หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อการทำแผนดำเนินการเปลี่ยนท่อ

5.1 ขอบเขต

เพื่อหา

- ค่าผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายของการดำเนินการเปลี่ยนท่อบนพื้นฐานของงบประมาณและโครงการเพื่อลดน้ำสูญเสียจากระบบทั้งหมด
- การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการเปลี่ยนท่อบริการและท่อแยกเข้าบ้าน ในรูปของการรั่วไหลและค่าใช้จ่ายในการซ่อมสำหรับท่อเดิมเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อใหม่แทน
- ขนาดและวัสดุที่ใช้ทำของท่อเปลี่ยนแทนโดยการนำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์มาเป็นฐานบนการจัดสรรค่าการรั่วไหล
- การจัดอันดับของการเปลี่ยนท่อโดยสาขา บล็อก ขนาดท่อ และวัสดุที่ใช้ทำท่อ บนพื้นฐานของการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และการประเมินค่าอัตราส่วน B/C ratio
- ทำแผนดำเนินงานการเปลี่ยนท่อเพื่อลดน้ำสูญเสียเปรียบเทียบกับแผนงานประจำปีของการประปานครหลวง

5.2 ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการเปลี่ยนท่อ

5.2.1 ผลประโยชน์ที่ได้รับ

การลดน้ำสูญเสียและการเปลี่ยนท่อจะมีผลประโยชน์ดังนี้.-

- การเพิ่มรายได้จากการขายน้ำ ไม่ว่าเพื่อผู้ใช้น้ำรายใหม่หรือความต้องการน้ำของผู้ใช้น้ำรายเดิมที่มีมากขึ้น
- เป็นการผัดผ่อนการเสียค่าใช้จ่ายการขยายงานทางด้านการผลิต และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆเกี่ยวกับระบบจ่ายน้ำ
- เป็นการลดค่าใช้จ่ายการผลิตและส่งน้ำ
- ลดค่าใช้จ่ายการซ่อมรูรั่วจากการเปลี่ยนท่อที่เสื่อมหรือเสียหายด้วยท่อที่มีอายุการใช้งานที่ดีขึ้น
- ผลประโยชน์จากสาธารณะชนที่ได้น้ำที่มีความดันสูงขึ้น แรงขึ้น และใช้กับการดับเพลิงที่ดีขึ้น จากการเปลี่ยนท่อที่มีขนาดเล็กไปหรือท่อที่มีการสึกกร่อนสูง และ
- การปรับปรุงการตรวจจับท่อรั่วดีขึ้นจากการที่ความดันน้ำสูงขึ้น และลดเสียงที่เกิดจากรูรั่วเล็กๆจำนวนมากในระบบท่อเดิมที่มีอุปสรรคต่อการตรวจจับ

5.2.2 จำนวนน้ำที่ประหยัดได้

น้ำที่ประหยัดได้จากการลดน้ำสูญเสียเป็นผลประโยชน์หลักของการดำเนินการเปลี่ยนท่อ อย่างไรก็ตามค่าของผลประโยชน์จะเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของผู้ใช้น้ำและการผลิตน้ำที่ทำได้ที่ส่งไปให้ระบบ และยังขึ้นอยู่กับสัดส่วนของระบบซึ่งงานลดการรั่วไหลที่จะทำ

สำเร็จ ในขณะที่ช่วงเวลาหนึ่งความต้องการใช้น้ำอาจจะพอดีกับการจ่ายน้ำ ขณะที่บางช่วงเวลาอื่นๆ ความต้องการใช้น้ำจะมีมากกว่าการผลิตน้ำได้

ในสภาวะที่ความต้องการใช้น้ำมากกว่าการผลิตได้ น้ำที่ประหยัดได้สามารถนำมาขายต่อได้ โดยราคาหน่วยละ 6.2 บาทต่อ ลบ.ม ค่าราคาขายเพิ่มต่อหน่วยของน้ำควรนำมาพิจารณาซึ่งมีความสำคัญแก่การวิเคราะห์ค่าผลประโยชน์ที่กลับคืนมาได้เมื่อทำการเปลี่ยนท่อ

ราคาขายต่อหน่วยที่นำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการคิดค่าผลประโยชน์ลดลงจากหน่วยละ 6.2 บาทต่อ ลบ.ม ประมาณ 8 % เนื่องจากสาเหตุของการสูญเสียน้ำจากสาเหตุอื่น คือการลักใช้น้ำ การผิดพลาดจากมาตร และการใช้น้ำสำหรับสาธารณะ คิดเป็นน้ำที่ควรประหยัดได้จากการลดการรั่วไหลเป็น 5.7 บาทต่อ ลบ.ม

ในสถานะการณ์ที่การผลิตน้ำมีความพอดีหรือมีมากกว่าความต้องการใช้น้ำ ผลประโยชน์จากการลดการรั่วไหลประกอบด้วย 2 ตัว คือการประหยัดพลังงานด้านไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีในการผลิตน้ำ หากไม่ต้องผลิตน้ำเพิ่ม การประปานครหลวงสามารถคิดค่าน้ำที่ประหยัดได้หน่วยละ 0.54 บาทต่อ ลบ.ม องค์ประกอบที่ 2 คือความสัมพันธ์กับค่าผัดผ่อนการลงทุนสำหรับโครงการต่างๆทำให้เลื่อนเวลาออกไปเนื่องจากการได้น้ำเพิ่มขึ้นจากการลดน้ำรั่วไหล การคำนวณค่าของการผัดผ่อนโครงการเพื่อขยายระบบ (การผลิตหรือการจ่ายน้ำ) ใน 1 ปี และความสัมพันธ์กับอัตราการเติบโตของการผลิตของระบบ ข้อมูลค่าใช้จ่ายสำหรับโครงการปรับปรุงกิจการประปาระยะที่ 3 จะใช้ร่วมกับค่า discount rate 10 % ในการหาค่าประมาณของน้ำที่ประหยัดได้สำหรับการผัดผ่อนการลงทุนนี้คือ 4.06 บาทต่อ ลบ.ม ดังนั้นจำนวนค่าที่ประหยัดน้ำได้รวมภายใต้ความต้องการน้ำของผู้ใช้น้ำน้อยกว่าการผลิตน้ำ คือ 4.6 (4.06 + 0.54) บาทต่อ ลบ.ม

5.3 <u>ความต้องการใช้น้ำและความสามารถของการผลิตน้ำ</u>

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการใช้น้ำกับความสามารถการผลิตน้ำจะเป็นตัวบ่งถึงค่าน้ำที่ประหยัดได้จากการลดการรั่วไหล ตาราง 5-1 แสดงรายละเอียดของความต้องการใช้น้ำ-การผลิตน้ำในการนำมาวิเคราะห์ภาพรวมซึ่งการประปานครหลวงคาดการณ์ไว้ ความต้องการใช้น้ำจะมีมากกว่าค่าการผลิตไปจนถึงปี พ.ศ. 2533 หลังจากทำการลดน้ำสูญเสียจากการรั่วไหลอีก 5 % หลังจากนั้นความต้องการใช้น้ำจะพอดีกับการผลิตยกเว้นใน พ.ศ. 2536 จำนวนที่คาดการณ์สำหรับความสามารถการผลิตจะลดลงโดยจำนวนค่าที่ประมาณของการปิดอุโมงค์ส่งน้ำของเดิมในช่วงระหว่าง พ.ศ. 2532 - 2533 ถ้าอุโมงค์ส่งน้ำไม่ต้องปิดการส่งน้ำทำให้น้ำที่ผลิตได้จะเพิ่มขึ้นพอกับความต้องการใช้น้ำในปี พ.ศ. 2532

5.4 <u>การเปลี่ยนท่อแยกเข้าบ้าน</u>

5.4.1 <u>การหาค่า B/C ratio</u>

ท่อแยกเข้าบ้านของเดิมชนิดต่างๆถูกเปลี่ยนแทนด้วยท่อแยกเข้าบ้านอันใหม่ เมื่อระดับของการรั่วไหลและจำนวนการซ่อมสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายของการเปลี่ยนท่อใหม่ โดยอยู่ในรูปของปริมาณน้ำรั่วไหลซึ่งท่อที่เปลี่ยนเป็นท่อ PB ที่การประปานครหลวงใช้อยู่ปัจจุบันมาเปลี่ยนแทนท่อเหล็กอาบสังกะสีที่มีปริมาณน้ำรั่วไหลมากกว่าท่อชนิดอื่น

ตารางที่ 5.1 ศาดาดการณ์สำหรับการดำเนินการลดน้ำสูญเสีย

	2528 จริง	2529 จริง	2530	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2537
การใช้น้ำต่อราย (ลิตร/วัน)										
- ผู้อยู่อาศัย	201	205	209	214	217	219	221	223	224	225
- อุตสาหกรรม/ราชการ/ค้าขาย	78	78	78	80	80	81	82	82	82	82
- รวม	279	283	287	294	297	300	303	305	306	307
จำนวนคนต่อผู้ใช้น้ำ 1 ราย	8.3	8.2	8.1	8.0	7.9	7.6	7.7	7.6	7.5	7.4
- จำนวนผู้ใช้น้ำทั้งหมด (1000)	561	630	685	740	795	850	905	960	1015	1070
- จำนวนคนที่ใช้น้ำ (1000)	4656	5166	5549	5920	6281	6630	6969	7296	7613	7918
จำนวนน้ำใช้ผ่านมาตร (ล้านลิตรต่อวัน)										
- ผู้อยู่อาศัย	936	1059	1160	1267	1363	1452	1540	1627	1705	1782
- อุตสาหกรรม/ราชการ/ค้าขาย	363	403	433	474	502	537	571	598	624	649
- รวม	1299	1462	1592	1740	1865	1989	2111	2225	2329	2431
น้ำที่ผลิตได้										
- โรงงานผลิตน้ำ	1920	2318	2318	2318	2818	2818	3218	3218	3218	3618
- บ่อบาดาล	277	198	198	198	198					
- ข้อจำกัดอุโมงค์ส่งน้ำได้ลดลง		300	300	175	450	250				
- ผลิตได้สุทธิ	2197	2216	2216	2341	2566	2568	3218	3218	3218	3618
น้ำสูญเสีย (เปอร์เซนต์ของน้ำที่ผลิตที่คาดการณ์)										
- สูญเสียจากมาตร	6	6	5.5	5	4.5	4	3.5	3	2.5	2
- การลักใช้น้ำ	3.5	3.5	3	3	3	3	2.5	2.5	2.5	2
- การใช้เพื่อสาธารณะ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
- การรั่วไหล	30	30.4	28.5	27	24.5	23	23	22.5	22	22
- รวม (%)	40.5	40.9	38	36	33	31	30	29	28	27
น้ำที่ผลิตที่เป็นไปได้ (ล้านลิตร)	2183	2474	2568	2720	2784	2883	3016	3134	3235	3330
- น้ำที่ผลิตได้มากกว่าความต้องการ (+) หรือน้อยกว่าความต้องการ (-)	14	-258	-352	-379	-218	-315	202	84	-17	289
- น้ำที่ผลิตที่คาดการณ์ไว้	2183	2216	2216	2341	2566	2568	3016	3134	3218	3330
- การใช้น้ำผ่านมาตรที่คาดการณ์ไว้	1299	1310	1374	1498	1719	1772	2111	2225	2317	2431
น้ำสูญเสีย (ล้านลิตร)										
- สูญเสียจากมาตร	131	133	122	117	115	103	106	94	80	67
- การลักใช้น้ำ	76	78	66	70	77	77	75	78	80	67
- การใช้เพื่อสาธารณะ	22	22	22	23	26	26	30	31	32	33
- การรั่วไหล	655	674	632	632	629	591	694	705	708	733
- รวม	884	906	842	843	847	796	905	909	901	899

ที่มา : การประปานครหลวง

โดยระดับการรั่วไหลต่ำสุดเพื่อเป็นเกณฑ์ในการเปลี่ยนท่อ คือ

$$QLX = QN + P/vPVF - R(FX - FN)/1000v$$

และท่อแยกเข้าบ้านควรเปลี่ยนเมื่อ

$$QX > QLX$$

ซึ่ง QN, QX คือ การรั่วไหล (ลบ.ม/จุด/ปี) จากท่อใหม่ ท่อเดิม ตามลำดับ

QLX คือ ค่าเพดานต่ำ (lower limit) ของค่า QX สำหรับการเปลี่ยนท่อ

FN, FX คือ จำนวนการซ่อม (ครั้ง/1000 จุด/ปี) ของท่อใหม่ ท่อเดิม ตามลำดับ

P คือ ค่าใช้จ่ายต่อหน่วย (บาท/จุด) สำหรับท่อใหม่

R คือ ค่าใช้จ่ายในการซ่อมท่อ (บาท/ครั้ง)

v คือ น้ำที่ประหยัดได้/หน่วย (บาท/ลบ.ม)

