การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดโดยนำน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดกลับมาใช้ใหม่ในระบบชักโครก: กรณีศึกษาบริษัทผลิตเครื่องประดับแห่งหนึ่ง
The Application of Clean Technology by Recycling Wastewater for Toilet System: Case Study of a Jewelry Company

*วสรรณ์ กันเชื้อ, วท.ม. (การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม)**
*สิริรัตน์ สุวณิชย์เจริญ, วศ.ด. (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)***
*ปีติ พูนไชยศรี, วท.ม. (วิศวกรรมสาธารณสุข)****
*ปราโมช เขี่ยวชาญ, วศ.ม. (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)***
Wason Kamchua, M.Sc. (Industrial Environmental Management),
Sirirat Suwanicharoen, D.Eng. (Environmental Engineering),
Peeti Boonchaisri, M.Sc. (Public Health Engineering),
Pramoj Jiaujan, M.Eng. (Environmental Engineering)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการ 1) ลดปริมาณน้ำใช้ 2) ลดปริมาณน้ำทิ้ง และ 3) ลดค่าใช้จ่ายจากการใช้น้ำในห้องน้ำของบริษัทผลิตเครื่องประดับแห่งหนึ่ง โดยมีการเปรียบเทียบปริมาณน้ำใช้ ปริมาณน้ำทิ้ง และปริมาณค่าใช้จ่ายจากการใช้น้ำ ก่อนและหลังการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในห้องน้ำของบริษัทผลิตเครื่องประดับ การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง ดำเนินการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยเลือกศึกษากับระบบน้ำชักโครกในห้องน้ำของบริษัทผลิตเครื่องประดับ จำนวน 2 โซน ได้แก่ 1)โซนผลิต A 2)โซนผลิต B เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ มิเตอร์วัดปริมาณน้ำ แบบฟอร์มเก็บข้อมูลการใช้น้ำ เก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์หาปริมาณการใช้น้ำในห้องน้ำเปรียบเทียบก่อนและหลังการใช้เทคโนโลยีสะอาด ผลการวิจัยพบว่า เทคโนโลยีสะอาดสามารถ 1) ลดปริมาณน้ำใช้ได้ร้อยละ 11.44 ของปริมาณน้ำใช้ทั้งหมด 2) ลดปริมาณน้ำทิ้งได้ร้อยละ 90.00 ของปริมาณน้ำเสียทั้งหมด 3) ลดปริมาณค่าใช้จ่ายจากการใช้น้ำได้ร้อยละ 45.16 ของปริมาณค่าใช้จ่ายจากการใช้น้ำในห้องน้ำทั้งหมด เมื่อพิจารณาความคุ้มทุนในการก่อสร้างระบบใช้ระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 5 เดือน

คำสำคัญ: *เทคโนโลยีสะอาด ปริมาณน้ำใช้ ปริมาณน้ำทิ้ง บริษัทผลิตเครื่องประดับ*

* *ผู้จัดการฝ่ายความปลอดภัย บริษัทสลาแมนเดอร์ จิวเวอรี่ จำกัด ซอยวัดนครชื่นชม ตำบลกระทุ่มล้ม อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม*
** *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี*
*** *รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี*

Abstract

This research aim to apply clean technology in order to reduce 1) the quantity of water consumption 2) the quantity of waste water 3) water charge for toilet in a jewelry company by comparing the amounts of water used, wastewater and water bill before and after applying clean technology to the company's toilets. This quasi-experimental research was conducted for 12 weeks on a sample of toilets in two zones of the Company: 1) Production zone A and 2) Production zone B. The tools used were water gauges and water-recording forms for collecting water use data, before and after applying clean technology. Data were analyzed to calculate the amounts of water used in the toilets. Comparisons were made of the water use amounts and water bills before and after the clean technology application. The results showed that, after applying the clean technology, 1) the total water consumption decreased by 11.44%, 2) the total amount of wastewater decreased by 90%, and 3) the spending on water decreased by 45.16%. When considering the cost-benefit of the clean technology application, the investment cost will be recovered in 2 years and 5 months.

Keywords: *clean technology, quantity of water consumption, quantity of waste water, jewelry company*

บทนำ

ปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ทวีความรุนแรงมากขึ้น จึงได้มีการนำเทคโนโลยีสะอาด (clean technology) หรือมีชื่ออื่นๆ ที่มีความหมายใกล้เคียงกันคือ การป้องกันมลพิษ (pollution prevention หรือ P2) การผลิตที่สะอาด (cleaner production) และการลดของเสียให้น้อยที่สุด (waste minimization) มาใช้ ซึ่งเทคนิคทั้งหมดนี้เป็นการป้องกัน/ลดของเสียที่แหล่งกำเนิด แทนการควบคุมบำบัด และจัดการของเสียแบบเดิม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545) เทคโนโลยีสะอาดจะมุ่งเน้นการป้องกันและลดมลพิษตั้งแต่ต้นทางหรือที่แหล่งกำเนิดเป็นลำดับแรก จากนั้นในกรณีที่ยังมีมลพิษหรือของเสียเกิดขึ้น จะพิจารณาหาแนวทางในการนำกลับมาใช้ใหม่ หรือใช้ซ้ำเป็นลำดับถัดไป จนท้ายที่สุดแล้วจึงนำมลพิษหรือของเสียไปบำบัด/กำจัดอย่างถูกหลักวิชาการต่อไป

บริษัทผลิตเครื่องประดับประเภทเจาะตามร่างกายแห่งหนึ่ง ที่ผลิตจากวัสดุประเภทโลหะ พลาสติก กระดูกสัตว์ ทอง นาก เงิน รวมทั้งวัตถุทำเทียม ส่งออกต่างประเทศแถบยุโรปและอเมริกา ซึ่งมีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตในหลายขั้นตอน เช่น ขั้นตอนการล้างงาน ขัดร่อน ผสมปูนหล่อ เป็นต้น ผู้บริหารของบริษัทได้เล็งเห็นความสำคัญของเทคโนโลยีสะอาด ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการปัญหาที่ต้นเหตุโดยการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดให้มีของเสียเกิดขึ้นน้อยที่สุด และ/หรือมีการใช้ซ้ำและการนำกลับมาใช้ใหม่ (จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ, 2554) โดยให้ความสนใจกับการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด

จากการสำรวจข้อมูลในปี พ.ศ. 2557 พบว่า บริษัทผลิตเครื่องประดับแห่งนี้ มีการใช้น้ำประปาเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตและใช้ในกิจกรรมต่างๆ ในบริษัท ปริมาณการใช้น้ำประปาประมาณ 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และมีน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดทางเคมีปริมาณประมาณ 400 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน จะเห็นได้

ว่าน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วมีปริมาณร้อยละ 20 ของการใช้น้ำประปา น้ำเสียทั้งหมดจะถูกส่งไปรวมที่บ่อเก็บกักน้ำเสียและส่งเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียทางเคมี (chemical treatment) ของบริษัท ก่อนที่จะถูกปล่อยออกไปสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จากผลตรวจวัดคุณภาพน้ำทิ้งของบริษัท พบว่า มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

บริษัทจึงมีแนวคิดที่จะนำน้ำทิ้งดังกล่าวกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่อีกครั้ง ได้แก่ การนำมารดต้นไม้ การนำมาใช้ในกระบวนการล้างงาน และการนำมาใช้ในระบบชักโครก ซึ่งจากการวิเคราะห์แนวทางการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ทั้ง 3 กรณี พบว่า 1) การนำน้ำเสียมารดต้นไม้สามารถดำเนินการได้เลยโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำอีก แต่เนื่องจากพื้นที่ปลูกต้นไม้ของบริษัทมีไม่มาก จึงยังมีน้ำเสียที่ต้องระบายทิ้งอยู่ 2) การนำน้ำเสียกลับมาใช้ในกระบวนการล้างงาน โดยจะต้องนำน้ำเสียดังกล่าวมาปรับปรุงคุณภาพน้ำให้สามารถใช้ในกระบวนการล้างงานได้ ซึ่งหลังจากที่มีการคำนวณค่าใช้จ่ายแล้วพบว่า มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าราคาน้ำประปา กรณีนี้จึงไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน 3) การนำมาใช้ในระบบชักโครก ซึ่งจะต้องนำน้ำเสียดังกล่าวมาปรับปรุงคุณภาพเช่นกัน แต่ใช้กระบวนการที่ไม่ซับซ้อนมากและค่าใช้จ่ายไม่สูง

ด้วยเหตุผลนี้ บริษัทจึงเลือกการนำน้ำเสียกลับมาใช้ในระบบชักโครก โดยจะต้องมีการศึกษาปริมาณน้ำทิ้งและปริมาณการใช้น้ำในระบบชักโครก รวมทั้งการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ เพื่อนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในระบบชักโครก (Hatano & Liu, 2015)

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่ โดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำใช้ ปริมาณน้ำทิ้ง และประเมินค่าใช้จ่ายจากการใช้น้ำก่อนและหลังการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในห้องน้ำของบริษัทผลิตเครื่องประดับแห่งหนึ่ง

สมมติฐานการวิจัย

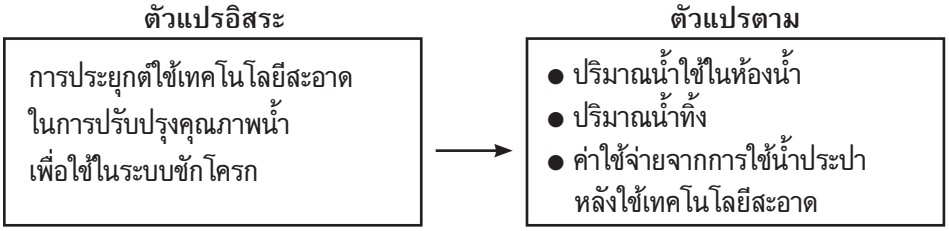
1. การใช้เทคโนโลยีสะอาดสามารถลดปริมาณน้ำทิ้งลงสู่ลำรางสาธารณะได้

2. การใช้เทคโนโลยีสะอาดสามารถลดปริมาณการใช้น้ำในห้องน้ำได้

3. การใช้เทคโนโลยีสะอาดสามารถลดค่าใช้จ่ายจากการใช้น้ำประปาได้

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดโดยการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว/น้ำทิ้งที่จะทิ้งลงสู่ลำรางสาธารณะมาปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อใช้เป็นน้ำสำหรับชักโครก มีตัวแปรอิสระคือ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อใช้ในระบบชักโครก และตัวแปรตามคือ ปริมาณน้ำใช้ในห้องน้ำ ปริมาณน้ำทิ้ง และค่าใช้จ่ายจากการใช้น้ำประปาหลังใช้เทคโนโลยีสะอาด มีกรอบแนวคิดดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง ดำเนินการเก็บข้อมูลก่อนและหลังการทดลอง โดยนำหลักการของเทคโนโลยีสะอาดเข้าไปจัดการน้ำเสียหลังจากการบำบัดทางเคมีแล้ว เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ในระบบชักโครกของบริษัทสลาแมนเดอร์ จิวเวอรี่ มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรที่ศึกษา คือ น้ำใช้ในห้องน้ำ และน้ำทิ้งที่ทิ้งลงสู่ลำธารสาธารณะของบริษัทผลิตเครื่องประดับแห่งหนึ่ง

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยรวบรวมข้อมูลจากเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของบริษัท กระบวนการผลิต ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำโดยการติดตั้งมิเตอร์วัดปริมาณการใช้น้ำของห้องน้ำในโซนต่างๆ ของโรงงาน และจดบันทึกเลขมิเตอร์ทุกวัน เก็บข้อมูลปริมาณและคุณลักษณะของน้ำเสียโดยการจดบันทึกจำนวนรอบการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียจากเครื่องวัดที่ติดตั้งในตู้ควบคุม และข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำจากบริษัทผู้รับเหมาดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย แล้วเปรียบเทียบปริมาณน้ำใช้กับปริมาณน้ำเสีย

3. การออกแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ดำเนินการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการทดลอง (โซนของโรงงาน) โดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำใช้ในห้องน้ำกับปริมาณน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัด จากผลการจดบันทึกเลขมิเตอร์วัดปริมาณน้ำและผลการจดบันทึกจำนวนรอบการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย จากนั้นทำการออกแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำและระบบส่งจ่ายน้ำโดยฝ่ายโครงการ (project) และฝ่ายซ่อมบำรุงของบริษัท ซึ่งการออกแบบระบบดำเนินการโดยมีพื้นฐานจากการรวบรวมข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำเสียและการศึกษาข้อมูลการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากบริษัทผู้รับเหมา โดยมีเกณฑ์ในการออกแบบคือ น้ำต้องไม่มีเชื้อโรค ไม่มีสีและกลิ่นที่น่ารังเกียจ

4. การก่อสร้างและการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ดำเนินการโดยพนักงานในฝ่ายโครงการ และฝ่ายซ่อมบำรุง โดยมีผู้จัดการฝ่ายโครงการเป็นผู้ควบคุมดูแล มีการติดตั้งระบบ ประกอบด้วย การติดตั้งมิเตอร์วัดปริมาณน้ำในห้องน้ำ ถังรวบรวมน้ำและถังพักน้ำ ปั๊มน้ำเพิ่มแรงดัน (booster pump) ถังกรองทราย ถังคาร์บอน ถังคลอรีน ปั๊มจ่ายสารเคมี (chemical feed pump) ปั๊มแรงดัน (pressure pump) และระบบท่อ

5. การทดลองเดินระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ดำเนินการทดลองเดินระบบโดยพนักงานฝ่ายโครงการ โดยมีผู้จัดการฝ่ายโครงการและผู้วิจัยเป็นผู้สังเกตการณ์การดำเนินการ ประกอบด้วย การทดลองเดินระบบ และการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน รวมทั้งข้อบกพร่องของอุปกรณ์ต่างๆ การตรวจคุณภาพน้ำที่นำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ซึ่งเป็นน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดทางเคมีนั้น ใช้ตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน รวมทั้งตรวจคุณสมบัติของน้ำที่จำเป็น คือ ปริมาณของคลอรีนที่ตกค้างอยู่ในน้ำ (residual chlorine) ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (total coliform bacteria, TCB) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (fecal coliform bacteria: FCB) ด้วย สำหรับจุดตรวจวัดกำหนดที่ปลายท่อหลังจากผ่านระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

6. การวิเคราะห์ข้อมูล ดำเนินการโดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำทิ้งก่อน-หลังการใช้เทคโนโลยีสะอาดโดยการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบบำบัด เปรียบเทียบปริมาณน้ำใช้ก่อน-หลังการใช้เทคโนโลยีสะอาดโดยการตรวจวัดปริมาณการใช้น้ำด้วยการจดบันทึกเลขมิเตอร์ รวมทั้งวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยการศึกษาค่าใช้จ่ายของการใช้น้ำในระบบชักโครก ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้และผลตอบแทนต่อปี และคำนวณหาระยะเวลาในการคืนทุนจากสมการ (จิราภรณ์ ช่วยรอดหมด, 2551)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (ปี)} = \frac{\text{เงินลงทุนทั้งหมด (บาท)}}{\text{ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ต่อปี (บาท/ปี)}}$$

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลน้ำใช้สำหรับชักโครกในห้องน้ำและน้ำเสีย น้ำใช้สำหรับระบบชักโครกในห้องน้ำของโรงงานนี้ใช้น้ำประปา และมีการจัดแบ่งห้องน้ำเป็นโซนต่างๆ ตามพื้นที่กระบวนการผลิต รวม 7 โซน ได้แก่ ห้องน้ำโซนผลิต A ห้องน้ำโซนผลิต B และส่วนสำนักงาน ห้องน้ำโซนผลิต C ห้องน้ำโซนผลิต D ห้องน้ำโซนผลิต E และห้องน้ำโซนผลิต F จากการเก็บรวบรวมข้อมูล พบว่า ห้องน้ำโซนผลิต A มีปริมาณการใช้น้ำสำหรับชักโครกเฉลี่ย 163 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ห้องน้ำโซนผลิต B มีปริมาณการใช้น้ำสำหรับชักโครกเฉลี่ย 84 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ห้องน้ำส่วนสำนักงานมีการใช้น้ำสำหรับชักโครกเฉลี่ย 50 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ห้องน้ำโซนผลิต C มีปริมาณการใช้น้ำสำหรับชักโครกเฉลี่ย 93.7 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ห้องน้ำโซนผลิต D มีปริมาณการใช้น้ำสำหรับชักโครกเฉลี่ย 22.1 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ห้องน้ำโซนผลิต E มีปริมาณการใช้น้ำสำหรับชักโครกเฉลี่ย 107.3 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ห้องน้ำโซนผลิต F พบว่า ยังไม่ได้เปิดใช้งานจริง เนื่องจากเป็นพื้นที่สำหรับการผลิตในอนาคต ปริมาณการใช้น้ำสำหรับชักโครกเฉลี่ยทั้งหมดของโรงงานนี้ เท่ากับ 520.1 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน (รายละเอียดดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณการใช้น้ำสำหรับชักโครกในห้องน้ำ

โซนห้องน้ำ	จำนวนพนักงาน (คน)			จำนวนห้องน้ำ (ห้อง)			ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย (ลบ.ม./เดือน)		
	ชาย	หญิง	รวม	ชาย	หญิง	รวม	ห้องน้ำชาย	ห้องน้ำหญิง	รวม
A	73	125	198	3	4	7	61.0	102.0	163.0
B	48	94	142	2	3	5	15.0	69.0	84.0
C	25	30	55	2	2	4	42.0	51.7	93.7
D	8	5	13	2	2	4	13.6	8.5	22.1
E	25	28	63	2	2	4	42.6	64.7	107.3
สำนักงาน	9	25	34	1	2	3	15.0	35.0	50.0
รวม	**188**	**307**	**495**	**12**	**15**	**27**	**189.2**	**330.9**	**520.1**

ผลการสำรวจปริมาณน้ำใช้และน้ำเสียจากกระบวนการผลิตพบว่า มีสมดุลมวลสาร (mass balance) ของปริมาณน้ำใช้และน้ำเสียที่เกิดขึ้น (ดังภาพที่ 2) มีปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการผลิตรวมประมาณ 338 ลูกบาศก์เมตร/เดือน และมีปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตรวมประมาณ 304 ลูกบาศก์เมตร/เดือน รายละเอียดปริมาณน้ำใช้และน้ำเสียในแต่ละกระบวนการผลิตมีดังนี้ *ที่แผนก Casting* มีขั้นตอนการทำงานคือ หล่อขึ้นงาน และขึ้นรูปขึ้นงาน การใช้น้ำในกระบวนการนี้ประมาณ 55 ลูกบาศก์เมตร/เดือน และเกิดน้ำเสียประมาณ 49 ลูกบาศก์เมตร/เดือน *ที่แผนก Basic 1* มีขั้นตอนในการทำงานคือ การขึ้นรูปขึ้นงานด้วยการกลึงและการเจาะ การใช้น้ำในกระบวนการนี้ประมาณ 34 ลูกบาศก์เมตร/เดือน และเกิดน้ำเสียประมาณ

30 ลูกบาศก์เมตร/เดือน *ที่แผนก Grinding, Filling, Setting* มีขั้นตอนการทำงานคือ การขัด เจียระไน ฝังพลอย การใช้น้ำในกระบวนการนี้ประมาณ 18 ลูกบาศก์เมตร/เดือน และเกิดน้ำเสียประมาณ 15 ลูกบาศก์เมตร/เดือน *ที่แผนก Machine polishing* มีขั้นตอนการทำงานคือ นำชิ้นงานมาขัดร่อนด้วยเครื่องเขย่าเพื่อให้ชิ้นงานมีความเงา การใช้น้ำในกระบวนการนี้ประมาณ 155 ลูกบาศก์เมตร/เดือน และเกิดน้ำเสียประมาณ 140 ลูกบาศก์เมตร/เดือน *ที่แผนก Coating* มีขั้นตอนการทำงานคือ นำชิ้นงานมาผ่านกระบวนการชุบเป็นสี การใช้น้ำในกระบวนการนี้ประมาณ 76 ลูกบาศก์เมตร/เดือน และเกิดน้ำเสียประมาณ 70 ลูกบาศก์เมตร/เดือน น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตทั้งหมดมีลักษณะน้ำเสียทางกายภาพโดยรวมก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย คือ มีสีขาวขุ่น มีตะกอนขนาดเล็กและฟอง ระบบบำบัดน้ำเสียที่บริษัทนี้ใช้เป็นระบบบำบัดทางเคมี (chemical treatment system) โดยทำการเติมสารเคมีคือ โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ (poly aluminum chloride, PAC) เติมกรด (H_2SO_4)/ด่าง (NaOH) และโพลิเมอร์ (polymer) เพื่อให้เกิดการตกตะกอน

ภาพที่ 2 สมดุลมวลสาร (mass balance) ของปริมาณน้ำใช้และน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต และการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมีลักษณะทางกายภาพ คือ น้ำค่อนข้างใส มีตะกอน และกลิ่นเล็กน้อย มีค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ค่าซีโอดี (Chemical oxygen demand, COD) และค่าสารแขวนลอย (Suspended solids, SS) (รายละเอียดดังตารางที่ 2)

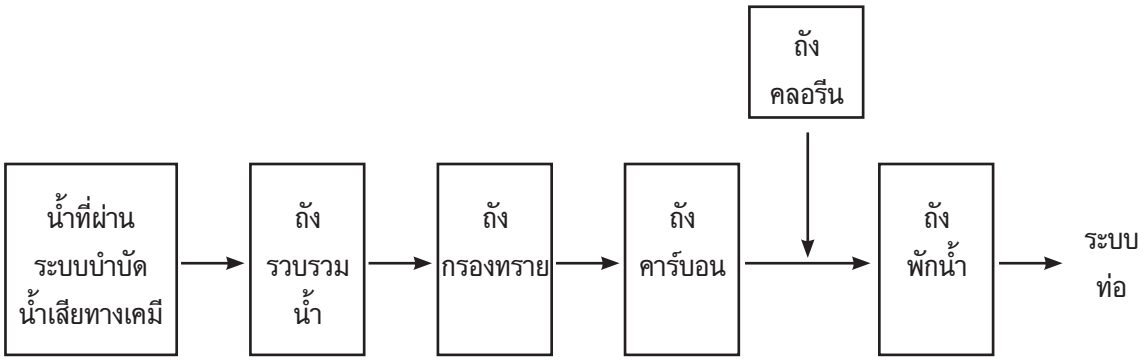
ตารางที่ 2 ลักษณะน้ำเสียก่อนเข้าและหลังผ่านระบบบำบัดน้ำเสียทางเคมี

พารามิเตอร์	ก่อนเข้าระบบบำบัด			หลังผ่านระบบบำบัด			ค่ามาตรฐาน
	min	max	average	min	max	average	
pH	6.3	7.6	6.8	6.5	8.3	7.8	5.5 – 9
COD (มก./ล.)	825	1,204	965	107	195	118	< 120
SS (มก./ล.)	363	824	623	12	48	28	< 50

นอกจากนี้ จากการสำรวจปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิตที่ผ่านระบบบำบัดแล้วนั้น มีปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ 273 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน เนื่องจากบางส่วนกลายเป็นน้ำในกากตะกอน (ประมาณร้อยละ 10 ของปริมาณน้ำเสีย) และเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำใช้สำหรับระบบชักโครกในห้องน้ำของทุกโซนการผลิตรวมกัน มีปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 520.1 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน (ดังตารางที่ 1) พบว่าปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิตที่ผ่านระบบบำบัดแบบเคมีแล้วมีปริมาณเฉลี่ยน้อยกว่าปริมาณน้ำใช้สำหรับระบบชักโครกในห้องน้ำของทุกโซนรวมกันที่ 247.1 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน

2. การออกแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ในการออกแบบระบบคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญ 2 ประการ คือ ปริมาณน้ำ และคุณภาพน้ำในส่วนของปริมาณน้ำ เนื่องจากปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณน้ำใช้สำหรับชักโครกในห้องน้ำเฉลี่ยทั้งหมด ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง (โซนพื้นที่) ที่จะทำการทดลอง โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกคำนึงถึงปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยในกลุ่มตัวอย่างต้องไม่มากกว่าปริมาณน้ำเสียเฉลี่ย และอยู่ในกลุ่มโรงงานเดียวกัน เพื่อสะดวกต่อการเดินระบบท่อส่งน้ำ จากผลสำรวจ พบว่า ในโซนผลิต A และโซนผลิต B (ไม่รวมห้องน้ำในส่วนสำนักงาน) มีปริมาณการใช้น้ำสำหรับชักโครกในห้องน้ำ 247 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ส่วนโซนผลิต C โซนผลิต D โซนผลิต E โซนผลิต F มีปริมาณการใช้น้ำสำหรับชักโครกในห้องน้ำ 223.1 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ดังนั้น จึงเลือกศึกษาห้องน้ำในโซนผลิต A และโซนผลิต B (ตัดห้องน้ำส่วนสำนักงาน ซึ่งมีปริมาณการใช้น้ำสำหรับชักโครกรวมกัน เท่ากับ 247 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน) เพื่อใช้ในการทดลอง เนื่องจากปริมาณน้ำที่ผ่านระบบปรับปรุงคุณภาพแล้วมีปริมาณเฉลี่ย 273 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน จึงมั่นใจได้ว่ามีปริมาณน้ำเพียงพอต่อการใช้งานสำหรับการศึกษาในส่วนของคุณภาพน้ำ เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดทางเคมีมีลักษณะทางกายภาพ คือ น้ำค่อนข้างใส มีตะกอนและกลิ่นเล็กน้อย ดังนั้น จึงทำการออกแบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ เพื่อให้ได้คุณภาพน้ำเป็นไปตามเกณฑ์ในการออกแบบ คือ น้ำต้องไม่มีเชื้อโรค ไม่มีสีและกลิ่นที่น่ารังเกียจ แผนภาพการไหล (flow diagram) ของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ดังภาพที่ 3) ประกอบด้วย ถังรวบรวมน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสีย ถังกรอง

ทรายทำหน้าที่กรองตะกอนที่อาจหลงเหลือมาจากระบบบำบัดน้ำเสีย ถังคาร์บอนทำหน้าที่ดูดซับสีและกลิ่นในน้ำ ถังคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อาจปนเปื้อนและเพื่อความมั่นใจในการใช้งาน ถังพักน้ำทำหน้าที่เก็บน้ำที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนส่งเข้าสู่ระบบท่อไปยังระบบชักโครก



ภาพที่ 3 แผนภาพการไหลของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

3. การก่อสร้างและการติดตั้งอุปกรณ์มาตรวัดและระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีการดำเนินการ 2 ส่วนหลัก คือ

3.1 การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อศึกษา/รวบรวมข้อมูล คือ การติดตั้งมาตรวัดปริมาณน้ำรวมทั้งสิ้น 13 จุด โดยติดตั้งในโซนผลิต A โซนผลิต B และส่วนสำนักงาน 5 จุด และติดตั้งในโซนผลิต C โซนผลิต D โซนผลิต E และโซนผลิต F 8 จุด

3.2 การก่อสร้าง/ติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ประกอบด้วย ถังรวบรวมน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด ใช้ถังน้ำพีวีซี ขนาด 5,000 ลิตร จำนวน 2 ถัง ต่อเชื่อมกันทำให้มีความจุ 10,000 ลิตร ปั๊มน้ำเพิ่มแรงดัน (booster pump) จำนวน 1 ชุด ทำหน้าที่ส่งน้ำเข้าสู่ถังกรองทรายและถังคาร์บอน ถังกรองทรายและถังคาร์บอนอย่างละ 1 ถัง เป็นถังเหล็กทรงแคปซูลขนาดความจุ 140 ลิตร โดยภายในถังกรองทรายบรรจุทรายกรองเบอร์ 3 ขนาด 2-5 มิลลิเมตร ปริมาณ 100 ลิตร ภายในถังคาร์บอนบรรจุแอคติเวตเตดคาร์บอนปริมาณ 100 ลิตร ถังคลอรีนเป็นถังพีวีซี ขนาดความจุ 100 ลิตร ปั๊มจ่ายสารเคมี (chemical feed pump) จำนวน 1 ชุด เพื่อจ่ายคลอรีนเข้าสู่เส้นท่อ ถังพักน้ำใช้ถังน้ำพีวีซี ขนาด 5,000 ลิตร จำนวน 2 ถังต่อเชื่อมกัน ทำให้มีความจุ 10,000 ลิตร ปั๊มแรงดัน (pressure pump) จำนวน 1 ชุด ทำหน้าที่ส่งน้ำเข้าสู่ระบบท่อ ระบบท่อประกอบด้วย ท่อเมน HDPE ขนาด 1 ½" มีความยาว 100 เมตร ท่อย่อยพีวีซี ขนาด ½" มีความยาวในการเดินท่อ 6 เมตรต่อห้องน้ำ 1 ห้อง

4. การทดลองเดินระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ พบว่า ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำมีปัญหาต้องดำเนินการแก้ไขที่สำคัญ เช่น ถังรวบรวมน้ำที่ผ่านการบำบัด ที่บริเวณก้นถังมีปริมาณตะกอนค่อนข้างสูง มีการแก้ไขโดยกำหนดเวลาการระบายตะกอนที่ก้นถังทุกสัปดาห์ ถังกรองทรายและถังคาร์บอนไม่มีป้ายชี้บ่งบอกหน้าที่ของวาล์ว มีการแก้ไขโดยติดหมายเลขที่วาล์วน้ำแต่ละตัวเพื่อความสะดวกในการใช้งาน ถังคลอรีนไม่มีใบพัดสำหรับกวนคลอรีนให้ผสมกัน มีการแก้ไขโดยติดตั้งใบพัดสำหรับกวนคลอรีนเพิ่ม เป็นต้น ในส่วนของระบบท่อส่งน้ำทำการปรับค่าแรงดันของปั๊มน้ำให้เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่ สำหรับคุณภาพน้ำที่ผ่านระบบปรับปรุงคุณภาพ พบว่า คุณภาพ

น้ำได้ตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน และมีลักษณะทางกายภาพเป็นไปตามเกณฑ์ในการออกแบบ คือ ไม่มีสีและกลิ่นที่น่ารังเกียจ ไม่พบแบคทีเรียกลุ่มฟีคอล-โคลิฟอร์มในน้ำที่ผ่านระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล จากการการเปรียบเทียบปริมาณน้ำทิ้งก่อนและหลังการใช้เทคโนโลยีสะอาด พบว่า สามารถลดปริมาณน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดเฉลี่ยเท่ากับ 273 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 90 ของปริมาณน้ำเสียทั้งหมด และจากการเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำประปาภายในบริษัท ก่อนและหลังการใช้เทคโนโลยีสะอาด พบว่า หลังจากนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ สามารถลดปริมาณการใช้น้ำประปาลงได้ 247 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า การนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้มีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น 2 ส่วน คือ ค่าลงทุนก่อสร้างระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ 124,383 บาท ค่าดำเนินการบำรุงรักษา และค่ากระแสไฟฟ้า 4,200 บาท/เดือน สามารถคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เท่ากับ 14 บาทต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการซื้อน้ำประปา 31 บาทต่อลูกบาศก์เมตร จะเห็นได้ว่าการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ 17 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ทำให้หลังจากการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อน้ำประปาสำหรับใช้ในระบบชักโครกได้ 50,388 บาท/ปี (คิดเป็นร้อยละ 45.16 ของค่าใช้จ่ายจากการใช้น้ำในห้องน้ำทั้งหมด) เนื่องจากมีการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้มีค่าลงทุน 124,383 บาท จึงสามารถคำนวณระยะเวลาในการคืนทุนของโครงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่ในระบบชักโครกของบริษัทอยู่ที่ประมาณ 2 ปี 5 เดือน

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดโดยนำน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดกลับมาใช้ใหม่ในระบบชักโครกของบริษัท พบว่า การดำเนินการดังกล่าวเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ คือ

1. สามารถลดปริมาณน้ำใช้ได้ร้อยละ 11.44 ของปริมาณน้ำใช้ทั้งหมด หรือประมาณร้อยละ 47.51 ของปริมาณน้ำใช้ในห้องน้ำทั้งหมด การลดปริมาณน้ำใช้นอกจากจะช่วยลดค่าน้ำซึ่งเป็นต้นทุนส่วนหนึ่งของโรงงานแล้ว ยังเป็นการช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำซึ่งมีอยู่อย่างจำกัด และประหยัดค่าใช้จ่ายในการนำน้ำดิบมาปรับปรุงคุณภาพเป็นน้ำประปาด้วย (Ministry of Health Canada, 2010)

2. สามารถลดปริมาณน้ำทิ้งได้ร้อยละ 90.00 ของปริมาณน้ำเสียทั้งหมด การลดการปล่อยน้ำทิ้งนี้จะช่วยลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและภาระบรรทุกของแหล่งน้ำได้ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545)

3. สามารถลดค่าใช้จ่ายจากการใช้น้ำได้ร้อยละ 45.16 ของปริมาณค่าใช้จ่ายจากการน้ำใช้ทั้งหมด มีความคุ้มทุนในการก่อสร้างระบบใช้เวลาคืนทุน 2 ปี 5 เดือน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ไม่นานมาก

จะเห็นได้ว่าการนำเทคโนโลยีสะอาดมาประยุกต์ใช้ในการนำน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดกลับมาใช้ใหม่ในระบบชักโครกนั้น นอกจากจะเป็นการใช้ประโยชน์ทรัพยากรน้ำอย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุดแล้ว ยังสามารถให้ผลตอบแทนคืนกลับมาเป็นรูปธรรม ด้วยการลดค่าใช้จ่ายซึ่งเป็นต้นทุนส่วนหนึ่งของโรงงานได้ (วิภาเพ็ญ เจียสกุล, 2546; จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ, 2554)

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดโดยนำน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดกลับมาใช้ใหม่ในระบบ

ชักโครกโดยดำเนินงานในห้องน้ำโซนผลิต A และ B พบว่า เทคโนโลยีสะอาดสามารถลดปริมาณน้ำใช้ น้ำทิ้ง และค่าใช้จ่ายจากการใช้น้ำในห้องน้ำได้ ดังนั้น ผลที่ได้จากการทดลองนี้จึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงน้ำใช้ น้ำเสีย ค่าใช้จ่ายจากการใช้น้ำให้ลดน้อยลงได้ และยังสามารถนำไปขยายผลไปใช้ในห้องน้ำโซนอื่นๆ ได้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบริษัทสลาเมนเดอร์ จิวเวอรี่ จำกัด คณะผู้ศึกษาขอขอบคุณ คุณ Ofer Avidan ผู้จัดการทั่วไป บริษัทสลาแมนเดอร์ จิวเวอรี่ จำกัด ที่สนับสนุนทั้งทางด้านทรัพยากร เวลา และทุนในการศึกษา

บรรณานุกรม

กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กลุ่มงานเทคโนโลยีสะอาด สำนักงานเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. (2545). *เทคโนโลยีสะอาด.* กรุงเทพมหานคร: สำนักงานเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม, สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน. (2550). *หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) อุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์นม.* กรุงเทพมหานคร: สำนักงานเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม, สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม . (2555). *คู่มือ 3Rs กับการจัดการของเสียภายในโรงงาน.* กรุงเทพมหานคร: สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ. (2554). *ประมวลสาระชุดวิชาการจัดการคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม.* นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

จิราภรณ์ ช่วยรอดหมด. (2551). *การเงินธุรกิจ.* สืบค้นวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2558, จาก http://dusithost.dusit.ac.th/jiraporn_chu/BF_index.htm

เจตจินต์ สุทินประภา. (2553). *การลดต้นทุนการผลิตของโรงงานผลิตน้ำอัดลมโดยใช้เทคโนโลยีสะอาด* (การศึกษาด้วยตนเองปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ทวีศักดิ์ วังไพศาล. (2554). *วิศวกรรมการประปา.* กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิภาเพ็ญ เจียสกุล. (2546). *คู่มือเทคโนโลยีสะอาดสำหรับประชาชน เล่ม 1, 2.* กรุงเทพมหานคร: สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย.

วรรณา จินดาศรี. (2544, ตุลาคม–ธันวาคม). เทคโนโลยีสะอาด. *วารสารสิ่งแวดล้อม.* 5(23), น. 8 –27.

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, แผนกเทคโนโลยีสะอาด ฝ่ายธุรกิจสิ่งแวดล้อม. (2543). *กรณีศึกษาเทคโนโลยีสะอาด โครงการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรมไทย กรุงเทพมหานคร.* นนทบุรี: สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช). (2552). *เทคนิคการตรวจประเมินเทคโนโลยีสะอาด* [เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ]. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

Burke, G., Singh, B., & Theodore, L. (2005). *Handbook of environmental management and technology.* New York: Wiley InterScience, A John Wiley & Sons.

Hatano, R., Liu, R. & Solis, S. (2015). *Analysis of greywater use for toilet flushing in*

San Francisco. Davis: University of California, Davis. Retrieved from http://watermanagement.ucdavis.edu/files/1614/3891/2386/A01_Hatano_Lui_ESM121_FinalReport.pdf.

Ministry of Health Canada. (2010). *Canadian guidelines for domestic reclaimed water for use in toilet and urinal flushing*. Ontario: Health Canada.

Kirkwood, R. C. & Longley, A. J.. (1995). *Clean technology and the environment*. UK: Springer Science+ Business Media.