



วิทยานิพนธ์

การพัฒนาแบบจำลองบัญชีน้ำ: ลุ่มน้ำปิงตอนบน

**WATER ACCOUNTING MODEL DEVELOPMENT: UPPER
PING RIVER BASIN**

นางสาวเตือนใจ วลัยศรี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

สาขา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาแบบจำลองบัญชีน้ำ: ลุ่มน้ำปิงตอนบน

Water Accounting Model Development: Upper Ping River Basin

นามผู้วิจัย นางสาวเดือนใจ วลัยศรี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์กอบเกียรติ กอบเกียรติ, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ชัยวัฒน์ ขั่นการนาวิ, M.Eng.)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุทธิสักดิ์ ศรีลัมพ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัช ลิปิวัฒนาการ, M.Eng.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อัจจงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแบบจำลองบัญชีน้ำ: กลุ่มน้ำปิงตอนบน

Water Accounting Model Development: Upper Ping River Basin

โดย

นางสาวเตือนใจ วลัยศรี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

พ.ศ. 2551

เดือนใจ วลัยศรี 2551: การพัฒนาแบบจำลองบัญชีน้ำ: กลุ่มน้ำปึงตอนบน ปรินญาวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์กอบเกียรติ ผ่องพุฒิ, Ph.D. 161 หน้า

งานวิจัยนี้ เป็นการวิเคราะห์บัญชีน้ำในพื้นที่กลุ่มน้ำปึงตอนบน โดยการพัฒนาแบบจำลองด้วย Macro
Excel ในการจำลองสภาพอุทกวิทยา ของปี พ.ศ. 2543 เพื่อจัดทำบัญชีน้ำเป็นรายเดือน ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็น
ถึงองค์ประกอบทั้งหมดของกลุ่มน้ำ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด

จากผลการศึกษาพบว่า ในกลุ่มน้ำปึงตอนบนมีปริมาณน้ำฝน 23,891.75 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณ
การใช้น้ำในพื้นที่ 19,910.18 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำเก็บกัก -6,932.93 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งหมายความว่า
มีการนำน้ำที่เก็บกักออกมาใช้ ปริมาณน้ำผิวดินไหลออก 5,533.43 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำใต้ดินไหล
ออก 4,741.09 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ 21,568.62 จากการวิเคราะห์บัญชีน้ำในครั้งนี้
ได้ค่าดัชนี 4 ตัวที่ใช้ในการประเมินสถานการณ์กลุ่มน้ำได้แก่ อัตราส่วนของปริมาณน้ำทั้งหมดไปเทียบกับปริมาณ
น้ำทั้งหมด (DF_{CI}) ในช่วงฤดูฝนมีค่า 0.59 และในช่วงฤดูแล้งมีค่า 2.43 แสดงให้เห็นว่า ในช่วงฤดูแล้งมีการใช้น้ำ
มากกว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้า ซึ่งจะมีการนำน้ำที่เก็บกักมาใช้ในช่วงนี้ อัตราส่วนปริมาณน้ำทั้งหมดไปเทียบกับ
ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ (DF_{AW}) มีค่า 0.92 นั่นคือมีการใช้น้ำอย่างเต็มความสามารถ อัตราส่วนการใช้น้ำ
ในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ (PF_{AW}) มีค่า 0.19 พบว่ามีค่าน้อยกว่า DF_{AW} อยู่ประมาณ
ร้อยละ 73 เนื่องจากมีการใช้น้ำนอกกระบวนการมาก โดยเฉพาะพื้นที่กลุ่มน้ำที่มีป่ามาก จะมีค่า PF_{AW} ต่ำมาก
ประมาณ 0.06 - 0.43 สำหรับดัชนีอัตราส่วนปริมาณน้ำที่เกิดประโยชน์กับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ (BU)
มีค่า 0.91 แสดงว่าการใช้น้ำในพื้นที่โคเมนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการศึกษาทั้งหมดนี้ แสดงให้เห็นถึงการจำลองสภาพอุทกวิทยาของพื้นที่กลุ่มน้ำ โดยการพัฒนา
แบบจำลองด้วย Macro Excel ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้เข้าใจถึงกระบวนการทางธรรมชาติ ผสานกับ
กระบวนการของมนุษย์ โดยสามารถนำแบบจำลองไปใช้ประเมินบัญชีน้ำในพื้นที่กลุ่มน้ำอื่นๆได้ เพื่อนำผลที่
ได้มาใช้ในการประกอบการบริหารจัดการน้ำเชิงบูรณาการต่อไป

Tuenchai Walaisri 2008: Water Accounting Model Development: Upper Ping River Basin.
Master of Engineering (Water Resources Engineering), Major Field: Water Resources Engineering,
Department of Water Resources Engineering. Thesis Advisor:
Associate Professor Kobkiat Phongphut, Ph.D. 161 pages.

This research is performed an analysis of water accounting on the Upper Ping River Basin. The monthly water accounting is created by developing a hydrological model based on hydrological data in 2000 by using Macro Excel. Then the whole components of river basin are revealed. The resulting information could be used to create a water resource management plan in order to gain the highest benefit.

In 2000, Upper Ping River Basin has 23,891 million cubic meters of rainfall. The deplete water equals to 19,910.18 million cubic meters. The stored water equals to -6,932.93 million cubic meters. Surface runoff equals to 5,533.43 million cubic meters. Subsurface runoff equals to 4741.09 million cubic meters. Available water is about 21,568.62 million cubic meters. Four indexes are used to evaluate the condition of river basin. Depleted Fraction of Gross Inflow, DF_{GI} , is 0.59 for rainy season. For dry season, DF_{GI} equals to 2.43, which means the water consumption is higher than inflow. The stored water will be used within this period. Depleted Fraction of Available Water, DF_{AW} equals to 0.92, which means water consumption is almost equal to available water. Process Fraction of Available Water, PF_{AW} , equals to 0.19 is less than DF_{AW} about 73 percent, which means the high usage of non-process depletion water because in the area having densely forest. The last index is BU equals to 0.91. It means water usage within domain area is very effective.

The hydrological condition of river basin, which is reproduced by developing model, can be used to make better understanding in harmony of natural process and human activity. It would be used to analyze water accounting for other river basin and utilized for integrated water resource management

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์กอบเกียรติ ผ่องพุฒิ ประธานกรรมการที่ปรึกษา
รองศาสตราจารย์ชัยวัฒน์ ขยันการนาวิ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุทธศักดิ์
ศรลัมพ์ กรรมการที่ปรึกษาวิชาการ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัฒน์ ภูมิปัญญาคุณ ผู้แทนบัณฑิต
วิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าจึงขอขอบพระคุณ
อาจารย์ทุกท่านที่ได้กล่าวนามมาข้างต้นไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน ที่ให้ความอนุเคราะห์
ข้อมูลในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

งานวิจัยนี้จะไม่สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีถ้าปราศจากการสนับสนุนและกำลังใจที่ได้จาก
เพื่อน ๆ และ พี่ ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือด้วยดีมาตลอด และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ธุรการทุก
ท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

คุณประโยชน์อันใดที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบความดีทั้งปวงแด่บิดา
มารดา ญาติพี่น้อง ของข้าพเจ้าทุกท่าน ตลอดจนผู้มีพระคุณและคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์
ประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้า

เตือนใจ วลัยศรี

มกราคม 2551

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	50
อุปกรณ์	50
วิธีการ	51
ผลและวิจารณ์	65
สรุปและข้อเสนอแนะ	90
สรุป	90
ข้อเสนอแนะ	101
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	103
ภาคผนวก	107
ภาคผนวก ก	108
ภาคผนวก ข	143
ภาคผนวก ค	158
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	161

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า	8
2	สัดส่วนการสูญเสีย ^{น้ำ} ของป่าดิบ (Tropical Rain Forest) ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้	34
3	สัดส่วนการสูญเสีย ^{น้ำ} ของป่าดิบเขา (Montane Rain Forest) ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้	35
4	ปริมาณการคายระเหยรายวันของสามพื้นที่ย่อยที่ลุ่มน้ำห้วยคอกม้า ดอยปุย จังหวัดเชียงใหม่	36
5	แสดงเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของปริมาณการคายระเหยของป่าดิบเขา ที่ห้วยคอกม้า ดอยปุย จังหวัดเชียงใหม่	37
6	ปริมาณการคายระเหยเฉลี่ยรายวันของป่าดิบเขาและป่าดิบที่ห้วยคอกม้า ดอยปุย จังหวัดเชียงใหม่	37
7	แสดงผลการศึกษาสมมูลน้ำรายเดือนในลุ่มน้ำป่าดิบแล้งบริเวณสถานีวิจัยลุ่มน้ำลำตะคอง ปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา	38
8	ปริมาณการคายระเหยของน้ำรายเดือนเฉลี่ย ของป่าเบญจพรรณผสมไผ่และป่าปลูกผสมบริเวณสถานีลุ่มน้ำแม่กลอง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี	40
9	การคายระเหยรายเดือน จากการใช้ที่ดินชนิดต่างๆ ในตำบลตะพง จังหวัดระยอง	41
10	แสดงผลการศึกษาเปรียบเทียบสมมูลน้ำรายเดือนของสวนสนอายุ 9 ปี และ 22 ปี ที่สถานีวิจัยลุ่มน้ำขุนคลอง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่	42
11	ปริมาณการคายระเหยของสวนป่ายูคาลิปตัสที่ห้วยคอกม้า ดอยปุย จังหวัดเชียงใหม่	43
12	ค่าเฉลี่ยรายปีของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน	52
13	ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ของปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน	52
14	ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนในแต่ละลุ่มน้ำสาขาของกลุ่มน้ำปิงตอนบน	54

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	รายชื่อสถานีวัดน้ำฝนที่นำมาวิเคราะห์	59
16	การใช้ที่ดินชนิดต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนของแต่ละ โดเมน	62
16	(ต่อ)	63
17	ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ $K_{c\text{ ave,ks}}$	71
17	(ต่อ)	72
18	ค่าทางสถิติจากการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย	80
19	ความสัมพันธ์ของกลุ่มน้ำสาขากับโดเมนในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน	81
20	บัญชีน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน	84
21	บัญชีน้ำในแต่ละโดเมนย่อย	85
21	(ต่อ)	86
21	(ต่อ)	87
22	สรุปผลการประเมินองค์ประกอบของบัญชีน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน	97
23	ดัชนีบัญชีน้ำของโดเมนย่อยในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน	99
24	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำในดิน การเติมน้ำในดิน และพื้นที่ป่าไม้ของแต่ละโดเมนย่อย	100
ตารางที่		หน้า
ข1	การวิเคราะห์บัญชีน้ำของโดเมนน้ำแม่จืด (603)	144
ข2	การวิเคราะห์บัญชีน้ำของโดเมนแม่น้ำปิงส่วนที่ 1(602)	145
ข3	การวิเคราะห์บัญชีน้ำของโดเมนน้ำแม่แตง (604)	146
ข4	การวิเคราะห์บัญชีน้ำของโดเมนน้ำแม่ริม (606)	147
ข5	การวิเคราะห์บัญชีน้ำของโดเมนน้ำแม่กว (607)	148
ข6	การวิเคราะห์บัญชีน้ำของโดเมนน้ำแม่ขาน (608)	149
ข7	การวิเคราะห์บัญชีน้ำของโดเมนแม่น้ำปิงส่วนที่ 2 (605)	150

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ข8	การวิเคราะห์ปัญหาน้ำของโคเมนน้ำแม่ลี (609)	151
ข9	การวิเคราะห์ปัญหาน้ำของโคเมนแม่แจ่มตอนบน (612)	152
ข10	การวิเคราะห์ปัญหาน้ำของโคเมนแม่แจ่มตอนล่าง (613)	153
ข11	การวิเคราะห์ปัญหาน้ำของโคเมนน้ำแม่กลาง (610)	154
ข12	การวิเคราะห์ปัญหาน้ำของโคเมนน้ำแม่หาด (614)	155
ข14	การวิเคราะห์ปัญหาน้ำของโคเมนน้ำแม่ต้น (615)	156
ข15	การวิเคราะห์ปัญหาน้ำของโคเมนแม่น้ำปิงส่วนที่ 3 (611)	157
ค1	ข้อมูลภูมิอากาศในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2514-2543) ที่สถานีตรวจวัดอากาศ อ.เมือง จ.เชียงใหม่	159
ค2	ข้อมูลภูมิอากาศในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2514-2543) ที่สถานีตรวจวัดอากาศ อ.เมือง จ.ลำพูน	160

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 วัฏจักรของน้ำ	4
2 แผนผังแสดงวัฏจักรของน้ำ	5
3 กราฟสำหรับอ่านค่า สปส. น้ำท่า	9
4 องค์ประกอบของการคำนวณสมดุลน้ำ	11
5 แสดงองค์ประกอบของการวิเคราะห์บัญชีน้ำ	18
6 แสดงค่า Kc ของพืชชนิดต่างๆ ที่ช่วงการเจริญเติบโตเต็มวัย	23
7 แสดงค่า Kc ที่ได้รับอิทธิพลจากภูมิอากาศของพื้นที่ต่างๆ ที่ช่วงการเจริญเติบโตเต็มวัย	24
8 แสดงค่า Kc ของพืชที่ช่วงการเจริญเติบโตต่างๆ กัน	25
9 แสดงค่า Ks ของพืชที่การจัดการน้ำแบบต่างๆ	29
10 ปริมาณการคายระเหยรายเดือนเฉลี่ยของป่าเบญจพรรณผสมไฟและป่าปลูกหม บริเวณสถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง อำเภอกองคา ภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี	39
11 แสดงการกระจายตัวของปริมาณการคายระเหยของสวนป่ายูคาลิปตัสเทียบกับป่า ไม้ธรรมชาติที่ Puradal ประเทศอินเดียตอนใต้	43
12 ที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนและน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน	53
13 ผังการทำงานของแบบจำลองการประเมินบัญชีน้ำ	55
14 รายละเอียดการประเมินองค์ประกอบของบัญชีน้ำ	57
15 ข้อมูลด้านเข้าของปริมาณฝนโดยวิธีไฮสเซน	58
16 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบ	66
17 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณด้วยแบบจำลองของโดเมนย่อยน้ำ แม่จัดและที่สถานีวัดน้ำท่า P.75 สำหรับเหตุการณ์ในปี พ.ศ. 2543	67
18 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณด้วยแบบจำลองของโดเมนย่อย แม่น้ำปิงส่วนที่ 1 และที่สถานีวัดน้ำท่า P.67 สำหรับเหตุการณ์ในปี พ.ศ. 2543	67
19 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณด้วยแบบจำลองของโดเมนย่อยน้ำ แม่แตงและที่สถานีวัดน้ำท่า P.4A สำหรับเหตุการณ์ในปี พ.ศ. 2543	68

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
20	ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณด้วยแบบจำลองของโดเมนย่อยน้ำ แม่ริมและที่สถานีวัดน้ำท่า P.21 สำหรับเหตุการณ์ในปี พ.ศ. 2543	68
21	ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณด้วยแบบจำลองของโดเมนย่อยน้ำ แม่ขานและที่สถานีวัดน้ำท่า P.71 สำหรับเหตุการณ์ในปี พ.ศ. 2543	69
22	ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณด้วยแบบจำลองของโดเมนย่อย แม่น้ำปิงส่วนที่ 2 และที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 สำหรับเหตุการณ์ในปี พ.ศ. 2543	69
23	ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณด้วยแบบจำลองของโดเมนย่อยแม่ แจ่มตอนล่างและที่สถานีวัดน้ำท่า P.14 สำหรับเหตุการณ์ในปี พ.ศ. 2543	70
24	ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณด้วยแบบจำลองของโดเมนย่อย แม่น้ำปิงส่วนที่ 3 และปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าเขื่อนภูมิพล สำหรับเหตุการณ์ในปี พ.ศ. 2543	70
25	แผนผังทิศทางการไหลของแต่ละโดเมนในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน	82
26	ค่า Kc, ks ตามอายุพืช ของพืชไร่ที่ปลูกในฤดูฝน	91
26	(ต่อ)	92
27	ค่า Kc, ks ตามอายุพืช ของพืชไร่ที่ปลูกในฤดูแล้ง	93
27	(ต่อ)	94
28	ค่า Kc ave, ks ของพืชสวนและไม้ยืนต้นที่ปลูกตลอดทั้งปี	96
29	ค่า Kc ave, ks ของป่าปลูกและป่าไม้ชนิดต่างๆ	96
30	แผนภูมิแสดงผลการวิเคราะห์บัญชีน้ำในฤดูฝน ปี พ.ศ. 2543	97
31	แผนภูมิแสดงผลการวิเคราะห์บัญชีน้ำในฤดูแล้ง ปี พ.ศ. 2543	98
32	แผนภูมิแสดงผลการวิเคราะห์บัญชีน้ำ ปี พ.ศ. 2543	98

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ก1 การเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรม	109
ก2 ข้อมูลองค์ประกอบของบัญชีน้ำ	110
ก3 หน้าจอแสดงรายละเอียดใน Read me Icon	111
ก4 หน้าจอแสดงรายละเอียดใน Create Basin Icon	112
ก5 หน้าจอแสดงรายละเอียดใน วิธีการใส่ Order ของลุ่มน้ำ	113
ก6 หน้าจอแสดงรายละเอียดในรูปแบบและตาราง	114
ก7 รูปแบบหน้าจอของ Rainfall Data Icon	115
ก8 รูปแบบหน้าจอของ Station Rainfall Data Icon	116
ก9 รูปแบบหน้าจอของ Station Rainfall Data Icon	117
ก10 รูปแบบหน้าจอของ Rainfall Factor Icon	118
ก11 รูปแบบหน้าจอของ Storage Data Icon	119
ก12 แสดงการเลือกโดเมนย่อยในตาราง Storage Data	120
ก13 แสดงการเลือกวิธีในการคำนวณ Sub Surface Storage Change	120
ก14 แสดงรูปแบบหน้าจอ Sub Surface Flow and M&I Data	122
ก15 แสดงรูปแบบหน้าจอ Drain to River Data	123
ก16 แสดงรูปแบบหน้าจอ Sub Surface Inflow Data	124
ก17 แสดงรูปแบบหน้าจอ Pumping Data	125
ก18 แสดงรูปแบบหน้าจอ Water Use by Human	126
ก19 แสดงรูปแบบหน้าจอ Water Use by Industrial & Tourism Data	127
ก20 แสดงรูปแบบหน้าจอ Soil Storage Data	128
ก21 แสดงรูปแบบหน้าจอ Recharge Data	129
ก22 แสดงรูปแบบหน้าจอ PETP and Kc Data	130
ก23 แสดงรูปแบบหน้าจอ PETP in Thailand Data	132
ก24 แสดงรูปแบบหน้าจอ Kc สำหรับพืชที่ปลูกในฤดูฝน	133
ก25 แสดงรูปแบบหน้าจอ Kc สำหรับพืชที่ปลูกในฤดูแล้ง	133

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ก26 แสดงรูปแบบหน้าจอ Kc สำหรับพืชที่ปลูกตลอดทั้งปี	134
ก27 แสดงรูปแบบหน้าจอ Kc Beneficial Non-Process Water	134
ก28 แสดงรูปแบบหน้าจอ Kc Low or Non- Beneficial Non-Process Water	135
ก29 แสดงรูปแบบหน้าจอในการเลือกโดเมนย่อย	136
ก30 แสดงรูปแบบหน้าจอการป้อนข้อมูลสถานีตรวจวัดอากาศที่มีอิทธิพลต่อโดเมนย่อย	136
ก31 แสดงรูปแบบหน้าจอการป้อนข้อมูลพื้นที่ในโดเมนย่อย	137
ก32 แสดงรูปแบบหน้าจอ Flow Index Data	137
ก33 แสดงรูปแบบหน้าจอเมื่อกดปุ่ม Run	139
ก34 แสดงรูปแบบหน้าจอ Output Data	139
ก35 แสดงผลการคำนวณปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่	140
ก36 แสดงผลการประเมินองค์ประกอบของบัญชีน้ำเป็นรายเดือน	141
ก37 แสดงผลการประเมินองค์ประกอบของบัญชีน้ำเป็นรายฤดู	142

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ARF	=	แฟกเตอร์ลดความลึกน้ำฝนตามขนาดพื้นที่
GI	=	ปริมาณน้ำไหลเข้า
NI	=	ปริมาณน้ำไหลเข้า
WD	=	ปริมาณน้ำที่หมดไป
P	=	การใช้น้ำในกระบวนการ
B	=	การใช้น้ำนอกกระบวนการที่เกิดประโยชน์
NB	=	การใช้น้ำนอกกระบวนการที่ไม่เกิดประโยชน์
AW	=	ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้
ET	=	ปริมาณการคายระเหยของพืช
K_c	=	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช
ET_o	=	ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง
DF_{GI}	=	อัตราส่วนปริมาณน้ำที่หมดไปเทียบกับปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด
DF_{AW}	=	อัตราส่วนปริมาณน้ำที่หมดไปเทียบกับปริมาณน้ำที่ใช้งานได้
PF_{AW}	=	อัตราส่วนการใช้น้ำในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้
BU	=	อัตราส่วนปริมาณการใช้น้ำที่เกิดประโยชน์เทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้หรือประสิทธิภาพของกลุ่มน้ำ
TAW	=	ปริมาณน้ำทั้งหมดในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ในเขตรากพืช
Q_{FC}	=	ปริมาณน้ำที่ดินสามารถอุ้มไว้ได้
Q_{wp}	=	ปริมาณน้ำที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร
Z_r	=	ความลึกรากพืช
K_s	=	สัมประสิทธิ์ลดค่าการคายระเหย เมื่อเกิดความเครียดของน้ำในดิน
Dr	=	ปริมาณน้ำที่หมดไปในเขตรากพืช
RAW =	=	ปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ในเขตรากพืชอย่างเพียงพอ

การพัฒนาแบบจำลองบัญชีน้ำ: ลุ่มน้ำปิงตอนบน

Water Accounting Model Development: Upper Ping River Basin

คำนำ

การเพิ่มของจำนวนประชากรอย่างรวดเร็ว ทำให้ความต้องการใช้น้ำในกิจกรรมต่าง ๆ ก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่ปริมาณน้ำตามธรรมชาติไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำในฤดูที่ขาดแคลน นับวันปัญหาก็ยิ่งมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ การแก้ไขปัญหาเรื่องน้ำทั้งน้ำมากและน้ำน้อยซึ่งอาจมีความซับซ้อนของรูปแบบการจัดการและพื้นที่ส่งน้ำ การดำเนินการให้ได้ค่าความเหมาะสมที่สุด จึงกลายเป็นปัญหาที่ต้องมีการพัฒนาและจัดการทรัพยากรน้ำ เพื่อให้มีปริมาณและคุณภาพพอเพียงต่อการนำไปใช้ในด้านต่างๆ การตัดสินใจที่ผิดหมายถึงความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับทรัพยากรน้ำ ทั้งในทางตรงและทางอ้อม ความพยายามที่จะลดความเสียหายดังกล่าวต้องใช้แนวความคิด วิธีการหลักการในการแก้ไขปัญหา โดยมุ่งเน้นที่จะใช้ปริมาณน้ำต้นทุนซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด

การวิเคราะห์บัญชีน้ำ เป็นการมองในภาพรวมทั้งหมดของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ เป็นกรอบที่ใช้อธิบายถึง องค์รวมทั้งหมดของน้ำในทุกส่วนของพื้นที่พิจารณา การวิเคราะห์บัญชีน้ำอยู่บนพื้นฐานของสมดุลน้ำ โดยพิจารณาจากปริมาณน้ำเข้า ปริมาณน้ำเก็บกัก และปริมาณน้ำที่ไหลออก รวมทั้งการใช้น้ำทั้งหมดที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงสถานการณ์ของลุ่มน้ำในปัจจุบัน ช่วยให้เราทราบถึงปริมาณน้ำที่สามารถนำไปใช้ได้ ในการวิเคราะห์บัญชีน้ำให้มีความถูกต้อง แม่นยำ และน่าเชื่อถือเพียงพอ เพื่อนำไปใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพนั้น ควรมีการประเมินองค์ประกอบที่สำคัญอย่างละเอียด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การคายระเหยของพืชและป่าไม้ ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ที่ต้องทำการประเมิน คือ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) และค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการระเหยในทุก ๆ ส่วนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ รวมทั้งการทำบัญชีน้ำได้ดินซึ่งต้องใช้ข้อมูลปริมาณน้ำได้ดินจากวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้อง ในการคำนวณทุกขั้นตอนของบัญชีน้ำ มีความละเอียดซับซ้อน และต้องใช้พื้นที่ในการคำนวณอย่างมาก ซึ่งอาจทำให้เกิดความสับสนและยุ่งยาก เป็นเหตุให้เกิดความล่าช้าในการประเมินส่วนต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของการวิเคราะห์บัญชีน้ำ จึงควรทำการพัฒนาแบบจำลองเพื่อให้การวิเคราะห์บัญชีน้ำง่าย สะดวก และรวดเร็วขึ้น

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์ปัญหาน้ำในระดับลุ่มน้ำ โดยทำการวิเคราะห์เป็นรายเดือน เนื่องจากการคำนวณองค์ประกอบของปัญหานี้มีความละเอียดซับซ้อน ซึ่งอาจทำให้เกิดความสับสน และยุ่งยากดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว จึงได้ทำการพัฒนาแบบจำลองเพื่อการวิเคราะห์ปัญหาน้ำ ด้วย Macro Excel เพื่อช่วยจัดเก็บแผ่นงานต่าง ๆ ให้ดูเป็นระเบียบและไม่ทำให้เกิดความสับสนแก่ผู้ใช้งาน ช่วยให้การวิเคราะห์ปัญหานี้มีความสะดวกและรวดเร็วขึ้น

เนื่องจากการวิเคราะห์ปัญหาน้ำ นี้ให้เห็นถึงภาพรวมและองค์ประกอบทั้งหมดของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ จึงมีประโยชน์มากในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ แต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย อีกทั้งมีความซับซ้อนในการเชื่อมโยงระหว่างพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยด้วยกันแล้ว ยังมีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกันในทุกส่วนของน้ำที่อยู่ในวัฏจักรของน้ำ ตั้งแต่ในอากาศ น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน ในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้พื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน เนื่องจากเป็นพื้นที่ต้นน้ำ ลักษณะการเชื่อมโยงระหว่างพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยไม่มีความซับซ้อนมากนัก และกรมทรัพยากรน้ำได้ว่าจ้างบริษัทที่ปรึกษาให้จัดทำแผนรวมลุ่มน้ำปิง ในปี พ.ศ. 2546 ข้อมูลในการประเมินองค์ประกอบของปัญหาน้ำส่วนหนึ่งจึงถูกรวบรวมไว้แล้ว ซึ่งจะทำให้การศึกษานี้สะดวก รวดเร็วขึ้น และสามารถใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ปัญหาน้ำ สำหรับพื้นที่อื่น ๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์

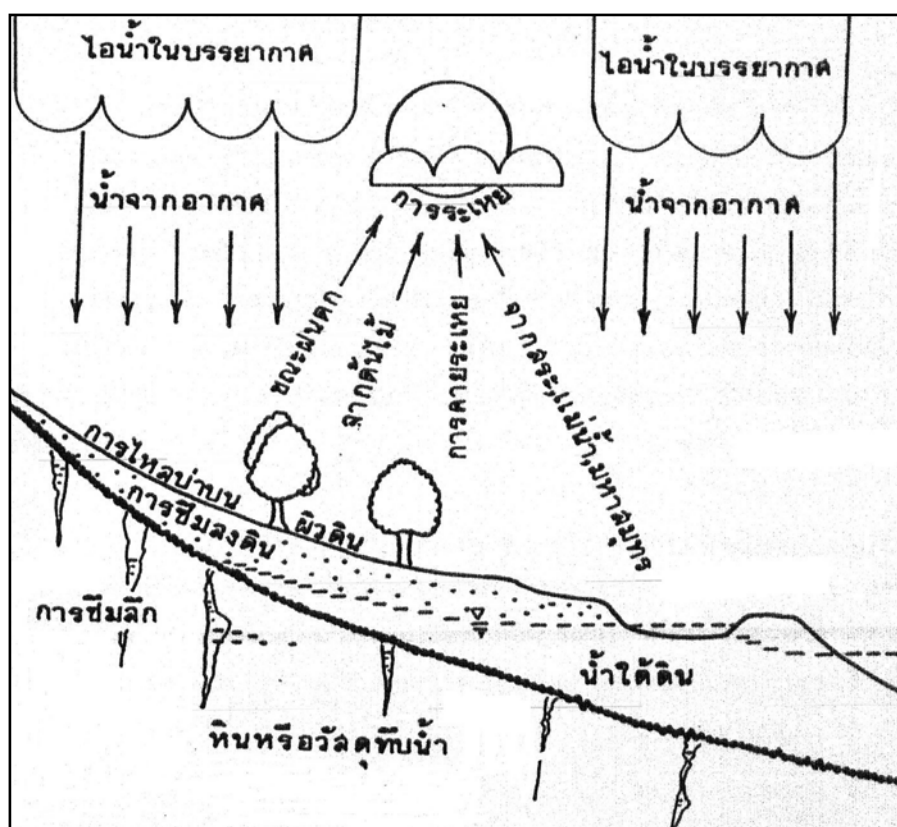
การจัดทำบัญชีน้ำจะสามารถอธิบายการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนได้ชัดเจนขึ้น และเป็นกระบวนการที่ช่วยตัดสินใจในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาดังนี้

1. เพื่อจัดทำบัญชีน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน
2. เพื่อประเมินค่า Kc ของป่าไม้ชนิดต่าง ๆ และพืชบางชนิด ด้วยวิธี Penman-Monteith
2. พัฒนาแบบจำลองด้วย Macro Excel เพื่อให้สามารถประเมินบัญชีน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนและลุ่มน้ำอื่น ๆ ได้

การตรวจเอกสาร

1. วัฏจักรของน้ำ (Hydrology Cycle)

วัฏจักรของน้ำ หมายถึง การเกิดและการหมุนเวียนของน้ำ ที่มีอยู่ในโลก โดยน้ำในโลกจะไม่สูญหายไปไหน แต่จะเปลี่ยนรูปอยู่ในสภาพต่าง ๆ วนเวียนอยู่ในวัฏจักรของน้ำซึ่งไม่มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด สามารถแสดงกระบวนการทั้งหมดดังภาพต่อไปนี้

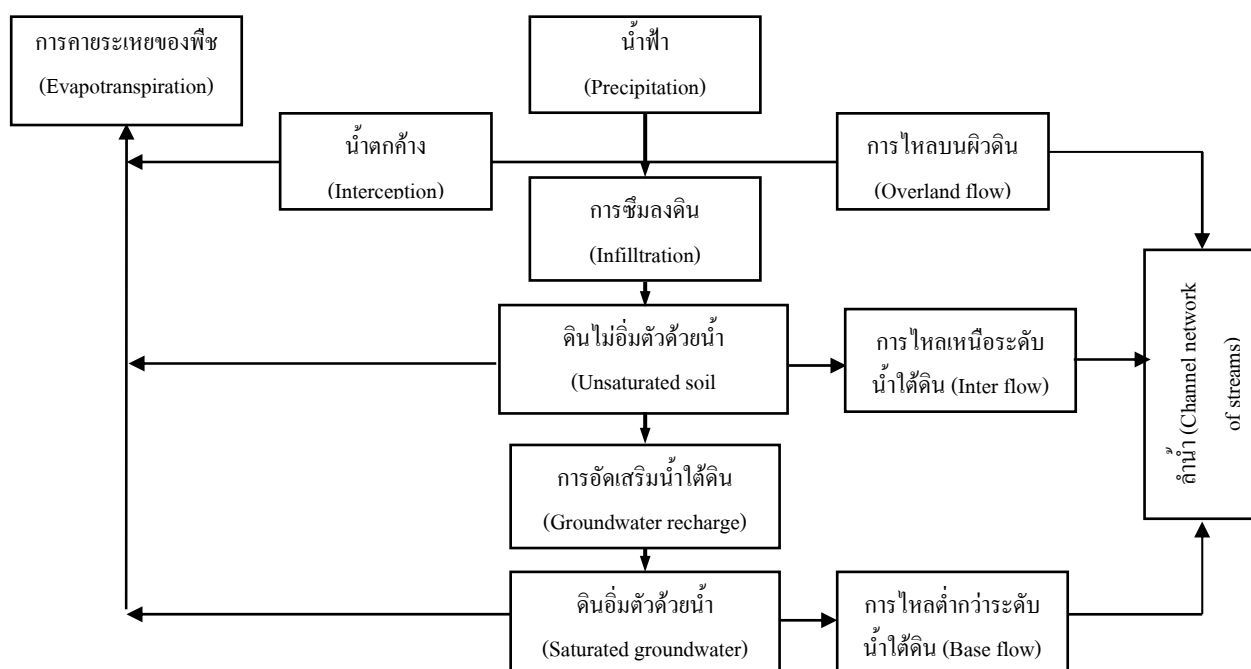


ภาพที่ 1 วัฏจักรของน้ำ

ที่มา : วีรพล (2528)

ไอน้ำในบรรยากาศ (Atmospheric Moisture) ได้แก่ น้ำในรูปของไอน้ำ ซึ่งมองไม่เห็นแต่มีอยู่ทั่วไปในบรรยากาศ บางส่วนอาจมองเห็นได้ทั่วไปในรูปของ เมฆ หมอก ซึ่งเกิดมาจากการระเหยของน้ำตามแหล่งต่าง ๆ บนผิวโลก เมื่อมีปริมาณไอน้ำมากขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัวหรือมีความแปรปรวนทางอุณหภูมิต่ำของบรรยากาศรอบผิวโลกทำให้ไอน้ำกลั่นตัวเป็นละอองน้ำแล้วรวมตัว

กลั่นเป็นหยดน้ำตกลงสู่ผิวโลกเรียกว่าน้ำจากบรรยากาศ (Precipitation) หรือ น้ำฝน (Rain) หลังจากนั้นน้ำบางส่วนจะระเหยกลับขึ้นไปเป็นไอน้ำในบรรยากาศ ส่วนที่ตกลงสู่ผิวโลก บางส่วนก็จะถูกพืชเก็บกักไว้ตามใบหรือลำต้น เรียกว่า Interception บางส่วนจะซึมลงไปในดินโดยแรงดึงดูดของเม็ดดิน เรียกว่า Infiltration แล้วกลายเป็นน้ำที่ไหลในดินเรียกว่า Subsurface Runoff ในกรณีที่ดินแห้งอัตราการซึมลงดินก็จะสูงมาก พอดินอิ่มตัว น้ำก็จะถูกแรงดึงดูดของโลกดูดให้ซึมลึกลงไปอีก เรียกว่า Percolation และจะซึมต่อไปจนถึงระดับน้ำใต้ดิน (Groundwater) น้ำบางส่วนอาจไหลไปเจอชั้นที่บดน้ำแล้วไหลไปตามความลาดเทเรียกว่า Interflow จนไหลออกสู่พื้นดินอีกครั้งเรียกว่า น้ำซึม น้ำบางส่วนอาจถูกพืชดูดไปใช้แล้วคายออกมาทางใบขึ้นสู่บรรยากาศอีกครั้งเรียกว่า การคายน้ำ (Transpiration) ฝนส่วนที่เหลือจากการซึมลงดินก็จะเกิดการขังนองตามพื้นดินแล้วไหลลงสู่ที่ต่ำ เรียกว่า Overland flow บางส่วนจะไหลลงไปยังในแอ่งที่ลุ่มเรียกว่า Surface storage แต่น้ำส่วนใหญ่จะรวมตัวกันจนมีปริมาณมาก มีแรงในการกัดเซาะดินให้เป็นร่องน้ำแล้วขยายใหญ่ขึ้นจนเป็นลำธารและแม่น้ำ ตามลำดับ เรียกว่า น้ำท่า (Surface runoff) ซึ่งจะไหลตามความลาดชันของพื้นที่ลงสู่ทะเลและมหาสมุทรต่อไป น้ำในแต่ละขั้นตอนดังกล่าวสามารถระเหยกลับขึ้นไปเป็นไอน้ำในบรรยากาศได้ และจะวนเวียนอยู่ในวัฏจักรของน้ำเช่นนี้ตลอดไป (วีรพล, 2528) แสดงกระบวนการทั้งหมดดังแผนผังต่อไปนี้



ภาพที่ 2 แผนผังแสดงวัฏจักรของน้ำ

ที่มา : Domenico (1990)

2. ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (C)

ในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (C) โดยปกติแล้วจะขึ้นอยู่กับ ความลาดชันของกลุ่มน้ำ ความเข้มของฝน คุณลักษณะของดินและพืชปกคลุมกลุ่มน้ำ โดยที่คุณลักษณะของดินและพืชปกคลุมกลุ่มน้ำ หากพิจารณาารวมเข้าด้วยกันแล้วจะเรียกว่า Soil-Cover complexes (วีรพล, 2531) สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

1.1 คุณลักษณะของดิน (Soil)

คุณสมบัติทางอุทกวิทยาของดินหรือรูปของดินเป็นแฟกเตอร์ที่มีความจำเป็นในการวิเคราะห์ทางด้านอุทกวิทยากลุ่มน้ำ หากไม่พิจารณาเกี่ยวข้องกับความลาดชันของกลุ่มน้ำและพืชปกคลุมแล้ว จะสามารถแบ่งดินออกได้ตามคุณสมบัติทางด้านอุทกวิทยาดังนี้ (วีรพล, 2531)

2.1.1 กรุป A (Low runoff potential) ดินในกรุปนี้จะมีอัตราการซึมลงดินสูงถึงแม้ว่าจะเปียกชุ่มแล้วก็ตาม ส่วนมากประกอบด้วยทรายและกรวด มีความสามารถระบายน้ำได้ดี ดินประเภทนี้จะมีอัตราการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านดิน (Water transmission) สูง ด้วยเหตุดังกล่าวนี้นี้จึงมีศักยภาพน้ำท่า (Runoff potential) ต่ำมาก

2.1.2 กรุป B ดินในกรุปนี้มีอัตราการซึมลงดินปานกลางเมื่อเปียกชุ่ม มีความลึกปานกลางถึงลึกมาก การระบายน้ำดีปานกลางและดี ดินประเภทนี้มีเนื้อตั้งแต่ละเอียดปานกลางจนถึงหยาบปานกลาง นอกจากนี้ยังมีอัตราการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านดินปานกลาง

2.1.3 กรุป C ดินในกรุปนี้มีอัตราการซึมของน้ำลงดินต่ำเมื่อเปียกชุ่ม ส่วนใหญ่ประกอบด้วยชั้นดินซึ่งขัดขวางต่อการเคลื่อนตัวในแนวลึกของน้ำ ดินประเภทนี้มีเนื้อละเอียดปานกลางจนถึงละเอียด และมีอัตราการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านดินต่ำ

2.1.4 กรุป D (high runoff potential) ดินในกรุปนี้มีอัตราการซึมของน้ำลงดินต่ำมากเมื่อเปียกชุ่ม ส่วนใหญ่จะเป็นพวกดินเหนียวที่มีศักยภาพในการบวมตัวสูง เป็นพวกดินที่มีระดับน้ำใต้ดินอยู่สูงตลอดเวลา เป็นดินที่มีชั้นดินเหนียวอยู่ใกล้ ๆ กับผิวดิน หรือเป็นพวกดินที่มีชั้นดินซึ่งน้ำซึมผ่านได้ยากอยู่ใกล้กับผิวดิน เป็นต้น อัตราการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านดินประเภทนี้จะต่ำมาก ดังนั้นพอสรุปได้ว่ากลุ่มน้ำที่ปกคลุมไปด้วยดินกรุปนี้ จะมีศักยภาพในการเกิดน้ำท่าค่อนข้างสูง

2.2 สิ่งปกคลุม (Cover)

โดยทั่วไป Cover ส่วนมากจะเป็นพวกพืชปกคลุม ที่ปกคลุมดินและป้องกันการกระแทกของเม็ดฝนที่ตกลงสู่พื้นดิน ส่วนมากข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งปกคลุม เป็นต้นว่า ความหนาแน่นและความสูงของพืช ความหนาแน่นและความลึกของรากพืช การแผ่คลุมและปริมาณของขยะเหล่านี้หาได้ยาก ดังนั้นจึงนิยมเอาการใช้ที่ดิน (land use) มาเป็นกรณีเกี่ยวกับการพิจารณาสิ่งปกคลุมดินแทน การใช้ที่ดินแยกออกเป็นพื้นที่ตัวเมืองและพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ตัวเมืองแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ สนามหญ้า ที่พักอาศัยและเขตอุตสาหกรรมโดยมีค่า C อยู่ระหว่าง 0.05-0.95 พื้นที่เกษตรกรรมแบ่งออกเป็นที่ราบและที่ลาดชันโดยมีค่า C อยู่ระหว่าง 0.1-0.5 ดังแสดงการเลือกค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าโดยพิจารณาจากลักษณะของพื้นที่ดังตารางที่ 1

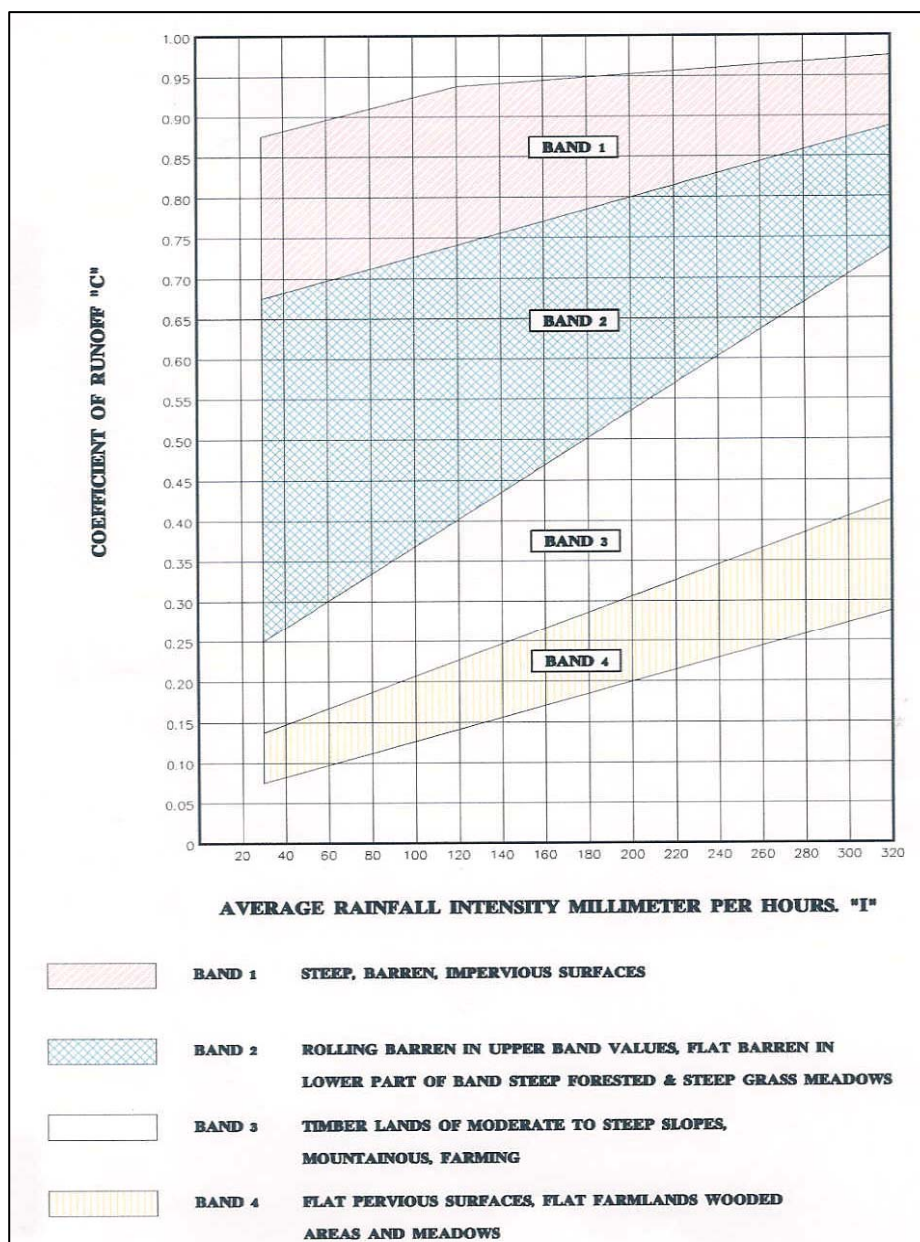
Soil-cover complexes นี้จะเป็นกรณีในการแสดงสภาพการปกคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยยึดหลักทางอุทกวิทยาหรือการเกิดน้ำท่าผิวดินเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา กรณีดังกล่าวจะนำไปประกอบการพิจารณาคำนวณหาปริมาณของน้ำท่าที่เกิดจากฝนที่ตกจำนวนหนึ่งตามความลาดชันของพื้นที่ ค่าความชื้นฝนเฉลี่ย และสภาพอุทกวิทยาอย่างหนึ่งนั่นเอง (วีรพล, 2531) ดังแสดงการเลือกค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าในภาพที่ 3

3. แฟกเตอร์ลดความลึกน้ำฝนตามขนาดพื้นที่

พายุฝนที่ถูกวัดโดยสถานีวัดน้ำฝนใดๆ ค่าความลึกฝนที่วัดได้นั้นจึงเป็นความลึกฝน ณ ตำแหน่งที่สถานีตั้งอยู่ การนำค่าที่ได้เป็นตัวแทนของความลึกฝนทั้งพื้นที่ อาจจะทำได้ถ้าปริมาณน้ำฝนที่สูงเกินจริงไปเพราะโอกาสที่ฝนจะตกหนักเฉลี่ยคลุมพื้นที่ขนาดกว้าง ๆ นั้นมีน้อย ดังนั้นความลึกฝนที่วัดได้เมื่อนำมาเป็นตัวแทนความลึกฝนของพื้นที่ที่มีขนาดกว้างๆ จำเป็นต้องมีแฟกเตอร์คูณเพื่อลดขนาดความลึกของน้ำฝนลงให้ใกล้เคียงความเป็นจริง (วีรพล, 2531) แฟกเตอร์ดังกล่าวเรียกว่าแฟกเตอร์ลดความลึกน้ำฝนตามขนาดพื้นที่ (Areal Rainfall reduction factor)

โดยหลักการแล้วแฟกเตอร์ลดความลึกน้ำฝนตามขนาดพื้นที่จะเป็นฟังก์ชันกับชนิดของพายุฝน ช่วงเวลา ขนาดพื้นที่ และรอบปีการเกิดซ้ำ ถึงอย่างไรก็ตามโดยทั่วไปแล้วแฟกเตอร์ดังกล่าวจะมีค่าน้อยลงเมื่อช่วงเวลาของฝนน้อยลงและขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้น (วีรพล, 2531)

ที่มา : วีรพล (2531)



ภาพที่ 3 กราฟสำหรับการอ่านค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า
ที่มา : วีรพล (2531)

สำหรับในประเทศไทย ยังมิได้มีการพัฒนากราฟแฟลคเตอร์ลดความลึกน้ำฝนตามขนาดพื้นที่ขึ้นมาใช้งาน ดังนั้นจึงได้ใช้ค่าแฟลคเตอร์ดังกล่าวจากกราฟหรือความสัมพันธ์ที่ได้มาจากต่างประเทศ (วีรพล, 2531) อย่างไรก็ตามได้มีการนำเสนอสมการสำหรับคำนวณหาค่าแฟลคเตอร์ลดความลึกน้ำฝนตามขนาดของพื้นที่โดย เลคเลอร์ และแซ็ค ดังต่อไปนี้

$$ARF = R_c/R_p = 1 - \exp(-1.1 t_r^{0.25}) + \exp(-1.1 t_r^{0.25} - 0.01A) \quad (1)$$

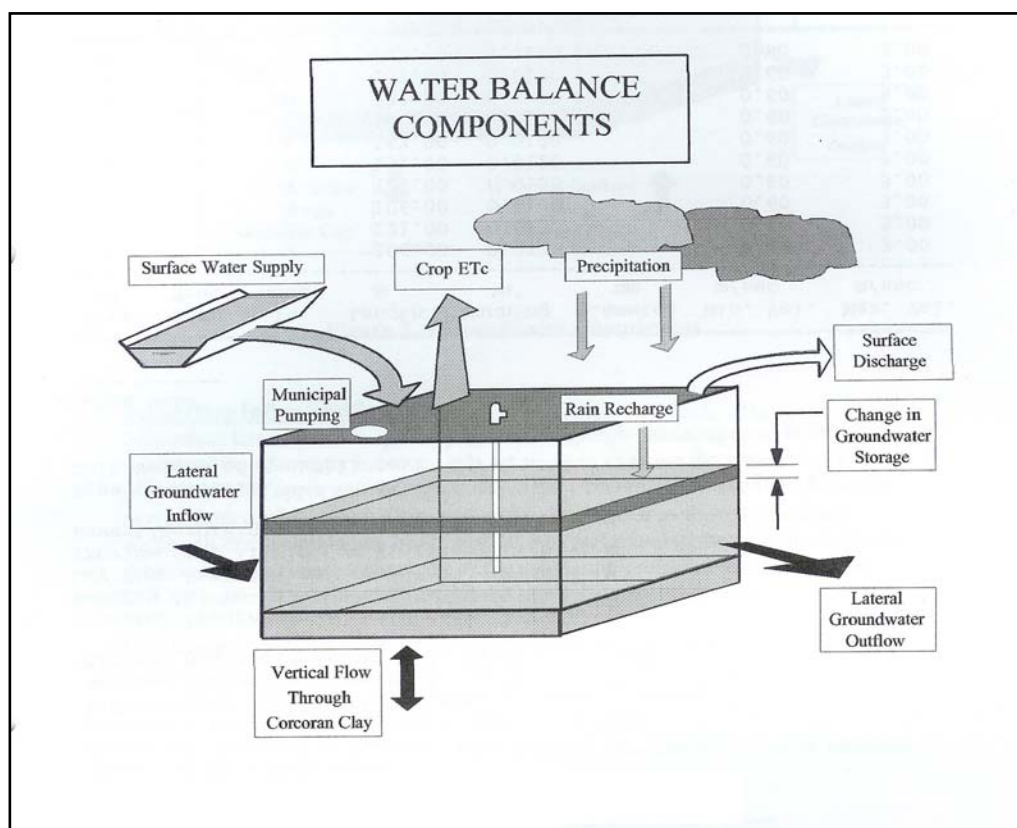
เมื่อ	ARF	=	แฟลคเตอร์ลดความลึกน้ำฝนตามขนาดพื้นที่
	R_c	=	คือความลึกน้ำฝนสำหรับพื้นที่ที่กำหนด (Catchment rainfall)
	R_p	=	ปริมาณน้ำที่ออกจากพื้นที่ศึกษาไป (Outflow)
	t_r	=	คือช่วงเวลาของฝนมีหน่วยเป็นชั่วโมง
	A	=	พื้นที่มีหน่วยเป็นตารางไมล์

4. สมดุลน้ำและการวิเคราะห์ปัญหาน้ำ

สมดุลน้ำและปัญหาน้ำ เป็นกรอบที่ใช้ในการอธิบายการใช้ น้ำ แสดงให้เห็นถึงสถานการณ์ปัจจุบันของการใช้น้ำในพื้นที่ และสามารถคาดการณ์สถานการณ์ในอนาคตได้ ทำให้มีการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.1 การวิเคราะห์สมดุลน้ำ

สมดุลน้ำ (Water Balance) คือ การคำนวณปริมาณน้ำในพื้นที่ปิดล้อมซึ่งเป็นการประเมินส่วนประกอบที่สำคัญทางอุทกวิทยา นั่นคือการประเมินค่าปริมาณน้ำที่เข้ามาสู่พื้นที่ว่าเป็นจำนวนเท่าใด ออกไปจากพื้นที่เป็นจำนวนเท่าใด และถูกเก็บกักไว้ในพื้นที่อีกเป็นจำนวนเท่าใด ในการทำสมดุลน้ำจะต้องกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาก่อน ทั้งขอบเขตในแนวดิ่งและขอบเขตในแนวนอน ((Styles and Burt, 1999), (GWMP, 1997), (Penkova and Shiklomanov, 1990)) สามารถแสดงรายละเอียดดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 องค์ประกอบของการคำนวณสมดุลน้ำ
ที่มา : Styles and Burt (1999)

โดยมีสมการในการคำนวณสมดุลน้ำดังนี้

$$I = Ds + O \quad (2)$$

เมื่อ I = ปริมาณน้ำที่เข้ามาสู่พื้นที่ศึกษา (Inflow)
 Ds = ปริมาณน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปในแหล่งเก็บกักน้ำ (Change in storage)
 O = ปริมาณน้ำที่ออกจากพื้นที่ศึกษาไป (Outflow)

4.1.1 ปริมาณน้ำไหลเข้า (Inflow, I) ปริมาณน้ำที่เข้ามาสู่พื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย ฝน (Precipitation, PP) น้ำท่าที่ไหลเข้าสู่พื้นที่ศึกษา (Inflow runoff, I_{runoff}) และน้ำใต้ดินที่ไหลเข้าสู่พื้นที่ศึกษา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) น้ำในบรรยากาศ ส่วนใหญ่จะตกลงมาเป็นฝน (Precipitation, PP) บางส่วนอาจจะเป็นหิมะหรือลูกเห็บก็ได้ น้ำในส่วนนี้จะมีความสำคัญมากเพราะมีปริมาณมาก

2) น้ำท่าที่ไหลเข้าสู่พื้นที่ศึกษา (Inflow runoff, I_{runoff}) เป็นน้ำท่าที่ไหลมาจากลุ่มน้ำอื่น บางกรณีอาจจะไม่มีน้ำในส่วนนี้ไหลเข้ามา

3) น้ำใต้ดินที่ไหลเข้าสู่พื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย น้ำใต้ดินที่เข้ามาสู่พื้นที่ศึกษาโดยไหลจากระดับน้ำใต้ดินที่สูงกว่าไปสู่ระดับที่ต่ำกว่า (Lateral Inflow, L_{inflow}) และน้ำใต้ดินที่ซึมผ่านชั้นดินหรือหินขึ้นมาสู่พื้นที่ศึกษาจากชั้นน้ำใต้ดินที่อยู่ต่ำกว่า (Vertical Inflow, V_{inflow}) บางพื้นที่อาจจะไม่มีน้ำในส่วนนี้เข้ามา

4.1.2 ปริมาณน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปในแหล่งเก็บกักน้ำ (Change in storage, DS) ซึ่งจะได้จากปริมาณน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปในแหล่งเก็บกักน้ำ แหล่งเก็บกักน้ำที่สำคัญของพื้นที่ศึกษาได้แก่

1) ดิน (soil) และแหล่งน้ำบาดาล (Ground Water) เมื่อฝนตกลงมาในพื้นที่ศึกษา น้ำบางส่วนจะซึมลงไปในดิน และถูกเก็บกักไว้ในดินตามความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (holding capacity of soil) ปริมาณน้ำที่มากที่สุดที่ดินสามารถเก็บกักไว้ได้คือปริมาณน้ำที่จุด Field capacity ฉะนั้น ปริมาณน้ำที่ดินเก็บกักไว้ได้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง Field capacity และ ความเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำที่ถูกเก็บกักไว้ในดินก็จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง Field capacity ด้วยซึ่งน้ำในส่วนนี้มีความสำคัญมากเพราะเป็นแหล่งเก็บน้ำขนาดใหญ่ เป็นแหล่งน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ เมื่อดินอิ่มตัวน้ำบางส่วนจะซึมลึกเลเยอร์รากพืชตามแรงดึงดูดของโลกลงไปเพิ่มระดับน้ำในแหล่งน้ำบาดาล (Ground water recharge) ถ้าพื้นที่ศึกษาใช้น้ำบาดาล จะถือว่าเป็นแหล่งน้ำบาดาลเป็นแหล่งเก็บกักน้ำของพื้นที่ด้วย แต่ถ้าไม่ใช่ จะถือว่าเป็นน้ำที่ออกจากพื้นที่

2) แหล่งน้ำผิวดินที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น อ่างเก็บน้ำ บ่อน้ำ สระน้ำ

3) แหล่งน้ำผิวดินตามธรรมชาติ เช่น ห้วย หนอง คลอง บึง

4.1.3 ปริมาณน้ำที่ออกจากพื้นที่ศึกษาไป (Outflow, O) ประกอบด้วย การคายระเหยของพืช (Evapotranspiration, ET) น้ำท่าที่ไหลออกจากพื้นที่ศึกษาไป (Runoff, O_{runoff}) น้ำใต้ดินที่ไหลออกจากพื้นที่ศึกษา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การคายระเหยของพืช (Evapotranspiration, ET) เป็นการรวมกระบวนการ 2 อย่างที่น้ำกลายเป็นไอแล้วสูญเสียจากพื้นที่กลับคืนไปสู่บรรยากาศ นั่นคือการระเหยของน้ำจากพื้นดินหรือพื้นน้ำ และการคายน้ำของพืช ซึ่งขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ ความชื้นในบรรยากาศบริเวณนั้น ปริมาณน้ำที่ถูกเก็บกักไว้ในดิน พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น

2) น้ำท่าที่ไหลออกจากพื้นที่ศึกษาไป (Runoff, O_{runoff}) เมื่อฝนตกลงมาในพื้นที่ น้ำบางส่วนจะไม่ซึมลงไปในดิน แต่จะไหลไปรวมกันที่แม่น้ำลำธารเป็นน้ำท่า ซึ่งบางส่วนจะถูกเก็บกักไว้ในพื้นที่ เช่น อ่างเก็บน้ำ หนองน้ำ เป็นต้น ส่วนที่เหลือจะไหลออกไปนอกพื้นที่ลงสู่ทะเลหรือลำน้ำที่ใหญ่กว่า

3) น้ำใต้ดินที่ไหลออกจากพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย น้ำใต้ดินที่ไหลออกจากพื้นที่ศึกษาโดยไหลจากระดับน้ำใต้ดินที่สูงกว่าไปสู่ระดับที่ต่ำกว่า (Lateral outflow, L_{outflow}) และน้ำใต้ดินที่ซึมผ่านชั้นดินหรือหินออกจากพื้นที่ศึกษาไปสู่ชั้นน้ำใต้ดินที่อยู่ต่ำกว่า (Vertical outflow, V_{outflow})

4.2 การวิเคราะห์ปัญหาน้ำ

ในการวิเคราะห์ปัญหาน้ำอาศัยหลักการของสมดุลน้ำบนขอบเขตการวิเคราะห์ตามพื้นที่และเวลา โดยพิจารณาจากปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและออกจากขอบเขตการใช้น้ำ ซึ่งมีการใช้น้ำเพื่อกิจกรรมต่างๆ และจะต้องกำหนดขอบเขตของพื้นที่ศึกษา ทั้งขอบเขตในแนวราบและขอบเขตในแนวตั้ง โดยประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำบนผิวดินและพื้นที่ลุ่มน้ำใต้ดิน แต่พื้นที่ทั้งสองนั้นอาจจะมีขอบเขตไม่เท่ากันและไม่ตรงกันในแนวตั้ง ดังนั้นในการวิเคราะห์ปัญหาน้ำจึงได้บัญญัติชื่อขึ้นมาเรียกพื้นที่ศึกษาว่า Domain แทนคำว่าพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยสามารถให้คำจำกัดความของ Domain ได้ดังนี้

Domain หมายถึง กลุ่มน้ำที่มีขอบเขตทั้งในแนวราบและแนวดิ่ง ภายในจึงประกอบไปด้วย 2 พื้นที่กลุ่มน้ำที่ซ้อนกันคือกลุ่มน้ำผิวดินและใต้ผิวดิน ที่อาจจะมียกขนาดของพื้นที่ไม่เท่ากันและไม่อยู่ในตำแหน่งที่ตรงกัน โดยมีการใช้น้ำเพื่อกิจกรรมต่างๆ ที่เชื่อมโยงกันระหว่าง 2 กลุ่มน้ำในแนวดิ่ง และอาจมีการเชื่อมโยงกันระหว่าง Domain ที่อยู่ติดกันซึ่งเป็น Domain ที่อยู่ทางด้านเหนือและท้ายน้ำด้วย (วีรพลและคณะ, 2002)

โดยสามารถกำหนดวิธีการและสมมติฐานในการประเมินหรือคำนวณเทอมของการวิเคราะห์ปัญหานี้ไว้ดังนี้

4.2.1 ปริมาณน้ำไหลเข้า เป็นปริมาณน้ำที่ไหลเข้ามาใน Domain ตามวิธีการในการประเมินดังต่อไปนี้ (วีรพลและคณะ, 2002)

1) ปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด หรือ Gross inflow (GI) แสดงถึงปริมาณน้ำทั้งหมดที่เข้าสู่ Domain ประกอบด้วย น้ำฝน (Precipitation: PP) น้ำท่าผิวดิน (Surface inflow: SI) และน้ำท่าใต้ดิน (Sub-Surface inflow: SSI) สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$GI = PP + SI + SSI \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ} \quad PP &= \text{น้ำฝน (Precipitation)} \\ SI &= \text{น้ำท่าผิวดิน (Surface inflow)} \\ SSI &= \text{น้ำท่าใต้ดิน (Sub-Surface inflow)} \end{aligned}$$

2) ปริมาณน้ำเข้าสู่สุทธิ หรือ Net inflow (NI) เป็นผลรวมของปริมาณน้ำเข้าทั้งหมดและการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำใต้ดิน ดังนั้นปริมาณน้ำเข้าสู่สุทธิอาจน้อยกว่าปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด ถ้าปริมาณน้ำเข้าทั้งหมดบางส่วนเข้าไปเก็บกักเป็นแหล่งน้ำผิวดินหรือน้ำใต้ดินหรือทั้งสองแหล่ง ในทางกลับกัน ปริมาณน้ำเข้าสู่สุทธิอาจมากกว่าปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด ถ้าปริมาณน้ำที่เก็บกักในแหล่งน้ำผิวดินหรือน้ำใต้ดินหรือทั้งสองแหล่งไหลรวมกับปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด คำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$NI = GI + DS \quad (4)$$

$$\text{เมื่อ} \quad NI = \text{ปริมาณน้ำเข้าสู่สุทธิ}$$

$$\begin{aligned} \text{GI} &= \text{ปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด} \\ \Delta S &= \text{การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเก็บกัก} \end{aligned}$$

4.2.2 ปริมาณน้ำเก็บกัก หรือ Storage (S) เป็นปริมาณน้ำที่ถูกเก็บไว้ในส่วนต่าง ๆ ของพื้นที่ Domain ปริมาณน้ำเก็บกักสามารถแบ่งได้ 2 ส่วน คือ ปริมาณน้ำเก็บกักผิวดิน (Surface storage, SS) และปริมาณน้ำเก็บกักใต้ดิน (Sub surface storage, SSS) (วีรพลและคณะ, 2002)

4.2.3 ปริมาณน้ำที่หมดไป หรือ Water depletion (WD) เป็นปริมาณน้ำที่ระเหยหรือหายไปจาก Domain และไม่สามารถนำกลับมาใช้งานได้อีก เทอม Water Depletion ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการวิเคราะห์ปัญหาน้ำ ซึ่งมีเน้นไปที่ปริมาณผลผลิตและผลประโยชน์ที่ได้รับจากปริมาณน้ำที่หมดไปในแต่ละหน่วย ปริมาณน้ำที่หมดไปประกอบด้วย 4 กระบวนการที่เกี่ยวข้องดังนี้ (วีรพลและคณะ, 2002)

1) การระเหย หรือ Evaporation (E) เป็นปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินหรือจากพืช ประเมินได้จากปริมาณการคายระเหย (Evapotranspiration, ET) ของพืช ซึ่งเป็นผลคูณของค่าสัมประสิทธิ์ของพืช (Crop coefficient, K_c) และศักยภาพการคายระเหย (Potential Evapotranspiration, ET_p) โดยศักยภาพในการคายระเหยคำนวณได้จากวิธี Penman-Montheith ซึ่งเสนอแนะโดย FAO

2) ปริมาณน้ำสิ้นสภาพ หรือ Flow to sinks (FS) เป็นปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่ทะเล แหล่งน้ำเค็มใต้ดิน หรือในแหล่งน้ำอื่น ๆ ซึ่งไม่คุ้มค่าที่จะนำน้ำกลับมาใช้ประโยชน์

3) ปริมาณน้ำที่เกิดมลภาวะ หรือ Pollution เป็นปริมาณน้ำที่มีคุณภาพน้ำลดต่ำกว่ามาตรฐานที่สามารถนำไปใช้งานได้

4) ปริมาณน้ำที่ถูกนำไปบรรจุภัณฑ์ หรือ Incorporation into a product เป็นปริมาณน้ำที่นำไปใช้ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม เกษตรกรรม หรืออื่น ๆ เช่น น้ำบรรจุขวด หรือการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของพืช

ปริมาณน้ำที่หมดไป สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$WD = P + B + NB \quad (5)$$

เมื่อ

WD	=	ปริมาณน้ำที่หมดไป
P	=	การใช้น้ำในกระบวนการ
B	=	การใช้น้ำนอกกระบวนการที่เกิดประโยชน์
NB	=	การใช้น้ำนอกกระบวนการที่ไม่เกิดประโยชน์

หรือสามารถสรุปได้เป็นสองกระบวนการดังนี้

1) การใช้น้ำในกระบวนการ หรือ Process consumption (P) เป็นกระบวนการซึ่งแจกจ่ายหรือให้น้ำสำหรับกิจกรรมการใช้น้ำของมนุษย์ ได้แก่ การคายระเหยของพืช การใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม และการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค

2) การใช้น้ำนอกกระบวนการ หรือ Non-process depletion (NP) เกิดขึ้นเมื่อปริมาณน้ำระเหยหรือหายไปจากพื้นที่ Domain นอกเหนือกิจกรรมการใช้น้ำของมนุษย์ สามารถแบ่งออกเป็นการใช้น้ำนอกกระบวนการที่เกิดประโยชน์ (Beneficial non-process depletion, B) และไม่เกิดประโยชน์ (Non-Beneficial non-process depletion, NB)