PVF คือ ค่า Present value factor สำหรับค่า discount rate "d" ในระยะเวลา "y" ปี เรียกว่า useful life จะอยู่ในรูป $PVF = (1 - (1 + d)^{-y})/d$

เมื่อการรั่วไหล QX สำหรับแต่ละสาขาหรือบล็อกมากกว่า QLX การจัดอันดับสำหรับการเปลี่ยนท่อแยกเข้าบ้านจะทำการวัดโดยค่า Benefit/cost ratio (BCR) ดังนี้

$$BCR = 1 + (QX - QLX)/QZ$$

ซึ่ง $QZ = P/(vPVF)$

ค่า BCR จะเป็นตัวชี้ค่าของทวีคูณหรือคูณด้วยการลงทุนจะเป็นการลดน้ำสูญเสีย ถ้าค่า BCR = 3 คือการลงทุน 1000 บาท จะทำให้ประหยัดค่าการรั่วไหลได้ 3000 บาท

5.4.2 <u>การเลือกตัวแปร</u>

งานที่เป็นงานหลักคือการต่อบรรจบกับท่อบริการตรงจุดที่ต่อบรรจบสามารถบริการให้แก่ผู้ใช้น้ำรายเดียวหรือ 2 รายด้วยท่อแยกเข้าบ้านแบบเดี่ยวหรือคู่ ตามลำดับ การวางท่อของใหม่มีความคล้ายคลึงกับการวางแบบเดิม โดยใช้ท่อ PB ที่การประปานครหลวงใช้อยู่ปัจจุบันมาเปลี่ยนแทนท่อเหล็กอาบสังกะสี ค่ามาตรของผู้ใช้น้ำได้เปลี่ยนตำแหน่งมาไว้ข้างหน้าบ้านของผู้ใช้น้ำหรือถ้าท่อแบบเดี่ยวของผู้ใช้น้ำ 2 รายเปลี่ยนทดแทนด้วยท่อแบบคู่ สำหรับการวางแผนและจัดงบประมาณของท่อแยกเข้าบ้านจะอยู่ในรูปของหน่วยของงานของการประปานครหลวง ซึ่งหมายถึงจำนวนของจุดบรรจบท่อใหม่หรือท่อแยกเข้าบ้านใหม่มีมากกว่าจำนวนจริงๆของท่อแยกเข้าบ้านแบบเดิม

ในการเปลี่ยนท่อแยกเข้าบ้าน มาตรแบบเดิมและตัววาล์วปิดเปิดหัวท้ายจะยังนำมาใช้ได้อีกกับท่อใหม่ คาดการณ์ประมาณ 44 % ของจุดบรรจบจะเป็นท่อแยกเข้าบ้านแบบเดี่ยว และที่เหลือ 56 % เป็นแบบคู่ ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนท่อแยกเข้าบ้านรวมกับค่าแรงจะประมาณ 1530 บาท

การประปานครหลวงได้ทำรายงานเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการซ่อมหนึ่งครั้ง (R) เท่ากับ 820 บาท ปริมาณน้ำรั่วไหลจากท่อ PB ใหม่ที่เปลี่ยนแทนยังคงมีอยู่ไม่เกิน 30 ลบ.ม/จุด/ปี เป็นค่า

เฉลี่ยทั้งระบบของการติดตั้ง และ จำนวนการซ่อมท่อ PB ใหม่ใช้ค่า 10 ครั้ง/1000 จุด/ปี

จากการกล่าวข้างต้น ค่า v ที่ประหยัดน้ำได้อยู่ระหว่างค่า 5.7 หรือ 4.6 บาท/ลบ.ม ขึ้นอยู่กับจำนวนความต้องการน้ำจะมากกว่าหรือพอดีกับจำนวนการผลิตน้ำ ค่า v = 5.7 บาท/ลบ.ม เป็นค่าที่นำมาพิจารณาในกรณีจำนวนความต้องการน้ำมากกว่าจำนวนการผลิตน้ำแต่การรั่วไหลปัจจุบันมีค่ามากเพียงพอที่ทำให้การเลือก v = 5.7 บาท/ลบ.ม ไม่ใช่ตัววิกฤต เพื่อที่จะเข้มงวดต่อสัดส่วนการรั่วมากที่สุดของระบบและค่างบประมาณที่ใช้น้อยที่สุด ค่า v ควรเป็น 4.6 บาทต่อลบ.ม จากเหตุผลเดียวกัน ค่า discount rate เมื่อเปรียบเทียบสูงจะใช้ค่า 15 % ซึ่งสนับสนุนการซ่อมท่อมากกว่าการลงทุน

อายุการใช้งานของท่อ (y) สำหรับท่อแยกเข้าบ้านใหม่จะใช้ค่าที่สั้นที่สุดเมื่อประยุกต์ใช้กับการลดการรั่วไหล ท่อ PB จะมีอายุระหว่าง 20 - 30 ปี มีคำถามว่านานเท่าไรที่ท่อยังคงมีอัตราการรั่วไหลต่ำ จากสมก่ารข้างบนมีนิยามว่าการรั่วไหลยังคงมีระดับคงที่เท่ากับ QN เป็นเวลา y ปี และหลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นจนกลับไปสู่ค่า QX อายุการใช้งานของท่อใช้ 10 ปี โดยมีข้อสรุปว่าประสิทธิภาพการทำงานจะดีและระดับการรั่วไหลเดิมสำหรับท่อ PB จะเพิ่มตามอายุ

ค่าคงที่ข้างบนบนพื้นฐานของการเลือกตัวแปรนำมาใช้สำหรับการคิดค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ในการเปลี่ยนท่อ สรุปดังนี้

ตัวแปร	ค่า	หน่วย
QN	30	ลบ.ม/จุด/ปี
FN	10	ครั้ง/1000 จุด/ปี
P	1530	บาท/จุด
R	820	บาท/การซ่อม
v	4.6	บาท/การลงทุน
d	15 %	discount rate
y	10	ปี

$$PVF = (1 - (1+0.15)^{-15})/0.15$$
$$= 5.02$$

$$QZ = 1530/(4.6 \times 5.02)$$
$$= 66.3 \text{ ลบ.ม/จุด/ปี}$$

เนื่องจากการเปลี่ยนท่อแยกเข้าบ้านจะทำไปพร้อมกับการเปลี่ยนท่อบริการซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาค่าตัวแปรของการเปลี่ยนท่อบริการด้วย

5.5 การเปลี่ยนท่อบริการ

5.5.1 ทั่วๆไป

ค่าทางเศรษฐศาสตร์สำหรับท่อบริการมีตัวแปรคล้ายกับค่าของท่อแยกเข้าบ้าน ดังนี้ .-

1. $QLX = QN + P/vPVF - R(FX - FN)/1000v$
2. $QX > QLX$

3. BCR = 1 + (QX - QLX)/QZ

4. QZ = P/(vPVF)

สำหรับตัวแปรของท่อบริการจะใช้หน่วยของความยาวท่อดังนี้ .-

QX, QN, QLX, QZ การรั่วไหล (1000 ลบ.ม/กม./ปี)

FX, FN จำนวนการซ่อม (ครั้ง/กม./ปี)

P ค่าท่อ (บาท/กม.)

ส่วนค่าตัวแปรที่มีคุณสมบัติสำหรับค่าท่อบริการ ท่อแยกเข้าบ้าน คล้ายกันคือค่าของ R, v, PVF, d, y และ BCR

5.5.2 การออกแบบเลือกวัสดุที่ใช้ทำท่อบริการ

5.5.2.1 สภาวะแวดล้อมการดำเนินงาน

ปัจจัยซึ่งนำมาพิจารณาในการเลือกวัสดุที่ใช้ทำท่อและระบบข้อต่อ (joint) ที่เหมาะสมกับการใช้ในกรุงเทพฯ คือ

- ธรรมชาติของการสึกกร่อนของน้ำที่ผลิตได้และจากน้ำใต้ดิน
- การทรุดตัวของดินที่ต่างกัน
- ระดับความสามารถของการวางท่อและการซ่อมบำรุงของเจ้าหน้าที่
- คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำท่อ และ
- ประโยชน์ของการเลือกมาตราฐานของการมีขนาดและวัสดุที่ใช้ทำท่อน้อยที่สุด

ปัจจัยอื่นๆก็คือน้ำใต้ดินที่อยู่ในบริเณกรุงเทพฯปกคลุมผิวของท่อ และการทำงานของหน่วยงานอื่นจะมีผลกระทบกับเส้นท่อ นำมาพิจารณาคุณลักษณะทางกายภายของท่อชนิดต่างๆ 4 ชนิดและพิจารณาท่อที่มีลักษณะเหมาะสมกับกรุงเทพฯ

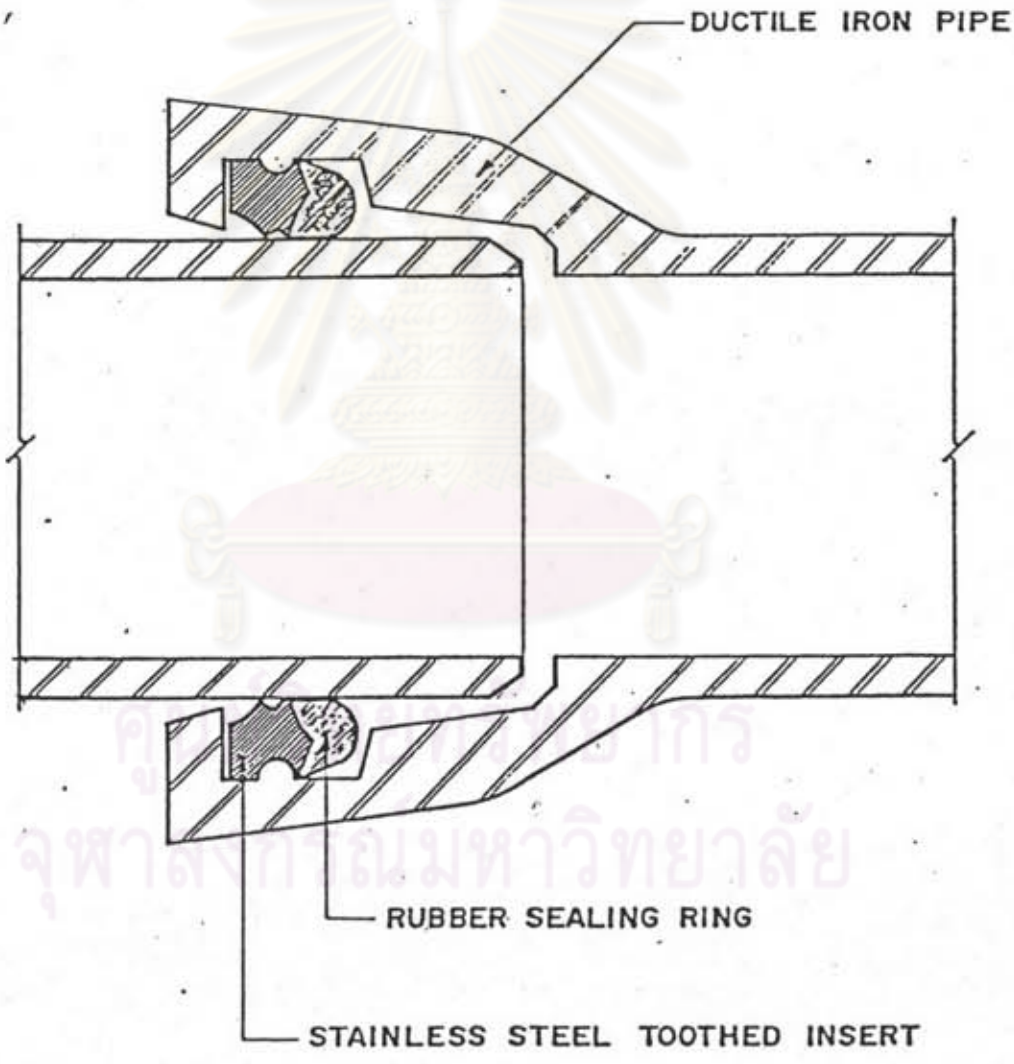
5.5.2.2 การเลือกวัสดุ

ท่อชนิด cement-lined ductile iron (DI) ซึ่ง socket และ spigot ends และอุปกรณ์ท่อ (fitting) ต่างๆ เป็นวัสดุที่ดีที่สุดสำหรับการวางท่อ สามารถใช้ใต้ดิน ใกล้ๆกับถนน บนดิน และข้ามคลอง ท่อ DI จะเหมาะสมสำหรับต่อท่อบริการหรือมาตรขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มม.และใหญ่กว่า

ท่อ DI เป็นชนิดของโลหะอ่อนซึ่งมีการต้านทานการสึกกร่อนสูง (เป็น 2 เท่าของท่อชนิด cast iron) ทนต่อการแบกน้ำหนักจากการจราจร ทนต่อการกระแทกระหว่างการก่อสร้างวางท่อ และโครงสร้างเหมาะกับการต่อท่อข้ามคลอง cement lining จะป้องกันท่อจากการสึกกร่อนภายในและการเคลือบ polyethelene จะลดการสึกกร่อนภายนอก

มีระบบการต่อที่แตกต่างกันแต่มีหนึ่งชนิดที่เหมาะสมคือแบบ restrained joint แสดงในรูปที่ 5.1 ซึ่งมีการยืดหยุ่นและเหมาะสมที่สุดสำหรับการวางท่อในพื้นที่ที่มีการทรุดตัวไม่เท่ากัน จะต้านแรงกระทำทางแนวยาว (longtitude) ดังนั้นสำหรับ anchor blocks ที่ bends และสามทาง

รูปที่ 5.1 รายละเอียดข้อต่อแบบ restrained สำหรับท่อDI



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(tee) ไม่ต้องใช้ และข้อต่อ (joint) เหมาะสำหรับการติดตั้งท่อข้ามคลองและมาตรบนดิน

ประโยชน์อื่นๆของท่อ DI คือ.-

- ท่อแยกเข้าบ้านสามารถตัดบรรจบโดยตรงกับท่อบริการโดยไม่ต้องการตัวรัดท่อ (service clamp)

- socket fitting ไม่ต้องใช้ pipe wastage ระหว่างการวางท่อ และ

- เสียงการรั่วสามารถได้ยินชัดเจนในท่อโลหะดีกว่าท่ออโลหะ

ท่อ DI เป็นเพียงหนึ่งของวัสดุที่ใช้ทำทั้ง 4 ชนิดซึ่งสามารถวางได้ทั้งบนดินและใต้ดิน ซึ่งท่ออโลหะทั้ง 3 ชนิด, ท่อ DI หรือท่อเหล็กเหนียวสามารถใช้ในการวางข้ามคลองหรือวางตามถนนได้

<u>ท่อซีเมนต์ใยหิน (AC)</u> ท่อ AC และอุปกรณ์ท่อ (fitting) ชนิด cast iron สามารถผลิตในประเทศและปัจจุบันใช้อยู่สำหรับท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 - 300 มม. ความสัมพันธ์ในเรื่องการใช้งาน ท่อ AC มีผลเสียดังนี้.-

- ท่อ AC แตกง่ายและมีค่า beam strength ต่ำซึ่งไม่เหมาะสมกับสภาวะที่มีการจราจรหนาแน่นและการทรุดตัวของดินไม่เท่ากัน

- ขณะขนส่งไปยังสนามเพื่อติดตั้ง ท่อ AC สามารถได้รับความเสียหายได้ง่าย

- ผนังท่อ AC มีผลกระทบจากน้ำที่มีฤทธิ์เป็นด่างอ่อนๆ (low alkalinity water) และดินที่ทำการสึกกร่อนที่พบโดยทั่วไปบริเวณกรุงเทพฯ ภายใต้สภาวะการณ์นี้ผนังของท่อหลุดทำให้เกิดการรั่วได้ง่าย

- ข้อต่อ (joint) บนท่อ AC มีชิ้นอยู่ข้างละ 2 ตัวจะทนต่อการรั่วไหลเมื่อเปรียบเทียบกับระบบข้อต่อ (joint) ของวัสดุอื่นๆ การเคลือบตัวท่อเองหลังจากเริ่มเสื่อมจะเป็นสาเหตุให้เกิดการรั่วไหล และ

- วัสดุไม่เหมาะสมกับการฝังเสียง

ท่อ AC นำมาใช้เนื่องจากมีราคาถูกซึ่งผลิตได้ในประเทศ แต่ไม่เป็นวัสดุที่ดีที่สุดในการนำมาใช้กับสภาวะการที่พบในกรุงเทพฯ

<u>ท่อ PVC</u> ท่อ PVC ใช้กับข้อต่อ (joint) แบบ solvent cement ซึ่งนำมาใช้กับท่อแยกเข้าบ้าน ข้อต่อ (joint) และอุปกรณ์ท่อ (fitting) บ่อยครั้งจะเสียหายเป็นเหตุให้การประปานครหลวงเปลี่ยนมาใช้ท่อ PB สำหรับท่อแยกเข้าบ้าน ท่อบริการขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. ใช้ท่อ PVC ซึ่งข้อต่อ(joint) ทำด้วย mechanical rubber-ring อุปกรณ์ท่อ (fitting) ของท่อเป็น PVC และท่อแยกเข้าบ้านนำมาใช้โดยใช้ตัวรัดท่อ (clamp) ท่อ PVC และข้อต่อ (fitting) สามารถผลิตในประเทศแต่มีผลเสียคือ

- คุณสมบัติของ PVC จะกรอบเมื่อถูกแสงแดด ถึงแม้ว่าการประปานครหลวงจะวางทิ้งท่อ PVC ไว้บนดินไม่นานขณะทำการวางท่อ แต่ไม่มีการรับประกันว่าท่อใหม่ที่นำมาใช้ถูกวางทิ้งไว้ที่อื่นมาก่อน

- ท่อ PVC จะยืดหยุ่นจำเป็นต้องใช้เทคนิคการวางท่อยากกว่าท่อแข็ง อย่างเช่นท่อ AC หรือ ท่อ DI ท่อ PVCจำเป็นต้องมีตัวรองรับเพื่อป้องกันการแบนราบภายใต้การที่มีแรงกระทำที่ผิวหน้า

- วัสดุที่ใช้จะเกิดเป็นรอยจากหินที่มีคมในการวางท่อหรือไม่ระมัดระวังการใช้เครื่องมือในการวางท่อทำให้ท่อเสียหาย และ

- วัสดุที่ใช้ไม่เหมาะสมกับการฝังเสียง

ท่อ PE ท่อ High density polyethylene (PE) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่กับข้อต่อ (joint) แบบ welded จะติดตั้งแทนท่อเก่าในเขตถนนพระรามที่ 6 และสวนลุมพินี การประปานครหลวงไม่ใช้ท่อ PE สำหรับท่อบริการ

วัสดุสามารถผลิตในประเทศและมีคุณสมบัติทางกายภาพดีกว่าท่อPVC ในเรื่องผลกระทบการยืดขวางของผิวท่อ และผลการต้านแสงอุลตราไวโอเล็ตดีกว่าท่อ PVC

ผลประโยชน์หลักของท่อ PE คือท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม.และขนาดใหญ่กว่าจะต่อเชื่อมด้วยข้อต่อ (joint) แบบ welded จำเป็นต้องใช้ความสามารถของเจ้าหน้าที่มากขึ้น ความสะอาดของผิวและมีการตรวจตราอย่างละเอียดเพื่อให้ได้ความแน่นอนและใช้เวลานานในการต่อ welded joint ในสนาม ผลกระทบบางอย่างจะเกิดขณะทำการทดสอบความดันทำให้เสียหายและมีการรั่วไหล หลังจากนั้น ท่อ PE ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. และใหญ่กว่าไม่แนะนำใช้กับพื้นที่ของกรุงเทพฯ จนกว่าระบบการต่อใช้แบบธรรมดาหรือง่ายกว่านี้

การเปรียบเทียบความแตกต่างทางคุณสมบัติทางกายภาพและทางเทคนิคต่างๆ ระหว่างวัสดุที่ใช้ทำท่อ DI AC PVC และ PE สำหรับท่อจ่ายและท่อบริการ จะแสดงไว้ในตารางที่ 5.2

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ สำหรับท่อทั้ง 4 ชนิด แสดงให้เห็นว่าท่อ DI เป็นท่อที่เหมาะสมกับการนำมาเปลี่ยนทดแทนท่อเดิม แต่สิ่งที่ควรนำมาพิจารณาอีกตัวหนึ่งคือ ค่าใช้จ่ายของการเปลี่ยนท่อแต่ละชนิด โดยเฉพาะค่าใช้จ่ายของการวางท่อ DI ซึ่งจะกล่าวต่อไป

5.5.2.3 การเปรียบเทียบราคาค่าใช้จ่าย การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของท่อ DI AC PVC และ PE จะนำค่าเทียบเท่าเงินจ่ายเท่ากันรายปี (Annual Cost) ของแต่ละชนิดของท่อมาเปรียบเทียบกัน ท่อชนิดใดที่มีค่าเทียบเท่าของเงินจ่ายเท่ากันรายปีน้อยกว่าก็จะถือว่าท่อชนิดนั้นมีความเหมาะสมมากกว่าที่จะตัดสินใจเลือก

เงื่อนไขที่ถูกกำหนดขึ้นสำหรับการเปรียบเทียบโดยวิธีคิดเป็นค่าเทียบเท่าเงินจ่ายเท่ากันรายปี ก็คือ ค่าอัตราดอกเบี้ย i ในที่นี้ใช้ค่าเท่ากับ 15 % ถือว่ามีค่าคงที่ตลอดเวลาของการเปรียบเทียบ ส่วนระยะเวลาที่จะทำการเปรียบเทียบไม่จำเป็นต้องคำนวณหาจากค่าตัวคูณร่วมน้อยของอายุการใช้งานของแต่ละชนิดท่อได้เลย โดยวิธีนี้จึงสามารถเปรียบเทียบชนิดของท่อที่นำมาทดแทนท่อเหล็กอาบสังกะสีทั้งที่มีอายุการใช้งานเท่ากันและไม่เท่ากันได้ทันที โดยไม่ต้องคำนวณหาระยะเวลาที่จะทำการเปรียบเทียบก่อน

โดยหลักการวางท่อและชนิดของท่อที่ทนความดันตามเกรดของแต่ละชนิดท่อที่นำมาใช้พิจารณาเพื่อนำมาหาค่าใช้จ่ายในการวางท่อ ดังนี้.-

- ท่อแยกเข้าบ้านจะติดตั้งอยู่ในช่วง 5 เมตรบนท่อบริการขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม.และท่อจ่ายน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มม. และช่วง 10 เมตรสำหรับท่อจ่ายน้ำขนาดเส้นผ่าน

ตารางที่ 5.2

การเปรียบเทียบระหว่างวัสดุที่ใช้ทำท่อที่แตกต่างกัน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. ถึง 300 มม.)

(+ คือ เหมาะสม, - คือ ไม่เหมาะสม)

หัวข้อพิจารณา	วัสดุที่ใช้ทำท่อ			
	DI	AC	PVC	PE
- ทนต่อการเสียหายจากการขนส่งก่อนวางท่อ	++++	-	+	++
- ทนต่อการวางท่อที่ไม่เหมาะสมและสภาพภูมิศาสตร์	++++	++	-	+
- เหมาะสมกับการวางท่อรอดถนนและข้ามคลอง	++++	-	-	-
- ง่ายต่อการวางท่อและการติดตั้งท่อแยกเข้าบ้าน	+++	++	++++	+++
- ทนต่อการสึกกร่อน (ด้วยการป้องกันด้วยการเคลือบผิว)	++++	++	++++	++++
- ทนต่อการทรุดตัวของดินไม่เท่ากันและการแตกของท่อ	++++	-	+	+++
- ทนต่อการเสียหายเมื่อยังไม่ได้ใช้งาน	++++	+	+	+
- อายุการใช้งาน	++++	++	+	+++
- ค่าใช้จ่ายในเรื่องวัสดุที่ใช้ทำท่อ, การก่อสร้าง และการดำเนินงาน	+++	++	+	+++
- ทนต่อการรั่วไหลที่ข้อต่อ	++++	++	++++	+++
- ทนต่อความดันของน้ำ	++++	++++	+++	+++

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์กลาง 200 มม.

- ข้อต่อรูปตัว T (tee branches) ติดตั้งในช่วง 30 เมตรสำหรับท่อบริการขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. และท่อจ่ายน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มม.และช่วง 50 เมตรสำหรับท่อจ่ายน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มม.
- วาล์วติดตั้งในช่วง 10 เมตร สำหรับท่อทั้ง 3 ขนาด
- ความดันของท่อจะแบ่งตามนี้.-

  ท่อ DI ใช้ class K9

  ท่อ AC ใช้ class 20

  ท่อ PVC ใช้ class 13.5

  ท่อ PE ใช้ class 10
- ยอมให้มีการแตกหรือเสียหายจากท่อ AC และ ท่อ PVC
- ภาษีนำเข้า 50 % ของท่อ DI และอุปกรณ์ท่อ
- ค่าใช้จ่ายการวางท่อจะใช้ค่าเฉลี่ยของการประปานครหลวง

จากตารางที่ 5.3 ได้แสดงราคาค่าใช้จ่ายของค่าวัสดุรวมกับค่าแรงงานของชนิดท่อที่นำมาเปลี่ยนทดแทน ยกเว้นราคาของท่อ PE ซึ่งเป็นท่อที่การประปานครหลวงไม่นำมาใช้เปลี่ยนทดแทนในท่อบริการ , อายุการใช้งานของท่อ , ค่าดอกเบี้ย , ปริมาณน้ำรั่วไหลของท่อที่เปลี่ยนทดแทนเพื่อนำมาหาค่าใช้จ่ายรายปีของแต่ละชนิดท่อ โดยนำราคาค่าน้ำต่อ ลบ.ม มาคิดโดยค่าของต้นทุนการผลิตน้ำรวมกับค่าผัดผ่อนเงินลงทุน มีค่าเท่ากับ 4.6 บาท/ลบ.ม มาคูณกับปริมาณน้ำรั่วไหลของท่อใหม่ที่เปลี่ยนทดแทนจะได้ค่าใช้จ่ายรายปี โดยขนาดท่อที่นำมาพิจารณาคือ ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. ที่มีความเหมาะสมกับการใช้ท่อแยกเข้าบ้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. และเป็นการลดขนาดท่อของการประปานครหลวงให้น้อยลงจึงมีความสะดวกต่อการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ซึ่งใช้ความสามารถลดลงและประหยัดเวลา

ตารางที่ 5.3 ราคาท่อต่อหน่วยความยาว, อายุการใช้งานของท่อ, ค่าดอกเบี้ย, ปริมาณน้ำรั่วไหลของท่อที่นำมาเปลี่ยนทดแทน และค่าใช้จ่ายรายปี

ชนิดท่อ	ราคาต่อหน่วย (บาท/กม.)	อายุท่อ (ปี)	ค่าดอกเบี้ย (%)	ปริมาณน้ำรั่วไหล (ลบ.ม/ปี)	มูลค่าน้ำรั่วไหล/ปี (บาท/กม./ปี)
AC	710,000	15	15	16,000	73,600
PVC	795,000	15	15	10,000	46,000
DI	965,000	40	15	5,000	23,000

ทำการเปรียบเทียบค่าเทียบเท่าเงินจ่ายเท่ากันรายปี (Annual Cost) ตามชนิดท่อ ดังนี้.-

ท่อ AC

ค่าเทียบเท่าเป็นเงินจ่ายค่าการเปลี่ยนท่อต่อปี = 710000 (CRF, 15 %, 15)
= 710000 (0.17102)
= 121424.2 บาท

มูลค่าน้ำรั่วไหล/ปีของท่อ AC = ปริมาณน้ำรั่วไหลของท่อที่เปลี่ยนทดแทน x ราคาต่อหน่วยของน้ำสูญเสีย
= 16000 x 4.6
= 73600 บาท

ค่าเทียบเท่าเงินจ่ายรายปีของท่อ AC = 121424.2 + 73600
= 175024.2 บาท

ท่อ PVC

ค่าเทียบเท่าเป็นเงินจ่ายค่าการเปลี่ยนท่อต่อปี = 795000 (CRF, 15 %, 15)
= 795000 (0.17102)
= 135960.9 บาท

มูลค่าน้ำรั่วไหล/ปีของท่อ PVC = ปริมาณน้ำรั่วไหลของท่อที่เปลี่ยนทดแทน x ราคาต่อหน่วยของน้ำสูญเสีย
= 10000 x 4.6
= 46000 บาท

ค่าเทียบเท่าเงินจ่ายรายปีของท่อ PVC = 135960.9 + 46000
= 181960.9 บาท

ท่อ DI

ค่าเทียบเท่าเป็นเงินจ่ายค่าการเปลี่ยนท่อต่อปี = 965000 (CRF, 15 %, 40)
= 965000 (0.15056)
= 145290.4 บาท

มูลค่าน้ำรั่วไหล/ปีของท่อ DI = ปริมาณน้ำรั่วไหลของท่อที่เปลี่ยนทดแทน x ราคาต่อหน่วยของน้ำสูญเสีย
= 23000 x 4.6
= 23000 บาท

ค่าเทียบเท่าเงินจ่ายรายปีของท่อ DI = 145290.4 + 23000
= 168290.4 บาท

เมื่อเปรียบเทียบเงินจ่ายเท่ากันรายปีของการเปรียบเทียบท่อทั้ง 3 ชนิด พบว่าค่าตัวเลขของการเปลี่ยนท่อ DI มีค่าน้อยที่สุด จึงสรุปได้ว่าจากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์โดยวิธีเปรียบเทียบเท่ากันรายปีแล้วควรที่จะเลือกท่อ DI มาใช้เปลี่ยนทดแทนท่อเหล็กอาบสังกะสี

5.5.3 การเลือกตัวแปร

การประปานครหลวงได้ทำรายงานเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการซ่อมท่อบริการ (R) เท่ากับ 5000 บาท/การซ่อม 1 ครั้ง ปริมาณน้ำรั่วไหลจากท่อ DI ใหม่ที่เปลี่ยนแทนท่อเดิมยังคงมีอยู่ 5000 ลบ.ม/กม./ปี และจำนวนการซ่อมท่อ DI ใหม่ เท่ากับ 1 ครั้ง/กม./ปี โดยเสียค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อ เท่ากับ 965000 บาท/กม. สามารถคงสภาพในช่วงเวลา 15 ปี

สำหรับราคาน้ำที่กลับคืนมาได้เมื่อทำการเปลี่ยนท่อแล้วมีค่าเท่ากับ 4.6 บาท/ลบ.ม และค่า discount rate 15 % ที่นำมาพิจารณาเพื่อเป็นเกณฑ์ในการให้ผลประโยชน์ต่ำสุด และการใช้ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อมากที่สุด เพื่อการจัดสรรงบประมาณที่ใช้ให้น้อยที่สุด

ทำให้ได้ค่า

$$PVF = (1 - (1 + d)^{-y})/d$$
$$= (1 - (1 + 0.15)^{-15}) / 0.15$$
$$= 5.85$$

$$QZ = P/vPVF$$
$$= 965000 /(4.6 \times 5.85)$$
$$= 35800 \text{ ลบ.ม/กม./ปี}$$

ค่าคงที่ข้างบนอยู่บนพื้นฐานของการเลือกตัวแปรที่นำมาใช้สำหรับการคิดค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ในการเปลี่ยนท่อ สรุปดังนี้.-

ตัวแปร	ค่า	หน่วย
QN	5	1000 ลบ.ม/กม./ปี
FN	1	ครั้ง/กม./ปี
P	965000	บาท/กม.
R	5000	บาท/การซ่อม 1 ครั้ง
v	4.6	บาท/ลบ.ม
d	15 %	
y	15	ปี
PVF	5.85	
QZ	35.8	1000 ลบ.ม/กม./ปี

ในการออกแบบและก่อสร้างวางท่อจริง ท่อแยกเข้าบ้านชนิดเหล็กอาบสังกะสีจะเปลี่ยนไปด้วยเมื่อทำการเปลี่ยนท่อบริการชนิดเหล็กอาบสังกะสี จากสาเหตุนี้การคิดค่าทางเศรษฐศาสตร์คือค่าผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายสำหรับการเปลี่ยนท่อของทั้ง 2 ขนาดในเวลาเดียวกันในพื้นที่บล็อกเพื่อนำมา

หาค่า B/C ratio สำหรับการจัดอันดับพื้นที่บล็อกเพื่อพิจารณาการเปลี่ยนท่อก่อนหรือหลัง

5.6 การจัดอันดับค่า B/C ratio ในการเปลี่ยนท่อของพื้นที่บล็อก

จากข้อมูลที่รู้ระดับของบล็อกที่ใช้เป็นจำนวนของผู้ใช้น้ำและประมาณ 72 % ของบล็อกที่ผลลัพธ์ของการทดสอบ MNF ให้ข้อมูลเพียงพอที่คำนวณค่าปริมาณน้ำรั่วไหลตอนกลางคืน Net night flow ข้อมูลจำนวนการวางท่อเพราะการซ่อมท่อรั่วสำหรับแต่ละบล็อกหาได้ยาก การจัดอันดับของบล็อกใช้การดำเนินการดังนี้

- ข้อมูลสำหรับการทดสอบบล็อกจะขยายไปหาระดับสาขา โดยการประมาณค่าจำนวนบล็อกสะสม จำนวนผู้ใช้น้ำ และการรั่วไหลสะสมสำหรับทุกๆบล็อกในสาขานั้นๆ การทดสอบบล็อกจะถูกแทนเป็นช่วงๆโดยค่าของการรั่วไหลต่อรายผู้ใช้น้ำ

- จำนวนทั้งหมดของบล็อกในสาขาหนึ่งๆ ค่าตัวแปรที่แน่นอนเป็นการแปรเปลี่ยนในสัดส่วนโดยตรงด้วยจำนวนผู้ใช้น้ำ การเพิ่มจำนวนของท่อแยกเข้าบ้านเหล็กอาบสังกะสี ความยาวท่อบริการเหล็กอาบสังกะสี และค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อเหล็กอาบสังกะสีทั้งหมด

- การรั่วไหลจากท่อเหล็กอาบสังกะสีสำหรับท่อแยกเข้าบ้าน ท่อบริการ เป็นสัดส่วนตามจำนวนการรั่วไหลจากบล็อกหมายถึงการรั่วไหลจากวัสดุที่ใช้ทำท่อทั้งหมดจะมีค่าสูงในทุกๆบล็อกซึ่งการรั่วไหลรวมสูง

- ท่อ DI จะถูกนำมาเปลี่ยนแทนท่อเหล็กอาบสังกะสีในท่อบริการ และท่อแยกเข้าบ้านยังคงใช้ท่อ PB เปลี่ยนแทนท่อเหล็กอาบสังกะสี

- ค่าผลประโยชน์ของทุกๆการลดลงในเรื่องจำนวนการซ่อมเมื่อเปลี่ยนท่อใหม่ทดแทนในส่วนของอัตราส่วน B/C ratio สามารถละไว้ได้ เนื่องจากมีผลกระทบค่าตัวแปรน้อยมาก มีเพียงค่า present value ของการรั่วไหลที่นำมาพิจารณา

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า B/C ratio สำหรับการเปลี่ยนท่อบริการและท่อแยกเข้าบ้านในบล็อกที่ 11 ของสาขาบางกอกน้อย ในขณะทำการวัดค่า MNF มีข้อมูลไม่ครบทุกบล็อกในสาขาจำเป็นต้องปรับข้อมูลของจำนวนผู้ใช้น้ำจาก 49,266 ราย มากระจายให้แก่บล็อกเพื่อให้มีจำนวนผู้ใช้น้ำเป็น 56,275 รายของทั้งสาขา และปรับค่าการรั่วไหลตอนกลางคืน (net night flow) มาเป็นการรั่วไหลทั้งวันในปีนั้น ๆ จาก 9.14 ล้าน ลบ.ม มาเป็น 7.3 ล้าน ลบ.ม ในสาขาบางกอกน้อยซึ่งกล่าวมาแล้วในบทที่ 4 และกระจายปริมาณน้ำรั่วไหลแก่บล็อกทุกบล็อก เพื่อนำไปหาค่า B/C ratio ในบล็อกนั้น

ก่อนอื่นจำเป็นต้องหาค่า present value ของการรั่วไหลในสาขาบางกอกน้อย โดยทราบค่า

ปริมาณน้ำรั่วไหลในสาขาบางกอกน้อยทั้ง 32 บล็อก = 7.3 ล้าน ลบ.ม

จำนวนผู้ใช้น้ำในสาขาบางกอกน้อย = 56275 ราย

จำนวนท่อแยกเข้าบ้านชนิดเหล็กอาบสังกะสีทั้งสาขา = 17018 จุด

จำนวนท่อบริการชนิดเหล็กอาบสังกะสีทั้งสาขา = 115.9 กม.

จะได้ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนทั้งสาขาบางกอกน้อยสำหรับท่อแยกเข้าบ้านและท่อบริการชนิดเหล็กอาบสังกะสีโดยใช้ท่อ PB แทนสำหรับท่อแยกเข้าบ้านและท่อ DI แทนสำหรับท่อบริการ

เท่ากับ (จำนวนท่อแยกเข้าบ้าน x ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อ PB แทน) + (ความยาวท่อบริการ x ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อ DI แทน)

= (17018 x 1530) + (115.9 x 965000)

= 26,037,540 + 111,843,500

= 137,881,040 บาท

ปริมาณน้ำรั่วไหลของท่อเหล็กอาบสังกะสีสำหรับท่อแยกเข้าบ้าน = 3.6 ล้าน ลบ.ม

ปริมาณน้ำรั่วไหลของท่อเหล็กอาบสังกะสีสำหรับท่อบริการ = 1.4 ล้าน ลบ.ม

ปริมาณน้ำรั่วไหลของท่อเหล็กอาบสังกะสีสำหรับท่อ 2 ขนาดรวม= 5.0 ล้าน ลบ.ม

ปริมาณน้ำรั่วไหลจากการเปลี่ยนท่อใหม่ทดแทนท่อเดิมสำหรับท่อ 2 ขนาด เท่ากับ

(จำนวนท่อแยกเข้าบ้าน x ปริมาณน้ำรั่วไหลของท่อ PB ใหม่) +

(ความยาวท่อบริการ x ปริมาณน้ำรั่วไหลของท่อ DI ใหม่)

= (17018 x 30) + (115.9 x 5000)

= 510540 + 579500

= 1090040 ลบ.ม

ค่า present value ของปริมาณน้ำรั่วไหล = ราคาค่าน้ำที่ประหยัดได้ x

((PVF ของการเปลี่ยนท่อแยกเข้าบ้าน x ปริมาณน้ำรั่วไหลในท่อแยกเข้าบ้าน) +

(PVF ของการเปลี่ยนท่อบริการ x ปริมาณน้ำรั่วไหลในท่อบริการ)) / ปริมาณน้ำรั่วไหลรวมของท่อทั้ง 2 ขนาด

= 4.6 ((5.02 x 3.6) + (5.85 x 1.4)) / 5.0

= 4.6 x 26.26 / 5.0

= 24.16 บาท/ลบ.ม/ปี

จากนั้นนำมาหาค่า B/C ratio ในแต่ละบล็อกโดยยกตัวอย่างบล็อกที่ 11 สาขาบางกอกน้อย ดังนี้ .-

บล็อกที่ 11 สาขาบางกอกน้อย จากข้อมูลของตารางที่ 5.4 สำหรับสาขาบางกอกน้อย (ส่วนของทั้ง 10 สาขา แสดงไว้ในตารางภาคผนวก ฉ.)

จำนวนผู้ใช้น้ำสะสม = 22976 ราย

ปริมาณน้ำรั่วไหลสะสม = 6.0 ล้าน ลบ.ม

จำนวนท่อแยกเข้าบ้าน GI สะสม = $\frac{\text{จำนวนท่อแยกเข้าบ้านGIทั้งหมด x จำนวนผู้ใช้น้ำสะสมในบล็อกนั้น}}{\text{จำนวนผู้ใช้น้ำสะสมทั้งสาขา}}$

= (17018 x 22976)/56275 = 6948 จุด

ความยาวท่อบริการ GI สะสม = $\frac{\text{ความยาวท่อบริการ GI ทั้งหมด x จำนวนผู้ใช้น้ำสะสมในบล็อกนั้น}}{\text{จำนวนผู้ใช้น้ำสะสมทั้งสาขา}}$

ตารางที่ 5.4 การจัดอันดับบล็อกโดย BENEFIT/COST.RATIOในแต่ละสาขาบนกดเนื้อย

รหัสสาขา	เลขที่บล็อก	ระดับของสาขา			การเปลี่ยนแปลงทองเหลืองอายลังกะดิ(GI) สำหรับทอยให้ความและถอนยกเข้าบ้าน								
		จำนวนผู้ใช้น้ำสะสม	จำนวนบล็อกสะสม	น้ำไหลสะสม ล้าน ลบ.ม	จำนวนทอยแยกเข้าบ้านสะสม	ทอยบริการสะสม (กม.)	ค่าใช้จ่ายเปลี่ยนทอGI สะสม	ค่า OX สะสม ล้าน ลบ.ม	ค่า OM สะสม ล้าน ลบ.ม	น้ำไหลคงเหลืออยู่ ล้าน ลบ.ม	ปริมาณน้ำประหยัดได้ ล้าน ลบ.ม	ค่าใช้จ่ายเปลี่ยนทอ ล้านบาท	BENEFIT /Cost Ratio
1	17	2667	1	2.2	807	5.5	6.5	1.5	0.1	5.9	1.4	6.5	5.34
1	31	4619	2	2.8	1397	9.5	11.3	1.9	0.1	5.5	0.4	4.8	1.78
1	30	7023	3	3.3	2124	14.5	17.2	2.3	0.1	5.2	0.3	5.9	1.36
1	37	9081	5	3.8	2746	18.7	22.2	2.6	0.2	4.9	0.3	5.0	1.34
1	35	12127	6	4.4	3667	25.0	29.7	3.0	0.2	4.6	0.3	7.5	1.11
1	19	14560	7	4.8	4403	30.0	35.7	3.3	0.3	4.3	0.3	6.0	1.06
1	47	16558	8	5.2	5007	34.1	40.6	3.5	0.3	4.1	0.2	4.9	0.99
1	56	17723	9	5.4	5360	36.5	43.4	3.7	0.3	4.0	0.1	2.9	0.96
1	45	19824	10	5.6	5995	40.8	48.6	3.8	0.4	3.9	0.1	5.1	0.63
1	11	22976	11	6.0	6946	47.3	56.3	4.1	0.4	3.7	0.2	7.7	0.61
1	23	25425	13	6.3	7689	52.4	62.3	4.3	0.5	3.5	0.1	6.0	0.55
1	43	26266	14	6.3	7943	54.1	64.4	4.3	0.5	3.5	0.0	2.1	0.37
1	25	27526	15	6.4	8325	56.7	67.4	4.4	0.5	3.5	0.0	3.1	0.36
1	39	29741	16	6.6	8994	61.3	72.9	4.5	0.6	3.4	0.1	5.4	0.35
1	21	32190	17	6.8	9735	66.3	78.9	4.6	0.6	3.3	0.1	6.0	0.22
1	64	33241	18	6.8	10052	68.5	81.4	4.7	0.6	3.3	0.0	2.6	0.20
1	67	35581	19	7.0	10760	73.3	87.2	4.8	0.7	3.2	0.0	5.7	0.20
1	60	38300	21	7.1	11582	78.9	93.8	4.9	0.7	3.2	0.0	6.7	0.16
1	41	40179	22	7.2	12150	82.8	98.4	4.9	0.8	3.2	0.0	4.6	0.15
1	53	41547	23	7.2	12564	85.6	101.8	5.0	0.8	3.2	0.0	3.4	0.04
1	54	42358	24	7.3	12809	87.2	103.8	5.0	0.8	3.2	0.0	2.0	0.00
1	15	44674	25	7.3	13510	92.0	109.5	5.0	0.9	3.2	0.0	5.7	0.00
1	63	46778	26	7.3	14146	96.3	114.6	5.0	0.9	3.2	0.0	5.2	0.00
1	13	48714	27	7.3	14732	100.3	119.4	5.0	0.9	3.3	0.0	4.7	0.00
1	52	50009	29	7.3	15123	103.0	122.5	5.0	1.0	3.3	0.0	3.2	0.00
1	57	51909	30	7.3	15695	106.9	127.2	5.0	1.0	3.3	0.0	4.7	0.00
1	55	53339	31	7.3	16130	109.9	130.7	5.0	1.0	3.3	0.0	3.5	0.00
1	50	56275	32	7.3	17018	115.9	137.9	5.0	1.1	3.4	-0.1	7.2	0.00
2	47	894	2	0.7	180	0.9	1.2	0.5	0.0	13.7	0.4	1.2	9.46
2	85	2270	4	1.6	458	2.3	3.0	1.0	0.0	13.1	0.5	1.8	7.39
2	51	5006	6	3.0	1009	5.2	6.5	1.9	0.1	12.3	0.9	3.6	5.90
2	42	7965	7	4.3	1602	8.2	10.4	2.7	0.1	11.5	0.8	3.8	5.04
2	45	9854	9	5.0	1987	10.2	12.9	3.2	0.1	11.0	0.5	2.5	4.49
2	41	14147	11	6.7	2852	14.6	18.5	4.2	0.2	10.0	1.0	5.6	4.49
2	32	18474	13	8.3	3724	19.1	24.1	5.2	0.2	9.1	0.9	5.6	4.14
2	26	19911	15	8.8	4014	20.6	26.0	5.5	0.2	8.8	0.3	1.9	3.82
2	22	21248	17	9.1	4284	21.9	27.7	5.7	0.2	8.6	0.2	1.7	2.45

= (115.9 x 22976)/56275 = 47.3 กม.

ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อ GI สะสม (สำหรับท่อบริการและท่อแยกเข้าบ้าน) = ค่าใช้จ่ายรวมของการเปลี่ยนท่อทั้ง 2 x จำนวนผู้ใช้น้ำสะสมในบล็อกนั้น / จำนวนผู้ใช้น้ำสะสมทั้งสาขา

= (137.4 x 22976)/56275 = 56.26 ล้านบาท

ปริมาณน้ำสูญเสียก่อนเปลี่ยนท่อสะสม = ปริมาณน้ำรั่วไหลจากท่อGIรวม x ปริมาณน้ำรั่วไหลสะสมของบล็อก / ปริมาณน้ำรั่วไหลสะสมทั้งสาขา

= (5.00 x 6.0)/7.3 = 4.1 ล้าน ลบ.ม

ปริมาณน้ำสูญเสียเปลี่ยนท่อใหม่ทดแทนสะสม = ปริมาณน้ำรั่วไหลเปลี่ยนท่อรวม x จำนวนผู้ใช้น้ำสะสมในบล็อกนั้น / จำนวนผู้ใช้น้ำสะสมทั้งสาขา

= (1.1 x 22976)/56275 = 0.449 ล้าน ลบ.ม

ปริมาณน้ำรั่วไหลคงเหลือสะสม = ปริมาณน้ำรั่วไหลสะสมทั้งสาขา - ปริมาณน้ำสูญเสียก่อนเปลี่ยนท่อสะสม + ปริมาณน้ำสูญเสียเปลี่ยนท่อใหม่สะสม

= 7.3 - 4.1 + 0.449 = 3.65 ล้าน ลบ.ม

ปริมาณน้ำที่ประหยัดกลับคืนมาได้ = (ปริมาณน้ำรั่วไหลสะสมของบล็อกที่ 11 - ปริมาณน้ำรั่วไหลสะสมของบล็อกที่ 45) - (ปริมาณน้ำรั่วไหลเมื่อเปลี่ยนท่อทดแทนของบล็อกที่ 11 - ปริมาณน้ำรั่วไหลเมื่อเปลี่ยนท่อทดแทนของบล็อกที่ 45)

= 4.1 - 3.8 - (0.449 -0.387)

= 0.2 ล้าน ลบ.ม

ค่าใช้จ่ายการเปลี่ยนท่อในบล็อกนั้น = ค่าใช้จ่ายเปลี่ยนท่อ GI สะสมของบล็อกที่ 11 - ค่าใช้จ่ายเปลี่ยนท่อ GI สะสมของบล็อกที่ 45

= 56.26 - 48.54

= 7.72 ล้านบาท

ค่า B/C ratio ของการเปลี่ยนท่อบริการและท่อแยกเข้าบ้านชนิดเหล็กอาบสังกะสีในบล็อกที่ 11 สาขาบางกอกน้อย = ค่า present value ของการประหยัดน้ำ x ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้ / ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อทดแทน

= (24.16 x 0.2)/7.72 = 0.62

เมื่อทราบค่า B/C ratio ในแต่ละพื้นที่บล็อกของสาขาทั้ง 10 สาขาแล้วนำมาจัดอันดับ โดยนำค่า B/C ratio ที่มีค่ามากมาจัดอันดับก่อน ดังแสดงการจัดอันดับด้วยค่า B/C ratio ในตารางที่ 5.5 (การจัดอันดับบล็อกทั้งหมดด้วยค่า B/C ratio แสดงในตารางภาคผนวก ช) ซึ่งจะพิจารณาค่าที่ได้ของบล็อกบางบล็อกที่มีผลต่อการหาผลลัพธ์หรือผลที่ได้จากการทำการเปลี่ยนท่อนั้น ๆ เช่น

บล็อกที่ 51 ในสาขาแม้นศรีมีผู้ใช้น้ำอยู่ 139 ราย รวมทั้งผู้ใช้น้ำทางราชการ 78 ราย และโรงพยาบาล 8 ราย มาตรของผู้ใช้น้ำรายใหญ่ 12 ตัวบันทึกค่าความต้องการน้ำโดยเฉลี่ยตอน

ตารางที่ 5.5 การจัดอันดับของบล็อกในระบบทั้งหมดโดยค่า BENEFIT/COST.RATIO

อันดับที่	รหัสสาขา	เลขที่บล็อก	B/C RATIO	จำนวนบล็อกสะสม	ค่าใช้จ่ายสะสม ล้าน ลบ.ม	จำนวนท่อแยกเข้าบ้านสะสม	ความยาวท่อบริการกิโลเมตร	ปริมาณน้ำกลับคืนมา ล้าน ลบ.ม/ปี	ปริมาณน้ำร่วไหลเหลือ ล้าน ลบ.ม	จำนวนผู้ใช้น้ำสะสม
1	3	72	189.2	1	0	23	0	1	244	90
2	6	49	154.8	3	0	34	0	2	244	118
3	3	71	87.9	4	0	39	0	2	243	137
4	7	34	67.1	5	0	42	0	2	243	147
5	7	30	59.2	6	0	44	0	2	243	153
6	6	68	46.8	7	2	284	1	5	240	743
7	6	51	44.4	9	2	354	2	6	239	914
8	6	74	26.0	10	3	527	3	8	238	1339
9	3	46	19.3	11	6	859	4	9	236	2657
10	6	63	18.8	12	7	1054	5	10	235	3135
11	3	28	17.8	14	8	1252	6	11	234	3920
12	7	70	17.6	15	10	1415	8	13	232	4440
13	6	67	17.2	16	14	2095	11	16	229	6110
14	6	77	17.2	17	16	2398	13	18	227	6853
15	13	64	17.1	19	20	2826	16	20	225	8601
16	7	23	16.5	20	25	3226	20	24	222	9882
17	12	76	16.4	21	25	3260	21	24	221	10432
18	6	40	13.8	23	26	3396	22	25	221	10766
19	6	66	13.1	24	27	3599	23	25	220	11263
20	6	73	12.4	25	28	3798	23	26	219	11752
21	7	10	11.7	26	34	4259	29	29	217	13227
22	4	12	11.6	28	38	4751	32	31	215	15298
23	7	17	11.5	29	41	4991	34	32	213	16068
24	13	48	11.2	30	41	5039	35	32	213	16261
25	6	39	11.0	31	42	5212	36	33	213	16686
26	6	69	10.9	33	46	5844	39	35	211	18237
27	13	15	10.4	34	50	6334	42	36	209	20237
28	13	16	10.3	35	54	6794	46	38	207	22115
29	5	61	9.8	36	60	7994	49	40	205	24848
30	13	46	9.7	37	62	8207	51	41	204	25718
31	6	57	9.7	38	68	9267	56	44	201	28320
32	2	47	9.5	40	70	9447	57	45	201	29213
33	3	38	9.4	41	70	9486	57	45	201	29370
34	7	80	9.3	43	80	10337	67	49	197	32090

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กลางคืนได้ 120.5 ลบ.ม/ชม. ซึ่งทำให้ลดจำนวน MNF ทั้งหมดจาก 1245 ให้เหลือ net night flow เพียง 413 ลิตร/จุด/ชม.

จากผลกระทบนี้ทำให้ทราบว่าการประปานครหลวงควรปรับค่าการวัด MNF โดยหักลบค่าความต้องการน้ำตอนกลางคืนของผู้ใช้น้ำรายใหญ่ออกก่อนมาหาค่าน้ำรั่วไหลตอนกลางคืน (NNF) ในบล็อกนั้น

บล็อกที่ 24 ของสาขาสมุทรปราการแบ่งออกได้เป็น 4 เขตย่อย ๆ (step-test) แต่ละเขตมีระบบแยกออกจากกันในเวลากลางคืนขณะทำการวัดมีการเปลี่ยนค่าอัตราการไหล ผลลัพธ์ที่เริ่มต้นแสดงให้เห็นว่าจำนวนมากของการไหลตอนกลางคืนถูกจำกัดลงในเขต 2 เขต

ผลลัพธ์จะแสดงการ step-test สามารถใช้หาพื้นที่เล็กๆที่มีการรั่วไหลมาก เทคนิคนี้ใช้ในพื้นที่ที่มีความดันต่ำซึ่งเป็นการดีในการชี้ชัดในพื้นที่เล็กๆที่มีการรั่วไหลมาก

ในบล็อกที่ 71 ของสาขานนทบุรี ความยาวท่อบริการของท่อเหล็กอาบสังกะสี 10.9 กม. และจำนวนท่อแยกเข้าบ้าน 1221 จุดถูกเปลี่ยนภายใต้โครงการเปลี่ยนท่อ ค่า MNF ทำก่อนและหลังการซ่อมและเปลี่ยนแปลงให้เห็นว่าการรั่วไหลลดลงจาก 35 มาเหลือ 17 ลิตร/จุด/ชม.

การไหลที่ชี้ให้เห็นหลังจากการเปลี่ยนท่อเป็นความจำเป็นในทางปฏิบัติ ตัวชี้นี้จำเป็นที่พิสูทธ์ผลประโยชน์แท้จริงของการเปลี่ยนท่อและพิสูทธ์ว่าประเภทของโครงการซึ่งให้ผลการลดน้ำรั่วไหลมากที่สุด

เมื่อทำการจัดอันดับพื้นที่บล็อกโดยนำค่า B/C ratio ของการเปลี่ยนท่อแยกเข้าบ้านและท่อบริการมาพิจารณาแล้วจะได้นำไปสู่การวางแผนดำเนินงานเปลี่ยนท่อเพื่อลดน้ำสูญเสียให้ได้ตามเป้าหมายต่อไป โดยทำการเปรียบเทียบเกี่ยวกับการดำเนินงานของการประปานครหลวงที่ผ่านมาซึ่งจำเป็นที่ต้องวิเคราะห์ค่า B/C ratio ที่ได้ว่ามีอัตราผลตอบแทนคุ้มกับเงินลงทุนหรือไม่เมื่อทำโครงการที่การประปานครหลวงจัดสรรงบประมาณให้แต่ละปี หากการวิเคราะห์ด้วยค่า B/C ratio เพื่อการเปลี่ยนท่อสามารถประหยัดเงินลงทุนหรือได้ผลประโยชน์ตอบแทนมามากกว่าการดำเนินงานของการประปาเอง ทำให้ได้อัตราผลตอบแทนกับคืนมาสูงขึ้น

5.7 <u>การวิเคราะห์ค่า B/C ratio</u>

การเทียบเท่าเงินลงทุนหรือค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ที่ได้รับจากการเปลี่ยนท่อจะนำค่าอัตราผลตอบแทนIRR (internal rate of return) มาใช้วัด จากการคำนวณค่าอัตราผลตอบแทน (IRR) สามารถรู้ค่าตัวเลขที่วัดค่าทางเศรษฐศาสตร์ สรุปผลของค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์จากโครงการตามงบประมาณที่การประปานครหลวงจัดให้ในแต่ละปี ดังนี้.-

- ค่าใช้จ่ายของโครงการจะเกิดในช่วง พ.ศ. 2529 - 2532
- การเพิ่มของค่าใช้จ่ายการดำเนินงานในการตรวจจับท่อรั่วที่เพิ่มขึ้นและการซ่อมแซมท่อซึ่งจำเป็นต่อการป้องกันให้ผลประโยชน์ยังคงอยู่ การเพิ่มค่าใช้จ่ายการดำเนินงานจะเริ่มตั้งแต่ พ.ศ. 2531 และขึ้นไปจนถึงจุดสูงสุด พ.ศ.2533 และจะคงที่เรื่อยๆ
- ผลประโยชน์ของโครงการจะวัดในรูปของการลดการรั่วไหล (ลบ.ม) คำนวณจากการหักการรั่วไหลจากการที่ทำโครงการนี้เสร็จออกจากการรั่วไหลปกติที่ยังไม่มีการดำเนินการโครงการ

- สำหรับในสภาวะที่ความต้องการใช้น้ำมีมากกว่าการผลิต ค่าผลประโยชน์ได้จากการนำคำนวณค่าน้ำที่ประหยัดได้คูณด้วยปริมาณน้ำที่ลดได้ หลังจากหักส่วนประกอบของจำนวนน้ำสูญเสียจากสาเหตุอื่นๆออกแล้ว ค่าน้ำสูญเสียอื่นๆจะประมาณได้ 9.5 % ของการผลิตในปี พ.ศ. 2530 และจะลดลงเหลือ 8 % ในปี พ.ศ. 2533 และหลังจากนั้น

- จำนวนผลประโยชน์สำหรับโครงการนี้จะเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2533 และปัจจัยต่างๆ ยังคงคงที่จนใน พ.ศ. 2543 ดังนั้นระดับของการลดการรั่วไหลยังเป็น 10 % ถึงแม้ว่าค่าการลดการรั่วไหลรวมเป็น 15 % จะนำมาพิจารณาในช่วงระยะเวลายาว

ในตาราง 5.6 ค่า net cash flow คือค่าใช้จ่ายโครงการลบค่าผลประโยชน์ ค่าใช้จ่ายสูงกว่าค่าผลประโยชน์ที่ได้รับในช่วงแรก ๆ ของโครงการ ใน พ.ศ. 2531 มีค่าถึง 900 ล้านบาท หากมีการดำเนินงานต่อเนื่องทำให้ผลประโยชน์รวมจะมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายโครงการใน พ.ศ. 2535 และให้ผลประโยชน์เพิ่มขึ้นในระยะยาวแก่การประปานครหลวง

ค่าอัตราผลตอบแทน (IRR) ใช้ในการคำนวณทั้งสภาวะที่ความต้องการใช้น้ำมากกว่าหรือพอดีกับการผลิตน้ำ โดยมีค่าเท่ากับ 26.8 % และ 19.5 % ตามลำดับซึ่งเป็นค่าทางการเงินที่น่าสนใจ

การประเมินค่าเพื่อการเปรียบเทียบ หรือการพยากรณ์อนาคตจำเป็นต้องใช้ข้อสมมุติหรือสมมุติฐานบางอย่าง ในทางปฏิบัติราคาค่าน้ำซึ่งเป็นผลประโยชน์กลับคืนมาจากการลดปริมาณน้ำรั่วไหลหรือค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เปลี่ยนไปได้และมีค่าไม่แน่นอน ผลการตัดสินใจก็อาจจะผิดพลาดหรือมีความเสี่ยงต่อการตัดสินใจผิดพลาดเพิ่มขึ้น ดังนั้นการวิเคราะห์เพื่อหามูลเหตุหรือปัจจัยสำคัญ ๆ ที่จะก่อให้เกิดความเปลี่ยนแปลงได้ แล้วศึกษาดูความไวต่อการเปลี่ยนแปลง (sensitivity) ของโครงการเมื่อมีปัจจัยหรือตัวแปรค่าใดค่าหนึ่งเปลี่ยนแปลง

ในการเปลี่ยนค่าค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ที่คาดการณ์ในรูปของอัตราผลตอบแทน (IRR) การวิเคราะห์ความไว (sensitivity) นำมาใช้ การวิเคราะห์ความไวของ IRR จะทดสอบได้ดังนี้

- เปลี่ยนค่าใช้จ่ายในโปรแกรมโดยการบวกหรือลบ 20 % และ
- เปลี่ยนค่าผลประโยชน์ในโปรแกรมโดยการบวกหรือลบ 20 %

โดยการวิเคราะห์ทั้ง 2 สภาวะคือความต้องการน้ำมากกว่าและพอเหมาะกับการผลิตน้ำและผลลัพธ์แสดงในรูป 5.2 ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของโปรแกรมจะไวในเรื่องผลประโยชน์ซึ่งมีค่าความไม่แน่นอนมากกว่าค่าใช้จ่ายของโปรแกรม

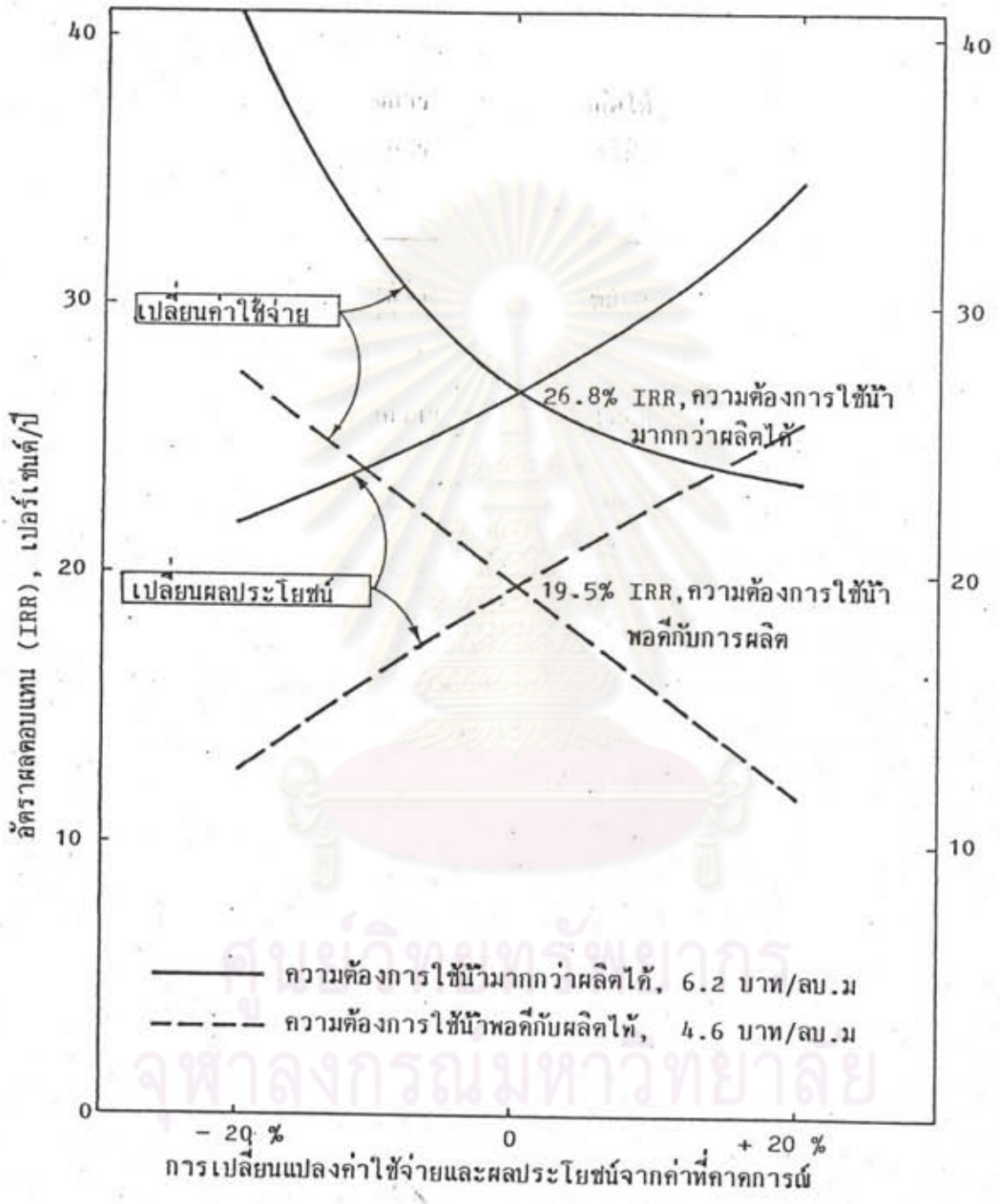
เชื่อว่าความต้องการน้ำมีมากกว่าการผลิตน้ำจะมากกว่าการลดการรั่วไหลอยู่ 10 % และน้ำที่ประหยัดได้สามารถนำไปขายให้แก่ผู้ใช้น้ำได้ จากในสภาวะนี้การเพิ่มค่าใช้จ่ายอีก 20 % หรือลดผลประโยชน์ลง อย่างใดอย่างหนึ่งจะทำให้ค่าอัตราผลตอบแทน (IRR) เป็น 12 % ซึ่งเป็นค่าที่ยังพิจารณาได้

ตารางที่ 5.6 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์บนพื้นฐานโครงการเปลี่ยนท่อ

	2529	2530	2531	2532	2533	2534*	2535*	2536*	2537*
ค่าใช้จ่าย (ล้านบาท)									
- ซ่อมท่อรั่ว	4.8	87.7	101.7	88					
- เปลี่ยนท่อ - บริการ, เข้าบ้าน	98.3	247.1	415.2	50.2					
- ประธาน		54.6	98	27.4					
- งบประมาณสำหรับค่าใช้จ่าย	103.1	389.4	614.9	165.6					
- งานตรวจจับรูรั่ว			25	40	50	50	50	50	50
- ค่าใช้จ่ายรวม	103.1	389.4	639.9	205.6	50	50	50	50	50
ค่าต่างๆ									
- น้ำรั่วไหล (% ของน้ำผลิต)	30.4	28.5	27	24.5	23				
- น้ำสูญเสียอื่นๆ (% ของน้ำผลิต)	10.5	9.5	9	8.5	8				
- น้ำเก็บเป็นรายได้ (% ของน้ำผลิต)	59.1	62	64	67	69				
- น้ำที่ผลิตได้ (ล้านลิตร)	2216	2216	2341	2566	2568				
- น้ำรั่วไหลไม่มีโครงการ (ล้านลิตร)	674	674	712	780	781				
- น้ำรั่วไหลมีโครงการ (ล้านลิตร)	674	632	632	629	591				
- น้ำรั่วไหลลดลง (ล้านลิตร)	0	42	80	151	190	190	190	190	190
- น้ำที่ประหยัดได้ (ล้าน ลบ.ม)	0	15.33	29.20	55.12	69.35	69.35	69.35	69.35	69.35
- เปอร์เซนต์รองน้ำกลับมารายได้	89.5	90.5	91	91.5	92	92	92	92	92
- น้ำคิดเป็นรายได้ (ล้าน ลบ.ม)	0	13.87	26.57	50.43	63.80	63.80	63.80	63.80	63.80
ผลประโยชน์รองโครงการ									
- น้ำรายต่อหน่วย (บาท/ลบ.ม)	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
- ผลประโยชน์ (ล้านบาท)	0	86.02	164.75	312.67	395.57	395.57	395.57	359.57	359.57
- ผลประโยชน์สุทธิ (ล้านบาท)									
ผลประโยชน์ - ค่าใช้จ่าย	-103.1	-303.4	-475.2	107.07	345.57	345.57	345.57	345.57	345.57
- ผลประโยชน์สะสม (ล้านบาท)									
ผลรวมสะสม	-103.1	-406.5	-881.64	-774.57	-429.0	-83.42	262.15	607.72	953.29

* หมายเหตุ ค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ทั้งหมดคงที่ตั้งแต่ พ.ศ. 2534 ถึง 2543

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.2 การวิเคราะห์ค่าความไวสำหรับค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์

5.8 การดำเนินงานของการประปานครหลวง

โครงการด้านลดน้ำสูญเสียเป็นโครงการหนึ่งของการประปานครหลวงในการปรับปรุงกิจการประปาแผนหลักระยะที่ 2 ช่วงแรก ซึ่งได้ดำเนินการมาตั้งแต่ พ.ศ. 2529 โดยมีจุดมุ่งหมายละปริมาณน้ำสูญเสียให้เหลือเพียง 30 % ของปริมาณน้ำที่ผลิตได้ใน พ.ศ. 2532

งานโครงการลดน้ำสูญเสียได้ดำเนินการจนถึงปีงบประมาณ 2531 ได้ทำการสำรวจท่อรั่วในพื้นที่ block system จำนวน 555 บล็อก และได้ปฏิบัติงานตามแผนงานและขั้นตอนอันได้แก่ การก่อสร้างจุดวัดน้ำ (gauging point) และติดตั้งหรือปรับปรุง boundary valve และ accessary valve เพื่อทำการวัดอัตราไหลต่ำสุดในช่วงกลางคืน (MNF) ของพื้นที่นั้น ๆ เพื่อเป็นการกำหนดพื้นที่ที่มีการรั่วไหลก่อนที่จะดำเนินการสำรวจหาท่อรั่วเพื่อกำหนดตำแหน่งที่แน่นอนอีกครั้งหนึ่ง ทั้งหมดเป็นส่วนช่วยสนับสนุนให้การลดน้ำสูญเสียสำเร็จผล ซึ่งความก้าวหน้าในการดำเนินการต่าง ๆ ได้มีการเปลี่ยนท่อที่ชำรุดหรือหมดสภาพใช้ค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 268 ล้านบาท สำหรับการปรับปรุงท่อบริการและท่อจ่ายน้ำโดยความยาวท่อที่ดำเนินการแล้วเสร็จประมาณ 358.6 กม. และการบรรจบท่อแยกเข้าบ้าน 54,855 จุด แต่สามารถลดน้ำสูญเสียที่เหลืออยู่ได้เพียง 35 %

5.9 การทำแผนการดำเนินงาน

จากผลลัพธ์การวิเคราะห์ค่า B/C ratio ในพื้นที่บล็อกทั้งหมดทำให้ทราบค่าใช้จ่ายที่ต้องลงทุนสำหรับการเปลี่ยนท่อทดแทนกับจำนวนน้ำรั่วไหลที่ลดลงคือผลประโยชน์กลับคืนมา ดังแสดงในรูปที่ 5.3 ซึ่งสามารถลดน้ำรั่วไหลลงได้ปีละ 88 ล้าน ลบ.ม แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายถึง 1353 ล้านบาท เป็นจำนวนเงินที่มากที่ต้องลงทุน ในสภาวะที่เงินลงทุนมีอยู่จำกัดและนโยบายของการประปานครหลวงต้องการลดน้ำสูญเสียลงให้เหลือ 30 % ของจำนวนน้ำที่ผลิตได้ในปี พ.ศ. 2532 จึงสมควรพิจารณาพื้นที่บล็อกที่มีค่า B/C ratio ที่อยู่อันดับแรก ๆ นำมาทำแผนดำเนินงานการเปลี่ยนท่อ

การทำแผนดำเนินงานการเปลี่ยนท่อเหล็กอาบสังกะสีในพื้นที่บล็อก 80 บล็อก โดยจำนวนบล็อกที่นำมาพิจารณาเปลี่ยนท่อของแต่ละสาขาจะมีสาขา แม้นศรี สมุทรปราการ พระโขนง นฤบดินทรบุรี ทุ่งมหาเมฆ และ บางเขน มีจำนวนพื้นที่บล็อกที่นำมาพิจารณาเพื่อเปลี่ยนท่อคิดเป็นเปอร์เซนต์จะมากกว่าสาขาอื่น ๆ แสดงว่าสาขาเหล่านี้มีปริมาณน้ำรั่วไหลในเส้นท่อมากซึ่งต้องการความพยายามในการเปลี่ยนท่อมากดังแสดงในตารางที่ 5.7

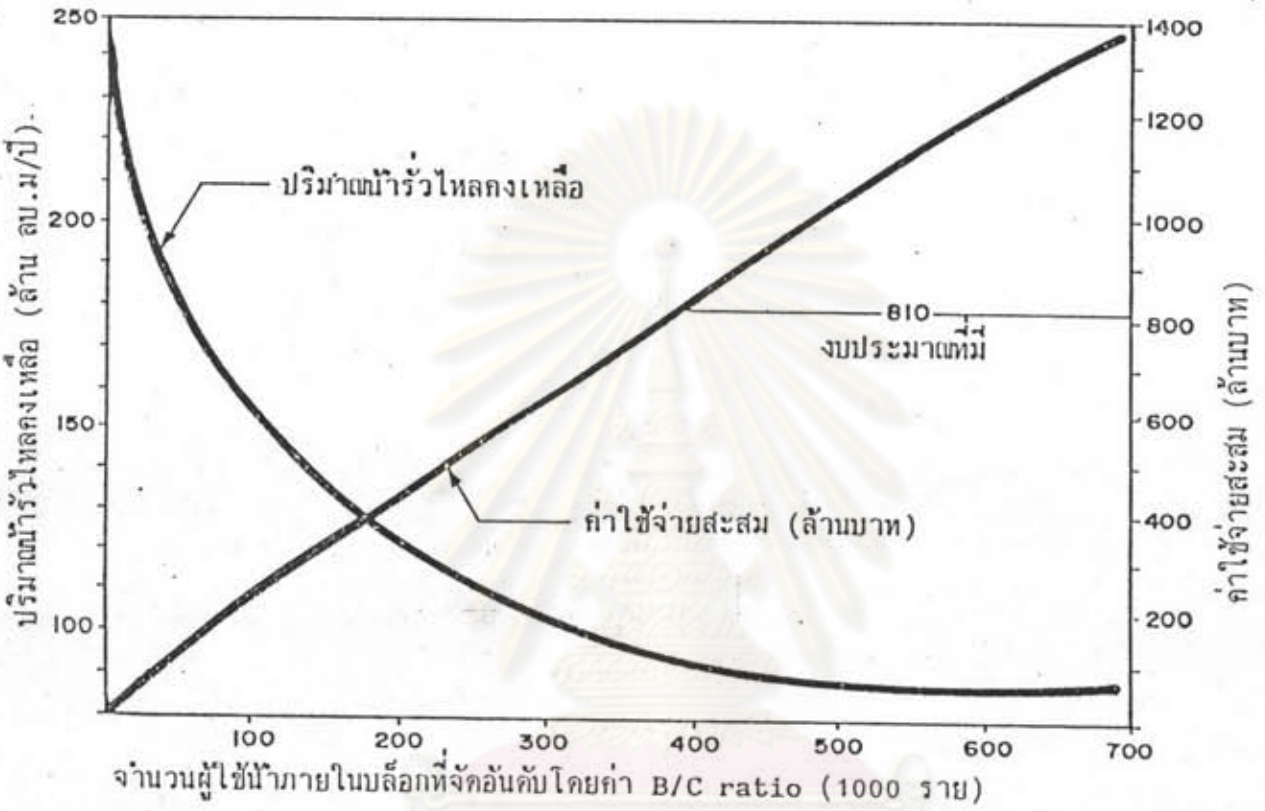
เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ผลจากค่า B/C ratio ปริมาณน้ำสูญเสียควรลดลงจาก 41 % ในปี 2529 เหลือเพียง 31 % โดยการดำเนินการเปลี่ยนท่อบริการและท่อแยกเข้าบ้านในเวลาพร้อมกันของท่อเหล็กอาบสังกะสีในพื้นที่บล็อกที่มีค่า B/C ratio สูง โดยค่า B/C ratio ต่ำสุดในบล็อกที่พิจารณาทั้งหมด 80 บล็อก มีค่าเท่ากับ 6.0 ซึ่งสูงเพียงพอที่ควบคุมความไม่แม่นยำและความเที่ยงตรงในการคำนวณ ดังแสดงในรูปที่ 5.4

พื้นที่บล็อกในจำนวน 80 บล็อก จากทั้งหมด 555 บล็อก สามารถคลอบคลุมจำนวนผู้ใช้น้ำ 65,000 ราย หรือประมาณ 10 % ของจำนวนผู้ใช้น้ำทั้งหมด ซึ่งต้องทำการเปลี่ยนท่อแยกเข้าบ้าน

20,000 จุด และท่อบริการ 130 กม. สำหรับค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานการเปลี่ยนท่อเหล็กอาบสังกะสีสำหรับบล็อกที่พิจารณาประมาณ 160 ล้านบาท หรือประมาณ 22 % ของงบประมาณที่ใช้ในการเปลี่ยนท่อ (810 ล้านบาท) ดังแสดงในรูปที่ 5.5

เมื่อทำการเปลี่ยนท่อเหล็กอาบสังกะสีทั้ง 80 บล็อกแล้วยังจำเป็นในการตรวจจับท่อรั่วและซ่อมแซมท่อในบล็อกที่เหลือ และหาผลลัพธ์อย่างต่อเนื่องเพื่อทำเป้าหมายใหม่สำหรับการลดน้ำสูญเสียเป็นการสนับสนุนโครงการอย่างต่อเนื่องต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.3 ปริมาณน้ำรั่วไหลที่ลดลงและค่าใช้จ่ายจากการเปลี่ยนท่อเหล็กอาบสังกะสี

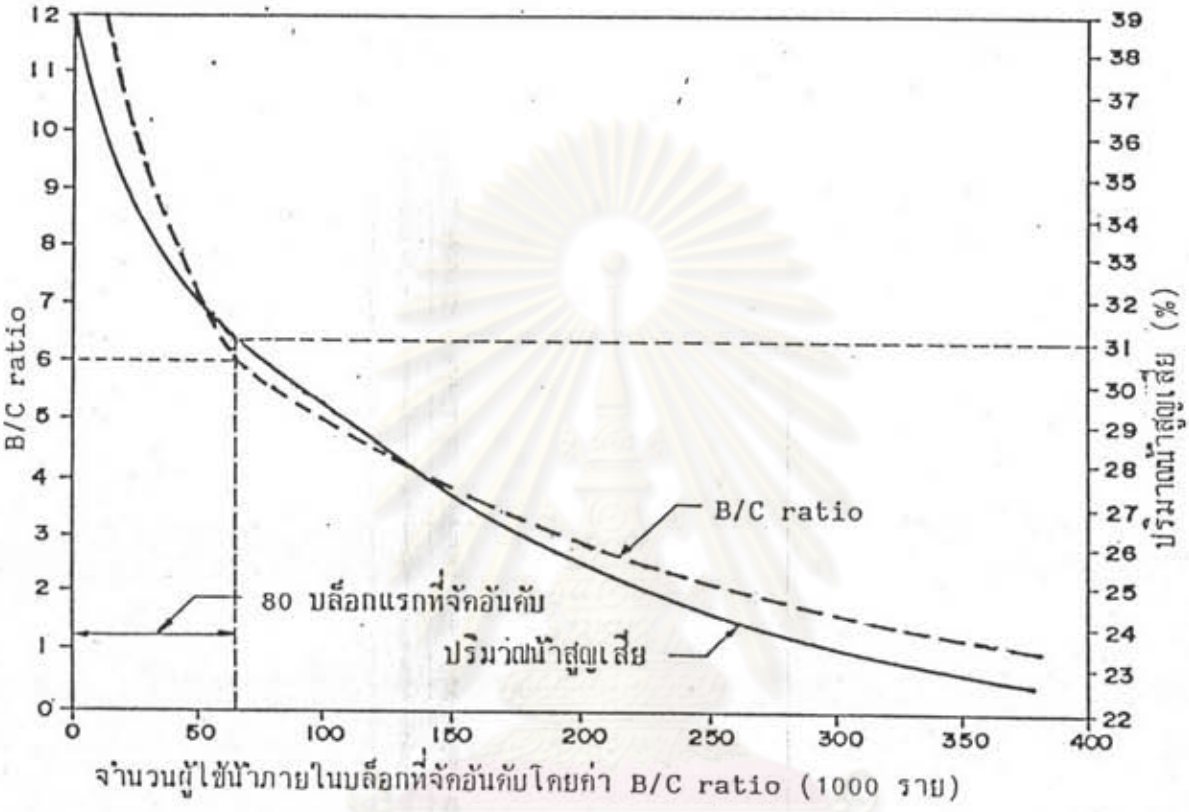
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.7 แผนการดำเนินการเปลี่ยนท่อในพื้นที่บล็อกของแต่ละสาขาที่มีค่า B/C ratio สูง

สาขา	จำนวนบล็อก	การจัดบล็อก		เปอร์เซนต์ของจำนวนบล็อกที่จัดได้ค่าสูงสุด
		บล็อกที่รู้*	รวมย่อย	
แม้นศรี (6)	92	24	32	35
สมุทรปราการ (13)	35	8	9	26
พระโขนง (7)	50	10	11	22
พญาไท (3)	53	9	11	21
นนทบุรี (11)	67	3	4	6
บางเขน (12)	55	2	3	5
ทุ่งมหาเมฆ (5)	40	2	2	5
รวม	392	58	72	18

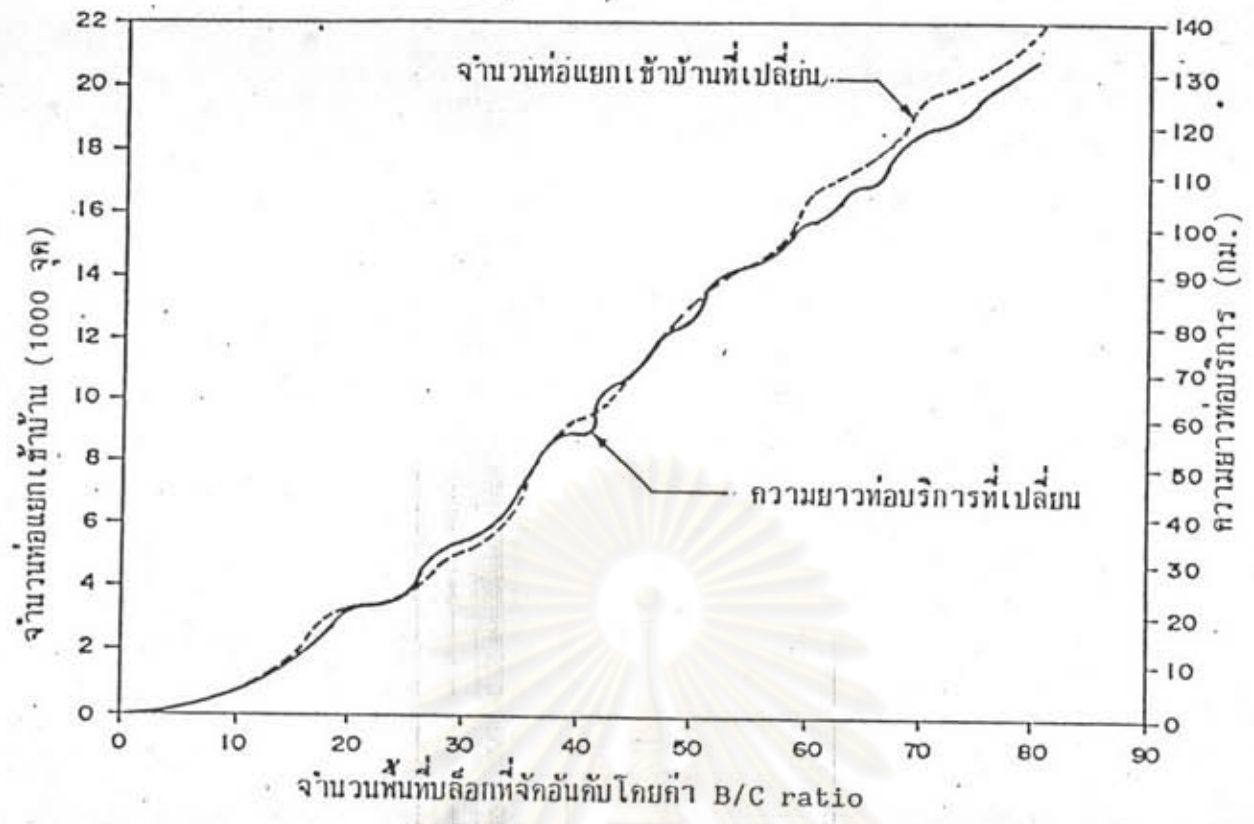
หมายเหตุ * คือ บล็อกที่ทำการทดสอบ MNF สมบูรณ์

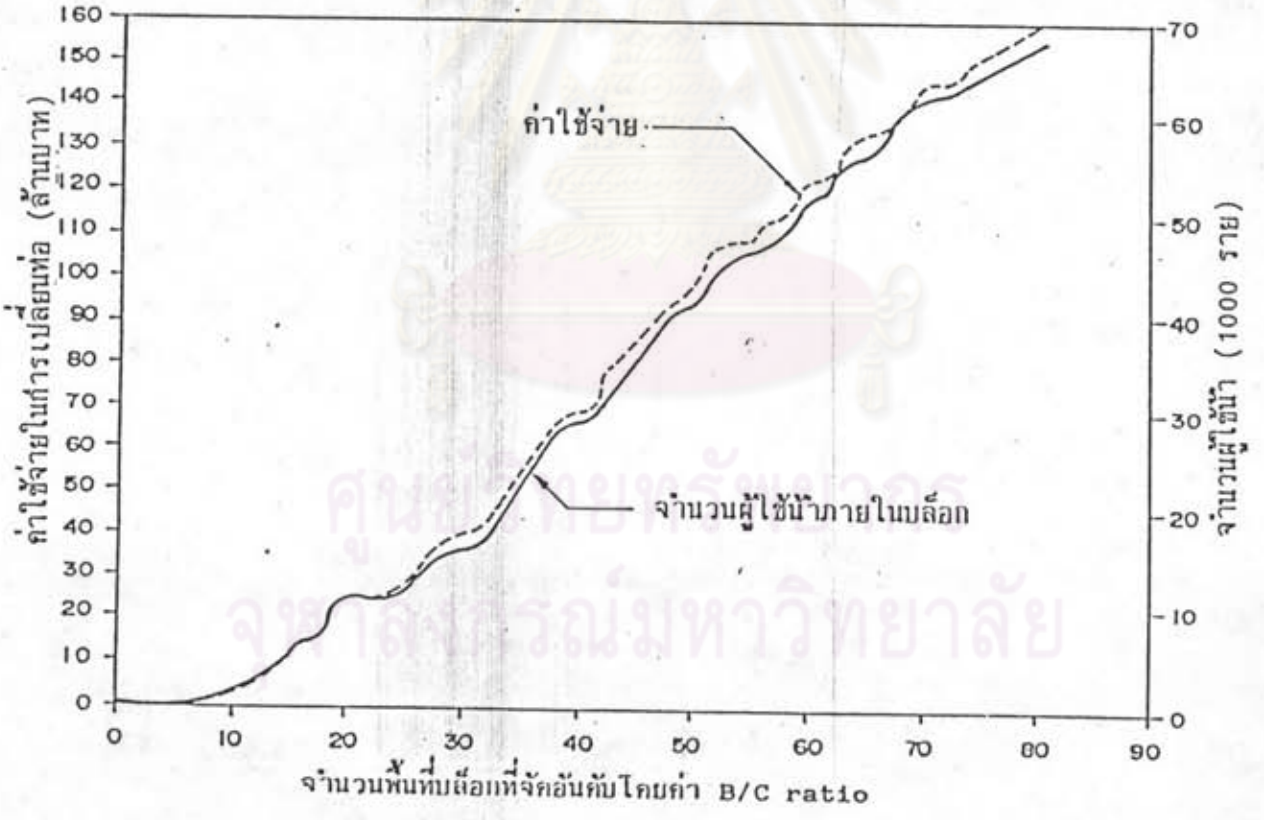
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.4 การลดปริมาณน้ำสูญเสียโดยการเปลี่ยนท่อเหล็กอาบสังกะสี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 5.5 ค่าใช้จ่าย ความยาวท่อที่เปลี่ยน และจำนวนผู้ใช้น้ำในพันหบล็อกที่พิจารณา