หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

ผลการทดลองและวิจารณ์

5.1 การสำรวจแหล่งที่มา วัดปริมาณและวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสีย

การศึกษาในหัวข้อนี้ได้ติดต่อขอความร่วมมือจากโรงงาน เพื่อทำการศึกษาขั้นตอนการผลิต สำรวจแหล่งที่มา ปริมาณและลักษณะน้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆ ที่เกิดจากขั้นตอนของการชุบโลหะ นำข้อมูลมาพิจารณาการจัดการน้ำเสียของโรงงาน เช่น การลดปริมาณน้ำเสีย เป็นต้น การติดต่อโรงงานเพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จำนวน 2 โรง โดยทำการศึกษาแต่ละโรงงานเป็นเวลานาน 5 วัน ผลการศึกษามีดังต่อไปนี้

5.1.1 โรงงานที่ 1

ข้อมูลเบื้องต้น

ชนิดการให้บริการ คือ ชุบสังกะสีแบบกรด และแบบด่าง

วัตถุดิบ คือ ชิ้นงานเหล็ก ทุกชนิด

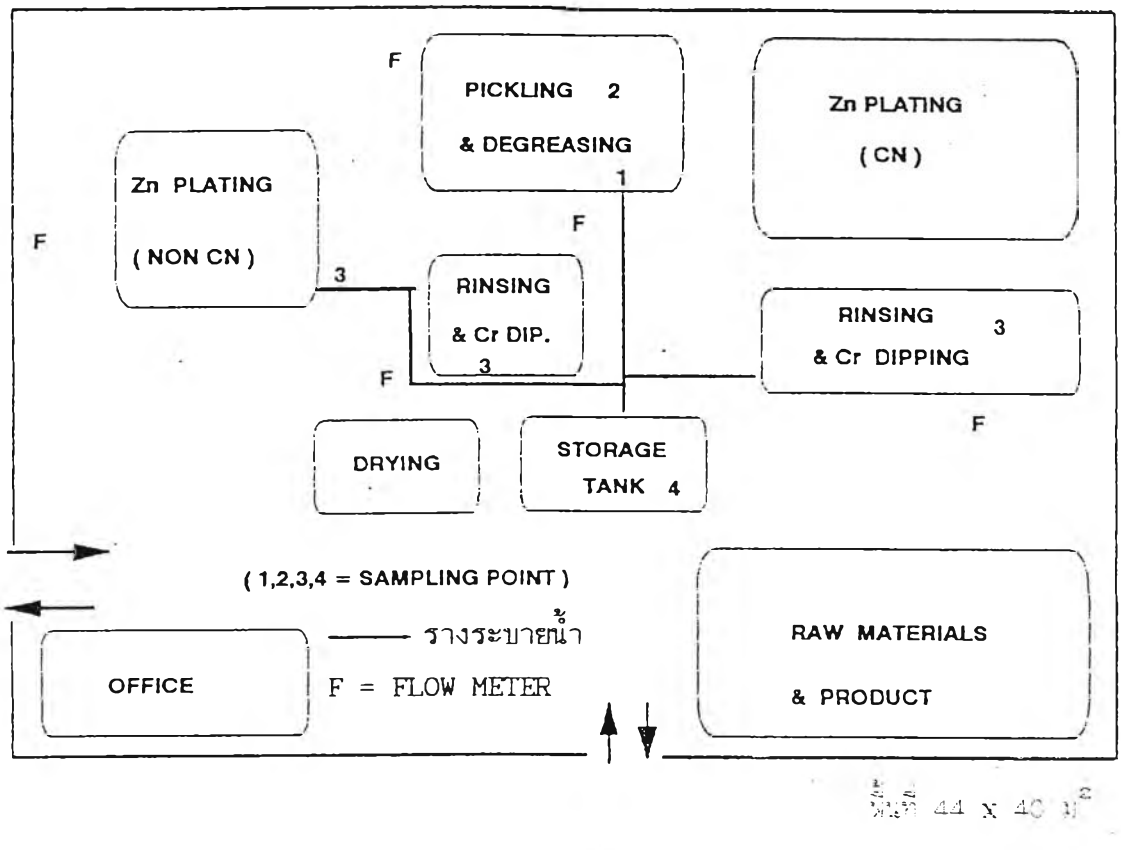
เวลาทำการ 8.00 - 17.00 น. จันทร์ - เสาร์

การบำบัดน้ำเสีย ทำโดยการใช้บริการศูนย์บริการกำจัดกากอุตสาหกรรมแสมดำ

สภาพการใช้พื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 5.1

ขั้นตอนการทำงาน (ดูรูปที่ 5.2 ประกอบ)

เริ่มด้วยชิ้นงานที่ส่งมาจากลูกค้า จะถูกนำเก็บในบริเวณสินค้าเข้าเพื่อทำการตรวจรับดังแสดงในรูปที่ 5.3 จากนั้นจะถูกเตรียมเพื่อทำความสะอาดดังแสดงในรูปที่ 5.4 ชิ้นงานจะถูกแช่ด่างร้อนประมาณ 15 - 20 นาที เพื่อกำจัดน้ำมันที่ติดผิวชิ้นงานดังรูปที่ 5.5 แล้วล้างโดยการดักน้ำราด 1 ถัง ดังรูปที่ 5.6 ชิ้นงานจะถูกนำไปแช่กรดกำมะถันเพื่อกัดสนิมและล้างน้ำประปาโดยดักราด 1.5 ถังโดยเฉลี่ย และชุบไซนาไนด์ทันทีเพื่อกันสนิมดังรูปที่ 5.7 จากนั้นชิ้นงานจะถูกนำไปชุบสังกะสี โดยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ การชุบแบบกรด ซึ่งจะไม่มีไซยาไนด์ในน้ำยาชุบ และการชุบแบบด่าง ซึ่งมีไซยาไนด์ การชุบทั้งสองจะต่างตรงที่การชุบแบบกรดจะต้องล้างเอาไซยาไนด์ออกก่อน แล้วชุบจนได้ความหนาตามต้องการ (รูปที่ 5.8) ชิ้นงานจะถูกนำมาล้างน้ำโดยการฉีดด้วยฝักบัว แล้วชุบสีตามต้องการ ดังรูปที่ 5.9 หลังจากล้างน้ำสุดท้ายจะนำชิ้นงานไปอบแห้ง ตากพัดลม ดังรูปที่ 5.10 แล้วบรรจุเพื่อรอลูกค้ามารับไปบริเวณสินค้าออก ดังรูปที่ 5.3



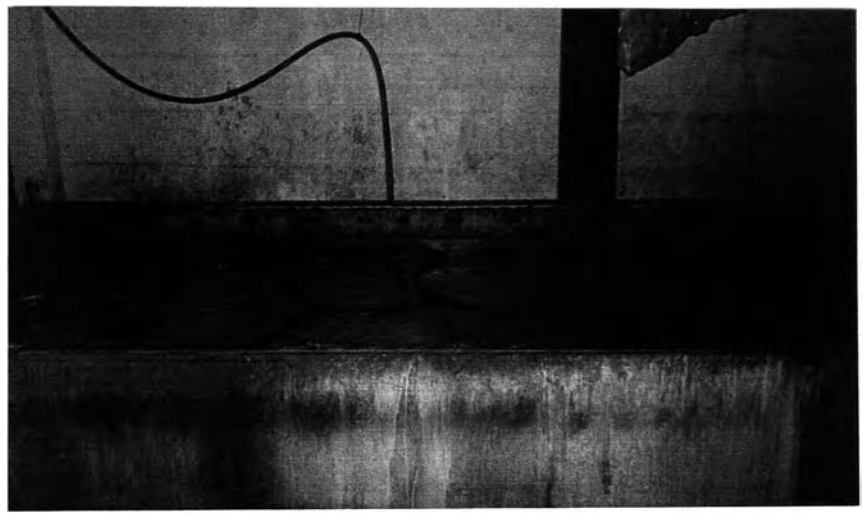
รูปที่ 5.1 แผนผังแสดงสภาพการใช้พื้นที่และจุดเก็บตัวอย่างในโรงงานที่ 1

ชิ้นงาน
แช่ด่างร้อน
ล้างน้ำ ----------> น้ำเสียที่เป็นด่าง (1) ----
แช่กรด
ล้างน้ำ ----------> น้ำเสียที่เป็นกรด (2) ----
อุบสังกะลี
ล้างน้ำ ----------> น้ำเสียที่เป็นพิษ (3) -----
ชุบลี
ล้างน้ำ ----------> น้ำเสียที่เป็นพิษ (3) -----
อบแห้ง
ผลิตภัณฑ์ น้ำเสียรวม (4)

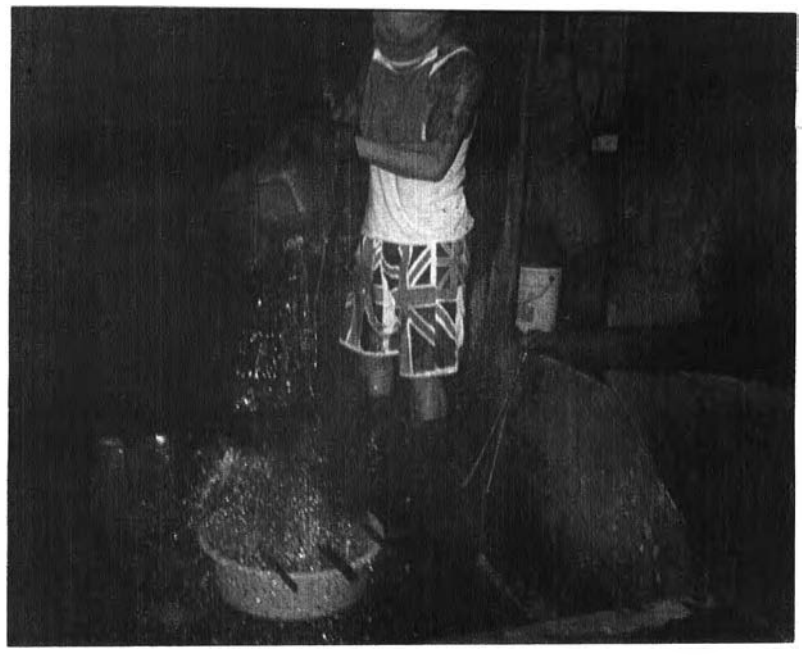
รูปที่ 5.2 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงาน แหล่งที่มาของน้ำเสีย และจุดเก็บตัวอย่างในโรงงานที่ 1

รูปที่ 5.3 รูปแสดงบริเวณที่เก็บชิ้นงานก่อนและหลังชุบ

รูปที่ 5.4 รูปแสดงชิ้นงานเตรียมทำความสะอาดเบื้องต้น

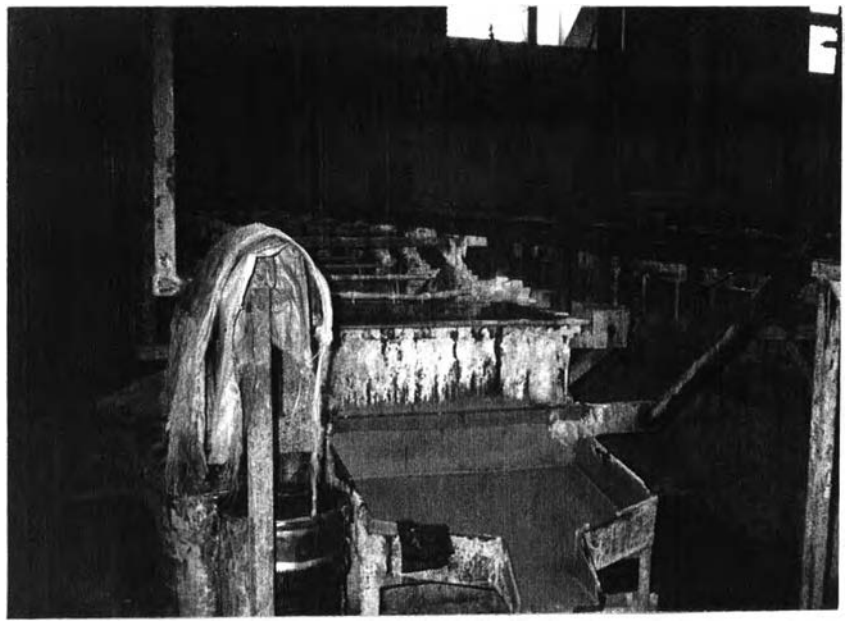


รูปที่ 5.5 รูปแสดงถังต่างร้อน สำหรับกำจัดไขมัน น้ำมัน ที่ผิวชิ้นงาน



รูปที่ 5.6 รูปแสดงการล้างชิ้นงาน หลังจากแช่ในถังต่างร้อน

รูปที่ 5.7 รูปแสดงการล้างชิ้นงาน หลังจากแช่ในถังกรด



รูปที่ 5.8 รูปแสดงถังชุบสังกะสี

รูปที่ 5.9 รูปแสดงการล้างชิ้นงานหลังชุบแล้วย้อมสี

รูปที่ 5.10 รูปแสดงชิ้นงานถูกผึ่งลมให้แห้ง

การเก็บน้ำเสีย

ในการเก็บน้ำเสีย ทำการแยกน้ำเสียออกเป็น 4 ประเภท คือ น้ำเสียที่เป็นกรด น้ำเสียที่เป็นด่าง น้ำเสียเป็นพิษ และน้ำเสียรวม ลภาพการใช้พื้นที่ของโรงงานแสดงในรูปที่ 5.1 มีการกระจายหลายจุดตามขั้นตอนต่างๆ เช่น การล้างน้ำต่างๆ มีสองแห่ง ดังนั้นการเก็บตัวอย่างเพื่อให้ใกล้เคียงสภาพจริงมากสุด จึงทำการเก็บแบบตัวอย่างเฉพาะหรือตัวอย่างผสมตามความเหมาะสม จุดที่ทำการเก็บตัวอย่างและติดตั้งมาตรวัดน้ำแสดงในรูปที่ 5.1

น้ำเสียที่เป็นด่าง เก็บแบบตัวอย่างเฉพาะ (1)
น้ำเสียที่เป็นกรด เก็บแบบตัวอย่างเฉพาะ (2)
น้ำเสียเป็นพิษ เก็บแบบตัวอย่างรวม (3)
น้ำเสียรวม เก็บแบบตัวอย่างเฉพาะ (4)

ลักษณะน้ำเสีย

ผลการศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำเสียทางกายภาพและเคมี แยกตามประเภทของน้ำเสีย สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1 น้ำเสียที่เป็นด่างมีการผลิตโดยเฉลี่ย 1.3 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ค่าพีเอช ไขมันและน้ำมัน ของแข็งละลาย และของแข็งแขวนลอย อยู่ในเกณฑ์สูง เนื่องจากมีไขมันและน้ำมันปนอยู่ น้ำเสียที่เป็นกรดมีอัตราการผลิตโดยเฉลี่ย 2 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ค่าพีเอชต่ำโดยเฉลี่ย 1.3 ส่วนค่าของแข็งละลายมีปริมาณสูงเนื่องจากการละลายของสนิมเหล็ก น้ำเสียเป็นพิษ มีอัตราการผลิตโดยเฉลี่ย 5 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ประกอบด้วยน้ำเสียหลายส่วนรวมกัน เช่น น้ำล้างหลังชุบสังกะสีแบบด่าง แบบกรด และหลังชุบสี เป็นเหตุให้คุณสมบัติของน้ำเสียประเภทนี้แปรปรวนไปค่อนข้างมากในแต่ละวัน ค่าพีเอชเป็นกลาง โลหะหนักที่พบได้แก่ สังกะสี และโครเมียม ค่าเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 5.1 ส่วนน้ำเสียประเภทสุดท้ายได้แก่ น้ำเสียรวม เกิดจากน้ำเสียสามประเภทแรกรวมกันในบ่อเก็บกักน้ำเสีย มีอัตราการผลิตโดยเฉลี่ย 8.4 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน มีค่าพีเอชต่ำประมาณ 2 ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งละลายปริมาณสูง สำหรับค่าไซยาไนด์มีค่าแปรปรวนมากเนื่องมาจากสาเหตุอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน เช่น มีการระเหยของไซยาไนด์ที่ค่าพีเอชต่ำกว่า 12 อัตราส่วนของการชุบแบบกรดและแบบด่างไม่เท่ากันในแต่ละวัน การเกิดการตกตะกอนในบ่อเก็บกัก นอกจากนั้นยังมีการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) เพื่อทำลายไซยาไนด์ในบ่อเก็บกักน้ำเสียรวมด้วย สำหรับค่าโลหะหนักที่สูงกว่าน้ำเสียเป็นพิษ อาจเนื่องมาจากมีการสะสมของตะกอนในบ่อเก็บน้ำเสียรวม หรือมีการเทน้ำยาที่เสื่อมสภาพทิ้งในบ่อน้ำเสียรวม น้ำเสียที่เก็บจึงไม่เป็นตัวแทนอย่างแท้จริง

ตารางที่ 5.1 ตารางสรุปลักษณะน้ำเสียแยกตามประเภทน้ำเสียของโรงงานที่ 1

I. ACIDIC WASTEWATER n = 5

PARAMETERS	AVE.	MAX.	MIN.	STDS
Q,cu.m./d	8.914	9.574	7.987	0.576
Q,cu.m./ton	1.981	2.128	1.775	0.128
pH	1.33	1.65	1.2	0.19
ACIDITY,mg/l as CaCO3	7773	10464	2844	2900
ALKALINITY,mg/l as CaCO3	0	0	0	0
SUSPENDED SOLIDS,mg/l	72	108	20	36
DISSOLVED SOLIDS,mg/l	3507	5133	2231	1086
PRODUCT,ton/d	4.5			
WORKING TIMES,hr	8.8	10	8	1.1

II. ALKALINE WASTEWATER n = 5

PARAMETERS	AVE.	MAX.	MIN.	STDS
Q,cu.m./d	5.943	6.382	5.325	0.384
Q,cu.m./ton	1.32	1.418	1.183	0.085
pH	11.82	12	11.65	0.18
ACIDITY,mg/l as CaCO3	0	0	0	0
ALKALINITY,mg/l as CaCO3	2317	3949	1722	931
SUSPENDED SOLIDS,mg/l	914	1670	320	498
DISSOLVED SOLIDS,mg/l	4802	7474	2376	2089
GREASE & OIL,mg/l	1304	2173	520	697
WORKING TIMES,hr	8.8	10	8	1.1

III. TOXIC WASTEWATER n = 5

PARAMETERS	AVE.	MAX.	MIN.	STDS
Q,cu.m./d	22.813	28.149	19.491	3.679
Q,cu.m./ton	5.069	6.255	4.331	0.818
pH	7.68	10.15	6.1	2.01
ACIDITY,mg/l as CaCO3	208	405	0	199
ALKALINITY,mg/l as CaCO3	543	1110	140	427
SUSPENDED SOLIDS,mg/l	406	638	230	200
DISSOLVED SOLIDS,mg/l	3408	4552	1258	1321
Zn,mg/l	360	550	190	128
Cr,mg/l	31.8	77.4	11.2	27.1
Ni,mg/l	<0.4			
Pb,mg/l	<1.0			
CYANIDE,mg/l as HCN	348	909	151	316

IV. COMBINED WASTEWATER n = 5

PARAMETERS	AVE.	MAX.	MIN.	STDS
Q,cu.m./d	37.67	43.14	32.803	4.116
Q,cu.m./ton	8.371	9.587	7.29	0.915
pH	2.05	2.5	1.75	0.29
ACIDITY,mg/l as CaCO3	2458	3456	1824	609
ALKALINITY,mg/l as CaCO3	0	0	0	0
SUSPENDED SOLIDS,mg/l	402	558	186	137
DISSOLVED SOLIDS,mg/l	5973	8510	3772	1930
Zn,mg/l	453	600	295	110
Cr,mg/l	37	49.4	25.8	8.5
Ni,mg/l	<0.4			
Pb,mg/l	<1.0			
CYANIDE,mg/l as HCN	155	239	5	117

5.1.2 โรงงานที่ 2

ข้อมูลเบื้องต้น

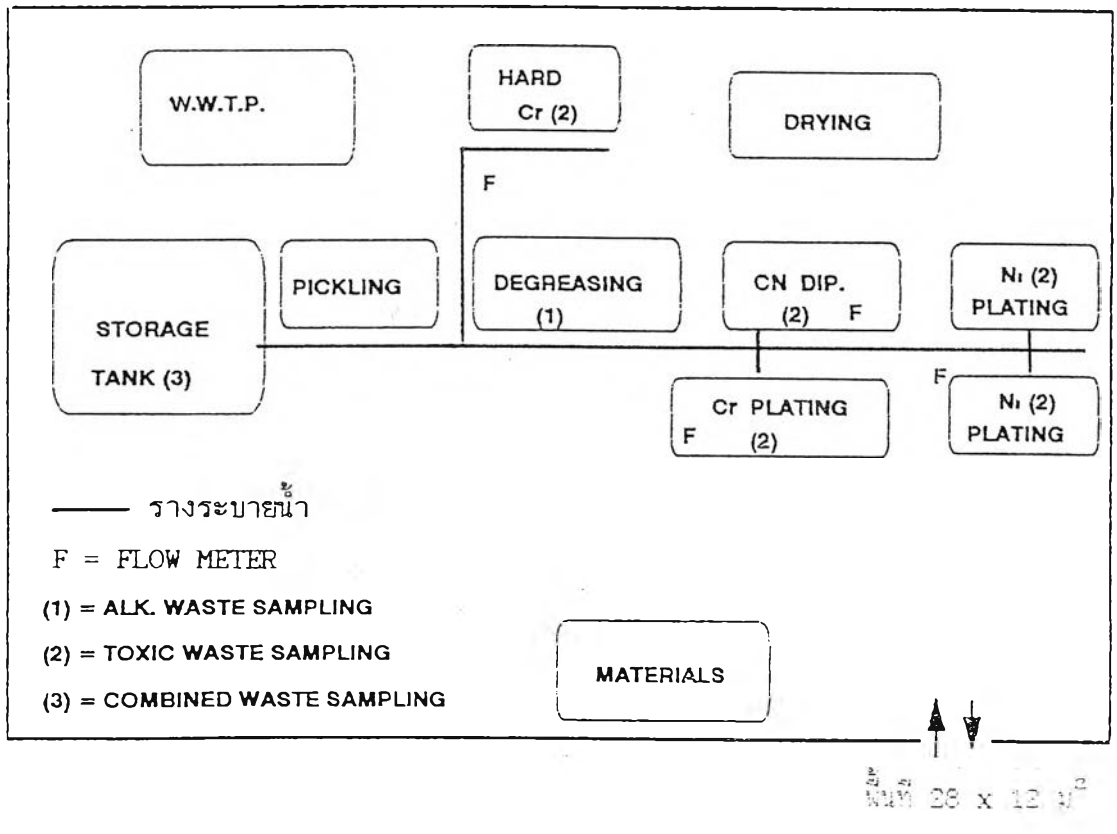
ชนิด การให้บริการ คือ ชุบโครเมียม โครเมียมแข็ง นิเกิล

วัตถุดิบ คือ อุปกรณ์ที่ผลิตในโรงงาน (อะไหล่รถยนต์)

เวลาทำการ 8.00 - 17.00 น. จันทร์ - เสาร์

การบำบัดน้ำเสีย ระบบบำบัดทางเคมีในโรงงาน

สภาพการใช้พื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 5.11



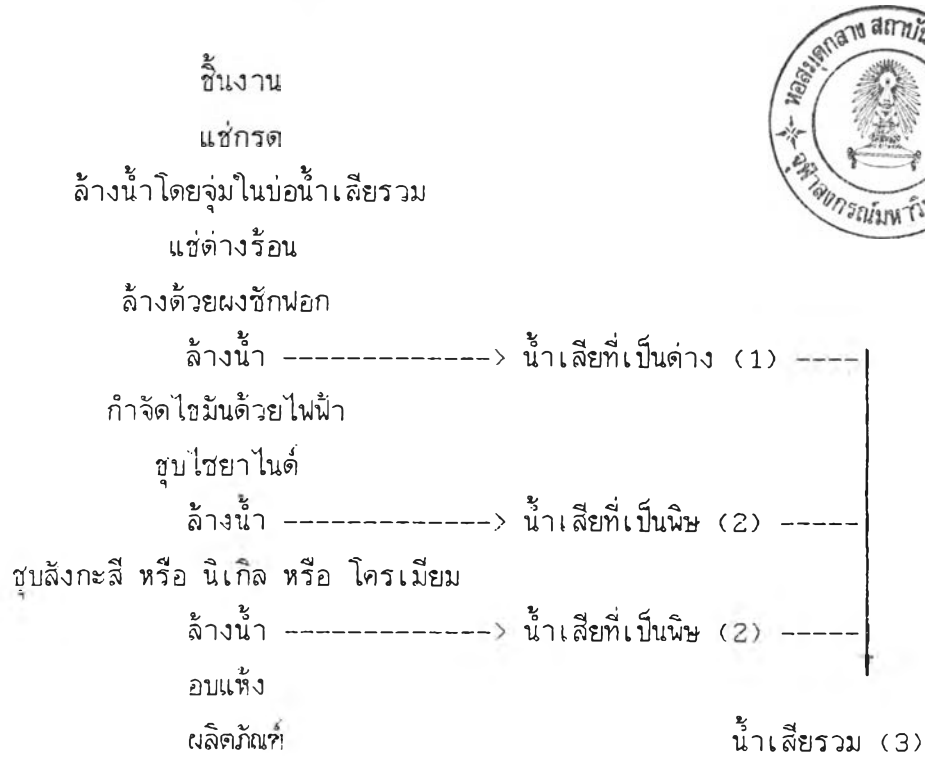
พื้นที่ 28 x 12 ม.^{2}

รูปที่ 5.11 แผนผังแสดงสภาพการใช้พื้นที่และจุดเก็บตัวอย่างในโรงงานที่ 2

ขั้นตอนการทำงาน (ดูรูปที่ 5.12 ประกอบ)

เริ่มด้วยชิ้นงานที่ผลิตจะถูกนำไปแช่กรดกำมะถันเพื่อกัดสนิมดังรูปที่ 5.13 และล้างน้ำโดยใช้น้ำในบ่อน้ำเสียรวม หรือน้ำประปาถ้าจำเป็น จากนั้นชิ้นงานจะถูกแช่ด่างร้อนประมาณ 15 - 20 นาที เพื่อกำจัดน้ำมันที่ติดผิวชิ้นงาน ดังรูปที่ 5.14 แล้วล้างด้วยผงซักฟอกและน้ำสะอาดดังรูปที่ 5.15 ชิ้นงานจะถูกนำไปกำจัดไขมันด้วยไฟฟ้า และชุบไซนาไนด์ทันทีเพื่อกันสนิม ดังรูปที่ 5.16 ชิ้นงานจะถูกนำไปชุบสังกะสีแบบมีไซยาไนด์ (ปัจจุบันยกเลิกแล้ว) หรือชุบนิเกิล ดังรูปที่ 5.17 ตามด้วยชุบโครเมียม หรืออาจชุบโครเมียมแข็งโดยไม่ต้องชุบนิเกิล ชิ้นงานที่ชุบสังกะสีได้แก่ น็อต ส่วนโครเมียมจะเป็นพวกสปริง หลังจากชุบจนได้ตามต้องการแล้ว จะถูกอบให้แห้งแล้วประกอบเป็นชิ้นส่วนต่อไป

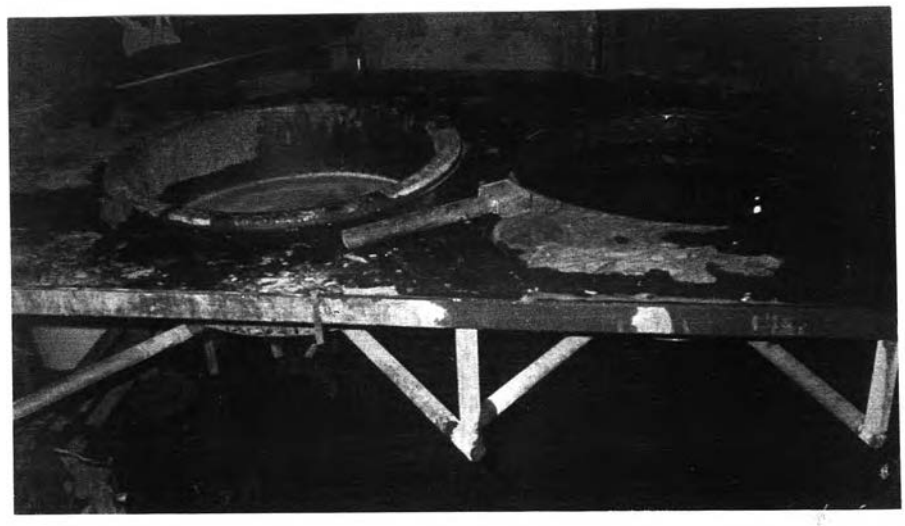
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.12 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงาน แหล่งที่มาของน้ำเสีย และจุดเก็บตัวอย่างในโรงงานที่ 2

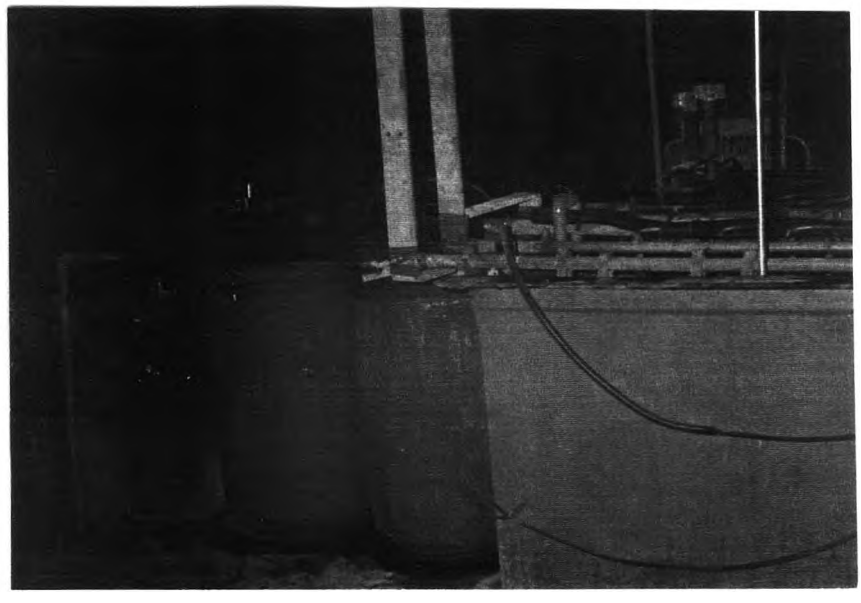
รูปที่ 5.13 รูปแสดงชิ้นงานแช่ในถังกรด

รูปที่ 5.14 รูปแสดงชิ้นงานแช่ในถังด่างร้อน



รูปที่ 5.15 รูปแสดงบริเวณล้างชิ้นงานด้วยผงซักฟอก

รูปที่ 5.16 รูปแสดงการกำจัดด่างด้วยไฟฟ้า



รูปที่ 5.17 รูปแสดงถังชุบนิเกิล

การเก็บน้ำเสีย

ในการเก็บน้ำเสีย ทำการแยกน้ำเสียออกเป็น 3 ประเภท คือ น้ำเสียที่เป็นด่าง น้ำเสียเป็นพิษและน้ำเสียรวม สภาพการใช้พื้นที่ของโรงงานแสดงในรูปที่ 5.11 พบว่ามีการกระจายหลายจุดตามขั้นตอนต่างๆ เช่น การล้างน้ำจากการชุบต่างๆ ดังนั้นการเก็บตัวอย่างเพื่อให้ใกล้เคียงสภาพจริงมากสุด จึงทำการเก็บแบบตัวอย่างเฉพาะหรือตัวอย่างผสมตามความเหมาะสม จุดที่ทำการเก็บตัวอย่างและติดตั้งมาตรวัดน้ำแสดงในรูปที่ 5.11

น้ำเสียที่เป็นด่าง เก็บแบบตัวอย่างเฉพาะ (1)

น้ำเสียเป็นพิษ เก็บแบบตัวอย่างรวม (2)

น้ำเสียรวม เก็บแบบตัวอย่างเฉพาะ (3)

ลักษณะน้ำเสีย

ผลการศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำเสียทางกายภาพและเคมี แยกตามประเภทของน้ำเสีย สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.2 น้ำเสียที่เป็นด่างมีการผลิตโดยเฉลี่ย 4.13 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ค่าพีเอชเป็นด่างเล็กน้อย ค่าไขมันและน้ำมัน ของแข็งละลาย และของแข็งแขวนลอย มีความแปรปรวนในเกณฑ์สูง เนื่องจากการล้างใช้ระบบเปิดน้ำล้นตลอดเวลา น้ำเสียเป็นพิษ มีอัตราการผลิตโดยเฉลี่ย 26.56 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ประกอบด้วยน้ำเสีย

ตารางที่ 5.2 ตารางสรุปลักษณะน้ำเสียแยกตามประเภทน้ำเสียของโรงงานที่ 2

I. ALKALINE WASTEWATER n = 4

PARAMETERS	AVE.	MAX.	MIN.	STDS
Q,cu.m./d	2.22	3.48	0.706	1.314
Q,cu.m./ton	4.13	8.55	0.924	3.588
pH	8.02	9.22	7.44	0.82
ACIDITY,mg/l as CaCO3	12	21	0	9
ALKALINITY,mg/l as CaCO	360	661	232	202
SUSPENDED SOLIDS,mg/l	75	219	11	97
DISSOLVED SOLIDS,mg/l	660	1427	332	516
GREASE & OIL,mg/l	30.7	48.8	4.4	19
PRODUCT,ton/d	0.691	1.026	0.407	0.266
WORKING TIMES,hr	11.8	15	8.5	3.8

II. TOXIC WASTEWATER n = 5

PARAMETERS	AVE.	MAX.	MIN.	STDS
Q,cu.m./d	17.015	22.666	12.366	4.08
Q,cu.m./ton	26.56	40.963	17.392	10.349
pH	5.6	7.18	2.54	1.85
ACIDITY,mg/l as CaCO3	225	473	53	175
ALKALINITY,mg/l as CaCO	116	284	0	119
SUSPENDED SOLIDS,mg/l	53	80	19	28
DISSOLVED SOLIDS,mg/l	901	1380	493	379
Zn,mg/l	3.9	8	1	3
Cr,mg/l	113.1	242	40.8	85.6
Ni,mg/l	22.2	31.2	10.6	9
Pb,mg/l	<1.0	1.8	< 1.0	0.9
CYANIDE,mg/l as HCN	13	31	2.3	13.1

III. COMBINED WASTEWATER n = 4

PARAMETERS	AVE.	MAX.	MIN.	STDS
Q,cu.m./d	19.201	24.218	14.87	4.779
Q,cu.m./ton	30.708	49.514	19.463	13.113
pH	6.64	7.33	5.48	0.8
ACIDITY,mg/l as CaCO3	74	200	23	84
ALKALINITY,mg/l as CaCO	178	227	38	93
SUSPENDED SOLIDS,mg/l	88	121	59	31
DISSOLVED SOLIDS,mg/l	643	1082	394	301
Zn,mg/l	6.5	13.8	1.2	5.7
Cr,mg/l	45	89	12	32.6
Ni,mg/l	9.6	12	6.8	2.3
Pb,mg/l	3	10.4	<1.0	5
CYANIDE,mg/l as HCN	4.5	5.8	2.9	1.5

หลายสวนรวมกัน เชน น้ำล้างหลังชุบสังกะสี นิเกิล และโครเมียม เป็นเหตุให้คุณสมบัติของน้ำเสียประเภทนี้แปรปรวนไปค่อนข้างมากในแต่ละวัน โลหะหนักที่พบได้แก่ สังกะสี และโครเมียม นิเกิล และตะกั่ว ค่าเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 5.2 ส่วนน้ำเสียประเภทสุดท้ายได้แก่ น้ำเสียรวม เกิดจากน้ำเสียสองประเภทแรกรวมกันในบ่อเก็บกักน้ำเสีย มีอัตราการผลิตโดยเฉลี่ย 30.7 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน มีค่าพีเอชค่อนข้างเป็นกลาง ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งละลายปริมาณไม่มากนัก ค่าโลหะหนักและไซยาไนด์อยู่ในเกณฑ์ไม่สูงนัก สำหรับค่าโลหะหนักและไซยาไนด์ ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าในน้ำเสียที่เป็นพิษนั้น อาจเนื่องมาจากน้ำเสียที่นำมาวิเคราะห์มิได้เป็นตัวแทนน้ำเสียอย่างสมบูรณ์ในทำนองเดียวกับโรงงานที่ 1

5.2 การทดลองบำบัดน้ำเสียที่เป็นด่างโดยใช้น้ำเสียที่เป็นกรด (โรงงานที่ 1)

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเก็บมาจากโรงงานที่ 1 โดยน้ำเสียด่างมีลักษณะขุ่นสีเหลืองออกน้ำตาล (รูปที่ 5.18 ก.) และน้ำเสียกรดมีลักษณะใส ภายหลังผสมกันจนกระทั่งค่าพีเอชเท่ากับ 7 และตกตะกอนนาน 30 นาที (รูปที่ 5.18 ข.) ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 5.3 น้ำใสมีค่าของแข็งแขวนลอยเกินมาตรฐาน (30 มก/ล.) ส่วนค่าของแข็งละลายมีค่าสูงมากขึ้นตามลำดับ เนื่องจากมีการกัดสนิมเหล็กสะสมอยู่ สังเกตุจากภายหลังที่ตั้งน้ำใสทิ้งไว้เกิดตะกอนสีน้ำตาลแดงของเหล็กไฮดรอกไซด์ ดังนั้นการประยุกต์ใช้ส่วนนี้จึงต้องทำการออกแบบให้ระบบสามารถกำจัดเหล็กและของแข็งแขวนลอย

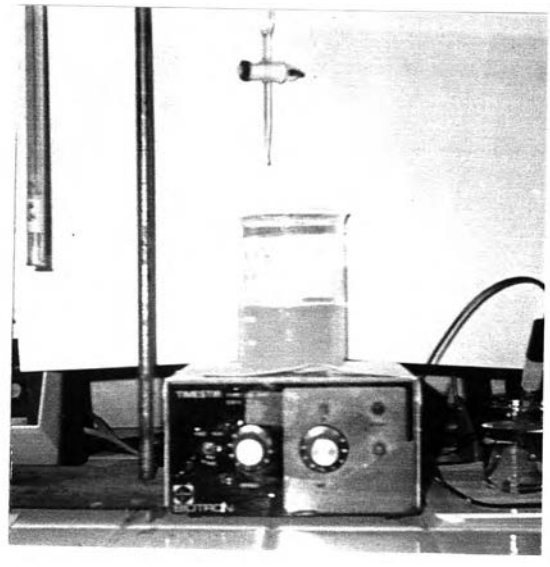
ตารางที่ 5.3 ตารางแสดงผลการบำบัดน้ำเสียที่เป็นด่างด้วยน้ำเสียที่เป็นกรด

ปริมาตรน้ำเสียด่างที่ใช้ = 100 มล.

