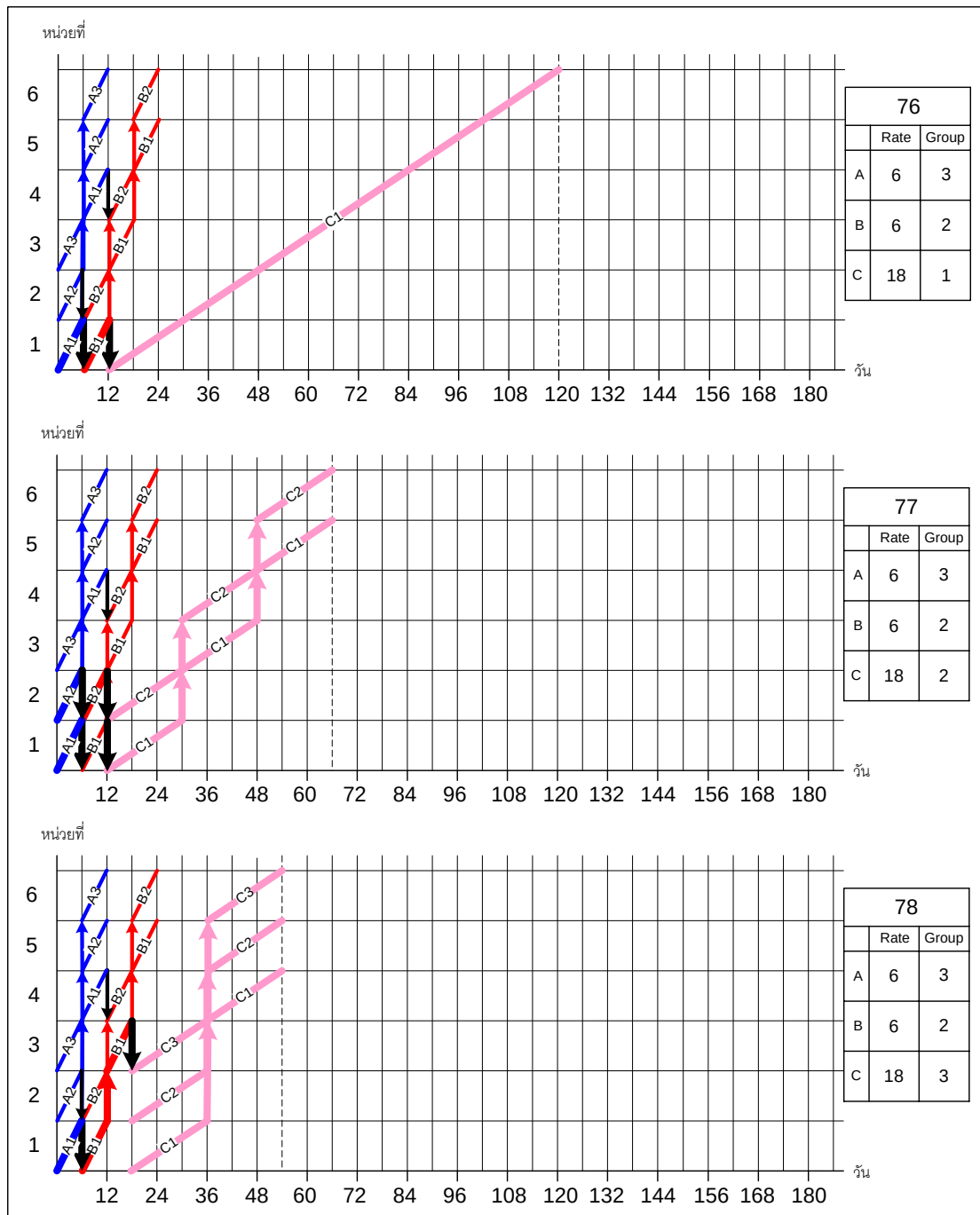
ภาพผนวกที่ 23 ผลการทดลองลำดับที่ 67-69



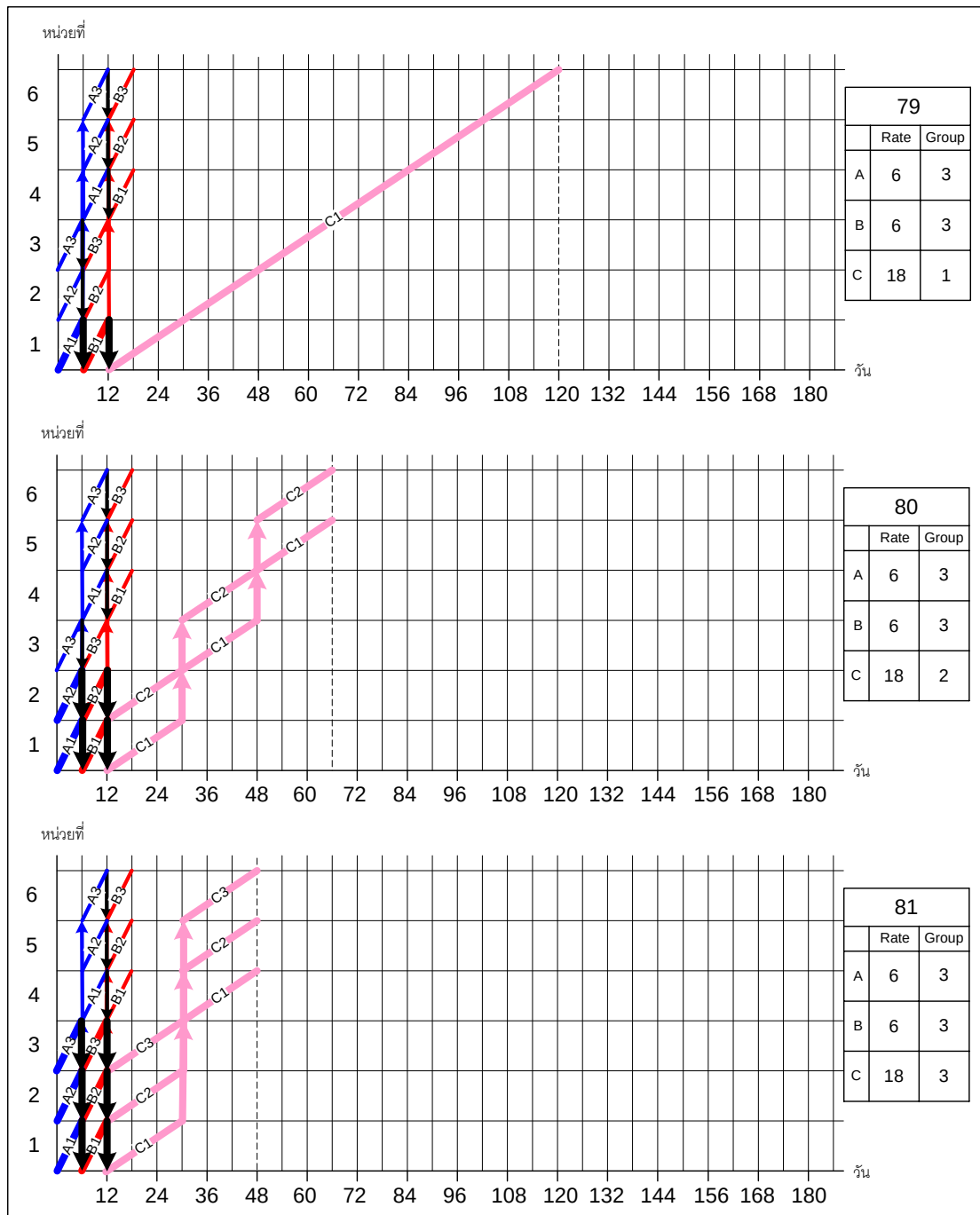
ภาพผนวกที่ 24 ผลการทดลองลำดับที่ 70-72



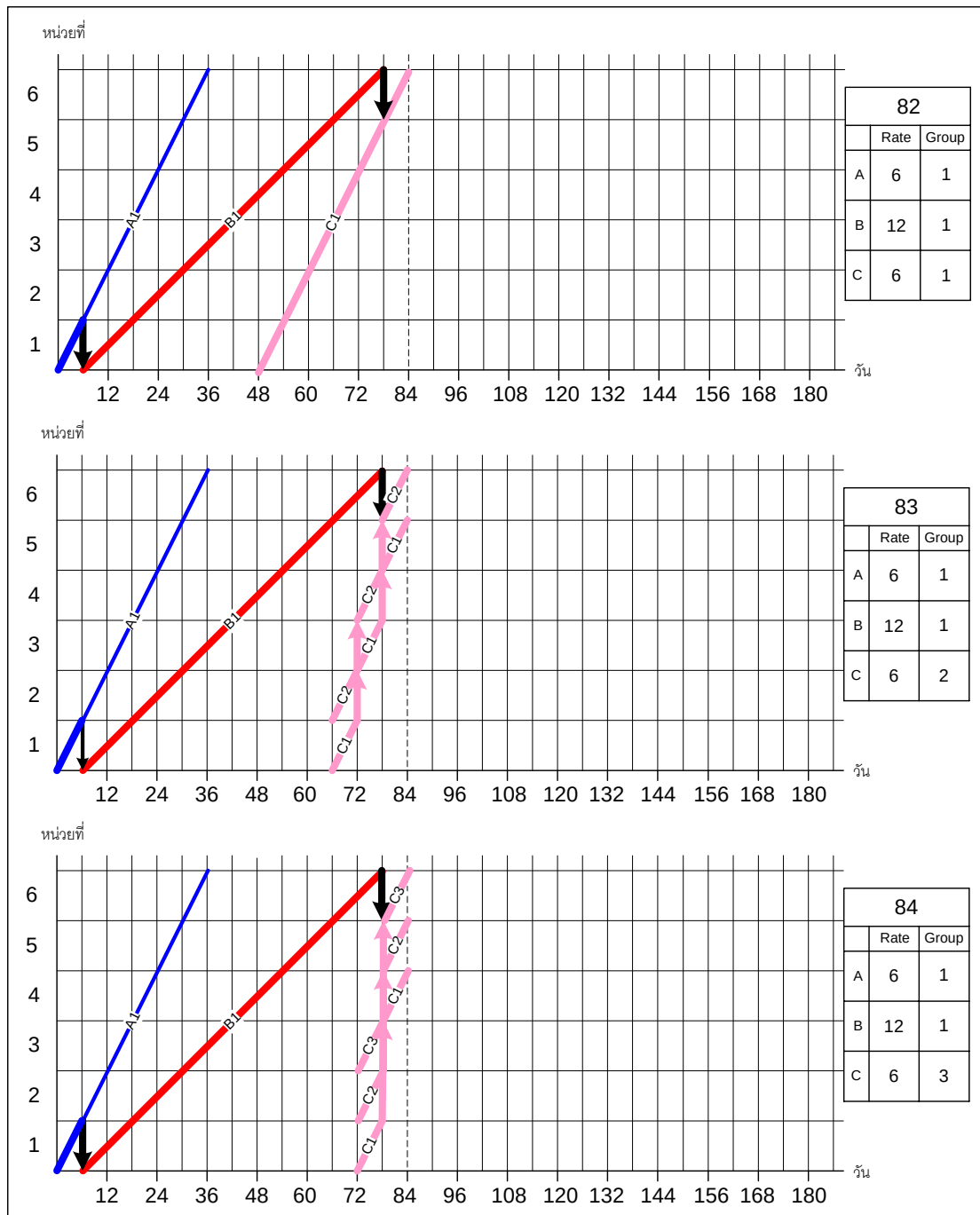
ภาพผนวกที่ 25 ผลการทดลองลำดับที่ 73-75



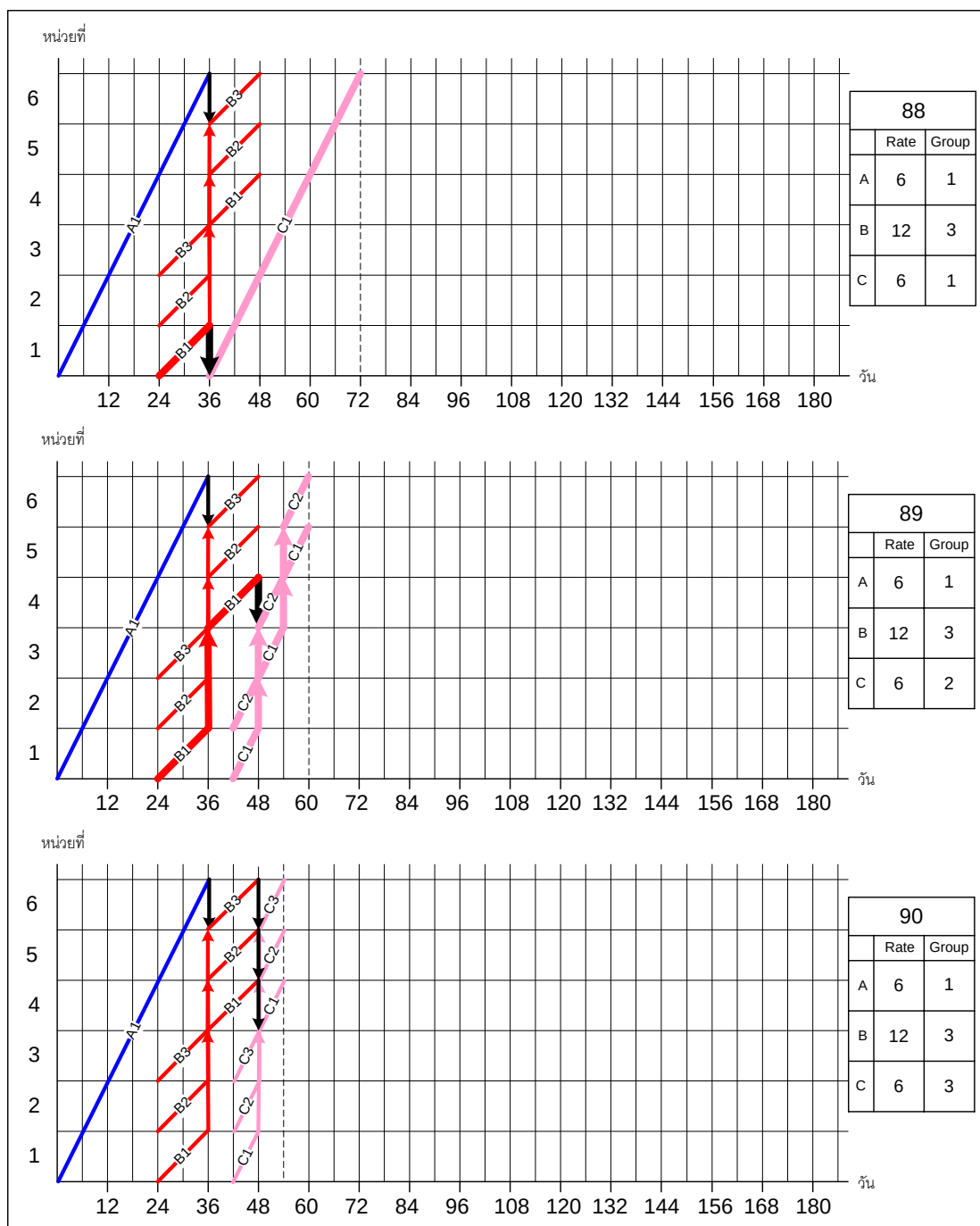
ภาพผนวกที่ 26 ผลการทดลองลำดับที่ 76-78



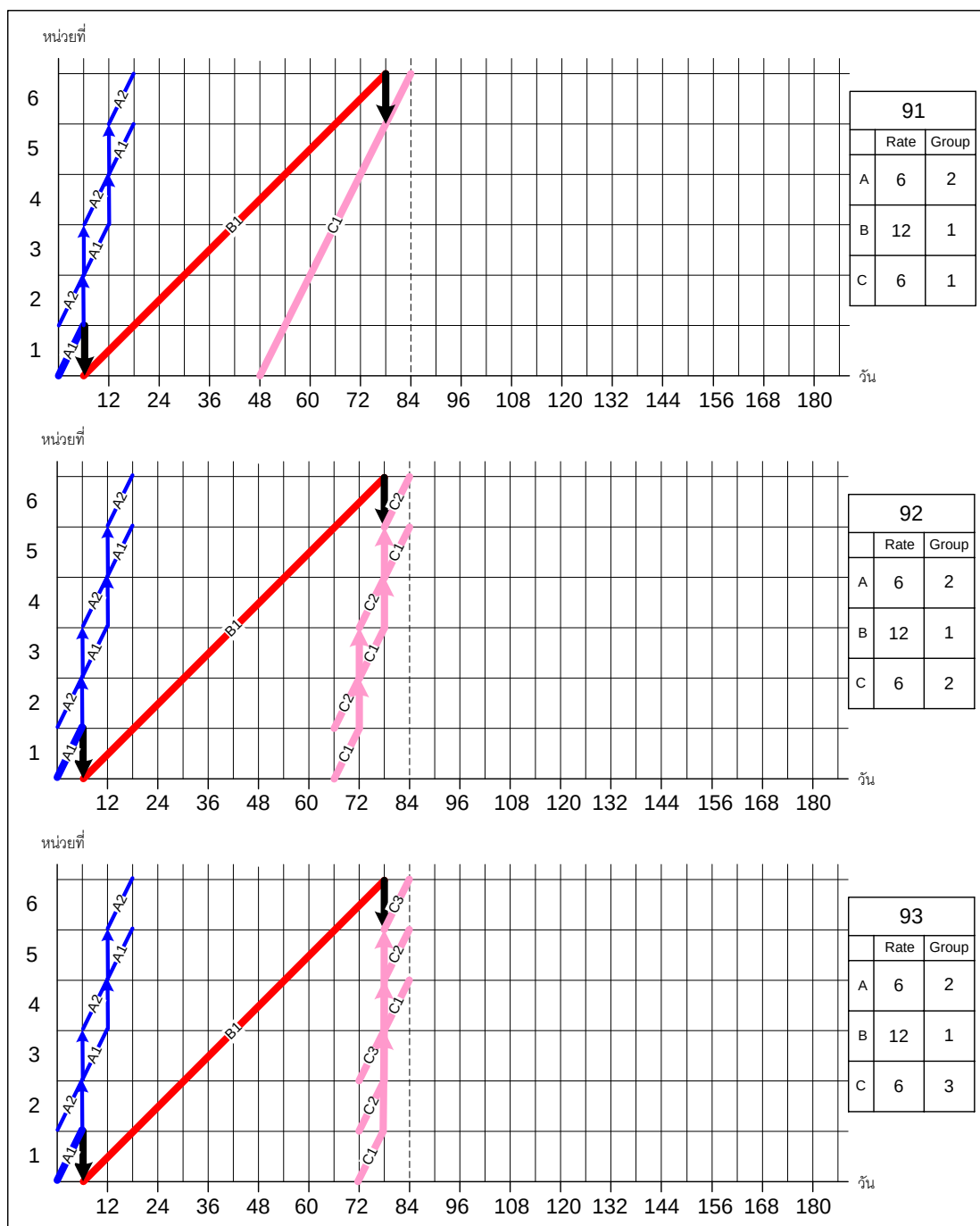
ภาพผนวกที่ 27 ผลการทดลองลำดับที่ 79-81



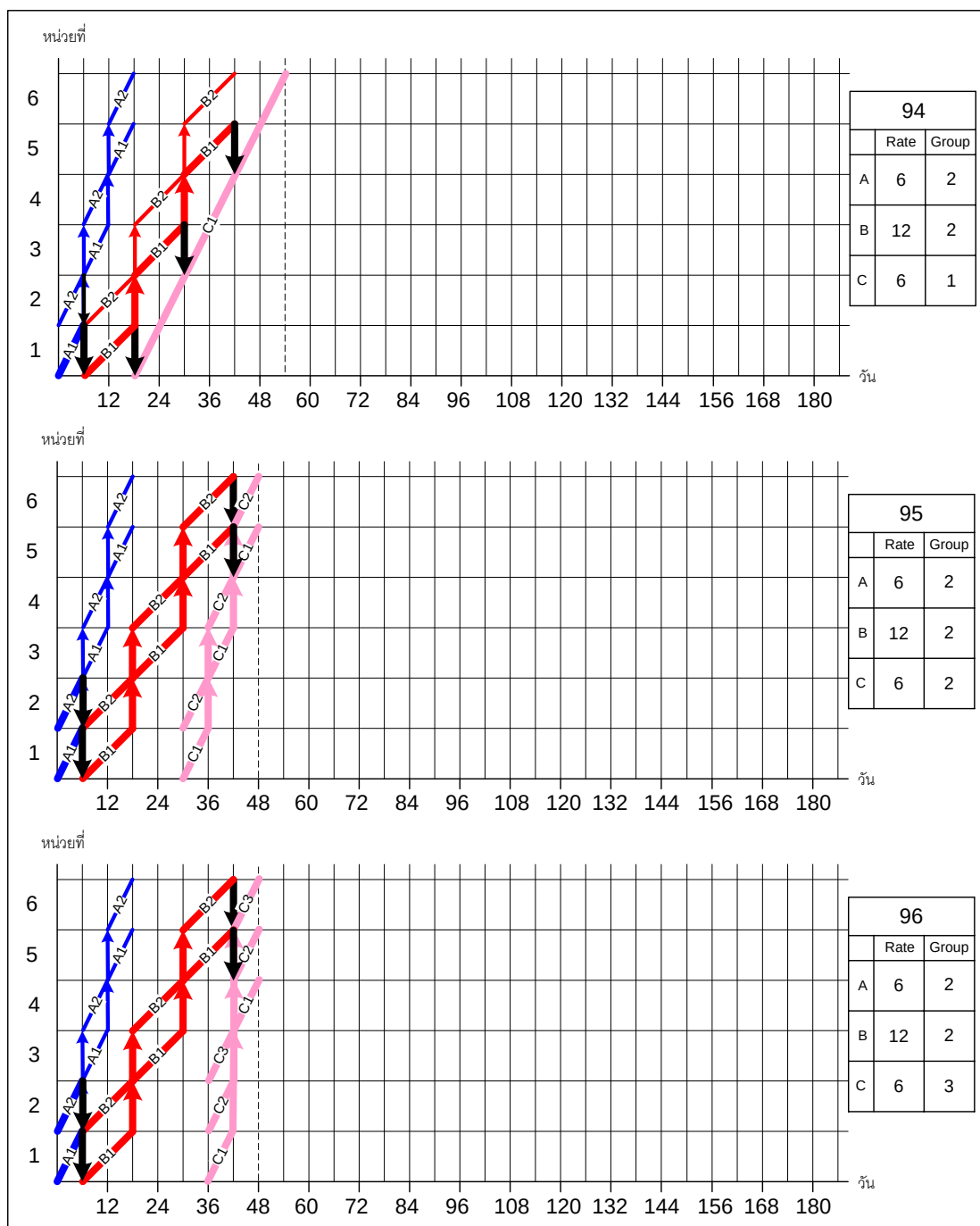
ภาพผนวกที่ 28 ผลการทดลองลำดับที่ 82-84



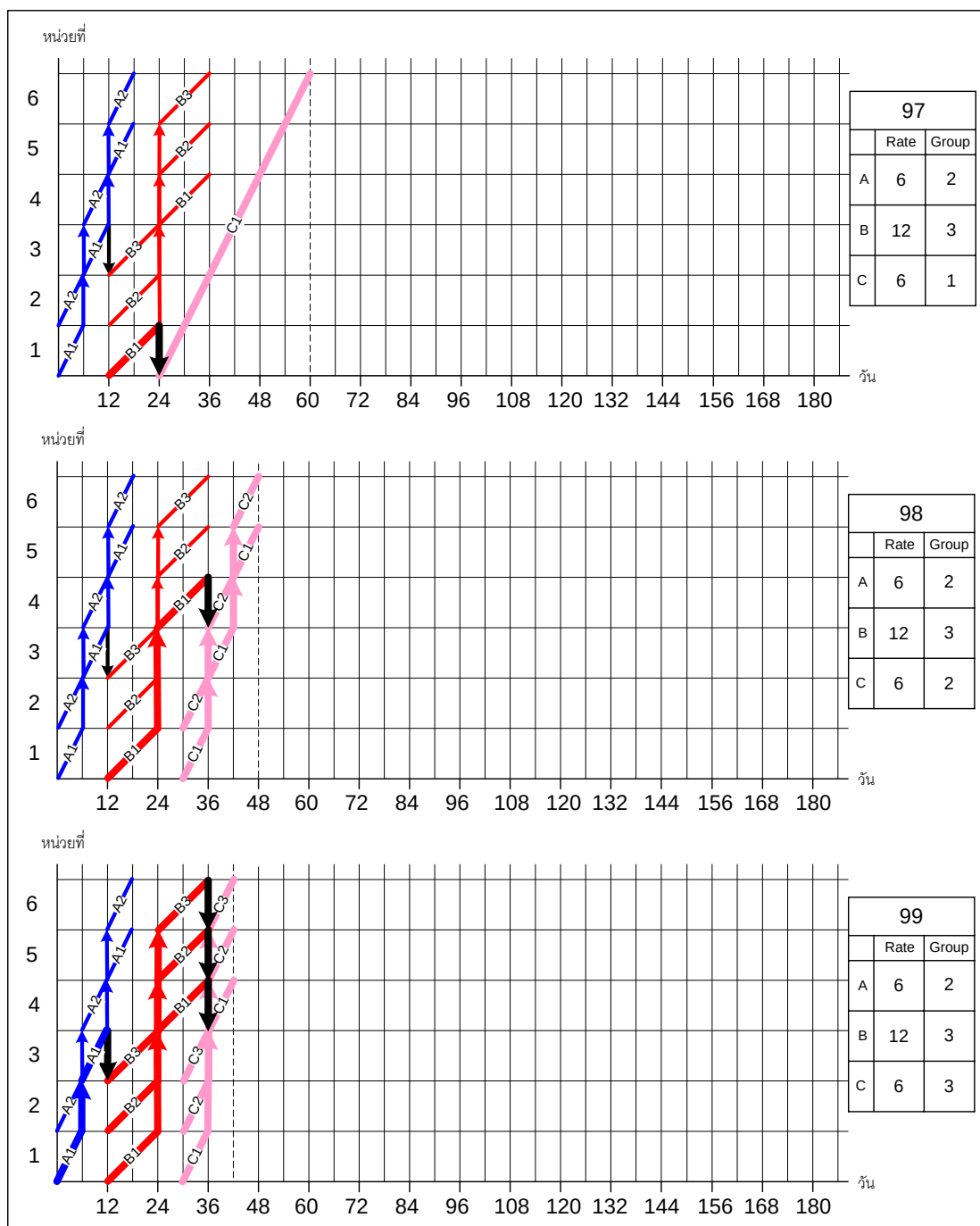
ภาพผนวกที่ 30 ผลการทดลองลำดับที่ 88-90



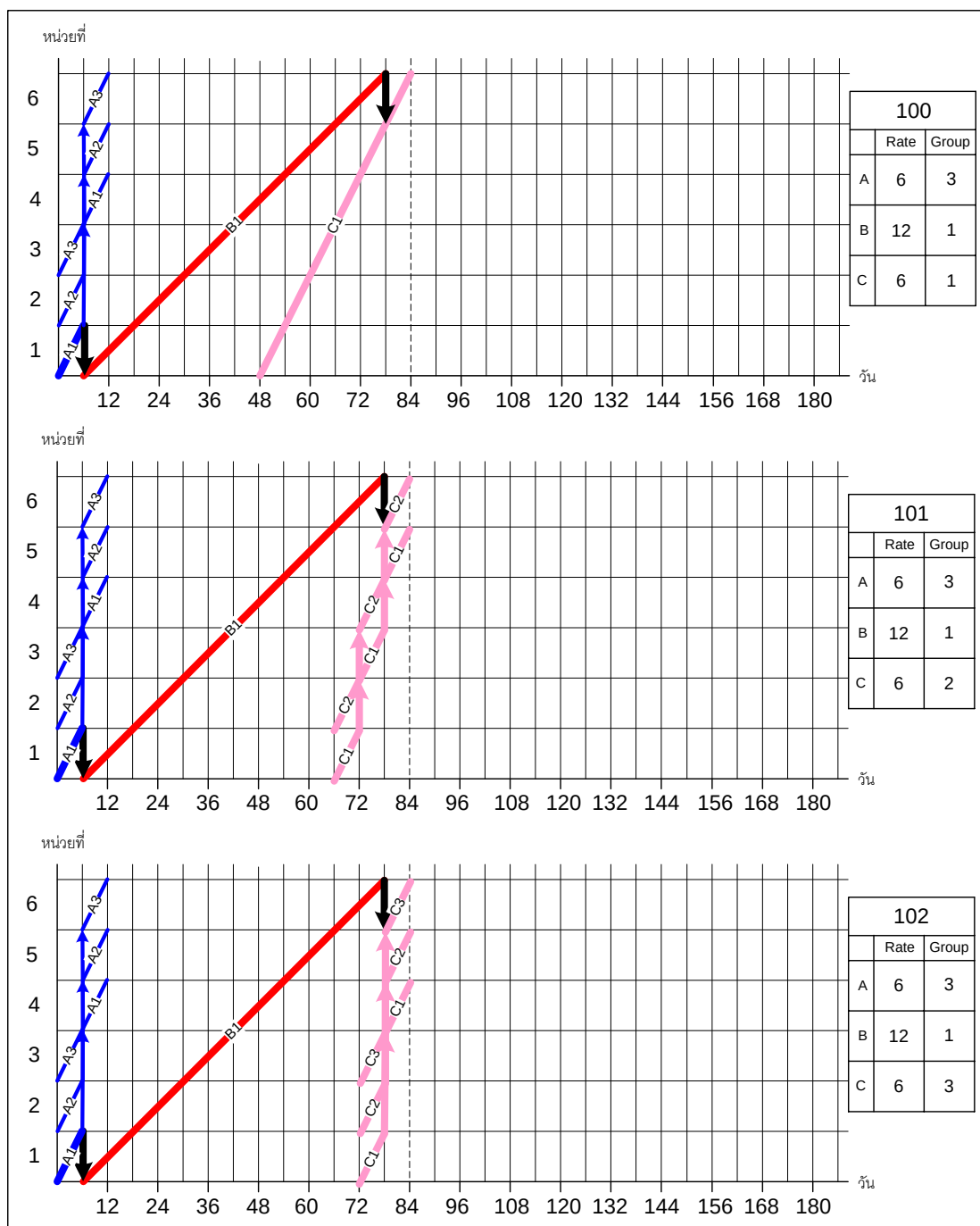
ภาพผนวกที่ 31 ผลการทดลองลำดับที่ 91-93



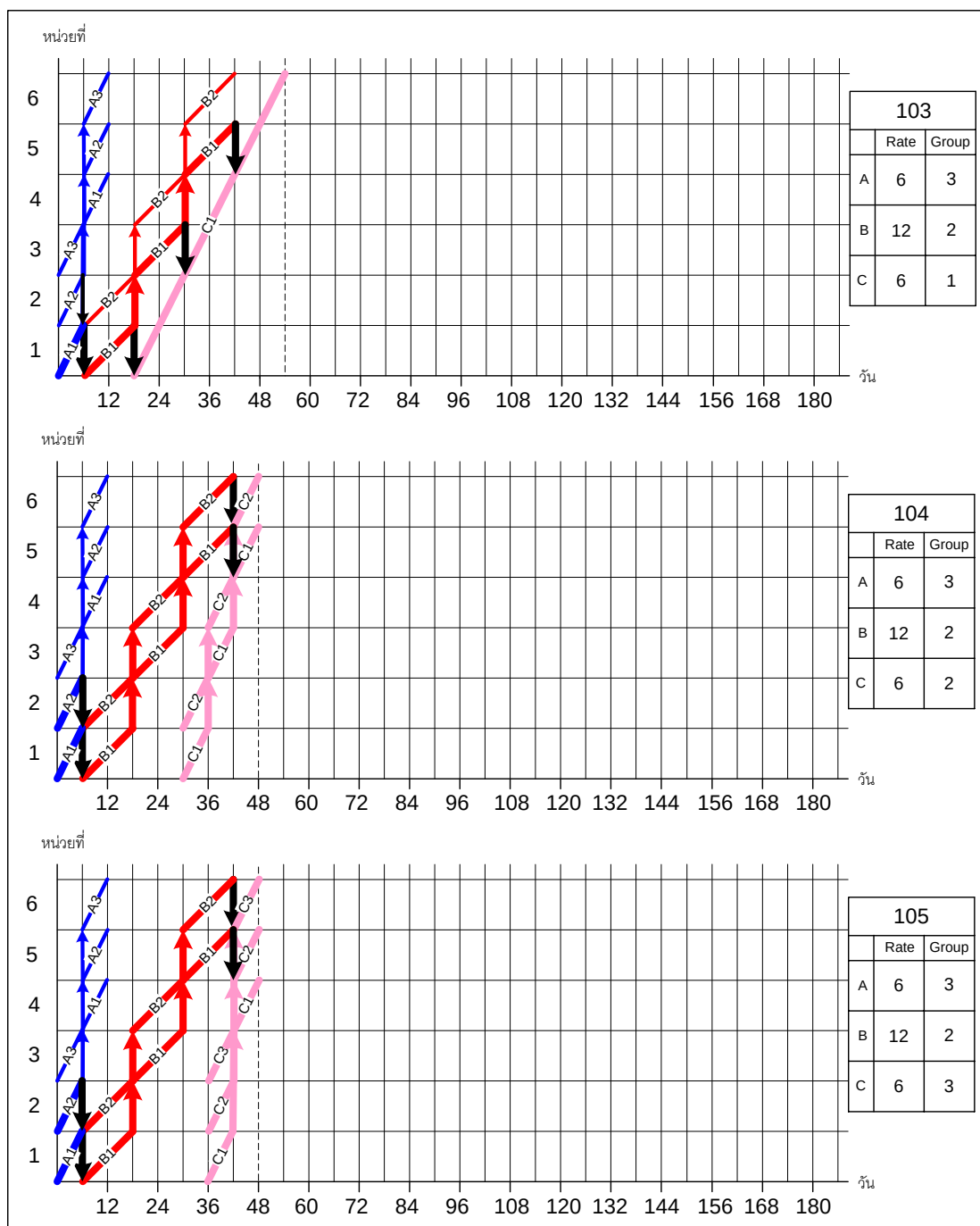
ภาพผนวกที่ 32 ผลการทดลองลำดับที่ 94-96



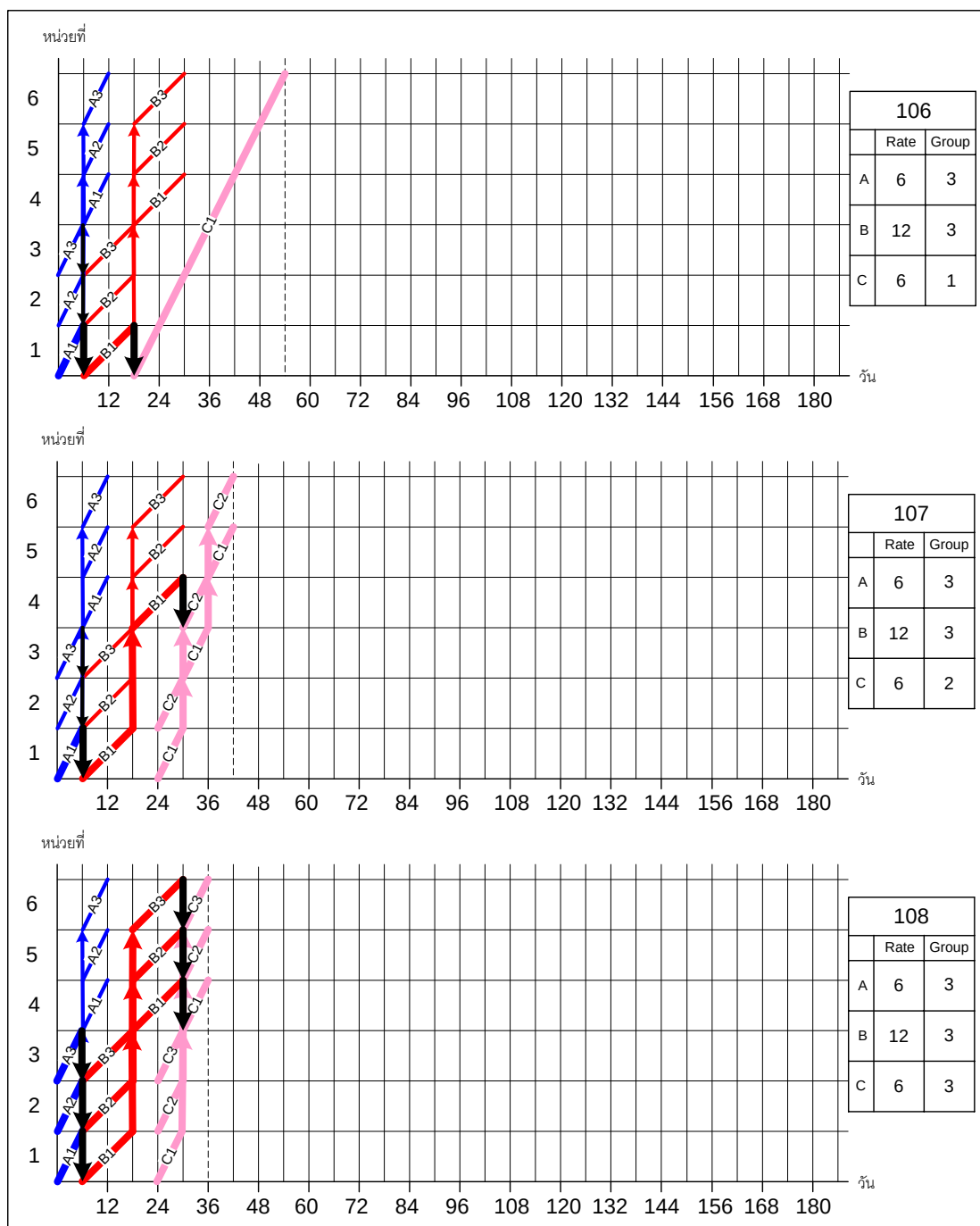
ภาพผนวกที่ 33 ผลการทดลองลำดับที่ 97-99



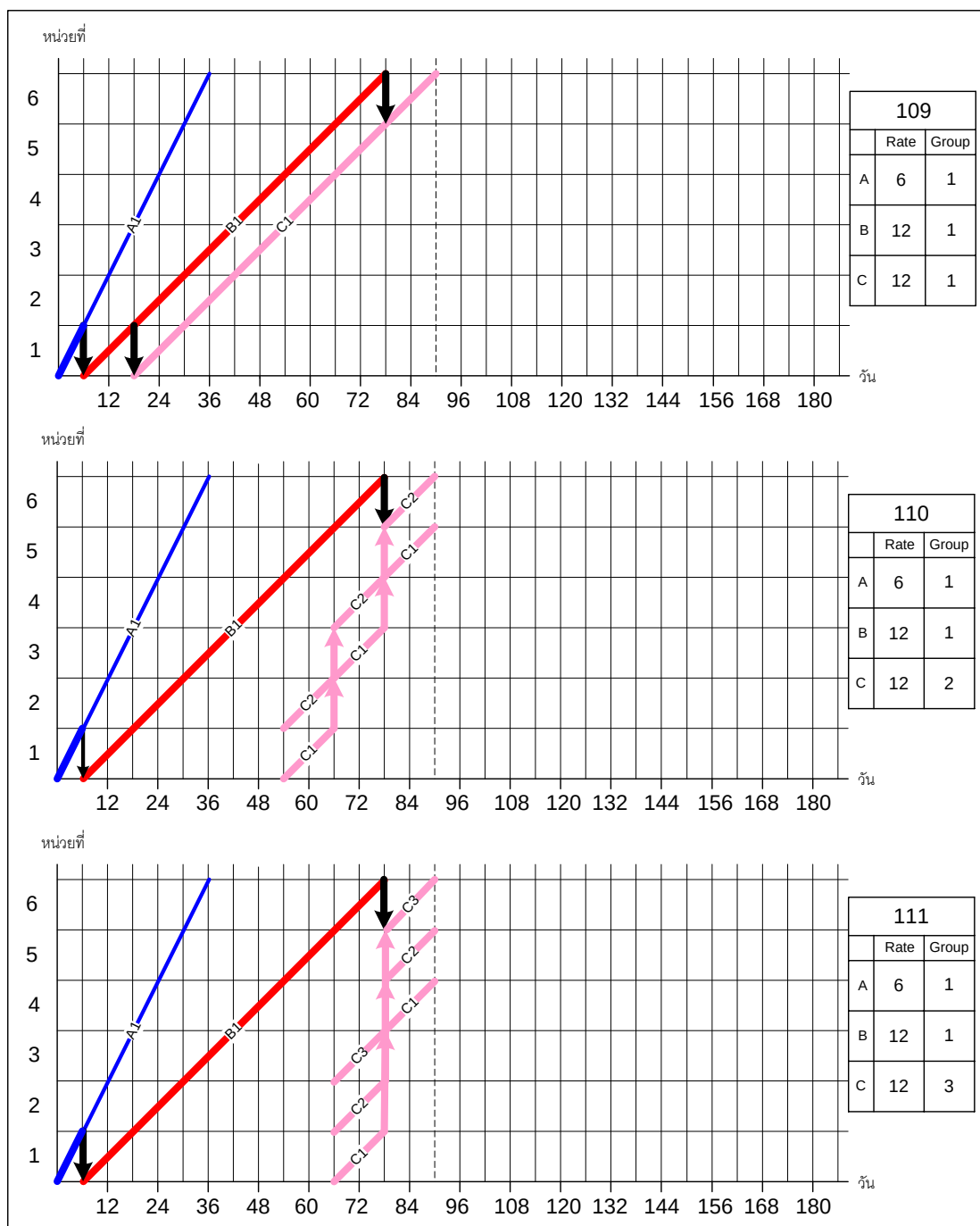
ภาพผนวกที่ 34 ผลการทดลองลำดับที่ 100-102



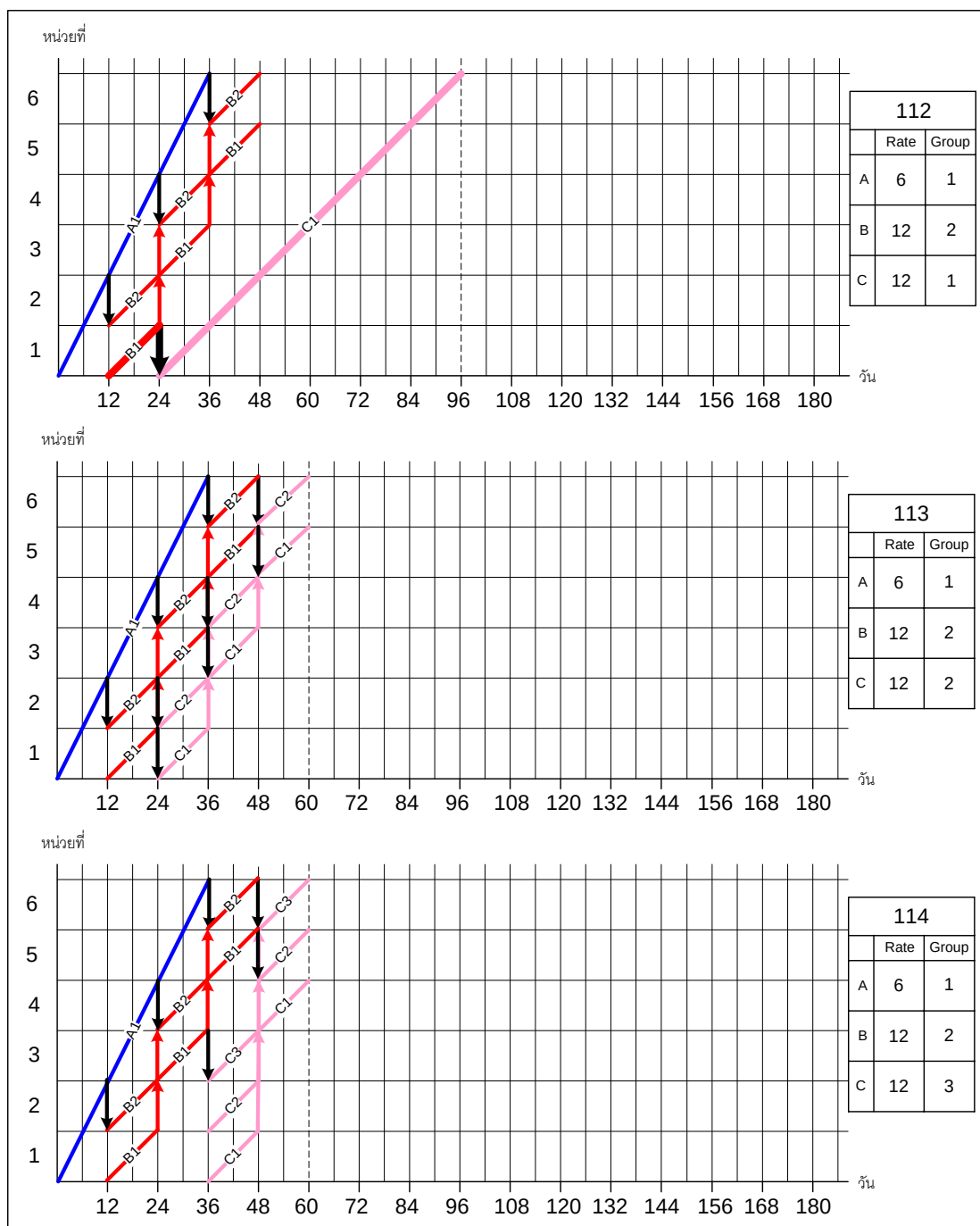
ภาพผนวกที่ 35 ผลการทดลองลำดับที่ 103-105



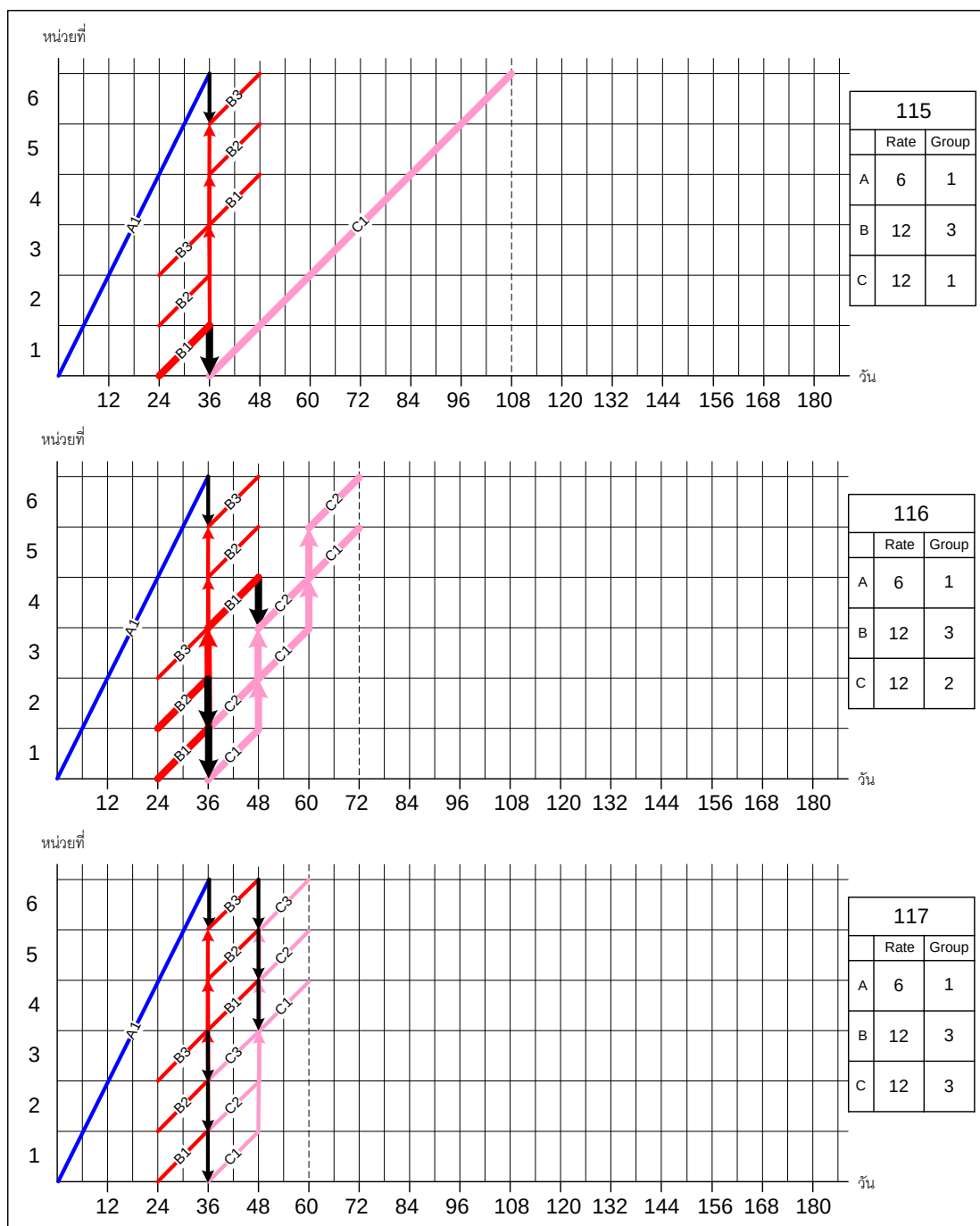
ภาพผนวกที่ 36 ผลการทดลองลำดับที่ 106-108



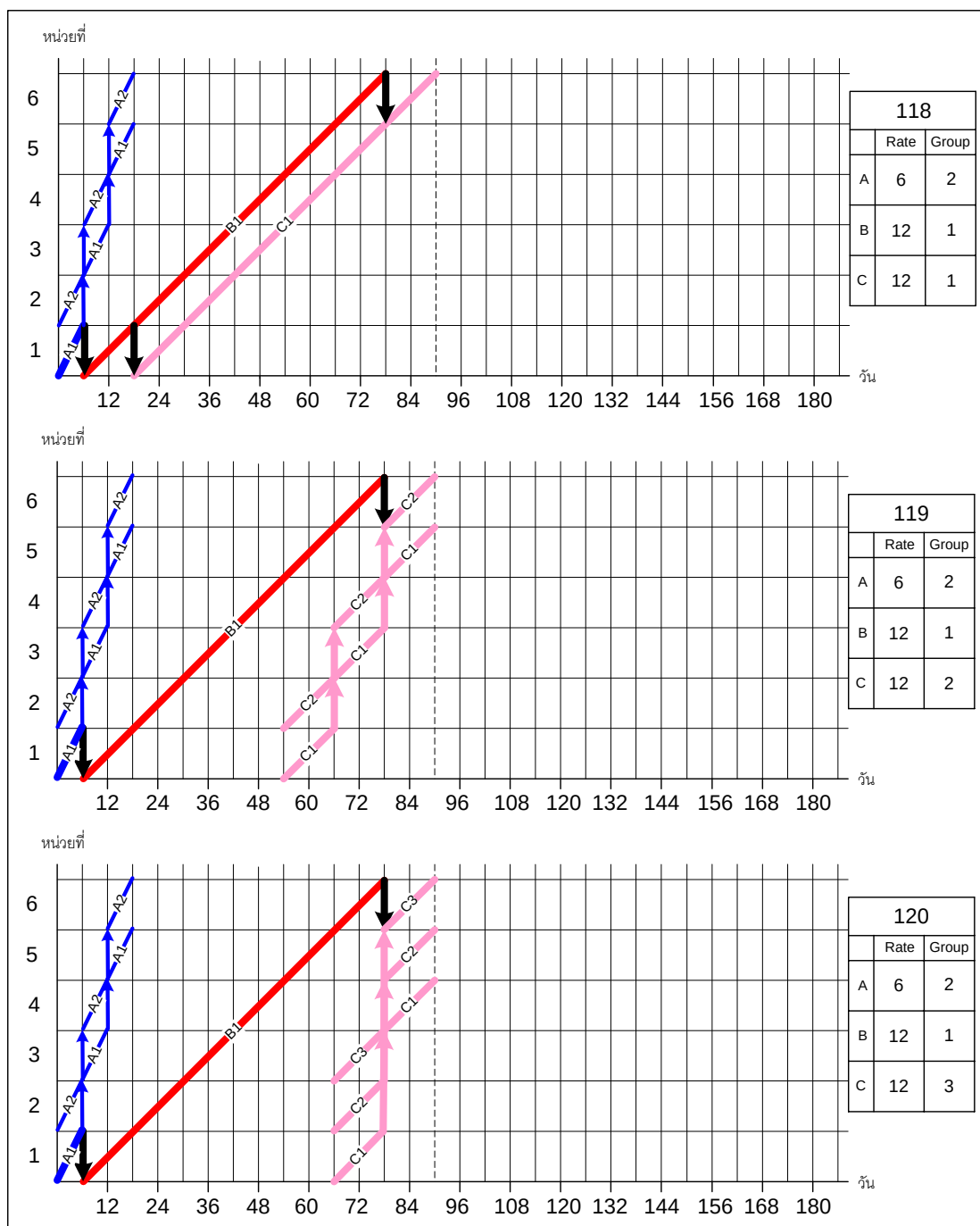
ภาพผนวกที่ 37 ผลการทดลองลำดับที่ 109-111



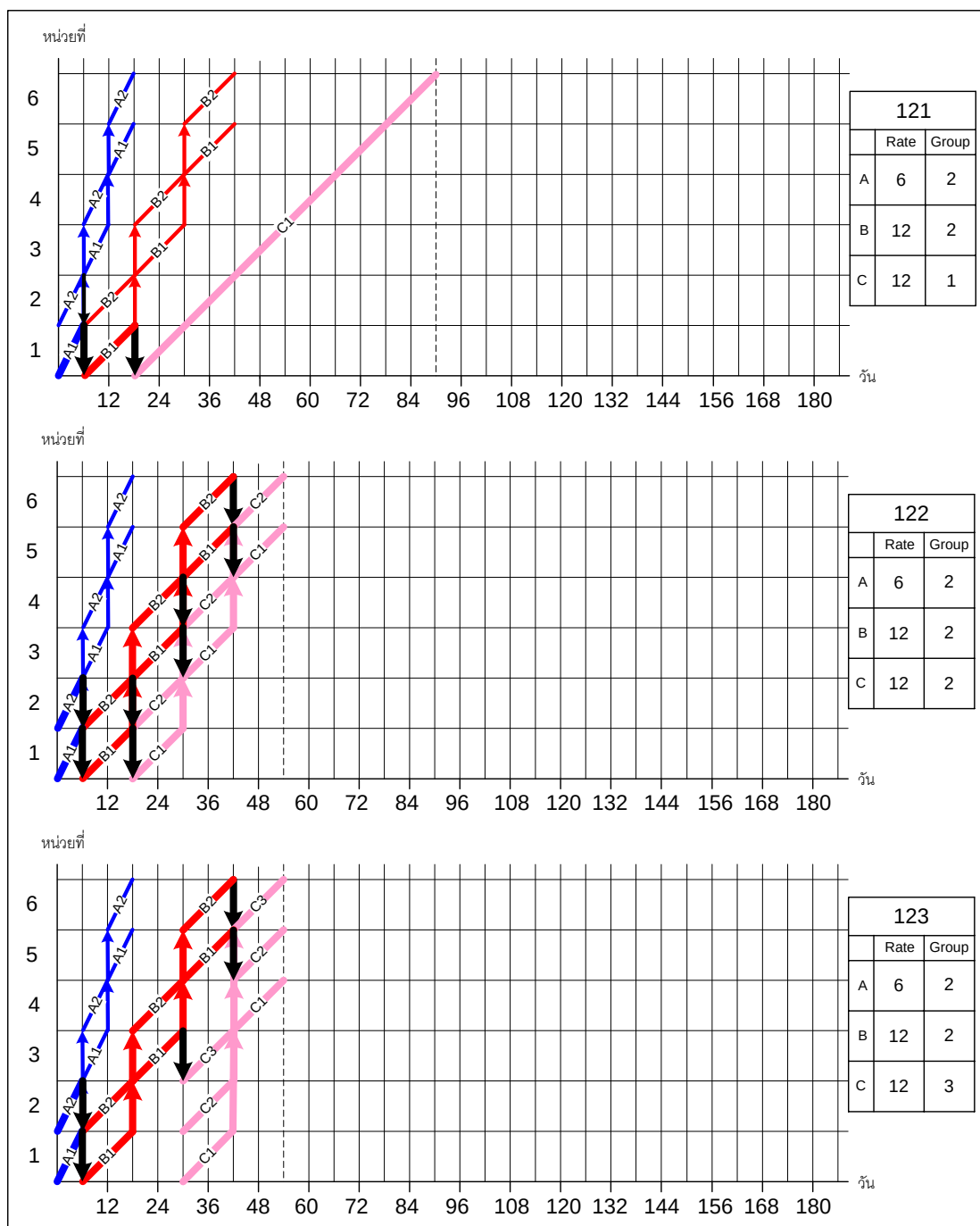
ภาพผนวกที่ 38 ผลการทดลองลำดับที่ 112-114



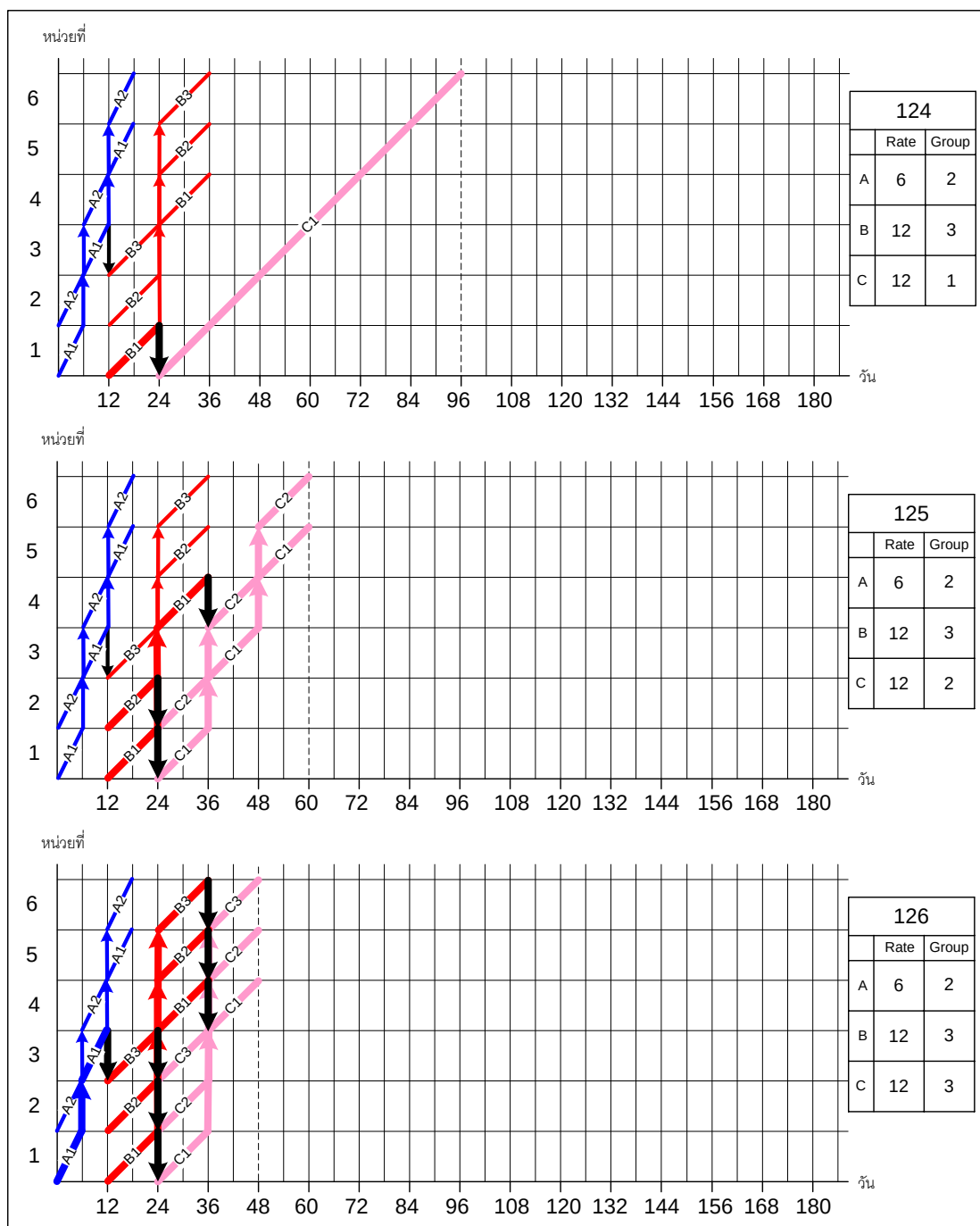
ภาพผนวกที่ 39 ผลการทดลองลำดับที่ 115-117



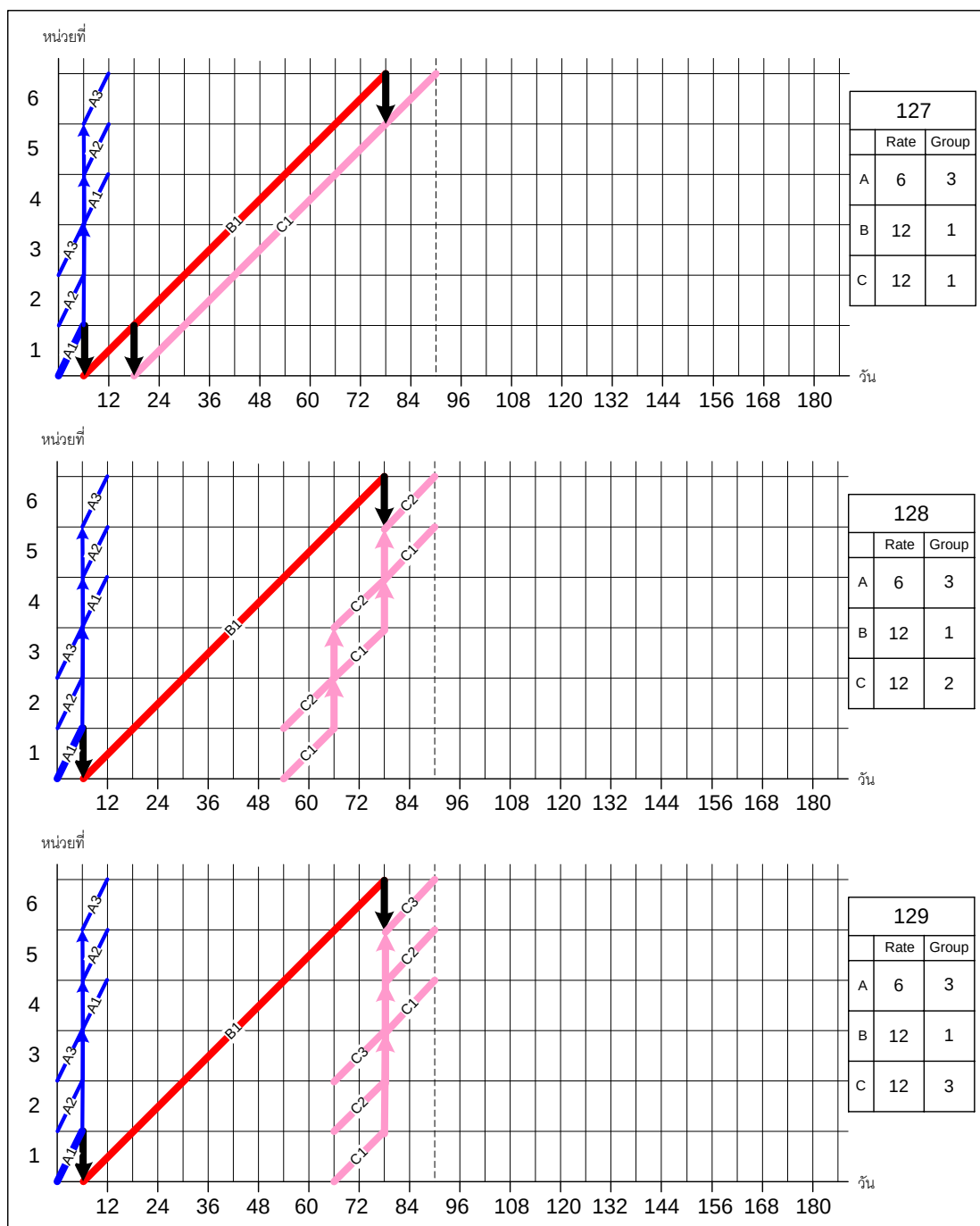
ภาพผนวกที่ 40 ผลการทดลองลำดับที่ 118-120



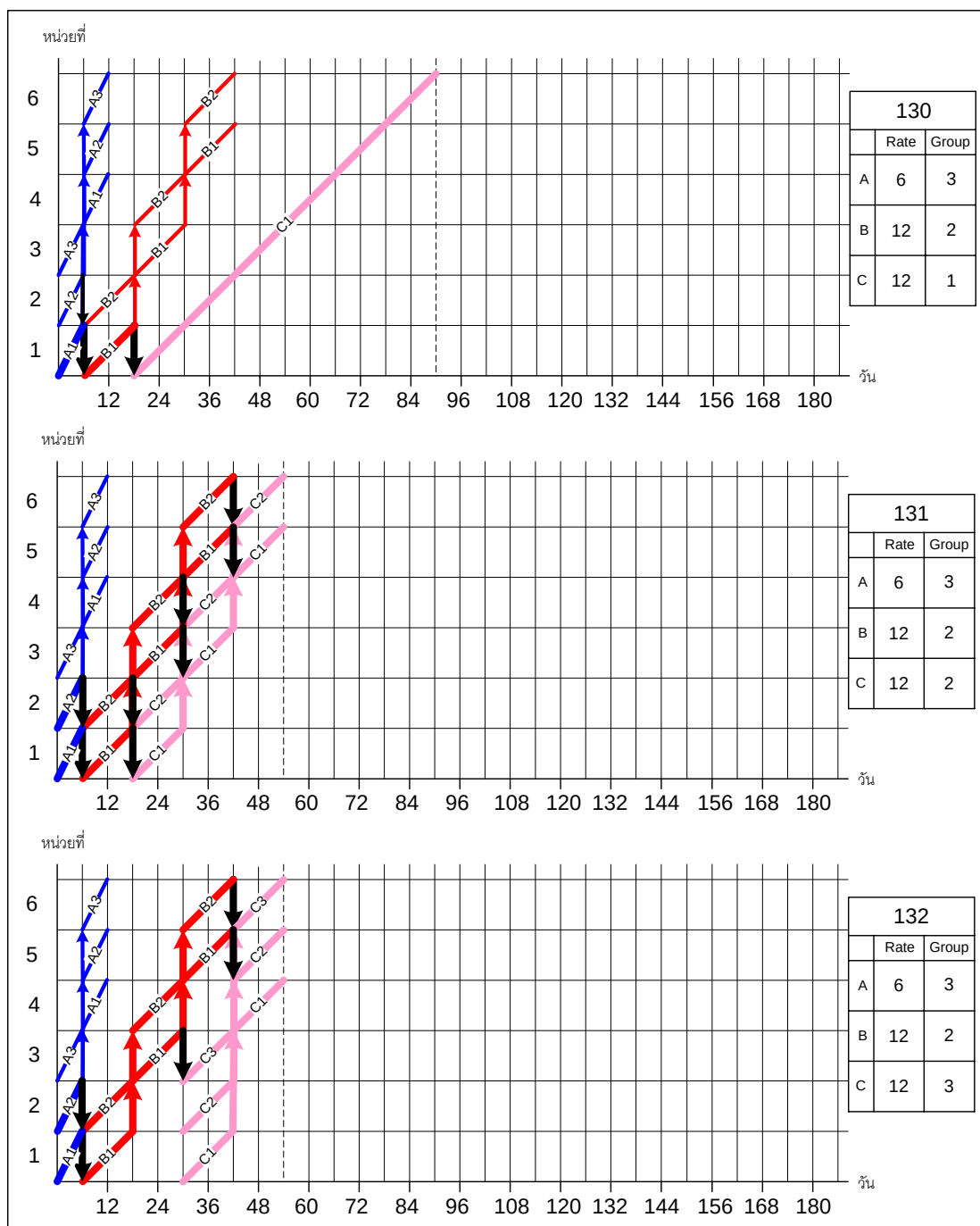
ภาพผนวกที่ 41 ผลการทดลองลำดับที่ 121-123



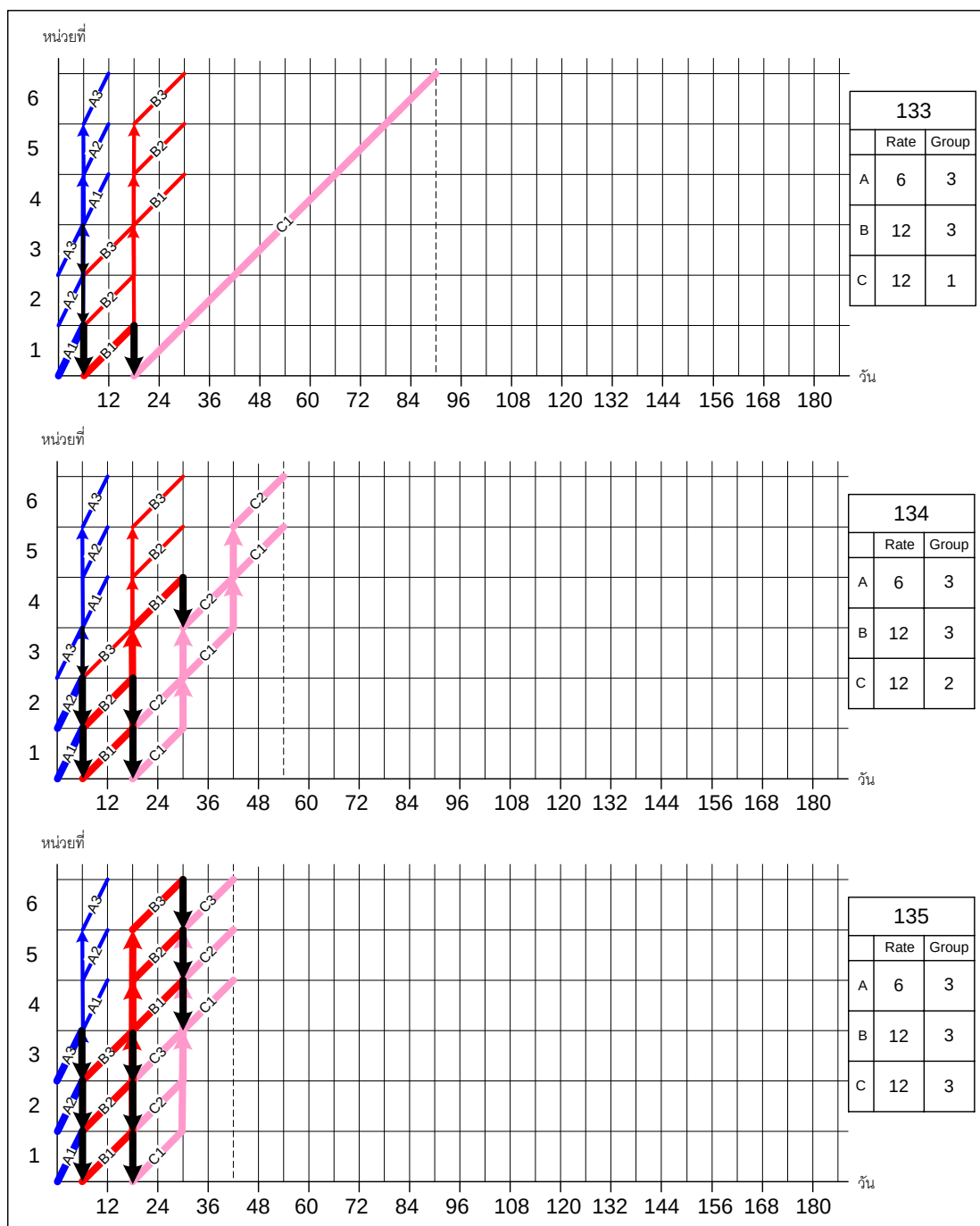
ภาพผนวกที่ 42 ผลการทดลองลำดับที่ 124-126



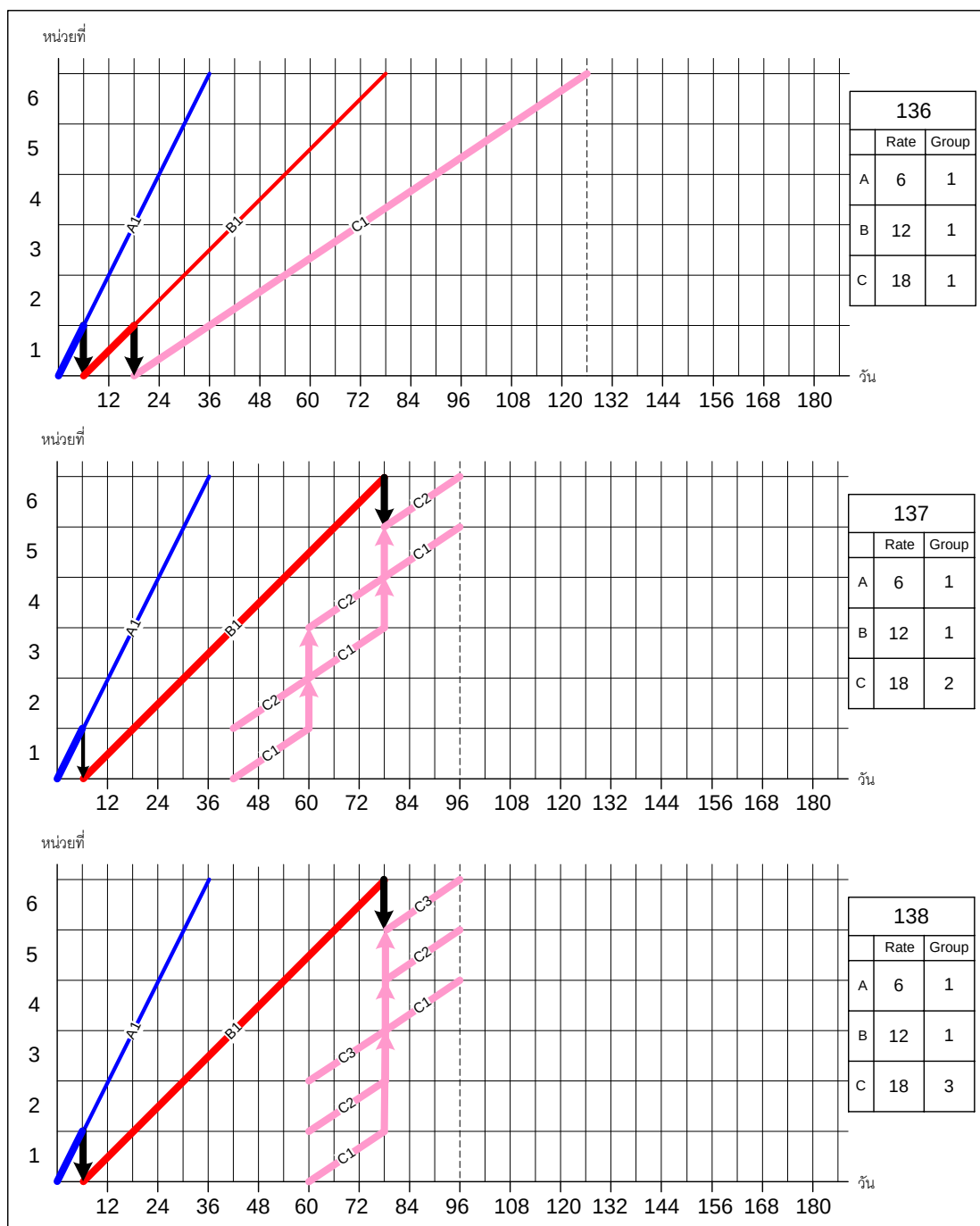
ภาพผนวกที่ 43 ผลการทดลองลำดับที่ 127-129



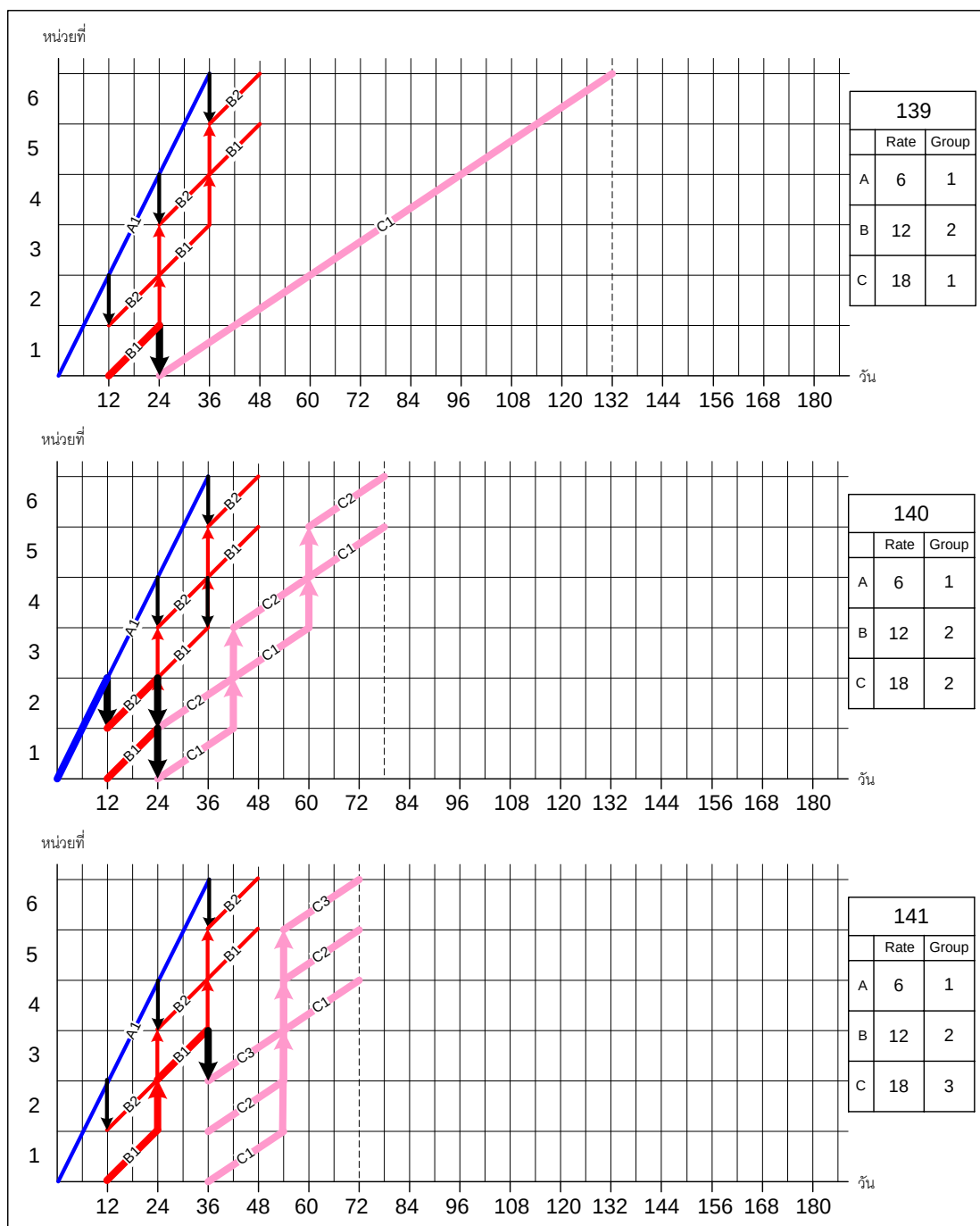
ภาพผนวกที่ 44 ผลการทดลองลำดับที่ 130-132



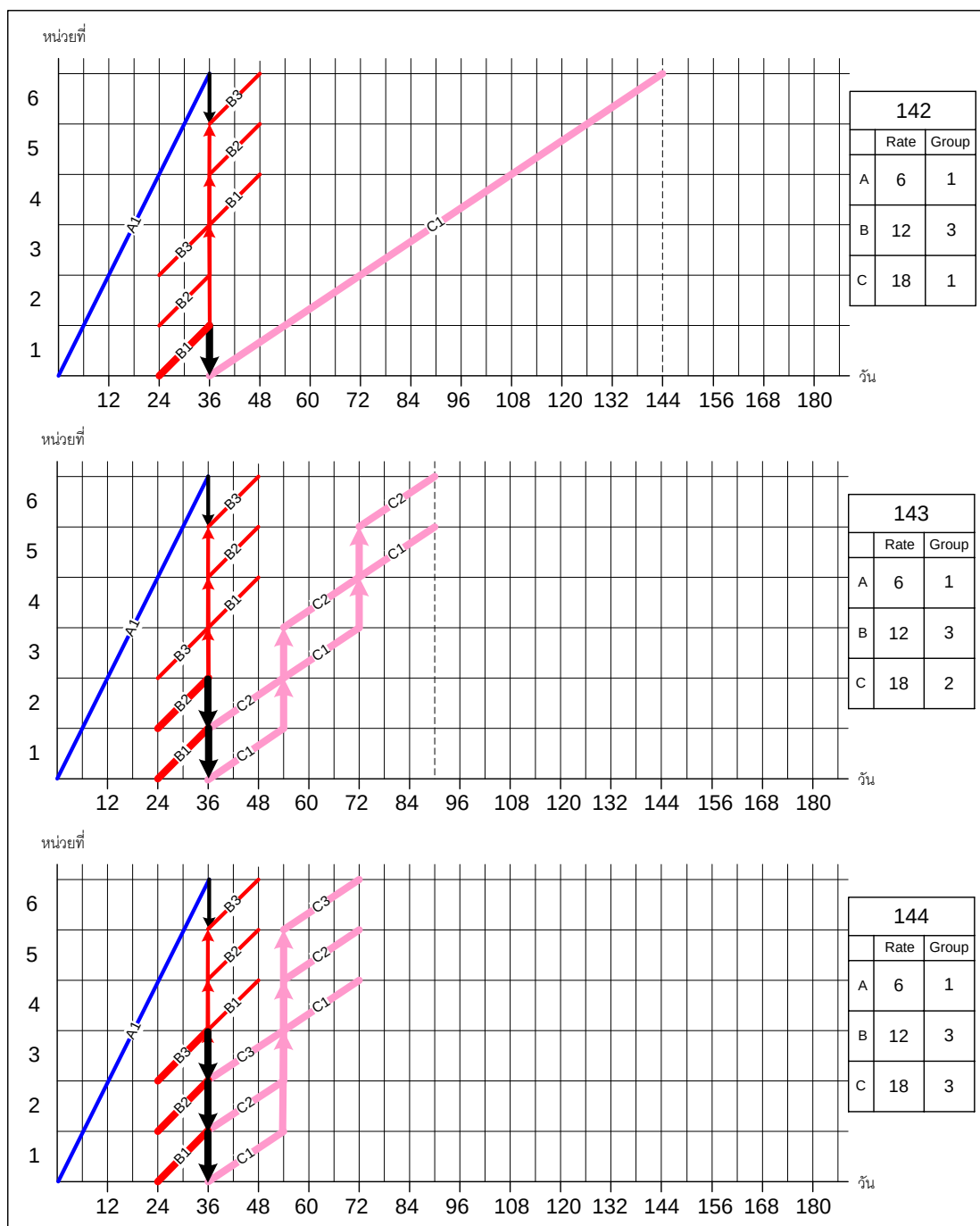
ภาพผนวกที่ 45 ผลการทดลองลำดับที่ 133-135



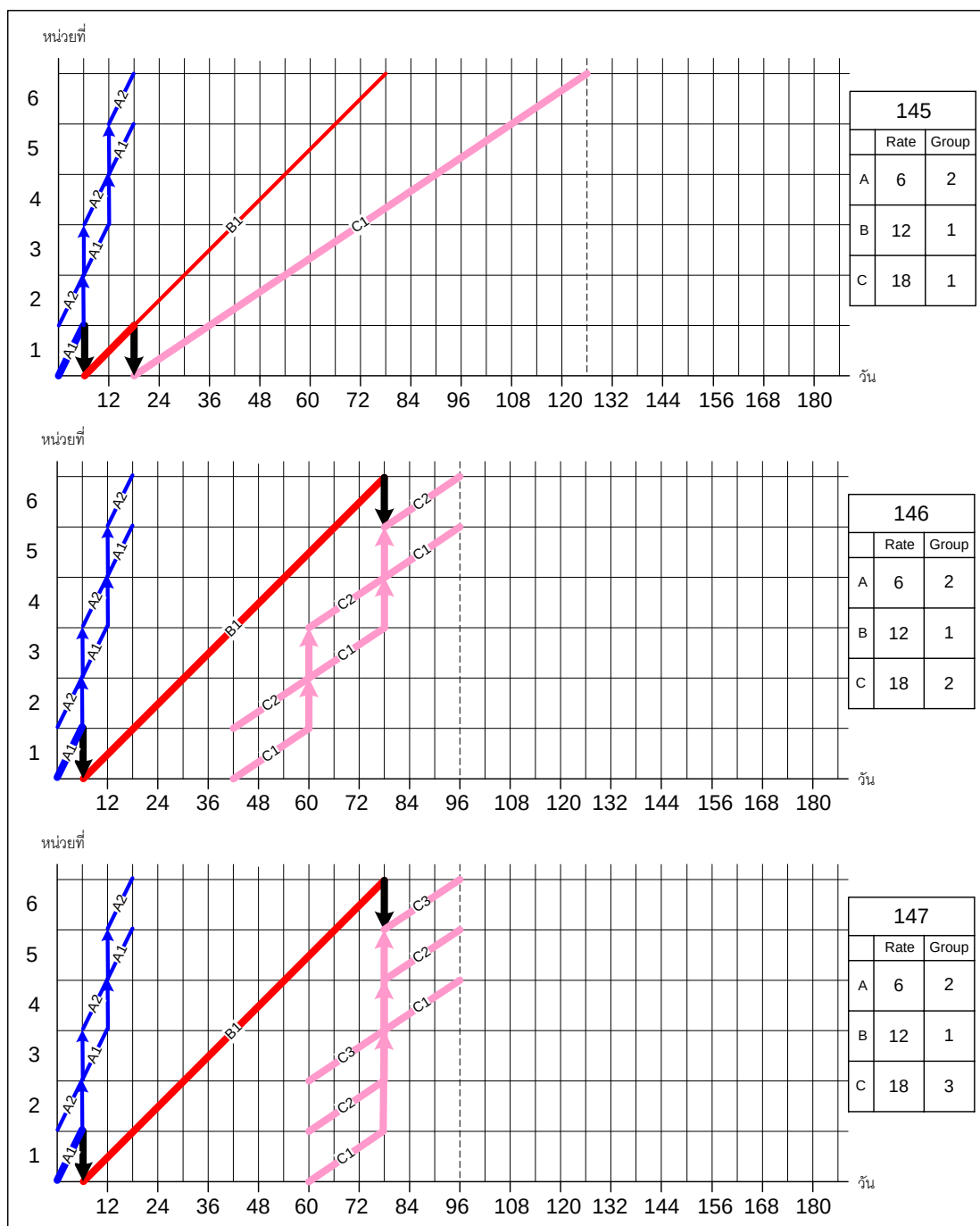
ภาพผนวกที่ 46 ผลการทดลองลำดับที่ 136-138



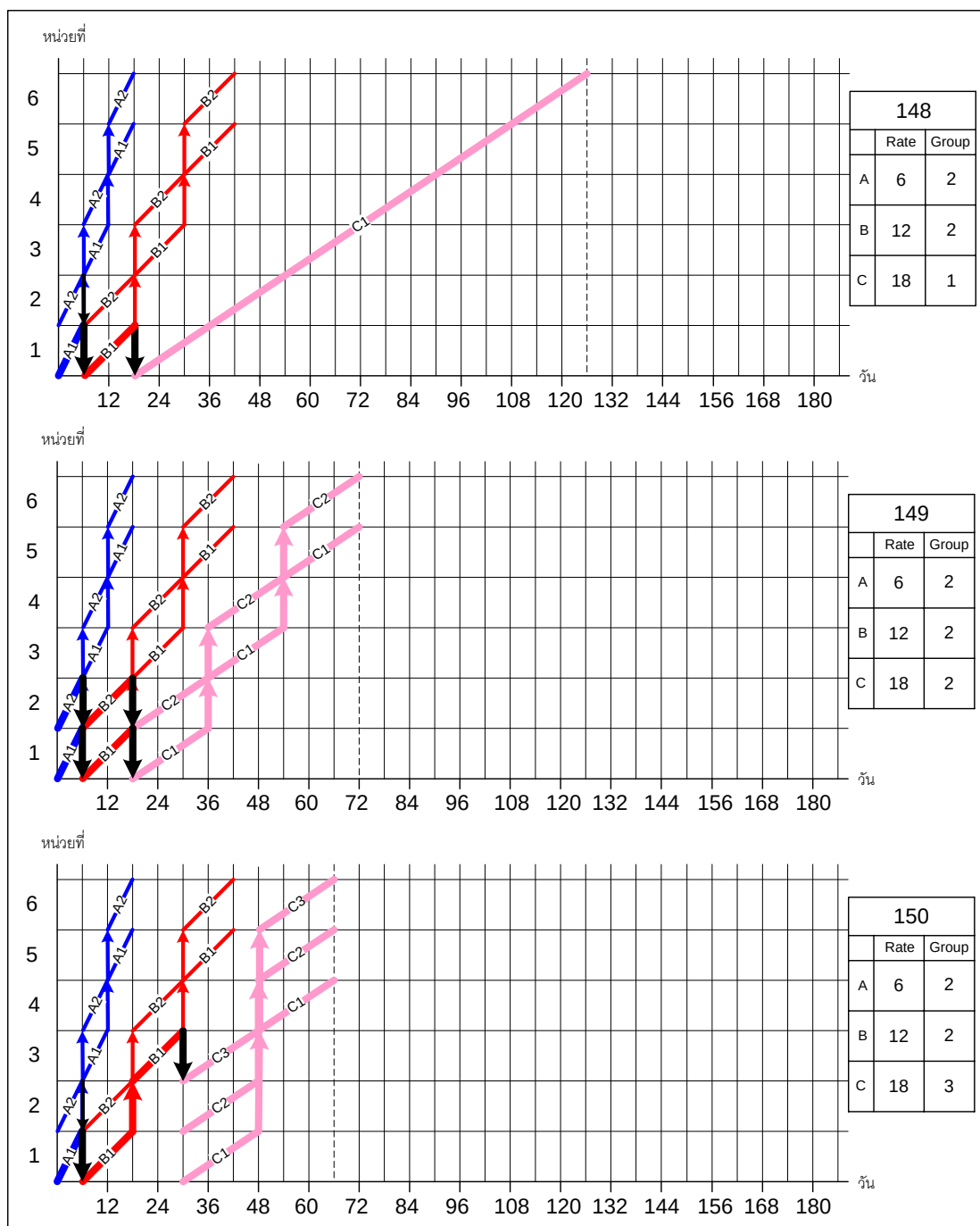
ภาพผนวกที่ 47 ผลการทดลองลำดับที่ 139-141



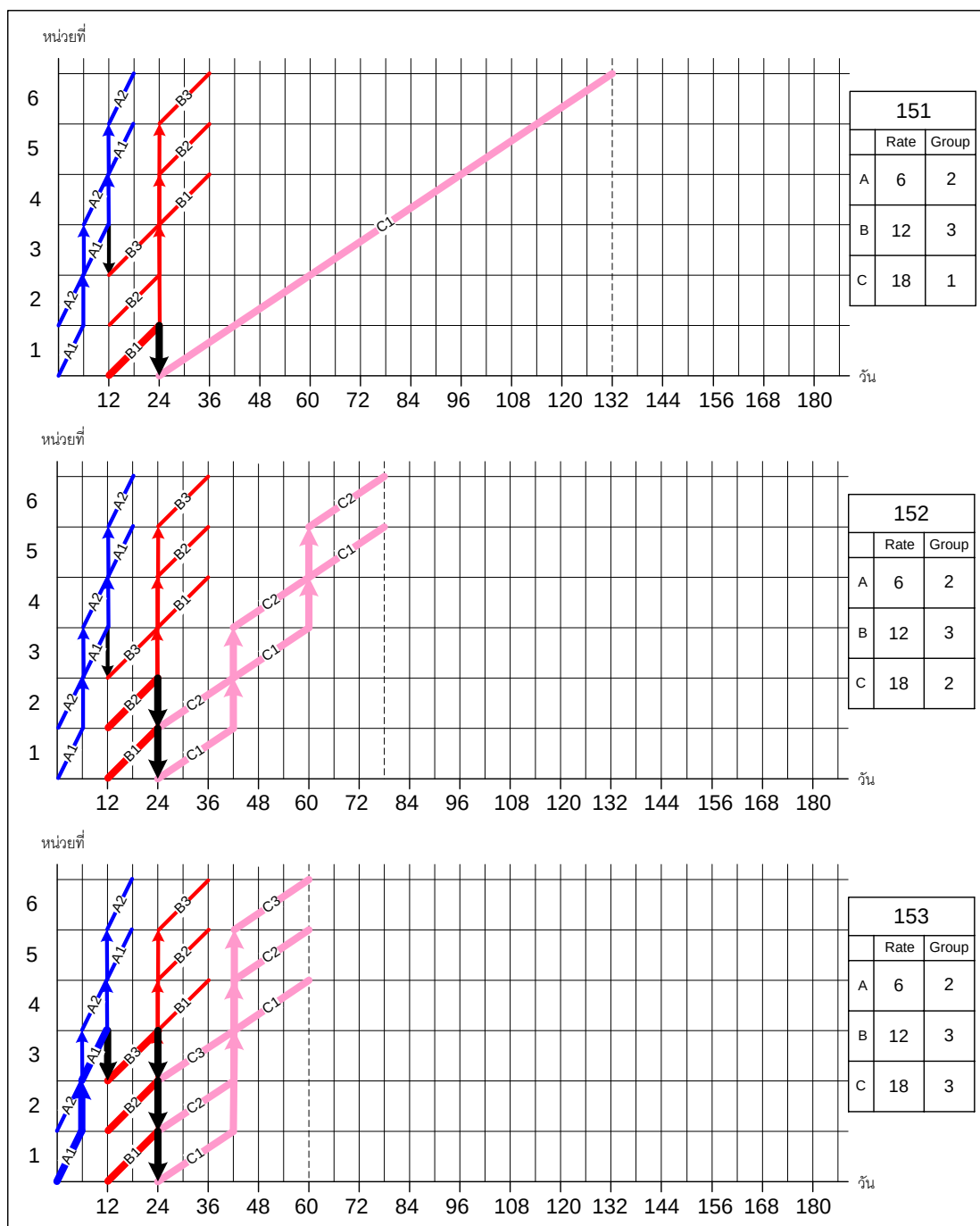
ภาพผนวกที่ 48 ผลการทดลองลำดับที่ 142-144



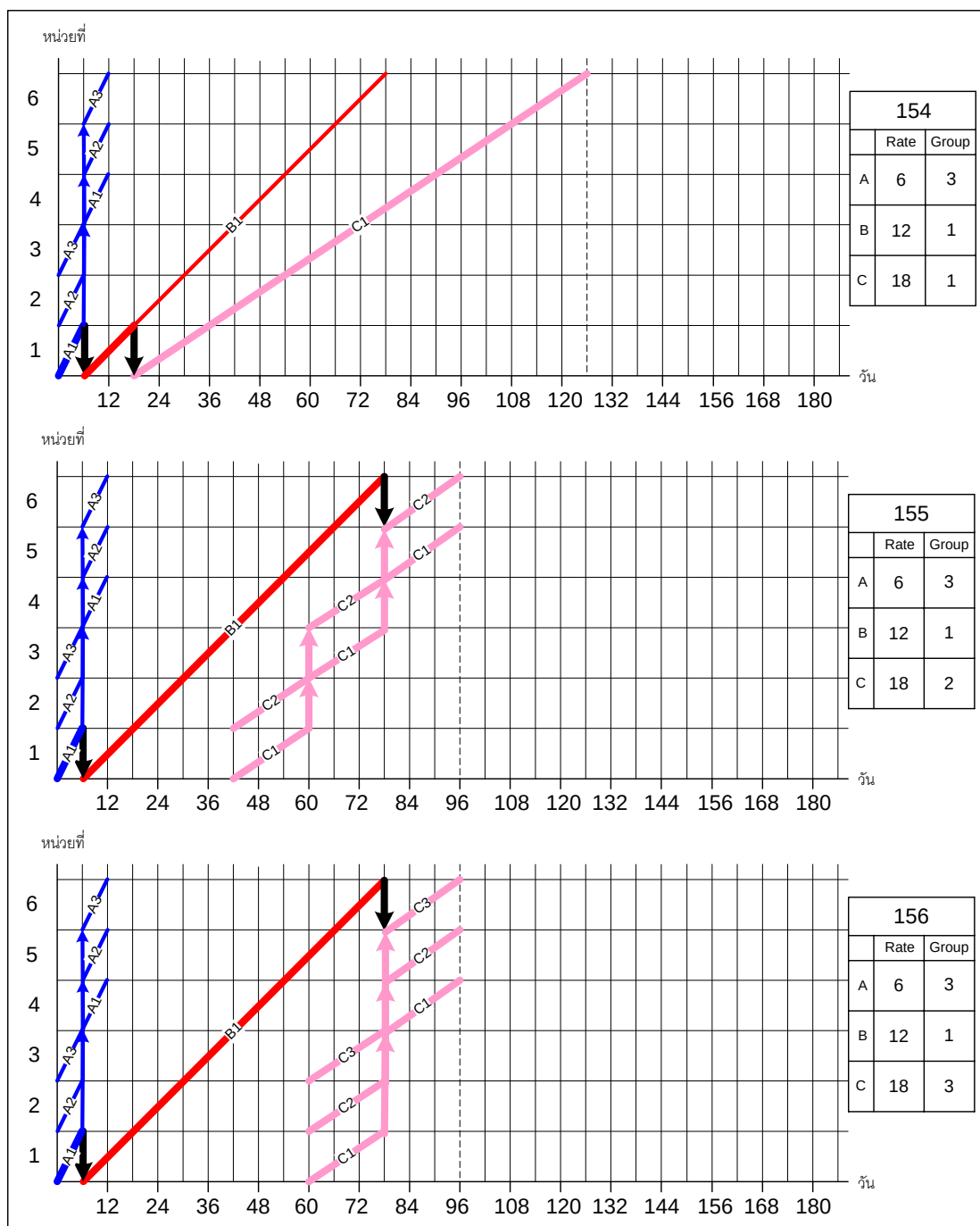
ภาพผนวกที่ 49 ผลการทดลองลำดับที่ 145-147



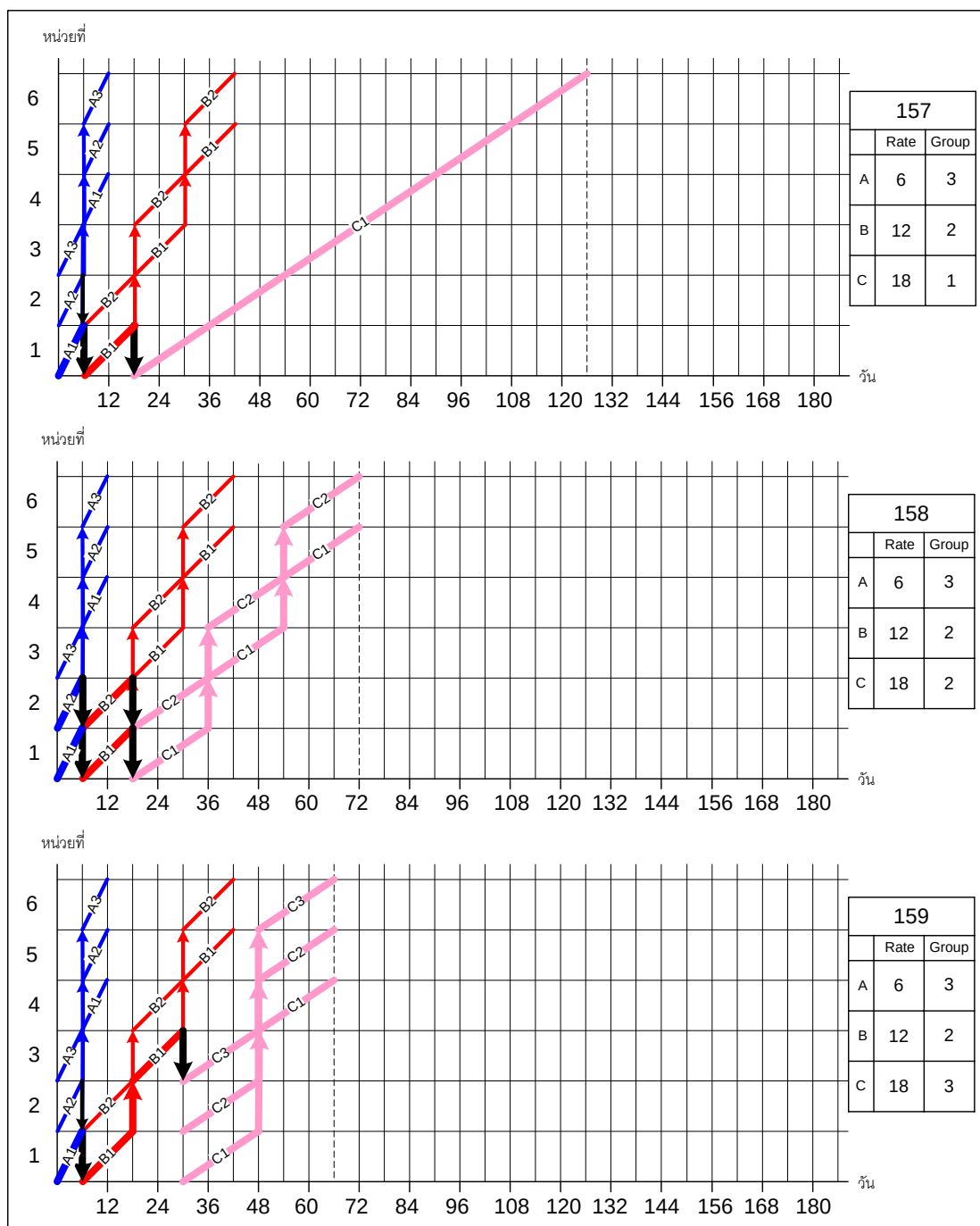
ภาพผนวกที่ 50 ผลการทดลองลำดับที่ 148-150



