



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน)

ปริญญา

วิศวกรรมชลประทาน

วิศวกรรมชลประทาน

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประยุกต์พันธุกรรมคอมพิวเตอร์เพื่อการจัดสรรน้ำในระบบท่อ
ของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก จังหวัดระยอง

An Application of a Genetic Algorithm for Pipe System Water Allocation
at Raok Reservoir in Rayong Province

นามผู้วิจัย นายชนิด จักรวานนท์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(..... รองศาสตราจารย์กัมปนาท ภัคดีกุล, Ph.D.)

กรรมการ

(..... อาจารย์เลอศักดิ์ ธีวระกุลไพบุลย์, วศ.ม.)

กรรมการ

(..... รองศาสตราจารย์พันธุ์ ช. พหลโยธิน, M.Sc.in Ag.Eng.)

หัวหน้าภาควิชา

(..... รองศาสตราจารย์สันติ ทองพำนัก, M.Eng.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(..... รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์พันธุกรรมคอมพิวเตอร์เพื่อการจัดสรรน้ำในระบบท่อ
ของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก จังหวัดระยอง

An Application of a Genetic Algorithm for Pipe System Water Allocation
at Raok Reservoir in Rayong Province

โดย

นายธนิต จักรวานนท์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน)

พ.ศ. 2552

ชนิด จักรวาลนที 2552: การประยุกต์พันธุกรรมคอมพิวเตอร์เพื่อการจัดสรรน้ำในระบบท่อ
ของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก จังหวัดระยอง ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
(วิศวกรรมชลประทาน) สาขาวิศวกรรมชลประทาน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน
ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์กัมปนาท ภัคคิคุล, Ph.D. 301 หน้า

อ่างเก็บน้ำคลองระโงก ตั้งอยู่ที่ตำบลทุ่งควายกิน อำเภอกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี โดยก่อสร้าง
ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 แล้วเสร็จเมื่อปี พ.ศ.2535 สามารถเก็บกักน้ำได้ 19.65 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งมี
วัตถุประสงค์ให้เป็นแหล่งน้ำต้นทุนในกลุ่มน้ำคลองโพธิ์ และส่งน้ำให้กับพื้นที่การเกษตรด้านท้ายน้ำ
เฉพาะในส่วนที่มีพื้นที่ติดลำน้ำเดิมได้รับผลประโยชน์ และในปี พ.ศ. 2544 ได้ก่อสร้างระบบส่งน้ำ
ของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก โดยเป็นท่อส่งน้ำความยาวทั้งสิ้น 14.986 กิโลเมตร สามารถส่งน้ำ
ให้กับพื้นที่การเกษตร โดยเฉพาะสวนผลไม้ เช่น ทุเรียน, มังคุด, เงาะ, ลองกอง เป็นส่วนใหญ่ ซึ่ง
เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคตะวันออก สามารถทำรายได้เข้าประเทศปีละจำนวนมาก

วัตถุประสงค์หลักในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือการประยุกต์ใช้แบบจำลองพันธุกรรมคอมพิวเตอร์
มาวิเคราะห์หาความเหมาะสมในการบริหารจัดการน้ำต้นทุนในพื้นที่ชลประทาน ของระบบส่งน้ำ
ด้วยท่ออ่างเก็บน้ำคลองระโงก โดยมีจำนวนท่อส่งน้ำทั้งหมด 4 เส้น และมีอาคารจ่ายน้ำทั้งหมด 34
อาคาร ส่งน้ำให้กับพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 2,500 ไร่ โดยให้เกิดความเท่าเทียมกันและใช้น้ำต้นทุน
ที่มีอยู่อย่างจำกัดในการส่งน้ำ

จากผลการศึกษาพบว่า การใช้แบบจำลองพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ สามารถช่วยลดปริมาณ
น้ำที่ต้องสูญเสียเนื่องจากการใช้น้ำอย่างฟุ่มเฟือยของเกษตรกร และยังจัดสรรน้ำในพื้นที่การเกษตร
ให้ได้รับน้ำอย่างพอเพียงและเท่าเทียมกัน โดยสามารถจัดสรรน้ำได้ตามความต้องการน้ำของพืชใน
แต่ละชนิด ซึ่งในแต่ละพื้นที่จะได้รับน้ำในสัดส่วนปริมาณน้ำต่อความต้องการน้ำที่เท่าเทียมกัน ใน
ทุกท่อส่งน้ำและอาคารจ่ายน้ำ อีกทั้งยังสามารถเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกในแต่ละอาคารจ่ายน้ำได้ โดยใช้
ปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่เดิม

Thanit Chakkawanon 2009: An Application of a Genetic Algorithm for Pipe System Water Allocation at Raok Reservoir in Rayong Province. Master of Engineering (Irrigation Engineering), Major Field: Irrigation Engineering, Department of Irrigation Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Kampanad Bhaktikul, Ph.D. 301 pages.

Raok reservoir locate in Tambol Thung Khwai Kin, Amphoe Klaeng, Rayong province. It has been constructed since B.E.2531 and completed in B.E.2535. The storage capacity is totally 19.65 MCM. The purpose of this reservoir is to be the water resource of Khlong Phlo's river basin. Water can be allocated to downstream agriculture area. Especially, areas which are situated along the river's side. In B.E.2544, pipe system for Raok reservoir have been constructed in order to supply water through pipe system which total distance of 14.986 km.

Durian, Mangosteen, Rambutan and Longan are main fruits for this irrigation. Those fruits are economical productivity of Eastern region which earn a lot of income to our country. Therefore, major objective of this study is to apply Genetic Algorithm program for pipe system to analyze the irrigation management of Raok reservoir under limitation of water resource. There are 4 main pipes including 34 water allocation buildings which are able to irrigate water to orchards totally 2,500 Rais with equivalents.

From above study, this application can reduce water loss from system allocation by optimization and allocate water for this agriculture area with sufficiency and equality. Moreover, GA has ability to response water requirement for each type of fruits. Likewise, irrigation area is increased in each allocation building although using current water resource.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

/ /

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.กัมปนาท ภัคดิกุล ประธานกรรมการ-
ที่ปรึกษา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจน
ให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เลอศักดิ์
วีวตระกูลไพบูลย์ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก รองศาสตราจารย์พันธุ์ ช. พหลโยธิน กรรมการที่
ปรึกษาวิชารอง และรองศาสตราจารย์ชัชววัฒน์ ขันการนาวิ อาจารย์ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณา
ให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ความกรุณา เอื้อเฟื้อแบบจำลองพันธุกรรม
คอมพิวเตอร์ มาใช้เพื่องานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโครงการชลประทานระยอง หัวหน้าฝ่ายจัดสรรน้ำและ
ปรับปรุงระบบชลประทาน หัวหน้าฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 รวมทั้งเจ้าหน้าที่โครงการ
ชลประทานระยอง จังหวัดระยอง ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลรายละเอียด รวมถึงคำแนะนำอันเป็น
ประโยชน์

ขอขอบพระคุณคุณวงศ์วัฒนา สมบุญยิ่ง ที่กรุณาให้คำแนะนำและความช่วยเหลือแก้ไข
ปัญหาในทุกๆ ด้าน จวบจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้วเสร็จ

คุณความดีอันเป็นประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้แก่คุณพ่อทวี และคุณแม่
วารภรณ์ จักรวานนท์ อันเป็นที่รักยิ่งของลูก ผู้ที่ให้กำเนิดและเลี้ยงดูจนเติบโตใหญ่ ผู้ที่คอยสั่งสอน
และอบรมให้สติปัญญาและความสามารถ ให้ความรักและความห่วงใย และคุณลลิตา จักรวานนท์
ที่คอยให้กำลังใจในการศึกษา ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ได้เมตตา อบรม ให้ความรู้จนถึงปัจจุบัน

ธนิต จักรวานนท์

พฤษภาคม 2552

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	67
อุปกรณ์	67
วิธีการ	68
ผลการศึกษา	72
สรุปและข้อเสนอแนะ	103
สรุป	103
ข้อเสนอแนะ	104
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	105
ภาคผนวก	109
ภาคผนวก ก แสดงการคำนวณหาความต้องการน้ำของพืช	110
ภาคผนวก ข ไฟล์ข้อมูลนำเข้าสำหรับการประมวลผลโปรแกรม GAWS-2004	123
ภาคผนวก ค แสดงโปรแกรม GAWS-2004	126
ภาคผนวก ง ผลการประมวลผลโปรแกรม GAWS-2004	142
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	301

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	รายละเอียดพื้นที่การใช้น้ำ	23
2	ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกของท่อส่งน้ำอ่างเก็บน้ำคลองระโงก	25
3	ตัวอย่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชโดยวิธีของ Modified Penman (Kc) เป็นรายเดือน	42
4	ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของไม้ผล (Kc) เป็นรายเดือน	43
5	แสดงเปอร์เซ็นต์ฝนใช้การของพืชสวนผลไม้	46
6	การประยุกต์ใช้ GA ในด้านต่างๆ	58
7	รายละเอียดชนิดพืชและพื้นที่การเพาะปลูกของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก	70
8	ข้อมูลนำเข้าที่ใช้ รูปแบบ และที่มาของข้อมูล สำหรับแบบจำลอง GAWS-2004	73
9	ค่าการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการสลับไขว้และการคัดเลือกค่าดัดแปลง (OUTPUT48_Avg)	76
10	ค่าการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการสลับไขว้และการคัดเลือกค่าดัดแปลง (OUTPUT96_Avg)	79
11	ค่าการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการสลับไขว้และการคัดเลือกค่าดัดแปลง (OUTPUT48_Y40)	82
12	ค่าการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการสลับไขว้และการคัดเลือกค่าดัดแปลง (OUTPUT96_Y40)	85
13	สรุปผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการสลับไขว้และการคัดเลือกค่าดัดแปลง	92
14	จำนวนกรณีการจำลองสถานการณ์การจัดสรรน้ำด้วยโปรแกรม GAWS-2004	94
15	แสดงชนิดของไม้ผลที่สามารถเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกได้	101
ตารางผนวกที่		
ก1	ปริมาณน้ำฝนรายเดือนของสถานีวัดน้ำฝนอ่างเก็บน้ำคลองระโงก จังหวัดระยอง	111
ก2	ข้อมูลสภาพภูมิอากาศเฉลี่ย 20 ปี ของจังหวัดระยอง (1981 – 2000)	112
ก3	การคำนวณปริมาณน้ำที่ไม้ผลต้องการ (ทุเรียน) (INPUT_Avg)	113

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก4	การคำนวณปริมาณน้ำที่ไม่ผลต้องการ (เงาะ) (INPUT_Avg)	114
ก5	การคำนวณปริมาณน้ำที่ไม่ผลต้องการ (มังคุด) (INPUT_Avg)	115
ก6	การคำนวณปริมาณน้ำที่ไม่ผลต้องการ (ลองกอง/กลางสาด) (INPUT_Avg)	116
ก7	ตารางสรุปปริมาณน้ำที่ไม่ผลต้องการใช้ตลอดทั้งฤดูกาล (INPUT_Avg)	117
ก8	การคำนวณปริมาณน้ำที่ไม่ผลต้องการ (ทุเรียน) (INPUT_Y40)	118
ก9	การคำนวณปริมาณน้ำที่ไม่ผลต้องการ (เงาะ) (INPUT_Y40)	119
ก10	การคำนวณปริมาณน้ำที่ไม่ผลต้องการ (มังคุด) (INPUT_Y40)	120
ก11	การคำนวณปริมาณน้ำที่ไม่ผลต้องการ (ลองกอง/กลางสาด) (INPUT_Y40)	121
ก12	ตารางสรุปปริมาณน้ำที่ไม่ผลต้องการใช้ตลอดทั้งฤดูกาล (INPUT_Y40)	122
ง1	แสดงช่วงระยะเวลาการส่งน้ำและจำนวนพื้นที่เพาะปลูกที่สามารถเพิ่มได้ (OUTPUT48_Avg)	179
ง2	แสดงช่วงระยะเวลาการส่งน้ำและจำนวนพื้นที่เพาะปลูกที่สามารถเพิ่มได้ (OUTPUT96_Avg)	220
ง3	แสดงช่วงระยะเวลาการส่งน้ำและจำนวนพื้นที่เพาะปลูกที่สามารถเพิ่มได้ (OUTPUT48_Y40)	258
ง4	แสดงช่วงระยะเวลาการส่งน้ำและจำนวนพื้นที่เพาะปลูกที่สามารถเพิ่มได้ (OUTPUT96_Y40)	299

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนที่ประเทศไทย	7
2	แผนที่โครงการชลประทานจังหวัดระยอง	8
3	อ่างเก็บน้ำคลองระโงก	17
4	แนวท่อส่งน้ำและอาคารต่างๆ	21
5	schematic network ของแนวท่อส่งน้ำและอาคารต่างๆ	22
6	พื้นที่เพาะปลูกทำอ่างเก็บน้ำคลองระโงก	26
7	วงจรการจัดการน้ำของโครงการชลประทาน	31
8	แสดงโครโมโซมหนึ่งตัวประกอบด้วยจีน 4 ตัว จีนแต่ละตัวประกอบด้วยตัวเลขไบนารี 3 ตัว	60
9	รูปแบบของการ crossover	63
10	หลักการทำงานของ GAs	65
11	Nodal schematic network of Ayung irrigation system	66
12	แผนภูมิแสดงอาคารจ่ายน้ำต่างๆ ของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก	69
13	ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ GAWS-2004	74
14	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นในการสลับไขว้ และค่า bestfit (OUTPUT48_Avg)	88
15	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการคัดเลือกค่าตัดแปลงและค่า bestfit (OUTPUT48_Avg)	88
16	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นในการสลับไขว้ และค่า bestfit (OUTPUT96_Avg)	89
17	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการคัดเลือกค่าตัดแปลงและค่า bestfit (OUTPUT96_Avg)	89
18	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นในการสลับไขว้ และค่า bestfit (OUTPUT48_Y40)	90
19	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการคัดเลือกค่าตัดแปลงและค่า bestfit (OUTPUT48_Y40)	90

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นในการสลัปไขว้ และค่า bestfit (OUTPUT96_Y40)	91
21	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการคัดเลือกค่าตัดแปลงและค่า bestfit (OUTPUT96_Y40)	91
22	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นในการสลัปไขว้ การคัดเลือกค่าตัดแปลง และค่า bestfit	92
23	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 11 (OUTPUT48_Avg)	97
24	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 18 (OUTPUT48_Avg)	97
25	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 11 (OUTPUT96_Avg)	98
26	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 26 (OUTPUT96_Avg)	98
27	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 11 (OUTPUT48_Y40)	99
28	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 25 (OUTPUT48_Y40)	99
29	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 11 (OUTPUT96_Y40)	100
30	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 26 (OUTPUT96_Y40)	100
31	กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเพิ่มของไม้ผลในกรณีส่งน้ำ 12 ชั่วโมง	102
32	กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเพิ่มของไม้ผลในกรณีส่งน้ำ 24 ชั่วโมง	102

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ง1	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 1 (OUTPUT48_Avg)	145
ง2	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 2 (OUTPUT48_Avg)	146
ง3	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 3 (OUTPUT48_Avg)	147
ง4	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 4 (OUTPUT48_Avg)	148
ง5	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 5 (OUTPUT48_Avg)	149
ง6	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 6 (OUTPUT48_Avg)	150
ง7	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 7 (OUTPUT48_Avg)	151
ง8	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 8 (OUTPUT48_Avg)	152
ง9	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 9 (OUTPUT48_Avg)	153
ง10	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 10 (OUTPUT48_Avg)	154
ง11	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 11 (OUTPUT48_Avg)	155
ง12	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 12 (OUTPUT48_Avg)	156
ง13	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 13 (OUTPUT48_Avg)	157

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ง14	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 14 (OUTPUT48_Avg)	158
ง15	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 15 (OUTPUT48_Avg)	159
ง16	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 16 (OUTPUT48_Avg)	160
ง17	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 17 (OUTPUT48_Avg)	161
ง18	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 18 (OUTPUT48_Avg)	162
ง19	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 19 (OUTPUT48_Avg)	163
ง20	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 20 (OUTPUT48_Avg)	164
ง21	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 21 (OUTPUT48_Avg)	165
ง22	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 22 (OUTPUT48_Avg)	166
ง23	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 23 (OUTPUT48_Avg)	167
ง24	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 24 (OUTPUT48_Avg)	168
ง25	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 25 (OUTPUT48_Avg)	169
ง26	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 26 (OUTPUT48_Avg)	170

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ง27	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 27 (OUTPUT48_Avg)	171
ง28	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 28 (OUTPUT48_Avg)	172
ง29	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 29 (OUTPUT48_Avg)	173
ง30	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 30 (OUTPUT48_Avg)	174
ง31	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 31 (OUTPUT48_Avg)	175
ง32	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 32 (OUTPUT48_Avg)	176
ง33	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 33 (OUTPUT48_Avg)	177
ง34	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 34 (OUTPUT48_Avg)	178
ง35	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 1 (OUTPUT96_Avg)	186
ง36	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 2 (OUTPUT96_Avg)	187
ง37	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 3 (OUTPUT96_Avg)	188
ง38	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 4 (OUTPUT96_Avg)	189
ง39	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 5 (OUTPUT96_Avg)	190

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ง40	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 6 (OUTPUT96_Avg)	191
ง41	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 7 (OUTPUT96_Avg)	192
ง42	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 8 (OUTPUT96_Avg)	193
ง43	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 9 (OUTPUT96_Avg)	194
ง44	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 10 (OUTPUT96_Avg)	195
ง45	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 11 (OUTPUT96_Avg)	196
ง46	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 12 (OUTPUT96_Avg)	197
ง47	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 13 (OUTPUT96_Avg)	198
ง48	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 14 (OUTPUT96_Avg)	199
ง49	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 15 (OUTPUT96_Avg)	200
ง50	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 16 (OUTPUT96_Avg)	201
ง51	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 17 (OUTPUT96_Avg)	202
ง52	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 18 (OUTPUT96_Avg)	203

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ง53	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 19 (OUTPUT96_Avg)	204
ง54	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 20 (OUTPUT96_Avg)	205
ง55	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 21 (OUTPUT96_Avg)	206
ง56	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 22 (OUTPUT96_Avg)	207
ง57	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 23 (OUTPUT96_Avg)	208
ง58	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 24 (OUTPUT96_Avg)	209
ง59	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 25 (OUTPUT96_Avg)	210
ง60	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 26 (OUTPUT96_Avg)	211
ง61	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 27 (OUTPUT96_Avg)	212
ง62	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 28 (OUTPUT96_Avg)	213
ง63	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 29 (OUTPUT96_Avg)	214
ง64	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 30 (OUTPUT96_Avg)	215
ง65	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 31 (OUTPUT96_Avg)	216

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ง66	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 32 (OUTPUT96_Avg)	217
ง67	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 33 (OUTPUT96_Avg)	218
ง68	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 34 (OUTPUT96_Avg)	219
ง69	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 1 (OUTPUT48_Y40)	224
ง70	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 2 (OUTPUT48_Y40)	225
ง71	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 3 (OUTPUT48_Y40)	226
ง72	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 4 (OUTPUT48_Y40)	227
ง73	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 5 (OUTPUT48_Y40)	228
ง74	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 6 (OUTPUT48_Y40)	229
ง75	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 7 (OUTPUT48_Y40)	230
ง76	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 8 (OUTPUT48_Y40)	231
ง77	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 9 (OUTPUT48_Y40)	232
ง78	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 10 (OUTPUT48_Y40)	233

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ง79	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 11 (OUTPUT48_Y40)	234
ง80	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 12 (OUTPUT48_Y40)	235
ง81	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 13 (OUTPUT48_Y40)	236
ง82	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 14 (OUTPUT48_Y40)	237
ง83	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 15 (OUTPUT48_Y40)	238
ง84	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 16 (OUTPUT48_Y40)	239
ง85	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 17 (OUTPUT48_Y40)	240
ง86	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 18 (OUTPUT48_Y40)	241
ง87	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 19 (OUTPUT48_Y40)	242
ง88	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 20 (OUTPUT48_Y40)	243
ง89	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 21 (OUTPUT48_Y40)	244
ง90	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 22 (OUTPUT48_Y40)	245
ง91	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 23 (OUTPUT48_Y40)	246

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ง92	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 24 (OUTPUT48_Y40)	247
ง93	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 25 (OUTPUT48_Y40)	248
ง94	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 26 (OUTPUT48_Y40)	249
ง95	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 27 (OUTPUT48_Y40)	250
ง96	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 28 (OUTPUT48_Y40)	251
ง97	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 29 (OUTPUT48_Y40)	252
ง98	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 30 (OUTPUT48_Y40)	253
ง99	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 31 (OUTPUT48_Y40)	254
ง100	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 32 (OUTPUT48_Y40)	255
ง101	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 33 (OUTPUT48_Y40)	256
ง102	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 34 (OUTPUT48_Y40)	257
ง103	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 1 (OUTPUT96_Y40)	265
ง104	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 2 (OUTPUT96_Y40)	266

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ง105	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 3 (OUTPUT96_Y40)	267
ง106	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 4 (OUTPUT96_Y40)	268
ง107	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 5 (OUTPUT96_Y40)	269
ง108	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 6 (OUTPUT96_Y40)	270
ง109	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 7 (OUTPUT96_Y40)	271
ง110	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 8 (OUTPUT96_Y40)	272
ง111	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 9 (OUTPUT96_Y40)	273
ง112	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 10 (OUTPUT96_Y40)	274
ง113	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 11 (OUTPUT96_Y40)	275
ง114	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 12 (OUTPUT96_Y40)	276
ง115	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 13 (OUTPUT96_Y40)	277
ง116	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 14 (OUTPUT96_Y40)	278
ง117	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 15 (OUTPUT96_Y40)	279

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ง118	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 16 (OUTPUT96_Y40)	280
ง119	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 17 (OUTPUT96_Y40)	281
ง120	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 18 (OUTPUT96_Y40)	282
ง121	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 19 (OUTPUT96_Y40)	283
ง122	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 20 (OUTPUT96_Y40)	284
ง123	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 21 (OUTPUT96_Y40)	285
ง124	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 22 (OUTPUT96_Y40)	286
ง125	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 23 (OUTPUT96_Y40)	287
ง126	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 24 (OUTPUT96_Y40)	288
ง127	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 25 (OUTPUT96_Y40)	289
ง128	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 26 (OUTPUT96_Y40)	290
ง129	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 27 (OUTPUT96_Y40)	291
ง130	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 28 (OUTPUT96_Y40)	292

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ง131	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 29 (OUTPUT96_Y40)	293
ง132	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 30 (OUTPUT96_Y40)	294
ง133	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 31 (OUTPUT96_Y40)	295
ง134	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 32 (OUTPUT96_Y40)	296
ง135	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 33 (OUTPUT96_Y40)	297
ง136	กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 34 (OUTPUT96_Y40)	298

การประยุกต์พันธุกรรมคอมพิวเตอร์เพื่อการจัดสรรน้ำในระบบท่อ ของอ่างเก็บน้ำคลองระโกล จังหวัดระยอง

An Application of a Genetic Algorithm for Pipe System Water Allocation at Raok Reservoir in Rayong Province

คำนำ

จังหวัดระยอง เป็นหนึ่งในแปดจังหวัดของภาคตะวันออก ที่มีการเติบโตทางเศรษฐกิจเป็นอันดับต้นๆ ของประเทศ และยังเป็นพื้นที่ที่ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม โดยพื้นที่ส่วนใหญ่จะทำสวนผลไม้กันมากในเขตอำเภอแกลง ซึ่งในเขตอำเภอแกลงมีเพียงอ่างเก็บน้ำคลองระโกล ซึ่งเป็นแหล่งน้ำต้นทุนขนาดใหญ่เพียงแห่งเดียวในอำเภอ โดยวิธีการส่งน้ำลงสู่ลำน้ำเดิม ทำให้เกษตรกรเพียงบางส่วนเท่านั้นที่ได้รับผลประโยชน์ และในปัจจุบันได้มีการก่อสร้างระบบส่งน้ำโดยใช้ท่อส่งน้ำด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity) ทำให้เกษตรกรมีการใช้น้ำกันอย่างฟุ่มเฟือย อีกทั้งการประปาส่วนภูมิภาค โดยสำนักงานประปาปากน้ำประแสร์ ได้ทำการขออนุญาตกรมชลประทานเพื่อผลิตน้ำประปา โดยใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองระโกล ปีละ 864,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งอ่างเก็บน้ำคลองระโกลต้องระบายน้ำลงสู่ลำน้ำเดิมเพื่อผลักดันน้ำเค็ม รักษาระบบนิเวศด้านท้ายน้ำ รวมทั้งผลักดันน้ำเข้าสู่ลำน้ำสาขาของคลองโพธิ์ โดยเฉลี่ยปีละ 1,200,000 ลูกบาศก์เมตร และส่งน้ำเพื่อการเกษตร โดยเฉลี่ยปีละ 15,500,000 ลูกบาศก์เมตร รวมทั้งมีการนำน้ำไปใช้เพื่อการอุตสาหกรรม เป็นผลทำให้ปริมาณน้ำต้นทุนลดลงอย่างรวดเร็ว

ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนาแหล่งน้ำต้นทุนที่มีอยู่ ตามกระแสพระราชดำริสของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ว่า “การพัฒนาแหล่งน้ำนั้น ในหลักใหญ่ก็คือการควบคุมน้ำให้ได้ดังประสงค์ทั้งปริมาณและคุณภาพ กล่าวคือ เมื่อปริมาณน้ำมีมากเกินไป ก็ต้องหาทางระบายออกให้ทันการณ์ ไม่ปล่อยให้เกิดความเดือดร้อนเสียหายได้ และในขณะที่เกิดภาวะขาดแคลนก็ต้องมีน้ำเก็บกักไว้ใช้อย่างเพียงพอ ทั้งมีคุณภาพเหมาะสมแก่การเกษตร การอุตสาหกรรม และการอุปโภคบริโภค ปัญหาอยู่ที่ว่าการพัฒนาแหล่งน้ำนั้นอาจมีผลกระทบกระเทือนต่อสิ่งแวดล้อมบ้าง แต่ถ้าไม่มีการควบคุมน้ำที่ดีพอแล้ว เมื่อเกิดภัยธรรมชาติ ก็จะก่อให้เกิดความเดือดร้อนสูญเสีย ทั้งในด้านเศรษฐกิจและในชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชน ทั้งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างร้ายแรง”

วัตถุประสงค์

การบริหารจัดการน้ำในระบบชลประทานมีเป้าหมายที่สำคัญคือ เพื่อพัฒนาแนวทางที่เหมาะสมในการจัดสรรน้ำ และเพื่อประสิทธิภาพการส่งน้ำให้กับพื้นที่เพาะปลูก โดยการทำวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อประยุกต์ใช้พันธุกรรมคอมพิวเตอร์ ใช้ในการพัฒนาแนวทางที่เหมาะสมในการจัดสรรน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูก รวมทั้งการเพิ่มประสิทธิภาพการส่งน้ำ โดยปัญหาการจัดการจัดสรรน้ำในระบบท่อของโครงการอ่างเก็บน้ำคลองระโงก จังหวัดระยอง มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. ศึกษาการใช้น้ำในพื้นที่เพาะปลูกด้านท้ายน้ำของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก จังหวัดระยอง
2. เพื่อจำลองสภาพการจัดการจัดสรรน้ำของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก จังหวัดระยอง โดยการประยุกต์ใช้พันธุกรรมคอมพิวเตอร์
3. เพื่อเสนอแนะแนวทางการจัดสรรน้ำ ให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้เกิดการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และให้เกิดความเท่าเทียมกัน

ขอบเขตของการศึกษา

1. รวบรวมข้อมูลของพื้นที่เพาะปลูก เพื่อศึกษาข้อมูลด้านการใช้น้ำ โดยเน้นศึกษาในพื้นที่การเกษตรด้านท้ายน้ำของท่อส่งน้ำอ่างเก็บน้ำคลองระโงก จังหวัดระยอง
2. รวบรวมข้อมูลด้านความต้องการน้ำชลประทานของโครงการฯ
3. เสนอแนะแนวทางในการจัดสรรน้ำในระบบส่งน้ำ ของท่อส่งน้ำอ่างเก็บน้ำคลองระโงกสำหรับช่วงเวลาต่างๆ

สภาพปัญหา

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาเกิดความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ไม่ว่าจะเป็นกระแสลม ปริมาณน้ำฝน ล้วนเป็นปัญหาในการเพิ่มผลผลิตของเกษตรกร เช่น การเกิดกระแสลมพัดแรงในบางพื้นที่ ทำให้ไม้ผลเกิดความเสียหาย ซึ่งส่งผลกระทบต่อทำให้ผลผลิตและคุณภาพของไม้ผลลดลง หรือแม้กระทั่งปริมาณฝนที่ตกหนักในช่วงที่ไม้ผลกำลังติดดอก หรือติดผล โตใกล้ถึงวันเก็บเกี่ยว หรือการที่ฝนไม่ตกในช่วงที่ไม้ผลต้องการน้ำ ซึ่งเหตุการณ์เหล่านี้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิต และคุณภาพของไม้ผล

โดยปัญหาการขาดแคลนน้ำในพื้นที่การเกษตรด้านทำน้ของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก จะเริ่มประมาณปลายเดือนพฤศจิกายนหรือต้นเดือนธันวาคม ถึงปลายเดือนมีนาคมหรือต้นเดือนเมษายน ซึ่งเป็นช่วงที่ไม้ผลกำลังออกดอก และกำลังติดผล โตใกล้เก็บเกี่ยว โดยบางปีเกษตรกรต้องมีการบรรทุกน้ำจากนอกพื้นที่มาใช้ในพื้นที่เพาะปลูก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้น้ำต้นทุนที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งจะต้องให้เพียงพอกับความต้องการน้ำ โดยผลผลิตที่ได้รับต้องเท่าเดิมหรือมากกว่า และในส่วนของโครงการอ่างเก็บน้ำคลองระโงก จะต้องคำนึงถึงรูปแบบการบริหารจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพ ในการจัดสรรน้ำให้แก่เกษตรกร และการวางกฎเกณฑ์การใช้น้ำให้กับเกษตรกรได้รู้คุณค่าของทรัพยากรน้ำ รวมทั้งสามารถแบ่งปันน้ำที่มีอยู่บนพื้นฐานของความเสมอภาคและเท่าเทียมกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อเสนอแนะเป็นแนวทางในการบริหารจัดการน้ำ สำหรับพื้นที่การเกษตรของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก จังหวัดระยอง ให้เกิดประสิทธิภาพและประโยชน์สูงสุดในการใช้น้ำ โดยโครงการฯ สามารถนำพันธุกรรมคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจ เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการวางแผนจัดสรรน้ำในระบบชลประทานของอ่างเก็บน้ำคลองระโงกต่อไป

การตรวจเอกสาร

โครงการชลประทาน

โครงการชลประทาน (วิบูลย์, 2526) หมายถึง หน่วยงานและสิ่งก่อสร้างที่จัดทำขึ้นเพื่อส่งน้ำไปใช้ทำการเพาะปลูก และระบายน้ำที่เหลือใช้หรือไม่ต้องการออกไป ไม่ให้เป็นอันตรายแก่การเพาะปลูกนั้น

องค์ประกอบที่สำคัญของโครงการชลประทาน

วิบูลย์ (2526) กล่าวว่า โครงการชลประทานทุกโครงการจะต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ 5 อย่างด้วยกัน คือ

1. แหล่งน้ำ โครงการชลประทานทุกโครงการจำเป็นต้องอาศัยน้ำจากแหล่งใดแหล่งหนึ่งมาจัดส่งไปใช้ในพื้นที่เพาะปลูก โดยน้ำจากแหล่งนั้นจะต้องมีปริมาณมากพอ และมีความแน่นอนในการพัฒนาเอามาใช้ได้ แหล่งน้ำที่นำมาใช้ในโครงการชลประทานส่วนใหญ่เป็นน้ำท่าจากแม่น้ำลำธารธรรมชาติ ในกรณีมีภูมิประเทศที่เหมาะสมก็อาจจะสร้างเขื่อนเก็บกักไว้ แล้วระบายออกมาให้พอเหมาะกับความต้องการใช้น้ำของพืช ที่ระยะเวลาต่างๆ ก็จะเป็นแหล่งน้ำที่ดี เพราะมีปริมาณมากและมีความแน่นอนในการนำเอาไปใช้ได้

2. พื้นที่ดินและพืช พื้นที่ดิน หมายถึง พื้นที่ในขอบเขตที่กำหนดไว้ว่าจะได้รับประโยชน์จากโครงการชลประทานนั้น โดยการมีระบบส่งน้ำจากแหล่งน้ำแผ่กระจายครอบคลุมไปถึง เพื่อความสะดวกพื้นที่ดินในเขตโครงการชลประทาน จึงแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ พื้นที่โครงการ (Command Area) หมายถึง พื้นที่ทั้งหมดที่อยู่ภายในเขตโครงการนั้น รวมถึงบริเวณที่ไม่สามารถส่งน้ำให้ได้เนื่องจากเป็นที่ดอน พื้นที่รับน้ำชลประทาน (Irrigable Area) หมายถึง พื้นที่ที่สามารถรับน้ำจากระบบส่งน้ำของโครงการชลประทานไปใช้ได้

3. หัวงานโครงการ (Headwork) หมายถึง อาคารที่สร้างขึ้นในลำน้ำสำหรับทดน้ำให้มีระดับสูงขึ้น พอที่จะไหลเข้าไปในคลองส่งน้ำได้สะดวก รวมถึงอาคารประกอบอื่นๆ ในบริเวณเดียวกันที่ทำหน้าหน้าที่ควบคุมบังคับน้ำ

4. ระบบส่งน้ำ (Conveyance and Distribution System) หมายถึง ทางน้ำที่จัดสร้างขึ้นเพื่อนำน้ำจากแหล่งน้ำให้ไหลไปสู่พื้นที่เพาะปลูก รวมถึงอาคารบังคับน้ำต่างๆ ในระบบ

5. ระบบระบายน้ำ (Drainage System) หมายถึง ทางน้ำที่จัดสร้างขึ้นเพื่อกำจัดน้ำที่มากเกินไปในเขตชลประทานออกไป เพื่อให้พื้นที่ดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

ผลประโยชน์จากโครงการชลประทาน

วรารุช (2532) ให้ความหมายของผลประโยชน์ว่า คือผลผลิตเพิ่มเนื่องจากการใช้ประโยชน์ของโครงการ ซึ่งก็คือผลผลิตต่างระหว่างการมีโครงการและไม่มีโครงการ

ดำรง (2525) กล่าวว่า ผลประโยชน์จากโครงการชลประทาน มีทั้งผลประโยชน์โดยตรงและผลประโยชน์โดยอ้อม ผลประโยชน์โดยตรง หมายถึง รายได้เป็นจำนวนเงินที่เพิ่มขึ้นจากเดิมอันเนื่องมาจากการมีโครงการ ผลประโยชน์โดยอ้อม เป็นสิ่งที่แน่ใจว่าเกิดขึ้นจากการมีโครงการชลประทาน แต่ไม่สามารถประเมินออกมาเป็นตัวเงินได้

ผลกระทบจากโครงการชลประทาน

วรารุช (2537) กล่าวว่า การบริหารโครงการชลประทาน อาจก่อให้เกิดผลกระทบระยะยาวต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ได้แก่

1. ผลกระทบต่อความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์
2. ผลกระทบต่อความยั่งยืนทางด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ
 - 2.1 ระดับน้ำใต้ดิน
 - 2.2 คุณภาพน้ำชลประทาน
 - 2.3 ระดับเกลือในดิน
 - 2.4 ปริมาณโซเดียม
 - 2.5 ปริมาณสารพิษตกค้าง
3. ผลกระทบต่อความอยู่รอดของสังคม

โครงการชลประทานระยอง

จังหวัดระยองตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทย และเป็นจังหวัดหนึ่งซึ่งตั้งอยู่ติดฝั่งอ่าวไทยด้านตะวันออก โดยมีพื้นที่ติดแนวฝั่งทะเลยาวประมาณ 100 กิโลเมตร จังหวัดระยองมีพื้นที่ทั้งหมดรวม 3,552 ตารางกิโลเมตร พื้นที่โดยทั่วไปเป็นที่ลุ่มสลับที่ดอน ด้านทิศเหนือและทิศตะวันออกประกอบด้วยภูเขาสูงและค่อยๆ ลาดลงสู่อ่าวไทย มีลุ่มน้ำสำคัญสองลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำระยองหรือคลองใหญ่ ยาวประมาณ 50 กิโลเมตร และลุ่มน้ำประแสร์ ยาวประมาณ 45 กิโลเมตร (โครงการชลประทานระยอง, 2546)

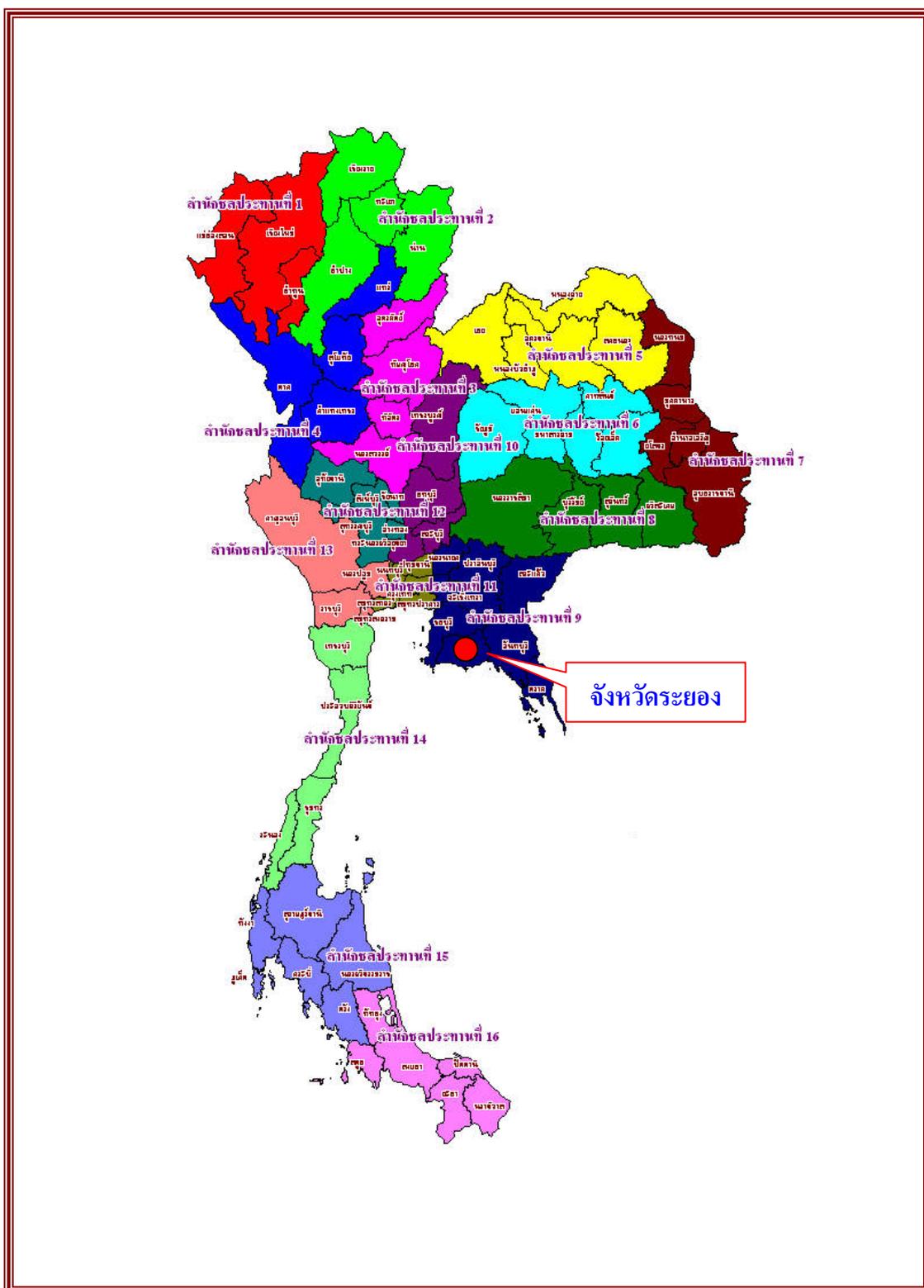
ที่ตั้งและอาณาเขต

โครงการชลประทานระยอง เป็นโครงการชลประทานหนึ่งในจำนวน 14 โครงการชลประทานของภาคตะวันออก ซึ่งสังกัดสำนักชลประทานที่ 9 กรมชลประทาน และมีความสำคัญในด้านการเกษตร การอุปโภคบริโภค และการอุตสาหกรรม โดยมีเนื้อที่ชลประทานทั้งหมด 86,700 ไร่ ตั้งอยู่ที่หมู่ที่ 5 ตำบลเชิงเนิน อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ระหว่างเส้นทางที่ 12 – 13 อองศาเหนือ และเส้นแวงที่ 101 – 102 องศาตะวันออก และอยู่ห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 180 กิโลเมตร โดยโครงการชลประทานระยองมีพื้นที่โครงการทั้งหมด 2,220,000 ไร่ และมีพื้นที่ชลประทาน 86,700 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่ในเขต 8 อำเภอ อันได้แก่ อำเภอเมืองระยอง อำเภอบ้านฉาง อำเภอบ้านค่าย อำเภอปลวกแดง อำเภอแกลง อำเภอวังจันทร์ อำเภอนิคมพัฒนา และอำเภอเขาชะเมา โดยจังหวัดระยองมีอาณาเขตติดต่อดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับเขตอำเภอหนองใหญ่ อำเภอบ่อทอง และอำเภอศรีราชา ของโครงการชลประทานชลบุรี

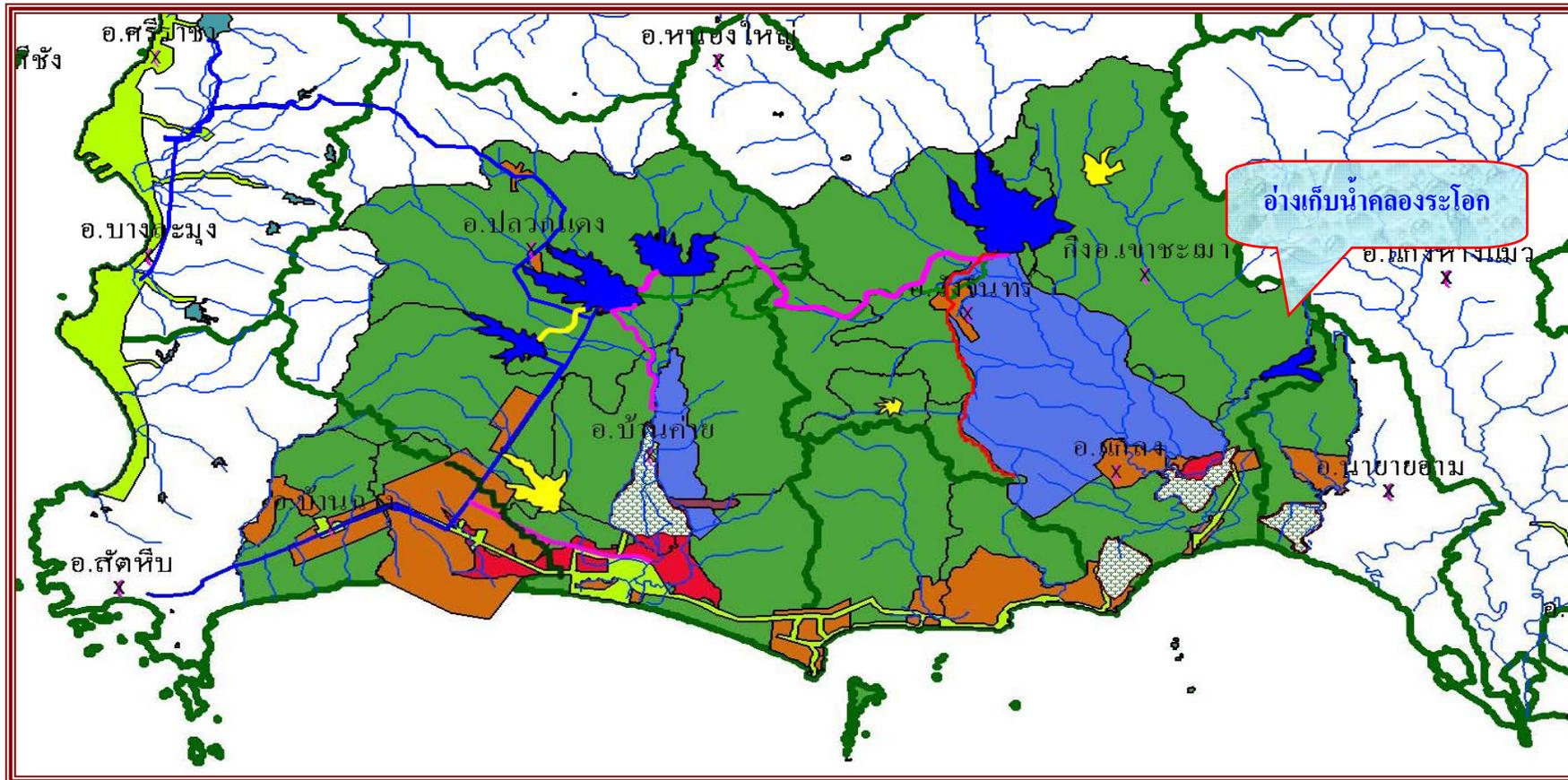
ทิศใต้ ติดต่อกับฝั่งทะเลของอ่าวไทย ยาวประมาณ 100 กิโลเมตร

ทิศตะวันออก ติดต่อกับเขตอำเภอนายายอาม และอำเภอแก่งหางแมว ของโครงการชลประทานจันทบุรี



ภาพที่ 1 แผนที่ประเทศไทย

ที่มา: กรมชลประทาน (2546)



ภาพที่ 2 แผนที่โครงการชลประทานจังหวัดระยอง

ที่มา: โครงการชลประทานระยอง (2550)

ทิศตะวันตกติดต่อกับเขตอำเภอสังขละบุรี และอำเภอบางละมุง ของโครงการชลประทานชลบุรี

สภาพภูมิประเทศ

จังหวัดระยองประกอบด้วยที่ราบชายฝั่ง ที่เกิดจากการทับถมของตะกอนบริเวณแอ่งลุ่มน้ำระยอง ที่ลาดสลับเนินเขาและภูเขา มีลักษณะเป็นลอนลูกคลื่นสูงต่ำสลับกันไป รวมกับพื้นที่ทิวเขา 2 แนว คือ ทิวเขาชะเมาทางทิศตะวันออก ซึ่งสูงจากระดับน้ำทะเล 1,035 เมตร และทิวเขาที่อยู่ประมาณกึ่งกลางของตัวจังหวัด เป็นแนวยาวจากอำเภอเมืองขึ้นไปทางเหนือจนสุดเขตจังหวัด เป็นเนินเขาที่เตี้ยกว่า คือ เขาขุนอิน เขาจอมแห เขาวงช้าง ในเขตอำเภอบ้านค่าย และเขาท่าจุค เขายายดา เขาตะเภาคว่า ในเขตอำเภอเมืองระยอง

สภาพภูมิอากาศและฤดูกาล

สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปในพื้นที่จังหวัดระยอง จะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และนอกจากนี้ยังได้รับอิทธิพลจากร่องความกดอากาศต่ำและพายุเขตร้อน ซึ่งพัดจากทะเลจีนใต้ ทำให้มีฝนตกหนักในฤดูฝน จากอิทธิพลของลมมรสุมดังกล่าวเป็นสาเหตุทำให้เกิดฤดูกาล 3 ฤดู คือ ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน โดยในฤดูฝนจะเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาวต่อจากฤดูฝนในเดือนพฤศจิกายนไปจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ และช่วงฤดูร้อนจากเดือนมีนาคมถึงปลายเดือนเมษายน โดยสรุปแล้วจังหวัดระยอง มีสภาพภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน ลมทะเลพัดผ่านตลอดปี อากาศอบอุ่น ไม่ร้อนจัด บริเวณชายฝั่งทะเลเย็นสบาย ในฤดูฝนจะมีฝนตกชุก ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมของ ทุกปี มีปริมาณฝนเฉลี่ย 243.0 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 28.0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 77

สภาพฝน

จากสถิติข้อมูลน้ำฝนในคาบ 30 ปี ของสถานีอำเภอเมือง จังหวัดระยอง ปริมาณน้ำฝนรายปีเท่ากับ 1,401.30 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนตกชุกในระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม โดยปริมาณฝนในช่วงเวลาดังกล่าวเฉลี่ยสูงถึง 1,121.80 มิลลิเมตร คิดเป็น 80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณฝนทั้งปี โดยจำนวนวันที่มีฝนตกเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 113.5 วัน

ชนิดและลักษณะของทรัพยากรดิน

ชนิดของทรัพยากรดินที่พบในพื้นที่โครงการ มีทั้งหมด 8 ชนิด ลักษณะและคุณสมบัติของทรัพยากรดินชนิดต่างๆ สรุปได้ดังนี้

1. ชุดดินห้วยยอด (Huai Yot Series; Ho) เป็นดินชั้นมาก มีการระบายน้ำดีถึงมากเกินไป สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนชันถึงเนินเขา มีความลาดชัน 12 - 35 เปอร์เซ็นต์ ดินบนเป็นดินร่วนปนกรวดมาก สีน้ำตาลปนเหลืองเข้มถึงสีน้ำตาล ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดแก่ pH 5.0 - 5.5 ดินล่างเป็นชั้นของหินพื้นผุของหินดินดาน สีเหลืองปนน้ำตาลหรือสีน้ำตาลแก่ มีข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ที่ดินคือ เป็นดินชั้นมากมีเศษหินปะปนมาก และชั้นดานของหินพื้นดินไม่เกิน 50 เซนติเมตร การใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน เป็นป่าไม้เบญจพรรณ และป่าพุ่มเตี้ยๆ

2. ชุดดินกันตัง (Kan Tang Series; Kat) เป็นดินชั้น มีการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว สภาพพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนเล็กน้อย มีความลาดชัน 1 - 3 เปอร์เซ็นต์ ดินบนเป็นดินร่วนปนทราย สีเทาเข้มหรือสีเทา มีจุดประสีเหลืองปนน้ำตาลหรือน้ำตาลปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดแก่ถึงเป็นกรดเล็กน้อย pH 5.5 - 6.5 ดินล่างตอนบนเป็นดินเหนียวปนกรวดมาก สีน้ำตาลอ่อนมีจุดประสีเหลืองปนน้ำตาลและสีแดง ส่วนดินล่างลึกลงไปเป็นดินเหนียวสีเทาอ่อน มีจุดประสีแดงของศิลาแลงอ่อนมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และสีเหลืองปนน้ำตาล ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดแก่ pH 4.5 - 5.5 มีข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ที่ดินคือ เป็นดินชั้นมีกรวดและลูกรังปะปนในเนื้อดินมากจำกัดการเจริญเติบโตของรากพืช การใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน เป็นที่ว่างเปล่ามีหญ้าขึ้นตามธรรมชาติ

3. ชุดดินคลองซาก (Khlong Chak series; Kc) เป็นดินชั้น มีการระบายน้ำดี สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย มีความลาดชัน 2 - 5 เปอร์เซ็นต์ ดินบนเป็นดินร่วน หรือดินร่วนปนดินเหนียวปนกรวด สีน้ำตาลเข้ม หรือน้ำตาลปนแดงเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกรดแก่ถึงเป็นกรดเล็กน้อย pH 5.5 - 6.5 ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวหรือดินเหนียวปนกรวดมาก สีแดงปนเหลืองหรือสีน้ำตาลแก่ และสีแดงในชั้นที่ลึกลงไปปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดแก่ pH 4.5 - 5.5 มีข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ที่ดินคือ เป็นดินชั้นที่มีก้อนกรวดและเศษหินปะปนอยู่มาก จำกัดการชอนไชของรากพืช และดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันใช้ทำสวนผลไม้ เช่น ทุเรียน เงาะ มังคุด เป็นต้น นอกจากนั้นใช้ปลูกยางพารา และปลูกพืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง สับปะรด เป็นต้น

4. ชุดดินแกลง (Klaeng Series; KI) เป็นดินลึกมีการระบายน้ำเร็ว สภาพพื้นที่ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 0 - 2 เปอร์เซ็นต์ ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียว สีน้ำตาลปนเทา หรือสีเทามีจุดประสีน้ำตาลแก่หรือสีแดงปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดเป็นกรดปานกลาง pH 5.0 - 6.0 ดินล่างเป็นดินเหนียวสีน้ำตาลปนเทา สีเทาหรือสีเทาอ่อน มีจุดประสีแดงปนเหลือง และสีแดงของศิลาแลงอ่อนมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดแก่ pH 4.5 - 5.5 มีข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ที่ดินคือ เป็นดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน ใช้ทำนาข้าว

5. ชุดดินลำภูตา (Lamphu La Series; LI) เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย มีความลาดชัน 2 - 5 เปอร์เซ็นต์ ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียว หรือดินเหนียวสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดแก่ถึงเป็นกรดปานกลาง pH 5.5 - 6.0 ดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สีน้ำตาลแก่หรือสีเหลืองปนแดง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดแก่ pH 4.5 - 5.5 มีข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ที่ดินคือ เป็นดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน ทำสวนผลไม้เช่น ทุเรียน เงาะ มังคุด เป็นต้น นอกจากนั้นใช้ปลูกยางพาราและปลูกพืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง และสับปะรด เป็นต้น

6. ชุดดินหนองคล้า (Nong Khla Series; Nok) เป็นดินตื้นมาก มีการระบายน้ำดี สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย มีความลาดชัน 2 - 5 เปอร์เซ็นต์ ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียวปนกรวด สีน้ำตาลปนแดงเข้มหรือสีแดงปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดแก่ถึงเป็นกรดเล็กน้อย pH 5.5 - 6.5 ดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนกรวดมาก สีแดงเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมาก ถึงเป็นกรดแก่ pH 4.5 - 5.5 มีข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ที่ดินคือ เป็นดินตื้นมากที่มีก้อนกรวดและเศษหินปะปนอยู่มาก จำกัดการเจริญเติบโตของรากพืช และดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันใช้ปลูกยางพารา และปลูกพืชไร่ เช่น สับปะรด และมันสำปะหลัง เป็นต้น

7. ชุดดินนาทอน (Na Thon Series; Ntn) เป็นดินลึกปานกลาง มีการระบายน้ำดี สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชัน 5 - 12 เปอร์เซ็นต์ ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายแป้งหรือดินร่วนสีน้ำตาล สีเหลืองปนน้ำตาล ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดปานกลาง pH 5.0 - 6.0 ดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวสีเหลืองปนน้ำตาล สีเหลืองปนแดงและสีแดงปะปนกัน ลึกลงไปพบชั้นของหินดินดานฝุ่ ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดแก่ pH 4.5 - 5.5 มีข้อจำกัดการใช้

ประโยชน์ที่ดินคือ สภาพพื้นที่ที่มีความลาดชันค่อนข้างมาก การใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันใช้ปลูกยางพารา และพืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง และสับปะรด เป็นต้น

8. ที่ดินดัดแปลง (Made Land; ML) เป็นพื้นที่ใช้ทำสวนเกษตรที่มีการขุดและถมแล้ว ซึ่งอาจจัดเป็นหน่วยดินเบ็ดเตล็ด

พื้นที่โครงการอ่างเก็บน้ำคลองระโงก อำเภอกาหลง จังหวัดระยอง มีทรัพยากรดินส่วนใหญ่ประกอบด้วยชุดดินคลองขาก และชุดดินหนองกล้า ซึ่งเป็นดินตื้น เนื้อดินมีลูกรังหรือเศษหินปะปนในปริมาณมาก และมีผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตและการทำงานของระบบรากพืช ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ มีความเหมาะสมปานกลางสำหรับปลูกพืชไร่ ในการเพิ่มผลผลิตควรมีการใช้เทคโนโลยีด้านดินปุ๋ย และการจัดการน้ำแก่พืชที่เหมาะสม ควรเน้นการใส่ปุ๋ยทั้งปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีในอัตราส่วนที่เหมาะสม ในบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชันค่อนข้างสูง จำเป็นต้องมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างเข้มงวด และควรปลูกไม้ยืนต้นแทนการปลูกพืชไร่

ลุ่มน้ำที่สำคัญในจังหวัดระยอง

1. ลุ่มน้ำระยอง มีแม่น้ำสายหลักคือ แม่น้ำระยอง หรือที่เรียกกันว่าคลองใหญ่ มีต้นน้ำจากจังหวัดชลบุรี ในเขตอำเภอบ้านบึง ไหลลงทางทิศใต้เข้าท้องที่จังหวัดระยอง เริ่มจากอำเภอปลวกแดง อำเภอบ้านค่าย และอำเภอเมืองระยอง โดยไหลลงสู่ทะเลที่ตำบลปากน้ำ อำเภอเมืองระยอง มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 1,782 ตารางกิโลเมตร และมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย 544 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี รวมความยาวประมาณ 50 กิโลเมตร

2. ลุ่มน้ำประแสร์ มีแม่น้ำสายหลักคือ แม่น้ำประแสร์ มีต้นกำเนิดจากทิวเขาในจังหวัดจันทบุรี ไหลผ่านท้องที่อำเภอกาหลง มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 1,455 ตารางกิโลเมตร และมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย 655 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี รวมความยาวประมาณ 45 กิโลเมตร

ระบบบริหารงานทั่วไปของโครงการฯ

เนื่องจากพื้นที่โดยทั่วไปของจังหวัดระยองเป็นที่ราบสลับดอนและเนินเขา การพิจารณาวางระบบการชลประทานจึงจำเป็นต้องแบ่งการทำงานเป็นขั้นตอน เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ จากสภาพแหล่งน้ำที่สำคัญใหญ่ๆ โดยแบ่งงานออกเป็นฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาตามพื้นที่ต่างๆ ได้

ทั้งหมด 4 ฝ่าย ซึ่งมีผู้อำนวยการโครงการชลประทาน (ผอ.คป.) เป็นผู้ควบคุมการปฏิบัติงานทั้งหมดของโครงการฯ ซึ่งจะขึ้นตรงกับสำนักชลประทานที่ 9 จังหวัดชลบุรี โดยมีพื้นที่ที่รับผิดชอบดังนี้

1. ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 มีพื้นที่รับผิดชอบในเขตอำเภอเมืองระยอง และอำเภอบ้านฉาง มีพื้นที่ประมาณ 470,575 ไร่ และมีพื้นที่ชลประทานประมาณ 25,000 ไร่
2. ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 มีพื้นที่รับผิดชอบในเขตอำเภอบ้านค่าย, อำเภอนิคมน้ำจืด และอำเภอปลวกแดงบางส่วน มีพื้นที่ประมาณ 840,885 ไร่ และมีพื้นที่ชลประทานประมาณ 31,200 ไร่
3. ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 มีพื้นที่รับผิดชอบในเขตอำเภอแกลง, อำเภอวังจันทร์ และอำเภอเขาชะเมา มีพื้นที่ประมาณ 908,540 ไร่ และมีพื้นที่ชลประทานประมาณ 30,500 ไร่
4. ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 4 มีพื้นที่รับผิดชอบอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล ในเขตอำเภอปลวกแดง

อ่างเก็บน้ำคลองระโงก

ประวัติความเป็นมา

อ่างเก็บน้ำคลองระโงก ตำบลทุ่งควายกิน อำเภอแกลง จังหวัดระยอง อยู่ในความรับผิดชอบของฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 โครงการชลประทานระยอง ซึ่งชื่ออ่างเก็บน้ำคลองระโงก เป็นชื่อเรียกอย่างเป็นทางการที่กรมชลประทานใช้เรียกอ่างเก็บน้ำแห่งนี้ แต่ราษฎรในเขตจังหวัดระยองจะรู้จักและเรียกกันว่า อ่างเก็บน้ำเขาจุก ซึ่งเรียกตามชื่อภูเขาที่อยู่ในบริเวณที่ก่อสร้างตัวทำนบเพื่อปิดกั้นลำน้ำ โดยเริ่มก่อสร้างอ่างเก็บน้ำคลองระโงกในปี พ.ศ. 2531 และใช้เวลาในการก่อสร้างประมาณ 5 ปี แล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2535 เพื่อระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำลงสู่คลองระโงกและแม่น้ำประแสร์ สำหรับให้ชาวสวนสองฝั่งคลองระโงกและริมฝั่งแม่น้ำสุบน้ำไปใช้รดสวนผลไม้ในฤดูแล้ง โดยอ่างเก็บน้ำคลองระโงกดำเนินการก่อสร้างโดยกองก่อสร้างกลาง มีความจุโดยประมาณ 19.65 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งกรมชลประทานได้วางแผนไว้ในระยะแรก ให้มีวัตถุประสงค์ในการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำ โดยการสร้างเฉพาะแหล่งน้ำต้นทุน และส่งน้ำให้กับพื้นที่ที่ได้รับผลประโยชน์

เฉพาะในส่วนที่มีพื้นที่ติดลำน้ำเดิม โดยส่งน้ำผ่าน Outlet ลงสู่ลำน้ำเดิม และให้เกษตรกรหาวิธีการ นำน้ำจากลำน้ำเดิมไปใช้เอง ซึ่งก็มีเกษตรกรเพียงบางส่วนที่มีพื้นที่ติดลำน้ำเดิมเท่านั้นที่ได้รับ ประโยชน์โดยตรง ส่วนในพื้นที่อื่นๆ ในเขตโครงการและใกล้เคียงยังไม่สามารถนำน้ำไปใช้ได้ อย่างเพียงพอ จากสภาพดังกล่าวทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำอย่างหนักในช่วงฤดูแล้ง เกษตรกรจึง รวมตัวกันร้องเรียนไปยังกรมชลประทาน และส่วนราชการที่เกี่ยวข้องให้หาทางช่วยเหลือ

ในระหว่างปี พ.ศ. 2537 – 2543 กรมชลประทานได้ทำการสำรวจพื้นที่แนววางท่อส่งน้ำ รวมทั้งแก้ไขปัญหาเรื่องที่ดินของแนวท่อส่งน้ำ และในปี พ.ศ. 2544 กรมชลประทานได้รับอนุมัติ เงินงบประมาณ เพื่อก่อสร้างระบบส่งน้ำของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก โดยมีความยาวทั้งสิ้น 14.986 กิโลเมตร ซึ่งทำให้ระบบส่งน้ำสามารถกระจายน้ำให้แก่เกษตรกรในพื้นที่โครงการได้อย่างทั่วถึง โดยสามารถช่วยเหลือการเพาะปลูกของราษฎรในเขตโครงการช่วงที่มีการขาดแคลนน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตอนต้นและปลายฤดูฝน รวมทั้งสามารถเป็นแหล่งน้ำสำหรับอุปโภคบริโภคของคนและ สัตว์เลี้ยง นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแหล่งน้ำต้นทุนสำหรับการช่วยเหลือสวนผลไม้ต่างๆ ในช่วง ฤดูแล้ง อันได้แก่ ทุเรียน, มังคุด, เงาะ, สละ, ลองกอง เป็นต้น ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศได้อีกด้วย (โครงการชลประทานระยอง, 2546)

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อพัฒนาแหล่งน้ำสำหรับเก็บกักน้ำและส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูก และสวนผลไม้ ประมาณ 7,500 ไร่
2. เพื่อให้เป็นแหล่งน้ำสำหรับการอุปโภคบริโภค
3. เพื่อประโยชน์สำหรับการประมงน้ำจืด และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
4. เพื่อป้องกันและบรรเทาอุทกภัยในเขตอำเภอแกลง จังหวัดระยอง

รายละเอียดโครงการ

ที่ตั้ง

ตำบลทุ่งควายกิน อำเภอแกลง จังหวัดระยอง

แผนที่มาตราส่วน 1:50,000

ระวาง 5334 I

พิกัด 47 PQQ 997232

เส้นรุ้งที่ $12^{\circ} - 51' - 29''$ เหนือเส้นแวงที่ $101^{\circ} - 45' - 41''$ ตะวันออก

ลักษณะอุทกวิทยา

พื้นที่รับน้ำฝน	40.89	กม. ²
ปริมาณฝนเฉลี่ย	2,200.00	มม.
ปริมาณน้ำไหลลงอ่างฯ	15.47	ล้าน ม. ³ /ปี

ลักษณะของโครงการ

ระดับน้ำสันเขื่อน	+36.00	ม.(รทก.)
ระดับน้ำสูงสุด	+34.00	ม.(รทก.)
ระดับน้ำเก็บกัก	+33.50	ม.(รทก.)
ระดับน้ำต่ำสุด	+23.00	ม.(รทก.)
ความจุที่ระดับน้ำสูงสุด	21.80	ล้าน ม. ³
ความจุที่ระดับน้ำเก็บกัก	19.65	ล้าน ม. ³
ความจุที่ระดับน้ำต่ำสุด	0.20	ล้าน ม. ³
ปริมาณน้ำใช้งาน	19.45	ล้าน ม. ³
พื้นที่ผิวน้ำที่ระดับน้ำสูงสุด	4.25	กม. ²
พื้นที่ผิวน้ำที่ระดับน้ำเก็บกัก	3.988	กม. ²
พื้นที่น้ำท่วม	2,312.50	ไร่

ลักษณะของตัวเขื่อน

ประเภท	เขื่อนดินชนิด ZONE TYPE	
กว้าง	8.00	เมตร
สูง	20.00	เมตร
ยาว	220.00	เมตร

อาคารระบายน้ำล้น

ชนิด NON – GATE SIDE CHANNEL OVERFLOW WEIR จำนวน 1 แห่ง

กว้าง	20.00	เมตร
ยาว	303.00	เมตร
ระดับสันอาคารระบายน้ำล้น	+33.00	ม.(รทก.)
ระบายน้ำได้สูงสุด	40.00	ม. ³ /วินาที

ท่อส่งน้ำ RIVER OUTLET

จำนวน	1	แห่ง
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	1.00	เมตร
ความยาว	220.00	เมตร
ระบายน้ำได้สูงสุด	4.00	ม. ³ /วินาที
ระดับท่อส่งน้ำ	+23.00	ม.(รทก.)



ภาพที่ 3 อ่างเก็บน้ำคลองระโงก



ภาพที่ 3 (ต่อ)

ที่มา: โครงการชลประทานระยอง (2550)

ระบบส่งน้ำ

ก่อสร้างในปีงบประมาณ พ.ศ. 2544 โดยส่งน้ำด้วยระบบแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity) ผ่านท่อ PVC ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 600 - 150 มิลลิเมตร โดยมีรายละเอียดดังนี้

สายที่ 1 สาย RMP ยาว	10.318	กิโลเมตร
สายที่ 2 สาย 1L-RMP	ยาว 3.224	กิโลเมตร
สายที่ 3 สาย 2L-RMP	ยาว 0.300	กิโลเมตร
สายที่ 4 สาย 3L-RMP	ยาว 1.144	กิโลเมตร

โดยมีอาคารจ่ายน้ำทั้งสิ้น 30 แห่ง และอาคารปลายทางส่งน้ำ 4 แห่ง โดยแยกเป็น

สาย RMP	มีอาคารจ่ายน้ำ	22	แห่ง	และอาคารปลายทางส่งน้ำ	1	แห่ง
สาย 1L-RMP	มีอาคารจ่ายน้ำ	6	แห่ง	และอาคารปลายทางส่งน้ำ	1	แห่ง
สาย 2L-RMP	มีอาคารปลายทางส่งน้ำ				1	แห่ง
สาย 3L-RMP	มีอาคารจ่ายน้ำ	2	แห่ง	และอาคารปลายทางส่งน้ำ	1	แห่ง

ซึ่งอาคารจ่ายน้ำและอาคารปลายทางส่งน้ำแต่ละสายสามารถจ่ายน้ำได้ดังนี้

สาย RMP

อาคารจ่ายน้ำแห่งที่	1	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	9.60	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่	2	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	9.60	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่	3	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	9.60	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่	4	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	10.56	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่	5	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	11.04	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่	6	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	10.56	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่	7	ขนาดท่อ ϕ 125 มม.	Q =	14.40	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่	8	ขนาดท่อ ϕ 125 มม.	Q =	14.40	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่	9	ขนาดท่อ ϕ 125 มม.	Q =	15.36	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่	10	ขนาดท่อ ϕ 125 มม.	Q =	15.36	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่	11	ขนาดท่อ ϕ 150 มม.	Q =	25.00	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่	12	ขนาดท่อ ϕ 125 มม.	Q =	13.44	ลิตร/วินาที

อาคารจ่ายน้ำแห่งที่ 13	ขนาดท่อ ϕ 125 มม.	Q =	12.96	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่ 14	ขนาดท่อ ϕ 125 มม.	Q =	12.96	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่ 15	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	10.56	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่ 16	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	11.04	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่ 17	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	10.56	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่ 18	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	11.52	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่ 19	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	10.56	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่ 20	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	11.52	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่ 21	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	12.00	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่ 22	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	10.56	ลิตร/วินาที
อาคารปลายทางส่งน้ำ	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	9.60	ลิตร/วินาที

สาย 1L-RMP

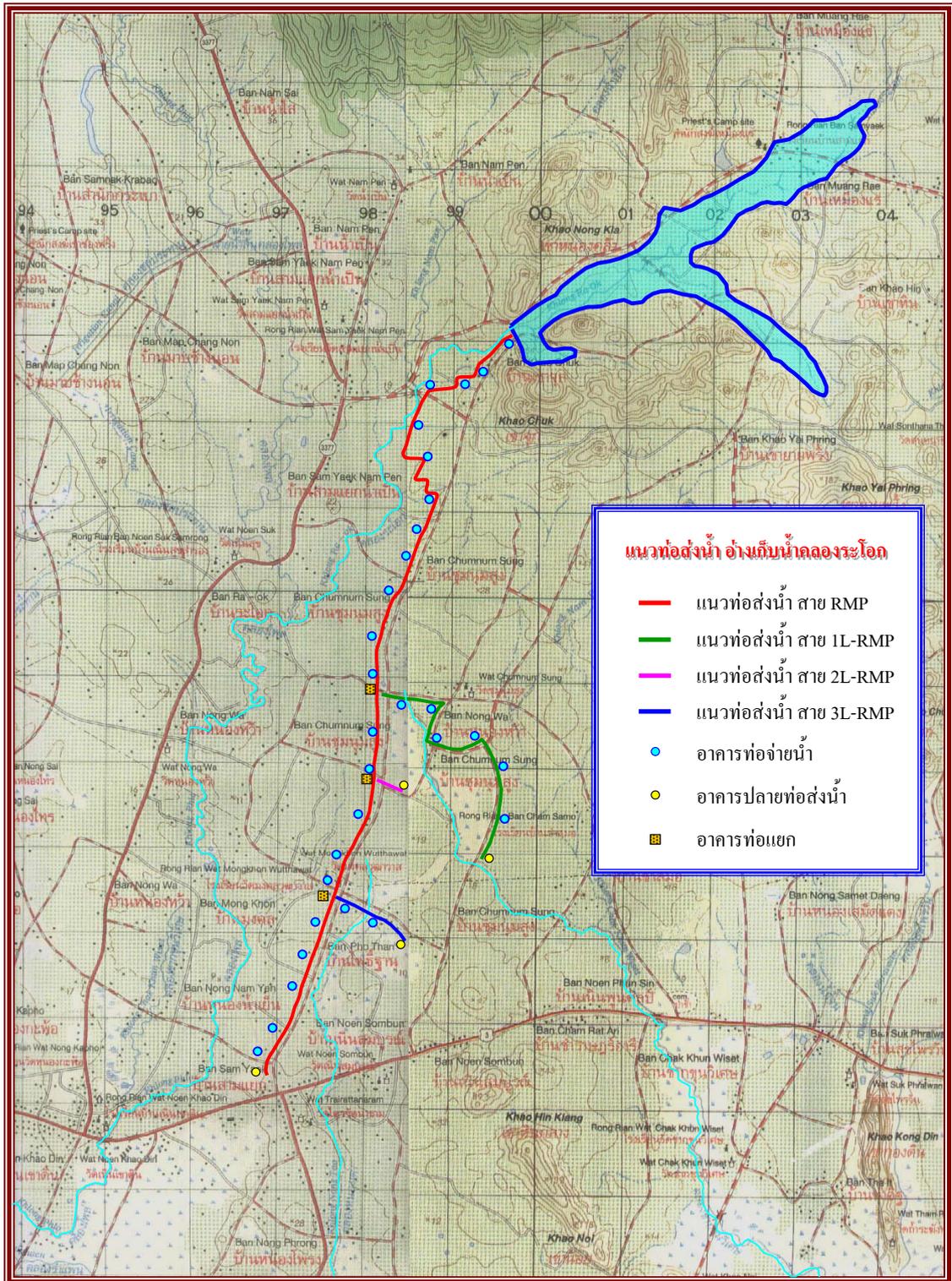
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่ 1	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	10.56	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่ 2	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	9.60	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่ 3	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	8.64	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่ 4	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	10.56	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่ 5	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	10.56	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่ 6	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	9.60	ลิตร/วินาที
อาคารปลายทางส่งน้ำ	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	8.16	ลิตร/วินาที

สาย 2L-RMP

อาคารปลายทางส่งน้ำ	ขนาดท่อ ϕ 125 มม.	Q =	16.32	ลิตร/วินาที
--------------------	------------------------	-----	-------	-------------

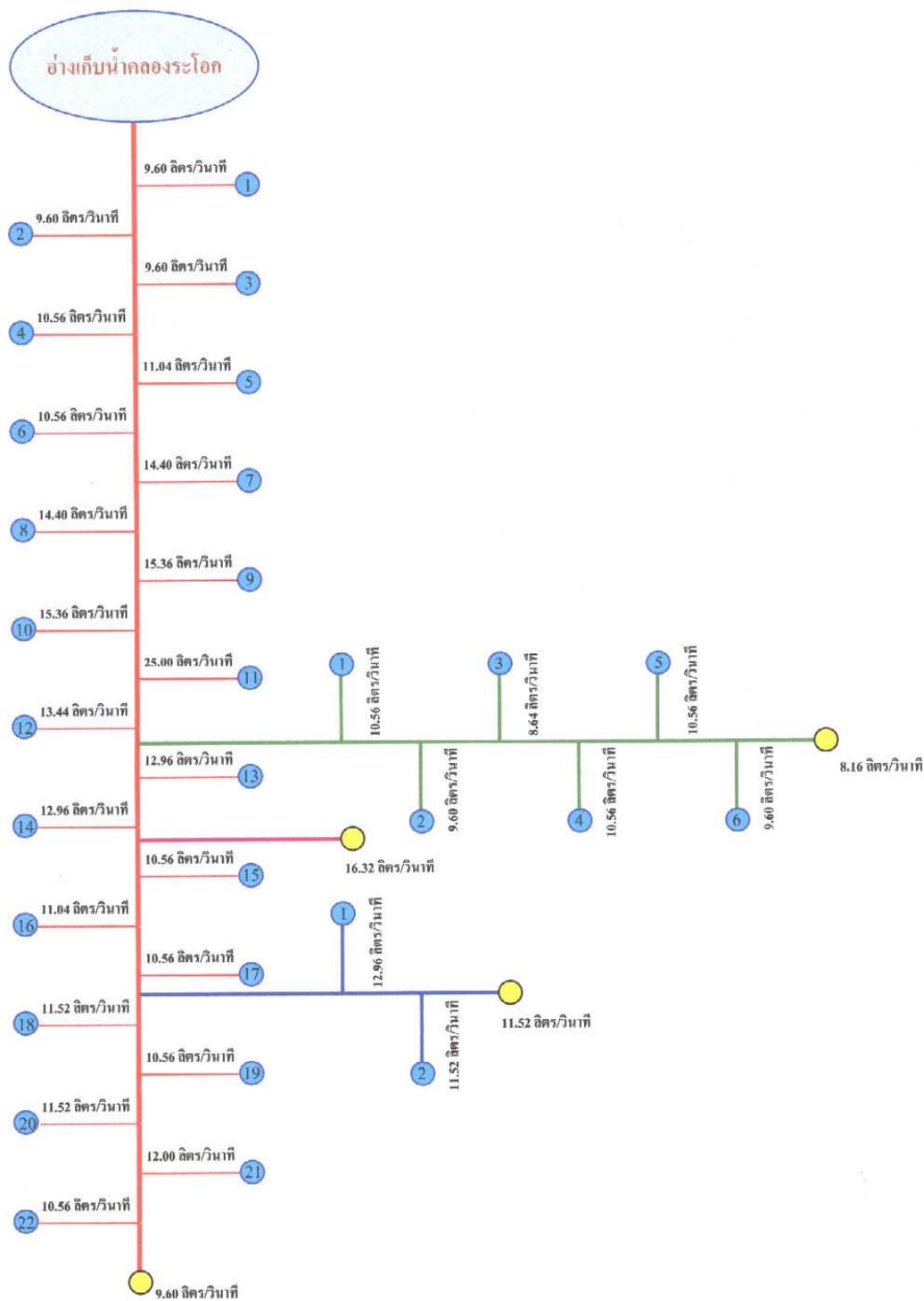
สาย 3L-RMP

อาคารจ่ายน้ำแห่งที่ 1	ขนาดท่อ ϕ 125 มม.	Q =	12.96	ลิตร/วินาที
อาคารจ่ายน้ำแห่งที่ 2	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	11.52	ลิตร/วินาที
อาคารปลายทางส่งน้ำ	ขนาดท่อ ϕ 100 มม.	Q =	11.52	ลิตร/วินาที



ภาพที่ 4 แนวท่อส่งน้ำและอาคารต่างๆ

ที่มา: โครงการชลประทานระยอง (2546)



ภาพที่ 5 schematic network ของแนวท่อส่งน้ำและอาคารต่างๆ

ที่มา: โครงการชลประทานระยอง (2546)

พื้นที่ได้รับประโยชน์

พื้นที่การเกษตรได้รับประโยชน์ประมาณ 2,500 ไร่ โดยครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 4 หมู่บ้าน 1 ตำบล คือ หมู่ที่ 2, 7, 8 และ 10 ในเขตตำบลทุ่งควายกิน อำเภอแกลง จังหวัดระยอง

ตารางที่ 1 รายละเอียดพื้นที่การใช้น้ำ

อาคารจ่ายน้ำ	จำนวนผู้ใช้น้ำ (ราย)			จำนวนพื้นที่ (ไร่)	หมายเหตุ
	การเกษตร	อุปโภค บริโภค	รวม		
1	3		3	58	
2	4		4	58	
3	8		8	60	
4	5		5	63	
5	4		4	66	
6	10		10	54	
7	9		9	76	
8	6		6	81	
9	9		9	83	
10	7		7	116	
11	7		7	139	
12	9		9	87	
13	11		11	92	
14	13		13	96	
15	12		12	77	
16	16		16	77	
17	9		9	66	
18	7		7	87	
19	12		12	76	
20	8		8	83	

ตารางที่ 1 (ต่อ)

อาคารจ่ายน้ำ	จำนวนผู้ใช้น้ำ (ราย)			จำนวนพื้นที่ (ไร่)	หมายเหตุ
	การเกษตร	อุปโภค บริโภค	รวม		
21	6		6	78	
22		18	18	0	ครัวเรือน
23		24	24	0	ครัวเรือน
24	12		12	75	
25	7		7	69	
26	13		13	62	
27	14		14	76	
28	8		8	71	
29	6		6	69	
30	3		3	51	
31	10		10	117	
32	9		9	85	
33	7		7	81	
34	9		9	84	
รวม	273	42	321	2,513	

- หมายเหตุ 1. สาย RMP คืออาคารจ่ายน้ำที่ 1 – 23
 2. สาย 1L-RMP คืออาคารจ่ายน้ำที่ 24 – 30
 3. สาย 2L-RMP คืออาคารจ่ายน้ำที่ 31
 4. สาย 3L-RMP คืออาคารจ่ายน้ำที่ 32 – 34

ที่มา: องค์การบริหารส่วนตำบลทุ่งควายกิน (2546)

ตารางที่ 2 ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกของท่อส่งน้ำอ่างเก็บน้ำคลองระโงก

ชนิดพืช	จำนวนพื้นที่เพาะปลูก (ไร่)				รวม
	สาย RMP	สาย 1L-RMP	สาย 2L-RMP	สาย 3L-RMP	
ทุเรียน	1,085.0	258.0	56.0	104.0	1,503.0
เงาะ	155.0	49.0	8.0	13.0	225.0
มังคุด	256.0	119.0	23.0	71.0	469.0
ลองกอง	177.0	47.0	30.0	62.0	316.0
รวม	1,673.0	473.0	117.0	250.0	2,513.0

ที่มา: องค์การบริหารส่วนตำบลทุ่งควายกิน (2546)



ภาพที่ 6 พื้นที่เพาะปลูกทำอ่างเก็บน้ำคลองระโงก

ที่มา: โครงการชลประทานระยอง (2546)

โครงการชลประทานระบบท่อ

การพัฒนาชลประทานโดยใช้ระบบท่อแทนระบบคลองในการส่งน้ำ เป็นการลดการสูญเสียของน้ำที่รั่วซึมและระเหยไปจากคลองส่งน้ำ ทำให้การใช้น้ำมีประสิทธิภาพมากที่สุด นอกจากนั้น การชลประทานโดยใช้ระบบท่อสามารถส่งน้ำจากแหล่งน้ำที่อยู่ในพื้นที่ต่ำกว่า ไปสู่พื้นที่ที่ต้องการน้ำที่อยู่สูงกว่าได้โดยใช้เครื่องสูบน้ำ เป็นการบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ที่อยู่สูงขึ้นไป หรือพื้นที่ที่อยู่นอกเขตชลประทานได้ สรุปวัตถุประสงค์หลักของโครงการ (สำนักแผนงานและโครงการ, 2542) คือ

1. เพิ่มแหล่งน้ำสำหรับอุปโภค บริโภค ในพื้นที่ขาดแคลนน้ำ ให้ครอบคลุมพื้นที่มากยิ่งขึ้น
2. เพื่อให้มีแหล่งน้ำสำหรับใช้ในการเกษตรกรรม ปลูกพืชเศรษฐกิจ และปลูกพืชสวนผัก หรือปลูกพืชไร่และสวนผลไม้ รวมทั้งการเลี้ยงสัตว์และการประมง หรือการดำเนินการเกษตรอุตสาหกรรม เพื่อเป็นการสร้างงานใหม่ในท้องที่ชนบท และสามารถยกระดับรายได้และคุณภาพชีวิตพื้นฐานให้สอดคล้องตามนโยบายของรัฐบาลในบริเวณที่เคยขาดแคลนน้ำ หรือไม่มีน้ำเพียงพอ
3. เพื่อให้มีการส่งน้ำจากแหล่งน้ำที่มีเกินความต้องการ ไปยังแหล่งน้ำที่อยู่ใกล้เคียงแต่ขาดแคลนน้ำคั่นทุนได้
4. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อม และข้อจำกัดในกรณีต่างๆ กัน

ลักษณะทางกายภาพของโครงการชลประทานระบบท่อ โครงการฯ จะประกอบไปด้วยแหล่งน้ำ (อ่างเก็บน้ำ แม่น้ำ คลองส่งน้ำ ฯลฯ) ที่มีอยู่แล้ว ไม่ว่าจะเป็แหล่งน้ำขนาดใหญ่ กลาง หรือเล็ก ซึ่งจะเป็แหล่งน้ำที่ถูกนำไปใช้โดยระบบท่อส่งน้ำไปยังพื้นที่เป้าหมาย ซึ่งมีขนาดพื้นที่อยู่ระหว่าง 1,000 ไร่ ถึง 10,000 ไร่ แล้วแต่กรณี การส่งน้ำส่วนใหญ่จะทำได้โดยการใช้เครื่องสูบน้ำเป็นหลัก นอกจากบางพื้นที่ที่ลักษณะภูมิประเทศอำนวย อาจส่งน้ำโดยใช้แรงโน้มถ่วง (by gravity) มาช่วย ขนาดและความยาวของท่อส่งน้ำ จะขึ้นอยู่กับศักยภาพของปริมาณน้ำคั่นทุนที่มี และปริมาณความต้องการน้ำ และที่ตั้งของพื้นที่โครงการ น้ำจากท่อส่งน้ำจะไหลลงสู่สระรับน้ำ ซึ่งจะมีที่ตั้งอยู่กระจัดกระจายไปตามพื้นที่ใช้น้ำ ผู้ใช้น้ำไม่ว่าจะใช้เพื่ออุปโภค บริโภค หรือเพื่อเกษตรกรรม จะสูบน้ำจากสระรับน้ำไปใช้ในบริเวณที่ได้กำหนดไว้ โดยผ่านการบริหารงานของ

กลุ่มผู้ใช้น้ำ หรือกลุ่มเกษตรกร ขนาดหรือความจุของสระรับน้ำที่เหมาะสมแต่ละแห่ง จะได้รับการศึกษาให้พอเหมาะกับปริมาณน้ำที่เข้าและใช้ออกไป ระบบท่อที่นำน้ำจากสระน้ำเข้าพื้นที่ของแปลงเกษตรกร เรียกว่า ท่อจ่ายน้ำ (ท่อจ่ายน้ำหลัก ท่อจ่ายน้ำรอง) กรมชลประทานดำเนินการในส่วน of สถานีสูบน้ำหลัก ระบบท่อส่งน้ำจนถึงสระรับน้ำเท่านั้น ส่วนการนำน้ำจากสระรับน้ำไปยังแปลงพื้นที่เกษตรกรจะต้องลงทุนและบริหารงาน โดยกลุ่มเกษตรกรที่จะต้องจัดตั้งขึ้น

แหล่งน้ำบางแห่งมีน้ำต้นทุนมากเกินไปเกินความต้องการ ในบางท้องที่อาจจะผันน้ำไปเติมลงในแหล่งน้ำบางแห่งที่ขาดแคลนน้ำที่อยู่ใกล้เคียง โดยการส่งน้ำในระบบท่อ เป็นการจัดสรรน้ำให้มีประโยชน์ในภาพรวมมากยิ่งขึ้น เป็นการเฉลี่ยการใช้ทรัพยากรน้ำให้มีประสิทธิภาพและเป็นธรรมชาติสามารถบรรเทาการขาดแคลนน้ำ โดยเฉพาะน้ำอุปโภคบริโภคในบางท้องที่ที่เกิดวิกฤตการณ์ขาดแคลนน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การดำเนินโครงการชลประทานระบบท่อส่งน้ำนั้น มีวัตถุประสงค์โดยตรง คือ ต้องก่อประโยชน์ให้แก่เกษตรกรในภาคพื้นชนบทเป็นเป้าหมายหลัก ผลประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นต่อเกษตรกรสรุปในภาพรวมได้ดังนี้

1. จัดระบบให้มีแหล่งน้ำใกล้กับพื้นที่ใช้ประโยชน์ระดับหมู่บ้าน
2. เพิ่มแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค ในระดับหมู่บ้าน เพื่อแก้ปัญหาหรือทุเลาปัญหาการขาดแคลนน้ำใช้ในฤดูแล้งที่มักเกิดขึ้นเป็นประจำ
3. ให้เกษตรกรนำน้ำไปใช้เพื่อปลูกพืชเศรษฐกิจ พืชสวนผัก พืชไร่ พืชสวนผลไม้ ในฤดูแล้งได้เท่าที่มีน้ำต้นทุน แก้ปัญหาน้ำขาดแคลนในหน้าฝนกรณีที่มีฝนทิ้งช่วงนาน จนเกิดการเสียหายต่อการปลูกพืช
4. สร้างและเสริมอาชีพให้แก่ชาวชนบท เพื่อยกระดับรายได้และคุณภาพชีวิตขั้นพื้นฐานตามนโยบายของรัฐ
5. กรณีเกิดภาวะขาดแคลนน้ำ สามารถควบคุมการใช้น้ำให้เป็นไปตามกฎระเบียบ และข้อตกลงการใช้น้ำที่วางไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

หลักการจัดการน้ำ

วรารุช (2538) กล่าวว่า การจัดการน้ำ คือ ความพยายามที่จะนำน้ำจากแหล่งน้ำไปทำการเพาะปลูก โดยอาศัยหลักการจัดการ ซึ่งประกอบด้วย การวางแผน การปฏิบัติการ การติดตาม การประเมินผล และการวิเคราะห์ปรับปรุงแผนงาน เพื่อให้การใช้น้ำเกิดประโยชน์สูงสุด ตามวัตถุประสงค์ของโครงการชลประทานที่วางไว้ โดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เกิดความขัดแย้งระหว่างผู้ใช้น้ำน้อยที่สุด และเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด องค์ประกอบที่สำคัญในการจัดการน้ำประกอบด้วย

1. น้ำต้นทุน ปริมาณและความเชื่อถือได้
2. ความต้องการน้ำ ปริมาณและเวลาที่ต้องการ
3. ระบบส่งน้ำ ชีตความสามารถและประสิทธิภาพในการส่งน้ำ
4. คน ได้แก่ เจ้าหน้าที่ฝ่ายวางแผน ฝ่ายปฏิบัติการ ฝ่ายติดตามผล และเกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำ

การจัดการน้ำชลประทาน (วิบูลย์, 2535) หมายถึง การจัดส่งน้ำให้ไปถึงพื้นที่เพาะปลูกในเวลาและปริมาณที่พืชต้องการ เพื่อให้การเพาะปลูกนั้นเกิดผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด และยังหมายรวมถึงการกำจัดน้ำที่มากเกินไปเกินความต้องการออกจากพื้นที่ เพื่อสร้างบรรยากาศที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช และอำนวยความสะดวกต่อการเกษตรกรรมในพื้นที่ด้วย

การจัดการน้ำมีจุดมุ่งหมาย คือ ส่งน้ำให้ทั่วถึงเท่าที่จำเป็นให้สม่ำเสมอ เป็นธรรม และให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยแบ่งตามลักษณะการทำงานที่ต้องเกี่ยวข้องกัน คือ

1. ทางด้านวิศวกรรม จะต้องปรับปรุงระบบการส่งน้ำ และวิธีการส่งน้ำให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชอย่างทั่วถึง ทันเวลา และสูญเสียให้น้ำน้อยที่สุด
2. ทางด้านเศรษฐกิจและสังคม จะต้องให้เกษตรกรมีส่วนร่วมด้วยอย่างเต็มที่ในการส่งน้ำ เป็นไปอย่างทั่วถึงเพียงพอสำหรับพืช สม่ำเสมอและไม่เหลื่อมล้ำกัน มีข้อขัดแย้งน้อยที่สุดเป็นที่พอใจและเป็นธรรม เป็นหลักประกันที่เชื่อถือได้

3. ทางด้านเกษตรกรรม เกษตรกรจะต้องนำน้ำไปใช้ในการเพาะปลูกพืชชนิดที่เหมาะสมกับดินและความต้องการของตลาด โดยใช้วิธีการเกษตรแผนใหม่ปรับปรุงเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น และปลูกให้ได้เนื้อที่มากที่สุดเท่าที่ปริมาณน้ำต้นทุนจะอำนวยให้ อย่างไรก็ตาม ปัญหาของแต่ละท้องถิ่นไม่เหมือนกัน ควรนำไปดัดแปลงให้เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับทั้งเกษตรกรและผู้ที่เกี่ยวข้อง

การจัดการน้ำในโครงการชลประทาน สามารถแยกได้ตามลักษณะการจัดการได้ 3 ระดับ คือ

1. การจัดการแหล่งน้ำของโครงการ ได้แก่ การจัดการปริมาณน้ำต้นทุนของโครงการที่มีอยู่ เช่น เขื่อนเก็บกักน้ำ หรืออ่างเก็บน้ำ หรือน้ำใต้ดิน
2. การจัดการน้ำในระบบส่งน้ำของโครงการ ได้แก่ การส่งน้ำเข้าไปในระบบชลประทานตามจำนวนและเวลาที่ได้กำหนดไว้ในคลองสายใหญ่ คลองสายซอย เป็นต้น
3. การจัดการน้ำในระบบส่งน้ำในไร่นา ได้แก่ การส่งน้ำในคูส่งน้ำ หรือระบบการส่งน้ำในไร่นา ให้มีปริมาณที่เพียงพอและแพร่กระจายไปสู่แปลงเพาะปลูกอย่างทั่วถึง

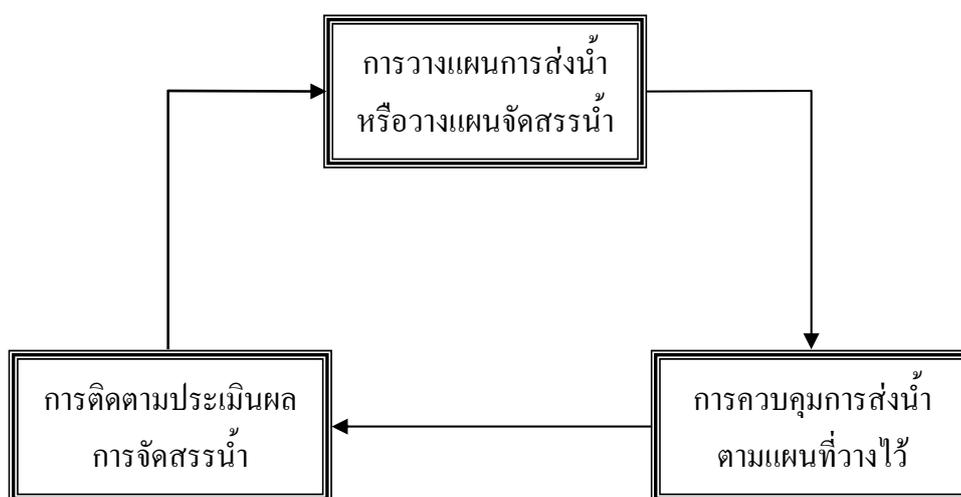
การจัดการน้ำในโครงการทั้ง 3 ระดับมีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นระบบที่ต่อเนื่องกัน และจะต้องดำเนินการให้สอดคล้องกันตลอดเวลา มิฉะนั้นจะเกิดปัญหาในการบริหารงานส่งน้ำและบำรุงรักษาโครงการนั้นได้

การจัดการงานส่งน้ำและบำรุงรักษาระดับแหล่งน้ำและระบบส่งน้ำของโครงการ เจ้าหน้าที่โครงการจะเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบทั้งการบริหารงานและงบประมาณ ส่วนในระดับไร่นา เกษตรกรผู้ใช้น้ำจะเป็นผู้รับผิดชอบทั้งการส่งน้ำและบำรุงรักษา โดยมีเจ้าหน้าที่คอยให้คำแนะนำ

วรารุช (2538ก) วัตถุประสงค์หลักของการจัดการน้ำชลประทาน คือ การส่งน้ำในปริมาณที่เหมาะสมให้กับพื้นที่หรือบุคคลที่เหมาะสม และส่งในช่วงเวลาที่เหมาะสม การที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวจะต้องมีการดำเนินงานเป็นขั้นตอนดังนี้

1. การวางแผนการส่งน้ำหรือวางแผนการจัดสรรน้ำ
2. การควบคุมการส่งน้ำ
3. การติดตามประเมินผลการส่งน้ำจริงในสนาม

ซึ่งกิจกรรมทั้ง 3 เป็นกิจกรรมที่ต่อเนื่องกัน ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 7 วงจรการจัดการน้ำของโครงการชลประทาน

ที่มา: วราวุธ และคณะ (2539)

หัวใจสำคัญของการวางแผนการจัดสรรน้ำ คือ “ข้อมูล” ถ้าข้อมูลถูกต้องเชื่อถือได้ แผนการจัดสรรน้ำก็จะถูกต้องตรงความต้องการของเกษตรกร หลังจากมีแผนการจัดสรรน้ำที่ดีแล้ว ลำดับต่อไปก็คือการควบคุมการส่งน้ำให้ถึงมือเกษตรกรตามที่วางแผนไว้ หัวใจสำคัญของการควบคุมการส่งน้ำคือ คน (ทั้งเจ้าหน้าที่สนามและเกษตรกร) และความสมบูรณ์ของระบบชลประทานต้องมีการสอบเทียบ (Calibrate) อาคารควบคุมน้ำที่สำคัญ พร้อมติดตั้งอุปกรณ์เพื่อใช้วัดน้ำและช่วยในการควบคุมน้ำ ส่วนการติดตามผลการส่งน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่าการส่งน้ำจริงเป็นไปตามแผนหรือเป้าหมายที่วางไว้หรือไม่ ถ้าไม่เป็นไปตามแผน อะไรคือสาเหตุที่ทำให้การส่งน้ำจริงไม่เป็นไปตามแผน เพื่อจะได้แก้ไขให้ถูกต้องในการส่งน้ำครั้งต่อไป ตลอดจนเพื่อวิเคราะห์

ประสิทธิภาพการใช้น้ำของส่วนต่างๆ ของโครงการ เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ และของตัวเกษตรกรเองด้วย

การวางแผนการส่งน้ำ

แนวความคิดในการวางแผนการส่งน้ำหรือจัดสรรน้ำ คือ การกำหนดล่วงหน้าว่า

1. ควรส่งน้ำให้ใคร
2. ควรส่งน้ำอย่างไร
3. ควรส่งน้ำเมื่อไร
4. ควรส่งน้ำเท่าใด

โดยมีเป้าหมายว่า จะต้องพยายามให้ทุกคนได้รับน้ำตามเวลาที่ต้องการ และตามจำนวนที่ต้องการให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

วรารุช (2538ก) กล่าวว่า การวางแผนการส่งน้ำประกอบด้วยกิจกรรมที่สำคัญ 5 ประการ คือ

1. การเลือกวิธีการส่งน้ำ
2. การประเมินน้ำต้นทุน
3. การประเมินความต้องการน้ำชลประทาน
4. การปรับความต้องการให้พอดีกับน้ำต้นทุนที่มีอยู่
5. การจัดทำแผนการส่งน้ำหรือตารางการส่งน้ำ

การวางแผนการส่งน้ำมี 2 ระดับ คือ

1. การวางแผนล่วงหน้าตลอดฤดูกาลเพาะปลูก เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประมาณปริมาณน้ำที่จะต้องส่งให้แก่พื้นที่เพาะปลูกในแต่ละสัปดาห์ และเป็นแนวทางในการกำหนดพื้นที่เพาะปลูกสูงสุดที่สามารถส่งน้ำให้ได้ โดยใช้ข้อมูลในอดีต เช่น การตกกล้า การเตรียมแปลง การปักดำ การเตรียมแปลงสำหรับนาหว่าน และพืชอื่นๆ

2. การวางแผนส่งน้ำล่วงหน้า 1 สัปดาห์ เพื่อให้การส่งน้ำมีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลในแต่ละสัปดาห์ จึงต้องใช้ข้อมูลในสัปดาห์ที่ผ่านมา เพื่อคาดคะเนปริมาณน้ำในสัปดาห์ที่กำลังวางแผน และในระหว่างการเพาะปลูกแต่ละสัปดาห์ จะใช้ข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงปรับแผนการส่งน้ำในสัปดาห์ต่อไปด้วย

วิบูลย์ (2526) ได้กล่าวไว้ว่า การส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกอาจทำได้หลายวิธี แต่โดยทั่วไปแล้ว สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี คือ

1. ส่งน้ำตลอดเวลา (Continuous flow method) หมายถึง การส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกทั่วทุกแปลงด้วยอัตราการคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง ตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว ทั้งนี้จะหยุดส่งน้ำก็เฉพาะแต่ในช่วงที่มีฝนตกและหลังฝนตกในปริมาณที่มากพอสมควรเท่านั้น

2. ส่งน้ำตามความต้องการของผู้ใช้น้ำ (Demand method) หมายถึง การส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกตามเวลาและปริมาณที่ผู้ใช้น้ำขอ วิธีนี้เป็นวิธีที่ดีที่สุดในแง่ของผู้ใช้น้ำ เพราะเกษตรกรสามารถวางแผนการปลูกพืชและให้น้ำแก่พืชในเวลาและปริมาณที่เหมาะสม ทั้งอัตราการส่งน้ำเกษตรกรก็สามารถเลือกให้เหมาะสมกับวิธีการให้น้ำที่ใช้ได้ด้วย ดังนั้นประสิทธิภาพการชลประทานที่ส่งน้ำโดยวิธีนี้จะดีที่สุด แต่เกษตรกรจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักการชลประทานเป็นอย่างดี หรือมีผู้ที่สามารถแนะนำเกษตรกรได้อย่างถูกต้อง

3. ส่งน้ำแบบหมุนเวียน (Rotation method) หมายถึง การส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกตามจำนวนและระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้า โดยทำเป็นแผนการส่งน้ำไว้ว่าแปลงใดจะได้รับน้ำเมื่อใดจำนวนเท่าใด และเป็นระยะเวลาานานเท่าใด และเมื่อใดจะได้รับน้ำสำหรับการส่งน้ำครั้งต่อไป

การพิจารณาเลือกใช้วิธีการส่งน้ำวิธีใดนั้น จำเป็นจะต้องพิจารณากำหนดไว้ในขั้นตอนการวางโครงการเพื่อที่จะได้ออกแบบระบบส่งน้ำได้อย่างถูกต้อง ทั้งนี้เพราะระบบที่ใช้ส่งน้ำแต่ละประเภทจะมีขนาดไม่เท่ากัน ดังนั้น เมื่อก่อสร้างระบบส่งน้ำไปแล้ว จะเปลี่ยนวิธีการส่งน้ำย่อมยุ่งยากและไม่มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ในบางครั้งอาจมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนวิธีการส่งน้ำเพื่อแก้ปัญหาเฉพาะหน้าในสนาม เช่น เมื่อมีการขาดแคลนนํ้า อาจจำเป็นต้องเปลี่ยนจากการส่งน้ำตลอดเวลามาเป็นแบบหมุนเวียน เป็นต้น

อภิชาติ และคณะ (2524) กล่าวว่า ปัญหาการจัดส่งน้ำชลประทานในปัจจุบัน มีข้อบกพร่องโดยทั่วไปอยู่ 4 ประการ คือ

1. ส่งน้ำไม่ทั่วถึง ต้นคลอง ต้นคูมีน้ำเหลือเพื่อ ส่วนปลายคลอง ปลายคู มักจะขาดน้ำหรือได้รับน้ำล่าช้า
2. ขาดความร่วมมือจากเกษตรกร เป็นเหตุให้การจัดการส่งน้ำสับสนขาดระเบียบไม่เป็นตามแผนการส่งน้ำ
3. ผลผลิตของการเกษตร ไม่สูงเท่าที่ควรจะเป็นและเท่าที่คาดหวังไว้
4. ประสิทธิภาพการชลประทานต่ำกว่าที่คาดหวัง

กฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ

อ่างเก็บน้ำเป็นงานที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายมหาศาล ต้องสร้างเขื่อนและอาคารประกอบมากมาย จึงมีการวางกฎการปฏิบัติงานของอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operating Rules) เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ควบคุมการใช้อ่างและน้ำในอ่าง ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ และก่อให้เกิดผลกำไรในเชิงเศรษฐศาสตร์มากที่สุด กฎนี้จะใช้ในช่วงเวลาการปฏิบัติงานตามปกติ ไม่ใช่ช่วงเก็บกักหลังจากที่สร้างเขื่อนเสร็จใหม่ๆ หรือช่วงที่กำลังมีการเปลี่ยนวัตถุประสงค์การใช้อ่างเก็บน้ำ (วรารุช, 2539)

กฎการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ และใช้เป็นแนวทางเพื่อลำดับรายละเอียดในการวิเคราะห์ ระหว่างเงื่อนไขทางอุทกวิทยาและความต้องการน้ำ (วิระพล, 2538)

การปฏิบัติงานของอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operations) หมายถึง การเก็บกักน้ำในอ่างและการส่งน้ำจากอ่างเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ โดยมีการวางแผนล่วงหน้าว่าจะเก็บกักและส่งน้ำจากอ่างในแต่ละช่วงเวลาเป็นปริมาณเท่าใด และมีการปฏิบัติการตามแผนที่วางไว้ตราบเท่าที่สภาพในอนาคตเป็นไปตามที่คาดคะเนไว้ ถ้าสภาพอนาคตต่างจากที่คาดคะเนไว้ในตอนวางแผน การปฏิบัติการอาจต่างจากแผนที่วางไว้ เพื่อลดสภาวะการขาดแคลนนํ้า หรือนํ้าไหลล้นอ่าง (วรารุช, 2538ก)

การวางแผนการใช้นํ้าจากอ่างเก็บน้ำ

การวางแผนการใช้นํ้าจากอ่างเก็บน้ำ คือ การศึกษาความต้องการใช้นํ้าจากอ่างเก็บน้ำ และการศึกษาปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างในช่วงเวลาต่างๆ แล้วนำเอาข้อมูลพื้นฐานประกอบกับข้อมูลอื่นๆ ของอ่างเก็บน้ำในการกำหนดปริมาณน้ำที่จะส่งจากอ่าง เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ เพื่อให้การใช้นํ้าเกิดประโยชน์สูงสุด หลีกเลี่ยงปัญหาการขาดแคลนนํ้า และการไหลล้นอ่างให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ การวางแผนการใช้นํ้าจากอ่างเก็บน้ำมีวัตถุประสงค์ดังนี้ (วรารุช, 2538ก)

1. เพื่อกำหนดขนาดพื้นที่เพาะปลูกสูงสุดที่จะทำการเพาะปลูกได้ โดยไม่ให้เกิดการขาดแคลนนํ้าในระหว่างฤดูกาลเพาะปลูก
2. เพื่อหาปริมาณน้ำที่ควรส่งจากอ่างในแต่ละเดือน
3. เพื่อหาปริมาณน้ำที่ควรเก็บกักไว้ในอ่างแต่ละเดือน
4. เพื่อหาปริมาณน้ำที่จะไหลล้นอ่าง และช่วงเวลาที่จะมีน้ำไหลล้นอ่าง
5. เพื่อหาช่วงเวลาวิกฤตต่อการขาดแคลนนํ้าในการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operations)

ช่วงเวลาการวางแผนอาจเป็น ปี เดือน สัปดาห์ หรือวัน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งาน และข้อมูลที่มีอยู่

การจัดส่งน้ำชลประทาน

การจัดส่งน้ำชลประทานมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดส่งน้ำให้พืชตามเวลา และปริมาณที่เพียงพอแก่ความต้องการของพืช ซึ่งจะต้องประกอบไปด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้ (วรารุช, 2532)

1. การวางแผนการส่งน้ำ (Planning the operation) เพื่อเตรียมแผนการส่งน้ำตามความต้องการของพืช และสอดคล้องกับปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่
2. การปฏิบัติตามแผน (Implementation of the operation)
3. การติดตามผลการปฏิบัติงาน (Monitoring of the operation) เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการใช้น้ำ และจัดเตรียมรายงานในการจัดการส่งน้ำชลประทานนั้น สามารถวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้าตามรายงานความก้าวหน้าที่ได้รับในแต่ละสัปดาห์ รายเดือน หรือตลอดฤดูกาลเพาะปลูก

ฉลอง และ ชัยวัฒน์ (2524) กล่าวว่า จุดประสงค์ที่สำคัญในการวางแผนการส่งน้ำ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานส่งน้ำในสนามนำไปใช้เป็นแนวทางในการส่งน้ำและปรับปรุง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการชลประทานให้สูงขึ้น ซึ่งจะต้องทราบสิ่งต่อไปนี้ คือ

1. จำนวนพื้นที่ที่จะทำการเพาะปลูก
2. ปลูกพืชที่ใดบ้าง
3. ปริมาณน้ำที่ต้องการส่งเท่าที่จำเป็นเป็นเท่าใด
4. ทำอย่างไรจึงจะกระจายการส่งน้ำให้ทั่วถึง

ในการวางแผนการส่งน้ำนั้น จะเป็นการกล่าวถึงการคำนวณปริมาณน้ำที่พืชแต่ละชนิดต้องการใช้ ซึ่งเป็นการพยากรณ์ล่วงหน้าโดยอาศัยข้อมูลที่มีอยู่ วิธีการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องการส่งให้พืชมี 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 คำนวณปริมาณน้ำโดยใช้ข้อมูลการเพาะปลูกในอดีตของโซนที่ต้องการคำนวณ ถ้ามีข้อมูลหลายๆ ปียิ่งดี แล้วหาแบบแผนการเพาะปลูกที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในปีต่อไปเป็นรายสัปดาห์ จากข้อมูลที่มีอยู่ นำแบบแผนนั้นมาคำนวณปริมาณน้ำที่จะต้องส่งให้พื้นที่เพาะปลูกเป็นรายสัปดาห์ เช่นเดียวกัน จากการคำนวณจะทำให้ทราบว่าในแต่ละช่วงเวลาจะต้องส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูก ปริมาณเท่าใด ปริมาณน้ำที่ได้รับการจัดสรรเพียงพอหรือไม่ วิธีนี้เหมาะสำหรับการกำหนดพื้นที่เพาะปลูกที่สามารถส่งน้ำให้ได้ก่อนเริ่มฤดูกาลเพาะปลูก

วิธีที่ 2 ใช้ข้อมูลในอดีตวางแผนกิจกรรมการเพาะปลูกแต่ละอย่าง เช่นเดียวกับวิธีที่ 1 เริ่มต้นโดยใช้ข้อมูลเก่าคำนวณปริมาณน้ำที่จะต้องส่งให้ในสัปดาห์ถัดไป เมื่อสิ้นสุดสัปดาห์จึงนำข้อมูลจากสนามจริงๆ มาปรับแก้การส่งน้ำในสัปดาห์ต่อไป

บัญชา (2540) กล่าวว่า การจัดสรรน้ำที่ดี จะต้องสามารถส่งน้ำ

1. ในเวลาที่เหมาะสม
2. ในปริมาณเพียงพอ (อัตราการใช้และช่วงการให้น้ำ)
3. มีความเชื่อถือได้
4. การกระจายน้ำอย่างยุติธรรม
5. มีความปลอดภัยของน้ำต้น (การดำรงอยู่ของระบบ)

ความต้องการน้ำของโครงการชลประทาน

วัชระ (2537) ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องใช้สำหรับส่งให้แก่พื้นที่เพาะปลูกในเขตโครงการชลประทานให้พืชสามารถนำไปใช้อย่างเพียงพอกับความต้องการ ประกอบด้วยการใช้ น้ำของพืช ปริมาณการสูญเสียต่างๆ ทั้งหมดในระบบส่งน้ำหักออกด้วยปริมาณฝนใช้การ เป็นความต้องการน้ำชลประทาน

มันส์ (2538) ความต้องการน้ำชลประทาน หมายถึง ความต้องการน้ำที่ปากคลองส่งน้ำเพื่อส่งน้ำให้แปลงเพาะปลูก ซึ่งปลูกข้าว พืชไร่ พืชผัก และอื่นๆ

ฉลอง (2538) ได้ให้คำจำกัดความของปริมาณน้ำชลประทานที่จะต้องส่งให้แปลงเพาะปลูกว่า ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งให้แปลงเพาะปลูก

$$= \frac{\text{ปริมาณน้ำที่พืชต้องการตามทฤษฎี} + \text{การรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูก} - \text{ฝนใช้การ}}{\text{ประสิทธิภาพการชลประทาน}} \quad (1)$$

