บทที่ 5
สรุปผลและประเมินผลการวิจัย

ลำดับขั้นการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละปี

จากการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานตัวอย่างสามารถสรุปการดำเนินการปรับปรุงระบบตามลำดับขั้นตอนการดำเนินการได้ดังนี้

การพัฒนาและปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียในปี 2537

เนื่องจากในปี 2536 และ 2537 ทางโรงงานตัวอย่างแห่งนี้ประสบปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำหลังจากการบำบัดแล้วไม่ได้ตามมาตรฐานกำหนด ทางโรงงานตัวอย่างจึงได้จ้างวิศวกรที่ปรึกษาเข้ามาค้นหาสาเหตุ และปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียบางส่วนเพื่อให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพได้ตามมาตรฐานกำหนด โดยทีมงานวิศวกรที่ปรึกษาได้เริ่มเข้ามาในปี 2537 โดยได้ดำเนินการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียดังต่อไปนี้

1. ค้นหาสาเหตุหลักที่ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพต่ำจนทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพไม่ได้ ตามมาตรฐานกำหนด ซึ่งจากการตรวจสอบค้นหาสาเหตุทางทีมงานวิศวกรได้สรุปว่าสาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบบำบัดน้ำเสียต่ำคือ ความไม่คงที่ในด้านคุณภาพของน้ำเสียที่สูบเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งความไม่คงนี้มีผลทำให้เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถปรับตัวรับสภาพน้ำเสียที่เปลี่ยนไปเปลี่ยนมาได้ทัน ทำให้เกิดการล้มเหลวในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย ทำให้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐานกำหนด

2. จากสาเหตุในข้อ 1. ทางทีมงานวิศวกรที่ปรึกษาจึงได้แนะนำให้สร้างถังตกตะกอนขั้นสุดท้ายใหม่จากเดิมซึ่งเป็นถังรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมูเป็นถังทรงกระบอกที่สามารถจุน้ำได้ 80 ลูกบาศก์เมตร และมีวาล์วระบายตะกอนที่สะสมก้นถังออกจากถังตกตะกอน โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้เกิดการตกตะกอนอย่างสมบูรณ์ในถังตกตะกอนใบนี้ ทั้งนี้โดยในเบื้องต้นทางวิศวกรที่ปรึกษาได้ตั้งสมมุติฐานว่าการที่น้ำหลังจากการบำบัดแล้วมีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐานกำหนด ส่วนหนึ่งสืบเนื่องมาจากประสิทธิภาพการทำงานของถังตกตะกอนใบเดิมต่ำ และมีการสะสมของตะกอนจุลินทรีย์ในถังตกตะกอนใบเดิมซึ่งไม่มีใบกวาดตะกอนที่ก้นถังทำให้เกิดการลอยของตะกอนจุลินทรีย์ขึ้นมากับน้ำที่ผ่านการบำบัด

ซึ่งผลการทดลองใช้ถังตกตะกอนพบว่ายังมีบางครั้งที่น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วยังคงมีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐานกำหนด ทางทีมงานวิศวกรที่ปรึกษาจึงทำการทดลองเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่าง ๆ ต่อไป

3. ทดลองเดินระบบแบบต่าง ๆ เพื่อทดสอบว่าการเดินระบบแบบใดจึงจะเหมาะสมที่สุดสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานตัวอย่างนี้ โดยมีการทดลองเดินระบบดังนี้

3.1 เดินระบบแบบกะ (Batch Process) จะทำการเดิน ๆ หยุด ๆ ระบบดังนี้

3.1.1 เดินระบบตามปรกติ โดยสูบน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสียในปริมาณที่กำหนดพร้อมกับเปิดเครื่องเติมอากาศทั้งหมดอย่างเต็มที่เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นจะหยุดระบบทั้งหมดแล้วปล่อยให้เกิดการตกตะกอนของเชื้อจุลินทรีย์ภายในบ่อเติมอากาศ (ใช้บ่อเติมอากาศเป็นบ่อตกตะกอนไปในตัว) เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง

3.1.2 เมื่อตะกอนจุลินทรีย์ตกตะกอนแยกตัวออกจากน้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว (มองเห็นน้ำส่วนใสแยกตัวออกจากตะกอนจุลินทรีย์) จึงใช้ปั๊มสูบน้ำเสียส่วนใสออกปล่อยลงสู่บ่อพักน้ำต่อไป

3.1.3 สูบน้ำออกในอัตราที่กำหนด โดยปริมาณน้ำที่สูบออกต้องให้เท่ากับปริมาณน้ำเสียที่สูบเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย

3.1.4 จากนั้นจึงเดินระบบบำบัดน้ำเสียตามข้อ 1 ต่อไปเรื่อย ๆ

ผลการทดลองเดินระบบแบบกะ ในระยะแรก ๆ ได้ผลดีพอสมควรคือน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพได้ตามมาตรฐานกำหนด แต่เมื่อเดินระบบผ่านไปเป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ในบ่อเติมอากาศเกิดการช็อคบ่อย ๆ (คือสภาพที่ตะกอนจุลินทรีย์ลอยขึ้นเหนือผิวน้ำ และค่อย ๆ ตายไปในที่สุด) ทำให้คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐานกำหนด ทำให้ต้องเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ใหม่ทั้งหมด ทำให้ในช่วงที่ต้องเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ใหม่นี้ไม่สามารถเดินระบบบำบัดน้ำเสียได้ และยังมีผลกระทบต่องานการผลิตหลักอีกด้วย ทำให้ไม่สามารถดำเนินการผลิตได้ตามกำหนด

3.2 เดินระบบแบบต่อเนื่อง (Continuos Process) จะทำการสูบน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย และเปิดเครื่องเติมอากาศทั้งหมดตลอด 24 ชั่วโมง

ผลการทดลองเดินระบบแบบต่อเนื่อง ในระยะแรก ๆ ให้ผลไม่ดีเท่าที่ควร คือคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วไม่คงที่ คือได้ตามมาตรฐานบ้างไม่ได้ตามมาตรฐานบ้าง แต่เมื่อเดินระบบไปนาน 3-4 เดือนพบว่าการเดินระบบบำบัดแบบต่อเนื่องให้ผลดีต่อระบบบำบัดน้ำเสีย คือคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดได้ตามมาตรฐานกำหนดตลอดเวลา

4. ให้แนวคิดในเรื่องการวางแผนการผลิตเพื่อให้เกิดน้ำเสียทั้ง 2 ประเภท ในปริมาณที่ใกล้เคียงกันเพื่อให้เกิดการสมดุลย์กันระหว่างน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรด และน้ำเสียที่มีสภาพเป็นด่าง โดยให้เกิดการผสมกันเอง และเพื่อลดความผันแปรของความเข้มข้นของความสกปรกต่าง ๆ หรือเพื่อให้น้ำเสียที่จะสูบเข้าระบบมีคุณภาพไม่เปลี่ยนแปลงมากนักก่อนที่จะสูบน้ำเสียทั้ง 2 ประเภทหลังจากที่ผสมกันแล้วเข้าระบบบำบัดน้ำเสียในขั้นตอนต่อไป

ผลการดำเนินการ ให้ผลดีแก่ระบบบำบัดน้ำเสียค่อนข้างมาก กล่าวคือน้ำผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพดีขึ้นกว่าเดิม แต่เกิดปัญหาเนื่องจากไม่สามารถวางแผนการผลิตเพื่อให้เกิดน้ำเสียทั้ง 2 ประเภทในปริมาณที่สมดุลย์กันอย่างต่อเนื่องได้ เพราะมีผลกระทบโดยตรงต่องานการผลิตหลัก