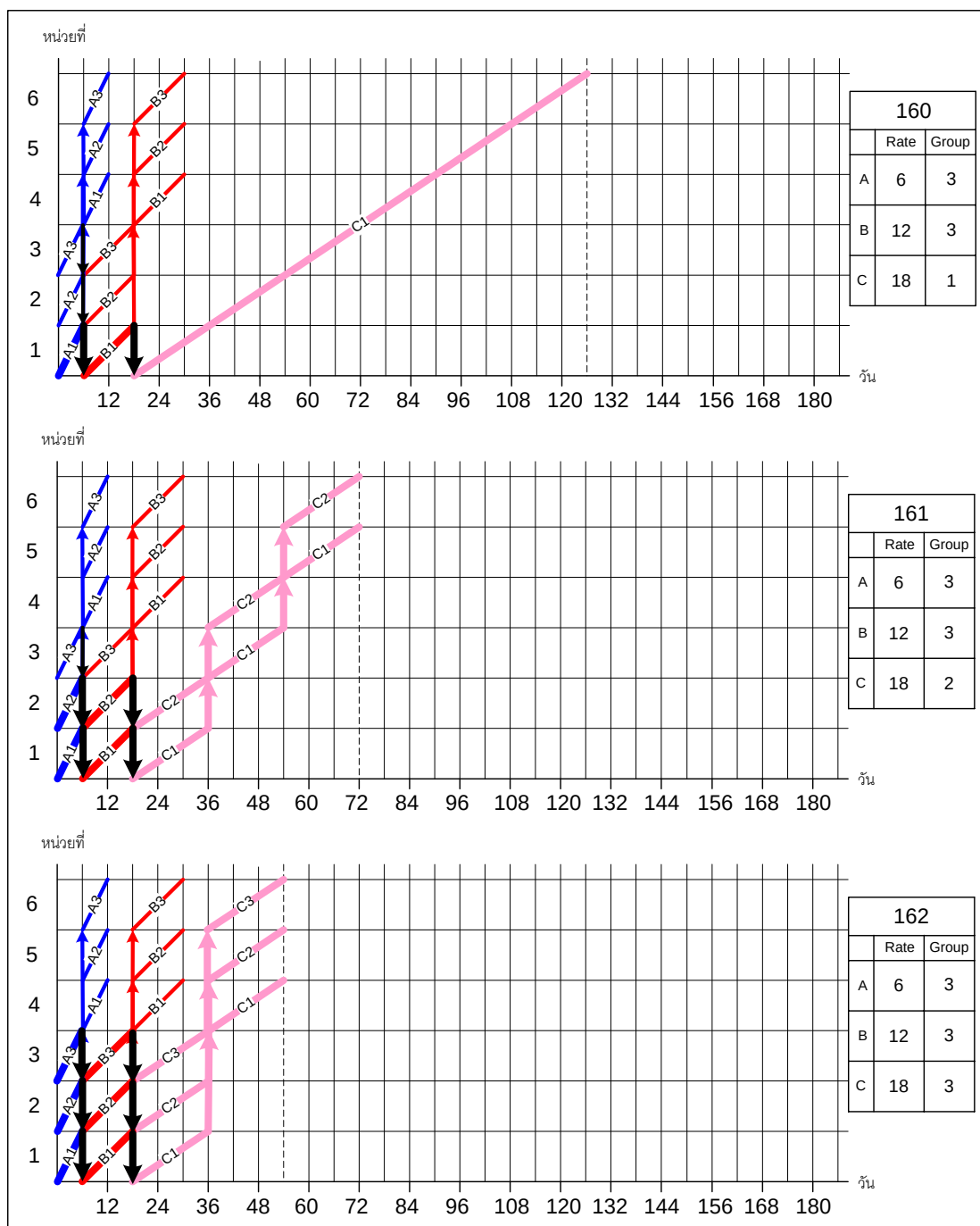
ภาพผนวกที่ 51 ผลการทดลองลำดับที่ 151-153



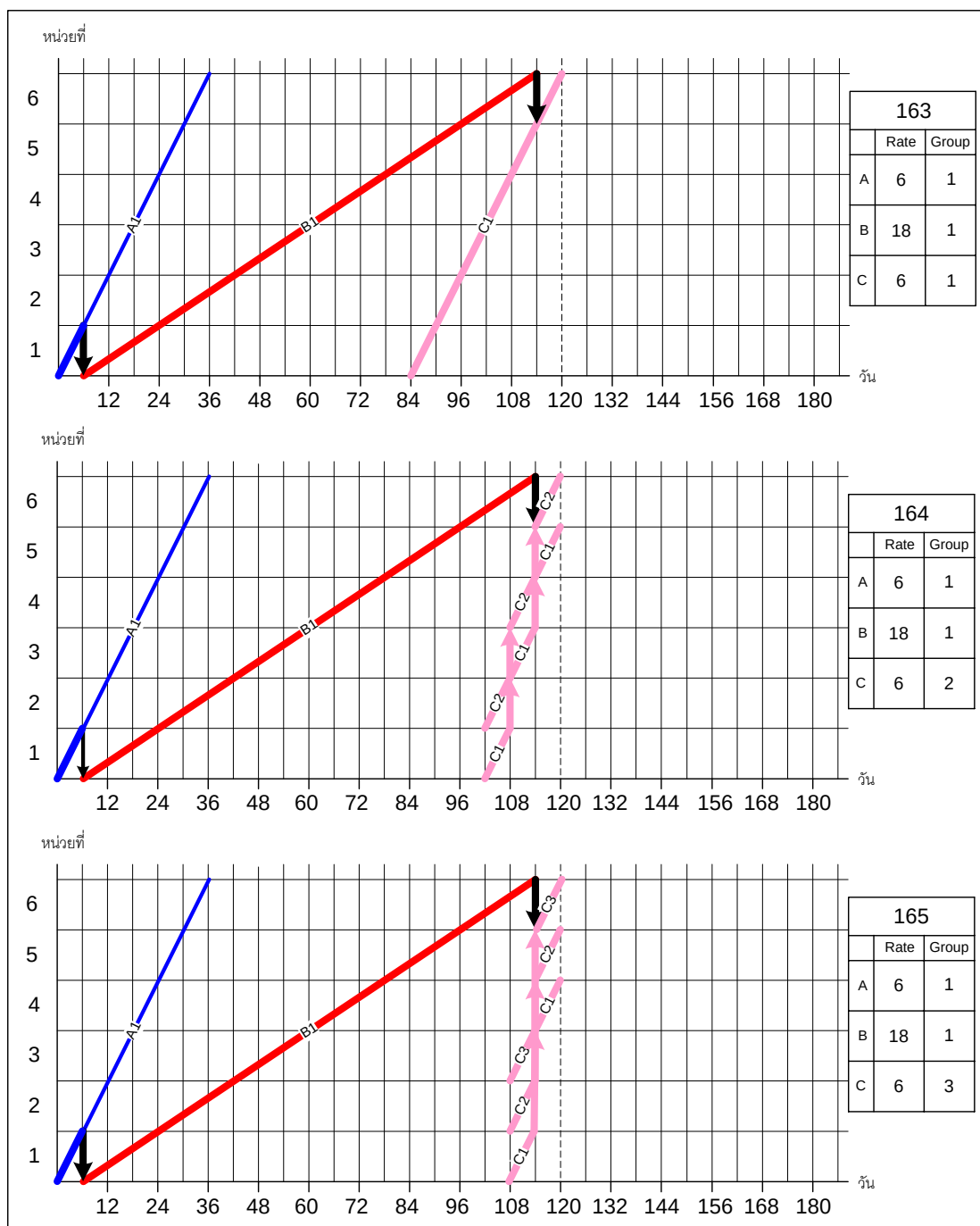
ภาพผนวกที่ 52 ผลการทดลองลำดับที่ 154-156



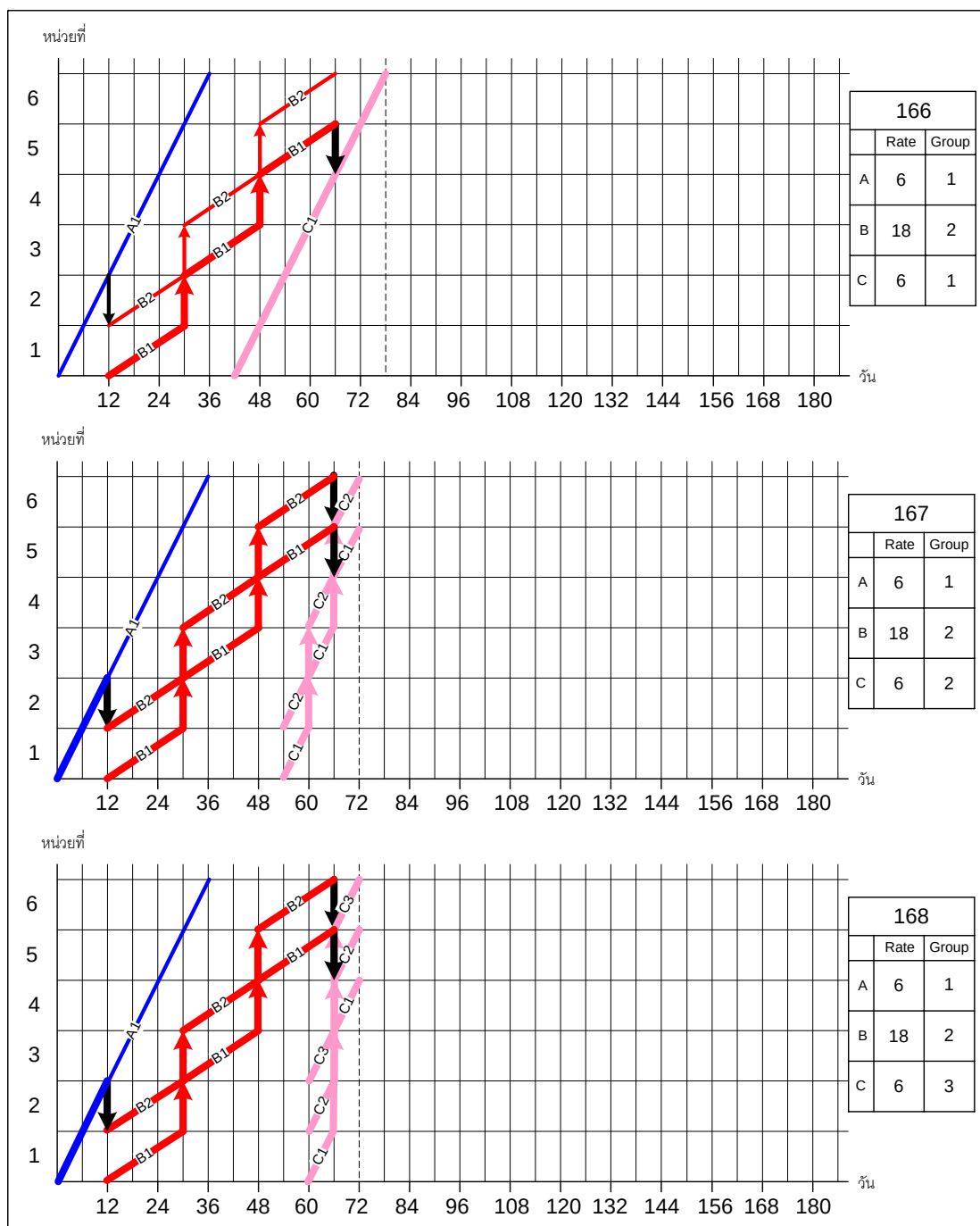
ภาพผนวกที่ 53 ผลการทดลองลำดับที่ 157-159



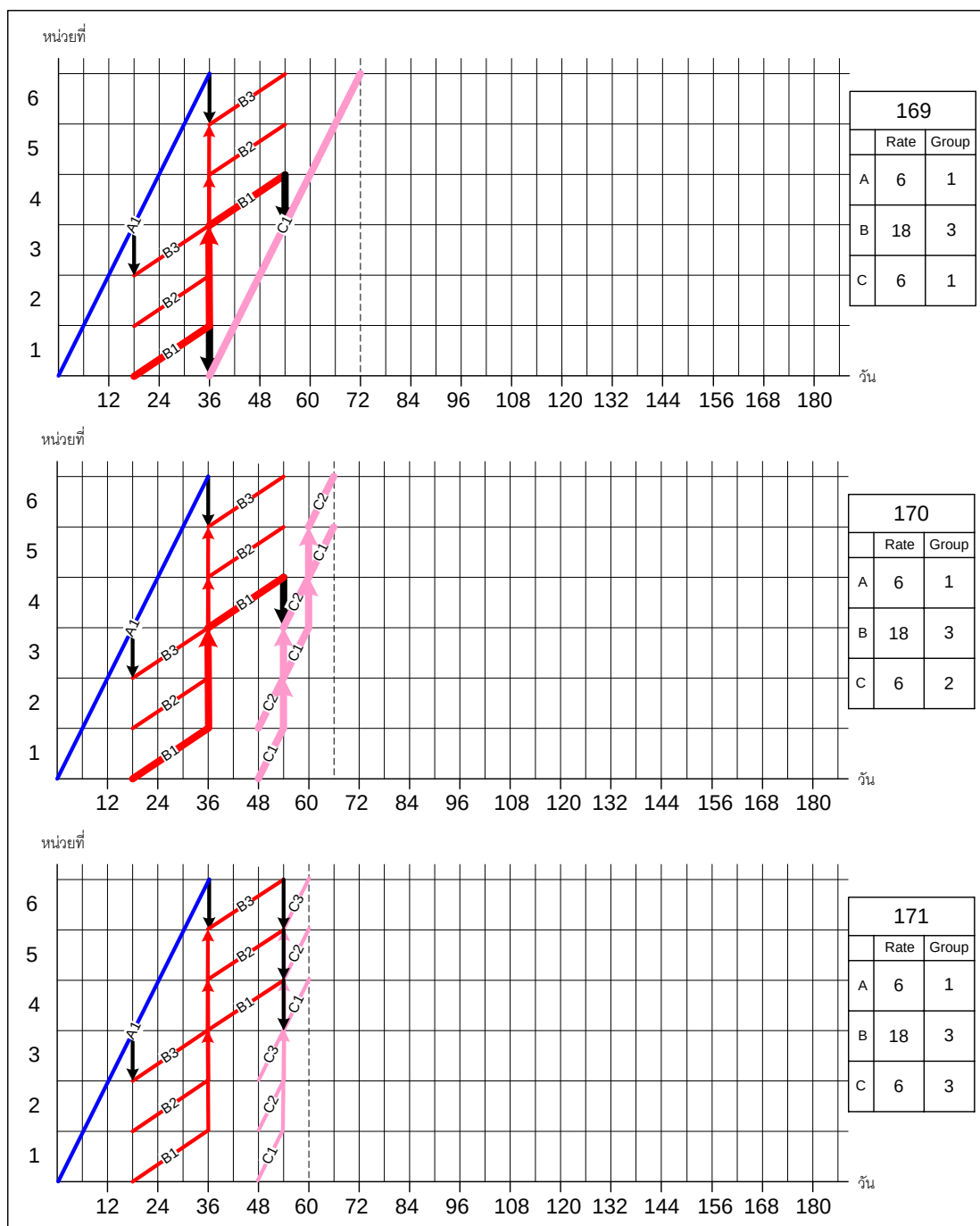
ภาพผนวกที่ 54 ผลการทดลองลำดับที่ 160-162



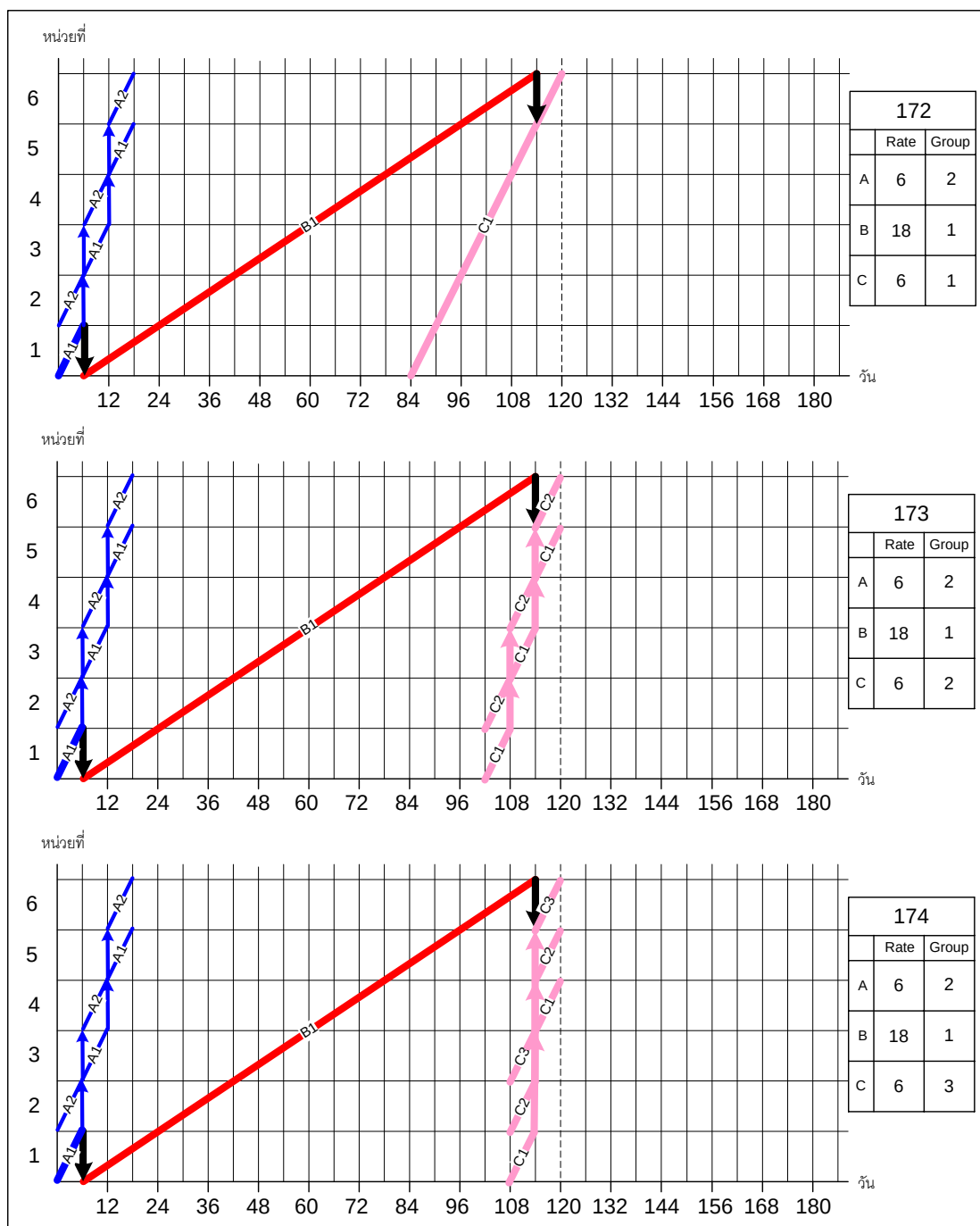
ภาพผนวกที่ 55 ผลการทดลองลำดับที่ 163-165



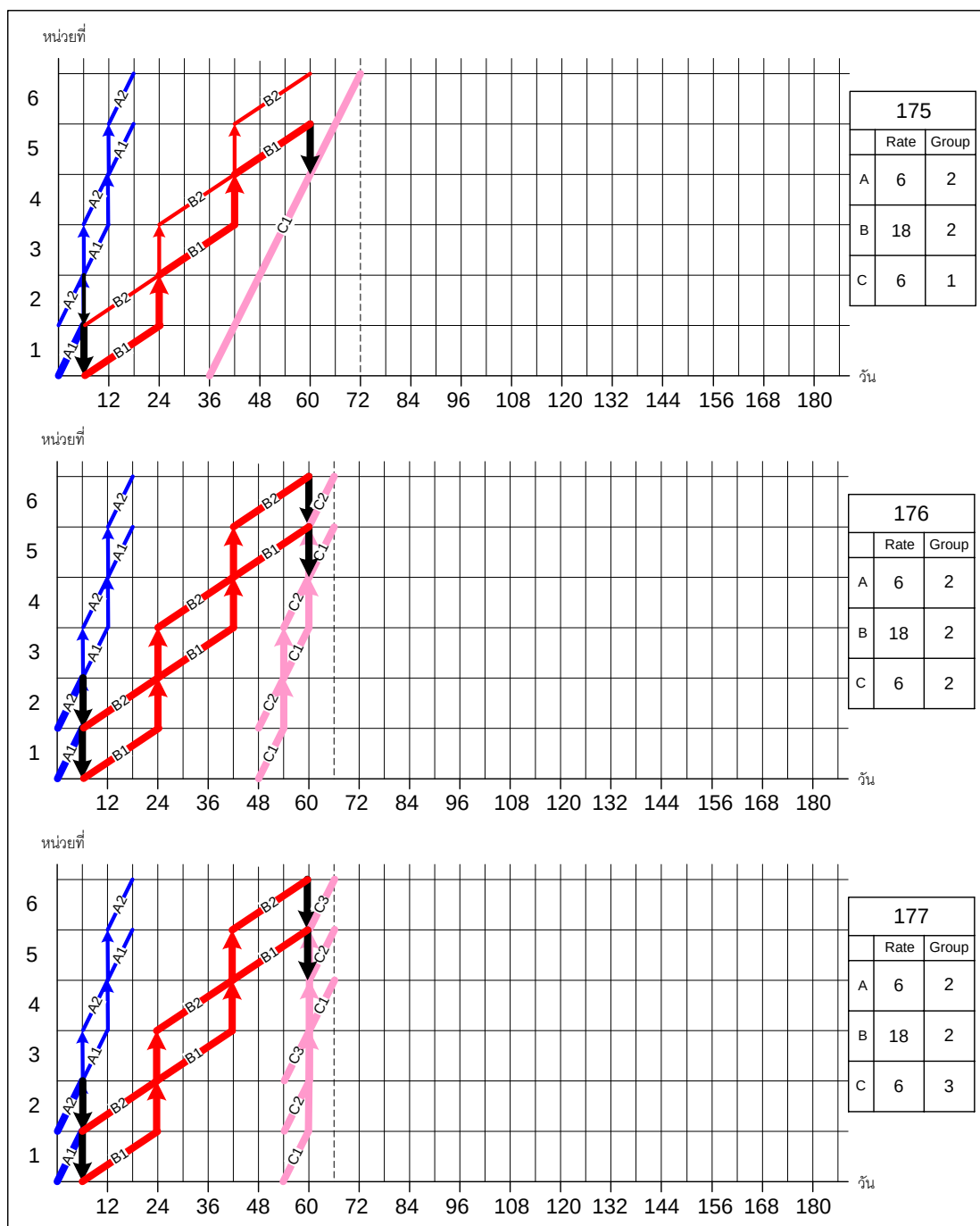
ภาพผนวกที่ 56 ผลการทดลองลำดับที่ 166-168



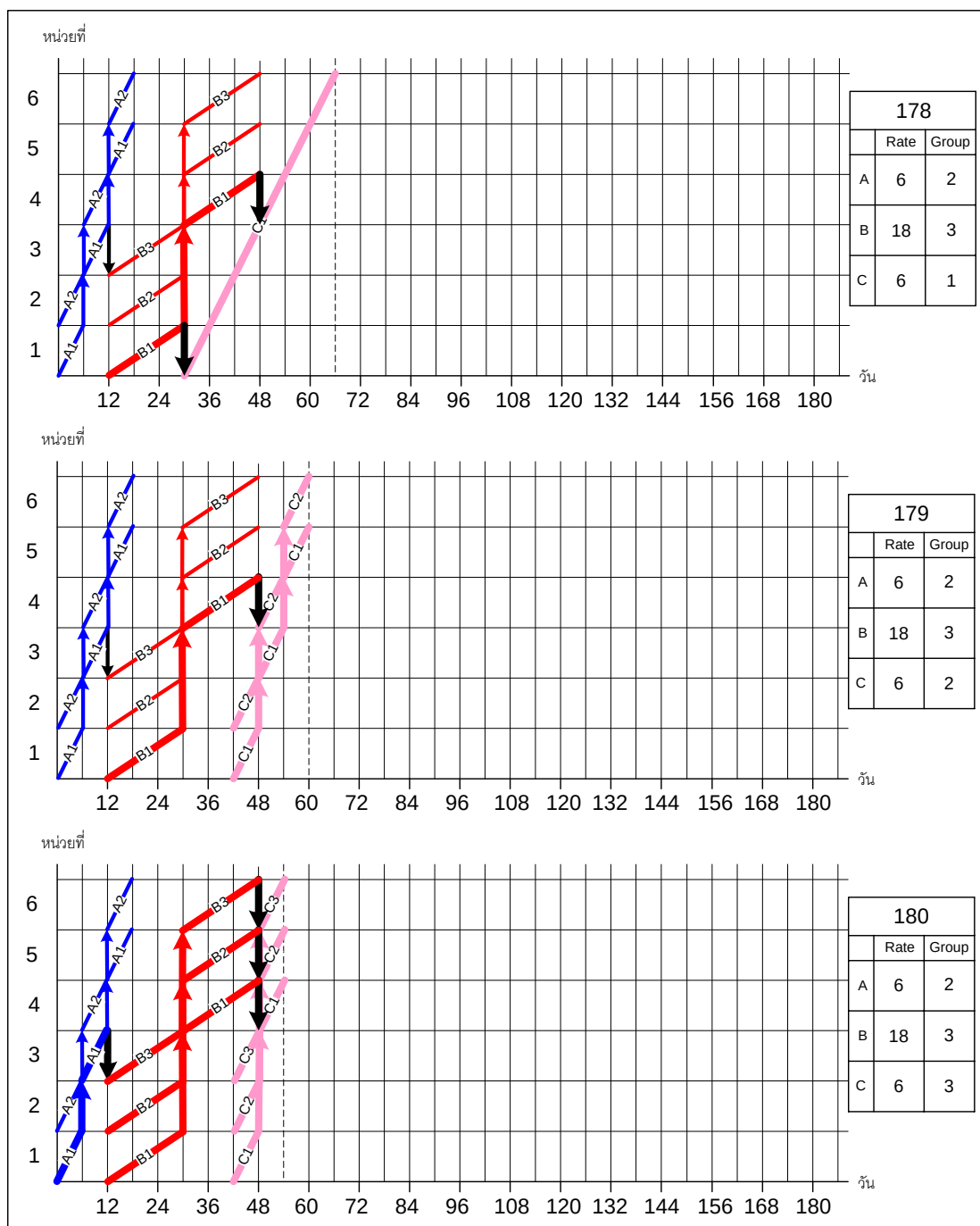
ภาพผนวกที่ 57 ผลการทดลองลำดับที่ 169-171



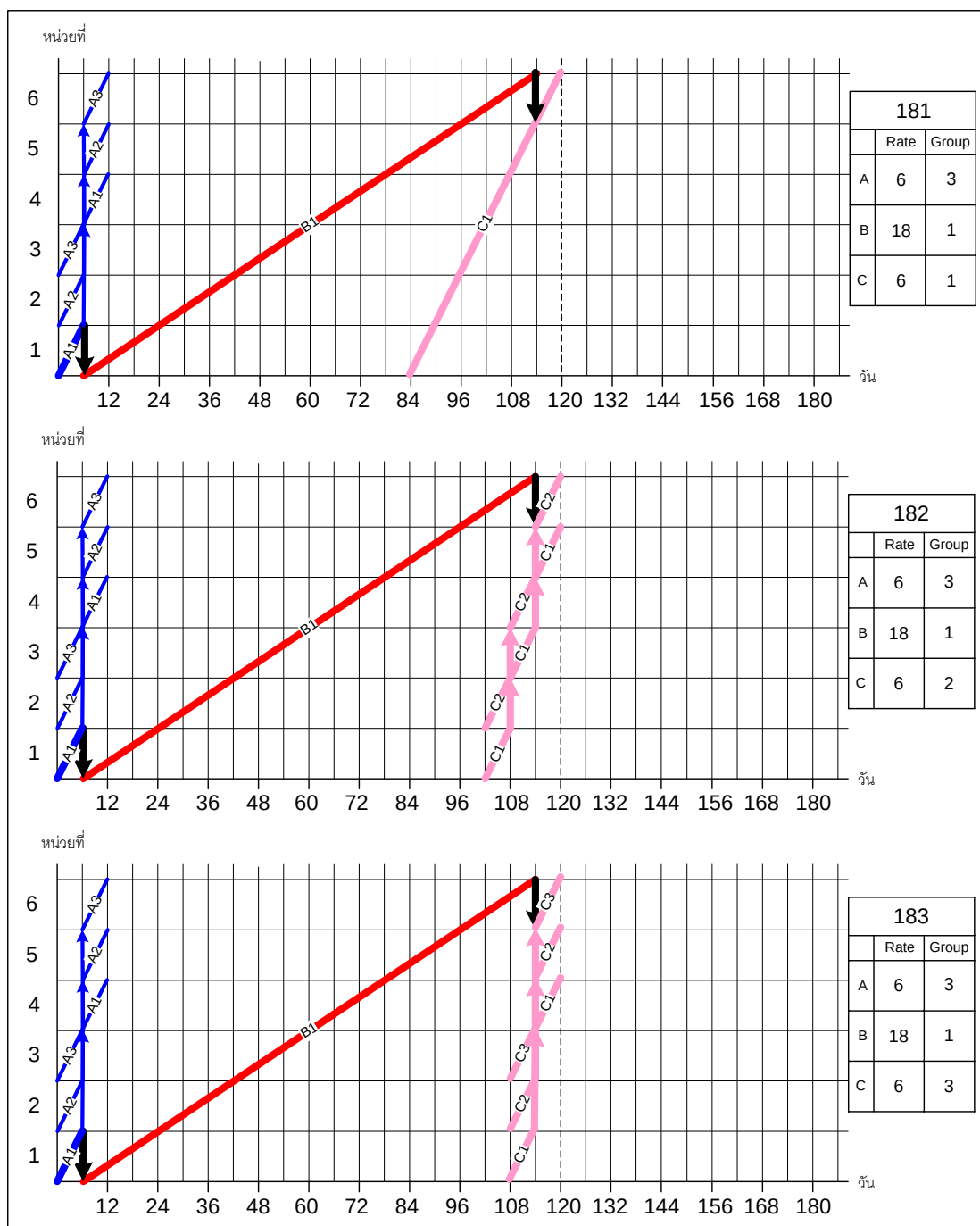
ภาพผนวกที่ 58 ผลการทดลองลำดับที่ 172-174



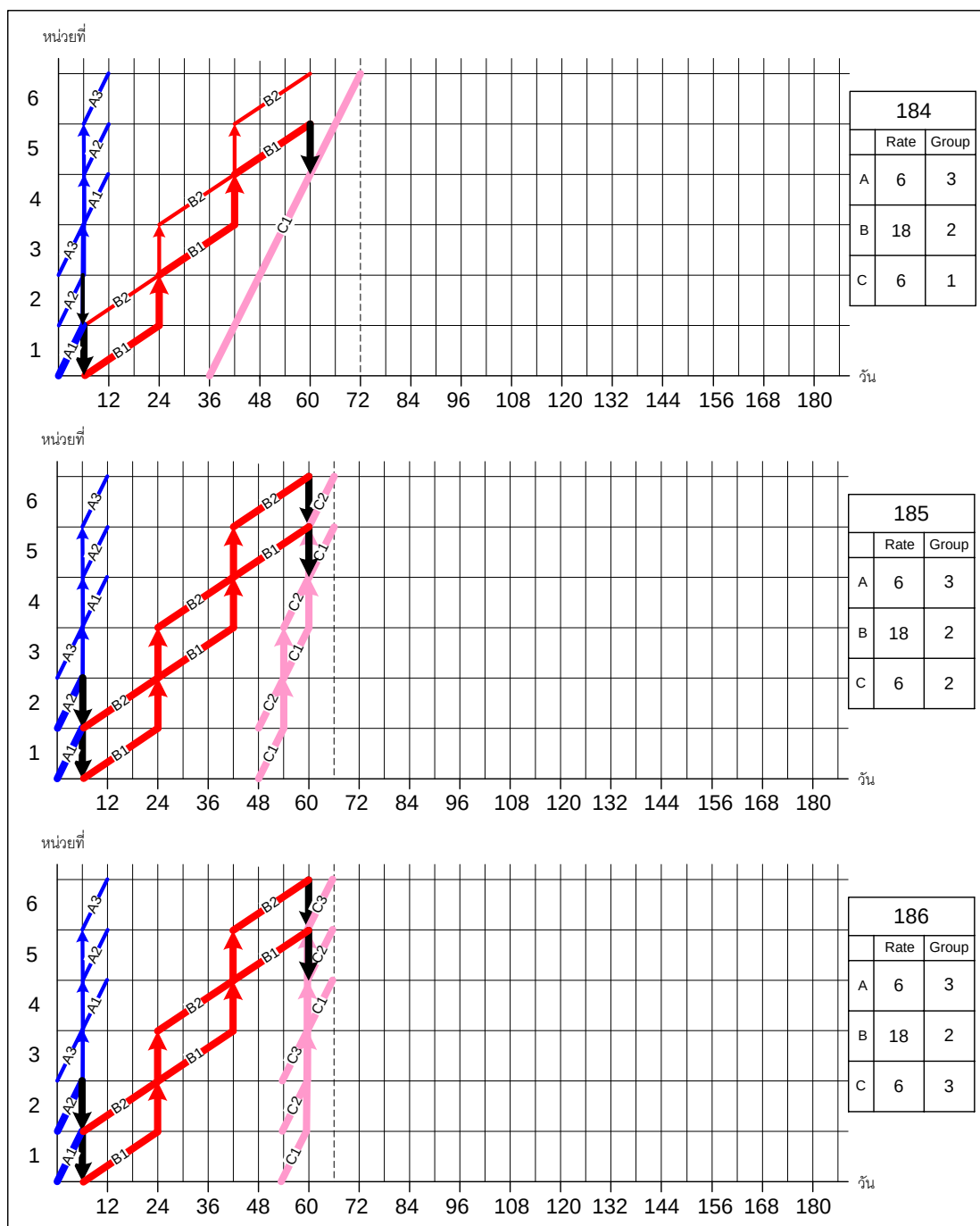
ภาพผนวกที่ 59 ผลการทดลองลำดับที่ 175-177



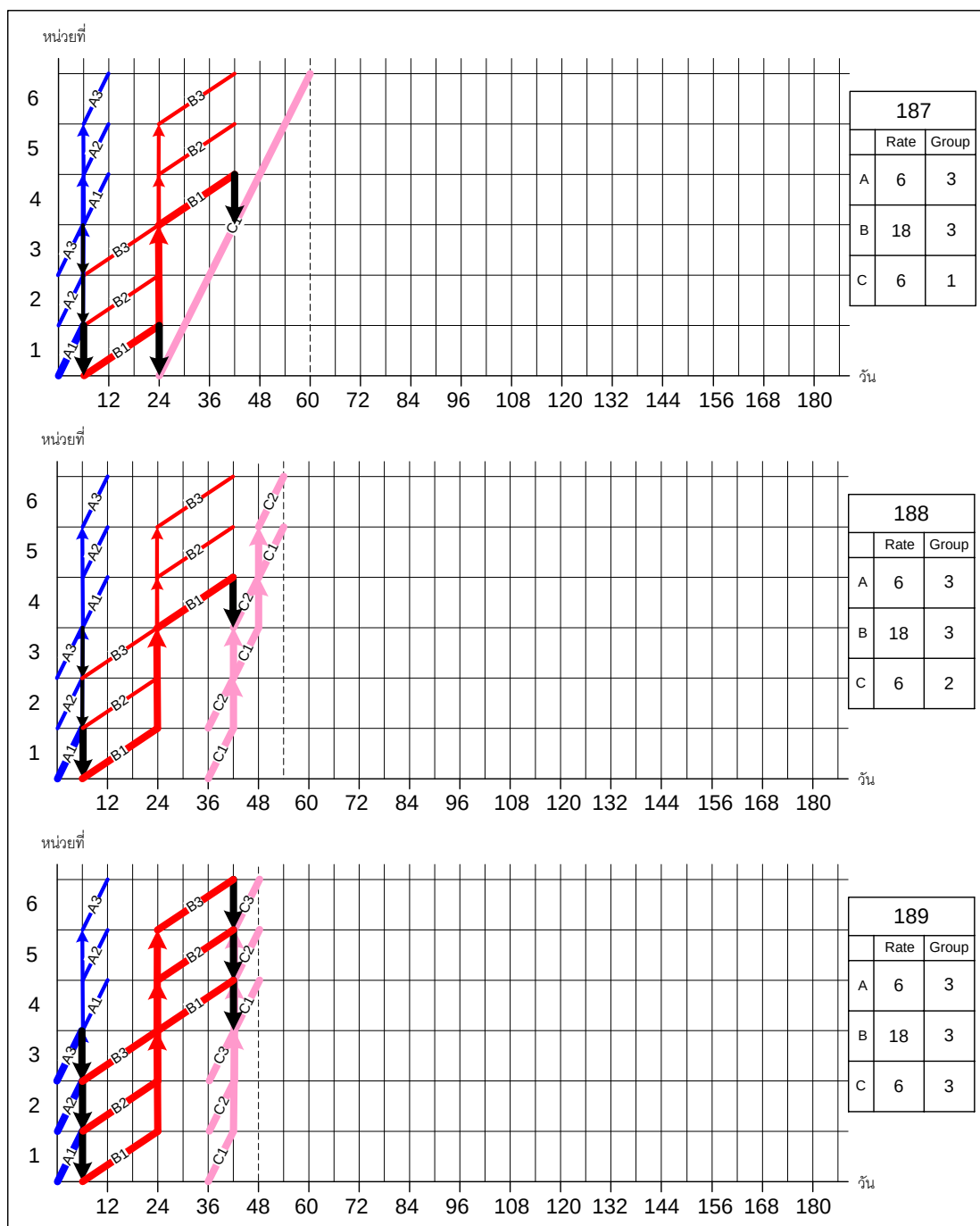
ภาพผนวกที่ 60 ผลการทดลองลำดับที่ 178-180



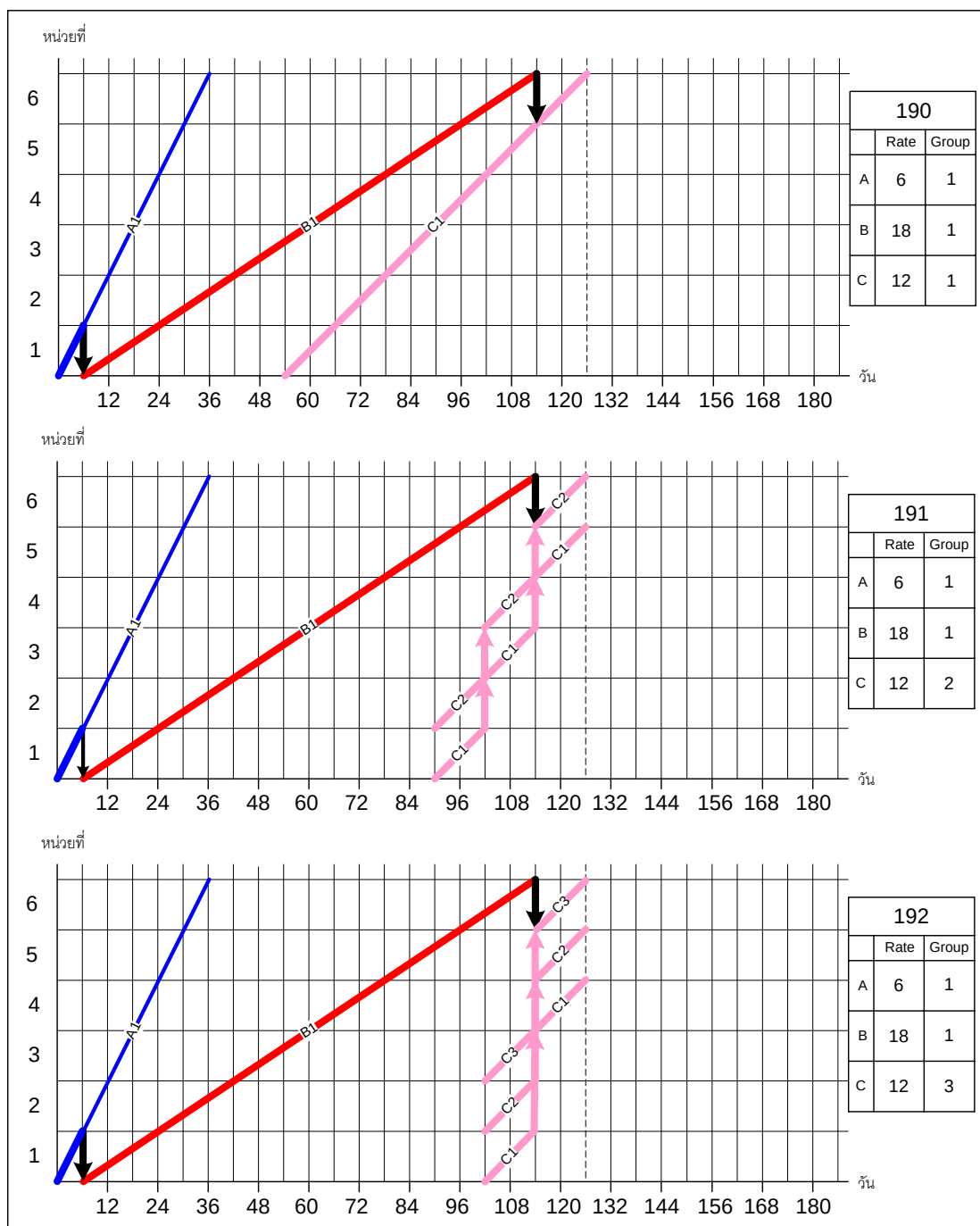
ภาพผนวกที่ 61 ผลการทดลองลำดับที่ 181-183



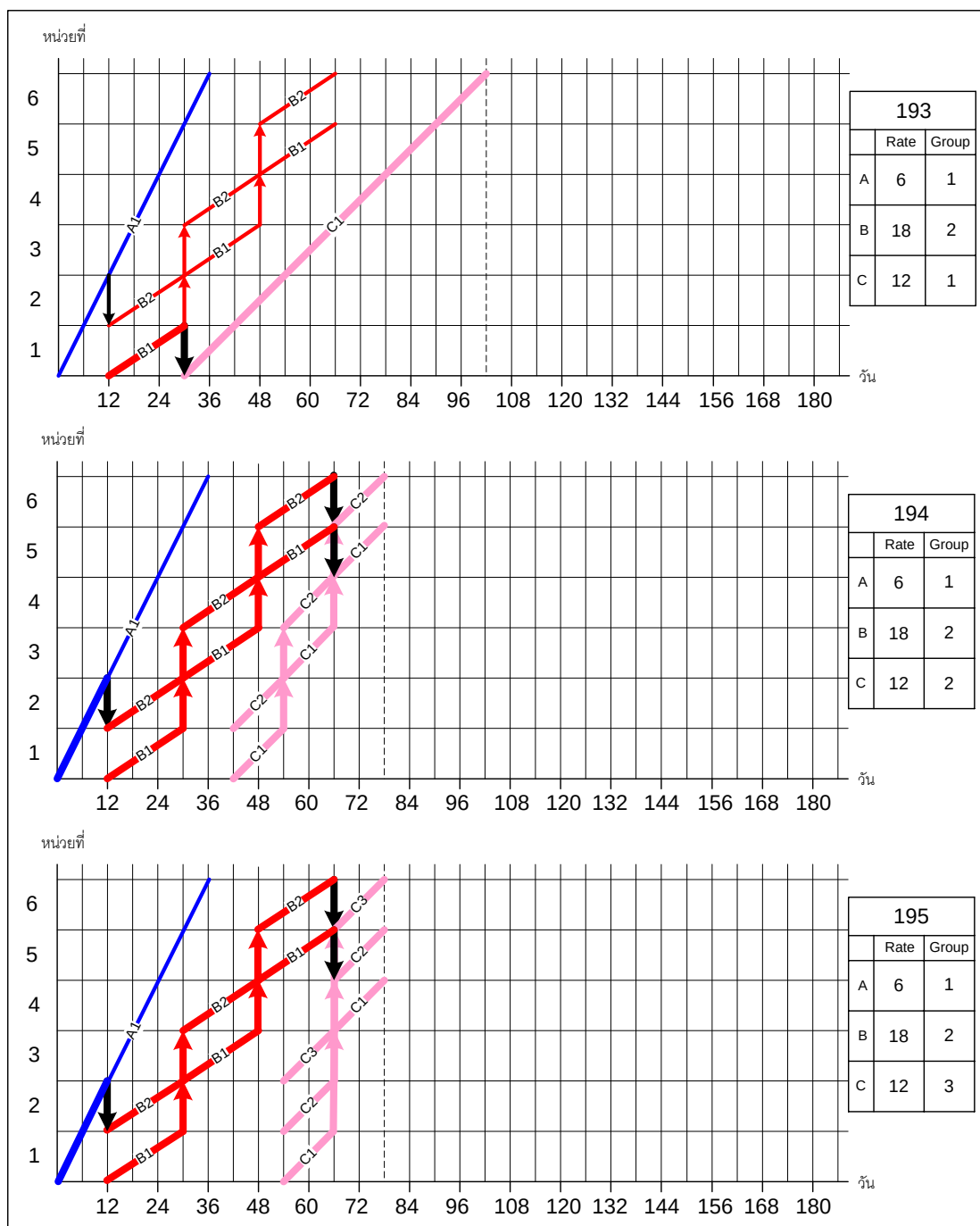
ภาพผนวกที่ 62 ผลการทดลองลำดับที่ 184-186



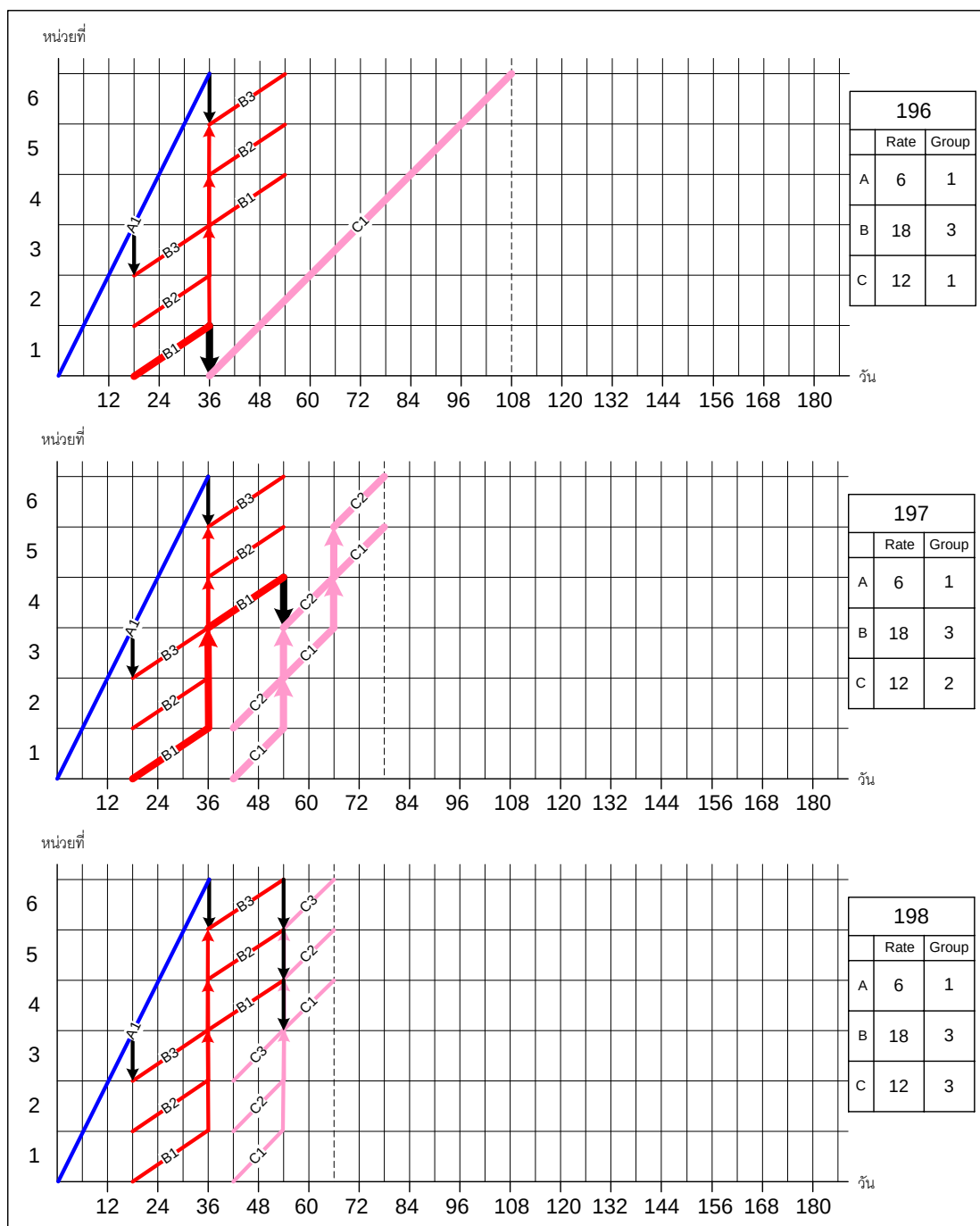
ภาพผนวกที่ 63 ผลการทดลองลำดับที่ 187-189



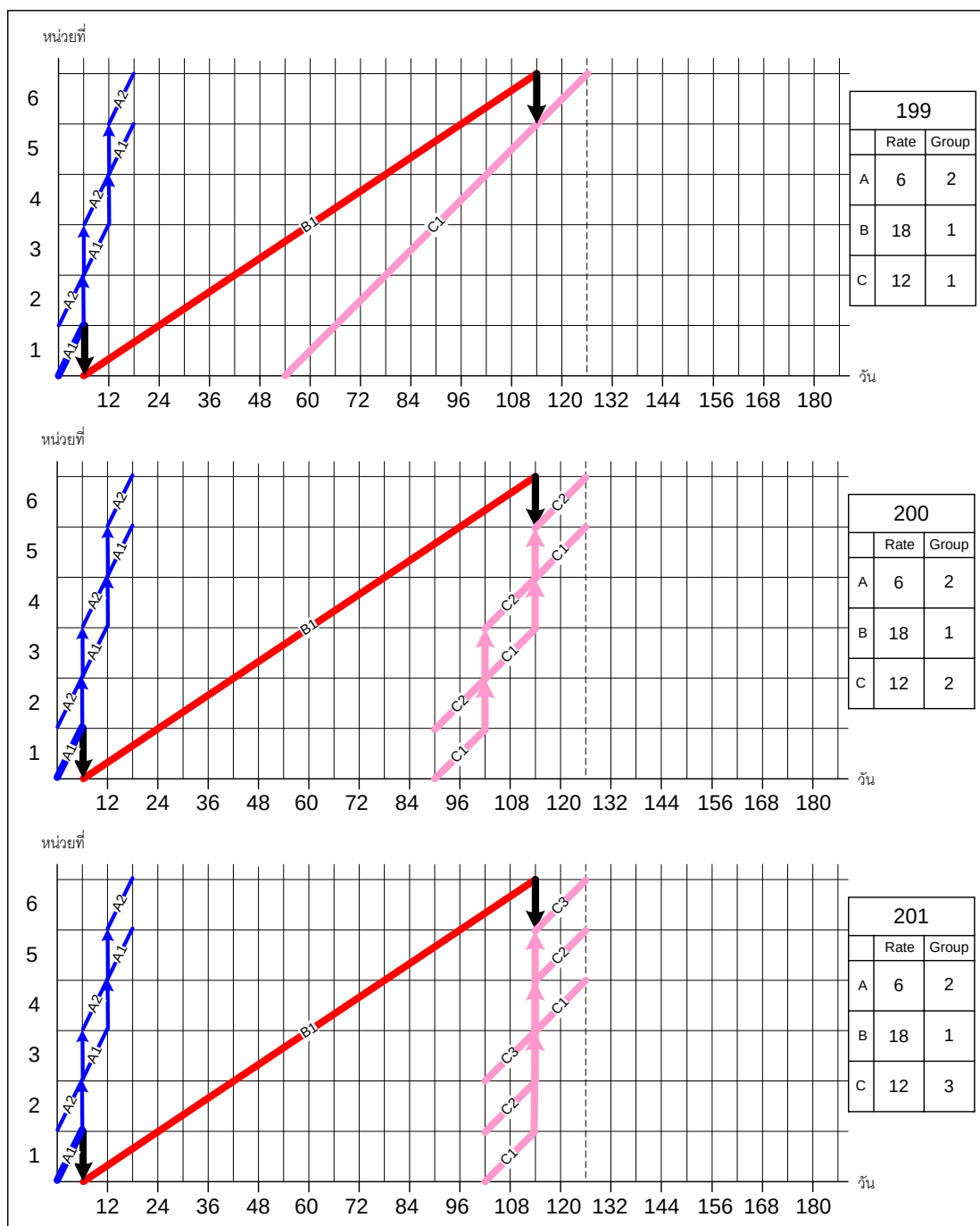
ภาพผนวกที่ 64 ผลการทดลองลำดับที่ 190-192



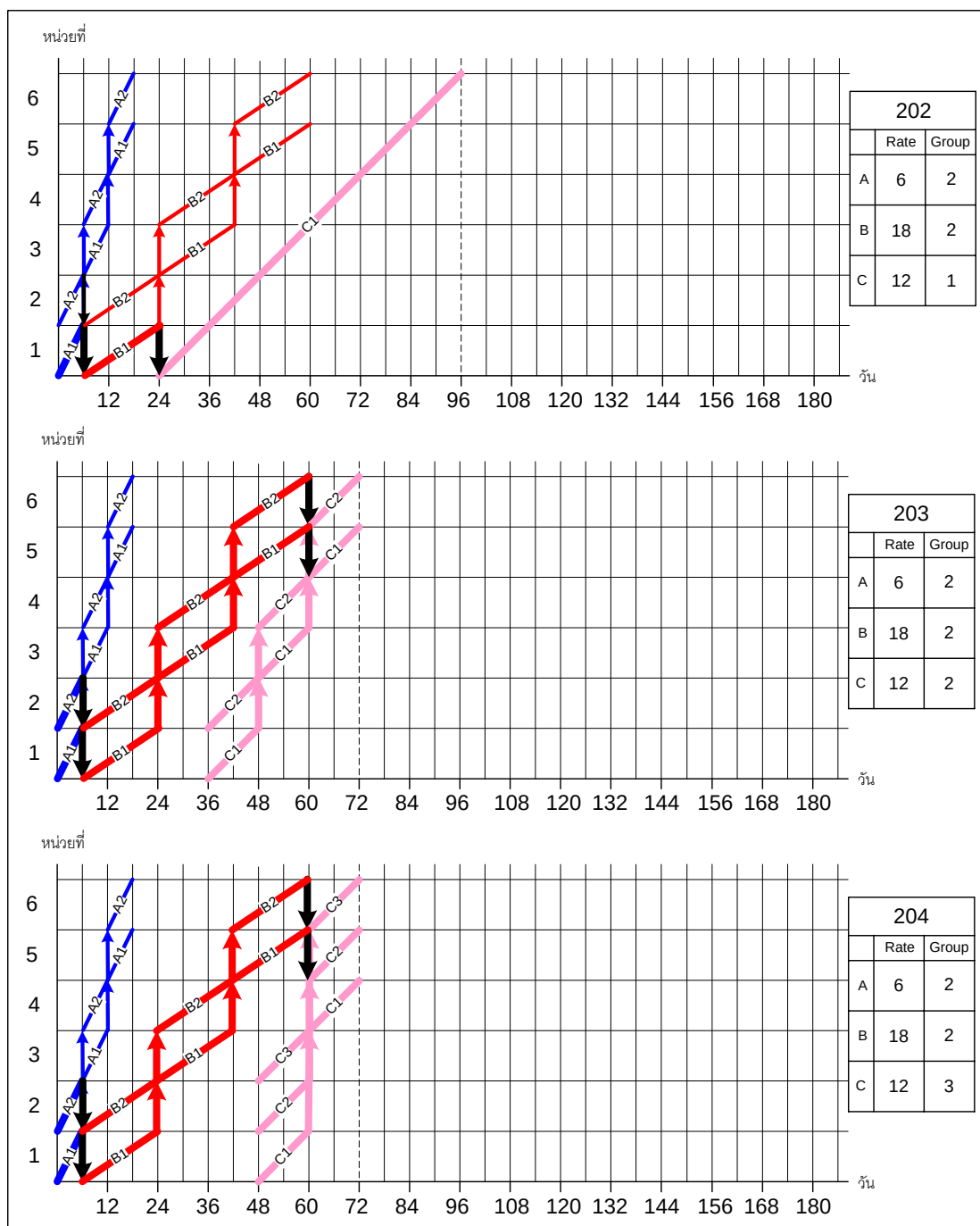
ภาพผนวกที่ 65 ผลการทดลองลำดับที่ 193-195



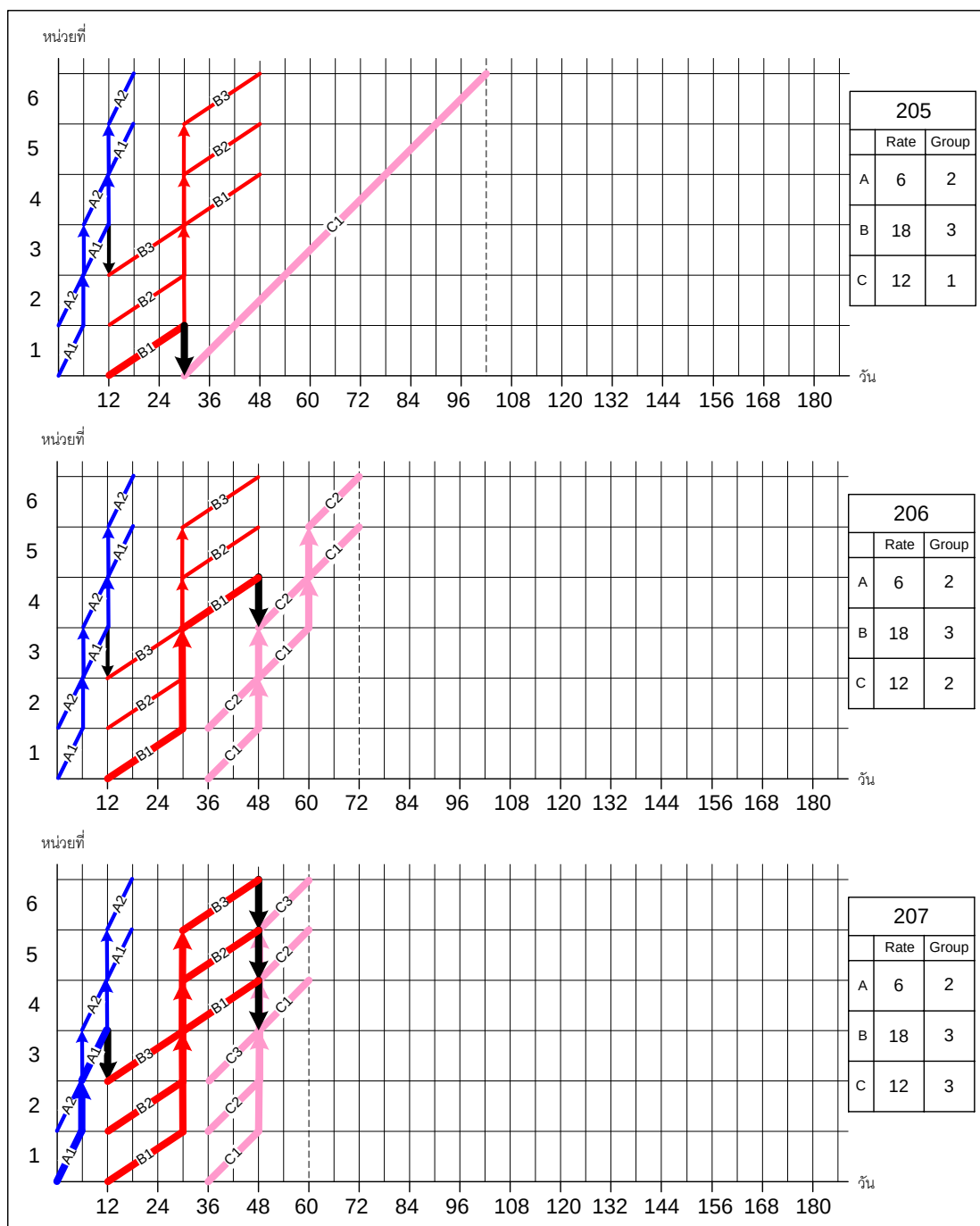
ภาพผนวกที่ 66 ผลการทดลองลำดับที่ 196-198



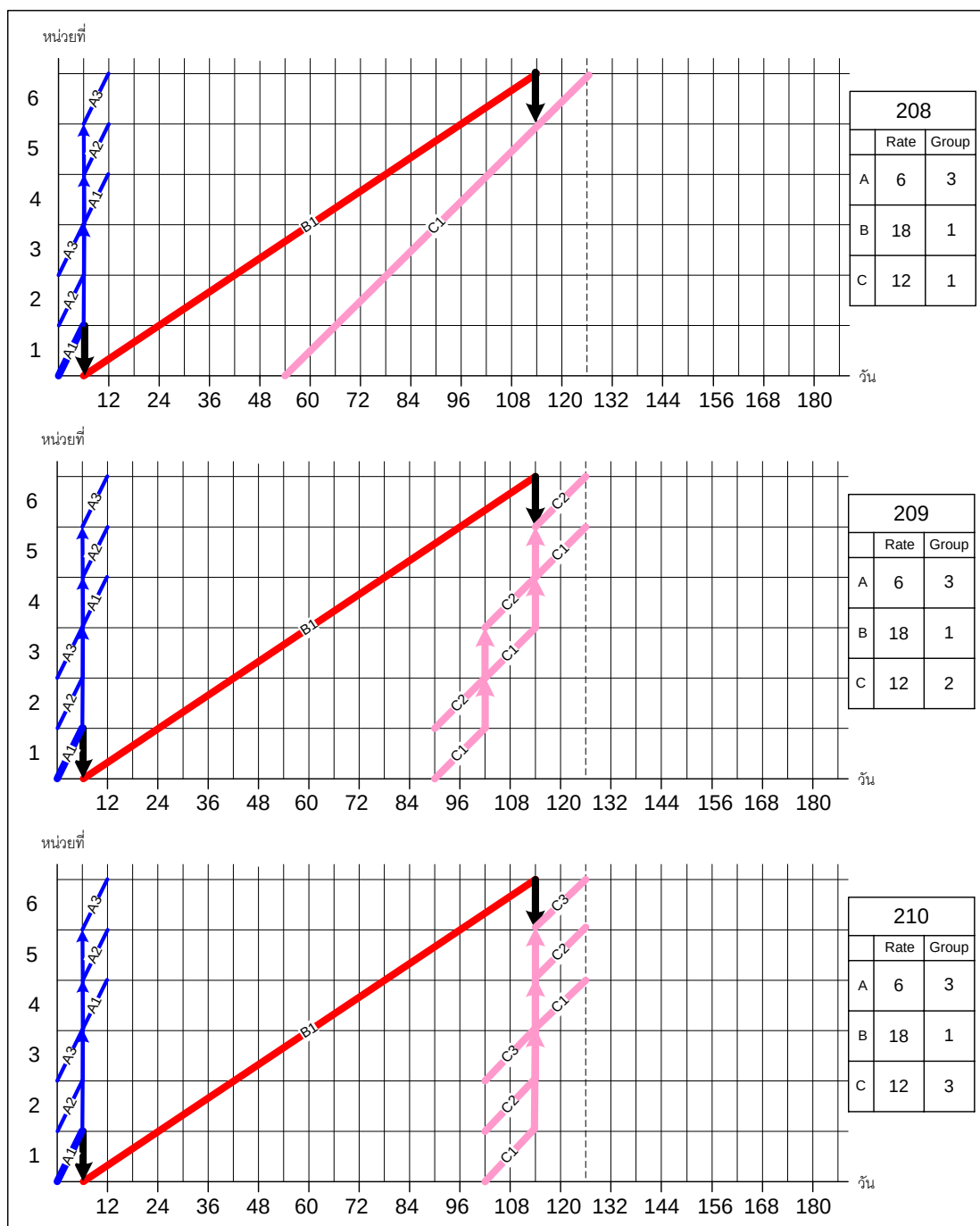
ภาพผนวกที่ 67 ผลการทดลองลำดับที่ 199-201



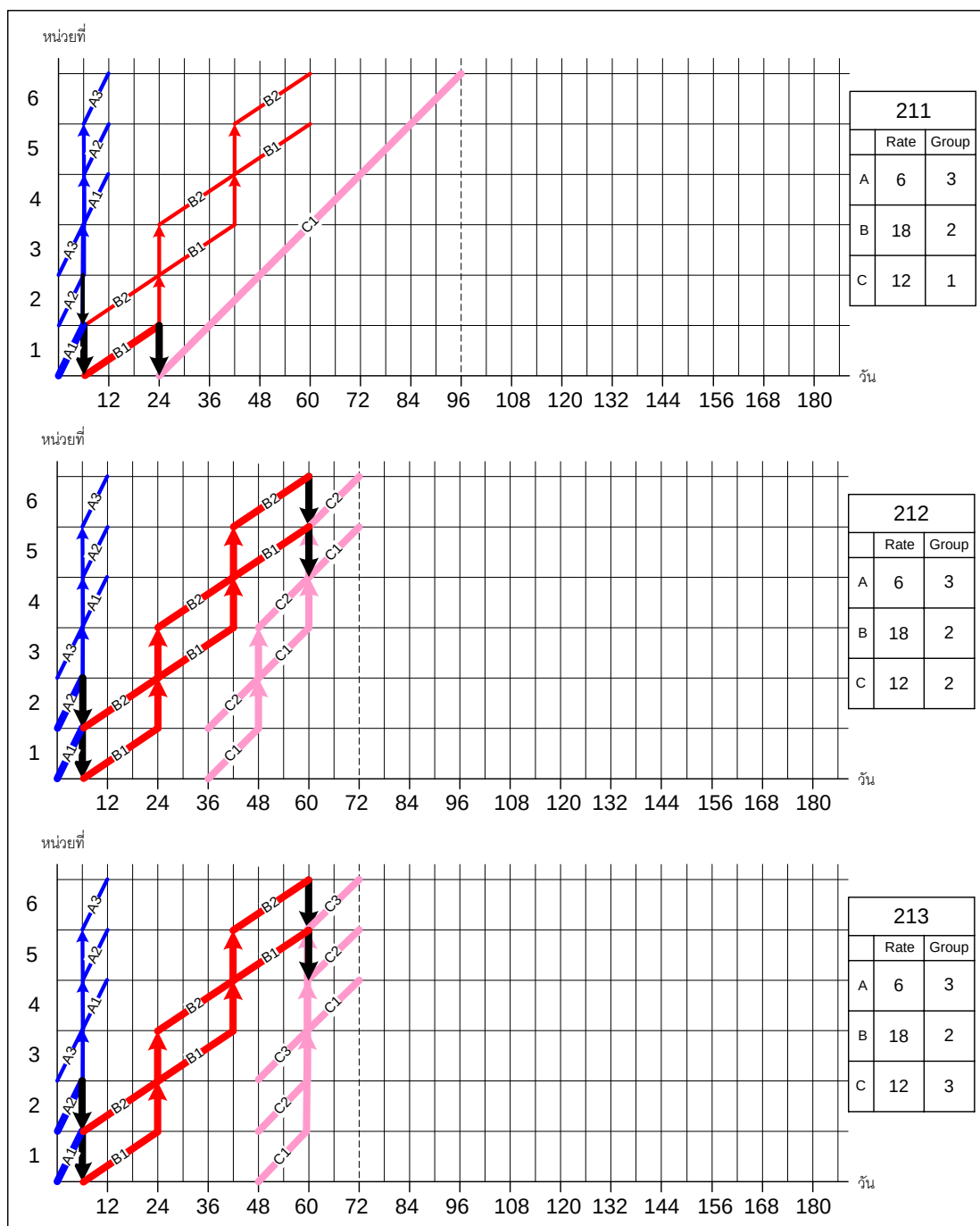
ภาพผนวกที่ 68 ผลการทดลองลำดับที่ 202-204



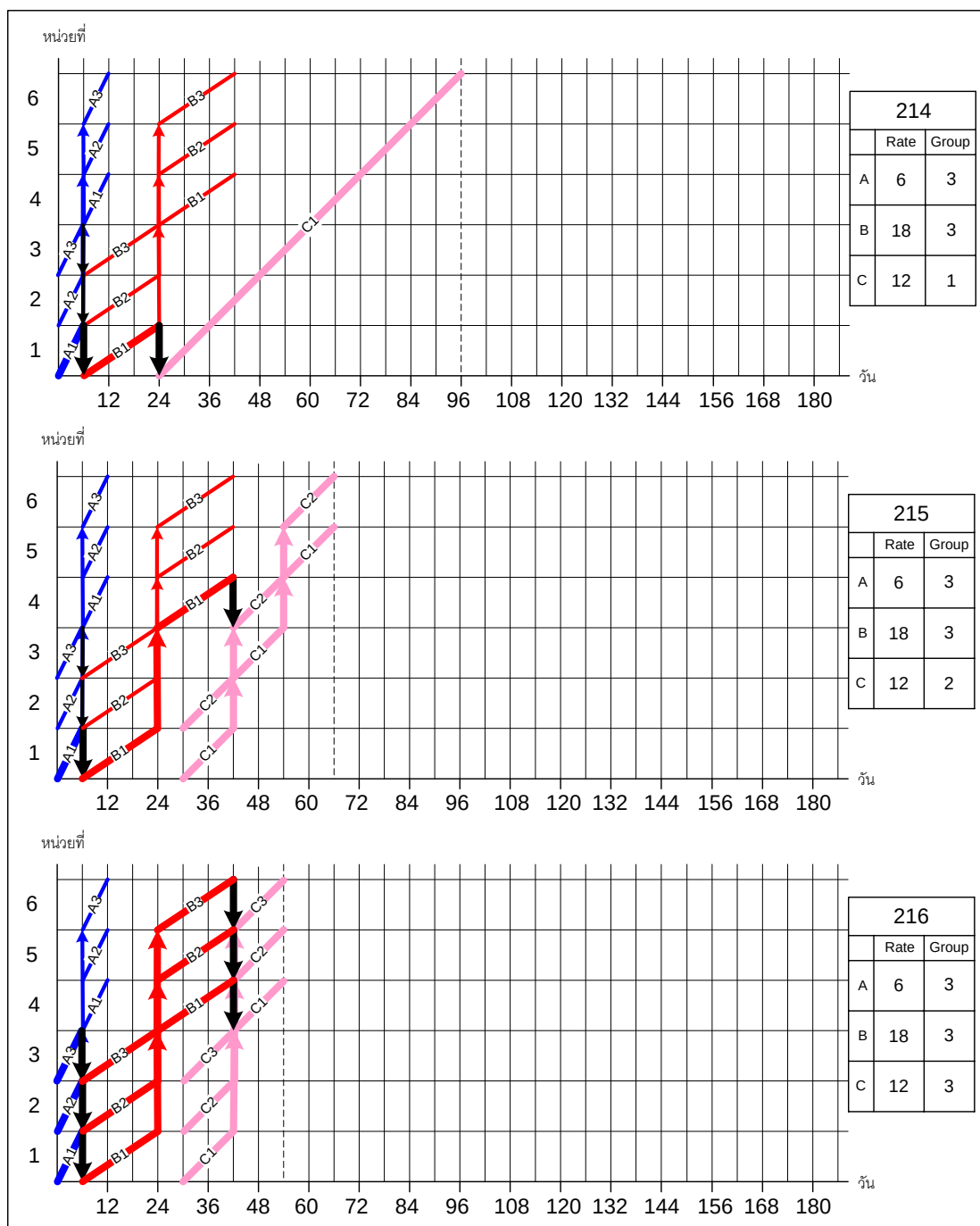
ภาพผนวกที่ 69 ผลการทดลองลำดับที่ 205-207



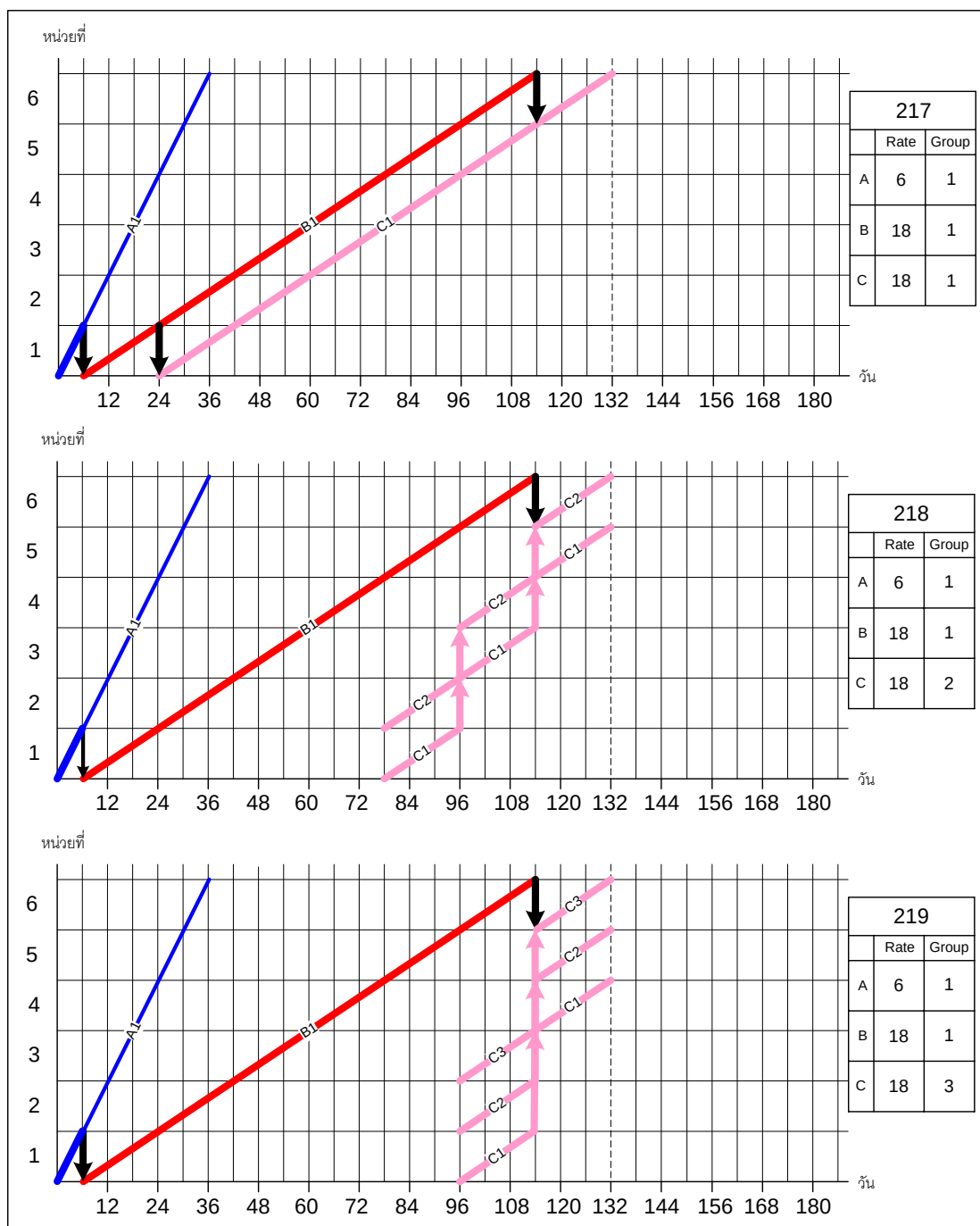
ภาพผนวกที่ 70 ผลการทดลองลำดับที่ 208-210



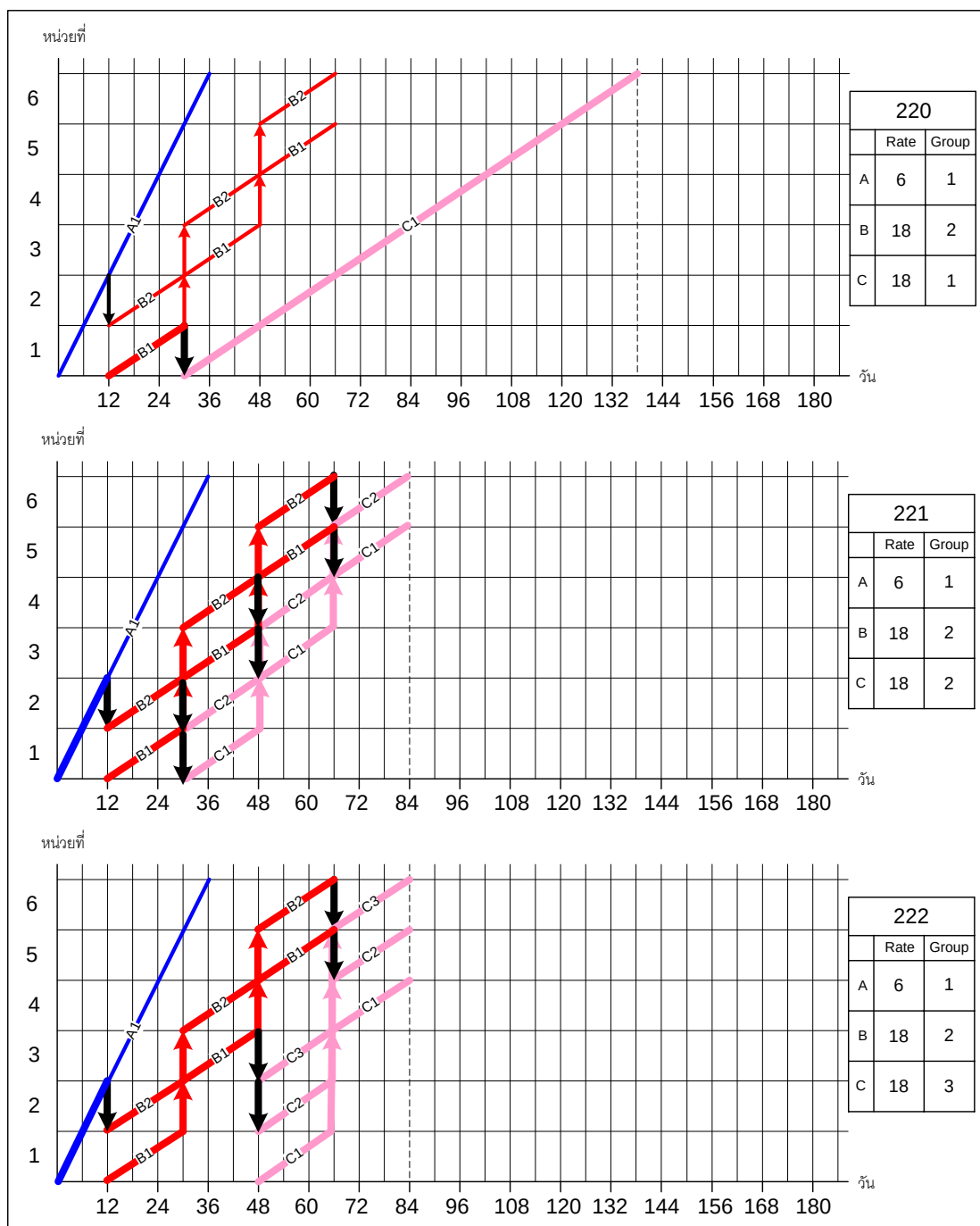
ภาพผนวกที่ 71 ผลการทดลองลำดับที่ 211-213



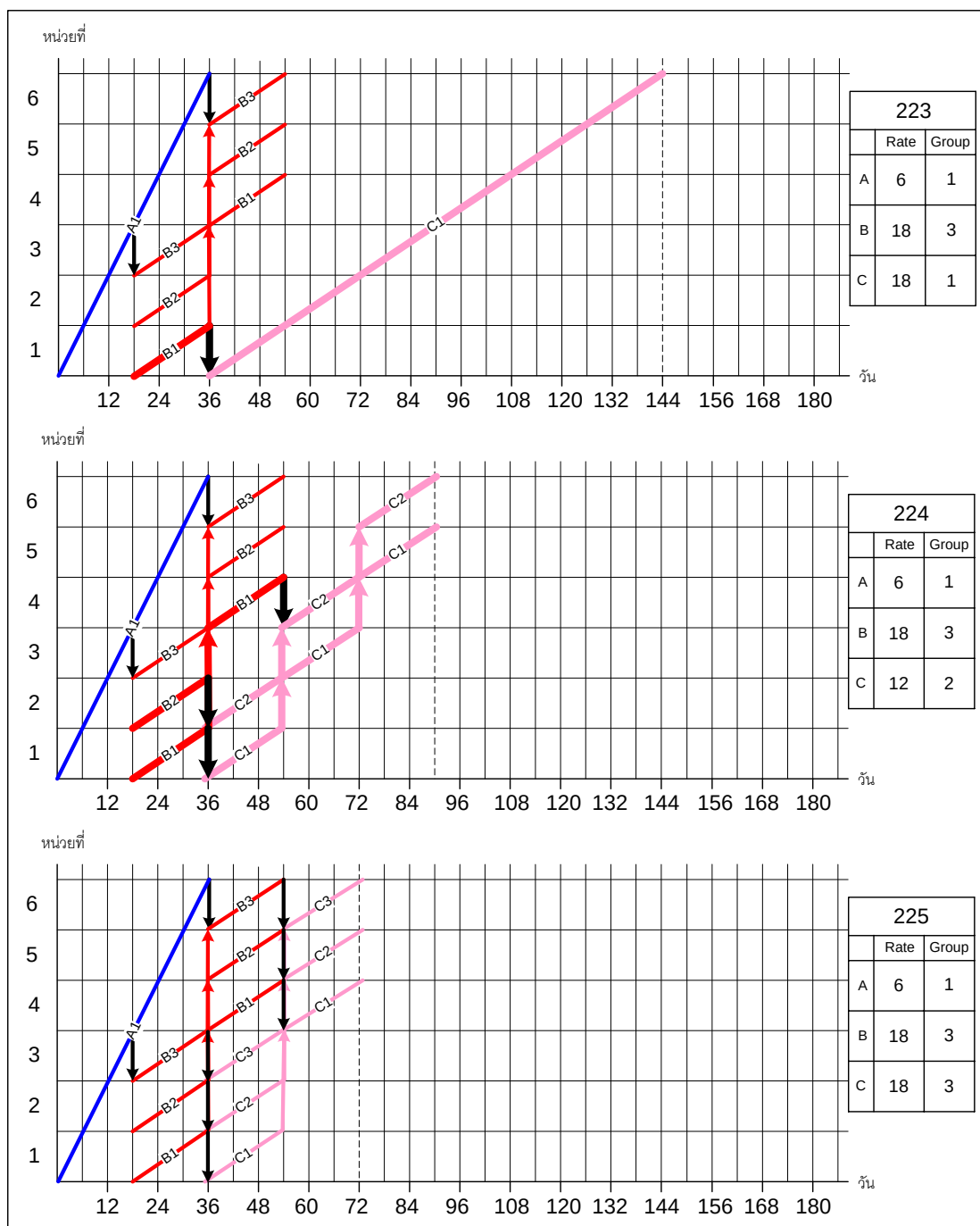
ภาพผนวกที่ 72 ผลการทดลองลำดับที่ 214-216



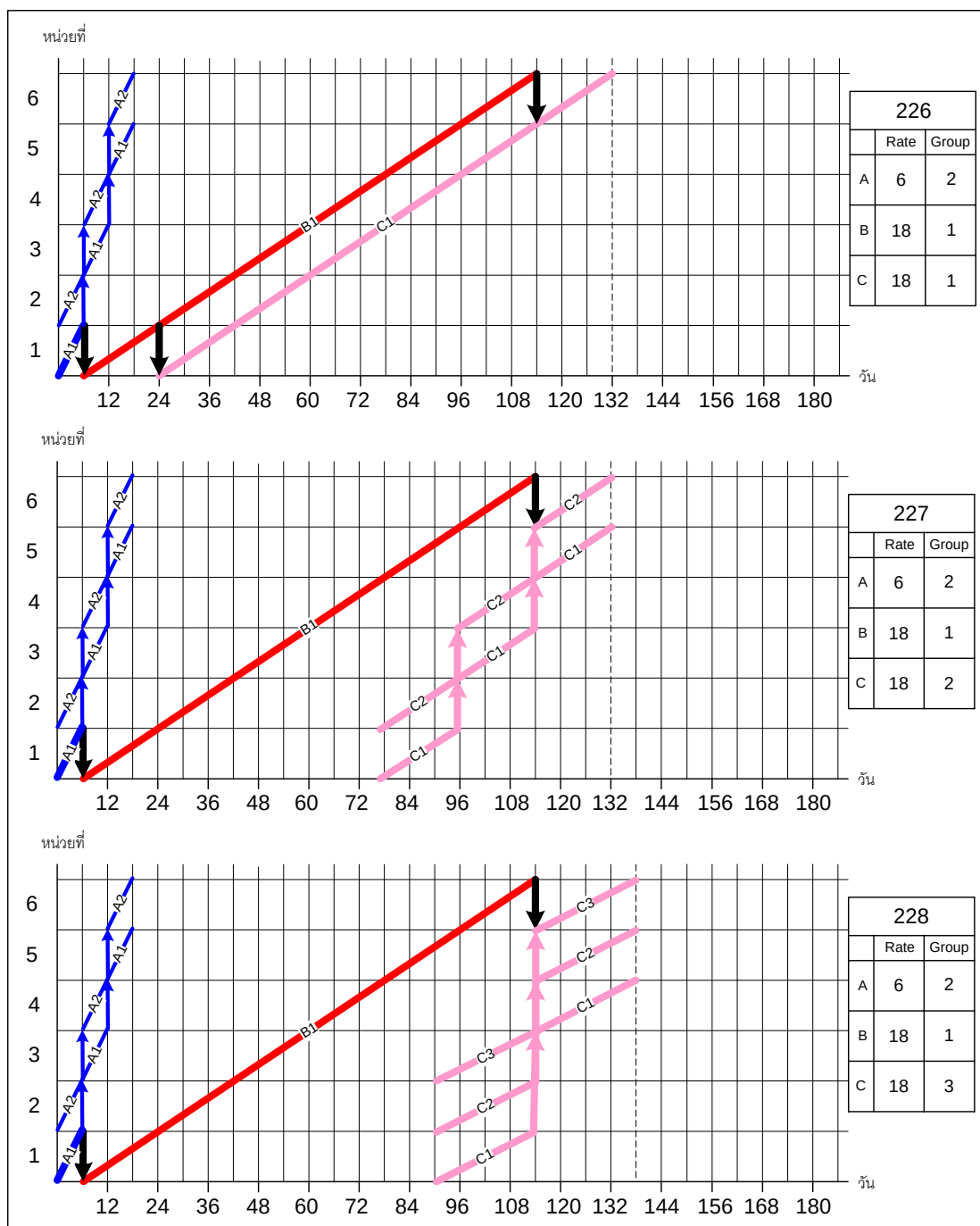
ภาพผนวกที่ 73 ผลการทดลองลำดับที่ 217-219



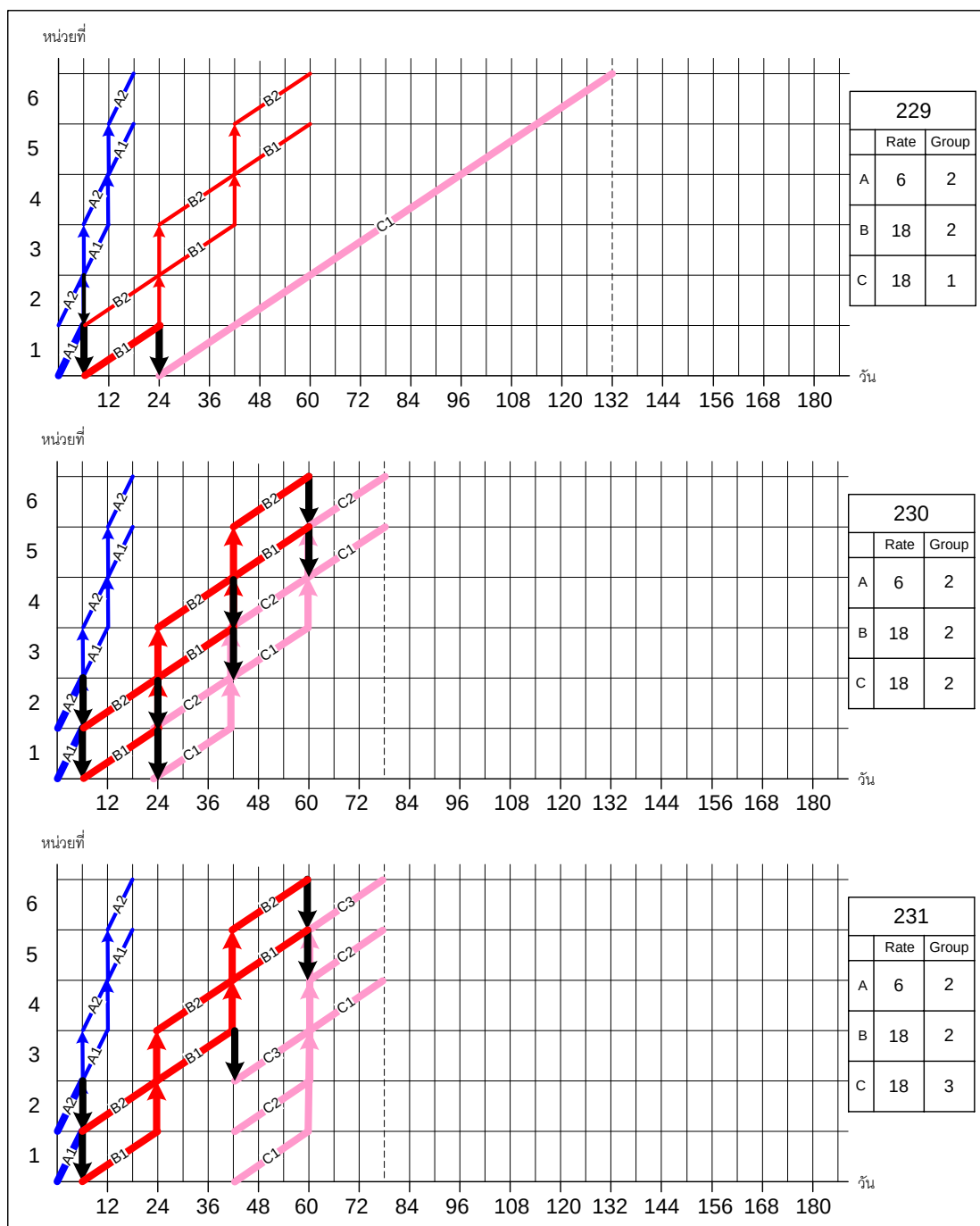
ภาพผนวกที่ 74 ผลการทดลองลำดับที่ 220-222



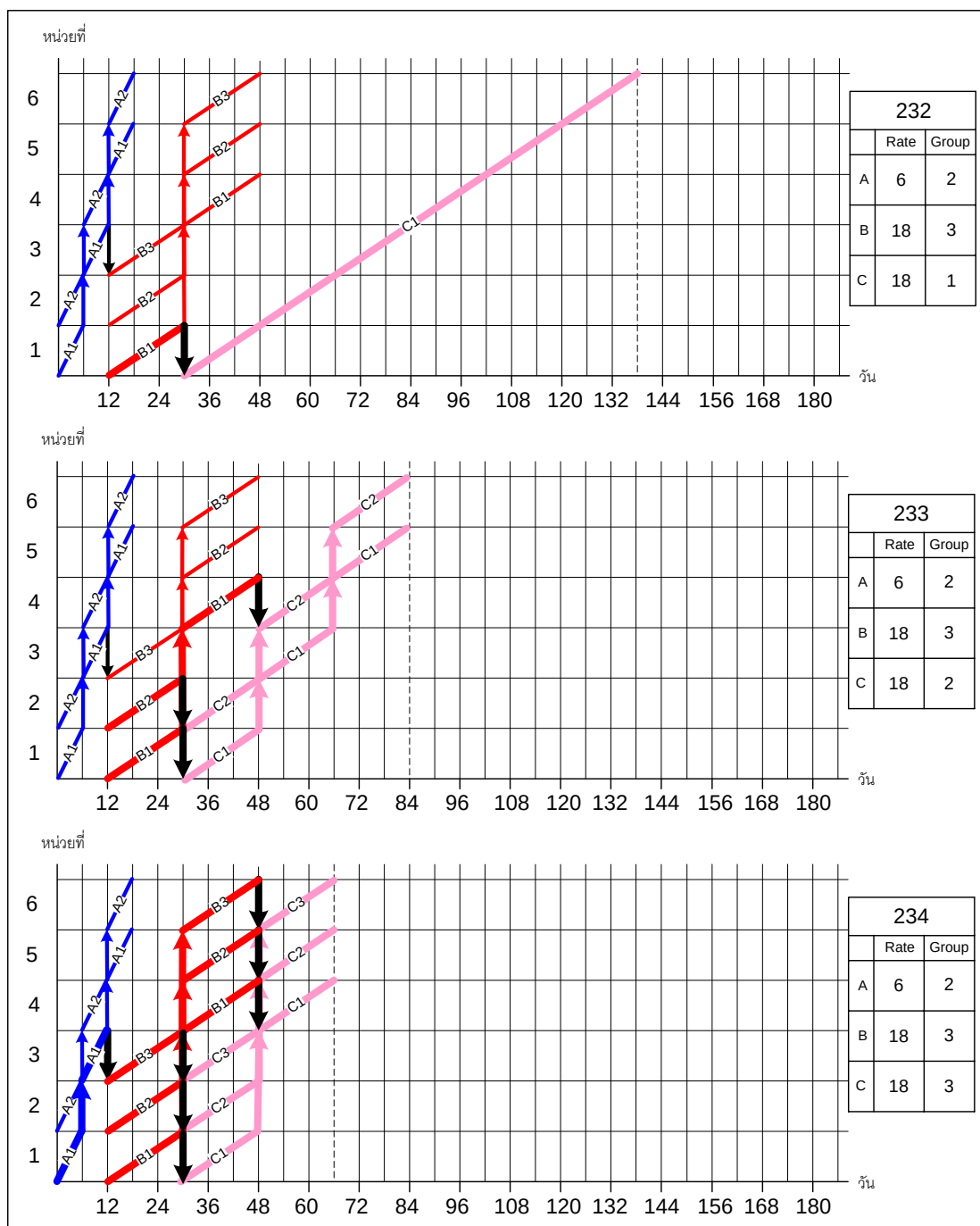
ภาพผนวกที่ 75 ผลการทดลองลำดับที่ 223-225



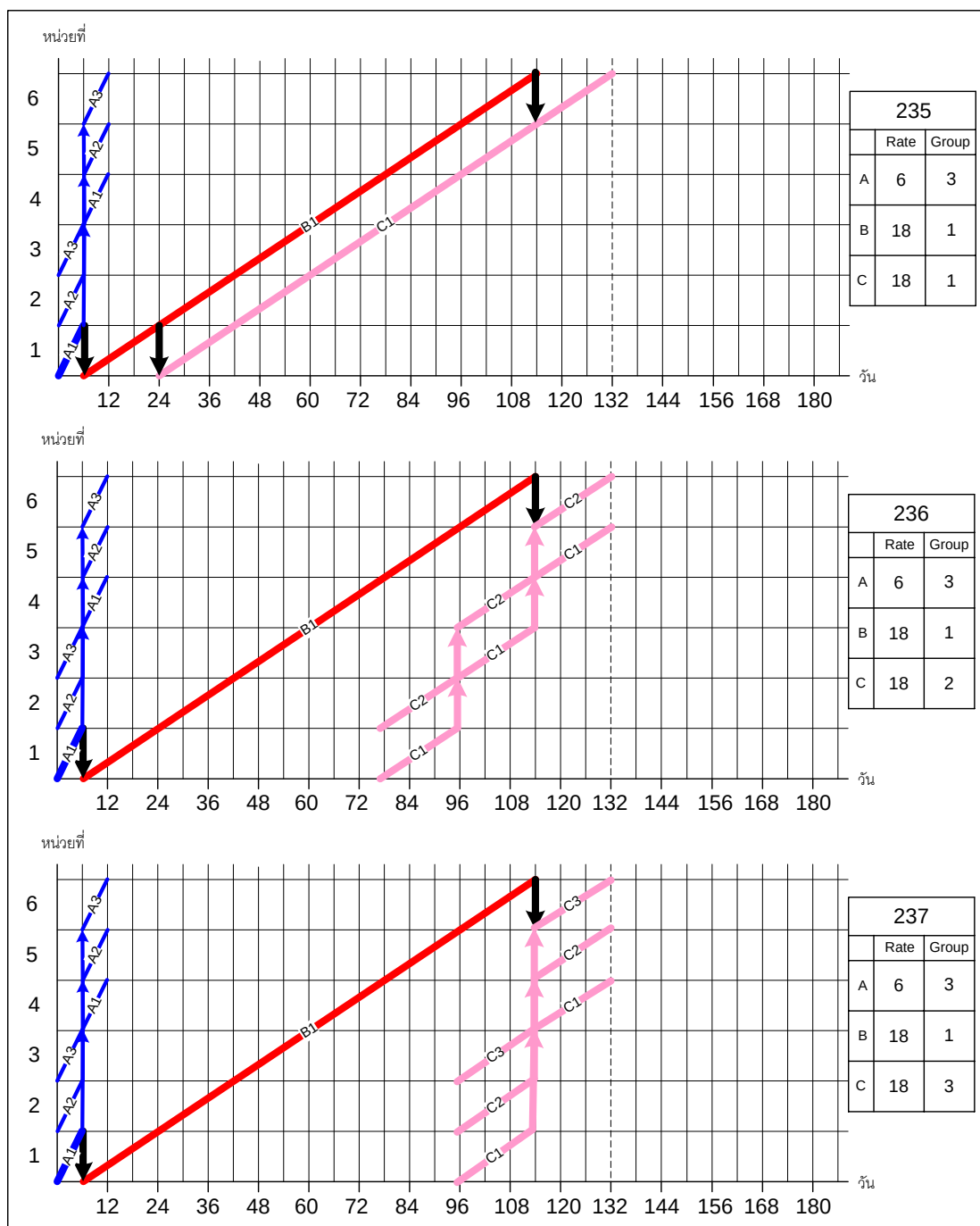
ภาพผนวกที่ 76 ผลการทดลองลำดับที่ 226-228



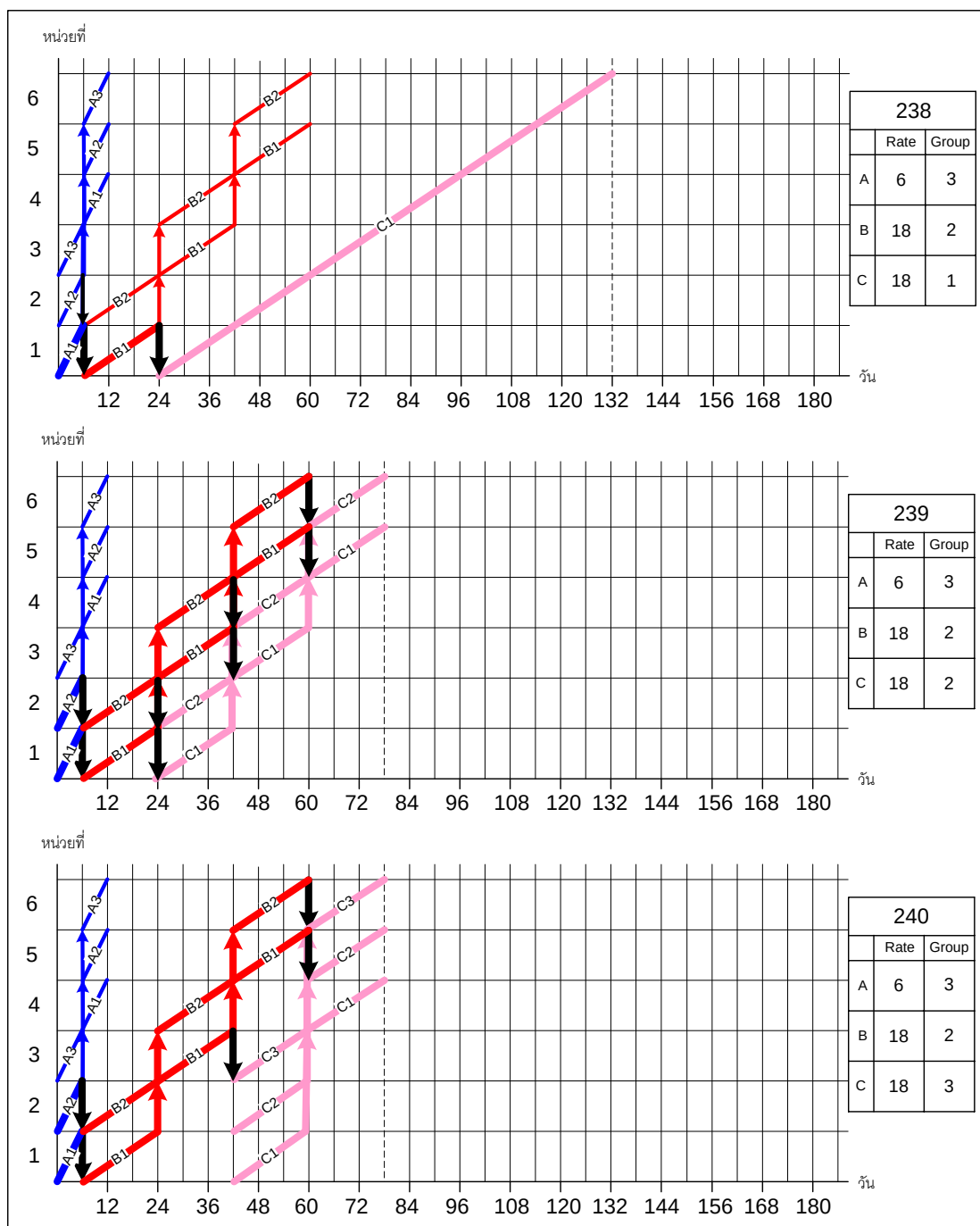
ภาพผนวกที่ 77 ผลการทดลองลำดับที่ 229-231



