บทที่ 3

สภาพการผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวง

ประเภทและกรรมวิธีการผลิตน้ำประปา

น้ำประปาที่ผลิตจ่ายแก่ประชาชนในเขตพื้นที่ความรับผิดชอบของการประปานครหลวง จัดแบ่งประเภทตามแหล่งน้ำได้ 2 ประเภท กล่าวคือ ประเภทที่ใช้น้ำผิวดิน (Surface Water) และประเภทที่ใช้น้ำใต้ดิน (Ground Water)

ประเภทที่ใช้น้ำผิวดิน (Surface Water) ได้แก่น้ำประปาที่ผลิตจากโรงกรองน้ำสามเสนและโรงกรองน้ำธนบุรี โรงกรองน้ำสามเสนปัจจุบันมี 10 โรง โดยได้รับน้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยาที่ตำบลสำแล ตอนเหนือของจังหวัดปทุมธานี ส่งเข้ามาในคลองบางหลวง แยกเข้าคลองประปาที่ตำบลเชียงรากจนมาถึงโรงสูบน้ำบางซื่อ จึงสูบเข้าคลองประปาสามเสนเพื่อป้อนเข้าสู่โรงกรองน้ำสามเสน ส่วนโรงกรองน้ำธนบุรีปัจจุบันมีอยู่เพียงโรงเดียว ได้รับน้ำดิบจากคลองประปาสูบส่งตามท่อส่งน้ำข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาที่สะพานกรุงธน เพื่อป้อนเข้าสู่โรงกรองน้ำธนบุรีทางหนึ่ง และอีกทางหนึ่งได้สูบน้ำดิบจากคลองบางกอกน้อยมาเสริม

โรงกรองน้ำมีหน้าที่ทำน้ำดิบให้เป็นน้ำประปาที่มีคุณภาพตามมาตรฐานน้ำดื่มของการประปานครหลวง (ดูรายละเอียดมาตรฐานน้ำประปาของการประปานครหลวงในผนวก ก. ของภาคผนวก) ทั้งนี้โดยผ่านขั้นตอนของขบวนการผลิตตามลำดับ โดยสูบน้ำดิบผ่านเข้าถังตกตะกอนซึ่งในการตกตะกอนนั้นได้ใช้สารส้มชนิดน้ำเป็นสารช่วยในการตกตะกอน (Flocculation and Sedimentation) น้ำที่ตกตะกอนแล้วจะนำไปผ่านการกรอง (Filtration) และในขั้นสุดท้ายก็ผ่านการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (Disinfection) โดยใช้คลอรีน

ประเภทใช้น้ำใต้ดิน (Ground Water) ได้แก่น้ำประปาที่ได้จากการเจาะ

บ่อบาดาลลงไป แล้วดูดน้ำใต้ดินที่อยู่ในชั้นที่ลึกจากผิวดินลงไปประมาณ 90 - 150 เมตร ซึ่งเป็นน้ำที่ได้ตรวจสอบแล้วว่ามีคุณภาพใช้บริโภคได้ ทั้งนี้เพื่อสูบน้ำบาดาลนั้นเข้าเส้นท่อ โดยผ่านการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยคลอรีน เพื่อช่วยแจกจ่ายน้ำให้ประชาชนผู้ใช้น้ำที่อยู่ในบริเวณขาดแคลนน้ำเนื่องจากดันน้ำจากโรงกรองน้ำส่งจ่ายไปไม่ทั่วถึง ปัจจุบันในเขตกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ มีบ่อบาดาลรวมทั้งสิ้นประมาณ 180 บ่อด้วยกัน[1] และเป็นบ่อบาดาลขนาดต่าง ๆ กัน 3 ขนาด คือ บ่อบาดาลขนาดที่สูบน้ำได้ต่ำกว่า 100 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นบ่อบาดาลที่การประปานครหลวงได้รับโอนมาจากสุขาภิบาลบางแค บ่อบาดาลขนาดที่สูบน้ำได้ประมาณ 150 ลูกบาศก์เมตร และ 300 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง บ่อบาดาลทั้งสองขนาดหลังนี้เป็นบ่อบาดาลที่ได้รับโอนมาจากกรมตำรวจบ้าง จากเทศบาลกรุงเทพฯบ้าง และรวมทั้งบ่อบาดาลที่การประปานครหลวงเจาะเองด้วย

ประเภทที่ใช้น้ำผิวดินในการผลิตน้ำประปาหรือน้ำประปาที่ผลิตจากโรงกรองน้ำได้ผลิตจ่ายเฉพาะในเขตพระนครและธนบุรีเท่านั้น สำหรับในท้องที่ที่ขาดแคลนน้ำหรือน้ำประปาจากโรงกรองน้ำจ่ายไปไม่ถึง ก็ใช้น้ำประเภทที่ผลิตจากใต้ดิน หรือน้ำจากบ่อบาดาล ส่วนเขตนนทบุรีและสมุทรปราการนั้น ใช้น้ำประเภทที่ผลิตจากใต้ดินหรือน้ำจากบ่อบาดาลเพียงแหล่งเดียว ทั้งนี้เพื่อประหยัดงบประมาณค่าใช้จ่ายค่าก่อสร้างโรงกรองน้ำ เพราะจำนวนพลเมืองมีน้อยและน้ำในแม่น้ำบริเวณนั้นมีน้ำเค็มขึ้นถึง ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ผลิตน้ำประปา

<u>สภาพการผลิตจ่ายน้ำประปาปีงบประมาณ 2512 - 2518</u>

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ปริมาณน้ำผลิตจ่ายในท้องที่เขตความรับผิดชอบของการประปานครหลวงนั้นได้จาก 2 แหล่งด้วยกันคือ จากโรงกรองน้ำ 11 โรง และจากบ่อบาดาล

---

[1]กระจก สุภกิจวิเลขการ, "มหาวิทยาลัยชาวบ้าน เรื่องปัญหาน้ำประปากับประชาชน" ออกรายการทางสถานีโทรทัศน์สีช่อง 9, 9 พฤศจิกายน 2519

ประมาณ 180 บ่อ ดังนั้นเมื่อรวมกันแล้วถือว่าเป็นปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวม (Gross Output) โดยสูบอัดเข้าสู่เส้นท่อเพื่อจ่ายไปสู่ประชาชน แต่เนื่องจากระบบเส้นท่อของการประปานครหลวงในบางส่วนเป็นท่อที่มีอายุการใช้งานมานาน ก็ย่อมจะผุกร่อนทำให้ท่อแตกรั่วได้ หรืออาจเนื่องมาจากสาเหตุอื่นก็ได้ เช่น สภาพดิน คุณภาพน้ำ สภาพการจราจรและยานพาหนะ ฯลฯ เป็นต้น ปริมาณน้ำส่วนหนึ่งก็จะรั่วสูญเสีย (Leakage) ซึ่งมีปริมาณมากน้อยเพียงใดนั้นได้มีการสำรวจในปี 2513 ปรากฏว่า ปริมาณน้ำรั่วสูญเสียมีไม่น้อยกว่า 3% ของปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวมทั้งหมด[1] นอกจากนี้การประปานครหลวงจะต้องจ่ายน้ำในปริมาณอีกส่วนหนึ่งเพื่อกิจการสาธารณะ (Free Public) ซึ่งได้แก่ปริมาณน้ำจ่ายท่อดับเพลิง จ่ายรถน้ำเทศบาล จ่ายส่วนราชการ จ่ายท่อสาธารณะหรือก๊อกสาธารณะ และแจกโดยรถน้ำ ดังนั้น เมื่อหักปริมาณน้ำทั้งสองส่วนดังกล่าวออกจากปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวม ปริมาณน้ำส่วนที่เหลือก็คือ ปริมาณน้ำจ่ายสุทธิ (Net Output) กล่าวคือ เป็นปริมาณน้ำที่เหลือจ่ายถึงประชาชนผู้ใช้น้ำ ซึ่งแสดงเป็นแผนภูมิได้ตามภาพที่ 4 หากจะแสดงด้วยสัญญลักษณ์จะเป็นดังนี้

Q_t : ปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวม (Gross Output)

Q_l : ปริมาณน้ำสูญเสียจากท่อแตกรั่ว (Leakage)

Q_f : ปริมาณน้ำจ่ายเพื่อกิจการสาธารณะ (Free Public)

Q_s : ปริมาณน้ำจ่ายสุทธิ (Net Output)

ดังนั้น ก็จะได้ดังสมการดังนี้

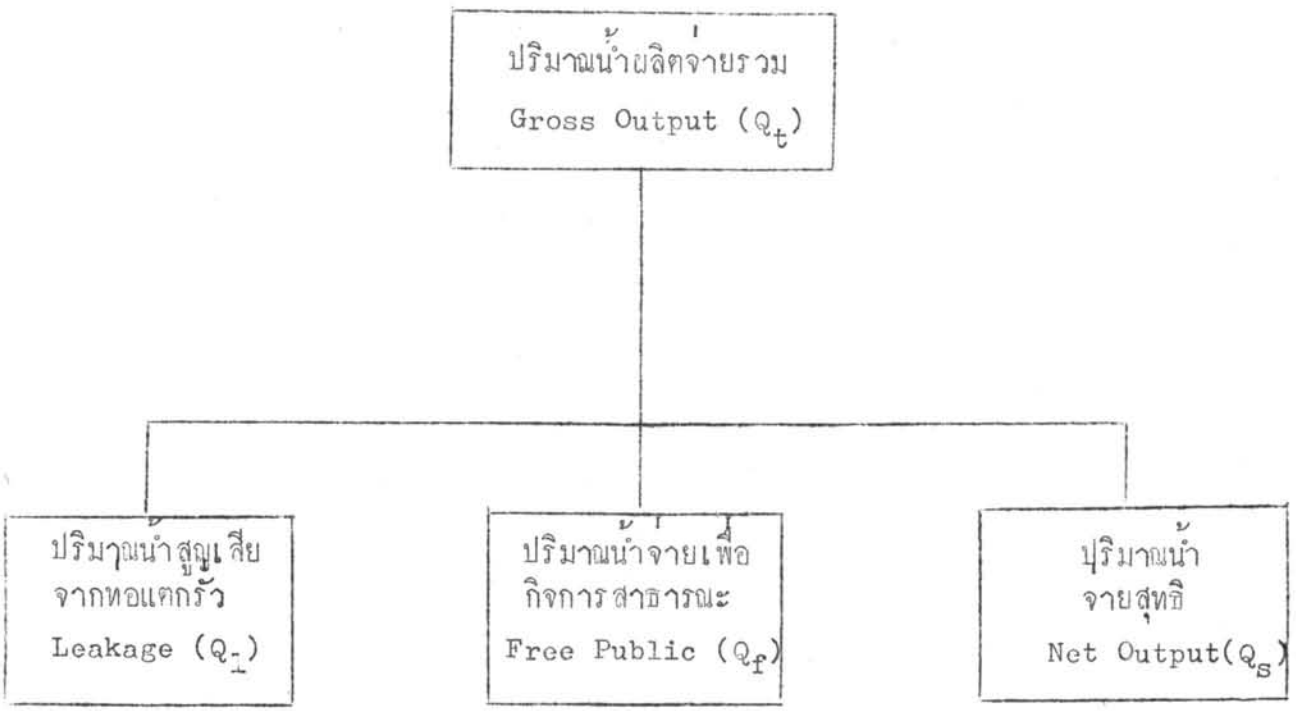
$$Q_s = Q_t - (Q_l + Q_f)$$

สำหรับข้อมูลในปีงบประมาณ 2512 - 2518 การประปานครหลวงได้เก็บรวบรวมข้อมูลเป็นรายปีเฉพาะปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวม (Q_t) ส่วนปริมาณน้ำรั่วสูญเสียจากท่อแตก