ประสิทธิภาพการชลประทานตามคำจำกัดความนี้ สามารถนำไปใช้เพื่อหาประสิทธิภาพการชลประทานของการปลูกข้าวในฤดูฝนในประเทศไทยที่ระดับต่างๆ ได้ เช่น ระดับคลองส่งน้ำสายใหญ่ และระดับคลองซอย เป็นต้น เมื่อต้องการหาประสิทธิภาพการชลประทานที่ระดับใด ปริมาณน้ำที่ส่งก็ใช้ที่ระดับนั้น ส่วนปริมาณน้ำที่พืชต้องการตามทฤษฎี ได้แก่ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลงเพาะปลูกเพื่อตกกล้าและปักดำ หรือถ้าเป็นนาหว่านก็เป็นปริมาณน้ำเตรียมแปลงเพื่อนาหว่าน เป็นต้น

ปริมาณการใช้น้ำของพืช

วิบูลย์ (2526) ได้ให้ความหมายของปริมาณการใช้น้ำของพืช (Consumptive Use or Evapotranspiration) ว่า เป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียจากแปลงเพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ ปริมาณดังกล่าวนี้ประกอบด้วยส่วนใหญ่ๆ สองส่วน คือ

1. ปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดินนำไปใช้สร้างเซลล์และเนื้อเยื่อ แล้วคายออกทางปากใบสู่บรรยากาศ ซึ่งเรียกว่าการคายน้ำ (Transpiration)

2. ปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดิน บริเวณรอบๆ ต้นพืชจากผิวน้ำในขณะให้น้ำ หรือขณะที่มีน้ำขังอยู่ และจากน้ำที่เกาะอยู่ตามใบ เนื่องจากฝนหรือการให้น้ำ ซึ่งเรียกว่าการระเหย (Evaporation)

ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Consumptive Use or Evapotranspiration) หมายถึง ปริมาณน้ำที่พืชดูดไปใช้สร้างเซลล์และเนื้อเยื่อ และคายออกสู่บรรยากาศ รวมทั้งปริมาณน้ำที่ระเหยไปจากผิวดินหรือผิวน้ำรอบๆ ต้นพืช และจากน้ำที่เกาะอยู่ตามลำต้น ใบ เนื่องจากฝนหรือการชลประทาน ปริมาณการใช้น้ำของพืชจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืชที่ปลูก ระยะเวลาเจริญเติบโต ฤดูกาล วิธีการปลูก พืช สภาพดินฟ้าอากาศ วิธีการให้น้ำ ปริมาณน้ำส่วนนี้เป็นองค์ประกอบเบื้องต้นในการพิจารณาความต้องการน้ำชลประทาน การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชมีมากมายหลายวิธี ทั้งการตรวจวัดจริงในสนาม และการคำนวณจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศโดยใช้สูตรที่ได้จากการทดลอง (Empirical Formula) ส่วนการจะเลือกใช้วิธีใดขึ้นอยู่กับความละเอียดถูกต้องที่ต้องการ (เจษฎา, 2527)

การหาค่าการใช้น้ำของพืชโดยการศึกษาจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน

วรารุช (2525) ได้กล่าวว่า การหาค่าการใช้น้ำของพืชวิธีนี้ เป็นการหาค่าการใช้น้ำของพืชไว้ในแปลงเพาะปลูก โดยการวัดความชื้นในดินหลังการให้น้ำครั้งแรกและก่อนการให้น้ำในครั้งต่อไป ทำเช่นนี้ตลอดฤดูกาลเพาะปลูก ค่าความชื้นในดินที่หายไปในช่วงที่ทำการวัดสองครั้ง จะถือว่าเป็นค่าการใช้น้ำของพืชในช่วงเวลานั้นนั่นเอง วิธีนี้เหมาะสำหรับบริเวณซึ่งมีระดับน้ำใต้ดินลึกมาก จนเชื่อแน่ว่าจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินเขตของราก ความถูกต้องของค่าการใช้น้ำของพืชขึ้นอยู่กับความถูกต้องในการวัดความชื้นในดิน เนื่องจากดินในเขตรากพืชและการเปลี่ยนแปลงความชื้นมักจะไม่สม่ำเสมอ การวัดความชื้นจึงควรวัดเป็นชั้น ชั้นละประมาณ 10-15 เซนติเมตร จากผิวดินจนตลอดชั้นดิน ซึ่งพืชสามารถดูดความชื้นขึ้นมาใช้ได้ และควรจะทำการวัดหลายๆ จุดในแปลงเพาะปลูกเพื่อหาค่าเฉลี่ย ข้อควรระวังคือ ในการวัดความชื้นในดินหลังจากการให้น้ำ ควรจะทิ้งช่วงเวลาให้นานพอจนแน่ใจว่า ความชื้นในเขตรากอยู่ที่ระดับความชื้นชลประทาน (Field Capacity) เพราะถือว่าความชื้นที่เกินกว่าระดับความชื้นชลประทาน ไม่มีประโยชน์

การคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชจากสูตร

ทวี (2528) ได้กล่าวไว้ว่า สภาพภูมิอากาศเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการใช้น้ำของพืช จากความจริงในข้อนี้ จึงได้มีการคิดค้นสูตรเพื่อใช้ในการประมาณค่าการใช้น้ำของพืช โดยอาศัยข้อมูลสภาพภูมิอากาศในท้องถิ่นที่มีการวัด สูตรดังกล่าวมีทั้งแบบง่ายๆ ซึ่งต้องการข้อมูล

เพียงอย่างเดียวหรือสองอย่าง หรือสูตรที่ยุ่งยากซับซ้อนและต้องการข้อมูลมาก แต่อย่างไรก็ตาม ไม่จำเป็นว่าสูตรที่ยุ่งยากและต้องการข้อมูลหลายอย่าง จะให้ค่าถูกต้องดีกว่าสูตรแบบง่ายๆ เสมอไป การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับลักษณะงานความละเอียดถูกต้อง และข้อมูลที่มีมาได้เป็นสำคัญ สูตรที่ใช้กันโดยทั่วไป ได้แก่ สูตรของ Blaney Criddle, Makkink, Jensen-Haise และสูตรของ Penman ค่าที่คำนวณได้จากสูตรเป็นปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Potential Evapotranspiration) และสามารถที่จะหาปริมาณการใช้น้ำของพืชต่างๆ ได้ จากสมการ

การหาค่าปริมาณการใช้น้ำของพืช สามารถทำได้โดยการทำการวัดในสนาม หรือคำนวณจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศในรูปของปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ซึ่งจะสามารถคำนวณการใช้น้ำของพืชชนิดต่างๆ ได้จากสมการต่อไปนี้

$$ET = K_c \times ET_o \quad (2)$$

กำหนดให้ ET = ปริมาณการใช้น้ำของพืช มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อวัน
 K_c = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชซึ่งจะแปรผันไปตามชนิด
 และระยะเวลาในการเจริญเติบโตของพืช
 ET_o = ค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิง มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อวัน

การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชจากถาดวัดการระเหย

เนื่องจากองค์ประกอบของสภาพภูมิอากาศ เช่น รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม มีผลต่อค่าการระเหยของน้ำเช่นเดียวกับค่าการใช้น้ำของพืช ดังนั้นในกรณีที่ไม่มี การวัดค่าการใช้น้ำของพืชไว้ อาจจะสามารถได้จากค่าการระเหยของน้ำจากถาดวัดการระเหย โดยอาศัยความสัมพันธ์ ดังสมการ (ทวิ, 2528)

$$ET = K \times E_{pan} \quad (3)$$

กำหนดให้ ET = ปริมาณการใช้น้ำของพืช มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อวัน
 K = สัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหยเบ็ดเสร็จ (Overall Pan Coefficient)
 ซึ่งจะแปรผันตามชนิดของพืช และระยะเวลาในการเจริญเติบโตของพืช
 E_{pan} = ปริมาณการระเหยของน้ำจากถาดวัดการระเหย มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อวัน

การประเมินค่าการใช้น้ำของพืชจากค่าการระเหย อาจจะทำได้อีกวิธีหนึ่ง โดยการแปลงค่าการระเหยจากภาค เป็นค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยสมการ

$$ET_o = K \times E_{pan} \quad (4)$$

กำหนดให้ ET และ E_{pan} มีความหมายเหมือนที่กล่าวมาแล้ว
 K = สัมประสิทธิ์ของภาควัดการระเหย (Pan Coefficient)

และเมื่อต้องการหาค่าการใช้น้ำของพืช จะทำได้โดยใช้สมการดังกล่าว (วรารุช, 2525)

วรารุช (2539 อ้างถึง วิบูลย์, 2518) ว่า ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ที่คำนวณจากสูตร Penman, Thornwaite, Blaney-Cridle และ Makkink กับค่าการระเหย สรุปได้ว่าค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่คำนวณจากสูตร Penman เหมาะสมกับประเทศไทยมากกว่าประเทศอื่น

ตารางที่ 3 ตัวอย่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชโดยวิธีของ Modified Penman (Kc) เป็นรายเดือน

เดือน	มะนาว	มะม่วง	ส้มโอ
มกราคม	0.96	1.44	1.32
กุมภาพันธ์	0.92	1.29	1.19
มีนาคม	0.97	1.04	0.91
เมษายน	1.25	1.06	0.87
พฤษภาคม	1.31	1.04	1.00
มิถุนายน	1.38	1.84	1.73
กรกฎาคม	1.17	2.06	2.04
สิงหาคม	0.99	2.33	2.17
กันยายน	1.18	2.07	1.79
ตุลาคม	1.25	2.12	1.82
พฤศจิกายน	1.06	2.29	1.74
ธันวาคม	1.07	1.54	1.44
เฉลี่ย	1.12	1.60	1.44

ที่มา: ฝ่ายเกษตรชลประทาน กองจัดสรรน้ำและบำรุงรักษา (2540)

ตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของไม้ผล (Kc) เป็นรายเดือน

เดือน	ทุเรียน	เงาะ	มังคุด	ลองกอง/ กลางสาด	ไม้ผลอื่นๆ
มกราคม	0.50	0.75	0.75	0.75	0.75
กุมภาพันธ์	0.60	0.80	0.80	0.75	0.75
มีนาคม	0.85	0.85	0.85	0.80	0.80
เมษายน	0.85	0.85	0.85	0.80	0.80
พฤษภาคม	0.75	0.85	0.85	0.75	0.75
มิถุนายน	0.75	0.85	0.85	0.75	0.75
กรกฎาคม	0.60	0.60	0.60	0.75	0.75
สิงหาคม	0.60	0.60	0.60	0.75	0.75
กันยายน	0.60	0.60	0.60	0.75	0.75
ตุลาคม	0.60	0.60	0.60	0.75	0.75
พฤศจิกายน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ธันวาคม	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75

ที่มา: สำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ความต้องการใช้น้ำสำหรับการปลูกพืชไร่

ความต้องการใช้น้ำของพืชไร่จะมีค่าประมาณ 40 – 50 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการใช้น้ำของข้าว (ดิเรก, 2526) ปริมาณการใช้น้ำสำหรับการปลูกพืชไร่ จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ปริมาณน้ำที่ใช้สำหรับการเตรียมแปลง ลำจวน (2539) อ้างถึง กองจัดสรรน้ำและบำรุงรักษา กรมชลประทาน ได้ทำรายงานเกี่ยวกับการศึกษาทดลองปลูกพืชไร่ที่สถานีวิจัยต่างๆ ทั่วประเทศ 6 สถานี โดยการวัดความชื้นในดินก่อนการส่งน้ำ และคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้แก่พื้นที่ก่อนการเพาะปลูกเพื่อการเตรียมแปลง มีค่าประมาณ 50 – 64 มิลลิเมตร โดยใช้ระยะเวลาเตรียมแปลงประมาณ 1 สัปดาห์
2. ปริมาณน้ำที่ใช้สำหรับการเจริญเติบโตของพืชไร่ สามารถคำนวณหาจากสภาพภูมิอากาศ ในรูปของการใช้น้ำของพืชอ้างอิง และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ในปัจจุบัน FAO ได้แนะนำให้ใช้สูตรของ Penman-Montieth สำหรับการคำนวณหาค่า ETo พร้อมทั้งได้พัฒนาโปรแกรม CROPWAT รุ่น 7.0 ที่ได้พัฒนาต่อจาก CROPWAT รุ่น 5.7 โดยโปรแกรม CROPWAT ได้พัฒนาร่วมกันระหว่าง FAO ขององค์การสหประชาชาติในปี ค.ศ.1990 เพื่อวางแผนและการจัดการของโครงการระบบชลประทาน และสำหรับช่วยในการคำนวณหาค่า ETo และค่าความต้องการใช้น้ำชลประทาน เพื่อใช้ในการวางแผนการชลประทาน

ปริมาณฝนใช้การ

จลอง (2538) ได้กล่าวว่า ปริมาณฝนใช้การ หมายถึง ปริมาณฝนที่สามารถนำมาใช้แทนน้ำชลประทานได้ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ปริมาณฝนที่ตกในช่วงเวลาต่างๆ ปริมาณการใช้น้ำของพืช ความเค็มดินของชานาต่อการเก็บกักน้ำชลประทานไว้ในแปลงนา และขีดความสามารถที่จะเก็บกักน้ำฝนไว้ในแปลงนาได้มาก เป็นต้น นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าในเดือนที่มีฝนตกน้อย เปอร์เซ็นต์ของฝนใช้การจะสูงกว่าเดือนที่มีฝนตกมาก และก็ยังขึ้นอยู่กับปริมาณฝนที่ตกในเดือนก่อนๆ เป็นสำคัญด้วย

การคำนวณหาปริมาณฝนใช้การ โดยพิจารณาจากค่าจำกัดความที่ว่า ฝนใช้การ คือ ปริมาณฝนที่ตกลงมาและขังอยู่ในระหว่างคันนาและยังไม่ได้ไหลล้นออกไป โดยมีข้อสมมติฐานว่า เมื่อระดับน้ำในแปลงนาถูกใช้ลดลงถึงระดับเก็บกักต่ำสุด จะส่งน้ำชลประทานให้ถึงระดับปานกลาง และมีฝนตกลงมา ถ้าระดับน้ำในแปลงนาเพิ่มขึ้นถึงระดับเก็บกักสูงสุด ฝนส่วนที่เหลือก็ถือว่าเป็นไหลล้นออกจากคันนาไม่ถือว่าเป็นฝนใช้การ

ปริมาณฝนใช้การหาได้โดยการทำการจำลองระดับน้ำประจำวันในแปลงนา กับวิธีการส่งน้ำชลประทาน และระดับน้ำสูงสุดในแปลงนาที่ขอมให้ปริมาณฝนที่ใช้การในแต่ละเดือน สามารถที่จะคำนวณได้จากผลรวมของปริมาณฝนทั้งหมดที่พืชสามารถนำมาใช้ได้ โดยไม่คิดฝนซึ่งตกลงมาเมื่อระดับน้ำในแปลงนาอยู่ที่ระดับสูงสุดที่ขอมให้

(อภิชาติ และคณะ, 2524) ปริมาณฝนใช้การสำหรับพืชไร่ หมายถึง ส่วนของฝนที่ซึมลงไปในดิน และถูกเก็บกักไว้ในเขตรากพืช ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ได้ภายหลัง การคายระเหยฝนใช้การของพืชไร่ค่อนข้างยุ่งยากมากกว่าในกรณีที่เป็นข้าว ทั้งนี้ เพราะตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการซึมแตกต่างกันได้มาก ความลึกของรากพืชแต่ละชนิดและในช่วงอายุพืชต่างๆ ไม่เท่ากัน ซึ่งจะมีผลทำให้ความลึกของดินที่จะสามารถเก็บกักน้ำไว้ให้พืชได้ในช่วงอายุต่างๆ ไม่เท่ากัน

สำหรับในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาเรื่องนี้อย่างจริงจัง ค่าที่ใช้ในการออกแบบที่บริษัทที่ปรึกษาเลือกใช้ในปัจจุบันมีหลายวิธี วิธีที่ใช้กันอยู่เป็นวิธีของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา ซึ่งได้จากการวิเคราะห์สถิติน้ำฝนและคำนวณสมมูลย์ความชื้นในดิน โดยสมมติว่าในขณะที่ถึงเวลาที่ต้องให้น้ำแก่พืชนั้น ดินในเขตรากพืชสามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ 75 มิลลิเมตร

ตารางที่ 5 แสดงเปอร์เซ็นต์ฝนใช้การของพืชสวนผลไม้

ฝนรายเดือนเฉลี่ย (มม.) (Monthly Rainfall)	เปอร์เซ็นต์ฝนใช้การ (% Effective Rainfall)
10	100
100	80
200	70
250	60
300	55
> 301	50

ที่มา: กองอุทกวิทยา Option 2 กรมชลประทาน

องค์กรผู้ใช้น้ำกับการบริหารจัดการชลประทาน

การจัดการน้ำให้เกษตรกรได้ใช้น้ำในสถานที่และเวลาที่ต้องการ โดยได้รับน้ำในปริมาณที่พอเหมาะ จำเป็นที่เกษตรกรต้องจัดตั้งองค์กรผู้ใช้น้ำชลประทาน มีตัวแทนของเกษตรกรมาทำหน้าที่ประสานงานกับเจ้าหน้าที่ของโครงการชลประทาน เพื่อให้เกิดความพอดีในการใช้น้ำโดยมีบทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบร่วมกัน (สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ, 2545 ก)

องค์กรผู้ใช้น้ำในโครงการชลประทาน

องค์กรผู้ใช้น้ำชลประทาน หมายถึง กลุ่มผู้ใช้น้ำชลประทาน กลุ่มบริหารการใช้น้ำชลประทาน สมาคมผู้ใช้น้ำชลประทาน และสหกรณ์ผู้ใช้น้ำชลประทาน ซึ่งเกิดจากการที่เกษตรกรผู้ใช้น้ำได้จัดตั้งขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการจัดการน้ำและบำรุงรักษาระบบชลประทาน

องค์กรผู้ใช้น้ำชลประทาน ได้แก่ กลุ่มผู้ใช้น้ำชลประทาน (กลุ่มระดับท่อ/แฉกส่งน้ำ) กลุ่มบริหารการใช้น้ำชลประทาน สมาคมผู้ใช้น้ำชลประทาน และสหกรณ์ผู้ใช้น้ำชลประทานที่เกิดขึ้นจากการที่เกษตรกรผู้ใช้น้ำในเขตรับน้ำชลประทานได้รวมตัวกันจัดตั้งขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการจัดการน้ำและบำรุงรักษาระบบส่งน้ำชลประทาน

เกษตรกรผู้ใช้น้ำชลประทาน คือ ผู้ใช้น้ำจากการมีโครงการชลประทานเพื่อเกษตรกรรม ส่วนรัฐเป็นผู้ก่อสร้างโครงการชลประทาน ควบคุมการส่งน้ำจากแหล่งน้ำ และให้คำปรึกษาเรื่องเกี่ยวกับชลประทาน

องค์กรผู้ใช้น้ำชลประทานแบ่งตามสภาพทางกฎหมายออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ประเภทไม่เป็นนิติบุคคล ได้แก่

1.1 กลุ่มผู้ใช้น้ำชลประทาน (กลุ่มระดับท่อ/แจกส่งน้ำ) เป็นองค์กรผู้ใช้น้ำชลประทานที่มีสภาพไม่เป็นนิติบุคคลหน่วยเล็กที่สุด โครงสร้างขององค์กรฯ ประกอบด้วย หัวหน้าและสมาชิกผู้ใช้น้ำ อาจมีผู้ช่วยตามความจำเป็น กลุ่มผู้ใช้น้ำมีความเหมาะสมในการดูแลพื้นที่ต่ำกว่าระดับคลองซอย เช่น ระดับคู/ท่อ โดยมีผู้ใช้น้ำไม่ควรมากเกินไป 1,000 ไร่

1.2 กลุ่มบริหารการใช้น้ำชลประทาน เป็นองค์กรผู้ใช้น้ำชลประทานในระดับคลองหรือโครงการที่มีสภาพไม่เป็นนิติบุคคล โครงสร้างขององค์กรฯ ประกอบด้วยคณะกรรมการซึ่งเป็นตัวแทนของเกษตรกร โดยมีขอบเขตพื้นที่องค์กรฯ ครอบคลุมพื้นที่คลองส่งน้ำสายย่อย 1 หรือ โชนส่งน้ำ 1 โชน หรืออาจครอบคลุมพื้นที่ทั้งโครงการชลประทาน โดยขนาดของพื้นที่กลุ่มบริหารการใช้น้ำมากที่สุดไม่ควรเกิน 20,000 ไร่ต่อหนึ่งองค์กรฯ ซึ่งโครงสร้างองค์กรประกอบไปด้วยกลุ่มผู้ใช้น้ำซึ่งเป็นกลุ่มระดับท่อ/แจกส่งน้ำ หลายกลุ่ม ที่ใช้น้ำในคลองสายเดียวกัน หรือแหล่งน้ำเดียวกัน มีการบริหารในรูปแบบคณะกรรมการที่เลือกมาจากสมาชิกผู้ใช้น้ำ เพื่อจัดการน้ำจากแหล่งน้ำหรือระดับคลองส่งน้ำหรือระดับ โชนส่งน้ำ รวมทั้งในระดับคูน้ำ

2. ประเภทมีสภาพเป็นนิติบุคคล ได้แก่

2.1 สมาคมผู้ใช้น้ำชลประทาน เป็นองค์กรผู้ใช้น้ำชลประทานในระดับคลองหรือโครงการที่มีสภาพเป็นนิติบุคคล จัดระเบียบจัดตั้งสมาคมผู้ใช้น้ำไว้กับกระทรวงมหาดไทย ภายใต้กฎหมายแพ่งและพาณิชย์ มาตรา 23 ว่าด้วย “สมาคม” โครงสร้างขององค์กรฯ ประกอบด้วย คณะกรรมการ ซึ่งเป็นตัวแทนของเกษตรกร ขอบเขตพื้นที่ของสมาคมผู้ใช้น้ำชลประทานและโครงสร้างการบริหารองค์กรฯ เช่นเดียวกับกลุ่มบริหารการใช้น้ำชลประทาน มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการจัดการน้ำชลประทานการดำเนินธุรกิจสามารถจัดทำได้ แต่ผลกำไรจะนำมาแบ่งปันกันไม่ได้

2.2 สหกรณ์ผู้ใช้น้ำชลประทาน เป็นองค์กรผู้ใช้น้ำชลประทานในระดับคลอง หรือโครงการที่มีสถานภาพเป็นนิติบุคคล จัดทะเบียนจัดตั้งสหกรณ์ผู้ใช้น้ำไว้กับกรมส่งเสริมสหกรณ์ ภายใต้พระราชบัญญัติสหกรณ์ พ.ศ. 2511 และพรบ.สหกรณ์ พ.ศ. 2542 มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการจัดการน้ำชลประทาน การดำเนินธุรกิจสามารถนำผลกำไรมาแบ่งปันกันได้ ข้อเสนอแนะที่กรมชลประทานต้องการคือ พื้นที่รับผิดชอบของสหกรณ์ผู้ใช้น้ำชลประทาน มีโครงสร้างขององค์กรฯ ประกอบด้วย คณะกรรมการ ซึ่งเป็นตัวแทนของเกษตรกร

ในกรณีถ่ายโอนโครงการชลประทานให้เกษตรกรผู้ใช้น้ำ ที่ปรึกษาชาวต่างประเทศที่มีประสบการณ์แนะนำว่า องค์กรเกษตรกรผู้ใช้น้ำต้องไม่ดำเนินธุรกิจ ดังนั้นจึงให้จัดตั้งเป็นสมาคมผู้ใช้น้ำ หากจะดำเนินธุรกิจให้จัดตั้งเป็นสหกรณ์คู่ขนานไปกับสมาคมผู้ใช้น้ำ

องค์กรในการจัดการชลประทาน

สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ (2545 ก) กล่าวว่า องค์กรต่างๆ ที่จะเข้ามามีส่วนช่วยเหลือให้เกษตรกรมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการชลประทาน เพื่อจุดประสงค์ให้เกิดความยั่งยืนในงานชลประทาน ซึ่งในแต่ละโครงการชลประทานจะมีองค์กรที่มาร่วมจัดการ มีด้วยกันทั้งสิ้น 4 องค์กรคือ

1. กรมชลประทาน ในพื้นที่ส่งน้ำของโครงการชลประทาน จะมีเจ้าหน้าที่ของกรมชลประทาน ทำหน้าที่ปฏิบัติการส่งน้ำและบำรุงรักษาระบบชลประทาน ในส่วนที่กรมชลประทานรับผิดชอบที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับเกษตรกร

2. องค์กรผู้ใช้น้ำชลประทาน เป็นองค์กรของเกษตรกรผู้ใช้น้ำชลประทาน มีคณะกรรมการขององค์กรที่เลือกตั้งมาจากผู้ใช้น้ำ ขอบเขตพื้นที่ดูแลขององค์กรผู้ใช้น้ำขอบเขตของระบบส่งน้ำเป็นหลัก สมาชิกขององค์กรก็คือผู้ใช้น้ำจากระบบชลประทานสายเดียวกัน

3. คณะกรรมการจัดการชลประทานโครงการ แต่ละโครงการจะมีคณะกรรมการบริหารจัดการชลประทานโครงการ ประกอบด้วยผู้แทนขององค์กรผู้ใช้น้ำ ผู้แทนขององค์กรบริหารส่วนท้องถิ่น ผู้แทนของชุมชน ผู้แทนของโครงการชลประทานนั้นๆ เจ้าหน้าที่หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำ และด้านการปกครองและด้านอื่นๆ ที่องค์กรผู้ใช้น้ำเสนอ

4. องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ได้แก่ องค์กรบริหารส่วนจังหวัด (อบจ.) เทศบาล องค์กรบริหารส่วนตำบล (อบต.) กรุงเทพมหานคร เมืองพัทยา และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีภูมิจัดตั้ง

กิจกรรมขององค์กรผู้ใช้น้ำชลประทาน

ในการบริหารจัดการน้ำชลประทาน องค์กรผู้ใช้น้ำชลประทานควรมีหลักในการจัดทำกิจกรรมต่างๆ ขององค์กรผู้ใช้น้ำชลประทาน ดังนี้

1. การบริหารการส่งน้ำและบำรุงรักษา

1.1 วางแผนจัดสรรน้ำประจำฤดูกาลส่งน้ำ ร่วมกับเจ้าหน้าที่ชลประทาน

1.2 สำรวจความต้องการใช้น้ำจากสมาชิกผู้ใช้น้ำ แล้วแจ้งแก่เจ้าหน้าที่ชลประทาน

1.3 ประชุมใหญ่ผู้ใช้น้ำ แจ้งแผนการส่งน้ำประจำฤดู และผลการดำเนินกิจกรรม

1.4 ประชุมผู้ใช้น้ำรายคูน้ำ จักรอเบรการใช้น้ำภายในคูน้ำ

1.5 ดำเนินการให้ผู้ใช้น้ำทำการบำรุงรักษาคลองซอย คูน้ำและอาคารชลประทานให้สามารถส่งน้ำได้สะดวก

1.6 ร่วมพิจารณาปรับปรุงสิ่งก่อสร้างเพื่อให้การส่งน้ำในคลองซอย, คูน้ำ และการระบายน้ำเป็นไปโดยสะดวก

2. การบริหารองค์กรผู้ใช้น้ำชลประทาน

2.1 จัดทำระเบียบข้อบังคับ (ธรรมนูญองค์กร) ในการบริหารองค์กรผู้ใช้น้ำ

2.2 จัดทำสัญญากลุ่มผู้ใช้น้ำและดำเนินการให้มีการปฏิบัติตามสัญญาด้วยความเสมอภาค

2.3 จัดทำบัญชีรายชื่อสมาชิกผู้ใช้น้ำ

2.4 เลือกตั้งหัวหน้าคู หัวน้ำคลอง และคณะกรรมการ ตามวาระการดำรงตำแหน่ง

2.5 สร้างกองทุนเพื่อเป็นค่าใช้จ่ายขององค์กรผู้ใช้น้ำ ในการบริหารจัดการน้ำและบำรุงรักษา

2.6 ประเมินผลงานขององค์กรผู้ใช้น้ำประจำฤดูกาลส่งน้ำและประจำปี

2.7 ประชาสัมพันธ์ข่าวสาร รายงานฐานะการเงินและผลงานให้สมาชิกทราบ

3. กิจกรรมด้านอื่นๆ

3.1 รักษาสิ่งแวดล้อมไม่ให้เกิดมลพิษ ดูแลสภาพธรรมชาติที่เป็นแหล่งต้นน้ำ

3.2 จัดทำกิจกรรมเพื่อสาธารณะประโยชน์ เช่น การทำความสะอาดสถานที่สำคัญที่ใช้ประโยชน์

3.3 ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพเกษตรกรแก่สมาชิกองค์กร

3.4 ดำเนินการให้สมาชิกขายผลผลิตให้ได้ในราคาที่เหมาะสม

3.5 จัดให้มีกิจกรรม เพื่อเสริมสร้างความสามัคคีของผู้ใช้น้ำ เช่น การรักษาประเพณีที่ดีงามในท้องถิ่น การช่วยเหลือเอื้ออาทรแก่เพื่อนสมาชิก

การบริหารจัดการน้ำชลประทาน

เมื่อมีการจัดตั้งกลุ่มหรือองค์กรผู้ใช้น้ำ สมาชิกขององค์กรควรดำเนินกิจกรรมต่างๆ ขององค์กรเพื่อเป็นการเริ่มต้นการบริหารจัดการน้ำชลประทาน ซึ่งผลดีจากการบริหารการใช้น้ำอย่างถูกวิธีจะได้ผล (สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ, 2545) คือ

1. สมาชิกทุกคนได้รับน้ำอย่างทั่วถึงและยุติธรรม
2. ป้องกันปัญหาไม่พอใช้
3. ได้รับน้ำตามกติกา ตรงเวลาที่รอคอย
4. ไม่เกิดร่องรอยแห่งการแตกแยกความสามัคคี
5. มีผู้ใช้น้ำที่ดี จะได้ผลผลิตมากมีทั่วทุกราย

การจัดการน้ำระดับอ่าง/แหล่งน้ำ เป็นการจัดการส่งน้ำจากอ่างหรือกักเก็บน้ำไว้ในอ่าง เพื่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด กล่าวคือ ฝนแล้งจัดส่งน้ำจากอ่าง/แหล่งน้ำไปให้ แต่ถ้าไม่ต้องการใช้น้ำก็เก็บกักน้ำไว้ในอ่าง และถ้าเกิดอุทกภัยก็ชะลอการระบายน้ำออกจากอ่าง เพื่อป้องกันหรือลดความรุนแรงของอุทกภัย และความเสียหายของอาคารหรือพืชผลการเกษตร

สำหรับโครงการชลประทานขนาดใหญ่และขนาดกลาง คณะกรรมการจัดการชลประทานโครงการเป็นผู้สร้างกติกากการแบ่งสรรน้ำจากอ่าง/แหล่งน้ำ และทำความเข้าใจการแบ่งสรรน้ำในอ่างแต่ละฤดูกาลใช้น้ำชลประทาน ส่วนการปฏิบัติการควบคุมน้ำในอ่าง/แหล่งน้ำ อาคารปากคลองสายใหญ่ เป็นหน้าที่ของกรมชลประทาน

การบริหารองค์กรผู้ใช้น้ำชลประทาน

การบริหารองค์กรผู้ใช้น้ำชลประทานให้ลุล่วงไปด้วยดีและมีประสิทธิภาพ องค์กรผู้ใช้น้ำชลประทาน จะต้องประกอบไปด้วย คือ

1. สมาชิกกลุ่ม หรือสมาชิกผู้ใช้น้ำ ควรให้ความร่วมมือกันด้วยดี โดยต้อง
 - 1.1 ให้การยอมรับหัวหน้าคูและคณะกรรมการ
 - 1.2 มีวินัย ปฏิบัติตามกฎระเบียบขององค์กร
 - 1.3 มีความสามัคคี เอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ซึ่งกันและกัน

2. กรรมการกลุ่ม หมายถึงคณะกรรมการและหัวหน้าคู ควรจะเป็นผู้นำในการพัฒนา โดย

2.1 ต้องมีความซื่อสัตย์ยุติธรรม มุ่งมั่นในการพัฒนา

2.2 เป็นผู้นำในการขับเคลื่อนให้เกิดกิจกรรมตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ ขององค์กร และสมาชิก

3. กิจกรรม ควรมีการดำเนินกิจกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อสมาชิกอย่างต่อเนื่อง ซึ่งองค์กร ที่มีกิจกรรมตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ขององค์กรและสมาชิก จะเป็นองค์กรที่มีชีวิต สมาชิกจะ เห็นคุณค่าขององค์กร

ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการทำกิจกรรมแต่ละกิจกรรมมีความแตกต่างกัน ดังนั้น คณะกรรมการบริหารขององค์กรนั้นๆ จึงต้องจัดทำปฏิทินแผนดำเนินกิจกรรมประจำปี โดยปฏิทิน การดำเนินกิจกรรมกลุ่มจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ คณะกรรมการขององค์กร ผู้นำชลประทานมีการ ประชุมร่วมกันจัดทำเป็นแผนการทำงานขึ้น

4. กฎระเบียบ ต้องมีความศักดิ์สิทธิ์ นำมาใช้กับสมาชิกอย่างเสมอภาค ซึ่งองค์กรใดๆ ก็ ตามจะพัฒนาได้ยั่งยืน สมาชิกในองค์กรนั้นๆ ต้องมีวินัย กฎ กติกาขององค์กรผู้นำ ประกอบด้วย

4.1 ธรรมนูญขององค์กร หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ระเบียบข้อบังคับในการบริหารองค์กร

4.2 กติกาการใช้น้ำและบำรุงรักษา เป็นสัญญาประชาคมขององค์กรที่ผู้นำสัญญาว่า จะปฏิบัติ หรือให้ละเว้นการปฏิบัติ โดยมีการระบุโทษหากผิดสัญญา

4.3 หลักเกณฑ์การใช้จ่ายเงิน เป็นกติกาที่สมาชิกขององค์กรเป็นผู้กำหนดเกี่ยวกับการใช้ เงินขององค์กร ซึ่งคณะกรรมการบริหารขององค์กรจะต้องปฏิบัติให้อยู่ในกรอบที่กำหนด

กฎ ระเบียบ กติกา จะมีความศักดิ์สิทธิ์ต้องมีองค์ประกอบดังนี้

1. เกิดจากสมาชิกมีส่วนร่วมกันร่างและลงมติร่วมกัน
 2. ต้องบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษรมีวิธีปฏิบัติอย่างชัดเจน
 3. ต้องนำมาใช้ให้มีผลในทางปฏิบัติและเสมอภาค
5. กองทุน เป็นเงินที่องค์กรผู้ใช้นำเก็บสะสมไว้เพื่อใช้ในสิ่งที่จำเป็นในการบริหารจัดการ เพื่อประโยชน์ของสมาชิกร่วมกัน เช่น นำมาใช้กรณีซ่อมอาคารน้ำหรือท่อน้ำกรณีเร่งด่วน ดังนั้นก่อนจะนำเงินนี้ไปใช้ต้องกำหนดหลักเกณฑ์ หรือสมาชิกมอบอำนาจให้คณะกรรมการบริหารขององค์กรเป็นผู้ตัดสินใจ

การหาค่าที่ดีที่สุด

การหาค่าที่ดีที่สุด (บัญชา, 2541) เป็นกระบวนการที่ทำให้ไม่ต้องใช้วิธีการลองผิดลองถูก (trail and error) ในการหาแนวทางในการวางแผนและการดำเนินงานดังที่ใช้ในการจำลองระบบ (simulation) แต่จะมีกลไกอัตโนมัติเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของปัญหานั้นๆ โดยวิธีการหาค่าที่ดีที่สุดจะใช้สมการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายลักษณะของระบบในรูปแบบของตัวแปรของระบบ ข้อแม้ของระบบ และวัตถุประสงค์ หรือประสิทธิภาพผลที่จะทำการหาค่าที่ดีที่สุด

Bhaktikul (2001) เทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุดนั้นมักใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในด้านการวิจัย การช่วยในการตัดสินใจ การจัดการและยังใช้ได้ดีกับการตัดสินใจทางด้านวิศวกรรม ซึ่งทำให้เกิดการพัฒนาวิธีการที่จะหาคำตอบที่ดีที่สุดขึ้นมาอย่างมากมาย โดยในปัจจุบันมีวิธีที่นำมาใช้สำหรับการหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับการจัดการทรัพยากรน้ำและการชลประทาน 7 วิธี

1. โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming, LP)

บัญชา (2541) กล่าวว่า โปรแกรมเชิงเส้น คือ ปัญหาที่วัตถุประสงค์ และข้อแม้ของปัญหามีลักษณะเป็นสมการเส้นตรงทั้งหมด ทั้งนี้สมมติฐานสำคัญในการ optimize โดย LP คือ

1. การเป็นสัดส่วนหรือการแยกส่วนได้ นั่นคือสามารถนำค่าคงที่มาคูณได้
2. การบวกและการลบ นั่นคือความสามารถย้ายสมการได้
3. การหาร จะกระทำได้เมื่อตัวแปรมีความเป็นเชิงเส้น
4. ความแน่นอนหรือการแก้ปัญหาโดยวิธีการแบบ deterministic
5. การใช้ค่าบวกสำหรับตัวแปรทุกตัว

โดยมีการประยุกต์โปรแกรมเชิงเส้น (LP) สำหรับการจัดการทรัพยากรน้ำและการชลประทาน ดังนี้

Hannan and Coals (1995) ได้ประยุกต์โปรแกรมเชิงเส้น (LP) กับปัญหาด้านการส่งน้ำ เช่นเดียวกับ Wardlaw and Barnes (1998) แต่โปรแกรมเชิงเส้น (LP) นั้นไม่สามารถที่จะทำให้เกิดความเสมอภาคในการส่งน้ำได้

Anwar and Clarke (2001) พัฒนาโปรแกรมสำหรับการส่งน้ำแบบรอบเวร โดยใช้ระบบส่งน้ำในการศึกษาที่เกี่ยวกับ Suryavanshi and Reddy (1986); Wardlaw and Barnes (1998) Reddy *et al* (1999) ได้พัฒนาโปรแกรมสำหรับปัญหานี้โดยระบุเป็นปัญหา 0 และ 1 และทำการเปรียบเทียบผลกับ LINDO (Bhaktikul, 2001)

2. โปรแกรมไม่เชิงเส้น (Non-linear Programming, NLP)

คือ ปัญหาที่มีวัตถุประสงค์หรือข้อแม้ที่ไม่อยู่ในรูปสมการเส้นตรง หรือทั้ง 2 อย่าง ซึ่งปัญหาลักษณะแบบนี้จะต้องแก้โดยวิธีการที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น (บัญชา, 2541) และวิธีการของ NLP นี้้อาจจะไม่สามารถหาค่าที่ดีที่สุดจริง (global optimum) สำหรับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้ โดยจะขึ้นอยู่กับวิธีที่เลือกใช้ ซึ่งทำให้โปรแกรมไม่เชิงเส้น (NLP) ไม่มีประสิทธิภาพสำหรับปัญหาที่มีข้อแม้มาก (Hales, 1994) โดยการปรับปรุงวิธีการสำหรับโปรแกรมไม่เชิงเส้น (NLP) เป็นโปรแกรมเชิงกำลัง (Quadratic Programming, QP) โดย Winston (1994) ซึ่งมีการนำมาใช้ในการส่งน้ำชลประทาน

3. โปรแกรมเชิงกำลัง (Quadratic Programming, QP)

โปรแกรมเชิงกำลัง (QP) เป็นโปรแกรมไม่เชิงเส้น (NLP) ชนิดหนึ่ง โดยที่ฟังก์ชันวัตถุประสงค์หรือข้อแม้ หรือทั้ง 2 อย่างอยู่ในรูปสมการยกกำลัง

มีการประยุกต์โปรแกรมเชิงกำลัง (QP) สำหรับปัญหาการส่งน้ำ ณ เวลาจริงที่มีการขาดน้ำ โดย Wardlaw and Barnes (1996, 1997, 1998) ซึ่งสามารถที่จะส่งน้ำได้อย่างเท่าเทียมกัน และทำให้เกิดผลผลิตสูงขึ้น

4. โปรแกรมพลวัต (Dynamic Programming, DP)

บัญชา (2541) กล่าวว่า คือปัญหาในการหาค่าที่ดีที่สุด ซึ่งมีลักษณะพิเศษของปัญหาเป็นแบบขั้นตอนต่างๆ หรือช่วงเวลาต่างๆ

โดยมีการประยุกต์โปรแกรมพลวัต (DP) เพื่อการจัดการน้ำ คือการจัดการระบบชลประทาน ณ เวลาจริง (Coals and Wardlaw, 1994) ประยุกต์โปรแกรมพลวัต (DP) กับ การส่งน้ำในระบบชลประทาน South Lombok ในอินโดนีเซีย โดยเมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมเชิงกำลัง (QP) แล้วได้ผลไม่แตกต่างกัน

5. Simulated Annealing (SA)

เป็นวิธีการเลียนแบบการตกผลึกของสาร ซึ่งเป็นเทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่

มีการนำมาประยุกต์ใช้กับการจัดการน้ำใต้ดิน โดย Wang and Zheng (1998) โดยมีการใช้ทั้ง SA และ GA ควบคู่กันเรียกว่า MODFLOW (Bhaktikul, 2001)

6. โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks, ANNs)

วราวุธ (2544) กล่าวว่า โครงข่ายประสาทเทียม (ANNs) เป็นเทคนิคใหม่ที่น่าสนใจ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการประมาณค่า หรือพยากรณ์ทางวิศวกรรมชลประทาน โดยมีความคลาดเคลื่อนต่ำ

โครงข่ายประสาทเทียม (ANNs) มีการประยุกต์ใช้กับการพยากรณ์ระดับน้ำในแม่น้ำในลุ่มน้ำไนล์ โดย Atiya *et al.* (1999) พัฒนาโครงข่ายประสาทเทียม (ANNs) กับการพยากรณ์ระดับความลึกของน้ำใต้ดิน

ไม่มีการประยุกต์โครงข่ายประสาทเทียม (ANNs) กับการหาค่าที่ดีที่สุดในการจัดการทรัพยากรน้ำในทางน้ำเปิด (Bhaktikul, 2001)

7. พันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (Genetic Algorithms, GAs)

เป็นเทคนิคการค้นหาโดยการเลียนแบบทฤษฎีการคัดเลือกทางธรรมชาติ คิดค้นโดย Professor John Holland ในปี 1971 และมีการนำมาประยุกต์ GA กับการส่งน้ำเพื่อให้เกิดผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจสูงสุดโดย Chen (1997) ในระบบชลประทาน Shijing ในประเทศจีน

Wardlaw and Sharif (1999) ทำประยุกต์ GA กับการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำเพื่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด สำหรับอ่างเก็บน้ำที่ใช้งานหลายวัตถุประสงค์

Bhaktikul (2001) ทำการประยุกต์ GA กับการส่งน้ำ ณ เวลาจริงในระบบ Tukad Ayung ในบาห์ลี อินโดนีเซีย และการจัดตารางส่งน้ำในระบบ Hetao

เจเนติกอัลกอริธึม

Genetic Algorithms หรือ จีเอ เป็นปัญญาประดิษฐ์แขนงหนึ่งที่ใช้เลียนแบบทฤษฎีการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Selection) ของ Charles Darwin (Darwin, 1959) ที่ใช้ค้นหาค่าสูงสุด ต่ำสุด หรืออาจเรียกว่า ปัญหาการหาค่าอูตมภาพ (optimization problem) ของฟังก์ชันเป้าหมายใดๆ (objective function) ที่ต้องการ ซึ่งฟังก์ชันดังกล่าวอาจเป็นแบบเส้นตรง (linear) และไม่เป็นเส้นตรง (non-linear) ก็ตาม Professor John Holland เป็นผู้คิดค้นจีเอขึ้นเป็นคนแรกในโลกเมื่อปี ค.ศ.1971 หนังสือเล่มแรกที่ Holland (Holland, 1975) เขียนและตีพิมพ์ไว้ชื่อว่า “Adaptation in natural and artificial systems” (กัมปนาท, 2546)

Corman *et al.* (1990) ได้ให้คำจำกัดความสำหรับคำว่า Algorithms ว่า “An algorithm is any well-defined computational procedure that takes some value or set of values, as in put and produces some values, or set of values, as output.”

หรือ “An algorithm is thus a sequence of computational steps that transform the input into the output.”

หรือ “An algorithm is a tool for solving a well-specified computational problem. The statement of the problem specifies in general terms the desired input/output relationship. The algorithm describes a specific computational procedure for achieving that input/output relationship.”

จีเอสามารถประยุกต์กับงานได้หลายประเภท และหลายวงการด้วยกัน ได้แก่ งานวิจัยด้านชีววิทยา คอมพิวเตอร์ศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ งานวิจัยขั้นดำเนินการ (Operational Research) งานวิจัยเพื่อพัฒนาตัวจีเอเอง งานวิจัยที่เกี่ยวกับ Hybrid Techniques งานวิจัยด้าน Image Processing และ Pattern Recognition งานวิจัย Parallel GA Implementations งานด้าน Physical Sciences งานด้านสังคมศาสตร์ งานวิจัยเชิงพฤติกรรมศาสตร์ งานด้านการบริหารจัดการ การบริหารธุรกิจ และ แม้แต่การดนตรี (Bhaktikul, 2001)

ตารางที่ 6 การประยุกต์ใช้ GA ในด้านต่างๆ

หมวดหมู่	ประเภทการนำไปใช้งาน
การควบคุม (Control)	ท่อแก๊ส, ความสมดุลของขั้วโลก (pole balancing), การหลบหลีกจรวดมิสไซล์, การติดตาม
การออกแบบ (Design)	การจัดรูปแบบของสารกึ่งตัวนำ (semiconductor layout), การออกแบบระบบอากาศยาน (aircraft design), รูปแบบแผงแป้นอักขระ (keyboard configuration), เครือข่ายการติดต่อสื่อสาร (communication networks)
กำหนดการ (Scheduling)	การผลิต, ตารางการอำนวยความสะดวก, การจัดสรรทรัพยากร
หุ่นยนต์ (Robotics)	การวางแผนเส้นทางการโคจร
การเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning)	การออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม, การปรับปรุงประเภทของอัลกอริทึม (classification algorithms), ระบบ classifier systems
การประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing)	การออกแบบตัวกรอง
เกมส์ (Game Playing)	โป๊กเกอร์, หมากฮุก, สถานการณ์นักโทษ Prisoner's dilemma ในทฤษฎีเกมส์
การหาค่าที่ดีที่สุด (Combinatorial Optimization)	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (set covering), การหาเส้นทางการเดินของนักขายผ่านเมือง n เมือง โดยใช้ระยะทางที่ใกล้ที่สุดเมื่อทราบระยะทาง (TSP), การจัดเส้นทาง, การหีบของใส่กล่องโดยใช้กล่องจำนวนน้อยที่สุด (bin packing), graph colouring and partitioning

ที่มา: Goldberg (1989)

หลักพื้นฐานของ Genetic Algorithms

Genetic Algorithms หรือ จีเอ แตกต่างจากเทคนิคการหาค่าสูงสุดต่ำสุดโดยทั่วไปแบบ Calculus ตรงที่จีเอจะใช้รหัส (code) ของพารามิเตอร์ในการปฏิบัติการ แทนการใช้ค่าพารามิเตอร์ โดยตรงในการหาค่าตอบ จีเอจะค้นหา (search) โดยใช้ค่าเริ่มต้นหลายๆ ค่า (population search) ไม่ได้เริ่มค้นจากจุดหนึ่งไปหาจุดต่อไปที่ optimum กว่า จีเอสนใจเพียงฟังก์ชันเป้าหมาย (objective function) ที่ต้องการจะหาค่า optimum เป็นหลัก ไม่ต้องใช้ส่วนประกอบต่างๆ เหมือนโมเดลแบบอื่น และสุดท้ายก็คือ จีเอใช้หลักของความน่าจะเป็น (probabilistic rules) ในการสืบค้นค่า optimum (Goldberg, 1989)

ในปัญหาการหาค่าสูงสุดต่ำสุดของฟังก์ชันนั้น ขอบเขตของการค้นหา search space อาจจะมีค่าที่ไม่ต่อเนื่อง (discontinuities) และอาจมีค่าสูงสุดต่ำสุดหลายๆ ค่า (sub-optimum peaks) ทำให้เกิดความยุ่งยากมากขึ้นในการค้นหา แต่จีเอเป็นเทคนิคการสุ่มค้น (random search algorithm) ที่ง่ายและรวดเร็วกว่าต่อปัญหาที่สลับซับซ้อน จีเอจะค้นหาค่าสูงสุดหรือต่ำสุดของฟังก์ชันโดยใช้กลุ่มของค่าเริ่มต้นกลุ่มหนึ่งที่สุ่มมาได้ (a rich database of points) และหาค่า optimum ใน search space ไปพร้อมกันทั้งกลุ่ม (Michalewicz, 1992)

กัมปนาท (2546) กล่าวว่า จีเอคือวิธีการที่เลียนแบบการคัดเลือกตามธรรมชาติ โดยปัญหาที่สนใจจะถูกแทนค่าโดยแถวของตัวเลข (string) หรือเรียกอีกอย่างว่าโครโมโซม โครโมโซมแต่ละตัวจะประกอบไปด้วยยีนหรือหน่วยถ่ายทอดพันธุ หรือยีน (gene) ซึ่งยีนแต่ละยีนนี้จะเป็ค่าตัวแปรในฟังก์ชัน (decision variables) ที่จะทำให้อาฟังก์ชันเป้าหมาย (objective function) มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุด โดยยีนจะถูกแทนค่าโดย 0 หรือ 1 หรือเรียกว่าค่าไบนารี (binary bits) โดยยีน 1 ตัวประกอบด้วยไบนารี 3 ตัว หรือเรียกว่า 3 alleles ซึ่งเมื่อถอดรหัสออกมาจะเป็นค่าของ decision variables ค่าไบนารีดังกล่าวจะแปรออกมาเป็นจำนวนเต็ม (integer) จำนวนจริง (real values) หรือเซต (set) ก็ได้ ขึ้นอยู่กับผู้เขียนโปรแกรมจะกำหนดตามความเหมาะสมของแต่ละปัญหา

0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
gene 1			gene 2			gene 3			gene 4		

ภาพที่ 8 แสดงโครโมโซมหนึ่งตัวประกอบด้วยยีน 4 ตัว ยีนแต่ละตัวประกอบด้วยตัวเลขไบนารี 3 ตัว

ที่มา: Bhaktikul (2001)

เมื่อแทนค่ายีนไปในสมการเป้าหมาย (objective function) โครโมโซมแต่ละตัวจะแสดงถึงผลลัพธ์ที่ได้ (fitness) ซึ่งอาจจะเป็นเพียงค่าที่เป็นไปได้ (possible solution) แต่อาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดก็ได้ จากนั้นขั้นตอนต่อไปจะเป็นขั้นตอนตามกระบวนการของจีเอ ซึ่งเลียนแบบการคัดเลือกทางธรรมชาติ (natural selection) ของ Charles Darwin เพื่อหาค่าที่ดีที่สุด (optimum solution) โดยกลุ่มของโครโมโซมดังกล่าว (population of chromosome) จะถูกสุ่ม (random) จับคู่แต่งงานกันผ่านกระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ 3 ขั้นตอนสำคัญได้แก่ ขั้นตอนการเลือก (selection operator) ขั้นการแลกเปลี่ยนยีนบนโครโมโซมที่จับคู่มา (crossover operator) และขั้นการที่ทำให้ยีนมีลักษณะใหม่เกิดขึ้นแตกต่างอย่างเด่นชัดจากโครโมโซมของพ่อแม่ (mutation operator)

จีเอทำงานโดยใช้หลักของความน่าจะเป็น ดังนั้นกระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ทั้ง 3 ขั้นตอนนี้ จะถูกควบคุมไว้ด้วยความน่าจะเป็นที่โครโมโซมจะถูกเลือกให้คงอยู่ใน generation ถัดไป โดยจะถูกกำหนดขึ้นมาจากการโปรแกรม ได้แก่ probability of selection, probability of crossover และ probability of mutation

1. ขั้นการคัดเลือก (selection operator)

ขั้นการคัดเลือกโครโมโซม (selection operator) เปรียบเสมือนเครื่องมือในการคัดเลือกว่าโครโมโซมตัวใดจะรอดไปอยู่ใน generation ถัดไป โดยมีตัวควบคุมที่สำคัญคือค่า probability of selection (P_i) แบบที่ใช้กันโดยทั่วไปเรียกว่า proportional selection (Goldberg, 1989)

$$P_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^n f_i} \quad (5)$$

โดยกำหนดให้

$$f_i = \text{เป็นค่า fitness ของ โครโมโซม } i \text{ ใน generation นั้นๆ}$$

$$n = \text{จำนวนประชากร โครโมโซมทั้งหมด (population size)}$$

นอกจาก proportional selection แล้ว ยังมี selection operator อื่นๆ อีกที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน ได้แก่ Rank selection (Michalewicz, 1992) และ Tournament selection (Goldberg and Deb, 1991)

2. ขั้นตอนการสลับตำแหน่งของยีน (crossover operator)

เป็นขั้นที่สำคัญมากอีกขั้นหนึ่งของจีเอ หากละเลยหรือไม่ทำการ crossover จะทำให้การปฏิบัติภารกิจไม่ได้ผล หรือไม่อาจเรียกว่าจีเอได้ต่อไป ซึ่งมีตัวควบคุมคือ probability of crossover โดยทั่วไปมีค่าอยู่ในช่วง 0.5 ถึง 1.0 ประเภทของ crossover มีอยู่ 3 แบบ คือ (Goldberg, 1989 and Michalewicz, 1992)

2.1 crossover 1 ตำแหน่ง (one-point crossover) เป็นการแลกเปลี่ยนแถวของยีนระหว่างโครโมโซมพ่อแม่ที่มาจับคู่กัน ณ จุดใดจุดเดียว ซึ่งเกิดจากการสุ่ม (random)

2.2 crossover 2 ตำแหน่ง (two-point crossover) เป็นการเปลี่ยนแปลงแถวของโครโมโซม ณ จุดสุ่ม 2 จุด

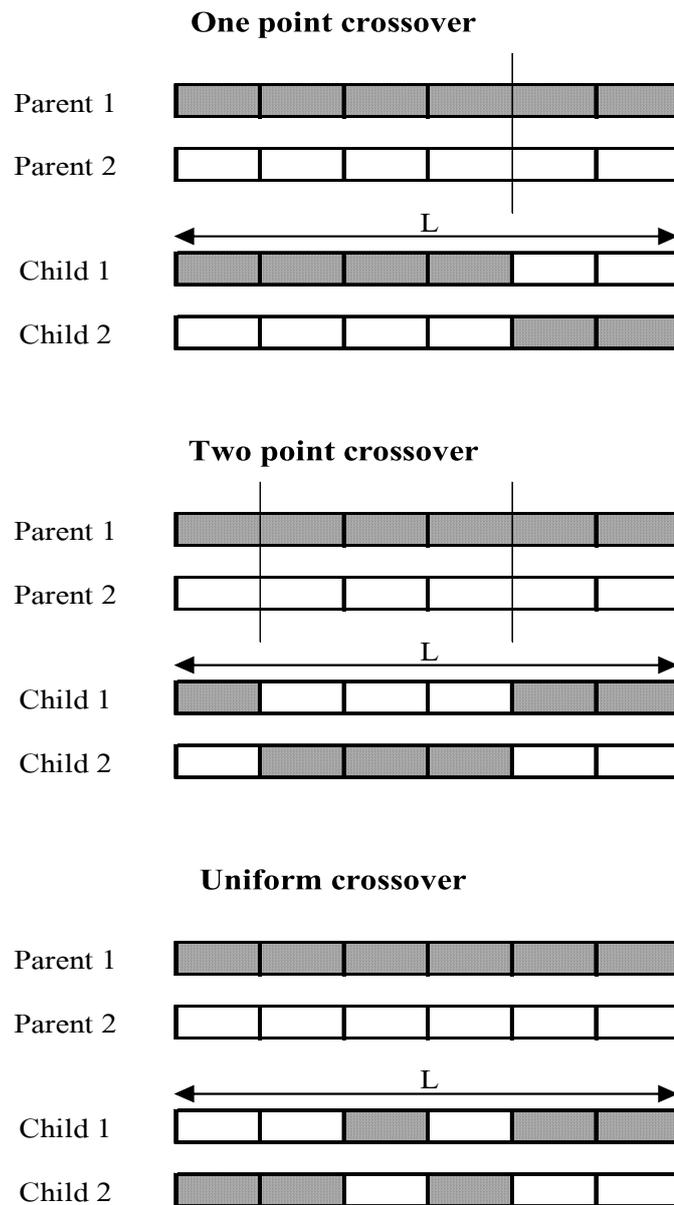
2.3 crossover หลายตำแหน่ง (uniform crossover) เป็นการแลกเปลี่ยนโครโมโซมเกิดขึ้นได้หลายตำแหน่งของยีน

3. ขั้นตอนการตัดแปลงยีน (Mutation Operator)

เป็นขั้นตอนที่ยีนถูกปรับเปลี่ยนตัดแปลง ให้ผิดแผกไปจากโครโมโซมพ่อแม่โดยสิ้นเชิง ซึ่งขั้นตอนนี้จะอยู่ภายใต้การควบคุมของ probability of mutation โดยมีรูปแบบการตัดแปลงยีน 3 แบบ คือ (Michalewicz, 1992)

- 3.1 uniform mutation ค่าของจีนจะถูกดัดแปลง ภายในพิสัย (range) ที่กำหนด
- 3.2 modified uniform mutation จีนจะถูกดัดแปลงโดยค่าคงที่เพียงค่าเดียว
- 3.3 non-uniform mutation เป็นการดัดแปลงจีน โดยค่าที่ค่อยๆ ลดลงเมื่อ generation ค่อยๆ เพิ่มขึ้น

โดยทั่วไปแล้วในการหาค่าอุดมภาพ (optimization problem) จำเป็นต้องมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (objective function) ที่จะทำการหาค่าสูงสุด (maximization) หรือต่ำสุด (minimization) โดยมีข้อจำกัดของระบบ (constraints) ในการทำงานของจีเอ ข้อจำกัดของระบบจะถูกเขียนออกมาในรูปของฟังก์ชันข้อจำกัด (penalty function) ซึ่งจะมีบทบาทสำคัญในการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดภายใต้ข้อจำกัดที่เป็นเงื่อนไข (to satisfied constraints)



ภาพที่ 9 รูปแบบของการ crossover

ที่มา: Wardlaw and Sharif (1999)

การประยุกต์จีเอในการจัดการทรัพยากรน้ำ

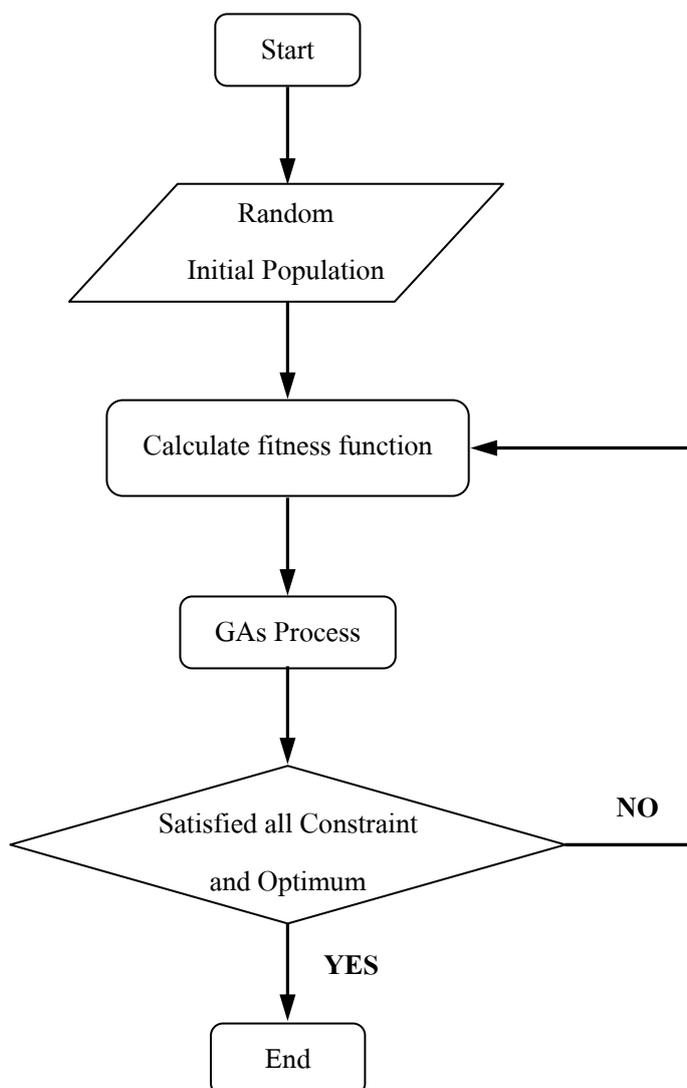
การจัดการทรัพยากรน้ำโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบจีเอนี้ พบว่ามีประยุกต์จีเอในเรื่องต่างๆ ได้แก่ เรื่องเกี่ยวกับ multiple reservoir system, aquifer management, stream order, leakage losses ในระบบส่งน้ำ, reservoir modeling, groundwater monitoring, ระบบน้ำในท่อ การจัดการน้ำใต้ดิน มลพิษในน้ำใต้ดิน flood routing ในแม่น้ำและในทางน้ำ (channel) การทำนายการเกิดการไหลสูงสุด การแก้ไขความเสียหายของน้ำใต้ดิน การออกแบบระบบท่อส่งให้มีราคาถูกที่สุด การวางแผนเกี่ยวกับพายุ การปรับปรุงระบบส่งน้ำ น้ำใต้ดินระดับตื้น และการ calibrate แบบจำลองทางอุทกวิทยา

Bhaktikul (2001) ได้ริเริ่มขึ้นเป็นคนแรกสำหรับการนำจีเอมาประยุกต์กับงานด้านวิศวกรรมการส่งน้ำในระบบชลประทานนั้น ระหว่างการทำปริญญาเอกในช่วงปี พ.ศ. 2540-2544 ปัจจุบันยังมีงานวิจัยด้านนี้อยู่อย่างต่อเนื่อง การประยุกต์จีเอในการจัดการน้ำในระบบชลประทาน ในหลากหลายรูปแบบ ตั้งแต่การจัดสรรน้ำอย่างเป็นธรรม (water allocation problem with equitable manners) การจัดการน้ำแบบรอบเวร (water scheduling problem) เมื่อผู้ใช้น้ำต้องการน้ำตามรอบเวลาที่แตกต่างกัน และยังรวมไปถึงการจัดการน้ำในระบบรากพืช (simulated root zone soil moisture)

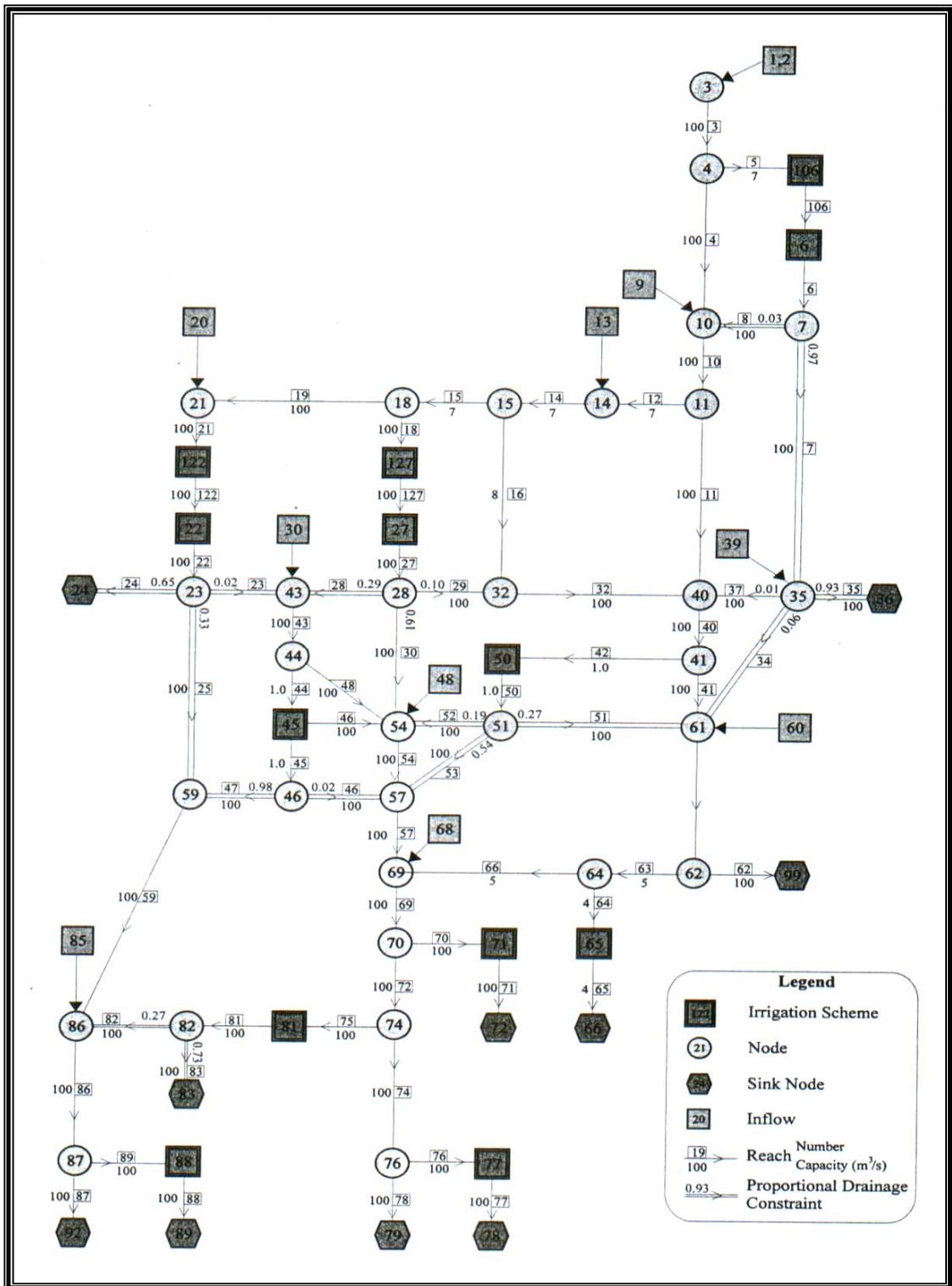
การประยุกต์จีเอกับการส่งน้ำในระบบ (Water Allocation Problem)

การศึกษาปัญหาการจัดการน้ำในระบบชลประทาน (water allocation problem) Bhaktikul (2001) ได้ใช้ภาษา c ในการโปรแกรมแบบจำลองจีเอ แล้วทำการทดลองกับระบบทดลองเล็กๆ และระบบที่สลับซับซ้อนก่อน จนแน่ใจว่าได้ผลดีแล้ว จึงนำแบบจำลองจีเอที่ได้มาประยุกต์ใช้กับระบบชลประทานของ Tukad Ayung Irrigation System ที่เกาะบาห์ลี อินโดนีเซีย ซึ่งเป็นระบบที่มีความซับซ้อนมาก ประกอบด้วยคลอง 69 สาย จุดเชื่อมต่อ (nodes) 56 จุด จุดที่รับน้ำเข้าระบบ 10 จุด จุดที่เป็นโครงการที่ต้องการน้ำ 13 จุด และจุดที่น้ำไหลออกจากระบบ 13 จุด มีการใช้น้ำในภาคต่างๆ เช่น ภาคอุตสาหกรรม การท่องเที่ยว การเกษตรกรรม และการอุปโภคบริโภค มีปัญหาการขาดแคลนน้ำ สิ่งที่ต้องการทราบก็คือ ในภาวะขาดแคลนน้ำใดๆ จะทำการส่งน้ำในคลองแต่ละสายนี้ด้วยอัตราไหลเท่าใด (คลองแต่ละเส้นมีความจุต่างกัน) เพื่อให้จุดรับน้ำของโครงการแต่ละจุดได้รับน้ำในปริมาณที่ขาดแคลนเท่าๆ กัน ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นการหาค่าต่ำสุด (minimization problem) ของผลต่างระหว่างความต้องการใช้น้ำ (demand) กับปริมาณน้ำที่จ่ายเข้าสู่ระบบ

(supply) ในกรณีที่น้ำขาดแคลน ไม่พอกับความต้องการของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (objective function) ที่ใช้นี้จะจัดให้มีการขาดแคลนนํ้าอย่างเท่าเทียมกัน (equitable manner) โดยหลักการทำงานของ GAs จะแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 หลักการทำงานของ GAs



ภาพที่ 11 Nodal schematic network of Ayung irrigation system

ที่มา: After Wardlaw and Barnes (1996)

อุปกรณ์และวิธีการ

การทำวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมาย โดยการนำแบบจำลองพันธุกรรมคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ เพื่อใช้พัฒนาแนวทางที่เหมาะสมในการจัดสรรน้ำ และเพิ่มประสิทธิภาพการส่งน้ำในพื้นที่ชลประทาน สำหรับปัญหาการจัดสรรน้ำในระบบชลประทานระบบท่อของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก จังหวัดระยอง

ในการศึกษาหาแนวทางในการจัดสรรน้ำ ในเขตพื้นที่ชลประทานระบบท่อของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและประโยชน์สูงสุดในการใช้น้ำ โดยคำนวณปริมาณความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิด และนำข้อมูลที่ได้มาประยุกต์ใช้เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematic Model) โดยนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำมาทำการวิเคราะห์ เพื่อกำหนดในการวางแผนการจัดสรรน้ำให้เหมาะสมต่อไป

อุปกรณ์

1. ข้อมูลพื้นที่ชลประทานและการใช้น้ำ ของพื้นที่ด้านท้ายน้ำของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก จังหวัดระยอง
2. ข้อมูลน้ำฝนรายเดือนและรายปีของสถานีวัดน้ำฝนอ่างเก็บน้ำคลองระโงก จังหวัดระยอง
3. แผนที่แนวท่อส่งน้ำและอาคารจ่ายน้ำ พร้อมทั้งรายละเอียดต่างๆ ของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก จังหวัดระยอง
4. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์พร้อมเครื่องพิมพ์ สำหรับประมวลผลข้อมูล จำนวน 1 ชุด
5. โปรแกรม GAWS-2004 (Bhaktikul and Wardlaw, 2004)
6. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Microsoft Visual C++

วิธีการ

1. รวบรวมข้อมูลในพื้นที่เพาะปลูกของพื้นที่ส่งน้ำของท่อส่งน้ำอ่างเก็บน้ำคลองระโงก
2. ศึกษาปริมาณความต้องการน้ำชลประทานของพื้นที่เพาะปลูก
3. ศึกษาข้อมูลฝนใช้การ ในพื้นที่ของท่อส่งน้ำอ่างเก็บน้ำคลองระโงก
4. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการจัดสรรน้ำ รวมทั้งกิจกรรมการใช้น้ำต่างๆ ของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก จังหวัดระยอง
5. กำหนดความต้องการน้ำของพื้นที่เพาะปลูกในแต่ละอาคารจ่ายน้ำ ของอาคารจ่ายน้ำต่างๆ
6. ศึกษาการเชื่อมต่อของระบบท่อสายต่างๆ ของท่อส่งน้ำอ่างเก็บน้ำคลองระโงก
7. ประยุกต์ใช้พันธุกรรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้สำหรับปัญหาการจัดสรรน้ำ ของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก จังหวัดระยอง

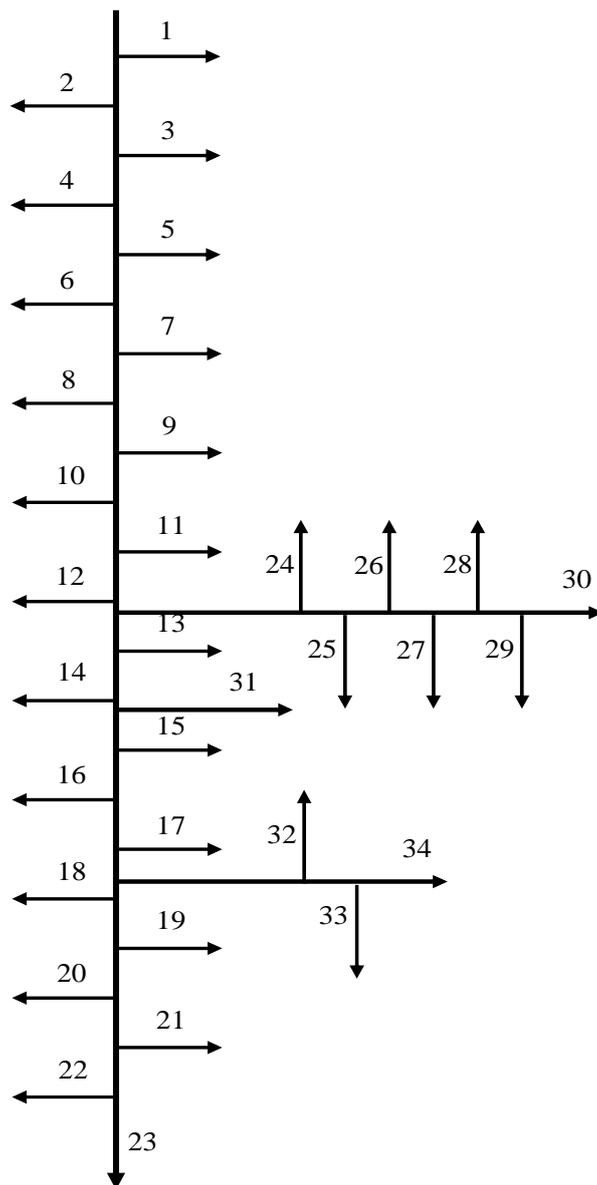
การคำนวณปริมาณการใช้น้ำชลประทานของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก

การวิเคราะห์การบริหารและการจัดการน้ำ

สภาพทั่วไปของระบบส่งน้ำของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก มีระบบการส่งน้ำเป็นแบบระบบปิด คือเป็นระบบส่งน้ำด้วยท่อส่งน้ำ ซึ่งจะประกอบด้วยท่อส่งน้ำสายใหญ่ จำนวน 1 แนวท่อ และสายรอง จำนวน 3 แนวท่อ รวมอาคารที่จ่ายน้ำในแนวท่อต่างๆ ทั้งหมด 34 อาคารจ่ายน้ำ พื้นที่ส่งน้ำในเขตอ่างเก็บน้ำมีความต้องการในการใช้น้ำเพื่อการปลูกพืชที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่มีผลต่อการจัดสรรน้ำของอ่างเก็บน้ำ โดยข้อมูลที่จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ กิจกรรมการเพาะปลูกพืช ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันของสถานีวัดน้ำฝนอ่างเก็บน้ำคลองระโงก โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เริ่มติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำฝน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 ถึงปี พ.ศ. 2550 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณฝนใช้การ และดำเนินการสร้าง Schematic Diagram แสดงความสัมพันธ์ระหว่างท่อส่งน้ำ อาคารจ่ายน้ำต่างๆ

การแบ่งพื้นที่การรับน้ำชลประทาน

ทำการแบ่งพื้นที่การรับน้ำชลประทานของท่อส่งน้ำอ่างเก็บน้ำคลองระโงก ตามจำนวนอาคารจ่ายน้ำทั้งสิ้น 34 อาคารจ่ายน้ำ โดยสามารถทำการส่งน้ำผ่านอาคารจ่ายน้ำต่างๆ ครอบคลุมพื้นที่เพาะปลูกของระบบท่อส่งน้ำได้



ภาพที่ 12 แผนภูมิแสดงอาคารจ่ายน้ำต่างๆ ของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก

ที่มา: โครงการชลประทานระยอง (2546)

ตารางที่ 7 รายละเอียดชนิดพืชและพื้นที่การเพาะปลูกของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก

อาคาร จ่ายน้ำ	ชนิดพืชและจำนวนพื้นที่เพาะปลูก (ไร่)				รวม (ไร่)	หมายเหตุ
	ทุเรียน	เงาะ	มังคุด	ลองกอง/ กลางสาด		
1	50	0	8	0	58	
2	44	6	8	0	58	
3	40	10	7	3	60	
4	37	3	10	13	63	
5	35	7	17	7	66	
6	18	13	12	11	54	
7	45	9	11	11	76	
8	55	7	16	3	81	
9	61	10	6	6	83	
10	107	6	3	0	116	
11	80	12	20	27	139	
12	47	0	35	5	87	
13	75	17	0	0	92	
14	65	15	0	16	96	
15	53	5	11	8	77	
16	60	4	0	13	77	
17	37	0	18	11	66	
18	45	5	15	22	87	
19	45	10	21	0	76	
20	46	10	17	10	83	
21	40	6	21	11	78	
22					0	อุปโภค-บริโภค
23					0	อุปโภค-บริโภค
24	32	10	26	7	75	
25	40	7	17	5	69	

ตารางที่ 7 (ต่อ)

อาคาร จ่ายน้ำ	ชนิดพืชและจำนวนพื้นที่เพาะปลูก (ไร่)				รวม (ไร่)	หมายเหตุ
	ทุเรียน	เงาะ	มังคุด	ลองกอง/ กลางสาด		
26	38	5	14	5	62	
27	40	3	23	10	76	
28	56	10	0	5	71	
29	41	7	12	9	69	
30	11	7	27	6	51	
31	56	8	23	30	117	
32	27	13	10	35	85	
33	29	0	42	10	81	
34	48	0	19	17	84	
รวม	1,503	225	469	316	2,513	

- หมายเหตุ 1. สาย RMP คืออาคารจ่ายน้ำที่ 1 – 23
 2. สาย 1L-RMP คืออาคารจ่ายน้ำที่ 24 – 30
 3. สาย 2L-RMP คืออาคารจ่ายน้ำที่ 31
 4. สาย 3L-RMP คืออาคารจ่ายน้ำที่ 32 – 34

ที่มา: องค์การบริหารส่วนตำบลทุ่งควายกิน (2546)

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาจากการประยุกต์ใช้โปรแกรมพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ GAWS-2004

โปรแกรม GAWS-2004 เป็นโปรแกรมการพัฒนา Genetic Algorithms ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย รศ.ดร.กัมปนาท ภัคคิกุล ในปี พ.ศ. 2547 เพื่อจัดรอบเวรการส่งน้ำในคลองหรือเส้นทางใดๆ ที่กำหนดคาบระยะเวลาหรือคาบการใช้เส้นทางมาให้ พร้อมความจุของคลองหรือเส้นทางนั้นๆ โดยให้โปรแกรม GAWS-2004 ค้นหาเวลาที่จะเริ่มต้นการส่งน้ำของแต่ละคลองที่ดีที่สุด โดยมีค่า IFLAGS เป็นค่าตัวแปรตัดสินใจ (decision variable) ดังสมการที่ 6

$$\text{Minimise } Z = \sum_{i=0}^n (Q_i - \sum_{j=1}^m (q_{ij} \cdot IFLAG_{ij}))^2 + R1P1 \quad (6)$$

- เมื่อ Q_i = ปริมาณน้ำที่ส่งน้ำจริงจากท่อสายหลัก (ลบ.ม./วินาที)
 q_{ij} = ปริมาณน้ำที่ส่งน้ำจริงจากอาคารจ่ายน้ำ (ลบ.ม./วินาที)
 $IFLAG_{ij}$ = ค่าบ่งชี้การปิด (0) หรือเปิด (1)
 m = จำนวนอาคารจ่ายน้ำ
 n = จำนวนช่วงระยะเวลาการส่งน้ำ
 $R1$ = ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้สมมูล (Penalty Factor)

1. การสร้างโครงข่ายระบบพื้นที่ชลประทานจำลอง

พื้นฐานการคำนวณการจัดสรรน้ำของโปรแกรม GAWS-2004 จะต้องสร้างระบบจำลองของพื้นที่ชลประทาน โดยการนำข้อมูลต่างๆ ของระบบท่อส่งน้ำมาวิเคราะห์ ประกอบด้วย ปริมาณน้ำสูงสุดในท่อประธาน (Supply pipe full capacity) ปริมาณน้ำสูงสุดในแต่ละอาคารจ่ายน้ำ (Secondary pipes full capacity) และช่วงระยะเวลาที่พืชต้องการน้ำ หรือช่วงระยะเวลาที่ต้องส่งน้ำให้กับพืช (Time Period Required) ซึ่งได้จากการคำนวณหาความต้องการน้ำของพืชในแต่ละอาคารจ่ายน้ำ โดยมีอาคารจ่ายน้ำทั้งสิ้น 34 อาคารจ่ายน้ำ

โดยระบบท่อส่งน้ำของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก ส่งน้ำโดยแรงโน้มถ่วงของโลก ทำให้ปริมาณน้ำในท่อประธานหรืออาคารจ่ายน้ำต่างๆ มีผลต่อปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ และจากการ

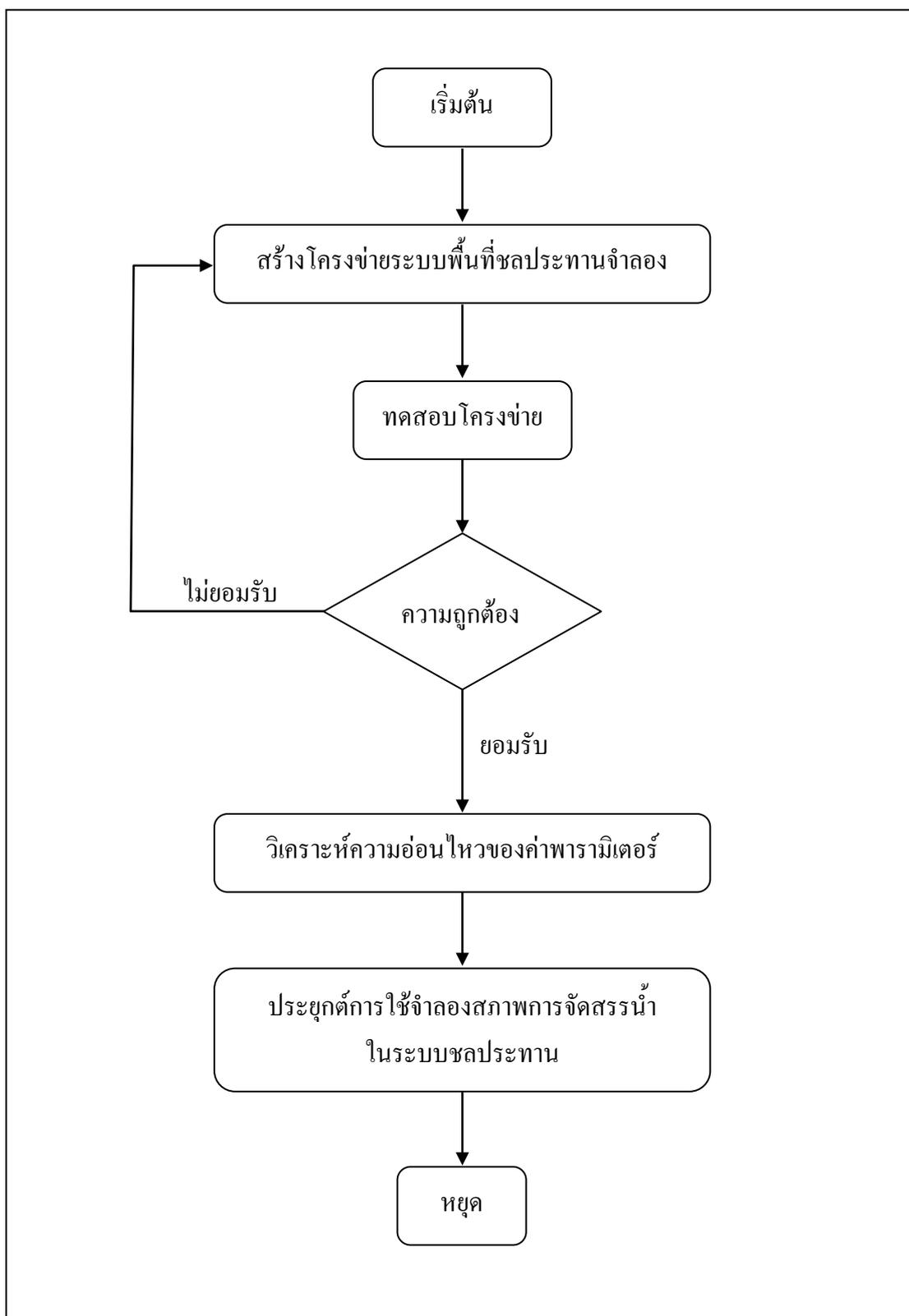
ตรวจสอบพบว่า การออกแบบระบบท่อส่งน้ำของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก จะออกแบบที่ระดับความสูงของอ่างเก็บน้ำที่ H/3 ของเฉลี่ยระดับน้ำใช้การ ซึ่งจะอยู่ที่ระดับ +26.50 ม.(รทก.) ปริมาณน้ำอยู่ที่ 2.350 ล้าน ลบ.ม. โดยอ่างเก็บน้ำคลองระโงกเคยมีปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ต่ำที่สุดอยู่ที่ระดับ +28.33 ม.(รทก.) ปริมาณน้ำอยู่ที่ 4.994 ล้าน ลบ.ม. ในวันที่ 23 พฤษภาคม 2547 ดังนั้นระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำจึงไม่มีผลต่อปริมาณน้ำในท่อประธานหรืออาคารจ่ายน้ำต่างๆ

2. ทดสอบโครงข่ายและความสัมพันธ์ของโครงข่าย

การทดสอบโครงข่ายและความสัมพันธ์ของโครงข่าย จะเป็นการตรวจสอบข้อมูลที่นำเข้าไป โดยโปรแกรมพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ GAWS-2004 จะแสดงผลการตรวจทานข้อมูลของโครงข่าย และความสัมพันธ์ของโครงข่ายว่าถูกต้องหรือไม่ ซึ่งความสัมพันธ์ของโครงข่ายจะใช้เป็นข้อมูลที่แทนความสัมพันธ์ หรือการเชื่อมต่อกันในแต่ละโหนด หรือในแต่ละอาคารจ่ายน้ำ โดยมีรูปแบบและข้อมูลของความสัมพันธ์ของโครงข่าย รูปแบบ และข้อมูลที่นำเข้าไป ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ข้อมูลนำเข้าที่ใช้รูปแบบ และที่มาของข้อมูล สำหรับแบบจำลอง GAWS-2004

ข้อมูลนำเข้า	รูปแบบ	ที่มา
ข้อมูลจำนวนอาคารจ่ายส่งน้ำ	เท็กซ์ไฟล์	โครงการชลประทานระยอง
ข้อมูลปริมาณน้ำสูงสุดในท่อประธาน	เท็กซ์ไฟล์	โครงการชลประทานระยอง
ข้อมูลปริมาณน้ำสูงสุดในแต่ละอาคารจ่ายน้ำ	เท็กซ์ไฟล์	โครงการชลประทานระยอง
ข้อมูลช่วงระยะเวลาที่ต้องส่งน้ำให้กับพืช	เท็กซ์ไฟล์	ผลการคำนวณ



ภาพที่ 13 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ GAWWS-2004

3. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง GAWS-2004

เนื่องจากปัญหาแต่ละปัญหามีความซับซ้อนยุ่งยากที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูล และตัวแปรตัดสินใจ ในการหาค่าความเหมาะสมด้วยวิธีการต่างๆ มีความจำเป็นต้องเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ของแต่ละปัญหาให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ชุดคำตอบของปัญหาที่ดีที่สุด โดยปกติการคัดเลือกค่าพารามิเตอร์ นิยมใช้การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Test Sensibility) สำหรับหาชุดคำตอบที่ดีที่สุด ด้วยวิธีการของ GA จะเกิดจากการสร้างชุดคำตอบชุดใหม่ที่มีค่าที่ดีขึ้นกว่าชุดคำตอบเดิม แล้วกำหนดโอกาสในการสลับไขว้ (Probability of crossover) โอกาสในการดัดแปลง (Modified Mutation) เพื่อหาชุดคำตอบที่ดีที่สุด

สำหรับการคัดเลือกค่าความน่าจะเป็นในการสลับไขว้ (Probability of crossover, P_x) Michalewicz (1992) ได้เสนอแนะค่าที่เหมาะสมของความน่าจะเป็นในการสลับไขว้ (P_x) อยู่ระหว่าง 0.50 - 1.00 ส่วนการคัดเลือกค่าดัดแปลง (Modified Mutation, M_u) จะพบว่าค่าจะอยู่ในช่วงระหว่าง 0.010 - 0.350 ซึ่งจะให้ชุดคำตอบที่ดีที่สุด โดยได้กำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น ดังนี้ จำนวนทางเลือกของชุดคำตอบ (Population Size) 100 ชุด จำนวนรอบในการคำนวณซ้ำสูงสุด (Maxgen) ที่ 5,000 รอบ โดยค่าการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการสลับไขว้ (P_x) และการคัดเลือกค่าดัดแปลง (M_u) มีค่าที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 9 - 12 และภาพที่ 14 - 21 โดยผลสรุปการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการสลับไขว้ และการคัดเลือกค่าดัดแปลงที่นำมาใช้แบบจำลอง GAWS-2004 จะแสดงดังในตารางที่ 13 และภาพที่ 22

ตารางที่ 9 ค่าการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการสลับไขว้และการคัดเลือกค่าดัดแปลง (OUTPUT48_Avg)

Px	Mu	bestfit	Px	Mu	bestfit	Px	Mu	bestfit	Px	Mu	bestfit
0.50	0.010	490528636928.00	0.55	0.010	490894589952.00	0.60	0.010	491953881088.00	0.65	0.010	490343497728.00
0.50	0.030	490855530496.00	0.55	0.030	492475744256.00	0.60	0.030	490752344064.00	0.65	0.030	490971758592.00
0.50	0.050	491372969984.00	0.55	0.050	490319544320.00	0.60	0.050	490953113600.00	0.65	0.050	490667868160.00
0.50	0.070	490477649920.00	0.55	0.070	490649092096.00	0.60	0.070	490479419392.00	0.65	0.070	490604789760.00
0.50	0.090	491176427520.00	0.55	0.090	490501799936.00	0.60	0.090	490728194048.00	0.65	0.090	491891621888.00
0.50	0.110	491565875200.00	0.55	0.110	490484170752.00	0.60	0.110	490301980672.00	0.65	0.110	490244210688.00
0.50	0.130	490446585856.00	0.55	0.130	490481549312.00	0.60	0.130	490860707840.00	0.65	0.130	490328260608.00
0.50	0.150	490610622464.00	0.55	0.150	490645028864.00	0.60	0.150	490788356096.00	0.65	0.150	490331045888.00
0.50	0.170	490197450752.00	0.55	0.170	491392827392.00	0.60	0.170	490507501568.00	0.65	0.170	490671177728.00
0.50	0.190	490301423616.00	0.55	0.190	490775445504.00	0.60	0.190	490451992576.00	0.65	0.190	490327736320.00
0.50	0.210	490447667200.00	0.55	0.210	490634215424.00	0.60	0.210	490555342848.00	0.65	0.210	490445996032.00
0.50	0.230	490654433280.00	0.55	0.230	490666721280.00	0.60	0.230	490681860096.00	0.65	0.230	490178609152.00
0.50	0.250	491301863424.00	0.55	0.250	490377543680.00	0.60	0.250	490272489472.00	0.65	0.250	490861363200.00
0.50	0.270	490332651520.00	0.55	0.270	490209705984.00	0.60	0.270	490656956416.00	0.65	0.270	490497671168.00
0.50	0.290	490665115648.00	0.55	0.290	490599907328.00	0.60	0.290	490235494400.00	0.65	0.290	490345660416.00
0.50	0.310	490544660480.00	0.55	0.310	490436853760.00	0.60	0.310	490679500800.00	0.65	0.310	490384424960.00
0.50	0.330	490327900160.00	0.55	0.330	490659512320.00	0.60	0.330	490408345600.00	0.65	0.330	490632970240.00
0.50	0.350	490624450560.00	0.55	0.350	490454548480.00	0.60	0.350	490468212736.00	0.65	0.350	490419159040.00

ตารางที่ 9 (ต่อ)

Px	Mu	bestfit									
0.70	0.010	491107680256.00	0.75	0.010	490611310592.00	0.80	0.010	491682922496.00	0.85	0.010	491025661952.00
0.70	0.030	490347036672.00	0.75	0.030	491461607424.00	0.80	0.030	490295820288.00	0.85	0.030	490495770624.00
0.70	0.050	490475978752.00	0.75	0.050	490626875392.00	0.80	0.050	490920804352.00	0.85	0.050	490603610112.00
0.70	0.070	490239590400.00	0.75	0.070	490273013760.00	0.80	0.070	491006722048.00	0.85	0.070	492003328000.00
0.70	0.090	490509664256.00	0.75	0.090	490187915264.00	0.80	0.090	490997415936.00	0.85	0.090	490645782528.00
0.70	0.110	490390683648.00	0.75	0.110	490750771200.00	0.80	0.110	490246930432.00	0.85	0.110	490458611712.00
0.70	0.130	490459856896.00	0.75	0.130	490382622720.00	0.80	0.130	490363420672.00	0.85	0.130	490456547328.00
0.70	0.150	490749034496.00	0.75	0.150	490240671744.00	0.80	0.150	490493083648.00	0.85	0.150	490747756544.00
0.70	0.170	490577625088.00	0.75	0.170	490486988800.00	0.80	0.170	490422632448.00	0.85	0.170	490459267072.00
0.70	0.190	490655088640.00	0.75	0.190	490600005632.00	0.80	0.190	490638409728.00	0.85	0.190	491139956736.00
0.70	0.210	490665869312.00	0.75	0.210	490765844480.00	0.80	0.210	490250764288.00	0.85	0.210	490231103488.00
0.70	0.230	490447732736.00	0.75	0.230	490519199744.00	0.80	0.230	490475290624.00	0.85	0.230	490689691648.00
0.70	0.250	490513793024.00	0.75	0.250	490384162816.00	0.80	0.250	490604199936.00	0.85	0.250	490228482048.00
0.70	0.270	490183720960.00	0.75	0.270	490446028800.00	0.80	0.270	491173675008.00	0.85	0.270	490211442688.00
0.70	0.290	490429612032.00	0.75	0.290	490521165824.00	0.80	0.290	490456842240.00	0.85	0.290	490738712576.00
0.70	0.310	490416308224.00	0.75	0.310	490429448192.00	0.80	0.310	490653089792.00	0.85	0.310	490412638208.00
0.70	0.330	490542923776.00	0.75	0.330	490937352192.00	0.80	0.330	490386292736.00	0.85	0.330	490584145920.00
0.70	0.350	490227761152.00	0.75	0.350	490322034688.00	0.80	0.350	490196598784.00	0.85	0.350	490492198912.00

ตารางที่ 9 (ต่อ)

Px	Mu	bestfit	Px	Mu	bestfit	Px	Mu	bestfit			
0.90	0.010	492046123008.00	0.95	0.010	490571169792.00	1.00	0.010	490573922304.00	Px	หมายถึง	Probrability of Crossover
0.90	0.030	490585587712.00	0.95	0.030	490866343936.00	1.00	0.030	490564911104.00	Mu	หมายถึง	Number of Mutation
0.90	0.050	490693427200.00	0.95	0.050	490626351104.00	1.00	0.050	490655023104.00			Per Chromosome
0.90	0.070	490536697856.00	0.95	0.070	490728226816.00	1.00	0.070	490501275648.00	bestfet	หมายถึง	best fitness in that
0.90	0.090	490350444544.00	0.95	0.090	490601578496.00	1.00	0.090	490449829888.00			generation
0.90	0.110	490363420672.00	0.95	0.110	490745856000.00	1.00	0.110	490489479168.00			
0.90	0.130	490667999232.00	0.95	0.130	490284711936.00	1.00	0.130	490604822528.00			
0.90	0.150	490462248960.00	0.95	0.150	490425057280.00	1.00	0.150	490863951872.00			
0.90	0.170	490606395392.00	0.95	0.170	490456416256.00	1.00	0.170	492176506880.00			
0.90	0.190	490612588544.00	0.95	0.190	490680352768.00	1.00	0.190	490702405632.00			
0.90	0.210	490693656576.00	0.95	0.210	490472767488.00	1.00	0.210	490515398656.00			
0.90	0.230	490334945280.00	0.95	0.230	490480271360.00	1.00	0.230	490635558912.00			
0.90	0.250	490405167104.00	0.95	0.250	490697195520.00	1.00	0.250	490397499392.00			
0.90	0.270	490787340288.00	0.95	0.270	490295951360.00	1.00	0.270	490713448448.00			
0.90	0.290	490575626240.00	0.95	0.290	490555572224.00	1.00	0.290	490652467200.00			
0.90	0.310	490619404288.00	0.95	0.310	490337370112.00	1.00	0.310	490383835136.00			
0.90	0.330	490483023872.00	0.95	0.330	490196172800.00	1.00	0.330	490383998976.00			
0.90	0.350	490622648320.00	0.95	0.350	490213179392.00	1.00	0.350	490435739648.00			

ตารางที่ 10 ค่าการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการสลับไขว้และการคัดเลือกค่าตัดแปลง (OUTPUT96_Avg)

Px	Mu	bestfit									
0.50	0.010	4776467103744.00	0.55	0.010	4776719810560.00	0.60	0.010	4775518142464.00	0.65	0.010	4776805793792.00
0.50	0.030	4777683976192.00	0.55	0.030	4777682927616.00	0.60	0.030	4774216335360.00	0.65	0.030	4775025836032.00
0.50	0.050	4777369927680.00	0.55	0.050	4776355430400.00	0.60	0.050	4776150433792.00	0.65	0.050	4774335873024.00
0.50	0.070	4776847736832.00	0.55	0.070	4774591201280.00	0.60	0.070	4777484746752.00	0.65	0.070	4774650970112.00
0.50	0.090	4773523750912.00	0.55	0.090	4777991208960.00	0.60	0.090	4776683634688.00	0.65	0.090	4776439840768.00
0.50	0.110	4774434439168.00	0.55	0.110	4773546819584.00	0.60	0.110	4776892825600.00	0.65	0.110	4774139789312.00
0.50	0.130	4776324497408.00	0.55	0.130	4776250048512.00	0.60	0.130	4776796880896.00	0.65	0.130	4777028091904.00
0.50	0.150	4776058159104.00	0.55	0.150	4777397714944.00	0.60	0.150	4776774860800.00	0.65	0.150	4777363636224.00
0.50	0.170	4775592591360.00	0.55	0.170	4773095931904.00	0.60	0.170	4774764216320.00	0.65	0.170	4776324497408.00
0.50	0.190	4774744293376.00	0.55	0.190	4775602552832.00	0.60	0.190	4775679623168.00	0.65	0.190	4775778713600.00
0.50	0.210	4776591360000.00	0.55	0.210	4774982844416.00	0.60	0.210	4773022531584.00	0.65	0.210	4777870098432.00
0.50	0.230	4783137619968.00	0.55	0.230	4774655164416.00	0.60	0.230	4779678367744.00	0.65	0.230	4776100102144.00
0.50	0.250	4776236941312.00	0.55	0.250	4778182574080.00	0.60	0.250	4773931122688.00	0.65	0.250	4776198144000.00
0.50	0.270	4776069693440.00	0.55	0.270	4773695193088.00	0.60	0.270	4778068279296.00	0.65	0.270	4772975869952.00
0.50	0.290	4776453996544.00	0.55	0.290	4775634010112.00	0.60	0.290	4774743244800.00	0.65	0.290	4774426574848.00
0.50	0.310	4776838823936.00	0.55	0.310	4773709873152.00	0.60	0.310	4775806500864.00	0.65	0.310	4773963628544.00
0.50	0.330	4776073363456.00	0.55	0.330	4775732576256.00	0.60	0.330	4775534395392.00	0.65	0.330	4775805976576.00
0.50	0.350	4775567949824.00	0.55	0.350	4774056427520.00	0.60	0.350	4773806342144.00	0.65	0.350	4774449119232.00

ตารางที่ 10 (ต่อ)

Px	Mu	bestfit									
0.70	0.010	4774353698816.00	0.75	0.010	4778056220672.00	0.80	0.010	4775754596352.00	0.85	0.010	4775589445632.00
0.70	0.030	4775246036992.00	0.75	0.030	4776198144000.00	0.80	0.030	4777886875648.00	0.85	0.030	4778153213952.00
0.70	0.050	4775586299904.00	0.75	0.050	4778310500352.00	0.80	0.050	4775455752192.00	0.85	0.050	4775765606400.00
0.70	0.070	4774205849600.00	0.75	0.070	4775748829184.00	0.80	0.070	4778040492032.00	0.85	0.070	4775659175936.00
0.70	0.090	4775123353600.00	0.75	0.090	4778253352960.00	0.80	0.090	4776598700032.00	0.85	0.090	4776513241088.00
0.70	0.110	4775053623296.00	0.75	0.110	4775672283136.00	0.80	0.110	4775877279744.00	0.85	0.110	4776414674944.00
0.70	0.130	4774103613440.00	0.75	0.130	4776183463936.00	0.80	0.130	4776167211008.00	0.85	0.130	4774239928320.00
0.70	0.150	4778431086592.00	0.75	0.150	4775672283136.00	0.80	0.150	4777715957760.00	0.85	0.150	4776266301440.00
0.70	0.170	4775793393664.00	0.75	0.170	4777722773504.00	0.80	0.170	4774946668544.00	0.85	0.170	4773270519808.00
0.70	0.190	4780682379264.00	0.75	0.190	4775172636672.00	0.80	0.190	4775105003520.00	0.85	0.190	4779300356096.00
0.70	0.210	4775587348480.00	0.75	0.210	4776365391872.00	0.80	0.210	4777747939328.00	0.85	0.210	4774415564800.00
0.70	0.230	4775141703680.00	0.75	0.230	4774985465856.00	0.80	0.230	4774873792512.00	0.85	0.230	4775099760640.00
0.70	0.250	4776275738624.00	0.75	0.250	4774474285056.00	0.80	0.250	4772389191680.00	0.85	0.250	4775642398720.00
0.70	0.270	4774602735616.00	0.75	0.270	4776731869184.00	0.80	0.270	4775577387008.00	0.85	0.270	4776486502400.00
0.70	0.290	4775256522752.00	0.75	0.290	4776384790528.00	0.80	0.290	4773530566656.00	0.85	0.290	4774344785920.00
0.70	0.310	4777235709952.00	0.75	0.310	4777677684736.00	0.80	0.310	4774571802624.00	0.85	0.310	4776176123904.00
0.70	0.330	4775348273152.00	0.75	0.330	4775526531072.00	0.80	0.330	4776889679872.00	0.85	0.330	4773221761024.00
0.70	0.350	4773498060800.00	0.75	0.350	4773908054016.00	0.80	0.350	4774922551296.00	0.85	0.350	4776305098752.00

ตารางที่ 10 (ต่อ)

Px	Mu	bestfit	Px	Mu	bestfit	Px	Mu	bestfit			
0.90	0.010	4781013729280.00	0.95	0.010	4777261924352.00	1.00	0.010	4777458008064.00	Px	หมายถึง	Probrability of Crossover
0.90	0.030	4777343188992.00	0.95	0.030	4776333410304.00	1.00	0.030	4775431110656.00	Mu	หมายถึง	Number of Mutation
0.90	0.050	4775975321600.00	0.95	0.050	4774321717248.00	1.00	0.050	4775285882880.00			Per Chromosome
0.90	0.070	4776494891008.00	0.95	0.070	4776965177344.00	1.00	0.070	4775880425472.00	bestfet	หมายถึง	best fitness in that
0.90	0.090	4777549234176.00	0.95	0.090	4775263862784.00	1.00	0.090	4774584909824.00			generation
0.90	0.110	4775166869504.00	0.95	0.110	4779635900416.00	1.00	0.110	4774465896448.00			
0.90	0.130	4775400177664.00	0.95	0.130	4775986331648.00	1.00	0.130	4776458715136.00			
0.90	0.150	4774580715520.00	0.95	0.150	4776059731968.00	1.00	0.150	4776770666496.00			
0.90	0.170	4776679964672.00	0.95	0.170	4774841810944.00	1.00	0.170	4775278018560.00			
0.90	0.190	4774756876288.00	0.95	0.190	4774893191168.00	1.00	0.190	4776176648192.00			
0.90	0.210	4775033176064.00	0.95	0.210	4775805452288.00	1.00	0.210	4778791272448.00			
0.90	0.230	4775322583040.00	0.95	0.230	4776771190784.00	1.00	0.230	4776538406912.00			
0.90	0.250	4777745842176.00	0.95	0.250	4776923758592.00	1.00	0.250	4774621085696.00			
0.90	0.270	4774269812736.00	0.95	0.270	4776832532480.00	1.00	0.270	4774974980096.00			
0.90	0.290	4776970944512.00	0.95	0.290	4774638387200.00	1.00	0.290	4775369244672.00			
0.90	0.310	4773647482880.00	0.95	0.310	4776438792192.00	1.00	0.310	4775235026944.00			
0.90	0.330	4775002243072.00	0.95	0.330	4773633327104.00	1.00	0.330	4774061146112.00			
0.90	0.350	4774557646848.00	0.95	0.350	4775012204544.00	1.00	0.350	4774167052288.00			

ตารางที่ 11 ค่าการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการสลับไขว้และการคัดเลือกค่าตัดแปลง (OUTPUT48_Y40)

Px	Mu	bestfit									
0.50	0.010	787790036992.00	0.55	0.010	787666894848.00	0.60	0.010	787083755520.00	0.65	0.010	787646119936.00
0.50	0.030	787917373440.00	0.55	0.030	787421921280.00	0.60	0.030	789716140032.00	0.65	0.030	787633405952.00
0.50	0.050	788739194880.00	0.55	0.050	791204724736.00	0.60	0.050	787565772800.00	0.65	0.050	787582746624.00
0.50	0.070	788832518144.00	0.55	0.070	787078709248.00	0.60	0.070	787889651712.00	0.65	0.070	787541262336.00
0.50	0.090	788068040704.00	0.55	0.090	787935854592.00	0.60	0.090	787895091200.00	0.65	0.090	788712259584.00
0.50	0.110	787916324864.00	0.55	0.110	790615228416.00	0.60	0.110	787310837760.00	0.65	0.110	787901054976.00
0.50	0.130	787751436288.00	0.55	0.130	787500498944.00	0.60	0.130	787474219008.00	0.65	0.130	787222298624.00
0.50	0.150	786804834304.00	0.55	0.150	787600572416.00	0.60	0.150	787817234432.00	0.65	0.150	787710476288.00
0.50	0.170	787382796288.00	0.55	0.170	788263600128.00	0.60	0.170	788423966720.00	0.65	0.170	787406389248.00
0.50	0.190	787296747520.00	0.55	0.190	787497025536.00	0.60	0.190	787384565760.00	0.65	0.190	788188692480.00
0.50	0.210	787545718784.00	0.55	0.210	787301335040.00	0.60	0.210	787498139648.00	0.65	0.210	787551748096.00
0.50	0.230	788316422144.00	0.55	0.230	787917242368.00	0.60	0.230	788244529152.00	0.65	0.230	787954860032.00
0.50	0.250	787002032128.00	0.55	0.250	787648151552.00	0.60	0.250	787245498368.00	0.65	0.250	787219677184.00
0.50	0.270	787361300480.00	0.55	0.270	787130482688.00	0.60	0.270	787709558784.00	0.65	0.270	788012400640.00
0.50	0.290	787351797760.00	0.55	0.290	787162267648.00	0.60	0.290	787880935424.00	0.65	0.290	789346713600.00
0.50	0.310	787550699520.00	0.55	0.310	787063373824.00	0.60	0.310	787355533312.00	0.65	0.310	787557515264.00
0.50	0.330	787472384000.00	0.55	0.330	787119276032.00	0.60	0.330	787019661312.00	0.65	0.330	787264241664.00
0.50	0.350	787203883008.00	0.55	0.350	787376635904.00	0.60	0.350	787311558656.00	0.65	0.350	787212206080.00

ตารางที่ 11 (ต่อ)

Px	Mu	bestfit									
0.70	0.010	790072000512.00	0.75	0.010	788093665280.00	0.80	0.010	788334247936.00	0.85	0.010	789030240256.00
0.70	0.030	787924058112.00	0.75	0.030	787617284096.00	0.80	0.030	788848574464.00	0.85	0.030	787471007744.00
0.70	0.050	789661286400.00	0.75	0.050	786828296192.00	0.80	0.050	788034486272.00	0.85	0.050	787674169344.00
0.70	0.070	787114688512.00	0.75	0.070	788792541184.00	0.80	0.070	787052036096.00	0.85	0.070	787384565760.00
0.70	0.090	787687866368.00	0.75	0.090	787318571008.00	0.80	0.090	788874395648.00	0.85	0.090	788054474752.00
0.70	0.110	788482752512.00	0.75	0.110	787002884096.00	0.80	0.110	787072614400.00	0.85	0.110	787049742336.00
0.70	0.130	787253690368.00	0.75	0.130	788880883712.00	0.80	0.130	787306446848.00	0.85	0.130	787902496768.00
0.70	0.150	787604439040.00	0.75	0.150	787950534656.00	0.80	0.150	788172832768.00	0.85	0.150	789323186176.00
0.70	0.170	788068106240.00	0.75	0.170	788121714688.00	0.80	0.170	787341639680.00	0.85	0.170	787371393024.00
0.70	0.190	787273809920.00	0.75	0.190	788392574976.00	0.80	0.190	789375287296.00	0.85	0.190	787520094208.00
0.70	0.210	787375587328.00	0.75	0.210	787294519296.00	0.80	0.210	787445710848.00	0.85	0.210	786995806208.00
0.70	0.230	787241697280.00	0.75	0.230	787004063744.00	0.80	0.230	787239665664.00	0.85	0.230	787766706176.00
0.70	0.250	787332923392.00	0.75	0.250	787150471168.00	0.80	0.250	786856345600.00	0.85	0.250	786730975232.00
0.70	0.270	787169804288.00	0.75	0.270	787225182208.00	0.80	0.270	787415629824.00	0.85	0.270	788486881280.00
0.70	0.290	787180290048.00	0.75	0.290	787196805120.00	0.80	0.290	787217121280.00	0.85	0.290	787073073152.00
0.70	0.310	787359006720.00	0.75	0.310	786980274176.00	0.80	0.310	786930466816.00	0.85	0.310	787318636544.00
0.70	0.330	786964414464.00	0.75	0.330	786923651072.00	0.80	0.330	786980995072.00	0.85	0.330	787975503872.00
0.70	0.350	787379126272.00	0.75	0.350	787739443200.00	0.80	0.350	787389808640.00	0.85	0.350	788485308416.00