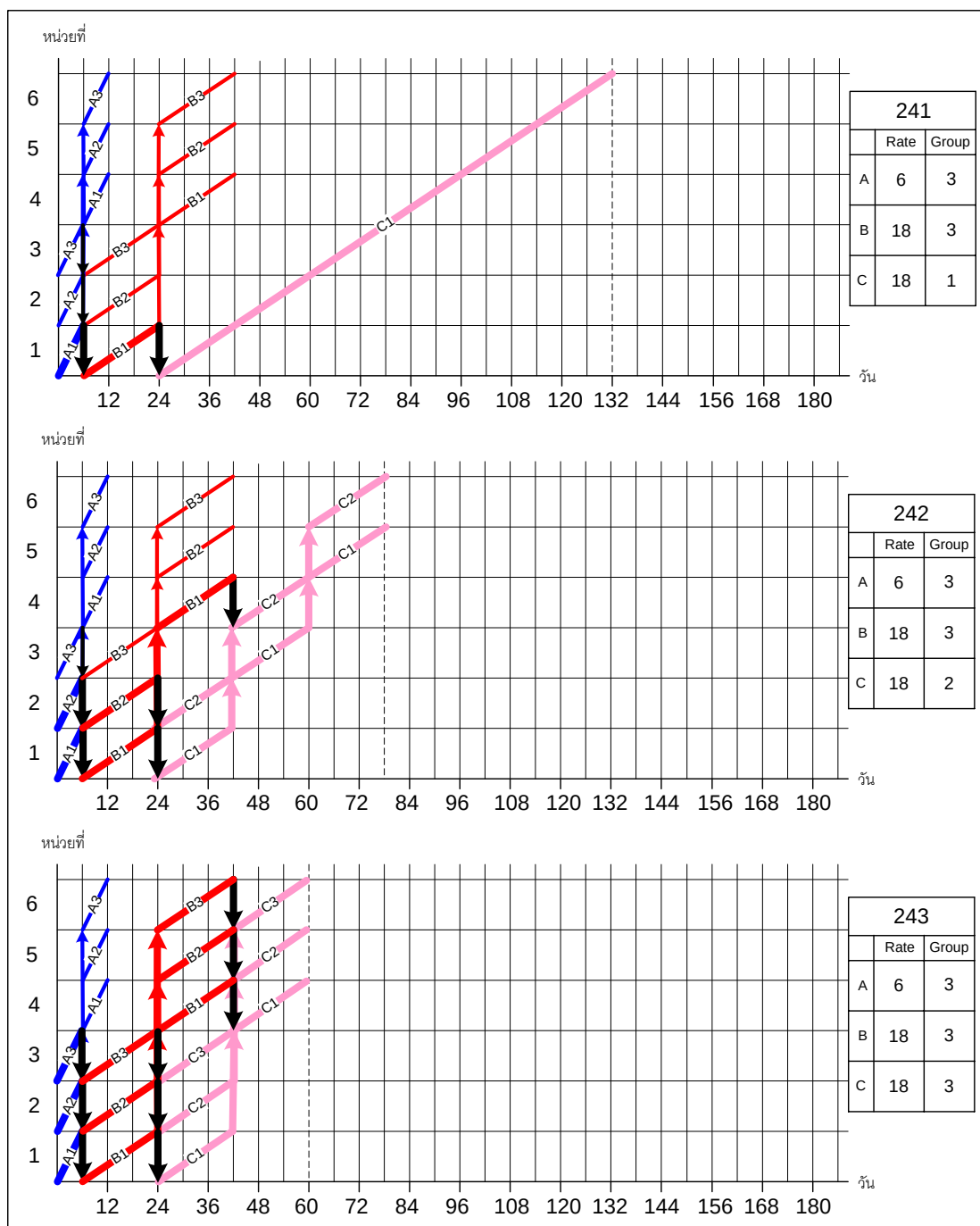
ภาพผนวกที่ 78 ผลการทดลองลำดับที่ 232-234



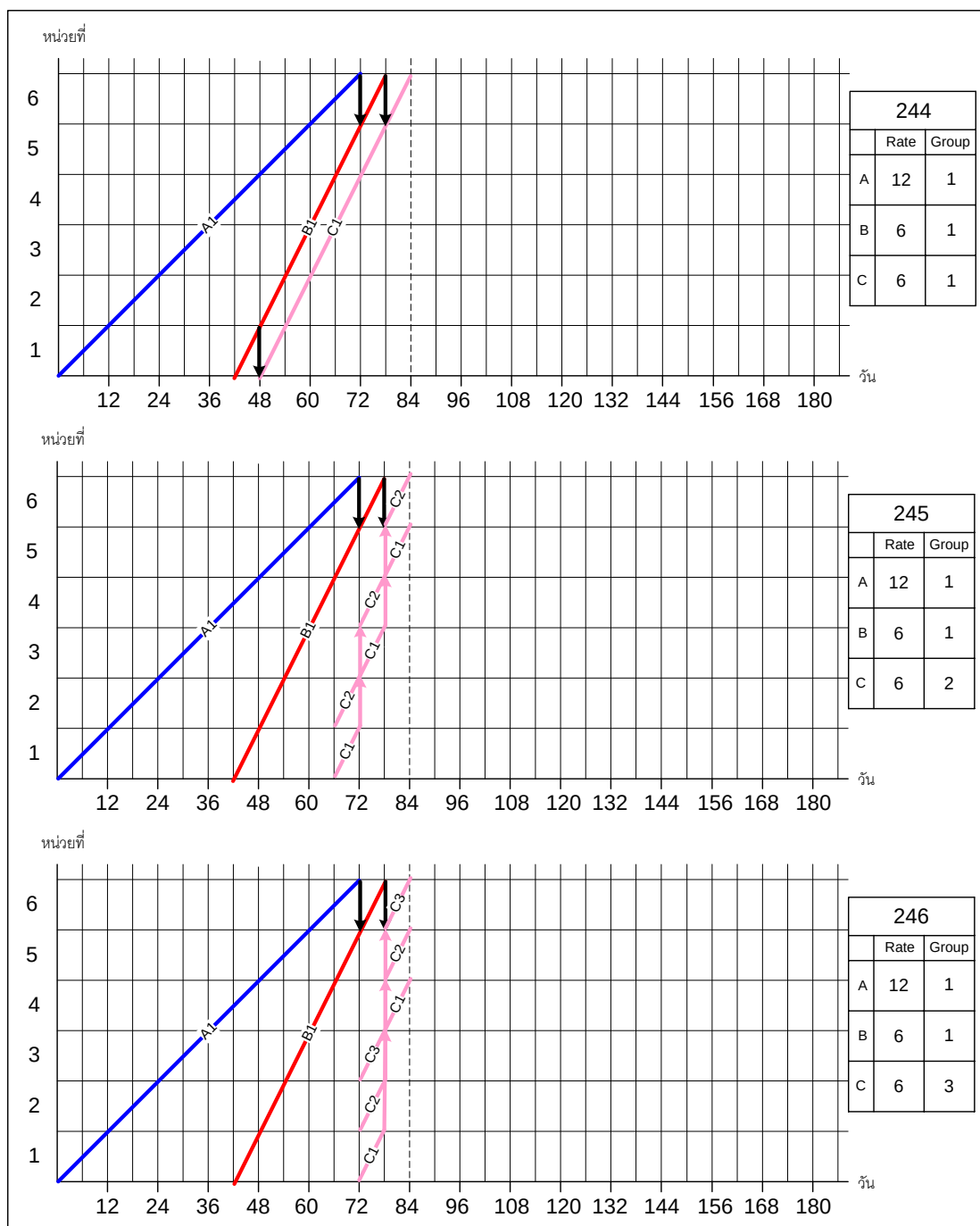
ภาพผนวกที่ 79 ผลการทดลองลำดับที่ 235-237



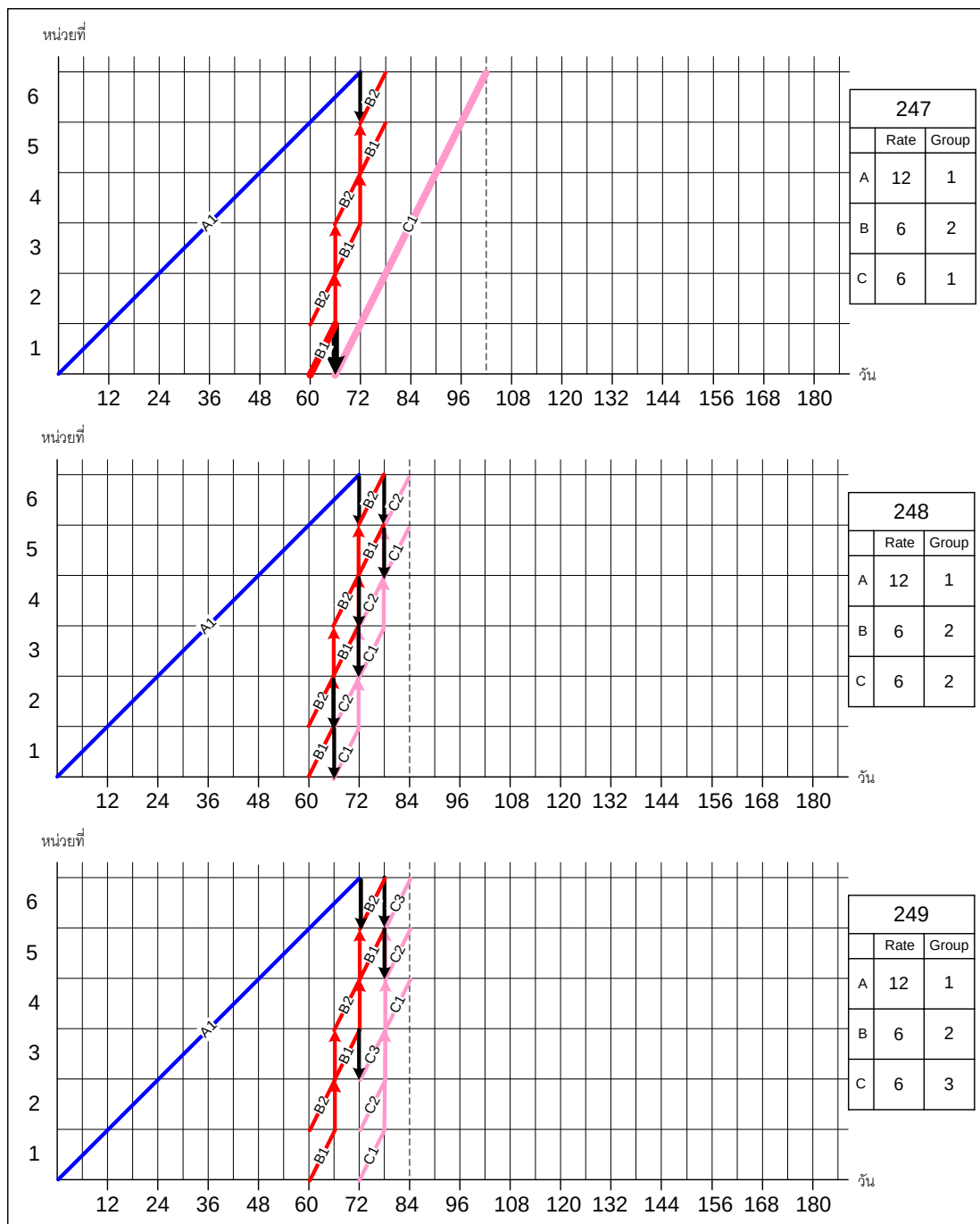
ภาพผนวกที่ 80 ผลการทดลองลำดับที่ 238-240



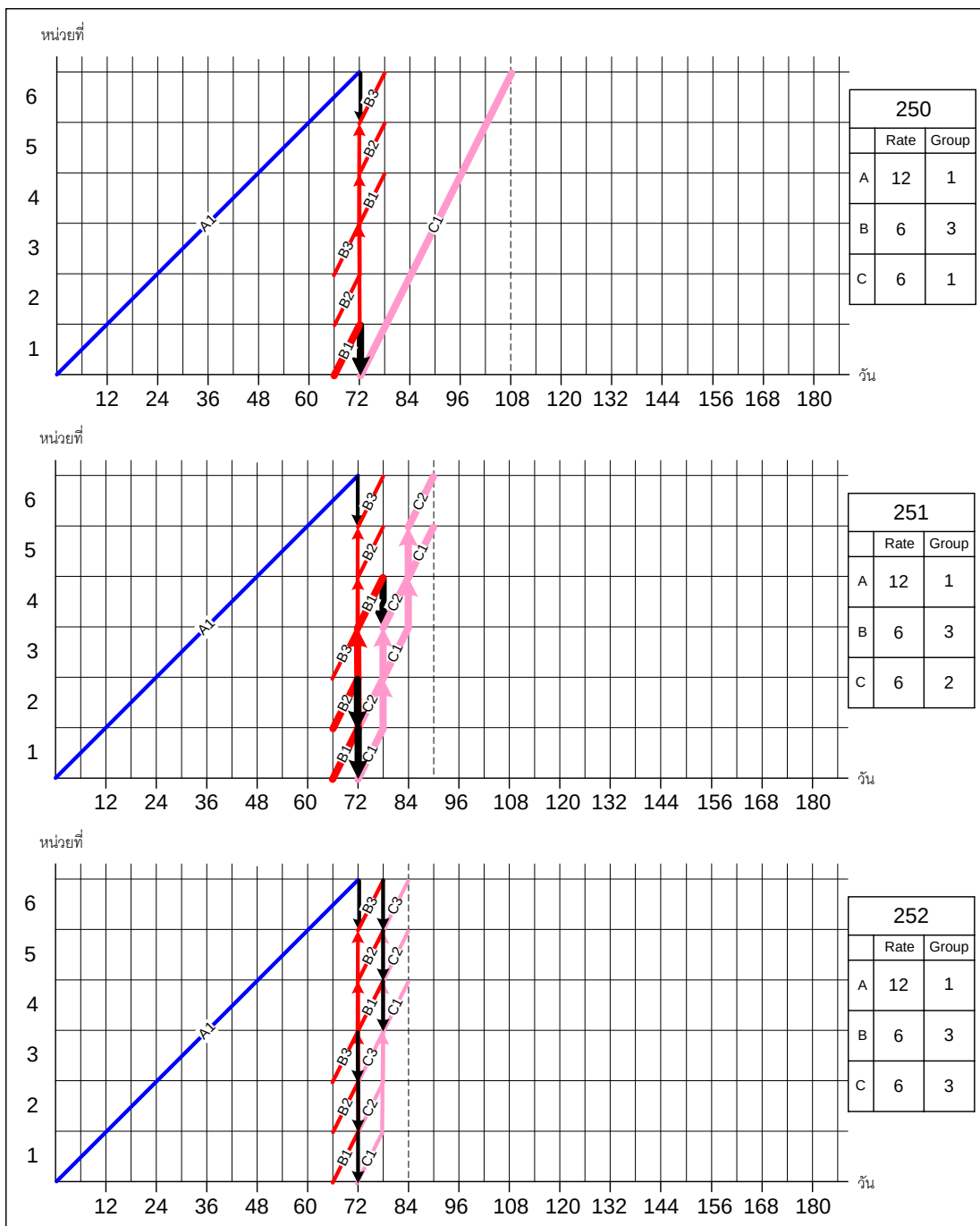
ภาพผนวกที่ 81 ผลการทดลองลำดับที่ 241-243



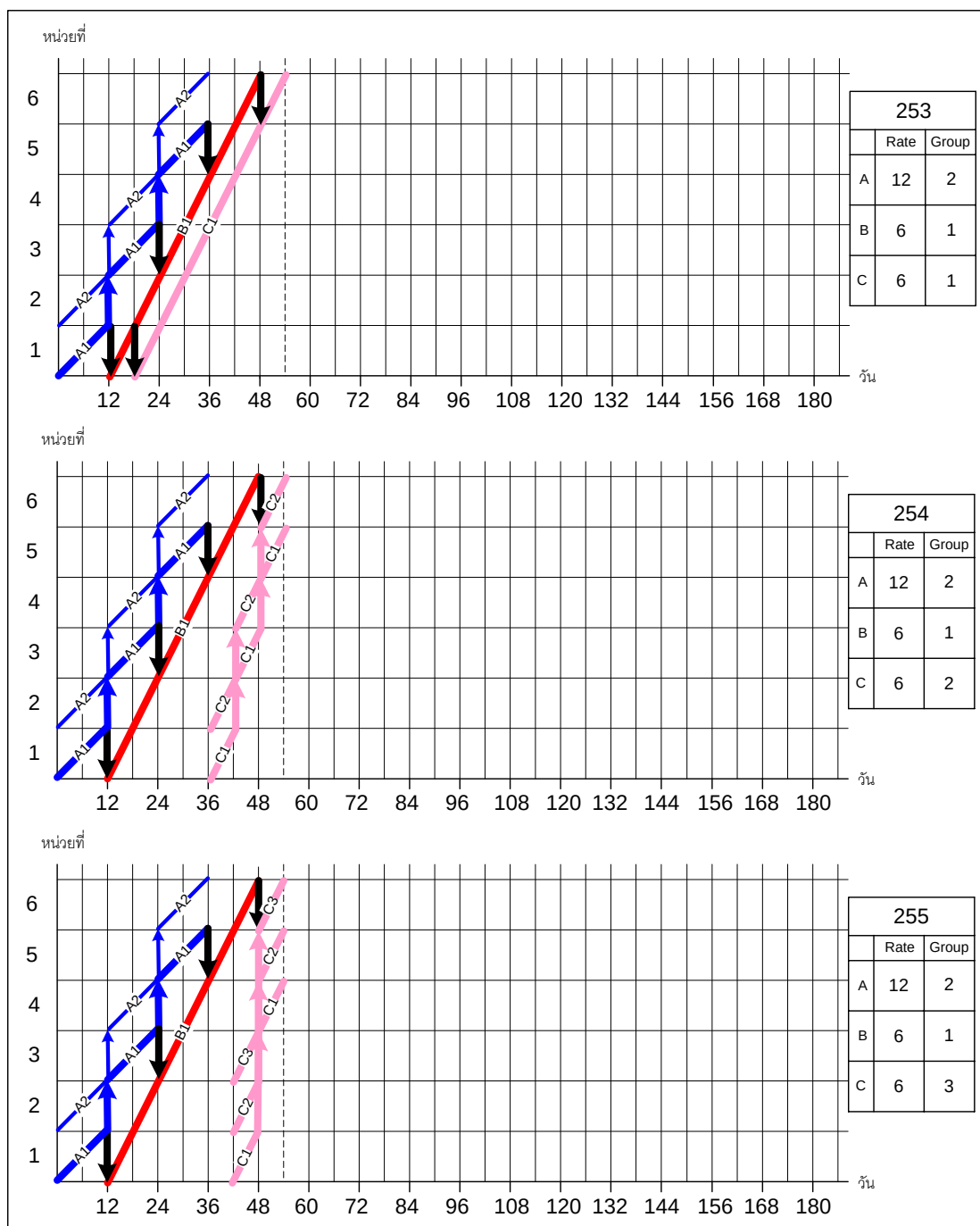
ภาพผนวกที่ 82 ผลการทดลองลำดับที่ 244-246



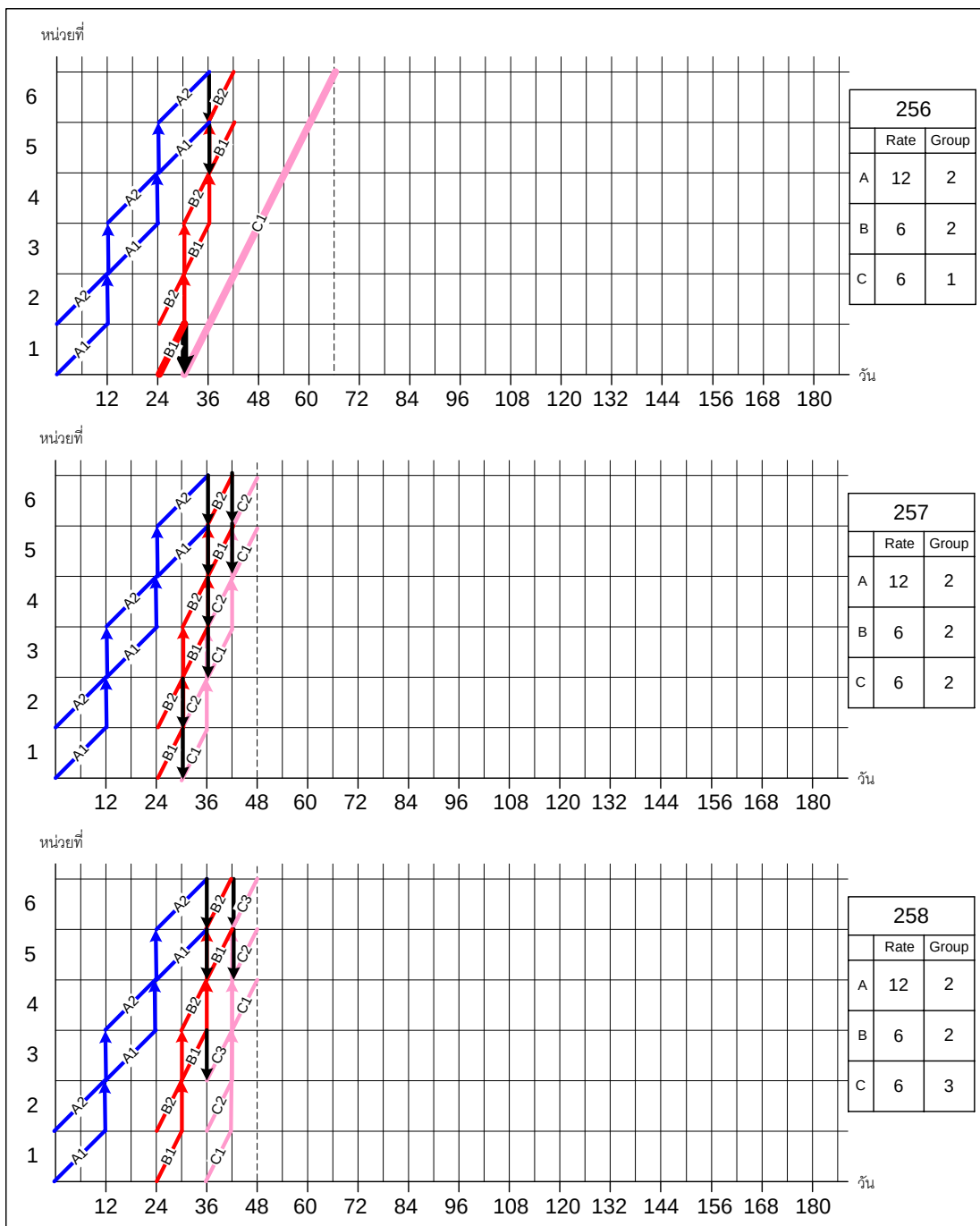
ภาพผนวกที่ 83 ผลการทดลองลำดับที่ 247-249



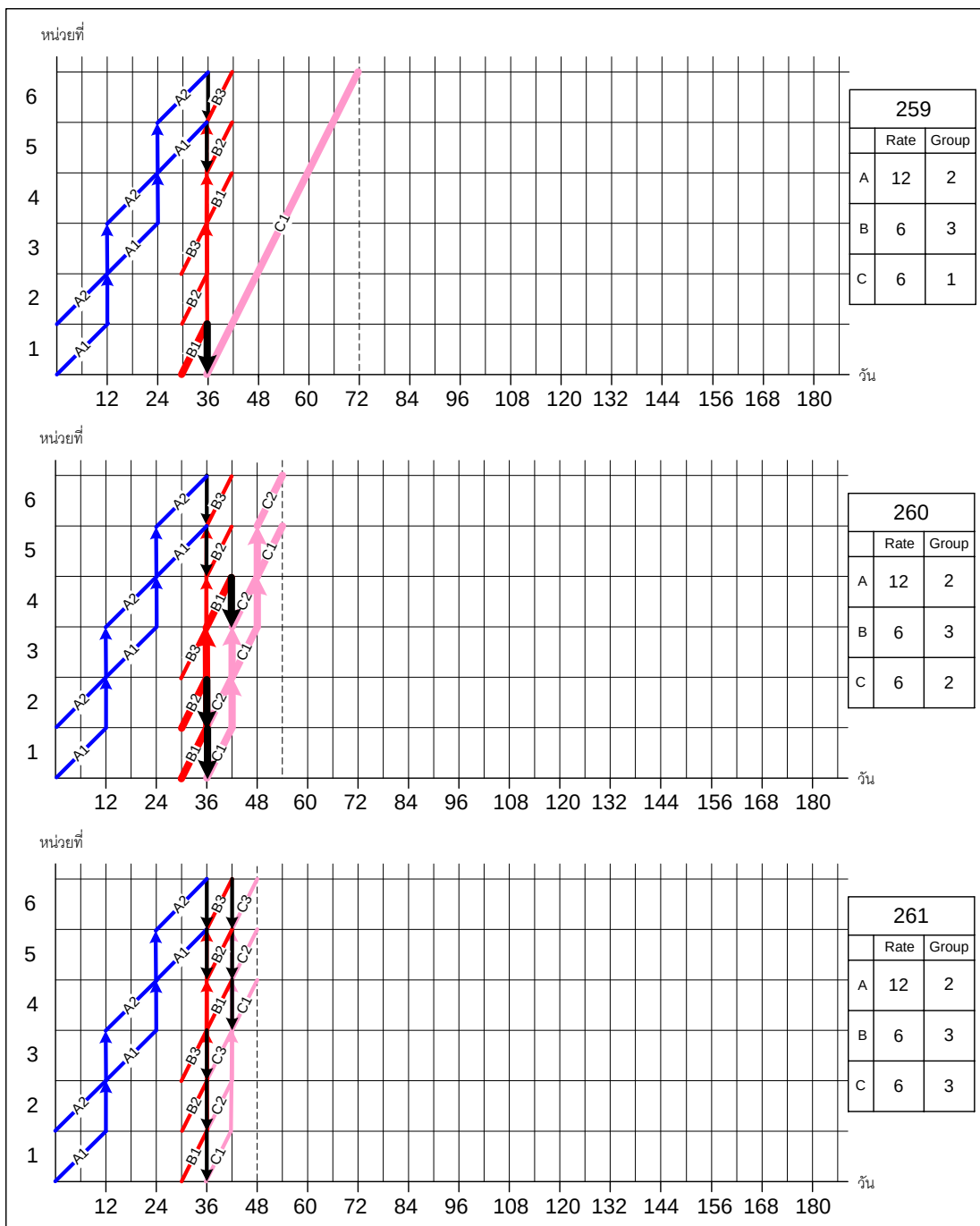
ภาพผนวกที่ 84 ผลการทดลองลำดับที่ 250-252



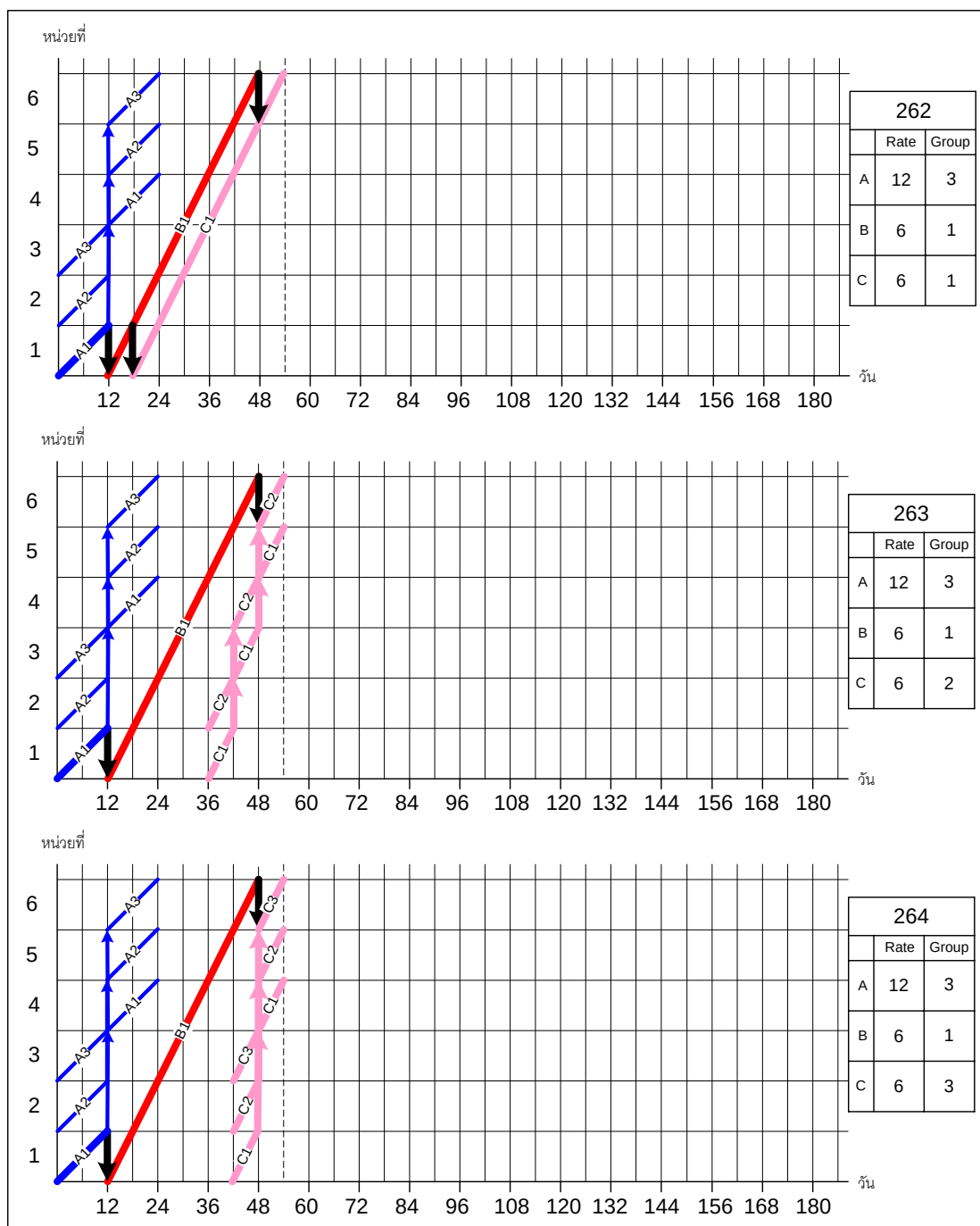
ภาพผนวกที่ 85 ผลการทดลองลำดับที่ 253-255



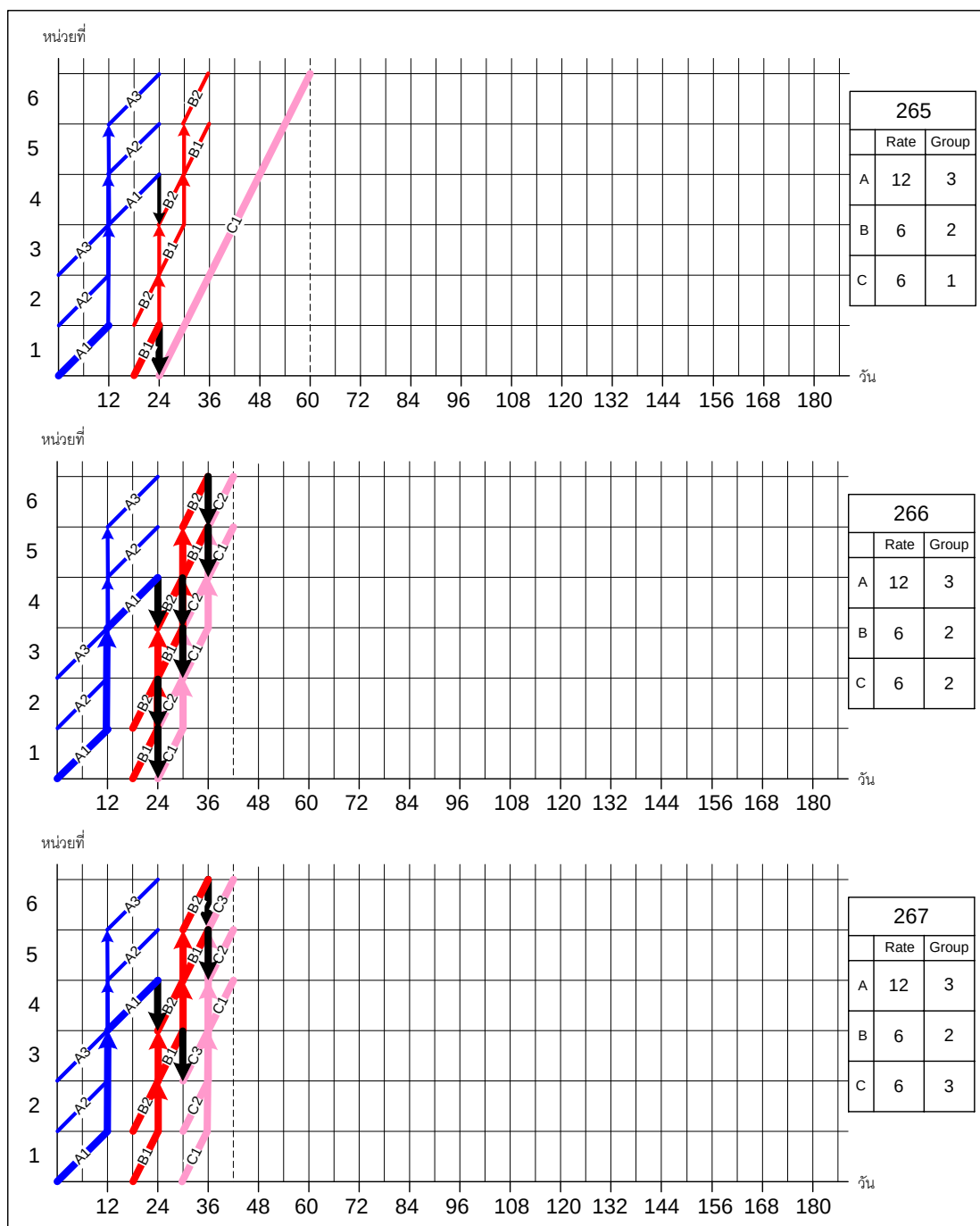
ภาพผนวกที่ 86 ผลการทดลองลำดับที่ 256-258



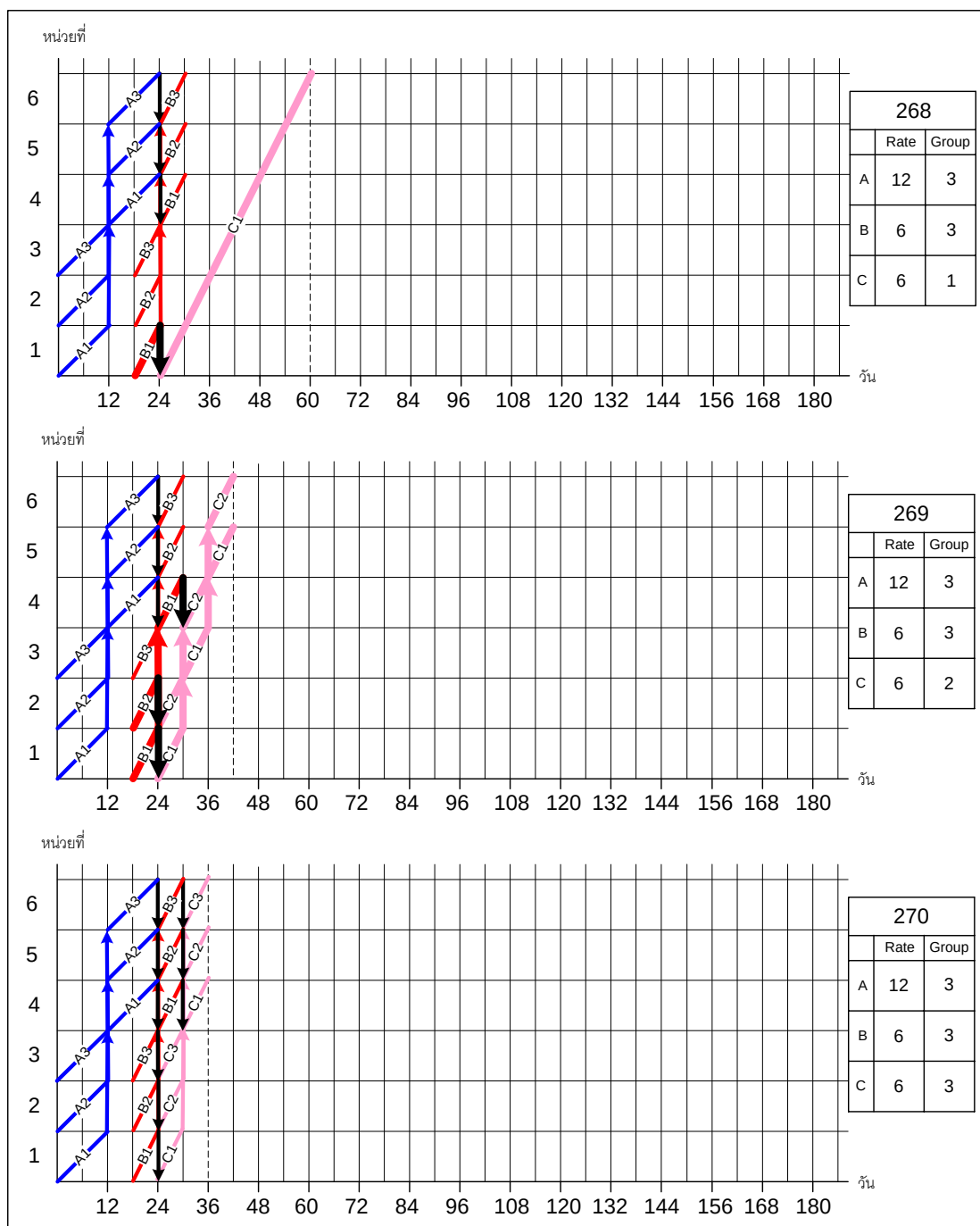
ภาพผนวกที่ 87 ผลการทดลองลำดับที่ 259-261



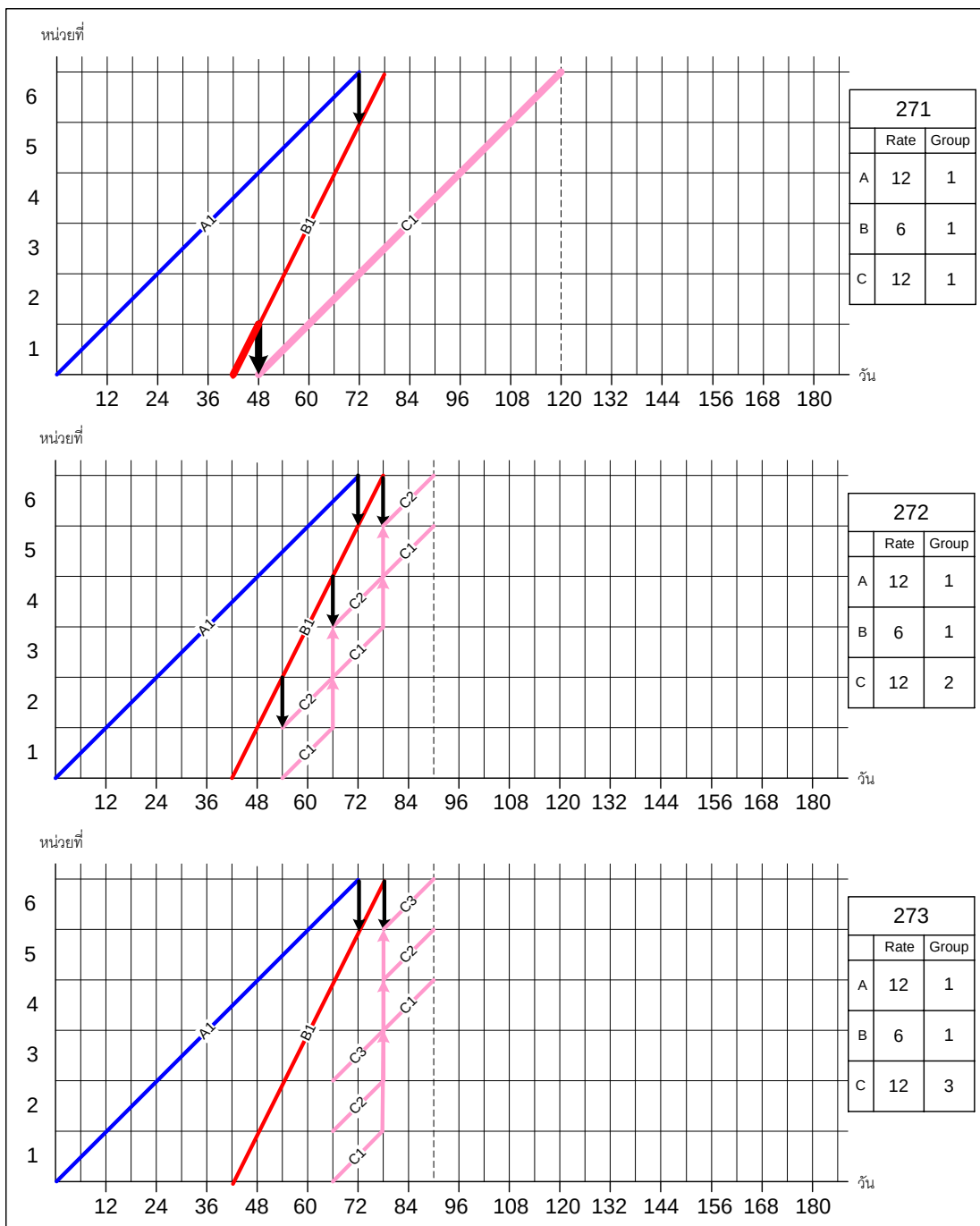
ภาพผนวกที่ 88 ผลการทดลองลำดับที่ 262-264



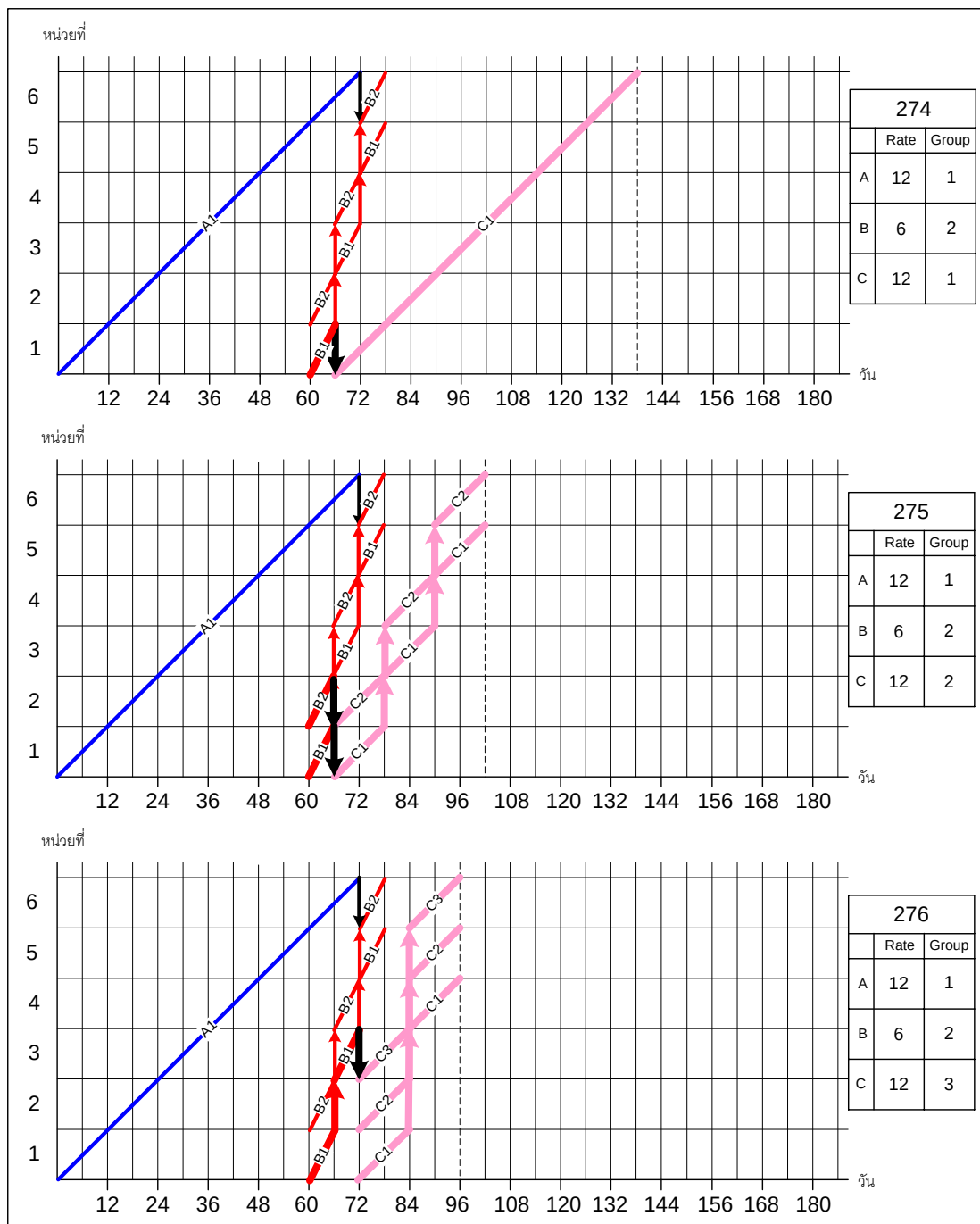
ภาพผนวกที่ 89 ผลการทดลองลำดับที่ 265-267



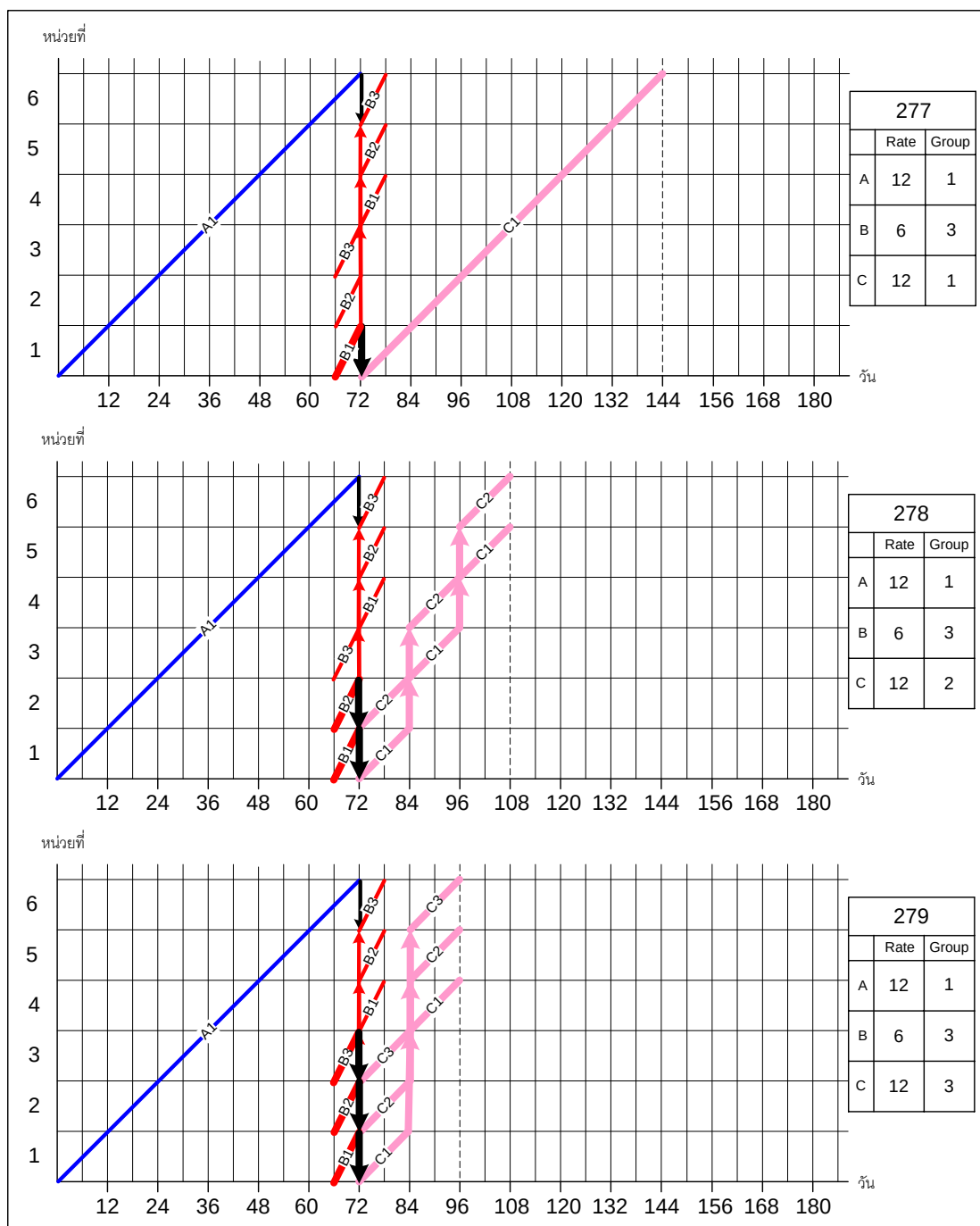
ภาพผนวกที่ 90 ผลการทดลองลำดับที่ 268-270



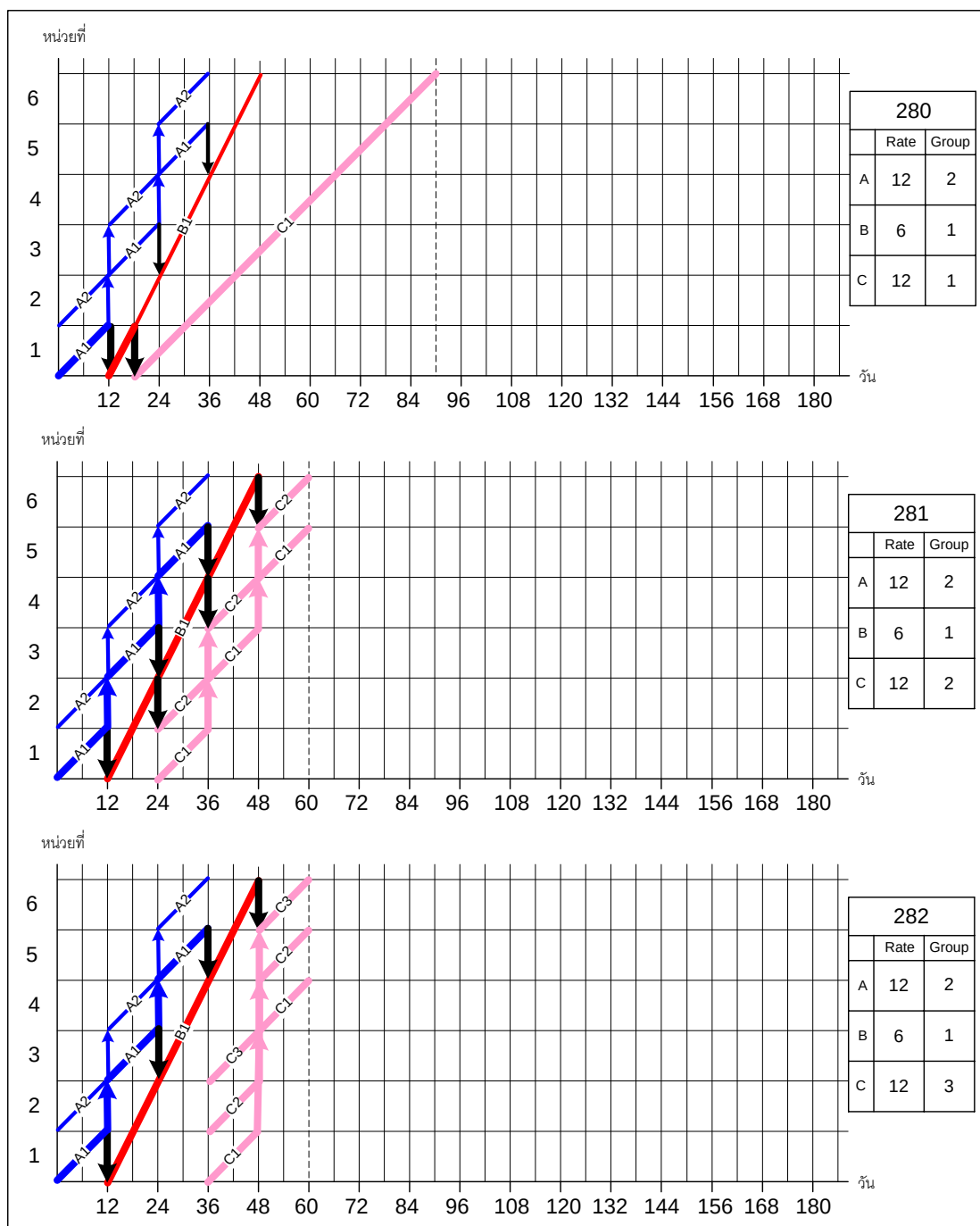
ภาพผนวกที่ 91 ผลการทดลองลำดับที่ 271-273



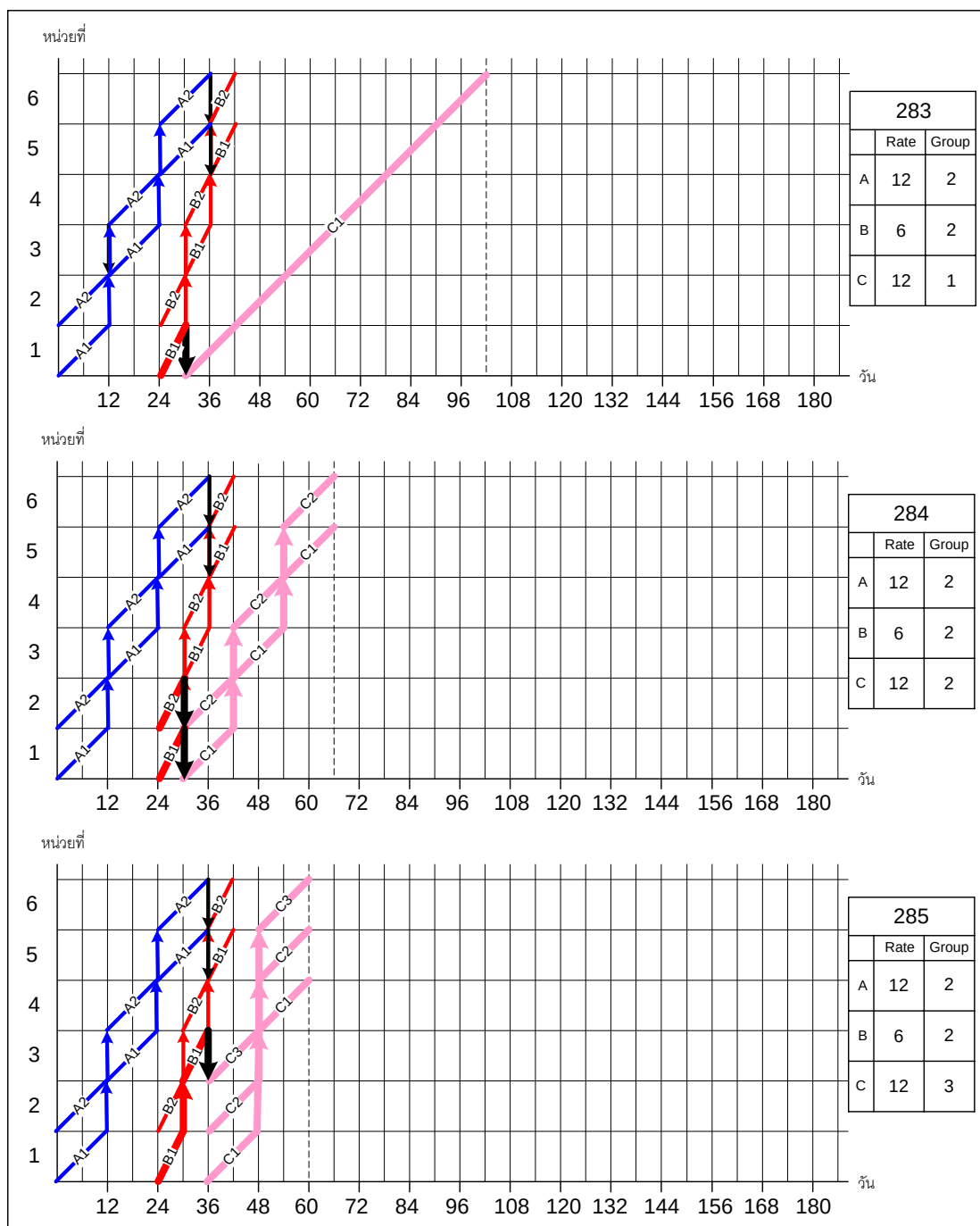
ภาพผนวกที่ 92 ผลการทดลองลำดับที่ 274-276



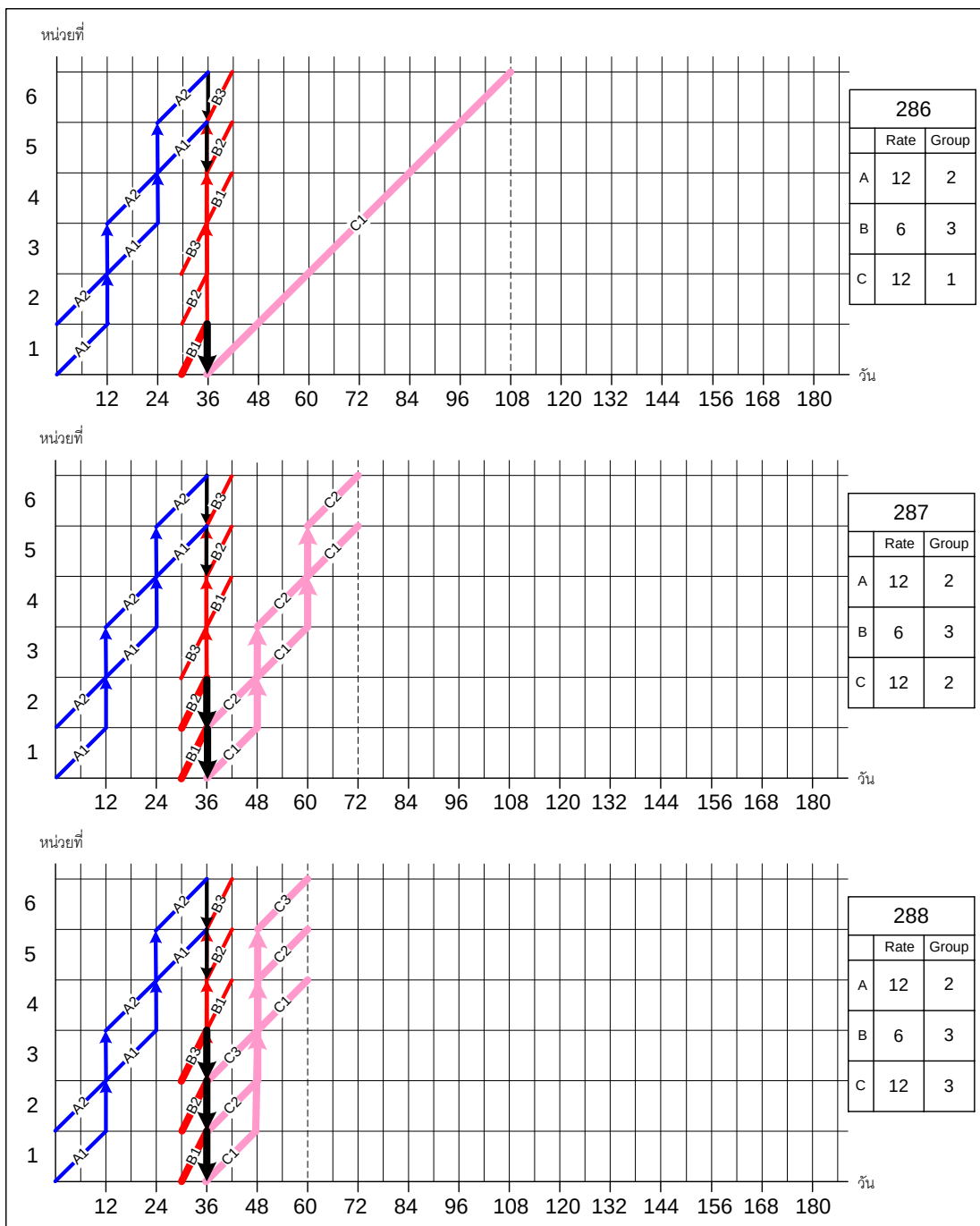
ภาพผนวกที่ 93 ผลการทดลองลำดับที่ 277-279



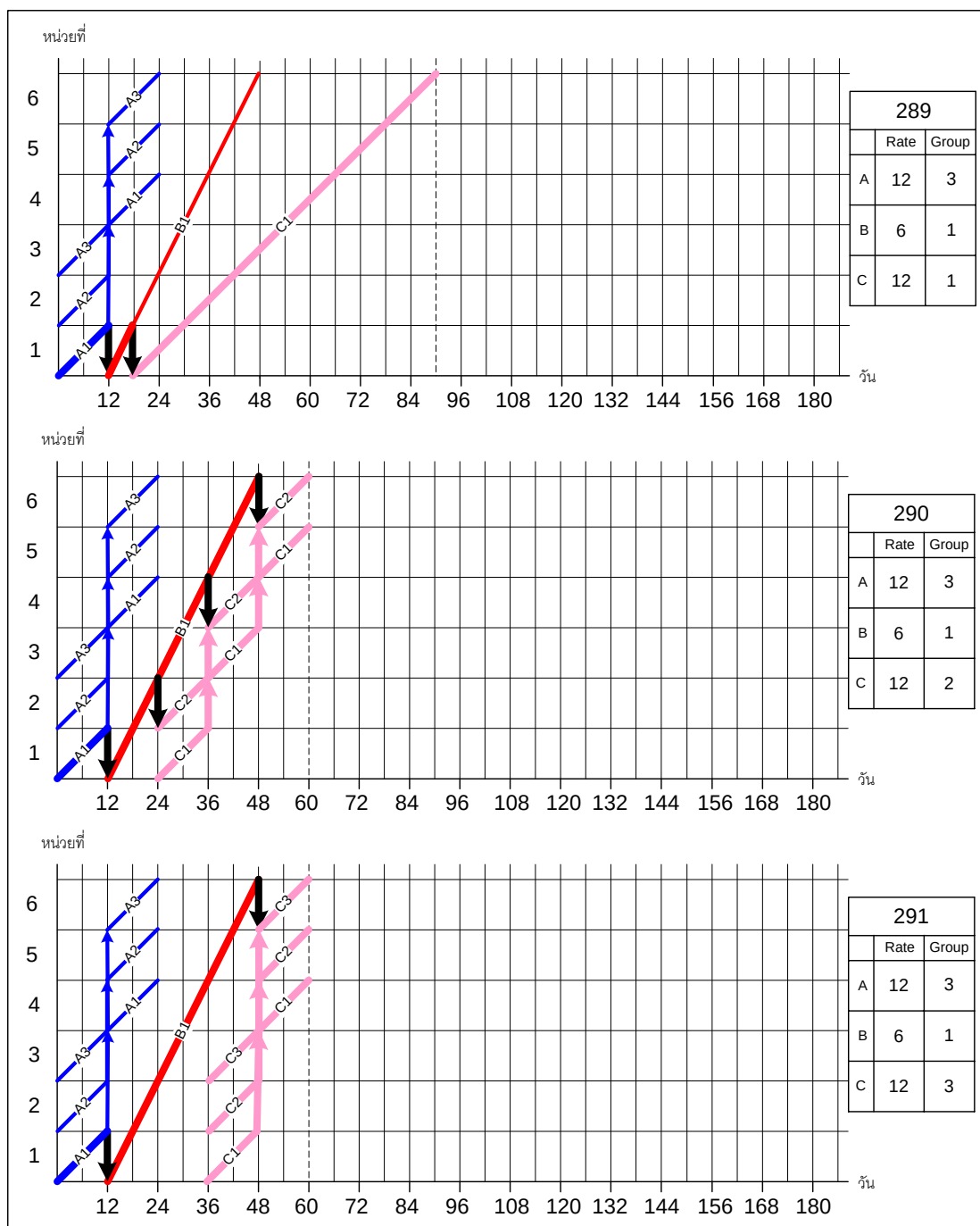
ภาพผนวกที่ 94 ผลการทดลองลำดับที่ 280-282



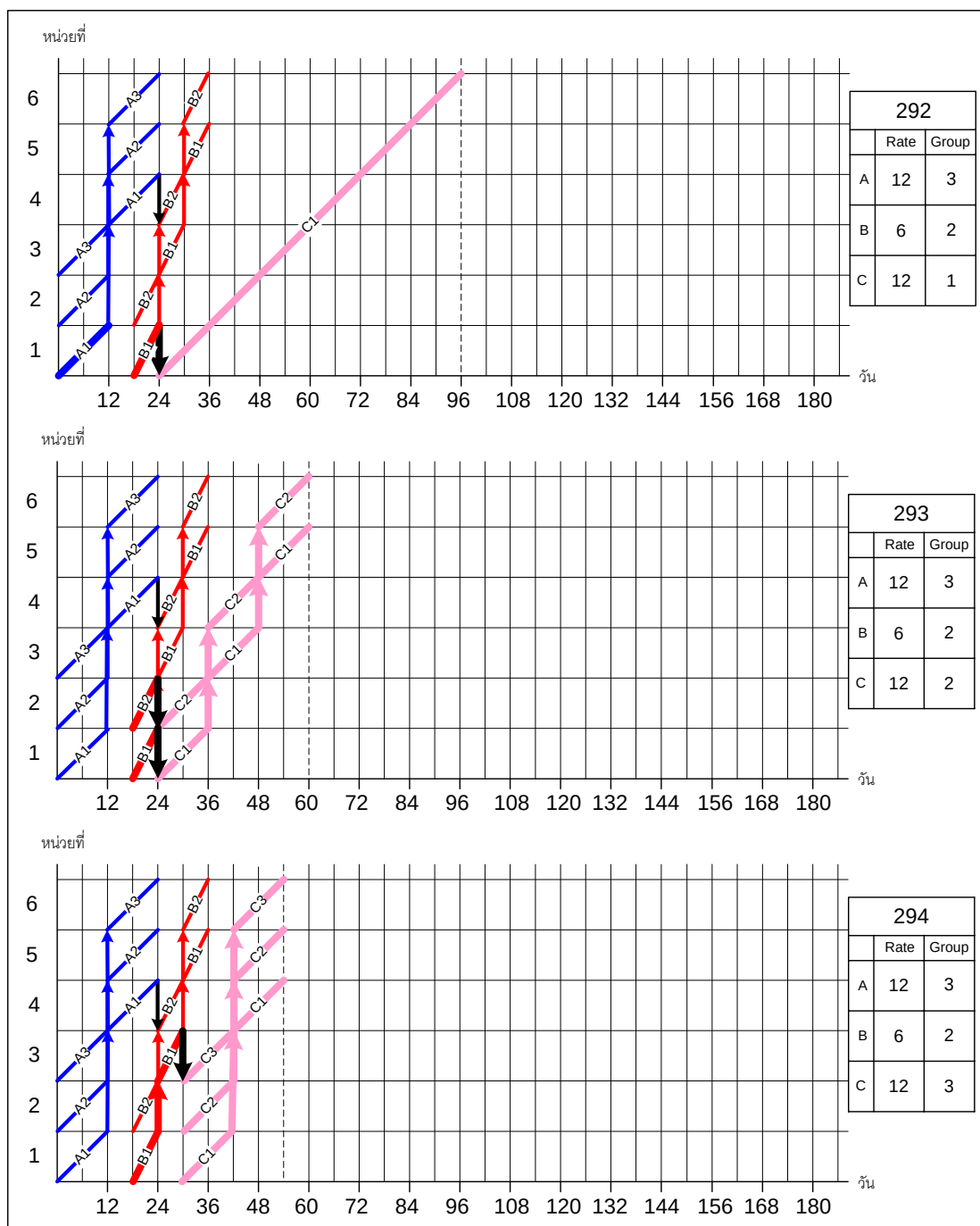
ภาพผนวกที่ 95 ผลการทดลองลำดับที่ 283-285



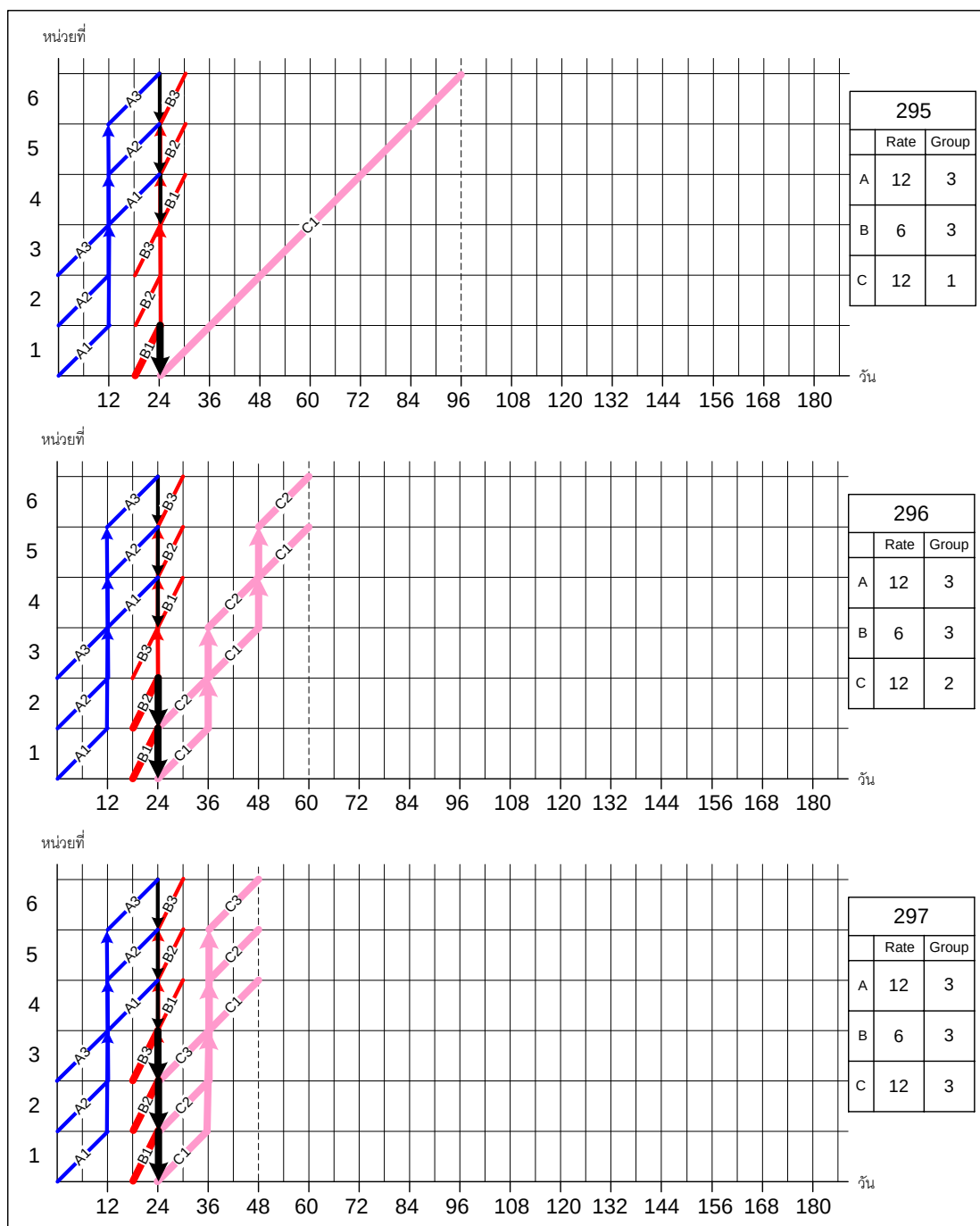
ภาพผนวกที่ 96 ผลการทดลองลำดับที่ 286-288



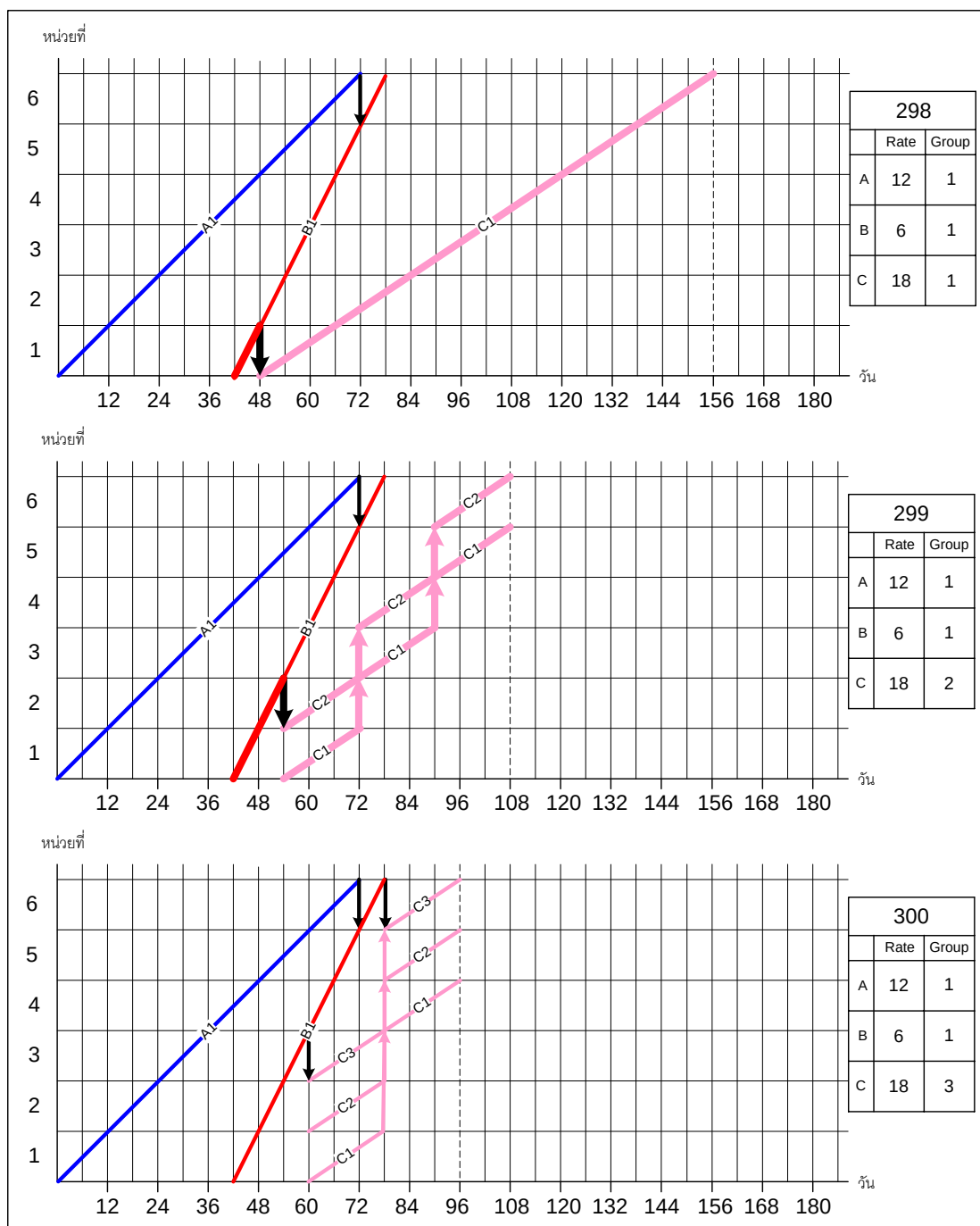
ภาพผนวกที่ 97 ผลการทดลองลำดับที่ 289-291



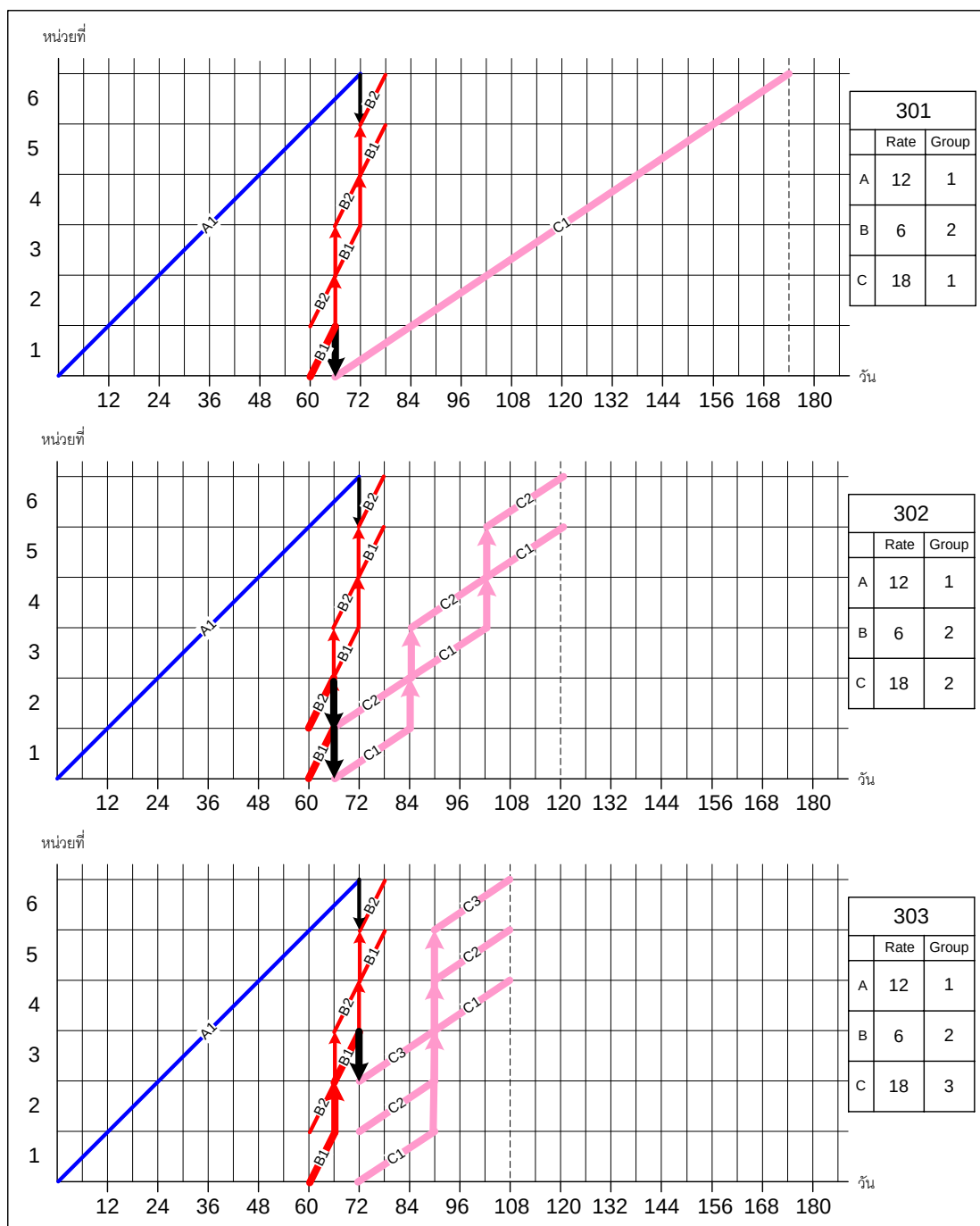
ภาพผนวกที่ 98 ผลการทดลองลำดับที่ 292-294



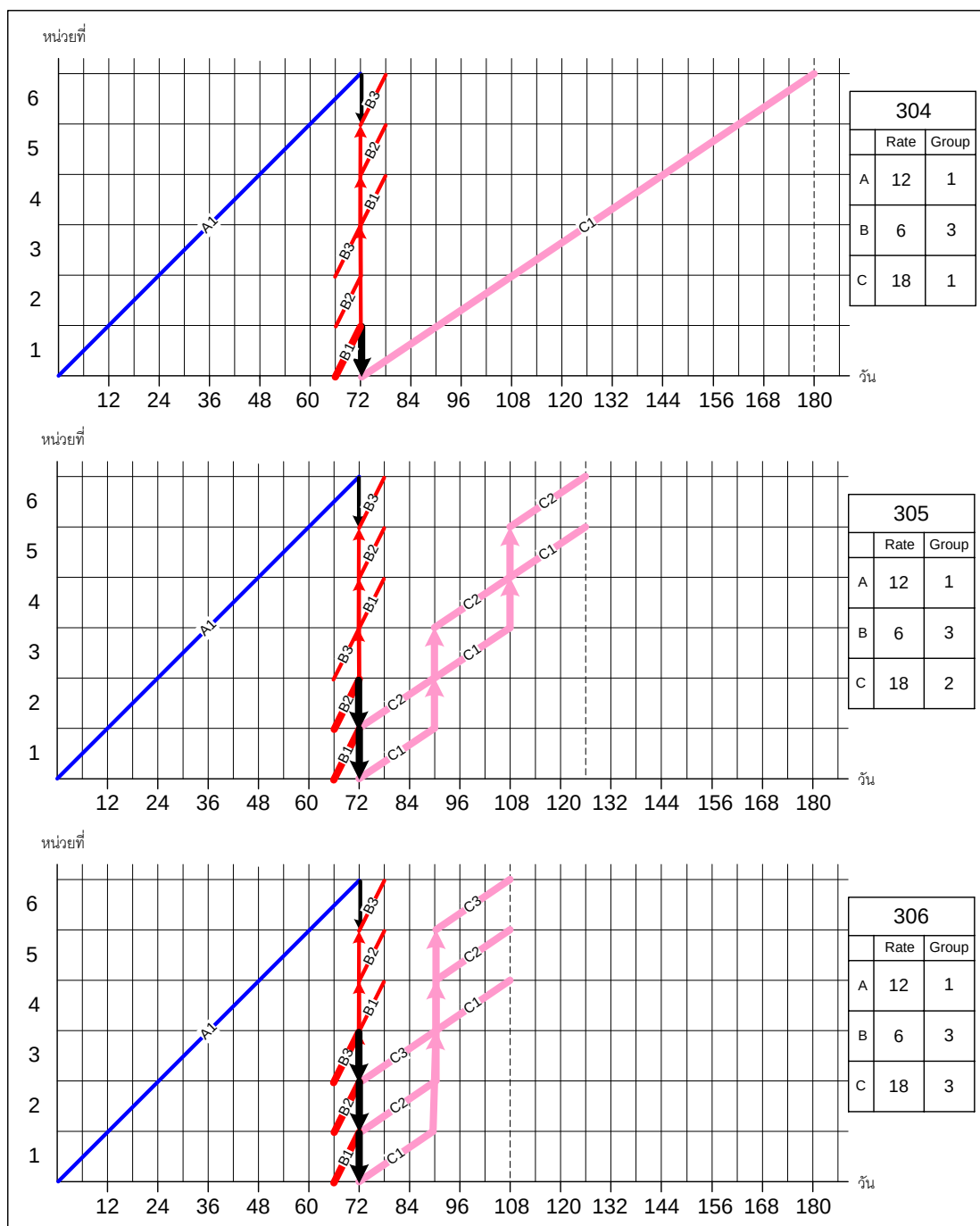
ภาพผนวกที่ 99 ผลการทดลองลำดับที่ 295-297



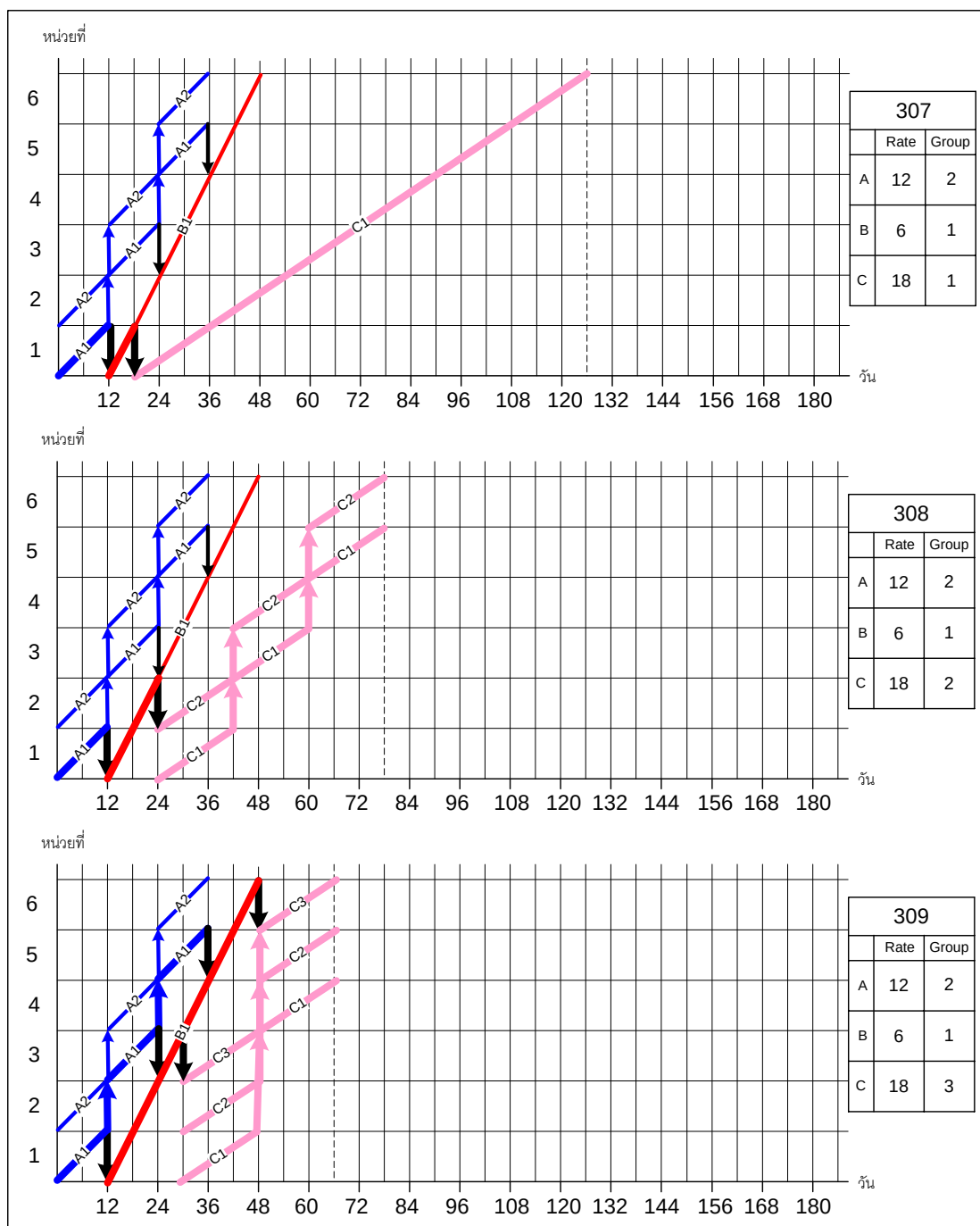
ภาพผนวกที่ 100 ผลการทดลองลำดับที่ 298-300



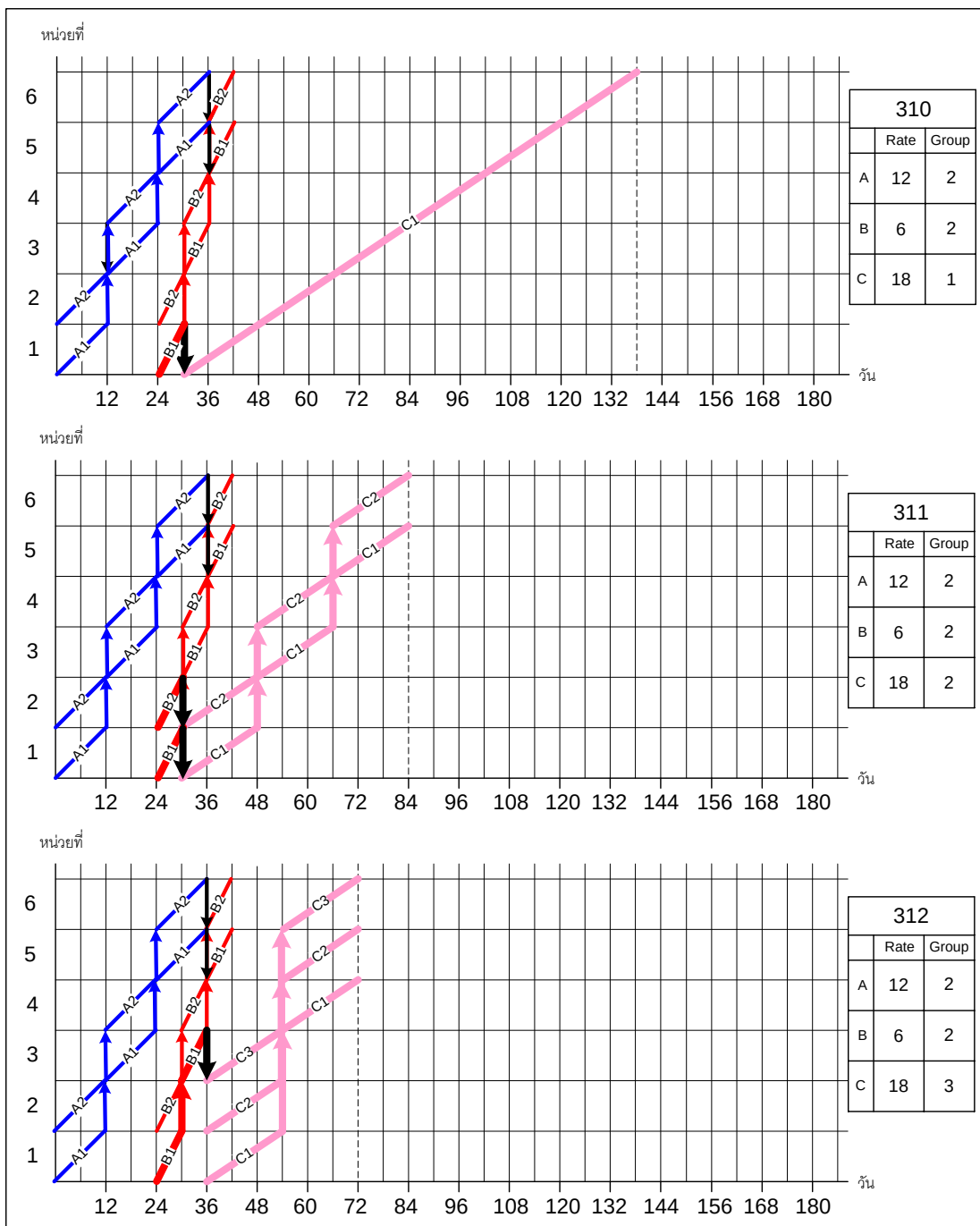
ภาพผนวกที่ 101 ผลการทดลองลำดับที่ 301-303



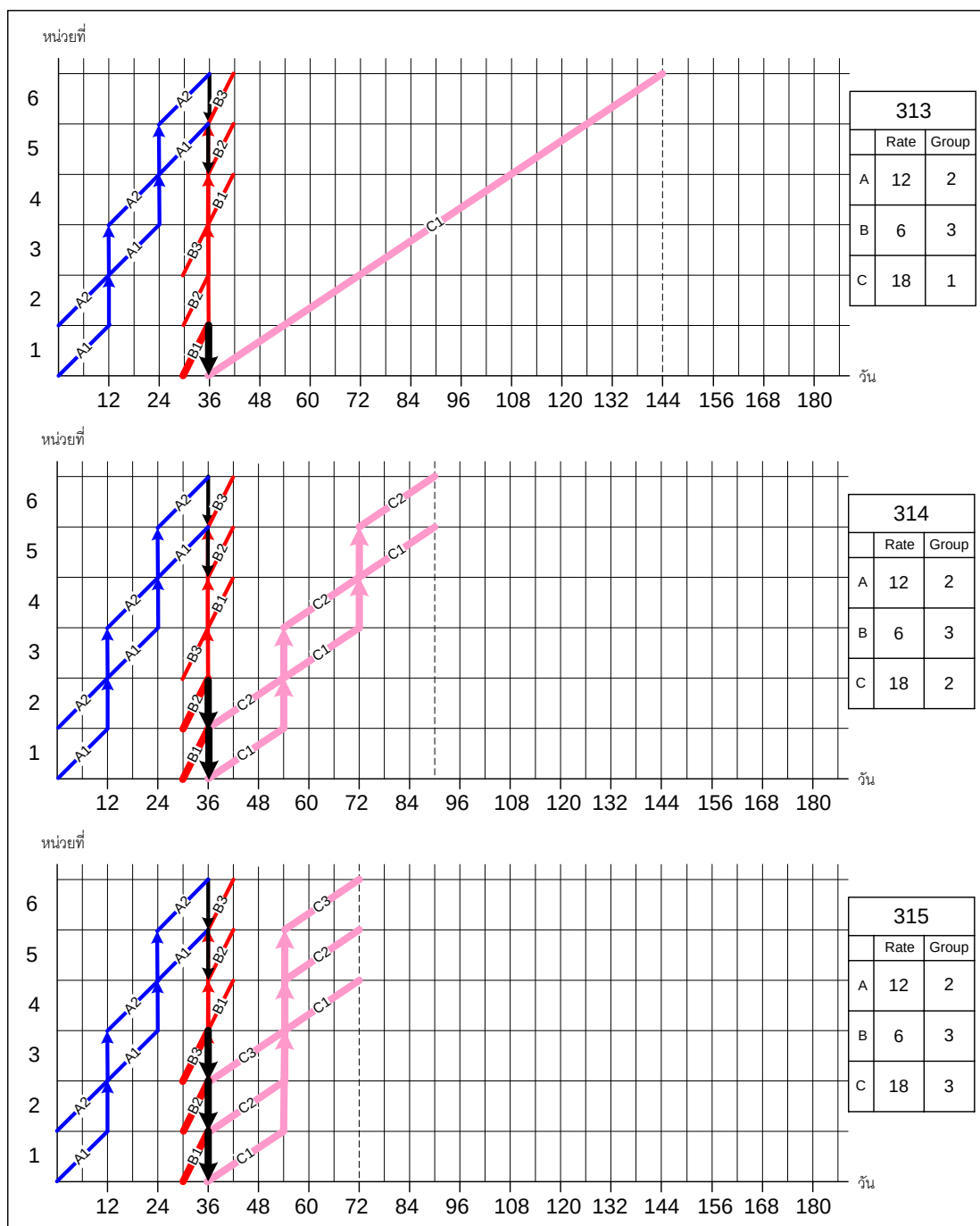
ภาพผนวกที่ 102 ผลการทดลองลำดับที่ 304-306



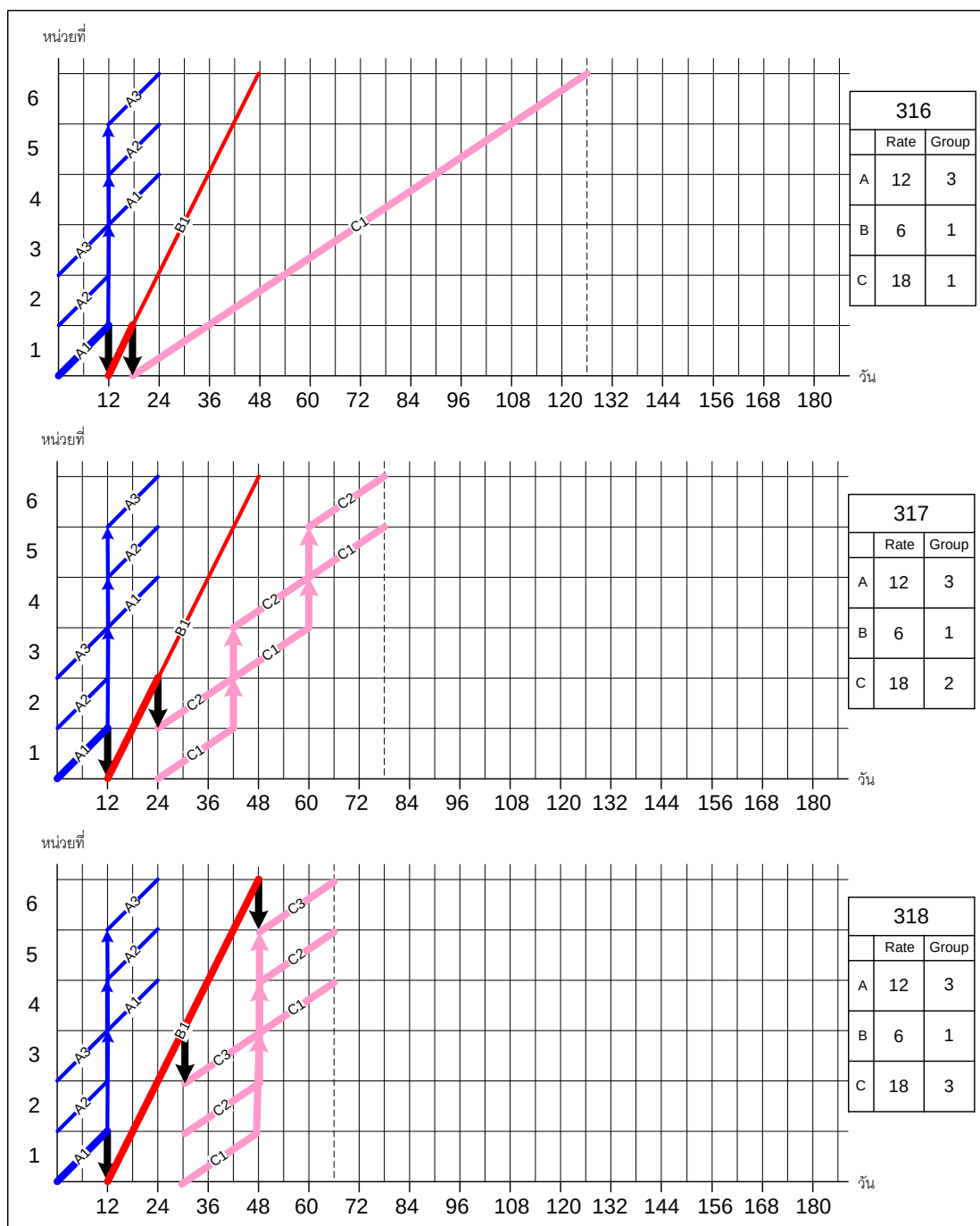
ภาพผนวกที่ 103 ผลการทดลองลำดับที่ 307-309



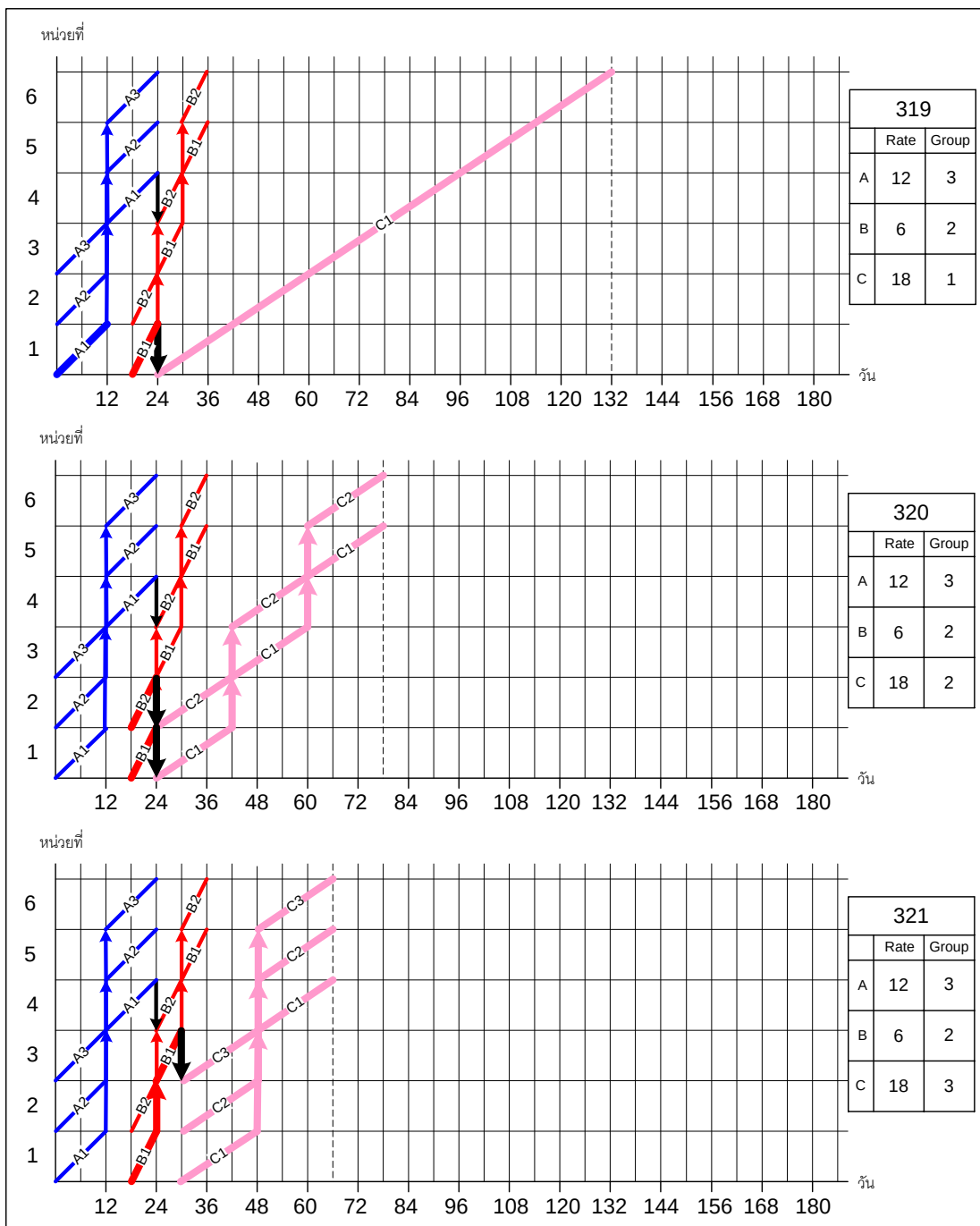
ภาพผนวกที่ 104 ผลการทดลองลำดับที่ 310-312