ผลดีทางอ้อมที่เกิดขึ้น พบว่าในช่วงที่ดำเนินการวางแผนการผลิตเพื่อให้เกิดน้ำเสียทั้ง 2 ประเภทในปริมาณที่สมดุลย์กันนั้น ปริมาณสารเคมีคือ ด่าง (NaOH) ที่ใช้ในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียก่อนเข้าระบบบัดน้ำเสียลงลง ทำให้ต้นทุนในการบำบัดน้ำเสียนี้ลดลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียในปี 2538

1. จากแนวคิดของวิศวกรที่ปรึกษาเรื่องการวางแผนการผลิต เพื่อให้เกิดการสมดุลย์กันระหว่างน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรด และน้ำเสียที่มีสภาพเป็นด่าง ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วไม่สามารถวางแผนการผลิตเพื่อให้เกิดการสมดุลย์ของน้ำเสียทั้ง 2 ประเภทนี้ตลอดเวลาได้ จึงเกิดแนวคิดในการสร้างบ่อเก็บกักน้ำเสียแต่ละประเภทแยกออกจากกันก่อน จากนั้นจึงสูบน้ำเสียแต่ละประเภทมารวมกันในอัตราส่วนที่พอเหมาะเพื่อควบคุมความผันแปรของคุณภาพน้ำเสียที่สูบเข้าระบบบำบัดน้ำเสียให้มีความผันแปรน้อยที่สุด และยังเป็นการลดอัตราการใช้สารเคมีในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียอีกด้วย

นอกจากจะได้ประโยชน์ในด้านการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียแล้ว การแยกเก็บน้ำเสียแต่ละประเภทไว้คนละบ่อกันยังมีผลทำให้การดูดน้ำมันที่ติดมากับน้ำเสีย (Recovery Oil) กลับเข้าถังพักเพื่อรอเข้ากระบวนการผลิตน้ำมันดำ หรือ Acid Oil นั้นกระทำได้ง่าย และได้ปริมาณเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

2. ทำการปรับปรุงวิธีการเติมยูเรีย หรืออาหารเสริม (แหล่งไนโตรเจน) ลงในบ่อเติมอากาศใหม่ โดยวิธีการเติมนั้น ปริมาณยูเรียที่จะเติมลงในบ่อเติมอากาศเพื่อใช้เป็นอาหารเสริมให้จุลินทรีย์นั้น จะคำนวณจากปริมาณน้ำเสีย และค่าความสกปรกของน้ำเสียที่สูบเข้าบ่อเติมอากาศ โดยไม่ได้ทำการวิเคราะห์ว่าในระบบหรือในบ่อเติมอากาศนั้นมีปริมาณไนโตรเจนอยู่เท่าไร ดังนั้นการเติมยูเรียในปริมาณที่กำหนดตามวิธีเดิมนั้นจึงเป็นการเติมในปริมาณที่มากเกินความต้องการของจุลินทรีย์ ซึ่งมีผลทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าความสกปรกเพิ่มมากขึ้น และยังเป็นการสิ้นเปลืองอีกด้วย

ดังนั้นในวิธีการเติมยูเรียที่ปรับปรุงใหม่นี้ จะคำนวณปริมาณยูเรียที่จะเติมโดยมีการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในระบบเดิมก่อนที่จะเติมยูเรียใหม่ด้วย เมื่อคำนวณหาปริมาณยูเรียที่จะเติมได้ก็นำค่าไนโตรเจนที่มีอยู่ในระบบมาหักออกจากปริมาณที่จะเติมลงไปใหม่ด้วย ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น คือน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพดีขึ้น และต้นทุนของการบำบัดน้ำเสียยังต่ำลงอีกด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียในปี 2539

1. สร้างถังตกตะกอนขั้นที่ 1 เพื่อตกตะกอนที่หลุดมาจากระบบกำจัดไขมันและน้ำมันออกจากน้ำเสียก่อนปล่อยน้ำเสียเข้าสู่บ่อเติมอากาศต่อไป

เนื่องจากการทำงานของระบบกำจัดไขมันและน้ำมัน นั้นจะมีการเติมสารส้มเพื่อให้ตะกอนรวมตัวกันเป็นตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น จากนั้นจะอัดอากาศเข้าไปให้ผสมกับน้ำเสียภายใต้ความดันประมาณ 1.5-2.0 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ภายใต้ความดันนี้อากาศส่วนหนึ่งจะละลายรวมตัวเข้ากับน้ำเสีย จากนั้นจะปล่อยน้ำเสียที่มีอากาศละลายอยู่นี้ออกสู่บรรยากาศปรกติซึ่งจะทำให้อากาศที่ละลายอยู่ในน้ำเสียพยายามแยกตัวออกจากน้ำเสียโดยกลายเป็นฟองอากาศขนาดเล็กแล้วลอยตัวขึ้นมาที่ผิวหน้าน้ำ ขณะที่ฟองอากาศขนาดเล็ก ๆ จำนวนมากมายนี้ลอยขึ้นสู่ผิวน้ำก็จะพาเอาตะกอนที่รวมตัวกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ขึ้นมาด้วย (ซึ่งอนุภาคขนาดใหญ่เหล่านี้ส่วนใหญ่จะเป็นอนุภาคของน้ำมันและไขมันนั่นเอง)

จะเห็นได้ว่าการทำงานของระบบกำจัดไขมันและน้ำมันนี้ จะต้องใช้ความดันลมและปริมาณลม และปริมาณสารส้มที่เติมเข้าไปในน้ำเสีย ดังนั้นหากความดันลมตกก็จะทำให้ระบบกำจัดไขมันและน้ำมัน ทำงานได้ไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งจะทำให้เกิดตะกอนขนาดใหญ่หลุดออกมากับน้ำเสียที่ผ่านระบบกำจัดไขมันและน้ำมันแล้วเข้าสู่บ่อเติมอากาศต่อไป ซึ่งตะกอนเหล่านี้จะมีผลทำให้ค่าความสกปรกของน้ำเสียเพิ่มมากขึ้น ทำให้ต้องใช้สารเคมี (ยูเรีย) เพิ่มมากขึ้น และยังทำให้ต้องเดินเครื่องเติมอากาศอย่างเต็มที่อีกด้วย และถ้าหากมีตะกอนเหล่านี้หลุดออกเข้าสู่บ่อเติมอากาศในปริมาณมาก ๆ แล้วจะทำจุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายค่าความสกปรกในน้ำเสียได้หมด ซึ่งจะทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐานกำหนด

ซึ่งตะกอนดังกล่าวนี้จากการทดลองพบว่าตะกอนเหล่านี้สามารถตกตะกอนได้ง่ายหากมีการพักน้ำเสียที่มีตะกอนเหล่านี้ไว้ในถังพักประมาณ 2-3 ชั่วโมง ตะกอนเหล่านี้จะสามารถตกตะกอนและแยกตัวออกจากน้ำเสียได้โดยง่าย เนื่องจากน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบกำจัดไขมันและน้ำมันนั้นจะต้องผ่านการเติมสารส้มมาก่อนแล้ว ซึ่งสารส้มนี้เองที่เป็นตัวช่วยให้ตะกอนเหล่านี้สามารถตกตะกอนลงสู่ก้นถังได้ง่าย ซึ่งการที่ตะกอนเหล่านี้ถูกแยกออกจากน้ำเสียมีผลทำให้น้ำเสียก่อนเข้าบ่อเติมอากาศนี้มีค่าความสกปรกลดลงอย่างมาก

ดังนั้นจึงมีการสร้างถังตกตะกอนขั้นที่ 1 ขึ้นเพื่อดักตะกอนเหล่านี้ออกก่อนที่จะส่งน้ำเสียที่ไม่มีตะกอนเหล่านี้เข้าสู่บ่อเติมอากาศต่อไป

2. ปรับปรุงวิธีการเดินเครื่องเติมอากาศใหม่ เนื่องจากมีการสร้างถังตกตะกอนขั้นที่ 1 ขึ้นทำให้ค่าความสกปรกของน้ำเสียที่เข้าสู่บ่อเติมอากาศมีค่าค่อนข้างต่ำและคงที่ ดังนั้นจึงมีการคำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการจริง ๆ และทดลองเดินเครื่องเติมอากาศใหม่ ดังนี้

จากการคำนวณหาปริมาณความต้องการออกซิเจนละลายน้ำ (รายละเอียดแสดงดังในวิธีการพิจารณาลดค่าไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย) พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วน้ำเสียที่สูบเข้าบ่อเติมอากาศต้องการปริมาณออกซิเจนเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในอัตรา 19.5 กิโล-ออกซิเจนต่อชั่วโมง แต่เครื่องเติมอากาศทั้ง 3 เครื่องมีความสามารถในเติมอากาศได้ในอัตรา 22.8 กิโล-ออกซิเจนต่อชั่วโมง โดยที่เครื่องเติมอากาศเครื่องที่ 1 และเครื่องที่ 2 มีความสามารถในการเติมอากาศในอัตรา 19.2 กิโล-ออกซิเจนต่อชั่วโมง แต่เนื่องจากลักษณะของบ่อเติมอากาศของโรงงานตัวอย่างด้านล่างของบ่อเติมอากาศ จะมีลักษณะเป็นหลุม 3 หลุม แต่ละหลุมลึกประมาณ 1 เมตร (นั่น

คือเมื่อเติมน้ำเข้าบ่อเติมอากาศถ้าระดับสูงเกิน 1 เมตรแล้วน้ำจะท่วมถึงกันหมด) ซึ่งระดับที่เดินระบบตามปรกติเท่ากับ 1.60 เมตร ดังนั้นในการเดินเครื่องเติมอากาศ 2 เครื่อง หากวางตำแหน่งเครื่องเติมอากาศไว้ตรงตำแหน่งเดิม (ตรงกับหลุมก้นบ่อ) แล้วจะพบปัญหาว่าที่หลุมก้นบ่อตำแหน่งที่ไม่ได้เดินเครื่องเติมอากาศจะเกิดการสะสมตัวของตะกอนจุลินทรีย์อยู่ก้นบ่อในปริมาณมาก ซึ่งเมื่อเดินระบบไปนาน ๆ ตะกอนจุลินทรีย์ดังกล่าวจะเกิดการสะสมตัวทับถมกันจนในที่สุดจะเกิดเน่าเสียของเชื้อจุลินทรีย์ที่หลุมก้นบ่อและในที่สุดก็จะลอยขึ้นมาในที่สุด ซึ่งมีผลทำให้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียลดต่ำลง

ดังนั้นในการเดินเครื่องเติมอากาศเพียง 2 เครื่องนั้นจำเป็นต้องเลื่อนตำแหน่งให้เครื่องเติมอากาศอยู่ระหว่างขอบของหลุมก้นบ่อเติมอากาศด้วย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสะสมตัวของตะกอนจุลินทรีย์ที่หลุมก้นบ่อจนเกิดการเน่าเสียขึ้น

จากการทดลองการเดินเครื่องเติมอากาศจำนวน 2 เครื่อง คือเครื่องที่ 1 และเครื่องที่ 2 พบว่าสามารถเดินระบบบำบัดน้ำเสียได้ผลดี คือน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วยังคงมีคุณภาพได้ตามมาตรฐานกำหนด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 แสดงรายละเอียดการลงทุนของระบบบำบัดน้ำเสีย
ในปี พ.ศ. 2537-2539

ปี	รายละเอียดการลงทุน	จำนวนเงินลงทุน (บาท)	หมายเหตุ
2537	1. เครื่องวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำ	20,700	เริ่มใช้งานเดือนมกราคม
	2. สร้างถังตกตะกอนเชื้อแบคทีเรีย	1,440,000	เริ่มใช้งานเดือนพฤษภาคม
	3. เครื่องกวนผสมน้ำเสียในบ่อปรับสภาพน้ำเสีย (Balancing Basin)	133,900	เริ่มใช้งานเดือนพฤษภาคม
	จำนวนเงินลงทุนรวม	**1,594,600**	
2538	1. บ่อเก็บน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรดและด่าง	989,300	เริ่มใช้งานเดือนพฤษภาคม
	2. ระบบการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่	124,072	เริ่มใช้งานเดือนกรกฎาคม
	3. เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor)	291,230	เริ่มใช้งานเดือนพฤศจิกายน
	จำนวนเงินลงทุนรวม	**1,404,602**	
2539	1. ถังตกตะกอนขั้นที่ 1	850,035	เริ่มใช้งานเดือนกันยายน
	2. ปรับปรุงบ่อเก็บน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรดและบ่อเก็บน้ำเสียที่มีสภาพเป็นด่าง	413,750	เริ่มใช้งานเดือนตุลาคม
	จำนวนเงินลงทุนรวม	**1,263,785**	

หมายเหตุ การลงทุนต่าง ๆ ที่แสดงในตารางที่ 5.1 นี้นอกจากจะเป็นการลงทุนเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแล้ว ยังเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียได้มากขึ้นอีกด้วย เพื่อรองรับปริมาณน้ำเสียที่จะเพิ่มขึ้นจากกระบวนการผลิตซึ่งมีการเพิ่มกำลังการผลิตผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้นทุกปี และเพื่อรองรับน้ำเสียที่จะเพิ่มขึ้นจากการขยายโรงงานในอนาคตได้อีกด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.2 แสดงปริมาณการใช้สารเคมี และต้นทุนในการบำบัดต่อหน่วยน้ำเสีย
ของปี พ.ศ. 2535 - 2539

หัวเรื่อง	2535		2536		2537		2538		2539	
ปริมาณน้ำเสีย (ลูกบาศก์เมตร)	37,957.0		47,191.0		54,240.0		60,225.0		73,942.0	
ปริมาณที่ใช้	กก.	บาท	กก.	บาท	กก.	บาท	กก.	บาท	กก.	บาท
1. สารเคมี										
-สารส้ม	7,775	36,465	23,641	110,876	44,412	208,292	89,520	419,849	85,920	402,965
-โซดาไฟ (NaOH)	323,383	2,228,109	365,781	2,520,231	122,833	846,319	81,411	560,922	81,501	561,542
-ปู่ยยูเรีย	4,063	19,949	7,246	35,578	13,697	67,252	9,113	44,745	1,992	9,781
-ปูนขาว	39843	79,686	0	0		0		0		0
ต้นทุนสารเคมีต่อหน่วยน้ำเสีย		2,364,209		2,666,685		1,121,864		1,025,515		974,287
2. พลังงานไฟฟ้า	171,540	313,918	235,614	431,174	271,860	497,504	273,140	499,846	239,320	437,956
ต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้า		313,918.20		431,173.62		497,503.80		499,846.20		437,955.60
3. ค่าซ่อมบำรุงเครื่องจักร	567,230	567,230	953,667	953,667	1,763,701	1,763,701	807,443	807,443	1,297,000	1,297,000
4. เงินลงทุนสะสม	0		0		1,594,600		2,999,202		4,262,984	
ค่าเสื่อมราคา 20 %	0		0		318,920		599,840		852,597	
ดอกเบี้ย 14%	0		0		223,244		419,888		596,818	
รวมเงินลงทุน		0		0		542,164		1,019,729		1,449,415
5. ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	0	0	0	0	277,130	277,130	0	0	0	0
ต้นทุนต่อหน่วย (บาท/ลบ.ม.)		**85.50**		**85.85**		**77.48**		**55.67**		**56.24**
ต้นทุนรวม (บาท)		**3,245,357**		**4,051,526**		**4,202,363**		**3,352,533**		**4,158,658**
ราคาต่อหน่วยของสารเคมีและพลังงานไฟฟ้า										
-สารส้ม		4.69		4.69		4.69		4.69		4.69
-โซดาไฟ (NaOH)		6.89		6.89		6.89		6.89		6.89
-ปู่ยยูเรีย		4.91		4.91		4.91		4.91		4.91
-ปูนขาว		2.00		2.00		2.00				
-พลังงานไฟฟ้า		1.83		1.83		1.83		1.83		1.83

