ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
การวิเคราะห์ค่าการรั่วไหล

4.1 แนวความคิดในการลดน้ำสูญเสีย

น้ำสูญเสียคิดได้จาก

$$UFW\ (\%) = 100 \times (TWFWP - ABC)/TWFWP$$

ซึ่ง TWFWP คือ จำนวนการผลิตน้ำทั้งหมด (ล้าน ลบ.ม)

ABC คือ จำนวนน้ำที่จัดเก็บค่าได้ (ล้าน ลบ.ม)

ค่า TWFWP ได้จากการไหลของน้ำเข้าสู่ปั๊มเพื่อเข้าระบบจ่ายน้ำมากกว่าที่จะวัดจากการผลิตน้ำทั้งหมดจากโรงงานผลิตน้ำ และบ่อบาดาล น้ำสูญเสียนี้ไม่รวมการรั่วไหลจากอุโมงค์ส่งน้ำ ที่ใช้ส่งน้ำจากโรงงานผลิตน้ำบางเขน

ค่า ABC ได้จากการเก็บบิลล์การใช้น้ำจากช่วงเวลาการอ่านมาตร โดยบิลล์การใช้น้ำจะรวมน้ำที่ผ่านมาตร ประมาณจากการใช้น้ำของมาตรที่หยุดทำงาน และการปรับค่าของการชำระค่าน้ำและการผิดพลาดการออกบิลล์ให้กับผู้ใช้น้ำระหว่างช่วงการอ่านมาตร โดยค่าที่ได้จากการตั้งสมมุติฐานว่าจำนวนผู้ใช้น้ำและการใช้น้ำในแต่ละวันคงที่ ในปี พ.ศ. 2526 บริษัทวิศวกรที่ปรึกษา CDM-MEC ได้ศึกษาพบว่าการเติบโตอย่างรวดเร็วในส่วนของจำนวนผู้ใช้น้ำ และรวมถึงเวลาการอ่านมาตรในแต่ละเดือนและเวลาที่ช้าสาเหตุจากการส่งบิลล์ ทำให้เปอร์เซนต์ของน้ำสูญเสียเพิ่มขึ้น 1 % ใน พ.ศ. 2525

4.2 องค์ประกอบของน้ำสูญเสีย

การรั่วไหลเป็นองค์ประกอบสำคัญของน้ำสูญเสียและยากและเสียค่าใช้จ่ายสูงในการควบคุม ระหว่าง พ.ศ. 2525 -2529 ค่าน้ำสูญเสียทั้งหมดได้ลดลงจาก 46 % เหลือ 41 % ในระบบจ่ายน้ำซึ่งมีการเพิ่มผู้ใช้น้ำอีก 34 % ค่าประมาณจากน้ำสูญเสียในปี พ.ศ. 2529 แบ่งตามชนิดการสูญเสีย ดังตารางที่ 4.1

ถ้าสามารถทำให้การรั่วไหลลดลงเหลือ 15 % ของการผลิตน้ำทั้งหมด และน้ำสูญเสียทั้งหมดลดลงเหลือ 20 % จำนวนน้ำที่สามารถกลับคืนมาใช้ได้เป็นค่าน้ำที่จัดเก็บได้ประมาณ 164 ล้าน ลบ.ม รายได้ต่อปีจากน้ำที่กลับคืนมาจะเป็นเงินประมาณ 1000 ล้านบาท/ปี ดังตารางที่ 4.2

หากลดปริมาณน้ำสูญเสียจากการรั่วไหลลดลงให้เข้าใกล้เปอร์เซนต์ของน้ำสูญเสียที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อหรือดำเนินการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องสูง จึงจำเป็นต้องทำการหาระดับของปริมาณน้ำรั่วไหลในพื้นที่บล็อกซึ่งเป็นหน่วยพื้นที่ที่เล็กที่สุดที่จัดแบ่งไว้เพื่อนำไปหาค่าผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อในพื้นที่บล็อกใด ๆ และสอดคล้องกับนโยบายของการประปานครหลวงที่จะลดน้ำสูญเสียให้เหลือ 30 % ในปี พ.ศ. 2532 โดยมีงบประมาณจำกัด

ตารางที่ 4.1 เปอร์เซนต์น้ำสูญเสียแบ่งตามชนิดของสาเหตุของการสูญเสีย

องค์ประกอบของน้ำสูญเสีย	น้ำสูญเสียปีงบประมาณ 2529				น้ำสูญเสียที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ (%)
	มากสุด (%)	น้อยสุด (%)	เฉลี่ย (%)	เฉลี่ย ล้าน ลบ.ม	
การรั่วไหล (leakage)	34	26	30.0	240	10 -15
การสูญเสียจากมาตร	8	4	6.0	48	2
การลักใช้น้ำ	5	2	3.5	28	2
การใช้น้ำเพื่อสาธารณะ	2	1	1.5	12	1
รวม			41 %	328	15 - 20 %

ที่มา: การประปานครหลวง

ตารางที่ 4.2 รายได้ต่อปีจากปริมาณน้ำที่เลับคืนมา

องค์ประกอบของน้ำสูญเสีย	การสูญเสียน้ำต่อปี (ล้าน ลบ.ม)*			รายได้จากการกลับคืนมาของน้ำ (ล้านบาท)**
	รวม	หลีกเลี่ยงไม่ได้	กลับคืนมา	
การรั่วไหล	240	120	120	744
น้ำสูญเสียจากมาตร	48	16	32	198
การลักใช้น้ำ	28	16	12	74
การใช้น้ำเพื่อสาธารณะ	12	8	4	25
รวม	328	160	168	1041

หมายเหตุ * บนพื้นฐานของการผลิตน้ำ 800 ล้าน ลบ.ม

** ราคาเฉลี่ย 6.2 บาท/ลบ.ม สำหรับออกบิลล์ค่าน้ำ

4.3 การวิเคราะห์ค่าการรั่วไหล

การลดน้ำรั่วไหลเป็นจุดประสงค์หลักของโครงการเปลี่ยนท่อและให้ส่วนแบ่งที่มากจากผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์

จุดประสงค์ของการวิเคราะห์ข้อมูลจัดสรรจำนวนการรั่วไหลทั้งหมดแบ่งตามองค์ประกอบของท่อในระบบจ่ายน้ำ แบ่งตาม

- ชนิดของท่อบนพื้นฐานของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ วัสดุที่ใช้ทำท่อ และ
- ตำแหน่งของท่อซึ่งมีแบ่งตามประเภทชลศาสตร์ วิศวกรรม ตามสาขา และบล็อก

มีข้อมูลที่สำคัญนำมาใช้มีอยู่ 3 หัวข้อใหญ่ คือ

- ความยาวท่อ
- การซ่อมท่อรั่ว
- การวัด MNF (minimum night flow)

ข้อมูลของความยาวท่อและการซ่อมท่อสามารถนำมาหาปริมาณน้ำรั่วไหลในแต่ละสาขาได้ซึ่งแบ่งตามชนิดและขนาดของท่อ แต่ไม่เพียงพอต่อการหาปริมาณน้ำรั่วไหลในพื้นที่บล็อกเพื่อนำมาคิดเป็นผลประโยชน์ในการเปลี่ยนท่อทดแทน จึงจำเป็นต้องนำค่าการวัด MNF มาใช้ร่วมกัน และจำเป็นต้องศึกษาคุณลักษณะของท่อรั่วรวมถึงเรื่องไฮโดรลิคของน้ำ และการขยายตัวของรูรั่วโดยมีอิทธิพลจากวัสดุที่ใช้ทำท่อ ชนิดของการไหลของน้ำ และความดันในระบบจ่ายน้ำ

แผนภูมิแสดงขั้นตอนการหาปริมาณน้ำรั่วไหลและการปรับค่าการรั่วไหลตอนกลางคืน (NNF (net night flow)) ซึ่งมีปริมาณมากกว่าปกติมาเป็นปริมาณน้ำรั่วไหลทั้งวันในแสดงในรูปที่ 4.1

4.4 คุณลักษณะของท่อรั่ว

การรายงานการซ่อมท่อรั่วท่อแตกของการประปานครหลวงเป็นข้อมูลที่ใช้ในการจัดสรรการรั่วไหลไปตามชนิดวัสดุและขนาดของท่อเพื่อที่จะได้ผลลัพธ์ที่แท้จริงนี้จำเป็นต้องแยกความแตกต่างของชนิดการรั่วในระบบจ่ายน้ำ คือ

1) ท่อแตก ท่อหรืออุปกรณ์ท่อที่ได้รับความเสียหายหรือใช้งานไม่ได้ เป็นคุณลักษณะที่เกิดขึ้นอย่างฉับพลัน และสามารถป้องกันได้และซ่อมได้ในเวลารวดเร็ว ส่วนการซ่อมของท่อบนดินจะมีลักษณะคล้ายกับการแตก โดยทั่วๆไป เจ้าหน้าที่ของการประปานครหลวงเองหรือประชาชนที่สังเกตุเห็น และแจ้งหรือรายงานได้ทันเพื่อทำการซ่อม การซ่อมวาล์วและหัวดับเพลิงถูกจัดให้อยู่ในจำนวนท่อแตกด้วยเนื่องจากเหตุผลเดียวกัน

อัตราการรั่วไหลจากท่อแตกมีค่าสูงแต่อัตราการไหลของน้ำสูงกว่า ทำให้เจ้าหน้าที่สามารถปิดวาล์วและซ่อมท่อแตกได้ทันท่วงที ไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับค่าอัตราการไหลจากท่อแตก มีทฤษฎีหลายทฤษฎีที่คาดการณ์การรั่วไหลจากท่อแตก และสรุปว่าจำนวนการรั่วไหลนี้มีค่าน้อยมาก โดยมีค่าตามขนาดท่อดังตารางที่ 4.3

รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงการหาปริมาณน้ำรั่วไหลในพื้นที่บล็อกและการปรับค่าการรั่วไหลตอนกลางคืนมาเป็นการรั่วไหลทั้งวัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ปริมาณน้ำสูญเสียต่อการซ่อมท่อแตก

ขนาดท่อ	น้ำสูญเสียต่อการซ่อมท่อ (ลบ.ม/การซ่อม)
ท่อประธาน	500
ท่อจ่าย ท่อบริการ	500
ท่อแยกเข้าบ้าน	100

ที่มา : รายงานของวิศวกรที่ปรึกษา CDM

i 10304769

2) การรั่วไหลจากรูรั่วเล็กๆ (small leak) ซึ่งไม่สามารถตรวจจับได้ เช่น

infant leak ท่อที่เริ่มรั่ว มีการโตของรูไม่มาก

silent leak จะอยู่ในบริเวณในพื้นที่จ่ายน้ำที่ความดันน้ำต่ำมากๆ และบางโอกาสที่การรั่วจุดใหญ่ๆ ซึ่งไหลออกไปตามคลอง ที่ระบายน้ำ โดยไม่พบเห็น ส่วนท่อรั่วที่พบจะเป็นส่วนน้อยของการรั่วไหลที่ไม่ถูกพบจากรูรั่วเล็กๆ (small leak) เท่านั้น

4.5 การแบ่งปริมาณการรั่วไหล

4.5.1 การซ่อมท่อระบบจ่ายน้ำ

การซ่อมท่อรั่วจะเป็นตัวกำหนดค่าจำนวนการรั่วไหลทั้งหมดโดยแบ่งตามขนาด และวัสดุที่ใช้ทำท่อของแต่ละสำนักงานสาขา การซ่อมในปี พ.ศ. 2529 ประมาณ 79,501 ครั้ง

จากการพิจารณาตัวหลักจำนวนการซ่อมและการรั่วไหลดังนี้ .-

- ท่อแยกเข้าบ้าน (Ø 15 - 25 มม.) ประกอบด้วย ท่อชนิดเหล็กอาบสังกะสี PVC และ PB
- ท่อบริการ (Ø 40 - 100 มม.) ประกอบด้วย ท่อชนิดเหล็กอาบสังกะสี และท่อซีเมนต์ใยหิน
- ท่อจ่ายน้ำ (Ø 150 - 300 มม.) ประกอบด้วย ท่อชนิดซีเมนต์ใยหิน
- อุปกรณ์ท่อ

จำนวนการซ่อมสำหรับชนิดท่อที่แบ่งตามขนาดและวัสดุที่ใช้ทำท่อจะใช้ค่าจากค่าเฉลี่ยของระบบทั้งหมดและจากข้อมูลรายปีที่มีอยู่

4.5.2 น้ำสูญเสียจัดแบ่งโดยวัสดุที่ใช้ทำท่อ

ปริมาณน้ำสูญเสียที่เกิดจากสาเหตุการรั่วไหลประมาณ 240 ล้านกว่า ลบ.ม นำมาหาปริมาณการรั่วไหลแบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำท่อเพื่อนำไปหาการรั่วไหลในแต่ละสาขาทั้ง 10 สาขาที่มีท่อชนิดต่างๆ กันต่อไป โดยนำข้อมูลการซ่อมท่อเฉลี่ยของระบบทั้ง 10 สาขาแบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำท่อที่สาขาทำรายงานการซ่อมไว้มีรายละเอียดแบ่งตามชนิดของท่อ คือจำนวนการซ่อมทั้งหมด 79,501 ครั้งและข้อมูลความยาวท่อ โดยเฉพาะจำนวนท่อแยกเข้าบ้านเป็นค่าเปอร์เซนต์ของจำนวนผู้ใช้น้ำทั้งหมด 681,791 ราย มาปรับซึ่ง 44 % ของจำนวนผู้ใช้น้ำใช้ท่อแยกเข้าบ้านแบบเดี่ยว (ท่อแยกเข้าบ้าน 1 จุดต่อผู้ใช้น้ำ 1 ราย) และที่เหลือ 56 % ของจำนวนผู้ใช้น้ำใช้ท่อแยกเข้าบ้านแบบคู่ (ท่อแยกเข้าบ้าน 1 จุดต่อผู้ใช้น้ำ 2 ราย) ดังนั้นท่อแยกเข้าบ้านคิดเป็นเปอร์เซนต์ของจำนวนผู้ใช้น้ำคือ $\frac{2(44\%) + 56\%}{2}$ = 72 % (การต่อท่อแยกเข้าบ้าน 72 จุด สำหรับผู้ใช้น้ำ 100 ราย)

สำหรับท่อชนิดเหล็กอาบสังกะสี จำนวนการซ่อมรูรั่วเป็น 2 เท่าของจำนวนการซ่อมที่มีอยู่ เนื่องจากท่อชนิดนี้มีอายุการใช้งานนานกว่าท่อชนิดอื่น และเป็นท่อที่มีการสึกกร่อนเร็วทำให้มีจำนวนรูรั่วมากแต่ไม่สามารถตรวจพบได้เนื่องจากเป็นรูรั่วเล็ก ๆ

การคำนวณหาน้ำสูญเสียต่อหน่วยการซ่อมเฉลี่ยของทุกสาขาแบ่งโดยชนิดของวัสดุที่ใช้ทำท่อได้ 6,780 ลบ.ม ต่อการซ่อมรูรั่วซึ่งค่านี้สูงพอประมาณ โดยคิดจากปริมาณน้ำสูญเสียจากสาเหตุการรั่ว

ไหลทั้งหมดหักออกจากปริมาณน้ำรั่วไหลจากท่อแตก แล้วนำมาหารด้วยจำนวนการซ่อมท่อรั่ว (แสดงการคำนวณไว้ในภาคผนวก ก) ขณะที่อัตราการไหลจากการรั่วไหลในขณะเวลาที่ซ่อมอยู่ระหว่าง 1 - 20 ลบ.ม ต่อวัน แสดงว่ามีการรั่วไหลจากรูรั่วเล็ก ๆ จำนวนมากและรั่วเป็นเวลานาน ทำให้มีการรั่วไหลต่อเนื่องก่อนที่เจ้าหน้าที่ตรวจพบ

เมื่อทราบปริมาณน้ำรั่วไหลจากท่อแตกและท่อรั่วแล้ว นำมาหาปริมาณน้ำต่อหน่วยการซ่อมที่แบ่งตามขนาดและชนิดของท่อเพื่อนำมาใช้ในการหาปริมาณน้ำรั่วไหลในแต่ละสาขาต่อไป โดยยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณน้ำรั่วไหลของท่อเหล็กอาบสังกะสี และท่อ PVC ของท่อแยกเข้าบ้าน ดังนี้.-

	ท่อแยกเข้าบ้าน (Ø 15 - 25 มม.)	
	ท่อเหล็กอาบสังกะสี	ท่อ PVC
ข้อมูลการซ่อมท่อในสนาม		
จำนวนการซ่อมท่อทั้งหมด (ครั้ง)	13347	11709
เปอร์เซนต์ของการซ่อมท่อแตก (%)	45 %	85 %
เปอร์เซนต์ของการซ่อมท่อรั่ว (%)	55 %	15 %
คิดเป็นจำนวนการซ่อมท่อแตก (ครั้ง)	6006 จาก (13347 x 45 %)	9952
คิดเป็นจำนวนการซ่อมท่อรั่ว (ครั้ง)	7341 จาก (13347 x 55 %)	1756
ปรับค่าจำนวนการซ่อมท่อรั่วโดยท่อเหล็กอาบสังกะสีเป็น 2 เท่า	14682 จาก (7341 x 2)	
น้ำสูญเสียจากการซ่อมท่อแตก 1 ครั้ง (ลบ.ม/ครั้ง)	100	100
น้ำสูญเสียจากการซ่อมท่อรั่ว 1 ครั้ง (ลบ.ม/ครั้ง)	6780	6780
น้ำสูญเสียจากการซ่อมท่อแตกทั้งหมด (ล้าน ลบ.ม/ปี)	0.6 จาก (100 x 6006)	1.0
น้ำสูญเสียจากการซ่อมท่อรั่วทั้งหมด (ล้าน ลบ.ม/ปี)	99.5 จาก (6780 x 14682)	11.9
น้ำสูญเสียทั้งหมด (ล้าน ลบ.ม/ปี)	100.1 จาก (99.5 + 0.6)	12.9
ทำเป็นน้ำสูญเสียต่อหน่วยการซ่อม (ลบ.ม/ครั้ง)	7502 จาก (100.1 x 10^6 /14682)	1102

จากปริมาณน้ำสูญเสียแบ่งตามชนิดและขนาดของท่อ แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 ทำให้ทราบค่าน้ำรั่วไหลต่อหน่วยการซ่อมของชนิดและขนาดท่อ แสดงในตารางที่ 4.5 นำไปหาค่าปริมาณน้ำสูญเสียของชนิดและขนาดของท่อสำหรับสาขาต่าง ๆ ทั้ง 10 สาขาต่อไป

4.5.3 <u>การจัดปริมาณน้ำรั่วไหลแก่สาขา</u>

จากข้อมูลข้างต้นทำให้ทราบปริมาณน้ำรั่วไหลสาเหตุจากท่อรั่ว และท่อแตก พร้อมทั้งข้อมูลการซ่อมท่อ และขนาดและชนิดของท่อในแต่ละสาขา นำมาจัดปริมาณน้ำรั่วไหลตามขนาดและชนิดของท่อแก่สาขาทั้ง 10 สาขาซึ่งในแต่ละสาขาซึ่งมีค่าความแตกต่างกันในเรื่องของความดันน้ำในพื้นที่ อายุของท่อเหล็กอาบสังกะสี จำนวนท่อที่อยู่ใต้ดิน ความยาวท่อที่มีมาตรฐานต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อปริมาณน้ำรั่วไหลต่อการซ่อมของสาขานั้นซึ่งปริมาณน้ำรั่วไหลต่อการซ่อมของแต่ละขนาดและชนิดของท่อในตารางที่ 4.5 เป็นการหาโดยนำค่าเฉลี่ยการซ่อมของทั้งระบบมาใช้ซึ่งจำเป็นต้องนำ

ตารางที่ 4.4 จำนวนน้ำที่รั่วไหลในปีงบประมาณ 2529

ชนิดท่อ	การรั่วไหลทั้งปี, ล้าน ลบ.ม/เปอร์เซนต์			
	ท่อแยกเข้าบ้าน (Ø 15-25 มม.)	ท่อบริการ (Ø 40-100 มม.)	ท่อจ่ายน้ำ (Ø 150-300 มม.)	รวม
ท่อเหล็กอาบสังกะสี	100/40 %	58/25 %	-	158/65 %
ท่อ PVC	13/5 %	9/3 %	-	22/8 %
ท่อ PB	9/3 %	6/2 %	-	15/5 %
ท่อซีเมนต์ใยหิน	-	10/4 %	27/14 %	37/16 %
รวมย่อย	122/48 %	83/34 %	27/14 %	232/95 %
อุปกรณ์ท่อ				13/5 %
รวมทั้งหมด				245/100 %

ค่าปริมาณน้ำรั่วไหลจริงที่ผ่านสาขามาคิดเพื่อให้สอดคล้องตามความเป็นจริง จึงต้องกำหนดค่า duration factor ให้แก่สาขาเพื่อความเหมาะสมโดยความกว้างของค่านี้อยู่ระหว่าง 34 % สำหรับสาขาบางกอกน้อยที่มีปริมาณน้ำรั่วไหลน้อย ถึง 207 % สำหรับสาขาพระโขนงที่มีปริมาณน้ำรั่วไหลมากที่สุด

ตัวอย่างข้างล่างนี้แสดงการหาข้อมูลการจัดปริมาณน้ำรั่วไหลแก่สาขาของสาขาบางกอกน้อย และสาขาพระโขนง และผลรวมของทั้ง 10 สาขา โดยรายละเอียดของการคำนวณอยู่ในภาคผนวก ข

เมื่อทราบค่าปริมาณน้ำสูญเสียในแต่ละสาขาต่อปี (ล้าน ลบ.ม) โดยแบ่งตามขนาดของท่อ นำข้อมูลที่ได้มาใช้ร่วมกับค่า MNF ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป เพื่อนำไปหาค่าปริมาณน้ำรั่วไหลในแต่ละบล็อกของสาขา

<u>ตัวอย่างการคำนวณปริมาณน้ำรั่วไหลในแต่ละสาขา</u>

จากรายงานการซ่อมท่อต่อปี 79,501 ครั้ง แบ่งตามสาขา ประเภทของท่อ ยกตัวอย่างสาขาบางกอกน้อย และสาขาพระโขนง

<u>การซ่อมต่อปี</u>	สาขาบางกอกน้อย	สาขาพระโขนง	รวม 10 สาขา
การซ่อมรวม (ครั้ง)	7050	6696	79501
- การซ่อมอุปกรณ์ท่อ (ครั้ง)	2609	2076	26852
- การซ่อมท่อแยกเข้าบ้าน (ครั้ง)	2891	2411	30576

ตารางที่ 4.5 ปริมาณน้ำรั่วไหลต่อการซ่อมท่อโดยคิดค่าเฉลี่ยของการซ่อมท่อแตกและท่อรั่วของทั้ง 10 สาขา

ปริมาณน้ำรั่วไหล แบ่งตามประเภทของท่อ	ท่อแยกเข้าบ้าน				อุปกรณ์ท่อ	ท่อบริการ					ท่อจ่าย	รวม
	GI	PVC	PB	รวม		GI	PVC	PB	AC	รวม	AC	
จำนวนการซ่อม (ครั้ง)	13347	11709	5521	30576	26852	6831	5008	2022	2118	15978	6095	79501
(%)				38 %	34 %					20 %	8 %	100 %
เปอร์เซนต์ของท่อแตก	45 %	85 %	77 %		100 %	39 %	79 %	63 %	33 %		37 %	
เปอร์เซนต์ของท่อรั่ว	55 %	15 %	23 %		-	61 %	21 %	37 %	67 %		63 %	
ค่าเฉลี่ยน้ำรั่วไหลต่อการซ่อม (ลบ.ม/ครั้ง)	7502	1102	1636		500	8466	1819	2823	4707		4456	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ท่อเหล็กอาบสังกะสี	1416	1181	13371
ท่อ PVC	1012	916	11685
ท่อ PB	462	313	5521
- การซ่อมท่อบริการ (ครั้ง)	1128	1607	15978
ท่อเหล็กอาบสังกะสี	508	948	6826
ท่อ PVC	237	273	5008
ท่อ PB	237	112	2022
ท่อ AC	147	273	2142
- การซ่อมท่อจ่าย (ครั้ง)			
ท่อ AC	423	603	6095
- จำนวนผู้ใช้น้ำสำหรับนำมาคิดจำนวนท่อแยกเข้าบ้าน (ราย)			
ท่อเหล็กอาบสังกะสี	23636	25336	249068
ท่อ PVC	15982	18681	210991
ท่อ PB	16657	14361	221732
รวม	56275	58379	681791

- จำนวนท่อแยกเข้าบ้าน (จุด) เป็น 72 % ของจำนวนผู้ใช้น้ำ

ตัวอย่างการคำนวณสำหรับท่อเหล็กอาบสังกะสีสำหรับสาขาบางกอกน้อย = 23636 x 72 %

= 17018 จุด

	สาขาบางกอกน้อย	สาขาพระโขนง	รวม 10 สาขา
ท่อเหล็กอาบสังกะสี	17018	18242	179329
ท่อ PVC	11507	13450	151914
ท่อ PB	11993	10700	159647
รวม	40518	43033	490090

- ความถี่การซ่อมท่อแยกเข้าบ้าน (ครั้ง/1000 จุด)

ตัวอย่างการคำนวณสำหรับท่อเหล็กอาบสังกะสีสำหรับสาขาบางกอกน้อย = 1416 / 17.02

= 83 ครั้ง/1000 จุด

ท่อเหล็ออาบสังกะสี	83	65	75
ท่อ PVC	88	68	77
ท่อ PB	39	30	35
เฉลี่ย	71	57	62
- ความยาวท่อบริการ (กม.)			
ท่อเหล็กอาบสังกะสี	115.9	201.0	1118

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ท่อ PVC	25.1	32.8	451
ท่อ PB	59.0	35.0	483
ท่อ AC	128.4	223.6	1862
รวม	328.4	492.6	3914

- ความถี่การซ่อมท่อบริการ (ครั้ง/กม.)

ตัวอย่างการคำนวณสำหรับท่อเหล็กอาบสังกะสีสำหรับสาขาบางกอกน้อย = 508 / 115.9
= 4.4 ครั้ง/กม.

ท่อเหล็กอาบสังกะสี	4.4	4.7	6.1
ท่อ PVC	9.4	8.3	11.1
ท่อ PB	4.0	3.2	4.2
ท่อ AC	1.1	1.2	1.1
เฉลี่ย	3.4	3.3	4.1

- ความยาวท่อจ่ายน้ำ (กม.)

ท่อ AC	240.9	443.8	3875.1

- ความถี่การซ่อมท่อจ่ายน้ำ (ครั้ง/กม.)

ตัวอย่างการคำนวณสำหรับท่อ AC ของสาขาบางกอกน้อย = 423 / 240.9 = 1.8 ครั้ง/กม.

ท่อ AC	1.8	1.4	1.6

จากข้อมูลการซ่อมท่อและความยาวท่อนำมาจัดปริมาณน้ำสูญเสียให้แก่สาขา โดยการรั่วไหลแบ่งเป็นประเภทของการรั่วไหลแบบท่อแตกและท่อรั่วของแต่ละชนิดของท่อ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

เมื่อทราบปริมาณน้ำรั่วไหลเฉลี่ยต่อการซ่อมท่อตามชนิดของท่อของทั้ง 10 สาขาแล้ว นำข้อมูลเหล่านั้นมาคิดคำนวณค่าปริมาณน้ำรั่วไหลแต่ละสาขา โดยการปรับค่าปริมาณน้ำรั่วไหลต่อการซ่อมท่อที่เป็นจริงของแต่ละสาขาด้วยค่า duration factor

	สาขาบางกอกน้อย	สาขาพระโขนง	รวม
ค่า duration factor	34 %	207 %	100 %

- <u>ปริมาณน้ำสูญเสียต่อปีจากท่อแยกเข้าบ้าน (ล้าน ลบ.ม)</u>

ตัวอย่างการคำนวณสำหรับท่อเหล็กอาบสังกะสีของสาขาบางกอกน้อย = (จำนวนการซ่อมท่อแยกเข้าบ้าน x ปริมาณน้ำรั่วไหลเฉลี่ยต่อการซ่อม 1 ครั้ง x ค่า duration factor) / 10^6
= 1416 x 7502 x 34 % / 10^6 = 3.6 ล้าน ลบ.ม/ปี

ท่อเหล็กอาบสังกะสี	3.6	18.4	98.2
ท่อ PVC	0.4	2.1	12.2
ท่อ PB	0.3	1.1	8.2
รวม	4.2	21.5	118.6

- ปริมาณน้ำสูญเสียต่อปีจากท่อบริการ (ล้าน ลบ.ม)

ตัวอย่างการคำนวณสำหรับท่อเหล็กอาบสังกะสีของสาขาบางกอกน้อย = (จำนวนการซ่อมท่อบริการ x ปริมาณน้ำรั่วไหลเฉลี่ยต่อการซ่อม 1 ครั้ง x ค่า duration factor) / 10^6

= 508 x 8466 x 34 % / 10^6 = 1.4 ล้าน ลบ.ม/ปี

ท่อเหล็กอาบสังกะสี	1.4	16.7	61.9
ท่อ PVC	0.1	1.0	8.4
ท่อ PB	0.2	0.7	4.8
ท่อ AC	0.2	2.7	10.4
รวม	2.0	21.0	85.5

- ปริมาณน้ำสูญเสียต่อปีจากท่อจ่ายน้ำ (ล้าน ลบ.ม)

ตัวอย่างการคำนวณสำหรับท่อ AC ของสาขาบางกอกน้อย = (จำนวนการซ่อมท่อจ่ายน้ำ x ปริมาณน้ำรั่วไหลเฉลี่ยต่อการซ่อม 1 ครั้ง x ค่า duration factor) / 10^6

= 423 x 4456 x 34 % / 10^6 = 0.6 ล้าน ลบ.ม

ท่อ AC	0.6	5.6	28.0

- ปริมาณน้ำสูญเสียต่อปีจากอุปกรณ์ท่อ (ล้าน ลบ.ม)

ตัวอย่างการคำนวณสำหรับอุปกรณ์ท่อของสาขาบางกอกน้อย = (จำนวนการซ่อมอุปกรณ์ท่อ x ปริมาณน้ำรั่วไหลเฉลี่ยต่อการซ่อม 1 ครั้ง x ค่า duration factor) / 10^6

= 2609 x 500 x 34 % / 10^6 = 0.4 ล้าน ลบ.ม

	0.4	2.2	12.8

สรุปน้ำสูญเสียต่อปี (ล้าน ลบ.ม)

	สาขาบางกอกน้อย	สาขาพระโขนง	รวม
ท่อแยกเข้าบ้าน	4.2	21.5	118.6
ท่อบริการ	2.0	21.0	85.6
ท่อจ่ายน้ำ	0.6	5.6	28.0
อุปกรณ์ท่อ	0.4	2.2	12.8
รวม	7.3	50.3	245.3

จากการคำนวณค่าปริมาณน้ำสูญเสียจากการรั่วไหลในแต่ละสาขาซึ่งแสดงในตารางที่ภาคผนวก ข ไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับปริมาณน้ำรั่วไหลในพื้นที่บล็อกที่แบ่งออกได้ทั้งหมด 555 บล็อก ใน 10 สาขาได้โดยตรง จำเป็นต้องใช้ข้อมูลการวัด MNF มาใช้ร่วมเพราะเนื่องจากการวัด MNF เป็นการวัดปริมาณน้ำที่เข้าในพื้นที่โดยทางเข้าและออกมีทางเดียวในช่วงกลางคืน จำเป็นต้องปรับค่าน้ำรั่วไหลในช่วงกลางคืนมาเป็นค่ารั่วไหลทั้งวัน โดยใช้ค่าที่ได้จากปริมาณน้ำรั่วไหลในสาขามาปรับให้แก่พื้นที่บล็อก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5.4 วิเคราะห์การไหลของ MNF

การวัดการไหลและความดันทางภาคสนามของพื้นที่บล็อกได้ทำการวัดตั้งแต่ พ.ศ. 2527 และข้อมูลที่ได้ทำจนถึงเดือน กันยายน พ.ศ. 2530 แสดงในตารางภาคผนวก ค. การทดสอบทำในช่วงกลางคืนขณะที่ปริมาณความต้องการน้ำน้อยที่สุด

การวัดรวมด้วยการไหลและความดันที่มาตรที่ติดตั้งชั่วคราวตรงทางเข้าพื้นที่บล็อก และความดันออกจากพื้นที่บล็อก ในช่วงเวลาที่ทดสอบสิ้นๆ และการมี friction loss ภายในบล็อก ส่วนประกอบของการรั่วไหลของการวัดการไหลไม่สามารถแยกออกจากความต้องการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำและต้องใช้รูปแบบทางไฮโดรลิคมาช่วย จุดประสงค์ที่ปรับนั้นเพื่อแยกจำนวนความต้องการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำออกจากอัตราการรั่วไหลในช่วงทดสอบ โดยข้อมูลค่า MNF ที่วัดได้จากจำนวนบล็อก 399 บล็อกจากจำนวนพื้งหมด 555 บล็อก

4.5.4.1 รูปแบบทางไฮโดรลิคของการรั่วไหล

จุดประสงค์ต้องการค่าคาดการณ์การรั่วไหลเฉลี่ยในช่วงเวลาที่ชั่วโมงใดๆในวันหนึ่ง พื้นที่จ่ายน้ำฝั่งธนบุรี ความดันวัดโดยสถานีด้วย master meter บนท่อประธาน สำหรับความดันในแต่ละ ชม. โดยผ่านจาก pressure gauge จะเป็นความดันสูงสุดในระบบจ่ายน้ำ ขณะที่ความดันน้อยที่สุดเป็น 1 เมตรที่ปลายระบบในช่วงเวลาใช้น้ำมาก (7.00 - 8.00 น.) จะเป็นค่าที่คาดการณ์สำหรับการอ่านค่าในท่อประธานอื่นๆ จากอัตราการไหลและ friction loss ในระบบในช่วงเวลาการใช้น้ำมาก ค่า K (pipe friction factor) จะถูกคำนวณและใช้ในการคาดการณ์ค่า friction loss ในช่วงเวลาอื่นๆของแต่ละวันโดยใช้สูตรคำนวณดังนี้.-

$$dH = KQ^2$$

ซึ่งค่า dH คือ friction loss ระหว่างแหล่งจ่ายถึงปลายท่อของระบบ

Q คือ การผลิตน้ำแต่ละชม. (การไหลของปั๊มรวมในชม. นั้นๆ)

ในแต่ละชม. จำนวนการผลิตรวมและค่าความดันที่แหล่งจ่ายหาค่าได้ (วัดจาก pressure gauge) โดยการผลิตแต่ละชม. จะคิดเป็นเปอร์เซนต์ของการผลิตในแต่ละชม. เฉลี่ยตลอด 24 ชม.

การกำหนดค่า friction loss factor "K" ค่าความดันที่ปลายท่อของระบบในแต่ละชม. จะได้จากการลบค่า head loss (คำนวณจากการผลิตระหว่างชม. นั้นๆ) ออกจากความดันที่แหล่งจ่าย

การคำนวณค่าความดันในแต่ละชม. เพื่อนำไปหาค่าการรั่วไหลในแต่ละชม. โดยคิดว่ารูรั่วมีการกระจายเท่าๆกันในพื้นที่จ่ายน้ำและการไหลจากรูรั่วจะแปรตามความดันด้วยความสัมพันธ์นี้

$$q = kh^b$$

ซึ่ง q คือ อัตราการไหล

k คือ ค่า physical constant หาจากขนาดและรูปร่างของรูรั่ว

h คือ ค่าความดันในพื้นที่จ่ายน้ำหรือความแตกต่างของความดันระหว่างด้านนอกกับด้านในของท่อ

b คือ ค่า flow exponent

จากการคำนวณ ค่าเปรียบเทียบของการรั่วไหลแต่ละชม. คำนวณได้โดยการทำทั้งพื้นที่ระบบทั้งหมด (โดยกำหนดให้มีรูปร่าง circular) โดยกำหนดค่าความดันที่แปรเปลี่ยนโดยเป็นเส้นตรงจากแหล่งจ่ายไปยังปลายท่อ ค่าการรั่วไหลจริงของช่วงเวลาทั้งหมด (วัน) จะเป็นตัวแปรอิสระและใช้ในการเปลี่ยนค่าเปรียบเทียบมาเป็นค่าจริงหรืออัตราการไหลแต่ละชม. ในทำนองเดียวกันค่า flow exponent "b" จะเป็นตัวแปรอิสระซึ่งกำหนดขึ้น ให้มีค่าเท่ากับ 1 สำหรับการไหลแบบ turbulent flow ที่มีการไหลไม่เรียบผ่านรูรั่วเล็ก ๆ และ/หรือ ความดันต่ำ

สำหรับการรั่วไหล 30 % ของการผลิตทั้งวันและค่า flow exponent b = 1.0 ได้ค่าการผลิตต่อชม.จะอยู่ในช่วง 57 % ของค่าการผลิตทั้งวันในช่วงเวลา 2.00 - 3.00 น. และถึง 131 % ในช่วงเวลา 7.00 - 8.00 น. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการรั่วไหล 30 % ของการผลิตจาก 16 % ในช่วงเวลา 7.00 - 8.00 น. และ 53 % ในช่วงเวลา 4.00 - 5.00 น. (เป็นสัดส่วนถึง 1.77 เท่าของค่ารั่วไหลเฉลี่ย) เห็นได้ว่าอัตราส่วนใหญ่ของการผลิตตอนกลางคืนจะเป็นการรั่วไหลเพราะค่าความดันสูงๆและค่า pipe friction loss ต่ำเกิดขึ้นในตอนกลางคืน

สำหรับทั้ง 2 ฝั่งพื้นที่จ่ายน้ำกรุงเทพฯและธนบุรี ค่าความต้องการใช้น้ำจะเป็นสัดส่วนกับการใช้น้ำผ่านมาตร ใน พ.ศ. 2529 ค่าการใช้น้ำผ่านมาตรเป็น 59 % ของจำนวนการผลิตทั้งหมด และการรั่วไหลจะเป็น 30 % ของปริมาณน้ำสูญเสียทั้งหมด และเป็น 11 % ที่เหลือเป็นปริมาณน้ำสูญเสียจากสาเหตุอื่น ๆ ดังนั้นค่าการใช้น้ำผ่านมาตรจะเป็น 59/(59 + 11) = 85 % ของความต้องการใช้น้ำ โดยการลบค่าความต้องการใช้น้ำจากการผลิตน้ำทั้งหมดจะได้ค่าการรั่วไหลเป็น 23 % ของการผลิตของฝั่งธนบุรี และเป็น 32.8 % ของการผลิตน้ำของฝั่งกรุงเทพฯ

การปรับค่า MNF ที่ทดสอบของพื้นที่บล็อกมีอัตราส่วน 2 ตัวจากสมการ WAT model ที่นำมาใช้คือการผลิตน้ำในช่วงเวลา 2.00 - 3.00 น. (เวลาที่มีการใช้น้ำน้อยที่สุด) เป็น % ของการผลิตน้ำเฉลี่ยต่อวัน และอัตราส่วนของการรั่วไหลในช่วงเวลา 2.00 - 3.00 น.ต่อการรั่วไหลเฉลี่ยต่อวัน และคิดว่าทุกๆสาขาและพื้นที่บล็อกมีความต้องการใช้น้ำและการรั่วไหลในแต่ละชม.คงที่ ในแต่ละฝั่งของพื้นที่จ่ายน้ำทั้งกรุงเทพฯหรือฝั่งธนบุรี การรายงานข้อมูลของ MNF จะมีค่าต่ำสุดในช่วงเวลา 4 - 5 ชม. ส่วนมากเกิดในช่วงเวลา 2.00 - 3.00 น. คือ

อัตราส่วน	พื้นที่จ่ายน้ำฝั่งธนบุรี	พื้นที่จ่ายน้ำฝั่งกรุงเทพฯ
การผลิตน้ำตอนกลางคืน/ทั้งวัน	56.9 %	72.6 %
การรั่วไหลตอนกลางคืน/ทั้งวัน	142.9 %	130.8 %

และนำมาใช้ในการคำนวณค่าตัวแปรสำหรับค่า MNF มี 2 อย่าง คือ

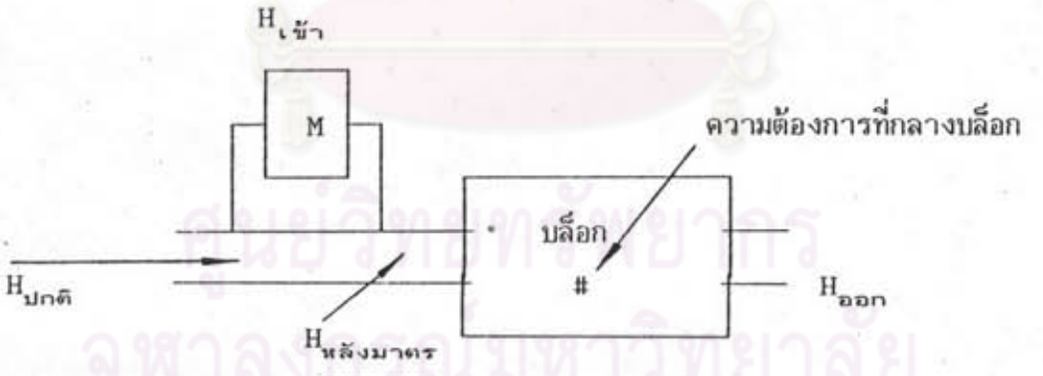
1. การคำนวณค่าความต้องการใช้น้ำในบล็อกระหว่างการวัด MNF การไหลที่วัดได้ลบออกจากความต้องการใช้น้ำในบล็อกจะเป็นค่าการรั่วไหลในบล็อกนั้น

2. การคำนวณค่าการรั่วไหลตอนกลางคืนโดยการปรับค่าทางไฮโดรลิคของการรั่วไหลในบล็อก และความต้องการใช้น้ำอยู่ในสภาวะการปิดพื้นที่

ค่าตัวแปรที่มีความไวสูงคือค่าความต้องการใช้น้ำตอนกลางคืนจะอยู่ในรูปของเปอร์เซนต์ของการไหลผ่านมาตรเฉลี่ย จำนวนผู้ใช้น้ำและปริมาณการใช้น้ำในแต่ละเดือนในพื้นที่บล็อกนำมาใช้โดยนำค่าข้อมูลเดือน เมษายน พ.ศ. 2530 มาใช้เพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละบล็อก ทั่วๆไปค่าปริมาณการใช้น้ำแต่ละเดือนในบล็อกจะมีความสัมพันธ์คงที่เพื่อเปรียบเทียบกับความแปรเปลี่ยนในค่า MNF สำหรับในช่วงเวลา 4 - 5 ชม.

การวัดความดันเข้าจะเป็นตัวแทนคล้ายสภาวะตอนกลางคืนเพราะมาตรที่ติดตั้งชั่วคราวจะติดตั้งบนท่อเมนต์ขนาด 300 มม.

จากการวัดค่า MNF ปรับค่าความต้องการใช้น้ำตอนทำการวัด โดยใช้สัดส่วนของการใช้น้ำผ่านมาตรเฉลี่ย เมื่อรู้ค่าความต้องการใช้น้ำในขณะเวลานั้นแล้วนำไปหาปริมาณการรั่วไหลต่อไปซึ่งการรั่วไหลคือค่า MNF ลบด้วยค่าความต้องการใช้น้ำ และปรับค่าปริมาณการรั่วไหลให้อยู่ในสภาวะปกติ เนื่องจากช่วงเวลาของการวัดไม่อยู่ในสภาพการใช้น้ำปกติซึ่งต้องปิดวาล์วหลาย ๆ ตัวเพื่อให้น้ำไหลเข้าทางเดียวและออกทางเดียวในพื้นที่บล็อกที่ทำการวัด ดังรูป



ยกตัวอย่างการหาค่ารั่วไหล (ลิตร/ราย/ชม.) ของสาขาบางกอกน้อยในบล็อกที่ 11 ดังนี้.-

<u>บล็อกที่ 11 ของสาขาบางกอกน้อย รหัสสาขา 1</u>

รู้ค่า เปอร์เซนต์ของการใช้น้ำผ่านมาตร 44.2 % , ค่า MNF ในบล็อก = 118 ลบ.ม/ชม.
จำนวนผู้ใช้น้ำในบล็อก = 2759 ราย , $H_{เข้า}$ = 12.0 ม. และ $H_{ออก}$ = 10.5 ม.
การใช้น้ำผ่านมาตรเฉลี่ย = 195 ลบ.ม/ชม.

จากสูตร $H_{หลังมาตร} = H_{เข้า} - (Q/100)^2$

ได้ค่า = $12 - (118/100)^2$ = 10.6 ม.

หาค่าความต้องการที่ $H_{หลังมาตร}$ = % การใช้น้ำผ่านมาตรเฉลี่ย x การใช้น้ำผ่านมาตรเฉลี่ย x $H_{หลังมาตร}/H_{เข้า}$

= 44.2 % x 195 x 10.6/12 = 76.2 ลบ.ม/ชม.

ปรับค่าความต้องการในกลางบล็อกเพื่อนำไปหาค่าการรั่วไหล

ความต้องการกลางบล็อก = ความต้องการที่ $H_{หลังมาตร}$ / friction adjustment factor

โดยค่า friction adjustment factor

= $H_{หลังมาตร} / \{H_{หลังมาตร} + H_{ออก}/2\}$

= 2 x 10.6 /(10.6 + 10.5) = 1.005

ความต้องการที่กลางบล็อกหรือตอนทดสอบ

= 76.2/1.005 = 75.8 ลบ.ม/ชม.

การรั่วไหลที่กลางบล็อกหรือตอนทดสอบ

= ค่า MNF - ความต้องการใช้น้ำที่กลางบล็อก

= 118 - 75.8 = 42.2 ลบ.ม/ ชม.

ได้ค่าการรั่วไหลที่อยู่สภาพปกติที่ $H_{ปกติ}$ = การรั่วไหลที่กลางบล็อก x friction adjustment factor x $(2H_{เข้า} - H_{ออก})/H_{ออก}$

= 42.2 x 1.005 x (2(12)-10.6)/10.6

= 53.5 ลบ.ม/ชม.

ค่ารั่วไหล/ราย/ชม. = 53.5 x 1000 / 2759 = 19 ลิตร/ราย/ชม.

4.6 <u>การจัดอันดับบล็อก</u>

การคำนวณค่าการรั่วไหลของแต่ละบล็อกจะนำไปใช้วิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์และจัดอันดับของการเปลี่ยนท่อโดยจัดอันดับของบล็อก ค่าข้อมูลในบล็อกของแต่ละสาขาจะนำมาจัดอันดับโดยค่าตัวชี้ระดับการรั่วไหลคือ

- ค่า NNF ได้จากการคำนวณค่า net night flow หรือการรั่วไหลเฉลี่ยตอนกลางคืน (หน่วย ลิตร/ราย/ชม.)

แต่เนื่องจากการทดสอบค่า MNF นี้ไม่สามารถทำได้ครบทุกบล็อกในสาขานั้น ๆ และค่าของปริมาณน้ำรั่วไหลตอนกลางคืน (NNF) ในทุกบล็อกรวมมีค่ามากกว่าปริมาณน้ำรั่วไหลจริงที่จัดสรรให้แก่สาขานั้น ๆ เนื่องจากช่วงเวลากลางคืนมีปริมาณน้ำใช้น้อยทำให้การรั่วไหลตอนกลางคืนมาก จำเป็นต้องปรับค่าปริมาณน้ำรั่วไหลให้มีค่าเท่ากับปริมาณน้ำรั่วไหลทั้งวันในบล็อกนั้น ๆ โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำรั่วไหลในสาขานั้นมาคิด

ยกตัวอย่างในบล็อกที่ 11 สาขาบางกอกน้อย จากปริมาณน้ำรั่วไหลตอนกลางคืน (NNF) เท่ากับ 19 ลิตร/ราย/ชม.

คิดเป็นปริมาณน้ำรั่วไหลตอนกลางคืนทั้งปี = ค่า NNF x จำนวนผู้ใช้น้ำ x 24 x 365 / 10^6

= 19 x 2759 x 24 x 365 / 10^6

= 0.46 ล้าน ลบ.ม/ปี

จากค่าที่คำนวณปริมาณน้ำรั่วไหลตอนกลางคืนสะสมทั้งปีทุกบล็อกในสาขาบางกอกน้อย

= 9.14 ล้าน ลบ.ม/ปี

แต่เนื่องจากค่าปริมาณน้ำรั่วไหลทั้งปีของสาขาบางกอกน้อย = 7.3 ล้าน ลบ.ม/ปี

ดังนั้นปรับค่าปริมาณน้ำรั่วไหลทั้งวันในบล็อกที่ 11 ได้ = 0.46 x 7.3 / 9.14

= 0.37 ล้าน ลบ.ม/ปี

ผลลัพธ์ของการคำนวณปริมาณน้ำรั่วไหลทั้งวันในบล็อกของสาขาบางกอกน้อยสามารถนำมาจัดอันดับได้ดังตารางที่ 4.6 ซึ่งบล็อกที่ 11 ของสาขาบางกอกน้อยมีปริมาณน้ำรั่วไหลที่ปรับค่าแล้วเท่ากับ 0.37 ล้าน ลบ.ม/ปี จะอยู่ในอันดับที่ 10 ของพื้นที่บล็อกในสาขา แล้วนำไปหาค่าผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อในพื้นที่บล็อกต่อไป สำหรับการจัดอันดับพื้นที่บล็อกของสาขาอื่นแสดงไว้ในตารางภาคผนวก ง.

จากผลลัพธ์ในการจัดอันดับค่าปริมาณน้ำรั่วไหลในแต่ละสาขาสามารถแสดงในรูปที่ 4.2 เป็นการเปรียบเทียบค่าจำนวนผู้ใช้น้ำสะสม (1000 ราย) กับปริมาณน้ำรั่วไหลสะสมต่อปีในแต่ละสาขา แสดงให้เห็นว่าในสาขาแม้นศรี และ พระโขนง มีปริมาณน้ำรั่วไหลสูงมาก แต่ค่อนข้างสูงในสาขาพญาไท สมุทรปราการ นนทบุรี ทุ่งมหาเมฆ และ บางเขน และมีปริมาณน้ำรั่วไหลน้อยในสาขาบางกอกน้อย ตากสิน และภาษีเจริญ

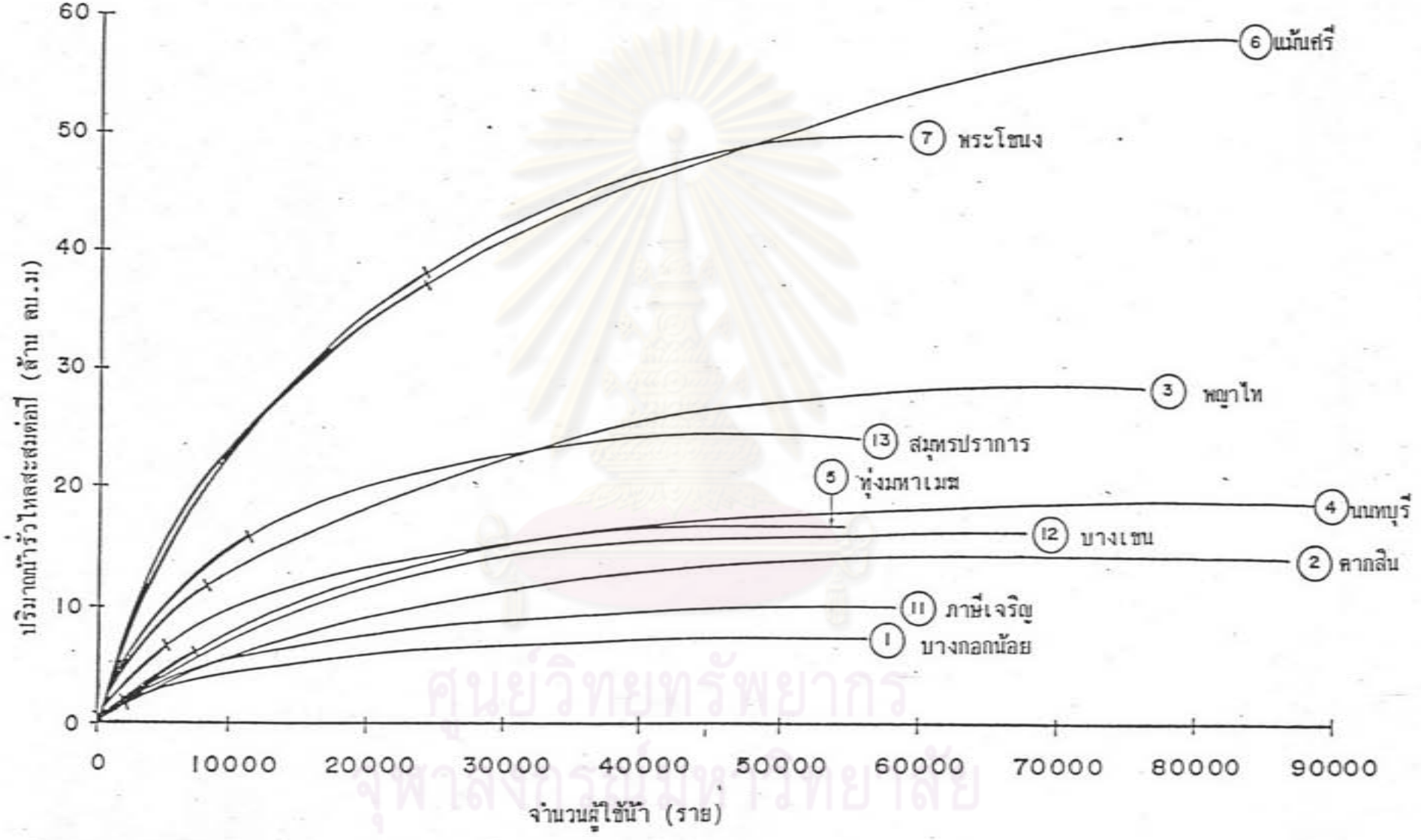
แต่การที่สาขาแม้นศรีและพระโขนงซึ่งมีปริมาณน้ำรั่วไหลสูงไม่จำเป็นที่ต้องพิจารณาการเปลี่ยนท่อทุก ๆ บล็อกในสาขา เนื่องจากปริมาณน้ำรั่วไหลในพื้นที่บล็อกของสาขาอื่นบางบล็อกจะมีปริมาณน้ำรั่วไหลมากกว่าได้ ซึ่งควรจัดอันดับค่าปริมาณน้ำรั่วไหลของทุก ๆ บล็อกทั้ง 10 สาขา เพื่อเป็นข้อมูลในการหาค่า B/C ratio ดังแสดงการจัดอันดับพื้นที่บล็อกที่มีปริมาณน้ำรั่วไหลสูงในอันดับ 1 ถึง 34 บล็อกในตารางที่ 4.7 (การจัดอันดับทุกบล็อกแสดงไว้ในตารางภาคผนวก จ.)

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำรั่วไหลกับจำนวนผู้ใช้น้ำในพื้นที่บล็อกที่จัดอันดับ แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำรั่วไหลครึ่งหนึ่ง (120 ล้าน ลบ.ม) คิดเป็นเปอร์เซนต์ของน้ำสูญเสียประมาณ 15 % ของปริมาณน้ำที่ผลิตได้ อยู่ใน 100 พื้นที่บล็อกแรกจากทั้งหมด 555 บล็อก ครอบคลุมจำนวนผู้ใช้น้ำประมาณ 100,000 ราย สมควรนำมาพิจารณาเพื่อหาค่าผลประโยชน์ในการเปลี่ยนท่อต่อไปเพื่อหาค่า B/C ratio สำหรับการดำเนินการทำแผนการเปลี่ยนท่อ ดังแสดงในรูป 4.3

ตารางที่ 4.6 การจัดอันดับของพื้นที่บล็อกของสาขาบางกอกน้อย

สาขา	บล็อก	ด้านปริมาณการจัดอันดับ				การจัดอันดับ					ผู้ใช้น้ำ		ปริมาณการรั่วไหล		การขยายค่าสำหรับทั้งสาขา		
		ค่า MNF ที่ได้ (L/C/H) "MNF"	Ratio, MNF/Avg. Metered "MNR"	Net Night Flow (L/C/H) "NNF"	MNF (L/C/H) สำหรับ b=0.5	"MNF"	"MNR"	"NNF"	"MNF" สำหรับ b=0.5	อันดับเฉลี่ย	จำนวน	เปอร์เซนต์สะสม	ค่าสะสม ล้าน ลบ.ม	เปอร์เซนต์สะสม	จำนวนผู้ใช้น้ำสะสม	จำนวนบล็อกสะสม	น้ำรั่วไหลสะสม ล้าน ลบ.ม
1	17	73	66%	133	89	2	4	1	1	2.3	2335	4.7%	2.73	29.9%	2667	1	2.2
1	31	75	70%	48	45	1	2	2	2	1.7	1709	8.2%	3.44	37.6%	4619	2	2.8
1	30	45	44%	38	33	4	23	3	3	10.0	2104	12.5%	4.13	45.2%	7023	3	3.3
1	37	33	54%	37	32	14	10	4	7	9.3	1802	16.1%	4.72	51.6%	9081	5	3.8
1	35	34	55%	31	33	12	9	5	4	8.7	2667	21.6%	5.45	59.6%	12127	6	4.4
1	19	54	60%	30	32	3	7	6	5	5.3	2130	25.9%	6.01	65.8%	14560	7	4.8
1	47	43	71%	29	32	6	1	7	6	4.7	1749	29.4%	6.45	70.5%	16558	8	5.2
1	56	44	69%	28	27	5	3	8	8	5.3	1020	31.5%	6.70	73.3%	17723	9	5.4
1	45	35	51%	20	23	10	15	9	11	11.3	1839	35.2%	7.02	76.8%	19824	10	5.6
1	11	43	60%	19	23	7	6	10	10	7.7	2759	40.8%	7.49	81.9%	22976	11	6.0
1	23	38	53%	18	26	8	12	11	9	10.3	2144	45.2%	7.82	85.6%	25425	13	6.3
1	43	34	52%	13	16	13	14	12	14	13.0	737	46.7%	7.91	86.5%	26266	14	6.3
1	25	32	63%	13	15	16	5	13	15	11.3	1104	48.9%	8.04	87.9%	27528	15	6.4
1	39	32	57%	13	19	15	8	14	12	12.3	1938	52.8%	8.26	90.3%	29741	16	6.6
1	21	28	50%	10	13	20	16	15	16	17.0	2144	57.2%	8.45	92.4%	32190	17	6.8
1	64	27	44%	10	10	21	22	16	19	19.7	920	59.1%	8.52	93.2%	33241	18	6.8
1	67	24	53%	9	12	24	11	17	17	17.3	2048	63.2%	8.69	95.1%	35581	19	7.0
1	60	31	49%	8	12	17	17	18	18	17.3	2381	68.1%	8.87	97.0%	38300	21	7.1
1	41	36	52%	8	19	9	13	19	13	13.7	1645	71.4%	8.99	98.3%	40179	22	7.2
1	53	31	46%	5	8	18	20	20	21	19.3	1197	73.8%	9.05	98.9%	41547	23	7.2
1	54	28	48%	4	9	19	18	21	20	19.3	710	75.3%	9,07	99.2%	42358	24	7.3
1	15	35	44%	3	6	11	21	22	22	18.0	2028	79.4%	9.12	99.7%	44674	25	7.3
1	63	24	46%	2	5	23	19	23	23	21.7	1842	83.1%	9.14	100.0%	46778	26	7.3
1	13	23	33%	0	3	25	24	24	24	24.3	1695	86.6%	9.14	100.0%	48714	27	7.3
1	52	26	33%	0	0	22	25	25	25	24.0	1133	88.9%	9.14	100.0%	50009	29	7.3
1	57	20	31%	0	0	26	26	26	26	26.0	1664	92.2%	9.14	100.0%	51909	30	7.3
1	55	20	30%	0	0	27	27	27	27	27.0	1252	94.8%	9.14	100.0%	53339	31	7.3
1	50	12	25%	0	0	28	28	28	28	28.0	2570	100.0%	9.14	100.0%	56275	32	7.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

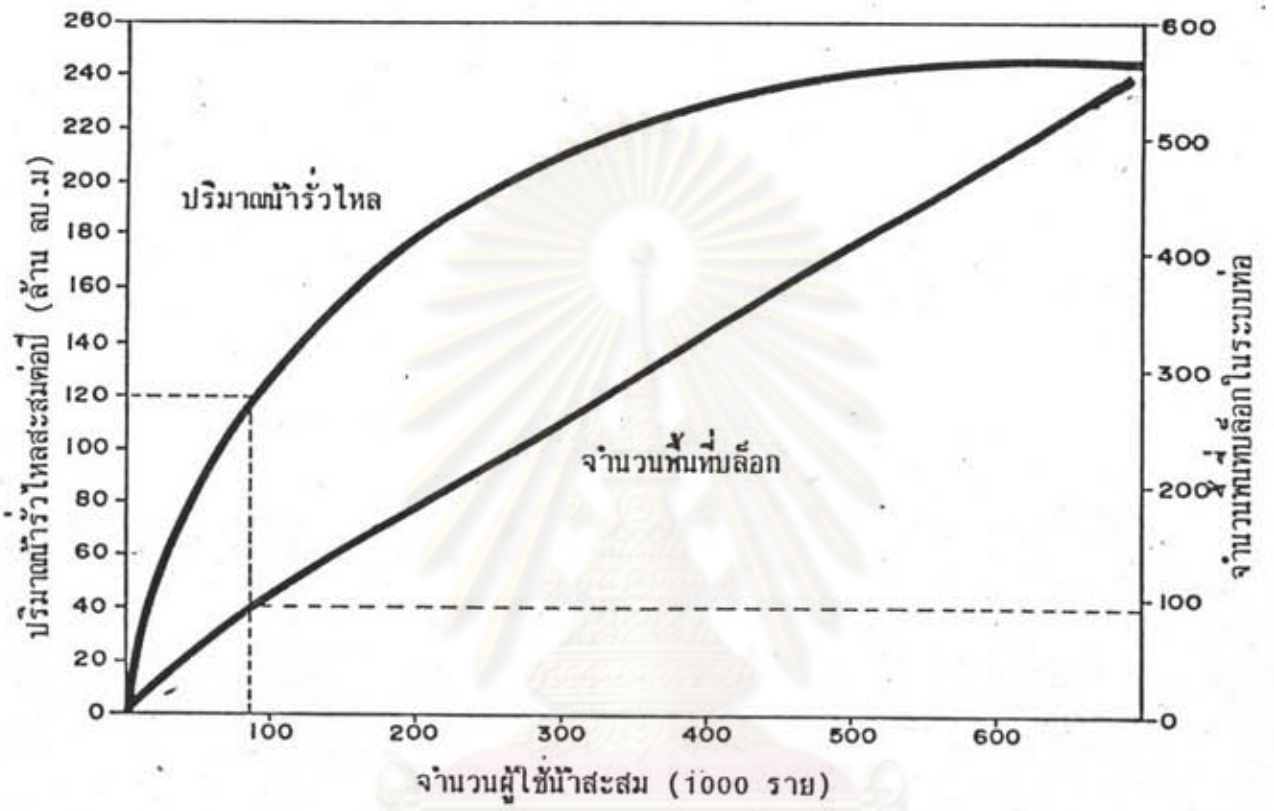


รูปที่ 4.2 ปริมาณน้ำรั่วไหลสะสมต่อปีและจำนวนผู้ใช้น้ำในแต่ละสาขา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 4.7 การจัดอันดับของบล็อกในระบบลิงคลด

อันดับ ที่	ความสูง	เลขที่บล็อก	ความชันในการจัดอันดับ			จำนวนผู้ใช้น้ำใน		KKF ล.บ.ม ต่อ วน.	จำนวนน้ำไหลผ่าน ล้าน ลบ.ม		จำนวนผู้ใช้น้ำสะสม
			KKF	KHR	KKF	บล็อก	ระบบ		ในระบบ	จำนวนสะสม	
1	6	49	4000	52%	3038	23	29	88.7	0.59	0.6	29
2	3	72	1671	67%	2838	79	100	284.7	1.85	2.5	130
3	7	34	2222	381%	2080	9	11	23.8	0.16	2.6	141
4	7	30	2667	106%	1834	6	8	14.0	0.09	2.7	149
5	3	71	5471	48%	1321	17	22	28.5	0.19	2.9	170
6	6	68	443	109%	921	479	608	560.2	3.71	6.6	778
7	6	51	1245	36%	873	139	177	154.1	1.02	7.6	955
8	7	70	349	312%	550	487	618	340.1	2.25	9.9	1573
9	7	23	167	182%	515	1199	1523	783.9	5.19	15.1	3096
10	6	74	332	110%	513	346	439	225.5	1.49	16.6	3535
11	6	63	278	95%	372	389	494	183.7	1.22	17.8	4029
12	7	10	138	63%	368	1381	1754	644.6	4.27	22.1	5783
13	7	17	197	100%	362	720	914	331.1	2.19	24.3	6697
14	13	64	135	200%	349	1576	2001	699.1	4.63	28.9	8699
15	6	87	129	73%	341	1357	1723	588.0	3.90	32.8	10422
16	6	77	311	72%	341	604	767	261.6	1.73	34.5	11189
17	7	80	52	105%	293	2546	3233	948.3	6.28	40.8	14422
18	3	46	127	186%	292	1162	1476	431.2	2.86	43.7	15898
19	6	40	277	131%	273	271	344	94.1	0.62	44.3	16242
20	3	28	197	203%	269	692	879	236.6	1.57	45.9	17121
21	6	66	230	121%	259	404	513	133.1	0.88	46.7	17634
22	7	52	116	101%	257	1423	1807	465.1	3.08	49.8	19441
23	12	76	218	419%	248	377	479	119.0	0.79	50.6	19920
24	6	73	264	70%	247	397	504	124.6	0.83	51.4	20424
25	4	12	72	102%	232	1490	1892	438.6	2.91	54.3	22316
26	13	68	230	231%	229	174	221	50.7	0.34	54.7	22537
27	7	19	122	117%	228	965	1225	279.3	1.85	56.5	23762
28	6	39	305	80%	220	346	439	96.7	0.64	57.2	24202
29	6	69	103	93%	217	1260	1600	347.6	2.30	59.5	25802
30	13	15	70	110%	214	1804	2291	489.8	3.25	62.7	28093
31	13	16	70	121%	213	1694	2151	457.6	3.03	65.8	30244
32	7	13	154	96%	205	716	909	186.3	1.23	67.0	31153
33	13	46	130	190%	200	785	997	199.4	1.32	68.3	32150
34	6	57	89	79%	193	2114	2685	517.3	3.43	71.7	34834



รูปที่ 4.3 ปริมาณน้ำรั่วไหลในระบบท่อสะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย