วว.

โครงการวิจัยที่ ภ. 46-09 / ย.4 / รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์)

เผยแพร่และส่งเสริมการใช้ระบบบำบัดน้ำเสีย แบบการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ ในอุตสาหกรรมฟอกย้อม

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โครงการวิจัยที่ ภ. 46-09
พัฒนาการจัดการและระบบบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อม
เพื่อการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

โครงการย่อยที่ 4
เผยแพร่และส่งเสริมการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ใน
อุตสาหกรรมฟอกย้อม

รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์)
เผยแพร่และส่งเสริมการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ใน อุตสาหกรรมฟอกย้อม

โดย
แสวง เกิดประทุม
อธิษฐาน ทิมแย้มประเสริฐ
ศิริลักษณ์ ตั้งทรงสุวรรณ์
นรา สุประพัฒน์โภคา
บุญเตือน มงคลแถลง

บรรณาธิการ
ดารณี ประภาสะโนบล
นฤมล รื่นไวย์
ลิขิต หาญจางสิทธิ์
บุญเรียม น้อยชุมแพ
ปฐมสุดา สำเร็จ

วว., กรุงเทพฯ 2551
สงวนลิขสิทธิ์

รายงานฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้พิมพ์โดย
ผู้ว่าการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

(นงลักษณ์ ปานเกิดดี)
ผู้ว่าการ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำ โครงการเผยแพร่และส่งเสริมการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในอุตสาหกรรมฟอกย้อม ขอแสดงความขอบคุณทางโรงงาน TTL ที่ได้เอื้อเฟื้อให้เข้าชมโรงงาน และให้การสนับสนุนด้านสถานที่ในการทำการทดลองวิจัยและรวมทั้งการพัฒนาการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมของโรงงาน และโรงงานเส้นหมี่ชอเฮง โรงงานสายวิวัฒน์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการจัดสัมมนาเพื่อเผยแพร่ระบบการบำบัดน้ำเสียแก่โรงงานต่างๆ เพื่อให้งานสำเร็จตามวัตถุประสงค์ ไว้ ณ ที่นี้.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
สารบัญตาราง	ค
สารบัญรูป	ง
ABSTRACT	1
บทคัดย่อ	2
1. บทนำ	4
2. วิธีการดำเนินงาน	15
3. ผลการเผยแพร่	17
4. สรุปผลการเผยแพร่	25
5. เอกสารอ้างอิง	26
6. ภาคผนวก	27

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1. ตารางแสดงคุณภาพน้ำเฉลี่ยที่ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อม 6

ตารางที่ 2. ปริมาณน้ำใช้เฉลี่ย, ต่ำสุด, สูงสุด ของกระบวนการผลิตสิ่งทอประเภทต่างๆ กัน 8

ตารางที่ 3. คุณสมบัติของน้ำเสียและปริมาณในอุตสาหกรรมสิ่งทอแยกตามประเภท/ขั้นตอนต่างๆ 9

ตารางที่ 4. สิ่งเจือปน (สารประกอบ) ในน้ำเสียตามขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการฟอกย้อม 10

ตารางที่ 5. ความเข้มข้นเฉลี่ย และ ปริมาณจำเพาะของน้ำเสียในขั้นตอนหลักของกระบวนการฟอกย้อม 12

ตารางที่ 6. ผลลักษณะน้ำเสียและน้ำใช้ของโรงงานในกลุ่มเป้าหมายที่ได้ทำการศึกษา 19

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.	ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้เมมเบรนแบบจมตัว	17
รูปที่ 2.	เครื่องผลิตโอโซนที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีรีแอคทีฟ	18
รูปที่ 3.	การประชุมสัมมนาเรื่องการบำบัดน้ำเสียโดยใช้เมมเบรน	20
รูปที่ 4.	อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของเมมเบรนให้แก่โรงงานในกลุมเป้าหมาย	20
รูปที่ 5.	บรรยายในสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่องเทคโนโลยีเมมเบรนแบบจมตัว	21
รูปที่ 6.	สัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่องเทคโนโลยีเมมเบรนแบบจมตัว	21
รูปที่ 7.	สาธิตการหาดัชนีตะกอนเพื่อบ่งชี้ถึงการอุดตันในเมมเบรน	22
รูปที่ 8.	การทดสอบการกรองโดยระบบอัตราฟิลเตรชั่น	22
รูปที่ 9.	การจัดแสดงนิทรรศการผลงานการวิจัยการบำบัดน้ำเสีย	24
รูปที่ 10.	ปริมาณการใช้น้ำบาดาลในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ	28
รูปที่ 11.	แนวทางแก้ไขปัญหาด้านการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำจากแหล่งต่างๆ	28
รูปที่ 12.	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งที่ใช้กับอุตสาหกรรมฟอกย้อมทั่วๆ ไป	29
รูปที่ 13.	ระบบบำบัดน้ำเสียระบบ Integrated Membrane System เพื่อการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่	29
รูปที่ 14.	ระบบการกรองอัตราฟิลเตรชัน	30
รูปที่ 15.	ระบบการกรองอัตราฟิลเตรชัน	30
รูปที่ 16.	การอุดตันของตะกอนบนไส้กรอง 5 ไมครอน	31
รูปที่ 17.	ค่าความเข้มสีของน้ำเสียก่อนบำบัดและหลังบำบัด	31
รูปที่ 18.	ประสิทธิภาพในการกำจัดสีของระบบบำบัดน้ำเสีย	32
รูปที่ 19.	สภาพความเป็นด่างของน้ำที่เดินระบบ	32
รูปที่ 20.	ประสิทธิภาพของการขจัดความเป็นด่างของระบบบำบัด	33
รูปที่ 21.	ปริมาณความกระด้างของน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังการบำบัด	33
รูปที่ 22.	ปริสิทธิภาพในการขจัดความกระด้างของน้ำเสีย	34
รูปที่ 23.	ปริมาณแคลเซียมก่อนการบำบัดและหลังการบำบัด	34
รูปที่ 24.	ปริสิทธิภาพในการขจัดแคลเซียมของระบบบำบัด	35
รูปที่ 25.	ปริมาณคลอไรด์ของน้ำก่อนการบำบัดและหลังการบำบัด	35
รูปที่ 26.	ประสิทธิภาพในการกำจัดคลอไรด์ของระบบบำบัดน้ำเสีย	36

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 27. ดัชนีบ่งชี้การเกิดตะกรันหินปูน ขณะเดินระบบบำบัดน้ำเสีย 36

รูปที่ 28. รูปแบบของระบบกรองอัตราฟิลเตรชันที่ออกแบบเพื่อใช้กับระบบน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อม 37

รูปที่ 29. ค่ามาตรฐานของน้ำที่ใช้ในกระบวนการฟอกย้อม 37

รูปที่ 30. คุณภาพน้ำที่ผลิตได้เพื่อการนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิต 38

รูปที่ 31. เงื่อนไขการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียนาโนฟิลเตรชัน 38

รูปที่ 32. ราคาการลงทุนเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียนาโนฟิลเตรชัน 39

รูปที่ 33. รูปชุดทดสอบการใช้โอโซนบำบัดน้ำเสียฟอกย้อม 39

รูปที่ 34. อัตราการลดลงของสีในน้ำเสียที่บำบัดด้วยโอโซน 40

รูปที่ 35. เปรียบเทียบน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีรีแอกทีฟก่อนการบำบัดและหลังการบำบัด 40

รูปที่ 36. การใช้ tiO_2 ไทเทเนียมไดออกไซด์แคทาลิสต์ในการบำบัดน้ำเสียสีรีแอกทีฟ 41

TEXTILE WASTEWATER TREATMENT PROCESSES FOR WATER REUSE PROMOTION

Sawaeng Gerdpratoom, Athitan Timyamprasert, Siriluc Tangsongsuwan, Nara Suprapatpoka and Boonteun Mongkoltalang

ABSTRACT

The result of textile wastewater treatment for reuse by integrated membrane system, immersed membrane and ozone were depolarization of textile waste water. It was found that the wastewater to pass the effluent of conventional waste water treatment, which are membrane process. That use ultra filtration and nanofiltration or reverse osmosis. These methods approximate 20-30% of total waste water. Therefore, reuse waste water are not more than 30 % because the TDS of wastewater to exceed 3,000 mg/l. These are control by the regulation standard industrial waste water. Thus, the expenses were increased from 15-20 baht/m^3 of treated wastewater.

Wastewater treatment from desizing process, which is glazed the yarn in spinning process by a chemical substance such as PVA. That was non biodegradable and not treats by Bio-treatment. Therefore, the waste water treatment divided in process treatment by ultra filtration process for PVA recovery. It reuse grazed the thread. The water was remained and desizing agent, which reuse in desizing process. This reduced total waste water about 10-15% and COD about 5-10%. Thus the expenses of waste water treatment are reduced about 7-10 baht/m^3 of treated water.

The wastewater treatment from reactive dye by ozone was decolorizing reactive color about 60-70% and breakdown nonbiodegradable to biodegradable compound. It was treated by Bio-Treatment and membrane process. These had water reuse about 20-30%. Thus, the expenses of wastewater treatment are 15-23 baht/$m^3$of treated water.

The result from promotion of textile wastewater treatment project, TTL Industry was interested in development of reuse wastewater treatment investment. At the present time, this project was delay because the economic was crisis.

เผยแพร่และส่งเสริมการใช้ระบบบำบัดน้ำเสีย แบบการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในอุตสาหกรรมฟอกย้อม

แสวง เกิดประทุม[1], อธิษฐาน ทิมแย้มประเสริฐ[1], ศิริลักษณ์ ตั้งทรงสุวรรณ์[1], นรา สุประพัฒน์โภคา[1] และ บุญเตือน มงคลแถลง[1]

บทคัดย่อ

จากผลการเผยแพร่ระบบบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมเพื่อการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ โดยใช้ระบบเนื้อเยื่อ (Integrated Membrane System) และระบบเมมเบรนแบบจมตัว (Immersed Membrane) และการใช้โอโซน (Ozone) ในการกำจัดสีในน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อมให้แก่โรงงานต่างๆ พบว่าในการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อมเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ สามารถนำน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดที่มีอยู่นั้นมาผ่านระบบบำบัดด้วยกระบวนการเมมเบรน ซึ่งใช้กระบวนการกรองระบบอัลตราฟิลเตรชัน และระบบนาโนฟิลเตรชันหรือรีเวอร์สออสโมซิส, ซึ่งวิธีการนี้จะสามารถนำน้ำกลับมาใช้ได้ประมาณ 20-30% ของน้ำเสียทั้งหมด ทั้งนี้ถ้านำน้ำเสียกลับมาใช้ซ้ำมากกว่า 30% จะทำให้น้ำทิ้งมีค่าปริมาณสารละลาย (TDS) เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตรน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม จะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียปกติประมาณ 15-20 บาท ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำเสีย (รวมค่าใช้จ่ายในการลงทุน) และการบำบัดแบบแยกส่วน ณ จุดใช้งาน (in process treatment) โดยการแยกน้ำเสียในกระบวนการผลิตน้ำเสียในส่วนที่ไม่สามารถบำบัดโดยกระบวนการบำบัดแบบปกติ คือสารตกตะกอนและการบำบัดทางชีวภาพ ได้นำมาบำบัดในกระบวนการทางเคมีและกระบวนการทางเมมเบรน การบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการลอกแป้ง (Desizing) สารเคมีที่เคลือบเส้นด้าย (Sizing agent) เช่น PVA จะเป็นสารที่ไม่ถูกย่อยสลายด้วยแบคทีเรีย (Non biodegradable), ซึ่งจะไม่สามารถบำบัดโดยวิธีการบำบัดทางชีวภาพได้ จึงควรแยกบำบัด ณ จุดใช้งานโดยกระบวนกรองอัลตราฟิลเตชันเพื่อแยกสาร PVA นำกลับไปใช้เคลือบเส้นด้ายส่วนน้ำที่เหลือพร้อมสารลอกแป้ง (Desizing agent) สามารถนำกลับไปใช้ในระบบได้ การใช้กระบวนการนี้จะสามารถลดปริมาณน้ำเสียรวมได้ประมาณ 10-15 % และสามารถลดปริมาณค่า COD ในน้ำเสียลงได้ 5-10 % ค่าใช้จ่ายในการบำบัด 7-10 บาท/ลูกบาศก์เมตร (รวมค่าลงทุน). นอกจากนี้การบำบัดน้ำเสียจากการย้อมสีรีแอกทีฟโดยการใช้โอโซนสามารถบำบัดน้ำเสีย

---

[1]ฝ่ายวิศวกรรม, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

จากสีรีแอกทีฟจนสีลดลง 60-70 % แล้วนำไปบำบัดต่อด้วยวิธีการบำบัดทางชีวภาพและโดยการใช้เมมเบรนสามารถนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำได้ 20-30 % โดยเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัด 15-23 บาทต่อลูกบาศก์เมตร. จากการดำเนินการเผยแพร่ โรงงาน TTL จำกัด มหาชน มีความสนใจที่จะดำเนินการลงทุนพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อการนำน้ำกลับไปใช้ซ้ำ แต่ยังไม่ได้ดำเนินการเนื่องจากภาวะเศรษฐกิจไม่เอื้ออำนวย.

1. บทนำ

อุตสาหกรรมฟอกย้อมเป็นอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่มีการใช้น้ำปริมาณมาก โดยเฉลี่ยมีการใช้น้ำประมาณ 1,000 ลูกบาศก์เมตร/โรงงาน/วัน จากปริมาณโรงงานทั้งขนาดเล็ก, กลาง, และใหญ่ รวมทั้งหมด 450 โรง ปริมาณการใช้น้ำของอุตสาหกรรมฟอกย้อมเฉลี่ยประมาณ 300,000 ลูกบาศก์เมตร/โรงงาน/ปี และในปัจจุบันยังต้องการการพัฒนาเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงขึ้น ซึ่งที่ผ่านมามีการนำเข้าผ้าผืนเพื่อใช้ผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปในมูลค่าสูงถึง 17,000 ล้านบาท แต่มูลค่าการส่งออกผ้าผืนประมาณ 25,000-30,000 ล้านบาท, ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผ้าดิบ ขณะที่ข้อมูลปี พ.ศ. 2540 อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มสร้างรายได้มีมูลค่าถึง 170,289.8 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 9.4 ของมูลค่าการส่งออกรวมทั้งประเทศ ประกอบกับปัญหาภาวะการแข่งขันทางการค้ากับตลาดต่างประเทศซึ่งต้องการผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากโรงงานที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำเป็นปริมาณมาก ดังนั้นโรงงานฟอกย้อมที่มีขนาดใหญ่จะต้องใช้น้ำเป็นปริมาณมากถึงวันละ 4,000-5,000 ลูกบาศก์เมตร.

อุตสาหกรรมฟอกย้อมมีปริมาณการใช้น้ำมากที่สุดรองลงมาเป็นอุตสาหกรรมอาหาร ทุกวันนี้ปริมาณน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคที่มีอยู่เริ่มไม่เพียงพอกับการขยายตัวในภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ดังจะเห็นได้จากการเกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำสำหรับใช้ในการเกษตรกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งการขาดแคลนน้ำในอุตสาหกรรมในสาขาต่างๆ ของประเทศไทย โดยเฉพาะเขตอุตสาหกรรมภาคตะวันออก หรือแม้แต่ในกรุงเทพมหานครเองรวมทั้งในเขตปริมณฑลด้วย และในปัจจุบันนี้ทางราชการได้มีการประกาศห้ามใช้น้ำบาดาลในเขตจังหวัดภาคกลาง เนื่องจากเกิดปัญหาแผ่นดินทรุด ทำให้ผู้บริโภคต้องใช้น้ำประปาซึ่งมีราคาแพงและมีปริมาณไม่เพียงพอ ส่งผลกระทบต่อภาคอุตสาหกรรรมของประเทศ. ดังนั้นการศึกษาเรื่องการบริหารจัดการน้ำใช้ภายในโรงงานและการบำบัดน้ำเสียเพื่อการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่น่าจะเป็นทางออกที่ดีสำหรับอุตสาหกรรมฟอกย้อมที่ต้องใช้น้ำเพื่อการผลิตเป็นจำนวนมาก การลดปริมาณการใช้น้ำและ บำบัดน้ำเสียโดยกำจัดสีย้อมปนเปื้อนเพื่อให้น้ำมีคุณภาพเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ จะช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำหรือปัญหาการใช้น้ำมากจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมในบางพื้นที่ลงได้มาก โดยการนำเทคโนโลยีสะอาดเข้ามาจัดการน้ำเสีย เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด และลดปัญหามลพิษซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันแก่อุตสาหกรรมประเภทนี้.

กระบวนการฟอกย้อมมีขั้นตอนต่างๆ ตั้งแต่การเตรียมผ้า โดยกำจัดสิ่งสกปรก, การลอกแป้ง, การกำจัดไขมัน, การฟอกขาว, การย้อมสี/พิมพ์ผ้า รวมถึงขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จ ซึ่งมีการใช้สารเคมีและน้ำ ตลอดจนกระบวนการก่อให้เกิดน้ำเสียปริมาณมาก น้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมส่วนใหญ่เกิดจากการล้างทำความสะอาดเนื้อผ้าและการปรับสภาพเนื้อผ้าให้เหมาะสมกับการย้อม ซึ่งในการย้อมนั้น จะมีน้ำเสียที่เหลือในถังย้อมและน้ำเสียจากกระบวนการล้างสีย้อมออกมาจากผ้าที่ผ่านการย้อมแล้ว ซึ่งโดยปกติในการฟอกและย้อมสีผ้า 1 กิโลกรัมจะใช้น้ำประมาณ 80-100 ลิตร และน้ำเสียจำเป็นต้องถูกบำบัดก่อนปล่อยสู่ทางน้ำสาธารณะ ซึ่งประมาณ 80% ของสารปนเปื้อน และ 90% ของอนินทรีย์ ปนเปื้อนออกมากับน้ำเสีย.

1.1 น้ำเสียของอุตสาหกรรมฟอกย้อม

1.1.1 น้ำใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อม

จากการสำรวจของคณะทำงาน วว. อุตสาหกรรมฟอกย้อมมีการใช้น้ำมาก คุณภาพน้ำที่ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อม ดังแสดงในตารางที่ 1. ส่วนปริมาณน้ำใช้ของกระบวนการผลิตสิ่งทอต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 ประเมินโดยเฉลี่ยใช้น้ำประมาณ 1,000 ลูกบาศก์เมตร/โรงงาน/วัน ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำในอนาคตได้ รวมถึงการใช้พลังงานเนื่องจากกระบวนการฟอกย้อมส่วนมากกระทำที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้อง เช่น การระเหยแห้ง, การอุ่นถังน้ำยาเคมี, การย้อมที่อุณหภูมิสูง เป็นต้น.

การหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพ จะช่วยลดการสูญเสียทั้งปริมาณน้ำและพลังงานด้วย.

ตารางที่ 1. ตารางแสดงคุณภาพน้ำเฉลี่ยที่ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อม (แสดงปริมาณสารที่ยอมให้มีในน้ำได้)

คุณภาพหรือสารเจือปน	ปริมาณที่ยอมรับได้ (มก./ล.)
ความขุ่น	น้อยกว่า 5
สารแขวนลอยที่เป็นของแข็ง	น้อยกว่า 5
สี	น้อยกว่า 10 หน่วย (Hazen)
สภาพความเป็นกรด-เบส (pH)	7-9
ความเป็นกรดด่าง (acidity/alkalinity)	น้อยกว่า 100 ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต
ความกระด้าง	น้อยกว่า 70 ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต
เหล็ก	น้อยกว่า 0.3
แมงกานีส	น้อยกว่า 0.05
ทองแดง	น้อยกว่า 0.01
ตะกั่วหรือโลหะหนัก	น้อยกว่า 0.01
อะลูมิเนียม	น้อยกว่า 0.25
ซิลิกา	น้อยกว่า 10
ซัลเฟต	น้อยกว่า 250
ซัลไฟต์	น้อยกว่า 1
คลอไรด์	น้อยกว่า 250
ฟอสเฟต	ไม่จำกัด
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ	ไม่จำกัด
คาร์บอนไดออกไซด์	น้อยกว่า 50
ไนไตรต์	น้อยกว่า 0.5
คลอรีน	น้อยกว่า 0.1
แอมโมเนีย	น้อยกว่า 0.5
น้ำมัน, ขี้ผึ้ง, ไขมัน	น้อยกว่า 1.0
สารเรืองแสง	น้อยกว่า 0.2
ของแข็งทั้งหมด (Total solid)	น้อยกว่า 500

* ปริมาณต่ำสุด 0.1 มก./ล. สำหรับบางอย่าง

1.1.2 น้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม

กระบวนการฟอกย้อมเป็นกระบวนการแบบเปียก ซึ่งมีการใช้ตัวทำละลาย จึงอาจมีการปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่าย (volatile organic compounds, VOCS) จากขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จหรือขั้นตอนการอบแห้งและบริเวณที่ใช้ VOC ความเข้มข้นของ VOC อาจมีตั้งแต่ 10 มิลลิกรัมคาร์บอน/ลูกบาศก์เมตรขึ้นไป ในกรณีกระบวนการเทอร์โมโซล (thermosol process) จนถึง 350 มิลลิกรัมคาร์บอน/ลูกบาศก์เมตรในกรณีการอบแห้งและกลั่นตัว ซึ่งอาจใช้สครับเบอร์ (scrubber) ดักไอ VOC, ใช้ถ่านกัมมันต์ดูดซับไว้และการป้อนเข้าระบบการเผาไหม้เพื่อกำจัด VOC ก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ.

สำหรับน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมนั้นเป็นแหล่งใหญ่ของน้ำเสีย ซึ่งอัตราการใช้น้ำและคุณภาพน้ำรวมถึงปริมาณน้ำเสียของกระบวนการฟอกย้อมแต่ละแห่งจะแตกต่างกันไปแล้วแต่ผลิตภัณฑ์ผ้า ซึ่งส่วนมากมีการใช้เคมีมาก จึงมีการใช้น้ำปริมาณมากตั้งแต่ขั้นตอนการลอกแป้ง การกำจัดสิ่งสกปรก การย้อม การพิมพ์ และการตกแต่งสำเร็จ ล้วนต้องการน้ำล้างทำความสะอาดผ้าเพื่อไปสู่ขั้นตอนต่อไปของกระบวนการ ประมาณ 60 – 90% ของน้ำใช้ทั้งหมดเป็นน้ำล้างซึ่งก่อให้เกิดน้ำเสีย อัตราการใช้น้ำ 160 กิโลกรัม/กิโลกรัมผ้า. ผ้าจากเส้นใยธรรมชาติใช้น้ำมากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งผ้าฝ้าย การฟอกย้อมผ้าฝ้ายใช้น้ำถึง 100 – 150 ลิตร/กิโลกรัมผ้า ส่วนผ้าขนสัตว์ใช้น้ำมากถึง 200 ลิตร/กิโลกรัมผ้า. สำหรับเส้นใยสังเคราะห์ ใช้น้ำน้อยกว่าเมื่อเทียบกับหน่วยของผลิตภัณฑ์ น้ำเสียที่เกิดขึ้นและถูกปล่อยออกจากระบบในกระบวนการฟอกย้อมมีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณที่ป้อนเข้าระบบ ซึ่งมีการสูญเสียบ้างจากสายการผลิตและการระเหยออกไปบ้างในระหว่างการย้อม และระเหยแห้ง หรือปริมาณน้ำเสียสามารถประมาณได้ 90 – 95 % ของปริมาณน้ำใช้ คุณภาพน้ำเสียของกระบวนการฟอกย้อมแต่ละชนิดผ้าและแต่ละขั้นตอนแตกต่างกันไปดังแสดงในตารางที่ 3.

ตารางที่ 2. ปริมาณน้ำใช้เฉลี่ย, ต่ำสุด, สูงสุด ของกระบวนการผลิตสิ่งทอประเภทต่าง ๆ กัน

	Subcategory	Water Usage (L kg-1)		
		Min	Med	Max
1	Wool scouring	4.2	11.7	77.6
2	Wool finishing	110.9	283.6	657.2
3	Low water use processing	0.8	9.2	140.1
4	Woven fabric finishing			
	a. Simple processing	12.5	78.4	275.2
	b. Complex processing	10.8	86.7	276.9
	c. Complex processing plus desizing	5.0	113.4	507.9
5	Knit fabric finishing			
	a. Simple processing	8.3	135.9	392.8
	b. Complex processing	20.0	83.4	377.8
	c. Hosiery processing	5.6	69.2	289.4
6	Carpet finishing	8.3	46.7	162.6
7	Stock and yarn finishing	3.3	100.1	557.1
8	Non-woven finishing	2.5	40.0	82.6
9	Felted fabric finishing	33.4	212.7	930.7

ตารางที่ 3. คุณสมบัติของน้ำเสียและปริมาณในอุตสาหกรรมสิ่งทอแยกตามประเภท/ขั้นตอนต่างๆ

Process and unit (U)	Waste volume (m3/U)	BOD (kg/U)	TSS (kg/U)	Other pollutants (kg/U)	
Wool processing (metric ton of wool)[a]					
Average unscoured stock[b]	544	314	196	Oil	191
Average scoured stock	537	87	43	Cr	1.33
Process-specific				Phenol	0.17
Scouring	17	227	153	Cr	1.33
Dyeing	25	27		Phenol	0.17
Washing	362	63			
Carbonizing	138	2	44	Oil	191
Bleaching	12.5	1.4		Cr	1.33
				Phenol	0.17
Cotton processing (metric ton of cotton)					
Average compounded[c]	265	115	70		
Process-specific					
Yarn sizing	4.2	2.8			
Desizing	22	58	30		
Kiering	100	53	22		
Bleaching	100	8	5		
Mercerizing	35	8	2.5		
Dyeing	50	60	25		
Printing	14	54	12		
Other fibers (metric ton of product)					
Rayon processing	42	30	55		
Acetate processing	75	45	40		
Nylon processing	125	45	30		
Acrylic processing	210	125	87		
Polyester processing	100	185	95		

a. The pH varies widely, from 1.9 to 10.4.

b. The average compounded load factors listed are based on the assumption that only 20% of the product is mercerized (only nonwoolen components are mercerized) and 10% is bleached.

c. The average compounded load factors listed are based on the assumption that only 35% of the product is mercerized, 50% of the product is dyed, and 14% of the product is printed.

น้ำเสียจากกระบวนการฟอกย้อมส่วนใหญ่มีด่าง (alkaline) และค่า BOD สูง ตั้งแต่ 700 – 2,000 mg/l และ COD สูงประมาณ 2 – 5 เท่าของ BOD มีของแข็ง, น้ำมัน และอาจมีสารอินทรีย์ที่เป็นพิษเจือปน รวมทั้งสารประกอบอินทรีย์พวกฮาโลเจน (halogenated oraganic) จากขั้นตอนการฟอกขาว. นอกจากนี้ น้ำเสียจากการย้อมสีมักสีเข้มหรืออาจมีโลหะหนัก เช่น ทองแดงหรือโครเมียม เจือปน.

น้ำเสียจากขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการฟอกย้อมประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ปะปน แตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดและกระบวนการของสิ่งทอนั้นๆ ดังกล่าวมาแล้ว พอจะสรุปสิ่งเจือปนหรือสารประกอบในน้ำเสียจากขั้นตอนหลักๆ ได้ ดังตารางที่ 4.

ตารางที่ 4. สิ่งเจือปน (สารประกอบ) ในน้ำเสียตามขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการฟอกย้อม

ขั้นตอน (กระบวนการ)	สารประกอบ
ลอกแป้ง (desizing)	แป้ง (size, starch), เอ็นไซม์ (enzymes), ไข (waxes) และ แอมโมเนีย (ammonia)
กำจัดสิ่งสกปรก (scouring)	ยาฆ่าเชื้อ (disinfectants), สารตกค้าง
ฟอกขาว (bleaching)	H_2O_2, AOX, โซเดียมซิลิเกต (sodium silicate) หรือ Organic stabilizer และ pH สูง
ชุบมัน (mercerizing)	pH สูง และ NaOH
ย้อมสี (dyeing)	สี, โลหะ, เกลือ, สารซักฟอก (surfactants), สารช่วยย้อม, ซัลไฟด์ (sulphide), ความเป็นกรด/ด่าง และ ฟอมัลดิไฮด์ (formaldehyde)
พิมพ์ (printing)	ยูเรีย (urea), สารทำละลาย (solvents), สี และ โลหะ
ตกแต่งสำเร็จ (finishing)	เรซิน, ไข (waxes), สารประกอบคลอรีน (chlorinated compounds), อะซิเตต (acetate), สเตียเรต (stearate), ตัวทำละลาย (solvents) และ softeners

บางแห่งขั้นตอนการลอกแป้งถูกผนวกกับขั้นตอนกำจัดสิ่งสกปรก ซึ่งเป็นแหล่งน้ำเสียที่ก่อมลพิษที่สำคัญ ปริมาณมลพิษจำเพาะของแป้ง (sizing agent) มีค่า 1 – 2 COD/กรัมของแป้ง เมื่อพิจารณาแป้งธรรมชาติซึ่งมีโครงสร้างหลักเป็นแป้ง (starch) หรือโปรตีน (protein) จึงมีค่า BOD สูง และอัตราส่วน BOD/COD อยู่ในช่วง 0.6-0.7 ส่วนแป้งสังเคราะห์ เช่น พอลีไวนิลแอลกอฮอล์, พี วี เอ (polyvinyl alcohol, PVA) หรือ คาร์บอกซี่เมทธิลเซลลูโลส (carboxymethyl

cellulose) เกือบจะไม่มีค่า BOD เลย สามารถคำนวณปริมาณสารอินทรีย์อันเนื่องมาจากขั้นตอนการลอกแป้งโดยประมาณ บนพื้นฐานของปริมาณที่เคลือบบนเส้นด้ายของสิ่งทอนั้น ซึ่งแป้งที่เคลือบอยู่ทั่วไปประมาณ 5-20% โดยน้ำหนักของเส้นด้าย สำหรับน้ำเสียจากการกำจัดสิ่งสกปรก (scouring) แตกต่างกันไปตามธรรมชาติและปริมาณสิ่งสกปรกที่อยู่บนเส้นใย รวมทั้งลักษณะของกระบวนการ น้ำเสียส่วนนี้ มีของแข็งแขวนลอยและสารอินทรีย์สูง อาทิ สิ่งสกปรก, ไข, ไขมันในขนสัตว์, น้ำมัน, สารที่มีในพืช อีกทั้งสารซักฟอก, สบู่, ด่าง และตัวทำละลาย ตลอดจนอาจมียาฆ่าแมลงเจือปนด้วย โดยทั่วไปเส้นใยสังเคราะห์จะมีความสกปรกน้อยกว่าเส้นใยจากธรรมชาติ การกำจัดสิ่งสกปรกของเส้นใยสังเคราะห์เพื่อล้างเอาแป้งและน้ำมันที่เคลือบไว้ออก จึงมักนำเอาขั้นตอนการลอกแป้งรวมกับขั้นตอนการกำจัดสิ่งสกปรกเป็นขั้นตอนเดียวกัน.

การฟอกขาวโดยการใช้สารเคมีฟอกขาว ซึ่งมีใช้กันอยู่ เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide), โซเดียมไฮโปคลอไรด์ (sodium hypochlorite), โซเดียมคลอไรต์ (sodium chlorite), หรือก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ผ้าฝ้าย หรือ ผ้าใยผสม นิยมใช้ไฮโดรเจนเปอร์-ออกไซด์มากที่สุด และมีการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากกว่า 90% ของการใช้สารฟอกขาวทั้งหมดที่ใช้ผลิตสิ่งทอ โดยใช้ร่วมกับสารละลายด่าง น้ำเสียในส่วนนี้จึงมีสารเคมีเจือปนเป็นหลัก, ส่วนขั้นตอนการชุบมัน (mercerizing) ใช้กับการผลิตผ้าฝ้าย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย้อมและเพื่อให้เส้นใยเงามัน โดยจุ่มในสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) จากนั้นปรับ pH ให้เป็นกลาง จึงล้างด้วยน้ำล้าง มักใช้ด่างมาก อาจใช้ถึงประมาณ 20% ของน้ำหนักผ้า (http://www.owue.water.ca.gov/recycle/dous/RW_Dye.pdf), น้ำเสียส่วนใหญ่นี้มีโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือปนมาก.

ค่า BOD, COD, TSS, N และ P เป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกลักษณะของน้ำเสียฟอกย้อมโดยกระบวนการหลักของการผลิตสิ่งทอ ดังแสดงในตารางที่ 5.

ตารางที่ 5. ความเข้มข้นเฉลี่ย และ ปริมาณจำเพาะของน้ำเสียในขั้นตอนหลักของกระบวนการฟอกย้อม

Fibre	Process	pH	BOD ($mg\ l^{-1}$)	TSS ($mg\ l^{-1}$)
Cotton	Desizing		1700 – 5200	16,000 – 32,000
	Scouring or Kiering	0 – 13	50 – 2900	7600 – 17,000
	Bleaching	8.5 – 9.6	0 – 1700	2300 – 14,000
	Mercerising	5.5 – 9.5	45 – 65	600 – 1900
	Dyeing	5 – 10	11 – 1800	500 – 14,000
Wool	Scouring	9 – 14	30,000 – 40,000	1100 – 64,000
	Dyeing	4.8 – 8	380 – 2200	3900 – 8300
	Washing	7.3 – 10.3	4000 – 11,000	4800 – 19,000
	Neutralisation	1.9 – 9	28	1200 – 4800
	Bleaching	6	390	900
Nylon	Scouring	10.4	1400	1900
	Dyeing	8.4	370	640
Acrylic/ Modacrylic	Scouring	9.7	2200	1900
	Dyeing	1.5 – 3.7	170 – 2000	830 – 2000
	Final scour	7.1	670	1200
Polyester	Scouring		500 – 800	
	Dyeing		480 – 27,000	
	Final scour		650	
Viscose	Scouring and dyeing	8.5	2800	3300
	Salt bath	6.8	58	4900
Acetate	Scouring and dyeing	9.3	2000	1800

แม้ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาสีย้อมผ้าให้ย่อยสลายได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ (bio-degradable) มากขึ้น แต่น้ำเสียจากการย้อมสีผ้ายังคงเป็นแหล่งสำคัญที่ก่อให้เกิดมลพิษแก่แหล่งน้ำ ประมาณ 10-15% ของสีย้อม 700,000 ตัน ที่ผลิตได้ในแต่ละปีทั่วโลกถูกปล่อยออกไปกับน้ำเสียในกระบวนการย้อมสี (Dore 1997) และสีรีแอกทีฟประมาณ 20-30% ของตลาดทั้งหมด (Gregor 1992) มีค่าอัตราการผนึกสี (fixation) ต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสีโมโนรีแอกทีฟ

(monoreactive dye) (Masten and Daviex 1994) เมื่ออัตราการผนึกสีต่ำ สีก็จะหลงเหลืออยู่ในน้ำย้อมหลังการย้อมมาก และรวมถึงในน้ำล้างด้วย หลังจากย้อมสีด้วยสีรีแอกทีฟประมาณ 800 มิลลิกรัมต่อลิตรของสีรีแอกทีฟที่แตกตัวคงเหลือในน้ำย้อม (Gregor 1992) การย้อมสีผ้ามักใช้สีย้อมผ้าร่วมกับการใช้เคมีประเภทอื่น เช่น กรด, ด่าง, เกลือ, สารผนึกสี(fixing agent), ตัวพา (carries), ดิสเฟสซิ่งเอเจนต์ (dispersing agent), สารซักฟอก (surfactants) ซึ่งส่วนมากอาจจะเกือบทั้งหมดถูกปล่อยออกไปกับน้ำหลังการย้อม รวมทั้งสารพวกแอดดิทีฟ (additive) และสิ่งเจือปนอื่นๆ ที่มากับตัวสีย้อมอุตสาหกรรมเองด้วย, นอกจากสารเคมีและสารอินทรีย์ต่างๆ จะเจือปนในน้ำดังที่กล่าวมาแล้วนั้น ยังอาจมีโลหะเจือปนด้วย ปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะมีโลหะหนักเจือปนลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากการลดการใช้สีย้อมที่มีองค์ประกอบของโลหะ ซึ่งหมายรวมถึงทองแดง, โครเมียม, นิกเกิล, ตะกั่ว และสังกะสี โลหะที่พบเจือปนในน้ำเสียของกระบวนการฟอกย้อมอาจมาจากเส้นใย แหล่งน้ำที่ใช้ สีย้อม และสารเคมีปนเปื้อน สีย้อมอาจมีสารเคมีปนเปื้อน เช่น สังกะสี นิกเกิล โครเมียม และโคบอลต์ ซึ่งอยู่ในองค์ประกอบของโครงสร้างของสีย้อม หรือเจือปนมากับสีย้อม (http://www.owue.water.ca.gov/recycle./docs/rw_syc.pdf:) ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ออกจากหม้อย้อม โดยทั่วไปอยู่ในช่วงประมาณ 1-10 มิลลิกรัมต่อลิตร (Master and Davices 1994) แม้การเลือกใช้สีย้อมที่สามารถย่อยสลายได้โดยกลไกทางชีววิทยา (biodegradable) แต่นอกเหนือสีย้อมแล้ว สารอินทรีย์ที่ยังคงเหลือไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพด้วยการเติมอากาศ เช่น สารซักฟอกและสารพลอยได้ (by product) สารช่วยย้อม เช่น พอลีอะคริเลต (polyacrylates), ฟอสโฟเนต (phosphonates), sequestering agents, แป้งสังเคราะห์, แอนตี้สแตติก (anti-static) ดิสเพิส (dispersing agents) สารพรีเซอร์เวทีฟ และสารช่วยตกแต่ง เป็นต้น นอกจากนี้ การใช้ตัวทำละลายบางชนิดในกระบวนการฟอกย้อม เช่น ในขั้นตอนการกำจัดสิ่งสกปรก หรือขั้นตอนการพิมพ์ ก่อให้เกิดของเสียเสี่ยงอันตราย (hazardous organic wastes) (http://www.owve.water./recyile/does/RW_Dye_pdf) สารประกอบอินทรีย์ฮาโลเจน (halogenated organic compounds, AOX) อาจเกิดจากกระบวนการฟอกขาวด้วยไฮโปคลอไรต์ (hypochlorite) หรือจากน้ำทิ้งหลังจากการตกแต่งสำเร็จด้วยการควบคุมการทด (shrink – proofing finishing treatment) ด้วยการใช้คลอรีน ซึ่งอาจมีปริมาณ AOX ในน้ำที่ปล่อยออกจากการฟอกขาวถึง 100 มิลลิกรัม/ลิตร ตลอดจนอาจมีสารก่อมะเร็ง (carcinogenic chloroform) ในปริมาณที่ต้องพิจารณาอย่างสนใจ แต่ปัจจุบันส่วนมากจะใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารฟอกขาว อย่างไรก็ตามที่จะต้องคำนึงถึงคือ สีรีแอกทีฟบางตัว เป็น AOX.

กระบวนการฟอกย้อม มีการใช้เกลือปริมาณมาก ปริมาณเกลือที่เติมในขั้นตอนการย้อมสีอยู่ในช่วง 20 – 80% ของน้ำหนัก สิ่งทอหรือเกลือที่เกิดจากการปรับกรด-ด่าง หรือปฏิกิริยาเคมีระหว่างกระบวนการ ทำให้เกิดปัญหาการมีเกลือสูงในน้ำเสียของกระบวนการฟอกย้อม ความเข้มข้นของเกลือในน้ำเสียหลังการย้อมฝ้ายอาจสูงถึง 2,000 – 3,000 ppm.

โครงการพัฒนาการจัดการและระบบบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อมเพื่อการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ เป็นชุดโครงการศึกษาวิจัยที่ประกอบด้วย 4 โครงการย่อยดังนี้:

1. โครงการศึกษาการใช้เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology) เพื่อการพัฒนาระบบการจัดการน้ำเสียและการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อม เพื่อการลดปริมาณการใช้น้ำและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่.
2. โครงการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม เพื่อการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่โดยใช้ระบบเนื้อเยื่อ (Integrate Membrane System) และระบบเมมเบรนแบบจมตัว (Immersed Membrane).
3. โครงการพัฒนาการใช้โอโซน (Ozone) ในการกำจัดสีในน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อม
4. โครงการเผยแพร่และส่งเสริมการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในอุตสาหกรรมฟอกย้อม.

เนื่องจากในปัจจุบันระบบการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมที่ใช้กันอยู่มักเริ่มมีการตกตะกอนน้ำเสียโดยการเติมสารส้มเพื่อปรับค่า pH ในน้ำเสียตกตะกอนสีในบางส่วนที่สามารถตกตะกอนได้แยกออกไป แล้วผ่านระบบการบำบัดโดยวิธีการทางชีวภาพ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทั้งสองขั้นตอน แม้จะสามารถลดค่า BOD, COD และปริมาณสารแขวนลอยลงได้ในระดับที่สามารถยอมรับได้ แต่ก็ยังคงมีสีหลงเหลืออยู่ สีที่ยังคงหลงเหลืออยู่เป็นอุปสรรคให้การนำน้ำกลับไปใช้ซ้ำ เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นสีรีแอกทีฟซึ่งจะไม่ตกตะกอนและถูกย่อยสลายจากจุลินทรีย์ได้น้อย.

ในโครงการวิจัยนี้จะเป็นการบำบัดน้ำเสียในส่วนที่เป็นสีรีแอกทีฟโดยจะทำการบำบัด ณ จุดที่มีการย้อมสีรีแอคทีฟ และน้ำเสียจากน้ำล้างหลังผ่านกระบวนการฟอกย้อม โดยใช้โอโซนจะบำบัดโดยการพ่นโอโซนให้ผสมกับน้ำเสีย ซึ่งโอโซนจะทำให้สีรีแอคทีฟแตกตัวออกเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งสีในน้ำเสียลดลง แล้วนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับไปใช้ซ้ำโดยไม่ทำให้กระบวนการฟอกย้อมและคุณภาพของผ้าที่ผ่านกระบวนการย้อมมีการเปลี่ยนแปลง.

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลผลงานวิจัยย่อยของชุดโครงการพัฒนาการจัดการและระบบบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อม เพื่อการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งประกอบด้วยโครงการศึกษาการใช้เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology) เพื่อการพัฒนาระบบการจัดการน้ำเสีย และการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อม, เพื่อการลดปริมาณการใช้น้ำและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ โครงการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม, เพื่อการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่โดยใช้ระบบเนื้อเยื่อ (Integrated Membrane System) และระบบเมมเบรนแบบจมตัว (Immersed Membrane) และโครงการพัฒนาการใช้โอโซน (Ozone) ในการกำจัดสีในน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อม และนำข้อมูลที่ได้จากโครงการดังกล่าวมาประมวลเพื่อวางแผนการเผยแพร่.

2.2 ทำการสำรวจกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยการเข้าเยี่ยมชมโรงงานเพื่อศึกษาข้อมูลและปัญหาด้านต่างๆ ในระบบการผลิต, การบำบัดและการจัดการน้ำเสียของโรงงาน เพื่อเป็นข้อมูลในการนำผลงานวิจัยไปเผยแพร่.

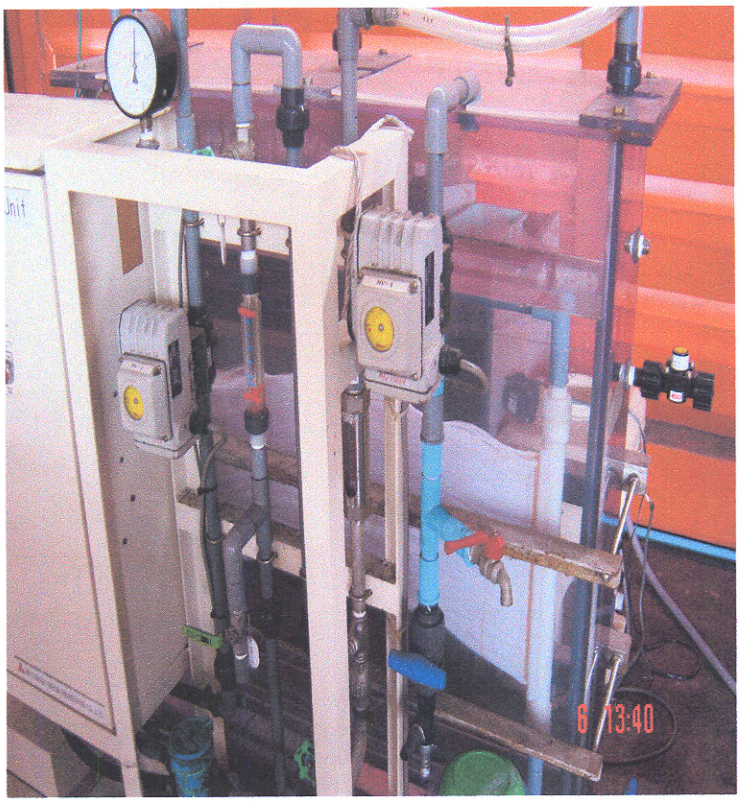
2.3 นำข้อมูลและผลการประเมินโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อมมาจัดการวางแผนการเผยแพร่ และประชาสัมพันธ์งานวิจัย ด้วยการอบรมสัมมนาเชิงปฏิบัติการ เชิญชวนเพื่อให้กลุ่มอุตสาหกรรมฟอกย้อม และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เข้าร่วมสัมมนาโดยใช้แผ่นพับเพื่อประชาสัมพันธ์ เพื่อให้กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อมและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับน้ำทิ้งในระบบและน้ำเสียที่ปล่อยออกมาจากระบบ การจัดการน้ำและการบำบัด รวมถึงแนวทางและวิธีการที่จะนำผลงานการวิจัยไปใช้ในการบำบัด และจัดการน้ำเสีย เพื่อให้มีการใช้น้ำอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ และมุ่งเน้นที่จะนำน้ำกลับไปใช้ใหม่.

2.4 ทำการเผยแพร่โดยการไปพบปะ และให้ความรู้ทางด้านการบำบัดน้ำเสียจากการฟอกย้อมให้กับเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ และการบำบัดน้ำเสียแบบแยกส่วน เพื่อเป็นการแยกบำบัดน้ำตามลักษณะของน้ำเสียเฉพาะส่วน และสามารถเลือกวิธีบำบัดให้เหมาะสมกับมลพิษที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียในแต่ละส่วน ซึ่งทำให้สามารถเลือกวิธีบำบัดน้ำเสียได้เหมาะสม.

2.5 นำผลงานวิจัยไปจัดนิทรรศการในงานการประชุมสมัชชาน้ำแห่งชาติ ที่สหประชาชาติ กรุงเทพมหานคร และนำไปจัดนิทรรศการในงาน International Conference Hazardous Waste Management for a Sustainable Future.

3. ผลการเผยแพร่

3.1 จากการประมวลผลข้อมูลการศึกษาการใช้เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology) เพื่อการพัฒนาระบบการจัดการน้ำเสียและการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อม เป็นระบบบำบัดที่ลดปริมาณการใช้น้ำและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ โดยเน้นการส่งเสริมการบำบัดน้ำเพื่อประหยัดต้นทุนในการผลิตโดยการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่เพื่อสร้างความมั่นคงและยกระดับคุณภาพอุตสาหกรรมโรงงานฟอกย้อม โดยการใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียแบบใช้เนื้อเยื่อ (Integrated Membrane System) และระบบเมมเบรนแบบจมตัว(Immersed Membrane) และการใช้โอโซนในการกำจัดสีในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม.



รูปที่ 1. ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้เมมเบรนแบบจมตัว.

รูปที่ 2. เครื่องผลิตโอโซนที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีรีแอกทีฟ.

3.2 จากการสำรวจกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม 5 โรงงาน ได้แก่ บริษัท ทองไทยเท็กไทล์ จำกัด, บริษัท มั่นยิ่ง จำกัด, บริษัท แปซิฟิกฟอกย้อม จำกัด, บริษัท เชียงแสงเท็กไทล์อินดัสตรีส์ จำกัด, และบริษัท สามพราน จำกัด ดังแสดงในตารางที่ 6.

ตารางที่ 6. ผลลักษณะน้ำเสียและน้ำใช้ของโรงงานในกลุ่มเป้าหมายที่ได้ทำการศึกษา

โรงงาน	ทองไทย		มั่นยิ่ง		แปซิฟิค		เชียงแสง		สามพราน	
อุตสาหกรรม	Dyeing for Knitted Fabric		Dyeing for Woven Fabric		Dyeing for Knitted Fabric		Dyeing for Lace & Embroideries		Dyeing for Woven Fabric	
กำลังการผลิต	230 ton/m		5 M yd/m (2500 ton/m)		390 ton/m (Yarn 120 ton/m)		E: 1 M yd/m (150 ton/m) L: 26 ton/m		3.3 M yd/m (990 ton/m)	
ชนิดเส้นใย	100%-C : 80% TC/CVC : 20%		100% Pe : 95% Nylon : 5%		TC/CVC : 40% 100% Pe : 40% 100%-C : 10% Nylon : 10%		TC/CVC : 65% 100% Pe : 15% 100%-C : 20% Nylon : few		100% Pe : 42% TC/TR : 33% Yarn Dy : 25% Nylon : few	
แหล่งน้ำ	บาดาล		น.แม่กลอง		บาดาล		บาดาล		บาดาล	
ปริมาณ	1200 m^3/d		1200 m^3/d		3500 m^3/d		900 m^3/d		6500 m^3/d	
น้ำใช้ Process	1120 m^3/d		10100 m^3/d		3450 m^3/d		880 m^3/d		6400 m^3/d	
น้ำใช้อื่นๆ	80 m^3/d		1900 m^3/d		50 m^3/d		20 m^3/d		100 m^3/d	
ระบบบำบัด	Activ Lagoon		Activ Lagoon		Activ Lagoon		Activ Lagoon		Activ Lagoon	
ปริมาณน้ำเสีย	1000 m^3/d		12000 m^3/d		3300 m^3/d		900 m^3/d		6500 m^3/d	
พารามิเตอร์	Inf	Eff	Inf	Eff	Inf	Eff	Inf	Eff	Inf	Eff
BOD (mg/l)	164	24	96	9	540	11	117	29	300	40
COD (mg/l)	140	213	377	266	997	250	1262	244	1764	569
SS (mg/l)	10	25	60	10	170	67	67	40	77	60

ที่มา: จากการศึกษา C : Cotton, Pe : Polyester, TC : Tetolon Cotton, TR : Tetolon Rayon

3.3 จากการสัมมนาเชิงปฏิบัติการในการเผยแพร่ผลงานวิจัยระบบบำบัดน้ำเสีย ให้แก่กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อมและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงในรูปที่ 3-8.

รูปที่ 3. การประชุมสัมมนาเรื่องการบำบัดน้ำเสียโดยใช้เมมเบรน.

รูปที่ 4. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของเมมเบรนให้แก่โรงงานในกลุ่มเป้าหมาย.

รูปที่ 5. บรรยายในสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่องเทคโนโลยีเมมเบรนแบบจมตัว (submerged membrane technology).

รูปที่ 6. สัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่องเทคโนโลยีเมมเบรนแบบจมตัว (submerged membrane technology).

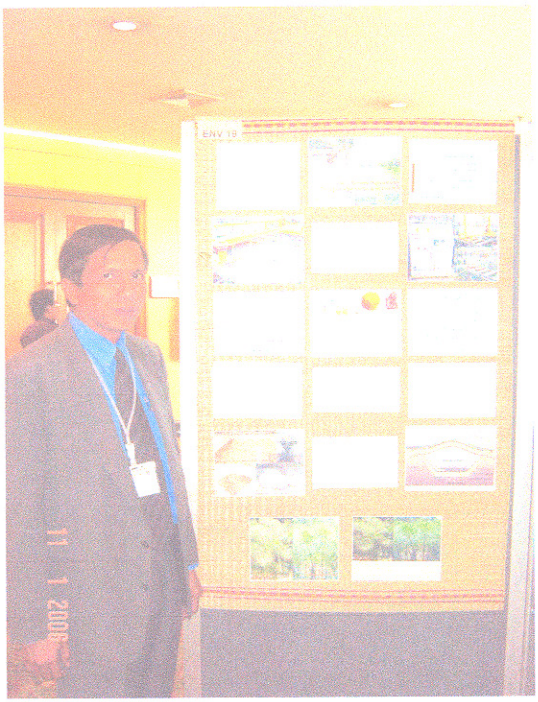
รูปที่ 7. สาธิตการหาดัชนีตะกอนเพื่อบ่งชี้ถึงการอุดตันในเมมเบรน.

รูปที่ 8. การทดสอบการกรองโดยระบบอัตราฟิลเตรชัน.

3.4 จากการไปพบปะและให้ความรู้ทางด้านการบำบัดน้ำเสียจากการฟอกย้อมให้กับเจ้าหน้าที่ของโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม (TTL) พบว่าสามารถนำผลงานวิจัยไปใช้ได้ โดยการทำการบำบัดแบบแยกส่วน, ซึ่งจะทำให้การบำบัดมีประสิทธิภาพลดต้นทุนการผลิตได้และสามารถนำน้ำกลับไปใช้ใหม่ได้ และทำให้โรงงานบำบัดน้ำเสียรวมสามารถบำบัดได้ง่ายขึ้นและลดต้นทุนในการบำบัดน้ำเสียรวมได้ด้วย และสามารถนำน้ำเสียกลับไปใช้ซ้ำ ณ จุดนั้นๆ ได้โดยตรง ซึ่งจะทำให้การบำบัดง่ายกว่าการนำน้ำเสียจากทุกๆ ส่วนไปรวมกันแล้วบำบัด (end of pipe process) ทำให้กระบวนการบำบัดยุ่งยากซับซ้อนและการบำบัดสารบางประเภท เช่น สีรีแอกทิฟ จะไม่สามารถกำจัดได้ทำให้ผลเสียหลังการบำบัดไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ หรือถ้าบำบัดเพื่อนำกลับมาใช้ซ้ำก็จะต้องเพิ่มกระบวนบำบัดขึ้น ก็จะทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้น.

อนึ่งโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อมที่มีอยู่มักจะมีระบบบำบัดน้ำเสียอยู่แล้วจึงยากที่จะไปปรับปรุงระบบบำบัดทั้งระบบ และระบบการผลิตแต่ละโรงงานมุ่งกรรมวิธีการผลิตและส่วนการผลิตที่แตกต่างกันทำให้การนำเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสีย กลับมาใช้ซ้ำที่พัฒนาขึ้นจะต้องเลือกนำไปใช้ให้เหมาะสมเป็นรายๆ ไป.

3.5 การเผยแพร่ทางนิทรรศการดังภาพการแสดงผลงานการวิจัยในงานสมัชชาแห่งชาติที่สหประชาชาติ กรุงเทพมหานคร และในงาน International Conference Hazardous Waste Management for a Sustainable Future กรุงเทพมหานคร ในระหว่างวันที่ 10-12 มกราคม 2549 ดังแสดงในรูปที่ 9.



รูปที่ 9. ภาพการจัดแสดงนิทรรศการผลงานการวิจัยการบำบัดน้ำเสีย.

4. สรุปผลการเผยแพร่

จากผลการเผยแพร่ระบบบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมเพื่อการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ โดยใช้ระบบเนื้อเยื่อ (Integrated Membrane System) และระบบเมมเบรนแบบจมตัว (Immersed Membrane) และการใช้โอโซน (Ozone) ในการกำจัดสีในน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อมให้แก่โรงงานต่างๆ พบว่าในการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อมเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ สามารถดำเนินได้ 2 แนวทางคือ:

1. นำน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดที่มีอยู่นั้นมาผ่านระบบบำบัด ด้วยกระบวนการเมมเบรน ซึ่งใช้กระบวนการกรองระบบอัลตราฟิลเตรชัน และระบบนาโนฟิลเตรชันหรือรีเวอร์สออสโมซิส ซึ่งวิธีการนี้จะสามารถนำน้ำกลับมาใช้ได้ประมาณ 20-30 % ของน้ำเสียทั้งหมด ทั้งนี้เพราะถ้านำน้ำเสียกลับมาใช้ซ้ำมากกว่า 30% จะทำให้น้ำทิ้งมีค่าปริมาณสารละลาย (TDS) เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งจะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียปกติ ประมาณ 15-20 บาท ทั้งนี้ขึ้นอยู่กลับคุณภาพของน้ำเสีย (รวมค่าใช้จ่ายในการลงทุน).

2. การบำบัดแบบแยกส่วน ณ จุดใช้งาน (in process treatment) โดยการแยกน้ำเสียในกระบวนการผลิตนำน้ำเสียในส่วนที่ไม่สามารถบำบัดโดยกระบวนการบำบัดแบบปกติ คือสารตกตะกอนและการบำบัดทางชีวภาพ ได้นำมาบำบัดในกระบวนการทางเคมีและกระบวนการทางเมมเบรนดังนี้:

2.1 การบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการลอกแป้ง สารเคมีที่เคลือบเส้นด้าย เช่น PVA จะเป็นสารที่ไม่ถูกย่อยสลายด้วยแบคทีเรีย (Non biodegradable) ซึ่งจะไม่สามารถบำบัดโดยวิธีการบำบัดทางชีวภาพได้ จึงควรแยกบำบัด ณ จุดใช้งานโดยกระบวนกรองอัลตราฟิลเตชันเพื่อแยกสาร PVA นำกลับไปใช้เคลือบเส้นด้ายส่วนน้ำที่เหลือ พร้อมสารลอกแป้ง สามารถนำกลับไปใช้ในระบบได้ การใช้กระบวนการนี้จะสามารถลดปริมาณน้ำเสียรวมได้ประมาณ 10-15 % และสามารถลดปริมาณค่า COD ในน้ำเสียลงได้ 5-10 % ค่าใช้จ่ายในการบำบัด 7-10 บาท/ลูกบาศก์เมตร (รวมค่าลงทุน).

2.2 การบำบัดน้ำเสียจากการย้อมสีรีแอกทีฟ โดยการใช้โอโซนสามารถบำบัดน้ำเสียจากสีรีแอกทีฟ จนสีลดลง 60-70 % แล้วนำไปบำบัดต่อด้วยวิธีการบำบัดทางชีวภาพและโดยการใช้เมมเบรนสามารถนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำได้ 20-30 % โดยเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัด 15-23 บาทต่อลูกบาศก์เมตร.

จากการดำเนินการเผยแพร่ โรงงาน TTL จำกัด มหาชน มีความสนใจที่จะดำเนินการลงทุนพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อการนำน้ำกลับไปใช้ซ้ำ แต่ยังไม่ได้ดำเนินการเนื่องจากภาวะเศรษฐกิจไม่เอื้ออำนวย.

5. เอกสารอ้างอิง

Dore, M. 1997. The role of Ozone in Advanced Oxidation Process, Proceeding of FRANCO-THAI Sympo- sium on New Advanced in Water and Wastewater Treatments. Bangkok : Thailand. Chulalongkorn University October 22-24, pp : 13-26.

Gregor, H.K. 1992. Oxidative Decolorization of Textile Wastewater with Advanced Oxidation Processes in Chemical Oxidation Technology for the Nineties-Proceeding of the third International Symposium. Nashiville Tennessce, pp: 161-193.

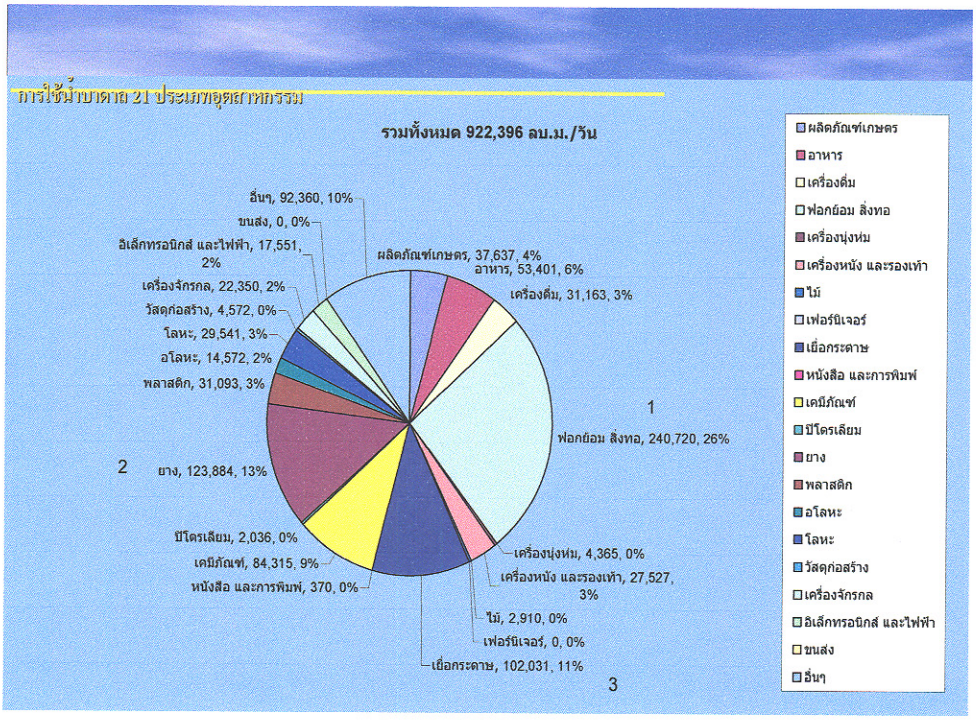
Masten, J.S. and Davies, H.R.S., 1994. *Environment ScienceTechnology. 28*(4) : 181-184.

"คุณภาพน้ำเฉลี่ยที่ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อม". 2549. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://tecnet.tci.or.th/knowledge/wenvez. html.

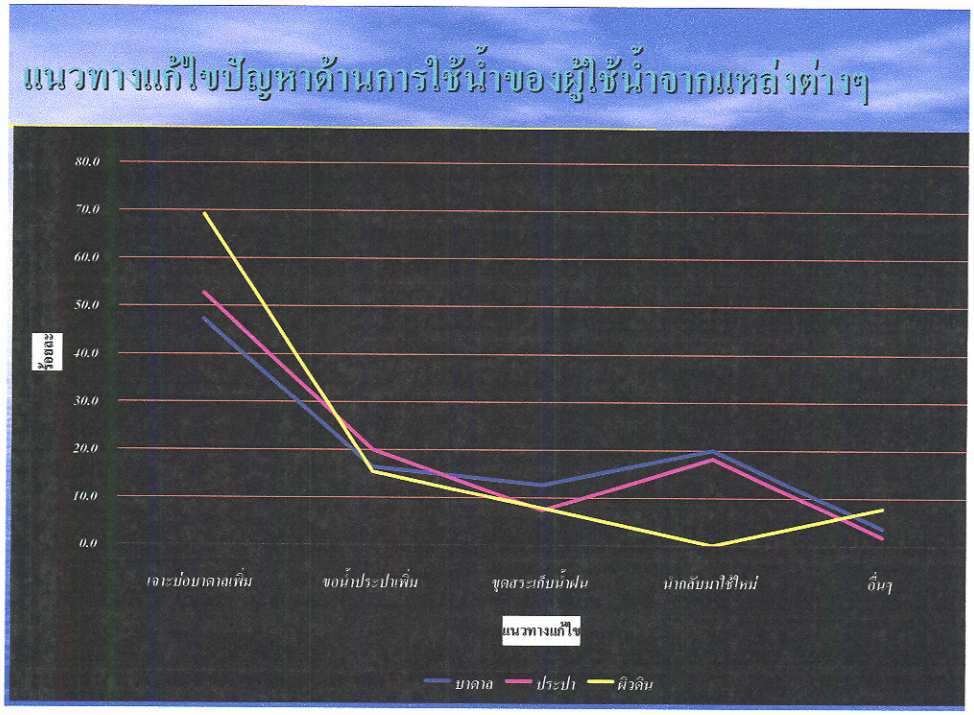
"คุณสมบัติของน้ำเสียและปริมาณในอุตสาหกรรมสิ่งทอแยกตามประเภท". 2549. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.ifc.org/ifcext/enviro.nsg/content/Environmental Guidlines.

"น้ำเสีย". 2549. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.owve.water./recyile/does/RW_Dye_pdf.

ภาคผนวก



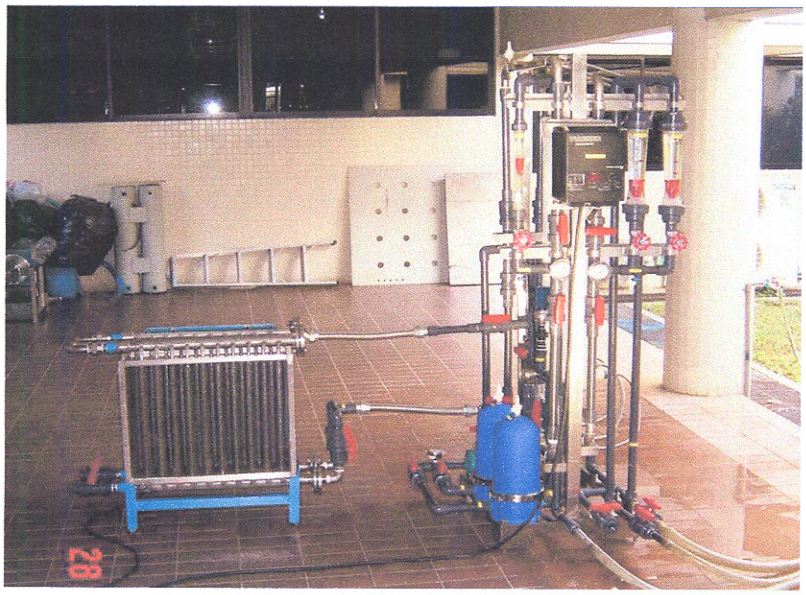
รูปที่ 10. ปริมาณการใช้น้ำบาดาลในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ.



รูปที่ 11. แนวทางแก้ไขปัญหาด้านการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำจากแหล่งต่างๆ.

รูปที่ 12. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งที่ใช้กับอุตสาหกรรมฟอกย้อมทั่วๆ ไป.

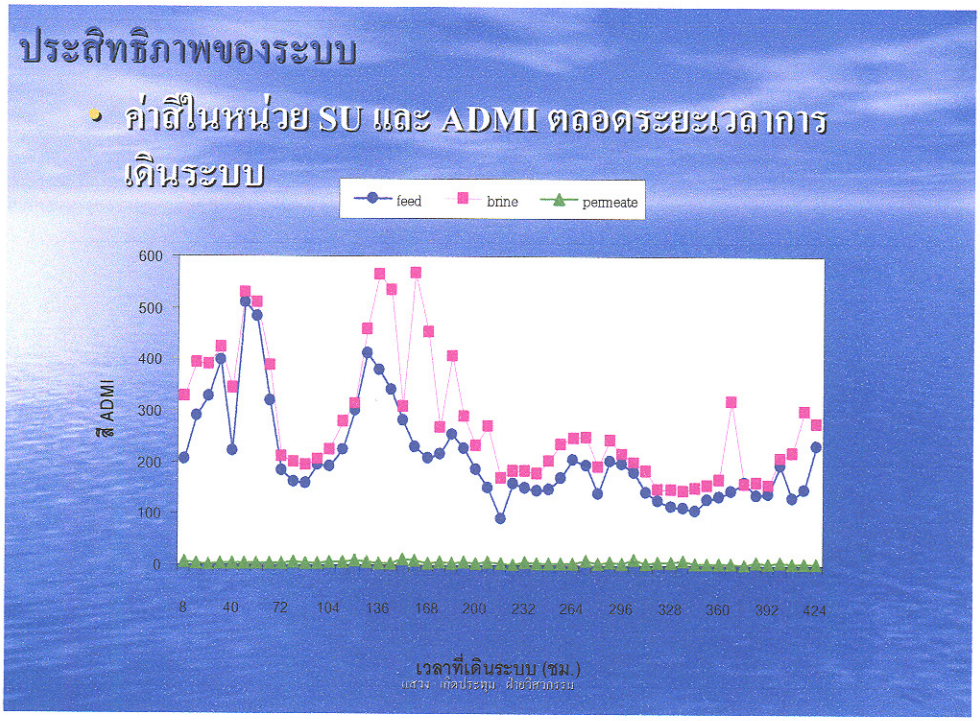
รูปที่ 13. ระบบบำบัดน้ำเสียระบบ Integrated Membrane System เพื่อการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่.



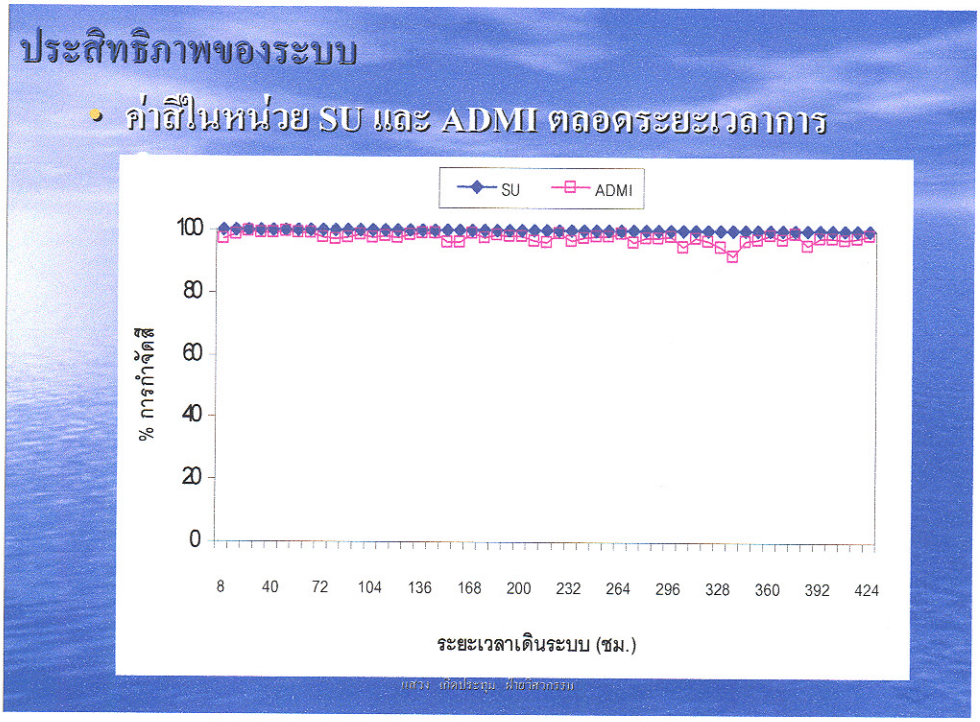
รูปที่ 14. ระบบการกรองอัตราฟิลเตรชัน.

รูปที่ 15. ระบบการกรองอัตราฟิลเตรชัน.

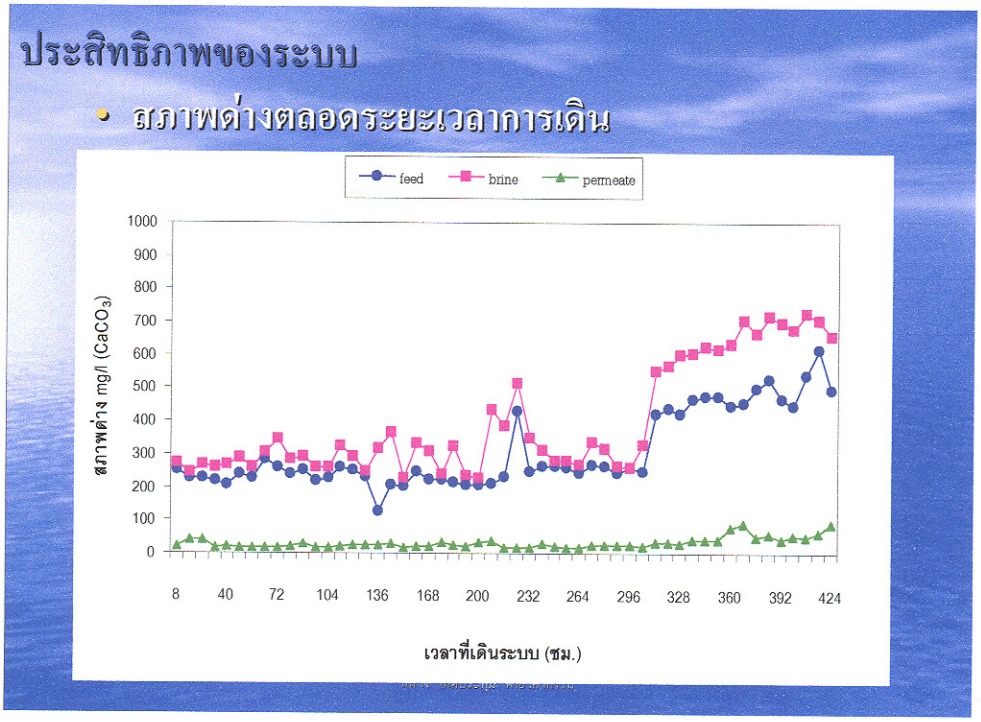
รูปที่ 16. การอุดตันของตะกอนบนไส้กรอง 5 ไมครอน.



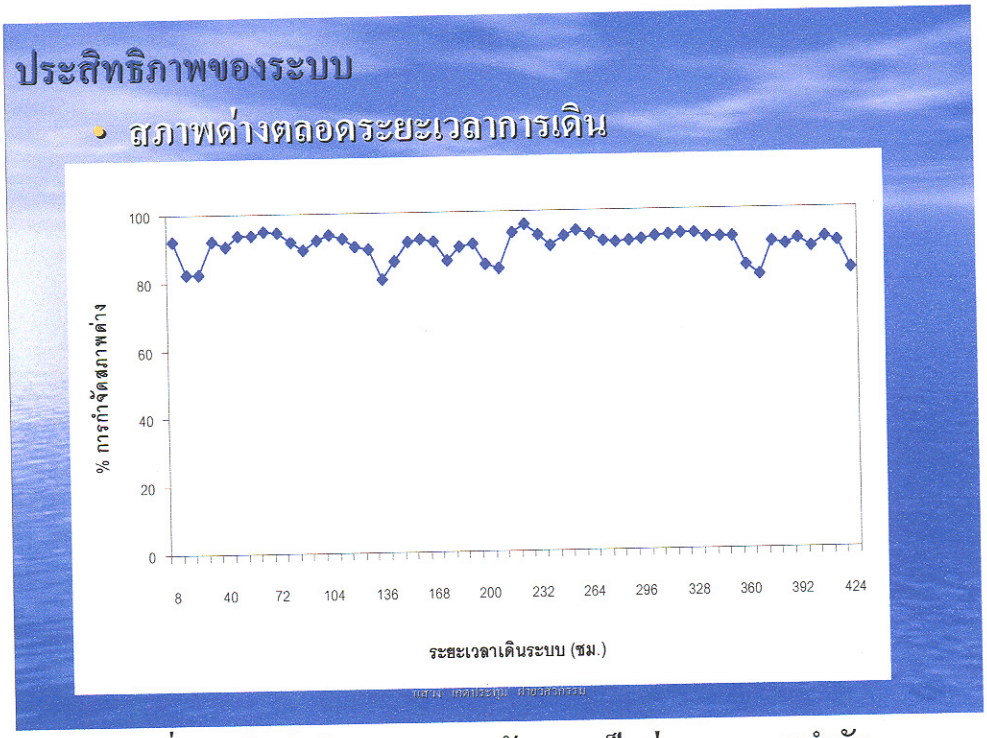
รูปที่ 17. ค่าความเข้มสีของน้ำเสียก่อนบำบัดและหลังบำบัด



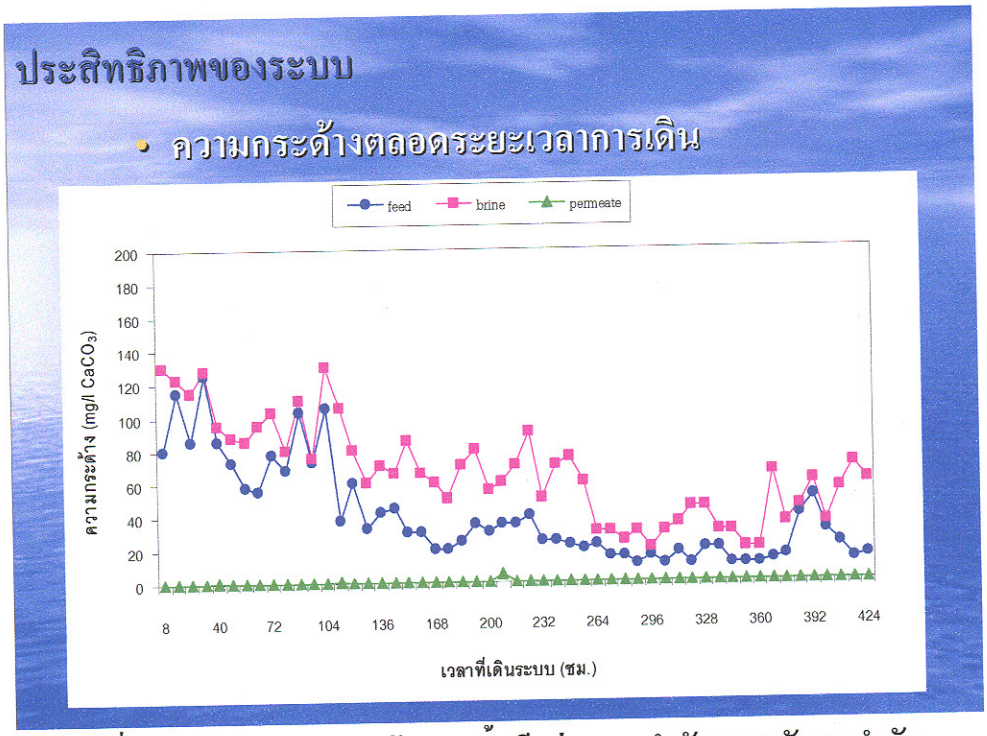
รูปที่ 18. ประสิทธิภาพในการกำจัดสีของระบบบำบัดน้ำเสีย.



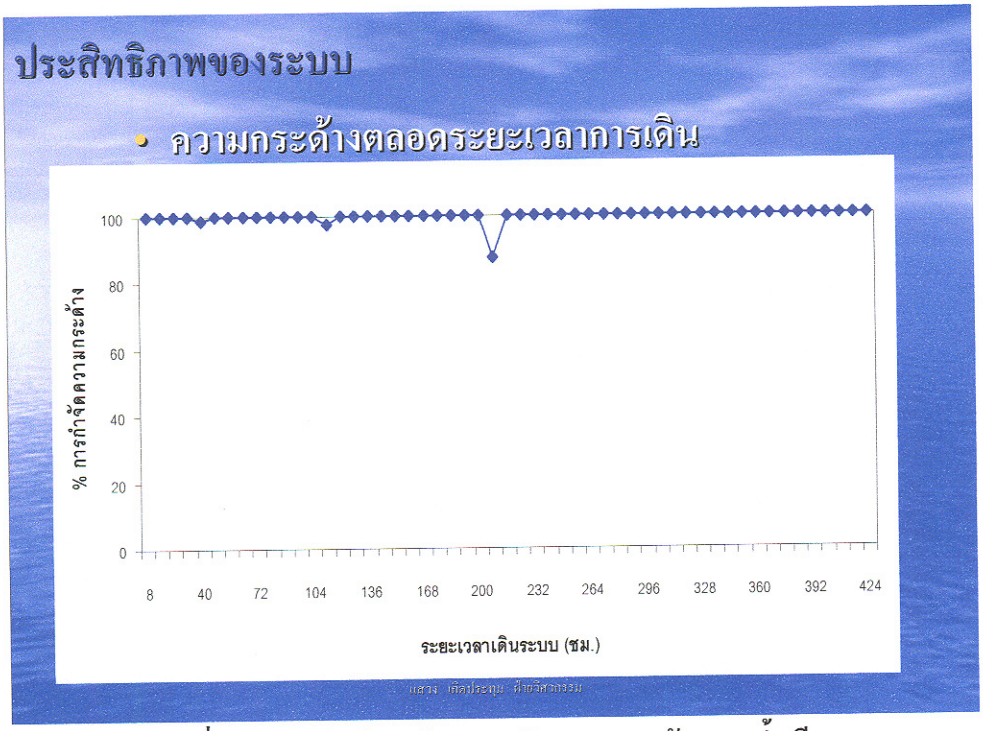
รูปที่ 19. สภาพความเป็นด่างของน้ำที่เดินระบบ.



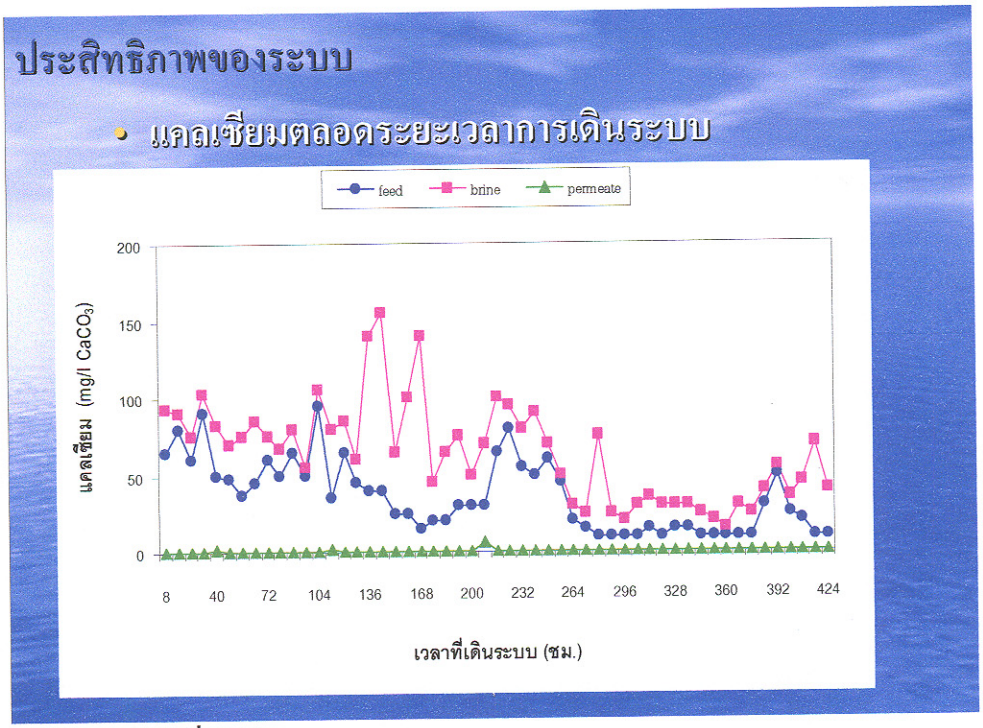
รูปที่ 20. ประสิทธิภาพของการขจัดความเป็นด่างของระบบบำบัด.



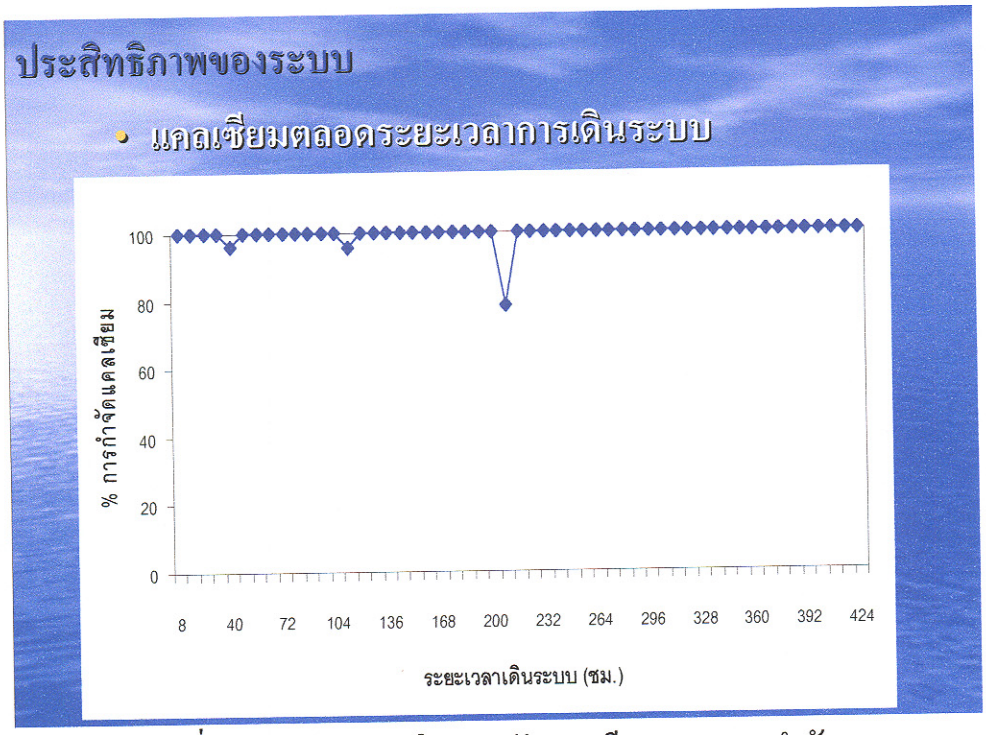
รูปที่ 21. ปริมาณความกระด้างของน้ำเสียก่อนการบำบัดและหลังการบำบัด.



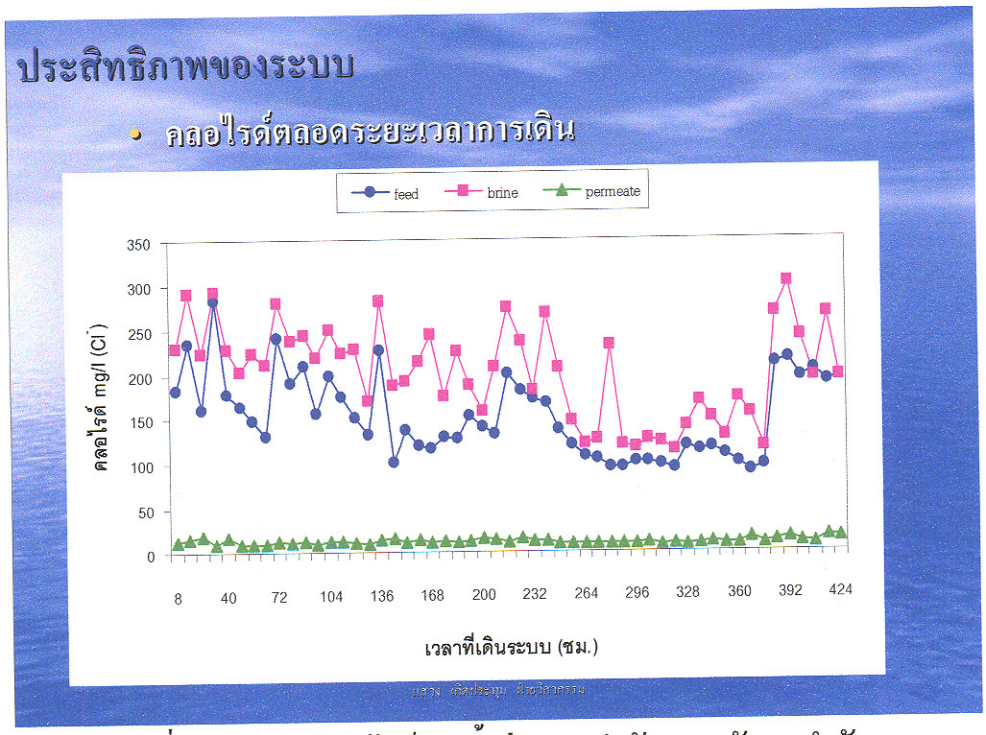
รูปที่ 22. ประสิทธิภาพในการขจัดความกระด้างของน้ำเสีย.



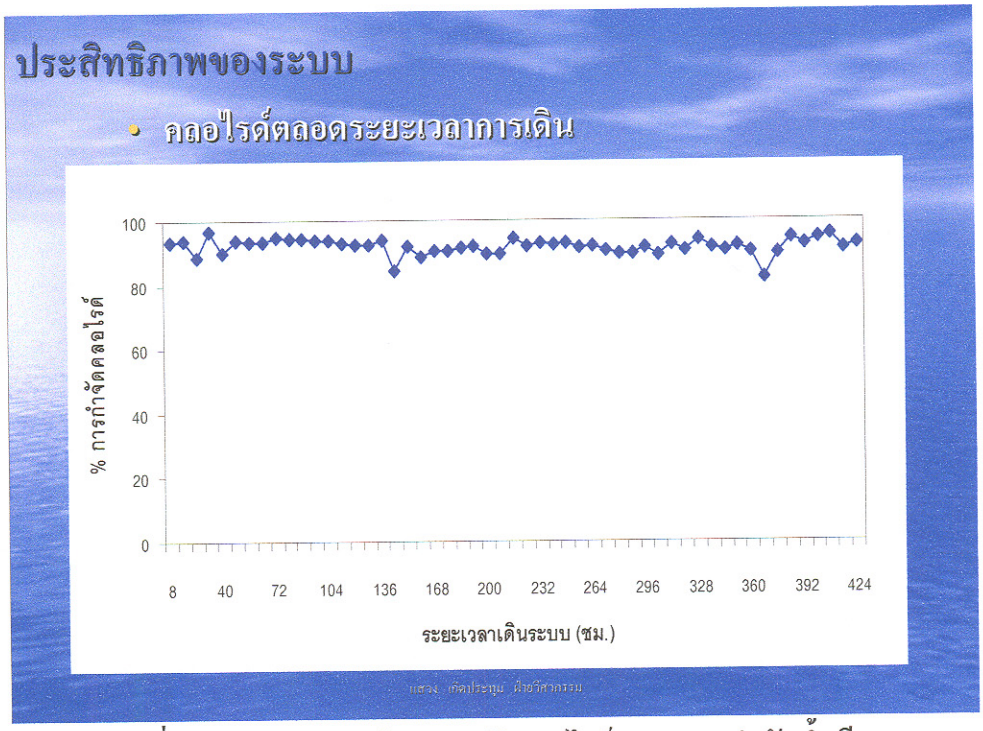
รูปที่ 23. ปริมาณแคลเซียมก่อนการบำบัดและหลังการบำบัด.



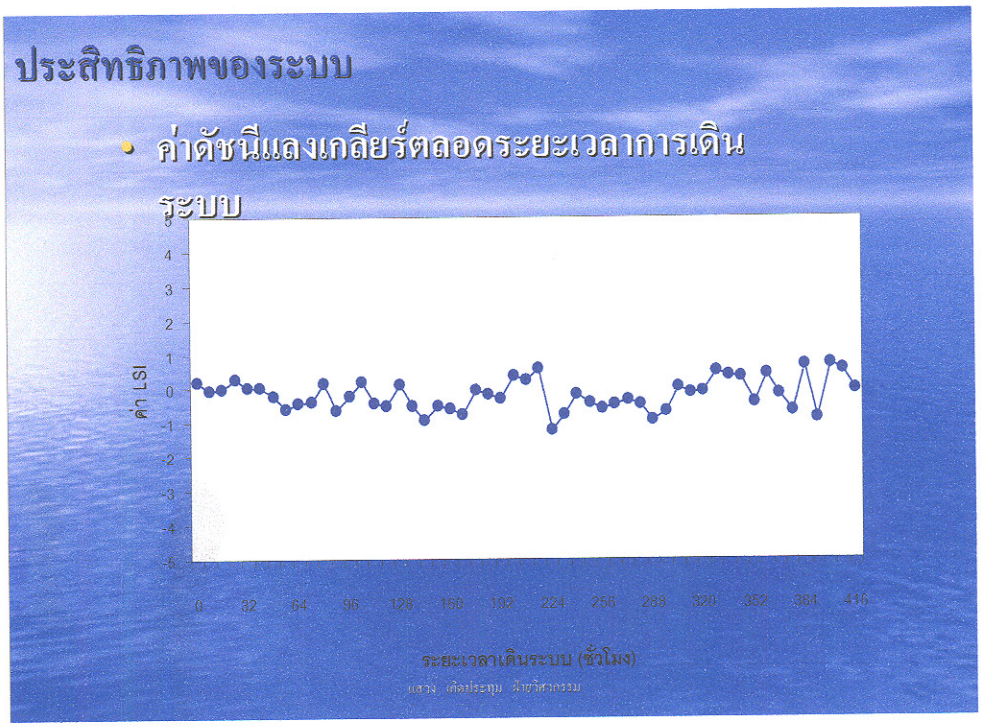
รูปที่ 24. ประสิทธิภาพในการขจัดแคลเซียมของระบบบำบัด.



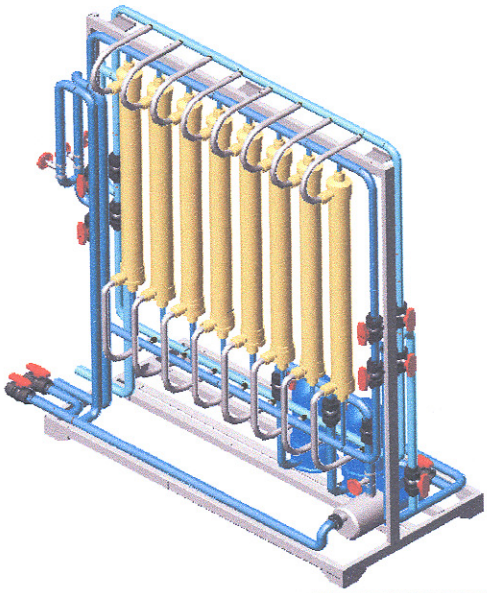
รูปที่ 25. ปริมาณคลอไรด์ของน้ำก่อนการบำบัดและหลังการบำบัด.



รูปที่ 26. ประสิทธิภาพในการกำจัดคลอไรด์ของระบบบำบัดน้ำเสีย.

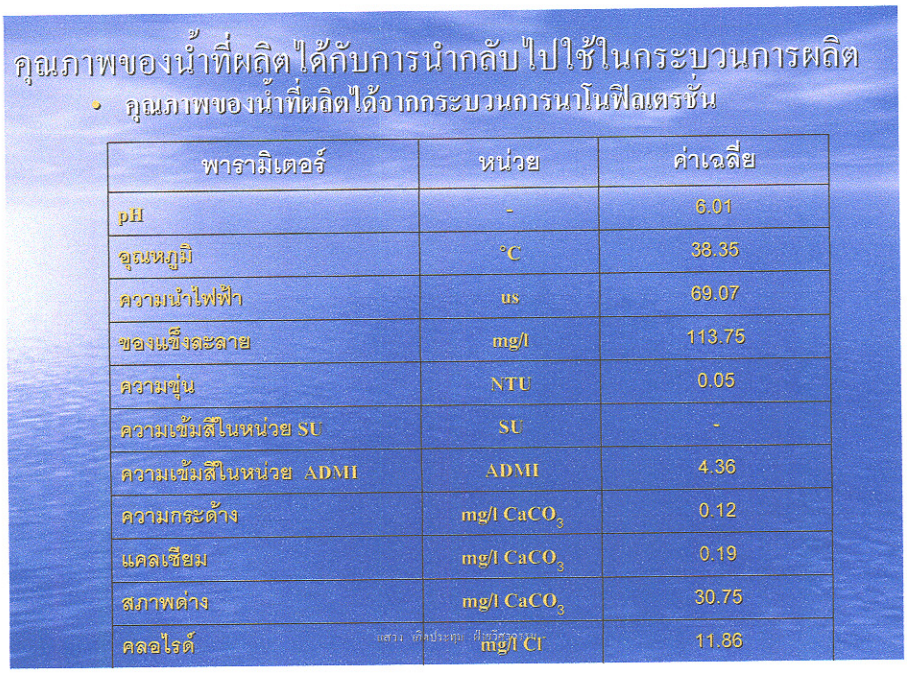


รูปที่ 27. ดัชนีบ่งชี้การเกิดตะกรันหินปูน ขณะเดินระบบบำบัดน้ำเสีย.

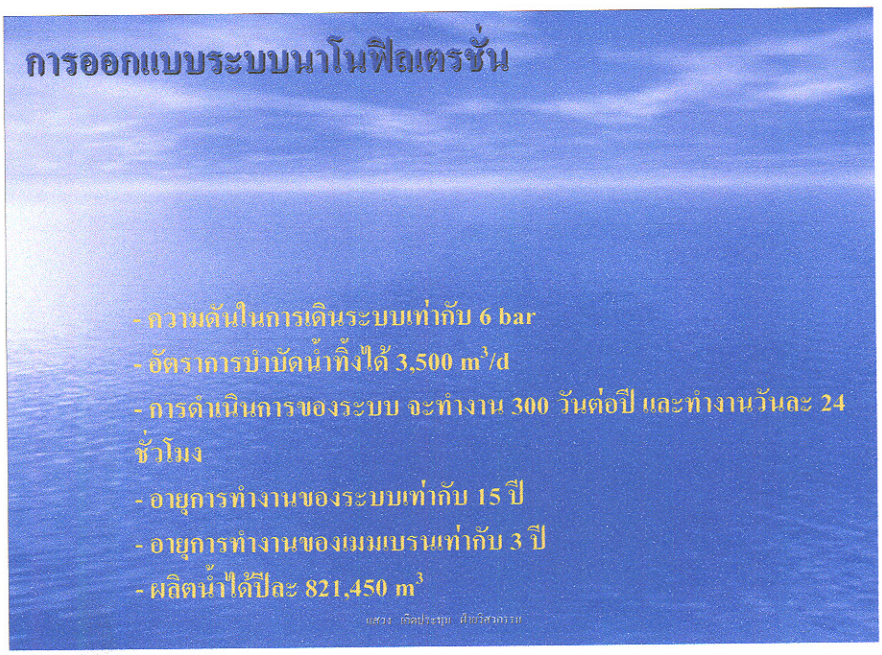


รูปที่ 28. รูปแบบของระบบกรองอัตราฟิลเตรชันที่ออกแบบเพื่อใช้กับระบบน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อม.

รูปที่ 29. ค่ามาตรฐานของน้ำที่ใช้ในกระบวนการฟอกย้อม.



รูปที่ 30. คุณภาพน้ำที่ผลิตได้เพื่อการนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิต.



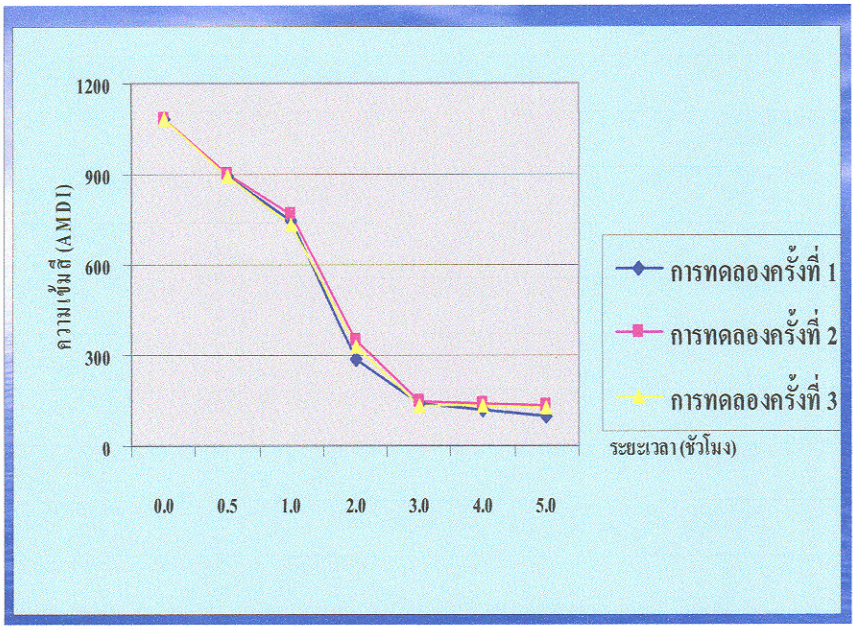
รูปที่ 31. เงื่อนไขการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียนาโนฟิลเตรชัน.

ราคาการลงทุนในเบื้องต้นของระบบนาโนฟิลเตรชั่น

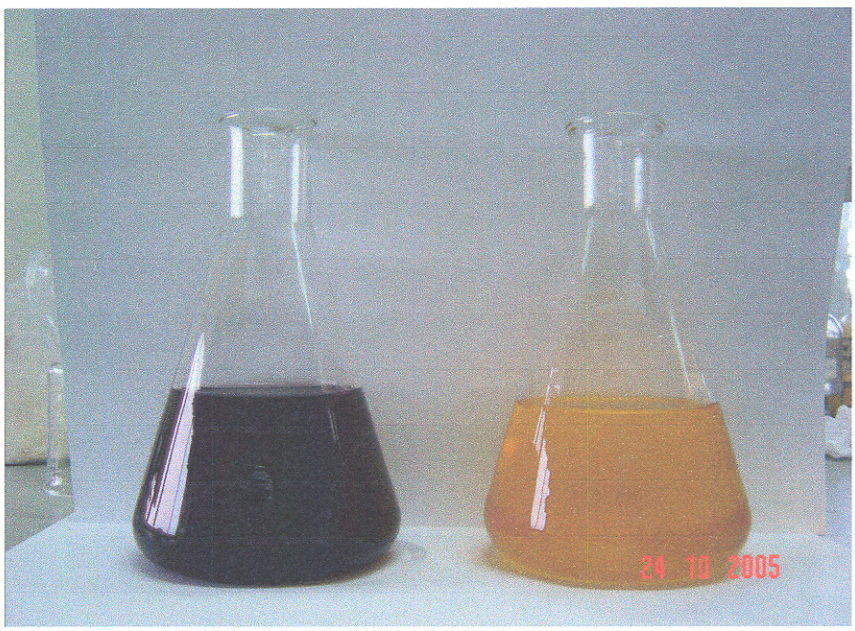
รายการ	จำนวนเงิน (บาท ต่อ ลบ. ม.)	เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนรวม
ต้นทุนเงินลงทุน	1.80	18 %
ต้นทุนด้านพลังงาน	4.23	42.4 %
ต้นทุนด้านสารเคมี	1.4557	14.6 %
ต้นทุนด้านแรงงาน	1.23	12.3 %
ต้นทุนด้านการเปลี่ยนเมมเบรน	0.79	7.92 %
ต้นทุนด้านการเปลี่ยนไส้กรองไมโครฟิลเตอร์	0.015	0.15 %
ต้นทุนด้านการซ่อมบำรุงรักษา	0.462	4.63 %
รวม	9.9827	100 %

รูปที่ 32. ราคาการลงทุนเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียนาโนฟิลเตรชัน.

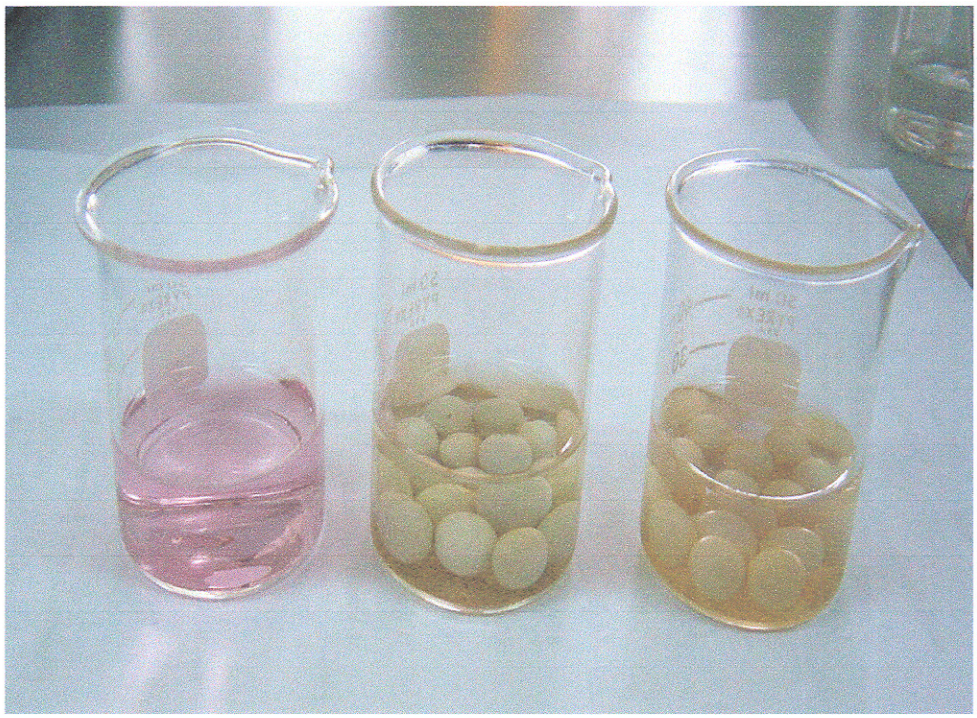
รูปที่ 33. รูปชุดทดสอบการใช้โอโซนบำบัดน้ำเสียฟอกย้อม.



รูปที่ 34. อัตราการลดลงของสีในน้ำเสียที่บำบัดด้วยโอโซน.



รูปที่ 35. เปรียบเทียบน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีรีแอกทีฟก่อนการบำบัดและหลังการบำบัด.



รูปที่ 36. การใช้ TiO_2 ไทเทเนียมไดออกไซด์แคทาลิสต์ในการบำบัดน้ำเสียสีรีแอกทีฟ.