4.2.4. ปริมาณน้ำไหลออก เป็นปริมาณน้ำที่ระบายออกจาก Domain ซึ่งสามารถแยกออกเป็นสองประเภท ตามวัตถุประสงค์ของการระบายออกไป ดังนี้

1) ปริมาณน้ำมีพันธะ หรือ Committed water (C) เป็นปริมาณน้ำที่ระบายออกจาก Domain ตามข้อตกลงต่าง ๆ ได้แก่ การใช้น้ำเพื่อการรักษาสีงแวดล้อมทางด้านท้ายน้ำ กฎหมายน้ำหรือสิทธิการใช้น้ำ (Water right)

2) ปริมาณน้ำไม่มีพันธะ หรือ Uncommitted Outflow (UC) เป็นปริมาณน้ำที่ระบายออกจาก Domain และไม่มีข้อตกลงในการระบายน้ำออก ซึ่งน้ำในส่วนนี้สามารถนำมาใช้งานใน Domain ได้ แต่ระบายออกเนื่องจากไม่มีแหล่งเก็บกักหรือขาดการจัดการที่เพียงพอ ปริมาณน้ำไม่มีพันธะสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ ปริมาณน้ำไม่มีพันธะที่ใช้ประโยชน์ได้

(Utilizable outflow, UO) และปริมาณน้ำไม่มีพันธะที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้ (Non-Utilizable outflow, NUO) สามารถคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลออกได้ดังนี้

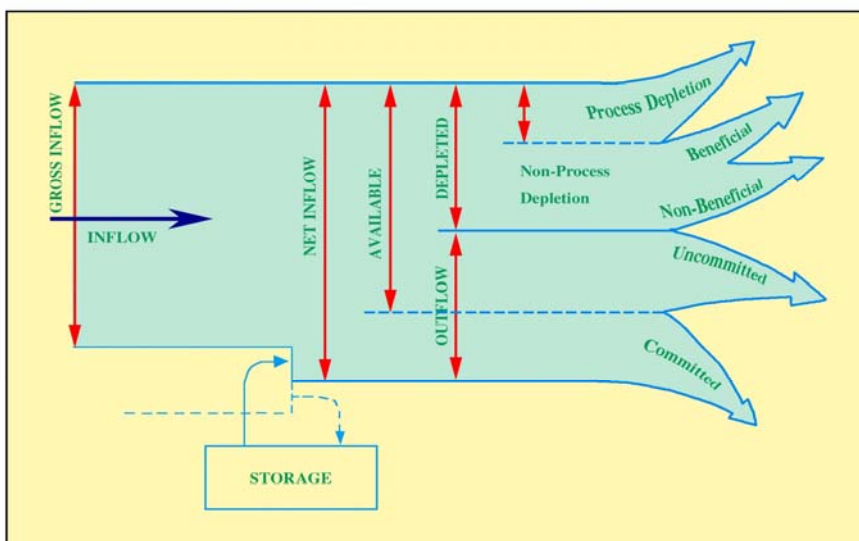
$$O = NI - WD \quad (6)$$

เมื่อ	O	$=$	ปริมาณน้ำไหลออก
	NI	$=$	ปริมาณน้ำเข้าสู่

4.2.5 ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ หรือ Available water (AW) เป็นปริมาณน้ำที่เกิดจากปริมาณน้ำเข้าสู่หักออกด้วยปริมาณน้ำมีพันธะและปริมาณน้ำไม่มีพันธะที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$AW = NI - C - NUO \quad (7)$$

เมื่อ	AW	$=$ ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้
	NI	$=$ ปริมาณน้ำเข้าสู่
	C	$=$ ปริมาณน้ำมีพันธะ
	NUO	$=$ ปริมาณน้ำไม่มีพันธะที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้



ภาพที่ 5 แสดงองค์ประกอบของการวิเคราะห์บัญชีน้ำ
ที่มา: ภัตสร (2549)

4.3.6 ดัชนีบัญชีน้ำ (Water Accounting Indications) เป็นอัตราส่วนของเทอมต่างๆ ที่สำคัญในบัญชีน้ำ เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาหรือปรับปรุงระบบการจัดการน้ำใน domain ประกอบด้วย

1) อัตราส่วนปริมาณน้ำที่หมดไปเทียบกับปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด (Depleted Fraction of Gross Inflow, DF_{GI}) เป็นดัชนีแสดงปริมาณน้ำทั้งหมดที่ระเหยหรือหายไปจาก domain คำนวณได้จากสมการ

$$DF_{GI} = \frac{D}{GI} \quad (8)$$

เมื่อ

D	=	ปริมาณน้ำที่หมดไป = $P + NP$
P	=	การใช้น้ำในกระบวนการ
NP	=	การใช้น้ำนอกกระบวนการ
GI	=	ปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด

2) อัตราส่วนปริมาณน้ำที่หมดไปเทียบกับปริมาณน้ำที่ใช้งานได้ (Depleted Fraction of Available Water, DF_{AW}) เป็นดัชนีแสดงปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ ซึ่งระเหยหรือหายไปจาก domain คำนวณได้จากสมการ

$$DF_{AW} = \frac{D}{AW} \quad (9)$$

เมื่อ D = ปริมาณน้ำที่หมดไป
 AW = ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้

3) อัตราส่วนการใช้น้ำในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้ (Process Fraction of Available Water, PF_{AW}) เป็นดัชนีแสดงปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ ซึ่งนำไปใช้ในกระบวนการใช้น้ำของมนุษย์ คำนวณได้จากสมการ

$$PF_{AW} = \frac{P}{AW} \quad (10)$$

เมื่อ P = การใช้น้ำในกระบวนการ
 AW = ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้

4) อัตราส่วนการใช้น้ำในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ ในภาคเกษตร (Process Fraction of Available Water for Agriculture, PW_{AW-ag}) เป็นดัชนีแสดงปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ ซึ่งนำไปใช้ในกระบวนการใช้น้ำของมนุษย์ เช่นเดียวกับอัตราส่วนการใช้น้ำในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้ (PF_{AW}) แต่มุ่งเน้นไปที่การใช้น้ำและปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ในภาคเกษตร โดยปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ภาคเกษตรได้จากการหักค่าการใช้น้ำนอกภาคเกษตร ได้แก่ การใช้น้ำภายในครัวเรือนและอุตสาหกรรม และการคายระเหยจากป่าไม้ ออกจากปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ อัตราส่วนการใช้น้ำในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ในภาคเกษตร (PW_{AW-ag}) คำนวณได้จากสมการ

$$PW_{AW-ag} = \frac{ET}{AW_{ag}} \quad (11)$$

เมื่อ ET = ปริมาณการใช้น้ำของพืช

$$AW_{ag} = \text{ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ในภาคเกษตร}$$

ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ในภาคเกษตร คำนวณได้จากสมการ

$$PW_{ag} = NI - C - NUO - D_{bnag} \quad (12)$$

เมื่อ NI = ปริมาณน้ำเข้าสู่สุทธิ
 C = ปริมาณน้ำมีพันธะ
 NU = ปริมาณน้ำไม่มีพันธะใช้ประโยชน์ไม่ได้
 D_{bnag} = ปริมาณน้ำที่หมดไปและเกิดประโยชน์ นอกเหนือจากการใช้น้ำในภาคเกษตร

ปริมาณน้ำที่หมดไปและเกิดประโยชน์ คำนวณได้จากสมการ

$$D_{bnag} = P_{nag} + B_{nag} \quad (13)$$

เมื่อ P_{nag} = การใช้น้ำในกระบวนการ ที่ไม่ใช้การใช้น้ำในภาคเกษตร
 B_{nag} = ปริมาณการใช้น้ำนอกกระบวนการที่เกิดประโยชน์ แต่ไม่ใช้น้ำในภาคเกษตร

5) อัตราส่วนการใช้น้ำในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่หมดไป (Process Fraction of Depleted Water, PF_{TD}) เป็นดัชนีแสดงปริมาณน้ำที่หมดไปในการเกษตรกรรม เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำที่หมดไปทั้งหมด คำนวณได้จากสมการ

$$PF_{TD} = \frac{P}{D} \quad (14)$$

เมื่อ P = การใช้น้ำในกระบวนการ
 D = ปริมาณน้ำที่หมดไป

6) อัตราส่วนปริมาณการใช้น้ำที่เกิดประโยชน์เทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้หรือประสิทธิภาพของกลุ่มน้ำ (Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency, BU or BE) เป็นดัชนีแสดงปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ ซึ่งระเหยหรือหายไปจาก domain โดยการใช้น้ำในกระบวนการและนอกกระบวนการที่เกิดประโยชน์ คำนวณได้จากสมการ

$$BU \text{ or } BE = \frac{D_b}{AW} \quad (15)$$

เมื่อ D_b = ปริมาณน้ำที่หมดไปและเกิดประโยชน์
 AW = ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้

5. ความต้องการใช้น้ำ

การประเมินความต้องการใช้น้ำเป็นการประเมินปริมาณน้ำที่หมดไปซึ่งเป็นองค์ประกอบของการวิเคราะห์บัญชีน้ำ โดยแจกแจงความต้องการน้ำได้หลายชนิดดังนี้

5.1 ความต้องการใช้น้ำของพืช

5.1.1 ปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้ตามทฤษฎี สามารถคำนวณได้จากปริมาณการคายระเหยของพืช (Evapotranspiration, ET) โดยเป็นการรวมกันของสองกระบวนการซึ่งเป็นไปได้ยากที่จะแยกสองกระบวนการนี้ออกจากกันได้ นั่นคือ การระเหย (Evaporation) และ การคายน้ำของพืช (Transpiration) สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้ (Allen และ คณะ, 1998)

$$ET = K_c \times ET_0 \quad (16)$$

เมื่อ ET = ปริมาณการคายระเหยของพืช
 K_c = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช
 ET_0 = ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง

5.1.2 การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง คณะผู้เชี่ยวชาญของ FAO ได้ทำการทบทวนศึกษาการหาค่าปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง โดยยอมรับและแนะนำให้ใช้วิธี

Penman-monteith เป็นมาตรฐานใหม่ในการหาค่าปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง ซึ่งในการพัฒนาสมการ Penman-monteith นั้นได้กำหนดให้ พืชอ้างอิงมีความสูงสม่ำเสมอเท่ากับ 0.12 m. ใช้ค่าการสะท้อนของรังสี (Albedo) เท่ากับ 0.23 มีค่าความต้านทานของพื้นผิวน้ำของพืช (Surface resistance) เท่ากับ 70 sm^{-1} ซึ่งจะคล้ายคลึงกับหญ้าที่แผ่คลุมดิน เจริญเติบโตได้ดี และได้รับน้ำอย่างเพียงพอ (Allen และ คณะ, 1998) สามารถหาค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิงโดยใช้สมการ Penman-monteith ดังต่อไปนี้

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + g(900 / (T+273))u_2(e_s - e_a)}{\Delta + g(1+0.34 u_2)} \quad (17)$$

เมื่อ ET_o = ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง (Reference evapotranspiration, mm day^{-1})

R_n = รังสีอาทิตย์สุทธิที่ระดับผิวน้ำของพืชอ้างอิง (Net radiation at the crop surface, $\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$)

G = Soil heat flux density ($\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$)

T = อุณหภูมิเฉลี่ยที่ความสูง 2 ม. จากพื้นดิน (Mean daily temperature at 2 m height, $^{\circ}\text{C}$)

u_2 = ความเร็วลมที่ความสูง 2 ม. จากพื้นดิน (Wind speed at 2 m height, m s^{-1})

e_s = Saturation vapour pressure (kPa)

e_a = Actual vapour pressure (kPa)

Δ = Slope vapour pressure curve ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

g = Psychrometric constant ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

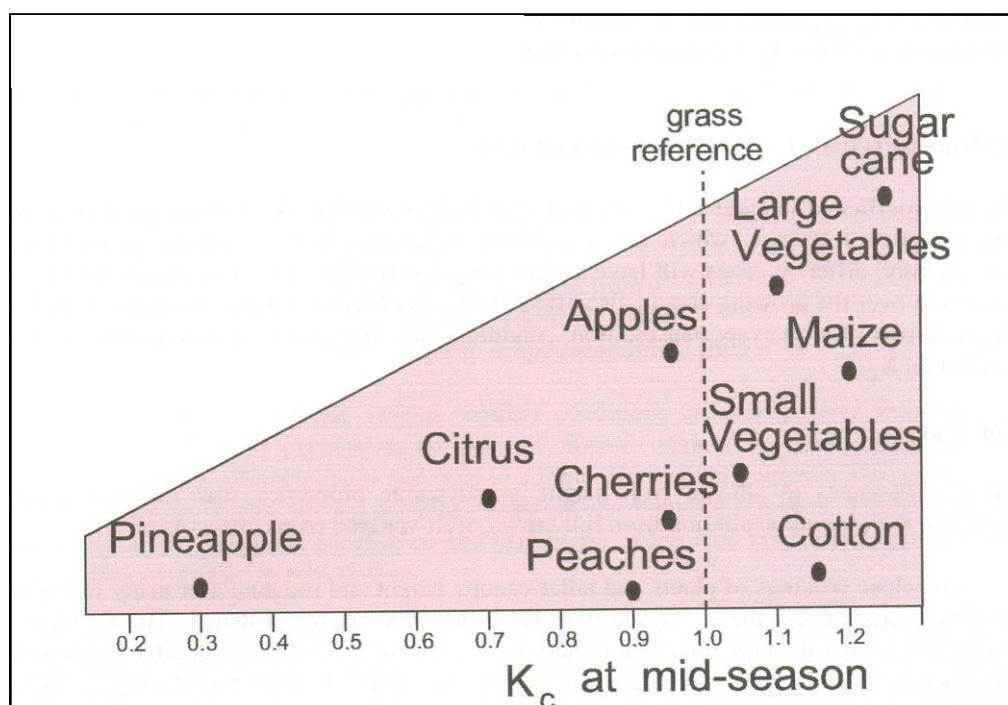
5.1.3 การหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชหรือ K_c เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความแตกต่างของการคายระเหยของพืชแต่ละชนิดเทียบกับพืชอ้างอิง ซึ่งค่า K_c นี้จะขึ้นอยู่กับปัจจัย 4 อย่างคือ (Allen และ คณะ, 1998)

1) ชนิดของพืช (Crop type) เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน เช่น ลักษณะใบ ลักษณะของลำต้น ความสูงของพืช ลักษณะการคลุมดินของพืช และคุณสมบัติการปิดเปิดปากใบของพืช จึงทำให้ค่า K_c ของพืชมีค่าแตกต่างกันไปด้วย พืชที่มีลำต้นสูง มีการคลุมดินหนาแน่น และมีพื้นที่ใบมาก มักจะมีค่า K_c สูงกว่า 1 ยกตัวอย่างเช่น อ้อย ข้าวโพด สำหรับพืชที่เปิด

ปากใบเพียงเล็กน้อยตลอดทั้งวัน ก็จะมีค่า K_c ต่ำมาก ยกตัวอย่างเช่น สับปะรด ซึ่งมีค่า K_c เพียง 0.3 แต่สำหรับพืชทั่ว ๆ ไปแล้วจะมีค่า K_c อยู่ระหว่าง 0.7-1.2 ดังแสดงรายละเอียดไว้ในภาพที่ 6

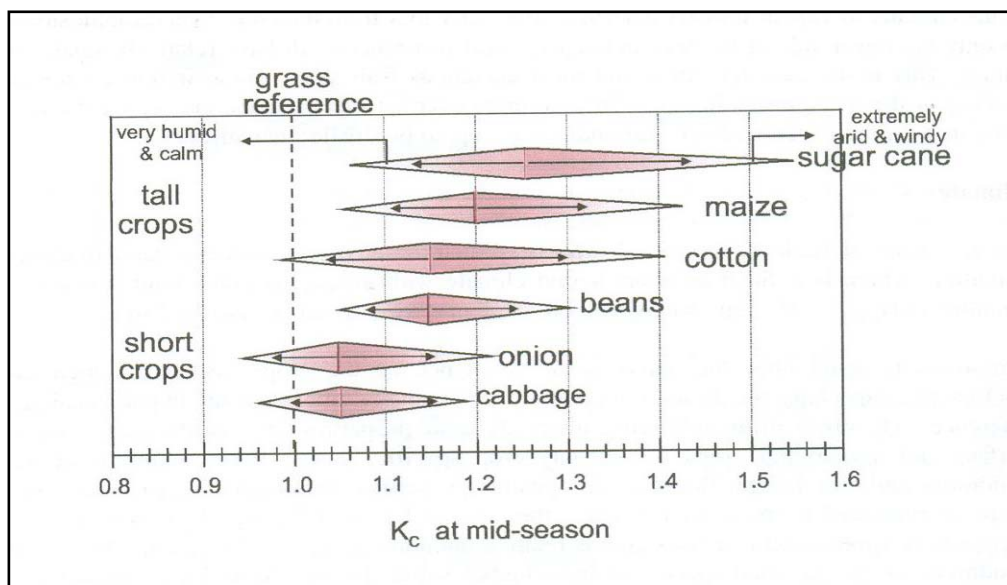
2) สภาพอากาศ (Climate) ค่า K_c จะเปลี่ยนแปลงไปตามความชื้นในบรรยากาศและความเร็วลม ถ้าความชื้นในบรรยากาศต่ำหรือมีความเร็วลมสูง จะทำให้ K_c มีค่ามากกว่าปกติ ในทางกลับกัน ถ้าความชื้นในบรรยากาศสูงหรือมีความเร็วลมต่ำ จะทำให้ K_c มีค่าน้อยกว่าปกติ ช่วงการเปลี่ยนแปลงของค่า K_c จะมีค่ามากสำหรับพืชที่มีลำต้นสูงเช่น อ้อย ข้าวโพด แต่จะมีค่าน้อยสำหรับพืชที่มีลำต้นเตี้ยเช่น ต้นหอม กล้าปดี แต่ถึงอย่างไรค่า K_c ของพืชจะไม่เกิน 1.6 ดังแสดงรายละเอียดไว้ในภาพที่ 7

3) การระเหยของน้ำจากผิวดิน (Soil evaporation) เนื่องจากการคายระเหยของพืช หรือ Evapotranspiration นั้น ประกอบไปด้วย การคายระเหยของน้ำจากผิวดินและการคายน้ำของพืช ดังนั้นจึงสามารถแยกค่า K_c ออกเป็น 2 อย่าง คือ ค่าสัมประสิทธิ์การระเหยของน้ำจากผิวดิน (K_e) และ ค่าสัมประสิทธิ์การคายน้ำของพืช (K_{cb}) ซึ่งสามารถแทนด้วยสมการดังต่อไปนี้



ภาพที่ 6 แสดงค่า K_c ของพืชชนิดต่างๆ ที่ช่วงการเจริญเติบโตเต็มที่

ที่มา: Allen และ คณะ (1998)



ภาพที่ 7 แสดงค่า K_c ที่ได้รับอิทธิพลจากภูมิอากาศของพืชชนิดต่างๆ ที่ช่วงการเจริญเติบโตเต็มวัย
ที่มา: Allen และ คณะ (1998)

$$K_c = K_e + K_{cb} \quad (18)$$

เมื่อ K_c = สัมประสิทธิ์การคายระเหยของพืช

K_e = สัมประสิทธิ์การระเหยของน้ำจากผิวดิน

K_{cb} = สัมประสิทธิ์การคายน้ำของพืช

สำหรับการระเหยของน้ำจากผิวดินจะมีปริมาณมากเมื่อมีความชื้นในดินสูง หรือในช่วงที่พืชยังเล็กอยู่ ในทางกลับกันการระเหยของน้ำจากผิวดินจะมีปริมาณน้อยเมื่อความชื้นในดินต่ำหรือในช่วงที่พืชโตมีใบปกคลุมดินทั้งหมด โดยสามารถอธิบายพฤติกรรมของค่า K_e และ K_{cb} ตามช่วงการเจริญเติบโตของพืชดังภาพที่ 8

4) ช่วงการเจริญเติบโตของพืช (Crop growth stage) พืชมีการเจริญเติบโตเป็นช่วง ๆ ซึ่งแต่ละช่วง จะมีค่า K_c ที่แตกต่างกัน การเจริญเติบโตของพืชแบ่งออกเป็น 4 ช่วงดังนี้

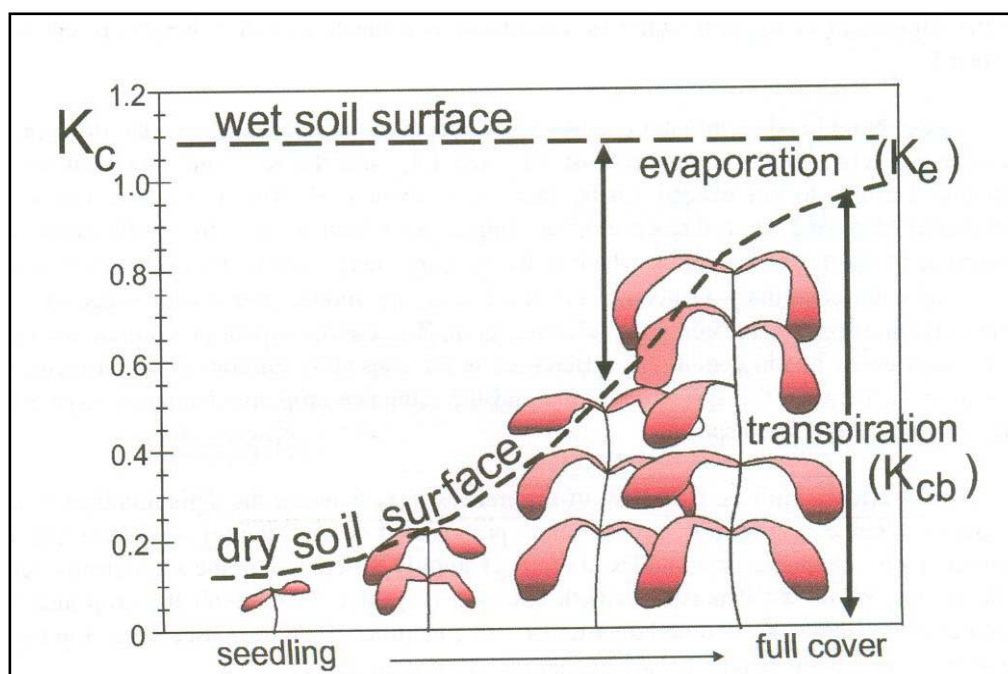
ก. ช่วงแรก (Initial stage) เป็นช่วงที่พืชงอกและเจริญเติบโตจนสามารถปกคลุมดินได้ถึง 10% ในช่วงนี้ใบพืชจะยังเล็กอยู่ การระเหยของน้ำจากผิวดินจะมีค่ามากกว่าการคาย

น้ำของพืช ค่า K_c จึงขึ้นอยู่กับภาระของน้ำจากผิวดินเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะมีค่ามากเมื่อดินชื้นจากการได้รับน้ำชลประทานหรือฝนตก ในทางกลับกันจะมีค่าน้อยเมื่อดินมีความชื้นต่ำ

ข. ช่วงเจริญเติบโต (Crop development stage) เป็นช่วงที่พืชเจริญเติบโตจากการปกคลุมดิน 10% จนพืชสามารถมีใบปกคลุมดินได้ทั้งหมด (Effective full cover) การมีใบปกคลุมดินได้ทั้งหมด สามารถสังเกตได้จากการที่พืชเริ่มออกดอก ในช่วงนี้ K_c จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุด

ค. ช่วงกลาง (Mid season stage) เป็นช่วงที่พืชเจริญเติบโตเต็มวัยเริ่มจากพืชสามารถปกคลุมดินได้ทั้งหมดจนถึงจุดที่พืชเริ่มแก่ซึ่งสังเกตได้จากการมีใบเหลืองแก่ ใบเริ่มร่วงโรย ช่วงกลางของพืชเป็นช่วงที่ยาวนานที่สุด ในช่วงนี้ K_c จะมีค่าสูงสุดและคงที่ตลอดทั้งช่วงถ้าปัจจัยอื่น ๆ ยังคงที่

ง. ช่วงท้าย (Late season stage) เป็นช่วงที่พืชเริ่มแก่จนถึงช่วงเก็บเกี่ยวหรือช่วงสุกอม ในช่วงนี้ K_c จะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งพืชตาย



ภาพที่ 8 แสดงค่า K_c ของพืชที่ช่วงการเจริญเติบโตต่างกัน

ที่มา: Allen และ คณะ (1998)

5.1.4 ปริมาณการคายระเหยของพืชภายใต้สภาวะการจัดการน้ำต่าง ๆ (ET_{adj})

นอกจากปัจจัยทั้ง 4 อย่างที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อค่า K_c นั่นคือการจัดการน้ำ ในสภาวะที่ดินเปียกชื้นเมื่อได้รับน้ำชลประทานหรือมีฝนตก รากพืชจะสามารถนำน้ำมาใช้ได้ง่าย เนื่องจากน้ำในดินเคลื่อนที่โดยอิสระพืชจึงได้รับน้ำอย่างเพียงพอต่อความต้องการการคายระเหยของพืชก็จะอยู่ในสภาวะปกติ แต่ในสภาวะที่ดินแห้ง รากพืชไม่สามารถนำน้ำมาใช้ได้หรือนำมาใช้ได้ยาก จะมีผลต่อการคายน้ำของพืชอย่างมาก เพราะพืชจะพยายามรักษาน้ำเอาไว้โดยการห่อหุ้มใบให้มีขนาดเล็กลงเพื่อลดการคายน้ำ ซึ่งจะทำให้ค่า K_c ลดลงจากสภาวะปกติจากที่ได้กล่าวมานี้ สามารถหาค่าปริมาณการคายระเหยของพืชภายใต้สภาวะการจัดการน้ำต่าง ๆ โดยการคูณ K_c ด้วยสัมประสิทธิ์ลดค่าการคายระเหยเมื่อเกิดความเครียดของน้ำในดิน (Water stress coefficient, K_s) ซึ่ง K_s จะต้องมีค่าน้อยกว่า 1 เสมอ ดังสมการต่อไปนี้ (Allen และ คณะ (1998))

$$ET_{adj} = K_s \times K_c \times ET_o \quad (19)$$

เมื่อ ET_{adj} = ปริมาณการคายระเหยของพืชภายใต้สภาวะการจัดการน้ำต่าง ๆ

K_s = สัมประสิทธิ์ลดค่าการคายระเหยเมื่อเกิดความเครียดของน้ำในดิน (Water stress coefficient)

K_c = สัมประสิทธิ์พืช (Crop coefficient)

ET_o = ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงโดยใช้สมการ Penman-monteith

ในพื้นที่ที่มีการจัดการน้ำไม่เพียงพอกับความต้องการใช้น้ำ มีผลทำให้เกิดความเครียดของน้ำในดินและทำให้การคายระเหยของพืชลดลงโดยมีค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการประเมินค่า K_s ดังนี้

1) ปริมาณน้ำทั้งหมดที่พืชนำไปใช้ได้ (Total Available Soil Water, TAW)

ความสามารถในการให้น้ำของดิน หมายถึงความสามารถในการอุ้มน้ำและส่งน้ำกลับไปให้พืชใช้ หลังจากที่ดินได้รับน้ำฝนหรือน้ำชลประทานอย่างเต็มที่ เมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturation) ปริมาณน้ำที่มีมวลมากเกินกว่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน จะถูกระบาย

ออกไปด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกจนถึงจุดที่ดินสามารถอุ้มน้ำได้เต็มที่ (Field Capacity) ซึ่งเป็นจุดที่น้ำสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระภายในดิน โดยไม่ถูกดึงดูดออกไปตามแรงโน้มถ่วงของโลก หรือสามารถพูดได้ว่าปริมาณน้ำที่มากกว่าจุด Field Capacity จะไม่สามารถต้านทานแรงโน้มถ่วงของโลกไว้ได้ ปริมาณน้ำที่จุด Field Capacity นี้ เป็นปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้เต็มที่ จนกระทั่งความชื้นในดินลดลงถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวร (Wilting Point) พืชจะไม่สามารถนำน้ำไปใช้ได้ อีก ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าปริมาณน้ำทั้งหมดที่พืชนำไปใช้ได้ ในบริเวณรากพืช คือผลต่างระหว่างปริมาณน้ำที่ดินสามารถอุ้มน้ำได้เต็มที่ (Field Capacity) และจุดเหี่ยวเฉาถาวร (Wilting Point) โดยมีสมการในการประเมินดังนี้ (Allen และ คณะ, 1998)

$$TAW = 1000 (Q_{FC} - Q_{WP}) Z_r \quad (20)$$

เมื่อ TAW = ปริมาณน้ำทั้งหมดในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ ในเขตรากพืช (mm.)
 Q_{FC} = ปริมาณน้ำที่จุด Field Capacity ($m^3 m^{-3}$)
 Q_{WP} = ปริมาณน้ำที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Wilting Point) ($m^3 m^{-3}$)
 Z_r = ความลึกรากพืช m.

2) ปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ได้ อย่างเพียงพอ กับความต้องการ (Readily

Available Water, RAW)

ถึงแม้ว่าตามทฤษฎีแล้วพืชจะสามารถใช้น้ำในดินได้จนถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวร แต่ปริมาณน้ำในดินจะลดลงจนถึงจุดหนึ่งที่พืชนำน้ำไปใช้ได้ยากขึ้นก่อนจะถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวร ขณะที่ปริมาณน้ำในดินอยู่ที่จุด Field Capacity ดินสามารถให้น้ำในระยะแรกได้เพียงพอ กับความต้องการน้ำของพืช ในขณะเดียวกันปริมาณน้ำก็จะลดลงเรื่อยๆ จนถึงจุด Threshold ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่ปริมาณน้ำเหลือน้อยและยึดติดกับเมล็ดดินมากขึ้น จนเป็นการยากที่รากพืชจะดึงน้ำในดินออกมาใช้ได้อย่างรวดเร็วเพียงพอ กับความต้องการน้ำของพืช จึงเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้ดินเกิดความเครียด ดังนั้นปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ อย่างเพียงพอ กับความต้องการ โดยไม่เกิดความเครียด สามารถประเมินได้จากสมการต่อไปนี้ (Allen และ คณะ, 1998)

$$RAW = p \times TAW \quad (21)$$

เมื่อ RAW = ปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ ในเขตรากพืชอย่างเพียงพอ โดย
ที่ดินไม่เกิดความเครียด (mm.)
P = สัมประสิทธิ์เฉลี่ยของปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมดใน
เขตรากพืช ก่อนที่ดินจะเกิดความเครียด ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1

ค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ย P อ้างอิงจากพืชชนิดหนึ่งสู่พืชอีกชนิดหนึ่ง ซึ่ง
ปกติแล้วจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.30 สำหรับพืชที่มีรากตื้นและมีการคายระเหยสูงมากกว่า 8 มม./วัน
และ 0.70 สำหรับพืชที่มีรากลึกและมีการคายระเหยต่ำกว่า 3 มม./วัน และ มีค่าเท่ากับ 0.50 สำหรับ
พืชทั่วไป

ปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ได้เพียงพอ (RAW) เปรียบได้กับ ปริมาณน้ำที่
อนุญาตให้พืชนำไปใช้ได้ด้วยการจัดการน้ำ (Management Allowed Depletion, MAD) นอกจาก
ปัจจัยทางกายภาพจากอิทธิพลของพารามิเตอร์ P แล้ว ค่าของ MAD จะขึ้นอยู่กับ การจัดการและ
ปัจจัยทางเศรษฐกิจด้วย ปกติแล้ว MAD จะน้อยกว่า RAW เมื่ออยู่ในที่ที่มีความเสี่ยงหรือไม่
แน่นอน และ MAD จะมากกว่า RAW เมื่อมีการปลูกพืชในที่ที่มีการจัดการน้ำ

3) สัมประสิทธิ์ลดค่าการคายระเหยเมื่อเกิดความเครียดของน้ำในดิน (Water
Stress Coefficient, K_s)

ความเครียดของน้ำในดินมีผลทำให้การคายระเหยของพืชลดลง ประเมินได้
โดยการลดค่าสัมประสิทธิ์พืช (K_c) ซึ่งสามารถคำนวณการคายระเหยของพืชเมื่อดินเกิดความเครียด
โดยการคูณค่า K_c ด้วย K_s

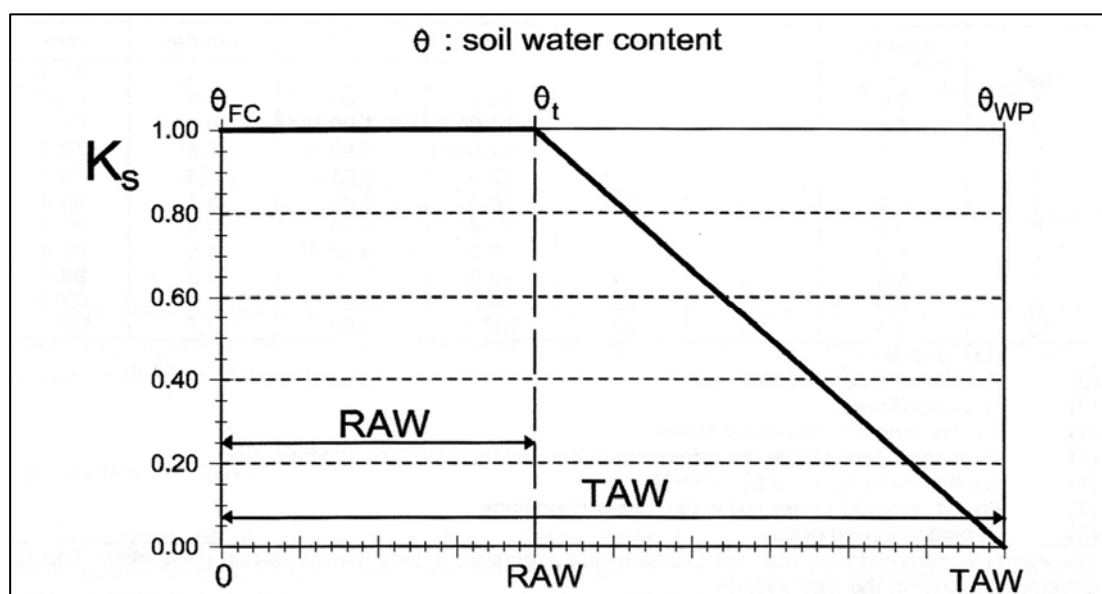
ความจุของน้ำในเขตรากพืช เปรียบได้กับปริมาณน้ำทั้งหมดไปในเขตรากพืช
(Root Zone Depletion, D_r) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ Field Capacity โดยที่ $D_r = 0$ ที่จุด Field Capacity
หลังจากนั้นปริมาณน้ำจะถูกดึงไปใช้ในการคายระเหยของพืช D_r จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และจะเริ่มเกิด
ความเครียด (Stress) เมื่อ D_r มีค่าเท่ากับ RAW หลังจากนี้ D_r มีค่ามากกว่า RAW (ปริมาณน้ำในดิน
ลดลงต่ำกว่าจุด Threshold, Q_t) ปริมาณการคายระเหยที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยกว่าความต้องการใช้น้ำของ
พืช และจะลดลงเรื่อยๆตามสัดส่วนของปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในเขตรากพืชดังรายละเอียดในภาพที่
9 (Allen และ คณะ, 1998)

เมื่อ D_r มากกว่า RAW สามารถคำนวณค่า K_s ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$K_s = \frac{TAW - D_r}{TAW - RAW} = \frac{TAW - D_r}{(1-p) TAW} \quad (22)$$

- เมื่อ K_s = สัมประสิทธิ์ลดค่าการคายระเหย เมื่อเกิดความเครียดของน้ำในดิน มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1
- D_r = ปริมาณน้ำที่หมดไปในเขตรากพืช (Root Zone Depletion, D_r) (มม.)
- RAW = ปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้เพียงพอกับความต้องการในเขตรากพืช โดยที่ไม่เกิดความเครียดของน้ำในดิน (mm)
- P = สัมประสิทธิ์เฉลี่ยของปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมดในเขตรากพืช ที่ถูกใช้ไปก่อนที่จะเกิดความเครียดของน้ำในดิน ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1

หลังจากประเมินค่า K_s เรียบร้อยแล้ว สามารถหาค่าการคายระเหยที่เกิดขึ้นจริง (Adjusted Evapotranspiration) ได้ดังสมการที่ 19 และเมื่อ D_r ไม่มากกว่า Raw ค่า $K_s = 1$



ภาพที่ 9 แสดงค่า K_s เมื่อเกิดความเครียดของน้ำในดิน

ที่มา: Allen และ คณะ (1998)

ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชเมื่ออยู่ในสภาวะการจัดการน้ำต่าง ๆ นั้น สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ ดังสมการต่อไปนี้ (Allen และ คณะ, 1998)

$$K_{c, ks} = K_s \times K_c = ET_{adj} / ET_0 \quad (23)$$

เมื่อ $K_{c, ks} = K_s \times K_c$ = สัมประสิทธิ์การคายระเหยของพืชเมื่ออยู่ในสภาวะการจัดการน้ำต่าง ๆ

ET = ปริมาณการคายระเหยของพืช

ET_0 = ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงโดยใช้สมการ Penman-monteith

5.2 ความต้องการใช้น้ำของป่าไม้

5.2.1 ชนิดของป่าไม้ ป่าไม้ธรรมชาติในประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ ด้วยกันคือ ประเภทที่ไม่ผลัดใบและประเภทที่ผลัดใบ และแบ่งย่อยออกเป็นป่าชนิดต่างๆ ดังนี้ (นิวัต, 2548)

1) ป่าไม่ผลัดใบ พันธุ์ไม้ในป่าประเภทไม่ผลัดใบนี้ ส่วนใหญ่มีใบเขียวชอุ่มตลอดปี ถึงแม้ว่าใบจะร่วงหล่นไปก็จะมีใบอ่อนแตกใหม่มาแทนที่โดยไม่ทิ้งใบหมดพร้อม ๆ กันทั้งต้น จำแนกออกได้เป็น 4 ชนิด คือ

ก. ป่าดิบเมืองร้อน เป็นป่าที่อยู่ในเขตที่มีความชุ่มชื้นสูง มีปริมาณฝนตกเฉลี่ยเกินกว่า 1500 มม. ต่อปี ดินมีความชุ่มชื้นอยู่ตลอดเวลาพบได้ทั้งในที่ราบและที่เป็นภูเขาสูงกระจายอยู่ทั่วไปตั้งแต่ทางภาคเหนือลงไปถึงภาคใต้ ปกติแล้วป่าประเภทนี้จะไม่เกิดไฟไหม้เนื่องจากมีความชุ่มชื้นมาก

1- ป่าดิบหรือป่าดิบชื้น เป็นป่าที่มีอยู่มากทางภาคใต้และฝั่งทะเลตะวันออกแถวจันทบุรี พบในบางพื้นที่ของภาคอื่นๆ สภาพป่ามักกรทึบประกอบด้วยพันธุ์ไม้มากมายหลายชนิด ไม้ชั้นบนส่วนใหญ่เป็นไม้ในวงศ์ยางมีลำต้นสูงใหญ่ตั้งแต่ 30 ถึง 50 เมตร มีเถาวัลย์และพวกปาล์มปรากฏอยู่มาก นอกจากนั้นก็มีไม้พุ่ม ไม้ล้มลุก และไม้ไผ่ต่าง ๆ

2-. ป่าดิบเขา เป็นป่าดิบที่ขึ้นอยู่บนพื้นที่ระดับสูงจากน้ำทะเลตั้งแต่ 1,000 เมตรขึ้นไป กระจายอยู่ตามยอดเขาสูงทั่วทุกภาคของประเทศ แต่ส่วนมากจะอยู่ตามบริเวณยอดเขาทางภาคเหนือ ตามลักษณะโครงสร้างของป่าสามารถแบ่งออกเป็น 2 สังคมย่อยคือ

2.1-. ป่าดิบเขาระดับต่ำ ขึ้นอยู่ในระดับความสูงจากน้ำทะเล 1,000 ถึง 1,800 เมตร รทก. เป็นป่าที่ประกอบไปด้วยไม้ขนาดสูงใหญ่ มีเรือนยอดชั้นบนสูงถึง 30 เมตร มีไม้ในวงศ์ก่อเป็นไม้เด่นผสมกับไม้สกุลอื่นๆ

2.2-. ป่าดิบเขาระดับสูง ขึ้นอยู่ในพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่า 1800 เมตร รทก. มีเรือนยอดชั้นบนสูงประมาณ 20 เมตร กิ่งก้านจะคดงอรวมตัวเป็นกระจุกบนกิ่งใหญ่เนื่องจากอากาศหนาวเย็นลมพัดแรงและมีความชื้นสูง ตามลำต้นจะมีฝอยลมกล้วยไม้และมอสเกาะติดอย่างหนาแน่น พื้นป่าแน่นทึบบริเวณที่ขึ้นและมาก ๆ อาจมีข้าวตอกฤาษีขึ้นได้

3-. ป่าดิบแล้ง ป่าดิบแล้งเป็นป่าดิบที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่ที่มีความชุ่มชื้นน้อย มีชนิดพรรณไม้ประเภทที่ผลัดใบผสมอยู่ค่อนข้างมาก มักจะพบป่าชนิดนี้กระจายอยู่ทั่วไปอย่างกว้างขวางในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และบางส่วนในภาคกลางและภาคเหนือ โครงสร้างของป่าประกอบด้วยเรือนยอด 3 ชั้น ไม้เด่นของเรือนยอดชั้นบนมีความสูงตั้งแต่ 25 เมตรขึ้นไป เช่น ยางแดง ยางนา ตะเคียนหิน ตะเคียนทอง เป็นต้น เรือนยอดชั้นรองลงมามีความสูงประมาณ 10-20 เมตร เช่น พลองใบใหญ่ กัดลิ้น กระบากหลักหรือหัวค่าง เป็นต้น ส่วนไม้ชั้นล่างมักมีความสูงไม่เกิน 5 เมตร เช่น ข่อยหนาม หมักม่อ กระดุกค่าง เป็นต้น

ข. ป่าสนเขา ป่าชนิดนี้จะขึ้นกระจายอยู่เป็นหย่อมๆ โดยเฉพาะตามที่เป็นเขา ที่ราบบางแห่ง ส่วนมากจะอยู่ในภาคเหนือ เช่น จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย เป็นต้น และบางแห่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพันธุ์ไม้ขึ้นอยู่เพียงไม่กี่ชนิด ได้แก่ สนสองใบและสนสามใบ

ค. ป่าพรุหรือป่าบึง เป็นป่าที่ขึ้นอยู่ในบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำ มีน้ำขังอยู่เสมอ ซึ่งอาจจะเป็นบริเวณที่ราบลุ่มสองฝั่งลำน้ำ ตามหนองบึง ปากแม่น้ำ ตลอดจนชายฝั่งทะเลที่มีน้ำท่วมถึง สามารถจำแนกตามสภาพแวดล้อมออกเป็นสามชนิดย่อย คือ ป่าบึงน้ำจืด ป่าเลนน้ำเค็ม ป่าพรุ

ง. ป่าชายหาด เป็นพืชที่ขึ้นอยู่ตามชายฝั่งทะเลที่น้ำทะเลท่วมไม่ถึง ส่วนมากจะเป็นเนินทราย บางแห่งเป็นดินกรวดปนทรายและโขดหิน ประกอบด้วยพวงหรีด ไม้พุ่ม และไม้ล้มลุก พบเป็นแนวยาวตามชายฝั่งทะเลทั่วไป

2) ป่าผลัดใบ เป็นป่าที่ขึ้นบนพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 1,000 เมตร มีสภาพอากาศค่อนข้างแห้งแล้ง มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 800-1,200 มม.ต่อปี พันธุ์ไม้ที่ขึ้นปกคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่จะทิ้งใบในฤดูแล้งและเริ่มแตกใบใหม่ในช่วงฤดูฝน ความสูงของไม้ในป่าผลัดใบโดยเฉลี่ยประมาณ 20-25 เมตร ซึ่งต่ำกว่าไม้ในป่าไม่ผลัดใบ (นิวัต, 2548) สามารถแบ่งป่าผลัดใบออกเป็น 3 ชนิด คือ

ก. ป่าเบญจพรรณ ประกอบไปด้วยพันธุ์ไม้หลากหลายชนิด ส่วนมากจะทิ้งใบในฤดูแล้งจนเหลือแต่กิ่งก้านเพื่อลดการคายน้ำของต้นไม้ ป่าชนิดนี้ในบางพื้นที่จะมีไม้สักเป็นไม้เด่น ลักษณะของป่าเบญจพรรณโดยทั่วไปจะเป็นป่าโปร่ง ประกอบด้วยต้นไม้ขนาดกลางเป็นส่วนใหญ่ พื้นป่าไม่รกทึบ มีไม้ไผ่ชนิดต่างๆขึ้นอยู่มาก พบมากในภาคเหนือและบางแห่งในภาคกลาง และพบบ้างเล็กน้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ข. ป่าเต็งรัง สภาพป่าโปร่งขึ้นอยู่ทั้งในที่ราบและบนภูเขาที่มีความสูง 500-1300 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล พบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคกลาง ไม่พบป่าชนิดนี้ในภาคใต้และภาคตะวันออก ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ส่วนใหญ่เป็นดินทรายและดินลูกรัง เนื่องจากมีไฟไหม้ทุกปีและมีการชะล้างพังทลายของดินสูง ดังนั้นต้นไม้ที่ดำรงชีพอยู่ได้จึงเป็นไม้ที่มีเปลือกหนา ทนไฟ ต้นไม้มีความสูงประมาณ 20-25 เมตร แต่ถ้าอยู่บนสันเขาที่มีสภาพแห้งแล้งมากก็จะมี ความสูงเพียง 15-20 เมตร ป่าเต็งรังในแต่ละแห่งประกอบไปด้วยกลุ่มไม้ยางประเภทผลัดใบไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของชนิดไม้ยืนต้นทั้งหมดในป่า ซึ่งมีกลุ่มไม้เด่นแตกต่างกันไปตามสภาพพื้นที่ ไม้เด่นเหล่านี้มี 5 ชนิด ได้แก่ เต็ง รัง เหียง พลวง และกราด

ค. ป่าทุ่งหรือป่าหญ้า เป็นป่าที่เกิดขึ้นภายหลังจากที่ป่าธรรมชาติชนิดอื่นๆ ดังกล่าวข้างต้นได้ถูกทำลายไปหมด ดินมีสภาพเสื่อมโทรม ต้นไม้ไม่อาจขึ้นหรือเจริญเติบโตต่อไปได้ พืชหญ้าต่างๆ จึงมาแทนที่ จะพบอยู่ทั่วไปตามภาคต่างๆ ของประเทศไทย

5.2.2 กระบวนการสูญเสียของป่าไม้

ป่าไม้ประกอบด้วยพืชหลากหลายชนิดปะปนกัน แยกออกเป็นไม้ชั้นบนสุด หรือไม้ชั้นเด่น ไม้ชั้นกลาง และไม้ชั้นล่าง เช่น ไม้พุ่มชนิดต่าง ๆ จนถึงระดับผิวดิน ซึ่งมีการสูญเสีย น้ำในสองลักษณะได้แก่ การระเหย (Evaporation) และการคายน้ำ (Transpiration)

ปริมาณฝนที่ตกลงมาในพื้นที่ป่า ฝนส่วนหนึ่งจะตกค้างและถูกดูดซับโดยพุ่ม เรือนยอด (Inception) ของต้นไม้ในชั้นต่างๆ ก่อนที่จะไหลหยด(Canopy drip) หรือไหลผ่านลงตาม กิ่งก้านและลำต้น (Stem flow) ลงสู่พื้นดิน และมีฝนบางส่วนจะตกผ่านพุ่มเรือนยอดลงสู่พื้นดิน โดยตรง (Through fall) (Bruijnzeel, 1990) สำหรับปริมาณน้ำที่ตกลงสู่พื้นดินโดยกระบวนการ Canopy Drip, Stem Flow และ Through Fall ส่วนหนึ่งจะถูกดูดซับโดยชั้นของเศษไม้ใบไม้ที่ปก คลุมผิวดินอยู่และจะสูญเสียไปโดยการระเหยกลับคืนสู่ชั้นบรรยากาศ ส่วนที่เหลือจะไหลบ่า เป็นน้ำทำปสู่ลำธารตามแรงโน้มถ่วงหรือไหลลงสู่ผิวดิน สำหรับน้ำที่ไหลลงสู่ผิวดินนี้ ส่วนหนึ่งจะ ถูกอุ้มน้ำไว้ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินซึ่งจะถูกพืชนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโต ได้แก่ การคาย น้ำ การสังเคราะห์อาหาร และการไหลเวียนของธาตุอาหารต่างๆ ที่เหลือจากการอุ้มน้ำของดิน จะ ซึมลงไปเติมในชั้นน้ำใต้ดินและไหลไปสู่ลำธารตามแรงโน้มถ่วงต่อไป (Bruijnzeel, 1990)

5.2.3 การใช้ น้ำของป่าไม้ จากกระบวนการสูญเสียของป่าไม้ที่ได้กล่าวมาข้างต้น การสูญเสีย น้ำจากป่าไม้โดยรวมหมายถึง การสูญเสีย น้ำจากการตกค้างและระเหยจากผิวใบหรือพุ่ม เรือนยอด และการคายน้ำจากใบ โดยทั่วไปแล้วจะประเมินจากปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกมาจากพื้นที่ ลุ่มน้ำเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นๆ หรือจากค่าการระเหยของน้ำและค่า การคายน้ำ รวมเรียกว่า การคายระเหยของน้ำ(Evapotranspiration) ในพื้นที่ป่าหรือการใช้ น้ำของป่า ไม้ นั่นเอง (Bruijnzeel, 1990)

ในการวัดค่าการคายระเหยของป่าไม้โดยตรงนั้นทำได้ยากเนื่องจากเครื่องมือที่ใช้วัดมี ราคาสูงมาก ดังนั้นในการวิจัยที่ศึกษาการใช้ น้ำต่างๆ จึงใช้วิธีการทำสมดุลน้ำในพื้นที่ป่าไม้แทน เพราะหน่วยราชการต่างๆ มีเครื่องมือในการวัดและประเมินผลองค์ประกอบของสมดุลน้ำในระดับ หนึ่ง เช่น เครื่องวัดน้ำฝน เชื้อนวัดปริมาณน้ำที่ไหลในลำธาร เป็นต้น

1) การใช้ น้ำของป่าดิบและป่าดิบเขา

จากการรวบรวมข้อมูลป่าดิบเขาเขตร้อนในภูมิภาคต่างๆ ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Bruijnzeel, 1990) ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าการสูญเสีย น้ำของพื้นที่ป่าดิบโดยเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 55 ของปริมาณฝนที่ตก แต่สำหรับพื้นที่ป่าบริเวณที่อยู่ในตำแหน่งละติจูดที่ใกล้เคียงกับประเทศไทยและมีสภาพภูมิอากาศที่ใกล้เคียงกับประเทศไทย ดังเช่นในประเทศฟิลิปปินส์ มีการสูญเสีย น้ำของป่าดิบเท่ากับร้อยละ 0.38

ตารางที่ 2 สัดส่วนการสูญเสีย น้ำของป่าดิบ (Tropical Rain Forest) ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

พื้นที่	ปริมาณน้ำฝน (P) มม./ปี	การสูญเสีย น้ำ (ET) มม./ปี	ET/P สัดส่วน	ข้อมูล (ปี)
1. Sungai Tekam C, Malaysia	1727	1498	0.87	6
2. Sungai Tekam B, Malaysia	1781	1606	0.90	3
3. Sungai Lui, Malaysia	2410	1516	0.63	3
4. Angat, Philippines	3236	1232	0.38	6
5. Babibda, Queensland	4037	1421	0.35	6
6. Janlappa, Indonesia	2851	1481	0.52	1
เฉลี่ย	2674	1459	0.55	

ที่มา : Bruijnzeel, (1990)

สำหรับป่าดิบในที่สูงหรือป่าดิบเขา มีอัตราการสูญเสีย น้ำโดยเฉลี่ยน้อยกว่าป่าดิบในที่ต่ำ และป่าดิบที่อยู่สูงกว่าระดับ 1,800 เมตรขึ้นไป มีการสูญเสีย น้ำน้อยที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่าในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้อยู่ที่ร้อยละ 0.23 ของปริมาณฝนที่ตก เพราะสภาพบรรยากาศในที่สูงมีลักษณะความชื้นอิมตัว การระเหยของน้ำจึงมีน้อย ดังนั้นละอองน้ำที่อยู่ตามพุ่มเรือนยอดและลำต้นก็จะกลั่นตัวไหลลงสู่พื้นดิน (Bruijnzeel, 1990)

ตารางที่ 3 สัดส่วนการสูญเสียของป่าดิบเขา(Montane Rain Forest) ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

พื้นที่	ปริมาณน้ำฝน (P) มม./ปี	การสูญเสียน้ำ (ET) มม./ปี	ET/P สัดส่วน	ระดับความสูง (ปี)
1. Ciwidey, Indonesia	3306	1170	0.35	1740
2. Mt. Data, Philippines	3382	392	0.12	2350
เฉลี่ย	3344	781	0.23	

ที่มา : Bruijnzeel, (1990)

ป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนส่วนใหญ่เป็นป่าดิบเขาและป่าดิบในที่ราบจากการศึกษาสมดุลน้ำในป่าดิบเขาธรรมชาติ ดอยปู่ เชียงใหม่ (เรณู, 2524) ผลการศึกษาการคายระเหยของน้ำรายเดือนในสามพื้นที่ย่อย ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าการคายระเหยของน้ำรายเดือนของพื้นที่ย่อยทั้งสามพื้นที่มีมากที่สุดในเดือนกันยายนซึ่งเป็นเดือนที่มีฝนตกมากที่สุด เนื่องจากการคายระเหยของน้ำจะเกิดขึ้นเสมอไม่มีการหยุดถ้ามีน้ำตลอดเวลา (Penman, 1967) ซึ่งในเดือนกันยายนนี้ปริมาณความชื้นของอากาศในพื้นที่แห่งนี้มีสูง แต่ขัดกับหลักการที่ว่า ปริมาณความชื้นสูงการคายระเหยจะมีค่าน้อยลง (Bruijnzeel, 1990) โดยสามารถอธิบายได้ว่า การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ 50% มีโอกาสที่จะลดการระเหยได้เพียง 10-15% เท่านั้น (Sellers, 1967) เมื่อมีน้ำให้ตลอดเวลา ดังนั้นจึงเป็นลักษณะการคายระเหยของน้ำในช่วงเวลาที่มีศักยภาพสูงสุด (Potential Evapotranspiration) โดยที่ ผิวใบ ดอก ผล และลำต้นที่อุ้มน้ำฝนไว้ ทำให้มีน้ำตลอดเวลา และสภาพอากาศในบริเวณนี้ไม่ได้มีฝนตกตลอดเวลา มีช่วงห่างของฝนที่ตกแต่ละครั้ง เท่ากับเป็นการทำให้น้ำระเหยได้ตลอดเวลาและมีจำนวนมากด้วย (เรณู, 2524) อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ได้นำปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพียง 3 ปัจจัย คือ น้ำฝน น้ำท่า และปริมาณความชื้นของดิน เพื่อหาค่าการคายระเหยของน้ำที่เกิดขึ้น ตามสมการสมดุลน้ำที่ว่า

$$Et = P - Q \pm \Delta S \quad (24)$$

เมื่อ Et คือ ปริมาณการคายระเหยจริง มม.
P คือ ปริมาณน้ำฝน มม.
Q คือ ปริมาณน้ำท่า มม.
S คือ การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน มม.

ตารางที่ 4 ปริมาณการคายระเหยรายวันของสามพื้นที่ย่อยที่ลุ่มน้ำห้วยคอกม้า ดอยปุย เชียงใหม่

เดือน	ปริมาณการคายระเหยประจำวัน มม.				
	ห้วย D	ห้วย C1	ห้วย C3	Total	Average
มี.ค.	0.65	0.97	0.81	2.43	0.81
เม.ย.	0.25	0.92	1.00	2.17	0.72
พ.ค.	0.29	1.13	1.24	2.66	0.89
มิ.ย.	0.90	1.82	1.98	4.70	1.57
ก.ค.	1.87	2.71	2.97	7.55	2.52
ส.ค.	3.53	4.41	4.68	12.62	4.21
ก.ย.	4.00	5.10	5.43	14.53	4.84
ต.ค.	3.51	4.68	5.10	13.29	4.43
พ.ย.	3.07	4.48	4.96	12.51	4.17
ธ.ค.	2.39	3.90	4.45	10.74	3.58
ม.ค.	1.92	3.56	4.13	9.61	3.20
ก.พ.	1.75	3.55	4.22	9.52	3.17
รวม	24.13	37.23	40.97	102.33	34.11
เฉลี่ย	2.0	3.1	3.4	8.5	2.8

ที่มา : เรณู (2524)

แต่ความเป็นจริงแล้วยังมีปัจจัยที่มีผลต่อการคำนวณการสูญเสียจากป่าดิบเขาด้วยวิธีสมมูลน้ำอีก ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินหรือการรั่วซึมของน้ำออกจากลุ่มน้ำ การไม่นำปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่ลำน้ำใต้ดินมาคำนวณจะทำให้ปริมาณการคายระเหยของน้ำที่คำนวณได้มีค่าสูงเกินความเป็นจริง (เรณู, 2524)

ถึงแม้ว่าการคายระเหยที่คำนวณได้จากสมการสมมูลน้ำดังกล่าวมีค่าสูงเกินความเป็นจริง แต่ก็สามารถสรุปเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของการคายระเหยประจำวันเฉลี่ยของน้ำจากป่าดิบเขาทั้งสามพื้นที่ย่อยในพื้นที่ ดอยปุย เชียงใหม่ (เรณู, 2524) ได้ดังตารางที่ 5 เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของการคายระเหยจากตารางที่ 4 ประกอบกับสัดส่วนการสูญเสียน้ำของป่าดิบเขาและป่าดิบในที่ราบดังตารางที่ 2 และ 3 พิจารณารวมกับปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำสามารถสรุปการคายระเหยของน้ำจากป่าชนิดต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5 แสดงเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของปริมาณการคายระเหยของป่าดิบเขาที่ห้วยคอกม้า ดอย
ปู่ จังหวัดเชียงใหม่

เดือน	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	รวม
เปอร์เซ็นต์	2.37	2.11	2.61	4.60	7.39	12.34	14.19	12.99	12.23	10.50	9.38	9.28	100

ที่มา : เรณู (2524)

ตารางที่ 6 ปริมาณการคายระเหยเฉลี่ยรายวันของป่าดิบเขาและป่าดิบที่ห้วยคอกม้า ดอยปู่ จังหวัด
เชียงใหม่

ชนิดของป่า	ปริมาณการคายระเหยเฉลี่ย (มม./วัน)												
	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	รวม
ป่าดิบเขา	0.21	0.19	0.23	0.41	0.65	1.09	1.25	1.15	1.08	0.93	0.83	0.82	264.76
ป่าดิบ	0.35	0.31	0.38	0.67	1.08	1.8	2.07	1.89	1.78	1.53	1.37	1.36	437.43

2) การใช้น้ำของป่าดิบแล้ง

การศึกษาการใช้น้ำของป่าดิบแล้ง บริเวณสถานีวิจัยลุ่มน้ำลำตะคอง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา (กิตติพงษ์, 2545) โดยทำการศึกษาศมมูลน้ำของพื้นที่ ด้วยการหาค่าปริมาณการคายระเหยจริง (ET) โดยอาศัยสมการสมมูลน้ำของ วิชัย ทรงวัฒนา (2527) ที่มีรูปแบบดังนี้ และผลจากการศึกษาศมมูลน้ำ แสดงดังตารางที่ 7

$$ET = P - Q - LE \pm \Delta S \quad (25)$$

เมื่อ	ET	=	ปริมาณการคายระเหยจริงรายเดือน (มม.)
	P	=	ปริมาณฝนรายเดือน (มม.)
	Q	=	ปริมาณน้ำท่ารายเดือน (คิดเป็นความสูงของน้ำ, มม.)
	LE	=	ปริมาณการรั่วซึมของน้ำรายเดือน (มม.)
	ΔS	=	การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในดินรายเดือน (มม.)

ตารางที่ 7 แสดงผลการศึกษาสมมูลน้ำรายเดือนในกลุ่มน้ำป่าดิบแล้ง บริเวณสถานีวิจัยลุ่มน้ำลำตะคอง ปากช่อง นครราชสีมา

เดือน	P (มม.)	Q (มม.)	LE (มม.)	ΔS (มม.)	ET (มม.)
ม.ค.	13.87	0.00	0.00	-3.74	17.61
ก.พ.	34.70	0.00	0.00	0.04	34.66
มี.ค.	81.30	0.00	0.00	6.52	74.78
เม.ย.	237.23	0.25	170.88	4.48	61.62
พ.ค.	209.40	13.88	130.90	3.73	60.89
มิ.ย.	79.93	5.08	11.89	-3.72	66.68
ก.ค.	122.97	0.65	57.31	-1.77	66.78
ส.ค.	153.20	4.70	85.84	-1.15	63.81
ก.ย.	175.03	17.21	105.84	4.59	47.39
ต.ค.	244.83	73.03	115.81	2.99	33.00
พ.ย.	37.07	27.13	0.00	-5.12	15.06
ธ.ค.	3.50	0.57	0.00	-6.85	9.78
รวม	1,373.03	142.50	678.47	0.00	552.06
% ของฝน		10.38%	49.41%		40.21

ที่มา : กิตติพงษ์ (2545)

3) การคายระเหยของป่าเบญจพรรณผสมไผ่และป่าปลูกผสม

การศึกษาการใช้น้ำของป่าเบญจพรรณผสมไผ่และป่าปลูกผสม บริเวณสถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง อำเภอดงพญาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (ทรงธรรมและคณะ, 2545) สำหรับป่าปลูกผสมนั้นพันธุ์ไม้ที่นำมาปลูกเป็นพันธุ์ไม้เดิมของพื้นที่ ส่วนใหญ่เป็นไม้สักและพืชอื่นๆ เช่น ช่อ ตะเคียน ทอง มะค่าโมง เป็นต้น โดยทำการศึกษาด้วยการทำสมมูลน้ำรายเดือนสะสมดังสมการต่อไปนี้

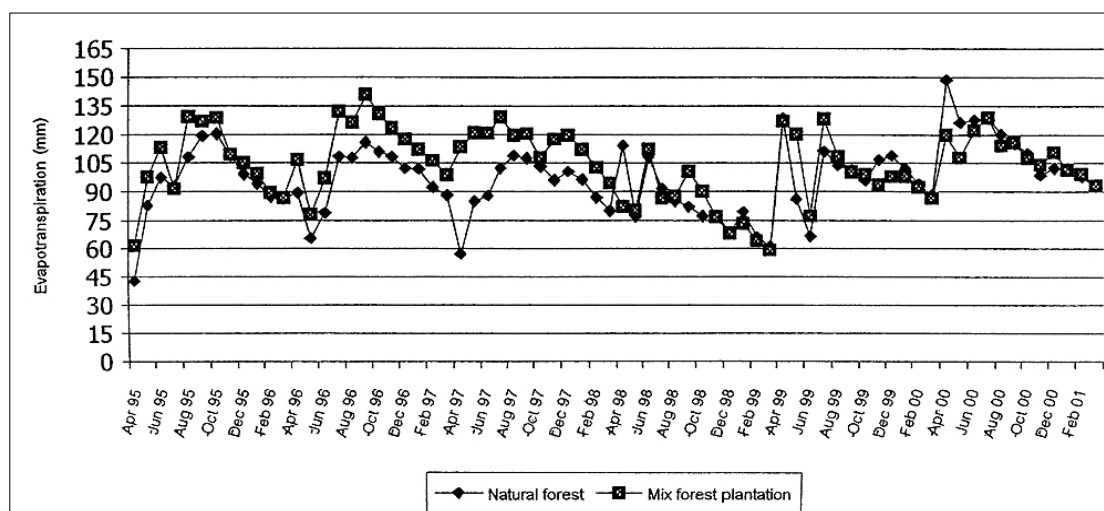
$$cEt = cP - cQ - cL \pm \Delta S \quad (26)$$

โดยที่ cEt = ค่าสะสมการคายระเหยน้ำที่คำนวณได้ตามจำนวนเดือนที่สะสม (มม.)

- cP = ปริมาณน้ำฝนสะสมตามจำนวนเดือน (มม.)
 cQ = ปริมาณน้ำท่าสะสมตามจำนวนเดือน (มม.)
 cL = ปริมาณการรั่วซึมสะสมตามจำนวนเดือน (มม.)
 $\pm \Delta S$ = ปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนไปตามจำนวนเดือนสะสม (มม.)

ผลการศึกษาสมมูลน้ำในป่าเบญจพรรณผสมไผ่และป่าปลูกผสมแสดงดังภาพที่ 10 โดยสามารถหาค่าการคายระเหยรายเดือนได้จาก cEt / จำนวนเดือนสะสม (ทรงธรรมและคณะ, 2545) ปรากฏว่าพื้นที่ป่าปลูกผสมมีปริมาณการคายระเหยน้ำรายปีเฉลี่ย ในช่วงเวลา 6 ปี สูงกว่าป่าเบญจพรรณผสมไผ่ จากผลการศึกษาดังภาพที่ 10 สามารถสรุปปริมาณการคายระเหยรายเดือนได้ดังตารางที่ 8

พื้นที่ป่าปลูกผสมมีปริมาณการคายระเหยของน้ำ มากกว่าพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมไผ่ เนื่องจากป่าปลูกผสมจะปลูกพวกไม้สักเป็นส่วนใหญ่ เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่เรือนยอดของไม้สักมีลักษณะทึบ มีใบใหญ่ จึงมีพื้นที่ในการคายระเหยกลับสู่บรรยากาศมากกว่าป่าเบญจพรรณ (สุพจน์และคณะ, 2532)



ภาพที่ 10 ปริมาณการคายระเหยรายเดือนของป่าเบญจพรรณผสมไผ่และป่าปลูกผสม
 บริเวณ สถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี
 ที่มา : ทรงธรรมและคณะ (2545)

ตารางที่ 8 ปริมาณการคายระเหยรายเดือนเฉลี่ย ของป่าเบญจพรรณผสมไผ่และป่าปลูกผสม บริเวณ สถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง อำเภอดงพญาณี จังหวัดกาญจนบุรี

ชนิด	ปริมาณการคายระเหยรายเดือน (มม.)					
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
ป่าเบญจพรรณผสมไผ่	101.67	100.17	107.17	117.00	114.50	117.83
ป่าปลูกผสม	96.83	86.33	94.67	105.00	105.50	107.17

ชนิด	ปริมาณการคายระเหยรายเดือน (มม.)					
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
ป่าเบญจพรรณผสมไผ่	110.50	104.33	103.17	99.50	92.33	87.00
ป่าปลูกผสม	103.00	99.33	96.83	96.33	87.50	82.67

ที่มา : ทรงธรรมและคณะ (2545)

4) การคายระเหยของป่ากร่าง เงาะ ทุเรียน ขางพารา มันสำปะหลัง มะม่วง ขนุน และกระท้อน

การศึกษาการใช้น้ำของกลุ่มน้ำ โดยปกติแล้วอาศัยการทำสมดุลน้ำโดยมีรูปแบบสมการดังนี้ (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2533)

$$Q = P - E_t \pm \Delta S \quad (27)$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำไหลในลำธาร (มม.)

