

บทที่ 8

วิธีการศึกษา

วิธีการที่ใช้ในการศึกษาสถานการณ์น้ำในลุ่มน้ำของประเทศไทย เพื่อให้ได้มาซึ่งภาพรวม คือ การนำข้อมูลความต้องการใช้น้ำ และจำนวนน้ำต้นทุน มาวิเคราะห์ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ของแต่ละลุ่มน้ำ ทำให้รู้ว่าสภาพน้ำขาดหรือเกินมากน้อยเพียงใด

3.1 รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้ในการศึกษานี้ ใช้หลักการความสมดุลของปริมาณน้ำ (Water Balance) สำหรับแต่ละลุ่มน้ำ โดยให้ลุ่มน้ำประกอบไปด้วยระบบอ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำต่าง ๆ เหล่านี้จะใช้เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ เช่น การเกษตรชลประทาน การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และอื่น ๆ โดยอ่างเก็บน้ำแต่ละอ่างจะมีการจัดการให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำที่สูญเสียจากอ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างตามวัตถุประสงค์ของอ่างเก็บน้ำนั้น ๆ สมมติฐานในการศึกษานี้ ปริมาณน้ำต้นทุนพิจารณาเฉพาะโครงการที่เป็นอ่างเก็บน้ำ เท่านั้น โครงการที่เป็นสายท่อน้ำ หรือประตูน้ำที่สร้างขึ้นมาเพื่อทดน้ำ ไม่ได้นำมาพิจารณา เพราะวัตถุประสงค์ของการสร้างขึ้นมาไม่ใช่เพื่อเก็บกักน้ำ สมการสมดุลของอ่างเก็บน้ำแสดงได้ ดังนี้

$$S_i = S_{i-1} + I_i - Q_i - E_i \dots\dots\dots(3.1)$$

- โดย S_i = ปริมาตรเก็บกักในอ่างเก็บน้ำที่ปลายคาบเวลาปัจจุบัน , i
- S_{i-1} = ปริมาตรเก็บกักในอ่างเก็บน้ำที่ปลายคาบเวลาที่ผ่านมา , i-1
- I_i = ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำระหว่างคาบเวลา i
- Q_i = ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากอ่างเก็บน้ำระหว่างคาบเวลา i
- E_i = ปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการระเหยสุกหิและรั่วซึมระหว่างคาบเวลา i

3.2 ข้อกำหนดในการวิเคราะห์

ในการศึกษาการใช้น้ำในอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำ มีข้อกำหนด ดังต่อไปนี้

1. ปริมาณน้ำที่เก็บกักในอ่างเก็บน้ำ เปรียบเสมือนเก็บกักในลุ่มน้ำ
2. ศึกษาสถานการณ์น้ำใน ปี พ.ศ. 2549 ในช่วงฤดูแล้ง เพื่อให้สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9 ที่จะสิ้นสุดใน ปี พ.ศ. 2549
3. ปริมาณน้ำที่เก็บกักในอ่างเก็บน้ำ คิดที่ความจุระดับเก็บกัก
4. ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้จากอ่างเก็บน้ำ คือปริมาณน้ำที่ต้องการใช้เฉพาะในช่วงฤดูแล้ง โดยถือว่าเท่ากับ 30 % ของปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ทั้งปี
5. พิจารณาเฉพาะในขอบเขตของพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น ๆ
6. ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ในช่วงฤดูแล้ง ถือว่าเป็น ศูนย์
7. ปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการระเหย ในอ่างเก็บน้ำช่วงฤดูแล้ง โดยถือว่า เปอร์เซนต์การระเหยเทียบกับปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ เท่ากับ 5 % และอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง เท่ากับ 8.5 % โดยคิดจากค่าเฉลี่ยของอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ และขนาดกลางที่ได้ก่อสร้างไว้แล้ว และที่จะก่อสร้างในอนาคต (บางส่วน) ตามรายละเอียดภาคผนวก ง การร่วซึมในอ่างเก็บน้ำช่วงฤดูแล้ง ถือว่าเป็นศูนย์ เนื่องจากน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำเก็บกัก
8. ศึกษาสถานการณ์น้ำในช่วงฤดูแล้ง ระหว่างเดือน มกราคม ถึง เดือน เมษายน

จากสมการสมดุลน้ำ สมการ 3.1 และข้อกำหนดในการวิเคราะห์ เมื่อพิจารณาในแต่ละลุ่มน้ำ จะได้ว่า

$$\begin{aligned}
 S_i &= \text{คือค่าปริมาตรเก็บกักในอ่างเก็บน้ำ เมื่อปลายฤดูแล้ง} \\
 S_{i-1} &= \text{คือค่าปริมาตรเก็บกักในอ่างเก็บน้ำ เมื่อต้นฤดูแล้ง} \\
 I_i &= \text{ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ในช่วงฤดูแล้ง เป็นศูนย์} \\
 Q_i &= \text{ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ ในช่วงฤดูแล้ง} \\
 E_i &= \text{ปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการระเหยในอ่างเก็บน้ำ ในช่วงฤดูแล้ง}
 \end{aligned}$$

$$\text{จะได้ว่า} \quad S_i = S_{i-1} - Q_i - E_i \dots \dots \dots (3.2)$$

สมการ 3.2 ที่ได้นี้ ก็คือสมการสมดุลน้ำที่ใช้ในการศึกษา ในครั้งนี้

3.3 ข้อมูลที่ใช้

3.3.1 ความต้องการใช้น้ำ

ความต้องการใช้น้ำด้านต่างๆ ได้พิจารณาจากความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรชลประทาน ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยว ปริมาณความต้องการใช้น้ำเหล่านี้ ได้ใช้ข้อมูลจากผลการศึกษา 25 ลุ่มน้ำ ของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ พ.ศ. 2537 (ดังแสดงในตารางที่ 3.1) โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1.1. ความต้องการใช้น้ำของพืชเพื่อการเกษตรชลประทาน