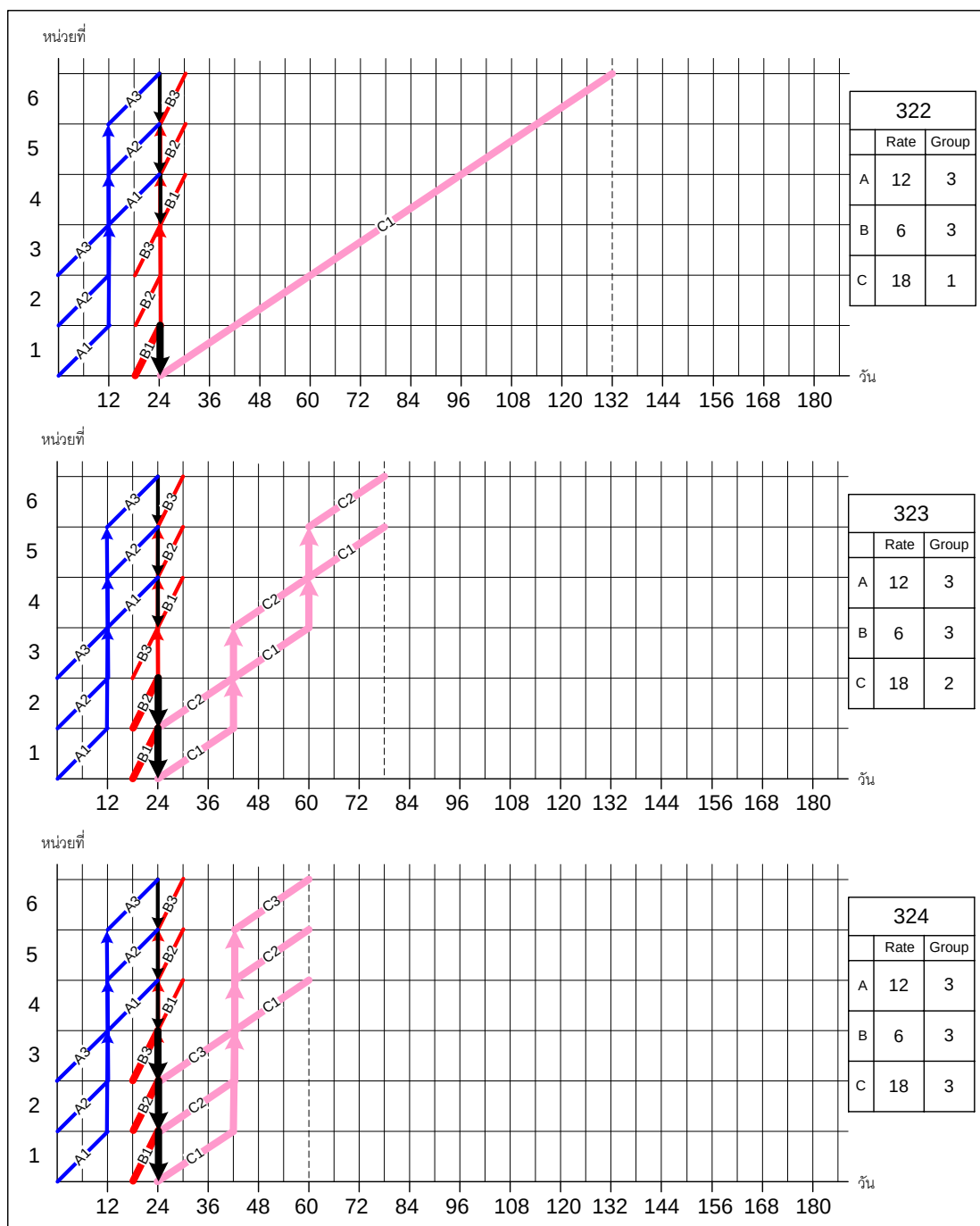
ภาพผนวกที่ 105 ผลการทดลองลำดับที่ 313-315



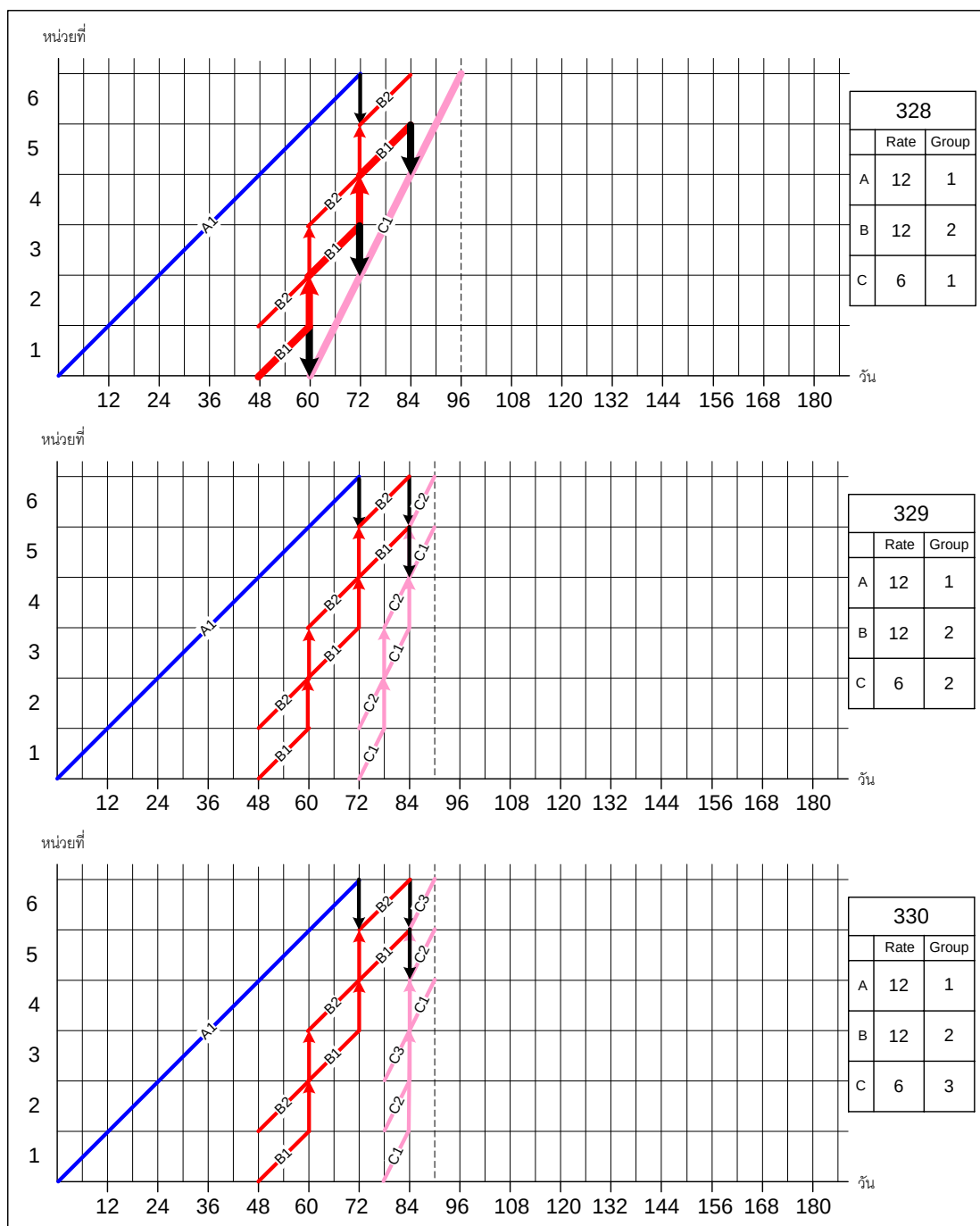
ภาพผนวกที่ 106 ผลการทดลองลำดับที่ 316-318



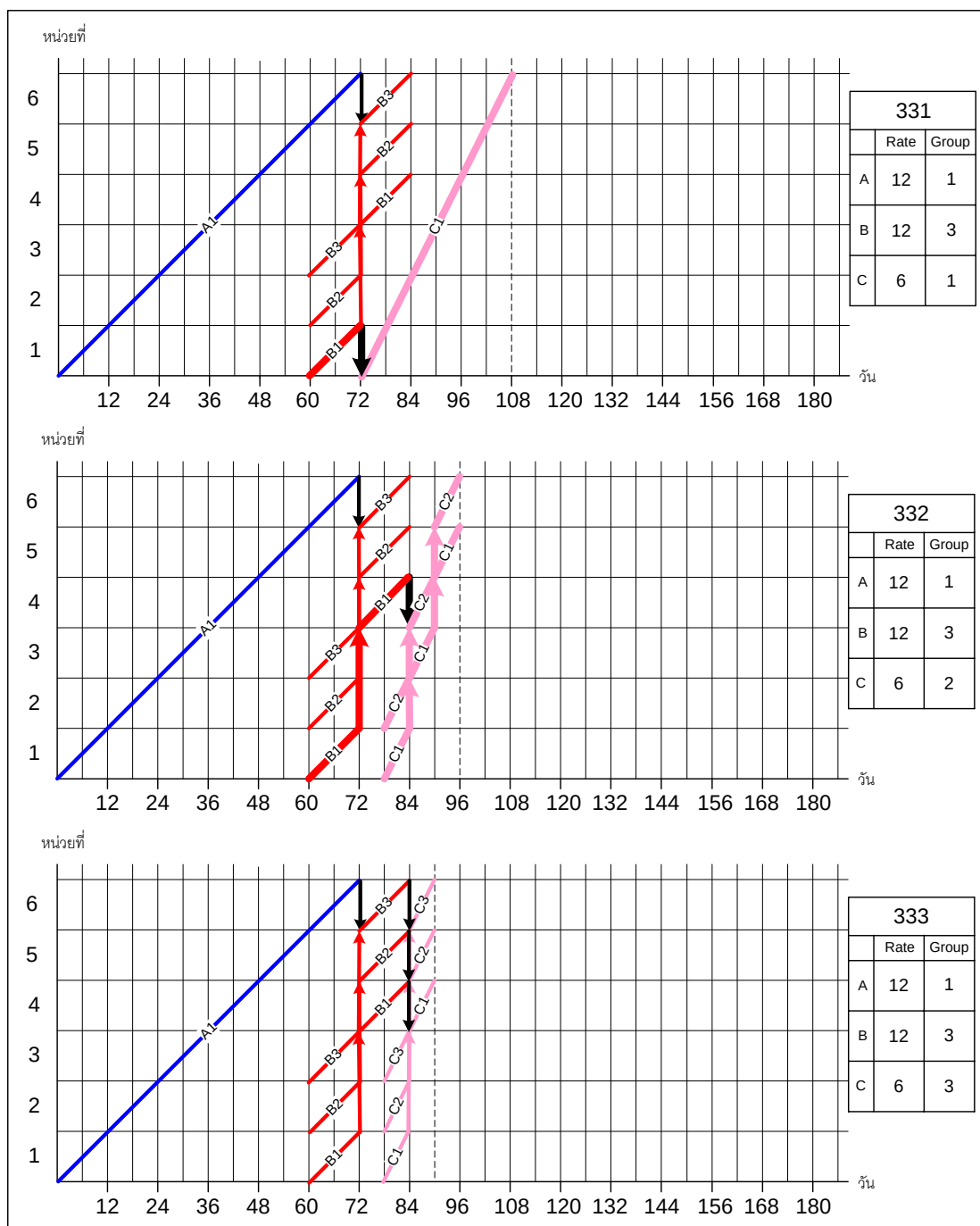
ภาพผนวกที่ 107 ผลการทดลองลำดับที่ 319-321



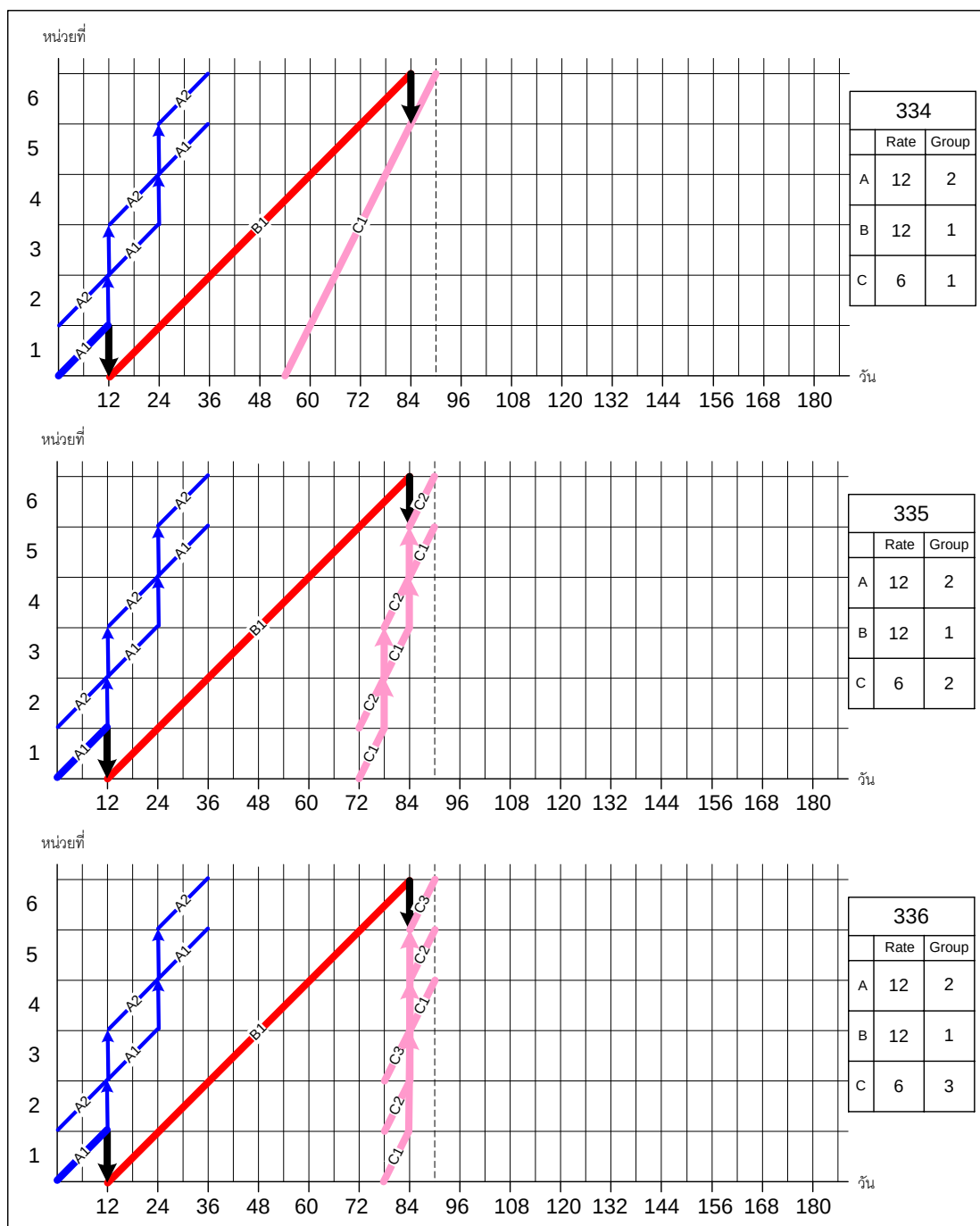
ภาพผนวกที่ 108 ผลการทดลองลำดับที่ 322-324



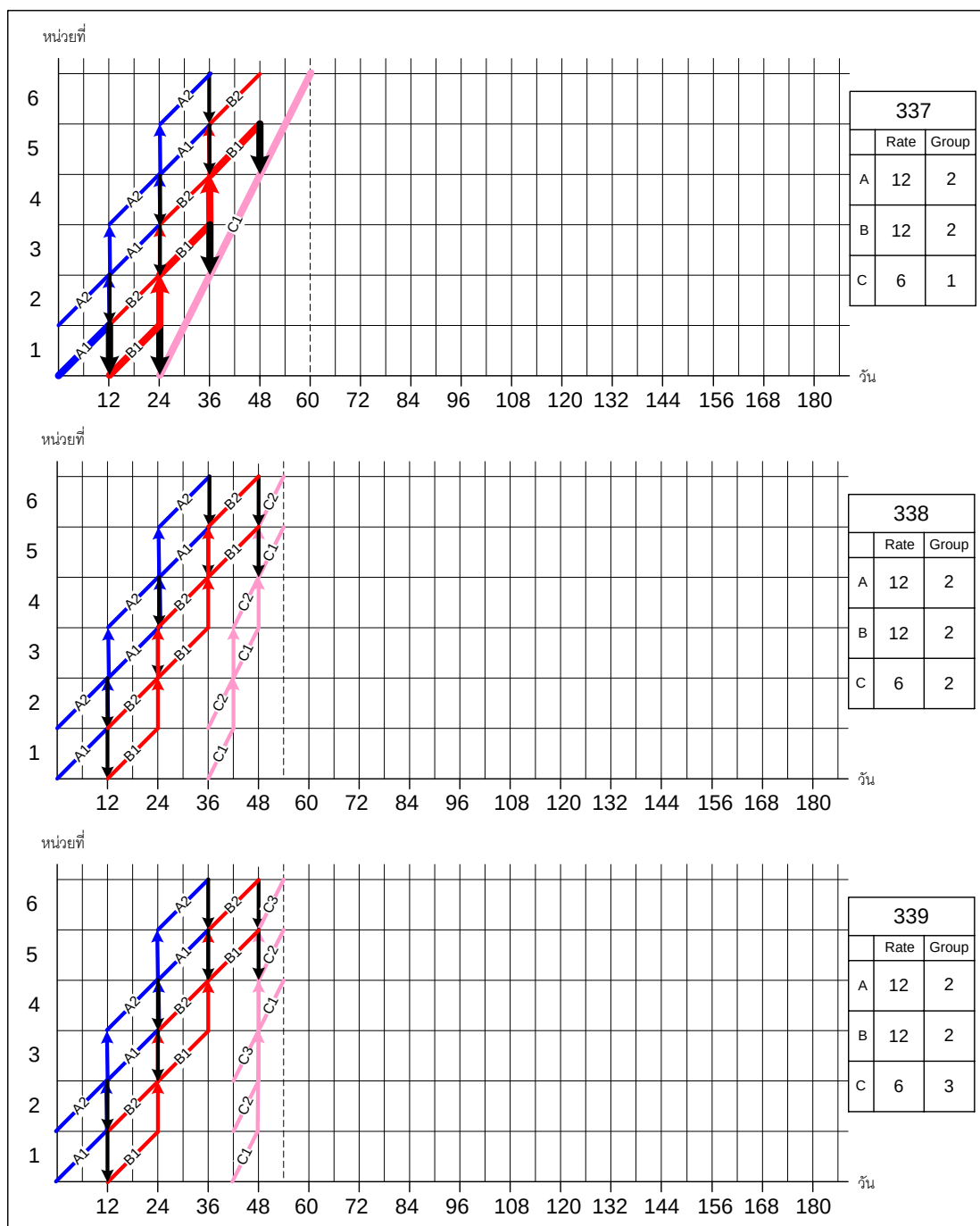
ภาพผนวกที่ 110 ผลการทดลองลำดับที่ 328-330



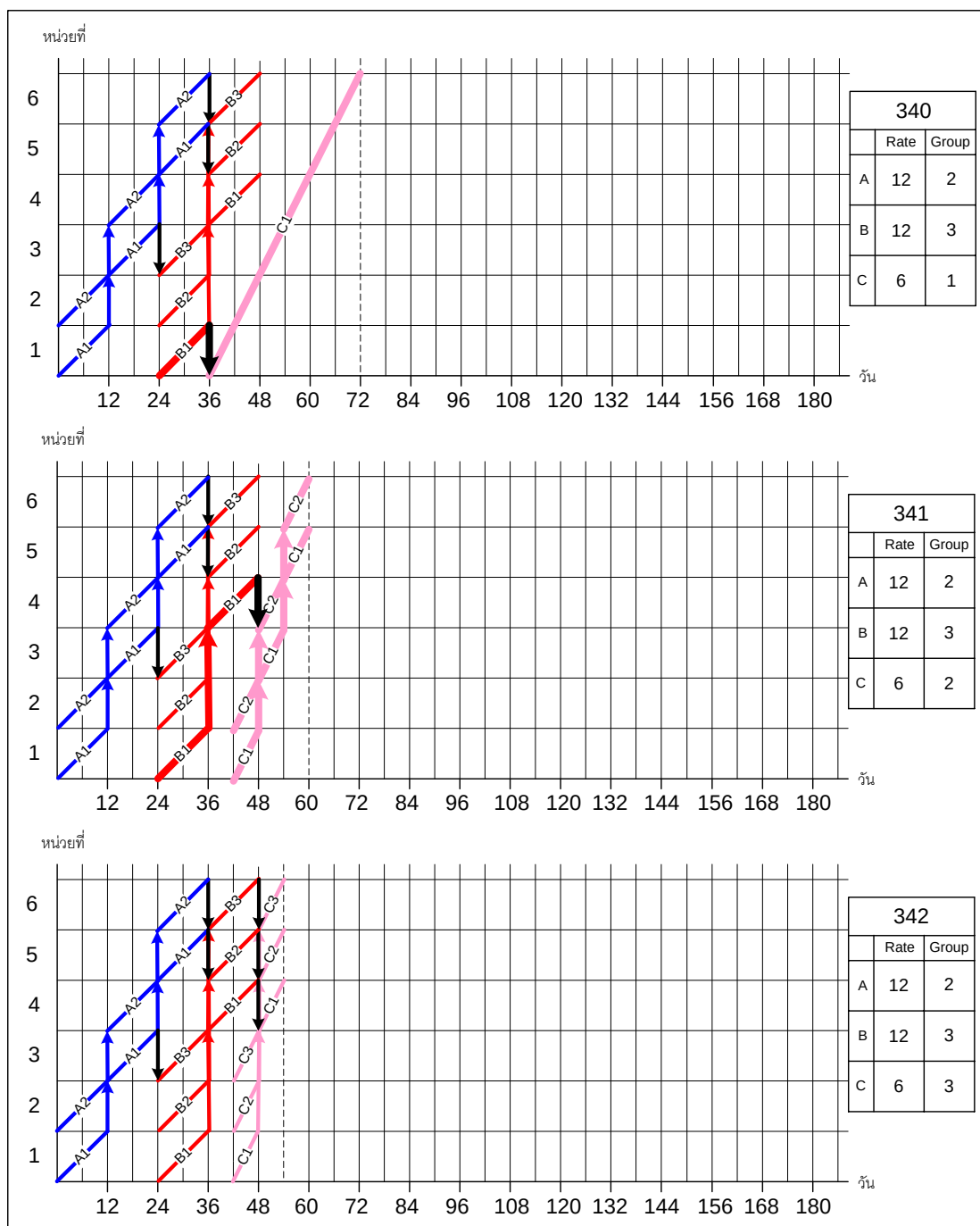
ภาพผนวกที่ 111 ผลการทดลองลำดับที่ 331-333



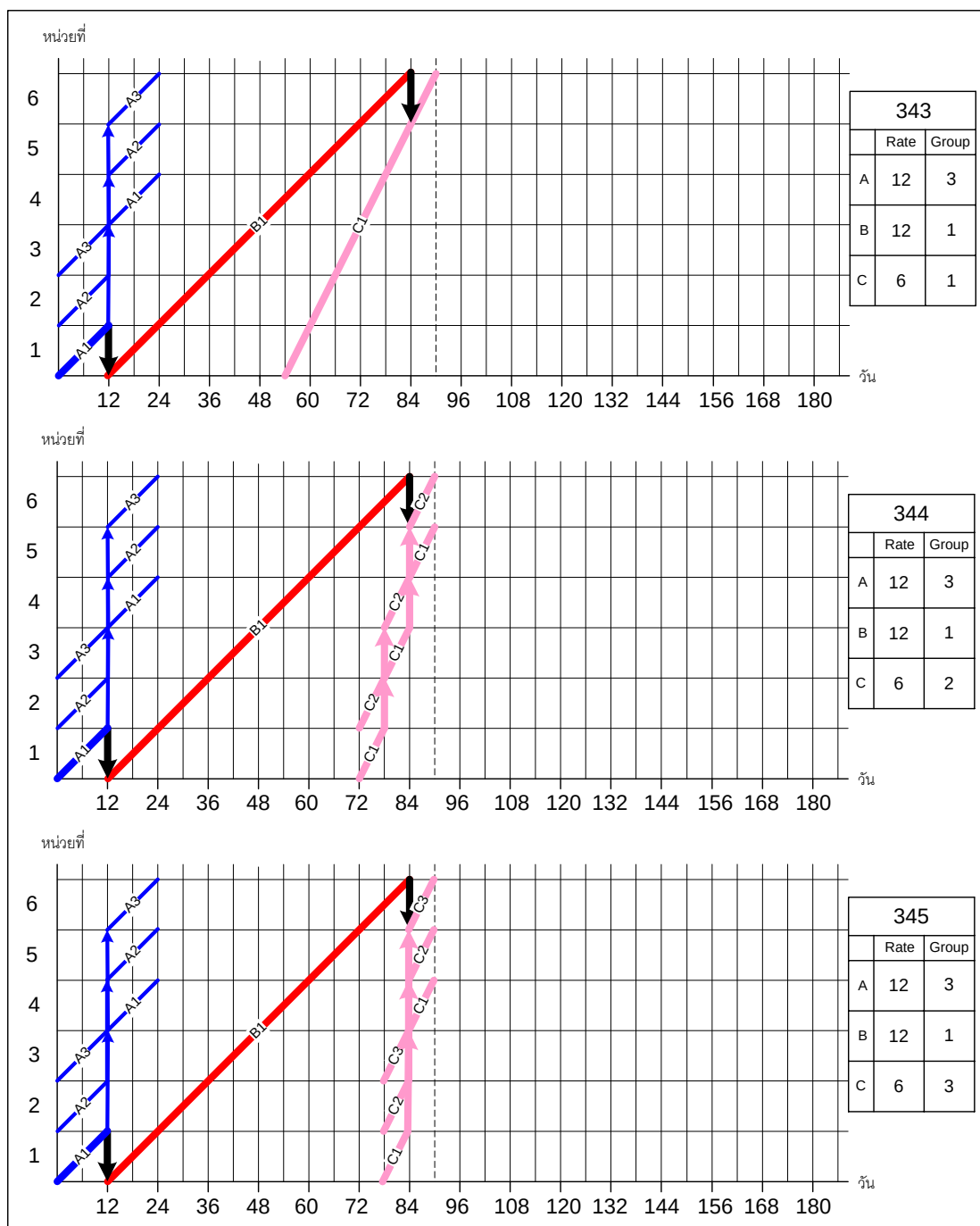
ภาพผนวกที่ 112 ผลการทดลองลำดับที่ 334-336



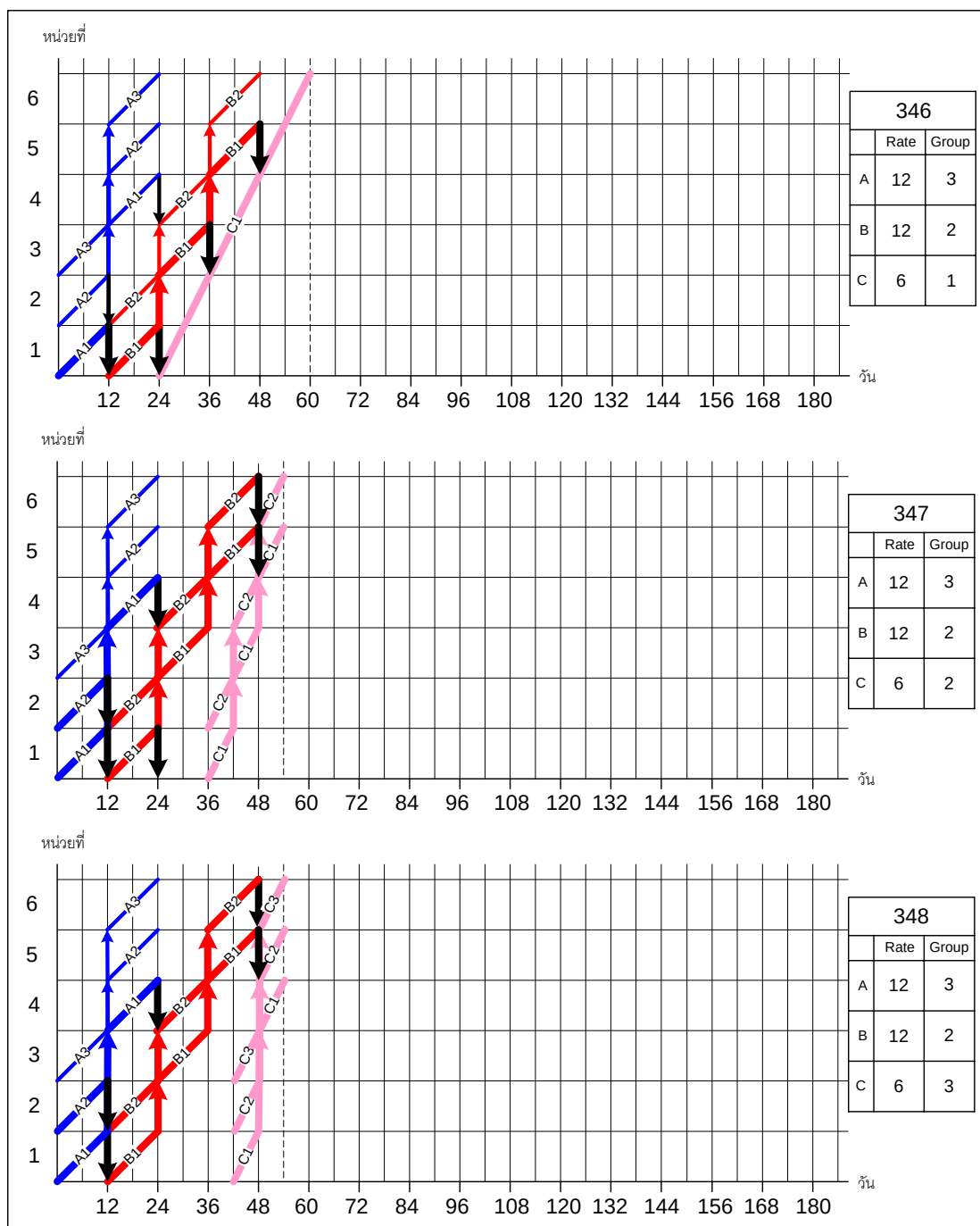
ภาพผนวกที่ 113 ผลการทดลองลำดับที่ 337-339



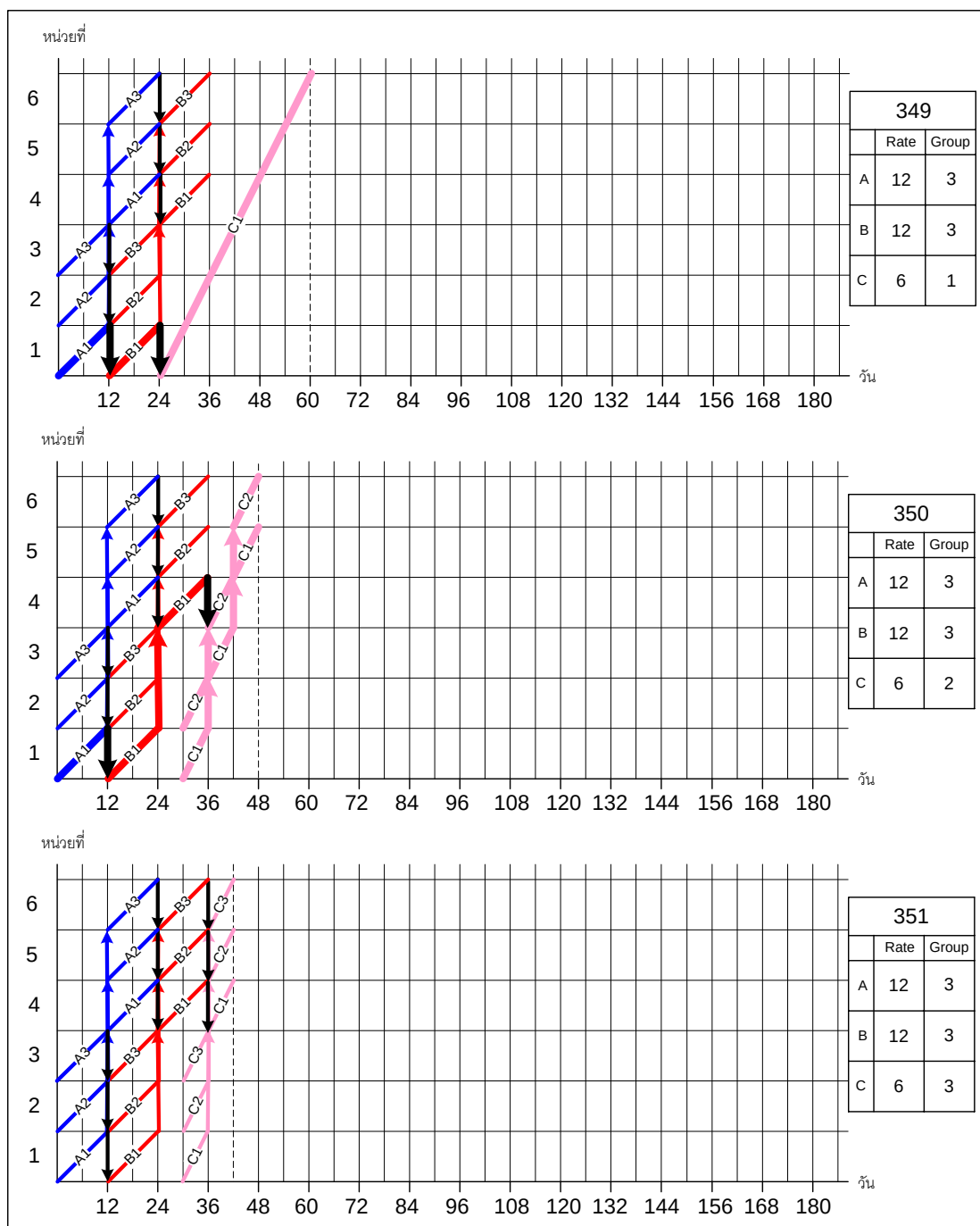
ภาพผนวกที่ 114 ผลการทดลองลำดับที่ 340-342



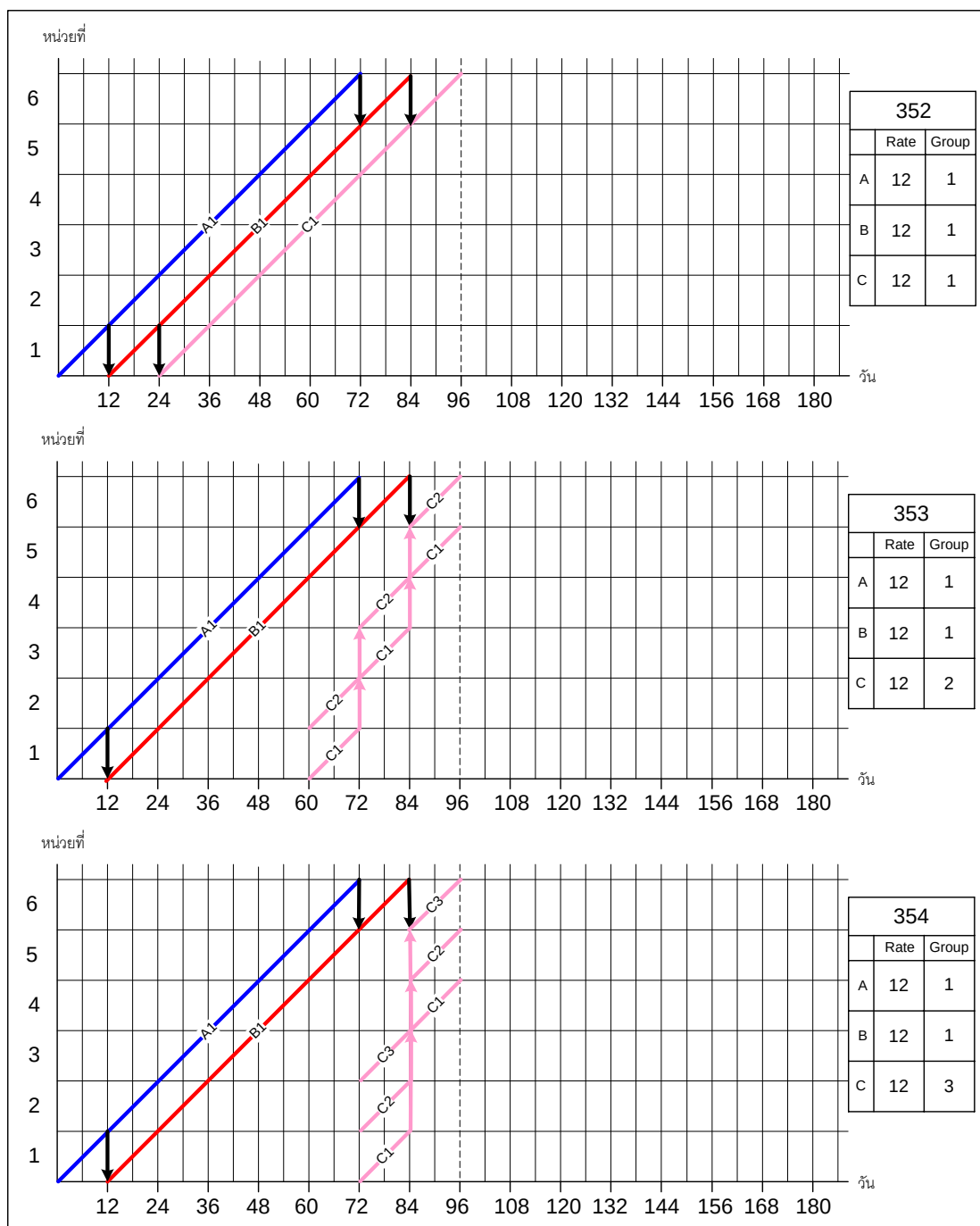
ภาพผนวกที่ 115 ผลการทดลองลำดับที่ 343-345



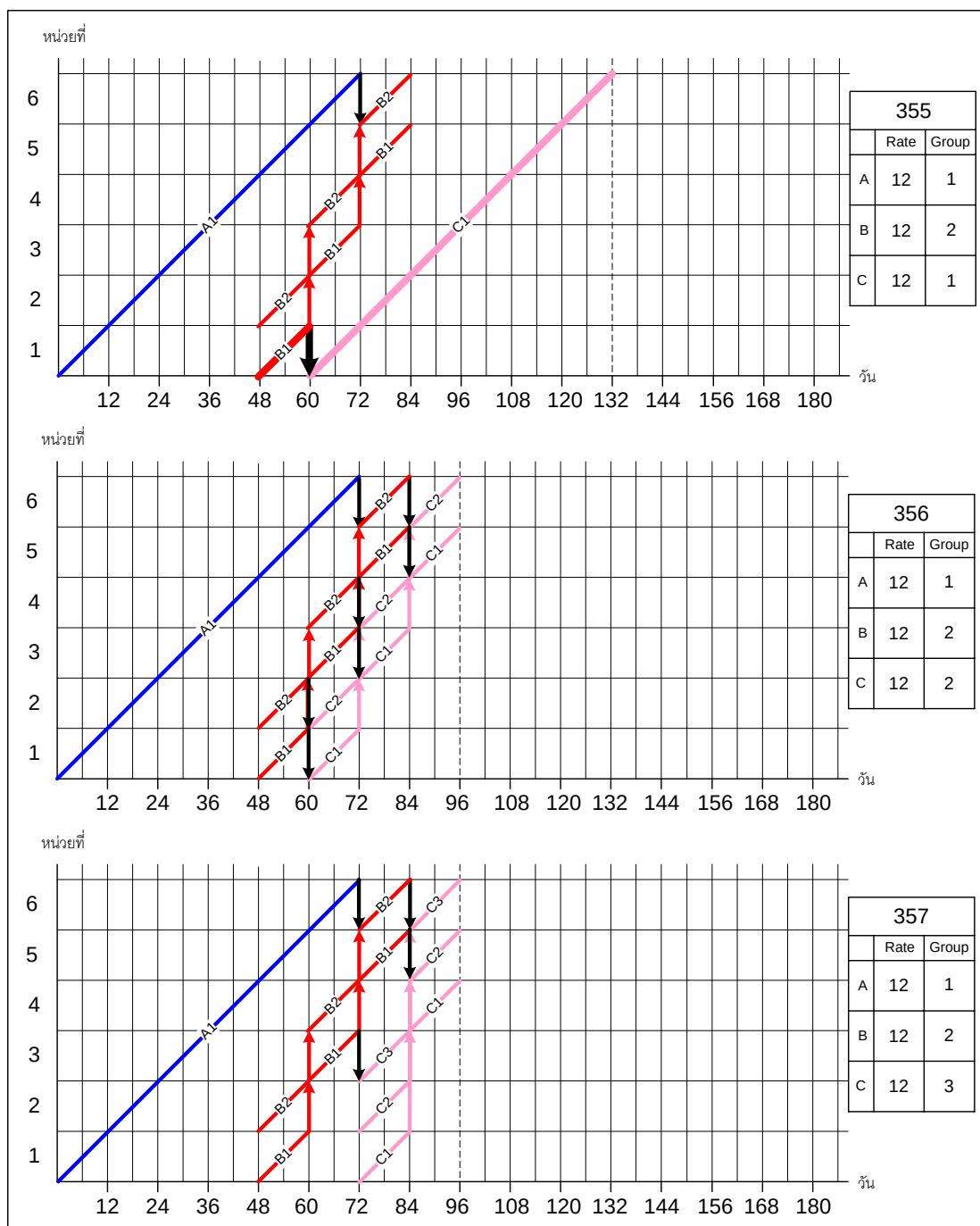
ภาพผนวกที่ 116 ผลการทดลองลำดับที่ 346-348



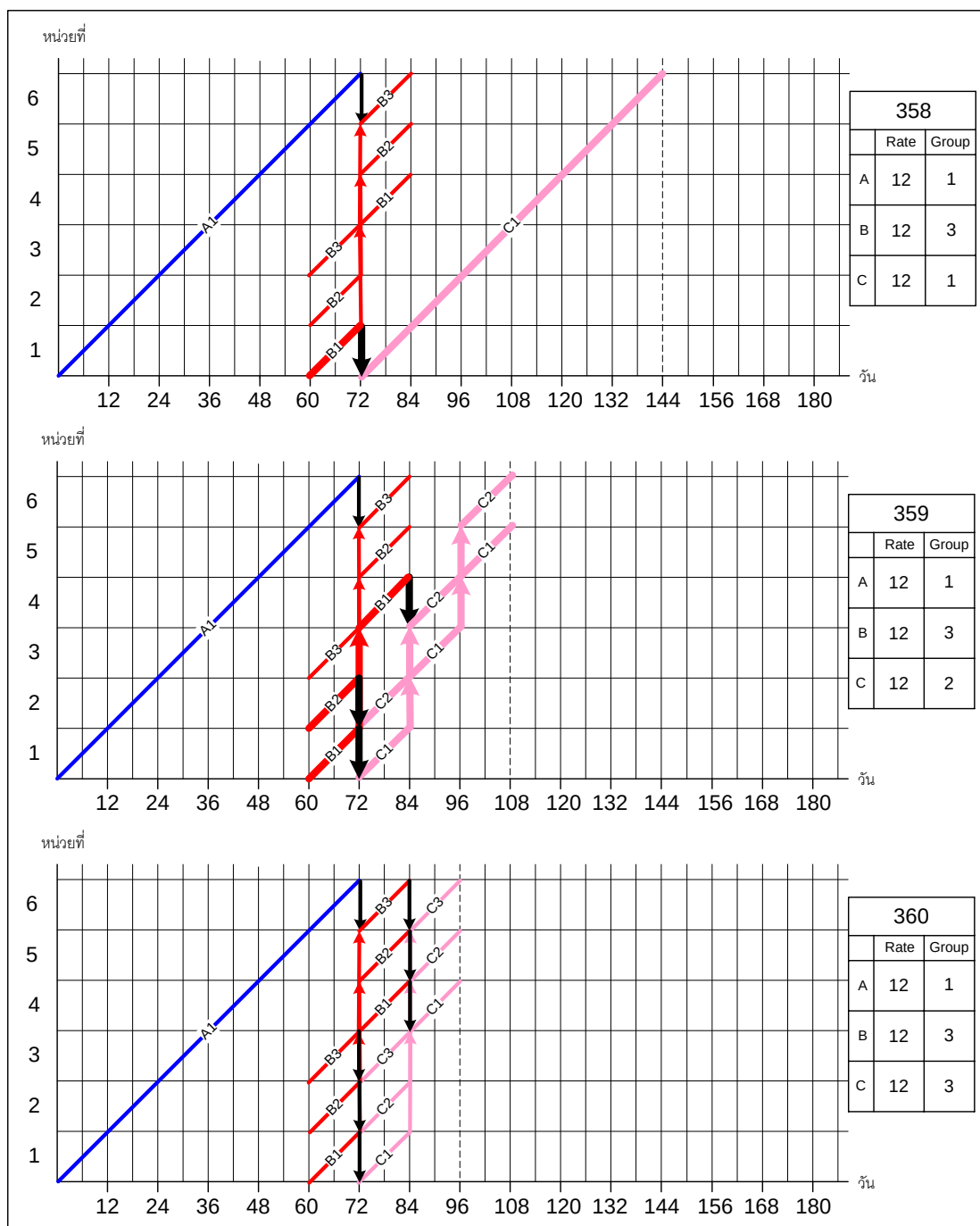
ภาพผนวกที่ 117 ผลการทดลองลำดับที่ 349-351



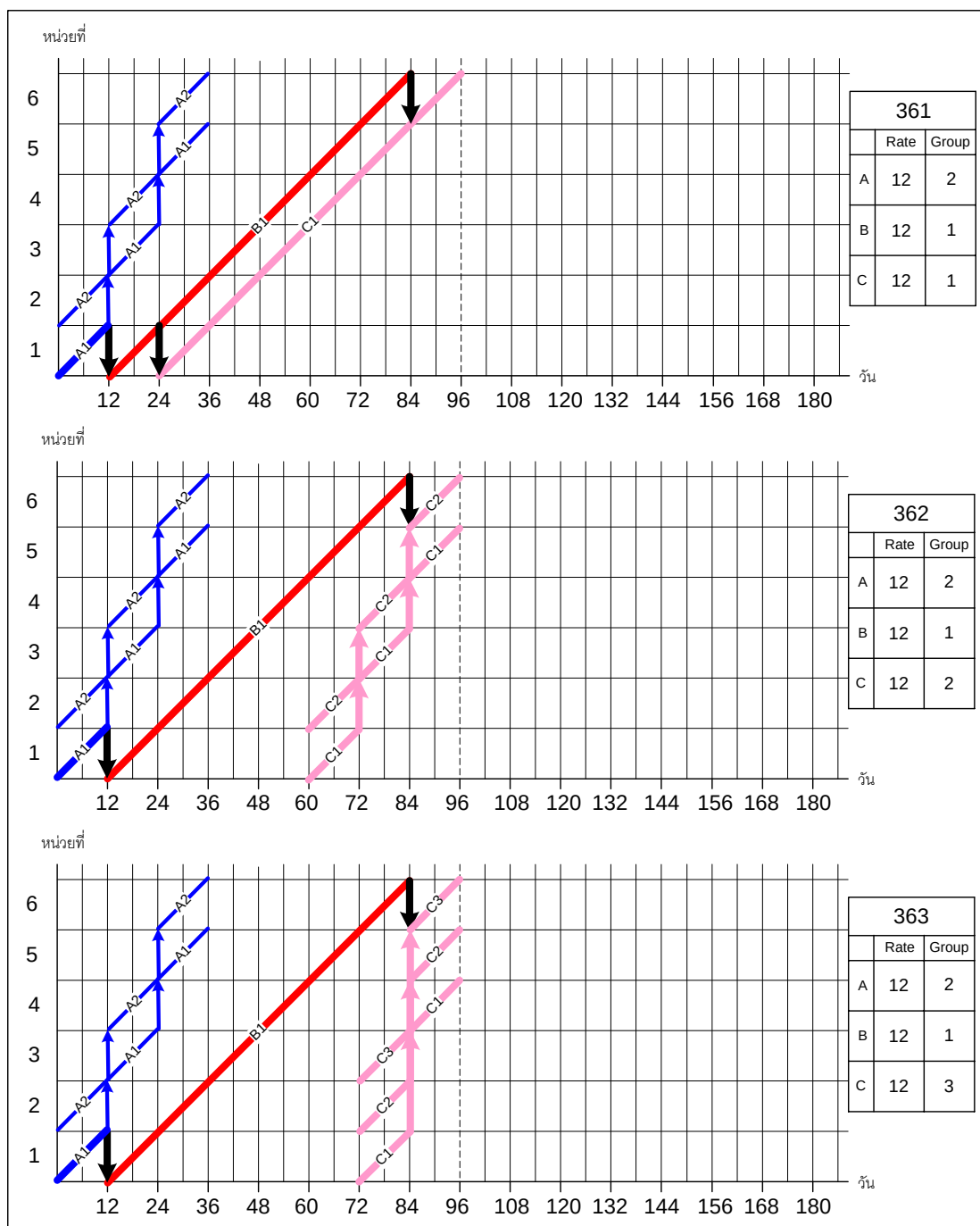
ภาพผนวกที่ 118 ผลการทดลองลำดับที่ 352-354



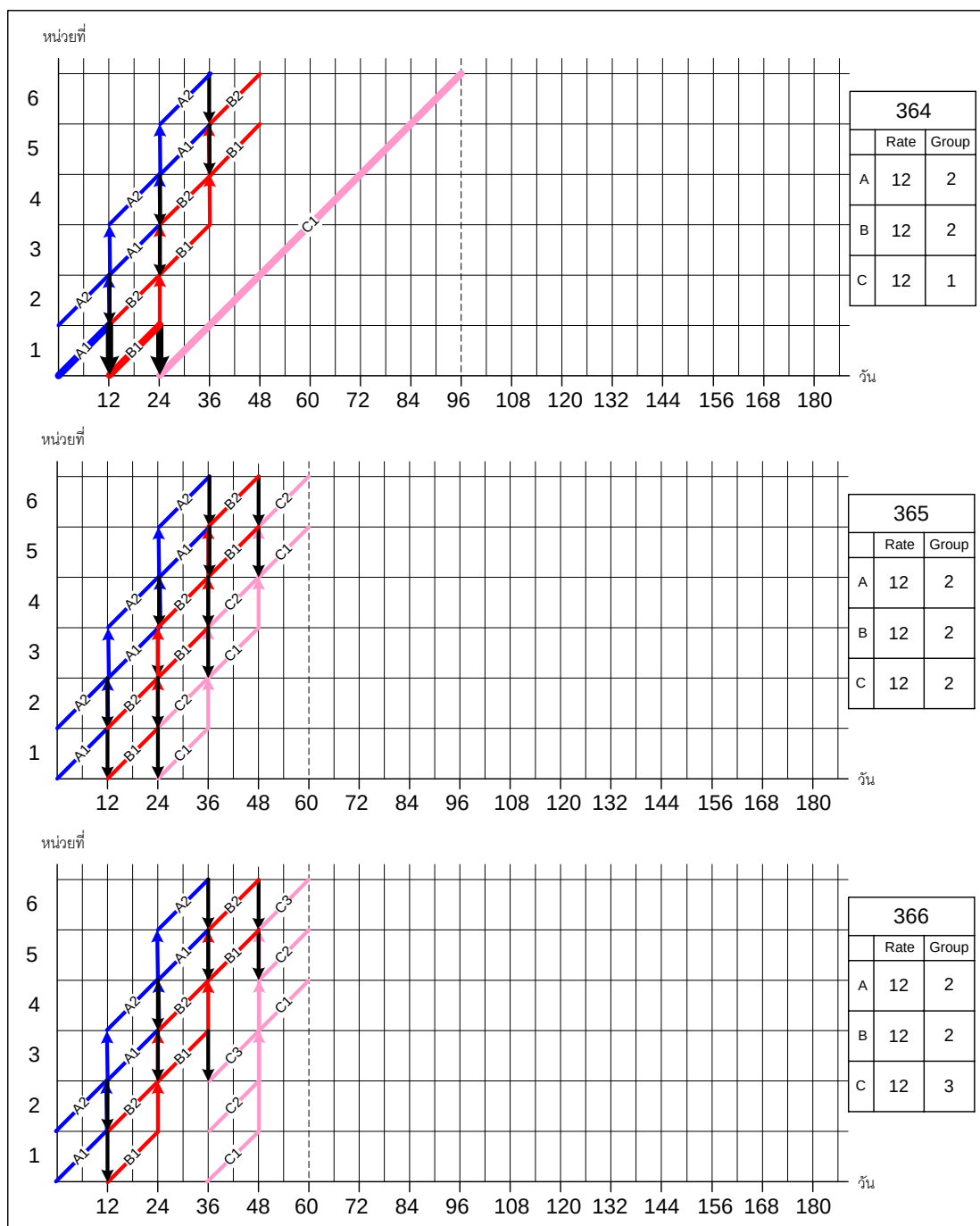
ภาพผนวกที่ 119 ผลการทดลองลำดับที่ 355-357



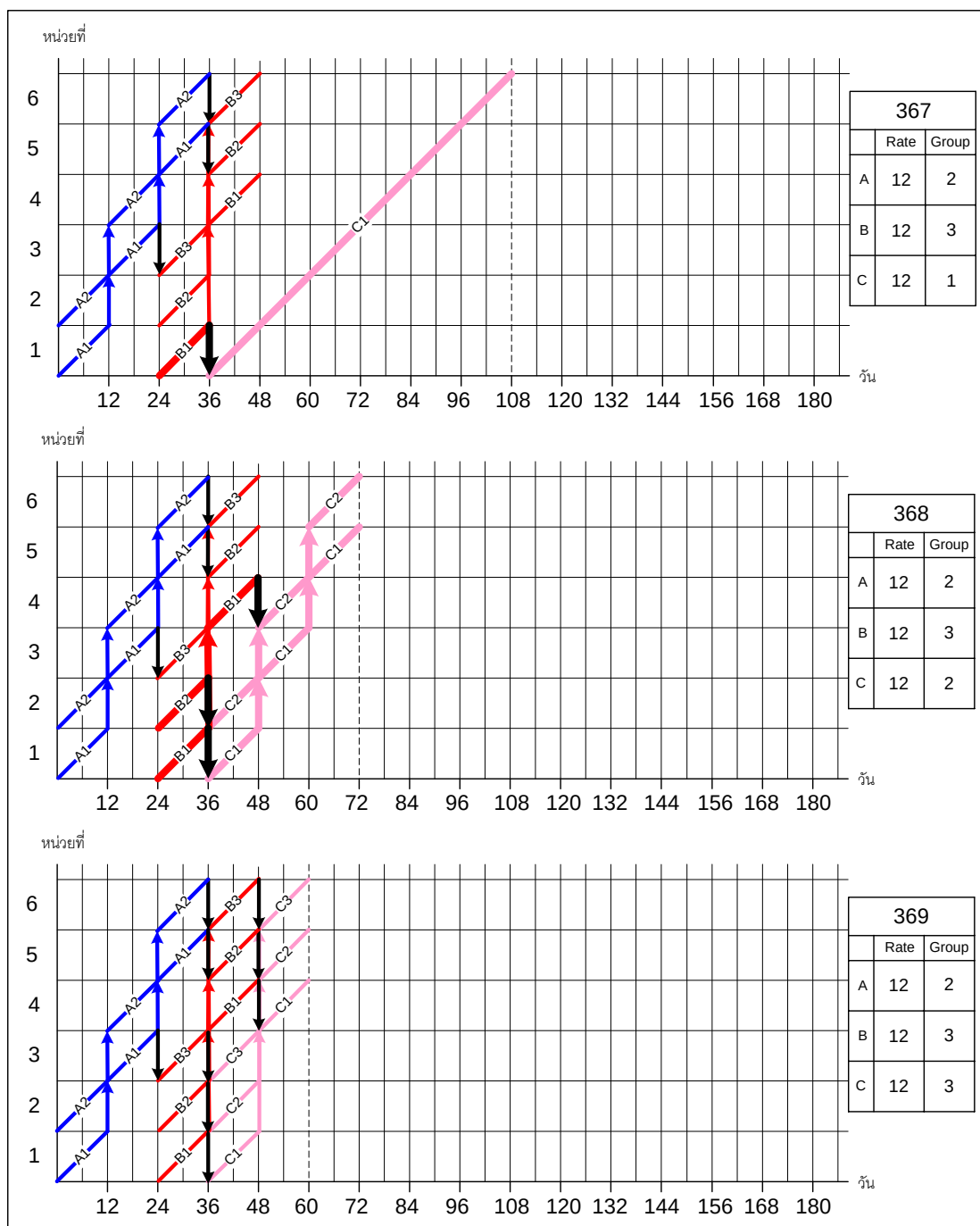
ภาพผนวกที่ 120 ผลการทดลองลำดับที่ 358-360



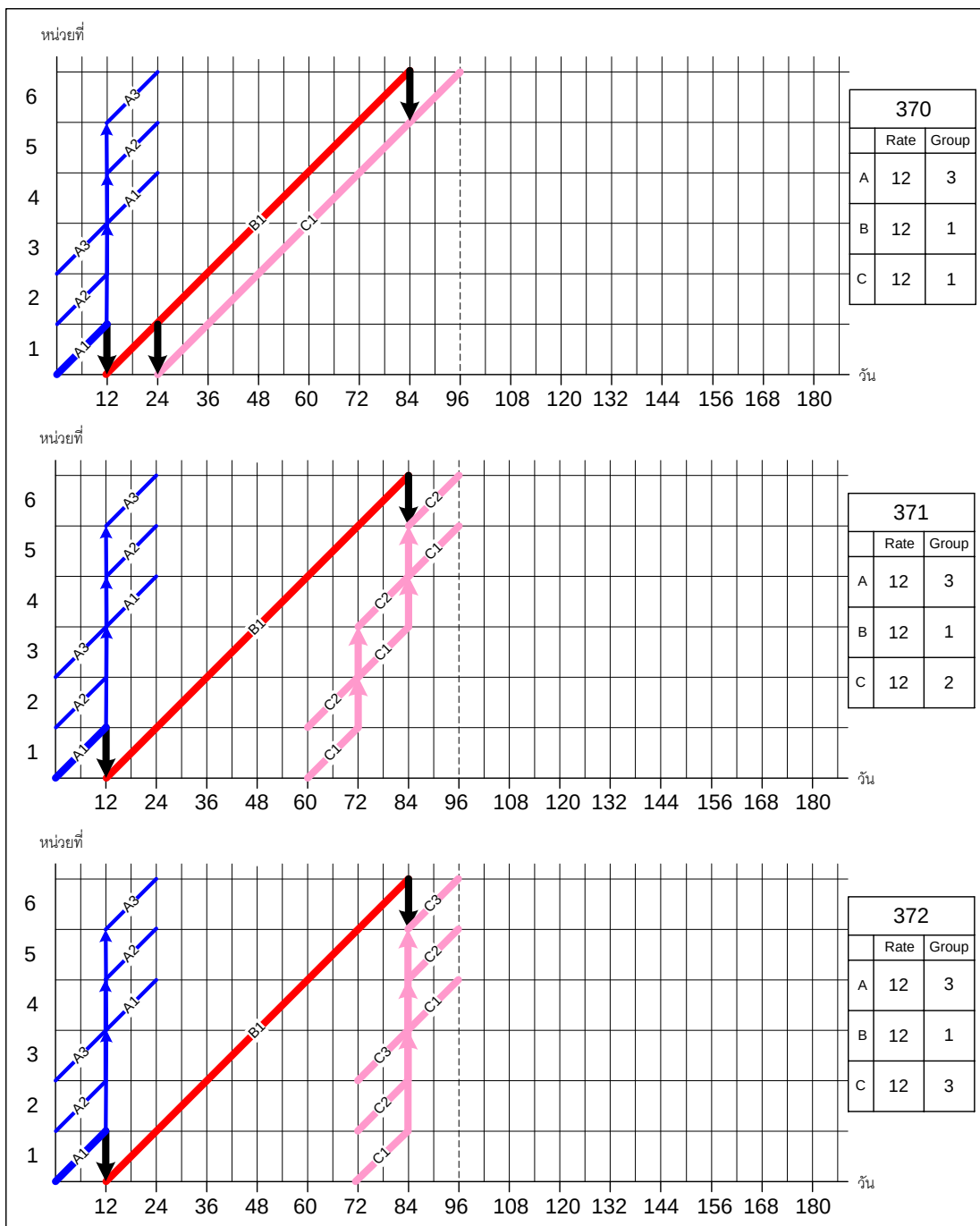
ภาพผนวกที่ 121 ผลการทดลองลำดับที่ 361-363



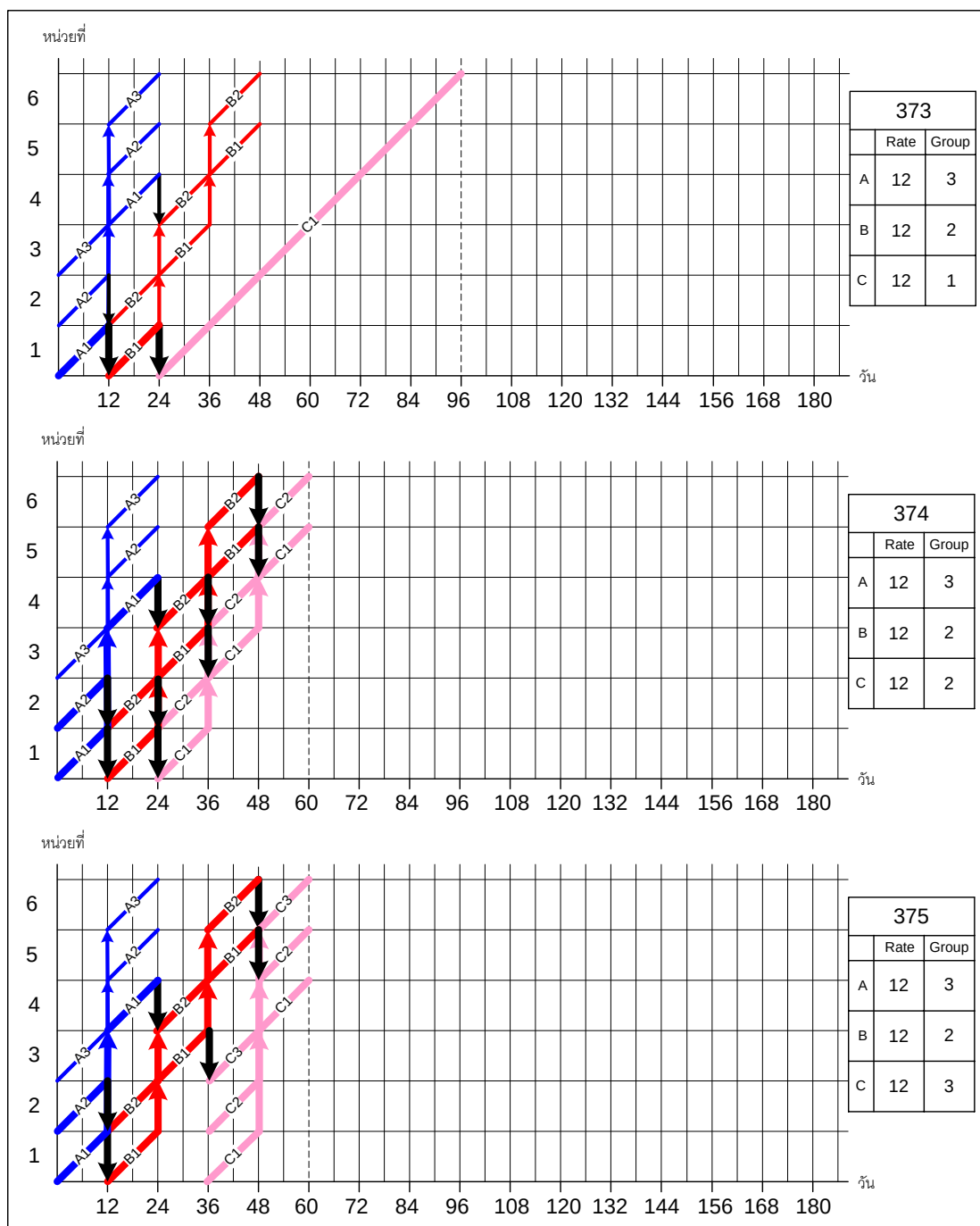
ภาพผนวกที่ 122 ผลการทดลองลำดับที่ 364-366



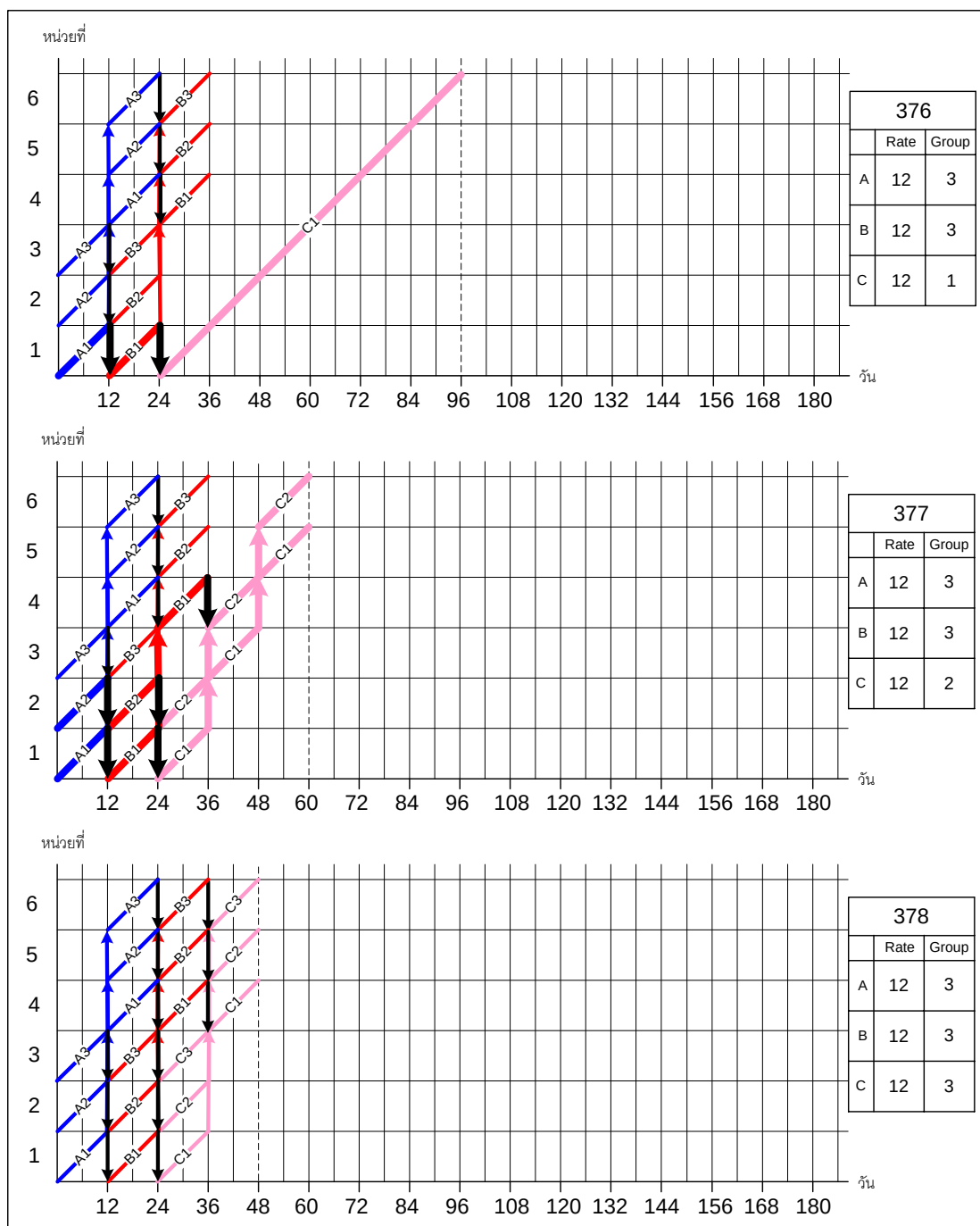
ภาพผนวกที่ 123 ผลการทดลองลำดับที่ 367-369



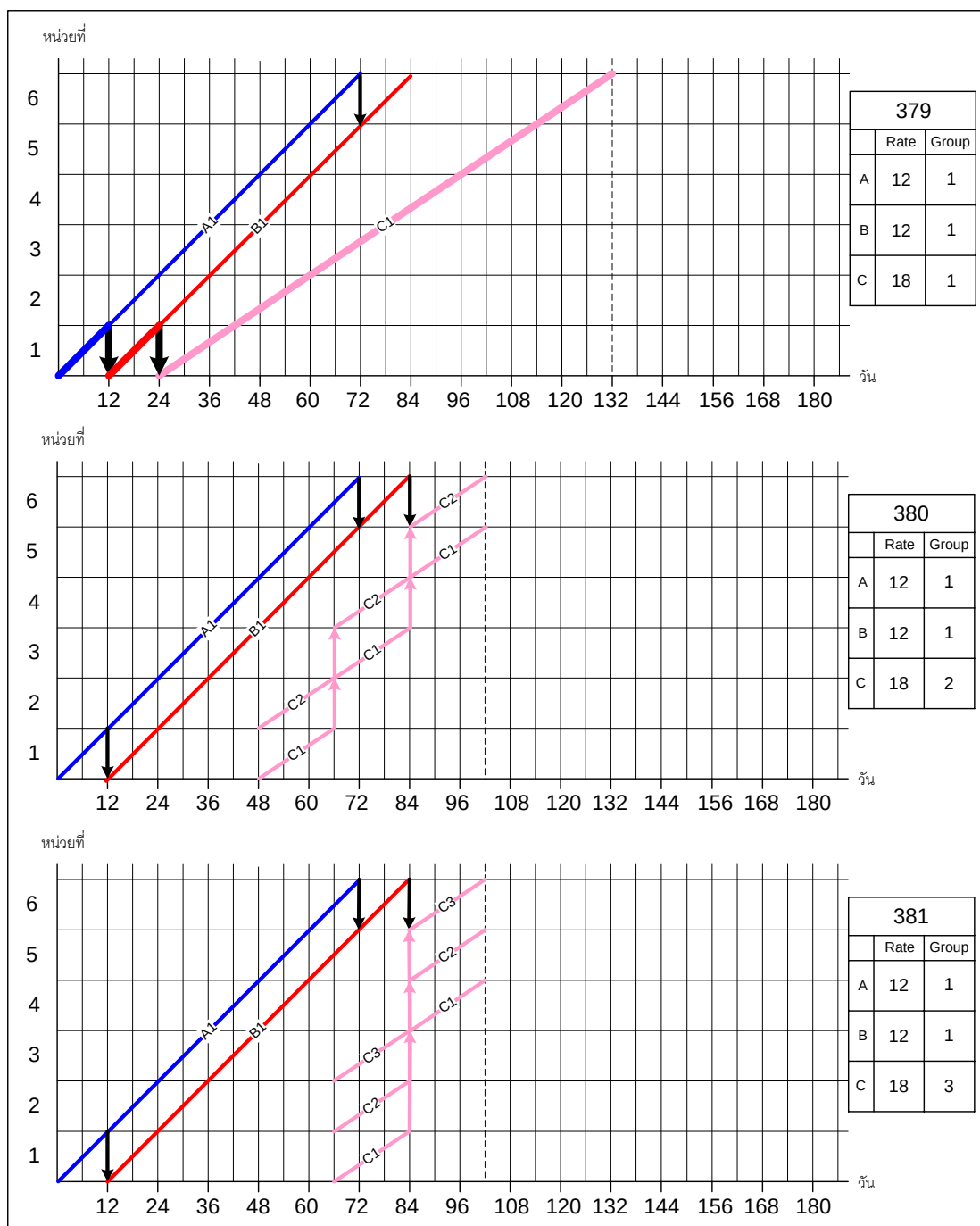
ภาพผนวกที่ 124 ผลการทดลองลำดับที่ 370-372



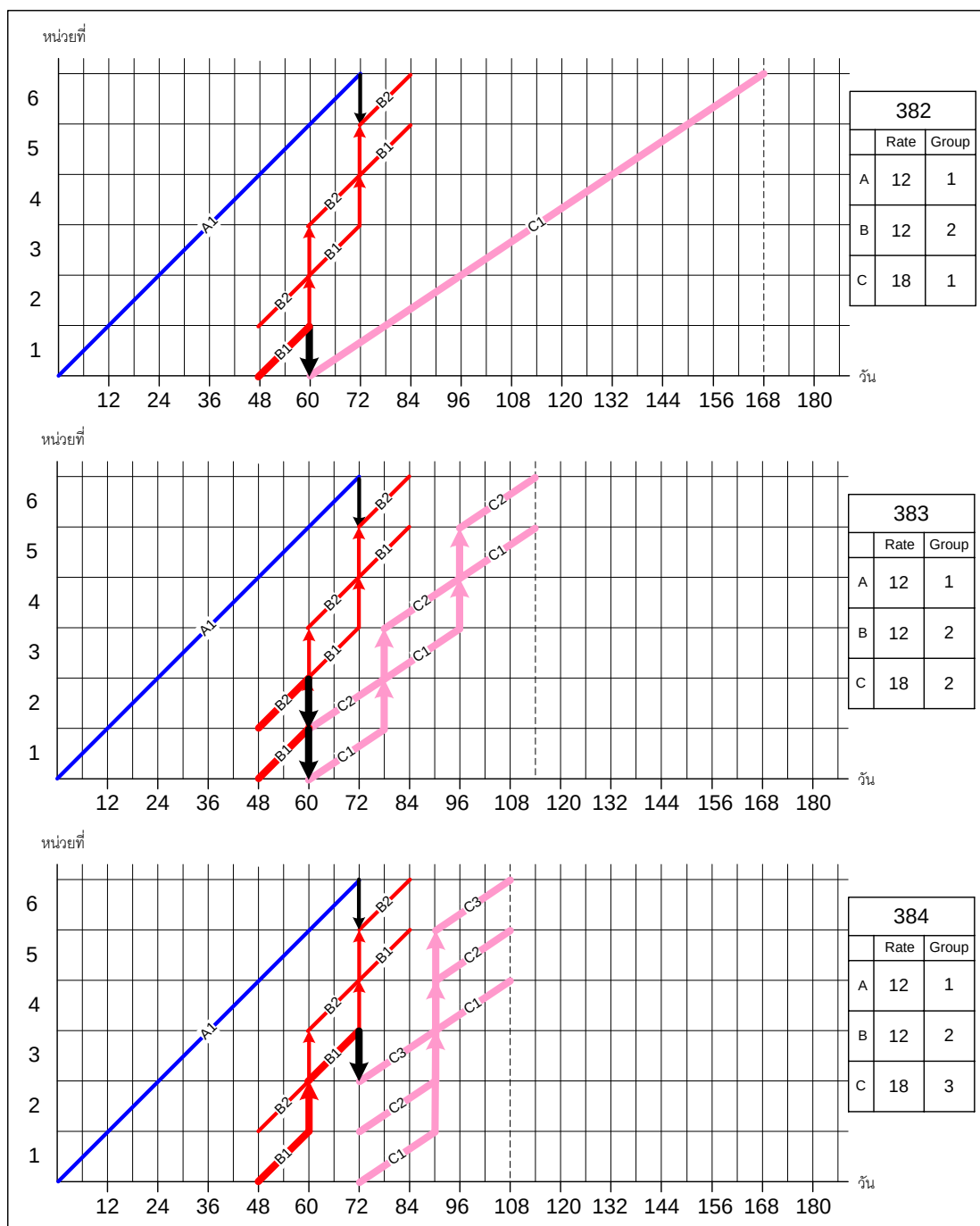
ภาพผนวกที่ 125 ผลการทดลองลำดับที่ 373-375



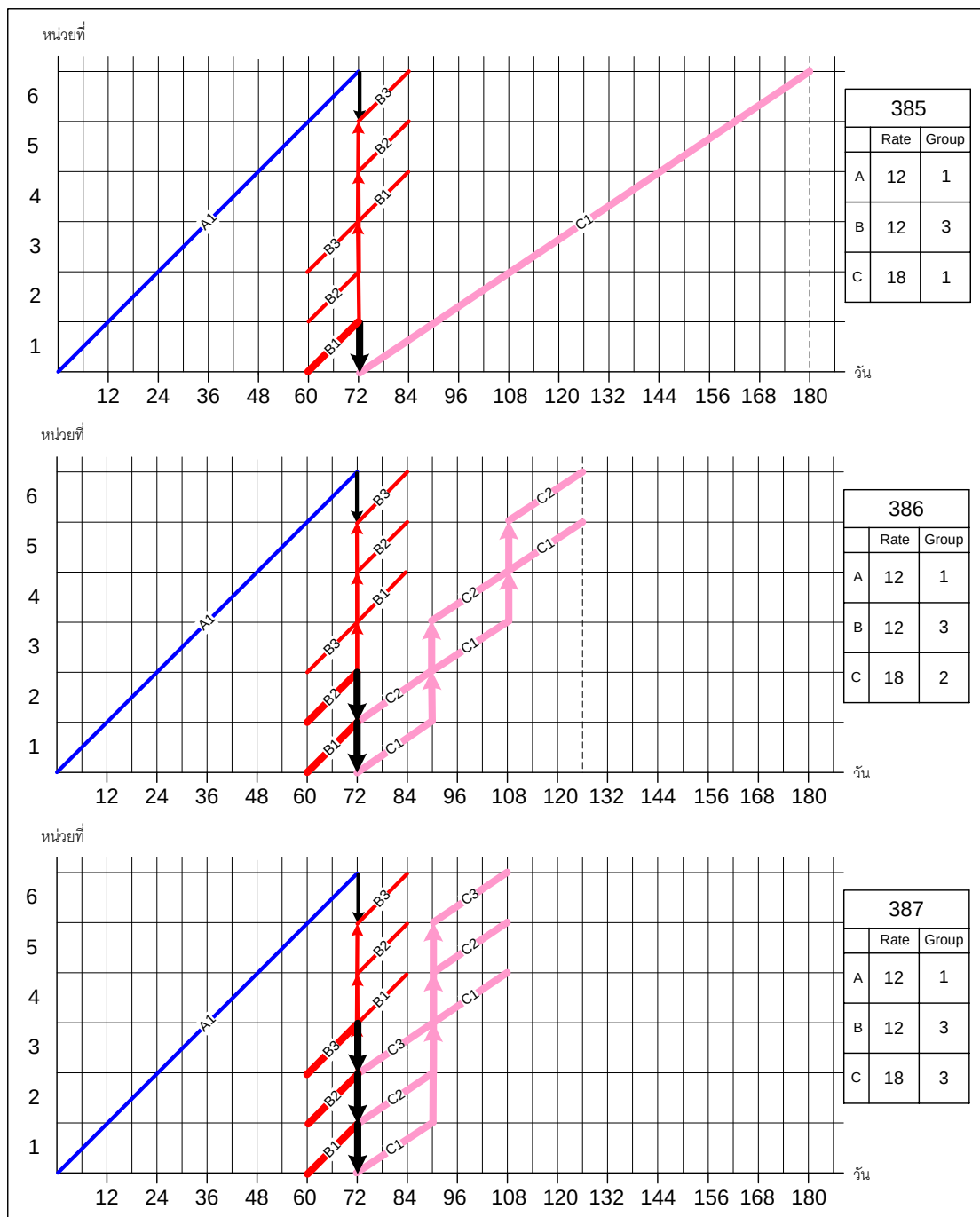
ภาพผนวกที่ 126 ผลการทดลองลำดับที่ 376-378



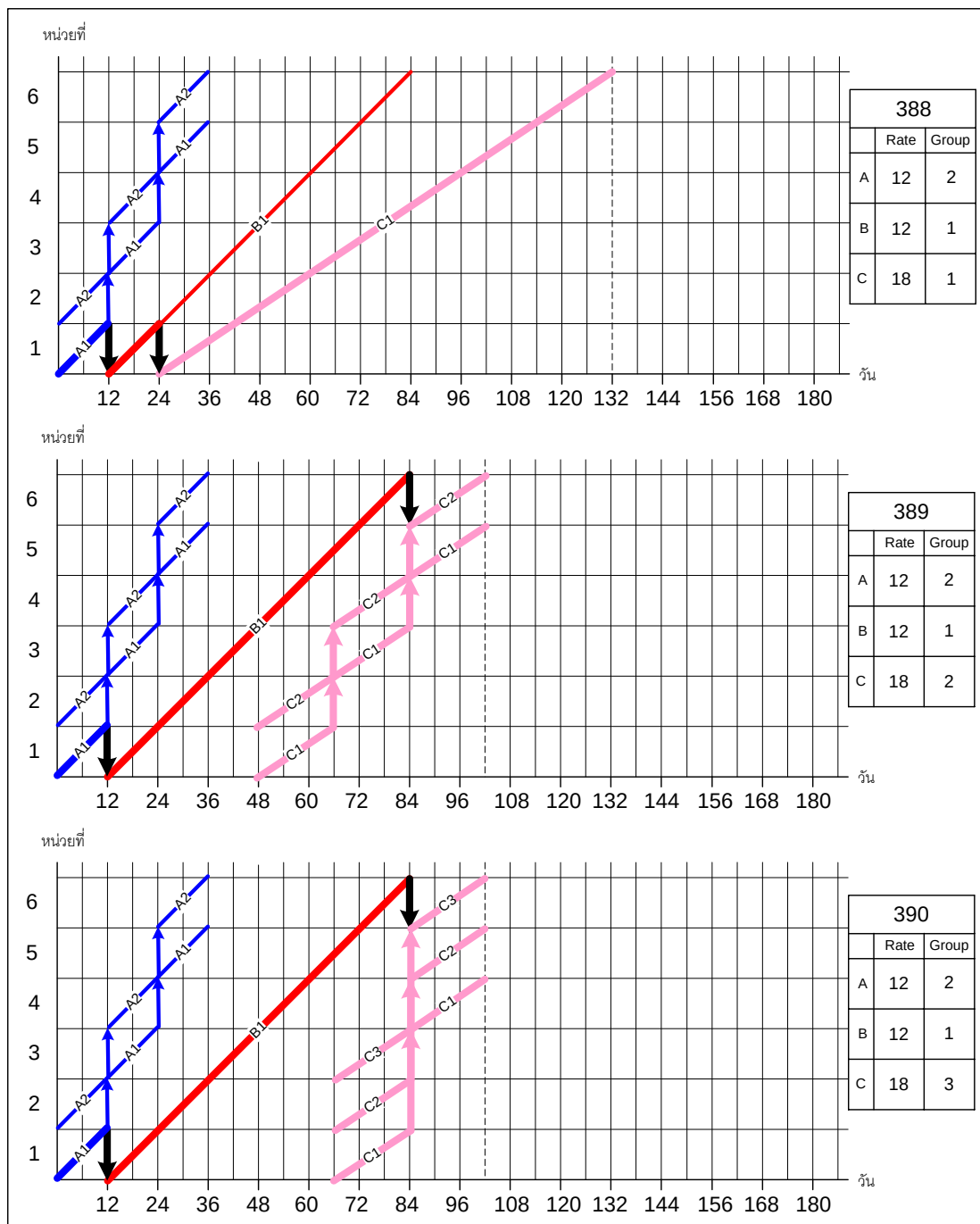
ภาพผนวกที่ 127 ผลการทดลองลำดับที่ 379-381



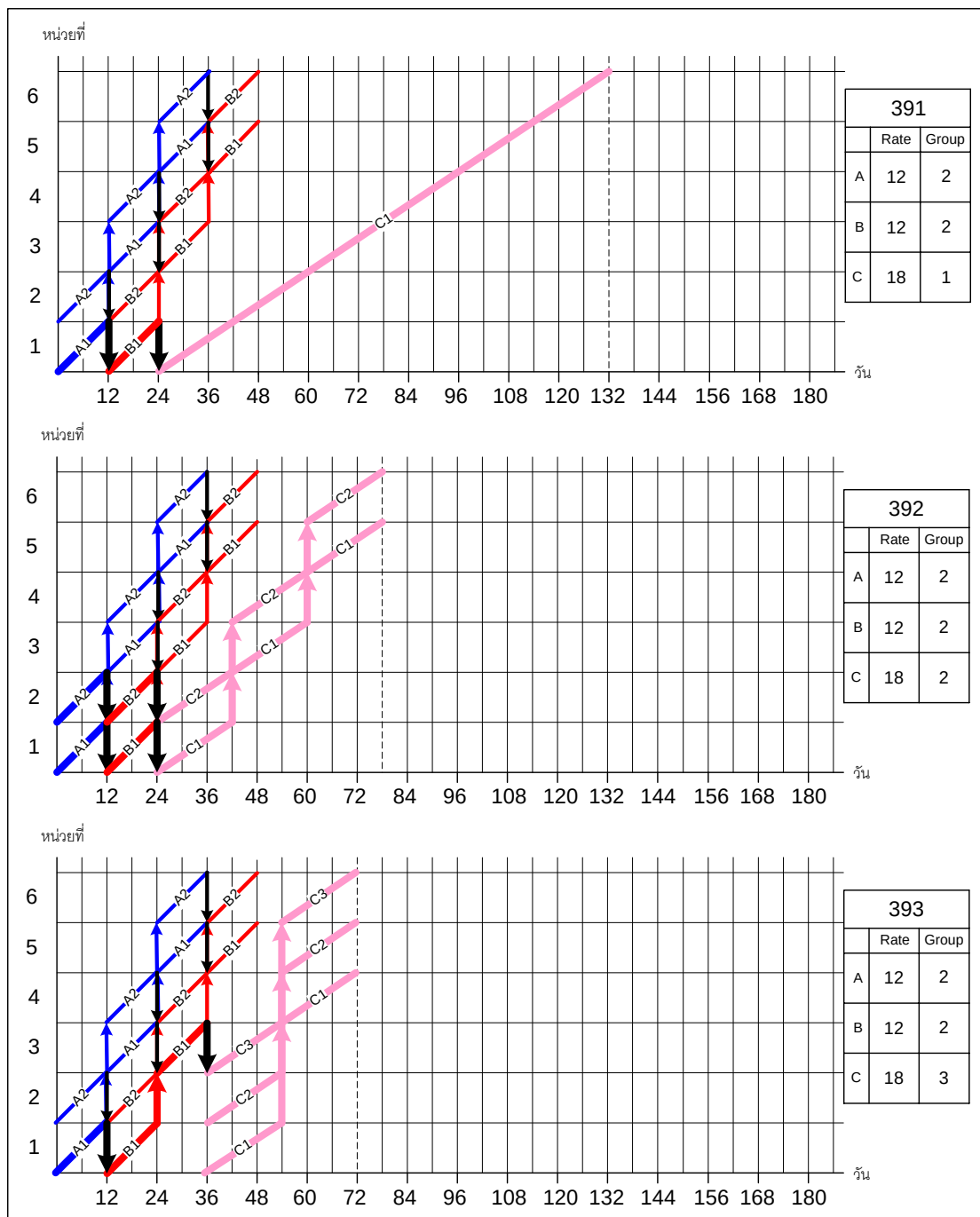
ภาพผนวกที่ 128 ผลการทดลองลำดับที่ 382-384



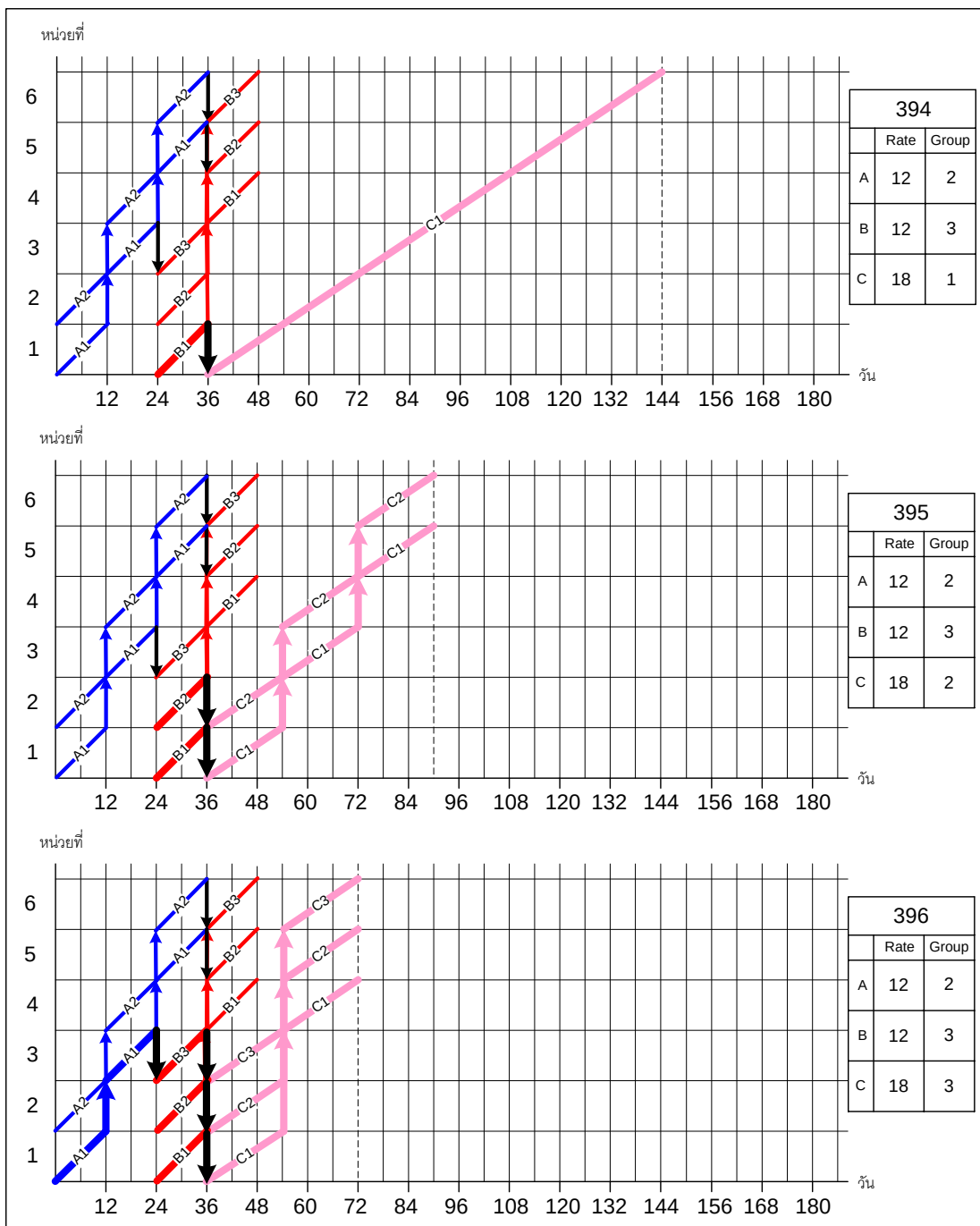
ภาพผนวกที่ 129 ผลการทดลองลำดับที่ 385-387



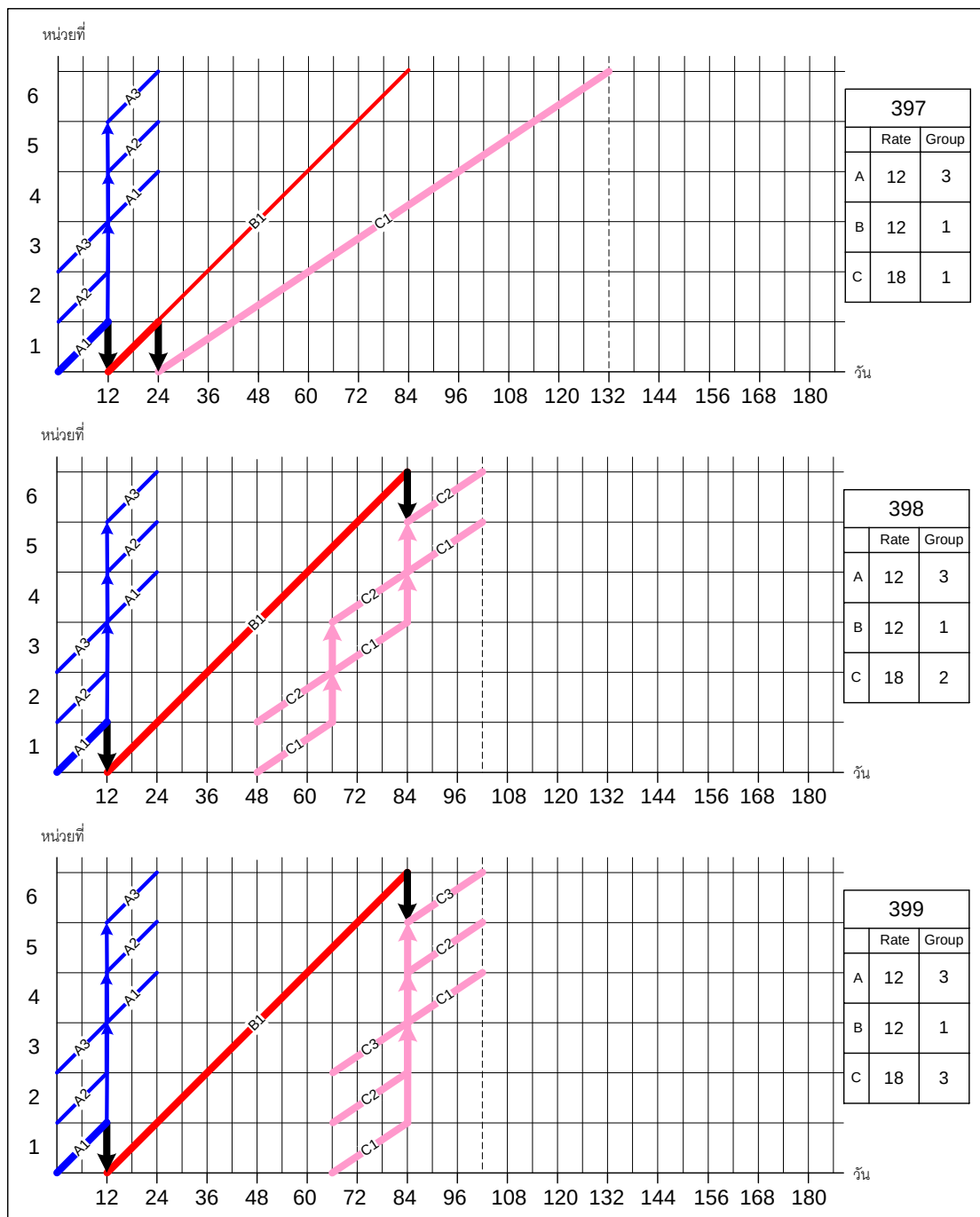
ภาพผนวกที่ 130 ผลการทดลองลำดับที่ 388-390



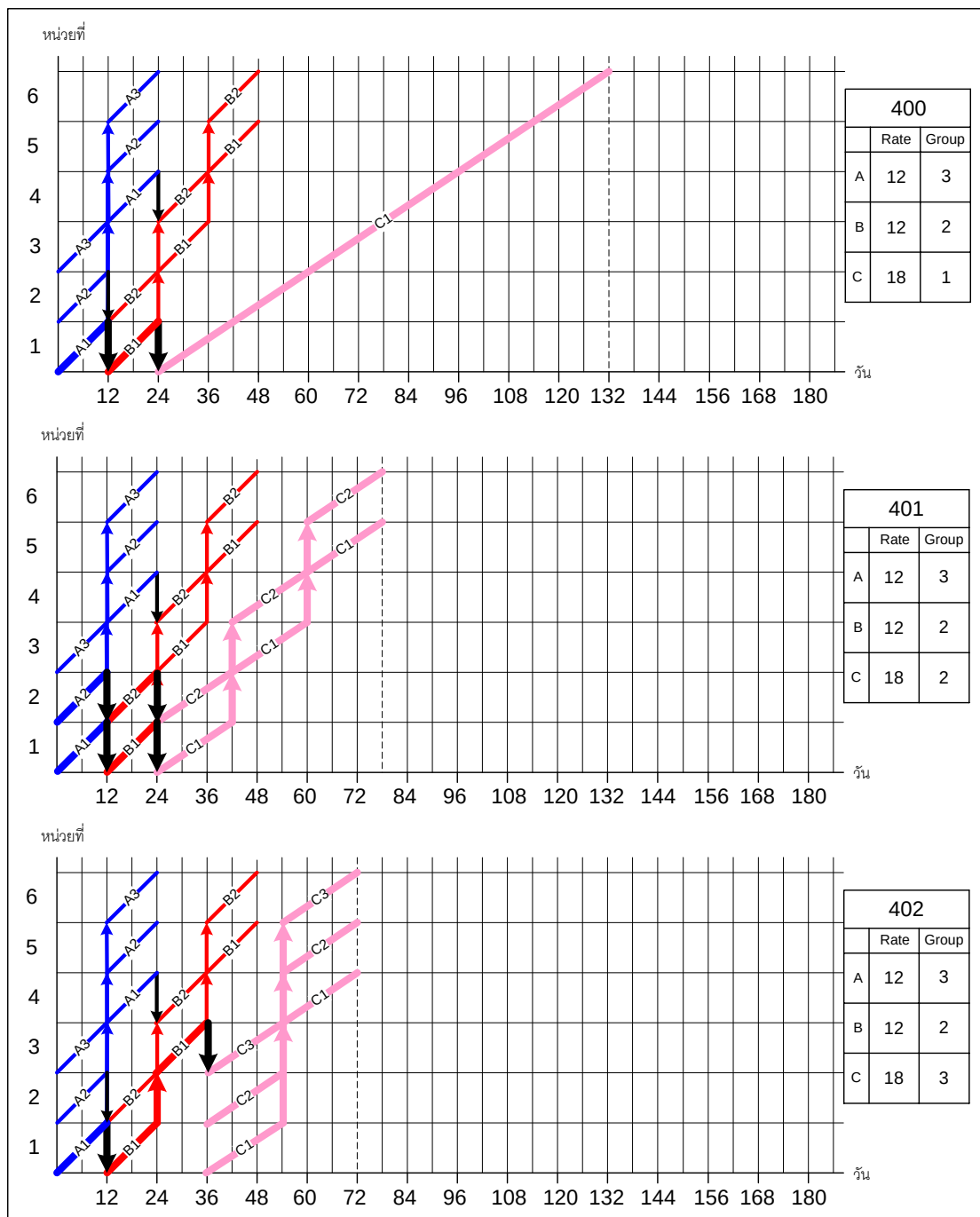
ภาพผนวกที่ 131 ผลการทดลองลำดับที่ 391-393



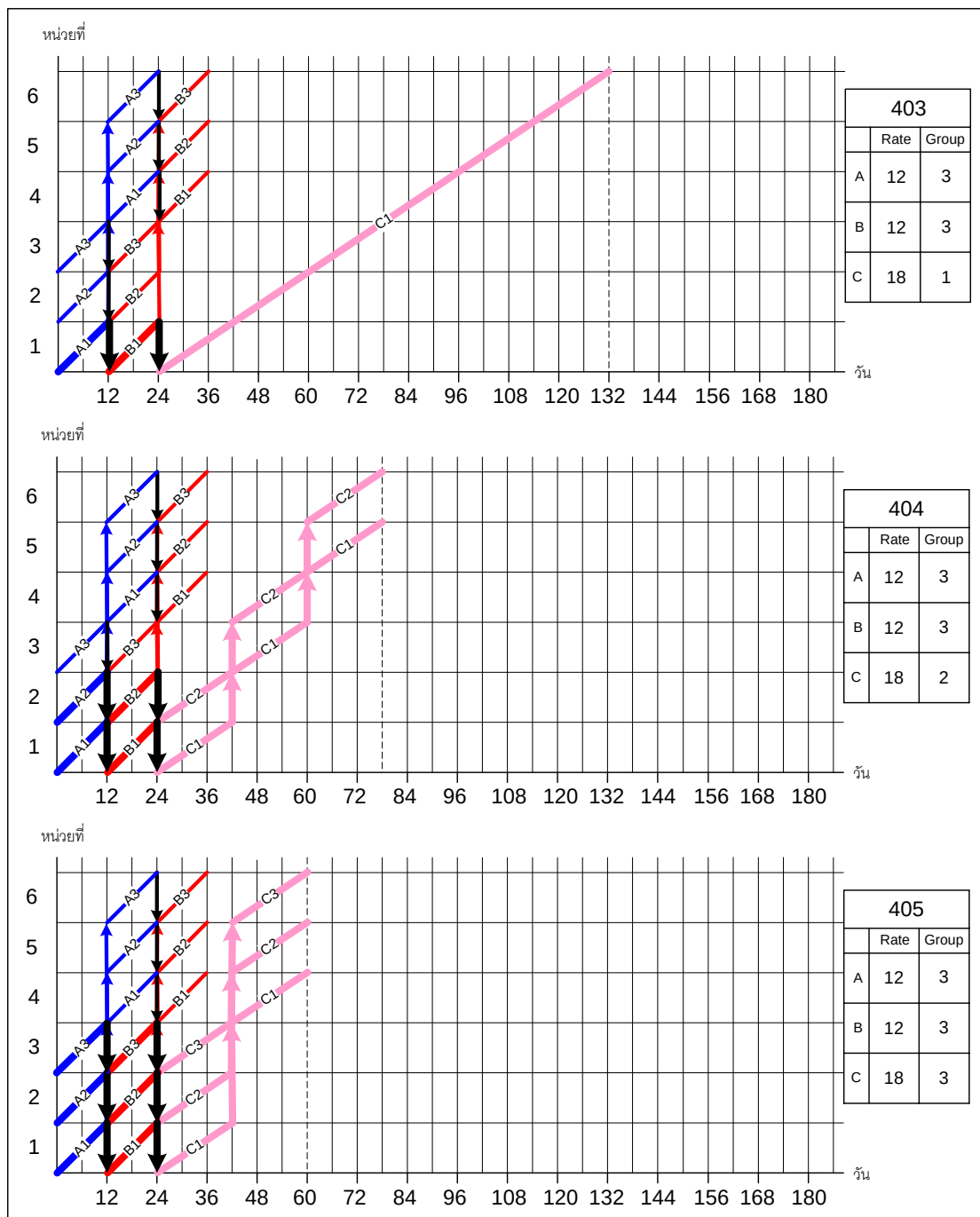
ภาพผนวกที่ 132 ผลการทดลองลำดับที่ 394-396



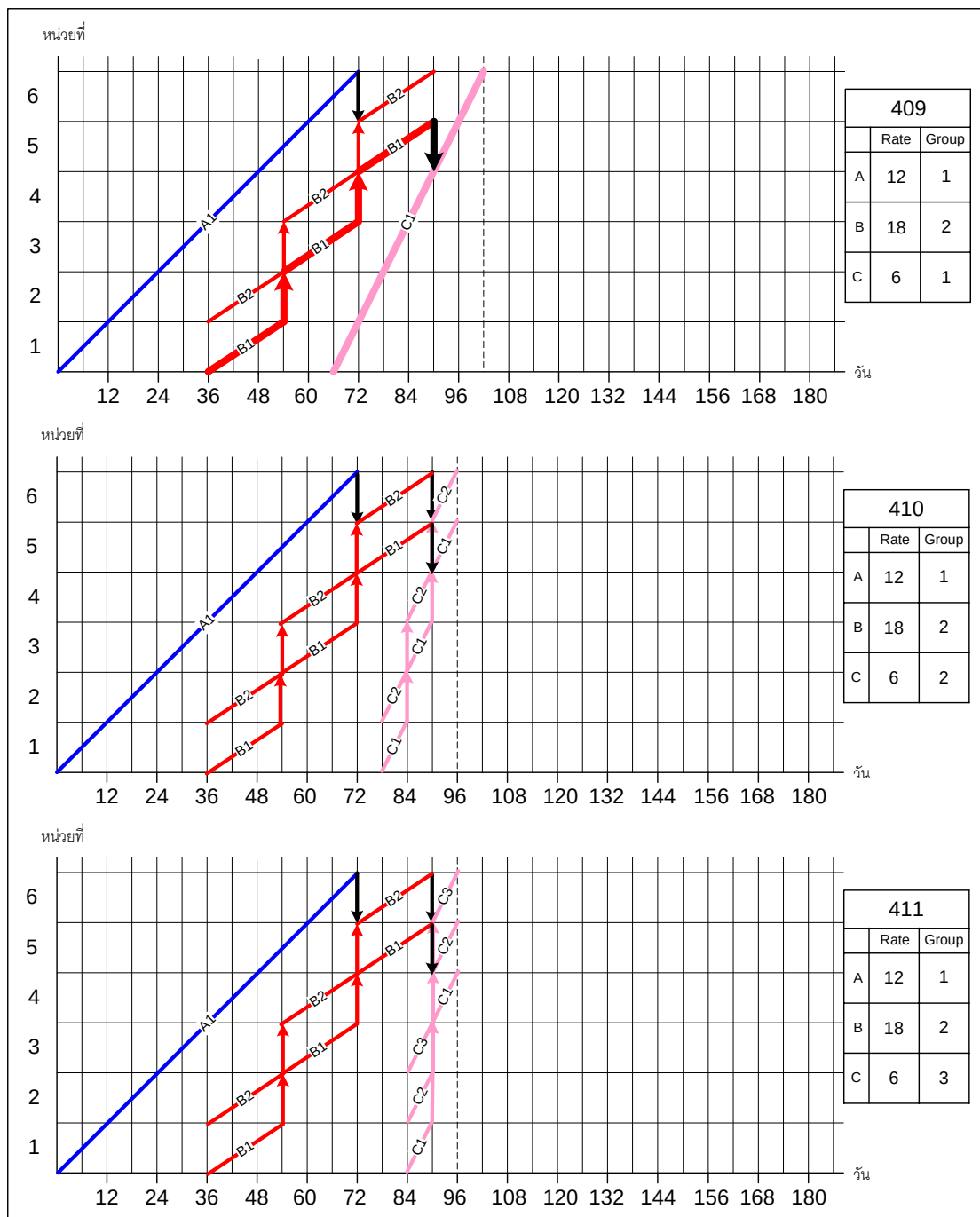
ภาพผนวกที่ 133 ผลการทดลองลำดับที่ 397-399



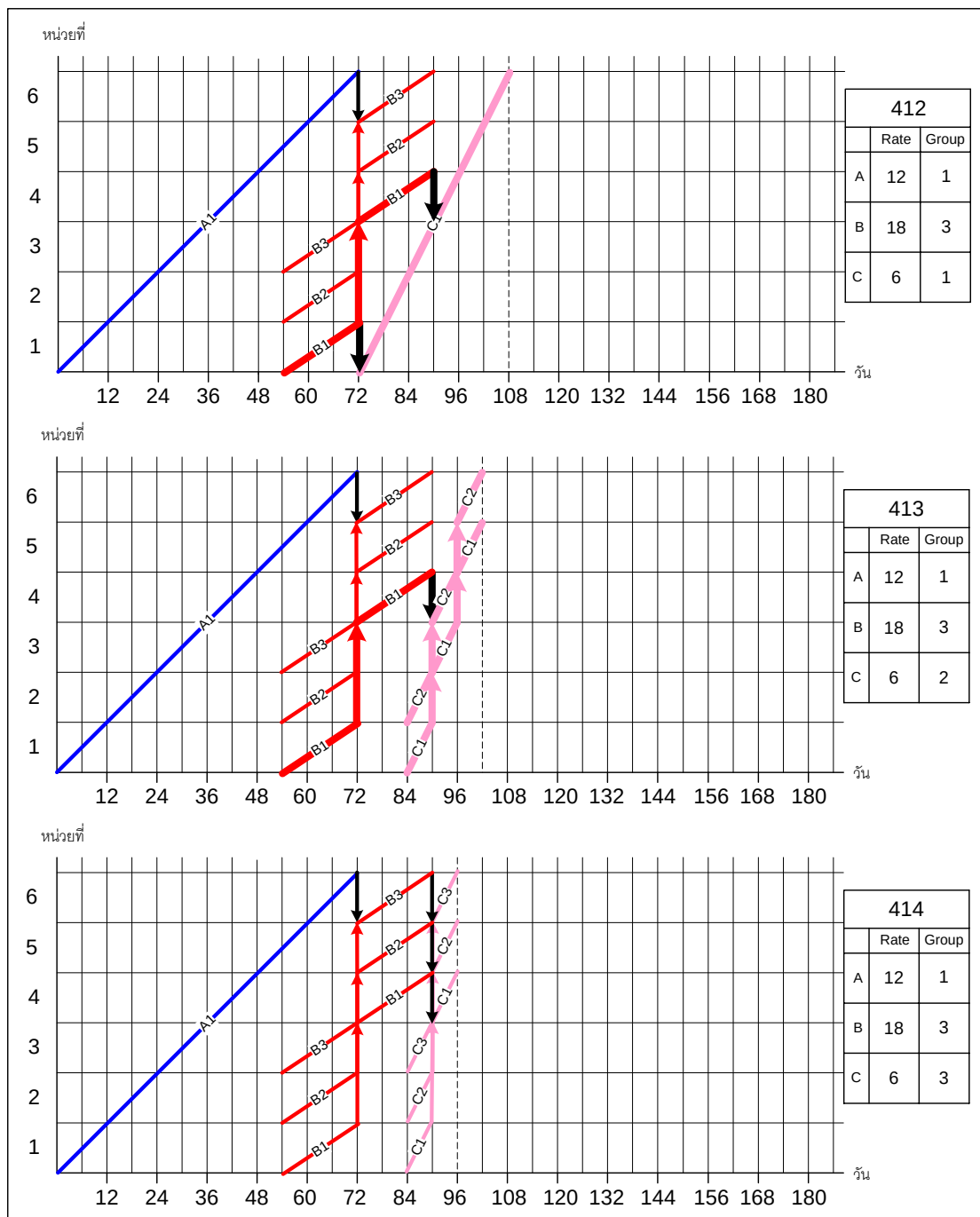
ภาพผนวกที่ 134 ผลการทดลองลำดับที่ 400-402



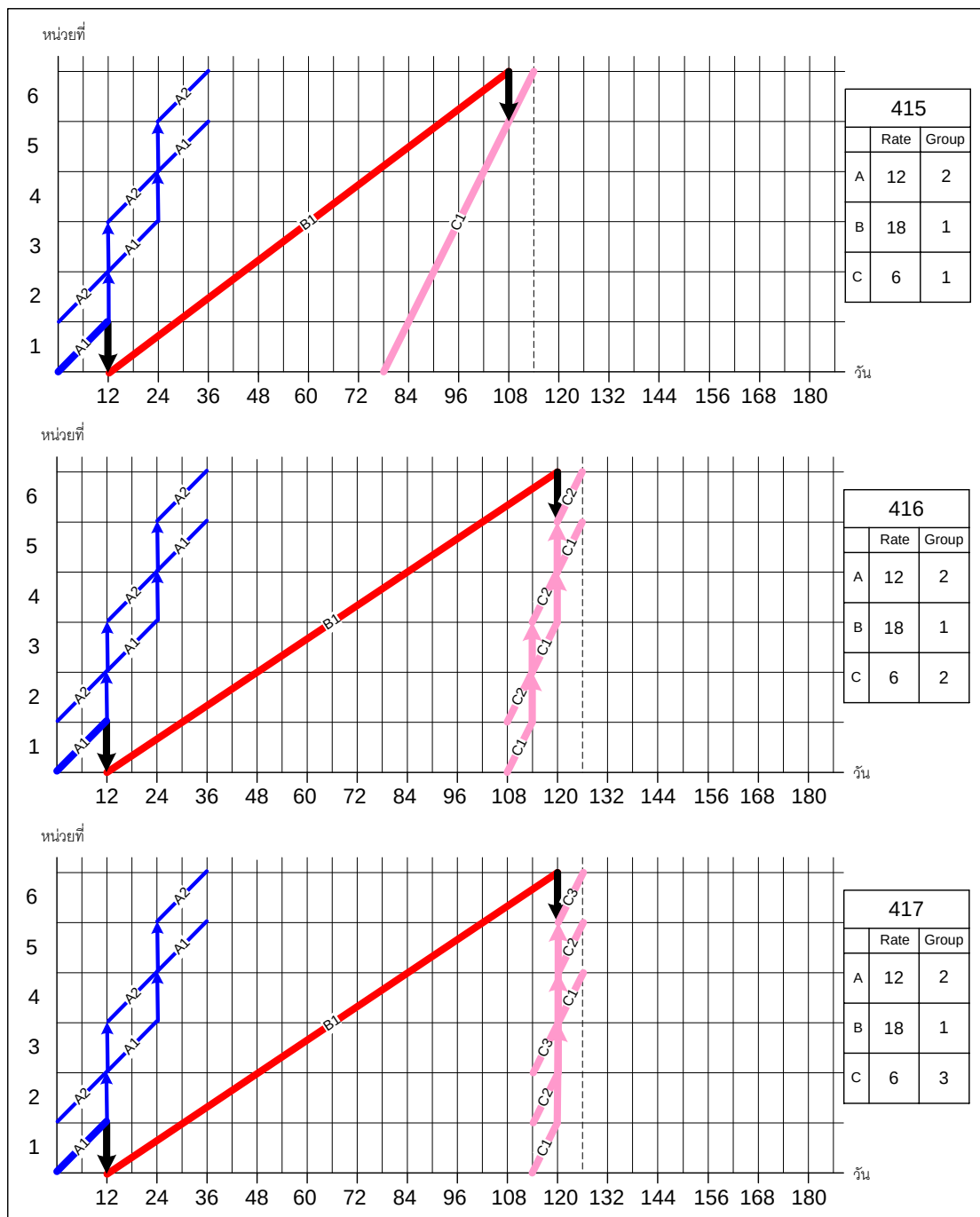
ภาพผนวกที่ 135 ผลการทดลองลำดับที่ 403-405



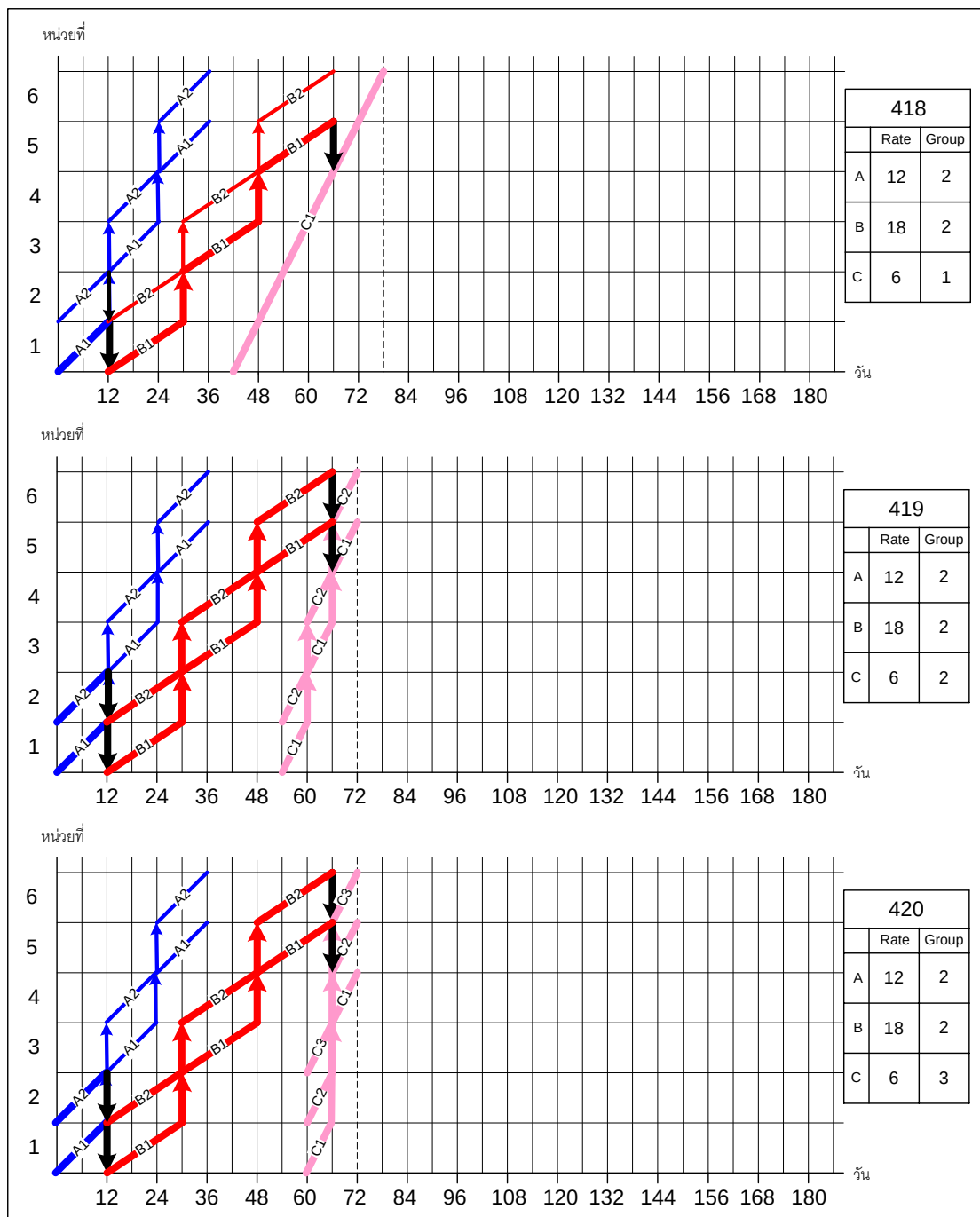
ภาพผนวกที่ 137 ผลการทดลองลำดับที่ 409-411



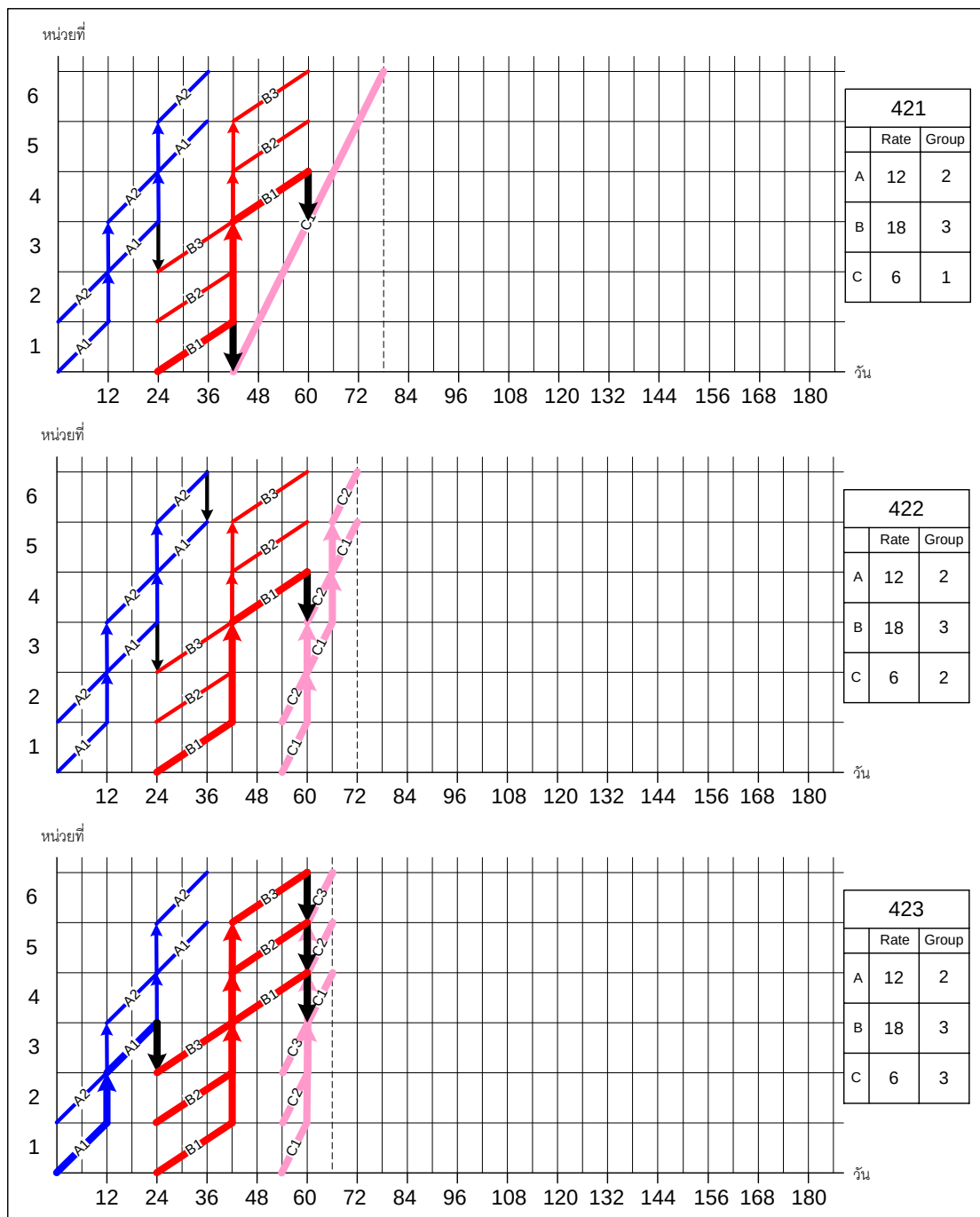
ภาพผนวกที่ 138 ผลการทดลองลำดับที่ 412-414



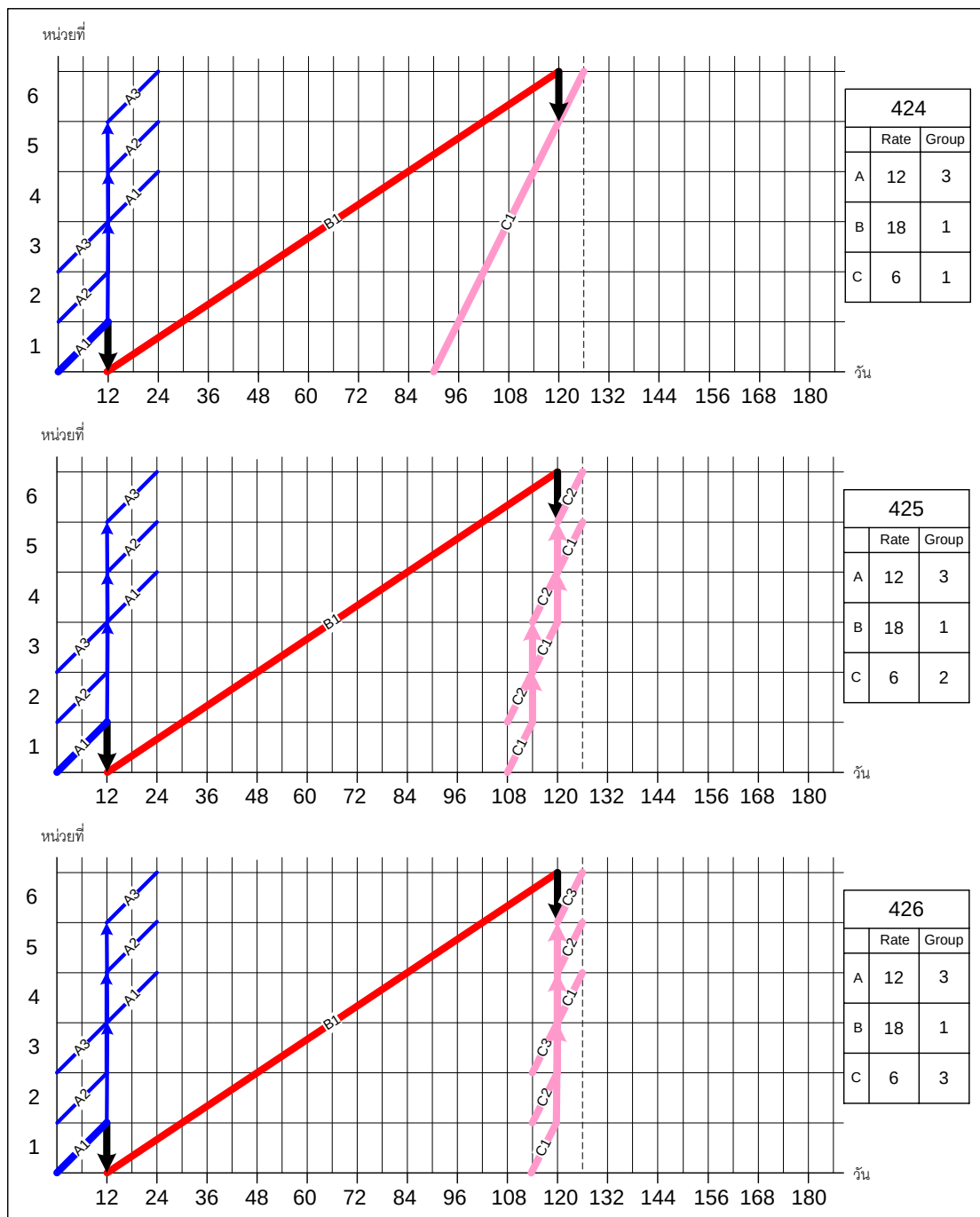
ภาพผนวกที่ 139 ผลการทดลองลำดับที่ 415-417



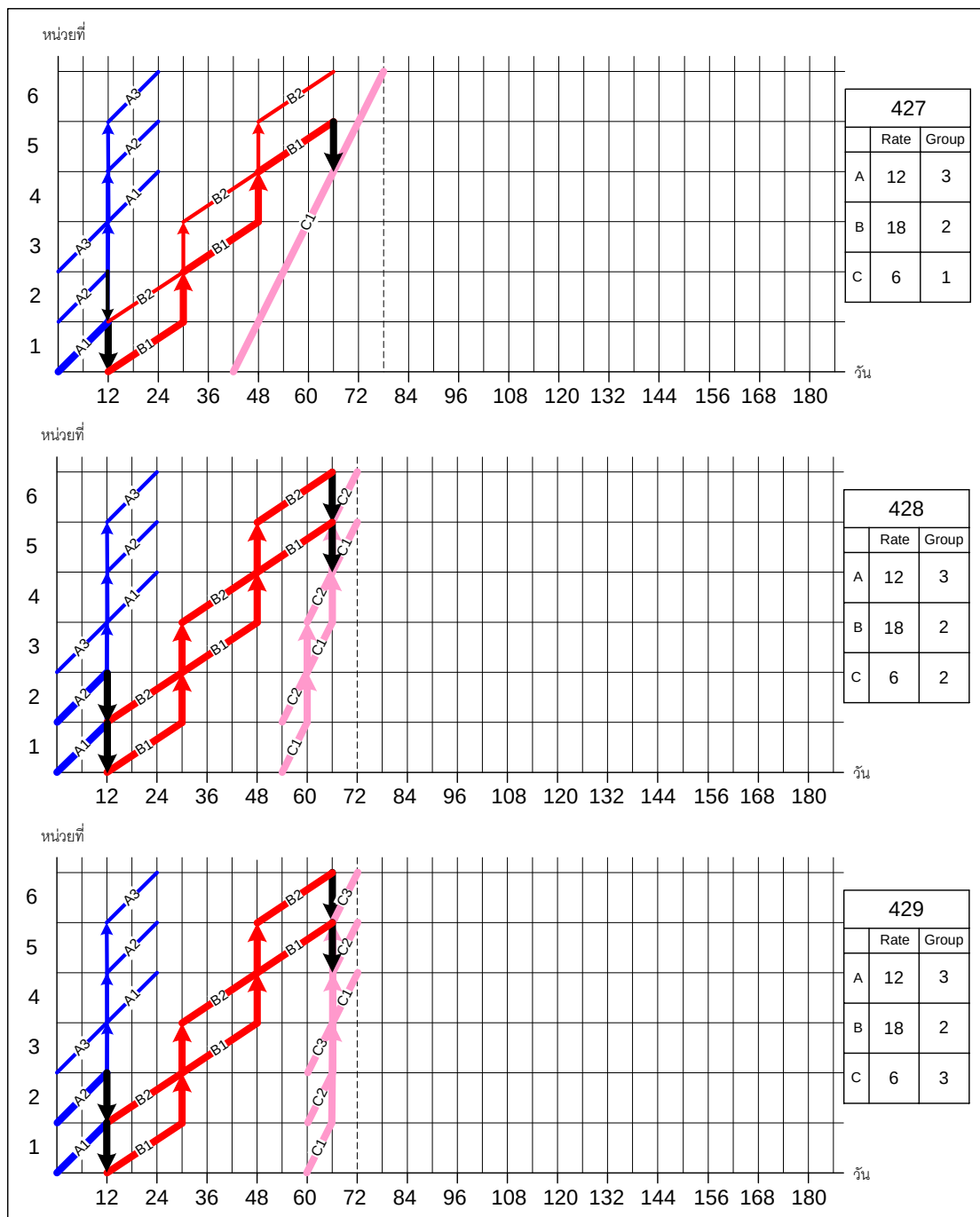
ภาพผนวกที่ 140 ผลการทดลองลำดับที่ 418-420



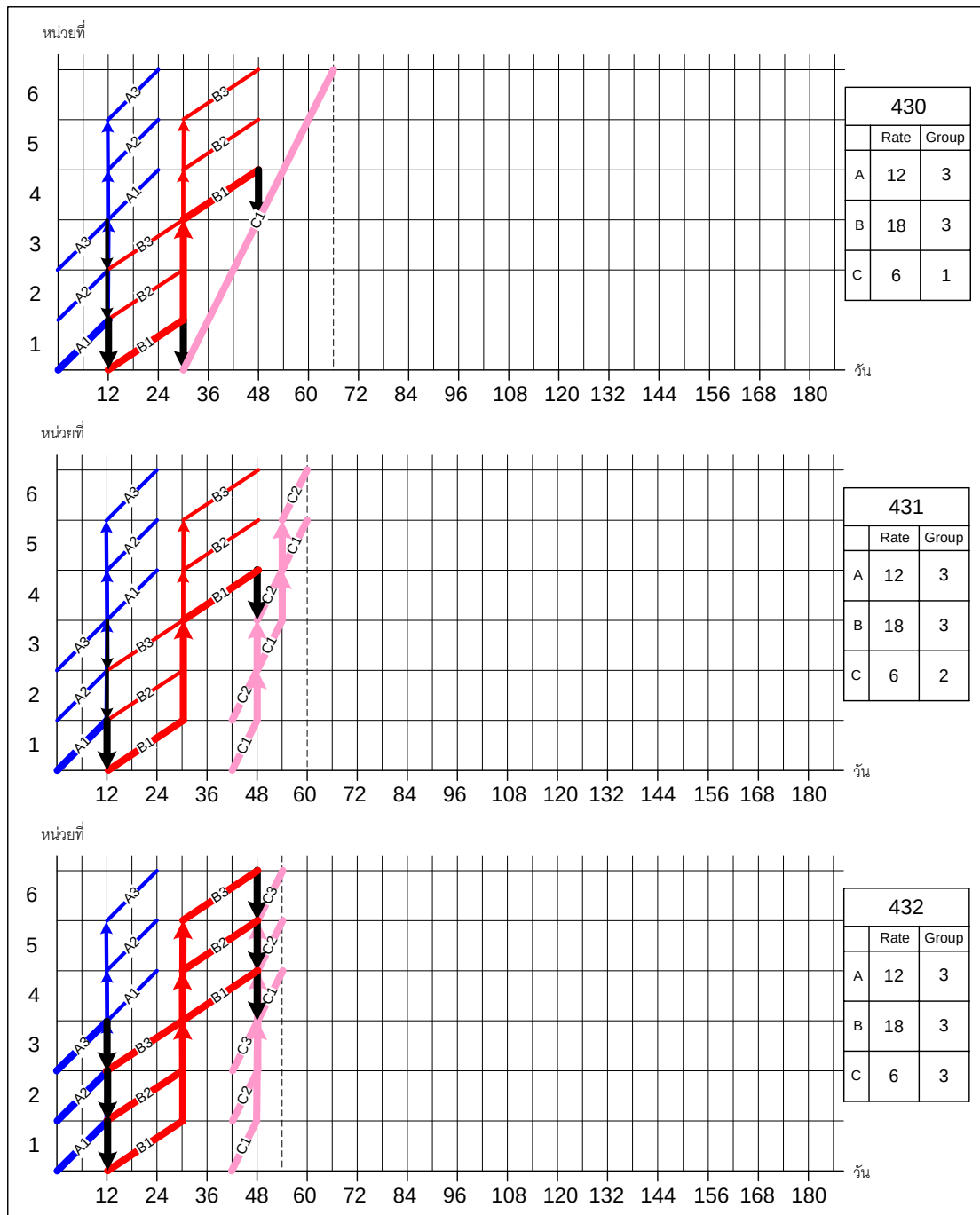
ภาพผนวกที่ 141 ผลการทดลองลำดับที่ 421-423



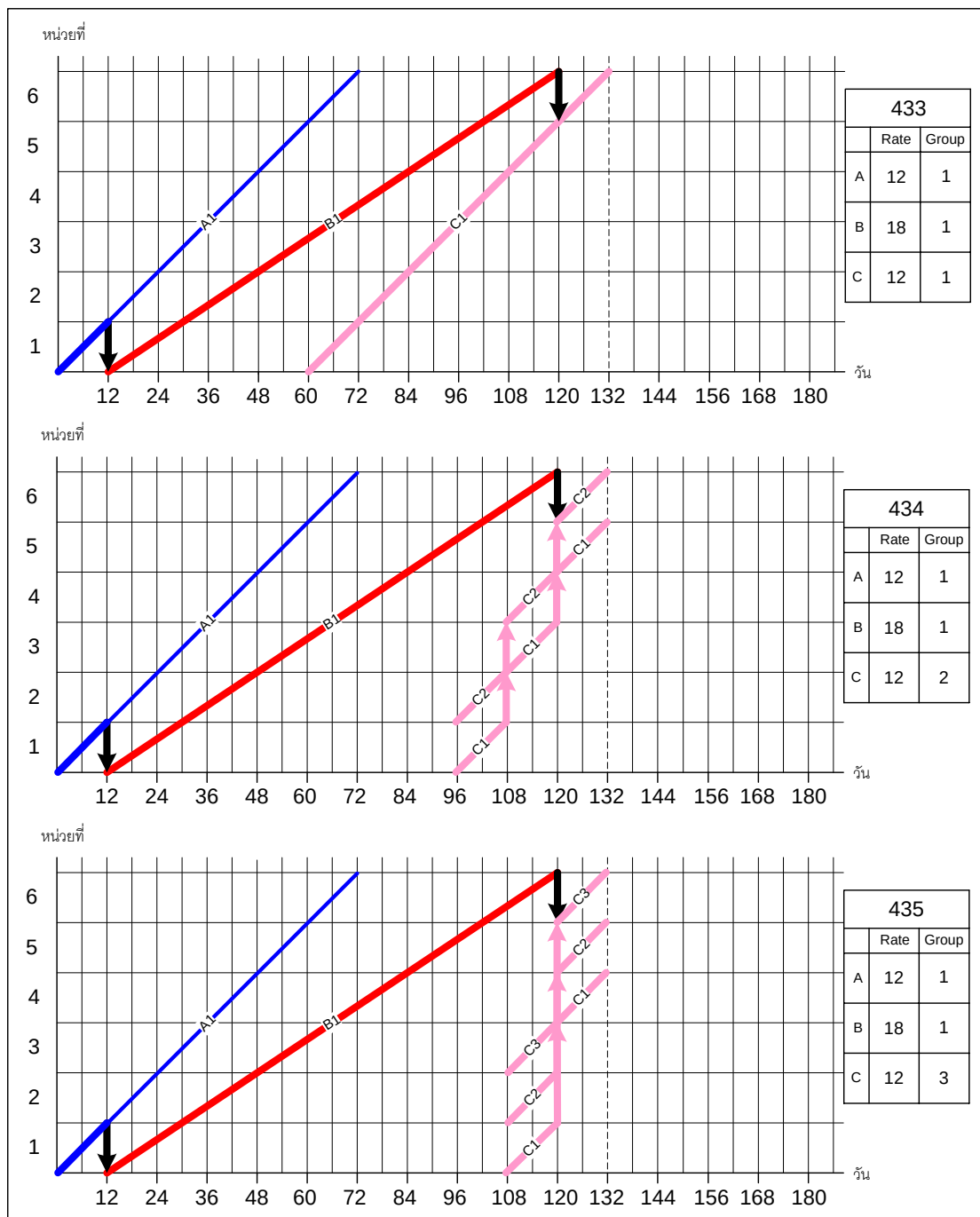
ภาพผนวกที่ 142 ผลการทดลองลำดับที่ 424-426



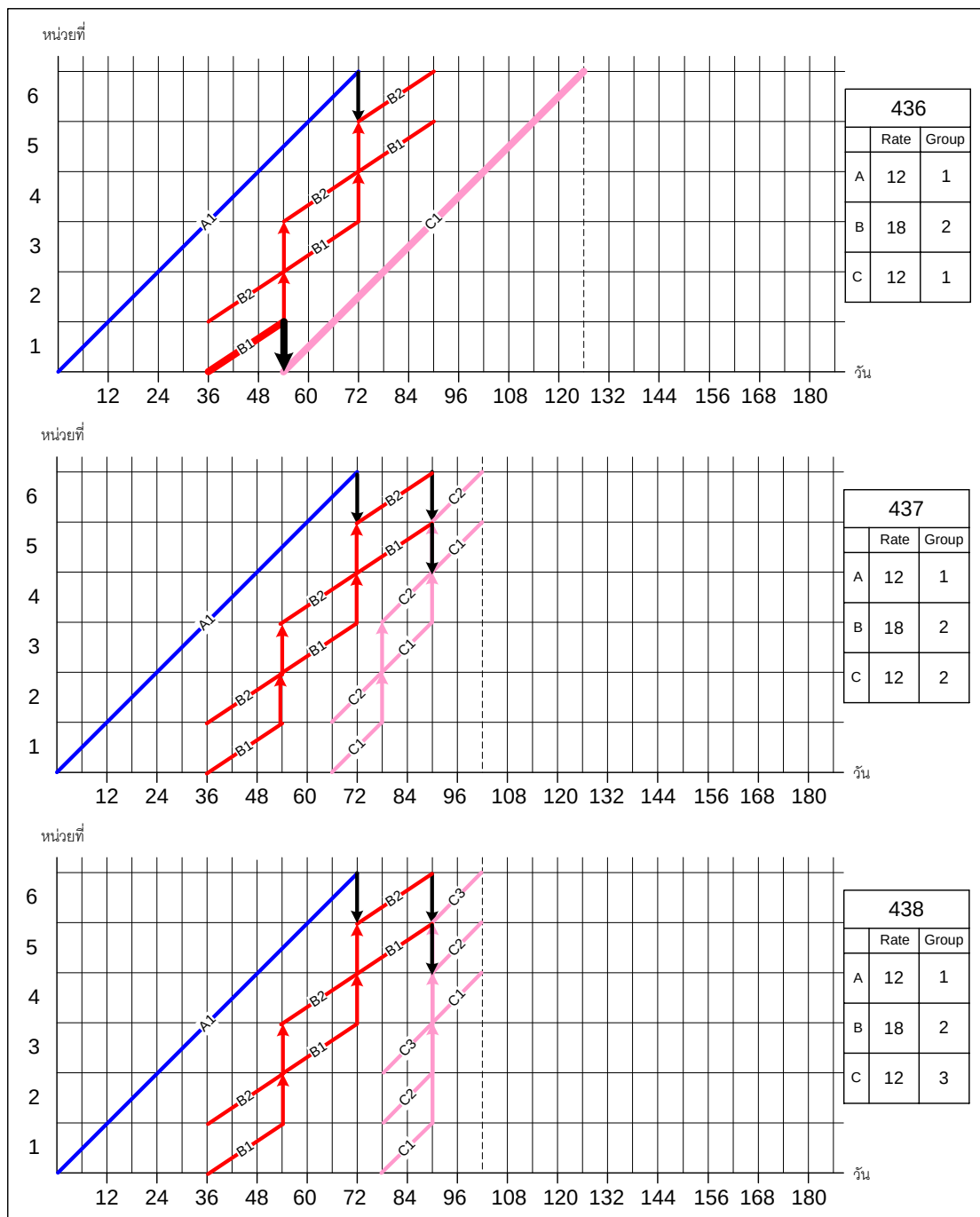
ภาพผนวกที่ 143 ผลการทดลองลำดับที่ 427-429



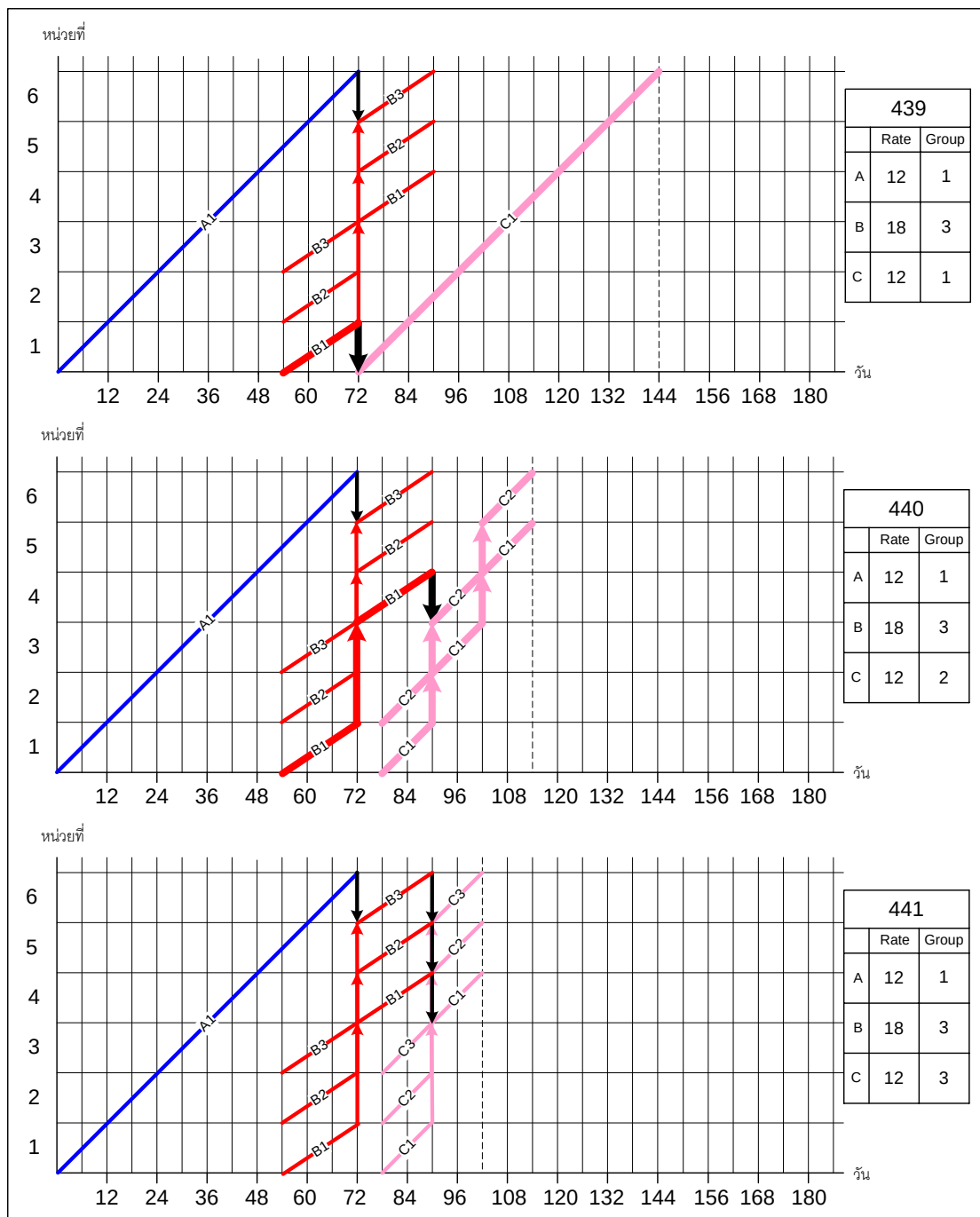
ภาพผนวกที่ 144 ผลการทดลองลำดับที่ 430-432



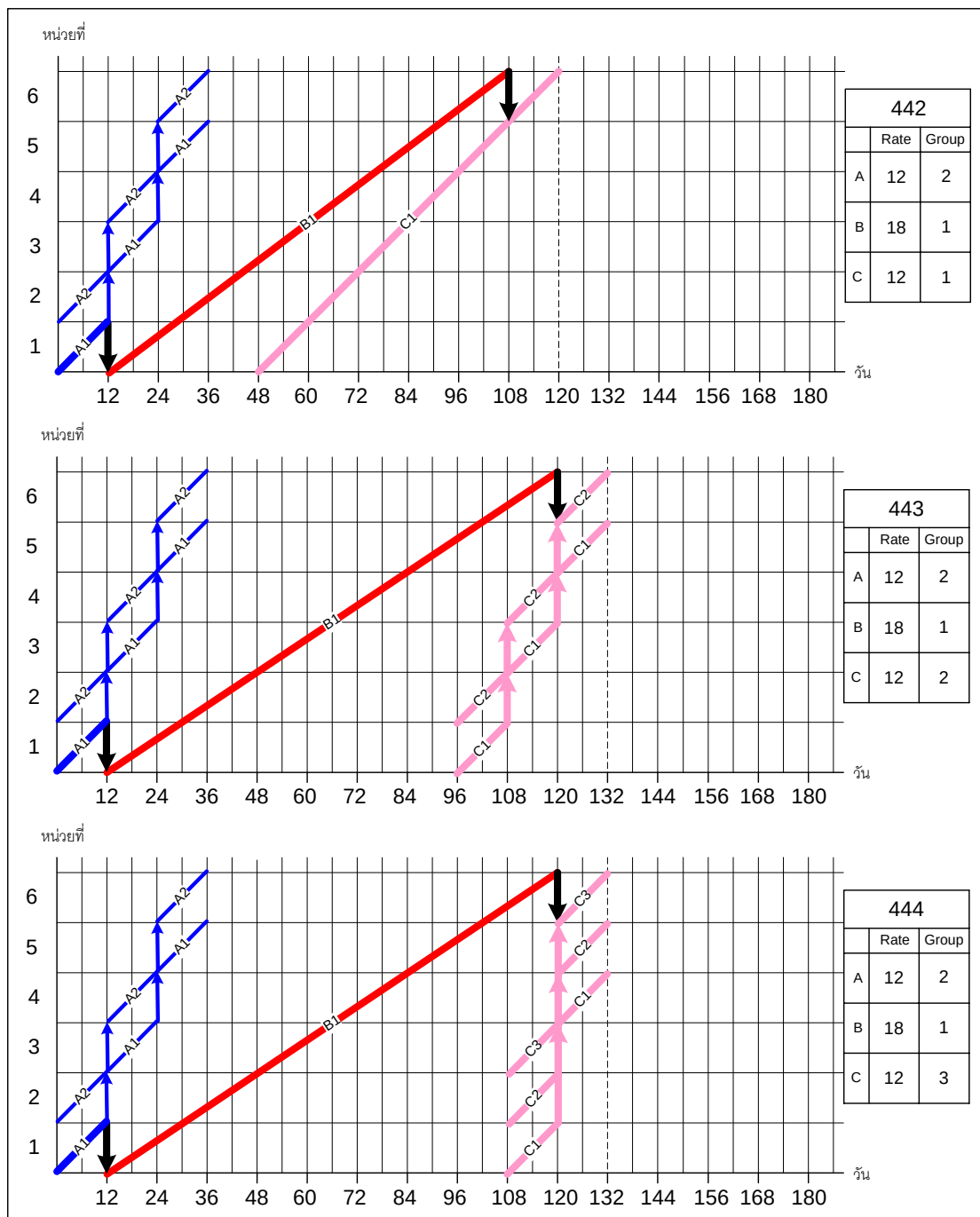
ภาพผนวกที่ 145 ผลการทดลองลำดับที่ 433-435



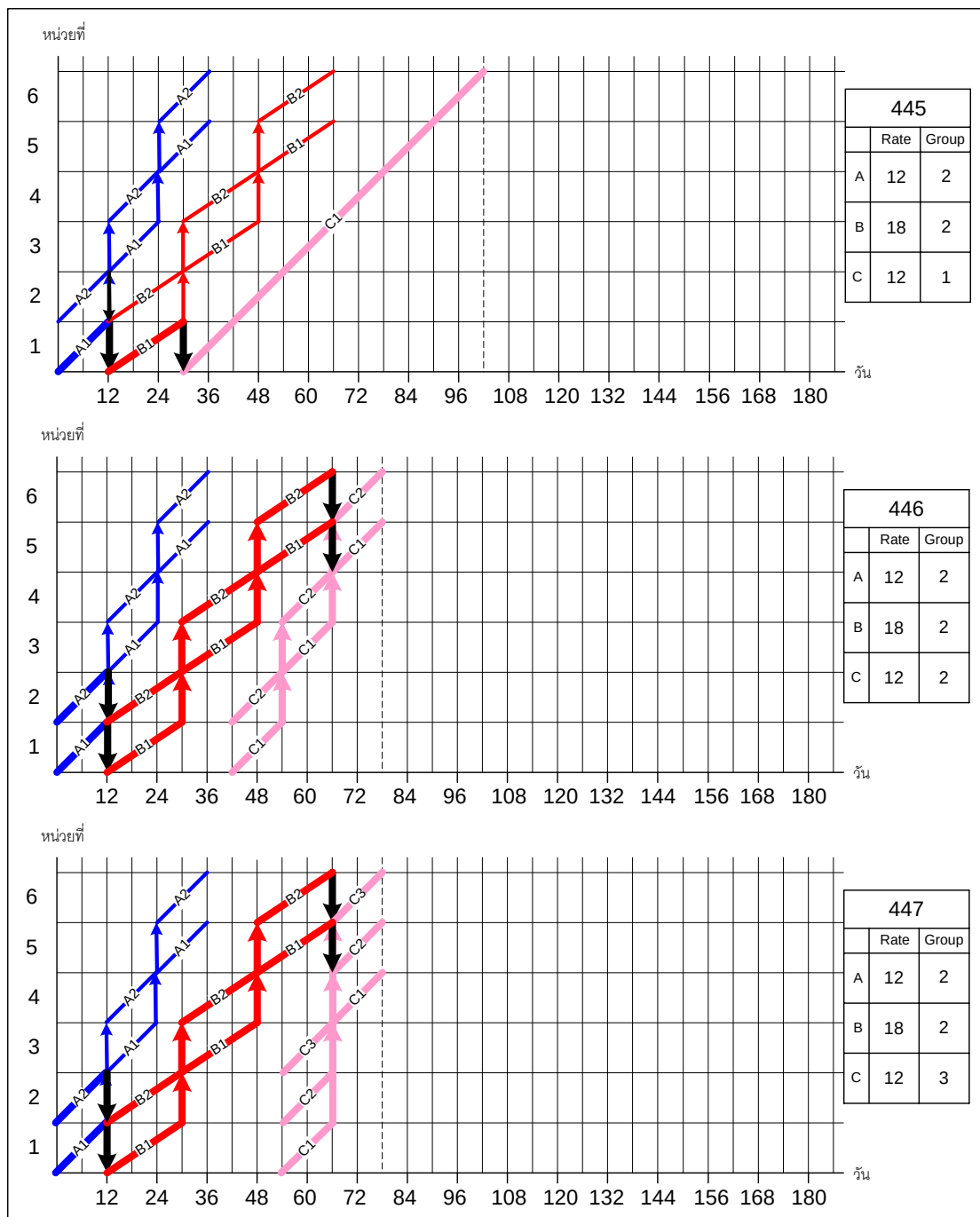
ภาพผนวกที่ 146 ผลการทดลองลำดับที่ 436-438



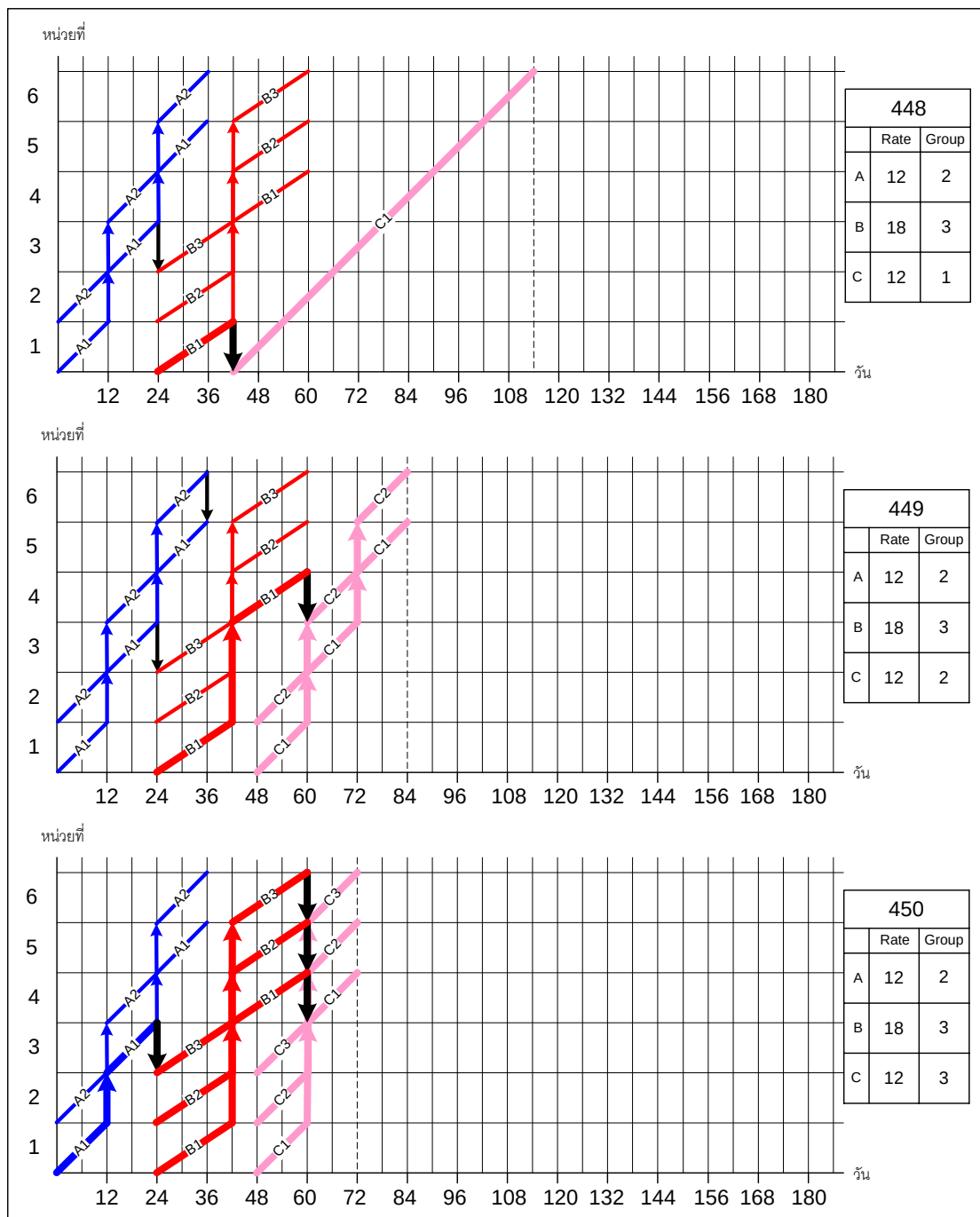
ภาพผนวกที่ 147 ผลการทดลองลำดับที่ 439-441



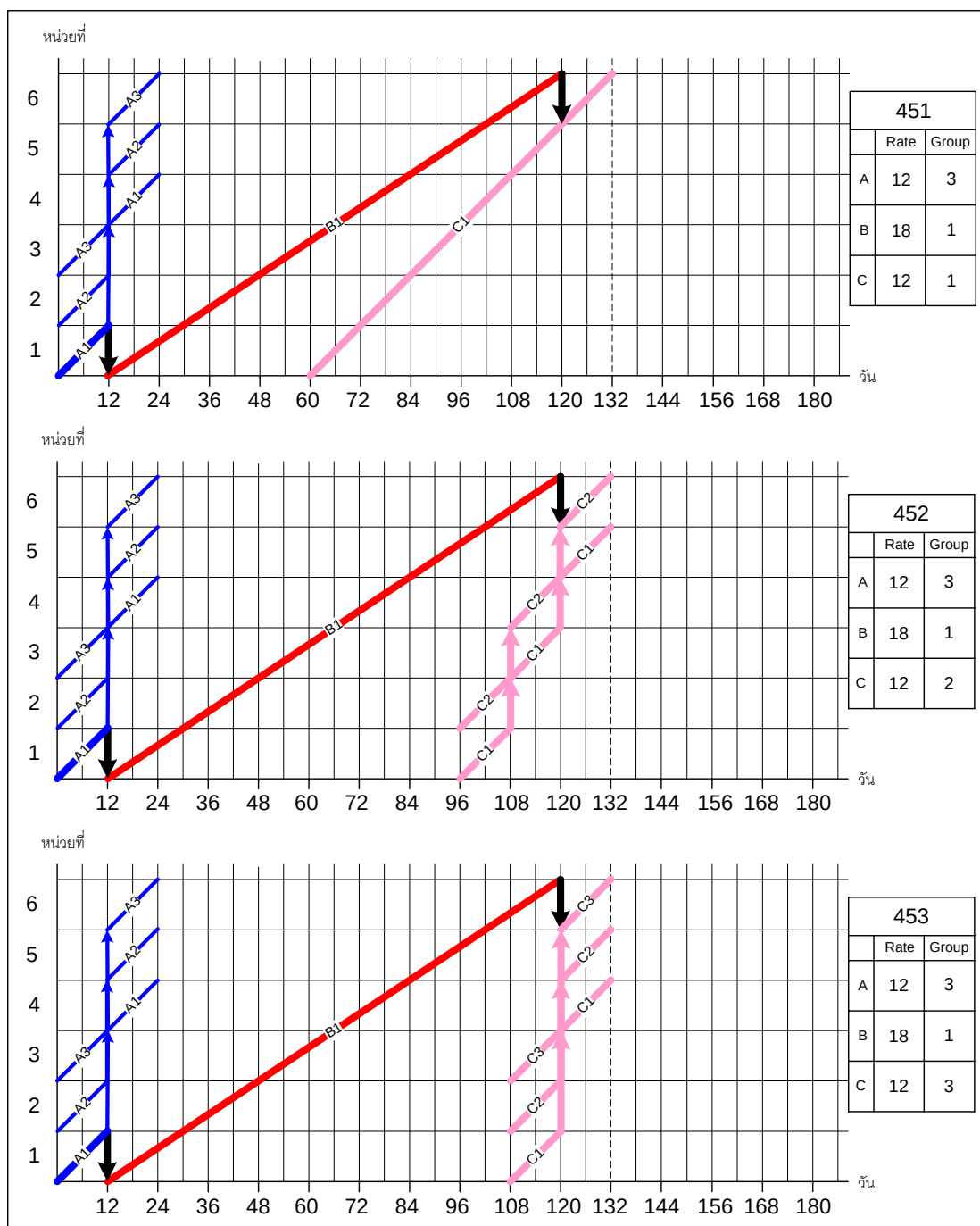
ภาพผนวกที่ 148 ผลการทดลองลำดับที่ 442-444



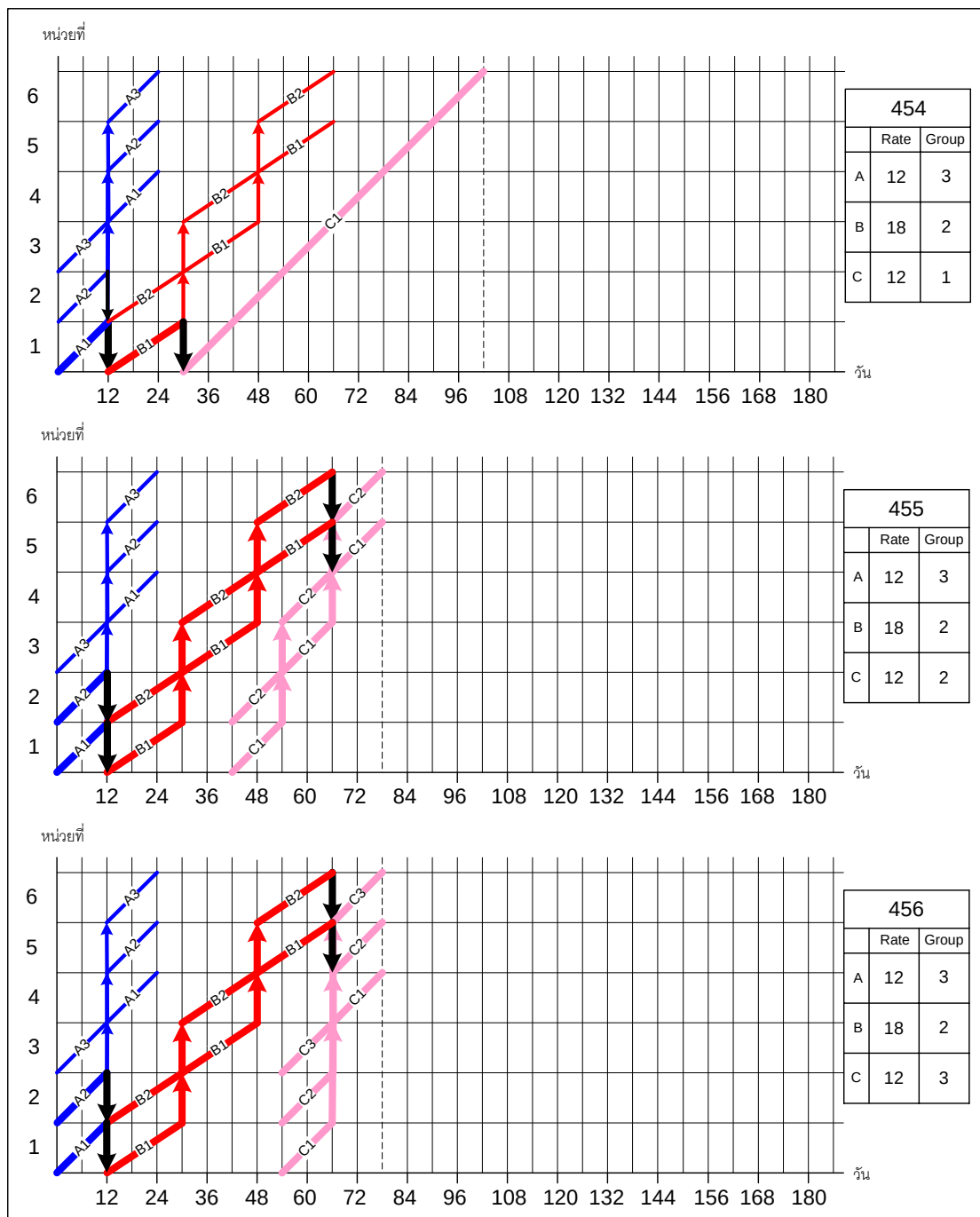
ภาพผนวกที่ 149 ผลการทดลองลำดับที่ 445-447



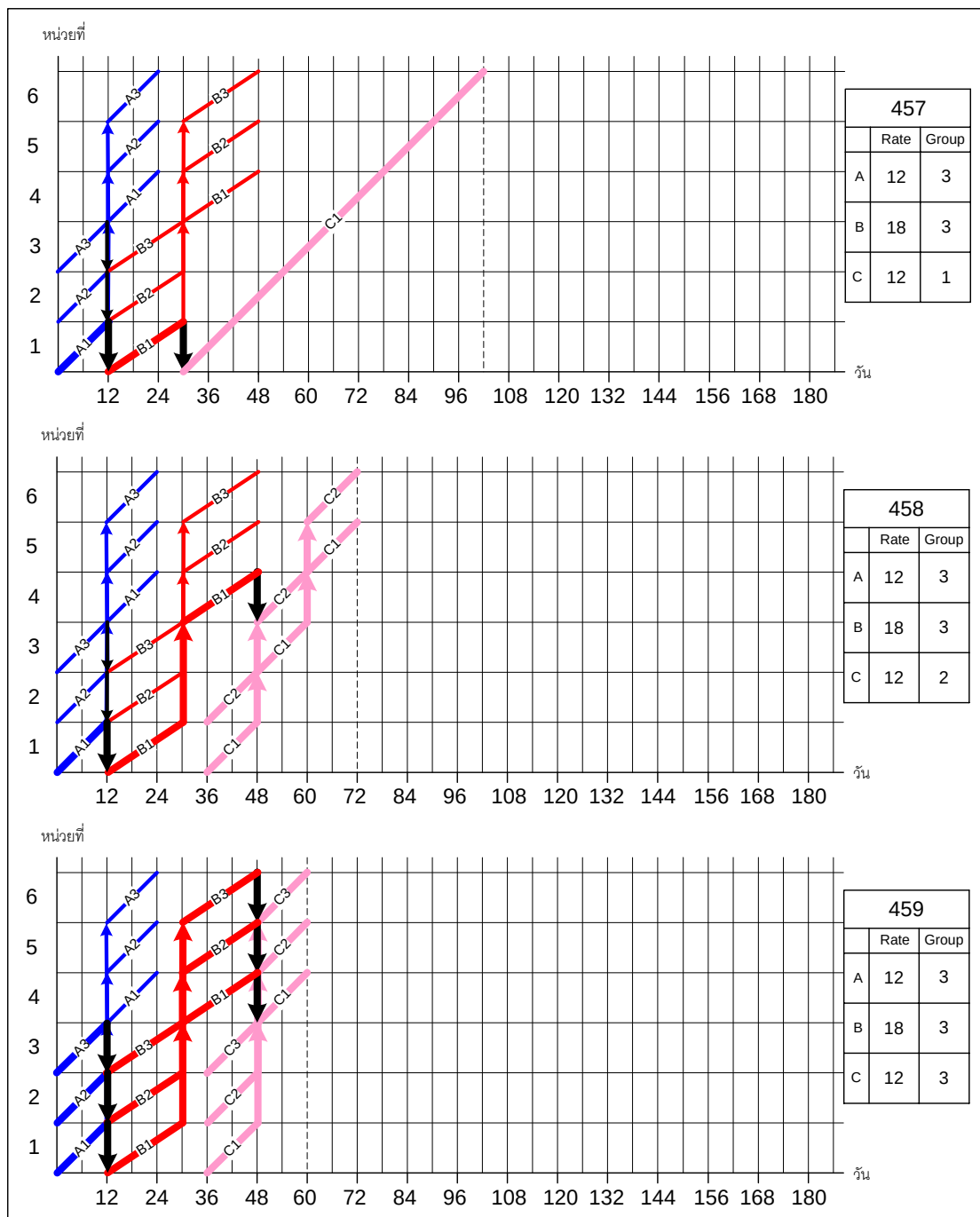
ภาพผนวกที่ 150 ผลการทดลองลำดับที่ 448-450



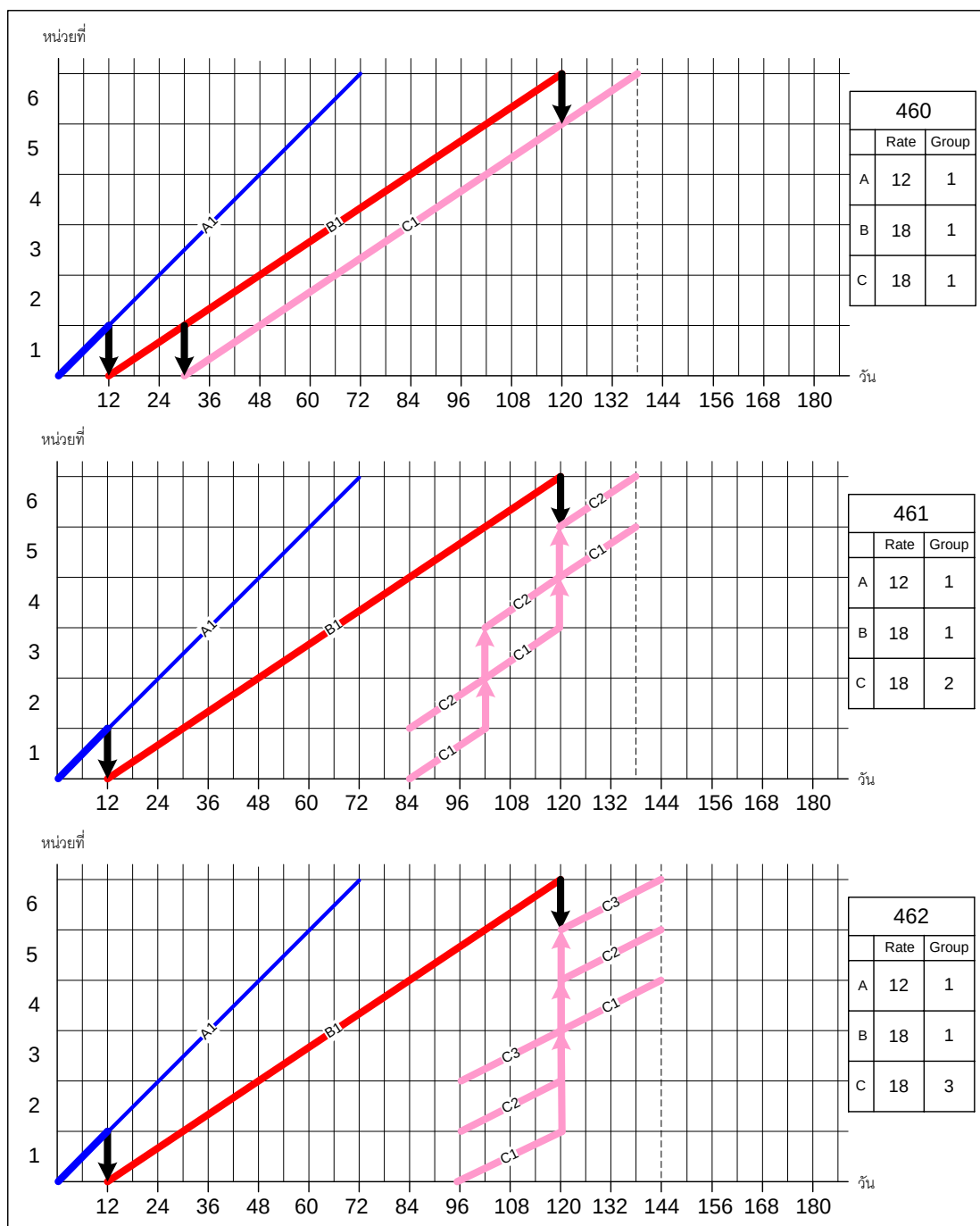
ภาพผนวกที่ 151 ผลการทดลองลำดับที่ 451-453



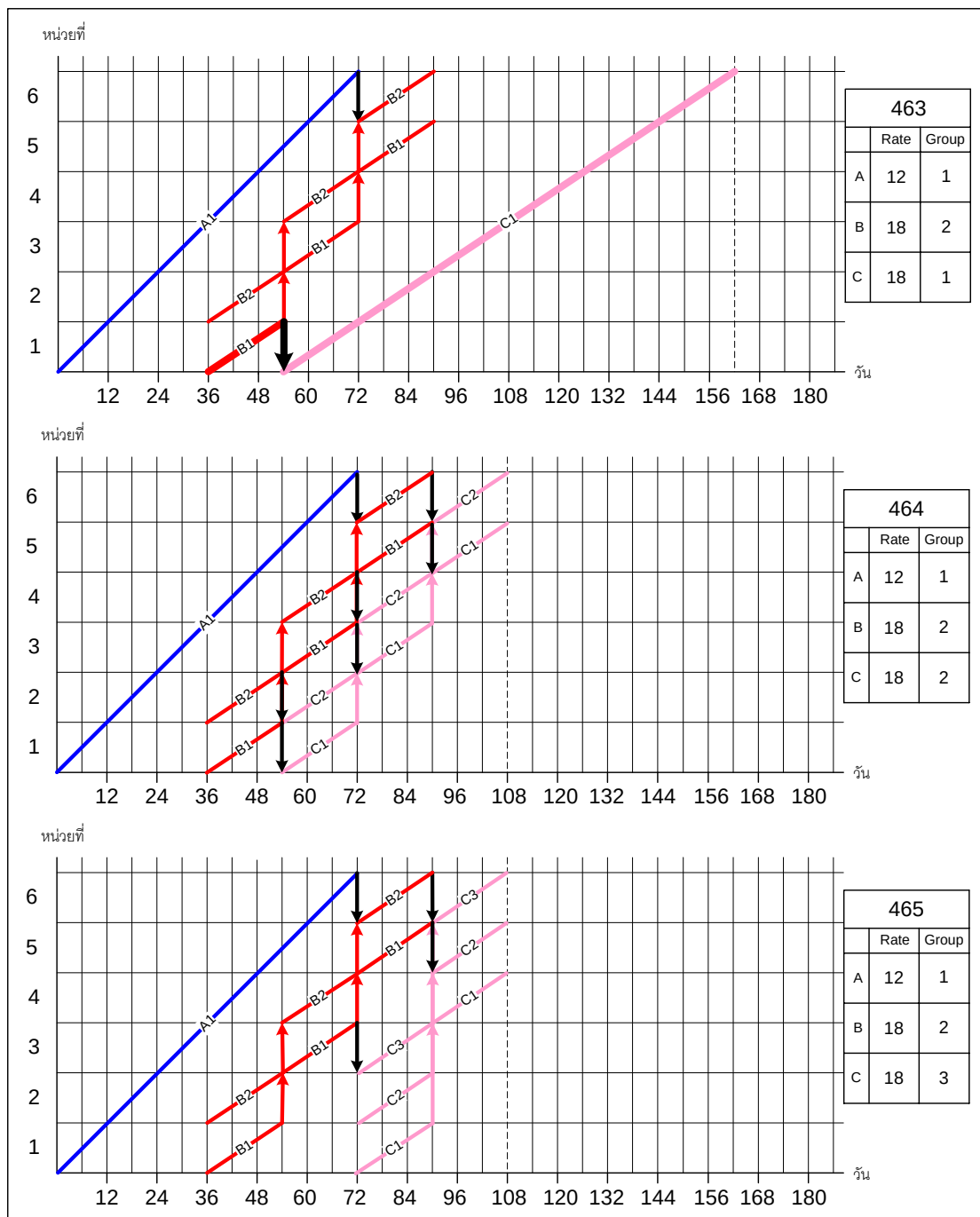
ภาพผนวกที่ 152 ผลการทดลองลำดับที่ 454-456



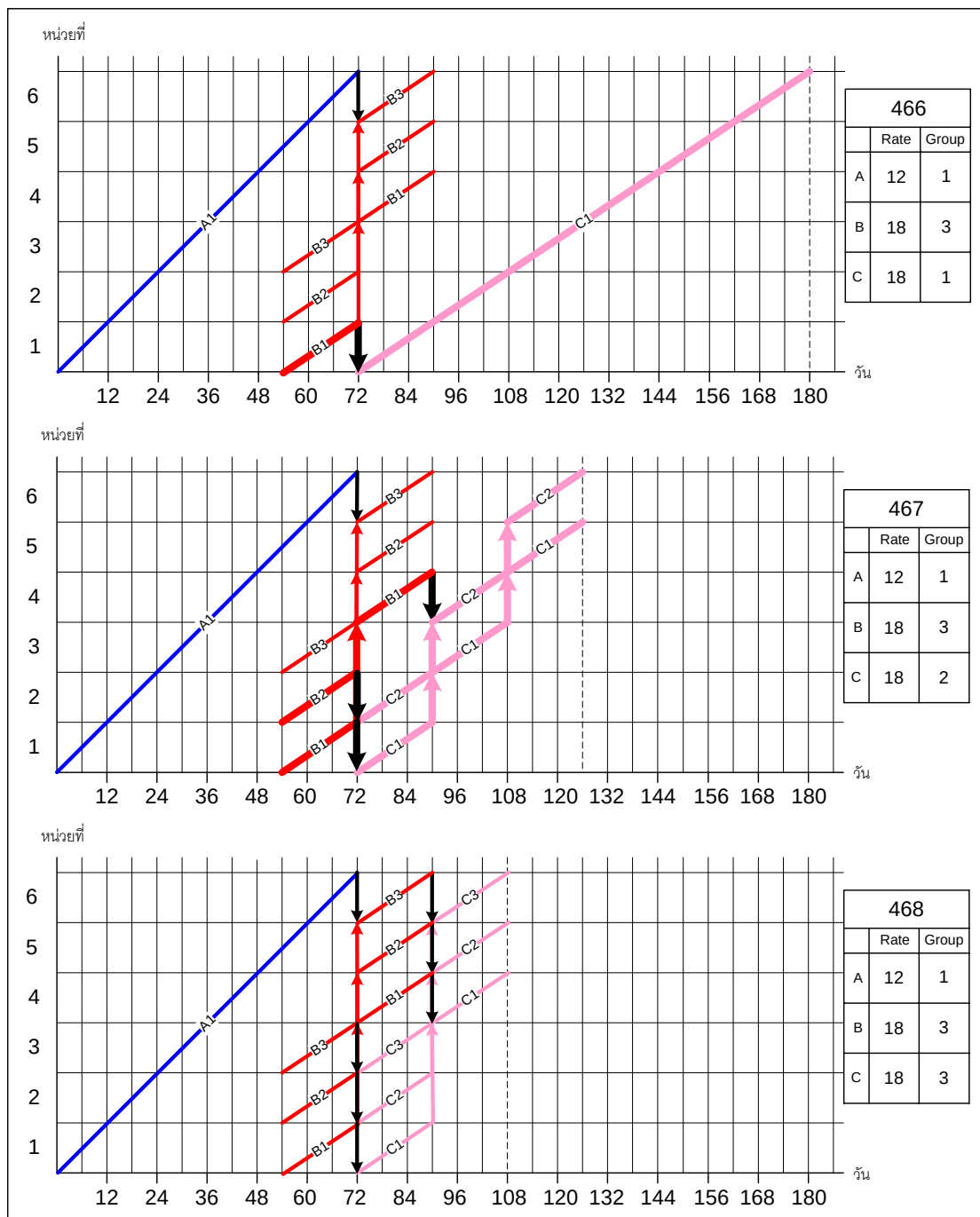
ภาพผนวกที่ 153 ผลการทดลองลำดับที่ 457-459



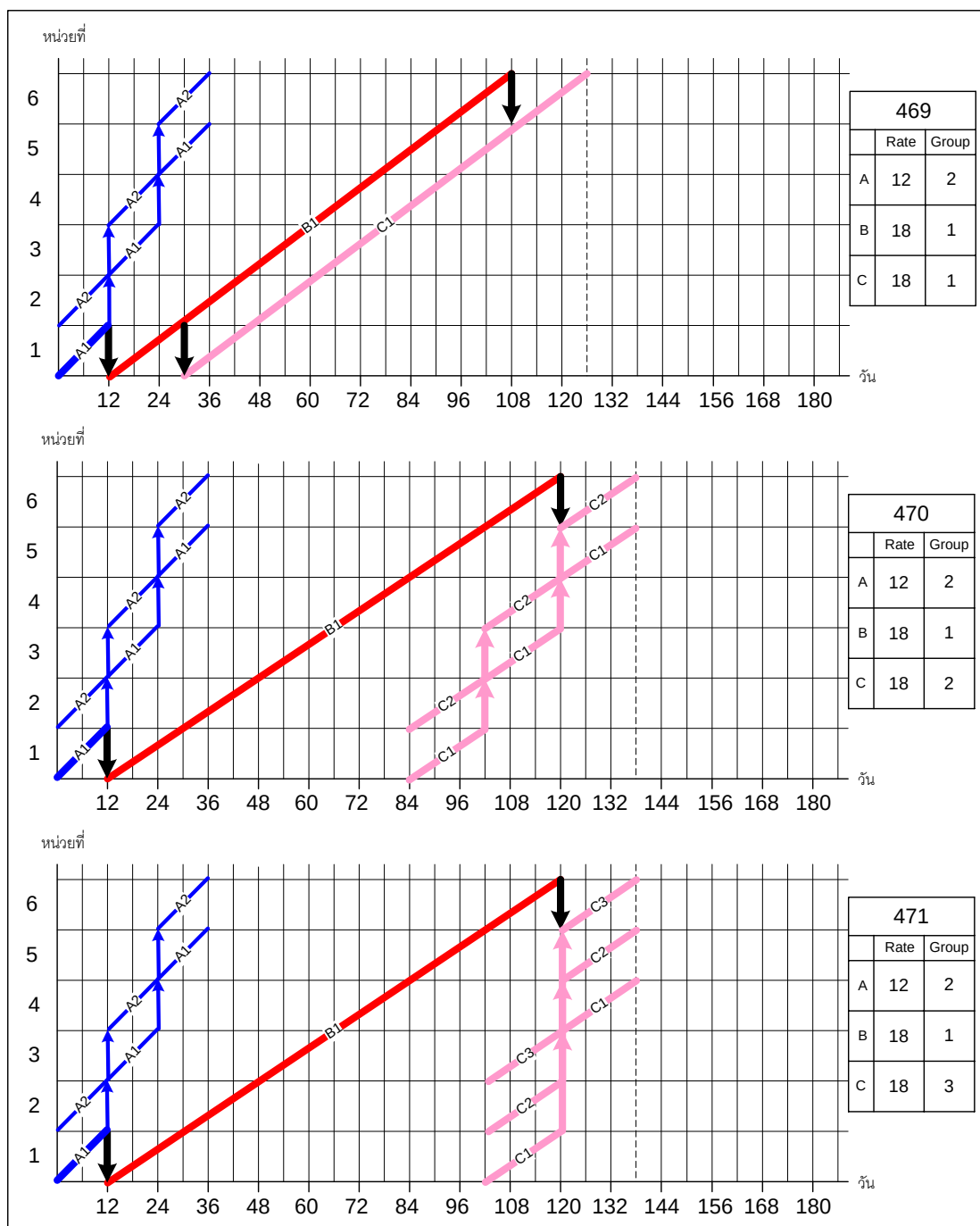
ภาพผนวกที่ 154 ผลการทดลองลำดับที่ 460-462



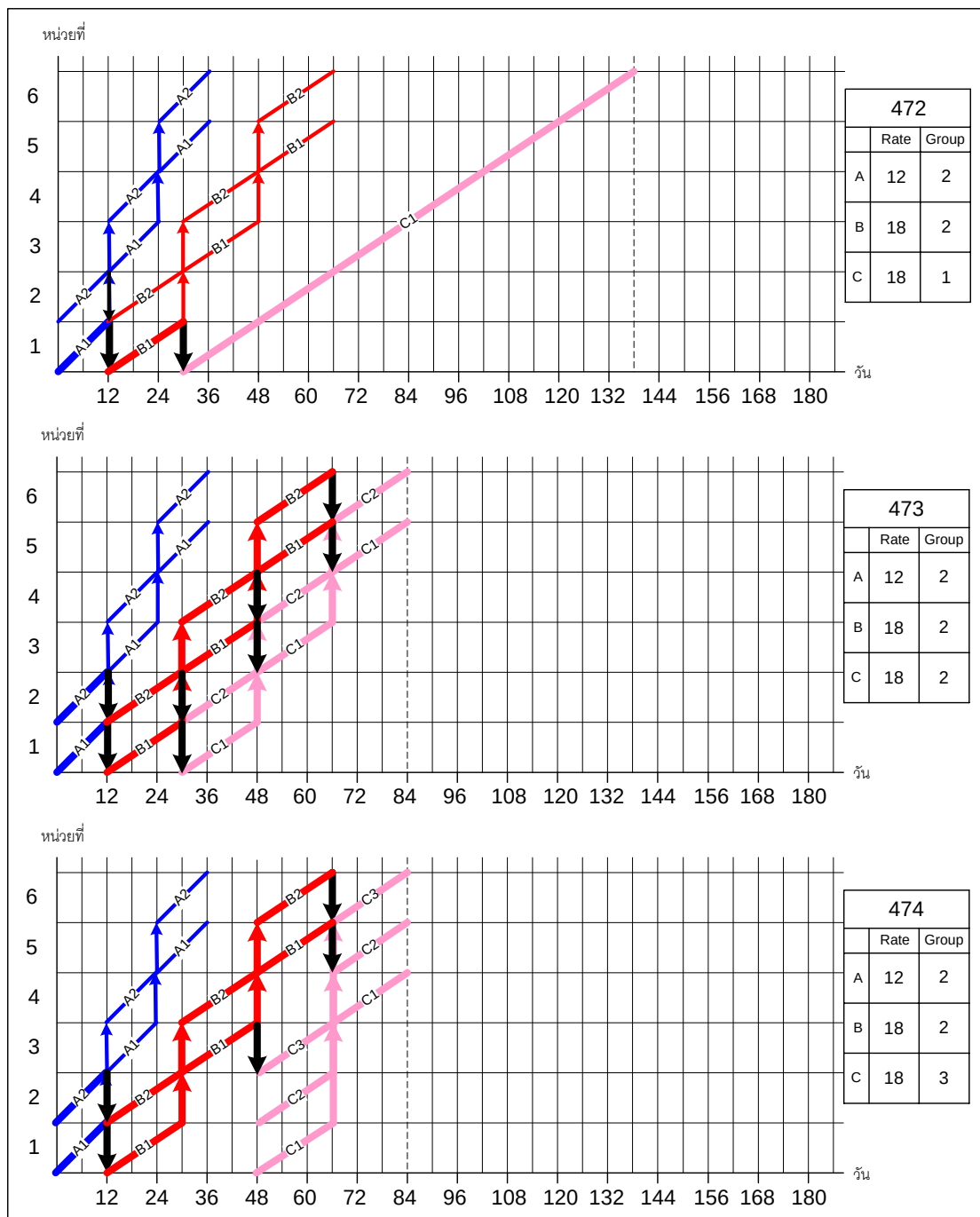
ภาพผนวกที่ 155 ผลการทดลองลำดับที่ 463-465



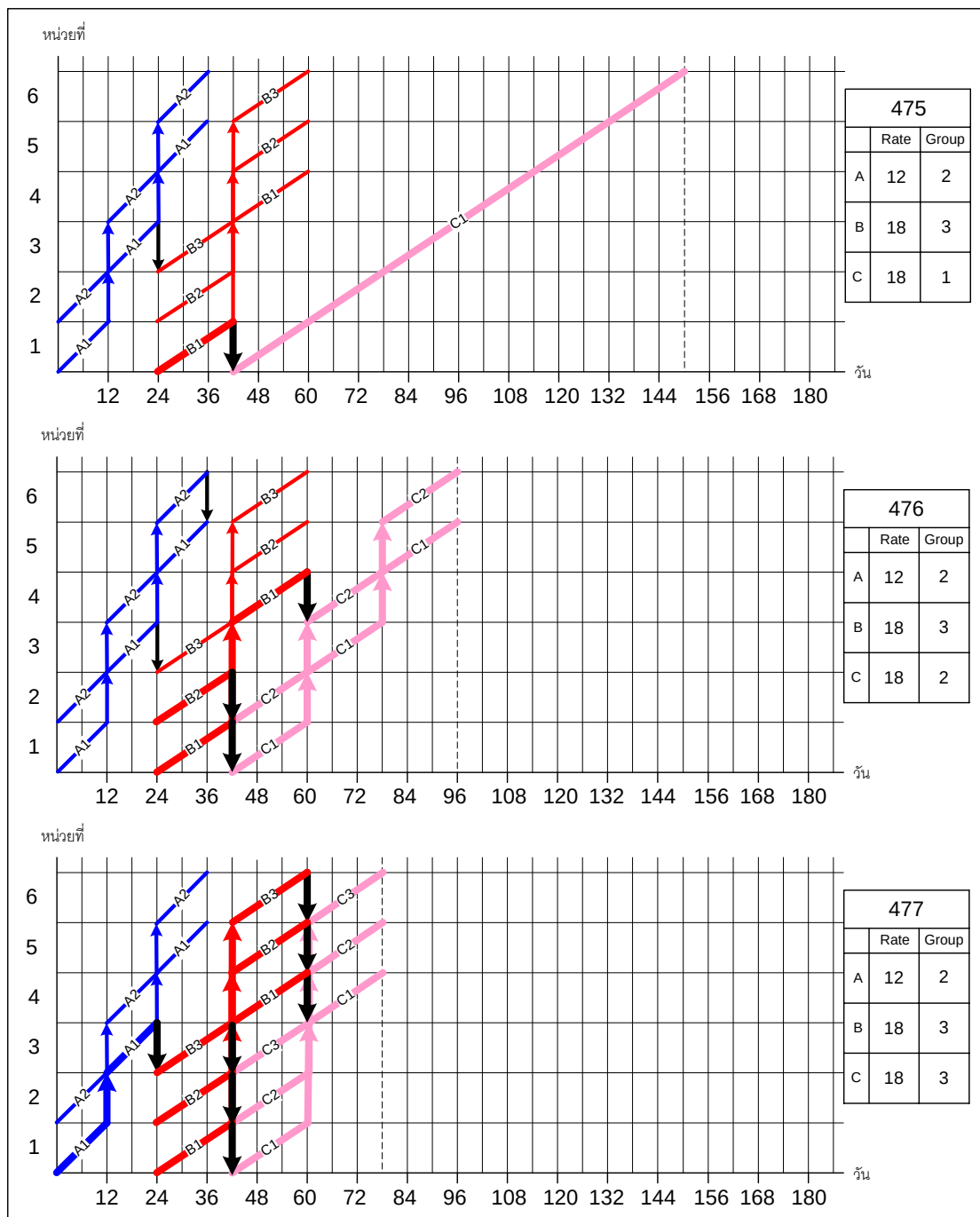
ภาพผนวกที่ 156 ผลการทดลองลำดับที่ 466-468



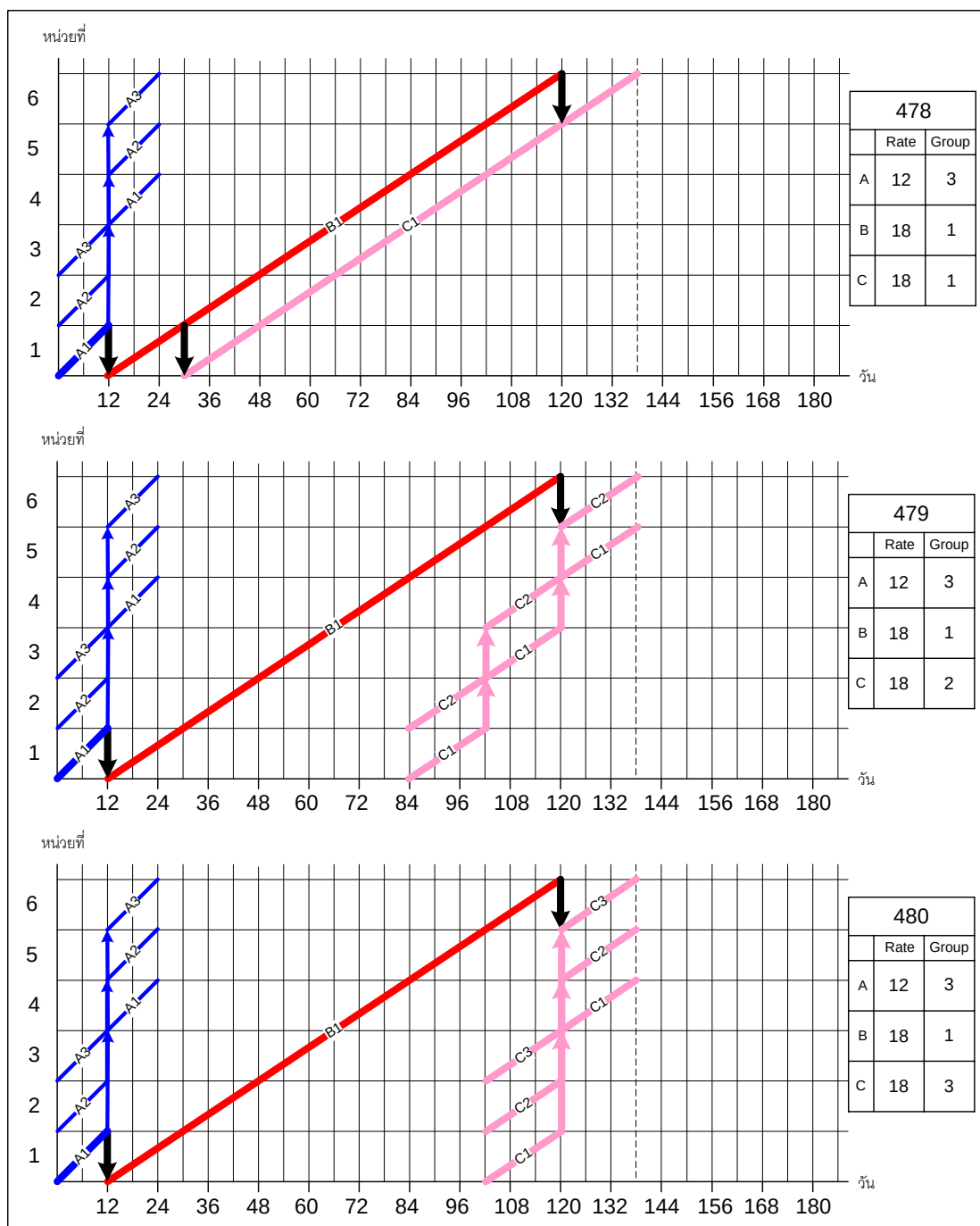
ภาพผนวกที่ 157 ผลการทดลองลำดับที่ 469-471



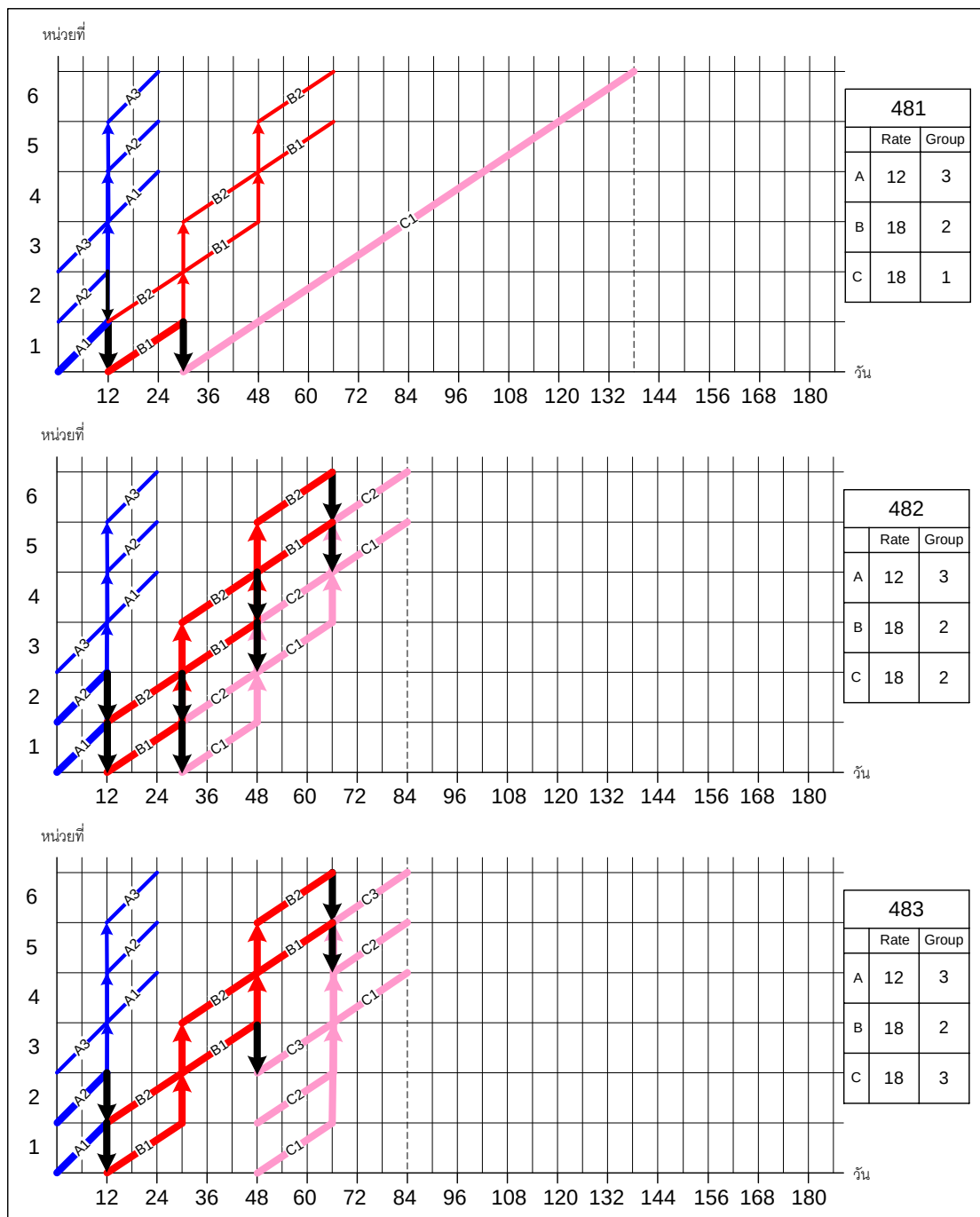
ภาพผนวกที่ 158 ผลการทดลองลำดับที่ 472-474



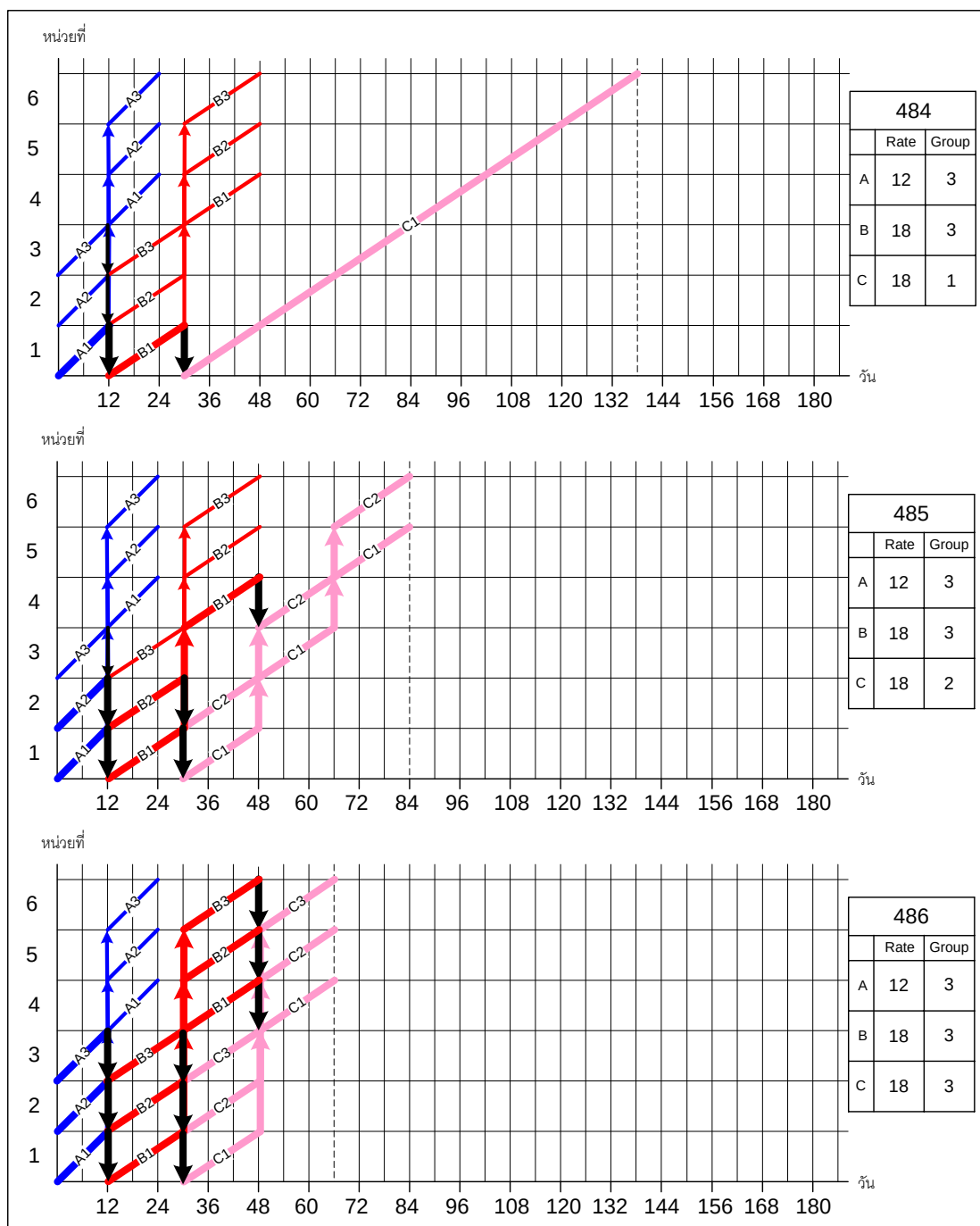
ภาพผนวกที่ 159 ผลการทดลองลำดับที่ 475-477



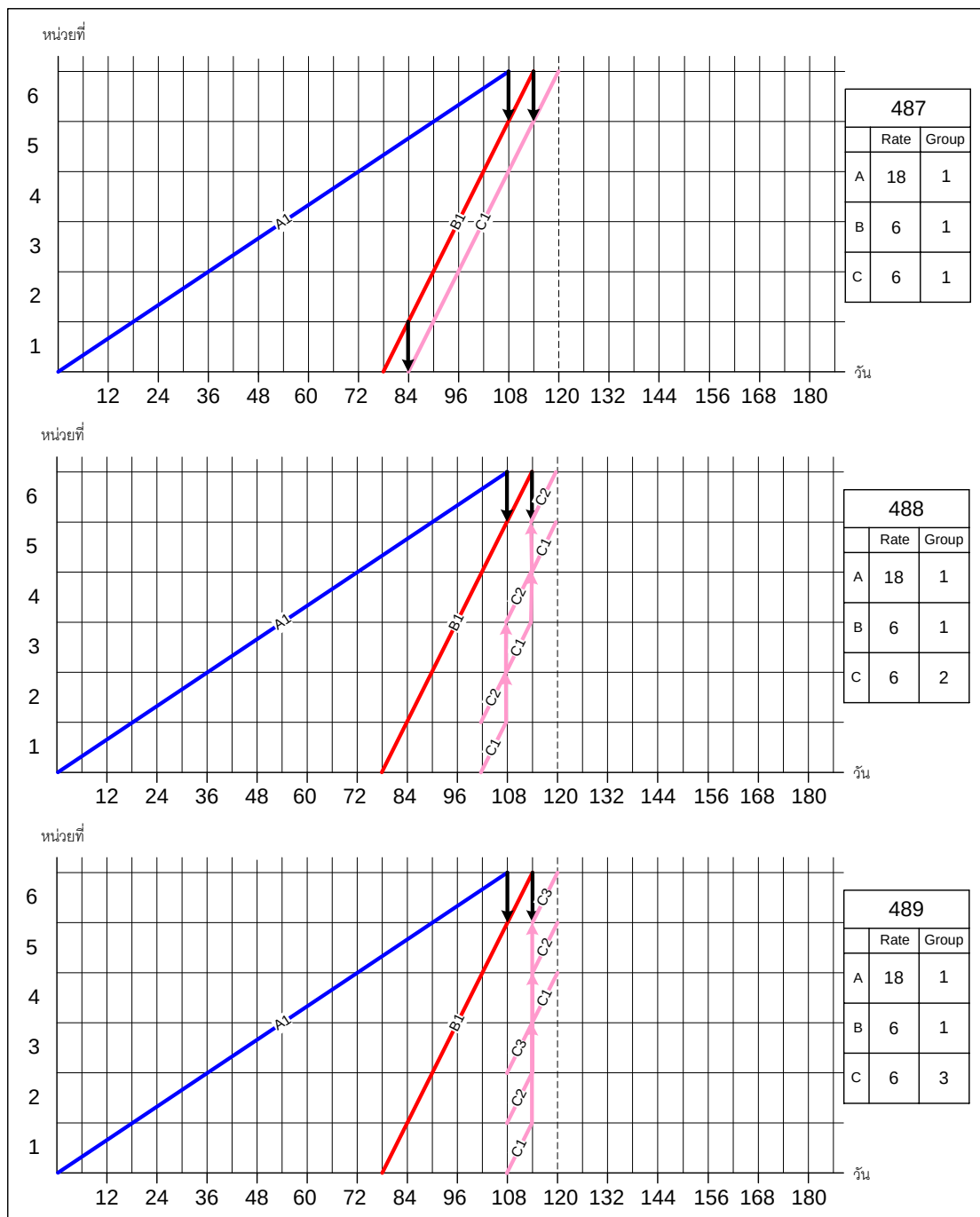
ภาพผนวกที่ 160 ผลการทดลองลำดับที่ 478-480



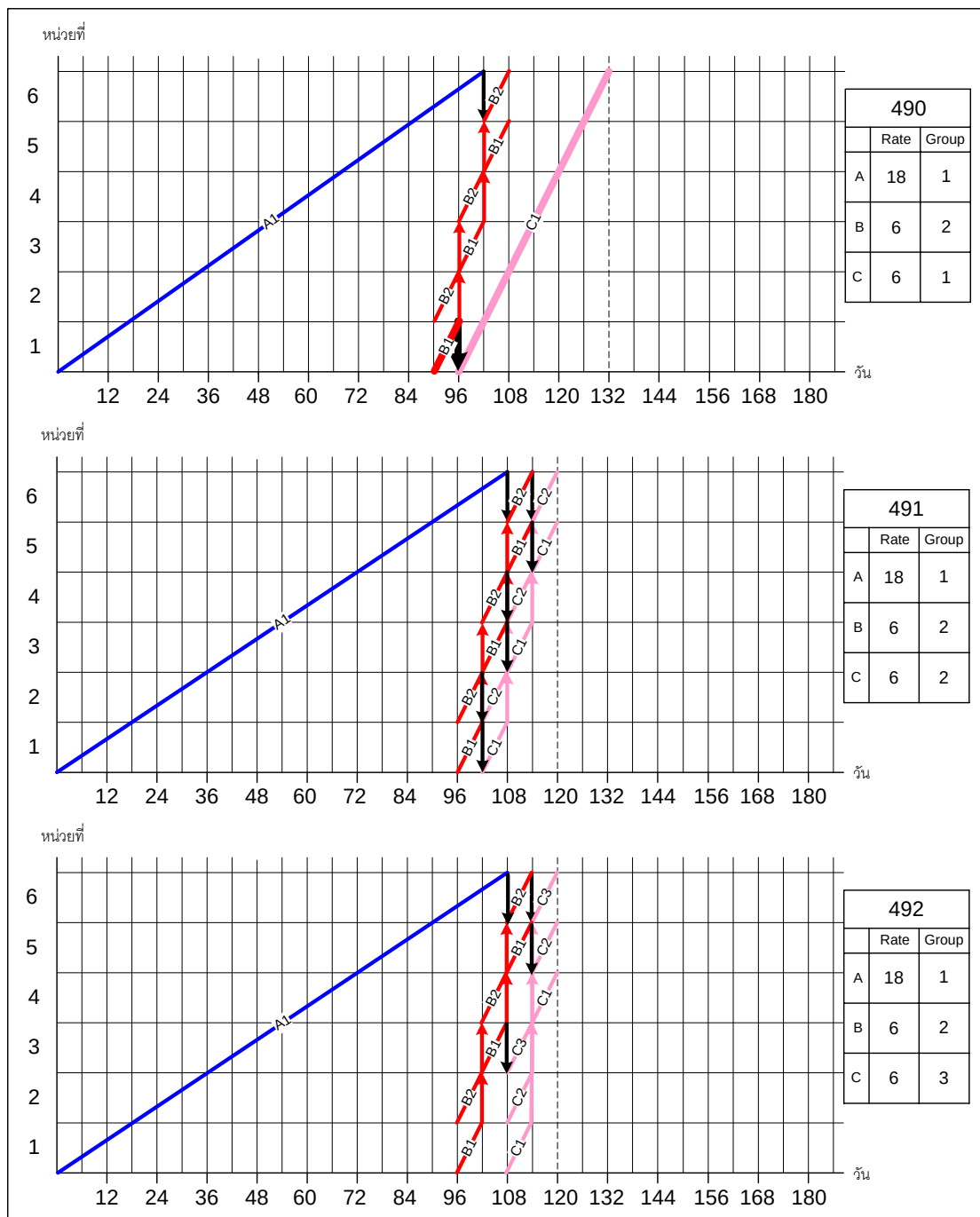
ภาพผนวกที่ 161 ผลการทดลองลำดับที่ 481-483



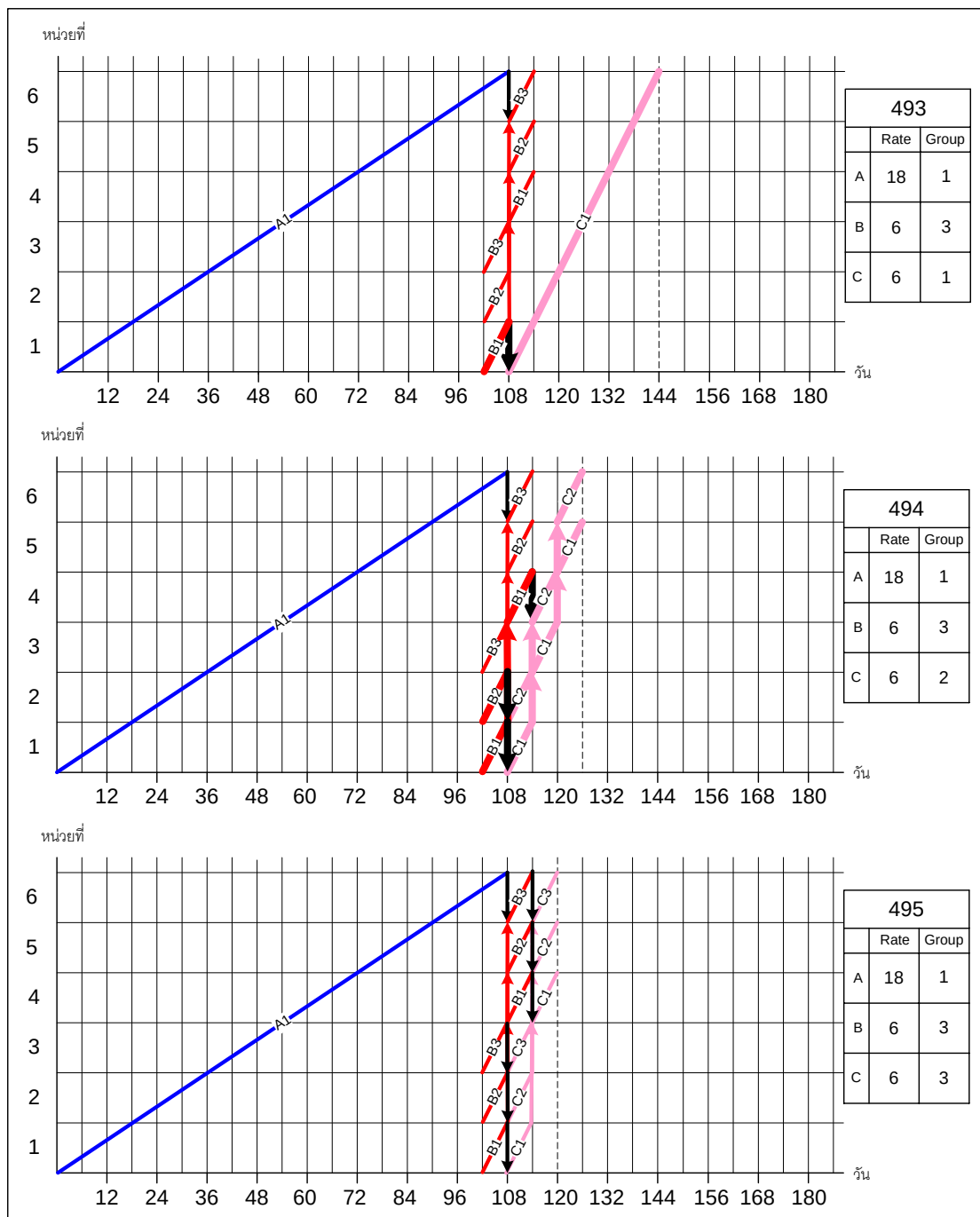
ภาพผนวกที่ 162 ผลการทดลองลำดับที่ 484-486



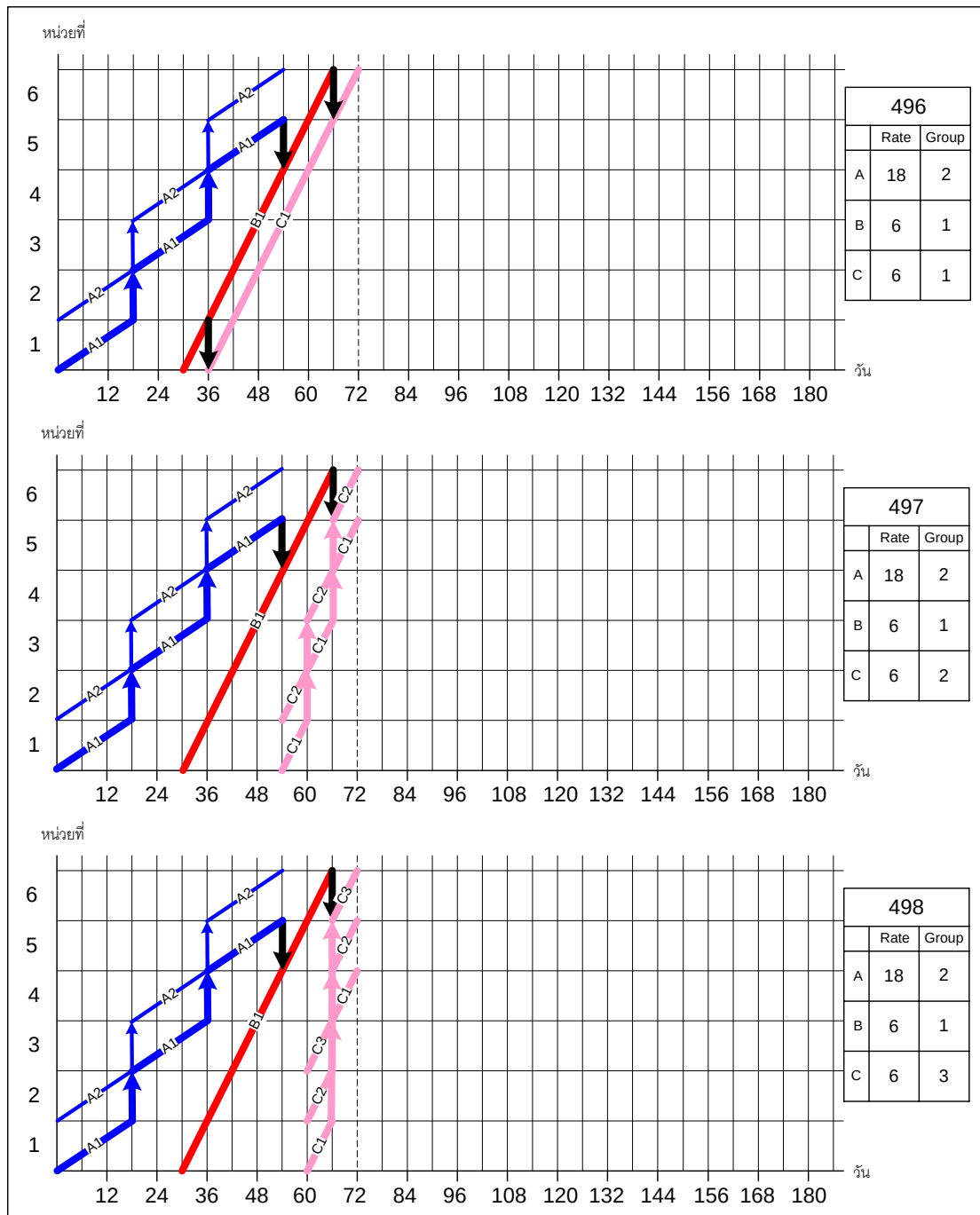
ภาพผนวกที่ 163 ผลการทดลองลำดับที่ 487-489



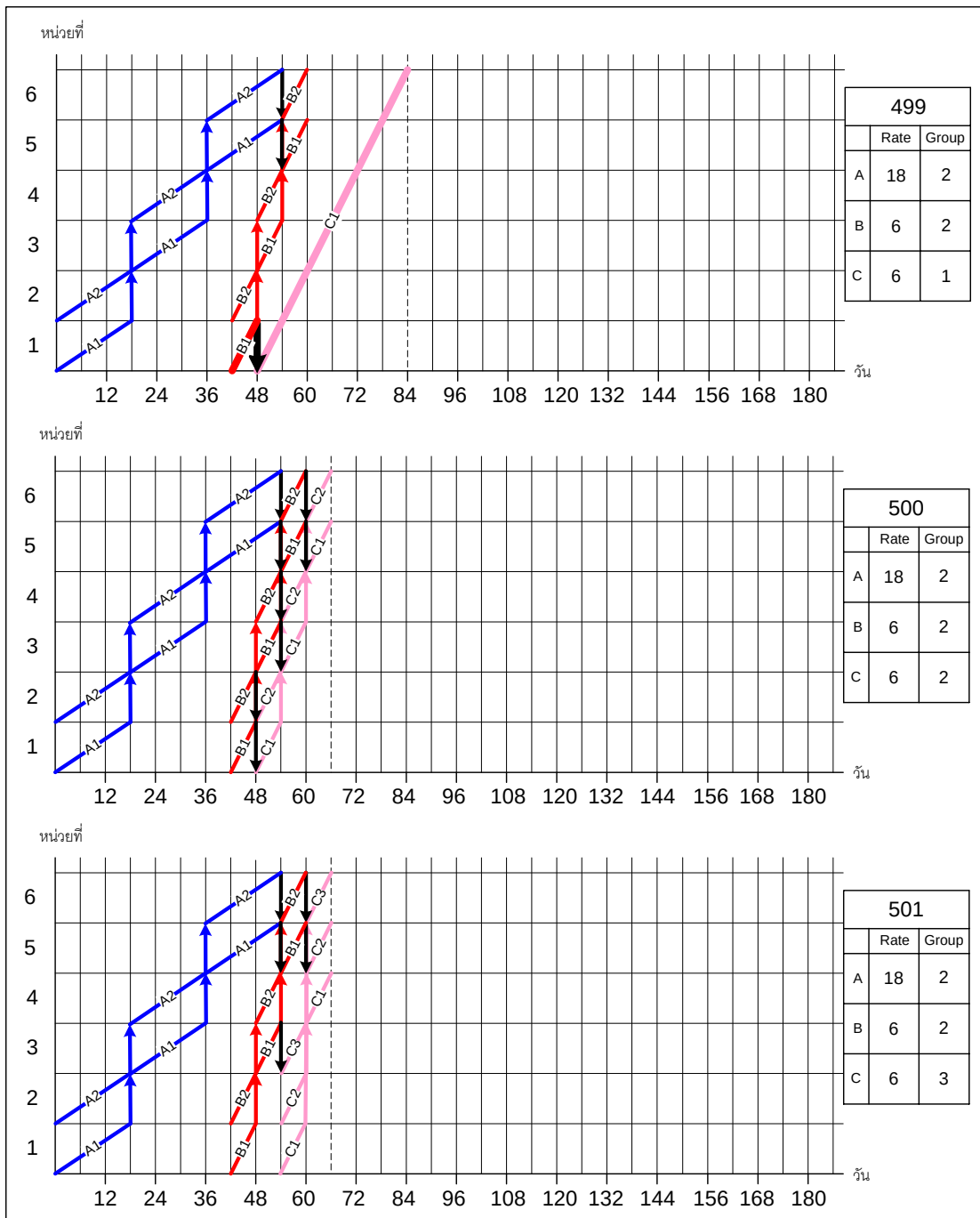
ภาพผนวกที่ 164 ผลการทดลองลำดับที่ 490-492



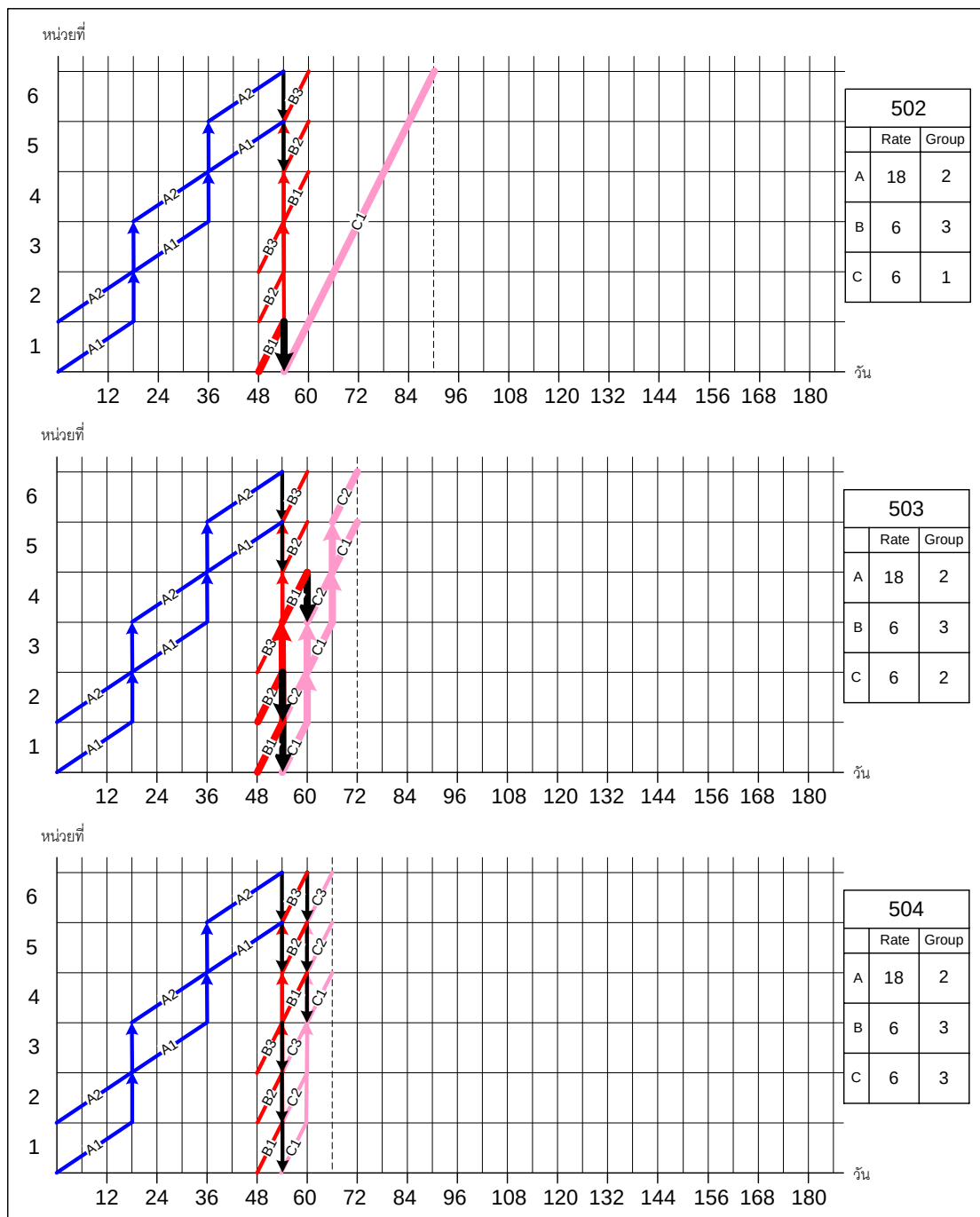
ภาพผนวกที่ 165 ผลการทดลองลำดับที่ 493-495



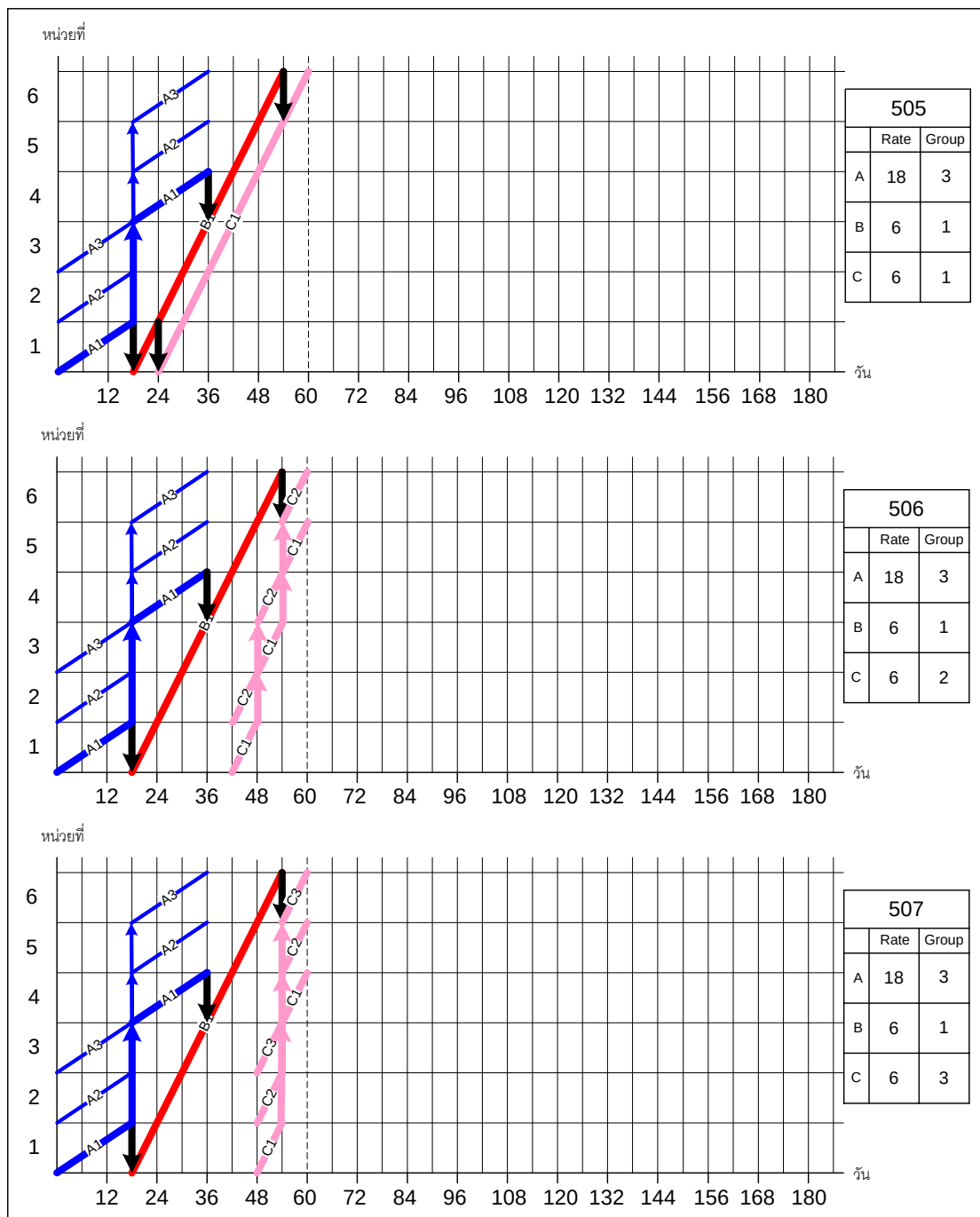
ภาพผนวกที่ 166 ผลการทดลองลำดับที่ 496-498



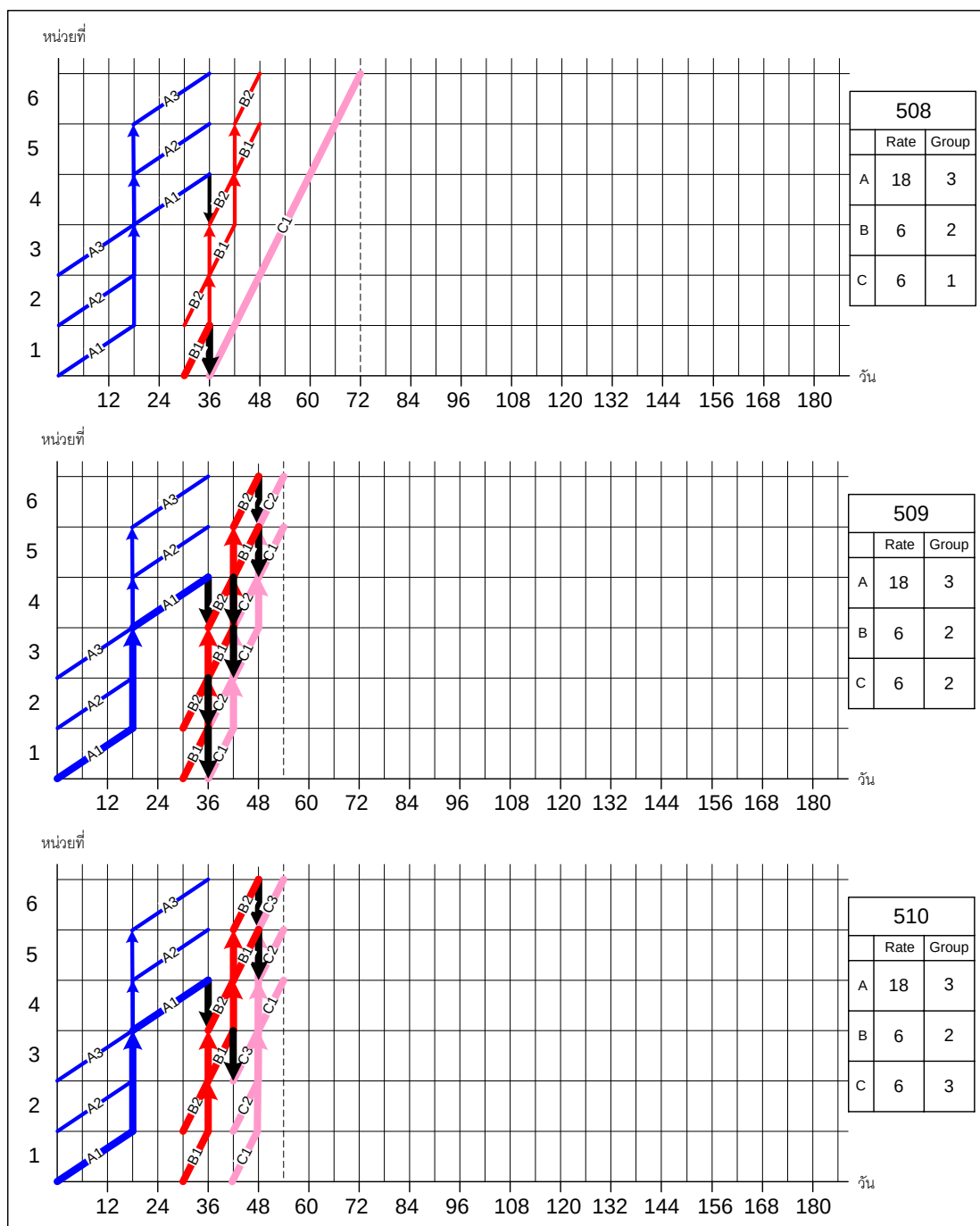
ภาพผนวกที่ 167 ผลการทดลองลำดับที่ 499-501



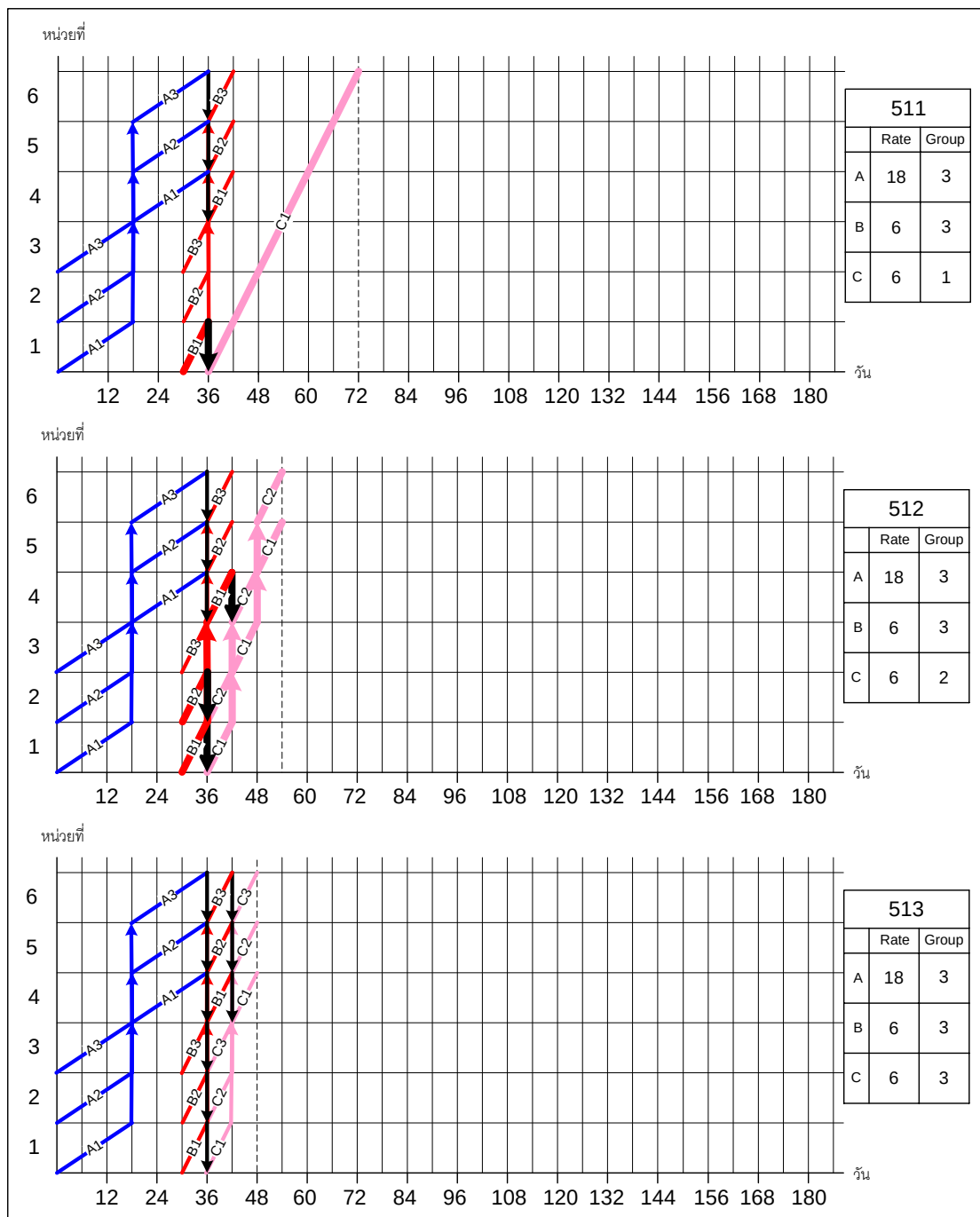
ภาพผนวกที่ 168 ผลการทดลองลำดับที่ 502-504



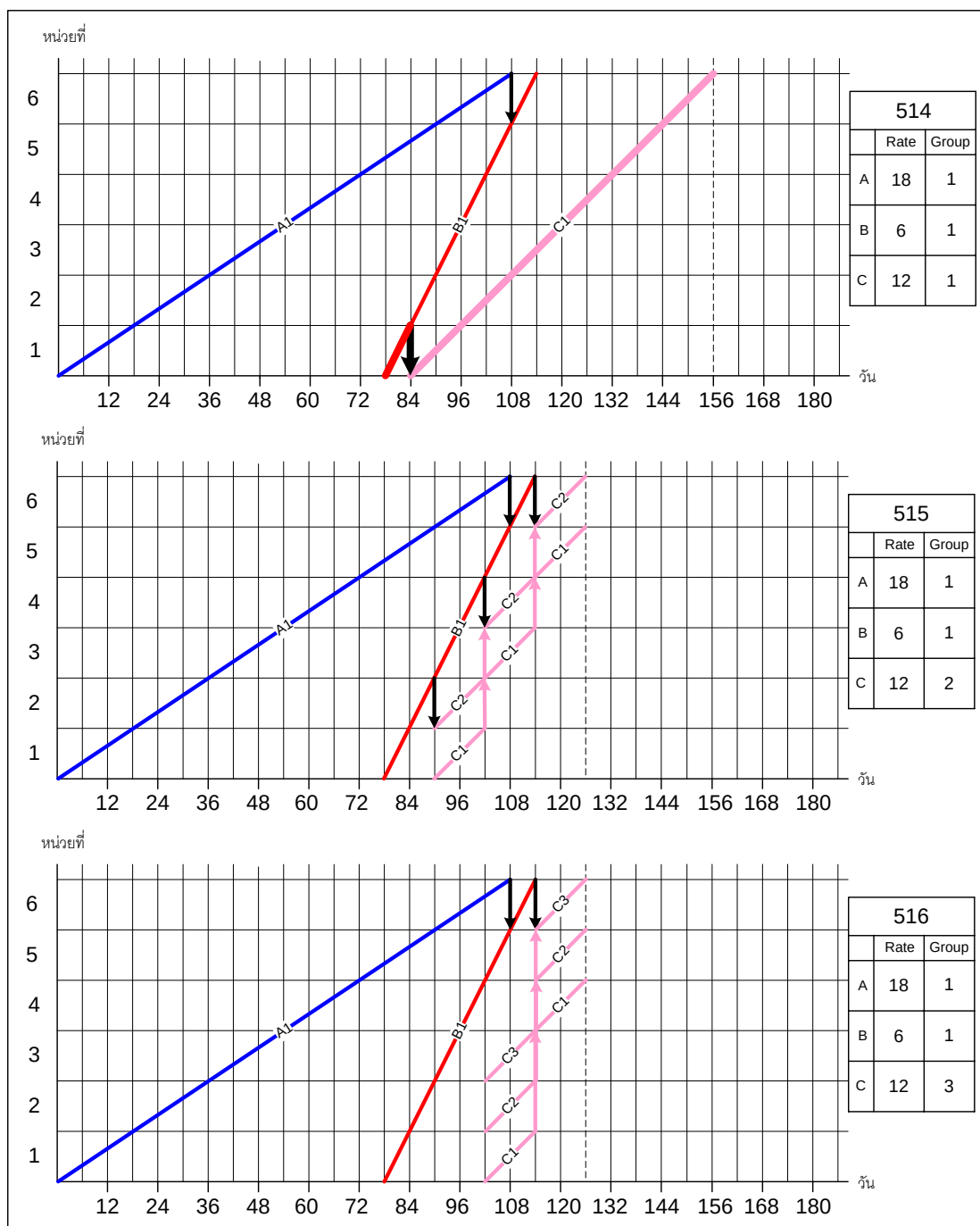
ภาพผนวกที่ 169 ผลการทดลองลำดับที่ 505-507



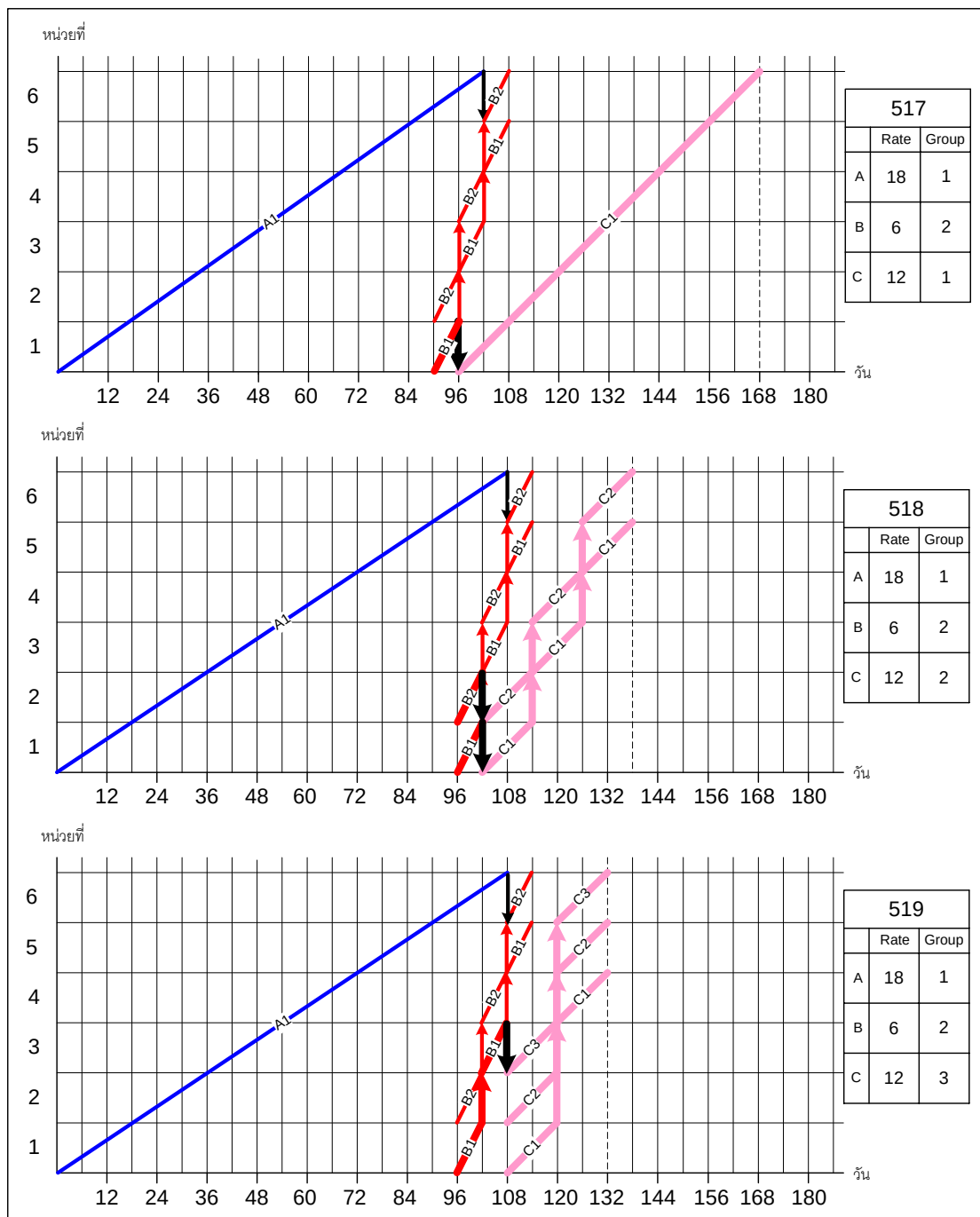
ภาพผนวกที่ 170 ผลการทดลองลำดับที่ 508-510



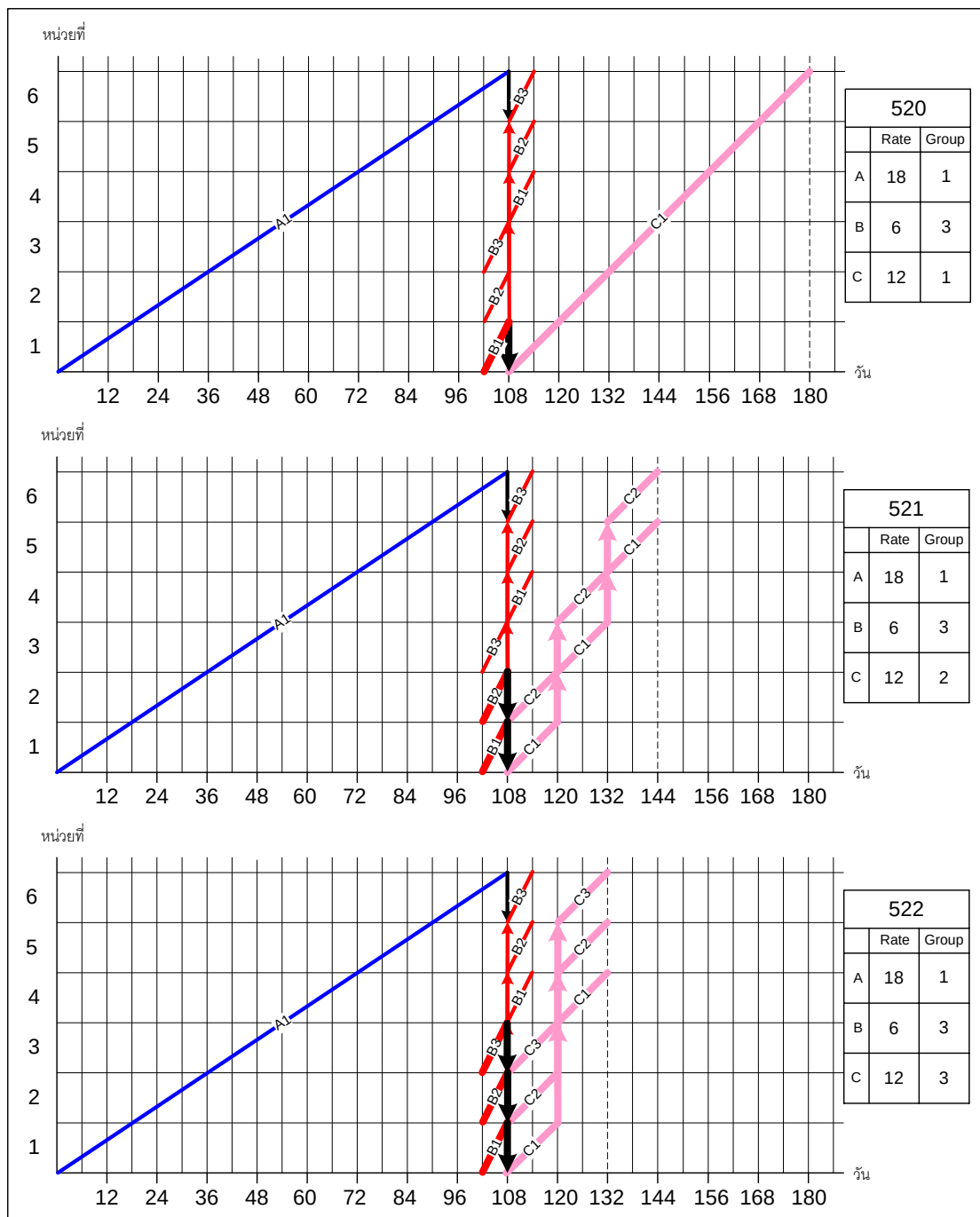
ภาพผนวกที่ 171 ผลการทดลองลำดับที่ 511-513



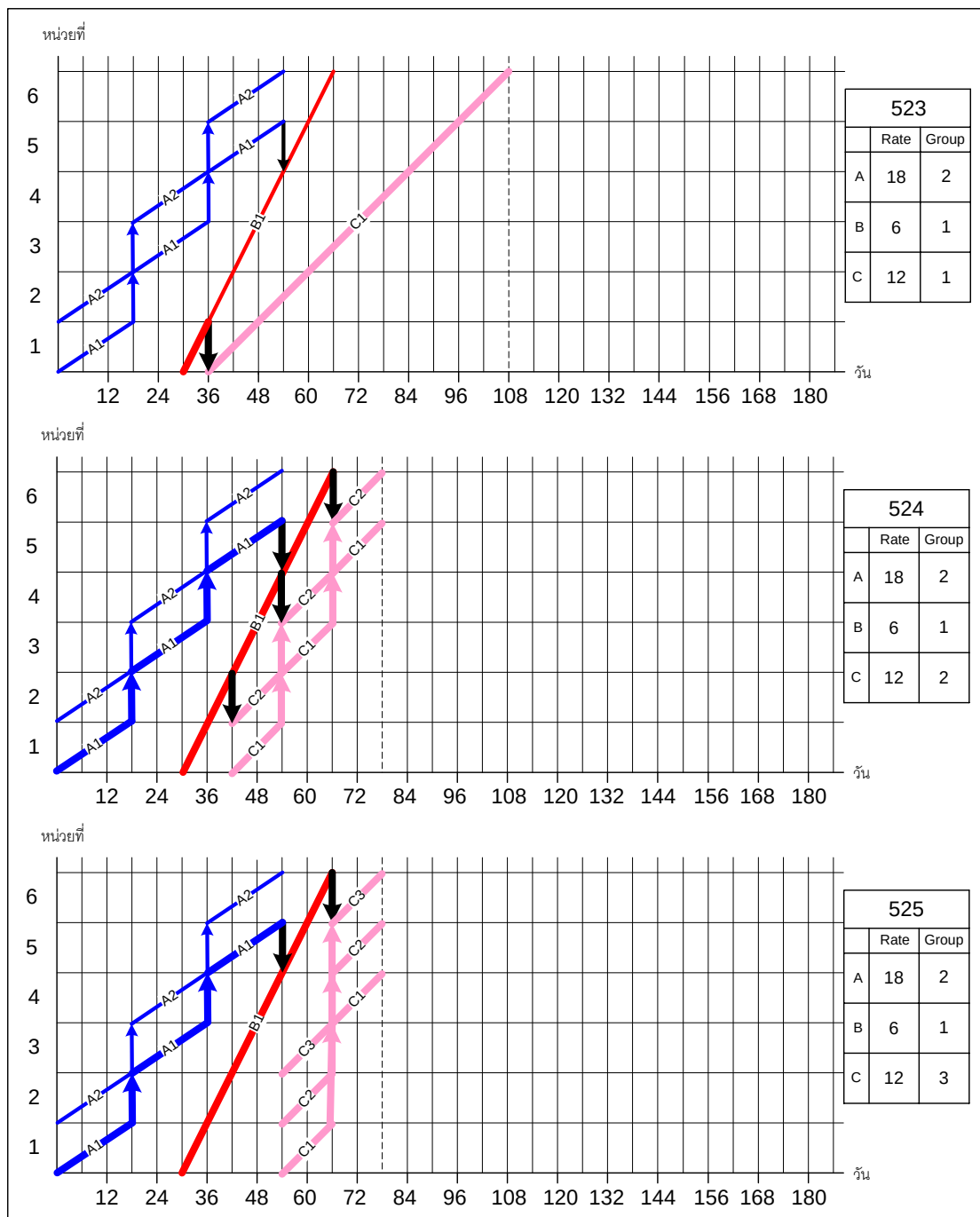
ภาพผนวกที่ 172 ผลการทดลองลำดับที่ 514-516



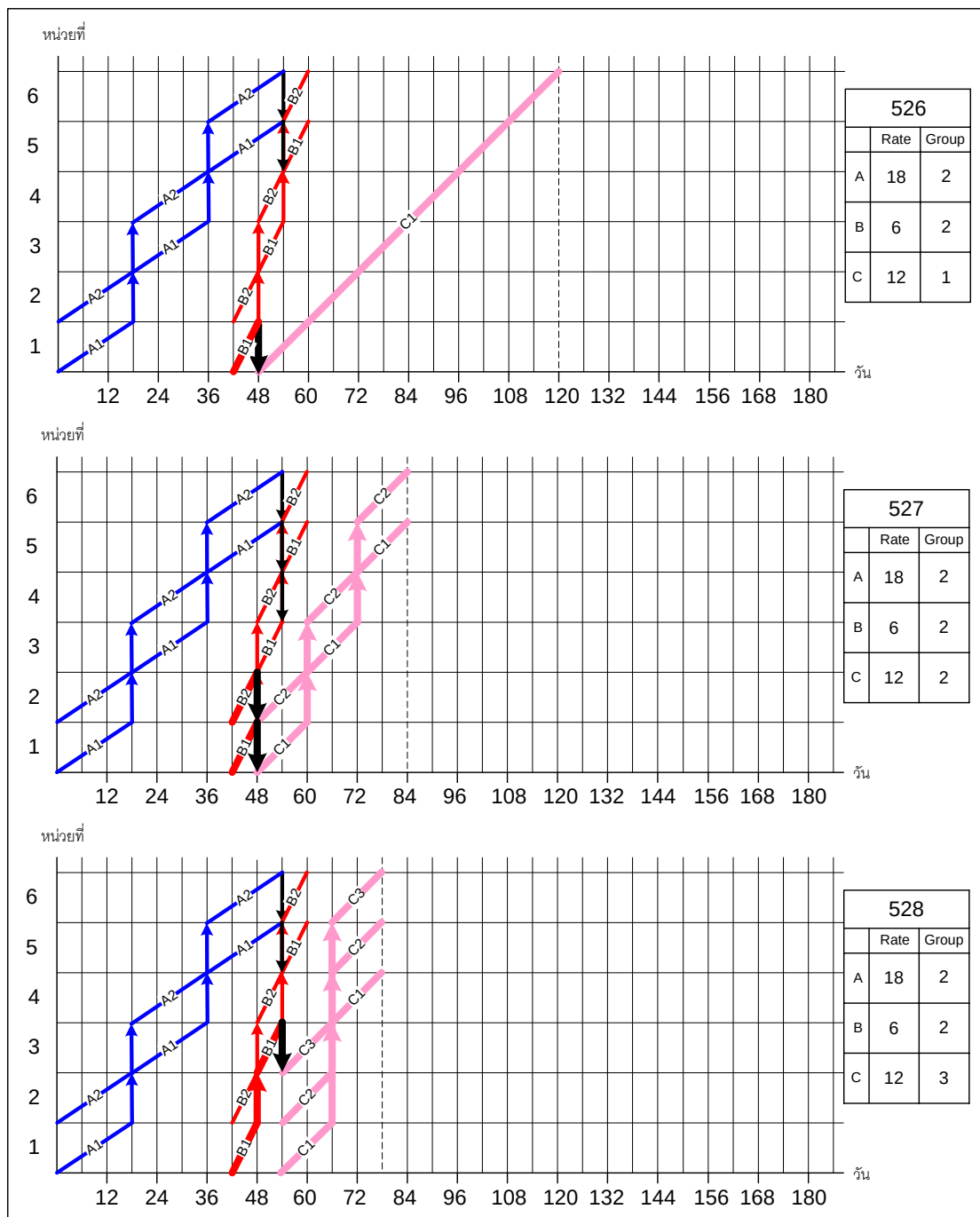
ภาพผนวกที่ 173 ผลการทดลองลำดับที่ 517-519



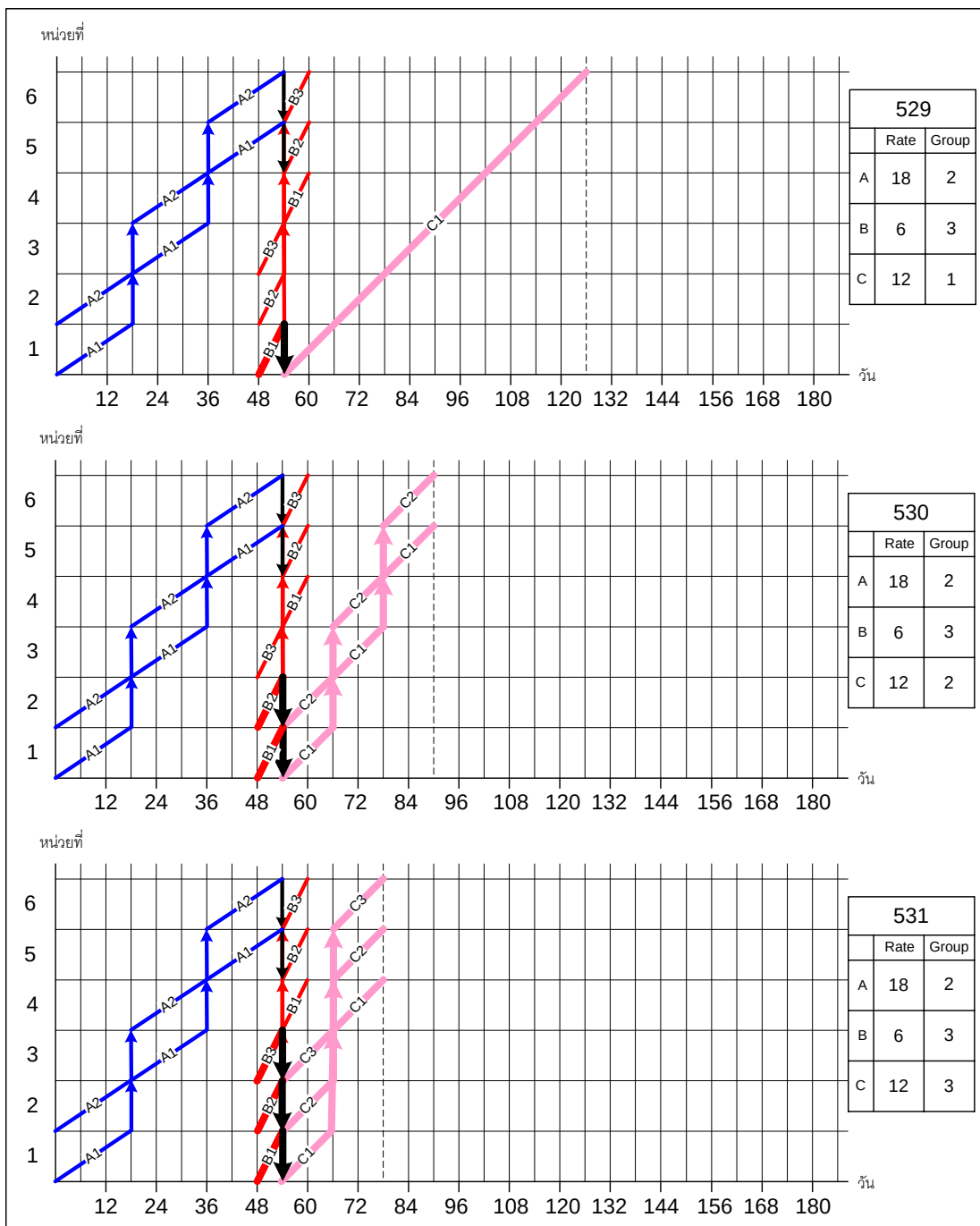
ภาพผนวกที่ 174 ผลการทดลองลำดับที่ 520-522



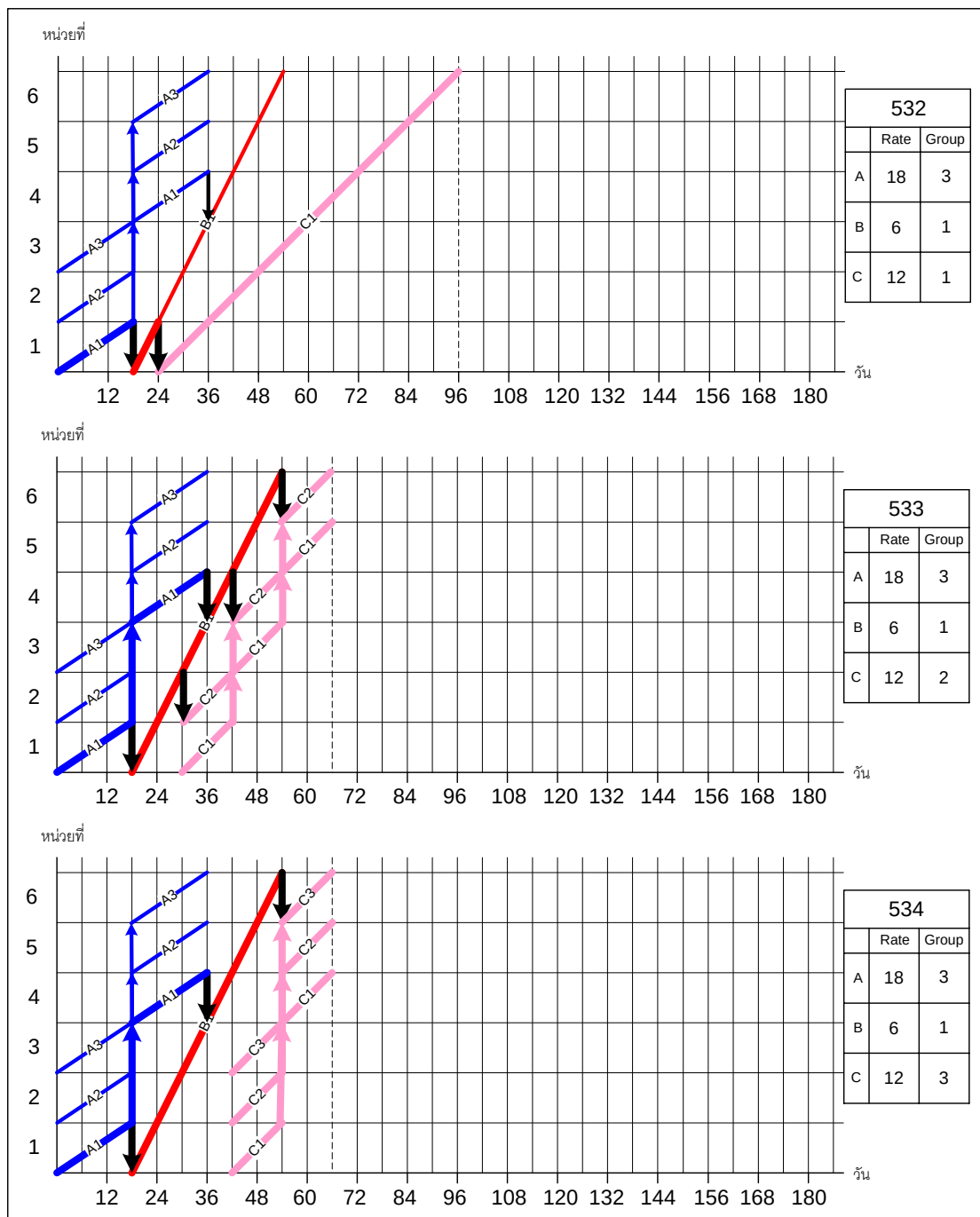
ภาพผนวกที่ 175 ผลการทดลองลำดับที่ 523-525



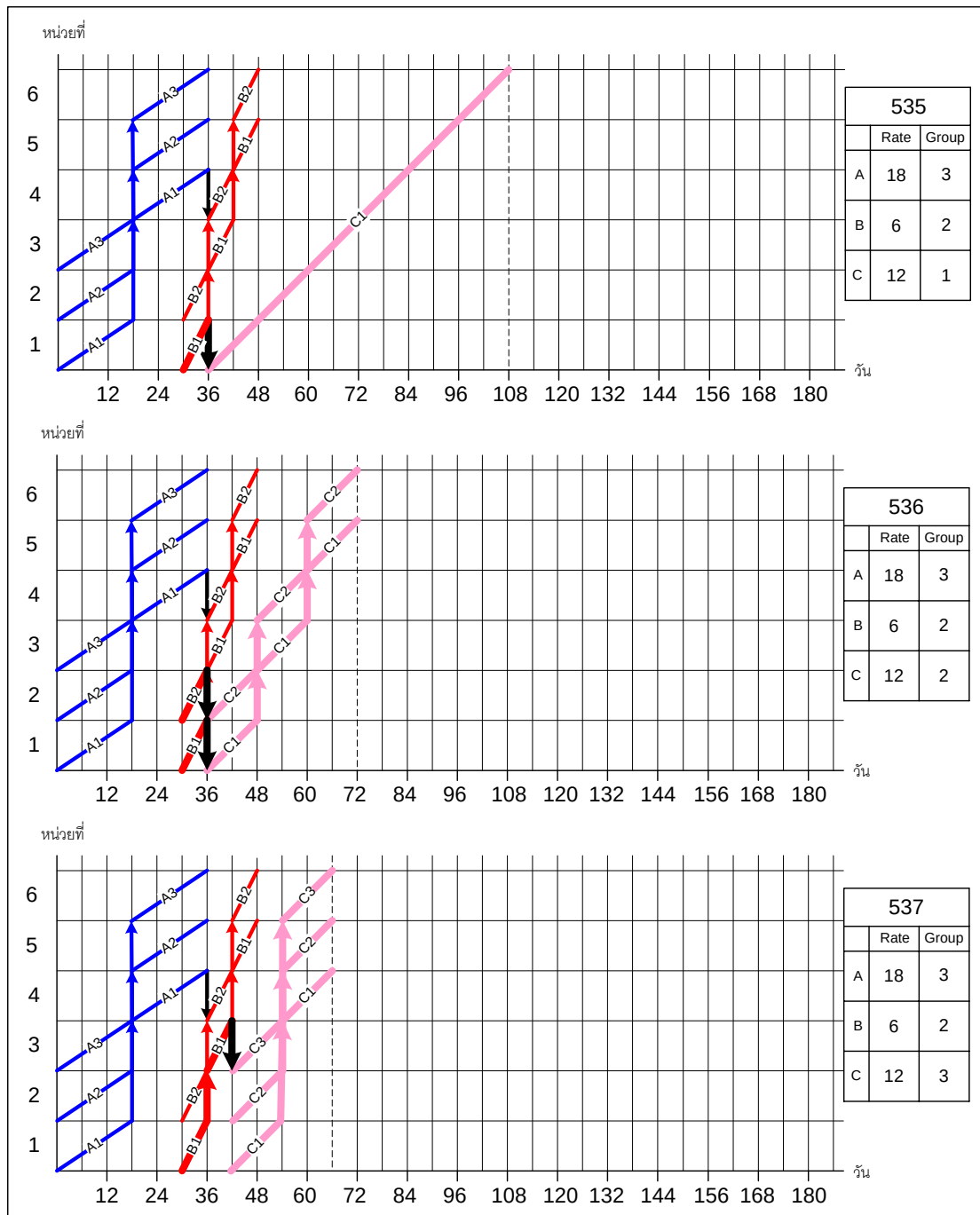
ภาพผนวกที่ 176 ผลการทดลองลำดับที่ 526-528



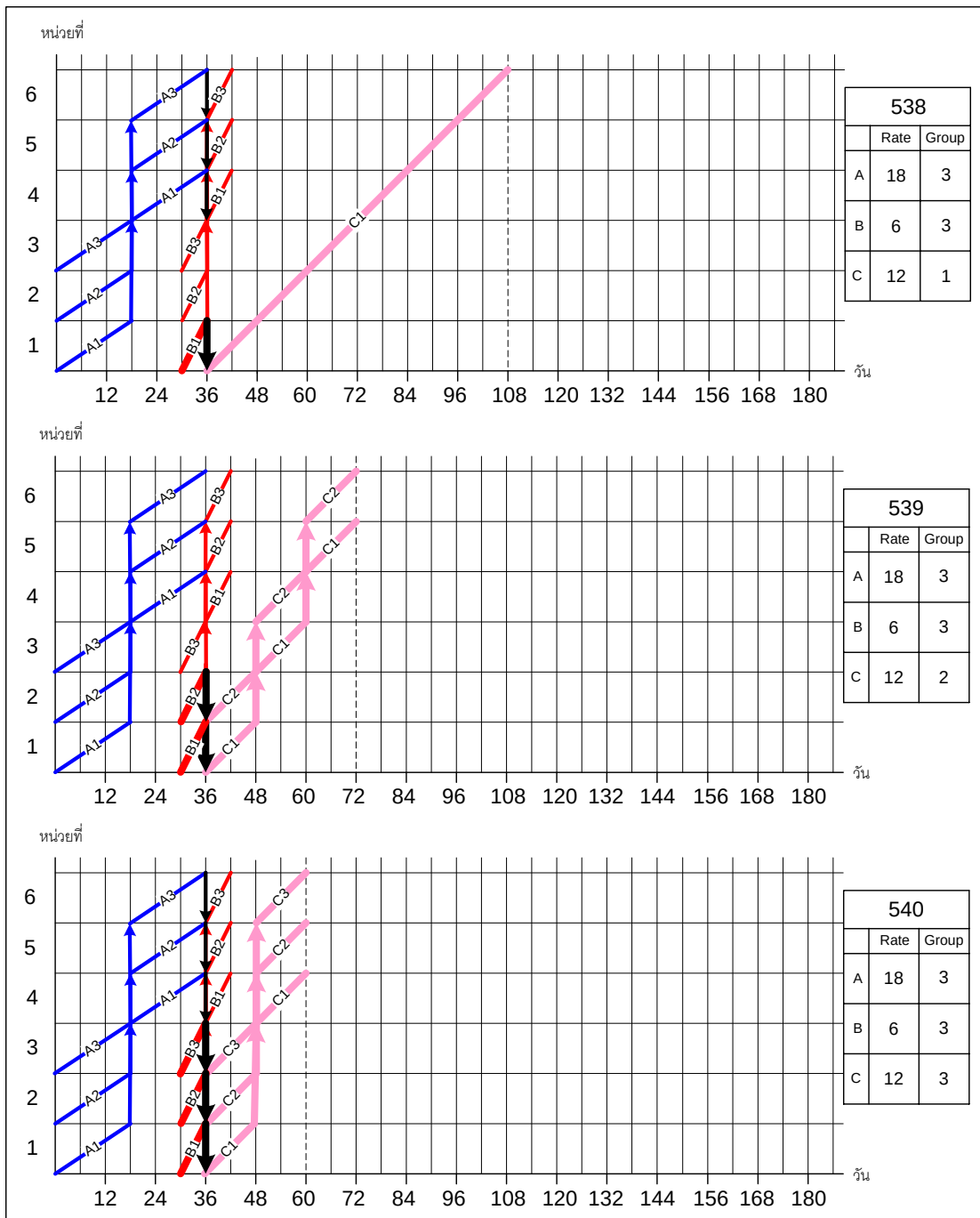
ภาพผนวกที่ 177 ผลการทดลองลำดับที่ 529-531



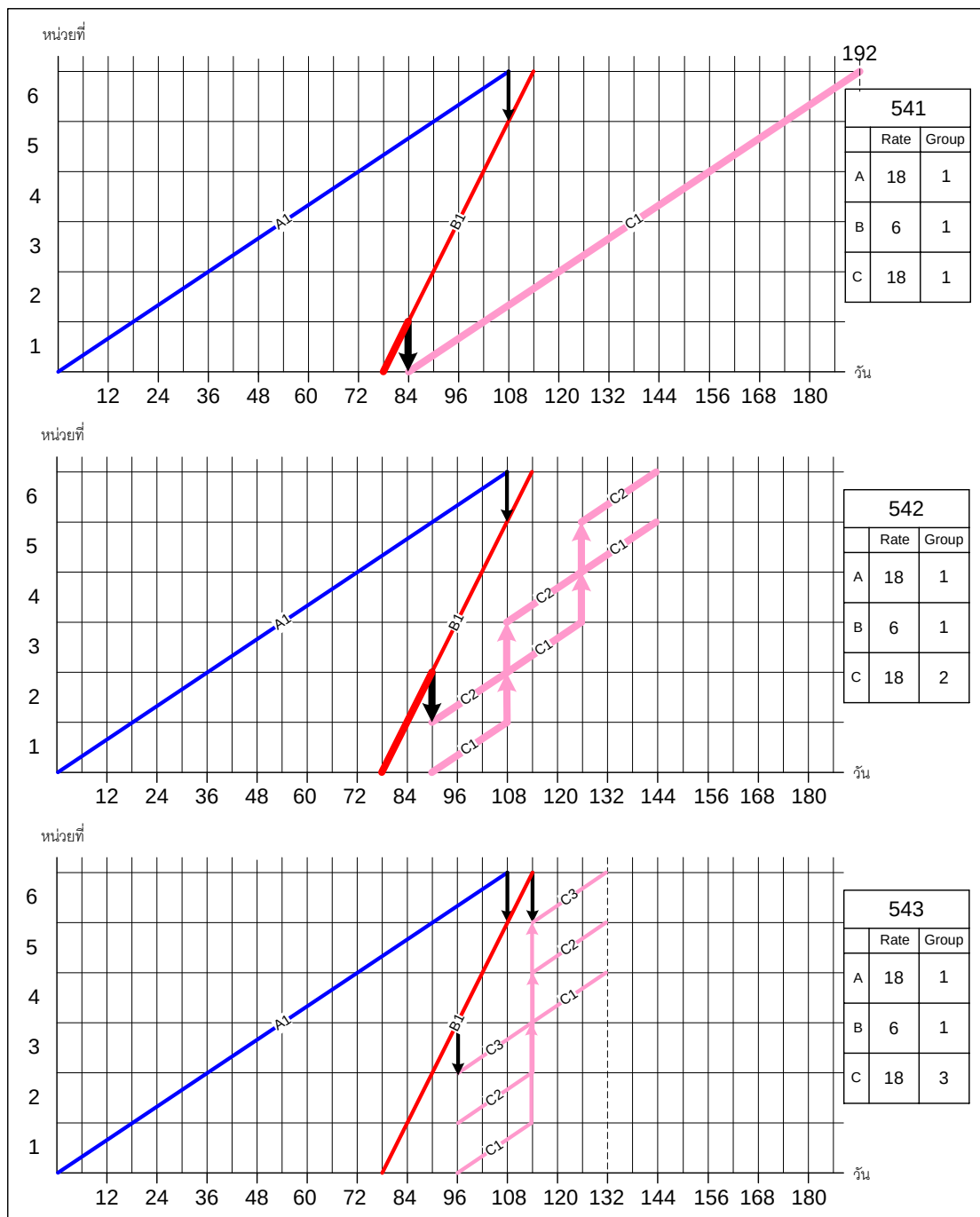
ภาพผนวกที่ 178 ผลการทดลองลำดับที่ 532-534



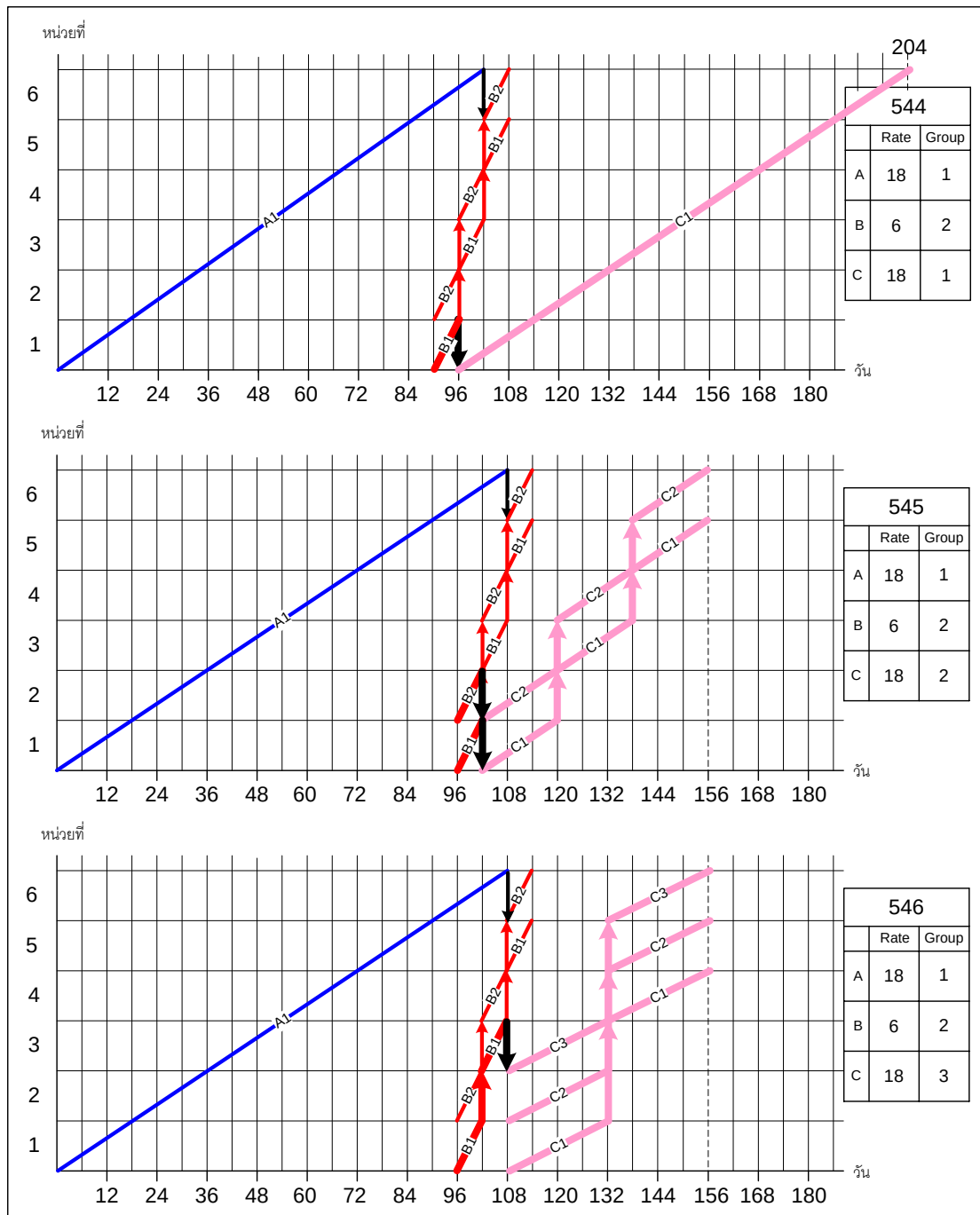
ภาพผนวกที่ 179 ผลการทดลองลำดับที่ 535-537



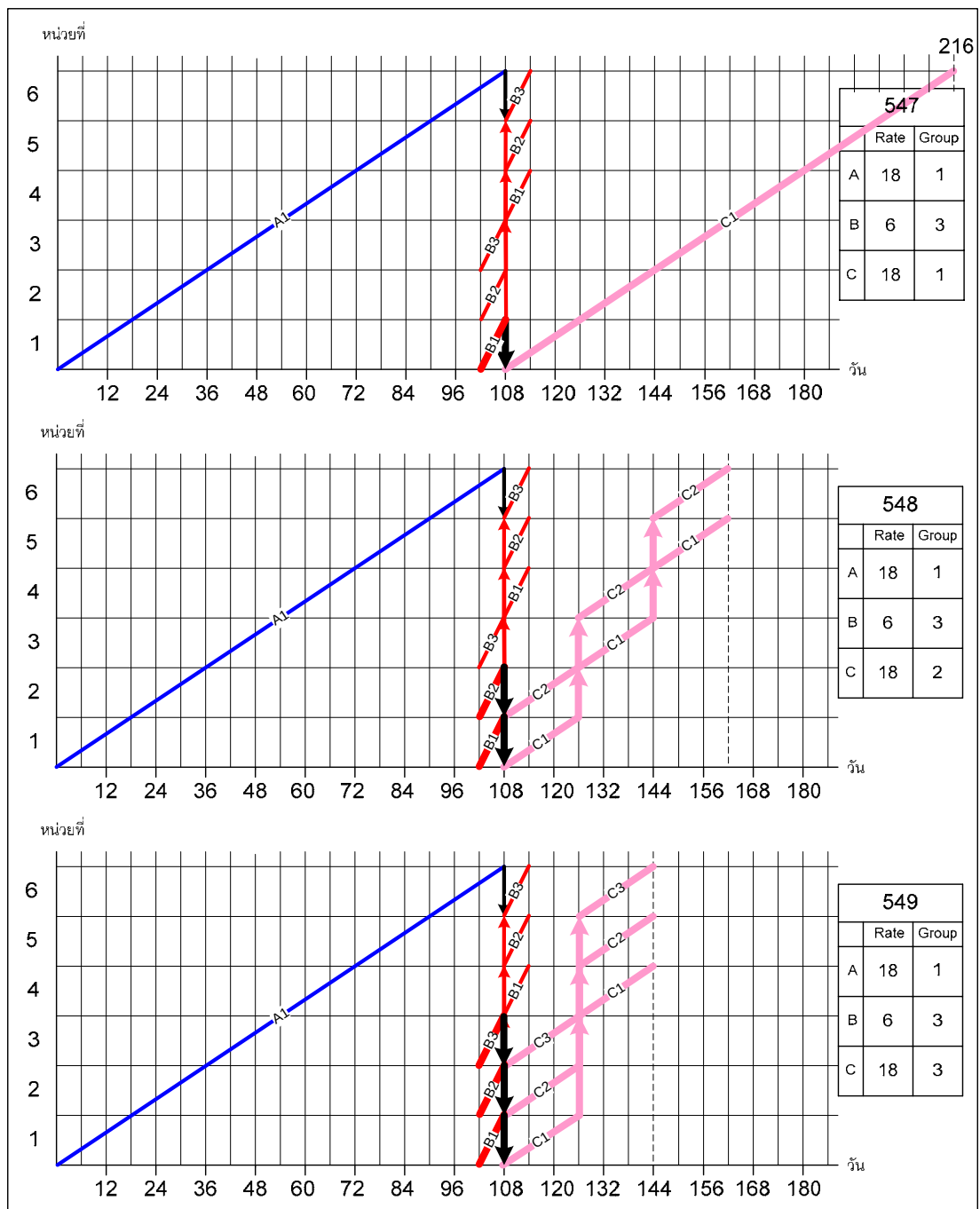
ภาพผนวกที่ 180 ผลการทดลองลำดับที่ 538-540



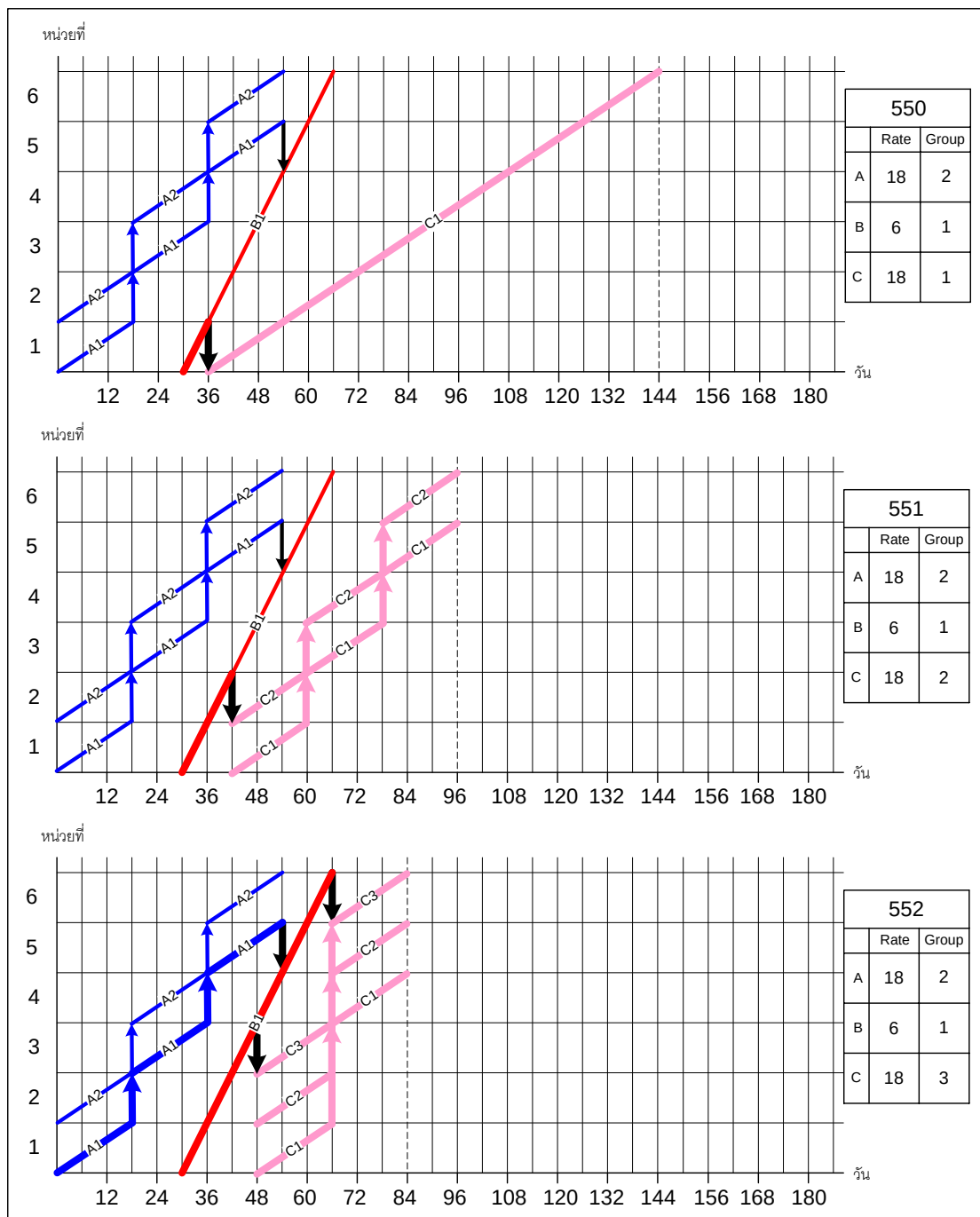
ภาพผนวกที่ 181 ผลการทดลองลำดับที่ 541-543



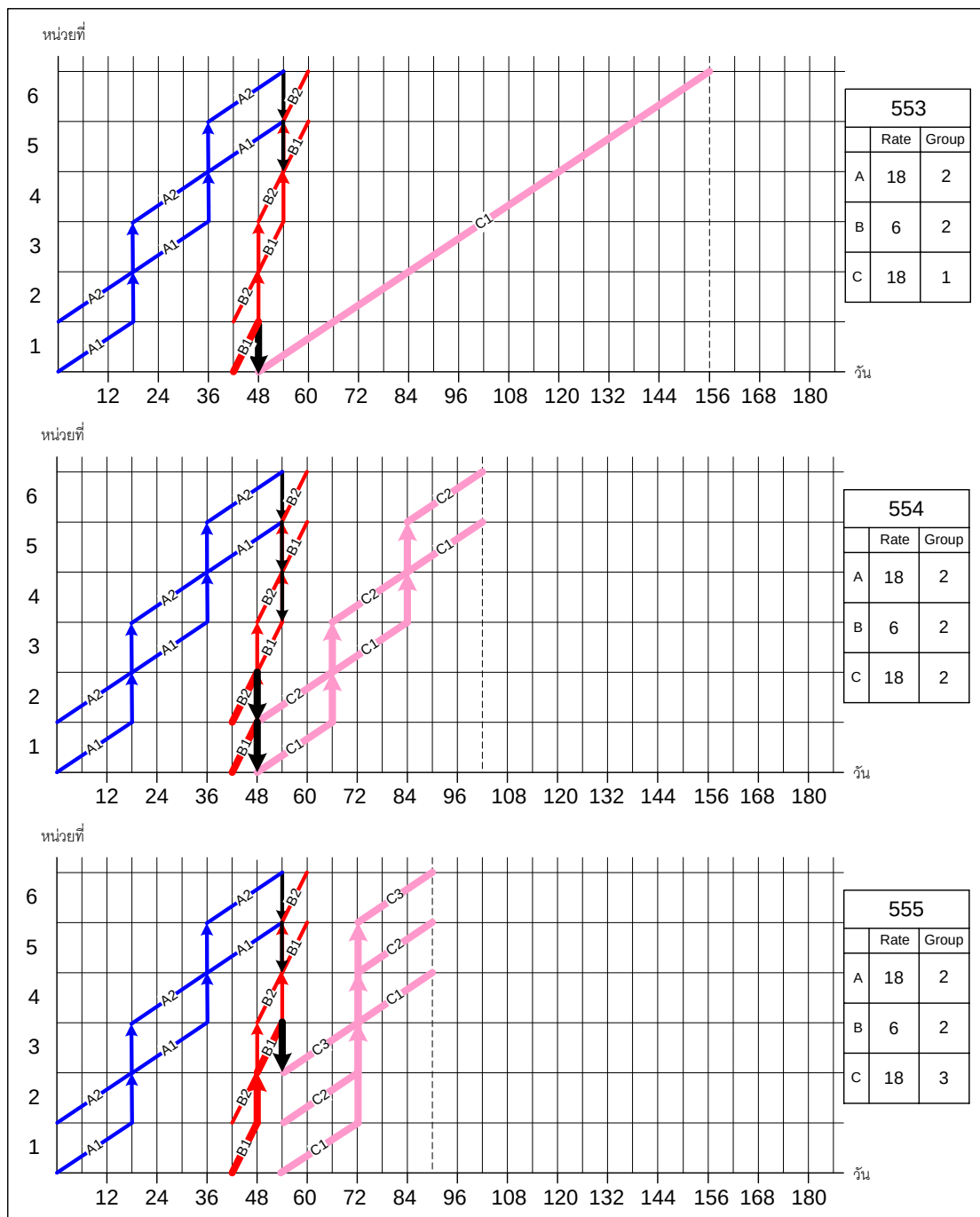
ภาพผนวกที่ 182 ผลการทดลองลำดับที่ 544-546



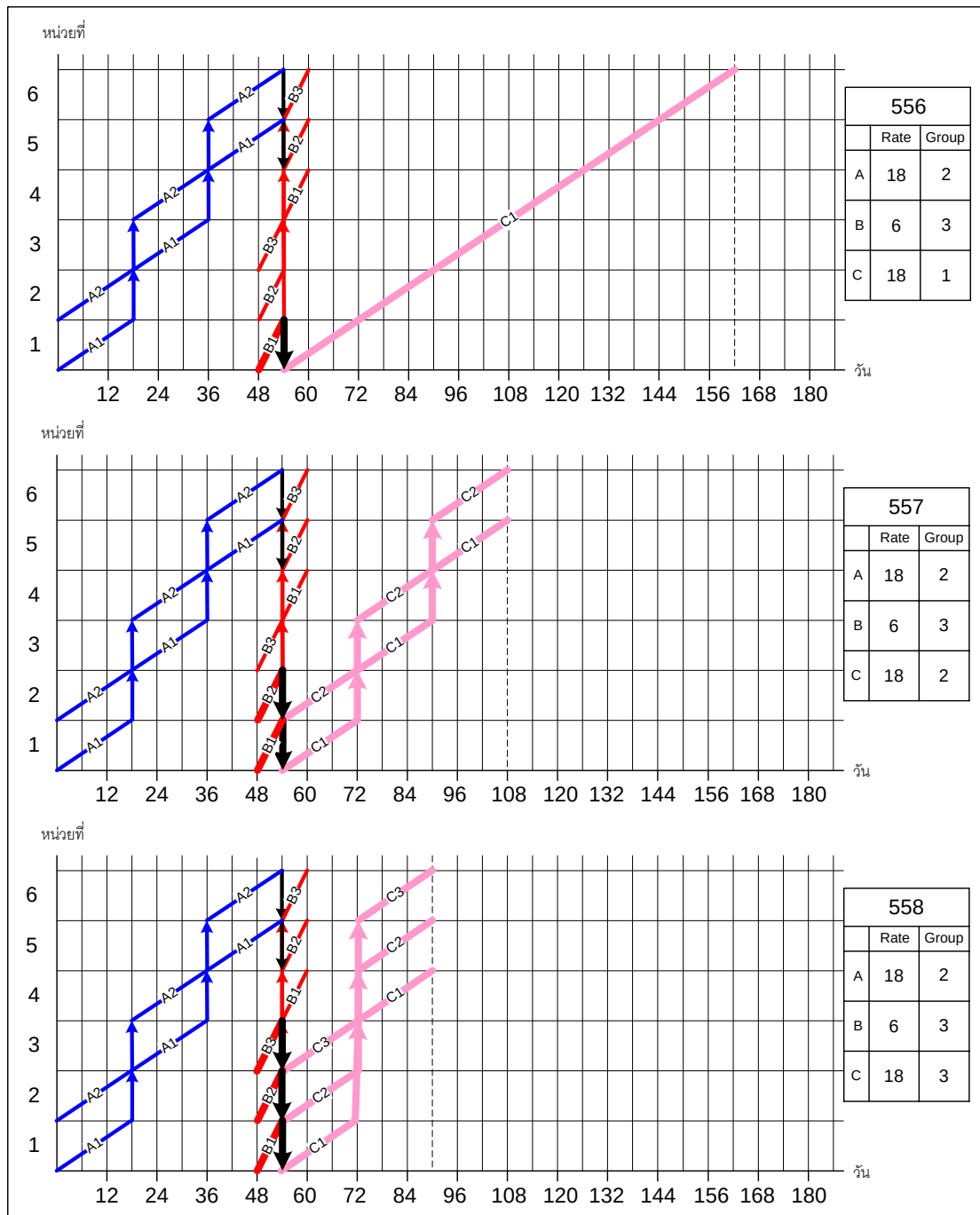
ภาพผนวกที่ 183 ผลการทดลองลำดับที่ 547-549



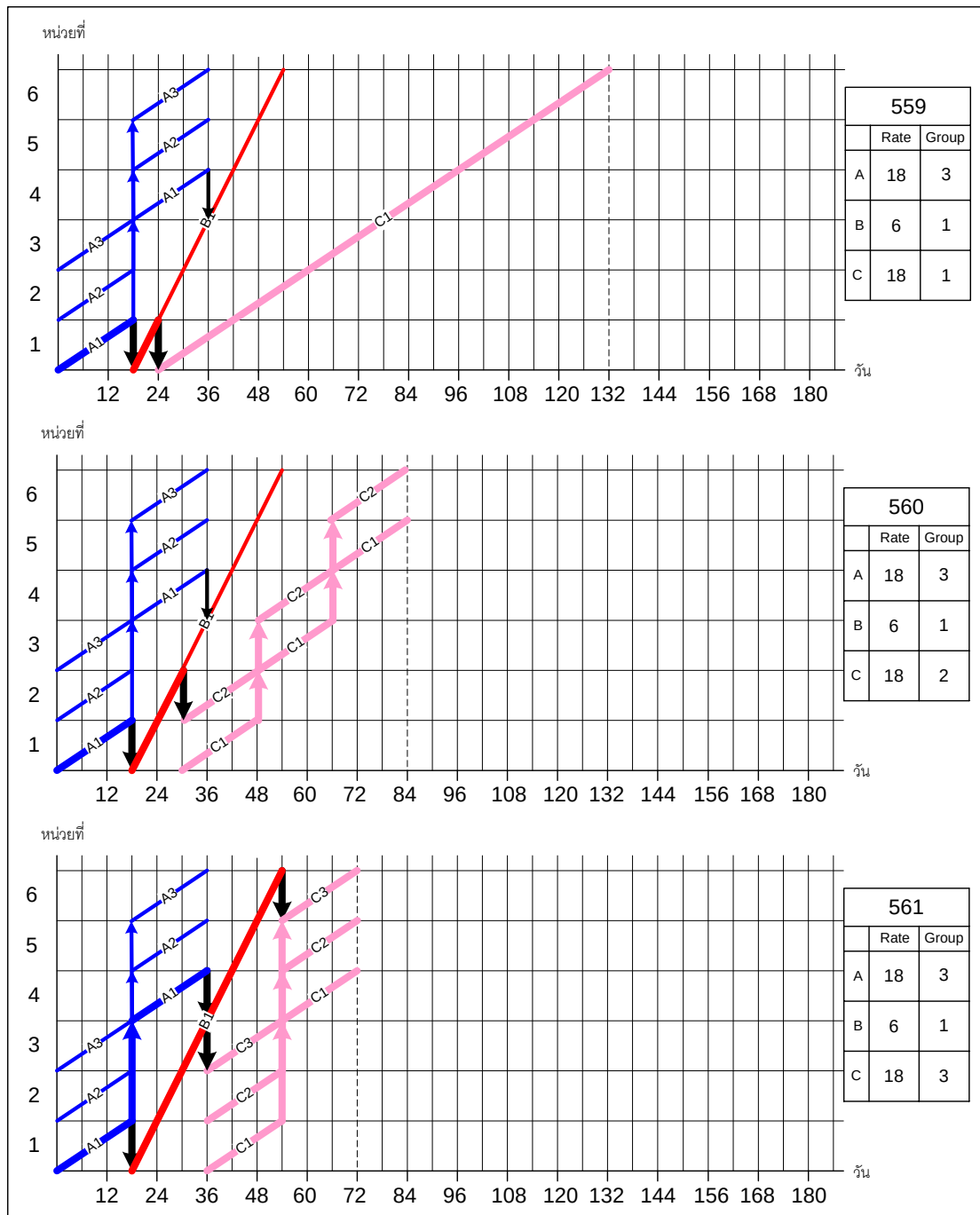
ภาพผนวกที่ 184 ผลการทดลองลำดับที่ 550-552



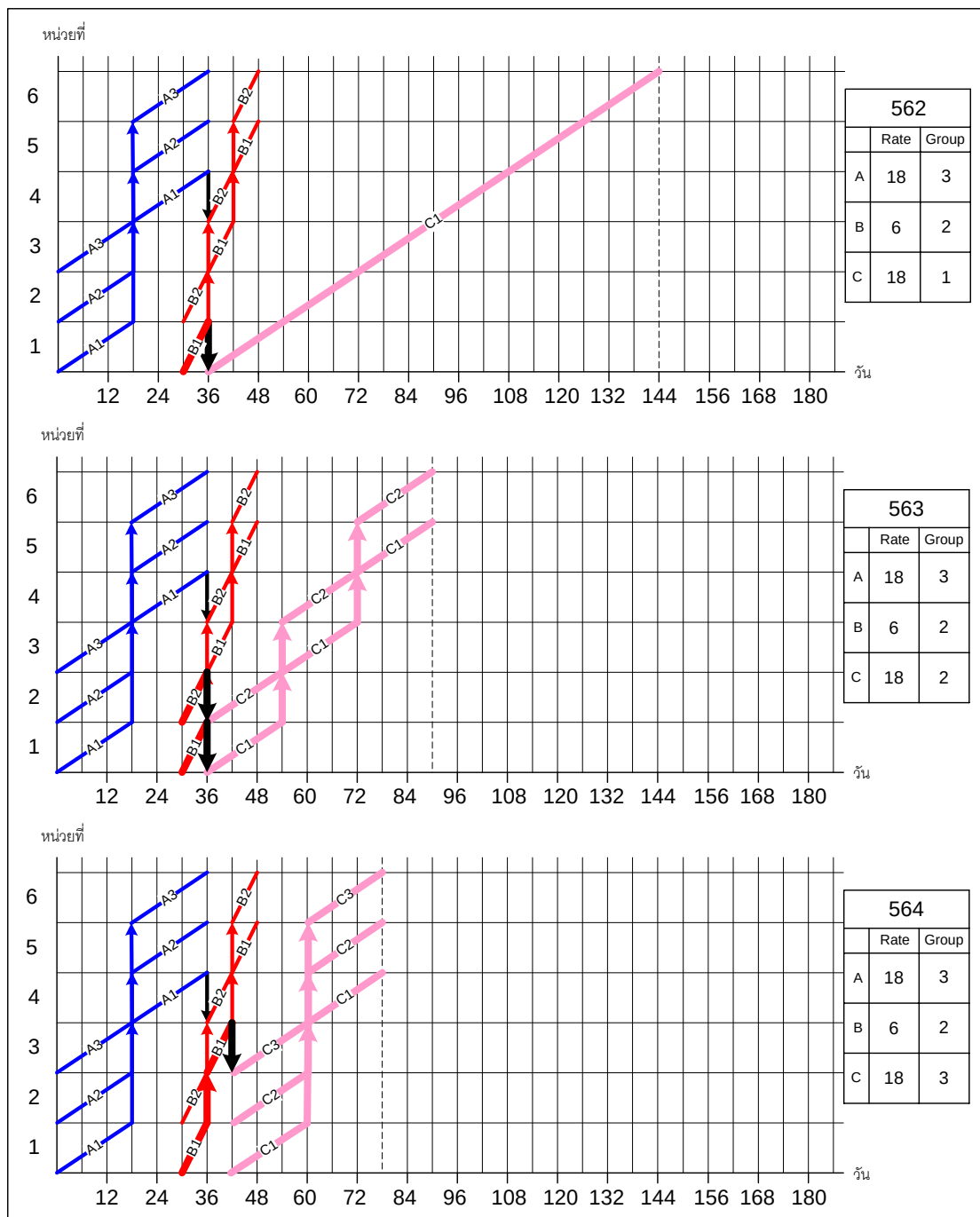
ภาพผนวกที่ 185 ผลการทดลองลำดับที่ 553-555



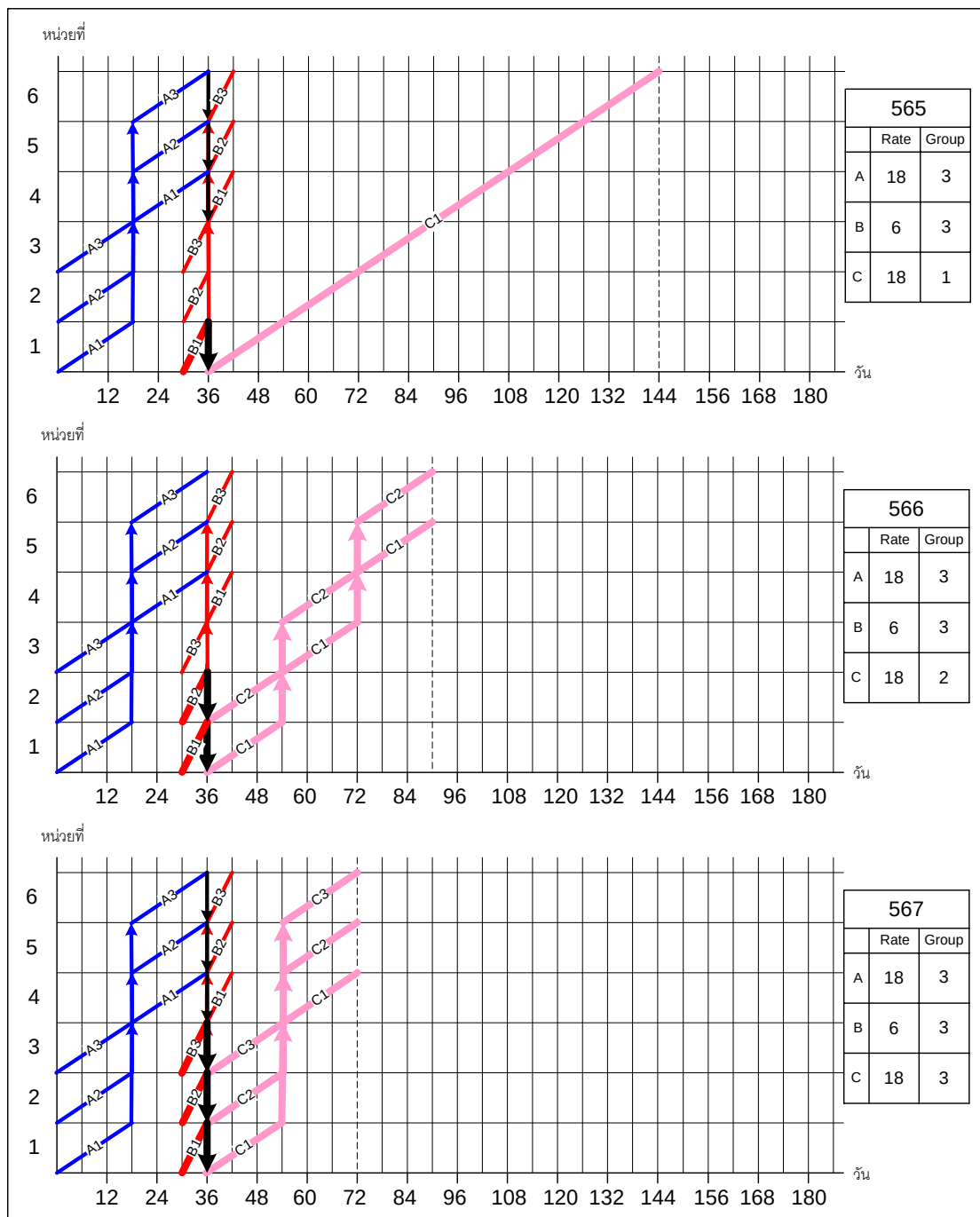
ภาพผนวกที่ 186 ผลการทดลองลำดับที่ 556-558



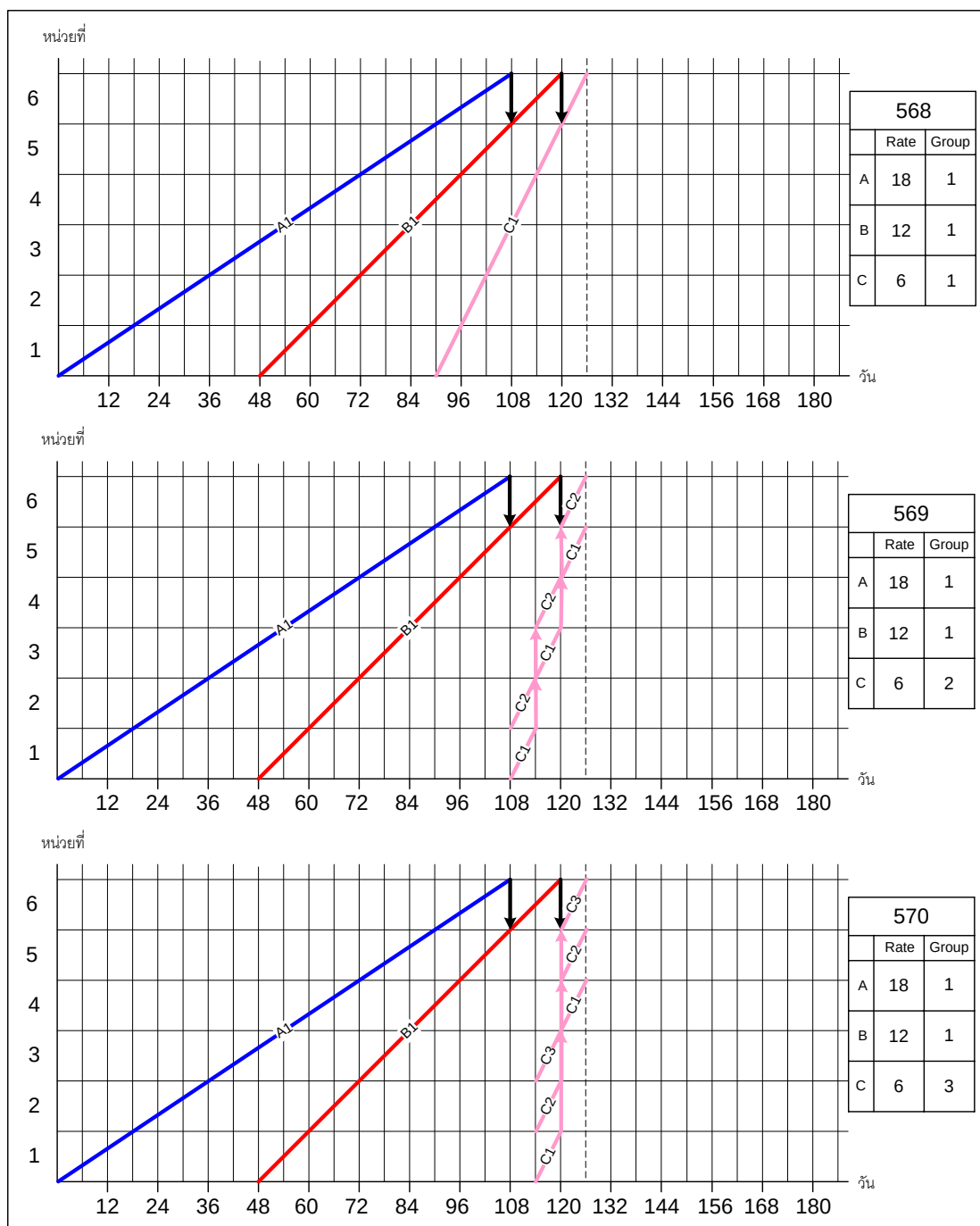
ภาพผนวกที่ 187 ผลการทดลองลำดับที่ 559-561



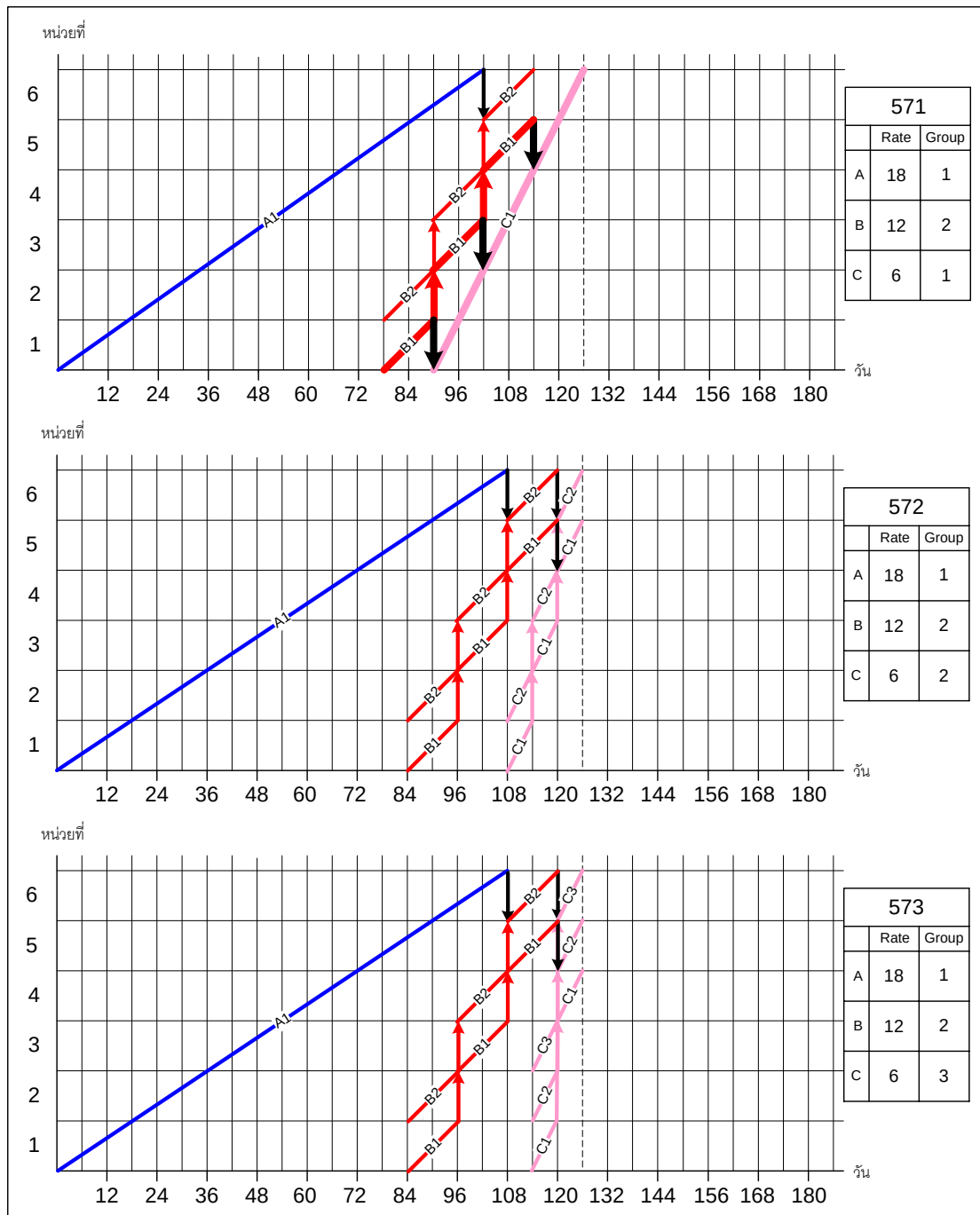
ภาพผนวกที่ 188 ผลการทดลองลำดับที่ 562-564



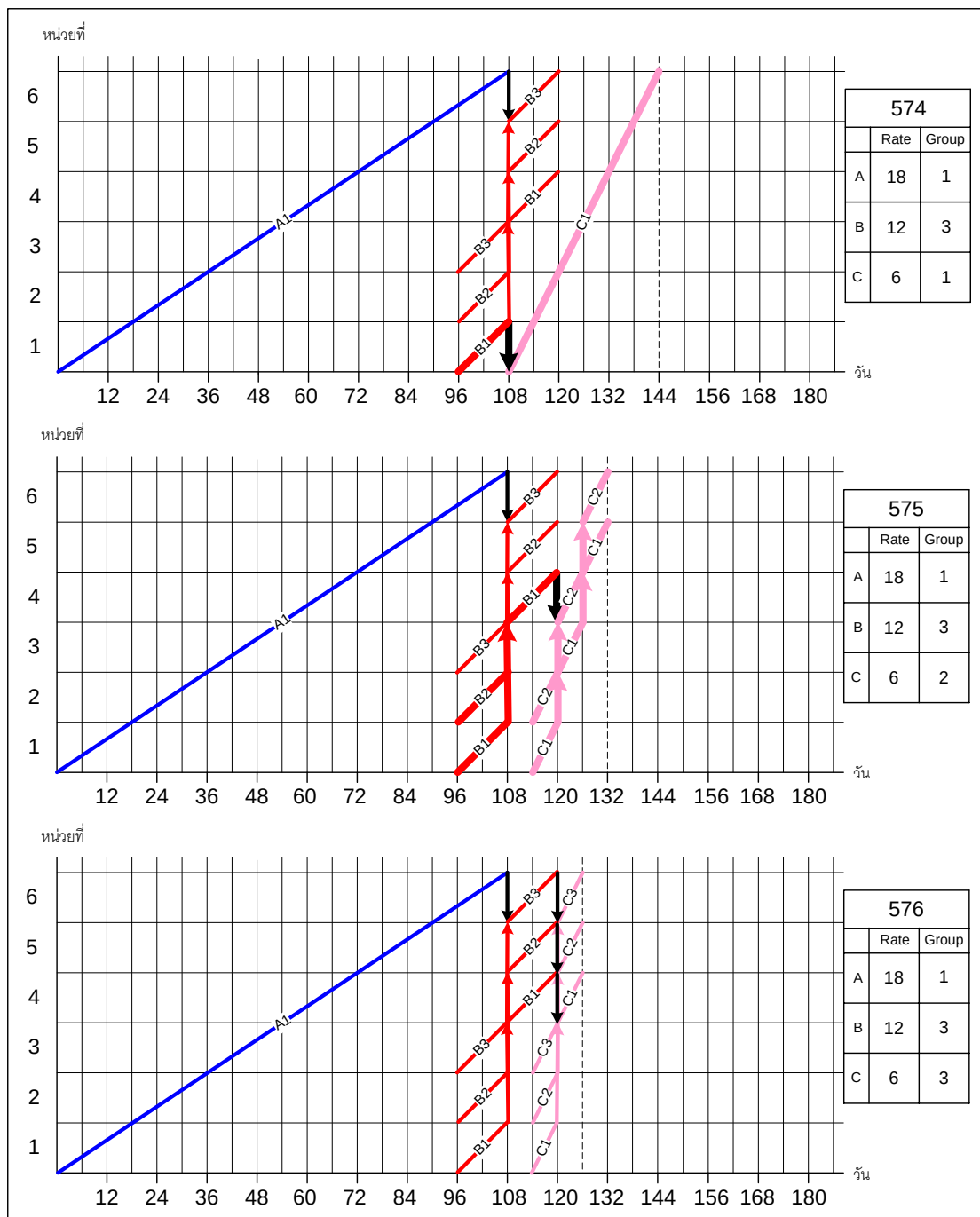
ภาพผนวกที่ 189 ผลการทดลองลำดับที่ 565-567



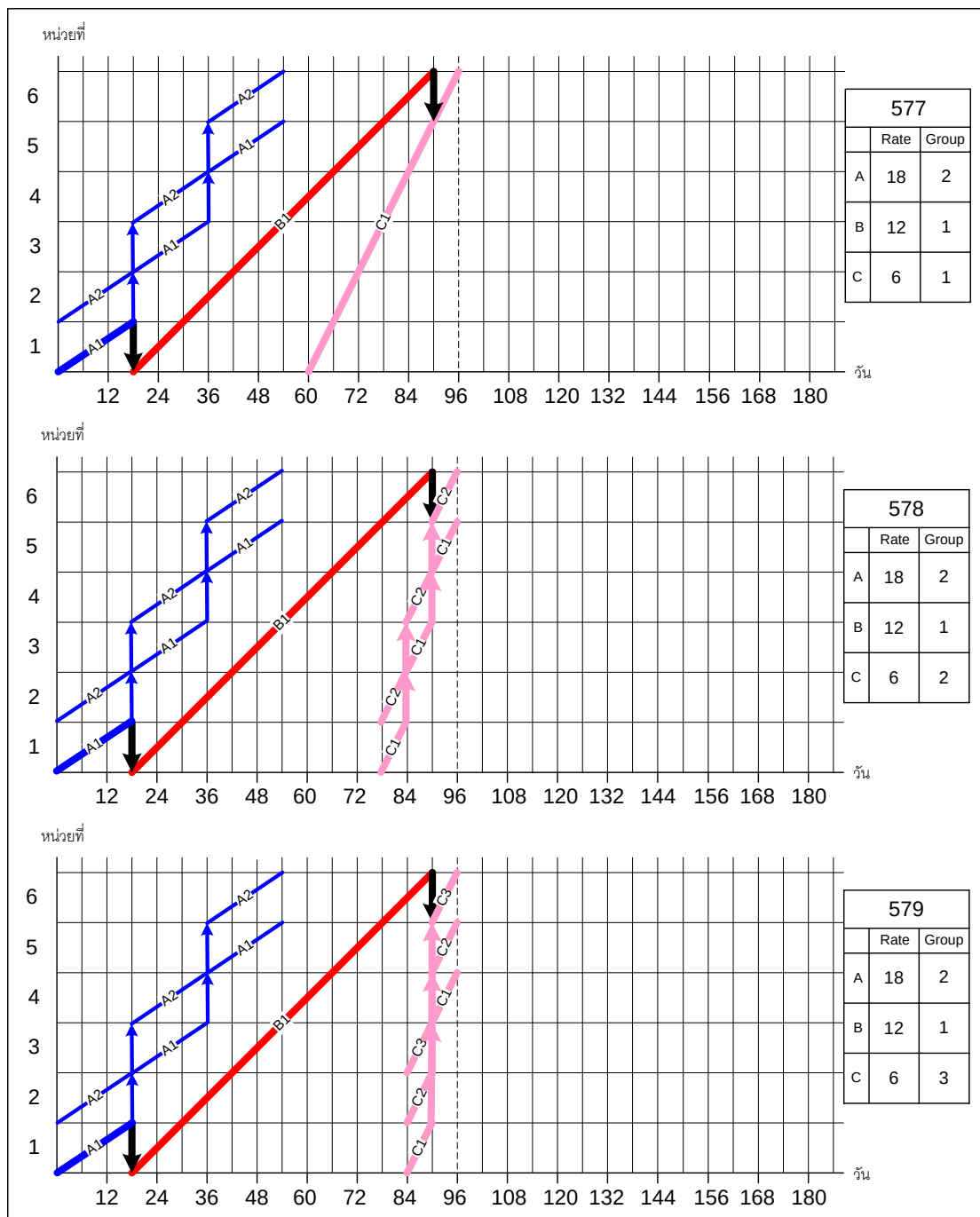
ภาพผนวกที่ 190 ผลการทดลองลำดับที่ 568-570



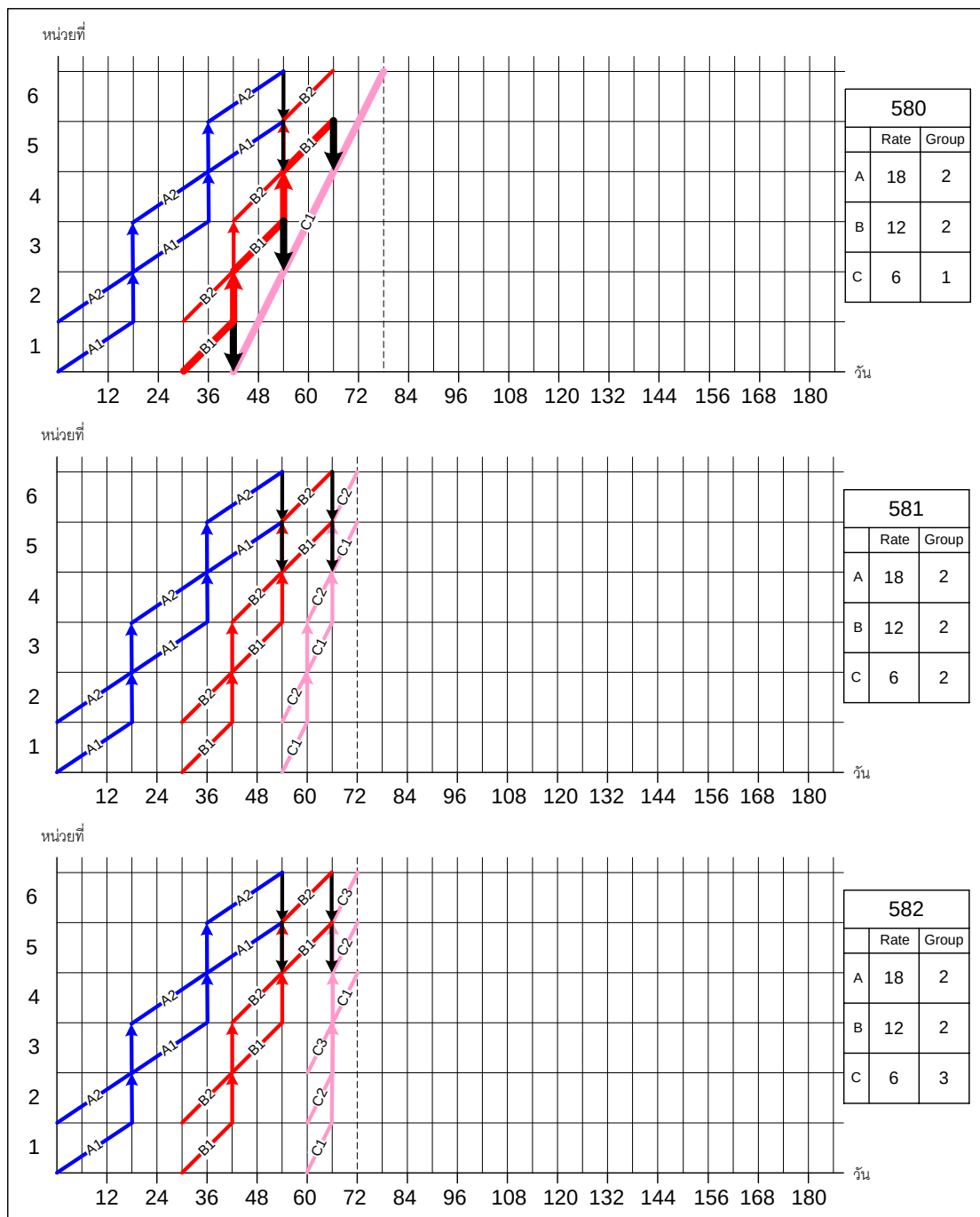
ภาพผนวกที่ 191 ผลการทดลองลำดับที่ 571-573



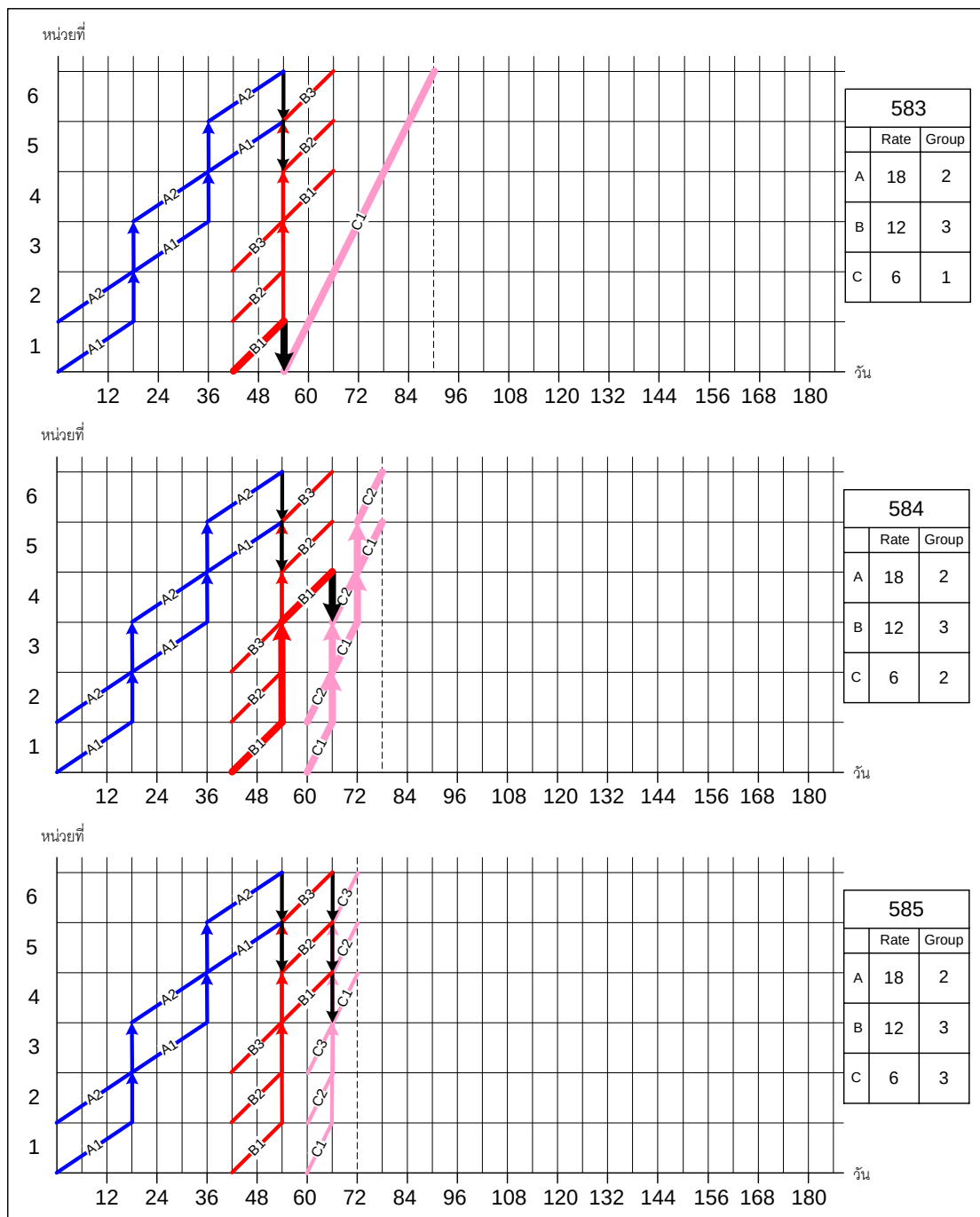
ภาพผนวกที่ 192 ผลการทดลองลำดับที่ 574-576



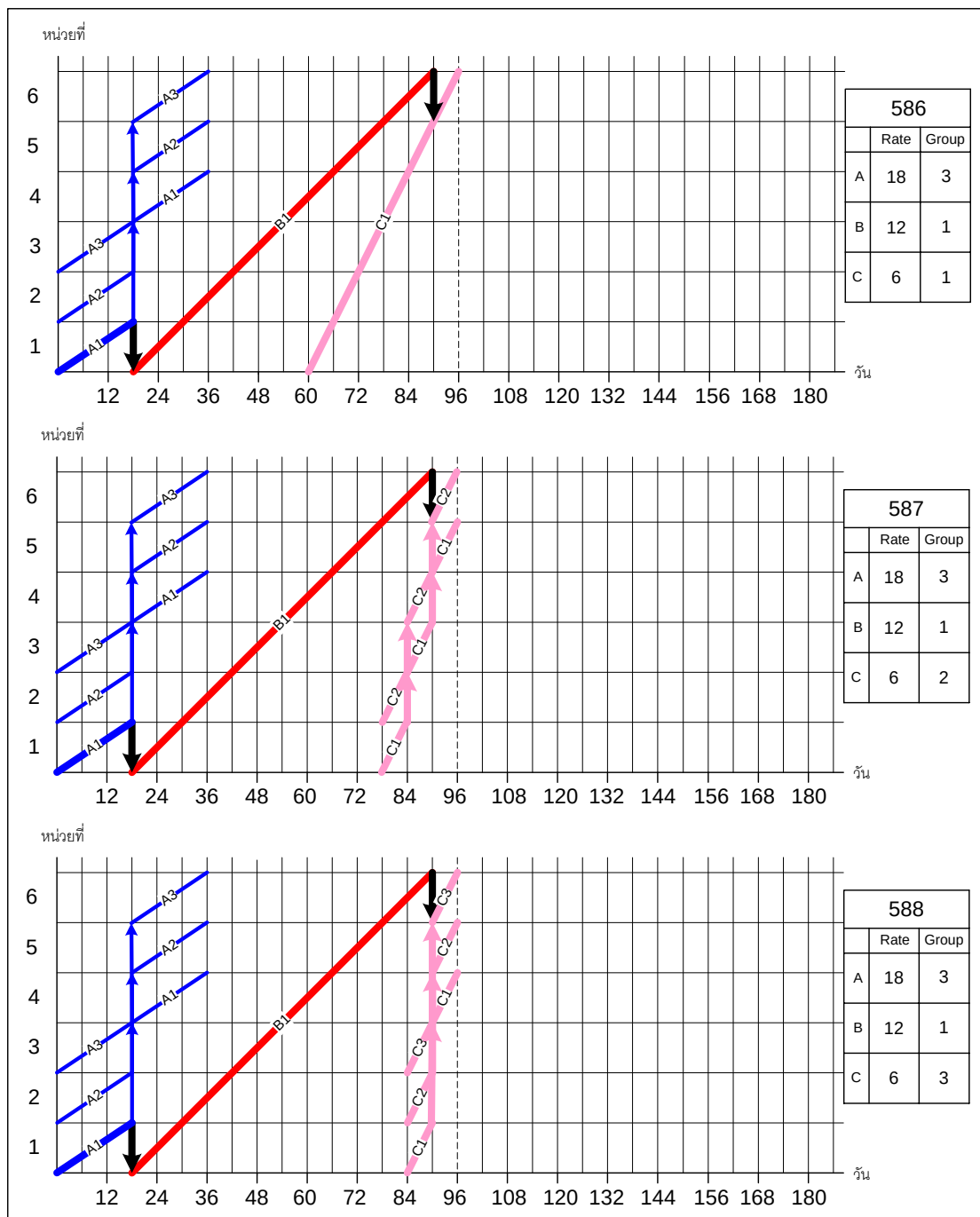
ภาพผนวกที่ 193 ผลการทดลองลำดับที่ 577-579



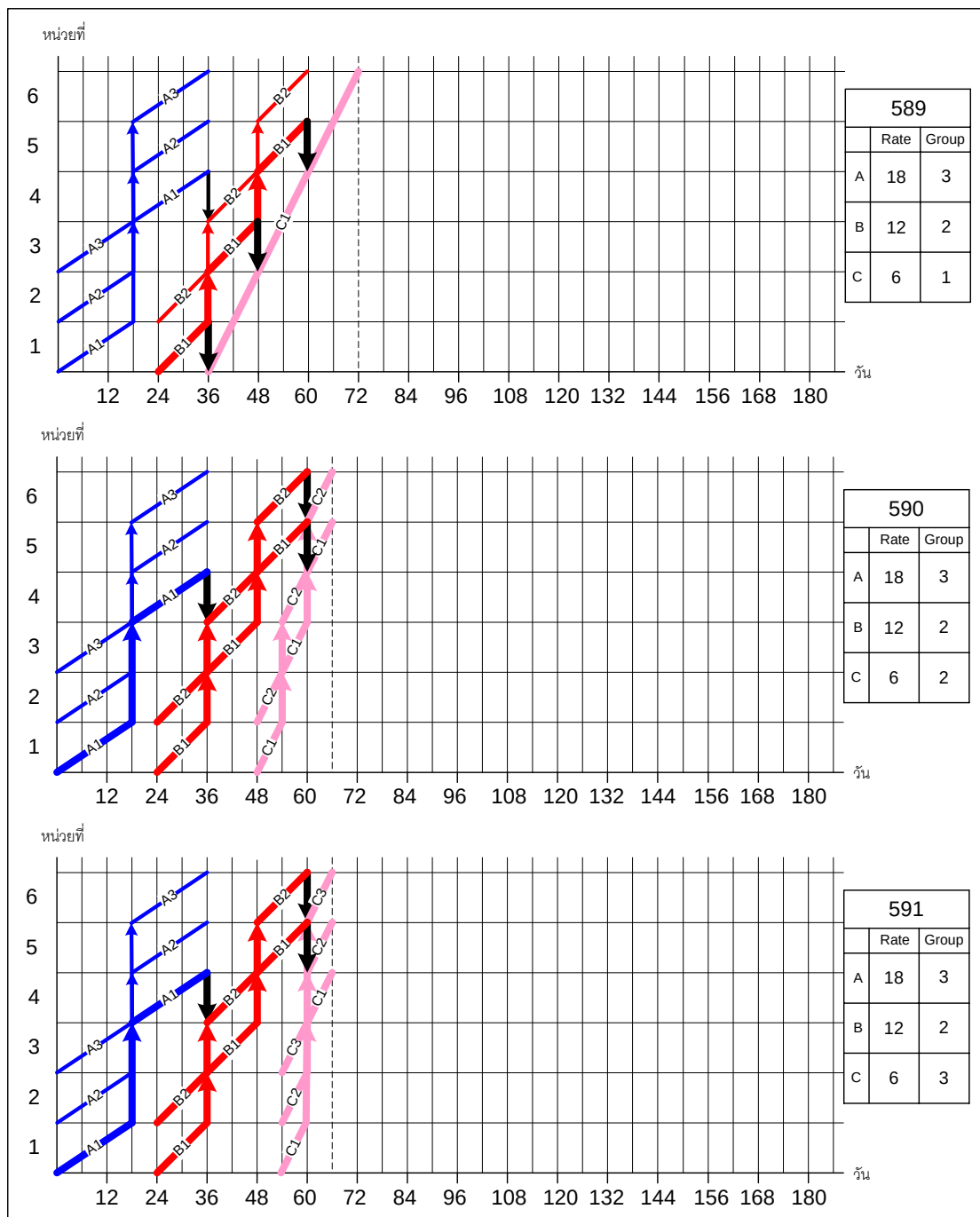
ภาพผนวกที่ 194 ผลการทดลองลำดับที่ 580-582



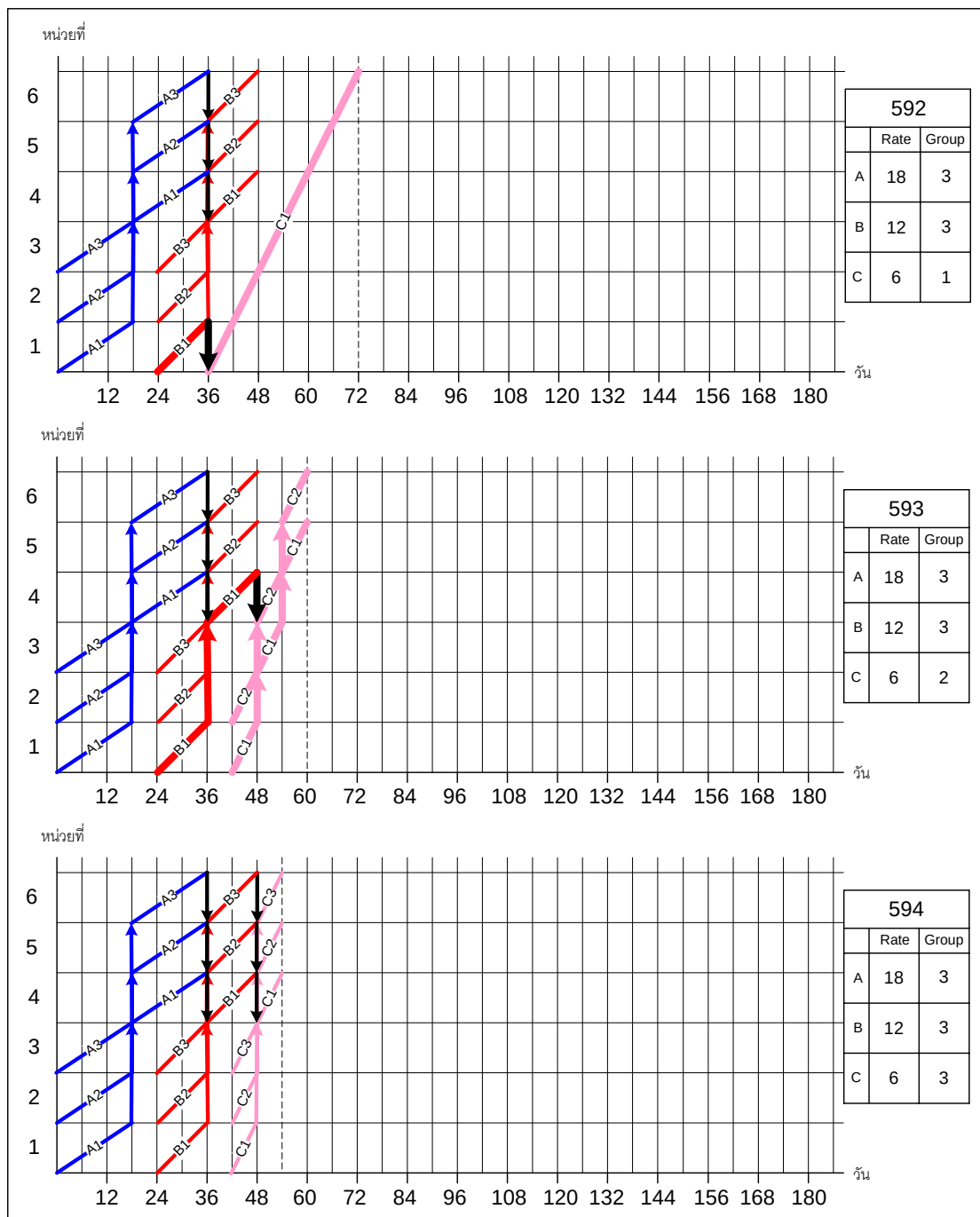
ภาพผนวกที่ 195 ผลการทดลองลำดับที่ 583-585



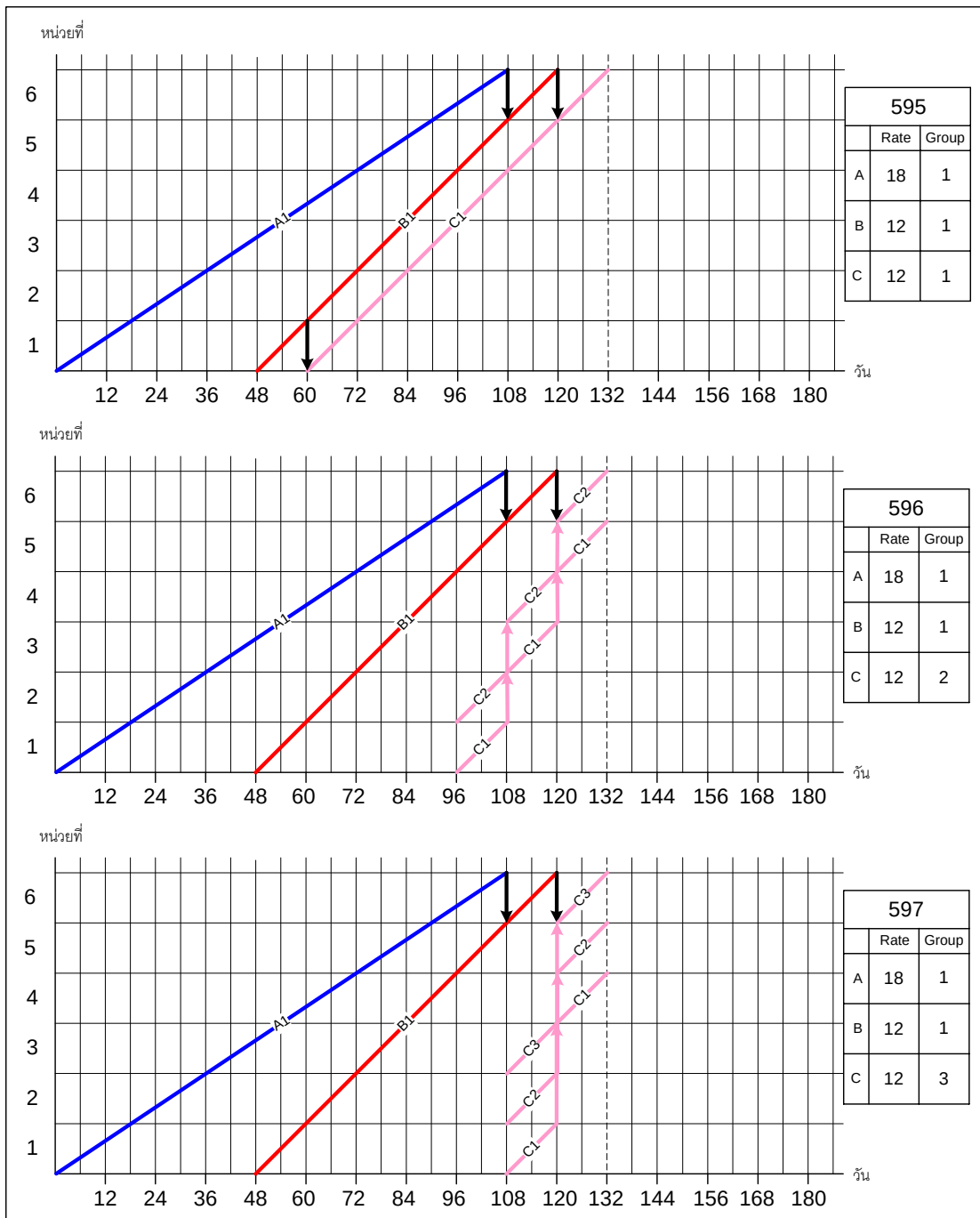
ภาพผนวกที่ 196 ผลการทดลองลำดับที่ 586-588



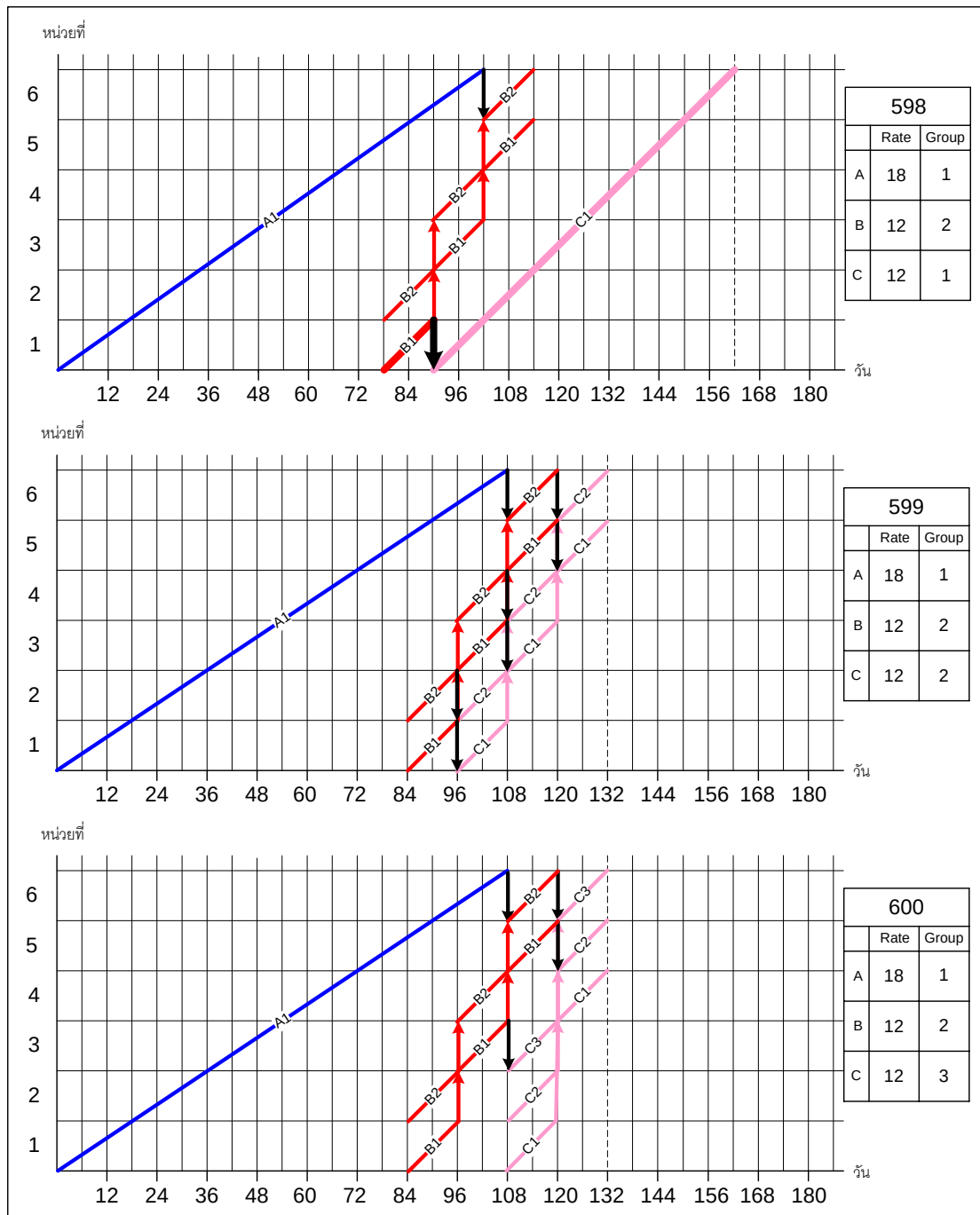
ภาพผนวกที่ 197 ผลการทดลองลำดับที่ 589-591



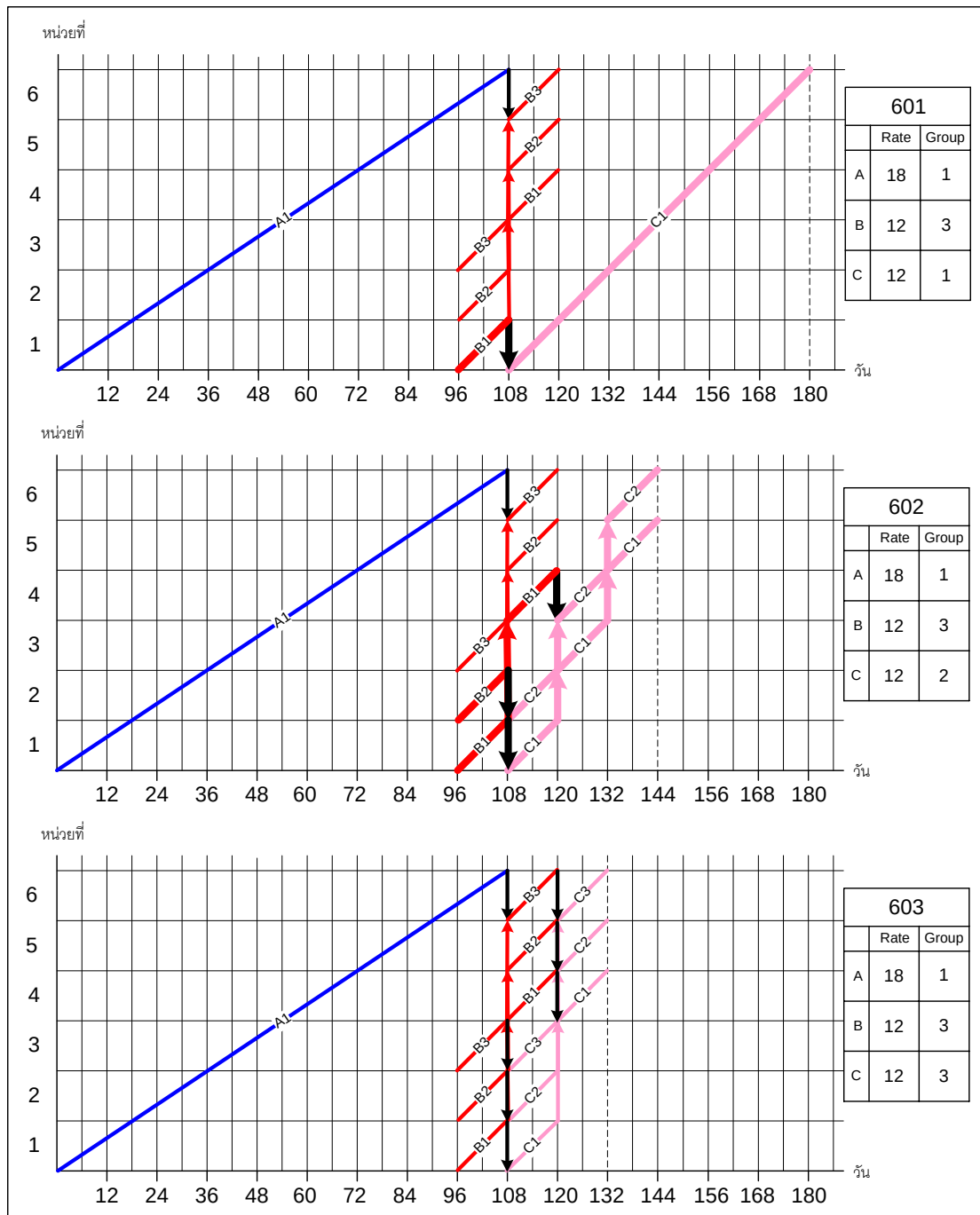
ภาพผนวกที่ 198 ผลการทดลองลำดับที่ 592-594



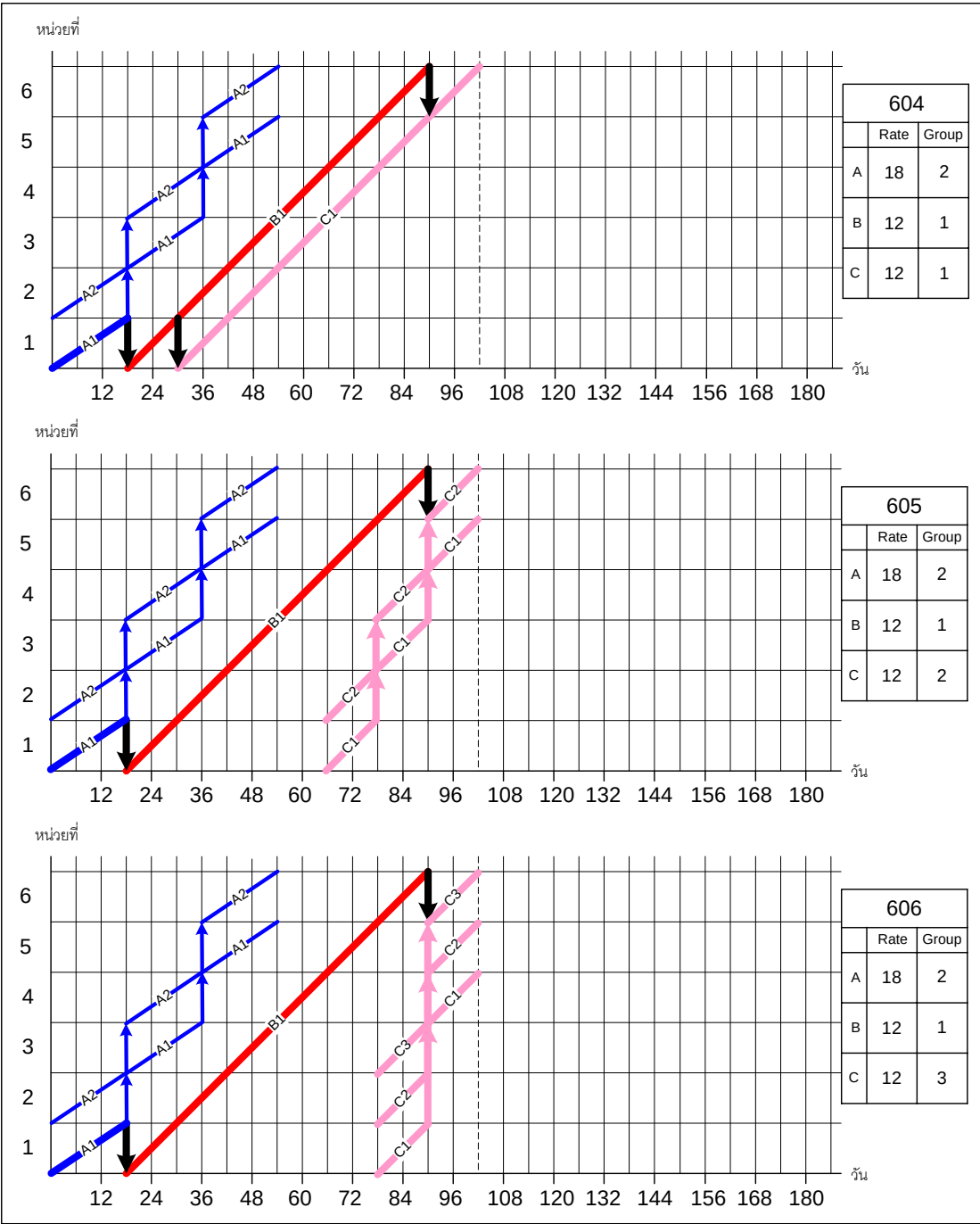
ภาพผนวกที่ 199 ผลการทดลองลำดับที่ 595-597



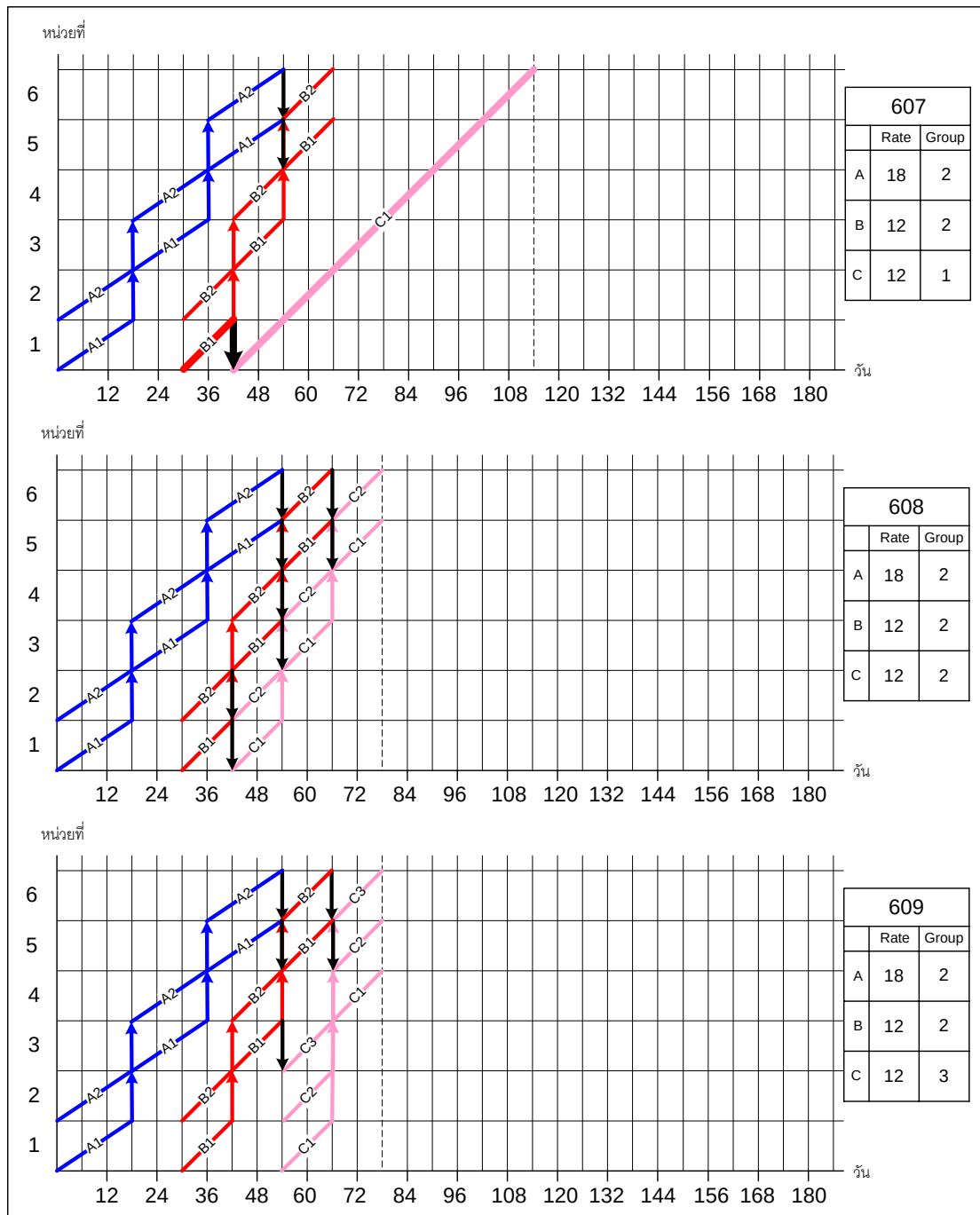
ภาพผนวกที่ 200 ผลการทดลองลำดับที่ 598-600



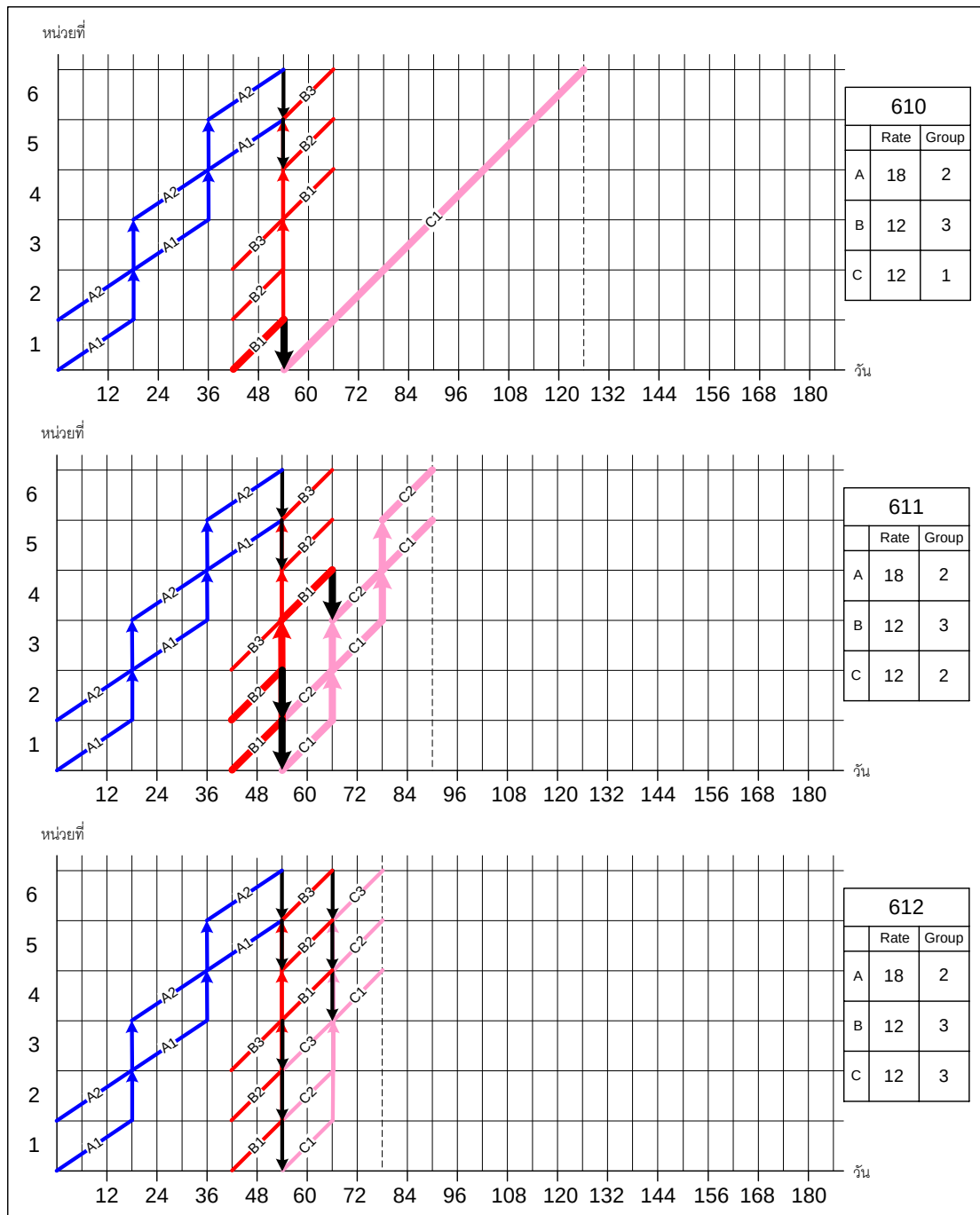
ภาพผนวกที่ 201 ผลการทดลองลำดับที่ 601-603



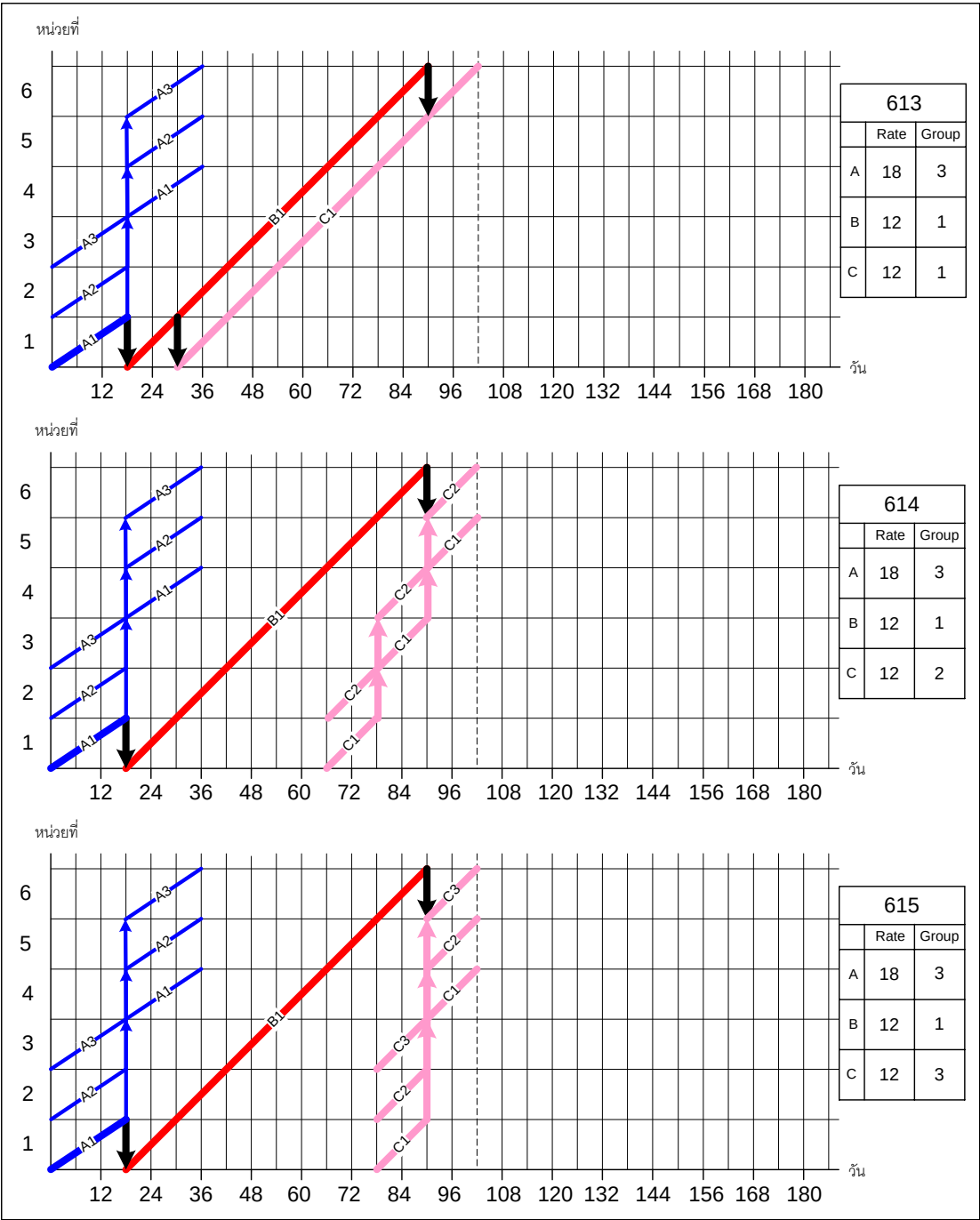
ภาพผนวกที่ 202 ผลการทดลองลำดับที่ 604-606



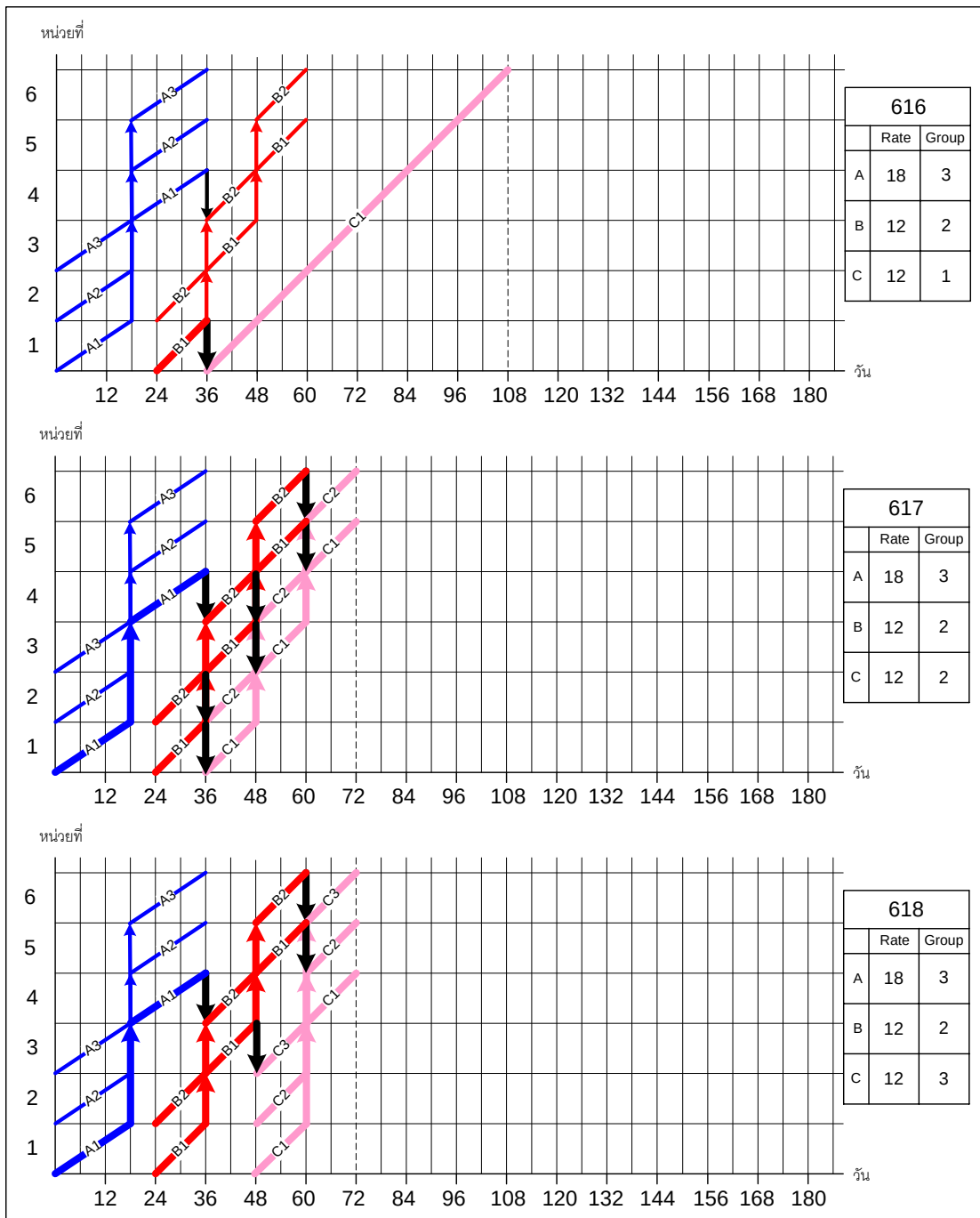
ภาพผนวกที่ 203 ผลการทดลองลำดับที่ 607-609



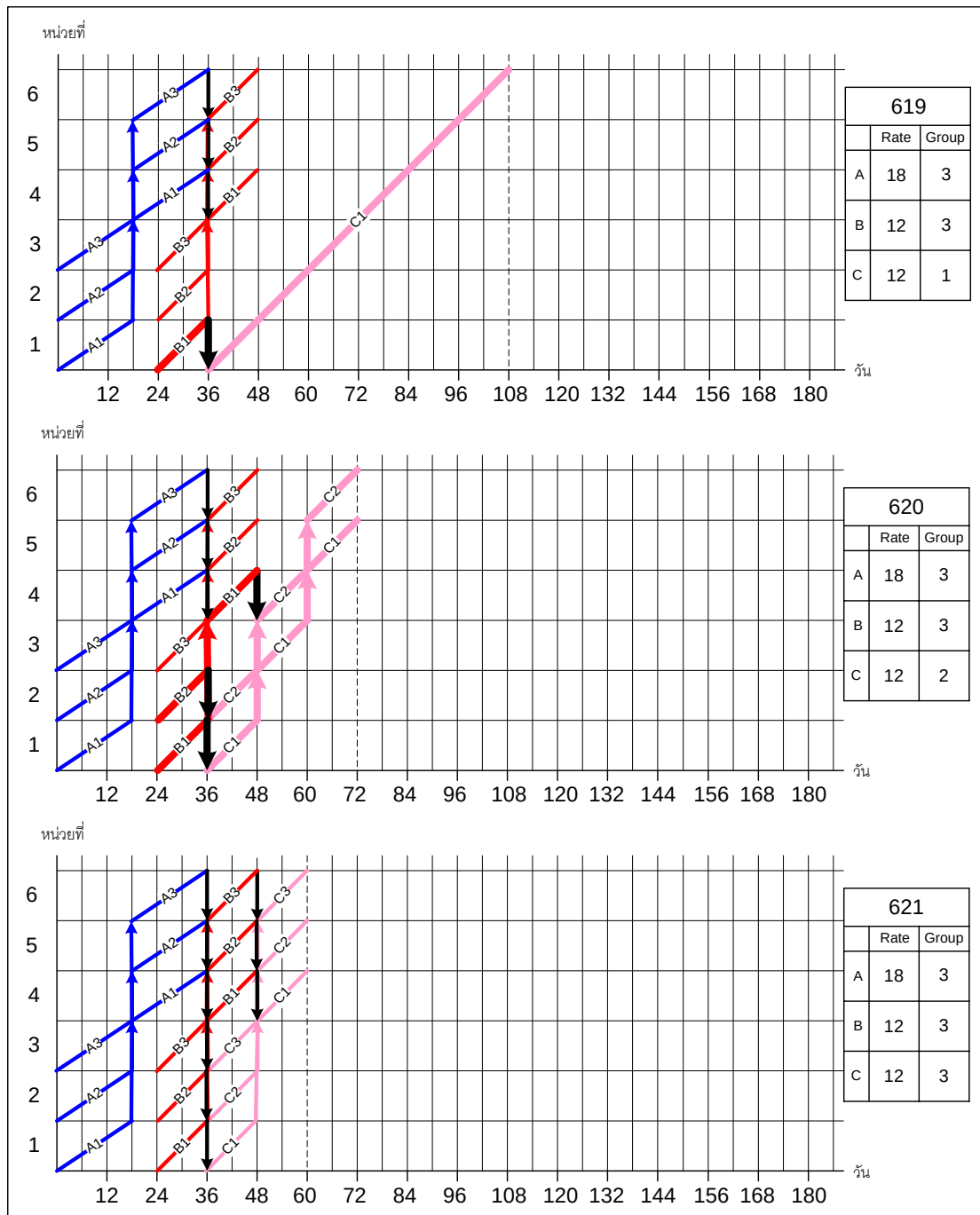
ภาพผนวกที่ 204 ผลการทดลองลำดับที่ 610-612



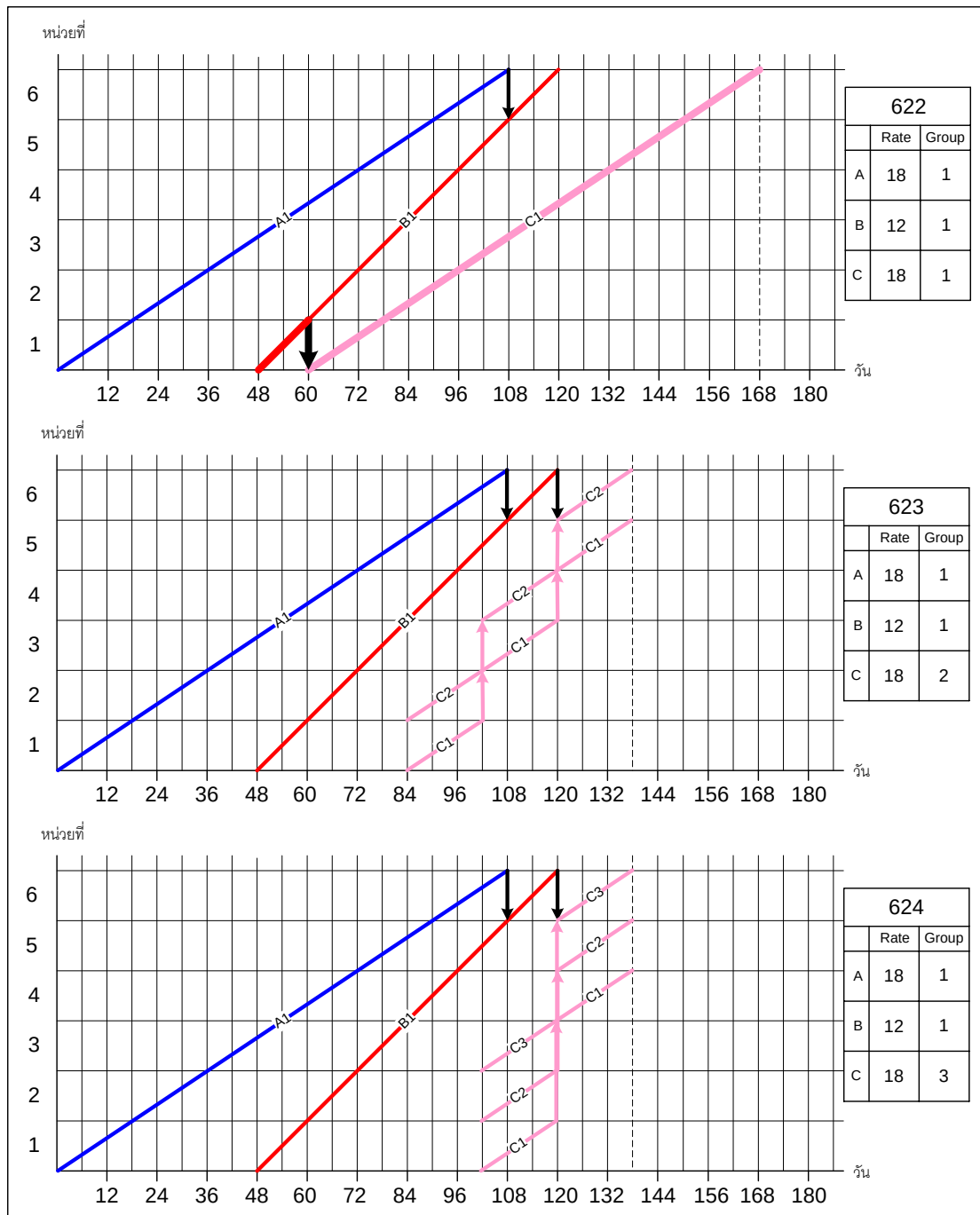
ภาพผนวกที่ 205 ผลการทดลองลำดับที่ 613-615



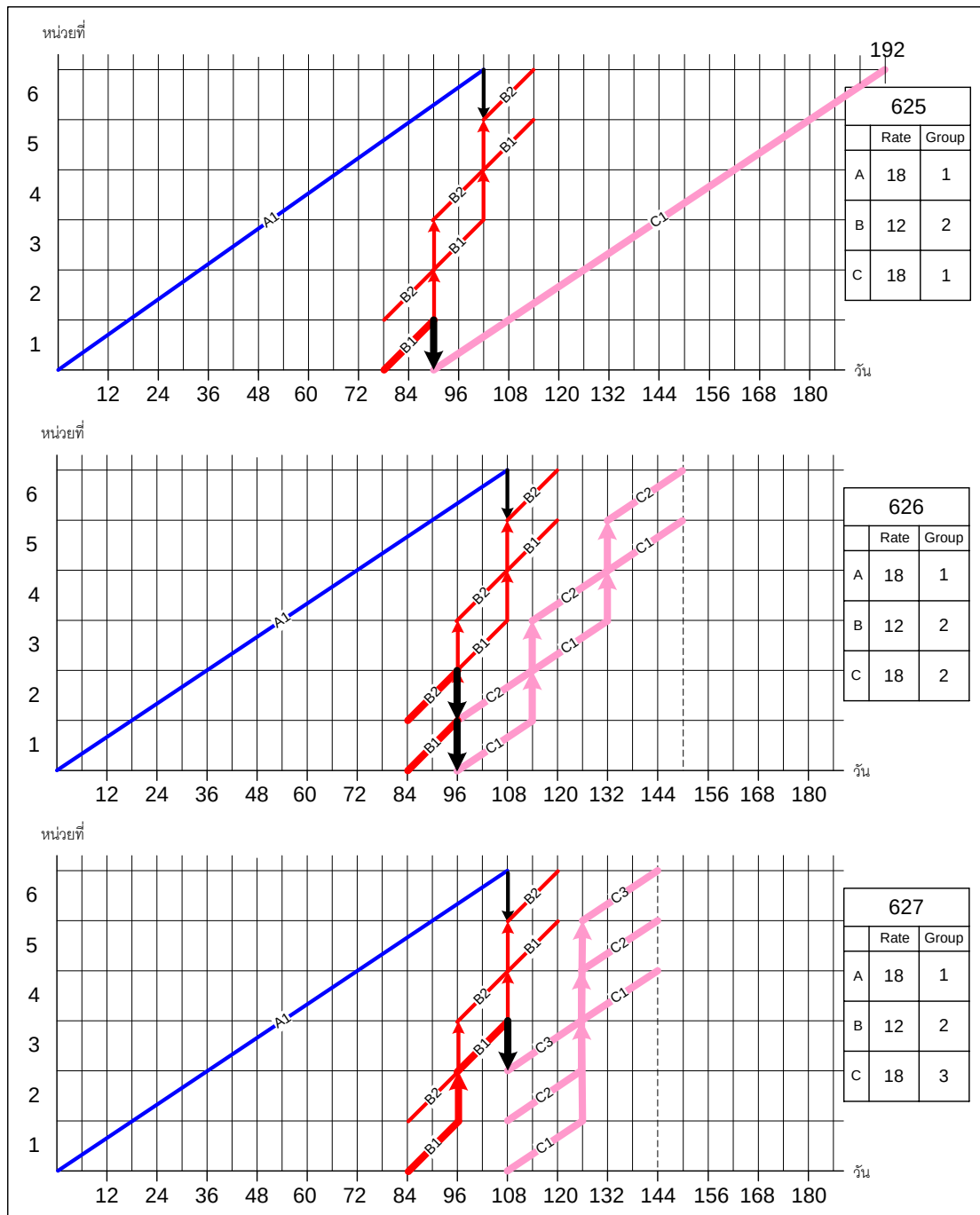
ภาพผนวกที่ 206 ผลการทดลองลำดับที่ 616-618



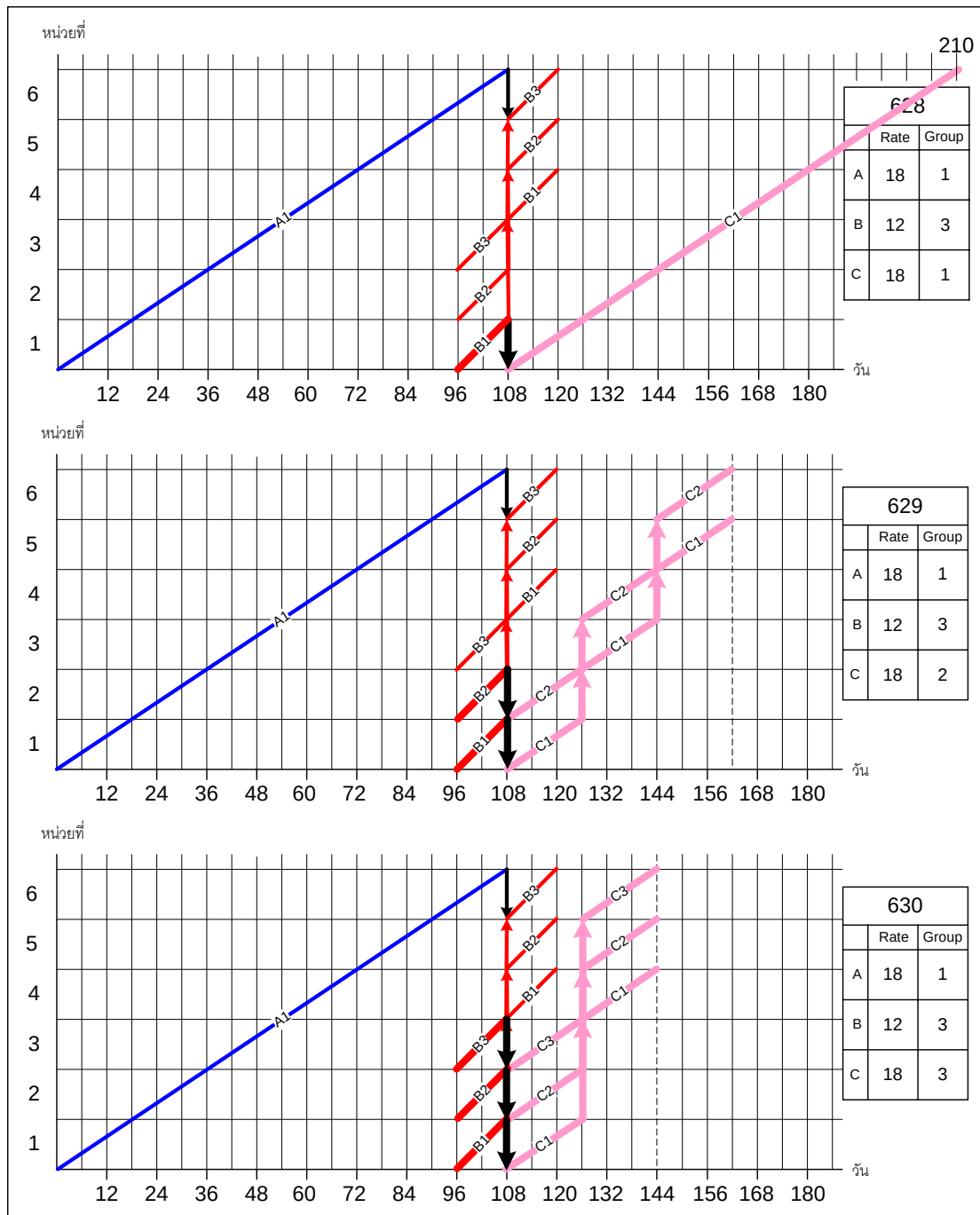
ภาพผนวกที่ 207 ผลการทดลองลำดับที่ 619-621



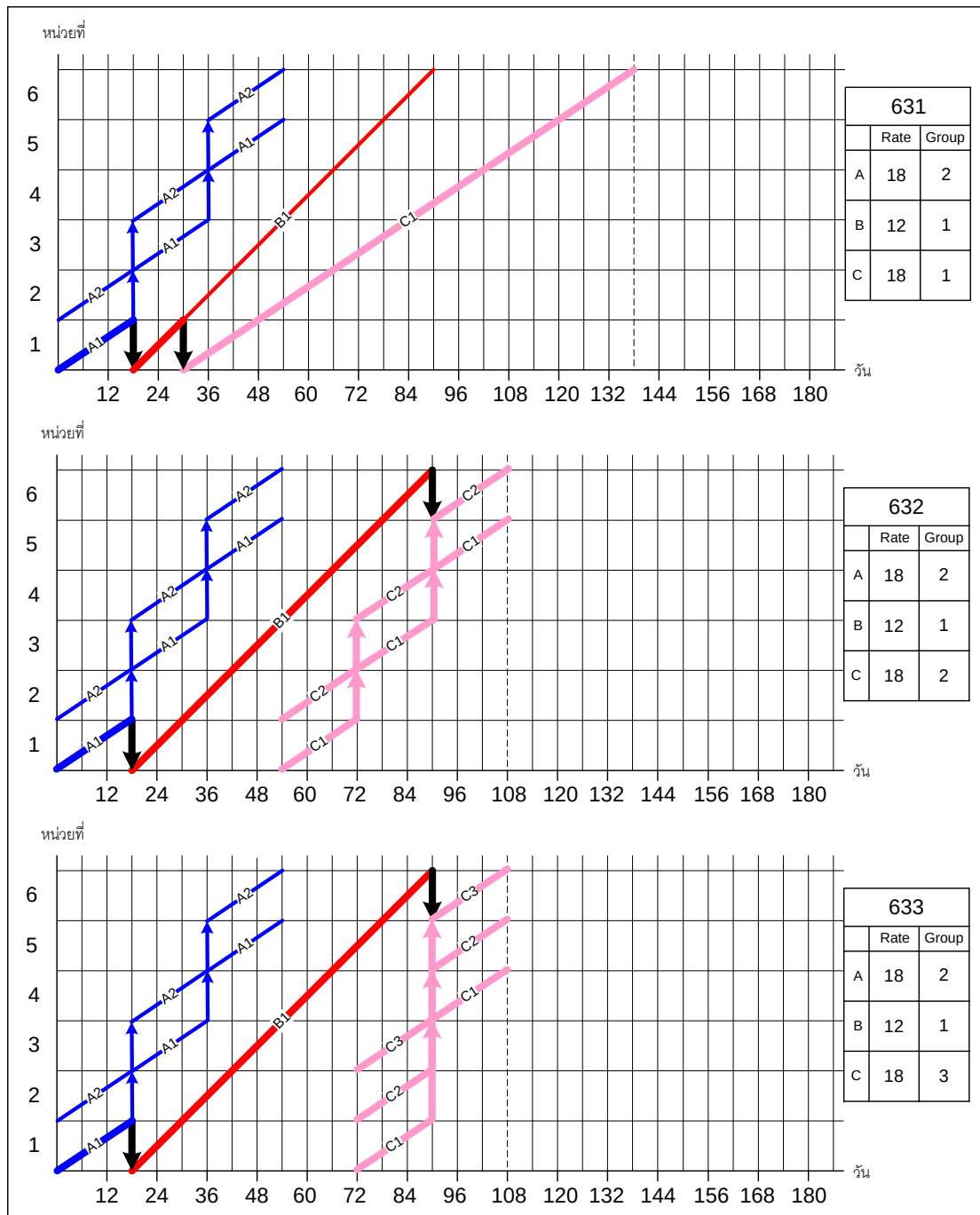
ภาพผนวกที่ 208 ผลการทดลองลำดับที่ 622-624



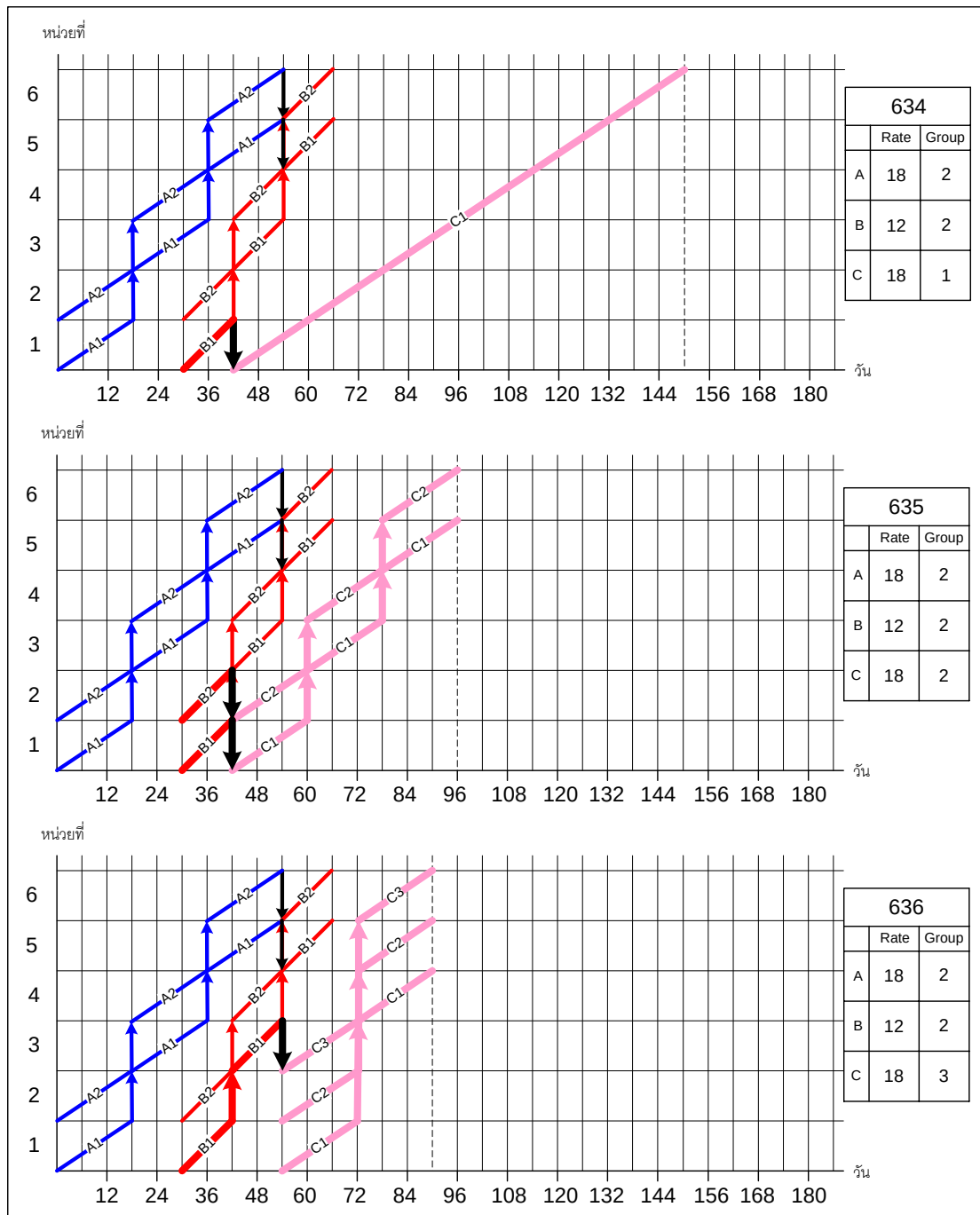
ภาพผนวกที่ 209 ผลการทดลองลำดับที่ 625-627



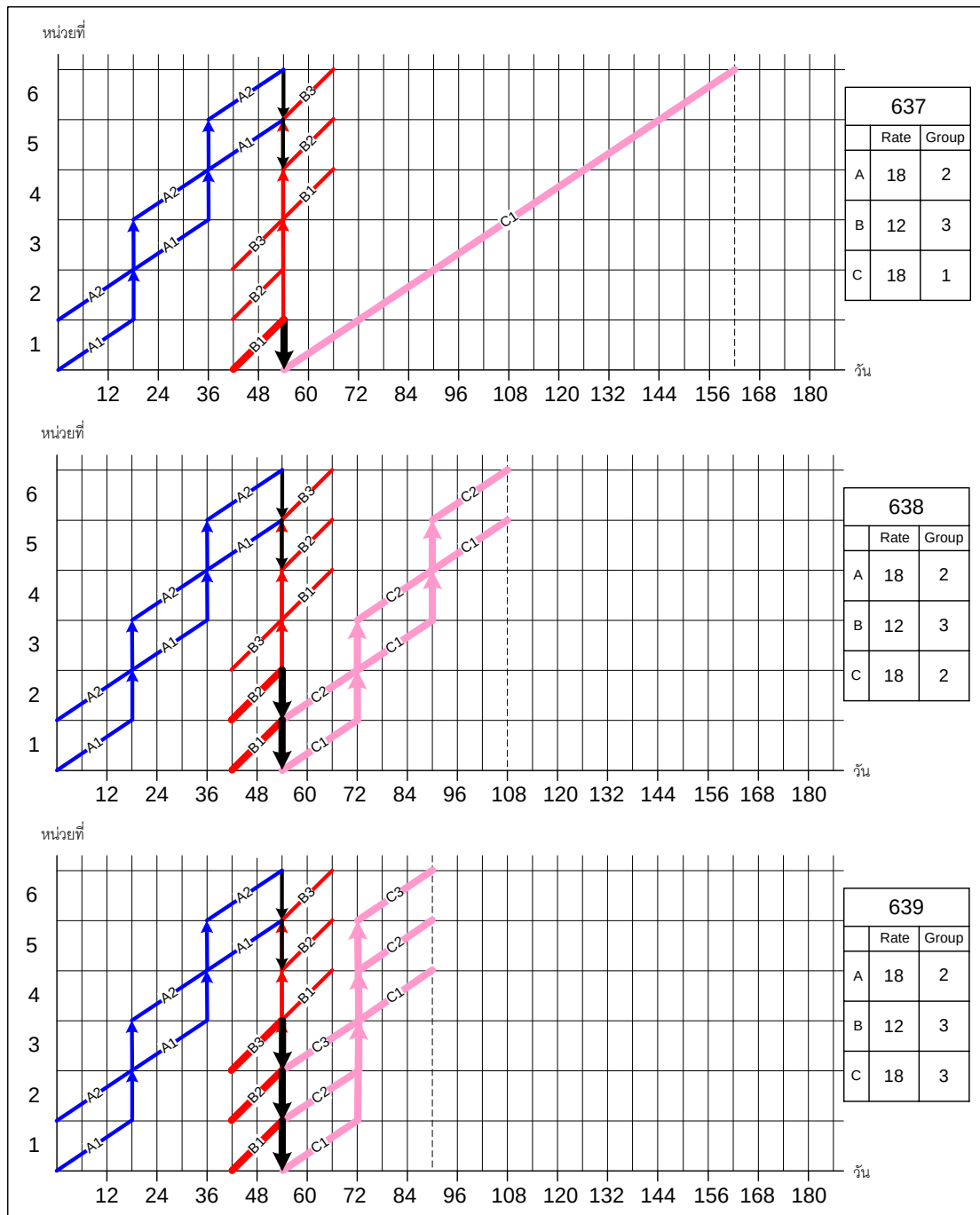
ภาพผนวกที่ 210 ผลการทดลองลำดับที่ 628-630



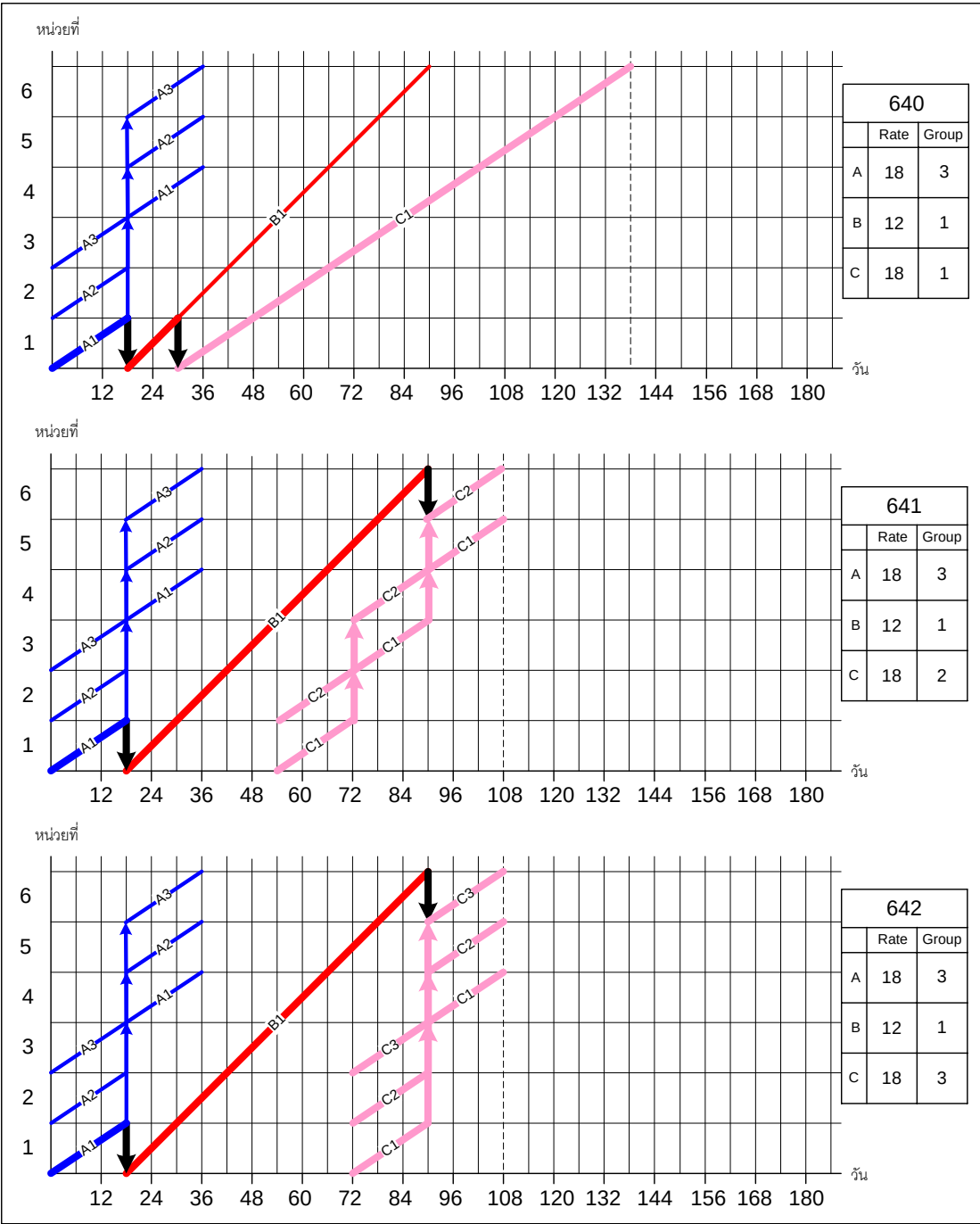
ภาพผนวกที่ 211 ผลการทดลองลำดับที่ 631-633



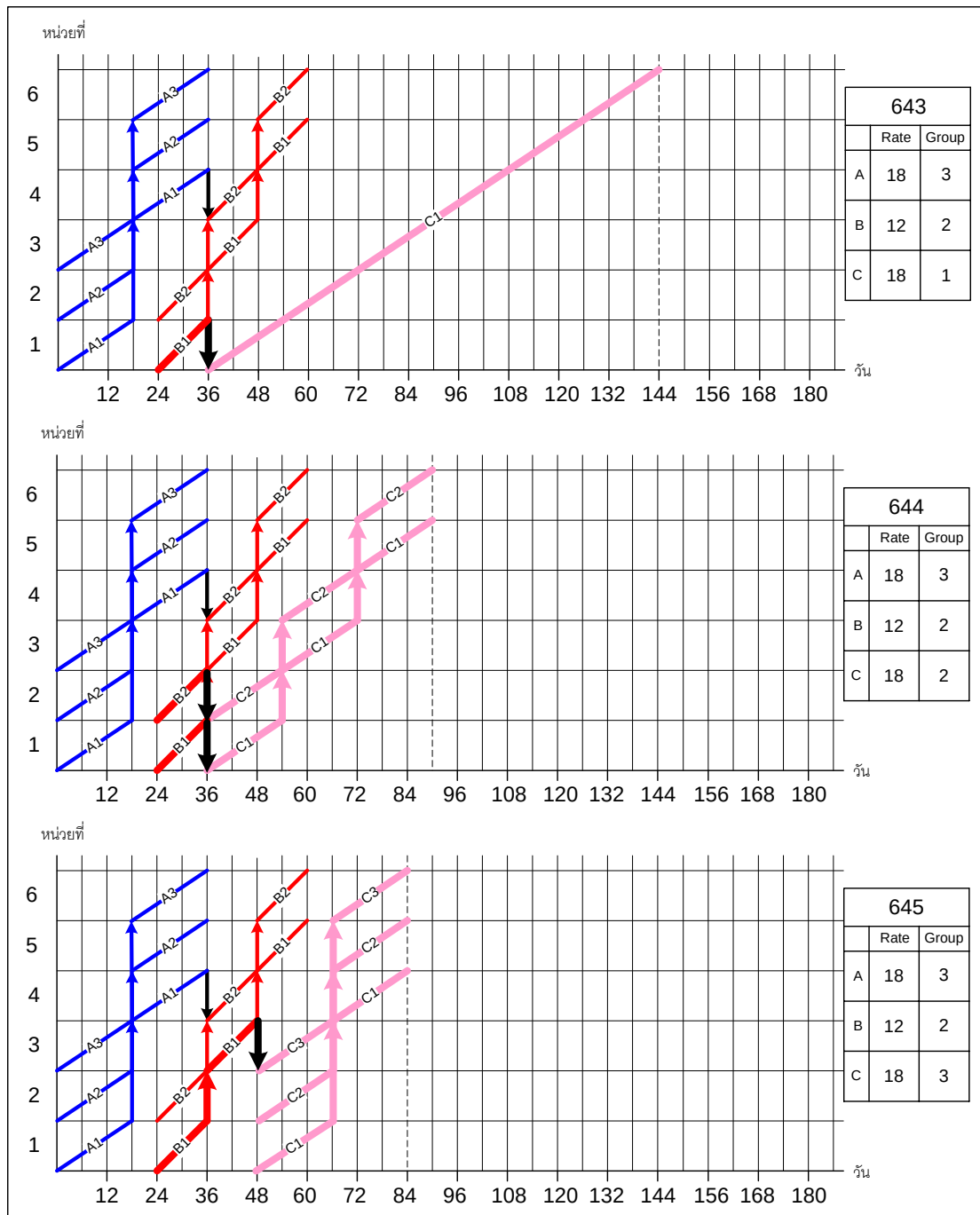
ภาพผนวกที่ 212 ผลการทดลองลำดับที่ 634-636



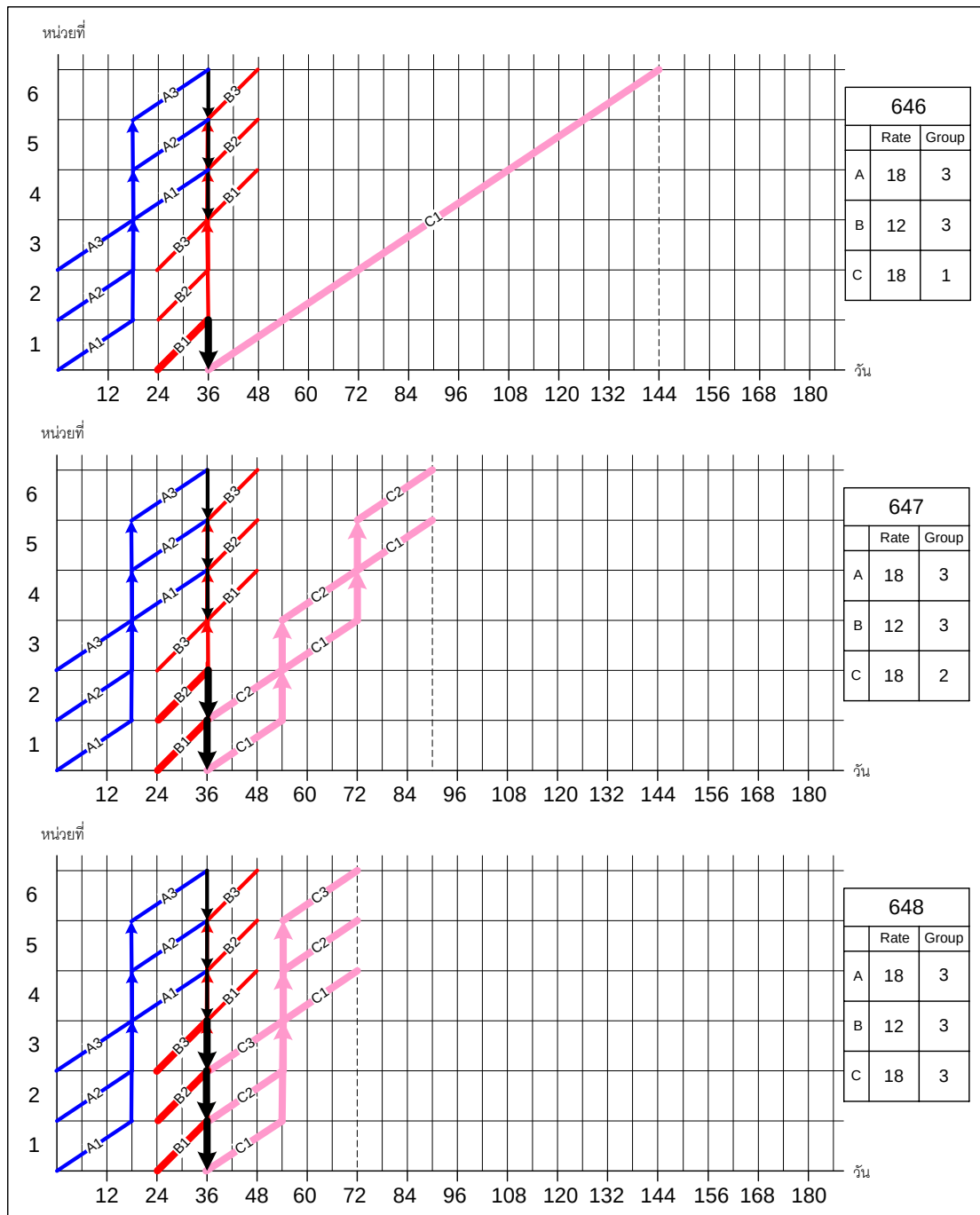
ภาพผนวกที่ 213 ผลการทดลองลำดับที่ 637-639



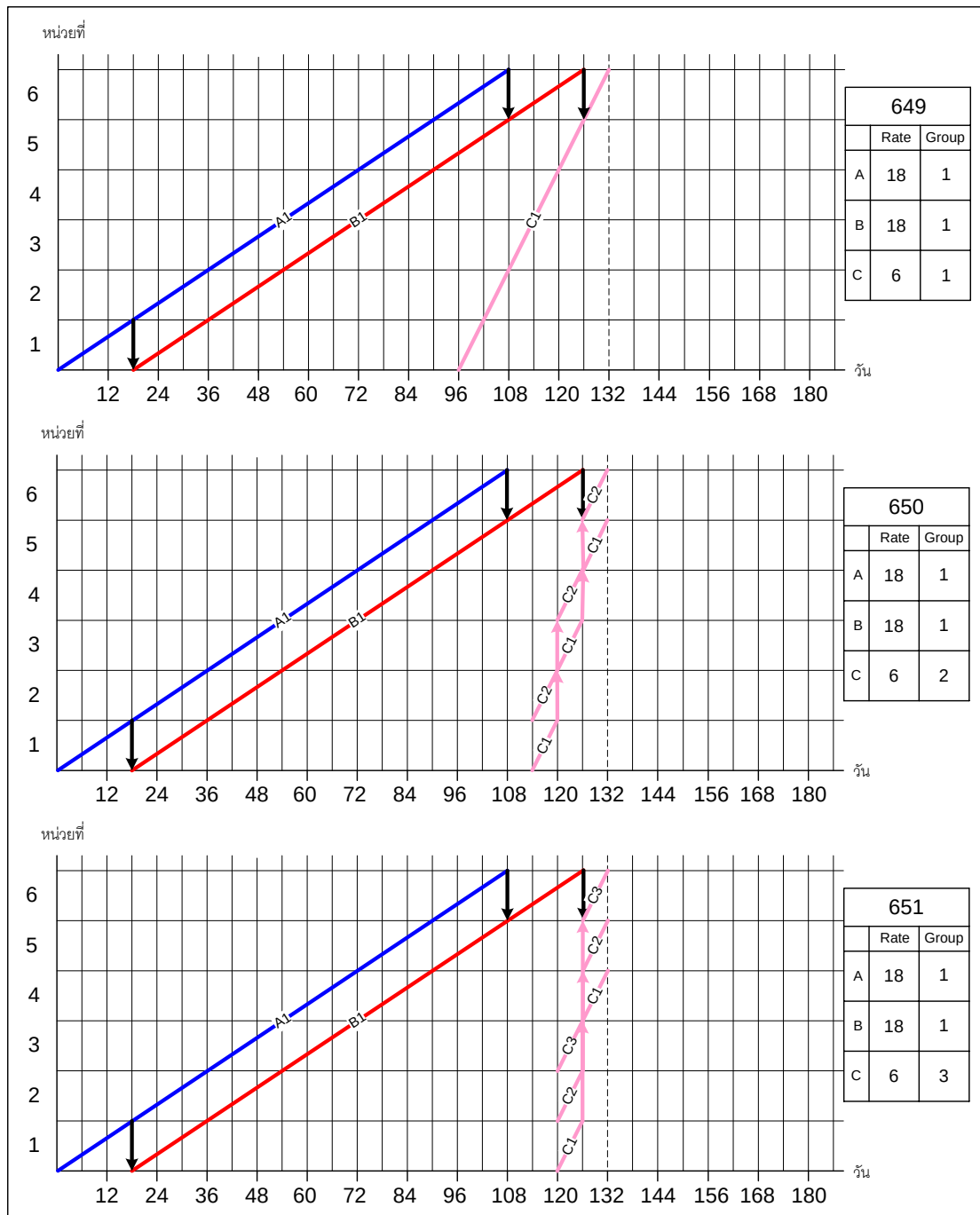
ภาพผนวกที่ 214 ผลการทดลองลำดับที่ 640-642



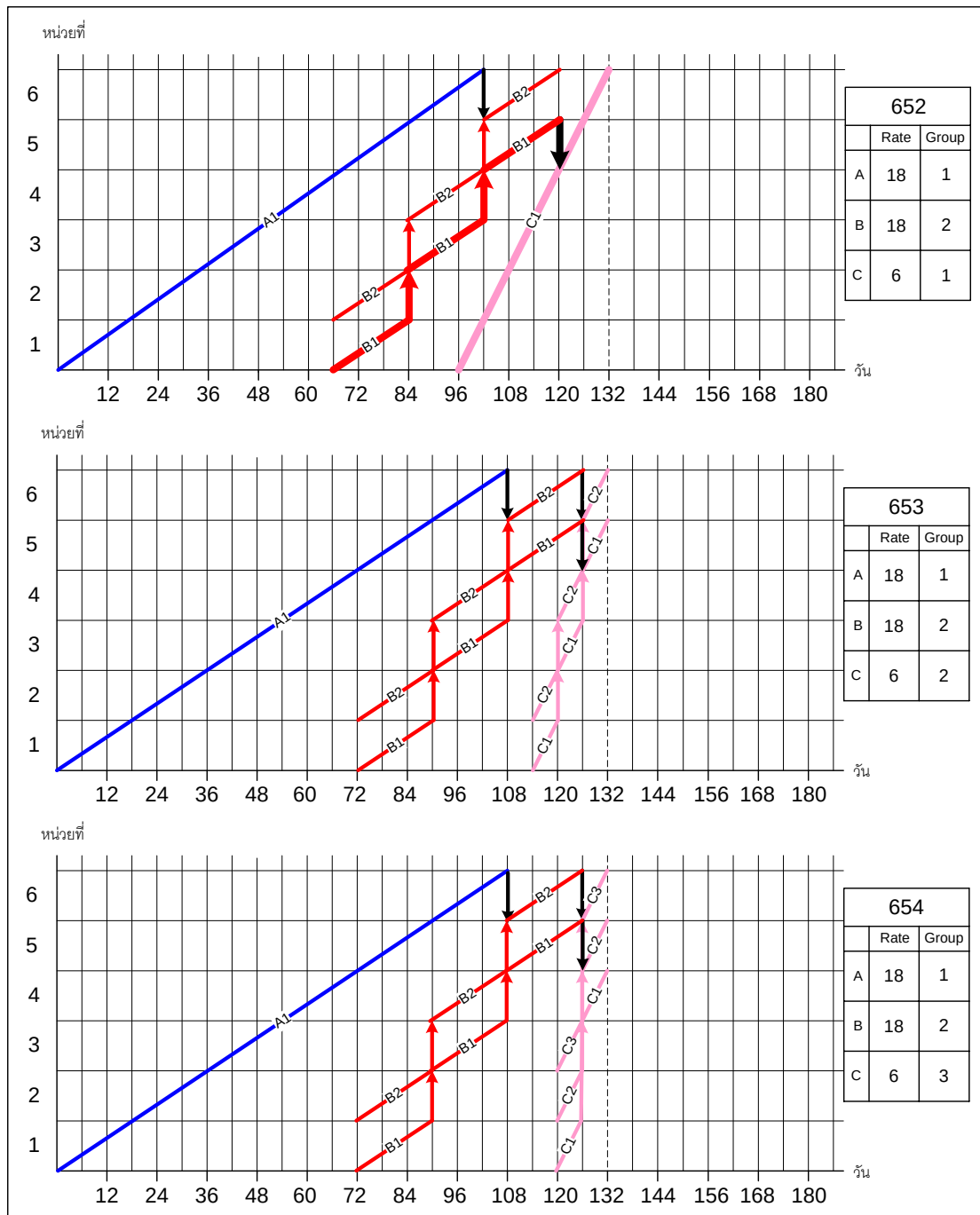
ภาพผนวกที่ 215 ผลการทดลองลำดับที่ 643-645



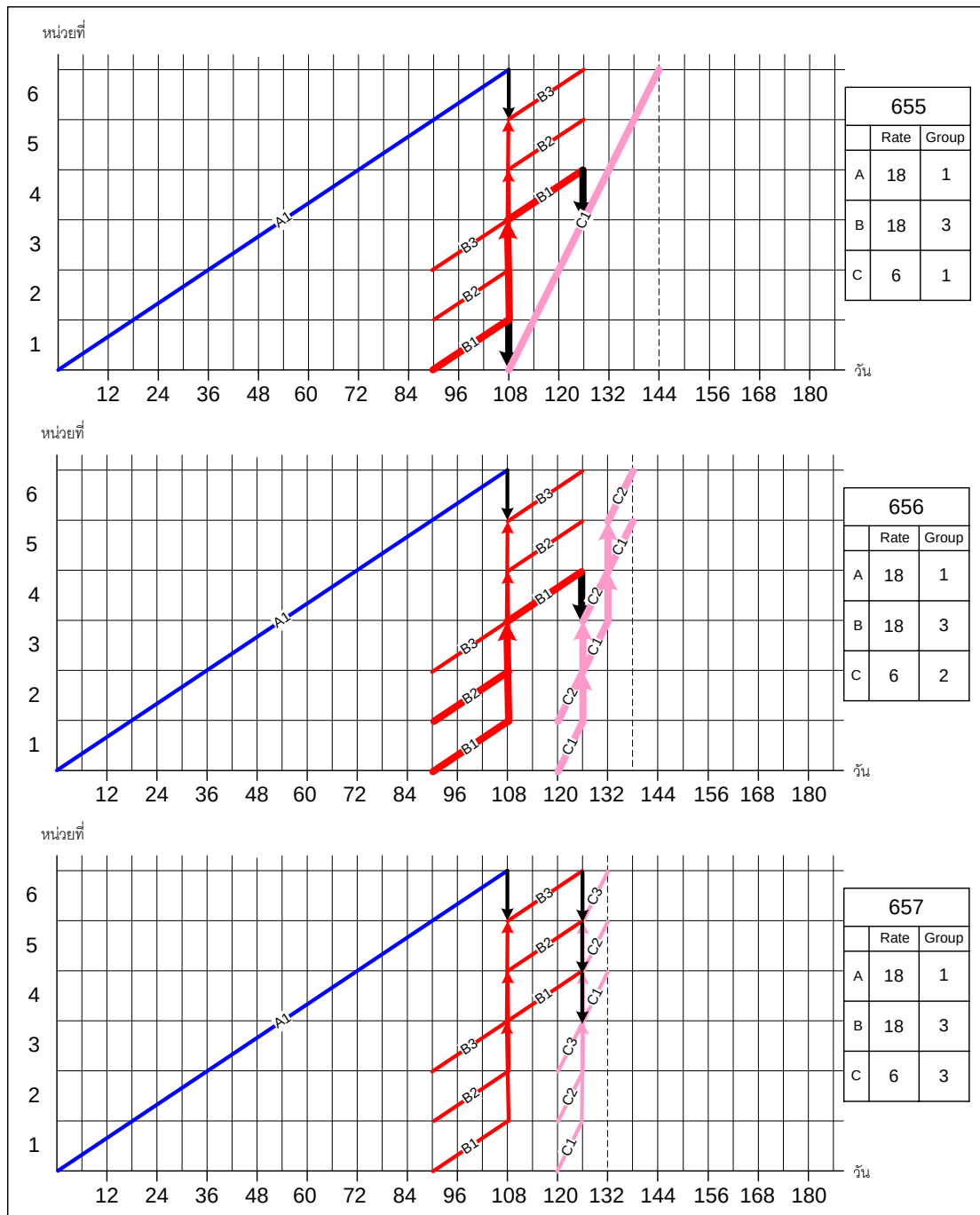
ภาพผนวกที่ 216 ผลการทดลองลำดับที่ 646-648



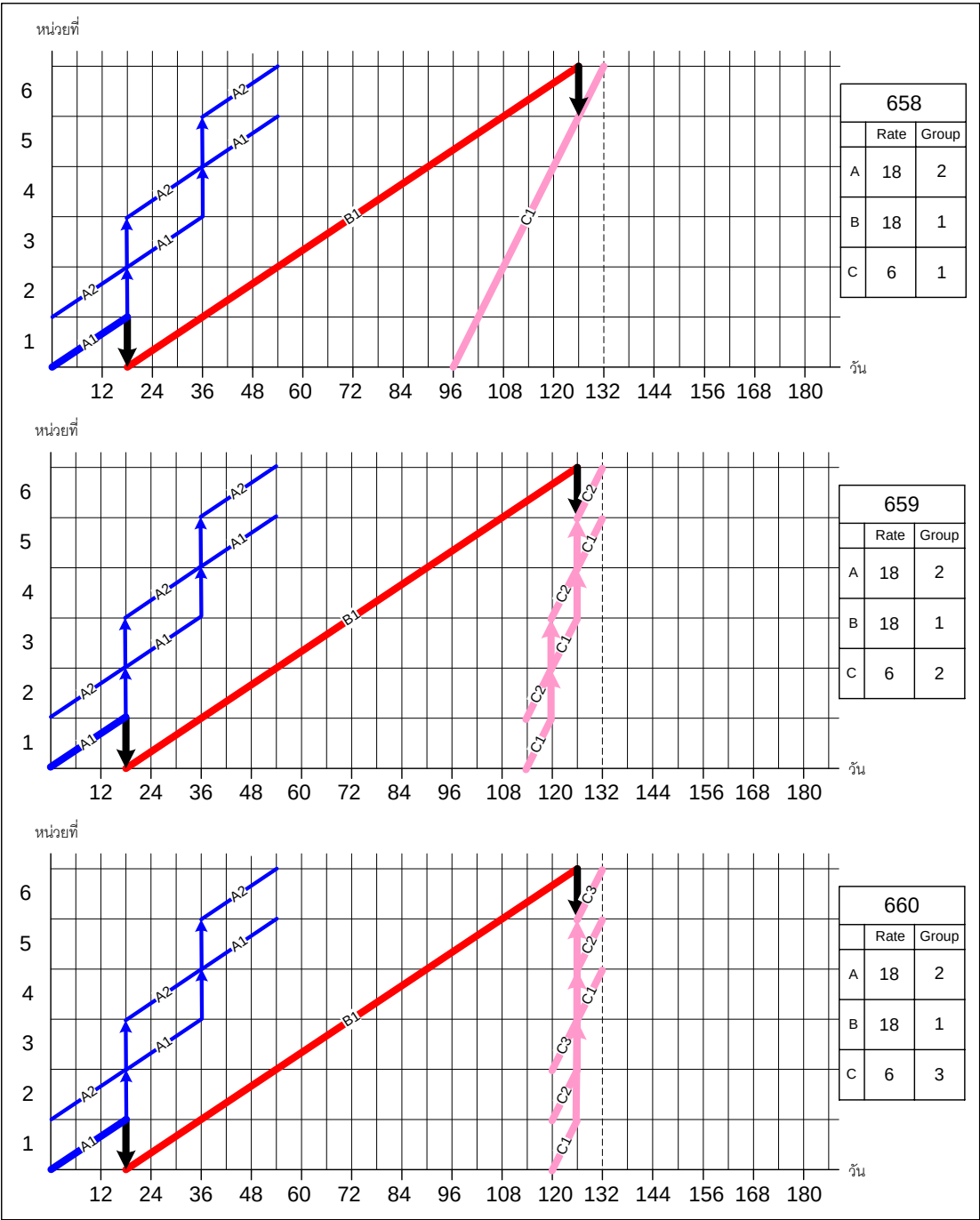
ภาพผนวกที่ 217 ผลการทดลองลำดับที่ 649-651



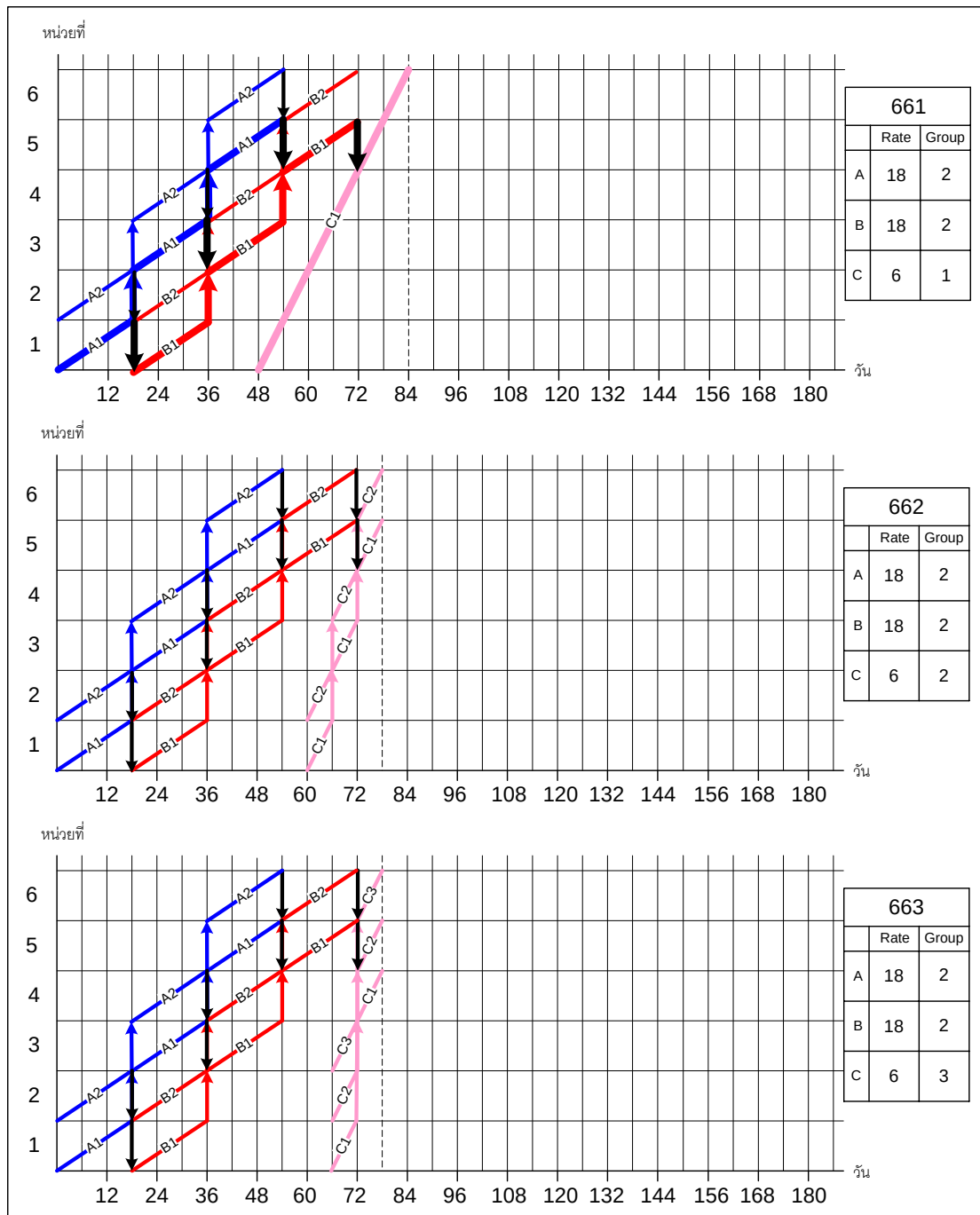
ภาพผนวกที่ 218 ผลการทดลองลำดับที่ 652-654



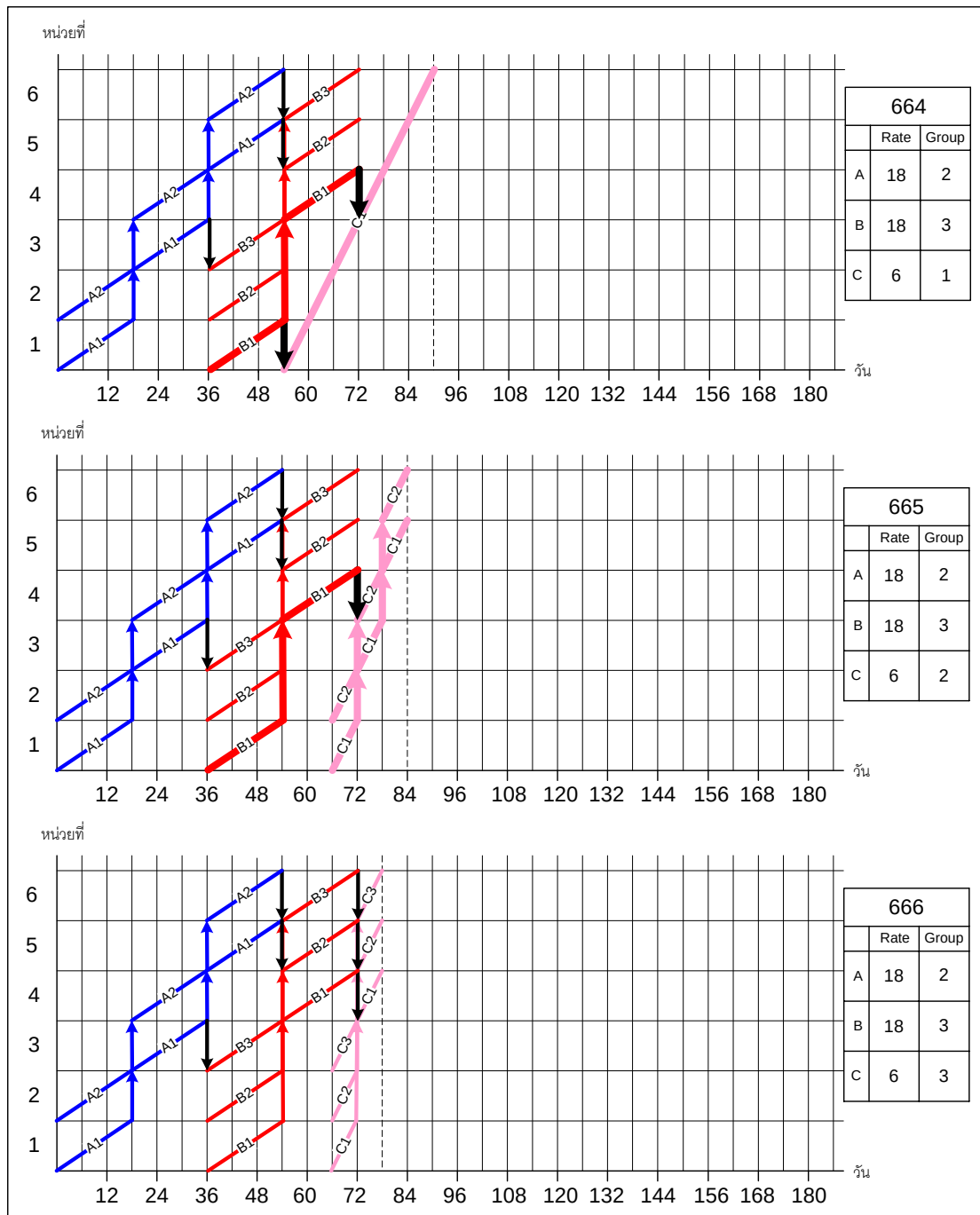
ภาพผนวกที่ 219 ผลการทดลองลำดับที่ 655-657



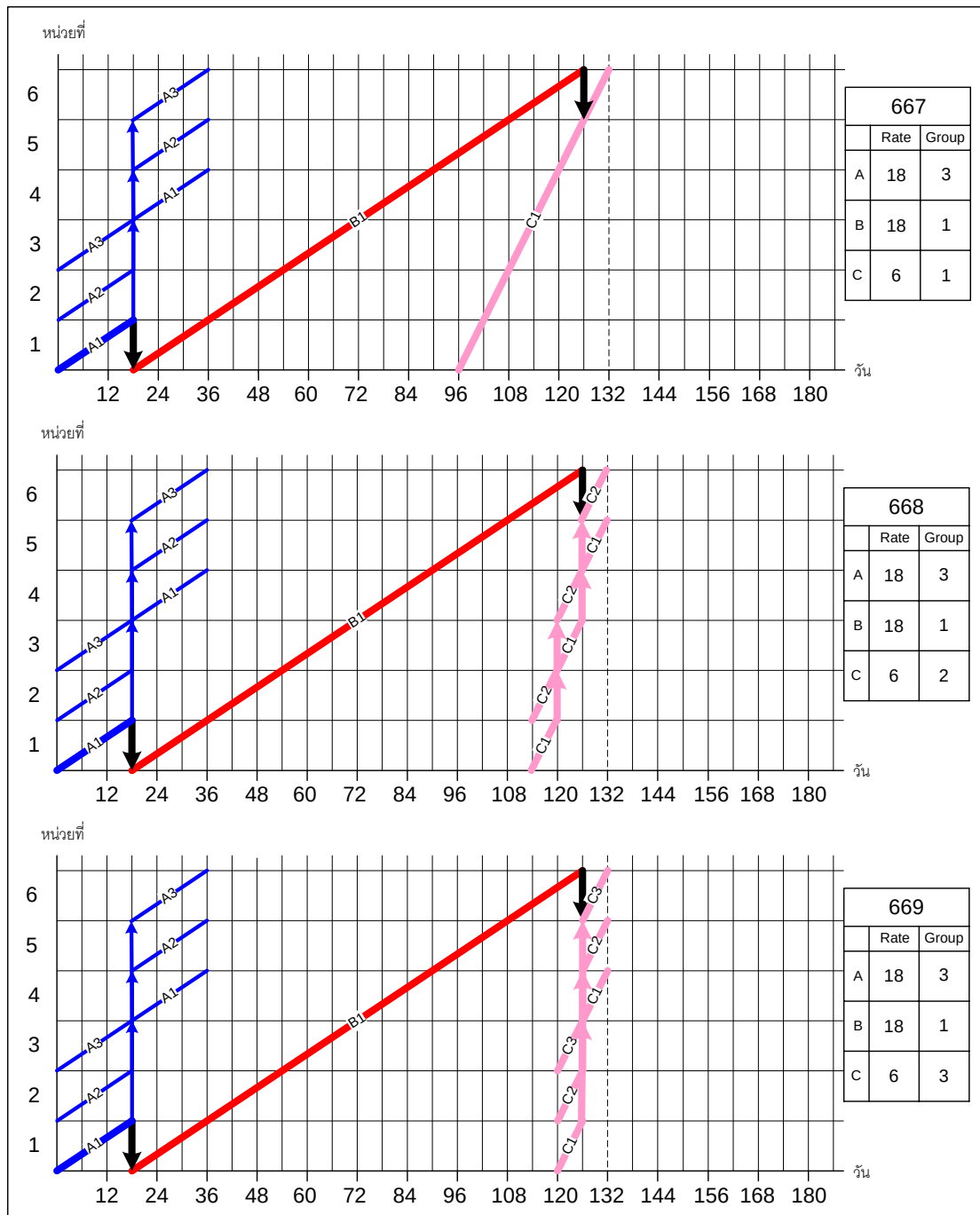
ภาพผนวกที่ 220 ผลการทดลองลำดับที่ 658-660



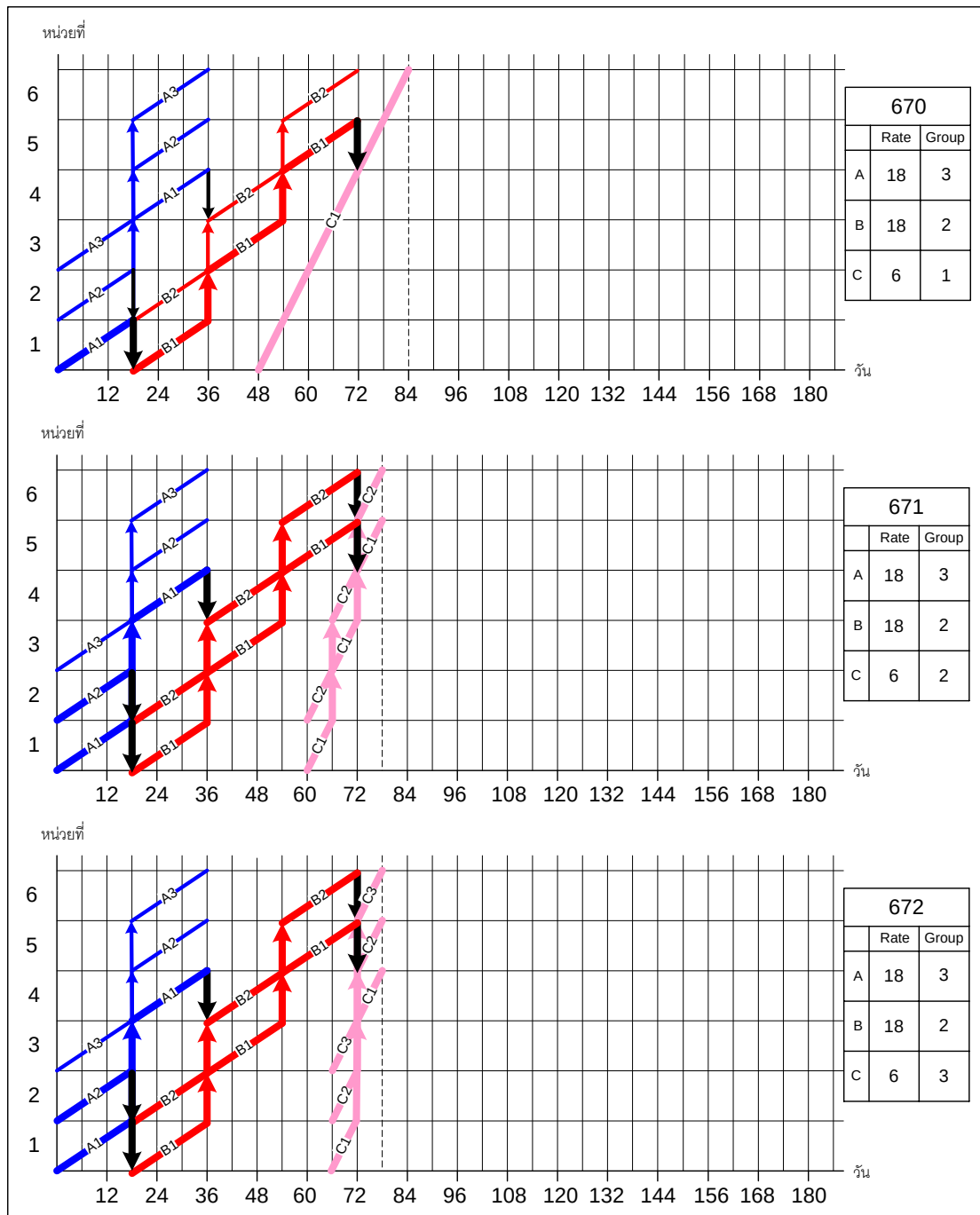
ภาพผนวกที่ 221 ผลการทดลองลำดับที่ 661-663



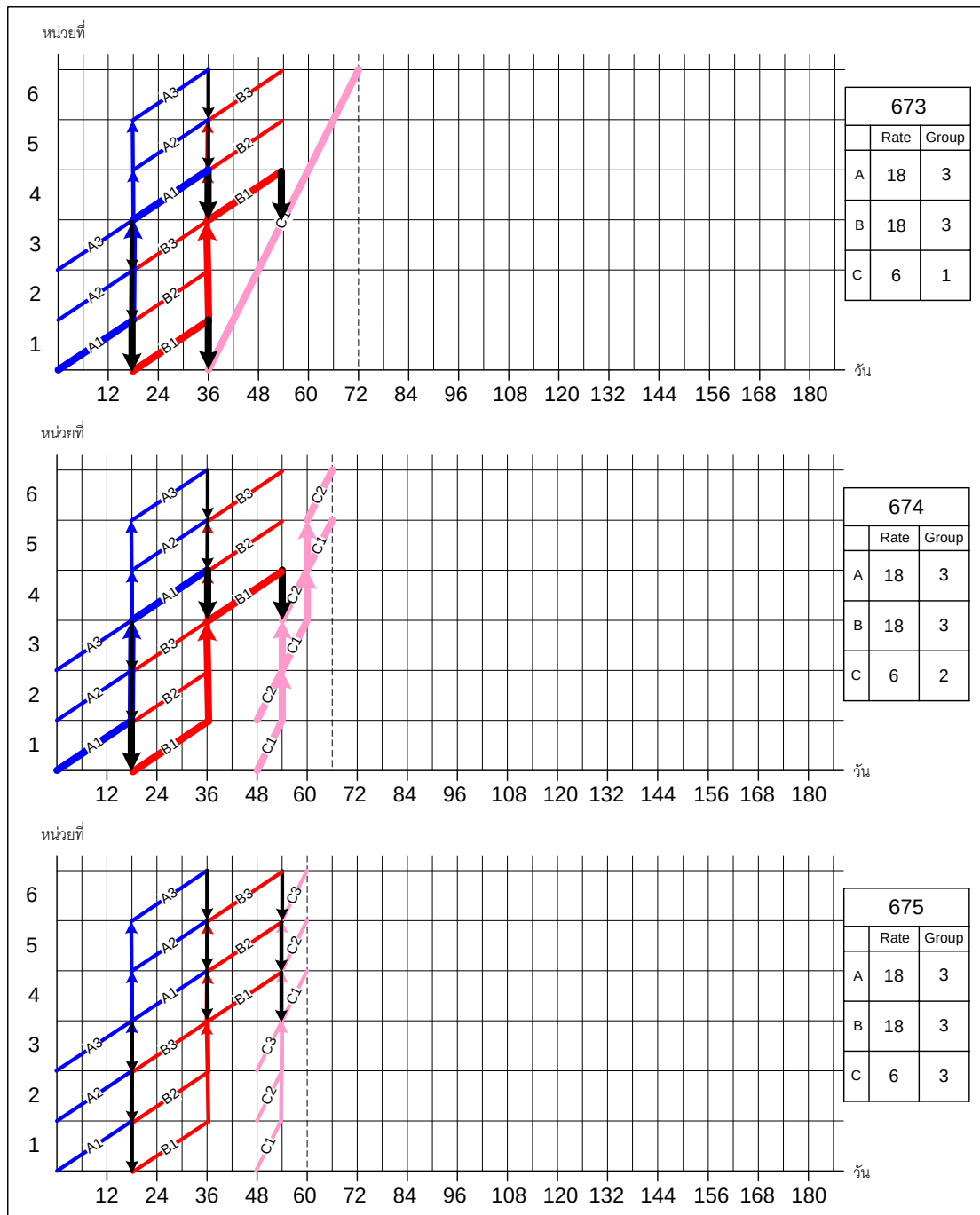
ภาพผนวกที่ 222 ผลการทดลองลำดับที่ 664-666



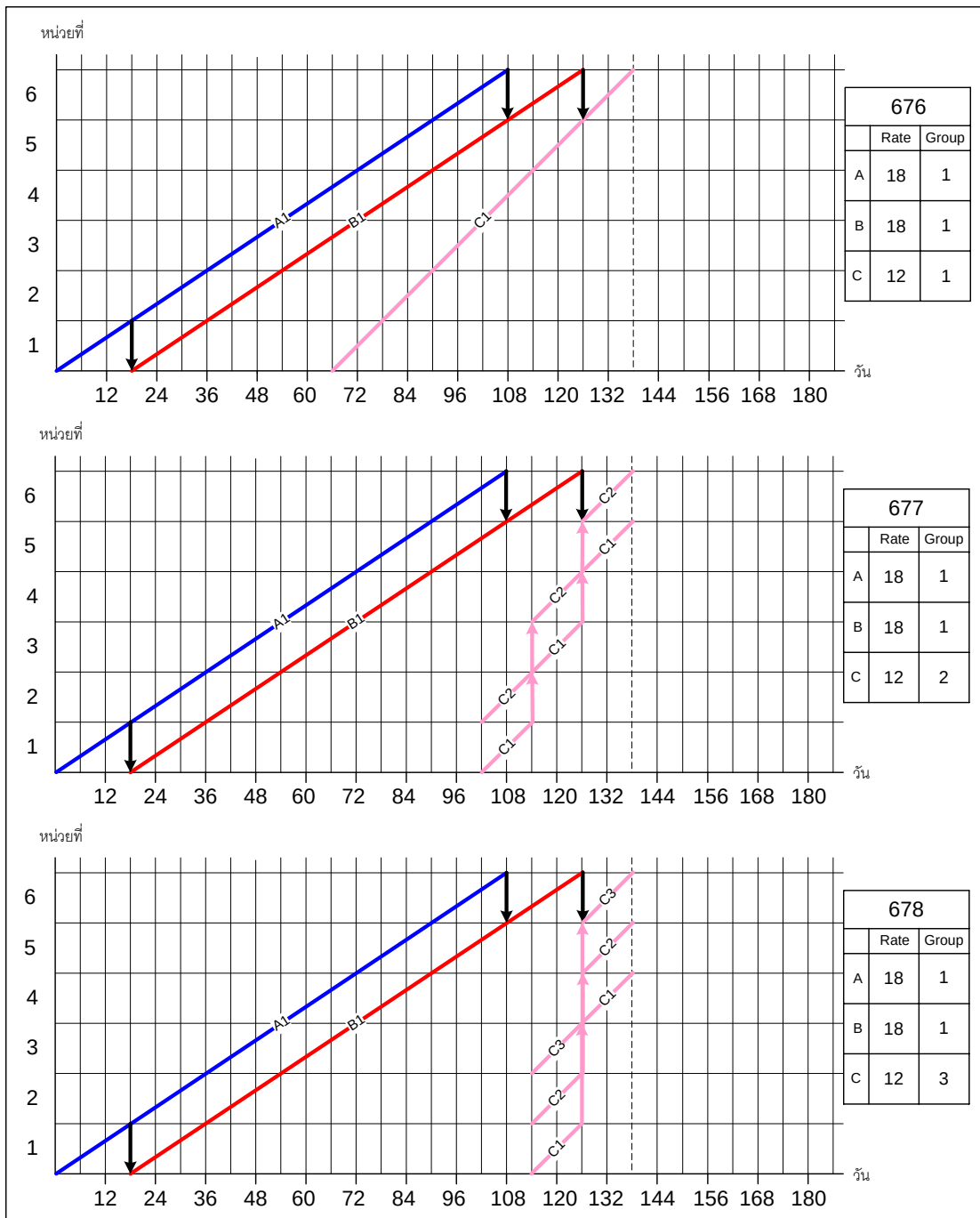
ภาพผนวกที่ 223 ผลการทดลองลำดับที่ 667-669



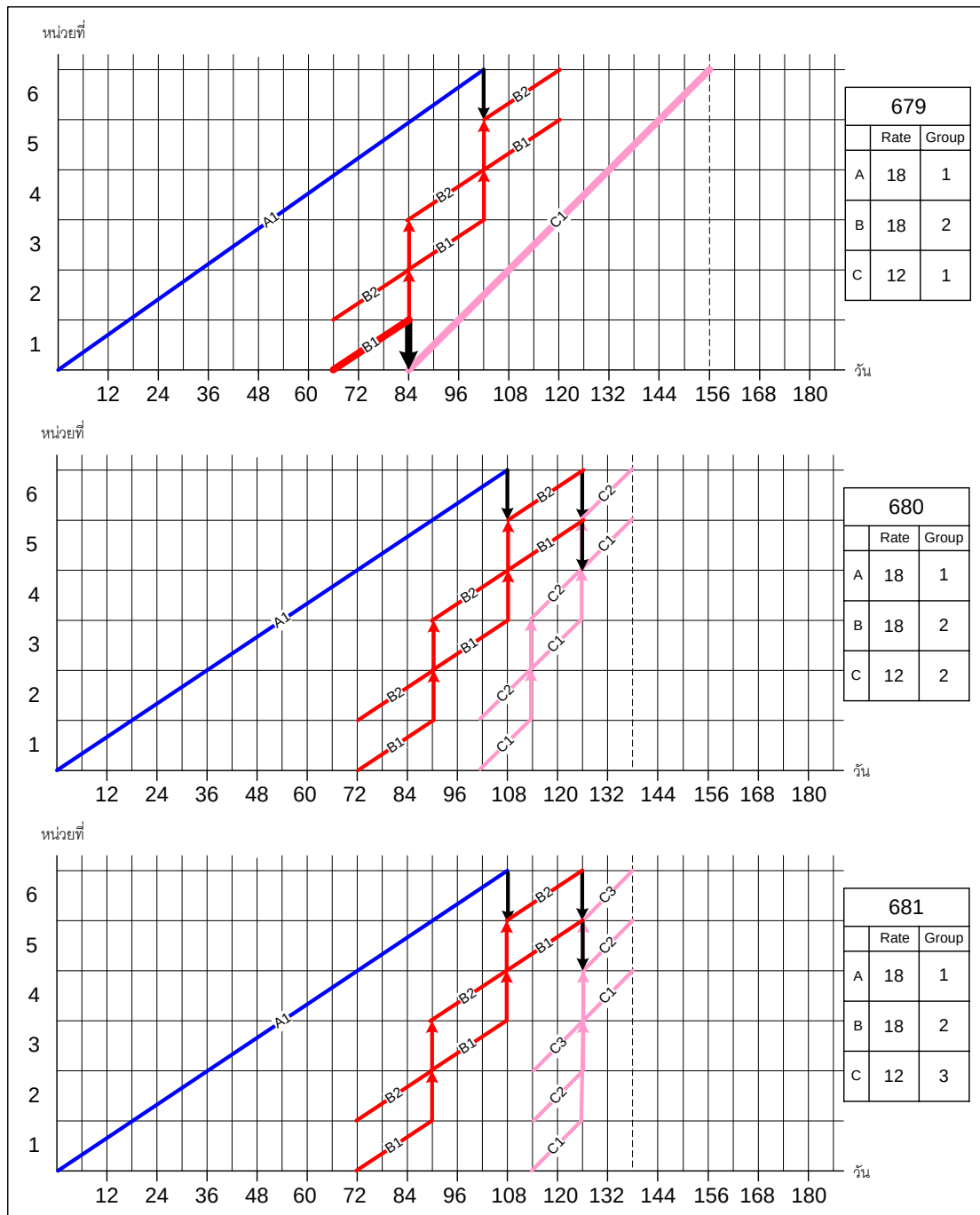
ภาพผนวกที่ 223 ผลการทดลองลำดับที่ 670-672



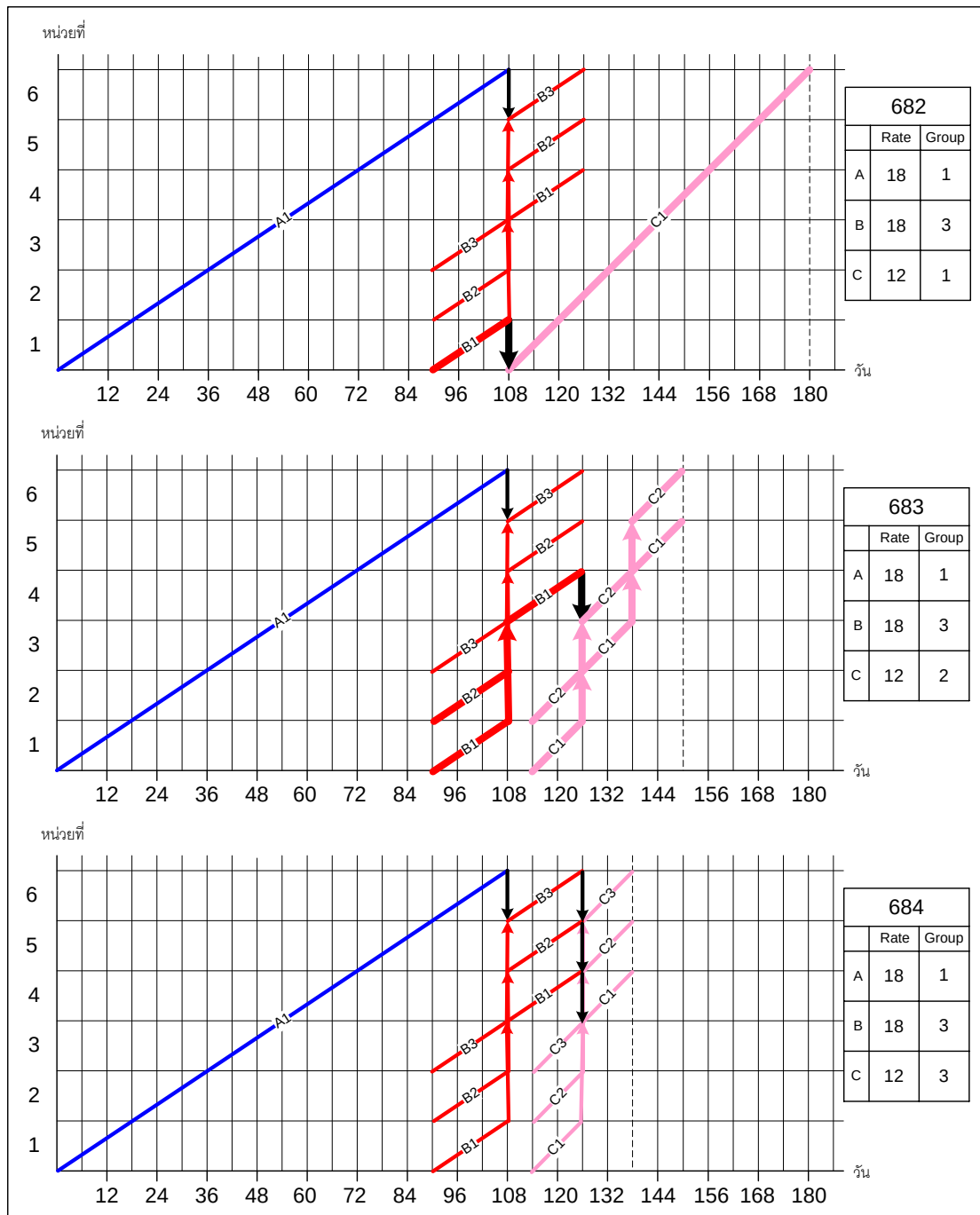
ภาพผนวกที่ 225 ผลการทดลองลำดับที่ 673-675



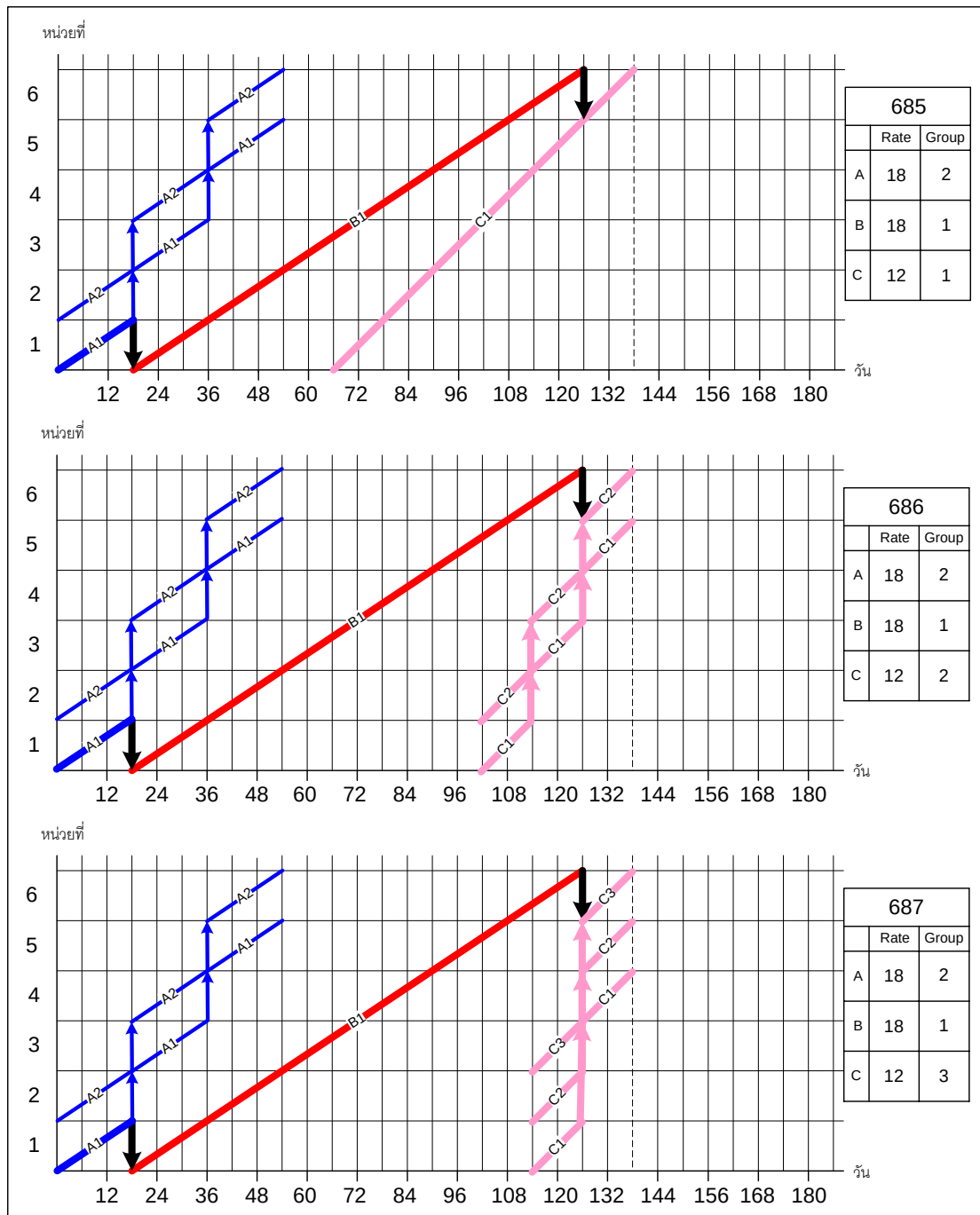
ภาพผนวกที่ 226 ผลการทดลองลำดับที่ 676-678



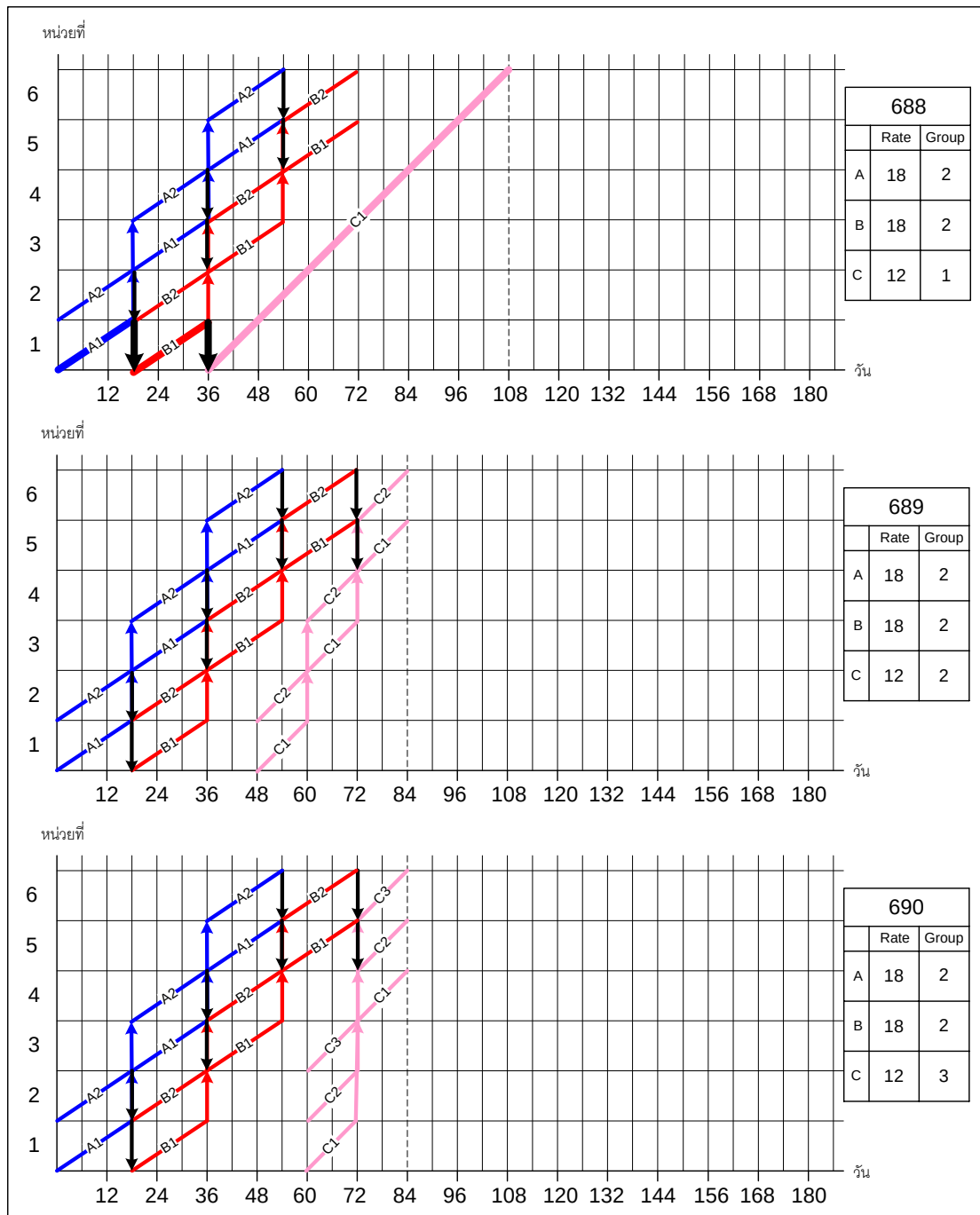
ภาพผนวกที่ 227 ผลการทดลองลำดับที่ 679-681



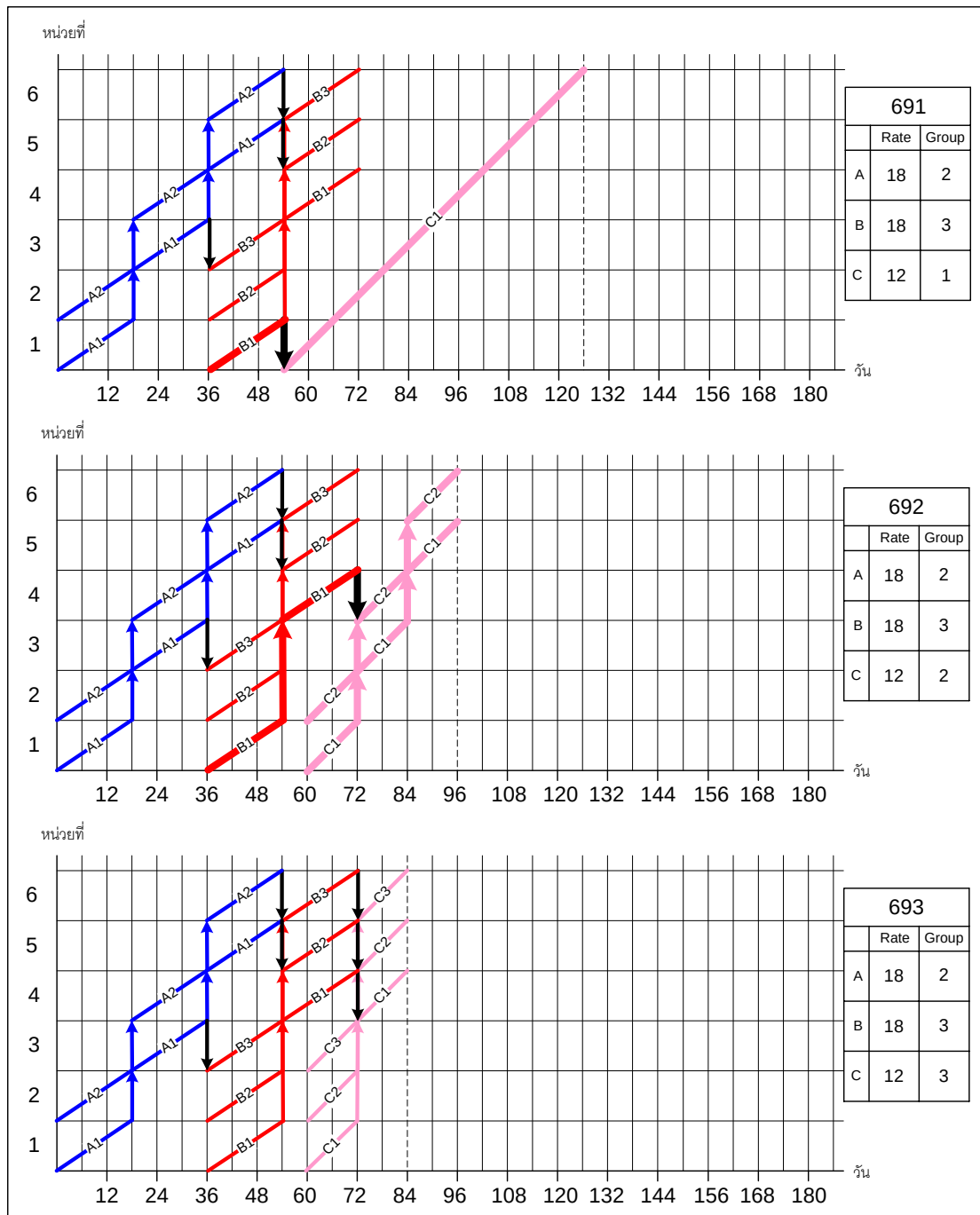
ภาพผนวกที่ 228 ผลการทดลองลำดับที่ 682-684



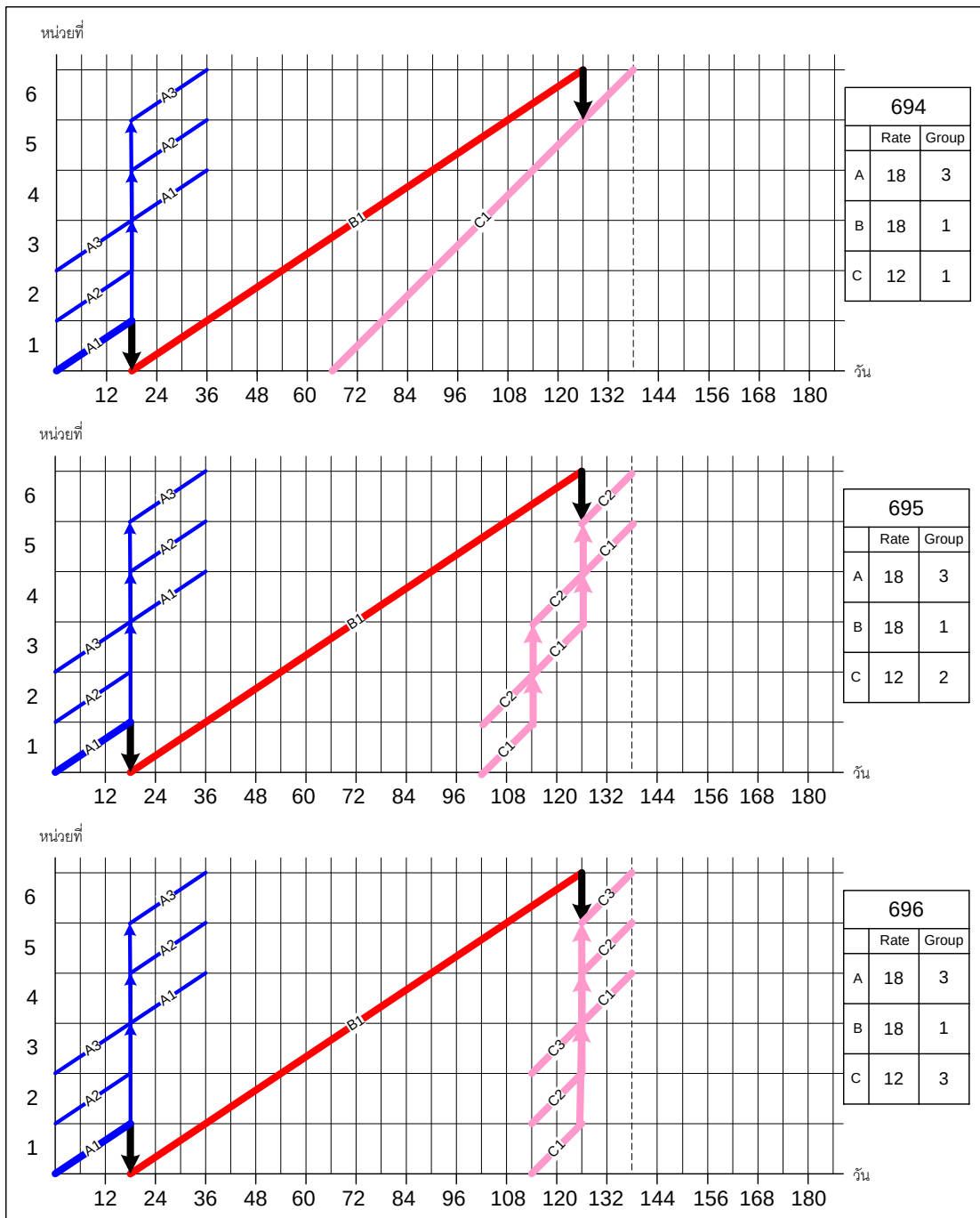
ภาพผนวกที่ 229 ผลการทดลองลำดับที่ 685-687



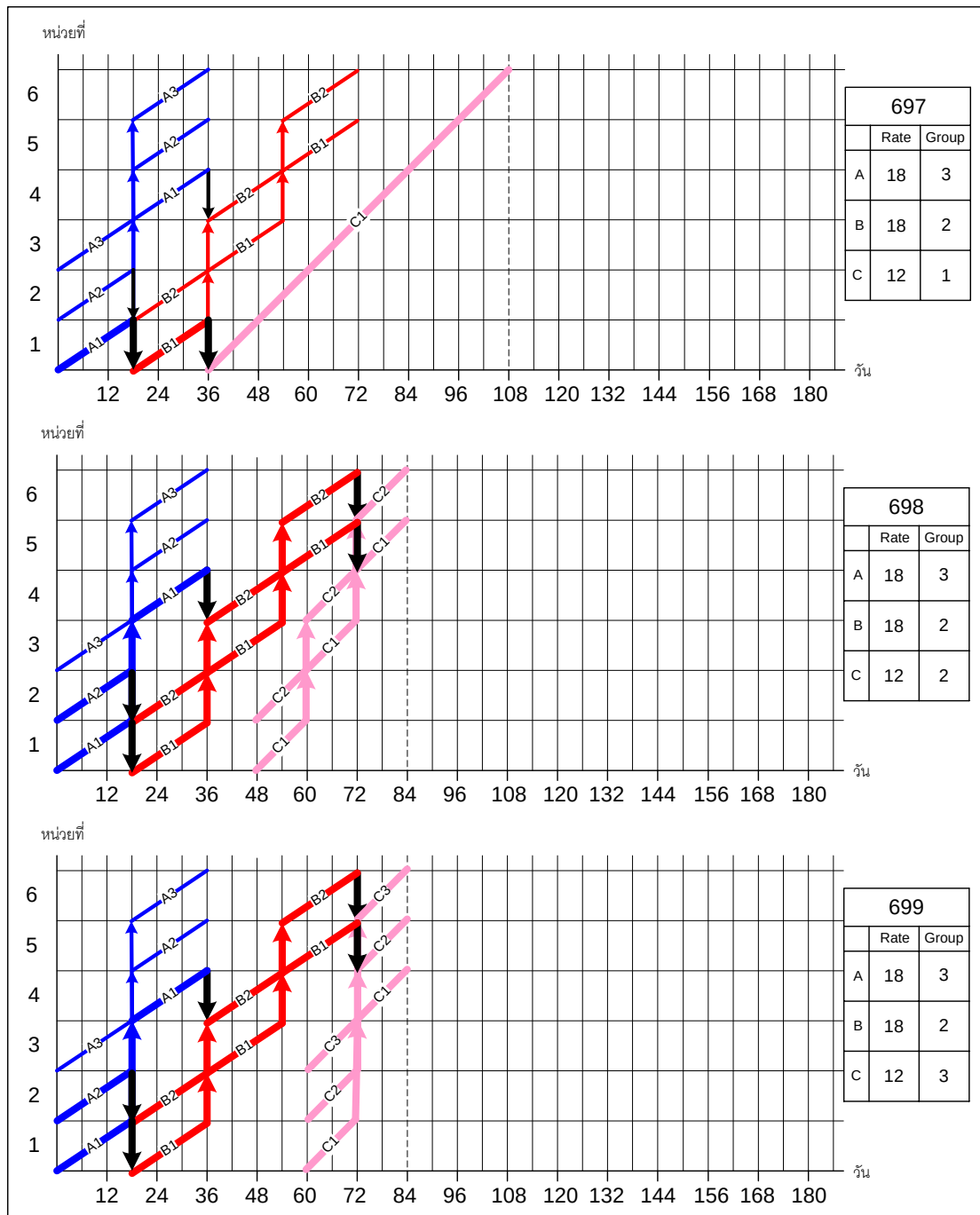
ภาพผนวกที่ 230 ผลการทดลองลำดับที่ 688-690



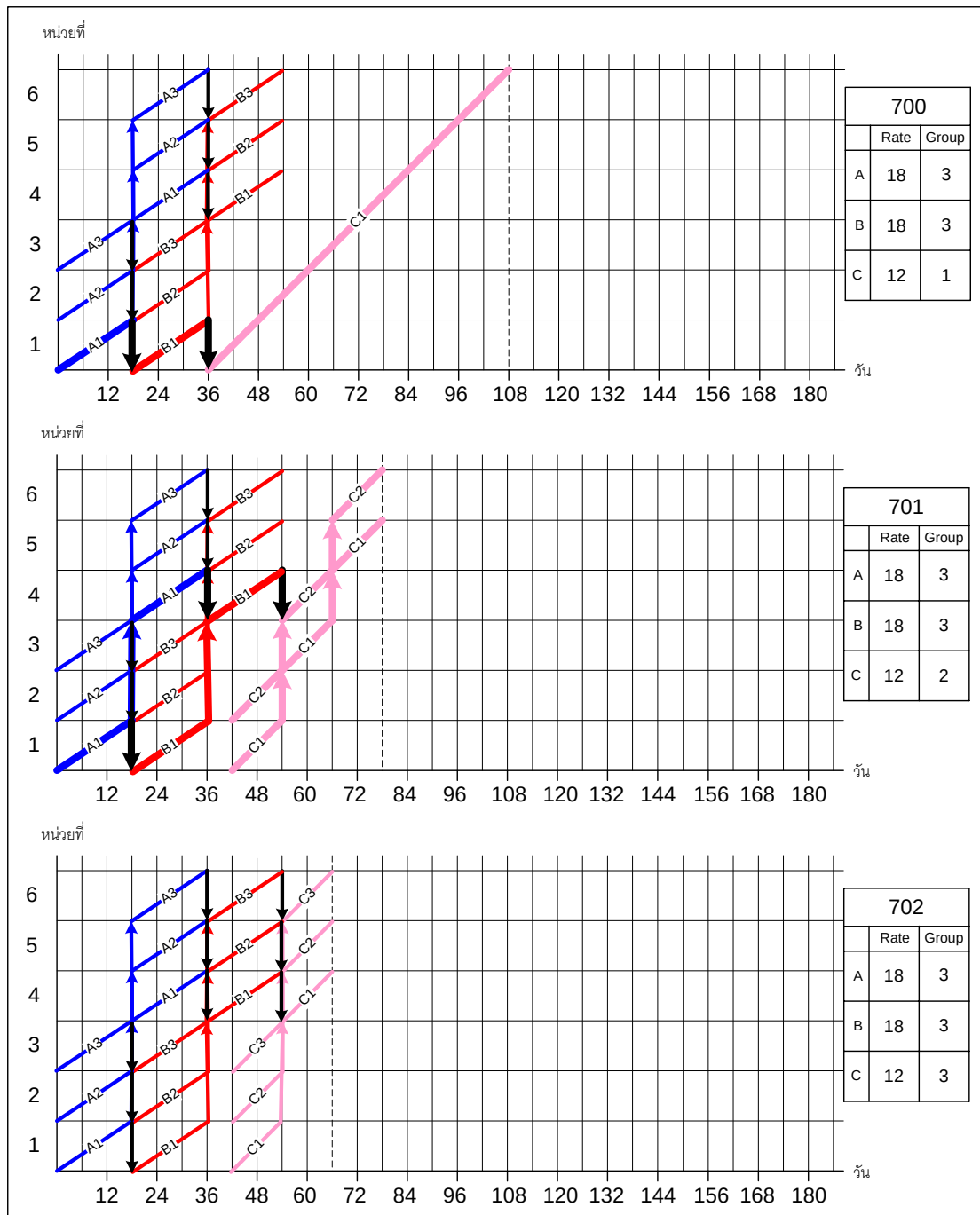
ภาพผนวกที่ 231 ผลการทดลองลำดับที่ 691-693



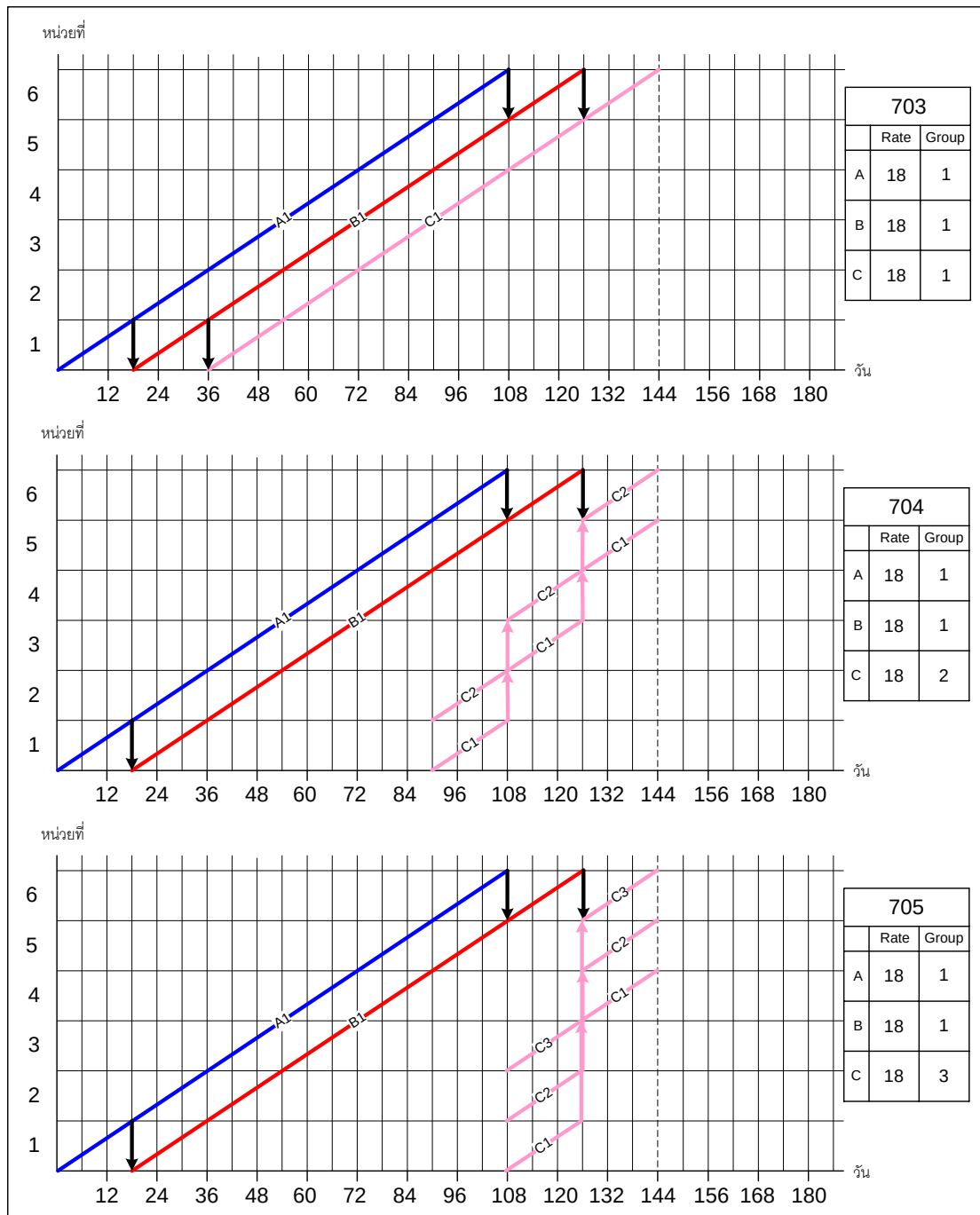
ภาพผนวกที่ 232 ผลการทดลองลำดับที่ 694-696



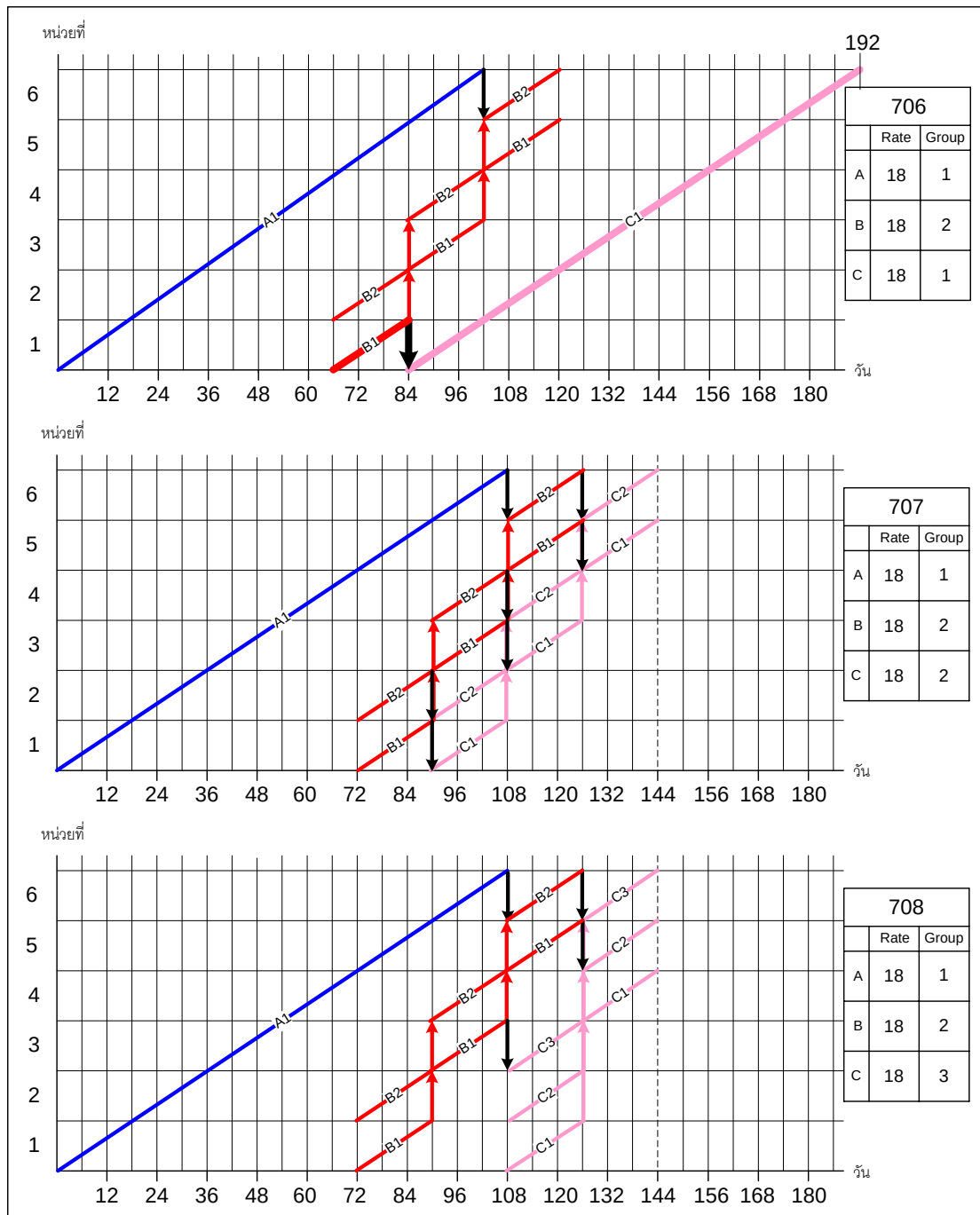
ภาพผนวกที่ 233 ผลการทดลองลำดับที่ 697-699



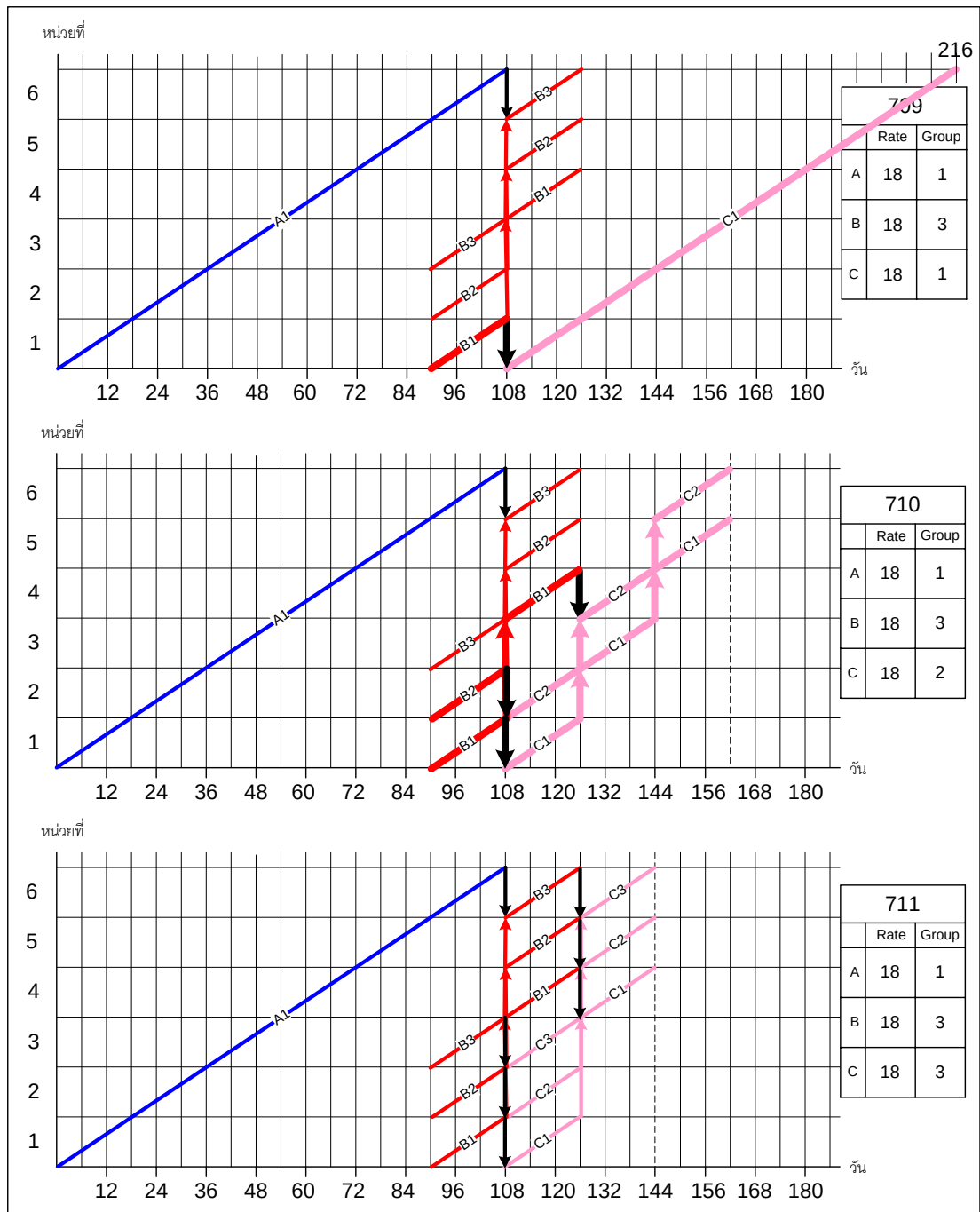
ภาพผนวกที่ 234 ผลการทดลองลำดับที่ 700-702



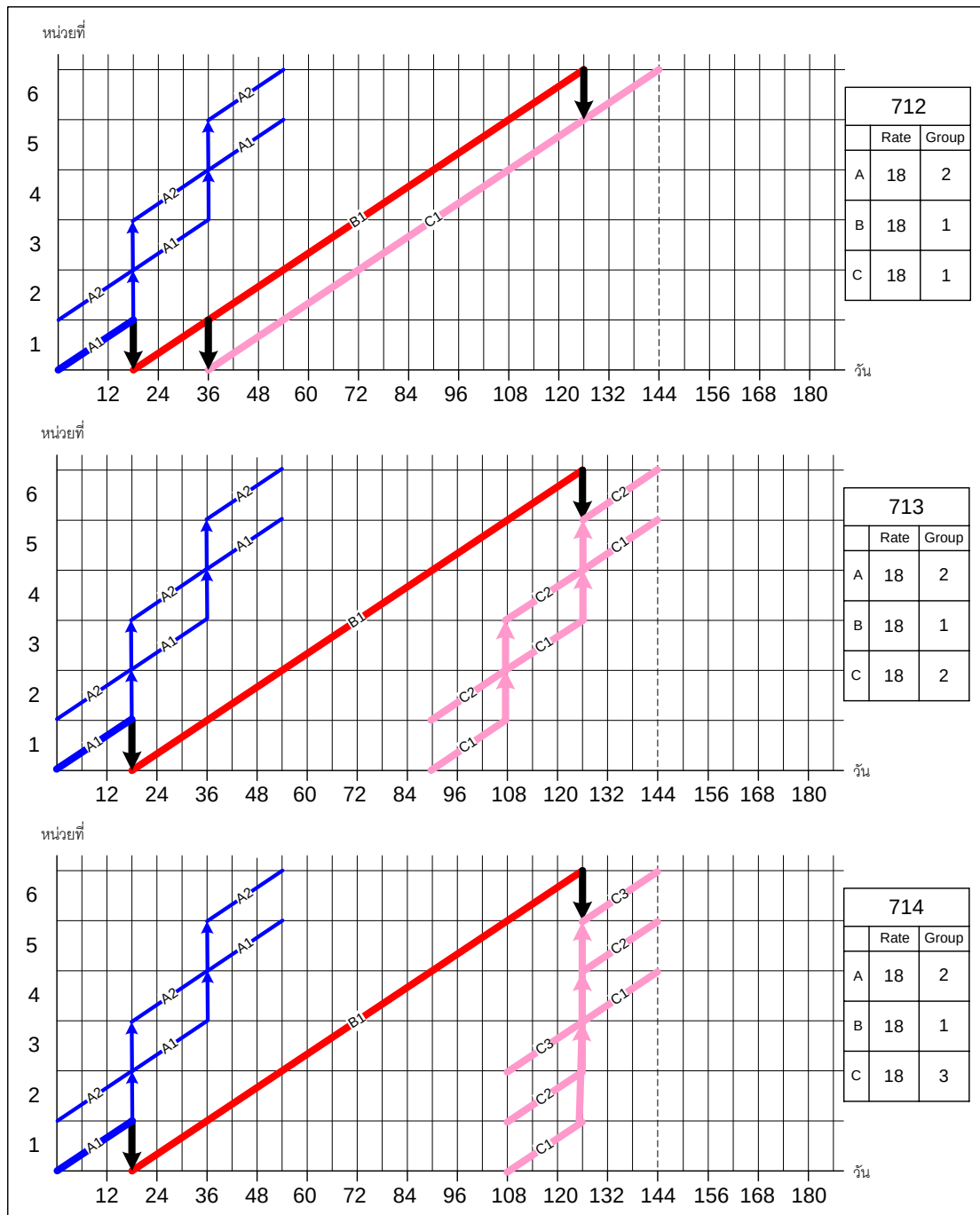
ภาพผนวกที่ 235 ผลการทดลองลำดับที่ 703-705



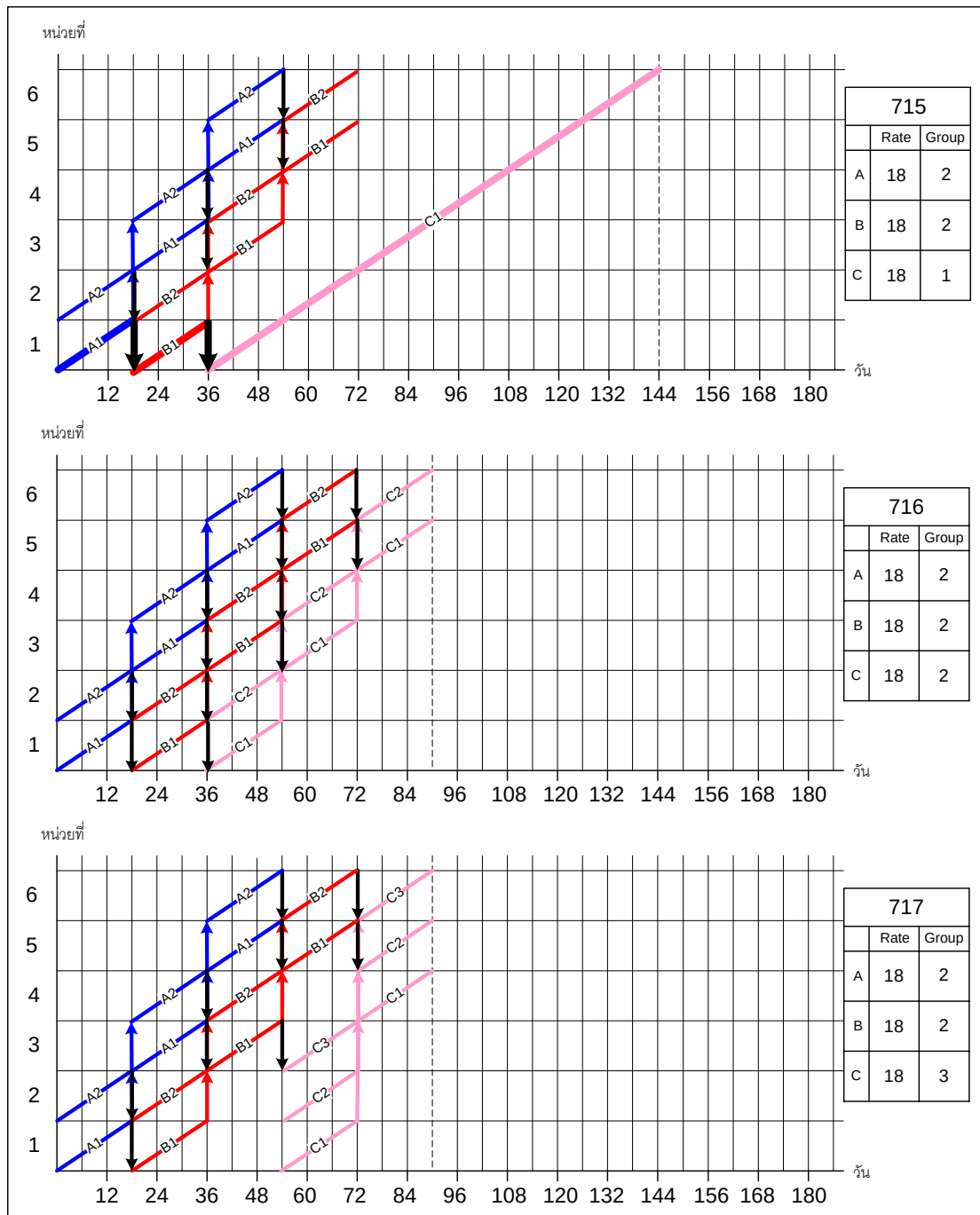
ภาพผนวกที่ 236 ผลการทดลองลำดับที่ 706-708



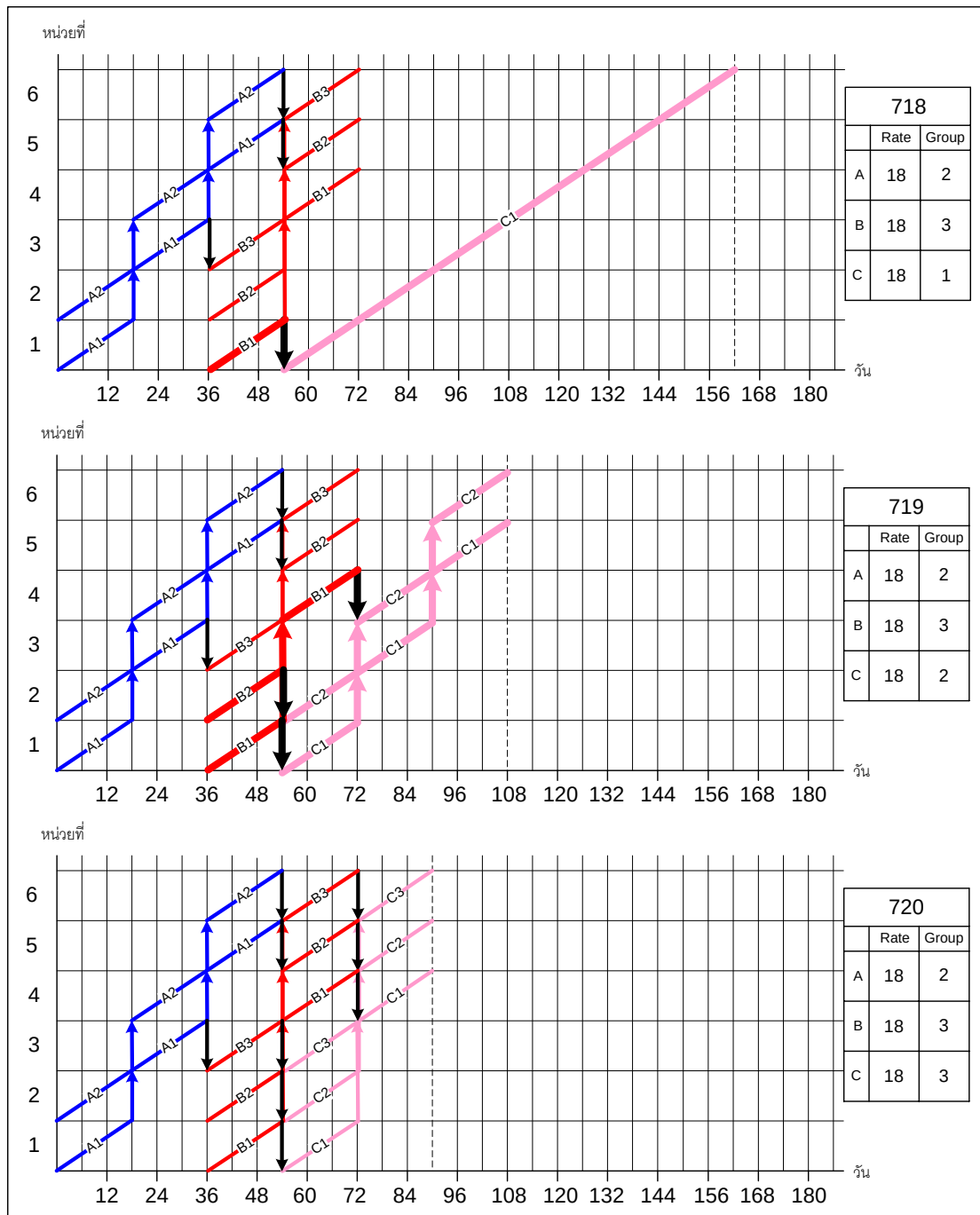
ภาพผนวกที่ 237 ผลการทดลองลำดับที่ 709-711



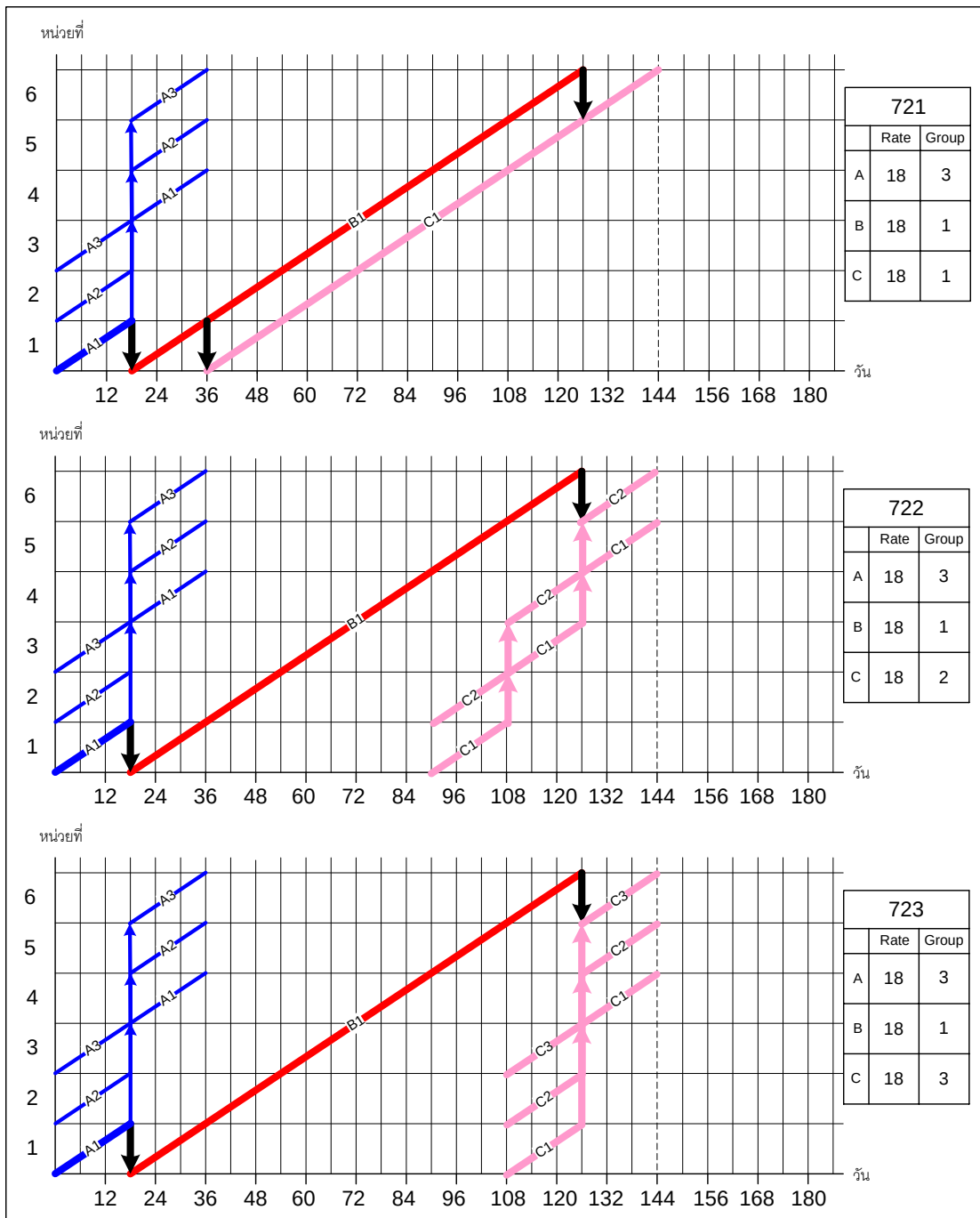
ภาพผนวกที่ 238 ผลการทดลองลำดับที่ 712-714



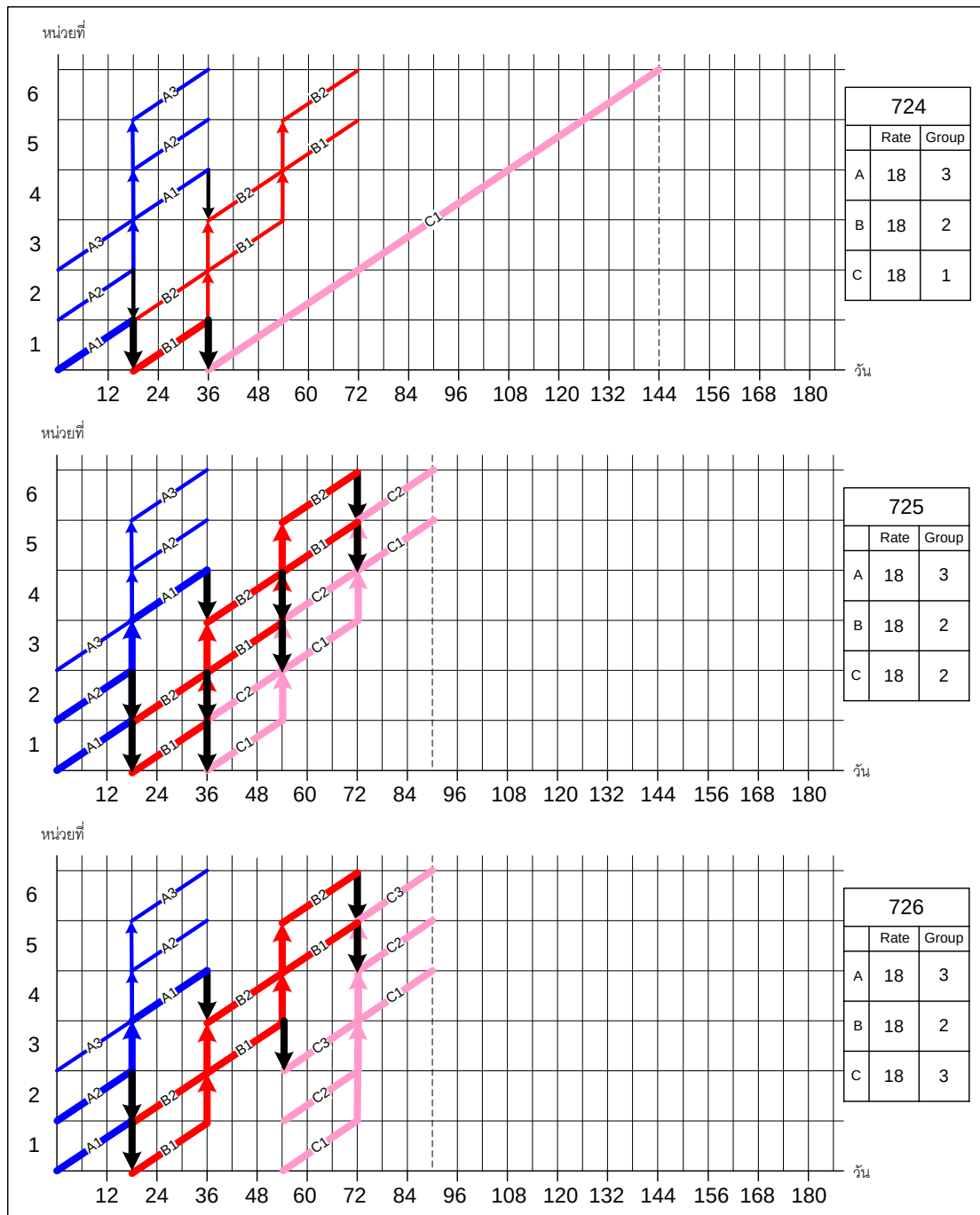
ภาพผนวกที่ 239 ผลการทดลองลำดับที่ 715-717



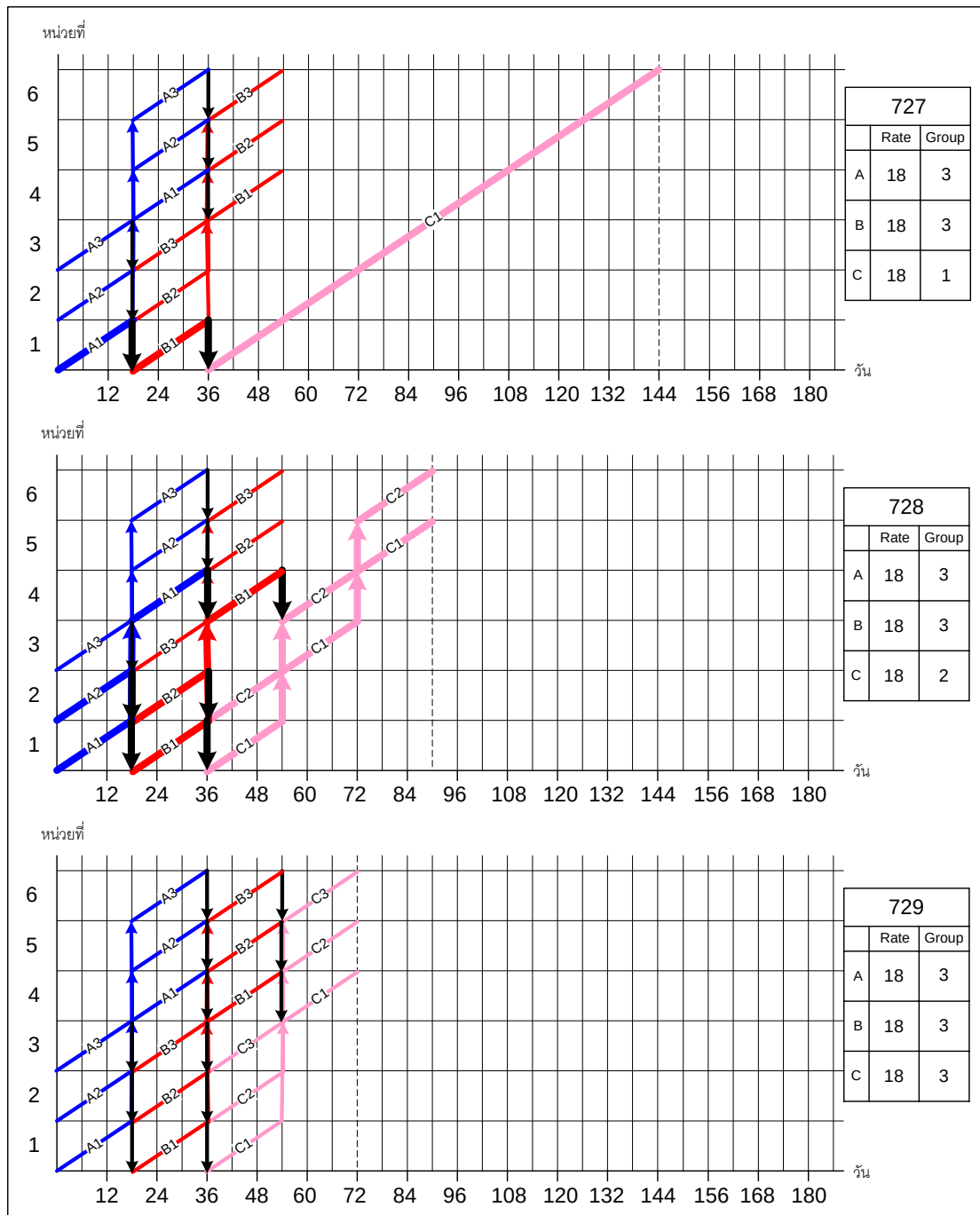
ภาพผนวกที่ 240 ผลการทดลองลำดับที่ 718-720



ภาพผนวกที่ 241 ผลการทดลองลำดับที่ 721-723



ภาพผนวกที่ 242 ผลการทดลองลำดับที่ 724-726



ภาพผนวกที่ 243 ผลการทดลองลำดับที่ 727-729

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายพิเชษฐ์ มณีพงศ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 22 มิถุนายน 2522
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกรชลประทาน 4
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-