การปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย โดยการประยุกต์ใช้หลักการทางสถิติ

ผู้นำเสนอ : คุณอภิชาติ อมรวดีกุล
คุณศิวะ สุภาทวีวัฒน์
บริษัทสยามมิตซุย พีทีเอ จำกัด

SCG CHEMICALS

คณะทำงานโครงการ

Mr. Siva S.

Utility Engineer

Mr. Chumpol

Utility Foreman

Mr. Nipon

Utility Boardman

Mr. Apichat A.

OE Engineer

(Consulting Engineer)

“ Good bye…. Honey ” Team

ส่วนผลิตสาธารณูปโภค

บริษัทสยามมิตซุย พีทีเอ จำกัด

Siam Mitsui PTA Co., Ltd. (SMPC)

Joint Venture Between SCG CHEMICALS and Mitsui Chemicals

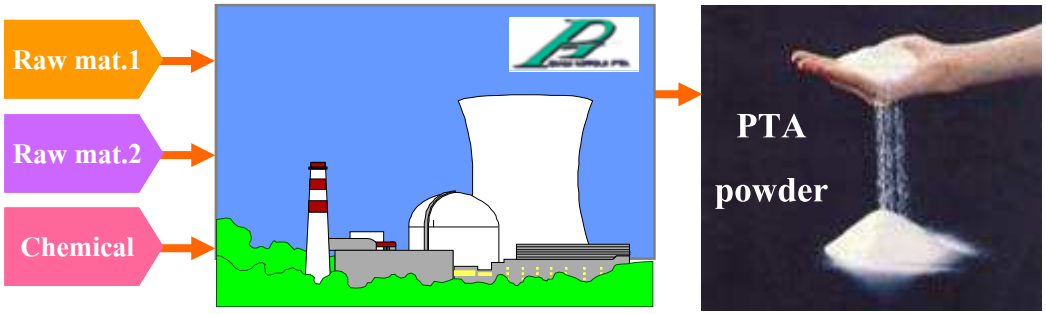
Company Profile

Siam Mitsui PTA Co., Ltd. (SMPC)

Established : January 1996

Commercial Run : April 1999

Feeds



Main product : Purified Terephthalic Acid (PTA) Powder

Capacity : 1,440,000 Ton/Year

Global PTA Applications

Fibers/Filament 56%

PTA Powder

Film/Tape/Coating and Others 1%

PET Bottle 43%

Prestigious Awards Achievement

- **Management Certification**
  - ISO 9002:1994 (since 1999), ISO 9001 (since 2002)
  - ISO 14001 (since 2001),
  - TIS/OHSAS 18001 (since 2002)
  - CSR-DIW Award (2010)
- **Safety Awards**
  - Clean and safety workplace award from Health Department (1999)
  - Excellent safety workplace, National Level (2001 and 2003-10)

- **MCI's Awards**
  - MCI's Executive Award (2002)
  - MCI's Presidential Award (2003)
  - MCI's Best Plant Award (2008-10)
- **Quality Management Excellent Awards**
  - Thailand Quality Class (2003)
  - Deming Application Prize (2004)
  - TPM Excellent Award (2009)

วิสัยทัศน์ด้านการพัฒนาอย่างยั่งยืน

President's Policy

"หนึ่งในปัจจัยความสำเร็จของการดำเนินธุรกิจเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน คือทีมผู้บริหารต้องกำหนดวิสัยทัศน์ แนวนโยบายที่ครอบคลุมทั้งทางด้านเศรษฐกิจ

สิ่งแวดล้อมและสังคม

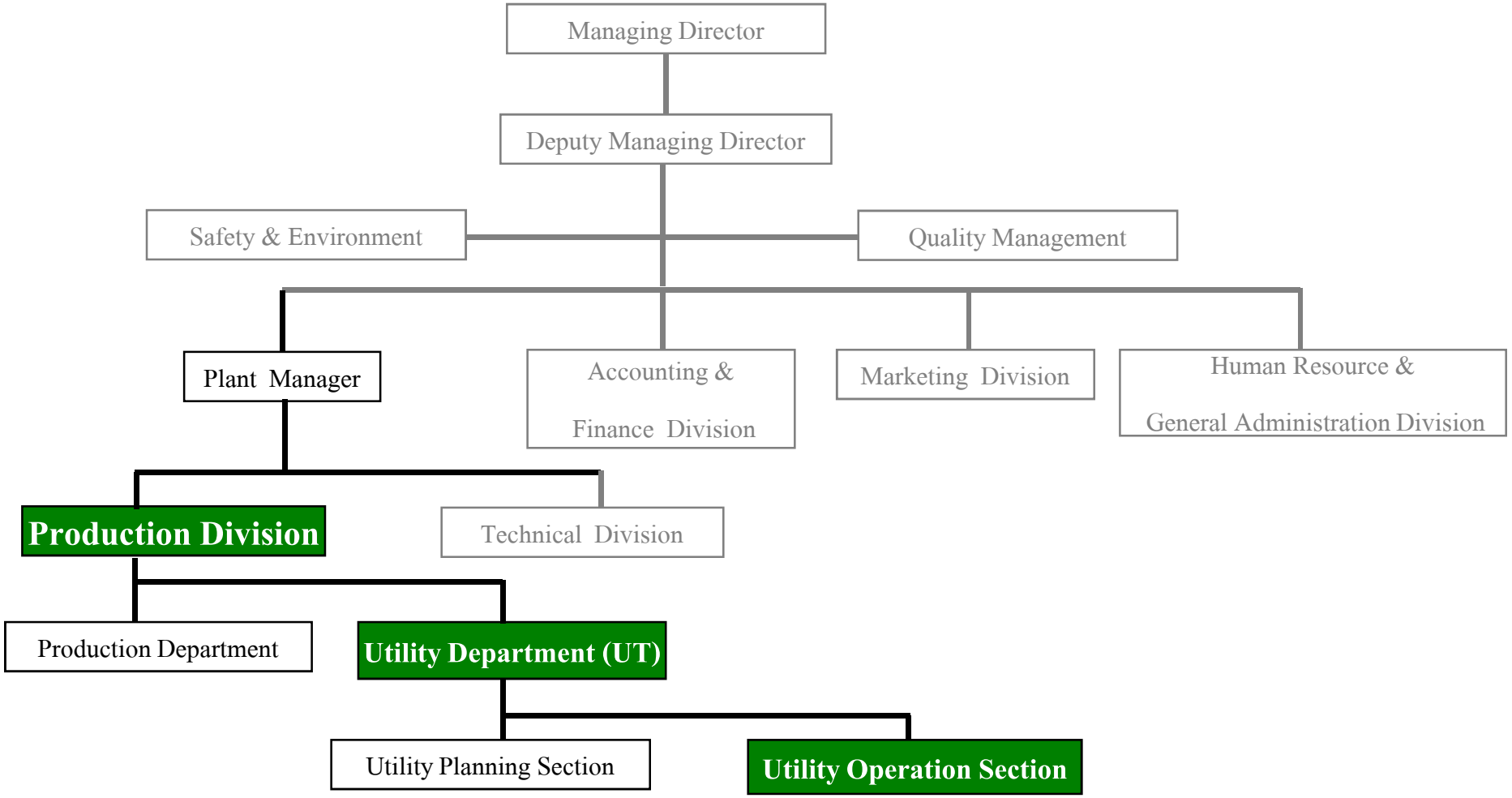
กานต์ ตระกูลฮุน
กรรมการผู้จัดการใหญ่

ความคาดหวังของลูกค้าที่มีต่อโครงการ

ลูกค้า : องค์กร ชุมชน สิ่งแวดล้อม

การปล่อยน้ำทิ้งออกสู่สาธารณะ
SCG ปฏิบัติตามข้อกำหนดของกฎหมาย
อย่างเคร่งครัด
โดยน้ำที่ปล่อยออกไปจะต้องมีคุณภาพดีกว่า
หรืออย่างน้อยเทียบเท่ากับมาตรฐานที่กฎหมายกำหนด

แผนผังองค์กร


Managing Director
Deputy Managing Director
Safety & Environment
Quality Management
Plant Manager
Accounting & Finance Division
Marketing Division
Human Resource & General Administration Division
Production Division
Technical Division
Production Department
Utility Department (UT)
Utility Planning Section
Utility Operation Section
- Utility supply
- Waste treatment operation
Good bye Honey

ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน

รับน้ำเสียจาก
โรงงาน #1/2
9,000 ลบ.ม./วัน

Equalization basin

บ่อบำบัดขั้นต้น

บ่อเติมอากาศ

บ่อตกตะกอน

M

Aeration blower

มาตรฐานน้ำทิ้ง

1.	COD	≤120	mg/l
2.	SS	≤50	mg/l
3.	TDS	≤3000	mg/l
4.	BOD	≤ 20	mg/l

บ่อรับน้ำหลังบำบัด

การนิคม

น้ำตะกอนส่วนเกิน
Excess sludge

เครื่องเหวี่ยงแยกตะกอน

กากตะกอน
(sludge)

เปลี่ยนจากตัวกลางแบบรังผึ้ง
มาเป็นแบบไร้ตัวกลาง
ในปี 2551

กระบวนการย่อยสลายสารเคมี

ที่บ่อบำบัดขั้นต้นและบ่อเติมอากาศ

จุลินทรีย์

\+ สารอินทรีย์ใน น้ำเสีย

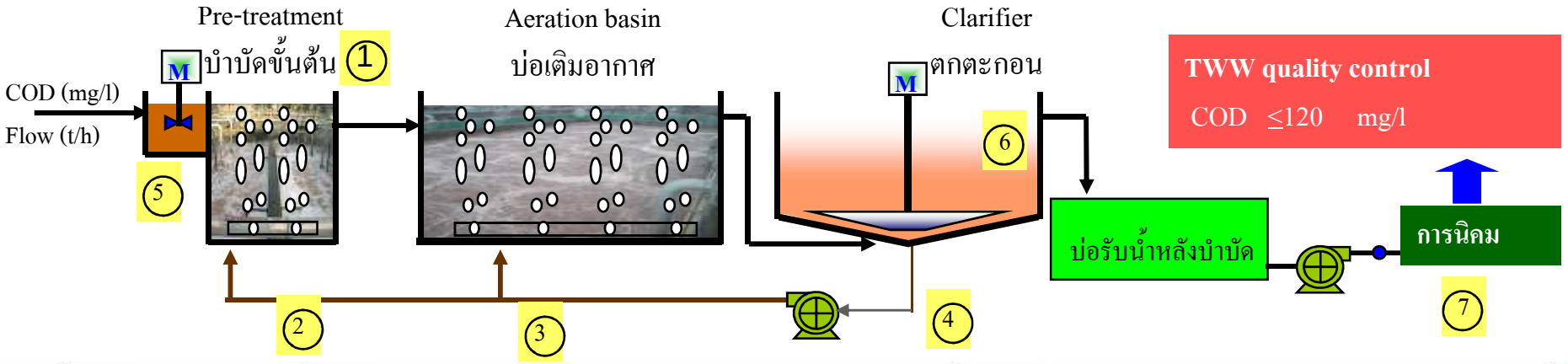
ใช้อากาศ

O_2

$CO_2 + H_2O +$ พลังงาน

\+ จุลินทรีย์เกิดใหม่

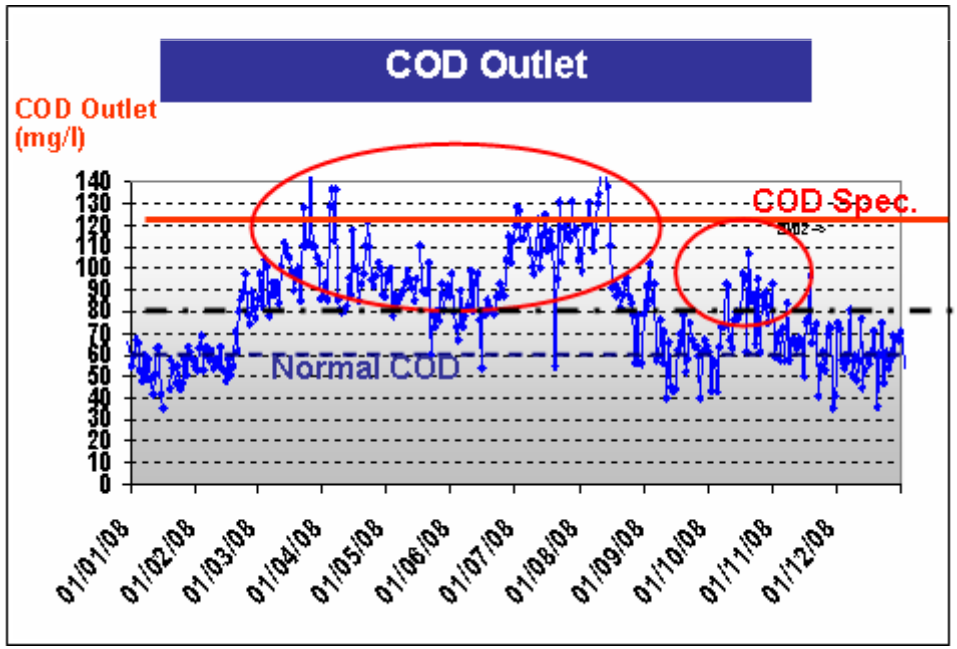
ศัพท์เทคนิค



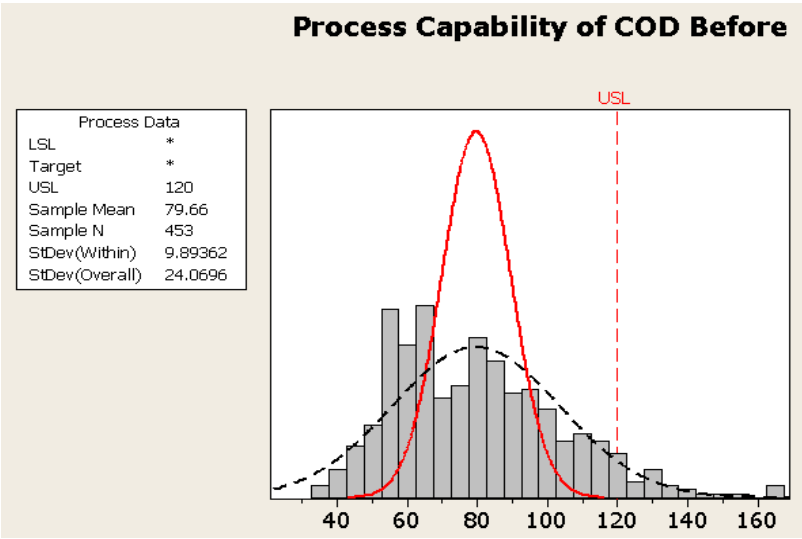
	คำย่อ	คำเต็ม	รายละเอียด
1	-	Pre treatment efficiency	$\frac{\text{COD inlet} - \text{COD outlet}}{\text{COD inlet}} \times 100$
2	SS	Suspended Solid	ปริมาณแบคทีเรียใน pretreatment
3	MLSS	Mother Liquor Suspended Solid	ปริมาณแบคทีเรียใน aeration basin
4	RLSS	Return Liquor Suspended Solid	ปริมาณแบคทีเรียใน Clarifier
5	N ratio	COD:N ratio	สารอาหารเสริมในการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย
6	-	Sludge layer	ความสูงของตะกอนที่ clarifier
7	COD	COD outlet	COD น้ำทิ้งท้ายระบบ

ที่มาโครงการ

- ปี 2551 พบปัญหาเรื้อรังของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน คุณภาพน้ำทิ้งมีค่าเกินมาตรฐานกฎหมายกำหนด
- มีปริมาณสูง 9,000 ลบ.ม ต่อ วัน ~ 23% ของระบบบำบัดฯ การนิคม



ความสามารถของกระบวนการ Cpk 0.56



ผลกระทบ

- ปริมาณมลพิษในน้ำทิ้งออกจากโรงงาน ในรูป COD mass เพิ่มขึ้น 5%
- ค่าใช้จ่ายในการส่งน้ำไปบำบัดซ้ำที่ระบบบำบัดฯการนิคม เพิ่มขึ้น 4%
- ต้องปรับกำลังการผลิตของโรงงานลดลง
- กระทบต่อภาพลักษณ์องค์กรในด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม

ความมุ่งหวังขององค์กรต่อโครงการ

วัตถุประสงค์โครงการ :

เพื่อปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและเสถียรภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

เป้าหมายโครงการ :

ลดปริมาณน้ำทิ้งที่มีคุณภาพเกินมาตรฐาน (COD >120 มก./ล.) จากกรณีที่ประสิทธิภาพของหน่วยบำบัดขั้นต้นต่ำให้เป็นศูนย์ (Zero COD off spec)

แผนการดำเนินงานของโครงการ

แผนงาน	2552						2553		
	ม.ค.-ก.พ.	มี.ค.-เม.ย.	พ.ค.-มิ.ย.	ก.ค.-ส.ค.	ก.ย.-ต.ค.	พ.ย.-ธ.ค.	ม.ค.-ก.พ.	มี.ค.-เม.ย.	พ.ค.-มิ.ย.
การคัดเลือกหัวข้อปัญหา									
สำรวจสภาพปัจจุบันและเก็บรวบรวมสภาวะการผลิต									
วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาและทำการวิเคราะห์									
กำหนดมาตรการป้องกันความเสี่ยงจากปัญหาตะกอนล้น									
ดำเนินการแก้ไขและปรับสภาวะการผลิตให้เหมาะสม									
ตรวจสอบผลหลังการปรับปรุง									
กำหนดเป็นมาตรฐานการทำงาน									
สรุปผลการดำเนินโครงการ									

กระบวนการและวิธีปฏิบัติในอดีต

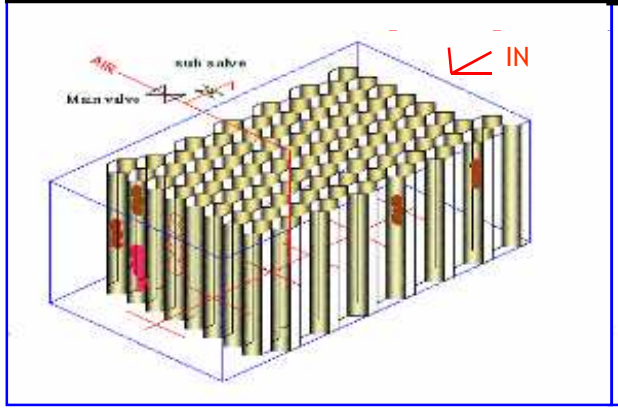
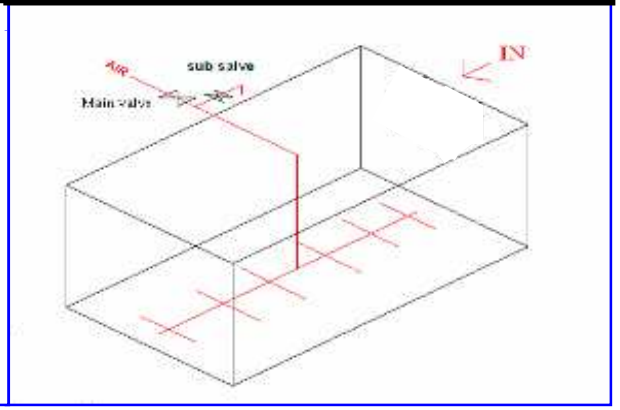
2549 ตัวกลางแบบรังผึ้งเริ่มเสียหายจากการอุดตัน

2550 - Q1 เริ่มศึกษาที่จะหาเทคโนโลยีที่จะนำมาทดแทนตัวกลางแบบรังผึ้ง

- Q4 น้ำทิ้งมีค่าเกินมาตรฐานจากการอุดตันของตัวกลางแบบรังผึ้ง

2551 เริ่มใช้หน่วยบำบัดขั้นต้นแบบไร้ตัวกลาง

กระบวนการและวิธีปฏิบัติในอดีต

ตัวกลางแบบรังผึ้ง	หน่วยบำบัดแบบไร้ตัวกลาง
	

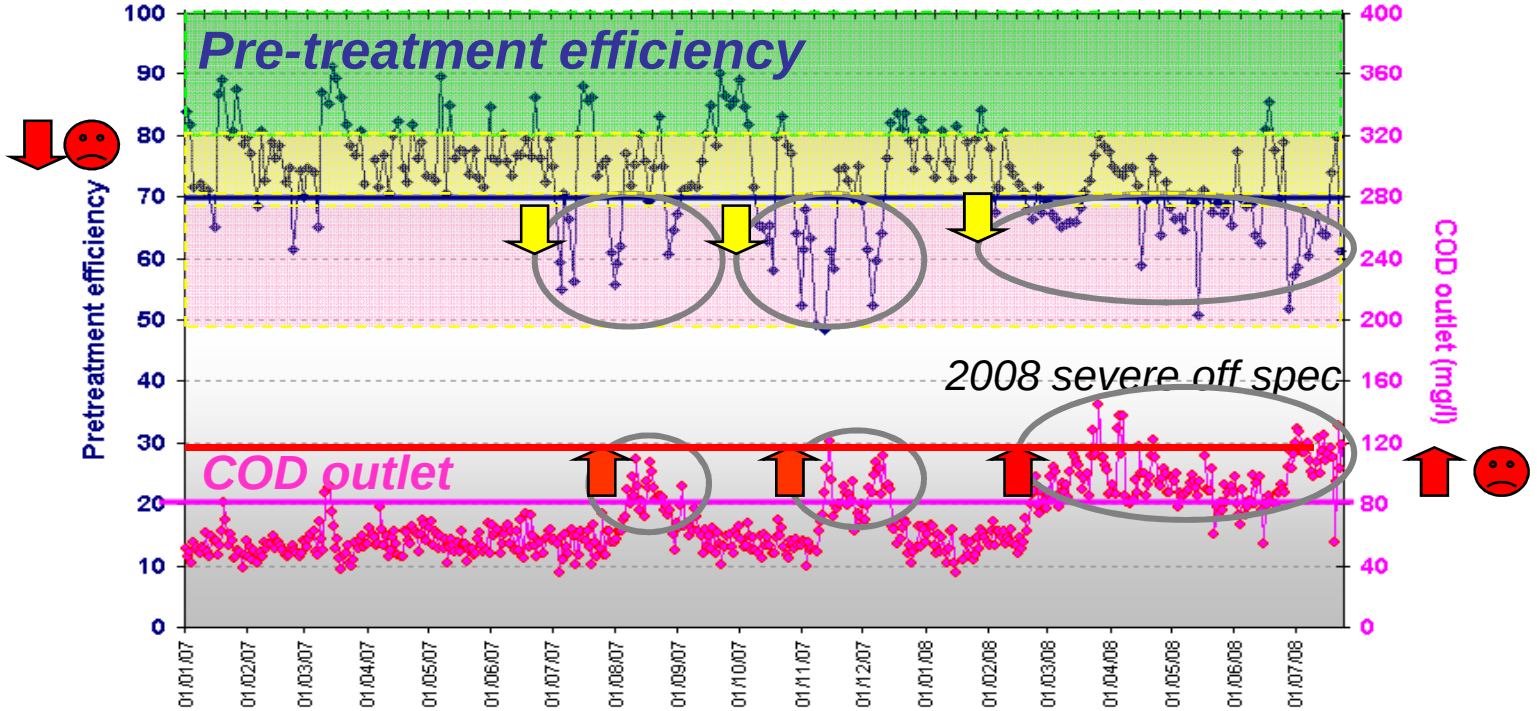
- ค่าเปลี่ยนตัวกลาง ~ 50 ล้าน
- อายุการใช้งาน ~ 5 ปี

- ทดสอบด้วยการทดลองในบ่อต้นแบบ 6 จาก 12 บ่อ
- อายุการใช้งานยาวนาน
- ประหยัดพลังงานในการจ่ายอากาศลง ~ 20%

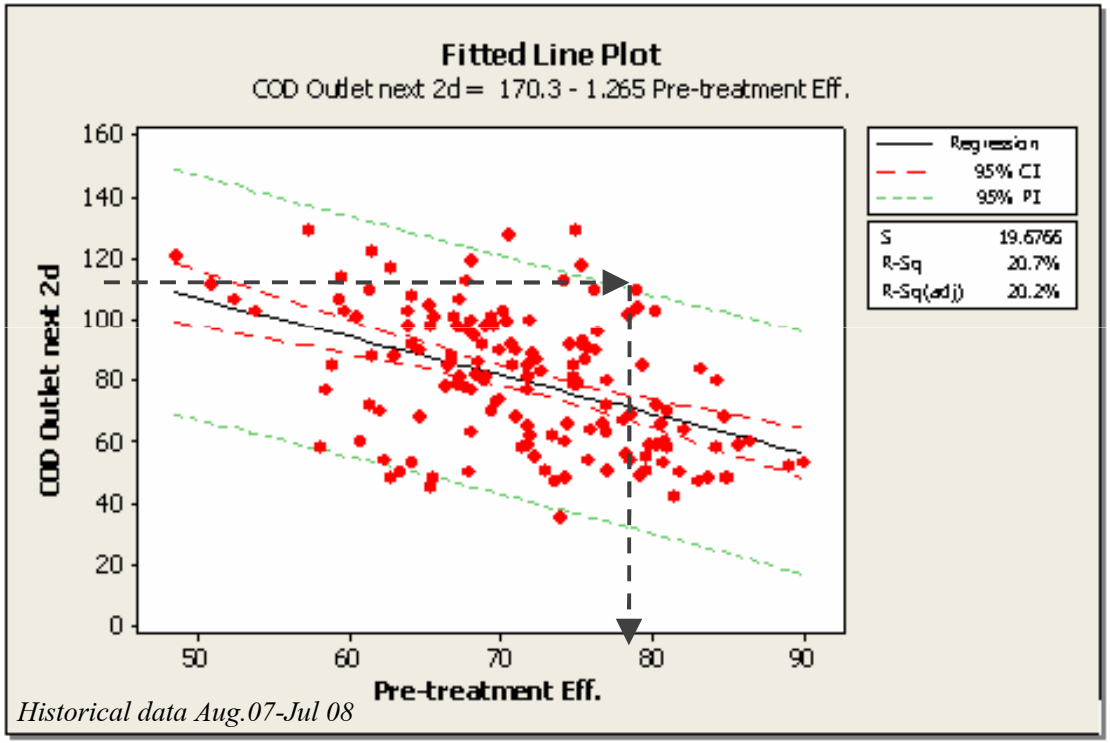
กระบวนการและวิธีปฏิบัติที่ได้ปรับปรุงใหม่

ตรวจสอบข้อมูลที่ผ่านมาของประสิทธิภาพหน่วยบำบัดขั้นต้นกับค่าคุณภาพน้ำทิ้ง (COD) พบว่ามีแนวโน้มที่สอดคล้องกัน

- **Eff. < 80% จะทำให้ค่า COD สูงขึ้น**
- **Eff . < 70% จะทำให้ค่า COD Off spec**

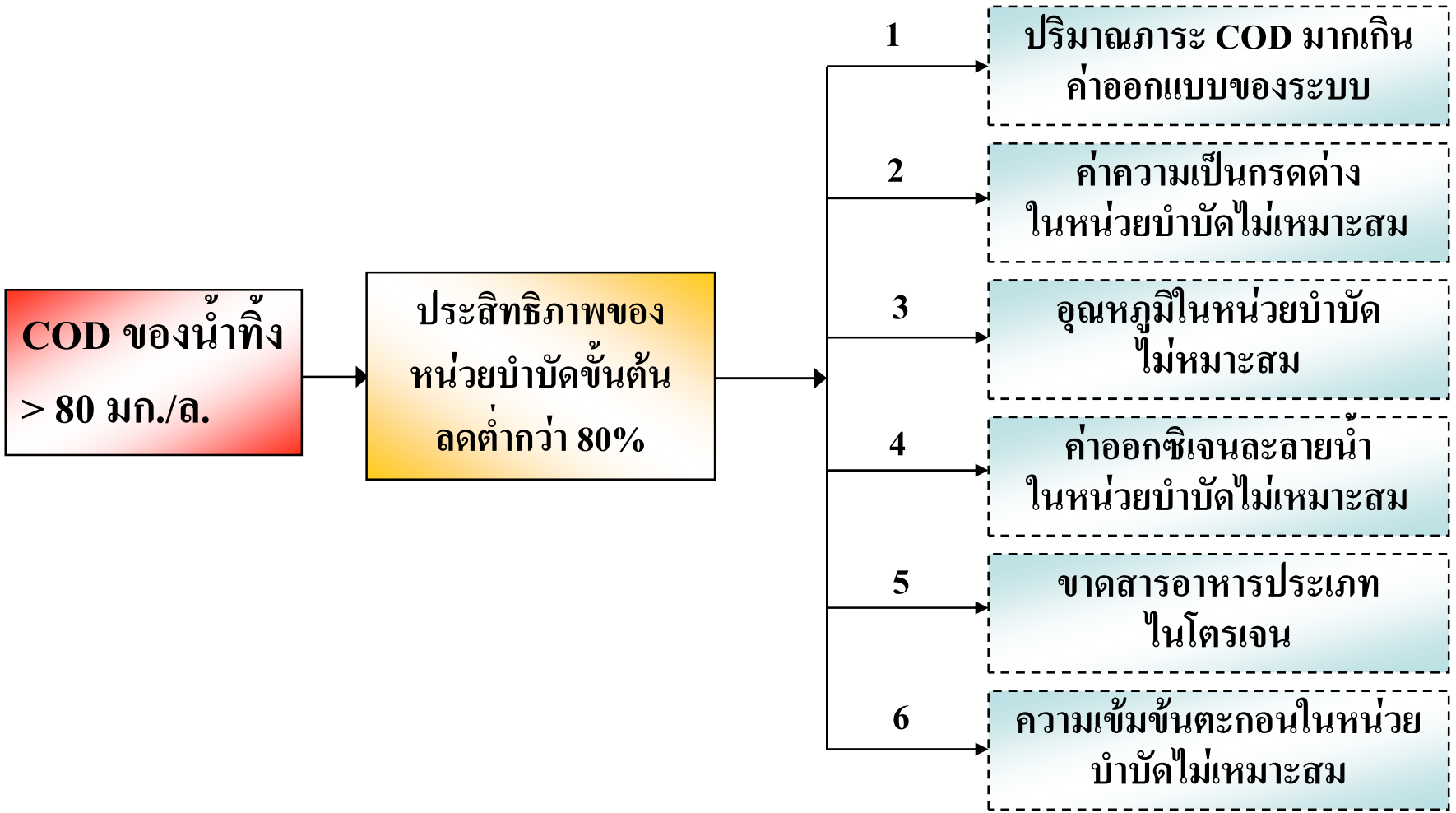


วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของหน่วยบำบัดขั้นต้น และคุณภาพน้ำทิ้ง (COD) พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงผกผัน

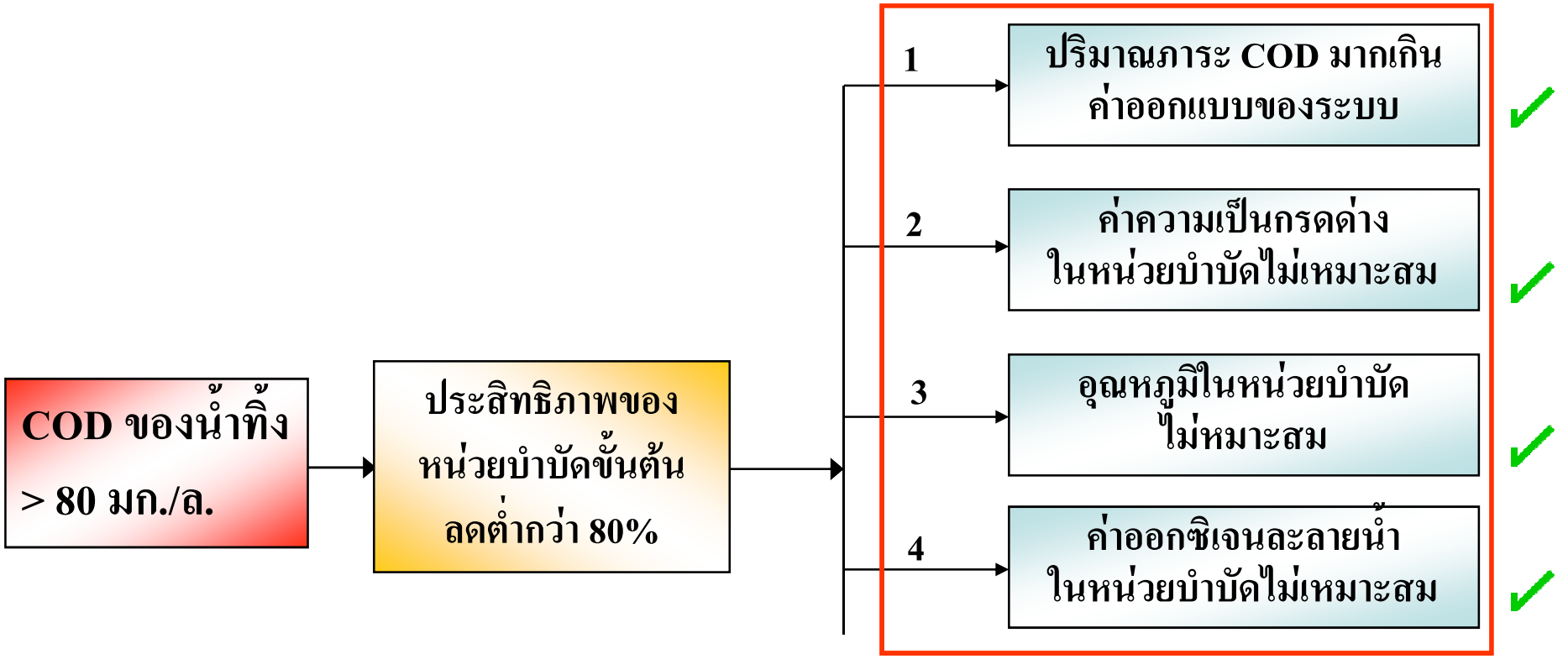


คุณภาพน้ำทิ้งมีแนวโน้มที่จะเกินมาตรฐาน (COD > 120 มก./ล.) เมื่อประสิทธิภาพของหน่วยบำบัดขั้นต้นต่ำกว่า 80%

การวิเคราะห์ปัจจัยสาเหตุของปัญหา



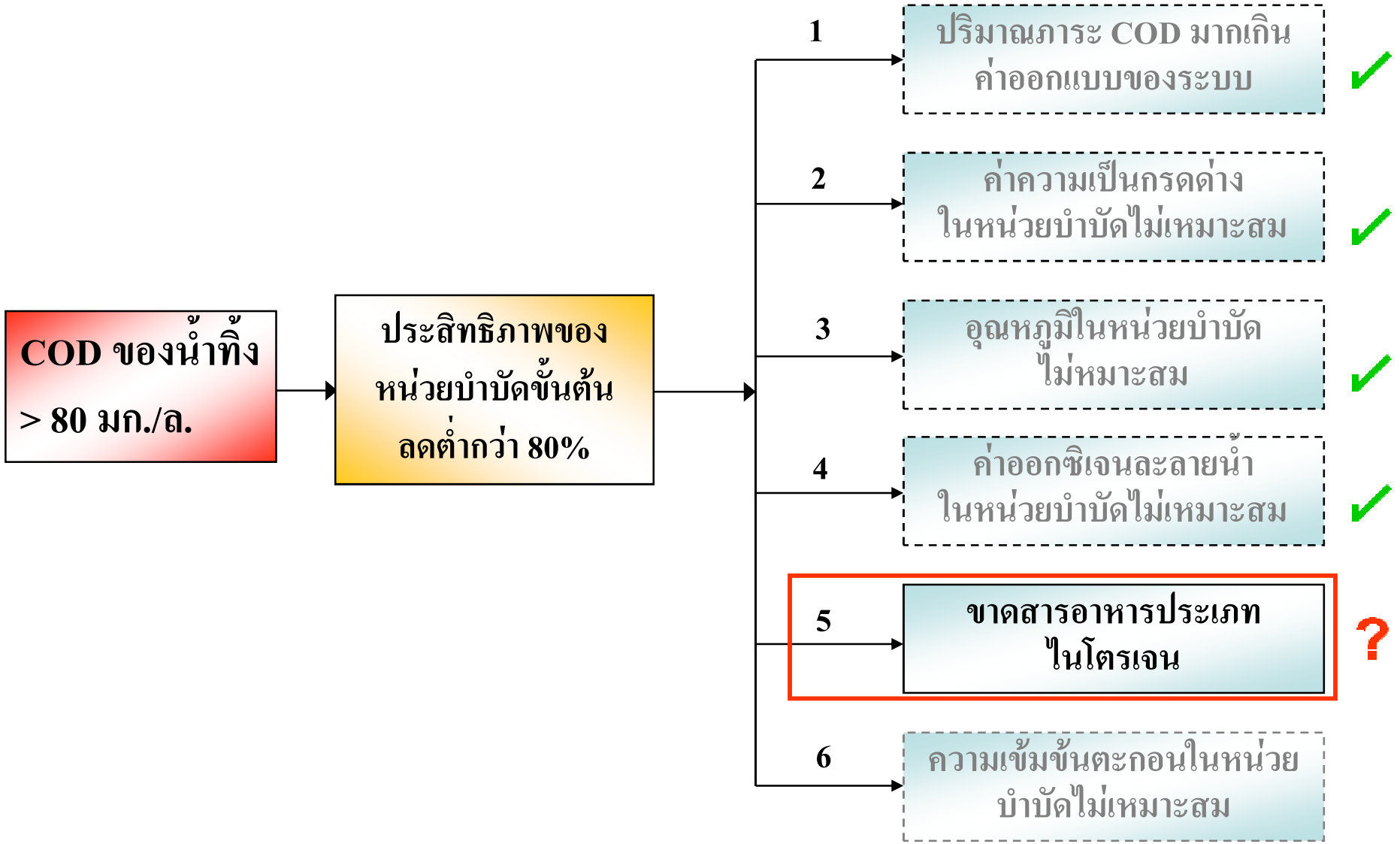
Problem Phenomena Lost of Principle



ปัจจัยที่ 1 พิสูจน์โดยเปรียบเทียบกับค่าที่ใช้ในการออกแบบของระบบอ้างอิงตามทฤษฎีการบำบัดน้ำเสีย พบว่าปริมาณภาระCOD ถูกควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์ปกติของระบบ

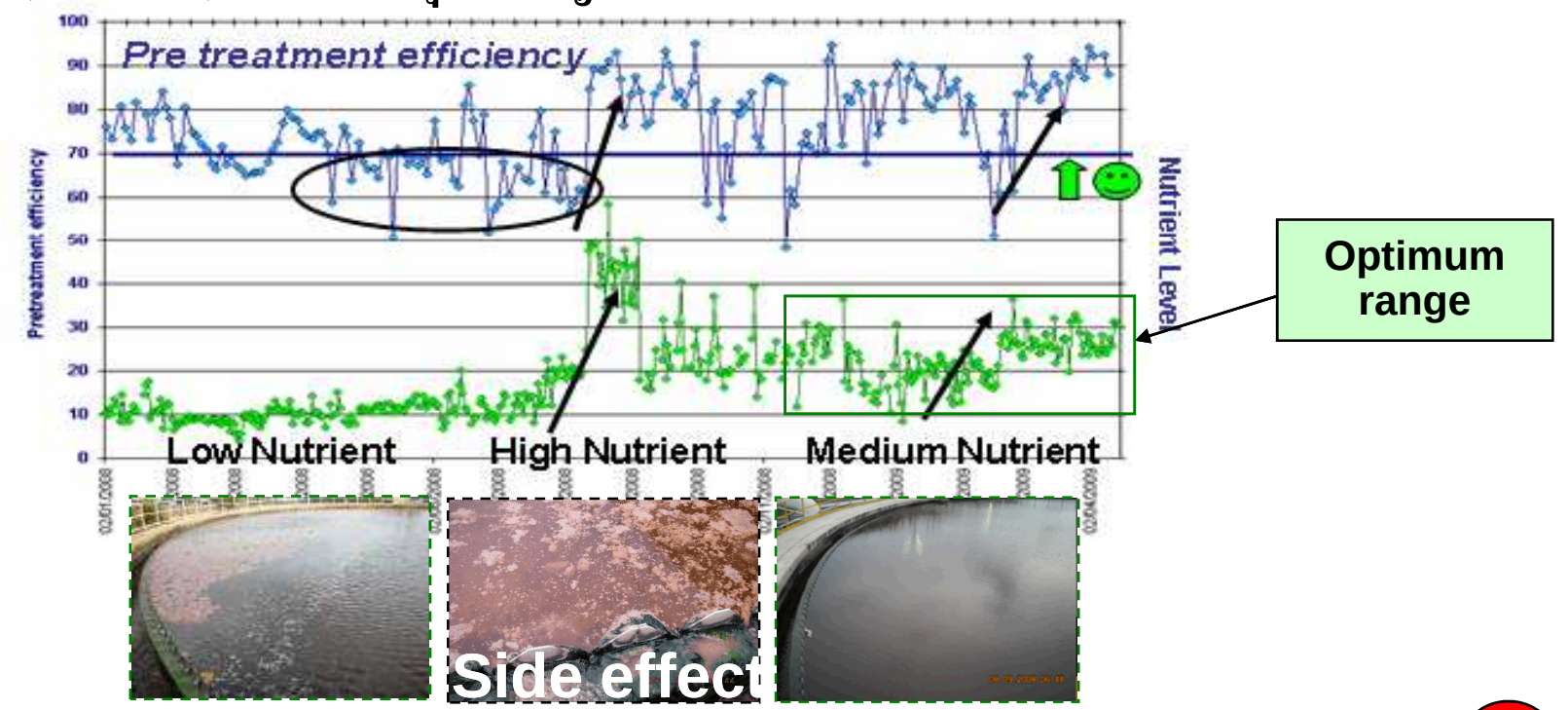
ปัจจัยที่ 2-4 ตรวจสอบหน้างานและข้อมูลย้อนหลังพบว่าค่าความเป็นกรดด่าง, อุณหภูมิและค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในสภาวะที่ปกติในช่วงเหมาะสม

Problem Phenomena Lost of Principle



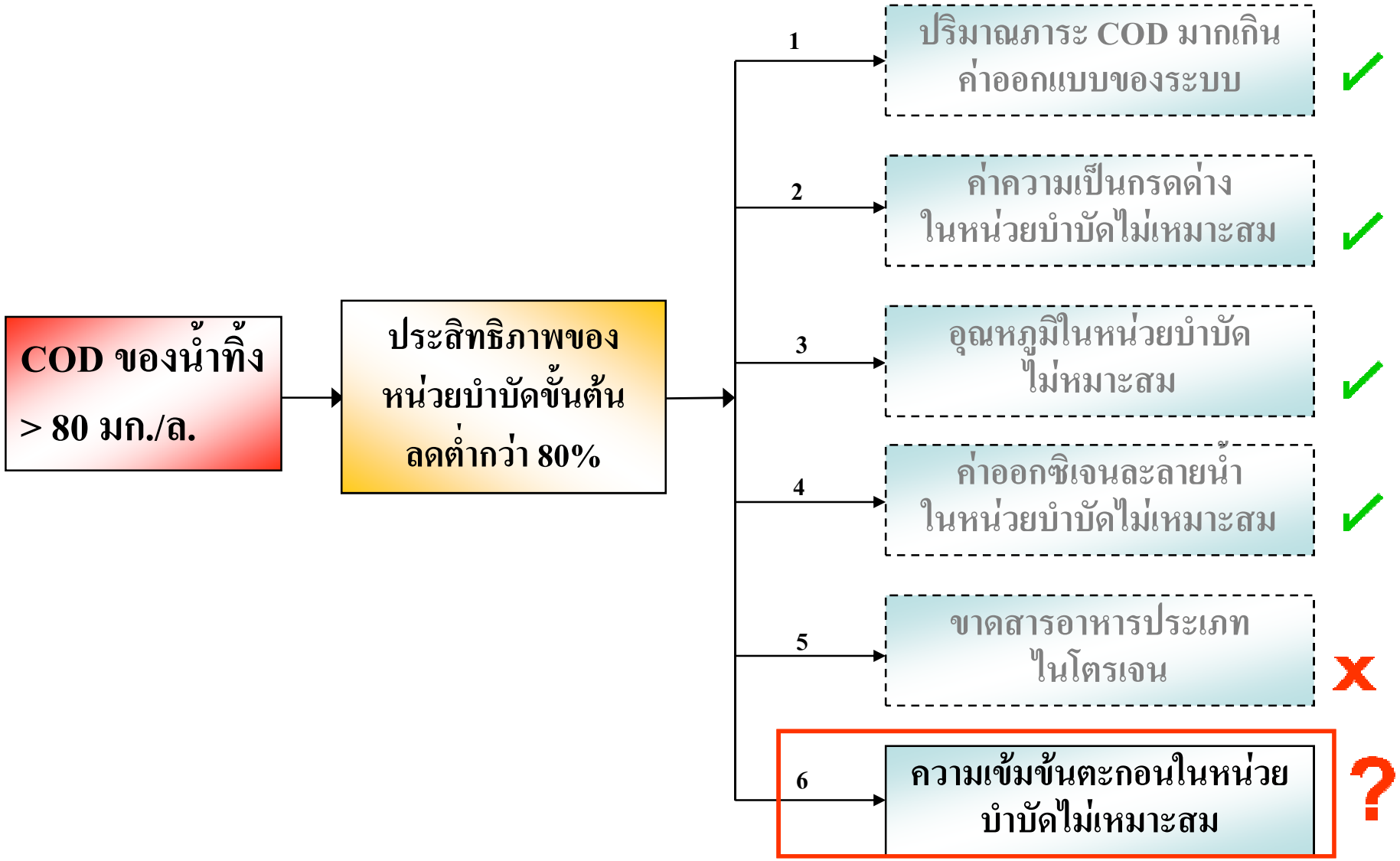
ปัจจัยที่ 5 : การขาดสารอาหารประเภทไนโตรเจน (Nutrient)

จากการทดลองในชุดทดลองและระบบจริง การเพิ่มสารอาหารประเภทไนโตรเจนในรูปของ COD:N Ratio ทำให้ประสิทธิภาพของหน่วยบำบัดขั้นต้นเพิ่มขึ้น **แสดงว่าการขาดสารอาหาร (Nutrient) เป็นสาเหตุของปัญหา**

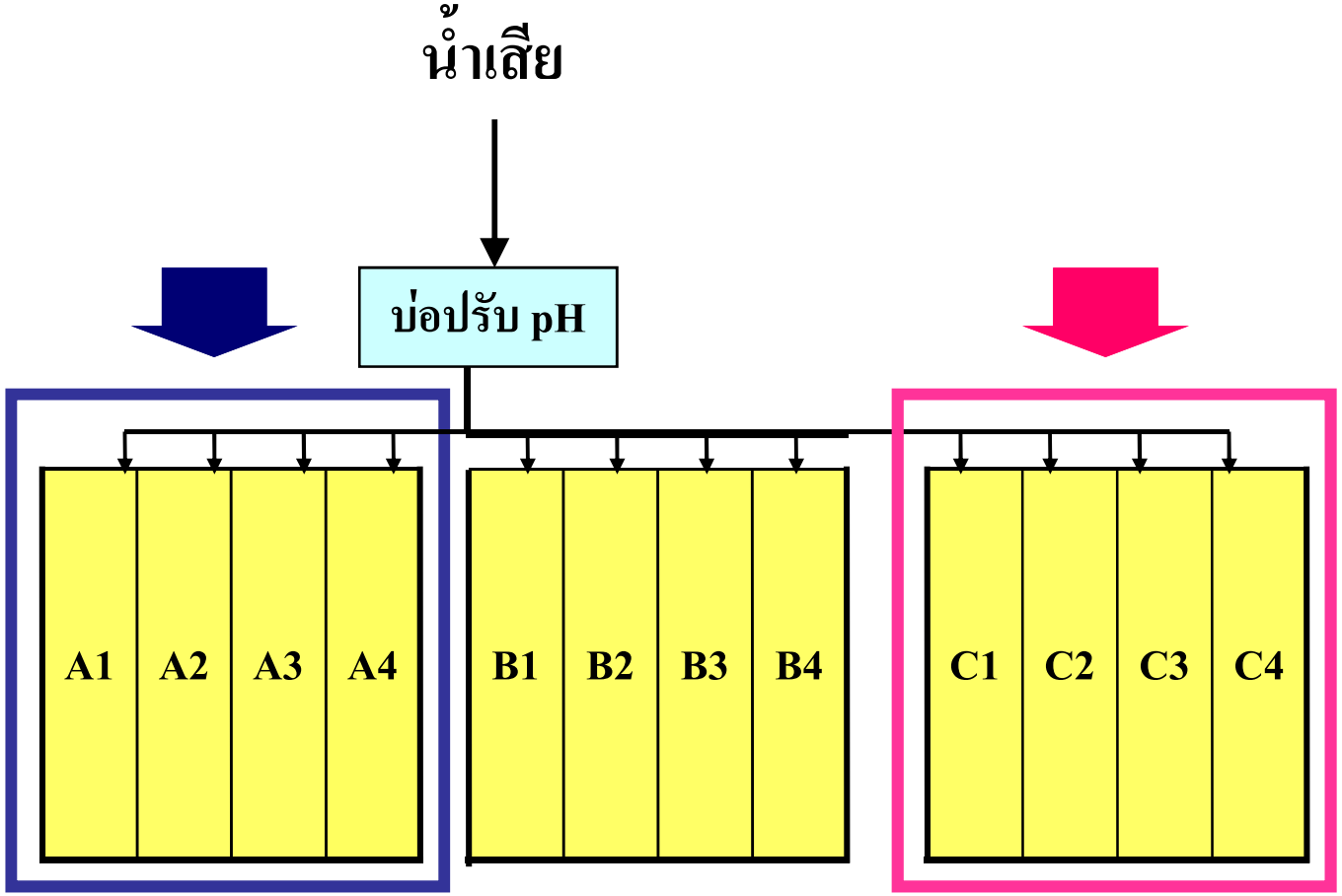


แต่ทั้งนี้ระดับสารอาหาร (Nutrient) ต้องอยู่ระดับปานกลาง หากสูงเกินไปจะเกิดผลข้างเคียงของปฏิกิริยา De-nitrification ทำให้เกิดปัญหาตะกอนลอยที่บ่อตกตะกอนได้

Problem Phenomena Lost of Principle



หน่วยบำบัดขั้นต้นแบบไร้ตัวกลางของระบบบำบัดน้ำเสีย

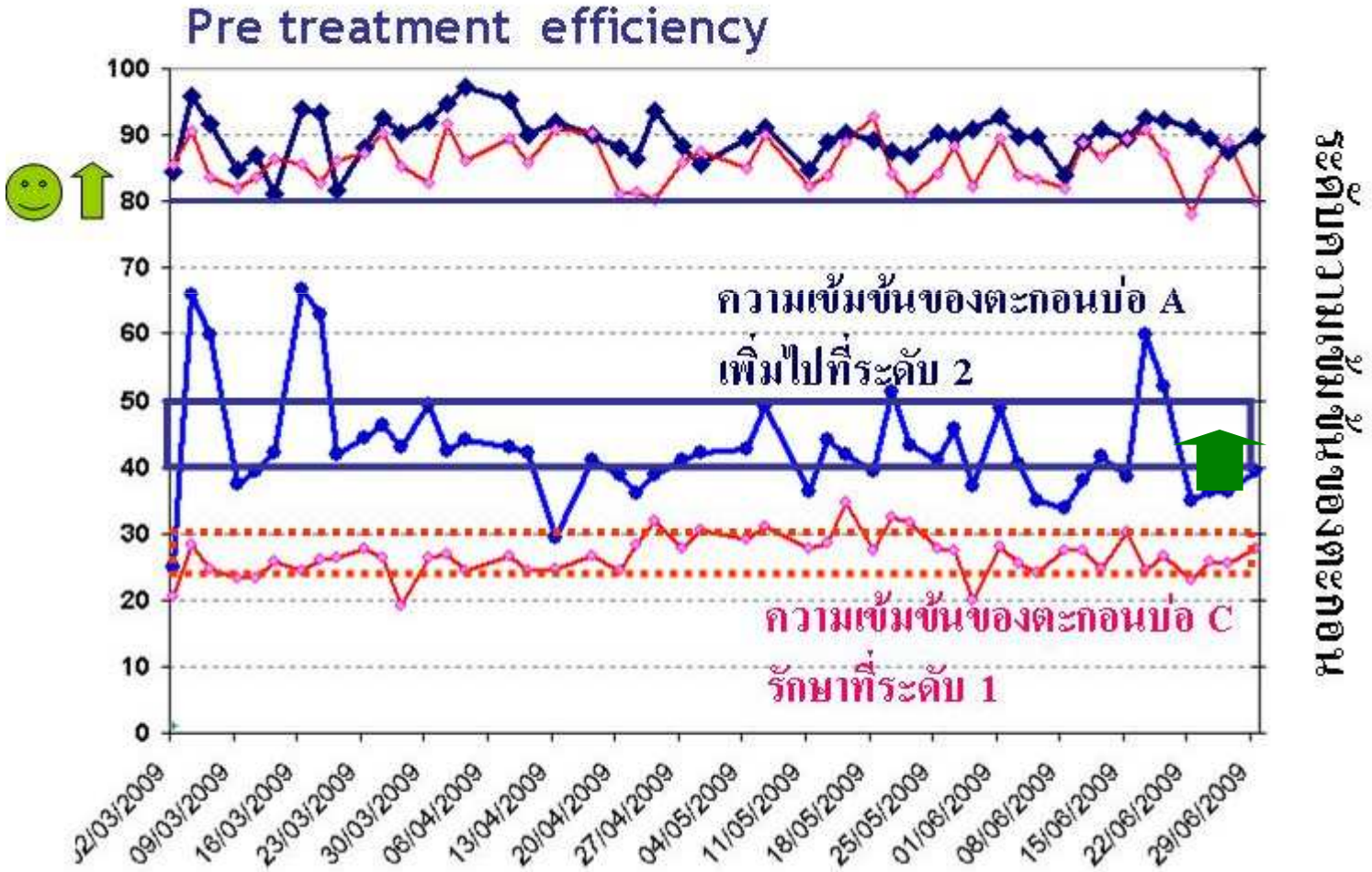


บ่อ A : ทดลองเพิ่มความเข้มข้นตะกอนไปที่ระดับ 2

บ่อ C : รักษาระดับความเข้มข้นตะกอนที่ระดับ 1

ปัจจัยที่ 6 : ความเข้มข้นของตะกอนแบคทีเรีย (SS Conc.) ไม่เหมาะสม

ผลทดลองเพิ่มความเข้มข้นตะกอนที่หน่วยบำบัดขั้นต้น มี.ค – มิ.ย 52

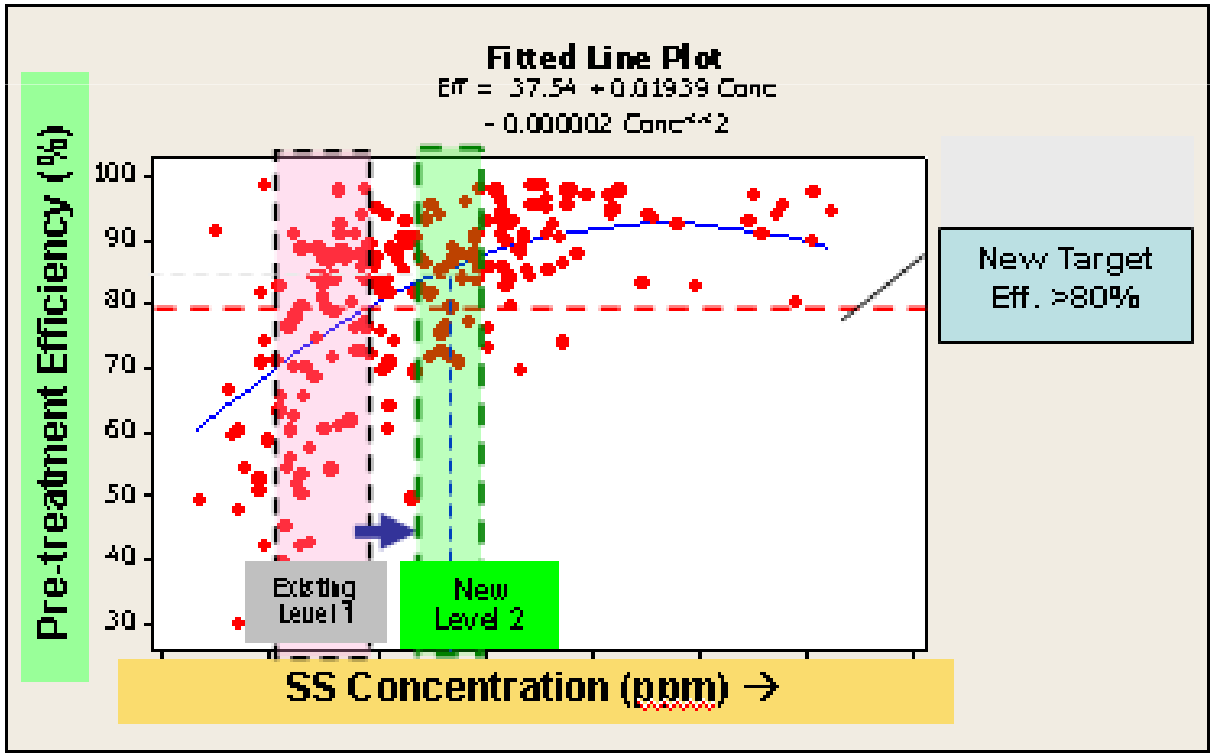


ปัจจัยที่ 6 : ความเข้มข้นของตะกอนแบคทีเรีย (SS Conc.) ไม่เหมาะสม

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกอนแบคทีเรียในหน่วยบำบัดขั้นต้นกับประสิทธิภาพการบำบัด(Correlation) ด้วยเทคนิค Regression พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกในเทอมสมการกำลังสอง

Model Equation of Pre-treatment Efficiency.

Pre-treatment Eff. = 37.54 + 0.01939 SS Conc. – 0.000002 SS Conc.^{2}

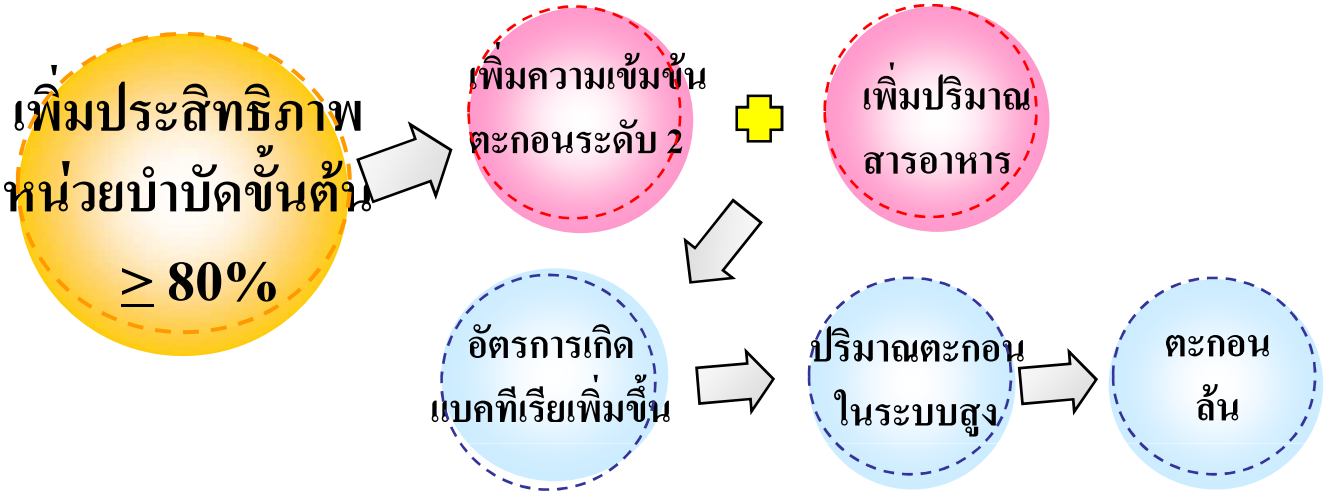


ความเข้มข้นของตะกอนแบคทีเรียเป็นปัจจัยที่เป็นสาเหตุ

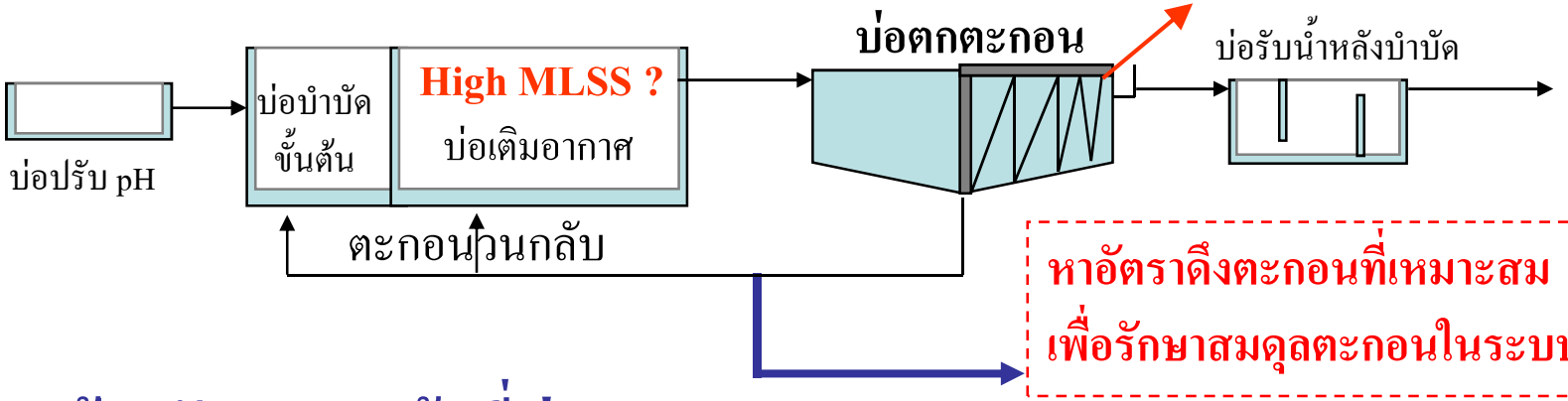
สรุปสาเหตุและกำหนดมาตรการแก้ไข

สาเหตุ	มาตรการการแก้ไข	ระดับควบคุม
1. ปริมาณสารอาหาร (Nutrient) ในระบบต่ำกว่าระดับสภาวะที่เหมาะสม	1. เพิ่มปริมาณสารอาหาร (Nutrient) ในระบบให้อยู่ในช่วงสภาวะที่เหมาะสม	เพิ่มจากระดับต่ำเป็นปานกลาง
2. ความเข้มข้นของตะกอนแบคทีเรียในหน่วยบำบัดขั้นต้น (SS. Conc.) ต่ำกว่าระดับสภาวะที่เหมาะสม	2. เพิ่มความเข้มข้นของตะกอนแบคทีเรียในหน่วยบำบัดขั้นต้น (SS. Conc.) ให้อยู่ในช่วงสภาวะที่เหมาะสม	เพิ่มจากระดับ 1 เป็นระดับ 2

การวิเคราะห์ความเสี่ยงและกำหนดมาตรการป้องกัน



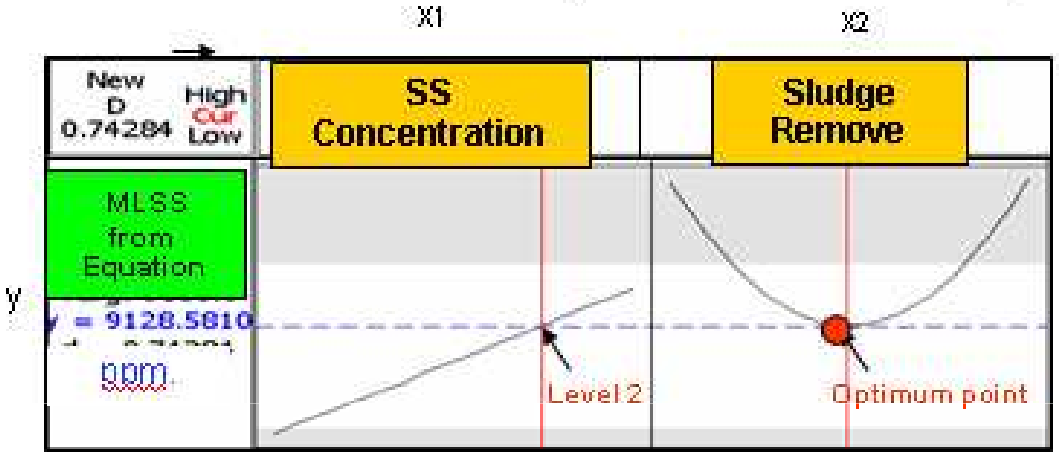
สภาพตะกอนล้นที่บ่อตกตะกอน

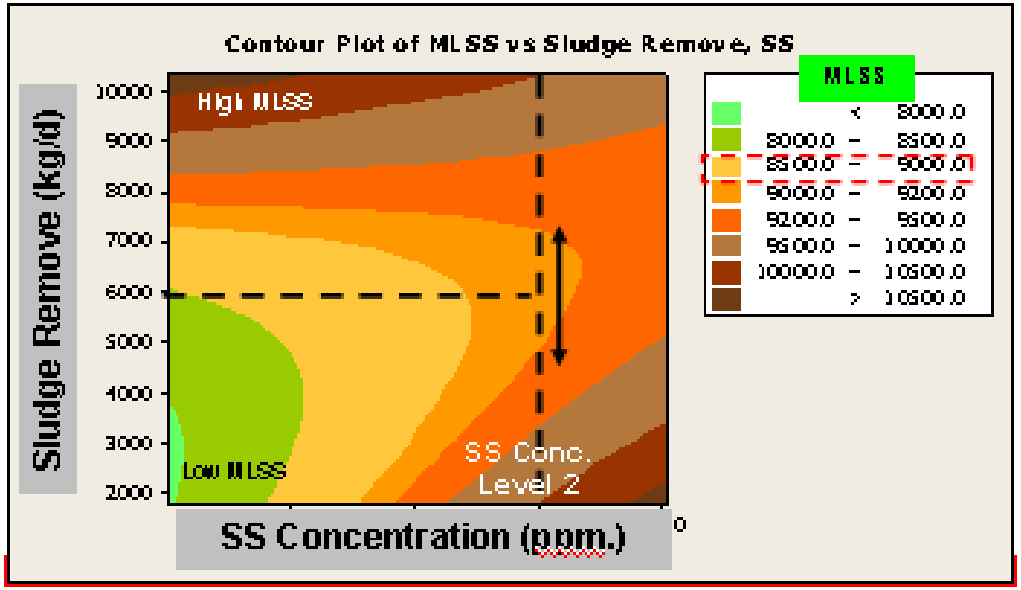


มาตรการป้องกันตะกอนล้นที่บ่อตกตะกอน

ทำการศึกษาหาอัตราการดึงตะกอนออกจากระบบที่เหมาะสม

ใช้เทคนิคทางสถิติ Multiple Regression วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมด เพื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นที่มีผลต่อปริมาณตะกอนในระบบ (MLSS)





Model Equation .

MLSS = 3820.21 + 1.76 SS Conc. + 0.31 Sludge Remove + $4.74x10^{-5}$ Sludge Remove ^{2} – $2.20 x10^{-4}$ SS Conc. x Sludge Remove

S = 624.584

R^2 = 31.42%

สามารถทำนายค่าปริมาณตะกอนในระบบ (MLSS) ที่สภาวะตัวแปรต้นต่าง ๆได้ ทำให้สามารถหาจุดควบคมที่สภาวะสมดุลของระบบได้

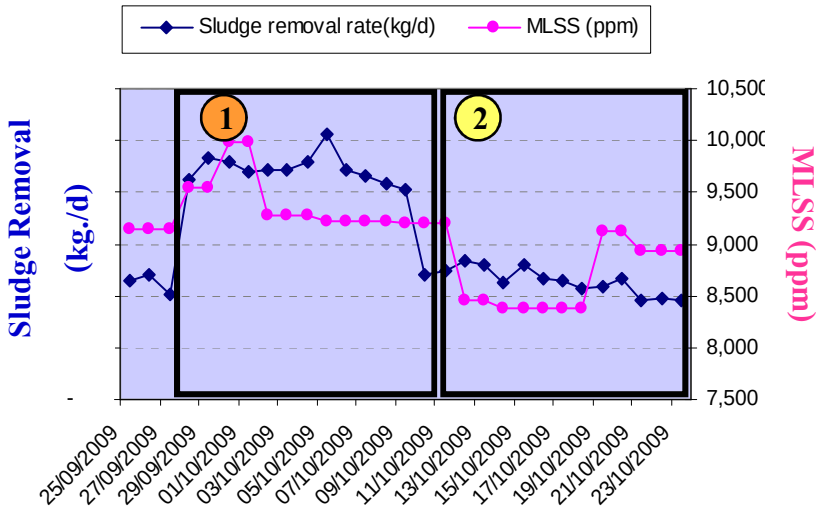
*Confirm with theory found relate with kinetic theory of Activated Sludge system

ทดลองใช้จุดควบคุมที่เหมาะสมจากสมการเชิงสถิติที่ระบบจริง

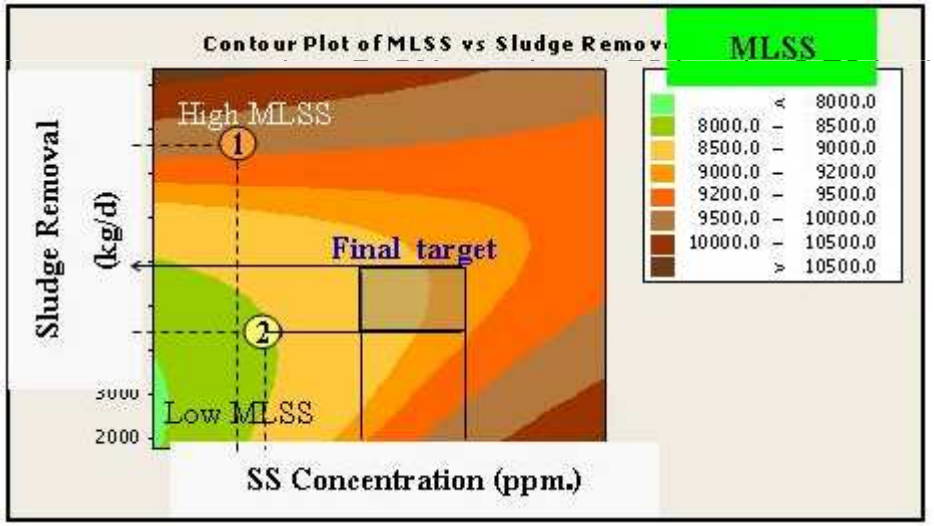
ทดลองปรับอัตราการดึงตะกอน 2 อัตรา

1. → 9,000 kg/d
2. → 4,500 kg/d

ช่วงเวลา : 28 กันยายน – 23 ตุลา 2552

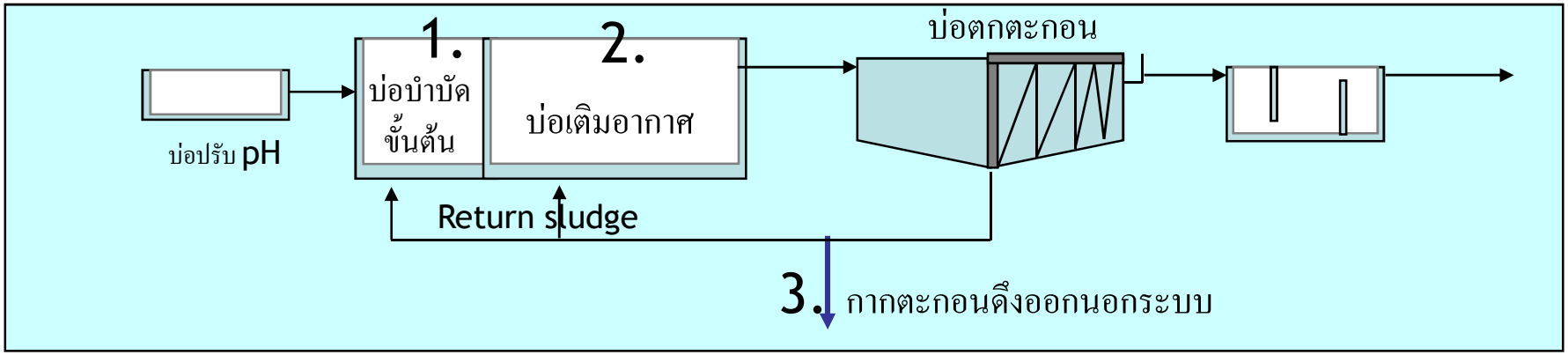


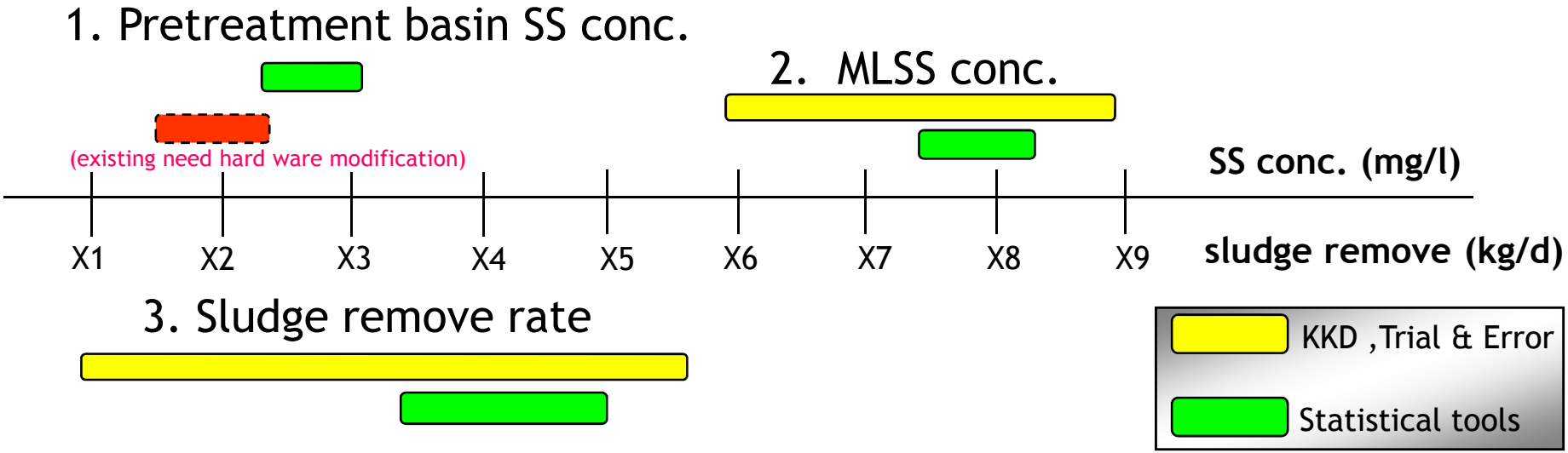
Date	Fixed: Pre-tretment SS conc.	Vary: sludge removal rate	Result: MLSS conc.
	ppm	kg/d	ppm
1			
2 /09 - 09/10/09	ระดับ 2	8,915	9,413



ผลที่เกิดขึ้นในระบบจริงสอดคล้องกับสมการเชิงสถิติ

จุดควบคุมกระบวนการที่เหมะสมจากการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือทางสถิติขั้นสูง

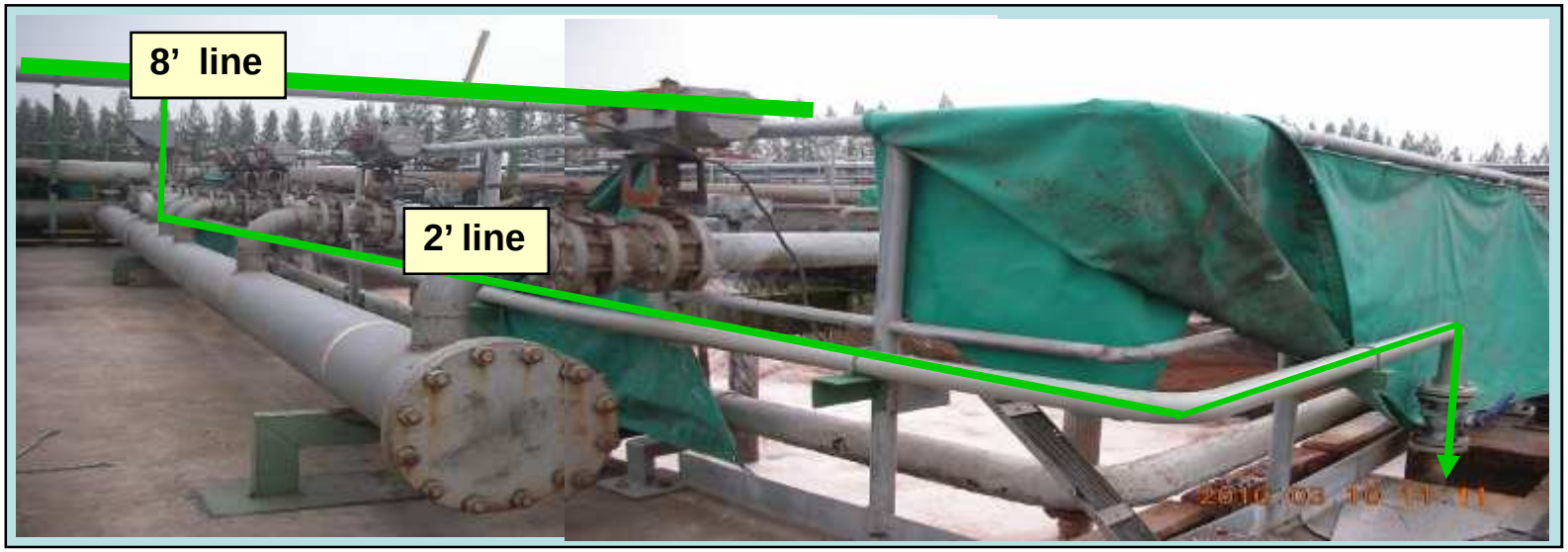




Implementation

1. เพิ่มปริมาณสารอาหาร (Nutrient) - มีนาคม 52
2. เพิ่มความเข้มข้นของตะกอนแบคทีเรียในหน่วยบำบัดขั้นต้น (SS. Conc.)
   - Temporary line - มีนาคม 52
   - Permanent line - มีนาคม 53

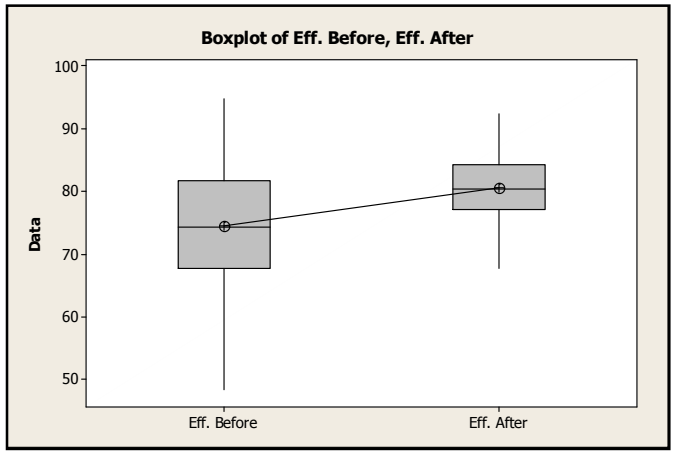
Modification Permanent Line **main line 8” and separate one line (2”) each basin**

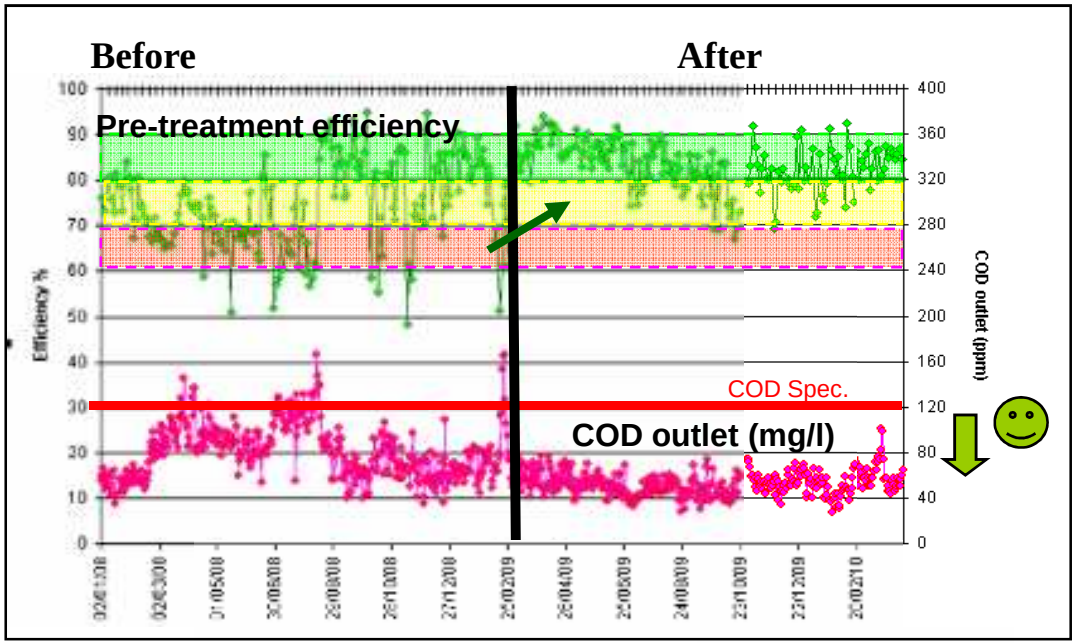


การวัดและวิเคราะห์คุณภาพของผลการทำงานและประโยชน์ที่ได้รับ

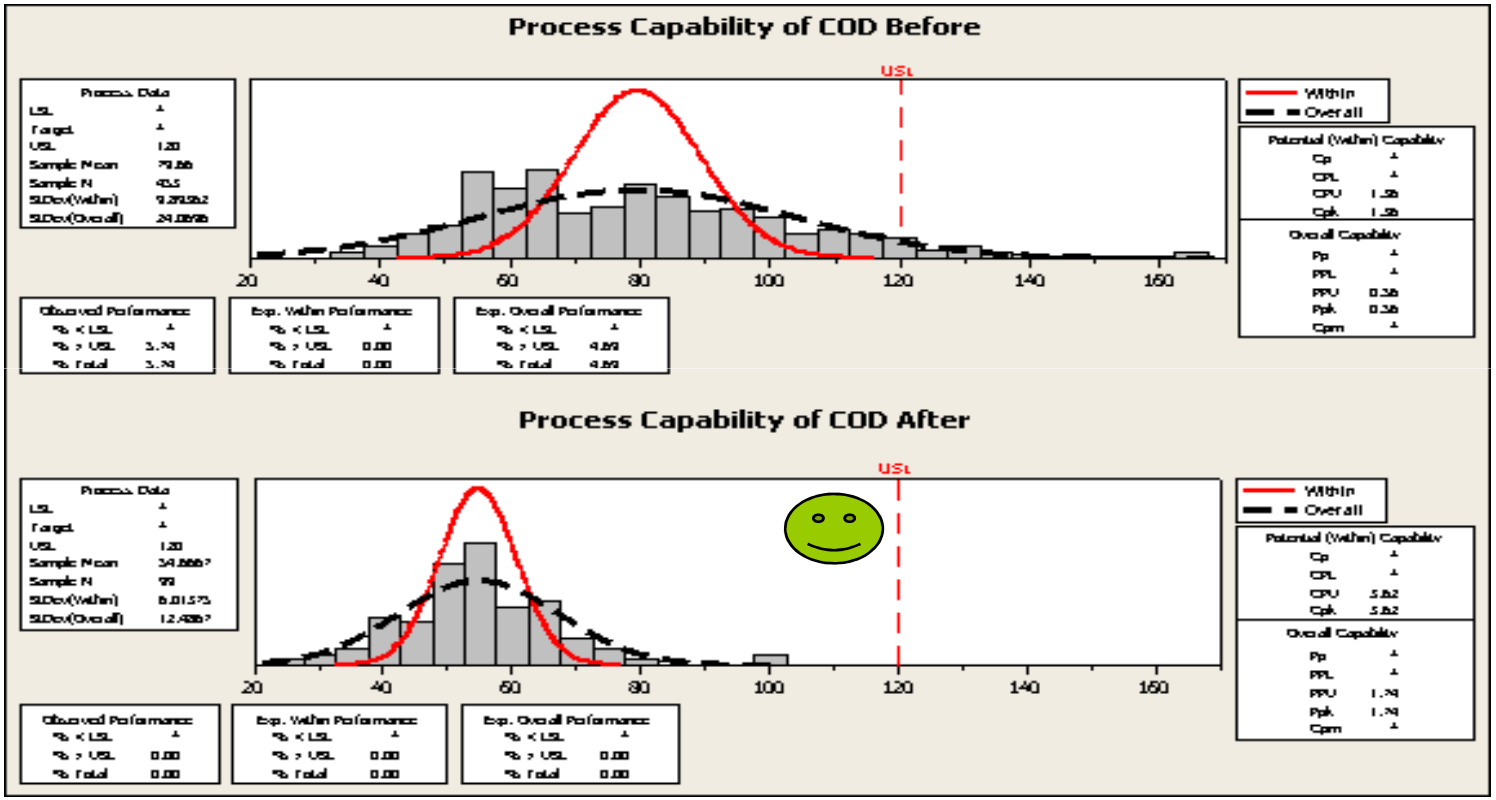
1. ผลการปรับปรุงสามารถบรรลุเป้าหมายโครงการ

ประสิทธิภาพของหน่วยบำบัดขั้นต้นเพิ่มขึ้นเป็นมากกว่า 80% และความผันแปรต่ำ เป็นผลให้คุณภาพน้ำทิ้งออกนอกโรงงานดีขึ้น ค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 80 มก.ล ดีกว่าที่กฎหมายกำหนดและไม่พบปัญหาตะกอนล้นออกนอกระบบ





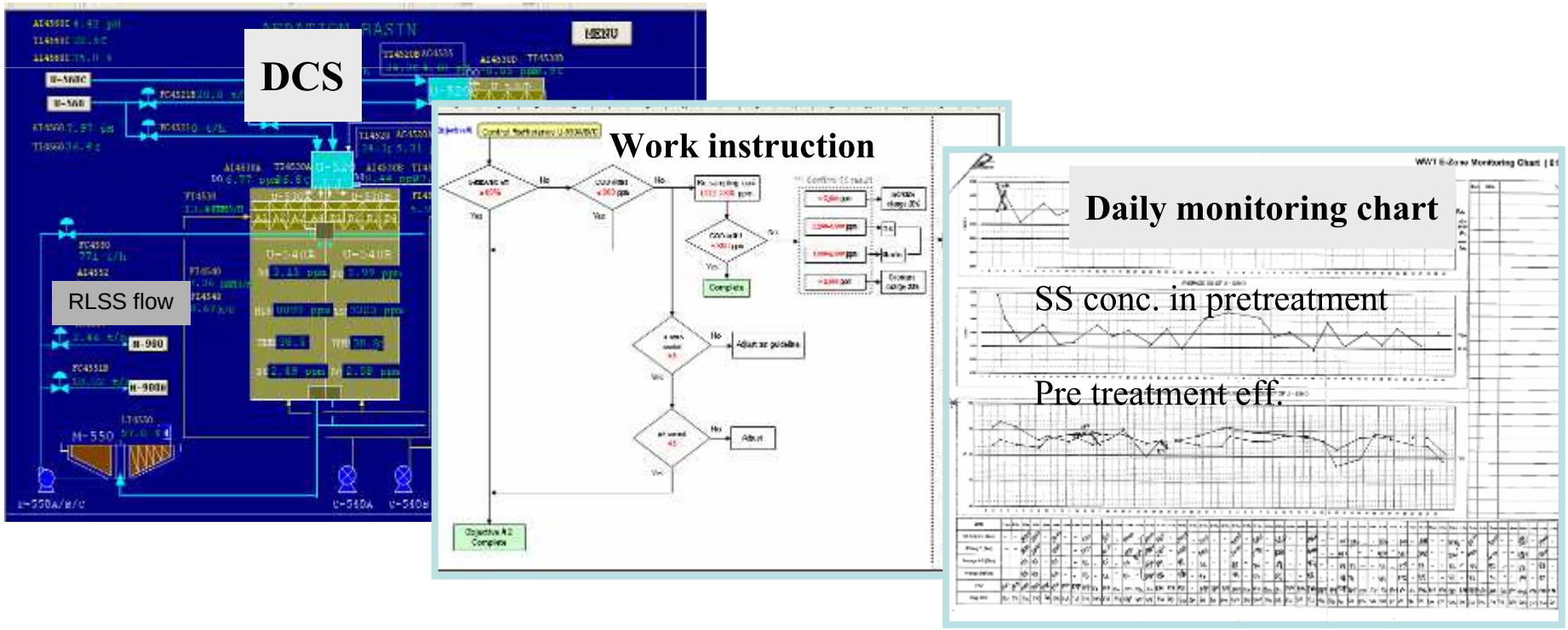
2. ยกระดับความสามารถของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย (Cpk) ให้ดีขึ้นได้อย่างชัดเจน จาก 0.56 เป็น 1.74



3. ลดมลพิษทางน้ำที่ปล่อยออกนอกโรงงาน สร้างสิ่งแวดล้อมที่ดีและเป็นมิตรต่อชุมชนซึ่งเป็นการพัฒนาองค์กรอย่างยั่งยืนตามนโยบายของ SCG

การกำหนดมาตรฐานการทำงาน (Standardization)

- กำหนดให้เป็นค่าควบคุมในระบบควบคุมอัตโนมัติ (DCS)
- เอกสารวิธีการปฏิบัติงานการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย (WI)
- แบบฟอร์มตรวจสอบหน้างาน (Run chart, Check sheet)

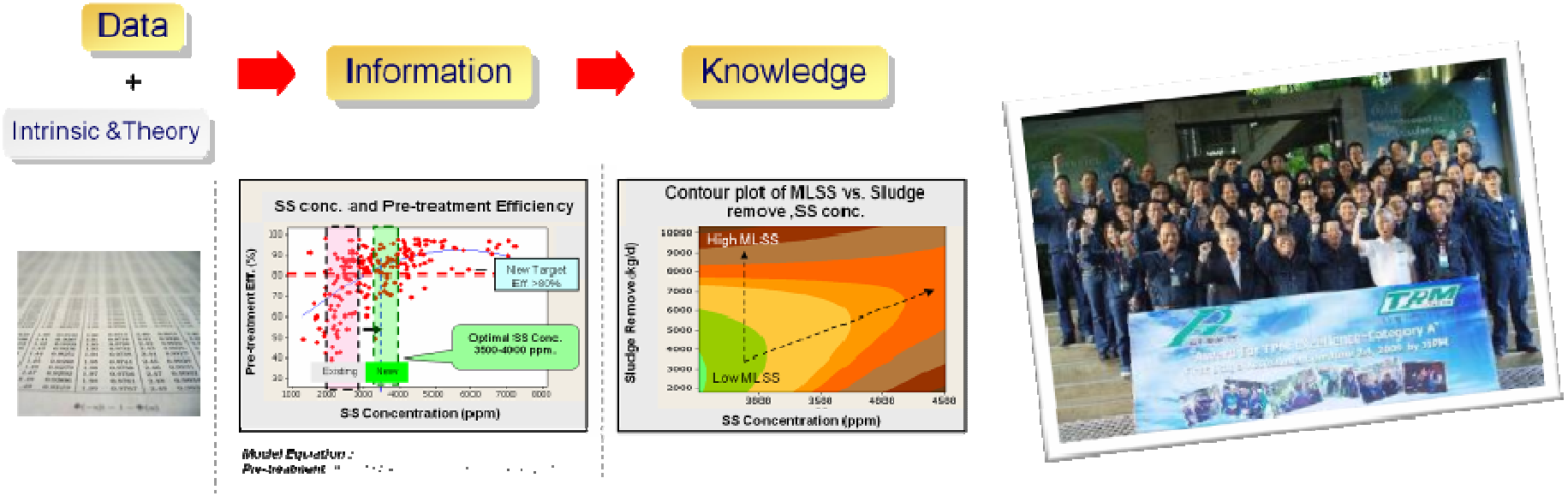


ความท้าทายต่อไป

- ขยายผลการศึกษาเรื่องจุดควบคุมกระบวนการที่เหมาะสม ไปยังระบบบำบัดน้ำเสียในกลุ่มบริษัท SCG Chemicals
- จัดตั้งโครงการลดมลพิษในน้ำทิ้งชนิดอื่นๆ เช่น สารแขวนลอย

ความท้าทายต่อไป

- ผลักดันการใช้เทคนิคทางสถิติในทุกระดับให้แพร่หลายมากขึ้น เพื่อยกระดับความสามารถของพนักงานเพื่อมุ่งสู่การเป็นบริษัทที่เป็น Operational Excellence และบรรลุเป้าหมาย Zero loss ตามแนวทางของระบบ TPM



ปัญหาและอุปสรรค

- การเพิ่มประสิทธิภาพของหน่วยบำบัดขั้นต้น โดยการเพิ่มความเข้มข้มตะกอน ด้วยการเพิ่มขนาดเส้นท่อ

เงินลงทุน 1 ล้านบาท

มีโอกาสครั้งเดียวในรอบ 4 ปี

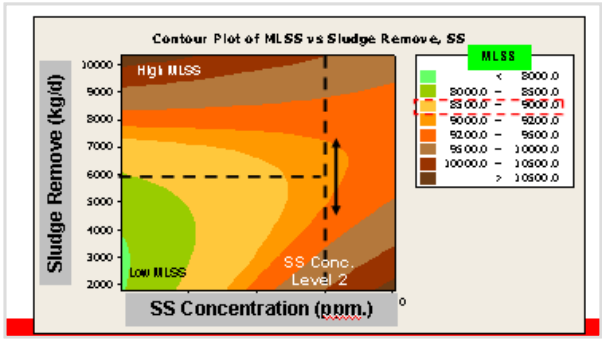
ดังนั้น การสร้างความเชื่อมั่นให้ฝ่ายบริหารจึงเป็นสิ่งสำคัญ

แนวทางการแก้ไข

- ด้วยการจัดตั้งทีมงาน การวางแผนงานโดยละเอียด

แผนงาน	2552						2553		
	ม.ค.-ก.พ.	มี.ค.-เม.ย.	พ.ค.-มิ.ย.	ก.ค.-ส.ค.	ก.ย.-ต.ค.	พ.ย.-ธ.ค.	ม.ค.-ก.พ.	มี.ค.-เม.ย.	พ.ค.-มิ.ย.
การคัดเลือกหัวข้อปัญหา									
สำรวจสภาพปัจจุบันและเก็บรวบรวมสภาวะการผลิต									
วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาและทำการวิเคราะห์									
กำหนดมาตรการป้องกันความเสี่ยงจากปัญหาตะกอนล้น									
ดำเนินการแก้ไขและปรับสภาวะการผลิตให้เหมาะสม									
ตรวจสอบผลหลังการปรับปรุง									
กำหนดเป็นมาตรฐานการทำงาน									
สรุปผลการดำเนินโครงการ									

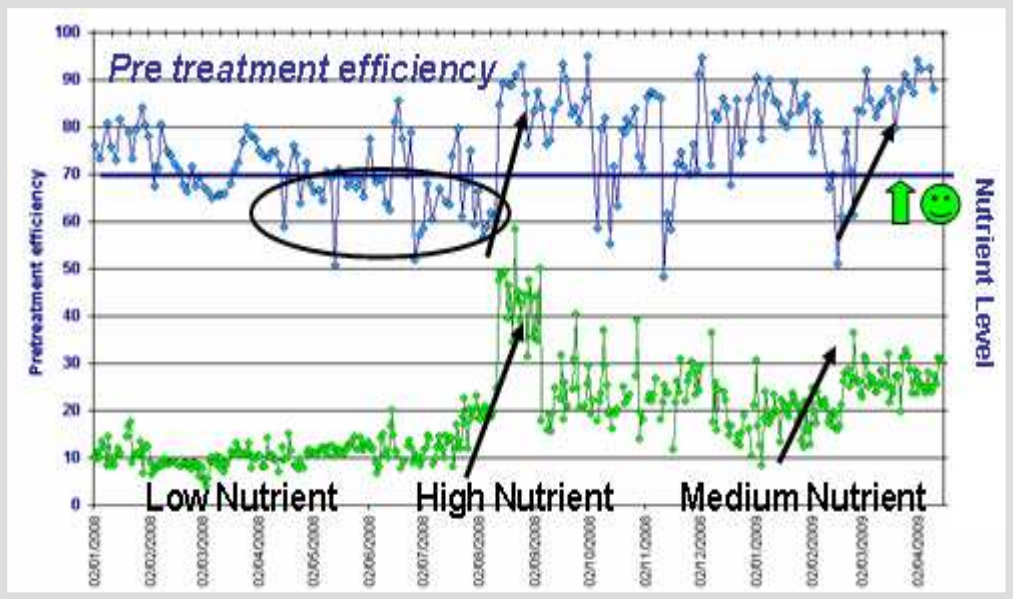
- นำจุดควบคุมกระบวนการที่เหมาะสมจากสมการเชิงสถิติมาทดลอง ในระบบจริง เพื่อให้ได้ผลในเบื้องต้น เป็นข้อมูลให้ฝ่ายบริหารใช้ในการตัดสินใจ



ปัญหาและอุปสรรค

- ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานมีขนาดใหญ่การวิเคราะห์หาสาเหตุโดยปรับตัวแปรทีละตัวแปร กว่าจะทราบผลใช้เวลานานอาจถึง 1 – 3 เดือน หากมีผลกระทบทางลบก็จะรุนแรง และทำให้เป็นปัญหาเรื้อรัง

Trial & Error

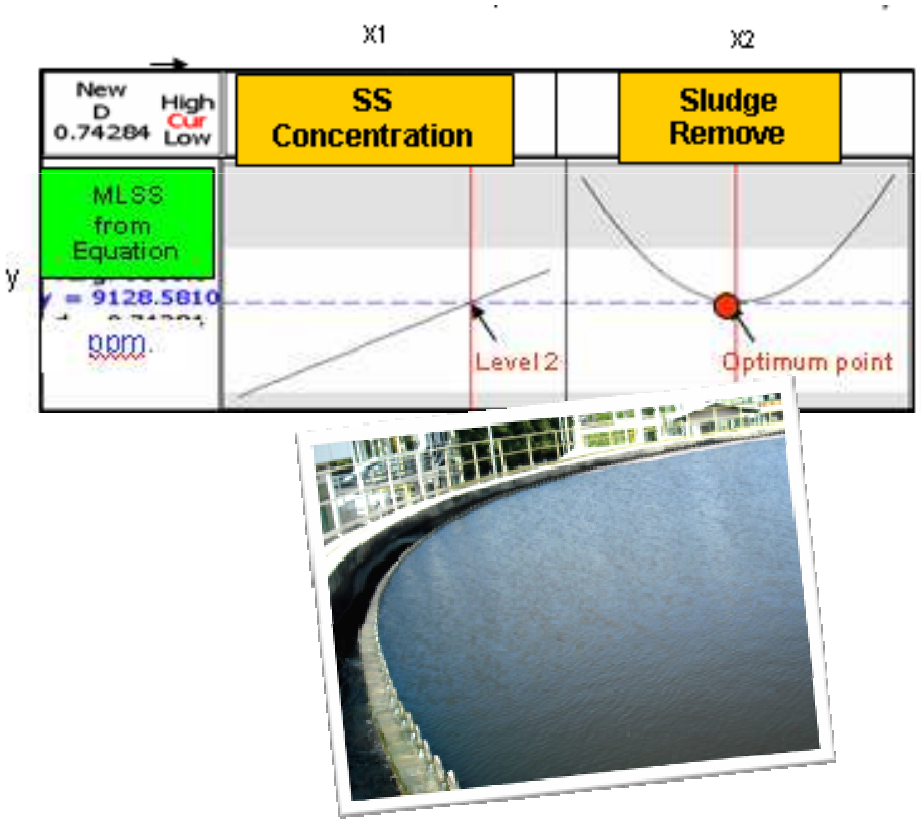


Side effect

ปัญหาตะกอนลอยที่บ่อตกตะกอนจากการเติมสารอาหารมากเกินปกติ

แนวทางการแก้ไข

- การมีวิศวกรโครงการ Operational Excellence และที่ปรึกษาด้านสถิติมาให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาโดยใช้เครื่องมือสถิติขั้นสูง ทำให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิผล



ปัจจัยแห่งความสำเร็จและความยั่งยืน

1. การให้ความสำคัญในระดับนโยบายในเรื่องการป้องกันและลดมลพิษสิ่งแวดล้อม เพื่อการพัฒนาองค์กรอย่างยั่งยืน
2. การบริหารงานระบบ TPM ซึ่งมีนโยบายชัดเจนในเรื่องของการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องในด้านคุณภาพ และสิ่งแวดล้อม
3. การพัฒนาทักษะพนักงานในด้าน TQM และการใช้เครื่องมือทางสถิติ เพื่อมุ่งไปสู่กระบวนการที่เป็นเลิศด้านการผลิต โดยผ่านทางโครงการ

“SCG Operational Excellence”

SCG CHEMICALS