การศึกษาการใช้น้ำของพืชเพื่อการเกษตรชลประทาน จะเน้นเรื่องการใช้น้ำของข้าวเป็นหลัก ส่วนพืชชนิดอื่นๆ ได้แก่ พืชไร่ พืชผัก พืชสวน จะทำการปรับแก้การใช้น้ำของพืชเหล่านี้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient) แต่ละชนิด

การประเมินปริมาณการใช้น้ำของข้าว ประกอบด้วย ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลง ปริมาณน้ำใช้เพื่อการคดกล้า ปริมาณน้ำหลังจากปักดำ ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่ต้นข้าวใช้เพื่อการเจริญเติบโต รวมถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียบนแปลงนาด้วย

การประเมินความต้องการน้ำชลประทานที่โครงการชลประทาน จะส่งให้พื้นที่เพาะปลูก จะประเมินจากปริมาณน้ำที่พืชต้องการ ปริมาณน้ำที่สูญเสียบนแปลงเพาะปลูก ปริมาณฝนใช้การ และประสิทธิภาพการชลประทาน ปริมาณน้ำที่พืชต้องการ หาได้จากปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Etp) ซึ่งคำนวณได้จากวิธีของ Modified Penman แล้วปรับแก้ด้วยสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) โดยเลือกค่า Kc ของพืชแต่ละชนิดให้สอดคล้องกับชนิดของพืชที่ปลูก และช่วงเวลาการเพาะปลูก ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การชลประทาน ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลการส่งน้ำจริงของโครงการ เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ตามทฤษฎี

ก. ปริมาณน้ำที่พืชต้องการ

ปริมาณน้ำที่พืชต้องการ สามารถแบ่งออกตามลักษณะการใช้น้ำของพืชที่ต่างกัน คือ ปริมาณน้ำสำหรับปลูกข้าว และปริมาณน้ำสำหรับการปลูกพืชอื่น ๆ

- ปริมาณน้ำสำหรับการปลูกข้าว

ปริมาณน้ำสำหรับปลูกข้าว ขึ้นอยู่กับฤดูกาล วิธีการปลูก พันธุ์ข้าว ลักษณะดิน ปริมาณน้ำที่ข้าวต้องการมี 3 ส่วน คือ

การางที่ 3.1 สรุปความต้องการปริมาณน้ำในกิจกรรมการใช้น้ำในด้านต่าง ๆ ทั้งสภาพปัจจุบันและอนาคต (2549) ของแต่ละ 25 ลุ่มน้ำหลัก

รหัส ลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำ	จำนวนประชากร (คน)	ความหนาแน่น ประชากร (คน/ตร.กม.)	พื้นที่ ชลประทาน (ไร่)	ความต้องการน้ำ, ล้าน ลบ.ม./ปี			หมายเหตุ
					อุปโภค-บริโภค	อุตสาหกรรม และท่องเที่ยว	ชลประทาน	
01	ลุ่มน้ำปากพนัง							
	สาละวิน							
	ปัจจุบัน	450,815	25.16	188,948	11.96	4.46	616.93	
03	ปากพนัง							
	อนาคต (2549)	555,294	30.99	356,918	14.29	24.28	632.70	
	รวม							
06	ปากพนัง							
	อนาคต (2549)	497,936	63.07	570,363	14.90	0.43	401.39	
	รวม	609,000	77.05	824,699	18.07	0.62	554.96	
07	ปากพนัง							
	อนาคต (2549)	3,023,231	74.80	1,942,927	75.26	1.00	2,428.20	
	รวม	3,768,900	93.25	3,050,227	93.82	6.37	3,128.01	
08	ปากพนัง							
	อนาคต (2549)	795,492	54.93	472,350	20.21	1.00	487.42	
	รวม	905,000	62.49	883,865	23.00	2.56	811.73	
09	ปากพนัง							
	อนาคต (2549)	2,209,481	72.92	994,205	53.87	0.08	859.13	
	รวม	2,530,000	83.50	1,998,605	63.61	0.62	1,815.45	
รวมย่อย	ปากพนัง							
	อนาคต (2549)	2,555,595	67.78	1,780,637	66.29	0.32	2,870.80	
	รวม	2,978,000	78.98	2,756,982	76.43	5.63	4,077.10	
รวม	ปากพนัง							
	อนาคต (2549)	9,532,550	64.10	5,949,430	242.49	7.29	7,663.87	
	รวม	11,346,194	76.29	9,871,296	289.22	40.08	11,019.95	

ตารางที่ 3.1 สรุปความต้องการปริมาณน้ำในกิจกรรมการใช้น้ำในด้านต่าง ๆ พหุสภาพปัจจุบันและอนาคต (2549) ของแต่ละ 25 ลุ่มน้ำหลัก (ต่อ)

รหัส ลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำ	จำนวนประชากร (คน)	ความหนาแน่น ประชากร (คน/ตร.กม.)	พื้นที่การ ชลประทาน (ไร่)	ความต้องการน้ำ, ล้าน ลบ.ม./ปี			หมายเหตุ
					อุปโภคบริโภค	อุตสาหกรรม และท่องเที่ยว	ชลประทาน	
10	ลุ่มน้ำบ่อหลวง							
	เจ้าพระยา							
11	ปัจจุบัน	6,201,669	211.06	5,731,375	1,594.40	646.05	13,531.75*	ไม่รวมประชากรในกรุงเทพ * รวมเจ้าพระยา-ท่าจีน
	อนาคต (2549)	7,630,000	259.67	5,731,375	3,080.20	938.05	13,531.75*	
12	สะเม็กวัง							
	ปัจจุบัน	400,097	77.04	661,260	8.62	-	878.75	
13	อนาคต (2549)	530,000	102.08	849,760	15.52	-	937.71	
14	ป่าสัก							
	ปัจจุบัน	3,169,281	126.81	762,520	72.32	23.28	927.38	
15	อนาคต (2549)	3,900,000	156.05	852,776	114.02	33.99	1,239.57	
16	ท่าจีน							
	ปัจจุบัน	2,801,724	143.00	2,749,314	94.94	310.25	13,531.75*	** รวมท่าจีนและเจ้าพระยา * รวมเจ้าพระยา-ท่าจีน รักษาสมดุย์ 1,000
	อนาคต (2549)	3,450,000	176.09	2,749,314	1,146.60	651.65	13,531.75*	
17	แม่กลอง							
	ปัจจุบัน	1,495,835	48.51	2,249,792	20.34	-	4,323.33	ผลิตกระแสไฟฟ้า 4463.01
	อนาคต (2549)	1,940,000	62.91	3,303,192	37.68	-	5,241.00	
18	เพชรบุรี							
	ปัจจุบัน	434,255	69.80	400,959	14.30	2.90	1,110.00	
19	อนาคต (2549)	560,000	90.00	514,759	24.00	8.80	887.85	
	ชายฝั่งทะเลตะวันตก							
20	ปัจจุบัน	454,901	74.00	432,425	18.00	2.97	1,383.00	ความต้องการ น้ำชลประทาน รวมท่าจีน-เจ้าพระยา
	อนาคต (2549)	568,889	92.54	489,725	36.70	9.00	1,281.10	
21	รวมย่อย							
	ปัจจุบัน	14,957,762	122.24	12,987,645	1,822.92	985.45	30,922.80	
	อนาคต (2549)	18,578,889	151.83	14,490,901	4,454.72	1,442.50	36,744.40	

ตารางที่ 3.1 สรุปความต้องการปริมาณน้ำในกิจกรรมการใช้น้ำในด้านต่าง ๆ ทั้งสภาพปัจจุบันและอนาคต (2549) ของแต่ละ 25 ลุ่มน้ำหลัก (ต่อ)

รหัส ลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำ	จำนวนประชากร (คน)	ความหนาแน่น ประชากร (คน/ตร.กม.)	พื้นที่การ ชลประทาน (ไร่)	ความต้องการน้ำ, ล้าน ลบ.ม./ปี			หมายเหตุ
					อุปโภค-บริโภค	อุตสาหกรรม และท่องเที่ยว	ชลประทาน	
02	ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แม่น้ำโขง	ปัจจุบัน	103.48	1,692,333	132.57	1.98	4,323.33	**ปริมาณน้ำไม่สามารถใช้ได้
		อนาคต (2549)	124.18	3,762,759	180.43	2.69	5,521.35	
04	ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แม่น้ำมูล	ปัจจุบัน	112.00	1,863,173	195.17	49.62	3,052.82	
		อนาคต (2549)	143.50	3,191,173	359.95	99.24	4,131.91	
05	ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แม่น้ำมูล	ปัจจุบัน	120.00	1,819,785	337.88	94.30	2,628.85	
		อนาคต (2549)	154.60	2,903,305	635.43	141.50	3,048.17	
5	ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แม่น้ำมูล	ปัจจุบัน	112.26	5,375,291	685.62	145.90	10,005.00	
		อนาคต (2549)	141.75	9,857,237	1,175.81	243.43	12,701.43	
6	ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แม่น้ำมูล	ปัจจุบัน	26.27	83.38	76.65	66.85	26.95	
		อนาคต (2549)	26.27	83.38	76.65	66.85	26.95	
6	ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แม่น้ำมูล	ปัจจุบัน	61.47	621,162	8.08	2.78	838.32	
		อนาคต (2549)	82.87	1,282,162	23.23	4.52	774.64	
7	ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แม่น้ำมูล	ปัจจุบัน	124.14	1,353,263	14.18	9.05	2,243.60	
		อนาคต (2549)	160.44	1,421,263	39.77	54.77	2,589.36	
8	ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แม่น้ำมูล	ปัจจุบัน	45.54	123,720	12.60	-	197.00	
		อนาคต (2549)	54.94	282,930	18.20	-	439.20	
8	ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แม่น้ำมูล	ปัจจุบัน	117.30	427,000	129.10	83.50	578.46	
		อนาคต (2549)	156.18	604,370	249.10	167.90	1,358.06	
8	ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แม่น้ำมูล	ปัจจุบัน	95.08	2,525,145	163.96	95.33	3,857.38	
		อนาคต (2549)	126.54	3,590,725	330.30	227.19	5,161.26	

ตารางที่ 3.1 สรุปความต้องการปริมาณน้ำในกิจกรรมการใช้น้ำในด้านต่าง ๆ ทั้งภาพปัจจุบันและอนาคต (2549) ของแต่ละ 25 สุ่มน้ำหลัก (ต่อ)

รหัส กลุ่มน้ำ	กลุ่มน้ำ	จำนวนประชากร (คน)	ความหนาแน่น ประชากร (คน/ตร.กม.)	พื้นที่การ ชลประทาน (ไร่)	ความต้องการน้ำ, ล้าน ลบ.ม./ปี			หมายเหตุ
					อุปโภคบริโภค	อุตสาหกรรม และท่องเที่ยว	ชลประทาน	
21	กลุ่มน้ำภาคใต้							
	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก							
22	ปัจจุบัน	3,111,382	118.07	1,726,901	56.40	8.70	1,129.10	
	อนาคต (2549)	3,733,658	141.68	3,323,081	92.10	31.70	2,811.60	
23	ตลิ่ง							
	ปัจจุบัน	902,468	74.00	245,970	25.90	10.00	144.60	
24	อนาคต (2549)	1,082,962	88.80	449,970	41.50	41.10	567.00	
	ทะเลสาบสงขลา							
25	ปัจจุบัน	1,337,695	157.47	800,900	56.45	37.50	2,994.70	
	อนาคต (2549)	1,660,000	195.40	1,345,000	65.90	41.05	2,989.10	
26	ปัตตานี							
	ปัจจุบัน	768,674	154.55	281,000	31.20	2.44	441.11	
27	อนาคต (2549)	970,000	195.11	323,000	57.17	4.05	790.93	
	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก							
28	ปัจจุบัน	1,631,218	77.05	328,203	53.20	18.90	253.00	
	อนาคต (2549)	1,957,462	92.46	641,703	86.60	83.30	995.97	
29	รวมย่อย							
	ปัจจุบัน	7,751,437	105.91	3,382,974	223.15	77.54	4,962.51	
30	อนาคต (2549)	9,404,082	128.47	6,082,754	343.27	201.20	8,154.60	
31	รวมทั้งประเทศ							
	ปัจจุบัน	55,495,612	99.64	30,220,485	3,118.14	1,311.52	57,411.56	
	อนาคต (2549)	68,927,143	123.75	43,892,913	6,593.32	2,154.40	73,781.64	

- ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลง ขึ้นอยู่กับความชื้นของดินก่อนเตรียมแปลง ชนิดของดิน การระเหย วิธีเตรียมแปลง และระยะเวลาเตรียมแปลง ซึ่งปริมาณน้ำจะผันแปรไปตามองค์ประกอบ ดังกล่าว ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลง เป็นดังนี้ (การศึกษา 25 ลุ่มน้ำของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ , 2537)

ภาคเหนือ	เตรียมแปลงในฤดูฝน	=	200	มม.
	เตรียมแปลงในฤดูแล้ง	=	250	มม.
	ระยะเวลาในการเตรียมแปลง	=	3	สัปดาห์
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	เตรียมแปลงในฤดูฝน	=	350	มม.
	ระยะเวลาเตรียมแปลง	=	4	สัปดาห์
ภาคใต้	เตรียมแปลงในฤดูฝน	=	230	มม.
	เตรียมแปลงในฤดูแล้ง	=	270	มม.
	ระยะเวลาเตรียมแปลง	=	4	สัปดาห์

- ปริมาณน้ำเพื่อการตกกล้า ประกอบด้วยปริมาณน้ำเพื่อการเตรียมแปลงตกกล้าก่อนนำกล้าไปปักดำ และการเจริญเติบโตของต้นกล้า รวมทั้งหมดคิดเป็นความลึก 30 -40 มม. และอายุของต้นกล้าประมาณ 4 สัปดาห์

- ปริมาณน้ำหลังจากปักดำแล้ว ประกอบด้วยปริมาณน้ำใช้เพื่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว และปริมาณน้ำที่ระเหยจากน้ำที่ขังอยู่ในแปลงนา โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้ คือ

$$ET_c = ET_p \times K_c \dots\dots\dots (3.3)$$

ในเมื่อ ET_c = ปริมาณการใช้น้ำของพืช หรือ Evapotranspiration หรือ Consumptive Use (มม./วัน)

ET_p = ปริมาณการใช้น้ำของพืชจากการคำนวณโดยข้อมูลจากภูมิอากาศ (หรือการใช้น้ำของพืชอ้างอิง) (มม./วัน)

K_c = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient)

สำหรับค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Potential Evapotranspiration, ET_p) คำนวณได้จากข้อมูลภูมิอากาศ ในรายงานการศึกษาใช้วิธีของ Modified Penman Method มีดังนี้

$$ET_p = C [W \cdot R_N + (1-W) \cdot f(u) \cdot (e_s - e_d)] \dots\dots\dots (3.4)$$

- โดยที่ ET_p = ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มม./วัน)
- W = แฟคเตอร์ที่ใช้ในการเฉลี่ยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความสูง
- R_N = ปริมาณรังสีสุทธิเทียบเป็นอัตราการระเหย (มม./วัน)
- $f(u)$ = ฟังก์ชันของกระแสลม
- e_s = ความดันไอน้ำอิ่มตัว (ที่อุณหภูมิ T องศาเซลเซียส)
(Saturation Vapour Pressure) (มิลลิบาร์)
- e_d = ความดันไอน้ำจริงของอากาศเฉลี่ย (ที่อุณหภูมิ T องศาเซลเซียส)
(Mean Actual Vapour Pressure) (มิลลิบาร์)
- c = แฟคเตอร์ปรับแก้เพื่อชดเชยอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศในคอนกลางวัน
และคอนกลางคืน

โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ดังกล่าวมาแล้ว สามารถคำนวณหาค่า ET_p เฉลี่ยรายเดือนที่สถานีวัดข้อมูลต่างๆ ในพื้นที่ได้

- ปริมาณน้ำสำหรับปลูกพืชอื่น ๆ

ปริมาณน้ำที่ใช้ในการปลูกพืชไร่ พืชผัก และพืชสวน สามารถคำนวณจากปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_p) โดยการคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชที่ปลูกแต่ละชนิด

ข. ปริมาณน้ำที่ซึมลงที่ดิน (Percolation)

ในการปลูกข้าว จำเป็นต้องมีน้ำขังอยู่ในแปลงนา ในระดับที่เหมาะสม ดังนั้นจึงมีปริมาณน้ำส่วนหนึ่งที่ซึมลงไปในดินผ่านเลขเขตรากลงไป ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้ได้ อีก การรั่วซึมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของดิน วิธีการเตรียมแปลง ระดับน้ำได้ดิน เป็นต้น โดยปกติดินเหนียวมีระดับน้ำได้ดินตื้น จะมีการรั่วซึม 1 - 2 มิลลิเมตรต่อวัน ตามปกติพื้นที่ที่เหมาะสมแก่การทำนาควรจะมีการสูญเสีย 1 - 3 มิลลิเมตรต่อวัน อัตราการรั่วซึมลงที่ดินสำหรับปลูกข้าว เป็นดังนี้ ภาคเหนือ 2 มม./วัน (บริษัทปัญญา คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2537) ภาคกลาง 2 มม./วัน (บริษัทริซอลส์ เอนจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2537) ภาคตะวันออก 2.0 มม./วัน (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2 มม./วัน (สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย AIT, 2537) ภาคใต้ 1 มม./วัน (บริษัทเอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2537) ส่วนการปลูกพืชอื่น ๆ นั้น จะไม่ยอมให้น้ำท่วมขังบนผิวดินซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้พืชตายได้ จึงไม่คิดอัตราการรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูกแต่อย่างใด

ค. ปริมาณฝนใช้การ (Effective Rainfall) หมายถึง ส่วนของฝนที่ตกลงบนพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ปริมาณฝนใช้การสำหรับพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน เนื่องจากวิธีการเพาะปลูกต่างกัน สำหรับการปลูกข้าว ปริมาณฝนใช้การเป็นปริมาณฝนที่ตกลงบนแปลงนาแล้วไม่เกิดการไหลล้นออก ปัจจัยที่มีผลต่อฝนใช้การ ชนิดของดิน ความชื้นในดิน ระดับน้ำใต้ดิน ความสามารถเก็บกักของดินในรากพืช ลักษณะฝน ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่เพาะปลูก วิธีการชลประทาน การหาปริมาณฝนใช้การได้ ใช้วิธีการของบริษัทที่ปรึกษา Acres แห่งประเทศแคนาดา ตามที่ทำการศึกษานี้ แบบจำลองการหาปริมาณฝนใช้การ ซึ่งแสดงการเก็บกักน้ำในแปลงนาสำหรับคำนวณค่าปริมาณฝนใช้การของวันที่ n มีวิธีการคำนวณดังนี้ (ดูภาพที่ 3.1)

(Acres International Limited)

$$St_n = St_{n-1} + R_n - A_{mn} \dots\dots\dots (3.5)$$

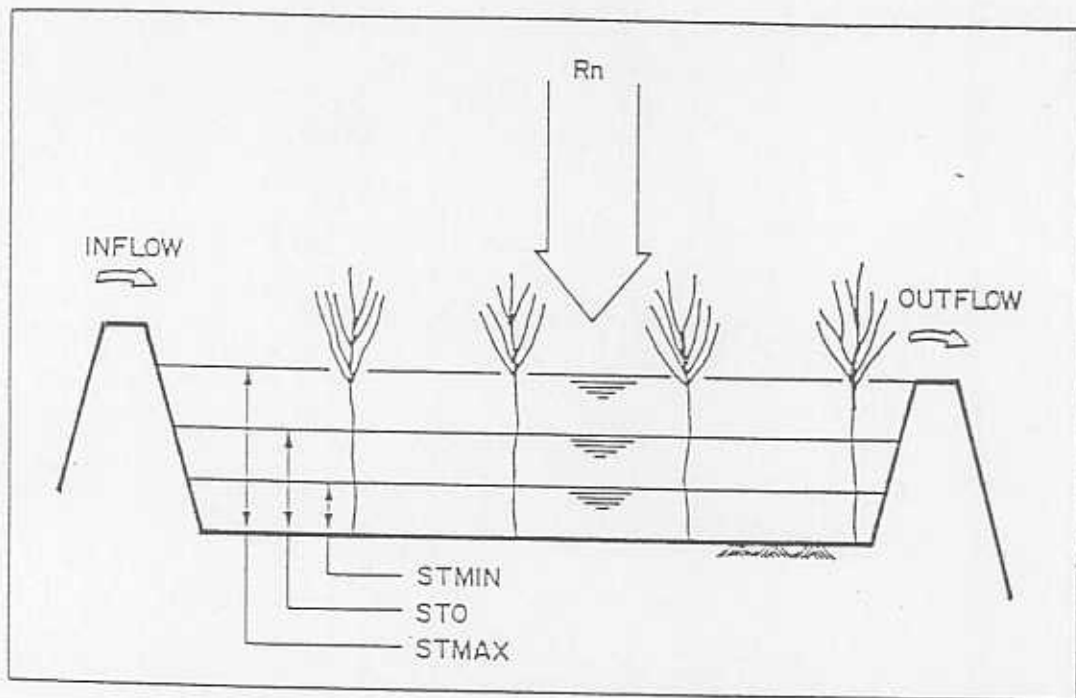
เมื่อ	R_n	=	ความลึกของฝนวันที่ n
	St_{n-1}	=	ระดับน้ำในแปลงนาของวันที่ $n-1$
	St_n	=	ระดับน้ำในแปลงนาของวันที่ n
	A_{mn}	=	ปริมาณน้ำที่พืชต้องการเป็นมิลลิเมตรต่อวันของเดือนที่ m วันที่ n
		=	$(Kc \times ET_p + OR) / N$
ซึ่ง	Kc	=	สัมประสิทธิ์ของพืชในเดือนที่ m
	ET_p	=	ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ในเดือนที่ m
	OR	=	ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลง และปริมาณน้ำที่รั่วซึมในเดือนที่ m มีหน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อเดือน
	N	=	จำนวนเดือนของวันที่ m

ถ้า $St_n > STMAX$ ฝนใช้การสำหรับวันที่ n (RE) หากจาก

$$RE = STMAX + A_{mn} - St_{n-1} \text{ และ } St_n \text{ ให้เท่ากับ } STMAX$$

ถ้า $St_n < STMAX$

$$RE = R_n \text{ และใช้ค่า } St_n \text{ ได้}$$



ภาพที่ 3.1 แบบจำลองการหาปริมาณฝนใช้การ

ถ้า $St_n < STMIN$ ซึ่งเป็นกรณีที่ St_n ต้องให้เท่ากับ STO นั่นคือต้องมีการส่งน้ำชลประทานให้แปลงนาเพาะปลูก

ในการ Simulation เพื่อหาฝนใช้การ ได้ใช้ข้อมูลปริมาณฝนตกรายวันของสถานีวัดน้ำฝนที่กระจายอยู่ในบริเวณทั่วพื้นที่ สำหรับระดับน้ำในแปลงนา กำหนดไว้ 3 ระดับ ดังนี้

ค่าระดับน้ำต่ำสุดในแปลงนา (STMIN)	เท่ากับ	45	มิลลิเมตร
ค่าระดับน้ำปกติที่เก็บกัก (STO)	เท่ากับ	90	มิลลิเมตร
ค่าระดับน้ำสูงสุดในแปลงนา (STMAX)	เท่ากับ	120	มิลลิเมตร

ถ้าฝนตกและระดับน้ำในแปลงนาสูงกว่า 120 มิลลิเมตร แล้วปริมาณฝนที่ทำให้ระดับน้ำในแปลงนาสูงกว่า 120 มิลลิเมตร และน้ำล้นออกนั้นเป็นปริมาณน้ำท่า (Runoff) และระดับน้ำในแปลงนาลดลงเนื่องจากการใช้น้ำของพืช การระเหยและรั่วซึมจากแปลงนา เป็นต้น สำหรับพืชอื่นๆ เช่น พืชไร่ พืชผัก และไม้ยืนต้น ก็หาฝนใช้การในลักษณะเช่นเดียวกับข้าว แต่เนื่องจากพืชเหล่านี้ไม่ยอมให้น้ำท่วมขังบนผิวดินได้

ง. ประสิทธิภาพการชลประทาน

ประสิทธิภาพการชลประทาน สามารถคำนวณได้จากสมการ ต่อไปนี้

$$IE = (TR + P - RE) / D \quad (3.6)$$

ให้

IE	=	ประสิทธิภาพการชลประทาน
TR	=	ปริมาณน้ำที่พืชต้องการตามทฤษฎี
P	=	ปริมาณน้ำที่ซึมลงบนแปลงเพาะปลูก
RE	=	ปริมาณฝนใช้การ
D	=	ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่ง

ข้อมูลที่น่ามาใช้ในการคำนวณประสิทธิภาพการชลประทาน สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ข้อมูลที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเก็บรวบรวมไว้ และข้อมูลทีวีเคราะห์ขึ้น

1. ข้อมูลที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเก็บรวบรวม ประกอบด้วย ปริมาณฝนรายวัน ปริมาณน้ำที่ส่งรายวัน พื้นที่ตกกล้า พื้นที่เตรียมแปลง พื้นที่ปักดำ พื้นที่นาหว่าน และพื้นที่เก็บเกี่ยว

2. ข้อมูลทีวีเคราะห์ขึ้นประกอบด้วย ระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมแปลงเพาะปลูก ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลง ระยะเวลาการเตรียมแปลง อัตราการรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูก ปริมาณฝนใช้ได้ ปริมาณการใช้น้ำของข้าว หรือพืชอื่น ๆ

การคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องการตามทฤษฎี ปริมาณน้ำที่รั่วซึมลงบนแปลงเพาะปลูก และปริมาณน้ำที่ส่งจะคำนวณเป็นรายสัปดาห์ ส่วนค่าประสิทธิภาพการชลประทานจะคำนวณเป็นรายฤดู การเพาะปลูก ในขั้นตอนการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้น้ำในโครงการชลประทานขนาดใหญ่ของกลุ่มน้ำ จะประเมินประสิทธิภาพของการใช้น้ำของโครงการตามปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ตามทฤษฎี (Theoretical Demand) เทียบกับปริมาณน้ำที่โครงการส่งเข้าสู่พื้นที่แปลงเพาะปลูก (Total Supply) ประสิทธิภาพการชลประทาน ฤดูฝนประสิทธิภาพการชลประทาน ในโครงการชลประทานลุ่มน้ำเจ้าพระยา - ท่าจีน อยู่ระหว่าง 48-84 % ในพื้นที่ตอนบน และ 50-84 % ในพื้นที่ตอนล่าง ในฤดูแล้งอยู่ระหว่าง 62-82 % ในพื้นที่ตอนบน และ 57-88 % ในพื้นที่ตอนล่าง (บริษัทริชอลส์ เอนจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2537) และประสิทธิภาพการชลประทานในเขตลุ่มน้ำโขง ปลูกข้าวฤดูฝน 55 % ฤดูแล้ง 55 % (สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย AIT, 2537)

จ. ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่ง

ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่ง สามารถคำนวณได้จากสมการ ต่อไปนี้

$$D = (TR + P - RE) / IE \dots\dots\dots(3.7)$$

D	=	ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่ง
TR	=	ปริมาณน้ำที่พืชต้องการตามทฤษฎี
P	=	ปริมาณน้ำที่ซึมลงบนแปลงเพาะปลูก
RE	=	ปริมาณฝนใช้ได้
IE	=	ประสิทธิภาพการชลประทาน



3.3.1.2. ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค (รายละเอียดแสดงอยู่ในตารางที่ 3.1)

ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค หาได้จากการคาดการณ์จากจำนวนประชากรและอัตราการใช้น้ำคงที่ (ลิตรต่อคนต่อวัน) โดยอาศัยสถิติประชากรในท้องถิ่น ที่อยู่ในเขตสุขาภิบาล / เทศบาล (ในเมือง) และจำนวนประชากรที่อาศัยอยู่นอกเขตสุขาภิบาล / เทศบาล (ในชนบท) เป็นพื้นฐานในการคิดความต้องการใช้น้ำ จากจำนวนประชากรดังกล่าวนำมาทำน่ายจำนวนประชากรในอนาคต ถึง ปีพ.ศ 2549 โดยใช้อัตราการเพิ่มของประชากรในแต่ละจังหวัดจากรายงาน Population Projection for Thailand, 1980 - 2015 ของ Human Resources Planning สำนักงานพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (National Economic and Social Development Board "Population Projection for Thailand 1980 - 2015 , Human Resources Planning Division" 1991)

การประเมินการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคของประชากรในอำเภอต่างๆ และในลุ่มน้ำ ประเมินจากกิจกรรมการใช้น้ำของประชากรในเมือง และในชนบท โดยมีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยตามมาตรฐานของกรมอนามัย ดังนี้ ประชากรในเมือง 200 ลิตรต่อวันต่อคน ประชากรในชนบท 50 ลิตรต่อวันต่อคน หรือเฉลี่ยอัตราการใช้น้ำคนละ 125 ลิตรต่อวันต่อคน

3.3.1.3. ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยว (รายละเอียดแสดงอยู่ในตารางที่ 3.1)

ความต้องการใช้น้ำของภาคอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยวจะประมาณจากความต้องการใช้น้ำของโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรมทั่วไป และการท่องเที่ยว

- ความต้องการใช้น้ำของโรงงานอุตสาหกรรม การประเมินความต้องการใช้น้ำ ใช้ข้อมูลจากทำเนียบโรงงานอุตสาหกรรมของจังหวัดต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำ การประมาณการใช้น้ำของโรงงานอุตสาหกรรมในอนาคต ประมาณจากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 และ 8

- ความต้องการใช้น้ำของนิคมอุตสาหกรรม การประมาณการใช้น้ำจากนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต ถึง ปี พ.ศ. 2549

- ความต้องการใช้น้ำเพื่อการท่องเที่ยว โดยประมาณการใช้น้ำจากสถิติจำนวนนักท่องเที่ยวในปัจจุบัน และผลการทำนายจำนวนนักท่องเที่ยวในอนาคต นำมาประมาณการใช้น้ำ โดยมีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย ประมาณ 180 ลิตร/ คน/ วัน

3.3.2 จำนวนน้ำต้นทุน (จำนวนน้ำที่เก็บกักในลุ่มน้ำ)

ในการศึกษาจำนวนน้ำต้นทุน เป็นการศึกษาเพื่อหาศักยภาพของลุ่มน้ำว่ามีปริมาณน้ำท่ามากน้อยเพียงใด พอที่จะพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้มากน้อยเพียงใด โดยพิจารณาประกอบกับสภาพภูมิประเทศที่จะเอื้ออำนวยให้ก่อสร้างได้ ข้อมูลที่จะบอกให้ทราบว่าจำนวนน้ำต้นทุนที่มีอยู่คือ ข้อมูลน้ำฝน ข้อมูลน้ำท่า พื้นที่รับน้ำ จำนวนและปริมาณเก็บกักของอ่างเก็บน้ำที่มีอยู่ในปัจจุบัน และที่เหมาะสมที่จะก่อสร้างเป็นอ่างเก็บน้ำได้ในอนาคต ในปี พ.ศ. 2540 - 2549 (10 ปีข้างหน้า) โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.3.2.1 ปริมาตรเก็บกักของอ่างเก็บน้ำที่มีอยู่แล้วเมื่อ ปี พ.ศ. 2537

- ปริมาตรเก็บกักของอ่างเก็บน้ำทั้งหมด ทั้งอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ที่มีอยู่ถึง ปี พ.ศ. 2537 ในแต่ละลุ่มน้ำหลัก 25 ลุ่มน้ำ และในแต่ละลุ่มน้ำสาขา 247 ลุ่มน้ำ

3.3.2.2 ปริมาณน้ำที่ความต้องการเก็บกักเพิ่มขึ้นไว้ใช้ในฤดูแล้ง

- นำค่าปริมาณน้ำที่ความต้องการใช้ในปี พ.ศ. 2549 เปรียบเทียบกับปริมาณเก็บกักของอ่างเก็บน้ำที่มีอยู่แล้วเมื่อ ปี พ.ศ. 2537 หากค่าปริมาณน้ำที่ความต้องการใช้ในปี พ.ศ. 2549 มากกว่า ปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำที่มีอยู่แล้วเมื่อ ปี พ.ศ. 2537 ปริมาณน้ำส่วนที่มากกว่า คือปริมาณน้ำที่ความต้องการเก็บกักเพิ่มขึ้น เพื่อให้พอใช้ในปี พ.ศ. 2549 ค่าที่ได้คือ ปริมาณน้ำอุปสงค์

3.3.2.3 ปริมาณน้ำท่าที่ยังไม่ได้เก็บกัก เมื่อปี พ.ศ. 2537

การศึกษาปริมาณน้ำท่า เป็นการศึกษาเพื่อหาศักยภาพการให้น้ำของลุ่มน้ำหลัก และลุ่มน้ำสาขาต่างๆ เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำทั้งหมดที่มีอยู่ถึง ปี พ.ศ. 2537 หากค่าปริมาณน้ำท่าที่ลุ่มน้ำให้ได้ มากกว่า ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่มีอยู่ถึง ปี พ.ศ. 2537 ค่าที่ได้ คือปริมาณน้ำท่าที่ยังไม่ได้เก็บกัก

3.3.2.4 ปริมาณน้ำของอ่างเก็บน้ำที่อาจสร้างเพิ่มขึ้นได้จาก ปี พ.ศ. 2537

ปริมาณน้ำของอ่างเก็บน้ำที่อาจสร้างเพิ่มขึ้นได้หลังจาก ปี พ.ศ. 2537 ก็คือปริมาณน้ำของอ่างเก็บน้ำรวมทั้งหมดของแต่ละลุ่มน้ำหลัก และลุ่มน้ำสาขาต่างๆ ตามสภาพภูมิประเทศที่จะเอื้ออำนวยให้ก่อสร้างเพิ่มขึ้นได้ จาก ปี พ.ศ. 2537 โดยพิจารณาข้อมูลจากโครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนหลักงานพัฒนาแหล่งน้ำทั่วประเทศ (ปี พ.ศ. 2538)

3.3.2.5 ปริมาณน้ำที่เก็บกักเพิ่มขึ้นได้เต็มที่

ปริมาณน้ำที่เก็บกักได้เต็มที่ คือค่าได้จากการเอาค่าที่น้อยที่สุดจากการเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำทำที่ยังเหลือให้เก็บกักได้ กับค่าปริมาณน้ำของอ่างเก็บน้ำที่สภาพภูมิประเทศเอื้ออำนวยให้ก่อสร้างเพิ่มได้อีกหลัง จากปี พ.ศ. 2537 ค่าที่ได้ คือ ปริมาณน้ำอุปทาน

3.3.3 ความขาดแคลนน้ำ

การเปรียบเทียบเพื่อหาความขาดแคลนน้ำ เป็นการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำอุปสงค์และปริมาณน้ำอุปทาน เพื่อให้รู้ว่าสภาพน้ำขาดหรือเกินมากน้อยเพียงใด กลุ่มน้ำใดที่ ปริมาณน้ำอุปสงค์มากกว่าปริมาณน้ำอุปทาน แสดงว่าขาดแคลนน้ำ หากกลุ่มน้ำใดค่าปริมาณน้ำอุปสงค์ น้อยกว่า ปริมาณน้ำอุปทาน แสดงว่ากลุ่มน้ำนั้นไม่ขาดแคลนน้ำ เมื่อวิเคราะห์หาความขาดแคลนน้ำในแต่ละลุ่มน้ำ 25 ลุ่มน้ำหลัก และ 247 ลุ่มน้ำสาขา ได้แล้ว จึงได้นำผลการวิเคราะห์ความขาดแคลนน้ำของแต่ละลุ่มน้ำนี้ มาเรียงลำดับความขาดแคลนน้ำจากขาดแคลนน้ำน้อย ไปหาขาดแคลนน้ำมาก โดยผู้ศึกษาได้แบ่งระดับความขาดแคลนน้ำ ดังนี้

ขาดแคลนน้ำเล็กน้อย	0 - 50	ล้าน ลบ.ม. /ปี
ขาดแคลนน้ำปานกลาง	50 - 1,000	ล้าน ลบ. ม./ปี
ขาดแคลนน้ำมาก	1,000 - 4,500	ล้าน ลบ. ม./ปี
ขาดแคลนน้ำรุนแรง	4,500 - 6,000	ล้าน ลบ.ม./ปี

ไม่ขาดแคลนน้ำในปี พ.ศ. 2549 (หากก่อสร้างอ่างเก็บน้ำตามแผนหลักงานพัฒนาแหล่งน้ำของกรมชลประทาน)

ไม่ขาดแคลนน้ำ (อ่างเก็บน้ำที่มีอยู่แล้วเมื่อปี พ.ศ. 2537 มีน้ำเพียงพอถึงปี พ.ศ. 2549)

แล้วนำผลความขาดแคลนน้ำที่ได้นี้ มาพล็อตลงบนแผนที่แสดงลุ่มน้ำ ในแต่ละลุ่มน้ำ ก็จะได้ภาพรวมสถานการณ์น้ำในลุ่มน้ำของประเทศไทย ที่นำไปใช้ในการกำหนดนโยบายการจัดการน้ำของชาติได้ เพื่อใช้ประโยชน์ในการวางแผนในระดับมหภาค