---

[1] The Pitometer Associates Engineers, "Final Report", Leakage Survey Program and Water Use Studies, Bangkok, Thailand. February 2513 B.E., p. 64

รั่ว (Q_l) นั้นไม่มีข้อมูลเก็บรวบรวมไว้ และปริมาณน้ำจ่ายเพื่อกิจการสาธารณะ (Q_f) มีข้อมูลที่เก็บรวบรวมไว้เฉพาะปีงบประมาณ 2512 - 2514 เท่านั้น ดังนั้นจึงต้องวิเคราะห์ในเชิงสถิติเพื่อหาค่า Q_l เป็นรายปีในปีงบประมาณ 2512 - 2518 และ Q_f ในปีงบประมาณ 2515 - 2518 ทั้งนี้เพื่อจะคำนวณหา Q_s ในปีงบประมาณ 2512 - 2518 จากสมการดังกล่าว ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดของ Q_t, Q_l และ Q_f ต่อไปโดยลำดับ



ภาพที่ 4

แผนภูมิแสดงการผลิตจ่ายน้ำของการประปานครหลวง

ปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวม (Gross Output)

ปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวม (Q_t) ของการประปานครหลวงในช่วงปีงบประมาณ 2512 - 2518 เมื่อจำแนกตามประเภทแหล่งผลิตแล้วจะเห็นได้ว่า โดยถัวเฉลี่ยในช่วงปีงบประมาณ 2512 - 2518 ประกอบด้วยน้ำที่ผลิตจากโรงกรองน้ำ 68.52% และน้ำที่ผลิตจากบ่อบาดาล 31.48% ดังรายละเอียดตามตารางที่ 1 เนื่องจากการประปานครหลวงต้องรับผิดชอบในการผลิตจ่ายน้ำแก่ประชาชนในเขตพระนคร ธนบุรี นนทบุรี และสมุทรปราการ ดังนั้นหากจำแนกปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวมตามเขตบริการแต่ละจังหวัดดังกล่าวในช่วงปีงบประมาณ 2512 - 2518 โดยถัวเฉลี่ยแล้วจะเห็นว่าเป็นปริมาณน้ำที่สูบจ่ายในเขตพระนคร 77.28% เขตธนบุรี 19.61% เขตนนทบุรี 1.91% และเขตสมุทรปราการ 1.20% ดังรายละเอียดตามตารางที่ 2

ปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวมในช่วงปีงบประมาณ 2512 - 2518 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยถัวเฉลี่ยแล้ว มีอัตราเพิ่มเท่ากับ 6.28% ต่อปี ซึ่งคำนวณหาจากสมการคณิตศาสตร์โดยกำหนดสมมติฐาน (Hypothesis) ว่าปริมาณการผลิตจ่ายรวมของการประปานครหลวงเพิ่มขึ้นทุกปีโดยมีอัตราเพิ่มคงที่ ดังนั้นหากให้ Q_o และ Q_n เป็นปริมาณการผลิตจ่ายรวม ณ ปีฐานและปีที่ n โดยมีอัตราเพิ่มคงที่ g แต่ละปีแล้ว จะเขียนได้ว่า

$$Q_{t,n} = Q_o(1 + g)^t$$

หรือ $$\log Q_{t,n} = \log Q_o + t \log (1 + g)$$

หรือเขียนอย่างง่าย ๆ เป็น

$$\log Q_{t,n} = a + bt$$

ดังนั้น โดยอาศัยสมมติฐานนี้ ก็สามารถคำนวณหาสมการคณิตศาสตร์จากข้อมูล Q_t ของปีต่าง ๆ ในช่วงปีงบประมาณ 2512 - 2518 ได้ดังนี้

$$\log Q_{t,n} = 2.58699 + 0.02643\,t \quad r^2 = 0.88858$$
$$(0.00378)$$

ตารางที่ 1

ปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวมจำแนกตามประเภทน้ำที่ผลิตจากโรงกรองน้ำและจากบ่อบาดาล

หน่วย : ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

ปีงบประมาณ	ปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวม	ปริมาณน้ำผลิตจ่ายจากโรงกรองน้ำ	ร้อยละต่อปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวม	ปริมาณน้ำผลิตจ่ายจากบ่อบาดาล	ร้อยละต่อปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวม
2512	326.919	213.769	65.39	113.150	34.61
2513	335.125	222.873	66.50	112.252	33.50
2514	349.266	228.099	65.31	121.167	34.69
2515	386.873	270.702	69.97	116.171	30.03
2516	441.104	308.688	69.98	132.416	30.02
2517	446.265	311.203	69.74	135.062	30.26
2518	440.985	312.966	70.97	128.019	29.03
เฉลี่ย			68.52		31.48

ที่มา : ฝ่ายผลิตและระบบจ่ายน้ำ การประปานครหลวง

ตารางที่ 2

ปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวมจำแนกตามเขตพระนคร ธนบุรี นนทบุรี และสมุทรปราการ

หน่วย : ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

ปีงบประมาณ	ปริมาณน้ำผลิตจายรวม	พระนคร				ธนบุรี				นนทบุรี		สมุทรปราการ	
		โรงกรองน้ำ	น้ำบาดาล	รวม	ร้อยละ	โรงกรองน้ำ	น้ำบาดาล	รวม	ร้อยละ	น้ำบาดาล	ร้อยละ	น้ำบาดาล	ร้อยละ
2512	326.919	184.398	81.439	265.837	81.32	29.371	21.931	51.302	15.69	5.743	1.76	4.037	1.23
2513	335.125	194.449	75.650	270.099	80.60	28.424	27.543	55.967	16.70	5.190	1.55	3.869	1.15
2514	349.266	196.153	83.979	280.132	80.21	31.946	27.459	59.405	17.01	6.300	1.80	3.429	0.98
2515	386.873	199.861	79.080	278.941	72.10	70.841	23.988	94.829	24.51	7.869	2.04	5.234	1.35
2516	441.104	237.819	95.597	333.416	75.59	70.870	23.595	94.465	21.41	7.928	1.80	5.295	1.20
2517	446.265	240.600	97.850	338.450	75.84	70.603	22.274	92.877	20.81	9.594	2.15	5.344	1.20
2518	440.985	244.698	95.407	340.105	77.12	68.268	17.657	85.925	19.49	9.487	2.15	5.468	1.24
เฉลี่ย					77.28				19.61		1.91		1.20

ที่มา : ฝ่ายผลิตและระบบจ่ายน้ำ การประปานครหลวง

(ปีงบประมาณ 2515, t=0 , ปีงบประมาณ 2516, t=1 , ฯลฯ)

Q_t = ปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวมเป็นล้านลูกบาศก์เมตร

t = ระยะเวลาเป็นปี

r^2 = Coefficient of determination

ถ้าให้ g เป็นอัตราเพิ่ม (Growth rate)

$$\log (1 + g) = 0.02643$$

$$g = 0.0628$$

หรือ = 6.28% ต่อปี ดังแสดงไว้ในภาพที่ 5

สำหรับ r^2 เรียกว่า Coefficient of determination ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตัวแปรผันอิสระ (independent variable) สามารถจะอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรผันตาม (dependent variable) ได้เพียงใดในสมการดังกล่าว กล่าวคือ $r^2 = 0.88858$ หมายความว่า ในรูปสมการนี้ t หรือเวลาเป็นสิ่งอธิบายความสัมพันธ์ในลักษณะนี้ได้ถึง 89 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอีก 11 เปอร์เซ็นต์ที่อธิบายไม่ได้ย่อมขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ การคำนวณ Coefficient of determination นี้ได้ปรับค่าตาม degree of freedom แล้ว (adjusted to degree of freedom) ส่วนตัวเลขในวงเล็บภายใต้สัมประสิทธิ์ของตัวแปรผันอิสระนั้นเป็นความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ของสัมประสิทธิ์นั้น ๆ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานนี้ใช้เป็นเครื่องชี้ได้ว่า ค่าของสัมประสิทธิ์ที่ประมาณ (estimate) ขึ้นนี้มีนัยสำคัญ (significant) หรือไม่ ถ้าความคลาดเคลื่อนยิ่งน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าของสัมประสิทธิ์ ก็แสดงว่าค่าของสัมประสิทธิ์มีนัยสำคัญมาก ตรงข้ามถ้าค่าของความคลาดเคลื่อนดังกล่าวใหญ่มาก เช่น

ภาพที่ 5

สมการแสดงอัตราเพิ่มของปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวม

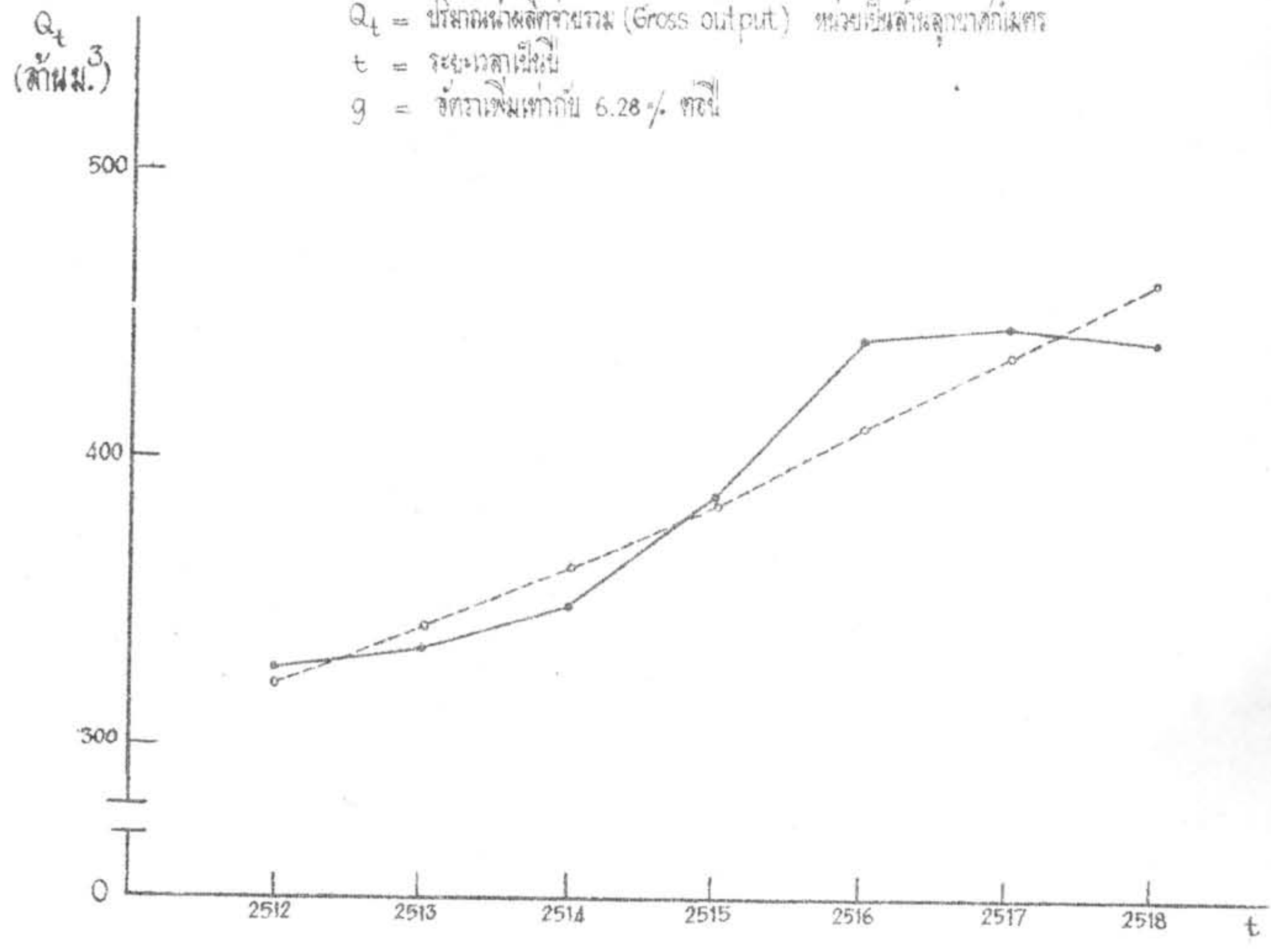
———●———●——— ข้อมูลจริง

- - - ○ - - - ○ - - - ค่าที่คำนวณจากสมการ

$$\log Q_t = 2.58699 + \underset{(0.00378)}{0.02643}\,t \qquad r^2 = 0.88859$$

(ปีงบประมาณ 2515, $t = 0$, ปีงบประมาณ 2516, $t = 1$, ฯลฯ)

Q_t = ปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวม (Gross output) หน่วยเป็นล้านลูกบาศก์เมตร
t = ระยะเวลาเป็นปี
g = อัตราเพิ่มเท่ากับ 6.28 % ต่อปี



ใหญ่กว่าค่าของสัมประสิทธิ์เอง ก็ย่อมแสดงได้ว่าสัมประสิทธิ์นั้น ๆ ไม่มีนัยสำคัญเลย[1] กล่าวคือ ค่าของสัมประสิทธิ์ที่จริงอาจมีค่าเป็นศูนย์ก็ได้

---

[1] Snedecor, George W. and Cochran, William G., Statistical Methods, Sixth Edition. U.S.A. : The Iowa State University Press, p. 153

ถ้าให้ b เป็นค่าสัมประสิทธิ์

s เป็นค่าของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าที่ประมาณได้

จากสูตร $t = \frac{b}{s}$

ในการทดสอบค่าของสัมประสิทธิ์ว่ามีนัยสำคัญเพียงใด โดยพิจารณาดูจากค่า t ที่คำนวณได้ แล้วเปิดตาราง t ดู ณ. ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ หรือ 99 เปอร์เซ็นต์ที่ degree of freedom เท่ากับ (N - 1 - K) ในเมื่อ

N = จำนวนชุดของข้อมูล

K = จำนวนของตัวแปรผันอิสระ

ในกรณีที่ b เป็นบวก ถ้าหากค่า t ที่คำนวณได้ มีค่ามากกว่าค่า t จากตาราง หมายความว่า ค่าสัมประสิทธิ์จะมีความคลาดเคลื่อนแคบ และแตกต่างจากศูนย์โดยนัยสำคัญ ในทางตรงข้ามถ้าหากค่า t ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าค่า t จากตาราง ก็หมายความว่าค่าสัมประสิทธิ์จะมีความคลาดเคลื่อนกว้างมาก และไม่แตกต่างจากศูนย์มากนัก

I15803685

ปริมาณน้ำรั่วสูญเสียจากท่อแตกรั่ว (Leakage)

ปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวมของการประปานครหลวงที่สูบอัดเข้าสู่เส้นท่อเพื่อจ่ายไปสู่ประชาชน ได้มีการรั่วสูญเสียน้ำไปปริมาณส่วนหนึ่งเนื่องจากท่อแตกรั่ว การหาปริมาณน้ำรั่วสูญเสียจากท่อแตกรั่วเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวันของการประปานครหลวงนั้น จะต้องทำการสำรวจหาจุดรั่วตามความยาวของท่อทั้งหมดภายในวันหนึ่ง ๆ ซึ่งอาจจะมีปัญหายุ่งยากในทางปฏิบัติ เนื่องจากงบประมาณค่าใช้จ่ายและกำลังคนน้อย อย่างไรก็ตาม การประปานครหลวงได้ทำการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะปริมาณน้ำรั่วสูญเสีย กล่าวคือ ข้อมูลการสำรวจท่อรั่วจะเกี่ยวกับปริมาณน้ำรั่วที่สำรวจพบ และความยาวท่อที่สำรวจได้ในแต่ละเดือนของปีต่าง ๆ ดังรายละเอียดตามผนวก ข. – ช. ของภาคผนวก ถ้าเส้นท่อมีความยาวมากก็มักจะมีแนวโน้มที่จะพบปริมาณน้ำรั่วสูญเสียได้มาก ในทางตรงข้าม หากเส้นท่อมีความยาวน้อยแนวโน้มที่จะพบปริมาณน้ำรั่วสูญเสียก็น้อยลงตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลการสำรวจดังกล่าว ในเชิงสถิติถือได้ว่า ปริมาณน้ำรั่วสูญเสียมีสหสัมพันธ์ (Correlation) กับความยาวเส้นท่อ แต่เมื่อพิจารณาโดยละเอียดแล้วจะเห็นว่า นอกจากความยาวเส้นท่อที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำรั่วสูญเสียแล้ว ยังมีปัจจัยอื่น ๆ อีกเช่น ความดันน้ำในเส้นท่อ สภาพเส้นท่อเกี่ยวกับการวางท่อ ชนิดท่อ และอายุการใช้งานของท่อ สภาพของดิน คุณภาพน้ำ ตลอดจนสภาพการจราจรและยานพาหนะฯลฯ เป็นต้น

การวิเคราะห์เชิงสถิติในการกะประมาณปริมาณน้ำรั่วสูญเสีย

การกะประมาณปริมาณน้ำรั่วสูญเสียเป็นรายปีในช่วงปีงบประมาณ 2512 – 2518 ได้อาศัยข้อมูลจากการสำรวจท่อรั่วเกี่ยวกับปริมาณน้ำรั่วที่สำรวจพบและความยาวท่อที่สำรวจได้

ในแต่ละเดือนของปีต่าง ๆ โดยใช้ Correlative Technique[1] เพื่อกำหนดEstimated Equations ของปีงบประมาณ 2512 - 2518 ได้ดังนี้

2512 - $Q_1 = 2.28519 + 0.00578L$ r = 0.5029 .....(1)

2513 - $Q_1 = 2.75834 + 0.00470L$ r = 0.4456 .....(2)

2514 - $Q_1 = 9.23840 - 0.00340L$ r = 0.2615 .....(3)

2515 - $Q_1 = 1.28321 + 0.00903L$ r = 0.3440 .....(4)

2516 - $Q_1 = 2.17706 + 0.00491L$ r = 0.2436 .....(5)

2517 - $Q_1 = 0.72796 + 0.00582L$ r = 0.6718 .....(6)

2518 - $Q_i = 2.74667 + 0.07018L$ r = 0.5498 .....(7)

Q_1 : ปริมาณน้ำรั่วสูญเสียที่สำรวจพบเป็นพันลูกบาศก์เมตรต่อวัน

L : ความยาวเส้นท่อที่สำรวจได้เป็นกิโลเมตร

r : Coefficient of Correlation

จาก Estimated Equations ทั้ง 7 สมการนำมาใช้ในการกะประมาณปริมาณน้ำรั่วสูญเสียในปีงบประมาณ 2512 - 2518 โดยนำเอาความยาวเส้นท่อทั้งหมดของการประปานครหลวงเมื่อต้นปีนั้น ๆ นั่นก็คือความยาวเส้นท่อเมื่อปลายปีที่แล้วของปีนั้น ๆ มาแทนค่า L เพื่อหาค่า Q_i เช่น สมการ (1) ซึ่งเป็นสมการของปีงบประมาณ 2512 ก็เอาความยาวเส้นท่อทั้งหมดของการประปานครหลวงของปี 2511 (L_{t-1}) แทนค่า ทั้งนี้เนื่องจากความยาวท่อที่วางเพิ่มในปีงบประมาณ 2512 นั้น อาจจะยังไม่ได้ใช้จ่ายน้ำก็ได้ หรือใช้จ่ายน้ำแล้วแต่สภาพเส้นท่อยังใหม่และมีความมั่นคงจึงมีโอกาสแตกรั่วได้ยาก หากจะเขียนเป็นสมการเพื่อแทนค่าการกะประมาณปริมาณน้ำรั่วสูญเสียของปีต่าง ๆ ได้ดังนี้

---

[1] Camp, Dresser and Mckee, "Water Supply and Distribution" Master Plan Volume II Technical Report, February 1970, p.29

$$Q_{l.t} = A + bL_{t-1}$$

เช่นสมการ (1) จะได้ $Q_{l\ ปี\ 2512} = A + bL_{ปี\ 2511}$ เป็นต้น

Q_l : ปริมาณน้ำรั่วสูญเสียจากท่อแตกรั่ว

L : ความยาวท่อประธานและท่อจ่ายน้ำ

b : ค่าสัมประสิทธิ์

A : ค่าคงที่

อนึ่ง ความยาวของเส้นท่อที่นำมาใช้แทนค่าในแต่ละสมการนั้น เป็นข้อมูลความยาวเฉพาะท่อประธานและท่อจ่ายน้ำเท่านั้น ยังไม่ได้รวมความยาวท่อบริการ ดังนั้นเมื่อนำมาแทนค่าในสมการ ก็จะได้ปริมาณน้ำรั่วสูญเสียจากท่อประธานและท่อจ่ายน้ำเท่านั้น ไม่ใช่ปริมาณน้ำรั่วสูญเสียทั้งหมดของการประปานครหลวง แต่เนื่องจากไม่มีข้อมูลความยาวท่อบริการ ฉะนั้นจึงต้องวิเคราะห์หาปริมาณน้ำรั่วสูญเสียจากท่อบริการโดยอาศัยข้อมูลจาก 2 แหล่งดังนี้