P = ปริมาณน้ำฝน (มม.)

E_t = ปริมาณการคายระเหยน้ำ (มม.)

ΔS = การเปลี่ยนแปลงของน้ำในดิน (มม.)

สำหรับการศึกษาการใช้น้ำจากพื้นที่ป่ากร่าง (Forest) เงาะ (Rambutan) ทุเรียน (Durian) ขางพารา (Para-rubber) มันสำปะหลัง (Cassava) มะม่วง (Mango) ขนุน (Jack-fruit) และกระท้อน (Santal) ซึ่งแต่ละพื้นที่เป็นพื้นที่ขนาดเล็ก ปริมาณน้ำท่าที่ไหลบนผิวดินจึงมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำที่ซึมลงไปในดิน Baumgartner (1965) จึงได้แนะนำให้ใช้สมการดังต่อไปนี้

$$Et = P - Pe \pm \Delta S \quad (28)$$

เมื่อ

$$Et = \text{ปริมาณการคายระเหยน้ำ (มม.)}$$

$$P = \text{ปริมาณน้ำฝน (มม.)}$$

$$Pe = \text{ปริมาณน้ำที่ไหลซึมผ่านชั้นดินที่เป็นที่อยู่ของรากพืชลงสู่ดินชั้นล่าง (มม.)}$$

$$\Delta S = \text{การเปลี่ยนแปลงของน้ำในดิน (มม.)}$$

ผลการศึกษาสมมูลน้ำจากพื้นที่ป่ากร่าง เาะ ทูเรียน ยางพารา มันสำปะหลัง มะม่วง ขนุน และกระท้อน พบว่าพื้นที่ป่ากร่างมีค่าการคายระเหยสูงที่สุดเฉลี่ย 1,501.97 มม. รองลงมาได้แก่กระท้อน ยางพารา ขนุน มันสำปะหลัง เาะ ทูเรียนและมะม่วง 1,498.90 1,496.82 1,494.67 1,487.41 1,476.42 1,473.45 และ 1,471.34 ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดการทำสมมูลน้ำในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การคายระเหยรายเดือน จากการใช้ที่ดินชนิดต่าง ๆ ในตำบลตะพง จังหวัดระยอง

เดือน	การคายระเหยน้ำ (มม.)							
	เาะ	ทูเรียน	ยางพารา	มัน	มะม่วง	ขนุน	กระท้อน	ป่ากร่าง
เม.ย.	66.23	66.00	69.55	66.17	70.21	69.96	66.06	71.32
พ.ค.	134.40	134.28	135.42	131.31	133.74	133.32	136.61	131.76
มิ.ย.	180.96	182.57	184.22	187.12	182.41	186.95	187.11	189.97
ก.ค.	151.05	147.42	152.84	147.44	148.03	149.16	147.63	151.15
ส.ค.	141.50	140.56	143.60	149.05	140.06	142.00	148.12	142.10
ก.ย.	264.77	265.62	266.63	265.45	259.41	267.30	265.70	270.55
ต.ค.	309.00	305.43	311.57	313.53	313.53	314.39	315.14	307.06
พ.ย.	65.73	67.34	68.17	63.69	60.07	67.40	67.52	61.71
ธ.ค.	8.54	8.29	8.56	11.09	8.56	6.05	7.95	21.95
ม.ค.	61.66	61.42	72.85	62.66	62.19	63.81	61.92	60.57
ก.พ.	47.40	48.23	44.23	43.83	44.59	48.61	48.61	45.36
มี.ค.	45.18	46.29	47.74	50.07	48.54	46.53	46.53	48.47
รวม	1,476.42	1,473.45	1,496.82	1,487.41	1,471.34	1,494.67	1,498.90	1,501.97

ที่มา : พงษ์ศักดิ์ และคณะ (2533)

5) การคายระเหยของป่าสน

การศึกษาเปรียบเทียบสมดุลน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่ป่องซึ่งมีสนสามใบ อายุ 9 ปี ในพื้นที่ 0.96 ตร.กม. และห้วยน้ำกุดซึ่งมีสนสามใบอายุ 22 ปี ในพื้นที่ 1.96 ตร.กม. ที่ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ (ธรรมบุญ, 2545) แสดงผลการศึกษาดังตารางที่ 10 โดยมีรูปแบบสมการในการคำนวณสมดุลน้ำตามแนวทางการ ศึกษาของ วิชัย (2527) ดังนี้

$$Et = P - LE \pm \Delta S \quad (29)$$

เมื่อ Et = ปริมาณการคายระเหยน้ำรายเดือน (มม.)

P = ปริมาณน้ำฝนรายเดือน (มม.)

Pe = ปริมาณการรั่วซึมของน้ำรายเดือน (มม.)

ΔS = การเปลี่ยนแปลงของน้ำในดินรายเดือน (มม.)

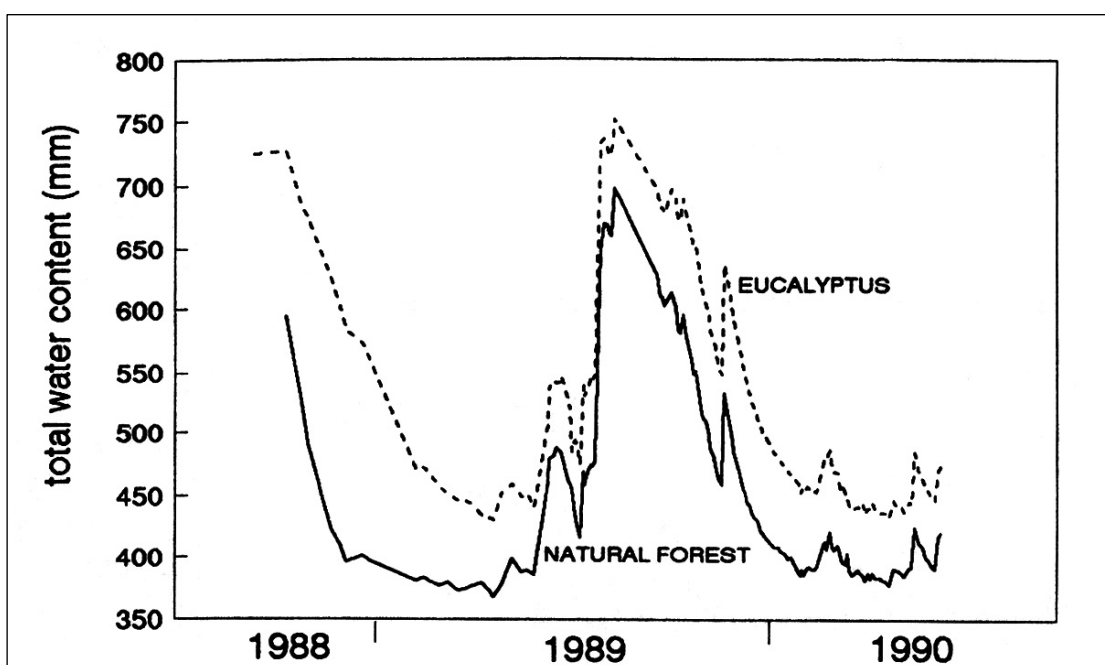
ตารางที่ 10 แสดงผลการศึกษาเปรียบเทียบสมดุลน้ำรายเดือนของสวนสนอายุ 9 ปี และ 22 ปี ที่ สถานีวิจัยลุ่มน้ำขุนคลอง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

เดือน	สวนสนสามใบอายุ 9 ปี					สวนสนสามใบอายุ 22 ปี				
	P	Q	LE	ΔS	Et	P	Q	LE	ΔS	Et
เม.ย.	74.50	9.35	39.45	+2.15	27.85	145.40	51.70	68.00	-1.96	23.74
พ.ค.	381.30	31.45	287.25	-11.07	51.53	356.20	34.59	259.01	-6.06	56.54
มิ.ย.	191.20	22.65	138.95	-1.67	27.93	227.20	22.86	174.74	-2.96	26.64
ก.ค.	260.40	35.90	173.50	+1.51	52.51	216.40	23.80	158.30	-0.16	34.14
ส.ค.	273.20	55.00	176.60	+0.87	42.47	218.80	39.94	150.86	-0.74	27.26
ก.ย.	216.20	73.00	105.80	-3.32	34.08	333.50	43.83	234.17	+0.13	55.63
ต.ค.	213.90	61.15	116.85	-1.07	34.83	230.50	45.67	148.93	+2.22	38.12
พ.ย.	18.60	8.30	1.70	+6.61	15.21	15.70	9.93	0	+3.19	8.96
ธ.ค.	13.00	6.15	1.25	+3.94	9.54	22.00	13.61	2.79	+2.73	8.33
ม.ค.	10.80	8.61	0	+8.41	10.60	25.20	9.70	0	+2.90	18.40
ก.พ.	35.00	3.64	3.16	+0.67	28.87	22.70	6.15	0	+0.34	16.89
มี.ค.	30.40	3.25	0	-7.03	20.12	20.40	7.25	0	+0.37	13.52
รวม	1,718.	318.45	1,044.		355.54	1,834.	309.03	1,196.		328.17
%		18.53	60.78		20.70		16.85	62.26		17.89

ที่มา : ธรรมบุญ (2545)

6) การคายระเหยของสวนป่ายูคาลิปตัส

จากข้อมูลการใช้น้ำของสวนป่ายูคาลิปตัสเทียบกับป่าไม้ธรรมชาติที่ Puradal ประเทศอินเดียตอนใต้ Calder และคณะ (1992) ดังแสดงในภาพที่ 11 พบว่าการใช้น้ำจากสวนป่ายูคาลิปตัสมีค่ามากกว่าป่าไม้ธรรมชาติถึงประมาณ 30 % ในช่วงฤดูฝนทั้งปี ดังนั้นสามารถพิจารณาการใช้น้ำของสวนป่ายูคาลิปตัสในภาพที่ 11 ประกอบกับการใช้น้ำของป่าไม้ธรรมชาติ (ป่าดิบดอยปุย) ในตารางที่ 6 สามารถสรุปการคายระเหยของน้ำจากสวนป่ายูคาลิปตัสที่ ดอยปุย เชียงใหม่ ได้ดังตารางที่ 11



ภาพที่ 11 แสดงการกระจายตัวของปริมาณการคายระเหยของสวนป่ายูคาลิปตัสเทียบกับป่าไม้ธรรมชาติ ที่ Puradal ประเทศอินเดียตอนใต้
ที่มา : Calder และคณะ (1992)

ตารางที่ 11 ปริมาณการคายระเหยของสวนป่ายูคาลิปตัสที่ห้วยคอกม้า ดอยปุย จังหวัดเชียงใหม่

ชนิดของป่า	ปริมาณการคายระเหยเฉลี่ย (มม./วัน)												
	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	รวม
สวนป่ายูคาลิปตัส	0.45	0.40	0.49	0.87	1.40	2.34	2.69	2.46	2.32	1.99	1.78	1.76	568.66

5.3 การระเหยของน้ำจากแหล่งน้ำ

การระเหยเป็นขบวนการที่น้ำจากพื้นดินและพื้นน้ำกลายเป็นไอน้ำลอยขึ้นสู่บรรยากาศ เนื่องจากการแลกเปลี่ยนโมเลกุลของน้ำระหว่างพื้นผิวที่ระเหยกับบรรยากาศบริเวณนั้น จึงอาจให้คำนิยามของการระเหยว่า คือ อัตราสุทธิของการถ่ายเทไอน้ำ ซึ่งอาจเกิดจากการที่น้ำได้รับพลังงานความร้อนจำนวนหนึ่งซึ่งมากพอที่จะทำให้โมเลกุลของน้ำหลุดจากผิวน้ำลอยขึ้นสู่บรรยากาศในสภาพของการเป็นไอ ในขณะที่เดียวกันไอน้ำในบรรยากาศบางส่วนก็กลับคืนสู่ผิวน้ำ กลายเป็นของเหลว ถ้าอัตราที่โมเลกุลของน้ำหลุดลอยขึ้นสู่บรรยากาศมากกว่าการกลับคืนสู่ผิวน้ำ การระเหยสุทธิก็จะเกิดขึ้น แต่ทั้งนี้ต้องอยู่ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมด้วย เช่น มีลมพัดพาเอาไอน้ำออกจากบริเวณนั้นเพื่อลดความดันไอน้ำทำให้ไม่เกิดสภาวะไอน้ำอิ่มตัว จึงทำให้การระเหยสุทธิเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง (สุนทร, 2546)

พลังงานความร้อนดังกล่าวข้างต้น ที่ถูกใช้ในการทำให้โมเลกุลของน้ำเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอน้ำโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงเรียกว่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Latent heat of vaporization, $\dot{A}$) สมการข้างล่างนี้ใช้คำนวณหาค่า $\dot{A}$ ซึ่งจะให้ค่าแปรผันตามกับอุณหภูมิ

$$\dot{A} = 2.501 - 0.002361 T \quad (30)$$

โดยที่ $\dot{A}$ คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ มีหน่วยเป็น kJ/g หรือ MJ/kg
 T คือ อุณหภูมิเป็น °C

5.3.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการระเหยของน้ำ ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการระเหยของน้ำ ประกอบด้วย รังสีแสงอาทิตย์ ลม ความชื้นสัมพัทธ์ นอกจากปัจจัยทั้ง 3 ดังกล่าวข้างต้น อัตราการระเหยยังขึ้นอยู่กับลักษณะของผิวที่ระเหยและปริมาณของเกลือหรือสารประกอบอื่น ๆ ที่อยู่ในน้ำ (สุนทร, 2546)

1) รังสีแสงอาทิตย์ (Solar radiation) แสงอาทิตย์เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการระเหยของน้ำมากที่สุด เช่น ในวันที่มีเมฆปกคลุมท้องฟ้าซึ่งจะไปบดบังรังสีแสงอาทิตย์ โมเลกุลของน้ำก็จะได้รับพลังงานความร้อนลดลง ซึ่งจะเป็นสาเหตุที่สำคัญทำให้อัตราการระเหยลดลง

2) ลม (wind) ในขณะที่น้ำระเหยจากผิวน้ำขึ้นสู่บรรยากาศอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา จะทำให้อากาศบริเวณเหนือผิวน้ำนั้นมีค่าความดันไอน้ำสูงขึ้น ส่งผลให้อัตราการระเหยของน้ำลดลงแต่เมื่อมีลมพัดพาเอาอากาศแห้งมาแทนที่การระเหยก็จะเกิดขึ้นต่อไปได้โดยง่าย

3) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ถ้าอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูง แสดงว่าไอน้ำใกล้จะอิ่มตัว ซึ่งจะเป็นสาเหตุทำให้อัตราการระเหยลดลง ในทางกลับกันถ้าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ การระเหยก็จะเกิดได้ง่ายขึ้น

5.3.2 การคำนวณปริมาณการระเหยจากอ่างเก็บน้ำและแหล่งน้ำอื่นๆ

วิธีการคำนวณปริมาณการระเหยของน้ำจากอ่างเก็บน้ำและแหล่งน้ำอื่นๆ ที่ใช้กันแพร่หลาย คือ วิธีถาดวัดการระเหย ซึ่งเป็นการวัดปริมาณการระเหยโดยตรง นับว่าเป็นวิธีที่นิยมกันมากเนื่องจากสามารถวัดได้ทุกที่ ประหยัดและให้ผลเป็นที่น่าพอใจ ถาดวัดการระเหยที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และยอมรับให้ใช้เป็นมาตรฐาน คือ แบบของ U.S. National Water Service Class A Pan หรือโดยทั่วไปเรียกว่า Class A Pan ถาดวัดทำด้วยเหล็กอาบสังกะสีไม่ทาสี มีเส้นผ่าศูนย์กลางของถาด 122 ซม. ลึก 25.4 ซม. ก้นถาดอยู่เหนือพื้นดิน 15 ซม. โดยตั้งอยู่บนตระแกรงไม้เพื่อให้อากาศได้ถาดสามารถถ่ายเทได้อย่างสะดวก ในทางปฏิบัติก่อนทำการวัดจะต้องเติมน้ำลงในถาดให้มีความลึกน้ำ 20 ซม. จากนั้นเมื่อเกิดการระเหยขึ้นแล้ว จะทำการเติมน้ำเพื่อไม่ให้ความลึกของน้ำต่ำกว่า 18 ซม. สถานีตรวจอากาศของประเทศไทย ก็ใช้ Class A Pan เป็นมาตรฐานที่ใช้วัดปริมาณการระเหย (สุนทร, 2546)

อัตราการระเหยที่วัดได้จาก Class A Pan จะมีค่ามากกว่าอัตราการระเหยที่เกิดขึ้นจริงในอ่างเก็บน้ำหรือทะเลสาบ เพราะมวลของน้ำภายในถาดจะมีส่วนสัมผัสกับผนังของถาดที่เป็นโลหะ ทำให้ได้รับพลังงานความร้อนทั้งจากแสงอาทิตย์โดยตรงและจากผนังของถาด จึงจำเป็นที่จะต้องทำการปรับลดค่าที่วัดได้จากถาด โดยการคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของถาด (pan coefficient, c_p) ดังนี้

$$E = c_p \times E_{\text{pan}} \quad (31)$$

โดยที่ E คือ ปริมาณการระเหยจากอ่างเก็บน้ำ มีหน่วยเป็นความลึกของน้ำต่อเวลา

- c_p คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของถาด (pan coefficient) ที่ใช้ในการคำนวณการระเหย จากอ่างเก็บน้ำ จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.65 ถึง 0.85 และโดยทั่วไปจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.70 เมื่ออากาศและน้ำมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน
- E_{pan} คือ ปริมาณการระเหยที่วัดได้จาก Class A Pan มีหน่วยเป็นความลึกต่อเวลา

5.4 การระเหยของน้ำจากผิวดิน

การระเหยจากผิวดินขึ้นอยู่กับชนิดของดินและปริมาณน้ำในดิน ซึ่งเป็นเรื่องยากที่จะประเมิน สำหรับดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ การระเหยอาจมีค่าใกล้เคียงกับการระเหยจากผิวน้ำ เมื่อความชื้นในดินลดลงอย่างรวดเร็ว การระเหยก็จะลดลงอย่างรวดเร็วด้วย จนกระทั่งความชื้นในดินลดลงถึงจุด Field Capacity ก็จะมีการระเหยน้อยลงจนกระทั่งถึงจุด Threshold จะไม่มีการระเหยเลย และความชื้นที่สูงบริเวณเหนือผิวดิน จะทำตัวเป็นเกราะกำบังจากพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นสาเหตุให้การระเหยจากผิวดินลดลง (Schwab และคณะ, 1981)

5.5 ความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค อุตสาหกรรม และการท่องเที่ยว

ความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยว สามารถคาดการณ์โดยใช้ข้อมูลการผลิตและจำหน่ายประปา ของการประปาส่วนภูมิภาคเทศบาลที่เกี่ยวข้องแทนได้ (กรมทรัพยากรน้ำ, 2547) ในกรณีที่ต้องการข้อมูลที่มีความละเอียดมากขึ้นสามารถประมาณได้จากเกณฑ์การใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภคของชุมชนและนักท่องเที่ยวได้ คือ ในเขตกรุงเทพมหานคร ปริมาณการใช้น้ำประมาณ 210 ลิตรต่อคนต่อวัน ในเมืองใหญ่ปริมาณการใช้น้ำประมาณ 110 ถึง 180 ลิตรต่อคนต่อวัน ในเมืองขนาดกลางปริมาณการใช้น้ำประมาณ 80 ถึง 110 ลิตรต่อคนต่อวัน ในเขตชุมชนนอกเขตบริการประปาปริมาณการใช้น้ำประมาณ 50 ลิตรต่อคนต่อวัน สำหรับการท่องเที่ยวแยกได้เป็น 2 ประเภทด้วยกันคือนักท่องเที่ยวประเภทพักรแรมปริมาณการใช้น้ำประมาณ 180 ลิตรต่อคนต่อวัน และนักท่องเที่ยวประเภทไป - กลับ ปริมาณการใช้น้ำประมาณ 40 ลิตรต่อคนต่อวัน (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537ข)

5.6 ความต้องการน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศท้ายน้ำ

ความต้องการใช้น้ำเพื่อรักษาสมดุลระบบนิเวศท้ายน้ำโดยทั่วไปกำหนดจากปริมาณน้ำต่ำสุดที่ไหลในช่วงฤดูแล้งของลำน้ำนั้น ๆ ยกเว้นในบางลุ่มน้ำที่มีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมสูง จำเป็นต้องศึกษาปริมาณต่ำสุดที่จะต้องปล่อย โดยพิจารณาจากการกำหนดมาตรฐานระบบบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงลำน้ำ (กรมทรัพยากรน้ำ, 2547) ซึ่งเป็นปัญหาด้านคุณภาพน้ำทั้งที่เกิดจากน้ำเสียภาคอุตสาหกรรม ภาคการเกษตร และภาคครัวเรือน รวมถึงอิทธิพลการขึ้นลงของน้ำทะเลที่มีผลกระทบโดยตรงต่อระบบนิเวศด้านท้ายน้ำ (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537ก)

6. การประเมินน้ำใต้ดิน

ในการพัฒนาแหล่งน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้เพื่อกิจการต่าง ๆ ปัญหาที่สำคัญในการพัฒนาไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำใต้ดินที่เก็บกักอยู่ในชั้นหินอุ้มน้ำ แต่จะอยู่ที่ปริมาณของน้ำที่เราสามารถดูดสูบขึ้นมาใช้ โดยไม่ทำให้น้ำในชั้นหินอุ้มน้ำนั้นหมดไป ถ้าเราสามารถศึกษาหรือประเมินปริมาณของน้ำที่ลงไปเพิ่มเติมให้แหล่งเก็บกักได้ ปริมาณดังกล่าวนี้ก็จะเป็ปริมาณที่เหมาะสมที่จะพัฒนาดูดสูบขึ้นมาใช้ โดยไม่รบกวนปริมาณของน้ำที่เก็บกักอยู่ในชั้นหินอุ้มน้ำเลย

การประเมินศักยภาพและปริมาณสำรองของน้ำใต้ดิน ในที่นี้ศักยภาพของน้ำบาดาล (Groundwater Potentials) จะหมายถึง ปริมาณน้ำที่ประเมินว่าจะลงไปเพิ่มเติมให้แก่แหล่งกักเก็บน้ำใต้ดินในแต่ละปี ในขณะที่ปริมาณสำรองของน้ำใต้ดิน (Groundwater Reserves) จะหมายถึง ผลต่างระหว่างศักยภาพของน้ำบาดาลที่ประเมิน และปริมาณของน้ำใต้ดินที่ดูดสูบขึ้นมาใช้ในแต่ละปี ศักยภาพของน้ำใต้ดิน และปริมาณน้ำสำรองของน้ำใต้ดินจะเป็นสิ่งที่บอกให้เราทราบว่าน้ำใต้ดินในชั้นหินอุ้มน้ำได้ถูกนำขึ้นมาใช้มากน้อยเพียงใด และยังมีปริมาณเหลือที่เราจะสามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้เท่าไร (ทวีศักดิ์, 2527)

ในการประเมินปริมาณน้ำใต้ดิน ข้อมูลที่สำคัญที่จะต้องพิจารณาก็ได้แก่ ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาต่าง ๆ เช่น ปริมาณน้ำฝน การระเหย และการคายน้ำ การไหลล้นของน้ำตามผิวดิน และการซึมลงใต้ดิน จากวัฏจักรของน้ำจะเห็นได้ว่าเมื่อฝนตกลงสู่ผิวดิน บางส่วนก็จะกลายเป็นน้ำไหลล้นตามผิวดิน บางส่วนจะกลับคืนสู่บรรยากาศด้วยการคายน้ำและการระเหยน้ำ บางส่วนก็จะซึมผ่านผิวดินลงไปสู่แหล่งเก็บกักของน้ำใต้ดิน ซึ่งเขียนเป็นสมการง่าย ๆ ได้ดังนี้ (ทวีศักดิ์, 2527)

$$I = P - R - E \quad (32)$$

เมื่อ

I = ปริมาณน้ำที่ซึมลงใต้ดิน (Infiltration)

P = ปริมาณน้ำฝน (Rainfall)

R = ปริมาณน้ำที่ไหลล้นตามผิวดิน (Runoff)

E = การระเหยน้ำ (Evapotranspiration)

7. Macro Excel

ปัจจุบันการทำงานของคอมพิวเตอร์จะอยู่ในลักษณะของหน้าต่างการทำงาน (Windows) ทำให้ความสามารถในการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้ใช้งานมีความง่ายขึ้น ซึ่งแต่เดิมนั้นการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะทำงานในลักษณะของ MS-DOS โดยการแสดงผลจะอยู่ในรูปของตัวอักษรซึ่งมีข้อจำกัดมาก Microsoft จึงได้พัฒนาภาษาเบสิกมาเป็นวิซวลเบสิกที่ทำงานบนหน้าต่างและพัฒนาให้เป็น Macro Excel ที่สามารถทำงานบน Excel ได้

7.1 ความหมายของ Macro

Macro คือ ชุดคำสั่งที่ได้จากการบันทึกโดยใช้ตัวบันทึก Macro ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือจากการลงรหัสเพื่อเรียกใช้ในงานที่กระทำซ้ำๆ กัน ที่ซับซ้อนหลายขั้นให้เสร็จภายในขั้นตอนเดียว โดยในปัจจุบันมีภาษาที่ใช้บันทึก Macro ในโปรแกรมย่อยทุกโปรแกรมในชุด Microsoft Office 97 และรุ่นที่สูงกว่า จะอิงภาษา Visual Basic เพื่อการประยุกต์ทั้งหมด (ณัฐศิระ, 2549)

7.2 ลักษณะเด่นของ Macro

ในการทำงานบน Excel มักจะพบว่ามีงานบางอย่างที่จำเป็นต้องทำซ้ำหรือมีการใช้คำสั่งบน Excel อยู่บ่อยๆ ถ้าสามารถรวบรวมการทำงานทุกๆ ขั้นตอนให้เป็นหนึ่งเดียวได้จะทำให้การทำงานเป็นไปอย่างอัตโนมัติ ช่วยให้ประหยัดเวลา และเพื่อความสะดวกสบายในการปฏิบัติงานมากยิ่งขึ้น โดยที่ Excel จะใช้ความสามารถของภาษาคอมพิวเตอร์ที่มีชื่อว่า Visual Basic เข้ามาช่วย โดย Visual Basic ตัวนี้จะทำงานภายใต้ Excel ในส่วนของการบันทึก Macro ซึ่งจะเป็นรูปแบบ Visual Basic Code ที่ Excel จะสร้างให้สามารถแก้ไขเพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการบันทึกการ

กระทำต่างๆ บนโปรแกรม Excel เปรียบเสมือนการบันทึกเสียงเก็บลงเครื่องบันทึกเสียง โดยหลังจากที่บันทึกเสร็จเรียบร้อยแล้ว เมื่อต้องการที่จะนำส่วนบันทึกเหล่านั้นออกมาใช้งานก็สามารถทำได้โดยการสั่งให้ Macro นั้นทำงาน เปรียบเสมือนการนำเทปเสียงมาเปิดผ่านเครื่องขยายเสียงออกทางลำโพง ซึ่งจะเปิดจำนวนกี่ครั้งก็ได้ (บริษัท ออร์เทม จำกัด, 2538)

การคำนวณองค์ประกอบของบัญชีน้ำมีสมการในการคำนวณมาก ใช้พื้นที่ในการคำนวณหลายแผ่นงาน ในการปรับเปลี่ยนข้อมูลหลายๆ ครั้ง จะทำให้ต้องคำนวณซ้ำๆ หลายครั้งเช่นกัน วิธีที่จะช่วยให้การคำนวณสะดวกและรวดเร็วขึ้น นั่นคือ การบันทึก Macro แล้วเรียกใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

ในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อประเมินองค์ประกอบของบัญชีน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน จำเป็นต้องมีเครื่องมือและอุปกรณ์ ที่ช่วยให้การทําวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ไมโครคอมพิวเตอร์ และเครื่องพิมพ์
2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้แก่ Microsoft Office, ArcView GIS, Adobe Photoshop, Adobe Illustrator และ AutoCAD
3. แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 และ 1:250,000 ของกรมแผนที่ทหาร
5. ข้อมูลลักษณะทางกายภาพทั่วไป ของลุ่มน้ำปิงตอนบน ได้แก่ ที่ตั้งและขอบเขตของพื้นที่ศึกษา
6. ข้อมูลทางด้านอุตุ-อุทกวิทยา ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลทรัพยากรดิน และการใช้ที่ดิน
7. ข้อมูลผลการประเมินบัญชีน้ำใต้ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน จากวิทยานิพนธ์ของ นางสาวกัทสร นววิงษ์

วิธีการ

1. การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลในด้านต่างๆ เช่น ข้อมูลแผนที่ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา จากหน่วยราชการที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 รวบรวมข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน ของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:250,000 เพื่อใช้ศึกษาถึงลักษณะภูมิประเทศ พื้นที่ลุ่มน้ำ ความยาวลำน้ำ รวมถึงการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ซึ่งแสดงไว้ดังภาพที่ 12

1.2 ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา

1.2.1 ข้อมูลด้านภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ปริมาณเมฆปกคลุม และปริมาณการระเหยจากผิวดินการระเหย โดยทำการเลือกข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาในลุ่มน้ำปิงตอนบน จำนวน 3 สถานี คือ สถานีอำเภอเมืองเชียงใหม่ สถานีอำเภอลำพูน และสถานีเขื่อนภูมิพล จ.ตาก อยู่ในช่วงปี พ.ศ.2514 – 2543 จากรายงานสถิติภูมิอากาศของประเทศไทยในคาบ 30 ปี ของกรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2514 – 2543 สามารถสรุป ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดรายปีของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญได้ดังตารางที่ 12

1.2.2 ข้อมูลปริมาณฝน ได้แก่ ปริมาณฝนรายวัน รายเดือน และรายปี ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนจากกรมอุตุนิยมวิทยา 40 สถานี กรมชลประทาน 24 สถานี กรมทรัพยากรน้ำ 15 สถานี และหน่วยงานอื่น ๆ 12 สถานี รวมมีสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมด 91 สถานี ช่วงของสถิติข้อมูลฝนส่วนใหญ่อยู่ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2495 – 2543 โดยสถานีวัดน้ำฝนเหล่านี้อยู่ในเขตพื้นที่ของจังหวัดเชียงใหม่ (รหัสสถานี 07xxx) และจังหวัดลำพูน (รหัสสถานี 17xxx) ตำแหน่ง ที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝน แสดงดังภาพที่ 12

การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยที่อยู่ในลุ่มน้ำปิงตอนบนจำนวน 91 สถานี สามารถนำมาสรุปค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของปริมาณฝนแต่ละเดือน รวมทั้ง

ปริมาณฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม – ตุลาคม) ช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน – เมษายน) และเฉลี่ยรายปี ได้ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยรายปีของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญในกลุ่มน้ำปิงตอนบน

ตัวแปรภูมิอากาศ	สถานีอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่			สถานีอำเภอเมือง จังหวัดลำพูน			สถานีเขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก		
	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	25.6	20.4	31.9	26.1	20.5	32.9	27.3	22.2	33.3
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	71.0	49.0	89.0	71.0	48.0	91.0	69.0	49.0	86.0
ปริมาณการระเหยจาก ผิวน้ำ (มม.)	1,639.0	-	-	1,734.4	-	-	1,633.0	-	-
ความชื้นของเมฆ (0-10)	5.2	-	-	5.3	-	-	5.6	-	-
ความเร็วลม (นอต)	2.4	-	-	1.4	-	-	2.4	-	-

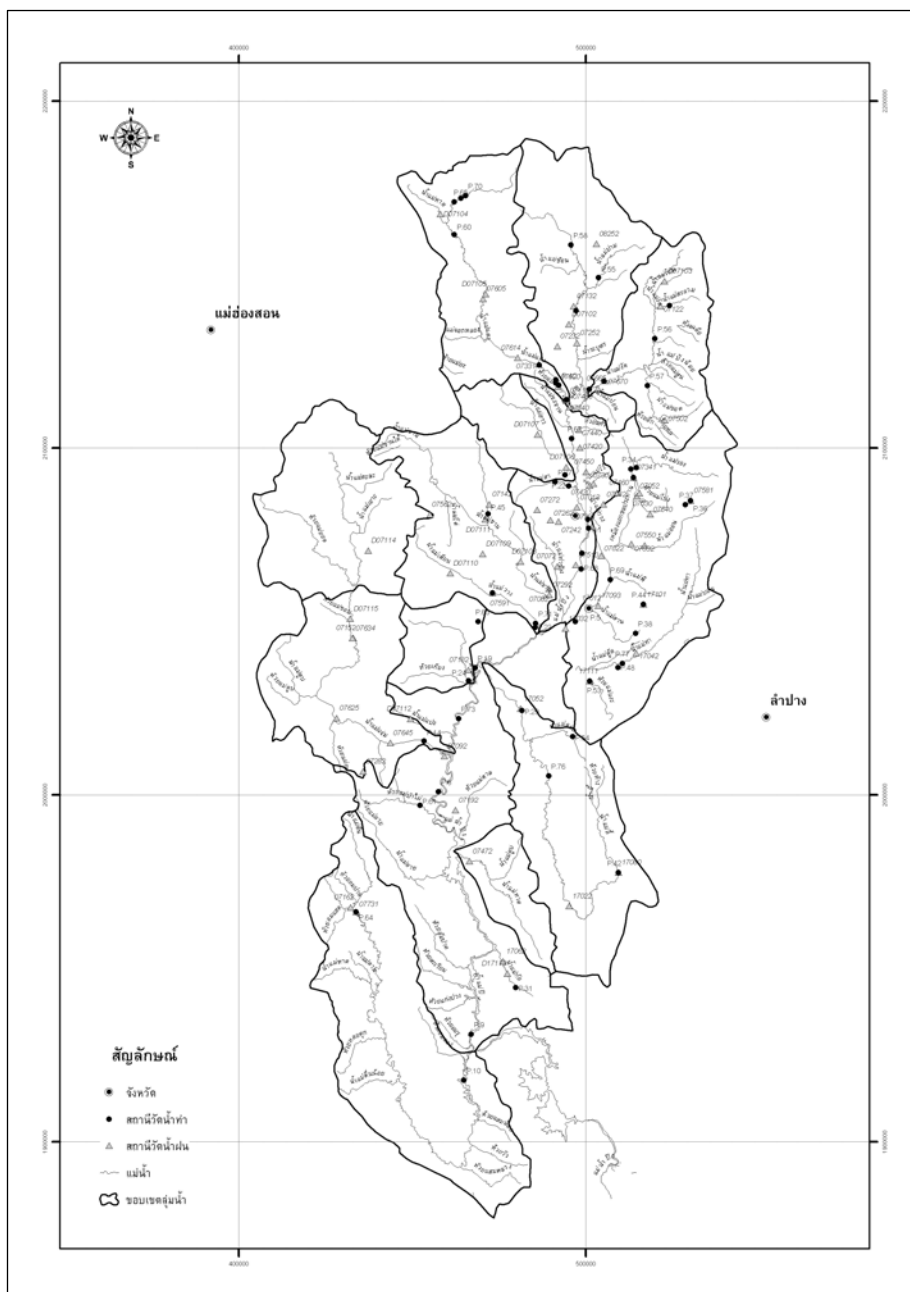
ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา 2546

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ของปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

ปริมาณฝน (มม.)												
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
เฉลี่ย	49.85	159.37	139.39	164.47	213.26	215.92	125.55	42.16	13.34	6.97	5.92	14.91
สูงสุด	91.97	363.80	385.05	400.38	703.70	512.80	257.80	148.57	64.00	55.50	19.85	34.90
ต่ำสุด	26.92	95.25	79.53	75.64	103.65	139.33	56.84	12.37	1.18	0.00	0.00	0.00

ปริมาณฝน (มม.)			
	ฤดูฝน	ฤดูร้อน	รายปี
เฉลี่ย	1,017.97	133.16	1,151.13
สูงสุด	2,544.80	309.54	2,763.30
ต่ำสุด	687.34	77.42	832.33

1.2.3 ข้อมูลปริมาณน้ำท่า ได้แก่ ปริมาณน้ำท่ารายวันที่สถานีวัดน้ำท่าในกลุ่มน้ำปิงตอนบน จากกรมชลประทาน 36 สถานี กรมทรัพยากรน้ำ 41 สถานี และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 6 สถานี รวมมีสถานีวัดน้ำท่าที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำปิงตอนบนทั้งหมด 83 สถานี ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำท่า แสดงดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนและน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน
ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ (2546)

จากข้อมูลปริมาณน้ำทำรายปีเฉลี่ยเดือนเฉลี่ยในกลุ่มน้ำปึงตอนบน จำนวน 83 สถานี นำมาสรุปปริมาณน้ำทำรายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนในแต่ละลุ่มน้ำได้ดังตารางที่ 14

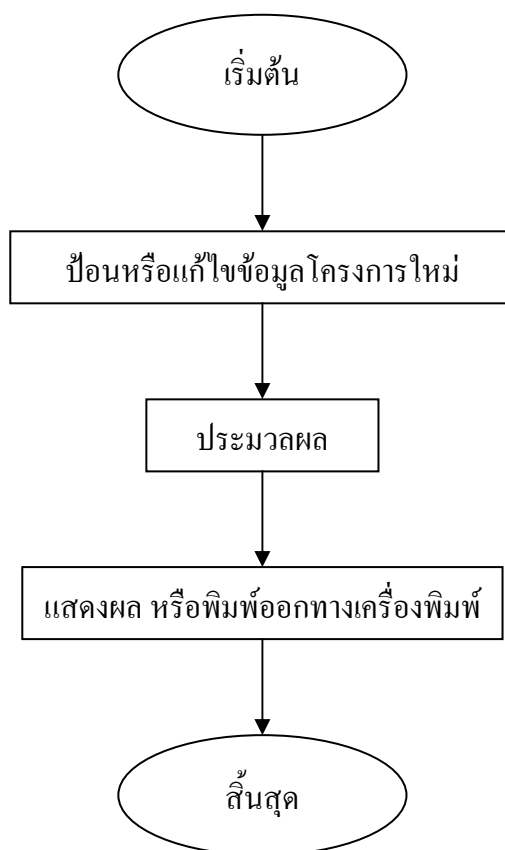
ตารางที่ 14 ปริมาณน้ำทำรายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนในแต่ละลุ่มน้ำสาขาของกลุ่มน้ำปึงตอนบน

รหัสลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ปริมาณน้ำทำรายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ (ลิตร/วินาที/ตร.กม.)	
			ช่วงพิสัยระหว่างสถานี	เฉลี่ยทั้งหมด
602	แม่น้ำปึงส่วนที่ 1	1,979	7.22 – 15.37	10.42
603	น้ำแม่จัด	1,287	5.82 – 17.43	10.02
604	น้ำแม่แดง	1,931	4.04 – 15.21	11.36
605	แม่น้ำปึงส่วนที่ 2	1,480	1.30 – 20.28	11.15
606	น้ำแม่ริม	525	6.53 – 15.99	11.96
607	น้ำแม่กวง	1,694	1.34 – 28.57	12.90
608	น้ำแม่ขาน	1,804	4.99 – 13.23	9.62
609	น้ำแม่ลี	2,080	-	-
610	น้ำแม่กลาง	629	10.83 – 31.08	16.04
611	แม่น้ำปึงส่วนที่ 3	3,171	2.18 – 8.94	6.35
612	น้ำแม่แจ่มตอนบน	1,834	12.90 – 7.13	10.01
613	น้ำแม่แจ่มตอนล่าง	2,035	7.72 – 55.88	15.87
614	น้ำแม่หาด	533	-	-
615	น้ำแม่ตื่น	3,168	4.60 – 20.85	12.75
600	แม่น้ำปึงตอนบน	24,391	1.30 – 55.88	11.70

หมายเหตุ ลุ่มน้ำสาขาแม่หาดและแม่ลีไม่มีสถานีวัดน้ำทำ

2. การพัฒนาแบบจำลองคอมพิวเตอร์

ในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อช่วยในการประเมินองค์ประกอบของบัญชีน้ำ มีจุดประสงค์เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจและการใช้งาน ดังนั้นจึงได้ออกแบบให้มีขั้นตอนการทำงานสอดคล้องกับการใส่ข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์ การเก็บข้อมูล การประมวลผลข้อมูล และการแสดงผลข้อมูล โดยสามารถแสดงเป็นแผนผังการทำงานได้ดังนี้



ภาพที่ 13 แผนผังการทำงานแบบจำลองการประเมินบัญชีน้ำ

ขั้นตอนการประเมินบัญชีน้ำเริ่มจากการป้อนข้อมูลของกลุ่มน้ำเพื่อประเมินองค์ประกอบของบัญชีน้ำ อันประกอบด้วย จำนวนลุ่มน้ำย่อย ปริมาณฝน ปริมาณน้ำเก็บกัก พื้นที่การใช้ที่ดินแบบต่าง ๆ ปริมาณน้ำใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค และแก้ไขข้อมูลการคายระเหยของพืชอ้างอิง ค่า K_c ของพืชชนิดต่าง ๆ เป็นต้น หลังจากนั้นจึงทำการประมวลผลเพื่อประเมินบัญชีน้ำเป็นรายเดือน

เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการนี้จึงทำการแสดงผลการจำลองสภาพอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำในลักษณะของการประเมินบัญชีน้ำ

3. ข้อมูลด้านเข้าแบบจำลองและการวิเคราะห์บัญชีน้ำ

การจำลองสภาพอุทกวิทยาเพื่อประเมินองค์ประกอบของบัญชีน้ำเป็นรายเดือนในแต่ละโดเมนย่อย โดยการพัฒนาแบบจำลองคอมพิวเตอร์ จำเป็นต้องมีความเข้าใจในธรรมชาติของสภาพพื้นที่ รวมทั้งขบวนการทางอุทกวิทยา เพื่อกำหนดเงื่อนไขขอบเขต และการปรับเทียบแบบจำลองตามหลักการและทฤษฎีต่าง ๆ ดังแสดงแผนภาพรายละเอียดการประเมินองค์ประกอบของบัญชีน้ำสรุปได้ในภาพที่ 14 โดยมีรายละเอียดของข้อมูลด้านเข้าแบบจำลองและการประเมินองค์ประกอบของบัญชีน้ำดังนี้

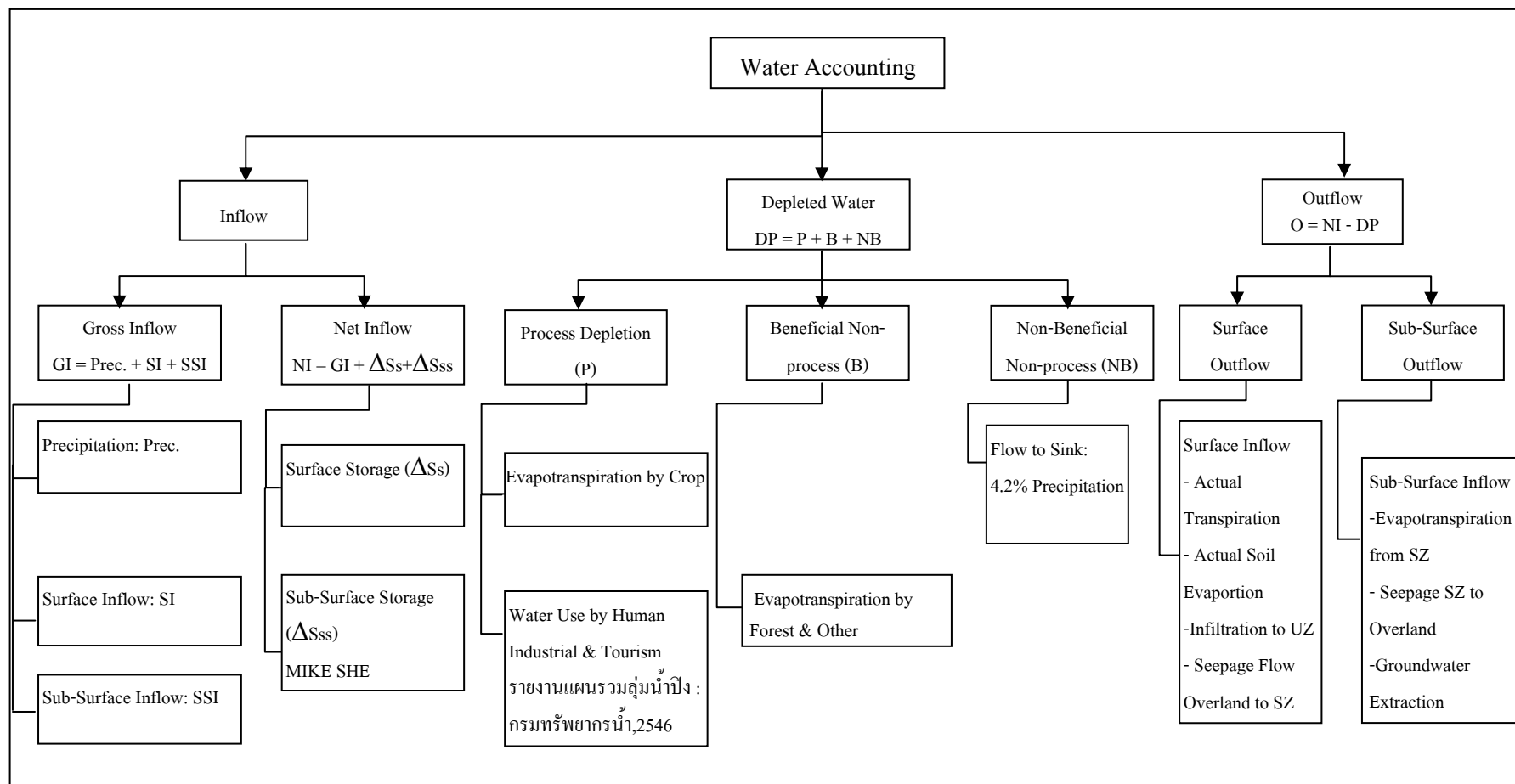
3.1 ปริมาณน้ำไหลเข้า

3.1.1 ปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมด (Gross Inflow) ปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมดนี้สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3) โดยมีรายละเอียดขององค์ประกอบที่ใช้ในการคำนวณ ดังต่อไปนี้

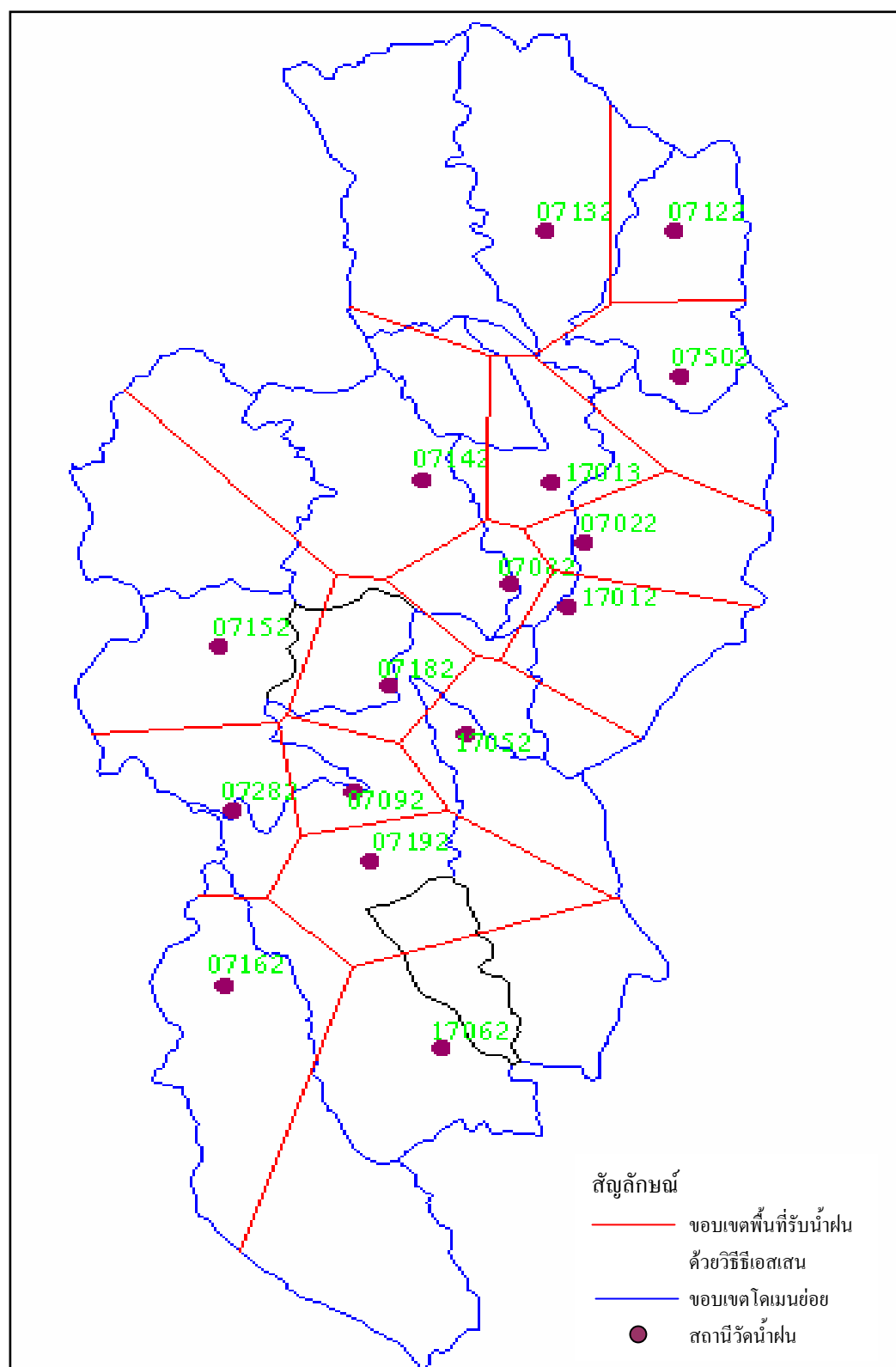
1) ปริมาณน้ำฝน ใช้ข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนเพื่อเป็นข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลองซึ่งทำการวิเคราะห์โดยวิธี ซีเอสเอส โดยมีสถานีวัดน้ำฝนที่นำมาวิเคราะห์จำนวน 16 สถานี โดยคัดเลือกจากสถานีที่มีข้อมูลสมบูรณ์ที่สุดในช่วงเวลาที่พิจารณา ในที่นี้คือ ปี พ.ศ. 2543 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนโดยวิธี ซีเอสเอส และรายชื่อสถานีวัดน้ำฝน ดังภาพที่ 15 และตารางที่ 15 ตามลำดับ

2) ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ปริมาณน้ำในส่วนนี้ คือ ปริมาณน้ำไหลออกจากกลุ่มน้ำสาขาเข้าสู่กลุ่มน้ำที่อยู่ติดกัน ซึ่งได้จากการวิเคราะห์บัญชีน้ำ

3) ปริมาณน้ำท่าใต้ดิน คือ ปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลเข้าจากกลุ่มน้ำข้างเคียง ใช้ข้อมูลจากผลการประเมินปริมาณน้ำใต้ดินด้วยแบบจำลอง MIKE SHE วิทยานิพนธ์ของนางสาว ภัศร นววิงษ์



ภาพที่ 14 รายละเอียดการประเมินองค์ประกอบของบัญชีน้ำ



ภาพที่ 15 ข้อมูลด้านเข้าของปริมาณน้ำฝนโดยวิธีเอสเซน

ตารางที่ 15 รายชื่อสถานีวัดน้ำฝนที่นำมาวิเคราะห์

รายชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	พิกัด		ช่วงปีสถิติข้อมูล
			ละติจูด	ลองจิจูด	
1. อ.เมือง	เชียงใหม่	07013	18-50-23	98-58-32	2457-2546
2. อ.สารภี	เชียงใหม่	07022	18-42-48	99-02-29	2464-2546
3. อ.สันป่าตอง	เชียงใหม่	07082	18-37-37	98-53-56	2466-2546
4. อ.ฮอด	เชียงใหม่	07092	18-11-26	98-36-52	2464-2546
5. อ.พร้าว	เชียงใหม่	07122	19-21-52	99-12-17	2464-2546
6. อ.เชียงดาว	เชียงใหม่	07132	19-21-53	98-58-00	2464-2546
7. อ.สมิง	เชียงใหม่	07142	18-50-52	98-44-09	2464-2546
8. อ.แม่แจ่ม	เชียงใหม่	07152	18-29-54	98-21-54	2474-2546
9. อ.อมก๋อย	เชียงใหม่	07162	17-47-45	98-21-36	2495-2546
10. อ.จอมทอง	เชียงใหม่	07182	18-24-57	98-40-47	2465-2546
11. บ้านแอ่น กิ่ง อ.ดอยเต่า	เชียงใหม่	07192	18-03-00	98-38-43	2502-2546
12. ศูนย์ปลูกพันธุ์ไม้ คอยบ่อแก้ว อ.ฮอด	เชียงใหม่	07282	18-09-01	98-23-35	2509-2546
13. สวนป่าแม่ห่อพระ อ.แม่แตง	เชียงใหม่	07502	19-04-00	99-13-00	2515-2546
14. อ.เมือง	ลำพูน	17012	18-34-38	99-00-34	2463-2546
15. อ.บ้านโฮ่ง	ลำพูน	17052	18-18-52	98-49-21	2465-2546
16. บ้านเกาะ	ลำพูน	17062	17-39-20	98-46-30	2502-2546

ที่มา: กรมชลประทาน (2546)

3.1.2 ปริมาณน้ำไหลเข้าสุทธิ (Net Inflow) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4) โดยข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ ได้แก่ ปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมด จากข้อ 3.1.1 และ การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเก็บกักผิวดินและใต้ดิน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเก็บกักผิวดิน แบ่งเป็นปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำเก็บกักในแม่น้ำลำธารและสระน้ำสาธารณะ สามารถทำการประเมินจากปริมาณน้ำ ณ เวลาเริ่มต้นลบด้วยปริมาณน้ำ ณ เวลาสิ้นสุดของของเดือนที่พิจารณา ซึ่งจะได้ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเก็บกักผิวดิน

2) การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเก็บกักใต้ดิน สามารถคำนวณได้จาก ผลต่างระหว่างระดับน้ำใต้ดิน ณ เวลาเริ่มต้นลบด้วยปริมาณน้ำ ณ เวลาสิ้นสุดของของเดือนที่พิจารณาคูณด้วยพื้นที่และคูณด้วยความสามารถในการเก็บกักน้ำของชั้นหิน หรือหากทราบค่า ก็สามารถป้อนค่าได้เลย ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการป้อนค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเก็บกักใต้ดินโดยใช้ผลการประเมินปริมาณน้ำใต้ดินจากแบบจำลอง MIKE SHE วิทยานิพนธ์ของนางสาวกัสสร จิวังษ์

3.2 ปริมาณน้ำหมดไป (Depletion)

ปริมาณน้ำหมดไป ประกอบด้วย การคายระเหยทั้งหมด ได้แก่ การคายระเหยของพืชและป่าไม้ (Evapotranspiration) การระเหยจากการใช้ที่ดินชนิดต่าง ๆ จากแหล่งน้ำ (Evaporation from Pond Water) ปริมาณการใช้น้ำจากกิจกรรมของมนุษย์ สามารถทำการคำนวณได้จากสมการที่ (5) โดยมีรายละเอียดขององค์ประกอบที่ใช้ในการคำนวณ ดังต่อไปนี้

3.2.1 การใช้น้ำในกระบวนการ คำนวณได้จากผลรวมของการใช้น้ำทั้งหมดที่แจกจ่ายเพื่อกิจกรรมการใช้น้ำของมนุษย์ ซึ่งประกอบด้วย

1) การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค สำหรับในการศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลจากรายงานการศึกษาแผนรวมลุ่มน้ำปิง (กรมทรัพยากรน้ำ, 2546)

2) การใช้น้ำเพื่อการคายระเหยของพืชเกษตรกรรม สามารถทำการคำนวณได้จากสมการที่ (19) ซึ่งจะต้องมีข้อมูลการคายระเหยของพืชอ้างอิง (Potential Evapotranspiration, ETo) ของพื้นที่ที่พิจารณา การใช้ที่ดิน(Landuse)และค่า Kc ของพืชแต่ละชนิด โดยทำการประเมินค่าต่าง ๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ก. การคายระเหยของพืชอ้างอิง (ET_o) วิเคราะห์ได้จากข้อมูลภูมิอากาศของสถานีทั้ง 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และตาก จากรายงานการศึกษาอัตราการคายระเหยของพืชอ้างอิงของประเทศไทยโดยวิธี Penman Monteith (กรมชลประทาน, 2547)

ข. การใช้ที่ดิน (Landuse) ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน ครอบคลุมพื้นที่ 25,345 ตารางกิโลเมตร หรือ 14,606,250 ไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ประมาณ 78.18 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่เกษตรกรรมมีประมาณ 2,361,990 ไร่ หรือ 16.17 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่อยู่อาศัยมีอยู่เพียง 3.32 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในเขตพื้นที่ราบลุ่มเชียงใหม่และลำพูน และพื้นที่แหล่งน้ำทั้งที่เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำที่สร้างขึ้นมีเพียง 0.72 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ทั้งหมด โดยสามารถจำแนกการใช้ที่ดินทั้งหมดออกเป็น 40 ชนิดย่อย แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 16

ค. ค่า K_c ของพืชส่วนใหญ่ได้จากการรวบรวมงานวิจัยเรื่องการใช้น้ำของการใช้ที่ดินชนิดต่างๆ จากส่วนงานวิจัยต้นน้ำของกรมป่าไม้ในพื้นที่ต่างๆ แล้วนำค่าการใช้น้ำมาทำการประเมินค่า K_{c, ks} โดยใช้สมการที่ (23) ค่าที่ได้จึงเป็นค่า K_{c, ks} ซึ่งเท่ากับ K_c x K_s และเป็นเรื่องยากที่จะแยกสองค่านี้ออกจากกัน สำหรับค่า K_c ของพืชบางชนิด รวบรวมจากรายงานการศึกษาของกรมชลประทานและรายงานที่เกี่ยวข้อง

3) การใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรมและท่องเที่ยว สำหรับในการศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลจากรายงานการศึกษาแผนรวมลุ่มน้ำปิง (กรมทรัพยากรน้ำ, 2546)

3.2.2 การใช้น้ำนอกกระบวนการ สำหรับในการศึกษานี้ประกอบด้วย การคายระเหยของป่าไม้ การระเหยจากพื้นที่ว่างเปล่าและการระเหยจากแหล่งน้ำ โดยทำการประเมินค่าต่างๆ ดังนี้

ก. การใช้น้ำเพื่อการคายระเหยของป่าไม้ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (19) โดยค่า K_c ของป่าไม้ ได้จากการรวบรวมงานวิจัยเรื่องการใช้น้ำของป่าไม้จากส่วนงานวิจัยต้นน้ำของกรมป่าไม้ในพื้นที่ต่างๆ แล้วนำค่าการใช้น้ำมาทำการประเมินค่า K_{c, ks} โดยใช้สมการที่ (23) ค่าที่ได้จึงเป็นค่า K_{c, ks} ซึ่งเท่ากับ K_c x K_s และเป็นเรื่องยากที่จะแยกสองค่านี้ออกจากกัน

ตารางที่ 16 การใช้ที่ดินชนิดต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนของแต่ละโดเมนย่อย

ชนิดพืช	รหัสโดเมน													
	603	602	604	606	607	608	605	609	612	613	610	614	615	611
ข้าว	74.54	69.33	38.30	26.67	563.80	131.76	351.23	0.765	0.830	0.906	1.037	1.020	78.76	120.84
อ้อยโรงงาน	-	-	-	-	-	-	-	0.520	-	0.720	1.140	0.980	18.27	-
มันสำปะหลัง	-	-	-	-	-	-	-	0.480	0.380	0.460	0.360	0.270	-	-
พืชผัก	-	-	0.60	-	-	-	-	0.480	0.380	0.460	0.360	0.270	-	5.55
ข้าวโพด	-	-	-	-	0.87	0.20	-	0.850	0.661	0.800	1.000	1.000	-	0.01
กระหล่ำปลี	-	-	-	-	-	5.66	-	0.480	0.380	0.460	0.360	0.270	2.47	6.26
ชา	-	-	2.92	0.53	1.27	-	-	0.520	0.650	0.720	1.140	0.980	-	-
ถั่วเหลือง	-	-	-	-	-	0.72	-	0.480	0.380	0.460	0.360	0.270	-	0.25
ตัวเมืองและย่าน	1.71	23.04	2.31	3.56	20.17	5.51	100.26	0.062	0.012	0.009	0.010	0.146	1.18	5.04
สวนสาธารณะ,	24.34	25.06	21.15	14.37	183.72	52.85	193.45	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	4.84	66.88
ป่าปลูกผสม	17.06	-	52.22	-	2.07	5.50	2.22	0.910	0.920	0.900	0.740	0.530	6.26	17.15
ยางพารา	-	-	-	-	-	-	-	0.520	0.440	0.460	0.370	0.250	-	-
กล้วย	-	-	0.20	-	-	-	0.09	0.520	0.620	0.720	1.140	0.980	-	-
พืชไร่ผสม	8.98	105.93	80.83	8.69	23.12	37.05	7.88	0.450	0.360	0.460	0.370	0.260	16.91	36.94
ไม้ผลผสม	87.90	108.76	37.04	9.56	110.08	3.67	126.17	0.450	0.360	0.460	0.370	0.260	-	7.01
ไม้ดอก	-	-	0.19	-	-	0.30	4.56	0.450	0.360	0.460	0.370	0.260	-	-
ไร่ร้าง	45.33	10.58	93.86	27.46	4.60	9.30	-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	85.39	2.81
ลื่นจี่	1.47	-	0.27	-	-	-	-	0.450	0.360	0.460	0.370	0.260	0.24	-
ส้ม	3.09	0.05	0.36	-	-	-	-	0.450	0.360	0.460	0.370	0.260	-	-
สัก	-	1.74	6.37	-	-	4.24	1.14	0.910	0.920	0.900	0.740	0.530	-	0.49
มะม่วง	0.40	2.85	-	-	0.73	-	12.97	0.450	0.360	0.460	0.370	0.260	-	-

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ชนิดพืช	รหัสโดเมน													
	603	602	604	606	607	608	605	609	612	613	610	614	615	611
ลำไย	0.43	-	-	-	158.97	28.19	90.36	75.22	-	2.63	35.06	15.92	-	167.67
พื้นที่ว่างเปล่า	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.65
เหมืองแร่	-	-	-	-	-	-	-	-	3.93	-	-	-	-	-
กะถิน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.70
จามจุรี	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.89
ยูคาลิปตัส	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.61
เงาะ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ทุเรียน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.28	-	-
ขนุน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
กระท้อน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ป่าไผ่	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.58	-
ป่าดิบเขา	204.10	386.30	792.13	154.54	63.51	537.22	1.46	20.34	1115.88	354.96	217.13	16.73	805.8	328.36
ป่าดิบ	-	-	0.84	5.94	-	6.36	17.12	-	-	-	-	-	-	-
ป่าดิบแล้ง	-	9.50	74.68	26.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ป่าเบญจพรรณ	763.35	760.61	141.44	247.27	1520.58	848.69	-	1346.20	705.09	1305.40	272.60	350.60	1981.	1962.78
ป่าไร่หรือป่า	28.21	368.39	14.55	32.57	178.92	37.40	-	98.93	27.16	43.84	14.30	31.37	45.98	110.72
ป่าสนเขา	-	27.22	487.75	2.41	-	-	-	-	5.36	41.26	-	-	102.8	106.15
ป่าหญ้า	8.85	5.19	0.69	-	55.82	23.80	10.73	79.06	-	1.62	16.52	5.48	0.17	123.06
แหล่งน้ำอ่างเก็บ	12.25	0.72	44.87	-	25.78	0.57	9.59	4.13	0.16	1.24	0.37	5.60	14.92	105.19

ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ (2546)

ข. การระเหยจากพื้นที่ว่างเปล่า ใช้ข้อมูลการระเหยจากดินจากผลการประเมินปริมาณน้ำใต้ดิน แบบจำลอง MIKE SHE วิทยานิพนธ์ของนางสาวกัศสร นวิวงษ์

ค. การระเหยจากแหล่งน้ำ ใช้วิธี Class A Pan

3.3 ปริมาณน้ำไหลออก (Outflow)

ปริมาณน้ำไหลออก (Outflow) คือ ปริมาณน้ำเข้าสู่พื้นที่ที่เหลือจากปริมาณน้ำทั้งหมดที่สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (6) โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ปริมาณน้ำส่วนที่ไหลออกจากผิวดินและใต้ดิน ทั้งนี้ แยกเป็นส่วนประกอบต่าง ๆ ตามข้อสมมติฐาน ประกอบด้วยปริมาณน้ำมีพันธะหรือปริมาณน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศน์ด้านท้ายน้ำ คิดเป็น 3% ปริมาณน้ำไม่มีพันธะ 97% ซึ่งประกอบด้วยปริมาณน้ำไม่มีพันธะที่ใช้ประโยชน์ได้ 87% ส่วนที่เหลือเป็นส่วนที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้อีก 10% ซึ่งทั้งหมดนี้สามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ จากสมการที่ (7)

