

รายการอ้างอิง

หนังสือและบทความในหนังสือ

การจัดการคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม รศ.ดร.ประยูร ฟองสถิตกุล รศ.ปิติ พูนไชยศรี
รศ.สมทรง อินส่วง พิมพ์ครั้งที่ 2 2544 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ ปากเกร็ด นนทบุรี 11120 หน้า 136-143,
293-294

การผลิตน้ำสำหรับอุตสาหกรรม ไพศาล วีรกิจ พิมพ์ครั้งที่ 1 เดือนกันยายน 2545
โดยบริษัท เอ็มแอนดีอี จำกัด บทที่ 8 การผลิตน้ำอ่อนด้วย Ion Exchange Resin หน้า
109-115

วิศวกรรมกำจัดน้ำเสีย เล่มที่ 2 เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ พิมพ์ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2535 โดยมีตรนรา
การพิมพ์ หน้า 30-33 และ 218-243

เอกสารประกอบการสอนวิชา กพ 621 สถิติและเศรษฐศาสตร์เพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม, สมบูรณ์
นุชประยูร และวันวิสาข์ สกลภาพ, 2548

เอกสารอื่น ๆ

การประปาส่วนภูมิภาค, มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา, 16 กรกฎาคม 2550

คุณภาพน้ำบาดาลและการปรับปรุงให้ได้มาตรฐานน้ำดื่ม, กองวิเคราะห์น้ำบาดาล กรมทรัพยากร
น้ำบาดาล, 2553

จันทร์พร พลากุล, การศึกษากลไกการรวมตะกอนด้วยเทคนิคไฟฟ้าเคมีและการพัฒนา
เครื่องต้นแบบ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (2551)

เอกสารอื่น ๆ (ต่อ)

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง มาตรการควบคุมปริมาณความสกปรกของน้ำทิ้งจาก
ภาคอุตสาหกรรมเพื่อฟื้นฟูคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา พ.ศ. 2551

อัตราดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อ ครั้งที่ 4/2553 วันที่ 4 ธันวาคม 2553 ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด

Books

Reynolds, T.D., Richards, P.A., Unit Operation and Process in Environmental
Engineering 2nd Edition (1996), PWS Publishing Company.

Articles

Abuzaid, N. S., Bukhari, A.A., Al-Hamouz, Z.M., Ground water coagulation using soluble
stainless steel Electrodes, Advances in Environmental Research 6 (2002),
325_333.

Den, W., Wang, C.J., Removal of silica from brackish water by Electrocoagulation
Pretreatment to Prevent Fouling of Reverse Osmosis Membranes,
Separation and Purification Technology 59 (2008) 318–325.

Drouiche, N., Ghaffour, N., Lounicic, H., Mameri, M., Electrocoagulation of Chemical
Mechanical Polishing Wastewater, Desalination 214 (2007), 31–37.

Emamjomeh, M. M., Sivakumar, M., Review of pollutants removed by electrocoagulation
and electrocoagulation/flotation processes, Journal of Environmental
Management 90 (2009) 1663–1679.

Articles (continue)

Mahmut, B., Mehmet, K., Orhan, T.C., Mustafa, S., Operating cost Analysis of Electrocoagulation of Textile Dye Wastewater, Separation and Purification Technology 37(2004), p.117-125.

Malakootian, M., Yousefi, N., The Efficiency of Electrocoagulation Process Using Aluminum Electrodes in Removal of Hardness from Water, Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng., 2009, Vol. 6, No. 2, pp. 131-136.

Malakootian, M., Mansoorian, H.J., Moosazadeh, M., Performance Evaluation of Electrocoagulation Process Using Iron-rod Electrodes for removing hardness from Drinking Water, Desalination Vol.255 (1-3), 2010, 67-77.

Martinez, S.S., Gallegos, A.A., Martinez, E., Electrolytically generated silver and Copper Ions to Treat Cooling Water: an Environmentally Friendly Novel Alternative. International Journal of Hydrogen Energy 29 (2004), 921 – 932.

Mouedhen, G., Feki, M., Wery, D.M., Ayedi H.F., behavior of Aluminum Electrodes in Electrocoagulation Process, journal of Hazardous Materials (2008), p.124-135.

Ni'am, M.F., Othman, F., Sohaili, J., Fauzia, Z., Combined Magnetic Field and Electrocoagulation Process for SS removal from Wastewater. Proceedings of the 1st International Conference on Natural Resources Engineering & Technology 2006, 24-25th July 2006; Putrajaya, Malaysia, 384-393.

Yi, S., Ma, Y., Wang, X., Jia, Y., Pretreatment of seawater by a one-step electrochemical method , Desalination 239 (2009) , 247–256



Other Materials

Ayres, D.M., Davis, A.P., Gietka, P.M., Removing Heavy Metals from Wastewater
Engineering Research Center Report, August 1994. p.5-6.

Keister, T., Cooling Tower management Basic Principles and Technology, ProChem
Tech International, Inc.,(2008), p. 2-5.

Puckorius, P.R., Water Corrosion Mechanisms, Water Treatment Practical Guide
ASHRAE Journal, May 1999, p.57-69.

Rafferty, K., Scaling of Geo Thermal Heat Pump, Geo-Heat Center Oregon Institute of
Technology, July 1999, p. 2-4.

Electronic Media

Cooling Tower Efficiency, Energy eco-efficiency opportunities in Queensland Foundries,
สืบค้นเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2553 จาก www.ecoefficiency.com.au

Silt Density Index, สืบค้นเมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2554, จาก <http://www.lenntech.com/sdi.htm>

Water Softener, How to Soften Water สืบค้นเมื่อวันที่ 14 เมษายน 2554, จาก
<http://watersoftenersalt.net/water-softener-resin/>

Water Softener Resin สืบค้นเมื่อวันที่ 14 เมษายน 2554, จาก
www.indianion.com/resins

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การคำนวณขนาดขั้วไฟฟ้า ดัชนี LSI และ RSI

ก-1 การคำนวณขนาดและจำนวนของขั้วไฟฟ้า

ในการคำนวณขนาดของขั้วไฟฟ้าภายใต้สมมติฐานที่ว่า

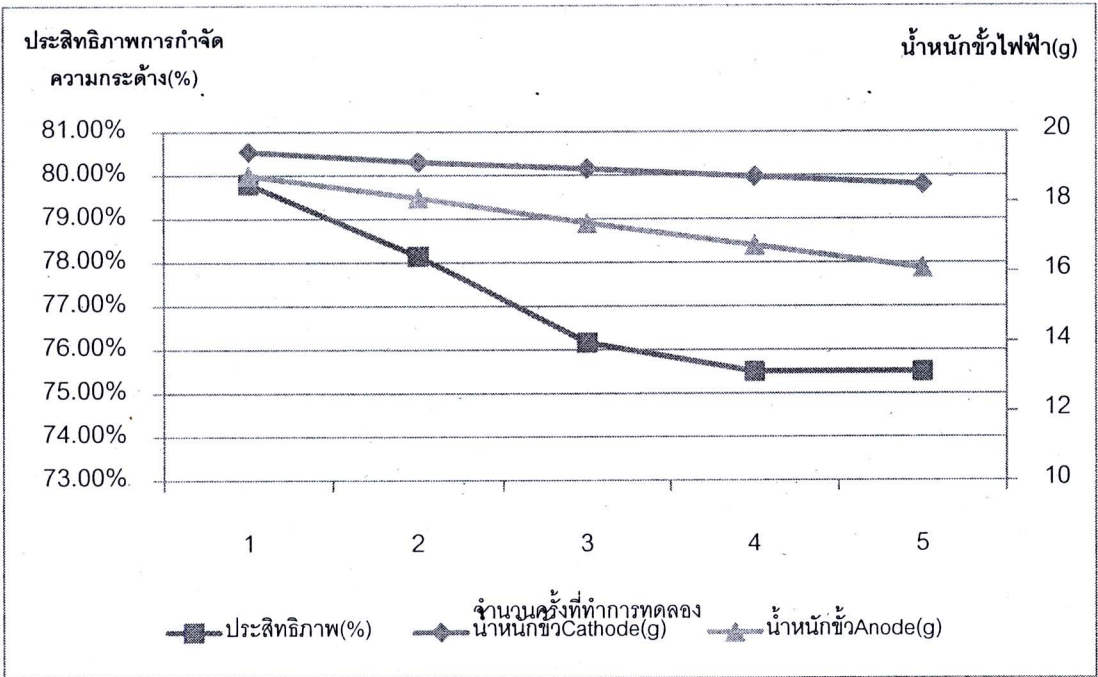
- 1) Electro-coagulation มีการทำงานต่อเนื่องตลอดเวลา
- 2) การขยายขนาดของขั้วไฟฟ้าไม่มีผลต่อความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า โดยความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าจะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามขนาดของขั้วไฟฟ้า
- 3) ปริมาตรตะกอนที่น้ำผ่านถึงปฏิกรณ์เป็น 20 ลบ.ม. ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง 200 เท่า

จากการทดลองพบว่าในการปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาลต้องใช้ขั้วไฟฟ้าที่มีพื้นที่ 0.024 ตร.ม. จากสมมติฐานดังกล่าวสามารถคำนวณขนาดของขั้วไฟฟ้าได้ 4.8 ตร.ม. ซึ่งทำให้ทราบค่าความต้องการกระแสไฟฟ้าโดยคำนวณจากความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองคือ 35.8 A/m^2

$$\begin{aligned} \text{กระแสไฟฟ้าที่ต้องจ่ายให้ Electro-coagulation} &= 35.8 \text{ A/m}^2 \times 4.8 \text{ m}^2 \\ &= 171.84 \text{ A.} \end{aligned}$$

เลือกใช้เครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าขนาด 200 A เพื่อเป็นการเผื่อค่า Safety factor

จากนั้นทำการทดลองหาอัตราการลดลงของขั้วไฟฟ้าเมื่อใช้แรงดันไฟฟ้า 10 Volt เป็นเวลา 40 นาทีจำนวน 5 ครั้งพบว่าในการทดลองแต่ละครั้งขั้ว Anode มีอัตราการลดลงเท่ากับ 0.682 กรัมต่อการทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 40 นาทีหรือการทดลอง 1 ครั้ง (ความชันของแผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักของขั้ว Anode ที่ลดลงเทียบกับจำนวนครั้งที่ทำการทดลอง) ดังแสดงในภาพที่ ก-1



ภาพที่ ก-1 น้ำหนักขั้วไฟฟ้าที่ลดลงเมื่อใช้แรงดันไฟฟ้า 10Volt เป็นเวลา 40 นาทีจำนวน 5 ครั้ง
เทียบกับประสิทธิภาพในการกำจัดความกระด้างของน้ำ (%)

ปริมาณอลูมิเนียมที่สูญเสียไป (Mass loss) ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ 1 ครั้ง มีค่าเท่ากับ

$$0.682 \text{ (g/ครั้ง} \cdot 0.024 \text{ m}^2) \times 4.8 \text{ m}^2 = 136.4 \text{ g}$$

น้ำหนักของอลูมิเนียมที่ใช้ทำขั้วไฟฟ้าที่มีความบริสุทธิ์ 99% (Mass Original) มีน้ำหนักเท่ากับ 8.2 kg ดังนั้นขั้วไฟฟ้าที่ใช้จะมีน้ำหนัก

$$(0.99 \times 8.2 \text{ kg} \times 4.8 \text{ m}^2) / 2.9728 \text{ m}^2 = 13.11 \text{ kg}$$

เมื่อกำหนดให้ขั้วไฟฟ้าใช้งานได้ 50% เหลือน้ำหนัก 50% จึงเปลี่ยนขั้วไฟฟ้า

$$\text{Mass loss} = 0.5 \times 13.11 = 6.55 \text{ kg}$$

ดังนั้นขั้วไฟฟ้า 1 ชุดจะใช้งานได้

$$6.55 / 0.1364 = 48 \text{ ครั้ง}$$

จากสมมติฐานที่กล่าวข้างต้นสามารถคำนวณจำนวนขั้วไฟฟ้าที่ต้องใช้ได้ดังนี้

$$\text{จำนวนขั้วไฟฟ้า} = \frac{(120 \text{ ลบ.ม. ต่อวัน} \times 8,640 \text{ ชม. ต่อปี})}{(20 \text{ ลบ.ม. ต่อครั้ง} \times 24 \text{ ชม. ต่อวัน} \times 48 \text{ ครั้งต่อชุด})} = 45 \text{ ชุด/ปี}$$

ก-2 การคำนวณขนาดของรางระบายน้ำของถังตกตะกอน

รางระบายน้ำเข้า

กำหนดให้รางรับน้ำเข้าสู่ถังตกตะกอนมีความกว้าง 0.5 ม. ยาวตลอดความกว้างของถังตกตะกอน (1.3 ม. x 0.5 ม.) และกำหนดให้น้ำไหลผ่านแผ่นกั้นที่มีช่องเปิดขนาด 25 cm. ตลอดความลึกของระดับน้ำในถัง 1.5 เมตร โดยติดแผ่นกั้นให้ห่างจากรางรับน้ำเข้าที่ระยะห่าง 10% ของความยาวถังเพื่อกระจายน้ำให้เข้าสู่ถังอย่างสม่ำเสมอซึ่งสามารถคำนวณความเร็วของน้ำที่ไหลเข้าสู่รางรับน้ำเข้าถังตกตะกอนได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 V_{\max} &= \frac{\text{อัตราการใช้น้ำ (ลบ.ม./วินาที)}}{\text{พื้นที่ของรางรับน้ำเข้าถังตกตะกอน (ตร.ม.)}} \\
 &= \frac{120}{(24 \times 60 \times 60 \times 1.3 \times 0.5)} \\
 &= 0.00214 \text{ เมตร/วินาที}
 \end{aligned}$$

รางระบายน้ำออก

กำหนดค่า weir loading 150 ลบ.ม./ม.-วัน (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2535, น. 218-243) สามารถหาความยาวฝายได้จาก

$$\begin{aligned}
 \frac{\text{อัตราการใช้น้ำ (ลบ.ม.)}}{\text{อัตราการไหลล้นของฝาย (ลบ.ม./ม.-วัน)}} &= \frac{120}{150} \\
 &= 0.8 \text{ เมตร}
 \end{aligned}$$

เลือกใช้ฝายน้ำล้นสามเหลี่ยมมุม 90° (V-notch weir 90°) สามารถหาอัตราการไหลของน้ำที่ระบายออกจากถังตกตะกอนที่ผ่านแต่ละฝายได้จาก

$$q = 1.47 H^{2.5} \text{ (ลบ.ม./วินาที)}$$

เมื่อกำหนดให้ $H=0.03$ m สามารถคำนวณอัตราการไหลล้นในแต่ละ notch

$$\begin{aligned}
 &= 1.47 \times 0.03^{2.5} \\
 &= 0.000229 \text{ ลบ.ม./วินาที}
 \end{aligned}$$

$$= 0.825 \text{ ลบ.ม./ชั่วโมง}$$

คำนวณจำนวนช่องของฝายน้ำล้นจาก weir loading ได้ดังนี้

$$= \frac{150}{(0.825 \times 24)} \\ = 7.57 \text{ หรือ } 8 \text{ ช่อง/เมตร}$$

กำหนดให้มีฝายน้ำล้นยาวตลอดแนวด้านกว้างของถังตกตะกอนซึ่งเท่ากับ 1.3 เมตร ดังนั้นต้องใช้ฝายน้ำล้นจำนวน $1.3 \times 8 \text{ notch} = 10.4$ หรือ 11 ช่อง

สำหรับการคำนวณขนาดของรางระบายน้ำออกจากถังตกตะกอน กำหนดให้รางระบายน้ำออกจากถังตกตะกอนมีความกว้าง 0.5 เมตร ยาวตลอดแนวตามความกว้างของถังตกตะกอนหรือ 1.3 เมตรสามารถคำนวณความลึกของน้ำในรางระบายน้ำได้จากสมการ (Reynolds และ Richards, 1996)

$$\text{ความสูงของระดับน้ำ ณ ตำแหน่งต้นน้ำในรางระบายน้ำ}(H_0) = \sqrt{d^2 + \frac{2Q^2}{gb^2d}}$$

เมื่อ d คือระดับน้ำที่ทางออกของรางระบายน้ำมีค่าเท่ากับ 0.009236ม.ซึ่งคำนวณจาก

$$d = \left(\frac{Q^2}{b^2g} \right)^{1/3}$$

Q คืออัตราการไหลของน้ำในที่นี้คือ 5 ลบ.ม./ชั่วโมงหรือ 0.00139 ลบ.ม./วินาที

g คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกมีค่าเท่ากับ 9.81 ม./วินาที²

b คือความกว้างของรางระบายน้ำในที่นี้คือ 0.5 ม.

เมื่อแทนค่าในสมการจะได้ความลึกของน้ำในรางระบายน้ำเท่ากับ

$$H_0 = \left[0.009236^2 + \frac{(2 \times 0.00139^2)}{(9.81 \times 0.5^2 \times 0.009236)} \right]^{1/2} \\ = 0.01599 \text{ เมตร}$$

เมื่อน้ำไหลบนรางจะเกิดความสูญเสียจากความต้านทานการไหลที่เกิดขึ้นคิดเป็น 50% รวมกับระยะจากผิวน้ำถึงขอบรางระบายน้ำ 20 ซม.

ดังนั้นรางระบายน้ำออกจะมีขนาด $(0.001599 \times 1.5) + 0.2 = 0.224$ ม. เลือกใช้ 0.3 ม.

ก-3 วิธีคำนวณดัชนี Langelier Saturation Index: LSI และ Ryzna Stability Index: RSI

นำตัวอย่างน้ำบาดาลที่ผ่านถังกรองทรายและถังดูดซับด้วยคาร์บอนมาปรับปรุงคุณภาพด้วย Electro-coagulation ด้วยแรงดันไฟฟ้า 10V เป็นเวลา 40 นาทีและตัวอย่างน้ำที่ผ่านการแลกเปลี่ยนประจุด้วยเรซินจากโรงงานกรณีศึกษาวิเคราะห์สมบัติต่างๆ เพื่อนำมาคำนวณ LSI และ RSI จากสมการ

$LSI = pH - pH_s$

$RSI = 2pH_s - pH$

เมื่อ

$pH_s = (9.3 + A + B) - (C + D)$

$A = (\log (TDS) - 1)/10$

$B = (-13.2 \log (^{\circ}c + 273)) + 34.55$

$C = (\log (Ca\text{-Hardness})) - 0.4$

$D = \log (M\text{-Alkalinity})$

ตารางที่ ก-1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและผลการคำนวณ LSI และ RSI

พารามิเตอร์	Electro-coagulation	Softener
TDS (mg/l)	178.1	159.1
ความกระด้างของน้ำ (mg/l as CaCO3)	34	0
pH	9.12	7.77
อุณหภูมิ (°c)	24.2	24.1
Alkalinity (mg/l as CaCO3)	68	80
pHs	8.565	9.623
LSI	0.555	-1.853
RSI	8.009	11.475

ภาคผนวก ข
การประเมินราคาและค่าใช้จ่าย
ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วย Electro-coagulation

คำนวณมูลค่าปัจจุบันโดยใช้อัตราดอกเบี้ย 6.12% ต่อปีเมื่ออุปกรณ์มีอายุการใช้งาน 7 ปีดังตาราง ข-1 และ ข-2

ตาราง ข-1 มูลค่าปัจจุบันของการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยการกรองทราย ดูดซับด้วยคาร์บอน และ แลกเปลี่ยนประจุด้วยเรซิน

รายการ	มูลค่า ณ ปีปัจจุบัน	มูลค่าปัจจุบันเมื่อสิ้นสุดปีที่ 7
ระบบกรองด้วยทรายและคาร์บอน		
น้ำสำหรับกระบวนการล้างย้อน ทรายและคาร์บอน	119,340.00	663,363.32
แรงงานดูแลรักษา	36,000.00	200,109.60
ไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบน้ำ 2.2 kwh-service	57,024.00	316,973.61
ไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบน้ำ 2.2 kwh-back wash	1,188.00	6,603.62
สารกรองทราย (เปลี่ยนทุก 1 ปี)	21,746.00	120,877.32
คาร์บอน (เปลี่ยนทุก 1 ปี)	52,918.00	294,149.99
ไฟฟ้าสำหรับระบบควบคุมการทำงาน7.8kw	203,212.80	1,129,578.67
ระบบกรองด้วยเรซิน		
เรซิน 700 ลิตร เปลี่ยนทุก 1ปี	37,100.00	206,224.06
น้ำสำหรับฟื้นฟูสภาพเรซิน	106,096.50	589,748.00
เกลือ	194,400.00	1,080,591.84
แรงงานดูแลรักษา	36,000.00	200,109.60
ค่าบำบัดน้ำเสีย	212,976.00	1,183,848.39
มูลค่าปัจจุบันเมื่ออายุโครงการ 7 ปี		5,992,178.03

ตาราง ข-2 มูลค่าปัจจุบันของการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วย Electro-coagulation

รายการ	มูลค่า ณ ปีปัจจุบัน	มูลค่าปัจจุบันเมื่อสิ้นสุดปีที่ 7
พนักงานดูแลรักษา	36,000.00	200,109.60
ไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบน้ำ 2.2 kwh-service	57,024.00	316,973.61
ไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบน้ำ 2.2 kwh-สูบน้ำตะกอน	4,752.00	26,414.47
ไฟฟ้าสำหรับ EC 3.45kwh	89,424.00	497,072.25
ไฟฟ้าสำหรับ load อื่นๆ 8.69kwh	225,244.80	1,252,045.75
น้ำสำหรับล้างอุปกรณ์ และ electrode (2ลบ.ม./ครั้ง)	14,634.00	81,344.55
Aluminum Electrode	114,181.33	634,688.34
Electrode disposal	884.77	4,918.06
Sludge disposal	267,840.00	1,488,815.42
ค่าบำบัดน้ำเสีย	12,528.00	69,638.14
มูลค่าปัจจุบันเมื่ออายุโครงการ 7 ปี		4,572,020.18

การคำนวณจุดคุ้มทุนอย่างง่ายเพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวเมื่อราคาไฟฟ้า น้ำ และ อลูมิเนียมแผ่นเปลี่ยนแปลง $\pm 10\%$ ด้วยสมการ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุนแบบง่าย} = \frac{\text{เงินลงทุนทั้งหมด}}{\text{ผลประโยชน์ที่ได้รับและผลประโยชน์ต่อปี}}$$

ราคาถังปฏิกริยาและอุปกรณ์ต่างๆ ใช้วิธีการสืบราคาโดยประมาณจากผู้จำหน่าย อุปกรณ์และถังตกตะกอนพร้อมการติดตั้งโดยมีรายละเอียดดังนี้

- ถังไฟเบอร์กลาสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.75 m สูง 3.5 m จำนวน 1 ถัง ราคา 200,000 บาท
- เครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง AC power supply ขนาด 12 V, 166 A (output) ราคา 35,000 บาท

3. ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องจ่ายไฟฟ้าและเครื่องสูบน้ำ ราคา 50,000 บาท
4. อุปกรณ์ในการติดตั้งและสายไฟฟ้าราคา 50,000 บาท
5. อลูมิเนียมสำหรับทำขั้วไฟฟ้าขนาดมาตรฐาน 4 ft x 6ft x 1mm ราคา 1,610 บาทต่อแผ่น
6. ถังตกตะกอนทำจากเหล็กเคลือบด้วยอีพ็อกซีความหนา 1 mm ขนาดกว้างxยาว xสูง (m) 1.3 x 5.2 x 2 จำนวน 1 ถัง ราคา 435,000 บาท
7. อุปกรณ์ท่อน้ำและวาล์ว 50,000 บาท
8. ถังเก็บน้ำตั้งบนดินทำจากเหล็กเคลือบด้วยอีพ็อกซีความหนา 1mm ความจุ 25 m³ ราคา 175,000 บาท
9. เครื่องสูบน้ำและเครื่องสูบตะกอน ราคา 133,400 บาท
10. ค่าแรงและค่าขนส่งคิดเป็น 10% ของราคารวมเท่ากับ 113,056.25 บาท

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถคำนวณจุดคุ้มทุนได้ดังนี้

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{1,637,618.78}{(5,992,178.03 - 4,572,020.18)}$$

$$= 6.41 \text{ ปี}$$

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์หัตถ์มูลิเนียมในน้ำหลังจากปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วย Electro-coagulation

ตาราง ค-1 ผลการวิเคราะห์หัตถ์มูลิเนียมที่เหลือในน้ำหลังจากปรับปรุงด้วย Electro-coagulation ที่ระดับแรงดัน 5-20 Volt เป็นเวลา 60 นาที (mg/l)

ตัวอย่าง	วิเคราะห์ครั้งที่1	วิเคราะห์ครั้งที่2	วิเคราะห์ครั้งที่3	ค่าเฉลี่ย
น้ำบาดาล1	1.128	1.186	1.217	1.227
น้ำบาดาล2	1.307	1.292	1.291	1.297
5v-10	0.341	0.365	0.067	0.258
5v-20	0.629	0.515	0.572	0.579
5v-30	0.426	0.415	0.393	0.412
5v-40	0.428	0.414	0.501	0.448
5v-50	0.128	0.126	0.197	0.150
5v-60	0.240	0.224	0.258	0.241
10v-10	0.489	0.514	0.505	0.503
10v-20	0.238	0.288	0.262	0.263
10v-30	0.279	0.270	0.225	0.258
10v-40	0.205	0.315	0.341	0.287
10v-50	0.373	0.314	0.341	0.343
10v-60	0.396	0.357	0.362	0.371
15v-10	0.505	0.539	0.492	0.512
15v-20	0.420	0.431	0.373	0.408
15v-30	0.436	0.375	0.449	0.420
15v-40	0.473	0.429	0.496	0.466
15v-50	0.520	0.454	0.512	0.495
15v-60	0.509	0.427	0.436	0.427
20v-10	0.483	0.535	0.469	0.496
20v-20	0.806	0.772	0.739	0.772

ตาราง ค-1 ผลการวิเคราะห์หือลูมิเนียมที่เหลือในน้ำหลังจากปรับปรุงด้วย Electro-coagulation ที่
ระดับแรงดัน 5-20 Volt เป็นเวลา 60 นาที (mg/l) (ต่อ)

ตัวอย่าง	วิเคราะห์ครั้งที่1	วิเคราะห์ครั้งที่2	วิเคราะห์ครั้งที่3	ค่าเฉลี่ย
20v-30	0.588	0.532	0.536	0.552
20v-40	0.620	0.583	0.618	0.607
20v-50	0.617	0.542	0.614	0.591
20v-60	0.560	0.557	0.613	0.577



ประวัติการศึกษา

ชื่อ	ศศิพิมพ์ มานะศิลป์
วันเดือนปีเกิด	28 สิงหาคม 2524
วุฒิการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (สิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ผลงานทางวิชาการ	นำเสนอผลงานวิชาการในงานประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และการจัดการสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 3 (CESEM 3) ณ คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในวันที่ 14- 15 มีนาคม 2554 ในหัวข้อเรื่องการปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาล สำหรับหอฝิ่นเย็นในโรงงานอุตสาหกรรมด้วยวิธีไฟฟ้า-เคมี (Electro-coagulation)
ประสบการณ์ทำงาน	วิศวกรสิ่งแวดล้อม บริษัท ฟาบริเนท จำกัด

