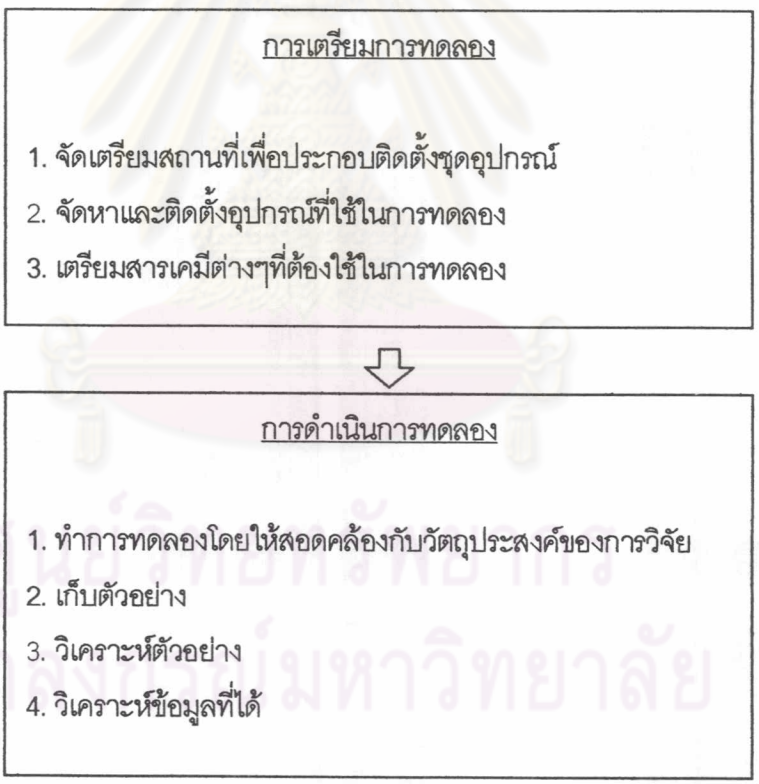
บทที่ 3

แผนการทดลองและดำเนินการวิจัย

3.1 แผนการทดลอง

การวิจัยนี้จะทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพและคุณภาพของน้ำที่ผลิตได้จากระบบการกรองนาโนต้นแบบเปรียบเทียบกับระบบรีเวอร์สออสโมซิส โดยการทดลองนี้จะใช้น้ำประปาจากบ่อพักน้ำของตึกเจริญวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นน้ำดิบเพื่อเข้าระบบ สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ กระทำที่ห้องปฏิบัติการของภาควิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยจะศึกษาถึงการเดินระบบต่อเนื่องระยะยาวกับผลของฟลักซ์ที่ลดลง และกำหนดให้ค่าฟลักซ์ที่ลดลงที่ร้อยละ 50 ของฟลักซ์ตั้งต้นเป็นค่าที่การเดินระบบยอมรับได้มากที่สุด จึงหยุดทำการทดลอง แผนขั้นตอนการทดลองแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการทดลอง

3.2 ตัวแปรต่าง ๆใช้ในการทดลอง

3.2.1 ตัวแปรอิสระ

1. กระบวนการกรองผ่านเมมเบรน (รีเวอร์สออสโมซิส และ การกรองนาโน)

2. แผ่นเยื่อกรอง (รีเวอร์สออสโมซิส และ การกรองนาโน)

3. %Recovery (50 และ 60)

3.2.2 ตัวแปรตาม

1. ค่าฟลักซ์

2. ปริมาณน้ำที่ผลิตได้

3. คุณภาพน้ำที่ผลิตได้

4. ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

3.2.3 ตัวแปรควบคุม

1. แรงดันเริ่มต้นการทดลอง 10 บาร์ สำหรับรีเวอร์สออสโมซิส และ 5 บาร์ สำหรับการกรองนาโน

2. น้ำดิบผ่านระบบการบำบัดขั้นต้นที่ประกอบไปด้วยไส้กรองขนาด 10 และ 5 ไมครอน ถ่านกัมมันต์ และรังสีอัลตราไวโอเลต ก่อนผ่านเยื่อกรอง

3. โมดูลเมมเบรนแบบแผ่นม้วน (Spiral Wound) สำหรับการกรองแบบรีเวอร์สออสโมซิส ของบริษัท CMS รุ่น RE2540-TE

4. โมดูลเมมเบรนแบบแผ่นม้วน (Spiral Wound) สำหรับการกรองแบบนาโน ของบริษัท Filmtec รุ่น NF90

5. สารเคมี เวลา และความดันที่ใช้ล้างเมมเบรน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์คุณภาพประกอบด้วย

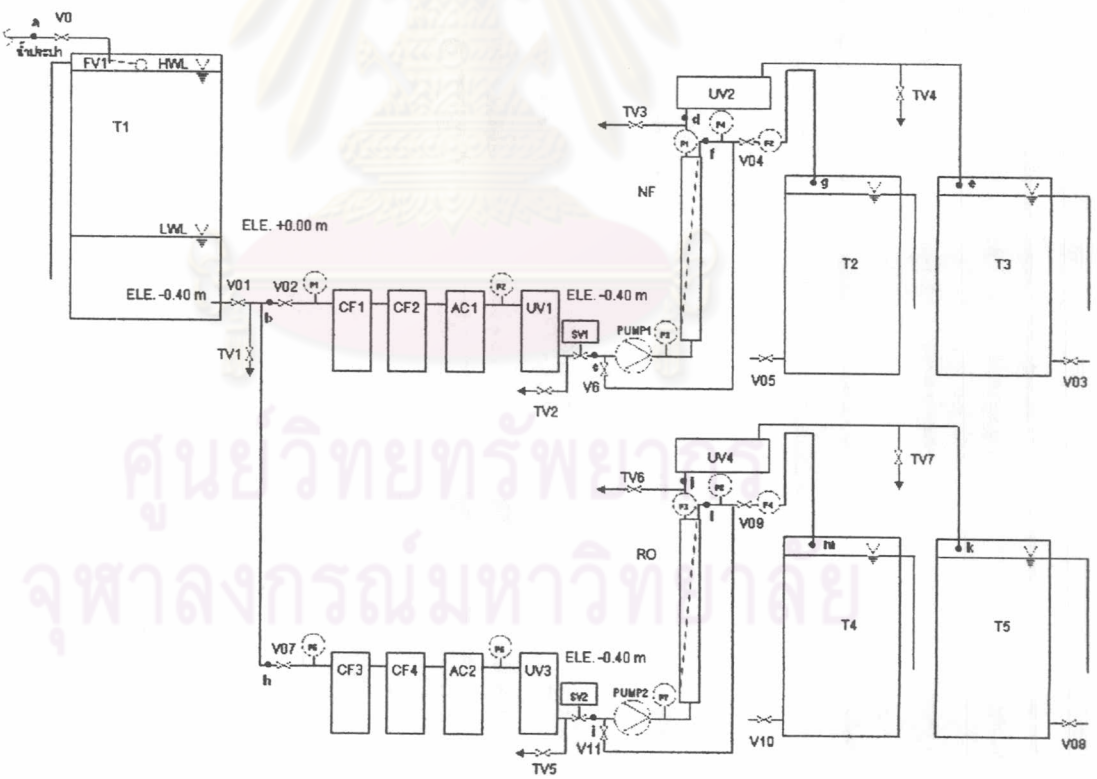
1. ด้านกายภาพ ประกอบด้วย พีเอช และ ความขุ่น

2. ด้านเคมี ประกอบด้วย ปริมาณไอออน (แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี และไนเตรต) ยูวี 254 และสารไตรฮาโลมีเทน

3. ด้านชีววิทยา ประกอบด้วย Total Bacteria, Total Coliform และ *E.Coli*

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

แผนผังการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ทั้งหมดในการวิจัยนี้แสดงในรูปที่ 3.2 การดำเนินการทดลองนี้จะใช้น้ำประปาที่ถูกส่งมาตามท่อจ่ายน้ำประปาแล้วมาพักในบ่อพักเป็นน้ำดิบ การติดตั้งชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองนี้ประกอบไปด้วยถังเก็บน้ำ เครื่องสูบน้ำ ระบบท่อและวาล์ว ไส้กรอง ถ่านกัมมันต์ เครื่องฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต และโมดูลของการกรองผ่านเมมเบรน



รูปที่ 3.2 แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลอง

ความหมายของสัญลักษณ์ในแผนผังอุปกรณ์

T = ถังน้ำ,	CF = ไส้กรอง,	AC = ถ่านกัมมันต์,
UV = รังสีอัลตราไวโอเลต,	V = วาล์ว,	FV = วาล์วลูกลอย,
TV = จุดเก็บตัวอย่างน้ำ,	SV = วาล์วไฟฟ้า,	PUMP = เครื่องสูบน้ำ,
P = มาตรวัดความดัน,	F = มาตรวัดอัตราการไหล	

ตารางที่ 3.1 ลักษณะคุณสมบัติของเยื่อกรองที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ชนิดการกรอง	ชนิดของเยื่อกรอง	ร้อยละการกำจัดเกลือ	พื้นที่ผิว (ตร.ม.)
RO	CMS RE2540-TE	99.5 NaCl	2.5
NF	FILMTEC NF90	99 $MgSO_4$	2.6

อุปกรณ์แต่ละชิ้นประกอบกันเพื่อทำหน้าที่เฉพาะในส่วนประกอบหลักโดยเครื่องมือทดลองทั้งหมดแบ่งตามหน้าที่การทำงานออกได้เป็น 11 ส่วนหลัก ประกอบไปด้วย

1.ส่วนเก็บน้ำเพื่อใช้ผลิต

จากจุด a ถึงจุด b ทำหน้าที่เก็บกักน้ำประปาที่ไหลมาจากท่อประปาไว้ในถังเพื่อใช้เป็นน้ำสำหรับผลิตน้ำดื่มด้วยกระบวนการแผ่นเยื่อกรอง (Reverse osmosis / Nanofiltration)

2. ส่วนการบำบัดเบื้องต้นก่อนเข้าระบบกรองนาโน

จากจุด b ถึงจุด c ทำหน้าที่เตรียมคุณภาพน้ำเบื้องต้นด้วยการกรองเพื่อลดภาระการทำงานของแผ่นเยื่อกรอง กำจัดคลอรีนที่เป็นอันตรายต่อแผ่นเยื่อกรองด้วยถ่านกัมมันต์ และฆ่าจุลชีพที่ทำให้แผ่นเยื่อกรองอุดตันด้วยรังสี UV

3. ส่วนผลิตน้ำจากระบบกรองนาโน

จากจุด c ถึงจุด d ทำหน้าที่ผลิตน้ำผ่านกระบวนการนาโนฟิลเตรชั่น

4. ส่วนการฆ่าเชื้อโรคและเก็บกักก่อนบริโภคจากระบบกรองนาโน

จากจุด d ถึงจุด e ทำหน้าที่ฆ่าเชื้อโรคขั้นสุดท้ายก่อนนำไปเก็บกักสำหรับนำไปใช้บริโภค

5. ส่วนจัดการน้ำที่เหลือจากการผลิตระบบกรองนาโน

จากจุด f ถึงจุด g ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการผลิตน้ำ บ่งชี้สภาพการอุดตันของแผ่นเยื่อกรอง และรวบรวมน้ำที่เหลือจากการผลิต

6. ส่วนหมุนเวียนจากการผลิตระบบกรองนาโน

จากจุด f ถึงจุด c ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำ Concentrate ที่ผ่านจากระบบกรองนาโนไปผสมกับน้ำดิบที่สูบมาใหม่เพื่อเข้าระบบกรองนาโน

7. ส่วนการบำบัดเบื้องต้นก่อนเข้าระบบรีเวอร์สออสโมซิส

จากจุด h ถึงจุด i ทำหน้าที่เตรียมคุณภาพน้ำเบื้องต้นด้วยการกรองเพื่อลดภาระการทำงานของแผ่นเยื่อกรอง กำจัดคลอรีนที่เป็นอันตรายต่อแผ่นเยื่อกรองด้วยถ่านกัมมันต์ และฆ่าจุลชีพที่ทำให้แผ่นเยื่อกรองอุดตันด้วยรังสี UV โดยใช้

8. ส่วนผลิตน้ำจากระบบรีเวอร์สออสโมซิส

จากจุด i ถึงจุด j ทำหน้าที่ผลิตน้ำผ่านกระบวนการรีเวอร์สออสโมซิส

9. ส่วนการฆ่าเชื้อโรคและเก็บกักก่อนบริโภคจากระบบรีเวอร์สออสโมซิส

จากจุด j ถึงจุด k ทำหน้าที่ฆ่าเชื้อโรคขั้นสุดท้ายก่อนนำไปเก็บกักสำหรับนำไปใช้บริโภค

10. ส่วนจัดการน้ำที่เหลือจากการผลิตระบบรีเวอร์สออสโมซิส

จากจุด l ถึงจุด m ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการผลิตน้ำ บ่งชี้สภาพการอุดตันของแผ่นเยื่อกรอง และรวบรวมน้ำที่เหลือจากการผลิต

11. ส่วนหมุนเวียนน้ำจากการผลิตระบบรีเวอร์สออสโมซิส

จากจุด l ถึงจุด i ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำ Concentrate ที่ผ่านจากระบบรีเวอร์สออสโมซิสไปผสมกับน้ำดิบที่สูบมาใหม่เพื่อเข้าระบบรีเวอร์สออสโมซิส

3.4 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1

เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการทำงาน การใช้พลังงานและปริมาณน้ำดื่มที่ผลิตได้ โดยทำการวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้า และปริมาณน้ำดื่มที่ผลิตได้ โดยจะเปลี่ยนชนิดของระบบที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบรีเวอร์สออสโมซิส และการกรองนาโน โดยจะทำการบันทึกค่าทุก 24 ชั่วโมง ใช้เวลาการทดลองจนกระทั่งค่าฟลักซ์ลดลงร้อยละ 40 ของฟลักซ์สูงสุด หรือไม่เกิน 720 ชั่วโมง

ตารางที่ 3.2 รูปแบบการเดินระบบที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองที่	ชนิดการกรอง	ร้อยละ Recovery	ΔP (bar)	ระยะเวลา(ชั่วโมง)
1	RO	50	10	720
2	RO	60	10	720
3	NF	50	5	720
4	NF	60	5	720

ขั้นตอนที่ 2

เพื่อทดสอบคุณภาพน้ำดื่มที่ผลิตได้จากระบบรีเวอร์สออสโมซิสและการกรองนาโนตามรูปแบบต่างๆดังแสดงในตารางที่ 4.2 ทำโดยการนำน้ำประปาสูบเข้าระบบผลิต โดยขั้นแรกจะผ่านตัวกรองขนาด 10 ไมครอน และ 5 ไมครอน ถ่านกัมมันต์ และรังสีอัลตราไวโอเลต จากนั้นน้ำจะถูกสูบเข้าระบบแผ่นเยื่อกรอง และสุดท้ายผ่านการกรองด้วยเมมเบรน จุดเก็บน้ำและคุณภาพที่วิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 จุดเก็บตัวอย่างน้ำและคุณภาพที่วิเคราะห์

จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	คุณภาพที่วิเคราะห์		
	ด้านกายภาพ	ด้านเคมี	ด้านชีววิทยา
1. ก่อนเข้าไส้กรองขนาด 10 ไมครอน	+	+	+
2. หลังจากน้ำดิบผ่านการฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต	+	+	+
3. หลังผ่านการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง	+	+	+
4. หลังผ่านการฆ่าเชื้อโรคขั้นสุดท้ายด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต			+

การเก็บตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งหมดจะแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ

1. ช่วงเวลาเดินระบบผลิตที่ 0 ถึง 120 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างน้ำจากจุดเก็บน้ำทั้ง 3 จุด ทุก 48 ชั่วโมง จำนวน 3 ครั้ง

2. ช่วงเวลาเดินระบบผลิตที่ 120 ถึง 360 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างน้ำจากจุดเก็บน้ำทั้ง 3 จุด ทุก 120 ชั่วโมง จำนวน 2 ครั้ง

3. ช่วงเวลาเดินระบบผลิตที่ 360 ถึง 720 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างน้ำจากจุดเก็บน้ำทั้ง 3 จุด ทุก 168 ชั่วโมง จำนวน 2 ครั้ง

3.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.5.1 อุปกรณ์เพื่อการวิจัย

- เครื่องสูบน้ำ ขนาด 0.45 ลบ.ม./ชั่วโมง แรงดัน 5 บาร์ จำนวน 1 เครื่อง

- เครื่องสูบน้ำ ขนาด 0.45 ลบ.ม./ชั่วโมง แรงดัน 10 บาร์ จำนวน 1 เครื่อง

- เมมเบรนระบบกรองนาโน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- เมมเบรนระบบกรองรีเวอร์สออสโมซิส

- ไส้กรองขนาด 10 และ 5 ไมครอน จำนวน 2 ชุด

- ถ่านกัมมันต์ จำนวน 2 ชุด

- เครื่องฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสีราไวโอเลต จำนวน 2 ชุด

- ถังเก็บน้ำ 5 ใบ

- มาตรวัดความดัน ขนาด 0 – 7 bar จำนวน 2 ตัว

- มาตรวัดความดัน ขนาด 0 – 15 bar จำนวน 2 ตัว

- มาตรวัดปริมาณน้ำ จำนวน 2 ตัว

- ท่อน้ำ ข้อต่อ และประตูน้ำ

3.5.2 เครื่องมือเพื่อการวิเคราะห์

- เครื่อง AAS : Atomic Absorption Spectrophotometer

- เครื่อง UV Spectrophotometer

- เครื่องวัดพีเอช (pH meter)

- เครื่องวัดความขุ่นแบบเนฟฟีโลมิเตอร์

- ตู้บ่มเชื้อ อุณหภูมิ 35±0.5°ซ.

- อ่างน้ำอุ่น อุณหภูมิ 44.5±0.2°ซ.

- เครื่องนับแบคทีเรีย (Quebec darkfied colony counter)

- เครื่องชั่งแบบละเอียด

- เครื่องแก้วสำหรับวัดตวง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6 วิธีการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ตัวอย่างนี้จะวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีววิทยาของน้ำเพื่อศึกษาความเหมาะสมในการผลิตน้ำดื่ม วิธีวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

พารามิเตอร์	วิธีที่ใช้วิเคราะห์
ความดัน	มาตรวัดความดัน
อัตราการไหลของน้ำ	วัดปริมาตรจับเวลา
ความขุ่น	Nephelometric Method
พีเอช	pH meter
สารโลหะ	AAS : Atomic Absorption Spectrophotometer
ไนเตรต	UV Spectrophotometric Screening
ยูวี 254	UV Spectrophotometric Screening
Total Bacteria	*Standard Method
Total Coliform	*Standard Method
E.Coli	*Standard Method

* Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย