การหาจุดยุติของการบำบัดน้ำชะขยะในช่วงสุดท้ายของการทำเสถียรในหลุมฝังกลบ

นายอนรรฆ วิพลชัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-6086-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DETERMINATION OF END POINT FOR LEACHATE TREATMENT DURING FINAL STAGE OF LANDFILL STABILIZATION

Mr. Anak Wipolchai

ศูนย์วิทยทรัพยากร

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering

Department of Environmental Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Academic Year 2004

ISBN 974-17-6086-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหาจุดยุติของการบำบัดน้ำชะขยะในช่วงสุดท้ายของการทำเสถียร ในหลุมฝังกลบ
โดย	นายอนรรฆ วิพลชัย
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธเรศ ศรีสถิตย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธา ขาวเธียร)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ศิริมา ปัญญาเมธีกุล)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อนรรฆ วิพลชัย : การหาจุดยุติของการบำบัดน้ำชะขยะในช่วงสุดท้ายของการทำเสถียรในหลุมฝังกลบ (DETERMINATION OF END POINT FOR LEACHATE TREATMENT DURING FINAL STAGE OF LANDFILL STABILIZATION) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์, 118 หน้า. ISBN: 974-17-6086-8.

การวิจัยนี้ศึกษาจุดที่เหมาะสมในการหยุดหมุนเวียนน้ำชะขยะ ของการบำบัดน้ำชะขยะในหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยที่มีการหมุนเวียนน้ำชะขยะ ซึ่งจำลองสภาพการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยที่มีการหมุนเวียนน้ำชะขยะ โดยทำการทดลองในถังหมักขยะจำนวน 2 ชุด ชุดแรกมีการหมุนเวียนน้ำชะขยะที่อัตราคงที่คือ 4.5 ลิตรต่อวัน และชุดที่สองไม่มีการหมุนเวียนน้ำชะขยะ โดยใช้ขยะประเภทผักและผลไม้ในการทดลอง จากการทดลองเป็นเวลาทั้งหมด 377 วันพบว่า ในถังหมักขยะที่มีการหมุนเวียนน้ำชะขยะ สามารถลดค่าซีโอดีของน้ำชะขยะลงได้จากค่าสูงสุดคือ 54,134 มิลลิกรัมต่อลิตร มาเป็น 1,111 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการหมุนเวียนน้ำชะขยะมีประสิทธิภาพในการบำบัดตัวเอง ซึ่งเป็นการบำบัดเบื้องต้นที่ได้ผลก่อนส่งไปบำบัดต่อยังขั้นตอนต่อไป อย่างไรก็ดีพบว่าในช่วงสุดท้ายของกระบวนการปรับเสถียรในหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย ยิ่งมีการหมุนเวียนน้ำชะขยะมากขึ้นจะส่งผลให้น้ำชะขยะสามารถชะโลหะหนักได้มากขึ้นด้วย ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมในการหยุดหมุนเวียนน้ำชะขยะ ในระบบหลุมฝังกลบขยะประเภทผักและผลไม้ที่มีการหมุนเวียนน้ำชะขยะ จะอยู่ที่ประมาณ 280-350 วัน ซึ่งที่เวลานี้ค่าซีโอดีของน้ำชะขยะมีค่าต่ำและค่อนข้างคงที่ ในขณะที่ความเข้มข้นของนิเกิลและสังกะสีที่ถูกชะออกมายังมีค่าที่ต่ำ นอกจากนั้นแล้วยังพบว่า ก๊าซชีวภาพที่เกิดจากถังหมักขยะที่มีการหมุนเวียนน้ำชะขยะ มีปริมาณมากกว่าก๊าซชีวภาพที่เกิดจากถังหมักขยะที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำชะขยะ คือ 353.79 และ 195.63 ลิตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการหมุนเวียนน้ำชะขยะควรจะมีการยุติภายหลังที่ค่าสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายมีปริมาณลดลงและมีค่าค่อนข้างคงที่ ก่อนที่จะเกิดการสร้างสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ที่สามารถชะโลหะหนักออกมาละลายอยู่ในน้ำชะขยะได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2547

4570627621: MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORD: LANDFILL STABILIZATION/ LEACHATE /LEACHATE RECIRCULATION/ MUNICIPAL SOLID WASTE

ANAK WIPOLCHAI: DETERMINATION OF END POINT FOR LEACHATE TREATMENT DURING FINAL STAGE OF LANDFILL STABILIZATION. THESIS ADVISOR: PICHAYA RACHDAWONG, Ph.D., 118 pp. ISBN: 974-17-6086-8.

This research investigated the optimum end point of the leachate recirculation for leachate treatment in landfill with leachate recirculation. Two lab-scale simulated landfill reactors were set up. The first reactor was the recirculation reactor with the constant rate of leachate recirculation of 4.5 liters per day and the secondary reactor was the non-recirculated reactor. The fruit and vegetable wastes were used in this experiment. The duration of experiment was totally 377 days. The recirculation reactor could reduce the leachate COD from the maximum value of 54,134 mg/L to the minimum value of 1,111 mg/L. Therefore, the leachate recirculation had the capability to treat leachate and it can be used as pre treatment step. In the final stage of the landfill stabilization process, the leachate recirculation caused leachate to extract more heavy metals. From experiment, the optimum end point of the leachate recirculation in landfill with leachate recirculation was 280-350 days. At that point the leachate COD value was constantly low, and the concentration of extractable nickel and zinc were low. Moreover the biogas production, 353.79 liters from the recirculation reactor had more volume than the biogas production, 195.63 liters from the non-recirculated reactor. From this performance, it says that the leachate recirculation should be finished after the easily biodegradable organics are constantly low but before complexation of high molecular weight organics that can extract heavy metals to dissolve in leachate.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Environmental Engineering Student's signature.....

Field of study Environmental Engineering Advisor's signature. P. Rachdawong

Academic Year 2004

กิตติกรรมประกาศ

คุณความดีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบให้แก่บิดามารดา ผู้ที่มีพระคุณอย่างสูงยิ่ง ซึ่งให้การเลี้ยงดู การอบรบ การศึกษา มาตั้งแต่เยาว์วัย และยังได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และกำลังใจที่ดีที่สุด ในระหว่างการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอดจนเสร็จสมบูรณ์ในที่สุด

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้จากความช่วยเหลืออย่างดีของ อาจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้โอกาสในการวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ ตลอดจนให้คำปรึกษา คำแนะนำ ถ่ายทอดวิชาความรู้ในด้านต่างๆ และแก้ไขในสิ่งที่บกพร่อง จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ในที่สุด จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ.โอกาสนี้

ขอขอบคุณประธานกรรมการ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะ เพื่อการแก้ไขและปรับปรุง ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณอาจารย์ จันทวรรณ ตันเจริญ ที่ให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา คำแนะนำ และช่วยอำนวยความสะดวกในด้านการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ร.ต.อ.นิสิต วิพลชัย ที่ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษาในด้านการแปลเอกสารภาษาอังกฤษ รวมทั้งกำลังใจที่ดีมาโดยตลอด กฤชพล ใจจงรักษ์ และ ปทุมมาส ชิวหา ที่ช่วยอนุเคราะห์วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง รวมถึงให้คำปรึกษาทางด้านเทคนิค

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้เงินทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ ห้องปฏิบัติการวิจัยปริญญาโทและห้องปฏิบัติการของเสียอันตราย ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ใช้สถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์ทำการทดลอง มาโดยตลอดจนการทดลองสำเร็จลุล่วงในที่สุด และงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนร่วม จากโครงการศูนย์วิจัยแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ เพื่อนๆในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งคณะ พี่เอ็กซ์ พี่แชร์ ซุปเปอร์ โอ๊ต เซนต์ และก๊ก ที่ให้การช่วยเหลือ คำปรึกษาและกำลังใจที่ดี ในระหว่างการทำวิจัยมาโดยตลอด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ฌ
สารบัญรูป.....ญ
สัญลักษณ์และคำย่อ.....ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ทั่วไป.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 มูลฝอย.....4
2.2 วิธีฝังกลบตามหลักการสุขาภิบาล.....8
2.3 ชีวเคมีและจุลชีววิทยาของกระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศ.....20
2.4 กระบวนการปรับเสถียรในหลุมฝังกลบ.....24
2.5 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการปรับเสถียรในหลุมฝังกลบ.....28
2.6 ตัวแปรต่างๆที่วัดจากการปรับเสถียรในหลุมฝังกลบ.....31
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....33
บทที่ 3 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย.....40
3.1 วัสดุและอุปกรณ์.....40
3.2 วิธีการทดลอง.....46
3.3 วิธีการวิเคราะห์.....52
บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....53
4.1 ก๊าซชีวภาพ.....53
4.2 น้ำชะขยะ.....56
4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....71

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ....77
5.1 สรุปผลการทดลอง....77
5.2 ข้อเสนอแนะ....78
รายการอ้างอิง....79
บรรณานุกรม....82
ภาคผนวก....84
ภาคผนวก ก ข้อมูลการวิเคราะห์ก๊าซจากถังหมัก....85
ภาคผนวก ข ข้อมูลการวิเคราะห์น้ำชะขยะจากถังหมัก....91
ภาคผนวก ค ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม....111
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์....118

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 การคาดคะเนปริมาณขยะจากตลาดในกรุงเทพมหานคร.....5

2.2 องค์ประกอบขยะมูลฝอยในกรุงเทพมหานคร.....6

2.3 องค์ประกอบขยะมูลฝอยจากบ้านเรือนในกรุงเทพมหานคร.....6

2.4 องค์ประกอบขยะมูลฝอยจากตลาดสี่มุมเมือง.....7

2.5 องค์ประกอบขยะมูลฝอยจากตลาดกลางรังสิต.....8

2.6 คุณภาพน้ำชะขยะมูลฝอยจากพื้นที่ฝังกลบทั่วไป.....14

2.7 ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของดินประเภทต่างๆ.....15

3.1 ผลการวิเคราะห์ตะกอนหัวเชื้อที่นำมาผสมกับขยะสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง.....45

3.2 องค์ประกอบของขยะสังเคราะห์จำพวกผักและผลไม้ที่ใช้ในการทดลอง.....45

3.3 ความถี่ในการวิเคราะห์หาค่าตัวแปรต่างๆจากน้ำชะขยะ.....51

3.4 วิธีการวิเคราะห์หาค่าตัวแปรต่างๆ.....52

3.5 ปริมาณโลหะหนักที่เจือปนอยู่ในกากของเสีย.....52

ก.1 ปริมาณก๊าซที่เกิดจากถังหมักขยะในแต่ละวัน.....86

ก.2 ปริมาณสะสมของก๊าซที่เกิดจากถังหมักขยะ.....88

ข.1 ค่าพีเอชของน้ำชะขยะ.....92

ข.2 ค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น-รีดักชั่น(Oxidation-Reduction Potential, ORP).....94

ข.3 ค่าซีโอดีของน้ำชะขยะ.....96

ข.4 ค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำชะขยะ.....97

ข.5 ค่ากรดอินทรีย์ระเหยของน้ำชะขยะ.....97

ข.6 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำชะขยะ.....98

ข.7 ค่าออร์โทฟอสเฟตของน้ำชะขยะ.....98

ข.8 ความเข้มข้นของนิเกิลที่ถูกชะโดยน้ำชะขยะ.....99

ข.9 ความเข้มข้นของสังกะสีที่ถูกชะโดยน้ำชะขยะ.....99

ข.10 ปริมาณมวลซีโอดีที่ถูกกำจัดในแต่ละวันจากถังหมักขยะ.....100

ข.11 ปริมาณสะสมของมวลซีโอดีที่ถูกกำจัดจากถังหมักขยะ.....104

ข.12 มวลซีโอดีที่ถูกชะทิ้งจากถังหมักขยะที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำชะขยะ.....109

ข.13 มวลซีโอดีสะสมที่ถูกชะทิ้งจากถังหมักขยะที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำชะขยะ.....110

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 การฝังกลบขยะมูลฝอยแบบวิธีพื้นที่.....11
2.2 การฝังกลบขยะมูลฝอยแบบวิธีลาดเอียง.....12
2.3 การฝังกลบขยะมูลฝอยแบบวิธีร่อง.....12
2.4 การฝังกลบขยะมูลฝอยแบบวิธีบ่อ.....13
2.5 หลุมฝังกลบแบบที่มีดินเหนียวธรรมชาติอยู่แล้ว.....16
2.6 หลุมฝังกลบแบบใช้ดินเหนียวถมใต้ชั้นขยะมูลฝอย.....16
2.7 หลุมฝังกลบแบบใช้แผ่น PVC ปูใต้ชั้นขยะมูลฝอย.....17
2.8 ขั้นตอนการถ่ายทอดพลังงานในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์.....21
2.9 ขั้นตอนในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้อากาศ.....21
2.10 ขั้นตอนการย่อยสลายสารโมเลกุลขนาดใหญ่.....22
2.11 ขั้นตอนการสร้างกรดอินทรีย์.....23
2.12 ขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ของกลุ่มแบคทีเรียพวกผลิตก๊าซมีเทน.....24
2.13 ปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในหลุมฝังกลบ.....25
2.14 ระยะต่างๆของการปรับเสถียรในหลุมฝังกลบ.....26
2.15 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของค่าซีโอดีในถังหมักที่มีการหมุนเวียนและที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำชะขยะ.....34
2.16 ถังหมักจำลองหลุมฝังกลบที่มีการหมุนเวียนน้ำชะขยะที่ใช้ในการทดลอง.....35
2.17 ค่าซีโอดีของน้ำชะขยะที่ได้จากการทดลองในถังหมักที่มีการหมุนเวียนน้ำชะขยะ.....36
2.18 ส่วนประกอบของก๊าซที่ถูกผลิตขึ้นในถังหมักที่มีการหมุนเวียนน้ำชะขยะ.....36
3.1 ระบบถังหมักขยะที่ใช้ในการทดลอง.....40
3.2 ถังหมักขยะแบบที่มีการหมุนเวียนและไม่มีการหมุนเวียนน้ำชะขยะ.....41
3.3 ท่อระบายน้ำชะขยะและเพื่อการเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์.....42
3.4 ท่อสำหรับเติมของเหลวและระบายก๊าซออกจากถังหมัก.....42
3.5 ระบบท่อกระจายของเหลว.....43
3.6 อุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ.....43
3.7 ถังเก็บน้ำชะขยะ.....44
3.8 การเก็บตัวอย่างน้ำชะขยะไปวิเคราะห์หาค่าตัวแปรต่างๆ.....46
3.9 ตัวอย่างน้ำชะขยะจากถังหมักที่มีและไม่มีการหมุนเวียนน้ำชะขยะในวันที่ 304.....47

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.10 การวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น....47
3.11 การสูบน้ำชะขยะเพื่อนำไปหมุนเวียนกลับเข้าถังหมักขยะ....48
3.12 การเติมน้ำชะขยะเวียนกลับเข้าสู่ถังหมักขยะ....49
3.13 เครื่องกวนเขย่าแบบหมุน (Rotary agitator) ในการทดลองชะโลหะหนัก....50
3.14 เครื่อง Microwave Digester ในการวิเคราะห์โลหะหนัก....50
3.15 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometry ในการวิเคราะห์โลหะหนัก....51
4.1 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละวันจากถังหมักขยะ....54
4.2 ปริมาณสะสมของก๊าซชีวภาพที่เกิดจากถังหมักขยะ....55
4.3 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละวันจากถังหมักขยะตั้งแต่การทดลองก่อนหน้า....55
4.4 ปริมาณสะสมของก๊าซชีวภาพที่เกิดจากถังหมักขยะตั้งแต่การทดลองก่อนหน้า....56
4.5 ค่าพีเอชของน้ำชะขยะ....57
4.6 ค่าพีเอชของน้ำชะขยะตั้งแต่การทดลองก่อนหน้า....58
4.7 ค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น-รีดักชั่น (Oxidation-Reduction Potential) ของน้ำชะขยะ....59
4.8 ค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น-รีดักชั่นของน้ำชะขยะตั้งแต่การทดลองก่อนหน้า....60
4.9 ค่าซีโอดีของน้ำชะขยะ....61
4.10 ค่าซีโอดีของน้ำชะขยะตั้งแต่การทดลองก่อนหน้า....62
4.11 ค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำชะขยะ....63
4.12 ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ระเหยที่ละลายในน้ำชะขยะ....64
4.13 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำชะขยะ....65
4.14 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำชะขยะตั้งแต่การทดลองก่อนหน้า....66
4.15 ค่าออร์โทฟอสเฟตในน้ำชะขยะ....67
4.16 ค่าออร์โทฟอสเฟตในน้ำชะขยะตั้งแต่การทดลองก่อนหน้า....68
4.17 ความเข้มข้นของนิเกิลที่ถูกชะโดยน้ำชะขยะ....69
4.18 ความเข้มข้นของสังกะสีที่ถูกชะโดยน้ำชะขยะ....70
4.19 อัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ระเหยและค่าซีโอดีของน้ำชะขยะ....70
4.20 การวิเคราะห์ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการหยุดหมุนเวียนน้ำชะขยะโดยเทียบกับ
ความเข้มข้นของนิเกิลที่ถูกชะออกมา....73

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.21 การวิเคราะห์ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการหยุดหมุนเวียนน้ำชะขยะโดยเทียบกับความเข้มข้นของสังกะสีที่ถูกชะออกมา.....74
4.22 ปริมาณมวลซีโอดีที่ถูกกำจัดในแต่ละวันจากถังหมักขยะ.....75
4.23 ปริมาณสะสมของมวลซีโอดีที่ถูกกำจัดจากถังหมักขยะ.....75
4.24 ปริมาณมวลซีโอดีที่ถูกชะทิ้งจากถังหมักขยะที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำชะขยะ.....76
4.25 ปริมาณสะสมของมวลซีโอดีที่ถูกชะทิ้งจากถังหมักขยะที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำชะขยะ.....76

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญลักษณ์และคำย่อ

ATP	=	Adenosinetriphosphate
BOD	=	Biochemical Oxygen Demand
COD	=	Chemical Oxygen Demand
DNA	=	Deoxyribonucleic Acid
MSW	=	Municipal Solid Waste
N	=	Nitrogen
NH_3-N	=	Ammonia Nitrogen
ORP	=	Oxidation Reduction Potential
P	=	Phosphorous
PVC	=	Polyvinyl Chloride
RNA	=	Ribonucleic Acid
TCLP	=	Toxicity Characteristic Leaching Procedure
TSS	=	Total Suspended Solids
TVS	=	Total Volatile Solids
VOA	=	Volatile Organic Acids

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย