

บทที่ 4

ข้อมูลและวิธีการที่ใช้ในการศึกษา

4.1 การศึกษาสถานการณ์น้ำของลุ่มน้ำ

4.1.1 รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และข้อกำหนดในการศึกษา

ในการศึกษาสถานการณ์น้ำของลุ่มน้ำใช้หลักการสมดุลของปริมาณน้ำโดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำสองส่วนในลุ่มน้ำคือ “ปริมาณน้ำต้นทุน” (Supply) และ “ปริมาณน้ำที่ต้องการ” (Demand) โดยถือว่าปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำเป็นปริมาณน้ำต้นทุน

สำหรับปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ พิจารณาจากความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรชลประทาน เพื่อการอุปโภค-บริโภค เพื่อการอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยว เพื่อผลิตไฟฟ้า และความต้องการใช้น้ำต่ำสุดที่ต้องใช้ด้านท้ายน้ำ โดยใช้ข้อมูลของผลการศึกษา 25 ลุ่มน้ำ ของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ พ.ศ. 2537

จากหลักการของงบน้ำ คือ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าลบปริมาณน้ำที่ไหลออกจะเท่ากับการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเก็บกัก และเมื่อพิจารณาในพื้นที่ลุ่มน้ำสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 4.1

$$P - \Delta R - \Delta G - E - T = \Delta S \quad \dots\dots\dots(4.1)$$

โดย	P	เป็นปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำ
	ΔR	เป็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำผิวดินในลุ่มน้ำ
	ΔG	เป็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำใต้ดินในลุ่มน้ำ
	E	เป็นการระเหยของน้ำผิวดินในลุ่มน้ำ
	T	เป็นการคายน้ำของพืชในลุ่มน้ำ
	ΔS	เป็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรเก็บกักน้ำผิวดินในลุ่มน้ำ

เมื่อพิจารณาพื้นที่ลุ่มน้ำใหญ่มาก จะได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำใต้ดินมีค่าน้อยมาก จะได้

$$P - \Delta R - E - T = \Delta S \quad \dots\dots\dots(4.2)$$

เมื่อพิจารณาในคาบระยะเวลา I (i-1 ถึง i) จะได้

$$P_1 - (R_2 - R_1) - E_1 - T_1 = S_i - S_{i-1} \quad \dots\dots\dots(4.3)$$

โดย	P_1	เป็นปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำในคาบเวลา I
	R_2	เป็นปริมาณน้ำผิวดินที่ไหลออกจากลุ่มน้ำในคาบเวลา I
	R_1	เป็นปริมาณน้ำผิวดินที่ไหลเข้าสู่ลุ่มน้ำในคาบเวลา I
	E_1	เป็นการระเหยของน้ำผิวดินในลุ่มน้ำในคาบเวลา I
	T_1	เป็นการคายน้ำของพืชในลุ่มน้ำในคาบเวลา I
	S_{i-1}	เป็นปริมาณการเก็บกักในลุ่มน้ำที่ปลายคาบเวลาที่ผ่านมา, i-1
	S_i	เป็นปริมาณการเก็บกักในลุ่มน้ำที่ปลายคาบเวลาปัจจุบัน, i

พิจารณาในช่วงฤดูแล้ง กำหนดให้ว่าไม่มีฝนตกในช่วงฤดูแล้งจะได้

$$R_1 - R_2 - E_1 = S_i - S_{i-1} \quad \dots\dots\dots(4.4)$$

หรือ $R_1 + S_{i-1} = S_i + R_2 + E_1 \quad \dots\dots\dots(4.5)$

โดย	R_1	เป็นปริมาณน้ำผิวดินที่ไหลเข้าสู่ลุ่มน้ำในช่วงฤดูแล้ง
	S_{i-1}	เป็นปริมาณการเก็บกักในลุ่มน้ำที่ต้นฤดูแล้ง
	S_i	เป็นปริมาณการเก็บกักในลุ่มน้ำที่ปลายฤดูแล้ง
	R_2	เป็นปริมาณน้ำผิวดินที่ต้องการใช้ในลุ่มน้ำในช่วงฤดูแล้ง
	E_1	เป็นการระเหยของน้ำผิวดินในลุ่มน้ำในช่วงฤดูแล้ง

เมื่อพิจารณาให้ S_i เป็นปริมาณความพอเพียง

จะได้ว่า $S_i = (R_1 + S_{i-1}) - (R_2 + E_1) \quad \dots\dots\dots(4.6)$

โดย	ถ้าปริมาณความพอเพียงเป็นบวก	แสดงว่า ลุ่มน้ำมีน้ำเหลือใช้
	ถ้าปริมาณความพอเพียงเป็นศูนย์	แสดงว่า ลุ่มน้ำมีน้ำพอเพียง
	ถ้าปริมาณความพอเพียงเป็นลบ	แสดงว่า ลุ่มน้ำขาดแคลนน้ำ

โดยมีข้อกำหนดในการศึกษาดังนี้

1. ช่วงเวลาที่ศึกษาคือ ช่วงฤดูแล้ง 5 เดือน (เดือนธันวาคม พ.ศ.2549-เดือนเมษายน พ.ศ.2550) เพื่อให้สอดคล้องกับแผนหลักงานพัฒนาและปรับปรุงแหล่งน้ำของกรมชลประทาน ซึ่งมีในช่วงปีพ.ศ.2540-พ.ศ.2549

2. ปริมาณน้ำที่เก็บกักและความต้องการใช้น้ำในแต่ละลุ่มน้ำเป็นอิสระต่อกัน
3. ปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำถือเป็นปริมาณน้ำเก็บกักของลุ่มน้ำ
4. ปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำคิดที่ระดับเก็บกัก
5. ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้คิดเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ทั้งปี (มนส, 2539)
6. ปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากกระเหยสุทธิคิดเป็น 8 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ (ภาคผนวก ก)

4.1.2 สถานการณ์น้ำของลุ่มน้ำในประเทศไทย

การศึกษาสถานการณ์น้ำของลุ่มน้ำในประเทศไทยในครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์ในระดับลุ่มน้ำสาขา ที่สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติได้มีการจัดให้มีการศึกษาข้อมูลพื้นฐานด้านต่างๆ ทั้ง 25 ลุ่มน้ำหลัก ซึ่งทำการวิเคราะห์โดยใช้สมการที่ 4.6 และทำการศึกษาเป็น 3 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ระดับความพร้อมของประเทศน้อยที่สุด (ไม่มีปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูแล้ง)

กรณีที่ 2 ระดับความพร้อมของประเทศปานกลาง (มีปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูแล้งโดยคิดเป็น 12.6 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของลุ่มน้ำ (ภาคผนวก ก))

กรณีที่ 3 ความพร้อมของประเทศเต็มที่ (มีปริมาณน้ำท่าไหลเข้าสู่ลุ่มน้ำในช่วงฤดูแล้ง และลุ่มน้ำด้านท้ายน้ำสามารถรับน้ำที่เหลือใช้จากลุ่มน้ำทางด้านต้นน้ำได้ (ศึกษาต่อเนื่องจากกรณีที่ 2))

โดยทั้ง 3 กรณีพิจารณาระดับความพร้อมของประเทศได้ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงการพิจารณาระดับความพร้อมของประเทศ

ระดับความพร้อม	การจัดการและควบคุมการใช้น้ำของรัฐ	แบบจำลองสถานการณ์น้ำ
น้อยที่สุด	ไม่สามารถจัดการและควบคุมการใช้น้ำได้	ไม่มีปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูแล้ง
ปานกลาง	สามารถควบคุมการใช้ที่ดินและการบำบัดน้ำเสียได้	มีปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูแล้ง
เต็มที่	มีกฎหมายสิทธิหน้าที่ชัดเจน, สามารถควบคุมการใช้ที่ดินและการบำบัดน้ำเสียได้	ลุ่มน้ำด้านท้ายน้ำสามารถรับน้ำที่เหลือใช้จากลุ่มน้ำทางด้านต้นน้ำได้ และมีปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูแล้ง

4.2 การสร้างรูปแบบของปัญหาในการผันน้ำ

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการหาแนวทางในการผันน้ำจากลุ่มน้ำที่มีปริมาณน้ำต้นทุนที่เหลือใช้ ไปยังลุ่มน้ำที่ขาดแคลนน้ำ โดยใช้ค่าลงทุนน้อยที่สุด ซึ่งมีระบบการผันน้ำโดยส่งน้ำผ่านท่อคอนกรีตจากจุดผันน้ำของลุ่มน้ำที่มีปริมาณน้ำต้นทุนใช้งานเหลือใช้ไปยังจุดรองรับน้ำของลุ่มน้ำที่ขาดแคลนน้ำโดยอาศัยเครื่องสูบน้ำเป็นอุปกรณ์ในการเพิ่มแรงดันในการผันน้ำ

4.2.1 องค์ประกอบของรูปแบบปัญหา

1. ตัวแปรในการตัดสินใจ (Decision Variables) ได้แก่ ปริมาณน้ำที่ผันจากลุ่มน้ำที่มีน้ำเหลือใช้ i ไปยัง ลุ่มน้ำที่ขาดแคลนน้ำ j

$$\text{สมการของขอบข่าย} \quad X_{ij} \geq 0 \quad \dots\dots\dots(4.7)$$

กำหนดให้ X_{ij} เป็นปริมาณน้ำที่ผันจาก ลุ่มน้ำที่มีน้ำเหลือใช้ i ไปยัง ลุ่มน้ำที่ขาดแคลนน้ำ j

2. ข้อจำกัด (Constraints)

1) ข้อจำกัดด้านปริมาณน้ำต้นทุนที่เหลือใช้ที่ใช้ในการผันน้ำ

ผลรวมของปริมาณน้ำที่ผันออกจากลุ่มน้ำที่มีน้ำเหลือใช้ i ไปยังลุ่มน้ำที่ขาดแคลนน้ำ j ใด ๆ เท่ากับ ปริมาณน้ำต้นทุนที่เหลือใช้ ใน ลุ่มน้ำที่มีน้ำเหลือใช้ i นั้น ๆ

2) ข้อจำกัดด้านปริมาณน้ำที่ความต้องการเพิ่มจากการผันน้ำ

ผลรวมของปริมาณน้ำที่ผันเข้าลุ่มน้ำที่ขาดแคลนน้ำ j จากลุ่มน้ำที่มีน้ำเหลือใช้ i ใดๆ เท่ากับ ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ที่ขาดแคลนในลุ่มน้ำที่ขาดแคลนน้ำ j นั้น ๆ

$$\text{สมการของขอบข่าย} \quad \sum_{j=1}^n X_{ij} = S_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \dots\dots\dots(4.8)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = D_j \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \dots\dots\dots(4.9)$$

กำหนดให้ S_i เป็นปริมาณน้ำต้นทุนที่เหลือใช้ในลุ่มน้ำที่มีน้ำเหลือใช้ i (ลบ.ม.)

D_j เป็นปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ที่ขาดแคลนในลุ่มน้ำที่ขาดแคลนน้ำ j (ลบ.ม.)

m จำนวนลุ่มน้ำที่มีน้ำเหลือใช้

n จำนวนลุ่มน้ำที่ขาดแคลนน้ำ

3) ฟังก์ชันเป้าหมาย คือ ค่าลงทุนในการผันน้ำระหว่างลุ่มน้ำต่ำที่สุด ประกอบด้วย ค่าลงทุนคงที่ และค่าลงทุนในระหว่างการเดินทาง สามารถเขียนสมการเป้าหมายได้ ดังนี้

สมการเป้าหมาย
$$\text{Min. } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \text{Cost}_{ij} X_{ij} \quad \dots\dots\dots(4.10)$$

กำหนดให้ Cost_{ij} เป็นค่าลงทุนเบื้องต้นต่อหน่วยปริมาณน้ำที่ผัน (บาท/ลบ.ม.)