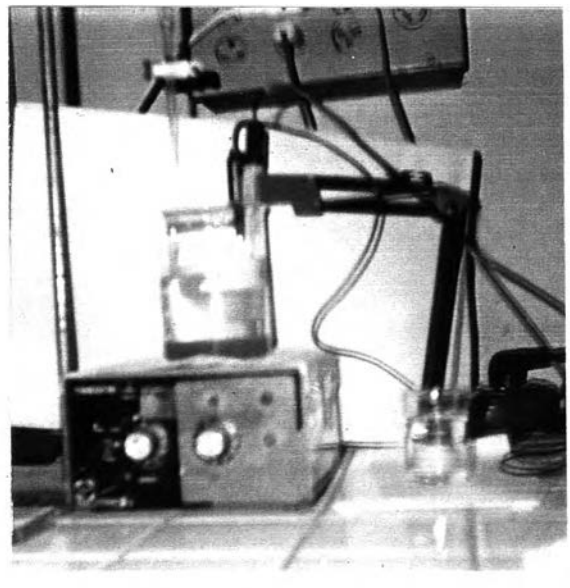
พีเอชสุดท้าย = pH 7

เวลาในการตกตะกอน = 30 นาที

หัวข้อ	11/3/35	12/3/35	13/3/35	14/3/35	16/3/35
พีเอชน้ำเสียด่าง	12.08	11.95	12.15	12.24	12.31
พีเอชน้ำเสียกรด	1.65	1.20	1.20	1.30	1.30
ปริมาตรน้ำเสียกรดที่ใช้ ,มล.	57.2	21.0	39.3	47.1	52.7
ปริมาณตะกอน ,มล.	25	22	42	40	45
ของแข็งทั้งหมด ,มก/ล.	1468	2200	3910	3376	3786
ของแข็งแขวนลอย ,มก/ล.	54	72	48	58	62



ก. น้ำเสียด่างก่อนบำบัด



ข. สภาพน้ำเสียภายหลังบำบัด

รูปที่ 5.18 รูปแสดงการบำบัดน้ำเสียที่เป็นด่างด้วยน้ำเสียที่เป็นกรด (โรงงานที่ 1)

การประยุกต์ใช้งาน

จากข้อมูลข้างต้นพบว่า สามารถใช้น้ำเสียที่เป็นกรดมาบำบัดน้ำเสียที่เป็นด่าง ส่วนอัตราส่วนของน้ำเสียทั้งสองที่จะผสมกัน จะแปรตามโรงงาน และพฤติกรรมของคนงาน โดยยกกรณีตัวอย่างของโรงงานที่ 1 ดังตารางที่ 5.4 จะเห็นว่าสามารถลดปริมาณน้ำเสียให้เหลือเฉลี่ย 60.3 % ของน้ำเสียรวมเดิมทั้งหมด โดยทำการสร้างบ่อเก็บน้ำเสียกรดและด่าง หลังจากเสร็จสิ้นการชุบในแต่ละวัน ทำการปรับน้ำเสียให้เป็นกลาง (มาตรฐานกำหนด พีเอช 5-9) ปล่อยให้ตกตะกอน และทิ้งน้ำใส ซึ่งทำให้น้ำเสียที่จะต้องบำบัดทางเคมีน้อยลง

ตารางที่ 5.4 ตารางแสดงการประยุกต์ใช้ในโรงงานที่ 1

วันที่	น้ำเสีย กรด m^3/วัน (1)	น้ำเสีย ด่าง m^3/วัน (2)	น้ำเสีย เป็นพิษ m^3/วัน (3)	น้ำเสีย รวม m^3/วัน (4)	น้ำเสีย กรด,ด่าง m^3/วัน (1)+(2)	% น้ำเสีย ที่เหลือ $\frac{(3)}{(4)} \times 100$
11/3/35	7.987	5.325	19.491	32.803	13.312	59.4
12/3/35	9.574	6.382	21.602	37.558	15.956	57.5
13/3/35	9.077	6.052	24.943	40.072	15.129	62.2
14/3/35	8.995	5.996	28.149	43.140	14.991	65.2
16/3/35	8.939	5.960	19.876	34.777	14.899	57.2
					ค่าเฉลี่ย	60.3±3.4

5.3 การทดลองบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักและไซยาไนด์ (น้ำเสียสังเคราะห์)

5.3.1 การบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียม ในการกำจัดโครเมียมประจุบวกหก จำเป็นต้องมีการรีดิวซ์ให้อยู่ในรูปโครเมียมประจุบวกสาม แล้วจึงทำการตกตะกอนทางเคมีในรูปโครเมียมไฮดรอกไซด์ดังแสดงในรูปที่ 5.19 ผลการศึกษาจึงแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ

การรีดิวส์โครเมียมประจุบวกหก ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ $Na_2S_2O_5$ 1.75 เท่า และ $FeSO_4$ 3.5 เท่า ของค่าความต้องการทางทฤษฎี ผลการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 5.5

ผลการทดลองสรุปได้ว่า การรีดิวส์โครเมียมประจุบวกหก สามารถทำได้อย่างสมบูรณ์โดยใช้ $Na_2S_2O_5$ 1.75 เท่า หรือ $FeSO_4$ 3.5 เท่า ของค่าความต้องการทางทฤษฎี แต่เมื่อมีตะกั่วเจือปน จะทำให้ประสิทธิภาพลดลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมโดยรวมลดลง

Cr(VI) Cr(III) $Na_2S_2O_5$ $FeSO_4$

Cr TREATMENT

รูปที่ 5.19 รูปแสดงการรีดิวส์โครเมียมประจุบวกหกโดยใช้ $Na_2S_2O_5$ กับ $FeSO_4$

ตารางที่ 5.5 ตารางแสดงผลการรีดิวส์โครเมียมประจุบวกหกโดย $Na_2S_2O_5$ กับ $FeSO_4$

I. $Na_2S_2O_5$ 1.75 เท่า (ปริมาตรน้ำเสีย 4 ลิตร)

หัวข้อ	A	B	C	D
พีเอชเริ่มต้น	2.65	2.21	1.93	2.21
กรดซัลฟิวริกเข้มข้นที่ใช้,มล.	1.2	1.8	2.5	0.7
พีเอชสุดท้าย	2.13	2.40	2.51	2.01
โครเมียมบวกหก,มก/ล.	0.0	0.0	0.0	0.2

A = โครเมียมบวกหก 212 มก/ล.

B = โครเมียมบวกหก 530 มก/ล.

C = โครเมียมบวกหก 1060 มก/ล.

D = โครเมียมบวกหก 212 มก/ล. + ตะกั่ว 208 มก/ล.

ตารางที่ 5.5 ตารางแสดงผลการรีดิวส์โครเมียมประจุบวกหกโดย $Na_2S_2O_5$ กับ $FeSO_4$ (ต่อ)

II. $FeSO_4$ 3.5 เท่า (ปริมาตรน้ำเสีย 4 ลิตร)

หัวข้อ	A	B	C	D
พีเอชเริ่มต้น	2.49	2.09	*	*
กรดซัลฟิวริกเข้มข้นที่ใช้,มล.	3.2	4.3	*	*
พีเอชสุดท้าย	1.81	1.91	*	*
โครเมียมบวกหก ,มก/ล.	0.0	0.0	*	*

A = โครเมียมบวกหก 212 มก/ล.

B = โครเมียมบวกหก 530 มก/ล.

C = โครเมียมบวกหก 1060 มก/ล.

D = โครเมียมบวกหก 212 มก/ล.+ ตะกั่ว 208 มก/ล.

* = ไม่ได้ทำการทดลอง (ปริมาตรตะกอนมาก)

การกำจัดโครเมียมประจุบวกสาม หลังจากที่ทำการรีดิวส์แล้วทำการตกตะกอนทางเคมีโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ โดยค่าพีเอชแปรในช่วง 7.5 - 11.0 ความเข้มข้นที่ใช้ในการศึกษา คือ โครเมียม 212 มก/ล. โครเมียม 530 มก/ล. โครเมียม 1060 มก/ล.

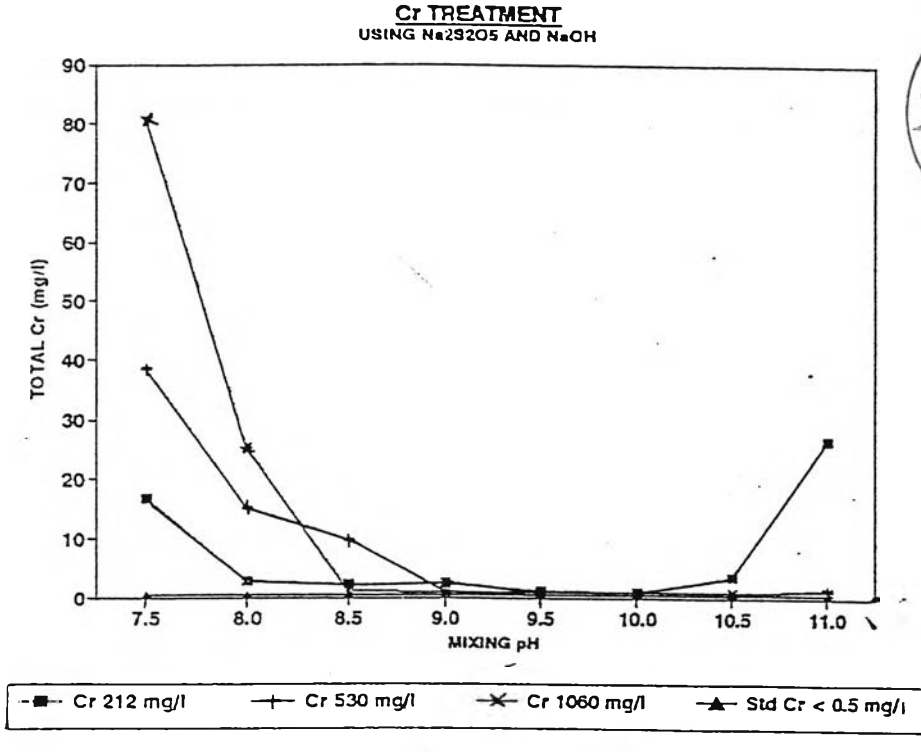
5.3.1.1 การบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียมโดยใช้ $Na_2S_2O_5$ ร่วมกับ NaOH

ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียมประจุบวกหก ช่วงความเข้มข้น 212 - 1060 มก/ล. โดยใช้ $Na_2S_2O_5$ 1.75 เท่า ในการรีดิวส์ที่ พีเอชควบคุม 2.5 และใช้ NaOH ในการตกผลึกที่พีเอช 7.5-11.0 พบว่า ทุกค่าพีเอชที่ทำการทดลอง ภายหลังตกตะกอนนาน 90 นาที มีค่าโครเมียมทั้งหมดเกินมาตรฐานกำหนด (ไม่เกิน 0.5 มก/ล.) ดังแสดงในรูปที่ 5.20 ส่วนค่าโครเมียมละลายมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่พีเอช 9.0-11.0 ดังแสดงในรูปที่ 5.21 ข้อมูลปริมาณสารเคมีที่ใช้ ความเข้มข้นและปริมาณตะกอนที่เกิด สรุปได้ดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 ตารางสรุปผลการบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียม
เมื่อใช้ $Na_2S_2O_5$ กับ NaOH

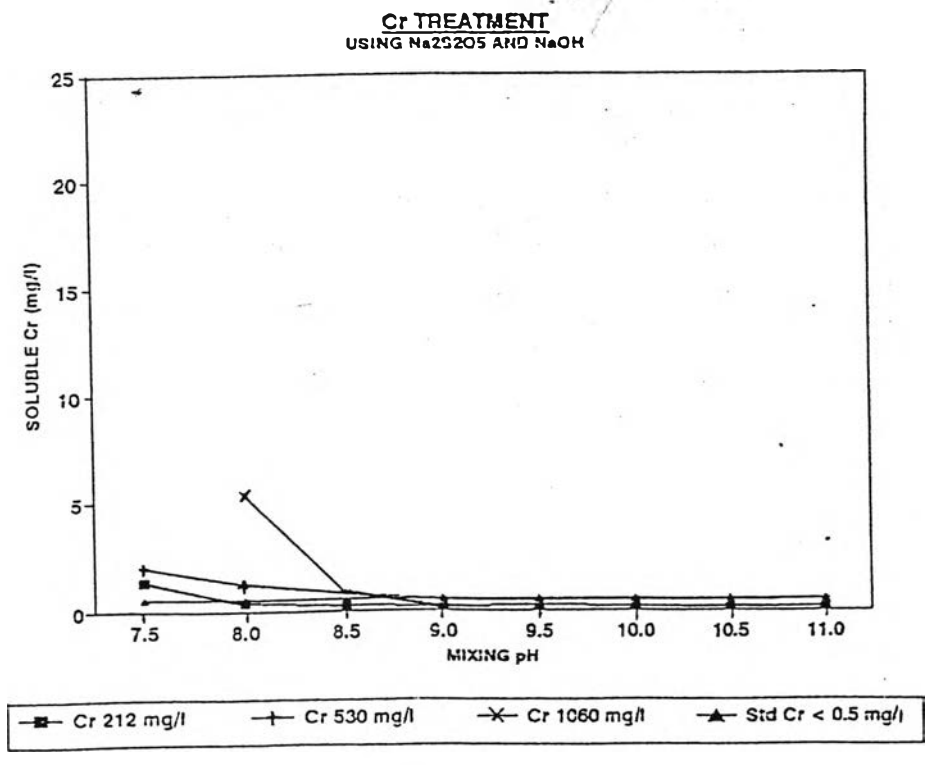
หัวข้อ	Cr 212 มก/ล.	Cr 530 มก/ล.	Cr 1060 มก/ล.
ค่าพีเอชที่เหมาะสม	8.0-11.0 (8.0)	9.0-11.0 (9.0)	9.0-11.0 (9.0)
โซดาไฟ 1 N (มล./500 มล.)	12.1-15.4 (12.1)	13.9-18.4 (13.9)	28.0-36.3 (28.0)
ปริมาตรตะกอน (มล./500 มล.)	65-95 (80)	165-180 (170)	245-435 (325)
ความเข้มข้นตะกอน (มก/ล.)	3020-4520 (3900)	4180-5640 (4690)	8900-10800 (9580)
ซัลฟิวริก 0.018 N (มล./50 มล.)	0-13.8 (0)	0-3.1 (0)	0-9.7 (0)

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเหมาะสมที่แนะนำให้ใช้



รูปที่ 5.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณโครเมียมทั้งหมด
เมื่อใช้ $Na_2S_2O_5$ กับ NaOH

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณโครเมียมละลาย เมื่อใช้ $Na_2S_2O_5$ กับ NaOH

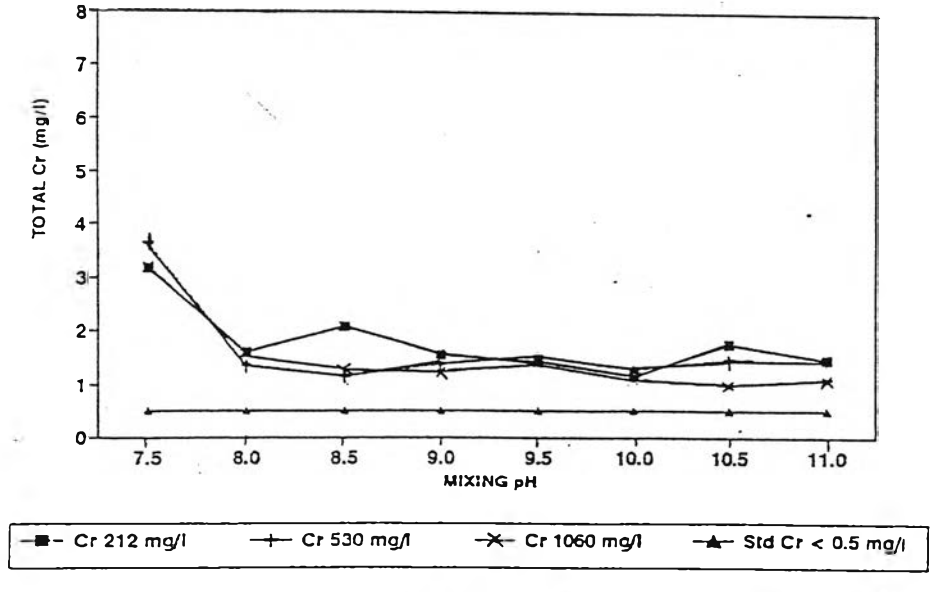
5.3.1.2 การบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียมโดยใช้ $Na_2S_2O_5$ ร่วมกับ $Ca(OH)_2$

ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียมประจุบวกหก ช่วงความเข้มข้น 212 - 1060 มก/ล. และ โครเมียม 212 มก/ล. + ตะกั่ว 208 มก/ล. โดยใช้ $Na_2S_2O_5$ 1.75 เท่า ในการรีดิวส์ที่พีเอชควบคุม 2.5 และใช้ $Ca(OH)_2$ ในการตกผลึกที่พีเอช 7.5 - 11.0 พบว่า ทุกค่าพีเอชที่ทำการทดลอง ภายหลังตกตะกอนนาน 90 นาที มีค่าโครเมียมทั้งหมดเกินมาตรฐานกำหนด (ไม่เกิน 0.5 มก/ล.) ดังแสดงในรูปที่ 5.22 ส่วนค่าโครเมียมละลายมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่พีเอช 8.5 - 11.0 ดังแสดงในรูปที่ 5.23 ส่วนการบำบัดโครเมียมรวมกับตะกั่ว ค่าพีเอชที่เหมาะสมคือ 8.0 - 10.5 ดังแสดงในรูปที่ 5.24 ข้อมูลปริมาณสารเคมีที่ใช้ ความเข้มข้นและปริมาณตะกอนที่เกิด สรุปได้ดังตารางที่ 5.7

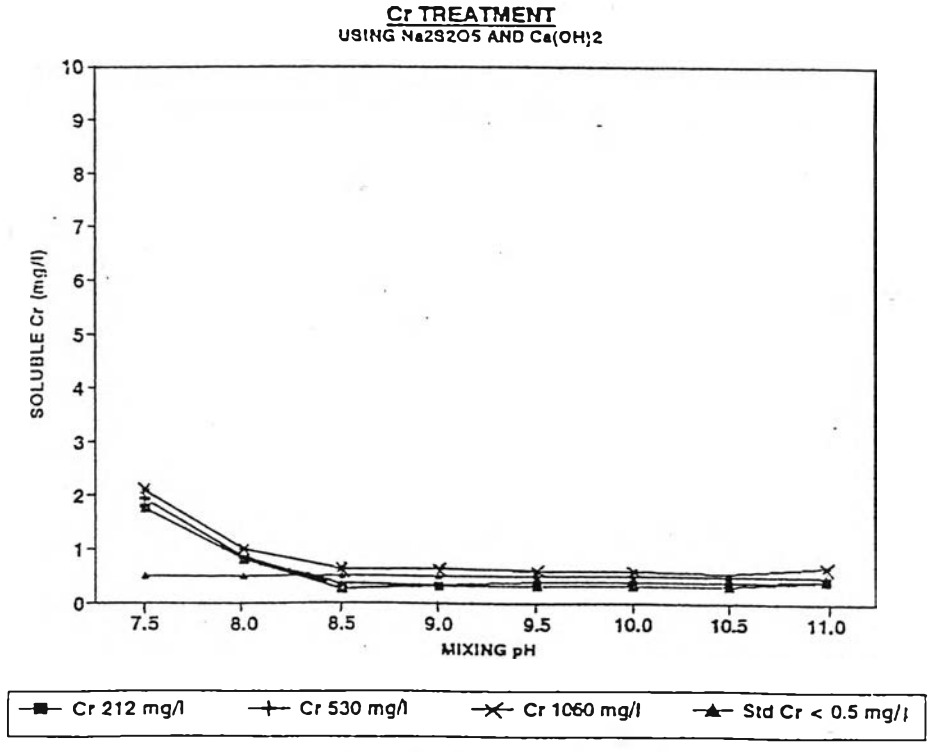
ตารางที่ 5.7 ตารางสรุปผลการบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียม
เมื่อใช้ $Na_2S_2O_5$ กับ $Ca(OH)_2$

หัวข้อ	A	B	C	D
พีเอชที่เหมาะสม	8.5-11.0 (8.5)	8.5-11.0 (8.5)	8.5-11.0 (8.5)	8.0-10.5 (8.5)
ปูนขาว 1 N (มล./500 มล.)	11.0-13.9 (11.0)	19.5-24.0 (19.5)	36.7-52.2 (36.7)	8.8-9.8 (8.8)
ปริมาตรตะกอน (มล./500 มล.)	110-155 (140)	235-285 (265)	305-365 (335)	60-85 (75)
ความเข้มข้นตะกอน (มก/ล.)	3620-5100 (4030)	4400-5960 (5240)	8560-9300 (8940)	5460-7220 (6540)
ซัลฟิวริก 0.018 N (มก./50 มล.)	0-6.0 (0)	0-4.5 (0)	0-19.2 (0)	0-1.7 (0)

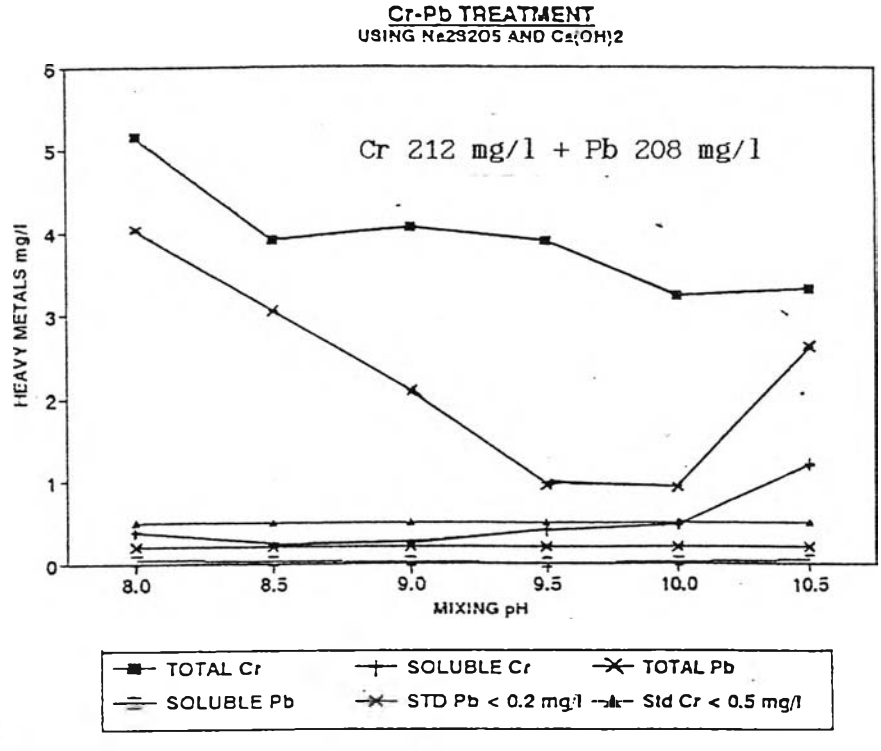
A = โครเมียมบวกหก 212 มก/ล. B = โครเมียมบวกหก 530 มก/ล.
C = โครเมียมบวกหก 1060 มก/ล. D = โครเมียมบวกหก 212 มก/ล.+ ตะกั่ว 208 มก/ล.
หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเหมาะสมที่แนะนำให้ใช้



รูปที่ 5.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณโครเมียมทั้งหมด
เมื่อใช้ $Na_2S_2O_5$ กับ $Ca(OH)_2$



รูปที่ 5.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณโครเมียมละลาย เมื่อใช้ $Na_2S_2O_5$ กับ $Ca(OH)_2$



รูปที่ 5.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณโครเมียม ตะกั่ว เมื่อใช้ $Na_2S_2O_5$ กับ $Ca(OH)_2$

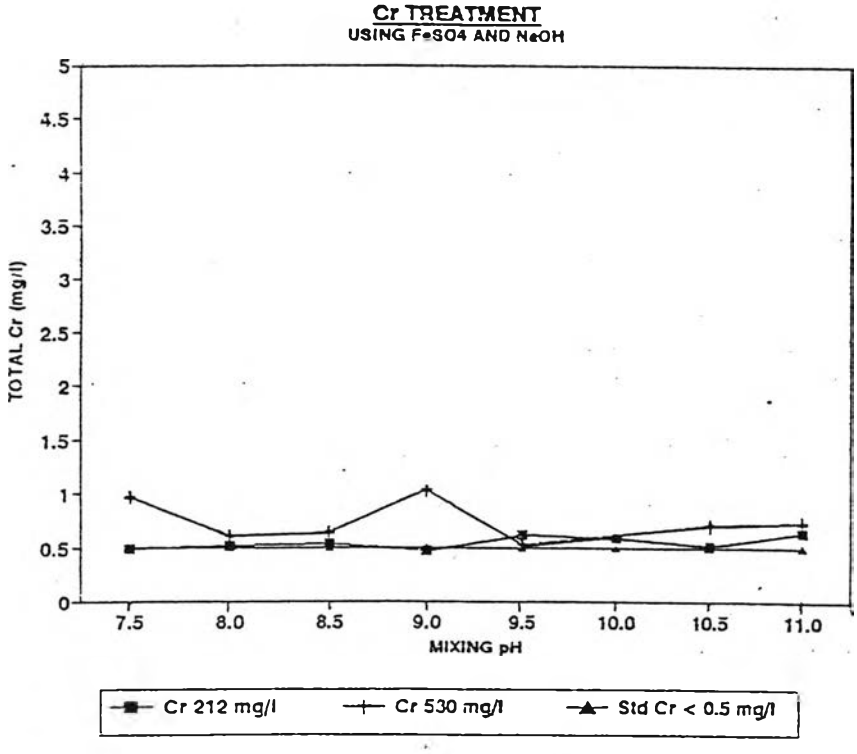
5.3.1.3 การบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียมโดยใช้ $FeSO_4$ ร่วมกับ NaOH

ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียมประจุบวกหก ช่วงความเข้มข้น 212 - 530 มก/ล. โดยใช้ $FeSO_4$ 3.5 เท่า ในการรีดิวส์ที่ พีเอชควบคุม 2.0 และใช้ NaOH ในการตกผลึกที่พีเอช 7.5-11.0 พบว่า ทุกค่าพีเอชที่ทำการทดลอง ภายหลังตกตะกอนนาน 90 นาที มีค่าโครเมียมทั้งหมดเกินมาตรฐานกำหนด (ไม่เกิน 0.5 มก/ล.) ดังแสดงในรูปที่ 5.25 ส่วนค่าโครเมียมละลาย มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่พีเอช 7.5-11.0 ดังแสดงในรูปที่ 5.26 ส่วนข้อมูลปริมาณสารเคมีที่ใช้ ความเข้มข้นและปริมาณตะกอนที่เกิด สรุปได้ดังตารางที่ 5.8

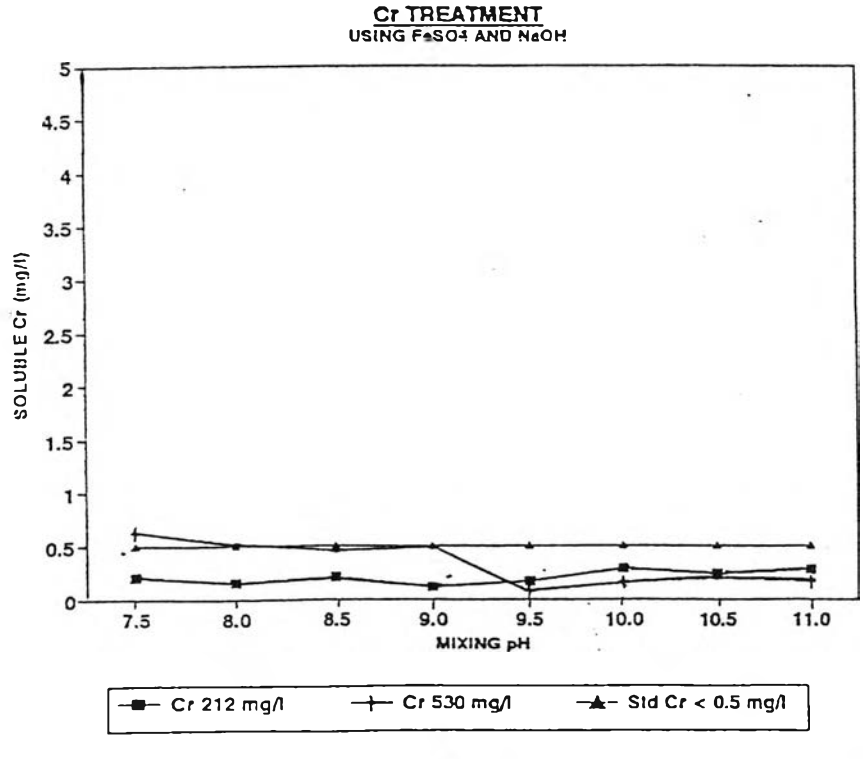
ตารางที่ 5.8 ตารางสรุปผลการบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียม เมื่อใช้ $FeSO_4$ กับ NaOH

หัวข้อ	Cr 212 มก/ล.	Cr 530 มก/ล.
ค่าพีเอชที่เหมาะสม	7.5-11.0 (7.5)	8.0-11.0 (8.0)
โซดาไฟ 1 N (มล./500 มล.)	52.8-57.3 (52.8)	114.5-122.4 (114.5)
ปริมาตรตะกอน (มล./500 มล.)	180-250 (205)	350-370 (360)
ความเข้มข้นตะกอน (มก/ล.)	12260-13340 (12940)	19400-24780 (21570)
ซัลฟิวริก 0.018 N (มล./50 มล.)	0.0-4.0 (0)	0.0-2.4 (0)

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเหมาะสมที่แนะนำให้ใช้



รูปที่ 5.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณโครเมียมทั้งหมด เมื่อใช้ $FeSO_4$ กับ NaOH



รูปที่ 5.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณโครเมียมละลาย เมื่อใช้ $FeSO_4$ กับ NaOH

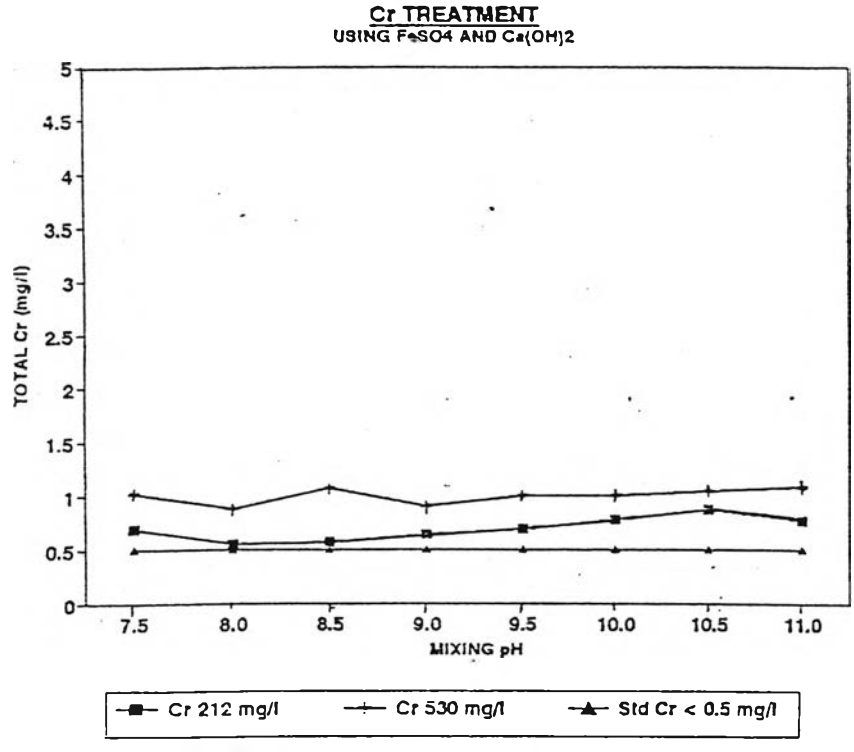
5.3.1.4 การบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียมโดยใช้ $FeSO_4$ ร่วมกับ $Ca(OH)_2$

ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียมประจุบวกหก ช่วงความเข้มข้น 212 - 530 มก/ล. โดยใช้ $FeSO_4$ 3.5 เท่า ในการรีดิวส์ที่ พีเอชควบคุม 2.0 และใช้ $Ca(OH)_2$ ในการตกผลึกที่พีเอช 7.5-11.0 พบว่า ทุกค่าพีเอชที่ทำการทดลอง ภายหลังตกตะกอนนาน 90 นาที มีค่าโครเมียมทั้งหมดเกินมาตรฐานกำหนด (ไม่เกิน 0.5 มก/ล.) ดังแสดงในรูปที่ 5.27 ส่วนค่าโครเมียมละลาย มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่ความเข้มข้น 212 มก/ล. ส่วนที่ความเข้มข้น 530 มก/ล.มีค่าใกล้เคียง ดังแสดงในรูปที่ 5.28 ส่วนข้อมูลปริมาณสารเคมีที่ใช้ ความเข้มข้นและปริมาณตะกอนที่เกิด สรุปได้ดังตารางที่ 5.9

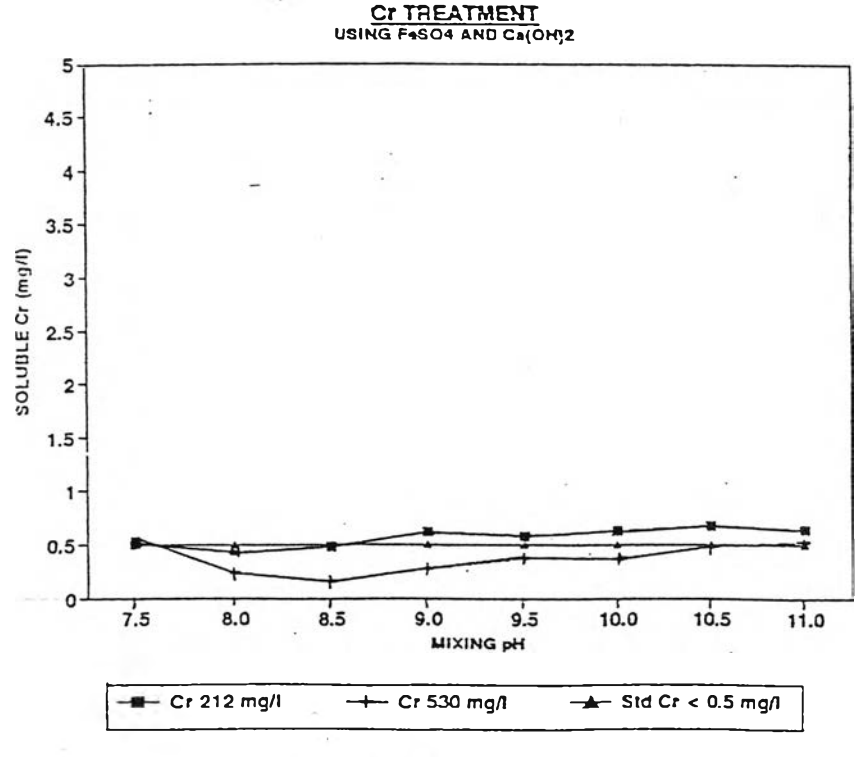
ตารางที่ 5.9 ตารางสรุปผลการบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียม เมื่อใช้ $FeSO_4$ กับ $Ca(OH)_2$

หัวข้อ	Cr 212 มก/ล.	Cr 530 มก/ล.
ค่าพีเอชที่เหมาะสม	7.5-11.0 (7.5)	8.0-11.0 (8.0)
ปูนขาว 1 N (มล./500 มล.)	52.3-67.4 (52.3)	110.0-126.4 (110.0)
ปริมาตรตะกอน (มล./600 มล.)	185-230 (185)	260-295 (280)
ความเข้มข้นตะกอน (มก/ล.)	18060-26100 (21640)	44720-52340 (48240)
ซัลฟิวริก 0.018 N (มล./50 มล.)	0.0-3.5 (0)	0.0-4.6 (0)

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเหมาะสมที่แนะนำให้ใช้



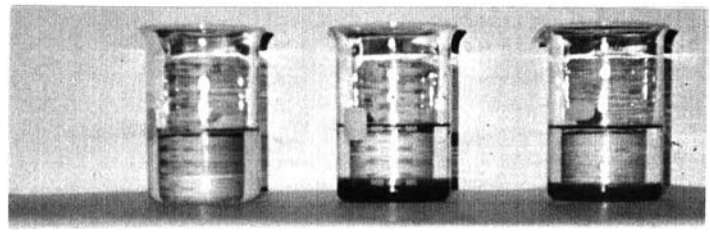
รูปที่ 5.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณโครเมียมทั้งหมด เมื่อใช้ $FeSO_4$ กับ $Ca(OH)_2$



รูปที่ 5.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณโครเมียมละลาย เมื่อใช้ $FeSO_4$ กับ $Ca(OH)_2$

5.3.2 การบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดง

ในการบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดง สามารถทำด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี โดยการเติมสารเคมี เพื่อก่อให้เกิดตะกอนในรูปคอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ สารเคมีที่ใช้ คือ NaOH และ $Ca(OH)_2$ ดังแสดงในรูปที่ 5.29 ค่าพีเอชที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ 7.5 - 11.0 ความเข้มข้นน้ำเสียมีดังต่อไปนี้ ทองแดง 244 มก/ล. ทองแดง 609 มก/ล. ทองแดง 1218 มก/ล. และ ทองแดง 6092 มก/ล.



SYNTHETIC WASTE NaOH $Ca(OH)_2$

Cu TREATMENT

รูปที่ 5.29 รูปแสดงการบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดง ด้วย NaOH และ $Ca(OH)_2$

5.3.2.1 การบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดงโดยใช้ NaOH

ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดง ช่วงความเข้มข้น 244 - 6092 มก/ล. พบว่า ทุกคานีเอชที่ทำการทดลอง ภายหลังตกตะกอนนาน 90 นาที มีค่าทองแดงทั้งหมดเกินมาตรฐานกำหนด (ไม่เกิน 1.0 มก/ล.) ดังแสดงในรูปที่ 5.30 ส่วนค่าทองแดงละลายมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานทุกค่าพีเอชดังแสดงในรูปที่ 5.31 ส่วนข้อมูลปริมาณสารเคมีที่ใช้ ความเข้มข้นและปริมาณตะกอนที่เกิด สรุปได้ดังตารางที่ 5.10

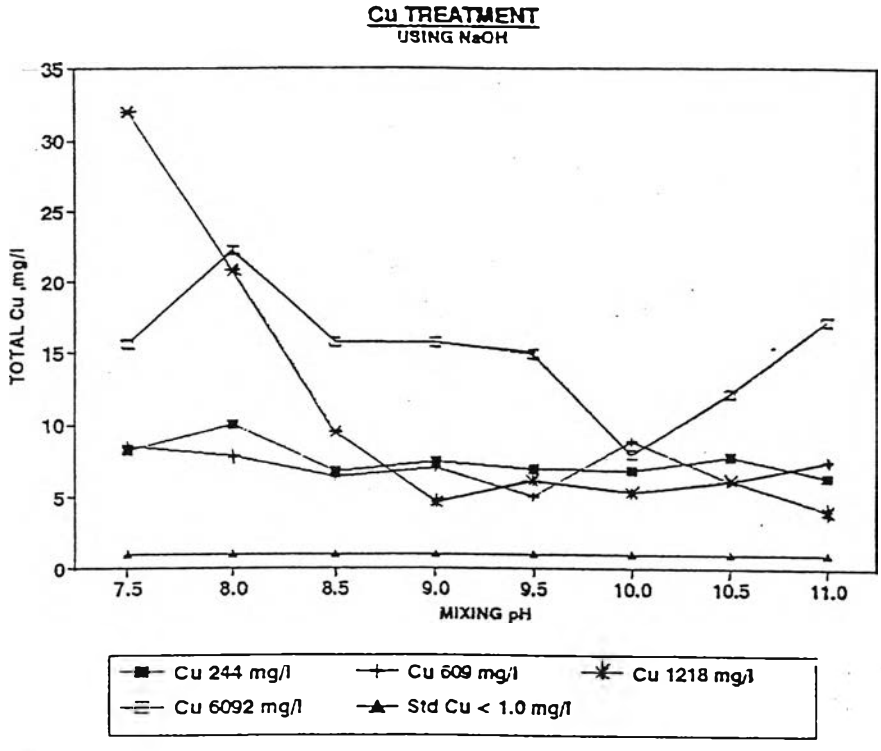
ตารางที่ 5.10 ตารางสรุปผลการบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดง เมื่อใช้ NaOH

หัวข้อ	A	B	C	D
พีเอชที่เหมาะสม	7.5-11.0 (7.5)	7.5-11.0 (7.5)	7.5-11.0 (7.5)	7.5-10.5 (7.5)
โซดาไฟ 1 N (มล./500 มล.)	4.4-9.8 (4.4)	11.2-13.4 (11.2)	23.0-26.7 (23.0)	113.7-122.0 (113.7)
ปริมาตรตะกอน (มล./500 มล.)	15-56 (45)	65-82 (75)	80-115 (80)	130-210 (160)
ความเข้มข้นตะกอน มก/ล.	2700-4740 (3080)	3780-5580 (4850)	9160-13000 (10540)	25200-38580 (32800)
ซลัดจ์ที่ 0.015 N (มล./50 มล.)	0.0-15.9 (0)	0.0-2.8 (0)	0.0-5.9 (0)	0.0-2.1 (0)

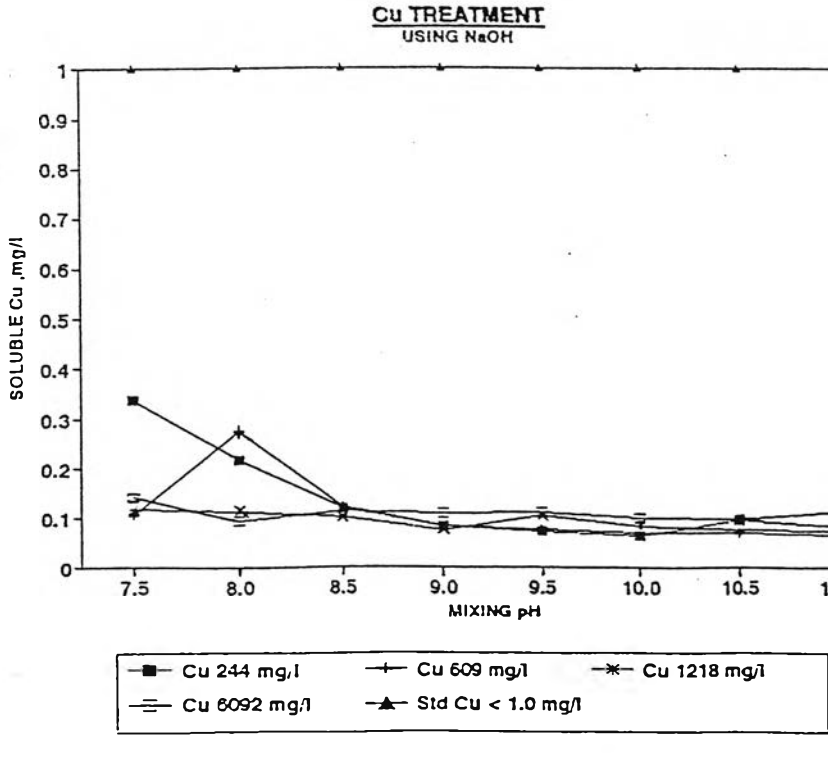
A = Cu 244 มก/ล. B = Cu 609 มก/ล.

C = Cu 1218 มก/ล. D = Cu 6092 มก/ล.

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเหมาะสมที่แนะนำให้ใช้



รูปที่ 5.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณทองแดงทั้งหมด เมื่อใช้ NaOH



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณทองแดงละลาย เมื่อใช้ NaOH

5.3.2.2 การบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดงโดยใช้ $Ca(OH)_2$

ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดง ช่วงความเข้มข้น 244 - 6092 มก/ล. พบว่า ทุกค่าพีเอชที่ทำการทดลอง ภายหลังตกตะกอนนาน 90 นาที มีค่าทองแดงทั้งหมดเกินมาตรฐานกำหนด (ไม่เกิน 1.0 มก/ล.) ดังแสดงในรูปที่ 5.32 ส่วนค่าทองแดงละลายมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานทุกค่าพีเอชดังแสดงในรูปที่ 5.33 ส่วนข้อมูลปริมาณสารเคมีที่ใช้ ความเข้มข้นและปริมาณตะกอนที่เกิด สรุปได้ดังตารางที่ 5.11

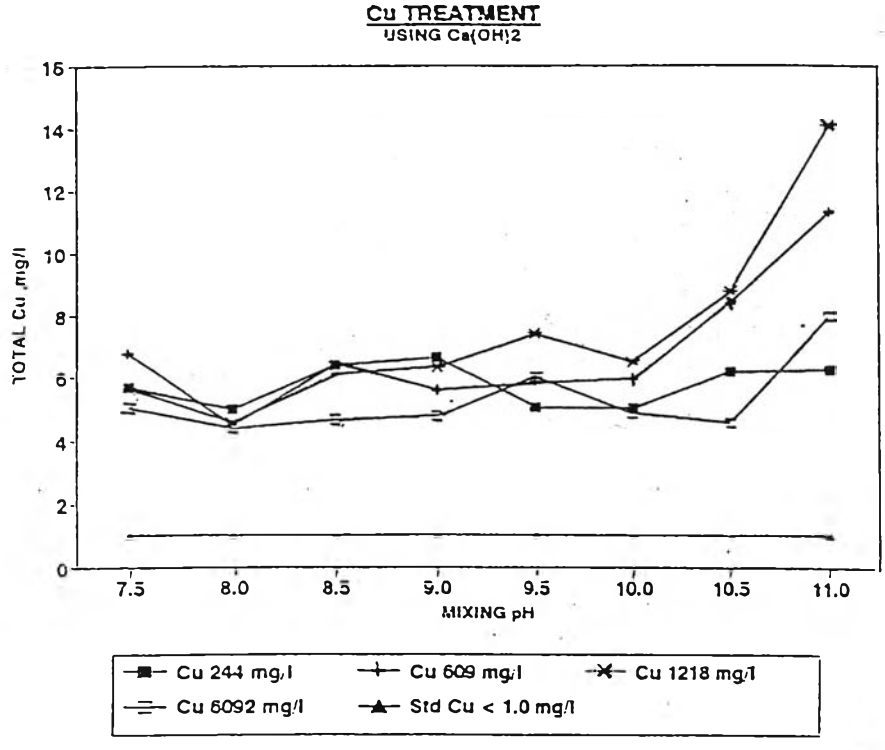
ตารางที่ 5.11 ตารางสรุปผลการบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดง เมื่อใช้ $Ca(OH)_2$

หัวข้อ	A	B	C	D
พีเอชที่เหมาะสม	7.5-11.0 (7.5)	7.5-11.0 (7.5)	7.5-9.5 (7.5)	7.5-11.0 (7.5)
ปูนขาว 1 N (มล./500 มล.)	3.5-4.4 (3.5)	10.9-11.8 (10.9)	20.6-26.0 (20.6)	112.5-130.8 (112.5)
ปริมาตรตะกอน (มล./500 มล.)	35-65 (50)	40-725 (55)	65-100 (80)	210-315 (255)
ความเข้มข้นตะกอน (มก/ล.)	3480-6820 (5180)	7420-13840 (10400)	12560-17580 (14950)	38020-53120 (46160)
ซัลฟิวริก 0.018 N (มล./50 มล.)	0.0-2.6 (0)	0.0-2.9 (0)	0.0-6.0 (0)	0.0-2.0 (0)

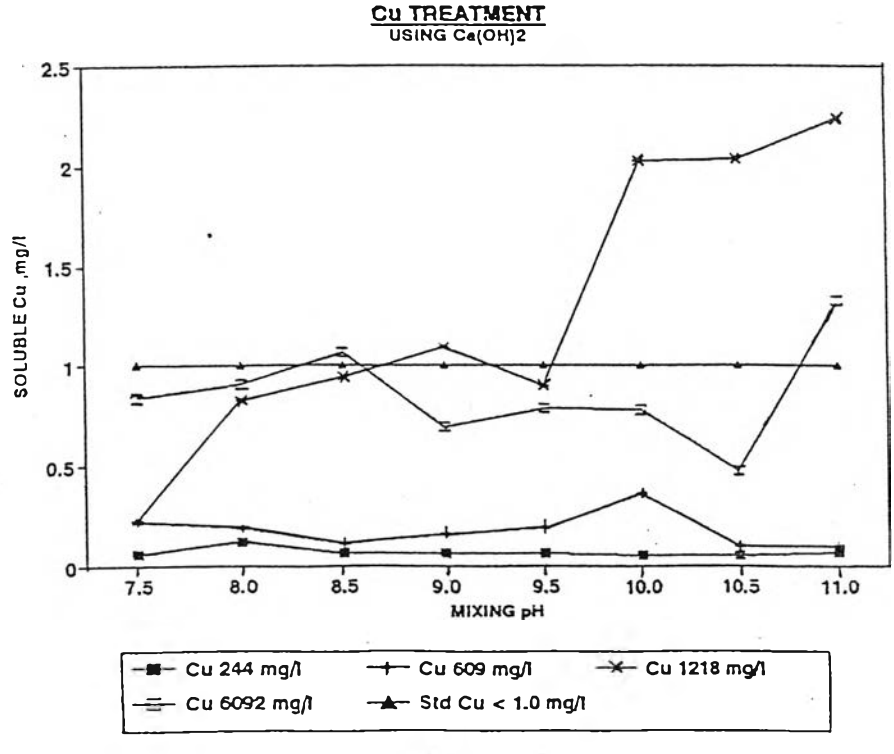
A = Cu 244 มก/ล. B = Cu 609 มก/ล.

C = Cu 1218 มก/ล. D = Cu 6092 มก/ล.

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเหมาะสมที่แนะนำให้ใช้



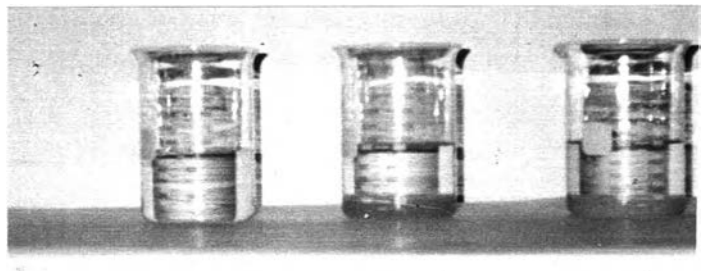
รูปที่ 5.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณทองแดงทั้งหมด เมื่อใช้ $Ca(OH)_2$



รูปที่ 5.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณทองแดงละลาย เมื่อใช้ $Ca(OH)_2$

5.3.3 การบำบัดน้ำเสียที่มีนิเกิล

ในการบำบัดน้ำเสียที่มีนิเกิล สามารถทำด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี โดยการเติมสารเคมี เพื่อก่อให้เกิดตะกอนในรูปนิเกิลไฮดรอกไซด์ สารเคมีที่ใช้ คือ NaOH และ $Ca(OH)_2$ ดังแสดงในรูปที่ 5.34 ค่าพีเอชที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ 7.5 - 11.0 ความเข้มข้นน้ำเสียมีดังต่อไปนี้ นิเกิล 200 มก/ล. นิเกิล 500 มก/ล. นิเกิล 1000 มก/ล. และ นิเกิล 5000 มก/ล.



รูปที่ 5.34 รูปแสดงการบำบัดน้ำเสียที่มีนิเกิล ด้วย NaOH และ $Ca(OH)_2$

5.3.3.1 การบำบัดน้ำเสียที่มีนิเกิลโดยใช้ NaOH

ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียที่มีนิเกิล ช่วงความเข้มข้น 200 - 5000 มก/ล. พบว่า ทุกค่าพีเอชที่ทำการทดลอง ภายหลังตกตะกอนนาน 90 นาที มีค่านิเกิลทั้งหมดเกินมาตรฐานกำหนด (ไม่เกิน 0.2 มก/ล.) ดังแสดงในรูปที่ 5.35 และ 5.37 ส่วนค่านิเกิลละลาย มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่ค่าพีเอช 10.0-11.0 ดังแสดงในรูปที่ 5.36 และ 5.38 ส่วนข้อมูลปริมาณสารเคมีที่ใช้ ความเข้มข้นและปริมาณตะกอนที่เกิด สรุปได้ดังตารางที่ 5.12

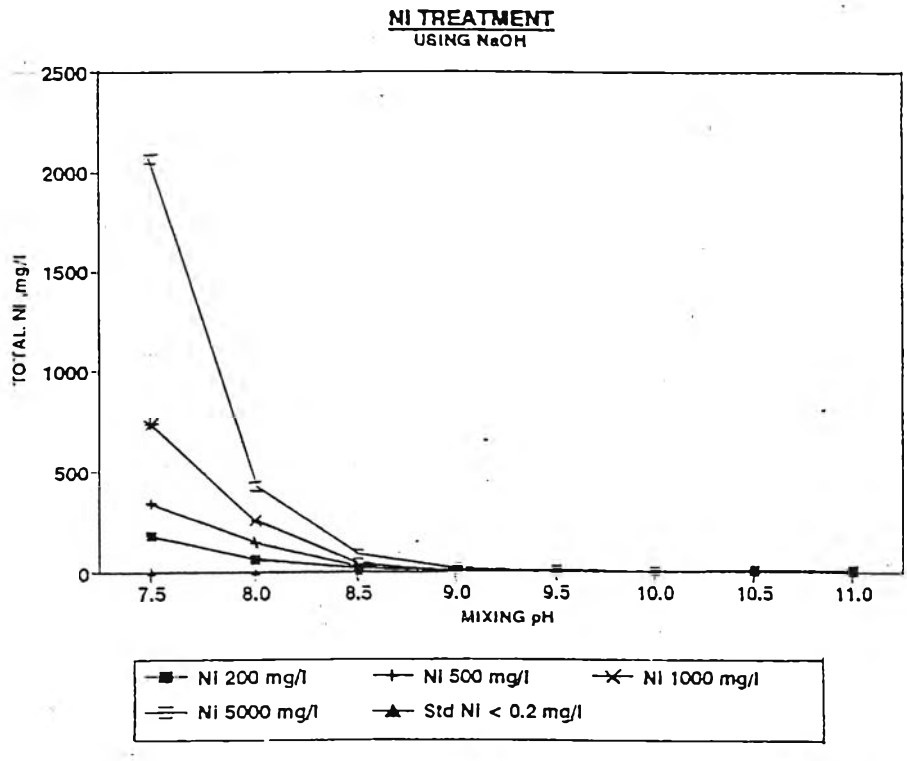
ตารางที่ 5.12 ตารางสรุปผลการบำบัดน้ำเสียที่มีนิเกิล เมื่อใช้ NaOH

หัวข้อ	A	B	C	D
ค่าพีเอชที่เหมาะสม	10.0-11.0 (10.0)	9.5-11.0 (9.5)	10.0-11.0 (10.0)	10.0-11.0 (10.0)
โซดาไฟ 1 N (มล./500 มล.)	4.2-6.3 (4.2)	8.9-11.3 (8.9)	20.1-22.5 (20.1)	90.1-99.3 (90.1)
ปริมาตรตะกอน (มล./500 มล.)	50-70 (60)	90-135 (110)	180-215 (200)	410 (410)
ความเข้มข้นตะกอน (มก/ล.)	3400-4140 (3870)	5100-6220 (5830)	5380-6080 (5810)	14820-16300 (15430)
ซัลฟิวริก 0.018 N (มล./50 มล.)	8.0-11.4 (8.0)	7.8-13.9 (7.8)	14.4-25.1 (14.4)	39.1-68.7 (39.1)

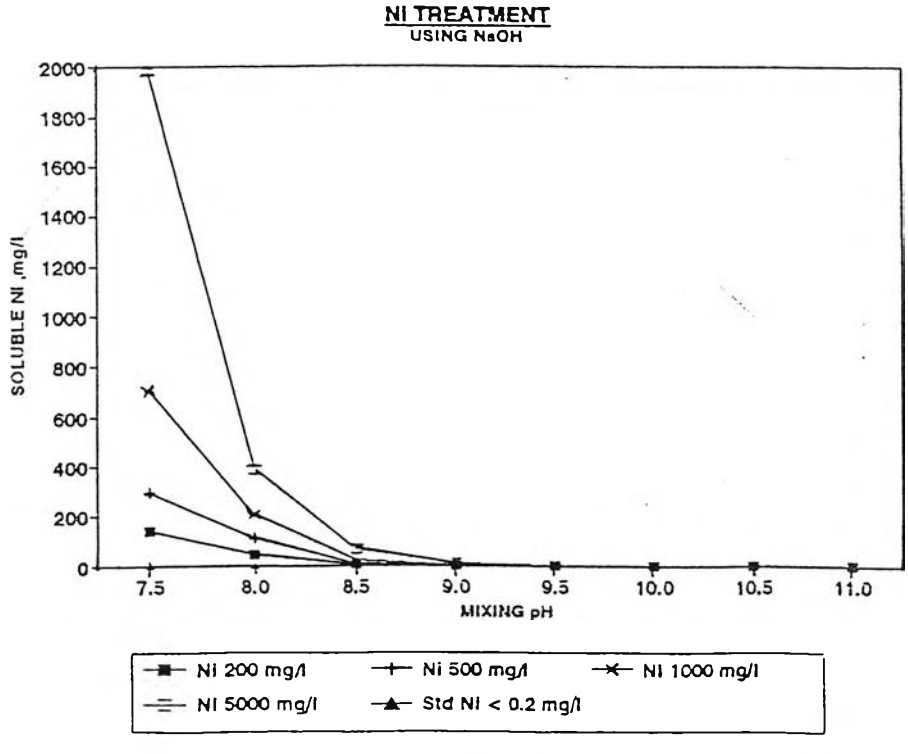
A = Ni 200 มก/ล. B = Ni 500 มก/ล.

C = Ni 1000 มก/ล. D = Ni 5000 มก/ล.

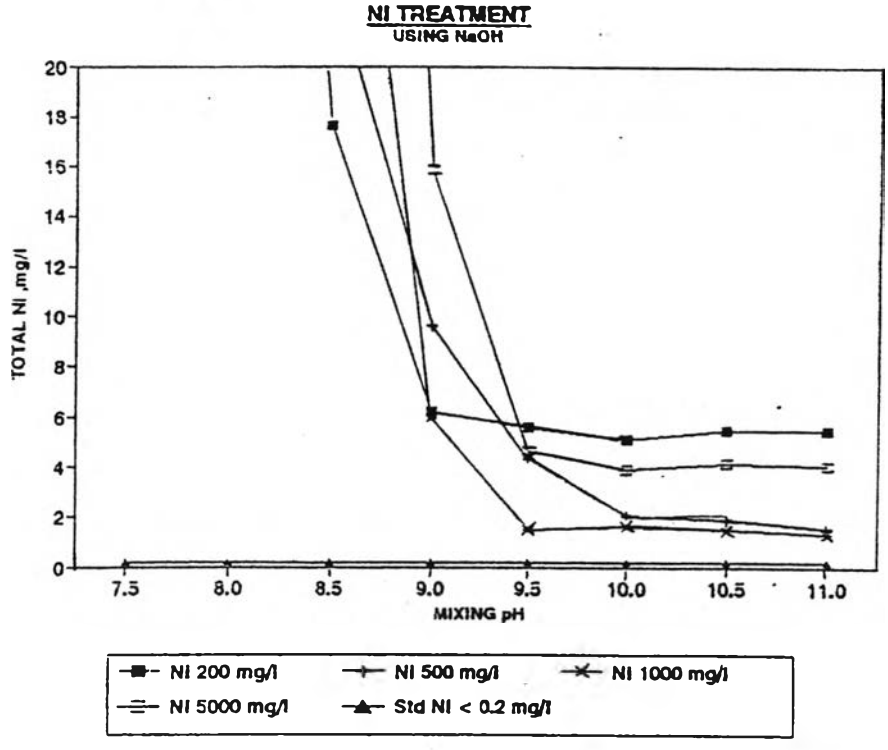
หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเหมาะสมที่แนะนำให้ใช้



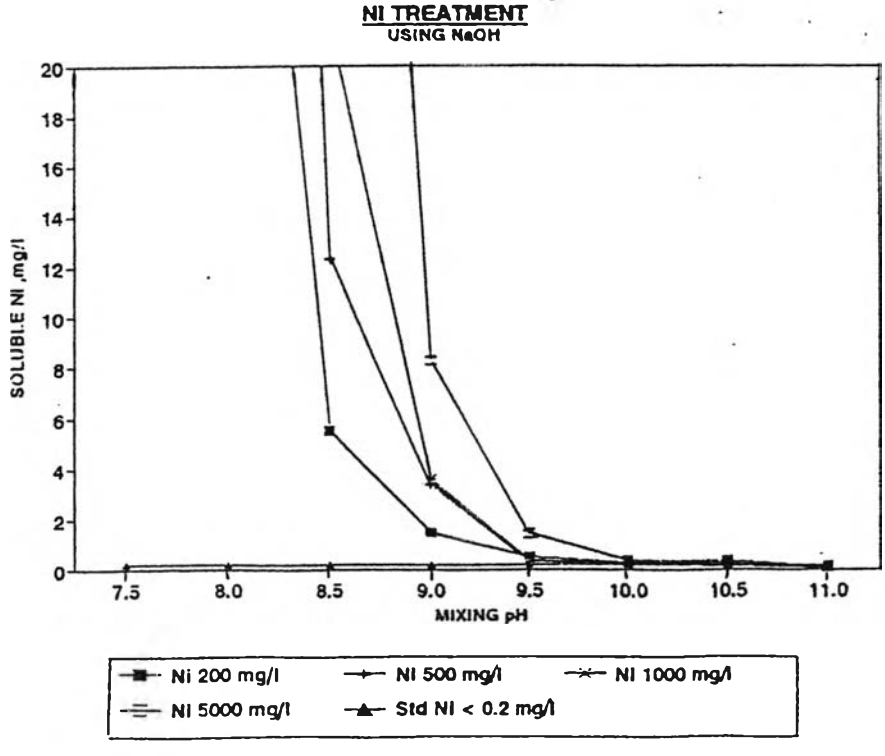
รูปที่ 5.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณนิเกิลทั้งหมด เมื่อใช้ NaOH



รูปที่ 5.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณนิเกิลละลาย เมื่อใช้ NaOH



รูปที่ 5.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณนิเกิลทั้งหมด เมื่อใช้ NaOH (ขยายรูปที่ 5.35)



รูปที่ 5.38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณนิเกิลละลาย เมื่อใช้ NaOH (ขยายรูปที่ 5.36)

5.3.3.2 การบำบัดน้ำเสียที่มีนิเกิลโดยใช้ $Ca(OH)_2$

ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียที่มีนิเกิล ช่วงความเข้มข้น 200 - 5000 มก/ล. พบว่า ทุกค่าพีเอชที่ทำการทดลอง ภายหลังตกตะกอนนาน 90 นาที มีค่านิเกิลทั้งหมดเกินมาตรฐานกำหนด (ไม่เกิน 0.2 มก/ล.) ดังแสดงในรูปที่ 5.39 และ 5.41 ส่วนค่านิเกิลละลายมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่ค่าพีเอช 10.5-11.0 ดังแสดงในรูปที่ 5.40 และ 5.42 ส่วนข้อมูลปริมาณสารเคมีที่ใช้ ความเข้มข้นและปริมาณตะกอนที่เกิด สรุปได้ดังตารางที่ 5.13

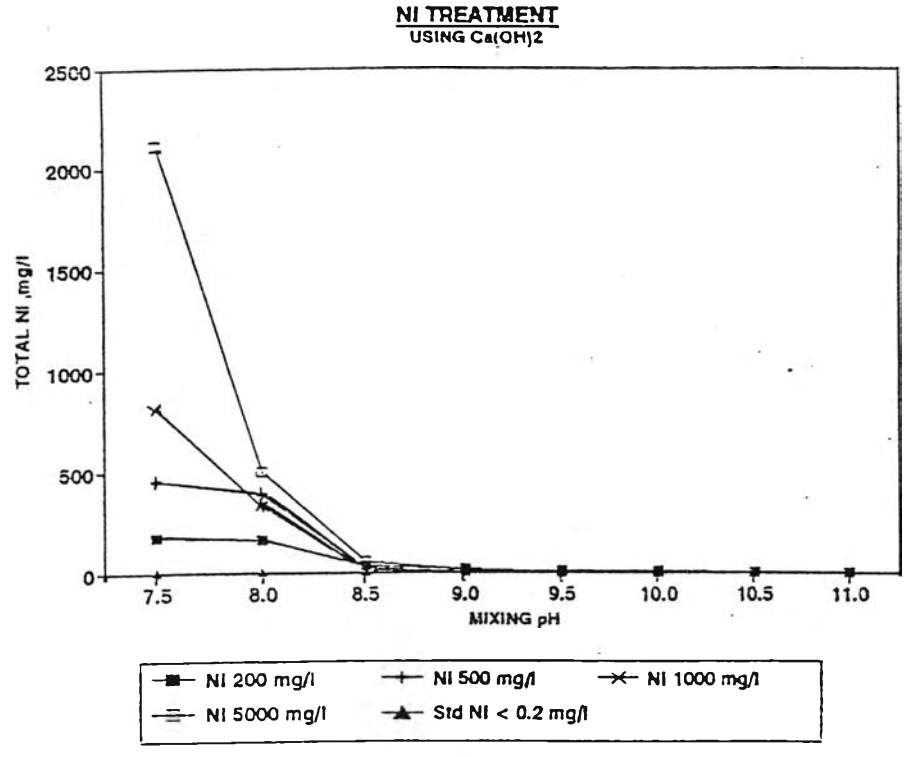
ตารางที่ 5.13 ตารางสรุปผลการบำบัดน้ำเสียที่มีนิเกิล เมื่อใช้ $Ca(OH)_2$

หัวข้อ	A	B	C	D
พีเอชที่เหมาะสม	10.5-11.0 (10.5)	10.5-11.0 (10.5)	9.5-10.5 (9.5)	10.0-11.0 (10.0)
ปูนขาว 1 N (มล./500 มล.)	3.6-3.7 (3.6)	8.7-9.5 (8.7)	17.3-25.0 (17.3)	91.0-102.1 (91.0)
ปริมาตรตะกอน (มล./500 มล.)	50-53 (50)	95 (95)	165-185 (175)	230-255 (242)
ความเข้มข้นตะกอน (มก/ล.)	4360-4540 (4400)	6980-7040 (7010)	6840-7840 (7230)	33680-38180 (35267)
ซัลฟิวริก 0.018 N (มล./50 มล.)	4.3-5.7 (4.3)	6.7-10.8 (6.7)	11.0-15.5 (11.0)	30.4-50.1 (30.4)

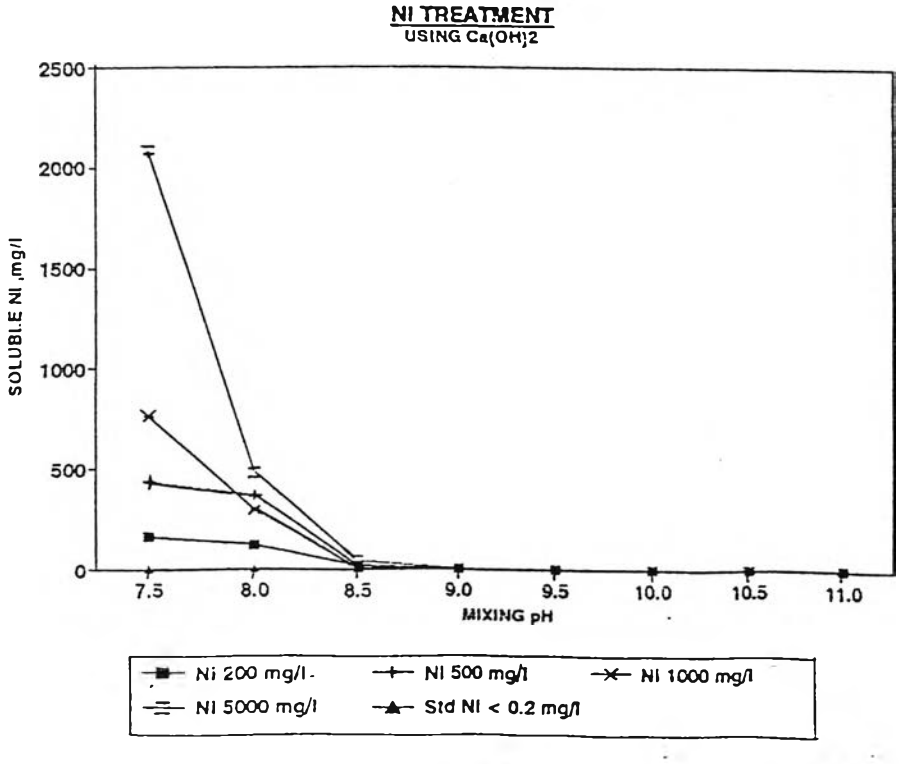
A = Ni 200 มก/ล. E = Ni 500 มก/ล.

C = Ni 1000 มก/ล. D = Ni 5000 มก/ล.

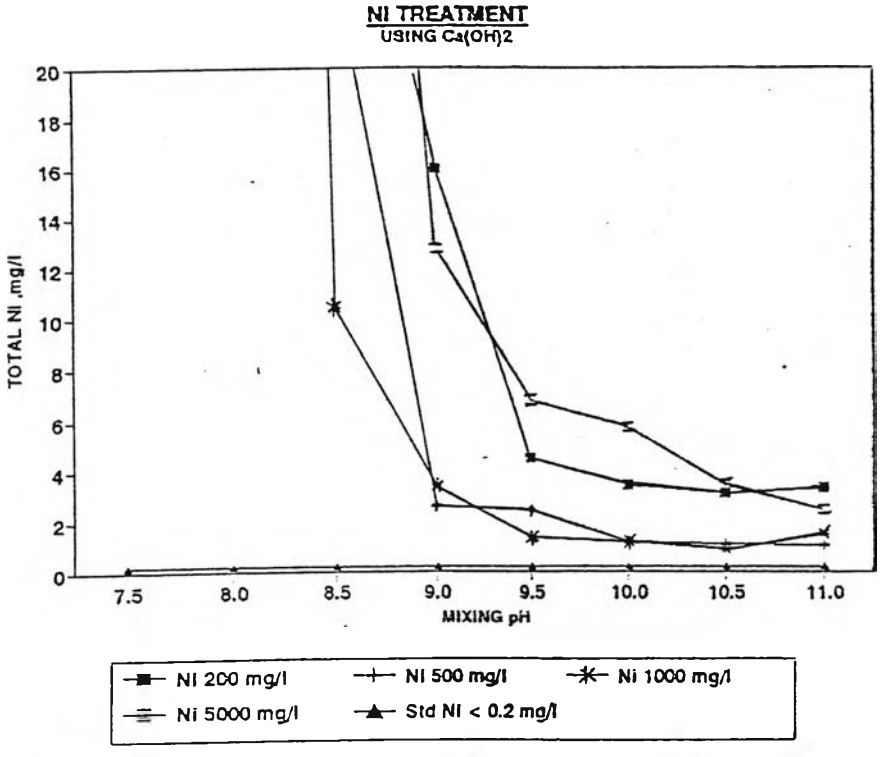
หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเหมาะสมที่แนะนำให้ใช้



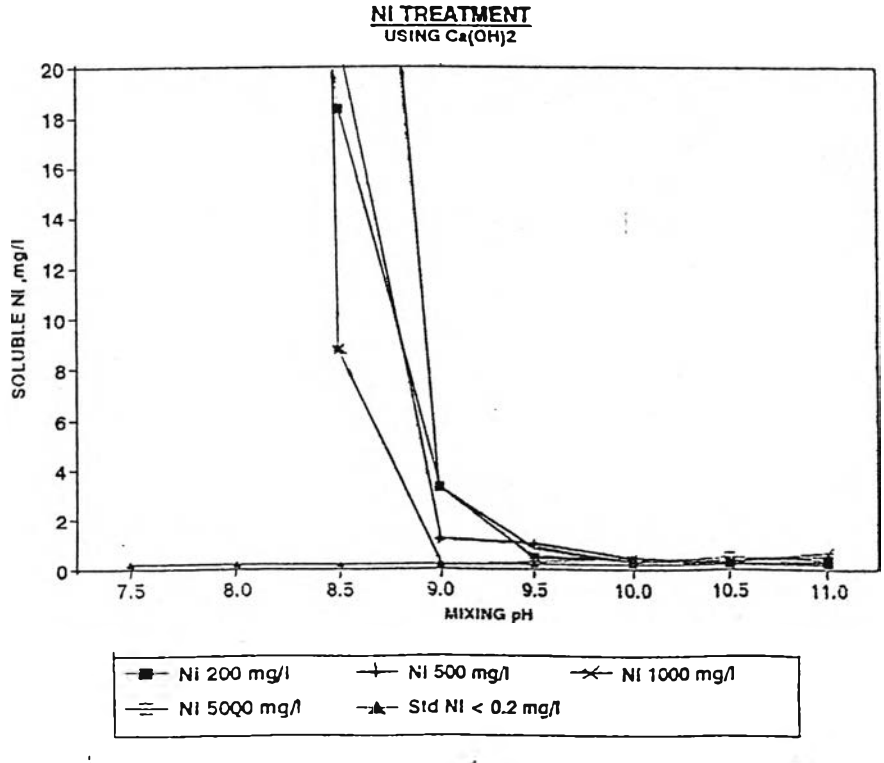
รูปที่ 5.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณนิเกิลทั้งหมด เมื่อใช้ $Ca(OH)_2$



รูปที่ 5.40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณนิเกิลละลาย เมื่อใช้ $Ca(OH)_2$



รูปที่ 5.41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณนิเกิลทั้งหมด เมื่อใช้ $Ca(OH)_2$ (ขยายรูปที่ 5.39)

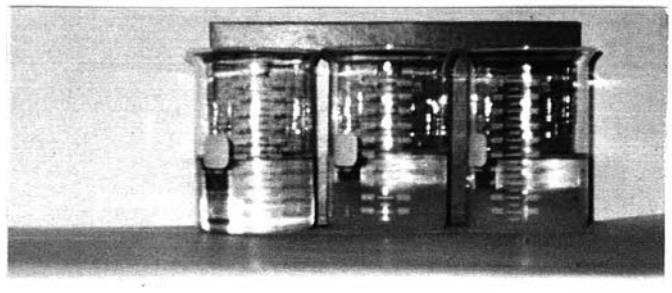


รูปที่ 5.42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณนิเกิลละลาย เมื่อใช้ $Ca(OH)_2$ (ขยายรูปที่ 5.40)

5.3.4 การบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสี

ในการบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสี สามารถทำด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี โดยการเติมสารเคมี เพื่อก่อให้เกิดตะกอนในรูปสังกะสีไฮดรอกไซด์ สารเคมีที่ใช้ คือ NaOH และ $Ca(OH)_2$ ดังแสดงในรูปที่ 5.43 ค่าพีเอชที่ใช้ในการศึกษาได้แก 7.5 - 11.0 ความเข้มข้นน้ำเสียมีดังต่อไปนี้ สังกะสี 224 มก/ล. สังกะสี 559 มก/ล. สังกะสี 1118 มก/ล. และ สังกะสี 5588 มก/ล.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



SYNTHETIC WASTE NaOH $Ca(OH)_2$

Zn TREATMENT

รูปที่ 5.43 รูปแสดงการบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสี ด้วย NaOH และ $Ca(OH)_2$

5.3.4.1 การบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสีโดยใช้ NaOH

ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสี ช่วงความเข้มข้น 224 - 5588 มก/ล. พบว่า ภายหลังตกตะกอนนาน 90 นาที มีค่าสังกะสีทั้งหมดผ่านมาตรฐานกำหนด (ไม่เกิน 5 มก/ล.) ที่พีเอช 8.0-11.0 ยกเว้นที่ความเข้มข้น 5588 มก/ล. มีค่าใกล้เคียงมาตรฐานที่พีเอช 9.0-10.5 ดังแสดงในรูปที่ 5.44 ส่วนค่าสังกะสีละลายมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่ค่าพีเอช 8.0-11.0 ดังแสดงในรูปที่ 5.45 ส่วนข้อมูลปริมาณสารเคมีที่ใช้ ความเข้มข้นและปริมาณตะกอนที่เกิด สรุปได้ดังตารางที่ 5.14

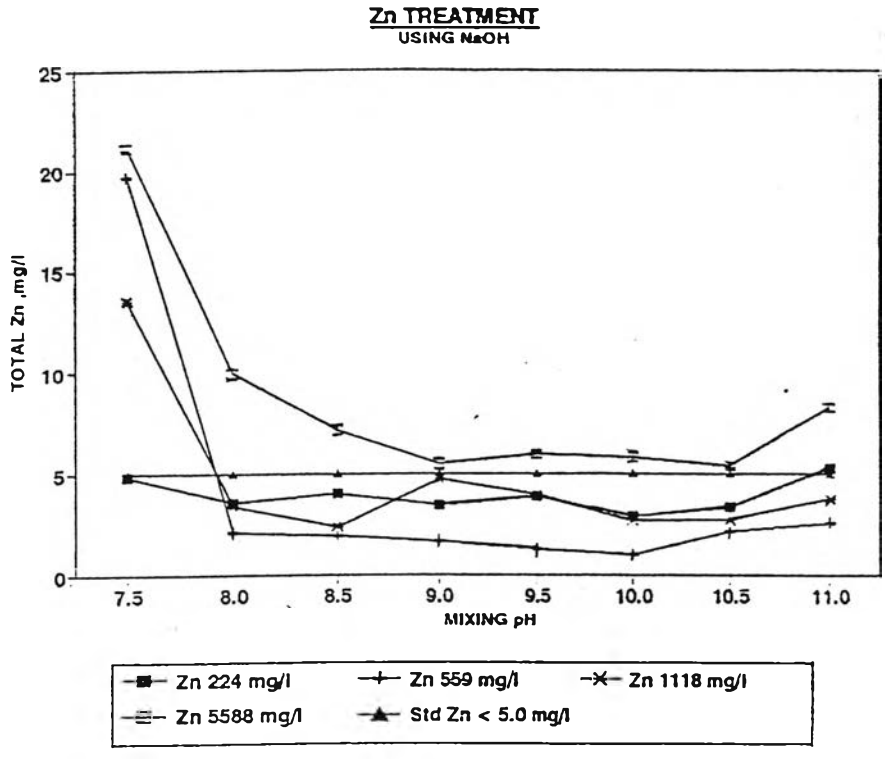
ตารางที่ 5.14 ตารางสรุปผลการบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสี เมื่อใช้ NaOH

หัวข้อ	A	B	C	D
พีเอชที่เหมาะสม	7.5-11.0 (7.5)	8.0-11.0 (8.0)	8.0-11.0 (8.0)	8.0-11.0 (8.0)
โซดาไฟ 1 N (มล./500 มล.)	3.0-5.8 (3.0)	7.5-12.0 (7.5)	16.7-24.4 (16.7)	82.1-103.6 (82.1)
ปริมาตรตะกอน (มล./500 มล.)	45-50 (48)	150-225 (180)	110-300 (260)	395-440 (420)
ความเข้มข้นตะกอน (มก/ล.)	2580-4260 (3320)	2600-4480 (3220)	4120-9920 (5280)	13260-15060 (14090)
ซัลฟิวริก 0.016 N (มล./50 มล.)	0.0-11.6 (0)	0.0-11.8 (0)	0.0-20.4 (0)	0.0-33.1 (0)

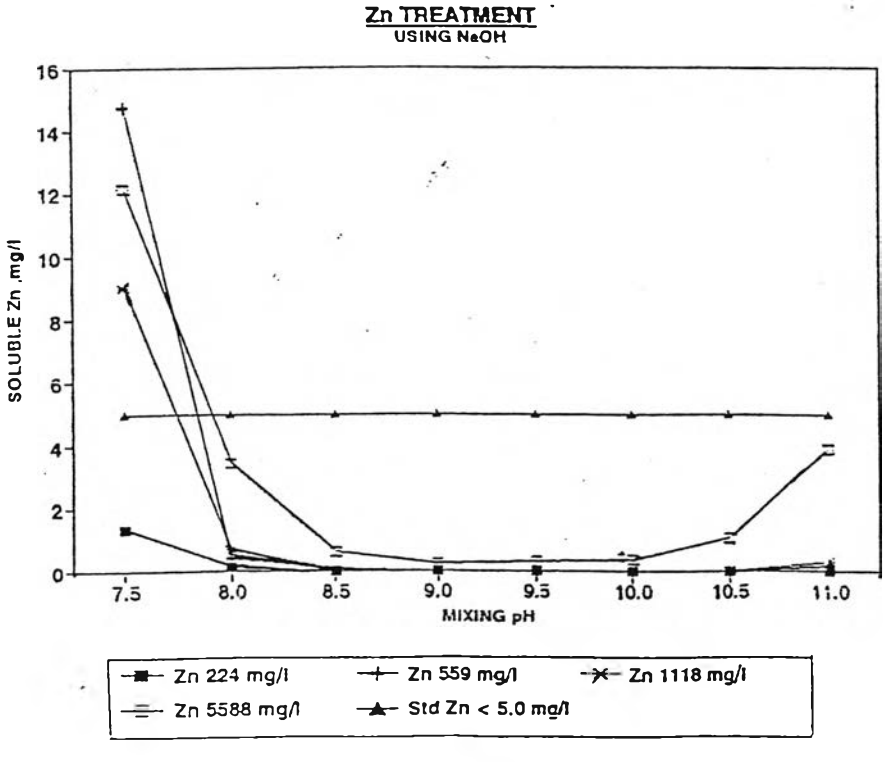
A = Zn 224 มก/ล. B = Zn 559 มก/ล.

C = Zn 1118 มก/ล. D = Zn 5588 มก/ล.

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเหมาะสมที่แนะนำให้ใช้



รูปที่ 5.44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณสังกะสีทั้งหมด เมื่อใช้ NaOH



รูปที่ 5.45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณสังกะสีละลาย เมื่อใช้ NaOH

5.3.4.2 การบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสีโดยใช้ $Ca(OH)_2$

ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสี ช่วงความเข้มข้น 224 - 5588 มก/ล. พบว่า ภายหลังตกตะกอนนาน 90 นาที มีค่าสังกะสีทั้งหมดต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด (ไม่เกิน 5 มก/ล.) ที่พีเอช 8.0-11.0 ดังแสดงในรูปที่ 5.46 ส่วนค่าสังกะสีละลายมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่ค่าพีเอช 7.5-11.0 ดังแสดงในรูปที่ 5.47 ส่วนข้อมูลปริมาณสารเคมีที่ใช้ ความเข้มข้นและปริมาณตะกอนที่เกิด สรุปได้ดังตารางที่ 5.15

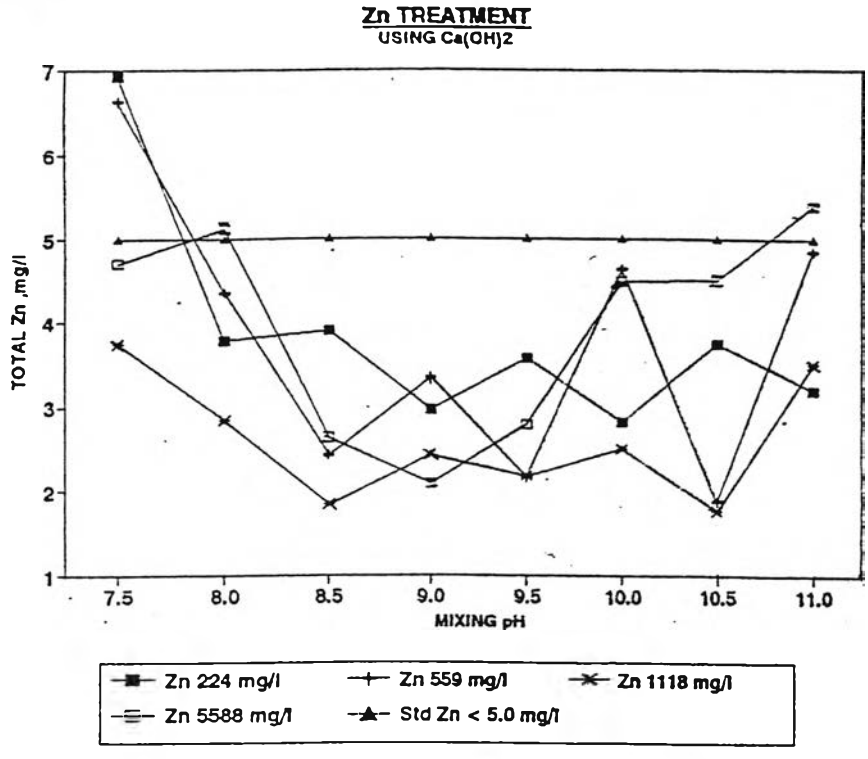
ตารางที่ 5.15 ตารางสรุปผลการบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสี เมื่อใช้ $Ca(OH)_2$

หัวข้อ	A	B	C	D
พีเอชที่เหมาะสม	8.0-11.0 (8.0)	8.0-11.0 (8.0)	7.5-11.0 (7.5)	7.5-11.0 (7.5)
ปูนขาว 1 N (มล./500 มล.)	2.7-4.8 (3.7)	4.0-8.0 (4.0)	9.7-21.5 (9.7)	83.6-109.3 (83.6)
ปริมาตรตะกอน (มล./500 มล.)	32-45 (40)	135-200 (160)	210-295 (255)	255-410 (345)
ความเข้มข้นตะกอน (มก/ล.)	4720-9520 (5310)	2880-4960 (4080)	4300-7100 (5520)	21860-35340 (27290)
ซิลฟิวริก 0.018 N (มล./50 มล.)	0.0-5.6 (0)	0.0-14.5 (0)	0.0-13.8 (0)	0.0-34.7 (0)

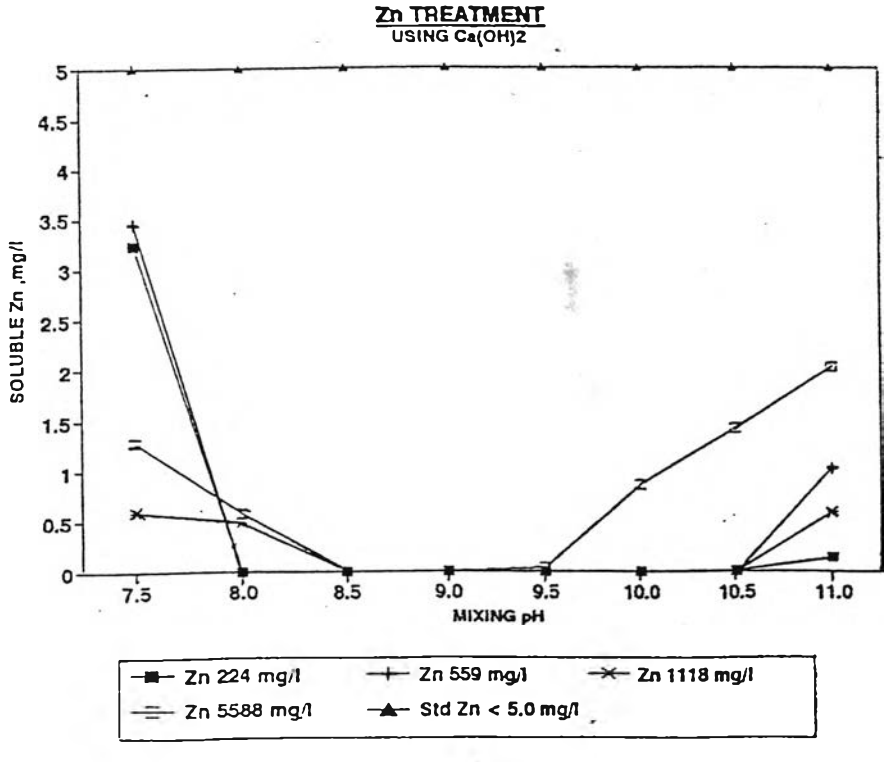
A = Zn 224 มก/ล. B = Zn 559 มก/ล.

C = Zn 1118 มก/ล. D = Zn 5588 มก/ล.

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเหมาะสมที่แนะนำให้ใช้



รูปที่ 5.46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณสังกะสีทั้งหมด เมื่อใช้ $Ca(OH)_2$



รูปที่ 5.47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณสังกะสีละลาย เมื่อใช้ $Ca(OH)_2$

5.3.5 การบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดง นิเกิล และสังกะสี

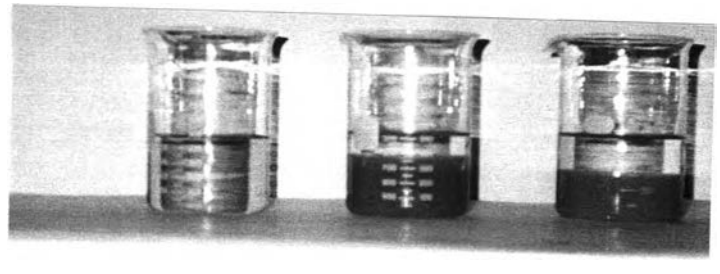
ในการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหลายตัวปนกัน สามารถทำด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี โดยการเติมสารเคมี เพื่อก่อให้เกิดตะกอนในรูปโลหะไฮดรอกไซด์ สารเคมีที่ใช้คือ NaOH และ $Ca(OH)_2$ ดังแสดงในรูปที่ 5.48 ค่าพีเอชที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ 7.5 - 11.0 ความเข้มข้นน้ำเสียมีดังต่อไปนี้

ทองแดง 244 มก/ล. นิเกิล 200 มก/ล. สังกะสี 224 มก/ล.

ทองแดง 609 มก/ล. นิเกิล 500 มก/ล. สังกะสี 559 มก/ล.

ทองแดง 1218 มก/ล. นิเกิล 1000 มก/ล. สังกะสี 1118 มก/ล.

ทองแดง 6092 มก/ล. นิเกิล 5000 มก/ล. สังกะสี 5588 มก/ล.



SYNTHETIC WASTE NaOH $Ca(OH)_2$

Cu-Ni-Zn TREATMENT

รูปที่ 5.48 รูปแสดงการบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสี ทองแดงและนิเกิล ด้วย NaOH และ $Ca(OH)_2$

5.3.5.1 การบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดง นิเกิล และสังกะสีโดยใช้ NaOH

ทำการทดลองบำบัดน้ำเสีย พบว่า ภายหลังตกตะกอนนาน 90 นาที ค่านิเกิลทั้งหมดมีค่าเกินมาตรฐานกำหนดทุกค่าพีเอช แต่ค่านิเกิลละลายมีค่าใกล้เคียงมาตรฐานที่พีเอช 9.0-11.0 ดังแสดงในรูปที่ 5.49 ค่าทองแดงทั้งหมดและทองแดงละลาย มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่พีเอช 8.0-11.0 ดังแสดงในรูปที่ 5.50 ส่วนค่าสังกะสีทั้งหมดและสังกะสีละลาย มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่ค่าพีเอช 8.0-11.0 ดังแสดงในรูปที่ 5.51 ข้อมูลปริมาณสารเคมีที่ใช้ ความเข้มข้นและปริมาณตะกอนที่เกิด สรุปได้ดังตารางที่ 5.16

ตารางที่ 5.16 ตารางสรุปผลการบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสี นิเกิล ทองแดง เมื่อใช้ NaOH

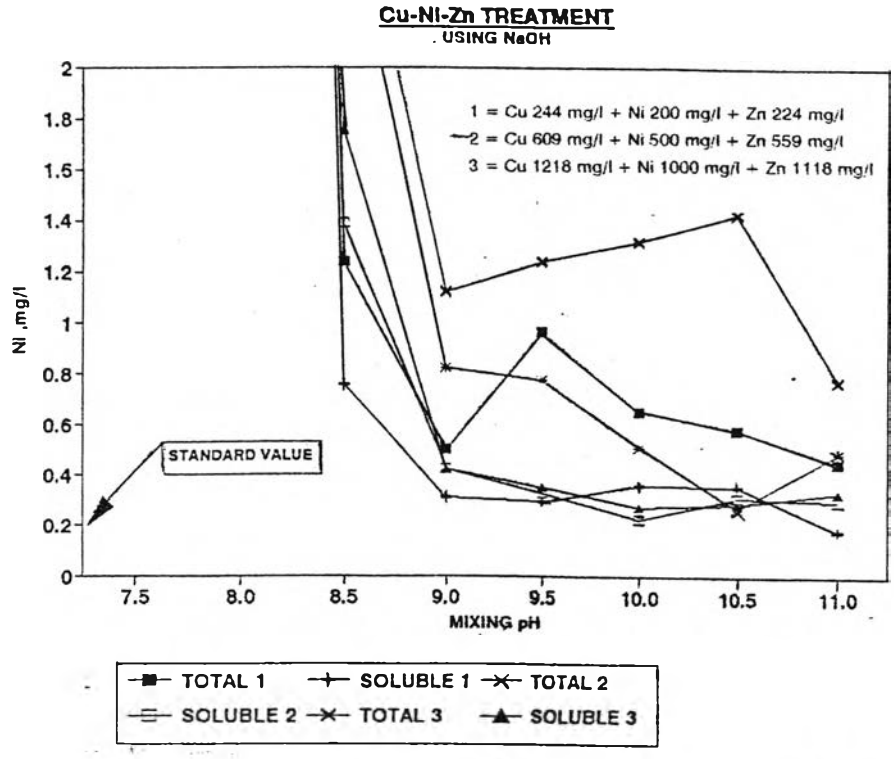
หัวข้อ	A	B	C
พีเอชที่เหมาะสม	9.0-11.0 (9.0)	9.0-11.0 (9.0)	9.0-11.0 (9.0)
โซดาไฟ 1 N (มล./500 มล.)	11.6-14.3 (11.6)	28.9-35.4 (28.9)	61.4-70.9 (61.4)
ปริมาตรตะกอน (มล./500 มล.)	120-138 (130)	280-320 (300)	380-400 (390)
ความเข้มข้นตะกอน (มก/ล.)	5640-6620 (6130)	6140-6900 (6460)	9020-10080 (9550)
ซัลฟิวริก 0.018 N (มล./50 มล.)	0.0-10.8 (0)	0.0-19.6 (0)	0.0-27.7 (0)

A = ทองแดง 244 มก/ล. นิเกิล 200 มก/ล. สังกะสี 224 มก/ล.

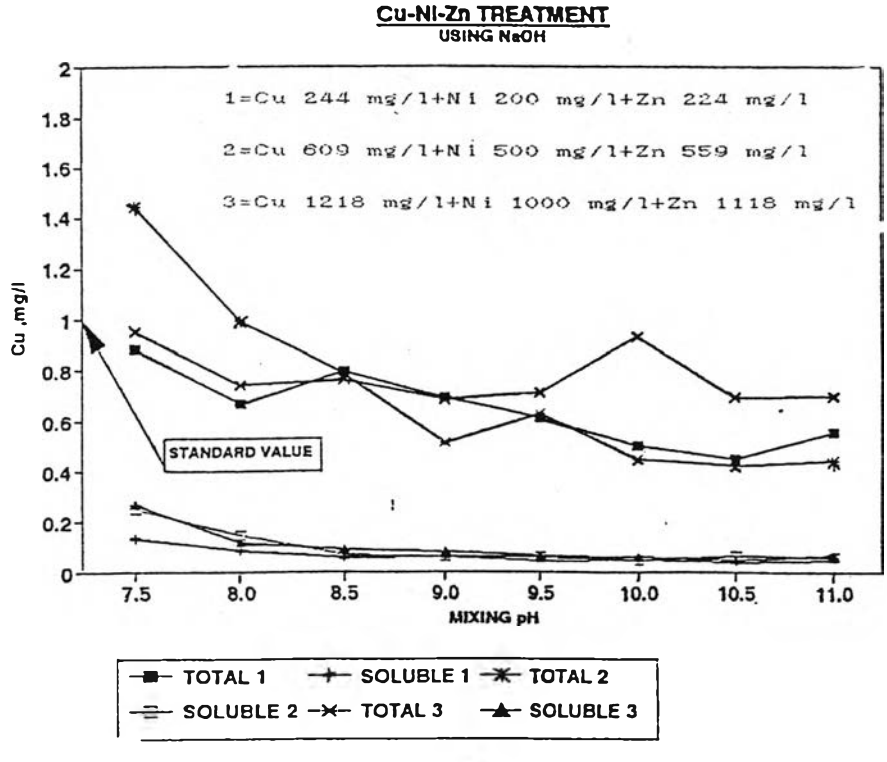
B = ทองแดง 609 มก/ล. นิเกิล 500 มก/ล. สังกะสี 559 มก/ล.

C = ทองแดง 1218 มก/ล. นิเกิล 1000 มก/ล. สังกะสี 1118 มก/ล.

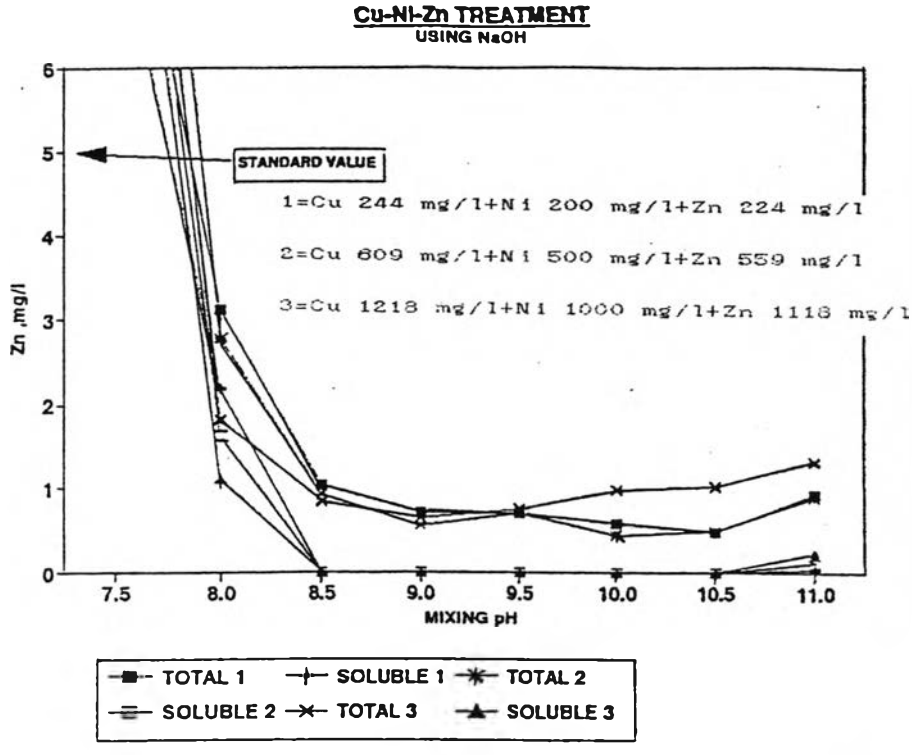
หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเหมาะสมที่แนะนำให้ใช้



รูปที่ 5.49 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณนิเกิล เมื่อใช้ NaOH



รูปที่ 5.50 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณทองแดง เมื่อใช้ NaOH



รูปที่ 5.51 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณสังกะสี เมื่อใช้ NaOH

5.3.5.2 การบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดง นิเกิล และสังกะสีโดยใช้ $Ca(OH)_2$

ทำการทดลองบำบัดน้ำเสีย พบว่า ภายหลังตกตะกอนนาน 90 นาที ค่านิเกิลทั้งหมดมีค่าเกินมาตรฐานกำหนดทุกค่าพีเอช แต่ค่านิเกิลละลายมีค่าใกล้เคียงมาตรฐานที่พีเอช 9.5-11.0 ดังแสดงในรูปที่ 5.52 ค่าทองแดงทั้งหมดมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่พีเอช 7.5-10.5 และค่าทองแดงละลายมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่พีเอช 7.5-11.0 ดังแสดงในรูปที่ 5.53 ส่วนค่าสังกะสีทั้งหมดและสังกะสีละลาย มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่ค่าพีเอช 8.0-11.0 ดังแสดงในรูปที่ 5.54 ส่วนข้อมูลปริมาณสารเคมีที่ใช้ ความเข้มข้นและปริมาณตะกอนที่เกิด สรุปได้ดังตารางที่ 5.17

ตารางที่ 5.17 ตารางสรุปผลการบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสี นิเกิล ทองแดง เมื่อใช้ $Ca(OH)_2$

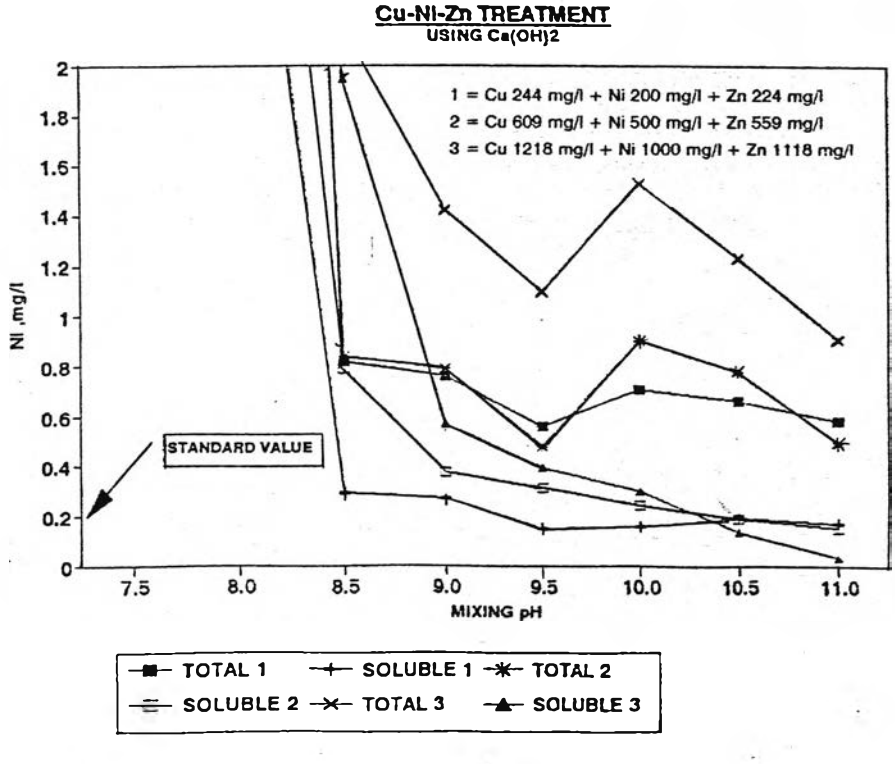
หัวข้อ	A	B	C
พีเอชที่เหมาะสม	8.5-11.0 (8.5)	9.0-11.0 (9.0)	9.5-11.0 (9.5)
ปูนขาว 1 N (มล./500 มล.)	11.4-16.0 (11.4)	31.2-36.2 (31.2)	66.2-72.2 (66.2)
ปริมาตรตะกอน (มล./500 มล.)	130-145 (140)	240-280 (255)	240-285 (260)
ความเข้มข้นตะกอน (มก/ล.)	4500-6860 (5760)	6280-8340 (7360)	17220-19360 (18120)
ซัลฟิวริก 0.018 N (มล./50 มล.)	0.0-9.9 (0)	6.7-13.9 (6.7)	16.0-25.6 (16.0)

A = ทองแดง 244 มก/ล. นิเกิล 200 มก/ล. สังกะสี 224 มก/ล.

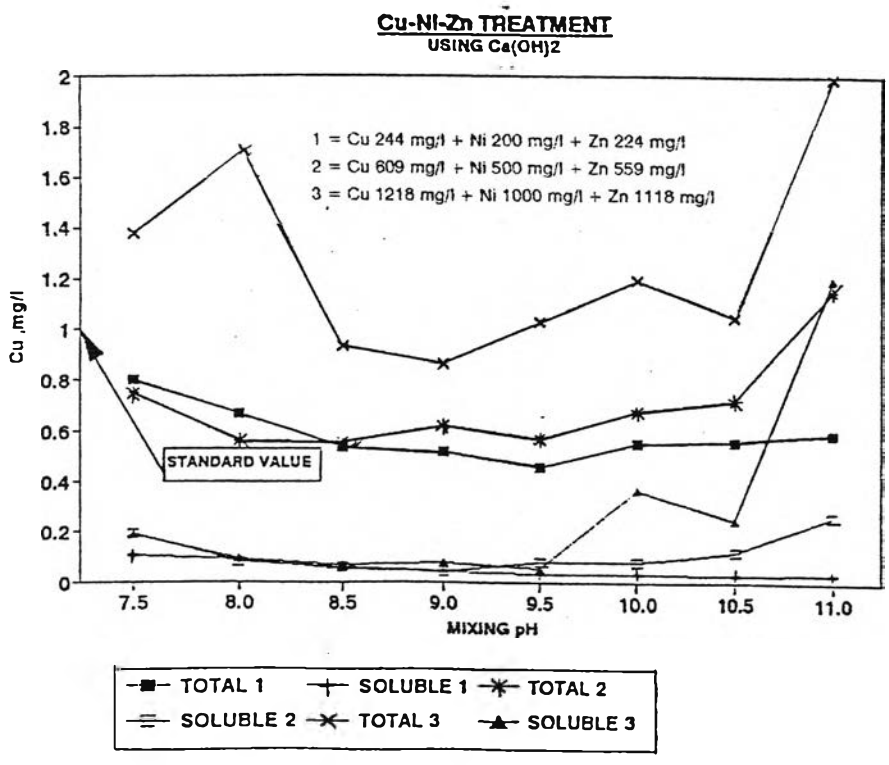
B = ทองแดง 609 มก/ล. นิเกิล 500 มก/ล. สังกะสี 559 มก/ล.

C = ทองแดง 1218 มก/ล. นิเกิล 1000 มก/ล. สังกะสี 1118 มก/ล.

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเหมาะสมที่แนะนำให้ใช้

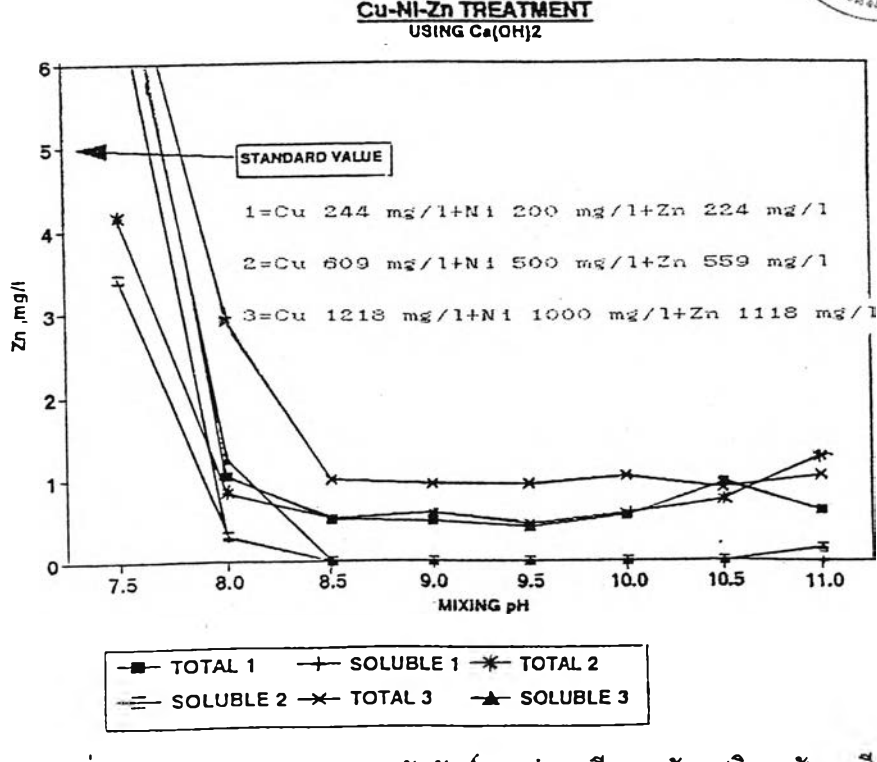


รูปที่ 5.52 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณนิเกิล เมื่อใช้ $Ca(OH)_2$



รูปที่ 5.53 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณทองแดง เมื่อใช้ $Ca(OH)_2$

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.54 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณสังกะสี เมื่อใช้ $Ca(OH)_2$

5.3.6 การบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์

5.3.6.1 การบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์เพียงอย่างเดียว

ในการทดลองนี้จะใช้ NaOCl และ $Ca(OCl)_2$ ในการเปลี่ยนไซยาไนด์ให้เป็นไซยาเนต ที่พีเอช 11 โดยเติมในปริมาณ 1.0, 1.25, 1.50 และ 2.0 เท่าของค่าทางทฤษฎี ความเข้มข้นที่ใช้คือไซยาไนด์ 200 มก/ล. ไซยาไนด์ 500 มก/ล. และ ไซยาไนด์ 1000 มก/ล. พบว่า เมื่อเติมในปริมาณ 1.0 เท่า ยังคงมีไซยาไนด์เหลืออยู่ แต่เมื่อเพิ่มเป็น 1.25, 1.50 และ 2.0 เท่า สามารถกำจัดไซยาไนด์ได้อย่างสมบูรณ์ ดังแสดงในตารางที่ 5.18

5.3.6.2 การบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์และโลหะหนักปนกัน

ในการทดลองนี้จะใช้ NaOCl และ $Ca(OCl)_2$ ในการเปลี่ยน ไซยาไนด์ให้เป็นไซยาเนต ที่พีเอช 11 โดยเติมในปริมาณ 1.0, 1.25, 1.50 และ 2.0 เท่าของค่าทางทฤษฎี ชนิดน้ำเสียที่ใช้คือ ทองแดงและไซยาไนด์ สังกะสีและไซยาไนด์ และ ทองแดง นิเกิล สังกะสีและไซยาไนด์ พบว่า เมื่อเติมในปริมาณ 1.25 1.50 และ 2.0 เท่า สามารถกำจัดไซยาไนด์ได้อย่างสมบูรณ์ ดังแสดงในตารางที่ 5.18

5.3.7 การบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดงและไซยาไนด์

ในการบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดงและไซยาไนด์ จะเริ่มด้วยการกำจัดไซยาไนด์โดยเติม NaOCl ปริมาณ 1.25 เท่า ที่พีเอชควบคุม 11.0 หรือมากกว่า รูปที่ 5.55 แสดงให้เห็นว่า การเติมในปริมาณที่มากเกินไป จะทำให้ประสิทธิภาพระบบลดลง จากนั้นจึงทำการตกตะกอนทางเคมี โดยแปรค่าพีเอชในช่วง 8.0 - 10.5 ความเข้มข้นที่ใช้ในการศึกษา คือ

ทองแดง 244 มก/ล. และไซยาไนด์ 200 มก/ล.

ทองแดง 609 มก/ล. และไซยาไนด์ 500 มก/ล.

ทองแดง 1218 มก/ล. และไซยาไนด์ 1000 มก/ล.

พบว่า มีเพียงกรณีเดียวที่ค่าทองแดงละลายผ่านมาตรฐาน คือ ความเข้มข้นทองแดง 244 มก/ล. และไซยาไนด์ 200 มก/ล. ที่ค่าพีเอช 8.0 ดังแสดงในรูปที่ 5.56 ข้อมูลปริมาณสารเคมีที่ใช้ ความเข้มข้นและปริมาณตะกอนที่เกิด สรุปได้ดังตารางที่ 5.19

ตารางที่ 5.18 ตารางสรุปผลการบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์เมื่อใช้ NaOCl และ $Ca(OCl)_2$

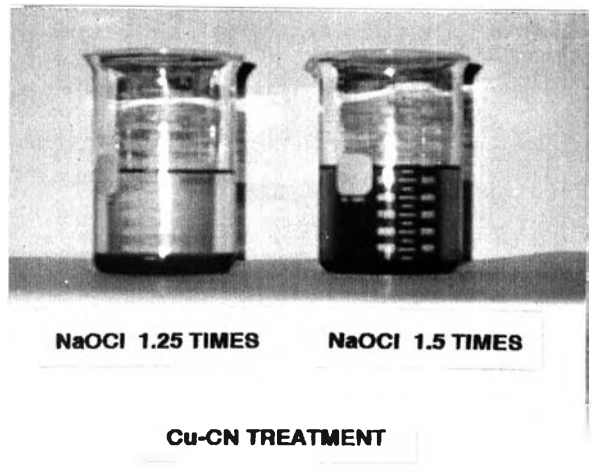
CYANIDE TREATMENT

I. PURE CYANIDE

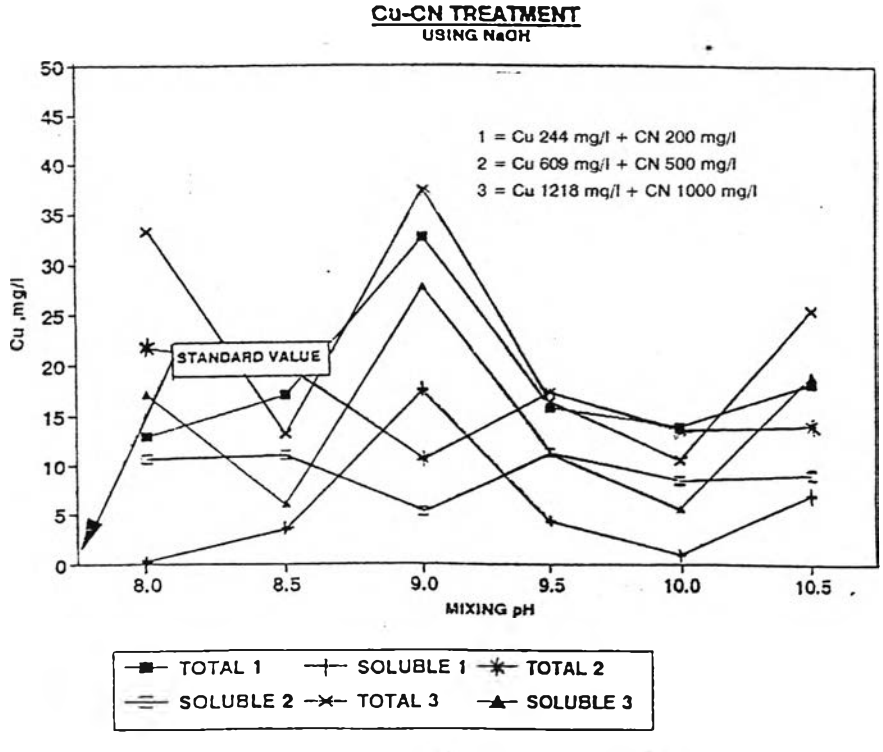
ITEM	INITIAL CN ,mg/l as CN		
	200	500	1000
NaOCl 1.0 TIMES			
INITIAL pH	11.64	11.80	12.13
FINAL pH	11.65	11.85	12.16
FINAL CN	5.5	8.0	10.5
NaOCl 1.25 TIMES			
INITIAL pH	**********	**********	12.88
FINAL pH	**********	**********	12.82
FINAL CN	**********	**********	0
NaOCl 1.5 TIMES			
INITIAL pH	11.64	11.80	12.13
FINAL pH	11.67	11.86	12.15
FINAL CN	0	0	0
NaOCl 2.0 TIMES			
INITIAL pH	11.64	11.80	12.13
FINAL pH	11.70	11.87	12.16
FINAL CN	0	0	0
Ca(OCl)2 1.0 TIMES			
INITIAL pH	11.64	11.80	12.13
FINAL pH	11.79	11.90	12.24
FINAL CN	9	20	15
Ca(OCl)2 1.5 TIMES			
INITIAL pH	11.64	11.80	12.13
FINAL pH	11.83	11.95	12.21
FINAL CN	0	0	0
Ca(OCl)2 2.0 TIMES			
INITIAL pH	11.64	11.80	12.13
FINAL pH	11.92	11.98	12.29
FINAL CN	0	0	0

II. CYANIDE AND HEAVY METALS

ITEM	INITIAL CN = 1000 mg/l as CN		
	CU+CN	Zn+CN	CuZnNI+CN
NaOCl 1.25 TIMES			
INITIAL pH	**********	**********	12.59
FINAL pH	**********	**********	12.54
FINAL CN	**********	**********	0
NaOCl 1.50 TIMES			
INITIAL pH	12.11	12.21	12.35
FINAL pH	11.89	12.04	12.25
FINAL CN	0	0	0
NaOCl 2.0 TIMES			
INITIAL pH	12.11	12.21	12.35
FINAL pH	11.93	12.13	12.28
FINAL CN	0	0	0



รูปที่ 5.55 รูปแสดงการบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดงและไซยาไนด์ เมื่อใช้ NaOCl 1.25 เท่า และ 1.5 เท่า



รูปที่ 5.56 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณทองแดง เมื่อใช้ NaOH NaOCl และ H_2SO_4

ตารางที่ 5.19 ตารางสรุปผลการบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดงและไซยาไนด์ เมื่อใช้ NaOH NaOCl และ H_2SO_4

หัวข้อ	A	B	C
พีเอชที่เหมาะสม	8.0	ไม่มี*	ไม่มี*
ซัลฟิวริก 1 N (มล./500 มล.)	1.7		
ปริมาตรตะกอน (มล./500 มล.)	30		
ความเข้มข้นตะกอน (มก/ล.)	5360		
ซัลฟิวริก 0.018 N (มล./50 มล.)	3.4		

A = Cu 244 มก/ล.+ CN 200 มก/ล. B = Cu 609 มก/ล.+ CN 500 มก/ล.
C = Cu 1218 มก/ล.+ CN 1000 มก/ล. ไม่มี = ไม่สามารถบำบัดได้(พีเอช 8-10.5)

5.3.8 การบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสีและไซยาไนด์

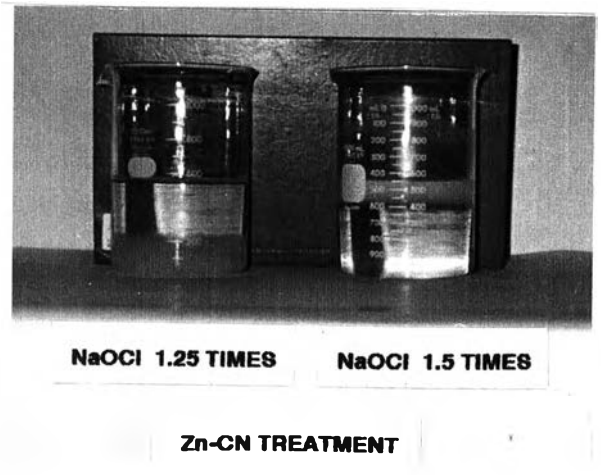
ในการบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสีและไซยาไนด์ จะเริ่มด้วยการกำจัดไซยาไนด์ โดยเติม NaOCl ปริมาณ 1.25 เท่า ที่พีเอชควบคุม 11.0 หรือมากกว่า รูปที่ 5.57 แสดงให้เห็นว่า การเติมในปริมาณที่มากเกินไป จะทำให้ประสิทธิภาพระบบลดลง (ตะกอนลอย) ภายหลังทำการตกตะกอนทางเคมี แปรค่าพีเอชในช่วง 8.0 - 10.5 ความเข้มข้นที่ใช้ในการศึกษา คือ

สังกะสี 224 มก/ล. และไซยาไนด์ 200 มก/ล.

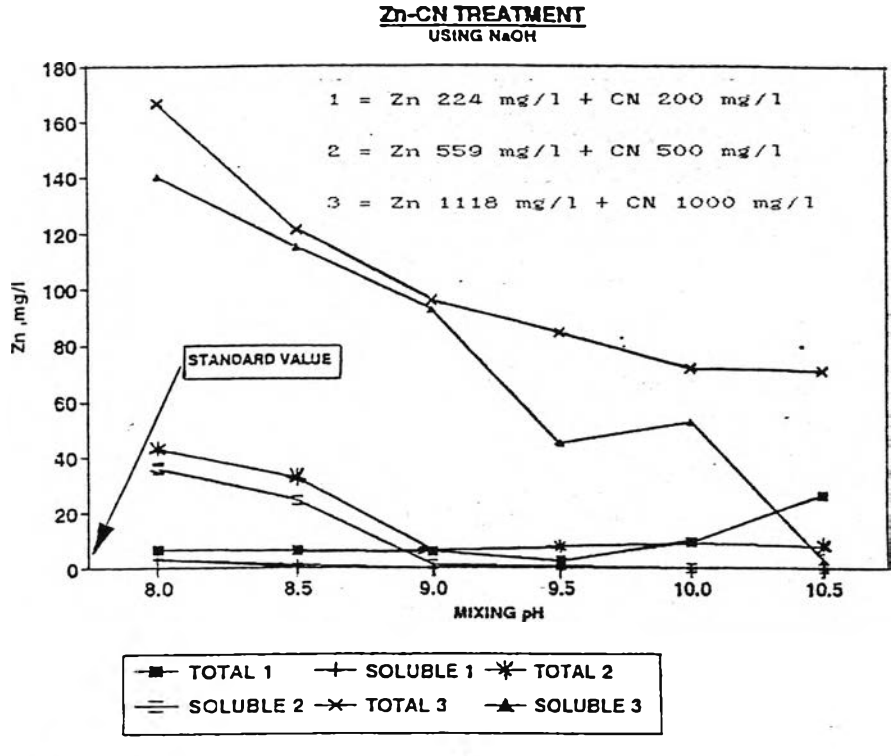
สังกะสี 559 มก/ล. และไซยาไนด์ 500 มก/ล.

สังกะสี 1118 มก/ล. และไซยาไนด์ 1000 มก/ล.

พบว่า ค่าสังกะสีทั้งหมดมีค่าเกินมาตรฐานทุกค่าพีเอช แต่ค่าทองแดงละลายผ่านมาตรฐานที่บางค่าพีเอช ดังสรุปตามตารางที่ 5.20 และแสดงในรูปที่ 5.58 ส่วนข้อมูลปริมาณสารเคมีที่ใช้ ความเข้มข้นและปริมาณตะกอนที่เกิด สรุปได้ดังตารางที่ 5.20



รูปที่ 5.57 รูปแสดงการบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสีและไซยาไนด์ เมื่อใช้ NaOCl 1.25 เท่า และ 1.5 เท่า



รูปที่ 5.58 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณสังกะสี เมื่อใช้ NaOH NaOCl และ H_2SO_4

ตารางที่ 5.20 ตารางสรุปผลการบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสีและไซยาไนด์ เมื่อใช้ NaOH NaOCl และ H_2SO_4

หัวข้อ	A	B	C
พีเอชที่เหมาะสม	8.0-10.5 (9.0)	9.0-10.5 (9.0)	10.5 (10.5)
ซัลฟิวริก 1 N (มล./500 มล.)	1.3-3.2 (2.3)	4.4-6.4 (6.4)	11.0 (11.0)
ปริมาตรตะกอน (มล./500 มล.)	50-100 (85)	70-150 (145)	25 (25)
ความเข้มข้นตะกอน (มก/ล.)	1500-2720 (2130)	2560-5960 (4220)	33560 (33560)
ซัลฟิวริก 0.018 N (มล./50 มล.)	0.0-10.9 (0)	0.0-12.8 (0)	14.9 (14.9)

A = Zn 224 มก/ล.+ CN 200 มก/ล. B = Zn 559 มก/ล.+ CN 500 มก/ล.

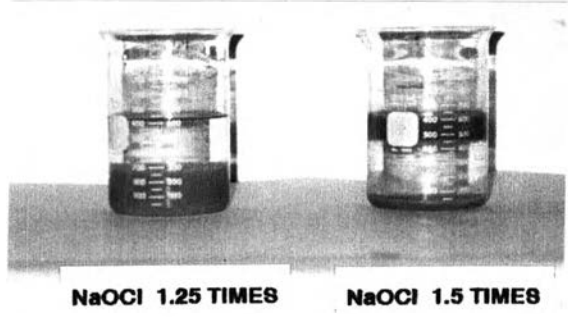
C = Zn 1118 มก/ล.+ CN 1000 มก/ล.

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเหมาะสมที่แนะนำให้ใช้

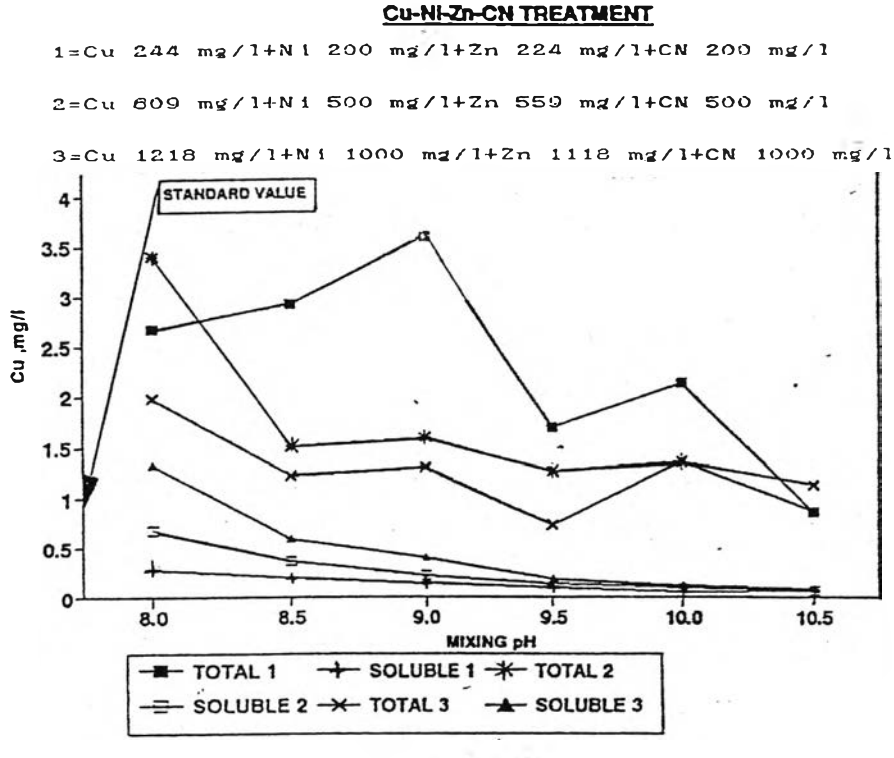
5.3.9 การบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดง นิเกิล สังกะสีและไซยาไนด์

ในการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักและไซยาไนด์ เริ่มด้วยการกำจัดไซยาไนด์ โดยเติม NaOCl ปริมาณ 1.25 เท่า ที่พีเอชควบคุม 11.0 หรือมากกว่า รูปที่ 5.59 การเติมในปริมาณที่มากเกินไป ทำให้ประสิทธิภาพระบบลดลง(ตะกอนลอย) เมื่อทำการตกตะกอนทางเคมี โดยแปรค่าพีเอชในช่วง 8.0 - 10.5 ความเข้มข้นที่ใช้ในการศึกษา คือ ทองแดง 244 มก/ล. นิเกิล 200 มก/ล. สังกะสี 224 มก/ล. และไซยาไนด์ 200 มก/ล. ทองแดง 609 มก/ล. นิเกิล 500 มก/ล. สังกะสี 559 มก/ล. และไซยาไนด์ 500 มก/ล. ทองแดง 1218 มก/ล. นิเกิล 1000 มก/ล. สังกะสี 1118 มก/ล. และไซยาไนด์ 1000 มก/ล.

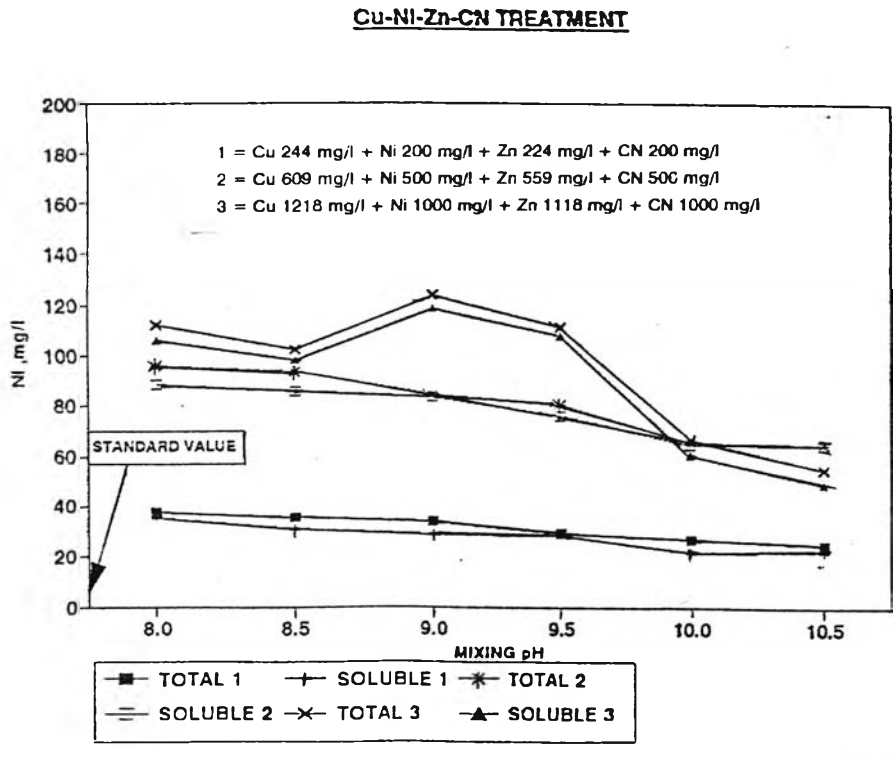
พบว่า ภายหลังการตกตะกอน 90 นาที ค่าทองแดงทั้งหมดมีค่าเกินมาตรฐานทุกค่าพีเอช แต่ค่าทองแดงละลายผ่านมาตรฐานที่พีเอช 8.5-10.5 ดังรูปที่ 5.60 ค่านิเกิลทั้งหมดและนิเกิลละลายมีค่าเกินมาตรฐานทุกค่าพีเอชดังแสดงในรูปที่ 5.61 ค่าสังกะสีทั้งหมดมีค่าผ่านมาตรฐานที่พีเอช 9.0-10.5 ดังแสดงในรูปที่ 5.62 ดังนั้นสรุปได้ว่าไม่มีค่าพีเอชที่สามารถบำบัดน้ำเสียประเภทนี้ได้ดังตารางที่ 5.21



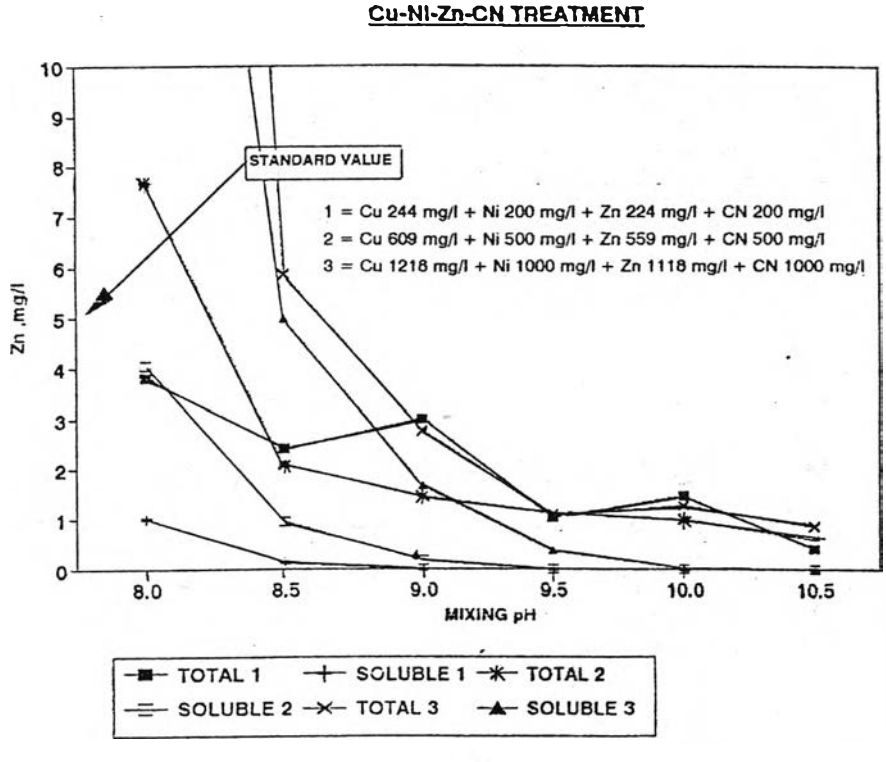
รูปที่ 5.59 รูปแสดงการบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสี ทองแดง นิเกิลและไซยาไนด์ เมื่อใช้ NaOCl 1.25 เท่า และ 1.5 เท่า



รูปที่ 5.60 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณทองแดง เมื่อใช้ NaOH NaOCl และ H_2SO_4



รูปที่ 5.61 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณนิเกิล เมื่อใช้ NaOH NaOCl และ H_2SO_4



รูปที่ 5.62 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณสังกะสี เมื่อใช้ NaOH NaOCl และ H_2SO_4

ตารางที่ 5.21 ตารางสรุปผลการบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสี ทองแดง นิเกิล และไซยาไนด์ เมื่อใช้ NaOH NaOCl และ H_2SO_4

หัวข้อ	A	B	C
พีเอชที่เหมาะสม	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ซัลฟิวริก 1 N (มล./500 มล.)			
ปริมาตรตะกอน (มล./500 มล.)			
ความเข้มข้นตะกอน (มก/ล.)			
ซัลฟิวริก 0.018 N (มล./50 มล.)			

A = Cu 244 มก/ล.+ Ni 200 มก/ล.+ Zn 224 มก/ล.+ CN 200 มก/ล.

B = Cu 609 มก/ล.+ Ni 500 มก/ล.+ Zn 609 มก/ล.+ CN 500 มก/ล.

C = Cu 1218 มก/ล.+ Ni 1000 มก/ล.+ Zn 1218 มก/ล.+ CN 1000 มก/ล.

ไม่มี = ไม่สามารถบำบัดได้ในช่วงพีเอช 8.0-10.5

5.4 การทดสอบประสิทธิภาพของระบบโดยใช้น้ำเสียจริง

5.4.1 การทดลองบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ 1 (สังกะสีและไซยาไนด์)

ทำการเก็บน้ำเสียจากโรงงานเป็นเวลา 4 วัน นำมาบำบัดวันต่อวัน ทำการกำจัดไซยาไนด์โดยใช้ NaOCl 1.25 เท่า และตกตะกอนทางเคมีเพื่อกำจัดสังกะสี พบว่าหลังจากตกตะกอนนาน 90 นาที ค่าสังกะสีทั้งหมดจะผ่านมาตรฐานที่ค่าพีเอช 9.5-10.5 ดังแสดงในรูปที่ 5.63 ส่วนค่าสังกะสีละลายจะผ่านมาตรฐานที่ค่า 9.0-10.5 เช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 5.64 ส่วนข้อมูลปริมาณสารเคมีที่ใช้ ความเข้มข้นและปริมาณตะกอนที่เกิด สรุปได้ดังตารางที่ 5.22

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.22 ตารางสรุปผลการบำบัดน้ำเสียโรงงานที่ 1 (สังกะสีและไซยาไนด์)

หัวข้อ	A	B	C	D
พีเอชที่เหมาะสม	8.5-10.5 (9.5)	9.5-10.5 (9.5)	8.5-10.5 (9.0)	9.5-10.5 (10.0)
โซดาไฟ 1 N (มล./500 มล.)	44.6 (44.6)	35.8 (35.8)	28.5 (28.5)	26.0 (26.0)
NaOCl 10% (มล./500 มล.)	9.4 (9.4)	10.6 (10.6)	9.4 (9.4)	10.1 (10.1)
ซัลฟิวริก 1 N (มล./500 มล.)	2.2-5.4 (3.8)	5.6-7.5 (7.5)	2.9-7.0 (5.7)	1.4-3.2 (1.8)
ปริมาตรตะกอน (มล./500 มล.)	130-140 (135)	90 (90)	85-90 (85)	130-135 (130)
ความเข้มข้นตะกอน (มก/ล.)	8300-12640 (11090)	6400-10660 (8650)	4260-9200 (7800)	12240-15160 (13920)
ซัลฟิวริก 0.018 N (มล./50 มล.)	0.0-21.5 (0)	0.0-29.9 (0)	0.0-51.2 (0)	0.0-16.7 (0)

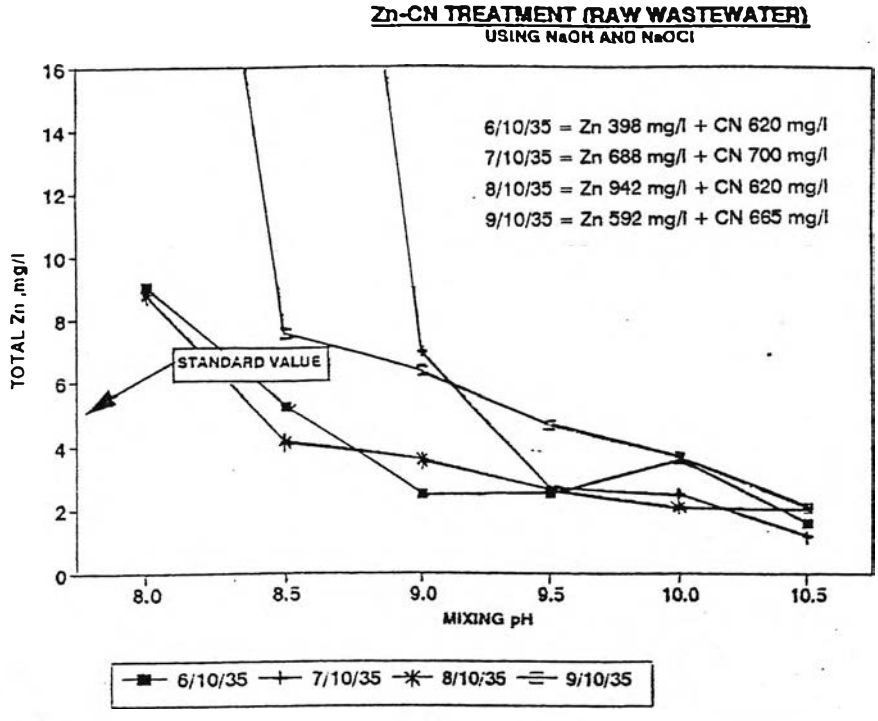
A = 6/10/35 (Zn 398 มก/ล.+ CN 620 มก/ล.)

B = 7/10/35 (Zn 688 มก/ล.+ CN 700 มก/ล.)

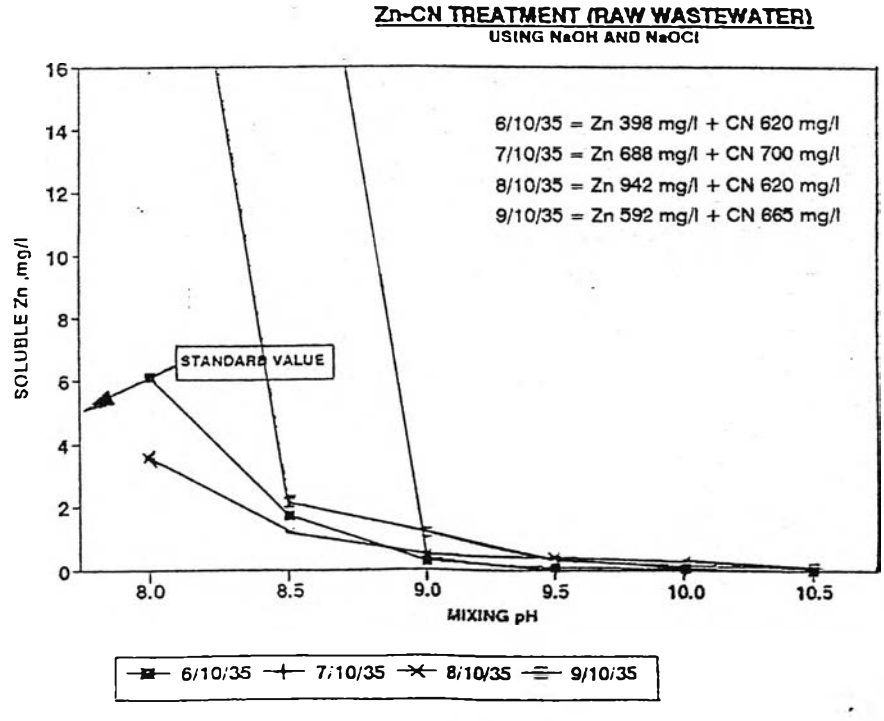
C = 8/10/35 (Zn 942 มก/ล.+ CN 620 มก/ล.)

D = 9/10/35 (Zn 592 มก/ล.+ CN 665 มก/ล.)

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเหมาะสมที่แนะนำให้ใช้



รูปที่ 5.63 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณสังกะสีทั้งหมด ในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ 1 (สังกะสีและไซยาไนด์)



รูปที่ 5.64 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณสังกะสีละลาย ในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ 1 (สังกะสีและไซยาไนด์)

5.4.2 การทดลองบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ 2 (นิเกิลและไซยาไนด์)

ทำการเก็บน้ำเสียจากโรงงานเป็นเวลา 4 วัน นำมาบำบัดวันต่อวันเริ่มจากกำจัดไซยาไนด์โดยใช้ NaOCl 1.25 เท่า และตกตะกอนทางเคมีเพื่อกำจัดนิเกิล พบว่าหลังจากตกตะกอนนาน 90 นาที ค่านิเกิลทั้งหมดจะเกินมาตรฐานที่ทุกค่าพีเอช ดังแสดงในรูปที่ 5.65 ส่วนค่านิเกิลละลายผ่านมาตรฐานที่ค่าพีเอช 9.0-10.5 และค่าไซยาไนด์ต่ำ (6 มก/ล.) ดังแสดงในรูปที่ 5.66 ส่วนข้อมูลปริมาณสารเคมีที่ใช้ ความเข้มข้นและปริมาณตะกอนที่เกิด สรุปได้ดังตารางที่ 5.23

ตารางที่ 5.23 ตารางสรุปผลการบำบัดน้ำเสียโรงงานที่ 2 (นิเกิลและไซยาไนด์)

หัวข้อ	A	B	C	D	E
พีเอชที่เหมาะสม	ไม่มี	9.0-10.5 (9.0)	ไม่มี	9.0-10.5 (9.0)	11.0
ซัลฟิวริก 1 N (มล./500 มล.)		14.9-16.2 (16.2)		1.5-3.0 (3.0)	8.4*
ปริมาตรตะกอน (มล./500 มล.)		55-65 (60)		10-20 (15)	85
ความเข้มข้นตะกอน (มก/ล.)		5180-6580 (5640)		6920-7720 (7360)	4900
ซัลฟิวริก 0.018 N (มล./50 มล.)		0.0-9.7 (0)		0.0-1.6 (0)	1.1

A = 6/10/35 (Ni 16.8 มก/ล.+ CN 35 มก/ล.)

B = 7/10/35 (Ni 54.7 มก/ล.+ CN 6 มก/ล.)

C = 8/10/35 (Ni 12.4 มก/ล.+ CN 35 มก/ล.)

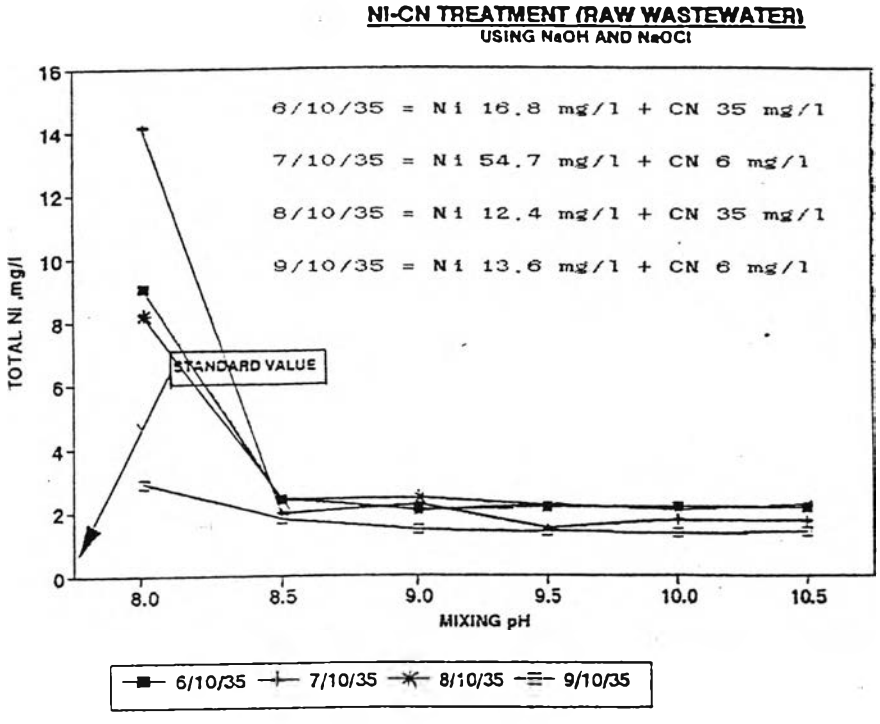
D = 9/10/35 (Ni 13.6 มก/ล.+ CN 6 มก/ล.)

E = 6-9/10/35 (Ni 241.2 มก/ล.)

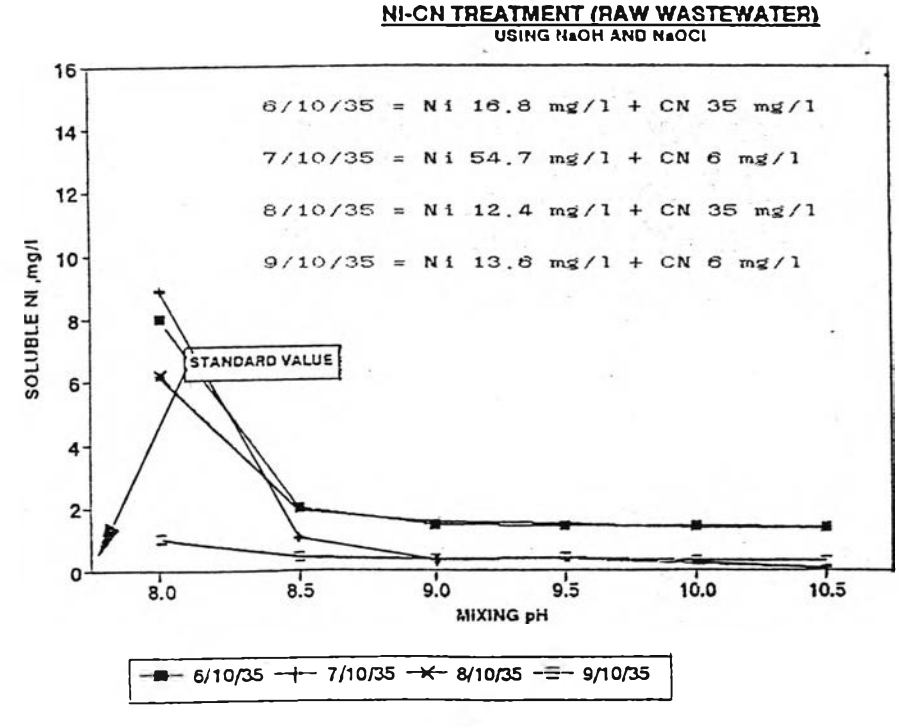
* = ใช้โซดาไฟ

ไม่มี = ไม่สามารถบำบัดให้ผ่านมาตรฐาน

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บแสดงค่าเหมาะสมที่แนะนำให้ใช้



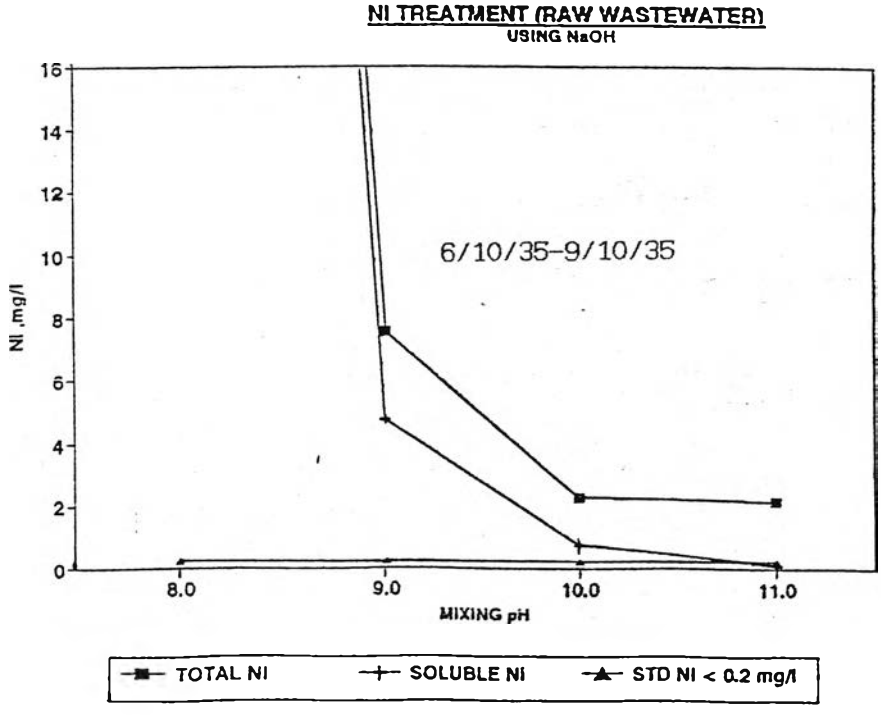
รูปที่ 5.65 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณนิเกิลทั้งหมด ในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ 2 (นิเกิลและไซยาไนด์)



รูปที่ 5.66 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณนิเกิลละลาย ในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ 2 (นิเกิลและไซยาไนด์)

5.4.3 การทดลองบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ 2 (นิเกิล)

ทำการเก็บน้ำเสียจากโรงงานเป็นเวลา 4 วัน นำมาผสมรวมกัน ทำการตกตะกอนทางเคมีเพื่อกำจัดนิเกิล ที่ค่า พีเอช 8.0-11.0 พบว่า หลังจากตกตะกอนนาน 90 นาที ค่านิเกิลทั้งหมดเกินมาตรฐานที่ทุกค่าพีเอช ส่วนค่านิเกิลละลายผ่านมาตรฐานที่ค่าพีเอช 11.0 ดังแสดงในรูปที่ 5.67 ข้อมูลปริมาณสารเคมีที่ใช้ ความเข้มข้นและปริมาณตะกอนที่เกิด สรุปได้ดังตารางที่ 5.23



รูปที่ 5.67 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ ปริมาณนิเกิล ในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ 2 (นิเกิล)

5.5 ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักและไซยาไนด์

5.5.1 สรุปค่าพีเอชที่เหมาะสม ปริมาณสารเคมีที่ใช้ และตะกอนที่เกิด ในการบำบัดน้ำเสียทางเคมี

ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้านั้น ชนิดสารเคมี ปริมาณที่ใช้ ปริมาณตะกอนที่เกิดแตกต่างกัน ตามชนิดของสารพิษที่ต้องการกำจัด ความเข้มข้น อีกทั้งอาจจำเป็นต้องใช้ระบบการกรองเข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัด นอกจากนั้นยังพบว่าสารมลพิษบางอย่างเมื่อรวมกับสารอื่น ทำให้ไม่สามารถบำบัดให้ผ่านมาตรฐานด้วยวิธีนี้ ต้องใช้วิธีการที่ซับซ้อนมากขึ้น จากหัวข้อ 5.3 และ 5.4 สามารถนำข้อมูลมาสรุปเพื่อใช้งานและเพื่อการคิดค่าบำบัด ได้ดังรูปที่ 5.68 - 5.81

ในแต่ละรูปจะประกอบไปด้วยกราฟย่อย แสดงถึงค่าพีเอชที่เหมาะสมในการใช้งาน และความจำเป็นในการใช้ระบบกรองเพื่อเสริมประสิทธิภาพ แสดงปริมาณสารเคมีและตะกอนที่ต้องส่งกำจัด ซึ่งค่าเหล่านี้จะถูกใช้ในการประมาณราคาค่าบำบัดน้ำเสียของโรงงาน แต่อย่างไรก็ตาม การคำนวณราคาค่าบำบัดน้ำเสียจะมีความใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด เมื่อคำนวณจากผลการทดลองโดยใช้น้ำเสียจริง (หมายเหตุ NaOCl ที่แสดงในกราฟมีความเข้มข้น 10 % และ $FeSO_4$ จะหมายถึง $FeSO_4.7H_2O$)

5.5.2 การบำบัดน้ำเสียโดยส่งศูนย์ฯ

ราคาค่าใช้จ่ายในการส่งบำบัด จากหลักเกณฑ์และรายละเอียดในหัวข้อ 3.10 พบว่า ค่าใช้จ่ายคิดเป็นสมการได้ดังนี้

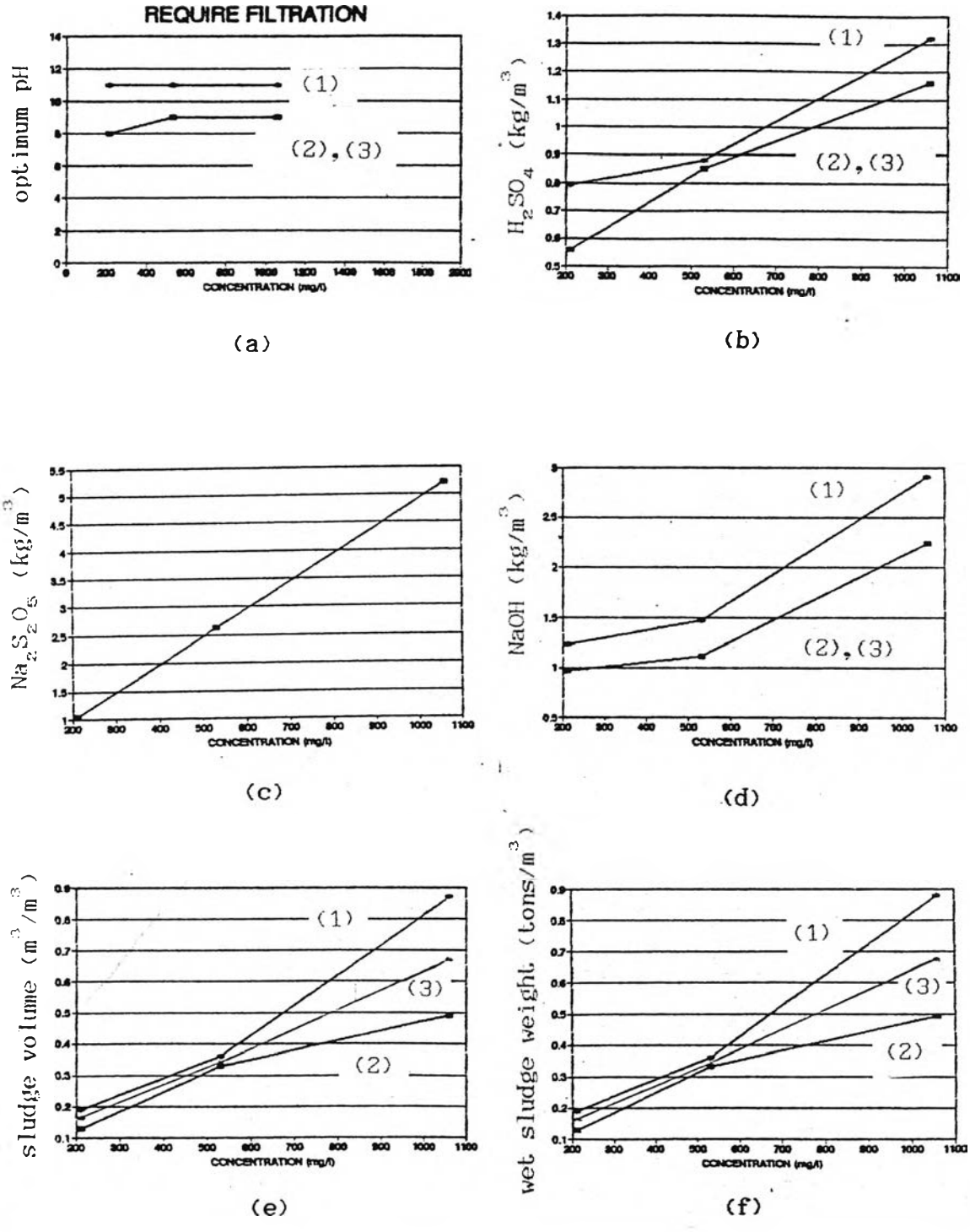
$$\text{บาทต่อลูกบาศก์เมตร} = 1*1*km + 45*1 + 2*150*0.03*1 + 100*0.03*1$$
$$= 57 + km$$

5.5.3 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการบำบัดโดยโรงงาน

ในการบำบัดน้ำเสียชุบโลหะ สามารถเลือกใช้สารเคมีได้หลายชนิด ดังนั้นการเลือกใช้พิจารณาทางเลือกที่เสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด โดยเปรียบเทียบค่าสารเคมี และค่าบำบัดตะกอนโดยข้อมูลราคาสารเคมี แสดงในตารางที่ 5.24

กรณีของค่าบำบัดตะกอนเปียกที่เกิด จะแปรตามปริมาณตะกอน และระยะทางจากโรงงาน ดังนั้นการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายจะแสดงในรูปของตัวแปรระยะทางเป็นสำคัญ และมีหน่วยเป็นบาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำเสีย จากหลักเกณฑ์ในหัวข้อ 3.10 สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{บาทต่อตัน} = 1*1*km + 450*1 + 1*150*0.03*1 + 100*0.03*1$$
$$= 457.5 + km$$



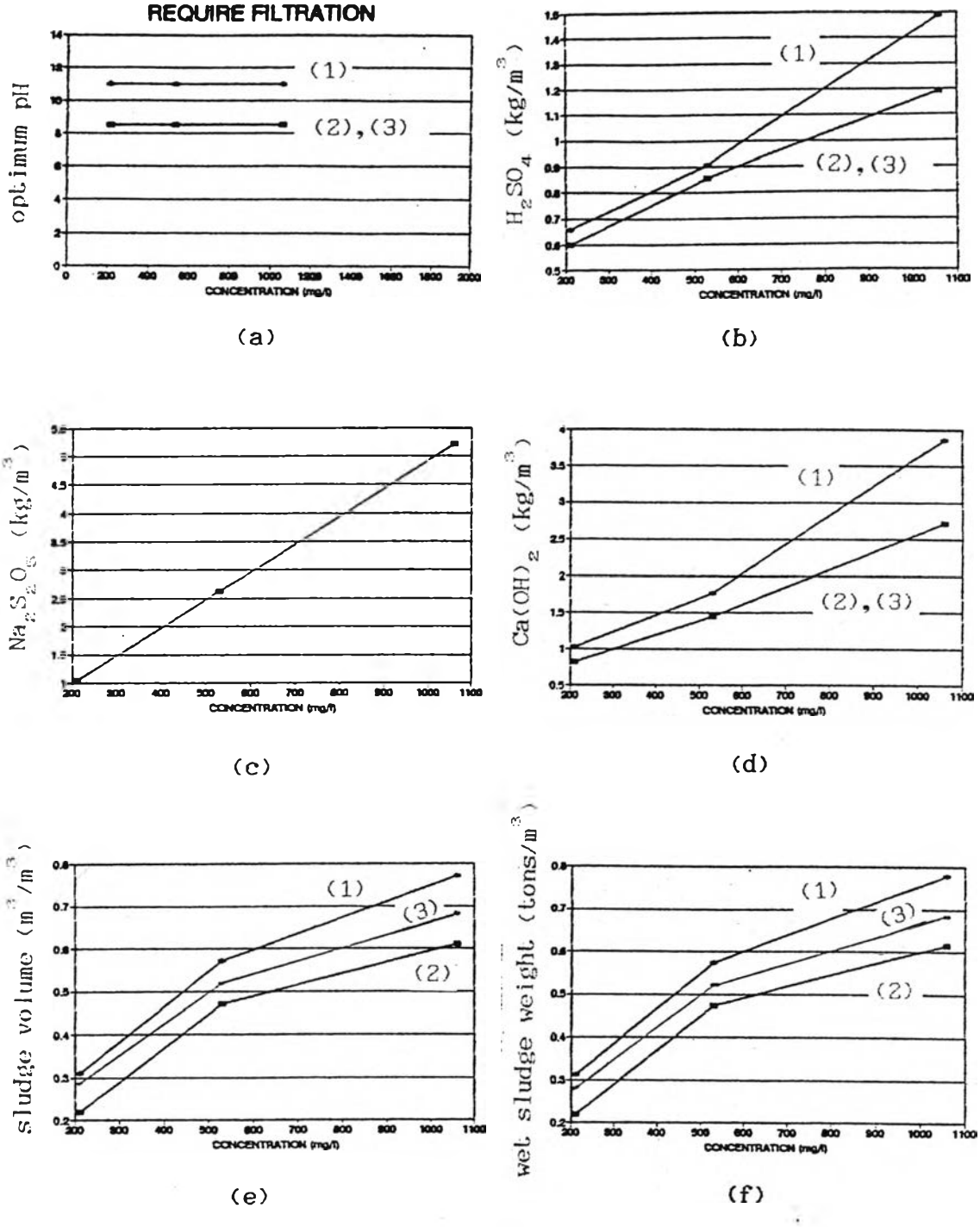
รูปที่ 5.68 กราฟสรุป พีเอชที่เหมาะสม สารเคมีที่ใช้ และปริมาณตะกอน ในการบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียม โดยใช้ $Na_2S_2O_5$ และ NaOH

(a) พีเอชที่เหมาะสม (b) ปริมาณกรดซัลฟิวริก (c) ปริมาณ $Na_2S_2O_5$

(d) ปริมาณ NaOH (e) ปริมาตรตะกอน (f) น้ำหนักตะกอน

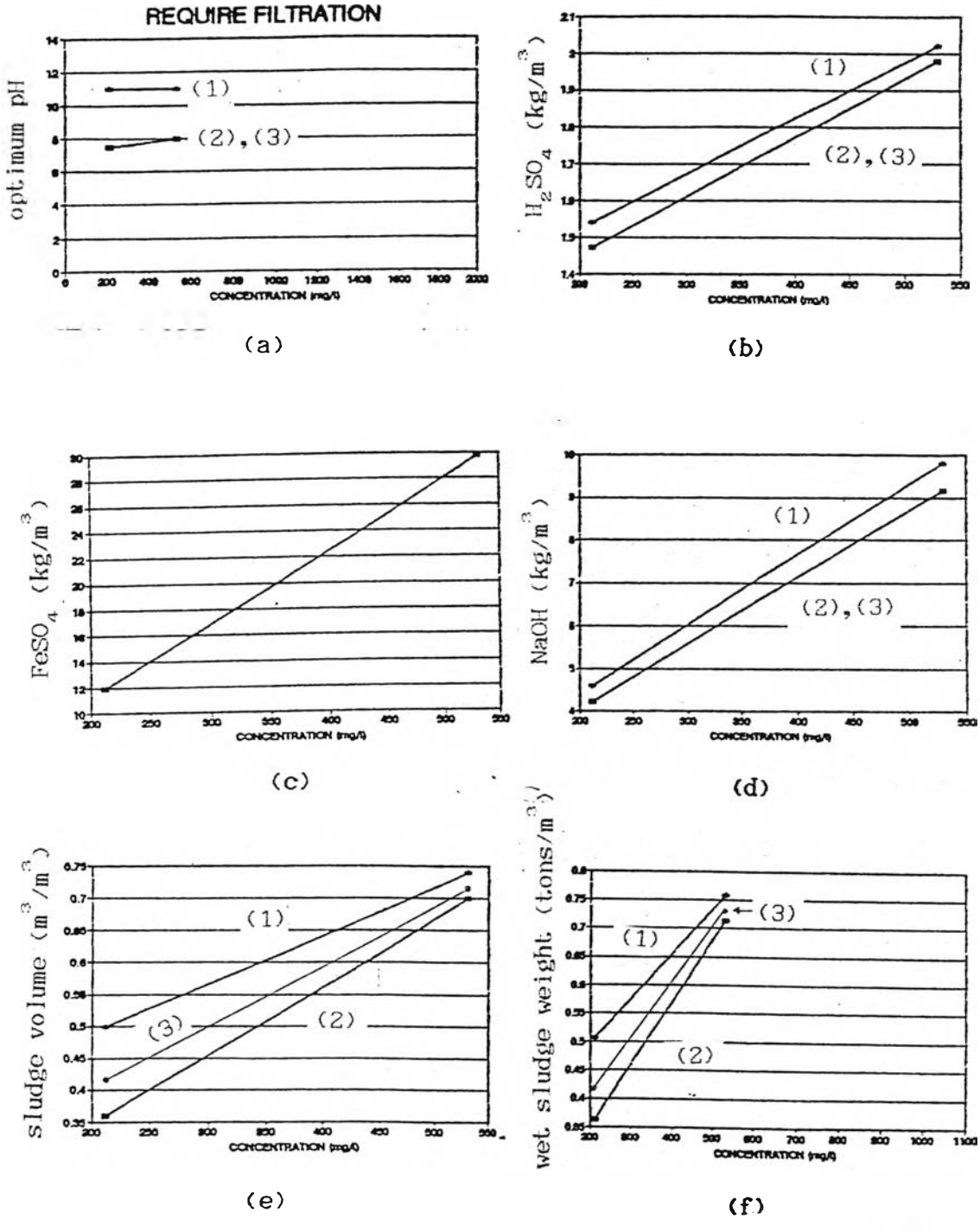
หมายเหตุ REQUIRE FILTRATION แสดงว่าต้องกรองน้ำก่อนทิ้ง

(1) แสดงค่ามาก (2) แสดงค่าต่ำ (3) แสดงค่าที่แนะนำให้ใช้



รูปที่ 5.69 กราฟสรุป พีเอชที่เหมาะสม สารเคมีที่ใช้ และปริมาณตะกอน ในการบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียม โดยใช้ $Na_2S_2O_5$ และ $Ca(OH)_2$
(a) พีเอชที่เหมาะสม (b) ปริมาณกรดซัลฟิวริก (c) ปริมาณ $Na_2S_2O_5$
(d) ปริมาณ $Ca(OH)_2$ (e) ปริมาตรตะกอน (f) น้ำหนักตะกอน

หมายเหตุ REQUIRE FILTRATION แสดงว่าต้องกรองน้ำก่อนทิ้ง
(1) แสดงค่ามาก (2) แสดงค่าต่ำ (3) แสดงค่าที่แนะนำให้ใช้



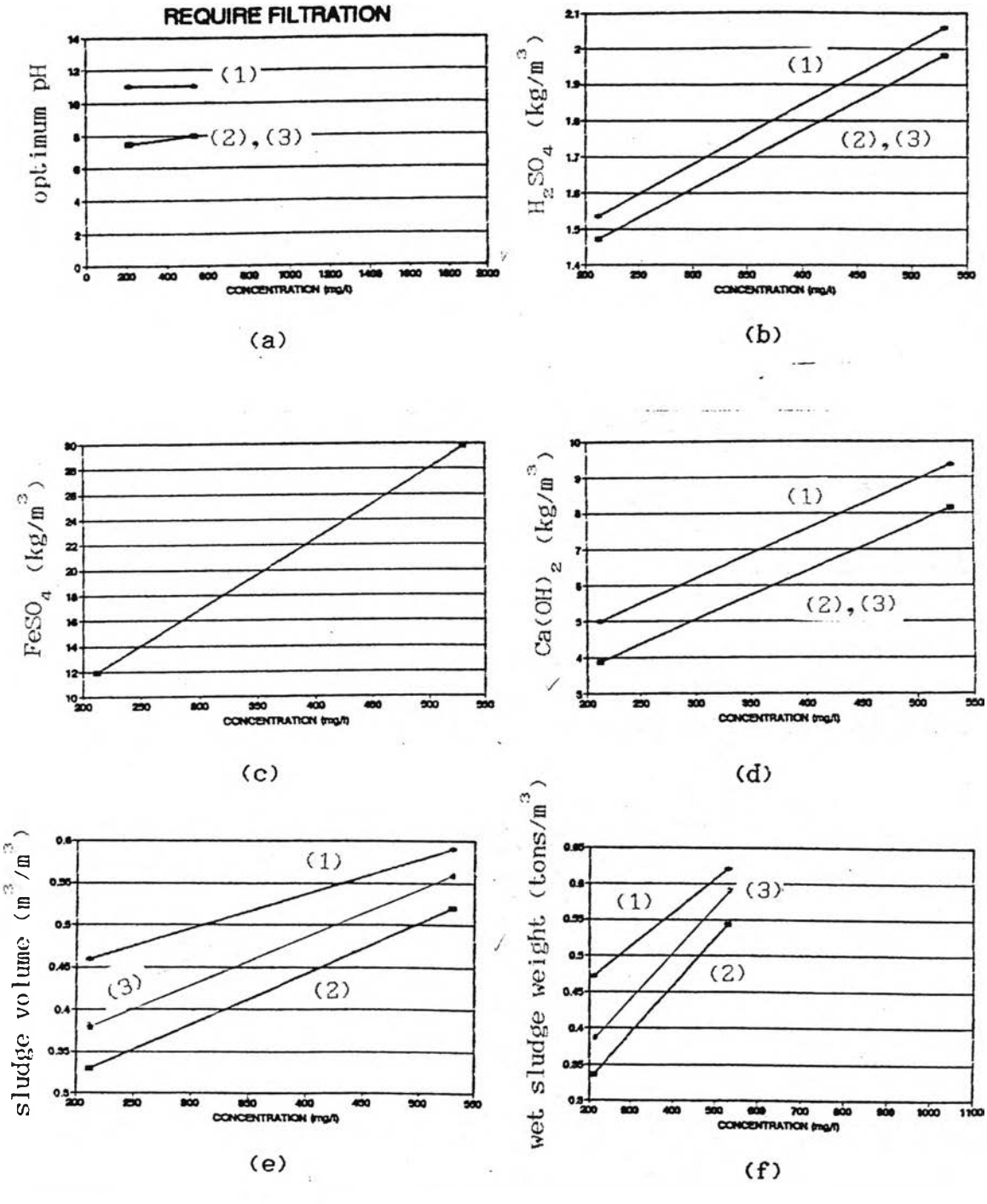
รูปที่ 5.70 กราฟสรุป พีเอชที่เหมาะสม สารเคมีที่ใช้ และปริมาณตะกอน ในการบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียม โดยใช้ $FeSO_4$ และ NaOH

(a) พีเอชที่เหมาะสม (b) ปริมาณกรดซัลฟิวริก (c) ปริมาณ $FeSO_4$

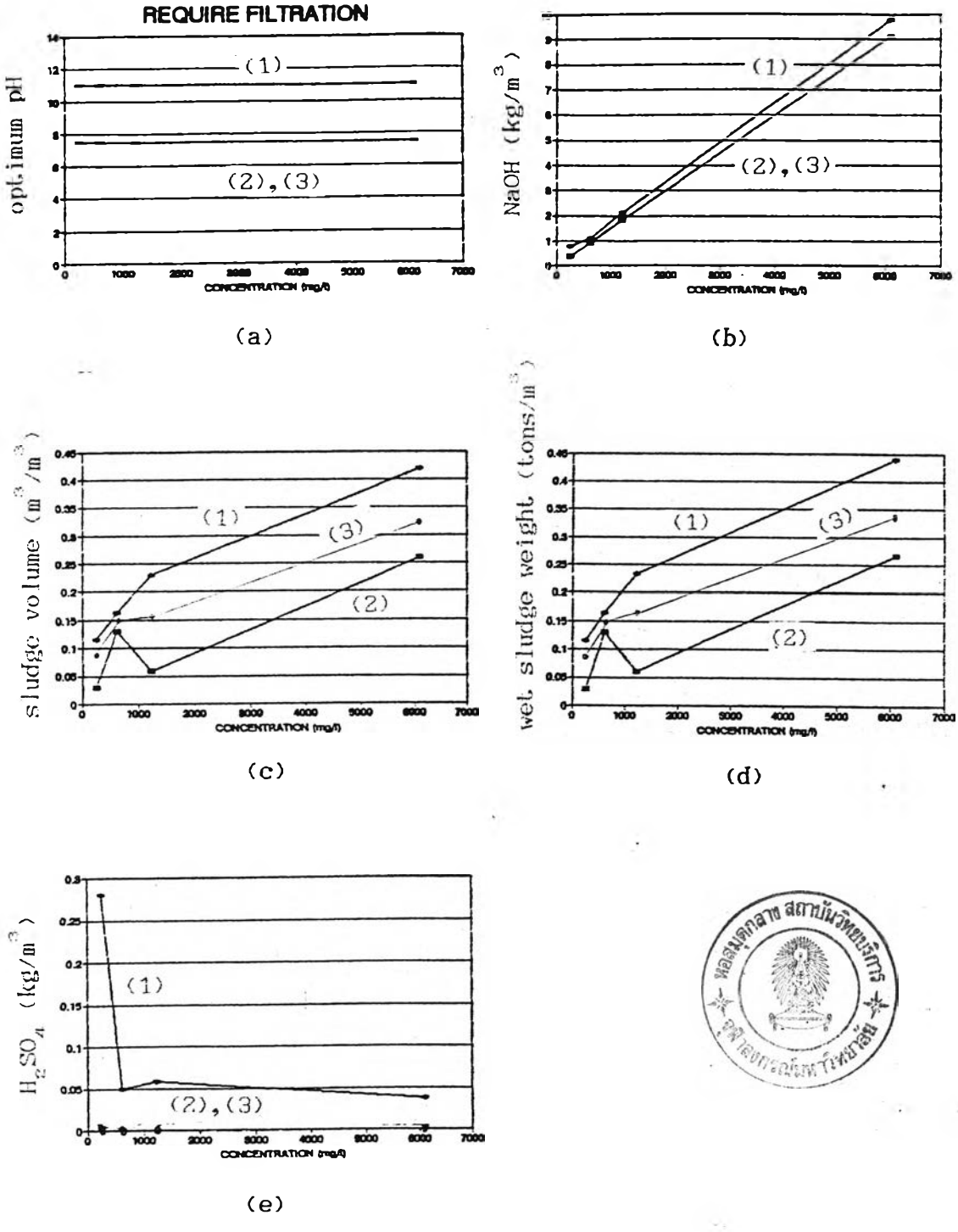
(d) ปริมาณ NaOH (e) ปริมาตรตะกอน (f) น้ำหนักตะกอน

หมายเหตุ REQUIRE FILTRATION แสดงว่าต้องกรองน้ำก่อนทิ้ง

(1) แสดงค่ามาก (2) แสดงค่าต่ำ (3) แสดงค่าที่แนะนำให้ใช้



รูปที่ 5.71 กราฟสรุป พีเอชที่เหมาะสม สารเคมีที่ใช้ และปริมาณตะกอน
ในการบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียม โดยใช้ $FeSO_4$ และ $Ca(OH)_2$
(a) พีเอชที่เหมาะสม (b) ปริมาณกรดซัลฟิวริก (c) ปริมาณ $FeSO_4$
(d) ปริมาณ $Ca(OH)_2$ (e) ปริมาตรตะกอน (f) น้ำหนักตะกอน
หมายเหตุ REQUIRE FILTRATION แสดงว่าต้องกรองน้ำก่อนทิ้ง
(1) แสดงค่ามาก (2) แสดงค่าต่ำ (3) แสดงค่าที่แนะนำให้ใช้



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

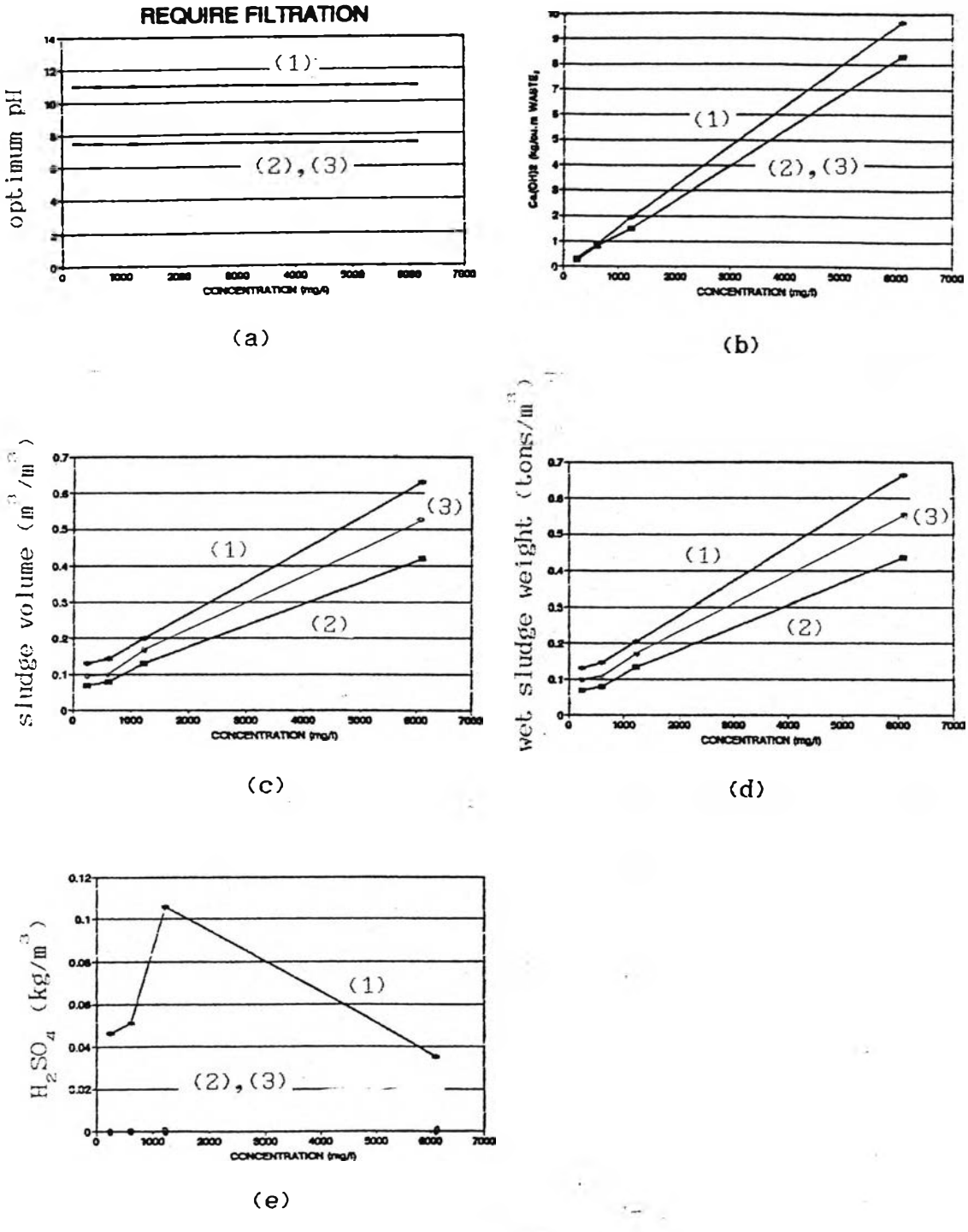
รูปที่ 5.72 กราฟสรุป พีเอชที่เหมาะสม สารเคมีที่ใช้ และปริมาณตะกอน ในการบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดง โดยใช้ NaOH

(a) พีเอชที่เหมาะสม (b) ปริมาณ NaOH (c) ปริมาตรตะกอน

(d) น้ำหนักตะกอน (e) ปริมาณกรดซัลฟิวริก

หมายเหตุ REQUIRE FILTRATION แสดงว่าต้องกรองน้ำก่อนทิ้ง

(1) แสดงค่ามาก (2) แสดงค่าต่ำ (3) แสดงค่าที่แนะนำให้ใช้



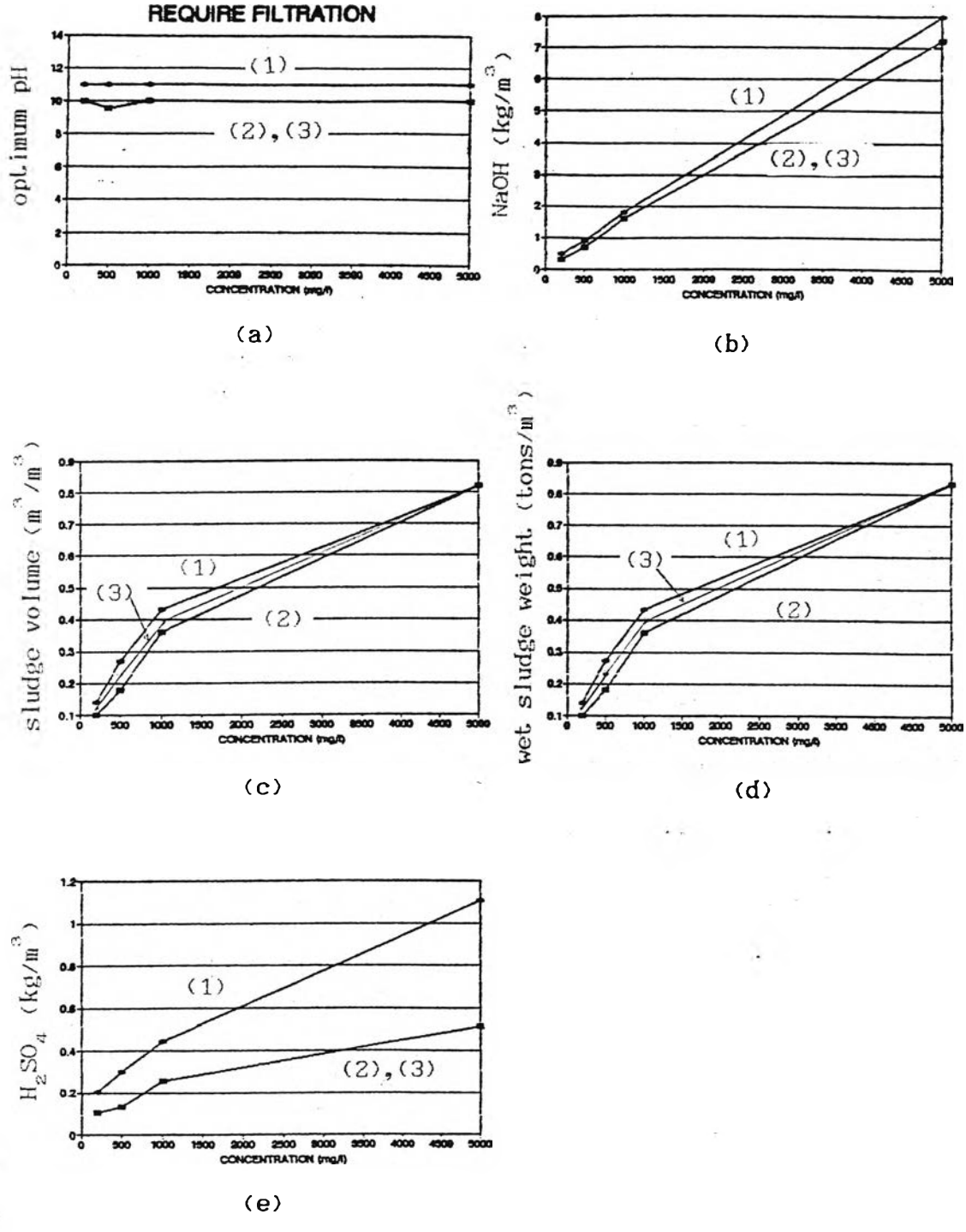
รูปที่ 5.73 กราฟสรุป พีเอชที่เหมาะสม สารเคมีที่ใช้ และปริมาณตะกอน ในการบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดง โดยใช้ $Ca(OH)_2$

(a) พีเอชที่เหมาะสม (b) ปริมาณ $Ca(OH)_2$ (c) ปริมาตรตะกอน

(d) น้ำหนักตะกอน (e) ปริมาณกรดซัลฟิวริก

หมายเหตุ REQUIRE FILTRATION แสดงว่าต้องกรองน้ำก่อนทิ้ง

(1) แสดงค่ามาก (2) แสดงค่าต่ำ (3) แสดงค่าที่แนะนำให้ใช้



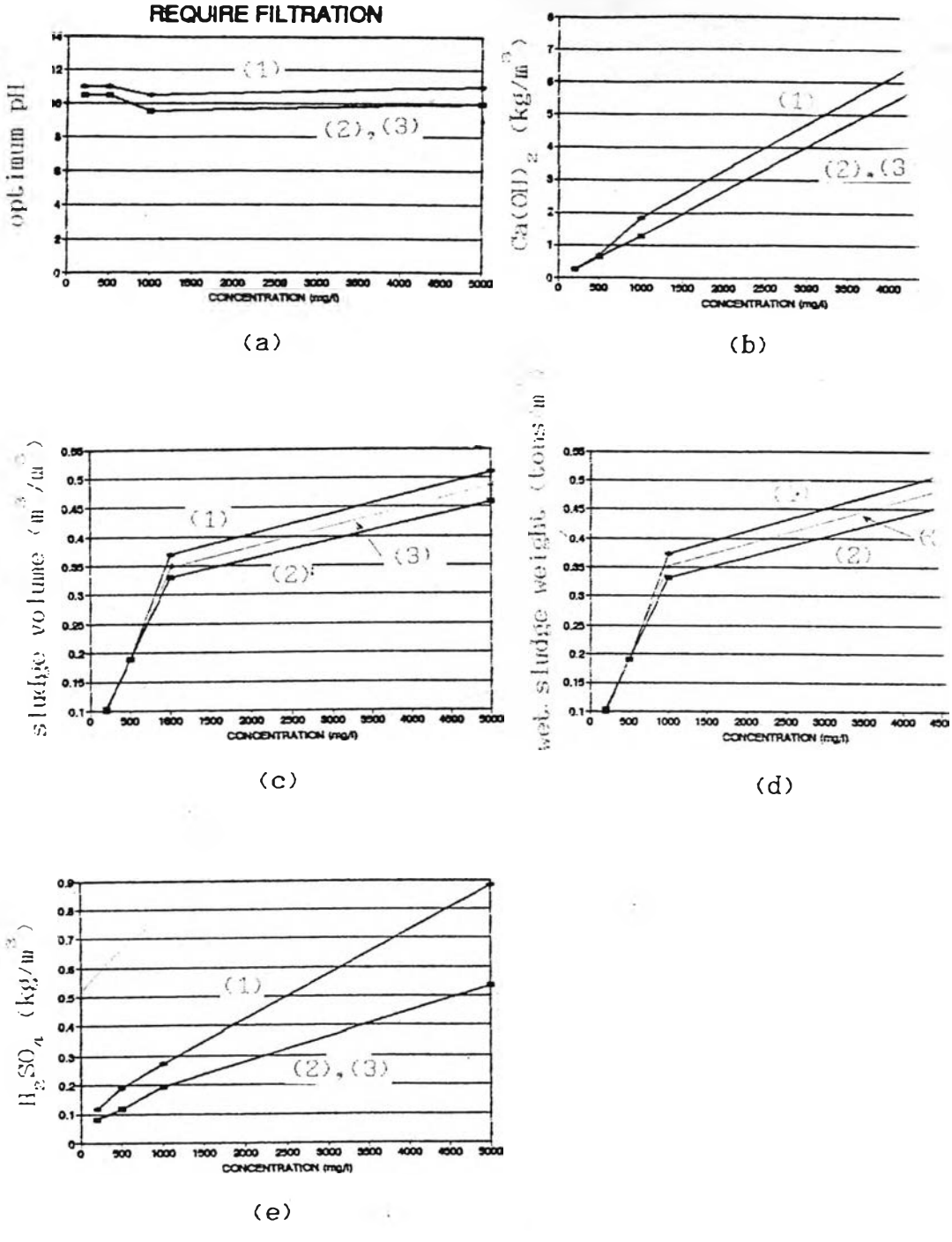
รูปที่ 5.74 กราฟสรุป พีเอชที่เหมาะสม สารเคมีที่ใช้ และปริมาณตะกอน ในการบำบัดน้ำเสียที่มีนิเกิล โดยใช้ NaOH

(a) พีเอชที่เหมาะสม (b) ปริมาณ NaOH (c) ปริมาตรตะกอน

(d) น้ำหนักตะกอน (e) ปริมาณกรดซัลฟิวริก

หมายเหตุ REQUIRE FILTRATION แสดงว่าต้องกรองน้ำก่อนทิ้ง

(1) แสดงค่ามาก (2) แสดงค่าต่ำ (3) แสดงค่าที่แนะนำให้ใช้



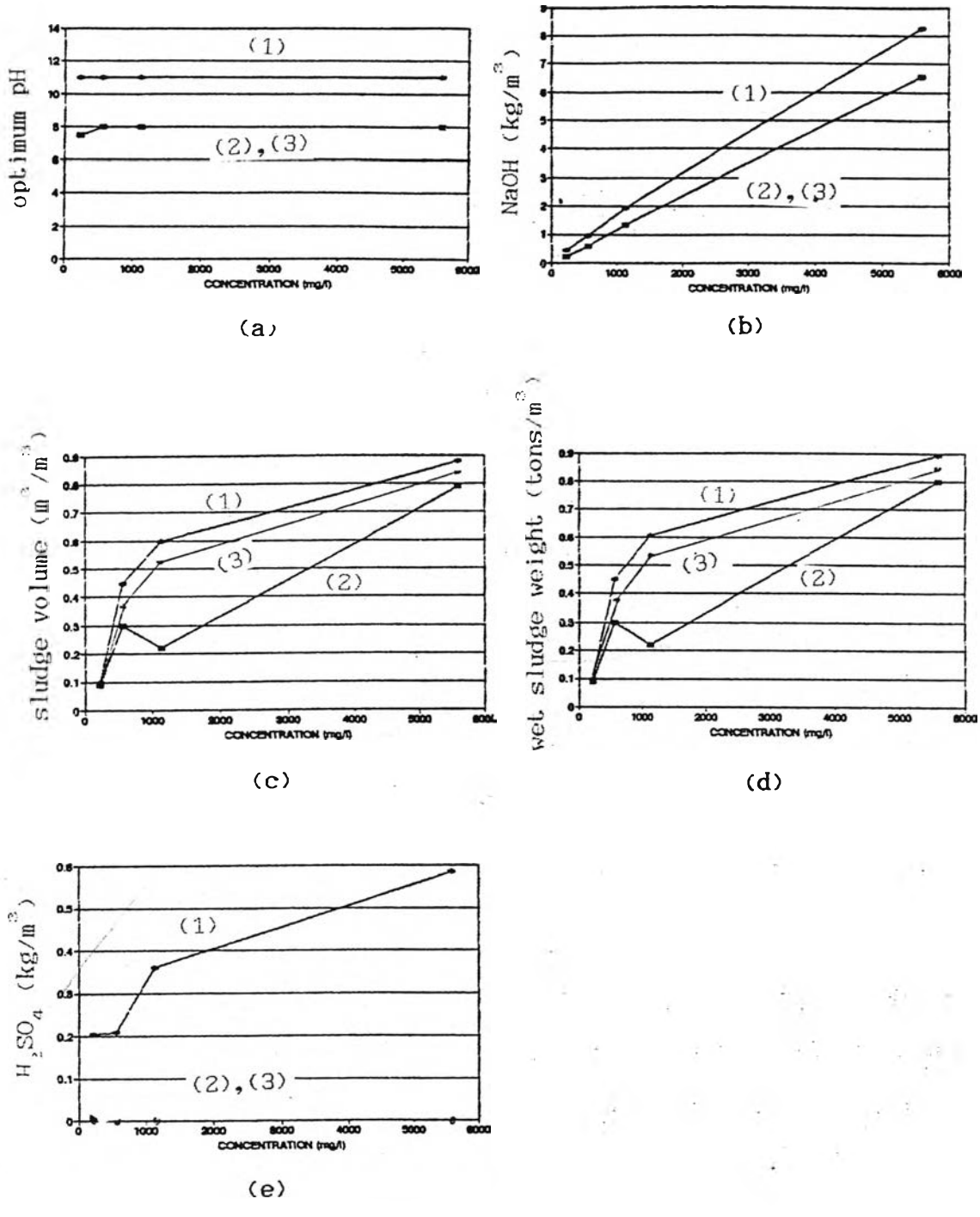
รูปที่ 5.75 กราฟสรุป พีเอชที่เหมาะสม สารเคมีที่ใช้ และปริมาณตะกอน ในการบำบัดน้ำเสียที่มีนิเกิล โดยใช้ $Ca(CH)_2$

(a) พีเอชที่เหมาะสม (b) ปริมาณ $Ca(CH)_2$ (c) ปริมาตรตะกอน

(d) น้ำหนักตะกอน (e) ปริมาณกรดซัลฟิวริก

หมายเหตุ REQUIRE FILTRATION แสดงว่าต้องกรองน้ำก่อนทิ้ง

(1) แสดงค่ามาก (2) แสดงค่าต่ำ (3) แสดงค่าที่แนะนำให้ใช้

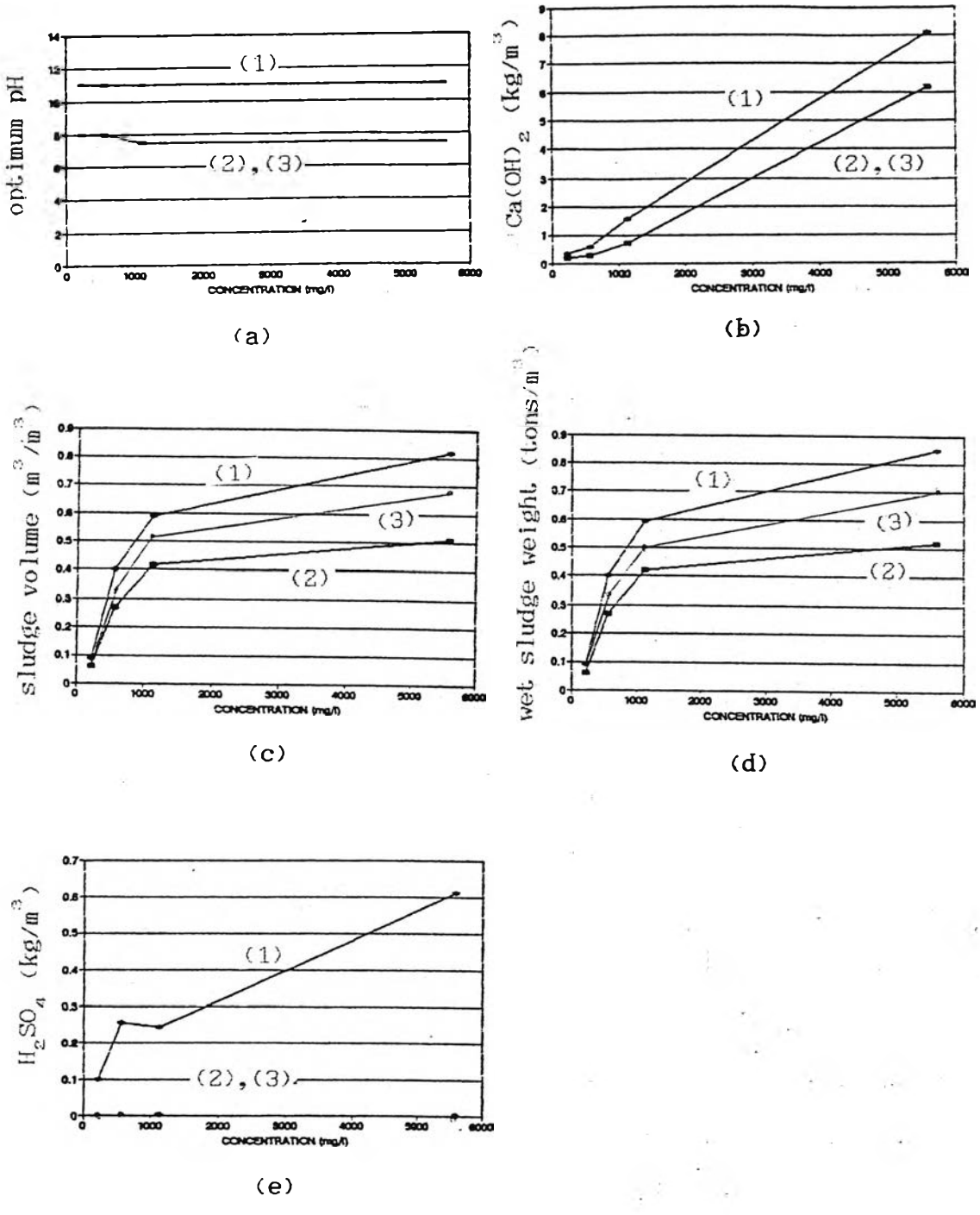


รูปที่ 5.76 กราฟสรุป พีเอชที่เหมาะสม สารเคมีที่ใช้ และปริมาณตะกอน ในการบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสี โดยใช้ NaOH

(a) พีเอชที่เหมาะสม (b) ปริมาณ NaOH (c) ปริมาตรตะกอน

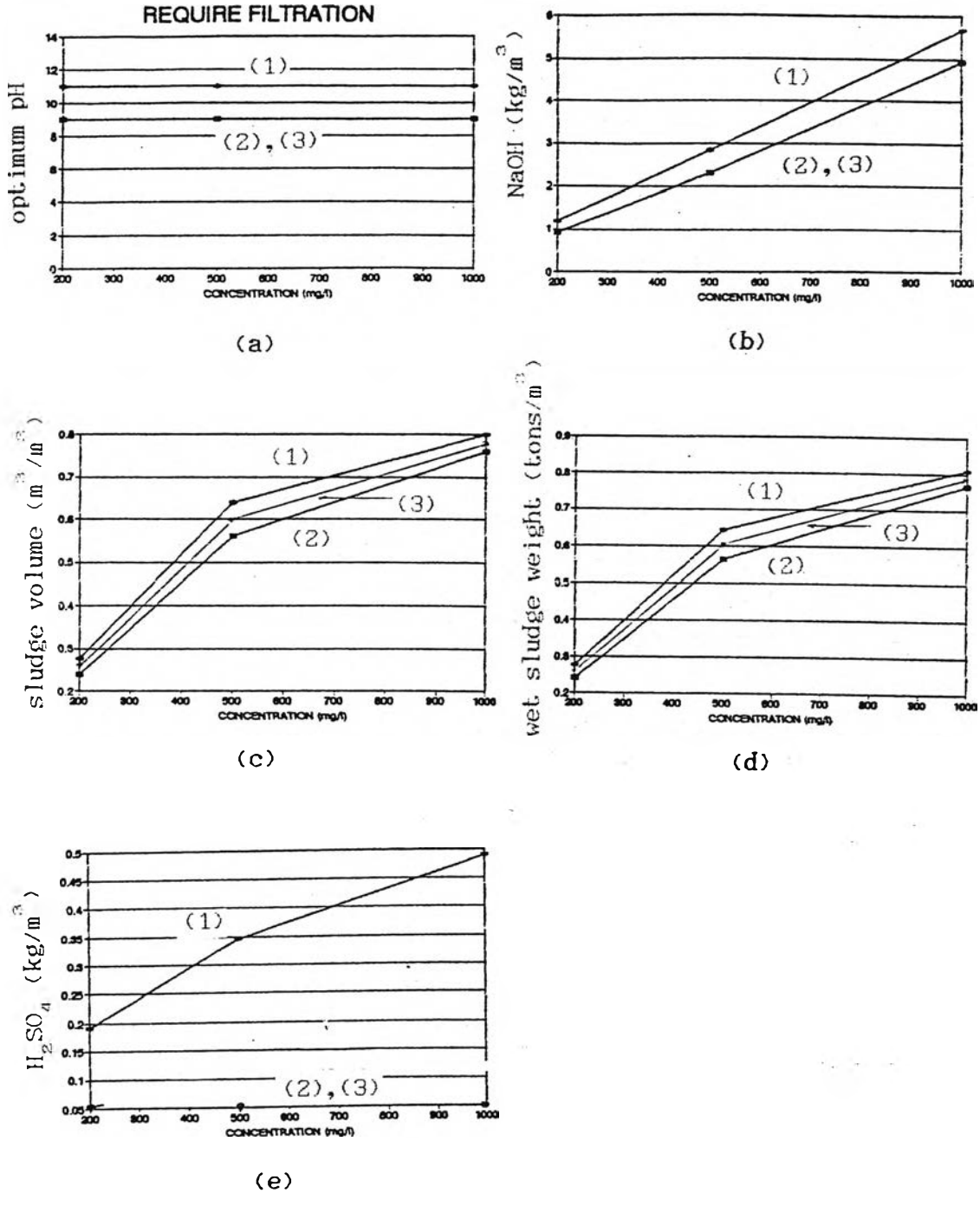
(d) น้ำหนักตะกอน (e) ปริมาณกรดซัลฟิวริก

หมายเหตุ (1) แสดงค่ามาก (2) แสดงค่าต่ำ (3) แสดงค่าที่แนะนำให้ใช้



รูปที่ 5.77 กราฟสรุป พีเอชที่เหมาะสม สารเคมีที่ใช้ และปริมาณตะกอน
ในการบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสี โดยใช้ $Ca(OH)_2$
(a) พีเอชที่เหมาะสม (b) ปริมาณ $Ca(OH)_2$ (c) ปริมาตรตะกอน
(d) น้ำหนักตะกอน (e) ปริมาณกรดซัลฟิวริก

หมายเหตุ (1) แสดงค่ามาก (2) แสดงค่าต่ำ (3) แสดงค่าที่แนะนำให้ใช้



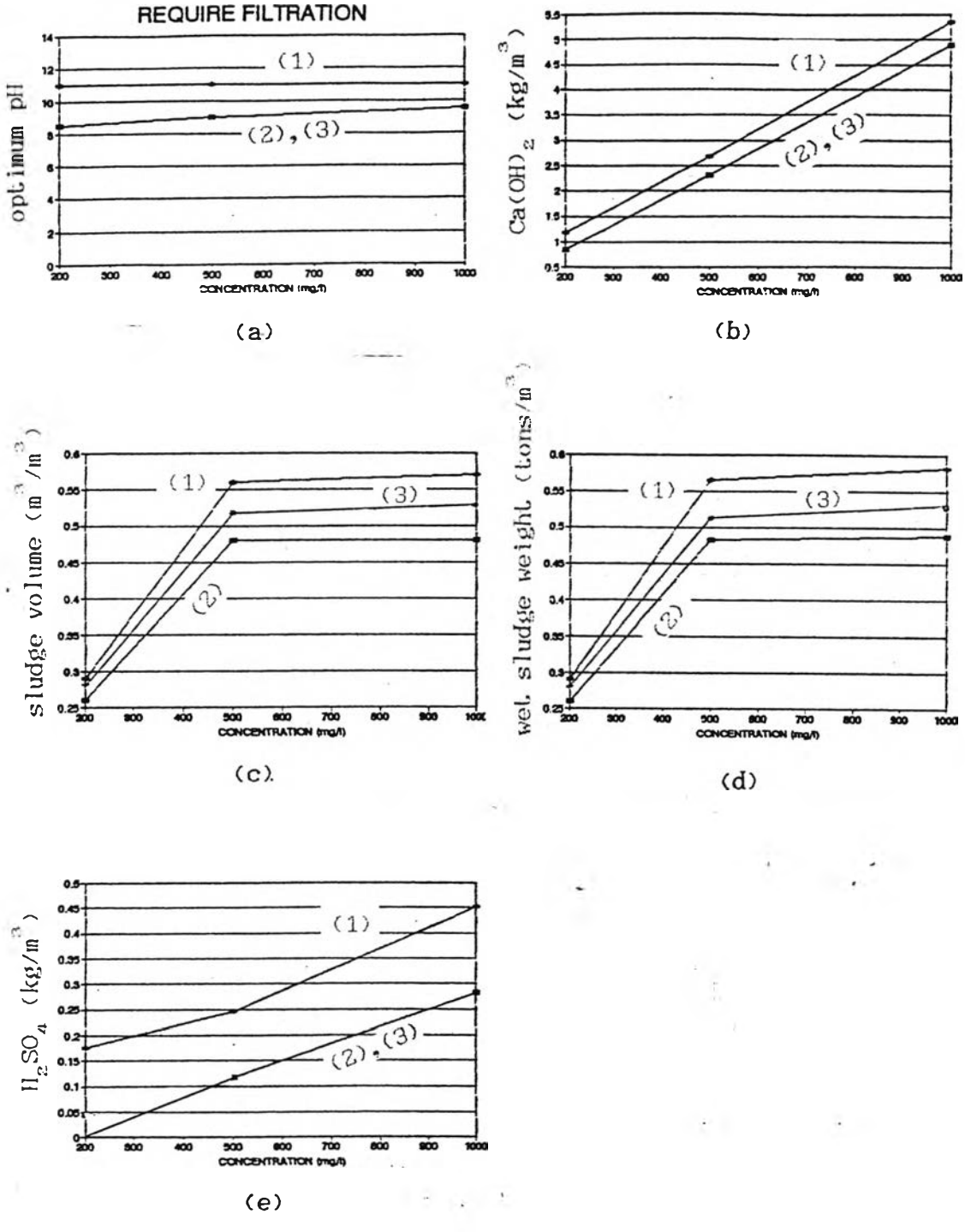
รูปที่ 5.78 กราฟสรุป พีเอชที่เหมาะสม สารเคมีที่ใช้ และปริมาณตะกอน ในการบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดง นิเกิล และสังกะสี โดยใช้ NaOH

(a) พีเอชที่เหมาะสม (b) ปริมาณ NaOH (c) ปริมาตรตะกอน

(d) น้ำหนักตะกอน (e) ปริมาณกรดซัลฟิวริก

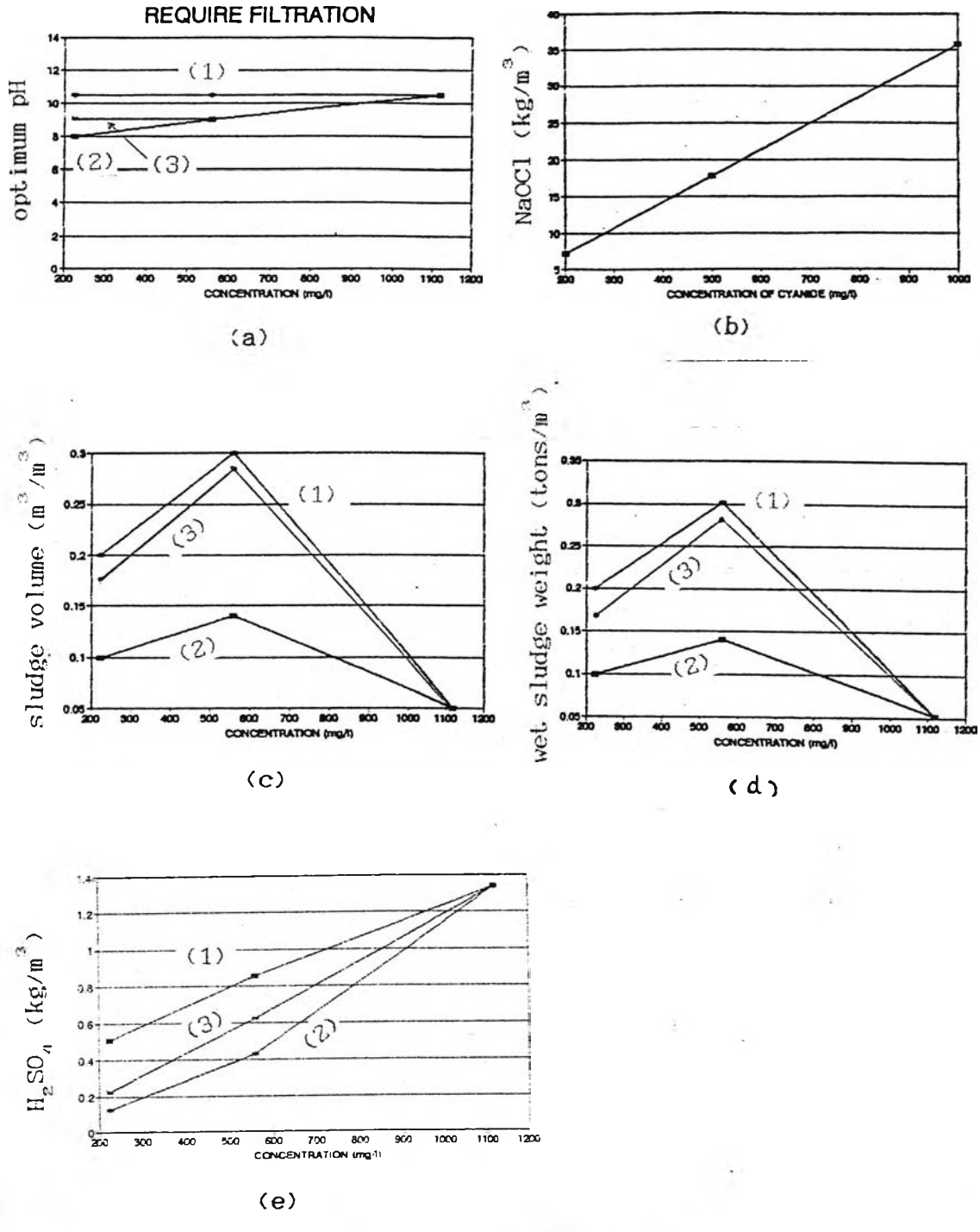
หมายเหตุ REQUIRE FILTRATION แสดงว่าต้องกรองน้ำก่อนทิ้ง

(1) แสดงค่ามาก (2) แสดงค่าต่ำ (3) แสดงค่าที่แนะนำให้ใช้



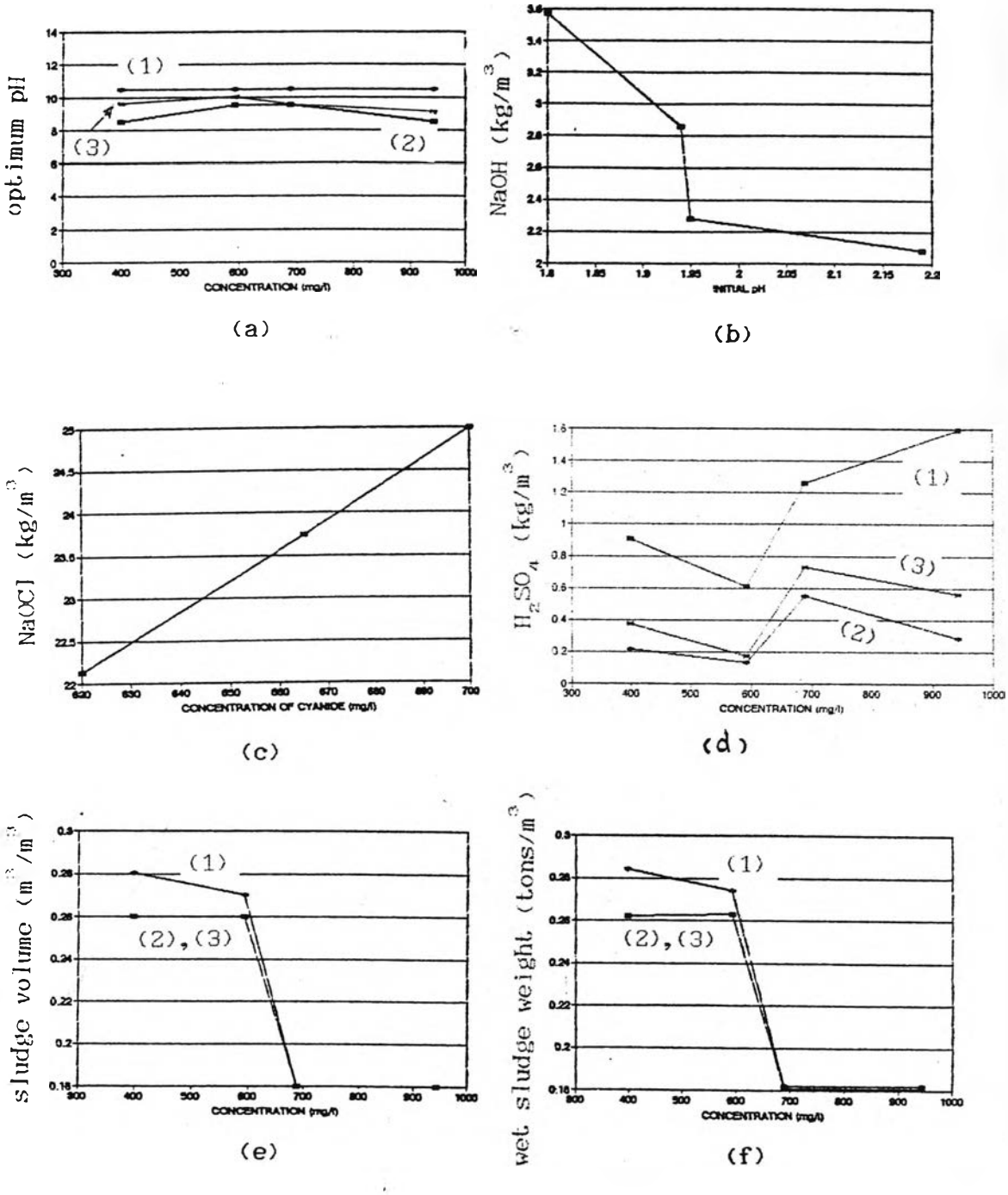
รูปที่ 5.79 กราฟสรุป พีเอชที่เหมาะสม สารเคมีที่ใช้ และปริมาณตะกอน ในการบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดง นิเกิล และสังกะสี โดยใช้ $Ca(OH)_2$
(a) พีเอชที่เหมาะสม (b) ปริมาณ $Ca(OH)_2$ (c) ปริมาตรตะกอน
(d) น้ำหนักตะกอน (e) ปริมาณกรดซัลฟิวริก

หมายเหตุ REQUIRE FILTRATION แสดงว่าต้องกรองน้ำก่อนทิ้ง
(1) แสดงค่ามาก (2) แสดงค่าต่ำ (3) แสดงค่าที่แนะนำให้ใช้



รูปที่ 5.80 กราฟสรุป พีเอชที่เหมาะสม สารเคมีที่ใช้ และปริมาณตะกอน
ในการบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสีและไซยาไนด์ โดยใช้ NaOCl และ H_2SO_4
(a) พีเอชที่เหมาะสม (b) ปริมาณ NaOCl (c) ปริมาตรตะกอน
(d) น้ำหนักตะกอน (e) ปริมาณกรดซัลฟิวริก

หมายเหตุ REQUIRE FILTRATION แสดงว่าต้องกรองน้ำก่อนทิ้ง
(1) แสดงค่ามาก (2) แสดงค่าต่ำ (3) แสดงค่าที่แนะนำให้ใช้



รูปที่ 5.81 กราฟสรุป พีเอชที่เหมาะสม สารเคมีที่ใช้ และปริมาณตะกอน ในการบำบัดน้ำเสียจริงที่มีสังกะสีและไซยาไนด์ (โรงงานที่ 1) โดยใช้ NaOH NaOCl และ H_2SO_4

(a) พีเอชที่เหมาะสม (b) ปริมาณ NaOH (c) ปริมาณ NaOCl

(d) ปริมาณกรดซัลฟิวริก (e) ปริมาตรตะกอน (f) น้ำหนักตะกอน

หมายเหตุ (1) แสดงค่ามาก (2) แสดงค่าต่ำ (3) แสดงค่าที่แนะนำให้ใช้

ตารางที่ 5.24 แสดงราคาสารเคมี (บริษัท เคมีวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม จำกัด ,ธันวาคม 2535)

สารเคมี	ความบริสุทธิ์	ราคา (บาทต่อกิโลกรัม, ไม่รวม VAT)
H_2SO_4	95-98 %	12
NaOH	98-99 %	27
$Ca(OH)_2$	96 %	6
$Na_2S_2O_5$	99 %	25
$FeSO_4.7H_2O$	98 %	15
NaOCl	10 %	15

1. **การบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียม** สามารถแยกได้เป็น 4 ทางเลือก คือ

ก. การใช้ $Na_2S_2O_5$ และ NaOH ข. การใช้ $Na_2S_2O_5$ และ $Ca(OH)_2$

ค. การใช้ $FeSO_4$ และ NaOH ง. การใช้ $FeSO_4$ และ $Ca(OH)_2$

ตารางที่ 5.25 ความเข้มข้นโครเมียม 200 มก/ล. (รูปที่ 5.68 - 5.71)

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)			
	ก.	ข.	ค.	ง.
H_2SO_4	0.55*12	0.59*12	1.45*12	1.45*12
$Na_2S_2O_5$	1*25	1*25	-	-
$FeSO_4$	-	-	10.5*15	10.5*15
NaOH	0.95*27	-	4.0*27	-
$Ca(OH)_2$	-	0.8*6	-	3.8*6
ตะกอน	0.17(457.5+km)	0.28(457.5+km)	0.40(457.5+km)	0.37(457.5+km)
รวม	135.1+0.17km	165.0+0.28km	465.9+0.40km	367.0+0.37km

หมายเหตุ ค่าใช้จ่ายแสดงในรูปของ "ปริมาณ*ราคาต่อหน่วย"

จากการเปรียบเทียบกรณีนี้พบว่า ทางเลือก ก. การใช้ $Na_2S_2O_5$ และ NaOH จะเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด

ตารางที่ 5.26 ความเข้มข้นโครเมียม 500 มก/ล. (รูปที่ 5.68 - 5.71)

รายการ	ค่าใช้จ่าย.(บาทต่อลูกบาศก์เมตร)			
	ก.	ข.	ค.	ง.
H_2SO_4	0.82*12	0.85*12	1.95*12	1.95*12
$Na_2S_2O_5$	2.5*25	2.5*25	-	-
$FeSO_4$	-	-	28*15	28*15
NaOH	1.10*27	-	9*27	-
$Ca(OH)_2$	-	1.5*6	-	7.8*6
ตะกอน	0.32(457.5+km)	0.50(457.5+km)	0.73(457.5+km)	0.58(457.5+km)
รวม	248.4+0.32km	310.5+0.50km	1020.4+0.73km	755.6+0.58km

หมายเหตุ ค่าใช้จ่ายแสดงในรูปของ "ปริมาณ*ราคาต่อหน่วย"

จากการเปรียบเทียบกรณีนี้พบว่า ทางเลือก ก. การใช้ $Na_2S_2O_5$ และ NaOH จะเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด

จากทั้งสองกรณีสามารถสรุปได้ว่า การบำบัดน้ำเสียโครเมียมควรทำโดยการใช้ $Na_2S_2O_5$ และ NaOH

2. การบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดง

ทางเลือกในการบำบัดสามารถแยกได้เป็น 2 ทางเลือก คือ

ก. การใช้ NaOH

ข. การใช้ $Ca(OH)_2$

ตารางที่ 5.27 ความเข้มข้นทองแดง 200 มก/ล. (รูปที่ 5.72 - 5.73)

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)	
	ก.	ข.
H_2SO_4	0.0*12	0.0*12
NaOH	0.4*27	-
$Ca(OH)_2$	-	0.2*6
ตะกอน	0.09(457.5+km)	0.10(457.5+km)
รวม	52.0+0.09km	47.0+0.10km

จากการเปรียบเทียบกรณีนี้พบว่า ทางเลือก ก. การใช้ NaOH จะเสียค่าใช้จ่ายต่ำกว่าเมื่อระยะทางไปกลับมากกว่า 500 กิโลเมตร ดังนั้นการใช้ $Ca(OH)_2$ จะเหมาะสมกว่า

ตารางที่ 5.28 ความเข้มข้นทองแดง 500 มก/ล. (รูปที่ 5.72 - 5.73)

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)	
	ก.	ข.
H_2SO_4	0.0*12	0.0*12
NaOH	1.0*27	-
$Ca(OH)_2$	-	0.8*6
ตะกอน	0.15(457.5+km)	0.11(457.5+km)
รวม	95.6+0.15km	55.1+0.11km

หมายเหตุ ค่าใช้จ่ายแสดงในรูปของ "ปริมาณ*ราคาต่อหน่วย"

จากการเปรียบเทียบกรณีนี้พบว่า ทางเลือก ข. การใช้ $Ca(OH)_2$ เสียค่าใช้จ่ายต่ำกว่า

ตารางที่ 5.29 ความเข้มข้นทองแดง 1000 มก/ล. (รูปที่ 5.72 - 5.73)

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)	
	ก.	ข.
H_2SO_4	0.0*12	0.0*12
NaOH	1.5*27	-
$Ca(OH)_2$	-	1.5*6
ตะกอน	0.16(457.5+km)	0.14(457.5+km)
รวม	113.7+0.16km	73.0+0.14km

กรณีนี้พบว่า ทางเลือก ข. การใช้ $Ca(OH)_2$ เสียค่าใช้จ่ายต่ำกว่าและเมื่อสรุปรวมทั้งสามกรณีจะได้ว่า ควรเลือกใช้ $Ca(OH)_2$

3. **การบำบัดน้ำเสียที่มีนิเกิล** สามารถแยกได้เป็น 2 ทางเลือก คือ

ก. การใช้ NaOH ข. การใช้ $Ca(OH)_2$

ตารางที่ 5.30 ความเข้มข้นนิเกิล 200 มก/ล. (รูปที่ 5.74 - 5.75)

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)	
	ก.	ข.
H_2SO_4	0.11*12	0.08*12
NaOH	0.25*27	-
$Ca(OH)_2$	-	0.25*6
ตะกอน	0.12(457.5+km)	0.10(457.5+km)
รวม	68.0+0.12km	46.2+0.10km

หมายเหตุ ค่าใช้จ่ายแสดงในรูปของ "ปริมาณ*ราคาต่อหน่วย"

จากการเปรียบเทียบกรณีนี้พบว่า ทางเลือก ข. การใช้ $Ca(OH)_2$ เสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด

ตารางที่ 5.31 ความเข้มข้นนิเกิล 500 มก/ล. (รูปที่ 5.74 - 5.75)

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)	
	ก.	ข.
H_2SO_4	0.15*12	0.12*12
NaOH	0.75*27	-
$Ca(OH)_2$	-	0.6*6
ตะกอน	0.23(457.5+km)	0.19(457.5+km)
รวม	127.3+0.23km	92.0+0.19km

จากการเปรียบเทียบกรณีนี้พบว่า ทางเลือก ข. การใช้ $Ca(OH)_2$ เสียค่าใช้จ่ายต่ำกว่า

ตารางที่ 5.32 ความเข้มข้นนิเกิล 1000 มก/ล. (รูปที่ 5.74 - 5.75)

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)	
	ก.	ข.
H_2SO_4	0.25*12	0.20*12
NaOH	1.8*27	-
$Ca(OH)_2$	-	1.3*6
ตะกอน	0.40(457.5+km)	0.35(457.5+km)
รวม	229.2+0.40km	170.3+0.35km

หมายเหตุ ค่าใช้จ่ายแสดงในรูปของ "ปริมาณ*ราคาต่อหน่วย"

จากการเปรียบเทียบกรณีนี้พบว่า ทางเลือก ข. การใช้ $Ca(OH)_2$ เสียค่าใช้จ่ายต่ำกว่า และเมื่อสรุปรวมทั้งสามกรณี จะได้ว่า ในการบำบัดควรเลือกใช้ $Ca(OH)_2$

4. การบำบัดน้ำเสียที่มีสังกะสี สามารถแยกได้เป็น 2 ทางเลือก คือ

ก. การใช้ NaOH ข. การใช้ $Ca(OH)_2$

ตารางที่ 5.33 ความเข้มข้นสังกะสี 200 มก/ล. (รูปที่ 5.76 - 5.77)

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)	
	ก.	ข.
H_2SO_4	0.00*12	0.00*12
NaOH	0.25*27	-
$Ca(OH)_2$	-	0.2*6
ตะกอน	0.10(457.5+km)	0.09(457.5+km)
รวม	52.5+0.10km	42.4+0.09km

จากการเปรียบเทียบกรณีนี้พบว่า ทางเลือก ข. การใช้ $Ca(OH)_2$ เสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด

ตารางที่ 5.34 ความเข้มข้นสังกะสี 500 มก/ล. (รูปที่ 5.76 - 5.77)

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)	
	ก.	ข.
H_2SO_4	0.00*12	0.00*12
NaOH	0.6*27	-
$Ca(OH)_2$	-	0.3*6
ตะกอน	0.37(457.5+km)	0.33(457.5+km)
รวม	185.5+0.37km	152.8+0.33km

หมายเหตุ ค่าใช้จ่ายแสดงในรูปของ "ปริมาณ*ราคาต่อหน่วย"

จากการเปรียบเทียบกรณีนี้พบว่า ทางเลือก ข. การใช้ $Ca(OH)_2$ เสียค่าใช้จ่ายต่ำกว่า

ตารางที่ 5.35 ความเข้มข้นสังกะสี 1000 มก/ล. (รูปที่ 5.76 - 5.77)

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)	
	ก.	ข.
H_2SO_4	0.00*12	0.00*12
NaOH	1.1*27	-
$Ca(OH)_2$	-	0.6*6
คะกอน	0.53(457.5+km)	0.50(457.5+km)
รวม	272.2+0.53km	232.4+0.50km

จากการเปรียบเทียบกรณีนี้พบว่า ทางเลือก ข. การใช้ $Ca(OH)_2$ เสียค่าใช้จ่ายต่ำกว่า และเมื่อสรุปรวมทั้งสามกรณี จะได้ว่า ในการบำบัดควรเลือกใช้ $Ca(OH)_2$

5. การบำบัดน้ำเสียที่มีทองแดง นิเกิล และสังกะสี

ทางเลือกในการบำบัดสามารถแยกได้เป็น 2 ทางเลือก คือ

ก. การใช้ NaOH ข. การใช้ $Ca(OH)_2$

ตารางที่ 5.36 ความเข้มข้น 200 มก/ล. (รูปที่ 5.78 - 5.79)

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)	
	ก.	ข.
H_2SO_4	0.00*12	0.00*12
NaOH	1.0*27	-
$Ca(OH)_2$	-	0.8*6
คะกอน	0.25(457.5+km)	0.27(457.5+km)
รวม	141.4+0.25km	129.3+0.27km

หมายเหตุ ค่าใช้จ่ายแสดงในรูปของ "ปริมาณ*ราคาต่อหน่วย"

จากการเปรียบเทียบกรณีนี้พบว่า ทางเลือก ข. การใช้ $Ca(OH)_2$ เสียค่าใช้จ่ายต่ำกว่า เมื่อระยะทางไปกลับน้อยกว่า 655 กิโลเมตร

ตารางที่ 5.37 ความเข้มข้น 500 มก/ล. (รูปที่ 5.78 - 5.79)

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)	
	ก.	ข.
H_2SO_4	0.00*12	0.12*12
NaOH	2.2*27	-
$Ca(OH)_2$	-	2.3*6
ตะกอน	0.60(457.5+km)	0.51(457.5+km)
รวม	333.9+0.60km	248.6+0.51km

จากการเปรียบเทียบกรณีนี้พบว่า ทางเลือก ข. การใช้ $Ca(OH)_2$ เสียค่าใช้จ่ายต่ำกว่า

ตารางที่ 5.38 ความเข้มข้น 1000 มก/ล. (รูปที่ 5.78 - 5.79)

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)	
	ก.	ข.
H_2SO_4	0.00*12	0.28*12
NaCH	5.0*27	-
$Ca(OH)_2$	-	4.9*6
ตะกอน	0.78(457.5+km)	0.53(457.5+km)
รวม	491.8+0.78km	275.2+0.53km

หมายเหตุ ค่าใช้จ่ายแสดงในรูปของ "ปริมาณ*ราคาต่อหน่วย"

จากการเปรียบเทียบกรณีนี้พบว่า ทางเลือก ข. การใช้ $Ca(OH)_2$ เสียค่าใช้จ่ายต่ำกว่า และเมื่อสรุปรวมทั้งสามกรณี จะได้ว่า ในการบำบัดควรเลือกใช้ $Ca(OH)_2$

5.5.4 ขนาดพื้นที่ที่ต้องการและพลังงานที่ใช้ในระบบ

ขนาดพื้นที่ที่ต้องการและพลังงานที่ใช้ในระบบนั้นจะแปรตามปริมาณของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ทั้งนี้จึงทำการสมมติฐานว่า โรงงานมีน้ำเสียไม่เกิน 10 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เพื่อเป็นการลดพื้นที่ที่จะสูญเสียและนำไปใช้ประโยชน์ส่วนอื่นของโรงงาน กรณีที่มีน้ำเสียมากกว่านี้ จะต้องบำบัดมากกว่า 1 ครั้งต่อวัน และต้องการพื้นที่ 16 ตารางเมตร สำหรับเก็บสารเคมีและเครื่องมือต่าง ๆ

ขนาดพื้นที่ที่ต้องการ

- ถังเก็บกักน้ำเสีย ถังปฏิกิริยา+ บ่อเก็บน้ำเพื่อปรับพีเอชสุดท้าย (อาจนำน้ำหลังบำบัดไปใช้เพื่อทำความสะอาดสถานที่)

ปริมาตรน้ำเสีย,ม^3	ลึก(น้ำ),ม	กว้าง,ม	ยาว,ม	พื้นที่,ม^2
1	1	1	1	1
2	1	1.42	1.42	2
5	1.5	2	2	4
10	2	2.25	2.25	5

+ เป็นทั้งถังกวนเร็ว กวนช้า และถังตกตะกอน

- ถังกรอง (ยกเว้นในกรณีที่น้ำเสียมีสิ่งกะลีเพียงอย่างเดียว)

ปริมาตรน้ำเสีย,ม^3	พื้นที่ที่ต้องการ,ม^2	พื้นที่ที่ใช้,ม^2
1	1.67	2
2	3.33	4
5	8.3	9
10	16.7	18

หมายเหตุ คำนวณที่ อัตราการกรอง 0.15 ม^3/ม^2-ชม ใช้เวลาในการกรอง 4 ชม.

- บ่อเก็บกากตะกอน ขนาดของบ่อจะขึ้นอยู่กับความถี่ในการส่งตะกอนไปบำบัด ปริมาณตะกอนการเลือกขนาดของบ่อจะต้องพิจารณาถึง ความจำเป็นหรือการใช้พื้นที่เพื่อประโยชน์ส่วนอื่น และค่าใช้จ่ายในการบำบัดตะกอน

พลังงานที่ใช้ในระบบ

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบจะแบ่งออกได้ คือ พลังงานในการสูบน้ำจากบ่อเก็บน้ำเสียขึ้นไปยังถังกวนเร็ว (1) และพลังงานในการกวนเร็ว กวนช้า ในถังปฏิกิริยา (2) สามารถคำนวณอย่างง่ายได้ดังต่อไปนี้

ปริมาตรน้ำในถัง,ม^3	(1)			(2)
	Q.l/s	Head.m	Kw=QH/102n	P=uG^{2}V/1000
1	1.2	3	0.047	0.08
2	2.4	3	0.094	0.16
5	5.6	5	0.366	0.40
10	11.2	8	1.170	0.80

หมายเหตุ การสูบน้ำใช้เวลานานประมาณ 15 นาที

G = 300 ต่อวินาที

จากตารางข้างต้นเป็นตารางอย่างง่าย ๆ เท่านั้น การคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบจะต้องคำนวณจากอุปกรณ์จริงที่ติดตั้งจะแม่นยำมากกว่า

5.5.5 ค่าก่อสร้าง อุปกรณ์ การบำรุงรักษาและควบคุมระบบ

ค่าก่อสร้างและอุปกรณ์จะแปรไปตามปริมาตรน้ำเสียที่จะต้องบำบัด และสภาพเศรษฐกิจในขณะนั้น ดังนั้นจึงจำเป็นที่ต้องสอบถามจากผู้รับเหมาก่อสร้างเพื่อหาข้อมูลในการตัดสินใจ ส่วนค่าบำรุงรักษาโดยประมาณร้อยละ 10 ของอุปกรณ์ การควบคุมระบบนั้นจะได้แก่ การวิเคราะห์หาปริมาณมลพิษในน้ำออกเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น ขึ้นอยู่กับจำนวนชนิดของสารมลพิษที่ต้องวิเคราะห์ อาจใช้ชุดวิเคราะห์สำเร็จรูปซึ่งราคาต่อการวิเคราะห์ 1 ตัวอย่างไม่แพงมากนัก จะเสียค่าใช้จ่ายไม่เกิน 20 บาท ต่อ 1 สารมลพิษ

5.5.6 การเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์

กรณีที่บำบัดน้ำเสียโดยโรงงานเอง การคำนวณค่าใช้จ่ายต่าง ๆ สามารถแสดงได้ดังนี้

1. ค่าสารเคมี.....บาท/ม^3 ..... บาท/เดือน
2. ค่าไฟฟ้า.....บาท/ม^3 .....บาท/เดือน
3. ค่าที่ดิน .....บาท
4. ค่าก่อสร้างและอุปกรณ์ .....บาท

5. ค่าบำรุงรักษา .....บาท/เดือน

6. ค่าควบคุมและตรวจสอบระบบ .....บาท/เดือน

กรณีส่งบำบัดที่ศูนย์บริการสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายได้จากสมการในหัวข้อ 3.10 โดยตัวแปรที่สำคัญ คือ ปริมาตรน้ำเสีย ระยะทาง และชนิดของสารพิษ การเปรียบเทียบเพื่อหาทางเลือกทำโดยการเปลี่ยนค่าใช้จ่ายที่เดือนต่าง ๆ มาเป็นค่าปัจจุบัน แล้วพิจารณาเลือกทางที่ให้ค่าต่ำสุด โดยตัวแปรที่สำคัญ ได้แก่ อัตราดอกเบี้ย จะใช้เป็นอัตราดอกเบี้ยเงินฝากหรือเงินกู้ขึ้นอยู่กับว่า ทางโรงงานใช้เงินทุนประเภทใด และจำนวนเดือนให้ใช้จากอายุการใช้งานของสิ่งที่มีราคาแพงสุด ได้แก่ โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก หรือมอเตอร์ เครื่องสูบน้ำ หรืออาจใช้เวลาที่กิจการคุ้มทุน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.5.7 กรณีตัวอย่างการเปรียบเทียบทางเลือก

โรงงานที่นำมาเป็นกรณีตัวอย่างนี้มีสารพิษ ได้แก่ สังกะสีและไซยาไนด์ โดยมีน้ำเสียเฉลี่ย 38 $ม^3$/วัน พีเอช 2.05 สังกะสี 453 มก/ล. และไซยาไนด์ 650 มก/ล. และระยะทางไป-กลับจากโรงงานไปศูนย์ 47 กม.

1. กรณีส่งน้ำเสียไปบำบัดที่ศูนย์ฯ แสมดำ จากข้อมูลนี้คำนวณได้ว่า การส่งบำบัดจะเสียค่าใช้จ่าย 104 บาท/$ม^3$ น้ำเสีย

2. กรณีที่บำบัดเอง จากข้อมูลผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 5.81 (ค่าที่แนะนำให้ใช้) นำมาคำนวณค่าสารเคมีและค่าบำบัดตะกอนได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.39 ค่าสารเคมีและกำจัดตะกอนในการบำบัดน้ำเสียโรงงานที่ 1

สารเคมีที่ใช้	ปริมาณที่ต้องการ* กก./$ม^3$ น้ำเสีย	ราคา** บาท/กก.	ความบริสุทธิ์	เป็นเงิน บาท/$ม^3$
NaOH	2.2	27	98-99	60
NaOCl 10%	23.2	15	10%	348
H_2SO_4	0.32	12	95-98	4
WET SLUDGE	0.262	508	-	133
			รวม (บาท/$ม^3$)	545

*ในกรณีกากตะกอน มีหน่วยเป็น ตัน/$ม^3$

**ในกรณีกากตะกอนจะเป็นราคา กำหนดโดยศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรม บาทต่อตัน

สรุปค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียเอง สามารถแสดงได้ดังนี้

2.1 ค่าที่ดิน 25 ตารางเมตร (2500 บาทต่อตารางเมตร)	62,500 บาท
2.2 ค่าบ่อคสล.ทาพีวีซี ขนาด 10 ลูกบาศก์เมตร 2 บ่อ	80,000 บาท
2.3 ค่าเครื่องสูบน้ำ 1.2 kW พร้อมติดตั้ง	30,000 บาท
2.4 มอเตอร์ 1.0 kW เกียร์ทด และใบกวน พร้อมติดตั้ง	80,000 บาท
2.5 ค่าวิเคราะห์และตรวจสอบ	5 บาท/$ม^3$
2.6 ค่าบำรุงรักษา (1 % ของ 2.3 และ 2.4 ต่อเดือน)	1 บาท/$ม^3$
2.7 ค่าไฟฟ้า (6.6 kW-hr ต่อครั้ง)	2 บาท/$ม^3$
2.8 สรุปค่าสารเคมีและกำจัดตะกอน	
เมื่อมีไซยาไนด์ปน (ใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์)	545 บาท/$ม^3$
เมื่อมีไซยาไนด์ปน (ใช้แคลเซียมไฮโปคลอไรท์)	371 บาท/$ม^3$
เมื่อไม่มีไซยาไนด์ปน	197 บาท/$ม^3$

จากข้างต้นพบว่า เพียงค่าสารเคมีอย่างเดียวก็ทำให้ค่าใช้จ่ายแพงกว่าค่าส่งน้ำเสียไปบำบัดที่ศูนย์ ฯ แล้ว ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ในกรณีของโรงงานนี้ การบำบัดน้ำเสียโดยใช้บริการศูนย์บริการกำจัดกากแสมดำเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการบำบัดเอง นอกจากนั้นยังสามารถลดปริมาตรน้ำเสียที่จะต้องส่งบำบัด โดยการนำน้ำเสียกรดและด่างมาผสมให้เป็นกลาง จากข้อมูลค่าใช้จ่ายข้างต้น ในกรณีที่ทางโรงงานมีความจำเป็นที่จะต้องบำบัดเองก็สามารถพิจารณาแนวทาง เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดได้ดังต่อไปนี้ คือ การปรับเปลี่ยนวิธีการชุบให้เป็นแบบไม่มีไซยาไนด์ จะทำให้ลดค่าใช้จ่ายลงเหลือ 197 บาทต่อลูกบาศก์เมตร คิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ลดได้ 63.9 % ในขณะที่การเปลี่ยนวิธีการชุบจะเพิ่มค่าใช้จ่ายประมาณ 40 % เท่านั้น หรืออาจใช้ระบบลานตากตะกอนเพื่อลดปริมาณตะกอนให้น้อยลง