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผลการลดต้นทุนค่าโซดาไฟ

จากตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.2 (และตารางแสดงปริมาณการใช้สารเคมีและต้นทุนของระบบบำบัดน้ำเสียของปี 2535-2539 พบว่า

ในปี 2535 จะเห็นว่าปริมาณโซดาไฟ ที่ใช้จริงแล้วเฉลี่ยเท่ากับ 26,948 กิโลกรัมต่อเดือน
และปริมาณปูนขาวที่ใช้จริงเฉลี่ยแล้ว เท่ากับ 3,320 กิโลกรัมต่อเดือน
ซึ่งคิดเป็นจำนวนเงิน เท่ากับ 192,312 บาทต่อเดือน
เท่ากับ 2,307,744 บาทต่อปี

ในปี 2536 จะเห็นว่าปริมาณโซดาไฟ ที่ใช้จริงแล้วเฉลี่ย เท่ากับ 30,428 กิโลกรัมต่อเดือน
ซึ่งคิดเป็นจำนวนเงิน เท่ากับ 210,021 บาทต่อเดือน
เท่ากับ 2,520,231 บาทต่อปี

ในปี 2537 จะเห็นว่าปริมาณโซดาไฟ ที่ใช้จริงแล้วเฉลี่ย เท่ากับ 10,237 กิโลกรัมต่อเดือน
ซึ่งคิดเป็นจำนวนเงิน เท่ากับ 70,533 บาทต่อเดือน
เท่ากับ 846,319 บาทต่อปี

ในปี 2537 นี้ต้นทุนค่าโซดาไฟลดลงเนื่องจากมีการวางแผนการผลิตหลักให้เกิดน้ำเสีย 2 ประเภทในปริมาณที่สมดุลย์กัน แต่เมื่อพิจารณาจากปริมาณที่ใช้ต่อเดือนแล้ว จะเห็นว่าปริมาณการใช้โซดาไฟจะไม่คงที่มีบางเดือนใช้มาก บางเดือนใช้น้อยที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากไม่สามารถวางแผนการผลิตเพื่อให้เกิดน้ำเสียทั้ง 2 ประเภทนี้ในปริมาณที่สมดุลย์กันได้ตลอดเวลา และการวางแผนการผลิตเพื่อให้เกิดน้ำเสียทั้ง 2 ประเภทนี้ในปริมาณที่สมดุลย์กันนี้ยังก่อให้เกิดความเสียหายกับการผลิตหลักอีกด้วย เนื่องจากการวางแผนการผลิตหลักเป็นการวางแผนเพื่อผลิตน้ำมันพืชไม่ใช่การวางแผนการผลิตน้ำเสีย ดังนั้นวิธีการดังกล่าวนี้จึงไม่ถูกต้องตามจุดประสงค์หลักขององค์กร

ในปี 2538 จะเห็นว่าปริมาณโซดาไฟ ที่ใช้จริงแล้วเฉลี่ย เท่ากับ 6,748 กิโลกรัมต่อเดือน
ซึ่งคิดเป็นจำนวนเงิน เท่ากับ 46,742 บาทต่อเดือน
เท่ากับ 560,922 บาทต่อปี

ในปี 2539 จะเห็นว่าปริมาณโซดาไฟ ที่ใช้จริงแล้วเฉลี่ย เท่ากับ 6,792 กิโลกรัมต่อเดือน
ซึ่งคิดเป็นจำนวนเงิน เท่ากับ 46,797 บาทต่อเดือน
เท่ากับ 561,542 บาทต่อปี

ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากตั้งแต่ปี 2538 เป็นต้นมา ได้มีการสร้างบ่อเก็บกักน้ำเสียที่มีสภาพเป็นด่างและบ่อเก็บกักน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรดแยกกันคนละบ่อ เพื่อเก็บน้ำเสียทั้ง 2 ประเภทนี้แยกออกจากกันก่อนแล้วค่อยสูบน้ำเสียทั้ง 2 ประเภทนี้มาผสมกันในอัตราส่วนที่ต้องการ ทำให้ปริมาณการใช้โซดาไฟในปี 2538-2539 ลดลง

โดยบ่อเก็บกักน้ำเสียแต่ละชนิดนี้ได้ทำการสร้างและใช้งานจริงประมาณเดือนพฤษภาคม 2538 แต่ก่อนการสร้างบ่อนี้จริง ๆ ได้มีการทดลองแยกเก็บน้ำเสียทั้ง 2 ประเภทนี้ออกจากกันโดยสร้างเป็นบ่อชั่วคราวสำหรับเก็บน้ำเสียแต่ละชนิดไว้ตั้งแต่เดือนเมษายน 2538 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าหลังจากเดือนพฤษภาคม 2538 เป็นต้นมาปริมาณการใช้โซดาไฟจะค่อนข้างคงที่ โดยเฉลี่ยแล้วจะมีอัตราการใช้ประมาณ 4,000-5,000 กิโลกรัมต่อเดือน

และเมื่อพิจารณาถึงคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว (ตามตารางแสดงลักษณะสมบัติของน้ำเสีย ดังแสดงในภาคผนวก ข.) จะเห็นได้ว่าในการลดต้นทุนโดยวิธีนี้ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำหลังการบำบัด โดยจะเห็นได้ว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วในปี 2538 และ 2539 ยังคงมีคุณภาพได้ตามมาตรฐานกำหนด

ดังนั้นจึงสามารสรุปได้ว่า แนวทางหนึ่งในการลดและควบคุมต้นทุนของการบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันพืชแบบครบวงจรให้อยู่ในระดับต่ำได้นั้นก็คือ การแยกเก็บน้ำเสียที่มีค่าพีเอชต่างกันไว้ก่อน แล้วจึงค่อยสูบน้ำเสียทั้ง 2 ประเภทนี้มารวมกันในอัตราส่วนที่ต้องการ โดยการควบคุมค่าพีเอช หรือค่าอื่น ๆ ให้ได้ตามจุดประสงค์และความเหมาะสมของระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละแห่งก็จะทำให้ต้นทุนในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานต่ำลงได้

สรุปผลการลดต้นทุนค่าไฟฟ้า

จากตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.2 จะเห็นได้ว่า

ในปี 2535 มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 14,295 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน
คิดเป็นจำนวนเงินเท่ากับ 26,160 บาทต่อเดือน
คิดเป็นจำนวนเงินเท่ากับ 313,918 บาทต่อปี

ในปี 2535 นี้จะเห็นว่ามีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำเนื่องจากในการเดินเครื่องเติมอากาศจะมีการตั้งเวลาปิด-เปิด โดยสลับกันเดินครั้งละ 2 เครื่องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นก็จะสลับเดินอีก 2 เครื่องอีก 12 ชั่วโมง เช่นเวลา 0600 - 1200 นาฬิกา จะเดินเครื่องเติมอากาศเครื่องที่ 1 และ 2 และเวลา 1800 - 0600 ก็จะเดินเครื่องเติมอากาศเครื่องที่ 2 และ 3 จากนั้นในคาบเวลา 12 ชั่วโมงถัดไปก็จะเดินเครื่องเติมอากาศเครื่องที่ 3 และ 1 สลับกันเช่นนี้เรื่อยไป โดยไม่ได้พิจารณาถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการ รวมทั้งไม่ได้พิจารณาถึงการตกตะกอนของและการสะสมตัวของตะกอนจุลินทรีย์ในบ่อเติมอากาศอีกด้วยเมื่อมีการหยุดเครื่องเติมอากาศ

ดังนั้นเมื่อพิจารณาในตารางแสดงลักษณะสมบัติของน้ำเสีย (ในภาคผนวก ข.) แล้วจะเห็นได้ว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วในปี 2535 มีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐานกำหนดทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนวิธีการเดินเครื่องเติมอากาศใหม่

ในปี 2536 มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 19,635 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน
คิดเป็นจำนวนเงินเท่ากับ 35,932 บาทต่อเดือน
คิดเป็นจำนวนเงินเท่ากับ 431,174 บาทต่อปี

ในปี 2536 นี้จะเห็นได้ว่าอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดปัญหาการสะสมตัวของตะกอนจุลินทรีย์ที่ก้นบ่อเติมอากาศ ซึ่งมีผลทำให้ตะกอนจุลินทรีย์เกิดการเน่าเหม็นอยู่ภายใต้บ่อเติมอากาศทำให้คุณภาพน้ำหลังจากการบำบัดแล้วไม่ได้ตามมาตรฐานกำหนด รวมทั้งในปี 2536 นี้มีการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นด้วยทำให้มีการปรับเปลี่ยนวิธีการเดินเครื่องเติมอากาศจากสลับเดินทีละ 2 เครื่องมาเป็นการเดิน 3 เครื่องตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งผลจากการเดินเครื่องเติมอากาศตลอด 24 ชั่วโมงทั้ง 3 เครื่องนี้ทำให้คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วดีขึ้น แต่ยังคงไม่ได้ตามมาตรฐานกำหนดอยู่เช่นเดิม

ในปี 2537 มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 35,931 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน
คิดเป็นจำนวนเงินเท่ากับ 65,754 บาทต่อเดือน
คิดเป็นจำนวนเงินเท่ากับ 497,504 บาทต่อปี

ในปี 2537 นี้อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการจ้างวิศวกรที่ปรึกษาเข้ามาเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วไม่ได้ตามมาตรฐานกำหนด และสาเหตุที่ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพต่ำ โดยทางวิศวกรที่ปรึกษาได้มีการทดลองเดินระบบแบบต่าง ๆ มีการเปิด-ปิดเครื่องติมอากาศอยู่บ่อยครั้ง รวมทั้งมีการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ เพิ่มขึ้นทำให้อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบำบัดน้ำเสียในปี 2537 จึงเพิ่มสูงขึ้น แต่เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดในปี 2537 (จากภาคผนวก ข.) แล้วจะเห็นได้ว่าคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วโดยเฉลี่ยแล้วมีคุณภาพได้ตามมาตรฐานกำหนด

ต่อมาในปี 2538 การศึกษาวิจัยได้มุ่งเน้นไปที่การลดต้นทุนค่าโซดาไฟ ซึ่งเป็นต้นทุนหลักของระบบบำบัดน้ำเสียดังนั้นในปี 2538 จึงมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นดังนี้

ในปี 2538 มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 22,762 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน

คิดเป็นจำนวนเงินเท่ากับ 41,654 บาทต่อเดือน

คิดเป็นจำนวนเงินเท่ากับ 499,846 บาทต่อปี

เนื่องจากในปี 2538 นี้การเดินเครื่องเติมอากาศและการควบคุมปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในระบบยัง คงดำเนินการตามคำแนะนำของทางวิศวกรที่ปรึกษาอยู่ โดยยังคงเดินเครื่องเติมอากาศทั้ง 3 เครื่องตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้นในปี 2538 ต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้ายังคงสูงอยู่

สำหรับในปี 2539 นั้นได้มีการติดตั้งถังตกตะกอนขั้นที่ 1 ก่อนถังเติมอากาศ เนื่องจากเกิดปัญหาในการควบคุมระบบกำจัดไขมันและน้ำมัน ซึ่งการติดตั้งถังตกตะกอนขั้นที่ 1 นี้มีผลทำให้น้ำเสียที่ส่งเข้าบ่อเติมอากาศมีค่าความสกปรกลดลงมาก ทำให้ความต้องการเชื้อจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอาหารในน้ำเสียมีปริมาณลดลงด้วย ซึ่งผลของลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่เข้าบ่อเติมอากาศก่อนการติดตั้งถังตกตะกอนขั้นที่ 1 และหลังจากติดตั้งถังตกตะกอนขั้นที่ 1 แสดงได้ดังตารางที่ 5.3 ดังนี้

ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย	ก่อนติดตั้ง	หลังติดตั้ง
ซีโอดี	2,020	800
บีโอดี	1,200	380
สารแขวนลอยในน้ำ	550	82
ไขมันและน้ำมัน	120	21
ค่าตะกอนจุลินทรีย์ที่ควบคุม	3,500-5,000	2,500-3,500

ตารางที่ 5.3 แสดงลักษณะสมบัติของน้ำเสียก่อนเข้าบ่อเติมอากาศระหว่างก่อนติดตั้งและหลังติดตั้งถังตกตะกอนขั้นที่ 1 (หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร)

จากตารางที่ 5.3 จะเห็นว่าหลังจากติดตั้งถังตกตะกอนขั้นที่ 1. แล้วพบว่าลักษณะสมบัติของน้ำเสียหรือค่าความสกปรกของน้ำเสียลดต่ำลงมาก ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ต้องการในระบบลดต่ำลงด้วย และมีผลทำให้ความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์ต่ำลงเช่นกัน ด้วยเหตุนี้จึงสามารถปรับปรุงการเดินเครื่องเติมอากาศตามวิธีการตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ได้

จากการปรับปรุงวิธีการเดินเครื่องเติมอากาศโดยวิธีใหม่ทำให้ต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าในปี 2539 ลดลงดังนี้ ในปี 2539 มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 19,943 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน

คิดเป็นจำนวนเงินเท่ากับ 36,496 บาทต่อเดือน

คิดเป็นจำนวนเงินเท่ากับ 437,956 บาทต่อปี

ซึ่งเมื่อคิดเป็นอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำเสียแล้วจะเห็นได้ว่า

ในปี 2535 มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำเสียเป็น 4.52 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตร

ในปี 2536 มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำเสียเป็น 4.99 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตร

ในปี 2537 มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำเสียเป็น 5.01 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตร

ในปี 2538 มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำเสียเป็น 4.54 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตร

ในปี 2539 มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำเสียเป็น 3.24 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตร

จะเห็นได้ว่าในปี 2539 จะมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำเสียต่ำลงจากปี 2525 - 2538 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า วิธีการควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายน้ำให้ได้ตามความต้องการของจุลินทรีย์ (ไม่มากเกินไป และไม่น้อยเกินไป) เป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนของระบบบำบัดน้ำเสียได้

ผลการลดต้นทุนค่ายูเรีย

สำหรับต้นทุนค่ายูเรียที่ใช้นี้แม้ว่าจะไม่ใช่ต้นทุนหลักก็ตามแต่จากการศึกษาถึงปริมาณการเติม วิธีการเติม และปริมาณที่จุลินทรีย์ต้องการแล้ว พบว่าต้นทุนส่วนนี้สามารถลดลงได้โดยการปรับปรุงวิธีการคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนที่ต้องการจริง กับพิจารณาถึงปริมาณของไนโตรเจนที่มีอยู่ในระบบอยู่แล้ว (ดังได้กล่าวไว้ในวิธีการลดต้นทุนค่ายูเรีย ในบทที่ 3) ซึ่งจากตารางแสดงต้นทุน และปริมาณการใช้สารเคมีจะเห็นได้ว่า

ในปี 2535 มีอัตราการใช้ยูเรียเป็น 339 กิโลกรัมต่อเดือน คิดเป็น 19,949 บาทต่อปี

ในปี 2536 มีอัตราการใช้ยูเรียเป็น 604 กิโลกรัมต่อเดือน คิดเป็น 35,578 บาทต่อปี

ในปี 2537 มีอัตราการใช้ยูเรียเป็น 1,141 กิโลกรัมต่อเดือน คิดเป็น 67,252 บาทต่อปี

ในปี 2538 มีอัตราการใช้ยูเรียเป็น 756 กิโลกรัมต่อเดือน คิดเป็น 44,745 บาทต่อปี

และหลังจากใช้วิธีใหม่ในการควบคุม และคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนที่จุลินทรีย์ต้องการทำให้ต้นทุนค่ายูเรียในปี 2539 ลดลงเป็นดังนี้

ในปี 2539 มีอัตราการใช้ยูเรียเป็น 99 กิโลกรัมต่อเดือน คิดเป็น 9,781 บาทต่อปี

ต้นทุนค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร

เนื่องจากในปี 2538 และ 2539 ได้มีการลงทุนในส่วนของวัสดุที่ทนฤทธิ์กัดกร่อนของน้ำเสีย ซึ่งในการซื้ออะไหล่ที่ต้องเปลี่ยนสำหรับเครื่องจักรต่าง ๆ ที่ระบบบำบัดน้ำเสียทำ รวมทั้งในเรื่องการลงทุนสร้างเครื่องจักรใหม่ก็ได้มีการพิจารณาถึงวัสดุที่ทนฤทธิ์กัดกร่อนของน้ำเสียซึ่งจะมีราคาแพงกว่าปรกติ ดังนั้นจึงทำให้ต้นทุนส่วนนี้ในปี 2538 และ 2539 ยังคงมีค่าสูงอยู่ โดย

ในปี 2535 มีต้นทุนค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรเท่ากับ 14.94 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

ในปี 2536 มีต้นทุนค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรเท่ากับ 20.21 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

ในปี 2537 มีต้นทุนค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรเท่ากับ 32.52 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

ในปี 2538 มีต้นทุนค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรเท่ากับ 13.41 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

ในปี 2539 มีต้นทุนค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรเท่ากับ 17.54 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

ดังได้กล่าวข้างต้นแล้วว่าได้มีการลงทุนในการซื้ออะไหล่ที่ทำจากวัสดุที่ทนฤทธิ์กัดกร่อนของน้ำเสีย รวมทั้งการสร้างเครื่องจักรหรืออุปกรณ์เกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียใหม่นั้นก็ได้มีการพิจารณาเลือกซื้อชนิดที่ทำจากวัสดุที่ทนฤทธิ์กัดกร่อนน้ำเสียได้ (ซึ่งก็คือสแตนเลสนั้นเอง) ดังนั้นต้นทุนค่าบำรุงรักษาเครื่องจักรในปีถัดไปน่าจะมีค่าต่ำลง เนื่องจากสาเหตุดังกล่าวไว้แล้ว

ดังนั้นหลังจากมีการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียใหม่ทั้งหมดแล้วรวมทั้งปรับเปลี่ยนวิธีการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียใหม่มีผลทำให้ต้นทุนของระบบบำบัดน้ำเสียมีค่าต่ำลง ดังนั้นจึงสามารถจัดทำต้นทุนมาตรฐานหลังจากการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียใหม่ได้ดังนี้

การจัดทำต้นทุนมาตรฐาน

เนื่องจากในปี 2537, 2538 และ 2539 ได้มีการลงทุนในการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย โดยได้มีการสร้างอุปกรณ์ต่าง ๆ ขึ้นใหม่จำนวนมากซึ่งต้นทุนส่วนนี้ได้นำมาคิดเป็นค่าเสื่อมราคาในแต่ละปี โดยหลักของการคิดค่าเสื่อมราคาของโรงงานตัวอย่างทำโดยการคิดค่าเสื่อมราคาเป็นเวลา 5 ปี (20% ต่อปี) ดังนั้นในการจัดทำต้นทุนมาตรฐานของระบบบำบัดน้ำเสียแล้ว ผู้วิจัยจึงได้แบ่งเป็น 2 ระยะเวลา ดังนี้คือ

ระยะเวลาที่ 1 ระยะที่ยังมีการคิดค่าเสื่อมราคาของการลงทุนอยู่ (ปี 2540-2544)

ระยะเวลาที่ 2 ระยะที่ตัดค่าเสื่อมราคาการลงทุนหมดแล้ว (ปี 2545)

ซึ่งตารางแสดงต้นทุนมาตรฐานนี้แสดงได้ดังในตารางที่ 5.4 และตารางที่ 5.5

เมื่อพิจารณาถึงผลการลดต้นทุนค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยได้มีการหันมาใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ทำจากวัสดุที่ทนฤทธิ์กัดกร่อนของน้ำเสียได้นั้น ดังนั้นต้นทุนในส่วนนี้จึงน่าจะลดลง ซึ่งจากการประมาณการณ์แล้ว คาดว่าต้นทุนส่วนนี้น่าจะลดลงอย่างน้อย 40% ของต้นทุนค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรในช่วงการปรับปรุง ซึ่งถ้าเป็นไปตามการคาดการณ์แล้วต้นทุนส่วนนี้จะลดลงจากเดิม 17.54 บาทลูกบาศก์เมตร ในปี 2539 เหลือ 10.00 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

ดังนั้นหากนำผลการลดต้นทุนส่วนนี้มาคิดในการจัดทำต้นทุนมาตรฐานแล้วจะได้ต้นทุนมาตรฐานใหม่ดังแสดงในตารางที่ 5.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.4 แสดงปริมาณการใช้สารเคมี และต้นทุนในการบำบัดต่อหน่วยน้ำเสีย
ของปี พ.ศ. 2535 - 2539

หัวเรื่อง	2535		2536		2537		2538		2539	
ปริมาณน้ำเสีย (ลูกบาศก์เมตร)	37,957.00		47,191.00		54,240.00		60,225.00		73,942.00	
ปริมาณที่ใช้	กก./ลบ.ม.	บาท/ลบ.ม.	กก./ลบ.ม.	บาท/ลบ.ม.	กก./ลบ.ม.	บาท/ลบ.ม.	กก./ลบ.ม.	บาท/ลบ.ม.	กก./ลบ.ม.	บาท/ลบ.ม.
1. สารเคมี										
-สารส้ม	0.20	0.96	0.50	2.35	0.82	3.84	1.49	6.97	1.16	5.45
-โซดาไฟ (NaOH)	8.52	58.70	7.75	53.40	2.26	15.60	1.35	9.31	1.10	7.59
-ปุ๋ยยูเรีย	0.11	0.53	0.15	0.75	0.25	1.24	0.15	0.74	0.03	0.13
-ปูนขาว	1.05	2.10	0.00	0.00		0.00		0.00		0.00
ต้นทุนสารเคมีต่อหน่วยน้ำเสีย		62.29		56.51		20.68		17.03		13.18
2. พลังงานไฟฟ้า	4.52	8.27	4.99	9.14	5.01	9.17	4.54	8.30	3.24	5.92
ต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้า		8.27		9.14		9.17		8.30		5.92
3. ค่าซ่อมบำรุงเครื่องจักร	14.94	14.94	20.21	20.21	32.52	32.52	13.41	13.41	17.54	17.54
4. เงินลงทุนสะสม	0.00		0.00		29.40		49.80		57.65	
ค่าเสื่อมราคา 20 %	0.00		0.00		5.88		9.96		11.53	
ดอกเบี้ย 14%	0.00		0.00		4.12		6.97		8.07	
รวมเงินลงทุน		0.00		0.00		10.00		16.93		19.60
5. ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	0.00	0.00	0.00	0.00	5.11	5.11	0.00	0.00	0.00	0.00
ต้นทุนต่อหน่วย (บาท/ลบ.ม.)		**85.50**		**85.85**		**77.48**		**55.67**		**56.24**
ต้นทุนรวม (บาท)	**3,245,357.15**		**4,051,525.86**		**4,202,362.72**		**3,352,533.30**		**4,158,657.57**	

ราคาต่อหน่วยของสารเคมีและพลังงานไฟฟ้า

-สารส้ม	4.69	4.69	4.69	4.69	4.69
-โซดาไฟ (NaOH)	6.89	6.89	6.89	6.89	6.89
-ปุ๋ยยูเรีย	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91
-ปูนขาว	2.00	2.00	2.00		
-พลังงานไฟฟ้า	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83

ลักษณะสมบัติ (Characteristics) ของน้ำที่ผ่านการบำบัด

pH	7.08	6.20	7.30	8.26	8.05
SS	670	96	40	84	37
COD	291	121	95	91	59
BOD	72	30	17	12	8
OIL & GREASE	64	23	4	3	1
DS	7,753	4,231	4,949	8,461	4,553

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.5 แสดงการประมาณการณ์ปริมาณการใช้สารเคมี และต้นทุนในการบำบัดน้ำเสีย
ของปี 2540 - 2545

หัวเรื่อง	2539		2540-2542		2543		2544		2545	
ปริมาณน้ำเสีย (ลูกบาศก์เมตร)	73,942.00		90,000.00		90,000.00		90,000.00		90,000.00	
ปริมาณที่ใช้	กก./ลบ.ม.	บาท/ลบ.ม.	กก.	บาท	กก.	บาท	กก.	บาท	กก.	บาท
1. สารเคมี										
-สารส้ม	1.16	5.45	104,579	490,477	104,579	490,477	104,579	490,477	104,579	490,477
-โซดาไฟ (NaOH)	1.10	7.59	99,201	683,492	99,201	683,492	99,201	683,492	99,201	683,492
-โปลิเมอร์	0.03	0.13	2,425	11,905	2,425	11,905	2,425	11,905	2,425	11,905
-ปูนขาว										
ต้นทุนสารเคมีต่อหน่วยน้ำเสีย		13.18		1,185,874		1,185,874		1,185,874		1,185,874
2. พลังงานไฟฟ้า	3.24	5.93	291,600	533,628	291,600	533,628	291,600	533,628	291,600	533,628
ต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้า		5.93		533,628		533,628		533,628		533,628
3. ค่าซ่อมบำรุงเครื่องจักร	17.54	17.54	1,578,670	1,578,670	1,578,670	1,578,670	1,578,670	1,578,670	1,578,670	1,578,670
4. เงินลงทุนสะสม	57.65		4,262,987		2,668,387		1,263,785		0	
ค่าเสื่อมราคา 20 %	11.53		852,597		533,677		252,757		0	
ดอกเบี้ย 14%	8.07		596,818		373,574		176,930		0	
รวมเงินลงทุน		19.60		1,449,416		907,252		429,687		0
5. ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	0.00	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
ต้นทุนต่อหน่วย (บาท/ลบ.ม.)		**56.25**		**52.75**		**46.73**		**41.42**		**36.65**
ต้นทุนรวม (บาท)	**4,159,119**		**4,747,587**		**4,205,423**		**3,727,858**		**3,298,171**	

ราคาต่อหน่วยของสารเคมีและพลังงานไฟฟ้า

-สารส้ม	4.69	5	5	5	5
-โซดาไฟ (NaOH)	6.89	7	7	7	7
-โปลิเมอร์	4.91	5	5	5	5
-ปูนขาว	2.00	2	2		
-พลังงานไฟฟ้า	1.83	2	2	2	2

ลักษณะสมบัติ (Characteristics) ของน้ำที่ผ่านการบำบัด

pH	8.05	8	8	8	8
SS	37.00	37	37	37	37
COD	59.00	59	59	59	59
BOD	8.00	8	8	8	8
OIL & GREASE	1.00	1	1	1	1
DS	4,553.00	4,553	4,553	4,553	4,553

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.6 แสดงต้นทุนมาตรฐานของระบบบำบัดน้ำเสีย
(หลังจากการปรับปรุง เมื่อต้นทุนค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรลดลง)

หัวเรื่อง	ตั้งแต่ปี 2540 เป็นต้นไป		หมายเหตุ
ปริมาณน้ำเสีย (ลูกบาศก์เมตร)	90,000.00		-ปริมาณน้ำเสียคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการขยายโรงงานเพิ่มกำลังการผลิตขึ้น
ปริมาณที่ใช้	กก./ลบ.ม.	บาท/ลบ.ม.	
1. สารเคมี			-อัตราการใช้สารเคมี ใช้ข้อมูลเดิมจากปี 2539 เนื่องจากในปี 2538 และ 2539 มีการควบคุม และกำหนดวิธีการปฏิบัติงานอย่างชัดเจนขึ้น ดังนั้นการควบคุมจะมีประสิทธิภาพมากขึ้น
-สารส้ม	0.95	4.48	
-โซดาไฟ (NaOH)	0.91	6.24	
-ปุ๋ยยูเรีย	0.02	0.11	
-ปูนขาว			
ต้นทุนสารเคมีต่อหน่วยน้ำเสีย		10.83	
2. พลังงานไฟฟ้า	3.24	5.93	-ใช้ข้อมูลจากปี 2539 เนื่องจากมีการปรับเปลี่ยนวิธีการเดินเครื่องเติมอากาศใหม่
ต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้า		5.93	
3. ค่าซ่อมบำรุงเครื่องจักร	10.00	10.00	-เนื่องจากมีการลงทุนโดยใช้อุปกรณ์ที่ทำจากวัสดุทนฤทธิ์กัดกร่อนในปี 2538 และ 2539 ดังนั้นในต้นทุนในส่วนนี้คาดว่าน่าจะลดลง
4. เงินลงทุนสะสม	47.37		-เนื่องจากยังตัดค่าเสื่อมราคาไม่หมด ดังนั้นจึงยังคงมีต้นทุนส่วนนี้อยู่
ค่าเสื่อมราคา 20 %	9.47		
ดอกเบี้ย 14%	6.63		
รวมเงินลงทุน		16.10	
5. ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	0.00	0.00	-เนื่องจากหลังการปรับปรุงแล้วระบบเดินได้มีประสิทธิภาพดีมาก ดังนั้นต้นทุนส่วนนี้จึงไม่น่าจะมีแล้ว
ต้นทุนต่อหน่วย (บาท/ลบ.ม.)		42.86	
ต้นทุนรวม (บาท)	3,857,330		

ราคาต่อหน่วยของสารเคมีและพลังงานไฟฟ้า

-สารส้ม	4.69
-โซดาไฟ (NaOH)	6.89
-ปุ๋ยยูเรีย	4.91
-ปูนขาว	2.00
-พลังงานไฟฟ้า	1.83