ตารางที่ 11 (ต่อ)

Px	Mu	bestfit	Px	Mu	bestfit	Px	Mu	bestfit			
0.90	0.010	788300365824.00	0.95	0.010	788132528128.00	1.00	0.010	787396231168.00	Px	หมายถึง	Probrability of Crossover
0.90	0.030	789087059968.00	0.95	0.030	788409155584.00	1.00	0.030	787734200320.00	Mu	หมายถึง	Number of Mutation
0.90	0.050	787519700992.00	0.95	0.050	787165872128.00	1.00	0.050	787710803968.00			Per Chromosome
0.90	0.070	788118306816.00	0.95	0.070	786961268736.00	1.00	0.070	787395772416.00	bestfet	หมายถึง	best fitness in that
0.90	0.090	787047972864.00	0.95	0.090	787436208128.00	1.00	0.090	789026701312.00			generation
0.90	0.110	787283902464.00	0.95	0.110	788262092800.00	1.00	0.110	786861260800.00			
0.90	0.130	788658847744.00	0.95	0.130	787214696448.00	1.00	0.130	787450757120.00			
0.90	0.150	787771490304.00	0.95	0.150	788346765312.00	1.00	0.150	787172884480.00			
0.90	0.170	788065222656.00	0.95	0.170	787823656960.00	1.00	0.170	786850185216.00			
0.90	0.190	787489619968.00	0.95	0.190	787463143424.00	1.00	0.190	787767885824.00			
0.90	0.210	787261423616.00	0.95	0.210	788542128128.00	1.00	0.210	787112132608.00			
0.90	0.230	787459538944.00	0.95	0.230	787445841920.00	1.00	0.230	787628490752.00			
0.90	0.250	787291045888.00	0.95	0.250	788406599680.00	1.00	0.250	787246350336.00			
0.90	0.270	787647496192.00	0.95	0.270	787782172672.00	1.00	0.270	787642187776.00			
0.90	0.290	787157155840.00	0.95	0.290	787096338432.00	1.00	0.290	787799867392.00			
0.90	0.310	787088867328.00	0.95	0.310	787252445184.00	1.00	0.310	787818217472.00			
0.90	0.330	787296485376.00	0.95	0.330	787439550464.00	1.00	0.330	787487064064.00			
0.90	0.350	786904973312.00	0.95	0.350	787416809472.00	1.00	0.350	786868273152.00			

ตารางที่ 12 ค่าการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการสลับใจ และการคัดเลือกค่าตัดแปลง (OUTPUT96_Y40)

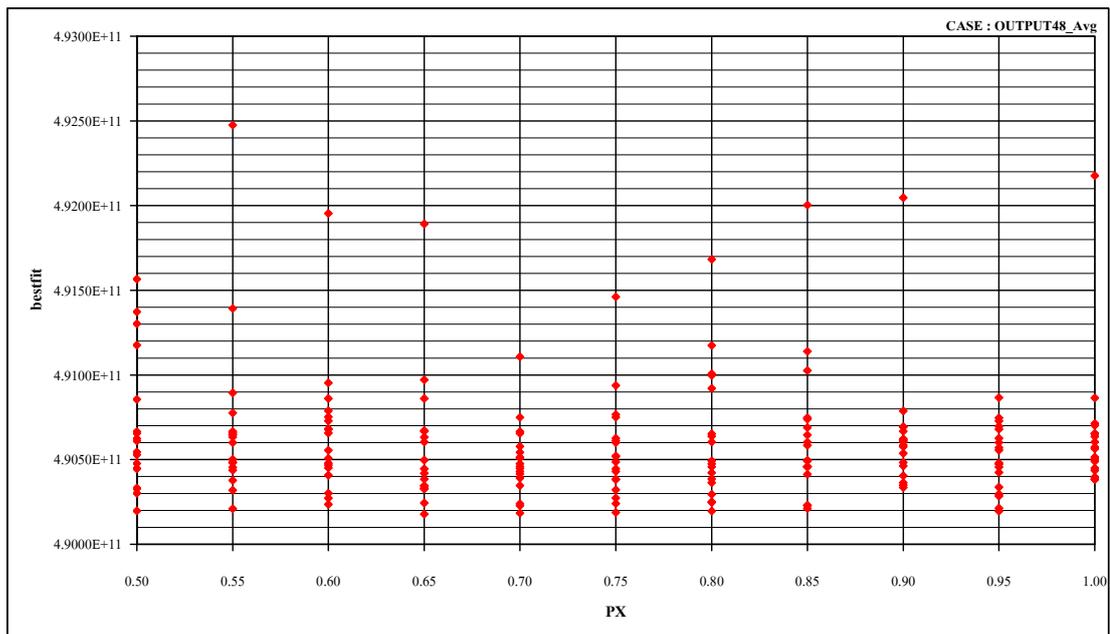
Px	Mu	bestfit									
0.50	0.010	5376082182144.00	0.55	0.010	5374658740224.00	0.60	0.010	5373753294848.00	0.65	0.010	5372414263296.00
0.50	0.030	5379967680512.00	0.55	0.030	5374730567680.00	0.60	0.030	5372992552960.00	0.65	0.030	5375903924224.00
0.50	0.050	5375413190656.00	0.55	0.050	5374675517440.00	0.60	0.050	5373049700352.00	0.65	0.050	5372725166080.00
0.50	0.070	5374261329920.00	0.55	0.070	5374937137152.00	0.60	0.070	5373301358592.00	0.65	0.070	5373041836032.00
0.50	0.090	5374906728448.00	0.55	0.090	5372983640064.00	0.60	0.090	5375913361408.00	0.65	0.090	5377011220480.00
0.50	0.110	5372596715520.00	0.55	0.110	5374312185856.00	0.60	0.110	5373685661696.00	0.65	0.110	5373289824256.00
0.50	0.130	5372666970112.00	0.55	0.130	5372831596544.00	0.60	0.130	5376929955840.00	0.65	0.130	5372370747392.00
0.50	0.150	5373333340160.00	0.55	0.150	5373286678528.00	0.60	0.150	5373808345088.00	0.65	0.150	5373457596416.00
0.50	0.170	5372163653632.00	0.55	0.170	5372729360384.00	0.60	0.170	5373875978240.00	0.65	0.170	5373815160832.00
0.50	0.190	5374566989824.00	0.55	0.190	5373366370304.00	0.60	0.190	5373902192640.00	0.65	0.190	5373108420608.00
0.50	0.210	5374067867648.00	0.55	0.210	5372629745664.00	0.60	0.210	5373329145856.00	0.65	0.210	5373301882880.00
0.50	0.230	5373385768960.00	0.55	0.230	5373850288128.00	0.60	0.230	5372876161024.00	0.65	0.230	5373453926400.00
0.50	0.250	5373547249664.00	0.55	0.250	5373681467392.00	0.60	0.250	5373167140864.00	0.65	0.250	5372746661888.00
0.50	0.270	5374617845760.00	0.55	0.270	5372976824320.00	0.60	0.270	5372580462592.00	0.65	0.270	5373654728704.00
0.50	0.290	5371530313728.00	0.55	0.290	5372573646848.00	0.60	0.290	5373165043712.00	0.65	0.290	5373545676800.00
0.50	0.310	5373434527744.00	0.55	0.310	5372426846208.00	0.60	0.310	5374089887744.00	0.65	0.310	5372917055488.00
0.50	0.330	5372770254848.00	0.55	0.330	5372221849600.00	0.60	0.330	5371623112704.00	0.65	0.330	5372477702144.00
0.50	0.350	5372719398912.00	0.55	0.350	5372955852800.00	0.60	0.350	5372992552960.00	0.65	0.350	5372503916544.00

ตารางที่ 12 (ต่อ)

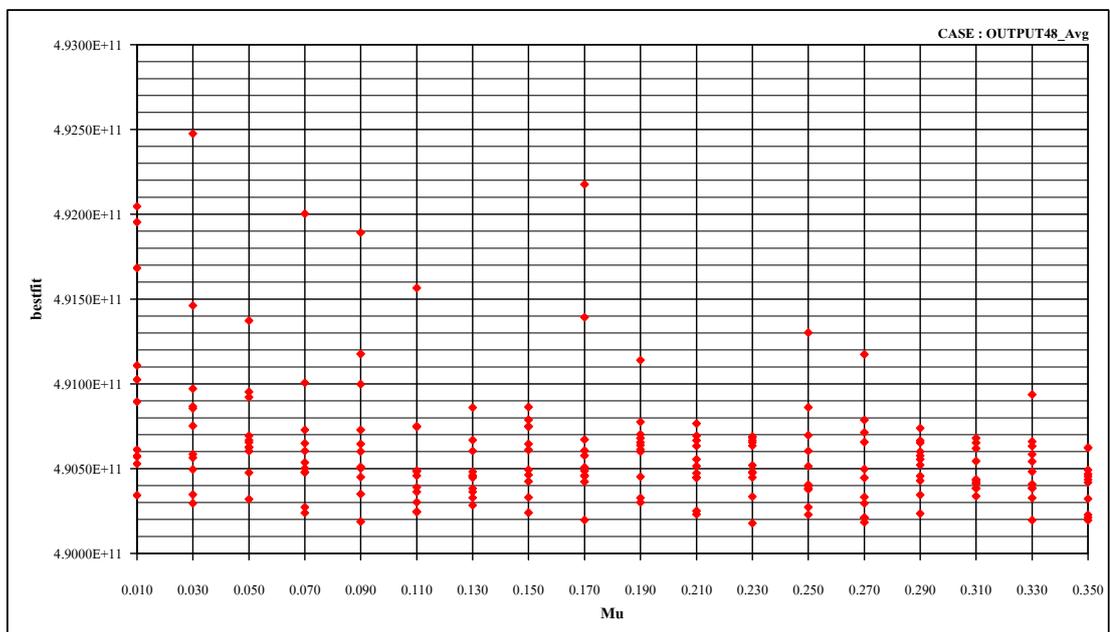
Px	Mu	bestfit									
0.70	0.010	5378012086272.00	0.75	0.010	5372440477696.00	0.80	0.010	5377015939072.00	0.85	0.010	5375194562560.00
0.70	0.030	5373222191104.00	0.75	0.030	5374146510848.00	0.80	0.030	5374652448768.00	0.85	0.030	5373133586432.00
0.70	0.050	5373979262976.00	0.75	0.050	5373637427200.00	0.80	0.050	5373058088960.00	0.85	0.050	5371981725696.00
0.70	0.070	5373446062080.00	0.75	0.070	5373620125696.00	0.80	0.070	5371563868160.00	0.85	0.070	5373691953152.00
0.70	0.090	5374385586176.00	0.75	0.090	5373102129152.00	0.80	0.090	5373653680128.00	0.85	0.090	5375284740096.00
0.70	0.110	5371735310336.00	0.75	0.110	5374620991488.00	0.80	0.110	5374587961344.00	0.85	0.110	5374090936320.00
0.70	0.130	5372076621824.00	0.75	0.130	5371149156352.00	0.80	0.130	5377001783296.00	0.85	0.130	5372741419008.00
0.70	0.150	5372253831168.00	0.75	0.150	5372156313600.00	0.80	0.150	5372057747456.00	0.85	0.150	5374791909376.00
0.70	0.170	5374849581056.00	0.75	0.170	5379856531456.00	0.80	0.170	5371815002112.00	0.85	0.170	5373380001792.00
0.70	0.190	5373362700288.00	0.75	0.190	5372633939968.00	0.80	0.190	5372706816000.00	0.85	0.190	5373237919744.00
0.70	0.210	5373723410432.00	0.75	0.210	5371767291904.00	0.80	0.210	5372817965056.00	0.85	0.210	5371749990400.00
0.70	0.230	5372647047168.00	0.75	0.230	5371341045760.00	0.80	0.230	5373439246336.00	0.85	0.230	5372632367104.00
0.70	0.250	5372025765888.00	0.75	0.250	5372212412416.00	0.80	0.250	5372631842816.00	0.85	0.250	5374248747008.00
0.70	0.270	5371635695616.00	0.75	0.270	5372794896384.00	0.80	0.270	5372666970112.00	0.85	0.270	5373688283136.00
0.70	0.290	5373469655040.00	0.75	0.290	5374747869184.00	0.80	0.290	5373350117376.00	0.85	0.290	5372890316800.00
0.70	0.310	5373888561152.00	0.75	0.310	5372647571456.00	0.80	0.310	5372331425792.00	0.85	0.310	5371361492992.00
0.70	0.330	5372616114176.00	0.75	0.330	5373323378688.00	0.80	0.330	5373971398656.00	0.85	0.330	5373728653312.00
0.70	0.350	5373528899584.00	0.75	0.350	5373548298240.00	0.80	0.350	5372504440832.00	0.85	0.350	5373082206208.00

ตารางที่ 12 (ต่อ)

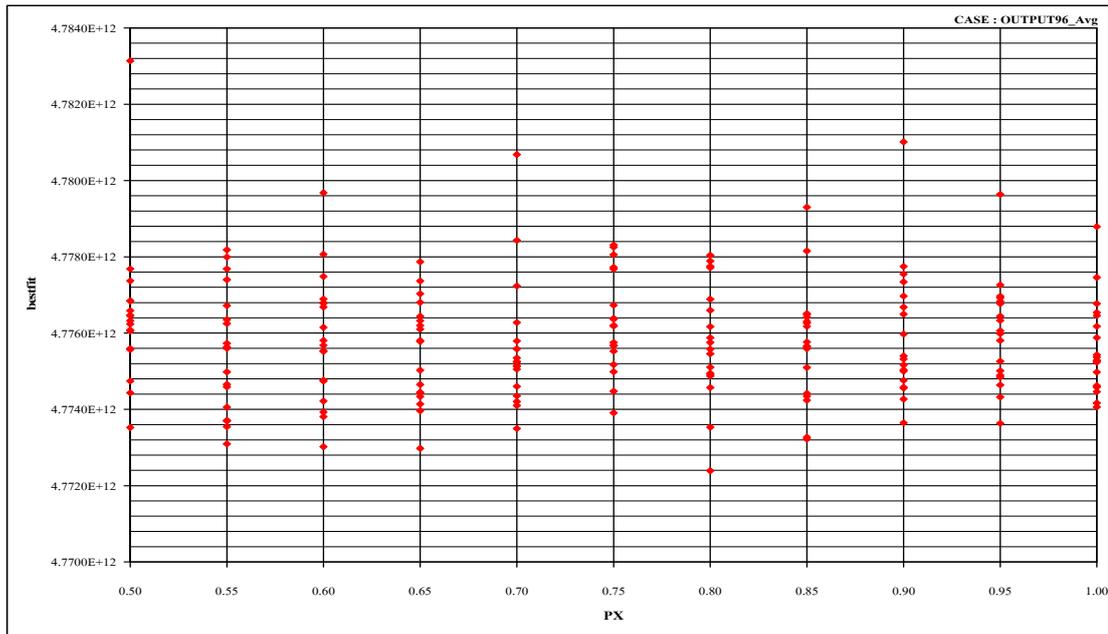
Px	Mu	bestfit	Px	Mu	bestfit	Px	Mu	bestfit			
0.90	0.010	5372920201216.00	0.95	0.010	5373441343488.00	1.00	0.010	5376098435072.00	Px	หมายถึง	Probrability of Crossover
0.90	0.030	5372364980224.00	0.95	0.030	5375036227584.00	1.00	0.030	5372308881408.00	Mu	หมายถึง	Number of Mutation
0.90	0.050	5376055443456.00	0.95	0.050	5374743674880.00	1.00	0.050	5375315148800.00			Per Chromosome
0.90	0.070	5375026266112.00	0.95	0.070	5374112432128.00	1.00	0.070	5372080816128.00	bestfet	หมายถึง	best fitness in that
0.90	0.090	5373806247936.00	0.95	0.090	5374584815616.00	1.00	0.090	5373699293184.00			generation
0.90	0.110	5372317794304.00	0.95	0.110	5372795420672.00	1.00	0.110	5372897132544.00			
0.90	0.130	5373774790656.00	0.95	0.130	5371908849664.00	1.00	0.130	5373437673472.00			
0.90	0.150	5374744199168.00	0.95	0.150	5373368467456.00	1.00	0.150	5372903424000.00			
0.90	0.170	5372703145984.00	0.95	0.170	5373475946496.00	1.00	0.170	5374621515776.00			
0.90	0.190	5374918262784.00	0.95	0.190	5372784934912.00	1.00	0.190	5371590606848.00			
0.90	0.210	5374054760448.00	0.95	0.210	5373794713600.00	1.00	0.210	5373014573056.00			
0.90	0.230	5372499722240.00	0.95	0.230	5374223056896.00	1.00	0.230	5372846276608.00			
0.90	0.250	5372521742336.00	0.95	0.250	5374655070208.00	1.00	0.250	5374027497472.00			
0.90	0.270	5373214851072.00	0.95	0.270	5373399400448.00	1.00	0.270	5371351531520.00			
0.90	0.290	5374481006592.00	0.95	0.290	5374618894336.00	1.00	0.290	5372078718976.00			
0.90	0.310	5372017377280.00	0.95	0.310	5372049358848.00	1.00	0.310	5373712924672.00			
0.90	0.330	5373533093888.00	0.95	0.330	5373246308352.00	1.00	0.330	5373780033536.00			
0.90	0.350	5372229713920.00	0.95	0.350	5373599154176.00	1.00	0.350	5374395023360.00			



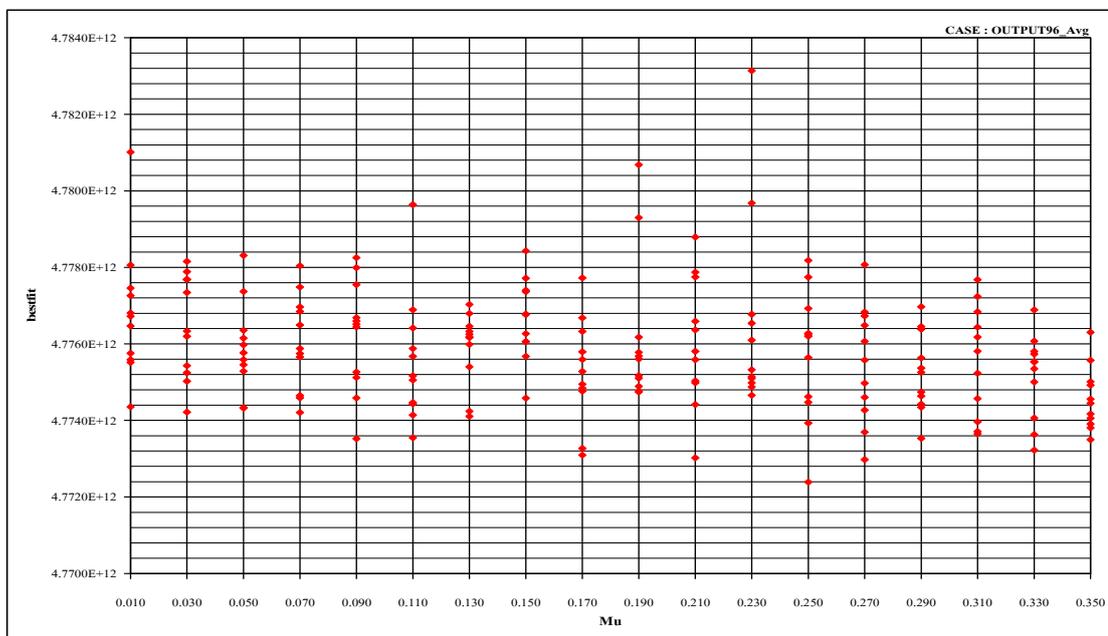
ภาพที่ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นในการสลับไขว้ และค่า bestfit
(OUTPUT48_Avg)



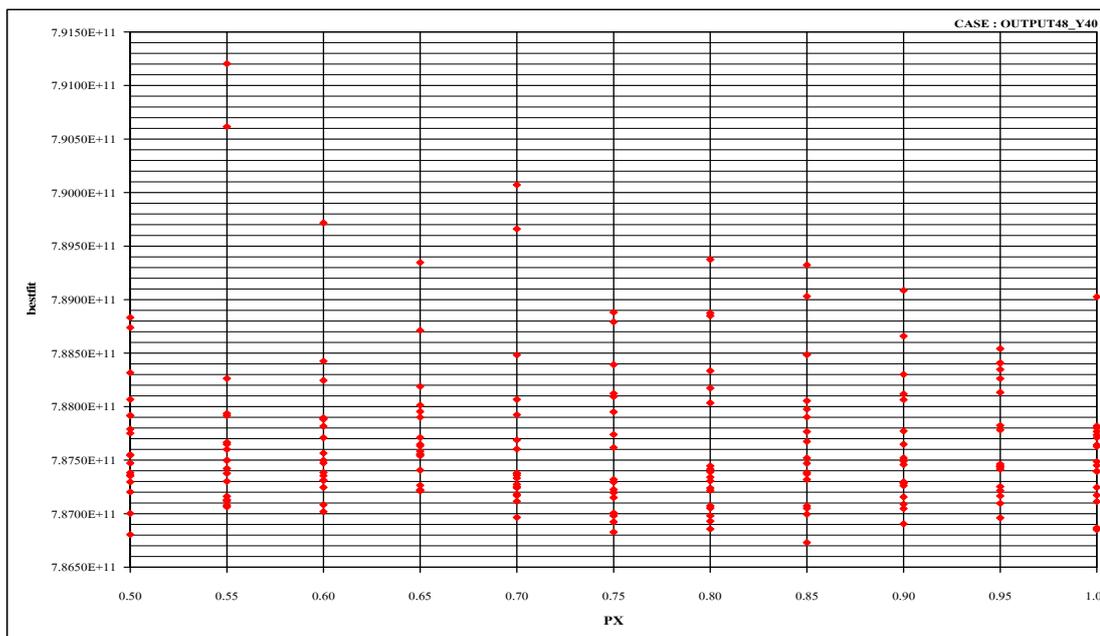
ภาพที่ 15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการคัดเลือกค่าตัดแปลงและค่า bestfit
(OUTPUT48_Avg)



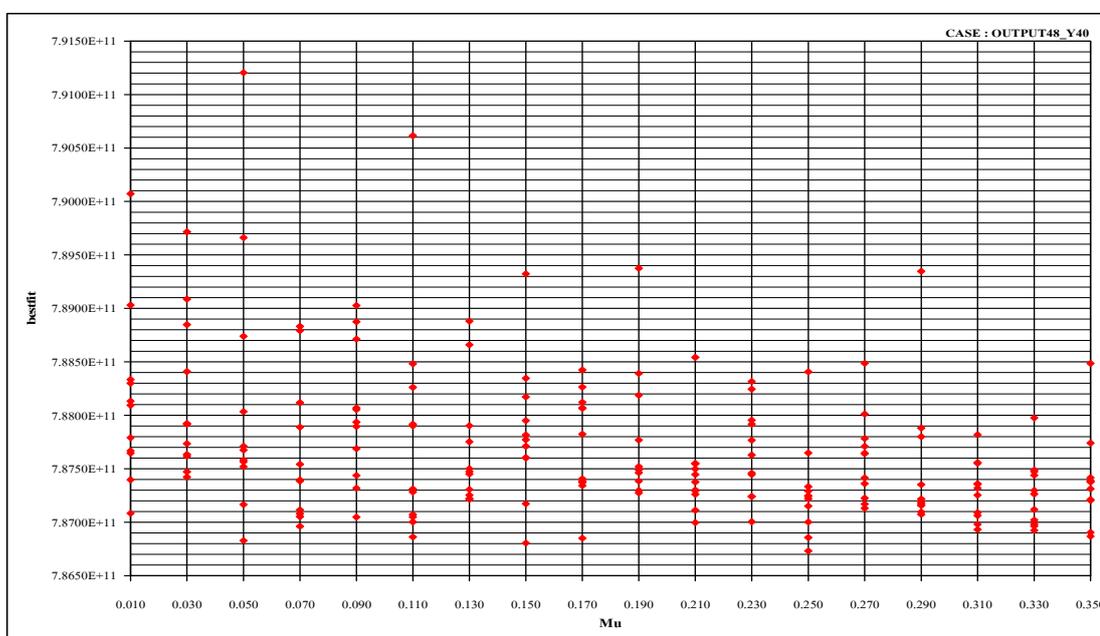
ภาพที่ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นในการสลับไขว้ และค่า bestfit (OUTPUT96_Avg)



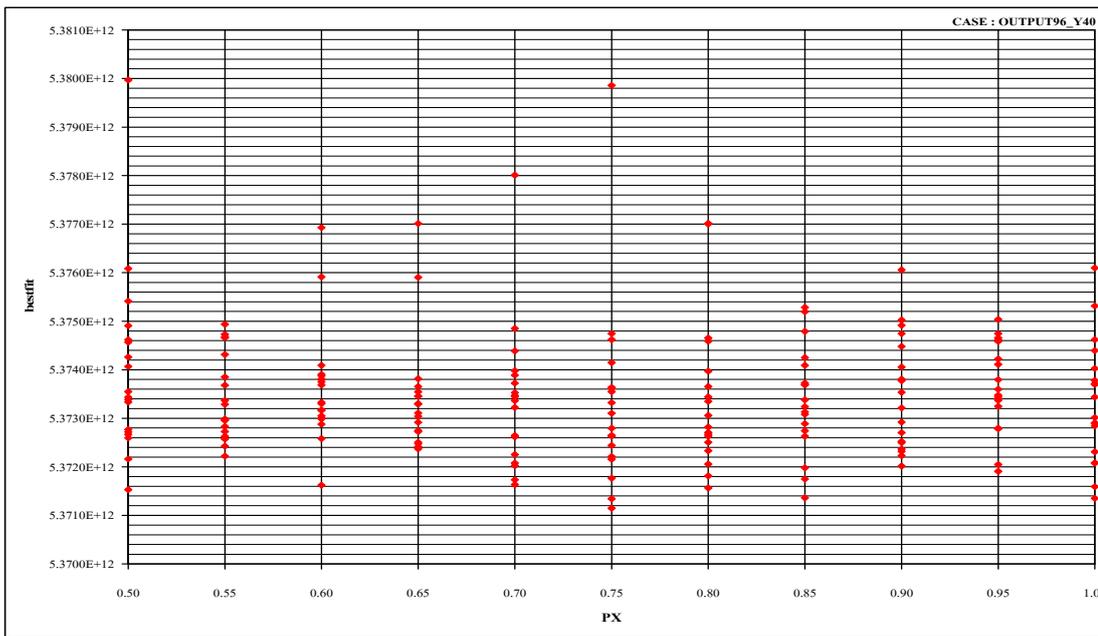
ภาพที่ 17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการคัดเลือกค่าตัดแปลงและค่า bestfit (OUTPUT96_Avg)



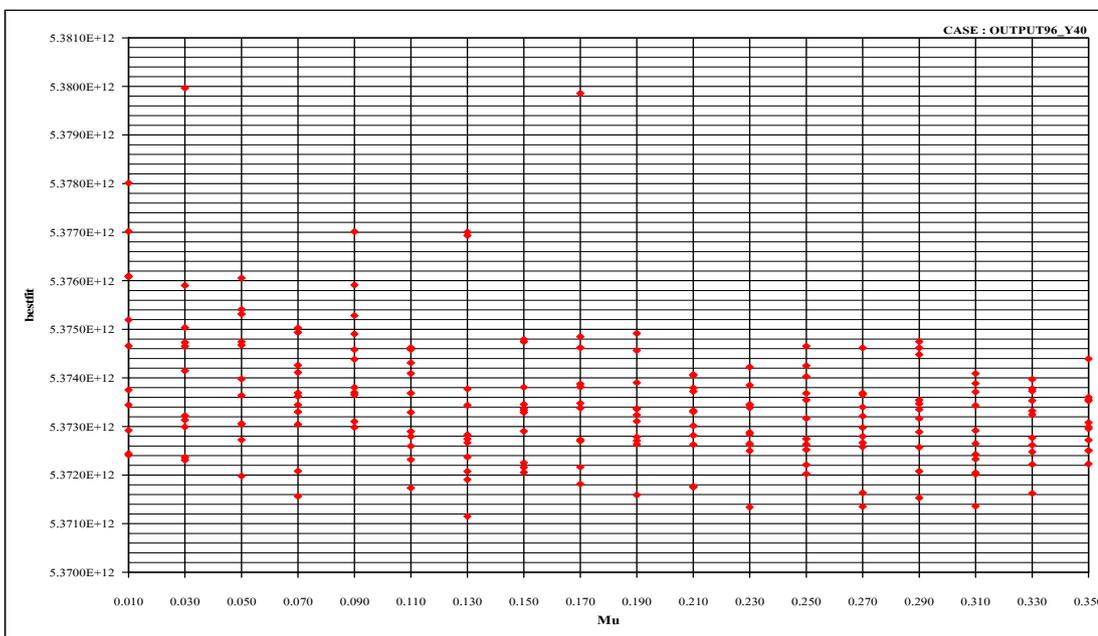
ภาพที่ 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นในการสลับไขว้ และค่า bestfit (OUTPUT48_Y40)



ภาพที่ 19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการคัดเลือกค่าตัดแปลงและค่า bestfit (OUTPUT48_Y40)



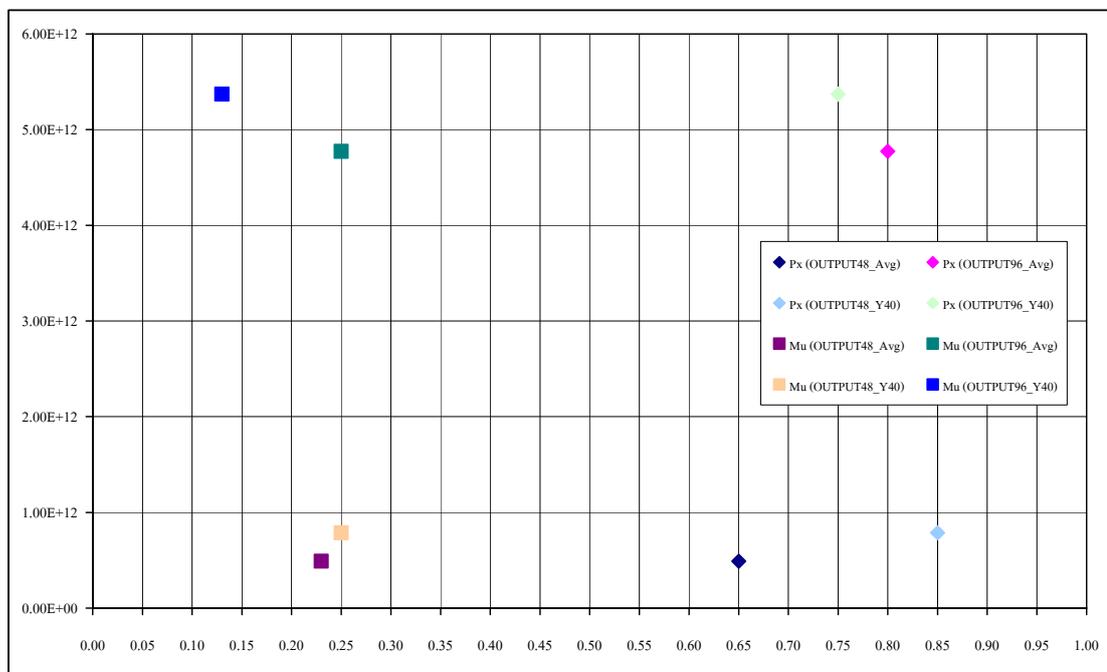
ภาพที่ 20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นในการสลับไขว้ และค่า bestfit (OUTPUT96_Y40)



ภาพที่ 21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการคัดเลือกค่าตัดแปลงและค่า bestfit (OUTPUT96_Y40)

ตารางที่ 13 สรุปผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการสลับไขว้และการคัดเลือกค่าตัดแปลง

CASE	ค่า Px	ค่า Mu	ค่า bestfit	จำนวนรอบการคำนวณ
OUTPUT48_Avg	0.65	0.230	490178609152.00	600
OUTPUT96_Avg	0.80	0.250	4772389191680.00	600
OUTPUT48_Y40	0.85	0.250	786730975232.00	600
OUTPUT96_Y40	0.75	0.130	5371149156352.00	600



ภาพที่ 22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นในการสลับไขว้ การคัดเลือกค่าตัดแปลง และค่า bestfit

การประยุกต์ใช้โปรแกรมพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ GAWS-2004 ในการจัดสรรน้ำ

การประยุกต์ใช้โปรแกรมพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ GAWS-2004 ในการจัดสรรน้ำ ได้เลือกเหตุการณ์ในการจำลองสภาพการจัดสรรน้ำ เพื่อให้ครอบคลุมกับสภาพปัญหาในกรณีที่น้ำฝนตกน้อยกว่าเกณฑ์เฉลี่ย โดยการใช้น้ำฝนเฉลี่ย 14 ปี (Avg) เพื่อหาช่วงระยะเวลาที่ต้องส่งน้ำให้กับพืช และการใช้น้ำฝนเฉลี่ยที่น้อยที่สุดที่สามารถส่งน้ำได้ (น้ำฝนเฉลี่ยปี 2540, Y40) เพื่อหาช่วงระยะเวลาที่ต้องส่งน้ำให้กับพืชเช่นกัน โดยจะพิจารณาการส่งน้ำที่แตกต่างกันอีก 2 กรณีคือการส่งน้ำวันละ 12 ชั่วโมง (48 TP) และส่งน้ำวันละ 24 ชั่วโมง (96 TP) โดยกรณีส่งน้ำวันละ 12 ชั่วโมงได้มาจากการสอบถามเกษตรกรในพื้นที่ ส่วนใหญ่จะทำการส่งน้ำแก่พืชในช่วงระยะเวลา 06.30 น. ถึงเวลา 18.30 น.

การส่งน้ำวันละ 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง จะพิจารณาแบ่งการส่งน้ำใน 1 ชั่วโมง ออกเป็น 4 ช่วงระยะเวลา (Time Period, TP) โดยคิดเป็นช่วงระยะเวลา 48 ช่วงระยะเวลา (48 TP) สำหรับการส่งน้ำให้กับพืชในวันละ 12 ชั่วโมง และ 96 ช่วงระยะเวลา (96 TP) สำหรับการส่งน้ำวันละ 24 ชั่วโมง โดยผลการประมวลผลโปรแกรม GAWS-2004 ของกรณีการใช้น้ำฝนเฉลี่ย 14 ปี สำหรับการส่งน้ำ 12 ชั่วโมงหรือช่วงระยะเวลาการส่งน้ำ 48 ช่วงระยะเวลา ว่าเป็น OUTPUT48_Avg และ OUTPUT96_Avg สำหรับการส่งน้ำ 24 ชั่วโมงหรือช่วงระยะเวลาการส่งน้ำ 96 ช่วงระยะเวลา และสำหรับผลการประมวลผลโปรแกรม GAWS-2004 ในกรณีใช้น้ำฝนเฉลี่ยที่น้อยที่สุดที่สามารถส่งน้ำได้ คือปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยปี 2540 สำหรับการส่งน้ำ 12 ชั่วโมงหรือช่วงระยะเวลาการส่งน้ำ 48 ช่วงระยะเวลา เรียกเป็น OUTPUT48_Y40 และ OUTPUT96_Y40 สำหรับการส่งน้ำ 24 ชั่วโมงหรือช่วงระยะเวลาการส่งน้ำ 96 ช่วงระยะเวลา ซึ่งการแบ่งการส่งน้ำใน 1 ชั่วโมงออกเป็น 4 ช่วงระยะเวลา (4 TP) นั้น เพื่อลดปริมาณน้ำที่เหลือในแต่ละอาคารจ่ายน้ำลง และยังคงช่วงระยะเวลาการส่งน้ำ โดยปริมาณน้ำที่เหลือจากการส่งน้ำในแต่ละอาคารจ่ายน้ำ จะสามารถนำมาขยายพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้นได้

ในส่วนของอาคารจ่ายน้ำที่ 22 และ 23 เนื่องจากอาคารจ่ายน้ำดังกล่าวจะอยู่ในบริเวณเขตชุมชนเมือง (เขตเทศบาล) ทำให้ไม่มีพื้นที่เพาะปลูก แต่จะพิจารณาส่งน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคแทน โดยจะพิจารณาเฉลี่ยครอบครัวละ 4 คน และมีปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 200 ลิตร/คน/วัน

ตารางที่ 14 จำนวนกรณีการจำลองสถานการณ์การจัดสรรน้ำด้วยโปรแกรม GAWS-2004

สถานการณ์น้ำฝน	ระยะเวลาการส่งน้ำ		รวม (กรณี)
	12 ชั่วโมง (48 TP)	24 ชั่วโมง (96 TP)	
น้ำฝนเฉลี่ย 14 ปี	✓ (OUTPUT48_Avg)	✓ (OUTPUT96_Avg)	2
น้ำฝนเฉลี่ยที่น้อยที่สุดที่สามารถส่งน้ำได้	✓ (OUTPUT48_Y40)	✓ (OUTPUT96_Y40)	2
รวมกรณี			4

ผลการจำลองสถานการณ์การจัดสรรน้ำด้วยโปรแกรม GAWS-2004 ในกรณีต่างๆ ในระบบชลประทานของท่อส่งน้ำอ่างเก็บน้ำคลองระโกล โดยใช้น้ำฝนเฉลี่ย 14 ปี และน้ำฝนเฉลี่ยที่น้อยที่สุดที่สามารถส่งน้ำได้ คือน้ำฝนเฉลี่ยปี 2540 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 11 และภาพที่ 14 - 15 โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. กรณีน้ำฝนเฉลี่ย 14 ปี และช่วงระยะเวลาส่งน้ำ 48 TP (OUTPUT48_Avg)

จากการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องส่งไปยังแปลงเพาะปลูก หรือความต้องการน้ำของพืช จะพบว่าต้องส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูก โดยเริ่มต้นการส่งน้ำตั้งแต่เดือนธันวาคมเป็นไปจนถึงเดือนเมษายน รวมเป็นจำนวนวันที่ต้องส่งน้ำคือ 151 วัน ซึ่งโปรแกรม GAWS-2004 สามารถจัดสรรน้ำให้กับพื้นที่ชลประทานในแต่ละอาคารจ่ายน้ำทั้ง 34 อาคารจ่ายน้ำ ที่มีความต้องการน้ำในแต่ละอาคารจ่ายน้ำเฉลี่ยตั้งแต่ 300,000 - 750,000 ลิตร/วัน ได้โดยเท่าเทียมกัน และยังมีปริมาณน้ำเหลือจากการส่งน้ำทั้ง 34 อาคารจ่ายน้ำทั้งสิ้น 3,827,196.00 ลิตร/วัน โดยมีอาคารจ่ายน้ำที่ 11 สามารถเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกได้มากที่สุด ดังภาพที่ 23 และอาคารจ่ายน้ำที่ 18 เพิ่มพื้นที่เพาะปลูกได้น้อยที่สุด ดังภาพที่ 24 ซึ่งผลรวมของการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกในชนิดของไม้ผลต่างๆ ในกรณีการส่งน้ำ 12 ชั่วโมง และฝนเฉลี่ย 14 ปี คือ ทูเรียน 574 ไร่, เงาะ 493 ไร่, มังคุด 493 ไร่ หรือลองกอง 524 ไร่ และในส่วนของการอุปโภคบริโภค สามารถสนับสนุนเพื่อการอุปโภคบริโภคได้ถึง 2,090 คน และ 1,857 คน ในท่อส่งน้ำที่ 22 และ 23 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 1 ถึงภาพที่ 34 และตารางที่ 32

2. กรณีน้ำฝนเฉลี่ย 14 ปี และช่วงระยะเวลาส่งน้ำ 96 TP (OUTPUT96_Avg)

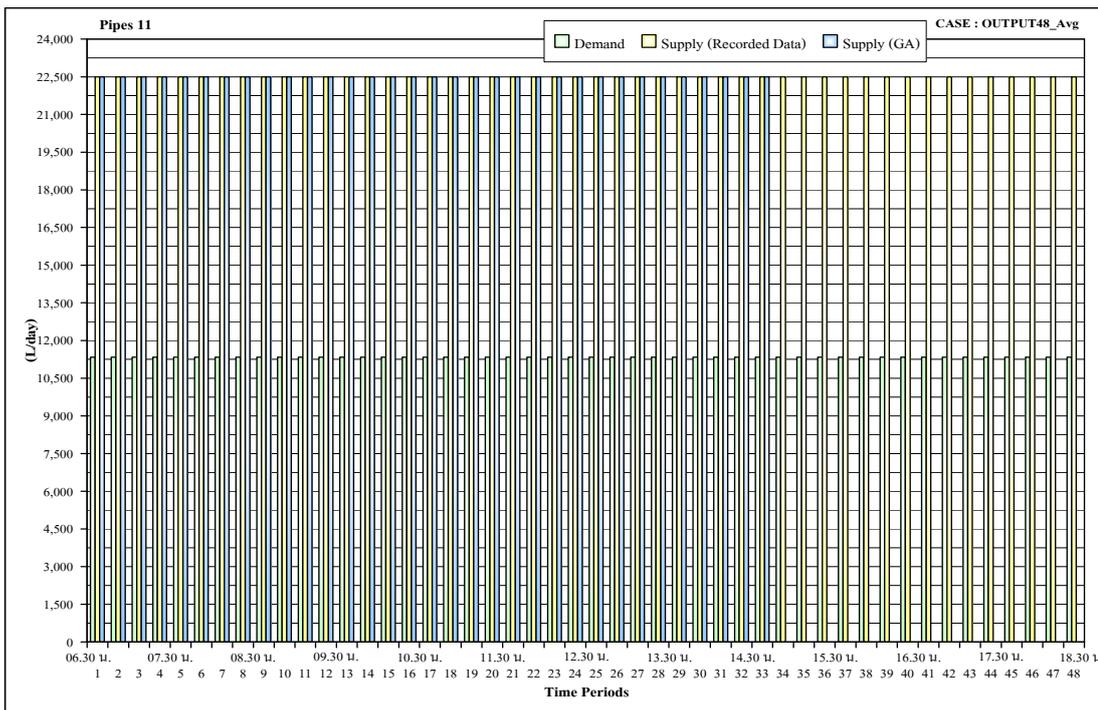
จากการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องส่งไปยังแปลงเพาะปลูก หรือความต้องการน้ำของพืช จะพบว่าต้องส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูก โดยเริ่มต้นการส่งน้ำตั้งแต่เดือนธันวาคมเป็นไปจนถึงเดือนเมษายน รวมเป็นจำนวนวันที่ต้องส่งน้ำคือ 151 วัน ซึ่งโปรแกรม GAWS-2004 สามารถจัดสรรน้ำให้กับพื้นที่ชลประทานในแต่ละอาคารจ่ายน้ำทั้ง 34 อาคารจ่ายน้ำ ที่มีความต้องการน้ำในแต่ละอาคารจ่ายน้ำเฉลี่ยตั้งแต่ 300,000 - 750,000 ลิตร/วัน ได้โดยเท่าเทียมกัน และยังมีปริมาณน้ำเหลือจากการส่งน้ำทั้ง 34 อาคารจ่ายน้ำทั้งสิ้น 21,226,428.00 ลิตร/วัน โดยมีอาคารจ่ายน้ำที่ 11 สามารถเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกได้มากที่สุด ดังภาพที่ 25 และอาคารจ่ายน้ำที่ 26 เพิ่มพื้นที่เพาะปลูกได้น้อยที่สุด ดังภาพที่ 26 ซึ่งผลรวมของการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกในชนิดของไม้ผลต่างๆ ในกรณีการส่งน้ำ 24 ชั่วโมง และฝนเฉลี่ย 14 ปี คือ ทูเรียน 3,778 ไร่, เงาะ 3,271 ไร่, มังคุด 3,271 ไร่ หรือลองกอง 3,451 ไร่ และในส่วนของ การอุปโภคบริโภค สามารถสนับสนุนเพื่อการอุปโภคบริโภคได้ถึง 4,371 คน และ 3,931 คน ในท่อส่งน้ำที่ 22 และ 23 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4

3. กรณีน้ำฝนเฉลี่ยปี 2540 และช่วงระยะเวลาการส่งน้ำ 48 TP (OUTPUT48_Y40)

จากการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องส่งไปยังแปลงเพาะปลูก หรือความต้องการน้ำของพืช จะพบว่าต้องส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูก โดยเริ่มต้นการส่งน้ำตั้งแต่เดือนธันวาคมเป็นไปจนถึงเดือนพฤษภาคม และข้ามไปยังเดือนตุลาคม รวมเป็นจำนวนวันที่ต้องส่งน้ำคือ 213 วัน ซึ่งโปรแกรม GAWS-2004 สามารถจัดสรรน้ำให้กับพื้นที่ชลประทานในแต่ละอาคารจ่ายน้ำทั้ง 34 อาคารจ่ายน้ำ ที่มีความต้องการน้ำในแต่ละอาคารจ่ายน้ำเฉลี่ยตั้งแต่ 300,000 - 750,000 ลิตร/วัน ได้โดยเท่าเทียมกัน และยังมีปริมาณน้ำเหลือจากการส่งน้ำทั้ง 34 อาคารจ่ายน้ำทั้งสิ้น 5,161,356.00 ลิตร/วัน โดยมีอาคารจ่ายน้ำที่ 11 สามารถเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกได้มากที่สุด ดังภาพที่ 27 และอาคารจ่ายน้ำที่ 25 เพิ่มพื้นที่เพาะปลูกได้น้อยที่สุด ดังภาพที่ 28 ซึ่งผลรวมของการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกในชนิดของไม้ผลต่างๆ ในกรณีการส่งน้ำ 12 ชั่วโมง และฝนเฉลี่ยปี 2540 คือ ทูเรียน 834 ไร่, เงาะ 721 ไร่, มังคุด 721 ไร่ หรือลองกอง 757 ไร่ ส่วนของ การอุปโภคบริโภค สามารถสนับสนุนเพื่อการอุปโภคบริโภคได้ถึง 2,090 คน และ 1,857 คน ในท่อส่งน้ำที่ 22 และ 23 ตามลำดับ ดังตารางที่ 6

4. กรณีน้ำฝนเฉลี่ยปี 2540 และช่วงระยะเวลาการส่งน้ำ 96 TP (OUTPUT96_Y40)

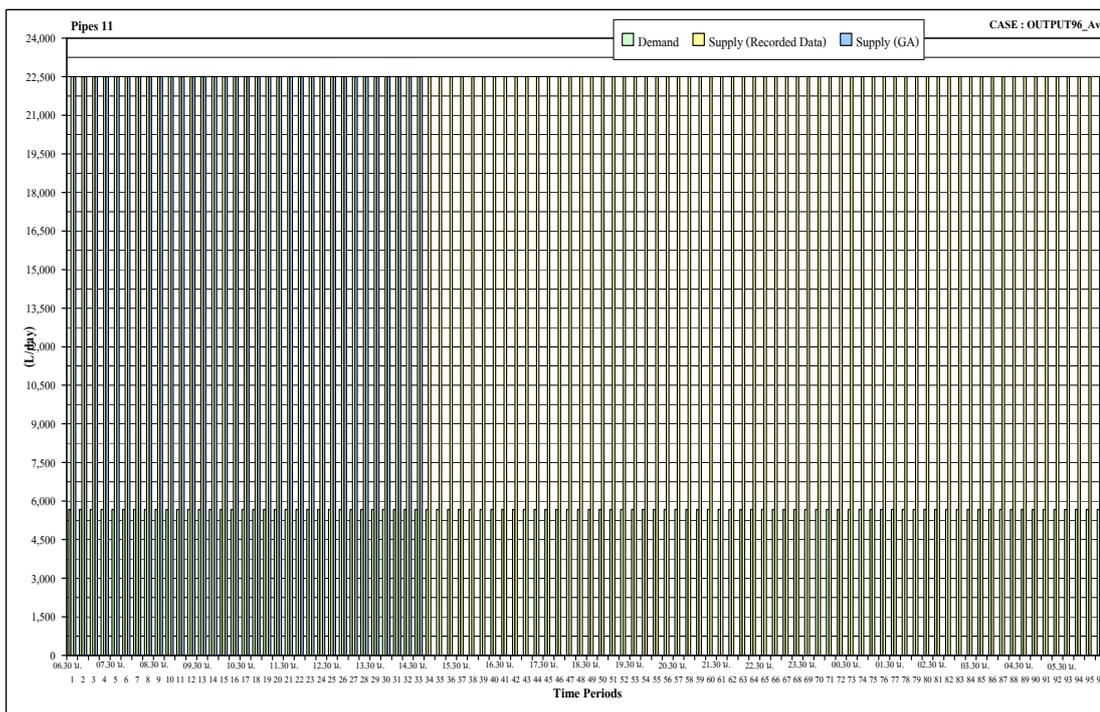
จากการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องส่งไปยังแปลงเพาะปลูก หรือความต้องการน้ำของพืช จะพบว่าต้องส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูก โดยเริ่มต้นการส่งน้ำตั้งแต่เดือนธันวาคมเป็นไปจนถึงเดือน พฤษภาคม และข้ามไปยังเดือนตุลาคม รวมเป็นจำนวนวันที่ต้องส่งน้ำคือ 213 วัน ซึ่งโปรแกรม GAWS-2004 สามารถจัดสรรน้ำให้กับพื้นที่ชลประทานในแต่ละอาคารจ่ายน้ำทั้ง 34 อาคารจ่ายน้ำ ที่มีความต้องการน้ำในแต่ละอาคารจ่ายน้ำเฉลี่ยตั้งแต่ 300,000 - 750,000 ลิตร/วัน ได้โดยเท่าเทียมกัน และยังมีปริมาณน้ำเหลือจากการส่งน้ำทั้ง 34 อาคารจ่ายน้ำทั้งสิ้น 22,560,588.00 ลิตร/วัน โดยมีอาคารจ่ายน้ำที่ 11 สามารถเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกได้มากที่สุด ดังภาพที่ 29 และอาคารจ่ายน้ำที่ 26 เพิ่มพื้นที่เพาะปลูกได้น้อยที่สุด ดังภาพที่ 30 ซึ่งผลรวมของการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกในชนิดของไม้ผลต่างๆ ในกรณีการส่งน้ำ 24 ชั่วโมง และฝนเฉลี่ยปี 2540 คือ ทุเรียน 4,033 ไร่, เงาะ 3,497 ไร่, มังคุด 3,497 ไร่ หรือลองกอง 3,682 ไร่ ส่วนของการอุปโภคบริโภค สามารถสนับสนุนเพื่อการอุปโภคบริโภคได้ถึง 4,371 คน และ 3,931 คน ตามลำดับ ในท่อส่งน้ำที่ 22 และ 23 ดังตารางที่ 8



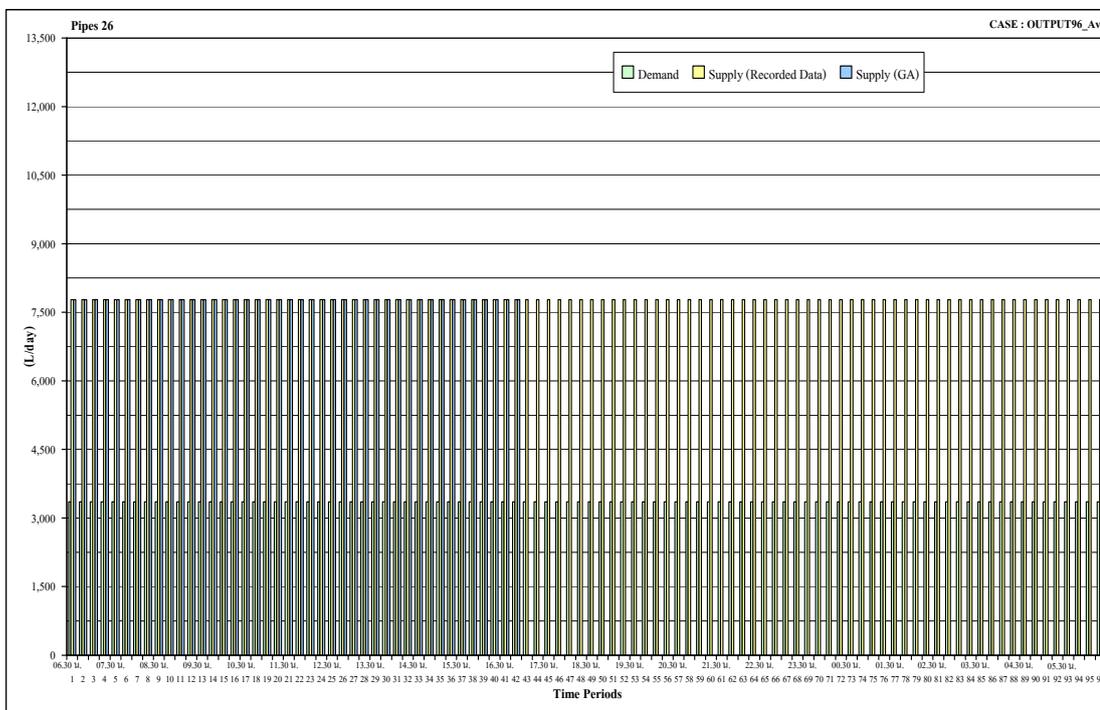
ภาพที่ 23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 11 (OUTPUT48_Avg)



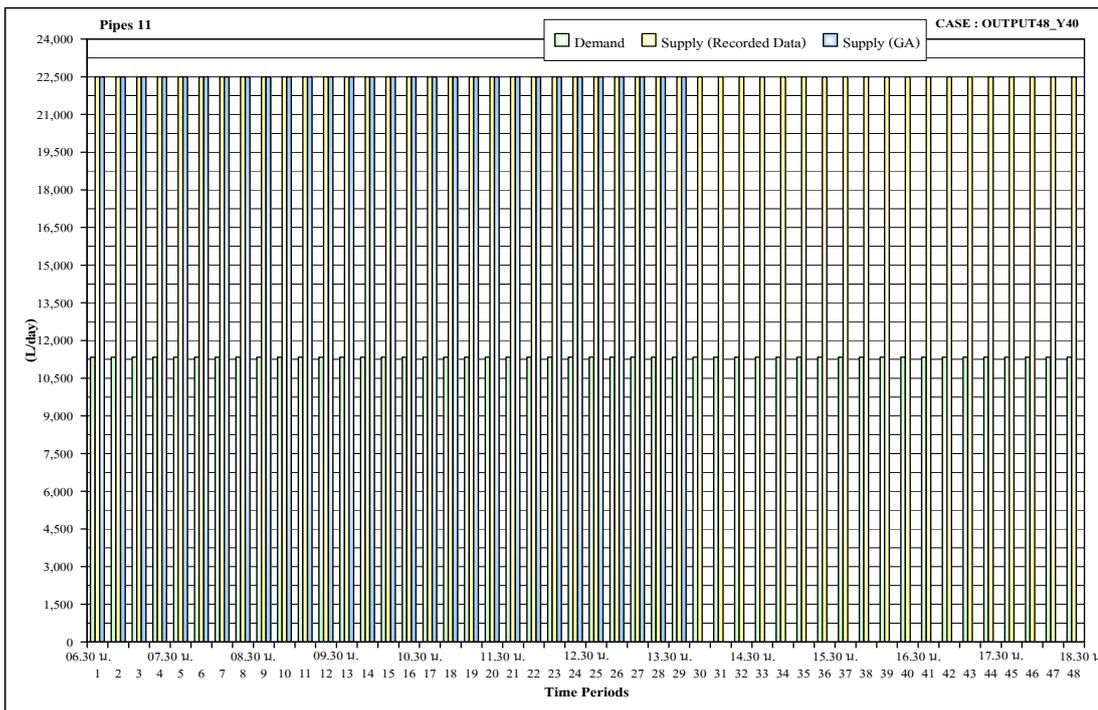
ภาพที่ 24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 18 (OUTPUT48_Avg)



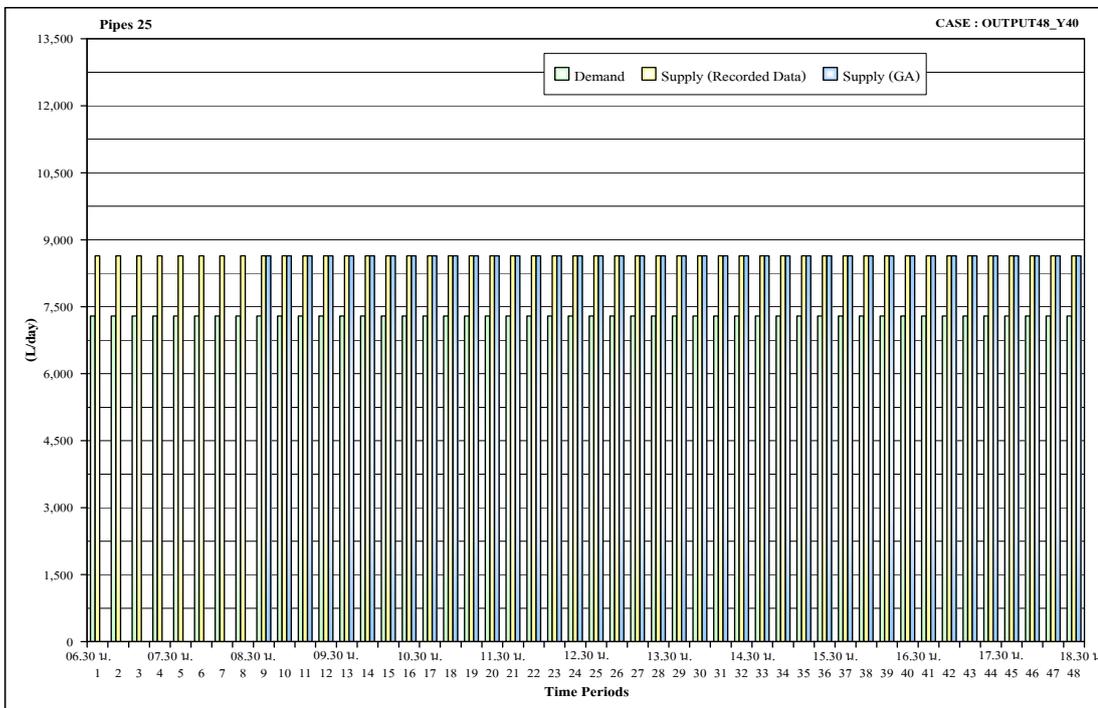
ภาพที่ 25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 11 (OUTPUT96_Avg)



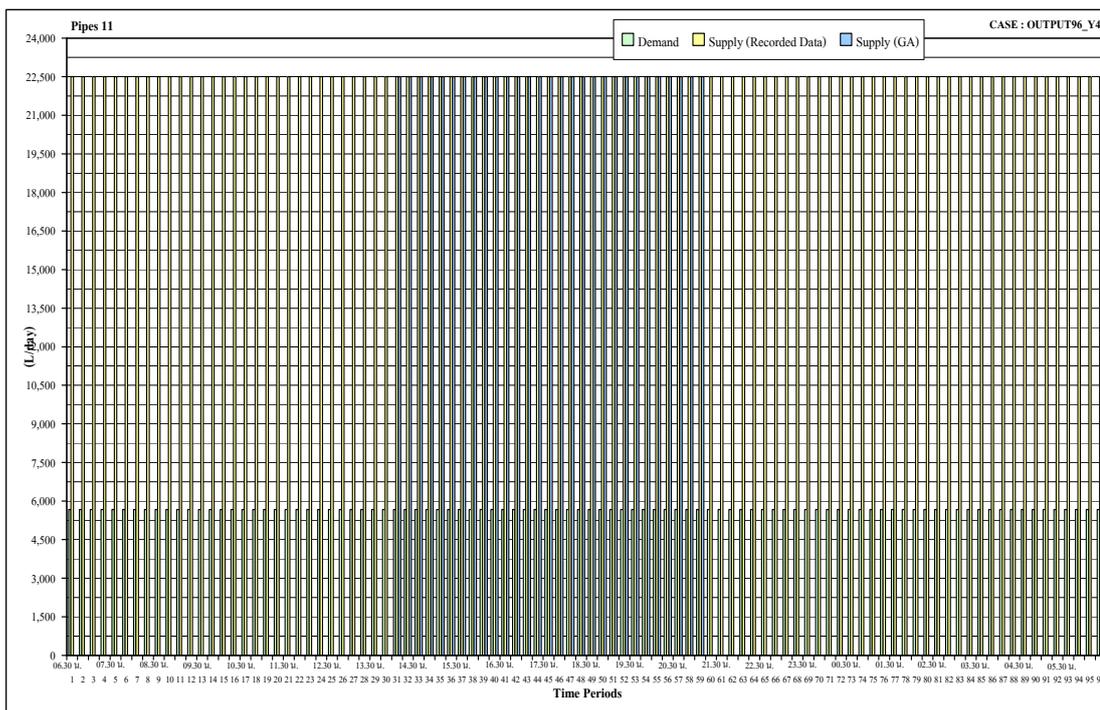
ภาพที่ 26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 26 (OUTPUT96_Avg)



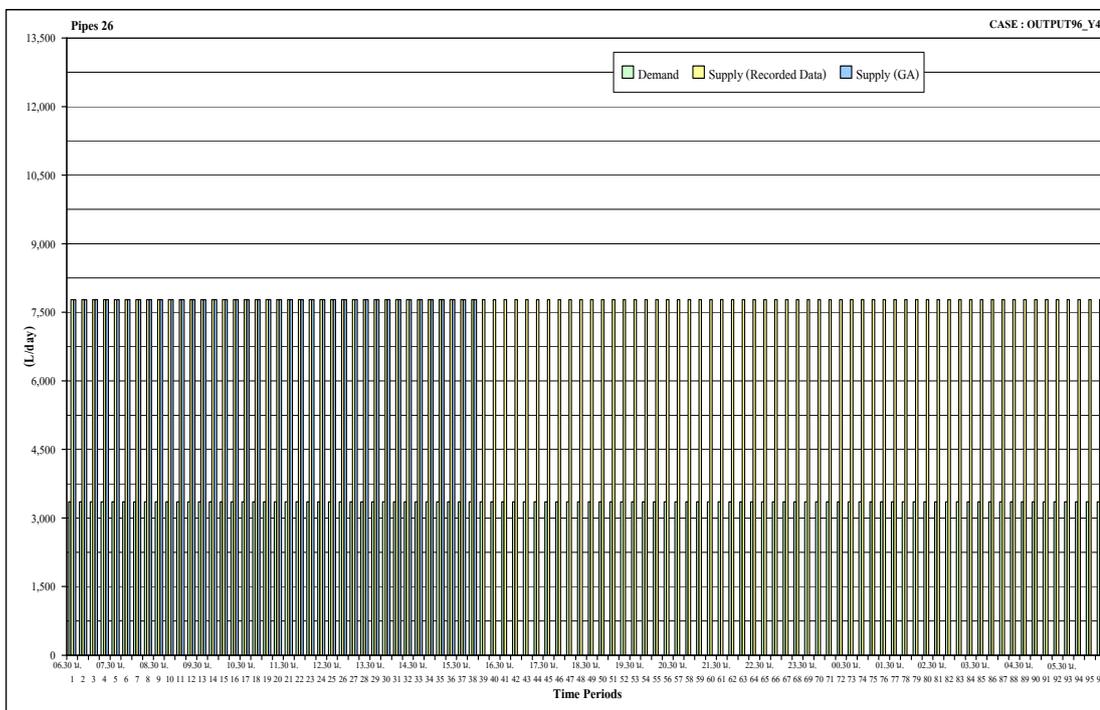
ภาพที่ 27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 11 (OUTPUT48_Y40)



ภาพที่ 28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 25 (OUTPUT48_Y40)



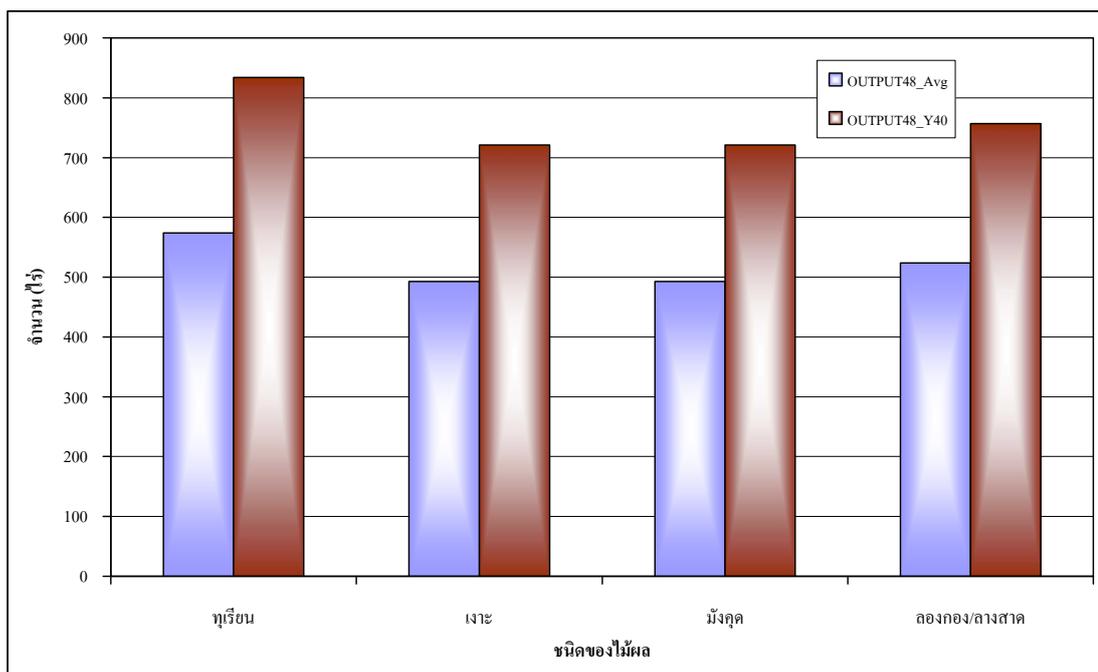
ภาพที่ 29 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 11 (OUTPUT96_Y40)



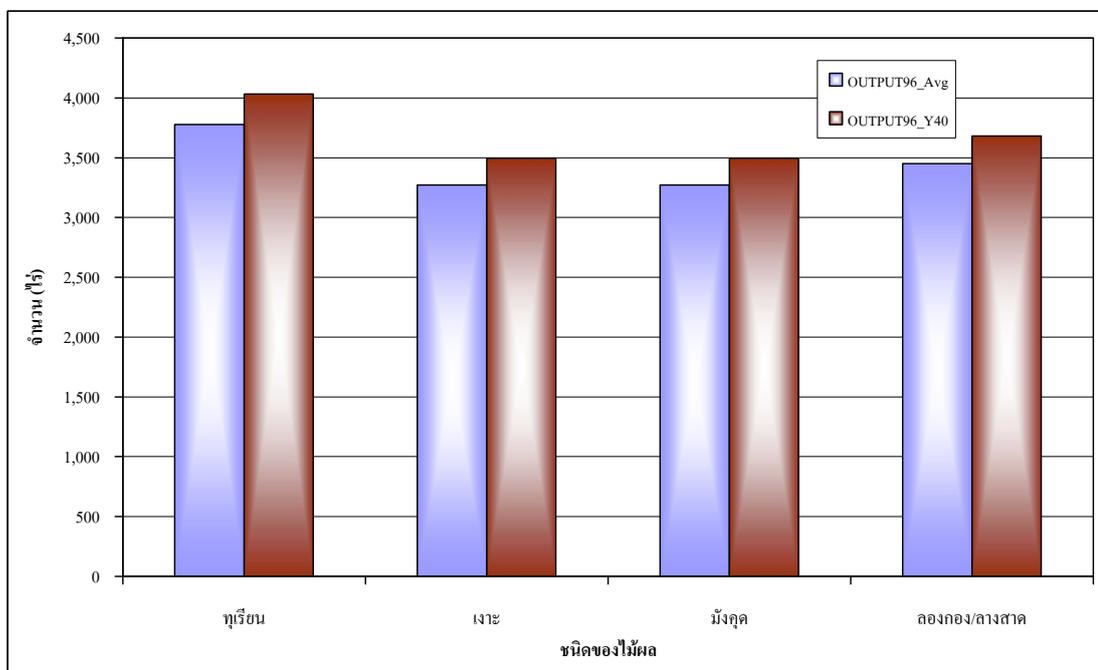
ภาพที่ 30 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 26 (OUTPUT96_Y40)

ตารางที่ 15 แสดงชนิดของไม้ผลที่สามารถเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกได้

CASE	ชนิดของไม้ผล (ไร่)			
	ทุเรียน	เงาะ	มังคุด	ลองกอง / ลำไย
OUTPUT48_Avg	574.00	493.00	493.00	524.00
OUTPUT96_Avg	3,778.00	3,271.00	3,271.00	3,451.00
OUTPUT48_Y40	834.00	721.00	721.00	757.00
OUTPUT96_Y40	4,033.00	3,497.00	3,497.00	3,682.00



ภาพที่ 31 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเพิ่มของไม้ผลในกรณีส่งน้ำ 12 ชั่วโมง



ภาพที่ 32 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเพิ่มของไม้ผลในกรณีส่งน้ำ 24 ชั่วโมง

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การประยุกต์ใช้แบบจำลองพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ GAWS-2004 ในพื้นที่ส่งน้ำของอ่างเก็บน้ำคลองระโงก จังหวัดระยอง เพื่อใช้ในการจัดสรรน้ำและเพิ่มประสิทธิภาพการส่งน้ำในพื้นที่ชลประทาน โดยมีปริมาณน้ำต้นทุน (Supply) ที่มีอยู่อย่างจำกัด เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเกิดความเท่าเทียมกันในการใช้น้ำชลประทาน จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปี พ.ศ.2537 ถึงปี พ.ศ. 2550 ที่ได้นำมาใช้ในการศึกษาและคำนวณความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ชลประทาน เพื่อนำมาใช้แบบจำลองพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ GAWS-2004 สรุปได้ดังนี้

จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ GAWS-2004 เพื่อจัดสรรน้ำในระบบท่อส่งน้ำ สามารถสร้างระบบจำลองของโปรแกรมประกอบด้วย อาคารจ่ายน้ำทั้งสิ้น 34 อาคารจ่ายน้ำ ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแบบจำลอง ในกรณีของ OUTPUT48_Avg จะประกอบไปด้วย จำนวนทางเลือกของชุดคำตอบ 100 ชุด ซึ่งผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่าพารามิเตอร์ จะได้ค่าความน่าจะเป็นในการสลับไขว้ เท่ากับ 0.65 ค่าโอกาสในการตัดแปลง เท่ากับ 0.230 กรณีของ OUTPUT96_Avg ประกอบด้วยจำนวนทางเลือกของชุดคำตอบ 100 ชุด ค่าความน่าจะเป็นในการสลับไขว้ เท่ากับ 0.80 ค่าโอกาสในการตัดแปลง เท่ากับ 0.250 กรณีของ OUTPUT48_Y40 ประกอบด้วยจำนวนทางเลือกของชุดคำตอบ 100 ชุด ค่าความน่าจะเป็นในการสลับไขว้ เท่ากับ 0.85 ค่าโอกาสในการตัดแปลง เท่ากับ 0.250 กรณีของ OUTPUT96_Y40 ประกอบด้วยจำนวนทางเลือกของชุดคำตอบ 100 ชุด ค่าความน่าจะเป็นในการสลับไขว้ เท่ากับ 0.75 ค่าโอกาสในการตัดแปลง เท่ากับ 0.130 จะเห็นว่าค่าพารามิเตอร์มีความสำคัญต่อการคำนวณของแบบจำลอง ทำให้ได้ชุดคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นในการนำแบบจำลองพันธุกรรม GAWS-2004 ไปประยุกต์ใช้ในงานโครงการอื่นๆ จะต้องมีการศึกษาและวิเคราะห์ความอ่อนไหว เพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับโครงการนั้นๆ ก่อนจะนำไปใช้งาน

จากการเปรียบเทียบผลการจัดสรรน้ำระหว่าง GAWS-2004 กับการส่งน้ำจริง พบว่าแบบจำลอง GAWS-2004 สามารถจัดสรรน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการของพื้นที่ และมีปริมาณน้ำเหลือที่จะสามารถเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกได้ และในส่วนของ การอุปโภคบริโภคก็สามารถสนับสนุนการใช้น้ำในอนาคตได้

จากการส่งน้ำในพื้นที่จริงจะเห็นว่า เกษตรกรผู้ใช้น้ำมีการใช้น้ำเพื่อการเพาะปลูกกันอย่างฟุ่มเฟือย เนื่องจากอ่างเก็บน้ำคลองระโกลังไม่เคยประสบกับปัญหาการขาดแคลนน้ำ ทำให้เกษตรกรหรือกลุ่มผู้ใช้น้ำไม่คำนึงถึงปริมาณน้ำที่ต้องสูญเสียไปอย่างมากสำหรับการเพาะปลูก ดังนั้นการนำผลการจัดสรรน้ำที่ได้จากแบบจำลองพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ GAWS-2004 ไปใช้กับพื้นที่จริงนั้น เกษตรกรผู้ใช้น้ำควรจะต้องตระหนักถึงคุณค่าของน้ำ เนื่องจากในอำเภอมีแหล่งน้ำที่สำคัญเพียงแหล่งเดียว โดยในอนาคตแนวโน้มการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองระโกลังจะมีมากขึ้น รวมทั้งการเกิดพื้นที่ชลประทานใหม่ๆ ไม่ว่าจะเป็นสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้าบ้านทุ่งควายกิน สถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้าบ้านเหมืองแร่ สถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้าบ้านศิลา เป็นต้น ซึ่งจะต้องใช้น้ำจากแหล่งน้ำเดียวกัน คืออ่างเก็บน้ำคลองระโกลัง ดังนั้นการใช้น้ำเพื่อการเพาะปลูกของกลุ่มผู้ใช้น้ำจะต้องคำนึงถึงกฎระเบียบของกลุ่มผู้ใช้น้ำ ซึ่งต้องตระหนักถึงคุณค่าของน้ำ และการนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่หรือแบบจำลองต่างๆ เข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อการจัดสรรน้ำ จึงมีความจำเป็นอย่างมากเพื่อเสนอแนะแนวทางการจัดสรรน้ำ ให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้เกิดการใช้น้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดความเท่าเทียมกัน

ข้อเสนอแนะ

1. การประยุกต์ใช้แบบจำลองพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ GAWS-2004 กับพื้นที่โครงการชลประทานอื่นๆ ควรจะต้องทำการคัดเลือกค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ชุดข้อมูลที่เหมาะสมและดีที่สุดกับโครงการชลประทานนั้นๆ
2. พัฒนาและประยุกต์ปริมาณน้ำที่เหลือ เพื่อคัดเลือกชนิดพืชในการขยายพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มเติม โดยอาจคิดเปรียบเทียบกับผลตอบแทนของพืชสวนที่ให้ผลตอบแทนสูงสุด
3. การส่งน้ำในพื้นที่ควรมีกลุ่มผู้ใช้น้ำที่ตระหนักถึงคุณค่าของน้ำ และรักษากฎระเบียบของกลุ่มผู้ใช้น้ำ เพื่อให้การส่งน้ำเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กัมปนาท ภัคดีกุล. 2546. เจเนติกอัลกอริธึม (Genetic Algorithms) การประยุกต์พันธุกรรมคอมพิวเตอร์เพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำ. วันชชาติ 128-144.
- เจษฎา แก้วกัลยา. 2527. ความต้องการน้ำชลประทาน. เอกสารประกอบการบรรยายโครงการฝึกอบรมการจัดการน้ำชลประทาน เล่มที่ 1. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ฉลอง เกิดพิทักษ์ และ ชัยวัฒน์ ขยันการนาวิ. 2524. การวางแผนการส่งน้ำก่อนการเพาะปลูก. เอกสารประกอบการบรรยายโครงการฝึกอบรมการจัดการน้ำชลประทาน เล่มที่ 2. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- _____. 2538. การจัดการลุ่มน้ำของประเทศไทย. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ดิเรก ทองอร่าม. 2526. ความต้องการน้ำชลประทานและค่าชลภาระในการออกแบบระบบส่งน้ำ, คณะกรรมการจัดสัมมนาทางวิชาการ (ผู้รวบรวม) เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการทำงาน. สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.
- ดำรง จรัสวัฒน์. 2525. หลักการชลประทาน. เอกสารการบรรยายวิชาการชลประทาน. กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.
- ทวี เต็มณูรศิลป์. 2528. การประเมินผลการใช้น้ำชลประทานในแปลงจัดรูปที่ดินตัวอย่าง โครงการแม่กลองใหญ่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปัญญา ขวัญยืน. 2540. เอกสารประกอบการสอนวิชาการจัดการเรื่องน้ำ. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

- บัญชา ขวัญยืน. 2541. เอกสารประกอบการสอนวิชา การวิเคราะห์ระบบเพื่อการวางแผนและการจัดการโครงการชลประทาน. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, นครปฐม.
- มนัส กำเนิดมณี. 2538. คู่มือการใช้แบบจำลอง WUSMO รุ่น 4.6. มหาวิทยาลัยมหิดลศาลายา, นครปฐม.
- ลำจวน เขียวแก่. 2539. การพัฒนา WASAM 2.2 และประยุกต์ใช้ในการจัดสรรน้ำและติดตามประเมินผลการส่งน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามูลบน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วราวุธ วุฒิวณิชย์. 2525. เอกสารประกอบการสอนวิชาออกแบบระบบชลประทานบนแปลงเพาะปลูก. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- _____. 2532. การวางโครงการและประเมินผล. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- _____. 2537. การติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงานชลประทาน. เอกสารประกอบการบรรยายหลักสูตรการจัดการน้ำเพื่อการชลประทานสำหรับข้าราชการลาว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- _____. 2538. การจัดการน้ำขั้นสูง. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- _____. 2538ก. การประยุกต์คอมพิวเตอร์สำหรับวิศวกรรมชลประทาน. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- _____. 2539. การคำนวณ ETo ของประเทศไทย โดยวิธี Penman - Montith. วิศวกรรมสาร มก. 29 (10): 91 - 103.

- วิบูลย์ บุญยชโรกุล. 2526. **หลักการชลประทาน**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- _____. 2535. **การจัดการน้ำชลประทาน**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1. สำนักงานชํายงานวิจัย การจัดการระบบชลประทานแห่งประเทศไทย, ขอนแก่น.
- วีระพล แต่สมบัติ. 2538. **เอกสารประกอบการสอนวิชาอุทกวิทยาชั้นสูง**. ภาควิชาวิศวกรรม ทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วัชร เสือดี. 2537. **การพัฒนาโปรแกรมจัดสรรน้ำและติดตามผลการใช้น้ำสำหรับโครงการส่งน้ำ และบำรุงรักษาสองพี่น้อง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- โครงการชลประทานระยอง. 2546. **สรุปรายงานโครงการชลประทานระยอง**. โครงการ ชลประทานระยอง, ระยอง
- สำนักแผนงานและโครงการ. 2542. **รายงานประจำปี 2542**. กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.
- สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ. 2545. **คู่มือการบริหารจัดการชลประทาน**. กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.
- _____. 2545ก. **องค์กรผู้ใช้น้ำชลประทาน และการดำเนินการจัดตั้ง**. กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.
- อภิชาติ อนุกุลอำไพ, วิบูลย์ บุญยชโรกุล, วราวุธ วุฒิวณิชย์, โกวิท ท้วมเสงี่ยม และ มนตรี คำชู. 2524. **คู่มือการชลประทานระดับไร่นา**. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย, กรุงเทพฯ.
- Atiya, A.F., El-Shoura S.M., Shaheen S.I., EL-Sherif M.S. 1999. "A Comparison between Neural Network Forecasting Techniques-Case Study :River Flow Forecasting." **IEEE Transactions on Neural Networks** Vol. 10, No.2

- Bhaktikul, K. 2001. **The development of a Genetic Algorithm for real time water allocation and water scheduling in complex irrigation systems.** Ph.D. Thesis, The University of Edinburgh.
- Chen, Y.M. 1997. "Management of water resources using improved genetic algorithms". **J. Comp. and Elect. in Agric.** 18: 117-127.
- Coals, A.V. and R.B. Wardlaw. 1994. **Review of Computational Procedures in Dynamic Programming with Applications in Water Resources.** Tech. Report No. CENV1094, The University of Edinburgh.
- Goldberg, D.E. 1989. **Genetic Algorithms in search optimization & machine learning.** Addison-Wesley, Reading, Mass. USA.
- Michalewicz, Z. 1992. **Genetic Algorithms + data structure = evolution programs.** Springer-Verlag, New York, Inc., New York.
- Wardlaw, R.B. and J.M. Barnes. 1996. Optimal allocation of irrigation water supplies in real time. **J. Irri. And Drainage Engrg., ASCE** 125(6): 345-354.
- Wardlaw, R.B., and M. Sharif. 1999. Evaluation of genetic algorithms for optimal reservoir system operation. *J. Water Resource.* **Plng and Mgmt., ASCE** 125(1): 25-33.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แสดงการคำนวณหาความต้องการน้ำของพืช

ตารางผนวกที่ ก1 ปริมาณน้ำฝนรายเดือนของสถานีวัดน้ำฝนอ่างเก็บน้ำคลองระโงก จังหวัดระยอง

ปี	เดือน												รวม
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
2537	ติดตั้งเครื่องมือ	24.5	81.8	0	389.4	765.2	62.3	163.3	354	127.2	0	0	1,967.70
2538	12	0	50.5	72.7	437	237.9	553.6	552.2	715	323	0	0	2,953.90
2539	10.3	144.2	28.2	158.5	571.1	395.6	522.6	352.8	809	363.1	170.1	0	3,525.50
2540	21.3	87.6	34	61.8	109.7	311.7	340.1	162.3	475.7	113.1	0	0	1,717.30
2541	0	0	0.9	0.8	359.5	311.1	499.3	331	590.7	294.6	27.3	0	2,415.20
2542	0	0	30.3	299.6	694.2	373.2	484.3	572.1	307.5	352.9	59.5	0	3,173.60
2543	58.8	0	48.4	342.3	396.2	724.5	777.3	345.7	302.2	281.8	43.6	0	3,320.80
2544	52.8	0	204.9	59.8	417.1	203.1	237.6	187.9	241.7	374.1	50.2	20.7	2,049.90
2545	0	10.3	60.9	27.4	365.3	317.6	100.2	174.6	411.8	69.7	31.8	25.8	1,595.40
2546	0	2.3	84.3	62.1	133.2	94.2	411.2	157.6	178	148.6	0	8.3	1,279.80
2547	5.1	23.6	15.9	12.6	135.7	300.4	430.3	342.2	139.5	200.4	54.7	0	1,660.40
2548	12.7	0	60.3	26.1	283.7	392.9	496.5	546	631.5	173.5	110.3	5.2	2,738.70
2549	3.2	5.6	3.5	54.5	301.8	223.3	412	514.5	663.1	358.6	5.2	0	2,545.30
2550	0	0	0	76	306.7	475.5	290.8	286.6	529.2	84	0	0	2,048.80
เฉลี่ย	13.55	21.29	50.28	89.59	350.04	366.16	401.29	334.91	453.49	233.19	39.48	4.29	2,357.56

ที่มา: ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 โครงการชลประทานระยอง

ตารางผนวกที่ ก2 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศเฉลี่ย 20 ปี ของจังหวัดระยอง (1981 - 2000)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year

←EPressure (Hectopascal)	←F												
Mean	1012.28	1011.48	1010.39	1008.91	1007.76	1007.26	1007.32	1007.49	1008.48	1009.64	1010.95	1012.55	1009.54
Ext. max.	1020.45	1019.70	1019.25	1016.05	1014.18	1013.06	1012.98	1014.08	1016.30	1017.05	1018.85	1021.38	1021.38
Ext. min.	1005.92	1003.25	1002.38	1000.98	1002.05	1000.85	1001.38	1000.32	1001.65	1001.98	1003.47	1005.78	1000.32
Mean daily range	4.07	4.06	4.13	4.09	3.71	3.21	3.15	3.35	3.88	3.89	3.95	3.96	3.79
←ETemperature (Celsius)	←F												
Mean	26.1	27.8	29.0	29.9	29.8	29.4	28.9	28.7	28.0	27.5	27.1	25.8	28.2
Mean max.	31.9	32.5	33.3	34.1	33.7	32.9	32.4	32.2	32.0	32.2	32.6	32.0	32.7
Mean min.	21.1	24.2	26.2	27.1	26.8	26.8	26.3	26.2	25.2	24.3	23.1	20.8	24.8
Ext. max.	36.5	37.0	37.6	39.3	39.5	38.0	37.8	38.0	37.3	37.2	37.0	37.5	39.5
Ext. min.	14.5	16.5	17.5	22.6	22.3	21.5	22.0	22.5	21.7	18.3	17.0	13.3	13.3
←ERelative Humidity (%)	←F												
Mean	74	76	76	77	78	78	79	80	83	82	75	69	77
Mean max.	90	88	86	86	88	87	88	88	92	93	89	85	88
Mean min.	56	61	63	64	67	68	69	70	71	67	58	51	64
Ext. min.	21	24	25	41	49	53	39	49	44	40	24	24	21
←EDew Point (Celsius)	←F												
Mean	20.9	22.9	24.2	25.2	25.5	25.1	24.8	24.8	24.7	23.7	21.6	19.3	23.6
←EEvaporation (mm.)	←F												
Mean-pan	139.9	140.4	170.8	169.6	148.5	141.7	147.6	146.3	115.2	120.0	140.7	151.8	1732.5
←ECloudiness (0-10)	←F												
Mean	3.5	4.3	4.8	5.4	7.1	8.0	8.0	8.4	8.2	7.2	5.0	3.4	6.1
←ESunshine Duration (hr.)	←F												
Mean	251.2	229.9	252.9	238.2	182.6	140.2	146.0	140.7	136.2	174.0	218.6	241.9	2352.4
←EVisibility (km.)	←F												
0700 L.S.T.	6.0	7.0	8.1	8.3	8.8	8.9	9.0	8.8	8.7	8.4	8.4	7.6	8.2
Mean	7.5	8.0	8.7	8.8	9.4	9.3	9.4	9.2	9.3	8.9	9.0	8.3	8.8
←EWind (Knots)	←F												
Mean wind speed	2.5	3.8	4.1	3.7	4.5	6.8	6.5	6.9	3.6	2.3	2.5	2.8	-
Prevailing wind	N,S	S	S	S	S	SW	SW	SW	SW	N	N	N	-
Max. wind speed	24	33	49	35	50	45	50	40	35	35	25	24	50
←ERainfall (mm.)	←F												
Mean	19.6	38.7	66.7	83.4	191.8	167.7	163.5	131.8	263.1	203.9	66.5	4.6	1401.3
Mean rainy day	1.9	4.0	4.3	6.9	14.7	13.4	13.1	14.0	17.1	16.2	6.7	1.2	113.5
Daily maximum	50.6	65.6	119.8	113.8	98.8	177.8	93.7	105.8	193.0	102.0	107.2	25.6	193.0
←ENumber of days with	←F												
Haze	14.9	10.6	9.1	6.9	1.8	.8	1.5	.3	.5	3.7	9.6	16.6	76.3
Fog	.5	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.8
Hail	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.2
Thunderstorm	.2	1.1	2.5	5.1	8.7	5.6	4.2	4.6	9.1	8.7	2.6	.1	52.5
Squall	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.1

ตารางผนวกที่ ก3 การคำนวณปริมาณน้ำที่ไม้ผลต้องการ (ทุเรียน)

CASE : INPUT_Avg

ที่	รายการ	หน่วย	เดือน												หมายเหตุ
			พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	
1	แผนการปลูกพืช		ไม้ผล (Durian)												
2	ระยะเวลาการเจริญเติบโต	วัน	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	
3	Crop Factor (Kc)		0.00	0.75	0.50	0.60	0.85	0.85	0.75	0.75	0.60	0.60	0.60	0.60	ตารางที่ 4
4	ETp	มม./เดือน	140.70	151.80	139.90	140.40	170.80	169.60	148.50	141.70	147.60	146.30	115.20	120.00	ตารางผนวกที่ ก2
5	ET Crop	มม./เดือน	0.00	113.85	69.95	84.24	145.18	144.16	111.38	106.28	88.56	87.78	69.12	72.00	R3*R4
6	Percolation (P)	มม./เดือน	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	หมายเหตุ 1.
7	ปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้	มม./เดือน	0.00	113.85	69.95	84.24	145.18	144.16	111.38	106.28	88.56	87.78	69.12	72.00	R5+R6
8	ฝนเฉลี่ย	มม./เดือน	39.48	4.29	13.55	21.29	50.28	89.59	350.04	366.16	401.29	334.91	453.49	233.19	ตารางผนวกที่ ก1
9	ฝนใช้การ (Re)	มม./เดือน	31.58	4.29	10.84	17.03	40.22	71.67	175.02	183.08	200.65	167.46	226.75	139.91	ตารางที่ 5
10	ปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้-Re	มม./เดือน	-31.58	109.56	59.11	67.21	104.96	72.49	-63.65	-76.80	-112.09	-79.68	-157.63	-67.91	R7-R9
11	ประสิทธิภาพการชลประทาน	%	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	ดูหมายเหตุ 2.
12	จำนวนน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ม./เดือน	0.000	0.129	0.070	0.079	0.123	0.085	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	(R10/R11)/1000
13	ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ลบ.ม./เดือน/ไร่	0.00	206.24	111.26	126.50	197.57	136.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	R12*1,600
14	ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ลิตร/เดือน/ไร่	0.00	206,238.66	111,260.09	126,504.87	197,566.39	136,454.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	R13*1,000

หมายเหตุ 1. เมื่อปลูกข้าวคิด percolation rate ดังนี้ ภาคกลาง 1.0 มม./วัน, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2.0 มม./วัน และภาคอื่นๆ 1.5 มม./วัน

2. ค่า Irrigation Efficiency ใช้ดังนี้ คลองดิน 40% คลองตาด 50% ท่อส่งน้ำ 85%

ตารางผนวกที่ 4 การคำนวณปริมาณน้ำที่ไม้ผลต้องการ (เงาะ)

CASE : INPUT_Avg

ที่	รายการ	หน่วย	เดือน												หมายเหตุ
			พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	
1	แผนการปลูกพืช		ไม้ผล (Durian)												
2	ระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช	วัน	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	
3	Crop Factor (Kc)		0.00	0.75	0.75	0.80	0.85	0.85	0.85	0.85	0.60	0.60	0.60	0.60	ตารางที่ 4
4	ETp	มม./เดือน	140.70	151.80	139.90	140.40	170.80	169.60	148.50	141.70	147.60	146.30	115.20	120.00	ตารางผนวกที่ ก2
5	ET Crop	มม./เดือน	0.00	113.85	104.93	112.32	145.18	144.16	126.23	120.45	88.56	87.78	69.12	72.00	R3*R4
6	Percolation (P)	มม./เดือน	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	หมายเหตุ 1.
7	ปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้	มม./เดือน	0.00	113.85	104.93	112.32	145.18	144.16	126.23	120.45	88.56	87.78	69.12	72.00	R5+R6
8	ฝนเฉลี่ย	มม./เดือน	39.48	4.29	13.55	21.29	50.28	89.59	350.04	366.16	401.29	334.91	453.49	233.19	ตารางผนวกที่ ก1
9	ฝนใช้การ (Re)	มม./เดือน	31.58	4.29	10.84	17.03	40.22	71.67	175.02	183.08	200.65	167.46	226.75	139.91	ตารางที่ 5
10	ปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้ - Re	มม./เดือน	-31.58	109.56	94.08	95.29	104.96	72.49	-48.80	-62.63	-112.09	-79.68	-157.63	-67.91	R7-R9
11	ประสิทธิภาพการชลประทาน	%	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	ดูหมายเหตุ 2.
12	จำนวนน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ม./เดือน	0.000	0.129	0.111	0.112	0.123	0.085	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	(R10/R11)/1000
13	ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ลบ.ม.เดือน/ไร่	0.00	206.24	177.10	179.36	197.57	136.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	R12*1,600
14	ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ลิตร/เดือน/ไร่	0.00	206238.66	177095.38	179361.34	197566.39	136454.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	R13*1,000

หมายเหตุ 1. เมื่อปลูกข้าวคิด percolation rate ดังนี้ ภาคกลาง 1.0 มม./วัน, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2.0 มม./วัน และภาคอื่นๆ 1.5 มม./วัน

2. ค่า Irrigation Efficiency ใช้ดังนี้ คลองดิน 40% คลองตาด 50% ท่อส่งน้ำ 85%

ตารางผนวกที่ ก5 การคำนวณปริมาณน้ำที่ไม้ผลต้องการ (มังคุด)

CASE : INPUT_Avg

ที่	รายการ	หน่วย	เดือน												หมายเหตุ
			พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	
1	แผนการปลูกพืช		ไม้ผล (Durian)												
2	ระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช	วัน	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	
3	Crop Factor (Kc)		0.00	0.75	0.75	0.80	0.85	0.85	0.85	0.85	0.60	0.60	0.60	0.60	ตารางที่ 4
4	ETp	มม./เดือน	140.70	151.80	139.90	140.40	170.80	169.60	148.50	141.70	147.60	146.30	115.20	120.00	ตารางผนวกที่ ก2
5	ET Crop	มม./เดือน	0.00	113.85	104.93	112.32	145.18	144.16	126.23	120.45	88.56	87.78	69.12	72.00	R3*R4
6	Percolation (P)	มม./เดือน	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	หมายเหตุ 1.
7	ปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้	มม./เดือน	0.00	113.85	104.93	112.32	145.18	144.16	126.23	120.45	88.56	87.78	69.12	72.00	R5+R6
8	ฝนเฉลี่ย	มม./เดือน	39.48	4.29	13.55	21.29	50.28	89.59	350.04	366.16	401.29	334.91	453.49	233.19	ตารางผนวกที่ ก1
9	ฝนใช้การ (Re)	มม./เดือน	31.58	4.29	10.84	17.03	40.22	71.67	175.02	183.08	200.65	167.46	226.75	139.91	ตารางที่ 5
10	ปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้ - Re	มม./เดือน	-31.58	109.56	94.08	95.29	104.96	72.49	-48.80	-62.63	-112.09	-79.68	-157.63	-67.91	R7-R9
11	ประสิทธิภาพการชลประทาน	%	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	ดูหมายเหตุ 2.
12	จำนวนน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ม./เดือน	0.000	0.129	0.111	0.112	0.123	0.085	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	(R10/R11)/1000
13	ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ลบ.ม.เดือน/ไร่	0.00	206.24	177.10	179.36	197.57	136.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	R12*1,600
14	ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ลิตร/เดือน/ไร่	0.00	206,238.66	177,095.38	179,361.34	197,566.39	136,454.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	R13*1,000

หมายเหตุ 1. เมื่อปลูกข้าวคิด percolation rate ดังนี้ ภาคกลาง 1.0 มม./วัน, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2.0 มม./วัน และภาคอื่นๆ 1.5 มม./วัน

2. ค่า Irrigation Efficiency ใช้ดังนี้ คลองดิน 40% คลองตาด 50% ท่อส่งน้ำ 85%

ตารางผนวกที่ 6 การคำนวณปริมาณน้ำที่ไม้ผลต้องการ (ลองกอง/กลางสาด)

CASE : INPUT_Avg

ที่	รายการ	หน่วย	เดือน												หมายเหตุ
			พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	
1	แผนการปลูกพืช		ไม้ผล (Durian)												
2	ระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช	วัน	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	
3	Crop Factor (Kc)		0.00	0.75	0.75	0.75	0.80	0.80	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	ตารางที่ 4
4	ETp	มม./เดือน	140.70	151.80	139.90	140.40	170.80	169.60	148.50	141.70	147.60	146.30	115.20	120.00	ตารางผนวกที่ ก2
5	ET Crop	มม./เดือน	0.00	113.85	104.93	105.30	136.64	135.68	111.38	106.28	110.70	109.73	86.40	90.00	R3*R4
6	Percolation (P)	มม./เดือน	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	หมายเหตุ 1.
7	ปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้	มม./เดือน	0.00	113.85	104.93	105.30	136.64	135.68	111.38	106.28	110.70	109.73	86.40	90.00	R5+R6
8	ฝนเฉลี่ย	มม./เดือน	39.48	4.29	13.55	21.29	50.28	89.59	350.04	366.16	401.29	334.91	453.49	233.19	ตารางผนวกที่ ก1
9	ฝนใช้การ (Re)	มม./เดือน	31.58	4.29	10.84	17.03	40.22	71.67	175.02	183.08	200.65	167.46	226.75	139.91	ตารางที่ 5
10	ปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้ - Re	มม./เดือน	-31.58	109.56	94.08	88.27	96.42	64.01	-63.65	-76.80	-89.95	-57.73	-140.35	-49.91	R7-R9
11	ประสิทธิภาพการชลประทาน	%	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	ดูหมายเหตุ 2.
12	จำนวนน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ม./เดือน	0.000	0.129	0.111	0.104	0.113	0.075	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	(R10/R11)/1000
13	ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ลบ.ม.เดือน/ไร่	0.00	206.24	177.10	166.15	181.49	120.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	R12*1,600
14	ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ลิตร/เดือน/ไร่	0.00	206,238.66	177,095.38	166,147.23	181,491.09	120,492.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	R13*1,000

หมายเหตุ 1. เมื่อปลูกข้าวคิด percolation rate ดังนี้ ภาคกลาง 1.0 มม./วัน, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2.0 มม./วัน และภาคอื่นๆ 1.5 มม./วัน

2. ค่า Irrigation Efficiency ใช้ดังนี้ คลองดิน 40% คลองตาด 50% ท่อส่งน้ำ 85%

ตารางผนวกที่ ก7 ตารางสรุปปริมาณน้ำที่ไม้ผลต้องการใช้ตลอดทั้งฤดูกาล

CASE : INPUT_Avg

ที่	ชนิดไม้ผล	ปริมาณน้ำที่ต้องการ (ลิตร/เดือน/ไร่)												รวมปริมาณ ที่ต้องการ	หมายเหตุ
		พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.		
1	ทุเรียน	0.00	206,238.66	111,260.09	126,504.87	197,566.39	136,454.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	778,024.46	ปริมาณ
2	เงาะ	0.00	206,238.66	177,095.38	179,361.34	197,566.39	136,454.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	896,716.22	น้ำฝน
3	มังคุด	0.00	206,238.66	177,095.38	179,361.34	197,566.39	136,454.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	896,716.22	เฉลี่ย
4	ลองกอง / ลางสาด	0.00	206,238.66	177,095.38	166,147.23	181,491.09	120,492.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	851,464.46	14 ปี
														3,422,921.37	

ตารางผนวกที่ 8 การคำนวณปริมาณน้ำที่ไม้ผลต้องการ (ทุเรียน)

CASE : INPUT_Y40

ที่	รายการ	หน่วย	เดือน												หมายเหตุ
			พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	
1	แผนการปลูกพืช		ไม้ผล (Durian)												
2	ระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช	วัน	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	
3	Crop Factor (Kc)		0.00	0.75	0.50	0.60	0.85	0.85	0.75	0.75	0.60	0.60	0.60	0.60	ตารางที่ 4
4	ETp	มม./เดือน	140.70	151.80	139.90	140.40	170.80	169.60	148.50	141.70	147.60	146.30	115.20	147.00	ตารางผนวกที่ ก2
5	ET Crop	มม./เดือน	0.00	113.85	69.95	84.24	145.18	144.16	111.38	106.28	88.56	87.78	69.12	88.20	R3*R4
6	Percolation (P)	มม./เดือน	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	หมายเหตุ 1.
7	ปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้	มม./เดือน	0.00	113.85	69.95	84.24	145.18	144.16	111.38	106.28	88.56	87.78	69.12	88.20	R5+R6
8	ฝนเฉลี่ย	มม./เดือน	0.00	0.00	21.30	87.60	34.00	61.80	109.70	311.70	340.10	162.30	475.70	113.10	ตารางผนวกที่ ก1
9	ฝนใช้การ (Re)	มม./เดือน	0.00	0.00	17.04	70.08	27.20	49.44	76.79	155.85	170.05	113.61	237.85	79.17	ตารางที่ 5
10	ปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้ - Re	มม./เดือน	0.00	113.85	52.91	14.16	117.98	94.72	34.59	-49.58	-81.49	-25.83	-168.73	9.03	R7-R9
11	ประสิทธิภาพการชลประทาน	%	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	ดูหมายเหตุ 2.
12	จำนวนน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ม./เดือน	0.000	0.134	0.062	0.017	0.139	0.111	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	(R10/R11)/1000
13	ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ลบ.ม./เดือน/ไร่	0.00	214.31	99.60	26.65	222.08	178.30	65.10	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	R12*1,600
14	ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ลิตร/เดือน/ไร่	000	214,305.88	99,595.29	26,654.12	222,080.00	178,296.47	65,101.18	0.00	0.00	0.00	0.00	16,997.65	R13*1,000

หมายเหตุ 1. เมื่อปลูกข้าวคิด percolation rate ดังนี้ ภาคกลาง 1.0 มม./วัน, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2.0 มม./วัน และภาคอื่นๆ 1.5 มม./วัน

2. ค่า Irrigation Efficiency ใช้ดังนี้ คลองดิน 40% คลองตาด 50% ท่อส่งน้ำ 85%

ตารางผนวกที่ 9 การคำนวณปริมาณน้ำที่ไม้ผลต้องการ (เงาะ)

CASE : INPUT_Y40

ที่	รายการ	หน่วย	เดือน												หมายเหตุ
			พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	
1	แผนการปลูกพืช		ไม้ผล (Durian)												
2	ระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช	วัน	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	
3	Crop Factor (Kc)		0.00	0.75	0.75	0.80	0.85	0.85	0.85	0.85	0.60	0.60	0.60	0.60	ตารางที่ 4
4	ETp	มม./เดือน	140.70	151.80	139.90	140.40	170.80	169.60	148.50	141.70	147.60	146.30	115.20	147.00	ตารางผนวกที่ ก2
5	ET Crop	มม./เดือน	0.00	113.85	104.93	112.32	145.18	144.16	126.23	120.45	88.56	87.78	69.12	88.20	R3*R4
6	Percolation (P)	มม./เดือน	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	หมายเหตุ 1.
7	ปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้	มม./เดือน	0.00	113.85	104.93	112.32	145.18	144.16	126.23	120.45	88.56	87.78	69.12	88.20	R5+R6
8	ฝนเฉลี่ย	มม./เดือน	0.00	0.00	21.30	87.60	34.00	61.80	109.70	311.70	340.10	162.30	475.70	113.10	ตารางผนวกที่ ก1
9	ฝนใช้การ (Re)	มม./เดือน	0.00	0.00	17.04	70.08	27.20	49.44	76.79	155.85	170.05	113.61	237.85	79.17	ตารางที่ 5
10	ปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้ - Re	มม./เดือน	0.00	113.85	87.89	42.24	117.98	94.72	49.44	-35.41	-81.49	-25.83	-168.73	9.03	R7-R9
11	ประสิทธิภาพการชลประทาน	%	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	ดูหมายเหตุ 2.
12	จำนวนน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ม./เดือน	0.000	0.134	0.103	0.050	0.139	0.111	0.058	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	(R10/R11)/1000
13	ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ลบ.ม.เดือน/ไร่	0.00	214.31	165.43	79.51	222.08	178.30	93.05	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	R12*1,600
14	ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ลิตร/เดือน/ไร่	000	214,30588	165,43059	79,51059	222,08000	178,29647	93,05412	000	000	000	000	16,997.65	R13*1,000

หมายเหตุ 1. เมื่อปลูกข้าวคิด percolation rate ดังนี้ ภาคกลาง 1.0 มม./วัน, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2.0 มม./วัน และภาคอื่นๆ 1.5 มม./วัน

2. ค่า Irrigation Efficiency ใช้ดังนี้ คลองดิน 40% คลองตาด 50% ท่อส่งน้ำ 85%

ตารางผนวกที่ ก10 การคำนวณปริมาณน้ำที่ไม้ผลต้องการ (มังคุด)

CASE : INPUT_Y40

ที่	รายการ	หน่วย	เดือน												หมายเหตุ
			พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	
1	แผนการปลูกพืช		ไม้ผล (Durian)												
2	ระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช	วัน	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	
3	Crop Factor (Kc)		0.00	0.75	0.75	0.80	0.85	0.85	0.85	0.85	0.60	0.60	0.60	0.60	ตารางที่ 4
4	ETp	มม./เดือน	140.70	151.80	139.90	140.40	170.80	169.60	148.50	141.70	147.60	146.30	115.20	147.00	ตารางผนวกที่ ก2
5	ET Crop	มม./เดือน	0.00	113.85	104.93	112.32	145.18	144.16	126.23	120.45	88.56	87.78	69.12	88.20	R3*R4
6	Percolation (P)	มม./เดือน	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	หมายเหตุ 1.
7	ปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้	มม./เดือน	0.00	113.85	104.93	112.32	145.18	144.16	126.23	120.45	88.56	87.78	69.12	88.20	R5+R6
8	ฝนเฉลี่ย	มม./เดือน	0.00	0.00	21.30	87.60	34.00	61.80	109.70	311.70	340.10	162.30	475.70	113.10	ตารางผนวกที่ ก1
9	ฝนใช้การ (Re)	มม./เดือน	0.00	0.00	17.04	70.08	27.20	49.44	76.79	155.85	170.05	113.61	237.85	79.17	ตารางที่ 5
10	ปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้ - Re	มม./เดือน	0.00	113.85	87.89	42.24	117.98	94.72	49.44	-35.41	-81.49	-25.83	-168.73	9.03	R7-R9
11	ประสิทธิภาพการชลประทาน	%	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	ดูหมายเหตุ 2.
12	จำนวนน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ม./เดือน	0.000	0.134	0.103	0.050	0.139	0.111	0.058	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	(R10/R11)/1000
13	ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ลบ.ม./เดือน/ไร่	0.00	214.31	165.43	79.51	222.08	178.30	93.05	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	R12*1,600
14	ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ลิตร/เดือน/ไร่	000	214,305.88	165,430.59	79,510.59	222,080.00	178,296.47	93,054.12	0.00	0.00	0.00	0.00	16,997.65	R13*1,000

หมายเหตุ 1. เมื่อปลูกข้าวคิด percolation rate ดังนี้ ภาคกลาง 1.0 มม./วัน, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2.0 มม./วัน และภาคอื่นๆ 1.5 มม./วัน

2. ค่า Irrigation Efficiency ใช้ดังนี้ คลองดิน 40% คลองตาด 50% ท่อส่งน้ำ 85%

ตารางผนวกที่ ก11 การคำนวณปริมาณน้ำที่ไม้ผลต้องการ (ลองกอง/ตางสาด)

CASE : INPUT_Y40

ที่	รายการ	หน่วย	เดือน												หมายเหตุ
			พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	
1	แผนการปลูกพืช		ไม้ผล (Durian)												
2	ระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช	วัน	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	
3	Crop Factor (Kc)		0.00	0.75	0.75	0.75	0.80	0.80	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	ตารางที่ 4
4	ETp	มม./เดือน	140.70	151.80	139.90	140.40	170.80	169.60	148.50	141.70	147.60	146.30	115.20	147.00	ตารางผนวกที่ ก2
5	ET Crop	มม./เดือน	0.00	113.85	104.93	105.30	136.64	135.68	111.38	106.28	110.70	109.73	86.40	110.25	R3*R4
6	Percolation (P)	มม./เดือน	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	หมายเหตุ 1.
7	ปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้	มม./เดือน	0.00	113.85	104.93	105.30	136.64	135.68	111.38	106.28	110.70	109.73	86.40	110.25	R5+R6
8	ฝนเฉลี่ย	มม./เดือน	0.00	0.00	21.30	87.60	34.00	61.80	109.70	311.70	340.10	162.30	475.70	113.10	ตารางผนวกที่ ก1
9	ฝนใช้การ (Re)	มม./เดือน	0.00	0.00	17.04	70.08	27.20	49.44	76.79	155.85	170.05	113.61	237.85	79.17	ตารางที่ 5
10	ปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้ - Re	มม./เดือน	0.00	113.85	87.89	35.22	109.44	86.24	34.59	-49.58	-59.35	-3.88	-151.45	31.08	R7-R9
11	ประสิทธิภาพการชลประทาน	%	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	ดูหมายเหตุ 2.
12	จำนวนน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ม./เดือน	0.000	0.134	0.103	0.041	0.129	0.101	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	(R10/R11)/1000
13	ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ลบ.ม.เดือน/ไร่	0.00	214.31	165.43	66.30	206.00	162.33	65.10	0.00	0.00	0.00	0.00	58.50	R12*1,600
14	ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเพิ่มเติม	ลิตร/เดือน/ไร่	000	214,305.88	165,430.59	66,296.47	206,004.71	162,334.12	65,101.18	0.00	0.00	0.00	0.00	58,503.53	R13*1,000

หมายเหตุ 1. เมื่อปลูกข้าวคิด percolation rate ดังนี้ ภาคกลาง 1.0 มม./วัน, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2.0 มม./วัน และภาคอื่นๆ 1.5 มม./วัน

2. ค่า Irrigation Efficiency ใช้ดังนี้ คลองดิน 40% คลองตาด 50% ท่อส่งน้ำ 85%

ตารางผนวกที่ ก12 ตารางสรุปปริมาณน้ำที่ไม่ผลต้องการใช้ตลอดทั้งฤดูกาล

CASE : INPUT_Y40

ที่	ชนิดไม้ผล	ปริมาณน้ำที่ต้องการ (ลิตร/เดือน/ไร่)												รวม	หมายเหตุ
		พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	ที่ต้องการ	
1	ทุเรียน	0.00	214,305.88	99,595.29	26,654.12	222,080.00	178,296.47	65,101.18	0.00	0.00	0.00	0.00	16,997.65	823,030.59	ใช้ปริมาณ น้ำฝน ปี 2540
2	เงาะ	0.00	214,305.88	165,430.59	79,510.59	222,080.00	178,296.47	93,054.12	0.00	0.00	0.00	0.00	16,997.65	969,675.29	
3	มังคุด	0.00	214,305.88	165,430.59	79,510.59	222,080.00	178,296.47	93,054.12	0.00	0.00	0.00	0.00	16,997.65	969,675.29	
4	ลองกอง / ลางสาด	0.00	214,305.88	165,430.59	66,296.47	206,004.71	162,334.12	65,101.18	0.00	0.00	0.00	0.00	58,503.53	937,976.47	
													3,700,357.65		

ภาคผนวก ข

ไฟล์ข้อมูลนำเข้าสำหรับการรับโปรแกรม GAWS-2004

ไฟล์ข้อมูลนำเข้า (INPUT_Avg)

Water scheduling

34

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	26	27	28	29	30	31	32	33	34			

Supply pipe full capacity (L/TP)

363600

Secondary pipes full supply (L/TP)

8640	8640	8640	9504	9936	9504	12960	12960	13824	13824	22500
	12096	11664	11664	9504	9936	9504	10368	9504	10368	10800
	9504	8640	9504	8640	7776	9504	9504	8640	7344	14688
	11664	10368	10368							

Time Periods Required (per hour in each day for totally 151 days)

33	36	38	33	38	31	32	33	35	42	33	40	43
	45	41	44	40	45	41	41	39	4	5	41	44
	42	42	40	43	38	41	43	42	43			

ไฟล์ข้อมูลนำเข้า (INPUT_Y40)

Water scheduling

34

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	26	27	28	29	30	31	32	33	34			

Supply pipe full capacity (L/TP)

363600

Secondary pipes full supply (L/TP)

8640	8640	8640	9504	9936	9504	12960	12960	13824	13824	22500
	12096	11664	11664	9504	9936	9504	10368	9504	10368	10800
	9504	8640	9504	8640	7776	9504	9504	8640	7344	14688
	11664	10368	10368							

Time Periods Required (per hour in each day for totally 213 days)

29	32	34	29	34	31	32	29	31	38	29	36	39
	37	37	40	36	41	37	37	35	4	5	37	40
	38	38	36	39	34	37	39	38	39			

ภาคผนวก ค
แสดงโปรแกรม GAWS-2004

```

//GAWS-2004.c Genetic Algorithm Water Scheduling (without moisture balance routine).

//Direction Use for any water scheduling system with known time period required in each canal
or pipe
//      This source code use for free specified starting time block.
//      Input data in the same format as shown in the input file.

//Copyright:2005
// Pipe Systems Water Allocation at Raok Reservoir in Rayong Province

#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <math.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <process.h>
#include <time.h>

#define POPSIZE      100      // input population size
#define INTERVAL    300      // input interval of generation to recheck of improvement fitness
#define DELTA       0.0001   // input minimum improved of fitness after INTERVAL
generations

#define CYCLE       48       // use for 151 days (1 hour = 4 time period)
#define LENGTH     34       // input chromosome length follow the number of canal/pipe to
scheduling

#define inc        10       // increment number to mutate

//Main subroutines used in this programme
void  Read_inputfiles();
void  Initial_Population();

```

```

void Objective_Function();
void Tournament_SELECTION();
void One_site_CROSSOVER();
void Two_site_CROSSOVER();
void Uniform_CROSSOVER();
void Modified_uniform_MUTATION();

//Subroutines used
Int RandInt (int, int);
void SwapIntValues(int *, int *);
void SwapRealValues(float *, float *);
void perror(char *messg);

//Global variables
int MaxGEN, gen, i ,index;
float TPreq[LENGTH]; // Time Block or Time Period Required

float NofMu, PXOVER;
float bestfit, Pmutate, ftss[POPSIZE], DELTA_ftss, Old_bestfit;
float initial_pop[POPSIZE][LENGTH], genetic_pop[POPSIZE][LENGTH];

float Lateral_capa[LENGTH], Main_capa;

FILE *f1,*f2;

//MAIN PROGRAM
void main (void)
{
    clock_t start, finish;
    float duration, TotalTime;

```

```

TotalTime = 0.0f;
f1 = fopen("OUTPUT48_Trial A.out","w");

    srand(1);

    MaxGEN = 5000; // input maximum generation required
//PXOVER = 0.75f; // input probability of crossover
//NofMu = 0.29f; // input number of mutation per chromosome

    NofMu = (float) 0.01;
do{
    PXOVER = 0.5f;
do{

    index = 0;
    Old_bestfit = 1000000000.0f;
    DELTA_ftnss = 1000000000.0f;
    bestfit = 1000000000000000000.0f;

    Read_inputfiles();
    start = clock();
    Initial_Population();

    for(gen = 0; gen <= MaxGEN; gen++) {

        Objective_Function(); if(index == 999) break;
        Tournament_SELECTION();
// One_site_CROSSOVER();
// Two_site_CROSSOVER();
        Uniform_CROSSOVER();
        Modified_uniform_MUTATION();

```

```

if (!(gen+1)%INTERVAL){
    DELTA_fitnss = (float)fabs((double)((Old_bestfit - bestfit)/bestfit));
    Old_bestfit = bestfit;
}
} //End of Generation Loop

finish = clock();
duration = (float)(finish - start) / CLOCKS_PER_SEC;
TotalTime = (float)(TotalTime + duration);
printf(" Time = %5.2f seconds\n", duration);
fprintf(f1,"Time = %5.2f seconds \n\n", duration);

    PXOVER = (float) (PXOVER + 0.05f);
}while (PXOVER <= 1.01);

    NofMu = (float)(NofMu + 0.02f);
}while (NofMu <= 0.35);

(void) fclose (f1);
printf("End of run ENJOY!!!! ");

} //MAIN PROGRAM END

/*****
void Read_inputfiles()
{
    int jj, num_schemes,scheme_num[LENGTH];
    char title[80];

    /****OPEN INPUT FILES HERE *****/
    if(!(f2 = fopen("INPUT_Trial A.DAT","r"))) perror(" Can not open project file" );

```

```

        // Canal data file start here
fgets(title, 80, f2);    // Canal data title
fscanf(f2,"%d",&num_schemes); // scan number of schemes here
for(jj=0;jj<num_schemes;jj++) fscanf(f2,"%d ", &scheme_num[jj]);
fgets(title, 80, f2);    // Main & lateral canals title
        fscanf(f2,"%f ", &Main_capa) ; // scan main canal supply
        fgets(title, 80, f2);

        // scan lateral canal supply
        for(jj = 0; jj < num_schemes; jj++) fscanf(f2,"%f ", &Lateral_capa[jj]);
        fscanf(f2,"\n");
fgets(title, 80, f2);    // Main & lateral canals title
        for(jj = 0; jj < num_schemes; jj++) fscanf(f2,"%f ", &TPreq[jj]);
        fscanf(f2,"\n");

(void)fclose(f2);
}
/*****/
//Routine to initialise population
void Initial_Population()
{
    int    i, j;
    float nd = RAND_MAX;

    // for random starting time period for each canal
    for(i = 0; i<POPSIZE; i++) {
        for(j = 0; j< LENGTH; j++){
            initial_pop[i][j] = (float)RandInt(0,CYCLE-1);
            // printf("%7.0f \n", initial_pop[i][j]);

//j            fputs();

```

```

        }
    }
} //end of initial here

/*****/

//Routine to compute fitness values and constraints
void Objective_Function()
{
    int    i, jj, ii, IFLAG[LENGTH][CYCLE], pFlag[LENGTH][CYCLE];

    float  Discharge[CYCLE][LENGTH], sumLateralFlow[CYCLE],
sumCapaConstr[POPSIZE];
    float  capaConstr[CYCLE], pcapaConstr[CYCLE], psumLateralFlow[CYCLE],
sumobjfunc[POPSIZE];
    float  psumoutflow, outflow[CYCLE], sumoutflow[POPSIZE], poutflow[CYCLE];
    float  psumCapa, objfunc[CYCLE], pinitial[LENGTH];

for(i=0;i<POPSIZE;i++) {
    ftnss[i]    = 0.0f;
    sumoutflow[i] = 0.0f;
    sumobjfunc[i] = 0.0f;
    sumCapaConstr[i] = 0.0f;

    Pmutate = (float)(NofMu/LENGTH);

    // 1
    for(jj = 0; jj <LENGTH; jj++) {
        if(initial_pop[i][jj]+TPreq[jj] > CYCLE-1) initial_pop[i][jj] = (float)(CYCLE-
TPreq[jj]);
    //j    printf("%7.0f\n\n\n\n", initial_pop[i][jj]);
        //CYCLE-1 = 23 since we count 0 to 23
    }
}

```

```

//2 set up IFLAG here
for(jj = 0; jj <LENGTH; jj++){
    for(ii = 0; ii<CYCLE; ii++){
        IFLAG[jj][ii] = 0;
        if(ii >= initial_pop[i][jj] && ii < initial_pop[i][jj]+TPreq[jj]) IFLAG[jj][ii] = 1;
    }
}

//3 this is canal capacity constraint
for(ii=0; ii<CYCLE; ii++){
    sumLateralFlow[ii] = 0.0f;
    for(jj = 0; jj <LENGTH; jj++) {
        Discharge[ii][jj] = Lateral_capa[jj]*IFLAG[jj][ii];
        sumLateralFlow[ii] = sumLateralFlow[ii] + Discharge[ii][jj];
    }
}

//4 Fitness function and constraint function are here
for(ii=0; ii<CYCLE; ii++){
    outflow[ii] = (float)fabs(Main_capa - sumLateralFlow[ii]);
    objfunc[ii] = (float)pow(outflow[ii],2);

    if(sumLateralFlow[ii] > Main_capa) capaConstr[ii] = (float)(sumLateralFlow[ii] -
Main_capa);
    else capaConstr[ii] = 0.0f;

    sumoutflow[i] = sumoutflow[i] + (float)(outflow[ii]);
    sumobjfunc[i] = sumobjfunc[i] + (float)(objfunc[ii]);
    sumCapaConstr[i] = sumCapaConstr[i] + (float)(capaConstr[ii]);
}

```

```

//5
ftnss[i] = (sumobjfunc[i] + sumCapaConstr[i]); //Overall Function is Here

if(bestfit > ftnss[i]){
    bestfit = ftnss[i];

    psumCapa = sumCapaConstr[i];
    psumoutflow = sumoutflow[i];

for(ii=0; ii<CYCLE; ii++) {
    pcapaConstr[ii] = capaConstr[ii];

    poutflow[ii] = outflow[ii];
    psumLateralFlow[ii] = sumLateralFlow[ii];

    for(jj = 0; jj<LENGTH; jj++) {
        pinitial[jj] = initial_pop[i][jj];
        pFlag[jj][ii] = IFLAG[jj][ii];
    }
}

}

} //end of i

//6
if (gen == MaxGEN || DELTA_ftnss <= DELTA){
    index = 999;

    fprintf(f1,"Pipes#\n");
    for(jj = 0; jj<LENGTH; jj++) {
        fprintf(f1,"%3d ",jj+1);
    }
}

```

```

        for(ii=0; ii<CYCLE; ii++) fprintf(f1,"%1d",pFlag[jj][ii]);
        fprintf(f1,"%7.0f%7.2f\n", pinitial[jj]+1, (pinitial[jj]));
    }
    fprintf(f1,"\n");

    fprintf(f1,"T-Period ");
    for(ii=0; ii<CYCLE; ii++) fprintf(f1,"%7d ",ii+1); fprintf(f1,"\n");
    fprintf(f1,"sum_flow ");
    for(ii=0; ii<CYCLE; ii++) fprintf(f1,"%7.2f ", psumLateralFlow[ii]); fprintf(f1,"\n");
    fprintf(f1,"outflow ");
    for(ii=0; ii<CYCLE; ii++) fprintf(f1,"%7.2f ", poutflow[ii]); fprintf(f1,"\n");

    fprintf(f1,"\n");

    fprintf(f1,"PX %4.2f Mu %4.3f gen %3d", PXOVER, NofMu, gen);
    fprintf(f1," bestfit %7.1f Sumoutflow %5.3f Capa %5.3f\n",
        bestfit, psumoutflow, psumCapa);

    printf(" PX %4.2f Mu %4.3f gen %3d", PXOVER, NofMu, gen);
    printf(" bestfit %7.1f Capa %5.3f\n",
        bestfit, psumCapa);
} // end of if loop

printf("%3d %10.3f %10.3f\n",gen+1,bestfit, psumCapa);
}
/*****
void Tournament_SELECTION()
{
    int ii,jj,j,mem;

    for(mem=0; mem < POPSIZE; mem++){

```

```

    ii = RandInt(0,POPSIZE-1);
    jj = RandInt(0,POPSIZE-1);

    if(ftnss[ii] <= ftnss[jj]){
        for(j=0; j<LENGTH; j++){
            genetic_pop[mem][j] = initial_pop[ii][j];
        }
    }
    if(ftnss[ii] > ftnss[jj]){
        for(j=0; j<LENGTH; j++){
            genetic_pop[mem][j] = initial_pop[jj][j];
        }
    }
}

// end of tournament
/*****/
// Routine to crossover population
void XOVER(int i1, int i2)
{
    int j, kk;

    kk = RandInt(1,LENGTH-1);

    for(j = kk; j<LENGTH; j++){
        SwapRealValues(&genetic_pop[i1][j],&genetic_pop[i2][j]);
    }
}
/*****/
// Routine to crossover population, 2-site
void TPXOVER(int i1, int i2)
{

```

```

int j, kk1, kk2;

kk1 = RandInt(1, LENGTH-1);
kk2 = RandInt(1, LENGTH-1); // this is for 2-site XOVER
if (kk1 > kk2) SwapIntValues(&kk1, &kk2); // this is to swap 2-site if the later is less

for(j=kk1; j < kk2; j++) {
    SwapRealValues(&genetic_pop[i1][j], &genetic_pop[i2][j]);
}
}

/*****/
//Routine to uniform crossover
void UNIXOVER(int i1, int i2)
{
    int j, kk;

    for(j=0; j < LENGTH; j++){
        kk = rand() & 01;
        if(kk == 1) SwapRealValues(&genetic_pop[i1][j], &genetic_pop[i2][j]);
    }
}

/*****/
//Routine to one site crossover
void One_site_CROSSOVER()
{
    int mem, num_select, one;
    float Prob_X;

    num_select = 0;

```

```

    for (mem = 0; mem < POPSIZE ; mem++) {
        Prob_X = rand()%1000/1000.0f;
        if (Prob_X < PXOVER){
            ++num_select;
            if(num_select%2 == 0){
                XOVER(one,mem);
            }
            else one = mem;
        }
    }

} //end of one site crossover

/*****/

//Routine to two site crossover
void Two_site_CROSSOVER()
{
    int mem, num_select, one;
    float Prob_X;

    num_select = 0;
    for (mem = 0; mem < POPSIZE ; mem++) {
        Prob_X = rand()%1000/1000.0f;
        if (Prob_X < PXOVER){
            ++num_select;
            if(num_select%2 == 0){
                TPXOVER(one,mem);
            }
            else one = mem;
        }
    }
}

```

```

} //end of two site crossover routine
/*****/

//Routine to uniform crossover
void Uniform_CROSSOVER()
{
    int mem, num_select, one;
    float Prob_X;

    num_select = 0;
    for (mem = 0; mem < POPSIZE ; mem++) {
        Prob_X = rand()%1000/1000.0f;
        if (Prob_X < PXOVER){
            ++num_select;
            if(num_select%2 == 0){
                UNIXOVER(one,mem);
            }
            else one = mem;
        }
    }
}

} // end of uniform crossover routine
/*****/

// Routine to modified uniform mutation
void Modified_uniform_MUTATION()
{
    int i,j, mutant;
    double Prob_M;

    for (i=0;i<POPSIZE;i++) {
        for(j=0; j<LENGTH; j++){
            Prob_M = rand()%1000/1000.0;

```

```

        if(Prob_M<Pmutate){
            mutant = rand()&01;
            if(mutant == 1) genetic_pop[i][j] = (float)(genetic_pop[i][j] + inc);

            else genetic_pop[i][j] = (float)(genetic_pop[i][j] - inc);

            if(genetic_pop[i][j] < 0.0f) genetic_pop[i][j] = 0.0f;
            else if(genetic_pop[i][j] > CYCLE-1) genetic_pop[i][j] =
(float)(CYCLE-1);
        }
    } // end j

    for(j = 0; j< LENGTH; j++){
        initial_pop[i][j] = genetic_pop[i][j];
    }
} //end i

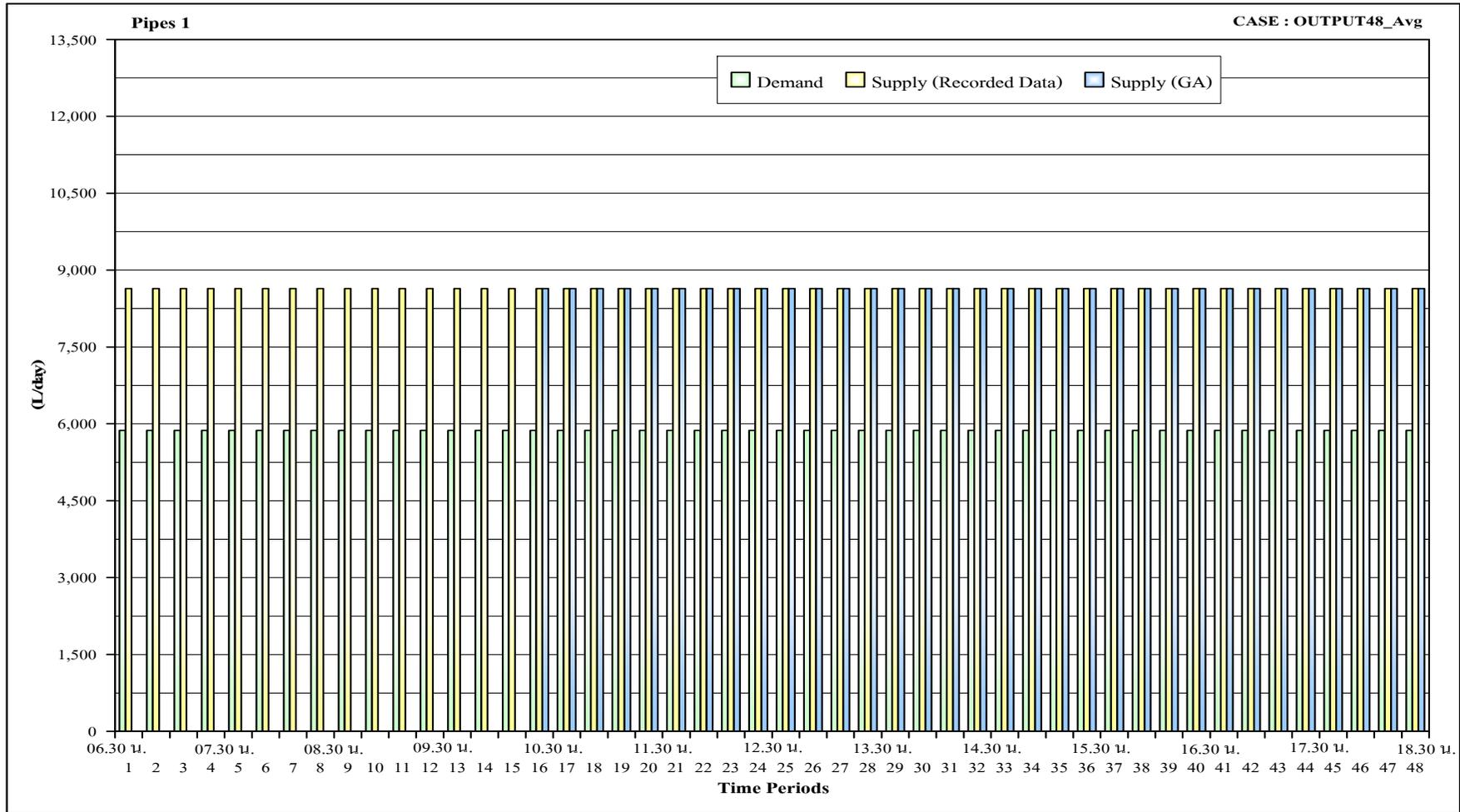
} //end of modified uniform mutation
/*****
//Routine to random integer values
int RandInt (int lower,int upper)
{
    int val;
    int nb = (upper - lower );
    val = (rand()%nb + lower);
    return val;
}
/*****/

// Routine to swop value
void SwapIntValues(int *x, int *y)

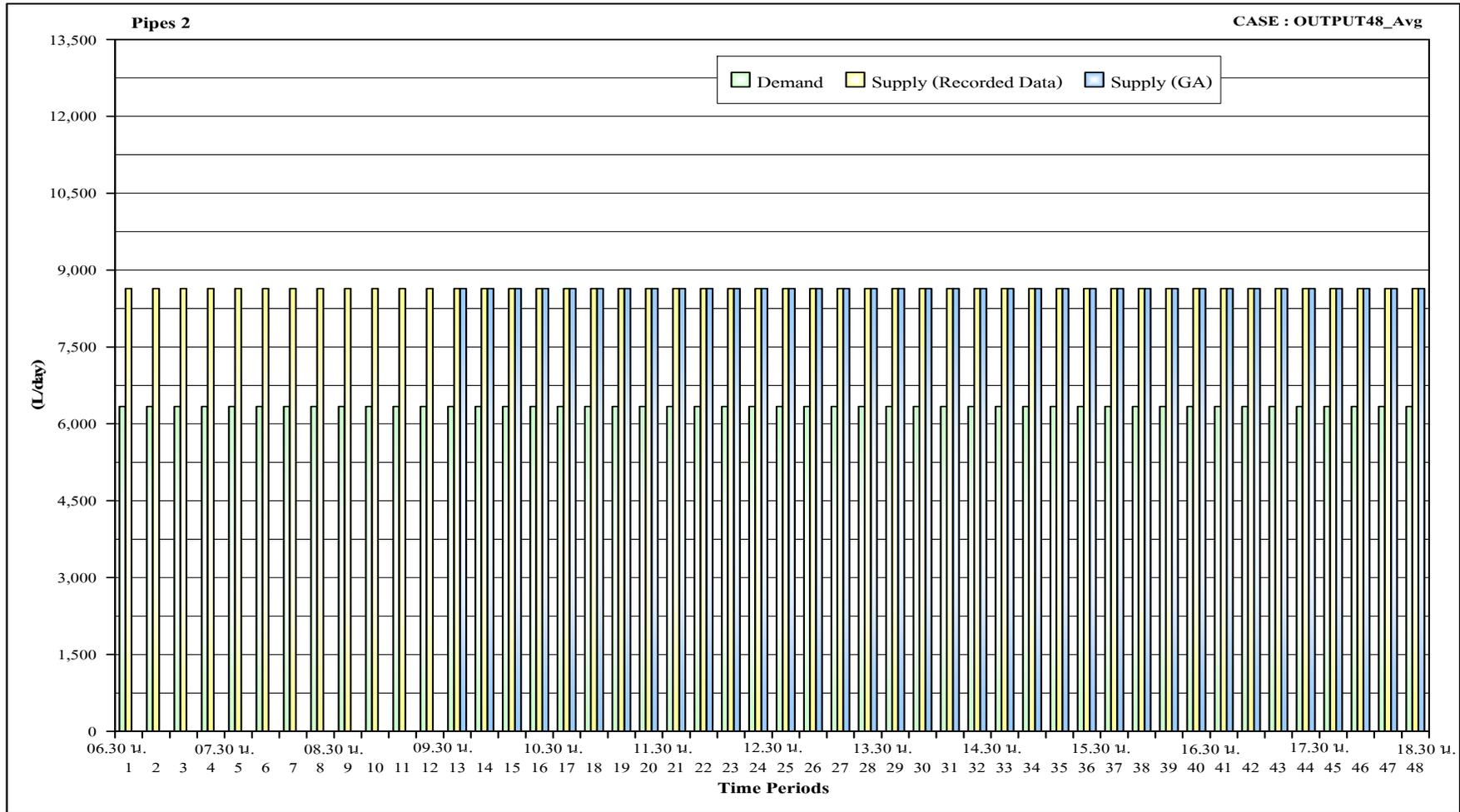
```

```
{  
    int temp;  
    temp = *x;  
    *x=*y;  
    *y=temp;  
}  
/*****/  
  
// Routine to swop real value  
void SwapRealValues(float *xx, float*yy)  
{  
    float temp;  
    temp = *xx;  
    *xx = *yy;  
    *yy = temp;  
}  
/*****/  
  
// Routine to print error message  
void nrrerror(char *messg)  
{  
    puts(messg);  
    exit(1);  
}  
/*****/
```

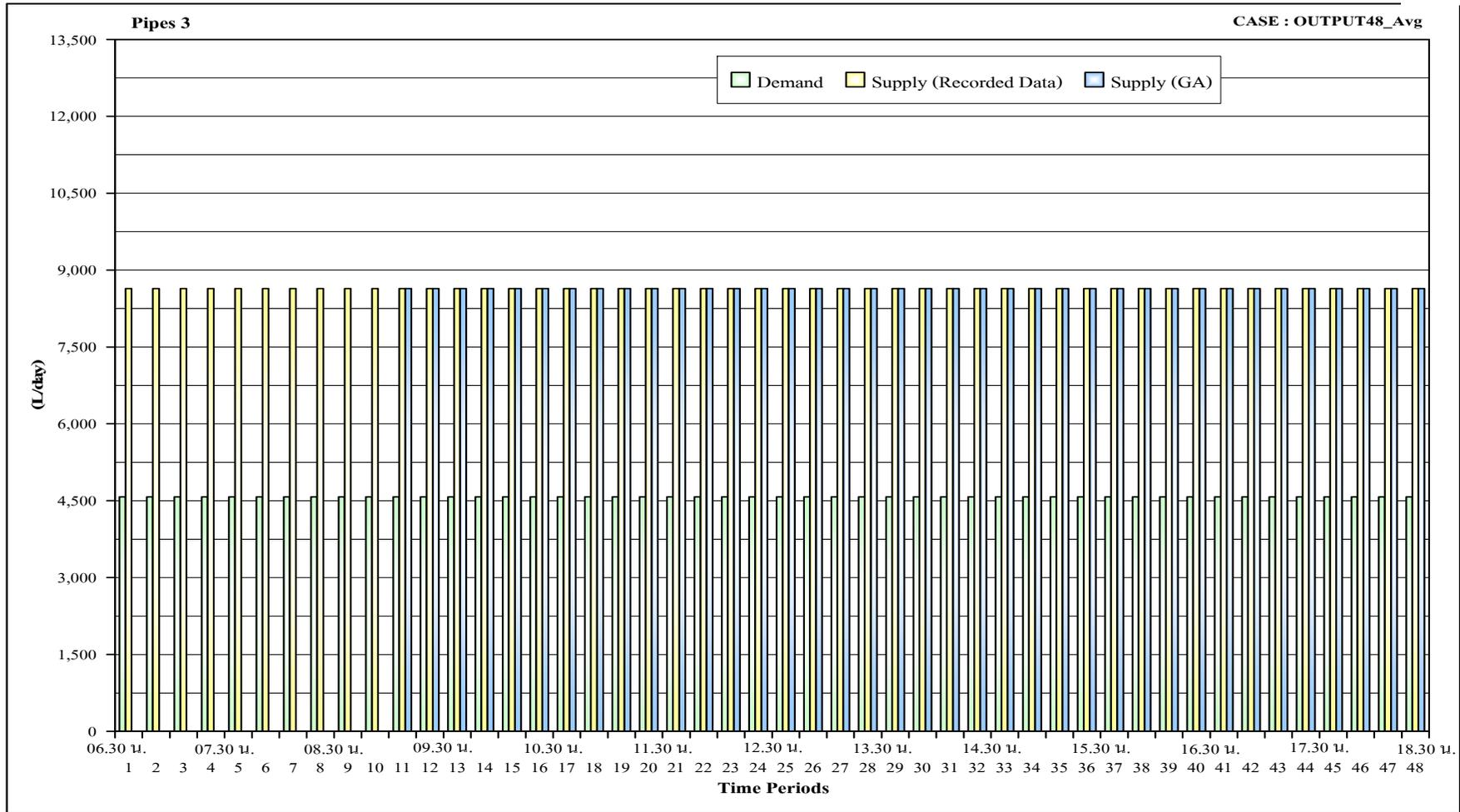
ภาคผนวก ง
ผลการประมวลผลโปรแกรม GAWS-2004



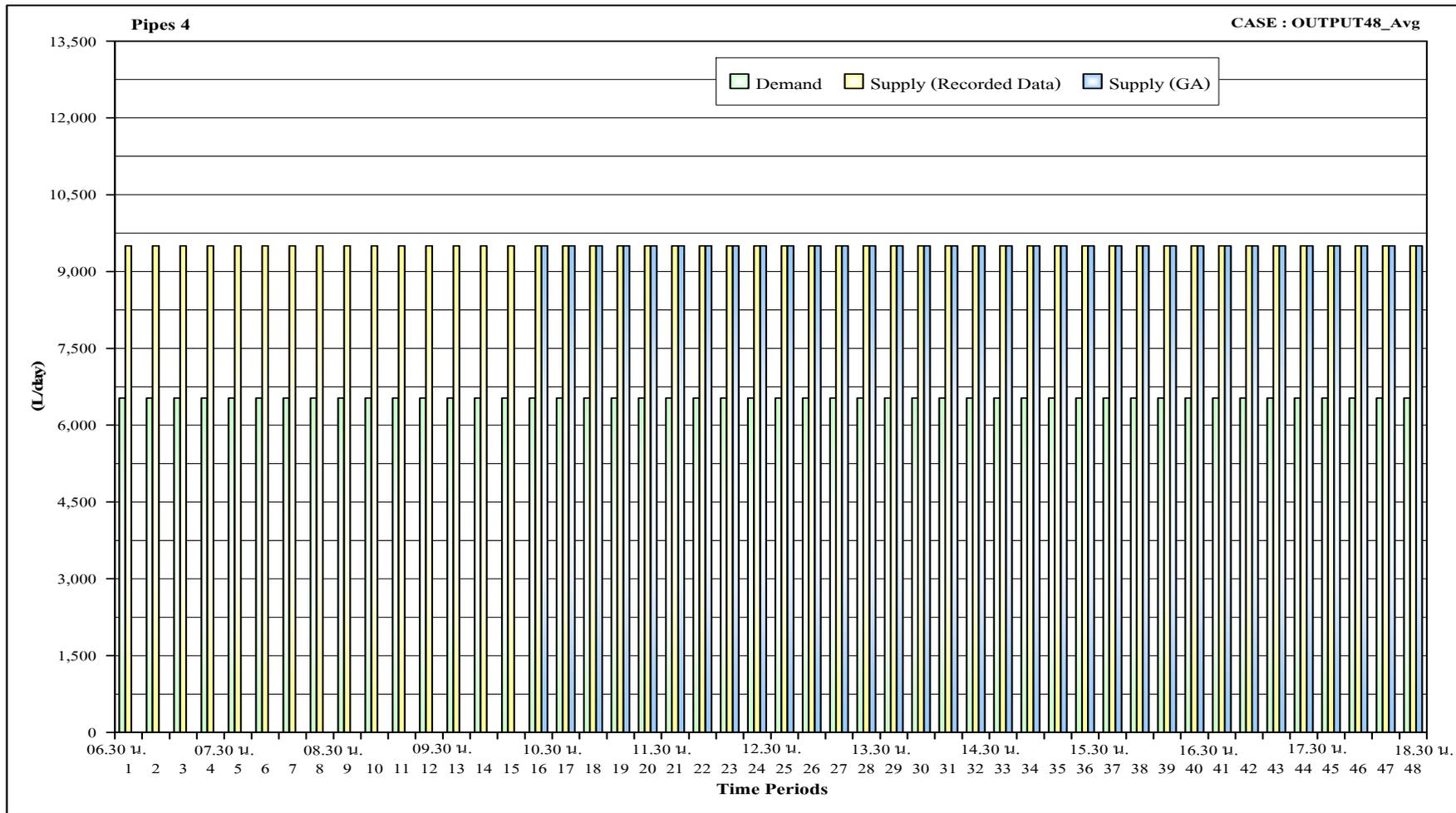
ภาพผนวกที่ 1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 1 (OUTPUT48_Avg)



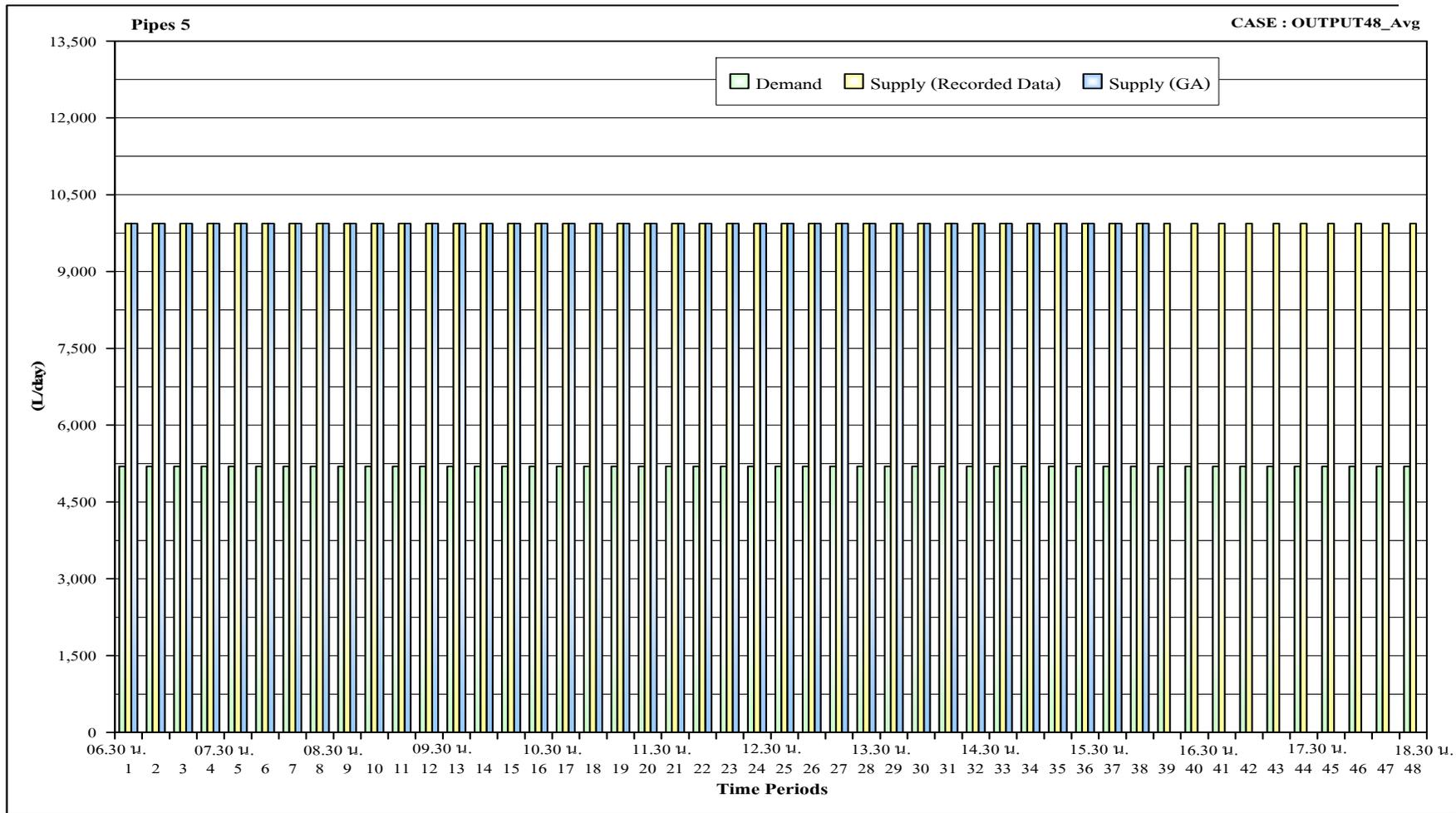
ภาพผนวกที่ ๒ กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 2 (OUTPUT48_Avg)



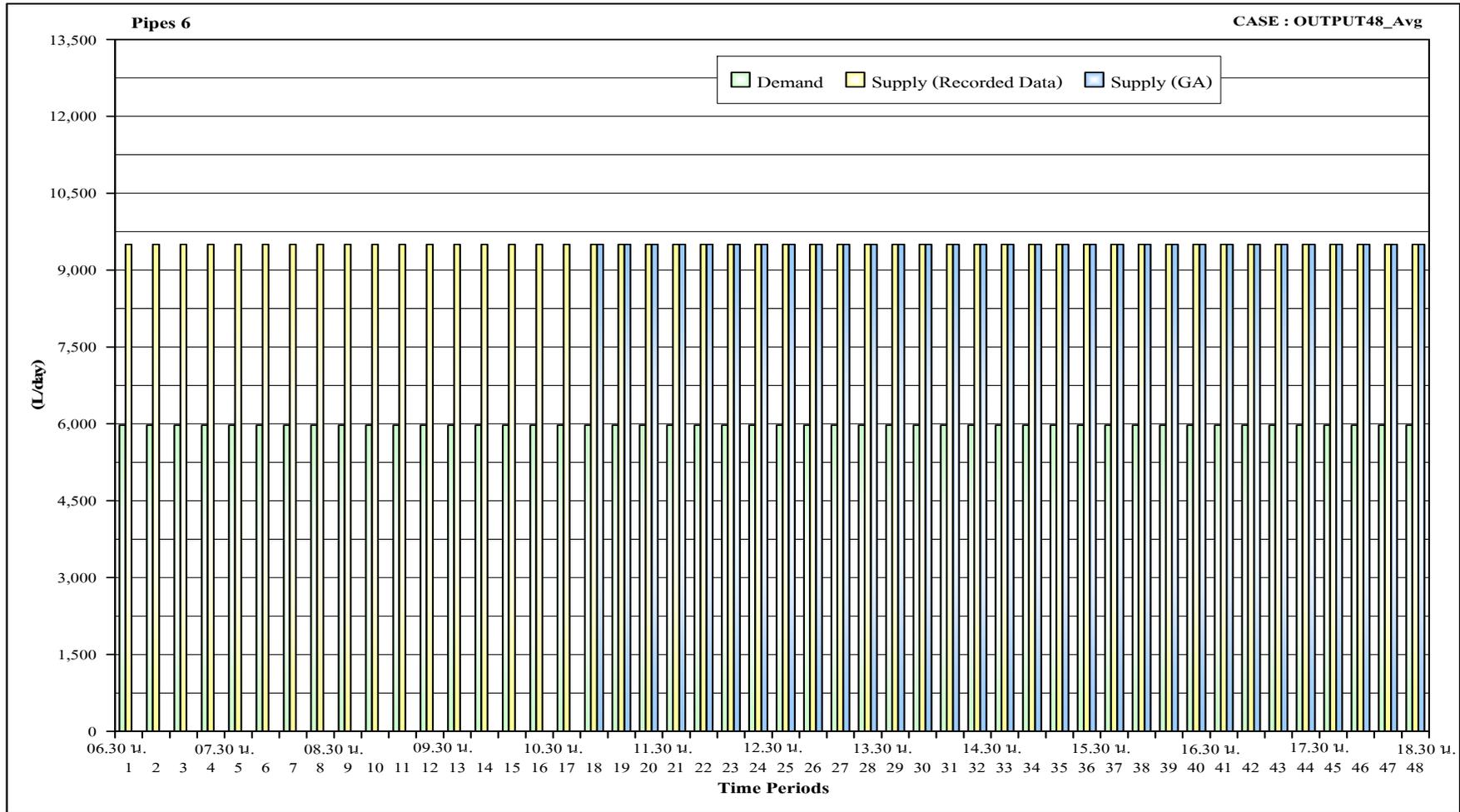
ภาพผนวกที่ 33 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 3 (OUTPUT48_Avg)



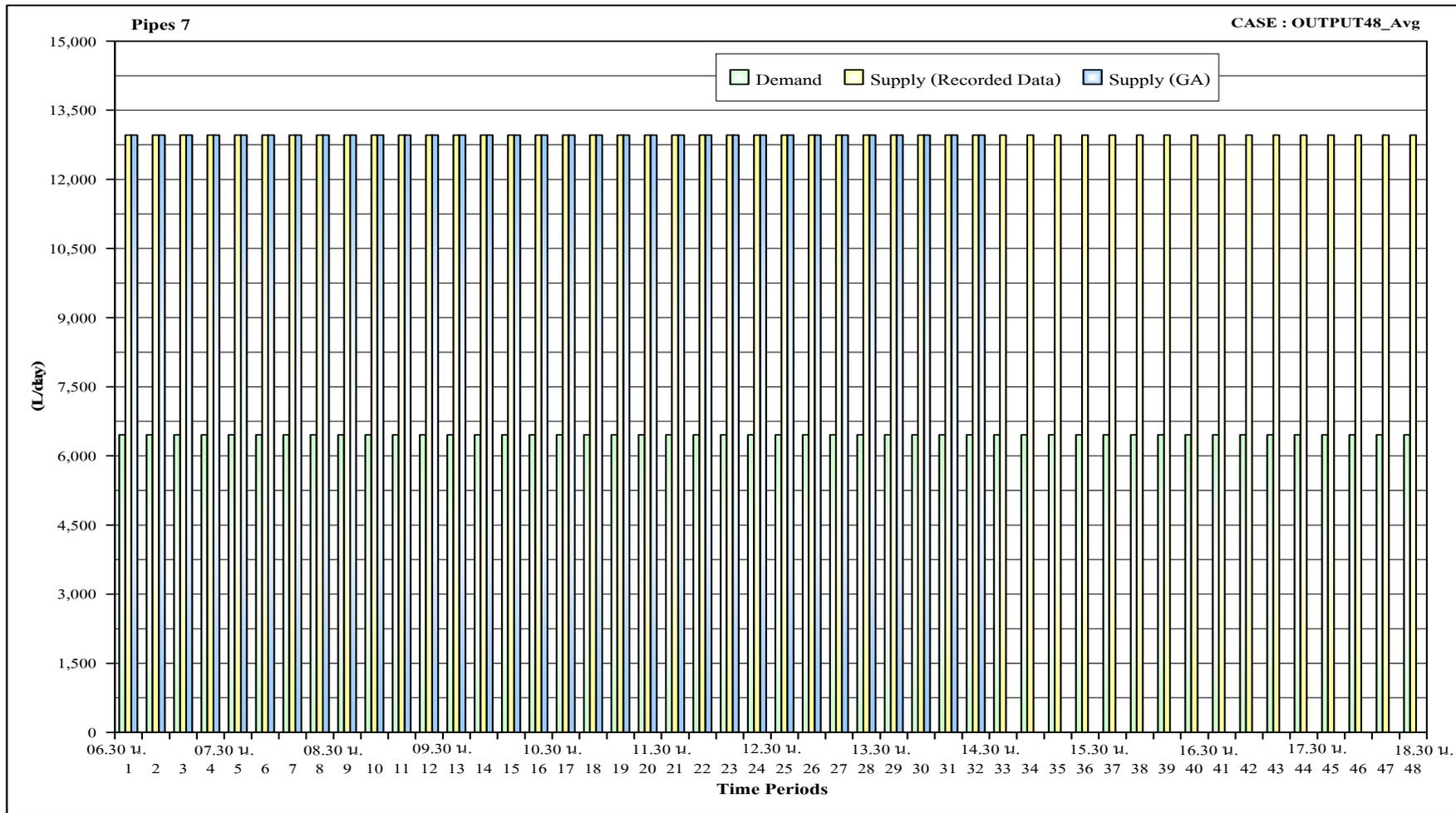
ภาพผนวกที่ ๔ กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 4 (OUTPUT48_Avg)



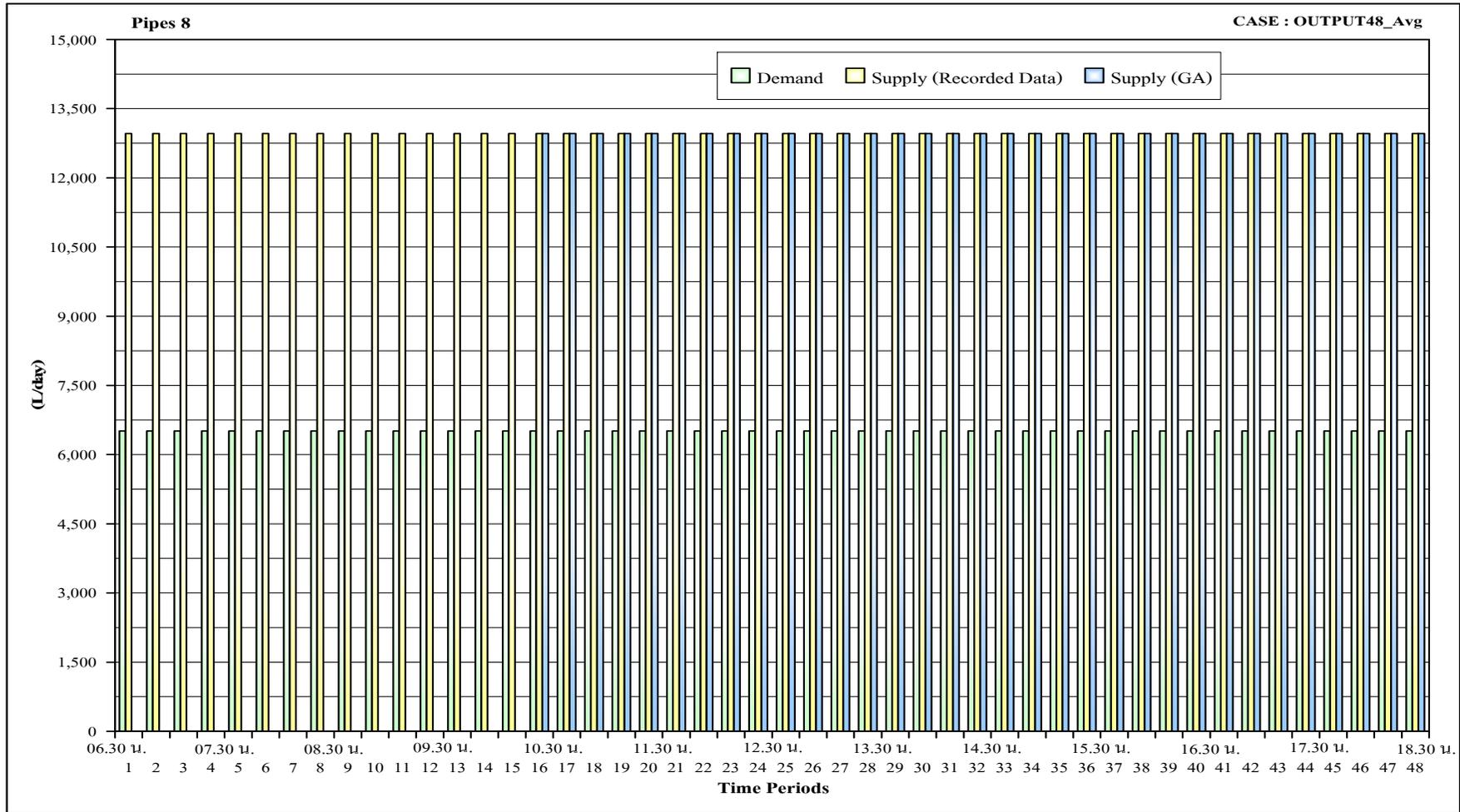
ภาพผนวกที่ 5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 5 (OUTPUT48_Avg)



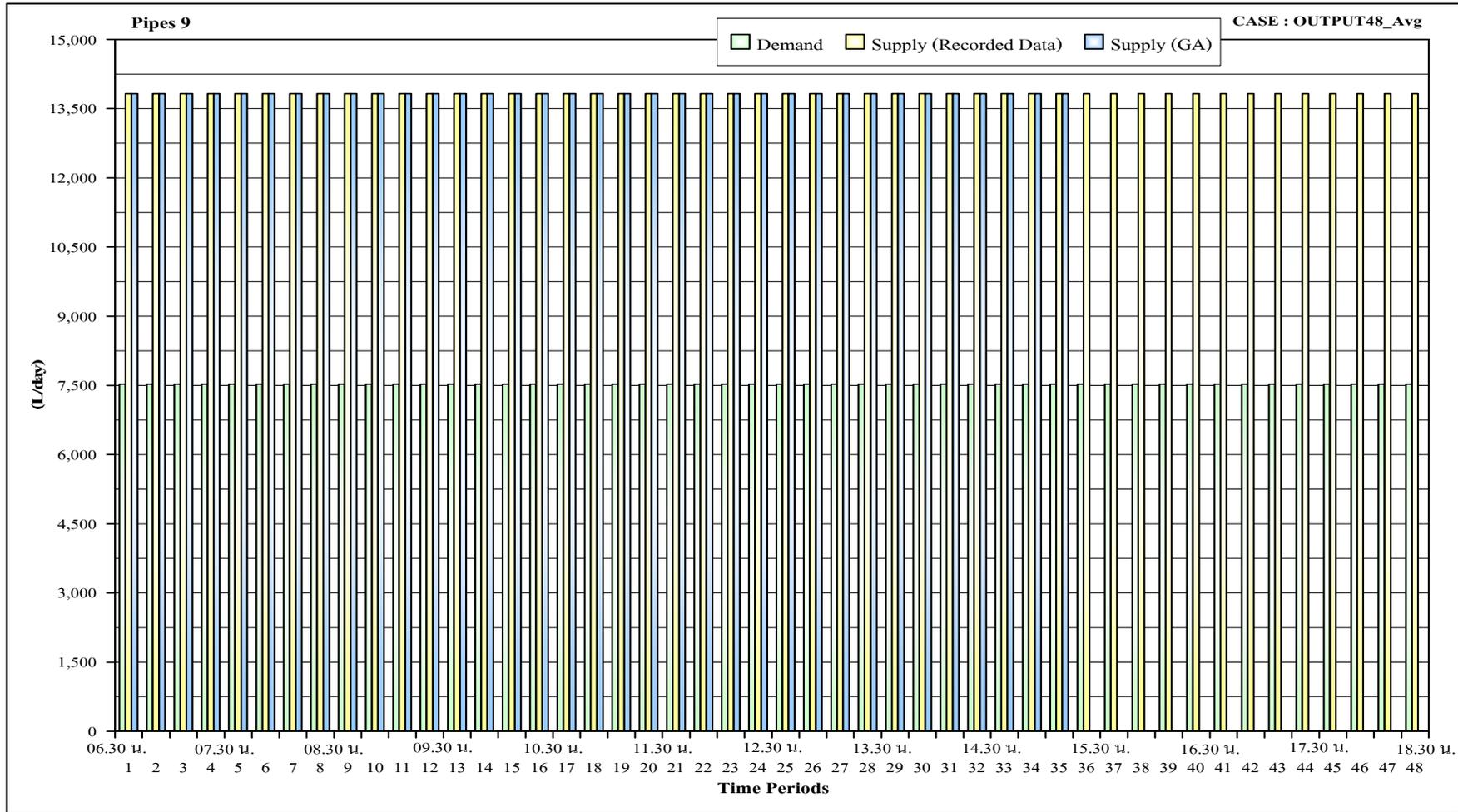
ภาพผนวกที่ 6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 6 (OUTPUT48_Avg)



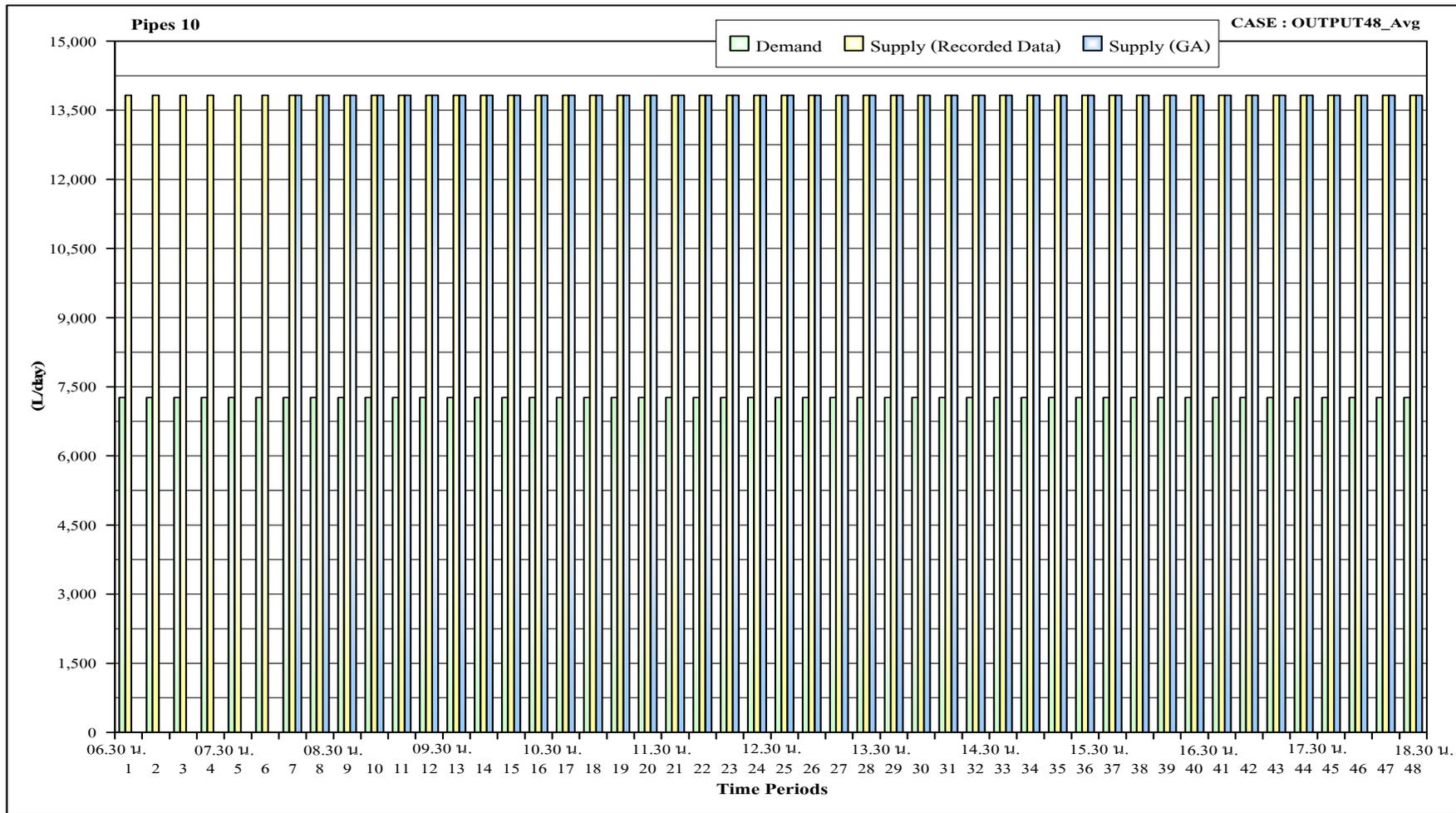
ภาพผนวกที่ ๗ กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ ๗ (OUTPUT48_Avg)



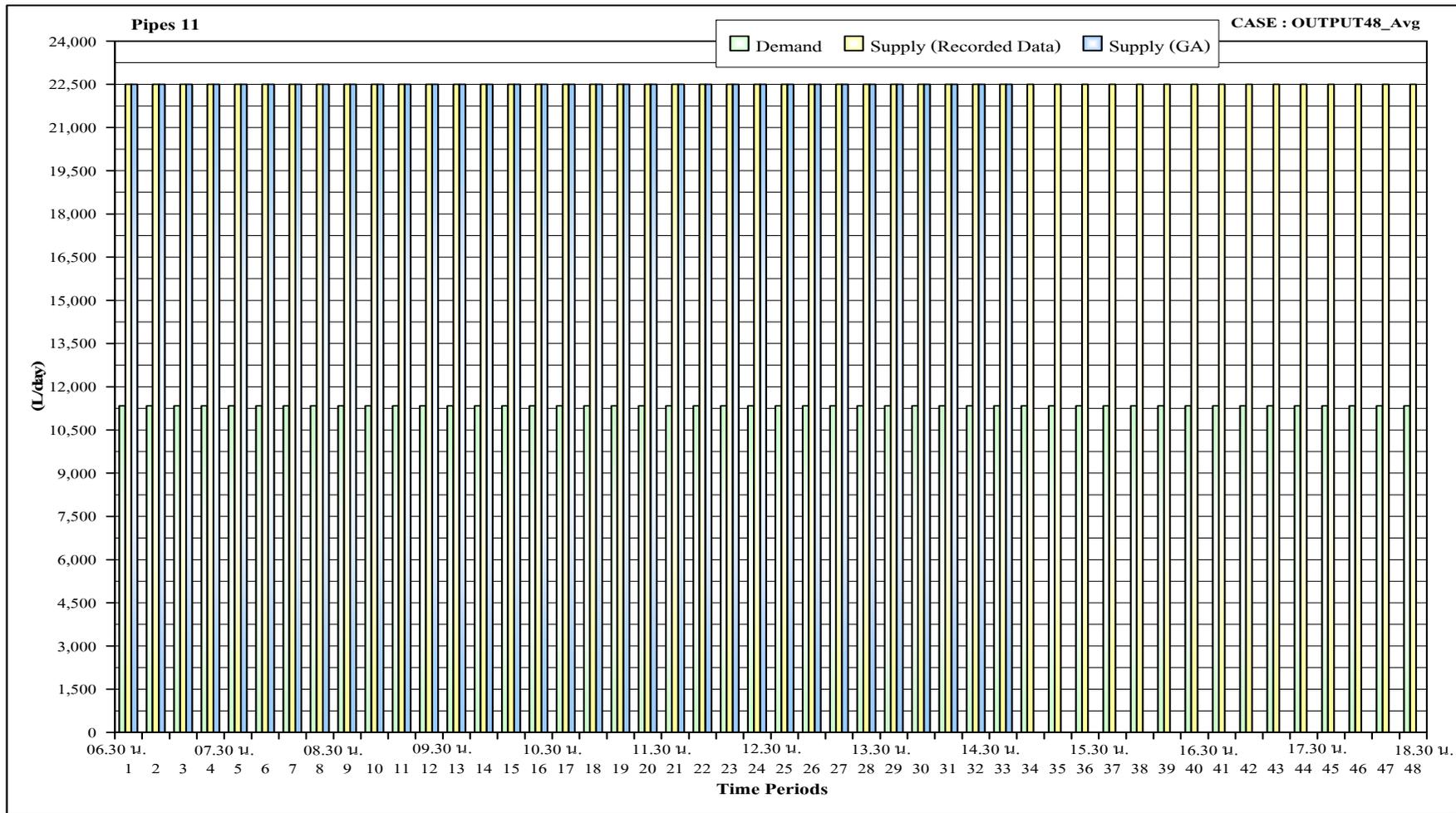
ภาพผนวกที่ 8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 8 (OUTPUT48_Avg)



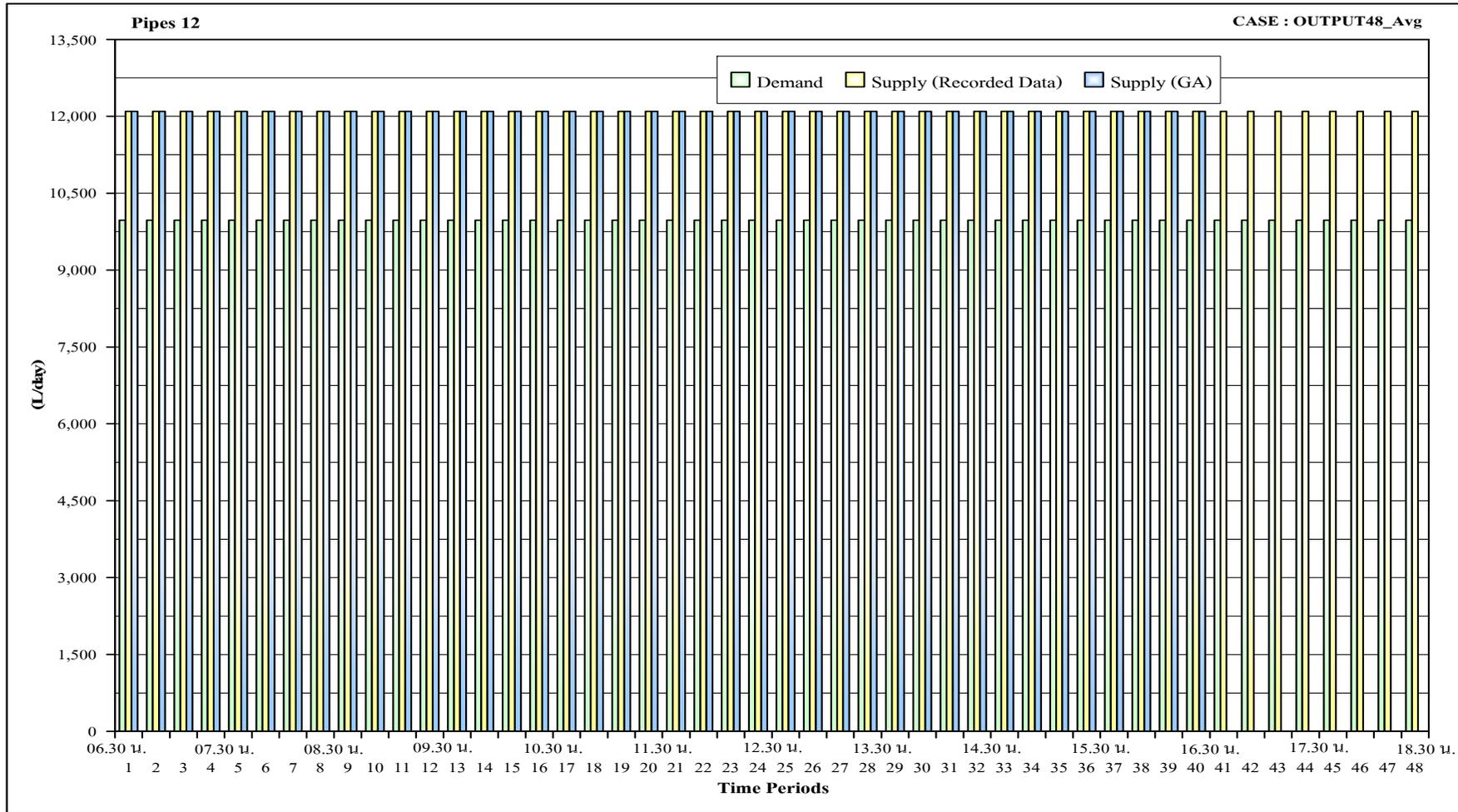
ภาพผนวกที่ ๙ กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 9 (OUTPUT48_Avg)



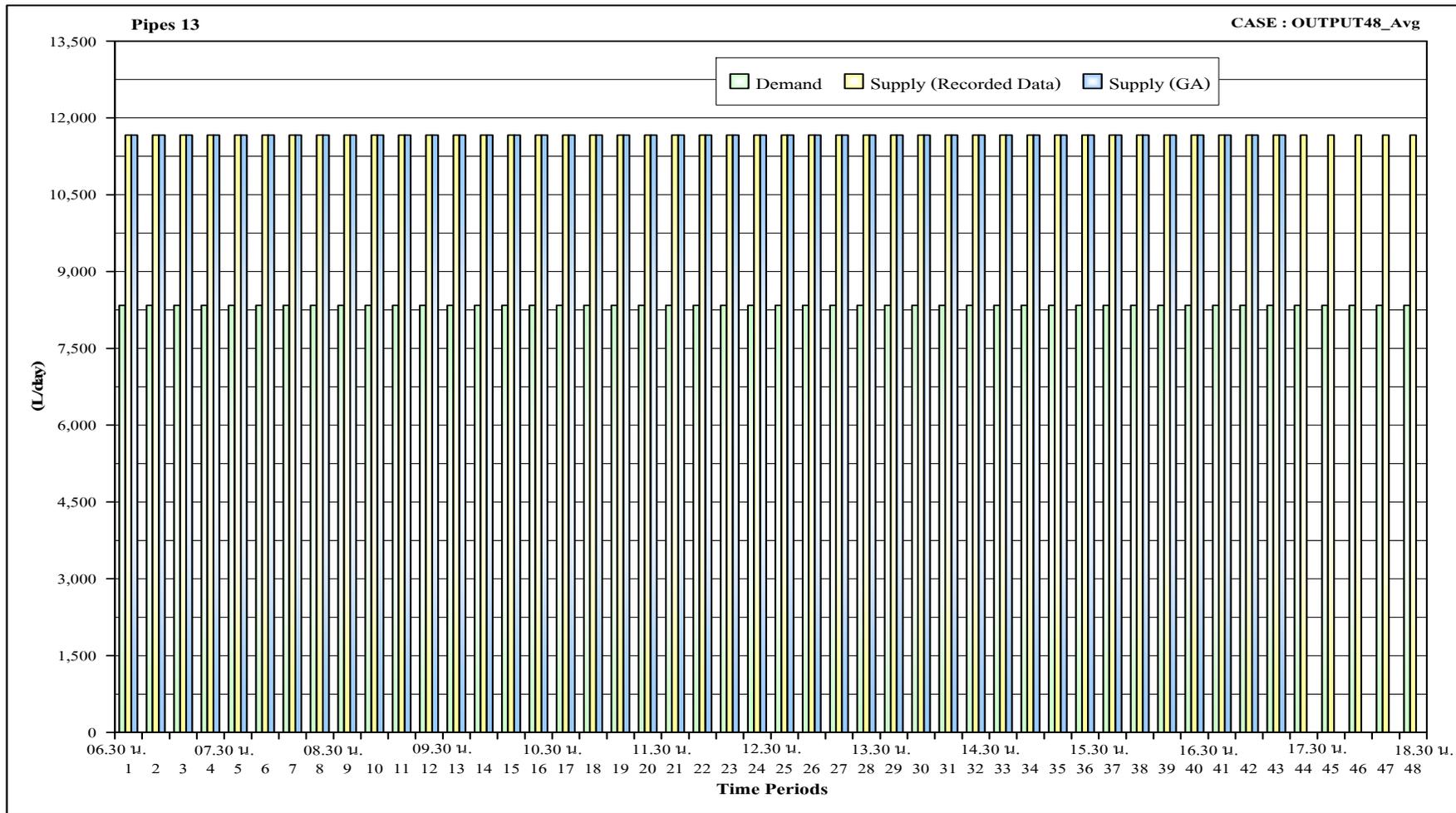
ภาพผนวกที่ 10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 10 (OUTPUT48_Avg)



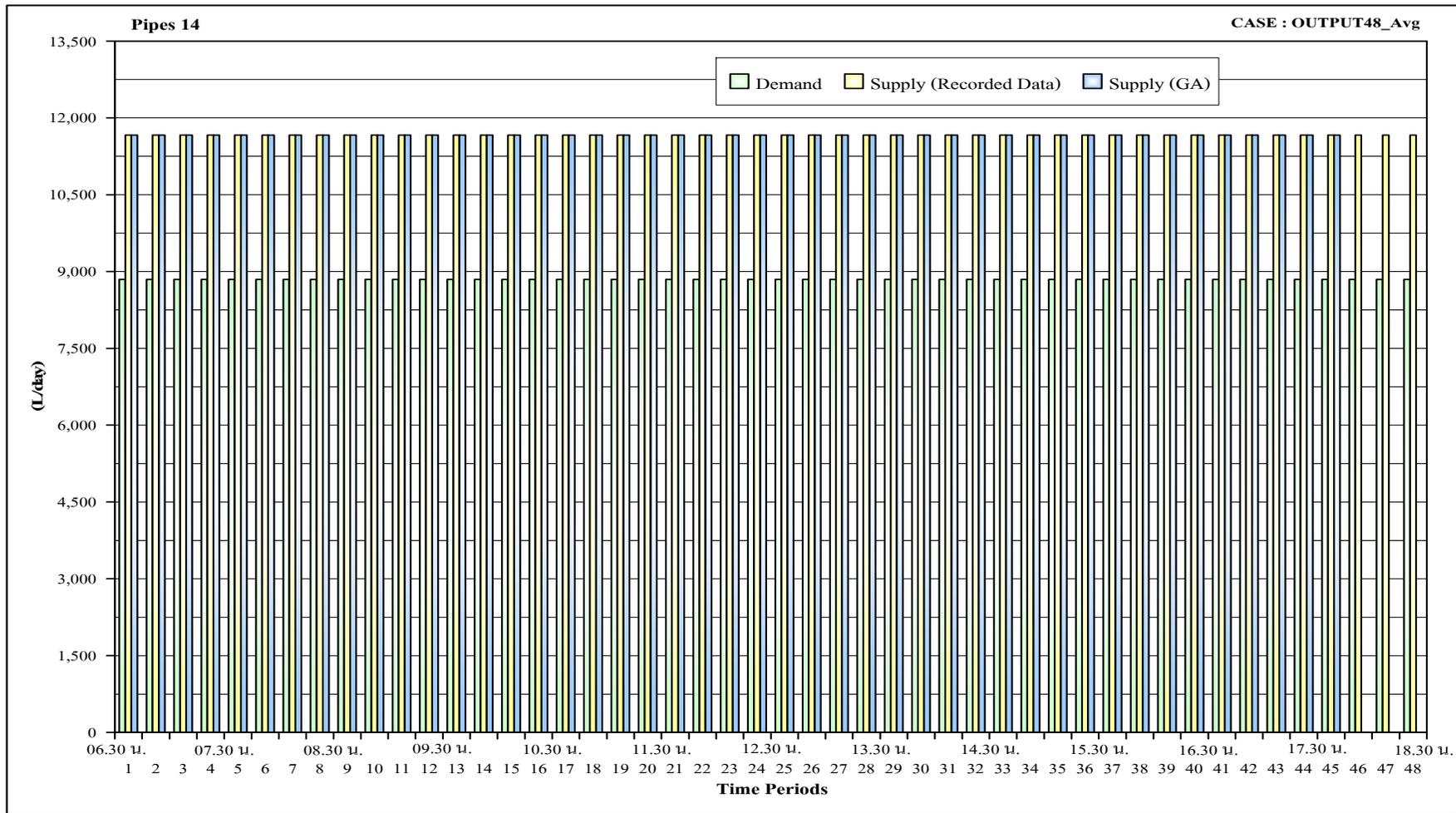
ภาพผนวกที่ 11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 11 (OUTPUT48_Avg)



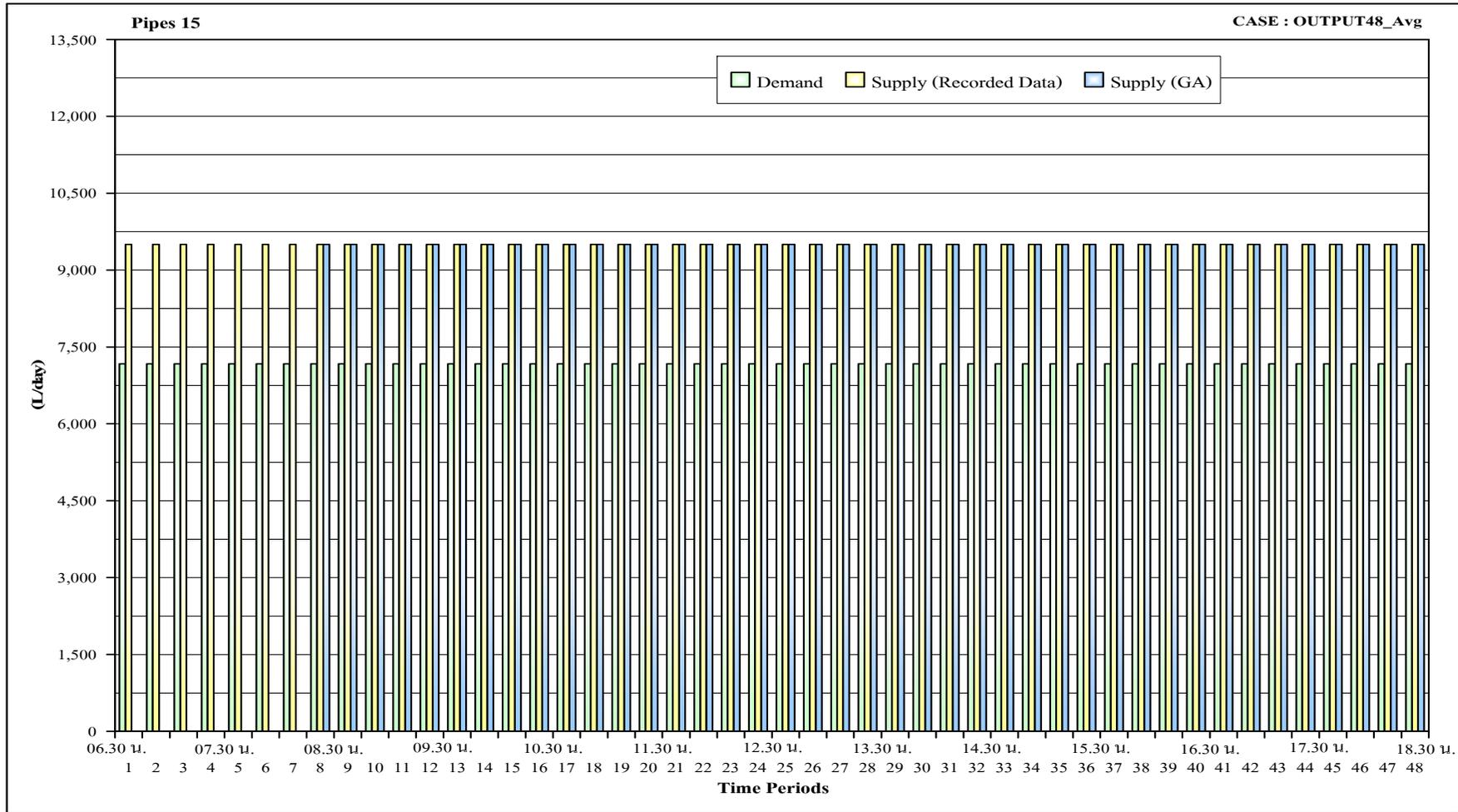
ภาพผนวกที่ 12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 12 (OUTPUT48_Avg)



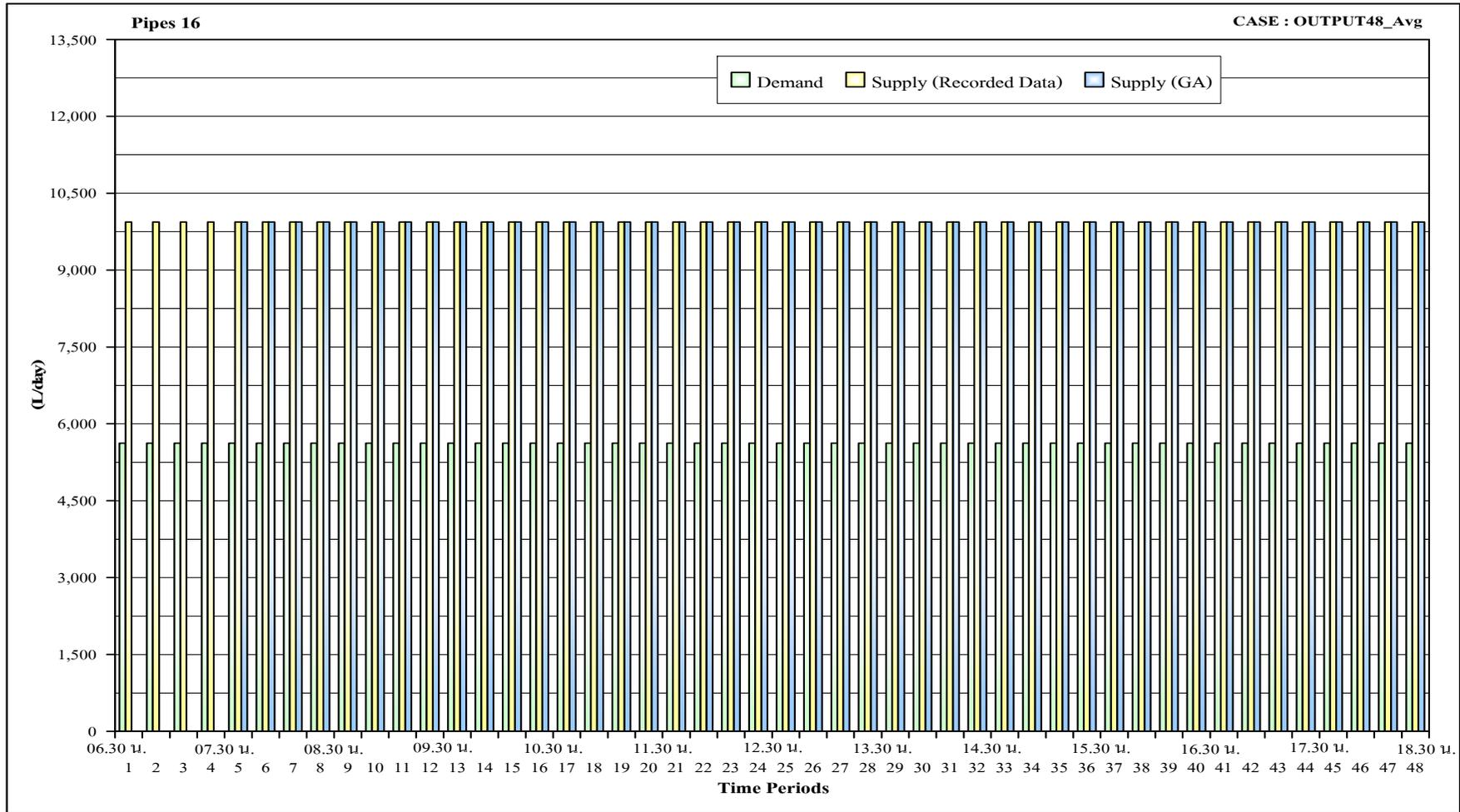
ภาพผนวกที่ 13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 13 (OUTPUT48_Avg)



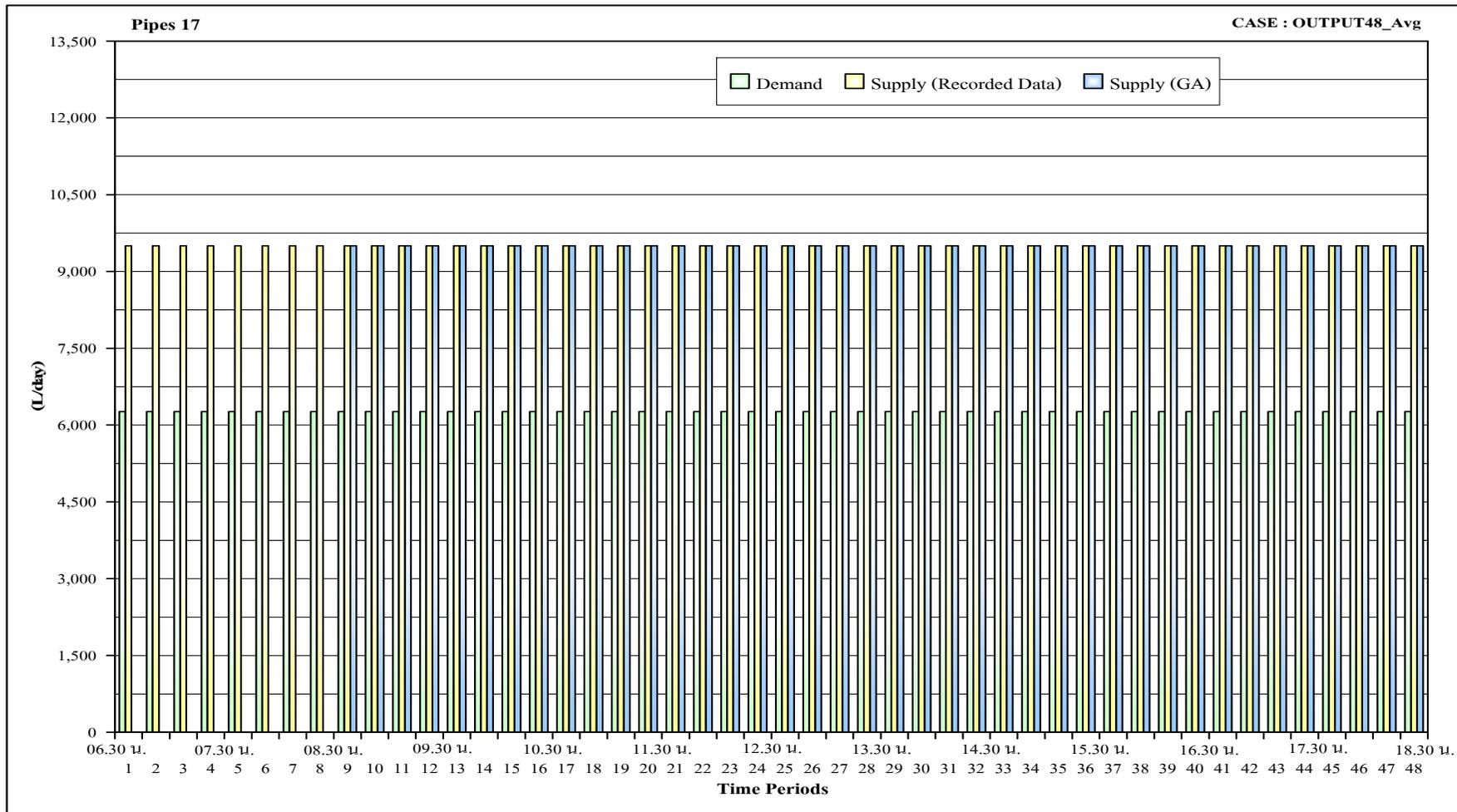
ภาพผนวกที่ 14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 14 (OUTPUT48_Avg)



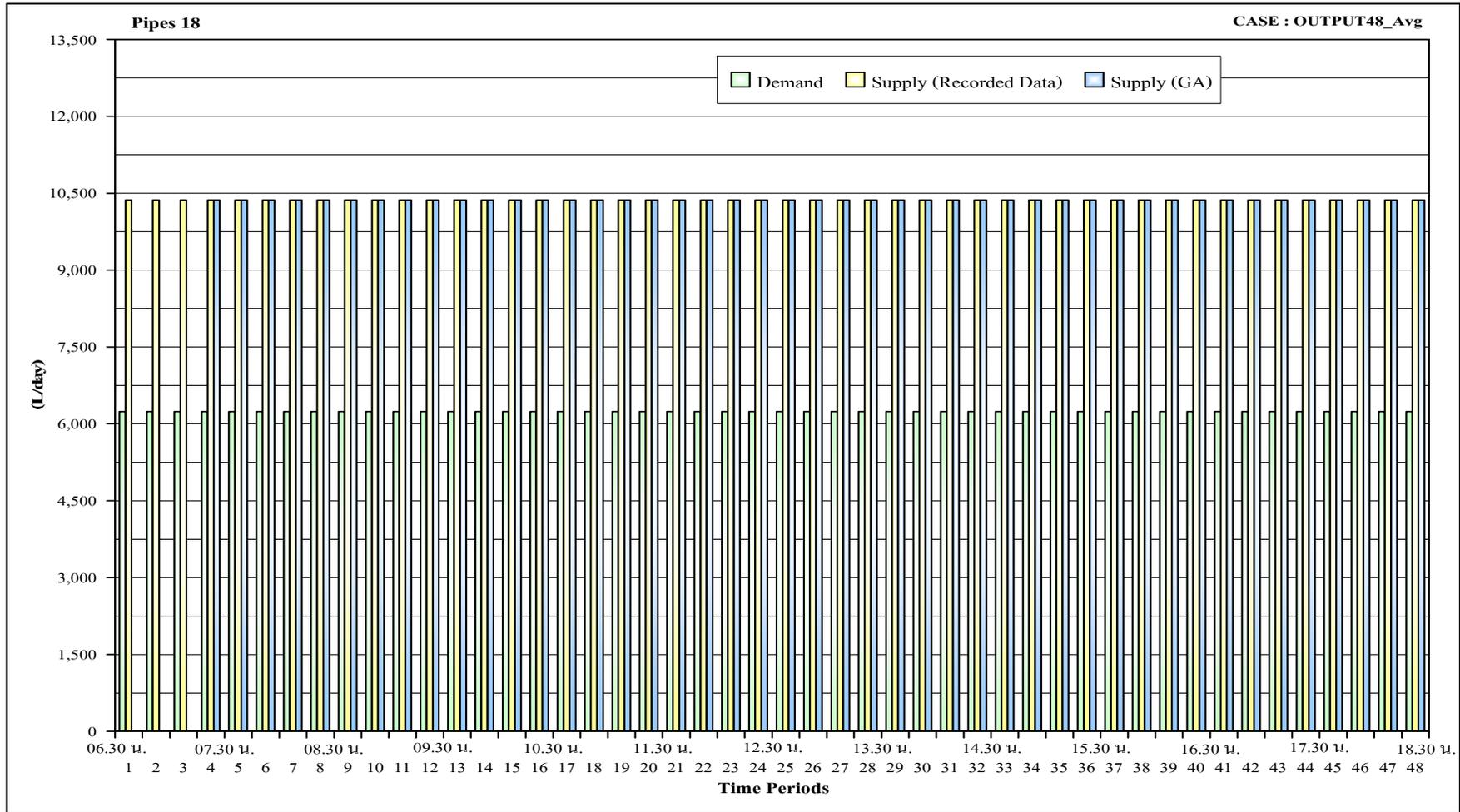
ภาพผนวกที่ 15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 15 (OUTPUT48_Avg)



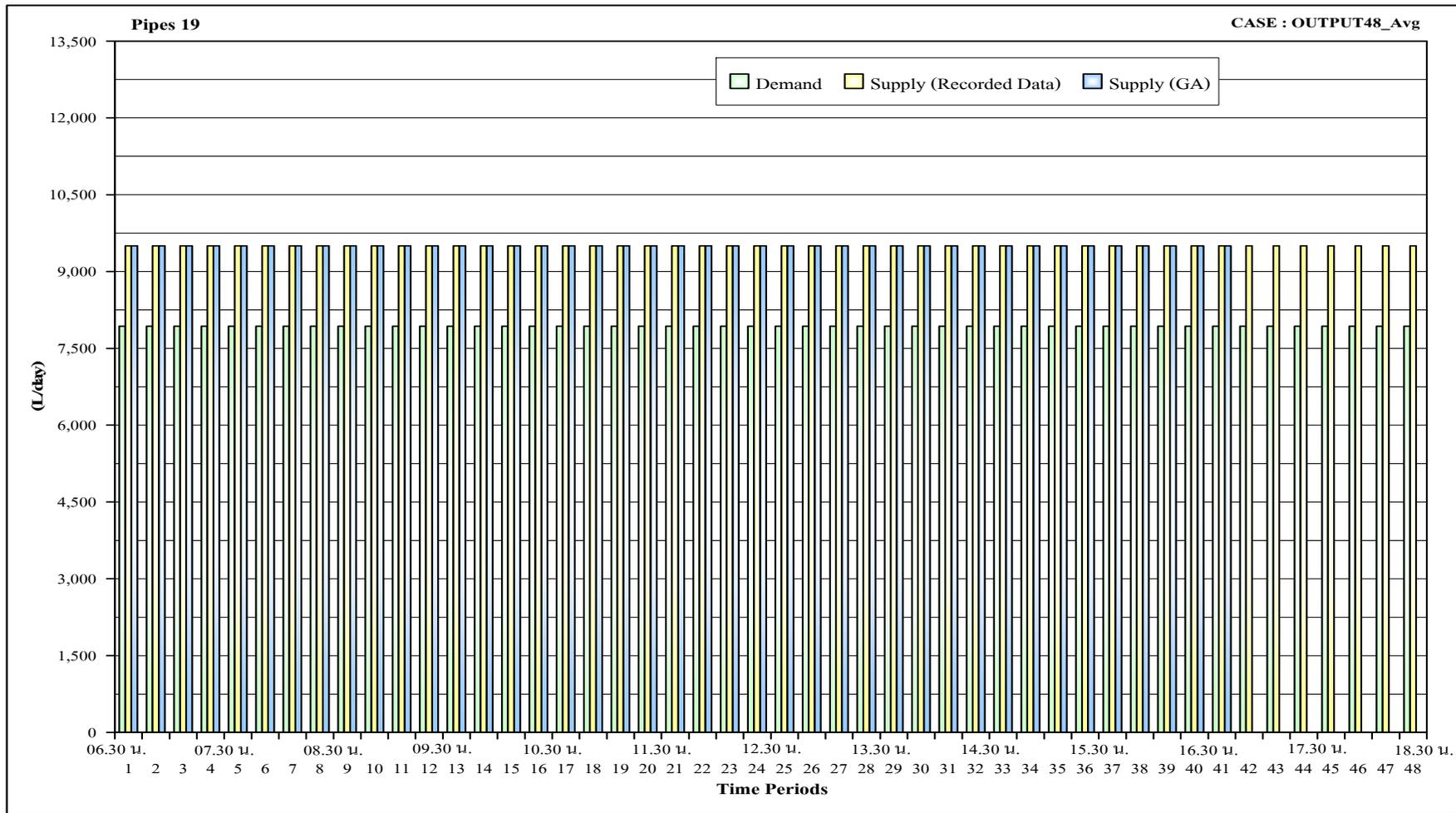
ภาพผนวกที่ 16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 16 (OUTPUT48_Avg)



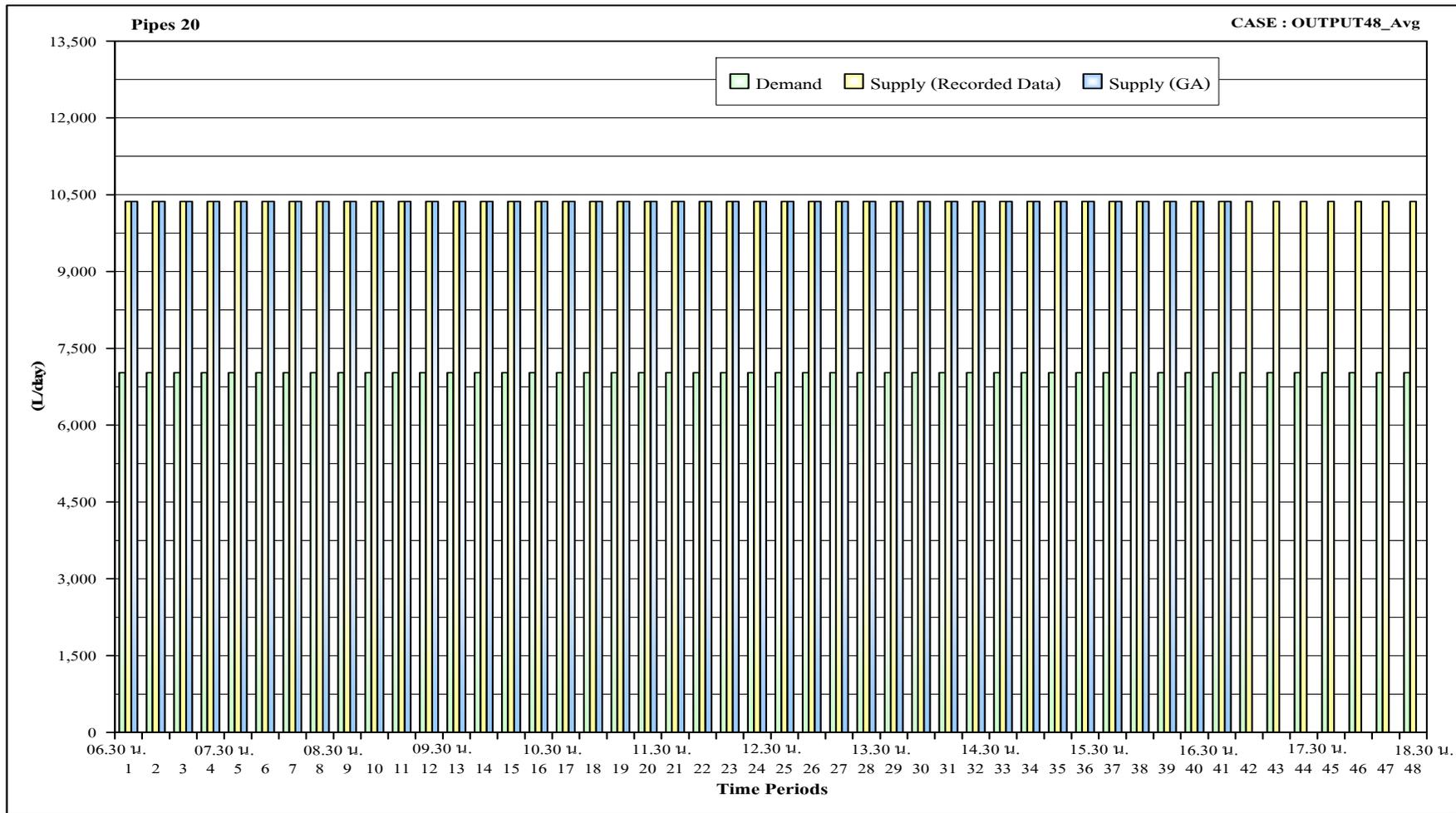
ภาพผนวกที่ 17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 17 (OUTPUT48_Avg)



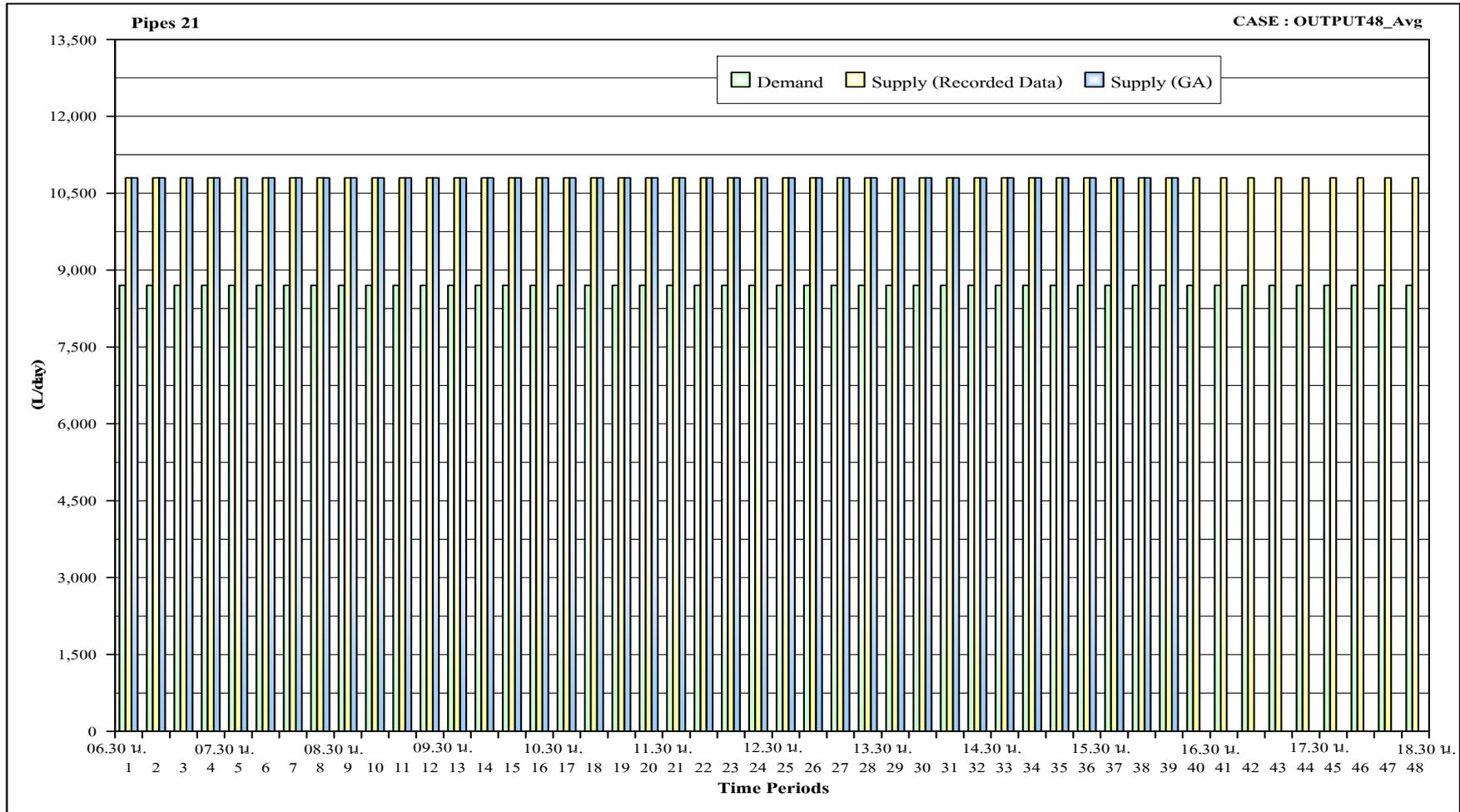
ภาพผนวกที่ 18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 18 (OUTPUT48_Avg)



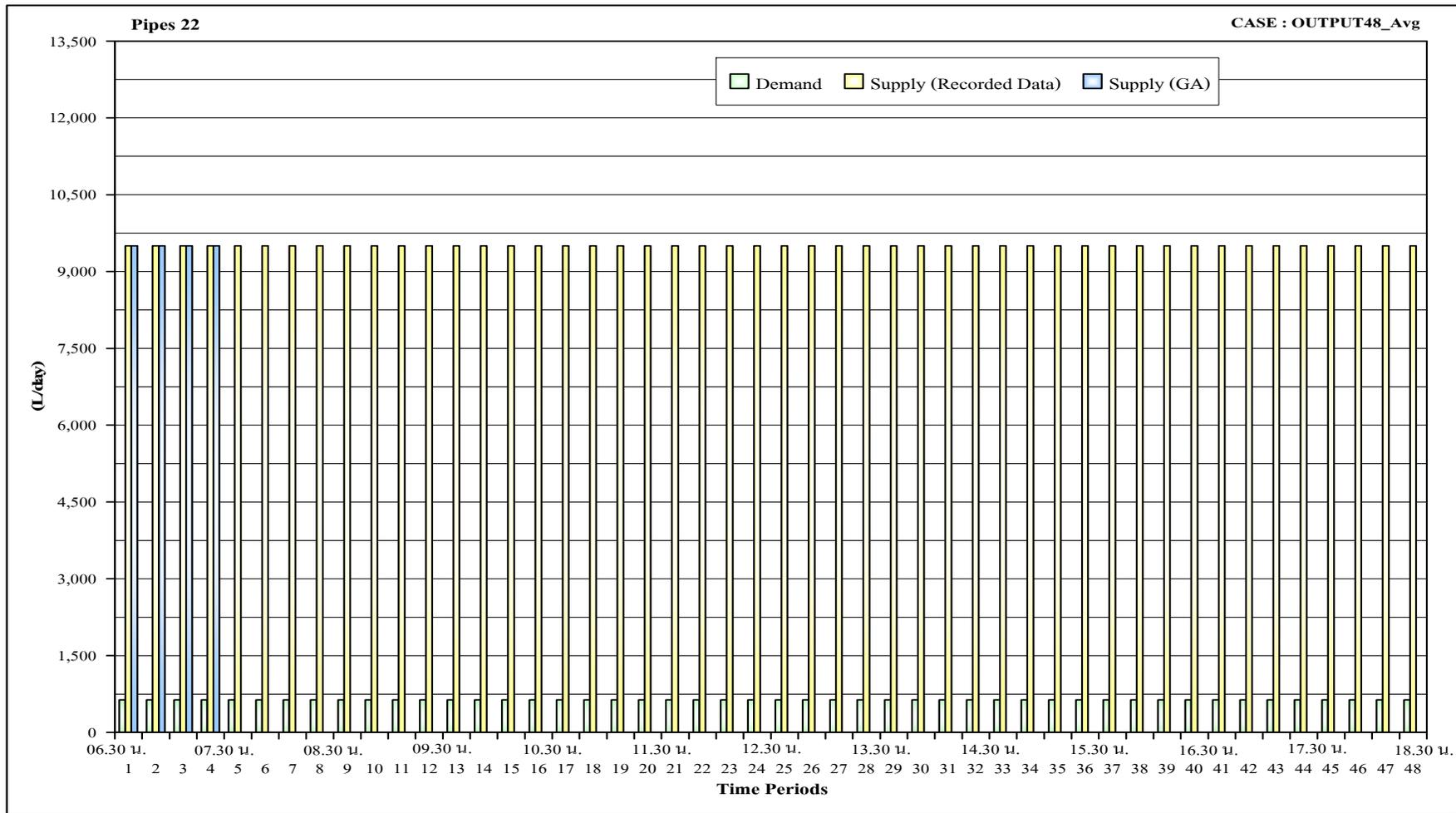
ภาพผนวกที่ 19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 19 (OUTPUT48_Avg)



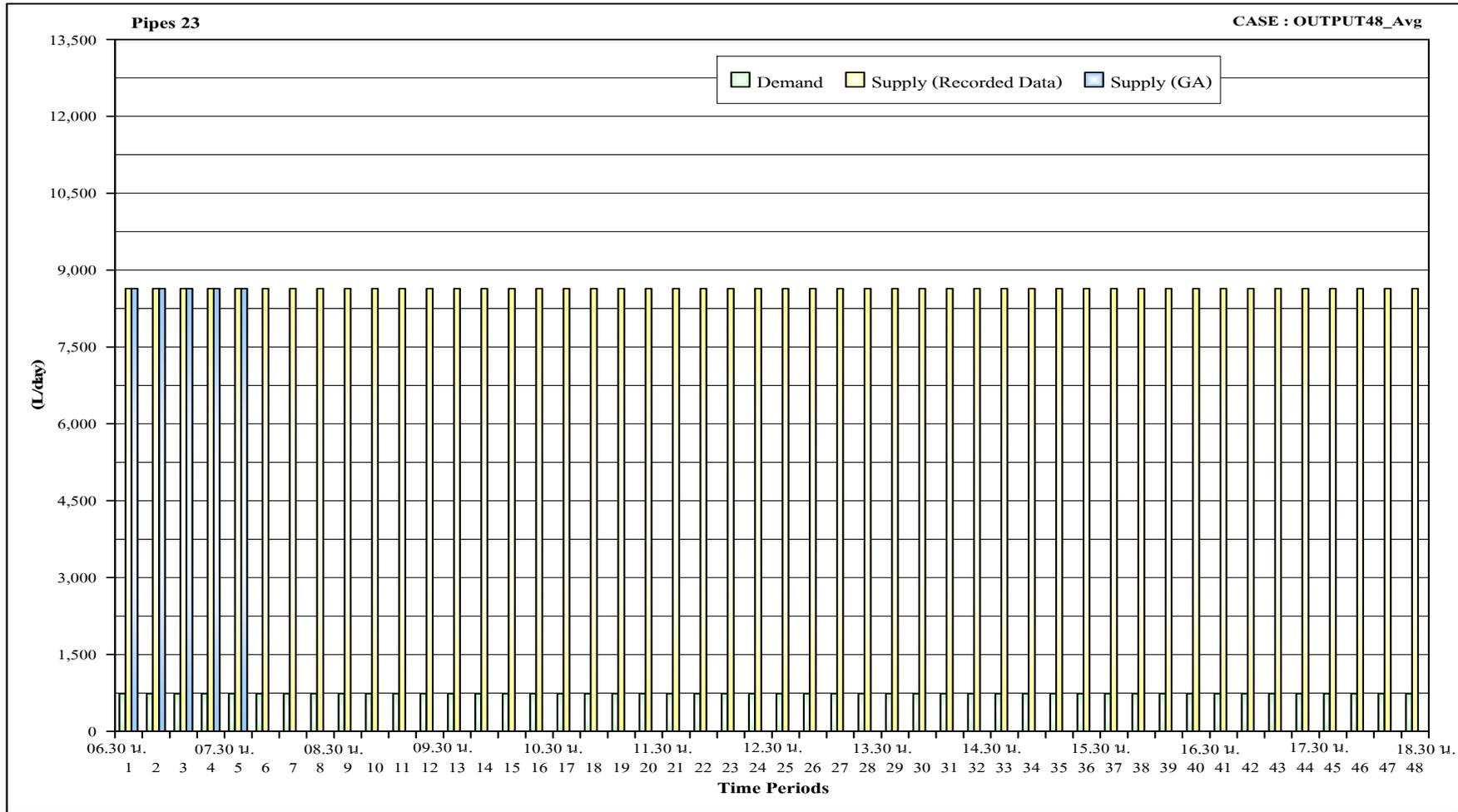
ภาพผนวกที่ 20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 20 (OUTPUT48_Avg)



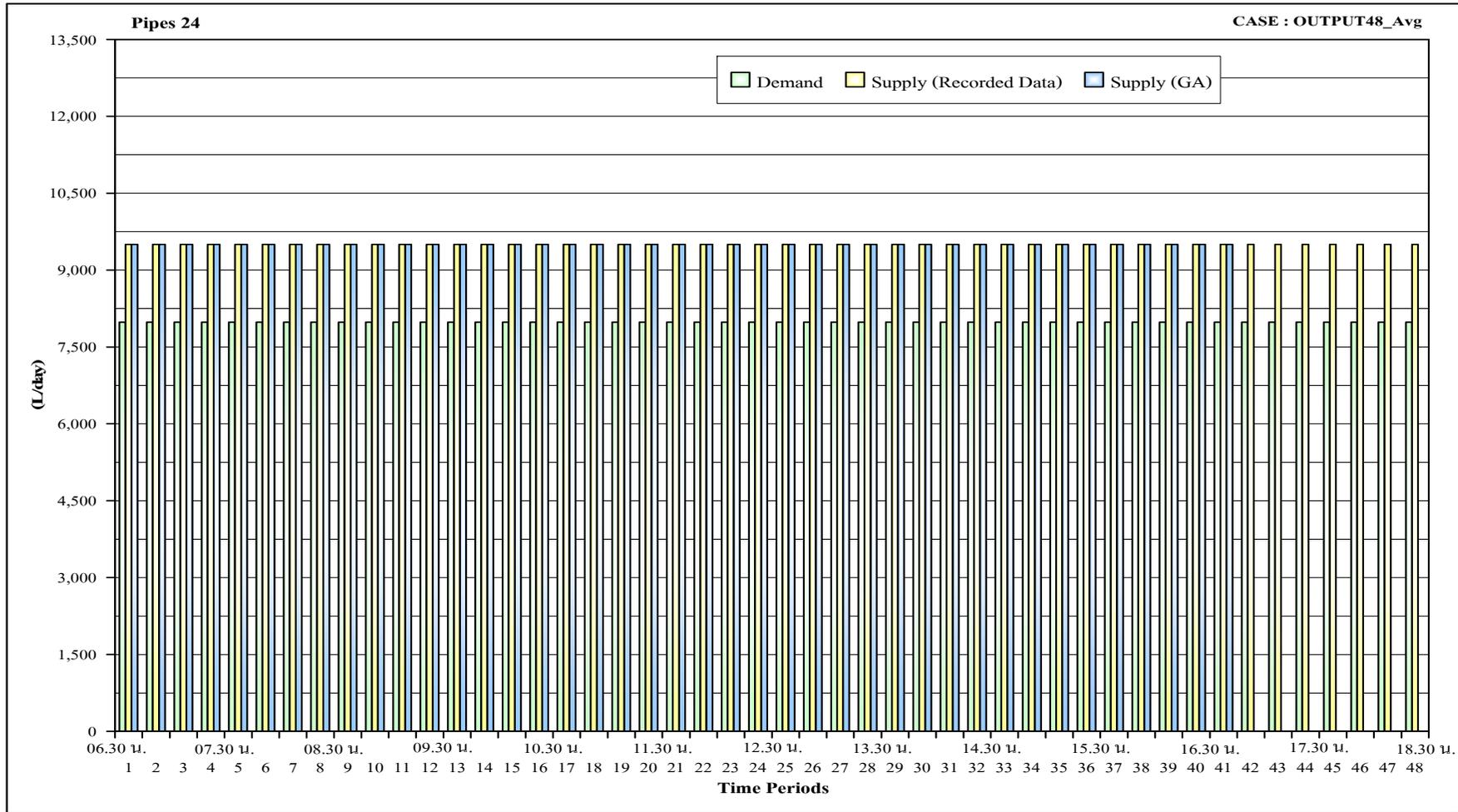
ภาพผนวกที่ 21 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 21 (OUTPUT48_Avg)



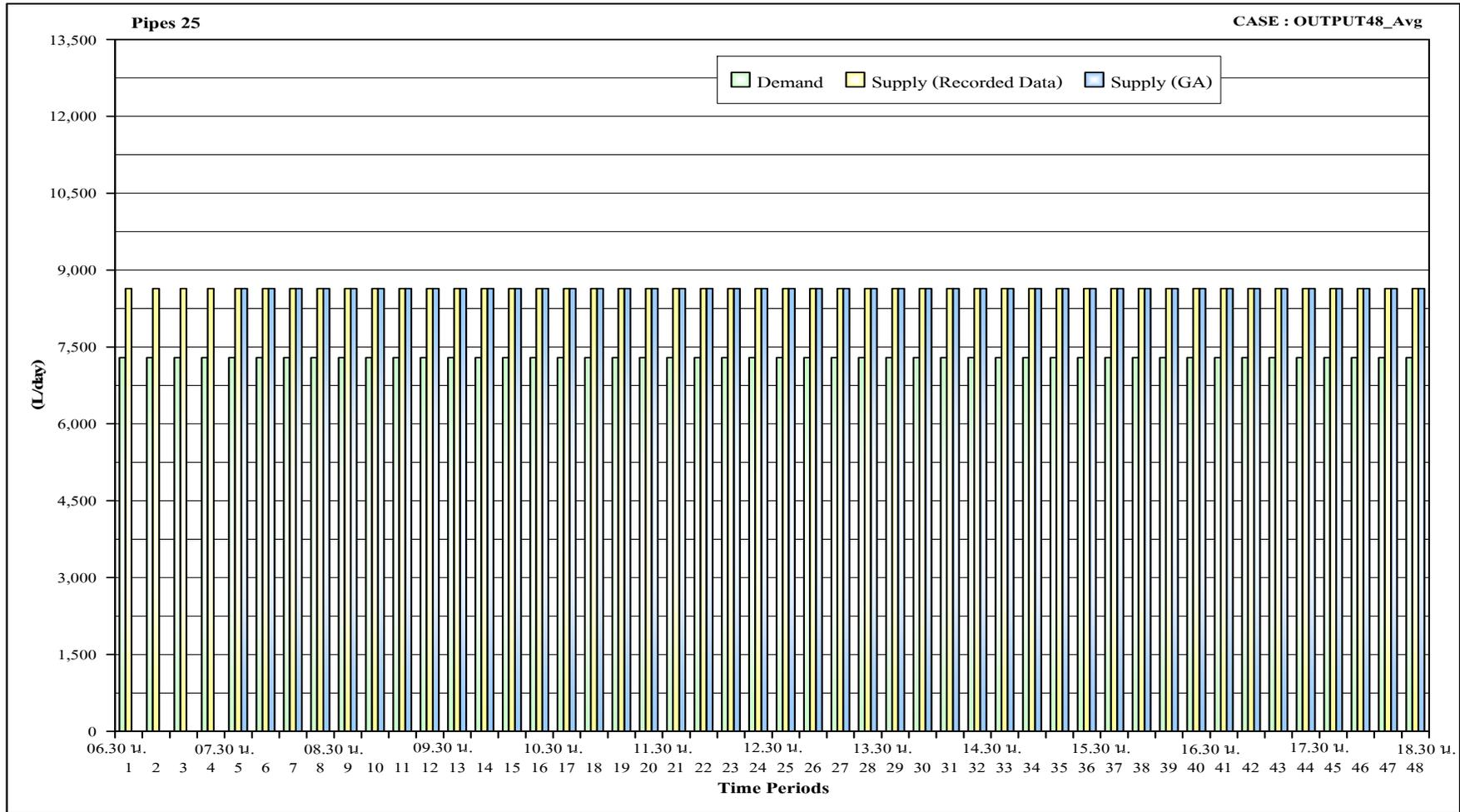
ภาพผนวกที่ ๒๒ กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 22 (OUTPUT48_Avg)



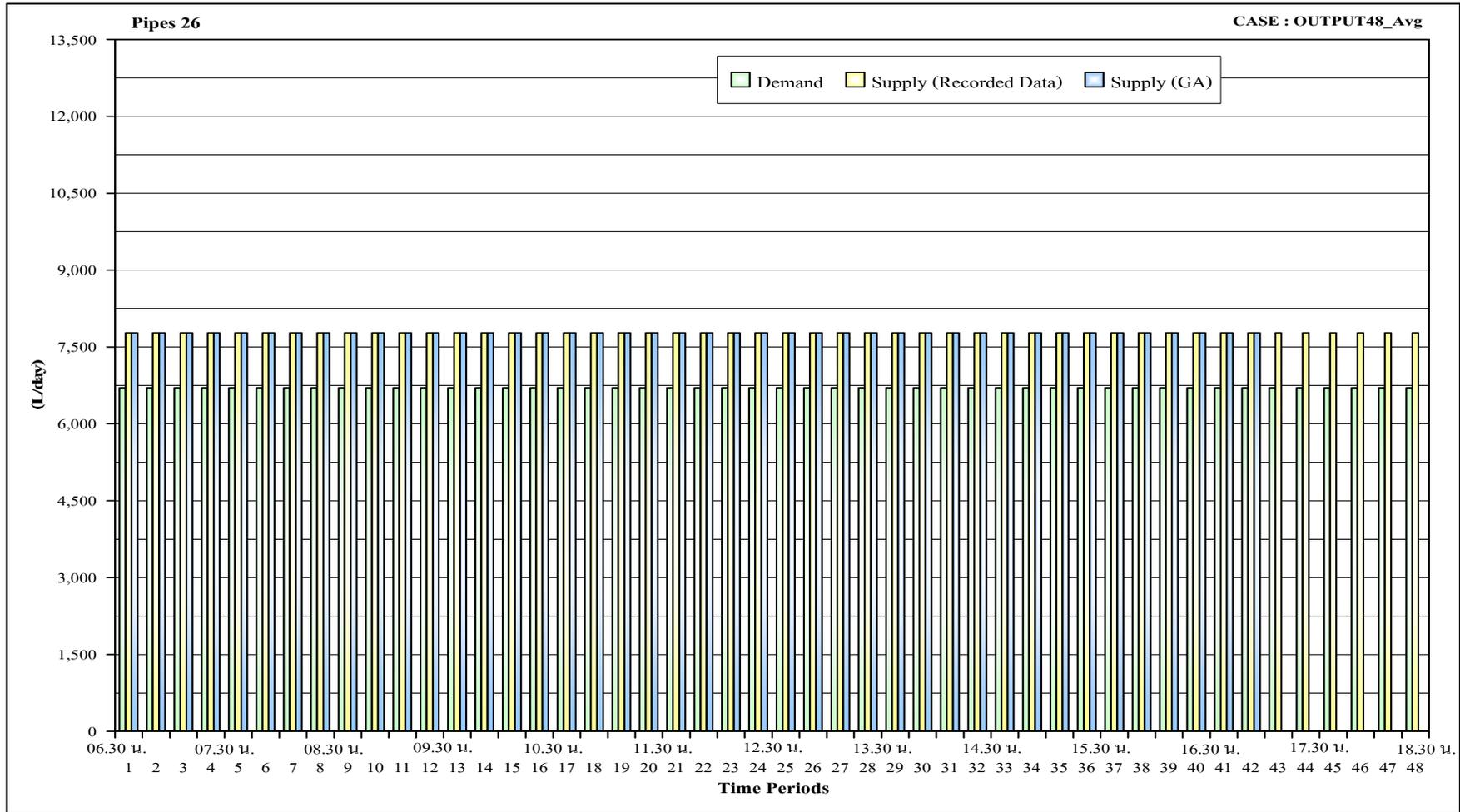
ภาพผนวกที่ 23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 23 (OUTPUT48_Avg)



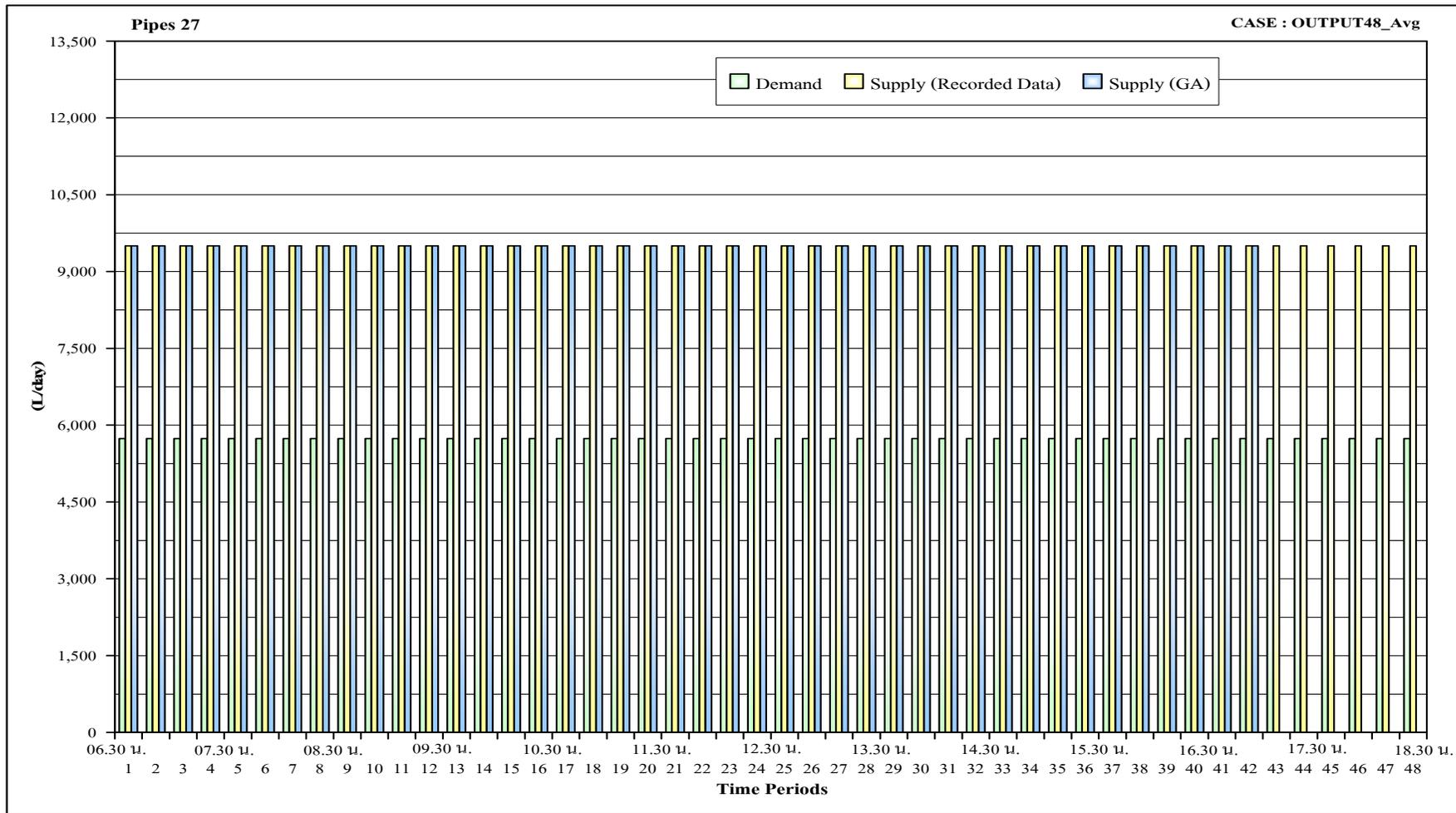
ภาพผนวกที่ 24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 24 (OUTPUT48_Avg)



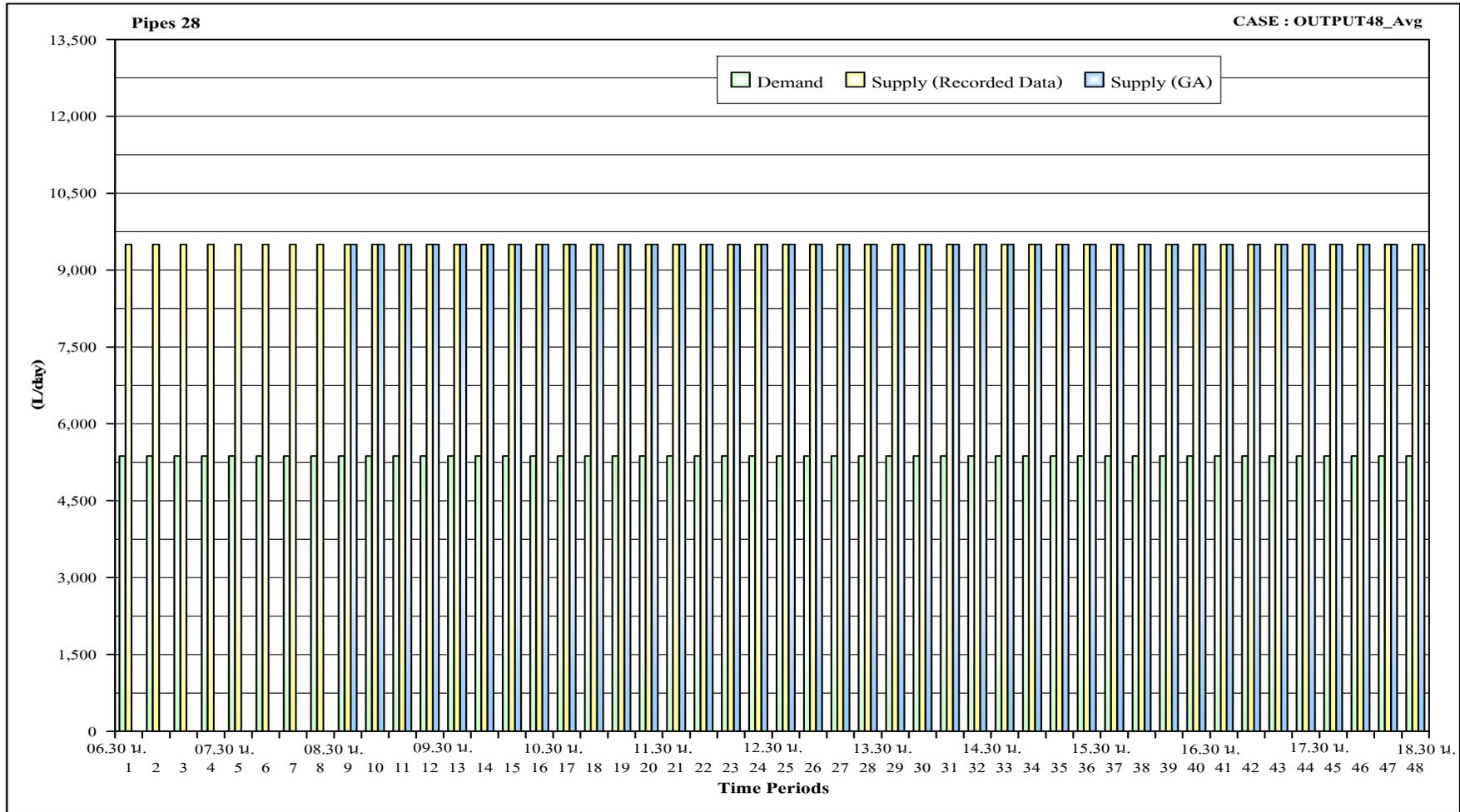
ภาพผนวกที่ 25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 25 (OUTPUT48_Avg)



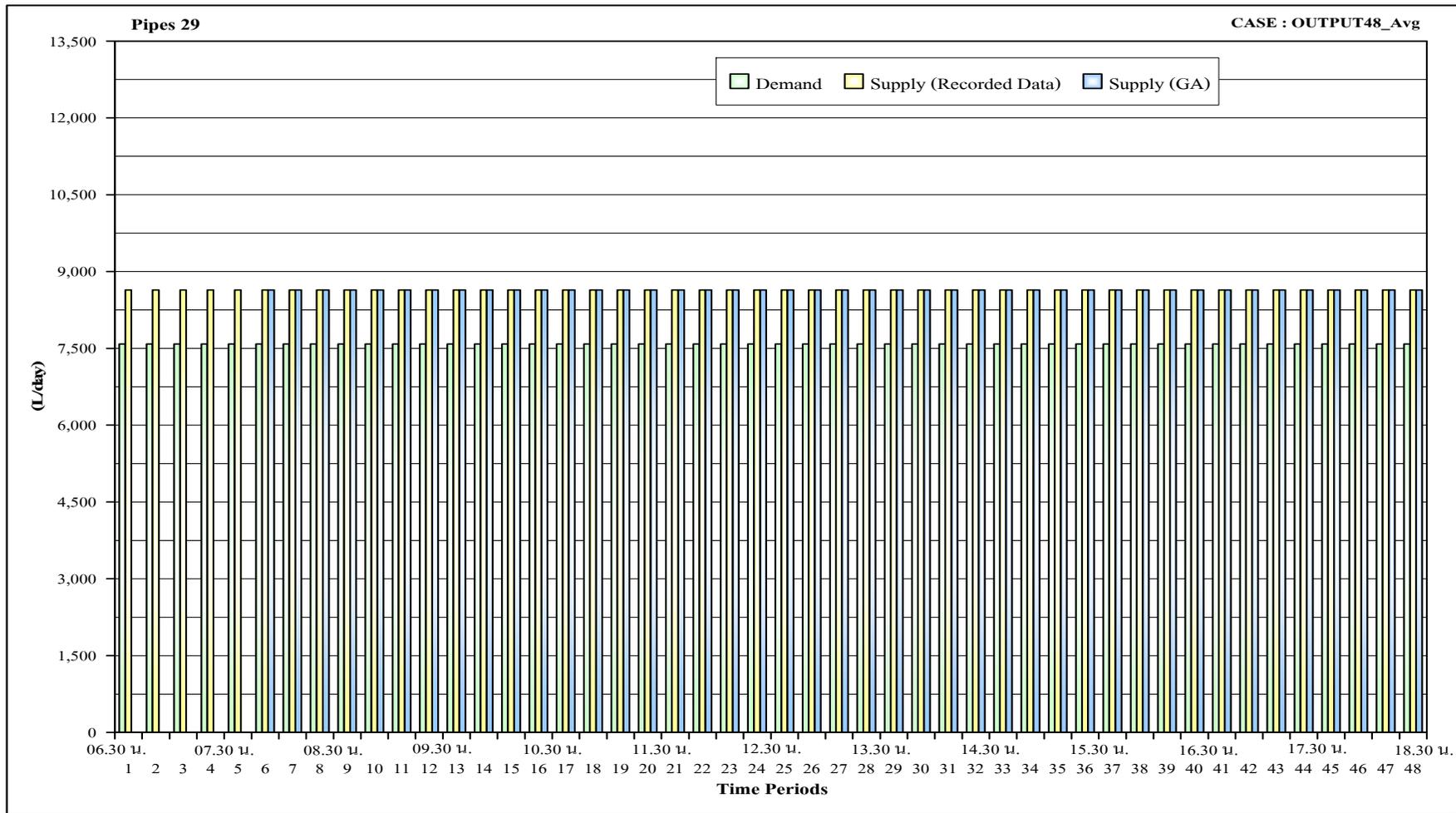
ภาพผนวกที่ 26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 26 (OUTPUT48_Avg)



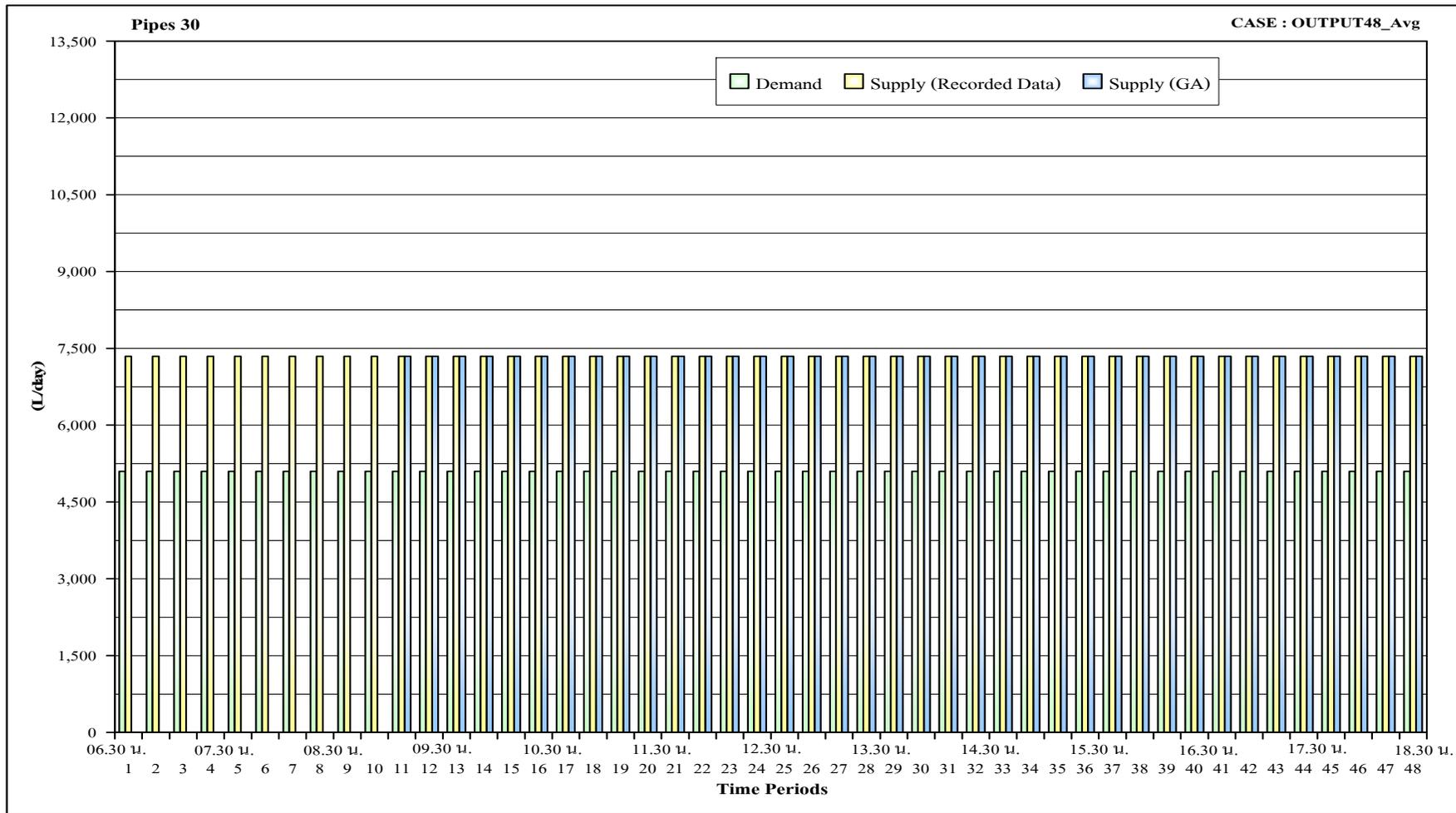
ภาพผนวกที่ ๒๗ กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 27 (OUTPUT48_Avg)



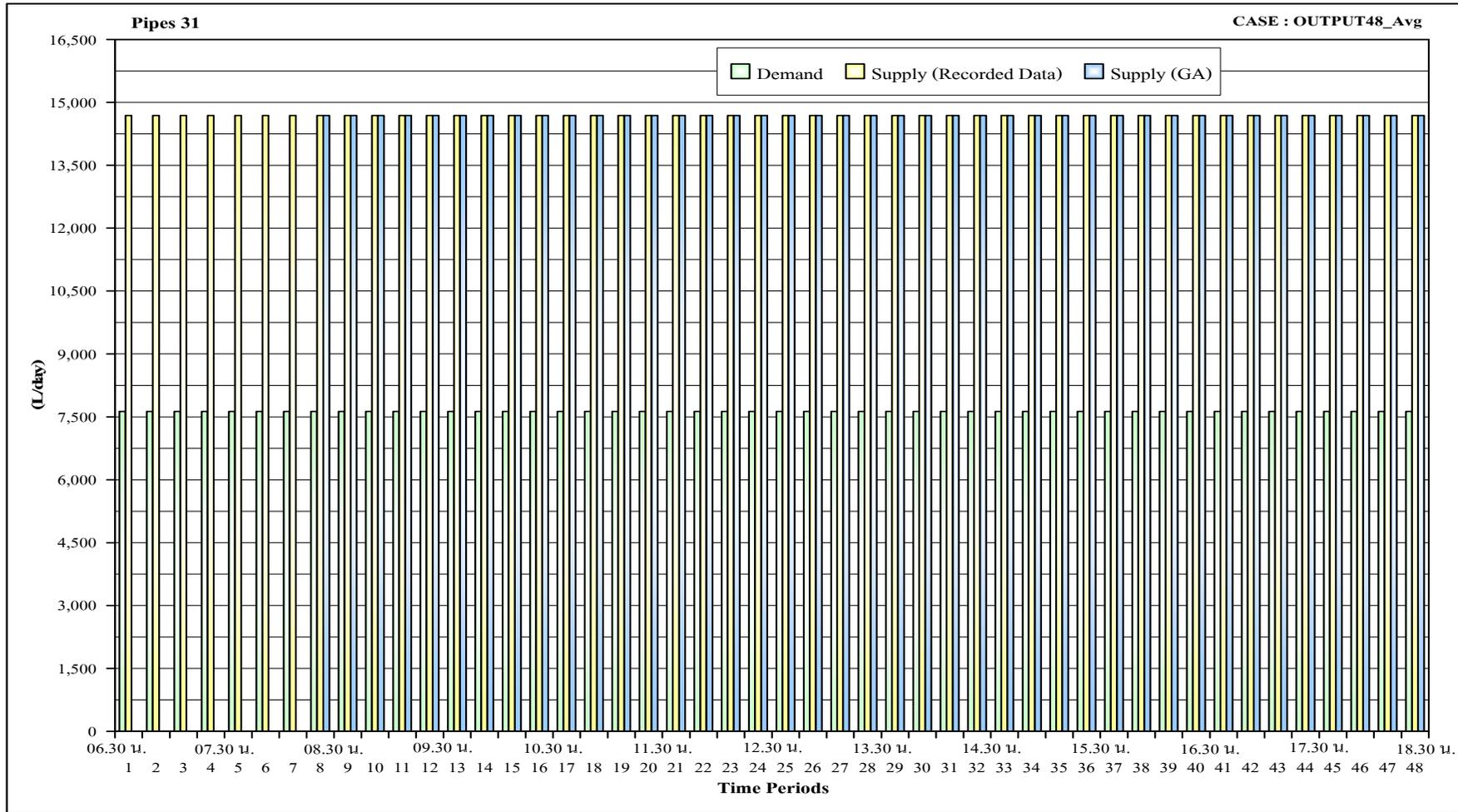
ภาพผนวกที่ 28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 28 (OUTPUT48_Avg)



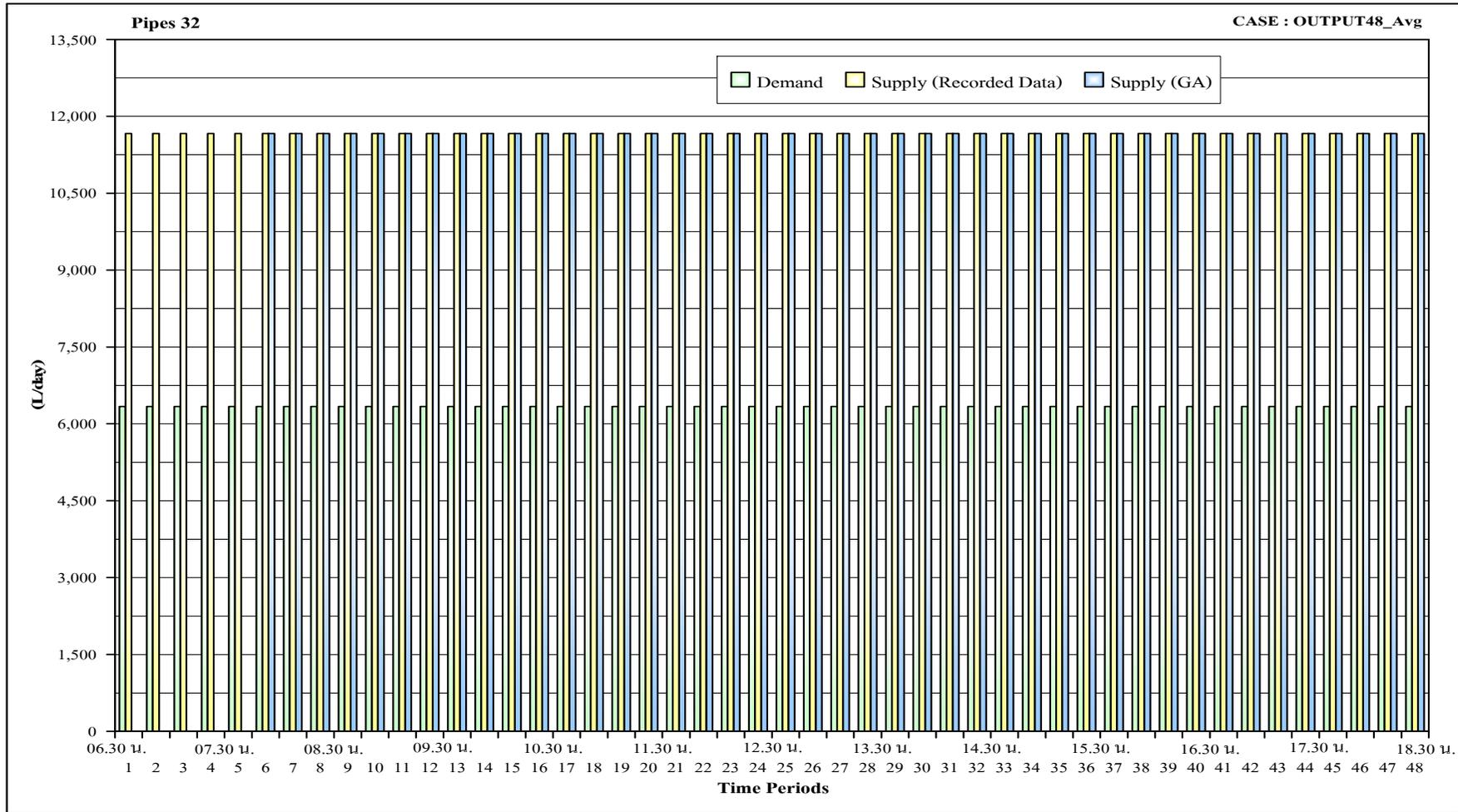
ภาพผนวกที่ ๒๙ กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 29 (OUTPUT48_Avg)



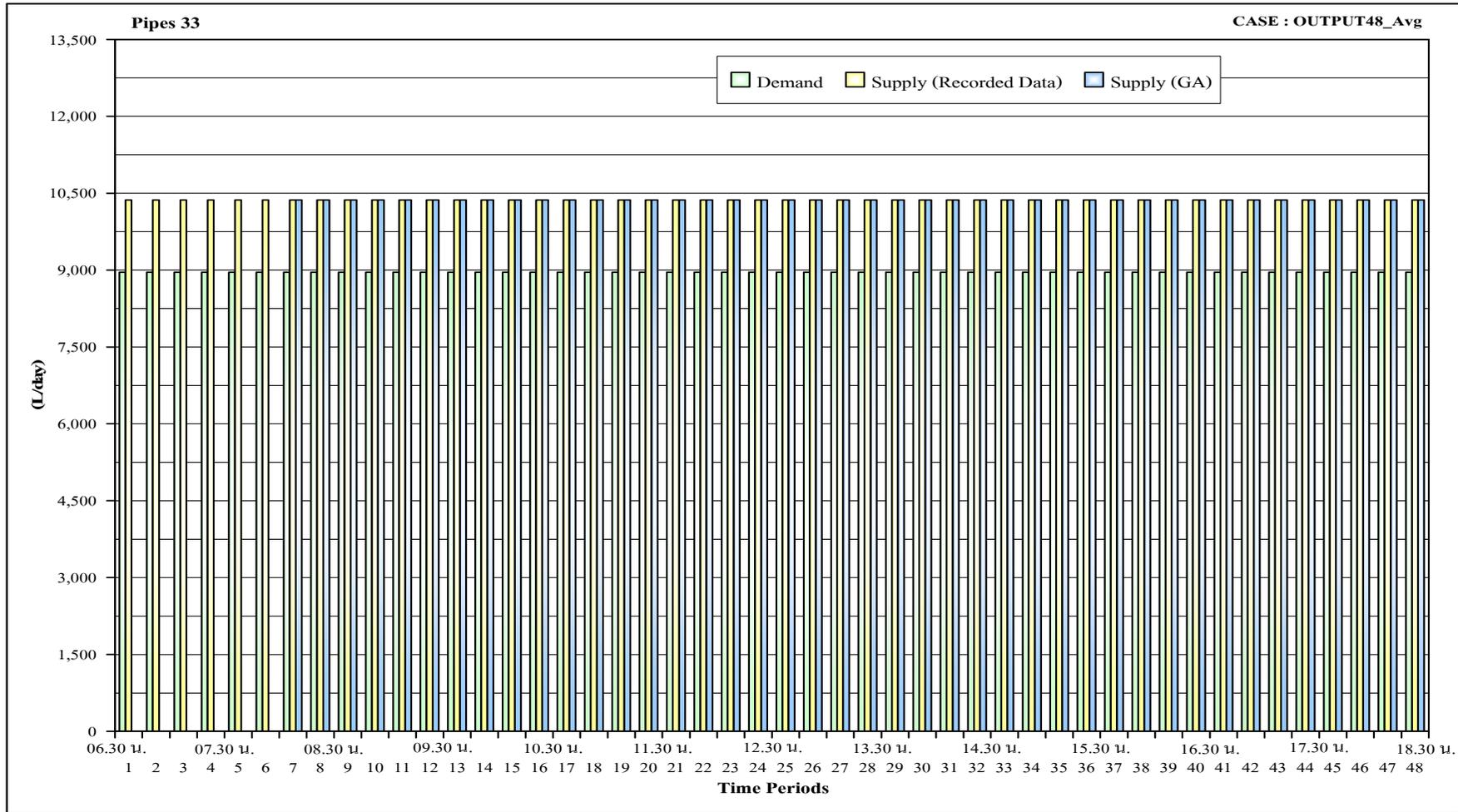
ภาพผนวกที่ 30 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 30 (OUTPUT48_Avg)



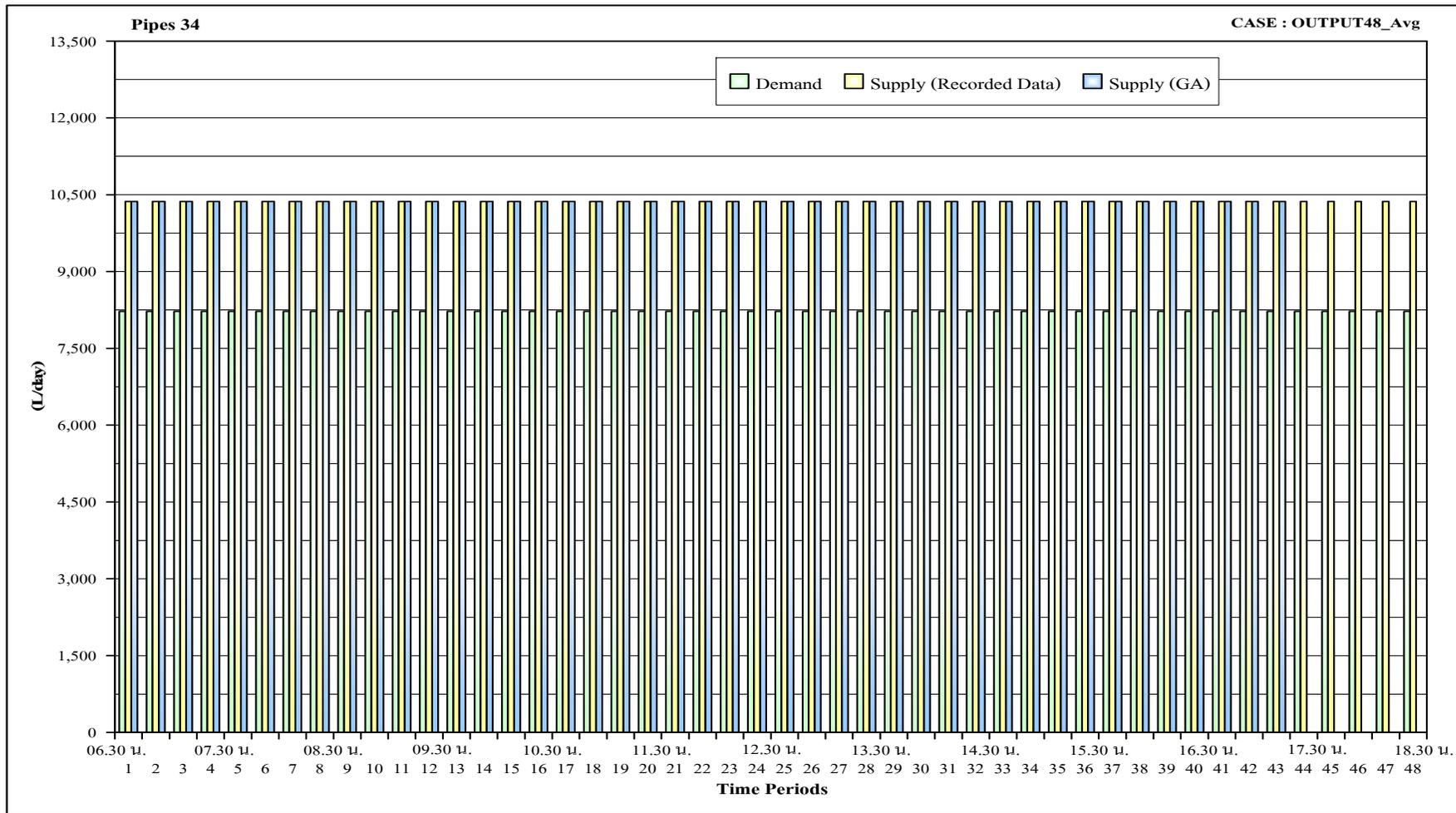
ภาพผนวกที่ 31 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 31 (OUTPUT48_Avg)



ภาพผนวกที่ 32 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 32 (OUTPUT48_Avg)



ภาพผนวกที่ 33 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 33 (OUTPUT48_Avg)



ภาพผนวกที่ 34 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 34 (OUTPUT48_Avg)

ตารางผนวกที่ ๑1 แสดงช่วงระยะเวลาการส่งน้ำและจำนวนพื้นที่เพาะปลูกที่สามารถเพิ่มได้ (OUTPUT48_Avg)

Pipes	Start		Finish		Supply (Recorded Data)	Supply (GA)	Remaid (L/)			ชนิดของไม้ผล (ไร่)		
	Time Periods	Time	Time Periods	Time			ต่อวัน	ต่อฤดูกาล (151 วัน)	ทุเรียน	เงาะ	มังคุด	ลองกอง / กลางสาต
1	16	10.15	48	18.15	414,720.00	285,120.00	129,600.00	19,569,600.00	25.00	21.00	21.00	22.00
2	13	09.30	48	18.15	414,720.00	311,040.00	103,680.00	15,655,680.00	20.00	17.00	17.00	18.00
3	11	09.00	48	18.15	414,720.00	328,320.00	86,400.00	13,046,400.00	16.00	14.00	14.00	15.00
4	16	10.15	48	18.15	456,192.00	313,632.00	142,560.00	21,526,560.00	27.00	23.00	23.00	25.00
5	1	06.30	38	15.45	476,928.00	377,568.00	99,360.00	15,003,360.00	19.00	16.00	16.00	17.00
6	18	10.45	48	18.15	456,192.00	294,624.00	161,568.00	24,396,768.00	31.00	27.00	27.00	28.00
7	1	06.30	32	14.15	622,080.00	414,720.00	207,360.00	31,311,360.00	40.00	34.00	34.00	36.00
8	16	10.15	48	18.15	622,080.00	427,680.00	194,400.00	29,354,400.00	37.00	32.00	32.00	34.00
9	1	06.30	35	15.00	663,552.00	483,840.00	179,712.00	27,136,512.00	34.00	30.00	30.00	31.00
10	7	08.00	48	18.15	663,552.00	580,608.00	82,944.00	12,524,544.00	16.00	13.00	13.00	14.00
11	1	06.30	33	14.30	1,080,000.00	742,500.00	337,500.00	50,962,500.00	65.00	56.00	56.00	59.00
12	1	06.30	40	16.15	580,608.00	483,840.00	96,768.00	14,611,968.00	18.00	16.00	16.00	17.00
13	1	06.30	43	17.00	559,872.00	501,552.00	58,320.00	8,806,320.00	11.00	9.00	9.00	10.00
14	1	06.30	45	17.30	559,872.00	524,880.00	34,992.00	5,283,792.00	6.00	5.00	5.00	6.00
15	8	08.15	48	18.15	456,192.00	389,664.00	66,528.00	10,045,728.00	12.00	11.00	11.00	11.00
16	5	07.30	48	18.15	476,928.00	437,184.00	39,744.00	6,001,344.00	7.00	6.00	6.00	7.00
17	9	08.30	48	18.15	456,192.00	380,160.00	76,032.00	11,480,832.00	14.00	12.00	12.00	13.00
18	4	07.15	48	18.15	497,664.00	466,560.00	31,104.00	4,696,704.00	6.00	5.00	5.00	5.00

ตารางผนวกที่ ๑1 (ต่อ)

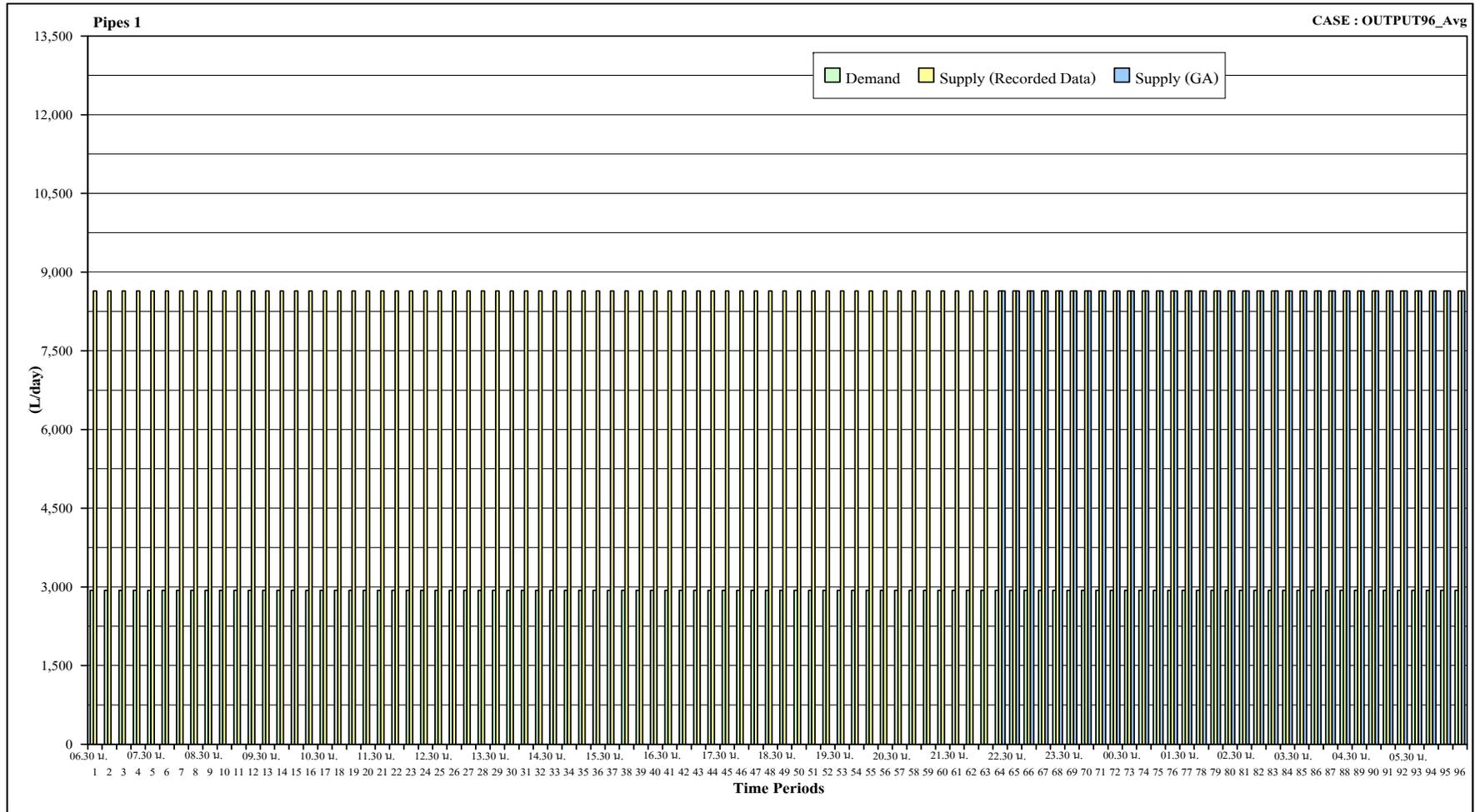
Pipes	Start		Finish		Supply (Recorded Data)	Supply (GA)	Remaid (L/)		ชนิดของไม้ผล (ไร่)			
	Time Periods	Time	Time Periods	Time			ต่อวัน	ต่อฤดูกาล (151 วัน)	ทุเรียน	เงาะ	มังคุด	ลองกอง / กลางสาต
19	1	06.30	41	16.30	456,192.00	389,664.00	66,528.00	10,045,728.00	12.00	11.00	11.00	11.00
20	1	06.30	41	16.30	497,664.00	425,088.00	72,576.00	10,958,976.00	14.00	12.00	12.00	12.00
21	1	06.30	39	16.00	518,400.00	421,200.00	97,200.00	14,677,200.00	18.00	16.00	16.00	17.00
22	1	06.30	4	07.15	456,192.00	38,016.00	418,176.00	63,144,576.00	มีน้ำใช้อุปโภคบริโภค จำนวน 2090 คน ตลอดทั้งปี			
23	1	06.30	5	07.30	414,720.00	43,200.00	371,520.00	56,099,520.00	มีน้ำใช้อุปโภคบริโภค จำนวน 1857 คน ตลอดทั้งปี			
24	1	06.30	41	16.30	456,192.00	389,664.00	66,528.00	10,045,728.00	12.00	11.00	11.00	11.00
25	5	07.30	48	18.15	414,720.00	380,160.00	34,560.00	5,218,560.00	6.00	5.00	5.00	6.00
26	1	06.30	42	16.45	373,248.00	326,592.00	46,656.00	7,045,056.00	9.00	7.00	7.00	8.00
27	1	06.30	42	16.45	456,192.00	399,168.00	57,024.00	8,610,624.00	11.00	9.00	9.00	10.00
28	9	08.30	48	18.15	456,192.00	380,160.00	76,032.00	11,480,832.00	14.00	12.00	12.00	13.00
29	6	07.45	48	18.15	414,720.00	371,520.00	43,200.00	6,523,200.00	8.00	7.00	7.00	7.00
30	11	09.00	48	18.15	352,512.00	279,072.00	73,440.00	11,089,440.00	14.00	12.00	12.00	13.00
31	8	08.15	48	18.15	705,024.00	602,208.00	102,816.00	15,525,216.00	19.00	17.00	17.00	18.00
32	6	07.45	48	18.15	559,872.00	501,552.00	58,320.00	8,806,320.00	11.00	9.00	9.00	10.00
33	7	08.00	48	18.15	497,664.00	435,456.00	62,208.00	9,393,408.00	12.00	10.00	10.00	11.00
34	1	06.30	43	17.00	497,664.00	445,824.00	51,840.00	7,827,840.00	10.00	8.00	8.00	9.00
					17,399,232.00	13,572,036.00	3,827,196.00	577,906,596.00	574.00	493.00	493.00	524.00

149040.00 158544.00 149040.00 156384.00 156384.00 156384.00 156384.00 156384.00
165024.00 177984.00 173664.00 160704.00 160704.00 160704.00 160704.00 160704.00
160704.00 160704.00 160704.00 152064.00 152064.00 152064.00 152064.00 152064.00
152064.00 139968.00 139968.00 139968.00 139968.00 139968.00 139968.00 119664.00
119664.00 119664.00 119664.00 119664.00 119664.00 119664.00 119664.00 119664.00
119664.00

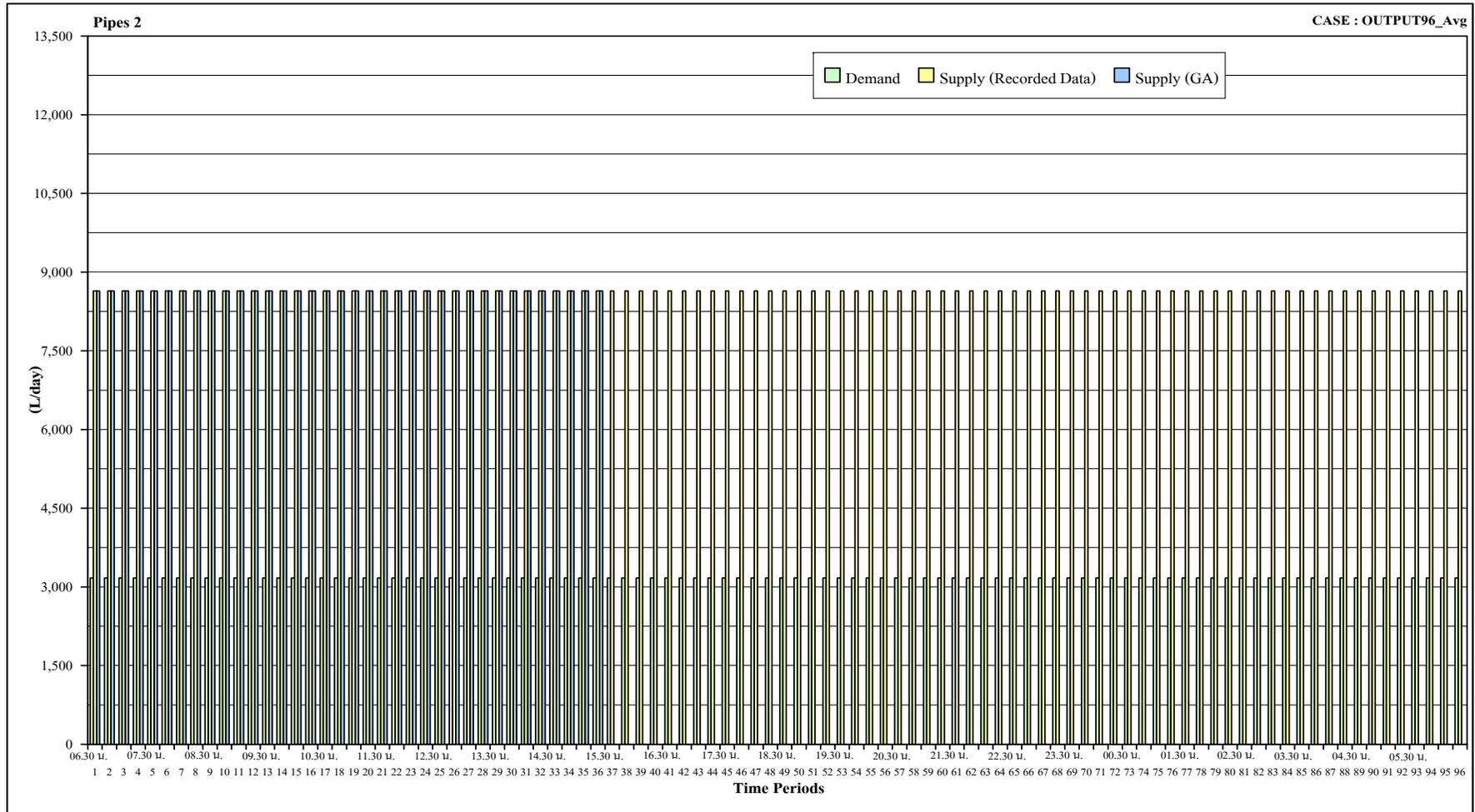
outflow 247788.00 237420.00 237420.00 237420.00 246924.00 246924.00 246924.00
246924.00 235260.00 235260.00 235260.00 235260.00 235260.00 225756.00 216252.00
216252.00 216252.00 216252.00 216252.00 216252.00 216252.00 216252.00 216252.00
216252.00 206748.00 206748.00 206748.00 206748.00 206748.00 206748.00 192924.00
192924.00 192924.00 202464.00 202464.00 202464.00 202464.00 202464.00 212400.00
223200.00 211104.00 235296.00 246960.00 245232.00 245232.00 245232.00 255600.00
246960.00 246960.00 246960.00 246960.00 246960.00 246960.00 235296.00 234432.00
214560.00 205056.00 214560.00 207216.00 207216.00 207216.00 207216.00 207216.00
198576.00 185616.00 189936.00 202896.00 202896.00 202896.00 202896.00 202896.00
202896.00 202896.00 202896.00 211536.00 211536.00 211536.00 211536.00 211536.00
211536.00 223632.00 223632.00 223632.00 223632.00 223632.00 223632.00 243936.00
243936.00 243936.00 243936.00 243936.00 243936.00 243936.00 243936.00 243936.00
243936.00

PX 0.80 Mu 0.250 gen 600 bestfit 4772389191680.0 Sumoutflow 21333564.000 Capa 0.000

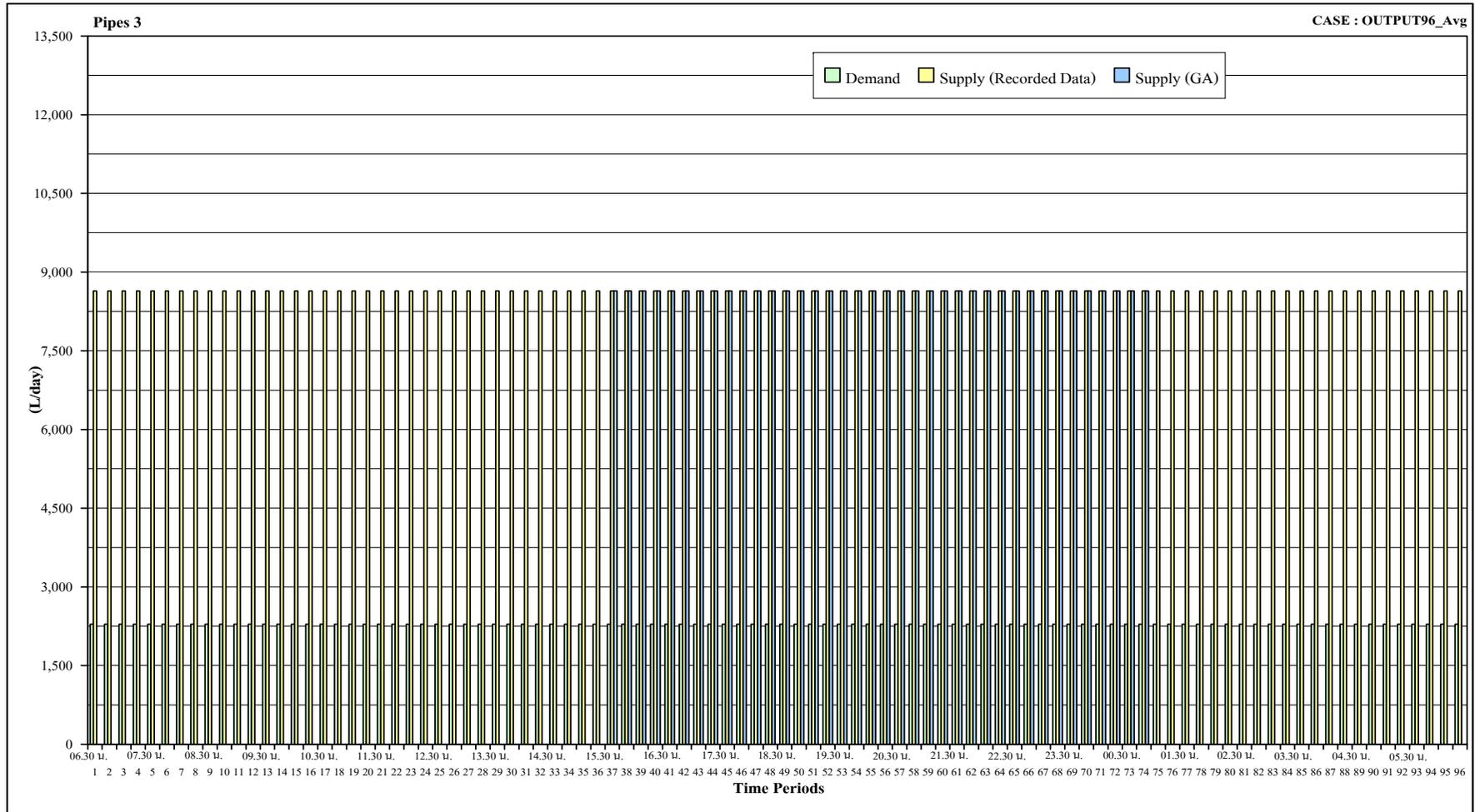
Time = 3.00 seconds



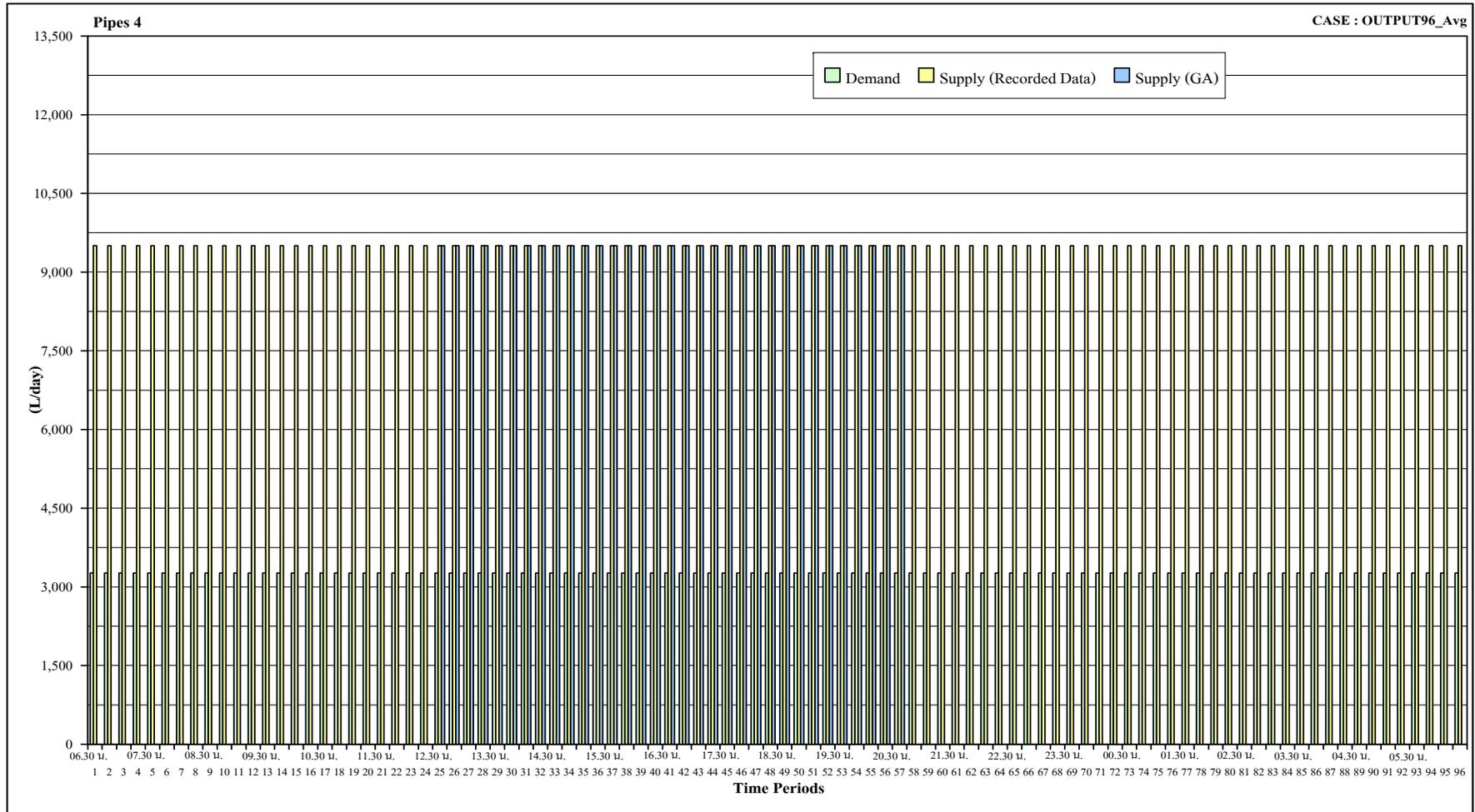
ภาพผนวกที่ 35 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 1 (OUTPUT96_Avg)



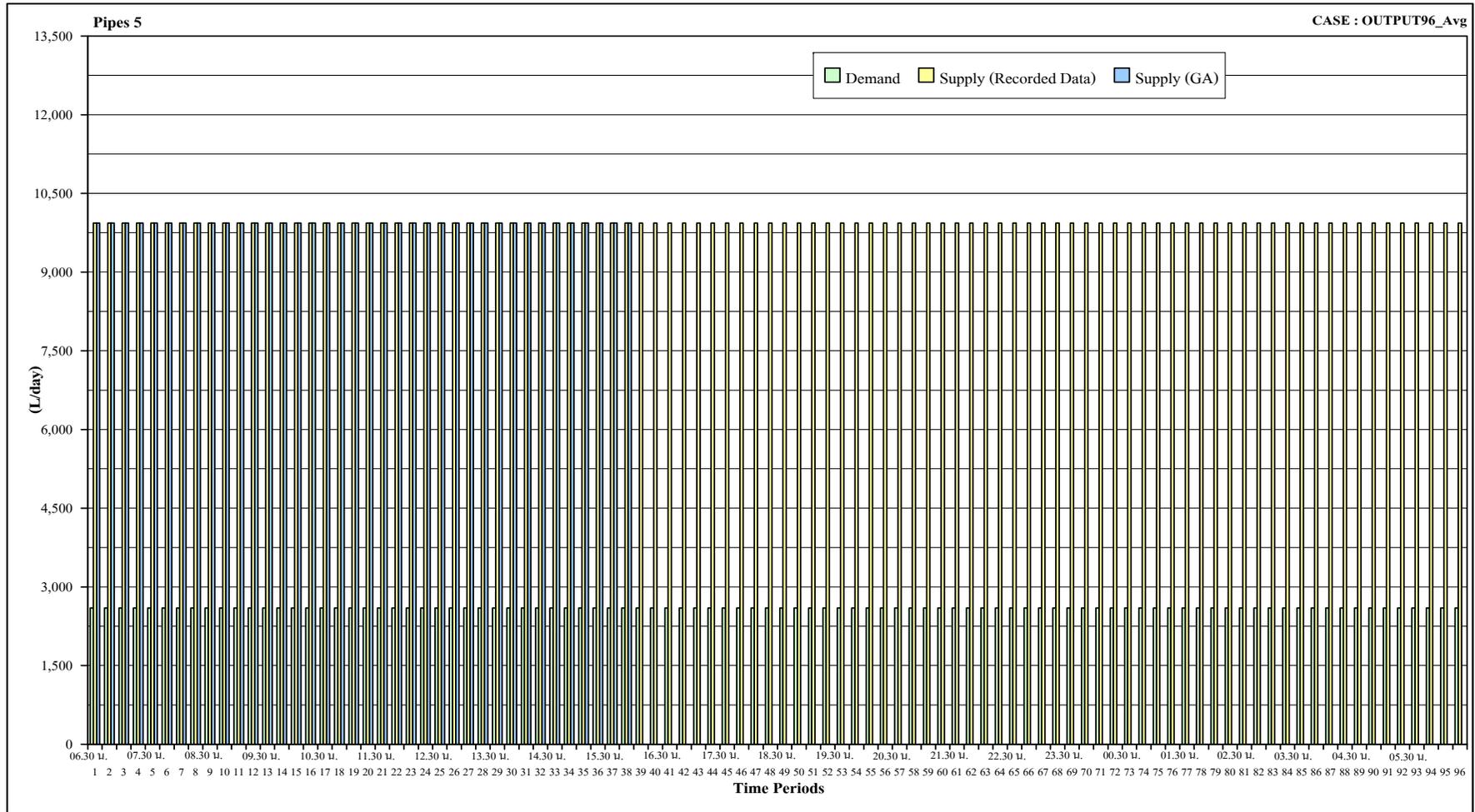
ภาพผนวกที่ 36 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 2 (OUTPUT96_Avg)



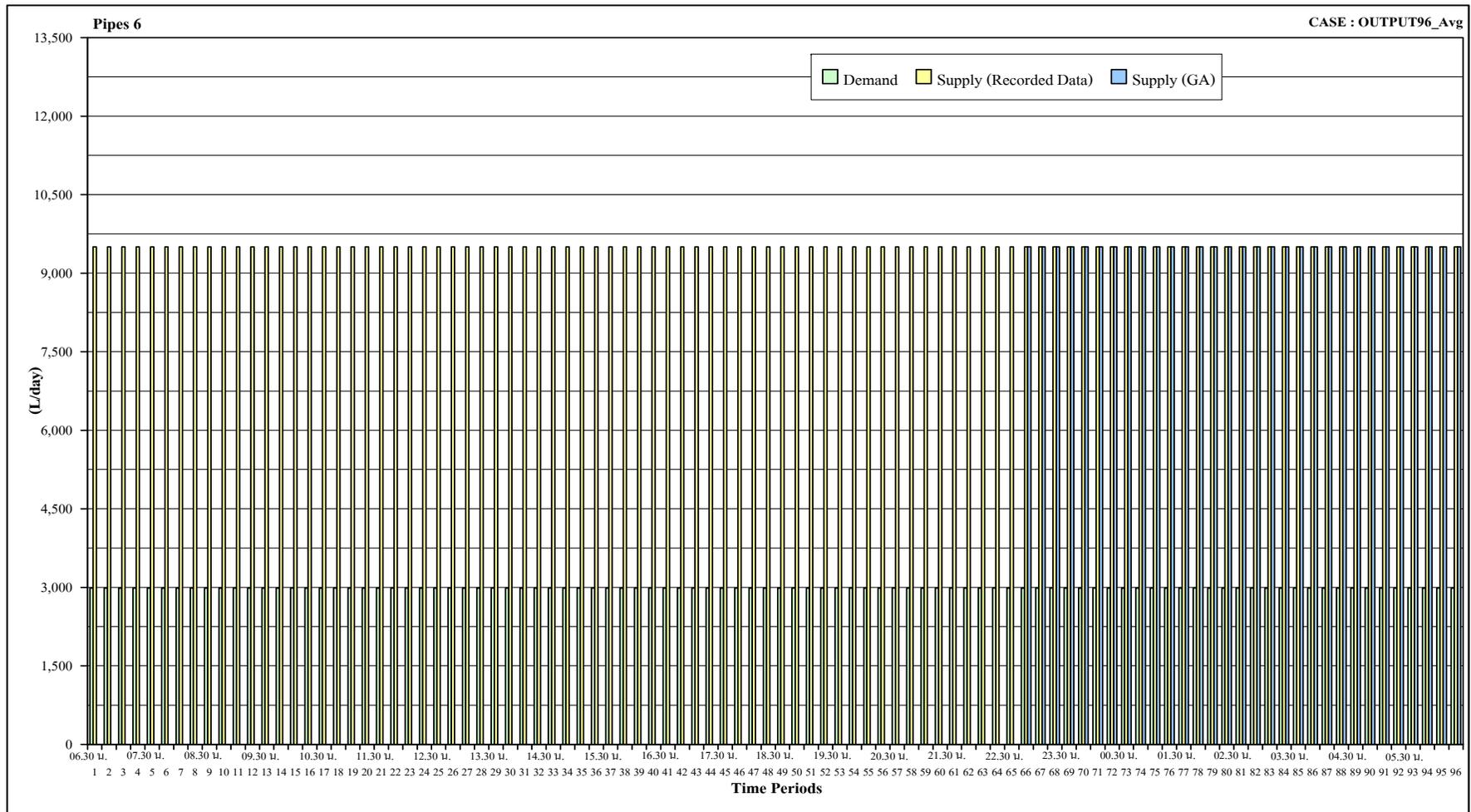
ภาพผนวกที่ 37 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 3 (OUTPUT96_Avg)



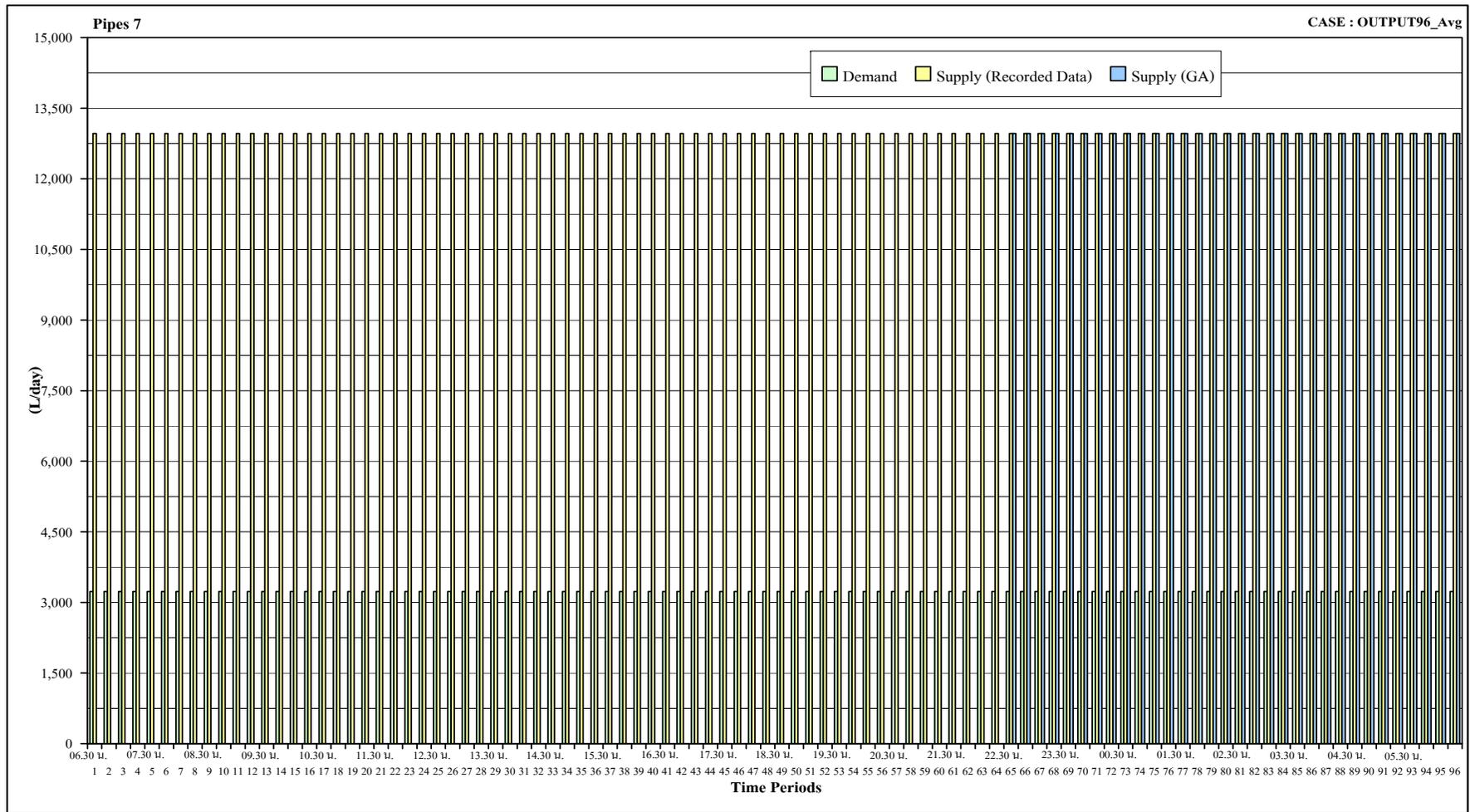
ภาพผนวกที่ 38 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 4 (OUTPUT96_Avg)



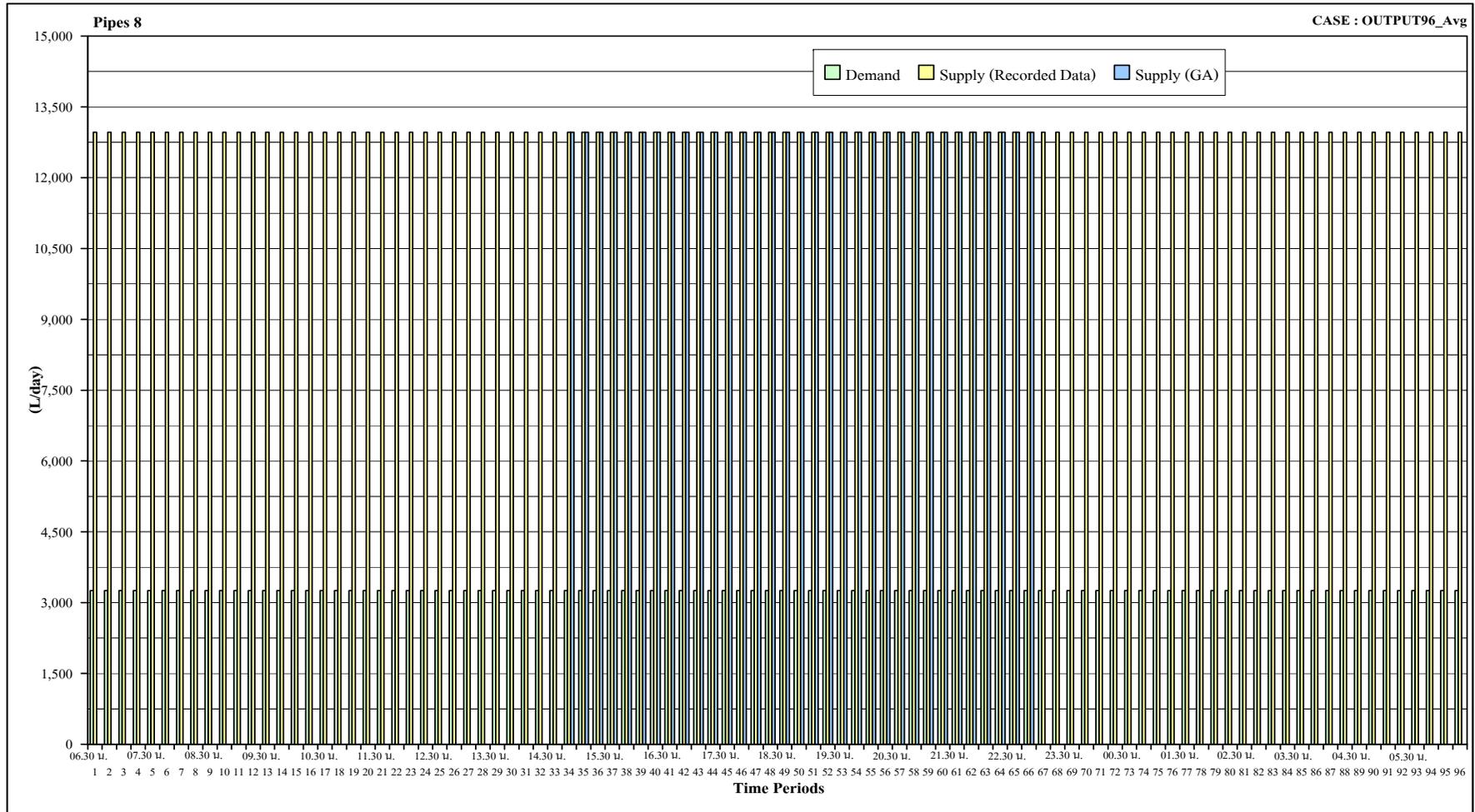
ภาพผนวกที่ 39 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 5 (OUTPUT96_Avg)



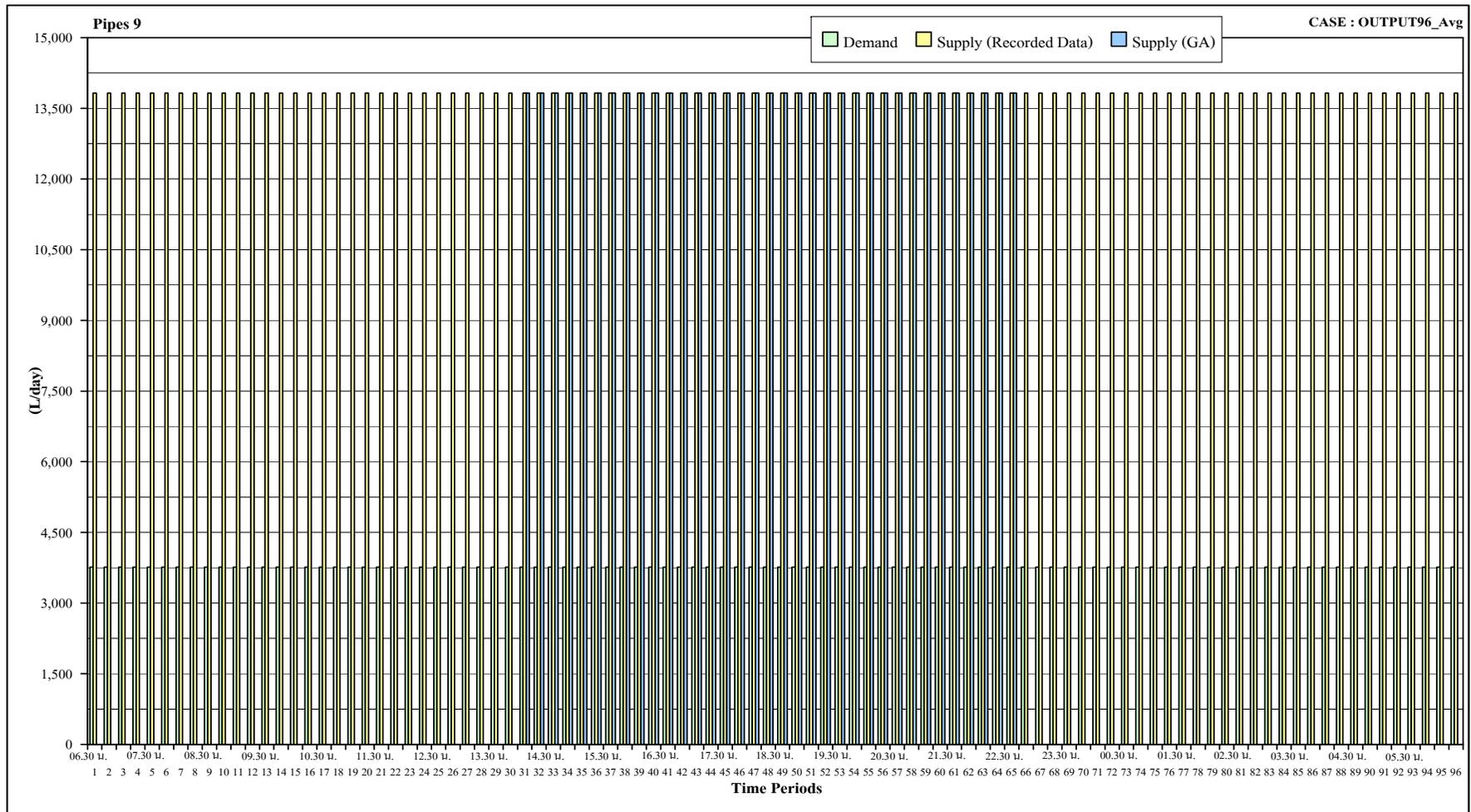
ภาพผนวกที่ 40 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 6 (OUTPUT96_Avg)



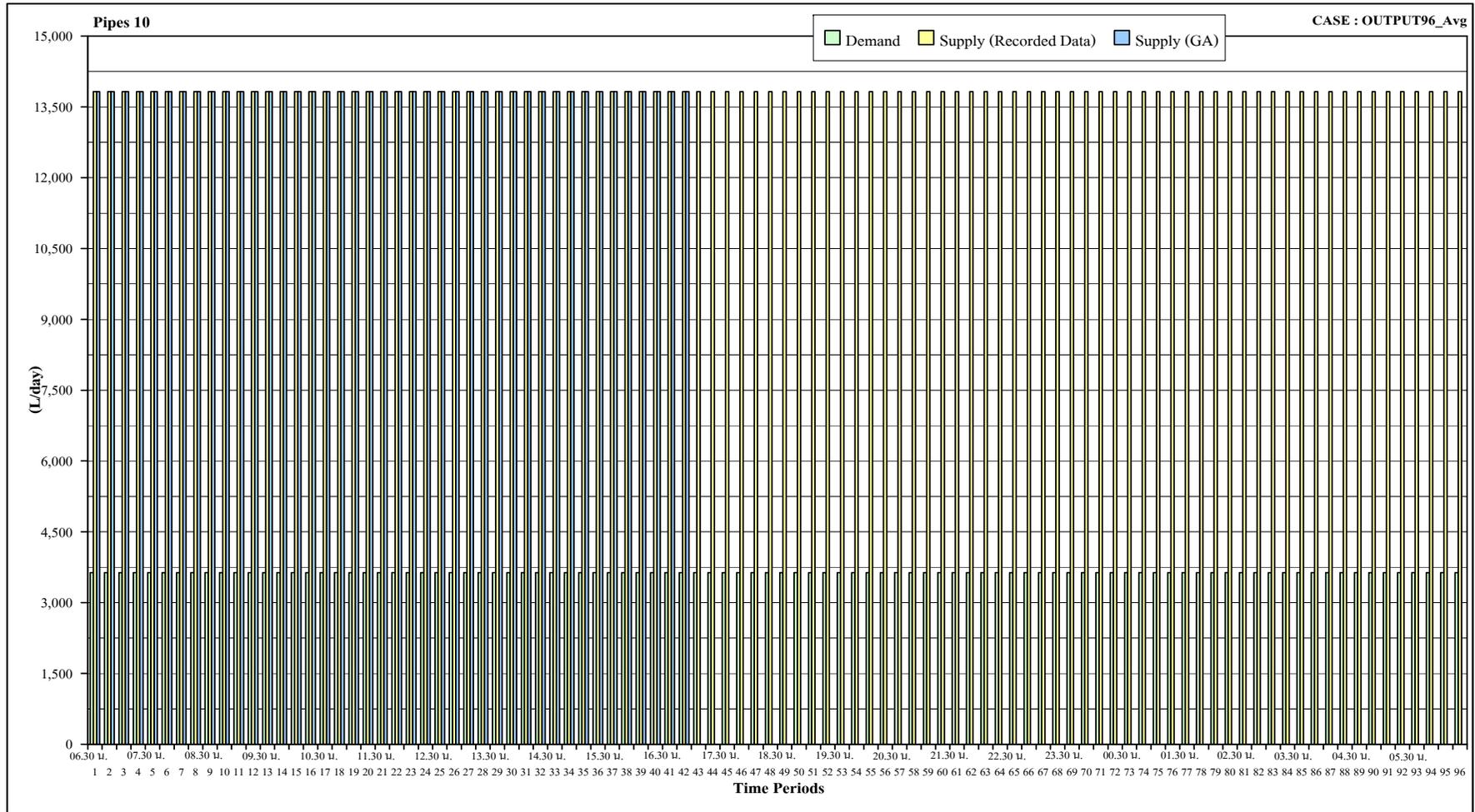
ภาพผนวกที่ ๔1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 7 (OUTPUT96_Avg)



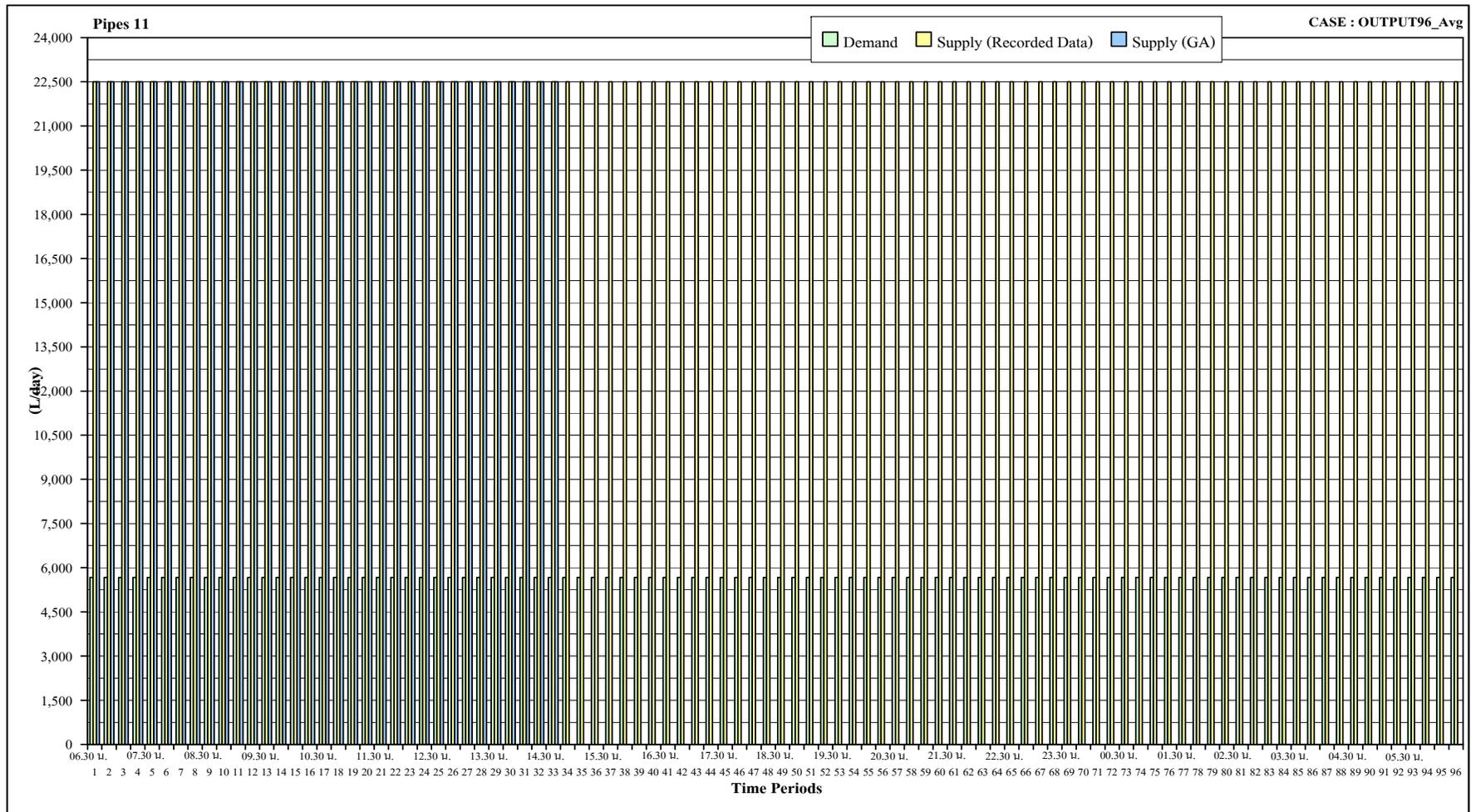
ภาพผนวกที่ ๔2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 8 (OUTPUT96_Avg)



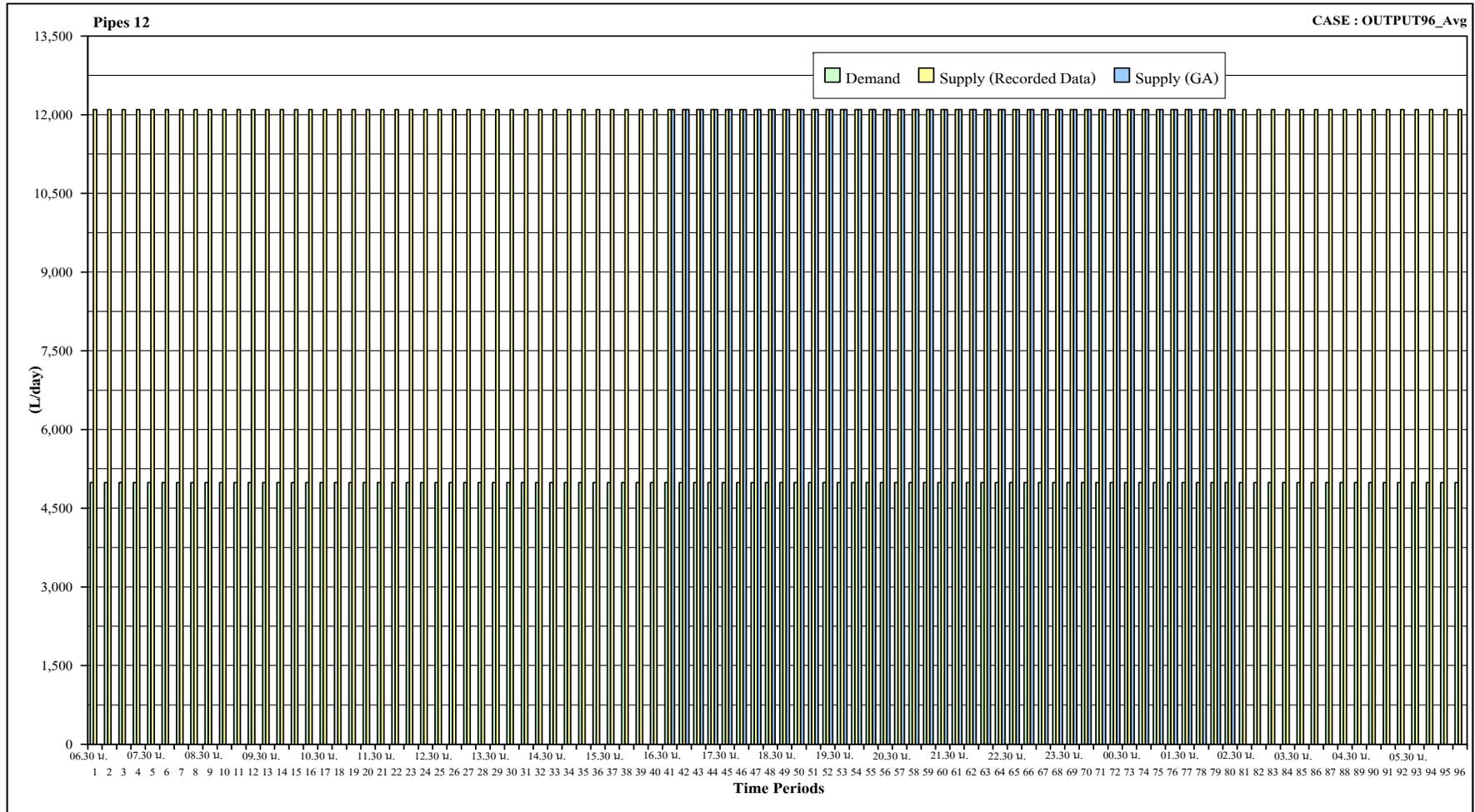
ภาพผนวกที่ 43 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 9 (OUTPUT96_Avg)



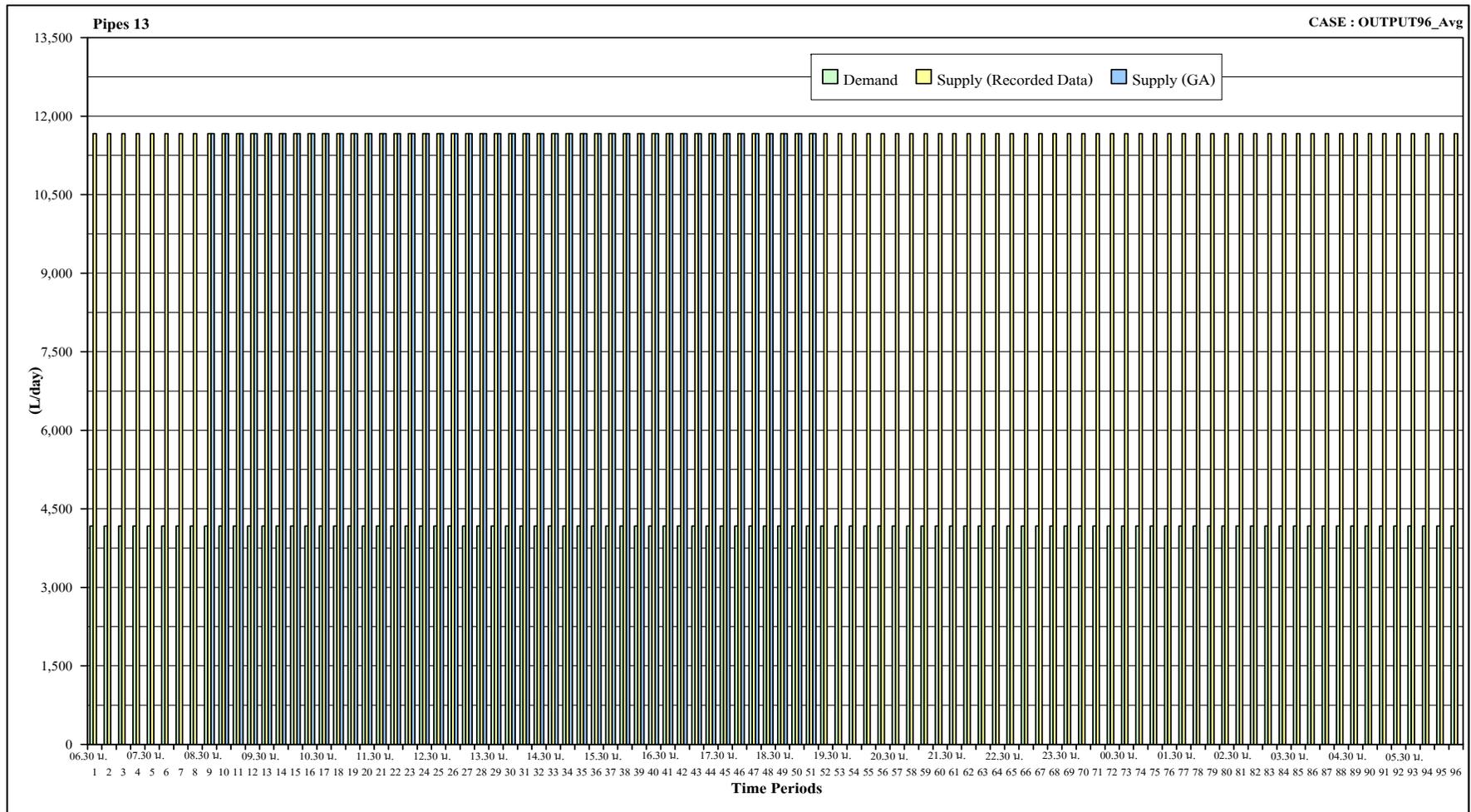
ภาพผนวกที่ ๔๔ กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 10 (OUTPUT96_Avg)



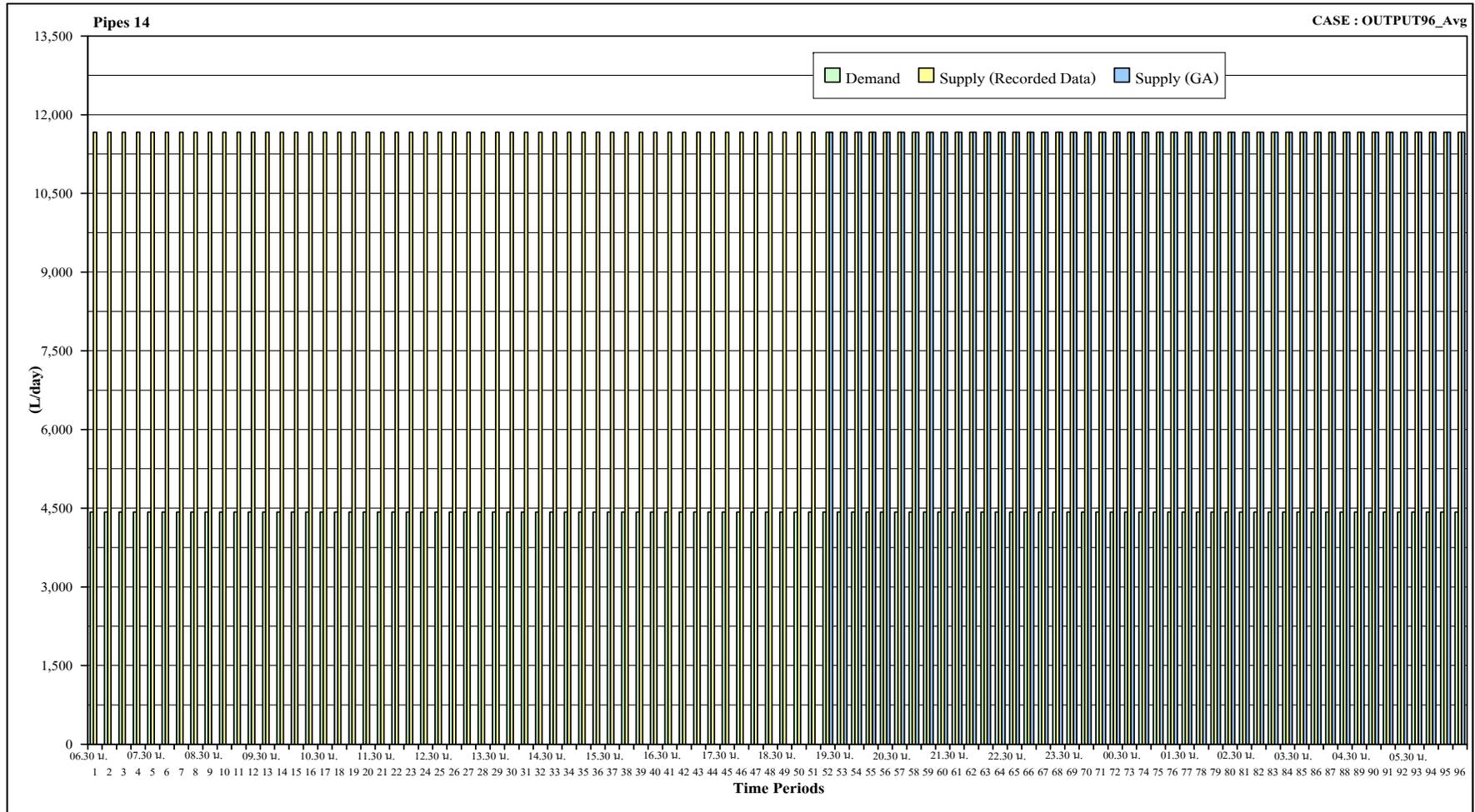
ภาพผนวกที่ 45 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 11 (OUTPUT96_Avg)



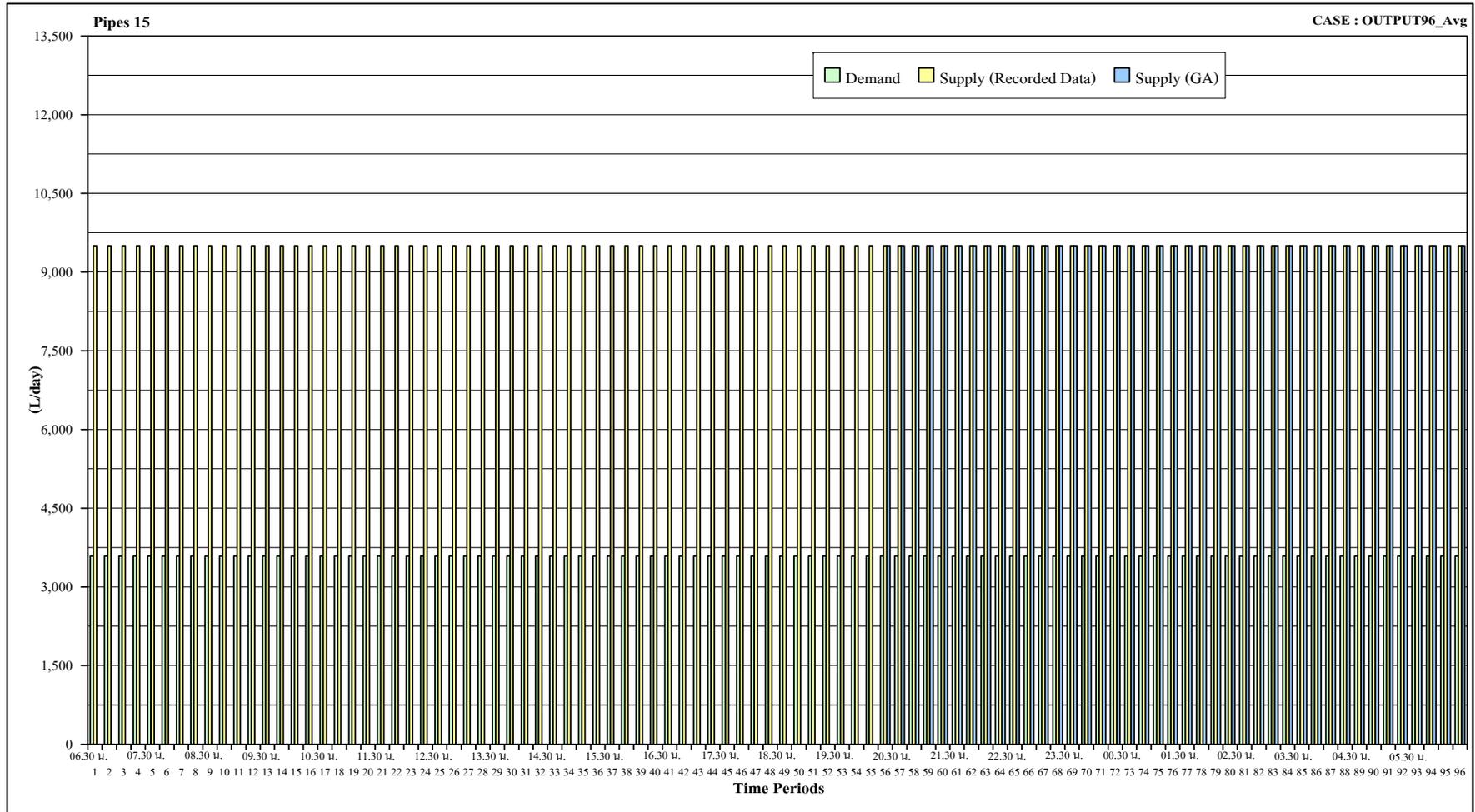
ภาพผนวกที่ ๔๖ กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 12 (OUTPUT96_Avg)



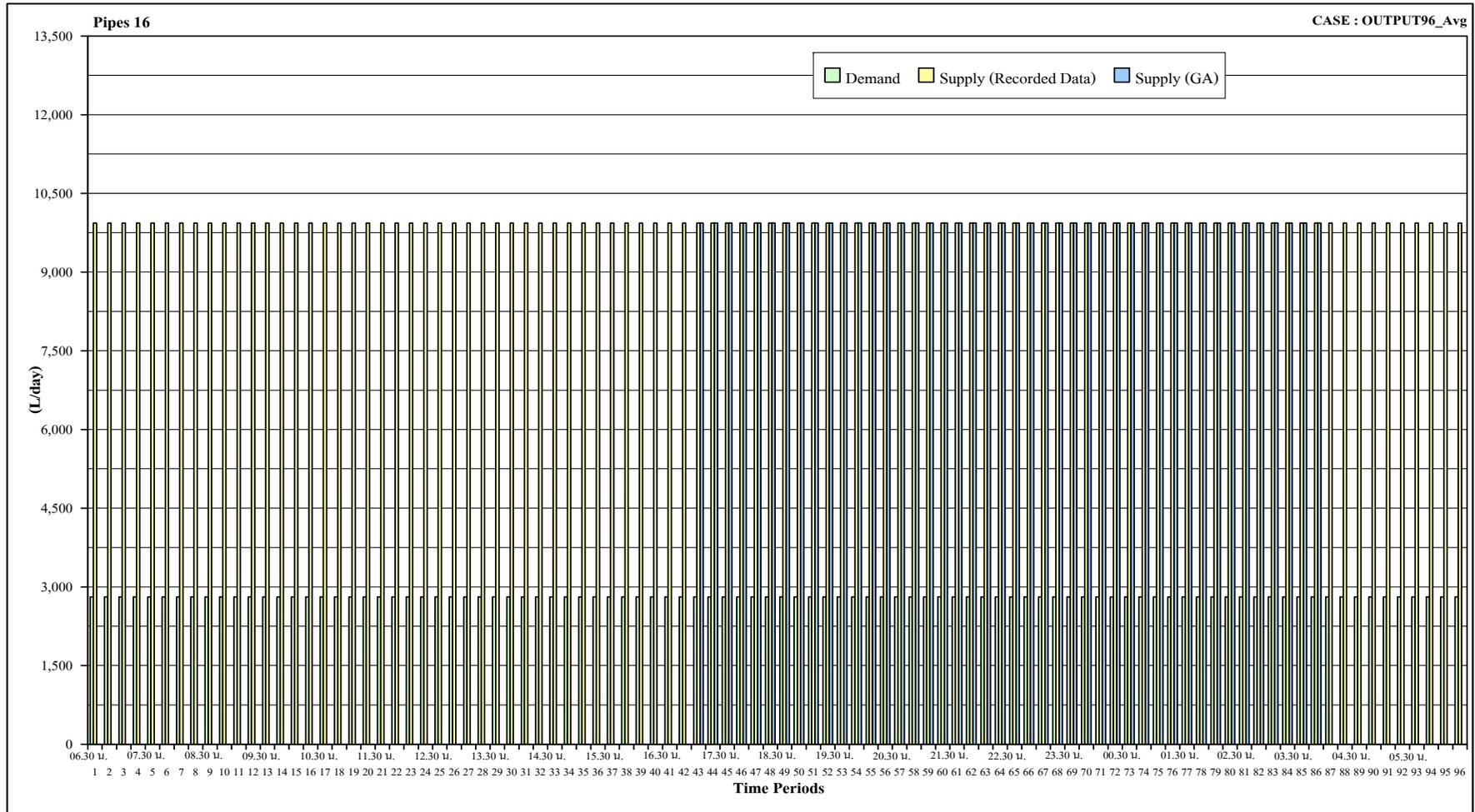
ภาพผนวกที่ ๔7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 13 (OUTPUT96_Avg)



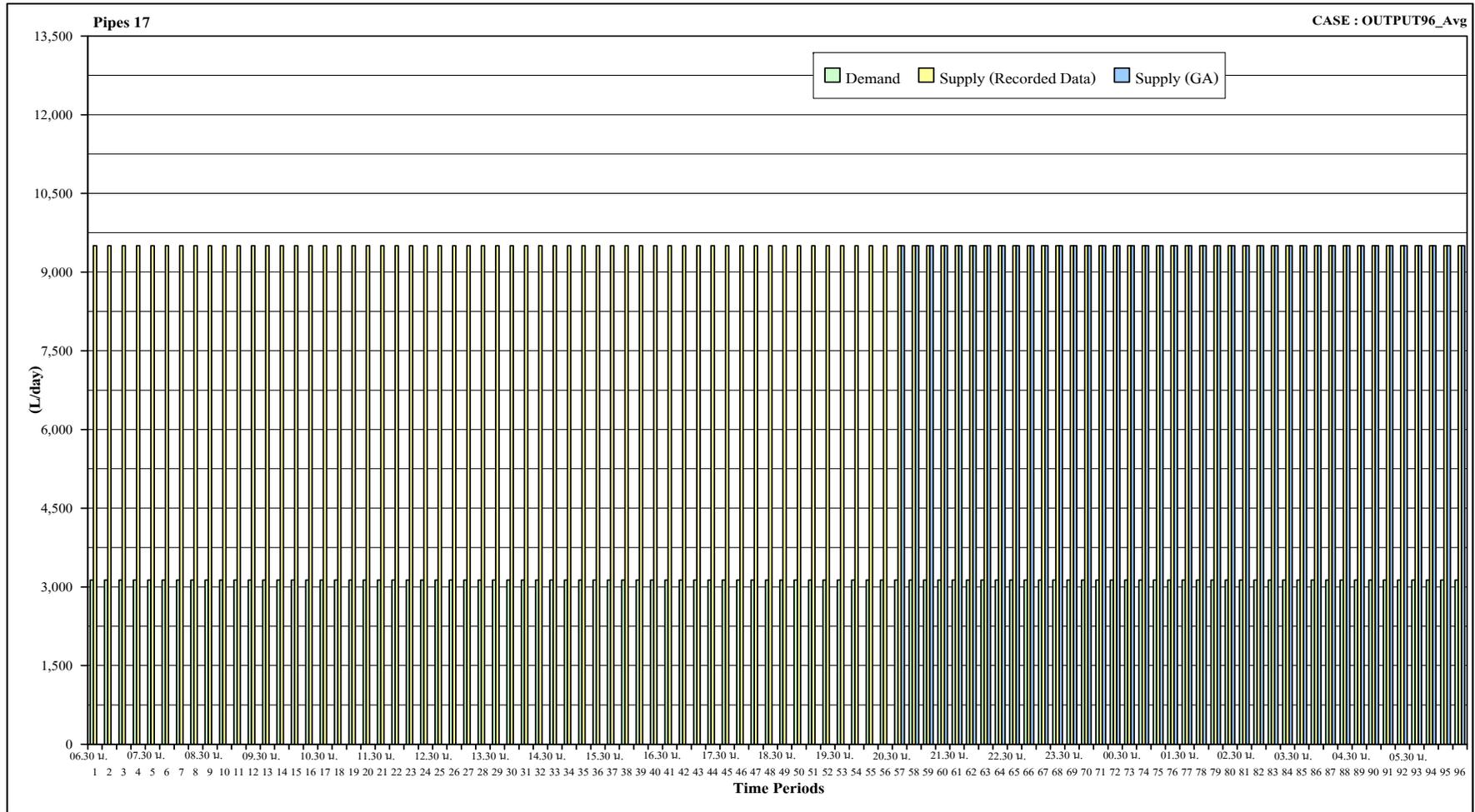
ภาพผนวกที่ ๔๘ กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 14 (OUTPUT96_Avg)



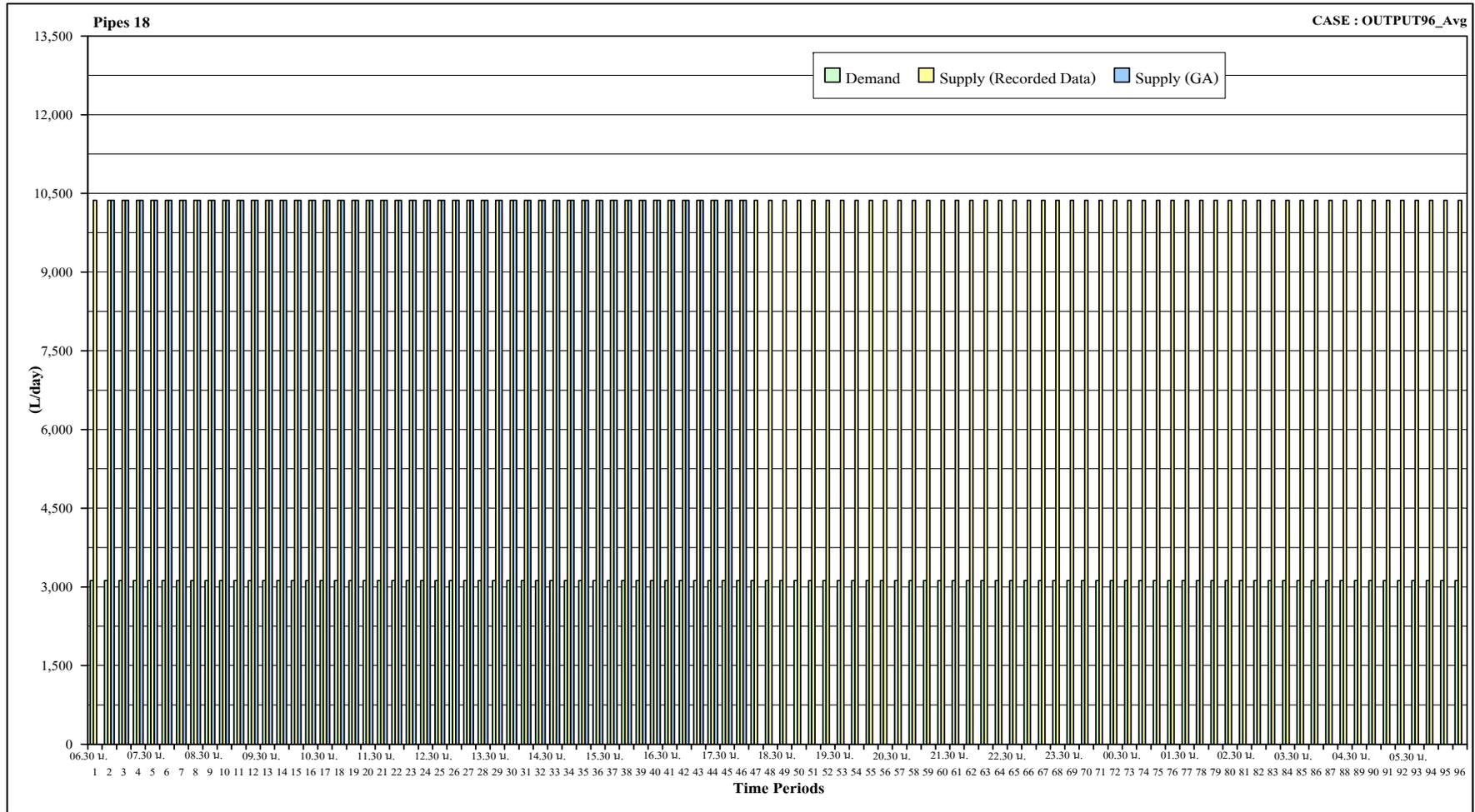
ภาพผนวกที่ ๔9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 15 (OUTPUT96_Avg)



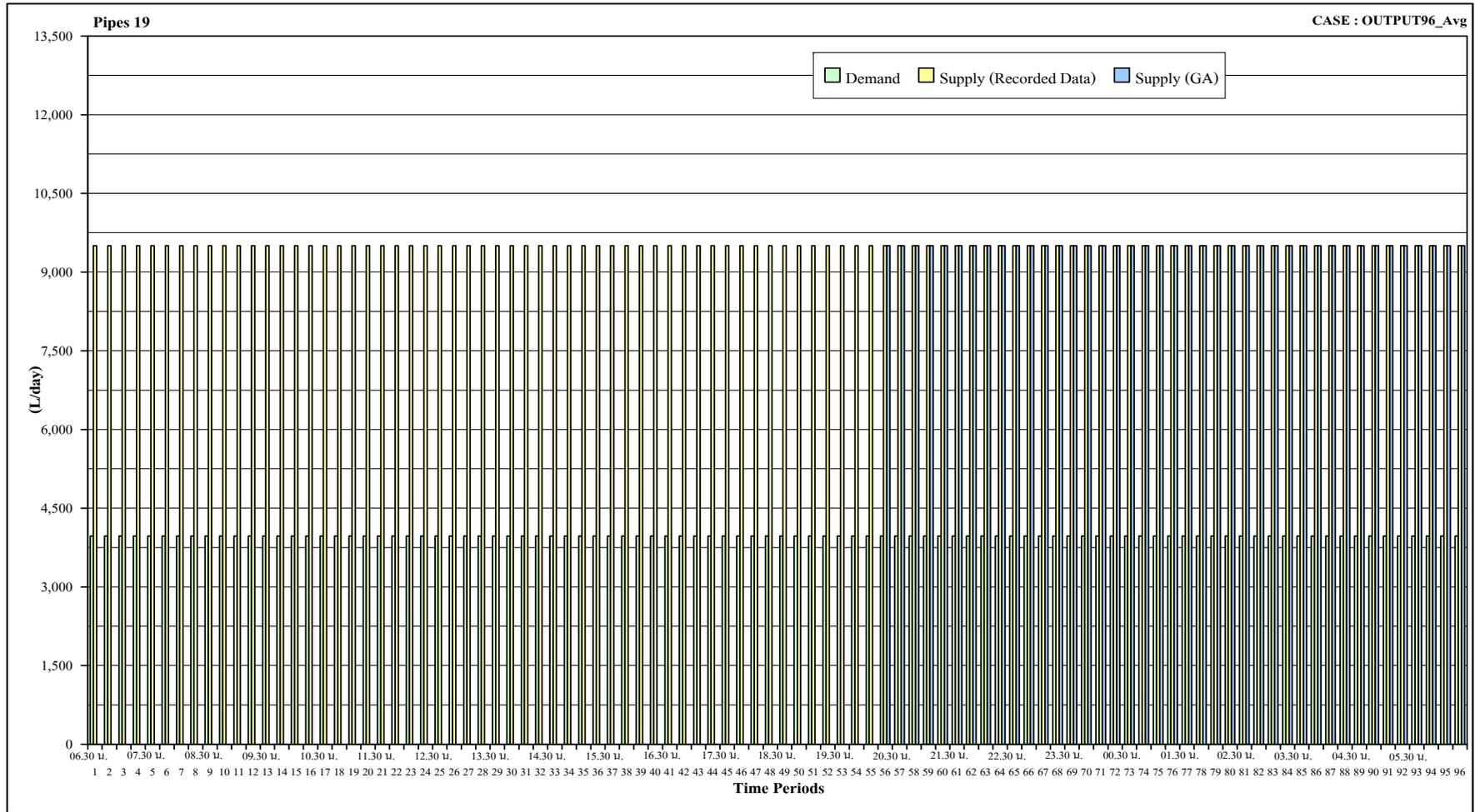
ภาพผนวกที่ 50 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 16 (OUTPUT96_Avg)



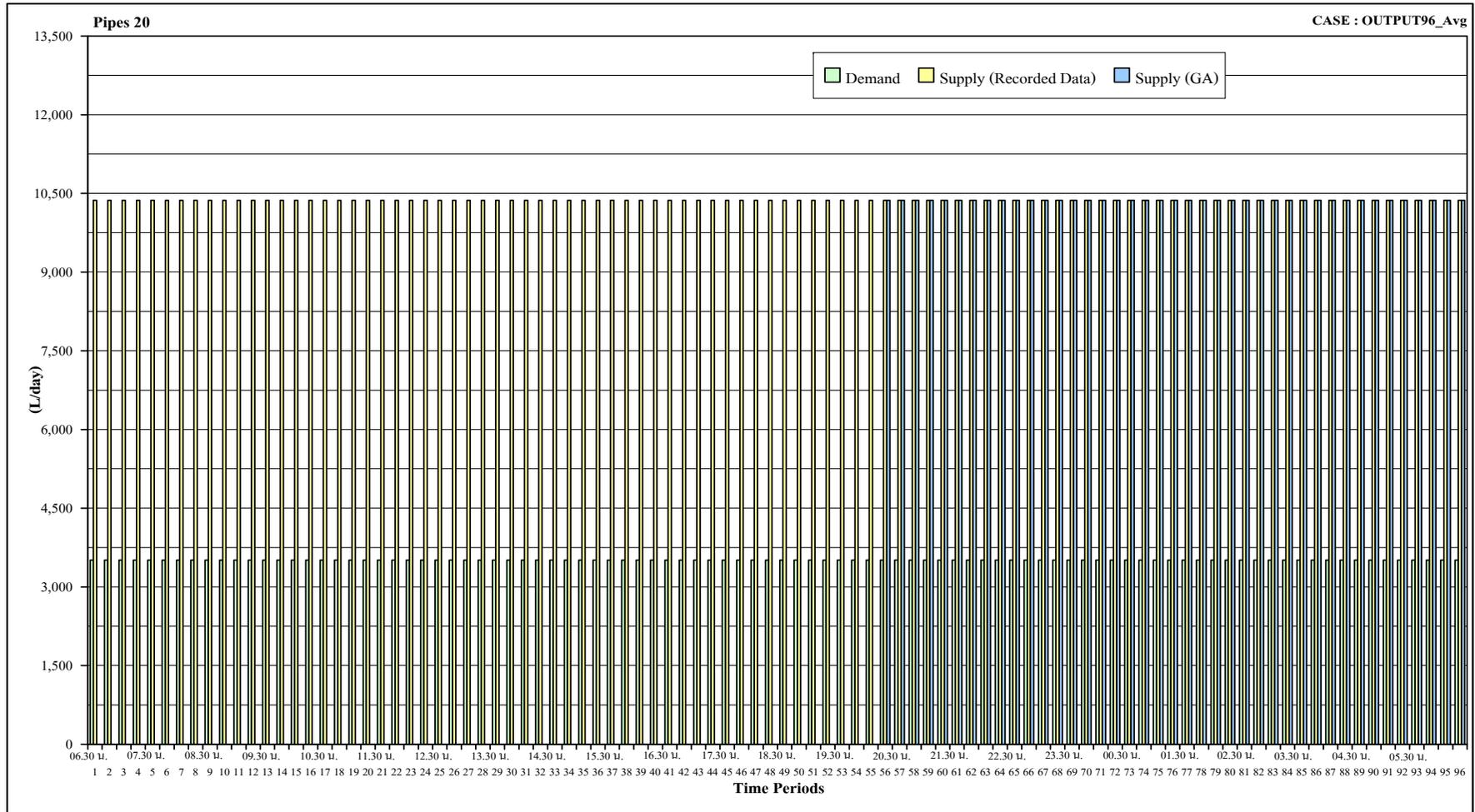
ภาพผนวกที่ 51 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 17 (OUTPUT96_Avg)



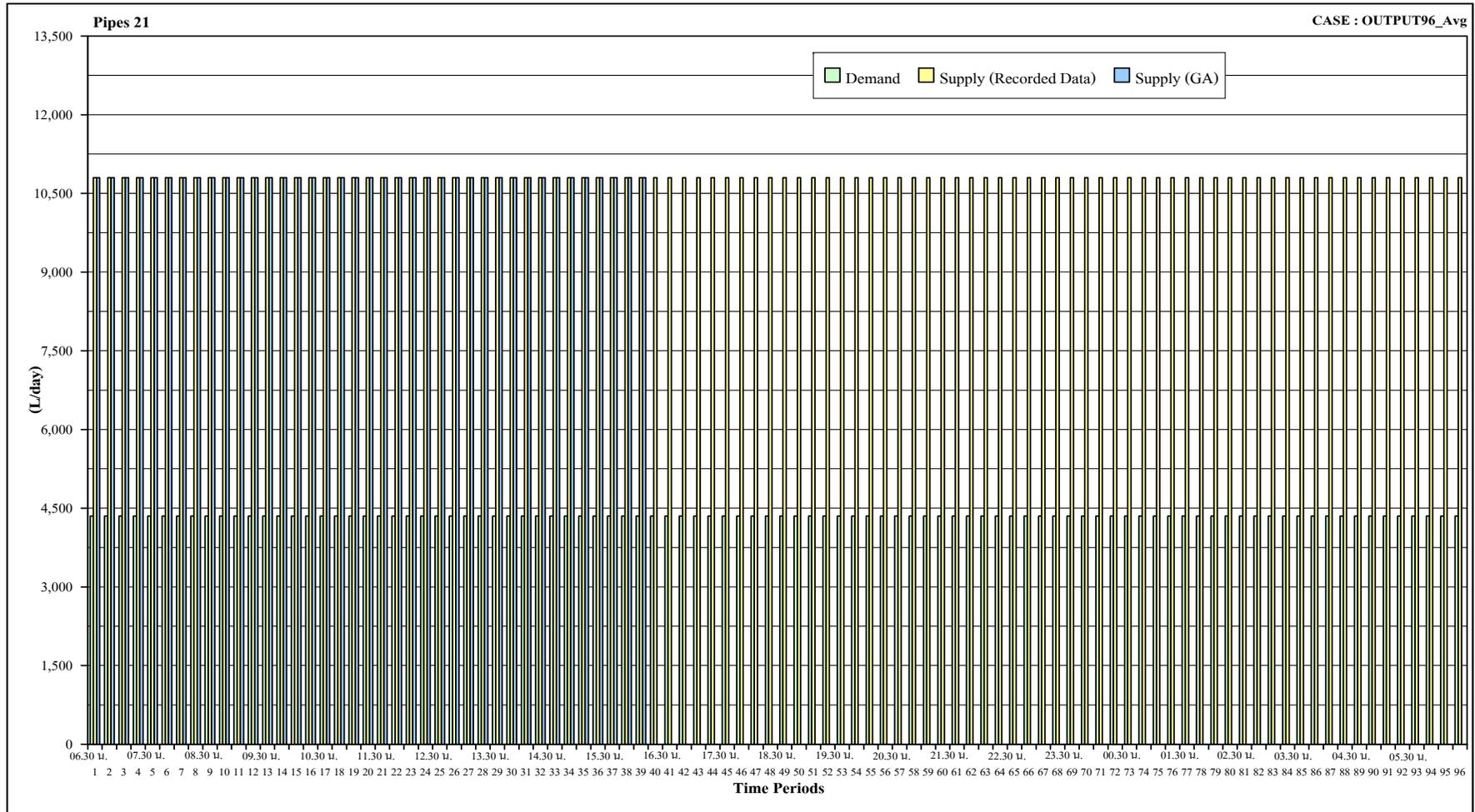
ภาพผนวกที่ 52 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 18 (OUTPUT96_Avg)



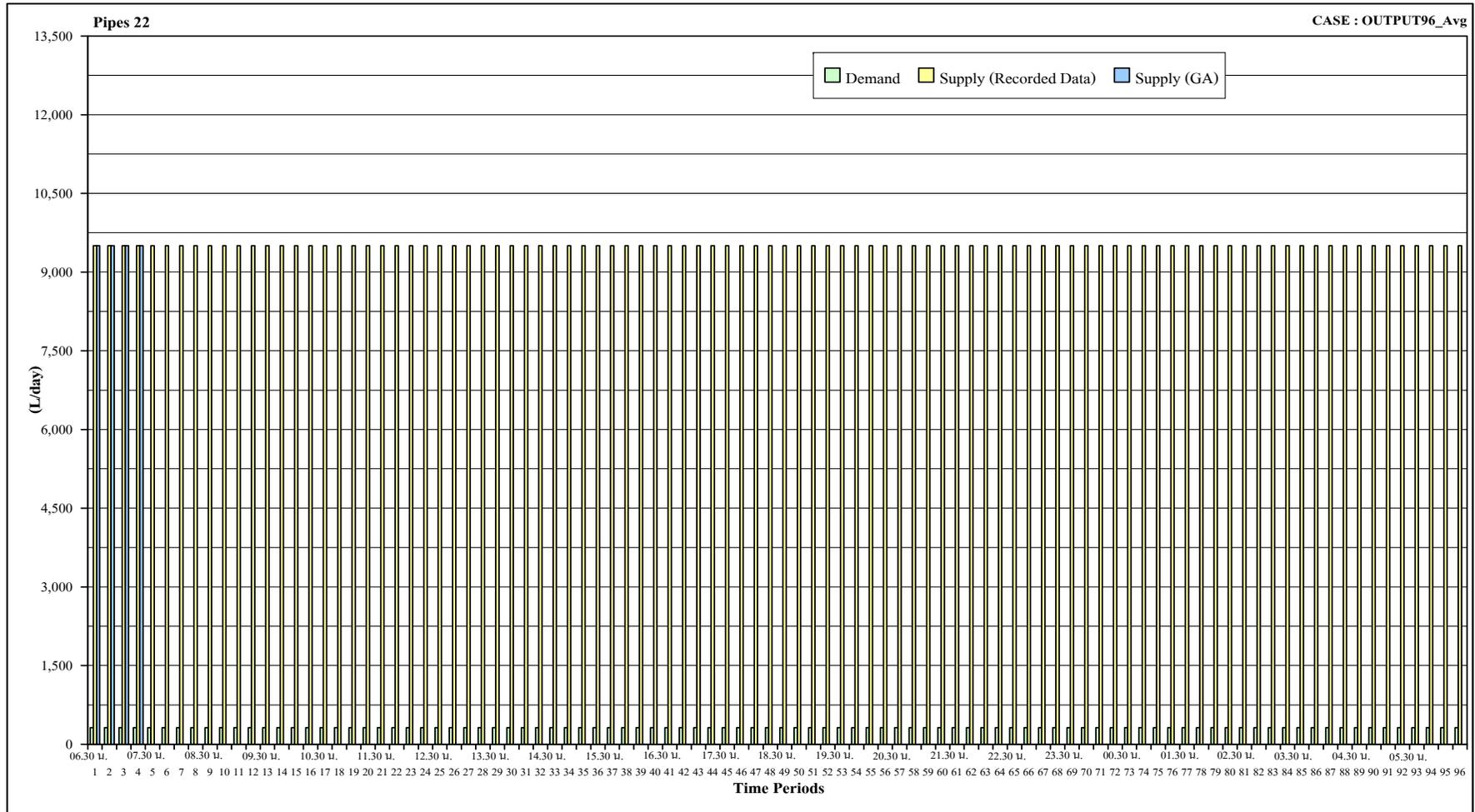
ภาพผนวกที่ 53 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 19 (OUTPUT96_Avg)



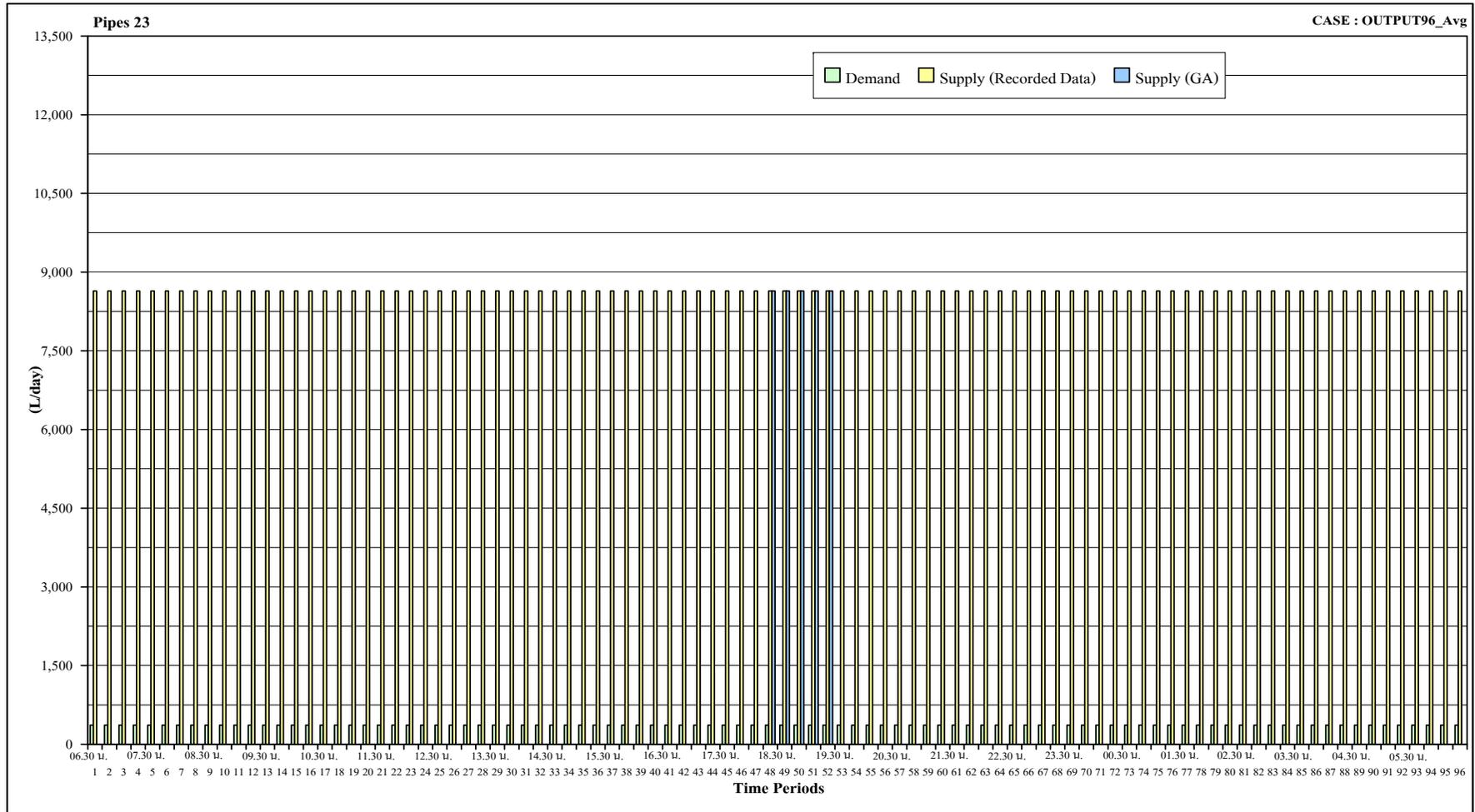
ภาพผนวกที่ 54 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 20 (OUTPUT96_Avg)



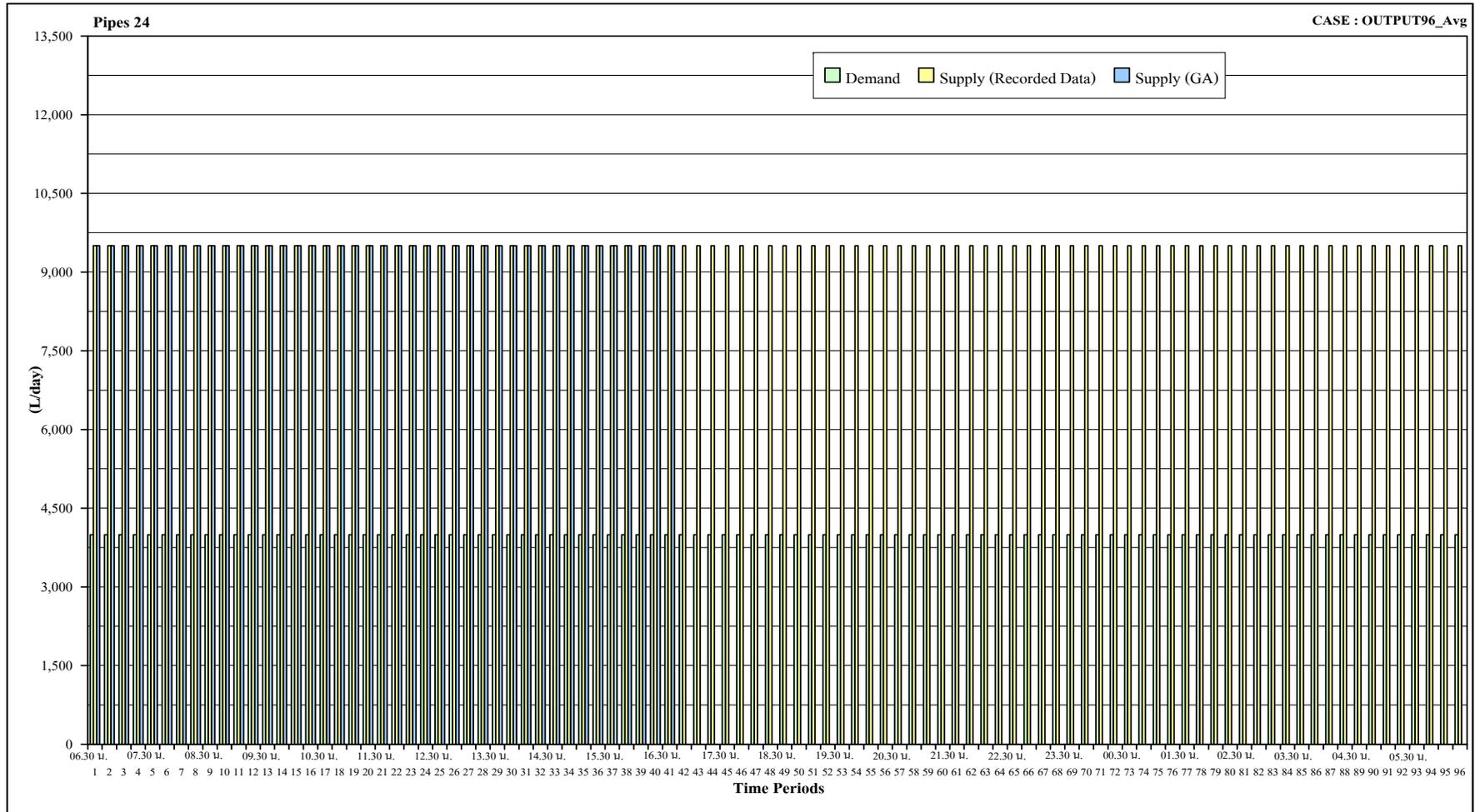
ภาพผนวกที่ 55 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 21 (OUTPUT96_Avg)



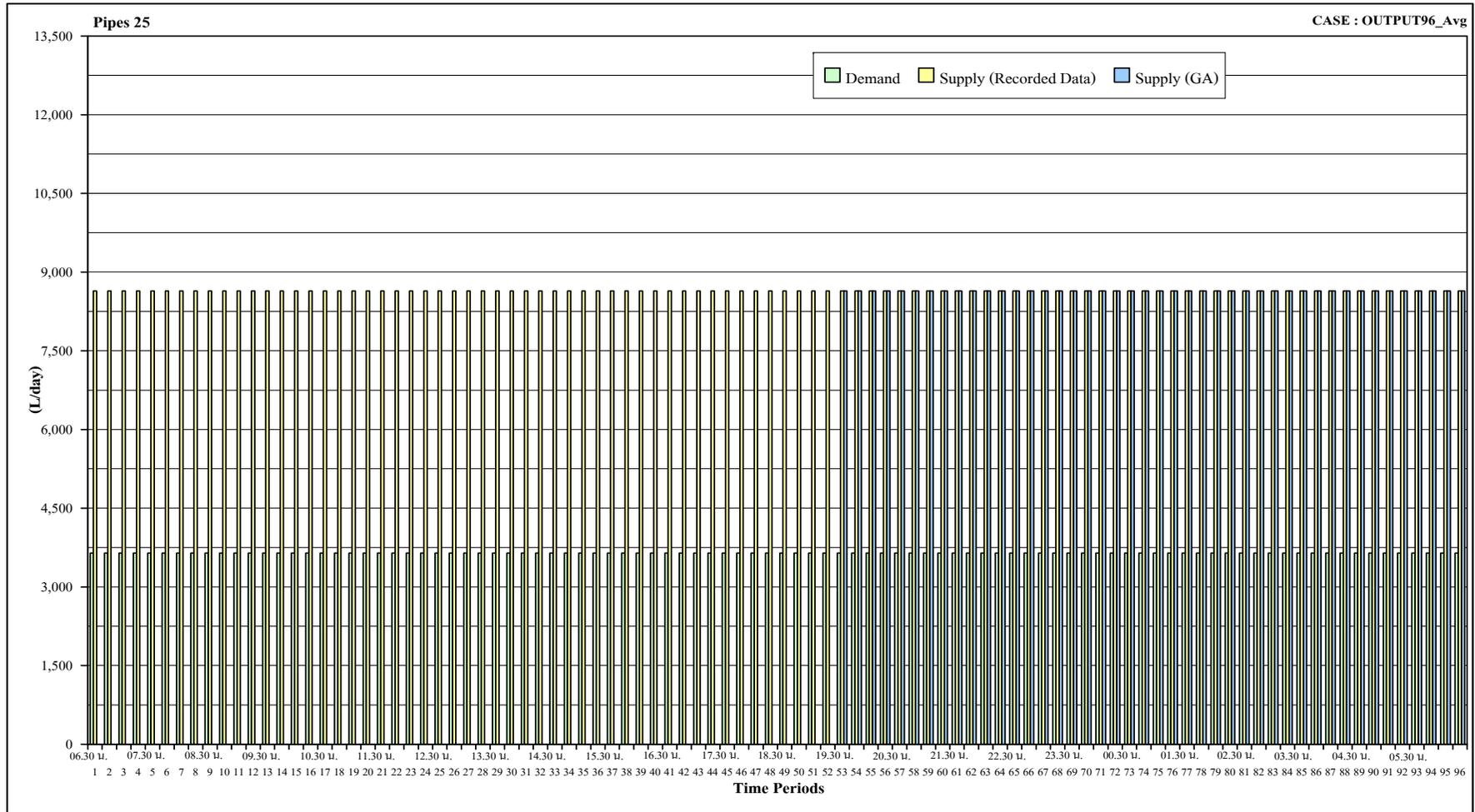
ภาพผนวกที่ 56 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 22 (OUTPUT96_Avg)



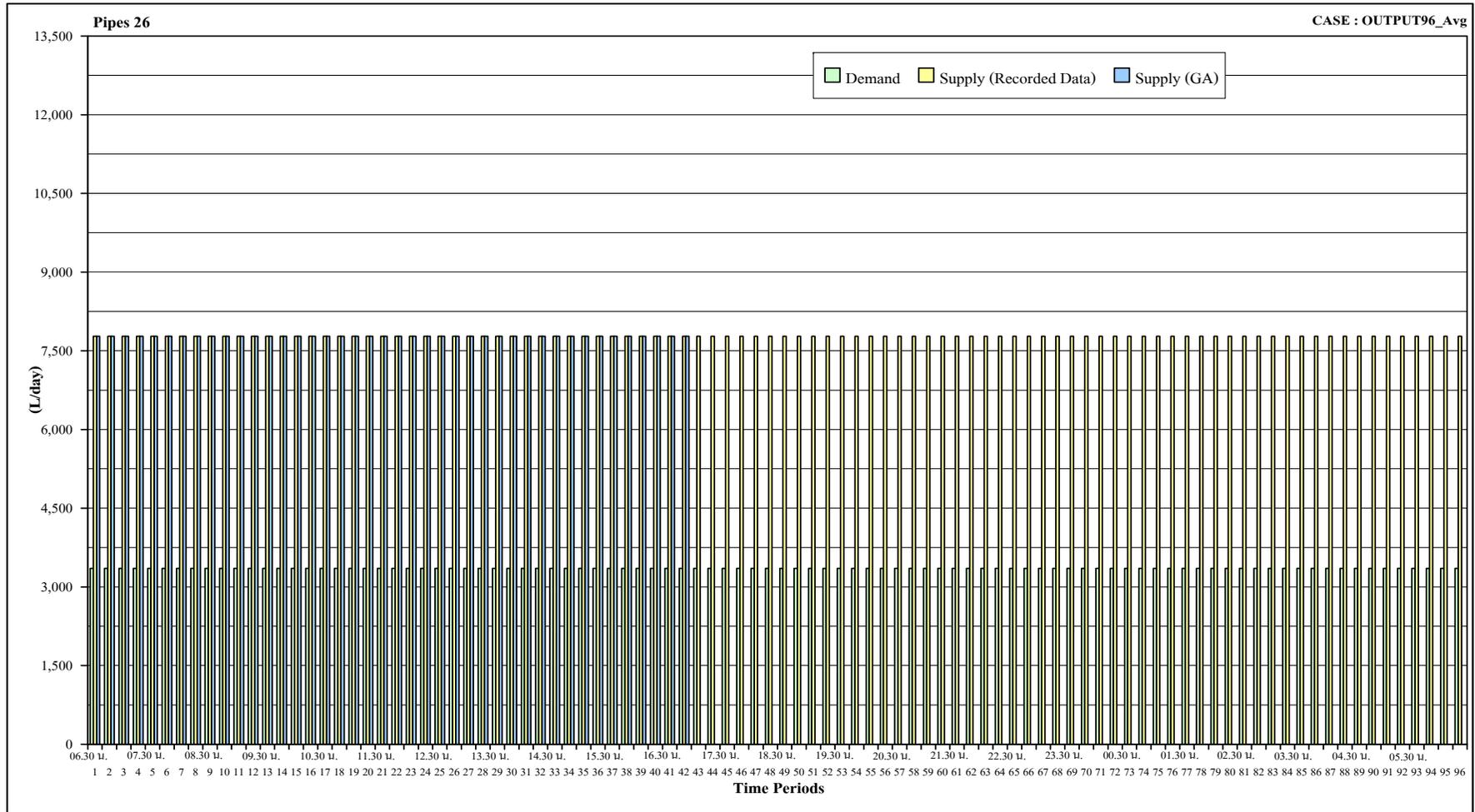
ภาพผนวกที่ 57 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 23 (OUTPUT96_Avg)



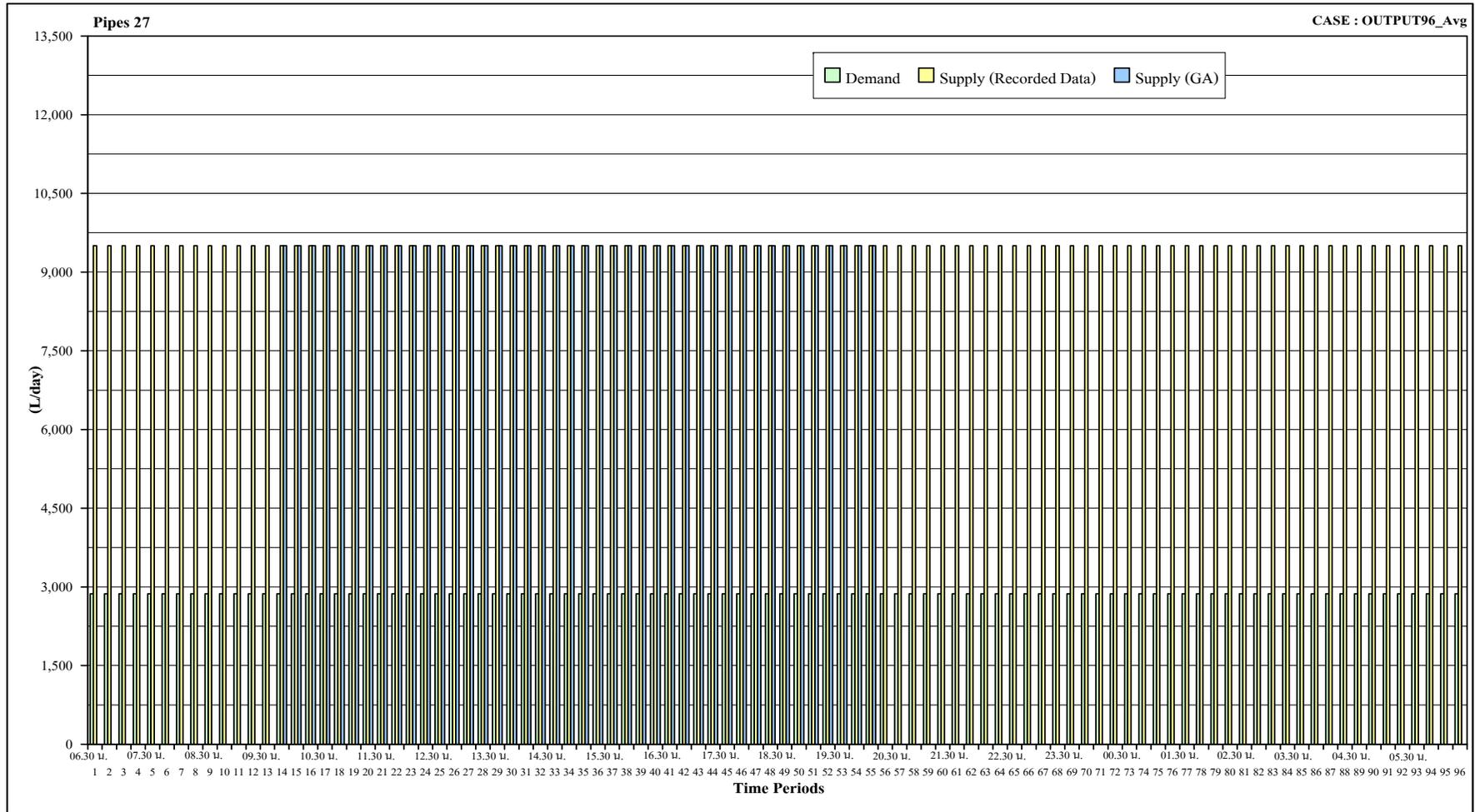
ภาพผนวกที่ 58 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 24 (OUTPUT96_Avg)



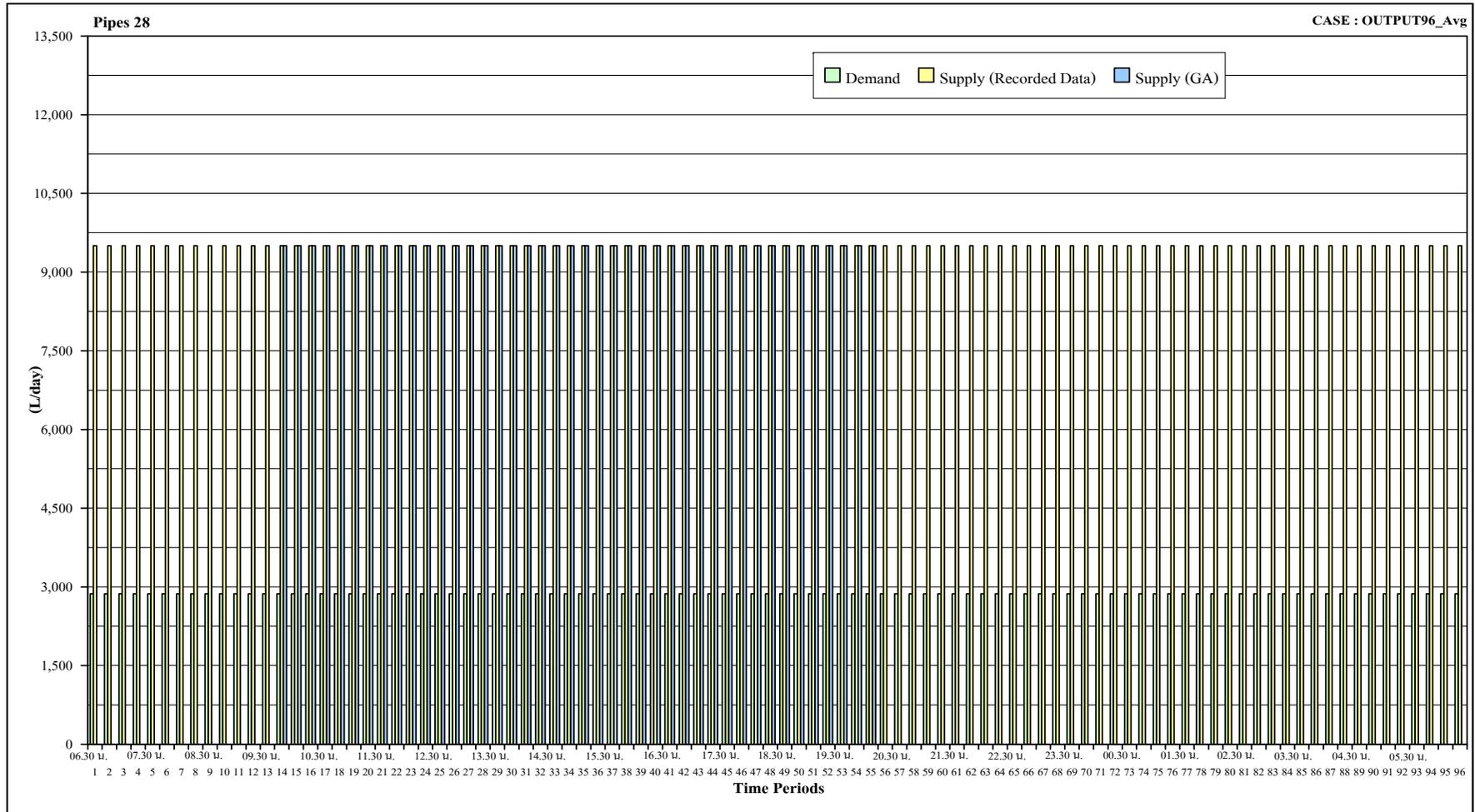
ภาพผนวกที่ 59 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 25 (OUTPUT96_Avg)



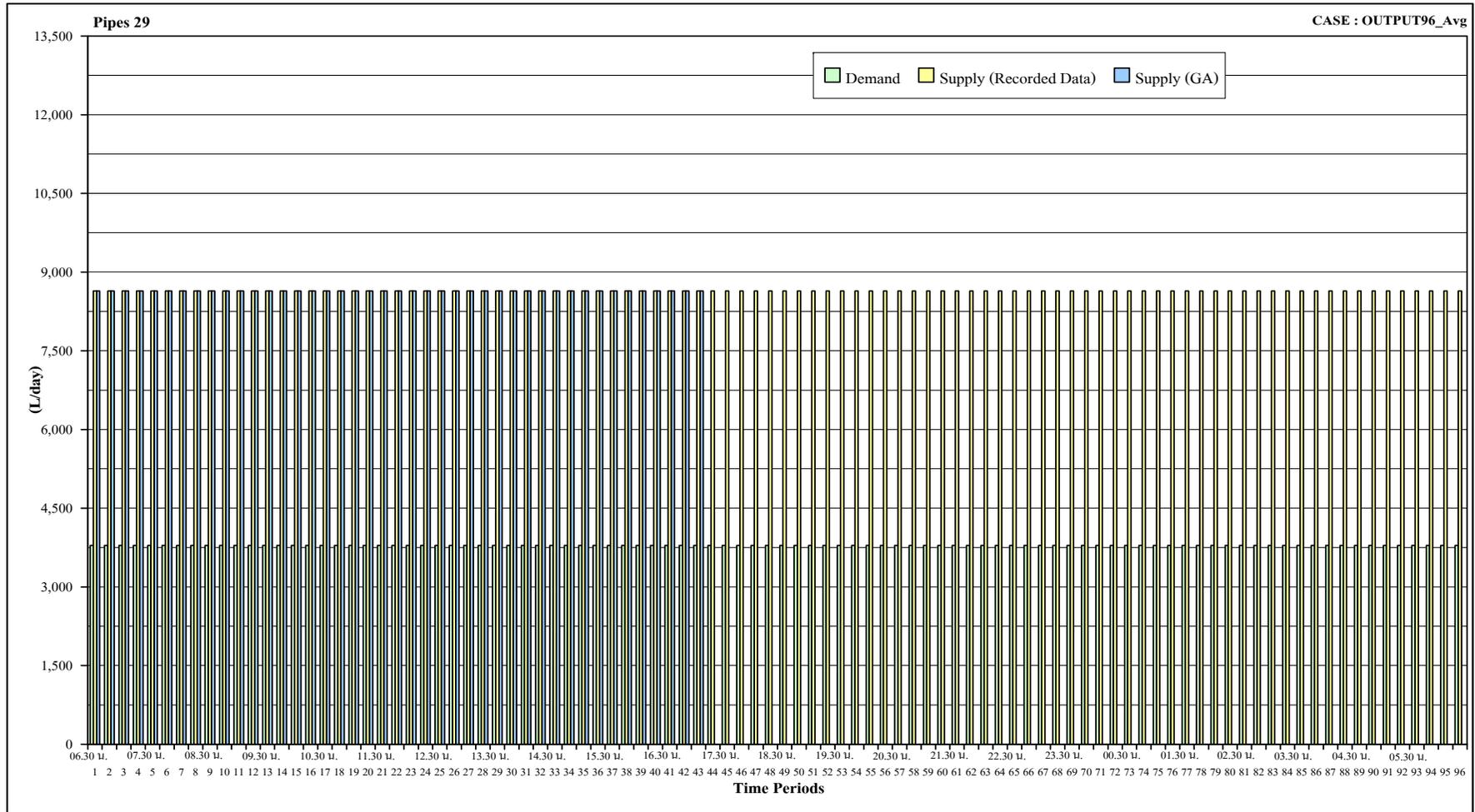
ภาพผนวกที่ 60 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 26 (OUTPUT96_Avg)



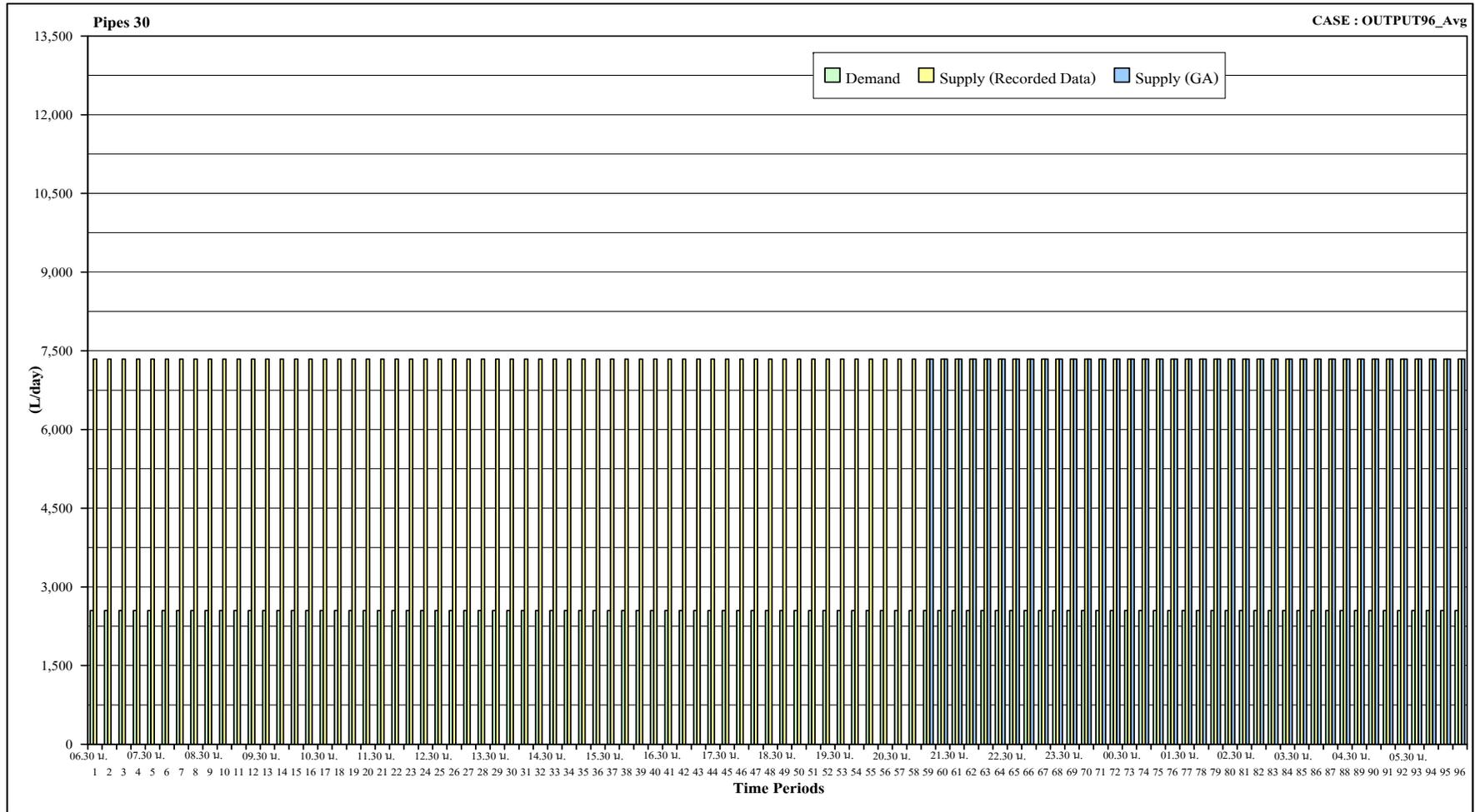
ภาพผนวกที่ 61 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 27 (OUTPUT96_Avg)



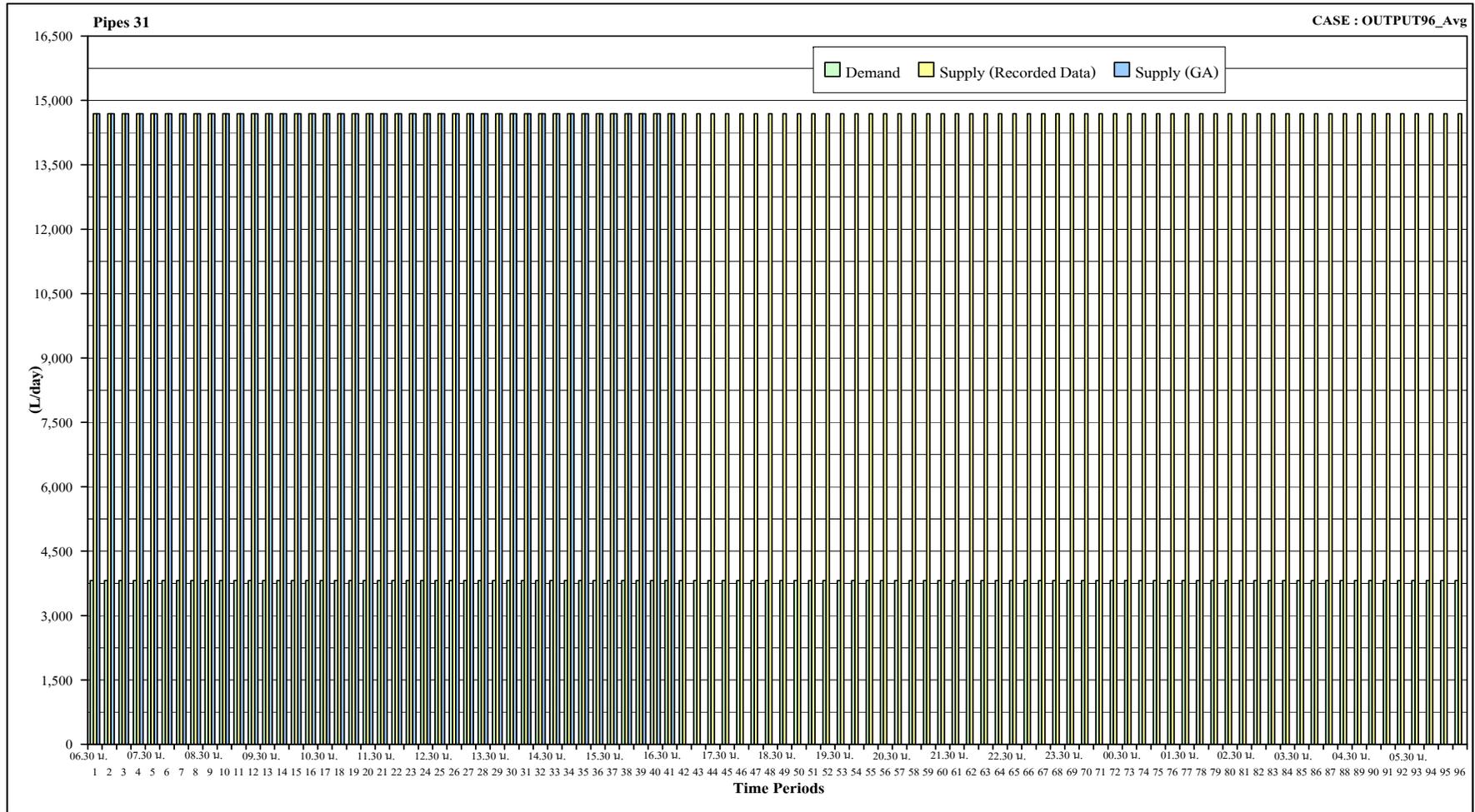
ภาพผนวกที่ 62 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 28 (OUTPUT96_Avg)



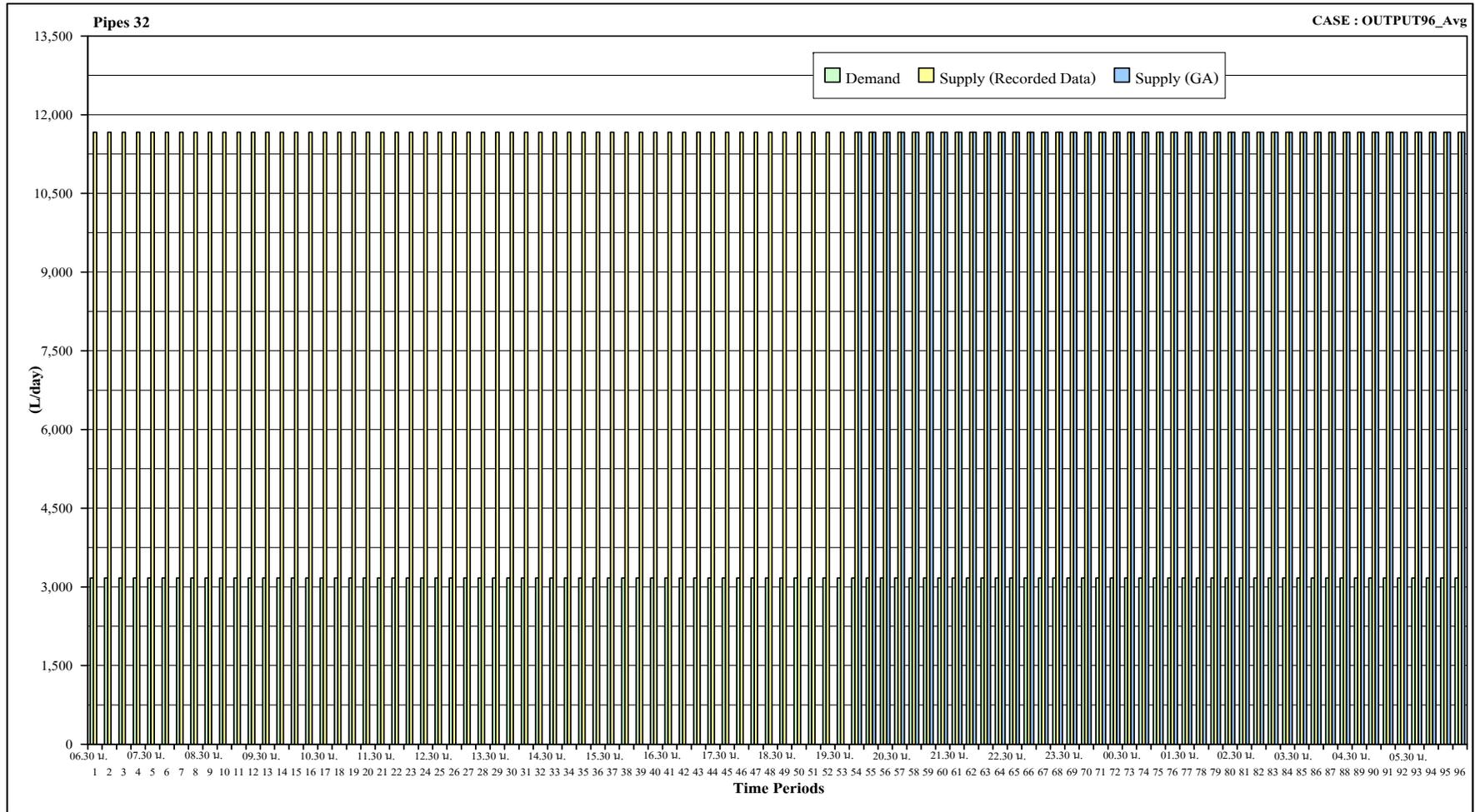
ภาพผนวกที่ 63 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 29 (OUTPUT96_Avg)



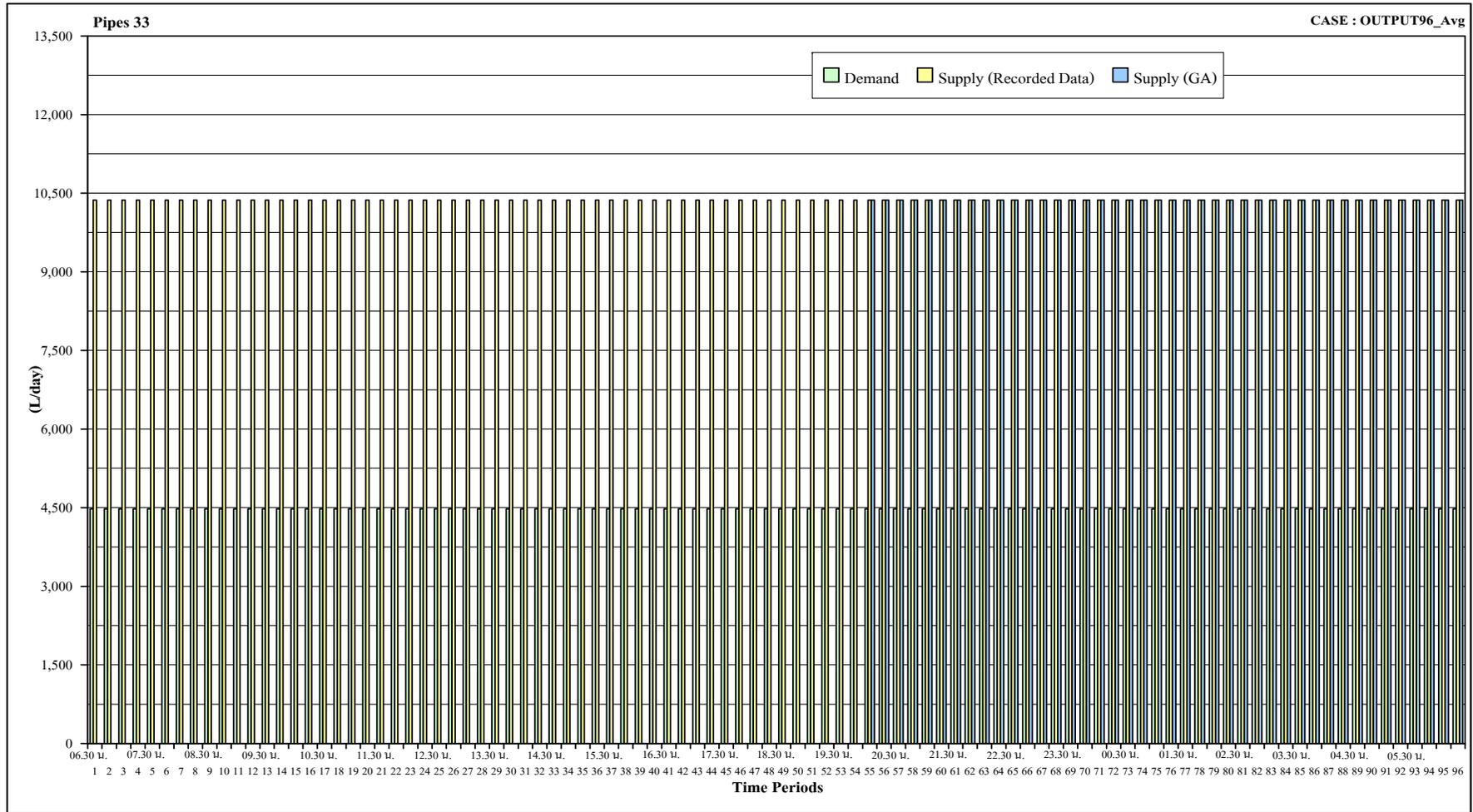
ภาพผนวกที่ 64 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 30 (OUTPUT96_Avg)



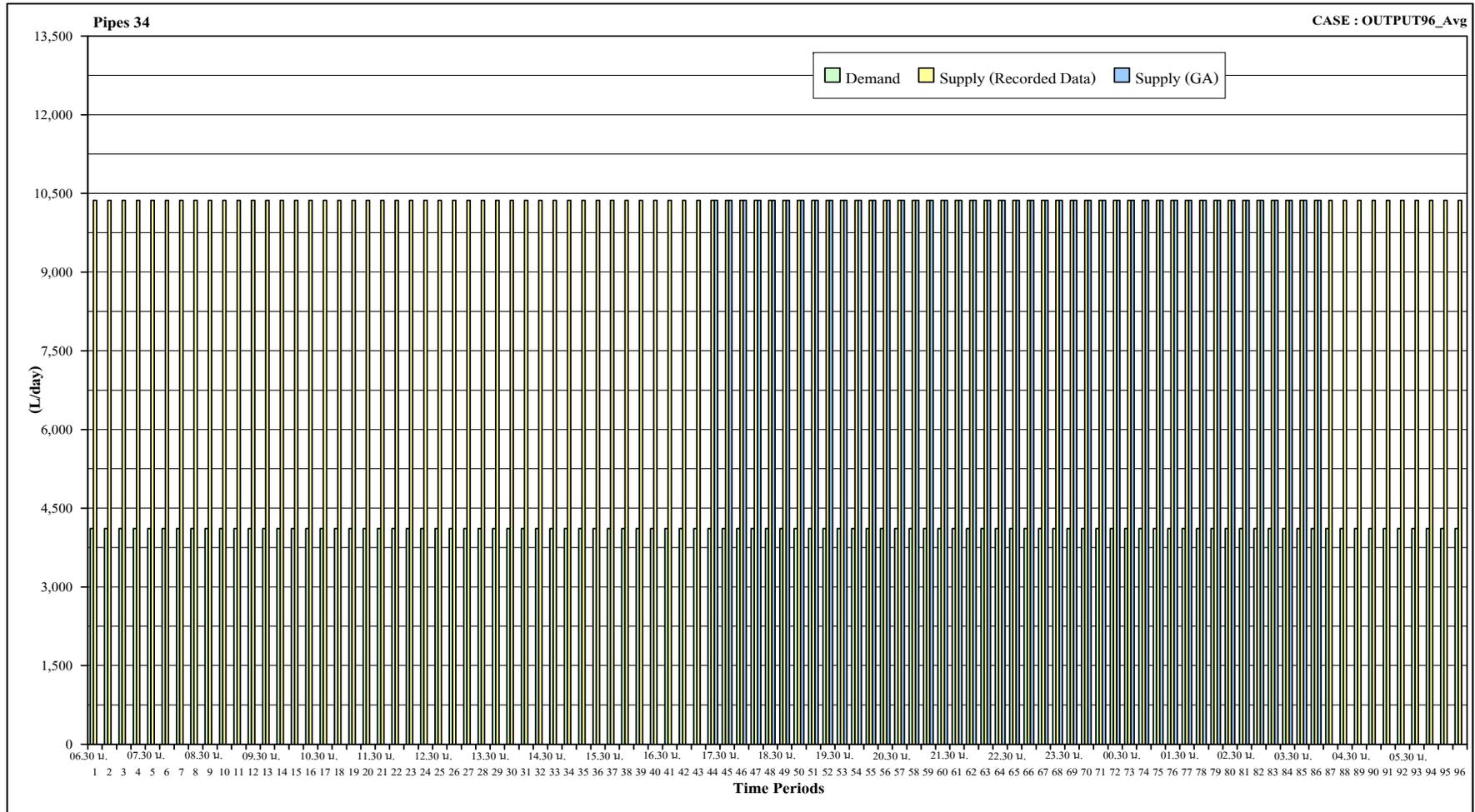
ภาพผนวกที่ 65 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 31 (OUTPUT96_Avg)



ภาพผนวกที่ ๖๖ กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 32 (OUTPUT96_Avg)



ภาพผนวกที่ ๖7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 33 (OUTPUT96_Avg)



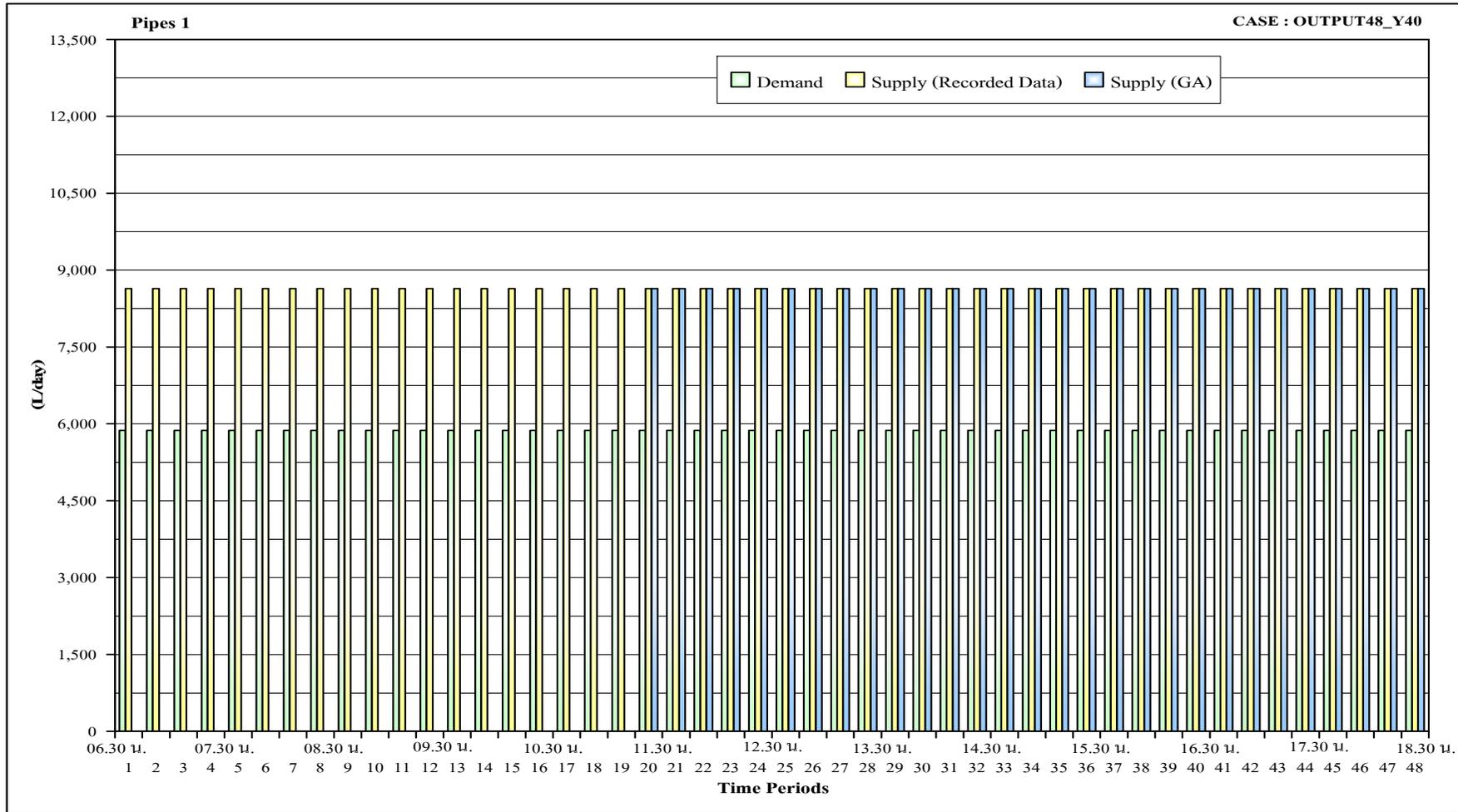
ภาพผนวกที่ 68 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 34 (OUTPUT96_Avg)

ตารางผนวกที่ ๖๒ แสดงช่วงระยะเวลาการส่งน้ำและจำนวนพื้นที่เพาะปลูกที่สามารถเพิ่มได้ (OUTPUT96_Avg)

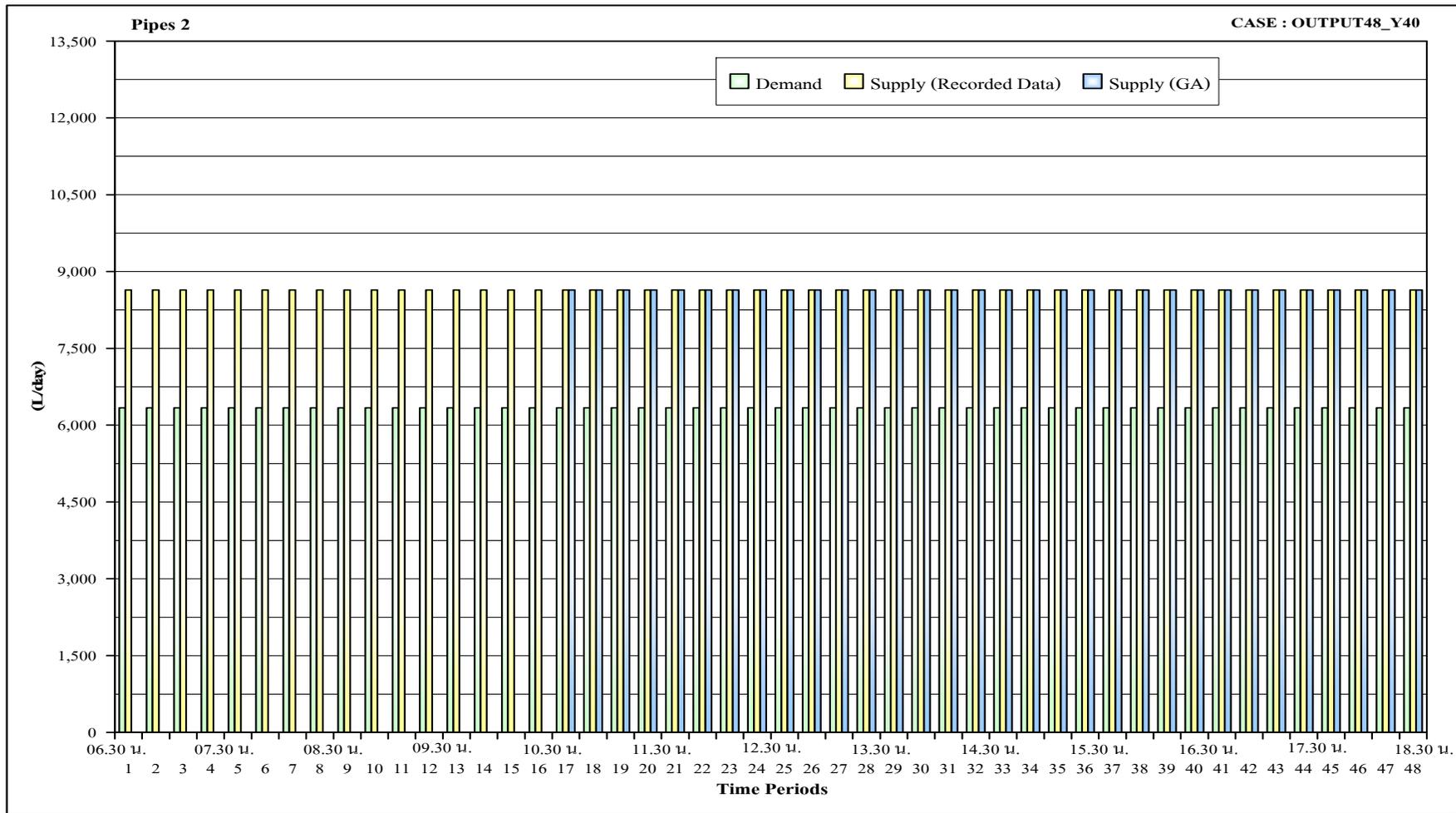
Pipes	Start		Finish		Supply		Remaid (L/)			ชนิดของไม้ผล (ไร่)		
	Time Periods	Time	Time Periods	Time	(Recorded Data)	Supply (GA)	ต่อวัน	ต่อฤดูกาล (151 วัน)	ทุเรียน	เงาะ	มังคุด	ลองกอง / กลางสาต
1	64	22.15	96	06.15	829,440.00	285,120.00	544,320.00	82,192,320.00	105.00	91.00	91.00	96.00
2	1	06.30	36	15.15	829,440.00	311,040.00	518,400.00	78,278,400.00	100.00	87.00	87.00	91.00
3	37	15.30	74	00.45	829,440.00	328,320.00	501,120.00	75,669,120.00	97.00	84.00	84.00	88.00
4	44	17.15	57	20.30	912,384.00	313,632.00	598,752.00	90,411,552.00	116.00	100.00	100.00	106.00
5	1	06.30	38	15.45	953,856.00	377,568.00	576,288.00	87,019,488.00	111.00	96.00	96.00	102.00
6	66	22.45	96	06.15	912,384.00	294,624.00	617,760.00	93,281,760.00	119.00	103.00	103.00	109.00
7	65	22.30	96	06.15	1,244,160.00	414,720.00	829,440.00	125,245,440.00	160.00	139.00	139.00	146.00
8	34	14.45	66	22.45	1,244,160.00	427,680.00	816,480.00	123,288,480.00	158.00	137.00	137.00	144.00
9	31	14.00	65	22.30	1,327,104.00	483,840.00	843,264.00	127,332,864.00	163.00	141.00	141.00	149.00
10	1	06.30	42	16.45	1,327,104.00	580,608.00	746,496.00	112,720,896.00	144.00	125.00	125.00	132.00
11	1	06.30	33	14.30	2,160,000.00	742,500.00	1,417,500.00	214,042,500.00	274.00	238.00	238.00	251.00
12	41	16.30	80	02.15	1,161,216.00	483,840.00	677,376.00	102,283,776.00	131.00	113.00	113.00	119.00
13	9	08.30	51	19.00	1,119,744.00	501,552.00	618,192.00	93,346,992.00	119.00	103.00	103.00	109.00
14	52	19.15	96	06.15	1,119,744.00	524,880.00	594,864.00	89,824,464.00	115.00	100.00	100.00	105.00
15	56	20.15	96	06.15	912,384.00	389,664.00	522,720.00	78,930,720.00	101.00	87.00	87.00	92.00
16	43	17.00	86	03.45	953,856.00	437,184.00	516,672.00	78,017,472.00	100.00	86.00	86.00	91.00
17	57	20.30	96	06.15	912,384.00	380,160.00	532,224.00	80,365,824.00	103.00	89.00	89.00	94.00
18	2	06.45	46	17.45	995,328.00	466,560.00	528,768.00	79,843,968.00	102.00	88.00	88.00	93.00

ตารางผนวกที่ ๓2 (ต่อ)

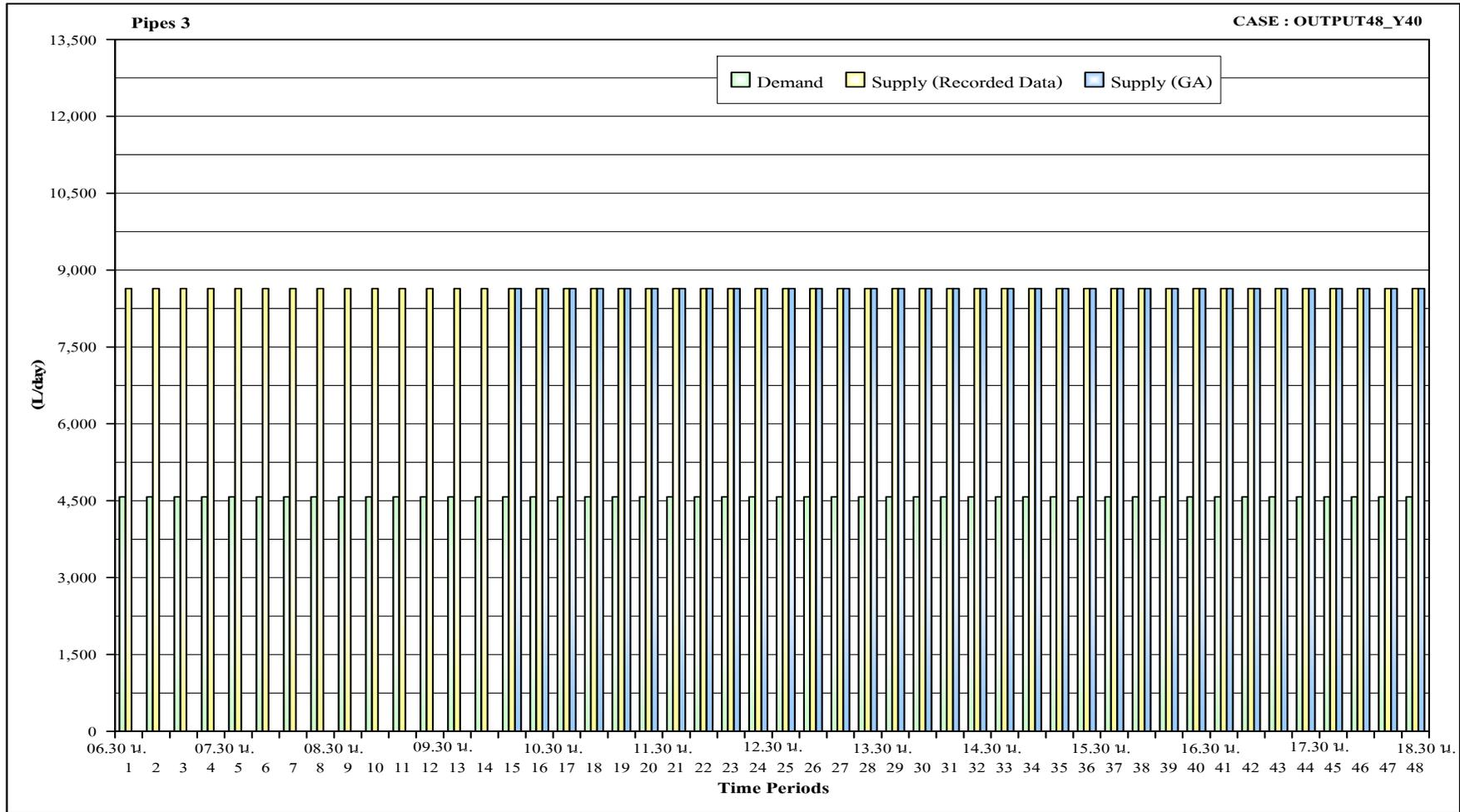
Pipes	Start		Finish		Supply (Recorded Data)	Supply (GA)	Remaid (L/)			ชนิดของไม้ผล (ไร่)			
	Time Periods	Time	Time Periods	Time			ต่อวัน	ต่อฤดูกาล (151 วัน)	ทุเรียน	เงาะ	มังคุด	ลองกอง / لاغสาด	
19	56	20.15	96	06.15	912,384.00	389,664.00	522,720.00	78,930,720.00	101.00	87.00	87.00	92.00	
20	56	20.15	96	06.15	995,328.00	425,088.00	570,240.00	86,106,240.00	110.00	95.00	95.00	100.00	
21	1	06.30	39	16.00	1,036,800.00	421,200.00	615,600.00	92,955,600.00	119.00	103.00	103.00	109.00	
22	1	06.30	4	07.15	912,384.00	38,016.00	874,368.00	132,029,568.00	มีน้ำใช้อุปโภคบริโภค จำนวน 4371 คน ตลอดทั้งปี				
23	48	18.15	52	19.15	829,440.00	43,200.00	786,240.00	118,722,240.00	มีน้ำใช้อุปโภคบริโภค จำนวน 3931 คน ตลอดทั้งปี				
24	1	06.30	41	16.45	912,384.00	389,664.00	522,720.00	78,930,720.00	101.00	87.00	87.00	92.00	
25	53	19.30	96	06.15	829,440.00	380,160.00	449,280.00	67,841,280.00	87.00	75.00	75.00	79.00	
26	1	06.30	42	16.45	746,496.00	326,592.00	419,904.00	63,405,504.00	81.00	70.00	70.00	74.00	
27	14	09.45	55	20.00	912,384.00	399,168.00	513,216.00	77,495,616.00	99.00	86.00	86.00	90.00	
28	15	10.00	55	20.00	912,384.00	380,160.00	532,224.00	80,365,824.00	103.00	89.00	89.00	94.00	
29	1	06.30	43	17.00	829,440.00	371,520.00	457,920.00	69,145,920.00	88.00	77.00	77.00	81.00	
30	59	21.00	96	06.15	705,024.00	279,072.00	425,952.00	64,318,752.00	82.00	71.00	71.00	75.00	
31	1	06.30	41	16.30	1,410,048.00	602,208.00	807,840.00	121,983,840.00	156.00	135.00	135.00	143.00	
32	54	19.45	96	06.15	1,119,744.00	501,552.00	618,192.00	93,346,992.00	119.00	103.00	103.00	109.00	
33	55	20.00	96	06.15	995,328.00	435,456.00	559,872.00	84,540,672.00	108.00	94.00	94.00	99.00	
34	44	17.15	86	03.45	995,328.00	445,824.00	549,504.00	82,975,104.00	106.00	92.00	92.00	97.00	
					34,798,464.00	13,572,036.00	21,226,428.00	3,205,190,628.00	3,778.00	3,271.00	3,271.00	3,451.00	



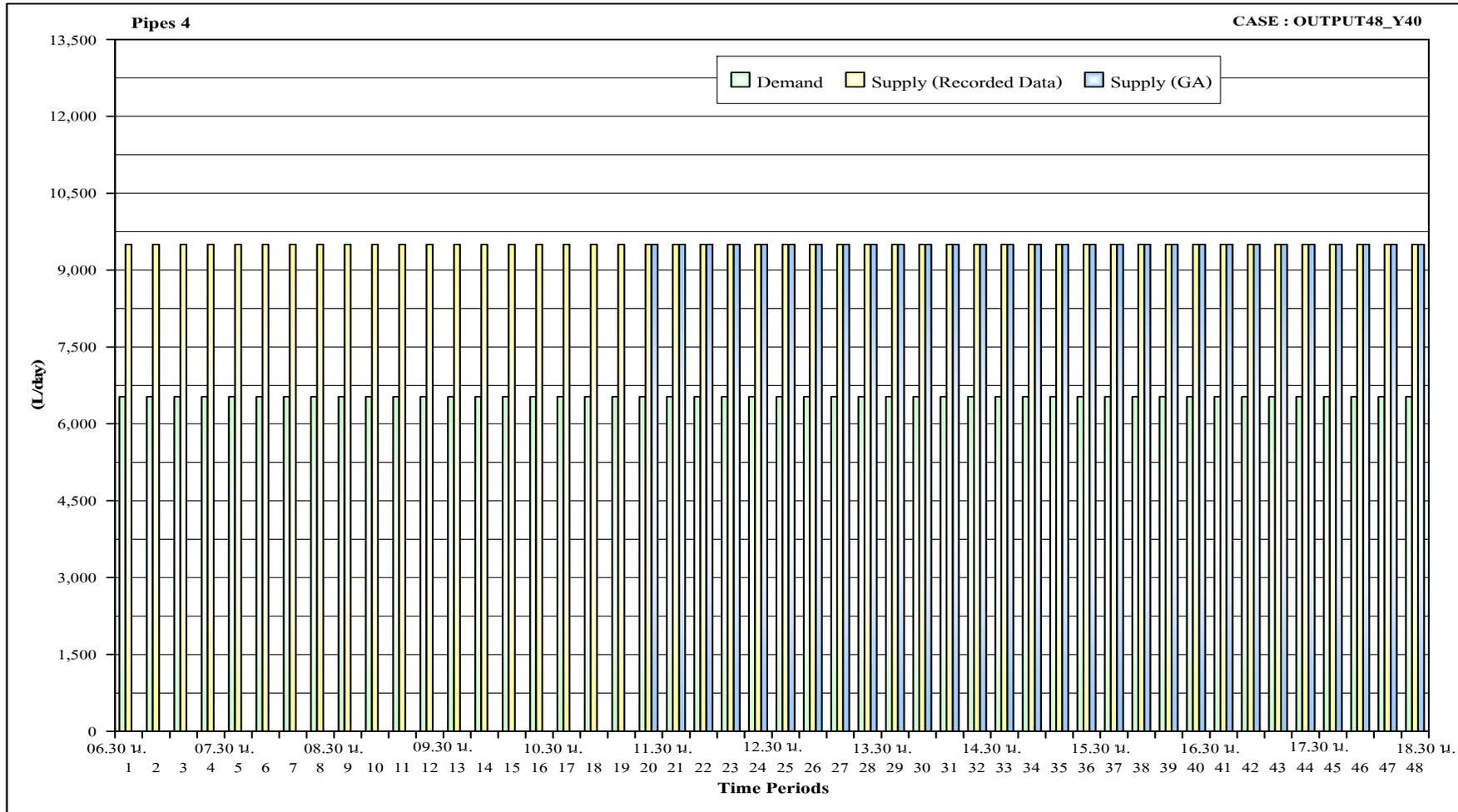
ภาพผนวกที่ 69 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 1 (OUTPUT48_Y40)



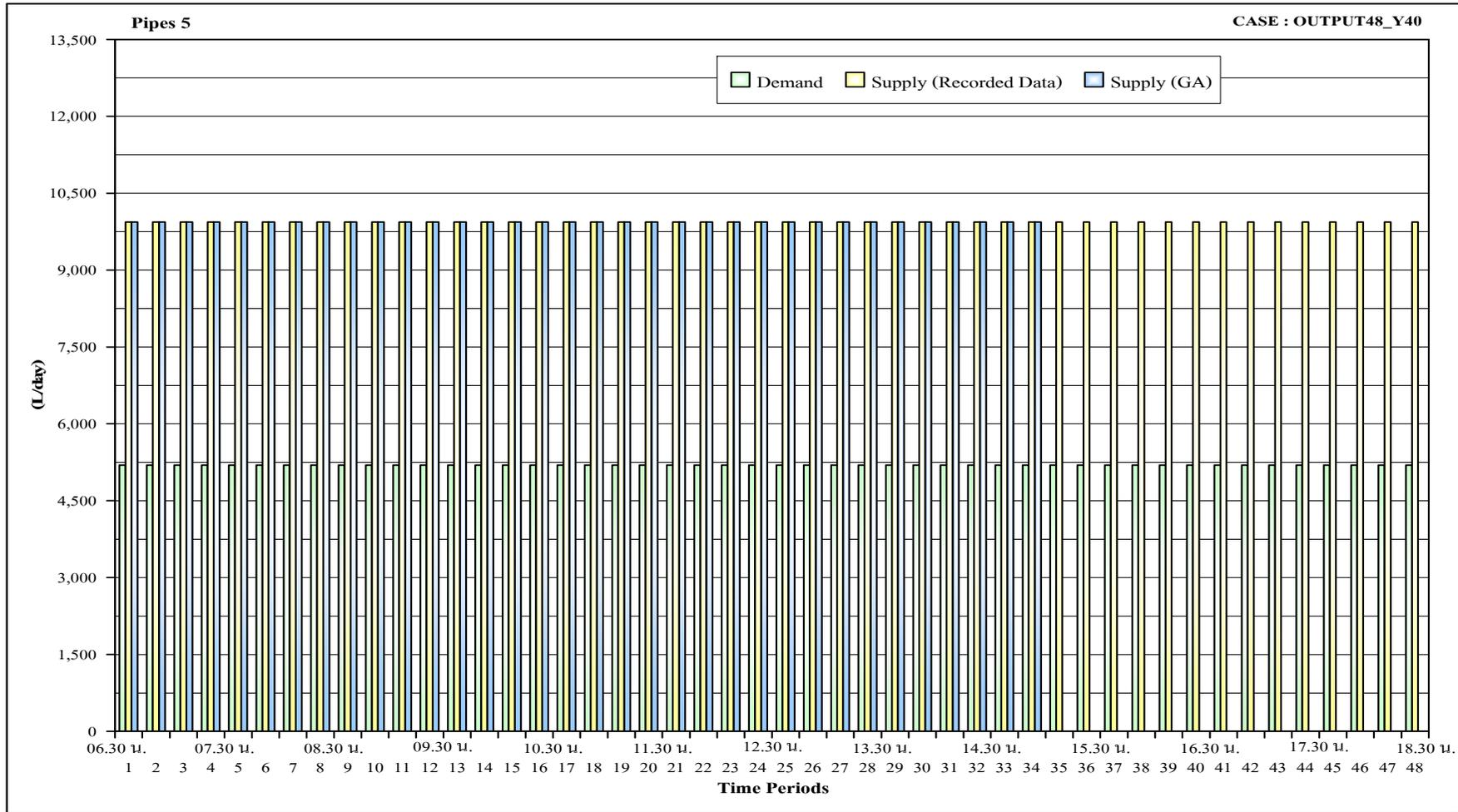
ภาพผนวกที่ ๗๐ กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 2 (OUTPUT48_Y40)



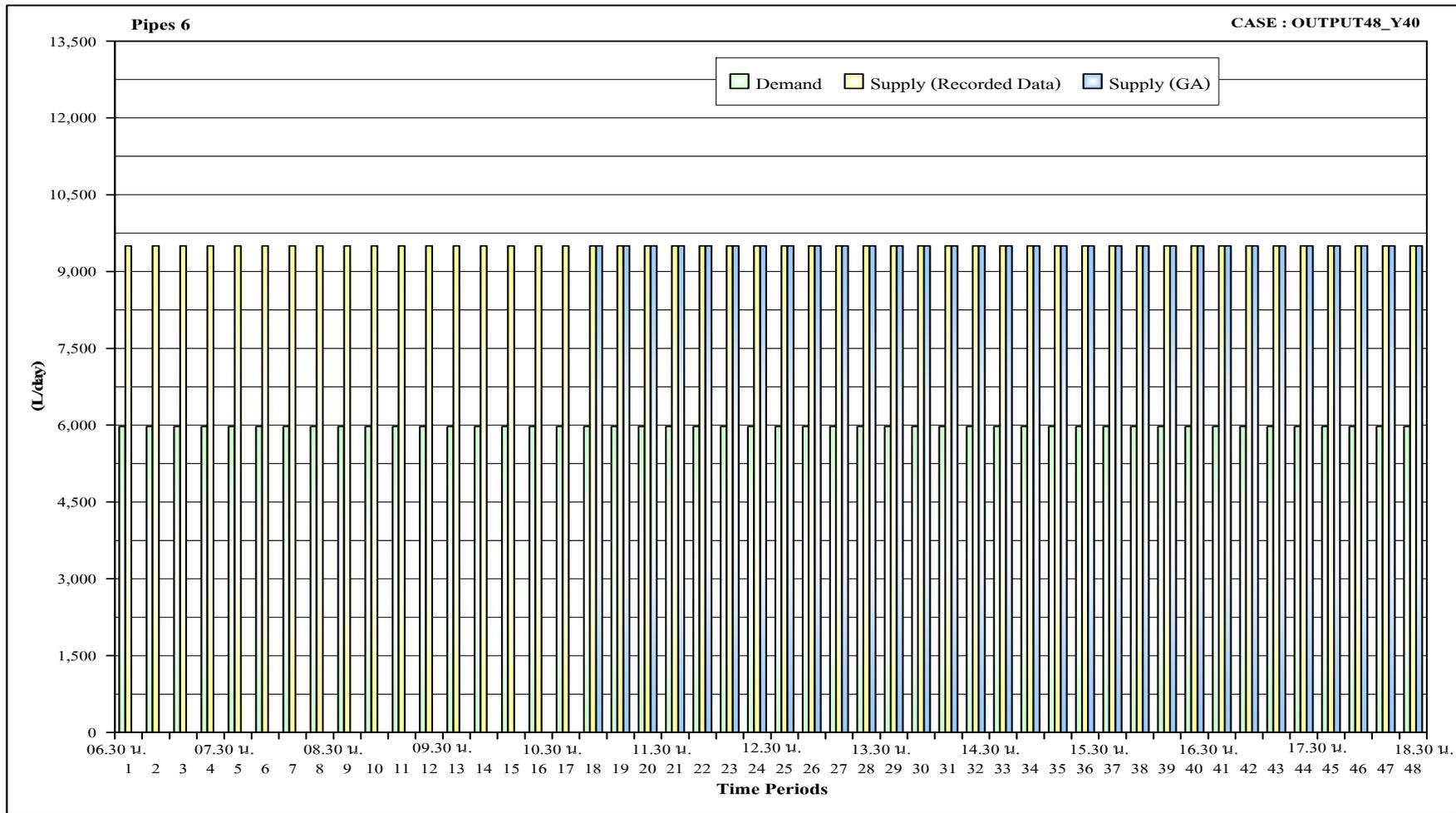
ภาพผนวกที่ ๗1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 3 (OUTPUT48_Y40)



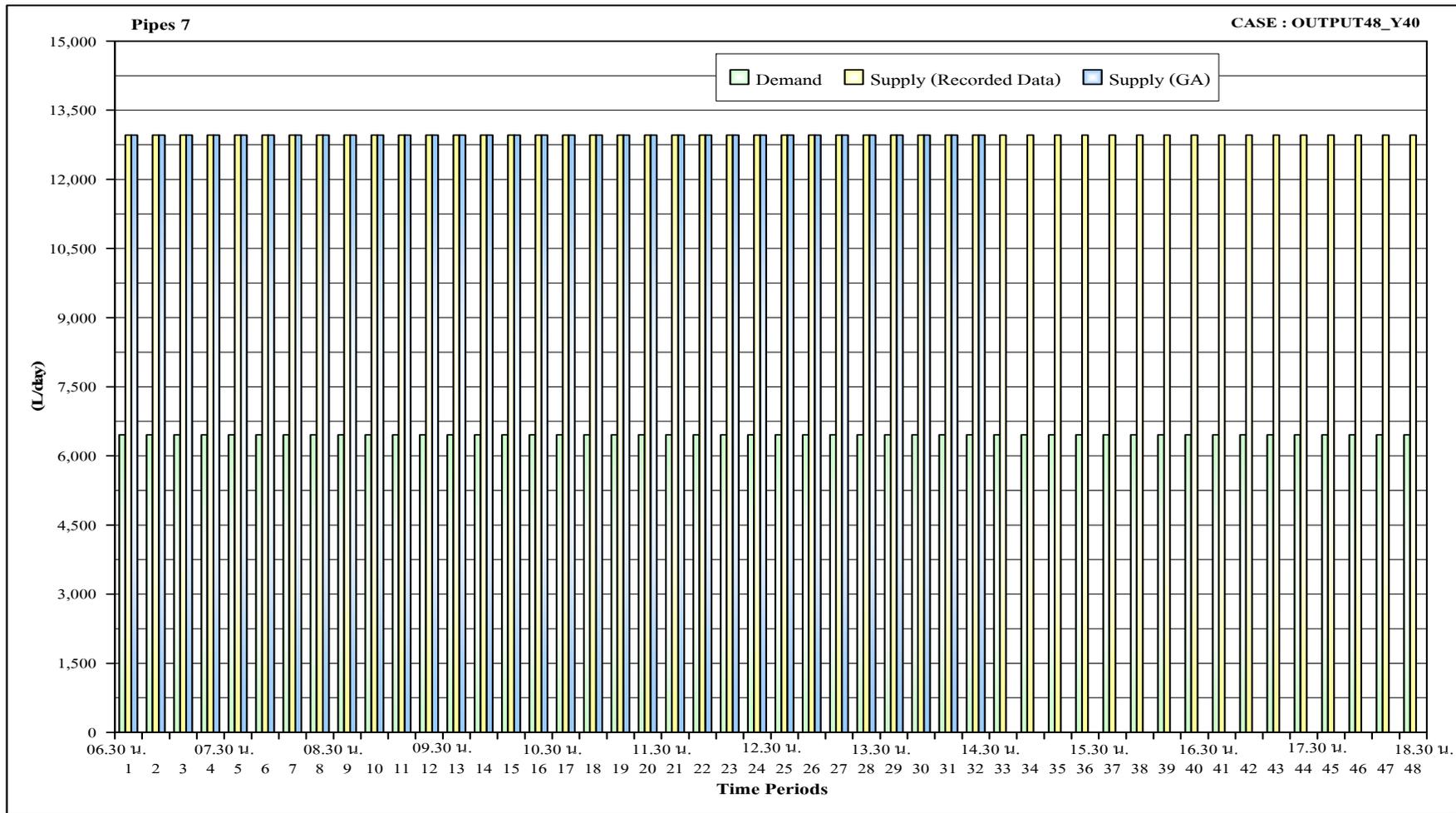
ภาพผนวกที่ ๗๒ กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 4 (OUTPUT48_Y40)



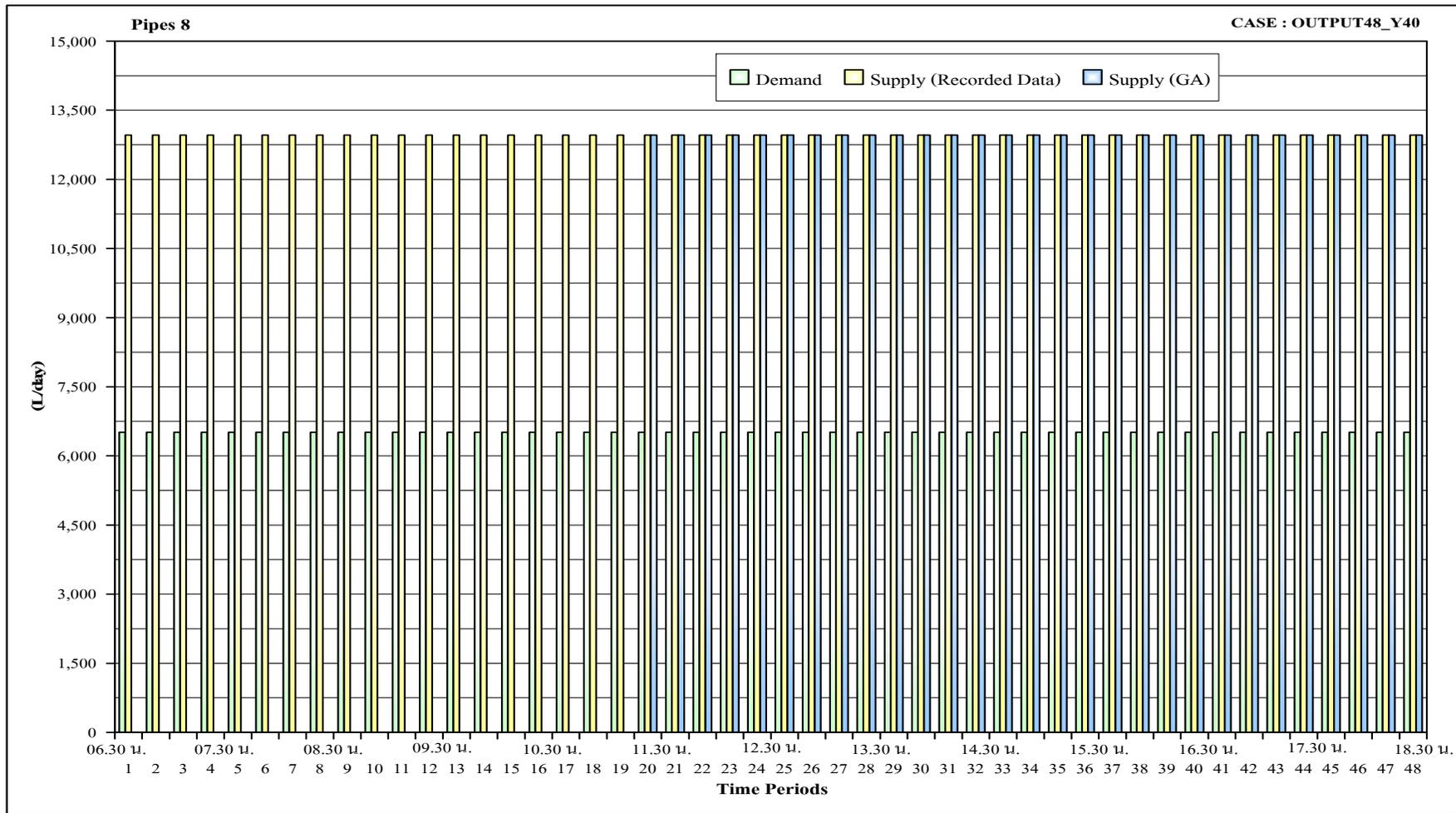
ภาพผนวกที่ ๗3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 5 (OUTPUT48_Y40)



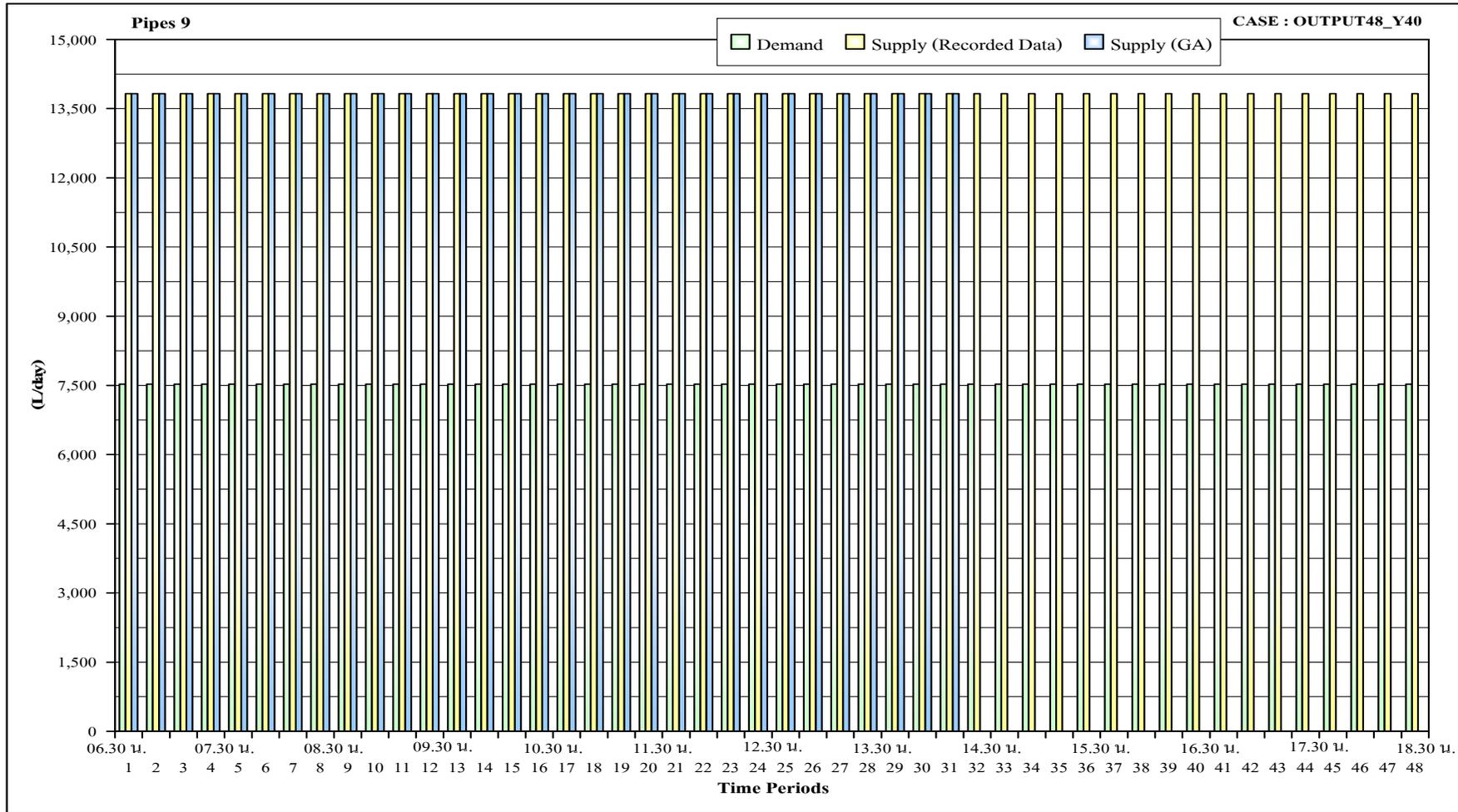
ภาพผนวกที่ ๗๔ กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 6 (OUTPUT48_Y40)



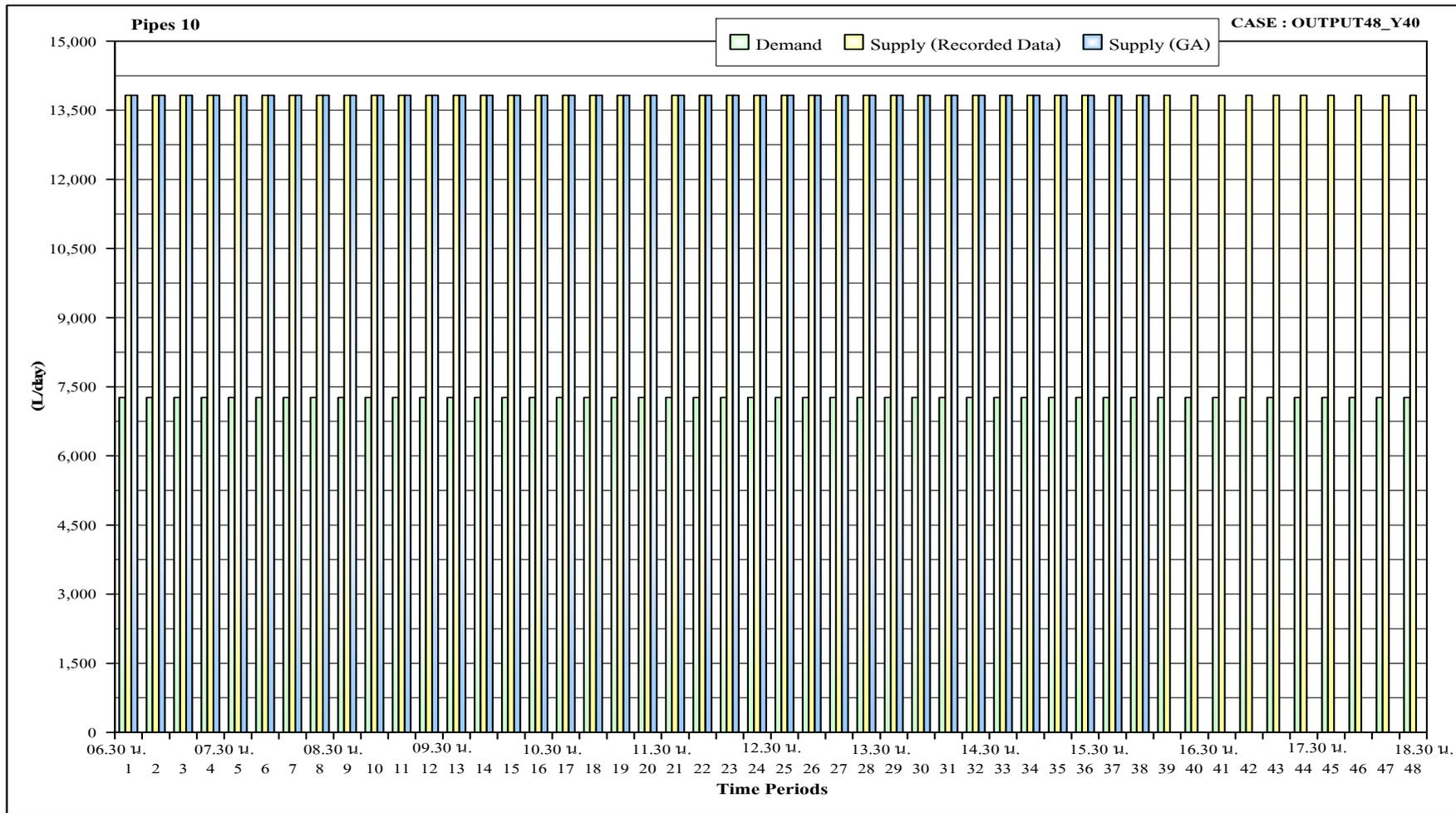
ภาพผนวกที่ 75 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 7 (OUTPUT48_Y40)



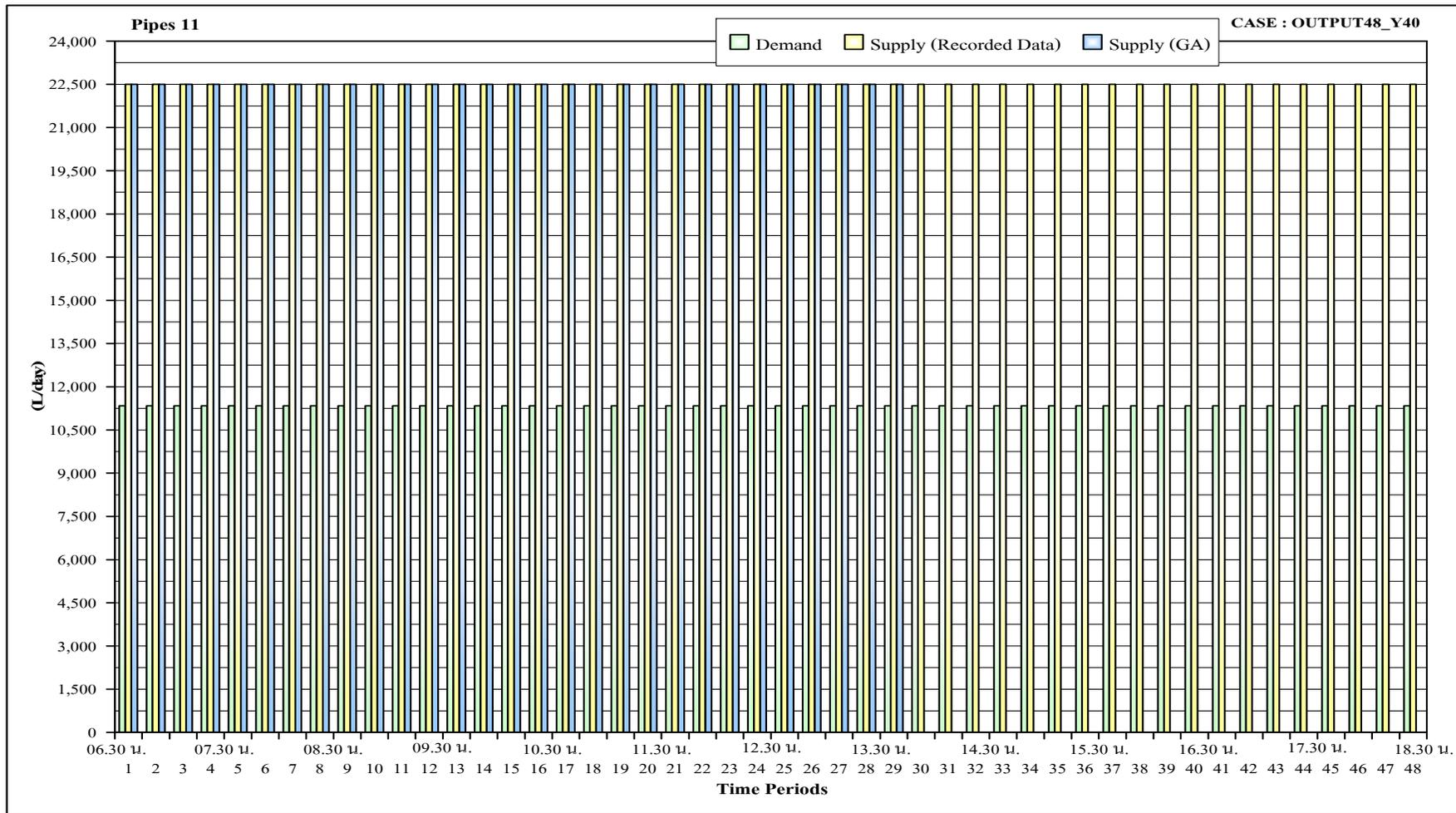
ภาพผนวกที่ ๗6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 8 (OUTPUT48_Y40)



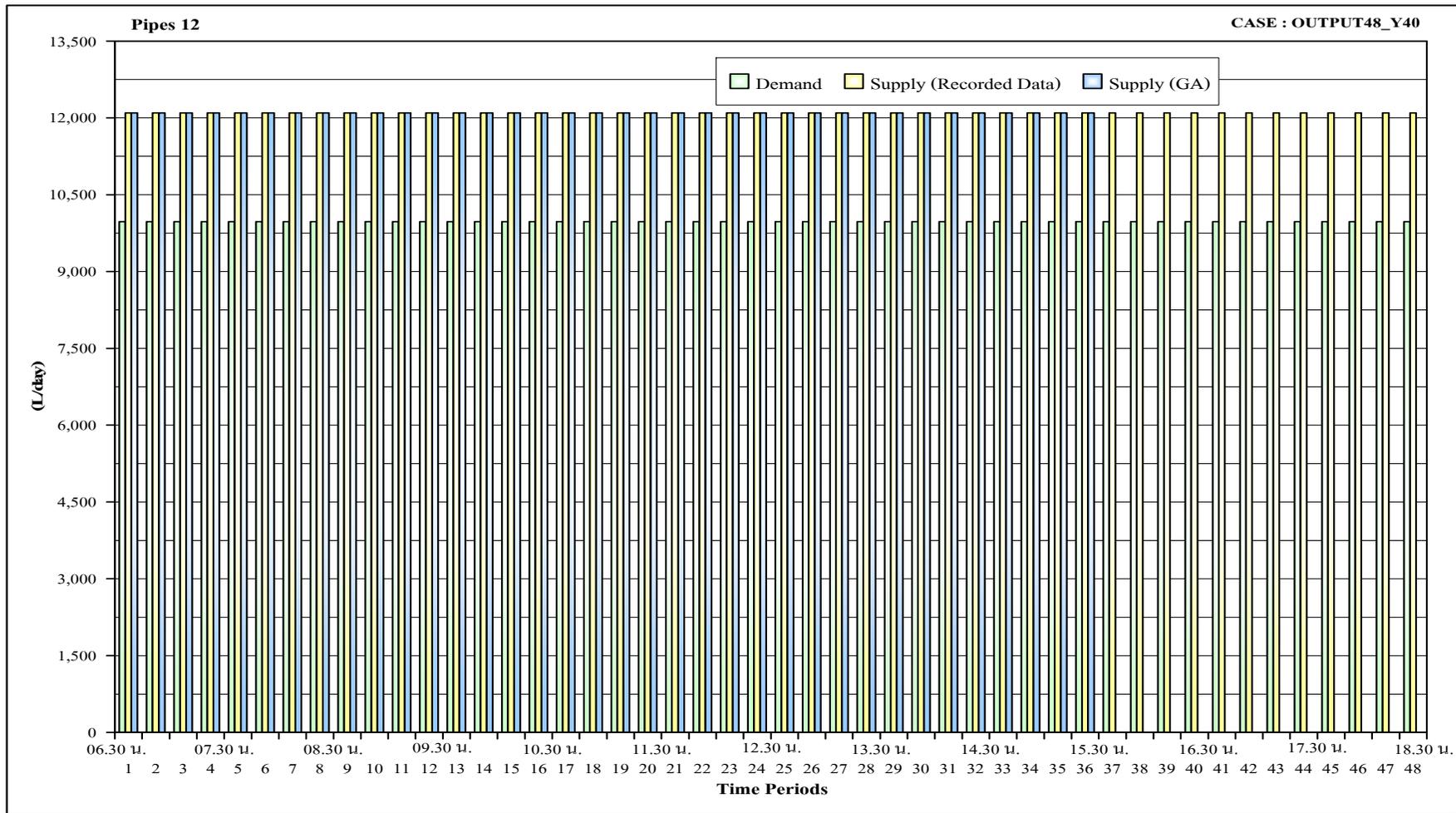
ภาพผนวกที่ ๗๗ กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 9 (OUTPUT48_Y40)



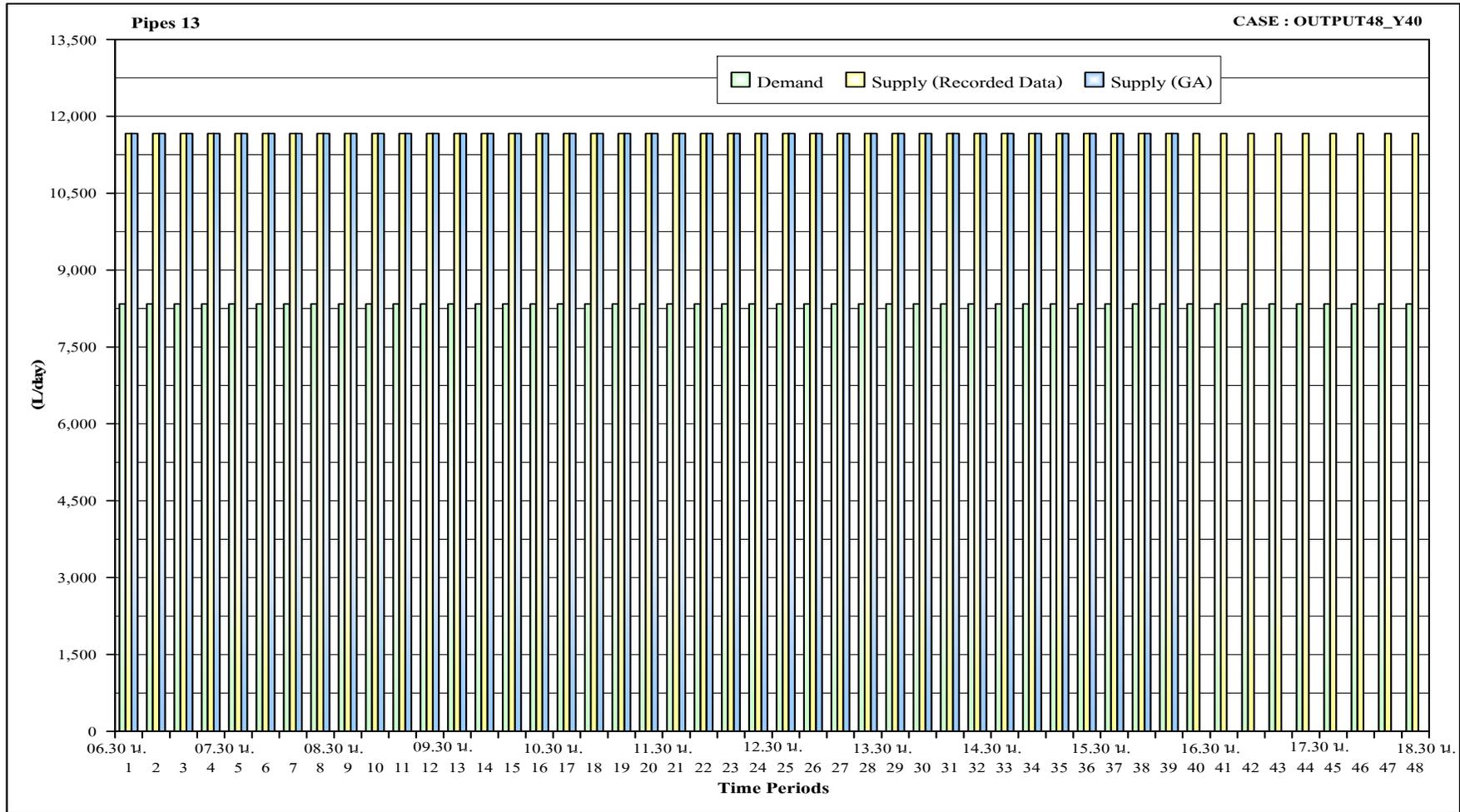
ภาพผนวกที่ ๗8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 10 (OUTPUT48_Y40)



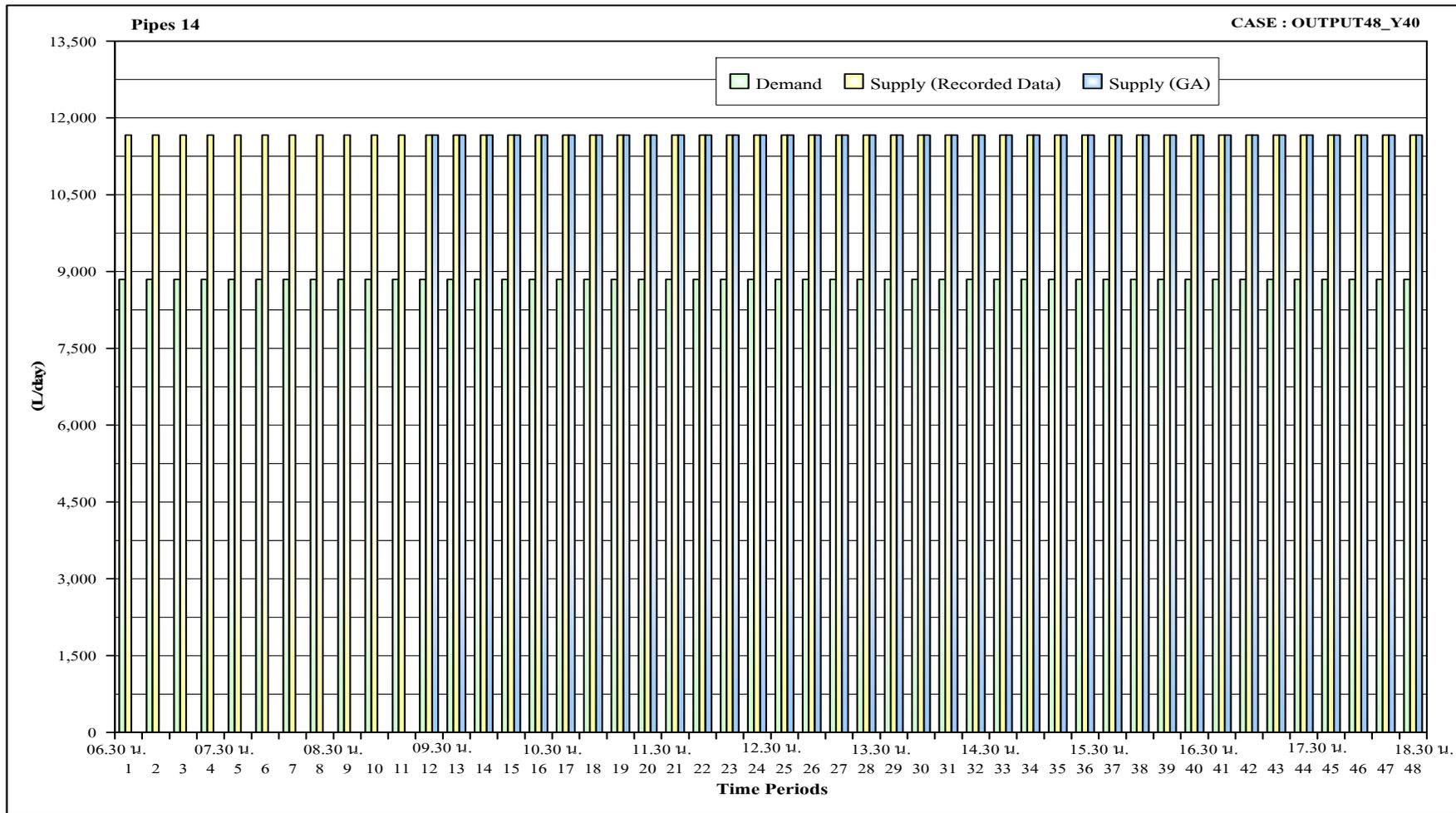
ภาพผนวกที่ ๗9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 11 (OUTPUT48_Y40)



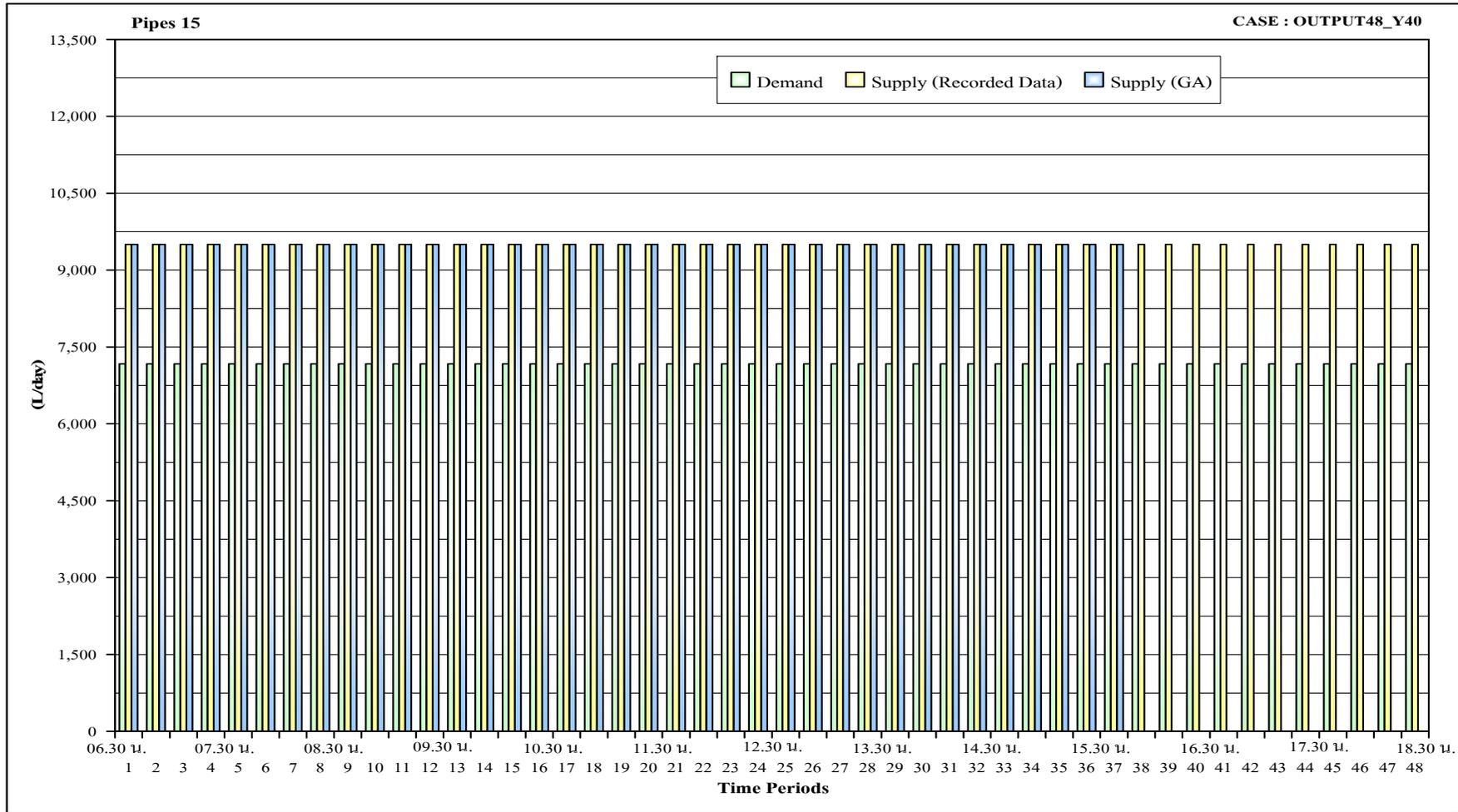
ภาพผนวกที่ 80 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 12 (OUTPUT48_Y40)



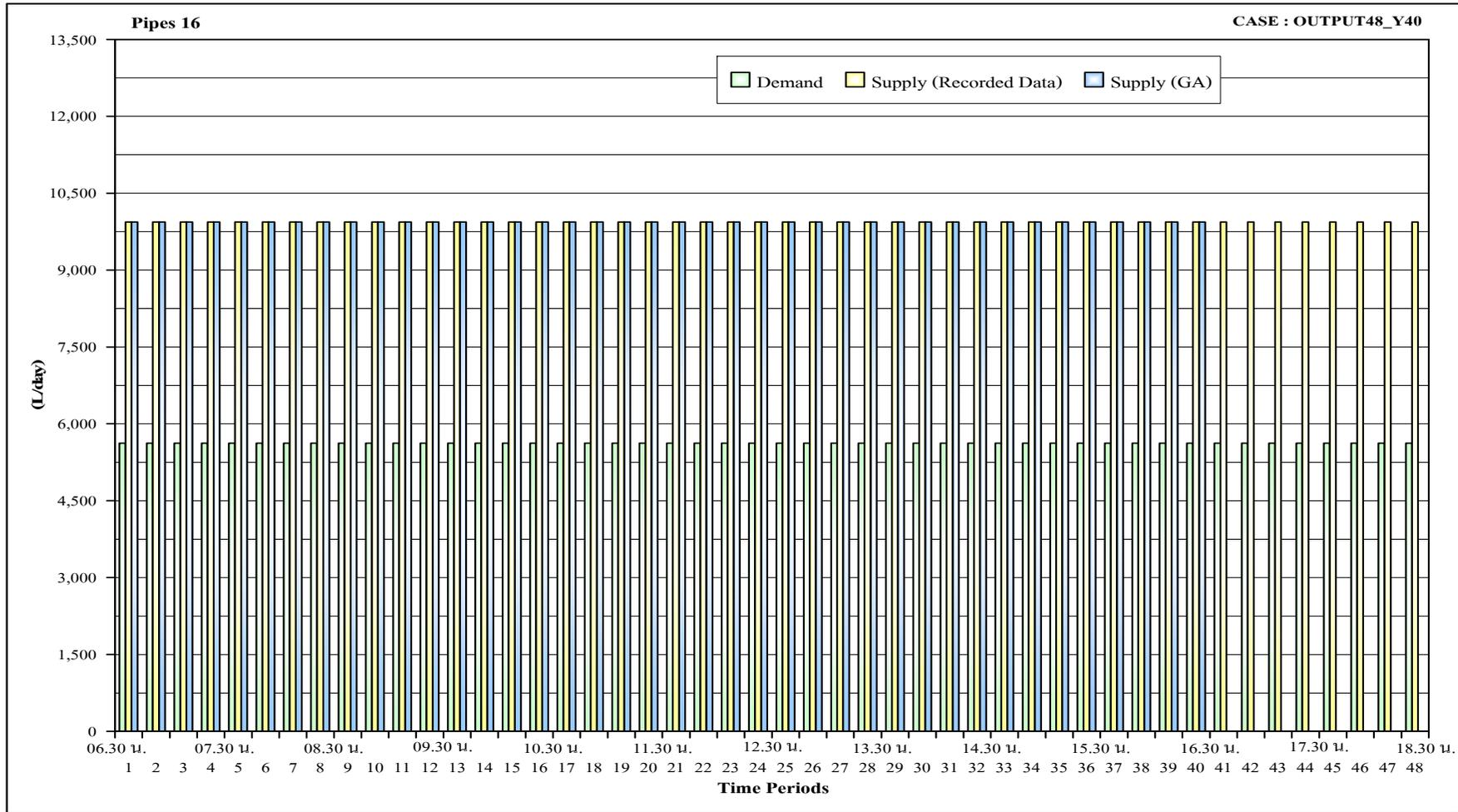
ภาพผนวกที่ 81 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 13 (OUTPUT48_Y40)



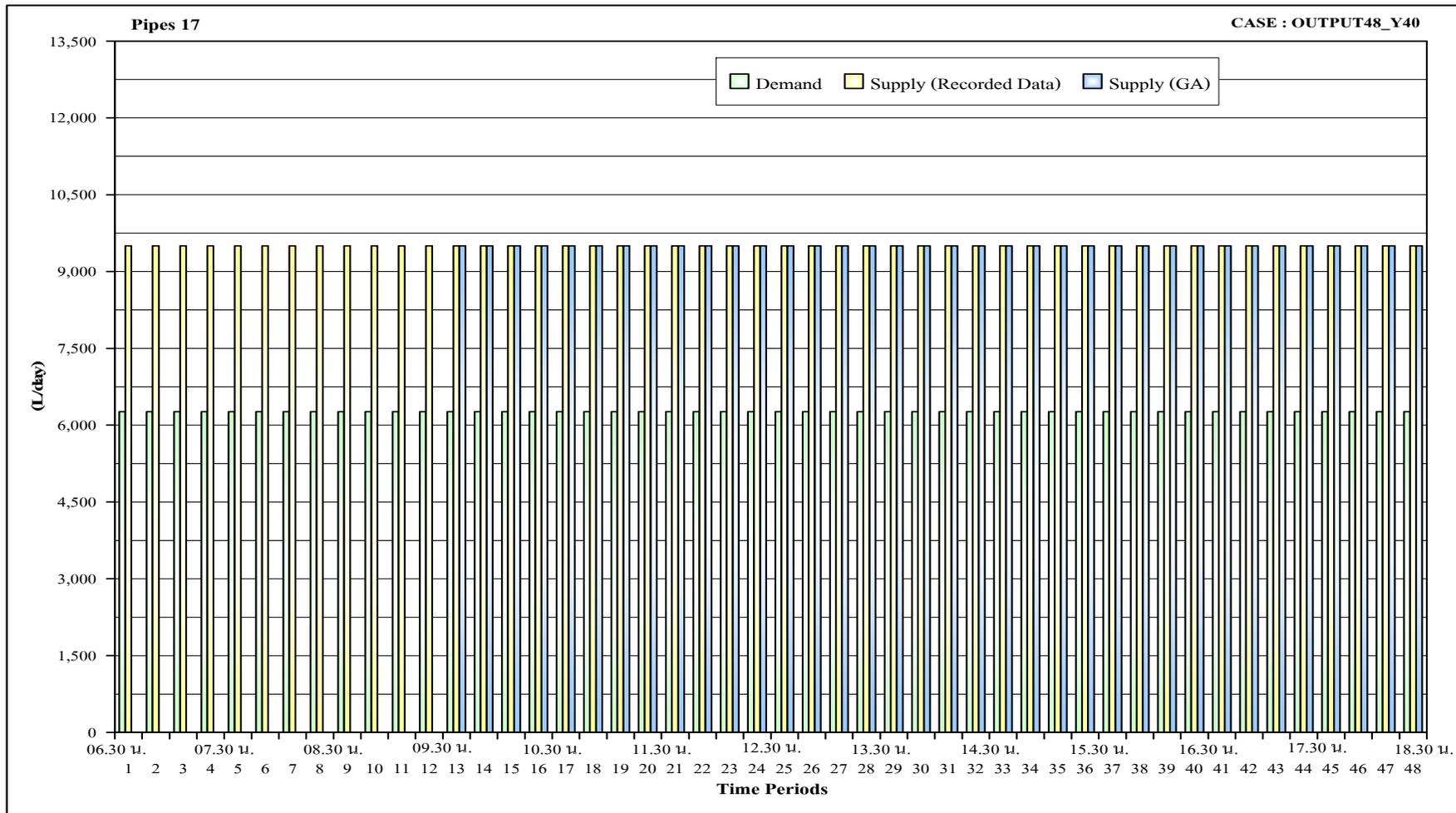
ภาพผนวกที่ 82 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงของอาคารจ่ายน้ำที่ 14 (OUTPUT48_Y40)



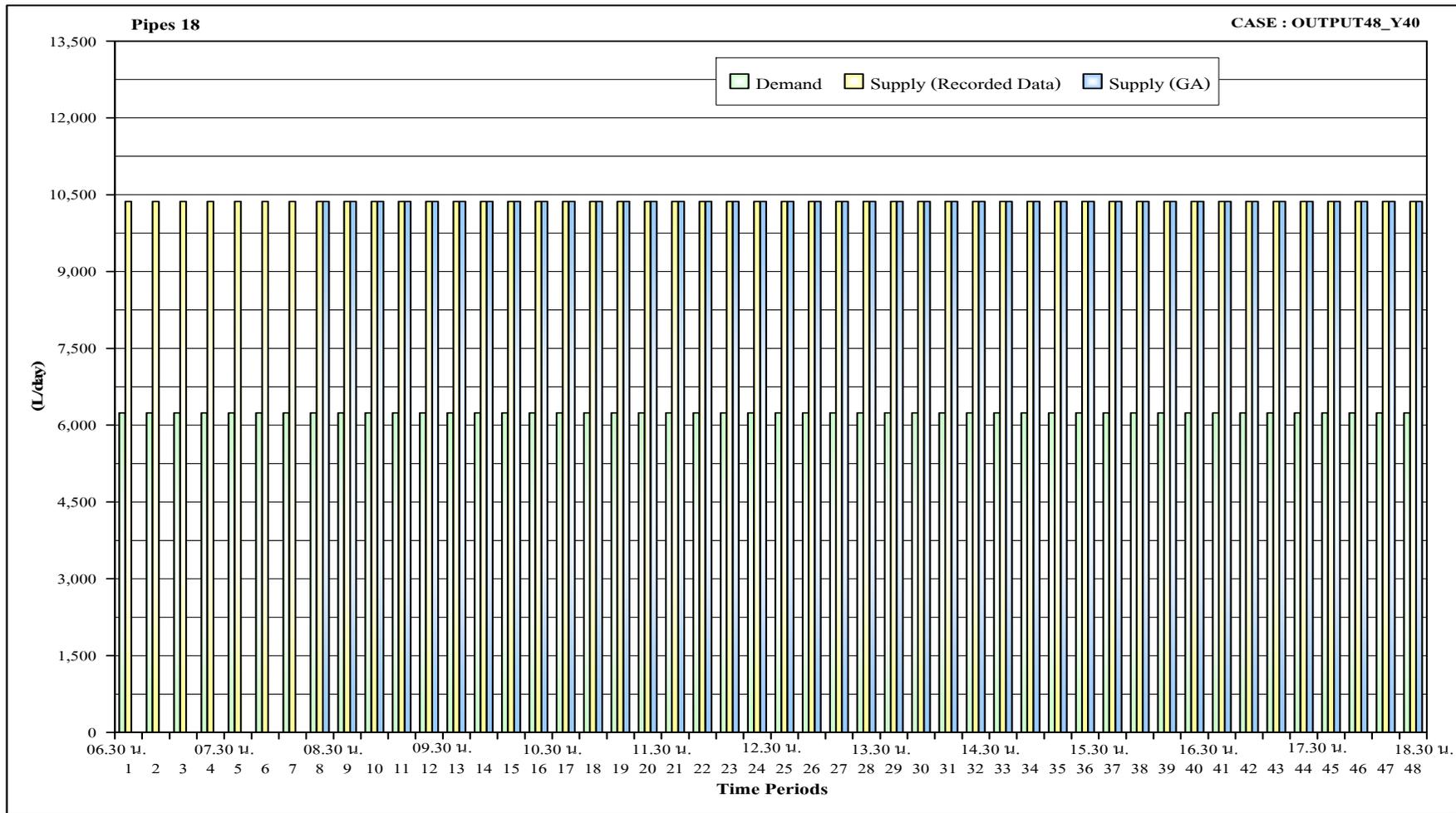
ภาพผนวกที่ 83 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 15 (OUTPUT48_Y40)



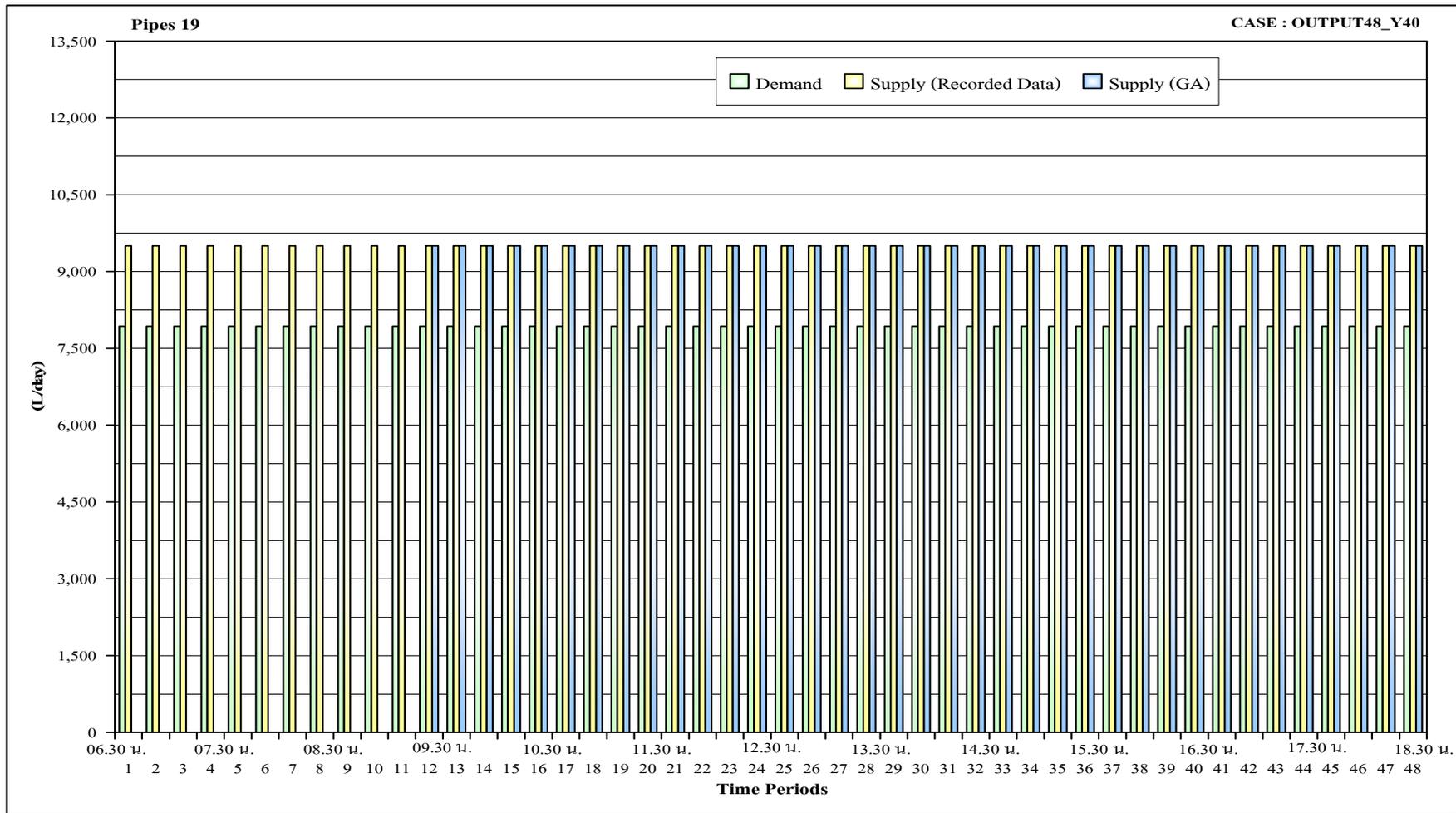
ภาพผนวกที่ 84 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 16 (OUTPUT48_Y40)



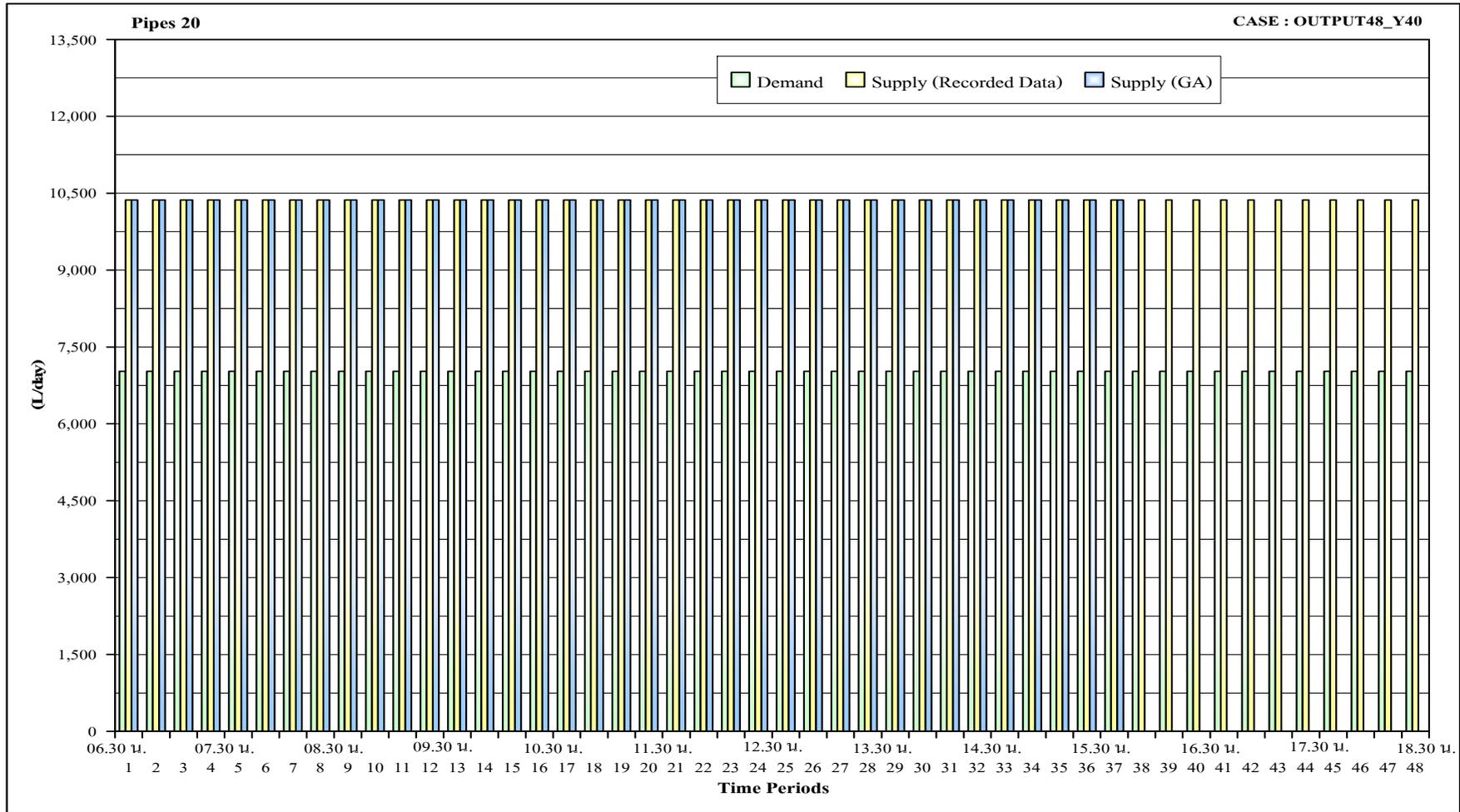
ภาพผนวกที่ 85 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 17 (OUTPUT48_Y40)



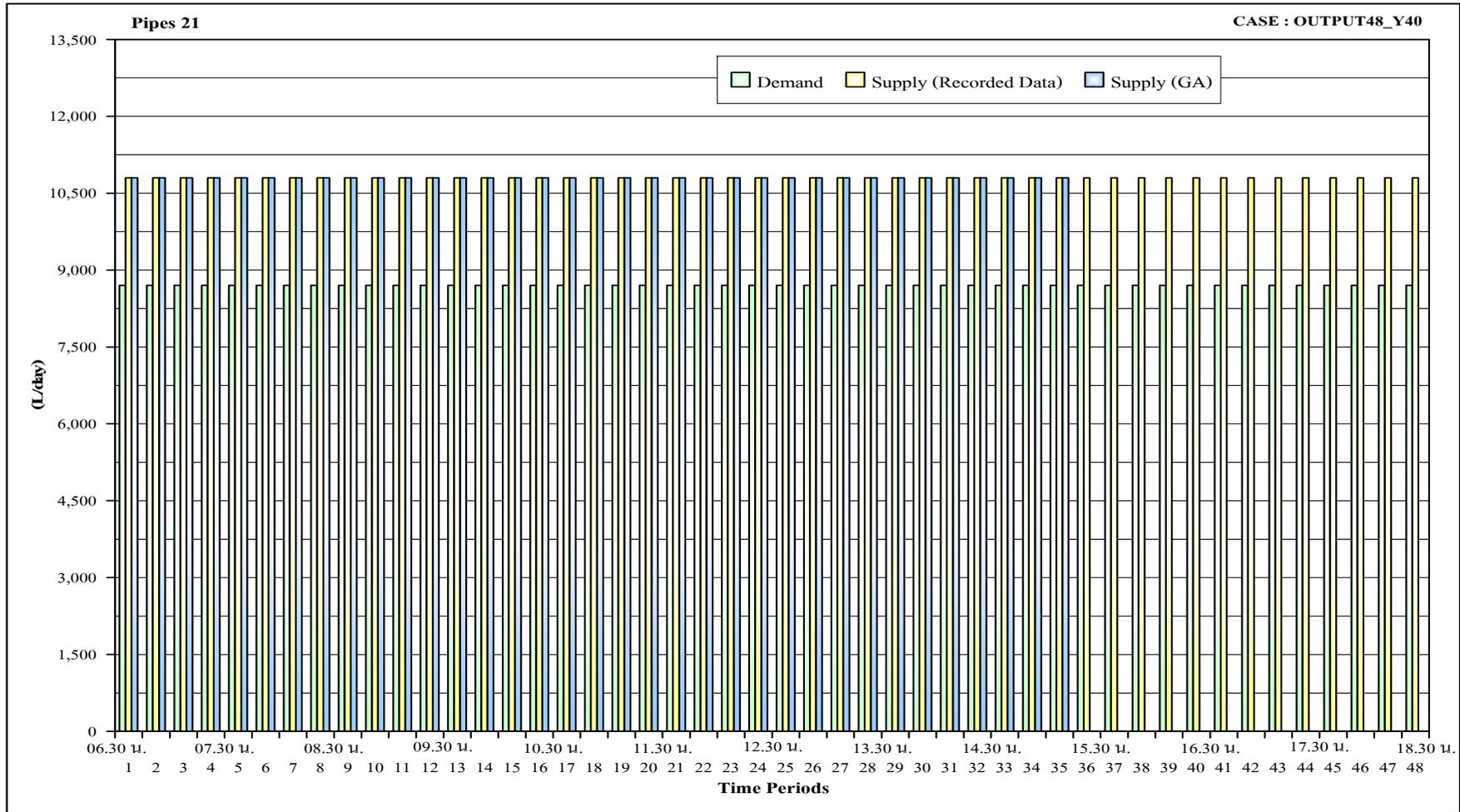
ภาพผนวกที่ 86 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 18 (OUTPUT48_Y40)



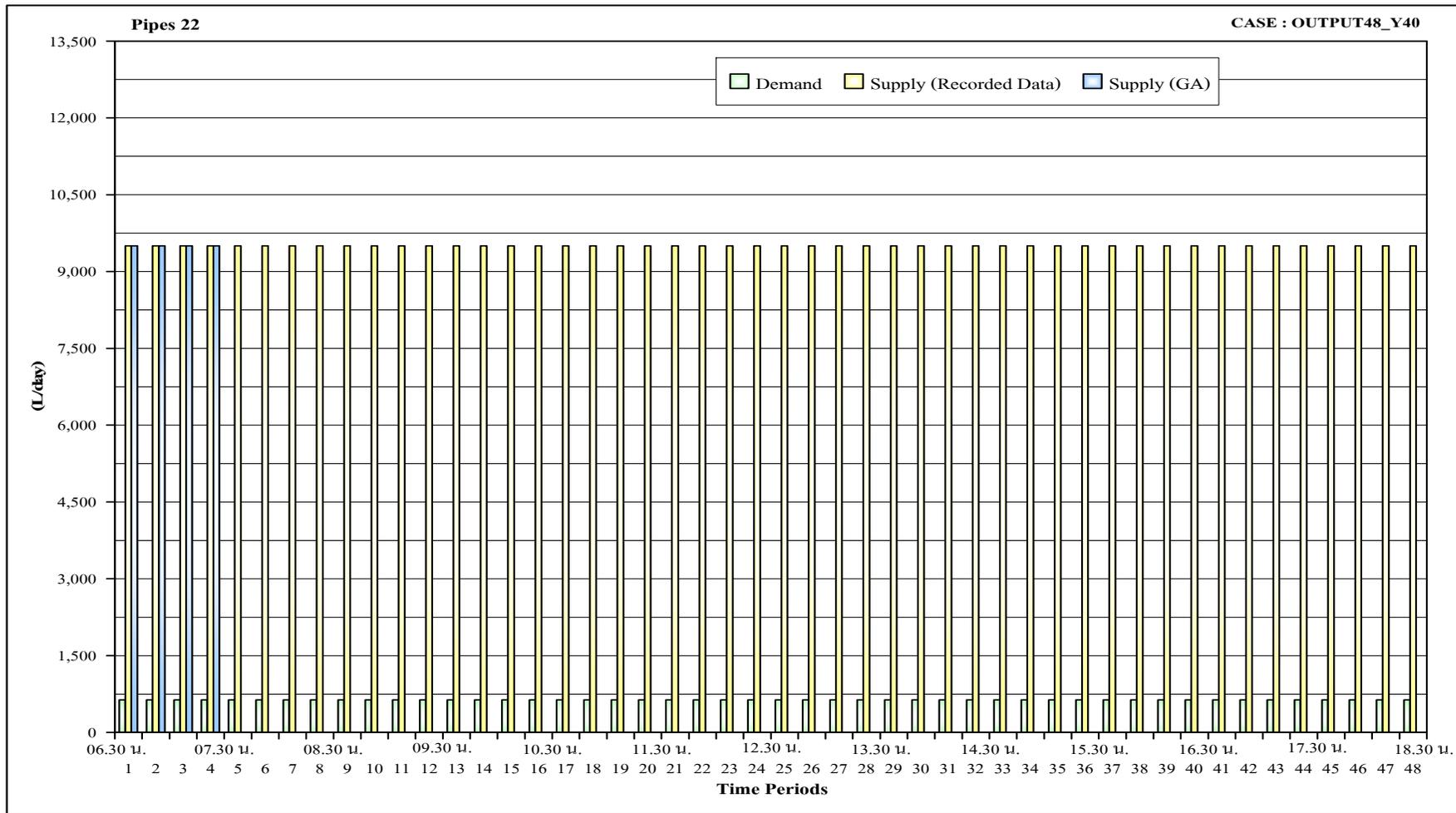
ภาพผนวกที่ 87 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 19 (OUTPUT48_Y40)



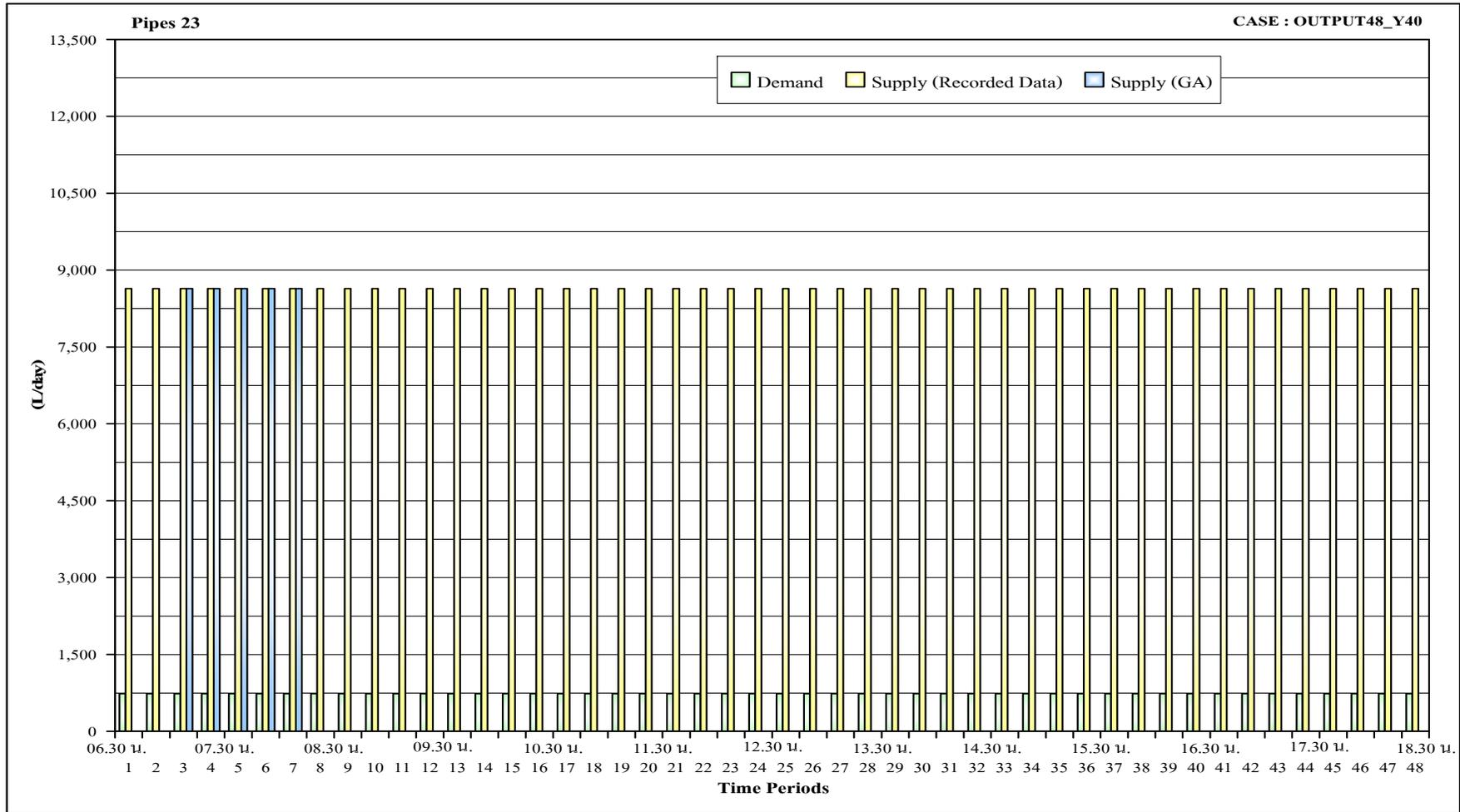
ภาพผนวกที่ ๘๘ กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 20 (OUTPUT48_Y40)



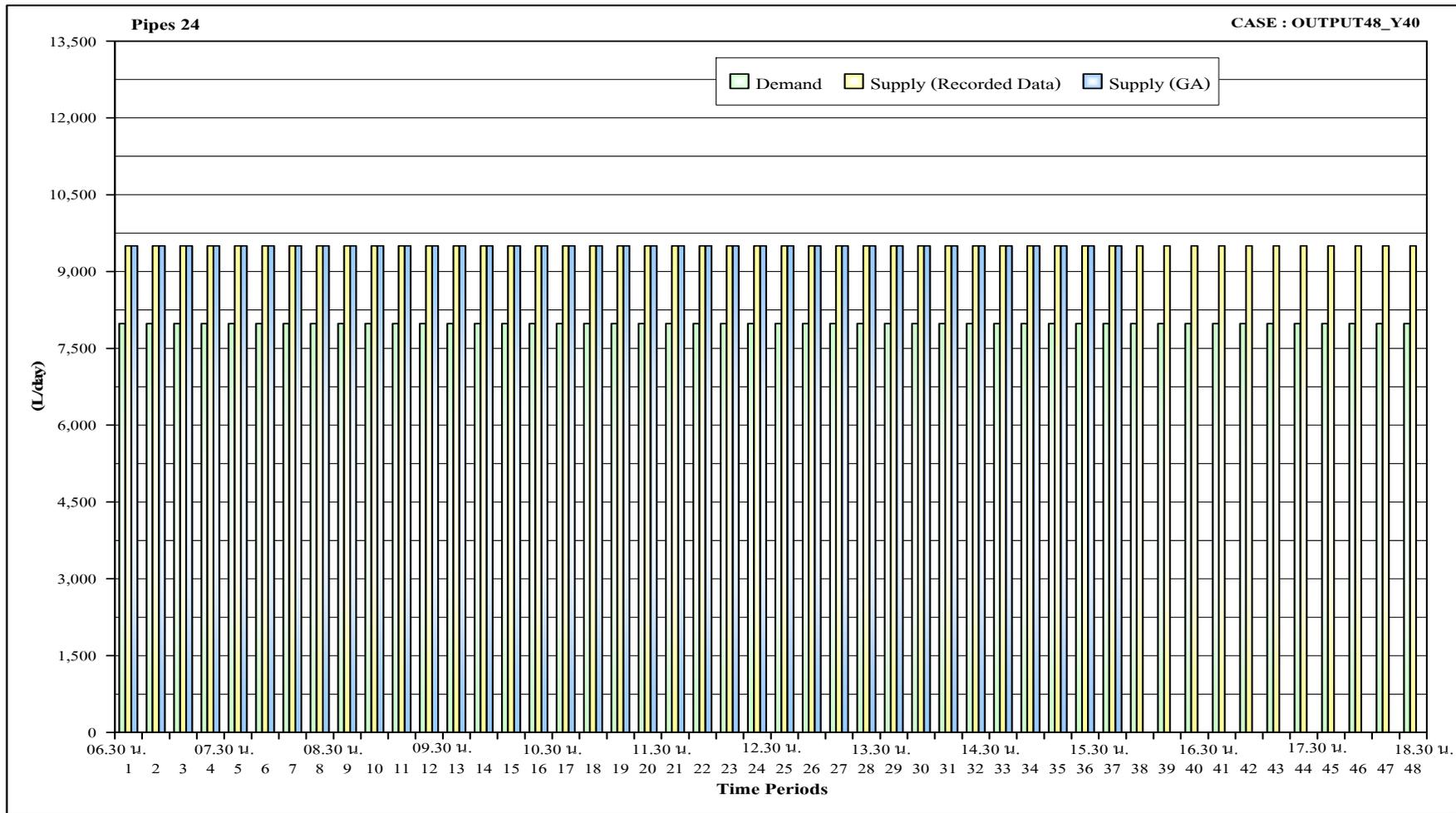
ภาพผนวกที่ 89 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 21 (OUTPUT48_Y40)



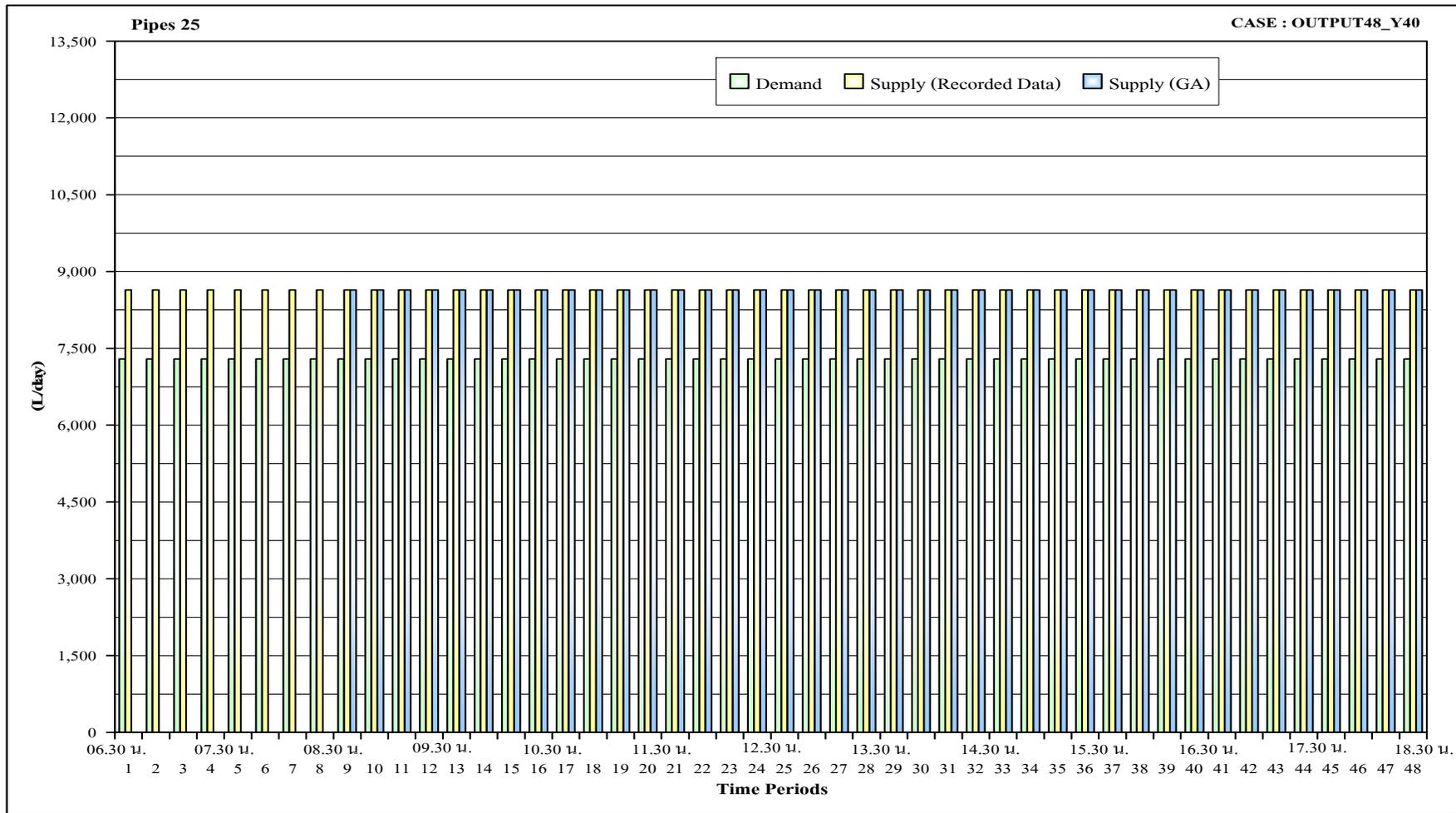
ภาพผนวกที่ 90 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 22 (OUTPUT48_Y40)



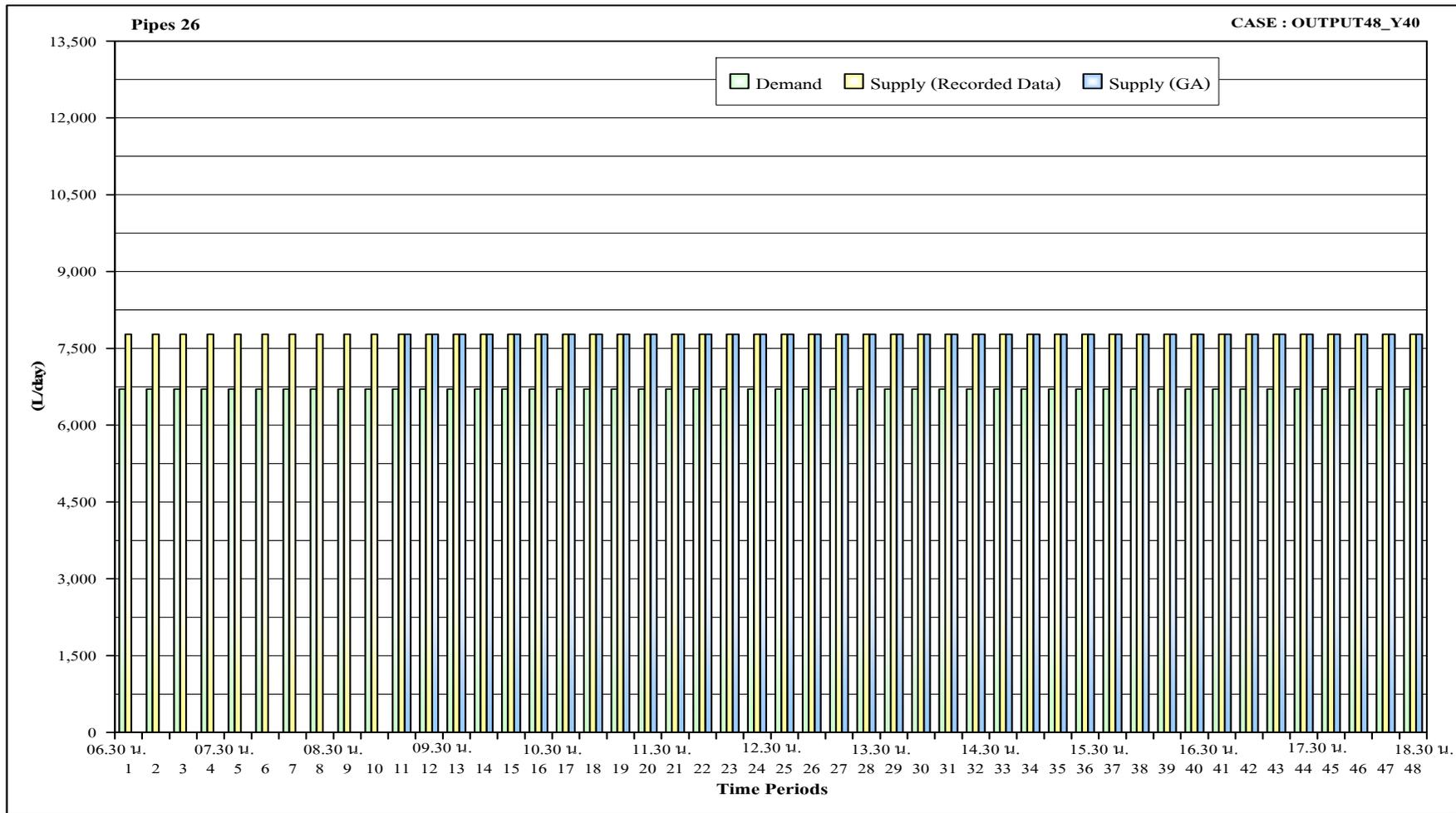
ภาพผนวกที่ ๙1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 23 (OUTPUT48_Y40)



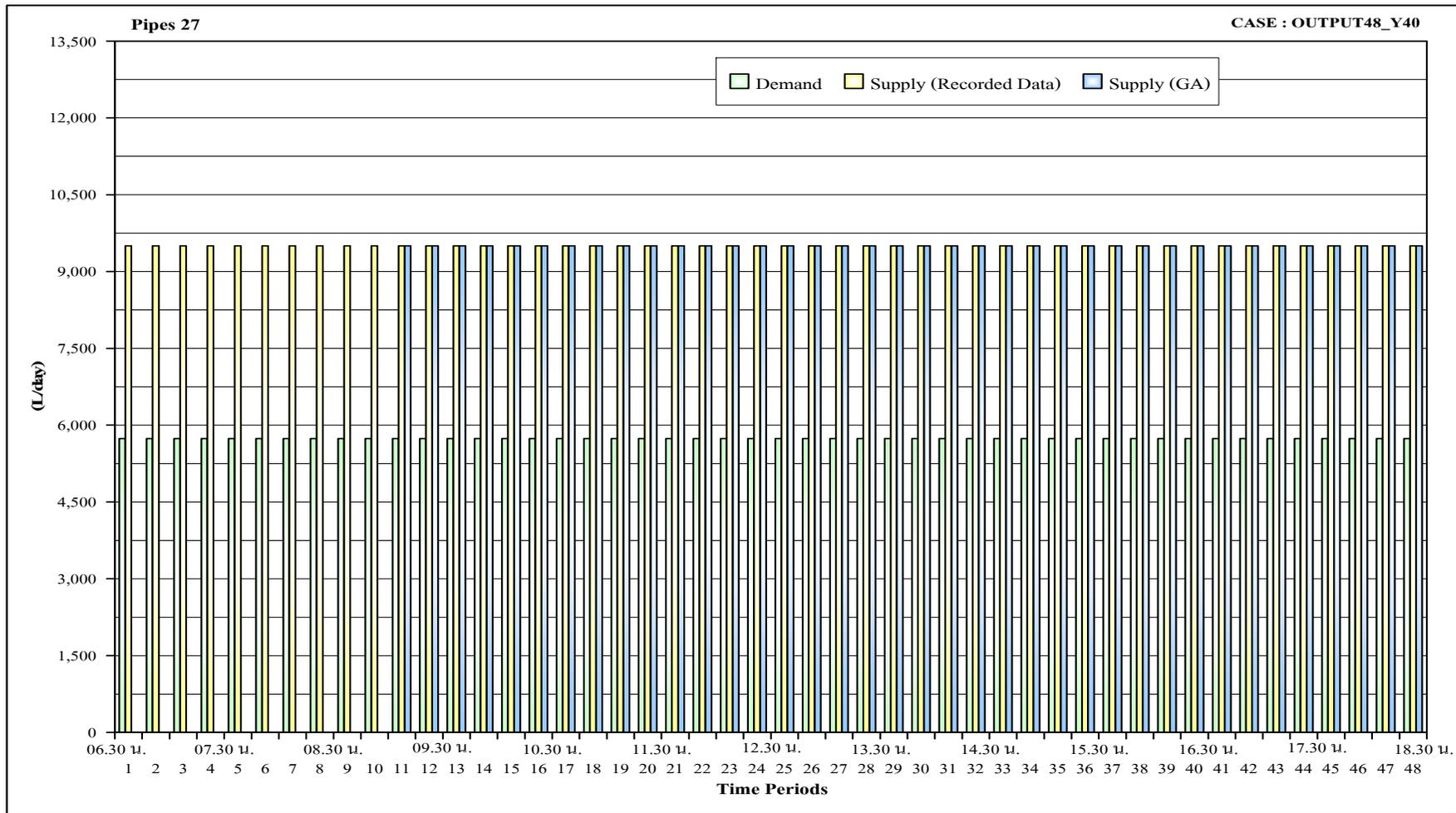
ภาพผนวกที่ ๙2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 24 (OUTPUT48_Y40)



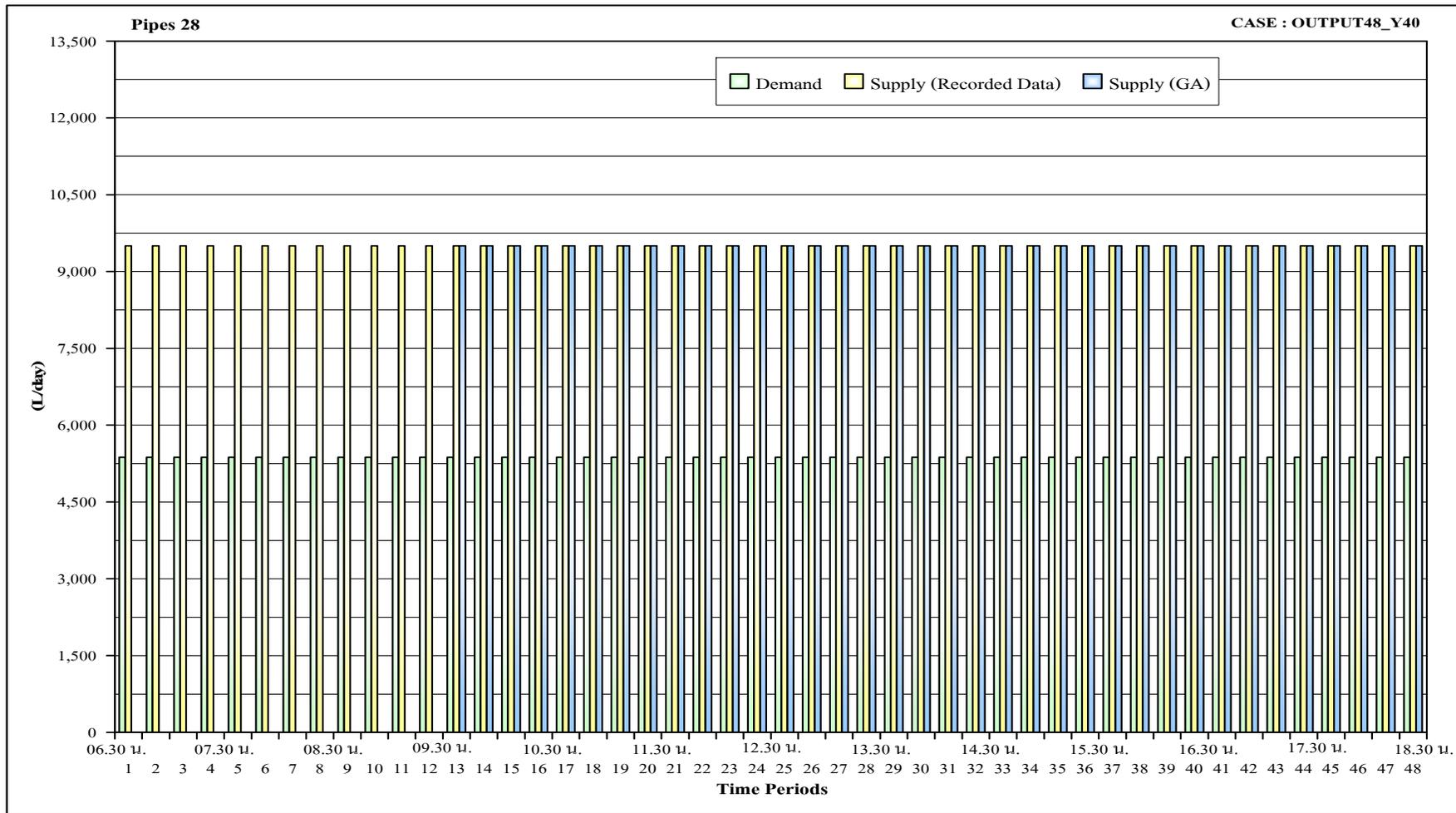
ภาพผนวกที่ ๙3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 25 (OUTPUT48_Y40)



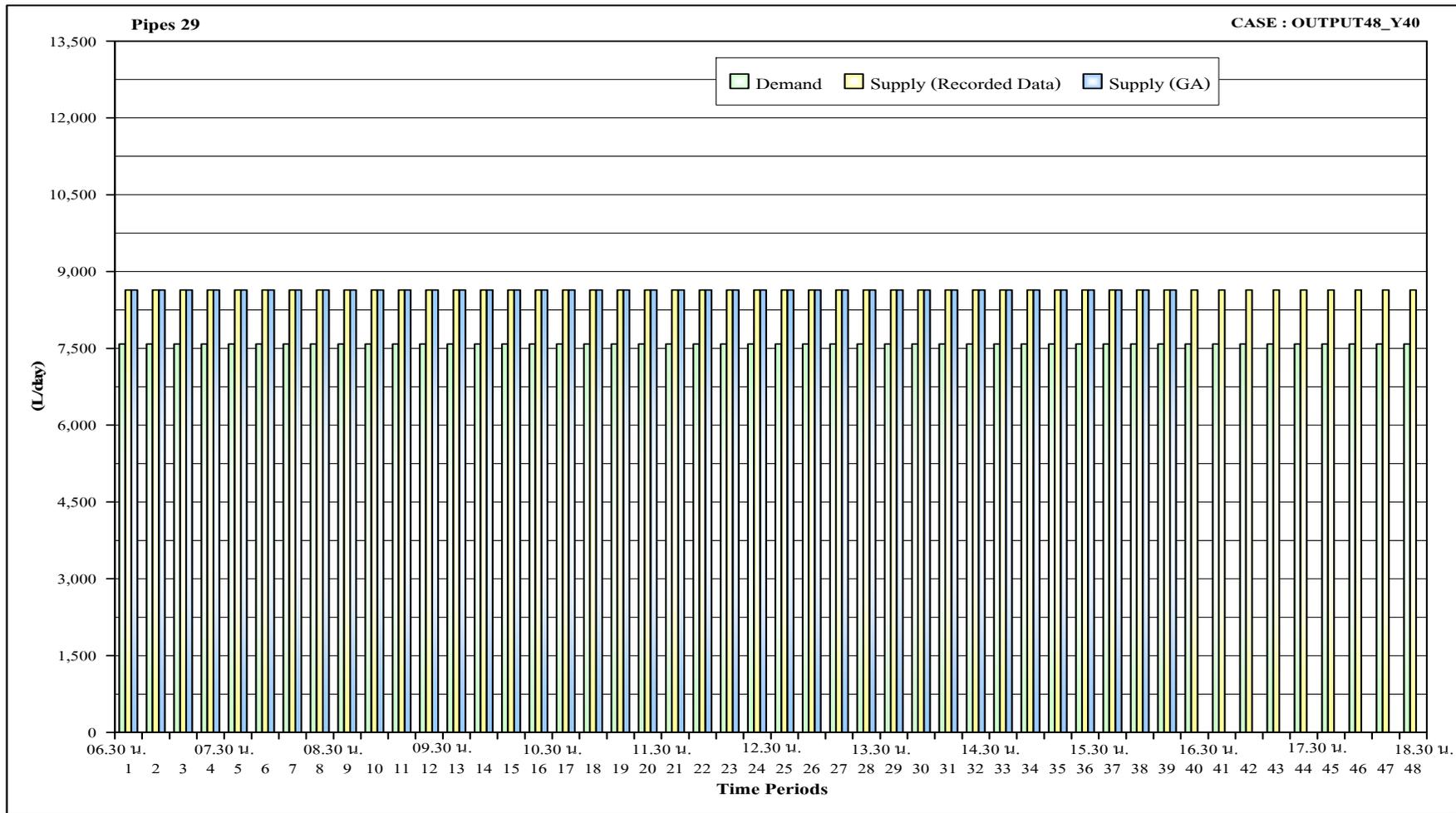
ภาพผนวกที่ 94 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 26 (OUTPUT48_Y40)



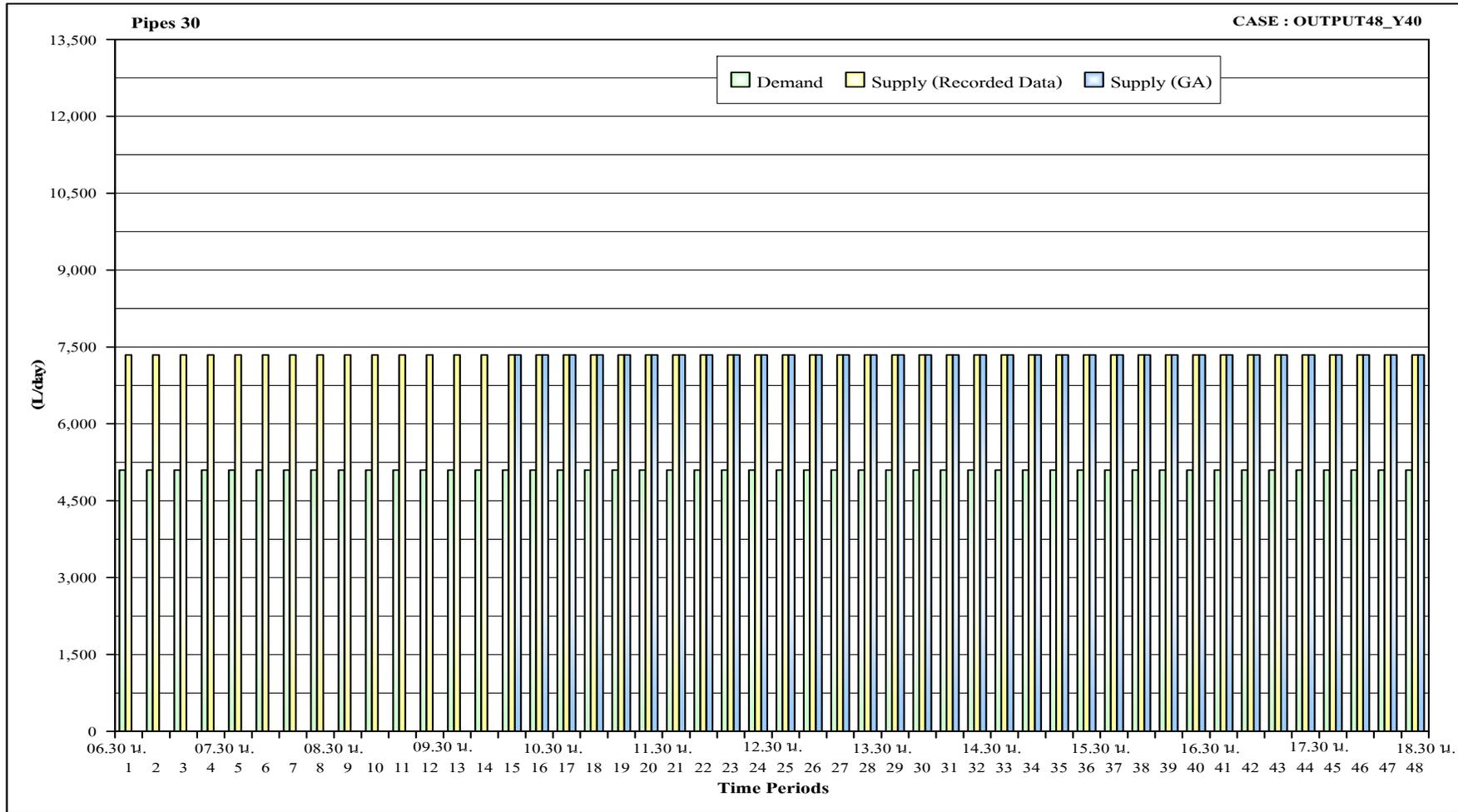
ภาพผนวกที่ 95 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 27 (OUTPUT48_Y40)



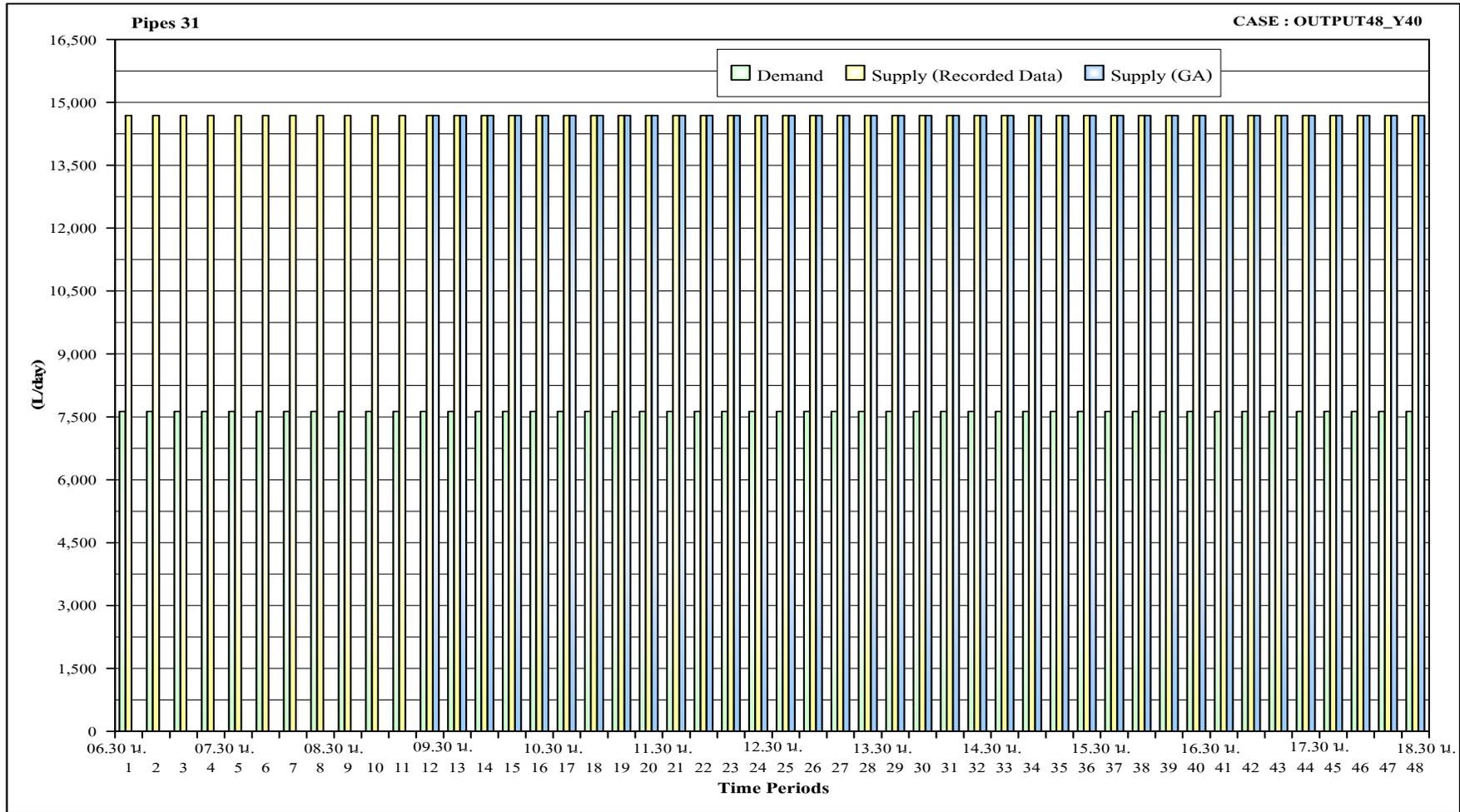
ภาพผนวกที่ 96 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 28 (OUTPUT48_Y40)



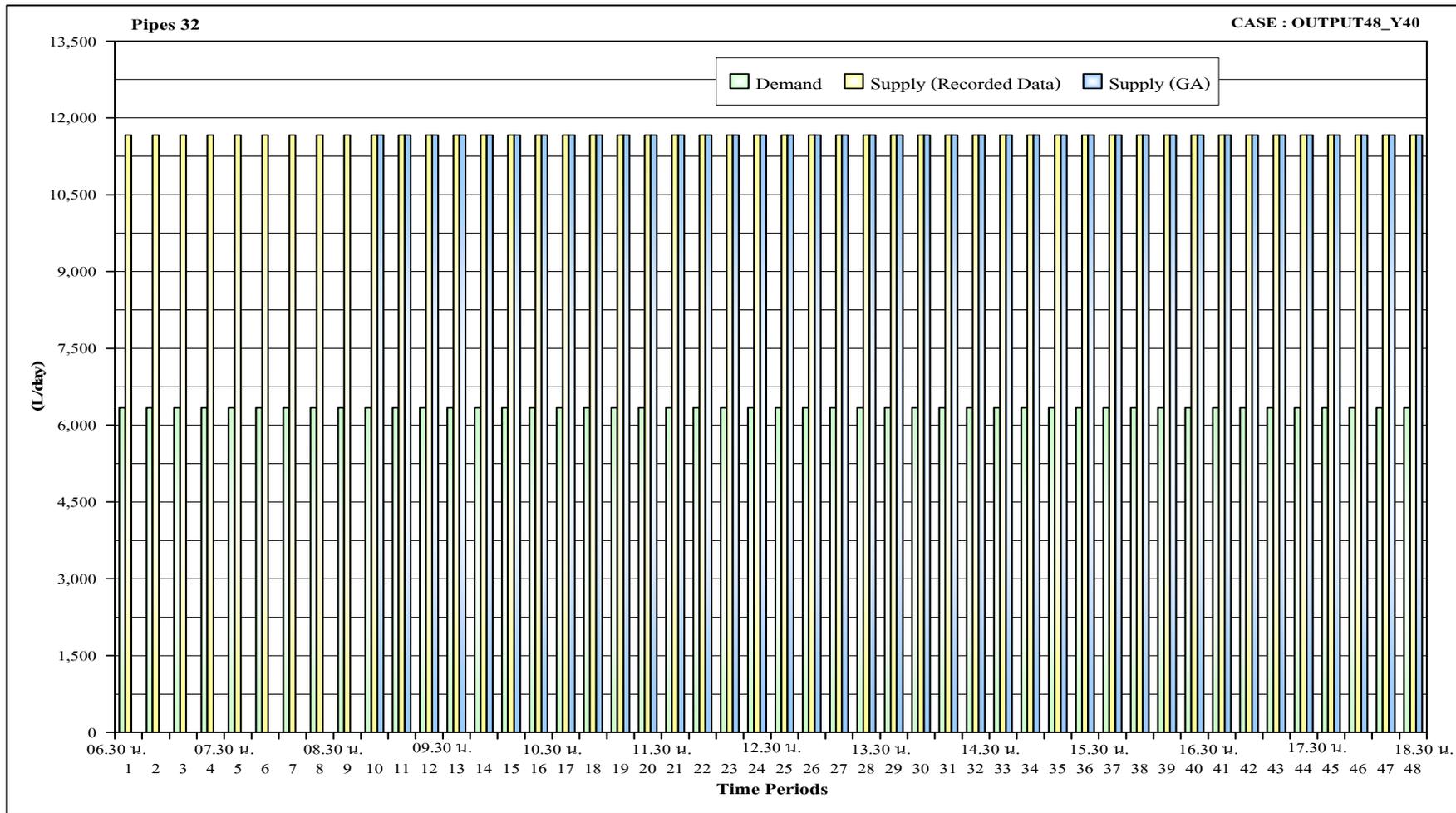
ภาพผนวกที่ ๙7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 29 (OUTPUT48_Y40)



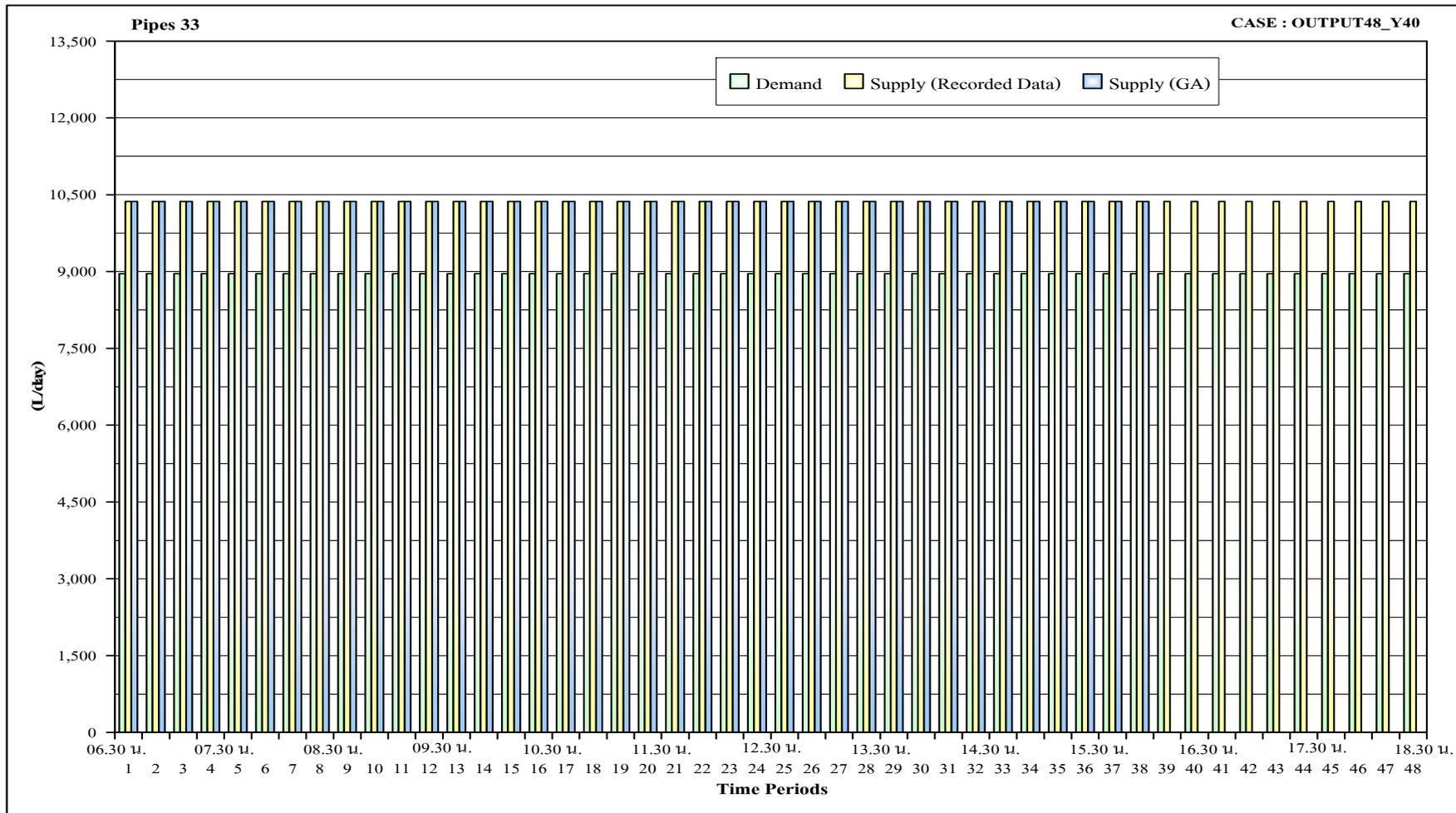
ภาพผนวกที่ 98 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 30 (OUTPUT48_Y40)



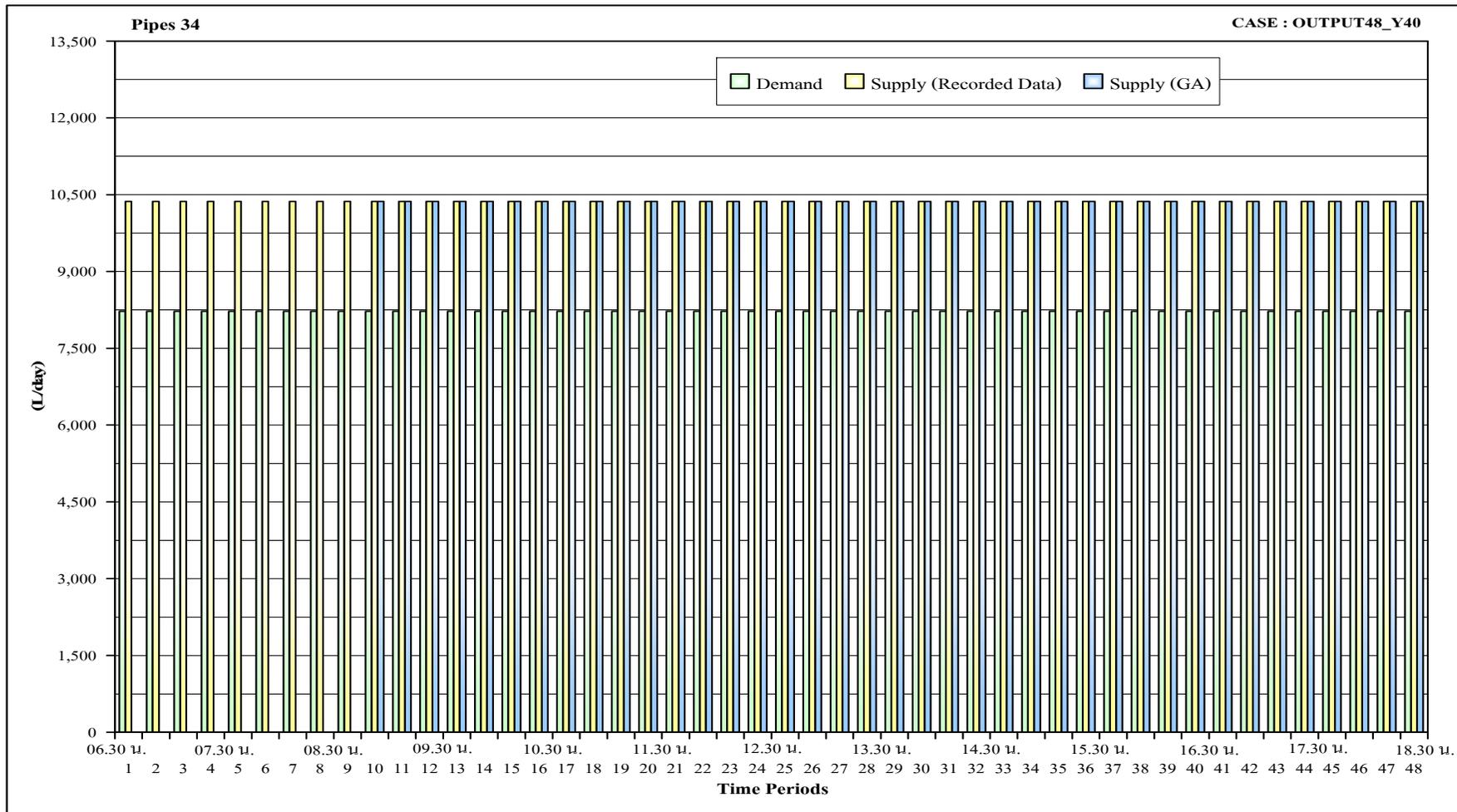
ภาพผนวกที่ ๙๙ กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 31 (OUTPUT48_Y40)



ภาพผนวกที่ 100 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 32 (OUTPUT48_Y40)



ภาพผนวกที่ 101 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 33 (OUTPUT48_Y40)



ภาพผนวกที่ 102 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 34 (OUTPUT48_Y40)

ตารางผนวกที่ 3 แสดงช่วงระยะเวลาการส่งน้ำและจำนวนพื้นที่เพาะปลูกที่สามารถเพิ่มได้ (CASE : OUTPUT48_Y40)

Pipes	Start		Finish		Supply		Remaid (L/)			ชนิดของไม้ผล (ไร่)		
	Time Periods	Time	Time Periods	Time	(Recorded Data)	Supply (GA)	ต่อวัน	ต่อฤดูกาล (213 วัน)	ทุเรียน	เงาะ	มังคุด	ลองกอง / กลางสาต
1	20	11.15	48	18.15	414,720.00	250,560.00	164,160.00	24,788,160.00	31.00	27.00	27.00	29.00
2	17	10.30	48	18.15	414,720.00	276,480.00	138,240.00	20,874,240.00	26.00	23.00	23.00	24.00
3	15	10.00	48	18.15	414,720.00	293,760.00	120,960.00	18,264,960.00	23.00	20.00	20.00	21.00
4	20	11.15	48	18.15	456,192.00	275,616.00	180,576.00	27,266,976.00	34.00	30.00	30.00	31.00
5	1	06.30	34	14.45	476,928.00	337,824.00	139,104.00	21,004,704.00	26.00	23.00	23.00	24.00
6	18	10.45	48	18.15	456,192.00	294,624.00	161,568.00	24,396,768.00	31.00	27.00	27.00	28.00
7	1	06.30	32	14.15	622,080.00	414,720.00	207,360.00	31,311,360.00	40.00	34.00	34.00	36.00
8	20	11.15	48	18.15	622,080.00	375,840.00	246,240.00	37,182,240.00	47.00	41.00	41.00	43.00
9	1	06.30	31	14.00	663,552.00	428,544.00	235,008.00	35,486,208.00	45.00	39.00	39.00	41.00
10	1	06.30	38	15.45	663,552.00	525,312.00	138,240.00	20,874,240.00	26.00	23.00	23.00	24.00
11	1	06.30	29	13.30	1,080,000.00	652,500.00	427,500.00	64,552,500.00	82.00	71.00	71.00	75.00
12	1	06.30	36	15.15	580,608.00	435,456.00	145,152.00	21,917,952.00	28.00	24.00	24.00	25.00
13	1	06.30	39	16.00	559,872.00	454,896.00	104,976.00	15,851,376.00	20.00	17.00	17.00	18.00
14	12	09.15	48	18.15	559,872.00	431,568.00	128,304.00	19,373,904.00	24.00	21.00	21.00	22.00
15	1	06.30	37	15.30	456,192.00	351,648.00	104,544.00	15,786,144.00	20.00	17.00	17.00	18.00
16	1	06.30	40	16.15	476,928.00	397,440.00	79,488.00	12,002,688.00	15.00	13.00	13.00	14.00
17	13	09.30	48	18.15	456,192.00	342,144.00	114,048.00	17,221,248.00	22.00	19.00	19.00	20.00
18	8	08.15	48	18.15	497,664.00	425,088.00	72,576.00	10,958,976.00	14.00	12.00	12.00	12.00

ตารางผนวกที่ 33 (ต่อ)

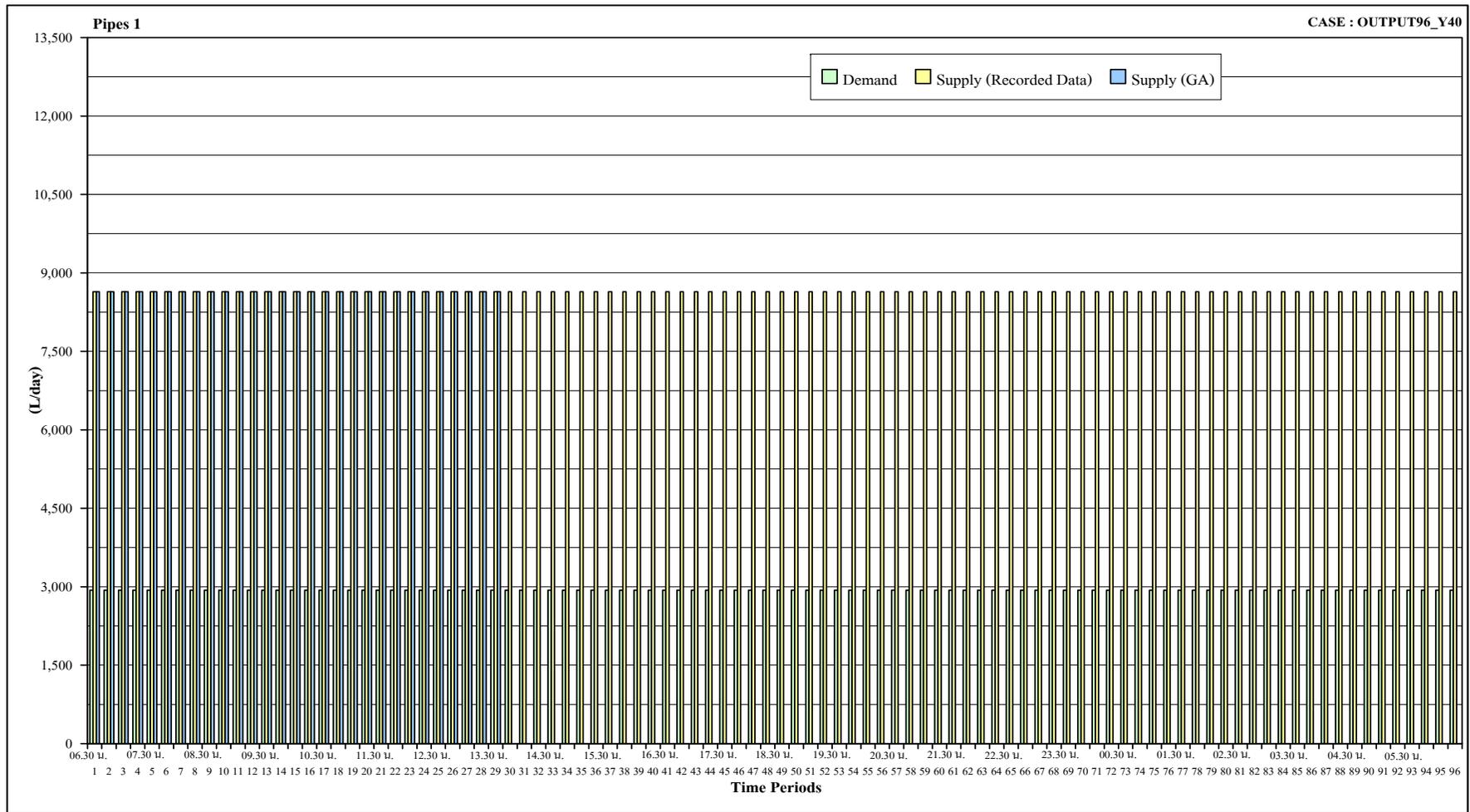
Pipes	Start		Finish		Supply (Recorded Data)	Supply (GA)	Remaid (L/)		ชนิดของไม้ผล (ไร่)			
	Time Periods	Time	Time Periods	Time			ต่อวัน	ต่อฤดูกาล (213 วัน)	ทุเรียน	เงาะ	มังคุด	ลองกอง / กลางสาด
19	12	09.15	48	18.15	456,192.00	351,648.00	104,544.00	15,786,144.00	20.00	17.00	17.00	18.00
20	1	06.30	37	15.30	497,664.00	383,616.00	114,048.00	17,221,248.00	22.00	19.00	19.00	20.00
21	1	06.30	35	15.00	518,400.00	378,000.00	140,400.00	21,200,400.00	27.00	23.00	23.00	24.00
22	1	06.30	4	07.15	456,192.00	38,016.00	418,176.00	63,144,576.00	มีน้ำใช้อุปโภคบริโภค จำนวน 2090 คน ตลอดทั้งปี			
23	3	07.00	7	08.00	414,720.00	43,200.00	371,520.00	56,099,520.00	มีน้ำใช้อุปโภคบริโภค จำนวน 1857 คน ตลอดทั้งปี			
24	1	06.30	37	15.30	456,192.00	351,648.00	104,544.00	15,786,144.00	20.00	17.00	17.00	18.00
25	9	08.30	48	18.15	414,720.00	345,600.00	69,120.00	10,437,120.00	13.00	11.00	11.00	12.00
26	11	09.00	48	18.15	373,248.00	295,488.00	77,760.00	11,741,760.00	15.00	13.00	13.00	13.00
27	11	09.00	48	18.15	456,192.00	361,152.00	95,040.00	14,351,040.00	18.00	15.00	15.00	16.00
28	13	09.30	48	18.15	456,192.00	342,144.00	114,048.00	17,221,248.00	22.00	19.00	19.00	20.00
29	1	06.30	39	16.00	414,720.00	336,960.00	77,760.00	11,741,760.00	15.00	13.00	13.00	13.00
30	15	10.00	48	18.15	352,512.00	249,696.00	102,816.00	15,525,216.00	19.00	17.00	17.00	18.00
31	12	09.15	48	18.15	705,024.00	543,456.00	161,568.00	24,396,768.00	31.00	27.00	27.00	28.00
32	10	08.45	48	18.15	559,872.00	454,896.00	104,976.00	15,851,376.00	20.00	17.00	17.00	18.00
33	1	06.30	38	15.45	497,664.00	393,984.00	103,680.00	15,655,680.00	20.00	17.00	17.00	18.00
34	10	08.45	48	18.15	497,664.00	404,352.00	93,312.00	14,090,112.00	18.00	15.00	15.00	16.00
					17,399,232.00	12,237,876.00	5,161,356.00	779,364,756.00	834.00	721.00	721.00	757.00

118404.00 128340.00 118836.00 133524.00 137376.00 146880.00 157680.00 146880.00
146880.00 146880.00 156384.00 143424.00 143424.00 143424.00 143424.00 143424.00
143424.00 143424.00 143424.00 143424.00 143424.00 133056.00 121392.00 121392.00
121392.00 121392.00 121392.00 121392.00 121392.00 112752.00 112752.00 112752.00
112752.00 122256.00 122256.00 122256.00 122256.00 112752.00 112752.00 112752.00
112752.00

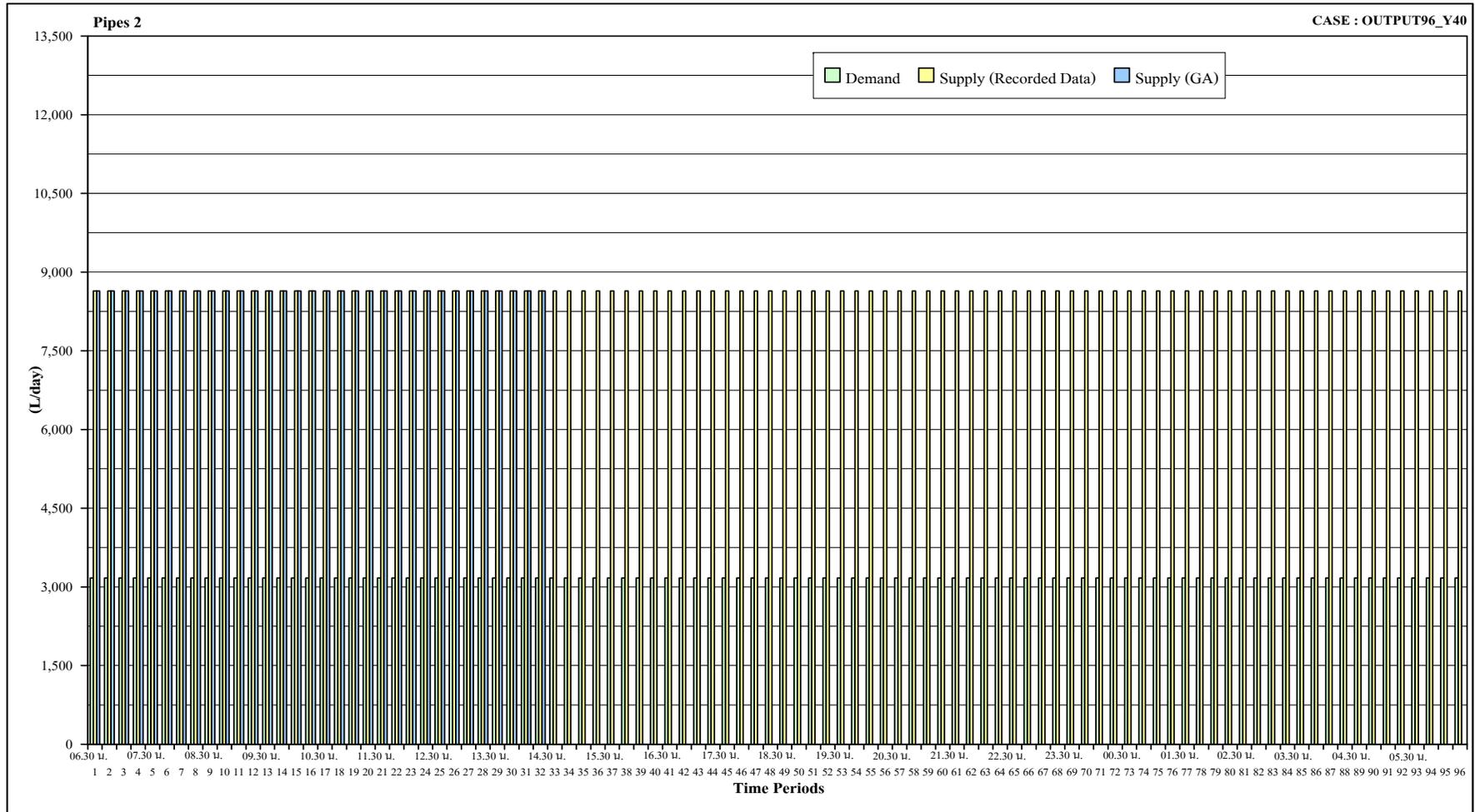
outflow 252144.00 252144.00 252144.00 241776.00 241776.00 250416.00 250416.00
250416.00 250416.00 250416.00 250416.00 250416.00 250416.00 250416.00 250416.00
250416.00 250416.00 250416.00 250416.00 241776.00 241776.00 232272.00 217584.00
217584.00 217584.00 217584.00 217584.00 217584.00 207648.00 229248.00 206748.00
220572.00 229212.00 219708.00 214092.00 214092.00 226188.00 235692.00 221436.00
243468.00 243468.00 243468.00 243468.00 243468.00 245196.00 245196.00 245196.00
245196.00 245196.00 245196.00 245196.00 245196.00 245196.00 245196.00 245196.00
245196.00 235260.00 244764.00 230076.00 226224.00 216720.00 205920.00 216720.00
216720.00 216720.00 207216.00 220176.00 220176.00 220176.00 220176.00 220176.00
220176.00 220176.00 220176.00 220176.00 220176.00 230544.00 242208.00 242208.00
242208.00 242208.00 242208.00 242208.00 242208.00 250848.00 250848.00 250848.00
250848.00 241344.00 241344.00 241344.00 241344.00 250848.00 250848.00 250848.00
250848.00

PX 0.75 Mu 0.130 gen 600 bestfit 5371149156352.0 Sumoutflow 22667724.000 Capa 0.000

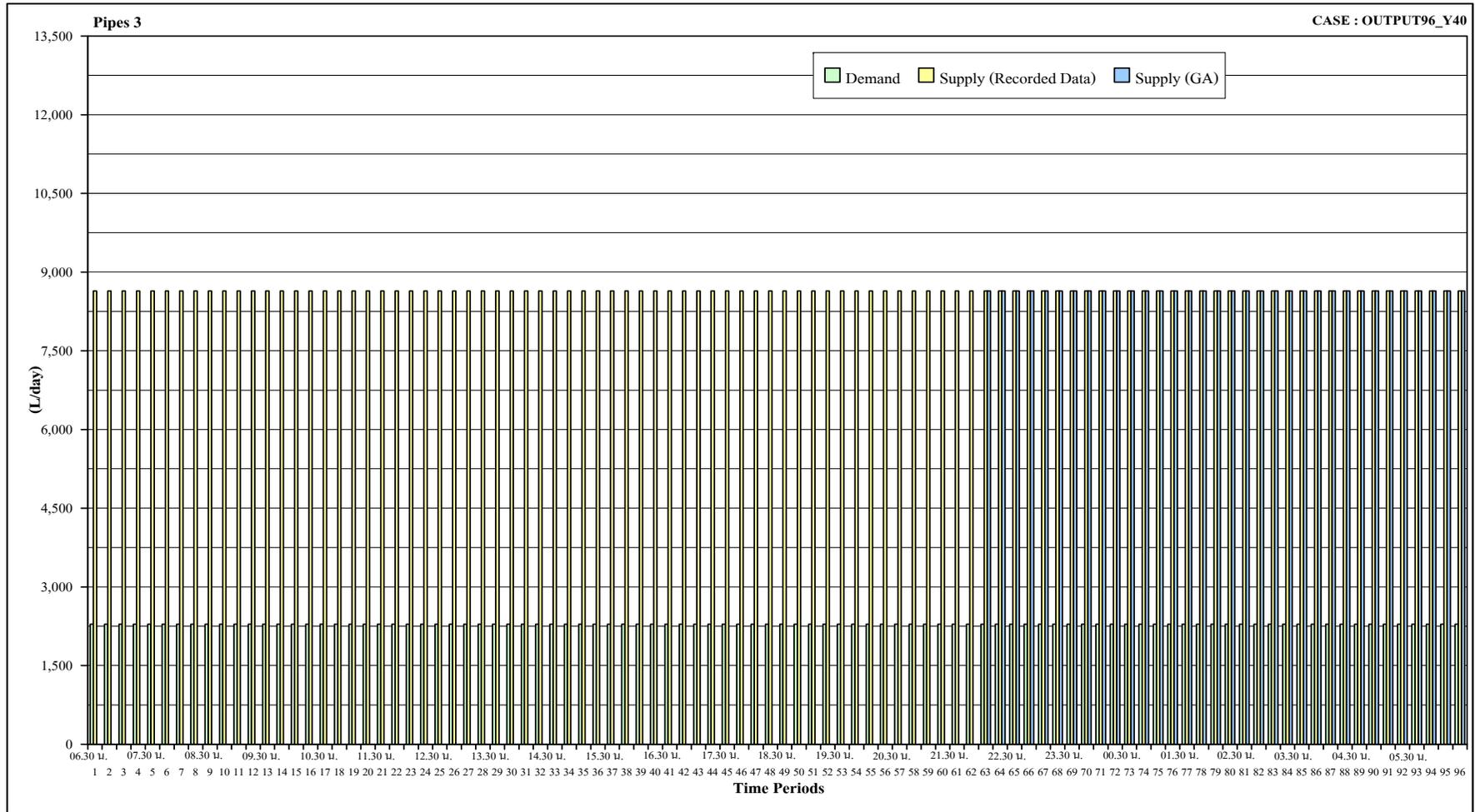
Time = 3.02 seconds



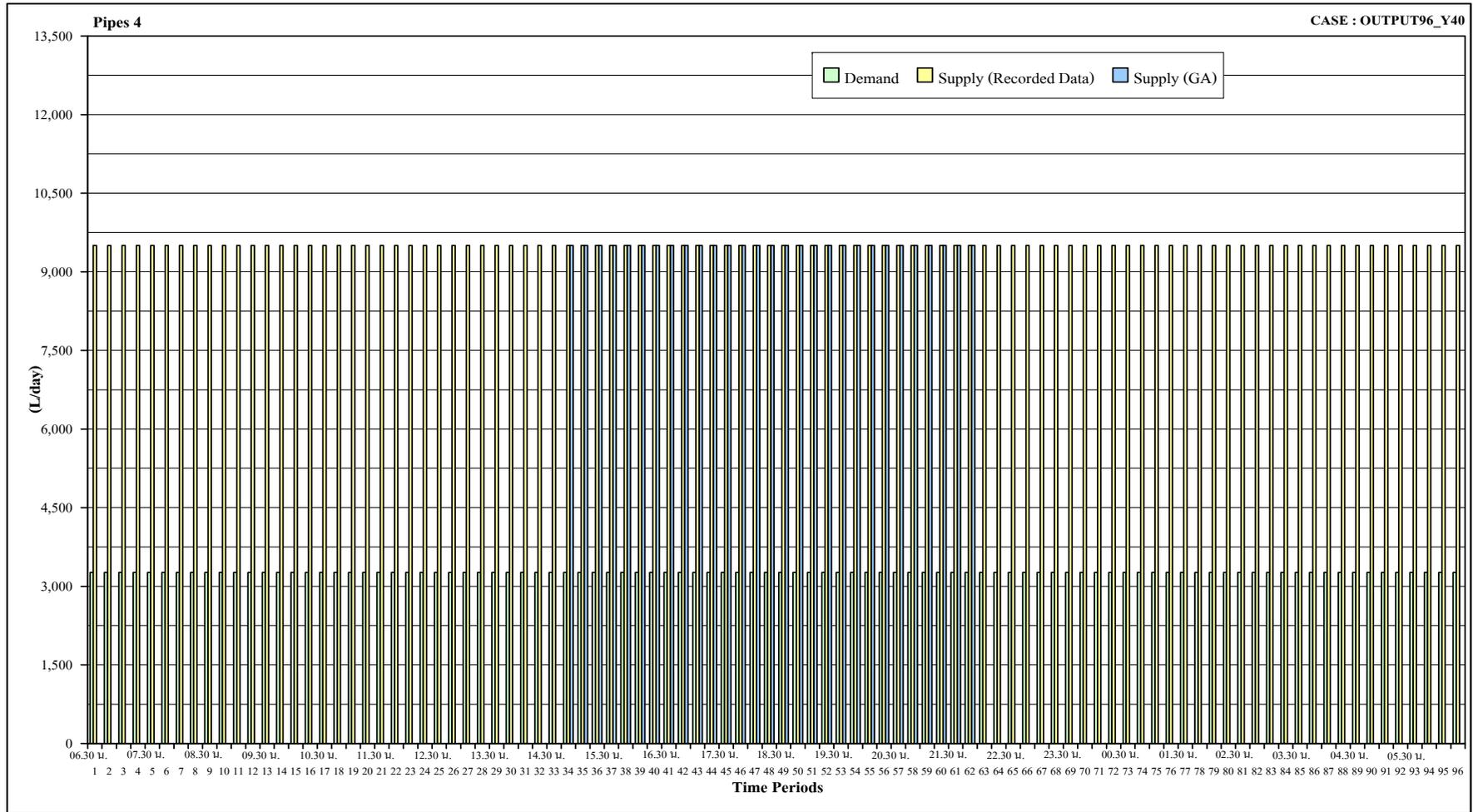
ภาพผนวกที่ 103 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 1 (OUTPUT96_Y40)



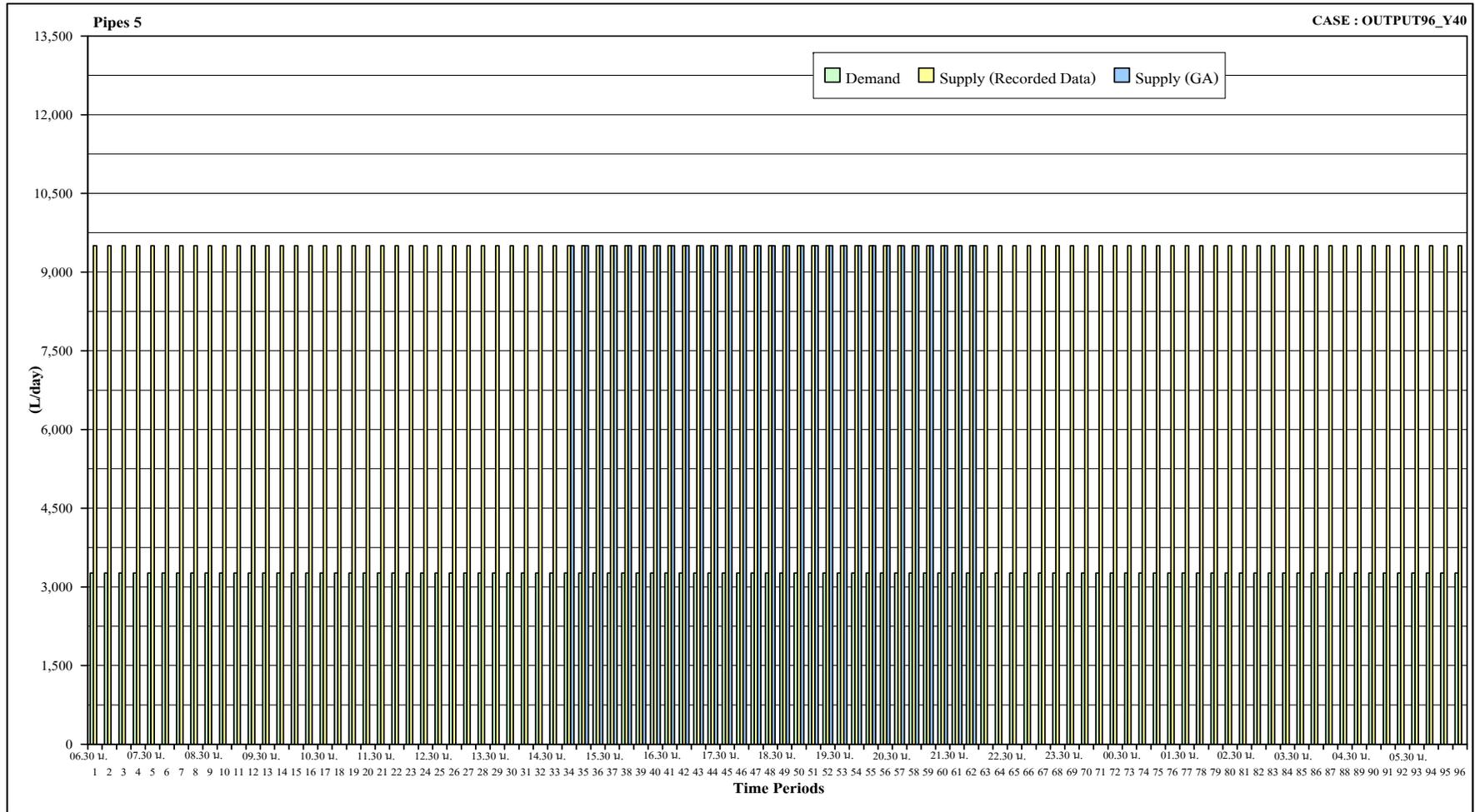
ภาพผนวกที่ 104 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 2 (OUTPUT96_Y40)



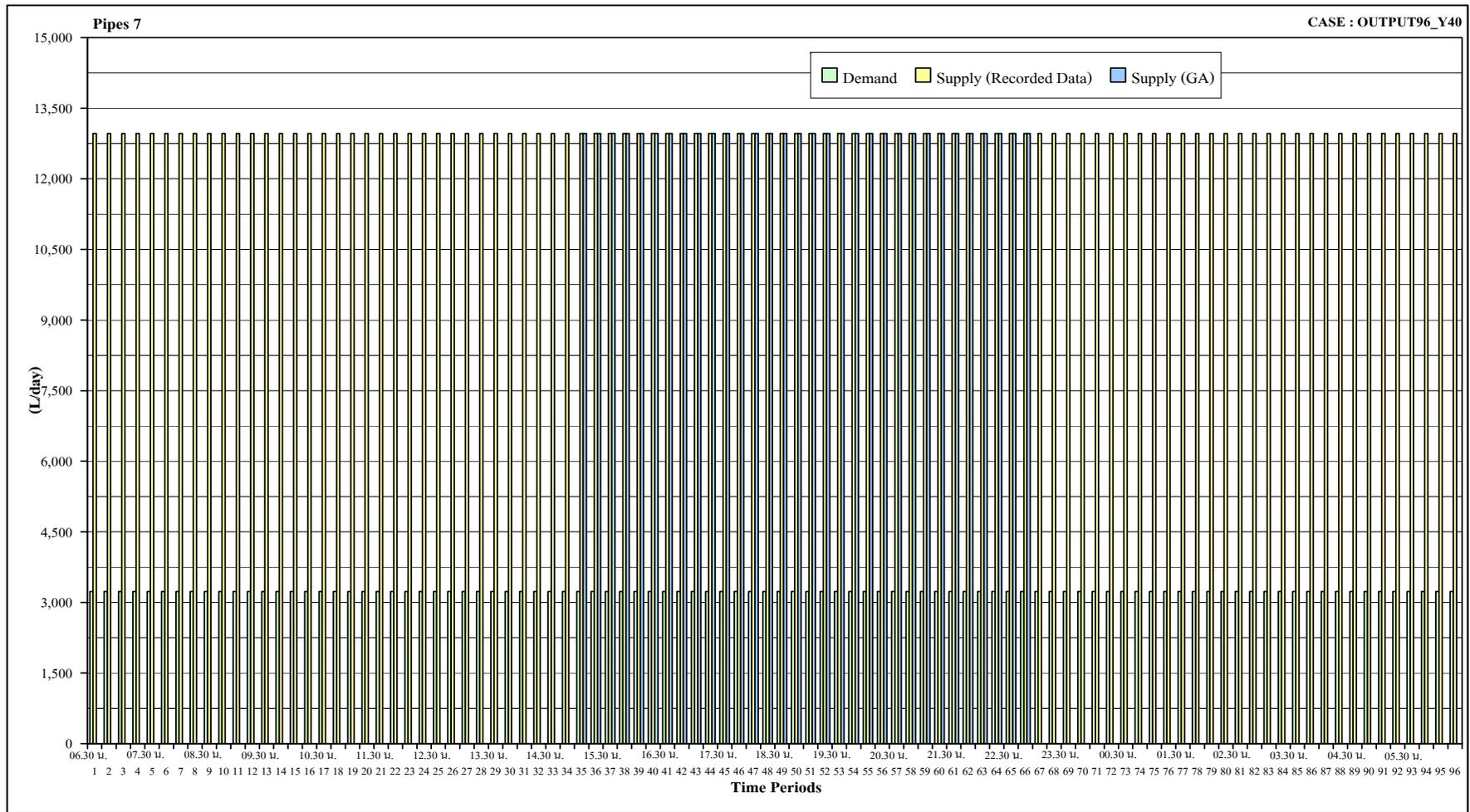
ภาพผนวกที่ 105 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 3 (OUTPUT96_Y40)



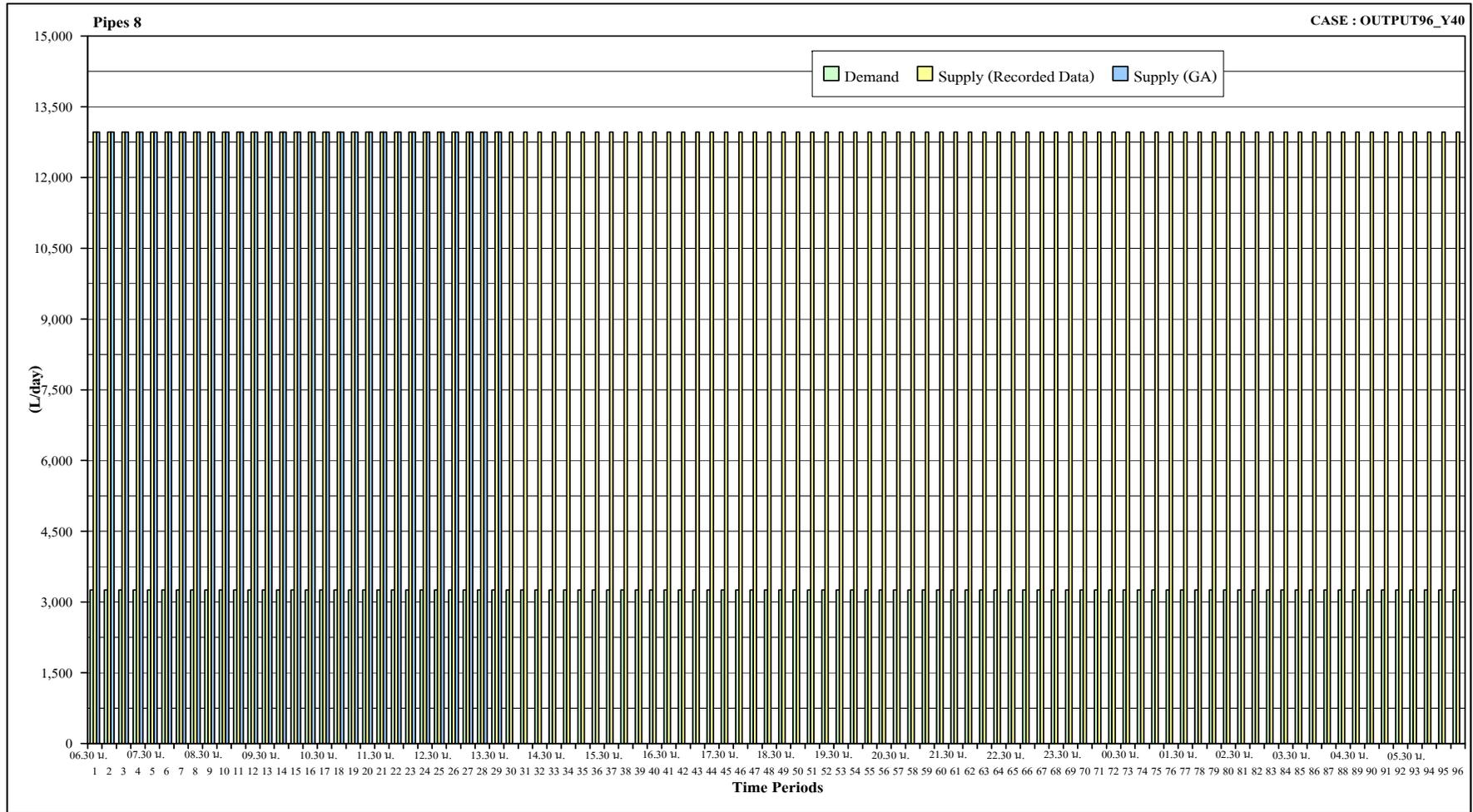
ภาพผนวกที่ 106 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 4 (OUTPUT96_Y40)



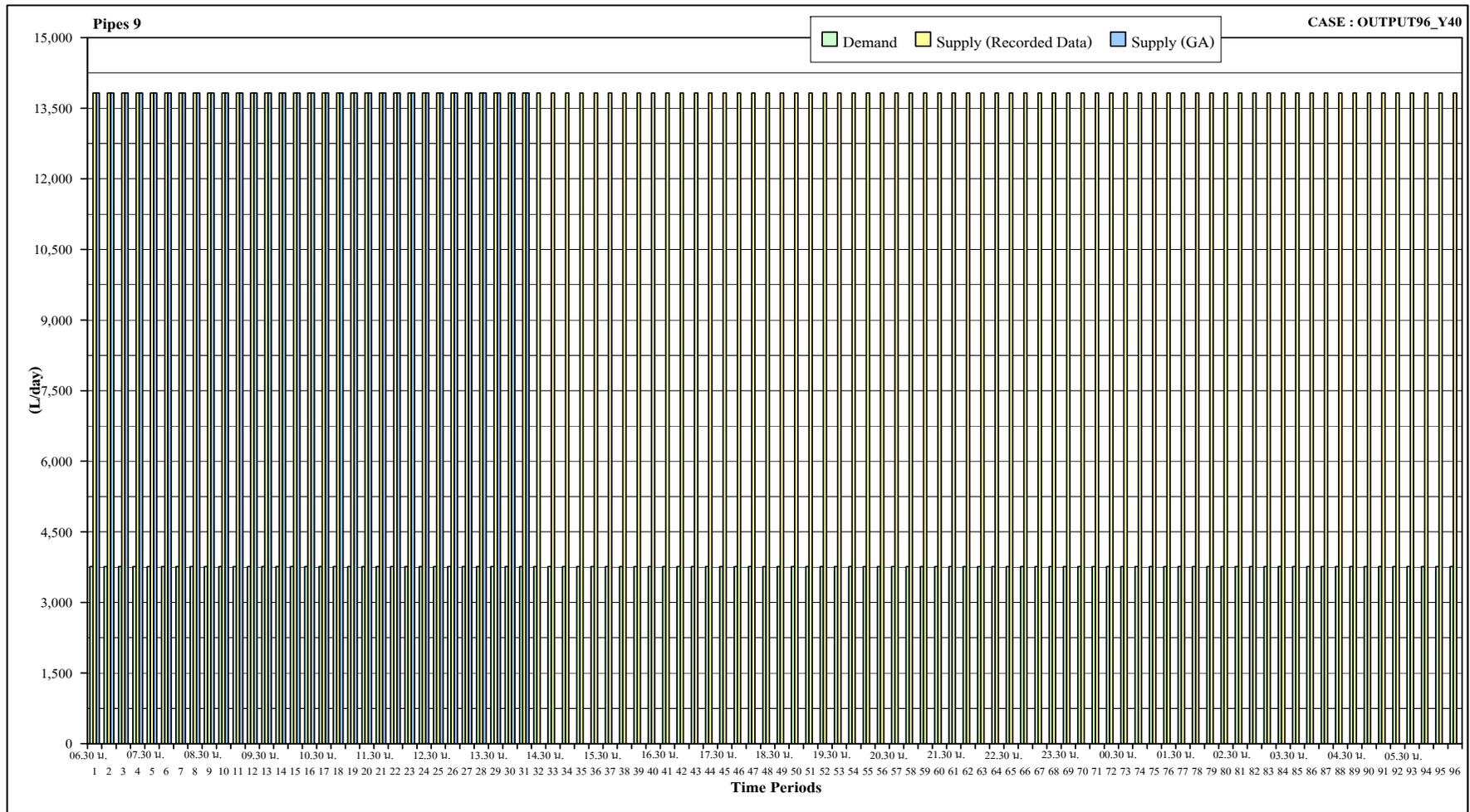
ภาพผนวกที่ 107 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 5 (OUTPUT96_Y40)



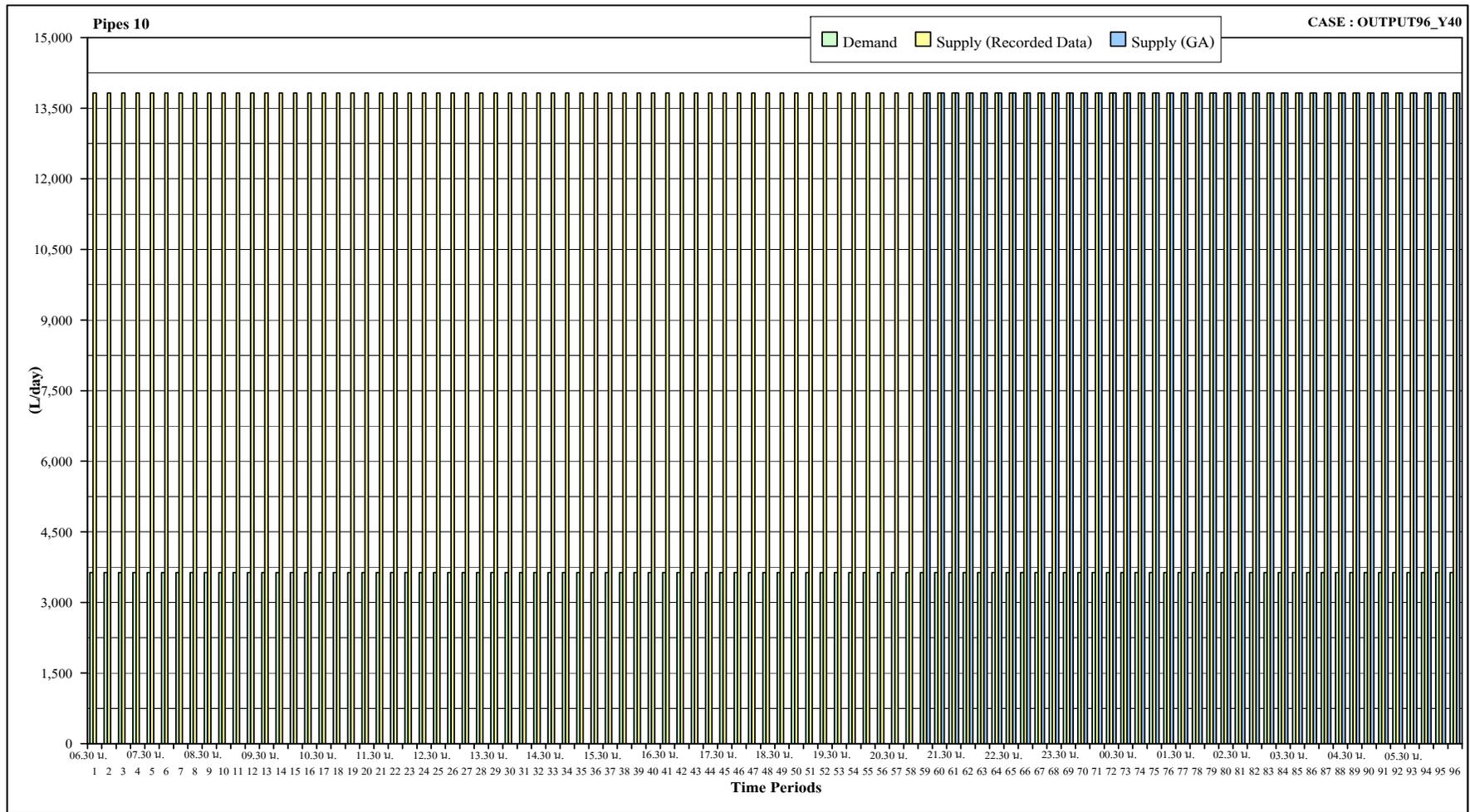
ภาพผนวกที่ 109 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 7 (OUTPUT96_Y40)



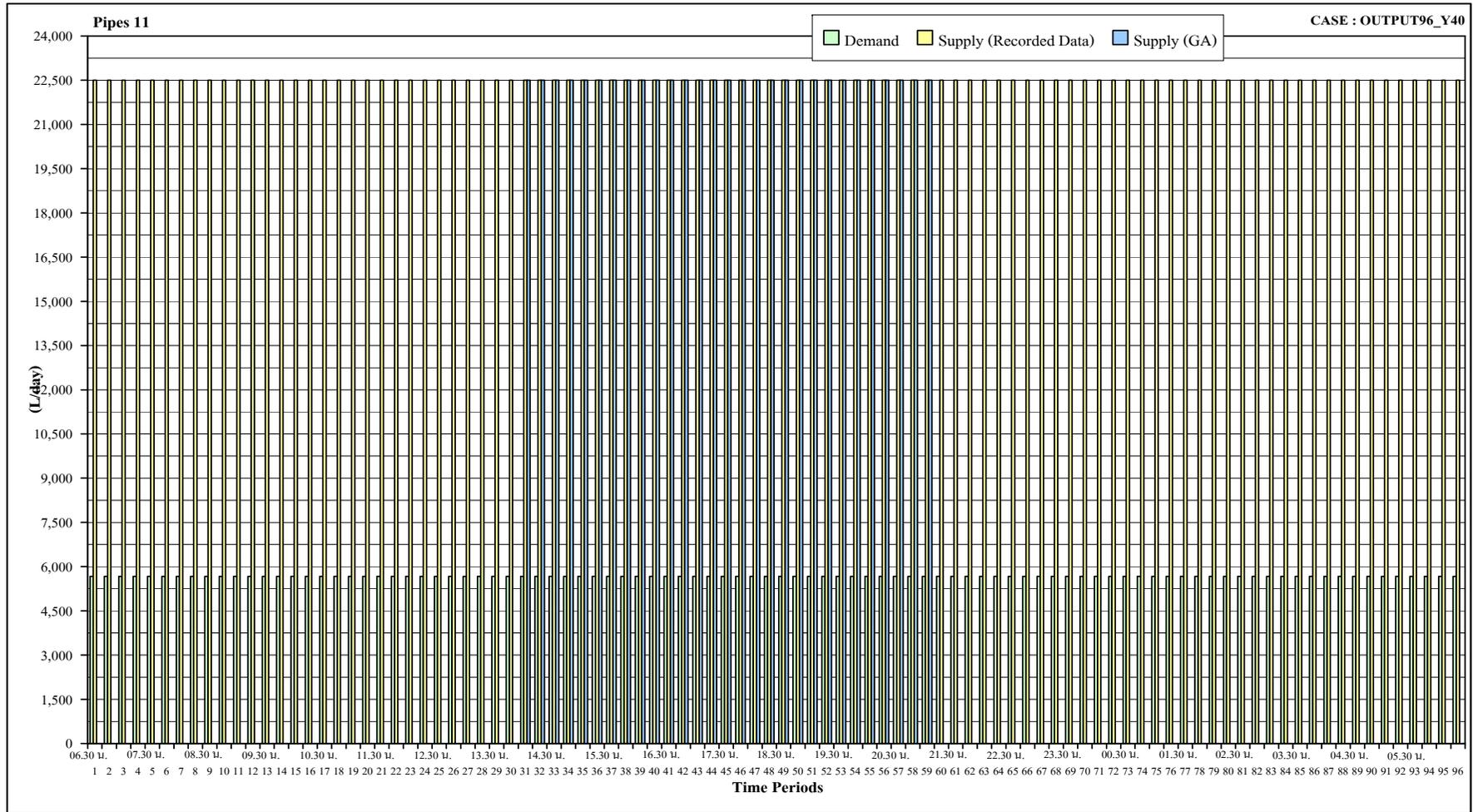
ภาพผนวกที่ 110 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 8 (OUTPUT96_Y40)



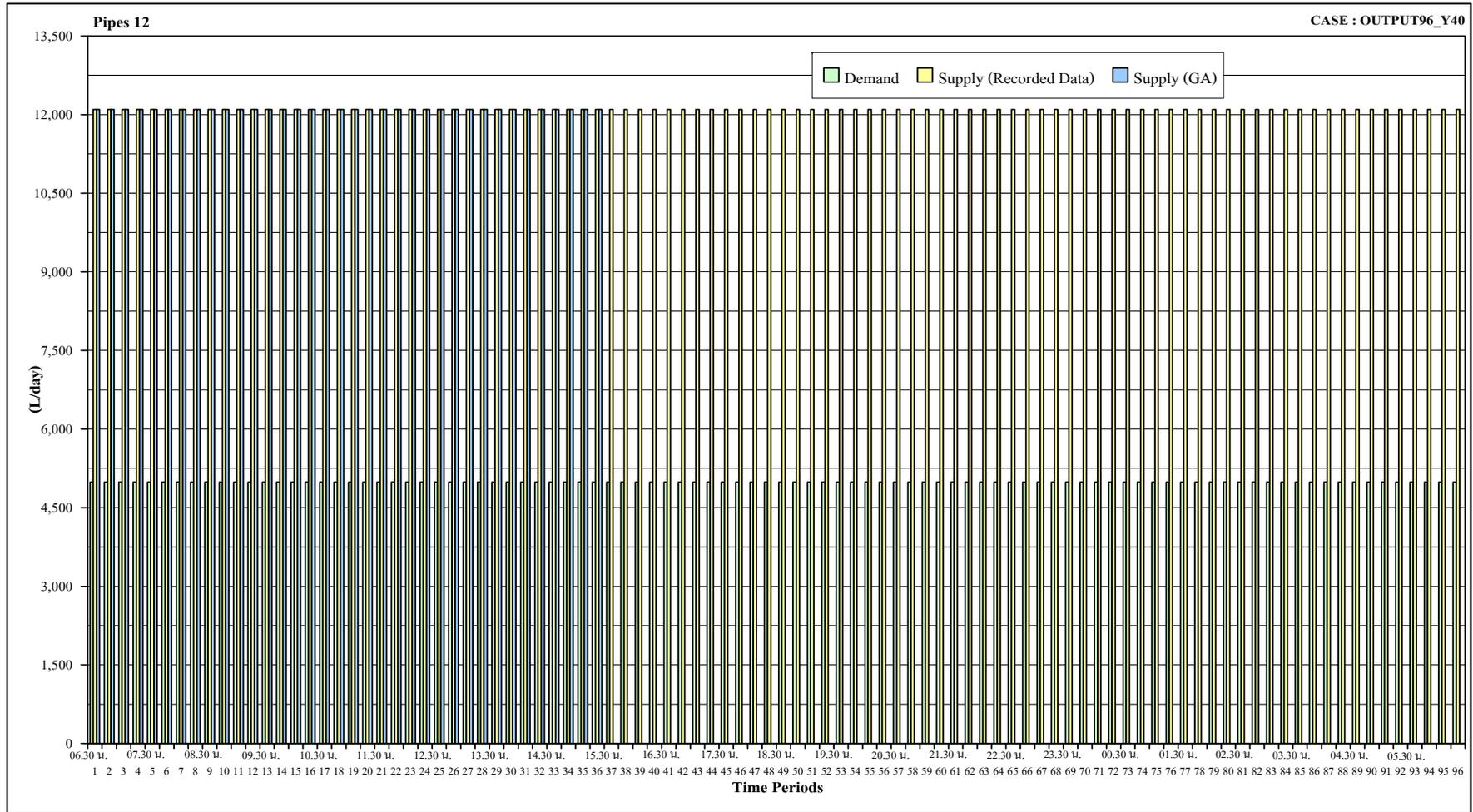
ภาพผนวกที่ 111 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 9 (OUTPUT96_Y40)



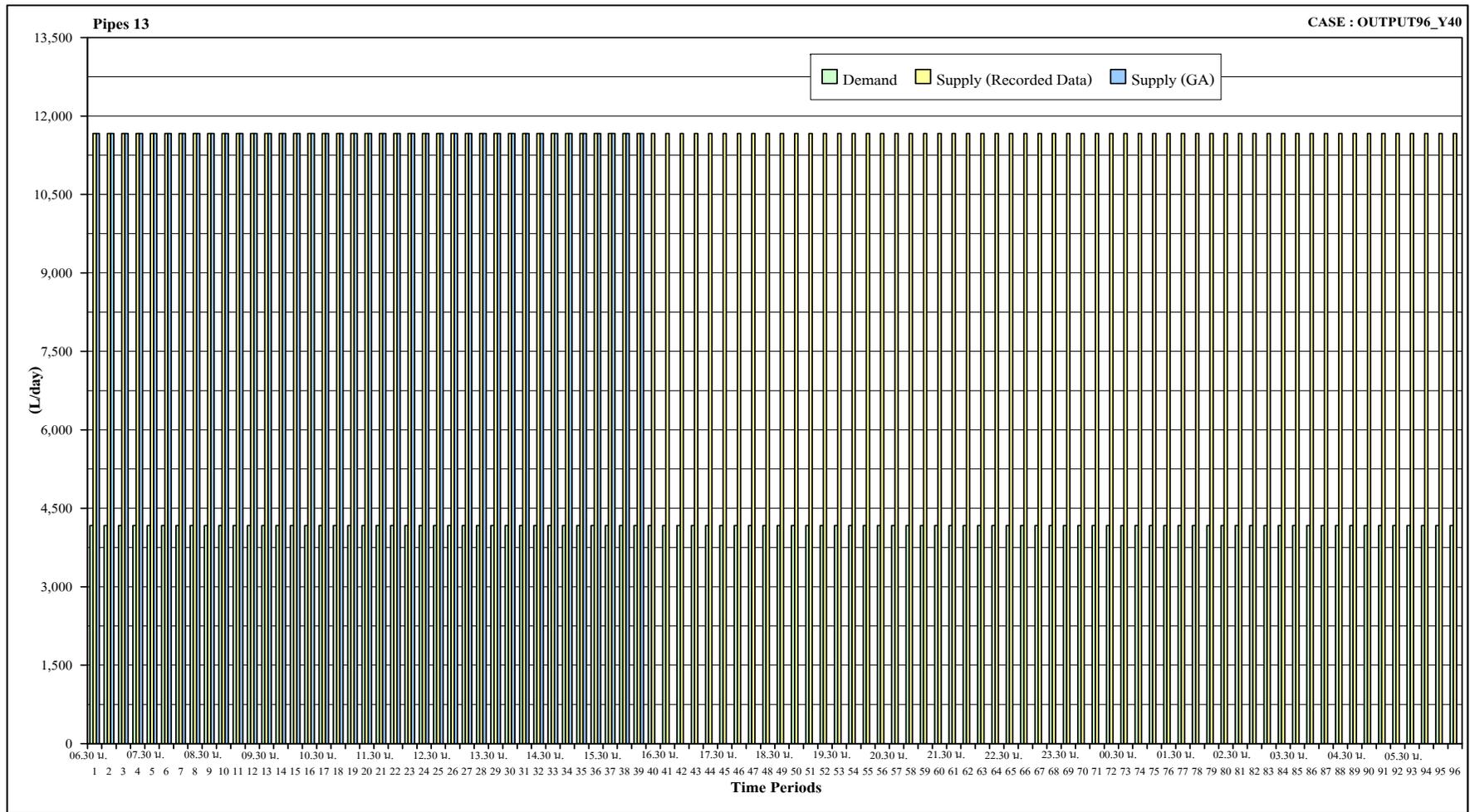
ภาพผนวกที่ 112 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 10 (OUTPUT96_Y40)



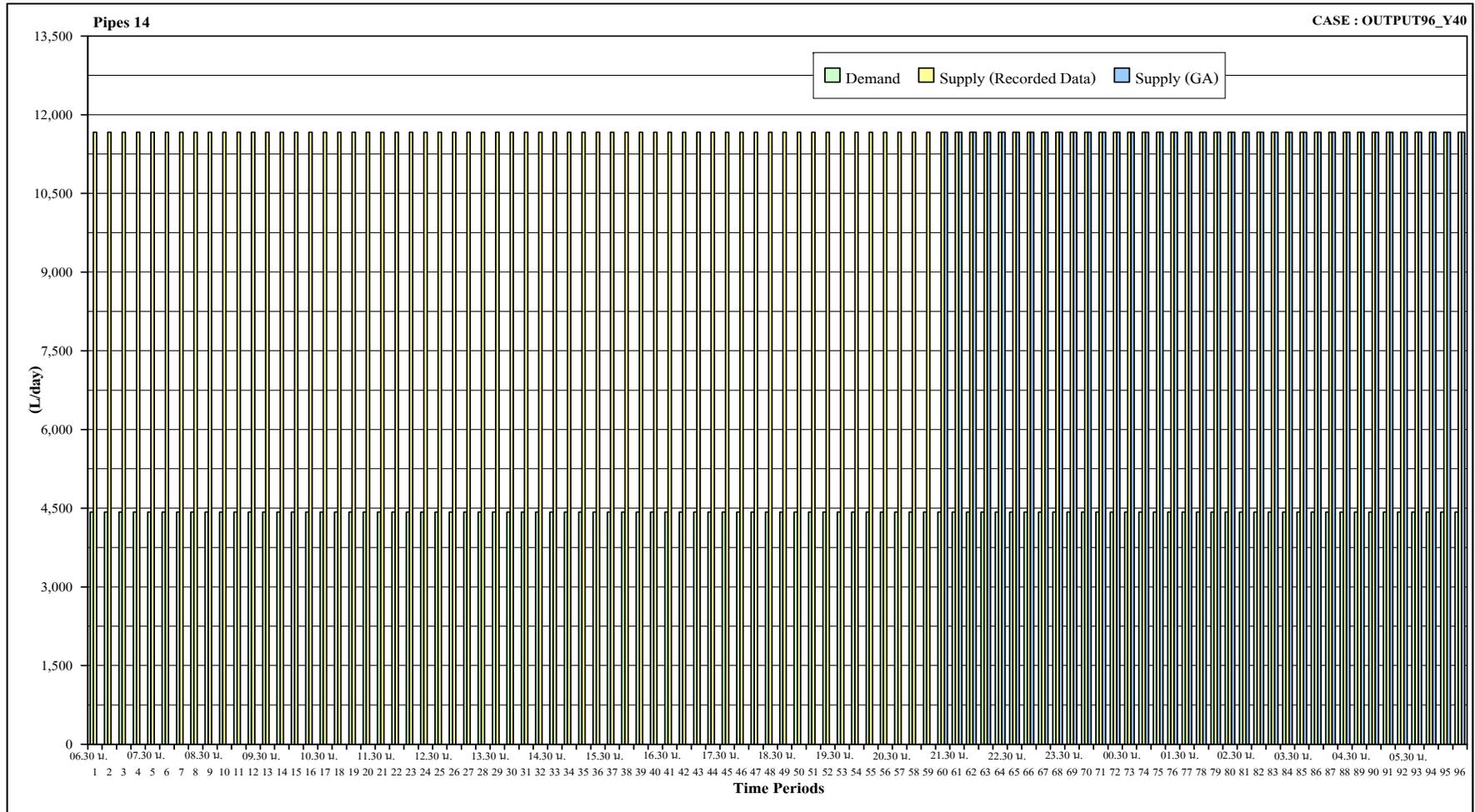
ภาพผนวกที่ 113 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 11 (OUTPUT96_Y40)



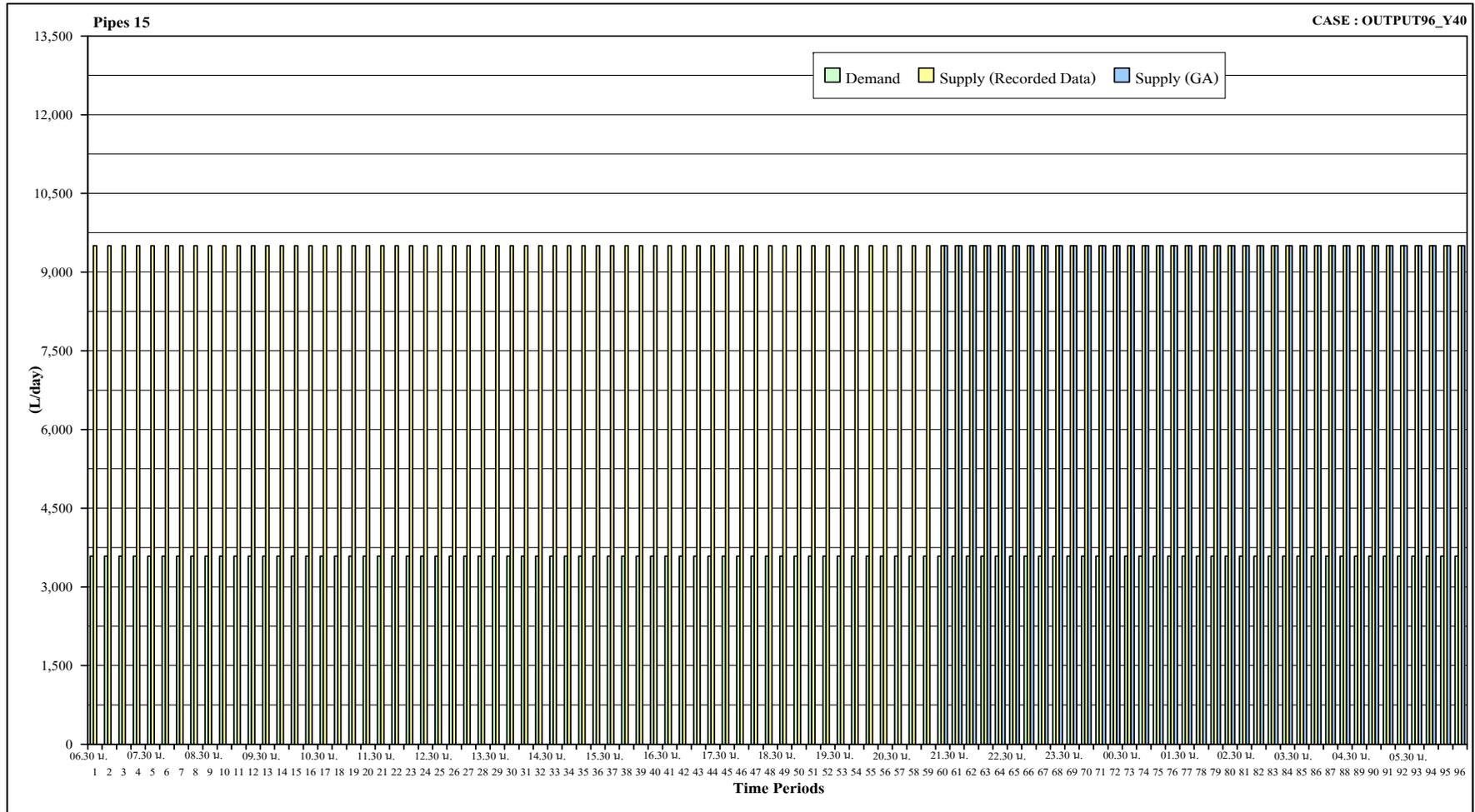
ภาพผนวกที่ 114 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 12 (OUTPUT96_Y40)



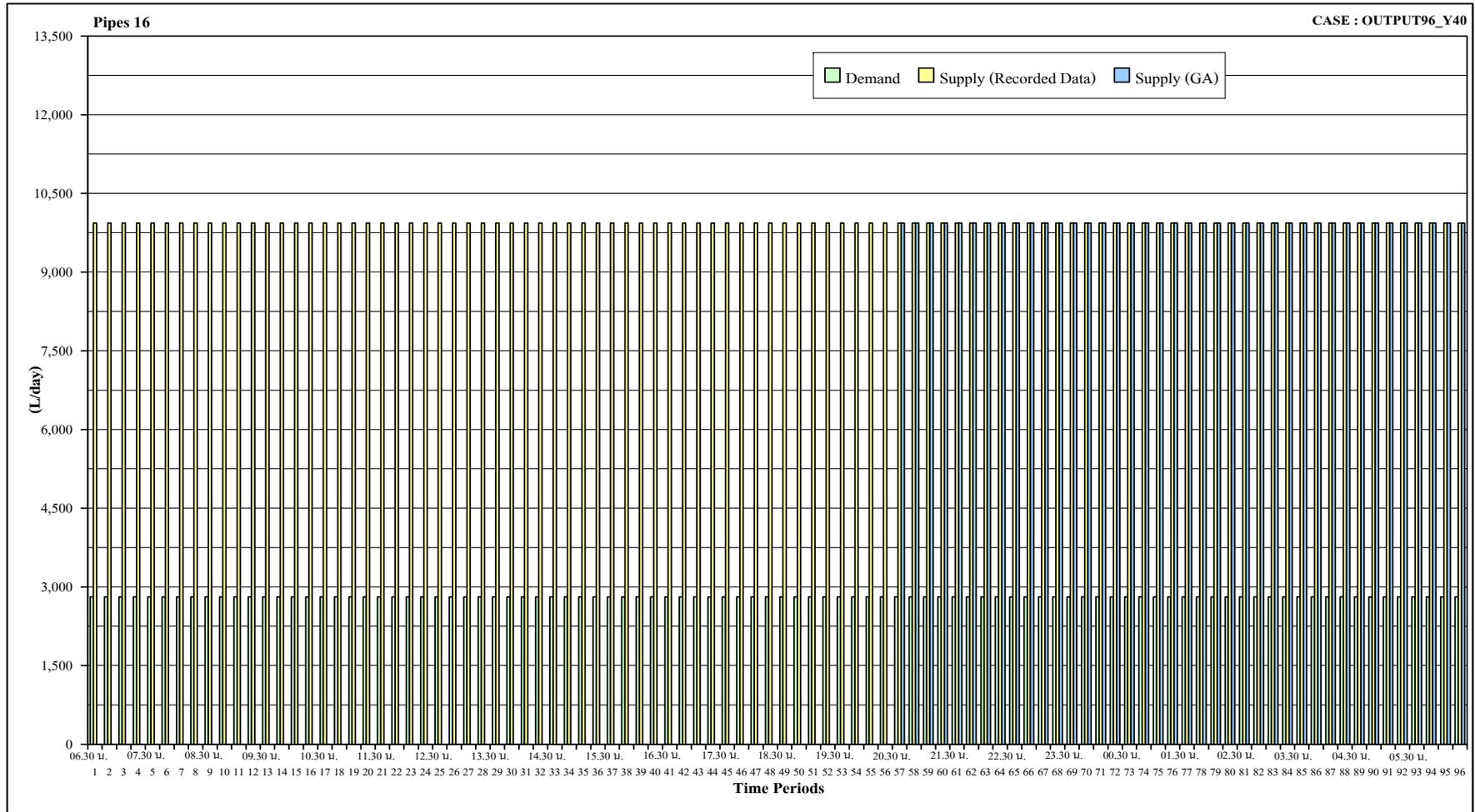
ภาพผนวกที่ 115 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 13 (OUTPUT96_Y40)



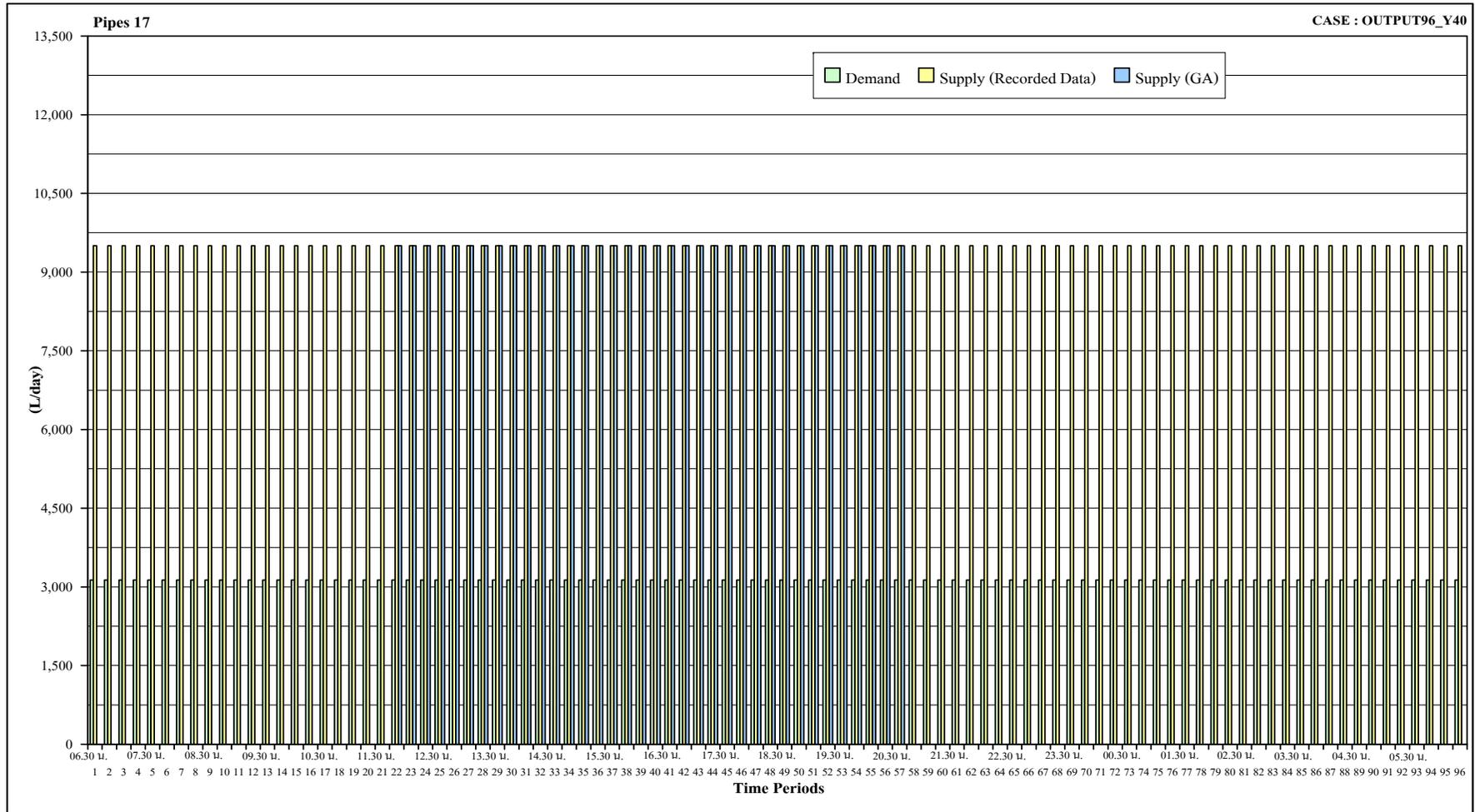
ภาพผนวกที่ 116 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 14 (OUTPUT96_Y40)



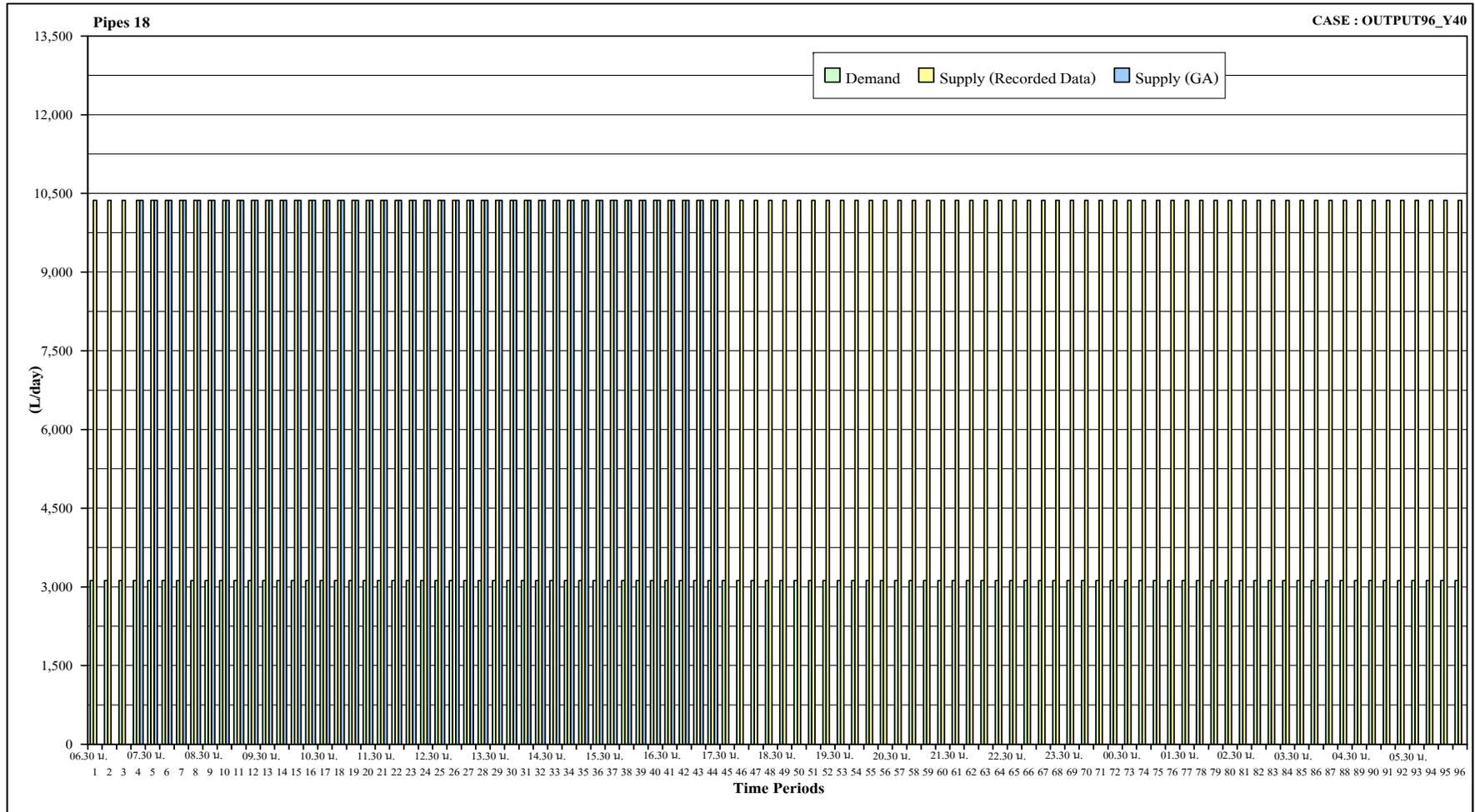
ภาพผนวกที่ 117 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 15 (OUTPUT96_Y40)



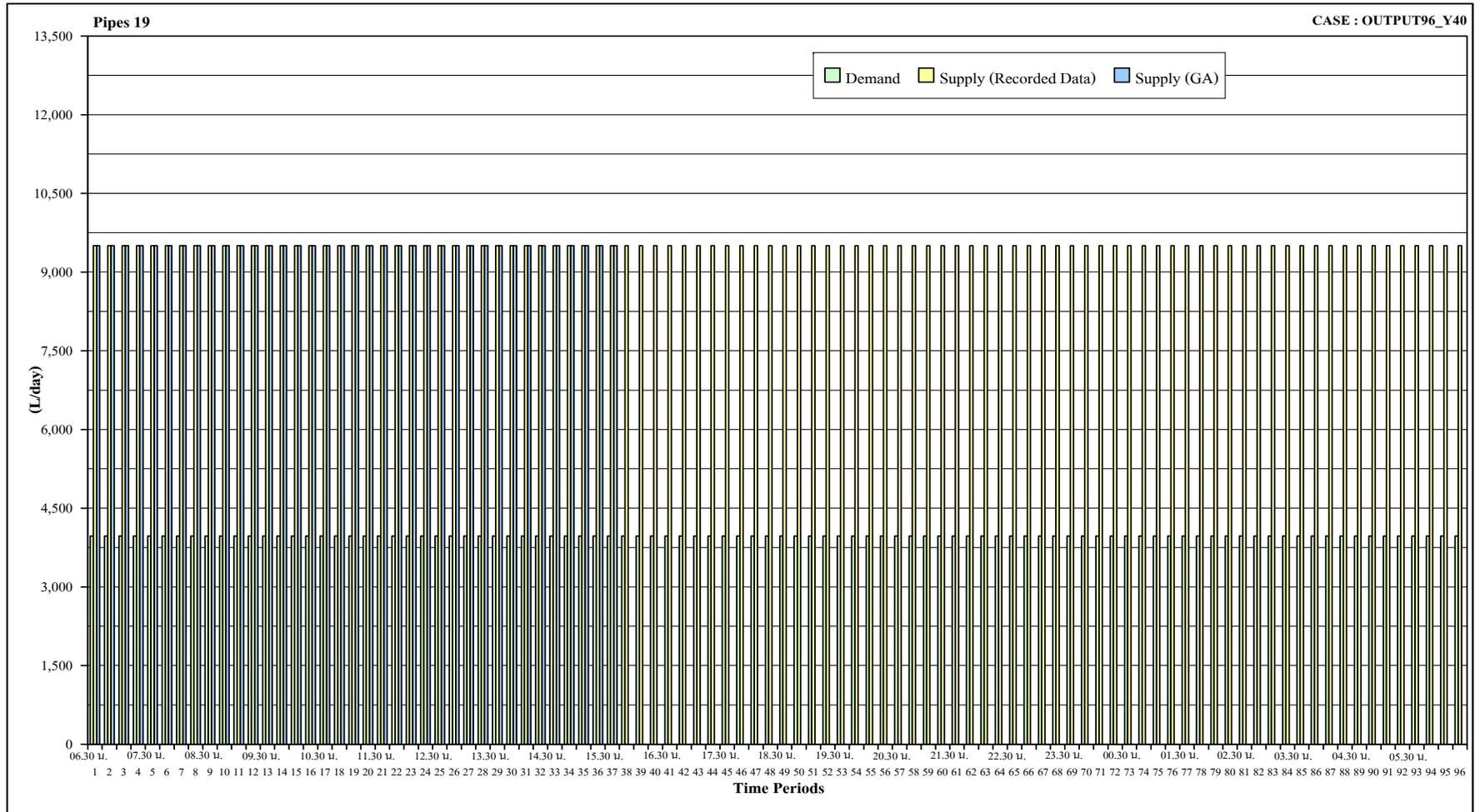
ภาพผนวกที่ 118 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 16 (OUTPUT96_Y40)



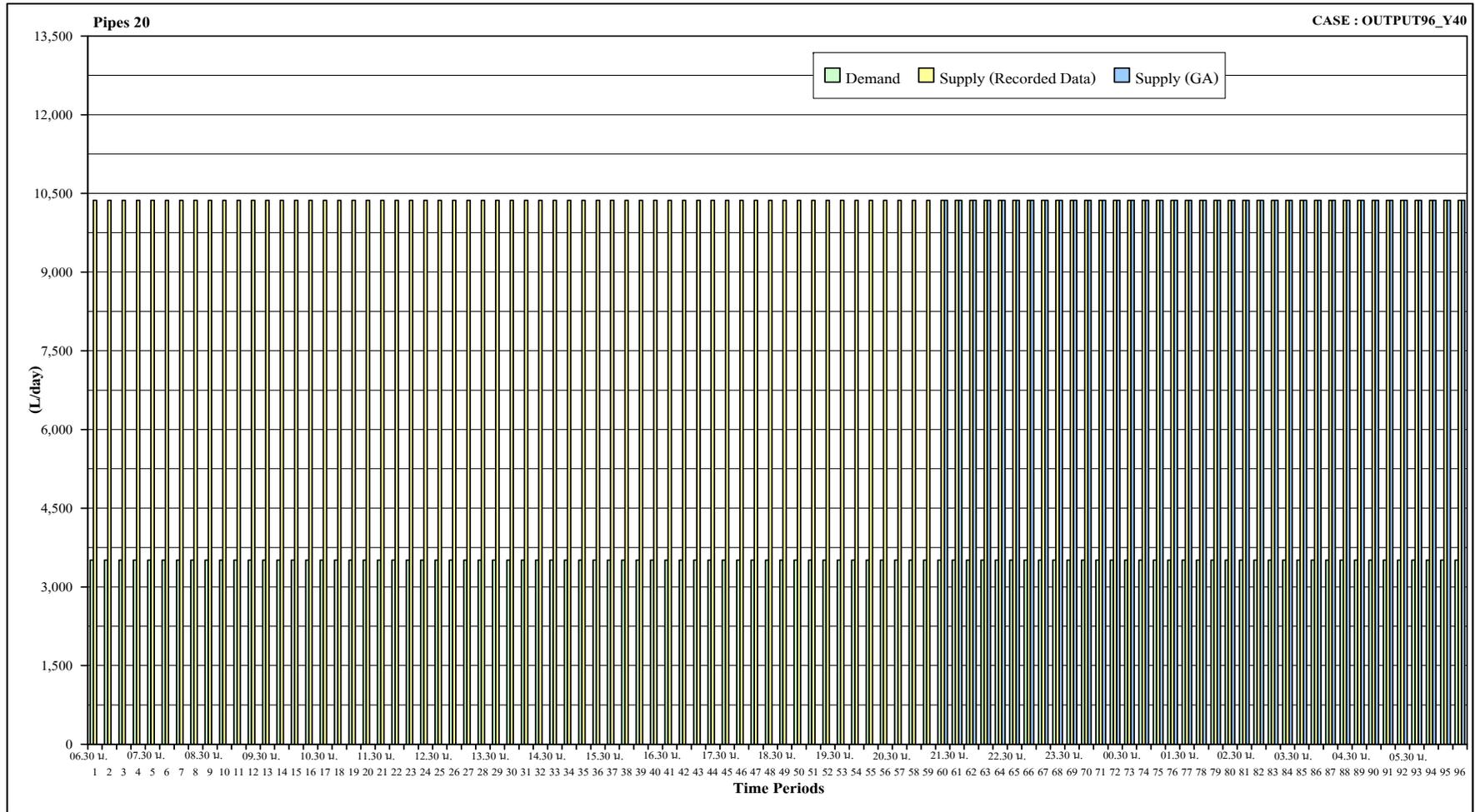
ภาพผนวกที่ 119 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 17 (OUTPUT96_Y40)



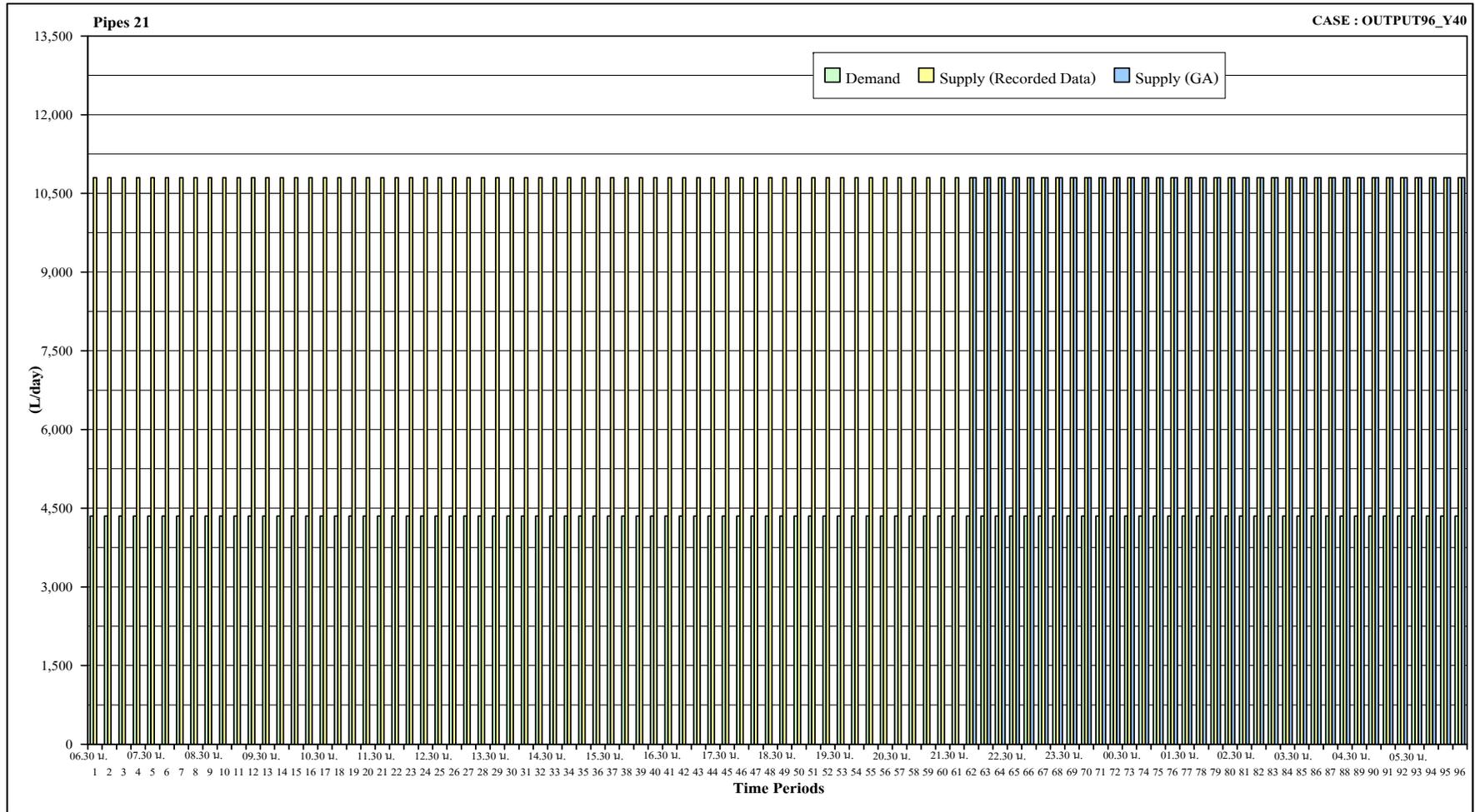
ภาพผนวกที่ 120 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 18 (OUTPUT96_Y40)



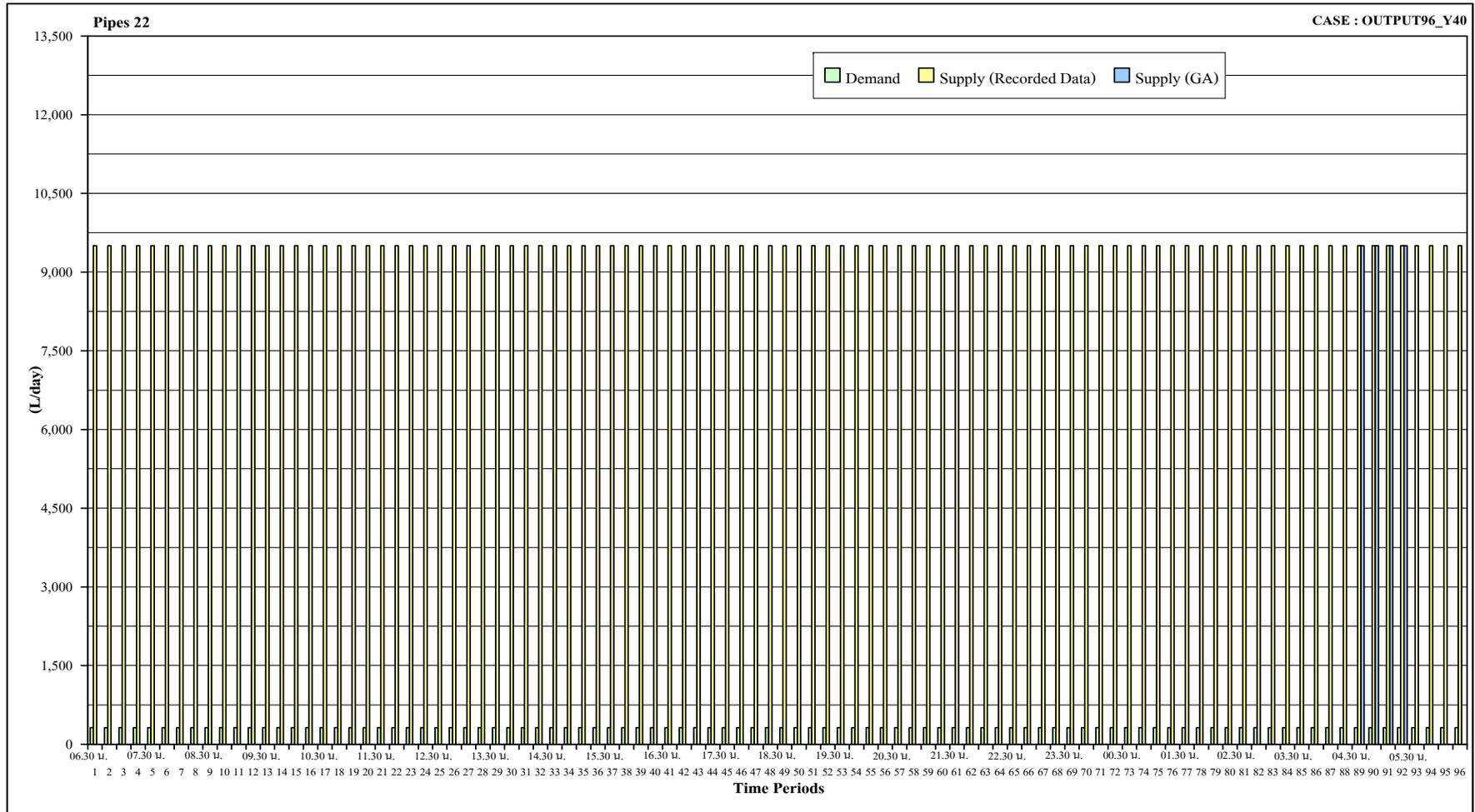
ภาพผนวกที่ 121 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 19 (OUTPUT96_Y40)



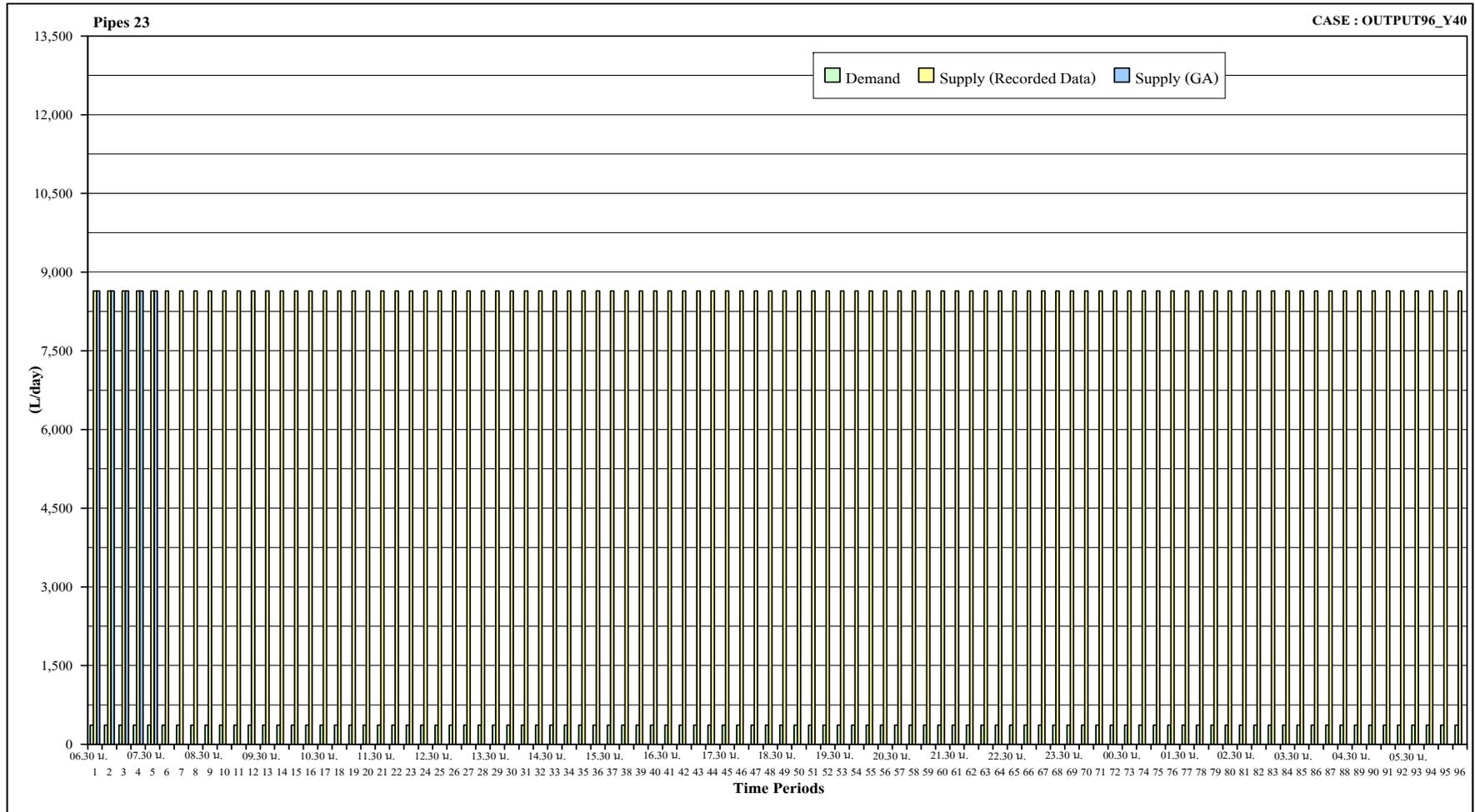
ภาพผนวกที่ 122 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 20 (OUTPUT96_Y40)



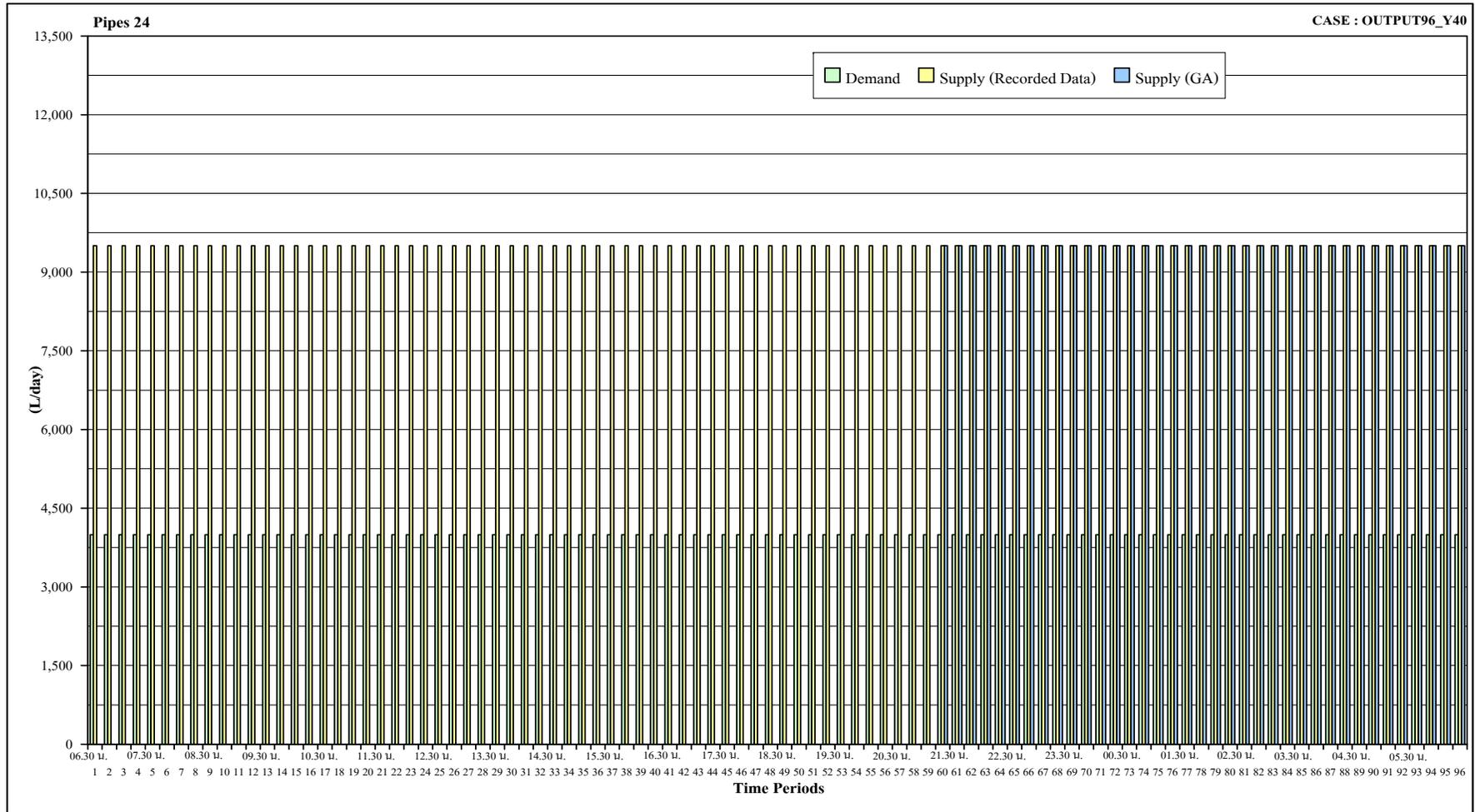
ภาพผนวกที่ 123 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 21 (OUTPUT96_Y40)



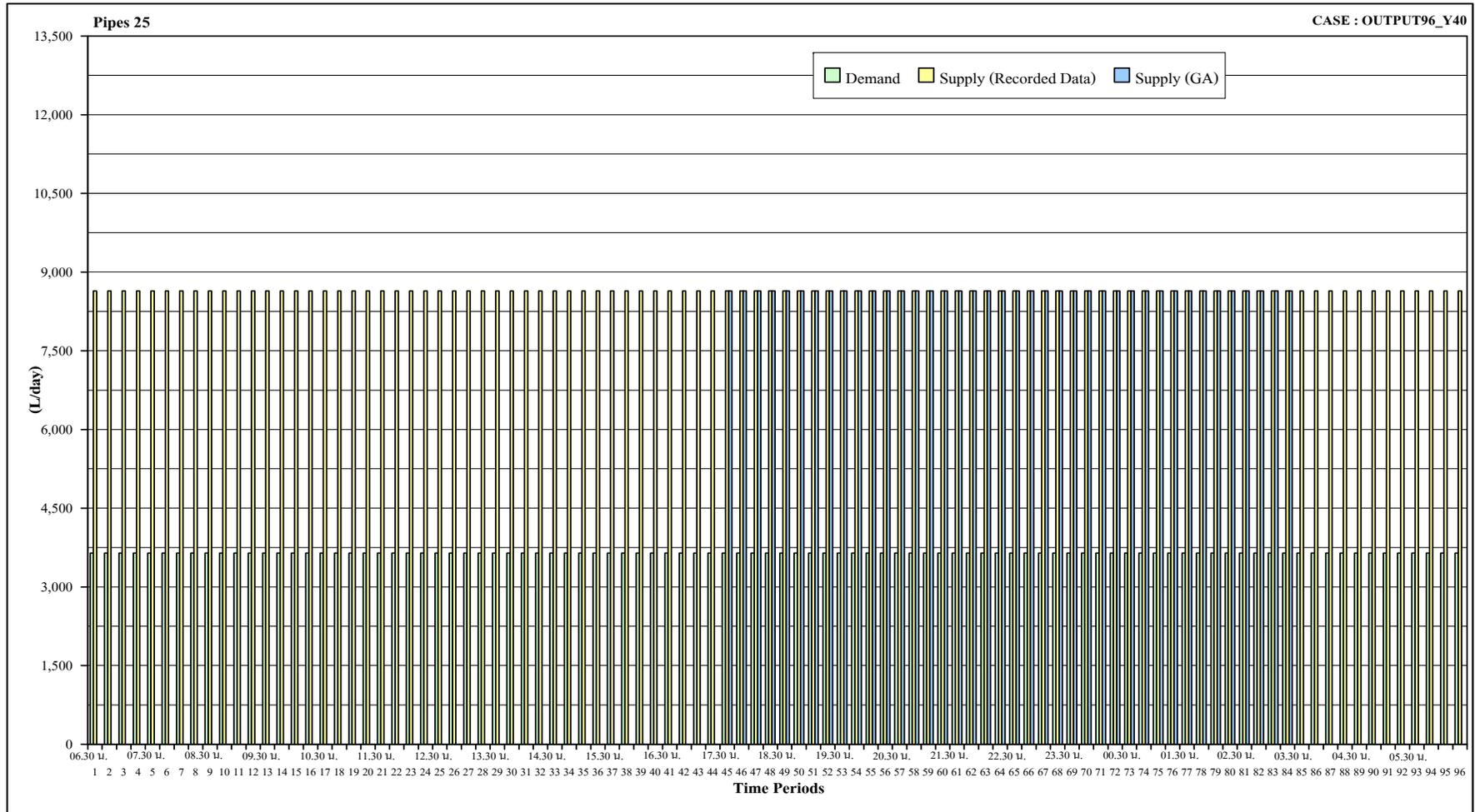
ภาพผนวกที่ 124 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 22 (OUTPUT96_Y40)



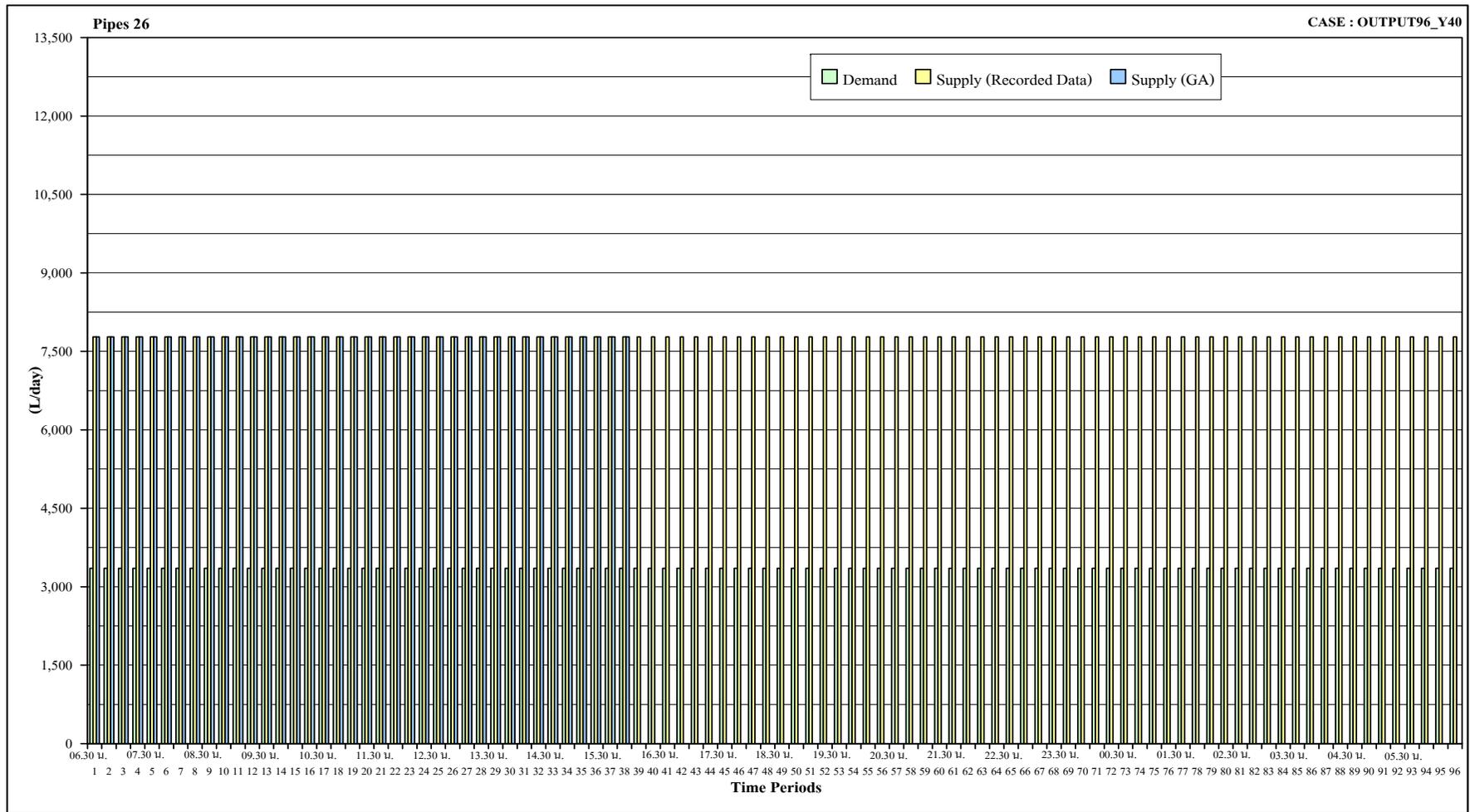
ภาพผนวกที่ 125 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 23 (OUTPUT96_Y40)



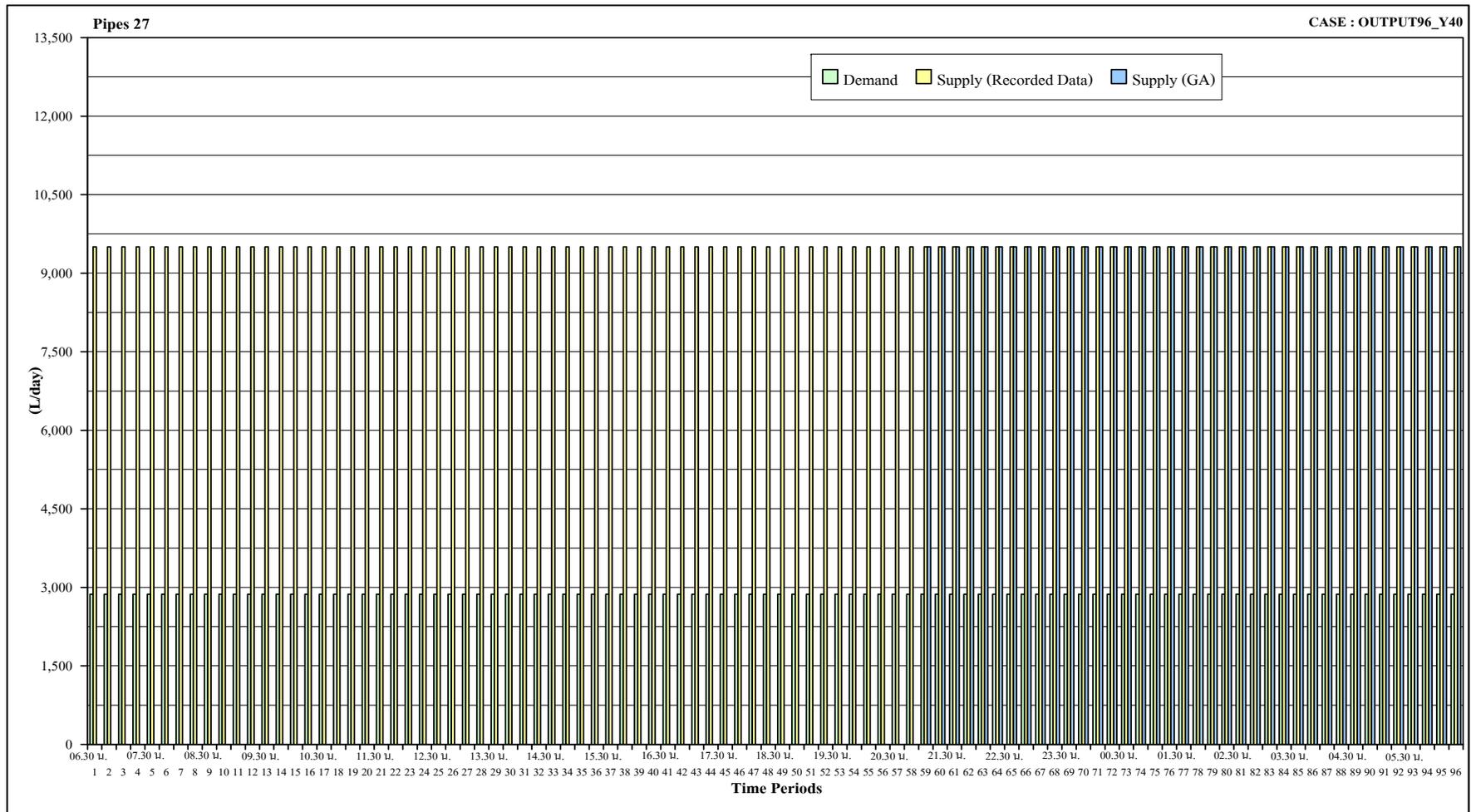
ภาพผนวกที่ 126 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 24 (OUTPUT96_Y40)



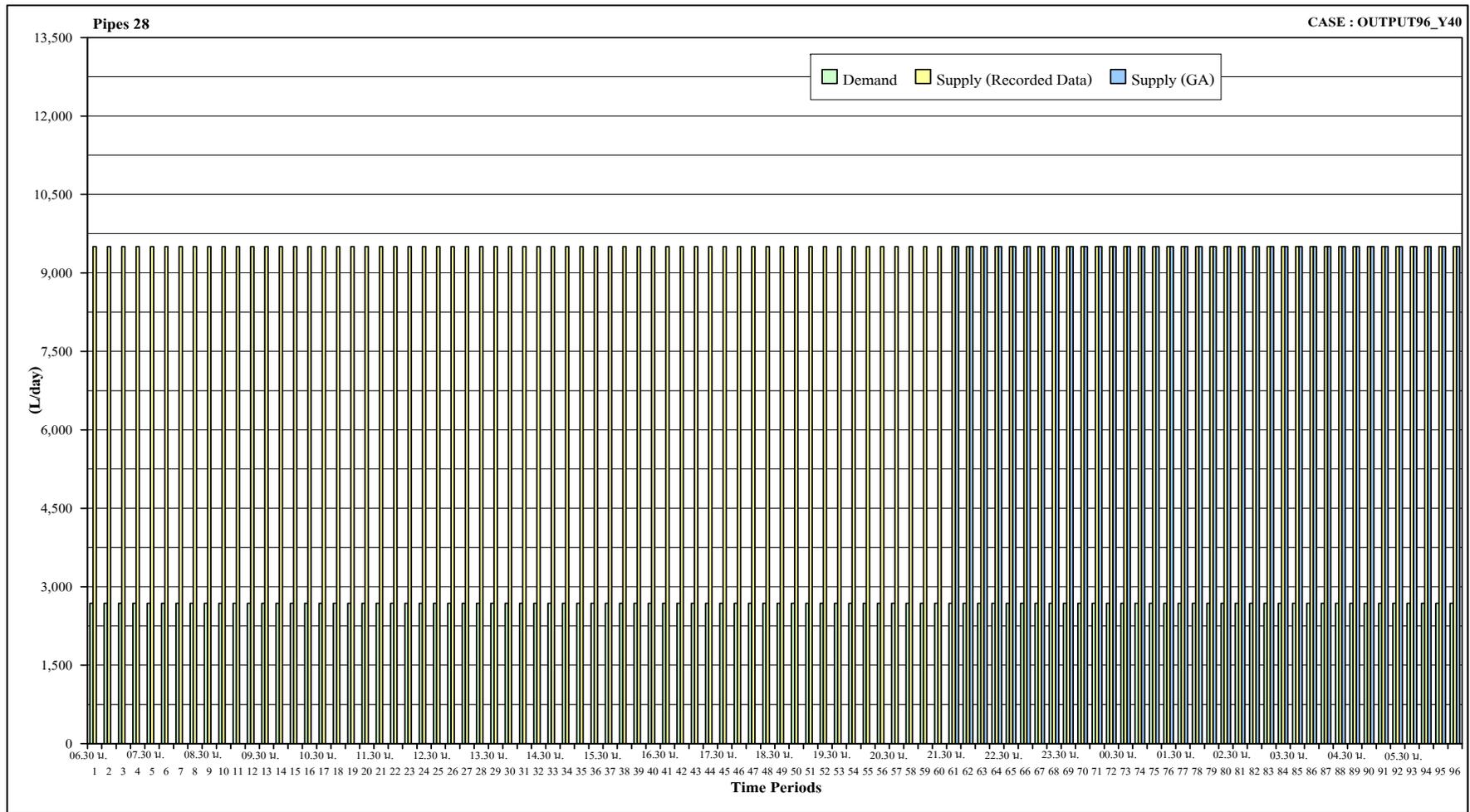
ภาพผนวกที่ 127 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 25 (OUTPUT96_Y40)



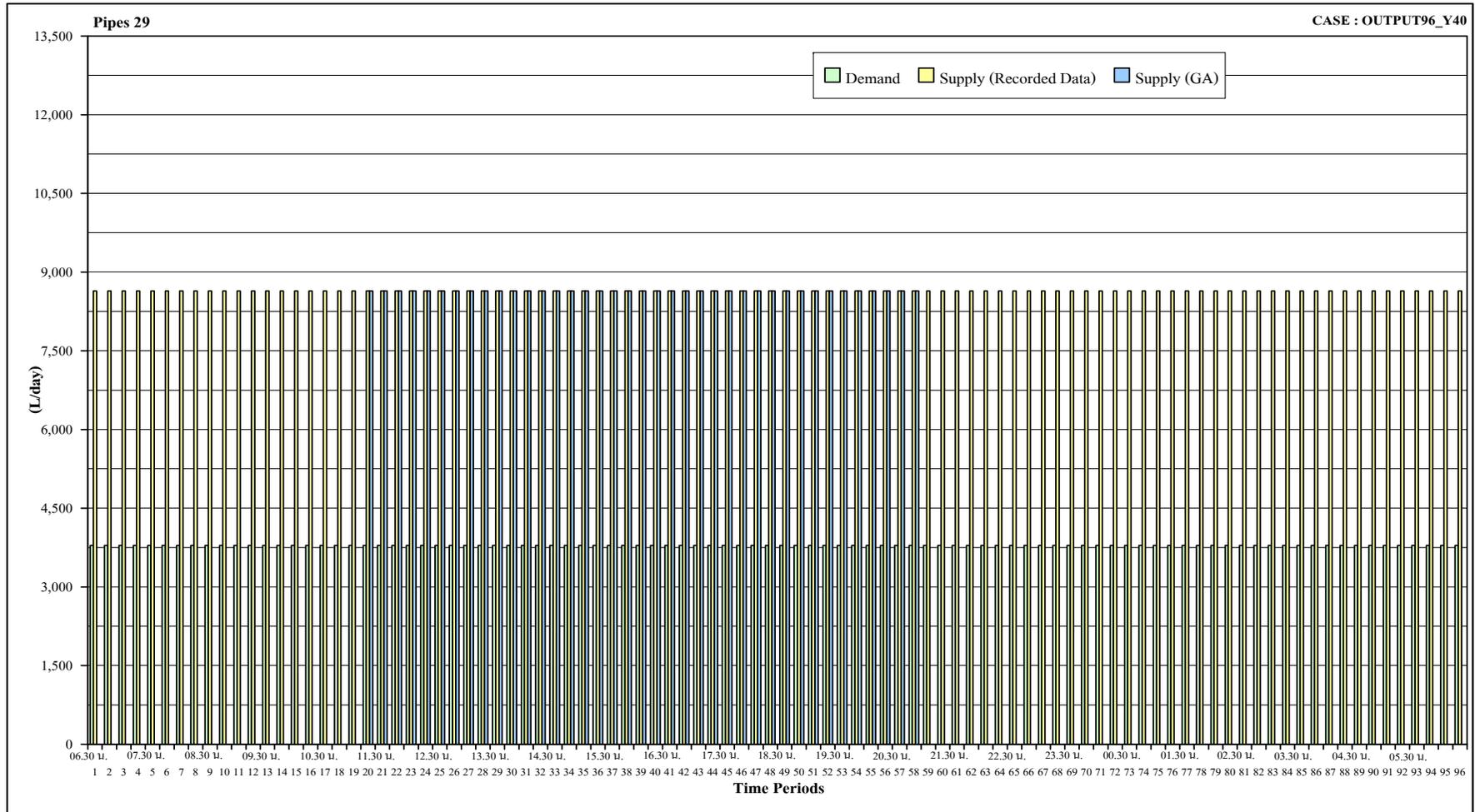
ภาพผนวกที่ 128 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 26 (OUTPUT96_Y40)



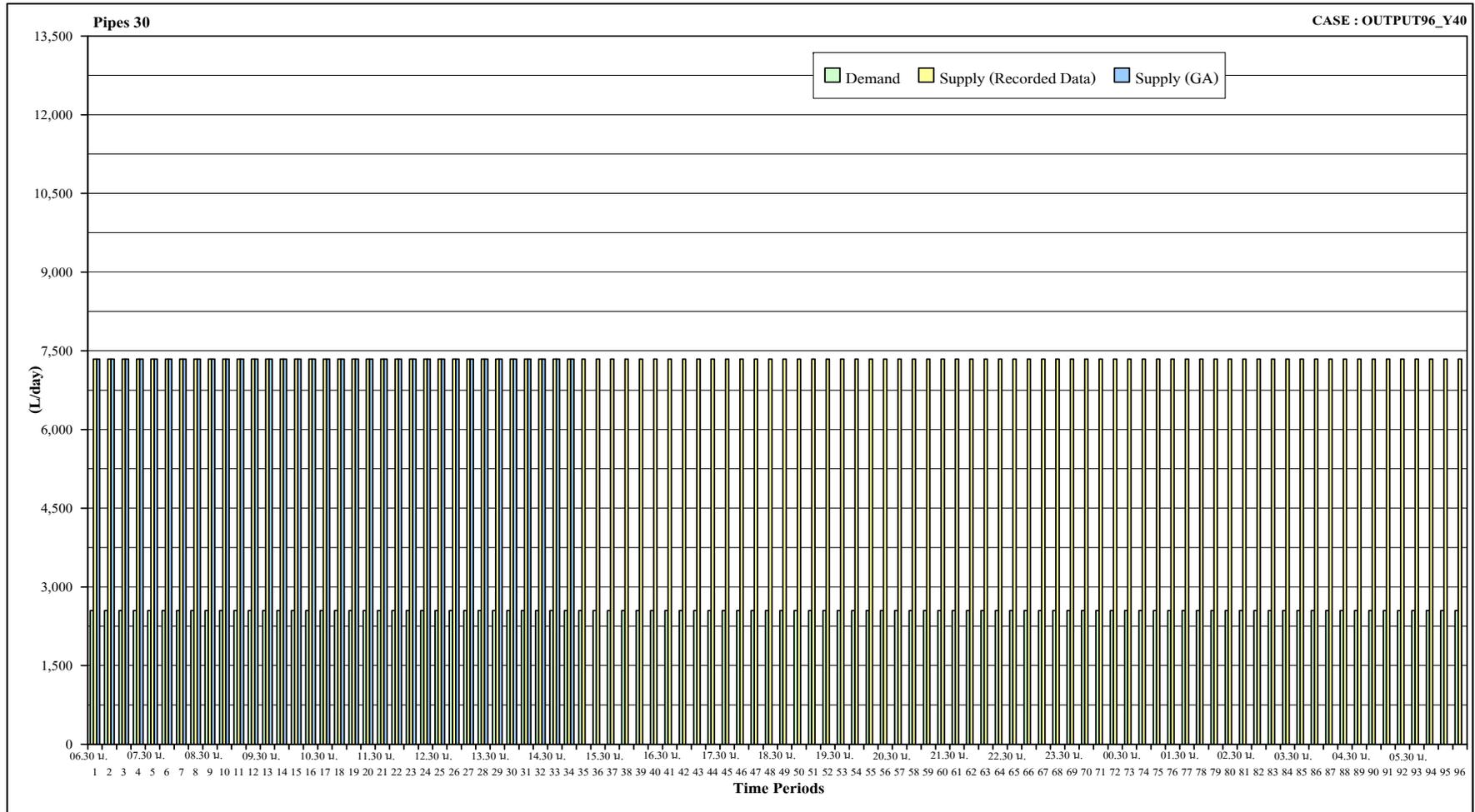
ภาพผนวกที่ 129 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 27 (OUTPUT96_Y40)



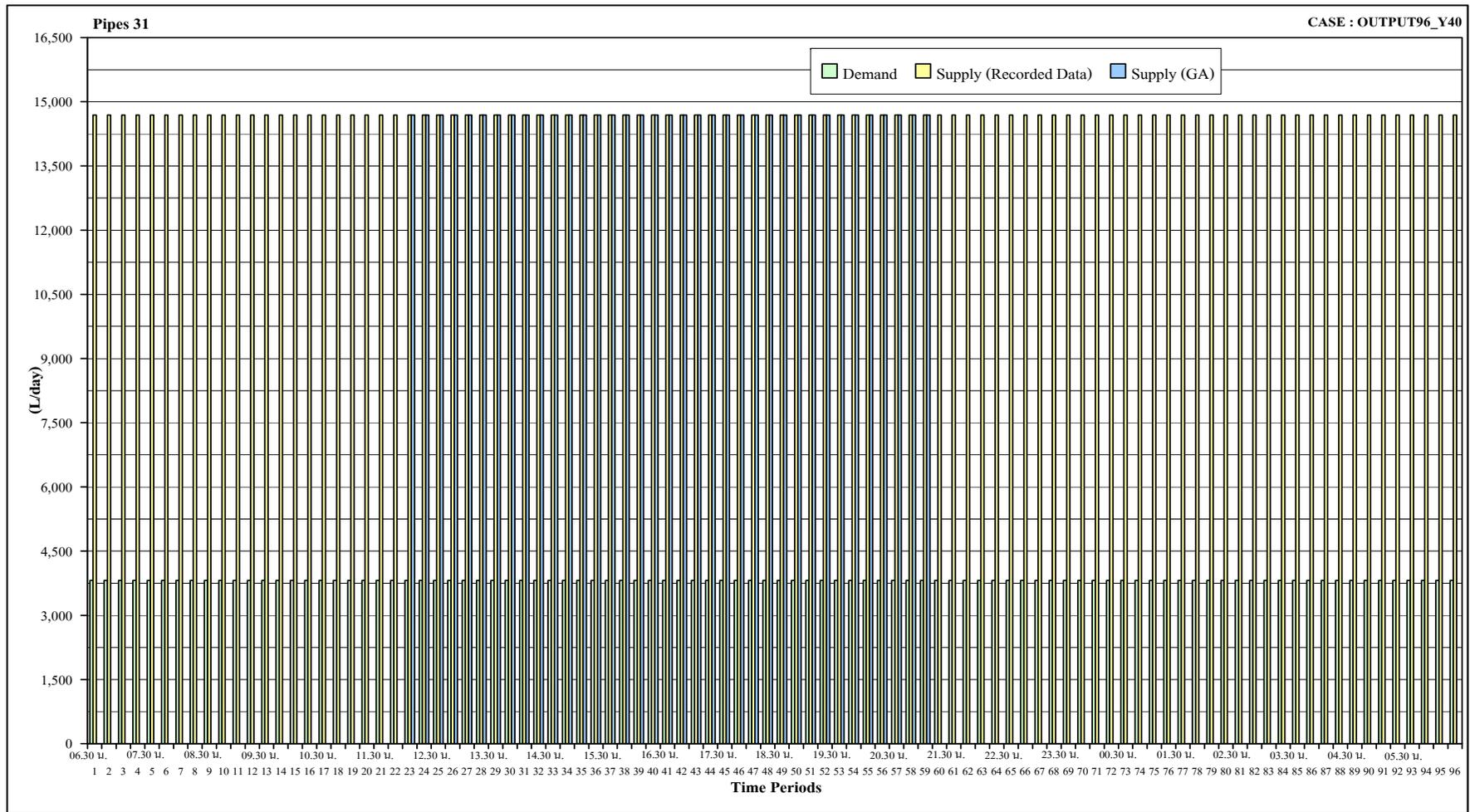
ภาพผนวกที่ 130 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 28 (OUTPUT96_Y40)



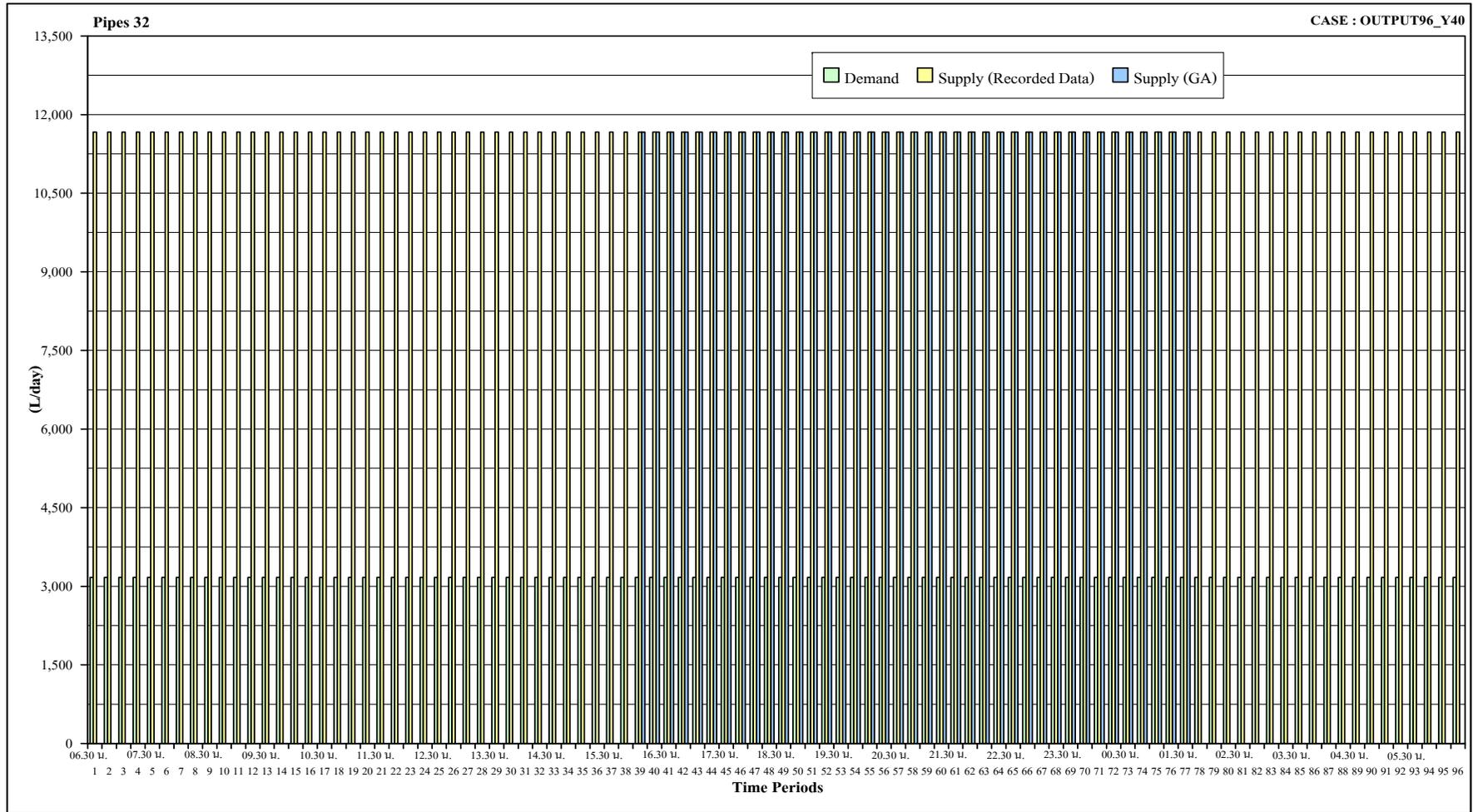
ภาพผนวกที่ 131 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 29 (OUTPUT96_Y40)



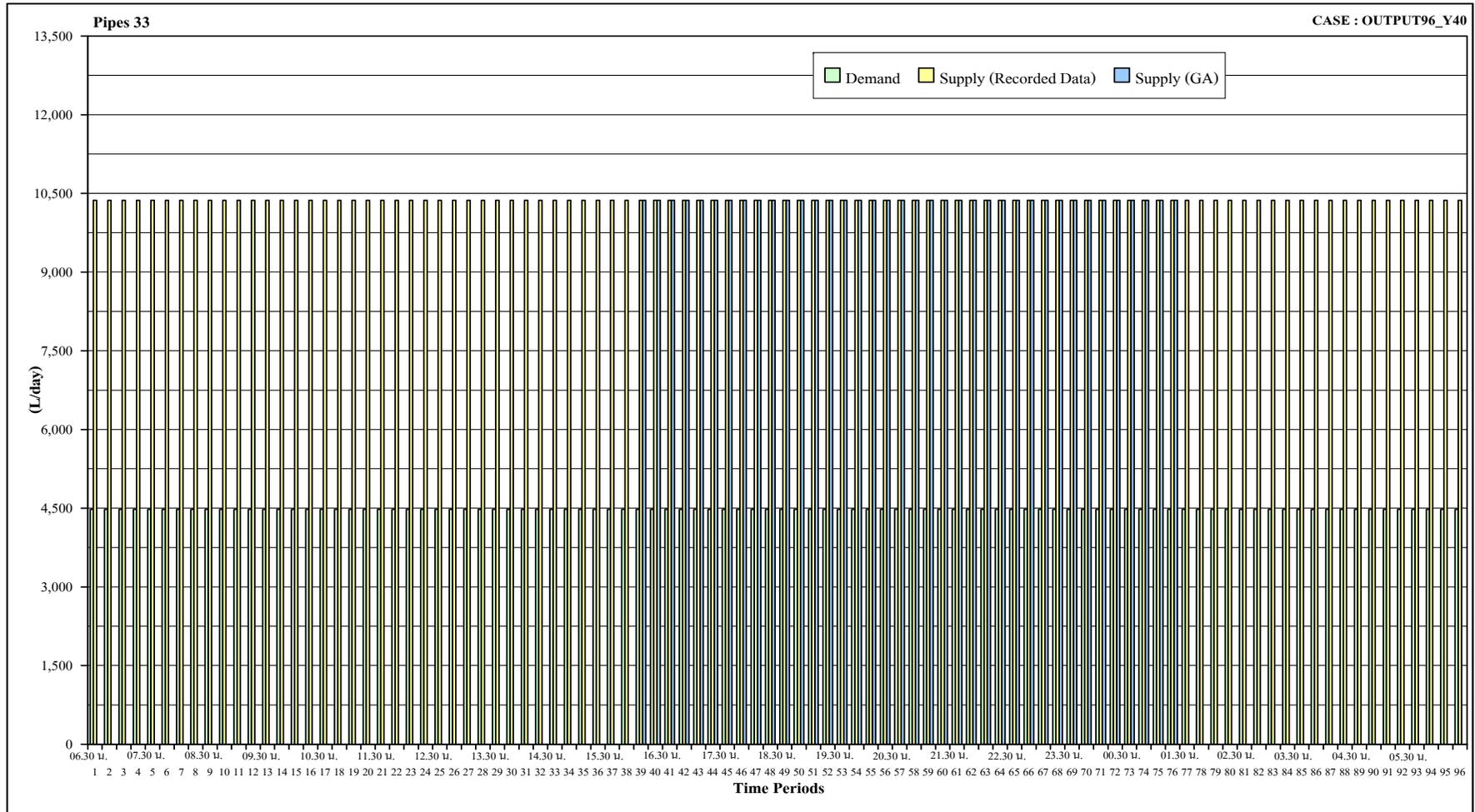
ภาพผนวกที่ 132 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 30 (OUTPUT96_Y40)



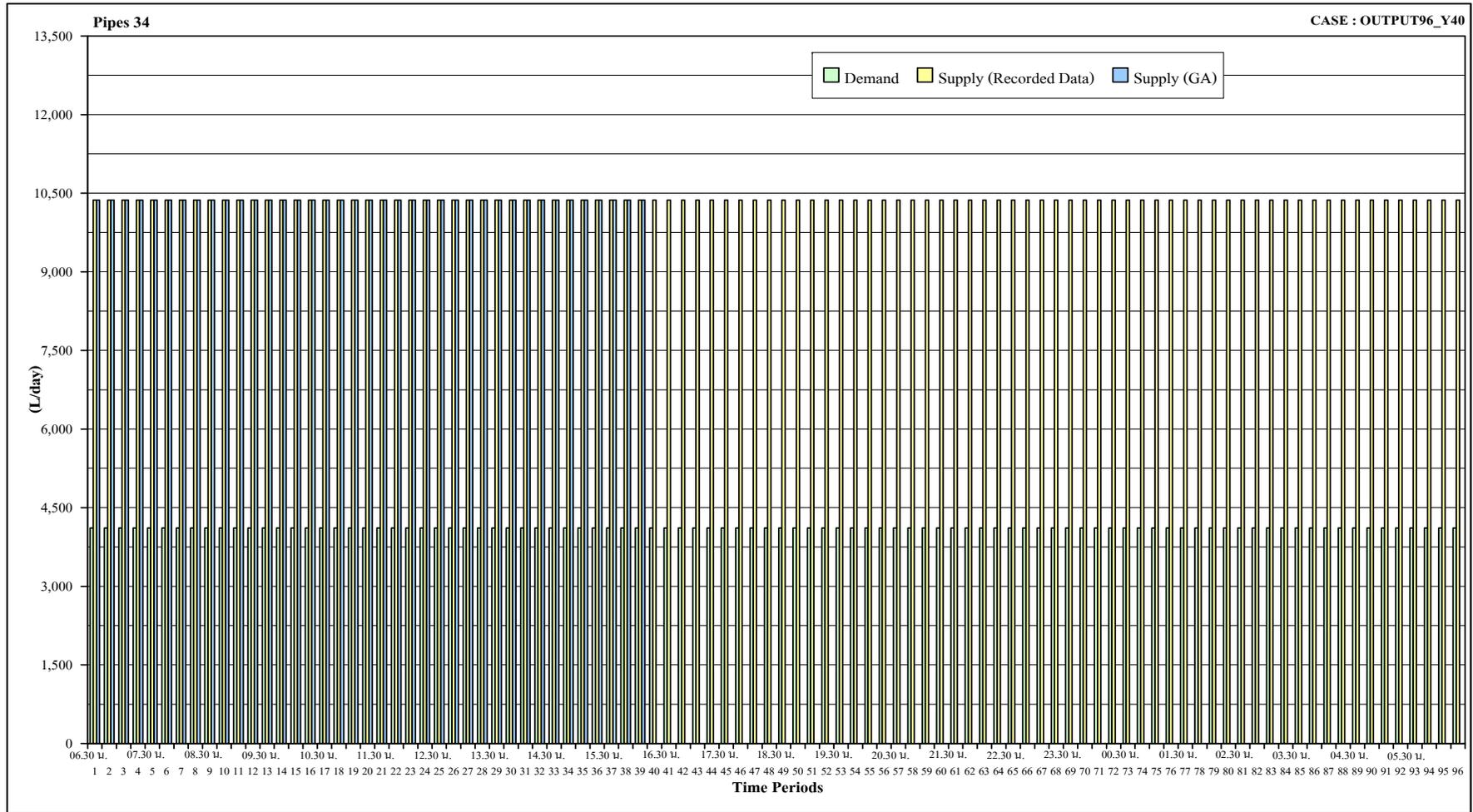
ภาพผนวกที่ 133 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 31 (OUTPUT96_Y40)



ภาพผนวกที่ 134 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 32 (OUTPUT96_Y40)



ภาพผนวกที่ 135 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 33 (OUTPUT96_Y40)



ภาพผนวกที่ 136 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาของอาคารจ่ายน้ำที่ 34 (OUTPUT96_Y40)

ตารางผนวกที่ ๓4 แสดงช่วงระยะเวลาการส่งน้ำและจำนวนพื้นที่เพาะปลูกที่สามารถเพิ่มได้ (CASE : OUTPUT96_Y40)

Pipes	Start		Finish		Supply		Remaid (L/)			ชนิดของไม้ผล (ไร่)		
	Time Periods	Time	Time Periods	Time	(Recorded Data)	Supply (GA)	ต่อวัน	ต่อฤดูกาล (213 วัน)	ทุเรียน	เงาะ	มังคุด	ลองกอง / ลางสาด
1	1	06.15	29	13.30	829,440.00	250,560.00	578,880.00	87,410,880.00	112.00	97.00	97.00	102.00
2	1	06.15	32	14.15	829,440.00	276,480.00	552,960.00	83,496,960.00	107.00	92.00	92.00	97.00
3	63	22.00	96	06.15	829,440.00	293,760.00	535,680.00	80,887,680.00	103.00	90.00	90.00	94.00
4	34	14.45	62	21.45	912,384.00	275,616.00	636,768.00	96,151,968.00	123.00	107.00	107.00	112.00
5	29	13.30	62	21.45	953,856.00	337,824.00	616,032.00	93,020,832.00	119.00	103.00	103.00	109.00
6	66	22.45	96	06.15	912,384.00	294,624.00	617,760.00	93,281,760.00	119.00	103.00	103.00	109.00
7	35	15.00	66	22.45	1,244,160.00	414,720.00	829,440.00	125,245,440.00	160.00	139.00	139.00	146.00
8	1	06.15	29	13.30	1,244,160.00	375,840.00	868,320.00	131,116,320.00	168.00	146.00	146.00	153.00
9	1	06.15	31	14.00	1,327,104.00	428,544.00	898,560.00	135,682,560.00	174.00	151.00	151.00	159.00
10	59	21.00	96	06.15	1,327,104.00	525,312.00	801,792.00	121,070,592.00	155.00	134.00	134.00	142.00
11	31	14.00	59	21.00	2,160,000.00	652,500.00	1,507,500.00	227,632,500.00	292.00	253.00	253.00	266.00
12	1	06.15	36	15.15	1,161,216.00	435,456.00	725,760.00	109,589,760.00	140.00	122.00	122.00	128.00
13	1	06.15	39	16.00	1,119,744.00	454,896.00	664,848.00	100,392,048.00	128.00	111.00	111.00	117.00
14	60	21.15	96	06.15	1,119,744.00	431,568.00	688,176.00	103,914,576.00	133.00	115.00	115.00	121.00
15	60	21.15	96	06.15	912,384.00	351,648.00	560,736.00	84,671,136.00	108.00	94.00	94.00	99.00
16	57	20.30	96	06.15	953,856.00	397,440.00	556,416.00	84,018,816.00	107.00	93.00	93.00	98.00
17	22	11.45	57	20.30	912,384.00	342,144.00	570,240.00	86,106,240.00	110.00	95.00	95.00	100.00
18	4	07.15	44	17.15	995,328.00	425,088.00	570,240.00	86,106,240.00	110.00	95.00	95.00	100.00

ตารางผนวกที่ ๓4 (ต่อ)

Pipes	Start		Finish		Supply (Recorded Data)	Supply (GA)	Remaid (L/)			ชนิดของไม้ผล (ไร่)		
	Time Periods	Time	Time Periods	Time			ต่อวัน	ต่อฤดูกาล (213 วัน)	ทุเรียน	เงาะ	มังคุด	ลองกอง / لاغสาด
19	1	06.15	37	15.30	912,384.00	351,648.00	560,736.00	84,671,136.00	108.00	94.00	94.00	99.00
20	60	21.15	96	06.15	995,328.00	383,616.00	611,712.00	92,368,512.00	118.00	102.00	102.00	108.00
21	62	21.45	96	06.15	1,036,800.00	378,000.00	658,800.00	99,478,800.00	127.00	110.00	110.00	116.00
22	89	04.30	92	05.15	912,384.00	38,016.00	874,368.00	132,029,568.00	มีน้ำใช้อุปโภคบริโภค จำนวน 4371 คน ตลอดทั้งปี			
23	1	06.15	5	07.30	829,440.00	43,200.00	786,240.00	118,722,240.00	มีน้ำใช้อุปโภคบริโภค จำนวน 3931 คน ตลอดทั้งปี			
24	60	21.15	96	06.15	912,384.00	351,648.00	560,736.00	84,671,136.00	108.00	94.00	94.00	99.00
25	45	17.30	84	03.15	829,440.00	345,600.00	483,840.00	73,059,840.00	93.00	81.00	81.00	85.00
26	1	06.15	38	15.45	746,496.00	295,488.00	451,008.00	68,102,208.00	87.00	75.00	75.00	79.00
27	59	21.00	96	06.15	912,384.00	361,152.00	551,232.00	83,236,032.00	106.00	92.00	92.00	97.00
28	61	21.30	96	06.15	912,384.00	342,144.00	570,240.00	86,106,240.00	110.00	95.00	95.00	100.00
29	20	11.15	58	20.45	829,440.00	336,960.00	492,480.00	74,364,480.00	95.00	82.00	82.00	87.00
30	1	06.15	34	14.45	705,024.00	249,696.00	455,328.00	68,754,528.00	88.00	76.00	76.00	80.00
31	23	12.00	59	21.00	1,410,048.00	543,456.00	866,592.00	130,855,392.00	167.00	145.00	145.00	153.00
32	39	16.00	77	01.30	1,119,744.00	454,896.00	664,848.00	100,392,048.00	128.00	111.00	111.00	117.00
33	39	16.00	76	01.15	995,328.00	393,984.00	601,344.00	90,802,944.00	116.00	101.00	101.00	106.00
34	1	06.15	39	16.00	995,328.00	404,352.00	590,976.00	89,237,376.00	114.00	99.00	99.00	104.00
					34,798,464.00	12,237,876.00	22,560,588.00	3,406,648,788.00	4,033.00	3,497.00	3,497.00	3,682.00

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ - นามสกุล	นายธนิต จักรวานนท์
วัน เดือน ปี เกิด	วันพุธที่ 7 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2516
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร (พ.ศ.2543)
ตำแหน่งปัจจุบัน	นายช่างชลประทานชำนาญงาน
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาประแสร์ จังหวัดระยอง