ดังนั้นสามารถจัดรูปแบบของปัญหาในการผันน้ำ ได้ดังนี้

สมการเป้าหมาย
$$\text{Min. } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \text{Cost}_{ij} X_{ij}$$

สมการของข้อขาย
$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = S_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = D_j \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$X_{ij} \geq 0$$

โดย Cost_{ij} เป็นค่าลงทุนเบื้องต้นต่อหน่วยปริมาณน้ำที่ผัน (บาท/ลบ.ม.)

S_i เป็นปริมาณน้ำต้นทุนที่เหลือใช้ที่ใช้ในการผันน้ำในลุ่มน้ำที่มีน้ำเหลือใช้ i (ลบ.ม.)

D_j เป็นปริมาณน้ำที่ต้องการเพิ่มจากการผันน้ำในลุ่มน้ำที่ขาดแคลนน้ำ j (ลบ.ม.)

X_{ij} เป็นปริมาณน้ำที่ผันจาก ลุ่มน้ำที่มีน้ำเหลือใช้ i ไปยัง ลุ่มน้ำที่ขาดแคลนน้ำ j (ลบ.ม.)

m จำนวนลุ่มน้ำที่มีน้ำเหลือใช้

n จำนวนลุ่มน้ำที่ขาดแคลนน้ำ

4.3 การประมาณค่าลงทุนเบื้องต้น

ในการผันน้ำจากลุ่มน้ำที่มีน้ำเหลือใช้ไปยังลุ่มน้ำที่ขาดแคลนน้ำจะมีค่าลงทุน 2 ส่วนใหญ่ๆคือ

1. ค่าลงทุนคงที่ คือค่าลงทุนเบื้องต้นในด้านท่อส่งน้ำ, เครื่องสูบน้ำ, ค่าเวนคืนที่ดิน, ค่าก่อสร้างระบบและสถานีสูบน้ำรวมทั้งค่าดำเนินการในการก่อสร้างต่างๆ เป็นต้น

2. ค่าลงทุนในระหว่างการค้าดำเนินการของระบบผันน้ำ ได้แก่ ค่ากระแสไฟฟ้า, ค่าซ่อมแซม-ดูแลระบบ และค่าจ้างบุคลากร เป็นต้น

โดยในการศึกษาครั้งนี้มีข้อกำหนดในการประมาณค่าลงทุนดังนี้

1. ค่าลงทุนคงที่ คิดเฉพาะค่าท่อส่งน้ำและเครื่องสูบน้ำ

2. ค่าลงทุนในระหว่างการค้าดำเนินการของระบบผันน้ำ คิดเฉพาะค่ากระแสไฟฟ้า

3. ความยาวของท่อส่งน้ำคิดเป็นระยะขจัดระหว่างจุดผันน้ำระหว่างลุ่มน้ำ

4. การผันน้ำทำในช่วงฤดูแล้ง 5 เดือน (เดือนธันวาคม-เดือนเมษายน) ทุกวัน วันละ 21 ชั่วโมง

5. ท่อส่งน้ำเป็นท่อคอนกรีตกลมมีความขรุขระสัมบูรณ์เท่ากับ 3 มม.

6. การไหลในท่อเป็นแบบ Fully Turbulent มีความเร็วเฉลี่ยของการไหลเท่ากับ 3 ม./วินาที

7. ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำเท่ากับ 0.80

8. อายุโครงการเท่ากับ 20 ปี

4.3.1 ขั้นตอนการคำนวณการลงทุนเบื้องต้น

จากข้อมูลพิกัด, ค่าระดับพื้นดินบริเวณจุดผันน้ำ และสถานการณ์น้ำในแต่ละลุ่มน้ำ พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างลุ่มน้ำที่มีน้ำเหลือใช้กับลุ่มน้ำที่ขาดแคลนน้ำได้ดังนี้คือ

ลุ่มน้ำ i เป็นลุ่มน้ำที่มีน้ำเหลือใช้ มีปริมาณน้ำที่เหลือใช้ S_i ลบ.ม.ต่อปี

มีพิกัดจุดผันน้ำที่ Latitude X_i และ Longitude Y_i

ระดับพื้นดินบริเวณท้ายน้ำ เท่ากับ Z_i ม.รทก.

ลุ่มน้ำ j เป็นลุ่มน้ำที่ขาดแคลนน้ำมีปริมาณน้ำที่ขาดแคลน D_j ลบ.ม.ต่อปี

มีพิกัดจุดผันน้ำที่ Latitude X_j และ Longitude Y_j

ระดับพื้นดินบริเวณต้นน้ำ เท่ากับ Z_j ม.รทก.

ในการศึกษาครั้งนี้ ค่าลงทุนเบื้องต้นจะประกอบด้วย ค่าท่อส่งน้ำ, ค่าเครื่องสูบน้ำ และค่ากระแสไฟฟ้าซึ่งจะหาได้จากสมการที่ (4.11)

$$\text{Cost}T_{ij} = \text{Cost}D_{ij} + \text{Cost}P_{ij} + \text{Cost}Z_{ij} \quad \dots\dots\dots(4.11)$$

โดย $\text{Cost}T_{ij}$ เป็นค่าลงทุนเบื้องต้นในการส่งน้ำต่อหน่วยปริมาณน้ำที่ผัน จากลุ่มน้ำ i ไปยังลุ่มน้ำ j
(บาท/ลบ.ม.)

$\text{Cost}D_{ij}$ เป็นค่าท่อส่งน้ำต่อหน่วยปริมาณน้ำที่ส่ง จากลุ่มน้ำ i ไปยังลุ่มน้ำ j
(บาท/ลบ.ม.)

$\text{Cost}P_{ij}$ เป็นค่าเครื่องสูบน้ำต่อหน่วยปริมาณน้ำที่ผัน จากลุ่มน้ำ i ไปยังลุ่มน้ำ j
(บาท/ลบ.ม.)

$\text{Cost}Z_{ij}$ เป็นค่ากระแสไฟฟ้าต่อหน่วยปริมาณน้ำที่ผัน จากลุ่มน้ำ i ไปยังลุ่มน้ำ j ใน 1 ปี
(บาท/ลบ.ม.)

ซึ่งสามารถแสดง ตัวอย่างการคำนวณค่าลงทุนเบื้องต้นในการผันน้ำระหว่างลุ่มน้ำต่างๆ ในภาคผนวก ค โดยมีวิธีการคำนวณในแต่ละส่วนดังนี้

1. ค่าท่อส่งน้ำ หาได้จากสมการที่ (4.12)

$$\text{Cost}D_{ij} = \frac{cs * L_{ij} * D_{ij}}{VM_{ij} * TP} \quad \dots\dots\dots(4.12)$$

โดย cs เป็นราคาท่อโดยเฉลี่ยต่อหน่วยเส้นผ่านศูนย์กลางต่อหน่วยความยาวของท่อ
(2,808.18 บาท/ม./ม.)

L_{ij} เป็นความยาวท่อส่งน้ำ จากลุ่มน้ำ i ไปยังลุ่มน้ำ j (ม.)
หาได้จาก

$$L_{ij} = \sqrt{(\text{Latitude } X_i - \text{Latitude } X_j)^2 + (\text{Longitude } Y_i - \text{Longitude } Y_j)^2}$$

D_{ij} เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อส่งน้ำ จากลุ่มน้ำ i ไปยังลุ่มน้ำ j (ม.)
หาได้จากการความสัมพันธ์ อัตราการไหล = ปริมาณน้ำ/เวลา

$$\text{จะได้ } Q_{ij} = \frac{VM_{ij}}{3600 * 21 * 151}$$

โดย Q_{ij} เป็นอัตราการไหลของน้ำ จากลุ่มน้ำ i ไปยังลุ่มน้ำ j (ลบ.ม./วินาที)

$$\text{และจาก } Q = VA \text{ และ } A = \frac{\pi D^2}{4}$$

โดย V เป็นความเร็วเฉลี่ยของการไหลในท่อ (ม./วินาที)

A เป็นพื้นที่หน้าตัดของท่อ (ตร.ม.)

D เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (ม.)

$$\text{จะได้ } D_{ij} = \sqrt{\frac{4 * Q_{ij}}{V * \pi}}$$

VM_{ij} เป็นปริมาณน้ำที่ผัน จากลุ่มน้ำ i ไปยังลุ่มน้ำ j (ลบ.ม./ปี)

โดยการพิจารณาปริมาณน้ำที่ต่ำที่สุดระหว่างปริมาณน้ำที่เหลือใช้ S_i กับ
ปริมาณน้ำที่ขาดแคลน D_j นั่นคือ

$$VM_{ij} = \text{MIN (ปริมาณน้ำที่เหลือใช้ } S_i, \text{ ปริมาณน้ำที่ขาดแคลน } D_j)$$

TP เป็นอายุโครงการ (20 ปี)

2. ค่าเครื่องสูบน้ำ หาได้จากสมการที่ (4.13)

$$\text{Cost}P_{ij} = \frac{cp * \gamma * Q_{ij} * H_{ij} * e}{VM_{ij} * TP} \dots\dots\dots(4.13)$$

โดย cp เป็นราคาเครื่องสูบน้ำโดยเฉลี่ยต่อกำลังของเครื่องสูบน้ำ (2.90 บาท/วัตต์)

γ เป็นน้ำหนักจำเพาะของน้ำ (9,810 นิวตัน/ลบ.ม.)

Q_{ij} เป็นอัตราการไหลของน้ำ จากลุ่มน้ำ i ไปยังลุ่มน้ำ j (ลบ.ม./วินาที)

H_{ij} เป็นหัวความดันรวมที่ต้องการใช้ในการผันน้ำ จากลุ่มน้ำ i ไปยังลุ่มน้ำ j (ม.)

$$\text{หาได้จาก } H_{ij} = Z_{ij} + h_{L_{ij}} + \frac{V^2}{2g}$$

โดย Z_{ij} เป็นระดับที่ต้องยกน้ำ จากลุ่มน้ำ i ไปยังลุ่มน้ำ j (ม.) ซึ่งเท่ากับ ผลต่างระหว่างระดับพื้นดินบริเวณท้ายน้ำของลุ่มน้ำที่มีน้ำเหลือใช้ กับระดับพื้นดินบริเวณต้นน้ำของลุ่มน้ำที่ขาดแคลนน้ำ

จะได้ $Z_{ij} = Z_i - Z_j$

h_{Lij} เป็นผลรวมการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานในท่อส่งน้ำ จากลุ่มน้ำ i ไปยังลุ่มน้ำ j (ม.)

จากสมการของ Darcy - Weisbach

จะได้ว่า
$$h_{Lij} = \frac{f_{ij} * L_{ij} * V^2}{D_{ij} * 2g}$$

โดย g เป็นความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (9.81 ม./วินาที²)

f เป็นแฟคเตอร์ความเสียดทาน(Friction Factor)

$\frac{V^2}{2g}$ เป็นหัวความเร็วที่ส่งออก (ม.)

e เป็นประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ (0.80)

VM_{ij} เป็นปริมาณน้ำที่ผัน จากลุ่มน้ำ i ไปยังลุ่มน้ำ j (ลบ.ม./ปี)

TP เป็นอายุโครงการ (20 ปี)

3. ค่ากระแสไฟฟ้าที่ต้องใช้ใน 1 ปี หาได้จากสมการที่ (4.14)

$$CostE_{ij} = \frac{ce * \gamma * Q_{ij} * H_{ij} * e * 21 * 151}{VM_{ij} * 1,000} \dots\dots\dots(4.14)$$

โดย ce เป็นค่ากระแสไฟฟ้า (1.17 บาท/ยูนิิต)

γ เป็นน้ำหนักจำเพาะของน้ำ (9,810 นิวตัน/ลบ.ม.)

Q_{ij} เป็นอัตราการไหลของน้ำ จากลุ่มน้ำ i ไปยังลุ่มน้ำ j (ลบ.ม./วินาที)

H_{ij} เป็นหัวความดันรวมที่ต้องการใช้ในการผันน้ำ จากลุ่มน้ำ i ไปยังลุ่มน้ำ j (ม.)

e เป็นประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ (0.80)

VM_{ij} เป็นปริมาณน้ำที่ผัน จากลุ่มน้ำ i ไปยังลุ่มน้ำ j (ลบ.ม.)