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากการวิจัยนี้

จากการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานตัวอย่างนี้แล้ว พบว่าระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานตัวอย่างนี้มีทั้งระบบบำบัดแบบการใช้สารเคมี (Chemical Treatment) และการบำบัดโดยวิธีทางชีววิทยา (Biological Treatment) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากในการบำบัดน้ำเสียที่มีความสกปรกค่อนข้างสูงและมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์อยู่ในน้ำเสีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันพืชที่มีการผลิตแบบครบวงจร

จากการศึกษาต้นทุนในการบำบัดน้ำเสีย พบว่าในกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมีนั้น มีการใช้สารเคมีจำนวนมาก ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นได้ว่าปริมาณสารเคมีที่ใช้นี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณน้ำเสียที่สูบเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย และค่าความสกปรกของน้ำเสีย และเนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียนี้ถ้าคิดว่าเป็นระบบการผลิตอย่างหนึ่งแล้วการเพิ่มขึ้นของวัตถุดิบ หรือการเพิ่มขึ้นของกำลังการผลิต (ในที่นี้หมายถึงปริมาณน้ำเสียที่เพิ่มมากขึ้น) แล้วน่าจะเป็นผลดีต่อระบบ หรือกระบวนการผลิต โดยจะทำให้ต้นทุนต่อหน่วยลดลง แต่เนื่องจากผลผลิตที่ได้จี้ก็คือน้ำ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนของน้ำที่สูบขึ้นมาจากบ่อน้ำบาดาลหรือน้ำประปาที่ได้จากทางราชการก็ดี จะเห็นได้ว่าต้นทุนต่อหน่วยของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วนี้มีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับน้ำที่นำมาใช้กับกระบวนการผลิตจริง ๆ

ดังนั้นวิธีการหนึ่งที่จะเป็นการลดต้นทุนในการบำบัดน้ำเสีย ก็คือการลดปริมาณน้ำเสียที่จะส่งเข้าระบบบำบัดน้ำเสียลง ซึ่งการลดปริมาณน้ำเสียให้น้อยลงนี้ จะมีผลทำให้ต้นทุนรวมในการบำบัดน้ำเสียมีค่าลดต่ำลง

ดังนั้นสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันพืชแล้ว ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานควรลงทุนในครั้งแรกโดยให้มีการแยกน้ำส่วนที่ไม่จำเป็นต้องส่งเข้าบำบัดที่ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งจะเป็นแนวทางหนึ่งในลดและการควบคุมให้ต้นทุนในการบำบัดน้ำเสียอยู่ในระดับต่ำได้

อย่างไรก็ดีในการลดต้นทุนในการบำบัดน้ำเสียนั้น หากไม่สามารถลดต้นทุนในการบำบัดน้ำเสียให้ต่ำลงได้ อีกแนวทางหนึ่งที่จะสามารถลดต้นทุนในการดำเนินงานของบริษัททั้งหมดนั่นก็คือการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับไปใช้ใหม่ ในส่วนนี้เป็นการเพิ่มมูลค่าของน้ำเสียให้เพิ่มมากขึ้นซึ่งจะเป็นวิธีหนึ่งที่จะสามารถลดต้นทุนในการผลิตโดยรวมของบริษัทให้ต่ำลงได้

ในการศึกษาวิจัยนี้ มีต้นทุนบางส่วนที่ไม่อาจจะระบุได้แน่ชัดว่ามีการเพิ่มขึ้นหรือลดลง ซึ่งต้นทุนที่กล่าวถึงนี้ก็คือ ต้นทุนคงที่ และต้นทุนค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร

ต้นทุนคงที่ที่กล่าวถึงในการวิจัยนี้ คือค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร และดอกเบี้ยการลงทุน ต้นทุนส่วนนี้เป็นต้นทุนคงที่ซึ่งหากปริมาณน้ำเสียเปลี่ยนไป ก็จะทำให้ต้นทุนส่วนนี้เมื่อคิดเป็นต้นทุนต่อหน่วยแล้วจะเปลี่ยนไปด้วย แต่เนื่องจากต้นทุนดังกล่าวนี้เป็นการลงทุนเพิ่มที่ทำให้ความสามารถในการรับน้ำเสียของระบบเพิ่มขึ้น ซึ่งจากข้อมูลในตารางที่ 5.4 และตารางที่ 5.5 จะเห็นได้ว่าระบบสามารถรับปริมาณน้ำเสียได้เพิ่มมากขึ้นในปี 2538 และ 2539 ซึ่งมากกว่าปริมาณน้ำเสียในปี 2535 และ 2536 มากถึง 2 เท่าตัว ซึ่งการคิดต้นทุนส่วนนี้นั้นเป็นการคิดโดยกระจายต่อไปจากปีที่ลงทุนจริง ๆ ต่อไปอีก 5 ปี(โดยคิดเป็นค่าเสื่อมราคาปีละ 20%) และคิดดอก

เบี้ยจากการลงทุน หรือจากค่าเสื่อมราคานี้ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าต้นทุนส่วนนี้เป็นต้นทุนที่ลงทุนไปแล้ว และมีการจ่ายเงินไปแล้ว ดังนั้นเมื่อนำต้นทุนส่วนนี้มาคิดเป็นต้นทุนต่อหน่วยน้ำเสียแล้ว จึงทำให้ต้นทุนส่วนนี้มีโอกาสเพิ่มขึ้น หรือลดลง หรือคงที่ก็ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในปีนั้น ๆ ซึ่งปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะขึ้นกับปริมาณการผลิตหลักของโรงงาน ถ้ามีการผลิตมากปริมาณน้ำเสียก็จะมากขึ้นก็จะเป็นการใช้ประโยชน์จากเงินลงทุนนี้ได้มากขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้ต้นทุนต่อหน่วยส่วนนี้ลดลง แต่ถ้าการผลิตน้อยปริมาณน้ำเสียก็จะน้อยก็จะเป็นการลงทุนไปแต่ไม่ได้ใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ ซึ่งจะทำให้ต้นทุนส่วนนี้สูงขึ้น

สำหรับต้นทุนค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ได้ทำการศึกษาวิจัยนี้มีปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบเพิ่มมากขึ้นซึ่งย่อมมีผลทำให้ต้นทุนส่วนนี้เพิ่มมากขึ้นด้วย ในขณะเดียวกันกับมีการลงทุนโดยเปลี่ยนมาใช้อะไหล่ที่ทำจากวัสดุที่สามารถทดฤทธิ์กัดกร่อนของน้ำเสียได้ซึ่งก็คือสแตนเลส ซึ่งมีราคาแพงกว่าอะไหล่ที่ทำจากเหล็กธรรมดา ดังนั้นการที่ต้นทุนส่วนนี้มีค่าเพิ่มขึ้นในปี 2538 และ 2539 จากในปี 2535 นั้นจึงไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่า การเพิ่มขึ้นของต้นทุนส่วนนี้มีผลจากปริมาณน้ำเสียที่เพิ่มขึ้น หรือมาจากการเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ที่ทำจากสแตนเลส แต่จากผลการศึกษาและการติดตามผลของต้นทุนส่วนนี้นั้นในส่วนของการเพิ่มขึ้นของต้นทุนที่มาจากการเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ที่ทำจากสแตนเลสนั้นคาดว่าจะเพิ่มขึ้นภายในระยะแรกของการดำเนินการเท่านั้น ซึ่งเมื่อดำเนินการเสร็จครบโดยสมบูรณ์แล้วต้นทุนในส่วนนี้คาดว่าจะลดลงอย่างมาก เนื่องจากได้เปลี่ยนอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นวัสดุทีทนฤทธิ์กัดกร่อนได้ ซึ่งคาดว่าการลดลงของต้นทุนส่วนนี้นั้นจะแสดงให้เห็นประมาณปี 2541 เป็นต้นไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย