

บทที่ 5

การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลร่วมน้ำผิวดินในกลุ่มน้ำยมโดยใช้แบบจำลอง SWAT และ MODFLOW เพื่อวางแผนในการใช้ประโยชน์พื้นที่อย่างยั่งยืน

5.1 วิธีการดำเนินงาน

การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลร่วมน้ำผิวดินโดยใช้แบบจำลอง SWAT และ MODFLOW นั้น ในการนำข้อมูลไปใช้จึงต้องมีการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลต่างๆ ก่อนที่จะมีการนำเข้าแบบจำลองซึ่งประกอบไปด้วยการตรวจสอบข้อมูลอัตราการไหล ข้อมูลฝน วิธีและหลักการนำเข้าข้อมูลของแบบจำลอง และการวิเคราะห์ผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งมีวิธีการดำเนินงานดังต่อไปนี้

5.2 การวิเคราะห์การเกิดน้ำท่วมโดยใช้ข้อมูลทางสถิติ

จากข้อมูลอัตราการไหลสูงสุดรายวันของสถานีวัดน้ำท่าในกลุ่มน้ำยมทำการแจกแจงความน่าจะเป็น วิเคราะห์หาอัตราการไหลสูงสุดที่คาบการกลับต่างๆ เพื่อหาระดับความรุนแรงที่จะเกิดอัตราการไหลผ่านสถานีต่างๆ โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

1. นำข้อมูลอัตราการไหลสูงสุดรายวันของสถานีวัดน้ำท่ามาเรียงลำดับโดยกำหนดลำดับตั้งแต่ $m=1$ ไปจนถึงลำดับสุดท้ายมีค่าน้อยที่สุดเป็นลำดับที่ n ($m=n$)
2. คำนวณความน่าจะเป็นที่อัตราการไหลสูงสุดรายวันของจากสูตรของสมการการแจกแจงแบบ Weibull
3. พล็อตอัตราการไหลสูงสุดรายวันกับความน่าจะเป็นที่อัตราการไหล โดยที่พล็อตให้อัตราการไหลสูงสุดรายวันของอยู่บนแกนตั้งในมาตราส่วนลอการิทึม และความน่าจะเป็นที่อัตราการไหลสูงสุดรายวันอยู่บนแกนนอน
4. วิเคราะห์หาอัตราการไหลสูงสุดที่คาบการกลับต่างๆ

5.3 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำบาดาลโดยดัชนีการไหลพื้นฐาน (baseflow)

ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ได้นำโปรแกรม MATLAB 7.5.0 เวอร์ชัน R2007b มาช่วยในการคำนวณโดยการสร้างชุดฟังก์ชัน M-file เพื่อคำนวณหาการปริมาตรการไหลพื้นฐานโดยใช้กฎสี่เหลี่ยมคางหมู สมการ (2.2) และค่าดัชนีการไหลพื้นฐาน สามารถเรียกใช้คำสั่งที่ command window ของ MATLAB ได้

จากการรวบรวมข้อมูลอัตราการไหลรายวันหรือปริมาณการไหลในลำน้ำ จำนวน 8 สถานี โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าดัชนีการไหลพื้นฐานต่อไปนี้

1. เขียนกลุ่มฟังก์ชัน M- file โดยการกำหนดให้ตัวแปร คือ ปริมาณการไหลในลำน้ำทั้งหมด (DIS) และเวลา (TIME)
2. แยก baseflow ออกจากการไหลพื้นฐานออกจากปริมาณการไหลในลำน้ำทั้งหมดโดยใช้คำสั่ง ginput ในหน้าต่าง MATLAB ใช้เมาท์เลื่อนไปยังจุดที่กราฟอุทกการไหลแสดงค่าต่ำสุดในแต่ละช่วง (Gustard et al., 1992) จะได้ค่า TQb โดยอัตโนมัติบนหน้าต่างของ MATLAB เมื่อค่า TQb คือ พิกัดของกราฟอุทกการไหลพื้นฐาน (Tb, Qb) แกน y คือ อัตราการไหล (Qb), แกน x คือ เวลา (Tb) จากค่าพิกัดสามารถนำไปคำนวณหาปริมาตรการไหลพื้นฐาน
3. คำนวณปริมาณการไหลในลำน้ำจะใช้กฎสี่เหลี่ยมคางหมู โดยการเขียนกลุ่มฟังก์ชัน M-file ที่สร้างบน MATLAB ดังสมการ (2) ซึ่งใช้คำสั่ง trapz (TIME, DIS) จะได้ค่า volt คือ ปริมาตรการไหลพื้นฐาน
4. คำนวณปริมาตรการไหลพื้นฐานและปริมาตรการไหลพื้นฐานในแต่ละปีได้โดยกฎสี่เหลี่ยมคางหมูโดยการเขียนกลุ่มฟังก์ชัน M-file ที่สร้างบน MATLAB ดังสมการ (2) กำหนดให้ตัวแปรใหม่ คือ อัตราการไหล (Qb) และเวลา (Tb) ซึ่งใช้คำสั่ง trapz (Tb, Qb) จะได้ค่า volb คือ ปริมาตรการไหลพื้นฐาน
5. คำนวณค่าดัชนีการไหลพื้นฐาน (BFI) ซึ่งหาค่าได้จากปริมาณการไหลพื้นฐานหารด้วย ปริมาณการไหลในลำน้ำ ดังตัวอย่าง M-file ของสถานี Y.6 โดยตัวแปรอธิบายไว้ในข้อ 2. และค่าตัวแปร indb คือ ค่าดัชนีการไหลพื้นฐาน

%program to calculate baseflow index

```
TQb6 =[ 0.85      3.57  
        38.27     2.47  
        88.17     1.92  
        ...      ...  
        4017.00    2.60]
```

```
Tb6=TQb6(:,1);
```

```
Qb6=TQb6(:,2);
```

```
plot(TIME6,DIS6,Tb6,Qb6);
```

```
title('Bana Kaeng Luang, Si Satchanaalai, Sukhothai Y6(1998-2008)')
```

```
xlabel('Time(Day)')
```

```
ylabel('Discharge(CMS)')
```

```
volt=trapz(TIME6,DIS6)
```

```
volb=trapz(Tb6,Qb6)
```

```
indb=volb/volt
```

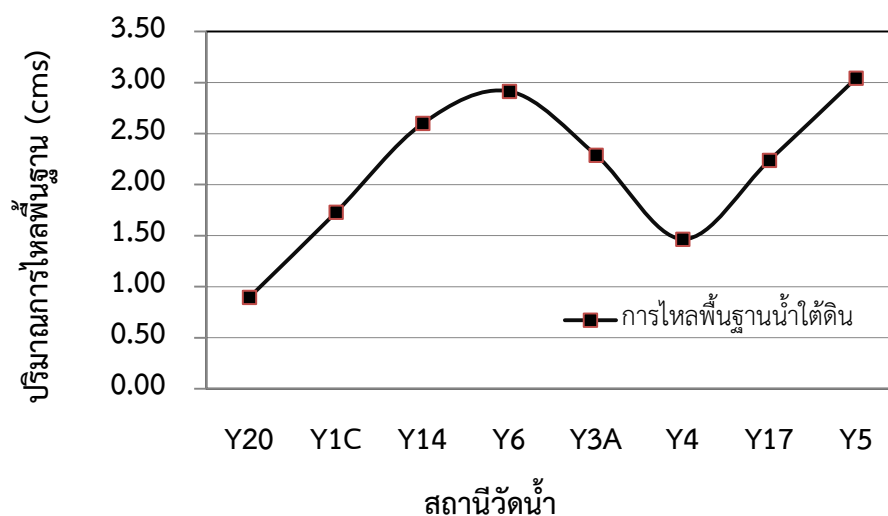
6. ทำการวิเคราะห์และประเมินค่าดัชนีการไหลพื้นฐานและแนวโน้มเชิงเส้นปริมาณน้ำบาดาล

5.3.1 ผลการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการไหลพื้นฐาน

ผลการวิเคราะห์และการประเมินค่าดัชนีการไหลพื้นฐานในพื้นที่ศึกษา สามารถแสดงผลตามสถานีวัดน้ำตลอดตามความยาวแม่น้ำยมได้ดังตารางที่ 5.1 และรูปที่ 5.1 กราฟปริมาณการไหลพื้นฐาน จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบเชิงพื้นที่ที่จะแสดงให้เห็นถึงศักยภาพปริมาณการไหลพื้นฐานของน้ำบาดาลที่ไหลเต็มลงสู่แม่น้ำยมสูงสุดอยู่ที่สถานีวัดน้ำ Y.5 อำเภอโพทะเล จังหวัดพิจิตร 3.04 ลบ.ม./วินาที ทางแม่น้ำยมตอนล่าง และมีค่าต่ำสุดที่สถานีวัดน้ำ Y. 20 อำเภอสอง จังหวัดแพร่ 0.90 ลบ.ม./วินาที ทางแม่น้ำยมตอนบนซึ่งเป็นผลมาจากความลาดชันของลำน้ำและสอดคล้องกับหลักการเคลื่อนที่ของน้ำบาดาล จากการประเมินศักยภาพการไหลพื้นฐานรายปีของน้ำบาดาลที่ไหลเต็มลงสู่แม่น้ำยมซึ่งมีปริมาณน้ำที่ต่ำไม่เพียงพอกับปริมาณน้ำที่จะอนุรักษ์ระบบนิเวศในลำน้ำไว้ได้ และยิ่งจะส่งผลให้เกิดการตกตะกอนสะสมทำให้แม่น้ำตื้นเขินได้เร็วยิ่งขึ้นในหน้าแล้ง

ตารางที่ 5.1 ปริมาณการไหลพื้นฐานที่สถานีวัดน้ำในแม่น้ำยม (ลบ.ม./วินาที)

สถานีวัดน้ำ	อำเภอ	จังหวัด	อัตราการไหล ระดับตลิ่ง (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำบาดาล เฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.ต่อปี)	ปริมาณการ ไหลพื้นฐาน (ลบ.ม./วินาที)
Y.20	สอง	แพร่	3,100	311.10	0.90
Y.1C	เมือง	แพร่	1,000	600.77	1.73
Y.6	ศรีสัชนาลัย	สุโขทัย	2,415	903.14	2.60
Y.3A	สวรรคโลก	สุโขทัย	1,225	1011.95	2.91
Y.4	เมือง	สุโขทัย	720	794.70	2.29
Y.16	บางระกำ	พิษณุโลก	357	370.03	1.47
Y.17	สามง่าม	พิจิตร	494	565.30	2.24
Y.5	โพทะเล	พิจิตร	652	672.61	3.04



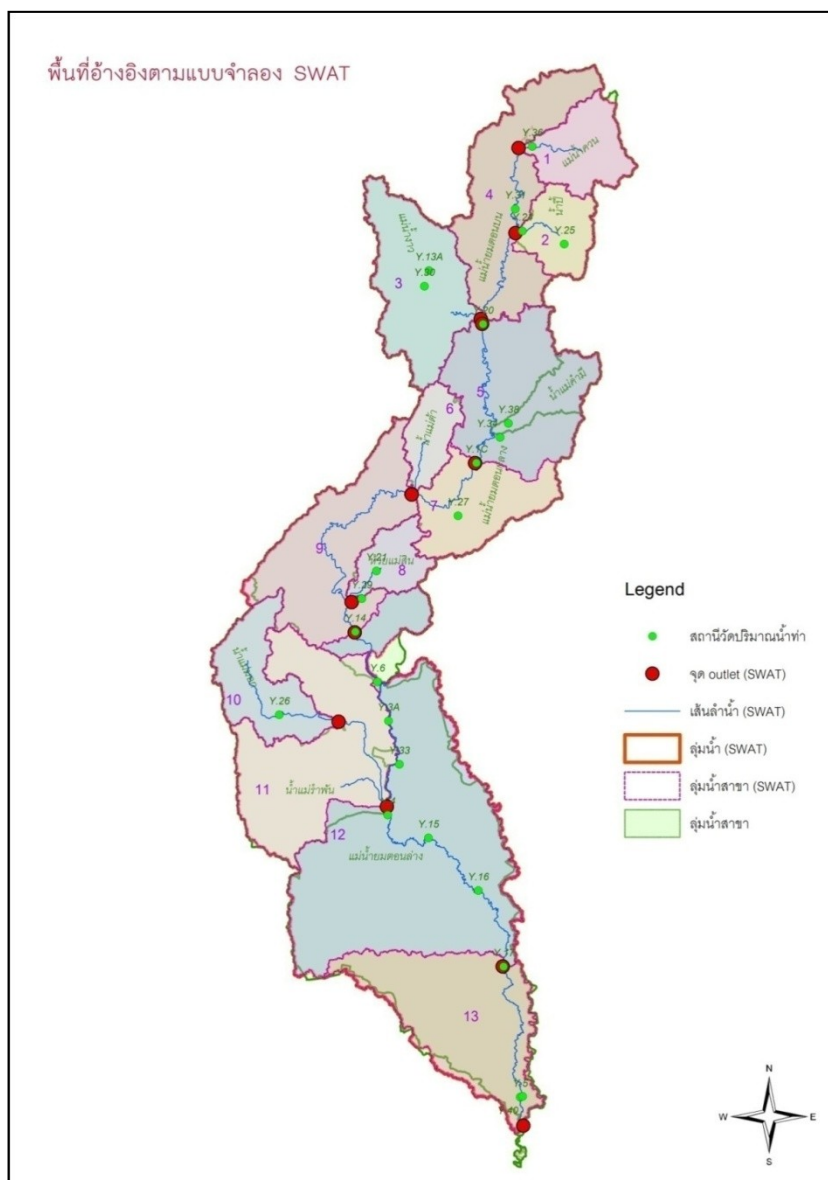
รูปที่ 5.1 กราฟปริมาณการไหลพื้นฐานน้ำบาดาลที่ไหลเต็มสู่แม่น้ำยมรายปี

5.4 การสร้างแบบจำลองน้ำผิวดิน

สำหรับการประเมินปริมาณน้ำผิวดินด้วยแบบจำลอง SWAT มีพื้นที่การจำลองเท่ากับ 23,948 ตารางกิโลเมตร แบ่งพื้นที่การจำลองได้เท่ากับ 13 กลุ่มน้ำย่อย โดยมีขั้นตอนในการสร้างแบบจำลอง SWAT ดังนี้

5.4.1 การสร้างลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำ

โดยเริ่มตั้งแต่การสร้างขอบเขตและเส้นลำน้ำของกลุ่มน้ำจาก DEM ใส่ตำแหน่งกำหนดจุดออกเพื่อพิจารณาน้ำท่า 10 จุด แสดงพื้นที่การจำลองดังรูปที่ 5.2 ข้อมูลอ่างเก็บน้ำในกลุ่มน้ำ



รูปที่ 5.2 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำยมด้วยแบบจำลอง SWAT

5.4.2 การนำเข้าข้อมูลหน่วยตอบสนองทางด้านอุทกวิทยา

เป็นการนำเข้าข้อมูลหน่วยตอบสนองทางด้านอุทกวิทยาได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน กลุ่มดิน และข้อมูลอุตุนิยมิวิทยา เป็นต้น ทำการจำลองจากการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 และ 2552

1. ช่วงปี พ.ศ. 2544

ข้อมูลการจัดกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มน้ำยมจากกรมทรัพยากรน้ำปี พ.ศ. 2544 สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 5.2 และกลุ่มดินตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.2 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่การจำลองปี พ.ศ. 2544

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ย่อ	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (%)
LMB Disturbed forest land	DTFR	193.06	0.8
LMB Field crop	FCRP	1,786.10	7.42
Forest-Evergreen	FRSE	1,317.54	5.47
Forest-Mixed	FRST	9,739.27	40.45
LMB Paddy field	PDDY	5,654.03	23.48
LMB Swidden cultivation	SWID	683.82	2.84
Residential	URBN	622.58	2.59
Water	WATR	103.11	0.43
LMB Forest/misc land	FRMC	1,266.82	5.26
Orchard	ORCD	553.8	2.3
LMB Miscellaneous land	MISC	82.59	0.34
LMB Perennial land	PRNL	41.77	0.17
Sugarcane	SUGC	1,226.02	5.62
LMB Cassava	CSSV	43.48	0.18
LMB Paddy field-Irrigation	PDDI	634.17	2.63

จากตารางการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในแบบจำลอง SWAT จะเห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ในกลุ่มน้ำยมเป็นที่ป่าและพื้นที่เกษตรกรรมที่เป็นพื้นที่นาข้าว โดยคิดเป็นสัดส่วนพื้นที่ป่าไม้ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่เกษตรกรรมประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และพื้นที่อื่นๆอีก 10%

ตารางที่ 5.3 ประเภทกลุ่มดินในพื้นที่การจำลองปี พ.ศ. 2544

กลุ่มดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (%)	กลุ่มดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (%)
soil-48	1,524.04	6.33	soil-56	2.05	0.01
soil-62	9,575.13	39.76	soil-59	39.67	0.16
soil-33	2,101.68	8.73	soil-40	8.73	0.04
soil-38	466.01	1.94	soil-61	4.60	0.02
soil-6	570.20	2.37	soil-31	66.82	0.28
soil-7	2,840.06	11.8	soil-55	6.44	0.03
soil-16	273.52	1.14	soil-36	0.13	0
soil-5	368.79	1.53	soil-49	106.04	0.44
soil-29	499.43	2.07	soil-37	5.67	0.02
soil-15	1,535.29	6.38	soil-44	40.58	0.17
soil-18	24.07	0.1	soil-4	1,024.95	4.26
soil-35	120.51	0.5	soil-25	8.60	0.04
soil-46	87.62	0.36	soil-52	9.44	0.04
soil-47	2,142.30	8.9	soil-3	322.23	1.34
soil-17	0.62	0	soil-21	22.57	0.09
soil-20	281.03	1.17			

จากตารางการจำแนกการจัดกลุ่มดินในแบบจำลอง SWAT จะเห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ในกลุ่มน้ำยมประกอบไปด้วยกลุ่มชุดดินที่ 62 โดยเป็นดินที่ประกอบด้วยพื้นที่ภูเขาและเทือกเขาซึ่งมีความลาดชันมากกว่า ร้อยละ 35 มีความอุดมสมบูรณ์แตกต่างกันส่วนใหญ่อยังปกคลุมด้วยป่าไม้ต่าง ๆ คิดเป็นสัดส่วนพื้นที่ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ลุ่มน้ำยม

2. ช่วงปี พ.ศ. 2552

ข้อมูลการจัดกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มน้ำยมจากกรมทรัพยากรน้ำปี พ.ศ. 2552 สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 5.4 และกลุ่มดินตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.4 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่การจำลองปี พ.ศ. 2552

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ตัวย่อ	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (%)
LMB Disturbed forest land	DTFR	979.02	4.07
LMB Field crop	FCRP	1,163.93	4.83
Forest-Evergreen	FRSE	10,970.60	45.57
Forest-Mixed	FRST	407.52	1.69
Orchard	ORCD	695.64	2.89
Pasture	PAST	41.56	0.17
LMB Paddy field	PDDY	6,259.10	26
LMB Perennial land	PRNL	452.65	1.88
LMB Swidden cultivation	SWID	341.47	1.42
Residential	URBN	912.64	3.79
Water	WATR	273.38	1.14
LMB Cassava	CSSV	211.25	0.88
LMB Miscellaneous land	MISC	5.21	0.02
LMB Aquacultural land	AQUA	9.61	0.04
Sugarcane	SUGC	1,118.86	5.18
LMB Forest/misc land	FRMC	0.27	0
LMB Paddy field-Irrigation	PDDI	105.45	0.44

จากตารางที่ 5.3 และ 5.4 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในแบบจำลอง SWAT จะเห็นได้ว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ในกลุ่มน้ำยมเป็นที่ป่าและพื้นที่เกษตรกรรมที่เป็นพื้นที่นาข้าว โดยคิดเป็นสัดส่วนพื้นที่ป่าไม้ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ และพื้นที่เกษตรกรรมประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ และพื้นที่ที่อยู่อาศัยเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 5.5 ประเภทกลุ่มดินในพื้นที่การจำลองปี พ.ศ. 2552

กลุ่มดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (%)	กลุ่มดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (%)
soil-48	1,562.44	6.49	soil-29	416.87	1.73
soil-62	9,681.76	40.21	soil-59	31.64	0.13
soil-33	2,229.73	9.26	soil-55	5.42	0.02
soil-38	342.77	1.42	soil-17	0.00	0
soil-6	575.81	2.39	soil-31	52.74	0.22
soil-16	145.87	0.61	soil-61	0.16	0
soil-5	308.82	1.28	soil-37	10.24	0.04
soil-7	3,015.06	12.52	soil-36	0.16	0
soil-15	1,569.90	6.52	soil-4	1,078.30	4.48
soil-20	211.10	0.88	soil-49	133.89	0.56
soil-35	124.25	0.52	soil-2	0.35	0
soil-47	2,200.76	9.14	soil-52	7.04	0.03
soil-46	43.50	0.18	soil-3	259.24	1.08
soil-18	21.94	0.09	soil-44	32.28	0.13
soil-56	13.63	0.06			

จากตารางการจำแนกการจัดกลุ่มดินในแบบจำลอง SWAT จะเห็นได้ว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ในกลุ่มน้ำยมเป็นกลุ่มชุดดินที่ 62 โดยเป็นดินที่ประกอบด้วยพื้นที่ภูเขาและเทือกเขาซึ่งมีความลาดชันมากกว่า ร้อยละ 35 มีความอุดมสมบูรณ์แตกต่างกันส่วนใหญ่อยังปกคลุมด้วยป่าไม้ต่าง ๆ คิดเป็นสัดส่วนพื้นที่ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ลุ่มน้ำยม จะเห็นได้ว่าชนิดของกลุ่มดินมีการเปลี่ยนแปลงไปปริมาณน้ำ

3. การตรวจสอบความอ่อนไหวของแบบจำลอง

จากการสร้างแบบจำลอง SWAT ในลุ่มน้ำยม โดยแบ่งลุ่มน้ำในแบบจำลองออกเป็น 16 กลุ่มน้ำสาขา ตามการแบ่งขอบเขตลุ่มน้ำสาขาของกรมทรัพยากรน้ำและเพิ่มลุ่มน้ำสาขาจากจุดสังเกตการณ์สถานีวัดปริมาณการไหลในแบบจำลอง และข้อมูลการใช้ที่ดินทั้ง 2 ชุด ของปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ. 2552 โดยได้จำแนกชนิดการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำยมออกเป็น 9 ชนิด หลัก ดังนี้ ป่าไม้ (Forest, FRSE) พืชไร่ (Field crop, FCRP) พืชไม้ผล (Orchard, ORCD) นาข้าว (Paddy Field, PDDY) มันสำปะหลัง (Cassava, CSSV) อ้อย (Sugarcane, SUGC) พื้นที่เบ็ดเตล็ด (Miscellaneous

area, MISC) ชุมชนเมือง (Urban area, URBN) และแหล่งน้ำ (Water body, WATR) ซึ่งมีรายละเอียดของพื้นที่และการเปลี่ยนแปลง ตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ที่ดินของกลุ่มน้ำยม ตามการจำแนกในแบบจำลอง ปี 2544 และ ปี 2552

	ตารางกิโลเมตร		%		ตารางกิโลเมตร	%	
ชนิดการใช้ที่ดิน	2544	2552	2544	2552		ผลต่าง	แนวโน้ม
ป่าไม้	13,632.82	12,820.77	56.38	53.03	-812.049	-3.35	ลดลง
พืชไร่	1,907.59	211.86	7.89	0.88	-1,695.73	-7.01	ลดลง
พืชไม้ผล	84.55	701.48	0.35	2.9	616.93	2.55	เพิ่มขึ้น
นาข้าว	6,261.82	6,422.99	25.9	26.57	161.17	0.67	เพิ่มขึ้น
มันสำปะหลัง	5.00	1,168.22	0.02	4.83	1,163.22	4.81	เพิ่มขึ้น
อ้อย	1,322.47	1,256.13	5.47	5.2	-66.34	-0.27	ลดลง
ชนิดการใช้ที่ดิน	2544	2552	2544	2552		ผลต่าง	แนวโน้ม
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	359.66	398.44	1.49	1.65	38.78	0.16	เพิ่มขึ้น
ชุมชนเมือง	501.01	923.16	2.07	3.82	422.14	1.75	เพิ่มขึ้น
แหล่งน้ำ	103.37	275.25	0.43	1.14	171.87	0.71	เพิ่มขึ้น
รวม	24,178.30	24,178.30	100.00	100.00			

การทดสอบความอ่อนไหวของแบบจำลองต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน พบว่าในการคำนวณของแบบจำลอง SWAT นั้น จะมีการดำเนินการคำนวณโดยรับค่าพารามิเตอร์นำเข้าจากข้อมูลต่างๆ ซึ่งในส่วนของการใช้ที่ดิน ปัจจัยที่มีความสำคัญในการคำนวณของแบบจำลอง เช่น ค่า CN ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning และอื่นๆ จะได้รับการแปลงค่าพารามิเตอร์จนทำให้กลายเป็นตัวเลขเพื่อใช้คำนวณหนึ่งค่าต่อหนึ่งหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRU) เรียกว่า HRU_FR หรือ ส่วนของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาที่อยู่ใน HRU (Fraction of subbasin area contained in HRU) อย่างไรก็ตามแบบจำลอง SWAT จะแสดงค่า CN, OV_N (ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning) และอื่นๆ เฉพาะข้อมูลที่ได้รับในครั้งแรกเท่านั้น หากมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่ใส่ลง

ไปในภายหลัง (Landuse update) แบบจำลองจะระบุเพียงค่า HRU_FR เท่านั้น การทดสอบการตอบสนองของแบบจำลอง SWAT ต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน จัดทำโดยการเปลี่ยนพื้นที่ป่า (FRSE) ทั้งหมดในการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2552 เป็นพื้นที่นาข้าว (PDDY) จึงอธิบายได้ตามรูปที่ 5.3 และตารางที่ 5.7

HRU	LANDUSE	SOIL	SLOPE_CD	HRU_FR	SLSUBBSN	HRU_SLP	OV_N	CN2
15	FCRP	soil-48	10-9999	.0047721247	24.39024	.1414636	.14	78
16	FCRP	soil-62	3-10	.0033091212	60.97561	.06453338	.14	78
17	FCRP	soil-62	10-9999	.0109321983	15.2439	.2423956	.14	78
18	FCRP	soil-62	0-3	.0006754909	121.9512	.01944198	.14	78
19	FRSE	soil-48	0-3	.0081005240	121.9512	.01904206	.1	55
20	FRSE	soil-48	10-9999	.0225802107	24.39024	.1541201	.1	55
21	FRSE	soil-48	3-10	.0368331248	60.97561	.06260481	.1	55
22	FRSE	soil-62	10-9999	.6754159960	9.146341	.351818	.1	55
23	FRSE	soil-62	3-10	.0314865681	60.97561	.07093093	.1	55
24	FRSE	soil-62	0-3	.0030282037	121.9512	.01978196	.1	55
25	FRST	soil-62	10-9999	.0004592233	18.29268	.1680144	.1	60

รูปที่ 5.3 แสดงถึงค่าพารามิเตอร์ในแต่ละ HRU

ตารางที่ 5.7 ค่า HRU_FR ที่เปลี่ยนแปลงจากการเปลี่ยนการใช้ที่ดินจากป่า (FRSE) เป็นนาข้าว (PDDY)

HRU	HRU_FR	HRU_FR (Update)
15	0.004772	0.004772
16	0.003309	0.003309
17	0.010932	0.010932
18	0.000675	0.000675
<u>19</u>	<u>0.008101</u>	<u>0.000010</u>
<u>20</u>	<u>0.022580</u>	<u>0.000010</u>
<u>21</u>	<u>0.036833</u>	<u>0.000010</u>
<u>22</u>	<u>0.675416</u>	<u>0.000010</u>
<u>23</u>	<u>0.031487</u>	<u>0.000010</u>
<u>24</u>	<u>0.003028</u>	<u>0.000010</u>
25	0.000459	0.000459

5.4.3 การปรับเทียบแบบจำลองน้ำผิวดิน

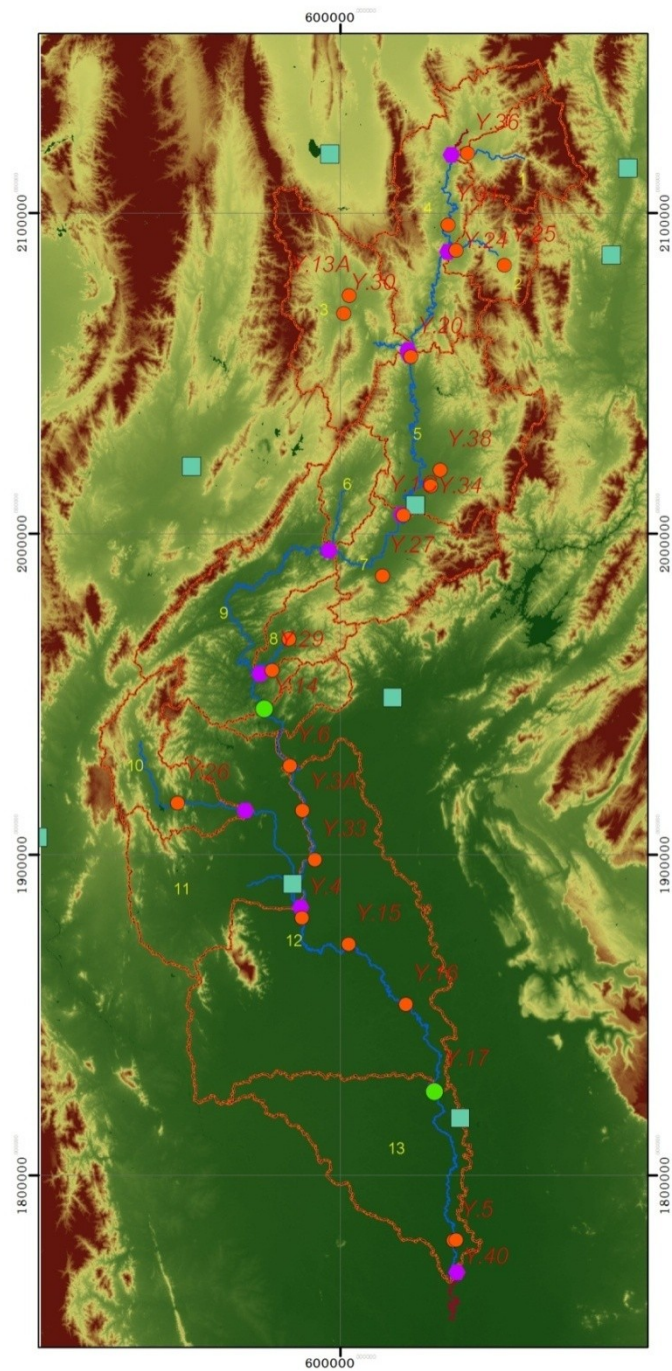
ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองในขั้นสุดท้ายจะต้องทำการปรับเทียบแบบจำลองเพื่อให้ได้ผลการคำนวณปริมาณน้ำจากแบบจำลองสอดคล้องใกล้เคียงกับสภาพจริงที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำ ดังนั้น

จึงได้ทำการตรวจสอบและเปรียบเทียบผลปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองกับข้อมูลจากสถานีวัดปริมาณน้ำท่า (รูปที่ 5.4) หากผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองยังมีความคลาดเคลื่อนสูงก็จะทำการปรับแบบจำลองต่อไป ซึ่งได้ทำการปรับเทียบจนกระทั่งมั่นใจว่าได้แบบจำลองสามารถจำลองสภาพการไหลของน้ำในลุ่มน้ำยมได้ใกล้เคียงกับสภาพจริงตามธรรมชาติมากที่สุด จากนั้นจะใช้แบบจำลองปีปัจจุบันดังกล่าวเป็นแบบจำลองฐานในการพัฒนาแบบจำลองสำหรับปีอนาคต เพื่อทำการศึกษาคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำจากสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป

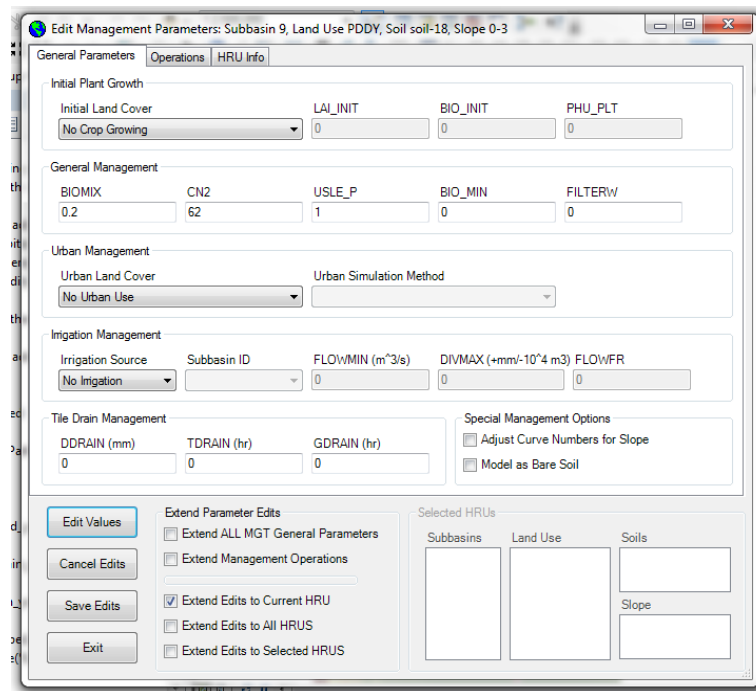
การประเมินผลการปรับเทียบจากข้อมูลสองชุด เพื่อตรวจสอบและปรับค่าที่เป็นผลลัพธ์จากแบบจำลอง โดยใช้ค่าสมรรถภาพสัมประสิทธิ์ (Coefficient of efficiency, R^2) โดยปรับค่าพารามิเตอร์จากการประมาณเพื่อให้ตรงกับลักษณะของหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาข้อมูลที่นำมาใช้ในการปรับเทียบคือปริมาณน้ำท่า ดังแสดงในรูปที่ 5.5 ซึ่งถึงแม้ว่าในความหมายของน้ำท่าคือส่วนของน้ำผิวดิน แต่การปรับพารามิเตอร์ในส่วนการไหลในชั้นดินและชั้นน้ำบาดาลก็มีผลต่อปริมาณน้ำผิวดิน ดังนั้นจึงสรุปภาพรวมพารามิเตอร์ของแบบจำลอง SWAT ที่มีผลต่อปริมาณน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 พารามิเตอร์ที่มีผลต่อการปรับเทียบปริมาณน้ำของแบบจำลอง SWAT

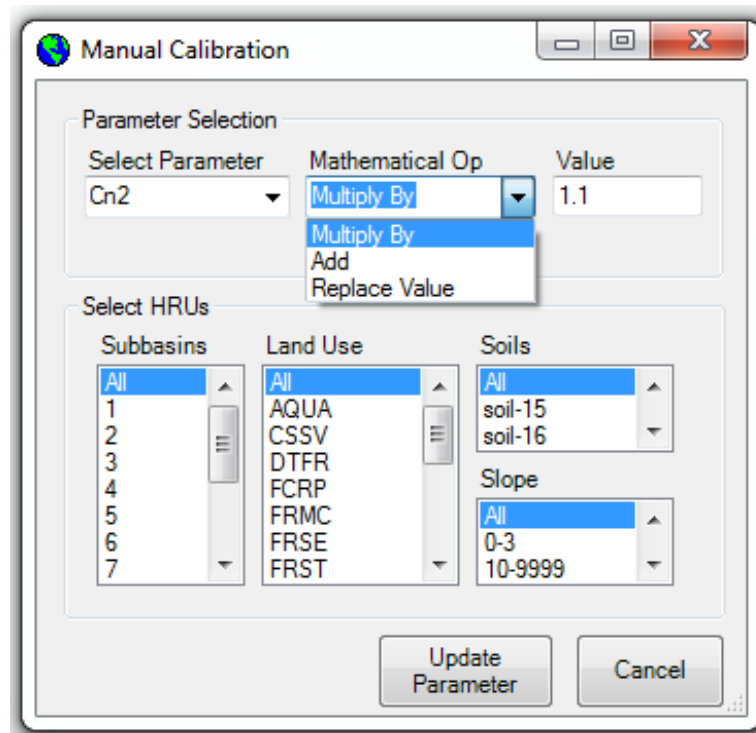
พารามิเตอร์	ความหมาย	หน่วย
CN2	ค่า Initial NRCS runoff curve number สำหรับความชื้นในดินเงื่อนไขที่ 2 หรือที่เงื่อนไขความชื้นในดินเฉลี่ย ขึ้นอยู่กับการใช้ที่ดินและชนิดดินในพื้นที่ มีค่าจาก 0 ถึง 100 โดยในแบบจำลองจะให้ป้อนค่าไปในแต่ละหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs)	ความชื้นเฉลี่ยของดิน
SOL_AWC1	ค่าความสามารถในการรับน้ำของชั้นดิน (Available water capacity of the soil layer) จะขึ้นอยู่กับชนิดของดิน	มิลลิเมตรต่อมิลลิเมตร
SOL_K1	ค่าการนำพลศาสตร์ของดินที่จุดอิ่มตัว (Saturated hydraulic conductivity) เป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับการไหลของน้ำในดินและการเคลื่อนที่ของน้ำในดินผ่านไปสู่ชั้นน้ำบาดาลหรือไหลผ่านชั้นดินกลับไปยังลำน้ำ	มิลลิเมตรต่อชั่วโมง
OV_N	ค่าการนำพลศาสตร์ของดินที่จุดอิ่มตัว (Saturated hydraulic conductivity) เป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับการไหลของน้ำในดินและการเคลื่อนที่ของน้ำในดินผ่านไปสู่ชั้นน้ำบาดาลหรือไหลผ่านชั้นดินกลับไปยังลำน้ำ	
GWQMN	ค่าความลึกของน้ำในชั้นน้ำบาดาลตื้น (Shallow Aquifer) ที่ต้องการสำหรับการไหลกลับสู่ลำน้ำ (Return Flow)	มิลลิเมตร
REVAPMN	ค่าความลึกของน้ำอย่างน้อยที่สุดในชั้นน้ำบาดาลตื้นที่สามารถซึมลงไปสู่ชั้นน้ำบาดาลลึกได้ (Deep Aquifer)	มิลลิเมตร



รูปที่ 5.4 สถานีเปรียบเทียบในกลุ่มน้ำยม (Y.14 และ Y.17)



(ก) แสดงตั้งค่าพารามิเตอร์ NRSC runoff curve number



(ข) แสดงการปรับค่าแฟคเตอร์ค่า CN2

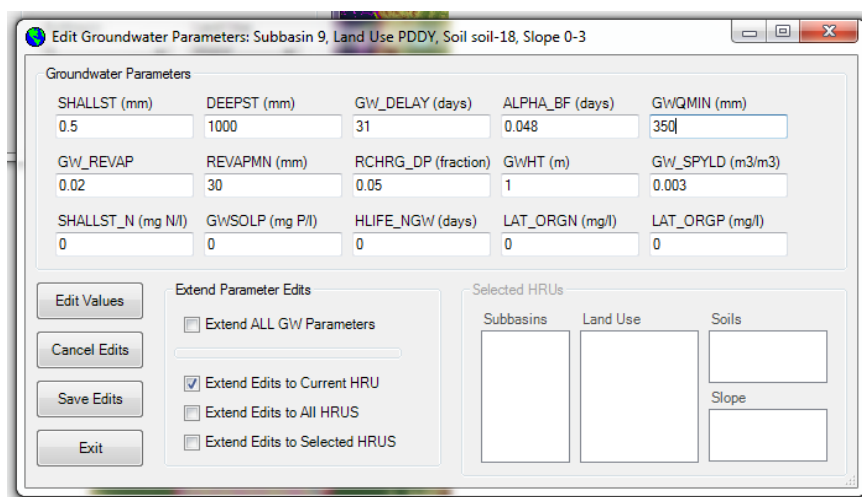
รูปที่ 5.5 การปรับค่าพารามิเตอร์ในส่วนโมดูลลุ่มน้ำ

จากรูปที่ 5.5ก จะเป็นส่วนการปรับค่า CN2 หรือค่า NRSC runoff curve number เพื่อปรับค่าปริมาณการไหลจากแบบจำลอง SWAT ให้เป็นไปตามข้อมูลสำรวจ โดยการปรับค่าจะต้อง

พิจารณาร่วมกันจากข้อมูลในพื้นที่และปริมาณน้ำ เพื่อให้ผลลัพธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน การปรับค่านั้นอาจจะปรับทีละ HRU หรืออาจจะปรับเป็นแฟคเตอร์ของค่า CN2 ดังรูปที่ 5.3x ทุกค่าของแบบจำลอง SWAT โดยอาจจะคูณ หรือ เพิ่มทีละเท่าๆ กัน ก็ได้ ตามการวิเคราะห์เพื่อให้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจ

การปรับค่า GWQMN ซึ่งเป็นค่าความลึกของน้ำในชั้นน้ำบาดาลตื้น โดยการกำหนดค่าที่ได้จากข้อมูลชั้นน้ำบาดาล ซึ่งช่วงในการกำหนดค่าของแบบจำลองจะอยู่ที่ 0 – 5000 mm โดยในภาพกำหนดอยู่ที่ 350 mm ดังแสดงในรูปที่ 5.6

อย่างไรก็ตามรายละเอียดในการปรับแก้ผลลัพธ์จากแบบจำลองค่อนข้างมีความละเอียดอ่อน ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับค่าพารามิเตอร์หลายๆ ค่า รวมไปถึงทฤษฎีของแบบจำลองและทฤษฎีของระบบอุทกวิทยา นอกจากนี้ความเชี่ยวชาญในการใช้แบบจำลองและการปรับแก้ก็เป็นสิ่งสำคัญ



รูปที่ 5.6 การปรับค่าพารามิเตอร์ในส่วนโมดูลน้ำบาดาล

5.5 การสร้างแบบจำลองน้ำบาดาล

การจำลองสภาพน้ำบาดาลของพื้นที่ลุ่มน้ำยมมีวัตถุประสงค์เพื่อหาสมดูลน้ำบาดาล และปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำยมประกอบด้วยแอ่งน้ำบาดาล 2 แอ่ง คือ แอ่งแพร่ และแอ่งเจ้าพระยาตอนบน ดังนั้นการจัดทำแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์จึงแบ่งออกเป็น 2 พื้นที่ วิธีการและขั้นตอนการศึกษาประกอบด้วยการจำลองเพื่อปรับเทียบค่าตัวแปรต่างๆ ของชั้นหินอุ้มน้ำในสภาวะคงตัว (Steady State) และการจำลองที่สภาวะไม่คงตัว (Transient State) รายละเอียดดังนี้

1. สภาวะคงตัว (Steady State)

การจำลองการไหลของน้ำบาดาลกำหนดให้ระดับน้ำไม่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลหรือสภาวะคงตัว (steady state) ใช้ข้อมูลฤดูฝนมีวัตถุประสงค์เพื่อ

- (1) ตรวจสอบรูปแบบการไหลเปรียบเทียบกับแบบจำลองน้ำบาดาลเชิงโมโนโทน
- (2) ตรวจสอบความถูกต้องของการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของแบบจำลอง (boundary conditions)
- (3) ปรับเทียบตัวแปรทางชลศาสตร์ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (K) และอัตราการเพิ่มเติมน้ำเข้าสู่แหล่งน้ำบาดาล

2. สภาวะไม่คงตัว (Transient State)

การจำลองการไหลของน้ำบาดาลสภาวะไม่คงตัว ใช้ข้อมูลตั้งต้นจากการจำลองการไหลของน้ำบาดาลสภาวะคงตัว มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับเทียบแบบจำลองน้ำบาดาลของพื้นที่ตามระยะเวลาต่างๆ กับระดับน้ำที่ติดตามตรวจวัด ช่วงที่ทำการปรับเทียบพารามิเตอร์ของการจำลองมีระยะเวลา 12 เดือน ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนเมษายน การจำลองคล้ายกับกรณีสภาวะคงตัวแต่มีการเพิ่มเติม ดังนี้

- 1) พารามิเตอร์ที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา (ข้อมูลเฉลี่ยรายเดือน) ช่วงเวลาในการจำลองแบ่งเป็นรายเดือน
- 2) มีการปรับค่าพารามิเตอร์ของการจำลอง ได้แก่ อัตราการเพิ่มเติมน้ำ และค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ เพื่อให้ระดับแรงดันของน้ำบาดาลมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลบ่อสังเกตการณ์

5.6 การสร้างแบบจำลองน้ำบาดาลพื้นที่แอ่งแพร่

1. การออกแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ 3 มิติ

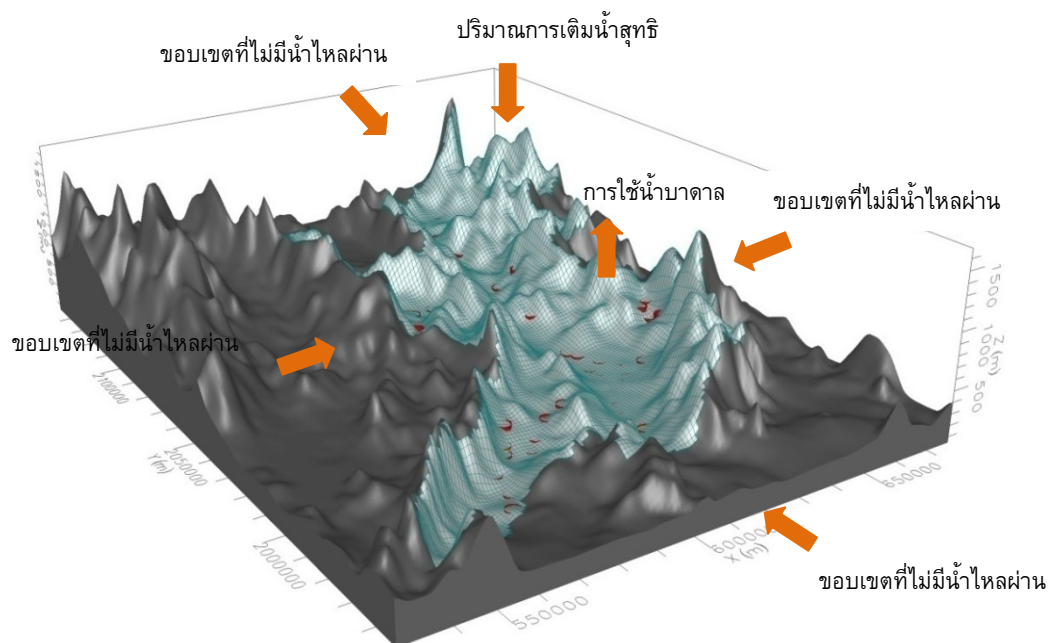
พื้นที่การจำลองครอบคลุมพื้นที่ 29,400 ตร.กม. ระหว่างพิกัด UTM 527,000 ถึง 677,000 ตะวันออก (ระยะทาง 150 กม.) และพิกัด UTM 1,952,000 ถึง 2,148,000 เหนือ (ระยะทาง 196 กม.) ออกแบบให้ระยะห่างของกริดในแบบจำลองในแนวแกน X และ Y มีระยะห่าง 1,000 ม. และมีชั้นหินอุ้มน้ำ ชั้นหินดานน้ำ และชั้นหินกั้นน้ำ รวม 5 ชั้น ประกอบด้วยชั้นตะกอนกรวดและทราย ดินเหนียว และหินแข็งที่สามารถกักเก็บน้ำไว้ในรอยแตก ขอบเขตการเติมดังรูปที่ 5.7

ขอบเขตของแบบจำลองกำหนดโดยใช้ลักษณะขอบเขตการกระจายตัวของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา แนวสันปันน้ำบาดาล (Groundwater divide) และเส้นแสดงทิศทางการไหล (Stream lines) ขอบเขตแต่ละด้านกำหนดให้มีเงื่อนไข ดังนี้ (รูปที่ 5.8)

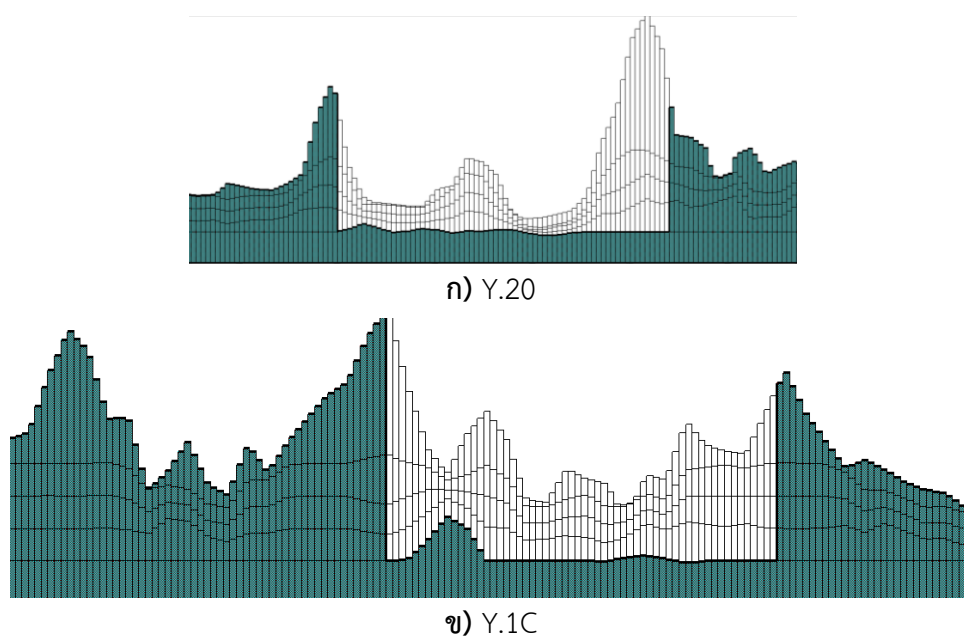
- 1) กำหนดให้ขอบเขตด้านบนของแบบจำลองเป็นแบบที่มีระดับน้ำหรือแรงดันน้ำเปลี่ยนแปลงตามเวลา จากตัวแปรทางอุทกวิทยา เช่น การเพิ่มเติมน้ำบาดาล การคายระเหย การสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ และการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในแม่น้ำและแหล่งน้ำต่างๆ

2) ขอบเขตด้านล่างซึ่งสิ้นสุดที่ชั้นดินเหนียวปนทรายและหินแข็ง กำหนดให้เป็นขอบเขตที่ไม่มีน้ำไหลผ่าน (no flow boundary) (รูปที่ 5.6)

3) ขอบเขตด้านทิศเหนือ ตะวันออก ทิศใต้ และตะวันตก เป็นขอบเขตที่เป็นน้ำส้นป็นน้ำบาดาล (Groundwater divide) กำหนดให้เป็นขอบเขตที่ไม่มีน้ำไหลผ่าน (no flow boundary)



รูปที่ 5.7 การออกแบบกริดและการกำหนดขอบเขตแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ 3 มิติ แอ่งแพร่



รูปที่ 5.8 การออกแบบกริดชั้นดินและการกำหนดขอบเขตแบบจำลองชั้นดินแอ่งแพร่

2. การประเมินพารามิเตอร์ในแบบจำลอง

1) อัตราการเพิ่มเติมน้ำสู่แหล่งน้ำบาดาล

อัตราการเพิ่มเติมน้ำสู่แหล่งน้ำบาดาล (recharge area) และพื้นที่การเพิ่มเติมน้ำสุทธิที่ผิวดินในพื้นที่แบบจำลอง สามารถจำแนกได้เป็น 3 พื้นที่ โดยประเมินได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของดิน การใช้ที่ดิน ปริมาณน้ำท่า การคายระเหยของพืช ปริมาณน้ำชลประทาน และลักษณะภูมิประเทศแสดงระดับอัตราการเติมน้ำได้ดัง รูปที่ 5.9

2) อัตราการใช้น้ำบาดาล

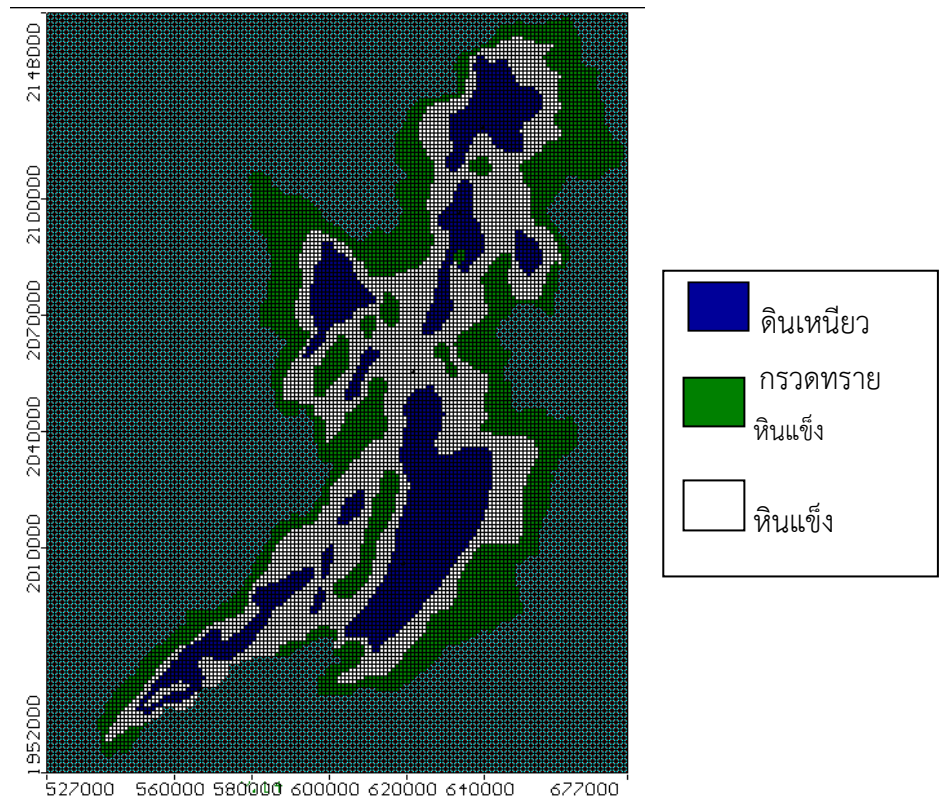
การประเมินการใช้น้ำบาดาลคำนวณตามลักษณะการใช้น้ำบาดาลของอัตราการใช้น้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภค การนำเข้าข้อมูลบ่อบาดาลใช้ตำแหน่งบ่อบาดาลเดิมของข้อมูลที่มีอยู่แสดงตำแหน่งบ่อบาดาลได้ดังรูปที่ 5.10

3) แหล่งน้ำผิวดิน

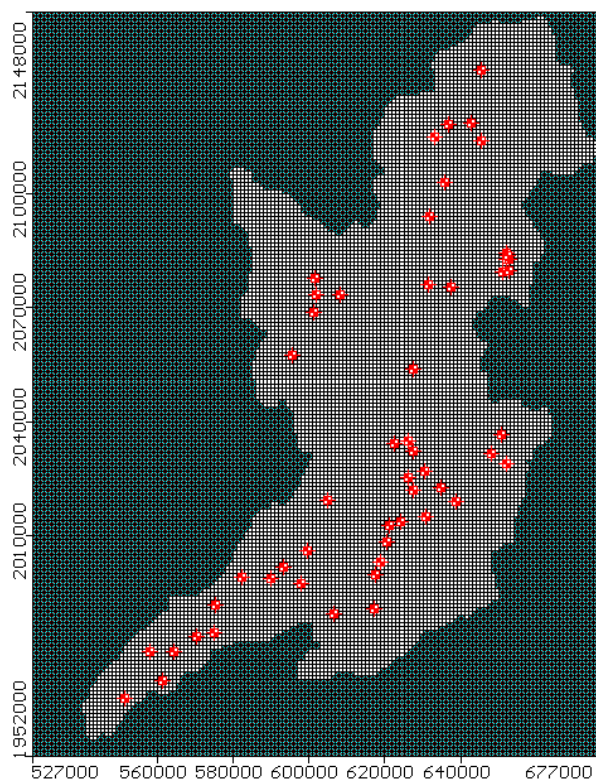
แม่น้ำสายหลัก คือ แม่น้ำยม ข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วยระดับน้ำ (ผลจากการจำลองน้ำผิวดิน) ระดับท้องน้ำ ความกว้าง ความยาวลำน้ำ และค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านในแนวดิ่งของชั้นตะกอนท้องน้ำกำหนดให้มีค่าประมาณ 0.5-3.5 ม./วัน ตลอดท้องน้ำ และสมมติให้ตะกอนท้องน้ำมีความหนาเฉลี่ย 1 ม. ตลอดลำน้ำสามารถแสดงแหล่งน้ำผิวดินได้ดังรูปที่ 5.11

4) คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำ

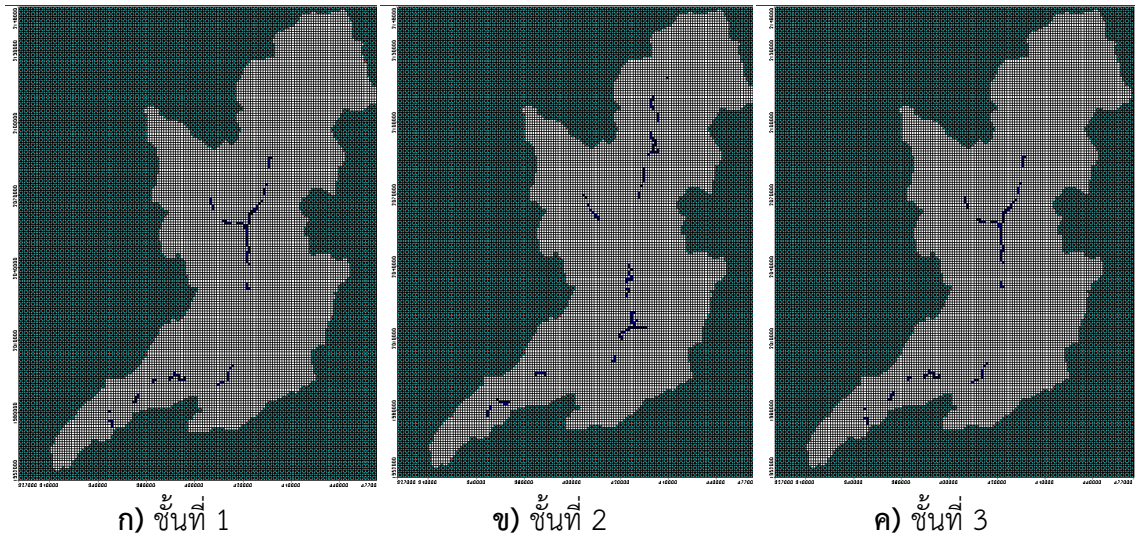
การประเมินค่าตัวแปรทางชลศาสตร์ เช่น สัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านในแนวนอน (K_h หรือ K_x และ K_y) ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านในแนวดิ่ง (K_v หรือ K_z) สัมประสิทธิ์การกักเก็บของชั้นหินอุ้มน้ำแบบไร้แรงดัน (S_y) สัมประสิทธิ์การกักเก็บ (S) และค่าความพรุน (porosity) ตัวแปรต่างๆ เหล่านี้ประเมินจากลักษณะของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา และการเผยแพร่ผลการทดลองในอดีตของงานที่เกี่ยวข้อง (spitz and moreno, 1996) แสดงดังรูปที่ 5.12



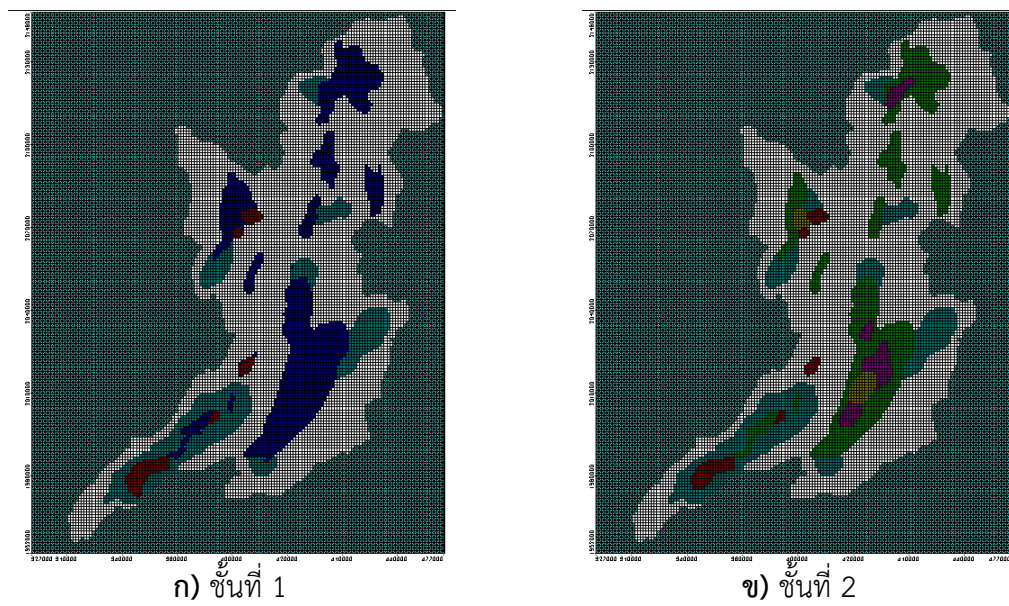
รูปที่ 5.9 พื้นที่อัตราการเพิ่มเติมน้ำสู่ทิวแหล่งน้ำบาดาลแอ่งแพร่

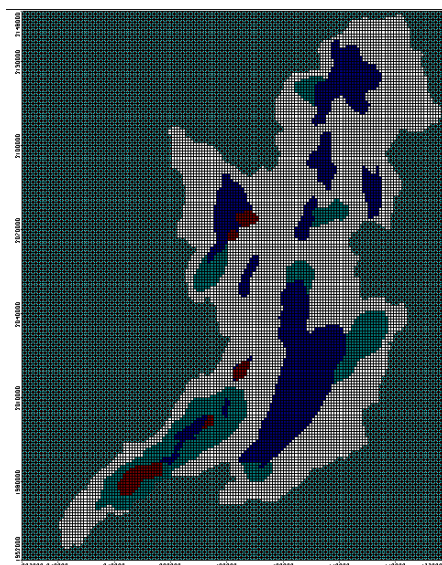


รูปที่ 5.10 ตำแหน่งบ่อบาดาลแอ่งแพร่

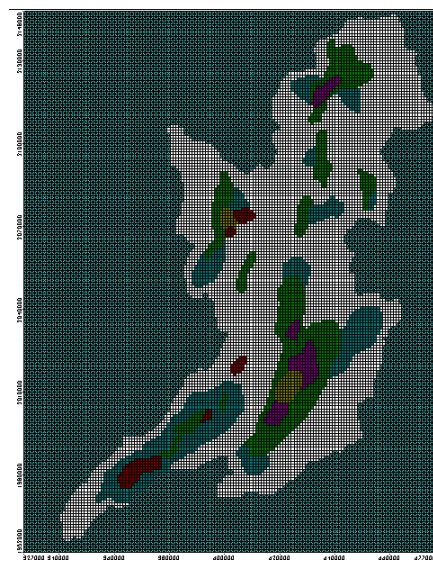


รูปที่ 5.11 พื้นที่แหล่งน้ำผิวดินแอ่งแพร่





ค) ชั้นที่ 3



ง) ชั้นที่ 4

รูปที่ 5.12 การกระจายตัวของค่าคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำแอ่งแพร่

3. การปรับเทียบพารามิเตอร์

การปรับเทียบพารามิเตอร์ของแบบจำลองทำการจำลองสภาพทั้งฤดูฝนและแล้ง ได้แก่ อัตราการเพิ่มเติมน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านและค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บของชั้นหินอุ้มน้ำ แสดงดังรูปที่ 5.13 ถึงรูปที่ 5.15 และตารางที่ 5.9

Zone #:		Zone Name:	Layer #:
1		Recharge zone (1)	1
Edit selected row(s) or column: \$RECHARGE			☒
Start Time [day]	Stop Time [day]	Recharge [mm/yr]	Active
0	31	62.11	☒
31	61	6.87	☒
61	92	67	☒
92	123	91.34	☒
123	153	53.12	☒
153	184	0	☒
184	214	0	☒
214	245	0	☒
245	276	0	☒
276	304	0	☒
304	335	0	☒
335	365	0	☒

ก) โซนที่ 1 บริเวณที่ดอนและเชิงเขา

Zone #: 2 Zone Name: Recharge zone (2) Layer #: 1

Icons: [Save] [Print] [Export]

Edit selected row(s) or column: \$RECHARGE [✓]

	Start Time [day]	Stop Time [day]	Recharge [mm/yr]	Active
0	31	0	0	✓
▶ 31	61	0	0	✓
61	92	0	0	✓
92	123	0	0	✓
123	153	0	0	✓
153	184	0	0	✓
184	214	0	0	✓
214	245	0	0	✓
245	276	0	0	✓
276	304	0	0	✓
304	335	0	0	✓
335	365	0	0	✓

ข) โซนที่ 2 บริเวณที่ราบระหว่างหุบเขาของกลุ่มน้ำยม

Zone #: 3 Zone Name: Recharge zone (3) Layer #: 1

Icons: [Save] [Print] [Export]

Edit selected row(s) or column: \$RECHARGE [✓]

	Start Time [day]	Stop Time [day]	Recharge [mm/yr]	Active
▶ 0	31	31.055	31.055	✓
31	61	3.435	3.435	✓
61	92	33.5	33.5	✓
92	123	45.67	45.67	✓
123	153	26.56	26.56	✓
153	184	0	0	✓
184	214	0	0	✓
214	245	0	0	✓
245	276	0	0	✓
276	304	0	0	✓
304	335	0	0	✓
335	365	0	0	✓

ค) โซนที่ 3 พื้นที่บริเวณภูเขาสูงที่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้

รูปที่ 5.13 อัตราการเพิ่มเติมน้ำสู่แหล่งน้ำบาดาลแอ่งแพร่

	Zone	Kx [m/s]	Ky [m/s]	Kz [m/s]	Active	Distribution Array
	1	5.5E-7	5.5E-7	5.5E-8	✓	☐
▶	2	7.5E-9	7.5E-9	7.5E-10	✓	☐
	3	3.5E-5	3.5E-5	3.5E-6	✓	☐
	4	1.05E-5	1.05E-5	1.05E-6	✓	☐
	5	2.5E-5	2.5E-5	2.5E-6	✓	☐
	6	7.5E-5	7.5E-5	7.5E-6	✓	☐
	7	0.000105	0.000105	1.05E-5	✓	☐

รูปที่ 5.14 ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านของชั้นหินอุ้มน้ำแอ่งแพร่

	Zone	Ss [1/m]	Sy []	Eff. Por. []	Tot. Por. []	Active	Distribution Array
▶ 1		1.02E-6	0.0102	0.15	0.3	☒	☐
2		1.01E-6	0.01	0.15	0.3	☒	☐
3		1.5E-5	0.12	0.15	0.3	☒	☐
4		1.5E-6	0.013	0.15	0.3	☒	☐
5		1.6E-6	0.014	0.15	0.3	☒	☐
6		1.6E-5	0.15	0.15	0.3	☒	☐
7		1.8E-5	0.18	0.15	0.3	☒	☐

รูปที่ 5.15 ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บของชั้นหินอุ้มน้ำแอ่งแพร่

ตารางที่ 5.9 ค่าคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำแอ่งแพร่

ชั้นหินอุ้มน้ำ	Kx และ Ky (ม./วินาที)	Kz (ม./วินาที)	Effective Porosity	Sy	Ss (1/m)
ชั้นกรวดทรายชั้นที่ 1	3.5×10^{-5} ถึง 1.05×10^{-4}	3.5×10^{-6} ถึง 1.05×10^{-5}	0.15	0.12 ถึง 0.18	1.5×10^{-5} ถึง 1.8×10^{-5}
ชั้นกรวดทรายชั้นที่ 2	3.5×10^{-5} ถึง 1.05×10^{-4}	3.5×10^{-6} ถึง 1.05×10^{-5}	0.15	0.12 ถึง 0.18	1.5×10^{-5} ถึง 1.8×10^{-5}
ชั้นดินเหนียวปนทราย	3.75×10^{-9}	3.75×10^{-10}	0.15	0.01	1.01×10^{-6}
หน่วยหินแข็ง	5.5×10^{-7} ถึง 2.5×10^{-5}	5.5×10^{-8} ถึง 2.5×10^{-6}	0.15	0.0102 ถึง 0.014	1.02×10^{-6} ถึง 1.6×10^{-6}

หมายเหตุ Kx คือ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านในแนวแกน X หรือแนวตะวันออก-ตะวันตก
 Ky คือ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านในแนวแกน Y หรือแนวเหนือ-ใต้
 Kz คือ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านในแนวแกน Z หรือแนวตั้ง
 Effective Porosity คือ ความพรุนต่อเนื่อง
 Sy คือ ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บของหินอุ้มน้ำที่ไร้แรงดัน
 Ss คือ ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บของหินอุ้มน้ำที่มีแรงดัน

5.7 การสร้างแบบจำลองน้ำบาดาลพื้นที่แอ่งเจ้าพระยาตอนบน

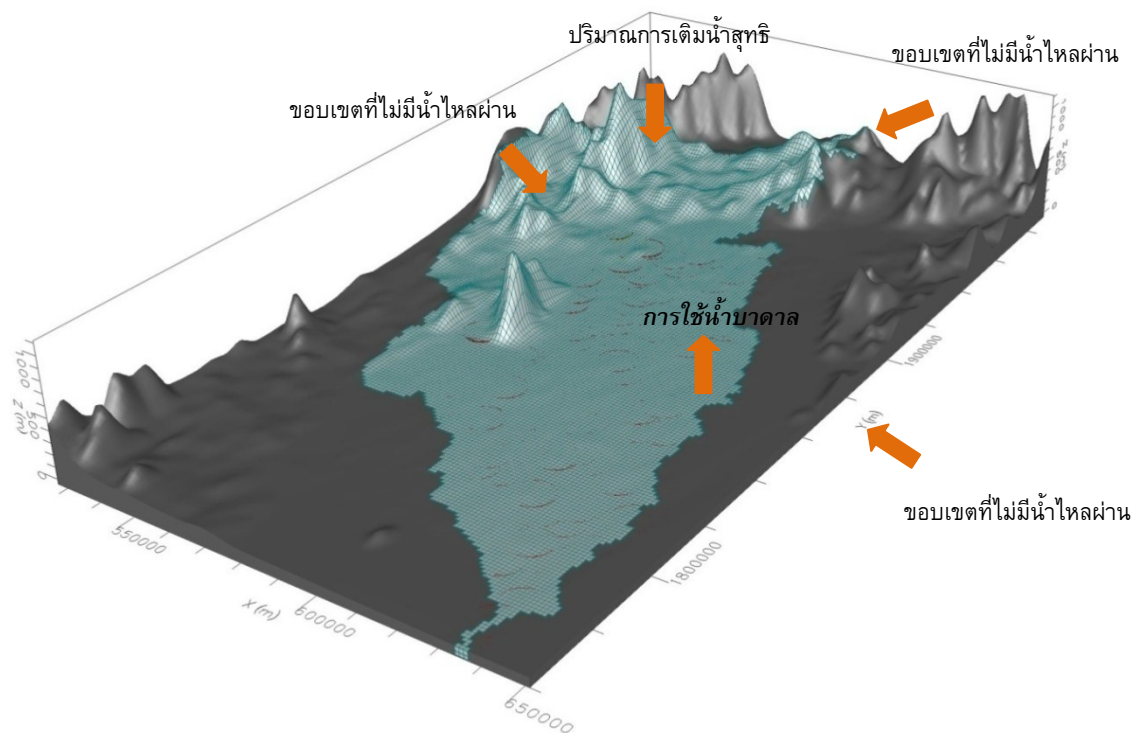
1. การออกแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ 3 มิติ

พื้นที่การจำลองครอบคลุมพื้นที่ 28,644 ตร.กม. ระหว่างพิกัด UTM 527,000 ถึง 651,000 ตะวันออก (ระยะทาง 124 กม.) และพิกัด UTM 1,760,000 ถึง 1,991,000 เหนือ (ระยะทาง 231 กม.) ออกแบบให้ระยะห่างของกริดในแบบจำลองในแนวแกน X และ Y มีระยะห่าง 1,000 ม. และมีชั้นหินอุ้มน้ำ ชั้นหินดาน้ำ และชั้นหินกั้นน้ำ รวม 5 ชั้น ประกอบด้วยชั้นตะกอน

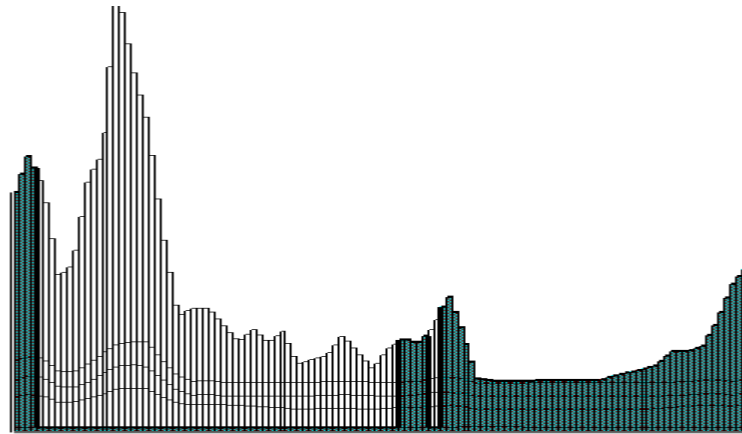
กรวดและทราย ดินเหนียว และหินแข็งที่สามารถกักเก็บน้ำไว้ในรอยแตก แสดงขอบเขตการเติมได้ ดังรูปที่ 5.16

ขอบเขตของแบบจำลองกำหนดโดยใช้ลักษณะขอบเขตการกระจายตัวของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา แนวสันปันน้ำบาดาล (Groundwater divide) และเส้นแสดงทิศทางการไหล (Stream lines) ขอบเขตแต่ละด้านกำหนดให้มีเงื่อนไข ดังนี้ (รูปที่ 5.16)

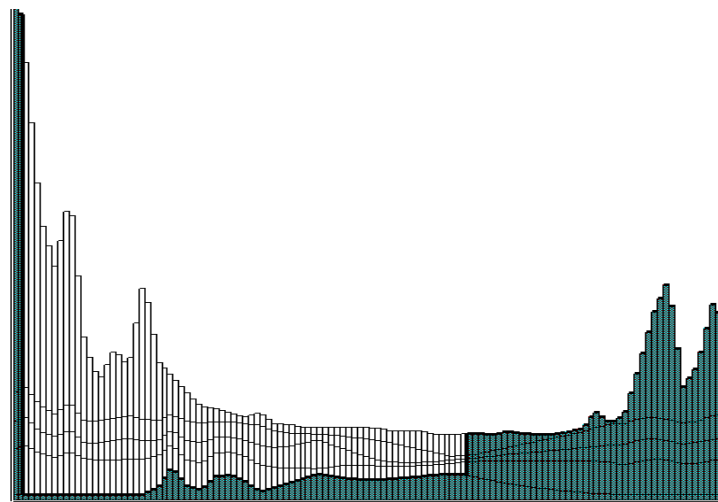
- 1) กำหนดให้ขอบเขตด้านบนของแบบจำลองเป็นแบบที่มีระดับน้ำหรือแรงดันน้ำเปลี่ยนแปลงตามเวลา จากตัวแปรทางอุทกวิทยา เช่น การเพิ่มเติมน้ำบาดาล การคายระเหย การสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ และการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในแม่น้ำและแหล่งน้ำต่างๆ
- 2) ขอบเขตด้านล่างซึ่งสิ้นสุดที่ชั้นดินเหนียวและหินแข็ง กำหนดให้เป็นขอบเขตที่ไม่มีน้ำไหลผ่าน (no flow boundary) (ดังรูปที่ 5.17)
- 3) ขอบเขตด้านทิศเหนือ ตะวันออก และตะวันตก เป็นขอบเขตที่เป็นน้ำสันปันน้ำบาดาล (Groundwater divide) กำหนดให้เป็นขอบเขตที่ไม่มีน้ำไหลผ่าน (no flow boundary)
- 4) ขอบเขตด้านทิศใต้เป็นขอบเขตแม่น้ำที่เป็นจุดเชื่อมของแม่น้ำยมกับแม่น้ำน่าน กำหนดให้เป็นขอบเขตที่ไม่มีน้ำไหลผ่าน (no flow boundary)



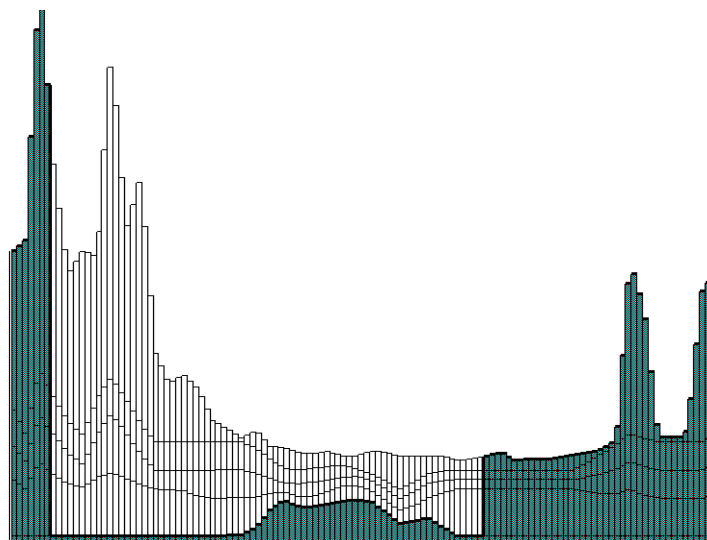
รูปที่ 5.16 การออกแบบกริดและการกำหนดขอบเขตแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ 3 มิติ แอ่ง
เจ้าพระยาตอนบน



ก) Y.14

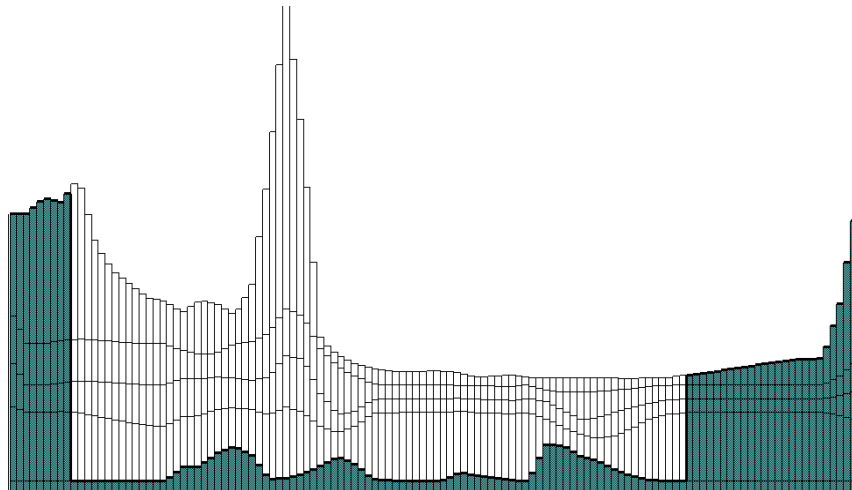


ข) Y.3A

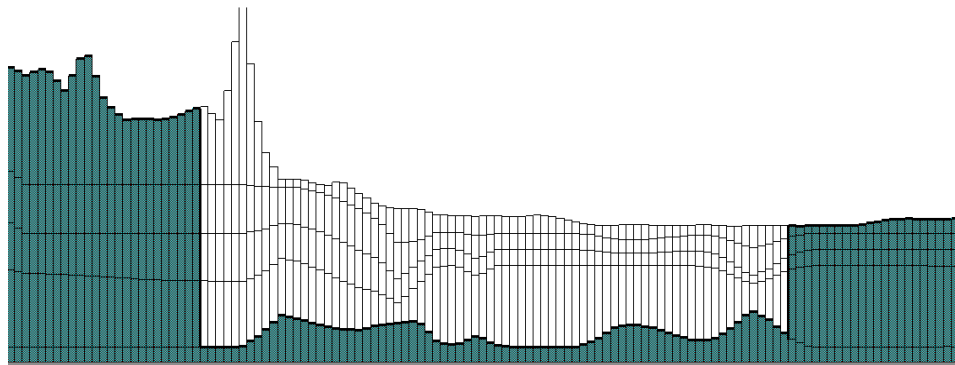


ค) Y.33

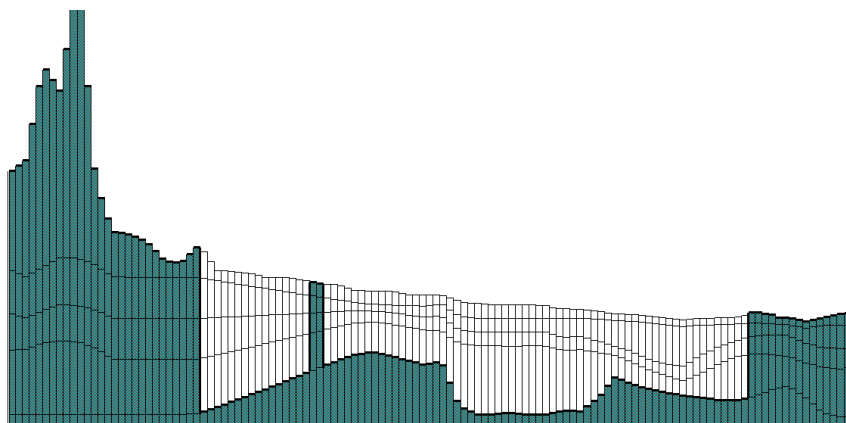
รูปที่ 5.17 การออกแบบกีดกันดินและการกำหนดขอบเขตแบบจำลองชั้นดิน
แอ่งเจ้าพระยาตอนบน



จ) Y.15

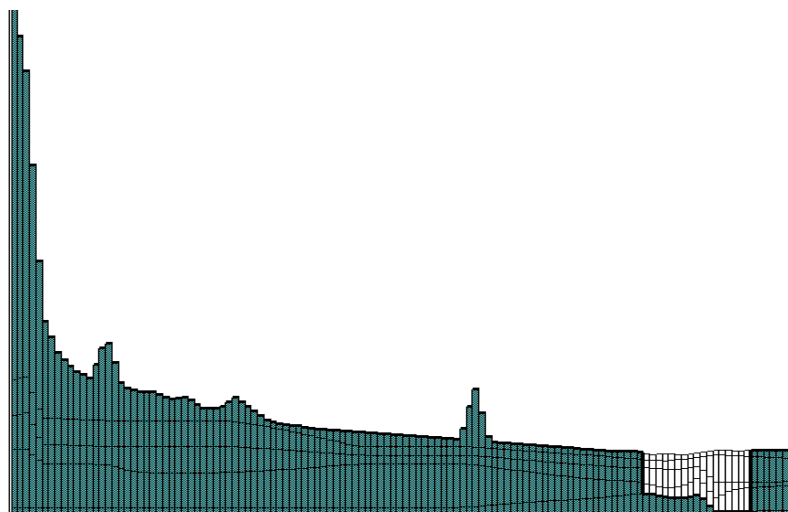


จ) Y.16



จ) Y.17

รูปที่ 5.17 การออกแบบกริดชั้นดินและการกำหนดขอบเขตแบบจำลองชั้นดิน
แอ่งเจ้าพระยาตอนบน (ต่อ)



ข) Y.5

รูปที่ 5.17 การออกแบบกริดชั้นดินและการกำหนดขอบเขตแบบจำลองชั้นดิน
แอ่งเจ้าพระยาตอนบน (ต่อ)

3. การปรับเทียบพารามิเตอร์

การปรับเทียบพารามิเตอร์ของการจำลองทั้งฤดูฝนและแล้ง ได้แก่ อัตราการเพิ่มเติม
น้ำ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านและค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บของชั้นหินอุ้มน้ำ แสดงดังรูปที่
5.18 ถึงรูปที่ 5.20 และตารางที่ 5.10

Zone #:

1

Zone Name:

Recharge zone (1)

Layer #:

1

Edit selected row(s) or column: \$RECHARGE				☒
	Start Time [day]	Stop Time [day]	Recharge [mm/yr]	Active
▶ 0		31	95.256	☒
31		61	47.03063	☒
61		92	52.57913	☒
92		123	80.50388	☒
123		153	97.97967	☒
153		184	0	☒
184		214	0	☒
214		245	0	☒
245		276	0	☒
276		304	0	☒
304		335	0	☒
335		365	0	☒

ก) โซนที่ 1 บริเวณภูเขาที่มีความลาดชันต่ำ

รูปที่ 5.18 อัตราการเพิ่มเติมน้ำสู่แหล่งน้ำบาดาลแอ่งเจ้าพระยาตอนบน

Zone #: 2 Zone Name: Recharge zone (2) Layer #: 1

Icons: [Save] [Print] [Export]

Edit selected row(s) or column: \$RECHARGE [Active] [x]

	Start Time [day]	Stop Time [day]	Recharge [mm/yr]	Active
▶ 0	31	0	0	[x]
31	61	0	0	[x]
61	92	0	0	[x]
92	123	0	0	[x]
123	153	0	0	[x]
153	184	0	0	[x]
184	214	0	0	[x]
214	245	0	0	[x]
245	276	0	0	[x]
276	304	0	0	[x]
304	335	0	0	[x]
335	365	0	0	[x]

ข) โซนที่ 2 บริเวณที่ลุ่มน้ำยม ส่วนใหญ่เป็นนาข้าว

Zone #: 3 Zone Name: Recharge zone (3) Layer #: 1

Icons: [Save] [Print] [Export]

Edit selected row(s) or column: \$RECHARGE [Active] [x]

	Start Time [day]	Stop Time [day]	Recharge [mm/yr]	Active
▶ 0	31	67.7376	67.7376	[x]
31	61	33.444	33.444	[x]
61	92	37.3896	37.3896	[x]
92	123	57.2472	57.2472	[x]
123	153	69.6744	69.6744	[x]
153	184	0	0	[x]
184	214	0	0	[x]
214	245	0	0	[x]
245	276	0	0	[x]
276	304	0	0	[x]
304	335	0	0	[x]
335	365	0	0	[x]

ค) โซนที่ 3 บริเวณที่ดอนและเชิงเขา

รูปที่ 5.18 อัตราการเพิ่มเติมน้ำสู่แหล่งน้ำบาดาลแอ่งเจ้าพระยาตอนบน (ต่อ)

Zone #:

4

Zone Name:

Recharge zone (4)

Layer #:

1

Edit selected row(s) or column:

\$RECHARGE

</

ค) โซนที่ 4 บริเวณภูเขาที่มีความลาดชันสูง

Zone #:

5

Zone Name:

Recharge zone (5)

Layer #:

1

Edit selected row(s) or column:

\$RECHARGE

☒

	Start Time [day]	Stop Time [day]	Recharge [mm/yr]	Active
	0	31	11.76	☒
▶	31	61	5.80625	☒
	61	92	6.49125	☒
	92	123	9.93875	☒
	123	153	12.09625	☒
	153	184	0	☒
	184	214	0	☒
	214	245	0	☒
	245	276	0	☒
	276	304	0	☒
	304	335	0	☒
	335	365	0	☒

จ) โซนที่ 5 บริเวณที่ดอน ที่ใช้ปลูกพืชไร่และข้าวสลับกัน

รูปที่ 5.18 อัตราการเพิ่มเติมน้ำสู่แหล่งน้ำบาดาลแอ่งเจ้าพระยาตอนบน (ต่อ)

	Zone	Kx [m/s]	Ky [m/s]	Kz [m/s]	Active	Distribution Array
	1	0.00035	0.00035	3.5E-5	☒	☐
	2	7.5E-9	7.5E-9	7.5E-10	☒	☐
	3	2.8E-5	2.8E-5	2.8E-6	☒	☐
	4	8.5E-7	8.5E-7	8.5E-8	☒	☐
	5	2.31E-6	2.31E-6	2.31E-7	☒	☐
	6	8.5E-5	8.5E-5	8.5E-6	☒	☐
	7	4.5E-5	4.5E-5	4.5E-6	☒	☐
	8	5.2E-5	5.5E-5	5.5E-6	☒	☐

รูปที่ 5.19 ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านของชั้นหินอุ้มน้ำแอ่งเจ้าพระยาตอนบน

	Zone	Ss [1/m]	Sy []	Eff. Por. []	Tot. Por. []	Active	Distribution Array
▶	1	5.5E-5	0.21	0.15	0.3	✓	☐
	2	1.01E-6	0.01	0.15	0.3	✓	☐
	3	2.5E-6	0.013	0.15	0.3	✓	☐
	4	1.7E-5	0.01	0.15	0.3	✓	☐
	5	1.2E-6	0.011	0.15	0.3	✓	☐
	6	4.1E-5	0.18	0.15	0.3	✓	☐
	7	3.6E-5	0.17	0.15	0.3	✓	☐
	8	4.5E-5	0.15	0.15	0.3	✓	☐

รูปที่ 5.20 ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บของชั้นหินอุ้มน้ำแอ่งเจ้าพระยาตอนบน

ตารางที่ 5.10 ค่าคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำแอ่งเจ้าพระยาตอนบน

ชั้นหินอุ้มน้ำ	Kx และ Ky (ม./วินาที)	Kz (ม./วินาที)	Effective Porosity	Sy	Ss (1/m)
ชั้นกรวดทรายชั้นที่ 1	4.5×10^{-5} ถึง 3.5×10^{-4}	4.5×10^{-6} ถึง 3.5×10^{-5}	0.15	0.15 ถึง 0.21	3.6×10^{-5} ถึง 5.5×10^{-5}
ชั้นกรวดทรายชั้นที่ 2	4.1×10^{-5} ถึง 3.5×10^{-4}	4.1×10^{-6} ถึง 3.5×10^{-5}	0.15	0.18 ถึง 0.21	4.1×10^{-5} ถึง 5.5×10^{-5}
ชั้นดินเหนียวปนทราย	7.5×10^{-9} ถึง 8.5×10^{-7}	7.5×10^{-10} ถึง 8.5×10^{-8}	0.15	0.01	1.01×10^{-6} ถึง 1.7×10^{-5}
หน่วยหินแข็ง	2.31×10^{-6} ถึง 2.8×10^{-5}	2.31×10^{-7} ถึง 2.8×10^{-6}	0.15	0.011 ถึง 0.013	1.2×10^{-6} ถึง 2.5×10^{-6}

หมายเหตุ Kx คือ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านในแนวแกน X หรือแนวตะวันออก-ตะวันตก

Ky คือ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านในแนวแกน Y หรือแนวเหนือ-ใต้

Kz คือ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านในแนวแกน Z หรือแนวตั้ง

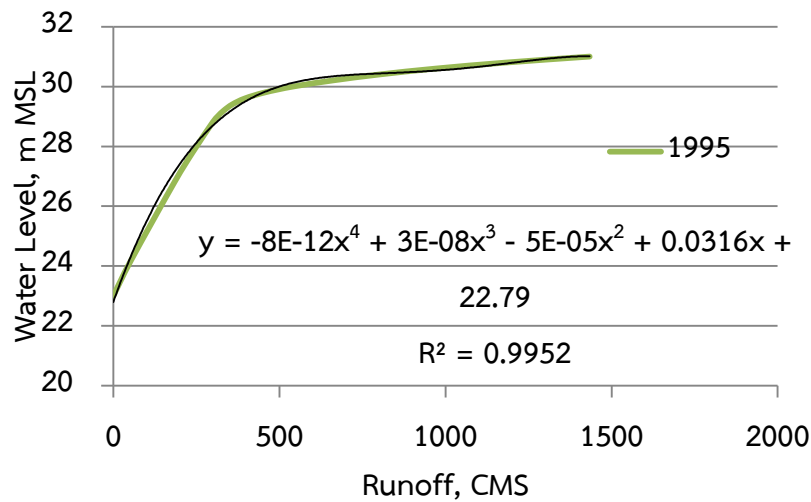
Effective Porosity คือ ความพรุนต่อเนื่อง

Sy คือ ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บของหินอุ้มน้ำที่ไร้แรงดัน

Ss คือ ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บของหินอุ้มน้ำที่มีแรงดัน

5. 8 การประเมินสมมูลน้ำโดยใช้แบบจำลองน้ำผิวดินและน้ำบาดาลร่วมกัน

เมื่อทำการสร้างแบบจำลองน้ำผิวดินและน้ำบาดาลที่ผ่านการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จนเหมาะสมแล้ว ทำการประเมินสมมูลน้ำในแอ่งลุ่มน้ำย่อยโดยการจำลองร่วมกันระหว่างน้ำผิวดิน และน้ำบาดาล ซึ่งจากผลการวิเคราะห์อัตราการไหลรายวันโดยแบบจำลอง SWAT ตั้งแต่ พ.ศ. 2547-2553 ทำการปรับเปลี่ยนค่าการไหลด้วย rating curve เป็นระดับน้ำเข้าสู่แบบจำลอง MODFLOW ดังแสดงรูปที่ 5.21



รูปที่ 5.21 rating curve

5.9 ผลการวิจัย

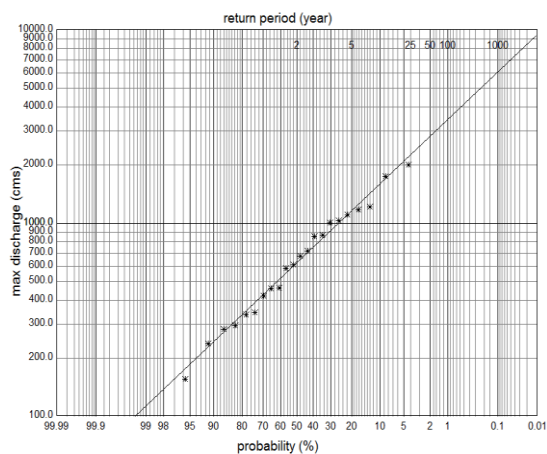
การประเมินปริมาณน้ำผิวดินและน้ำบาดาลในพื้นที่ลุ่มน้ำยมทำการประเมินโดยใช้แบบจำลองน้ำผิวดิน (SWAT) และแบบจำลองน้ำบาดาล (Modflow) โดยทำการประเมินตามขอบเขตของลุ่มน้ำยม โดยกรณีน้ำบาดาลถูกแบ่งออกเป็น 2 แอ่งด้วยกัน คือ แอ่งแพร่ ซึ่งอยู่ส่วนบนของลุ่มน้ำ และ แอ่งเจ้าพระยาตอนบน อยู่ส่วนล่างของลุ่มน้ำ โดยกำหนดพื้นที่แอ่งให้สอดคล้องกับพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งทำการประเมินโดยแยกแบบจำลองและใช้แบบจำลองร่วมกัน ในกรณีใช้แบบจำลองร่วมกันของน้ำผิวดินและน้ำบาดาล จะพิจารณาค่าระดับน้ำที่ได้จากการจำลองน้ำผิวดินแปรเป็นข้อมูลนำเข้าในส่วนของแบบจำลองน้ำบาดาลเพื่อเป็นการพิจารณาแบบบูรณาการร่วมกัน (Integrated Water Resource Management, IWRM)

ในการประเมินน้ำผิวดินได้ทำการประเมินการเกิดน้ำท่วมที่คาบการกลับต่างๆ เพื่อใช้ในการพิจารณาถึงโอกาสและปริมาณน้ำที่จะเกิดในแต่ละสถานีวัดน้ำ และในกรณีน้ำบาดาลได้ทำการคำนวณเปรียบเทียบทางหลักทฤษฎีการไหลพื้นฐานเปรียบเทียบกับแนวโน้มที่ได้จากแบบจำลองน้ำบาดาลโดยมีรายละเอียดดังนี้

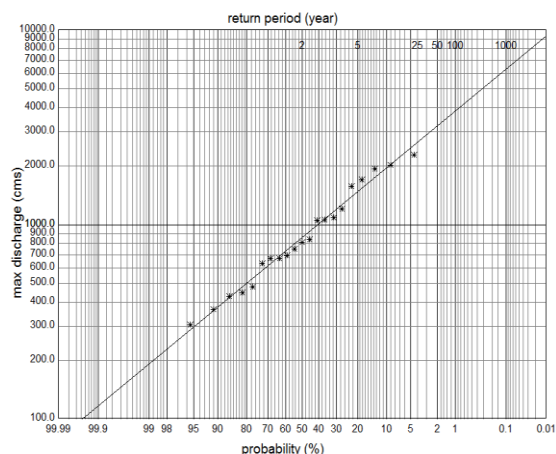
5.10 การประเมินน้ำผิวดิน

5.10.1 การประเมินการเกิดน้ำท่วม

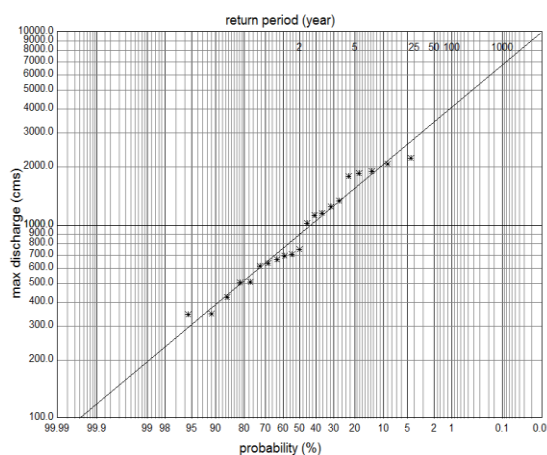
จากข้อมูลอัตราการไหลสูงสุดรายวันของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำยมทำการแจกแจงความน่าจะเป็น วิเคราะห์หาอัตราการไหลสูงสุดที่คาบการกลับต่างๆ เพื่อหาระดับความรุนแรงที่จะเกิดอัตราการไหลผ่านสถานีต่างๆ สามารถวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 5.22



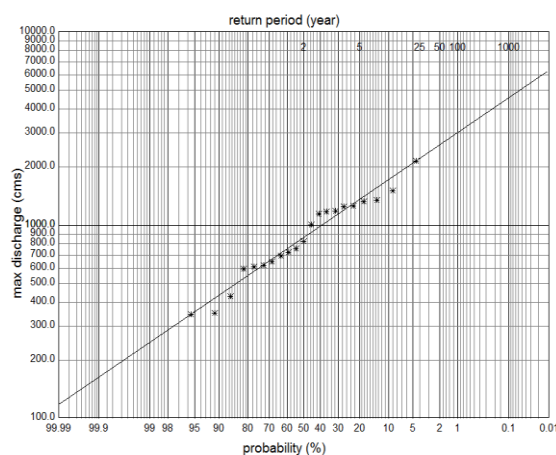
ก) Y.1C



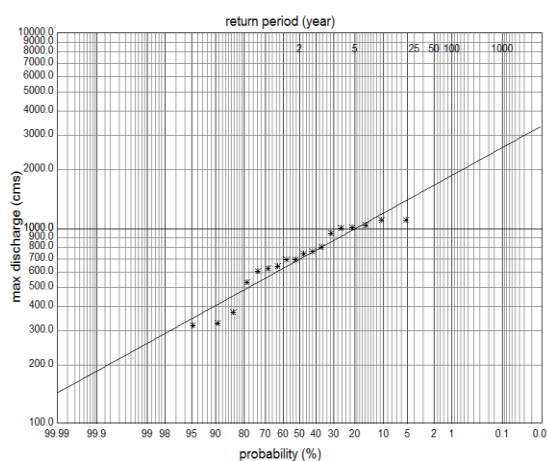
ข) Y.14



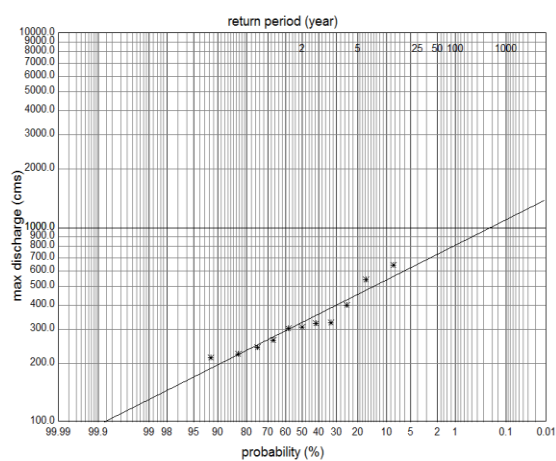
ค) Y.6



ง) Y.3A

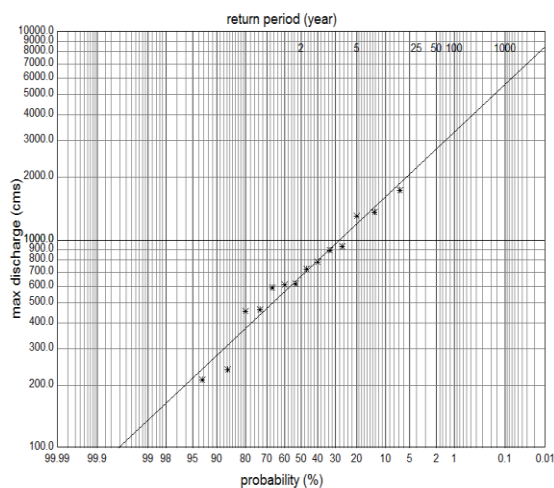


จ) Y.33

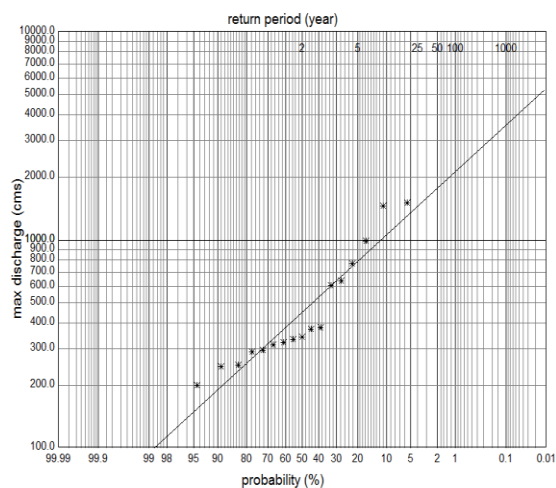


ฉ) Y.4

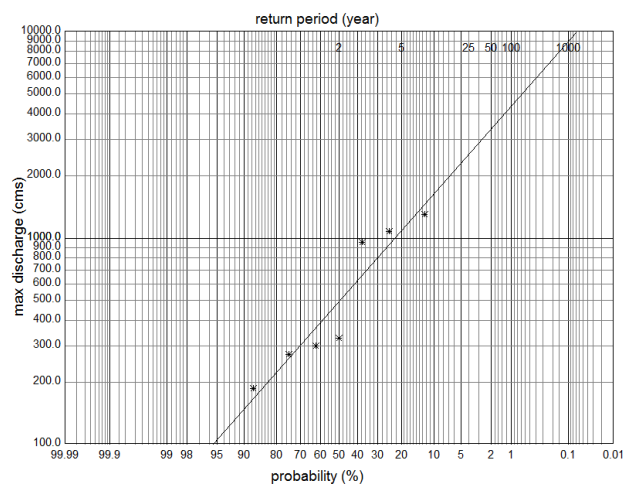
รูปที่ 5.22 ความสัมพันธ์ค่าความน่าจะเป็น คาบการกลับ และอัตราการไหลสูงสุด



ช) Y.16



ช) Y.17



ณ) Y.5

รูปที่ 5.22 ความสัมพันธ์ค่าความน่าจะเป็น คาบการกลับ และอัตราการไหลสูงสุด (ต่อ)

จากกราฟความสัมพันธ์การแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลอัตราการไหลสูงสุดรายวัน ด้วยสมการการแจกแจงแบบ weibull จะเห็นได้ว่ามีค่าอัตราการไหลสูงสุดที่คาบการกลับ 2, 25, 100, 500 และ 1000 ปี และการคำนวณอัตราไหลจำนวน 9 สถานี แสดงดังตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11-1 ผลอัตราการไหลสูงสุดที่น้ำจะเป็นที่คาบการกลับต่างๆ

คาบการกลับ (ปี)	อัตราการไหลสูงสุด (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)				
	Y.1C	Y.14	Y.6	Y.3A	Y.33
2	627.9	859.7	902.3	870.2	700.0
25	2261.1	2645.8	2810.7	2207.1	1463.3
50	2844.9	3210.4	3410.4	2614.1	1671.4
100	3451.8	3802.3	4088.3	3025.1	1863.5

คาบการกลับ (ปี)	อัตราการไหลสูงสุด (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)				
	Y.1C	Y.14	Y.6	Y.3A	Y.33
500	5269.6	5530.7	5946.7	4088.3	2402.0
1000	6092.2	6317.2	6792.3	4558.1	2614.1

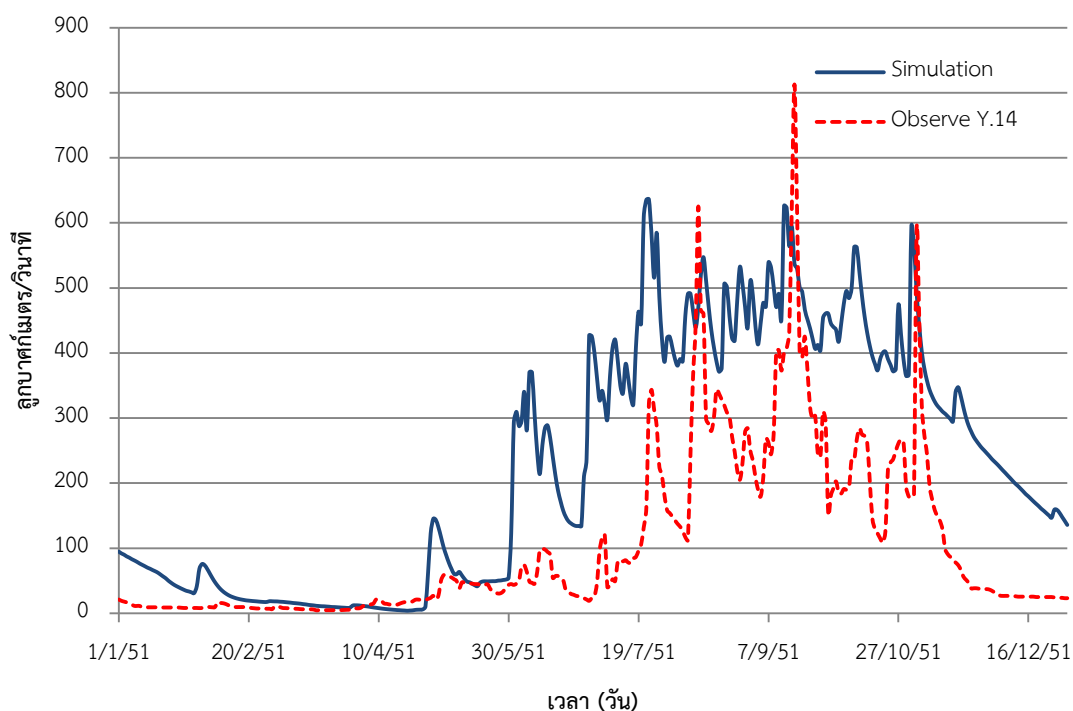
ตารางที่ 5.11-2 ผลอัตราการไหลสูงสุดที่น่าจะเป็นที่คาบการกลับต่างๆ

คาบการกลับ (ปี)	อัตราการไหลสูงสุด (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)			
	Y.4	Y.16	Y.17	Y.5
2	326.9	675.1	453.0	499.0
25	651.1	2233.9	1445.7	2582.6
50	734.7	2743.5	1754.2	3410.4
100	809.3	3328.9	2102.9	4395.8
500	1018.2	4901.0	3096.0	7481.9
1000	1094.8	5597.9	3536.3	9078.3

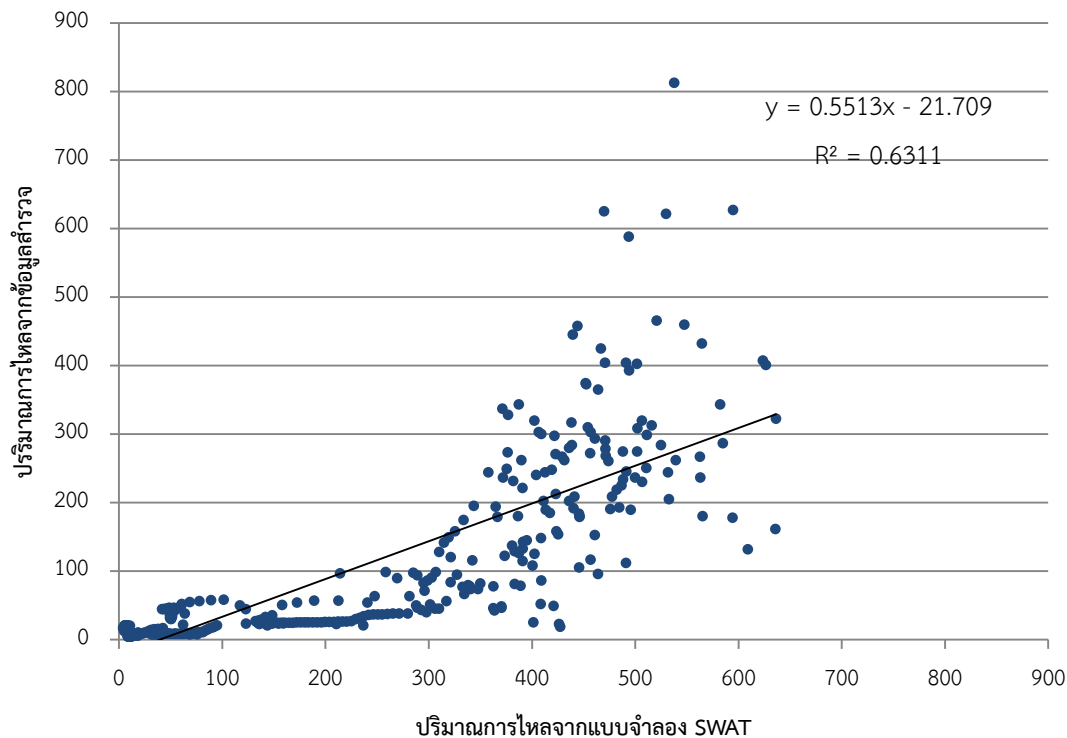
จากตารางที่ 5.8 เมื่อนำมาพิจารณาเปรียบเทียบถึงความสามารถในการระบายน้ำในลำน้ำยมเป็นรายสถานีจะเห็นได้ว่าที่สถานี Y.1C, Y.14, Y.6, Y.3A, Y.33, Y.4, Y.16, Y.17 และ Y.5 คือ 3, 21, 15, 4, 3, 35, 1, 2 และ 2 ปี ตามลำดับ ผลจากการวิเคราะห์การระบายน้ำของลำน้ำเป็นการยืนยันให้เห็นถึงสภาพการเกิดปัญหาน้ำท่วมเป็นประจำทุกปี

5.10.2 การประเมินปริมาณน้ำผิวดินด้วยแบบจำลอง

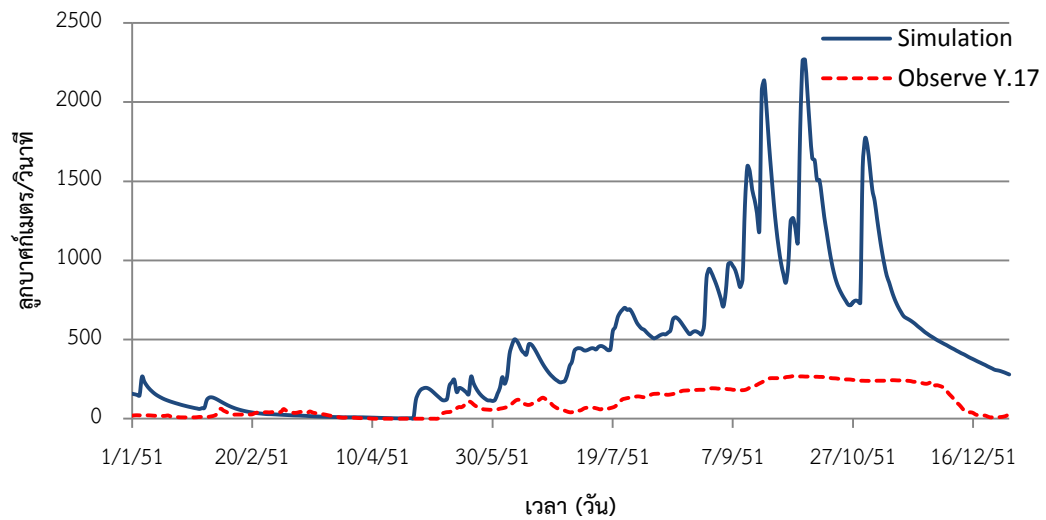
จากการประเมินปริมาณน้ำผิวดินด้วยแบบจำลอง SWAT มีการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าซึ่งได้จากแบบจำลองกับข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันจากสถานีวัดปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำยม พ.ศ. 2551 จำนวน 2 สถานี คือสถานี Y.14 อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย และสถานี Y.17 อำเภอสว่างงาม จังหวัดพิจิตร ซึ่งกำหนดให้เป็นจุดออกของลุ่มน้ำยมตอนบนและลุ่มน้ำยมตอนล่าง โดยที่สถานี Y.14 กราฟน้ำท่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันได้ค่าสมรรถภาพสัมประสิทธิ์ R^2 เท่ากับ 0.63 และสถานี Y.17 กราฟน้ำท่ามีแนวโน้มคงที่เนื่องจากอาจมีสาเหตุมาจากมีอาคารชลศาสตร์ควบคุมการไหลของน้ำท่าอยู่โดยมีค่าสมรรถภาพสัมประสิทธิ์ R^2 เท่ากับ 0.72 ดังรูปที่ 5.23-5.26 การเปรียบเทียบแบบจำลอง SWAT ควรพิจารณาเปรียบเทียบที่ละส่วน คือปรับพารามิเตอร์ที่เป็นส่วนของน้ำผิวดิน จากนั้นจึงปรับค่าพารามิเตอร์ในส่วนน้ำบาดาล แล้วดูผลลัพธ์จากแบบจำลองว่าเป็นไปตามข้อมูลสำรวจหรือไม่ และจากนั้นจึงปรับปริมาณน้ำภาพรวมในระบบทั้งน้ำผิวดินและน้ำบาดาลเพื่อวิเคราะห์ว่าค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับพารามิเตอร์ของทั้ง 2 ส่วน เป็นไปอย่างเหมาะสม



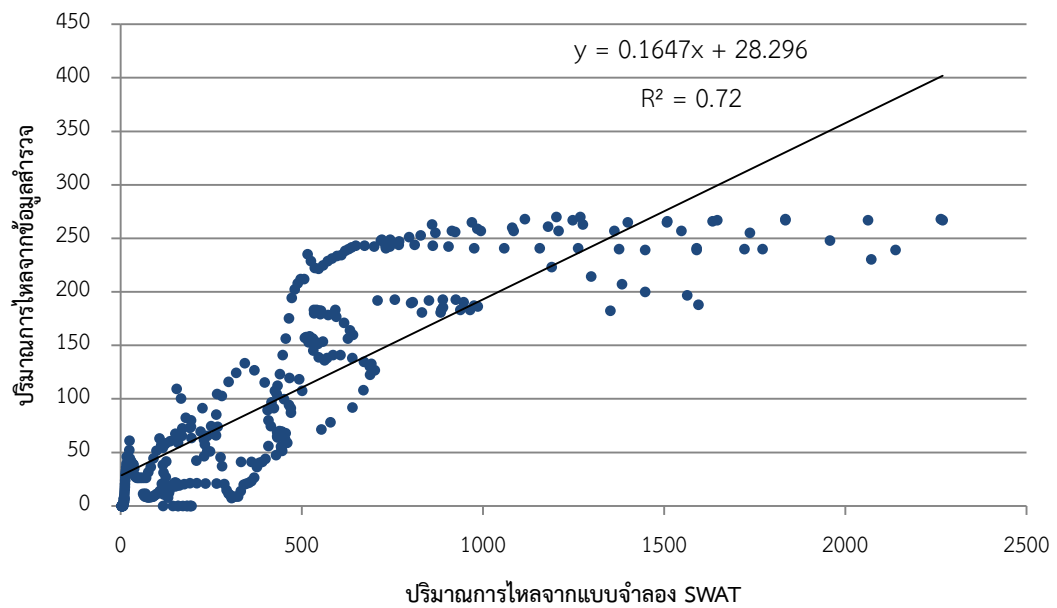
รูปที่ 5.23 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าในแบบจำลอง SWAT ที่สถานี Y.14 ปี พ.ศ.2551



รูปที่ 5.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลในลำน้ำจากแบบจำลองและปริมาณการไหลจากการสำรวจที่สถานี Y.14 ปี พ.ศ. 2551



รูปที่ 5.25 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าในแบบจำลอง SWAT ที่สถานี Y.17 ปี พ.ศ.2551



รูปที่ 5.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลในลำน้ำจากแบบจำลองและปริมาณการไหลจากการสำรวจที่สถานี Y.17 ปี พ.ศ. 2551

ภายหลังจากการเปรียบเทียบแบบจำลองที่สถานี Y.14 และ Y.17 ผลการปรับแก้สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 ปริมาณน้ำท่ารายปีที่มีการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์เนื่องจากการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2552

พ.ศ.	ปริมาณน้ำรายสถานี (ล้าน ลบ.ม.)					
	Y.20	Y.1C	Y.14	Y.4	Y.17	Y.5
2547	1,303.66	2,049.45	2,897.03	878.57	5,368.57	6,238.96
2548	2,178.03	2,807.48	3,839.36	1,136.15	7,081.84	7,613.25
2549	3,062.34	4,477.02	6,988.01	3,161.84	14,454.18	15,186.17
2550	2,474.50	3,336.53	5,134.04	1,844.04	8,831.79	10,146.55
2551	2,786.91	3,883.55	5,485.92	2,371.18	11,398.80	12,720.63
2552	1,649.28	2,755.59	4,463.06	2,283.74	9,173.94	10,470.91
2553	2,867.07	3,681.00	5,031.27	2,151.26	10,247.22	11,518.28
เฉลี่ย	2,331.68	3,284.37	4,834.10	1,975.25	9,508.05	10,556.39

ภายหลังจากการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์เปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง SWAT และข้อมูลน้ำท่าจากศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนล่าง กรมชลประทาน พ.ศ. 2549 ที่สถานี Y.14 เท่ากับ 5255.00 ล้านลูกบาศก์เมตร และสถานี Y.17 เท่ากับ 8557.90 ล้านลูกบาศก์เมตร จะเห็นได้ว่าผลการจำลองปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยมีค่ายอมรับได้

5.11 การประเมินปริมาณน้ำบาดาล

5.11.1 การประเมินปริมาณน้ำบาดาลโดยดัชนีการไหลพื้นฐาน (baseflow)

สำหรับการประเมินปริมาณน้ำบาดาลที่จุดออกของน้ำท่าของแต่ละสถานีสามารถคำนวณจากการประเมินน้ำบาดาลด้วยการใช้ดัชนีการไหลพื้นฐานโดยการแยกการไหลพื้นฐาน ภายหลังจากการแยกการไหลพื้นฐานออกจากกราฟอุทกการไหลในแม่น้ำยม คำนวณปริมาตรการไหลน้ำบาดาลในแต่ละปี พบว่า สถานีที่มีแนวโน้มเชิงเส้นปริมาณน้ำน้ำบาดาลเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ Y.6 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นถึง 654.80 ลบ.ม.ต่อปี และสถานีที่มีแนวโน้มเชิงเส้นปริมาณน้ำบาดาลลดลงที่สุด คือ Y.5 มีแนวโน้มลดลงถึง 1,016 ลบ.ม.ต่อ ปี ดังแสดงในตารางที่ 5.13

ปริมาณน้ำบาดาลที่ได้ในตารางที่ 5.13 เป็นข้อมูลที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลน้ำบาดาลที่ได้จากจากจำลองโดยที่สถานี Y.14 ใช้ในการพิจารณาปริมาณน้ำบาดาลของอ่างแพร่และสถานี Y.5 ใช้ในการเปรียบเทียบกับแบบจำลองของอ่างเจ้าพระยาตอนบน

ตารางที่ 5.13 แนวโน้มปริมาณน้ำบาดาลและปริมาณเฉลี่ยในกลุ่มน้ำยม

สถานี	พ.ศ.	ปริมาณน้ำบาดาลเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.ต่อปี)	แนวโน้มเชิงเส้นปริมาณน้ำ บาดาล (ลบ.ม.ต่อวินาทีต่อปี)
Y20	2541-2551	311.10	เพิ่มขึ้น 57.25
Y1C	2541-2551	600.77	เพิ่มขึ้น 181.30
Y14	2541-2551	903.14	เพิ่มขึ้น 408.30
Y6	2541-2551	1,011.95	เพิ่มขึ้น 654.80
Y3A	2541-2551	794.70	ลดลง 393.60
Y4	2533-2540	370.03	เพิ่มขึ้น 204.00
Y17	2541-2548	565.30	ลดลง 670.20
Y5	2534-2540	672.61	ลดลง 1,016.00

5.11.2 การประเมินปริมาณน้ำบาดาลด้วยแบบจำลอง

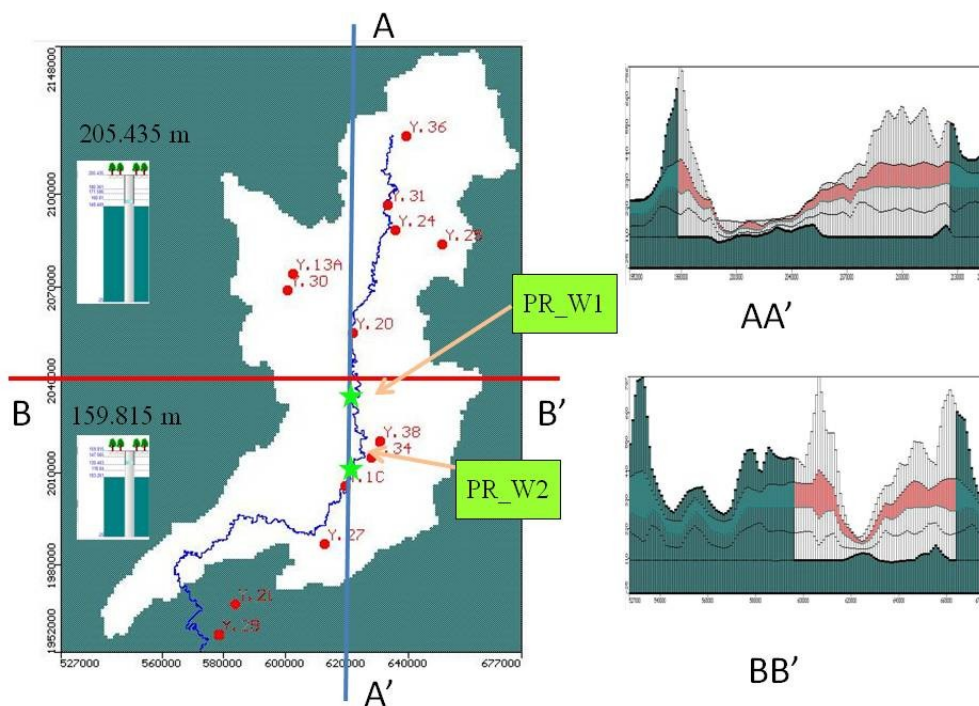
จากการประเมินปริมาณน้ำบาดาลด้วยแบบจำลอง MODFLOW ในกลุ่มน้ำยมมีวัตถุประสงค์เพื่อหาสมดุลน้ำบาดาล และปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากพื้นที่กลุ่มน้ำยมประกอบด้วยแอ่งน้ำบาดาล 2 แอ่ง คือ แอ่งแพร่ และแอ่งเจ้าพระยาตอนบน ดังนั้นการจัดทำแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์จึงแบ่งออกเป็น 2 พื้นที่ ดังนี้

1. การประเมินปริมาณน้ำบาดาลพื้นที่แอ่งแพร่

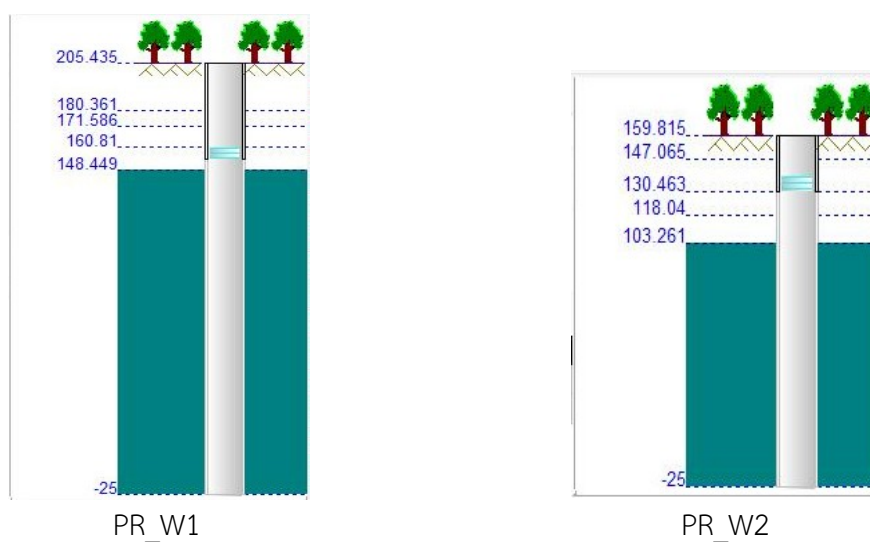
พื้นที่การจำลองครอบคลุมพื้นที่ 29,400 ตร.กม. ภาพตัดขวาง AA' อยู่ในแนวแกน Y ที่ X เท่ากับ 623,500 ตะวันออก ภาพตัดขวาง BB' อยู่ในแนวแกน Y ที่ X เท่ากับ 2,040,500 เหนือและหน้าตัดบ่อบาดาล ดังรูปที่ 5.27

ผลการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของการจำลองทั้งฤดูฝนและแล้ง ได้แก่ อัตราการเพิ่มเติมน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านและค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บของชั้นหินอุ้มน้ำ แสดงดังรูปที่ 5.11 ถึงรูปที่ 5.13 และตารางที่ 5.8 ผลการจำลองแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของเฮดเฉลี่ยสมบูรณ์ต่ำสุดที่ 17.97 และ 13.71 เมตร ตามลำดับ และมีค่าความเบี่ยงเบนคลาดเคลื่อนประมาณร้อยละ 6.33 และ 5.41 ตามลำดับ (รูปที่ 5.28) สมดุลของน้ำบาดาลในช่วง 1 ปี (ตารางที่ 5.14) ที่ได้จากการจำลองพบว่ามีปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากฝนประมาณ 145 ล้าน ลบ.ม. มีน้ำจากแม่น้ำเพิ่มเติมเข้าสู่แหล่งน้ำบาดาลประมาณ 33 ล้าน ลบ.ม. และมีปริมาณการกักเก็บน้ำประมาณ 262 ล้าน ลบ.ม. รวมมีน้ำเข้าสู่ระบบน้ำบาดาลทั้งหมดประมาณ 440 ล้าน ลบ.ม. ส่วนน้ำบาดาลที่สูญเสียจากระบบน้ำบาดาลออกสู่น้ำประมาณ 93 ล้าน ลบ.ม. การสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ประมาณ 20

ล้าน ลบ.ม. การระบายน้ำจากลำห้วยประมาณ 20 ล้าน ลบ.ม. และสูญเสียปริมาณการกักเก็บ
 ประมาณ 307 ล้าน ลบ.ม. รวมสูญเสียน้ำบาดาลจากระบบทั้งหมดประมาณ 440 ล้าน ลบ.ม.

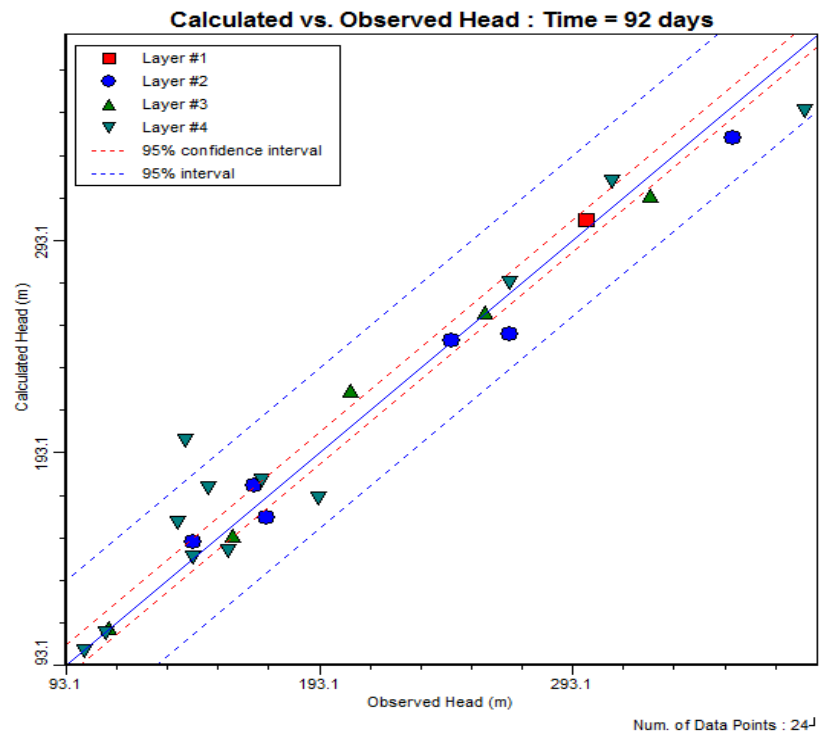


ก. ภาพตัดขวางพื้นที่แอ่งแพร่

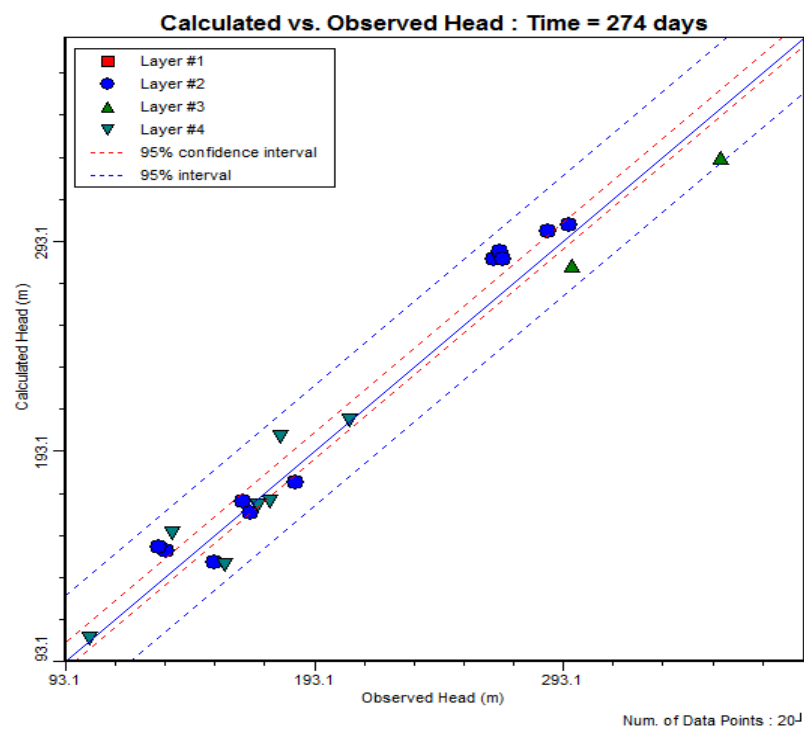


ข. หน้าตัดบ่อบาดาล

รูปที่ 5.27 ภาพตัดขวางและหน้าตัดบ่อบาดาลพื้นที่แอ่งแพร่



ก) ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองในฤดูฝน



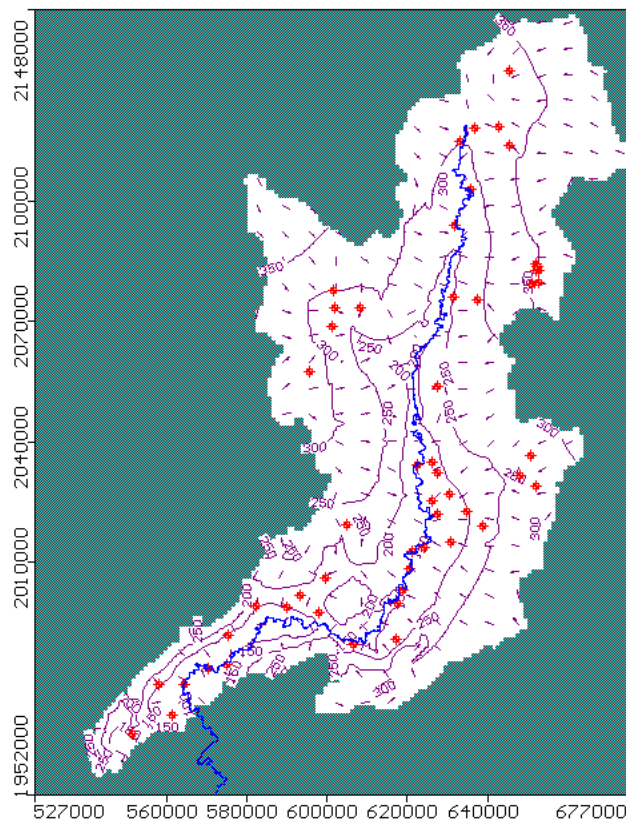
ข) ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองในฤดูแล้ง

รูปที่ 5.28 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์แอ่งแพร่

ตารางที่ 5.14 สมดุลน้ำบาดาลของแอ่งแพร่

แหล่ง และปริมาณการไหลเข้า (ลบ.ม.)	แหล่ง และปริมาณการไหลออก (ลบ.ม.)
Storage = 262,486,752	Storage = 307,433,120
Recharge = 144,878,480	Pumping Wells = 20,018,444
River Leakage = 32,774,290	River Leakage = 92,524,016
Total In = 440,139,520	Drain = 20,150,076
	Total Out = 440,125,664
IN – OUT = 13,856	% Discrepancy = 0.00

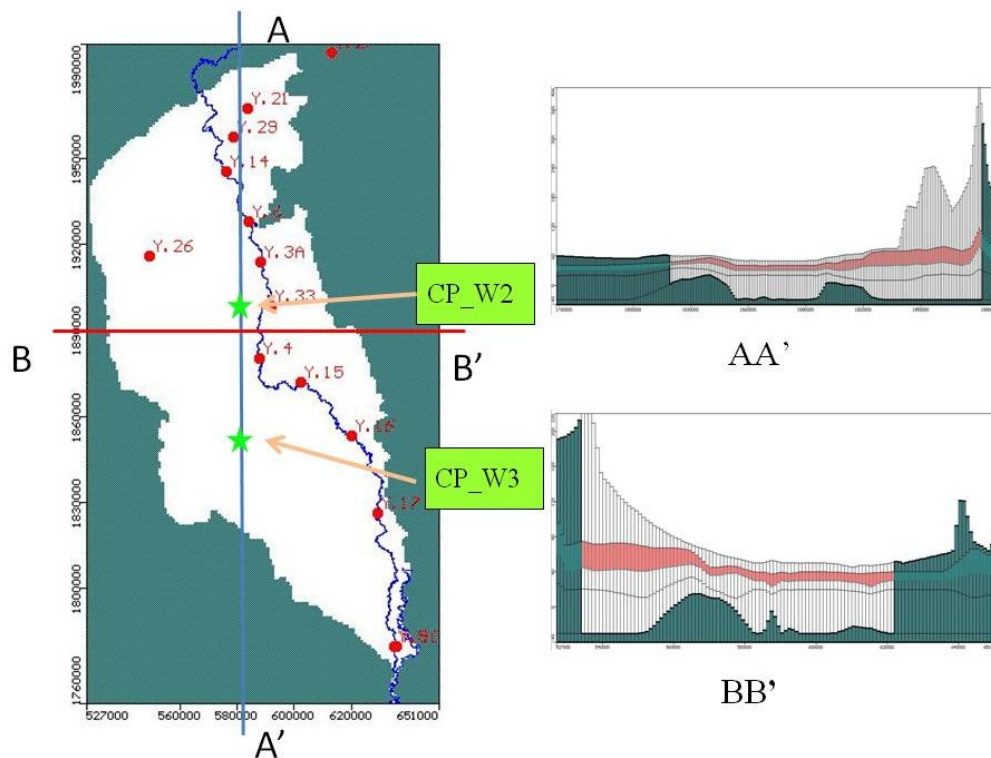
จากการจำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาลด้วยแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ 3 มิติ พบว่าน้ำบาดาลมีทิศทางการไหลหลักจากพื้นที่รับน้ำ (recharge area) ที่เป็นบริเวณพื้นที่ภูเขาสูงที่มีลักษณะการวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ และบริเวณที่เป็นที่ดอนและเชิงเขา ไหลสู่พื้นที่สูญเสียน้ำ (discharge area) บริเวณที่ลุ่มพื้นที่ลุ่มน้ำยม โดยมีระดับแรงดันของน้ำบาดาลตั้งแต่ 140-380 ม.รทก. แสดงดังรูปที่ 5.29



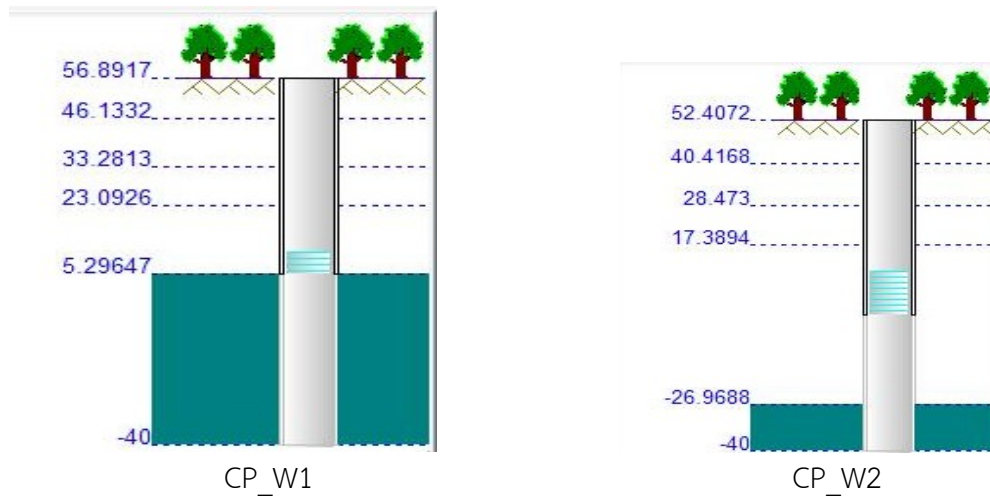
รูปที่ 5.29 การกระจายตัวของเส้นระดับแรงดันเท่ากันของน้ำบาดาลและทิศทางการไหลหลักของน้ำบาดาลแอ่งแพร่

2. การประเมินปริมาณน้ำบาดาลพื้นที่แอ่งเจ้าพระยาตอนบน

พื้นที่การจำลองครอบคลุมพื้นที่ 29,400 ตร.กม. ภาพตัดขวาง AA' อยู่ในแนวแกน Y ที่ X เท่ากับ 583,500 ตะวันออก ภาพตัดขวาง BB' อยู่ในแนวแกน Y ที่ X เท่ากับ 1,890,500 เหนือ และหน้าตัดบ่อบาดาล โดยกำหนดขอบเขตของพื้นที่แอ่งให้สอดคล้องกับพื้นที่ลุ่มน้ำดังรูปที่ 5.30 ผลการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของการจำลองทั้งฤดูฝนและแล้ง ได้แก่ อัตราการเพิ่มเติมน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านและค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บของชั้นหินอุ้มน้ำ แสดงดังรูปที่ 5.18 ถึงรูปที่ 5.20 และตารางที่ 5.10 ผลการจำลองแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของเฮดเฉลี่ยสมบูรณ์ต่ำสุดที่ 6.25 และ 15.06 เมตร ตามลำดับ และมีค่าความเบี่ยงเบนคลาดเคลื่อนประมาณร้อยละ 15.06 และ 15.38 ตามลำดับ (รูปที่ 5.31) สมดุลของน้ำบาดาลในช่วง 1 ปี (ตารางที่ 5.15) ที่ได้จากการจำลองพบว่ามีปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากฝนประมาณ 157 ล้าน ลบ.ม. มีน้ำจากแม่น้ำเพิ่มเติมเข้าสู่แหล่งน้ำบาดาลประมาณ 35 ล้าน ลบ.ม. และมีปริมาณการกักเก็บน้ำประมาณ 325 ล้าน ลบ.ม. รวมมีน้ำเข้าสู่ระบบน้ำบาดาลทั้งหมดประมาณ 517 ล้าน ลบ.ม. ส่วนน้ำบาดาลที่สูญเสียจากระบบน้ำบาดาลออกสู่มแม่น้ำประมาณ 304 ล้าน ลบ.ม. การสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ประมาณ 36 ล้าน ลบ.ม. การระบายน้ำจากลำห้วยประมาณ 109 ล้าน ลบ.ม. และสูญเสียปริมาณการกักเก็บประมาณ 68 ล้าน ลบ.ม. รวมสูญเสียน้ำบาดาลจากระบบทั้งหมดประมาณ 517 ล้าน ลบ.ม.

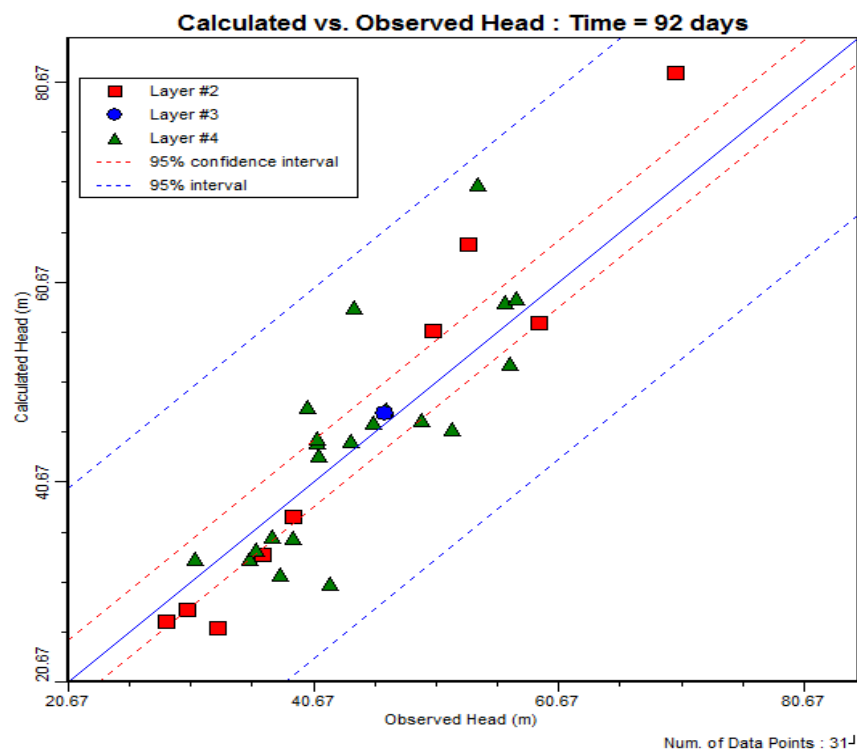


ก. ภาพตัดขวางพื้นที่แอ่งเจ้าพระยาตอนบน
รูปที่ 5.30 ภาพตัดขวางและหน้าตัดบ่อบาดาลพื้นที่แอ่งแพร่



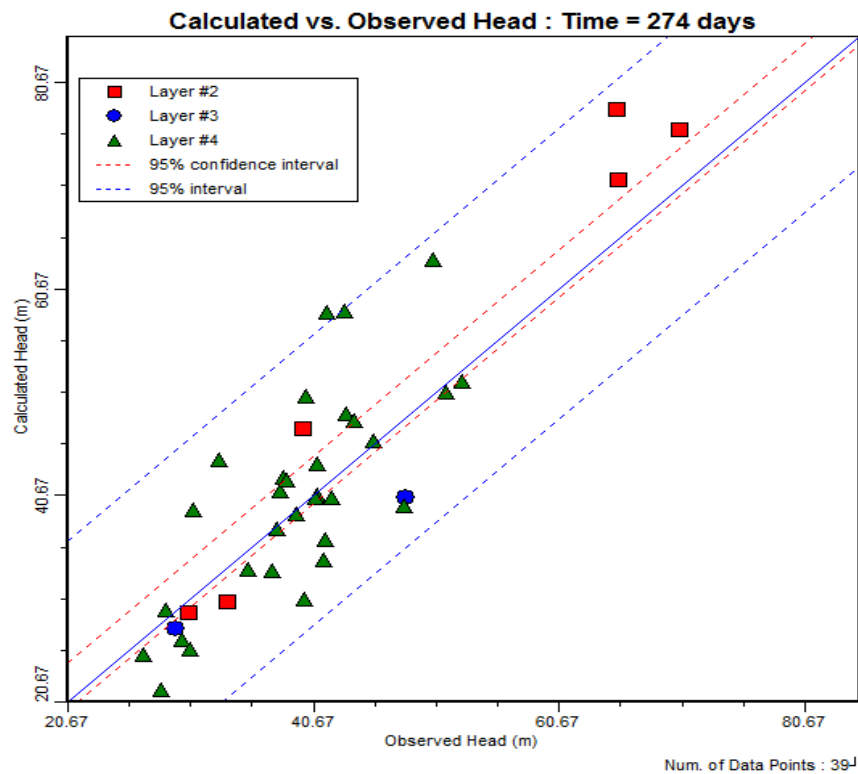
ข. หน้าตัดบ่อบาดาล

รูปที่ 5.30 ภาพตัดขวางและหน้าตัดบ่อบาดาลพื้นที่แอ่งแพร่ (ต่อ)



ก. ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองในฤดูฝน

รูปที่ 5.31 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์แอ่งเจ้าพระยาตอนบน



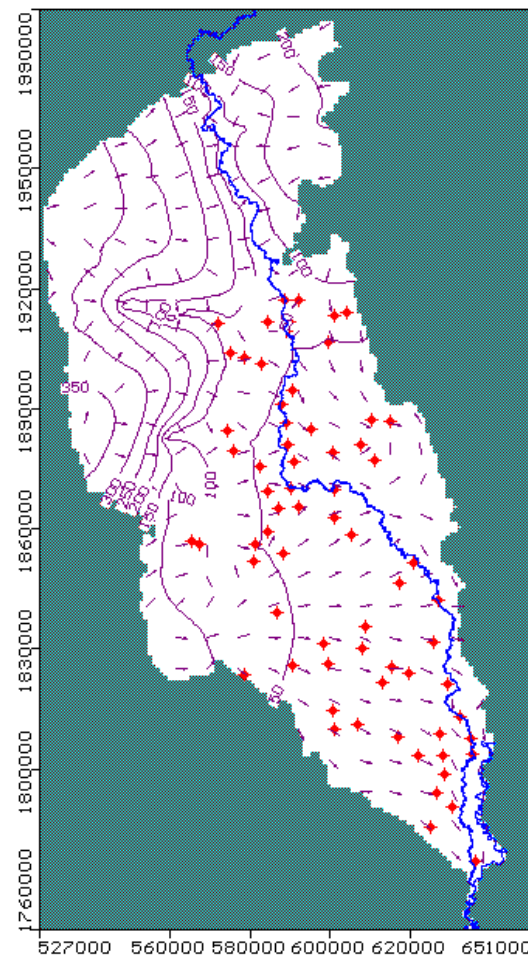
ข. ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองในฤดูแล้ง

รูปที่ 5.31 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์แอ่งเจ้าพระยาตอนบน (ต่อ)

ตารางที่ 5.15 สมดุลน้ำบาดาลแอ่งเจ้าพระยาตอนบน

แหล่ง และปริมาณการไหลเข้า (ลบ.ม.)	แหล่ง และปริมาณการไหลออก (ลบ.ม.)
Storage = 325,735,040	Storage = 68,072,216
Recharge = 156,840,320	Pumping Wells = 36,235,780
River Leakage = 34,825,292	River Leakage = 303,860,160
Total In = 517,400,640	Drain = 109,231,648
	Total Out = 517,399,808
IN – OUT = 832	% Discrepancy = 0.00

จากการจำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาลด้วยแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ 3 มิติ พบว่า น้ำบาดาลมีทิศทางการไหลหลักจากพื้นที่รับน้ำ (Recharge area) ที่เป็นบริเวณพื้นที่ภูเขาสูงที่มีลักษณะการวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ทางตอนเหนือและตะวันตกของพื้นที่ และบริเวณที่เป็นที่ดอนและเชิงเขา ไหลสู่พื้นที่สูญเสียน้ำ (discharge area) บริเวณที่ลุ่มพื้นที่ลุ่มน้ำยม ที่ส่วนใหญ่ครอบคลุมพื้นที่ทางตอนกลางและตอนล่างของพื้นที่โดยมีระดับแรงดันของน้ำบาดาลตั้งแต่ 30-350 ม.รทก. แสดงดังรูปที่ 5.32



รูปที่ 5.32 การกระจายตัวของเส้นระดับแรงดันเท่ากันของน้ำบาดาลและทิศทางการไหลหลักของน้ำบาดาลแอ่งเจ้าพระยาตอนบน

3. การประเมินปริมาณน้ำบาดาลพื้นที่แอ่งลุ่มน้ำยม

ผลสมดุลของน้ำบาดาลในช่วง 1 ปี ที่ได้จากการจำลองพบว่าปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากฝนประมาณ 301 ล้าน ลบ.ม. มีน้ำจากแม่น้ำเพิ่มเติมเข้าสู่แหล่งน้ำบาดาลประมาณ 68 ล้าน ลบ.ม. และมีปริมาณการกักเก็บน้ำประมาณ 588 ล้าน ลบ.ม. รวมมีน้ำเข้าสู่ระบบน้ำบาดาลทั้งหมดประมาณ 957 ล้าน ลบ.ม. ส่วนน้ำบาดาลที่สูญเสียจากระบบน้ำบาดาลออกสู่น้ำประมาณ 396 ล้าน ลบ.ม. การสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ประมาณ 56 ล้าน ลบ.ม. การระบายน้ำจากลำห้วยประมาณ 129 ล้าน ลบ.ม. และสูญเสียปริมาณการกักเก็บประมาณ 375 ล้าน ลบ.ม. รวมสูญเสียน้ำบาดาลจากระบบทั้งหมดประมาณ 957 ล้าน ลบ.ม. แสดงผลดังตารางที่ 5.16

ตารางที่ 5.16 สมดุลน้ำของแอ่งลุ่มน้ำยม

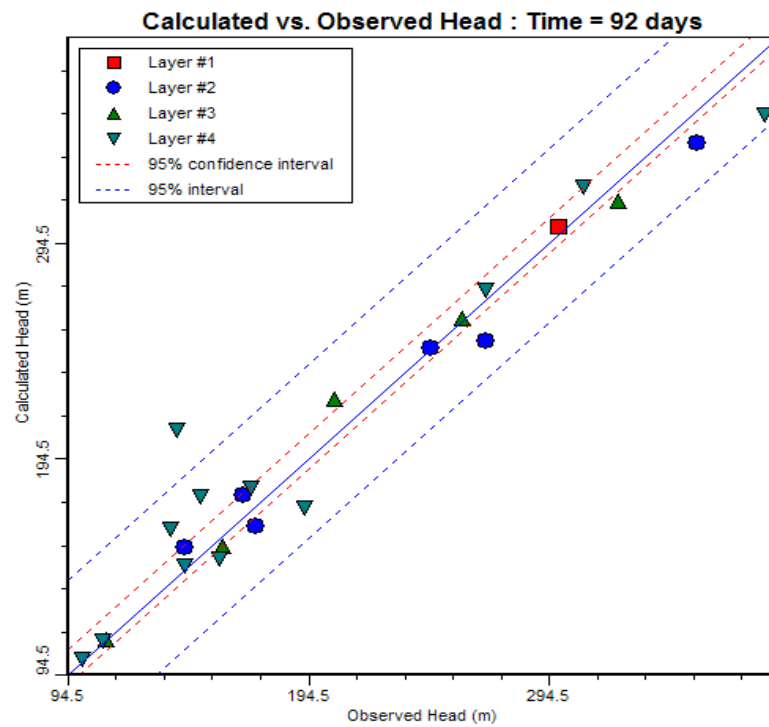
แหล่ง และปริมาณการไหลเข้า (ลบ.ม.)	แหล่ง และปริมาณการไหลออก (ลบ.ม.)
Storage = 588,221,792	Storage = 375,505,336
Recharge = 301,718,800	Pumping Wells = 56,254,224
River Leakage = 67,599,582	River Leakage = 396,384,176
Total In = 957,540,160	Drain = 129,381,724
	Total Out = 957,525,472
IN – OUT = 14,688	% Discrepancy = 0.00

5.12 การประเมินสมดุลน้ำในลุ่มน้ำยมโดยใช้แบบจำลองน้ำผิวดินและน้ำบาดาลร่วมกัน

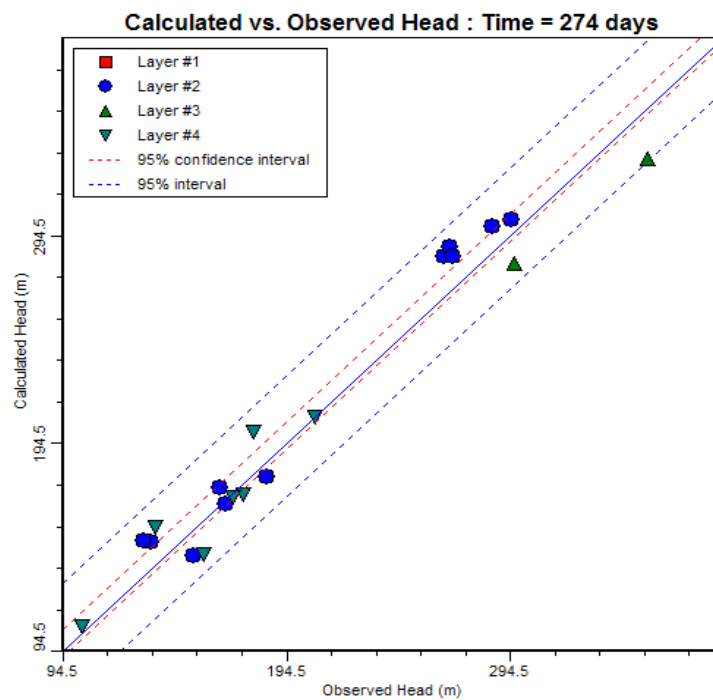
เมื่อทำการสร้างแบบจำลองน้ำผิวดินและน้ำบาดาลที่ผ่านการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จนเหมาะสมแล้ว ทำการประเมินสมดุลน้ำในแอ่งลุ่มน้ำย่อยโดยการจำลองร่วมกันระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล ซึ่งจากผลการวิเคราะห์อัตราการไหลรายวันโดยแบบจำลอง SWAT ตั้งแต่ พ.ศ. 2547-2553 ทำการปรับเปลี่ยนค่าการไหลด้วย rating curve เป็นระดับน้ำเข้าสู่แบบจำลอง MODFLOW สามารถแสดงผลการจำลองในแอ่งลุ่มน้ำย่อยดังนี้

5.12.1 สมดุลน้ำในพื้นที่แอ่งแพร่จากแบบจำลองร่วมกัน

จากข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากการแปลงผลเป็น rating curve ผลจากการจำลองที่ได้จาก SWAT ในแต่ละสถานี จะทำให้ระดับน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 1.0150 เท่าของระดับน้ำเดิม เมื่อทำการปรับแก้ค่าระดับน้ำของแบบจำลองที่พิจารณาเฉพาะน้ำบาดาล จะทำให้ปริมาณน้ำบาดาลเปลี่ยนแปลงไปโดยการพิจารณาที่ฤดูฝนและฤดูแล้ง สมดุลของน้ำบาดาลในช่วง 1 ปี ที่ได้จากการจำลองพบว่ามีปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากฝนประมาณ 145 ล้าน ลบ.ม. มีน้ำจากแม่น้ำเพิ่มเติมเข้าสู่แหล่งน้ำบาดาลประมาณ 72 ล้าน ลบ.ม. และมีปริมาณการกักเก็บน้ำประมาณ 170 ล้าน ลบ.ม. รวมมีน้ำเข้าสู่ระบบน้ำบาดาลทั้งหมดประมาณ 387 ล้าน ลบ.ม. ส่วนน้ำบาดาลที่สูญเสียจากระบบน้ำบาดาลออกสู่มแม่น้ำประมาณ 62 ล้าน ลบ.ม. การสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ประมาณ 20 ล้าน ลบ.ม. การระบายน้ำจากลำห้วยประมาณ 19 ล้าน ลบ.ม. และสูญเสียปริมาณการกักเก็บประมาณ 286 ล้าน ลบ.ม. รวมสูญเสียน้ำบาดาลจากระบบทั้งหมดประมาณ 387 ล้าน ลบ.ม. สามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 5.33 และตารางสรุปผลตารางที่ 5.17



ก. ผลการปรับเทียบแบบจำลองสมดุลงน้ำของแอ่งแพร่ในฤดูฝน



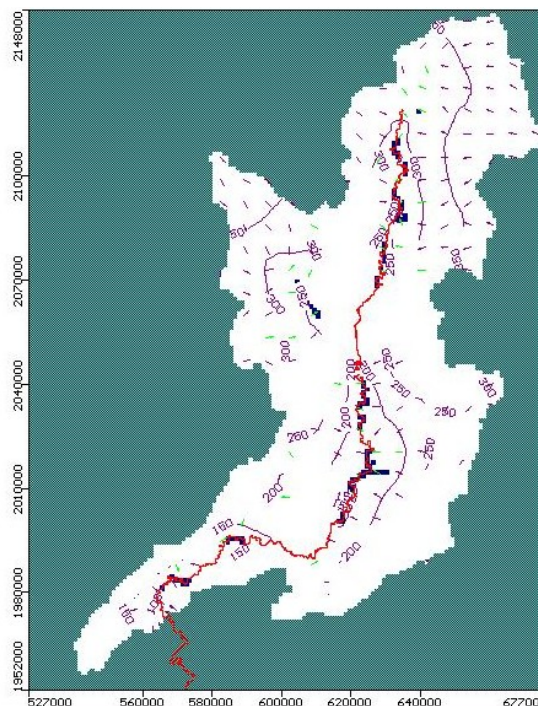
ข. ผลการปรับเทียบแบบจำลองสมดุลงน้ำของแอ่งแพร่ในฤดูแล้ง

รูปที่ 5.33 ผลการปรับเทียบแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์จากแบบจำลองร่วมกัน

ตารางที่ 5.17 สมดุลน้ำของแอ่งแพร่จากแบบจำลองร่วมกัน

แหล่ง และปริมาณการไหลเข้า (ลบ.ม.)	แหล่ง และปริมาณการไหลออก (ลบ.ม.)
Storage = 170,003,808	Storage = 286,409,472
Recharge = 144,878,480	Pumping Wells = 19,987,906
River Leakage = 71,969,768	River Leakage = 61,752,364
Total In = 386,852,064	Drain = 18,690,642
	Total Out = 386,840,384
IN – OUT = 11,680	% Discrepancy = 0.00

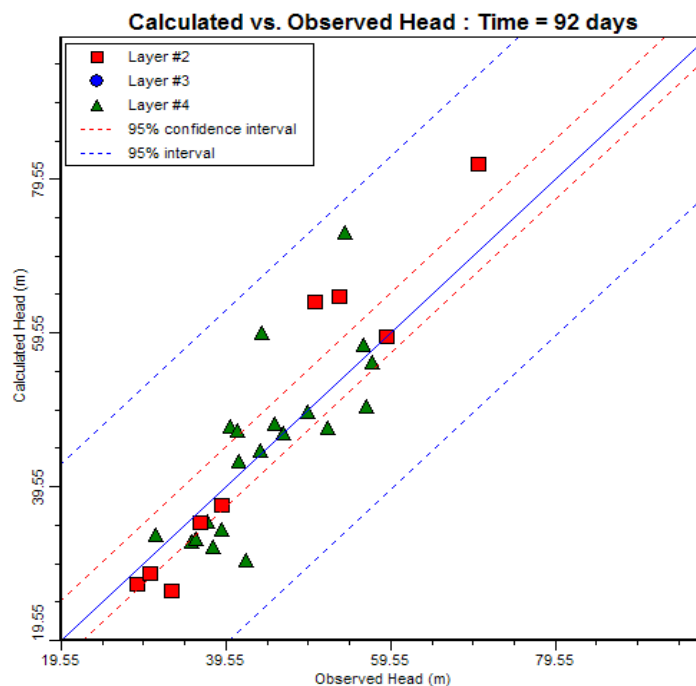
จากการจำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาลด้วยการนำเข้าสู่ข้อมูลจากแบบจำลอง SWAT ด้วยแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ 3 มิติ พบว่าน้ำบาดาลมีทิศทางการไหลหลักจากพื้นที่รับน้ำ (recharge area) ที่เป็นบริเวณพื้นที่ภูเขาสูงที่มีลักษณะการวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ และบริเวณที่เป็นที่ดอนและเชิงเขา ไหลสู่พื้นที่สูญเสียน้ำ (discharge area) บริเวณที่ลุ่มพื้นที่ลุ่มน้ำยม โดยมีระดับแรงดันของน้ำบาดาลตั้งแต่ 200-400 ม.รทก. แสดงดังรูปที่ 5.32



รูปที่ 5.34 การกระจายตัวของเส้นระดับแรงดันเท่ากันของน้ำบาดาลและทิศทางการไหลหลักของน้ำบาดาลจากแบบจำลองร่วมกัน

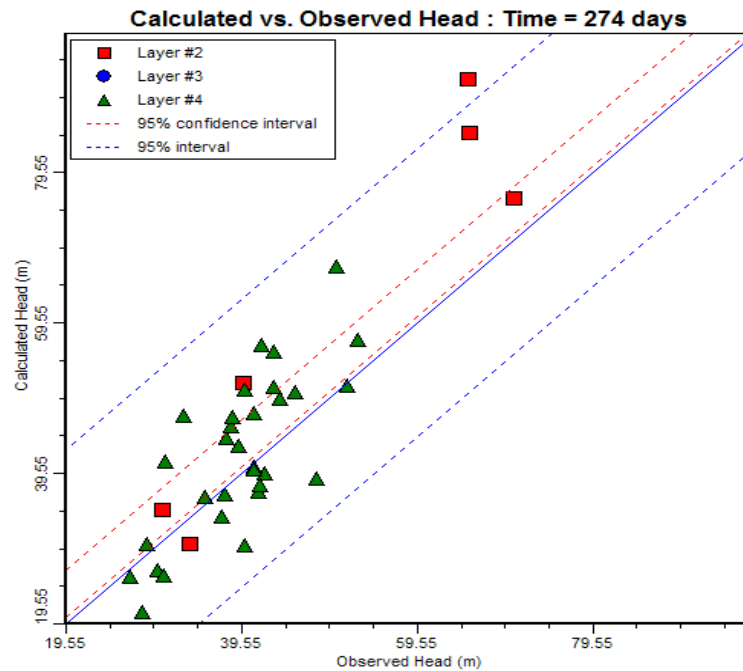
5.12.2 สมดุลในพื้นที่แอ่งเจ้าพระยาตอนบนจากแบบจำลองร่วมกัน

จากข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากการแปลงผลเป็น rating curve ที่ได้จาก SWAT ในแต่ละสถานี ผลจากการจำลองจะทำให้ระดับน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 1.0535 เท่าของระดับน้ำเดิม เมื่อทำการปรับแก้ค่าระดับน้ำของแบบจำลองที่พิจารณาเฉพาะน้ำบาดาล จะทำให้ปริมาณน้ำบาดาลเปลี่ยนแปลงไปโดยจากการพิจารณาที่ฤดูฝนและฤดูแล้ง สมดุลของน้ำบาดาลในช่วง 1 ปี ที่ได้จากการจำลองพบว่ามีปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากฝนประมาณ 157 ล้าน ลบ.ม. มีน้ำจากแม่น้ำเพิ่มเติมเข้าสู่แหล่งน้ำบาดาลประมาณ 49 ล้าน ลบ.ม. และมีปริมาณการกักเก็บน้ำประมาณ 278 ล้าน ลบ.ม. รวมมีน้ำเข้าสู่ระบบน้ำบาดาลทั้งหมดประมาณ 484 ล้าน ลบ.ม. ส่วนน้ำบาดาลที่สูญเสียจากระบบน้ำบาดาลออกสู่แม่น้ำประมาณ 238 ล้าน ลบ.ม. การสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ประมาณ 35 ล้าน ลบ.ม. การระบายน้ำจากลำห้วยประมาณ 96 ล้าน ลบ.ม. และสูญเสียปริมาณการกักเก็บประมาณ 114 ล้าน ลบ.ม. รวมสูญเสียน้ำบาดาลจากระบบทั้งหมดประมาณ 484 ล้าน ลบ.ม. สามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 5.35 และตารางสรุปผลตารางที่ 5.18



ก. ผลการปรับเทียบแบบจำลองสมดุลน้ำของแอ่งแพร่ในฤดูฝน

รูปที่ 5.35 ผลการปรับเทียบแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์จากแบบจำลองร่วมกัน



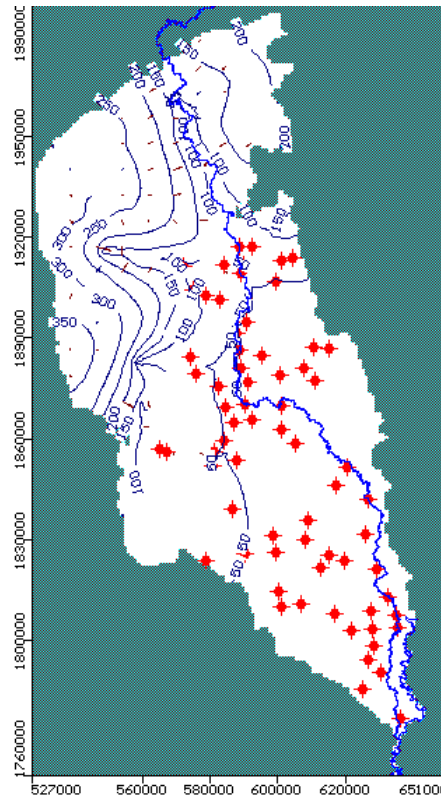
ข. ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองสมดุลงน้ำของแอ่งแพร่ในฤดูแล้ง

รูปที่ 5.35 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์จากแบบจำลองร่วมกัน (ต่อ)

ตารางที่ 5.18 สมดุลน้ำของแอ่งเจ้าพระยาตอนบนจากแบบจำลองร่วมกัน

แหล่ง และปริมาณการไหลเข้า (ลบ.ม.)	แหล่ง และปริมาณการไหลออก (ลบ.ม.)
Storage = 278,339,456	Storage = 114,191,456
Recharge = 156,840,320	Pumping Wells = 35,007,868
River Leakage = 48,575,544	River Leakage = 238,405,840
Total In = 483,755,328	Drain = 96,148,184
	Total Out = 483,753,344
IN – OUT = 1,984	% Discrepancy = 0.00

จากการจำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาลด้วยการนำเข้าข้อมูลจากแบบจำลอง SWAT ด้วยแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ 3 มิติ พบว่าน้ำบาดาลมีทิศทางการไหลหลักจากพื้นที่รับน้ำ (recharge area) ที่เป็นบริเวณพื้นที่ภูเขาสูงที่มีลักษณะการวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ทางตอนเหนือและตะวันตกของพื้นที่ และบริเวณที่เป็นที่ดอนและเชิงเขา ไหลสู่พื้นที่สูญเสียน้ำ (discharge area) บริเวณที่ลุ่มพื้นที่ลุ่มน้ำยม ที่ส่วนใหญ่ครอบคลุมพื้นที่ทางตอนกลางและตอนล่างของพื้นที่โดยมีระดับแรงดันของน้ำบาดาลตั้งแต่ 50-350 ม.รทก. แสดงดังรูปที่ 5.36



รูปที่ 5.36 การกระจายตัวของเส้นระดับแรงดันเท่ากันของน้ำบาดาลและทิศทางการไหลหลักของน้ำบาดาลจากแบบจำลองร่วมกัน

5.12.3 ปริมาณน้ำบาดาลพื้นที่แอ่งลุ่มน้ำยมจากแบบจำลองร่วมกัน

จากการจำลองระบบน้ำบาดาลโดยการแปลงข้อมูลน้ำท่าจากแบบจำลอง SWAT ด้วย rating curve เป็นระดับน้ำเข้าสู่แบบจำลอง MODFLOW จากการพิจารณาร่วมกัน ผลสมมูลของน้ำบาดาลในช่วง 1 ปี ที่ได้จากการจำลองพบว่ามีปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากฝนประมาณ 302 ล้าน ลบ.ม. มีน้ำจากแม่น้ำเพิ่มเติมเข้าสู่แหล่งน้ำบาดาลประมาณ 120 ล้าน ลบ.ม. และมีปริมาณการกักเก็บน้ำประมาณ 448 ล้าน ลบ.ม. รวมมีน้ำเข้าสู่ระบบน้ำบาดาลทั้งหมดประมาณ 870 ล้าน ลบ.ม. ส่วนน้ำบาดาลที่สูญเสียจากระบบน้ำบาดาลออกสู่แม่น้ำประมาณ 300 ล้าน ลบ.ม. การสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ประมาณ 55 ล้าน ลบ.ม. การระบายน้ำจากลำห้วยประมาณ 115 ล้าน ลบ.ม. และสูญเสียปริมาณการกักเก็บประมาณ 400 ล้าน ลบ.ม. รวมสูญเสียน้ำบาดาลจากระบบทั้งหมดประมาณ 870 ล้าน ลบ.ม. แสดงผลดังตารางที่ 5.19

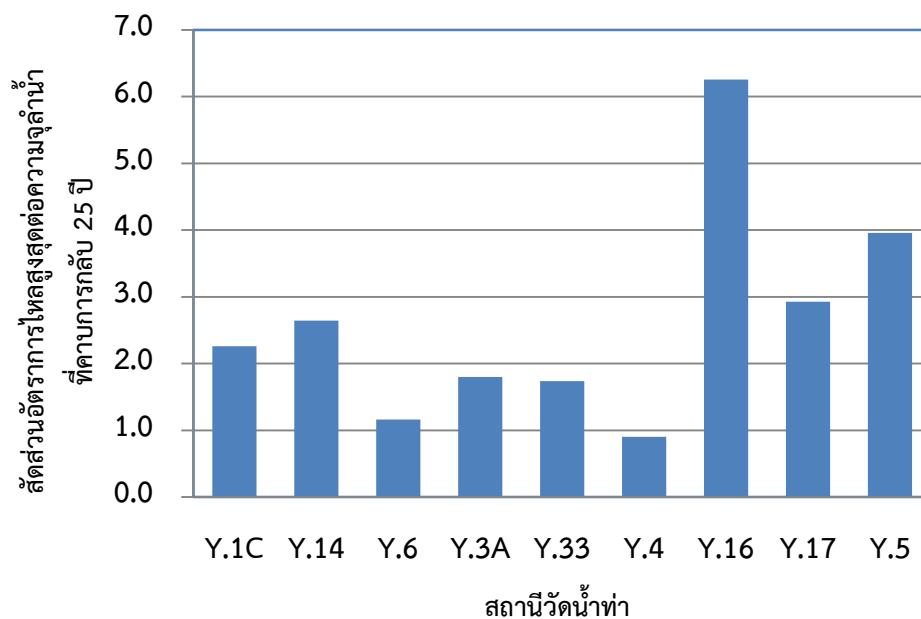
ตารางที่ 5.19 สมดุลน้ำของแอ่งลุ่มน้ำยมจากแบบจำลองร่วมกัน

แหล่ง และปริมาณการไหลเข้า (ลบ.ม.)	แหล่ง และปริมาณการไหลออก (ลบ.ม.)
Storage = 448,343,264	Storage = 400,500,928
Recharge = 301,718,800	Pumping Wells = 54,995,774
River Leakage = 120,545,312	River Leakage = 300,158,204
Total In = 870,607,392	Drain = 114,838,826
	Total Out = 870,593,728
IN – OUT = 13,664	% Discrepancy = 0.00

5.13 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

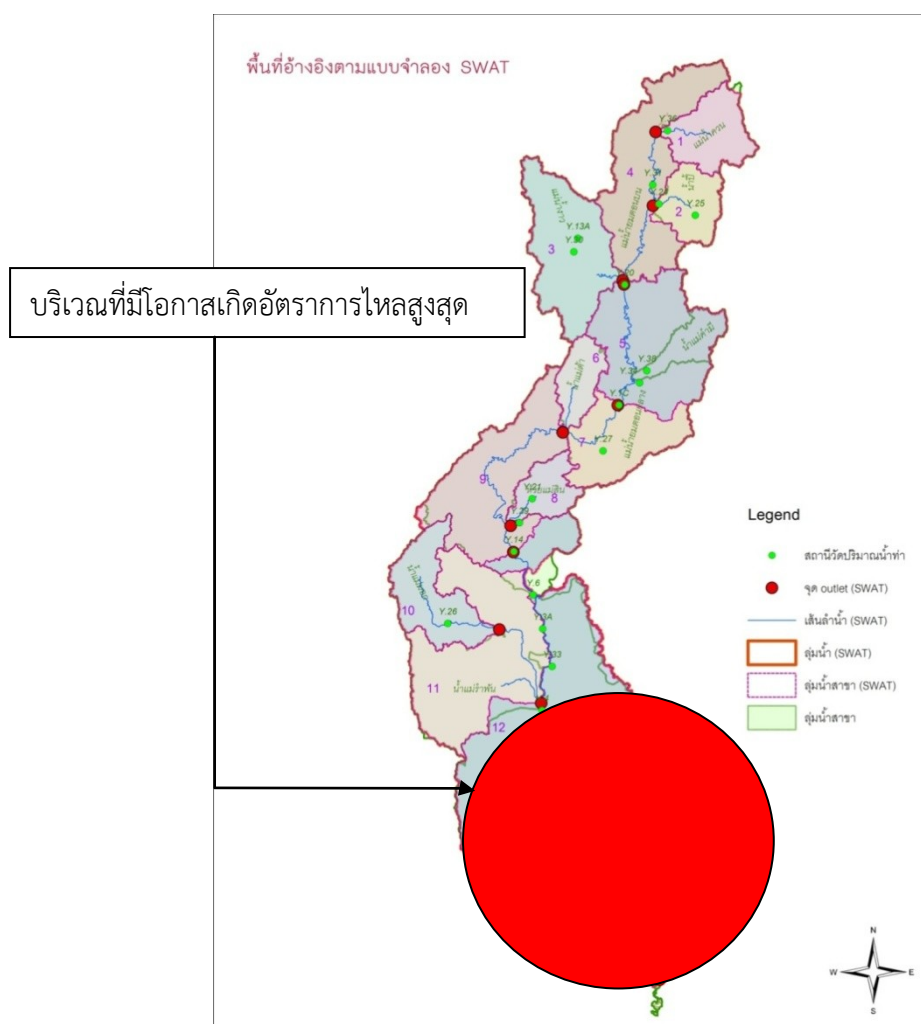
5.13.1 ผลกระทบของการเกิดน้ำท่วม

เมื่อพิจารณาที่ความจุของลำน้ำและอัตราการไหลที่ระดับตลิ่งของแต่ละสถานีวัดน้ำท่าในบทที่ 5 หัวข้อที่ 5.6 จากผลการวิเคราะห์ที่คาบการกลับ (Return period) ที่ 25 ปี แสดงให้เห็นความถี่ที่มากขึ้นที่จะทำให้เกิดอัตราการไหลสูงสุดที่แต่ละสถานีจะรับได้ เมื่อคิดเป็นสัดส่วนของอัตราการไหลสูงสุดต่อความจุที่สถานีวัดน้ำท่า สามารถแสดงให้เห็นลำดับความรุนแรงของโอกาสที่จะเกิดการไหลสูงสุดขึ้นของแต่ละสถานี แสดงได้ดังรูปที่ 5.37



รูปที่ 5.37 กราฟลำดับความรุนแรงของโอกาสที่จะเกิดการไหลสูงสุดขึ้นของแต่ละสถานี

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าแต่ละสถานีมีโอกาสเกิดอัตราการไหลสูงสุดที่เกินความสามารถอยู่ประมาณ 2 เท่าของความจุที่หน้าตัดจะรับได้ แต่ที่สถานี Y.16 อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก โอกาสจะเกิดการไหลสูงสุดที่เกินกว่าความจุของลำน้ำที่ประมาณ 6 เท่าของความจุที่หน้าตัดจะรับได้ หรือประมาณ 2,200 ลบ.ม/วินาที รองลงมาเป็นสถานีวัดน้ำที่ Y.5 อำเภโพนทะเล จังหวัดพิจิตร โอกาสจะเกิดการไหลสูงสุดที่เกินกว่าความจุของลำน้ำที่ประมาณ 4 เท่าของความจุที่หน้าตัดจะรับได้ หรือประมาณ 2,500 ลบ.ม/วินาที ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพที่เป็นพื้นที่ราบ และมีขนาดของหน้าตัดลำน้ำที่ลดลง เมื่อพิจารณาถึงความถี่ของผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นได้ มีโอกาสเกิดขึ้นสูงทุกสถานีและจะมีความรุนแรงและได้รับผลกระทบในบริเวณตอนล่างของกลุ่มน้ำยม คือตั้งแต่จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดพิจิตร ลงมา แสดงดังรูปที่ 5.38



รูปที่ 5.38 บริเวณที่มีโอกาสเกิดอัตราการไหลสูงสุด

5.13.2 ผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า

จากการเปลี่ยนสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2544 และ 2552 ได้นำมาวิเคราะห์ถึงผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าซึ่งจะพิจารณาในช่วงเวลาของปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ สภาพอากาศและการระเหยเดียวกัน แต่มีสภาพการใช้ที่ดินแตกต่างกัน โดยพิจารณาที่ปริมาณน้ำท่าที่สถานีวัด Y.14 และ Y.17 พบว่าในปี 2544 มีปริมาณน้ำท่ารายปีประมาณ 3,649.40 และ 4,888.30 ล้านลบ.ม. ตามลำดับ และปี 2552 มีปริมาณน้ำท่ารายปีเพิ่มขึ้น 4,463.06 และ 9,173.94 ล้านลบ.ม. ตามลำดับ และในปี 2544 พื้นที่ป่าไม้ และเกษตรกรรม มากกว่าปี 2552 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินส่งผลต่อปริมาณน้ำท่า และยังสามารถบอกได้ว่าพื้นที่ป่าไม้และเกษตรกรรมทำให้เกิดปริมาณน้ำท่าลดลง

5.13.3 ผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำบาดาล

จากการประเมินปริมาณน้ำบาดาลด้วยดัชนีการไหลพื้นวิเคราะห์หาแนวโน้มของปริมาณน้ำบาดาล (ตารางที่ 5.17) แนวโน้มปริมาณน้ำบาดาลของแอ่งเจ้าพระยาตอนบน (พิจารณาที่สถานี Y.5) ลดลง และผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองมีความสอดคล้องกับผลการคำนวณ กล่าวคือปริมาณที่เข้าสู่ น้ำบาดาลในแอ่งเจ้าพระยาตอนบนมีปริมาณลดลง ซึ่งจากการพิจารณาถึงแนวโน้มการเปลี่ยนสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2544 และ 2552 จะเห็นได้ว่าพื้นที่ป่าไม้และเกษตรกรรมที่เป็นพื้นที่ดูดซับน้ำมีขนาดลดลงย่อมที่จะทำให้ปริมาณน้ำท่าที่เติมลงสู่ชั้นน้ำบาดาลมีโอกาสดลดลงไปด้วย นอกจากการพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแล้วยังมีปัจจัยอื่นๆ มาเกี่ยวข้อง เช่น ชนิดของดิน การปลูกข้าวที่มีจำนวนรอบการปลูกที่สูงขึ้น เป็นต้น

5.13.4 ผลกระทบของปริมาณน้ำผิวดินและน้ำบาดาล

ผลของการจำลองระบบน้ำบาดาลด้วยแบบจำลอง MODFLOW สมดุลของน้ำบาดาลในช่วง 1 ปี สามารถแยกสมดุลน้ำเป็นปริมาณการเติมน้ำบาดาล และการสูญเสียจากระบบน้ำบาดาลแสดงดังรายละเอียดและรูปที่ 5.39

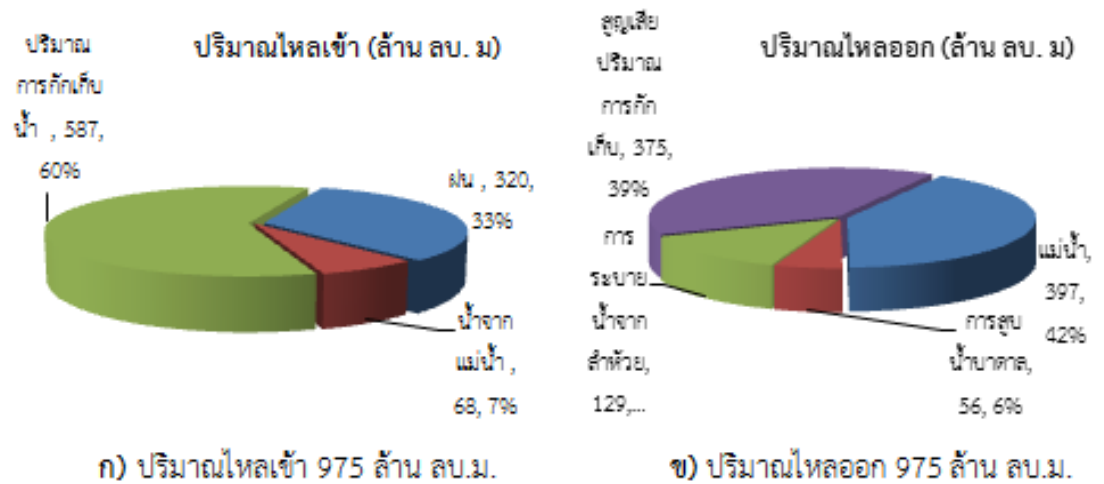
ปริมาณการเติมน้ำบาดาล

1. ฝนประมาณ 320 ล้าน ลบ.ม.
2. น้ำจากแม่น้ำประมาณ 68 ล้าน ลบ.ม.
3. ปริมาณการกักเก็บน้ำประมาณ 587 ล้าน ลบ.ม.
4. รวมมีน้ำเข้าสู่ระบบน้ำบาดาลทั้งหมดประมาณ 957 ล้าน ลบ.ม.

น้ำบาดาลที่สูญเสียจากระบบ

1. สูญเสียสู่แม่น้ำประมาณ 397 ล้าน ลบ.ม.
2. การสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ประมาณ 56 ล้าน ลบ.ม.

3. การระบายน้ำจากลำห้วยประมาณ 129 ล้าน ลบ.ม.
4. สูญเสียปริมาณการกักเก็บประมาณ 375 ล้าน ลบ.ม.
5. รวมสูญเสียน้ำบาดาลจากระบบทั้งหมดประมาณ 957 ล้าน ลบ.ม.



รูปที่ 5.39 เปรียบเทียบปริมาณการเติมและการสูญเสียน้ำบาดาลโดยใช้แบบจำลองน้ำบาดาล

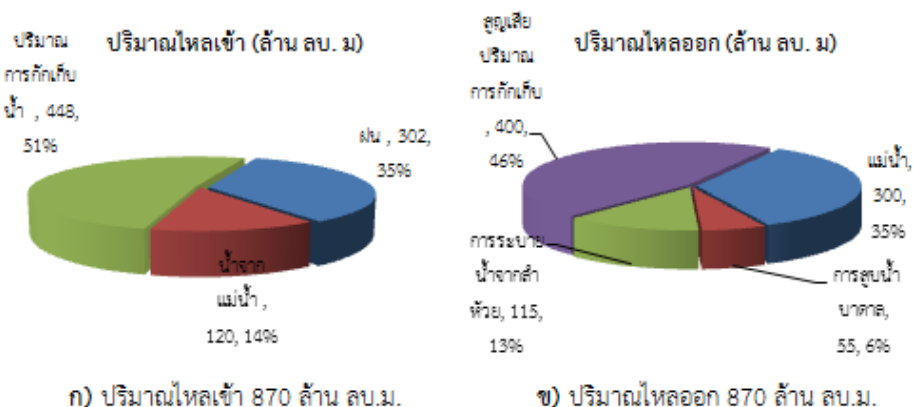
ผลการจำลองระบบน้ำผิวดินและน้ำบาดาลร่วมกันด้วยแบบจำลอง SWAT และ MODFLOW สมดุลของน้ำบาดาลในช่วง 1 ปี สามารถแยกสมดุลน้ำเป็นปริมาณการเติมน้ำบาดาล และการสูญเสียจากระบบน้ำบาดาล แสดงดังรายละเอียดและรูปที่ 5.40

ปริมาณการเติมน้ำบาดาล

1. ฝนประมาณ 302 ล้าน ลบ.ม.
2. น้ำจากแม่น้ำประมาณ 120 ล้าน ลบ.ม.
3. ปริมาณการกักเก็บน้ำประมาณ 448 ล้าน ลบ.ม.
4. รวมมีน้ำเข้าสู่ระบบน้ำบาดาลทั้งหมดประมาณ 870 ล้าน ลบ.ม.

น้ำบาดาลที่สูญเสียจากระบบ

1. แม่น้ำประมาณ 300 ล้าน ลบ.ม.
2. การสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ประมาณ 55 ล้าน ลบ.ม.
3. การระบายน้ำจากลำห้วยประมาณ 115 ล้าน ลบ.ม.
4. สูญเสียปริมาณการกักเก็บประมาณ 400 ล้าน ลบ.ม.
5. รวมสูญเสียน้ำบาดาลจากระบบทั้งหมดประมาณ 870 ล้าน ลบ.ม.



รูปที่ 5.40 เปรียบเทียบปริมาณการดื่มและการสูญเสียน้ำบาดาล กรณีใช้แบบจำลองร่วมกัน

ในการประเมินค่าปริมาณน้ำบาดาลที่ได้จากแบบจำลองน้ำผิวดินและแบบจำลองน้ำบาดาลร่วมกัน ค่าปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระดับน้ำบาดาล (safe yield) ของแอ่งแพร่มีค่าประมาณ 2,300 ล้าน ลบ.ม/ปี และแอ่งเจ้าพระยาตอนบนมีค่าประมาณ 390 ล้าน ลบ.ม/ปี โดยปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้ของแอ่งเจ้าพระยาตอนบนเป็นปริมาณที่สอดคล้องกับพื้นที่ที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อลุ่มน้ำอื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียง

จากผลการจำลองสมดุลน้ำจากแบบจำลองน้ำบาดาล ได้ปริมาณสมดุลน้ำประมาณ 957 ล้าน ลบ.ม. และการใช้แบบจำลองน้ำผิวดินและน้ำบาดาลร่วมกัน ได้ปริมาณสมดุลน้ำประมาณ 870 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งมีค่าปริมาณน้ำบาดาลของพื้นที่ในแต่ละแบบจำลองต่างกันเท่ากับ 87 ล้าน ลบ.ม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์และผลกระทบที่เกิดจากน้ำผิวดินโดยตรงที่ส่งผลทำให้ปริมาณน้ำบาดาลลดลง

5.13.4 พื้นที่ที่มีการใช้น้ำผิวดินและน้ำบาดาล

จากการศึกษาสมดุลน้ำผิวดิน แอ่งน้ำบาดาล และการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำยม พบว่าบริเวณที่มีความเป็นไปได้ในการใช้น้ำผิวดินและน้ำบาดาลร่วมกัน คือ พื้นที่บริเวณแอ่งเจ้าพระยาตอนบนหรือลุ่มน้ำยมตอนล่าง โดยเฉพาะจังหวัดสุโขทัย และกำแพงเพชร ซึ่งมีลักษณะชั้นหินอุ้มน้ำประเภทตะกอนตะกั่วยุคเก่า เป็นที่ราบลุ่ม และมีชนิดดินที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชไร่ ได้แก่ อ้อย พริก ถั่วเหลือง และพืชไร่อื่นๆ ในฤดูแล้งจะมีปริมาณน้ำไม่เพียงพออย่างมาก โดยเฉพาะด้านเกษตรกรรมเนื่องจากมีการใช้ประโยชน์ที่ดินจากป่าไม้เปลี่ยนแปลงเป็นเกษตรกรรมค่อนข้างมาก มีปริมาณน้ำขาดแคลนถึง 3,658.20 ล้าน ลบ.ม ทำให้ต้องมีการดึงน้ำจากบาดาลขึ้นมาใช้ ซึ่งค่าปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระดับน้ำบาดาลประมาณ 390

ล้าน ลบ.ม/ปี อย่างไรก็ตามปริมาณที่ถูกดึงมาใช้จากแหล่งน้ำบาดาลก็ยังคงไม่เพียงพอต่อการเกษตร ยังคงประสบกับปัญหาขาดแคลนอยู่เนื่องจากไม่มีแหล่งน้ำขนาดใหญ่เก็บกักน้ำในฤดูฝน

5.13.5 แนวทางในการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต

หากแนวโน้มสภาพการใช้ที่ดินยังคงมีแนวโน้มเปลี่ยนไปโดยพื้นที่ป่าไม้ และเกษตรกรรม ลดลง รวมถึงปริมาณน้ำท่า จะส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากพื้นที่ลุ่มน้ำสูงขึ้นจากเดิมเป็นผลทำให้ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสูงขึ้นตาม อาจมีผลต่อการเก็บกักน้ำและการปล่อยน้ำของอ่างเก็บน้ำ เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพที่เปลี่ยนแปลงไป จึงควรมีมาตรการฟื้นฟู อนุรักษ์ป่าและระบบนิเวศ ไม่ให้ พื้นที่ป่าไม้ลดลง ดังนี้

1. ควบคุมการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้และชุ่มน้ำ
2. ควบคุมพื้นที่ก่อสร้างที่อยู่อาศัยและสาธารณูปโภค
3. ส่งเสริมให้มีการปลูกป่าเศรษฐกิจและป่าชุมชน
4. มีการจัดทำแผนและปรับปรุงการใช้ประโยชน์ที่ดิน
5. พัฒนาแหล่งกักเก็บน้ำ
6. ปรับปรุงและแก้ไขกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการใช้ที่ดินให้เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กฎหมายที่เกี่ยวกับการพัฒนาที่ดิน ควรเน้นการตรากฎหมายเกี่ยวกับการรักษาทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะทางด้านอนุรักษ์ดินและน้ำ เพื่อรักษาทรัพยากรอันล้ำค่า

5.13.6 จุดเด่นและจุดด้อยของแบบจำลอง

แบบจำลอง SWAT เป็นแบบจำลองที่สามารถคำนวณหาค่าองค์ประกอบทางอุทกวิทยาน้ำผิวดิน ได้อย่างครบถ้วน มีการใช้งานร่วมกับระบบภูมิสารสนเทศได้ การพิจารณาถึงจุดเด่นและจุดด้อยต่อ การเชื่อมต่อแบบจำลองของแบบจำลอง SWAT จากการศึกษาของวีรพล (2549) สรุปได้ดังตาราง

5.20

ตารางที่ 5.20 การวิเคราะห์จุดเด่นและจุดด้อยของแบบจำลอง SWAT

จุดเด่น	จุดด้อย
คำนวณการเติมน้ำบาดาลจากปริมาณการซึมของน้ำผิวดิน ซึ่งมีอัตราแปรผันตามพารามิเตอร์ที่มีในแบบจำลอง คำนวณหาปริมาณน้ำในดินส่วนที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำได้ เป็นแบบจำลองแบบ distributed parameters จึงสะท้อนให้เห็นสภาพจริงในพื้นที่ได้	พารามิเตอร์การไหลของชั้นน้ำบาดาลและระดับน้ำบาดาล ที่ใช้ในการคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของทั้งลุ่มน้ำ (lumped model) การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาลไม่ส่งผลต่อการคำนวณอัตราการไหลในแบบจำลอง ไม่มีการคำนวณหาปริมาณน้ำจากชั้นน้ำบาดาลที่เติมให้กับลำน้ำ ไม่มีการคำนวณหาปริมาณน้ำบาดาลที่เติมจากด้านข้างแอ่งน้ำบาดาล

แบบจำลอง MODFLOW เป็นที่นิยมในการใช้จำลองสภาพน้ำบาดาลและนำไปใช้ในการเชื่อมต่อกับน้ำผิวดิน พิจารณาถึงจุดเด่นและจุดด้อยต่อการเชื่อมต่อแบบจำลอง สรุปได้ดัง**ตาราง 5.21** จากการพิจารณาจุดเด่นและจุดด้อยของทั้งแบบจำลองน้ำผิวดินและแบบจำลองน้ำบาดาล เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อแบบจำลองพบว่าในจุดด้อยของแบบจำลอง SWAT เกี่ยวกับเรื่องน้ำบาดาล ทดแทนได้โดนคุณสมบัติของแบบจำลอง MODFLOW ส่วนในการคำนวณน้ำผิวดินซึ่งเป็นข้อจำกัดของ MODFLOW ก็ถูกทดแทนด้วยการคำนวณของแบบจำลอง SWAT เช่นเดียวกัน

ตารางที่ 5.21 การวิเคราะห์จุดเด่นและจุดด้อยของแบบจำลอง MODFLOW

จุดเด่น	จุดด้อย
คำนวณหาระดับน้ำบาดาลและอัตราการไหล คำนวณหาการไหลระหว่างลำน้ำกับชั้นน้ำบาดาลด้วยความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำทั้งสองส่วน	อัตราการเติมน้ำและการระเหยเป็นค่าสมมุติฐาน ไม่มีปฏิสัมพันธ์แบบพลวัต (dynamics) กับพารามิเตอร์น้ำผิวดิน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์แม้สภาพน้ำผิวดินจะเปลี่ยนไป หากมีชั้นหินแข็งมากจะมีความน่าเชื่อถือลดลง ควรมีข้อมูลบ่งชี้เหตุการณ์จำนวนมาก

5.14 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้เสนอแนะแนวทางการบริหารจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำบาดาลและแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบบูรณาในระดับลุ่มน้ำ ดังนี้

5.14.1 แนวทางการบริหารจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำบาดาลในระดับลุ่มน้ำ

การบริหารจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินในระดับลุ่มน้ำ มีการประสานงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีเกณฑ์ในการบริหารจัดการดังนี้

1. กำหนดสิทธิการใช้น้ำจะต้องพิจารณาถึงผลกระทบในเชิงปริมาณน้ำและคุณภาพในระดับลุ่มน้ำ
2. ปรับปรุงโครงสร้างและการประสานงานร่วมกันระหว่างองค์กรของรัฐในการจัดการน้ำทั้งในระดับลุ่มน้ำ ระดับโครงการและระดับท้องถิ่นให้มีประสิทธิภาพ
3. กำหนดเขตหรือโซนที่ควบคุมการใช้น้ำบาดาลที่เหมาะสมตามศักยภาพของแหล่งน้ำโดยพิจารณาจากระดับน้ำควบคุมในแต่ละพื้นที่
4. วางโครงข่ายบ่อสังเกตการณ์ในการเฝ้าระวังระดับน้ำและคุณภาพน้ำให้ควบคุมพื้นที่ในลุ่มน้ำยม โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการใช้น้ำบาดาลสูง และเสี่ยงต่อการเกิดวิกฤตน้ำบาดาล
5. เสริมสร้างความเข้มแข็งให้เกิดขึ้นในหมู่ผู้ใช้น้ำ โดยให้ทรัพยากรน้ำทำหน้าที่ในการเผยแพร่สู่องค์กรปกครองท้องถิ่น และส่งเสริมให้มีการใช้น้ำร่วมในพื้นที่ที่ศักยภาพสูง
6. วางกรอบ ระเบียบและกติกากาการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำบาดาลที่ชัดเจนและบังคับใช้ได้จริงในทางปฏิบัติ
7. พื้นที่บริเวณอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก บริเวณสถานีวัดน้ำ Y.16 ควรได้รับการสำรวจจัดการพื้นที่และออกแบบเพื่อป้องกันน้ำท่วมที่จะเกิดขึ้น