(ก) Final Report. LEAKAGE SURVEY PROGRAM AND WATER USE STUDIES,Bangkok, Thailand. February 1970 A.D., p. 63 รายงานว่า

Main Leak = 7,023 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือ = 1

Service Leak = 13,409 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือ = 1.91

(ข) รายงานประจำปี 2513 ของสายงานสำรวจหาท่อรั่ว กองแผนการการประปานครหลวง ในหน้า 6 รายงานว่า

น้ำรั่วจากท่อเอก = 11,384 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือ = 1

น้ำรั่วจากท่อเข้าบ้าน = 24,311 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือ = 2.07

ตามรายงานดังกล่าวพอสรุปได้ว่า ปริมาณน้ำรั่วสูญเสียจากท่อบริการเป็น 2 เท่าของปริมาณน้ำรั่วสูญเสียจากท่อประธานและท่อจ่ายน้ำ ดังนั้นปริมาณน้ำรั่วสูญเสียจาก

ท่อแตกรั่วทั้งหมดของการประปานครหลวงมีจำนวนเป็น 3 เท่าของปริมาณน้ำสูญเสียจากท่อประธานและท่อจ่ายน้ำ ดังนั้นเมื่อนำข้อมูลความยาวท่อประธานและท่อจ่ายน้ำแทนค่าในสมการทั้งเจ็ดดังกล่าวเพื่อกะประมาณหาปริมาณน้ำรั่วสูญเสียทั้งหมดของการประปานครหลวงในปีงบประมาณ 2512 - 2518 สรุปได้ดังตารางที่ 3

ปริมาณน้ำจ่ายเพื่อกิจการสาธารณะ (Free Public)

ตามที่กล่าวมาแล้วว่า ปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวมที่สูบอัดเข้าสู่เส้นท่อ จะมีปริมาณน้ำส่วนหนึ่งรั่วสูญเสียเนื่องจากท่อแตกรั่ว นอกจากนี้ยังมีปริมาณน้ำอีกส่วนหนึ่งที่การประปานครหลวงจ่ายเพื่อกิจการสาธารณะ ดังนั้นปริมาณน้ำที่เหลือจึงเป็นปริมาณน้ำจ่ายสุทธิ (Net Output) ซึ่งจ่ายถึงประชาชนผู้ใช้น้ำในเขตรับผิดชอบของการประปานครหลวง ปริมาณน้ำจ่ายเพื่อกิจการสาธารณะได้แก่ ปริมาณน้ำจ่ายท่อดับเพลิง จ่ายรถน้ำเทศบาล จ่ายส่วนราชการ จ่ายท่อสาธารณะหรือก๊อกสาธารณะ และแจกโดยรถน้ำ ปริมาณน้ำจ่ายเพื่อกิจการสาธารณะจะมีปริมาณมากน้อยย่อมมีส่วนสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากรของชุมชนในเขตบริการจ่ายน้ำของการประปานครหลวง ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า ชุมชนใดมีจำนวนประชากรหนาแน่นความสกปรกก็ย่อมมีมากขึ้นตามตัว ไม่ว่าจะเป็นสถานที่สาธารณะหรือถนนหนทางก็ตาม การรักษาทำความสะอาดก็ย่อมต้องมีมากและใช้น้ำมากขึ้นด้วย หรือชุมชนใดมีประชาชนอาศัยอยู่หนาแน่น โอกาสที่จะเกิดเพลิงไหม้ก็ย่อมมีง่าย ฯลฯ เป็นต้น ดังนั้นการวิเคราะห์ในเชิงสถิติเพื่อหาปริมาณน้ำจ่ายเพื่อกิจการสาธารณะจึงได้ใช้จำนวนประชากรในเขตเทศบาลเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ (Correlation) กับปริมาณน้ำจ่ายเพื่อกิจการสาธารณะของการประปานครหลวง และการใช้ปัจจัยจำนวนประชากรในเขตเทศบาลก็เนื่องมาจากเขตบริการจ่ายน้ำในความรับผิดชอบของการประปานครหลวง และการใช้ปัจจัยจำนวนประชากรในเขตเทศบาลก็เนื่องมาจากเขตบริการจ่ายน้ำในความรับผิดชอบของการประปานครหลวงส่วนใหญ่อยู่ในเขตเทศบาล

ตารางที่ 3

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำรั่วสูญเสียจากท่อแตกรั่ว

ปีงบประมาณ (t)	ความยาวท่อประธานและท่อจ่ายน้ำ เมื่อปี (t-1) (ก.ม.)	ปริมาณน้ำรั่วสูญเสียจากท่อประธานและท่อจ่ายน้ำ (Q_1) (พัน ลบ.ม.ต่อวัน)	(Q_1) (ล้าน ลบ.ม.ต่อปี)	ปริมาณน้ำรั่วสูญเสียทั้งหมด ($3Q_1$) (ล้าน ลบ.ม.ต่อปี)	ปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวม (Q_t) (ล้าน ลบ.ม.ต่อปี)	ปริมาณน้ำรั่วสูญเสียคิดเป็นร้อยละต่อปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวม
2512	866.702	8.971	3.274	9.822	326.920	3.00
2513	1,274.303	8.748	3.193	9.579	335.125	2.86
2514	1,358.236	4.620	1.687	5.061	349.266	1.45
2515	1,478.724	14,636	5.357	16.071	386.873	4.15
2516	1,567.546	9.874	3.604	10.812	441.104	2.45
2517	1,723.116	10.757	3.926	11.778	446.265	2.64
2518	1,829.441	13.114	4.787	14.361	440.985	3.25

ที่มา : ความยาวท่อประธานและท่อจ่ายน้ำ จากกองวิจัยและพัฒนา การประปานครหลวง

การวิเคราะห์เชิงสถิติในการกะประมาณปริมาณน้ำจ่ายเพื่อกิจการสาธารณะ

การกะประมาณปริมาณน้ำจ่ายเพื่อกิจการสาธารณะของการประปานครหลวงได้อาศัยข้อมูลปริมาณน้ำจ่ายเพื่อกิจการสาธารณะและจำนวนประชากรในเขตเทศบาลรวมทั้ง 3 จังหวัด คือ กรุงเทพมหานคร (พระนครและธนบุรี) นนทบุรี และสมุทรปราการ ในช่วงปีงบประมาณ 2511 - 2514 นำมาคำนวณเพื่อกำหนด Estimated Equation ดังสมการดังนี้

$$Q_f = -29.18156 + 14.17997M \qquad r = 0.4654$$

Q_f : ปริมาณน้ำจ่ายเพื่อกิจการสาธารณะเป็นล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

M : จำนวนประชากรในเขตเทศบาลรวม 3 จังหวัดเป็นหน่วยล้านคน

r : Coefficient of correlation

สมการ (Estimated Equation) ดังกล่าวใช้เป็นมูลฐานเพื่อกะประมาณปริมาณน้ำจ่ายเพื่อกิจการสาธารณะ Q_f ของปีงบประมาณ 2515 - 2518 โดยแทนค่า M สรุปได้ดังตารางที่ 4

การวิเคราะห์เชิงสถิติในการหาปริมาณน้ำรั่วสูญเสียเนื่องจากท่อแตกรั่ว(Q_l) และปริมาณน้ำจ่ายเพื่อกิจการสาธารณะ(Q_f) ทั้งสองส่วนดังกล่าวนี้ เมื่อหักออกจากปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวม (Gross Output หรือ Q_t) จะเหลือเป็นปริมาณน้ำจ่ายสุทธิ (Net Output หรือ Q_s) ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่การประปานครหลวงจ่ายเพื่อจำหน่ายแก่ประชาชนผู้ใช้น้ำซึ่งเป็นลูกค้าของการประปานครหลวงนั่นเอง ปริมาณน้ำจ่ายสุทธิในช่วงปีงบประมาณ 2512 - 2518 คำนวณหาได้จากสมการดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นคือ $Q_s = Q_t-(Q_l+ Q_f)$ และสรุปได้ดังตารางที่ 5

ในการดำเนินงานของการประปานครหลวงซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตจ่ายและจำหน่ายน้ำประปาแก่ประชาชนผู้ใช้น้ำในเขตรับผิดชอบนั้น การประปานครหลวงจำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการดำเนินงานเพื่อสนองวัตถุประสงค์ดังกล่าว ดังรายละเอียด

ตารางที่ 4

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำจ่ายเพื่อกิจการสาธารณะ

ปีงบประมาณ	(1)		(2)
	ปริมาณน้ำจ่ายเพื่อกิจการสาธารณะ		จำนานประชากรในเขตเทศบาลรวมทั้ง 3 จังหวัด (ล้านคน)
	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.ต่อปี)	คิดเป็นร้อยละต่อปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวม	
2511	12.993		2.7620
2512	6.097	1.86	2.8762
2513	14.659	4.37	2.9747
2514	15.485	4.43	3.0909
2515	16.520 *	4.27	3.2229
2516	18.224 *	4.13	3.3432
2517	19.991 *	4.48	3.4677
2518	21.811 *	4.95	3.5961

ที่มา : สดมภ์ (1) ปี 2511 - 2514 จากหนังสืองบประมาณรายได้รายจ่าย การประปานครหลวง พ.ศ. 2516

สดมภ์ (2) กองการทะเบียน กรมการปกครอง

หมายเหตุ * เป็นตัวเลขที่คำนวณได้จากสมการ

ตารางที่ 5

ปริมาณน้ำจ่ายสุทธิปีงบประมาณ 2512 - 2518

หน่วย : ล้าน ลบ.ม. ต่อปี

ปีงบประมาณ	ปริมาณน้ำผลิตจายรวม (Q_t)	ปริมาณน้ำรั่วสูญเสีย (Q_l)	ปริมาณน้ำจ่ายเพื่อกิจการสาธารณะ (Q_f)	ปริมาณน้ำจายสุทธิ (Q_s)
2512	326.920	9.822	6.097	311.001
2513	335.125	9.579	14.659	310.887
2514	349.266	5.061	15.485	328.720
2515	386.873	16.071	16.520	354.282
2516	441.104	10.812	18.224	412.068
2517	446.265	11.778	19.991	414.496
2518	440.985	14.361	21.811	404.813

ต่าง ๆ ซึ่งจะขอกล่าวต่อไปในบทที่ 4 ส่วนในบทที่ 5 จะศึกษาถึงฟังก์ชั่นต้นทุน (Cost Function) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยผลผลิตจ่ายน้ำ (Output) กับค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการดำเนินงาน (Cost) ซึ่งจะศึกษาและวิเคราะห์ผลผลิตจ่ายน้ำออกเป็น 2 กรณีด้วยกันคือ ปัจจัยปริมาณน้ำผลิตจ่ายรวม (Gross Output) กรณีหนึ่ง และปัจจัยปริมาณน้ำจ่ายสุทธิ (Net Output) อีกกรณีหนึ่ง