4. การปรับเทียบแบบจำลอง

การปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำไหลออกจากโคเมนในแบบจำลองเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่วัดจริงของสถานีวัดน้ำท่า ในตำแหน่งที่เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างโคเมนที่อยู่ด้านเหนือและโคเมนที่อยู่ทางด้านท้ายน้ำ

ผลและวิจารณ์

การจำลองสภาพอุทกวิทยาโดยการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วย Macro Excel เพื่อประเมินองค์ประกอบของบัญชีน้ำเป็นรายเดือน ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่น้ำปิงตอนบน ซึ่งใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2543 โดยสามารถจำแนกผลการศึกษออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง และผลการวิเคราะห์บัญชีน้ำและดัชนีบัญชีน้ำ โดยมีรายละเอียดในแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

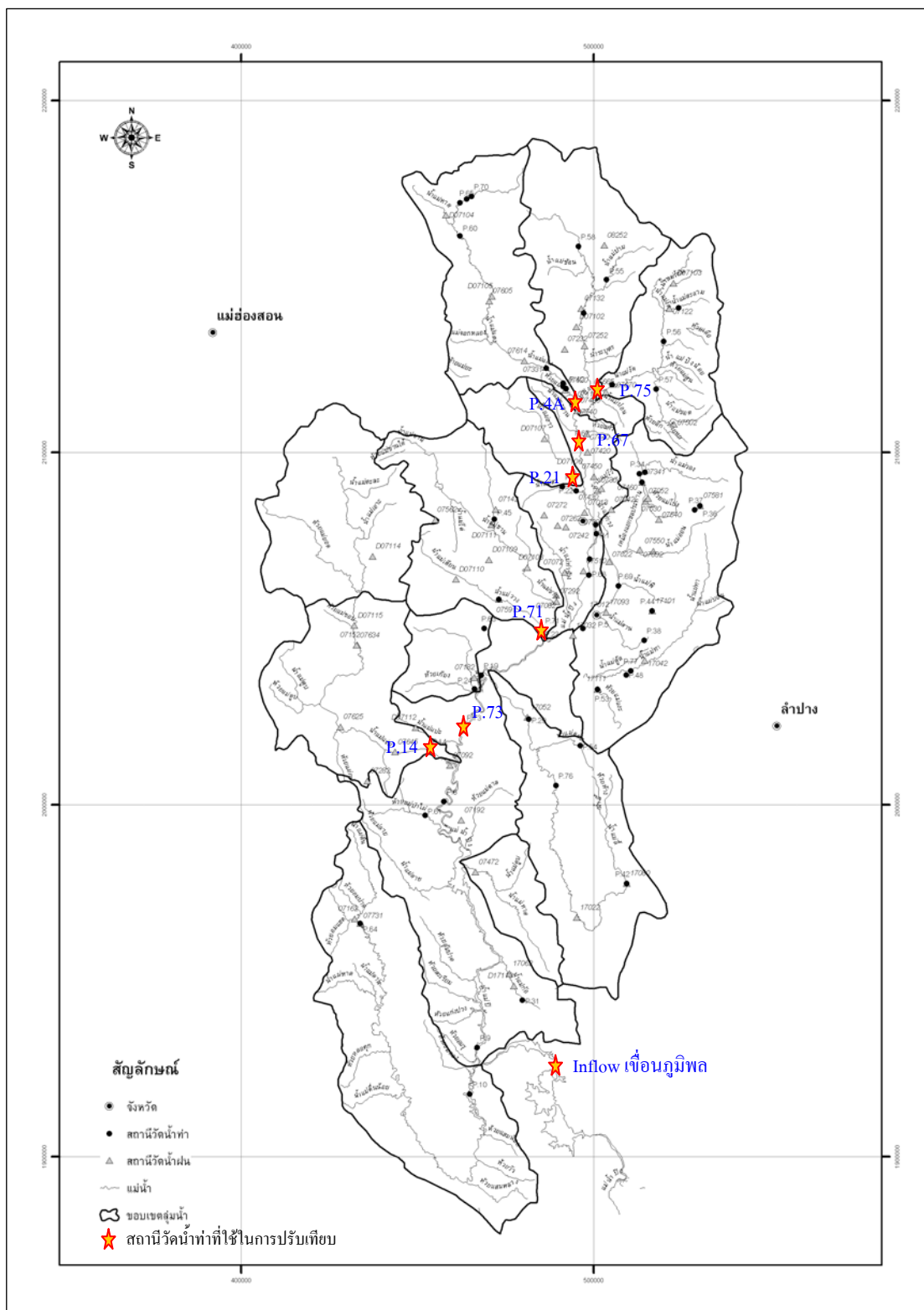
1. ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง

ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง ได้ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำทำรายเดือนที่ไหลออกจากพื้นที่โดเมนต่างๆ ของแบบจำลอง เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำทำที่วัดจริงจากสถานีวัดน้ำทำที่ตั้งอยู่บริเวณจุดออกของแต่ละโดเมนย่อยในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนมีสถานีวัดน้ำทำไม่ครอบคลุมทุกโดเมนย่อย จึงเลือกเปรียบเทียบเฉพาะโดเมนที่มีสถานีวัดน้ำทำและทำการปรับเทียบค่า $K_{c, ks}$ ของโดเมนที่ไม่มีสถานีวัดน้ำทำรวมกับโดเมนที่มีสถานีวัดน้ำทำอยู่ทางด้านท้ายน้ำ โดยใช้ข้อมูลน้ำทำในปี พ.ศ. 2543 รวมทั้งสิ้น 8 สถานี แสดงตำแหน่งสถานีวัดน้ำทำและผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลออกจากโดเมนต่างๆ ดังภาพที่ 16 ถึงภาพที่ 24 ตามลำดับ

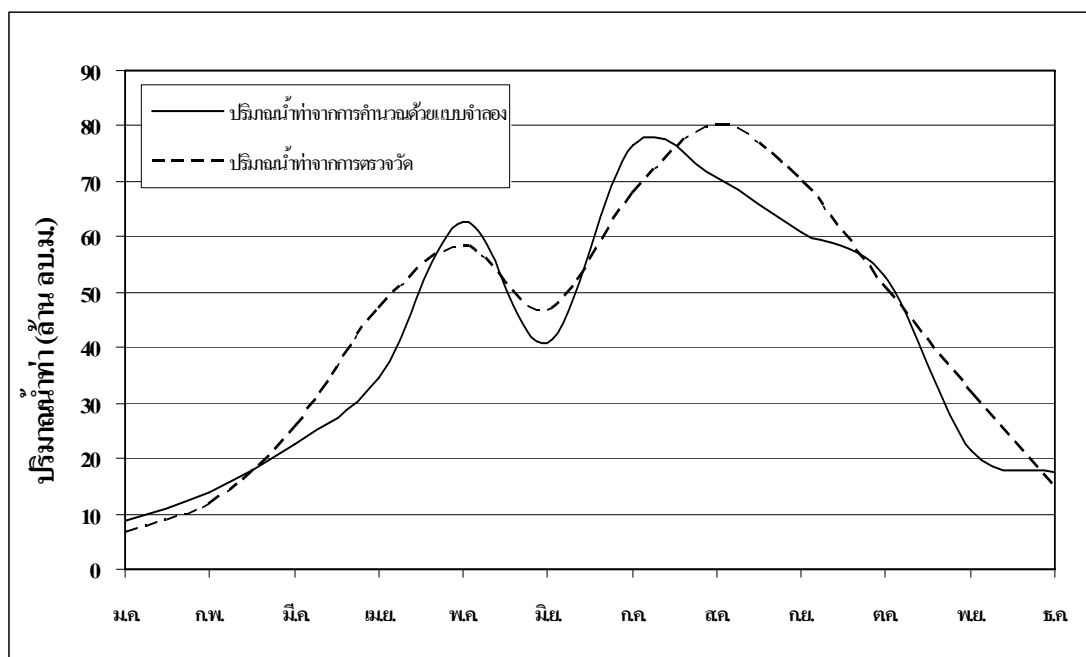
ในการเปรียบเทียบแบบจำลองจะได้ค่าพารามิเตอร์ คือค่าสัมประสิทธิ์การคายระเหยของการใช้ที่ดินชนิดต่างๆ ($K_{c, ks}$) และสามารถสรุปค่าสัมประสิทธิ์พืชได้ใน 2 ลักษณะคือ พืชที่ปลูกตามฤดูกาล และพืชที่ปลูกตลอดทั้งปี ไม่ขึ้นต้นหรือป่าไม้ ดังแสดงในตารางที่ 17 และมีรายละเอียดดังนี้

พืชที่ปลูกตามฤดูกาล เป็นพืชอายุสั้นส่วนใหญ่จะเป็นพืชไร่และพืชผักสวนครัว มักจะปลูกพร้อมกัน เจริญเติบโตพร้อมกัน และตายพร้อมกัน ในพื้นที่เดียวกันพืชจึงมีอายุเท่าๆ กัน ค่าสัมประสิทธิ์พืชที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง จึงมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างสัมประสิทธิ์พืชตามอายุพืชกับสัมประสิทธิ์เมื่อเกิดความเครียดของน้ำในดิน $K_c \times K_{s, (K_{c, ks})}$

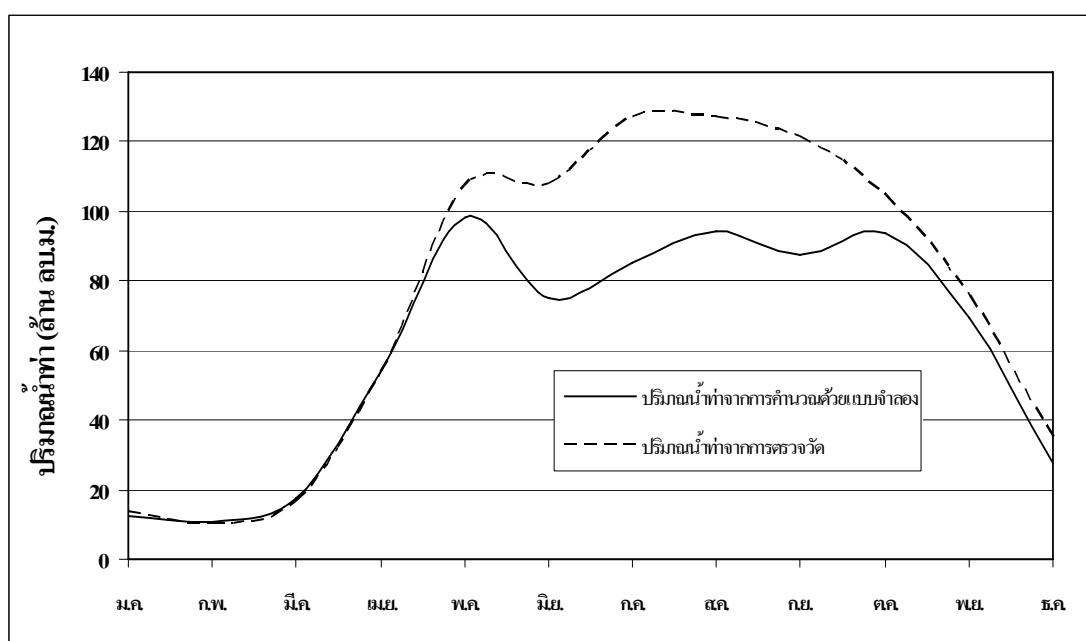
พืชที่ปลูกตลอดทั้งปี ไม่ขึ้นต้น หรือป่าไม้ ในพื้นที่เดียวกันมักจะมีพืชที่มีอายุแตกต่างกัน ปลูกปะปนกันหรือขึ้นปะปนกัน ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลองจึงมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างสัมประสิทธิ์พืชเฉลี่ยกับสัมประสิทธิ์เมื่อเกิดความเครียดของน้ำในดิน ($K_{c, ave.} \times K_{s, (K_{c, ks})}$) แบ่งเป็นพืชสวนและป่าไม้ชนิดต่างๆ



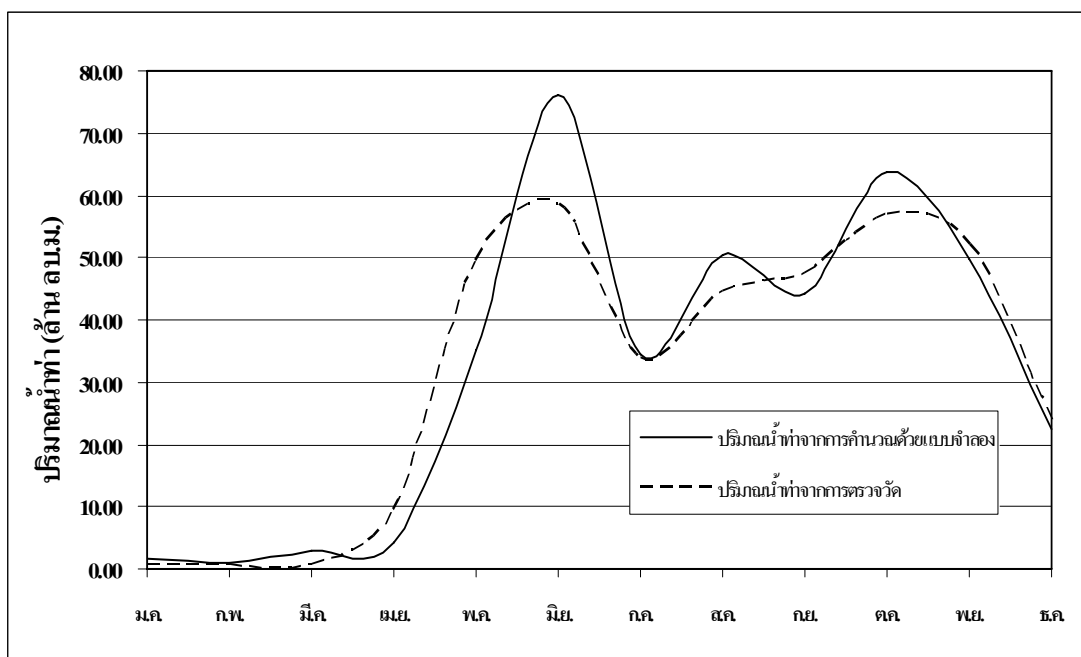
ภาพที่ 16 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำทำที่ใช้ในการเปรียบเทียบ



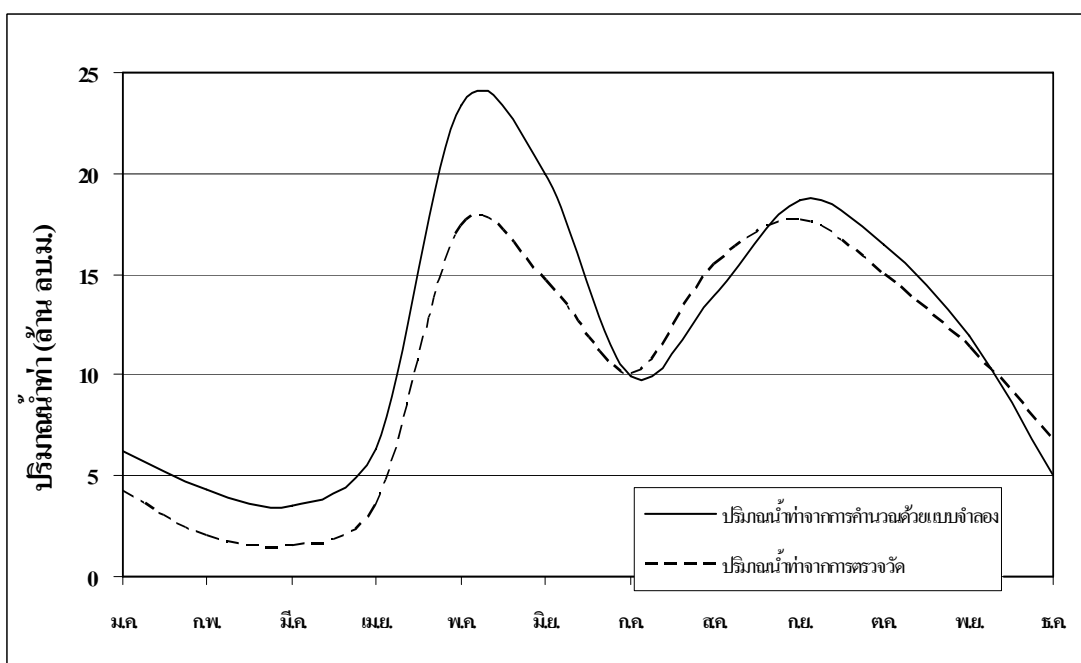
ภาพที่ 17 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณด้วยแบบจำลองของโดเมนย่อยน้ำแม่จิด และที่สถานีวัดน้ำท่า P.75 สำหรับเหตุการณ์ในปี พ.ศ. 2543



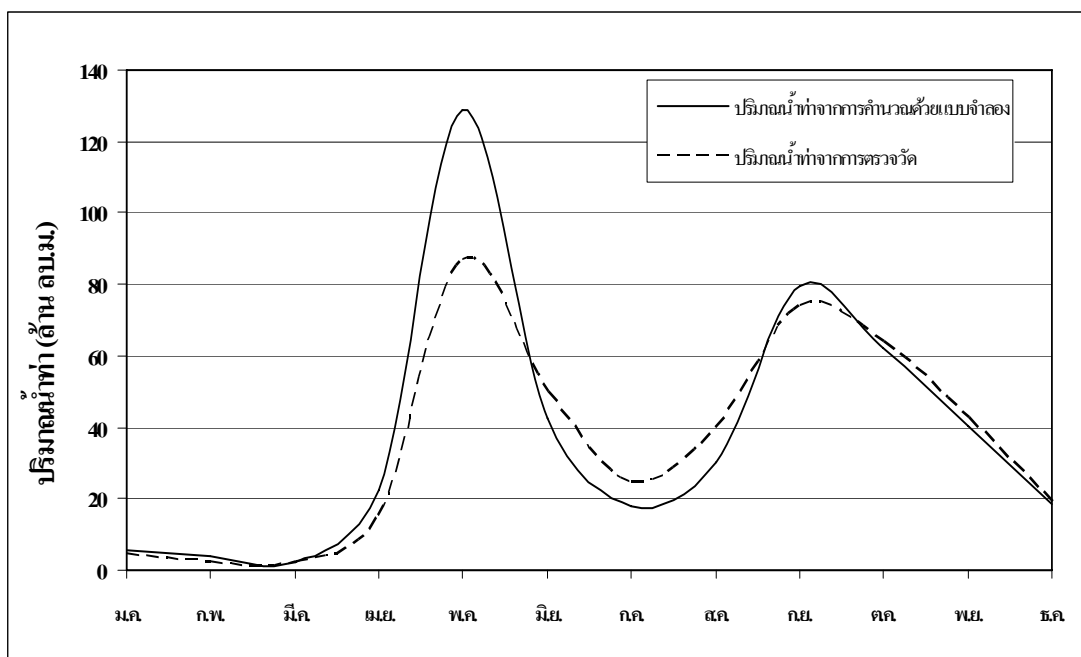
ภาพที่ 18 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณด้วยแบบจำลองของโดเมนย่อยแม่น้ำปิง ส่วนที่ 1 และที่สถานีวัดน้ำท่า P.67 สำหรับเหตุการณ์ในปี พ.ศ. 2543



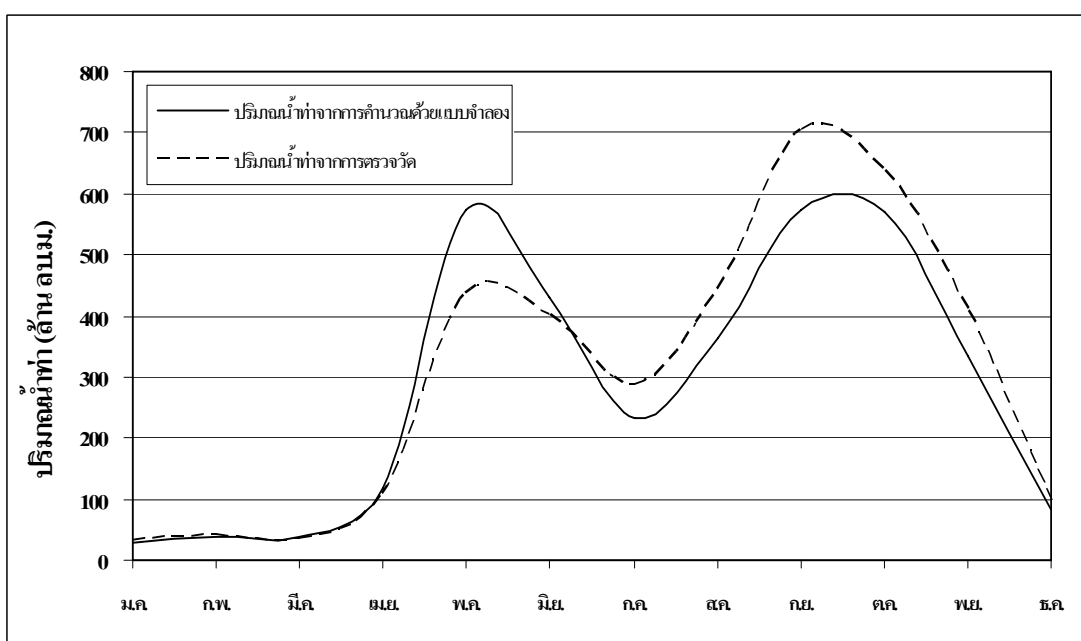
ภาพที่ 19 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ทำการคำนวณด้วยแบบจำลองของโดเมนย่อยน้ำแม่แดง และที่สถานีวัดน้ำท่า P.4A สำหรับเหตุการณ์ในปี พ.ศ. 2543



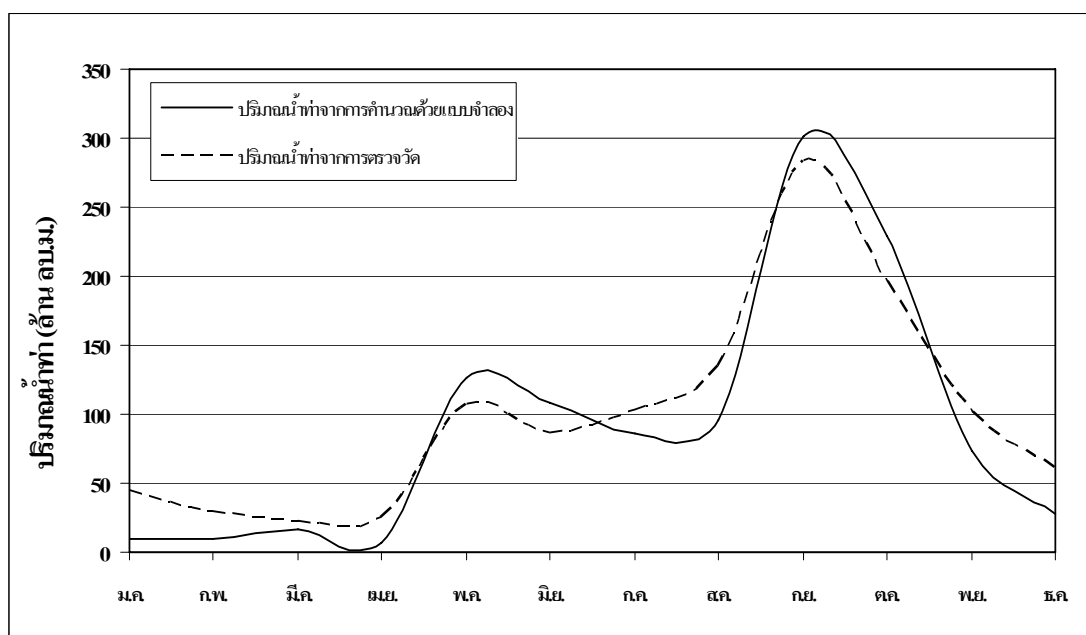
ภาพที่ 20 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ทำการคำนวณด้วยแบบจำลองของโดเมนย่อยน้ำแม่ริม และที่สถานีวัดน้ำท่า P.21 สำหรับเหตุการณ์ในปี พ.ศ. 2543



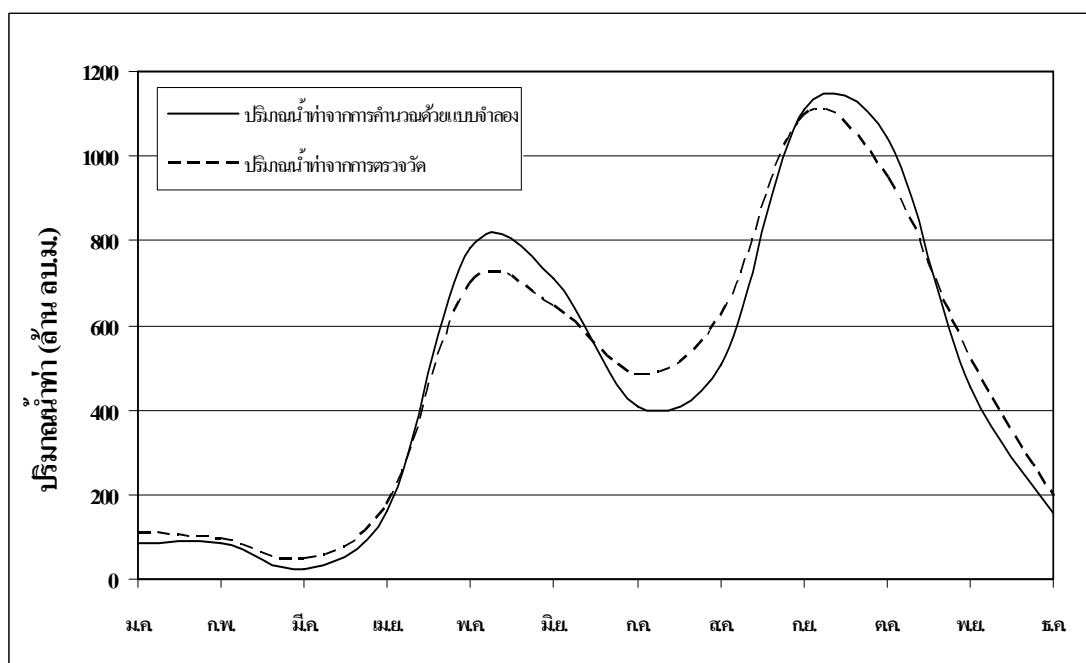
ภาพที่ 21 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณด้วยแบบจำลองของโดเมนย่อยน้ำแม่ขาน และที่สถานีวัดน้ำท่า P.71 สำหรับเหตุการณ์ในปี พ.ศ. 2543



ภาพที่ 22 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณด้วยแบบจำลองของโดเมนย่อยแม่น้ำปิง ส่วนที่ 2 และที่สถานีวัดน้ำท่า P.73 สำหรับเหตุการณ์ในปี พ.ศ. 2543



ภาพที่ 23 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำทำจากการคำนวณด้วยแบบจำลองของโดเมนย่อยแม่แจ่ม
ตอนล่างและที่สถานีวัดน้ำทำ P.14 สำหรับเหตุการณ์ในปี พ.ศ. 2543



ภาพที่ 24 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำทำจากการคำนวณด้วยแบบจำลองของโดเมนย่อยแม่น้ำปิง
ส่วนที่ 3 และปริมาณน้ำทำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำภูมิพล สำหรับเหตุการณ์ในปี พ.ศ. 2543

ตารางที่ 17 ผลการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ $K_{c\text{ ave, ks}}$

[illegible]

ตารางที่ 17 (ต่อ)

[illegible]

1) พืชที่ปลูกตามฤดูกาล เป็นพืชที่มีอายุสั้น นิยมปลูกในฤดูฝนมากกว่าในฤดูแล้ง ได้แก่

1.1) ข้าว มีค่า $K_{c, ks}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.770-1.100 ค่าสูงสุดเกิดขึ้นในเดือนสิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่พืชมีการเจริญเติบโตสูงสุด ค่าต่ำสุดเกิดขึ้นในเดือนพฤศจิกายนซึ่งเป็นช่วงท้ายของการเจริญเติบโต สำหรับฤดูแล้งมีค่า $K_{c, ks}$ อยู่ในช่วง 0.730-0.960 จัดว่าเป็นพืชที่มีการคายระเหยของน้ำสูงในระดับต้นๆ เนื่องจากมีลักษณะคล้ายหญ้าจึงมีค่า $K_{c, ks}$ ใกล้เคียงกันแต่ข้าวจะมีค่าสูงกว่าเนื่องจากจะต้องมีน้ำขังอยู่ตลอดเวลา ฤดูแล้งมักไม่มีน้ำขังในนาข้าวจึงทำให้ค่า $K_{c, ks}$ ต่ำกว่าฤดูฝนมาก

1.2) ข้าวโพด มีค่า $K_{c, ks}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.760 - 1.210 ค่าสูงสุดเกิดขึ้นในเดือนกันยายนซึ่งเป็นช่วงเวลาที่พืชมีการเจริญเติบโตสูงสุด ค่าต่ำสุดเกิดขึ้นในเดือนมิถุนายนซึ่งเป็นช่วงต้นของการเจริญเติบโต สำหรับฤดูแล้งมีค่า $K_{c, ks}$ อยู่ในช่วง 0.71-1.06 ข้าวโพดเป็นพืชที่มีค่า $K_{c, ks}$ สูงที่สุด เนื่องจากมีลำต้นที่พอมบางและเป็นพืชเล็ก เมื่อโตเต็มที่มีความสูงประมาณ 1.50-2.00 ม. ลำต้นกว้างประมาณ 1.00-1.50 นิ้ว น้ำจึงไม่ถูกเก็บกักไว้ในลำต้นมากและนานเกินไป ประกอบกับมีใบยาวและกว้างมากเมื่อเทียบกับลำต้น มีลักษณะการปลูกที่หนาแน่น จึงมีพื้นที่ในการคายระเหยมากนั่นเอง

1.3) อ้อย มีค่า $K_{c, ks}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.720-1.141 ค่าสูงสุดเกิดขึ้นในเดือนกันยายน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่พืชมีการเจริญเติบโตสูงสุด ค่าต่ำสุดเกิดขึ้นในเดือนพฤศจิกายนซึ่งเป็นช่วงท้ายของการเจริญเติบโต สำหรับฤดูแล้งมีค่า $K_{c, ks}$ อยู่ในช่วง 0.61-1.00 อ้อยเป็นพืชที่มีค่า $K_{c, ks}$ สูงเกือบเท่ากับข้าวโพด เนื่องจากมีลักษณะลำต้นและใบคล้ายคลึงกับข้าวโพด เมื่อโตเต็มที่มีความสูงประมาณ 2.00-2.30 ม. ลำต้นกว้างประมาณ 1.50-2.00 นิ้ว แต่จะมีค่าต่ำกว่าเนื่องจากอ้อยมีลำต้นสามารถเก็บน้ำได้มากกว่าข้าวโพด

1.4) มันสำปะหลัง มีค่า $K_{c, ks}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.550-0.880 ค่าสูงสุดเกิดขึ้นในเดือนสิงหาคมซึ่งเป็นช่วงเวลาที่พืชมีการเจริญเติบโตสูงสุด ค่าต่ำสุดเกิดขึ้นในเดือนพฤศจิกายนซึ่งเป็นช่วงท้ายของการเจริญเติบโต สำหรับฤดูแล้งมีค่า $K_{c, ks}$ อยู่ในช่วง 0.410-0.580 มันสำปะหลังเมื่อโตเต็มที่มีลำต้นสูงประมาณ 2.50 เมตร ลำต้นกว้างประมาณ 2.5-3.00 นิ้ว มีใบเป็นแฉกขนาดเล็กและไม่หนาแน่น จึงมีค่า $K_{c, ks}$ ไม่สูงมากเนื่องจากมีพื้นที่ในการคายน้ำน้อย การระเหยจะมีผลมากกว่าจึงทำให้ $K_{c, ks}$ ต่างกันมากในช่วงฤดูฝนกับฤดูแล้ง

1.5) พืชผักมีค่า $K_{c, ks}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.350-0.800 ค่าสูงสุดเกิดขึ้นในเดือนสิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่พืชมีการเจริญเติบโตสูงสุด ค่าต่ำสุดเกิดขึ้นในเดือนพฤศจิกายนซึ่งเป็นช่วงท้ายของการเจริญเติบโต สำหรับฤดูแล้งมีค่า $K_{c, ks}$ อยู่ในช่วง 0.320-0.660 พืชผักส่วนใหญ่เป็นพืชเลื้อย คลานอยู่กับดินและมักมีใบใหญ่หนาแน่น เช่น ฟักทอง น้ำเต้า บวบ เป็นต้น ปลูกปะปนกับพืชผัก ดินเล็กเช่น มะเขือ พืชตระกูลถั่ว ลักษณะการปลูกค่อนข้างหนาแน่น จึงทำให้มีการคายน้ำค่อนข้างสูงในช่วงที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ แต่ช่วงท้ายใบเริ่มเหี่ยวหดยาวเร็วมากก่อนที่จะพืชจะตาย จึงทำให้ค่า $K_{c, ks}$ แตกต่างกันไปมากในแต่ละช่วงอายุพืช

1.6) กระหล่ำปลีมีค่า $K_{c, ks}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.360 - 0.450 ค่าสูงสุดเกิดขึ้นในเดือนกันยายนซึ่งเป็นช่วงเวลาที่พืชมีการเจริญเติบโตสูงสุด ค่าต่ำสุดเกิดขึ้นในเดือนพฤศจิกายนซึ่งเป็นช่วงท้ายของการเจริญเติบโต สำหรับฤดูแล้งมีค่า $K_{c, ks}$ อยู่ในช่วง 0.310-0.400 กระหล่ำปลีจัดเป็นพืชผักที่ไม่มีลำต้นมีลักษณะใบที่ห่อหุ้มโดยใบชั้นนอกเป็นก้นกลมๆ ทำให้มีพื้นที่ในการคายน้ำต่ำมากค่า $K_{c, ks}$ จึงค่อนข้างต่ำกว่าพืชชนิดอื่นๆ

1.7) ชามี่มีค่า $K_{c, ks}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.650-1.080 ค่าสูงสุดเกิดขึ้นในเดือนสิงหาคมซึ่งเป็นช่วงเวลาที่พืชมีการเจริญเติบโตสูงสุด ค่าต่ำสุดเกิดขึ้นในเดือนกันยายนซึ่งเป็นช่วงท้ายของการเจริญเติบโต สำหรับฤดูแล้งมีค่า $K_{c, ks}$ อยู่ในช่วง 0.600-0.930 จัดว่าเป็นพืชที่มีการคายระเหยของน้ำสูงในระดับต้นๆ เนื่องจากมีลักษณะลำต้นพอมบางมาก มีใบขนาดเล็กหนาแน่นปานกลาง แต่ลักษณะการปลูกหนาแน่นมากจึงมีการคายน้ำสูงมากในช่วงการเจริญเติบโตสูงสุด

1.8) ถั่วงอกมีค่า $K_{c, ks}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.580-0.830 ค่าสูงสุดเกิดขึ้นในเดือนกันยายนซึ่งเป็นช่วงเวลาที่พืชมีการเจริญเติบโตสูงสุด ค่าต่ำสุดเกิดขึ้นในเดือนพฤศจิกายนซึ่งเป็นช่วงท้ายของการเจริญเติบโต สำหรับฤดูแล้งมีค่า $K_{c, ks}$ อยู่ในช่วง 0.490-0.740 ถั่วงอกจัดเป็นพืชผักดินเล็กมีลักษณะการปลูกค่อนข้างหนาแน่น และต่างจากพืชเลื้อยคลานตรงที่ปริมาณใบไม่แตกต่างกันมากในแต่ละช่วงอายุพืช ค่า $K_{c, ks}$ จึงไม่แตกต่างกันมากตามช่วงอายุพืช

จากการเปรียบเทียบค่า $K_{c, ks}$ ของพืชที่ปลูกตามฤดูกาลพบว่า ค่า $K_{c, ks}$ ของพืชในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต ฤดูแล้งจะต่ำกว่าในฤดูฝน ฤดูแล้งเริ่มปลูกพืชประมาณเดือนธันวาคมไปสิ้นสุดประมาณเดือนพฤษภาคมโดยที่มีฝนตกน้อยมาก บางเดือนฝนไม่ตกเลยดังนั้นจะต้องนำน้ำชลประทานหรือน้ำจากแหล่งอื่นมาให้แก่พืช ซึ่งก็อาจจะไม่เพียงพอกับความต้องการใช้น้ำที่

แท้จริง ต่างกับฤดูฝน เริ่มปลูกพืชประมาณเดือนมิถุนายนไปสิ้นสุดประมาณเดือนพฤศจิกายน ซึ่งมีฝนตกมากเกินไปพอกับความต้องการใช้น้ำ ดังนั้นจึงมีน้ำให้พืชใช้ได้เต็มที่

2) พืชที่ปลูกตลอดทั้งปี ประกอบด้วยพืชไร่ ไม้ผล และไม้ดอกต่างๆ โดยจะมี ค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ แตกต่างกันไปตามลักษณะของพืช สามารถสรุปได้ดังนี้

2.1) ไม้ผลขนาดใหญ่ ได้แก่ มะม่วง ลำไย เงาะ ลิ้นจี่ ทุเรียน ขนุน และไม้ผลผสม มีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.850-1.000 ฤดูแล้งมีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ อยู่ในช่วง 0.630-0.800 ไม้ผลขนาดใหญ่มีการคายระเหยสูง เพราะเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะมีความสูงประมาณ 7-10 เมตร ลำต้นมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 30-40 ซม. ใบพืชไม่ใหญ่มากประมาณ 1-2 ฝ่ามือและหนาแน่นมาก ลักษณะการปลูกทิ้งระยะห่างประมาณ 10 ม.

2.2) ไม้ผลขนาดเล็ก ได้แก่ ส้ม กระท้อน มีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.630-0.860 ฤดูแล้งมีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ อยู่ในช่วง 0.520-0.650 ไม้ผลขนาดเล็กมีการคายระเหยไม่สูงมาก เนื่องจากมีลักษณะลำต้นไม่ใหญ่โตมากนัก เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะมีลักษณะเป็นพุ่ม ความสูงประมาณ 3-5 เมตร ลำต้นมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10-15 ซม. ใบพืชไม่ใหญ่มากประมาณ 1-2 ฝ่ามือและหนาแน่นมาก ลักษณะการปลูกทิ้งระยะห่างประมาณ 5 ม.

2.3) กระถิน มีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.450-0.680 ฤดูแล้งมีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ อยู่ในช่วง 0.400-0.600 กระถินมีการคายระเหยค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับลำต้นที่สูง เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะสูงประมาณ 5-10 เมตร ลำต้นมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10-15 ซม. แต่มีลักษณะใบที่เล็กและโปร่งมาก จึงมีพื้นที่ในการคายน้ำน้อย

2.4) ไม้ดอก มีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.630-0.860 ฤดูแล้งมีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ อยู่ในช่วง 0.520-0.650 ไม้ดอกมีการคายระเหยไม่สูงมาก เนื่องจากมีลักษณะลำต้นไม่ใหญ่โตมากนัก เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะมีลักษณะเป็นพุ่ม และมีลักษณะทางกายภาพคล้ายคลึงกับไม้ผลขนาดเล็ก จึงมีการคายระเหยที่ใกล้เคียงกัน

2.5) พีชไผ่ผสม มีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.650-1.08 ฤดูแล้งมีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ อยู่ในช่วง 0.600-0.930 พีชไผ่ผสมมีการคายระเหยที่สูงมาก เนื่องจากพีชไผ่แต่ละชนิดมีการคายระเหยที่สูงมากอยู่แล้วเช่น อ้อย ข้าวโพด ชา ไร่มัน เมื่อปลูกรวมกันค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ จึงไม่ต่างจากเดิมมากนัก

2.6) ไร่ร้าง มีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.950-1.05 ฤดูแล้งมีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ อยู่ในช่วง 0.160-0.630 ไร่ร้างมีความแห้งแล้ง ในฤดูฝนจะมีหญ้าขึ้นรกเป็นป่าหญ้า ส่วนในฤดูแล้งหญ้าจะตายเกือบหมดมีสภาพคล้ายกับพื้นที่ว่างเปล่า

2.7) กล้วย มีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.640-0.83 ฤดูแล้งมีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ อยู่ในช่วง 0.510-0.680 กล้วยมีการคายระเหยไม่สูงมากทั้งที่มีใบที่กว้างและยาวมาก แต่ไม่หนาแน่น ลำต้นสามารถเก็บน้ำไว้ได้เยอะ ลักษณะการปลูกก็ไม่หนาแน่น จึงทำให้ค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ ไม่สูงมากนัก

3) ป่าไม้ ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนมีป่าไม้หลายชนิดซึ่งการใช้ น้ำของป่าก็จะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของป่าดังนี้

3.1) ป่าดิบเขา มีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.200-0.340 ฤดูแล้งมีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ อยู่ในช่วง 0.100-0.290 ป่าดิบเขาเกิดที่ระดับความสูงมากกว่า 1,800 เมตรจากระดับน้ำทะเลกลาง ซึ่งจะมี ความชื้นในอากาศสูงมาก ฉะนั้นป่าชนิดนี้จะเกิดการคายระเหยได้น้อย จึงทำให้มีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ ต่ำมาก

3.2) ป่าดิบ มีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.240-0.560 ฤดูแล้งมีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ อยู่ในช่วง 0.150-0.500 ป่าดิบเกิดที่ระดับความสูงระหว่าง 1,000-1,800 เมตร จากระดับน้ำทะเลกลาง มีความชื้นในอากาศต่ำกว่าป่าดิบเขาเล็กน้อย ฉะนั้นป่าดิบจะเกิดการคายระเหยได้มากกว่าป่าดิบเขา

3.3) ป่าสนเขา มีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.420-0.770 ฤดูแล้งมีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ อยู่ในช่วง 0.380-0.650 ป่าสนเขาเกิดกระจายตัวตามที่สูงเช่นเนินเขาหรือไหล่เขา มีความชื้นในอากาศต่ำกว่าป่าดิบเล็กน้อย ฉะนั้นป่าสนเขาจะเกิดการคายระเหยได้มากกว่าป่าดิบ

3.4) ป่าเบญจพรรณ มีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.540-0.860 ฤดูแล้งมีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ อยู่ในช่วง 0.500-0.720 ป่าเบญจพรรณเกิดที่ระดับความสูงไม่เกิน 1,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล

กลาง ยังถือว่าสภาพอากาศมีความชุ่มชื้นแต่น้อยกว่าป่าดิบและป่าสนเขา ฉะนั้นป่าเบญจพรรณจะเกิดการคายระเหยได้มากกว่าป่าดิบเขาและป่าสนเขา

3.5) ป่าไผ่ มีค่า $K_{c \text{ ave., ks}}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.520-0.680 ฤดูแล้งมีค่า $K_{c \text{ ave., ks}}$ อยู่ในช่วง 0.400-0.550 ป่าไผ่เกิดที่ระดับความสูงไม่เกิน 1,000 เมตร จากระดับน้ำทะเลกลาง และเกิดปะปนกับป่าเบญจพรรณบ้าง ซึ่งถือว่าสภาพอากาศของป่าไผ่มีความชุ่มชื้นอยู่ในเกณฑ์เดียวกันกับป่าเบญจพรรณ แต่ลักษณะของต้นไผ่นั้นมีใบเล็กและเป็นป่าโปร่งมากเมื่อเทียบกับป่าเบญจพรรณ จึงทำให้ป่าไผ่เกิดการคายระเหยได้น้อยกว่าป่าเบญจพรรณ

3.6) ป่าดิบแล้ง มีค่า $K_{c \text{ ave., ks}}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.580-0.900 ฤดูแล้งมีค่า $K_{c \text{ ave., ks}}$ อยู่ในช่วง 0.400-0.650 ป่าดิบแล้งเป็นป่าดิบที่เกิดในที่แห้งแล้ง มีความชื้นต่ำกว่าป่าเบญจพรรณและมีพรรณไม้ที่เป็นป่าผลัดใบผสมอยู่ด้วย จึงมีค่า $K_{c \text{ ave., ks}}$ ใกล้เคียงกับป่าเบญจพรรณ โดยที่จะมีค่ามากกว่าในช่วงฤดูฝนและน้อยกว่าในช่วงฤดูแล้ง

3.7) ป่าร้างหรือป่าเสื่อมโทรมและป่าหญ้า มีค่า $K_{c \text{ ave., ks}}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.950-1.05 ฤดูแล้งมีค่า $K_{c \text{ ave., ks}}$ อยู่ในช่วง 0.160-0.630 ป่าร้างหรือป่าเสื่อมโทรมเป็นป่าที่ถูกทำลาย ทำให้เกิดความแห้งแล้ง ในฤดูฝนจะมีหญ้าขึ้นรกเป็นป่าหญ้า ส่วนในฤดูแล้งหญ้าจะตายเกือบหมดมีสภาพคล้ายกับพื้นที่ว่างเปล่า

จากค่า $K_{c \text{ ave., ks}}$ ของป่าไม้ข้างต้น โดยส่วนใหญ่แล้วมีค่าต่ำกว่าพืชที่ปลูกทุกๆ ไป เนื่องจากป่าเกือบทุกชนิดมักจะอยู่ในที่สูง จึงมีความชุ่มชื้นสูง ป่าที่เกิดในที่ต่ำก็มักจะมีค่าสูงเช่นป่าดิบชื้นในภาคใต้ ความชื้นในบรรยากาศที่สูงจะทำให้เกิดการคายระเหยต่ำ

4) ป่าปลูก สามารถสรุปค่า $K_{c \text{ ave., ks}}$ ตามชนิดและลักษณะของพืชได้ดังนี้

4.1) ยางพาราและยูคาลิปตัสมีค่า $K_{c \text{ ave., ks}}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.830-1.030 ฤดูแล้งมีค่า $K_{c \text{ ave., ks}}$ อยู่ในช่วง 0.620-0.780 ยางพาราและยูคาลิปตัสจัดว่าเป็นป่าปลูกขนาดเล็ก ในช่วงการเจริญเติบโตสูงสุดมีความสูงประมาณ 10-15 เมตร มีใบขนาดประมาณ 1-2 ฟามีมือ

4.2) ไม้สักและจามจุรี มีค่า $K_{c \text{ ave., ks}}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.830-1.200 ฤดูแล้งมีค่า $K_{c \text{ ave., ks}}$ อยู่ในช่วง 0.750-0.960 ไม้สักและจามจุรีจัดว่าเป็นป่าปลูกขนาดใหญ่ ในช่วงการเจริญเติบโตสูงสุดมี

ความสูงประมาณ 15-25 เมตร จามจุรีมีใบขนาดเล็กแต่หนาแน่นค่อนข้างมาก ส่วนล็กมีขนาดใหญ่ มาก ประมาณ 30-50 ซม. พืช 2 ชนิดนี้จึงมีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ สูงกว่ายางพาราและยูคาลิปตัส

4.3) ป่าปลูกผสม มีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.830-1.150 ฤดูแล้งมีค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ อยู่ใน ช่วง 0.630-0.850 เป็นป่าที่ปลูกพืชหลายชนิดผสมกัน มีทั้งไม้ใหญ่และไม้เล็ก ค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ จึงอยู่ ระหว่างป่าปลูกขนาดเล็กกับป่าปลูกขนาดใหญ่

โดยปกติแล้ว ป่าปลูกจะมีความต้องการใช้น้ำมากกว่าป่าที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เนื่องจากสภาพอากาศไม่ได้เอื้ออำนวยต่อการเกิดป่า ไม้ที่นำมาปลูกมักพบในป่าเบญจพรรณซึ่งในป่า ช่วงฤดูฝนจะมีความชุ่มชื้นสูงจึงไม่เกิดการคายระเหยมาก ส่วนในฤดูแล้งป่าจะผลัดใบทิ้งเพื่อให้เกิดการคายน้ำน้อย แต่ป่าที่นำมาปลูกในพื้นที่ราบทั่วไปนั้นมีความชุ่มชื้นน้อยกว่ามาก ซ้ำยังเป็นพืช ต้นสูงใบใหญ่ มีพื้นที่ในการคายน้ำสูงมากยกตัวอย่างเช่นไม้สัก จึงมีความต้องการใช้น้ำมากกว่าป่า ธรรมชาติและพืชโดยทั่วไปอีกด้วย ส่วนในฤดูแล้งป่าก็จะไม่ผลัดใบเนื่องจากปลูกเพื่อให้เป็นพืช เศรษฐกิจ ผู้ปลูกจึงต้องให้น้ำมาก

5) พื้นที่ว่างเปล่าและเหมืองแร่ มีค่า $K_{c, ks}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.220-0.280 ฤดูแล้งมีค่า $K_{c, ks}$ อยู่ใน ช่วง 0.010-0.180 สำหรับเหมืองแร่จะมีค่า $K_{c, ks}$ เท่ากับพื้นที่ว่างเปล่าเพราะเป็นดินและไม่มี การปลูกพืชเช่นกัน ดังนั้นการใช้น้ำจึงมีเพียงการระเหยเท่านั้น ในฤดูฝนนั้นถึงแม้ว่าจะมีน้ำสำหรับ ระเหยได้เพียงพอเท่าที่ต้องการ แต่สำหรับพื้นที่ว่างเปล่าที่ฝนที่ตกลงมาส่วนหนึ่งจะถูกชะไป ท้นที่มีค่าน้อยมากเนื่องจากอากาศตอนนั้นมีความชื้นสูงจนไม่ต้องนำมาคิด ส่วนหนึ่งจะไหล ออกไปจากพื้นที่เรียกว่า Surface Runoff อีกส่วนหนึ่งจะซึมลงไปดินจนกระทั่งชั้นผิวดินอิ่มตัว จากนั้นน้ำจะซึมผ่านเขตรากพืชลงไป ซึ่งน้ำในส่วนของชั้นผิวดินจะเป็นน้ำที่ถูกชะหายไปจาก พื้นที่ โดยการระเหยจะสูงมากในช่วงเวลาที่ดินกำลังอิ่มตัว ซึ่งเป็นช่วงเวลาสั้นๆ ค่า $K_{c, ks}$ อาจจะสูง ใกล้เคียงกับค่า $K_{c, ks}$ ที่เกิดจากการระเหยจากผิวน้ำในช่วงฤดูฝน และจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งผิวดินมีความชุ่มชื้นน้อย การระเหยก็จะน้อยตามไปด้วย เมื่อคิดโดยเฉลี่ยทั้งเดือนแล้วค่า $K_{c, ks}$ จึงต่ำ สำหรับในฤดูแล้งการระเหยจะต่ำมากเนื่องจากฝนตกน้อยและบางเดือนฝนไม่ตกเลย

6) ประเภทที่อยู่อาศัย โดยสามารถจำแนกออกเป็นสองชนิดคือ ตัวเมืองและย่านการค้า และสถานที่ราชการและที่อยู่อาศัย

6.1) ตัวเมืองและย่านการค้า มีค่า $K_{c, ks}$ ตลอดทั้งปีอยู่ในช่วง 0.001-0.150 การใช้ที่ดินลักษณะนี้จะมีแค่การละเหยเท่านั้นเนื่องจากการปลูกต้นไม้มีน้อยมากจนไม่จำเป็นต้องนำมาคิด และมีค่าประมาณ 0.001-0.100 ในช่วงฤดูแล้งซึ่งใกล้เคียงกับพื้นที่ว่างเปล่าเนื่องจากไม่มีน้ำให้ระเหย ส่วนในฤดูฝนมีค่าประมาณ 0.150 จะต่ำกว่าพื้นที่ว่างเปล่า เนื่องจากในขณะที่พื้นที่ว่างเปล่ามีความชุ่มชื้นอยู่ในดินหลังจากที่ฝนตก เรียกว่าดินอืดด้วยน้ำ จึงมีการระเหยของน้ำในดินอย่างต่อเนื่องจนกว่าบริเวณผิวหน้าดินจะหมดความชุ่มชื้น ต่างกับบริเวณตัวเมืองและย่านการค้า น้ำฝนจะไหลตามระบบระบายน้ำออกไปสู่ที่อื่น

6.2) สถานที่ราชการและที่อยู่อาศัย เป็นการใช้ที่ดินที่เป็นสถานที่ราชการ สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ รวมทั้งที่อยู่อาศัยชนิดหมู่บ้านด้วย มีค่า $K_{c, ave., ks}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.380-0.590 ฤดูแล้งมีค่า $K_{c, ave., ks}$ อยู่ในช่วง 0.230-0.350 การใช้ที่ดินประเภทนี้ โดยเฉลี่ยแล้วจะประกอบไปด้วยอาคารที่พักประมาณร้อยละ 40 เป็นพืชและสนามหญ้าอีกประมาณร้อยละ 60 ดังนั้นค่า $K_{c, ave., ks}$ จึงมีค่าอยู่ระหว่างการใช้ที่ดินประเภทตัวเมืองและย่านการค้ากับการใช้ที่ดินประเภทพืชทั่วไป

7) แหล่งน้ำ มีค่า $K_{c, ave., ks}$ ฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.890-1.010 ฤดูแล้งมีค่า $K_{c, ave., ks}$ อยู่ในช่วง 1.050-1.140 แหล่งน้ำจะมีการระเหยของน้ำอย่างเดียวนั่น โดยที่ฤดูฝนมีการระเหยจากผิวน้ำน้อยกว่าในฤดูแล้ง เนื่องจากสภาพอากาศในฤดูฝนมีความชุ่มชื้นสูงกว่าในฤดูแล้ง

ผลการเปรียบเทียบค่า $K_{c, ave., ks}$ ของพืชและป่าไม้ทุกชนิดจากตารางที่ 17 พบว่า ค่า $K_{c, ave., ks}$ ของพืชในฤดูแล้งจะต่ำกว่าในฤดูฝน เนื่องจากในฤดูแล้งมีฝนตกน้อยมากบางเดือนฝนไม่ตกเลย จึงมีน้ำไม่เพียงพอกับความต้องการใช้น้ำของพืชแต่ในฤดูฝนมีฝนตกมากเกินพอกับความต้องการใช้น้ำ ดังนั้นจึงมีน้ำให้พืชใช้ได้เต็มที่

จากการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าของสถานีวิจัยน้ำท่าต่างๆ กับปริมาณน้ำไหลออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำของแบบจำลองพบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.8831-0.9756 ค่าทางสถิติที่ได้จัดได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ดังนั้นสามารถนำแบบจำลองการวิเคราะห์บัญชีน้ำไปใช้วิเคราะห์บัญชีน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำอื่นๆ ได้ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ค่าทางสถิติจากการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

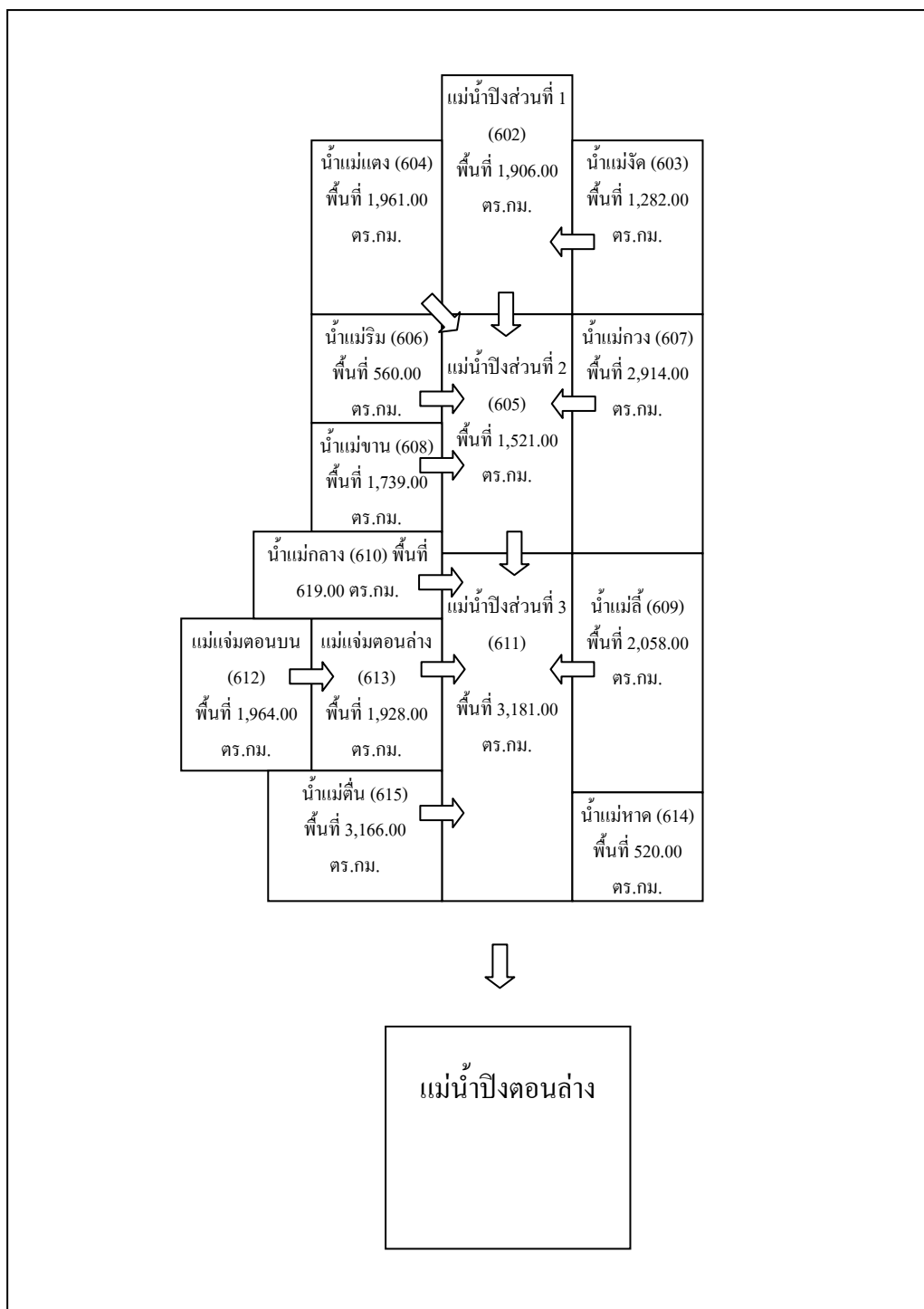
พื้นที่ลุ่มน้ำ	รหัสสถานีวัดน้ำท่า	ค่าทางสถิติ
		R (Correlation)
1. น้ำแม่จัด	P.75	0.9198
2. แม่น้ำปิงส่วนที่ 1	P.67	0.9345
3. น้ำแม่แตง	P.4A	0.9177
4. น้ำแม่ริม	P.21	0.8831
5. น้ำแม่ขาน	P.71	0.8986
6. แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	P.73	0.9188
7. แม่แจ่มตอนล่าง	P.14	0.9475
8. แม่น้ำปิงส่วนที่ 3	Inflow ของเขื่อนภูมิพล	0.9756

2. ผลการวิเคราะห์ปัญหาน้ำและดัชนีปัญหาน้ำ

ปัญหาน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน ทำการประเมินองค์ประกอบโดยการพัฒนาแบบจำลองการวิเคราะห์ปัญหาน้ำเพื่อช่วยในการวิเคราะห์สถานการณ์น้ำในสภาพปัจจุบัน โดยทำการวิเคราะห์ปัญหาน้ำในลักษณะของโดเมน ซึ่งมีขอบเขตของโดเมนแบ่งตามขอบเขตของกลุ่มน้ำสาขาในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน แสดงแผนผังทิศทางการไหลของน้ำผิวดินในแต่ละโดเมนโดยรวม ดังภาพที่ 25 ซึ่งทำการวิเคราะห์ปัญหาน้ำเป็นรายเดือนของแต่ละโดเมน ตามขอบเขตกลุ่มน้ำสาขา 14 กลุ่มน้ำ รายละเอียดของโดเมนแสดงดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ความสัมพันธ์ของกลุ่มน้ำสาขากับโดเมนในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

รหัส	กลุ่มน้ำสาขา	โดเมน	พื้นที่ (ตร.กม.)
603	น้ำแม่จัด	น้ำแม่จัด	1,282
602	แม่น้ำปิงส่วนที่ 1	แม่น้ำปิงส่วนที่ 1	1,906
604	น้ำแม่แดง	น้ำแม่แดง	1,961
606	น้ำแม่ริม	น้ำแม่ริม	560
607	น้ำแม่กวง	น้ำแม่กวง	2,914
608	น้ำแม่ขาน	น้ำแม่ขาน	1,739
605	แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	1,521
609	น้ำแม่ลี	น้ำแม่ลี	2,058
612	แม่แจ่มตอนบน	แม่แจ่มตอนบน	1,964
613	แม่แจ่มตอนล่าง	แม่แจ่มตอนล่าง	1,928
610	น้ำแม่กลาง	น้ำแม่กลาง	619
614	แม่หาด	แม่หาด	520
615	แม่ต๋น	แม่ต๋น	3,166
611	แม่น้ำปิงส่วนที่ 3	แม่น้ำปิงส่วนที่ 3	3,181



ภาพที่ 25 แผนผังทิศทางการไหลของแต่ละโดเมนในกลุ่มน้ำปิ้งตอนบน

2.1 การวิเคราะห์บัญชีน้ำ

ผลการวิเคราะห์บัญชีน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน และในพื้นที่โคเมนย่อย ๆ ดังตารางที่ 20 และตารางที่ 21 ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าพื้นที่แต่ละโคเมนประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่โคเมน และปริมาณน้ำท่าผิวดินซึ่งมีทิศทางการไหลจากขอบของกลุ่มน้ำเข้าสู่ตรงกลางกลุ่มน้ำและจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ตามทิศทางการไหลของแม่น้ำปิง ในการประเมินปริมาณน้ำที่เข้ามายังพื้นที่โคเมนทั้งหมด จะมีเพียงปริมาณฝนเท่านั้น เนื่องจากเป็นขอบเขตของกลุ่มน้ำปิงตอนบน ซึ่งไม่มีปริมาณน้ำไหลเข้าจากพื้นที่ข้างเคียง สำหรับในปี พ.ศ. 2543 มีปริมาณน้ำเข้ามาในพื้นที่ ในช่วงฤดูฝน 20,675.52 ล้านลูกบาศก์เมตร ช่วงฤดูแล้ง 3,216.23 ล้านลูกบาศก์เมตร รวมมีปริมาณน้ำเข้าทั้งปี 23,891.75 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณน้ำเข้าสู่หิ ในช่วงฤดูฝน 18,933.21 ล้านลูกบาศก์เมตร ช่วงฤดูแล้ง 11,882.47 ล้านลูกบาศก์เมตร รวมมีปริมาณน้ำไหลเข้าสู่หิทั้งปี 30,815.69 ล้านลูกบาศก์เมตร

2.1.2 ปริมาณน้ำทั้งหมดไปหรือสูญหายไปในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน จากผลการวิเคราะห์พบว่า ภายในลุ่มน้ำมีการใช้น้ำ ทั้งในกระบวนการของมนุษย์ และนอกกระบวนการรวมทั้งสิ้น 19,910.18 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งประกอบด้วย การคายระเหยของพืชในพื้นที่เกษตรกรรม 3,944.54 ล้านลูกบาศก์เมตร การใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภค 92.64 ล้านลูกบาศก์เมตร และการใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรมและการท่องเที่ยว 18.3475 ล้านลูกบาศก์เมตร การสูญเสียจากการคายระเหยของป่าไม้และการระเหยจากแหล่งน้ำ 15,532.25 ล้านลูกบาศก์เมตร

2.1.3 ปริมาณน้ำเก็บกัก ปริมาณน้ำเก็บกักในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนทั้งสิ้น -6,923.93 ล้านลูกบาศก์เมตร แยกออกเป็นปริมาณน้ำเก็บกักผิวดินฤดูฝน 3,443.75 ล้านลูกบาศก์เมตร ฤดูแล้ง -5,422.17 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำใต้ดินเก็บกักฤดูฝน -1,701.44 ล้านลูกบาศก์เมตร ฤดูแล้ง -4,945.51 ล้านลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 20 บัญชีน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

Items	ลุ่มน้ำปิงตอนบน (ล้าน ลบ.ม.)														Total
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ก.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	
Gross Inflow	1,660.29	5,028.80	3,208.54	1,873.67	3,275.62	4,234.86	3,054.03	30.59	209.34	123.29	0.00	1,192.71	20,675.52	3,216.23	23,891.75
Surface Inflow (SI)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sub-Surface Inflow (SS)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Precipitation (PP)	1,660.29	5,028.80	3,208.54	1,873.67	3,275.62	4,234.86	3,054.03	30.59	209.34	123.29	0.00	1,192.71	20,675.52	3,216.23	23,891.75
Net Inflow	1,997.58	3,189.06	2,972.54	2,630.48	3,265.39	3,700.35	3,175.39	2,892.28	1,811.12	1,759.70	1,711.80	1,710.00	18,933.21	11,882.47	30,815.69
Storage Change (DS)	-337.29	1,839.74	235.99	-756.81	10.23	534.52	-121.36	-	-	-	-	-517.28	1,742.31	-8,666.24	-6,923.93
Surface Storage Change	3.40	2,568.95	493.70	-595.35	501.73	703.92	-229.19	-1957.2	-1050.8	-1065.2	-1176.9	-175.44	3,443.75	-5,422.17	-1,978.42
Surface storage (Reservoirs)	-13.00	-26.00	-34.00	-45.00	-5.00	7.00	-12.00	-24.00	9.00	9.00	7.00	9.00	-115.00	-3.00	-118.00
Surface Storage Change (Natural Rivers & Ponds)	21.73	12.06	12.35	-17.67	16.22	17.20	26.82	-58.62	-13.08	-10.96	-5.06	2.05	66.98	-63.93	3.04
Soil Storage Change	-5.34	2,582.89	515.35	-532.68	490.51	679.72	-244.01	-1874.6	-1046.7	-1063.2	-1178.9	-186.50	3,491.78	-5,355.24	-1,863.47
Sub Surface Storage Change	-340.69	-729.21	-257.71	-161.46	-491.50	-169.40	107.82	-904.48	-550.95	-571.25	-534.86	-341.84	-1,701.44	-3,244.07	-4,945.51
Depleted Water	1,501.73	1,729.79	1,989.94	2,035.11	2,035.75	2,187.46	2,129.88	1,579.45	1,149.61	1,116.23	1,113.65	1,341.59	12,107.93	7,802.25	19,910.18
Process Water	250.61	303.34	488.67	499.42	527.27	518.20	468.58	322.94	138.24	140.18	167.60	230.47	2,805.49	1,250.02	4,055.52
Water uses intended by humans	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	46.32	46.32	92.64
Evapotranspiration by crops (ET)	241.36	294.09	479.42	490.17	518.02	508.96	459.33	313.69	128.99	130.93	158.35	221.22	2,750.00	1,194.53	3,944.54
Water uses from municipal and industrial (M&I)	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	9.1737	9.1737	18.3475
Beneficial Non-process Water	1,211.50	1,390.33	1,473.31	1,511.69	1,486.60	1,646.93	1,638.27	1,236.22	991.11	953.37	918.60	1,074.32	9,147.13	6,385.12	15,532.25
Low or Non-beneficial Non-process Water	39.61	36.11	27.96	24.00	21.88	22.32	23.03	20.29	20.27	22.68	27.45	36.81	155.30	167.11	322.41
Recharge	-2.23	-49.37	20.04	33.27	246.95	242.43	129.30	-22.55	-29.13	1.84	-8.85	10.60	622.624	-50.324	572.300
Pumping	2.750	3.624	3.835	3.844	9.765	9.152	11.257	10.906	12.512	12.375	10.601	7.270	41.477	56.414	97.891
Flows to sinks	1.00	1.91	1.65	2.68	1.13	1.42	1.03	0.06	0.00	0.05	0.00	1.06	9.83	2.17	11.99
Drain to River	0.476	1.053	2.757	3.509	3.700	4.800	14.951	5.842	3.601	3.001	2.019	2.139	30.770	17.077	47.848
Outflow	498.09	1,508.64	962.56	562.10	982.69	1,270.46	916.21	1,312.82	661.51	643.48	598.15	357.81	6,202.66	4,071.86	10,274.52
Surface Outflow	160.62	784.11	711.45	408.00	504.66	1,115.01	1,050.24	447.65	155.80	85.76	84.76	25.38	4,573.46	959.97	5,533.43
Sub-Surface Outflow	337.47	724.53	251.12	154.11	478.03	155.45	-134.03	865.18	505.71	557.72	513.39	332.43	1,629.20	3,111.89	4,741.09
Available Water	1,549.30	1,831.28	2,106.24	2,124.59	2,380.97	2,556.93	2,350.80	1,710.73	1,215.76	1,180.57	1,173.46	1,387.97	13,350.82	8,217.80	21,568.62
Uncommitted Outflow	483.14	1,463.38	933.68	545.24	953.21	1,232.34	888.72	1,273.44	641.66	624.17	580.21	347.08	6,016.58	3,949.70	9,966.28
Utilizable Outflow	49.81	150.86	96.26	56.21	98.27	127.05	91.62	131.28	66.15	64.35	59.82	35.78	620.27	407.19	1,027.45
Non-utilizable Outflow	433.34	1,312.52	837.43	489.03	854.94	1,105.30	797.10	1,142.16	575.51	559.82	520.39	311.30	5,396.31	3,542.52	8,938.83
Committed Outflow	14.94	45.26	28.88	16.86	29.48	38.11	27.49	39.38	19.85	19.30	17.94	10.73	186.08	122.16	308.24
% Downstream Maintain	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	1.80	1.80	3.60
Indicator															
Depleted Fraction of Gross Inflow (DF_{GI})	0.90	0.34	0.62	1.09	0.62	0.52	0.70	51.63	5.49	9.05	50.00	1.12	0.59	2.43	0.83
Depleted Fraction of Available Water (DF_{AW})	0.97	0.94	0.94	0.96	0.86	0.86	0.91	0.92	0.95	0.95	0.95	0.97	0.91	0.95	0.92
Process Fraction of Available Water (PF_{AW})	0.16	0.17	0.23	0.24	0.22	0.20	0.20	0.19	0.11	0.12	0.14	0.17	0.21	0.15	0.19
Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency	0.94	0.92	0.93	0.95	0.85	0.85	0.90	0.91	0.93	0.93	0.93	0.94	0.90	0.93	0.91

ตารางที่ 21 บัญชีน้ำในแต่ละโดเมนย่อย

Items	น้ำแม่จิด (603)			แม่น้ำปิงส่วนที่ 1 (602)			น้ำแม่แดง (604)			น้ำแม่ริ้ม (606)			น้ำแม่กวง (607)		
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
Gross Inflow	978.544	212.768	1,191.312	1,901.098	270.493	2,171.591	1,614.845	129.470	1,744.315	573.853	82.691	656.544	2,152.520	425.470	2,577.990
Surface Inflow	0.000	0.000	0.000	364.110	118.336	482.446	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sub-Surface Inflow	-4.112	-4.022	-8.134	-5.407	-5.291	-10.698	-3.574	-3.496	-7.070	-1.459	-1.422	-2.881	-3.543	-4.030	-7.573
Precipitation	982.655	216.790	1,199.446	1,542.395	157.447	1,699.843	1,618.419	132.966	1,751.385	575.312	84.113	659.425	2,156.063	429.500	2,585.563
Net Inflow	699.882	591.809	1,291.691	841.301	906.837	1,748.139	255.347	751.967	1,007.314	137.955	254.740	392.694	2,558.525	1,784.527	4,343.052
Storage Change (DS)	278.662	-379.040	-100.379	1,059.797	-636.345	423.452	1,359.498	-622.497	737.001	435.899	-172.049	263.850	-406.006	-1,359.1	-1,765.1
Surface Storage Change	-53.828	-328.719	-382.547	302.893	-503.515	-200.621	492.075	-469.639	22.436	163.922	-123.563	40.359	146.314	-617.717	-471.402
Surface storage (Reservoirs)	-98.000	7.000	-91.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-17.000	-10.000	-27.000
Surface Storage Change (Natural Rivers)	0.877	-0.781	0.096	1.612	-1.436	0.176	6.606	-6.757	-0.151	1.536	-1.565	-0.029	8.330	-8.488	-0.157
Soil Storage Change	43.296	-334.938	-291.642	301.281	-502.079	-200.797	485.469	-462.882	22.587	162.387	-121.998	40.388	154.984	-599.229	-444.245
Sub Surface Storage Change	13.258	-70.145	-56.887	-42.145	-132.830	-174.975	-184.105	-179.559	-363.664	-77.741	-64.452	-142.193	-661.453	-741.340	-1,402.8
Depleted Water	645.775	426.398	1,072.173	966.519	572.915	1,539.434	738.049	509.197	1,247.247	241.279	170.239	411.518	1,604.564	915.257	2,519.821
Process Water	163.996	74.471	238.467	218.893	133.941	352.833	214.129	115.103	329.232	40.091	31.806	71.896	601.043	230.168	831.211
Water uses intended by humans	1.169	1.169	2.337	2.460	2.460	4.920	0.952	0.952	1.903	0.974	0.974	1.947	11.608	11.608	23.216
Evapotranspiration by crops (ET)	162.826	73.301	236.127	216.409	131.457	347.865	213.173	114.148	327.321	39.108	30.823	69.930	585.684	214.809	800.493
Water uses from municipal and	0.002	0.002	0.003	0.024	0.024	0.048	0.004	0.004	0.008	0.010	0.010	0.019	3.751	3.751	7.502
Beneficial Non-process Water	473.341	342.848	816.188	747.131	438.441	1,185.572	493.005	360.829	853.834	201.189	138.433	339.621	985.760	665.978	1,651.737
Low or Non-beneficial Non-process	8.438	9.080	17.518	0.495	0.533	1.029	30.916	33.265	64.180	0.000	0.000	0.000	17.761	19.111	36.872
Recharge	27.688	2.422	30.110	103.501	15.209	118.710	84.372	11.778	96.150	67.803	0.287	68.090	71.635	12.685	84.320
Pumping	1.090	1.647	2.737	0.301	0.442	0.743	0.196	0.299	0.495	0.095	0.127	0.221	9.126	10.329	19.455
Flows to sinks	9.827	2.168	11.994	9.827	2.168	11.994	9.827	2.168	11.994	9.827	2.168	11.994	9.827	2.168	11.994
Drain to River	0.000	0.000	0.000	0.251	0.548	0.799	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.250	0.382	0.631
Outflow	362.510	187.370	549.880	570.329	333.923	904.252	484.453	271.696	756.149	187.383	100.762	288.145	1,043.195	869.270	1,912.465
Surface Outflow	364.110	118.336	482.446	534.144	192.165	726.309	304.119	81.929	386.048	102.403	37.277	139.679	342.925	129.986	472.911
Sub-Surface Outflow	-1.600	69.034	67.434	36.185	141.758	177.943	180.334	189.767	370.101	84.981	63.485	148.466	700.270	739.284	1,439.554
Available Water	692.854	442.999	1,135.853	1,127.053	606.307	1,733.360	870.867	534.142	1,405.009	319.027	180.020	499.047	1,728.782	1,002.184	2,730.966
Uncommitted Outflow	351.635	181.749	533.384	553.220	323.905	877.125	469.920	263.545	733.465	181.762	97.739	279.501	1,011.899	843.192	1,855.091
Utilizable Outflow	36.251	18.737	54.988	57.033	33.392	90.425	48.445	27.170	75.615	18.738	10.076	28.814	104.320	86.927	191.246
Non-utilizable Outflow	315.384	163.012	478.396	496.187	290.513	786.699	421.475	236.376	657.850	163.023	87.663	250.686	907.580	756.265	1,663.844
Committed Outflow	10.875	5.621	16.496	17.110	10.018	27.128	14.534	8.151	22.684	5.621	3.023	8.644	31.296	26.078	57.374
% Downstream Maintain	1.800	1.800	3.600	1.800	1.800	3.600	1.800	1.800	3.600	1.800	1.800	3.600	1.800	1.800	3.600
Indicator															
Depleted Fraction of Gross Inflow (DF_{GI})	0.66	2.00	0.90	0.51	2.12	0.71	0.46	3.93	0.72	0.42	2.06	0.63	0.75	2.15	0.98
Depleted Fraction of Available Water	0.93	0.96	0.94	0.86	0.94	0.89	0.85	0.95	0.89	0.76	0.95	0.82	0.93	0.91	0.92
Process Fraction of Available Water (PF_{AW})	0.24	0.17	0.21	0.19	0.22	0.20	0.25	0.22	0.23	0.13	0.18	0.14	0.35	0.23	0.30
Beneficial Utilization of Available Water or Basin	0.92	0.94	0.93	0.86	0.94	0.89	0.81	0.89	0.84	0.76	0.95	0.82	0.92	0.89	0.91

ตารางที่ 21 (ต่อ)

Items	น้ำมาขาน (608)			แม่น้ำปิงส่วนที่ 2 (605)			น้ำแม่สี (609)			แม่เจ็มนอนบน (612)			แม่เจ็มนอนล่าง (613)		
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
Gross Inflow	1,741.366	212.750	1,954.116	2,855.010	754.710	3,609.720	1,474.183	286.730	1,760.913	1,935.695	104.718	2,040.414	2,472.304	229.329	2,701.632
Surface Inflow	0.000	0.000	0.000	1,644.828	533.292	2,178.119	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	671.360	95.554	766.915
Sub-Surface Inflow	-8.691	-8.386	-17.077	-2.300	-2.804	-5.105	-6.899	-6.924	-13.823	-0.887	-0.868	-1.755	-0.870	-0.853	-1.723
Precipitation	1,750.057	221.136	1,971.193	1,212.482	224.223	1,436.705	1,481.082	293.654	1,774.736	1,936.582	105.587	2,042.169	1,801.814	134.627	1,936.441
Net Inflow	281.088	639.223	920.312	2,642.947	973.681	3,616.628	1,853.289	1,474.936	3,328.226	785.425	629.175	1,414.600	1,314.349	849.988	2,164.336
Storage Change (DS)	1,460.278	-426.474	1,033.804	212.062	-218.971	-6.908	-379.106	-	-	1,150.271	-524.456	625.814	1,157.955	-620.659	537.296
Surface Storage Change	584.417	-313.337	271.079	-65.814	-101.257	-167.071	-3.850	-530.559	-534.409	621.390	-453.668	167.723	638.769	-551.167	87.601
Surface storage (Reservoirs)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
Surface Storage Change (Natural Rivers)	5.309	-5.409	-0.100	11.197	-11.408	-0.211	4.814	-4.905	-0.091	4.969	-5.051	-0.081	4.657	-4.734	-0.076
Soil Storage Change	579.108	-307.928	271.180	-77.011	-89.849	-166.860	-8.664	-525.654	-534.319	616.421	-448.617	167.804	634.111	-546.434	87.678
Sub Surface Storage Change	-183.176	-182.897	-366.073	277.877	-186.138	91.738	-446.031	-657.647	-	-1.487	-90.855	-92.342	65.544	-89.926	-24.382
Depleted Water	759.326	496.147	1,255.473	793.448	417.554	1,211.003	1,156.042	713.291	1,869.334	666.100	457.812	1,123.912	907.392	630.685	1,538.077
Process Water	159.516	68.425	227.941	447.243	182.285	629.528	307.033	130.671	437.704	57.711	17.445	75.156	89.572	31.658	121.230
Water uses intended by humans	1.862	1.862	3.724	3.313	3.313	6.625	18.900	18.900	37.799	0.825	0.825	1.651	0.825	0.825	1.651
Evapotranspiration by crops (ET)	152.477	61.386	213.863	443.918	178.960	622.878	288.121	111.760	399.881	56.874	16.608	73.482	88.597	30.682	119.280
Water uses from municipal and	5.177	5.177	10.354	0.012	0.012	0.024	0.012	0.012	0.024	0.012	0.012	0.023	0.150	0.150	0.300
Beneficial Non-process Water	599.419	427.301	1,026.720	339.597	228.159	567.757	846.162	579.556	1,425.717	608.280	440.249	1,048.529	816.966	598.110	1,415.076
Low or Non-beneficial Non-process	0.391	0.421	0.813	6.608	7.110	13.718	2.848	3.064	5.912	0.110	0.118	0.227	0.853	0.918	1.771
Recharge	58.390	-41.440	16.950	60.883	8.577	69.460	48.228	23.332	71.560	-22.269	5.889	-16.380	-22.269	5.889	-16.380
Pumping	13.312	12.170	25.482	3.660	11.644	15.304	9.965	14.894	24.860	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Flows to sinks	9.827	2.168	11.994	9.827	2.168	11.994	9.827	2.168	11.994	9.827	2.168	11.994	9.827	2.168	11.994
Drain to River	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	10.471	1.610	12.082	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Outflow	522.410	223.122	745.532	1,849.499	623.702	2,473.200	764.705	761.645	1,526.350	653.927	192.540	846.467	864.834	240.847	1,105.681
Surface Outflow	361.237	91.935	453.172	2,072.453	444.284	2,516.737	301.097	104.095	405.193	671.360	95.554	766.915	949.282	144.775	1,094.057
Sub-Surface Outflow	161.173	131.187	292.360	-222.954	179.418	-43.536	463.607	657.550	1,121.157	-17.434	96.986	79.552	-84.448	96.072	11.624
Available Water	869.957	508.174	1,378.131	978.398	480.774	1,459.172	1,235.83	789.46	2,025.29	727.258	475.955	1,203.213	989.640	653.659	1,643.300
Uncommitted Outflow	506.738	216.428	723.166	1,794.014	604.991	2,399.004	741.763	738.796	1,480.559	634.309	186.764	821.073	838.889	233.622	1,072.511
Utilizable Outflow	52.241	22.312	74.553	184.950	62.370	247.320	76.470	76.165	152.635	65.393	19.254	84.647	86.483	24.085	110.568
Non-utilizable Outflow	454.497	194.116	648.613	1,609.064	542.621	2,151.684	665.293	662.631	1,327.924	568.916	167.510	736.426	752.406	209.537	961.943
Committed Outflow	15.672	6.694	22.366	55.485	18.711	74.196	22.941	22.849	45.790	19.618	5.776	25.394	25.945	7.225	33.170
% Downstream Maintain	1.800	1.800	3.600	1.800	1.800	3.600	1.800	1.800	3.600	1.800	1.800	3.600	1.800	1.800	3.600
Indicator															
Depleted Fraction of Gross Inflow (DF _{GI})	0.44	2.33	0.64	0.28	0.55	0.34	0.78	2.49	1.06	0.34	4.37	0.55	0.37	2.75	0.57
Depleted Fraction of Available Water	0.87	0.98	0.91	0.81	0.87	0.83	0.94	0.90	0.92	0.92	0.96	0.93	0.92	0.96	0.94
Process Fraction of Available Water (PF _{AW})	0.18	0.13	0.17	0.46	0.38	0.43	0.25	0.17	0.22	0.08	0.04	0.06	0.09	0.05	0.07
Beneficial Utilization of Available Water or															

ตารางที่ 21 (ต่อ)

Items	น้ำแม่กลาง (610)			น้ำแม่หาด (614)			น้ำแม่ตื่น (615)			แม่น้ำปิงส่วนที่ 3 (611)		
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
Gross Inflow	477.098	88.463	565.561	318.738	61.035	379.773	2,505.14	564.322	3,069.46	7,105.90	1,566.19	8,672.10
Surface Inflow	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4,800.63	1,075.05	5,875.68
Sub-Surface Inflow	-2.436	-2.375	-4.811	-2.734	-1.567	-4.302	-6.519	-6.580	-13.099	-0.717	-0.702	-1.418
Precipitation	479.534	90.838	570.372	321.472	62.602	384.075	2,511.66	570.902	3,082.56	2,305.99	491.845	2,797.83
Net Inflow	406.731	283.296	690.027	415.359	359.264	774.623	1,874.14	1,252.59	3,126.73	6,218.42	2,581.45	8,799.88
Storage Change (DS)	70.367	-194.833	-124.466	-96.621	-298.229	-394.850	630.999	-688.271	-57.271	887.480	-	-127.779
Surface Storage Change	-100.097	-148.384	-248.481	-179.236	-180.152	-359.388	77.808	-576.480	-498.672	827.320	-536.435	290.884
Surface storage (Reservoirs)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Surface Storage Change (Natural Rivers & Ponds)	1.854	-1.884	-0.030	1.036	-1.053	-0.017	6.269	-6.372	-0.103	16.241	-16.507	-0.266
Soil Storage Change	-101.951	-146.500	-248.451	-180.273	-179.098	-359.371	71.539	-570.108	-498.569	811.079	-519.928	291.151
Sub Surface Storage Change	94.294	-65.767	28.527	16.213	-118.078	-101.865	65.168	-265.132	-199.964	60.161	-489.361	-429.201
Depleted Water	268.959	182.198	451.157	281.081	183.165	464.246	1,429.21	1,000.09	2,429.30	1,651.35	1,128.46	2,779.81
Process Water	60.997	37.240	98.237	61.029	28.241	89.270	126.117	35.838	161.955	259.293	133.903	393.196
Water uses intended by humans	0.818	0.818	1.636	0.439	0.439	0.877	1.217	1.217	2.434	2.128	2.128	4.255
Evapotranspiration by crops (ET)	60.172	36.414	96.585	60.591	27.802	88.393	124.888	34.608	159.496	257.166	131.776	388.941
Water uses from municipal and industrial (M&I)	0.008	0.008	0.016	0.000	0.000	0.001	0.013	0.013	0.026	0.000	0.000	0.000
Beneficial Non-process Water	207.704	144.681	352.385	216.190	150.770	366.960	1,292.81	953.192	2,246.01	1,319.57	916.574	2,236.14
Low or Non-beneficial Non-process Water	0.258	0.277	0.535	3.862	4.155	8.016	10.282	11.063	21.344	72.483	77.992	150.475
Recharge	31.887	-8.017	23.870	17.173	3.057	20.230	31.609	-93.639	-62.030	63.992	3.648	67.640
Pumping	0.195	0.433	0.628	0.232	0.336	0.567	3.304	4.093	7.397	0.000	0.000	0.000
Flows to sinks	9.827	2.168	11.994	9.827	2.168	11.994	9.827	2.168	11.994	23.060	4.918	27.978
Drain to River	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	19.798	14.538	34.336	0.000	0.000	0.000
Outflow	205.978	118.824	324.802	197.012	176.099	373.111	881.115	400.081	1,281.19	4,567.07	1,463.48	6,030.55
Surface Outflow	278.981	65.473	344.454	202.686	56.867	259.554	996.130	259.559	1,255.69	4,563.96	971.218	5,535.18
Sub-Surface Outflow	-73.002	53.351	-19.651	-5.674	119.232	113.557	-115.016	140.522	25.506	3.115	492.264	495.378
Available Water	297.52	195.67	493.19	304.45	200.78	505.23	1,569.16	1,045.86	2,615.02	2,108.06	1,274.86	3,382.92
Uncommitted Outflow	199.799	115.260	315.058	191.102	170.816	361.918	854.681	388.079	1,242.76	4,430.06	1,419.57	5,849.64
Utilizable Outflow	20.598	11.882	32.480	19.701	17.610	37.311	88.111	40.008	128.120	456.708	146.348	603.056
Non-utilizable Outflow	179.201	103.377	282.578	171.400	153.206	324.607	766.570	348.071	1,114.64	3,973.35	1,273.22	5,246.58
Committed Outflow	6.179	3.565	9.744	5.910	5.283	11.193	26.433	12.002	38.436	137.012	43.904	180.917
% Downstream Maintain	1.800	1.800	3.600	1.800	1.800	3.600	1.800	1.800	3.600	1.800	1.800	3.600
Indicator												
Depleted Fraction of Gross Inflow (DF_{GI})	0.56	2.06	0.80	0.88	3.00	1.22	0.57	1.77	0.79	0.23	0.72	0.32
Depleted Fraction of Available Water (DF_{AW})	0.90	0.93	0.91	0.92	0.91	0.92	0.91	0.96	0.93	0.78	0.89	0.82
Process Fraction of Available Water (PF_{AW})	0.21	0.19	0.20	0.20	0.14	0.18	0.08	0.03	0.06	0.12	0.11	0.12
Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency (BU)	0.90	0.93	0.91	0.91	0.89	0.90	0.90	0.95	0.92	0.75	0.82	0.78

2.1.4 ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่ จากผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณน้ำที่ไหลออกทั้งหมด 10,274.52 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 49 ของปริมาณน้ำเข้า ซึ่งประกอบด้วยปริมาณน้ำท่าผิวดินที่ไหลออกจากพื้นที่ 5,533.43 ล้านลูกบาศก์เมตร แบ่งเป็นฤดูฝน 4,573.46 ล้านลูกบาศก์เมตร ฤดูแล้ง 959.97 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลออกจากพื้นที่ 4,741.09 ล้านลูกบาศก์เมตร แบ่งเป็นฤดูฝน 1,629.20 ล้านลูกบาศก์เมตร ฤดูแล้ง 3,111.89 ล้านลูกบาศก์เมตร

2.2 ดัชนีบัญชีน้ำ

จากการวิเคราะห์บัญชีน้ำ ได้ดัชนีบัญชีน้ำซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการประเมินสถานการณ์ของกลุ่มน้ำในการศึกษานี้ทำการพิจารณา ดัชนีบัญชีน้ำทั้งหมด 4 ดัชนี มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 อัตราส่วนของปริมาณน้ำทั้งหมดไปเทียบกับปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมด (DF_{GI}) จากการวิเคราะห์บัญชีน้ำ พบว่า DF_{GI} ในช่วงฤดูฝนมีค่า 0.59 และในช่วงฤดูแล้งมีค่า 2.43 เนื่องจากในช่วงฤดูฝน ปริมาณน้ำไหลเข้ามีมากกว่าการใช้ น้ำ ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้ำไหลเข้าในพื้นที่ไม่เพียงพอกับการใช้น้ำ

2.2.2 อัตราส่วนปริมาณน้ำทั้งหมดไปเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ (DF_{AW}) เป็นดัชนีที่แสดงถึงความสามารถในการใช้น้ำของพื้นที่ ซึ่งจะถูกนำไปใช้ทั้งในกระบวนการฯ และนอกกระบวนการแล้วหายไปจากพื้นที่ที่พิจารณา จากผลการวิเคราะห์พบว่า มีค่า DF_{AW} ประมาณ 0.92 แสดงว่าปริมาณน้ำทั้งหมดไปคิดเป็นร้อยละ 92 ของปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ แสดงให้เห็นว่ามีการใช้น้ำในพื้นที่เกือบเต็มประสิทธิภาพ และยังมีปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้เหลืออยู่ประมาณร้อยละ 8

2.2.3 อัตราส่วนการใช้น้ำในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ (PF_{AW}) เป็นดัชนีแสดงปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ซึ่งถูกนำไปใช้ในกระบวนการใช้น้ำของมนุษย์ จากการวิเคราะห์พบว่า มีค่า PF_{AW} ประมาณร้อยละ 19 ของปริมาณน้ำที่ใช้งานได้ เมื่อเทียบกับค่า DF_{AW} ในพื้นที่เดียวกัน จะได้ว่า PF_{AW} มีค่าน้อยกว่า DF_{AW} อยู่ประมาณร้อยละ 73 ทั้งนี้ เนื่องมาจากการใช้น้ำนอกกระบวนการมีปริมาณมาก โดยเฉพาะพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาที่อยู่บริเวณขอบของพื้นที่ลุ่มน้ำปึงตอนบน จะมีการสูญเสียจากการใช้น้ำนอกกระบวนการมาก โดยมีค่า PF_{AW} ต่ำประมาณ 0.06 – 0.43 เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้

2.2.4 อัตราส่วนปริมาณน้ำที่เกิดประโยชน์เทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ หรือประสิทธิภาพของกลุ่มน้ำ (BU) เป็นดัชนีแสดงปริมาณของปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ ซึ่งระเหยหรือหายไปจากพื้นที่ทั้งในกระบวนการ และการใช้น้ำนอกกระบวนการที่เกิดประโยชน์ จากผลการวิเคราะห์ปัญหานี้ พบว่า BU มีค่า 0.91 นั่นคือ สามารถนำน้ำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ถึงร้อยละ 91 ของปริมาณน้ำที่ใช้งานได้ แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำในกลุ่มน้ำเป็นไปอย่างเต็มประสิทธิภาพ โดยการสร้างแหล่งเก็บกักน้ำไว้ใช้ในพื้นที่หรือส่งให้กับพื้นที่ที่อยู่ทางด้านท้ายน้ำได้แก่พื้นที่ในภาคกลาง

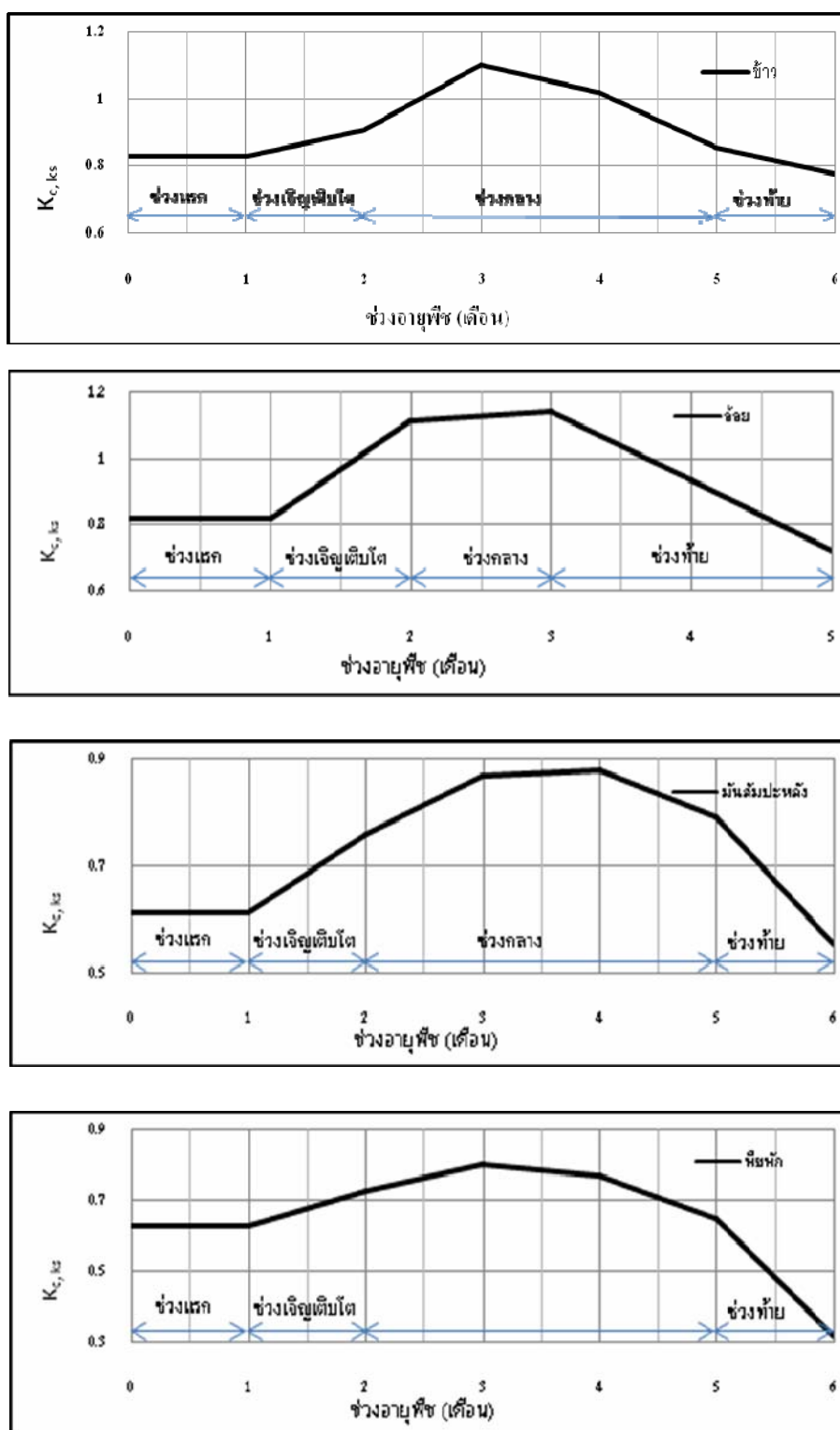
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

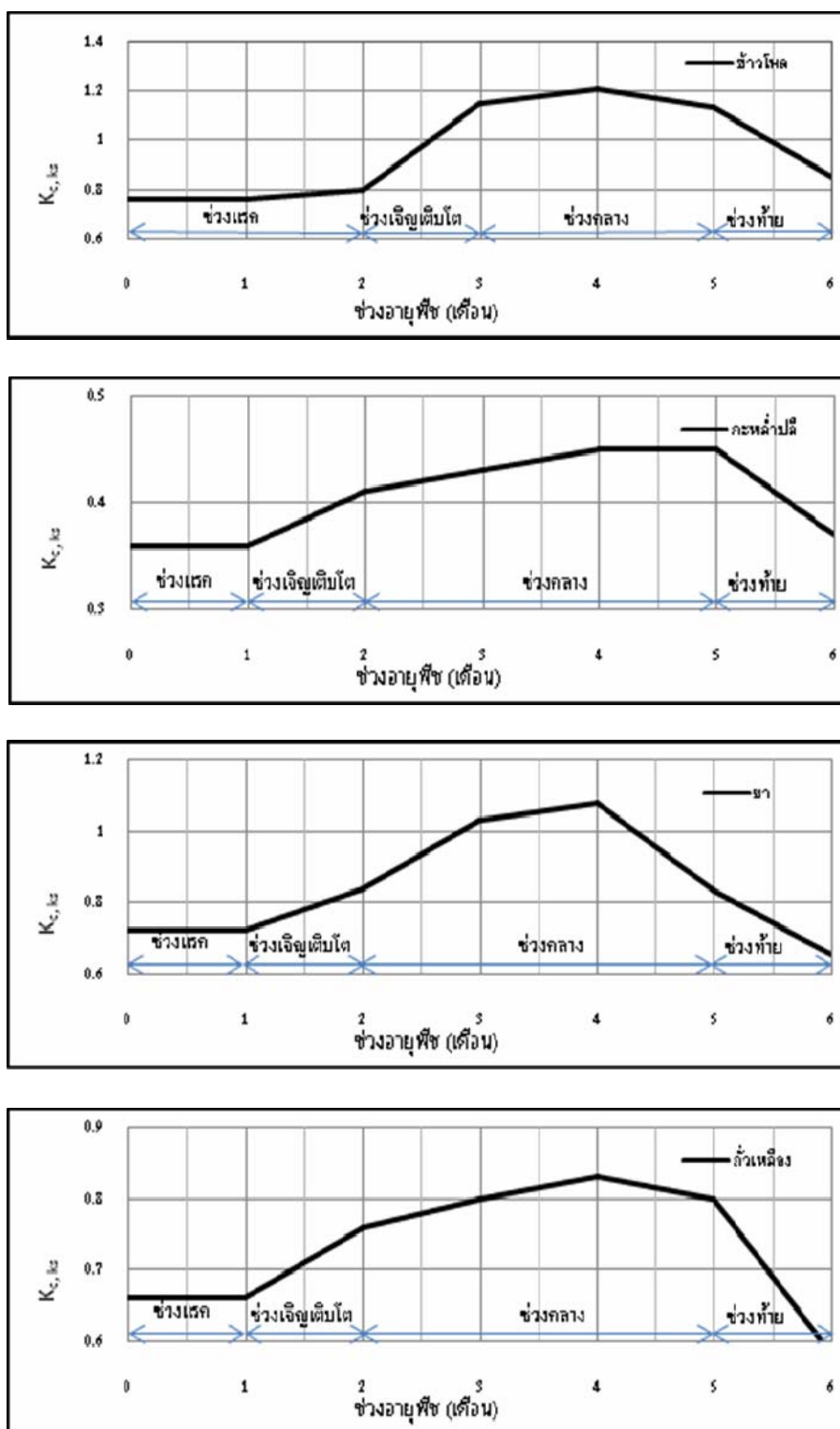
การวิเคราะห์ปัญหาน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยประเมินองค์ประกอบของปัญหาน้ำทั้งบนผิวดินและใต้ดินเพื่อจำลองสภาพอุทกวิทยาของปี พ.ศ. 2543 เป็นรายเดือน โดยการพัฒนาแบบจำลองการวิเคราะห์ปัญหาน้ำด้วย Macro Excel สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. การพัฒนาแบบจำลองการวิเคราะห์ปัญหาน้ำด้วย Macro Excel มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อช่วยจัดเก็บแผ่นงานต่าง ๆ ในการคำนวณทุกขั้นตอนของปัญหาน้ำ ที่มีความละเอียดซับซ้อน และต้องใช้พื้นที่ในการคำนวณอย่างมาก ให้เป็นระเบียบ ง่าย สะดวก และรวดเร็วขึ้น ไม่ทำให้เกิดความสับสนแก่ผู้ใช้งาน โดยมีรายละเอียดการคำนวณองค์ประกอบของปัญหาน้ำได้แก่ ปริมาณน้ำไหลเข้า ปริมาณน้ำที่ถูกเก็บกักไว้ในพื้นที่ ปริมาณน้ำที่ถูกใช้ไปในกระบวนการและนอกกระบวนการของมนุษย์ เช่น การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การท่องเที่ยว การคายระเหยของพืช ป่าไม้ พื้นที่อยู่อาศัยและแหล่งน้ำต่างๆ รวมทั้งปริมาณน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง จึงต้องทำการเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นรายเดือน จากการเปรียบเทียบพบว่า ปริมาณน้ำทำที่ไหลออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนในแต่ละเดือนจากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณน้ำที่วัดจริงจากสถานีวัดน้ำทำที่เลือกมาทำการเปรียบเทียบ โดยสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองการวิเคราะห์ปัญหาน้ำและการประเมินค่า $K_{c, ks}$ ของป่าไม้และพืชชนิดต่าง ๆ ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง สามารถนำไปใช้วิเคราะห์ปัญหาน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำอื่นๆ ต่อไปได้ จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง สามารถสรุปค่าสัมประสิทธิ์พืชได้ใน 2 ลักษณะคือ พืชที่ปลูกตามฤดูกาล และพืชที่ปลูกตลอดทั้งปีหรือไม้ยืนต้นดังรายละเอียดต่อไปนี้

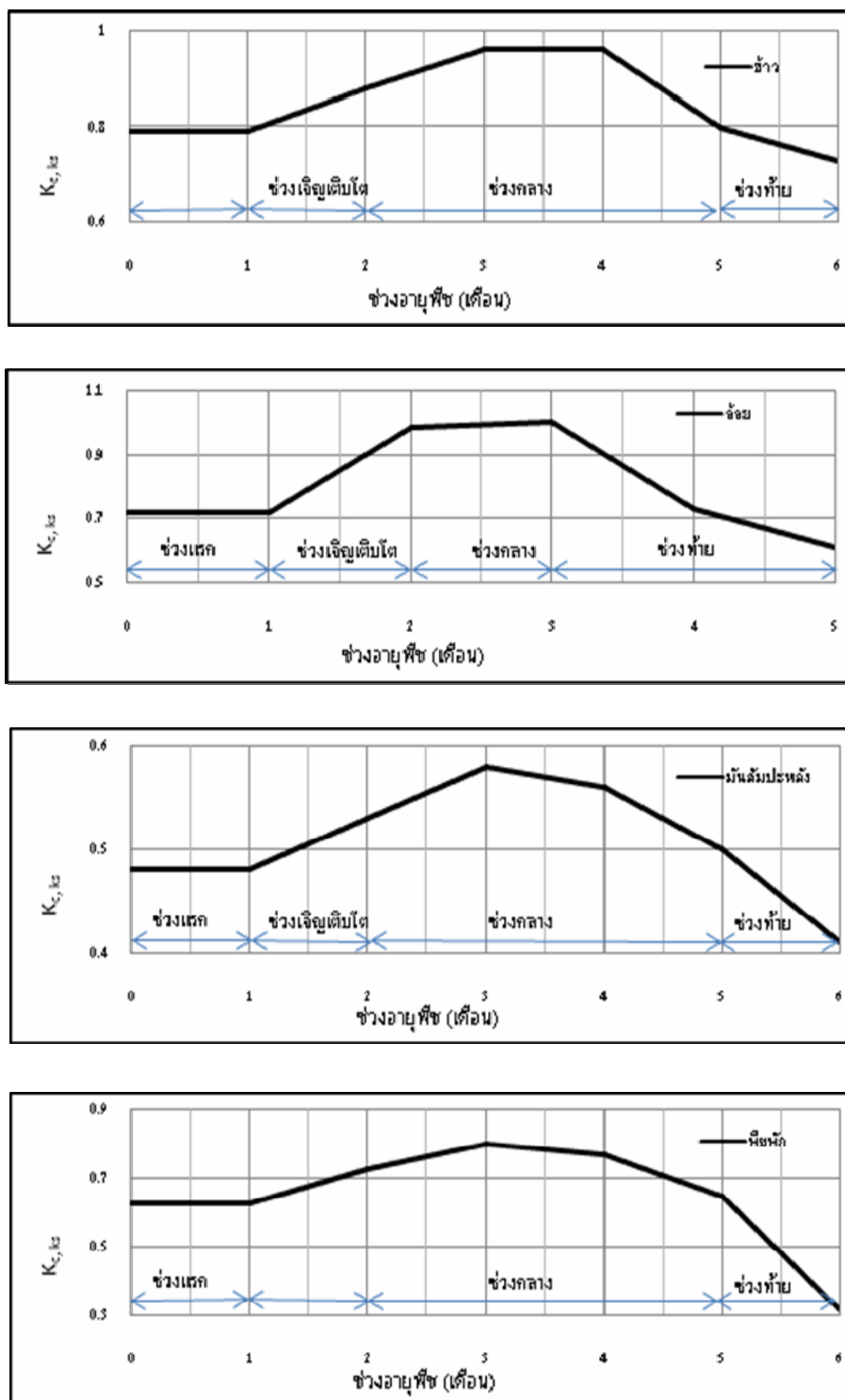
1.1 พืชที่ปลูกตามฤดูกาลเป็นพืชอายุสั้น ส่วนใหญ่จะเป็นพืชไร่และพืชผักสวนครัว มักจะปลูกพร้อมกัน เจริญเติบโตพร้อมกัน และตายพร้อมกัน ในพื้นที่เดียวกันพืชจึงมีอายุเท่าๆ กัน ค่าสัมประสิทธิ์พืชที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง จึงมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างสัมประสิทธิ์พืชตามอายุพืชกับสัมประสิทธิ์ลดค่าการคายระเหยเมื่อเกิดความเครียดของน้ำในดิน $K_c \times K_s (K_{c, ks})$ และสามารถสรุปได้ว่า อ้อย ข้าวโพด ข้าว และ ชา มีค่า $K_{c, ks}$ สูงที่สุด แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของพืชไร่ ($K_{c, ks}$) ตามอายุพืช ด้วยวิธี Penman Monteith ของฤดูฝนและฤดูแล้ง ดังภาพที่ 26 และภาพที่ 27 ตามลำดับ



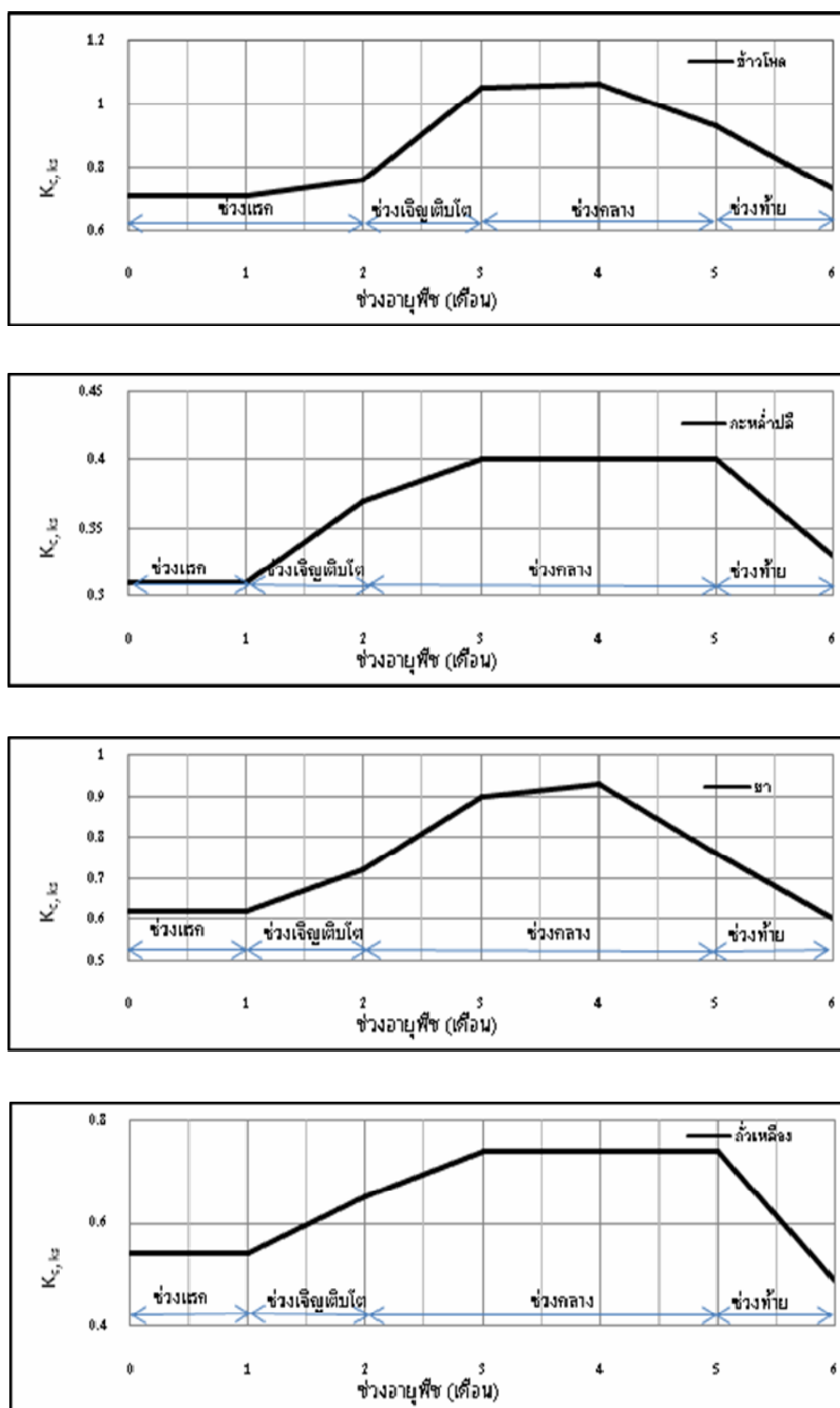
ภาพที่ 26 ค่า $K_{c, ks}$ ตามอายุพืช ของพืชไร่ที่ปลูกในฤดูฝน



ภาพที่ 26 (ต่อ)



ภาพที่ 27 ค่า $K_{c, ks}$ ตามอายุพืช ของพืชไร่ที่ปลูกในฤดูแล้ง

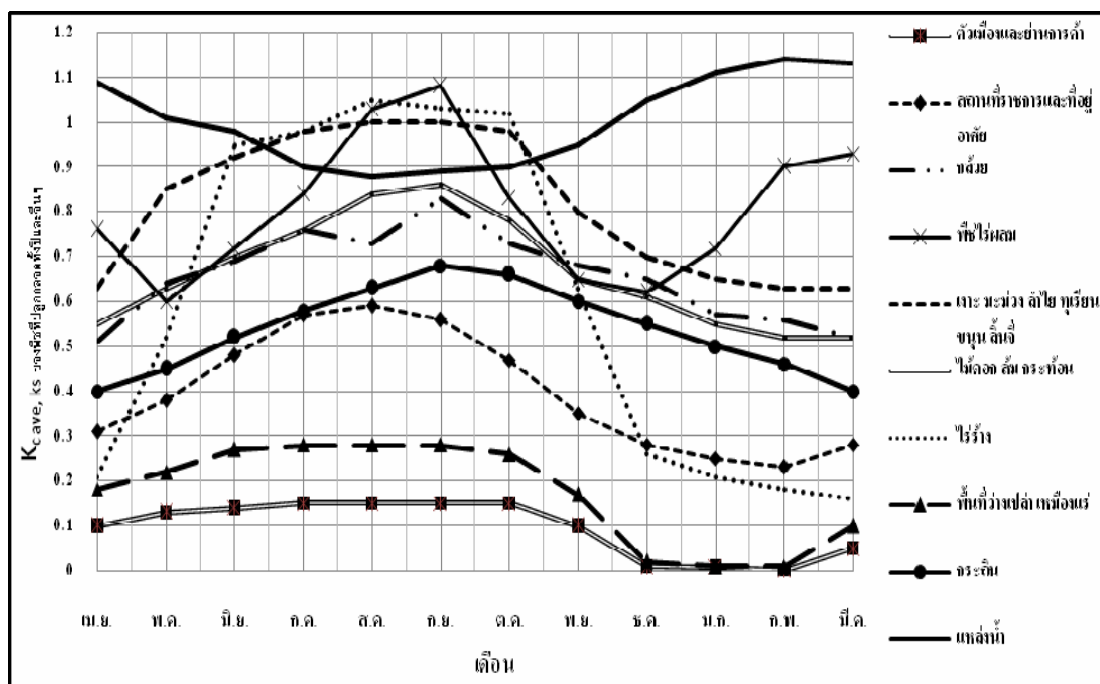


ภาพที่ 27 (ต่อ)

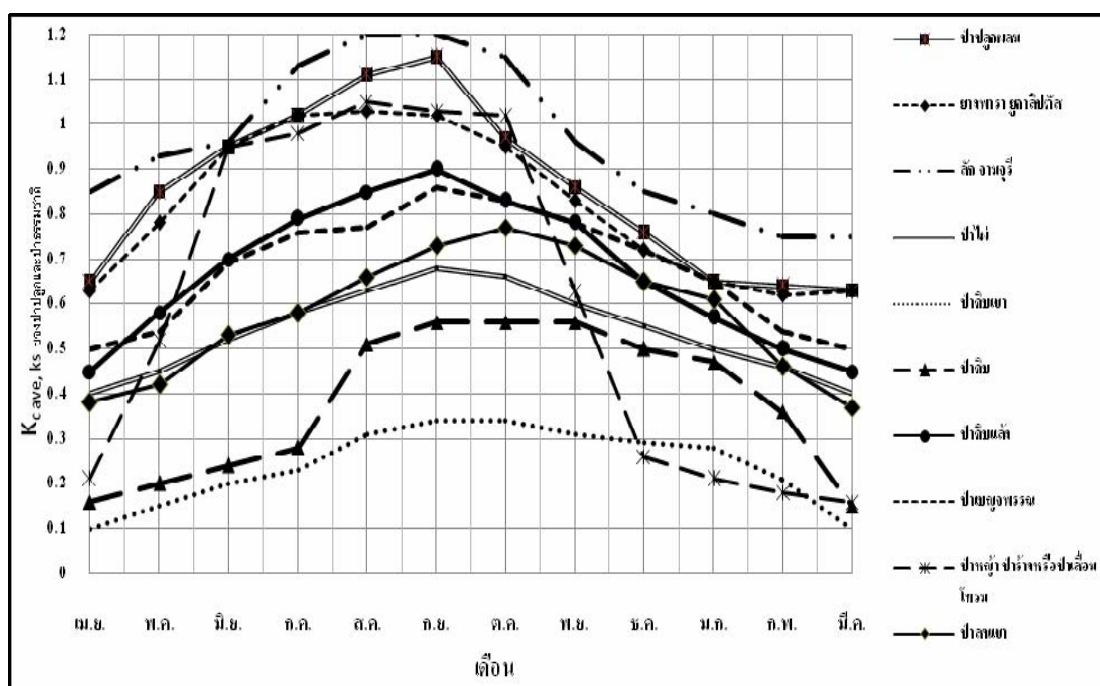
1.2 พืชที่ปลูกตลอดทั้งปีหรือไม่ขึ้นต้น ในพื้นที่เดียวกันมักจะมีพืชที่มีอายุแตกต่างกัน ปลูกปะปนกันหรือขึ้นปะปนกัน ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลองจึงมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างสัมประสิทธิ์พืชเฉลี่ยกับสัมประสิทธิ์เมื่อดินเกิดความเครียด ($K_{c \text{ ave.}} \times K_s, K_{c \text{ ave.}, ks}$) แบ่งเป็นพืชสวนและป่าไม้ชนิดต่างๆ จากการเปรียบเทียบแบบจำลองพบว่าป่าธรรมชาติมีค่า $K_{c \text{ ave.}, ks}$ น้อยกว่าป่าปลูกมากเพราะมักจะเกิดในที่สูงและมีความชื้นสูง ป่าที่มีค่า $K_{c \text{ ave.}, ks}$ ต่ำที่สุดคือป่าดิบเขาและป่าดิบ โดยแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของพืชสวนและป่าไม้ ($K_{c \text{ ave.}, ks}$) ด้วยวิธี Penman Monteith ดังภาพที่ 28 และภาพที่ 29 ตามลำดับ

2. ผลการวิเคราะห์ห้วยชันน้ำปี พ.ศ. 2543 แสดงรายละเอียดผลการวิเคราะห์ห้วยชันน้ำของโดเมนย่อยไว้ในตารางที่ 22 และภาพที่ 30 ถึง ภาพที่ 32 โดยสามารถสรุปองค์ประกอบหลักของการวิเคราะห์ห้วยชันน้ำ ในพื้นที่ลุ่มน้ำปึงตอนบนได้ดังนี้ ปริมาณน้ำฝน 23,891.75 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำไหลเข้าสู่สุทธิ 30,815.69 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการของมนุษย์ 4,055.52 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 17 ของปริมาณฝน ปริมาณน้ำใช้นอกกระบวนการของมนุษย์ 15,854.66 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 66 ของปริมาณฝน ปริมาณน้ำเก็บกักในพื้นที่ลุ่มน้ำ -6,923.93 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำ 10,274.52 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 43 ของปริมาณฝน

3. ในการวิเคราะห์ห้วยชันน้ำ มีตรรกะที่ชี้ให้เห็นถึงสถานการณ์น้ำที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำอยู่ 4 ชนิดด้วยกันคือ อัตราส่วนปริมาณน้ำที่หมดไปเทียบกับปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด (DF_{GI}) พบว่าในช่วงฤดูฝนมีค่า 0.59 ในช่วงฤดูแล้งมีค่า 2.43 อัตราส่วนปริมาณน้ำที่หมดไปเทียบกับปริมาณน้ำที่ใช้งานได้ (DF_{AW}) พบว่าในช่วงฤดูฝนมีค่า 0.91 ในช่วงฤดูแล้งมีค่า 0.95 อัตราส่วนการใช้น้ำในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้ (PF_{AW}) ในช่วงฤดูฝนมีค่า 0.21 ในช่วงฤดูแล้งมีค่า 0.15 และอัตราส่วนปริมาณน้ำที่เกิดประโยชน์เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ หรือประสิทธิภาพของลุ่มน้ำ (BU) ในช่วงฤดูฝนมีค่า 0.90 ในช่วงฤดูแล้งมีค่า 0.93 จากค่าดัชนี BU แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำในพื้นที่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ คือ สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ประมาณร้อยละ 90 - 93 ของปริมาณน้ำทั้งหมดที่สามารถใช้งานได้ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่า PF_{AW} พบว่า BU มีค่ามากกว่า PF_{AW} ร้อยละ 70 นั่นคือ ปริมาณน้ำที่หมดไปเนื่องจากการใช้น้ำนอกกระบวนการ มีค่าสูงมาก ทั้งนี้เนื่องจากในพื้นที่ลุ่มน้ำปึงตอนบนมีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ และได้แสดงรายละเอียดตรรกะห้วยชันน้ำของโดเมนย่อยดังตารางที่ 23



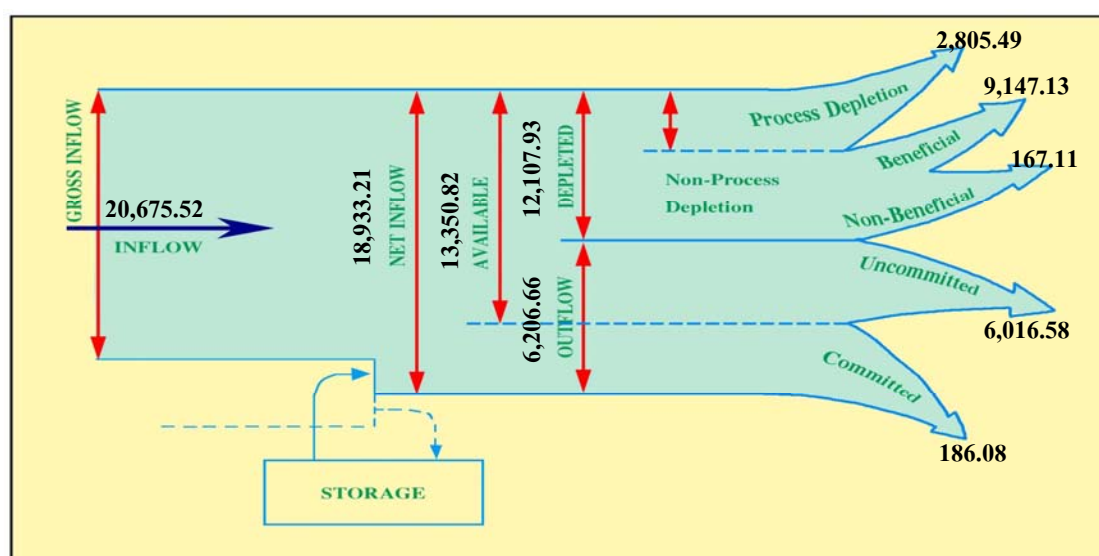
ภาพที่ 28 ค่า $K_{c\text{ ave.}, ks}$ ของพืชสวนและไม้ยืนต้นที่ปลูกตลอดทั้งปี



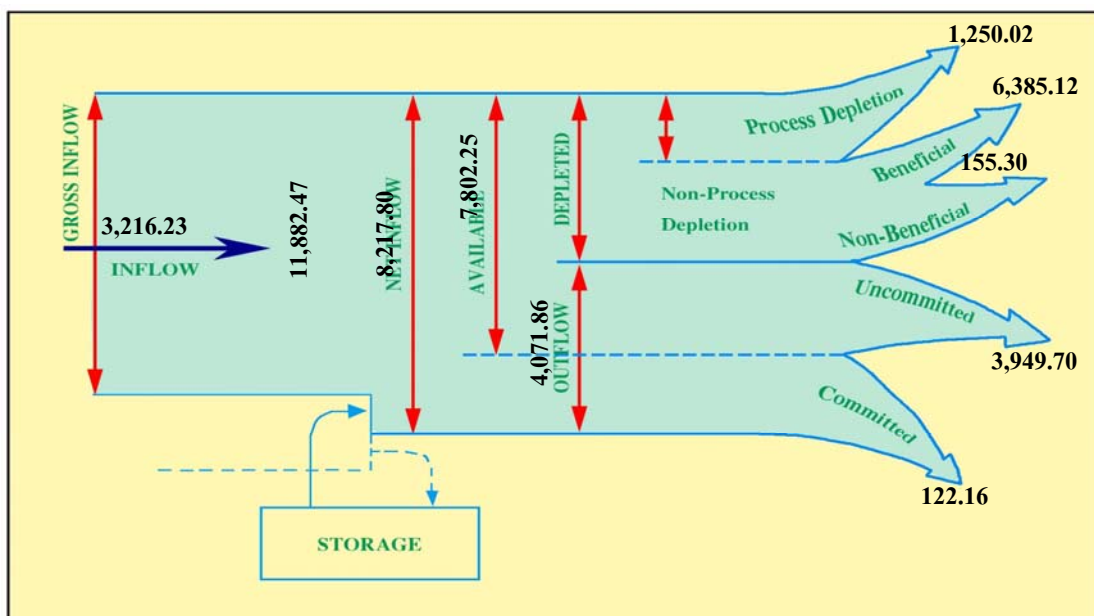
ภาพที่ 29 ค่า $K_{c\text{ ave.}, ks}$ ของป่าปลูกและป่าไม้ชนิดต่างๆ

ตารางที่ 22 สรุปผลการประเมินองค์ประกอบของบัญชีน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

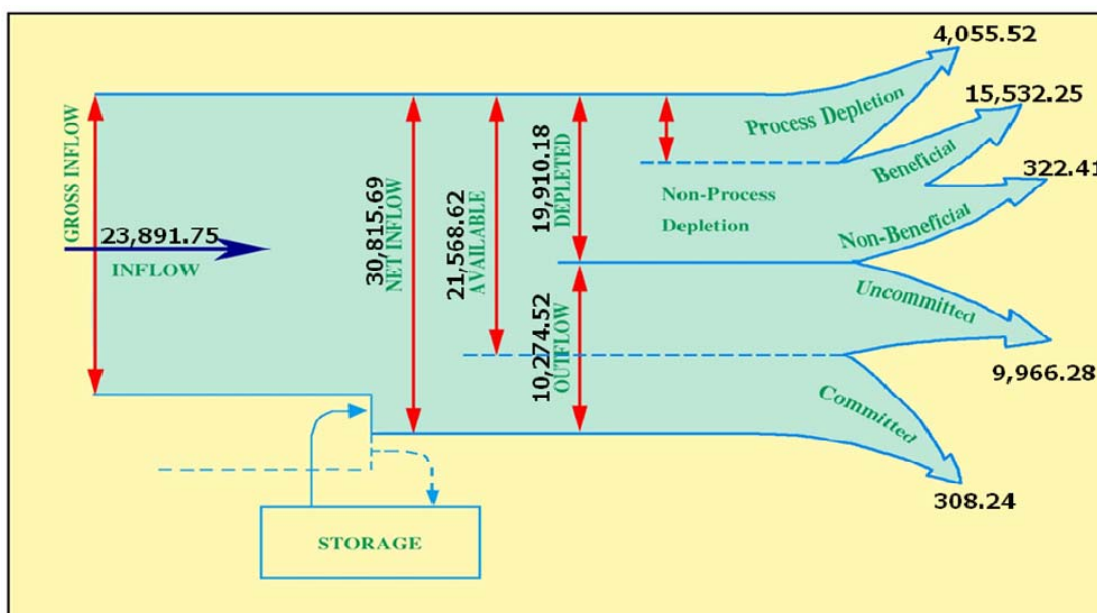
รหัส	โดเมน	ปริมาณน้ำ (ล้านลูกบาศก์เมตร)					
		ปริมาณ ฝน	ปริมาณน้ำเก็บกัก		ปริมาณน้ำ หมดไป	ปริมาณน้ำไหลออก	
			ผิวดิน	ใต้ดิน		ผิวดิน	ใต้ดิน
603	น้ำแม่จัด	1,199.46	-382.55	-56.89	1,072.17	482.45	67.43
602	แม่น้ำปิงส่วนที่ 1	1,699.84	-200.62	-174.97	1,539.43	726.31	177.94
604	น้ำแม่แตง	1,751.38	22.44	-363.66	1,247.25	386.05	370.10
606	น้ำแม่ริม	659.43	40.36	-142.19	411.52	139.68	148.47
607	น้ำแม่กวง	2,585.56	-471.40	-1,402.79	2,519.82	472.91	1,439.55
608	น้ำแม่ขาน	1,971.19	271.08	-366.07	1,255.47	453.17	292.26
605	แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	1,436.71	-167.07	91.74	1,211.00	2,516.74	-43.54
609	น้ำแม่ลี	1,774.74	-534.41	-1,103.68	1,869.33	405.19	1,121.16
612	แม่แจ่มตอนบน	2,042.17	167.72	-92.34	1,123.91	766.92	79.55
613	แม่แจ่มตอนล่าง	1,936.44	87.60	-24.38	1,538.08	1,094.06	11.62
610	น้ำแม่กลาง	570.37	-248.48	28.53	451.16	344.45	-19.65
614	แม่หาด	384.07	-359.39	-101.86	464.25	259.55	113.56
615	แม่ตื่น	3,082.56	-498.67	-199.96	2,429.31	1,255.69	25.51
611	แม่น้ำปิงส่วนที่ 3	2,797.84	290.88	-429.20	2,779.82	5,535.18	495.38



ภาพที่ 30 แผนภูมิแสดงผลการวิเคราะห์บัญชีน้ำในฤดูฝน ปี พ.ศ. 2543



ภาพที่ 31 แผนภูมิแสดงผลการวิเคราะห์ปัญหาน้ำในฤดูแล้ง ปี พ.ศ. 2543



ภาพที่ 32 แผนภูมิแสดงผลการวิเคราะห์ปัญหาน้ำในปี พ.ศ. 2543

ตารางที่ 23 ดัชนีบัญชีน้ำของโดเมนย่อยในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

รหัส	โดเมน	ดัชนี							
		DF _{GI}		DF _{AW}		PF _{AW}		BU	
		ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง
603	น้ำแม่จิด	0.66	2.00	0.93	0.96	0.24	0.17	0.92	0.94
602	แม่น้ำปิงส่วนที่ 1	0.51	2.12	0.86	0.94	0.19	0.22	0.86	0.94
604	น้ำแม่แดง	0.46	3.93	0.85	0.95	0.25	0.22	0.81	0.89
606	น้ำแม่ริม	0.42	2.06	0.76	0.95	0.13	0.18	0.76	0.95
607	น้ำแม่กวัง	0.75	2.15	0.93	0.91	0.35	0.23	0.92	0.89
608	น้ำแม่ขาน	0.44	2.33	0.87	0.98	0.18	0.13	0.87	0.98
605	แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	0.28	0.55	0.81	0.87	0.46	0.38	0.80	0.85
609	น้ำแม่ลี	0.78	2.49	0.94	0.90	0.25	0.17	0.93	0.90
612	แม่แจ่มตอนบน	0.34	4.37	0.92	0.96	0.08	0.04	0.92	0.93
613	แม่แจ่มตอนล่าง	0.37	2.75	0.92	0.96	0.09	0.05	0.92	0.96
610	น้ำแม่กลาง	0.56	2.06	0.90	0.93	0.21	0.19	0.90	0.93
614	แม่หาด	0.88	3.00	0.92	0.91	0.20	0.14	0.91	0.89
615	แม่ตื่น	0.57	1.77	0.91	0.96	0.08	0.03	0.90	0.95
611	แม่น้ำปิงส่วนที่ 3	0.23	0.72	0.78	0.89	0.12	0.11	0.75	0.82

3. จากผลการเดินบัญชีน้ำได้ดินด้วยแบบจำลอง Mike She วิทยานิพนธ์ของนางสาวภัศรา จีวงษ์ และนำองค์ประกอบบัญชีน้ำได้ดินที่สำคัญมาเปรียบเทียบกับพื้นที่ป่าไม้ของแต่ละโดเมนดังแสดงในตารางที่ 24 พบว่า โดเมนที่มีพื้นที่ป่ามากส่วนใหญ่แล้วการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินจะมีค่าติดลบสูงหรือมีค่าบวกสูงซึ่งหมายความว่า มีการนำน้ำในดินมาใช้ในกิจกรรมต่างๆสูงและมีการเก็บน้ำได้มาก ดังนั้นอาจจะสรุปได้ว่าพื้นที่ป่าไม่มีรากลึกและมีรากฝอยที่แผ่ขยายออกไปเป็นจำนวนมาก จึงทำให้สามารถอุ้มน้ำไว้ในดินได้มากและเป็นเวลานานๆ เมื่อพืชและตัวป่าไม้เองต้องการใช้น้ำจึงทยอยปลดปล่อยน้ำออกมาใช้ พฤติกรรมเหล่านี้ไม่เพียงแต่ช่วยให้พื้นที่สามารถเก็บน้ำไว้ใช้ได้มากและเป็นเวลานาน ยังสามารถช่วยชะลอน้ำในช่วงฤดูน้ำหลากซึ่งเป็นการป้องกันน้ำท่วมอีกด้วย และยังพบว่าโดเมนที่มีป่ามากจะมีน้ำมาเติมให้กับแหล่งน้ำได้ดินมากกว่าโดเมนที่มีป่า

น้อย จึงอาจสรุปได้ว่า การที่ป่าไม้มีรากลึกจะช่วยให้สามารถเติมน้ำให้กับแหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นแหล่งเก็บกักน้ำที่สำคัญได้ง่ายและสะดวกกว่าโดเมนที่มีป่าน้อย และอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่าป่าไม้สามารถเก็บน้ำไว้ใช้ในพื้นที่ ชะลอน้ำท่วม และเติมน้ำให้กับแหล่งน้ำใต้ดินได้

ตารางที่ 24 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดิน การเติมน้ำใต้ดิน และพื้นที่ป่าไม้ของแต่ละโดเมนย่อย

รหัส	โดเมนย่อย	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดิน (มม./ปี)	การเติมน้ำใต้ดิน (ล้านลบ.ม./ปี)	พื้นที่ทั้งหมด (ตร.กม.)	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	เปอร์เซ็นต์ป่าไม้
603	น้ำแม่จัด	-184.49	30.11	1282	1004.51	78.35
602	แม่น้ำปิงส่วนที่ 1	-145.35	118.71	1906	1557.21	81.70
604	น้ำแม่แตง	-84.88	96.15	1961	1512.08	77.10
606	น้ำแม่ริม	141.53	68.09	560	469.17	83.78
607	น้ำแม่กวง	-124.45	84.32	2918	1818.83	62.33
608	น้ำแม่ขาน	234.94	16.95	1739	1453.48	83.58
605	แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	124.90	69.46	1521	612.08	40.24
609	น้ำแม่ลี	-227.78	71.56	2058	1544.52	75.49
612	แม่แจ่มตอนบน	119.44	-16.38	1964	1853.49	94.37
613	แม่แจ่มตอนล่าง	113.48	-16.38	1928	1747.08	90.61
610	น้ำแม่กลาง	-183.52	23.87	619	520.56	84.09
614	แม่หาด	-278.51	20.23	520	404.18	77.72
615	แม่ตื่น	-289.41	-62.03	3166	2936.74	92.75
611	แม่น้ำปิงส่วนที่ 3	62.88	67.64	3181	2631.07	82.71

ข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์ปัญหาน้ำ เป็นการมองในภาพรวมของการประเมินศักยภาพในพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งมีความสำคัญมากต่อการบริหารจัดการน้ำแบบบูรณาการ ควรมีการพัฒนาการจัดทำบัญชึ้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำทั้ง 25 ลุ่มน้ำ ให้มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ เพื่อนำไปใช้ในการประเมินสถานการณ์ลุ่มน้ำของประเทศ นอกจากนี้บัญชึ้น้ำยังนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่โครงการชลประทานเพื่อใช้ในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่โครงการได้อีกด้วย แต่อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ปัญหาน้ำของการศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการเนื่องจากต้องใช้ข้อมูลองค์ประกอบของบัญชึ้น้ำได้ดินร่วมด้วย ดังนั้นจะต้องใช้แบบจำลองสภาพอุทกวิทยาของน้ำได้ดิน ทำการประเมินองค์ประกอบของปริมาณน้ำได้ดินก่อน จึงจะสามารถประเมินบัญชึ้น้ำทั้งหมดในโดเมนได้ เพื่อให้การประเมินบัญชึ้น้ำมีความถูกต้องแม่นยำและสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาน้ำในลุ่มน้ำอื่นๆ ได้ต่อไป จึงได้รวบรวมข้อเสนอแนะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ในการประเมินองค์ประกอบบัญชึ้น้ำ ในแบบจำลองการวิเคราะห์ปัญหาน้ำ สำหรับการศึกษานี้ มีข้อจำกัดทางด้านข้อมูล เนื่องจาก แบบจำลองนี้ เน้นการประเมินองค์ประกอบทางอุทกวิทยานบนผิวดิน ส่วนองค์ประกอบทางด้านอุทกวิทยาน้ำได้ดิน จะต้องใช้ข้อมูลผลการประเมินด้านอุทกวิทยาน้ำได้ดิน จากแบบจำลองสภาพอุทกวิทยาน้ำได้ดินควบคู่กันไปด้วย ในอีกทางหนึ่งหากมิได้มีการประเมินองค์ประกอบของปริมาณน้ำได้ดิน ก็สามารถใช้แบบจำลองทำการประเมินเฉพาะองค์ประกอบทางอุทกวิทยานบนผิวดินได้เช่นกัน อย่างไรก็ตาม ในการใช้แบบจำลองนี้จึงควรกำหนดวัตถุประสงค์ และขอบเขตของการศึกษาให้ชัดเจน เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดความละเอียดหรือปริมาณของข้อมูลที่จะนำมาใช้ในแบบจำลอง และเพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือเพียงพอตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

2. การจำลององค์ประกอบทางอุทกวิทยา ของแบบจำลองสำหรับการศึกษานี้ ผลการจำลองอาจมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น เนื่องจากการประเมินองค์ประกอบทางอุทกวิทยานบนผิวดิน มีค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญคือค่าสัมประสิทธิ์พีช $K_{c\text{ ave., ks}}$ ซึ่งส่วนใหญ่ได้ประเมินจากรายงานการวิเคราะห์สมมูลน้ำโดยเป็นงานวิจัยของกรมป่าไม้ส่วนหนึ่งและวิทยานิพนธ์อีกส่วนหนึ่ง ซึ่งงานวิจัยบางส่วนมีการเก็บข้อมูลต้นมากอาจเกิดความผิดพลาดจากข้อมูลที่ได้และค่า $K_{c\text{ ave., ks}}$ ของพืชบางชนิดยังไม่ได้มีการศึกษาไว้ จึงประเมินจากการเปรียบเทียบจากลักษณะลำต้น ใบ และการคลุมดินในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต ซึ่งอาจมีการคลาดเคลื่อนได้ สำหรับการประเมินองค์ประกอบทางอุทกวิทยา

น้ำใต้ดินใช้ผลจากแบบจำลองสภาพอุทกวิทยา Mike She (ภัสสร, 2548) มีค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณความชื้นในดินของชั้นน้ำใต้ดินไม่อิ่มตัวซึ่งยังมิได้มีการศึกษาไว้เช่นเดียวกัน จึงอาจมีความคลาดเคลื่อนของการประเมินองค์ประกอบทางอุทกวิทยาน้ำใต้ดินได้ และค่า พารามิเตอร์เหล่านี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมให้มีค่าใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง น่าเชื่อถือ โดยที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

3. ค่าสัมประสิทธิ์พีชที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลองเป็นผลคูณระหว่างสัมประสิทธิ์พีชเฉลี่ยกับสัมประสิทธิ์ลดค่าการคายระเหยเมื่อเกิดความเครียดของน้ำในดิน ($K_{c\text{ ave.}} \times K_s, K_{c\text{ ave. ks}}$) ในการนำค่า $K_{c\text{ ave. ks}}$ ไปใช้ในพื้นที่อื่นๆ ควรจะพิจารณาด้วยว่าพื้นที่นั้นมีการจัดการน้ำเป็นอย่างไร สอดคล้องกับพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนในช่วงเวลาต่างๆหรือไม่ ถ้าพื้นที่มีการบริหารจัดการน้ำที่ใกล้เคียงและสอดคล้องกันในช่วง เวลาต่างๆ ก็สามารถนำค่า $K_{c\text{ ave. ks}}$ ไปใช้ได้

4. ในการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากสถานีวัดน้ำท่าที่เลือกมากับปริมาณน้ำท่าไหลออกจากโดเมนจากแบบจำลองนั้น มีสถานีวัดน้ำท่าน้อย ไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่โดเมน ผลที่ได้จากการจำลองอาจมีความคลาดเคลื่อน ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลที่มีความถูกต้อง และความน่าเชื่อถือของข้อมูล ในการศึกษาครั้งต่อไปควรเพิ่มสถานีวัดน้ำท่า ให้มีการกระจายครอบคลุมทั่วพื้นที่

5. ในการศึกษาบัญชีน้ำครั้งต่อไป ควรจะใช้ข้อมูลในการศึกษายาวนานกว่านี้ ประมาณ 5 ปีขึ้นไป เพื่อให้พารามิเตอร์ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลองใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น และการศึกษาในระยะยาวจะทำให้มองภาพรวมในการบริหารจัดการน้ำได้เข้าใจมากยิ่งขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2546. **โครงการจัดทำแผนรวม (Integrated Plan) การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปิง.**

กรมชลประทาน. 2540. รายงานฉบับสุดท้าย การศึกษาความเหมาะสมและศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการบรรเทาอุทกภัยและการขาดแคลนน้ำ ลุ่มน้ำปิงตอนบน. โรงพิมพ์ กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ. 335 น.

กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2540. การศึกษาความเหมาะสมและศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการบรรเทาอุทกภัยและการขาดแคลนน้ำลุ่มน้ำปิงตอนบน.

กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2545. งานศึกษาความเหมาะสมและศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการเพิ่มปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา.

วีรพล แต่สมบัติ. 2531. **อุทกวิทยาประยุกต์.** ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Teasombut, V., K. Pongput, S. Aekaraj, S. Kaysawong and E. Biltonen. 2545. **การพัฒนาองค์การจัดการน้ำ-กรณีศึกษาลุ่มน้ำบางปะกง.** สกว. กรุงเทพฯ.

ภัสสร จีวียงษ์. 2548. **บัญชีน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน: การประเมินปริมาณน้ำใต้ดิน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐศิระ เขาสุด. 2549. **มือใหม่เริ่มเรียนหัดเขียน Macro และ VBA บน Microsoft Excel.** บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด มหาชน

บริษัท ออร์เท็ม จำกัด. 2538. **คู่มือเรียน Advanced Excel 5.0 ด้วย ภ.ง.ด. 91.** บริษัท ออร์เท็ม จำกัด.

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสสุติกุล และ วาริน จิระสุขทวีกุล. 2533. น้ำและสัดส่วนการใช้น้ำของพื้นที่ป่า ไร่มัน และสวนผลไม้ ที่ตะพง ระยอง. สถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำห้วยหินลาด, ฝ่ายวิจัยกองอนุรักษ์ต้นน้ำ, กรมป่าไม้.

กิตติพงษ์ พงษ์บุญ. 2545. สมดุลน้ำจากลุ่มน้ำป่าธรรมชาติ บริเวณสถานีวิจัยลุ่มน้ำลำตะคอง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา. ส่วนวิจัยต้นน้ำ, สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ, กรมป่าไม้.

ธรรมบุญ แก้วอำพุท และ อาทร บุญเสนอ. 2545. การเปรียบเทียบสมดุลน้ำในบริเวณปลูกป่าฟื้นฟู ลุ่มน้ำห้วยแม่ป่องและลุ่มน้ำห้วยน้ำกาด ที่สถานีวิจัยลุ่มน้ำขุนทอง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่. ส่วนวิจัยต้นน้ำ, สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ, กรมป่าไม้.

ทรงธรรม สุขสว่าง นิพนธ์ ตั้งธรรม และ สำเริง ปานอุทัย. 2545. สมดุลน้ำในลุ่มน้ำป่าธรรมชาติและป่าปลูกผสมบริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่กลอง จ.กาญจนบุรี. ส่วนวิจัยต้นน้ำ, สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ, กรมป่าไม้.

วิชัย ทรงวัฒนา. 2527. สมดุลน้ำจากพื้นที่ที่มีการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ บริเวณสถานีวิจัยสะแกราช นครราชสีมา. ภาควิชาการจัดการลุ่มน้ำ, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรณู สุวรรณรัตน์. 2524. สมดุลน้ำในป่าดิบเขาธรรมชาติ ดอยปู่ย เชียงใหม่. ภาควิชาการจัดการลุ่มน้ำ, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นิวัติ เรืองพานิช. 2548. ป่าและการป่าไม้ในประเทศไทย. ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. โครงการตำราชุดการจัดการและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เล่มที่ 5.

สุนทร เตชะวิจิตรไพศาล. 2546. อุทกวิทยากับงานพัฒนาทรัพยากรน้ำ. เอกสารประกอบการฝึกอบรม, วันที่ 10 เมษายน 2546-7 สิงหาคม 2546. กรมทรัพยากรน้ำ

ทวีศักดิ์ รมิงค์วงศ์. 2527. น้ำบาดาล. ภาควิชาธรณีวิทยา. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Reas and M. Smit. 1998. **Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements**. Irrigation and drainage paper No.56, FAO, Italy. 300 p.
- Styles, S.W. and C.M. Burt. 1999. **Subsurface flows water balance components for irrigation district in The San Joaquin Valley**. San Luis Obispo.
- GWMP. 1997. **Issue paper : Aquifer water balance**. Volume4 Appendix 2, May 20, 1997.
- Molden, D., R. Sakthivadivel and Z. Habib. 2001. **Basin-level use and productivity of water: Example from south Asia**. Research Report 49. Columbo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI).
- Gleick, P. 1999. **The human right to water**. Pacific institute for Studies in development, Environment, And security. www.pacinst.org. July 9, 1999
- Moran, A. 2003. **Property rights to water effects on agricultural productivity and the environment**. Volume 15/3. www.ipa.org.au. June 2003
- Penkovva, N.V. and I.A. Shiklomanov. 1990. **Water balance methodology for indirect assessment and prediction of basin water yield under human induced land use changes**. State Hydrological Institute (SHI). Penkov@peterlink.ru. 1990
- Domenico, P.A. and F.W. Schwartz, 1998. **Physical and chemical hydrogeology**. 2nd ed. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Calder, I.R., R.L. Hall and P.G. Adlard. 1992. **Growth and Water Use of Plantation**. Institute of Hydrology, Wallingford, New York, UK

Bruijnzeel, L.A. 1990. **Hydrology of moist tropical forest and effect of conversion: A state of knowledge review**. Netherland IHP Committee UNESSCO.

Kanzaki, M., P. Dhammanoda and K. Yoda. 1991. "Preliminary study on transpiration rate of tropical tree species in Thailand." In **Improvement of biological productivity of tropical wastelands in Thailand**.

Schwab, G., R. Frevert, T. Edminster and K. Barnes. 1981. **Soil and water conservation engineering** . John Willey & Sons. Inc. USA.

ภาคผนวก

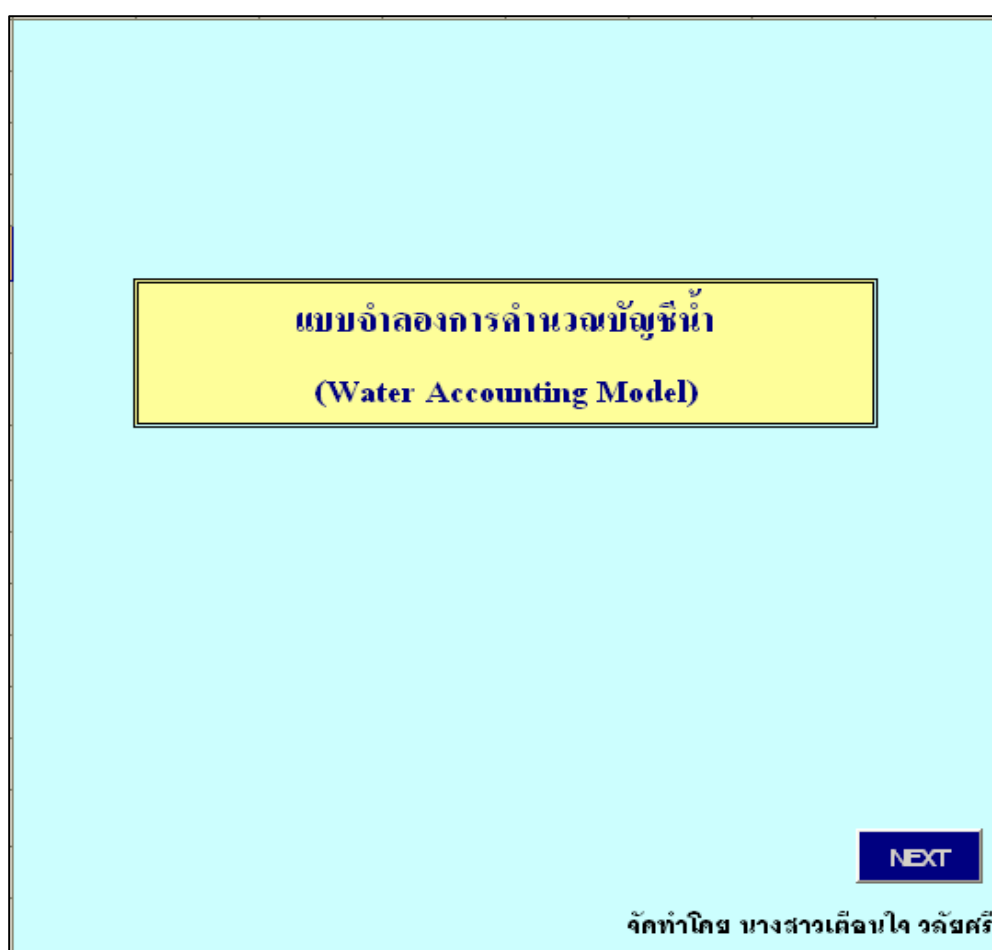
ภาคผนวก ก

แบบจำลอง การคำนวณบัญชีน้ำ

Water Accounting Model

แบบจำลองการคำนวณบัญชีน้ำ

แบบจำลองการคำนวณบัญชีน้ำ เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรม Excel และ ภาษา Macro Excel เพื่อประยุกต์ใช้ในการคำนวณและจัดลำดับพื้นที่ใช้งานที่มีความซับซ้อนและไม่เป็นระเบียบ ให้สามารถใช้งานได้สะดวกรวดเร็วและเข้าใจง่ายขึ้น โดยมีรูปแบบหน้าจอเริ่มต้นการทำงานแสดงตามภาพผนวกที่ ก1

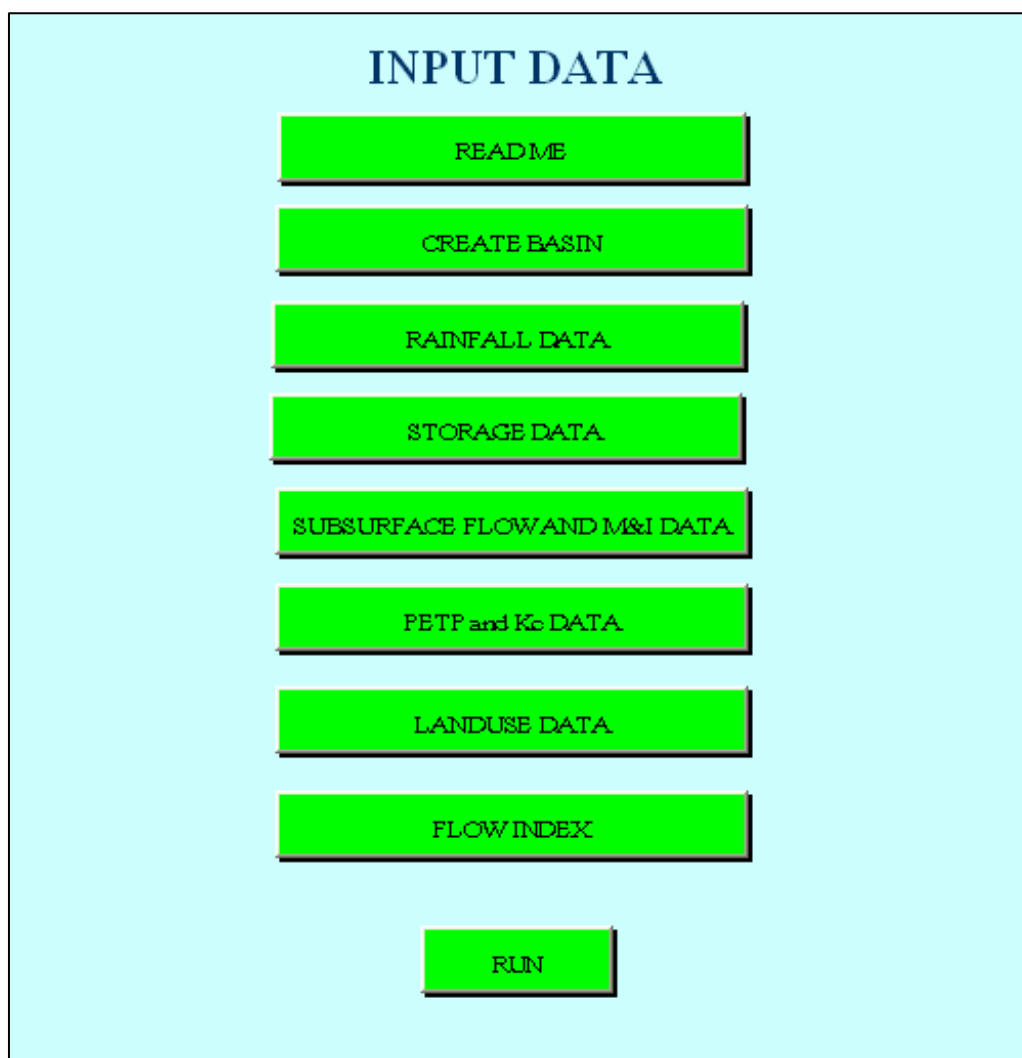


ภาพผนวกที่ ก1 การเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรม

โดยหลักการแล้วจะเป็นแบบจำลองที่ใช้ในการประเมินองค์ประกอบทางด้านอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำ ภายในแบบจำลองประกอบด้วยสองส่วนหลักๆ คือ ส่วนที่เป็น Input Data และ Output ซึ่งในแต่ละส่วนจะมีรายละเอียดของคำสั่งภายในดังนี้

1. Input Data

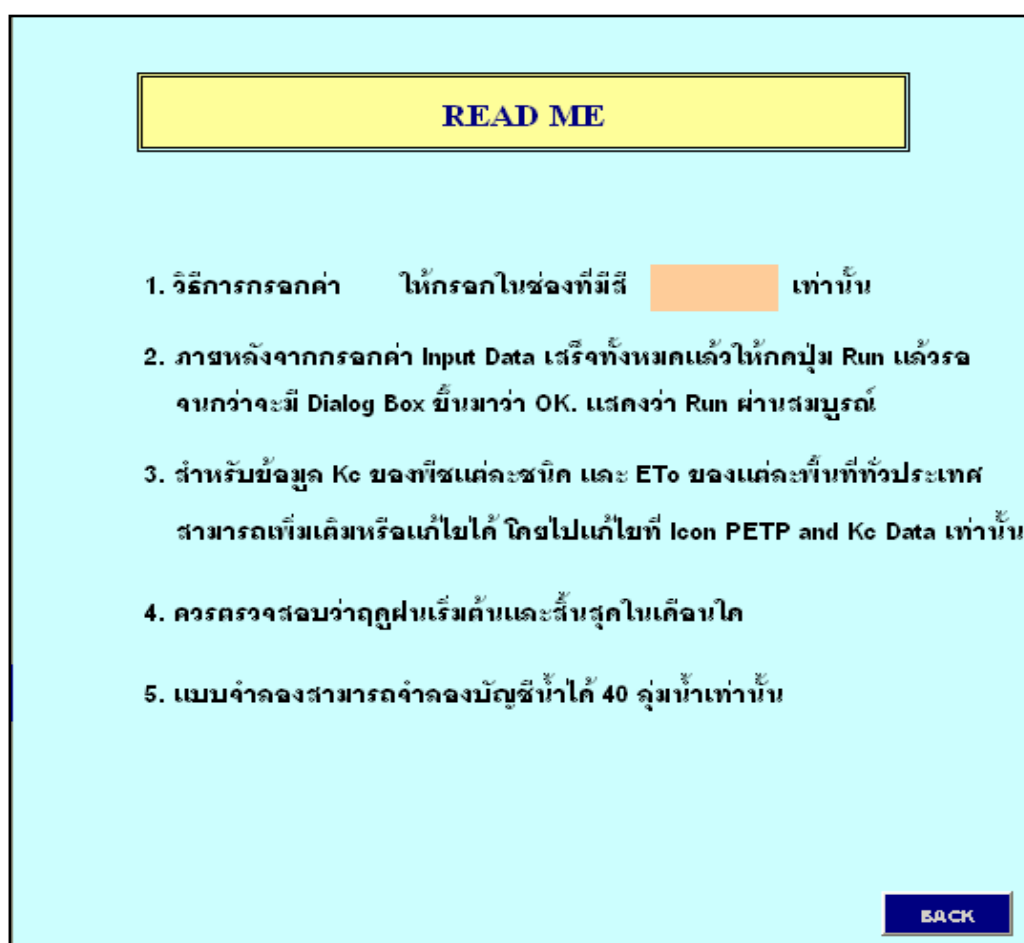
สำหรับส่วนที่เป็น Input Data ประกอบไปด้วยการป้อนข้อมูลองค์ประกอบของบัญชีน้ำ
 ชื่อแนะนำ ขอบเขตและข้อจำกัดต่างๆ ทางด้านท้ายน้ำ และการประมวลผล โดยจำแนกข้อมูลต่างๆ
 เป็น Icon ได้แก่ Readme, Create Basin, Rainfall Data, Storage Data, Subsurface Flow and M&I
 data, PETP and Kc Data, Landused Data, Flow Index และ Run โดยมีรูปแบบหน้าจอในส่วนของ
 Input Data ดังภาพผนวกที่ ก2 และมีรายละเอียดของแต่ละ Icon ดังต่อไปนี้



ภาพผนวกที่ ก2 ข้อมูลองค์ประกอบของบัญชีน้ำในส่วนของ Input Data

1.1 Read Me

เป็น Icon ที่ผู้ใช้งานควรอ่านก่อนที่จะทำการป้อนข้อมูลใดๆ เพื่อช่วยให้ผู้อ่านมีความเข้าใจในการใช้แบบจำลองได้อย่างถูกต้อง และเมื่อผู้ใช้งานอ่านข้อความที่เข้าใจแล้ว ก็สามารถย้อนกลับไปยังหน้าจอ ในส่วนของ Input Data ได้โดยการกดปุ่ม Back ที่อยู่ด้านขวา-ล่างของหน้าจอ โดยมีรูปแบบหน้าจอในส่วนของ Read Me Icon ดังภาพผนวกที่ ก3



ภาพผนวกที่ ก3 หน้าจอแสดงรายละเอียดใน Read Me

1.2 Create Basin

เป็น Icon ที่ผู้ใช้งานจะต้องเข้ามาป้อนข้อมูลหลังจากที่ได้อ่านข้อความใน Read Me Icon โดยมีรูปแบบหน้าจอในส่วนของ Create Basin Icon ดังภาพผนวกที่ ก4 โดยเริ่มต้นจาก

Detail Index Basin

NAME OF BASIN วิธีการใส่ order ของลุ่มน้ำ

NUMBER OF SUB BASIN CREATE/ACCEPT

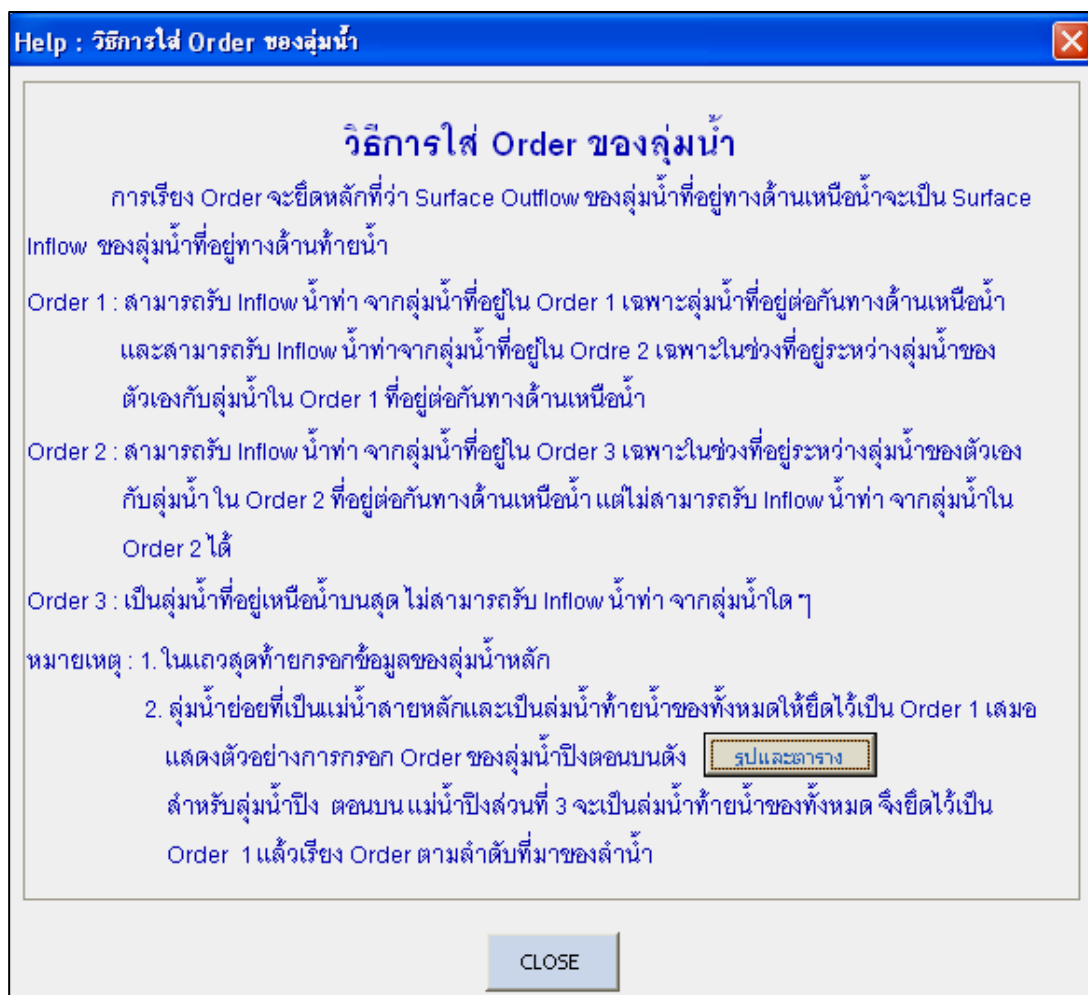
NO	CODE	Drainage SUB BASIN Area, sq km.	NAME OF BASIN AND ORDER OF BASIN		
			1	2	3
1	603	1,282.00	แม่น้ำปิงส่วนที่ 1	น้ำแม่จิด	แม่แล่มตอนบน
2	602	1,906.00		น้ำแม่แดง	
3	604	1,961.00		น้ำแม่ริม	
4	606	560.00		น้ำแม่กวง	
5	607	2,914.00	น้ำแม่ขาน		
6	608	1,739.00	น้ำแม่ลี		
7	605	1,521.00		แม่แล่มตอนล่าง	
8	609	2,058.00			
9	612	1,964.00			
10	613	1,928.00			
11	610	619.00	น้ำแม่กลาง		
12	614	520.00	น้ำแม่หาด		
13	615	3,166.00	น้ำแม่ต้น		
14	611	3,181.00	แม่น้ำปิงส่วนที่ 3		
15	600	25,319.00	แม่น้ำปิงตอนบน		

BACK

ภาพผนวกที่ ก4 หน้าจอแสดงรายละเอียดใน Create Basin

- 1) พิมพ์ชื่อลุ่มน้ำหลักเข้าไปในกล่องข้อความ NAME OF BASIN ลุ่มน้ำปิงตอนบน
- 2) สร้างโดเมนย่อยและสร้างความสัมพันธ์ระหว่างโดเมนย่อย โดยการพิมพ์จำนวนโดเมนย่อยบวกด้วย 1 เพื่อสร้างโดเมนหลักด้วย ลงในกล่องข้อความ NUMBER OF SUB BASIN 15 แล้วกดปุ่ม CREATE/ACCEPT หลังจากนั้นสร้างความสัมพันธ์ระหว่างโดเมนย่อยด้วยการพิมพ์ชื่อโดเมนย่อยลงไปในช่อง Order ของลุ่มน้ำโดยเรียงลำดับความสัมพันธ์จากขามาซ้ายและบนลงล่างให้ถูกต้อง ซึ่งทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับลำดับของการไหลจากพื้นที่เหนือน้ำไปสู่พื้นที่ท้ายน้ำ โดยป้อนจากขามาซ้ายและบนลงล่าง นั่นคือพื้นที่ทางด้านเหนือน้ำจะอยู่ทางขวาและอยู่บนเสมอ พื้นที่ทางด้านท้ายน้ำจะอยู่ทางซ้ายและอยู่ล่างเสมอ

3) ผู้ใช้งานสามารถอ่านรายละเอียดในการจัด Order ของลุ่มน้ำและตัวอย่างการจัด Order ของลุ่มน้ำได้โดยกดปุ่ม **วิธีการใส่ order ของลุ่มน้ำ** โดยมีรูปแบบหน้าจอและรายละเอียดใน Icon ดังภาพผนวกที่ ก5 หากต้องการกลับไปยังหน้าจอ Create Basin ให้กดปุ่ม **CLOSE**



ภาพผนวกที่ ก5 หน้าจอแสดงรายละเอียดใน วิธีการใส่ Order ของลุ่มน้ำ

นอกจากคำอธิบายตามหน้าจอที่แสดงไว้แล้ว ผู้ใช้งานยังสามารถดูตัวอย่างรูปและตารางของการจัด Order ของลุ่มน้ำปีงตอนบนด้วยการกดปุ่ม **รูปและตาราง** ก็จะปรากฏหน้าจอแสดงในภาพผนวกที่ ก6 หากต้องการกลับไปยังหน้าจอ วิธีการใส่ Order ของลุ่มน้ำ ให้กดปุ่ม **CLOSE**

UserForm2

NO	CODE	Drainage Area, sq.km.	NAME OF BASIN AND ORDER OF BASIN		
			1	2	3
1	603	1,282.00	แม่น้ำปิงส่วนที่ 1	น้ำแม่จิด	แม่แจ่มพอนบน
2	602	1,906.00		แม่น้ำปิงส่วนที่ 1	
3	604	1,961.00		น้ำแม่แดง	
4	606	560.00		น้ำแม่ริ้ม	
5	607	2,914.00		น้ำแม่กว้ง	
6	608	1,739.00		น้ำแม่ขาน	
7	605	1,521.00	แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	น้ำแม่ลี	
8	609	2,052.00			
9	612	1,964.00			
10	613	1,928.00			
11	610	619.00	แม่แจ่มพอนล่าง	น้ำแม่ทาค	
12	614	520.00		น้ำแม่พัน	
13	615	3,166.00			
14	611	3,181.00	แม่น้ำปิงส่วนที่ 3		
15	600	25,319.00	แม่น้ำปิงพอนบน		

CLOSE

ภาพผนวกที่ ก6 หน้าจอแสดงรายละเอียดใน รูปและตาราง

4) เมื่อผู้ใช้งานอ่านรายละเอียดในการจัด Order ของกลุ่มน้ำเข้าใจเรียบร้อยแล้ว ให้พิมพ์ชื่อของกลุ่มน้ำลงใน Order ต่างๆ ให้ถูกต้อง รวมทั้งพิมพ์รหัสของโดเมนและพื้นที่ของโดเมนให้ครบถ้วน แสดงตัวอย่างดังภาพผนวกที่ ก4 และเมื่อต้องการกลับไปยังหน้าจอ Input Data ให้กดปุ่ม Back ทางด้านขวา-ล่าง ของหน้าจอ Create Basin

1.3 Rainfall Data

หลังจากที่ได้ป้อนข้อมูลใน Create Basin แล้ว ให้มาที่ Rainfall Data ซึ่งจะต้องป้อนข้อมูลด้วยกันสองส่วนคือ Station Rainfall Data และ Rain Factor (ARF, Theessen, Infilltation) โดยมีรูปแบบหน้าจอ ดังภาพผนวกที่ ก7 และเมื่อต้องการกลับไปยังหน้าจอ Input Data ให้กดปุ่ม back โดยมีรายละเอียดการป้อนข้อมูลใน Rainfall Data ดังนี้

RAINFALL DATA

STATION RAINFALL DATA

RAIN FACTOR (ARF, Thiessen, Infiltration)

BACK

ภาพผนวกที่ ก7 รูปแบบหน้าจอของ Rainfall Data Icon

1.3.1 Station Rainfall Data เป็น Icon ที่จะต้องป้อนข้อมูลปริมาณฝนของแต่ละสถานีที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด โดยมีรูปแบบหน้าจอ ดังภาพผนวกที่ ก8 เริ่มจากการป้อนจำนวนสถานีที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ในกล่องข้อความ

NUMBER OF RAINFALL STATION	16
----------------------------	----

 แล้วกดปุ่ม **CREATE** แบบจำลองจะสร้างจำนวนแถวขึ้นมาให้เท่ากับหมายเลขที่ได้ป้อนลงไป ในกล่องข้อความข้างต้น เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถพิมพ์รายชื่อสถานี รหัสสถานี และปริมาณฝนลงไป ในตารางซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกเดือนที่เริ่มต้นและสิ้นสุดของฤดูฝนในปีนั้น โดยใช้ Mouse Click ที่ Cell จะปรากฏ ให้เลือกเดือนตามต้องการ ดังภาพผนวกที่ ก9 และเมื่อต้องการกลับไปยังหน้าจอ Rainfall Data ให้กดปุ่ม Back

STATION DATA		BACK					
LL STATION	16	CREATE					
Name of Staion		Rain Season					
		Start	End	Apr	May	Jun	
อ.เมืองเชียงใหม่		May	Oct	107.70	189.50	172.50	
อ.สารภี จ.เชียงใหม่		May	Oct	95.00	142.00	147.00	
อ.สันป่าคอง จ.เชียงใหม่		May	Oct	51.40	109.80	86.60	
อ.สอค จ.เชียงใหม่		May	Oct	83.50	214.50	164.40	
อ.พร้าว จ.เชียงใหม่		May	Oct	123.40	174.20	142.90	

ภาพผนวกที่ ก9 รูปแบบหน้าจอของ Station Rainfall Data

1.3.2 Rain Factor (ARF, Thessen, Infilltation) เป็น Icon ที่จะต้องป้อนข้อมูลสัดส่วนของสถานีที่มีอิทธิพลต่อโดเมนย่อยในแต่ละเมน (Thessen Ratio) พร้อมทั้ง ARF Factor และ % Infilltation ให้ครบถ้วน แสดงรูปแบบหน้าจอของ Rain Factor ดังภาพผนวกที่ ก10 และหากต้องการกลับไปยังหน้าจอ Rainfall Data ให้กด Back

1.4 Storage Data

หลังจากที่ได้ป้อนข้อมูลใน Rainfall Data แล้ว ให้มาที่ Storage Data ซึ่งจะต้องป้อนข้อมูล Surface Storage และ Sub Surface ให้ครบถ้วน และเมื่อต้องการกลับไปยังหน้าจอ Input Data ให้กดปุ่ม back โดยที่ Storage Data มีรูปแบบหน้าจอ ดังภาพผนวกที่ ก11 และในการป้อนข้อมูลมีขั้นตอนดังนี้

1) เริ่มจากการเลือกโดเมนย่อยโดยกดปุ่ม  จะปรากฏรหัสของโดเมนย่อยให้เลือกดภาพผนวกที่ ก12 แล้วทำการป้อนข้อมูล Surface และ Subsurface Storage ได้ตามต้องการ

2) ในการป้อนข้อมูล Sub Surface Storage Data นั้นสามารถเลือกป้อนได้ 2 วิธีด้วยกันโดยกดปุ่ม  ดังแสดงในภาพผนวกที่ ก13 ซึ่งประกอบด้วย วิธี Known Value of Sub Surface Storage Chenge จะเลือกวิธีนี้ก็ต่อเมื่อทราบค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเก็บกักได้ดินแล้ว

Areal Reduction Factor (ARF) and Thiessen Factor										BACK													
ลำดับ	รหัสพื้นที่	ชื่อพื้นที่	พื้นที่ทั้งหมด (ตร.กม.)	แฟกเตอร์ ARF	Infiltration %	Thiessen Factor in Rainfall Station Code, Ratio																	
ที่						07013	07022	07082	07092	07122	07132	07142	07152	07162	07182	07192	07282	07502	17012	17052	17062	07012	Total
1	803	น้ำแม่จืด	1282.00	0.90234	0.7653	-	-	-	-	0.58	0.02	-	-	-	-	-	-	-	0.40	-	-	-	1.00
2	802	แม่น้ำปิงส่วนที่ 1	1906.00	0.90234	0.7686	-	-	-	-	0.09	0.84	-	-	-	-	-	-	0.07	-	-	-	-	1.00
3	804	น้ำแม่แดง	1961.00	0.90234	0.7664	-	-	-	-	-	0.98	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00
4	806	น้ำแม่ริม	560.00	0.90270	0.7356	0.26	-	-	-	-	0.08	0.66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00
5	807	น้ำแม่กวาง	2914.00	0.90234	0.4092	0.06	0.29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.23	0.33	0.09	-	-	1.00
6	808	น้ำแม่ขาน	1739.00	0.90234	0.7271	-	-	0.20	-	-	-	0.70	0.06	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	1.00
7	805	แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	1521.00	0.90234	0.0426	0.52	0.08	0.16	-	-	0.06	0.08	-	-	-	-	-	0.04	0.06	-	-	-	1.00
8	809	น้ำแม่ลี	2058.00	0.90234	0.7427	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	0.32	-	-	-	0.59	0.07	-	1.00
9	812	แม่เจ็ญตอนบน	1964.00	0.90234	0.7204	-	-	-	-	-	-	0.36	0.64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00
10	813	แม่เจ็ญตอนล่าง	1928.00	0.90234	0.7204	-	-	-	0.05	-	-	-	0.63	-	-	-	0.32	-	-	-	-	-	1.00
11	810	น้ำแม่กลาง	619.00	0.90254	0.7676	-	-	-	-	-	-	-	0.17	-	0.83	-	-	-	-	-	-	-	1.00
12	814	น้ำแม่หาด	520.00	0.90287	0.3498	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.40	-	-	-	-	0.60	-	1.00
13	815	น้ำแม่ตื่น	3166.00	0.90234	0.3774	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	-	-	0.01	-	-	-	0.49	-	1.00
14	811	แม่น้ำปิงส่วนที่ 3	3181.00	0.90234	0.3986	-	-	0.02	0.12	-	-	-	-	0.08	0.08	0.20	0.07	-	0.01	0.10	0.32	-	1.00
15	800	แม่น้ำปิงตอนบน	25,319	0.90241		0.06	0.03	0.03	0.01	0.05	0.14	0.13	0.11	0.04	0.07	0.07	0.03	0.05	0.03	0.06	0.11	0.00	1.00

ภาพผนวกที่ ก10 รูปแบบหน้าของ Rainfall Factor

Sub Basin	603													
	603													
	คำนวณ													
	พ.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ก.ม.	ก.พ.	มี.ค.	ก.ค.	รวม
ΔStorage	4.92	64.37	41.60	130.04	-9.59	8.97	-0.02	-46.74	28.40	1.55	-2.97	0.73	235.37	221.26
Surface storage (Reservoirs), mcm.														
Total Conservative Storage, mcm.														
Storage at begin of period, mcm.	258.00	252.00	237.00	214.00	178.00	163.00	158.00	154.00	146.00	183.00	196.00	199.00		
Storage at end of period, mcm.	252.00	237.00	214.00	178.00	163.00	158.00	154.00	146.00	183.00	196.00	199.00	197.00		
Surface storage (Natural Rivers & Ponds), mcm.														
Total Conservative Storage, mcm.	-0.06	0.37	-0.18	0.10	-0.06	0.19	0.46	-0.75	0.13	0.00	-0.06	-0.03	0.8768	0.10
River length, m.														
Average river width, m.														
Gage height at begin of period, m.	0.38	0.34	0.57	0.46	0.52	0.48	0.6	0.39	0.42	0.44	0.44	0.4		
Gage height at end of period, m.	0.34	0.57	0.46	0.52	0.48	0.6	0.59	0.42	0.5	0.44	0.4	0.38		
Subsurface storage	Known Value of Sub Surface Storage Change													
Know Value of Sub Surface Storage Change														
Total Conservative Storage, mcm.	10.98	79.00	64.77	165.94	5.47	13.78	3.52	-37.99	-8.72	-11.45	-5.91	2.77	332.489	282.168

ภาพผนวกที่ ก11 รูปแบบหน้าจอง Storage Data

และสามารถกรอกค่าได้เลย และ Calculate From Ground Water Level Change จะเลือกวิธีนี้ก็ได้
ต่อเมื่อ ทราบค่าการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดินและต้องทราบค่าความสามารถในการเก็บกักน้ำของ
ชั้นหินให้น้ำ (specific yield of the aquifer) ด้วย

Sub Basin		603	ACCEPT			
BACK		603	ณ.บ.	พ.ก.	นิ.บ.	1
Storage		603	4.92	64.37	41.60	11
Surface storage		602				
Total Conservative Storage, mcm.		604	-6.00	-15.00	-23.00	-3
Storage at beginning of period, mcm.		606	258.00	252.00	237.00	2
Storage at end of period, mcm.		607	252.00	237.00	214.00	1
Surface storage (Reservoirs & Ponds), mcm.		607				
Total Conservative Storage, mcm.		608	-0.06	0.37	-0.18	0
River's length, km.		605	79,705.00			
Average width, m.		609	20.00			
Gage height at begin of period, m.			0.38	0.34	0.57	0

ภาพผนวกที่ ก12 แสดงการเลือกโดเมนย่อยในตาราง Storage Data

Gage height at end of period, m.		0.34	0.57	0.40	0.52	0.40	0.0
Subsurface storage		Known Value of Sub Surface Storage Change					
Know Value of Sub Surface Storage Change		Known Value of Sub Surface Storage Change					
Total Conservative Storage, mcm.		Calculate From Ground Water Level Change					13.78

ภาพผนวกที่ ก13 แสดงการเลือกวิธีในการคำนวณ Sub Surface Storage Change

1.5 Sub Surface Flow and M&I Data

หลังจากที่ได้ป้อนข้อมูลใน Storage Data แล้ว ให้มาที่ Sub Surface Flow and M&I Data ซึ่งจะประกอบด้วย ข้อมูล Drain to River, Sub Surface InFlow, Pumping, Water Used by Human, Water Used by Industrial & Tourism, Recharge และ Soil Storage Data โดยมีรูปแบบหน้าจอภาพผนวกที่ ก14 ซึ่งสามารถกลับไปยัง Input Data ได้โดยกดปุ่ม Back และในการป้อนข้อมูลของแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

1.5.1 Drain to River เป็นข้อมูลปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลออกมาสู่แม่น้ำลำธาร โดยสามารถป้อนข้อมูลดังแสดงตัวอย่างในภาพผนวกที่ ก15 และสามารถกลับไปยัง Sub Surface Flow and M&I Data ได้โดยกดปุ่ม Back

1.5.2 Sub Surface Inflow เป็นข้อมูลปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลเข้ามาสู่แหล่งน้ำใต้ดิน โดยสามารถป้อนข้อมูลดังแสดงตัวอย่างในภาพผนวกที่ ก16 และสามารถกลับไปยัง Sub Surface Flow and M&I Data ได้โดยกดปุ่ม Back

1.5.3 Pumping เป็นข้อมูลปริมาณน้ำที่ถูกสูบจากแหล่งเก็บกักน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้บนผิวดิน โดยสามารถป้อนข้อมูลดังแสดงตัวอย่างในภาพผนวกที่ ก17 และกลับไปยัง Sub Surface Flow and M&I Data ได้โดยกดปุ่ม Back

1.5.4 Water Used by Human เป็นข้อมูลปริมาณน้ำที่ถูกนำมาใช้ในการอุปโภคบริโภคของมนุษย์ โดยสามารถป้อนข้อมูลดังแสดงตัวอย่างในภาพผนวกที่ ก18 และสามารถกลับไปยัง Sub Surface Flow and M&I Data ได้โดยกดปุ่ม Back

1.5.5 Water Used by Industrial & Tourism เป็นข้อมูลปริมาณน้ำที่ถูกนำมาใช้ในภาคอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยว โดยสามารถป้อนข้อมูลดังแสดงตัวอย่างในภาพผนวกที่ ก19 และสามารถกลับไปยัง Sub Surface Flow and M&I Data ได้โดยกดปุ่ม Back

1.5.6 Soil Storage Data เป็นข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเก็บกักในดิน โดยสามารถป้อนข้อมูลดังแสดงตัวอย่างในภาพผนวกที่ ก20 และกลับไปยัง Sub Surface Flow and M&I Data ได้โดยกดปุ่ม Back

1.5.7 Recharge เป็นข้อมูลปริมาณน้ำที่ซึมลึกเลยเขตรากพืชลงไปเติมในแหล่งเก็บกักน้ำใต้ดิน โดยสามารถป้อนข้อมูลดังแสดงตัวอย่างในภาพผนวกที่ ก21 และกลับไปยัง Sub Surface Flow and M&I Data ได้โดยกดปุ่ม Back

SUBSURFACE FLOW AND M&I DATA

DRAIN TO RIVER

SUBSURFACE INFLOW

PUMPING

WATER USES BY HUMAN

WATER USES BY INDUSTRIAL & TOURISM (M&I)

SOIL STORAGE

RECHARGE

BACK

ภาพผนวกที่ ก14 แสดงรูปแบบหน้าจอ Sub Surface Flow and M&I Data

การการปริมาณน้ำที่ได้นับรายเดือนปี พ.ศ. 2543 ของแต่ละส่วนที่สาขาในส่วนน้ำปึงตอนบน										BACK									
รหัส	ส่วนน้ำ	พื้นที่ส่วนน้ำ	ปริมาณน้ำที่ได้นับรายเดือน (มม.)																รวม
			ม.ย.	พ.ค.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.				
603	น้ำแม่จืด	1,282	-0.5244	-0.5414	-0.5234	-0.5403	-0.5398	-0.5221	-0.5403	-0.5230	-0.5403	-0.5400	-0.4875	-0.5221	-6.3446				
602	แม่น้ำปึงส่วนที่ 1	1,906	-0.4628	-0.4779	-0.4622	-0.4778	-0.4781	-0.4627	-0.4783	-0.4629	-0.4782	-0.4781	-0.4317	-0.4624	-5.6131				
604	น้ำแม่แตง	1,961	-0.2979	-0.3076	-0.2975	-0.3070	-0.3064	-0.2970	-0.3073	-0.2972	-0.3070	-0.3068	-0.2771	-0.2967	-3.6054				
606	น้ำแม่ริม	560	-0.4267	-0.4408	-0.4263	-0.4398	-0.4385	-0.4229	-0.4362	-0.4223	-0.4366	-0.4367	-0.3944	-0.4227	-5.1440				
607	น้ำแม่กวาง	2,914	-0.2036	-0.2043	-0.1937	-0.1971	-0.1997	-0.2011	-0.2199	-0.2269	-0.2421	-0.2450	-0.2233	-0.2423	-2.5989				
608	น้ำแม่ต๋าน	1,739	-0.7871	-0.8234	-0.8075	-0.8352	-0.8528	-0.8333	-0.8455	-0.8100	-0.8365	-0.8366	-0.7555	-0.7965	-9.8201				
605	แม่น้ำปึงส่วนที่ 2	1,321	-0.2718	-0.2579	-0.2405	-0.2465	-0.2465	-0.2390	-0.2818	-0.3063	-0.3277	-0.3273	-0.2941	-0.3166	-3.3561				
609	น้ำแม่ลี	2,058	-0.5589	-0.5682	-0.5461	-0.5624	-0.5588	-0.5436	-0.5730	-0.5558	-0.5810	-0.5834	-0.5212	-0.5644	-6.7167				
612	แม่แจ่มตอนบน	1,964	-0.0735	-0.0759	-0.0735	-0.0760	-0.0761	-0.0737	-0.0763	-0.0738	-0.0762	-0.0762	-0.0688	-0.0737	-0.8936				
613	แม่แจ่มตอนล่าง	1,928	-0.0735	-0.0759	-0.0735	-0.0760	-0.0761	-0.0737	-0.0763	-0.0738	-0.0762	-0.0762	-0.0688	-0.0737	-0.8936				
610	น้ำแม่กลาง	619	-0.6441	-0.6645	-0.6424	-0.6631	-0.6621	-0.6405	-0.6621	-0.6399	-0.6605	-0.6597	-0.5956	-0.6374	-7.7719				
614	น้ำแม่หาด	520	-0.4759	-0.8223	-0.8994	-0.8809	-0.9020	-0.8662	-0.8876	-0.7265	-0.5610	-0.4579	-0.3697	-0.4233	-8.2727				
615	น้ำแม่ต้น	3,166	-0.3577	-0.3544	-0.3342	-0.3417	-0.3426	-0.3357	-0.3503	-0.3427	-0.3558	-0.3567	-0.3206	-0.3449	-4.1374				
611	แม่น้ำปึงส่วนที่ 3	3,181	-0.0367	-0.0379	-0.0367	-0.0379	-0.0379	-0.0368	-0.0381	-0.0369	-0.0380	-0.0380	-0.0343	-0.0367	-0.4459				
600	แม่น้ำปึงตอนบน	25,319	-0.3193	-0.3326	-0.3222	-0.3309	-0.3325	-0.3239	-0.3384	-0.3284	-0.3377	-0.3361	-0.3021	-0.3244	-3.9286				

ภาพผนวกที่ ก16 แสดงรูปแบบหน้าจอล Sub Surface Inflow Data

Pumping		BACK															
รหัส	ส่วนที่	พื้นที่ ทั้งหมด	Pumping (mm.)														รวม
	สาขา	ตร.กม.	ณ.ย.	พ.ล.	บ.ย.	ก.ล.	ส.ล.	ก.ย.	ด.ล.	พ.ย.	ด.ล.	ม.ล.	ก.พ.	บ.ล.	ก.ล.	รวม	
603	น้ำแม่จืด	1,282	0.1233	0.1235	0.1235	0.1235	0.1235	0.1196	0.2363	0.2323	0.2401	0.2401	0.2169	0.2401	0.2323	2.14	
602	แม่น้ำปิงส่วนที่ 1	1,906	0.0232	0.0233	0.0233	0.0233	0.0233	0.0225	0.0425	0.0418	0.0432	0.0432	0.0390	0.0432	0.0418	0.39	
604	น้ำแม่แตง	1,961	0.0145	0.0145	0.0145	0.0145	0.0145	0.0140	0.0281	0.0276	0.0285	0.0285	0.0258	0.0285	0.0276	0.25	
606	น้ำแม่ริม	560	0.0255	0.0259	0.0259	0.0259	0.0259	0.0250	0.0409	0.0401	0.0414	0.0414	0.0374	0.0414	0.0401	0.40	
607	น้ำแม่กวาง	2,914	0.3279	0.3516	0.3655	0.3645	0.7438	0.5792	0.7271	0.6881	0.6882	0.6597	0.5782	0.6597	0.6026	6.68	
608	น้ำแม่ตม	1,739	0.1447	0.5838	0.5977	0.5977	2.0984	2.0605	1.7169	1.6606	1.7089	1.7039	1.5390	1.7039	0.2411	14.65	
605	แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	1,521	0.1694	0.1768	0.1924	0.1915	0.3881	0.3820	1.0758	1.0531	1.8482	1.8503	1.4141	1.8503	1.3202	10.06	
609	น้ำแม่ลี	2,058	0.3408	0.3589	0.3806	0.3815	1.0769	1.1287	1.5154	1.4773	1.5911	1.5709	1.3788	1.5709	0.8785	12.08	
612	แม่แจ่มตอนบน	1,964	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	
613	แม่แจ่มตอนล่าง	1,928	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	
610	น้ำแม่กลาง	619	0.0388	0.0367	0.0367	0.0367	0.0367	0.0355	0.1333	0.1321	0.1365	0.1365	0.1233	0.1365	0.1321	1.02	
614	น้ำแม่หาด	520	0.0655	0.0658	0.0658	0.0658	0.0658	0.0637	0.1182	0.1161	0.1200	0.1200	0.1083	0.1200	0.1161	1.09	
615	น้ำแม่ตัน	3,166	0.0888	0.0865	0.1110	0.1148	0.2649	0.2163	0.2502	0.2448	0.2631	0.2609	0.2195	0.2609	0.2157	2.34	
611	แม่น้ำปิงส่วนที่ 3	3,181	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	
600	แม่น้ำปิงตอนบน	25,319	0.1086	0.1431	0.1515	0.1518	0.3857	0.3615	0.4446	0.4307	0.4942	0.4888	0.4187	0.4888	0.2871	3.87	

ภาพผนวกที่ ก17 แสดงรูปแบบหน้าจอ Pumping Data

การประเมินความต้องการน้ำเพื่ออุปโภคบริโภคครัวเรือนแต่ละลุ่มน้ำสาขาในลุ่มน้ำปิงตอนบน															BACK	
รหัส	ลุ่มน้ำ สาขา	ปริมาณน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค (ล้าน ลบ.ม.)													รวม	
		ผ.ย.	พ.ล.	บ.ย.	ก.ล.	ส.ล.	ก.ย.	ด.ล.	พ.ย.	ธ.ล.	ม.ล.	ก.พ.	บ.ล.			
603	น้ำแม่จืด	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	2.34	
602	แม่น้ำปิงส่วนที่ 1	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	4.92	
604	น้ำแม่แตง	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	1.90	
606	น้ำแม่ริ้ม	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	1.95	
607	น้ำแม่กวาง	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	23.22	
608	น้ำแม่ตาน	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	3.72	
605	แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	6.63	
609	น้ำแม่ลี	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	37.80	
612	แม่แจ่มตอนบน	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	1.65	
613	แม่แจ่มตอนล่าง	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	1.65	
610	น้ำแม่กลาง	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	1.64	
614	น้ำแม่หาด	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.88	
615	น้ำแม่ตัน	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	2.43	
611	แม่น้ำปิงส่วนที่ 3	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	4.26	
600	แม่น้ำปิงตอนบน	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	92.64	

ภาพผนวกที่ ก18 แสดงรูปแบบหน้าจ่อ Water Use by Human Data

Water uses intended by Industrial & Tourism															
Back															
CODE	Main / Sub Basin	Drainage Area, sq.km.	Industrial Dem. cu.Y		Tourism, cu.Y	Sum M&I, mcm									
			25-46	25-46		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
603	น้ำแม่จิด	1,282	3,142.00	-	-	0.000262	0.000262	0.000262	0.000262	0.000262	0.000262	0.000262	0.000262	0.000262	
602	แม่น้ำปิงส่วนที่ 1	1,906	47,933.00	-	-	0.003994	0.003994	0.003994	0.003994	0.003994	0.003994	0.003994	0.003994	0.003994	
604	น้ำแม่แตง	1,961	7,953.00	-	-	0.000663	0.000663	0.000663	0.000663	0.000663	0.000663	0.000663	0.000663	0.000663	
606	น้ำแม่ริ้ม	560	19,147.00	-	-	0.001596	0.001596	0.001596	0.001596	0.001596	0.001596	0.001596	0.001596	0.001596	
607	น้ำแม่แก้ว	2,914	3,549,305.00	3,952,496.00	-	0.625150	0.625150	0.625150	0.625150	0.625150	0.625150	0.625150	0.625150	0.625150	
608	น้ำแม่ขาน	1,739	10,343,672.00	10,063.00	-	0.862811	0.862811	0.862811	0.862811	0.862811	0.862811	0.862811	0.862811	0.862811	
605	แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	1,521	24,431.00	-	-	0.002036	0.002036	0.002036	0.002036	0.002036	0.002036	0.002036	0.002036	0.002036	
609	น้ำแม่สี	2,058	24,431.00	-	-	0.002036	0.002036	0.002036	0.002036	0.002036	0.002036	0.002036	0.002036	0.002036	
612	แม่แจ่มตอนบน	1,964	23,321.00	-	-	0.001943	0.001943	0.001943	0.001943	0.001943	0.001943	0.001943	0.001943	0.001943	
613	แม่แจ่มตอนล่าง	1,928	300,029.00	-	-	0.025002	0.025002	0.025002	0.025002	0.025002	0.025002	0.025002	0.025002	0.025002	
610	น้ำแม่กลาง	619	15,519.00	-	-	0.001293	0.001293	0.001293	0.001293	0.001293	0.001293	0.001293	0.001293	0.001293	
614	น้ำแม่หาด	520	504.00	-	-	0.000042	0.000042	0.000042	0.000042	0.000042	0.000042	0.000042	0.000042	0.000042	
615	น้ำแม่ต้น	3,166	25,518.00	-	-	0.002127	0.002127	0.002127	0.002127	0.002127	0.002127	0.002127	0.002127	0.002127	
611	แม่น้ำปิงส่วนที่ 3	3,181	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
600	แม่น้ำโขงตอนบน	25,319	14,384,905.00	3,962,559.00	-	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	

ภาพผนวกที่ ก19 แสดงรูปแบบหน้าจอ Water Use by Industrial & Tourism Data

การปรับปริมาณ Soil Storage										BACK											
รหัส	ลุ่มน้ำ	พื้นที่ลุ่มน้ำ ตร.กม.	Soil Storage รายเดือน(มม.)												รวม						
			ม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.							
603	น้ำแม่จิด	1,282	-6.6120	38.9880	25.4040	93.3510	-24.1670	-24.7460	-28.0580	-67.8940	-70.0750	-58.8640	-65.9130	4.0960	-184.4900						
602	แม่น้ำปิงส่วนที่ 1	1,906	-17.9880	78.9880	57.3680	13.3510	34.1670	-14.7460	-35.0580	-86.8940	-60.0750	-38.8640	-45.9130	-29.6860	-145.3500						
604	น้ำแม่แตง	1,961	-17.9880	76.9880	64.3680	4.4410	61.1670	3.6320	-17.0580	-77.8940	-55.0750	-31.8640	-48.9130	-46.6860	-84.8820						
606	น้ำแม่ริม	560	7.9880	190.9880	51.3680	-23.3510	54.1670	94.7460	43.0580	-67.8940	-70.0750	-63.8640	-65.9130	-9.6860	141.5320						
607	น้ำแม่ท่าง	2,914	-7.9880	72.9880	35.4040	-16.3510	-14.1670	-9.7460	23.0580	-67.8940	-46.0750	-43.8640	-51.9130	2.0960	-124.4520						
608	น้ำแม่ตัน	1,739	19.9880	208.9880	35.4040	-13.3510	64.1670	114.7460	23.0580	-77.8940	-55.0750	-45.8640	-44.9130	5.6860	234.9400						
605	แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	1,521	22.9880	148.9880	77.3680	-13.3510	84.1670	24.7460	23.0580	-57.8940	-30.0750	-28.8640	-35.9130	9.6860	224.9040						
609	น้ำแม่ลี	2,058	-28.9880	140.9880	7.3680	-75.3510	-24.1670	69.7460	3.0580	-107.8940	-30.0750	-71.8640	-80.9130	-29.6860	-227.7780						
612	แม่แจ่มตอนบน	1,964	-10.9880	178.9880	37.3680	-13.3510	64.1670	134.7460	-28.0580	-81.8940	-60.0750	-48.8640	-42.9130	-9.6860	119.4400						
613	แม่แจ่มตอนล่าง	1,928	-27.9880	148.9880	35.4040	-13.3510	66.1670	134.7460	-43.0580	-77.8940	-56.0750	-60.8640	-58.9130	-33.6860	13.4760						
610	น้ำแม่กลาง	619	-27.9880	38.9880	5.4040	-33.3510	34.1670	64.7460	-23.0580	-57.8940	-40.0750	-58.8640	-55.9130	-29.6860	-183.5240						
614	น้ำแม่หาด	520	-17.9880	38.9880	-37.3680	-53.3510	-34.1670	34.7460	23.0580	-77.8940	-60.0750	-58.8640	-25.9130	-9.6860	-278.5140						
615	น้ำแม่ต้น	3,166	-17.9880	38.9880	-37.3680	-53.3510	-34.1670	34.7460	23.0580	-77.8940	-60.0750	-58.8640	-55.9130	9.6860	-289.1420						
611	แม่น้ำปิงส่วนที่ 3	3,181	-6.6120	118.9880	35.4040	-4.4410	34.1670	64.7460	23.0580	-57.8940	-30.0750	-48.8640	-55.9130	-9.6860	62.8780						
600	แม่น้ำปิงตอนบน	25,319	-10.5445	108.0796	28.2142	-15.3589	23.3223	49.4178	1.6774	-75.2387	-49.6572	-50.1332	-53.5642	-11.3037	-55.0893						

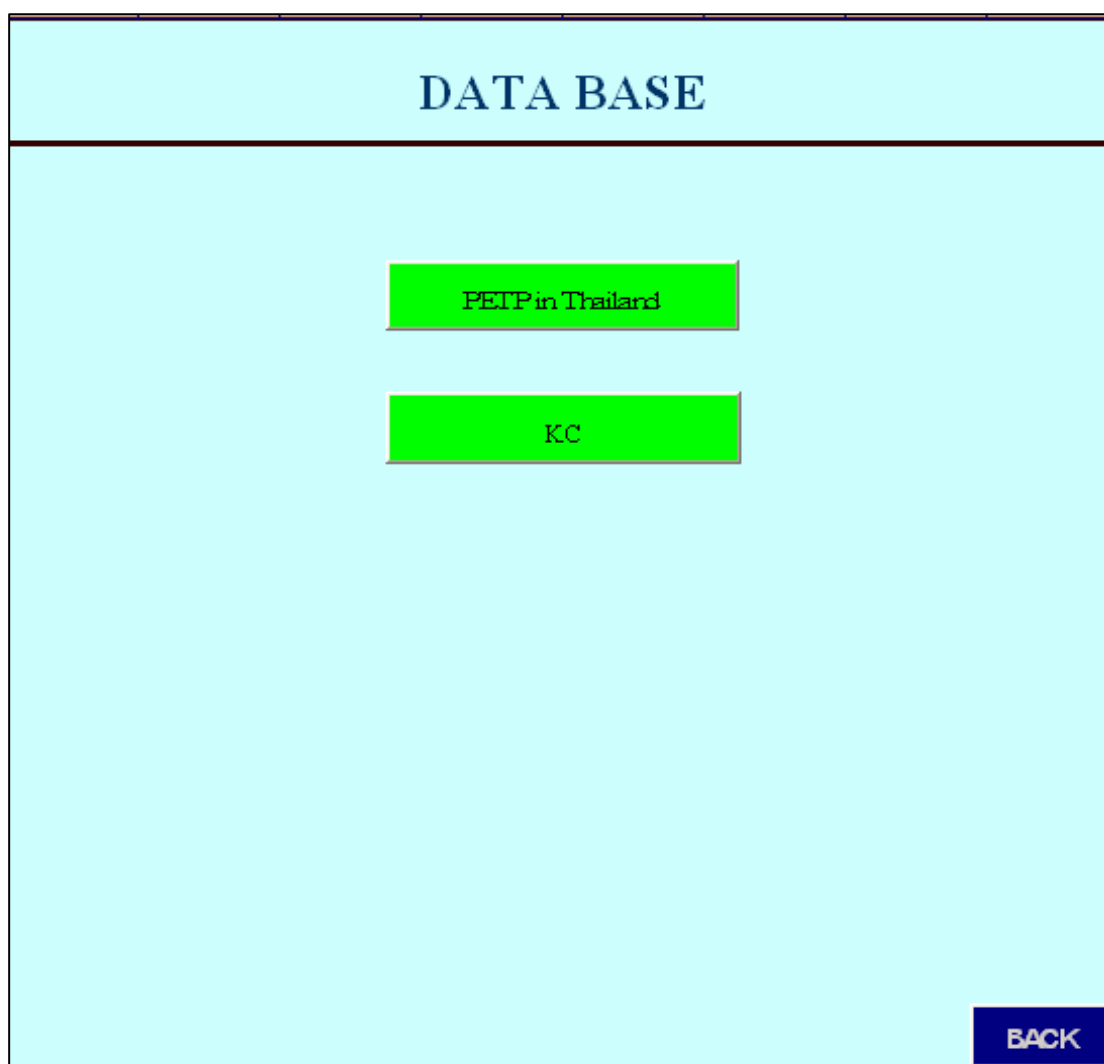
ภาพผนวกที่ ก20 แสดงรูปแบบหน้าจอล Soil Storage Data

RECHARGE		BACK													
รหัส	ส่วนที่	พื้นที่ส่วนที่	RECHARGE (nom.)												รวม
	สาขา	ตรรก.	ม.ส.	พ.ก.	ม.ส.	ก.ส.	ด.ก.	พ.ส.	ม.ก.	ก.ก.	น.ก.	ก.พ.	ม.ก.		
603	น้ำแม่จืด	1,282	2,5090	2,5090	2,5090	2,5090	2,5090	2,5090	2,5090	2,5090	2,5090	2,5090	2,5090	30,1080	
602	แม่น้ำปิงส่วนที่ 1	1,906	9,8930	9,8930	9,8930	9,8930	9,8930	9,8930	9,8930	9,8930	9,8930	9,8930	9,8930	118,7160	
604	น้ำแม่แตง	1,961	8,0130	8,0130	8,0130	8,0130	8,0130	8,0130	8,0130	8,0130	8,0130	8,0130	8,0130	96,1560	
606	น้ำแม่ริม	560	5,6740	5,6740	5,6740	5,6740	5,6740	5,6740	5,6740	5,6740	5,6740	5,6740	5,6740	68,0880	
607	น้ำแม่แก้ว	2,914	7,0260	7,0260	7,0260	7,0260	7,0260	7,0260	7,0260	7,0260	7,0260	7,0260	7,0260	84,3120	
608	น้ำแม่ต๋าน	1,739	1,3630	1,3630	1,3630	1,3630	1,3630	1,3630	1,3630	1,3630	1,3630	1,3630	1,3630	16,3560	
605	แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	1,521	5,7890	5,7890	5,7890	5,7890	5,7890	5,7890	5,7890	5,7890	5,7890	5,7890	5,7890	69,4680	
609	น้ำแม่ลี	2,058	5,9640	5,9640	5,9640	5,9640	5,9640	5,9640	5,9640	5,9640	5,9640	5,9640	5,9640	71,5680	
612	แม่แจ่มตอนบน	1,964	- 1,3520	- 1,3520	- 1,3520	- 1,3520	- 1,3520	- 1,3520	- 1,3520	- 1,3520	- 1,3520	- 1,3520	- 1,3520	- 16,2240	
613	แม่แจ่มตอนล่าง	1,928	- 1,3520	- 1,3520	- 1,3520	- 1,3520	- 1,3520	- 1,3520	- 1,3520	- 1,3520	- 1,3520	- 1,3520	- 1,3520	- 16,2240	
610	น้ำแม่กลาง	619	1,9890	1,9890	1,9890	1,9890	1,9890	1,9890	1,9890	1,9890	1,9890	1,9890	1,9890	23,8680	
614	น้ำแม่หาด	520	1,6860	1,6860	1,6860	1,6860	1,6860	1,6860	1,6860	1,6860	1,6860	1,6860	1,6860	20,2320	
615	น้ำแม่ต้น	3,166	- 5,1690	- 5,1690	- 5,1690	- 5,1690	- 5,1690	- 5,1690	- 5,1690	- 5,1690	- 5,1690	- 5,1690	- 5,1690	- 62,0280	
611	แม่น้ำปิงส่วนที่ 3	3,181	5,6360	5,6360	5,6360	5,6360	5,6360	5,6360	5,6360	5,6360	5,6360	5,6360	5,6360	67,6320	
600	แม่น้ำปิงตอนบน	25,319	3,2898	3,2898	3,2898	3,2898	3,2898	3,2898	3,2898	3,2898	3,2898	3,2898	3,2898	39,4781	

ภาพผนวกที่ ก21 แสดงรูปแบบหน้าจอ Recharge Data

1.6 PETP and Kc Data

หลังจากที่ได้ป้อนข้อมูลใน Sub Surface Flow and M&I Data แล้ว ให้มาที่ PETP and Kc Data ซึ่งจะประกอบด้วย ข้อมูล PETP in Thailand และ Kc Data ซึ่งมีรูปแบบหน้าจอ ดังภาพ แผนกที่ ก22 โดยที่ผู้ใช้งานสามารถกลับไปยัง Input Data ได้โดยกดปุ่ม Back และในการป้อนข้อมูลของแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้



ภาพแผนกที่ ก22 แสดงรูปแบบหน้าจอ PETP and Kc Data

1.6.1 PETP in Thailand เป็นข้อมูล Eto ของแต่ละสถานีตรวจวัดอากาศทั่วประเทศ ไทย ซึ่งคำนวณด้วยวิธี Penman-Monteith ซึ่งมีรูปแบบหน้าจอแสดงผลภาพผนวกที่ ก23 หากผู้ใช้งาน ต้องการเพิ่มเติมหรือแก้ไขข้อมูล ให้กดปุ่ม Edit แล้วเพิ่มเติมหรือแก้ไขได้ตามต้องการ โดยสามารถ เพิ่มเติมได้ทั้งสิ้น 100 สถานี และหากต้องการกลับไปยังหน้าจอ PETP and Kc Data ให้กดปุ่ม Back

1.6.2 Kc Data เป็นข้อมูลค่า Kc ของพืชแต่ละชนิดและการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ โดย จำแนกค่า Kc ออกเป็น 5 ประเภทคือ

- 1) Kc สำหรับพืชที่ปลูกในฤดูฝน ซึ่งเป็นการใช้น้ำในกระบวนการของมนุษย์ โดยสามารถแก้ไขและเพิ่มเติมพืชได้ถึง 15 ชนิด แสดงรูปแบบหน้าจอแสดงผลภาพผนวกที่ ก24
- 2) Kc สำหรับพืชที่ปลูกในฤดูแล้ง ซึ่งเป็นการใช้น้ำในกระบวนการของมนุษย์ โดยสามารถแก้ไขและเพิ่มเติมพืชได้ถึง 15 ชนิด แสดงรูปแบบหน้าจอแสดงผลภาพผนวกที่ ก25
- 3) Kc สำหรับพืชที่ปลูกตลอดทั้งปี ซึ่งเป็นการใช้น้ำในกระบวนการของ มนุษย์ โดยจะรวมการใช้ที่ดินประเภทตัวเมือง ย่านการค้า ที่อยู่อาศัย บ่อปลาและนาเกลือด้วย ซึ่ง สามารถแก้ไขและเพิ่มเติมได้ถึง 45 ชนิด แสดงรูปแบบหน้าจอแสดงผลภาพผนวกที่ ก26
- 4) KC Beneficial Non-process Water เป็นการใช้ให้นอกกระบวนการของ มนุษย์ที่เกิดประโยชน์ ได้แก่ป่าไม้ชนิดต่างๆ แสดงรูปแบบหน้าจอแสดงผลภาพผนวกที่ ก27
- 5) KC Low or Non-beneficial Non-process Water เป็นการใช้ให้นอก กระบวนการของมนุษย์ที่ไม่เกิดประโยชน์ ได้แก่ การใช้ที่ดินประเภทแหล่งน้ำต่างๆ แสดงรูปแบบ หน้าจอแสดงผลภาพผนวกที่ ก28

ในการแก้ไขหรือเพิ่มเติมข้อมูล ก่อนอื่นจะต้องกดปุ่ม Edit แล้วจึงทำการแก้ไข หลังจากแก้ไขเรียบร้อยแล้วให้กดปุ่ม Accept ก่อนออกจากหน้าจอ Kc Data

Potential Evapotranspiration ต่ำกว่าระดับความชื้นในประเทศไทย																			
Back																			
EOT																			
Index		Name of Staion	Season		PETP, mm.												Total, mm.		
Station			Start	Fin	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Rain Season	Dry Season	Annual
1		PRACHIN BURI	Jun	Nov	143.76	135.75	115.95	116.96	110.70	109.83	120.56	117.21	114.27	111.48	114.38	143.62	691.21	763.25	1,454.47
2		KABIN BURI	Jun	Nov	146.16	133.18	112.11	111.20	104.22	100.86	114.36	115.50	114.20	107.54	116.45	144.06	658.25	761.59	1,419.84
3		ARANYA PRATHET	Jun	Nov	151.98	141.55	122.19	124.06	116.31	111.24	116.87	111.06	109.18	111.66	119.67	153.08	701.73	787.12	1,488.85
4		SA KAEW	Jun	Nov	128.97	126.39	110.55	110.98	115.91	108.30	115.66	106.62	105.43	111.60	117.12	144.62	668.02	734.13	1,402.15
5		CHON BURI	Jun	Nov	155.19	144.74	129.75	130.79	124.59	113.55	119.26	120.09	122.08	120.34	123.28	154.60	738.03	820.23	1,558.26
6		KO SICHANG	Jun	Nov	150.57	144.46	133.20	133.24	129.83	113.07	116.68	125.52	131.01	118.89	119.84	149.17	751.54	813.93	1,565.47
7		PHATTHAYA	Jun	Nov	146.19	135.84	126.54	128.19	127.38	109.65	107.69	113.85	126.64	120.31	120.96	146.91	713.30	796.85	1,510.15
8		SATTAHIP	Jun	Nov	153.27	139.93	129.06	132.28	128.56	110.43	116.22	119.34	129.55	121.64	122.30	152.52	735.88	819.22	1,555.10
9		LAEM CHABANG	Jun	Nov	69.24	73.16	69.48	71.89	72.51	65.67	56.27	41.79	36.52	39.18	46.59	63.40	377.60	328.09	705.69
10		RAYONG	Jun	Nov	148.59	137.86	127.71	128.53	127.16	109.89	112.10	112.05	113.86	113.96	120.74	148.92	717.43	783.93	1,501.36
11		CHANTHA BURI	Jun	Nov	135.18	119.97	100.53	104.84	103.51	96.63	108.38	114.39	118.39	116.19	114.35	133.61	628.28	737.69	1,365.97
12		KHLONG YAI	Jun	Nov	137.37	129.61	105.84	108.35	104.41	102.21	111.17	114.36	118.23	117.21	113.48	136.80	646.33	752.71	1,399.04
13		NONG KHAI	Jun	Nov	148.50	137.02	116.61	115.82	109.40	114.90	116.87	98.76	87.82	90.77	100.69	137.64	672.36	702.44	1,374.79
14		LOEI	Jun	Nov	142.83	136.00	121.83	117.34	112.47	108.39	108.19	92.58	87.05	93.09	105.00	133.55	660.79	697.52	1,358.31
15		UDON THANI	Jun	Nov	151.59	143.10	123.57	123.32	115.91	117.90	120.28	102.54	91.42	92.38	102.93	139.75	703.52	721.16	1,424.68

ภาพผนวกที่ ก23 แสดงรูปแบบหน้าจอล PETP In Thailand Data

KC ที่ใช้		BACK														
KC สำหรับพืชที่ปลูกในฤดูฝน		ACCEPT EDIT														
No	Crops	K adj นอกเขต	K adj ในเขต	K adj ภูมิภาค	KC											
					APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR
1	ข้าว	1.00	1.00	1.00			0.83	0.91	1.04	1.02	0.86	0.77				
2	อ้อยโรงงาน	1.00	1.00	1.00				0.72	1.14	0.98	0.63	0.52				
3	มันสำปะหลัง	1.00	1.00	1.00			0.71	0.71	1.01	1.21	1.24	0.45				
4	พืชผัก	1.00	1.00	1.00			0.73	0.73	1.01	1.19	1.21	0.43				
5	ข้าวโพด	1.00	1.00	1.00			0.66	0.80	1.00	1.00	0.93	0.85				
6	กระหล่ำปลี	1.00	1.00	1.00			0.46	0.46	0.70	0.83	0.88	0.28				
7	ชา	1.00	1.00	1.00				0.72	1.14	0.98	0.63	0.52				
8	ถั่วเหลือง	1.00	1.00	1.00			0.66	0.76	0.90	1.10	1.10	0.48				
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
รวม																

ภาพผนวกที่ ก24 แสดงรูปแบบหน้าจอ Kc สำหรับพืชที่ปลูกในฤดูฝน

KC สำหรับพืชที่ปลูกในฤดูแล้ง																
No	Crops	K adj	K adj	K adj	KC											
		นอกเขต	ในเขต	ภูมิภาค	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR
1	ข้าว	1.00	1.00	1.00	0.86	0.77							0.83	0.91	1.04	1.00
2	อ้อยโรงงาน	1.00	1.00	1.00	0.63	0.52								0.72	1.14	0.90
3	มันสำปะหลัง	1.00	1.00	1.00	0.32	0.50							0.38	0.36	0.36	0.20
4	พืชผัก	1.00	1.00	1.00	0.31	0.49							0.38	0.36	0.36	0.20
5	ข้าวโพด	1.00	1.00	1.00	0.93	0.85							0.66	0.80	1.00	1.00
6	กระหล่ำปลี	1.00	1.00	1.00	0.24	0.32							0.32	0.30	0.28	0.20
7	ชา	1.00	1.00	1.00	0.63	0.52								0.72	1.14	0.90
8	ถั่วเหลือง	1.00	1.00	1.00	0.30	0.50							0.33	0.30	0.30	0.20
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
รวม																

ภาพผนวกที่ ก25 แสดงรูปแบบหน้าจอ Kc สำหรับพืชที่ปลูกในฤดูแล้ง

Kc สำหรับพืชที่ปลูกตลอดปี																
No	Crops	K _{adj} นอกเขต	K _{adj} ในเขต	K _{adj} ภูมิภาคนอกเขต	Kc											
					APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR
1	ข้าวเหนียว	1.00	1.00	1.00	0.19	0.25	0.11	0.10	0.13	0.10	0.12	0.02	0.01	0.01	0.00	0.10
2	สวนสาธารณะ, สถานที่ราชการต่างๆ และ	1.00	1.00	1.00	0.31	0.38	0.28	0.27	0.29	0.26	0.27	0.15	0.15	0.15	0.10	0.10
3	ป่าปลูกผสม	1.00	1.00	1.00	0.59	0.58	0.75	0.82	0.86	0.95	0.90	0.91	0.92	0.90	0.74	0.53
4	ยางพารา	1.00	1.00	1.00	0.40	0.55	0.74	0.80	0.97	1.24	1.26	0.52	0.44	0.46	0.37	0.25
5	กล้วย	1.00	1.00	1.00	0.63	0.52	0.62	0.72	1.14	0.98	0.63	0.52	0.62	0.72	1.14	0.98
6	พืชไร่ผสม	1.00	1.00	1.00	0.41	0.53	0.72	0.76	0.94	1.18	1.28	0.45	0.36	0.46	0.37	0.26
7	พืชผลผสม	1.00	1.00	1.00	0.41	0.53	0.72	0.76	0.94	1.18	1.28	0.45	0.36	0.46	0.37	0.26
8	ไม้ดอก	1.00	1.00	1.00	0.41	0.53	0.72	0.76	0.94	1.18	1.28	0.45	0.36	0.46	0.37	0.26
9	ไร่ร้าง	1.00	1.00	1.00	0.59	0.58	0.75	0.82	0.86	0.95	0.90	0.91	0.92	0.90	0.74	0.53
10	สวนผลไม้	1.00	1.00	1.00	0.41	0.53	0.72	0.76	0.94	1.18	1.28	0.45	0.36	0.46	0.37	0.26
11	สวนผลไม้	1.00	1.00	1.00	0.41	0.53	0.72	0.76	0.94	1.18	1.28	0.45	0.36	0.46	0.37	0.26
12	สวนผลไม้	1.00	1.00	1.00	0.59	0.58	0.75	0.82	0.86	0.95	0.90	0.91	0.92	0.90	0.74	0.53
13	สวนผลไม้	1.00	1.00	1.00	0.41	0.53	0.72	0.76	0.94	1.18	1.28	0.45	0.36	0.46	0.37	0.26
14	สวนผลไม้	1.00	1.00	1.00	0.41	0.53	0.72	0.76	0.94	1.18	1.28	0.45	0.36	0.46	0.37	0.26
15	สวนผลไม้	1.00	1.00	1.00	0.25	0.30	0.16	0.15	0.18	0.15	0.17	0.06	0.01	0.01	0.00	0.15
16	สวนผลไม้	1.00	1.00	1.00	0.25	0.30	0.16	0.15	0.18	0.15	0.17	0.06	0.01	0.01	0.00	0.15
17	สวนผลไม้	1.00	1.00	1.00	0.07	0.10	0.21	0.37	0.66	0.73	0.67	0.73	0.72	0.61	0.46	0.1
18	สวนผลไม้	1.00	1.00	1.00	0.07	0.10	0.21	0.37	0.66	0.73	0.67	0.73	0.72	0.61	0.46	0.1
19	สวนผลไม้	1.00	1.00	1.00	0.07	0.10	0.21	0.37	0.66	0.73	0.67	0.73	0.72	0.61	0.46	0.1
20	สวนผลไม้	1.00	1.00	1.00	0.38	0.54	0.71	0.79	0.86	1.23	1.24	0.50	0.36	0.45	0.39	0.24

ภาพผนวกที่ ก26 แสดงรูปแบบหน้าจอก Kc สำหรับพืชที่ปลูกตลอดทั้งปี

Kc Beneficial Non-process Water																
No	Crops	K _{adj} นอกเขต	K _{adj} ในเขต	K _{adj} ภูมิภาคนอกเขต	Kc											
					APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR
1	ป่าไม้	1.00	1.00	1.00	0.50	0.54	0.69	0.76	0.77	0.86	0.79	0.78	0.79	0.74	0.61	0.5
2	ป่าดิบเขา	1.00	1.00	1.00	0.04	0.04	0.10	0.17	0.31	0.34	0.31	0.34	0.34	0.28	0.21	0.05
3	ป่าดิบ	1.00	1.00	1.00	0.06	0.07	0.16	0.28	0.51	0.56	0.52	0.56	0.55	0.47	0.36	0.08
4	ป่าดิบแล้ง	1.00	1.00	1.00	0.42	0.43	0.53	0.52	0.53	0.43	0.29	0.14	0.10	0.18	0.32	0.53
5	ป่าเบญจพรรณ	1.00	1.00	1.00	0.49	0.52	0.65	0.71	0.73	0.82	0.75	0.74	0.75	0.70	0.59	0.48
6	ป่าไร่หรือป่าเสื่อมโทรม	1.00	1.00	1.00	0.41	0.52	0.75	0.71	0.86	1.13	1.12	0.43	0.42	0.40	0.36	0.26
7	ป่าสนเขา	1.00	1.00	1.00	0.07	0.10	0.21	0.37	0.66	0.73	0.67	0.73	0.72	0.61	0.46	0.09
8	ป่าหญ้า	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
9	ป่าชายเลน	1.00	1.00	1.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
10																
11																
12																
13																
14																
15																
รวม																

ภาพผนวกที่ ก27 แสดงรูปแบบหน้าจอก Kc Beneficial Non-process Water

KC Low or Non-beneficial Non-process Water																
No	Crops	K adj	K adj	K adj	KC											
		นอกเขต	ในเขต	ภูมิภาค	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR
1	แหล่งน้ำอ่างเก็บน้ำ	1.00	1.00	1.00	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
2																
3																
4																
5																
รวม																

ภาพผนวกที่ ก28 แสดงรูปแบบหน้าจอ Kc Low or Non-beneficial Non-process Water

1.7 Land Used Data

หลังจากที่ได้ป้อนข้อมูลใน PETP and Kc Data แล้ว ให้ไปที่ Land Used Data โดยที่ผู้ใช้งานสามารถกรอกข้อมูลต่างๆ ตามขั้นตอนดังนี้

1) เริ่มจากการเลือกโดเมนย่อยโดยกดปุ่ม  จะปรากฏรหัสของโดเมนย่อยให้เลือกดังภาพผนวกที่ ก29 แล้วทำการป้อนข้อมูลรหัสสถานีตรวจวัดอากาศที่มีอิทธิพลกับโดเมนย่อยที่ได้เลือกจากตาราง PETP in Thailand ตามที่แสดงในช่อง Index Station ภาพผนวกที่ ก23 พร้อมทั้งสัดส่วนพื้นที่ของสถานีดังกล่าว หลังจากนั้นแบบจำลองจะคำนวณค่า ETo ของโดเมนที่พิจารณาให้ ดังตารางในภาพผนวกที่ ก30

2) หลังจากดำเนินการในข้อ 1) เรียบร้อยแล้ว ให้ทำการป้อนข้อมูลพื้นที่การใช้ที่ดินชนิดต่างๆ เนื่องจากตารางนี้ถูกเชื่อมโยงมาจากตาราง Kc Data รูปแบบหน้าจอจึงคล้ายคลึงกัน ให้ผู้ใช้งานป้อนข้อมูลเฉพาะพื้นที่การใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นในโดเมนย่อยเท่านั้น และการกรอกข้อมูลพื้นที่ในแต่ละครั้ง แบบจำลองจะแสดงค่า Kc ของการใช้ที่ดินชนิดนั้นๆ ขึ้นมาโดยอัตโนมัติ ดังแสดงรายละเอียดในภาพผนวกที่ ก31

หลังจากที่ทำการป้อนข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้วให้กดปุ่ม Accept แล้วกลับไปยังหน้าจอ Input Data โดยกดปุ่ม Back

Potential Evapotranspiration ของสถานีตรวจอากาศที่มีอิทธิพลกับลุ่มน้ำย่อย BACK

603 ACCEPT

603

602

604

606

607

608

605

609

สถานีตรวจอากาศที่มีอิทธิพลกับลุ่มน้ำย่อย

NO.	1	2	3	4	5	6
ค่าเฉลี่ย	34	35				
Weighted Factor	1.00	0.00				

Potential Evapotranspiration สำหรับน้ำฝน

ภาพผนวกที่ ก29 แสดงรูปแบบหน้าจอในการเลือกโดเมนย่อยใน Land Used Data

สถานีตรวจอากาศที่มีอิทธิพลกับลุ่มน้ำย่อย												
	NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	ดัชนีสถานี	34	35									
	Weigthed Factor	0.80	0.20									
Potential Evapotranspiration สำหรับน้ำฝน												
Sub Basin	PETP, mm.											
	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
น้ำฝน	159.45	156.32	126.37	118.87	111.21	111.50	113.28	94.69	85.14	89.76	104.71	142.49

ภาพผนวกที่ ก30 แสดงหน้าจอการป้อนข้อมูลสถานีตรวจวัดอากาศที่มีอิทธิพลต่อโดเมนย่อย

KC สำหรับพืชปลูกตลอดปี																	
No	Crops	พื้นที่ (ตร.กม.)		K adj	K adj	K adj	KC										
		นอกเขตชล.	ในเขตชล.				นอกเขต	ในเขต	ภูมิภาค	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV
1	ตัวเมืองและย่านการค้า	1.71		1.00	1.00	1.00	0.19	0.25	0.11	0.10	0.13	0.10	0.12	0.02	0.01	0.01	0.00
2	สวนสาธารณะ, สถานที่ราชการต่างๆ และที่	24.34		1.00	1.00	1.00	0.31	0.38	0.28	0.27	0.29	0.26	0.27	0.15	0.15	0.15	0.10
3	ป่าปลูกผสม	17.06		1.00	1.00	1.00	0.59	0.58	0.75	0.82	0.86	0.95	0.90	0.91	0.92	0.90	0.74
4	ยางพารา																
5	กล้วย																
6	พืชไร่ผสม	8.98		1.00	1.00	1.00	0.41	0.53	0.72	0.76	0.94	1.18	1.28	0.45	0.36	0.46	0.37
7	ไม้ผลผสม	87.90		1.00	1.00	1.00	0.41	0.53	0.72	0.76	0.94	1.18	1.28	0.45	0.36	0.46	0.37
8	ไม้ดอก																
9	ไร่ร้าง	45.33		1.00	1.00	1.00	0.59	0.58	0.75	0.82	0.86	0.95	0.90	0.91	0.92	0.90	0.74
10	ลื่นี่	1.47		1.00	1.00	1.00	0.41	0.53	0.72	0.76	0.94	1.18	1.28	0.45	0.36	0.46	0.37
11	ส้ม	3.09		1.00	1.00	1.00	0.41	0.53	0.72	0.76	0.94	1.18	1.28	0.45	0.36	0.46	0.37
12	สัก																

ภาพผนวกที่ ก31 แสดงหน้าจอการป้อนข้อมูลพื้นที่ใน โดเมนย่อย

1.8 Flow Index Data

เป็นข้อมูลที่แสดงข้อกำหนดความต้องการน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศทางด้านท้ายน้ำ ปริมาณน้ำสิ้นสภาพ ปริมาณน้ำมีพันธะและไม่มีพันธะ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถแก้ไขได้ ดังแสดงรูปแบบหน้าจอในภาพผนวกที่ ก32

Flow Index		BACK				
	Flows to sinks				1.00%	
	Outflow				100%	
	Uncommitted Outflow				97%	
	Utilizable Outflow				10%	
	Non-utilizable Outflow				87%	
	Committed Outflow				3%	
	%Downstream Maintain				30%	

ภาพผนวกที่ ก32 แสดงรูปแบบหน้าจอ Flow Index Data

1.9 Run

เป็น Icon ที่ใช้เพื่อการประมวลผลของแบบจำลอง ซึ่งจะใช้เมื่อป้อนข้อมูลหรือทำการแก้ไขข้อมูลต่างๆ ครบถ้วนแล้ว เมื่อกดปุ่ม Run แบบจำลองจะใช้เวลาในการประมวลผลประมาณ 10-15 วินาที ซึ่งผู้ใช้งานจะไม่สามารถทำอะไรในแบบจำลองได้และรอจนกว่าจะมี Dialog Box ขึ้นมา ภายในมีปุ่มเขียนคำว่า OK. ดังแสดงในภาพผนวกที่ ก33 ให้ผู้ใช้งานกดปุ่ม OK. แล้วแบบจำลองจะแสดงหน้าจอ Output Data ขึ้นมาโดยอัตโนมัติและสามารถดูผลได้เลย

2. Output Data

หลังจากที่ทำการประมวลผลข้อมูลโดยการกดปุ่ม Run เป็นที่เรียบร้อยแล้ว สามารถดูผลการประเมินบัญชีน้ำได้ในส่วนของ Output Data ซึ่งมีรูปแบบหน้าจอ ดังภาพผนวกที่ ก34 โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 Precipitation

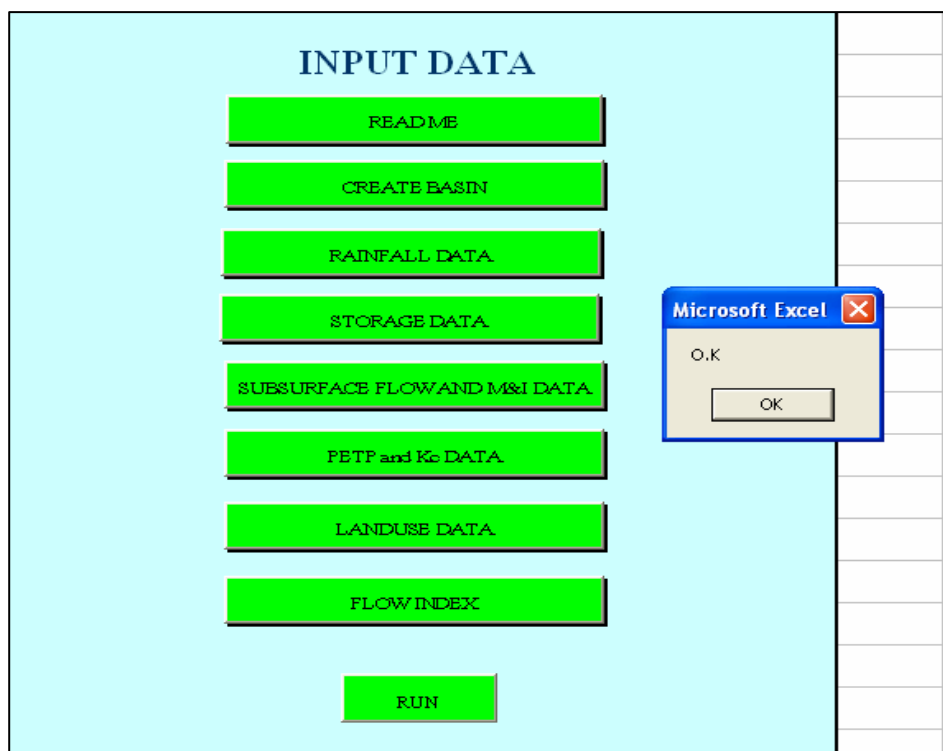
เป็นผลการคำนวณปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ในแต่ละโดเมนย่อยเป็นรายเดือนด้วยวิธีธีเอสเซนโพลิคอน ซึ่งมีรูปแบบหน้าจอ ดังภาพผนวกที่ ก35

2.2 Water Accounting

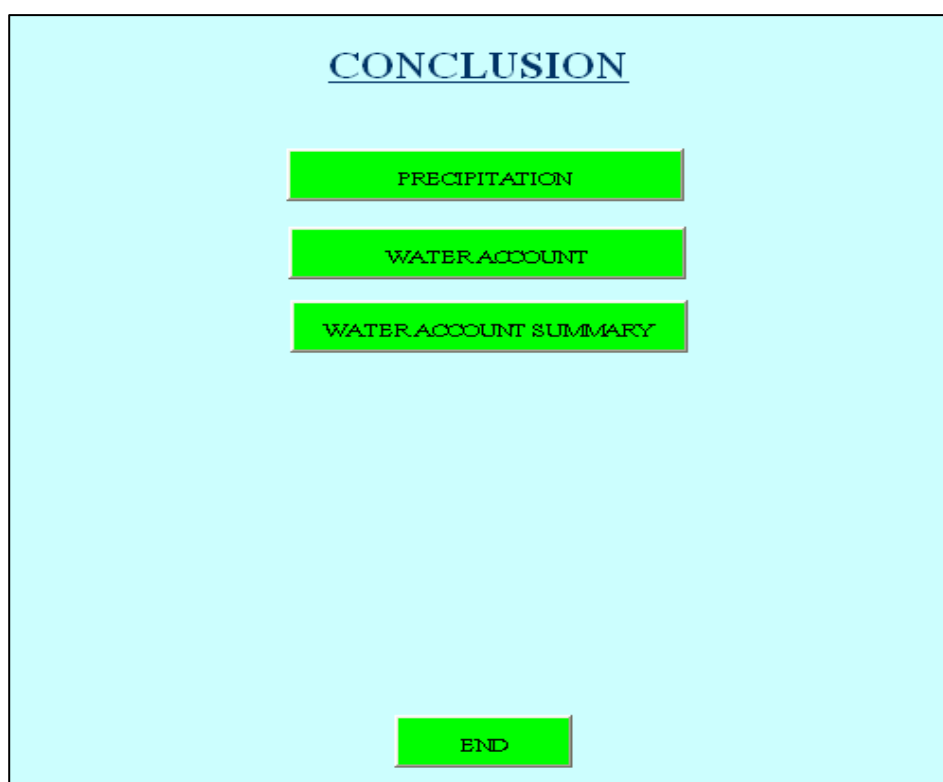
เป็นผลการประเมินบัญชีน้ำของโดเมนย่อยและโดเมนหลัก โดยที่แบบจำลองจะแสดงได้ที่ละ 1 โดเมน ผู้ใช้งานจะต้องทำการเลือกโดเมนที่จะให้แสดงโดยการกดปุ่ม  จะปรากฏรหัสของโดเมนต่างๆ ขึ้นมาให้เลือก หลังจากนั้นแบบจำลองจะแสดงผลการประเมินองค์ประกอบบัญชีน้ำเป็นรายเดือนดังภาพผนวกที่ ก36

2.3 Water Accounting Summary

เป็นตารางที่รวบรวมผลการประเมินบัญชีน้ำของทุกๆ โดเมนเข้าไว้ด้วยกัน แต่จะไม่แสดงผลเป็นรายเดือนแสดงเฉพาะผลรายฤดูและรายปีเท่านั้น ดังแสดงรูปแบบหน้าจอในภาพผนวกที่ ก37



ภาพผนวกที่ ก33 แสดงรูปแบบหน้าจอเมื่อกดปุ่ม Run



ภาพผนวกที่ ก34 แสดงรูปแบบหน้าจอ Output Data

Precipitation		BACK																											
ลำดับ ที่	รหัสสถานี	ชื่อสถานี	พื้นที่ ฝน (ตร.กม.)	แฟกเตอร์ ARF	Imitation %	ปริมาณฝน, มม.														ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี							
						เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	เม.ค.												
1	603	น้ำแม่จืด	1282.00	0.9023	0.765	100.44	191.43	165.19	268.39	112.75	142.08	102.82	6.20	0.04	4.50	0.00	105.60	982.66	216.79	1199.45									
2	602	แม่น้ำปิงส่วนที่ 1	1906.00	0.9023	0.769	96.78	311.65	307.45	215.90	292.54	224.08	190.77	1.61	2.74	30.69	0.00	25.62	1542.40	157.45	1699.84									
3	604	น้ำแม่ตาง	1961.00	0.9023	0.766	91.66	333.65	327.85	184.85	325.98	240.62	205.47	0.00	3.29	35.72	0.00	2.29	1618.42	132.97	1751.39									
4	606	น้ำแม่ริ้ม	560.00	0.9027	0.736	49.84	163.22	83.53	36.09	86.96	123.07	82.44	1.33	0.62	0.83	0.00	31.50	575.31	84.11	659.42									
5	607	น้ำแม่กวาง	2914.00	0.9023	0.409	199.29	457.68	391.81	262.28	301.80	355.47	387.03	9.70	22.58	18.31	0.00	179.62	2156.06	429.50	2585.56									
6	608	น้ำแม่จาม	1739.00	0.9023	0.727	132.29	504.52	217.90	101.19	275.44	420.67	230.34	0.00	1.59	0.23	0.00	87.02	1750.06	221.14	1971.19									
7	605	แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	1521.00	0.9023	0.843	122.47	256.02	211.25	102.78	203.62	203.75	235.05	7.94	3.85	4.11	0.00	85.85	1212.48	224.22	1436.71									
8	609	น้ำแม่สี	2058.00	0.9023	0.743	111.12	408.72	230.15	75.95	180.36	350.10	235.80	1.37	70.37	8.08	0.00	102.72	1481.08	293.65	1774.74									
9	612	แม่แจ่มตอนบน	1964.00	0.9023	0.720	64.31	508.59	223.60	135.46	337.74	570.91	160.28	0.00	0.00	0.00	0.00	41.28	1936.58	105.59	2042.17									
10	613	แม่แจ่มตอนล่าง	1928.00	0.9023	0.720	69.11	455.61	221.14	134.60	301.52	527.83	161.11	0.14	11.60	0.00	0.00	53.77	1801.81	134.63	1936.44									
11	610	น้ำแม่กลาง	619.00	0.9025	0.768	40.20	153.23	47.09	23.26	74.01	105.74	76.20	0.00	11.73	1.72	0.00	37.19	479.53	90.84	570.37									
12	614	น้ำแม่หาด	520.00	0.9029	0.350	30.36	72.23	46.11	19.17	38.85	80.52	64.59	0.43	1.65	1.77	0.00	28.39	321.47	62.60	384.07									
13	615	น้ำแม่ต้น	3166.00	0.9023	0.377	325.47	623.03	390.93	178.81	438.41	386.65	493.84	0.00	11.54	8.82	0.00	225.07	2511.66	570.90	3082.56									
14	611	แม่น้ำปิงส่วนที่ 3	3181.00	0.9023	0.399	226.95	589.24	344.52	134.94	305.66	503.36	428.27	1.87	67.72	8.50	0.00	186.80	2305.99	491.85	2797.84									
15	600	แม่น้ำปิงตอนบน	25,319	0.9024		1660.29	5028.80	3208.54	1873.67	3275.62	4234.86	3054.03	30.59	209.34	123.29	0.00	1192.71	20675.52	3216.23	23891.75									

ภาพผนวกที่ ก35 แสดงผลการคำนวณปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่

การคำนวณการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำของไดเมน แม่น้ำโขงตอนบน (600)												หน่วย: ล้าน ลบ.ม.	
Items													
600													
เลข.	พ.ท.	ม.ล.	ก.ก.	ก.จ.	ก.ด.	ก.ส.	ก.ร.	ก.อ.	ก.น.	ก.บ.	ก.ค.	ก.ด.	ก.ค.
2,113.62	7,207.19	4,211.72	219.48	5,039.34	4,545.54	-135.57	409.97	80.76	-82.21	1,083.01	28,536.28	3,445.97	31,982.25
481.41	2,786.81	1,011.35	-1,645.82	1,772.14	2,483.35	-1,203.68	209.18	-34.02	-55.16	-121.50	7,910.90	279.06	8,189.97
61.2	-8.42	-8.16	-8.38	-8.42	-8.20	-8.32	-8.55	-8.51	-7.65	-8.21	-50.15	-49.32	-99.47
1,660.39	5,028.20	3,208.54	1,873.87	3,275.82	4,344.86	3,054.03	209.34	123.29	0.00	1,192.71	20,675.52	3,216.23	23,891.75
61.0	2,749.89	6,611.20	2,177.00	-1,388.84	2,721.22	3,736.74	-1,239.33	-767.51	-165.10	1,139.80	13,721.39	-835.74	12,885.65
61.4	2,749.89	6,611.20	5,942.10	6,236.75	9,269.38	13,498.83	13,879.39	13,936.82	15,308.25	16,400.43	17,531.34	84,973.36	140,261.51
61.5	636.07	1,245.39	2,034.72	2,108.32	2,318.12	3,719.27	3,735.07	2,394.72	1,649.31	848.27	102.29	14,514.89	4,281.71
61.1	-636.07	1,245.39	-1,730.38	-6,317.27	-4,330.04	-5,288.22	-9,230.76	-14,095.26	-14,298.27	-16,219.67	-17,993.86	-26,751.88	-108,279.26
61.1	-258.24	44.82	6.41	30.30	-109.92	-83.87	-66.93	-173.26	-162.73	-173.79	-179.39	-1,033.45	-1,212.84
61.1	-13.00	-39.00	-73.00	-112.00	-123.00	-152.00	-98.00	-89.00	-87.00	-78.00	-597.00	-487.00	-1,094.00
61.1	21.73	39.83	46.25	28.82	44.06	63.25	97.04	29.07	14.58	-9.56	314.06	62.12	376.18
61.1	-266.98	49.82	32.57	119.82	-30.98	-31.72	-35.97	-87.04	-84.50	5.25	103.55	-582.57	-495.02
61.1	-377.83	1,200.77	2,078.31	2,078.02	2,432.04	3,457.14	3,202.00	2,604.82	1,272.56	1,011.00	257.75	14,994.27	5,315.16
61.1	1,425.65	2,940.57	4,675.30	6,467.61	8,354.39	10,482.54	12,511.44	13,980.96	15,181.97	16,272.91	17,546.89	45,431.75	83,233.16
61.1	206.54	438.48	837.64	1,278.92	1,738.47	2,246.74	2,746.74	3,308.87	3,409.41	3,228.89	3,444.08	3,480.12	9,205.79
61.1	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	46.32	46.32
61.1	197.29	429.24	848.39	1,269.67	1,729.22	2,236.30	2,737.49	2,899.42	3,100.16	3,220.44	3,334.84	3,450.87	9,250.30
61.1	1,529.00	1,529.00	1,529.00	1,529.00	1,529.00	1,529.00	1,529.00	1,529.00	1,529.00	1,529.00	1,529.00	1,529.00	1,529.00
61.1	1,130.35	2,426.38	3,712.01	5,055.04	6,456.05	8,050.90	9,551.74	10,736.90	11,516.29	12,266.11	13,000.41	14,928.05	35,252.11
61.1	38.16	75.70	105.65	139.66	159.77	186.10	212.97	235.40	255.67	277.12	302.40	336.60	873.85
61.1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
61.1	1.00	1.81	1.85	2.82	1.13	1.42	1.03	0.06	0.00	0.05	0.00	9.23	2.17
61.1	3.290	3.290	3.290	3.290	3.290	3.290	3.290	3.290	3.290	3.290	3.290	3.290	3.290
61.1	2.750	3.634	3.235	3.244	3.765	9.152	11.257	10.906	12.512	12.375	10.601	41.477	56.414
61.1	0.476	1.023	2.757	3.509	3.700	4.200	14.951	5.842	3.601	3.001	2.019	2.139	30.770
61.1	1,234.04	3,621.33	1,263.22	65.84	1,511.80	2,013.00	1,364.56	-47.57	132.99	24.23	-18.84	318.80	9,539.96
61.1	954.23	4,231.81	-458.52	-6,286.00	-3,186.43	-9,689.20	-7,864.48	-13,907.20	-14,577.36	-15,108.22	-17,337.26	-16,613.43	-78,650.87
61.1	369.21	-1,310.38	1,722.04	6,331.84	4,688.23	5,682.20	9,228.05	13,260.23	14,700.36	16,133.05	17,418.42	17,282.55	26,453.39
61.1	1,558.06	3,302.69	1,039.84	-1,948.10	1,360.60	1,525.04	-414.84	-2,510.48	-1,350.03	-789.31	-148.14	852.79	4,865.43
61.1	1,284.32	3,212.60	1,225.61	63.87	1,466.45	1,952.61	1,223.62	-46.14	119.30	23.50	-18.28	309.33	9,544.76
61.1	132.40	362.12	126.25	6.28	151.18	201.30	136.46	-4.76	12.30	2.42	-1.88	31.33	984.00
61.1	1,151.91	3,150.47	1,099.26	57.28	1,315.27	1,751.31	1,187.17	-41.39	107.00	21.08	-16.39	277.44	8,560.76
61.1	39.72	108.64	37.91	1.98	45.35	60.39	40.94	-1.43	3.89	0.73	-0.57	9.57	295.20
61.1	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	1.20	3.60
61.1	634.09	2,342.16	1,263.22	65.84	1,511.80	2,013.00	1,364.56	-47.57	132.99	24.23	-18.84	318.80	9,539.96
61.1	0.67	0.38	1.11	29.47	1.66	1.56	3.75	-88.17	37.03	202.74	-279.36	17.61	36.93
61.1	0.52	0.89	4.50	-3.32	6.14	6.27	-30.17	-5.57	-11.55	-20.74	-118.45	21.86	-15.09
61.1	0.13	0.13	0.82	-0.66	1.38	1.47	-6.82	-1.20	-2.30	-4.09	-22.57	4.06	-3.57
61.1	0.89	0.87	1.00	-3.25	1.00	1.00	-29.66	-5.48	-11.06	-20.39	-116.41	1.00	-28.04
61.1	0.89	0.87	1.00	-3.25	1.00	1.00	-29.66	-5.48	-11.06	-20.39	-116.41	1.00	-28.04

ภาพผนวกที่ ก36 แสดงผลการประเมินองค์ประกอบของบัญชีน้ำเป็นรายเดือน

ตารางที่ 33 สรุปการวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนตามพื้นที่ของแบบ															
Items	603		602		604		606		607		608				
	อุปสงค์	รายได้	อุปสงค์	รายได้	อุปสงค์	รายได้	อุปสงค์	รายได้	อุปสงค์	รายได้	อุปสงค์	รายได้	รายได้		
Gross Inflow	978.54	212.77	1,191.31	2,133.71	1,614.84	1,744.32	573.85	82.69	656.54	2,152.52	425.47	2,577.99	1,741.37	212.75	1,954.12
Surface Inflow	0.00	0.00	0.00	444.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sub-Surface Inflow	-4.11	-4.02	-8.13	-5.41	-3.57	-3.50	-7.07	-1.46	-1.42	-2.88	-3.54	-4.03	-7.57	-8.39	-17.08
Precipitation	982.66	216.79	1,199.45	1,542.40	1,618.42	1,751.39	575.31	84.11	659.42	2,156.06	429.50	2,585.56	1,750.06	221.14	1,971.19
Net Inflow	639.63	566.94	1,206.56	1,038.69	733.10	1,771.79	196.79	459.86	656.65	2,799.58	2,803.25	5,602.82	756.65	628.13	1,384.77
Storage Change	338.92	-354.17	-15.25	862.07	-500.14	361.92	377.06	-377.17	-0.10	-447.06	-2,377.78	-3,024.84	984.72	-415.38	569.34
Surface Storage Change	6.43	-303.85	-297.42	105.16	-367.31	-262.15	105.09	-328.68	-223.60	94.88	-363.35	-268.47	108.86	-302.24	-193.38
Surface Storage (Reservoirs)	-48.00	37.00	-61.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-17.00	0.00	-17.00	0.00	0.00	0.00
Surface Storage (Natural Rivers & Ponds)	0.88	-0.78	0.10	1.61	-4.44	0.18	1.54	-1.56	-0.03	8.33	-8.49	-0.16	5.31	-5.41	-0.10
Soil Storage Change	103.55	-340.07	-236.52	103.55	-366.86	-263.31	103.55	-327.12	-223.57	103.55	-354.87	-251.32	103.55	-296.83	-193.28
Sub Surface Storage Change	332.49	-50.32	282.17	756.90	-132.83	624.07	271.98	-48.49	223.49	-741.94	-2,014.42	-2,756.36	875.86	-113.14	762.72
Depleted Water	588.50	426.43	1,024.93	889.08	550.92	1,440.00	214.27	172.12	386.38	1,503.21	890.04	2,393.25	698.68	491.35	1,190.03
Process Water	149.37	66.94	216.31	207.26	85.03	292.30	35.68	36.08	71.75	554.71	157.66	712.37	148.51	50.54	199.06
Water uses intended by humans	1.17	1.17	2.34	2.46	2.46	4.92	0.97	0.97	1.95	11.61	11.61	23.22	1.86	1.86	3.72
Evapotranspiration by crops (ET)	148.20	65.77	213.97	204.78	82.55	287.33	34.69	35.09	69.79	539.35	142.30	681.65	141.48	43.50	184.98
Evaporation from municipal and industrial uses (M&I)	0.0016	0.0016	0.0031	0.0240	0.0240	0.0479	0.0096	0.0096	0.0191	3.7509	3.7509	7.5018	5.1769	5.1769	10.3537
Beneficial Non-process Water	439.63	350.70	790.33	681.26	465.37	1,146.63	178.59	136.04	314.63	928.51	713.87	1,642.38	549.73	440.40	990.13
Low or Non-beneficial Non-process Water	9.50	8.79	18.29	0.56	0.52	1.07	0.00	0.00	0.00	19.99	18.50	38.50	0.44	0.41	0.85
Flows to sinks	9.83	2.17	11.99	9.83	2.17	11.99	9.83	2.17	11.99	9.83	2.17	11.99	9.83	2.17	11.99
Recharge	15.05	15.05	30.11	59.36	59.36	118.72	34.04	34.04	68.09	42.16	42.16	84.31	8.18	8.18	16.36
Pumping	1.090	1.647	2.737	0.301	0.442	0.743	0.095	0.127	0.221	9.126	10.329	19.465	13.312	12.170	25.482
Drain to River	0.000	0.000	0.000	0.251	0.548	0.799	0.000	0.000	0.000	0.250	0.382	0.631	0.000	0.000	0.000
Outflow	322.00	154.07	476.07	570.23	232.28	802.51	211.09	304.69	515.78	1,312.00	1,913.21	3,225.21	522.41	215.00	737.41
Surface Outflow	363.77	80.80	444.57	853.12	-3.73	849.39	222.01	206.76	428.77	525.19	-128.63	396.56	947.65	36.02	983.67

ภาพผนวกที่ ก37 แสดงผลการประเมินองค์ประกอบของบัญชีน้ำเป็นรายฤดู

ภาคผนวก ข
ผลการวิเคราะห์บัญชีน้ำ
Water Accounting

ตารางที่ ข1 การวิเคราะห์ปัญหาน้ำของโดเมน น้ำแม่จัด (603)

Items	น้ำแม่จัด														
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
Gross Inflow	99.77	190.74	164.52	267.70	112.05	141.41	102.13	5.53	-0.65	3.81	-0.62	104.93	978.54	212.77	1,191.31
Surface Inflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sub-Surface Inflow	-0.67	-0.69	-0.67	-0.69	-0.69	-0.67	-0.69	-0.67	-0.69	-0.69	-0.62	-0.67	-4.11	-4.02	-8.13
Precipitation	100.44	191.43	165.19	268.39	112.75	142.08	102.82	6.20	0.04	4.50	0.00	105.60	982.66	216.79	1,199.45
Net Inflow	103.33	76.39	90.35	23.11	180.83	168.01	161.19	144.43	88.65	80.88	80.44	94.08	699.88	591.81	1,291.69
Storage Change (DS)	-3.56	114.35	74.16	244.59	-68.78	-26.60	-59.06	-138.90	-89.30	-77.07	-81.06	10.86	278.66	-379.04	-100.38
Surface Storage Change	-14.54	35.35	9.39	78.64	-74.25	-40.38	-62.58	-100.92	-80.58	-65.62	-75.15	8.09	-53.83	-328.72	-382.55
Surface storage (Reservoirs)	-6.00	-15.00	-23.00	-36.00	-15.00	-5.00	-4.00	-8.00	4.00	6.00	3.00	8.00	-98.00	7.00	-91.00
Surface Storage Change (Natural Rivers & Ponds)	-0.06	0.37	-0.18	0.10	-0.06	0.19	0.46	-0.75	0.13	0.00	-0.06	-0.03	0.88	-0.78	0.10
Soil Storage Change	-8.48	49.98	32.57	114.55	-59.19	-35.57	-59.05	-92.17	-84.71	-71.62	-78.09	0.12	43.30	-334.94	-291.64
Sub Surface Storage Change	3.84	4.63	-9.40	-4.74	5.47	13.78	3.52	-37.99	-8.72	-11.45	-5.91	-9.92	13.26	-70.14	-56.89
Depleted Water	83.54	96.32	106.44	108.61	106.76	115.22	112.43	83.91	63.02	60.76	60.75	74.41	645.77	426.40	1,072.17
Process Water	15.30	21.06	28.63	28.80	29.45	28.99	27.06	18.17	8.95	8.67	9.94	13.45	164.00	74.47	238.47
Water uses intended by humans	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	1.17	1.17	2.34
Evapotranspiration by crops (ET)	15.11	20.87	28.44	28.61	29.26	28.79	26.86	17.98	8.75	8.48	9.74	13.25	162.83	73.30	236.13
Water uses from municipal and industrial (M&I)	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0016	0.0016	0.0031
Beneficial Non-process Water	66.09	73.30	76.29	78.50	76.12	85.01	84.12	64.64	52.97	50.86	49.32	58.97	473.34	342.85	816.19
Low or Non-beneficial Non-process Water	2.15	1.96	1.52	1.30	1.19	1.21	1.25	1.10	1.10	1.23	1.49	2.00	8.44	9.08	17.52
Recharge	-3.004	-2.783	8.734	4.878	9.617	6.687	0.556	2.146	0.591	0.814	1.007	0.868	27.688	2.422	30.110
Pumping	0.158	0.158	0.158	0.158	0.158	0.153	0.303	0.298	0.308	0.308	0.278	0.298	1.090	1.647	2.737
Flows to sinks	1.00	1.91	1.65	2.68	1.13	1.42	1.03	0.06	0.00	0.05	0.00	1.06	9.83	2.17	11.99
Drain to River	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Outflow	29.93	57.22	49.36	80.31	74.07	52.80	48.76	60.52	25.64	20.11	19.69	31.48	362.51	187.37	549.88
Surface Outflow	34.60	62.70	40.78	76.42	70.77	60.71	52.73	21.36	17.32	8.85	13.67	22.53	364.11	118.34	482.45
Sub-Surface Outflow	-4.67	-5.48	8.57	3.89	3.29	-7.91	-3.96	39.17	8.31	11.26	6.01	8.95	-1.60	69.03	67.43
Available Water	83.53	99.26	120.11	121.51	114.17	120.50	117.30	89.96	65.58	62.77	62.72	78.43	692.85	443.00	1,135.85
Uncommitted Outflow	29.03	55.50	47.87	77.90	71.84	51.21	47.30	58.71	24.87	19.51	19.10	30.54	351.63	181.75	533.38
Utilizable Outflow	2.99	5.72	4.94	8.03	7.41	5.28	4.88	6.05	2.56	2.01	1.97	3.15	36.25	18.74	54.99
Non-utilizable Outflow	26.04	49.78	42.94	69.87	64.44	45.93	42.42	52.66	22.30	17.50	17.13	27.39	315.38	163.01	478.40
Committed Outflow	0.90	1.72	1.48	2.41	2.22	1.58	1.46	1.82	0.77	0.60	0.59	0.94	10.88	5.62	16.50
% Downstream Maintain	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	1.80	1.80	3.60
Indicator															
Depleted Fraction of Gross Inflow (DF_{GI})	0.84	0.51	0.65	0.41	0.95	0.81	1.10	15.17	-97.15	15.95	-97.21	0.71	0.66	2.00	0.90
Depleted Fraction of Available Water (DF_{AW})	1.00	0.97	0.89	0.89	0.94	0.96	0.96	0.93	0.96	0.97	0.97	0.95	0.93	0.96	0.94
Process Fraction of Available Water (PF_{AW})	0.18	0.21	0.24	0.24	0.26	0.24	0.23	0.20	0.14	0.14	0.16	0.17	0.24	0.17	0.21
Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency	0.97	0.95	0.87	0.88	0.92	0.95	0.95	0.92	0.94	0.95	0.94	0.92	0.92	0.94	0.93

ตารางที่ ข2 การวิเคราะห์บัญชีนำของโดเมน แม่นำปึงส่วนที่ 1 (602)

Items	แม่น้ำปิงส่วนที่ 1														
	ม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	อ.ค.พ.	อ.ค.ธ.	ทั้งปี
Gross Inflow	130.50	373.44	347.35	291.41	362.40	283.91	242.58	22.09	19.16	38.63	12.85	47.27	1,901.10	270.49	2,171.59
Surface Inflow	34.60	62.70	40.78	76.42	70.77	60.71	52.73	21.36	17.32	8.85	13.67	22.53	364.11	118.34	482.45
Sub-Surface Inflow	-0.88	-0.91	-0.88	-0.91	-0.91	-0.88	-0.91	-0.88	-0.91	-0.91	-0.82	-0.88	-5.41	-5.29	-10.70
Precipitation	96.78	311.65	307.45	215.90	292.54	224.08	190.77	1.61	2.74	30.69	0.00	25.62	1,542.40	157.45	1,699.84
Net Inflow	154.05	109.50	74.51	106.59	137.78	183.49	229.44	275.32	145.40	111.39	103.26	117.41	841.30	906.84	1,748.14
Storage Change (DS)	-23.56	263.93	272.85	184.83	224.62	100.42	13.15	-253.23	-126.25	-72.76	-90.41	-70.14	1,059.80	-636.34	423.45
Surface Storage Change	-34.40	132.17	109.02	25.62	74.54	-10.60	-27.85	-167.00	-95.21	-55.01	-80.00	-71.89	302.89	-503.51	-200.62
Surface storage (Reservoirs)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Surface Storage Change (Natural Rivers & Ponds)	-0.12	0.67	-0.32	0.18	-0.12	0.35	0.85	-1.38	0.23	0.00	-0.12	-0.06	1.61	-1.44	0.18
Soil Storage Change	-34.29	131.49	109.34	25.45	74.65	-10.95	-28.70	-165.62	-95.44	-55.01	-79.89	-71.83	301.28	-502.08	-200.80
Sub Surface Storage Change	10.84	-14.50	-29.98	-3.33	-15.39	1.43	19.61	-86.23	-31.04	-17.74	-10.41	1.75	-42.15	-132.83	-174.98
Depleted Water	111.81	139.42	160.14	162.44	163.27	172.98	168.26	116.63	82.21	80.03	82.39	99.84	966.52	572.91	1,539.43
Process Water	29.12	31.46	36.26	37.37	39.22	39.54	35.04	24.10	15.28	16.23	20.73	28.47	218.89	133.94	352.83
Water uses intended by humans	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	2.46	2.46	4.92
Evapotranspiration by crops (ET)	28.71	31.05	35.85	36.96	38.81	39.12	34.63	23.69	14.87	15.82	20.32	28.06	216.41	131.46	347.87
Water uses from municipal and industrial (M&I)	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0240	0.0240	0.0479
Beneficial Non-process Water	82.56	107.85	123.79	124.99	123.98	133.38	133.15	92.46	66.87	63.73	61.57	71.26	747.13	438.44	1,185.57
Low or Non-beneficial Non-process Water	0.13	0.12	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07	0.09	0.12	0.50	0.53	1.03
Recharge	-0.272	4.313	3.962	19.256	31.264	34.921	9.785	4.235	5.375	2.334	0.903	2.633	103.501	15.209	118.710
Pumping	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.043	0.081	0.080	0.082	0.082	0.074	0.080	0.301	0.442	0.743
Flows to sinks	1.00	1.91	1.65	2.68	1.13	1.42	1.03	0.06	0.00	0.05	0.00	1.06	9.83	2.17	11.99
Drain to River	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.104	0.142	0.133	0.124	0.110	0.088	0.093	0.251	0.548	0.799
Outflow	42.24	112.03	104.21	87.42	108.72	85.17	72.77	158.69	63.19	31.36	20.87	17.57	570.33	333.92	904.25
Surface Outflow	54.28	98.49	75.15	85.05	94.29	87.63	93.52	69.32	27.90	12.38	10.55	17.74	534.14	192.16	726.31
Sub-Surface Outflow	-12.04	13.54	29.05	2.37	14.43	-2.46	-20.75	89.37	35.30	18.97	10.33	-0.17	36.19	141.76	177.94
Available Water	116.04	154.94	174.53	190.44	205.41	216.42	185.32	132.50	88.53	83.17	84.48	101.60	1,127.05	606.31	1,733.36
Uncommitted Outflow	40.97	108.67	101.08	84.80	105.46	82.62	70.59	153.93	61.30	30.42	20.25	17.04	553.22	323.91	877.12
Utilizable Outflow	4.22	11.20	10.42	8.74	10.87	8.52	7.28	15.87	6.32	3.14	2.09	1.76	57.03	33.39	90.43
Non-utilizable Outflow	36.75	97.47	90.66	76.06	94.59	74.10	63.31	138.06	54.98	27.28	18.16	15.29	496.19	290.51	786.70
Committed Outflow	1.27	3.36	3.13	2.62	3.26	2.56	2.18	4.76	1.90	0.94	0.63	0.53	17.11	10.02	27.13
% Downstream Maintain	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	1.80	1.80	3.60
Indicator															
Depleted Fraction of Gross Inflow (DF _{GI})	0.86	0.37	0.46	0.56	0.45	0.61	0.69	5.28	4.29	2.07	6.41	2.11	0.51	2.12	0.71
Depleted Fraction of Available Water (DF _{AW})	0.96	0.90	0.92	0.85	0.79	0.80	0.91	0.88	0.93	0.96	0.98	0.98	0.86	0.94	0.89
Process Fraction of Available Water (PF _{AW})	0.25	0.20	0.21	0.20	0.19	0.18	0.19	0.18	0.17	0.20	0.25	0.28	0.19	0.22	0.20
Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency															

ตารางที่ ข3 การวิเคราะห์บัญชีนำของโดเมน นำแม่แดง (604)

Items	น้ำแม่แจ่ม(๑6)															
	ม.ย.	พ.ศ.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ก.ค.	ก.ย.	พ.ค.	
Gross Inflow	91.07	333.04	327.27	184.25	325.38	240.04	204.87	-0.58	2.69	35.12	-0.54	1.71	1,614.84	129.47	1,744.32	
Surface Inflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Sub-Surface Inflow	-0.58	-0.60	-0.58	-0.60	-0.60	-0.58	-0.60	-0.58	-0.60	-0.60	-0.54	-0.58	-3.57	-3.50	-7.07	
Precipitation	91.66	333.65	327.85	184.85	325.98	240.62	205.47	0.00	3.29	35.72	0.00	2.29	1,618.42	132.97	1,751.39	
Net Inflow	91.32	1.76	-14.54	37.41	-34.27	100.00	164.99	251.60	140.19	95.07	79.29	94.50	255.35	751.97	1,007.31	
Storage Change (DS)	-0.24	331.28	341.81	146.84	359.64	140.04	39.88	-252.18	-137.50	-59.95	-79.83	-92.79	1,359.50	-622.50	737.00	
Surface Storage Change	-3.37	193.03	133.35	22.95	125.02	26.11	-8.38	-158.03	-99.19	-43.21	-76.31	-89.53	492.07	-469.64	22.44	
Surface storage (Reservoirs)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Surface Storage Change (Natural Rivers & Ponds)	1.75	2.84	-0.72	-3.23	5.07	-2.81	5.46	-5.28	-2.96	-0.33	0.00	0.06	6.61	-6.76	-0.15	
Soil Storage Change	-5.12	190.19	134.07	26.18	119.95	28.92	-13.84	-152.75	-96.24	-42.88	-76.31	-89.59	485.47	-462.88	22.59	
Sub Surface Storage Change	-23.57	-65.32	-22.73	-21.43	-47.71	-28.40	1.48	-94.15	-38.31	-16.74	-3.52	-3.26	-184.10	-179.56	-363.66	
Depleted Water	92.92	109.19	115.10	117.86	125.89	135.33	134.68	100.17	77.53	77.85	76.94	83.79	738.05	509.20	1,247.25	
Process Water	25.02	30.39	35.94	36.54	38.09	38.49	34.68	22.19	13.41	13.74	17.26	23.49	214.13	115.10	329.23	
Water uses intended by humans	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.95	0.95	1.90	
Evapotranspiration by crops (ET)	24.86	30.23	35.78	36.38	37.93	38.33	34.52	22.03	13.25	13.58	17.10	23.33	213.17	114.15	327.32	
Water uses from municipal and industrial (M&I)	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0040	0.0040	0.0080	
Beneficial Non-process Water	60.02	71.61	73.60	76.54	83.44	92.40	95.42	73.95	60.09	59.59	54.21	52.98	493.00	360.83	853.83	
Low or Non-beneficial Non-process Water	7.89	7.19	5.57	4.78	4.36	4.44	4.59	4.04	4.04	4.51	5.46	7.33	30.92	33.26	64.18	
Recharge	-2.225	-3.772	3.368	9.590	24.575	34.983	15.629	8.200	2.468	-0.392	-1.417	5.145	84.372	11.778	96.150	
Pumping	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.055	0.054	0.056	0.056	0.051	0.054	0.196	0.299	0.495	
Flows to sinks	1.00	1.91	1.65	2.68	1.13	1.42	1.03	0.06	0.00	0.05	0.00	1.06	9.83	2.17	11.99	
Drain to River	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Outflow	27.32	99.91	98.18	55.27	97.61	72.01	61.46	151.42	62.66	17.23	2.35	10.71	484.45	271.70	756.15	
Surface Outflow	4.36	35.23	76.07	34.48	50.53	44.22	63.60	49.71	22.54	1.53	0.84	2.94	304.12	81.93	386.05	
Sub-Surface Outflow	22.96	64.68	22.12	20.80	47.08	27.79	-2.14	101.71	40.12	15.69	1.51	7.77	180.33	189.77	370.10	
Available Water	93.43	115.41	128.29	132.97	160.22	177.52	156.46	115.32	83.80	79.57	77.17	84.86	870.87	534.14	1,405.01	
Uncommitted Outflow	26.50	96.92	95.24	53.62	94.68	69.85	59.62	146.88	60.78	16.71	2.28	10.39	469.92	263.55	733.47	
Utilizable Outflow	2.73	9.99	9.82	5.53	9.76	7.20	6.15	15.14	6.27	1.72	0.23	1.07	48.45	27.17	75.61	
Non-utilizable Outflow	23.77	86.92	85.42	48.09	84.92	62.65	53.47	131.74	54.52	14.99	2.04	9.32	421.47	236.38	657.85	
Committed Outflow	0.82	3.00	2.95	1.66	2.93	2.16	1.84	4.54	1.88	0.52	0.07	0.32	14.53	8.15	22.68	
% Downstream Maintain	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	1.80	1.80	3.60	
Indicator																
Depleted Fraction of Gross Inflow (DF _{GI})	1.02	0.33	0.35	0.64	0.39	0.56	0.66	-171.86	28.79	2.22	-141.61	49.06	0.46	3.93	0.72	
Depleted Fraction of Available Water (DF _{AW})	0.99	0.95	0.90	0.89	0.79	0.76	0.86	0.87	0.93	0.98	1.00	0.99	0.85	0.95	0.89	
Process Fraction of Available Water (PF _{AW})	0.27	0.26	0.28	0.27	0.24	0.22	0.22	0.19	0.16	0.17	0.22	0.28	0.25	0.22	0.23	
Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency																

ตารางที่ ๖๔ การวิเคราะห์บัญชีน้ำของโดเมน น้ำแม่วิม (606)

Items	น้ำแม่วิม(6)														
	ม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ก.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
Gross Inflow	49.60	162.97	83.30	35.84	86.72	122.84	82.20	1.09	0.37	0.59	-0.22	31.26	573.85	82.69	656.54
Surface Inflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sub-Surface Inflow	-0.24	-0.25	-0.24	-0.25	-0.25	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.22	-0.24	-1.46	-1.42	-2.88
Precipitation	49.84	163.22	83.53	36.09	86.96	123.07	82.44	1.33	0.62	0.83	0.00	31.50	575.31	84.11	659.42
Net Inflow	35.98	-12.81	9.11	65.45	47.96	6.78	21.46	58.77	38.49	43.58	42.70	35.23	137.95	254.74	392.69
Storage Change (DS)	13.62	175.78	74.19	-29.61	38.75	116.06	60.74	-57.68	-38.12	-42.99	-42.92	-3.97	435.90	-172.05	263.85
Surface Storage Change	10.80	95.72	23.33	-22.14	0.51	45.14	21.37	-41.98	-29.98	-30.51	-29.75	-2.13	163.92	-123.56	40.36
Surface storage (Reservoirs)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Surface Storage Change (Natural Rivers & Ponds)	0.72	-0.03	0.16	-0.10	-0.14	0.48	1.17	-1.72	-0.26	-0.35	-0.12	0.16	1.54	-1.56	-0.03
Soil Storage Change	10.07	95.75	23.17	-22.04	0.65	44.66	20.19	-40.26	-29.72	-30.16	-29.63	-2.29	162.39	-122.00	40.39
Sub Surface Storage Change	-8.83	-25.73	-5.30	-7.48	-12.31	-18.44	-8.49	-15.69	-8.14	-12.48	-13.17	-6.15	-77.74	-64.45	-142.19
Depleted Water	33.16	38.95	38.41	39.48	39.43	42.83	42.18	30.77	25.66	25.17	25.42	30.05	241.28	170.24	411.52
Process Water	7.41	8.62	6.31	6.35	6.38	6.37	6.06	3.57	3.99	4.31	5.31	7.22	40.09	31.81	71.90
Water uses intended by humans	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.97	0.97	1.95
Evapotranspiration by crops (ET)	7.25	8.46	6.14	6.19	6.22	6.21	5.89	3.41	3.83	4.14	5.15	7.05	39.11	30.82	69.93
Water uses from municipal and industrial (M&I)	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0096	0.0096	0.0191
Beneficial Non-process Water	25.75	30.33	32.11	33.12	33.05	36.45	36.12	27.20	21.67	20.86	20.11	22.83	201.19	138.43	339.62
Low or Non-beneficial Non-process Water	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recharge	-0.409	5.139	1.865	8.793	33.065	16.465	2.476	0.595	-0.042	0.007	0.022	0.115	67.803	0.287	68.090
Pumping	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.023	0.022	0.023	0.023	0.021	0.022	0.095	0.127	0.221
Flows to sinks	1.00	1.91	1.65	2.68	1.13	1.42	1.03	0.06	0.00	0.05	0.00	1.06	9.83	2.17	11.99
Drain to River	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Outflow	14.88	48.89	24.99	25.98	26.01	36.85	24.66	28.00	12.83	18.41	17.27	9.38	187.38	100.76	288.14
Surface Outflow	6.31	23.42	19.94	9.97	13.97	18.66	16.44	11.97	5.00	6.19	4.32	3.49	102.40	37.28	139.68
Sub-Surface Outflow	8.57	25.47	5.04	16.01	12.05	18.19	8.22	16.03	7.83	12.22	12.95	5.89	84.98	63.49	148.47
Available Water	34.24	48.98	42.78	42.07	75.10	62.98	47.12	33.57	26.95	27.01	27.15	31.10	319.03	180.02	499.05
Uncommitted Outflow	14.43	47.42	24.24	25.20	25.23	35.75	23.92	27.16	12.44	17.86	16.76	9.10	181.76	97.74	279.50
Utilizable Outflow	1.49	4.89	2.50	2.60	2.60	3.69	2.47	2.80	1.28	1.84	1.73	0.94	18.74	10.08	28.81
Non-utilizable Outflow	12.95	42.53	21.74	22.60	22.63	32.06	21.45	24.36	11.16	16.01	15.03	8.16	163.02	87.66	250.69
Committed Outflow	0.45	1.47	0.75	0.78	0.78	1.11	0.74	0.84	0.38	0.55	0.52	0.28	5.62	3.02	8.64
% Downstream Maintain	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	1.80	1.80	3.60
Indicator															
Depleted Fraction of Gross Inflow (DF_{GI})	0.67	0.24	0.46	1.10	0.45	0.35	0.51	28.21	69.14	42.77	-115.11	0.96	0.42	2.06	0.63
Depleted Fraction of Available Water (DF_{AW})	0.97	0.80	0.90	0.94	0.53	0.68	0.90	0.92	0.95	0.93	0.94	0.97	0.76	0.95	0.82
Process Fraction of Available Water (PF_{AW})	0.22	0.18	0.15	0.15	0.08	0.10	0.13	0.11	0.15	0.16	0.20	0.23	0.13	0.18	0.14
Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency	0.97	0.80	0.90	0.94	0.53	0.68	0.90	0.92	0.95	0.93	0.94	0.97	0.76	0.95	0.82

ตารางที่ ข5 การวิเคราะห์บัญชีนำของโดเมน นำแม่กง (607)

Items	น้ำแม่กวัง16)															
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี	
Gross Inflow	198.69	457.08	391.24	261.70	301.22	354.89	386.39	9.04	21.88	17.60	-0.65	178.91	2,152.52	425.47	2,577.99	
Surface Inflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Sub-Surface Inflow	-0.59	-0.60	-0.56	-0.57	-0.58	-0.59	-0.64	-0.66	-0.71	-0.71	-0.65	-0.71	-3.54	-4.03	-7.57	
Precipitation	199.29	457.68	391.81	262.28	301.80	355.47	387.03	9.70	22.58	18.31	0.00	179.62	2,156.06	429.50	2,585.56	
Net Inflow	327.24	312.11	373.00	406.16	611.69	501.00	354.56	394.91	279.96	278.96	275.23	228.23	2,558.53	1,784.53	4,343.05	
Storage Change (DS)	-128.55	144.97	18.24	-144.46	-310.47	-146.12	31.83	-385.88	-258.08	-261.36	-275.88	-49.32	-406.01	-1,359.06	-1,765.06	
Surface Storage Change	-26.35	186.96	63.89	-80.51	-61.21	-13.81	50.99	-223.20	-116.11	-112.14	-139.16	-0.77	146.31	-617.72	-471.40	
Surface storage (Reservoirs)	-7.00	-11.00	-11.00	-9.00	10.00	12.00	-8.00	-16.00	5.00	3.00	4.00	1.00	-17.00	-10.00	-27.00	
Surface Storage Change (Natural Rivers & Ponds)	3.93	-0.16	0.86	-0.55	-0.79	2.59	6.37	-9.35	-1.41	-1.89	-0.63	0.86	8.33	-8.49	-0.16	
Soil Storage Change	-23.28	198.12	74.03	-70.96	-70.42	-28.40	52.62	-197.84	-119.69	-113.25	-142.53	-2.63	154.98	-599.23	-444.25	
Sub Surface Storage Change	-102.20	-76.55	-69.30	-63.95	-249.26	-132.31	-70.08	-162.68	-141.97	-149.22	-136.72	-48.55	-661.45	-741.34	-1,402.79	
Depleted Water	178.78	208.54	273.66	278.76	277.76	289.56	276.30	203.33	127.52	122.62	124.47	158.54	1,604.56	915.26	2,519.82	
Process Water	42.68	53.28	107.83	110.32	116.71	112.19	100.71	72.72	24.62	24.35	27.68	38.11	601.04	230.17	831.21	
Water uses intended by humans	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	11.61	11.61	23.22	
Evapotranspiration by crops (ET)	40.12	50.72	105.27	107.76	114.15	109.63	98.15	70.16	22.06	21.79	25.12	35.55	585.68	214.81	800.49	
Water uses from municipal and industrial (M&I)	0.6252	0.6252	0.6252	0.6252	0.6252	0.6252	0.6252	0.6252	0.6252	0.6252	0.6252	0.6252	3.7509	3.7509	7.5018	
Beneficial Non-process Water	131.57	151.12	162.63	165.69	158.54	174.81	172.95	128.28	100.58	95.67	93.65	116.22	985.76	665.98	1,651.74	
Low or Non-beneficial Non-process Water	4.53	4.13	3.20	2.74	2.50	2.55	2.63	2.32	2.32	2.59	3.14	4.21	17.76	19.11	36.87	
Recharge	-0.133	1.010	5.624	6.152	20.908	24.677	13.265	4.430	2.939	1.655	2.123	1.671	71.635	12.685	84.320	
Pumping	0.955	1.025	1.065	1.062	2.168	1.688	2.119	2.005	2.005	1.922	1.685	1.756	9.126	10.329	19.455	
Flows to sinks	1.00	1.91	1.65	2.68	1.13	1.42	1.03	0.06	0.00	0.05	0.00	1.06	9.83	2.17	11.99	
Drain to River	0.017	0.017	0.030	0.035	0.035	0.044	0.089	0.106	0.101	0.079	0.045	0.033	0.250	0.382	0.631	
Outflow	148.46	137.12	117.37	127.40	333.93	211.45	115.92	191.58	152.43	156.34	150.76	69.69	1,043.20	869.27	1,912.46	
Surface Outflow	47.96	62.21	49.73	58.97	66.55	56.78	48.69	27.25	10.34	8.18	14.30	21.97	342.93	129.99	472.91	
Sub-Surface Outflow	100.50	74.91	67.65	68.43	267.38	154.67	67.23	164.34	142.10	148.16	136.46	47.73	700.27	739.28	1,439.55	
Available Water	193.63	223.26	291.02	291.50	311.15	310.70	301.15	222.49	142.76	138.25	139.55	165.51	1,728.78	1,002.18	2,730.97	
Uncommitted Outflow	144.00	133.01	113.85	123.58	323.92	205.10	112.44	185.84	147.86	151.65	146.24	67.60	1,011.90	843.19	1,855.09	
Utilizable Outflow	14.85	13.71	11.74	12.74	33.39	21.14	11.59	19.16	15.24	15.63	15.08	6.97	104.32	86.93	191.25	
Non-utilizable Outflow	129.16	119.30	102.11	110.84	290.52	183.96	100.85	166.68	132.62	136.01	131.16	60.63	907.58	756.26	1,663.84	
Committed Outflow	4.45	4.11	3.52	3.82	10.02	6.34	3.48	5.75	4.57	4.69	4.52	2.09	31.30	26.08	57.37	
% Downstream Maintain	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	1.80	1.80	3.60	
Indicator																
Depleted Fraction of Gross Inflow (DF _{GI})	0.90	0.46	0.70	1.07	0.92	0.82	0.72	22.50	5.83	6.97	-191.33	0.89	0.75	2.15	0.98	
Depleted Fraction of Available Water (DF _{AW})	0.92	0.93	0.94	0.96	0.89	0.93	0.92	0.91	0.89	0.89	0.89	0.96	0.93	0.91	0.92	
Process Fraction of Available Water (PF _{AW})	0.22	0.24	0.37	0.38	0.38	0.36	0.33	0.33	0.17	0.18	0.20	0.23	0.35	0.23	0.30	
Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency																

ตารางที่ ข6 การวิเคราะห์บัญชีนำของโดเมน นำแม่ขาน (608)

Items	น้ำแม่จาม16)														
	ม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ก.ค.	ก.ค.	พ.ค.
Gross Inflow	130.92	503.08	216.50	99.74	273.96	419.22	228.87	-1.41	0.13	-1.22	-1.31	85.64	1,741.37	212.75	1,954.12
Surface Inflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sub-Surface Inflow	-1.37	-1.43	-1.40	-1.45	-1.48	-1.45	-1.47	-1.41	-1.45	-1.45	-1.31	-1.39	-8.69	-8.39	-17.08
Precipitation	132.29	504.52	217.90	101.19	275.44	420.67	230.34	0.00	1.59	0.23	0.00	87.02	1,750.06	221.14	1,971.19
Net Inflow	90.87	-66.86	31.93	149.53	116.23	-18.71	68.96	203.47	98.78	84.65	91.62	69.83	281.09	639.22	920.31
Storage Change (DS)	40.05	569.94	184.57	-49.79	157.73	437.93	159.90	-204.88	-98.64	-85.88	-92.94	15.81	1,460.28	-426.47	1,033.80
Surface Storage Change	25.09	328.55	62.12	-40.96	24.14	166.42	44.15	-124.03	-79.29	-68.79	-71.55	5.22	584.42	-313.34	271.08
Surface storage (Reservoirs)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Surface Storage Change (Natural Rivers & Ponds)	2.50	-0.10	0.55	-0.35	-0.50	1.65	4.06	-5.96	-0.90	-1.20	-0.40	0.55	5.31	-5.41	-0.10
Soil Storage Change	22.59	328.65	61.57	-40.61	24.64	164.76	40.10	-118.07	-78.39	-67.58	-71.15	4.67	579.11	-307.93	271.18
Sub Surface Storage Change	-18.77	-24.80	-24.92	-14.48	-56.84	-51.07	-11.06	-80.85	-19.36	-17.09	-21.39	-25.44	-183.18	-182.90	-366.07
Depleted Water	92.61	105.28	123.41	127.42	129.10	139.26	134.87	101.58	74.58	72.63	71.59	83.17	759.33	496.15	1,255.47
Process Water	13.18	14.46	28.07	29.03	31.12	30.25	26.58	19.02	7.21	7.49	9.09	12.43	159.52	68.42	227.94
Water uses intended by humans	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	1.86	1.86	3.72
Evapotranspiration by crops (ET)	12.01	13.29	26.90	27.86	29.95	29.08	25.41	17.84	6.04	6.32	7.92	11.26	152.48	61.39	213.86
Water uses from municipal and industrial (M&I)	0.8628	0.8628	0.8628	0.8628	0.8628	0.8628	0.8628	0.8628	0.8628	0.8628	0.8628	0.8628	5.1769	5.1769	10.3537
Beneficial Non-process Water	79.33	90.73	95.27	98.33	97.92	108.95	108.22	82.51	67.32	65.07	62.43	70.64	599.42	427.30	1,026.72
Low or Non-beneficial Non-process Water	0.10	0.09	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.07	0.09	0.39	0.42	0.81
Recharge	-7.277	-56.870	-9.058	-2.163	95.382	38.851	-7.752	-14.763	-8.977	-6.176	-1.238	-3.008	58.390	-41.440	16.950
Pumping	0.252	1.015	1.039	1.039	3.649	3.583	2.986	2.888	2.972	2.963	2.676	0.419	13.312	12.170	25.482
Flows to sinks	1.00	1.91	1.65	2.68	1.13	1.42	1.03	0.06	0.00	0.05	0.00	1.06	9.83	2.17	11.99
Drain to River	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Outflow	39.28	150.93	64.95	29.92	82.19	125.77	68.66	101.90	24.19	12.03	20.04	25.69	522.41	223.12	745.53
Surface Outflow	22.13	128.57	42.47	17.93	30.48	79.73	62.05	40.10	18.24	5.53	3.88	2.06	361.24	91.94	453.17
Sub-Surface Outflow	17.15	22.35	22.48	11.99	51.71	46.04	6.61	61.79	5.95	6.50	16.16	23.63	161.17	131.19	292.36
Available Water	89.26	63.50	120.85	128.25	232.70	190.68	133.98	111.77	77.00	73.83	73.59	82.73	869.96	508.17	1,378.13
Uncommitted Outflow	38.10	146.40	63.00	29.02	79.72	121.99	66.60	98.84	23.47	11.67	19.44	24.92	506.74	216.43	723.17
Utilizable Outflow	3.93	15.09	6.49	2.99	8.22	12.58	6.87	10.19	2.42	1.20	2.00	2.57	52.24	22.31	74.55
Non-utilizable Outflow	34.17	131.31	56.51	26.03	71.50	109.42	59.73	88.65	21.05	10.46	17.43	22.35	454.50	194.12	648.61
Committed Outflow	1.18	4.53	1.95	0.90	2.47	3.77	2.06	3.06	0.73	0.36	0.60	0.77	15.67	6.69	22.37
% Downstream Maintain	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	1.80	1.80	3.60
Indicator															
Depleted Fraction of Gross Inflow (DF _{GI})	0.71	0.21	0.57	1.28	0.47	0.33	0.59	-72.11	559.68	-59.40	-54.49	0.97	0.44	2.33	0.64
Depleted Fraction of Available Water (DF _{AW})	1.04	1.66	1.02	0.99	0.55	0.73	1.01	0.91	0.97	0.98	0.97	1.01	0.87	0.98	0.91
Process Fraction of Available Water (PF _{AW})	0.15	0.23	0.23	0.23	0.13	0.16	0.20	0.17	0.09	0.10	0.12	0.15	0.18	0.13	0.17
Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency															

ตารางที่ ข7 การวิเคราะห์ปัญหีนํ้าของโคเมน แม่นํ้าปิงส่วนที่ 2 (605)

Items	แม่น้ำปิงส่วนที่ 216)														
	ม.ย.	พ.ศ.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
Gross Inflow	257.10	603.55	474.25	308.81	459.06	490.41	518.93	205.82	87.37	37.43	33.44	133.56	2,855.01	754.71	3,609.72
Surface Inflow	135.04	347.92	263.36	206.40	255.82	287.02	284.31	198.34	84.02	33.82	33.88	48.19	1,644.83	533.29	2,178.12
Sub-Surface Inflow	-0.41	-0.39	-0.37	-0.37	-0.37	-0.36	-0.43	-0.47	-0.50	-0.50	-0.45	-0.48	-2.30	-2.80	-5.10
Precipitation	122.47	256.02	211.25	102.78	203.62	203.75	235.05	7.94	3.85	4.11	0.00	85.85	1,212.48	224.22	1,436.71
Net Inflow	143.06	422.61	389.35	334.17	410.89	576.45	509.47	390.98	138.76	114.02	123.18	63.69	2,642.95	973.68	3,616.63
Storage Change (DS)	114.03	180.94	84.90	-25.37	48.17	-86.04	9.46	-185.16	-51.39	-76.59	-89.74	69.87	212.06	-218.97	-6.91
Surface Storage Change	85.88	104.72	27.58	-21.05	35.70	-110.20	-102.56	-146.26	-17.23	-34.27	-47.86	58.48	-65.81	-101.26	-167.07
Surface storage (Reservoirs)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Surface Storage Change (Natural Rivers & Ponds)	5.28	-0.21	1.16	-0.74	-1.06	3.49	8.56	-12.57	-1.90	-2.54	-0.85	1.16	11.20	-11.41	-0.21
Soil Storage Change	80.59	104.93	26.42	-20.31	36.76	-113.69	-111.12	-133.69	-15.32	-31.73	-47.02	57.32	-77.01	-89.85	-166.86
Sub Surface Storage Change	10.42	76.22	57.32	-4.32	12.46	24.17	112.02	-38.90	-34.16	-42.32	-41.88	-39.29	277.88	-186.14	91.74
Depleted Water	83.86	100.63	136.54	139.45	140.06	142.58	134.18	97.04	55.13	53.06	55.19	73.27	793.45	417.55	1,211.00
Process Water	36.92	46.91	79.24	81.27	84.50	81.51	73.81	52.17	19.93	19.50	22.02	31.74	447.24	182.28	629.53
Water uses intended by humans	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	3.31	3.31	6.63
Evapotranspiration by crops (ET)	36.37	46.35	78.69	80.72	83.95	80.95	73.26	51.62	19.37	18.95	21.47	31.18	443.92	178.96	622.88
Water uses from municipal and industrial (M&I)	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0122	0.0122	0.0244
Beneficial Non-process Water	45.25	52.19	56.10	57.16	54.63	60.13	59.39	44.01	34.34	32.60	32.01	39.96	339.60	228.16	567.76
Low or Non-beneficial Non-process Water	1.69	1.54	1.19	1.02	0.93	0.95	0.98	0.86	0.86	0.96	1.17	1.57	6.61	7.11	13.72
Recharge	-0.189	2.428	1.069	1.112	13.492	36.684	6.097	2.677	2.247	1.468	1.336	1.039	60.883	8.577	69.460
Pumping	0.258	0.269	0.293	0.291	0.590	0.581	1.636	1.602	2.811	2.814	2.151	2.008	3.660	11.644	15.304
Flows to sinks	1.00	1.91	1.65	2.68	1.13	1.42	1.03	0.06	0.00	0.05	0.00	1.06	9.83	2.17	11.99
Drain to River	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Outflow	77.13	321.98	252.81	194.72	270.84	433.86	375.29	293.94	83.63	60.96	67.98	40.07	1,849.50	623.70	2,473.20
Surface Outflow	88.22	396.43	309.73	189.95	270.77	422.29	483.28	254.42	50.53	20.48	27.37	3.26	2,072.45	444.28	2,516.74
Sub-Surface Outflow	-11.09	-74.45	-56.91	4.76	0.06	11.57	-107.99	39.51	33.10	40.48	40.61	36.81	-222.95	179.42	-43.54
Available Water	91.39	132.83	161.82	158.93	167.14	185.97	171.71	126.44	63.49	59.16	61.99	78.31	978.40	480.77	1,459.17
Uncommitted Outflow	74.81	312.32	245.23	188.88	262.71	420.85	364.03	285.12	81.12	59.13	65.94	38.87	1,794.01	604.99	2,399.00
Utilizable Outflow	7.71	32.20	25.28	19.47	27.08	43.39	37.53	29.39	8.36	6.10	6.80	4.01	184.95	62.37	247.32
Non-utilizable Outflow	67.10	280.12	219.95	169.41	235.63	377.46	326.50	255.72	72.76	53.04	59.14	34.86	1,609.06	542.62	2,151.68
Committed Outflow	2.31	9.66	7.58	5.84	8.13	13.02	11.26	8.82	2.51	1.83	2.04	1.20	55.48	18.71	74.20
% Downstream Maintain	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	1.80	1.80	3.60
Indicator															
Depleted Fraction of Gross Inflow (DF _{GI})	0.33	0.17	0.29	0.45	0.31	0.29	0.26	0.47	0.63	1.42	1.65	0.55	0.28	0.55	0.34
Depleted Fraction of Available Water (DF _{AW})	0.92	0.76	0.84	0.88	0.84	0.77	0.78	0.77	0.87	0.90	0.89	0.94	0.81	0.87	0.83
Process Fraction of Available Water (PF _{AW})	0.40	0.35	0.49	0.51	0.51	0.44	0.43	0.41	0.31	0.33	0.36	0.41	0.46	0.38	0.43
Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency															

ตารางที่ ข8 การวิเคราะห์ปัญชี้นำของโดเมน นำแม่ลิ (609)

Items	น้ำแม่สี														
	ม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
Gross Inflow	109.97	407.55	229.02	74.79	179.21	348.98	234.63	0.22	69.18	6.88	-1.07	101.56	1,474.18	286.73	1,760.91
Surface Inflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sub-Surface Inflow	-1.15	-1.17	-1.12	-1.16	-1.15	-1.12	-1.18	-1.14	-1.20	-1.20	-1.07	-1.16	-6.90	-6.92	-13.82
Precipitation	111.12	408.72	230.15	75.95	180.36	350.10	235.80	1.37	70.37	8.08	0.00	102.72	1,481.08	293.65	1,774.74
Net Inflow	321.99	213.32	303.72	284.40	301.36	328.26	422.23	304.66	218.54	200.07	216.45	213.22	1,853.29	1,474.94	3,328.23
Storage Change (DS)	-212.02	194.23	-74.70	-209.61	-122.15	20.73	-187.61	-304.44	-149.37	-193.19	-217.52	-111.67	-379.11	-1,188.21	-1,567.31
Surface Storage Change	-57.39	146.00	-35.24	-134.81	-50.19	83.30	-12.90	-186.29	-42.13	-95.48	-105.14	-44.13	-3.85	-530.56	-534.41
Surface storage (Reservoirs)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Surface Storage Change (Natural Rivers & Ponds)	2.27	-0.09	0.50	-0.32	-0.45	1.50	3.68	-5.40	-0.82	-1.09	-0.36	0.50	4.81	-4.91	-0.09
Soil Storage Change	-59.66	146.09	-35.74	-134.49	-49.74	81.80	-16.58	-180.89	-41.31	-94.39	-104.78	-44.63	-8.66	-525.65	-534.32
Sub Surface Storage Change	-154.64	-22.55	-39.45	-74.80	-71.96	-62.57	-174.70	-118.15	-107.23	-97.71	-112.38	-67.54	-446.03	-657.65	-1,103.68
Depleted Water	139.86	158.51	192.13	195.73	195.63	210.47	203.56	148.83	102.05	98.13	99.19	125.23	1,156.04	713.29	1,869.33
Process Water	24.25	27.37	52.14	53.04	59.55	60.07	54.86	37.72	14.19	14.50	17.15	22.87	307.03	130.67	437.70
Water uses intended by humans	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	18.90	18.90	37.80
Evapotranspiration by crops (ET)	21.09	24.22	48.99	49.89	56.40	56.92	51.70	34.57	11.03	11.35	14.00	19.72	288.12	111.76	399.88
Water uses from municipal and industrial (M&I)	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0122	0.0122	0.0244
Beneficial Non-process Water	114.89	130.48	139.48	142.25	135.68	149.99	148.28	110.74	87.49	83.22	81.53	101.69	846.16	579.56	1,425.72
Low or Non-beneficial Non-process Water	0.73	0.66	0.51	0.44	0.40	0.41	0.42	0.37	0.37	0.42	0.50	0.67	2.85	3.06	5.91
Recharge	2.287	3.317	3.014	-0.712	8.969	18.509	15.132	7.934	5.671	2.766	1.802	2.871	48.228	23.332	71.560
Pumping	0.701	0.739	0.783	0.785	2.216	2.323	3.119	3.040	3.274	3.233	2.838	1.808	9.965	14.894	24.860
Flows to sinks	1.00	1.91	1.65	2.68	1.13	1.42	1.03	0.06	0.00	0.05	0.00	1.06	9.83	2.17	11.99
Drain to River	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.465	10.006	1.164	0.137	0.077	0.048	0.184	10.471	1.610	12.082
Outflow	182.13	122.26	111.59	88.67	105.73	117.79	218.67	155.83	116.50	101.94	117.26	88.00	764.70	761.65	1,526.35
Surface Outflow	27.05	101.62	71.03	16.52	28.16	40.61	43.15	35.10	8.20	5.97	7.04	20.74	301.10	104.10	405.19
Sub-Surface Outflow	155.07	20.64	40.56	72.14	77.56	77.17	175.53	120.74	108.30	95.97	110.22	67.25	463.61	657.55	1,121.16
Available Water	158.08	174.06	203.29	204.60	206.21	222.25	225.42	164.41	113.70	108.33	110.91	134.03	1,235.83	789.46	2,025.29
Uncommitted Outflow	176.66	118.60	108.24	86.01	102.55	114.25	212.11	151.16	113.00	98.88	113.74	85.36	741.76	738.80	1,480.56
Utilizable Outflow	18.21	12.23	11.16	8.87	10.57	11.78	21.87	15.58	11.65	10.19	11.73	8.80	76.47	76.16	152.63
Non-utilizable Outflow	158.45	106.37	97.08	77.14	91.98	102.47	190.25	135.57	101.35	88.68	102.02	76.56	665.29	662.63	1,327.92
Committed Outflow	5.46	3.67	3.35	2.66	3.17	3.53	6.56	4.67	3.49	3.06	3.52	2.64	22.94	22.85	45.79
% Downstream Maintain	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	1.80	1.80	3.60
Indicator															
Depleted Fraction of Gross Inflow (DF _{GI})	1.27	0.39	0.84	2.62	1.09	0.60	0.87	667.64	1.48	14.27	-92.47	1.23	0.78	2.49	1.06
Depleted Fraction of Available Water (DF _{AW})	0.88	0.91	0.95	0.96	0.95	0.95	0.90	0.91	0.90	0.91	0.89	0.93	0.94	0.90	0.92
Process Fraction of Available Water (PF _{AW})	0.15	0.16	0.26	0.26	0.29	0.27	0.24	0.23	0.12	0.13	0.15	0.17	0.25	0.17	0.22
Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency															

ตารางที่ ข9 การวิเคราะห์บัญชีนำของโดเมน แม่แจ่มตอนบน (612)

Items	แม่แจ่มตอนบน														
	ม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
Gross Inflow	64.16	508.44	223.46	135.31	337.59	570.77	160.13	-0.14	-0.15	-0.15	-0.14	41.13	1,935.70	104.72	2,040.41
Surface Inflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sub-Surface Inflow	-0.14	-0.15	-0.14	-0.15	-0.15	-0.14	-0.15	-0.14	-0.15	-0.15	-0.14	-0.14	-0.89	-0.87	-1.76
Precipitation	64.31	508.59	223.60	135.46	337.74	570.91	160.28	0.00	0.00	0.00	0.00	41.28	1,936.58	105.59	2,042.17
Net Inflow	82.18	23.25	149.41	185.13	98.63	121.15	207.86	187.71	107.64	88.10	85.47	78.07	785.42	629.17	1,414.60
Storage Change (DS)	-18.02	485.19	74.05	-49.82	238.96	449.62	-47.73	-187.86	-107.79	-88.24	-85.61	-36.94	1,150.27	-524.46	625.81
Surface Storage Change	-20.81	333.11	16.06	-47.73	147.58	246.75	-74.38	-144.82	-99.28	-77.10	-74.91	-36.74	621.39	-453.67	167.72
Surface storage (Reservoirs)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Surface Storage Change (Natural Rivers & Ponds)	0.77	1.22	1.59	-1.87	1.91	1.75	0.37	-3.63	-0.94	-0.77	-0.45	-0.04	4.97	-5.05	-0.08
Soil Storage Change	-21.58	331.89	14.47	-45.86	145.66	245.00	-74.75	-141.20	-98.35	-76.33	-74.46	-36.70	616.42	-448.62	167.80
Sub Surface Storage Change	-11.53	-65.34	36.96	-2.09	-26.24	28.56	26.65	-43.03	-8.50	-11.14	-10.70	-5.94	-1.49	-90.86	-92.34
Depleted Water	79.10	93.57	103.95	107.97	113.06	124.39	123.17	93.53	73.66	72.29	68.50	70.74	666.10	457.81	1,123.91
Process Water	2.98	3.99	10.48	10.65	11.44	11.14	10.01	6.62	1.54	1.59	1.99	2.72	57.71	17.44	75.16
Water uses intended by humans	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.83	0.83	1.65
Evapotranspiration by crops (ET)	2.84	3.85	10.34	10.52	11.30	11.00	9.87	6.48	1.40	1.46	1.85	2.58	56.87	16.61	73.48
Water uses from municipal and industrial (M&I)	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0117	0.0117	0.0233
Beneficial Non-process Water	76.09	89.55	93.45	97.29	101.60	113.24	113.15	86.90	72.10	70.68	66.49	67.99	608.28	440.25	1,048.53
Low or Non-beneficial Non-process Water	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.11	0.12	0.23
Recharge	-1.844	-5.435	-0.550	-0.471	1.915	-0.165	-17.563	3.987	1.451	0.932	0.629	0.733	-22.269	5.889	-16.380
Pumping	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Flows to sinks	1.00	1.91	1.65	2.68	1.13	1.42	1.03	0.06	0.00	0.05	0.00	1.06	9.83	2.17	11.99
Drain to River	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Outflow	19.25	152.53	67.04	77.16	101.28	171.23	84.69	94.19	33.98	15.81	16.98	12.34	653.93	192.54	846.47
Surface Outflow	7.86	87.34	104.14	75.70	75.18	199.94	129.05	47.31	24.17	3.88	5.78	6.54	671.36	95.55	766.91
Sub-Surface Outflow	11.39	65.19	-37.11	1.47	26.09	-28.71	-44.37	46.88	9.81	11.92	11.19	5.80	-17.43	96.99	79.55
Available Water	79.18	103.38	110.10	115.68	125.10	141.35	131.64	102.94	77.06	73.87	70.20	72.71	727.26	475.96	1,203.21
Uncommitted Outflow	18.67	147.96	65.03	74.85	98.24	166.09	82.15	91.36	32.96	15.33	16.47	11.97	634.31	186.76	821.07
Utilizable Outflow	1.92	15.25	6.70	7.72	10.13	17.12	8.47	9.42	3.40	1.58	1.70	1.23	65.39	19.25	84.65
Non-utilizable Outflow	16.75	132.70	58.32	67.13	88.11	148.97	73.68	81.94	29.56	13.75	14.77	10.74	568.92	167.51	736.43
Committed Outflow	0.58	4.58	2.01	2.31	3.04	5.14	2.54	2.83	1.02	0.47	0.51	0.37	19.62	5.78	25.39
% Downstream Maintain	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	1.80	1.80	3.60
Indicator															
Depleted Fraction of Gross Inflow (DF _{GI})	1.23	0.18	0.47	0.80	0.33	0.22	0.77	-645.15	-492.02	-483.05	-506.99	1.72	0.34	4.37	0.55
Depleted Fraction of Available Water (DF _{AW})	1.00	0.91	0.94	0.93	0.90	0.88	0.94	0.91	0.96	0.98	0.98	0.97	0.92	0.96	0.93
Process Fraction of Available Water (PF _{AW})	0.04	0.04	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.06	0.02	0.02	0.03	0.04	0.08	0.04	0.06
Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency															

ตารางที่ ข10 การวิเคราะห์บัญชีนำของโดเมน แม่แจ่มตอนล่าง (613)

Items	แม่แจ่มตอนล่าง(16)														
	ม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ก.ค.พ	ก.ค.ธ	ทั้งปี
Gross Inflow	76.83	542.80	325.15	210.15	376.55	727.63	290.02	47.31	35.63	3.74	5.65	60.17	2,472.30	229.33	2,701.63
Surface Inflow	7.86	87.34	104.14	75.70	75.18	199.94	129.05	47.31	24.17	3.88	5.78	6.54	671.36	95.55	766.91
Sub-Surface Inflow	-0.14	-0.15	-0.14	-0.15	-0.15	-0.14	-0.15	-0.14	-0.15	-0.15	-0.13	-0.14	-0.87	-0.85	-1.72
Precipitation	69.11	455.61	221.14	134.60	301.52	527.83	161.11	0.14	11.60	0.00	0.00	53.77	1,801.81	134.63	1,936.44
Net Inflow	123.47	105.13	198.47	239.70	157.48	267.05	346.52	243.13	133.69	113.46	110.88	125.35	1,314.35	849.99	2,164.34
Storage Change (DS)	-46.64	437.68	126.68	-29.54	219.07	460.58	-56.51	-195.82	-98.06	-109.73	-105.23	-65.18	1,157.95	-620.66	537.30
Surface Storage Change	-49.38	288.39	69.75	-27.50	129.36	261.43	-82.67	-153.58	-89.71	-98.79	-94.72	-64.98	638.77	-551.17	87.60
Surface storage (Reservoirs)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Surface Storage Change (Natural Rivers & Ponds)	0.73	1.15	1.49	-1.76	1.79	1.64	0.34	-3.40	-0.88	-0.73	-0.42	-0.04	4.66	-4.73	-0.08
Soil Storage Change	-50.10	287.25	68.26	-25.74	127.57	259.79	-83.02	-150.18	-88.83	-98.07	-94.30	-64.95	634.11	-546.43	87.68
Sub Surface Storage Change	-15.89	-36.49	11.02	-2.05	-16.75	83.65	26.16	-42.24	-8.35	-10.94	-10.50	-2.00	65.54	-89.93	-24.38
Depleted Water	120.90	133.49	147.39	151.71	149.06	164.43	161.32	123.16	95.65	92.29	90.32	108.37	907.39	630.69	1,538.08
Process Water	5.64	6.53	16.01	16.42	17.63	17.40	15.58	10.55	2.91	3.10	4.01	5.45	89.57	31.66	121.23
Water uses intended by humans	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.83	0.83	1.65
Evapotranspiration by crops (ET)	5.48	6.37	15.85	16.26	17.47	17.23	15.42	10.39	2.74	2.93	3.85	5.29	88.60	30.68	119.28
Water uses from municipal and industrial (M&I)	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.1500	0.1500	0.3000
Beneficial Non-process Water	115.04	126.76	131.22	135.16	131.31	146.91	145.61	112.49	92.63	89.07	86.16	102.72	816.97	598.11	1,415.08
Low or Non-beneficial Non-process Water	0.22	0.20	0.15	0.13	0.12	0.12	0.13	0.11	0.11	0.12	0.15	0.20	0.85	0.92	1.77
Recharge	-1.844	-5.435	-0.550	-0.471	1.915	-0.165	-17.563	3.987	1.451	0.932	0.629	0.733	-22.269	5.889	-16.380
Pumping	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Flows to sinks	1.00	1.91	1.65	2.68	1.13	1.42	1.03	0.06	0.00	0.05	0.00	1.06	9.83	2.17	11.99
Drain to River	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Outflow	23.05	162.84	97.54	87.99	112.97	218.29	185.21	119.98	38.04	21.18	20.55	18.05	864.83	240.85	1,105.68
Surface Outflow	7.30	126.50	108.70	86.56	96.36	302.08	229.08	73.89	28.39	9.45	9.55	16.20	949.28	144.77	1,094.06
Sub-Surface Outflow	15.75	36.34	-11.16	1.43	16.60	-83.79	-43.87	46.09	9.65	11.72	11.00	1.86	-84.45	96.07	11.62
Available Water	121.36	144.34	156.59	160.51	162.27	186.09	179.84	135.15	99.45	94.41	92.38	110.91	989.64	653.66	1,643.30
Uncommitted Outflow	22.36	157.96	94.62	85.35	109.58	211.74	179.65	116.38	36.90	20.54	19.94	17.51	838.89	233.62	1,072.51
Utilizable Outflow	2.30	16.28	9.75	8.80	11.30	21.83	18.52	12.00	3.80	2.12	2.06	1.81	86.48	24.08	110.57
Non-utilizable Outflow	20.05	141.67	84.86	76.55	98.28	189.91	161.13	104.38	33.10	18.42	17.88	15.70	752.41	209.54	961.94
Committed Outflow	0.69	4.89	2.93	2.64	3.39	6.55	5.56	3.60	1.14	0.64	0.62	0.54	25.95	7.23	33.17
% Downstream Maintain	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	1.80	1.80	3.60
Indicator															
Depleted Fraction of Gross Inflow (DF _{ci})	1.57	0.25	0.45	0.72	0.40	0.23	0.56	2.60	2.68	24.71	15.99	1.80	0.37	2.75	0.57
Depleted Fraction of Available Water (DF _{aw})	1.00	0.92	0.94	0.95	0.92	0.88	0.90	0.91	0.96	0.98	0.98	0.98	0.92	0.96	0.94
Process Fraction of Available Water (PF _{aw})	0.05	0.05	0.10	0.10	0.11	0.09	0.09	0.08	0.03	0.03	0.04	0.05	0.09	0.05	0.07
Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency															

ตารางที่ ข11 การวิเคราะห์ปัญชีน้ำของโดเมน น้ำแม่กลาง (610)

Items	น้ำแม่กลาง														
	ม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
Gross Inflow	39.80	152.82	46.69	22.85	73.60	105.34	75.79	-0.40	11.32	1.31	-0.37	36.79	477.10	88.46	565.56
Surface Inflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sub-Surface Inflow	-0.40	-0.41	-0.40	-0.41	-0.41	-0.40	-0.41	-0.40	-0.41	-0.41	-0.37	-0.39	-2.44	-2.38	-4.81
Precipitation	40.20	153.23	47.09	23.26	74.01	105.74	76.20	0.00	11.73	1.72	0.00	37.19	479.53	90.84	570.37
Net Inflow	40.10	31.60	74.51	86.12	70.08	66.35	78.07	79.60	45.92	43.27	43.02	31.39	406.73	283.30	690.03
Storage Change (DS)	-0.29	121.22	-27.82	-63.26	3.51	38.99	-2.28	-79.99	-34.59	-41.97	-43.39	5.41	70.37	-194.83	-124.47
Surface Storage Change	-1.33	36.97	-34.92	-33.72	-11.15	-18.38	-38.90	-61.95	-35.06	-27.44	-28.59	5.98	-100.10	-148.38	-248.48
Surface storage (Reservoirs)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Surface Storage Change (Natural Rivers & Ponds)	0.29	0.46	0.59	-0.70	0.71	0.65	0.14	-1.35	-0.35	-0.29	-0.17	-0.02	1.85	-1.88	-0.03
Soil Storage Change	-1.62	36.51	-35.51	-33.02	-11.86	-19.03	-39.03	-60.60	-34.71	-27.15	-28.42	6.00	-101.95	-146.50	-248.45
Sub Surface Storage Change	-8.12	22.38	7.10	-29.54	14.66	43.07	36.62	-18.04	0.47	-14.53	-14.81	-10.73	94.29	-65.77	28.53
Depleted Water	34.67	39.84	43.18	44.45	45.12	48.87	47.51	35.10	27.13	26.71	27.02	31.56	268.96	182.20	451.16
Process Water	8.08	8.72	10.12	10.41	10.92	11.00	9.82	6.70	4.20	4.51	5.79	7.95	61.00	37.24	98.24
Water uses intended by humans	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.82	0.82	1.64
Evapotranspiration by crops (ET)	7.95	8.58	9.98	10.28	10.79	10.86	9.68	6.56	4.07	4.38	5.65	7.81	60.17	36.41	96.59
Water uses from municipal and industrial (M&I)	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0078	0.0078	0.0155
Beneficial Non-process Water	26.52	31.06	33.01	34.00	34.16	37.83	37.65	28.37	22.89	22.16	21.19	23.55	207.70	144.68	352.39
Low or Non-beneficial Non-process Water	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.26	0.28	0.54
Recharge	2.641	7.787	0.801	0.675	-2.678	0.177	25.125	-5.726	-1.875	-1.106	-0.901	-1.050	31.887	-8.017	23.870
Pumping	0.024	0.023	0.023	0.023	0.023	0.022	0.083	0.082	0.085	0.085	0.076	0.082	0.195	0.433	0.628
Flows to sinks	1.00	1.91	1.65	2.68	1.13	1.42	1.03	0.06	0.00	0.05	0.00	1.06	9.83	2.17	11.99
Drain to River	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Outflow	11.94	45.85	31.34	41.66	24.97	31.60	30.56	44.49	18.79	16.56	16.00	11.04	205.98	118.82	324.80
Surface Outflow	4.24	68.66	38.05	11.88	42.74	75.09	42.55	32.65	21.62	3.64	2.54	0.78	278.98	65.47	344.45
Sub-Surface Outflow	7.70	-22.81	-6.72	29.78	-17.78	-43.49	-11.99	11.84	-2.83	12.93	13.46	10.26	-73.00	53.35	-19.65
Available Water	38.51	52.21	46.31	48.62	47.61	52.21	50.56	39.55	29.01	28.37	28.62	31.61	297.52	195.67	493.19
Uncommitted Outflow	11.58	44.47	30.40	40.41	24.22	30.65	29.65	43.16	18.22	16.07	15.52	10.71	199.80	115.26	315.06
Utilizable Outflow	1.19	4.58	3.13	4.17	2.50	3.16	3.06	4.45	1.88	1.66	1.60	1.10	20.60	11.88	32.48
Non-utilizable Outflow	10.39	39.89	27.26	36.25	21.72	27.49	26.59	38.71	16.35	14.41	13.92	9.60	179.20	103.38	282.58
Committed Outflow	0.36	1.38	0.94	1.25	0.75	0.95	0.92	1.33	0.56	0.50	0.48	0.33	6.18	3.56	9.74
% Downstream Maintain	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	1.80	1.80	3.60
Indicator															
Depleted Fraction of Gross Inflow (DF _{GI})	0.87	0.26	0.92	1.95	0.61	0.46	0.63	-88.63	2.40	20.43	-73.29	0.86	0.56	2.06	0.80
Depleted Fraction of Available Water (DF _{AW})	0.90	0.76	0.93	0.91	0.95	0.94	0.94	0.89	0.94	0.94	0.94	1.00	0.90	0.93	0.91
Process Fraction of Available Water (PF _{AW})	0.21	0.17	0.22	0.21	0.23	0.21	0.19	0.17	0.14	0.16	0.20	0.25	0.21	0.19	0.20
Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency															

ตารางที่ ข12 การวิเคราะห์บัญชีนำของโดเมน นำแม่หาด (614)

Items	น้ำแม่หาด														
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
Gross Inflow	30.11	71.80	45.65	18.72	38.38	80.07	64.13	0.05	1.36	1.54	-0.19	28.17	318.74	61.04	379.77
Surface Inflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sub-Surface Inflow	-0.25	-0.43	-0.47	-0.46	-0.47	-0.45	-0.46	-0.38	-0.29	-0.24	-0.19	-0.22	-2.73	-1.57	-4.30
Precipitation	30.36	72.23	46.11	19.17	38.85	80.52	64.59	0.43	1.65	1.77	0.00	28.39	321.47	62.60	384.07
Net Inflow	70.68	3.70	55.75	80.20	71.46	110.31	93.94	67.03	52.86	56.47	57.40	54.83	415.36	359.26	774.62
Storage Change (DS)	-40.57	68.10	-10.11	-61.48	-33.09	-30.24	-29.81	-66.98	-51.50	-54.93	-57.59	-26.66	-96.62	-298.23	-394.85
Surface Storage Change	-14.39	-9.62	-26.90	-43.73	-32.97	-33.30	-32.71	-58.94	-41.83	-29.21	-29.17	-6.61	-179.24	-180.15	-359.39
Surface storage (Reservoirs)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Surface Storage Change (Natural Rivers & Ponds)	0.16	0.25	0.33	-0.39	0.40	0.37	0.08	-0.76	-0.20	-0.16	-0.09	-0.01	1.04	-1.05	-0.02
Soil Storage Change	-14.55	-9.87	-27.23	-43.34	-33.37	-33.67	-32.79	-58.18	-41.64	-29.05	-29.07	-6.60	-180.27	-179.10	-359.37
Sub Surface Storage Change	-26.17	16.94	11.17	-17.75	-0.12	3.06	2.91	-8.04	-9.66	-25.72	-28.42	-20.06	16.21	-118.08	-101.86
Depleted Water	36.45	40.40	46.55	47.68	46.56	50.64	49.25	36.05	26.25	25.47	26.02	32.93	281.08	183.17	464.25
Process Water	5.68	6.04	10.38	10.82	11.39	11.68	10.72	6.93	2.89	3.12	4.03	5.59	61.03	28.24	89.27
Water uses intended by humans	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.44	0.44	0.88
Evapotranspiration by crops (ET)	5.60	5.96	10.30	10.75	11.32	11.61	10.65	6.86	2.82	3.05	3.96	5.51	60.59	27.80	88.39
Water uses from municipal and industrial (M&I)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0003	0.0005
Beneficial Non-process Water	29.78	33.47	35.47	36.26	34.63	38.41	37.96	28.61	22.86	21.78	21.31	26.43	216.19	150.77	366.96
Low or Non-beneficial Non-process Water	0.98	0.90	0.70	0.60	0.54	0.55	0.57	0.50	0.50	0.56	0.68	0.92	3.86	4.15	8.02
Recharge	3.675	2.534	1.134	1.359	3.445	6.338	2.362	0.719	-0.138	0.330	-1.287	-0.242	17.173	3.057	20.230
Pumping	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.033	0.061	0.060	0.062	0.062	0.056	0.060	0.232	0.336	0.567
Flows to sinks	1.00	1.91	1.65	2.68	1.13	1.42	1.03	0.06	0.00	0.05	0.00	1.06	9.83	2.17	11.99
Drain to River	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Outflow	34.23	21.54	13.69	32.52	24.90	59.67	44.69	30.99	26.61	31.00	31.38	21.90	197.01	176.10	373.11
Surface Outflow	4.66	38.94	25.37	13.91	21.84	56.87	45.76	22.67	17.43	5.25	4.49	2.36	202.69	56.87	259.55
Sub-Surface Outflow	29.57	-17.40	-11.67	18.62	3.06	2.80	-1.07	8.32	9.17	25.75	26.89	19.53	-5.67	119.23	113.56
Available Water	39.87	45.09	49.05	50.93	49.05	56.61	53.72	39.14	28.91	28.57	29.16	35.12	304.45	200.78	505.23
Uncommitted Outflow	33.20	20.89	13.28	31.55	24.15	57.88	43.35	30.06	25.81	30.07	30.43	21.24	191.10	170.82	361.92
Utilizable Outflow	3.42	2.15	1.37	3.25	2.49	5.97	4.47	3.10	2.66	3.10	3.14	2.19	19.70	17.61	37.31
Non-utilizable Outflow	29.78	18.74	11.91	28.29	21.66	51.91	38.88	26.96	23.15	26.97	27.30	19.05	171.40	153.21	324.61
Committed Outflow	1.03	0.65	0.41	0.98	0.75	1.79	1.34	0.93	0.80	0.93	0.94	0.66	5.91	5.28	11.19
% Downstream Maintain	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	1.80	1.80	3.60
Indicator															
Depleted Fraction of Gross Inflow (DF _{GI})	1.21	0.56	1.02	2.55	1.21	0.63	0.77	665.48	19.29	16.57	-135.39	1.17	0.88	3.00	1.22
Depleted Fraction of Available Water (DF _{AW})	0.91	0.90	0.95	0.94	0.95	0.89	0.92	0.92	0.91	0.89	0.89	0.94	0.92	0.91	0.92
Process Fraction of Available Water (PF _{AW})	0.14	0.13	0.21	0.21	0.23	0.21	0.20	0.18	0.10	0.11	0.14	0.16	0.20	0.14	0.18
Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency															

ตารางที่ ข13 การวิเคราะห์บัญชีนำของโดเมน นำแม่ต้น (615)

ตารางที่ ข14 การวิเคราะห์บัญชีนำของโดเมน แม่นำปึงส่วนที่ 3 (611)

Items	น้ำแม่ต้น														
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ก.ค.	ก.ค.	พ.ค.
Gross Inflow	395.68	1,429.9	1,079.8	546.81	906.92	1,671.5	1,470.8	505.39	256.67	91.19	67.92	249.35	7,105.91	1,566.20	8,672.10
Surface Inflow	168.85	840.80	735.44	411.99	601.38	1,168.3	1,042.7	503.63	189.07	82.81	68.03	62.66	4,800.63	1,075.05	5,875.68
Sub-Surface Inflow	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.11	-0.12	-0.72	-0.70	-1.42
Precipitation	226.95	589.24	344.52	134.94	305.66	503.36	428.27	1.87	67.72	8.50	0.00	186.80	2,305.99	491.85	2,797.84
Net Inflow	411.80	966.65	969.82	745.95	813.93	1,351.5	1,370.5	798.88	421.28	343.09	341.30	265.10	6,218.43	2,581.46	8,799.88
Storage Change (DS)	-16.13	463.27	110.03	-199.14	92.98	320.05	100.29	-293.49	-164.62	-251.90	-273.38	-15.75	887.48	-1,015.26	-127.78
Surface Storage Change	10.84	382.49	92.25	-144.02	114.94	243.49	138.17	-167.38	-66.92	-157.97	-179.32	24.32	827.32	-536.44	290.88
Surface storage (Reservoirs)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Surface Storage Change (Natural Rivers & Ponds)	2.53	3.99	5.19	-6.12	6.26	5.72	1.20	-11.85	-3.06	-2.53	-1.46	-0.13	16.24	-16.51	-0.27
Soil Storage Change	8.31	378.50	87.06	-137.90	108.69	237.77	136.97	-155.53	-63.86	-155.44	-177.86	24.45	811.08	-519.93	291.15
Sub Surface Storage Change	-26.96	80.78	17.78	-55.11	-21.96	76.56	-37.88	-126.11	-97.70	-93.94	-94.05	-50.60	60.16	-489.36	-429.20
Depleted Water	224.89	253.80	272.52	276.55	269.61	292.05	286.81	214.70	165.54	160.71	161.85	200.78	1,651.35	1,128.47	2,779.82
Process Water	28.43	34.65	44.52	45.51	46.61	45.97	42.04	29.19	15.76	15.83	18.74	25.95	259.29	133.90	393.20
Water uses intended by humans	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	2.13	2.13	4.26
Evapotranspiration by crops (ET)	28.08	34.29	44.16	45.15	46.26	45.62	41.68	28.84	15.41	15.47	18.39	25.59	257.17	131.78	388.94
Water uses from municipal and industrial (M&I)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Beneficial Non-process Water	177.96	202.30	214.96	219.84	212.79	235.66	234.03	176.04	140.32	134.30	130.30	157.66	1,319.57	916.57	2,236.15
Low or Non-beneficial Non-process Water	18.49	16.85	13.05	11.20	10.21	10.42	10.75	9.47	9.46	10.58	12.81	17.18	72.48	77.99	150.47
Recharge	-0.355	9.679	4.801	6.050	17.232	23.915	2.315	1.378	1.149	1.119	0.313	0.044	63.992	3.648	67.640
Pumping	0.281	0.274	0.351	0.363	0.839	0.685	0.792	0.775	0.833	0.826	0.695	0.683	3.304	4.093	7.397
Flows to sinks	2.27	5.89	3.45	1.35	3.06	5.03	4.28	0.02	0.68	0.09	0.00	1.87	23.06	4.92	27.98
Drain to River	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Outflow	186.92	712.85	697.29	469.40	544.32	1,059.4	1,083.7	584.17	255.74	182.38	179.46	74.81	4,567.08	1,463.48	6,030.56
Surface Outflow	160.43	784.07	710.39	408.35	505.25	1,112.2	1,043.6	456.80	157.02	87.45	85.20	24.32	4,563.96	971.22	5,535.18
Sub-Surface Outflow	26.49	-71.22	-13.09	61.04	39.07	-52.76	40.07	127.37	98.72	94.93	94.26	50.48	3.11	492.26	495.38
Available Water	243.58	325.08	342.25	323.49	324.05	398.00	395.19	273.12	191.12	178.95	179.79	208.31	2,108.06	1,274.86	3,382.92
Uncommitted Outflow	181.31	691.47	676.37	455.31	527.99	1,027.6	1,051.2	566.65	248.07	176.91	174.07	72.56	4,430.06	1,419.58	5,849.64
Utilizable Outflow	18.69	71.29	69.73	46.94	54.43	105.95	108.38	58.42	25.57	18.24	17.95	7.48	456.71	146.35	603.06
Non-utilizable Outflow	162.62	620.18	606.64	408.37	473.56	921.73	942.86	508.23	222.50	158.67	156.13	65.08	3,973.36	1,273.23	5,246.59
Committed Outflow	5.61	21.39	20.92	14.08	16.33	31.78	32.51	17.53	7.67	5.47	5.38	2.24	137.01	43.90	180.92
% Downstream Maintain	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	1.80	1.80	3.60
Indicator															
Depleted Fraction of Gross Inflow (DF _{GI})	0.57	0.18	0.25	0.51	0.30	0.17	0.19	0.42	0.64	1.76	2.38	0.81	0.23	0.72	0.32
Depleted Fraction of Available Water (DF _{AW})	0.92	0.78	0.80	0.85	0.83	0.73	0.73	0.79	0.87	0.90	0.90	0.96	0.78	0.89	0.82
Process Fraction of Available Water (PF _{AW})	0.12	0.11	0.13	0.14	0.14	0.12	0.11	0.11	0.08	0.09	0.10	0.12	0.12	0.11	0.12
Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency															

ภาคผนวก ก

ข้อมูลชุดและอุทกวิทยา

**ตารางที่ ๑1 ข้อมูลภูมิอากาศในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2514-2543) ที่สถานีตรวจวัดอากาศ อ. เมือง
จ.เชียงใหม่**

สถานี	เชียงใหม่	ระดับของสถานีเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง	312	เมตร
รหัส	48327	ความสูงของบาโรมิเตอร์เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง	314	เมตร
ละติจูด	18 47 N	ความสูงของเทอร์โมมิเตอร์เหนือพื้นดิน	1.20	เมตร
ลองจิจูด	98 59 E	ความสูงของเครื่องวัดลมเหนือพื้นดิน	8.90	เมตร
		ความสูงของที่วัดน้ำฝน	0.80	เมตร

ข้อมูล	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ปี
ความกดอากาศ (+ 1000 หรือ 900 มิลลิบาร์)													
เฉลี่ย	1013.63	1011.39	1009.06	1007.17	1006.07	1004.72	1004.8	1005.19	1007.62	1010.6	1013.25	1015.06	1009.05
สูงสุด	1025.8	1023.68	1025.1	1018.5	1014.3	1012.2	1012.12	1014.5	1015.4	1020.4	1024.88	1025.78	1025.8
ต่ำสุด	1002.85	1000.9	999.3	996.9	996.9	995.5	995.8	995.1	998.2	1001	1003.75	1003.9	995.1
พิสัยรายวันเฉลี่ย	6.44	6.78	6.92	6.64	5.52	4.45	4.25	4.44	5.04	5.31	5.4	5.93	5.59
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)													
เฉลี่ย	20.9	23.3	26.7	28.8	28.1	27.6	27.1	26.7	26.6	25.9	23.8	21.1	25.6
เฉลี่ยสูงสุด	29.3	32.2	34.9	36.0	34.1	32.6	31.8	31.3	31.5	31.2	29.8	28.3	31.9
เฉลี่ยต่ำสุด	14.1	15.5	19	22.3	23.6	23.9	23.7	23.5	23.1	22	19.1	15.2	20.4
สูงที่สุด	34.1	37.7	39.2	41.4	40.1	39.3	37.5	36.5	36.1	37.9	34.5	33.4	41.4
ต่ำที่สุด	3.7	7.3	12.2	15.8	19.2	20	20.5	20.7	16.8	13.3	6	3.8	3.7
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)													
เฉลี่ย	69	60	54	58	71	77	78	81	81	78	75	73	71
เฉลี่ยสูงสุด	91	84	78	80	88	91	91	93	93	93	92	92	89
เฉลี่ยต่ำสุด	39	32	31	37	51	58	61	63	62	57	52	45	49
ต่ำที่สุด	3	5	3	11	0	21	40	41	34	29	30	14	3
อุณหภูมิก้าง (องศาเซลเซียส)													
เฉลี่ย	14.3	13.9	15.5	18.9	21.8	22.8	22.7	22.8	22.7	21.5	18.7	15.4	19.3
น้ำระเหย (มม.)													
เฉลี่ย-ภาค	108.1	128.7	171.7	189.4	178.6	143.7	129.6	126.3	128.8	129	106.8	98.3	1639
ความกรึ่มมฆ (0-10)													
เฉลี่ย	2.2	2	2.2	3.7	6.2	7.7	8.4	8.5	7.5	5.9	4.5	3.2	5.2
ชั่วโมงที่มีแสงแดด													
เฉลี่ย	274.9	264.7	271.7	260.2	256.3	171.1	142.1	129.2	165.8	212.8	222.1	245.5	2616.4
ทัศนวิสัย (กม.)													
เวลา 0700	5.9	6.2	5.3	7.5	11	12.1	11.9	11.7	10.5	8.7	7.5	6.2	8.7
เฉลี่ย	8.2	8	7.2	8.9	11.5	12.2	12	11.8	11.3	10.5	9.9	9.1	10.1
ความเร็วลม (น็อต)													
ความเร็วลมเฉลี่ย	1.3	2	2.6	3.3	3.3	3.1	2.7	2.5	2.3	2.2	1.8	1.6	-
ทิศทาง	S	S	S	S	S	S,SW	S,SW	S	S	N	N	N	-
ความเร็วลมสูงสุด	39	44	45	60	64	43	47	56	41	40	45	43	64
ฝน (มม.)													
เฉลี่ย	7.7	9.2	17.3	54.5	155.4	119.4	157.6	224.4	202.4	116.6	51.4	18.1	1134
จำนวนวันที่ฝนตก	0.7	1	2	6.4	14.7	16.1	18.6	21	17.2	11.5	5.2	1.7	116.1
ฝนสูงที่สุดใน 24 ชม.	27.9	65.2	99	119.1	96	72	115.5	123	93.3	79.3	86.5	92.9	123
จำนวนวันที่เกิด													
เมฆหมอก	25.8	27	29.9	21.2	2.2	0	0.1	0.2	1.9	5.3	9.7	17.4	140.7
หมอก	1.3	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.4	0.8	1.8	3.4	7.9
ลูกเห็บ	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1
ฟ้าคะนอง	0.1	0.3	2.1	7	11.1	6.4	5.3	8	9.8	5.8	0.8	0.2	56.9
พายุฝน	0.1	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา

**ตารางที่ ๑๒ ข้อมูลภูมิอากาศในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2514-2543) ที่สถานีตรวจวัดอากาศ อ. เมือง
จ.ลำพูน**

สถานี	ลำพูน	ระดับของสถานีเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง	296	เมตร
รหัส	48329	ความสูงของบาร์มิเตอร์เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง	298	เมตร
ละติจูด	18 34 N	ความสูงของเทอร์โมมิเตอร์เหนือพื้นดิน	1.50	เมตร
ลองจิจูด	99 02 E	ความสูงของเครื่องวัดลมเหนือพื้นดิน	12.0	เมตร
		ความสูงของที่วัดน้ำฝน	0.94	เมตร

ข้อมูล	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ปี
ความกดอากาศ (+ 1000 หรือ 900 มิลลิบาร์)													
เฉลี่ย	1013.55	1011.24	1008.57	1006.84	1006.02	1004.67	1004.77	1005.23	1007.62	1010.6	1013.25	1015.17	1008.96
สูงสุด	1025.38	1023.35	1025.41	1018.59	1013.97	1011.78	1012.57	1013.19	1015.86	1020.44	1025.29	1026.55	1026.55
ต่ำสุด	1002.69	1000.4	998.58	996.17	997.1	995.82	995.76	995.8	998.15	1000.22	1003.64	1005.35	995.76
พิสัยรายวันเฉลี่ย	6.52	6.79	6.81	6.43	5.28	4.44	4.28	4.51	5.11	5.51	5.59	6.2	5.62
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)													
เฉลี่ย	21.6	24.2	27.9	29.9	28.9	28.2	27.8	27.3	26.9	26	23.9	21.1	26.1
เฉลี่ยสูงสุด	30.6	33.6	36.8	37.7	35.3	33.3	32.8	32.3	32	31.3	30.2	28.9	32.9
เฉลี่ยต่ำสุด	14	15.4	19.2	22.9	23.8	24.2	23.9	23.7	23.3	22.2	19	14.7	20.5
สูงที่สุด	35.2	38.4	41.7	42.6	42.3	40.8	38.1	37.7	35.1	35.3	34.7	34.7	42.6
ต่ำที่สุด	7.8	9.2	12.5	17	18.2	21.1	21.5	20.8	19.1	13.8	9.3	3.5	3.5
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)													
เฉลี่ย	69	58	51	56	70	75	76	79	83	83	81	75	71
เฉลี่ยสูงสุด	93	87	80	80	88	90	91	94	96	96	96	95	91
เฉลี่ยต่ำสุด	38	29	26	32	48	56	57	60	63	62	56	46	48
ค่าที่สูงสุด	17	12	10	12	17	27	31	39	45	38	32	19	10
จุดน้ำค้าง (องศาเซลเซียส)													
เฉลี่ย	14.8	13.9	15.3	18.8	22.1	22.8	22.7	23	23.5	22.7	20	16.1	19.6
น้ำระเหย (มม.)													
เฉลี่ย-ภาค	109.5	142.2	205	216.8	197	162.1	149.3	136.7	118.1	107.5	94.4	95.8	1734.4
ความक्रमเมฆ (0-10)													
เฉลี่ย	2.4	2	2.1	3.8	6.6	8	8.4	8.6	7.7	6.2	4.7	3	5.3
ชั่วโมงที่มีแสงแดด													
เฉลี่ย	0	0	0	0	NO OBSE	0	0	0	0	0	0	0	0
ทัศนวิสัย (กม.)													
เวลา 0700	3.7	4	3.8	6.1	10.9	12.3	12.1	11.2	8.9	5.8	4.9	4	7.3
เฉลี่ย	6.6	6.5	5.9	7.7	11.7	12.6	12.4	11.7	10.4	8.8	8.3	7.2	9.2
ความเร็วลม (น็อต)													
ความเร็วลมเฉลี่ย	0.7	1.3	1.9	2.2	2	2.4	2.1	1.7	0.9	0.6	0.5	0.5	-
ทิศทาง	SE	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	N	N,SE	-
ความเร็วลมสูงสุด	27	30	36	50	43	35	40	40	40	32	26	20	50
ฝน (มม.)													
เฉลี่ย	2.4	5.9	13.1	42.8	146.4	123.2	118.3	153.2	191.3	110.5	48.1	7.2	962.4
จำนวนวันที่ฝนตก	0.6	1.2	1.4	6	13.7	14.9	16.6	17.9	17.4	11.5	5	1.1	107.3
ฝนสูงที่สุดใน 24 ชม.	18.3	19.2	41.6	58.7	79.8	89.5	82.6	67.3	68.9	63.6	64.5	45.9	89.5
จำนวนวันที่เกิด													
เมฆหมอก	29	26.7	29.8	23.2	2.9	0.1	0	0.3	2.7	9	15.3	24.1	163.1
หมอก	2.8	0.5	0.1	0.1	0	0	0.1	0	0.6	2.8	6.1	5.7	18.8
ลูกเห็บ	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2
ฟ้าคะนอง	0.2	0.8	2.5	6.5	11.5	7.9	4.9	10.5	12.9	8.1	1.4	0.2	67.4
พายุฝน	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวเดือนใจ วลัยศรี
วัน เดือน ปี ที่เกิด	16 กันยายน 2519
สถานที่เกิด	กรุงเทพฯ
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (ชลประทาน)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกรแหล่งน้ำ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท รอย แอน แอสโซซิเอต คอนซัลแตนท์ จำกัด
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	นางสาวเดือนใจ วลัยศรี
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-