# งานวิจัยโครงการติดตั้งระบบรีไซเคิลน้ำทิ้งของเครื่องทำน้ำความเย็น ประจำอาคารเฉลิมพระเกียรติ 50 พรรษา

**อนุพงษ์ คงแก้ว และ นพเมศฐ์ รังสีเตชาวัฒน์***

*คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี จังหวัดกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย*
**Corresponding author: noppamate.rag@mahidol.ac.th*

## บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาวิเคราะห์โครงการติดตั้งระบบรีไซเคิลน้ำทิ้งของเครื่องทำน้ำความเย็น ประจำอาคารเฉลิมพระเกียรติ 50 พรรษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล โดยโครงการนี้มีการติดตั้งระบบเพื่อนำน้ำทิ้งจากการล้างทำความสะอาดด้วยระบบบอลคลีนนิ่งของระบบเครื่องทำความเย็นกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งปัจจุบันน้ำที่ถูกระบายทิ้งออกจากระบบบอลคลีนนิ่งจะปล่อยลงสู่รางระบายน้ำทิ้งทุกครั้งหลังจากที่มีการล้าง ผู้วิจัยจึงทำการเก็บข้อมูลการเดรนน้ำทิ้งของระบบบอลคลีนนิ่ง พบว่าภายใน 1 วัน ระบบจะเดรนน้ำทิ้งทั้งหมด 6,500 ลิตร คิดเป็น 2,72,500 ลิตร/ปี คิดเป็นลูกบาศก์เมตร 2,372.50 ลบม./ปี หากคิดเป็นค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปรวมเป็นเงิน 40,569.75 บาท/ปี

การศึกษาในครั้งนี้จะเก็บข้อมูลการใช้น้ำหลังจากติดตั้งระบบแล้ว โดยเก็บข้อมูลทั้งหมด 4 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2565 - พ.ศ. 2568 ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้มีปริมาณการนำน้ำกลับมาใช้ประโยชน์รวมทั้งสิ้น 6,270 ลูกบาศก์เมตร ลดค่าใช้จ่ายได้ 107,217 บาท แสดงให้เห็นถึงความคุ้มค่าในการดำเนินโครงการรีไซเคิลน้ำทิ้ง เมื่อพิจารณาเป็นรายปีพบว่าปริมาณการนำน้ำกลับมาใช้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเพิ่มจาก 1,523 ลบ.ม. ในปี พ.ศ. 2565 เป็น 1,596 ลบ.ม. ในปี พ.ศ. 2568 สามารถลดค่าใช้จ่ายเป็นเงินที่เพิ่มขึ้นจาก 26,043.30 บาท เป็น 27,291.60 บาท ดังนั้นการติดตั้งระบบดังกล่าวสามารถลดปริมาณการใช้น้ำประปา ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการปรับปรุงภาพลักษณ์ขององค์กรในการดำเนินงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องตามนโยบายการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมการพัฒนาอย่างยั่งยืน

**คำสำคัญ:** ระบบรีไซเคิลน้ำทิ้ง / เครื่องทำความเย็น / พลังงานและสิ่งแวดล้อม

# Research on the project to install a wastewater recycling system for chiller machines at the 50th Anniversary Chalermprakiat Building

**Anupong Kongkeaw and Nabameshtha Rangsitejavadhana***

*Faculty of Dentistry, Mahidol University, Thung Phaya Thai Subdistrict, Ratchathewi District, Bangkok, Thailand*

**Corresponding author: noppamate.rag@mahidol.ac.th*

## Abstract

This research article presents an analytical study of the wastewater recycling system installed in the chiller system of the 50th Anniversary Commemoration Building, Faculty of Dentistry, Mahidol University. The project involves installing a system to reuse wastewater from the ball cleaning system of the chiller units. Currently, water discharged from the ball cleaning system is released into a drainage channel after each cleaning. The researchers therefore collected data on wastewater drainage from the ball cleaning system. It was found that the system drains a total of 6,500 liters of wastewater per day, equivalent to 2,72,500 liters per year or 2,372.50 cubic meters per year. This amounts to a total loss of 40,569.75 baht per year.

This study collected water usage data after the system was installed, covering a total of four years from 2022 to 2025. The results showed that a total of 6,270 cubic meters of water were reused, saving 107,217 baht. This demonstrates the cost-effectiveness of the wastewater recycling project. Annual figures show a continuous increase in water reuse, from 1,523 cubic meters in 2022 to 1,596 cubic meters in 2025, resulting in cost savings of 26,043.30 baht to 27,291.60 baht. Therefore, installing such a system can reduce water consumption and help minimize the environmental impact. It enhances the corporate image as an eco-friendly business. This aligns with the policy on energy and environmental management and sustainable development.

**Keywords:** Wastewater recycling system / Chiller / Energy and environment

**1. บทนำ**

ปัจจุบันประเทศไทยยังคงมีปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะปัญหาเกี่ยวกับ มลพิษทางน้ำ แหล่งน้ำเน่าเสีย ซึ่งมาจากน้ำเสียที่เกิดจากการทิ้งจากโรงงาน และแหล่งชุมชน เนื่องจากโรงงานต่างๆ และประชากรที่เพิ่มมากขึ้น ชุมชนขยายตัวมากขึ้น และมีการนำเทคโนโลยีมาอำนวยความสะดวกในการดำเนินชีวิตประจำวัน วิถีชีวิต ความเป็นอยู่ของคนที่อาศัยอยู่ตามแม่น้ำลำคลองเปลี่ยนไป มีการปล่อยน้ำเสียของครัวเรือนลงไปในแม่น้ำลำคลอง โดยไม่ได้มีการบำบัดน้ำก่อน ตั้งแต่อดีตได้เริ่มมีการคิดค้นวิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการบำบัดน้ำเสีย ทั้งทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมี แต่จะเห็นได้ว่าน้ำในแม่น้ำลำคลองยังคงเน่าเสีย คุณภาพของน้ำยังไม่สามารถนำกลับมาใช้ในการอุปโภค และบริโภคได้ [1]

จากปัญหาดังกล่าวและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำประปาของคณะทันตแพทยศาสตร์ มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง คณะทันตแพทยศาสตร์ ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนาอย่างยั่งยืน และในการลดการใช้พลังงานด้านน้ำประปาอย่างมีประสิทธิผล จึงได้ศึกษาวิเคราะห์เครื่องทำความเย็น ประจำอาคารเฉลิมพระเกียรติ 50 พรรษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ซึ่งปัจจุบันภายในอาคารนั้นใช้เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่แบบรวมศูนย์ และได้ดำเนินการมาตรการประหยัดพลังงานการติดตั้งระบบบอลคลีนนิ่งให้กับเครื่องทำความเย็นขนาด 800 ตัน 3 ชุด ซึ่งเป็นระบบที่ทำความสะอาดคราบสกปรกเกาะอยู่ที่ผิวภายในท่อ และเมื่อทำความสะอาดเสร็จแล้วจะระบายน้ำดังกล่าวทิ้งออกจากระบบบอลคลีนนิ่ง ปล่อยลงสู่รางระบายน้ำประจำอาคาร โดยมีการทำงานของระบบคือเปิดใช้งานวันละ 2 ชุด จะเดรนน้ำทิ้งทุกๆ 2 ชั่วโมง ครั้งละ 1 นาที (ปริมาณน้ำทิ้ง 500 ลิตรต่อครั้ง) หากสามารถนำน้ำที่ทิ้งกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆ เช่น รดน้ำต้นไม้ ล้างทำความสะอาดพื้น ล้างรถ ก็จะเป็นประโยชน์ต่อคณะทันตแพทยศาสตร์ ผู้วิเคราะห์จึงได้ทำการเก็บผลการเดรนน้ำทิ้งของระบบบอลคลีนนิ่ง โดยใช้ท่อน้ำต่อเข้ากับท่อน้ำทิ้งของระบบ และปล่อยไปยังถังพักน้ำขนาด 1,000 ลิตร ที่เตรียมไว้ พบว่าระบบได้เดรนน้ำทิ้ง 1 ครั้ง ลงในถังพักได้ปริมาณน้ำครึ่งถัง ระบบจะทำงานเป็นเวลา 1 นาที มีปริมาณน้ำทิ้ง 500 ลิตร/ครั้ง ซึ่งภายใน 1 วันจะทำการเปิดใช้งานระบบเครื่องทำความเย็นที่มีการการติดตั้งระบบบอลคลีนนิ่งทั้งหมด 2 ชุด ดังนี้ ชุดที่ 1 ทำงาน 6.00-17.00 น. (เดรนน้ำ 6 ครั้ง/วัน x 500 = 3,000 ลิตร) และชุดที่ 2 ทำงาน 7.00-21.00 น. (เดรนน้ำ 7 ครั้ง/วัน x 500 = 3,500 ลิตร) รวมเป็นจำนวน 6,500 ลิตร/วัน เป็นจำนวน 2,72,500 ลิตร/ปี คิดเป็นลูกบาศก์เมตร 2,372.50 ลบม./ปี หากนำมาคิดเป็นจำนวนเงินที่เสียไปเท่ากับ 40,569.75 บาท/ปี (อัตรา 17.10 บาทต่อลูกบาศก์เมตร) จากปริมาณน้ำทิ้งของระบบเครื่องทำความเย็นจะเห็นได้ว่าเป็นปริมาณที่มาก ผู้จัดทำจึงได้ทำการออกแบบและติดตั้งระบบรีไซเคิลน้ำทิ้งของระบบเครื่องทำความเย็นประจำอาคารกลับมาใช้ใหม่ โดยติดตั้งถังพักน้ำขนาด 1,000 ลิตร จำนวน 6 ถัง และปั๊มน้ำที่จะสูบน้ำภายในถังพักไปใช้งานต่อไป

(ก) เครื่องทำความเย็นขนาด 80

(ข) ระบบบอลคลีนนิ่ง

**รูปที่ 1** แสดง (ก) เครื่องทำความเย็นขนาด 800 และ (ข) ระบบบอลคลีนนิ่ง

**2. วัตถุประสงค์**

1. เพื่อออกแบบและติดตั้งระบบรีไซเคิลน้ำทิ้งจากระบบบอลคลีนนิ่งของเครื่องทำความเย็น ประจำอาคารเฉลิมพระเกียรติ 50 พรรษา
2. เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำประปา และลดค่าใช้จ่ายด้านสาธารณูปโภคของคณะทันตแพทยศาสตร์ม หาวิทยาลัยมหิดล
3. เพื่อนำน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการทำความสะอาดท่อเครื่องทำความเย็น กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในกิจกรรมการดูแลพื้นที่อาคาร เช่น การรดน้ำต้นไม้ การล้างพื้น และการล้างรถ
4. เพื่อสนับสนุนนโยบายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development) และการบริหารจัดการพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

**3. ขอบเขตของการศึกษา**

การศึกษานี้มีขอบเขตครอบคลุมการวิเคราะห์เชิงปริมาณและเชิงวิศวกรรมของโครงการระบบรีไซเคิลน้ำทิ้ง จากเครื่องน้ำทำความเย็นที่ติดตั้งระบบบอลคลีนนิ่ง ภายในอาคารเฉลิมพระเกียรติ 50 พรรษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล โดยมุ่งเน้นเฉพาะน้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการเดรนน้ำในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดท่อของเครื่องทำความเย็นเท่านั้น ผู้จัดทำได้กำหนดขอบเขตไว้ดังนี้

ขอบเขตด้านเนื้อหา

- ศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณน้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการระบายน้ำ (Drain) ของระบบบอลคลีนนิ่ง
- (Ball Cleaning System) ที่ติดตั้งกับเครื่องทำความเย็นขนาด 800 ตัน จำนวน 3 ชุด (ใช้งานจริงวันละ 2 ชุด)
- ออกแบบและติดตั้งระบบรีไซเคิลน้ำทิ้งจากระบบบอลคลีนนิ่งของเครื่องทำความเย็นกลับมาใช้ใหม่ (Water Recycle System) โดยเน้นการนำไปใช้ในกิจกรรมที่ไม่ต้องใช้คุณภาพน้ำประปา เช่น การรดน้ำต้นไม้ การล้างพื้น และการล้างรถ
- วิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ งบประมาณการลงทุน ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้ และระยะเวลาคืนทุน

**4. วิธีการศึกษา**

**4.1 รวบรวมข้อมูล**

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์ โดยดำเนินการศึกษาโครงการติดตั้งระบบรีไซเคิลน้ำทิ้งของเครื่องทำน้ำความเย็นประจำอาคารเฉลิมพระเกียรติ 50 พรรษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ขั้นตอนการศึกษาประกอบด้วยการสำรวจระบบเครื่องน้ำทำความเย็นที่ติดตั้งระบบบอลคลีนนิ่ง ศึกษารูปแบบการทำงาน ความถี่ และระยะเวลาในการระบายน้ำทิ้งของระบบ

**รูปที่ 2** แสดงระบบรีไซเคิลน้ำทิ้ง และถังพักน้ำ

**รูปที่ 3** แสดงระบบควบคุมปั๊มน้ำอัตโนมัติ และการนำน้ำไปใช้งาน

การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) ข้อมูลปฐมภูมิจากการตรวจวัดปริมาณน้ำทิ้งที่เกิดจากการทำงานของระบบบอลคลีนนิ่ง โดยบันทึกความถี่ในการเดรนน้ำ ปริมาณน้ำต่อครั้ง และระยะเวลาการทำงานของระบบ และ 2) ข้อมูลทุติยภูมิจากเอกสาร รายงาน และบันทึกการใช้น้ำประปาและค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องย้อนหลังเป็นระยะเวลา 4 ปี ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาคำนวณปริมาณน้ำทิ้งรายเดือนและรายปี วิเคราะห์ศักยภาพในการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงการวิเคราะห์ต้นทุนการลงทุน ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ รวมถึงการประเมินระยะเวลาคืนทุนของโครงการ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการพัฒนาระบบรีไซเคิลน้ำทิ้งให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการใช้งานจริง และได้เก็บตัวอย่างน้ำดังกล่าวส่งตรวจสอบคุณภาพน้ำโดย บริษัท เท็คแมน (ไทยแลนด์) เพื่อยืนยันความปลอดภัยก่อนนำไปใช้ พบว่าน้ำที่หมุนเวียนในระบบเปิด (Cooling & Condenser Chiller) คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปกติทุกรายการสามารถนำไปรดน้ำต้นไม้ได้ ซึ่งค่า pH 8.8 แม้จะยังค่อนข้างเป็นด่าง แต่อยู่ในระดับที่ต้นไม้ใหญ่หรือพืชทั่วไปพอจะรับได้ การนำไฟฟ้า Conductivity = 998 µmhos/cm ค่าความเสี่ยงเรื่องดินเค็มอยู่ในเกณฑ์ที่ดีสำหรับการชลประทาน (ไม่เกิน 1,000) สารละลายทั้งหมด Dissolved Solids = 599 mg/L อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำรดต้นไม้ทั่วไป (ไม่เกิน 500-1,000) และคลอไรด์ Chloride = 108 mg/L อยู่ในระดับที่ปลอดภัย ไม่ทำให้เกิดอาการใบไหม้ในพืชส่วนใหญ่ โดยผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำแสดงดังรูปที่ 4

บริษัท เท็คแมน (ไทยแลนด์) จำกัด
TECHMAN (THAILAND) CO.,LTD.
ISO 9001:2015

ผลวิเคราะห์น้ำหมุนเวียน ประจำเดือน มกราคม 2569

| Parameter | Unit | Cooling water | Standard of Cooling Water |
|---|---|---|---|
| pH | - | 8.8 | 7-9 |
| Turbidity | NTU | 4.04 | <5 |
| Conductivity | µmhos/cm | 998 | <2000 |
| Dissolved Solids | mg/L as NaCl | 599 | <1400 |
| M-Alkalinity | mg/L as $CaCO_3$ | 260 | <500 |
| Total Hardness | mg/L as $CaCO_3$ | 77 | <200 |
| Chloride | mg/L as $Cl^-$ | 108 | <400 |
| Total Iron | mg/L | 0.24 | <0.3 |
| Sulfate | mg/L as $SO_4^{2-}$ | 36.86 | <200 |
| Silica | mg/L as $SiO_2$ | 40.15 | <125 |

สรุปผลวิเคราะห์

จากผลการตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีของน้ำที่หมุนเวียนอยู่ในระบบเปิด(Cooling&Condenser)
พบว่าสภาวะของน้ำที่หมุนเวียนในระบบอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปกติ

**รูปที่ 4** แสดงผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

**4.2 สถิติที่ใช้ในการศึกษา**

การวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษานี้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่ออธิบายลักษณะการทำงานของระบบเครื่องน้ำทำความเย็น ปริมาณน้ำทิ้งที่เกิดขึ้น และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการรีไซเคิลน้ำทิ้ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่

- ความถี่ (Frequency)
- ค่าเฉลี่ย (Mean)
- การคำนวณผลรวม (Total)

เพื่ออธิบายปริมาณน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นต่อครั้ง ต่อเดือน และต่อปี รวมถึงค่าใช้จ่ายด้านการใช้น้ำประปา

2. วิธีการคำนวณปริมาณน้ำทิ้ง [3] ปริมาณน้ำทิ้งจากระบบบอลคลีนนิ่งคำนวณจากข้อมูลการทำงานของระบบ ดังนี้

- ปริมาณน้ำทิ้งต่อครั้ง (ลิตร/ครั้ง)
- จำนวนครั้งในการเดรนน้ำต่อชั่วโมง
- จำนวนชั่วโมงการทำงานของระบบต่อวัน
- จำนวนเครื่องทำความเย็นที่ติดตั้งระบบบอลคลีนนิ่ง

สูตรการคำนวณปริมาณน้ำทิ้งต่อวัน

ปริมาณน้ำทิ้งต่อวัน(ลิตร/วัน)=ปริมาณน้ำทิ้งต่อครั้ง × จำนวนครั้งต่อวัน × จำนวนเครื่อง

สูตรการคำนวณปริมาณน้ำทิ้งต่อปี

ปริมาณน้ำทิ้งต่อปี(ลิตร/ปี)=ปริมาณน้ำทิ้งต่อวัน × จำนวนวันทำการต่อปี

จากนั้นแปลงหน่วยจากลิตรเป็นลูกบาศก์เมตร โดย 1 ลูกบาศก์เมตร = 1,000 ลิตร

3. วิธีการคำนวณค่าใช้จ่ายด้านน้ำประปา [4] ค่าใช้จ่ายด้านน้ำประปาคำนวณจากปริมาณน้ำที่ใช้และอัตราค่าน้ำประปาที่หน่วยงานกำหนด

สูตรการคำนวณค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี) = ปริมาณน้ำ (ลบ.ม./ปี) × อัตราค่าน้ำ (บาท/ลบ.ม.)

4. วิธีการคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ [2] การประเมินความคุ้มค่าของโครงการใช้วิธีการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

สูตรการคำนวณระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน (ปี) = เงินลงทุนทั้งหมด ÷ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี

โดยเงินลงทุนทั้งหมดประกอบด้วยค่าถังพักน้ำ ค่าอุปกรณ์ และค่าติดตั้งระบบรีไซเคิลน้ำทิ้ง ส่วนค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปีคำนวณจากมูลค่าการลดการใช้น้ำประปา

5. การวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลัง 4 ปี

ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำและค่าใช้จ่ายย้อนหลังเป็นระยะเวลา 4 ปี ถูกนำมาวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบหลังการติดตั้งระบบรีไซเคิลน้ำทิ้ง เพื่อประเมินแนวโน้มการใช้น้ำ ค่าใช้จ่ายที่ลดลง และประสิทธิภาพของระบบในระยะยาว

**5. ผลการศึกษาและอภิปรายผล**

จากการสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูล Scopus และวารสารวิชาการ พบงานวิจัยและผลงานวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ในระบบคูลลิ่งและการจัดการน้ำเสีย ดังนี้

1. งานวิจัยด้าน การนำน้ำทิ้งมาผลิตน้ำทำความเย็นโดยใช้เทคโนโลยีเยื่อกรอง พบว่าเทคโนโลยีอัลตราฟิลเตรชันและนาโนฟิลเตรชันสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในระบบคูลลิ่งของอุตสาหกรรมและลดปริมาณการใช้น้ำใหม่ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าการกำจัดของแข็งละลายและความขุ่นสูง ทำให้การนำน้ำกลับไปใช้ในระบบคูลลิ่งเป็นไปได้จริงในสถานการณ์ที่ต้องลดการใช้น้ำใหม่ [5]

2. ในงานที่ตีพิมพ์ใน *Journal of Water Process Engineering* พบแนวทางการนำน้ำทิ้งจากการล้างขวดในอุตสาหกรรมอาหารมารีไซเคิลใช้ใน หอคูลลิ่ง (cooling towers) โดยต้องจัดการลดสารเคมีที่เป็นอันตรายก่อนเพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างปลอดภัย โดยงานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการใช้ น้ำรีไซเคิลแทนน้ำใหม่ 100% ในหอคูลลิ่งของโรงงานจริง ซึ่งชี้ถึงศักยภาพสูงของการรีไซเคิลน้ำเพื่อระบบทำความเย็นในภาคอุตสาหกรรม [6]

3. งานวิจัยด้านการ นำน้ำทิ้งกลับมาใช้ในระบบคูลลิ่งของโรงงานพลังงาน พบว่าการบำบัดน้ำให้เหมาะสมก่อนนำกลับเข้าสู่ระบบสามารถลดการดึงน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติและลดการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อมได้ถึงประมาณ 25% ซึ่งยืนยันถึงประสิทธิผลของแนวคิดการรีไซเคิลน้ำทิ้งเพื่อลดผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำธรรมชาติ [7]

4. ในบริบทที่กว้างขึ้น งานวิจัยเชิงสังเคราะห์ (systematic review) ด้าน การบำบัดน้ำและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่เพื่อความยั่งยืนของทรัพยากรน้ำ ระบุว่าการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้สามารถช่วยลดภาระบนแหล่งน้ำธรรมชาติ ปรับปรุงความมั่นคงของทรัพยากรน้ำ และสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (SDGs) โดยมีผลงานวิจัยหลากหลายยืนยันถึงประโยชน์ทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ [8]

จากผลงานวิชาการเหล่านี้ สามารถสรุปแนวโน้มและบทเรียนสำคัญได้ ดังนี้

- การรีไซเคิลน้ำทิ้งสำหรับระบบคูลลิ่งต้องควบคุมคุณภาพน้ำ ก่อนจะนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเกี่ยวกับการกัดกร่อน การเกิดตะกรัน และการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในระบบคูลลิ่ง
- การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการบำบัดน้ำ เช่น เยื่อกรอง (UF/NF), การกำจัดสารเคมี และการบำบัดก่อนเข้าสู่ระบบคูลลิ่ง มีบทบาทสำคัญในการทำให้น้ำรีไซเคิลมีคุณภาพตอบโจทย์การใช้งานจริง
- ผลประโยชน์จากการรีไซเคิลน้ำทิ้งครอบคลุมทั้งการลดการดึงน้ำใหม่ ลดการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อม และการประหยัดต้นทุนการใช้น้ำในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนและการพัฒนาอย่างยั่งยืน ผลการศึกษาจากงานวิจัยต่าง ๆ ที่สืบค้นมาแสดงให้เห็นว่าการจัดการและรีไซเคิลน้ำทิ้งสำหรับระบบคูลลิ่งเป็นแนวทางที่มีศักยภาพสูงในการลดการใช้น้ำใหม่และสนับสนุนการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน พร้อมทั้งยังเสริมสร้างความเข้าใจเชิงเทคนิคเกี่ยวกับเงื่อนไขและคุณลักษณะของระบบที่เหมาะสมสำหรับการนำน้ำรีไซเคิลไปใช้งานจริงทั้งในระดับอุตสาหกรรมและอาคาร เช่นเดียวกับแนวคิดที่นำมาใช้ในโครงการศึกษาของบทความนี้เอง

**5.1 ผลการศึกษารูปแบบผลงานวิชาการ**

จากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้น้ำของโครงการติดตั้งระบบรีไซเคิลน้ำทิ้งของเครื่องทำน้ำความเย็น ในช่วงปี พ.ศ. 2565–2568 พบว่า ปริมาณการใช้น้ำและค่าใช้จ่ายค่าน้ำประปามีความแตกต่างกันในแต่ละปี โดยมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงตามลักษณะการใช้งานของระบบปรับอากาศในแต่ละช่วงเวลา

จากผลการตรวจวัดการใช้น้ำ โครงการปรับปรุงระบบน้ำทิ้งจากระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์น้ำและสิ่งแวดล้อมประจำปี พ.ศ. 2565 (ตารางที่ 1) พบว่า ปริมาณการใช้น้ำรวมทั้งปีอยู่ที่ 1,523 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นค่าใช้น้ำประปารวม

26,043.30 บาท (อัตรา 17.10 บาทต่อลูกบาศก์เมตร) ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ประมาณ 126.92 ลูกบาศก์เมตร โดยเดือนที่มีการใช้น้ำสูงสุดคือ เดือนกันยายน (134 ลบ.ม.) คิดเป็นเงิน 2,291.40 บาท รองลงมาคือเดือนตุลาคม (133 ลบ.ม.) และเดือนพฤษภาคม/สิงหาคม (131 ลบ.ม.) ส่วนเดือนที่มีการใช้น้ำน้อยที่สุดคือ เดือนกุมภาพันธ์ (115 ลบ.ม.) คิดเป็นเงิน 1,966.50 บาท ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า ปริมาณการใช้น้ำมีความผันผวนตามช่วงเวลา แต่โดยรวมอยู่ในระดับค่อนข้างคงที่ตลอดปี การดำเนินโครงการฯ สามารถช่วยควบคุมและบริหารจัดการการใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เกิดการประหยัดค่าใช้จ่าย และสนับสนุนการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำและสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นรูปธรรมในระดับองค์กร

**ตารางที่ 1** ผลการตรวจวัดการใช้น้ำ โครงการปรับปรุงระบบน้ำทิ้งจากระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์น้ำและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2565

| ผลการตรวจวัดการใช้น้ำ โครงการปรับปรุงระบบน้ำทิ้งจากระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์น้ำและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2565 | | |
|---|---|---|
| **เดือน** | **ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม.)** | **ค่าน้ำประปา (ลบ.ม ละ 17.10 บาท)** |
| **ม.ค.** | 120.00 | 2,052.00 |
| **ก.พ.** | 115.00 | 1,966.50 |
| **มี.ค.** | 130.00 | 2,223.00 |
| **เม.ย.** | 125.00 | 2,137.50 |
| **พ.ค.** | 131.00 | 2,240.10 |
| **มิ.ย.** | 124.00 | 2,120.40 |
| **ก.ค.** | 126.00 | 2,154.60 |
| **ส.ค.** | 131.00 | 2,240.10 |
| **ก.ย.** | 134.00 | 2,291.40 |
| **ต.ค.** | 133.00 | 2,274.30 |
| **พ.ย.** | 130.00 | 2,223.00 |
| **ธ.ค.** | 124.00 | 2,120.40 |
| **รวม** | 1,523.00 | 26,043.30 |

จากผลการตรวจวัดการใช้น้ำ โครงการปรับปรุงระบบน้ำทิ้งจากระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์น้ำและสิ่งแวดล้อม ประจำปี พ.ศ. 2566 (ตารางที่ 2) พบว่า มีปริมาณการใช้น้ำรวมทั้งปี 1,574 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นค่าใช้น้ำประปารวม 26,915.40 บาท (อัตรา 17.10 บาทต่อลูกบาศก์เมตร) ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ประมาณ 131.17 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าปี พ.ศ. 2565 เล็กน้อย สะท้อนแนวโน้มการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้น โดยเดือนที่มีการใช้น้ำสูงสุดคือ เดือนตุลาคม (137 ลบ.ม.) คิดเป็นเงิน 2,342.70 บาท รองลงมาคือเดือนสิงหาคมและธันวาคม (136 ลบ.ม.) ส่วนเดือนที่มีการใช้น้ำน้อยที่สุดคือ เดือนเมษายน (123 ลบ.ม.) คิดเป็นเงิน 2,103.30 บาท

**ตารางที่ 2** ผลการตรวจวัดการใช้น้ำ โครงการปรับปรุงระบบน้ำทิ้งจากระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์น้ำและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2566

| ผลการตรวจวัดการใช้น้ำ โครงการปรับปรุงระบบน้ำทิ้งจากระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์น้ำและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2566 | | |
|---|---|---|
| **เดือน** | **ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม.)** | **ค่าน้ำประปา (ลบ.ม ละ 17.10 บาท)** |
| **ม.ค.** | 132.00 | 2,257.20 |
| **ก.พ.** | 124.00 | 2,120.40 |
| **มี.ค.** | 135.00 | 2,308.50 |
| **เม.ย.** | 123.00 | 2,103.30 |

**ตารางที่ 2** ผลการตรวจวัดการใช้น้ำ โครงการปรับปรุงระบบน้ำทิ้งจากระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์น้ำและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2566 (ต่อ)

| ผลการตรวจวัดการใช้น้ำ โครงการปรับปรุงระบบน้ำทิ้งจากระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์น้ำและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2566 | | |
|---|---|---|
| **เดือน** | **ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม.)** | **ค่าน้ำประปา (ลบ.ม ละ 17.10 บาท)** |
| **พ.ค.** | 134.00 | 2,291.40 |
| **มิ.ย.** | 134.00 | 2,291.40 |
| **ก.ค.** | 130.00 | 2,223.00 |
| **ส.ค.** | 136.00 | 2,325.60 |
| **ก.ย.** | 125.00 | 2,137.50 |
| **ต.ค.** | 137.00 | 2,342.70 |
| **พ.ย.** | 128.00 | 2,188.80 |
| **ธ.ค.** | 136.00 | 2,325.60 |
| **รวม** | 1,574.00 | 26,915.40 |

จากผลการตรวจวัดการใช้น้ำ โครงการปรับปรุงระบบน้ำทิ้งจากระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์น้ำและสิ่งแวดล้อม ประจำปี พ.ศ. 2567 (ตารางที่ 3) พบว่า มีปริมาณการใช้น้ำรวมทั้งปี 1,577 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นค่าใช้น้ำประปารวม 26,966.70 บาท (อัตรา 17.10 บาทต่อลูกบาศก์เมตร) ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ประมาณ 131.42 ลูกบาศก์เมตร ใกล้เคียงกับปีที่ผ่านมา แสดงถึงความสม่ำเสมอในการบริหารจัดการน้ำ โดยเดือนที่มีการใช้น้ำสูงสุดคือ เดือนพฤศจิกายน (139 ลบ.ม.) คิดเป็นเงิน 2,376.90 บาท รองลงมาคือเดือนมีนาคม มิถุนายน และตุลาคม (135 ลบ.ม.) ส่วนเดือนที่มีการใช้น้ำน้อยที่สุดคือ เดือนธันวาคม (125 ลบ.ม.) คิดเป็นเงิน 2,137.50 บาท

**ตารางที่ 3** ผลการตรวจวัดการใช้น้ำ โครงการปรับปรุงระบบน้ำทิ้งจากระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์น้ำและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2567

| ผลการตรวจวัดการใช้น้ำ โครงการปรับปรุงระบบน้ำทิ้งจากระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์น้ำและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2567 | | |
|---|---|---|
| **เดือน** | **ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม.)** | **ค่าน้ำประปา(ลบ.ม ละ 17.10 บาท)** |
| **ม.ค.** | 129.00 | 2,205.90 |
| **ก.พ.** | 126.00 | 2,154.60 |
| **มี.ค.** | 135.00 | 2,308.50 |
| **เม.ย.** | 129.00 | 2,205.90 |
| **พ.ค.** | 133.00 | 2,274.30 |
| **มิ.ย.** | 135.00 | 2,308.50 |
| **ก.ค.** | 129.00 | 2,205.90 |
| **ส.ค.** | 134.00 | 2,291.40 |
| **ก.ย.** | 128.00 | 2,188.80 |
| **ต.ค.** | 135.00 | 2,308.50 |
| **พ.ย.** | 139.00 | 2,376.90 |
| **ธ.ค.** | 125.00 | 2,137.50 |
| **รวม** | 1,577.00 | 26,966.70 |

จากผลการตรวจวัดการใช้น้ำ โครงการปรับปรุงระบบน้ำทิ้งจากระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์น้ำและสิ่งแวดล้อม ประจำปี พ.ศ. 2568 (ตารางที่ 4) พบว่า มีปริมาณการใช้น้ำรวมทั้งปี 1,596 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นค่าใช้น้ำประปารวม 27,291.60 บาท (อัตรา 17.10 บาทต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งเป็นปริมาณสูงสุดเมื่อเทียบกับช่วง 4 ปีที่ผ่านมา ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ประมาณ 133 ลูกบาศก์เมตร โดยเดือนที่มีการใช้น้ำสูงสุดคือ เดือนกุมภาพันธ์และพฤษภาคม (139 ลบ.ม.) คิดเป็นเงิน 2,376.90 บาท รองลงมาคือเดือนสิงหาคม (138 ลบ.ม.) และเดือนเมษายน (137 ลบ.ม.) ส่วนเดือนที่มีการใช้น้ำน้อยที่สุดคือ เดือนมิถุนายน (125 ลบ.ม.) คิดเป็นเงิน 2,137.50 บาท

**ตารางที่ 4** ผลการตรวจวัดการใช้น้ำ โครงการปรับปรุงระบบน้ำทิ้งจากระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์น้ำและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2568

| ผลการตรวจวัดการใช้น้ำ โครงการปรับปรุงระบบน้ำทิ้งจากระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์น้ำและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2568 | | |
|---|---|---|
| **เดือน** | **ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม.)** | **ค่าน้ำประปา(ลบ.ม ละ 17.10 บาท)** |
| **ม.ค.** | 133.00 | 2,274.30 |
| **ก.พ.** | 139.00 | 2,376.90 |
| **มี.ค.** | 128.00 | 2,188.80 |
| **เม.ย.** | 137.00 | 2,342.70 |
| **พ.ค.** | 139.00 | 2,376.90 |
| **มิ.ย.** | 125.00 | 2,137.50 |
| **ก.ค.** | 127.00 | 2,171.70 |
| **ส.ค.** | 138.00 | 2,359.80 |
| **ก.ย.** | 135.00 | 2,308.50 |
| **ต.ค.** | 135.00 | 2,308.50 |
| **พ.ย.** | 132.00 | 2,257.20 |
| **ธ.ค.** | 128.00 | 2,188.80 |
| **รวม** | 1,596.00 | 27,291.60 |

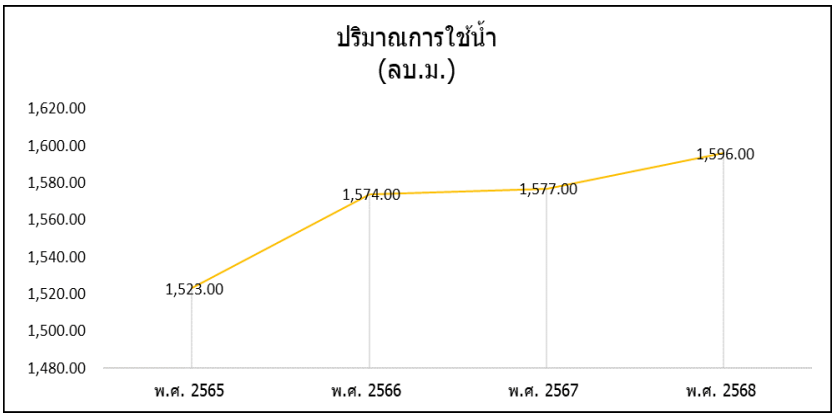
การศึกษานี้ ได้เก็บข้อมูลการใช้น้ำจริงภายหลังติดตั้งระบบ เป็นระยะเวลา 4 ปี (พ.ศ. 2565–2568) สรุปผลได้ดังนี้มีปริมาณการนำน้ำกลับมาใช้ประโยชน์รวมทั้งสิ้น 6,270 ลูกบาศก์เมตร ลดค่าใช้จ่ายได้ 107,217 บาท มีแนวโน้มการใช้น้ำเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จาก 1,523 ลูกบาศก์เมตร ในปี พ.ศ. 2565 เป็น 1,596 ลูกบาศก์เมตร ในปี พ.ศ. 2568 ส่งผลให้ประหยัดค่าใช้จ่ายเพิ่มจาก 26,043.30 บาท เป็น 27,291.60 บาท (ตารางที่ 5)

**ตารางที่ 5** ตารางสรุปผลข้อมูลการใช้น้ำจากการรีไซเคิลน้ำทิ้งของเครื่องน้ำทำความเย็น

| ตารางสรุปผลข้อมูลการใช้น้ำจากการรีไซเคิลน้ำทิ้งของเครื่องน้ำทำความเย็น | | |
|---|---|---|
| **ปี พ.ศ.** | **ปริมาณการใช้น้ำ(ลบ.ม.)** | **คิดเป็นเงิน บาทต่อปี** |
| **พ.ศ. 2565** | 1,523.00 | 26,043.30 |
| **พ.ศ. 2566** | 1,574.00 | 26,915.40 |
| **พ.ศ. 2567** | 1,577.00 | 26,966.70 |
| **พ.ศ. 2568** | 1,596.00 | 27,291.60 |
| **รวม** | 6,270.00 | 107,217.00 |

จากกราฟแสดงปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม.) ระหว่างปี พ.ศ. 2565–2568 พบว่า ปริมาณการใช้น้ำมีแนวโน้ม เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 4 ปี โดยในปี พ.ศ. 2565 มีปริมาณการใช้น้ำ 1,523 ลบ.ม. จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 1,574 ลบ.ม. ในปี พ.ศ. 2566 และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 1,577 ลบ.ม. ในปี พ.ศ. 2567 ก่อนจะเพิ่มสูงสุดในปี พ.ศ. 2568 ที่ 1,596 ลบ.ม.

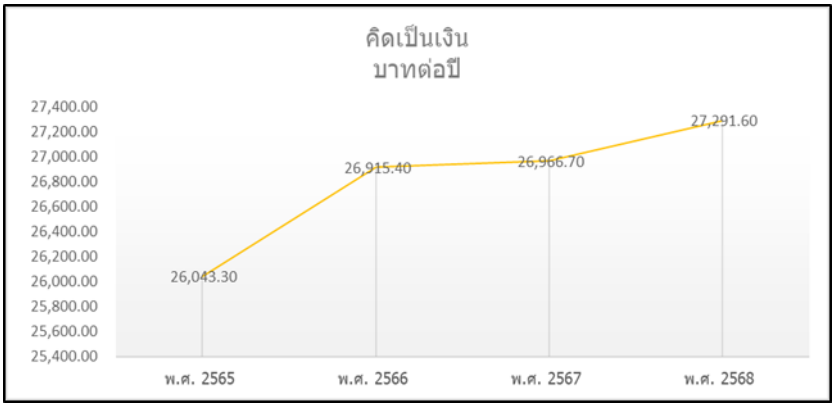
แนวโน้มดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงการดำเนินงานของระบบที่มีความต่อเนื่อง และสามารถบริหารจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 24 ลบ.ม. ต่อปี แสดงถึงการพัฒนาและการใช้ประโยชน์จากระบบรีไซเคิลน้ำที่มีประสิทธิผลมากยิ่งขึ้นในแต่ละปี กราฟแสดงปริมานการนำน้ำกลับมาใช้ระหว่างปี พ.ศ. 2565–2568 แสดงดังรูปที่ 1




**รูปที่ 1** กราฟแสดงปริมานการนำน้ำกลับมาใช้ระหว่างปี พ.ศ. 2565–2568

จากกราฟแสดงข้อมูลการลดค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ (บาทต่อปี) ระหว่างปี พ.ศ. 2565–2568 พบว่า ตลอดระยะเวลา 4 ปี มีแนวโน้มลดค่าใช้จ่ายการใช้น้ำได้อย่างต่อเนื่อง โดยในแต่ละปีสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 26,043.30 บาท 26,915.40 บาท 26,966.70 บาท และ 27,291.60 บาท ตามลำดับ

แนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับปริมาณการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปี โดยมีอัตราการลดค่าใช้จ่ายการใช้น้ำเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นถึงการดำเนินโครงการดังกล่าวอย่างต่อเนื่องสามารถนำน้ำกลับมาใช้ประโยชน์หมุนเวียนและลดค่าใช้จ่ายการใช้น้ำได้ และสามารถสะท้อนมูลค่าการประหยัดน้ำหรือการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำได้อย่างชัดเจนในเชิงเศรษฐศาสตร์ กราฟแสดงมูลการลดค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ (บาทต่อปี) ระหว่างปี พ.ศ. 2565–2568 แสดงดังรูปที่ 2




**รูปที่ 2** กราฟแสดงมูลการลดค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ (บาทต่อปี) ระหว่างปี พ.ศ. 2565–2568

อย่างไรก็ตาม แม้โครงการจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากขึ้น แต่ยังไม่สามารถลดปริมาณการใช้น้ำในภาพรวมได้ เนื่องจากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เป็นหน่วยงานที่ให้บริการทางทันตกรรม โดยเป็นกิจกรรมที่ใช้น้ำปริมาณที่เยอะในการรักษา ซึ่งปริมาณการใช้น้ำนั้นจะแปรผันตามจำนวนผู้มารับบริการในแต่ละช่วงเวลา ปริมาณการใช้น้ำประปาเปรียบเทียบกับผู้ป่วยนั้นแสรดดัง ตารางที่ 6

**ตารางที่ 6** ตารางปริมาณการใช้น้ำประปาเปรียบเทียบกับผู้ป่วย

| ปริมาณการใช้น้ำประปาประจำปี | | | |
|---|---|---|---|
| **ปี พ.ศ.** | **ปริมาณการใช้น้ำประปา หน่วย (ลบ.ม.)** | **จำนวนผู้ป่วย (คน)** | **ปริมาณการใช้น้ำประปาเทียบกับผู้ป่วย หน่วย (คน/ลบ.ม.)** |
| **2565** | 97,070.00 | 555,846.00 | 0.175 |
| **2566** | 103,576.00 | 586,490.00 | 0.177 |
| **2567** | 116,103.00 | 621,810.00 | 0.187 |
| **2568** | 111,593.00 | 590,770.00 | 0.189 |

คำนวณระยะเวลาการคืนทุนจากการสำรวจโดยการลงพื้นที่เก็บข้อมูลการปล่อยน้ำทิ้งในระบบบอลคลีนนิ่งของระบบปรับอากาศ พบว่าระบบมี การเปิดใช้งานวันละ 2 ชุด

- ทั้ง 2 ชุด จะเดรนน้ำทิ้งทุก ๆ 2 ชั่วโมง ครั้งละ 1 นาที (ปริมาณน้ำทิ้ง 500 ลิตรต่อครั้ง)
- ชุดที่ 1 ทำงาน 6.00 น. – 17.00 น. (เดรนน้ำ 6 ครั้ง/วัน X 500 = 3,000 ลิตร)
- ชุดที่ 2 ทำงาน 7.00 น. – 21.00 น. (เดรนน้ำ 7 ครั้ง/วัน X 500 = 3,500 ลิตร)
- เงินลงทุนทั้งหมดโครงการรวมเป็นเงินทั้งสิ้น 139,000 บาท
- ปั๊มน้ำอัตโนมัติขนาด 400 W ((0.4x5ชั่วโมง)x365)x4.69 (ค่าฟ้าเฉลี่ย68) = 3423.70 บาท/ปี
- ระยะเวลาคืนทุนตามทฤษฎี โดยอิงจากการกักเก็บน้ำได้ 100% (2,372.50 ลบ.ม./ปี) ประหยัดได้ 40,569.75 บาท/ปี ทำให้ได้ผลลัพธ์ 3.5 ปี
- ระยะเวลาคืนทุน "จากผลที่เกิดขึ้นจริง" โดยอิงจากมูลค่าการประหยัดเฉลี่ย 4 ปี (26,804.25 บาท/ปี) ทำให้ได้ผลลัพธ์ 5 ปี 31 วัน

## 6. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาวิเคราะห์โครงการติดตั้งระบบรีไซเคิลน้ำทิ้งของเครื่องทำน้ำความเย็น พบว่า ตามผลการศึกษาทางทฤษฎีและการคำนวณคาดการณ์ ระบบรีไซเคิลน้ำทิ้งมีศักยภาพในการลดปริมาณการใช้น้ำประปาและค่าใช้จ่ายด้านน้ำได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยคาดว่าจะสามารถควบคุมปริมาณการใช้น้ำให้อยู่ในระดับคงที่หรือมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระบบได้รับการใช้งานอย่างต่อเนื่องและมีการบริหารจัดการที่เหมาะสม

เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่เกิดขึ้นจริงจากข้อมูลการตรวจวัดการใช้น้ำในช่วงปี พ.ศ. 2565–2568 พบว่า ปริมาณการใช้น้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงปี พ.ศ. 2565 ถึง 2567 โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2567 ซึ่งมีปริมาณการใช้น้ำในภาพรวมสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของการใช้งานอาคาร ระยะเวลาการเปิดใช้งานระบบปรับอากาศที่ยาวนานขึ้น และปัจจัยด้านสภาพอากาศที่ส่งผลให้มีความต้องการใช้ระบบทำความเย็นมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม ในปี พ.ศ. 2568 พบว่าปริมาณการใช้น้ำรวมเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2567 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่คาดการณ์ว่า เมื่อระบบรีไซเคิลน้ำทิ้งได้รับการปรับปรุงและใช้งานอย่างเต็มประสิทธิภาพ จะสามารถช่วยลดการใช้น้ำประปาและค่าใช้จ่ายได้จริง

ดังนั้น เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างผลการศึกษาเชิงคาดการณ์กับผลการดำเนินงานจริง พบว่า แนวโน้มโดยรวมเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ระบบปรับปรุงน้ำทิ้งจากระบบปรับอากาศสามารถช่วยลดการใช้น้ำประปาและค่าใช้จ่ายในระยะยาวได้ แม้ในช่วงเริ่มต้นอาจได้รับอิทธิพลจากปัจจัยภายนอกที่ทำให้ปริมาณการใช้น้ำไม่ดีเท่าที่ควร แต่เมื่อมีการบริหารจัดการระบบอย่างเหมาะสม ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริงยืนยันถึงความเหมาะสมและประสิทธิภาพของโครงการในการสนับสนุนการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำและการพัฒนาอย่างยั่งยืนขององค์กร

จากผลการศึกษาการปรับปรุงระบบน้ำทิ้งจากระบบปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์น้ำ และสิ่งแวดล้อมสามารถเสนอแนวทางในการพัฒนาและต่อยอดโครงการได้ดังนี้

1. พัฒนาระบบติดตามและบันทึกข้อมูลการใช้น้ำอย่างต่อเนื่อง ควรติดตั้งระบบตรวจวัดและบันทึกปริมาณการใช้น้ำแบบอัตโนมัติ (Smart Meter) เพื่อให้สามารถติดตามการใช้น้ำแบบเรียลไทม์ วิเคราะห์แนวโน้มการใช้น้ำได้อย่างแม่นยำ และใช้ข้อมูลประกอบการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบรีไซเคิลน้ำทิ้งในระยะยาว
2. ปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งก่อนนำกลับมาใช้ใหม่ ควรเพิ่มขั้นตอนการกรองหรือบำบัดน้ำทิ้ง เช่น ระบบกรองตะกอน ระบบกรองแบบหลายชั้น หรือการบำบัดเบื้องต้น เพื่อเพิ่มความเหมาะสมของน้ำสำหรับการนำกลับมาใช้ และลดความเสี่ยงต่อการเกิดการอุดตันหรือการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ในระบบ
3. ขยายการใช้งานระบบรีไซเคิลน้ำทิ้งไปยังพื้นที่อื่น ควรพิจารณานำรูปแบบระบบรีไซเคิลน้ำทิ้งที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้กับอาคารหรือระบบเครื่องน้ำทำความเย็น อื่น ๆ ภายในองค์กร เพื่อเพิ่มปริมาณการประหยัดน้ำและเสริมสร้างผลลัพธ์ด้านสิ่งแวดล้อมในภาพรวม
4. เพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการและบำรุงรักษาระบบ ควรกำหนดแผนการบำรุงรักษาระบบอย่างสม่ำเสมอ พร้อมจัดทำคู่มือการใช้งานและการดูแลรักษาระบบ เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อเนื่อง ลดการสูญเสียจากความขัดข้องของอุปกรณ์
5. บูรณาการโครงการเข้ากับนโยบายด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมขององค์กร ควรเชื่อมโยงโครงการรีไซเคิลน้ำทิ้งเข้ากับแผนบริหารจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม รวมถึงการรายงานผลการดำเนินงานด้านความยั่งยืน เพื่อเสริมสร้างภาพลักษณ์องค์กรและสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน
6. ส่งเสริมการมีส่วนร่วมและสร้างความตระหนักรู้ ควรเผยแพร่ผลการดำเนินงานของโครงการแก่บุคลากรและผู้ใช้อาคาร เพื่อสร้างความเข้าใจและความร่วมมือในการใช้น้ำอย่างประหยัด และสนับสนุนการดำเนินงานด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน

**เอกสารอ้างอิง**

[1] กรมควบคุมมลพิษ. (2566). *รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2566*. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. https://www.pcd.go.th

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2565). *แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร*. กระทรวงพลังงาน. https://www.dede.go.th

[3] สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. (2566). *รายงานสถานการณ์ทรัพยากรน้ำประเทศไทย*. https://www.onwr.go.th

[4] คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2564). การประยุกต์ใช้ระบบรีไซเคิลน้ำในอาคารขนาดใหญ่เพื่อลดการใช้น้ำประปา. *วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย*, 35(2), 45–58.

[5] Mustafa Çağlar Gürbüz & Gökşen Çapar (2024). Water Reuse via Membrane Technology: A Case Study for Producing Cooling Water from Soft Drink Wastewater. Yeşil Dönüşüm / Special Issue: Green Transformation (2024) SI1-SI6 DOI: 10.24323/akademik-gida.1554247

[6] Borja Garrido Arias, Noemi Merayo, Alejandro Millan, & Carlos Negro. (2021). Sustainable recovery of wastewater to be reused in cooling towers: Towards circular economy approach. Journal of Water Process Engineering. Universidad Complutense de Madrid, Dpto. de Ingeniería Química y Materiales, Avda. Complutense s/n, 28040, Madrid, Spain

[7] Olha Biedunkova, Pavlo Kuznietsov, & Vasyl Korbutiak. (2024). Evaluation of return cooling water reuse in the wet cooled power plant to minimise the impact of water intake and drainage. Sustainable Chemistry for the Environment. Sustainable Chemistry for the Environment 7 (2024) 100151

[8] Jorge Alejandro Silva. (2023). Wastewater Treatment and Reuse for Sustainable Water Resources Management: A Systematic Literature Review. Retrieved from https://www.mdpi.com/2071-1050/