

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพประกอบ	ฎ
อักษรย่อ	ท
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.2 ขอบเขตการศึกษา	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 วิธีฝังกลบมูลฝอยอย่างถูกหลักสุขาภิบาล	4
2.2 การบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน	22
2.3 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	25
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	32
3.1 ถึงจำลอง	32
3.2 วัสดุชั้นระบายน้ำบริเวณพื้นหลุมฝังกลบมูลฝอย	38
3.3 มูลฝอยที่นำมาใช้ในการศึกษา	39
3.4 การบรรจุมูลฝอยลงในถังจำลอง	42
3.5 ปริมาณน้ำฝนที่ซึมผ่านเข้าสู่พื้นที่ฝังกลบ	43
3.6 รายละเอียดของการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง	45
- บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล	48
4.1 ปริมาณน้ำฝน	48
4.2 ปริมาณน้ำชะมูลฝอย	48
4.3 สมดุลของน้ำในระบบ	51
4.4 ลักษณะสมบัติน้ำชะมูลฝอย	55
4.5 ประสิทธิภาพของชั้นระบายน้ำในการบำบัดน้ำชะมูลฝอย	112
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	121

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	125
ภาคผนวก ก ตารางแสดงลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอย	128
ภาคผนวก ข รูปแสดงการดูดกลืนแสงของน้ำชะมูลฝอย	147
ประวัติผู้เขียน	196

ญ

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ลักษณะสมบัติโดยทั่วไปของน้ำชะมูลฝอย	19
2.2 แหล่งสามัญของสารอาหารหลัก	25
3.1 รายละเอียดของการทดลอง	38
3.2 อัตราส่วนขององค์ประกอบของมูลฝอยโดยน้ำหนักแห้ง	40
3.3 ความชื้นขององค์ประกอบของมูลฝอย	41
3.4 องค์ประกอบของมูลฝอยโดยน้ำหนักเปียก	42
3.5 อัตราส่วนของมูลฝอยในการบรรจุ 1 ครั้ง เพื่อให้ได้ชั้นของมูลฝอยหนา 25 เซนติเมตรมีความหนาแน่น 600 กก./ลบ.ม.	43
3.6 ปริมาณน้ำฝนในแต่ละเดือน ในปี พ.ศ. 2538	44
3.7 สัมประสิทธิ์การไหลนองของพื้นที่ผิวแบบต่าง ๆ	45
3.8 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำชะมูลฝอย	46
4.1 ปริมาณน้ำชะมูลฝอยและน้ำฝนที่เติมลงถังจำลองในแต่ละเดือน	50
4.2 ค่า pH ของน้ำชะมูลฝอยจากถังจำลองตลอดช่วงการศึกษา	60
4.3 ค่าสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำชะมูลฝอยจากถังจำลองตลอดช่วงการศึกษา	65
4.4 ค่าความเป็นด่างรวมของน้ำชะมูลฝอยจากถังจำลองตลอดช่วงการศึกษา	70
4.5 ค่าความเป็นกรดระเหยง่ายของน้ำชะมูลฝอยจากถังจำลองตลอดช่วงการศึกษา	75
4.6 ค่าซีโอดีของน้ำชะมูลฝอยจากถังจำลองตลอดช่วงการศึกษา	80
4.7 ค่าบีโอดีของน้ำชะมูลฝอยจากถังจำลองตลอดช่วงการศึกษา	86
4.8 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำชะมูลฝอยจากถังจำลองตลอดช่วงการศึกษา	92
4.9 ค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจนของน้ำชะมูลฝอยจากถังจำลองตลอดช่วงการศึกษา	98
4.10 อัตราส่วนมวลสารตามน้ำหนักโมเลกุล	102

สารบัญภาพประกอบ

รูป	หน้า
2.1 การฝักรบมลฝอยตามหลักสุขาภิบาล	7
2.2 การก่อสร้างชั้นป้องกันการซึมของบริเวณที่ฝักรบมลฝอย	8
2.3 การก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำชะมลฝอยโดยใช้ความลาดชันของพื้นที่	10
2.4 การก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำชะมลฝอยโดยระบบท่อ	10
2.5 บ่อระบายน้ำชะมลฝอย	11
2.6 ตัวอย่างระบบรวบรวมน้ำชะมลฝอยแบบท่อ	13
2.7 ตัวอย่างอุโมงค์รวบรวมน้ำชะมลฝอย	14
2.8 ตัวอย่างร่องรวบรวมน้ำชะมลฝอยและวัสดุป้องกัน	15
2.9 สมดุลย์ของน้ำในการฝักรบมลฝอยตามหลักสุขาภิบาล	18
2.10 ประสิทธิภาพในการกำจัด COD ของเครื่องกรองชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยการใช้ตัวกลางชนิดต่างๆ	23
2.11 COD ในน้ำทิ้งจากการบำบัดน้ำชะมลฝอยโดยการใช้ถังกรองชีวภาพ แบบไร้ออกซิเจนและ UASB	29
3.1 กรวดรองกันถึงจำลอง	33
3.2 ทราบและกรวดที่นำมาทดลองเป็นชั้นระบายน้ำ	33
3.3 แผ่นพีวีซีใช้รองมลฝอย	34
3.4 ท่อรวบรวมน้ำชะมลฝอยและภาชนะรองรับ	34
3.5 รายละเอียดถึงจำลองที่ใช้ในการศึกษา	35
3.6 ถึงจำลองที่ใช้ในการทดลอง	36
3.7 กระบอกเก็บน้ำชะมลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ	37
4.1 ปริมาณน้ำฝนในแต่ละวันและน้ำฝนสะสม	49
4.2 สมดุลย์ของน้ำในระบบของถึงจำลองใบที่ 1	52
4.3 สมดุลย์ของน้ำในระบบของถึงจำลองใบที่ 2	52
4.4 สมดุลย์ของน้ำในระบบของถึงจำลองใบที่ 3	53
4.5 สมดุลย์ของน้ำในระบบของถึงจำลองใบที่ 4	53
4.6 สมดุลย์ของน้ำในระบบของถึงจำลองใบที่ 5	54

รูป	หน้า
4.7 สมดุลของน้ำในระบบของถังจำลองใบที่ 6	54
4.8 ค่าพีเอชของถังจำลองใบที่ 1	56
4.9 ค่าพีเอชของถังจำลองใบที่ 2	56
4.10 ค่าพีเอชของถังจำลองใบที่ 3	57
4.11 ค่าพีเอชของถังจำลองใบที่ 4	57
4.12 ค่าพีเอชของถังจำลองใบที่ 5	58
4.13 ค่าพีเอชของถังจำลองใบที่ 6	58
4.14 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของถังจำลองใบที่ 1	62
4.15 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของถังจำลองใบที่ 2	62
4.16 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของถังจำลองใบที่ 3	63
4.17 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของถังจำลองใบที่ 4	63
4.18 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของถังจำลองใบที่ 5	64
4.19 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของถังจำลองใบที่ 6	64
4.20 ค่าความเป็นต่างรวมของถังจำลองใบที่ 1	67
4.21 ค่าความเป็นต่างรวมของถังจำลองใบที่ 2	67
4.22 ค่าความเป็นต่างรวมของถังจำลองใบที่ 3	68
4.23 ค่าความเป็นต่างรวมของถังจำลองใบที่ 4	68
4.24 ค่าความเป็นต่างรวมของถังจำลองใบที่ 5	69
4.25 ค่าความเป็นต่างรวมของถังจำลองใบที่ 6	69
4.26 ค่าความเป็นกรดระเหยง่ายของถังจำลองใบที่ 1	72
4.27 ค่าความเป็นกรดระเหยง่ายของถังจำลองใบที่ 2	72
4.28 ค่าความเป็นกรดระเหยง่ายของถังจำลองใบที่ 3	73
4.29 ค่าความเป็นกรดระเหยง่ายของถังจำลองใบที่ 4	73
4.30 ค่าความเป็นกรดระเหยง่ายของถังจำลองใบที่ 5	74
4.31 ค่าความเป็นกรดระเหยง่ายของถังจำลองใบที่ 6	74
4.32 ค่าซีโอดีของถังจำลองใบที่ 1	77
4.33 ค่าซีโอดีของถังจำลองใบที่ 2	77
4.34 ค่าซีโอดีของถังจำลองใบที่ 3	78
4.35 ค่าซีโอดีของถังจำลองใบที่ 4	78

รูป	หน้า
4.36 ค่าซีไอดีของถังจำลองใบที่ 5	79
4.37 ค่าซีไอดีของถังจำลองใบที่ 6	79
4.38 ค่าบีไอดีของถังจำลองใบที่ 1	83
4.39 ค่าบีไอดีของถังจำลองใบที่ 2	83
4.40 ค่าบีไอดีของถังจำลองใบที่ 3	84
4.41 ค่าบีไอดีของถังจำลองใบที่ 4	84
4.42 ค่าบีไอดีของถังจำลองใบที่ 5	85
4.43 ค่าบีไอดีของถังจำลองใบที่ 6	85
4.44 ค่าแอมโมเนียในโตรเจนของถังจำลองใบที่ 1	89
4.45 ค่าแอมโมเนียในโตรเจนของถังจำลองใบที่ 2	89
4.46 ค่าแอมโมเนียในโตรเจนของถังจำลองใบที่ 3	90
4.47 ค่าแอมโมเนียในโตรเจนของถังจำลองใบที่ 4	90
4.48 ค่าแอมโมเนียในโตรเจนของถังจำลองใบที่ 5	91
4.49 ค่าแอมโมเนียในโตรเจนของถังจำลองใบที่ 6	91
4.50 ค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนของถังจำลองใบที่ 1	95
4.51 ค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนของถังจำลองใบที่ 2	95
4.52 ค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนของถังจำลองใบที่ 3	96
4.53 ค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนของถังจำลองใบที่ 4	96
4.54 ค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนของถังจำลองใบที่ 5	97
4.55 ค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนของถังจำลองใบที่ 6	97
4.56 อัตราส่วนน้ำหนักโมเลกุลเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุ 1 วัน	104
4.57 อัตราส่วนน้ำหนักโมเลกุลเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุ 62 วัน	105
4.58 อัตราส่วนน้ำหนักโมเลกุลเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุ 125 วัน	106
4.59 อัตราส่วนน้ำหนักโมเลกุลเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุ 188 วัน	107
4.60 ประสิทธิภาพของชั้นระบายน้ำในการลดค่าซีไอดี เฉลี่ยตลอดช่วงการศึกษา	113
4.61 ประสิทธิภาพของชั้นระบายน้ำในการลดค่าบีไอดี เฉลี่ยตลอดช่วงการศึกษา	113
4.62 ประสิทธิภาพของชั้นระบายน้ำในการลดค่าแอมโมเนียในโตรเจน เฉลี่ยตลอดช่วงการศึกษา	114

รูป	หน้า
4.63 ประสิทธิภาพของชั้นระบายน้ำในการลดค่าสารอินทรีย์ในโตรเจน เจลลี่ตลอด ช่วงการศึกษา	114
4.64 ความสามารถในการลดค่าซีโอดีของชั้นระบายน้ำที่ระยะเวลาการฝังกลบต่าง ๆ	115
4.65 ความสามารถในการลดค่าบีโอดีของชั้นระบายน้ำที่ระยะเวลาการฝังกลบต่าง ๆ	116
4.66 ความสามารถในการลดค่าแอมโมเนียในโตรเจนของชั้นระบายน้ำที่ระยะเวลา การฝังกลบต่าง ๆ	116
4.67 ความสามารถในการลดค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนของชั้นระบายน้ำที่ระยะเวลา การฝังกลบต่าง ๆ	117

อักษรย่อ

กก.	กิโลกรัม
กก./ลบ.ม.	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
กก./ม ³ -วัน	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน
ซม.	เซนติเมตร
ตัน/ม ³	ตันต่อลูกบาศก์เมตร
มม.	มิลลิเมตร
มก./ล	มิลลิกรัมต่อลิตร
ม ³ /ม ³	ลูกบาศก์เมตรต่อลูกบาศก์เมตร
ลบ.ซม.	ลูกบาศก์เซนติเมตร
AF	Anaerobic Filter Process
Alk	Alkalinity
BOD	Biological Oxygen Demand
cm	centimetre
COD	Chemical Oxygen Demand
CSTR	Continuous Flow Stirred-tank Reactor
HDPE	Hight-density Polyethylene
HRT	Hydraulic Retention Time
kg/m ³	kilogram per cubic metre
m	metre
mg/l	milligram per litre
ms/cm	millisemen per centimetre
NH ₃ -N	Amonia Nitrogen
Org-N	Organic Nitrogen
TOC	Total Organic Carbon
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket
VFA	Volatile Fatty Acid
VSS	Volatile Suspended Solid

บทที่ 1

บทนำ

มูลฝอย (Solid Wastes) มีความหมายครอบคลุมกว้างขวาง ซึ่งอาจหมายถึง และรวมความหมายถึง ของเสีย หรือวัตถุเหลือใช้ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ หรือกระบวนการผลิตทางเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม เช่น มูลฝอยจากอาคารบ้านเรือน (Domestic Waste) มูลฝอยในชุมชน (Municipal Solid Waste) มูลฝอย หรือของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Waste) เป็นต้น ซึ่งองค์ประกอบของมูลฝอยเหล่านี้จะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของแหล่งเกิด แม้แต่มูลฝอยประเภทเดียวกันหากต่างสถานที่กัน คุณสมบัติก็มักจะแตกต่างกัน

สำหรับในประเทศไทยมูลฝอยนับเป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งของชุมชนในเมือง และชนบทที่มีการขยายตัว มีการเปลี่ยนแปลงสภาพเศรษฐกิจและสังคมที่ค่อนข้างเร็ว อันทำให้อัตราการเพิ่มขึ้นของมูลฝอย และการเปลี่ยนแปลงลักษณะของมูลฝอยมีอัตราที่สูงขึ้น สิ่งที่ตามมาก็คือ ปัญหาของการจัดการมูลฝอยที่มีปริมาณมากขึ้น ปริมาณมูลฝอยที่เกิดจากประชาชนที่อยู่อาศัยในชุมชนเมืองต่าง ๆ ทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2537 มีรวมกันวันละ 13,500 ตัน หรือ 5 ล้านตันต่อปี ในจำนวนนี้เป็นมูลฝอยที่เกิดขึ้นในกรุงเทพมหานครประมาณ 6,000 ตันต่อวัน หรือประมาณ 2.2 ล้านตันต่อปี และคาดว่าในปี พ.ศ. 2552 จะเพิ่มเป็นวันละ 30,000 ตัน (ประกิจ กิระวานิช, 2537)

กรรมวิธีในการจัดการมูลฝอยในประเทศไทยในปัจจุบันมีอยู่ 4 วิธี ได้แก่ การวางกองไว้ การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล การหมักทำปุ๋ย และการเผา หากมองโดยภาพรวมแล้ว การกำจัดมูลฝอยโดยการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย เนื่องจากใช้เทคโนโลยีไม่สูงนัก จึงไม่ต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้ความชำนาญสูงงบประมาณค่าใช้จ่ายก็ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการหมักทำปุ๋ยและการเผา อีกทั้งราคาที่ดินซึ่งเป็นต้นทุนในการดำเนินงานยังไม่สูงจนเกินไปนัก และก่อให้เกิดผลกระทบน้อยกว่าวิธีการกองทิ้งไว้

อย่างไรก็ตามไม่ได้หมายความว่า การกำจัดมูลฝอยโดยการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลจะไม่มีปัญหาเกิดขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากมูลฝอยที่นำไปทำการฝังกลบ ย่อมมีการย่อยสลายโดยเฉพาะสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของมูลฝอย จะถูกย่อยสลายเป็นสารประกอบที่มีขนาดเล็กลงและเกิดก๊าซขึ้น สำหรับส่วนที่เป็นสารประกอบดังกล่าวเมื่อถูกความชื้นที่มีอยู่ภายในมูลฝอยเอง และน้ำจากภายนอก เช่น น้ำฝน หรือน้ำไหลล้นอื่น ๆ ชะพาลงสู่เบื้องล่างเกิดเป็นน้ำชะมูลฝอย โดยทั่วไปน้ำชะมูลฝอยจะมีความเข้มข้นของมลสารสูงมาก เช่น ค่า

COD จากบริเวณที่ฝังกลบมูลฝอยที่มีอายุการฝังกลบมูลฝอยไม่เกิน 2 ปี มีค่า 3,000-60,000 มก./ล. (Tchobanoglous, G. et al., 1993) หรือ COD ของน้ำชะมูลฝอยจากการฝังกลบในประเทศไทย มีค่าไม่เกิน 90,000 มก./ล. (Henkel, G., 2538)

ในการออกแบบพื้นที่ฝังกลบจึงต้องมีการรวบรวมน้ำชะมูลฝอยไปบำบัด ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดค่อนข้างสูง ดังนั้นหากมีวิธีการใดที่สามารถจัดการกับน้ำชะมูลฝอยเหล่านี้ได้ตั้งแต่แรกเริ่ม หรือสามารถทำการบำบัดได้ ณ แหล่งเกิดโดยใช้เทคนิคและการจัดการที่ง่ายที่สุดก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการจัดการน้ำชะมูลฝอย การใช้วิธีบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนนับเป็นวิธีที่เหมาะสมวิธีหนึ่งเพราะใช้พลังงานต่ำ ใช้เทคนิคในการดำเนินงานไม่ยุ่งยากและเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้เป็นวิธีการบำบัดเบื้องต้นของน้ำชะมูลฝอย และจากการออกแบบพื้นที่ฝังกลบจะมีชั้นระบายน้ำสำหรับระบายน้ำชะมูลฝอยออกจากพื้นที่ฝังกลบ ซึ่งโดยปกติใช้ชั้นระบายน้ำเป็นทรายมีความสูง 40 เซนติเมตร โดยผู้ออกแบบจะใช้ชั้นทรายดังกล่าวเป็นชั้นระบายน้ำและป้องกันความเสียหายของชั้นวัสดุกันซึมเท่านั้น ในขณะที่ในความเป็นจริง เมื่อน้ำชะมูลฝอยไหลผ่านชั้นระบายน้ำนี้จะมีลักษณะคล้ายกับการไหลผ่านเครื่องกรองชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนโดยจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะอยู่กับวัสดุหรือตัวกลางในชั้นระบายน้ำจะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์อันอาจมีผลทำให้ความเข้มข้นของมลสารในน้ำชะมูลฝอยลดลงได้ ดังนั้น “การศึกษาผลของความสูงและชนิดของชั้นระบายน้ำในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยต่อลักษณะน้ำชะมูลฝอย” จึงถูกดำเนินการเพื่อศึกษาดูการเปลี่ยนแปลงของลักษณะน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำที่ใช้วัสดุต่างชนิดกันและมีความสูงแตกต่างกัน โดยผลการศึกษาที่ได้จะนำมาใช้ในการพิจารณาถึงความเหมาะสมเพื่อเลือกใช้ความสูง และชนิดของชั้นระบายน้ำในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยอย่างเหมาะสมและมีประโยชน์มากกว่าการใช้รวบรวมน้ำชะมูลฝอยไปบำบัดหรือเพื่อป้องกันความเสียหายของชั้นวัสดุกันซึมเท่านั้น

1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.1.1 เพื่อศึกษาผลของความสูงของชั้นระบายน้ำในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย ที่มีต่อลักษณะน้ำชะมูลฝอย เพื่อจะได้ใช้ความสูงของชั้นระบายน้ำที่เหมาะสม
- 1.1.2 เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของวัสดุที่ใช้เป็นชั้นระบายน้ำในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยต่อลักษณะน้ำชะมูลฝอย เพื่อจะได้เลือกใช้ชนิดของวัสดุเป็นชั้นระบายน้ำที่เหมาะสม

1.2 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาผลของความสูงและชนิดของชั้นระบายน้ำในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยที่มีต่อลักษณะน้ำชะมูลฝอย ดำเนินการโดยมีขอบเขตการศึกษาดังนี้ คือ

- 1.2.1 ถังจำลองที่ใช้ในการศึกษาเป็นถังจำลองทรงกระบอกที่ทำจากท่อ พีวีซี ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร จำนวน 6 ถัง บรรจุมูลฝอยสังเคราะห์ในถังจำลองความสูง 2.00 เมตร ให้มีลักษณะการฝังกลบมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยแต่ละถังจำลองได้บรรจุชั้นระบายน้ำที่ความสูงต่าง ๆ กัน คือ 30 60 และ 90 เซนติเมตร
- 1.2.2 ในการศึกษาได้มีการจำลองการฝังกลบในช่วงที่มีฝนตก เป็นระยะเวลา 7 เดือน (เดือนพฤษภาคม – พฤศจิกายน) โดยตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลองได้ทำการเติมน้ำลงในถังจำลองร้อยละ 50 ของปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นจริงในปี พ.ศ. 2538
- 1.2.3 ในการศึกษาได้มีการเก็บข้อมูล ปริมาณ และลักษณะน้ำชะมูลฝอยก่อนและหลังผ่านชั้นระบายน้ำ โดยลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอยที่ทำการศึกษา ได้แก่ pH, Conductivity, Alkalinity, Total Volatile Acid, COD, BOD₅, Org-N, NH₃-N และ Molecular Weight Distribution มีความถี่ในการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติ คือ pH และ Conductivity สัปดาห์ละ 2 ครั้ง Alkalinity, Total Volatile Acid และ COD สัปดาห์ละ 1 ครั้ง BOD₅, Org-N และ NH₃-N 2 สัปดาห์ต่อ 1 ครั้ง และ Molecular Weight Distribution 2 เดือนต่อ 1 ครั้ง

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิธีฝังกลบมูลฝอยอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

การกำจัดมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลนี้ เป็นการนำมูลฝอยมาเทกองในพื้นที่ซึ่งจัดเตรียมไว้ แล้วใช้เครื่องจักรกลเกลี่ยและบดอัดให้ยุบตัวลง แล้วใช้วัสดุกลบทับ เช่น ดินมาทำการกลบทับแล้วจึงบดอัดให้แน่นอีกครั้ง หลังจากนั้นก็นำมูลฝอยมาเกลี่ยและบดอัดอีกเป็นชั้น ๆ สลับด้วยวัสดุกลบทับ เพื่อป้องกันปัญหาด้านกลิ่น แผลง และน้ำฝนชะล้างหรือเหตุรำคาญอื่น ๆ การดำเนินการฝังกลบมูลฝอยต้องมีมาตรการในการป้องกันหรือบำบัดน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้น และมีการระบายก๊าซที่เกิดขึ้นออกจากบริเวณฝังกลบ โดยในเบื้องต้นพื้นที่ซึ่งใช้ในการฝังกลบมูลฝอยต้องมีการสำรวจความเหมาะสมเสียก่อน

2.1.1 รูปแบบวิธีฝังกลบมูลฝอย

วิธีการกำจัดมูลฝอยจากชุมชนแบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล มีอยู่ด้วยกัน 3 วิธีหลัก ๆ คือ แบบกลบบนพื้นที่ (Area Method) แบบฝังกลบในร่อง (Trench Method or Excavated Method) และแบบฝังกลบโดยอาศัยหุบเขา (Canyon Method or Depression Method) ซึ่งรายละเอียดของแต่ละวิธีสรุปได้ ดังนี้

ก) แบบกลบบนพื้นที่ (Area Method)

เป็นวิธีฝังกลบที่เริ่มจากระดับดินเดิมโดยไม่มีการขุดดิน แต่จะทำการบดอัดมูลฝอยตามแนวราบก่อน แล้วค่อยบดอัดทับในชั้นถัดไปสูงขึ้นไปเรื่อย ๆ จนได้ระดับตามที่กำหนด (รูปที่ 2.1.ก) การฝังกลบมูลฝอยโดยวิธีนี้จำเป็นต้องทำคันดิน หรือกำแพงกันดิน (Em-bankment or Berm) ตามแนวของพื้นที่ซึ่งทำการกำจัดมูลฝอย เพื่อทำหน้าที่เป็นผนัง หรือขอบสำหรับรับแรงที่เกิดจากการบดอัดมูลฝอย และทำหน้าที่ป้องกันน้ำชะมูลฝอยไม่ให้ซึมออกด้านนอก ลักษณะของภูมิประเทศที่เหมาะสมกับการใช้วิธีนี้ คือ ที่ราบลุ่ม หรือบริเวณที่มีระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่าผิวดินไม่เกิน 1.00 เมตร เพราะทำให้ไม่สามารถขุดดินเพื่อกำจัดโดยวิธีฝังกลบแบบขุดเป็นร่องได้ เนื่องจากจะทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำชะมูลฝอยต่อน้ำใต้ดินได้ง่าย อย่างไรก็ตามการกำจัดมูลฝอยโดยวิธีนี้ โดยปกติมักจะต้องจัดหาวัสดุกลบทับมูลฝอยและวัสดุทำคันดินมาจากที่อื่น ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง ดังนั้น อาจแก้ไขได้โดยการใช้วัสดุอื่นมาเป็นวัสดุกลบทับ เช่น พวkmูลฝอยที่ย่อยสลายแล้ว หรืออาจใช้เทคนิคอื่น เช่น ใช้วัสดุปิดคลุมชั่วคราวซึ่งสามารถย้ายออกได้ก่อนการปฏิบัติงานในวันต่อไป

ข) แบบฝังกลบในร่อง (Trench Method or Excavated Method)

เป็นวิธีการฝังกลบที่เริ่มจากระดับที่ต่ำกว่าดินเดิม (รูปที่ 2.1.ข) โดยทำการขุดดินลึกลงไปให้ได้ระดับตามที่กำหนด แล้วจึงทำการบดอัดมูลฝอยเป็นชั้นบาง ๆ ทับกันหนาขึ้นเรื่อย ๆ จนได้ระดับตามที่กำหนดของมูลฝอยบดอัดแต่ละชั้น โดยทั่วไปความลึกของการขุดร่องจะถูกกำหนดด้วยระดับน้ำใต้ดิน กล่าวคืออย่างน้อยระดับกันร่องควรอยู่สูงกว่าระดับน้ำใต้ดินไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร โดยยี้ระดับน้ำในฤดูฝนเป็นเกณฑ์เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนต่อน้ำใต้ดิน การฝังกลบแบบขุดร่องไม่จำเป็นต้องทำคันดินเพราะสามารถใช้ผนังของร่องขุดเป็นกำแพงเพื่อรับแรงที่เกิดจากการบดอัดมูลฝอยได้ ทำให้ไม่จำเป็นต้องขนดินมาจากข้างนอก และยังสามารถใช้ดินที่ขุดออกมาแล้วนั้นนำกลับมาใช้กลบมูลฝอยได้อีก การฝังกลบด้วยวิธีนี้หากบริเวณที่ฝังกลบมีระดับต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดินก็สามารถทำได้ แต่ต้องมีวิธีการที่จัดทำขึ้นเป็นพิเศษ เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำใต้ดินเข้ามาภายในบริเวณที่ฝังกลบ และต้องสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของน้ำชะมูลฝอยและก๊าซที่เกิดขึ้นได้ นอกจากนี้จะต้องมีการสูบน้ำออกจากพื้นที่ฝังกลบจนกว่าจะทำการฝังกลบมูลฝอยได้เต็ม เพื่อป้องกันแรงยกตัวของมูลฝอยที่จะทำให้มูลฝอยลอยขึ้นซึ่งจะทำให้เกิดแรงดันขึ้นด้านบน ดันให้วัสดุกลบทับ ยุบตัว และเกิดรอยแยกได้

ค) แบบฝังกลบโดยอาศัยหุบเขา หรือเนินเขา (Canyon Method or Depression Method)

เป็นวิธีฝังกลบมูลฝอยที่อาศัยสภาพภูมิประเทศที่มีลักษณะเป็นหุบเขา ร่องเขา บ่อลึก หรือขุมเหมืองเก่า (รูปที่ 2.1.ค) อันจะทำให้เทคนิคในการฝังกลบและบดอัดมูลฝอยแตกต่างกันไป ซึ่งนอกจากจะขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกันข้างต้นแล้ว ยังขึ้นอยู่กับสภาพทางธรณีวิทยา ลักษณะทางอุทกวิทยา ลักษณะสมบัติของวัสดุที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุกลบทับ วิธีการควบคุมน้ำชะมูลฝอยและก๊าซ รวมทั้งเส้นทางเข้าออกพื้นที่ฝังกลบด้วย หลักการสำคัญที่สุดในการฝังกลบวิธีนี้ คือ จะต้องควบคุมน้ำผิวดินให้ได้ โดยปกติการฝังกลบมูลฝอยในแต่ละชั้นจะเริ่มจากด้านหน้าเนินเขาไปสิ้นสุดที่ปากทางเข้าหุบเขา ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันการสะสมของน้ำด้านหลังที่ฝังกลบ การฝังกลบมูลฝอยวิธีนี้ สามารถฝังกลบเป็นชั้น ๆ ได้หลาย ๆ ชั้น ซึ่งวิธีดำเนินการจะเหมือนกับการฝังกลบแบบกลบบนพื้นที่ อย่างไรก็ตามหากสภาพภูมิประเทศภายในหุบเขามีลักษณะเป็นพื้นที่ราบ การเริ่มทำการฝังกลบมูลฝอยอาจสามารถทำการขุดเป็นร่องเพื่อทำการฝังกลบมูลฝอยตามวิธีการขุดเป็นร่องได้ อันจะทำให้เพิ่มความสามารถในการรองรับปริมาณมูลฝอยและได้วัสดุกลบทับมูลฝอยจากภายในบริเวณที่ฝังกลบนั่นเอง

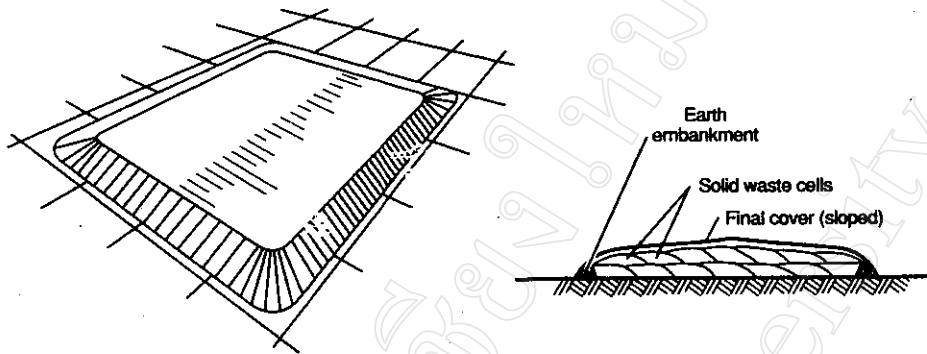
2.1.2 การจัดเตรียมสถานที่ฝังกลบมูลฝอยตามหลักสุขาภิบาล

เมื่อมีการเลือกสถานที่สำหรับใช้เป็นที่ยฝังกลบมูลฝอยแล้ว จะสามารถตัดสินใจได้ว่า จะเลือกใช้วิธีการฝังกลบมูลฝอยแบบใด จากรูปแบบที่มีอยู่ทั้ง 3 วิธี หรือจะใช้วิธีหนึ่งวิธีใด ร่วมกับอีกวิธีหนึ่งก็ได้ แต่พอจะสรุปหลักการได้ คือ การขุดบ่อเพื่อติดตั้งชั้นป้องกันการซึม และการก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอย โดยมีรายละเอียดของหลักการ ดังนี้

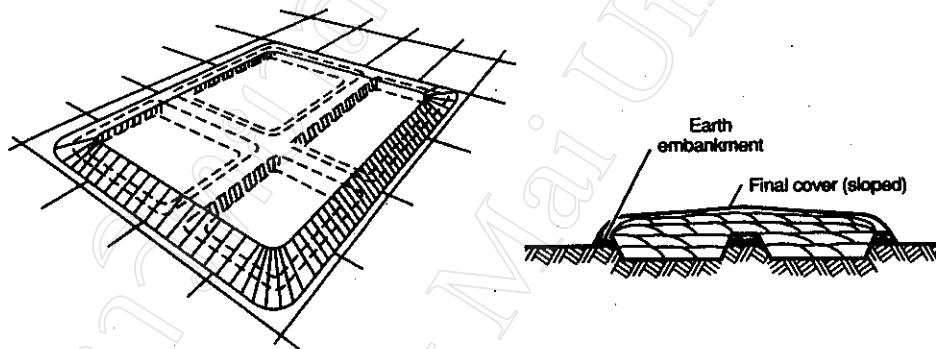
ก) การขุดบ่อ และติดตั้งชั้นป้องกันการซึม

ในกรณีใช้วิธีฝังกลบแบบขุดร่อง (Trench Method) จะต้องมีการขุดดินออก และจะต้องมีการเตรียมระบบระบายน้ำ โดยให้มีทิศทางการไหลของน้ำออกจากบริเวณที่ยฝังกลบ สำหรับดินที่ขุดออกจะนำไปกองไว้ในบริเวณที่จัดเตรียมไว้เพื่อนำมาเป็นวัสดุกลบมูลฝอยประจำวันต่อไป จากนั้นจึงทำการก่อสร้างระบบป้องกันการซึมโดยเฉพาะด้านข้างและก้นบ่อ ซึ่งจุดประสงค์หลักคือให้มีการซึมของน้ำชะมูลฝอยลงสู่ชั้นดินด้านล่างที่ยฝังกลบมูลฝอยน้อยที่สุด อันเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนต่อน้ำใต้ดิน สำหรับการใช่วิธีกลบบนพื้นที่ หรืออาศัยหุบเขา หรือเนินเขา สามารถก่อสร้างชั้นป้องกันการซึมได้เลย ซึ่งรูปแบบของการก่อสร้างชั้นป้องกันการซึมบางชนิด มีตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 2.2

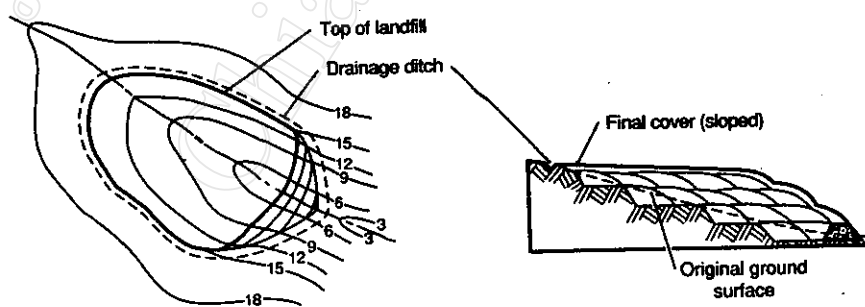
ปัจจุบันการใช้ชั้นป้องกันการซึมซึ่งใช้เพื่อจำกัดการเคลื่อนที่ของน้ำชะมูลฝอยและก๊าซ นิยมใช้ดินเหนียวมาเป็นชั้นดังกล่าว เนื่องจากดินเหนียวมีความสามารถในการดูดซับและกักเก็บองค์ประกอบต่างๆ ทางเคมีที่มีในน้ำชะมูลฝอยได้เป็นอย่างดี และยังสามารถในการต้านทานการเคลื่อนที่ของน้ำชะมูลฝอยได้ดีอีกด้วย อย่างไรก็ตามการใช้แผ่นวัสดุสังเคราะห์ เช่น Geomembranes หรือ Flexible Membranes ร่วมกับดินเหนียวนิยมนำไปปฏิบัติกันมากเนื่องจากแผ่นวัสดุสังเคราะห์มีความสามารถในการต้านทานการเคลื่อนที่ของทั้งก๊าซและน้ำชะมูลฝอยได้สูงมาก ส่วนชั้นทรายหรือกรวดที่อยู่บนแผ่นวัสดุสังเคราะห์จะทำหน้าที่เป็นทางระบายน้ำชะมูลฝอยหรือรวบรวมน้ำชะมูลฝอย ในขณะที่แผ่นวัสดุสังเคราะห์บนชั้นกรวดหรือทรายถูกใช้เพื่อให้เกิดการผสมกันของดินกับกรวดหรือทรายน้อยที่สุด โดยชั้นดินซึ่งอยู่ด้านบนสุดจะเป็นชั้นป้องกันระบบการระบายน้ำ และชั้นป้องกันการซึมที่อยู่ด้านล่างอีกทีหนึ่ง



ก) การฝังกลบมูลฝอยแบบกลบบนพื้นที่



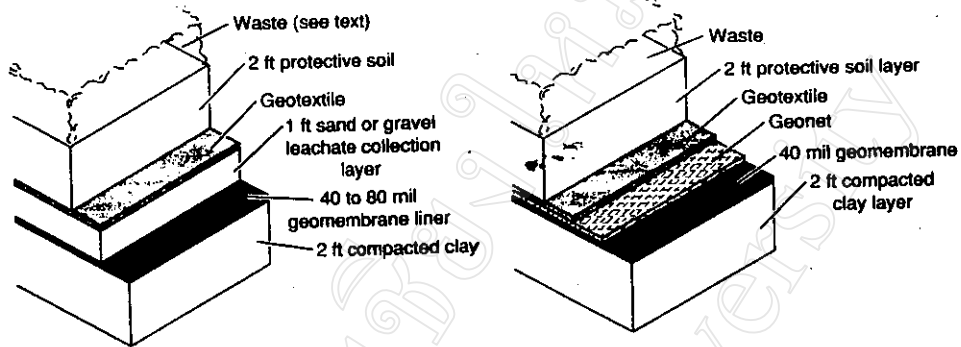
ข) การฝังกลบมูลฝอยแบบฝังกลบในร่อง



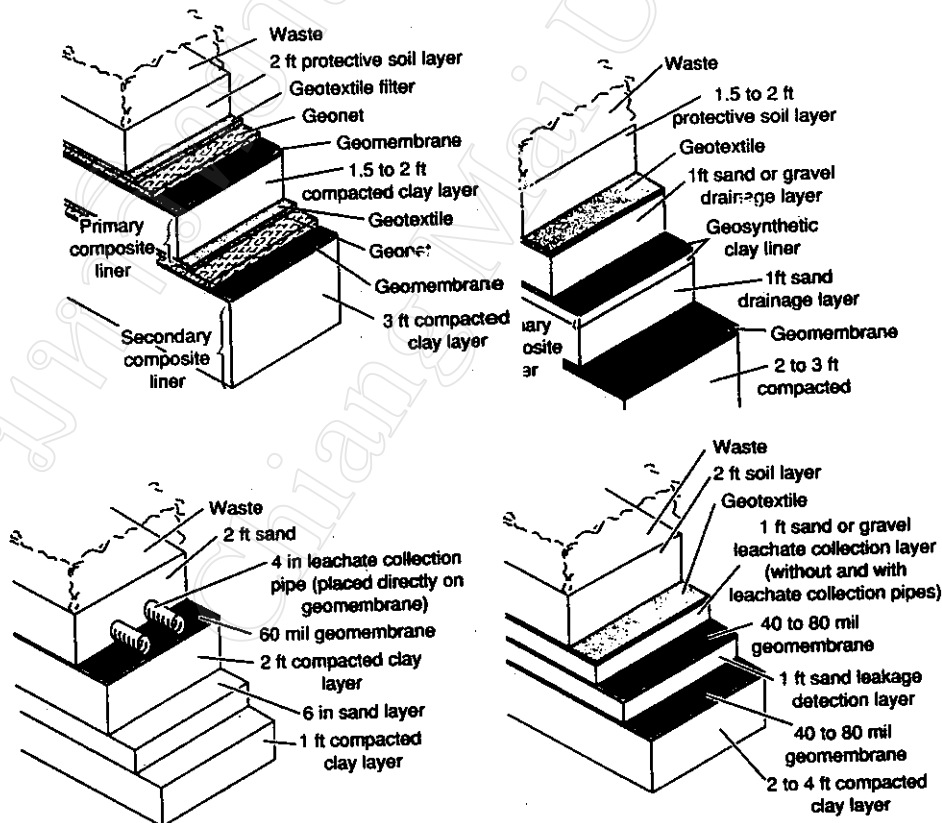
ค) การฝังกลบมูลฝอยแบบฝังกลบในหุบเขาหรือเนินเขา

รูปที่ 2.1 การฝังกลบมูลฝอยตามหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

ที่มา : Tchobanoglous, G. et al., 1993



n) Single-Composite Barrier Types



ข) Double-Composite Barrier Types

รูปที่ 2.2 การก่อสร้างชั้นป้องกันการซึมของบริเวณที่ฝังกลบมูลฝอย
ที่มา : Tchobanoglous, G. et al., 1993

ในการก่อสร้างชั้นป้องกันการซึมนี้ สิ่งที่ต้องระวังมากที่สุด คือ การก่อสร้างชั้นดินเหนียว เนื่องจากการใช้ดินเหนียวจะมีปัญหาในการเกิดรอยแตกร้าวเมื่อดินเหนียวแห้ง ดังนั้นจึงต้องมีการดูแลอย่างดีไม่ให้ดินเหนียวแห้งในขณะที่ทำการก่อสร้างและเมื่อใช้งาน สำหรับขั้นตอนในการก่อสร้างจะต้องบดอัดดินเหนียวเป็นชั้น ๆ หนาชั้นละ 4-6 นิ้วเท่านั้น เพื่อป้องกันการเรียงตัวของก้อนดิน และต้องใช้ดินเหนียวชนิดเดียวกันเพื่อไม่ให้ดินเหนียวเกิดการพองตัวอันจะทำให้เกิดการแตกร้าวได้

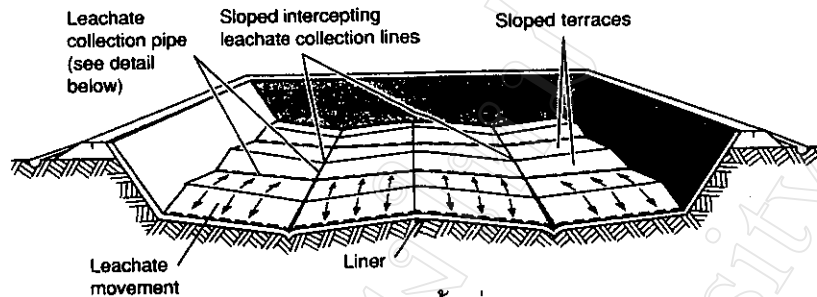
ข) การก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอย

ในการออกแบบเพื่อนำน้ำชะมูลฝอยออกจากบริเวณที่ฝังกลบ จะต้องทำให้เกิดการสะสมของน้ำชะมูลฝอยบริเวณพื้นด้านล่างน้อยที่สุด ซึ่งทำได้ 2 วิธี คือ การก่อสร้างพื้นให้มีความลาดเอียงโดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น ส่วน ๆ (รูปที่ 2.3.ก) จะทำให้น้ำชะมูลฝอยที่สะสมอยู่บนบริเวณพื้นผิวที่มีความลาดเอียงไหลลงสู่ร่องรวบรวมน้ำชะมูลฝอย ซึ่งในร่องดังกล่าวจะก่อสร้างท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอยไว้อีกชั้นหนึ่ง (รูปที่ 2.3.ข) เพื่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอยไปบำบัดต่อไป

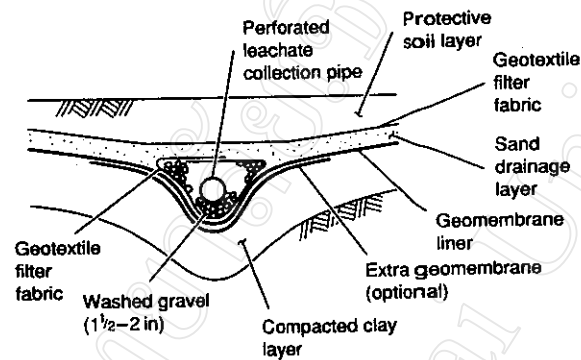
อีกวิธีหนึ่ง คือ การก่อสร้างระบบท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอยไว้ที่พื้นด้านล่างของบริเวณที่ฝังกลบมูลฝอย โดยการแบ่งพื้นที่พื้นด้านล่างดังกล่าวออกเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าและมีคันดินเหนียวกันแบ่งไว้ แล้ววางท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอยไว้บนแผ่นวัสดุสังเคราะห์ตามแนวยาวของพื้นที่ การระบายน้ำชะมูลฝอยจะอาศัยท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอยนี้ โดยก่อสร้างพื้นของบริเวณที่ฝังกลบให้มีความลาดชันประมาณ 1.2-1.8 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 2.4)

ส่วนใหญ่แล้วหากมีการใช้ท่อสำหรับการระบายน้ำในแนวดิ่ง ระหว่างชั้นของมูลฝอยที่แตกต่างกันก็สามารถทำได้ (รูปที่ 2.5.ก) บอดังกล่าวมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้โครงสร้างซึ่งยึดหยุ่นได้ เพื่อให้ตัวเองสามารถปรับสภาพได้เนื่องจากการทรุดตัว และการเคลื่อนไหวในแนวราบของบริเวณที่ฝังกลบ และต้องสามารถต้านทานการแตกหักเนื่องจากการทำงานของเครื่องจักร สำหรับน้ำชะมูลฝอยจะถูกรวบรวมแล้วระบายออกทางด้านล่างของบริเวณที่ฝังกลบ โดยอาศัยท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอยอีกทีหนึ่ง โดยมีการป้องกันการแตกร้าวของท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอย เช่น การห่อหุ้มด้วยกรวด (รูปที่ 2.5.ข) เป็นต้น

Bagchi, A., 1990 ได้ให้คำแนะนำในการเลือกวัสดุ ดิน ทราาย เพื่อใช้สำหรับระบายน้ำชะมูลฝอย และป้องกันชั้นดินเหนียวที่ใช้สำหรับป้องกันการซึมว่า จะต้องมึลักษณะสมบัติ คือ มีค่าความสามารถในการซึมได้สูง 1×10^{-2} ถึง 1×10^{-3} เซนติเมตรวินาที ซึ่งโดยปกติทราายสะอาดที่ประกอบด้วยทราายที่มีขนาด 0.074 มิลลิเมตร ไม่เกินร้อยละ 5 จะให้ค่าความสามารถในการซึมผ่านได้สูง ซึ่งตามปกติทราายหยาบก็สามารถล้างทำความสะอาดได้ง่ายแล้วก็จะให้ค่าความสามารถในการซึมผ่านได้ดังกล่าว



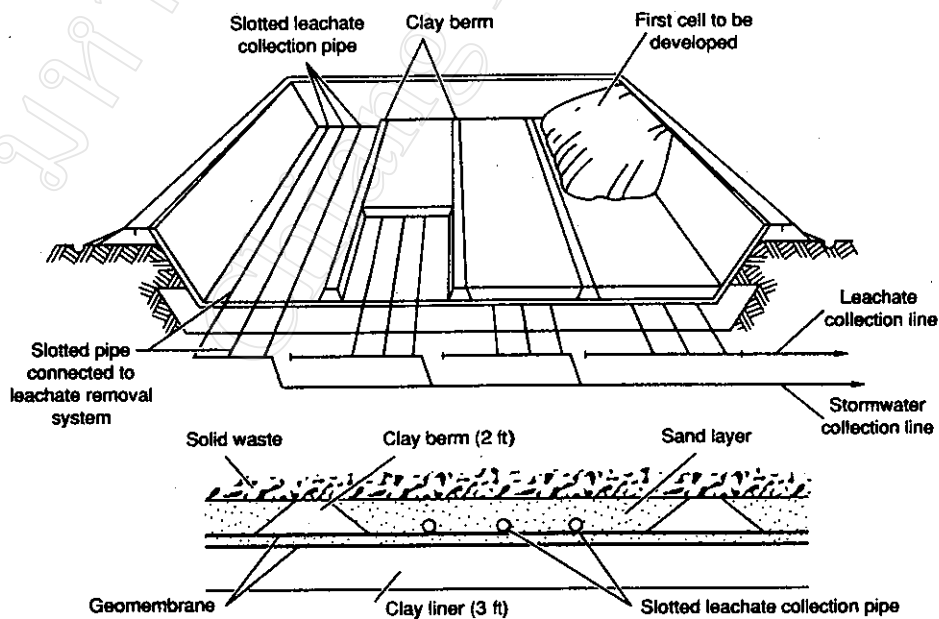
ก) การแบ่งพื้นที่



ข) การก่อสร้างท่อรวบรวม
น้ำชะมูลฝอย

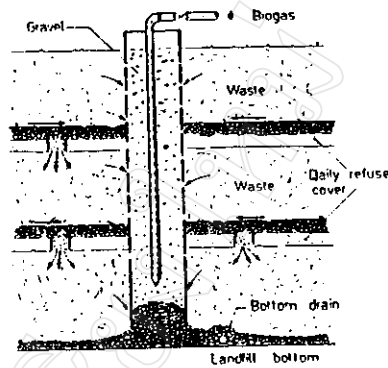
รูปที่ 2.3 การก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอยโดยใช้ความลาดชันของพื้นที่

ที่มา : Tchobanoglous, G. et al., 1993

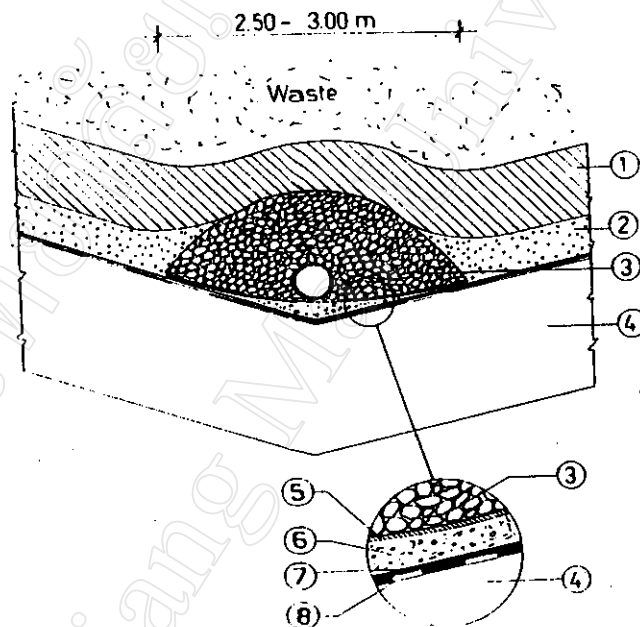


รูปที่ 2.4 การก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอยโดยใช้ระบบท่อ

ที่มา : Tchobanoglous, G. et al., 1993



ก) ตัวอย่างบ่อที่ใช้ระบายน้ำชะมูลฝอยในแนวตั้ง โดยการใช้กรวดระบาย



ข) รูปตัดแสดงตัวอย่างระบบระบายน้ำชะมูลฝอยแบบหนึ่ง
รูปที่ 2.5 บ่อระบายน้ำชะมูลฝอย

- 1 = Raw Compost Layer
- 2 = Gravel Small Size
- 3 = Gravel Large Size
- 4 = Clay Stratum With Thickness $> 1\text{m}$ and $k < 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$
- 5 = Geocomposite Bentonite
- 6 = Sandy Loamy Soil
- 7 = High Density Geotextile
- 8 = Geomembrane

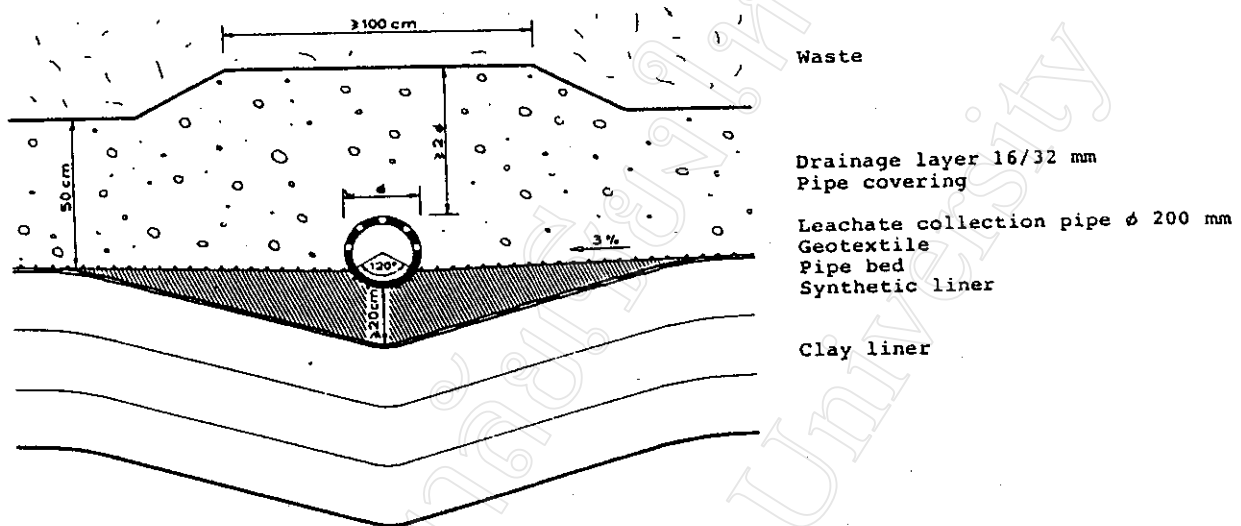
ที่มา : Christensen, T.H. et al, 1994

2.1.3 ระบบรวบรวมน้ำที่ผ่านชั้นระบายน้ำ (Underdrain System)

ดังได้กล่าวถึงระบบนี้มาบ้างแล้ว จากหัวข้อการจัดเตรียมสถานที่ฝังกลบ ในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงรายละเอียดอื่น ๆ อีกคือ โดยทั่วไป ส่วนประกอบของระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ ได้แก่ ส่วนที่ใช้รวบรวมน้ำชะมูลฝอย เพื่อนำออกจากบริเวณที่ฝังกลบหรือนำไปบำบัดกับส่วนป้องกันส่วนที่ใช้รวบรวมน้ำชะมูลฝอย และเนื่องจากยังไม่มีมาตรฐานหรือวิธีการใด ๆ ที่ได้รับการรับรองอย่างเป็นทางการ เพื่อใช้ในการคำนวณโครงสร้างของส่วนที่ใช้รวบรวมน้ำชะมูลฝอย วิธีที่ทำได้คือ ใช้วิธีประมาณโดยอาศัยข้อมูลแวดล้อมเท่าที่จะหาได้ แล้วใช้วิธีการตรวจสอบพร้อมจัดให้มีการบำรุงรักษาอยู่เสมอ เพื่อให้ระบบสามารถใช้งานได้นาน ๆ อย่างไรก็ตาม ระบบรวบรวมน้ำที่ผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว มีรายละเอียดดังนี้ คือ

ก. ส่วนรวบรวมน้ำชะมูลฝอย ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

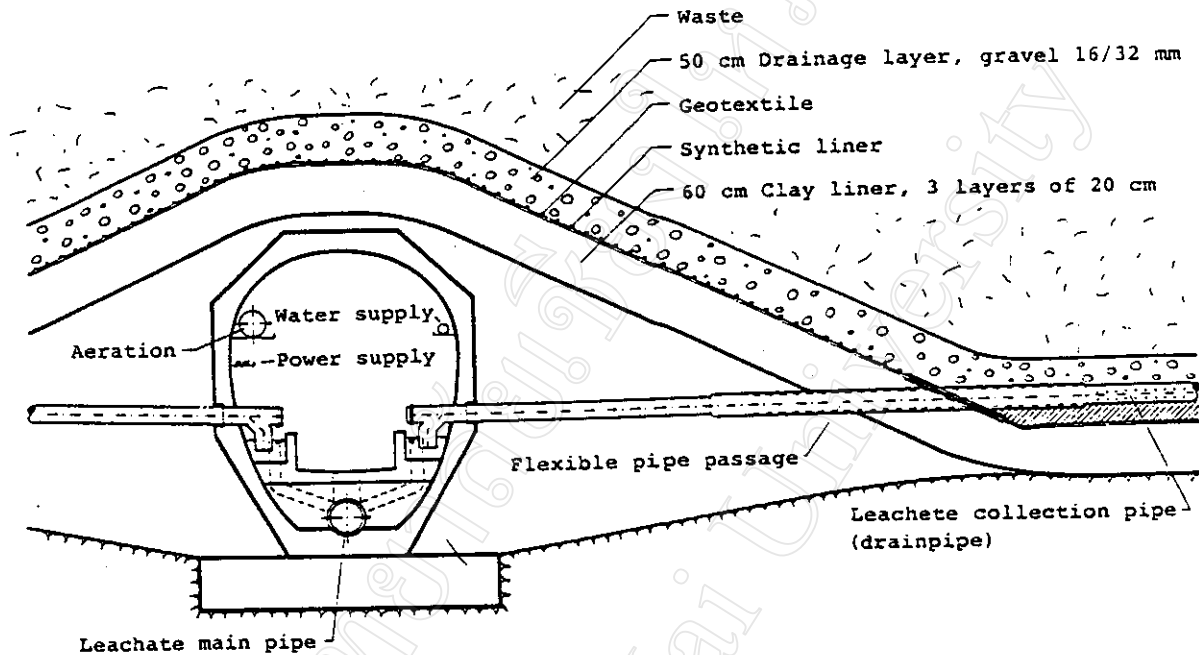
- ระบบท่อ (Pipes) ท่อที่นำมาใช้งานได้อย่างเหมาะสมที่สุดกับน้ำชะมูลฝอย คือ ท่อ HDPE และท่อดินเผา สำหรับท่อผนังบางอย่างอื่น แม้ว่าจะมีความแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้มากพอเพียง ก็ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้งาน เนื่องจากระบบท่อในบริเวณที่ฝังกลบต้องใช้งานในช่วงระยะเวลายาวนาน จึงต้องมีความทนทานต่อการสึกหรอ เนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ สภาพแวดล้อมโดยรอบ เช่น สภาพความเป็นกรดต่าง นอกจากนั้นยังมีปัจจัยอื่นอีก เช่น ชนิดและวัสดุที่ใช้ห่อหุ้มท่อทั้งส่วนที่รองด้านล่างและส่วนที่ถมทับด้านบน ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดค่าความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของท่อ ตัวอย่างเช่น การใช้ท่อกลมเป็นท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอย เมื่อจะพิจารณาการกระจายของน้ำหนักบรรทุกหรือความดันต่อหน่วยพื้นที่ที่เกิดขึ้น ในขณะที่ใช้งาน โดยปกติมุมสัมผัสระหว่างท่อและชั้นรองที่ใช้ในการคำนวณคือ 90 องศา อย่างไรก็ตามมุมสัมผัสนี้เปลี่ยนแปลงได้และที่นิยมใช้โดยทั่วไปคือ 120 องศา (รูปที่ 2.6) และการเลือกวัสดุที่นำมาทำเป็นท่อระบายน้ำ ขึ้นอยู่กับขนาดของวัสดุที่ใช้ห่อหุ้มท่อ โดยปกติวัสดุที่ห่อหุ้มมักเป็นกรวด ซึ่งถ้าเป็นกรวดขนาดใหญ่ท่อที่นำมาใช้งานก็ต้องมีความสามารถในการรับแรงดันได้สูง แต่ต้องสามารถยืดหยุ่นตัวได้ดี ในกรณีนี้ท่อ HDPE ก็เหมาะสมกว่าท่อดินเผา และท่อ HDPE ยังไม่ต้องคำนึงถึงความหนาของส่วนที่รองท่อมากเท่ากับท่อดินเผา สำหรับการแก้ปัญหาแตกหักหรือบิดเบี้ยวของท่อดินเผา ก็จะมีการนำวัสดุที่มีความอ่อนนุ่ม เช่น พรหม หรือฟองน้ำ มาวางซ้อนทับไว้ด้านบนท่อ อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวนี้ยังไม่ได้รับการยอมรับว่าจะใช้ได้ผลในกรณีที่บริเวณที่ฝังกลบมีความลึกมากกว่า 10 เมตร นอกจากนี้ การใช้งานระบบท่อให้มีอายุการใช้งานนาน ๆ ต้องมีการตรวจสอบและบำรุงรักษาบางครั้งก็ต้องการซ่อมแซม เพื่อแก้ไขส่วนที่ชำรุดเสียหายและทำความสะอาดเป็นครั้งคราว สำหรับการเลือกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ ความยาวและแผนผังการก่อสร้างท่อ ต้องพิจารณาองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น พื้นที่ ปริมาณมูลฝอย และอายุของที่ฝังกลบ เป็นต้น



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอยแบบท่อ

ที่มา : Christensen, T.H. et al, 1994

- ปล่องและอุโมงค์ (Shafts and Tunnels) เป็นส่วนที่ใช้สำหรับรวบรวมน้ำชะมูลฝอย เพื่อระบายออกจากบริเวณที่ฝังกลบหรือนำไปทำการบำบัดและบางครั้งก็ใช้สำหรับงานบำรุงรักษาระบบ ปล่องนั้นในขณะที่ใช้งานจะสามารถแสดงผลทางกายภาพและทางเคมีออกมาได้ เลี้ยวเกิดสภาพอย่างไรกับตัวปล่อง เนื่องจากตัวปล่องจะก่อสร้างอยู่ภายในที่ฝังกลบมูลฝอยและตรวจสอบจากภายนอกได้ตลอดเวลา สำหรับปัญหาของการออกแบบปล่องและอุโมงค์ มีปัญหาหลักอยู่ 2 ประการ คือ ประการแรก ในการออกแบบโครงสร้างของตัวปล่องและอุโมงค์ ข้อมูลที่มีความจำเป็นและมีความสำคัญในการออกแบบ เช่น น้ำหนักบรรทุกทุกจะมีค่าไม่แน่นอน เนื่องจากมูลฝอยไม่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน หรือประกอบมาจากวัสดุหลายชนิดที่แตกต่างกัน ส่วนประการที่สอง เนื่องจากความต้องการใช้งานให้ได้ผลดีตลอดระยะเวลาอันยาวนาน ดังนั้นวิศวกรผู้ออกแบบโครงสร้าง นอกจากจะต้องพิสูจน์ให้ได้ว่า จะใช้น้ำหนักบรรทุกทุกอย่างไว้แล้ว ยังต้องหาตำแหน่งที่เมื่อก่อสร้างแล้ว สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพและปลอดภัยที่สุด ซึ่งตำแหน่งของปล่องที่ปลอดภัยที่สุดในการใช้งานคือบริเวณมุมของบริเวณที่ฝังกลบ ตำแหน่งที่อาจอันตรายให้ก่อสร้างได้รองลงมาคือ บริเวณริมที่ฝังกลบ และทำการก่อสร้างตัวอุโมงค์ไว้ด้านล่างหรือใต้บริเวณที่ฝังกลบ (รูปที่ 2.7)



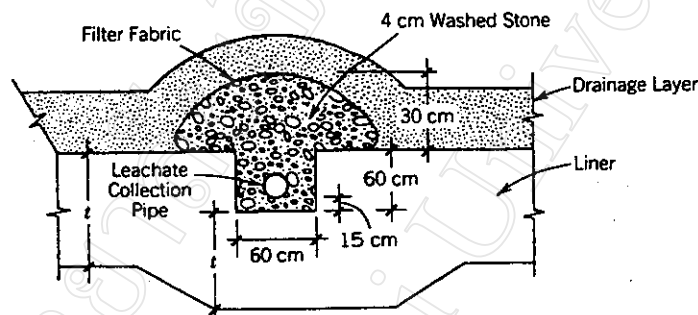
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างอุโมงค์รวบรวมน้ำชะมูลฝอย

ที่มา: Christensen, T.H. et al, 1994

เนื่องจากการคำนวณโครงสร้างปล่องและอุโมงค์ เป็นการยากที่จะแสดงค่าของมูลฝอยซึ่งจะเปลี่ยนรูปได้หรือย่อยสลายได้ ออกมาในรูปแบบของโครงสร้างดินทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงระยะเวลาการฝังกลบนาน ๆ ในขณะที่วัสดุที่ใช้คลุมหรือห่อหุ้มปล่องกับอุโมงค์สามารถที่จะรู้ลักษณะสมบัติต่าง ๆ ได้ ดังนั้นในการใช้งานจริง เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวการใช้ปล่องที่เป็นท่อ HDPE จะไม่ต้องคำนึงถึงปัญหาดังกล่าว นอกจากนี้ หากใช้ปล่องที่ทำด้วยท่อ HDPE ยังสามารถเลื่อนตำแหน่งของปล่องจากบริเวณมุมหรือริมบริเวณที่ฝังกลบมาอยู่ภายในบริเวณที่ฝังกลบได้ และในการใช้งานจริง จุดที่ต้องได้รับการระมัดระวังเป็นพิเศษ เนื่องจากเป็นจุดอ่อนที่สุด คือ บริเวณรอยเชื่อมต่อระหว่างท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอยกับปล่องหรืออุโมงค์นั่นเอง และในการออกแบบระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอยที่ผ่านชั้นกรอง หรือผ่านชั้นระบายน้ำแล้วนั้น การที่จะออกแบบให้สามารถตรวจสอบและบำรุงรักษา รวมทั้งซ่อมแซมได้ เส้นผ่าศูนย์กลางของปล่องจะต้องไม่เล็กกว่า 2.50 เมตร และตัวท่อต้องวางในแนวตรง ทั้งนี้ เพื่อให้สามารถทำความสะอาดได้ตลอดแนวท่อ สำหรับตำแหน่งตัวปล่องซึ่งจุดที่เหมาะสมอยู่ที่มุมหรือริมบริเวณที่ฝังกลบนั้น หากมีความจำเป็นหรือหลีกเลี่ยงไม่ได้ต้องสร้างภายในบริเวณที่ฝังกลบนั้น ต้องคำนึงถึงปัญหาจากก๊าซที่เกิดขึ้น และก๊าซที่ออกมาสู่บรรยากาศโดยอาศัยปล่องด้วย

ข) ส่วนป้องกันระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอย

โดยทั่วไปท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอยจะวางอยู่ในร่อง หรือห่อหุ้มด้วยวัสดุป้องกัน ซึ่งนิยมใช้กรวด และมีแผ่นวัสดุสังเคราะห์บาง ๆ ที่มีรูพรุน เช่น ดาข่าย หรือมุ้งลวด ห่อหุ้มกรวด ไว้อีกชั้น เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำสารที่มีขนาดเล็กเล็ดลอด เข้าไปสู่ระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอย หรือเข้าไปได้น้อยที่สุด (รูปที่ 2.8)



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างร่องรวบรวมน้ำชะมูลฝอยและวัสดุป้องกัน

ที่มา : Bagchi, A., 1990

ในกรณีที่ใช้กรวดสำหรับป้องกันส่วนรวบรวมน้ำชะมูลฝอย ควรกองเป็นเนินพูน ๆ เพื่อให้สามารถกระจายน้ำหนักบรรทุกที่กดทับลงบนท่อทั้งจากการทำงานของเครื่องจักรและจาก น้ำหนักของมูลฝอยและวัสดุกลบทับมูลฝอย เพื่อเป็นการป้องกันการแตกหักหรือบิดงอของท่อ นอกจากการใช้กรวดและแผ่นสังเคราะห์บาง ๆ ห่อหุ้มกรวดแล้ว เราอาจออกแบบโดยใช้ทราย แทนวัสดุทั้ง 2 ชนิดได้ โดยการคำนวณขนาดทรายให้ได้ทรายละเอียดทำหน้าที่เครื่องกรอง และใช้ ทรายเม็ดโตห่อหุ้มท่อ สำหรับการออกแบบโดยใช้ทรายสามารถหาได้จากสมการที่ (2.1) และ (2.2) คือ

$$\frac{D_{15} \text{ of the Filter}}{D_{85} \text{ of the Overlying Soil}} < 4 \text{ to } 5 \quad (2.1)$$

$$\frac{D_{15} \text{ of the Filter}}{D_{15} \text{ of the Overlying Soil}} > 4 \text{ to } 5 \quad (2.2)$$

เมื่อ D_n = ขนาดของเม็ดทรายที่มีเม็ดทรายขนาดเล็กกว่าอยู่ $n\%$

โดยสมการที่ 2.1 ใช้สำหรับหาขนาดเม็ดทรายที่ใช้เป็นสารกรอง เพื่อป้องกันไม่
ให้มลสารขนาดมวลเล็กละเอียดที่อยู่ในน้ำชะมูลฝอยผ่านเข้าสู่ระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอย และ
สมการที่ 2.2 ใช้สำหรับหาขนาดเม็ดทรายห่อหุ้มท่อที่ทำให้เกิดแรงดันน้ำเพียงพอในชั้นระบาย
น้ำเพื่อให้มีอัตราการไหลเหมาะสมจนไม่เกิดการตกตะกอน

ระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอยที่ผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว เมื่อใช้งานไปนาน ๆ อาจ
เกิดความเสียหายได้เนื่องจากการอุดตันของท่อ (Clogging) ซึ่งการอุดตันเป็นไปได้ทั้งจากการ
ตกตะกอนทางเคมีและจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ รวมทั้งการตกตะกอนทางกายภาพ ของ
น้ำชะมูลฝอยเอง ซึ่งการตกตะกอนทางกายภาพเกิดจากการตกตะกอน ของมลสารที่หลุดมาจาก
ชั้นรองมูลฝอย ในกรณีใช้ชั้นรองมูลฝอยเป็นดินเหนียว โดยปัญหาการตกตะกอนนี้เกิดขึ้นเนื่อง
จากการที่มลสารสามารถเคลื่อนตัวผ่านชั้นป้องกันเข้าสู่ภายในท่อ ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดย
การใช้ชั้นกรองให้มีขนาดรูเล็กกว่าขนาดของเม็ดดินเพียงพอ คือ มีขนาดรูเล็กกว่าเม็ดดินเกิน
85% ส่วนการอุดตันทางชีวภาพ ซึ่งเกิดจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ มีปัจจัยที่ช่วยให้เกิด
ขึ้นได้คือ อัตราส่วนของคาร์บอนกับไนโตรเจนในน้ำชะมูลฝอย ความสามารถในการจัดหารสาร
อาหารของจุลินทรีย์ ความเข้มข้นของ Polyuromides อุณหภูมิ และความชื้น ในขณะที่ปัจจัยซึ่ง
ควบคุมการตกตะกอนทางเคมี ได้แก่ พีเอช Partial Pressure ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวม
ทั้งการระเหยของน้ำชะมูลฝอยเอง นอกจากนี้ยังมีการอุดตันเนื่องจากกรรมวิธีชีวเคมี โดยเกิด
จากกลุ่มของจุลินทรีย์พวกที่เกาะติดอยู่ที่ผนังท่อไปรวมตัวกับตะกอนที่เกิดจากการตกตะกอน
ทางเคมีเกิดเป็นของเหลวมีความเข้มข้นสูง ซึ่งนอกจากจะทำให้ท่ออุดตันแล้ว ถ้าหากผนังท่อทำ
ด้วยสารพวก Polymer จะเสื่อมสภาพลงได้ง่าย และยังเป็นสาเหตุให้เกิดการเจริญเติบโตของ
สาหร่ายเซลล์เดียวอย่างรวดเร็ว ทำให้ท่ออุดตันและแตกร้าวได้ ทางแก้ก็คือ ต้องใช้ท่อพลาสติก
ซึ่งเสื่อมสภาพได้ช้ากว่า นอกจากท่อจะเกิดความเสียหายเนื่องจากเกิดการอุดตัน ยังเกิด
ความเสียหายเพราะเกิดการแตกร้าวได้เนื่องจากความมั่นคงแข็งแรงของท่อที่เลือกมาใช้งานมีค่า
ไม่เพียงพอ ซึ่งถ้าหากความเสียหายเกิดขึ้นเพราะเหตุผลนี้ท่อที่ทำด้วยพลาสติกและมีความ
สามารถในการยืดหยุ่นตัวได้ก็จะสามารถนำมาใช้งานได้ดี สาเหตุของความเสียหายที่อาจเกิด
กับระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอยได้อีกก็คือ การออกแบบผิดพลาดหรือการเกิดเหตุไม่คาดฝันขึ้น
เช่น โดยทั่วไปในการออกแบบขนาดท่อจะใช้ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำชะมูลฝอยซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำคือ 0.5-1 ซม³/นาท. และใช้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยประมาณ 2-4 แต่ในการใช้งาน
จริงของสถานที่ฝังกลบบางแห่งมีการเพิ่มอัตราการไหลของน้ำชะมูลฝอยอย่างรวดเร็วในปริมาณ
สูงกว่าค่าความปลอดภัยที่กำหนดไว้ เนื่องจากเกิดการพังทะลายของผนังที่กั้นทางไหลของน้ำ
ชะมูลฝอย ทำให้น้ำชะมูลฝอยเกิดการไหลลัดวงจรมีปริมาณมากอย่างรวดเร็ว ท่อที่ออกแบบไว้
เพื่อให้สามารถระบายน้ำชะมูลฝอยได้สูงสุดในเวลาปกติจึงไม่สามารถรับปริมาณน้ำชะมูลฝอยได้

เพียงพอ นอกจากนี้ยังอาจจะเกิดความเสียหายเนื่องจากการหลุดตัวไม่เท่ากันของมูลฝอยและวัสดุกลบทับหรือวัสดุที่ใช้ทำผนังบริเวณที่ฝังกลบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณจุดที่ต่อท่อออกมาจากบริเวณที่ฝังกลบหรือบริเวณจุดเชื่อมระหว่างท่อกับบ่อพัก หรือท่อกับอุโมงค์ เป็นต้น ดังนั้นในการออกแบบระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอยจึงต้องพิจารณาสาเหตุของความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ทุกสาเหตุ เพราะระบบอาจเสียหายหรือล้มเหลวได้เพราะปัจจัยหรือส่วนประกอบเล็ก ๆ น้อย ๆ เท่านั้น

2.1.4 ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นในบริเวณที่ฝังกลบมูลฝอย

มูลฝอยที่นำมาฝังกลบในบริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอยตามหลักสุขาภิบาล จะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านกายภาพ ชีวภาพ และเคมี ซึ่งสรุปได้ดังนี้

ก) ปฏิกริยาทางชีวภาพ

ปฏิกริยาทางชีวภาพที่สำคัญที่สุดที่เกิดขึ้น คือ การที่สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เปลี่ยนเป็นก๊าซและของเหลว ซึ่งโดยปกติการย่อยสลายจะเกิดจากจุลินทรีย์ประเภทใช้ออกซิเจนก่อนในช่วงระยะเวลานั้น ๆ ที่ยังคงมีออกซิเจนอยู่ และจะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์หลัก เมื่อออกซิเจนใช้หมดปฏิกริยาการย่อยสลายจะเกิดจากจุลินทรีย์ประเภทไม่ใช้ออกซิเจน สารอินทรีย์จะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซมีเทน โดยอาจมีก๊าซแอมโมเนีย และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์บ้างเล็กน้อย

ข) ปฏิกริยาทางเคมี

ปฏิกริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นประกอบด้วย

- การละลายและการแขวนลอยของสารต่าง ๆ และสารที่เกิดจากการย่อยสลายทางชีวภาพ
- การระเหยและการกลายเป็นไอของสารประกอบเคมีและน้ำกลายเป็นก๊าซ
- การดูดซับสารระเหยง่ายและกึ่งระเหยง่ายที่เป็นสารอินทรีย์
- ปฏิกริยาการเพิ่มและลดออกซิเจนของสารพวกโลหะต่าง ๆ
- การละลายของเกลือโลหะต่าง ๆ

ปฏิกริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นที่สำคัญปฏิกริยาหนึ่ง คือ ปฏิกริยาระหว่างน้ำชะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบเป็นสารประกอบอินทรีย์กับชั้นดินเหนียวที่รองรับมูลฝอย อันจะทำให้เกิดการทำลายโครงสร้าง และความสามารถในการต้านทานการไหลซึมของวัสดุที่ใช้เป็นชั้นป้องกันการซึม เช่น แผ่นยางสังเคราะห์ได้

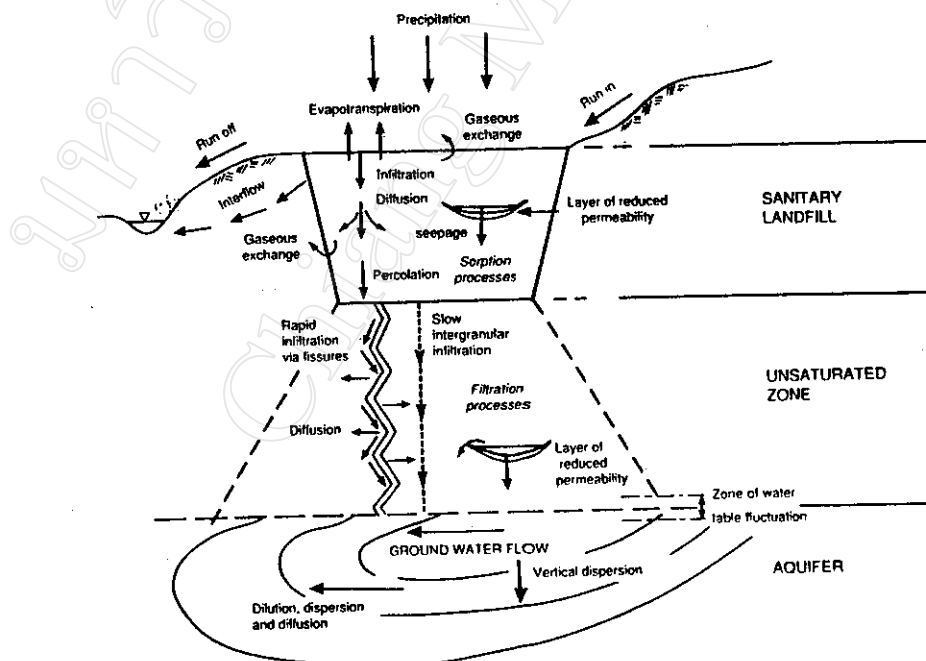
ค) ปฏิกริยาทางกายภาพ

ปฏิกริยาทางกายภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่สำคัญ คือ

- การแพร่ของก๊าซภายในบริเวณที่ฝังกลบ และการแพร่กระจายออกสู่สภาพแวดล้อมภายนอก
- การเคลื่อนที่ของน้ำชะมูลฝอยภายในบริเวณที่ฝังกลบ และการเคลื่อนที่ออกสู่ชั้นดินด้านล่าง
- การทรุดตัวเนื่องจากการยุบตัว และการย่อยสลายของมวลสารภายในที่ฝังกลบ

2.1.5 การจัดการน้ำชะมูลฝอยที่เกิดจากการฝังกลบมูลฝอย

เมื่อมีการนำมูลฝอยมาทำการฝังกลบในบริเวณสถานที่ฝังกลบ มูลฝอยดังกล่าวจะเกิดการย่อยสลายของสารอินทรีย์ ได้สารละลายออกมารวมกับน้ำที่ซึมผ่านชั้นของมูลฝอยลงไป เช่น น้ำฝน น้ำไหลล้นต่าง ๆ และถ้าหากไม่มีการป้องกันที่ดี น้ำชะมูลฝอยดังกล่าวก็สามารถเข้าไปปนเปื้อนกับน้ำใต้ดินได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.9 สำหรับน้ำชะมูลฝอยจะมีลักษณะสมบัติโดยทั่วไป เช่น ตามตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.9 สมดุลย์ของน้ำในการฝังกลบมูลฝอยตามหลักสุขาภิบาล

ที่มา Christensen, T.H., 1992

ตารางที่ 2.1 ลักษณะสมบัติโดยทั่วไปของน้ำชะมูลฝอย

ส่วนประกอบ	พิสัย (มก/ล)
pH	3.7-8.5
COD	0-90,000
BOD ₅	10-50,000
TOC	250-28,000
Kjedahl Nitrogen	2-6,000
Ammonia as N	0-1,100
Nitrate and Nitrite as N	0-10
Phosphate as P	0-130
Suspended Solids	6-2,700
Total Dissolved Solids	0-40,000
Sulfate	1-1,800
Chloride	0.06-1,400
Iron	0-5,500
Chromium	0.03-17
Zinc	0-1,000
Copper	0-10
Nickel	0-1
Cadmium	0.03-17
Lead	0-5
Magnesium	16-15,000
Manganese	0.06-1,400
Calcium	60-70,000
Sodium	0-7,700
Potassium	3-3,800

ที่มา : Henkel, G., 2538

การจัดการกับน้ำชะมูลฝอยก็เพื่อกำจัดปัญหามลพิษที่จะเกิดกับน้ำใต้ดิน ซึ่งมีหลายวิธี เช่น

- การนำน้ำชะมูลฝอยกลับไปใช้ใหม่ในบริเวณที่ฝังกลบ หรือที่เรียกว่า การหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอย
- การทำให้น้ำชะมูลฝอยเกิดการระเหยไปเป็นไอน้ำ
- การนำเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยเฉพาะ
- การนำไปปล่อยสู่ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน

จะเห็นว่าการทำการบำบัดหรือกำจัดน้ำชะมูลฝอยทุกวิธี จะต้องมีการนำน้ำชะมูลฝอยออกมาเพื่อเข้าสู่กรรมวิธีการอื่นต่อไป ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยเทคนิค และวิธีการแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ว่าต้องการน้ำทิ้งคุณภาพดีเพียงใด และงบประมาณในการจัดการที่มีอยู่

2.1.6 การเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอย

น้ำชะมูลฝอยจากบริเวณที่ฝังกลบมูลฝอย มักมีความเข้มข้นสูง เช่น BOD, COD และโลหะหนักอื่น ๆ (วิวรรณ บัณฑิกรัต, 2530) แต่ลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอยจะเปลี่ยนแปลงไปต่าง ๆ กันในแต่ละที่ตามอายุ ฤดูกาล ลักษณะทางเคมีของมูลฝอยที่นำมากำจัด รวมถึงลักษณะทางอุทกวิทยาของสถานที่กำจัดมูลฝอยเอง และในประเทศไทยส่วนประกอบทั่วไปของน้ำชะมูลฝอยจะเป็นไปตามตารางที่ 2.1 ในบริเวณที่ฝังกลบมูลฝอยจะมีการย่อยสลายของมูลฝอยซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการของจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามพอสรุปถึงการเปลี่ยนแปลงของน้ำชะมูลฝอยซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของมูลฝอยออกเป็นระยะต่าง ๆ ได้ 3 ระยะ คือ (Irene M. and Lo, C., 1996)

ระยะที่ 1 เป็นระยะที่การย่อยสลายเกิดจากจุลินทรีย์พวกใช้ออกซิเจน ซึ่งการย่อยสลายจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยปกติจะไม่เกิน 1 เดือน ในมูลฝอยที่สะสมอยู่ดิน ๆ (ไม่เกิน 3 เมตร) หรือเมื่อมีการฉีดอากาศอัดเข้าไปในมูลฝอย หรือมีน้ำฝนซึ่งมีออกซิเจนเจือปนอยู่ซึมผ่านลงมาก็จะยืดระยะเวลาออกไปได้อีก ปริมาณการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนจะเกิดได้มากในระยะนี้ และจะเห็นได้ชัดหากบริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอยแห้ง หรือเป็นช่วงฤดูแล้งพอดี

ระยะที่ 2 เป็นระยะที่การย่อยสลายเกิดจากจุลินทรีย์พวกไม่ใช้ออกซิเจน และกึ่งใช้ออกซิเจน โดยในระยะนี้จะเกิดการละลายน้ำและการหมักของวัสดุพวกเนื้อเยื่อพืช และวัสดุอื่น ๆ ที่ย่อยสลายได้ หรือการเกิดการเน่าได้ ทำให้ระยะนี้ค่า BOD สูง นอกจากนี้ยังเกิดพวกแอมโมเนียในโตรเจนได้เช่นกัน ระยะที่ 2 นี้อาจจะเกิดขึ้นเป็นระยะเวลายาวนานหลายปีก็ได้ ซึ่งระยะนี้สังเกตได้ง่ายจากค่าอัตราส่วน BOD/COD สูง ปกติจะสูงกว่า 0.7 และน้ำชะมูลฝอยจะ

มีสภาพเป็นกรด การที่แอมโมเนียในระยะนี้มีความเข้มข้นสูงก็จะมีส่วนช่วยให้องค์ประกอบของมูลฝอยส่วนอื่น ๆ ย่อยสลายได้ ส่วนก๊าซที่เกิดขึ้นก็จะยังคงเกิดขึ้นซ้ำ ๆ โดยมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นเป็นส่วนใหญ่ ก๊าซมีเทนและก๊าซไฮโดรเจนมีเกิดขึ้นบ้างเพียงเล็กน้อย

สำหรับในระยะนี้ หากจะอธิบายถึงกลไกในการย่อยสลายอินทรีย์ สามารถกล่าวได้คือ เป็นขั้นตอนเปลี่ยนสารอินทรีย์ด้วยกระบวนการซับซ้อน ทำให้สารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำมีขนาดเล็กลง เพื่อสามารถผ่านเข้าสู่ภายในตัวจุลินทรีย์ได้ โดยจุลินทรีย์จะใช้เอนไซม์เป็นตัวย่อยสลาย (Hydrolytic Enzymes) ดังนั้น อัตราการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในขั้นตอนนี้จะเป็นตัวสำคัญในการจำกัดอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในขั้นตอนต่อไป นอกจากนี้เมื่อสารอินทรีย์ถูกย่อยให้เล็กลงแล้วจะถูกเปลี่ยนโดยการหมักให้กลายเป็นกรดอินทรีย์ น้ำตาล กรดอะมิโน และกรดอินทรีย์ขนาดเล็ก เช่น โปรไพโอเนต บิวทิริก หรืออาจจะเรียกขั้นตอนนี้ว่า ขั้นตอนการย่อยสลายที่ทำให้เกิดกรด (Acid Forming) ก็ได้ นอกจากนี้ก็ยังมีกรดอะซิติก (CH_3COOH) เกิดขึ้นด้วย

สำหรับก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นนั้น จะเป็นตัวยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรด (Acid Forming Bacteria) แต่อย่างไรก็ตามมีจุลินทรีย์บางชนิดใช้ไฮโดรเจนเป็นแหล่งพลังงานในการเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซมีเทน และเป็นที่เชื่อกันว่าในขั้นตอนการย่อยสลายนี้เกิดจากกลุ่มจุลินทรีย์หลายชนิดแต่ที่สำคัญมี 2 ชนิด คือ

- Acid Forming Bacteria
- Acetogenic Bacteria

อย่างไรก็ตามผลจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในขั้นตอนนี้ จะได้กรดอะซิติก กรดโปรไพโอเนต และกรดบิวทิริก ตามลำดับเป็นส่วนสำคัญ และการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณของกรดที่เกิดจากการหมักเหล่านี้ จะมีผลกระทบโดยตรงต่อการสร้างก๊าซมีเทนในขั้นตอนต่อไป นอกจากนี้ในขั้นตอนการย่อยสลายที่ทำให้เกิดกรดนี้จะมีผลให้ค่า COD ลดลงน้อยมาก หรืออาจกล่าวได้ว่าไม่ลดลงเลยเมื่อไม่มีการเกิดไฮโดรเจน เนื่องจากอิเล็กตรอนที่มีอยู่ในสารอาหาร (Substrate) เดิมจะถูกส่งต่อไปให้สารอินทรีย์ที่ยังคงอยู่ในน้ำเสีย ส่วนของสารอาหารที่ลดลงไปบ้าง เป็นผลมาจากการสูญเสียประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในระหว่างที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปของสารอินทรีย์เท่านั้น และเมื่อมีการสร้างไฮโดรเจนโดยที่อิเล็กตรอนถูกส่งให้กับไฮโดรเจนไอออน ทำให้ก๊าซหนีไปจากระบบ จึงเป็นการลดอิเล็กตรอนของสารอาหารทำให้สภาวะออกซิเดชันลดลงเป็นผลให้ค่า COD ลดลง

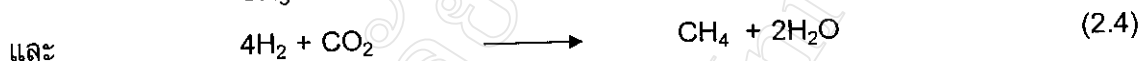
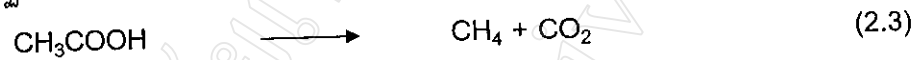
ระยะที่ 3 เป็นระยะที่เกิดการย่อยสลายจากจุลินทรีย์พวกที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน โดยสารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างง่าย ๆ ซึ่งถูกปล่อยออกมาจากระยะที่ 2 จะถูกนำไปใช้ ทำให้ได้ก๊าซเกิดขึ้นโดยเฉพาะก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในระยะที่ 3 นี้ มูลฝอยจะย่อย

สลายต่อไปอย่างต่อเนื่องโดยปฏิกิริยาทางชีวภาพ จนกว่าเกิดการย่อยสลายของมูลฝอยได้หมด และออกซิเจนจากบรรยากาศสามารถซึมเข้ามาในมูลฝอยได้โดยสะดวก

สำหรับกลไกที่อธิบายการย่อยสลายสารอินทรีย์ในขั้นตอนนี้ ก็คือ มีจุลินทรีย์อีกกลุ่มหนึ่งทำหน้าที่ย่อยสลาย ผลผลิตจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระยะที่ 2 ซึ่งได้แก่

- ก) จุลินทรีย์ที่สร้างก๊าซมีเทนจากกรดอะซิติก (Acetoeastic Methane Bacteria)
- ข) จุลินทรีย์ที่สร้างก๊าซมีเทนจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจน (H_2 - Utilizing Methane Bacteria)

โดยมีปฏิกิริยาเคมีตามลำดับ ดังนี้

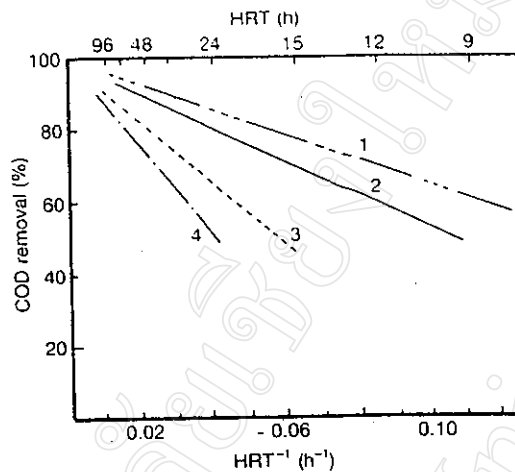


ในระยะที่ 3 นี้ จุลินทรีย์จะนำสารที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระยะที่ 2 อันได้แก่ กรดโวลไทล์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจน และอื่นๆ โดยนำสารเหล่านี้ไปใช้เป็นสารอาหารและแหล่งพลังงาน การย่อยสลายกรดโวลไทล์ในระยะนี้จะเป็นการลดค่า COD หรือ BOD ในน้ำเสีย และเกิดก๊าซมีเทนขึ้น โดยพลังงานเคมีที่อยู่ในรูป COD กว่าร้อยละ 90 จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของก๊าซมีเทน จึงอาจเรียกระยะที่ 3 นี้ว่า ระยะการสร้างก๊าซมีเทน (Methane Forming)

2.2 การบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน

2.2.1 การกรองชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Filtration)

การกรองชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียวิธีหนึ่งที่ถึงปฏิกิริยามีตัวกลางอยู่กับที่เพื่อให้จุลินทรีย์มาเกาะ และให้น้ำเสียไหลผ่านซึ่งจะให้น้ำเสียไหลลงหรือไหลขึ้นก็ได้ ในการดำเนินงานจะให้ตัวกลางอยู่ในน้ำและไม่ใช้ออกซิเจนเข้าสู่ระบบ ตัวกลางนั้นมีหลายชนิดตั้งแต่หินไปจนถึงพลาสติก ในขณะที่ถึงปฏิกิริยาจะมีรูปร่างแตกต่างกันออกไปเช่นเดียวกับตัวกลางซึ่งมีความสำคัญต่อความมั่นคงของเยื่อจุลินทรีย์ที่มาเกาะบนตัวกลางด้วย (ศุภา กานตวนิชกูร, 2538) เครื่องกรองชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนใช้กำจัดสารอินทรีย์ และสารแขวนลอย โดยเมื่อน้ำเสียไหลผ่านจะสัมผัสกับจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้ออกซิเจนที่เกาะอยู่บนตัวกลาง โดยตัวกลางจะช่วยกักจุลินทรีย์ไว้ไม่ให้ถูกล้างออก อายุของจุลินทรีย์จึงอาจมากถึง 100 วันได้ แม้แต่ที่เวลากักน้ำต่ำ ดังนั้น จึงสามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำที่อุณหภูมิบรรยากาศ (ธีระ เกรอด, 2539) สำหรับตัวกลางที่มีลักษณะแตกต่างกันก็จะให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียแตกต่างกันออกไปด้วย เช่น ตัวอย่างในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ประสิทธิภาพในการกำจัด COD ของเครื่องกรองชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยใช้ตัวกลางชนิดต่าง ๆ คือ (1) Large Modular (2) Small Modular (3) Pall Rings (4) Spheres
ที่มา : Gray, N.F., 1989

การพัฒนาระบบนี้อาศัยความสัมพันธ์ที่ว่าเวลากักเก็บตะกอน (Solid Retention Time) จะมีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัด นอกจากนี้ Yong and McCarty, 1969 ยังพบว่ามี การหลุดออกไปของจุลินทรีย์ที่สร้างมีเทน เมื่อมีค่าเวลากักเก็บตะกอนต่ำกว่า 4 วัน ทำให้มีการ พัฒนาระบบนี้ โดยเน้นที่ระยะเวลากักเก็บตะกอนให้สูงกว่าระบบอื่น ๆ

2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ในกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะสามารถกำจัดสารอินทรีย์ได้ เฉพาะในขั้นตอนที่จุลินทรีย์สร้างก๊าซมีเทนเท่านั้น (McCarty, 1966) โดยอัตราการย่อยสลาย สารอินทรีย์ของกระบวนการขึ้นอยู่กับอัตราการย่อยสลายกรดไขมันไปเป็นก๊าซมีเทน สาเหตุ เพราะก๊าซมีเทนเป็นผลผลิตขั้นสุดท้ายของกระบวนการ เป็นก๊าซที่มีพลังงานสูง ทำให้จุลินทรีย์ ที่สร้างก๊าซมีเทนได้รับพลังงานเพื่อนำไปใช้ในการดำรงชีวิตและเจริญเติบโตได้ต่ำ อีกทั้งจุลิน- ทรีย์เหล่านี้มีความสามารถใช้สารอาหารที่จำกัด และสามารถดำรงชีวิตในสภาวะแวดล้อมจำเพาะ เท่านั้น ดังนั้น หากปัจจัยใด ๆ ที่มีผลต่อกลไกการย่อยสลายของจุลินทรีย์เหล่านี้เปลี่ยนแปลงไป จะเป็นผลให้ประสิทธิภาพและเสถียรภาพของกระบวนการเปลี่ยนแปลงไปด้วย โดยสรุป สาย- พานิช, 2530 ได้สรุปปัจจัยต่าง ๆ ไว้ดังนี้ คือ

ก) อุณหภูมิ

ภายในตัวจุลินทรีย์มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้น จุลินทรีย์ส่วนใหญ่จึงดำรงชีวิตได้ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 95 องศาเซลเซียส กลไกภายในการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์จะมาจากปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยใช้น้ำเป็นตัวกลาง

ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่าการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ 2 ช่วง คือ 30-40 องศาเซลเซียส สำหรับจุลินทรีย์พวกมีโซฟิลิค และ 45-55 องศาเซลเซียส สำหรับจุลินทรีย์พวกเทอร์โมฟิลิค และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพียง 1-2 องศาเซลเซียสจะทำให้การเกิดก๊าซมีเทนเปลี่ยนแปลงด้วย โดยอุณหภูมิจะมีผลต่อการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลินทรีย์

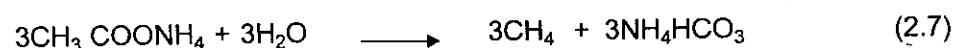
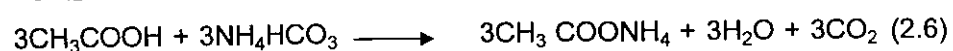
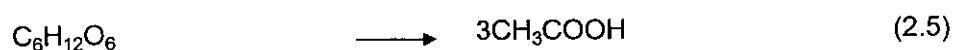
อย่างไรก็ตาม Stander, G.J., 1966 พบว่า การบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่อุณหภูมิสูง ๆ จะมีข้อจำกัดเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารอินทรีย์บางชนิดจะเป็นพิษมากขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้น

ข) ค่าพีเอช

พีเอชของจุลินทรีย์โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 5-9 แต่สำหรับจุลินทรีย์ที่สร้างก๊าซมีเทนจะมีช่วงที่แคบกว่า คือ 6.8-7.2

ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กับค่าพีเอช สามารถอธิบายได้ คือ ปริมาณของไฮโดรเจนไอออนซึ่งมีความแตกต่างกัน ณ ค่าพีเอชหนึ่ง ๆ จะเป็นผลให้ความต่างศักย์ทางไฟฟ้าเคมีของการขนส่งอาหาร และการกำจัดของเสียออกเปลี่ยนแปลงไป โดยที่เมื่อพีเอชมีค่าต่ำทำให้ไฮโดรเจนไอออนมีอยู่มาก ซึ่งยากแก่การซึมเข้าออกจากจุลินทรีย์ได้ เป็นสาเหตุให้จุลินทรีย์ตาย

การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีสาเหตุหลัก 2 ประการ คือ จากน้ำเข้าโดยตรง และจากการสร้างกรดโวลาทิลของจุลินทรีย์พวกไม่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน อย่างไรก็ตามในน้ำเสียทั่วไปจะมีปริมาณบัฟเฟอร์ผสมอยู่ ถ้าบัฟเฟอร์ไม่เพียงพอจะทำให้พีเอชลดต่ำลงจนไม่มีการสร้างก๊าซมีเทนได้ บัฟเฟอร์ในน้ำเสียจะได้จากสารอินทรีย์พวกโปรตีน ซึ่งเมื่อย่อยสลายจะได้ต่าง ซึ่งเกิดเป็นบัฟเฟอร์ทางธรรมชาติ กลไกการทำการลายบัฟเฟอร์และสร้างบัฟเฟอร์เขียนเป็นสมการได้ ดังนี้



นอกจากค่าความเป็นด่างแล้ว ความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะสามารถแสดงได้ตามสมการ

$$\text{pH} = 5.14 - \log (\% \text{CO}_2) + \log (\text{HCO}_3^- \text{ or mg/L CaCO}_3) \quad (2.8)$$

ค) กรดโวลาคไทล์ และสภาพความเป็นด่าง

Water Pollution Control Federation (WPCF) กำหนดให้ใช้ค่า VFA/ Alkalinity มาเป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน คือ

VFA/Alk < 0.3-0.4 ระบบทำงานได้ดี

VFA/Alk > 0.8 ระบบล้มเหลว

โดยกรดโวลาคไทล์วัดในรูปกรดอะซิติก (CH_3COOH) และค่าความเป็นด่างวัดในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต เมื่อใช้วิธีการไตเตรตถึงพีเอช 4.0

ง) ความต้องการสารอาหารที่จำเป็น

สารอาหารหลักที่สำคัญ ได้แก่ คาร์บอน ชัลเฟอร์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยแหล่งสามัญของสารอาหารหลักทั้ง 4 ชนิด แสดงตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แหล่งสามัญของสารอาหารหลัก (Macronutrient)

ธาตุ	แหล่งที่ได้
คาร์บอน	CO_2 , น้ำตาล , โปรตีน , ไขมัน
ไนโตรเจน	โปรตีน , แอมโมเนีย , ไนเตรต
ชัลเฟอร์	โปรตีน , ชัลเฟต
ฟอสฟอรัส	ฟอสเฟต

จ) สารพิษ

สารเคมีใด ๆ ที่เข้าสู่ระบบเมื่อถึงค่าความเข้มข้นหนึ่ง ที่สภาวะหนึ่งแล้ว ยังผลให้ประสิทธิภาพหรือเสถียรภาพของระบบลดลง สารนั้นจัดว่าเป็นสารพิษ โดยความเป็นพิษต่อระบบของสารพิษมีได้ตั้งแต่การยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ไปจนถึงฆ่าจุลินทรีย์

2.3. สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ไพพรรณ พรประภา และมันสิน ดันทุลเวศม์, 2520 ได้ทำการศึกษาการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำตาลโดยใช้เครื่องกรองชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน 2 ตัวต่อกันอย่างอนุกรม

เพื่อหาหลักเกณฑ์ในการออกแบบและใช้งาน โดยใช้น้ำเสีย 2 ชนิด คือ น้ำเสียจริงจากโรงงานน้ำตาล มีค่าซีโอดีประมาณ 1,000-3,000 มก./ล. และน้ำเสียสังเคราะห์ทำจากน้ำตาลผสมกับน้ำประปามีค่าซีโอดีประมาณ 1,000-5,000 มก./ล. เวลาที่น้ำที่ทำการศึกษาคือ 14-60 ชั่วโมง และศึกษาอิทธิพลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความเข้มข้นของน้ำเสีย ความสูงของเครื่องกรองและปริมาณน้ำเสีย ผลการศึกษาพบว่า เครื่องกรองชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนสามารถกำจัด COD ได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ตลอดทุกการทดลอง และน้ำเสียส่วนใหญ่ถูกกำจัดให้หมดไปที่ระดับความสูงของเครื่องกรองเพียง 30 เซนติเมตรแรก การใช้เครื่องกรองชีวภาพสองตัวต่อกันอย่างอนุกรมจึงไม่ให้ผลที่คุ้มค่า เพราะเครื่องกรองตัวแรกกำจัด COD ได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ จึงไม่มีอาหารพอสำหรับเครื่องกรองตัวที่สอง และจากการทดลองสามารถลดซีโอดีของโรงงานน้ำตาลเหลือประมาณ 100-300 มก./ล. ที่เวลากักเก็บประมาณ 12-24 ชั่วโมง มีปริมาณน้ำเสีย 1.6-5.0 กก/ม³ - วัน โดยไม่ต้องเติมอาหารเสริมหรือบัฟเฟอร์

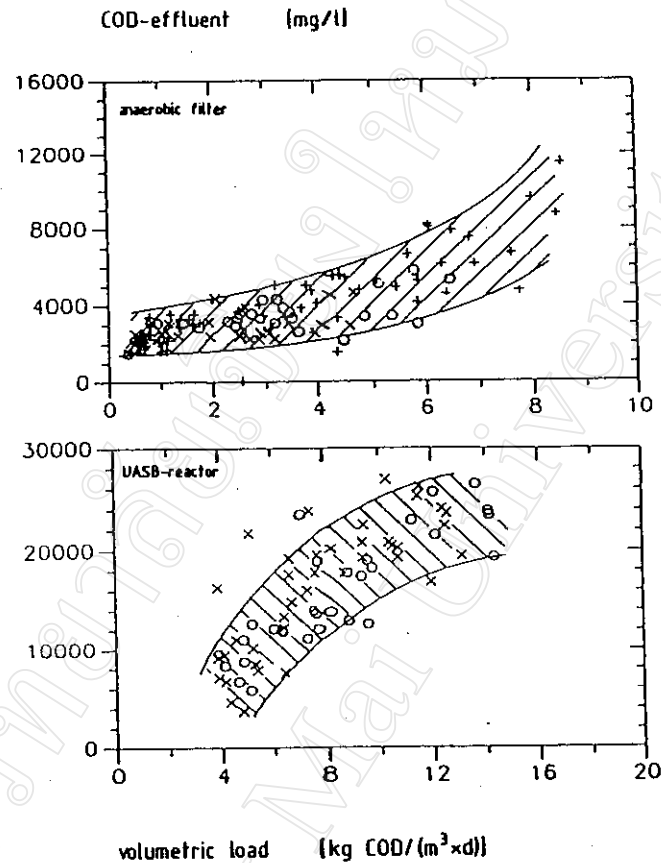
Attal, A. et al., 1992 ได้ทำการศึกษาย่อยสลายของมูลฝอยชุมชนในบริเวณที่ฝังกลบโดยการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างจากการเจาะบริเวณที่ฝังกลบมูลฝอยตามอายุต่าง ๆ ของมูลฝอย แล้วทำการวัดสภาวะการย่อยสลายของมูลฝอยโดยตรวจสอบจากอัตราความสามารถในการย่อยสลายทางชีววิทยา และขีดความสามารถของการให้ก๊าซมีเทนออกมา นอกจากนี้ยังตรวจสอบถึงการดำรงชีพของจุลินทรีย์พวกไม่ใช้ออกซิเจนที่บริเวณชั้นผิวบนของบริเวณที่ฝังกลบมูลฝอยด้วย ซึ่งได้ผลสรุปว่าเปอร์เซ็นต์ของมีเทนจะสูงขึ้นถึงระดับสูงสุดที่ 60 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างความลึก 5-10 เมตร อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นจาก 26 องศาเซลเซียส ถึง 50 องศาเซลเซียส ในระยะ 15 เมตร และมีค่าสูงสุดที่ค่าดังกล่าวนี้ ซึ่งแสดงว่ามูลฝอยชุมชนจะย่อยสลายภายใต้เมโซฟิลิกและเทอร์โมฟิลิก นอกจากนี้ยังพบว่ามูลฝอยใหม่ที่อยู่ใกล้ผิวหน้าหรืออยู่ตื้น ๆ จะมีการย่อยสลายค่อนข้างน้อย ในขณะที่มูลฝอยที่อยู่ลึกกว่าจะย่อยสลายได้มากกว่า และพบว่าการเกิดปฏิกิริยาทางชีวภาพบริเวณใกล้ ๆ ผิวที่ฝังกลบ จะเป็นชนิดที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับ Mesophilic Hydrolysis Acidification ในขณะที่ปฏิกิริยาที่เกิดกับมูลฝอยที่มีอายุมากกว่าจะเป็น Thermophilic Methanogenic สำหรับตัวแปรทางชีวภาพ เช่น ระดับ หรือขีดความสามารถของก๊าซมีเทน และเปอร์เซ็นต์ของ VSS มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความลึก การวัดองค์ประกอบของ VSS สามารถใช้วิธี First Quick Test เพื่อตรวจสอบระดับการย่อยสลายของมูลฝอยก่อนทดสอบค่าความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ นอกจากนี้ผลการทดลองที่ได้สามารถบ่งชี้หรือระบุได้ว่า เทคนิคในการเก็บตัวอย่างโดยการเจาะเพื่อเก็บตัวอย่างนี้เพียงพอที่จะนำมาใช้อธิบายธรรมชาติของบริเวณสถานที่ฝังกลบที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไป

Karnchanawong, S. et al, 1995 ได้ทำการศึกษาถึงลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอยโดยอาศัยถังจำลองจำนวน 4 ใบ มีความสูงแตกต่างกัน แล้วศึกษาถึงลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอยที่กักเก็บ โดยการเติมมูลฝอยซึ่งนำมาจากบริเวณเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ มูลฝอยมีความหนาแน่น 0.85 ตัน/ม^3 การทดลองใช้เวลา 835 วัน และทำการเก็บรวบรวมน้ำชะมูลฝอยทุกสัปดาห์ หรือทุกเดือนขึ้นอยู่กับอายุมูลฝอยที่บรรจุ เพื่อทำการวิเคราะห์ตัวแปรต่าง ๆ คือ พีเอช สภาพความนำไฟฟ้า ของแข็งทั้งหมด ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย ของแข็งที่สามารถระเหยได้ทั้งหมด ค่าความเป็นด่าง ค่าความเป็นกรด ค่ากรดที่สามารถระเหยได้ทั้งหมด คลอไรด์ ซัลเฟต COD BOD ในโตรเจนทั้งหมด และแอมโมเนียในโตรเจน โดยในการทำวิจัยครั้งนี้ การฝังกลบมูลฝอยที่ทำการทดลองเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน และการทดลองทำในสภาพอากาศแบบเขตร้อนชื้น ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่า ค่าสภาพความนำไฟฟ้า ค่ากรดที่สามารถระเหยได้ ของแข็งทั้งหมด ของแข็งที่สามารถระเหยได้ทั้งหมด COD BOD และ TOC มีค่าสูงมากในช่วงฤดูฝนแรก หรือในช่วงฝนแรกต่อเข้าฤดูแล้งแรก หลังจากนั้นได้ลดลงอย่างรวดเร็ว แล้วจึงค่อย ๆ ลดลงทีละน้อยจนค่อย ๆ สิ้นสุดการทดลอง ส่วนค่าความเป็นกรด ความเป็นด่าง ของแข็งแขวนลอย แอมโมเนียทั้งหมด แอมโมเนียในโตรเจน มีค่าสูงในฤดูฝนแรกแล้วต่อจากนั้นค่อย ๆ มีค่าลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของความเข้มข้นของความเป็นกรด กรดโวลาทิล COD BOD และ TOC ในน้ำชะมูลฝอยที่ได้จากถังจำลองภายหลังจากการบรรจุมูลฝอย 1 ปี แสดงให้เห็นว่าระยะการเกิด acidogenic ได้สิ้นสุดในปีที่ 1 นอกจากนี้ยังสรุปได้ว่า ชั้นของมูลฝอยที่อยู่ในถังที่มีความสูงน้อยกว่า ก่อให้เกิดน้ำชะมูลฝอย ที่มีความเข้มข้นของมลภาวะค่อนข้างต่ำ แต่ก่อให้เกิดอัตราการเกิดน้ำชะมูลฝอยต่อน้ำหนักมูลฝอยสูงกว่า เมื่อเทียบกับชั้นของมูลฝอยที่สูงกว่า

Lechner, P., 1994 ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการฝังกลบมูลฝอย และหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ของระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอย โดยเฉพาะเกี่ยวกับวัสดุกรอง และส่วนที่ใช้รวบรวมน้ำชะมูลฝอย เช่น ท่อชนิดต่าง ๆ ได้สรุปถึงความเป็นไปได้ในการออกแบบชั้นกรองพื้นหลุมฝังกลบมูลฝอยไว้ดังนี้ คือ ขนาดของเม็ดกรวดที่ใช้กรองควรกลมและมีขนาด 16/32 มม. มีความแข็งแรงของเม็ดเพียงพอ มีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของดินฟ้าอากาศ และต้องมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอยู่เพียงเล็กน้อย ถ้าใช้ขนาดที่หยาบกว่านี้ ก็จะทำให้เกิดความยุ่งยากในการนำเครื่องจักรมาใช้งานเหนือชั้นระบายน้ำนี้ และถ้าความแข็งแรงของเม็ดกรวดไม่เพียงพอ ก็จะทำให้เม็ดกรวดแตก และจะทำให้ชั้นกันซึมซึ่งเป็นวัสดุสังเคราะห์เสียหายได้ สำหรับความหนาของชั้นกรองพื้นหลุมฝังกลบมูลฝอย ควรมีความหนาน้อยที่สุด 50 เซนติเมตร เนื่องจากถ้าความหนาไม่เพียงพอจะก่อให้เกิดปัญหาเมื่อนำเครื่องจักรมาใช้งาน และฐานของชั้นกันซึม

อาจเสียหายได้โดยเครื่องจักรที่ใช้ทำการบดอัดมูลฝอยนั่นเอง สำหรับค่าความลาดชันของพื้นชั้นกรองนี้จะต้องมีค่าน้อยที่สุด 2 เปอร์เซ็นต์ ถ้าความชันน้อยกว่านี้จะไม่เพียงพอที่จะไปทดแทนกับการเกิดการทรุดตัวได้ซึ่งจะทำให้เกิดการกักขังของน้ำชะมูลฝอย สำหรับวัสดุอย่างอื่นที่เหมาะสมในการใช้งาน หากพิจารณาด้านโครงสร้างก็คือทราย ซึ่งมีขนาด 0/4 มิลลิเมตร หรือวัสดุอย่างอื่น เช่น วัสดุที่มีดินเหนียวเป็นองค์ประกอบหลัก แต่วัสดุพวกนี้จะได้รับแรงกดหรือถูกบดอัดเมื่อนำมาใช้งานอยู่ด้านล่าง หรือด้านใต้บริเวณที่ฝังกลบก็จะเกิดการเปลี่ยนรูป เมื่อทำการตรวจสอบโดยการทำ Compression Test วัสดุชนิดนี้จะใช้ประโยชน์ได้น้อยกว่ามาก สำหรับความหนาของชั้นกรองพื้นหลุมฝังกลบมูลฝอยนี้จะไม่มีความมากนักในกรณีใช้ท่อ HDPE เป็นท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอยแต่จะมีผลมากในกรณีใช้ท่อดินเผา ซึ่งการใช้ท่อดินเผานี้ยังคงเป็นที่สงสัยกันอยู่ว่าจะใช้งานได้หรือไม่หากบริเวณที่ฝังกลบมูลฝอยมีความลึกมากกว่า 10 เมตร และเนื่องจากการไม่มีมาตรฐาน หรือวิธีการที่ได้รับการรับรองในการคำนวณโครงสร้างของท่อที่ใช้รวบรวมน้ำชะมูลฝอย ดังนั้น การเกิดอะไรขึ้นระหว่างมูลฝอยที่มีองค์ประกอบหลายอย่างกับการก่อสร้างต่าง ๆ จึงต้องใช้วิธีประมาณและอาศัยการตรวจสอบในสภาพจริงเข้าช่วย ในกรณีการคัดเลือกวัสดุที่ใช้เป็นท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอย จะไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของเม็ดกรวดแต่อย่างใด

Hans-Jurgen, E. and Rainer, S., 1992 ได้ทดลองทำการบำบัดน้ำชะมูลฝอยในประเทศเยอรมันนี้โดยใช้วิธีทางชีวภาพ เช่น UASB AF เป็นต้น สรุปได้ว่า การบำบัดน้ำชะมูลฝอยในช่วงที่น้ำชะมูลฝอยมีค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง โดยใช้วิธีบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะเป็นขั้นตอนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยเฉพาะการลดพวสารประกอบ เช่น กรดอินทรีย์ได้ในระดับที่สูงมาก และประโยชน์หลัก ๆ ที่สำคัญในการใช้กรรมวิธีการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนคือการใช้พลังงานต่ำ ในกรณีที่ไม่สามารถเร่งให้เกิดกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนในตัวพื้นที่ฝังกลบเอง ควรมีการคำนึงถึงการใช้กระบวนการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนนอกพื้นที่ฝังกลบเพิ่มขึ้น และการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนควรนำมาใช้บำบัดน้ำชะมูลฝอยในช่วงที่สารอินทรีย์ในน้ำชะมูลฝอย มีสารละลายความเข้มข้นสูง ๆ (อายุการฝังกลบน้อยกว่า 4-7 ปี) ผลที่ได้จากการทดลองบำบัดน้ำชะมูลฝอยในห้องปฏิบัติการโดยใช้ถังกรองชีวภาพแบบไร้ออกซิเจน และ UASB ที่ภาระบรรทุกต่าง ๆ กัน ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 COD ในน้ำทิ้งจากการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยใช้ถังกรองชีวภาพแบบไร้ออกซิเจน และ UASB

ที่มา : Christensen, T.H., et al, 1992

จากผลการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 2.11 จะเห็นได้ว่าระบบ UASB สามารถรับภาระบรรทุกได้สูงกว่าระบบถังกรองไร้ออกซิเจน เนื่องจากเกิดการตกตะกอนของเหล็กและแคลเซียม ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาในเรื่องการอุดตัน แต่ที่ภาระบรรทุกในระดับเดียวกัน ประสิทธิภาพในการกำจัด COD ของระบบถังกรองไร้ออกซิเจนจะสูงกว่าระบบ UASB อย่างไรก็ตามการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนอย่างเดียวไม่สามารถทำให้เกิดน้ำทิ้งที่มีคุณภาพดีพอ จะปล่อยทิ้งได้ต้องมีการบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยระบบบำบัดทางชีววิทยาแบบมีออกซิเจน หรือระบบทางเคมี-ฟิสิกส์อื่น ๆ ต่อไป

Tao, G.H. et al, 1995 ได้ทำการศึกษาการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยวิธีทางชีวภาพแบบไร้ออกซิเจน โดยทดลองทำการบำบัดน้ำชะมูลฝอยจากบริเวณที่ฝังกลบมูลฝอยชุมชนในเมืองเซี่ยงไฮ้ ประเทศจีน การทดลองได้แบ่งน้ำชะมูลฝอยออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะการเกิดกรด (Acid Phase) และระยะการเกิดมีเทน (Methane Phase) โดยในระยะการเกิดกรดจะทดลองทำการบำบัดโดยใช้ถังปฏิกรณ์แบบ CSTR และระยะการเกิดมีเทนจะทดลองทำการบำบัดด้วยถังปฏิกรณ์ชนิดใหม่ คือ UBF ซึ่งเป็นถังปฏิกรณ์ผสมระหว่าง Upflow Anaerobic Sludge Blanket ร่วมกับถังกรองชีวภาพแบบไร้ออกซิเจน ผลการทดลองปรากฏว่า การบำบัดน้ำชะมูลฝอยในระยะการเกิดกรดโดยใช้ถังปฏิกรณ์แบบ CSTR ในลักษณะไร้ออกซิเจน ไม่สามารถทำการบำบัดน้ำชะมูลฝอยได้แต่อย่างใด เมื่อทำการทดลองต่อโดยใช้ UBF เพียงอย่างเดียวปรากฏว่าการบำบัดน้ำชะมูลฝอยได้ผลดี นอกจากนี้ยังพบว่า UBF จะรวมเอาข้อดีของ UASB และถังกรองชีวภาพแบบไร้ออกซิเจนเข้าด้วยกัน นั่นคือ สามารถทำการ start-up ได้อย่างรวดเร็ว โดยเมื่อเริ่มปฏิบัติงานไปได้เพียง 1 เดือน ค่าอัตราการระบรทุกจะเพิ่มขึ้นไปถึง 10 กิโลกรัม COD/ม³.วัน และมีเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อการปฏิบัติงาน คือ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส HRT 11.8 ชั่วโมง Volumetric Loading Rate 38.3 กิโลกรัม COD/ม³.วัน ค่าเฉลี่ยอัตราการกำจัด COD โดยใช้ UBF เพียงอย่างเดียว คือ ร้อยละ 92.1 มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ 17.6 ม³/ม³.วัน โดยมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบในก๊าซชีวภาพร้อยละ 76.6 นอกจากนี้ยังพบว่า HRT เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะมูลฝอยของ UBF ซึ่งในการออกแบบแนะนำให้ใช้ค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้ คือ HRT ≥ 12 ชั่วโมง Volumetric Loading Rate 20 กิโลกรัม COD/ม³.วัน มีปริมาตรของสารกรองเป็นหนึ่งในสามของปริมาตรทั้งหมดของระบบมวลชีวภาพ VSS ≥ 20 กิโลกรัม/ม³ Surface Loading Rate 0.2 - 0.5 ม³/ม². ชั่วโมง สำหรับค่า pH ของน้ำชะมูลฝอยพบว่า ถ้าหากมีค่ามากกว่า 5.0 ก็ไม่มีความจำเป็นต้องปรับค่าแต่อย่างใด และการใช้ค่าปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่มีในก๊าซชีวภาพ เพื่อเป็นดัชนีเตือนในเบื้องต้นว่าขบวนการจะล้มเหลวก็มีขีดจำกัด แต่การใช้ค่าอัตราส่วน CO₂/CH₄ เพื่อเป็นตัวแปรในการควบคุมการทำงานของระบบจะดีกว่า

Jame, C.Y. and Perry, L.M., 1967 ได้ศึกษาการทำงานของถังกรองชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Filter) โดยใช้ถังจำลองในห้องปฏิบัติการด้วยการให้น้ำเสียไหลเข้าทางด้านล่างแล้วกระจายผ่านตัวกลางภายในถังกรอง ซึ่งเป็นหินขนาด 1-1.5 นิ้ว โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ประเภทที่ประกอบด้วยโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต กับประเภทที่ประกอบด้วยกรดระเหยง่าย พบว่า ถังกรองชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนสามารถบำบัดน้ำเสียที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ซึ่งอยู่ในรูปสารละลาย และมีความเจือจางได้ดี โดยไม่จำเป็นต้องมีการหมุนเวียนตะกอน

กลับเข้าสู่ระบบและมีการตกตะกอนเกิดขึ้นในปริมาณค่อนข้างน้อย นอกจากนี้การที่ต้องใช้ระยะเวลาที่กักเก็บตะกอนในระบบเป็นเวลานาน และมีตะกอนเกิดขึ้นในปริมาณค่อนข้างน้อย ทำให้ถังกรองสามารถใช้งานได้นานโดยไม่ต้องมีการกำจัดตะกอนจึงเป็นการประหยัดพลังงานและงบประมาณได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ของแข็งชีวภาพที่มีความเข้มข้นสูงที่เกิดขึ้นในถังกรองสามารถบำบัดน้ำเสียประเภทโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต ซึ่งอยู่ในรูปสารละลายได้ดี โดยประสิทธิภาพการบำบัดไม่ได้ลดลง แม้ว่าถังกรองจะทำงานอย่างต่อเนื่อง ยาวนานกว่า 1 ปี ก็ตาม และการเพิ่มภาระบรรทุกของน้ำเสียเป็น 2 เท่าอย่างรวดเร็ว หรือการเกิด Shock loads ถ้าหากเกิดในระยะเวลาสั้น ๆ คุณภาพน้ำที่ออกจากถังกรอง มีการเปลี่ยนแปลงไปมากนัก แสดงให้เห็นว่าถังกรองสามารถป้องกัน Shock loads ได้ดีอีกทั้งเมื่อใช้บำบัดน้ำเสียประเภทที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว หรือไม่ต่อเนื่อง ถ้าหากในการกรอง ยังมีของแข็งชีวภาพที่มีจุลินทรีย์อยู่ ก็สามารถบำบัดน้ำเสียได้อีกอย่างมีประสิทธิภาพหรือสามารถ Start-up ครั้งต่อไปได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามถังกรองชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนนี้ สามารถใช้บำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพดี กับน้ำเสียเพียงบางชนิดเท่านั้น และน้ำเสียที่เหมาะสมที่สุดในการใช้งานคือ น้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ซึ่งอยู่ในรูปสารละลาย และการที่ถังกรองมีอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ประเภทไม่ใช้ออกซิเจนที่เกิดขึ้นได้อย่างช้า ๆ เมื่อน้ำเสียมีค่าความเข้มข้นของ ซีโอดี ต่ำ ๆ จะเป็นข้อจำกัดของถังกรองในการใช้เพื่อการบำบัดน้ำเสียที่มีค่าความเข้มข้นต่ำมาก ๆ เช่น น้ำเสียชุมชน ดังนั้นเมื่อมีการนำถังกรองในลักษณะเดียวกันนี้ไปใช้ ในการบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 2 โดยใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่ออกมาจากระบบสัมผัสแบบไม่ใช้ออกซิเจน พบว่าสามารถบำบัดพวกของแข็งได้ดี แต่ลดค่าบีโอดี ได้น้อยมาก และถึงแม้ว่า ถังกรองชีวภาพจะใช้บำบัดน้ำเสียความเข้มข้นต่ำที่มีค่าภาระบรรทุกต่ำ ๆ ได้ดี การใช้งานจะมีประสิทธิภาพดีที่สุดก็ต่อเมื่อน้ำเสียมีค่าความเข้มข้นของค่า ซีโอดี ตั้งแต่ 1,000 มก/ล ขึ้นไป ดังนั้นการหมุนเวียนน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับเข้าสู่ระบบใหม่อีกครั้งจะไม่ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดของถังกรองดีขึ้น แต่จะช่วยให้การกระจายมวลชีวภาพที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดให้มีค่าคงที่ และยังช่วยลดค่ากรดระเหยง่ายที่เกิดขึ้นในกรณีน้ำเสียมีค่าความเข้มข้นสูง ๆ สำหรับการออกแบบถังกรองเพื่อนำไปใช้งานในทางปฏิบัติจริงให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ไม่สามารถทำได้อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการทดลองครั้งนี้เท่านั้น เนื่องจากไม่ทราบว่าคุณสมบัติของการบำบัดจะมีการเปลี่ยนแปลงมากนักเพียงใด เพราะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหินที่ใช้เป็นตัวกลางภายในถังกรอง มีความเปลี่ยนแปลงได้มาก อย่างไรก็ตาม เป็นไปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาตรช่องว่างของถังกรองในกรณีที่มีการออกแบบให้เหมาะสม สามารถเพิ่มค่าภาระบรรทุกมากขึ้นเป็นสองเท่า โดยไม่มีการสูญเสียประสิทธิภาพการบำบัดแต่อย่างใด

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีในการวิจัยเพื่อศึกษาผลของความสูงและชนิดของชั้นระบายน้ำในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย ดำเนินการโดยใช้ถังจำลองที่สร้างขึ้นภายในอาคารของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยมีรายละเอียดและวิธีการทดลอง ดังนี้

3.1 ถังจำลอง

ถังจำลองที่ใช้ในการศึกษาทำด้วยท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร โดยออกแบบให้มีลักษณะเป็นการฝังกลบมูลฝอยแบบไร้ออกซิเจน มีความสูง 3.00 เมตร 2 ถึง 3.30 เมตร 2 ถึง และ 3.60 เมตร 2 ถึง ตามลำดับ จำนวนรวม 6 ถึง ด้านล่างของทุกถังรองด้วยกรวดขนาดโตประมาณ 5 เซนติเมตร หนา 5 เซนติเมตร (รูปที่ 3.1) ด้านบนของกรวดเป็นชั้นระบายน้ำที่ความหนาต่าง ๆ กัน ชั้นระบายน้ำดังกล่าวใช้วัสดุสองชนิดที่แตกต่างกัน คือทรายหยาบที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วไปและกรวดแม่น้ำ (รูปที่ 3.2) ด้านบนของถังจำลองได้ทำการบรรจุชั้นมูลฝอยสูง 2.00 เมตร เท่ากันทุกถัง ซึ่งถังจำลองนี้เมื่อบรรจุมูลฝอยแล้วมีพื้นที่ด้านบนของมูลฝอยเหลือ 40 เซนติเมตร เพื่อใช้สำหรับนำดินมาทับหน้ามูลฝอยหนา 20 เซนติเมตร และมีช่องว่างเหลือจริง 20 เซนติเมตรอยู่ด้านบนสุด โดยมีฝาเป็นแผ่นพีวีซีปิดถังจำลองด้านบนสุดไว้เพื่อป้องกันอากาศไม่ให้เข้าสู่ถังจำลอง พร้อมต่อท่อเพื่อใช้สำหรับเติมน้ำฝนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางครึ่งนิ้ว ซึ่งท่อเติมน้ำฝนนี้ได้ออกแบบเป็นรูปตัวยู (U) เพื่อป้องกันอากาศจากภายนอกแทรกตัวเข้ามาและมีที่ระบายแก๊สที่มีปลายอีกข้างหนึ่งจุ่มในน้ำเพื่อป้องกันอากาศจากภายนอกแทรกตัวเข้าไปในถังจำลอง ในขณะที่ตัวมูลฝอยซึ่งบรรจุไว้มีแผ่นพีวีซีซึ่งเจาะรูพรุนรองรับอยู่ด้านล่างเพื่อให้ น้ำชะมูลฝอยไหลผ่าน (รูปที่ 3.3) บริเวณส่วนกลางของถังจำลองซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ติดจากด้านล่างของมูลฝอยมีการวางพลาสติกใช้สำหรับรวบรวม น้ำชะมูลฝอยเพื่อนำน้ำชะมูลฝอยออกมาทำการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ โดยในส่วนนี้ออกแบบให้มีลักษณะเป็นกระบอกเล็ก ๆ ซึ่งสามารถรวบรวม น้ำชะมูลฝอยได้ประมาณ 20 ลบ.ซม. ทำให้น้ำชะมูลฝอยเมื่อเต็มกระบอกเก็บน้ำตัวอย่างสามารถไหลล้นลงไปสู่ชั้นระบายน้ำได้ น้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วจึงไหลลงด้านล่างซึ่งมีท่อเก็บรวบรวม น้ำชะมูลฝอยดังกล่าวใส่ภาชนะไปทำการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติต่อไป (รูปที่ 3.4) ซึ่งในส่วนของการเก็บรวบรวม น้ำชะมูลฝอยด้านล่างนี้ได้ออกแบบให้มีลักษณะเป็นรูปตัวยู (U) เพื่อป้องกันอากาศจากภายนอกแทรกตัวเข้าภายในถังจำลองก่อนนำน้ำชะมูลฝอยไปวิเคราะห์ลักษณะสมบัติต่อไป รายละเอียดของถังจำลองได้แสดงในรูปที่ 3.5 และ 3.6



รูปที่ 3.1 กรวดรองกันถึงจำลอง



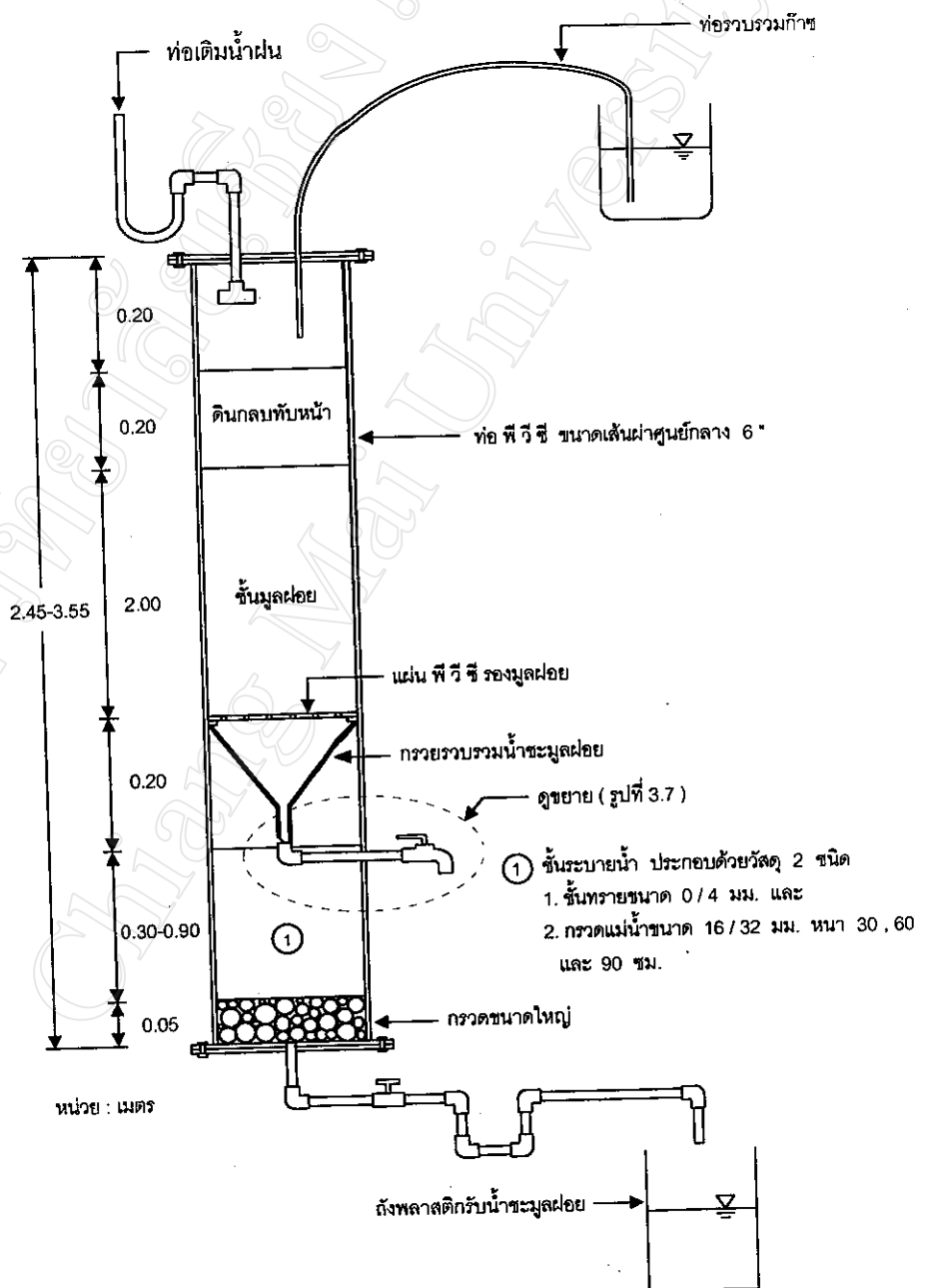
รูปที่ 3.2 ททรายและกรวดที่นำมาทดลองเป็นชั้นระบายน้ำ



รูปที่ 3.3 แผ่นพีวีซี ใช้รองมูลฝอย



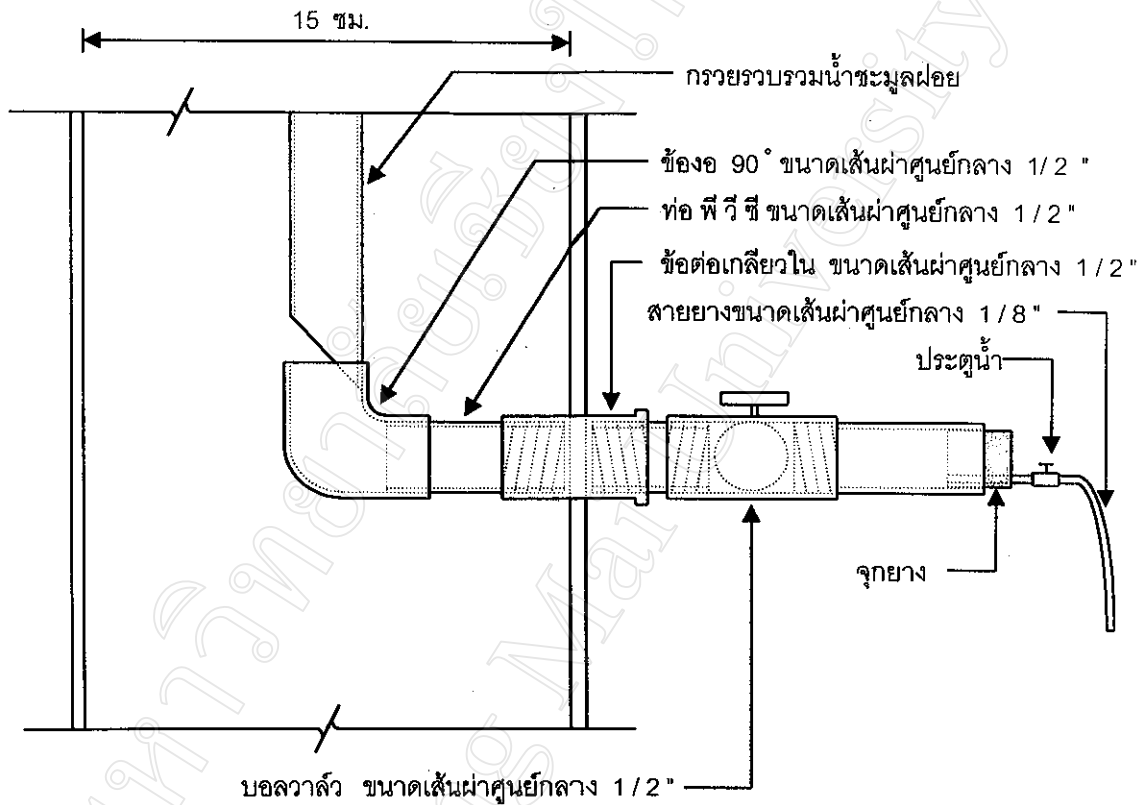
รูปที่ 3.4 ท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอยและภาชนะรองรับ



รูปที่ 3.5 รายละเอียดถังจำลองที่ใช้ในการศึกษา



รูปที่ 3.6 ถังจำลองที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.7 กระบอกเก็บน้ำชะมูลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ

ในการดำเนินงานทดลอง ถึงจำลองไปที่ 1, 2 และ 3 ถูกบรรจุด้วยทรายเป็นชั้นระบายน้ำ มีความสูง 30, 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ถึงจำลองไปที่ 4, 5 และ 6 ถูกบรรจุด้วยกรวดเป็นชั้นระบายน้ำ มีความสูง 30, 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังแสดงใน ตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของการทดลอง

ถังจำลองใบที่	วัสดุชั้นระบายน้ำ	ความสูงของชั้นระบายน้ำ (เซนติเมตร)	สัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยในการดำเนินการศึกษา	
			ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ	ผ่านชั้นระบายน้ำ
1 (S30)	ทราย	30	S30B	S30A
2 (S60)	ทราย	60	S60B	S60A
3 (S90)	ทราย	90	S90B	S90A
4 (G30)	กรวด	30	G30B	G30A
5 (G60)	กรวด	60	G60B	G60A
6 (G90)	กรวด	90	G90B	G90A

หมายเหตุ S : ทราย

G : กรวด

B : ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ

A : หลังผ่านชั้นระบายน้ำ

30 : ความสูงของชั้นระบายน้ำ 30 ซม.

60 : ความสูงของชั้นระบายน้ำ 60 ซม.

90 : ความสูงของชั้นระบายน้ำ 90 ซม.

3.2 วัสดุชั้นระบายน้ำบริเวณพื้นหลุมฝังกลบมูลฝอย

ในการทดลองครั้งนี้ วัสดุในชั้นระบายน้ำที่นำมาศึกษาเพื่อเปรียบเทียบถึงลักษณะของน้ำชะมูลฝอยมี 2 ชนิด คือ ทรายหยาบและกรวด (รูปที่ 3.2) โดยทรายหยาบที่ใช้เป็นทรายน้ำจืด ได้จากแม่น้ำลำคลองหรือบ่อทราย ที่ใช้สำหรับงานก่อสร้างทั่วไปมีขนาด 0/4 มิลลิเมตร ส่วนกรวดที่นำมาทำการทดลองใช้กรวดน้ำจืดเช่นกัน มีขนาด 16/32 มิลลิเมตร โดยนำวัสดุทั้งสองชนิดไปร่อนด้วยตะแกรงเพื่อแยกขนาดกรวดและทรายที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ให้ได้ตามขนาดก่อนนำมาทำความสะอาดโดยการล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วทิ้งไว้ให้แห้งก่อนนำมาใช้งาน ซึ่งในการทดลองได้ใช้ทรายและกรวดเป็นชั้นระบายน้ำ มีความสูงแตกต่างกัน คือ 30, 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับขั้นตอนการบรรจุวัสดุที่ใช้เป็นชั้นระบายน้ำนี้ได้ทำการวัดหาค่า Void Ratio ของวัสดุทั้งสองด้วย ซึ่งการหาค่า Void Ratio ทำโดยวิธีการแทนที่น้ำ กล่าวคือเติมน้ำลงในถังจำลองจนมีปริมาตรเท่ากับวัสดุที่เป็นชั้นระบายน้ำ แล้วจึงบรรจุวัสดุที่เป็นชั้นระบายน้ำลงไป โดยบรรจุให้มีความสม่ำเสมอตลอดพื้นที่หน้าตัดและเติมตามปริมาตรที่ต้องการ และจากการวัดหาค่า Void Ratio

โดยการแทนที่น้ำได้ค่า Void Ratio ของชั้นทราย สูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร มีค่าร้อยละ 40.01, 40.22 และ 40.39 ตามลำดับ ส่วนค่า Void Ratio ของชั้นกรวดซึ่งมีความสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตรมีค่าร้อยละ 45.75, 45.15 และ 45.42 ตามลำดับ

3.3 มวลฝอยที่นำมาใช้ในการศึกษา

มวลฝอยที่นำมาใช้เพื่อทำการทดลองเป็นมวลฝอยสังเคราะห์ ซึ่งจัดทำขึ้นจากการผสมวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของมวลฝอย ตามลักษณะมวลฝอยของเทศบาลนครเชียงใหม่ที่ได้จากการศึกษาของวรารักษ์ลักษณ์ ช่อนกลิ่น, 2541 โดยในการศึกษาได้ทำการบดวัสดุเหล่านั้นให้มีขนาดเล็กลง แล้วนำมาผสมกันตามอัตราส่วนโดยน้ำหนักขององค์ประกอบของมวลฝอยชุมชนเทศบาลนครเชียงใหม่ เพื่อให้ลักษณะสมบัติของมวลฝอยในถังจำลองทุกถังมีลักษณะเหมือนกัน ซึ่งมีอัตราส่วน ดังแสดงในตารางที่ 3.2 อันเป็นอัตราส่วนองค์ประกอบมวลฝอยโดยน้ำหนักแห้ง แต่ในการเตรียมวัสดุที่ผสมเป็นมวลฝอยสังเคราะห์ ใช้องค์ประกอบที่เป็นน้ำหนักเปียก จึงต้องมีการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนน้ำหนักของมวลฝอยให้เป็นน้ำหนักเปียกก่อนโดยคำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$a_{wi} \times [1 - (m_i/100)] = a_{di} \times [1 - (w/100)] \quad (3.1)$$

เมื่อ

a_{wi} คือ วัสดุ i ที่เป็นองค์ประกอบของมวลฝอยโดยน้ำหนักเปียก, (ร้อยละ)

a_{di} คือ วัสดุ i ที่เป็นองค์ประกอบของมวลฝอยโดยน้ำหนักแห้ง, (ร้อยละ)

m_i คือ ความชื้นของวัสดุ i

w คือ ความชื้นของมวลฝอยทั้งหมด

จากสมการที่ 3.1 หากค่าองค์ประกอบของมวลฝอยโดยน้ำหนักเปียกได้ต้องทราบค่าของความชื้นขององค์ประกอบของวัสดุแต่ละชนิดด้วย เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ ดังนี้

$$W = \sum_{i=1}^n a_{wi} \times m_i / 100 \quad (3.2)$$

สำหรับความชื้นของวัสดุแต่ละชนิด ได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างวัสดุแต่ละชนิดในปริมาณพอสมควรไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 วัน ซึ่งได้ค่าความชื้นของวัสดุแต่ละชนิด ตามตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนองค์ประกอบของมูลฝอยโดยน้ำหนักแห้ง

องค์ประกอบทางกายภาพ	ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง
เศษแก้ว	11.22
กระดาษ	18.80
พลาสติก	12.87
เศษใบไม้-ใบหญ้า	10.45
เศษไม้	0.83
เศษอาหาร	27.96
หิน และเซรามิค	3.90
กระดุกและเปลือกหอย	2.17
โลหะ	2.61
เศษผ้า	1.31
หนังและยาง	1.58
องค์ประกอบอื่น ๆ	6.30
ลักษณะสมบัติอื่น ๆ	
ความชื้น	52.20 โดยน้ำหนักเปียก

ที่มา : วารงลักษณ์ ช่อนกลิ่น, 2541

ตารางที่ 3.3 ความชื้นขององค์ประกอบของมูลฝอย

องค์ประกอบทางกายภาพ	ร้อยละของความชื้น
เศษแก้ว	0.07
กระดาษ	8.88
พลาสติก	0.29
เศษใบไม้-ใบหญ้า	38.78
เศษไม้	8.40
เศษอาหาร	75.60
หิน และเซรามิค	0.07
กระดุกและเปลือกหอย	1.90
โลหะ	0.06
เศษผ้า	0.42
หนังและยาง	0.61
องค์ประกอบอื่น ๆ	5.23

เมื่อหาค่าความชื้นของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบมูลฝอยทุกชนิดได้แล้ว จะสามารถหาค่าองค์ประกอบของมูลฝอยโดยน้ำหนักเปียกได้ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 องค์ประกอบของมูลฝอยโดยน้ำหนักเปียก

องค์ประกอบทางกายภาพ	ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก
เศษแก้ว	5.74
กระดาษ	10.55
พลาสติก	6.60
เศษใบไม้-ใบหญ้า	8.73
เศษไม้	0.46
เศษอาหาร	58.58
หิน และเซรามิค	1.99
กระดุกและเปลือกหอย	1.13
โลหะ	1.34
เศษผ้า	0.67
หนังและยาง	0.81
องค์ประกอบอื่น ๆ	3.40

3.4 การบรรจุมูลฝอยลงในถังจาลอง

ปกติมูลฝอยในบริเวณที่ฝังกลบ จะมีความหนาแน่นประมาณ 600-800 กก./ลบ.ม. (Tchobanoglous, G. et al, 1993) ซึ่งในการทดลองครั้งนี้เลือกใช้ความหนาแน่นของการบรรจุที่ 600 กก./ลบ.ม. และเพื่อให้สามารถบรรจุมูลฝอยมีความหนาแน่นใกล้เคียงกันทุก ๆ ระดับชั้นของความสูง จึงดำเนินการบรรจุมูลฝอยครั้งละ 25 เซนติเมตร โดยผสมมูลฝอยตามตารางที่ 3.5

จากข้อมูลเบื้องต้นของมูลฝอยเมื่อพิจารณาแล้วพบว่า มูลฝอยเมื่อนำมาผสมกันแล้วมีความชื้นรวมร้อยละ 48.88 ซึ่งยังน้อยกว่าลักษณะมูลฝอยของเทศบาลนครเชียงใหม่ที่ใช้เป็นต้นแบบซึ่งมีค่าร้อยละ 52.50 โดยน้ำหนักเปียก ดังนั้น เพื่อให้ได้ความชื้นตามต้องการจึงได้มีการเติมน้ำในองค์ประกอบของมูลฝอยสังเคราะห์ก่อนทำการบรรจุ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.3 คือ

$$\text{ความชื้น (\%)} = 100 (a - b) / a \quad (3.3)$$

เมื่อ a คือ น้ำหนักเปียกของตัวอย่าง, กก.

b คือ น้ำหนักแห้งของตัวอย่าง, กก.

ซึ่งจากสมการที่ (3.3) ในการบรรจุมูลฝอยแต่ละครั้งจึงได้ผสมน้ำลงไปอีก 2.89 ลิตร ทำให้มูลฝอยมีความชื้น ร้อยละ 52.50 ตามต้องการ

ตารางที่ 3.5 อัตราส่วนของมูลฝอยในการบรรจุ 1 ครั้ง เพื่อให้ได้ชั้นของมูลฝอยหนา 25 เซนติเมตร มีความหนาแน่น 600 กก./ลบ.ม.

องค์ประกอบทางกายภาพ	อัตราส่วนโดยน้ำหนักเปียก (กก.)
เศษแก้ว	0.15
กระดาษ	0.28
พลาสติก	0.17
เศษใบไม้-ใบหญ้า	0.23
เศษไม้	0.01
เศษอาหาร	1.55
หิน และเซรามิค	0.05
กระดุกและเปลือกหอย	0.03
โลหะ	0.04
เศษผ้า	0.02
หนังและยาง	0.03
องค์ประกอบอื่น ๆ	0.09
รวม	2.65

3.5 ปริมาณน้ำฝนที่ซึมผ่านเข้าสู่พื้นที่ฝังกลบ

เนื่องจากปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้น มาจากความชื้นภายในมูลฝอยเอง ความชื้นที่เกิดจากปฏิกิริยาการย่อยสลาย และอีกส่วนหนึ่งเกิดมาจากน้ำฝนที่ไหลผ่านชั้นมูลฝอย ในการศึกษาค้นคว้านี้ได้ทำการทดลองโดยการจำลองการฝังกลบแบบไร้ออกซิเจนซึ่งเป็นถังปิด จึงมีการเติมน้ำฝนลงบริเวณด้านบนของถังจำลอง โดยน้ำที่เติมในแต่ละวันจะมีปริมาณเท่ากับร้อยละ 50 ของปริมาณน้ำฝนจริงในแต่ละวันของค่าปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2538 ซึ่งเป็นปีที่มีค่าปริมาณน้ำฝนค่อนข้างสม่ำเสมอ (ตารางที่ 3.6) สำหรับการเติมน้ำเท่ากับร้อยละ 50 ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อวัน เนื่องจากในบริเวณพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย มูลฝอยถูกบดอัดก่อนทำการฝังกลบ และเมื่อฝังกลบโดยการปิดทับด้วยดิน พื้นผิวของชั้นฝังกลบมีความลาดเอียงที่เหมาะสมประมาณร้อยละ 3-5 (Tchobanoglous, G. et al., 1993) และจากสัมประสิทธิ์การไหลนอง

ของพื้นที่ผิวแบบต่าง ๆ (ตารางที่ 3.7) สามารถคำนวณได้ว่ามีน้ำซึมลงสู่มูลฝอยได้ประมาณร้อยละ 78-82 และจากข้อมูลการระเหยของน้ำจากพื้นที่ผิวกวบที่ได้จากการทดลองโดย CMU and JICA (1992) มีค่าประมาณร้อยละ 28 ของน้ำฝนที่ตก ดังนั้น จึงมีปริมาณน้ำฝนที่สามารถซึมลงสู่พื้นที่ภายในบริเวณที่ผิวกวบมูลฝอยจริงประมาณร้อยละ 50 เท่านั้น นอกจากนี้ดินสนามทั่วไปซึ่งไม่มีการปรับแต่ง หากมีการปรับแต่งเพื่อให้น้ำฝนซึมลงได้เพียงร้อยละ 50 ในทางปฏิบัติจริง ๆ ก็สามารถทำได้เพื่อให้ตรงตามแผนการทดลองในครั้งนี้ สำหรับการเติมน้ำลงสู่ถังจำลองได้ใช้น้ำฝนจริง โดยในช่วงที่ไม่มีน้ำฝนได้ใช้น้ำฝนสำรองที่เก็บไว้

ตารางที่ 3.6 ปริมาณน้ำฝนในแต่ละเดือน ในปี พ.ศ. 2538

เดือน	ปริมาณน้ำฝนรวม(มิลลิเมตร)	จำนวนวันที่มีฝนตก
มกราคม	0.0	-
กุมภาพันธ์	0.0	-
มีนาคม	5.4	1
เมษายน	37.9	6
พฤษภาคม	128.4	15
มิถุนายน	132.2	15
กรกฎาคม	239.6	18
สิงหาคม	335.9	25
กันยายน	143.7	19
ตุลาคม	78.4	9
พฤศจิกายน	33.9	6
ธันวาคม	0.0	-

ที่มา : ฝ่ายแผนที่อากาศและบันทึกข้อมูลอุตุนิยมวิทยา
ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่
กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงคมนาคม

ตารางที่ 3.7 สัมประสิทธิ์การไหลนองของพื้นที่ผิวแบบต่าง ๆ

ลักษณะพื้นที่ผิว	สัมประสิทธิ์ของการไหลนอง
สนาม, ดินทราย	
เรียบ-ลาด 2%	0.05-0.10
ลาด 2-7%	0.10-0.15
ชัน, ลาด 7% ขึ้นไป	0.15-0.20
สนาม, ดินแน่น	
เรียบ-ลาด 2%	0.13-0.18
ลาด 2-7%	0.18-0.22
ชัน, ลาด 7% ขึ้นไป	0.22-0.26

ที่มา : ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2534)

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการจำลองการฝังกลบมูลฝอยในช่วงที่มีฝนตก โดยในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่มีฝนตกในช่วงเดือนเมษายน-ตุลาคม ในพื้นที่ได้เลือกใช้ในปี พ.ศ. 2538 ซึ่งเป็นปีที่มีปริมาณน้ำฝนค่อนข้างสม่ำเสมอที่สุดในช่วงคาบ 10 ปี โดยข้อมูลปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2538 ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก สำหรับปริมาณน้ำฝนที่เติมลงในถังจำลองในแต่ละวันได้คำนวณจากสมการที่ 3.4

$$P = \frac{0.05\pi D^2 R}{4} \quad (3.4)$$

เมื่อ P = ปริมาณน้ำฝนที่เติมลงถังจำลอง , ลูกบาศก์เซนติเมตร/วัน

R = ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จริงในแต่ละวัน , มิลลิเมตร/วัน

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของถังจำลอง , เซนติเมตร

3.6 รายละเอียดของการเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ทำการเก็บและวิเคราะห์คือน้ำชะมูลฝอย โดยทำการวัดปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทุกวัน และทำการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติดังนี้ คือ pH สภาพความนำไฟฟ้า ความเป็นด่างรวม กรดระเหยง่ายทั้งหมด COD BOD แอมโมเนียไนโตรเจน สาร

อินทรีย์ในโตรเจน ความถี่ในการวิเคราะห์คือ pH และสภาพความนำไฟฟ้า ทำการวิเคราะห์ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ความเป็นต่างรวม กรดระเหยง่ายทั้งหมด และ COD สัปดาห์ละ 2 ครั้ง BOD แอมโมเนียในโตรเจน และสารอินทรีย์ในโตรเจน ทำการวิเคราะห์ 2 สัปดาห์ต่อ 1 ครั้ง ส่วน Molecular Weight Distribution ทำการวิเคราะห์ 2 เดือนต่อ 1 ครั้ง รายละเอียดตามตาราง ที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำชะมูลฝอย

ลักษณะสมบัติ	วิธีการวิเคราะห์	อ้างอิง	วิธีการเก็บรักษา
pH	pH Meter ยี่ห้อ HORIBA รุ่น D-14E		วัดทันที
สภาพความนำไฟฟ้า	Conductivity Meter ยี่ห้อ SCHOTT รุ่น CG-857		วัดทันที
ความเป็นต่างรวม	Acid Titration	APHA, AWWA and WPCF (1995)	เก็บรักษาในห้องเย็น 4° C.
กรดระเหยง่ายทั้งหมด	Direct Titration	"	"
COD	Dicromate Reflux	"	"
BOD	Dilution Method	"	"
NH ₃ -N	Distillation and Acid Titration	"	"
Org-N	Kjeldahl	"	"
Molecular Weight - Distribution	Gel Filtration chromatography โดยใช้ Sephadex G-75 และ Sephadex G-150		"

สำหรับการหาค่า Molecular Weight Distribution ด้วยวิธี Gel Filtration Chromatography โดยใช้ Sephadex G-75 และ Sephadex G-150 มีรายละเอียดดังนี้ คือ

ก. Sephadex G-75 ใช้คอลัมน์แก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ความยาวคอลัมน์ 1.0 เมตร บรรจุ Gel Sephadex G-75 สูง 0.80 เมตร และให้มีระดับน้ำเหนือผิว Gel ด้าน

บน 0.10 เมตร อย่างสม่ำเสมอ ใช้ปริมาณน้ำตัวอย่างในการทดลองครั้งละ 2 ลบ.ซม. ทำการ elute ด้วยน้ำกลั่นในอัตรา 2 ลบ.ซม./นาที ใช้วิธีเก็บน้ำตัวอย่างที่ไหลออกทางด้านล่างของคอลัมน์โดยอาศัยเครื่อง Fraction Collector โดยทำการเก็บน้ำตัวอย่าง 6 ลบ.ซม./Fraction จำนวนไม่น้อยกว่า 120 Fraction ต่อตัวอย่าง 1 ตัวอย่าง โดยได้ทำการทดสอบปริมาตรรวมของการเก็บตัวอย่างเพื่อให้ครอบคลุมช่วงที่ Gel สามารถแยกได้ด้วย Blue dextran และ Bromophenol blue และทำการวัดความยาวคลื่นแสงของแต่ละ Fraction ที่ความยาวคลื่นแสง 220, 254 และ 280 นาโนเมตร

ข. Sephadex G-150 ใช้คอลัมน์แก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ความยาวของคอลัมน์ 0.50 เมตร บรรจุ Gel Sephadex G-150 สูง 0.30 เมตร และให้มีระดับน้ำเหนือผิว Gel ด้านบน 0.10 เมตร อย่างสม่ำเสมอ ใช้ปริมาณน้ำตัวอย่างในการทดลองครั้งละ 1 ลบ.ซม. โดยปล่อยให้มีความสูงไหลออกจากคอลัมน์ในอัตรา 1 ลบ.ซม./นาที ใช้วิธีเก็บน้ำตัวอย่างที่ไหลออกทางด้านล่างของคอลัมน์โดยอาศัยเครื่อง Fraction Collector โดยทำการเก็บน้ำตัวอย่าง 4 ลบ.ซม./Fraction จำนวนไม่น้อยกว่า 60 Fraction ต่อตัวอย่าง 1 ตัวอย่าง โดยได้ทำการทดสอบปริมาตรรวมของการเก็บตัวอย่างเพื่อให้ครอบคลุมช่วงที่ Gel สามารถแยกได้ด้วย Blue dextran และ Bromophenol blue และทำการวัดความยาวคลื่นแสงของแต่ละน้ำตัวอย่างที่ความยาวคลื่นแสง 220, 254 และ 280 นาโนเมตร

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

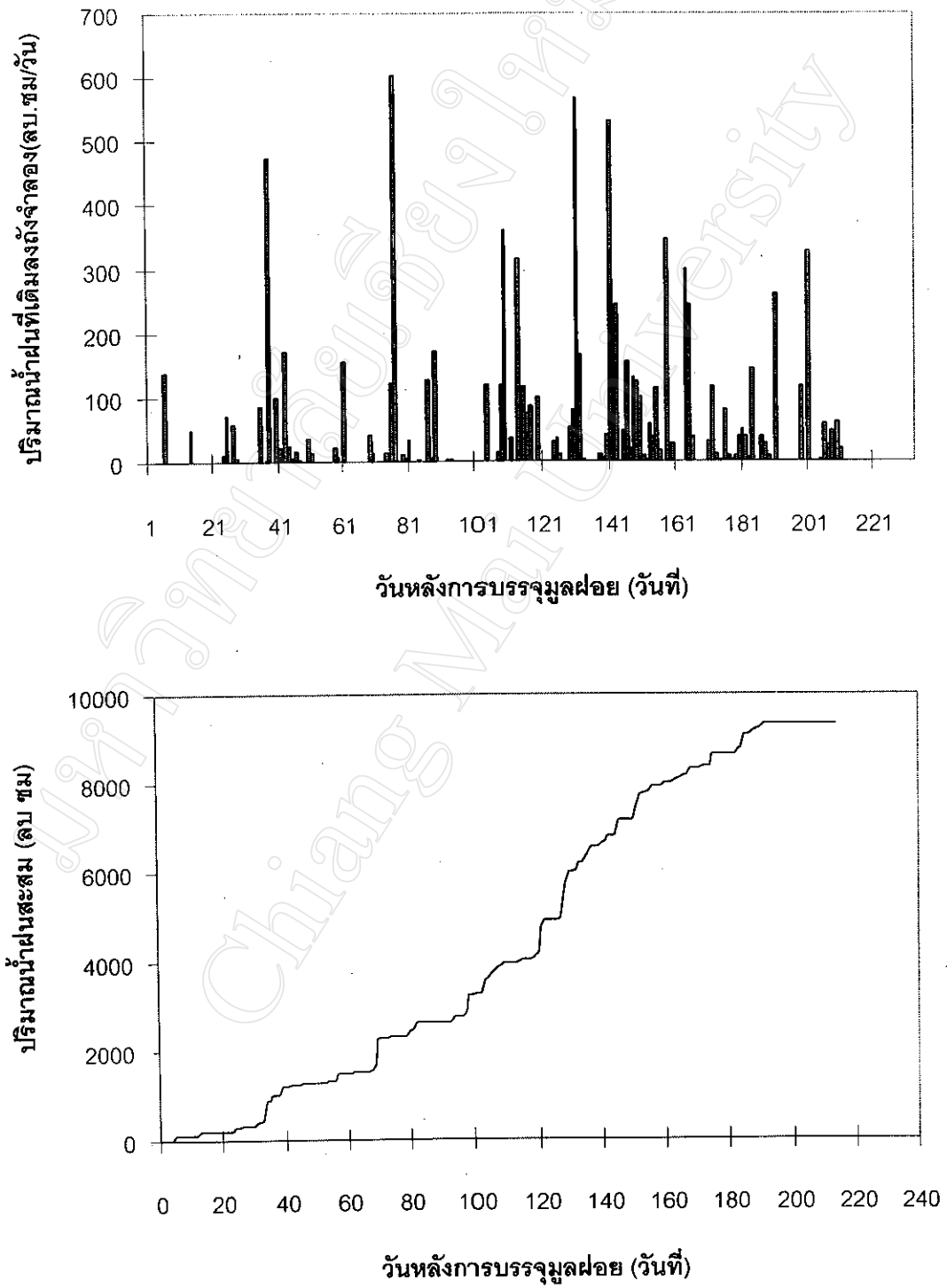
หลังจากได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงผลของความสูง และชนิดของชั้นระบายน้ำในพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยที่มีต่อลักษณะน้ำชะมูลฝอยเป็นระยะเวลา 7 เดือน ได้ผลการทดลองดังรายละเอียดต่อไปนี้ คือ

4.1 ปริมาณน้ำฝน

ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลองได้มีการเติมน้ำฝนลงในถังจำลองร้อยละ 50 ของปริมาณน้ำฝนที่ตกจริงในแต่ละวันตามข้อมูลปริมาณน้ำฝนในปี 2538 โดยปริมาณน้ำฝนที่ถูกจำลองได้เริ่มใช้ข้อมูลในช่วงระหว่างวันที่ 1 เมษายน - 1 พฤศจิกายน 2538 ดังแสดงข้อมูลในภาคผนวก ก และตารางที่ 4.1 โดยปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละวัน และปริมาณน้ำฝนสะสมพบว่า มีฝนตกตั้งแต่วันที่ 6 ของการทดลองไปจนถึงวันที่ 192 ของการทดลอง และเดือนแรกกับเดือนที่ 7 มีจำนวนวันฝนตกค่อนข้างน้อย กล่าวคือมีฝนตกเพียง 6 กับ 8 วัน ตามลำดับ ส่วนเดือนที่ 2-6 มีวันฝนตก 19-24 วัน โดยเดือนที่ 5 มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด สำหรับปริมาณน้ำที่เติมลงถังจำลองแต่ละถังมีปริมาณอยู่ในช่วง 1.77-604.3 ลบ.ซม. หรือเทียบเท่าปริมาณน้ำฝน 0.1-68.4 มม. ปริมาณน้ำที่เติมลงในถังจำลองแต่ละถังมีปริมาณรวม 9.33 ลิตร สำหรับปริมาณน้ำฝนจริงที่เติมลงในถังจำลอง และปริมาณน้ำฝนสะสมตลอดการทดลองได้แสดงในรูปที่ 4.1

4.2 ปริมาณน้ำชะมูลฝอย

การเกิดน้ำชะมูลฝอยในถังจำลองทั้ง 6 ถัง ได้แสดงในภาคผนวก ก และตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำชะมูลฝอยมีค่าสูงสุดในวันแรกของการทดลอง คือมีน้ำชะมูลฝอยเกิดขึ้น 7.52-13.95 ลิตร./วัน และค่อย ๆ ลดปริมาณลงตลอดเดือนแรกของการทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยการเกิดปริมาณน้ำชะมูลฝอยในเดือนแรก 111-134 ลบ.ซม./วัน หลังจากนั้นในเดือนที่ 2-4 มีค่าปริมาณน้ำชะมูลฝอยอยู่ระหว่าง 0-180 ลบ.ซม./วัน โดยมีค่าเฉลี่ยการเกิดปริมาณน้ำชะมูลฝอย 32-65 ลบ.ซม./วัน และมีปริมาณเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 5 ซึ่งในช่วงกลางเดือนที่ 5 มีปริมาณค่อนข้างสูงอย่างเห็นได้ชัด หลังจากนั้นจึงลดลงเรื่อย ๆ ในช่วงปลายเดือนที่ 5 โดยมีค่าเฉลี่ยการเกิดน้ำชะมูลฝอยในเดือนที่ 5 อยู่ระหว่าง 83-85 ลบ.ซม./วัน หลังจากนั้นปริมาณลดน้อยลงจนวัดปริมาณไม่ได้ในปลายเดือนที่ 7 โดยมีค่าเฉลี่ยการเกิดปริมาณน้ำชะมูลฝอยในเดือนที่ 6-7 อยู่ระหว่าง 28-53 ลบ.ซม./วัน ซึ่งเมื่อพิจารณาร่วมกับปริมาณน้ำที่เติมลงในถังจำลองแล้วพบว่า ปริมาณน้ำที่เติมลงในถังจำลองมีผลต่อการเกิดน้ำชะมูลฝอยโดยตรง



รูปที่ 4.1 ปริมาณน้ำฝนในแต่ละวันและน้ำฝนสะสม

ตารางที่ 4.1 ปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำชะมูลฝอยในแต่ละเดือน

เดือน น้ำฝน และน้ำ ชะมูลฝอย	1 (ก.ค. 41)	2 (ส.ค. 41)	3 (ก.ย. 41)	4 (ต.ค. 41)	5 (พ.ย. 41)	6 (ธ.ค. 41)	7 (ม.ค. 42)
จำนวนวันที่ฝนตก	6	15	15	19	24	19	8
ปริมาณน้ำฝน Range, มม.	0.5-15.6	0.2-53.4	0.2-68.4	0.1-64.1	0.2-60.2	0.2-29.5	0.4-21
ปริมาณน้ำฝนที่ เติมลงถังจำลอง							
ลบ.ชม	334.86	1134.51	1168.07	2283.13	2801.60	1027.68	576.07
ปริมาณน้ำฝนสะสม, ลิตร	0.34	1.47	2.64	4.92	7.72	8.75	9.33
น้ำชะมูลฝอย ถังจำลองใบที่ 1 (S30)							
Range, ลบ.ชม	28-10440	13-84	1-142	17-179	51-259	22-95	0-126
P ₅₀ , ลบ.ชม	111	42	55	50	85	42	33
น้ำชะมูลฝอย ถังจำลองใบที่ 2 (S60)							
Range, ลบ.ชม	29-7518	0-88	11-152	19-128	38-206	15-146	0-80
P ₅₀ , ลบ.ชม	126	42	51	65	88	53	31
น้ำชะมูลฝอย ถังจำลองใบที่ 3 (S90)							
Range, ลบ.ชม	41-10597	19-72	16-158	17-104	51-203	28-107	0-100
P ₅₀ , ลบ.ชม	134	39	57	56	88	45	32
น้ำชะมูลฝอย ถังจำลองใบที่ 4 (G30)							
Range, ลบ.ชม	23-13697	2-637	18-176	12-162	43-382	15-103	0-113
P ₅₀ , ลบ.ชม	112	32	52	51	84	42	31
น้ำชะมูลฝอย ถังจำลองใบที่ 5 (G60)							
Range, ลบ.ชม	35-13963	16-101	21-185	11-189	53-263	28-185	0-96
P ₅₀ , ลบ.ชม	117	56	54	53	83	41	30
น้ำชะมูลฝอย ถังจำลองใบที่ 6 (G90)							
Range, ลบ.ชม	37-13558	0-132	0-184	13-164	50-280	27-104	0-102
P ₅₀ , ลบ.ชม	115	38	49	53	83	42	28

ยกเว้นในช่วงเดือนแรกซึ่งมีปริมาณน้ำฝนที่เติมลงในถังจำลองน้อย แต่มีปริมาณน้ำชะมูลฝอยเกิดขึ้นมาก น้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นมากในช่วงแรกนั้นเกิดมาจากน้ำที่ชะจากผิวของตัวมูลฝอยเองเมื่อมูลฝอยถูกอัดในช่วงการบรรจุ และน้ำที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของมูลฝอย ในขณะที่อีก 3 เดือนต่อจากนั้น คือ ในระหว่างเดือนที่ 2 ถึงเดือนที่ 4 มีปริมาณน้ำเติมลงสู่ถังจำลอง เดือนละ 15-19 วัน ในปริมาณระหว่าง 1.77-604.36 ลบ.ซม. เมื่อชั้นมูลฝอยรองรับปริมาณน้ำเกินความจุที่รับได้(Field Capacity)จึงจะออกจากชั้นมูลฝอย แต่ในเดือนที่ 5 มีจำนวนวันที่มีฝนตกรวม 24 วัน และมีปริมาณน้ำที่เติมลงในถังจำลองมาก กล่าวคือ มีค่าอยู่ในช่วง 1.77-531.91 ลบ.ซม. อย่างไรก็ตามเมื่อปริมาณน้ำที่เติมลงถึงถังจำลองจนมีปริมาณค่อนข้างน้อยในเดือนที่ 7 ปริมาณน้ำชะมูลฝอยก็ลดตามไปด้วยจนวัดปริมาณได้น้อยมากในช่วงตั้งแต่กลางเดือนที่ 7 เป็นต้นมา เนื่องจากการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในช่วงปลายเดือนที่ 7 และในเดือนที่ 8 มีปริมาณน้อยจนไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ลักษณะสมบัติได้ และตลอดการทดลองปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในแต่ละถังจำลองมีปริมาณไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นสารละลาย และความสามารถในการซึมผ่านชั้นมูลฝอยและชั้นระบายน้ำของน้ำชะมูลฝอย รวมทั้งค่า Field Capacity ของชั้นมูลฝอยเองด้วย

4.3 สมดุลของน้ำในระบบ

ในการทดลองครั้งนี้สมดุลของน้ำในระบบสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 4.1 คือ

$$\begin{aligned} & \text{ปริมาณน้ำในมูลฝอยเริ่มต้น} + \text{ปริมาณน้ำที่เติม} \\ & = \text{ปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้น} + \text{ปริมาณน้ำที่ค้างในชั้นมูลฝอย} \end{aligned} \quad (4.1)$$

เมื่อสิ้นสุดการทดลองในประมาณต้นเดือนที่ 8 ปรากฏว่าไม่มีน้ำชะมูลฝอยออกมาจากแบบจำลองหรือมีในปริมาณที่น้อยมาก สำหรับผลการทดลองปรากฏดังนี้ คือ

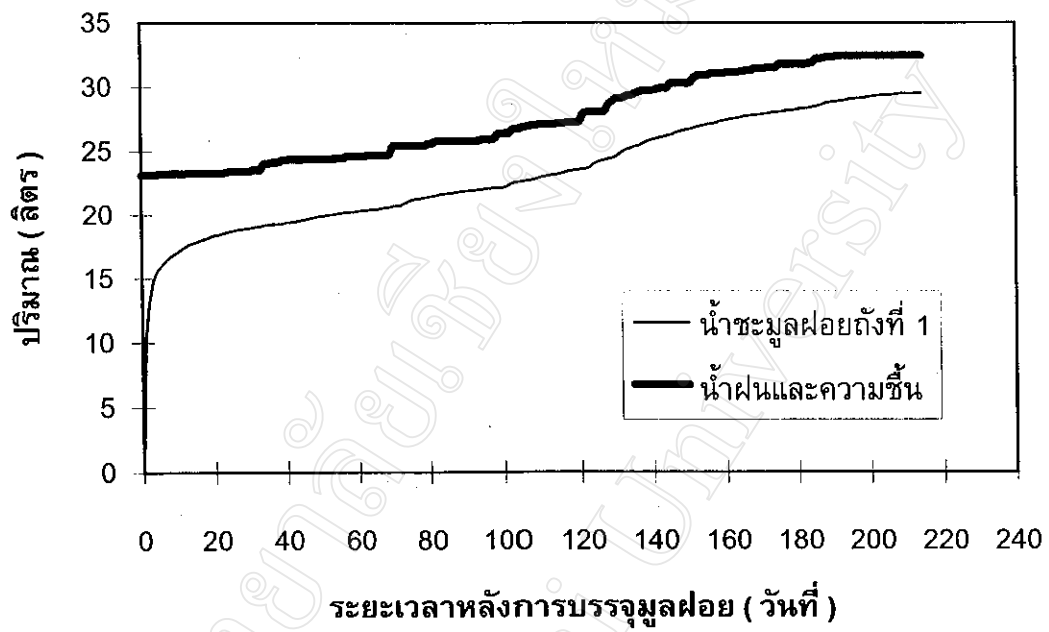
ปริมาณน้ำในมูลฝอยเริ่มต้น (ความชื้นร้อยละ 52.20) = 23.12 ลิตร

ปริมาณน้ำที่เติมลงในถังจำลองรวม = 9.33 ลิตร

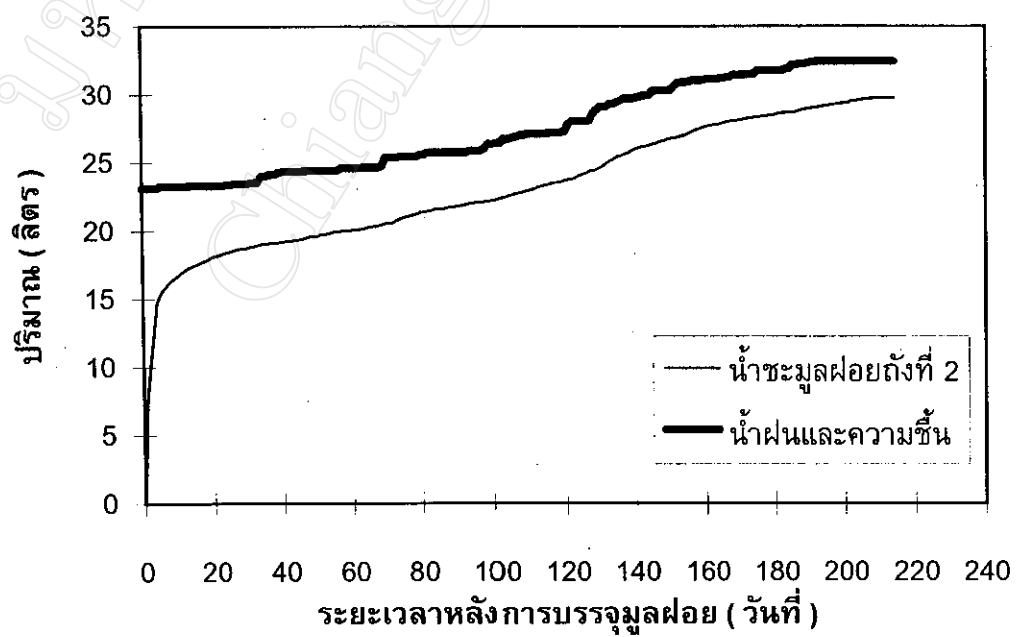
ปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นรวมจากถังที่ 1-6 = 29.12-31.53 ลิตร

จากสมการที่ 4.1 โดยการสมมติว่าปริมาณน้ำที่เปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีน้อยมากและเมื่อรวบรวมข้อมูลทั้งหมดภายหลังจากสิ้นสุดการทดลองมีน้ำหรือความชื้นอยู่ในมูลฝอยและชั้นระบายน้ำอีก 0.91-3.33 ลิตร

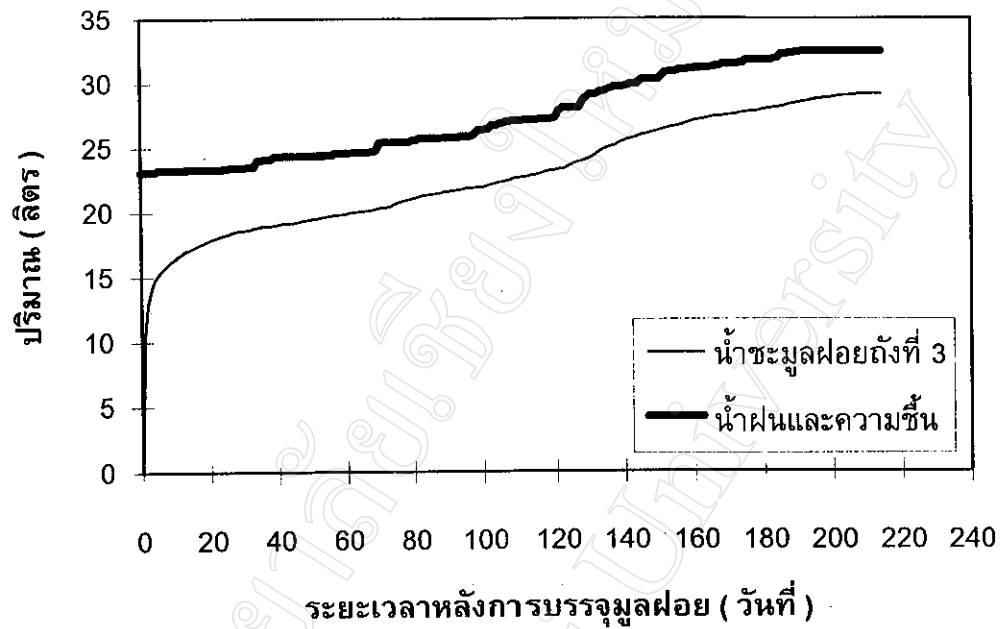
และจากรูปที่ 4.2-4.7 ซึ่งแสดงค่าผลรวมของปริมาณน้ำที่เติมลงในถังจำลองรวมกับปริมาณค่าความชื้นภายในมูลฝอยเปรียบเทียบกับค่าน้ำชะมูลฝอย หรือสมดุลของน้ำในระบบ



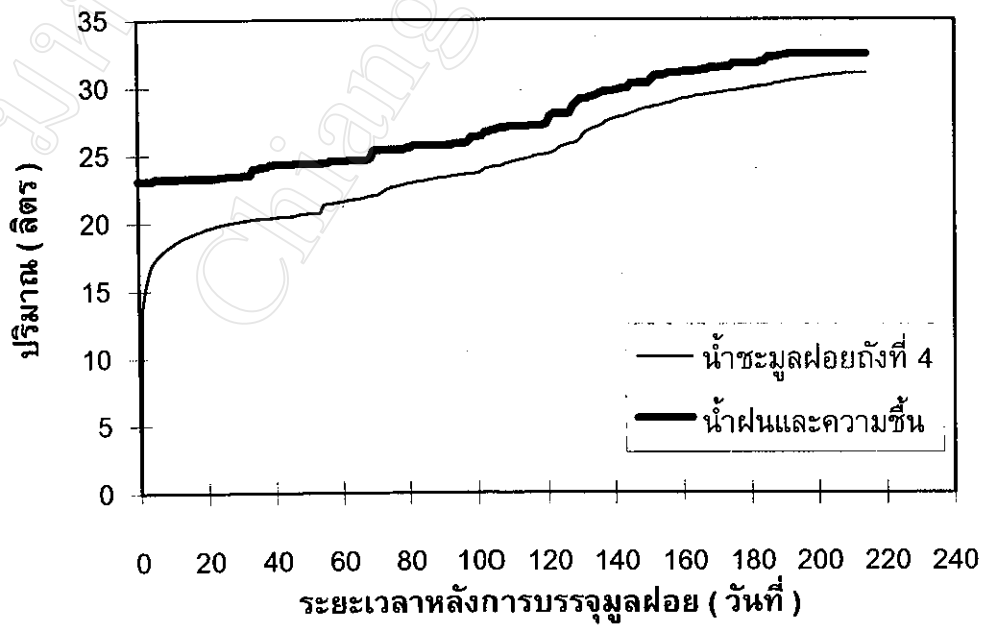
รูปที่ 4.2 สมดุลของน้ำในระบบของถังจำลองใบที่ 1



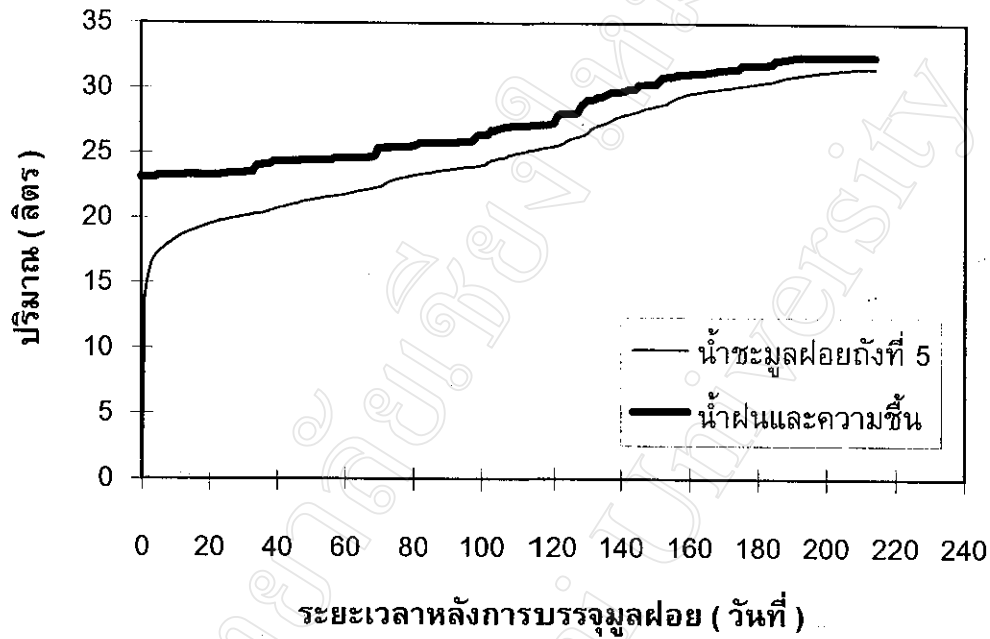
รูปที่ 4.3 สมดุลของน้ำในระบบของถังจำลองใบที่ 2



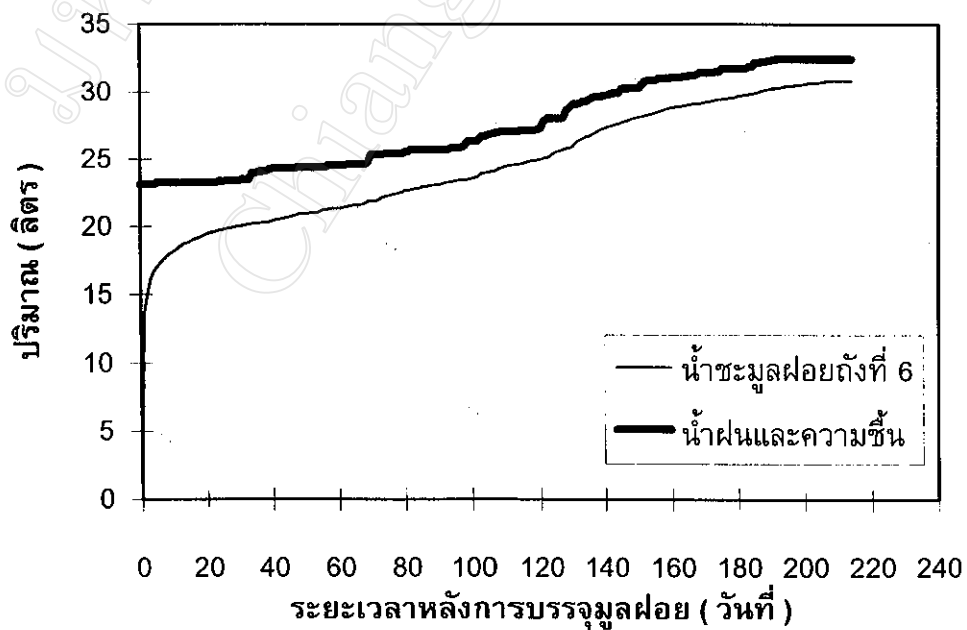
รูปที่ 4.4 สมดุลของน้ำในระบบของถังจำลองใบที่ 3



รูปที่ 4.5 สมดุลของน้ำในระบบของถังจำลองใบที่ 4



รูปที่ 4.6 สมดุลของน้ำในระบบของถังจำลองใบที่ 5



รูปที่ 4.7 สมดุลของน้ำในระบบของถังจำลองใบที่ 6

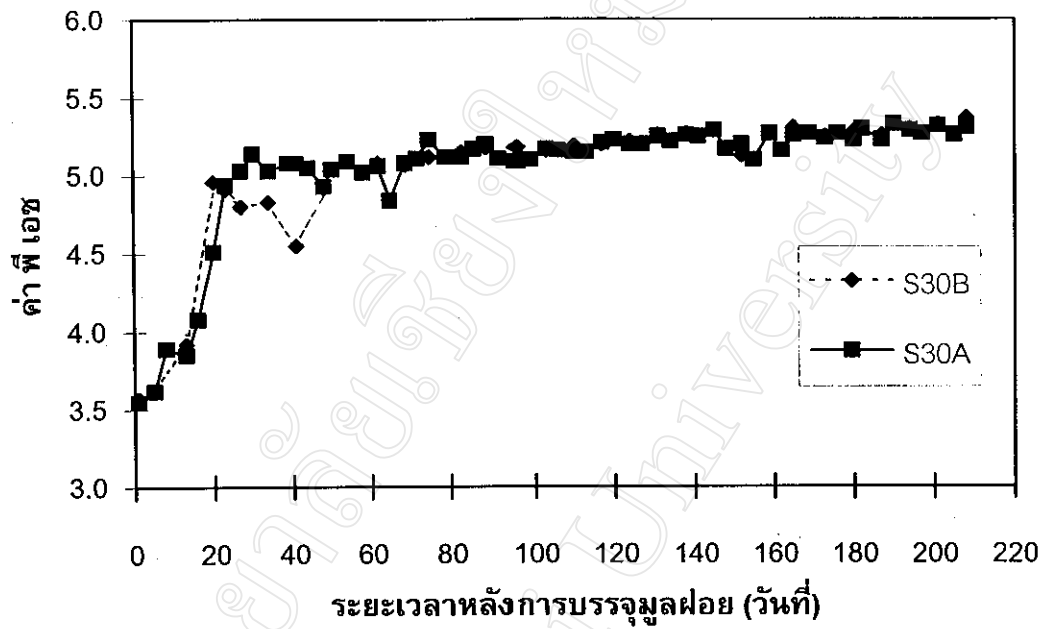
ซึ่งผลต่างของค่าที่ได้แสดงให้เห็นถึงค่าปริมาณน้ำที่ค้างในชั้นมูลฝอย และในชั้นระบายน้ำตลอดการทดลองมีแนวโน้มลดลง ถึงแม้ว่ามีการเติมปริมาณน้ำลงไปจนถึงจำลองตลอดการทดลองก็ตาม แสดงให้เห็นว่าน้ำชะมูลฝอยหรือความชื้นถูกเก็บกักอยู่ในถังจำลองและในชั้นระบายน้ำในช่วงเวลาค่อนข้างสั้น ทั้งนี้เป็นเพราะในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้มูลฝอยที่ถูกบดให้มีขนาดเล็กทำให้ น้ำชะมูลฝอยชะผ่านชั้นมูลฝอยลงมาได้ง่ายและอยู่ในชั้นระบายน้ำอีกบางส่วน อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำหรือความชื้นที่ค้างอยู่ในชั้นมูลฝอยในถังจำลองแต่ละใบก็มีปริมาณไม่เท่ากันทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำหรือความชื้นที่อยู่ในชั้นมูลฝอย เมื่อมีความชื้นมากกว่าค่า Field Capacity หรือเกินกว่าที่ชั้นมูลฝอยจะอุ้มไว้ได้ก็จะไหลลงสู่ชั้นระบายน้ำแต่ก็ยังคงมีค่าความชื้นเหลืออยู่เนื่องจาก Field Capacity มีค่าคงที่แต่ปริมาตรชั้นมูลฝอยลดลงเมื่อเวลาผ่านไป เนื่องจากน้ำหนักของมูลฝอยเองที่กดทับลงมา มวลมูลฝอยบางส่วนถูกย่อยสลายเปลี่ยนเป็นก๊าซและน้ำชะมูลฝอย และเมื่อพิจารณาสมดุลของน้ำในระบบพบว่า มีค่าลดลงและมีความแตกต่างระหว่างน้ำที่ค้างในชั้นระบายน้ำซึ่งเป็นกรวดกับทรายคือ ในกรณีชั้นระบายน้ำเป็นทรายมีน้ำหรือความชื้นค้างอยู่ในชั้นมูลฝอยและชั้นระบายน้ำ 2.96 2.72 และ 3.33 ลิตร ในขณะที่ชั้นระบายน้ำซึ่งเป็นกรวดมีน้ำชะมูลฝอยหรือความชื้นค้างอยู่ในชั้นมูลฝอยระบายน้ำ 1.42 0.91 และ 1.60 ลิตร ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำค้างอยู่ในชั้นระบายน้ำที่เป็นทรายมากกว่ากรวด โดยความชื้นถูกดูดซับอยู่ในชั้นทรายมากกว่าในชั้นกรวด

4.4 ลักษณะสมบัติน้ำชะมูลฝอย

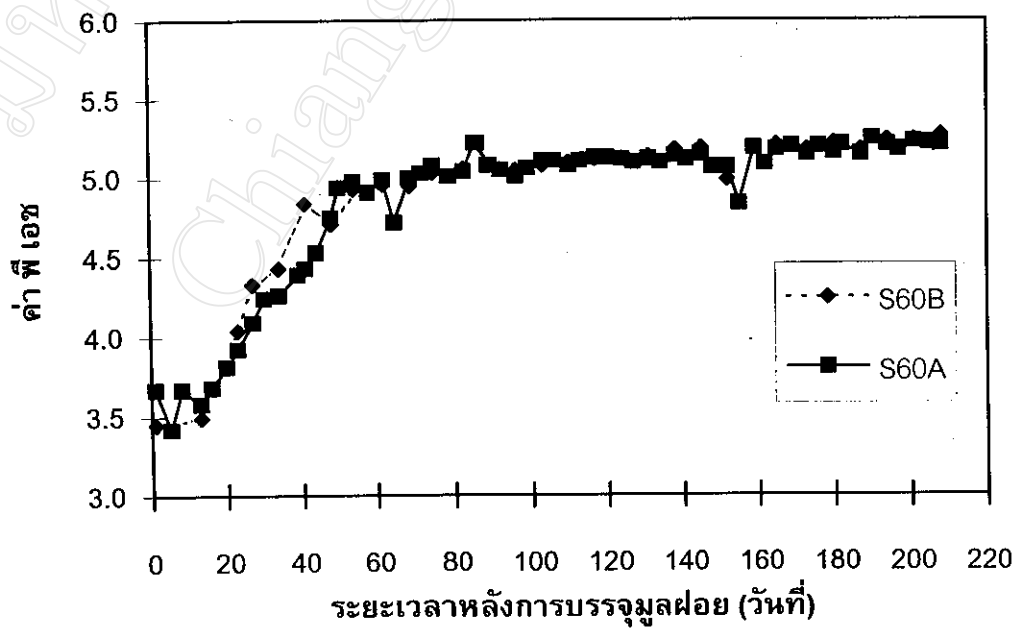
ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอยจากถังจำลองที่มีทรายและกรวดเป็นชั้นระบายน้ำ และมีความสูงของชั้นระบายน้ำที่แตกต่างกันได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก และ ข จากผลการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.4.1 พีเอช (pH)

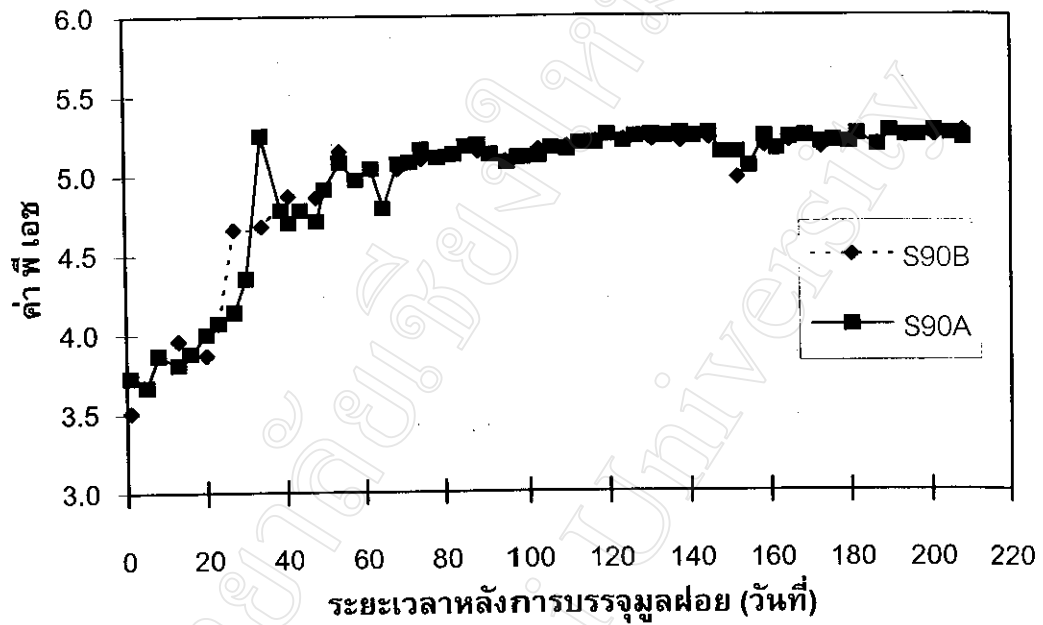
แนวโน้มของค่าพีเอชจากถังจำลองทั้ง 6 ถังซึ่งแสดงในรูป 4.8-4.13 และรายละเอียดในภาคผนวก ก มีลักษณะเดียวกัน และในแต่ละถังจำลองน้ำชะมูลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำกับน้ำชะมูลฝอยที่ผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว น้ำชะมูลฝอยมีค่า พีเอช ที่มีแนวโน้มไปในการทำนองเดียวกันและไม่แตกต่างกันมากนัก กล่าวคือในช่วงเดือนแรกของการทดลอง หรือภายหลังการบรรจุมูลฝอยประมาณ 1-2 เดือน เป็นช่วงที่พีเอชมีความเปลี่ยนแปลงมากกว่าระยะอื่นๆ นั่นคือมีค่าความเป็นกรดสูงมากในช่วงวันแรก ๆ คือมีค่าในช่วง 3.45-3.75 แล้วจึงค่อยมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งสิ้นสุดเดือนแรกของการทดลองค่าพีเอชเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 4.43-5.01 สำหรับน้ำชะมูลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ และมีค่า 5.01-5.26 สำหรับน้ำชะมูลฝอยที่ผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว ต่อจากนั้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ค่าพีเอช มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก



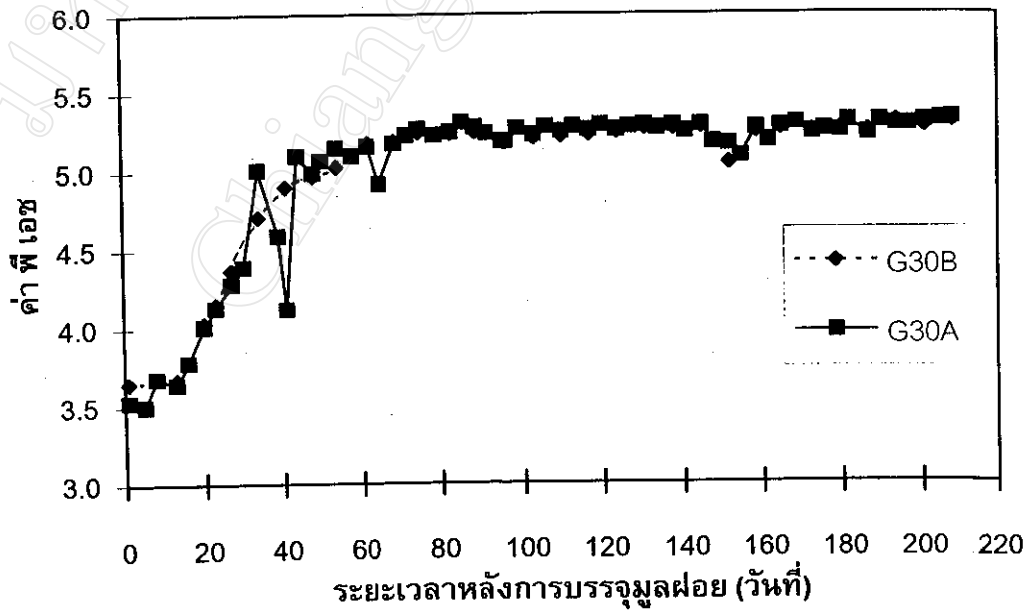
รูปที่ 4.8 ค่า พี เอช ของถังจำลองใบที่ 1



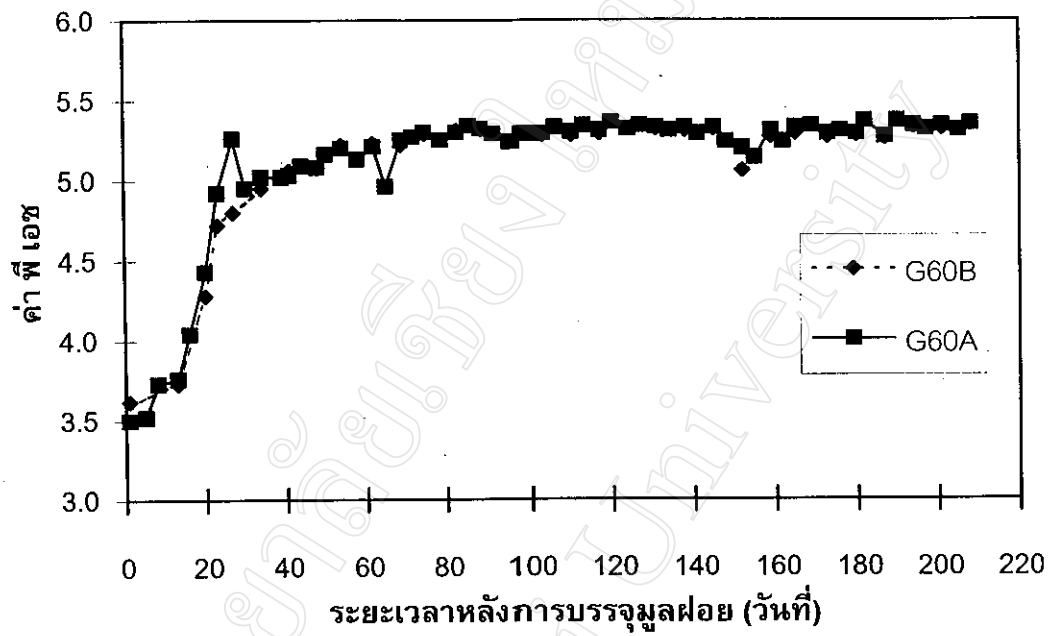
รูปที่ 4.9 ค่า พี เอช ของถังจำลองใบที่ 2



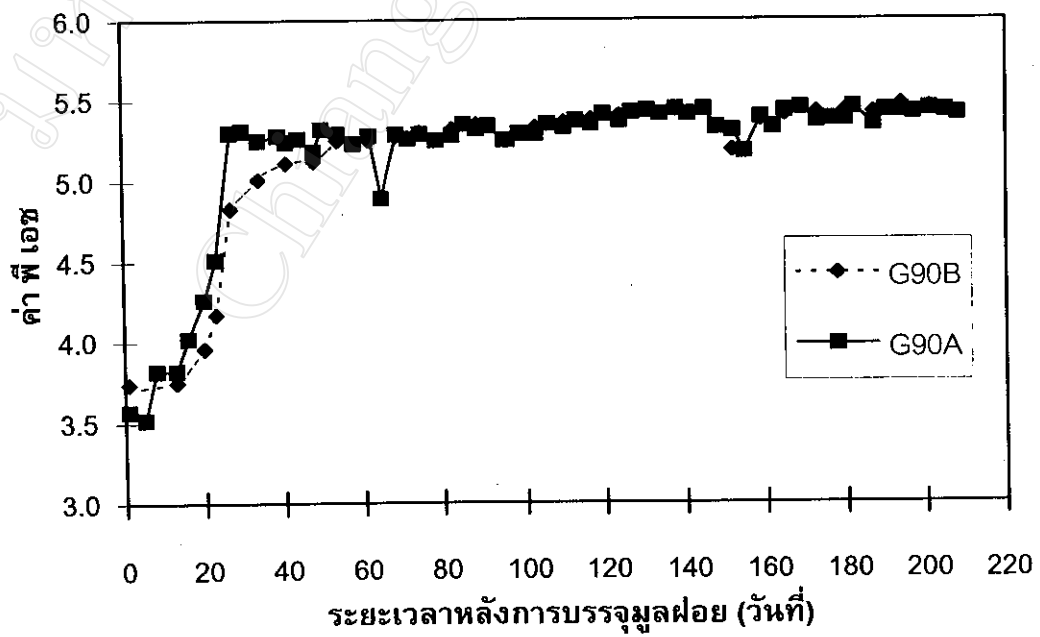
รูปที่ 4.10 ค่า พี เอช ของถังจำลองใบที่ 3



รูปที่ 4.11 ค่า พี เอช ของถังจำลองใบที่ 4



รูปที่ 4.12 ค่า พี เอช ของถังจำลองไบที่ 5



รูปที่ 4.13 ค่า พี เอช ของถังจำลองไบที่ 6

คือมีค่าอยู่ในช่วง 4.71-5.47 ยกเว้นถึงจำลองที่ 2 และ 3 เท่านั้นที่มีลักษณะแตกต่างออกไป กล่าวคือ ค่าพีเอชมีค่าเปลี่ยนแปลงมากกว่าระยะอื่นในช่วง 2 เดือนแรกของการทดลอง คือมีค่าพีเอชเริ่มต้นที่ 3.67 และ 3.73 และมีค่าเมื่อสิ้นสุดเดือนที่ 2 ของการทดลอง 4.99 และ 5.04 ตามลำดับ ต่อจากนั้นค่าพีเอชมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักจนสิ้นสุดการทดลอง คือมีค่าอยู่ในช่วง 4.97-5.31 ดังนั้นหากมองโดยภาพรวมพบว่า เมื่อเริ่มต้นการทดลอง พีเอชมีค่าความเป็นกรดสูงมากเนื่องจาก ในการบรรจุมูลฝอยลงถึงจำลองมูลฝอยได้ถูกบดจนมีขนาดเล็ก ก่อนนำมาผสมกันและเมื่อผสมกันแล้วทำให้ค่อนข้างมีความเป็นเนื้อเดียวกัน จึงเกิดการย่อยสลายได้เร็ว ทำให้มีความเป็นกรดสูง และต่อจากนั้นค่าพีเอชค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง ภายในระยะเวลา 1 เดือน หลังจากนั้นจึงมีค่าค่อนข้างคงที่ไปจนตลอดการทดลอง ยกเว้นถึงจำลองที่ 2 และ 3 เท่านั้นที่ระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงของพีเอชเพิ่มจาก 1 เดือนเป็น 2 เดือนโดยที่ค่าระดับของพีเอชมีค่าใกล้เคียงกัน แม้ระยะเวลาแตกต่างกันก็ตาม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมูลฝอยที่ถูกบรรจุในถึงจำลองแต่ละถึงอาจมีองค์ประกอบโดยเฉพาะในส่วนของการอินทรีย์จากส่วนขององค์ประกอบมูลฝอยที่เป็นเศษอาหารต่างกัน จึงมีผลทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบค่าพีเอชของน้ำชะมูลฝอยกับผลการศึกษาของนักวิจัยท่านอื่น ได้แก่ ปรีทัศน์ เขยชม (2537) ซึ่งศึกษาเปรียบเทียบลักษณะของน้ำชะมูลฝอยจากการฝังกลบมูลฝอยด้วยวิธีไร้ออกซิเจนและกึ่งใช้ออกซิเจน โดยฝังกลบมูลฝอยจากเทศบาลนครเชียงใหม่ ในถึงจำลองสูง 3 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร ฝังกลบมูลฝอยในช่วงเดือน มีนาคม-ตุลาคม เป็นระยะเวลา 7 เดือน และศศิธร แดงการณ (2541) ซึ่งทำการศึกษาเรื่องอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพและการย่อยสลายสารอินทรีย์ของมูลฝอยชุมชนแบบการเติมครั้งเดียว โดยฝังกลบมูลฝอยจากเทศบาลนครเชียงใหม่ ในถึงจำลองสูง 2 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร ฝังกลบมูลฝอยในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ 2540-เมษายน 2541 เป็นระยะเวลา 14 เดือน อนึ่งมูลฝอยที่ใช้ในการทดลองของนักวิจัยทั้งสองท่านไม่ได้ผ่านการบดขนาดของมูลฝอย ผลการเปรียบเทียบพบว่า ค่าพีเอชของน้ำชะมูลฝอยที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของนักวิจัยทั้งสองท่านดังกล่าว ซึ่งพบว่าค่าพีเอชของน้ำชะมูลฝอยจากการทดลองของปรีทัศน์ เขยชม (2537) มีค่าอยู่ในช่วง 4.3-6.1 และศศิธร แดงการณ (2541) มีค่าอยู่ในช่วง 5.2-7.1 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมูลฝอยที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้ผ่านการบดให้เป็นชิ้นเล็กจึงทำให้ส่วนผสมมีความเป็นเนื้อเดียวกัน จึงทำให้เกิดการย่อยสลายได้ดีกว่ามูลฝอยซึ่งไม่ผ่านการบด

และจากตารางที่ 4.2 ซึ่งแสดงค่า pH ของน้ำชะมูลฝอย สรุปได้ว่าค่า pH ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำกับเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว ทั้งในกรณีชั้นระบายน้ำเป็นทรายหรือกรวด และมีความสูงแตกต่างกัน ค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยและแตกต่างกันไม่มากนัก คือ มีค่าเปลี่ยนแปลงร้อยละ $-0.39 - 0.39$

ตารางที่ 4.2 ค่า pH ของน้ำชะมูลฝอยจากถังจำลองตลอดช่วงการศึกษา

ถังจำลองใบที่ (Run no.)		pH					
		Min	Max	Mean	SD	P ₅₀	% ความแตกต่าง ของ P ₅₀ *
1	S30B	3.57	5.37	5.04	0.39	5.16	-0.19
	S30A	3.55	5.33	5.04	0.40	5.17	
2	S60B	3.45	5.27	4.86	0.50	5.08	-0.39
	S60A	3.42	5.25	4.85	0.50	5.10	
3	S90B	3.51	5.27	4.94	0.455	5.16	0.39
	S90A	3.67	5.27	4.94	0.46	5.14	
4	G30B	3.65	5.31	4.99	0.48	5.24	-0.19
	G30A	3.50	5.33	5.02	0.50	5.25	
5	G60B	3.62	5.35	5.08	0.43	5.28	-0.19
	G60A	3.50	5.37	5.11	0.45	5.29	
6	G90B	3.74	5.47	5.13	0.50	5.33	0
	G90A	3.52	5.45	5.17	0.47	5.33	

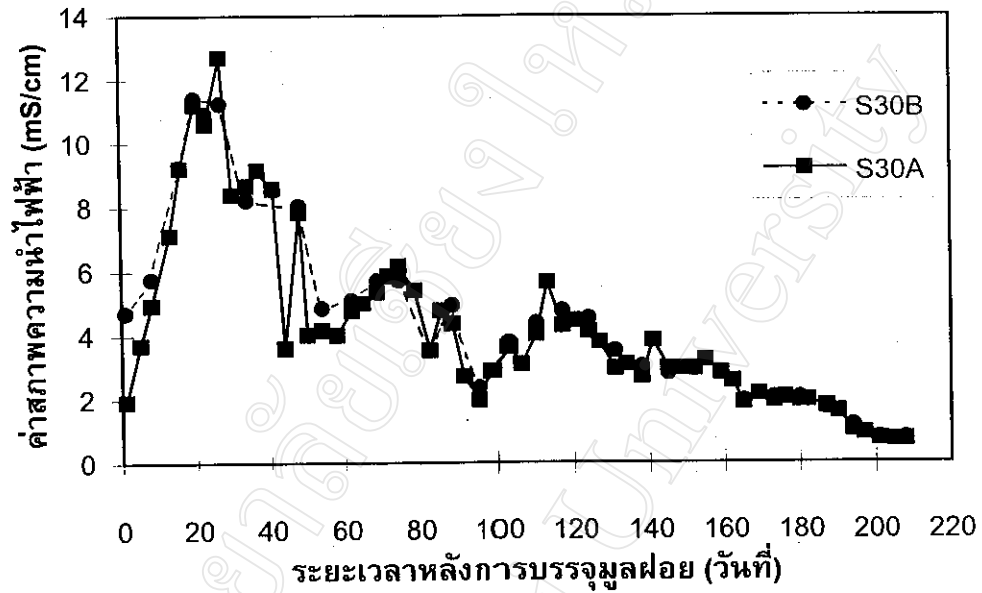
หมายเหตุ * % ความแตกต่างของ P₅₀

$$= 100 (P_{50} \text{ ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ} - P_{50} \text{ เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว}) / P_{50} \text{ ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ}$$

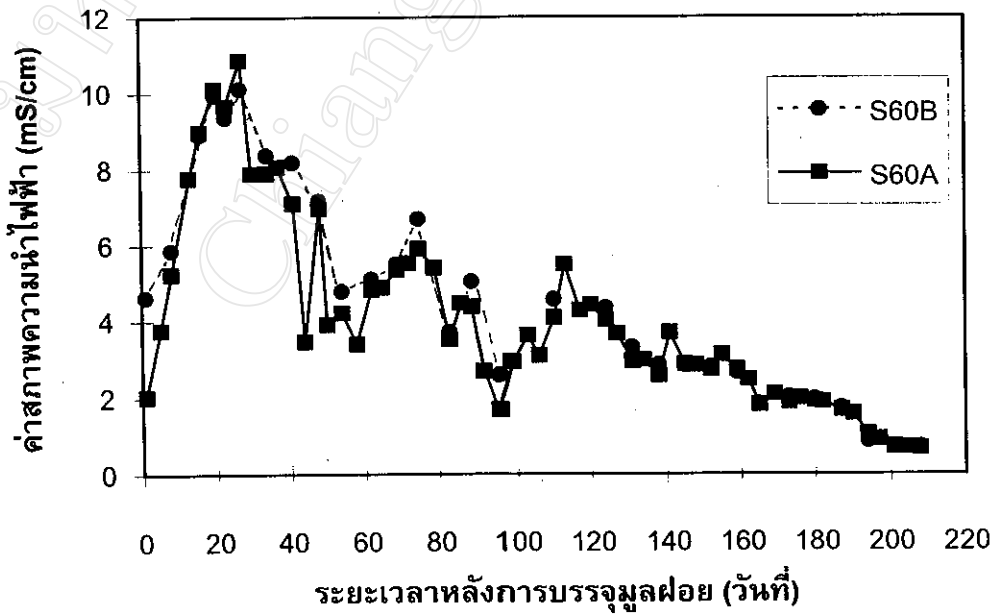
4.4.2 สภาพความนำไฟฟ้า (Conductivity)

ค่าสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำชะมูลฝอยจากทุกถังจำลอง ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก และรูปที่ 4.14-4.19 จากผลการทดลองพบว่า ค่าสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำชะมูลฝอยจากถังจำลองทั้ง 6 ใบ มีแนวโน้มเหมือนกัน ถึงแม้ว่าค่าสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำชะมูลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำกับเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำ มีความแตกต่างกันบ้างแต่ก็ไม่มากนัก เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ คือ เมื่อเริ่มทำการทดลองค่าสภาพความนำไฟฟ้ามีค่าต่ำ คือ มีค่าระหว่าง 1.93-3.37 mS/cm. และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนมีค่าสูงสุดในวันที่ 21 ของการทดลอง คือมีค่าระหว่าง 9.96-11.8 mS/cm. จากนั้นมีค่าลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง แสดงว่าในช่วงแรกมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาพกรด (acid phase) ทำให้อิออนในน้ำชะมูลฝอยสามารถละลายออกมาได้ดี นอกจากนี้ในช่วงแรกยังมีการเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์มาก เนื่องจากมีสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายได้ง่ายอยู่มาก จึงมีผลทำให้สภาพความนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามหลังจากวันที่ 21 ของการทดลองแล้ว แม้สภาพความนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลง แต่ก็ไม่ได้มีค่าลดลงอย่างสม่ำเสมอหรือต่อเนื่อง ยังคงมีบางช่วงที่ค่าสภาพความนำไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแล้วจึงลดลงไปอีก จนกระทั่งมีค่าต่ำสุดในวันสุดท้ายของการทดลองคือวันที่ 209 ค่าสภาพความนำไฟฟ้ามีค่า 0.665-0.814 mS/cm. สำหรับค่าสภาพความนำไฟฟ้าหลังจากวันที่ 21 มีค่าลดลงแต่ก็มีบางช่วงที่ค่อย ๆ เพิ่มขึ้น แล้วจึงลดลงอีกนั้น เนื่องมาจากปริมาณอิออนในสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายแล้วละลายมากับน้ำชะมูลฝอยนั้น ได้ลดปริมาณลงแต่เมื่อมีฝนตกและน้ำฝนมีปริมาณมากพอทำให้เกิดความชื้นภายในมูลฝอยมีสภาพที่เหมาะสมก็เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาพกรดอีกแต่ปริมาณอิออนไม่สูงเท่าระยะแรก ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อเวลาของการทดลองผ่านไปนานขึ้น ค่าสภาพความนำไฟฟ้าเมื่อลดลงแล้วเพิ่มขึ้นใหม่อีก การเพิ่มในครั้งหลังมีค่าต่ำกว่าครั้งก่อนเสมอจนเมื่อสิ้นสุดการทดลองค่าสภาพความนำไฟฟ้าจึงมีค่าต่ำสุด หรืออีกนัยหนึ่งในช่วงแรกน้ำชะมูลฝอยเกิดจากมูลฝอยโดยตรงค่าสภาพความนำไฟฟ้าจึงมีค่าต่ำ ช่วงต่อมาน้ำชะมูลฝอยเป็นน้ำที่เกิดจากการย่อยสลายจึงมีอิออนต่าง ๆ เกิดขึ้น และไหลปะปนออกมามากแล้วจึงค่อย ๆ ลดปริมาณอิออนลง เมื่อมีการเติมน้ำและการย่อยสลายลดลงค่าปริมาณความเข้มข้นของอิออนก็ลดลงด้วยนั่นเอง ทำให้ค่าสภาพความนำไฟฟ้าลดลง

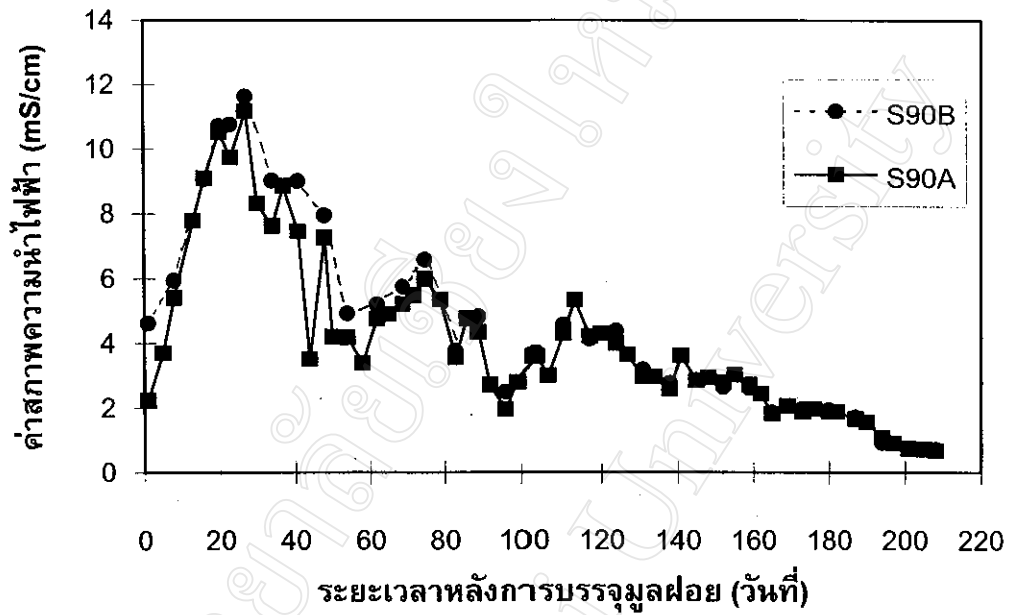
เมื่อเปรียบเทียบค่าสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำชะมูลฝอยกับผลการศึกษาของนักวิจัยท่านอื่น ได้แก่ ปรีทัศน์ เชยชม (2537) และศศิธร แกลงการณ์ (2541) เช่นเดียวกับการเปรียบเทียบค่า พีเอช ผลการเปรียบเทียบพบว่า ค่าสภาพความนำไฟฟ้าที่ได้จากการศึกษครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการศึกษาของนักวิจัย 2 ท่านดังกล่าว ซึ่งพบว่าค่าสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำชะมูลฝอยมีค่าอยู่ในช่วง 15.0-34.0 และ 6.03 – 16.4 ms/cm ตามลำดับ ทั้งนี้อาจ



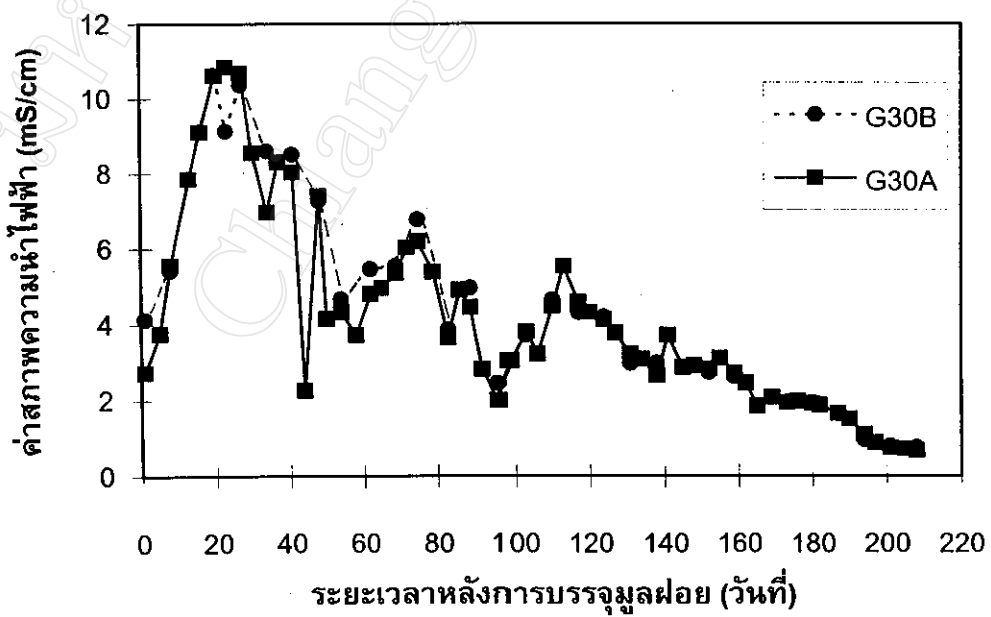
รูปที่ 4.14 ค่าสภาพความนำไฟฟ้าของถังจำลองใบที่ 1



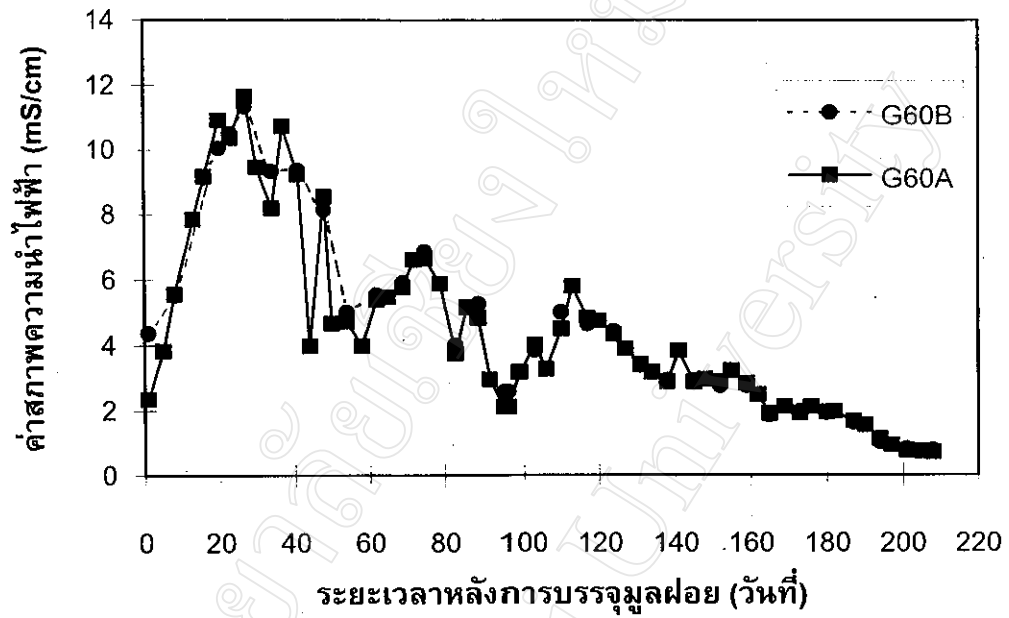
รูปที่ 4.15 ค่าสภาพความนำไฟฟ้าของถังจำลองใบที่ 2



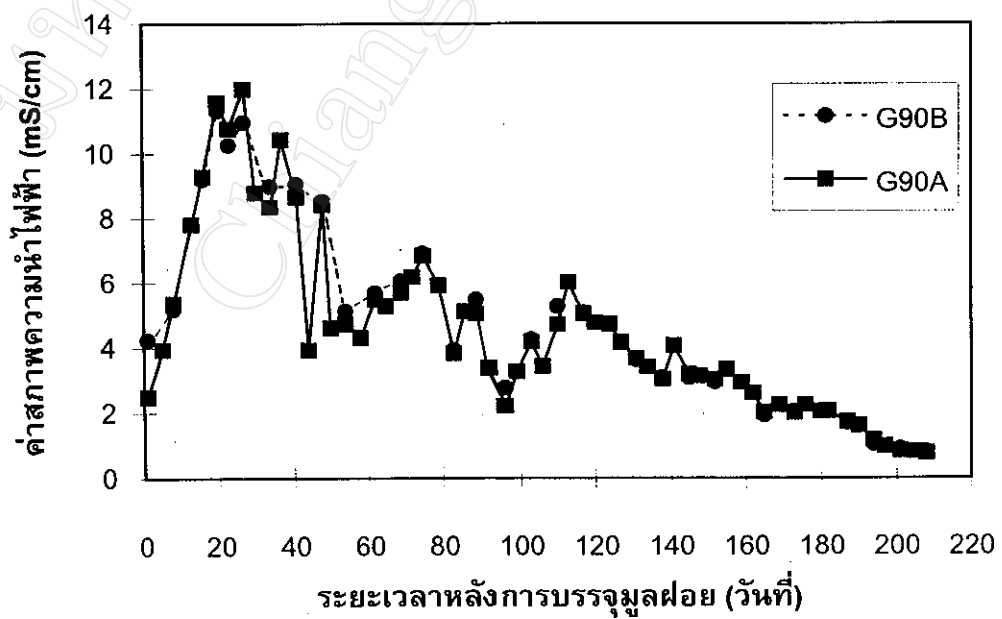
รูปที่ 4.16 ค่าสภาพความนำไฟฟ้าของถังจำลองไบที่ 3



รูปที่ 4.17 ค่าสภาพความนำไฟฟ้าของถังจำลองไบที่ 4



รูปที่ 4.18 ค่าสภาพความนำไฟฟ้าของถังจำลองใบที่ 5



รูปที่ 4.19 ค่าสภาพความนำไฟฟ้าของถังจำลองใบที่ 6

เป็นเพราะมูลฝอยของนักวิจัยทั้ง 2 ท่านไม่ได้ผ่านการบด จึงมีขนาดใหญ่เมื่อเกิดการย่อยสลาย สารอินทรีย์จึงติดค้างและสะสมอยู่ในชั้นมูลฝอย ดังนั้นต่อมาเมื่อมีการเติมน้ำลงในถังจำลองจนความชื้นสูงกว่าค่า Field Capacity จึงมีปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่มีสารอินทรีย์สะสมอยู่ไหลออกมาในคราวเดียวกัน ทำให้ค่าสภาพความนำไฟฟ้ามีค่าสูง

อย่างไรก็ตามจากตารางที่ 4.3 ซึ่งแสดงค่าสภาพความนำไฟฟ้าแสดงให้เห็นว่า ค่าสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำชะมูลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำกับเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว และมีความสูงของชั้นระบายน้ำที่แตกต่างกัน ค่าสภาพความนำไฟฟ้ามีค่าเปลี่ยนแปลงร้อยละ 1.43-4.56 โดยค่าสภาพความนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำ

ตารางที่ 4.3 ค่า สภาพความนำไฟฟ้าของน้ำชะมูลฝอยจากถังจำลองตลอดช่วงการศึกษา

ถึงจำลองไปที่ (Run no.)		ค่าสภาพความนำไฟฟ้า (mS/cm)					
		Min	Max	Mean	SD	P ₅₀	% ความแตกต่าง ของ P ₅₀ *
1	S30B	0.76	11.25	4.79	2.99	4.53	3.53
	S30A	0.71	12.70	4.25	2.69	4.37	
2	S60B	0.71	10.13	4.60	2.72	4.57	4.38
	S60A	0.67	10.87	4.06	2.42	4.37	
3	S90B	0.72	11.64	4.79	3.05	4.38	4.56
	S90A	0.68	11.18	4.10	2.50	4.18	
4	G30B	0.77	10.38	4.63	2.80	4.20	1.43
	G30A	0.69	10.68	4.18	2.53	4.14	
5	G60B	0.78	11.35	4.86	3.08	4.43	2.25
	G60A	0.70	11.66	4.47	2.76	4.33	
6	G90B	0.81	11.34	4.98	2.98	4.71	2.55
	G90A	0.76	11.99	4.56	2.72	4.59	

หมายเหตุ * % ความแตกต่างของ P₅₀

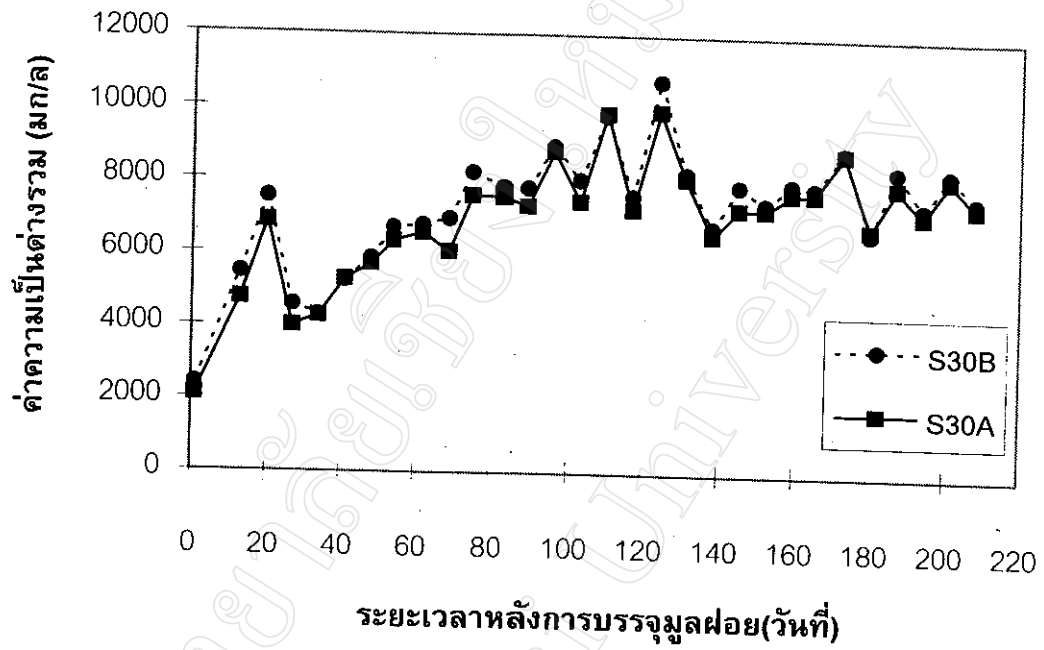
$$= 100 (P_{50} \text{ ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ} - P_{50} \text{ เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว}) / P_{50} \text{ ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ}$$

4.4.3 ความเป็นด่างรวม (Total Alkalinity)

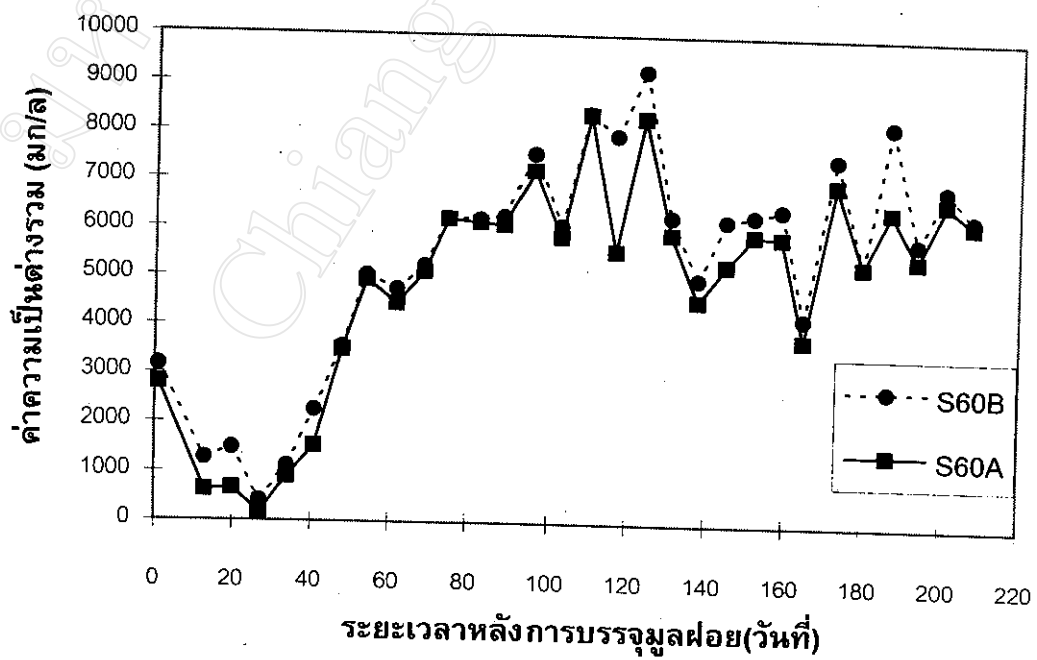
ค่าความเป็นด่างรวมของน้ำชะมูลฝอยจากทุกถังจำลอง ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก และรูปที่ 4.20-4.25 จากผลการทดลองพบว่า ค่าความเป็นด่างรวมในถังจำลองทั้ง 6 ถัง มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทำนองเดียวกัน และค่าความเป็นด่างรวมของน้ำชะมูลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำกับเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วค่ามีความแตกต่างกันไม่มากนัก ซึ่งมีรายละเอียดอธิบายได้ดังนี้ คือ ในช่วงแรกของการทดลองหรือภายหลังการบรรจุมูลฝอย 1 วัน ค่าความเป็นด่างรวมมีค่าต่ำ คือมีค่าระหว่าง 1,820-3,140 มก./ล.ต่อจากนั้นมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนมีค่าสูงสุดในระหว่างวันที่ 117-124 ภายหลังการบรรจุมูลฝอยคือมีค่าระหว่าง 8,320-11,200 มก./ล. ก่อนมีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นลดลงจนสิ้นสุดการทดลอง สำหรับค่าความเป็นด่างรวมในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงภายหลังจากมีค่าสูงสุดแล้วนั้นมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงตลอดเวลา โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1,720-9,040 มก./ล. ซึ่งอธิบายได้ว่าในช่วงแรกน้ำชะมูลฝอยเกิดจากมูลฝอยและความชื้นภายในมูลฝอยโดยตรง ยังไม่เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ หรือย่อยสลายได้น้อย ต่อมาน้ำชะมูลฝอยเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ จึงมีสารละลายที่ทำให้เกิดค่าความเป็นด่างรวมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งช่วงนี้เป็นช่วงที่ปฏิกิริยาการย่อยสลายเกิดขึ้นได้มาก เนื่องจากมีสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายได้อยู่มากนั่นเอง ต่อมาเมื่อการย่อยสลายได้น้อยลง สาเหตุจากปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ลดลงทำให้ปริมาณสารละลายที่ทำให้เกิดค่าความเป็นด่างรวมลดลง ในขณะเดียวกันเมื่อมีการเติมน้ำลงไปในถังจำลอง ซึ่งน้ำที่เติมลงในถังจำลองดังกล่าวมีปริมาณมากจนเกิดการชะผ่านโดยตรงทำให้ค่าความเข้มข้นของสารละลายที่ทำให้เกิดค่าความเป็นด่างรวมมีความเข้มข้นลดลง ค่าความเป็นด่างรวมจึงมีค่าลดลง

เมื่อเปรียบเทียบค่าสภาพความเป็นด่างรวมของน้ำชะมูลฝอยกับผลการศึกษาของนักวิจัยท่านอื่น ได้แก่ ปรีทัศน์ เขยชม (2537) และศศิธร แกลงการณ (2541) เช่นเดียวกับการเปรียบเทียบค่า พีเอช โดยมูลฝอยที่ใช้ในการทดลองของนักวิจัยทั้ง 2 ท่านไม่ได้ผ่านการบดขนาดของมูลฝอย ผลการเปรียบเทียบพบว่า ค่าความเป็นด่างรวมที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการศึกษาของนักวิจัย 2 ท่านดังกล่าว ซึ่งพบว่าค่าความเป็นด่างรวมของน้ำชะมูลฝอยมีค่าอยู่ในช่วง 7,000-13,200 และ 2,580-15,000 มก./ล ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมูลฝอยของนักวิจัยทั้ง 2 ท่านไม่ได้ผ่านการบด จึงมีขนาดใหญ่เมื่อเกิดการย่อยสลาย สารอินทรีย์จึงติดค้างและสะสมอยู่ในชั้นมูลฝอย ต่อมาเมื่อมีการเติมน้ำลงในถังจำลองจนความชื้นสูงกว่าค่า Field Capacity จึงมีปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่มีสารอินทรีย์สะสมอยู่ไหลออกมาในคราวเดียวกัน ทำให้ค่าความเป็นด่างรวมมีค่าสูง

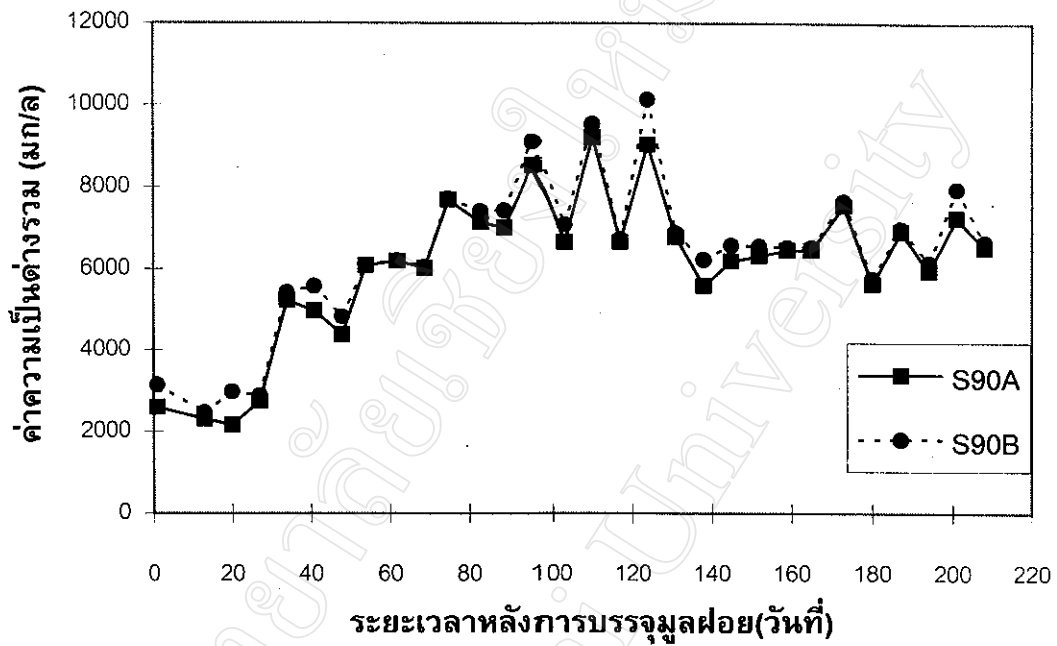
อย่างไรก็ตามจากตารางที่ 4.4 ซึ่งแสดงค่าสภาพความความเป็นด่างรวม แสดงให้เห็นว่า ค่าสภาพความเป็นด่างรวมของน้ำชะมูลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำกับเมื่อผ่านชั้นระบาย



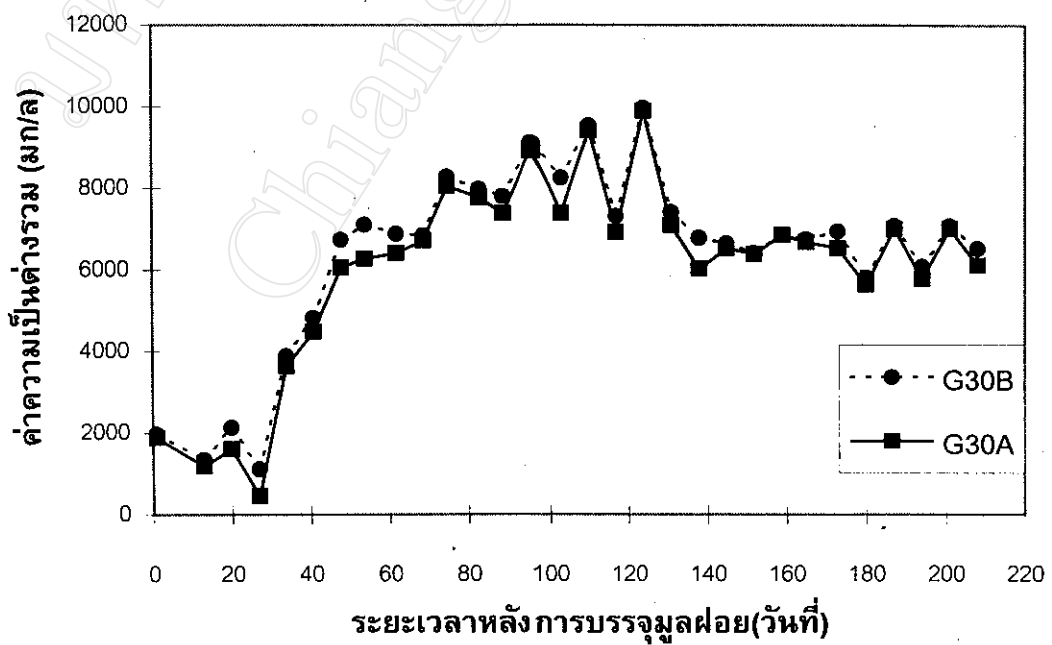
รูปที่ 4.20 ค่าความเป็นต่างรวมของถังจำลองใบที่ 1



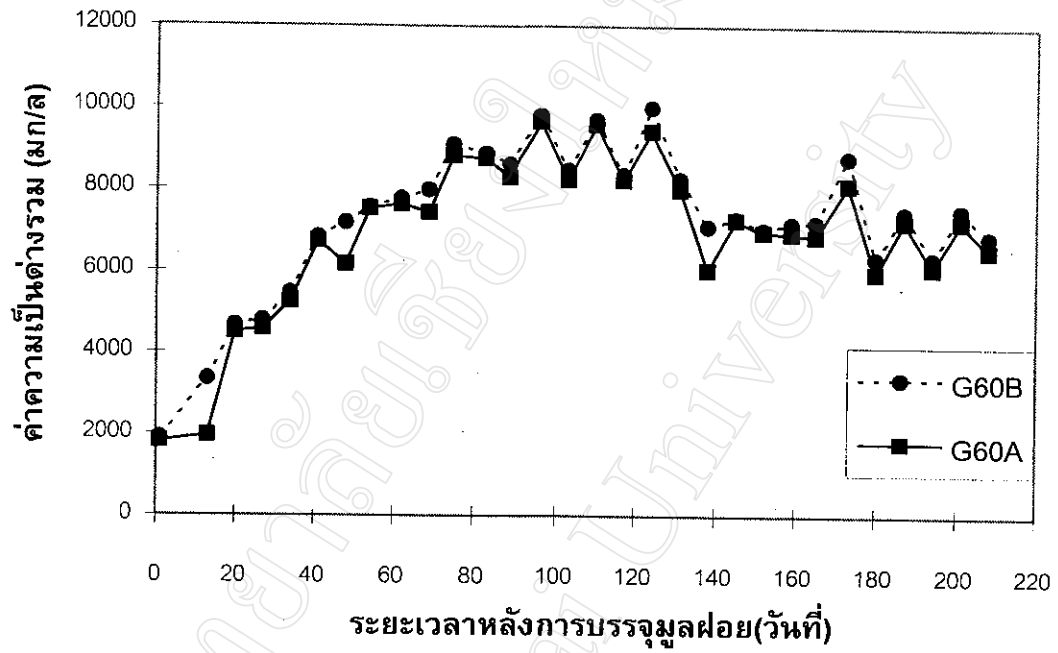
รูปที่ 4.21 ค่าความเป็นต่างรวมของถังจำลองใบที่ 2



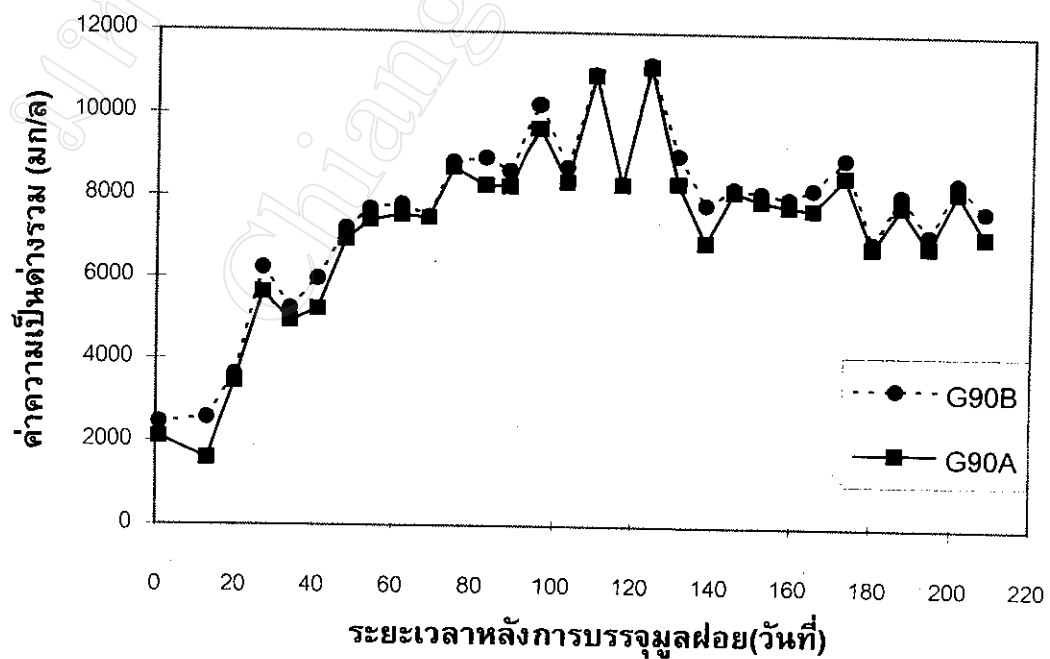
รูปที่ 4.22 ค่าความเป็นต่างรวมของถังจำลองใบที่ 3



รูปที่ 4.23 ค่าความเป็นต่างรวมของถังจำลองใบที่ 4



รูปที่ 4.24 ค่าความเป็นต่างรวมของถังจำลองใบที่ 5



รูปที่ 4.25 ค่าความเป็นต่างรวมของถังจำลองใบที่ 6

น้ำแล้ว และมีความสูงของชั้นระบายน้ำที่แตกต่างกัน ค่าสภาพความเป็นต่างรวมมีค่าเปลี่ยนแปลงร้อยละ 2.70-6.17 โดยค่าสภาพความเป็นต่างรวมมีแนวโน้มลดลงเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำ

ตารางที่ 4.4 ค่าความเป็นต่างรวมของน้ำชะมูลฝอยจากถังจำลองตลอดช่วงการศึกษา

ถังจำลองใบที่ (Run no.)		ค่าความเป็นต่างรวม (มก./ล.)					
		Min	Max	Mean	SD	P ₅₀	% ความแตกต่าง ของ P ₅₀ *
1	S30B	2420	10800	7120	1860	7620	4.33
	S30A	2110	9940	6810	1820	7290	
2	S60B	420	9280	5200	2360	5830	6.17
	S60A	180	8370	4770	2310	5470	
3	S90B	1890	10100	6230	1960	6530	5.21
	S90A	1720	9210	5920	1930	6190	
4	G30B	1120	9970	6250	2330	6890	4.93
	G30A	460	9900	5930	2360	6550	
5	G60B	1910	10000	7120	1950	7420	2.70
	G60A	1820	9650	6770	2030	7220	
6	G90B	2470	11000	7480	2170	8010	3.24
	G90A	1610	11200	7120	2240	7750	

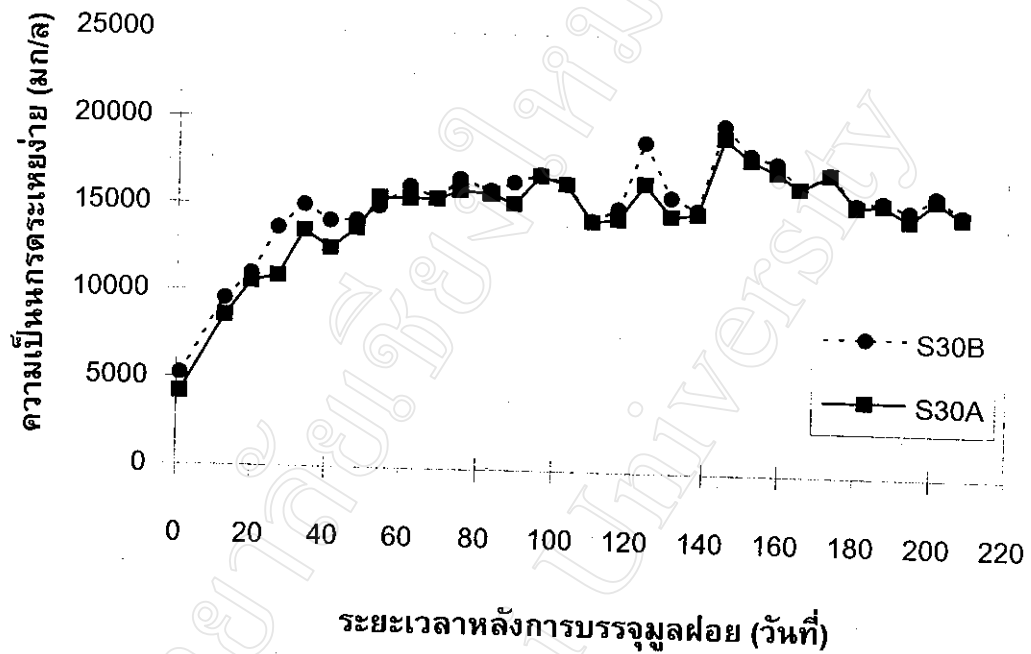
หมายเหตุ * % ความแตกต่างของ P₅₀

$$= 100 (P_{50} \text{ ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ} - P_{50} \text{ เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว}) / P_{50} \text{ ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ}$$

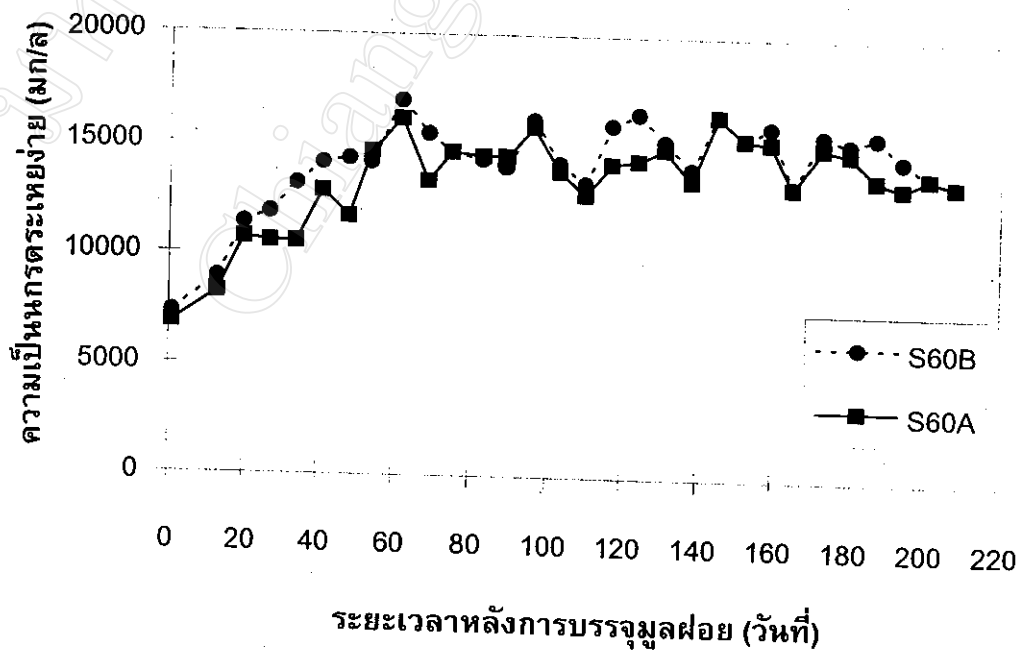
4.4.4 ค่าความเป็นกรดระเหยง่าย (Volatile Acid)

ค่าความเป็นกรดระเหยง่ายของน้ำชะมูลฝอยจากทุกถังจำลองได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก และรูปที่ 4.26-4.31 จากผลการทดลองพบว่าค่าความเป็นกรดระเหยง่ายมีแนวโน้มความเปลี่ยนแปลงไปในทำนองเดียวกันทุกถัง และค่าความเป็นกรดระเหยง่ายของน้ำชะมูลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำกับเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก และถึงแม้มีแนวโน้มลดลงแต่ก็ไม่ปรากฏความแตกต่างที่ชัดเจน สำหรับรายละเอียดค่าความเป็นกรดระเหยง่ายที่ได้จากการทดลองมีดังต่อไปนี้ คือ ในช่วงเริ่มต้นการทดลองหรือภายหลังการบรรจุมูลฝอย 1 วัน น้ำชะมูลฝอยมีค่าความเป็นกรดระเหยง่ายต่ำ คือมีค่าอยู่ระหว่าง 5,240-7,330 มก./ล. จากนั้นจึงมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายในระยะเวลาประมาณ 1 เดือน หรือประมาณวันที่ 34 ภายหลังบรรจุมูลฝอยโดยมีค่าเป็นความกรดระเหยง่ายระหว่าง 12,500-15,000 มก./ล. และมีค่าสูงสุดประมาณ 16,000-20,000 มก./ล. ในช่วงประมาณวันที่ 96-173 ภายหลังการบรรจุมูลฝอย ต่อจากนั้นค่าความเป็นกรดระเหยง่ายมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นลดลงไปจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง โดยมีค่าระหว่าง 10,500-16,200 มก./ล. ซึ่งผลที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกรดระเหยง่าย เพราะมีการเติมน้ำลงในถังจำลอง กล่าวคือในช่วงแรกหรือเดือนแรกของการทดลองได้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ให้อยู่ในรูปกรดอินทรีย์อย่างรวดเร็ว อีกทั้งน้ำที่เติมลงถังจำลองมีปริมาณน้อย สารอินทรีย์จึงละลายออกมาเป็นน้ำชะมูลฝอยโดยอาศัยความชื้นภายในตัวมูลฝอยเองค่าความเป็นกรดระเหยง่ายจึงค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และเมื่อเริ่มมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ก็มีส่วนเพิ่มค่าความเป็นกรดระเหยง่ายขึ้น ต่อมาเมื่อมีการเติมน้ำมากขึ้น คือในช่วงเดือนที่ 2-4 สารอินทรีย์ได้ถูกย่อยสลายกลายเป็นกรดอินทรีย์ได้มากที่สุด ค่าความเป็นกรดระเหยง่ายจึงมีค่าสูงสุด แต่หลังจากนั้นในเดือนที่ 5 มีการเติมน้ำในปริมาณมาก ประกอบกับสารอินทรีย์ที่เปลี่ยนเป็นกรดอินทรีย์มีปริมาณลดลง ทำให้ค่าความเป็นกรดระเหยง่ายมีค่าลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

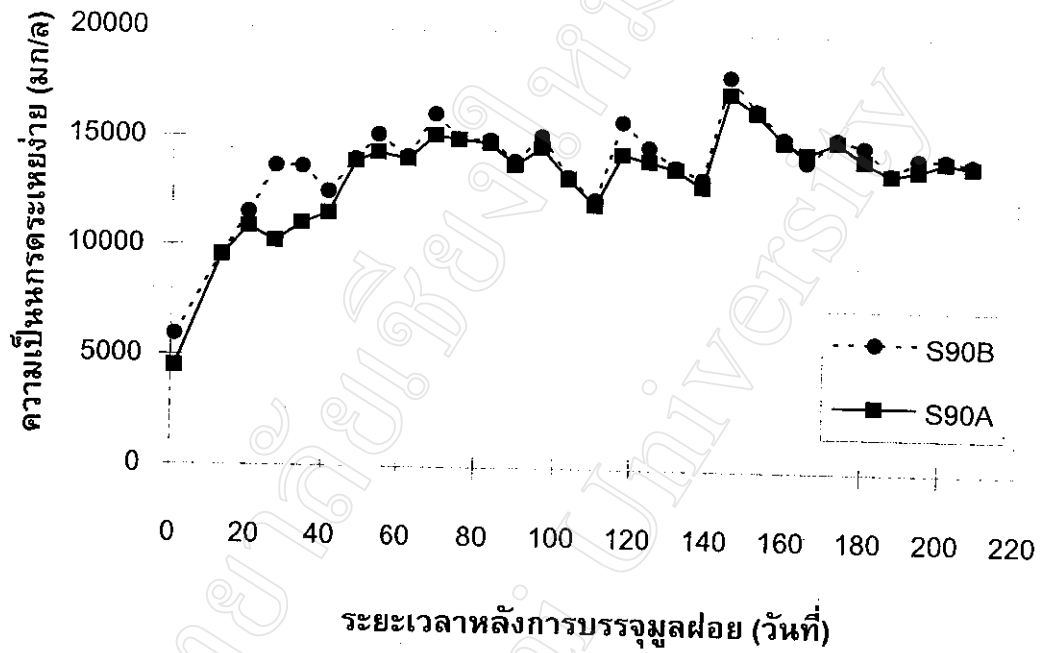
เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดระเหยง่ายของน้ำชะมูลฝอยกับผลการศึกษาของนักวิจัยท่านอื่น ได้แก่ ปรีทัศน์ เขยชม (2537) และศศิธร แกลงการณ (2541) เช่นเดียวกับการเปรียบเทียบค่าพีเอช โดยมูลฝอยที่ใช้ในการทดลองของนักวิจัยทั้ง 2 ท่านไม่ได้ผ่านการบดขนาดของมูลฝอย ผลการเปรียบเทียบพบว่า ค่าความเป็นกรดระเหยง่ายที่ได้จากการศึกษาค้างนี้ มีค่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของนักวิจัยทั้ง 2 ท่านดังกล่าว ซึ่งพบว่าค่าความเป็นกรดระเหยง่ายของน้ำชะมูลฝอยมีค่าในช่วง 7,000-27,200 และ 10,200-31,00 มก./ล. ตานลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมูลฝอยของนักวิจัยทั้ง 2 ท่านไม่ได้ผ่านการบดจึงมีขนาดใหญ่ เมื่อเกิดการย่อยสลายอินทรีย์จึงติดค้างและสะสมอยู่ในชั้นมูลฝอย ต่อมาเมื่อมีการเติมน้ำลงในถังจำลองจนความชื้นมีค่าสูงกว่าค่า Field Capacity จึงมีปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่มีสารอินทรีย์



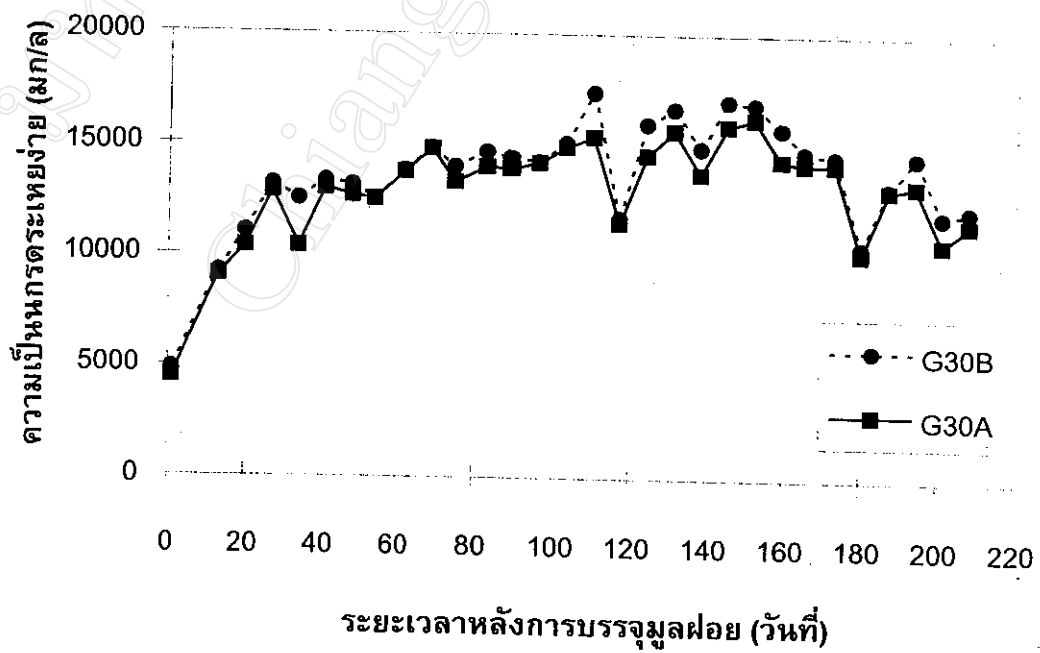
รูปที่ 4.26 ค่าความเข้มข้นของสารละลายของถังจำลองใบที่ 1



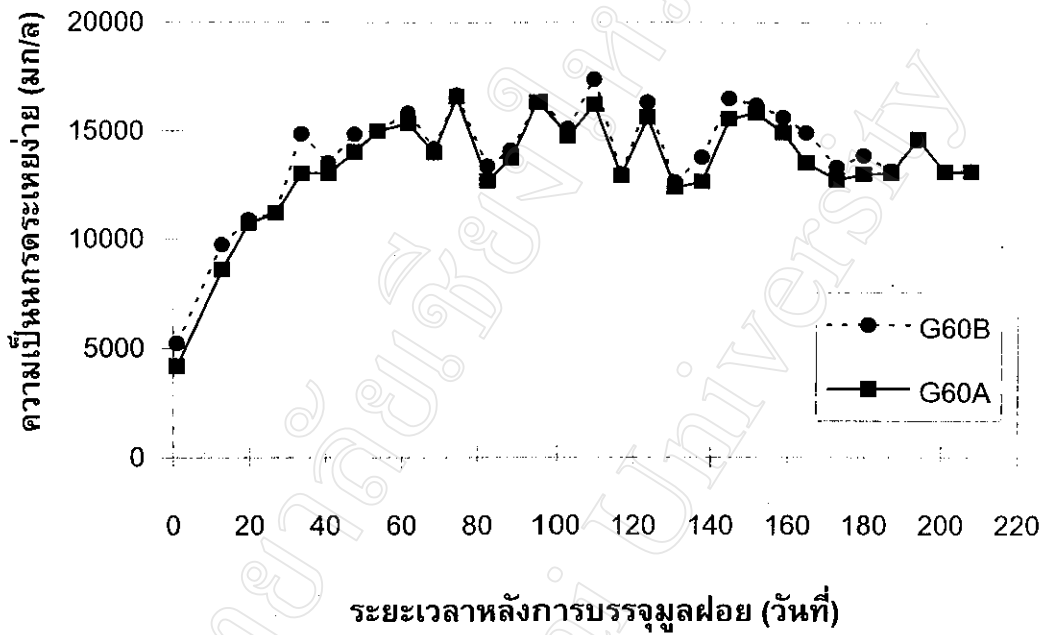
รูปที่ 4.27 ค่าความเข้มข้นของสารละลายของถังจำลองใบที่ 2



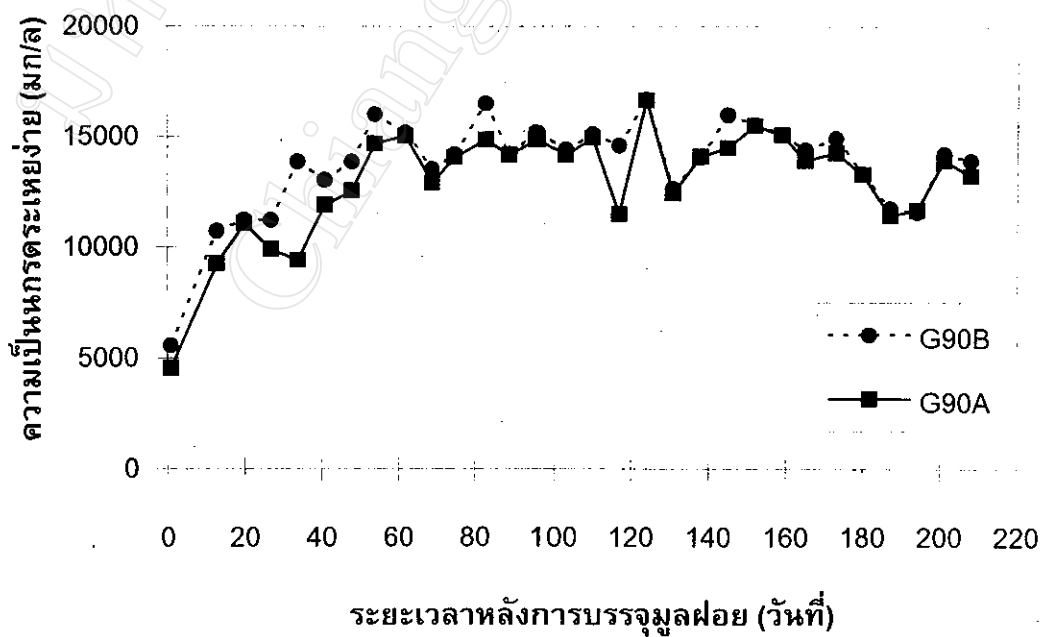
รูปที่ 4.28 ค่าความเป็นกรดระเหยง่ายของถังจำลองใบที่ 3



รูปที่ 4.29 ค่าความเป็นกรดระเหยง่ายของถังจำลองใบที่ 4



รูปที่ 4.30 ค่าความเข้มข้นกระเหยง่ายของถังจำลองใบที่ 5



รูปที่ 4.31 ค่าความเข้มข้นกระเหยง่ายของถังจำลองใบที่ 6

สะสมอยู่ไหลผ่านชั้นมูลฝอย และขยะอินทรีย์ที่สะสมอยู่ในชั้นมูลฝอยลงมาด้วยในคราวเดียวกัน ทำให้ค่าความเป็นกรดระเหยง่ายมีค่าสูงนั่นเอง

และจากตารางที่ 4.5 ซึ่งแสดงค่าความเป็นกรดระเหยง่ายของน้ำชะมูลฝอยแสดงให้เห็นว่า ค่าความเป็นกรดระเหยง่ายก่อนผ่านชั้นระบายน้ำกับเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว และมีความสูงของชั้นระบายน้ำที่แตกต่างกัน ค่าความเป็นกรดระเหยง่ายไม่แตกต่างกันมากนัก คือ มีค่าเปลี่ยนแปลงร้อยละ 0.64-5.00 แต่ค่าความเป็นกรดระเหยง่ายมีแนวโน้มลดลงเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว

ตารางที่ 4.5 ค่าความเป็นกรดระเหยง่ายของน้ำชะมูลฝอยจากถังจำลองตลอดช่วงการศึกษา

ถังจำลองไปที่ (Run no.)		ค่าความเป็นกรดระเหยง่าย (มก./ล.)					% ความแตกต่าง ของ P ₅₀ *
		Min	Max	Mean	SD	P ₅₀	
1	S30B	5240	20000	15100	2840	15600	0.64
	S30A	4190	19300	14400	2970	15500	
2	S60B	7330	17000	14000	2310	14400	3.55
	S60A	6880	16500	13200	2320	13900	
3	S90B	5940	18100	13700	2390	14200	0.92
	S90A	4490	17300	13100	2530	14100	
4	G30B	4890	17400	13300	2640	14000	5.00
	G30A	4490	15900	12700	2520	13300	
5	G60B	5240	17400	13700	2630	13800	2.17
	G60A	4180	16200	13100	2670	13500	
6	G90B	5580	16700	13500	2400	14200	1.69
	G90A	4540	16600	12700	2540	14000	

หมายเหตุ * % ความแตกต่างของ P₅₀

$$= 100 (P_{50} \text{ ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ} - P_{50} \text{ เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว}) / P_{50} \text{ ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ}$$

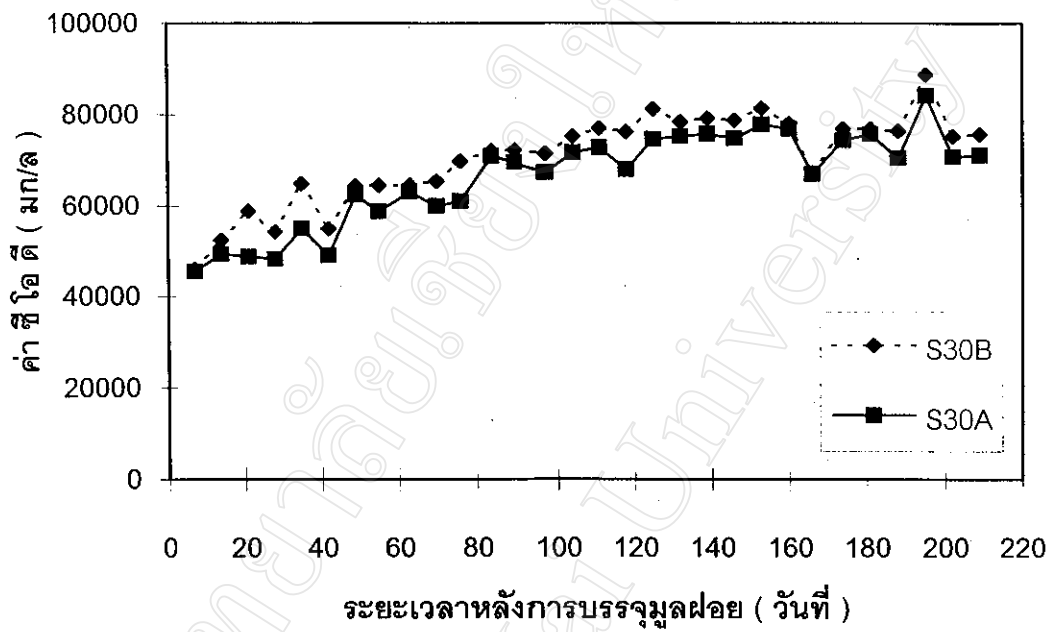
4.4.5 ซีโอดี

ค่าซีโอดี ของน้ำชะมูลฝอยจากทุกถังจำลองได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก และรูปที่ 4.32-4.37 จากการทดลองพบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของลักษณะสมบัติในรูปซีโอดีของทุกถังจำลองมีลักษณะเหมือนกัน คือ มีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง โดยเมื่อเริ่มต้นการทดลองหรือภายหลังการบรรจุมูลฝอยได้ 1 วัน น้ำชะมูลฝอยมีค่าซีโอดีต่ำคือมีค่าอยู่ในช่วง 46,100-54,600 มก./ล. จากนั้นจึงมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยในช่วง 2 เดือนแรกมีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของค่าซีโอดีมากกว่าเมื่อผ่าน 2 เดือนแรกไปแล้ว คือในวันที่ 76 ภายหลังการบรรจุมูลฝอยมีค่าซีโอดีอยู่ในช่วงระหว่าง 63,400-75,300 มก./ล. ต่อจากนั้นจนประมาณเดือนที่ 5 ของการทดลอง ค่าซีโอดีเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจนเกือบมีค่าคงที่ แต่หลังจากนั้นไปจนถึงสิ้นสุดการทดลองค่าซีโอดี มีค่าเปลี่ยนแปลงมากกว่าช่วงแรก โดยมีค่าซีโอดีเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 65,100-78,800 มก./ล.

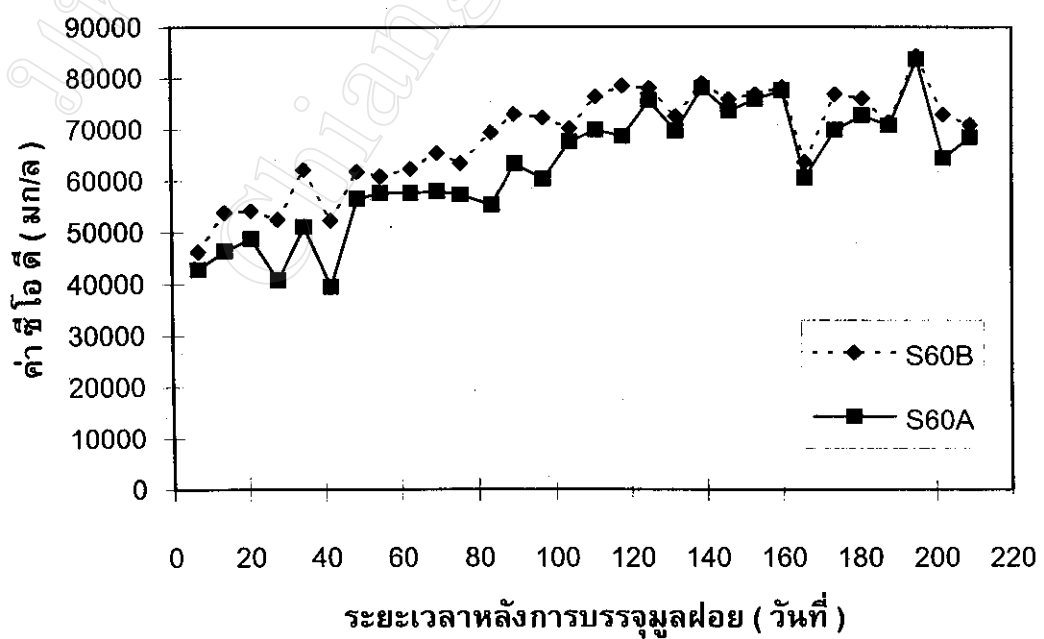
เมื่อเปรียบเทียบค่าซีโอดีของน้ำชะมูลฝอยกับผลการศึกษานักวิจัยท่านอื่น ได้แก่ ปรีทัศน์ เขยชม (2537) และศศิธร แกลงการณ (2541) เช่นเดียวกับการเปรียบเทียบค่าพีเอช โดยมูลฝอยที่ใช้ในการทดลองของนักวิจัยทั้ง 2 ท่าน ไม่ได้ผ่านการบดมูลฝอย ผลการเปรียบเทียบพบว่า ค่าซีโอดีที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ มีค่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของนักวิจัย 2 ท่านดังกล่าว ซึ่งพบว่า ค่าซีโอดีของน้ำชะมูลฝอยมีค่าอยู่ในช่วง 62,400-112,000 และ 29,400-97,900 มก./ล. ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมูลฝอยที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้ผ่านการบดให้มีชิ้นเล็ก ทำให้ส่วนผสมมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากกว่า จึงเกิดการย่อยสลายได้เร็ว และน้ำชะมูลฝอยสามารถไหลชะผ่านออกมาได้อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ ไม่ได้มีการตกค้างอยู่ในชั้นมูลฝอย

สำหรับการเปรียบเทียบค่าซีโอดีของน้ำชะมูลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ กับเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 4.6 มีรายละเอียดสรุปได้ดังนี้ คือ

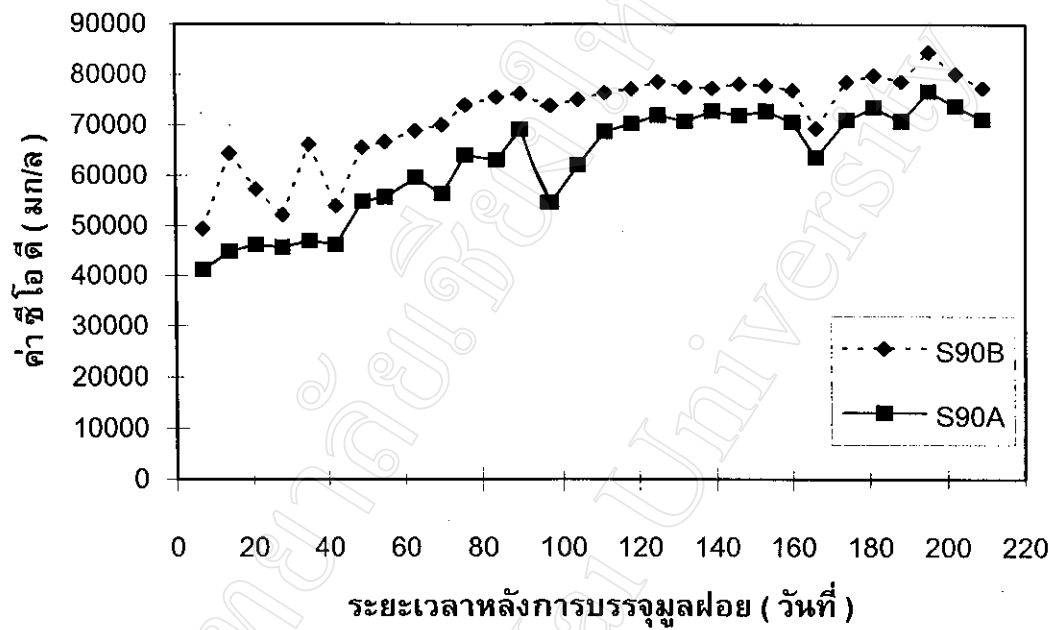
ในกรณีชั้นระบายน้ำเป็นทราย ค่าซีโอดีของน้ำชะมูลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีค่าเฉลี่ย 70600 68400 และ 72000 มก./ล. เมื่อชั้นทรายสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร และเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วค่าซีโอดีมีค่าเฉลี่ย 66300 62800 และ 62700 มก./ล. เมื่อชั้นทรายสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่าซีโอดีของน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำซึ่งเป็นทรายมีค่าลดลง และจากรูปที่ 4.32-4.34 สังเกตได้ว่าแม้ค่าซีโอดีเมื่อผ่านชั้นทรายมีค่าลดลงแต่ไม่ได้มีการลดลงที่สม่ำเสมอ โดยมีอัตราการลดลงไม่เท่ากัน คือ มีค่าต่ำเมื่อเริ่มการทดลอง แล้วจึงค่อย ๆ มีค่าเพิ่มสูงขึ้นจนมีค่าสูงสุดและค่อย ๆ ลดลงไปถึงสิ้นสุดการทดลอง โดยชั้นระบายน้ำที่เป็นชั้นทรายสูง 30 เซนติเมตร เริ่มมีค่าลดต่ำลงเมื่อการบรรจุมูลฝอยผ่านไป 84 วัน ส่วนชั้นระบายน้ำที่เป็นชั้นทรายสูง 60 เซนติเมตร เริ่มมีค่าลดต่ำลงเมื่อ



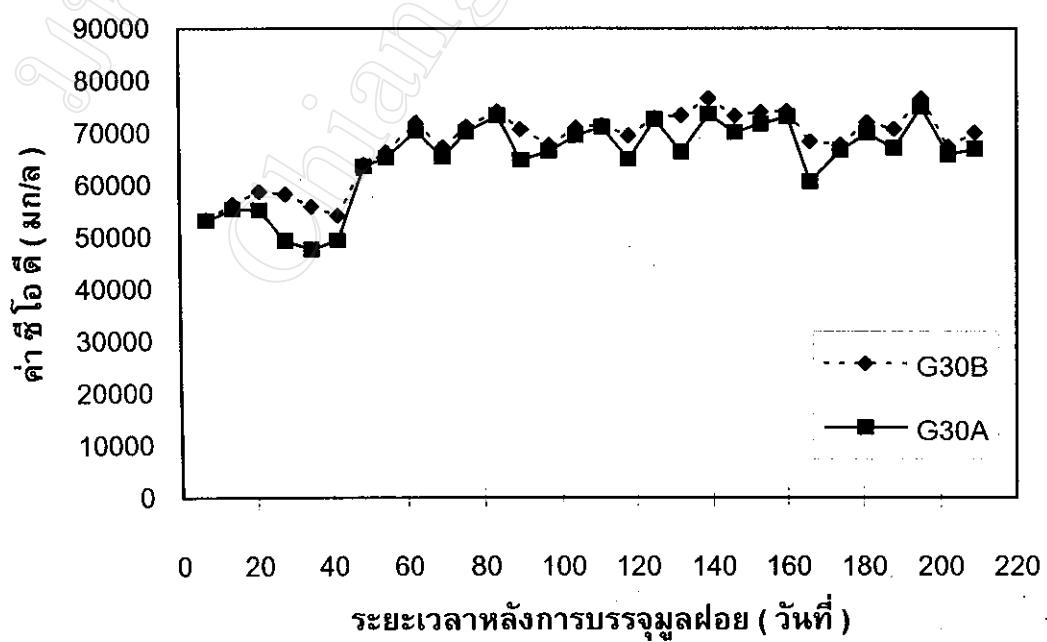
รูปที่ 4.32 ค่า ซีไอ ดี ของถังจำลองใบที่ 1



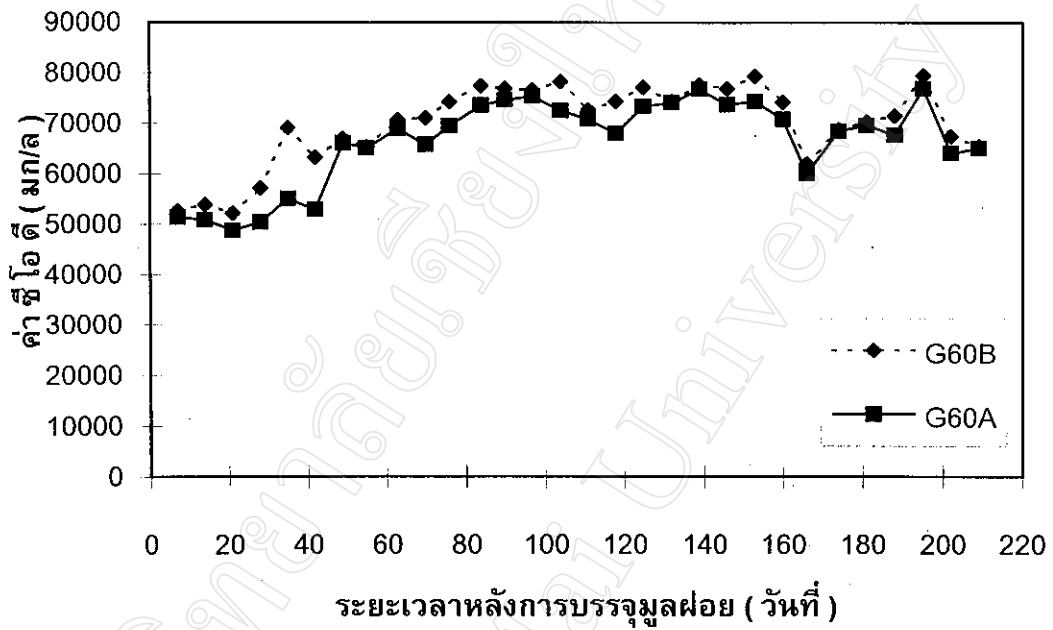
รูปที่ 4.33 ค่า ซีไอ ดี ของถังจำลองใบที่ 2



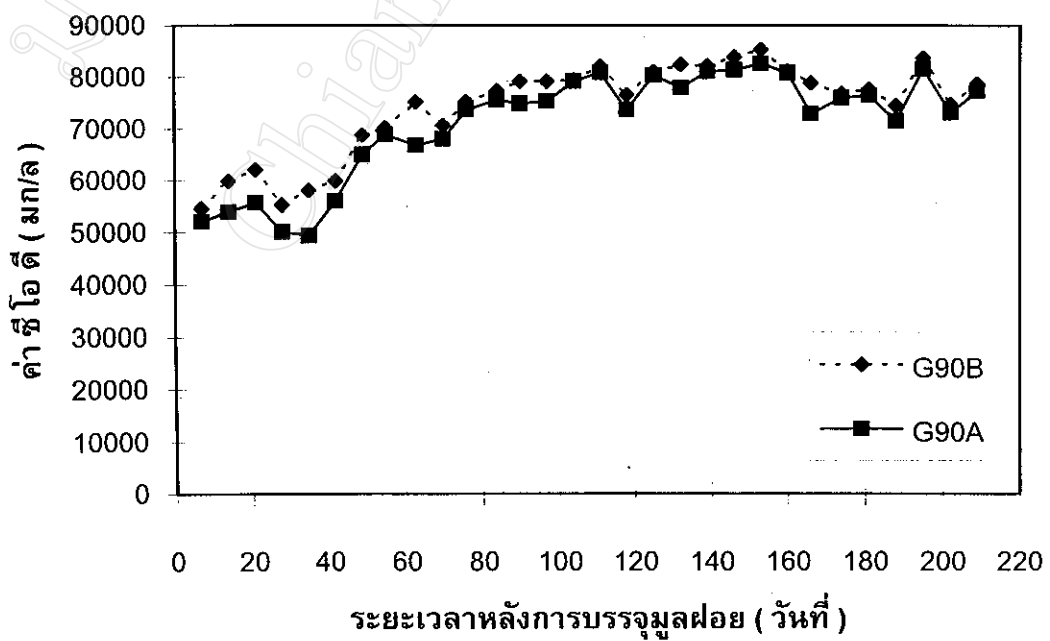
รูปที่ 4.34 ค่า ซีโอดี ของถังจำลองใบที่ 3



รูปที่ 4.35 ค่า ซีโอดี ของถังจำลองใบที่ 4



รูปที่ 4.36 ค่า ซีไอดี ของถังจำลองใบที่ 5



รูปที่ 4.37 ค่า ซีไอดี ของถังจำลองใบที่ 6

ตารางที่ 4.6 ค่าซีไอดีของน้ำชะมูลฝอยจากถังจำลองตลอดช่วงการศึกษา

ถังจำลองใบที่ (Run no.)		ค่าซีไอดี (มก./ล.)					
		Min	Max	Mean	SD	P ₅₀	% ความแตกต่าง ของ P ₅₀ *
1	S30B	41600	88000	70600	9730	75200	6.25
	S30A	45500	84100	66300	10200	70500	
2	S60B	46200	84400	68400	9640	71500	9.93
	S60A	39500	83700	62800	11500	64400	
3	S90B	49400	84500	72000	8800	76300	15.98
	S90A	41200	76700	62700	10600	64100	
4	G30B	53400	76600	68000	6610	70700	5.66
	G30A	47600	75000	65200	7600	66700	
5	G60B	52200	79500	69900	7860	71500	3.64
	G60A	48800	76900	66500	8450	68900	
6	G90B	54600	85300	74200	8890	77400	3.75
	G90A	49400	82600	71100	10200	74500	

หมายเหตุ * % ความแตกต่างของ P₅₀

$$= 100 (P_{50} \text{ ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ} - P_{50} \text{ เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว}) / P_{50} \text{ ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ}$$

มีการบรรจุมูลฝอยผ่านไป 118 วัน ในขณะที่ชั้นระบายน้ำซึ่งเป็นชั้นทรายสูง 90 เซนติเมตร แม้มีค่าลดต่ำลงแต่ไม่มากนักจนค่าความแตกต่างดังกล่าวค่อนข้างสม่ำเสมอไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง แสดงให้เห็นว่าในช่วงหลัง ๆ ประสิทธิภาพในการย่อยสลายมีค่าลดลง น่าจะเกิดจากสารอินทรีย์ในมูลฝอยในช่วงหลังเป็นกลุ่มที่ย่อยสลายได้ยากเป็นส่วนใหญ่

ในกรณีชั้นระบายน้ำเป็นกรวด ค่าซีไอดีของน้ำชะมูลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีค่าเฉลี่ย 68,000 69,900 และ 74,200 มก./ล. เมื่อชั้นกรวดสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร และเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วค่าซีไอดีมีค่าเฉลี่ย 65,200 66,500 และ 71,100 มก./ล. เมื่อชั้นกรวดสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่าซีไอดีของน้ำชะมูลฝอยเมื่อ

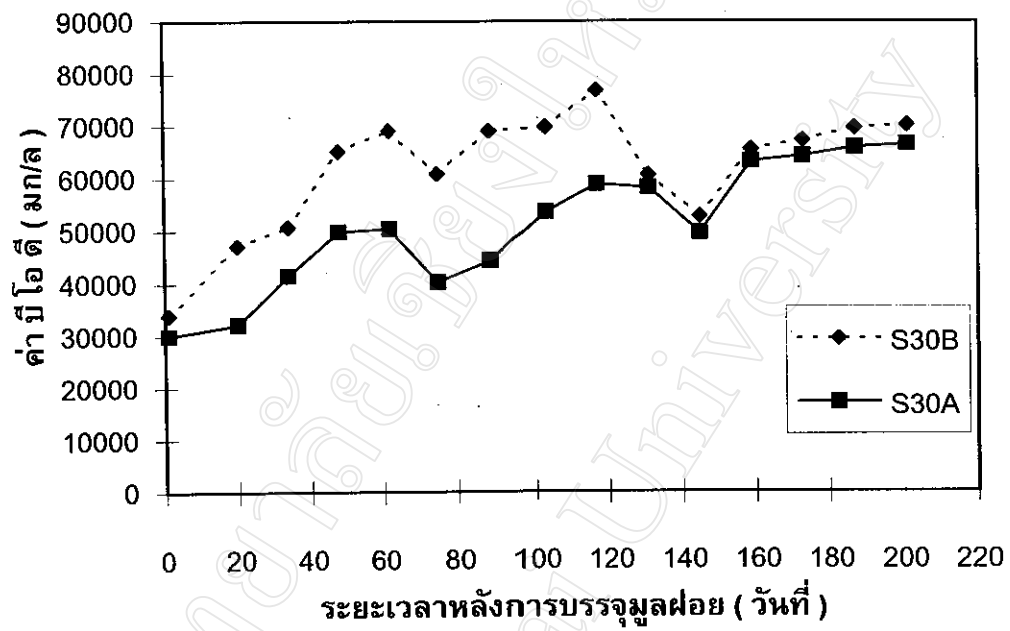
ผ่านชั้นระบายน้ำซึ่งเป็นกรวดมีค่าลดลง และจากรูปที่ 4.35-4.37 สังเกตได้ว่า ในกรณีใช้กรวดเป็นชั้นระบายน้ำค่าซีโอติลดลงต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเฉพาะในช่วงแรกของการทดลองเท่านั้น คือ ในช่วงภายหลังการบรรจุมูลฝอยไปแล้วไม่เกิน 60 วัน แต่หลังจากนั้นจนถึงสิ้นสุดการทดลอง ค่าซีโอติก่อนผ่านชั้นระบายน้ำกับเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว ลดลงไม่มากและแตกต่างกันไม่มากนัก

สำหรับความแตกต่างกันของค่าซีโอติซึ่งเปลี่ยนแปลงลดลงเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.6 คือ ค่าซีโอติลดลงตลอดการทดลองเฉลี่ยร้อยละ 6.25 9.93 และ 15.98 เมื่อใช้ชั้นทรายสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ค่าซีโอติลดลงตลอดการทดลอง เฉลี่ยร้อยละ 5.66 3.64 และ 3.75 เมื่อใช้ชั้นกรวดสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการใช้ทรายและกรวดที่มีความหนาแตกต่างกันเป็นชั้นระบายน้ำ ทำให้ค่าซีโอติของน้ำชะมูลฝอยลดลงได้แตกต่างกัน ซึ่งสาเหตุของความแตกต่างกันเกิดจากพื้นที่ผิวของตัวกลางหรือทรายกับกรวดนั่นเอง ทั้งนี้เนื่องจากในกรณีชั้นระบายน้ำเป็นทราย พื้นที่ผิวซึ่งให้จุลินทรีย์ยึดเกาะมีมากจึงมีปริมาณจุลินทรีย์ในปริมาณมากกว่าชั้นระบายน้ำที่เป็นกรวด นอกจากนี้ชั้นระบายน้ำซึ่งเป็นทรายสูง 90 เซนติเมตร อาจมีปริมาณจุลินทรีย์ยึดเกาะอยู่ในปริมาณมากทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ซึ่งทำให้ค่าซีโอติลดลงได้อย่างสม่ำเสมอตลอดการทดลอง ในขณะที่ชั้นระบายน้ำซึ่งเป็นทรายสูง 30 และ 60 เซนติเมตร ปริมาณจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะบริเวณพื้นที่ผิวของทรายมีปริมาณน้อยกว่าเช่นเดียวกับชั้นระบายน้ำที่เป็นกรวด นอกจากนี้ชั้นระบายน้ำที่เป็นกรวด จุลินทรีย์ยังมีเวลาสัมผัสสมลสารน้อยกว่า เนื่องจากน้ำชะมูลฝอยสามารถไหลผ่านชั้นกรวดได้ง่ายกว่าเพราะกรวดมีค่า Void Ratio มากกว่าทรายนั่นเอง

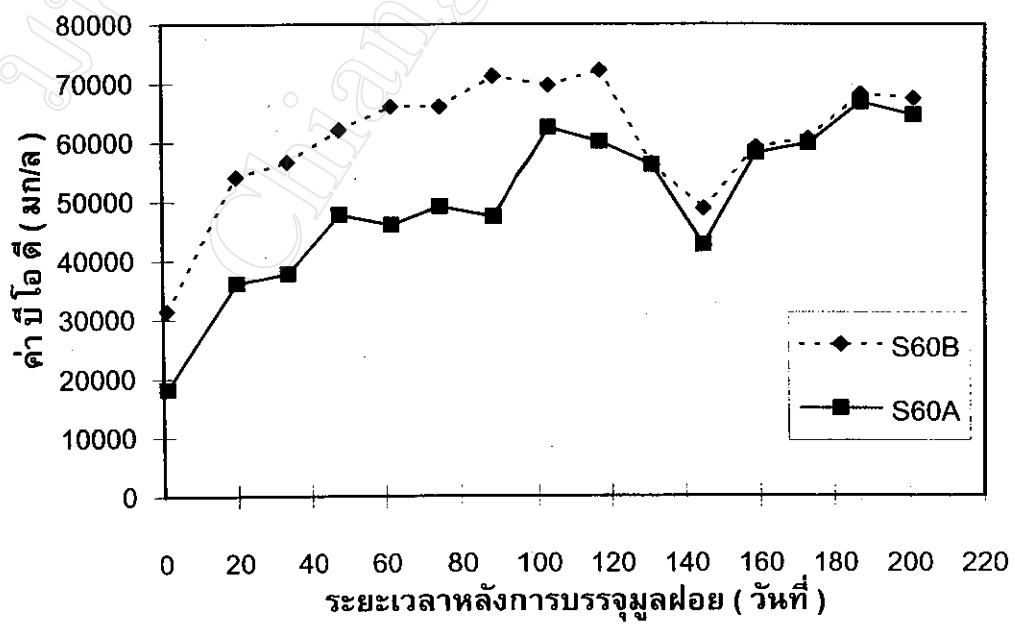
4.4.6 บีโอดี

ค่าบีโอดีของน้ำชะมูลฝอยจากทุกถังจำลองได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก และรูปที่ 4.38-4.43 จากผลการทดลองพบว่าค่าบีโอดีของน้ำชะมูลฝอยจากถังจำลองทั้ง 6 มีแนวโน้มเหมือนกันคือในช่วงเริ่มต้นการทดลองหรือภายหลังการบรรจุมูลฝอย 1 วัน น้ำชะมูลฝอยมีค่าบีโอดีระหว่าง 29,000-36,500 มก./ล. หลังจากนั้นค่าบีโอดีได้เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนมีค่าสูงสุดประมาณวันที่ 117 ภายหลังการบรรจุมูลฝอย โดยมีค่าระหว่าง 68,200-87,900 มก./ล. จากนั้นมีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นลดลงไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งค่าบีโอดีค่อนข้างเปลี่ยนแปลงนี้เมื่อใกล้สิ้นสุดการทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 46,800-79,200 มก./ล. สาเหตุที่บีโอดีมีค่าเปลี่ยนแปลงเช่นนี้เพราะในช่วงแรกน้ำชะมูลฝอยมีสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ละลายออกมาจากน้ำชะมูลฝอยในปริมาณค่อนข้างสูง ประกอบกับความชื้นในมูลฝอยและปริมาณน้ำที่เติมลงในถังจำลองมีปริมาณที่ค่อนข้างเหมาะสม ค่าบีโอดีจึงค่อย ๆ เพิ่มขึ้น แต่หลังจากเดือนที่ 5 เมื่อบีโอดีมีค่าสูงสุดแล้วมีค่าลดต่ำลงก่อนเพิ่มขึ้นอีกจนถึงสิ้นสุดการทดลอง เนื่องจากในเดือนที่ 5 มีปริมาณน้ำเติมลงในถังจำลองค่อนข้างสูงทำให้ความชื้นในชั้นมูลฝอยมีมาก จึงมีน้ำชะมูลฝอยออกมาในปริมาณมากกว่าปกติ ทำให้เกิดการเจือจางขึ้นและน้ำชะมูลฝอยมีความเข้มข้นน้อยกว่าช่วงแรก ยังผลให้ปริมาณสารอินทรีย์ลดความเข้มข้นลง แต่ในช่วงเดือนที่ 6-7 ของการทดลองเมื่อปริมาณน้ำถูกเติมลงในถังจำลองในปริมาณที่น้อยลง และไม่มีการเติมน้ำในช่วงก่อนสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณความชื้นในชั้นมูลฝอยก็ลดลง ในขณะเดียวกันปริมาณสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์มีปริมาณลดลง ทำให้ในช่วงก่อนสิ้นสุดการทดลองค่าบีโอดีมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักและมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย

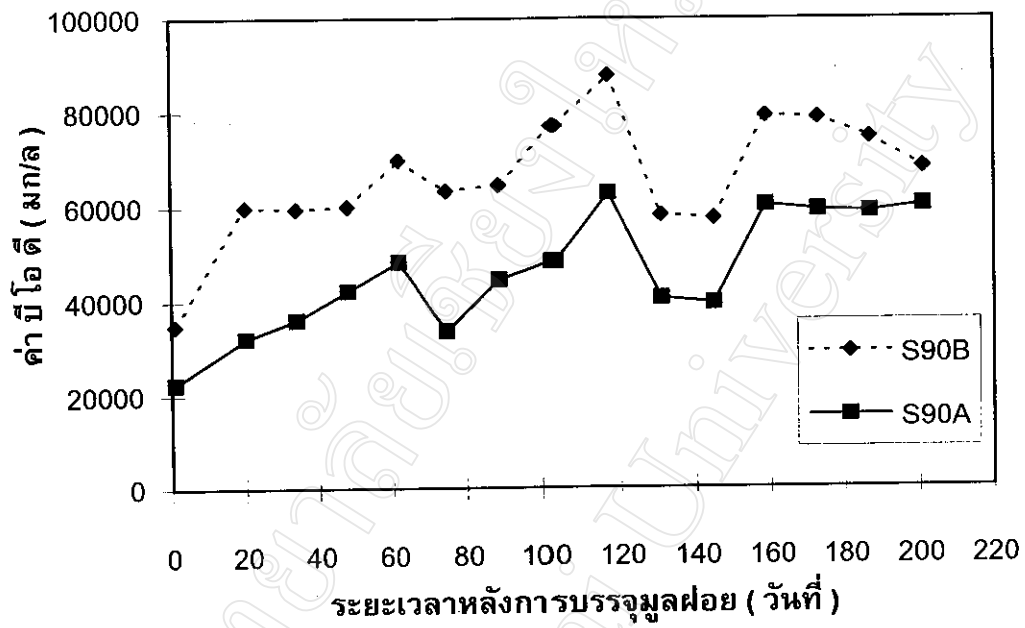
เมื่อเปรียบเทียบค่าบีโอดีของน้ำชะมูลฝอยกับผลการศึกษาของนักวิจัยท่านอื่น ได้แก่ ปรีทัศน์ เชยชม (2537) และศศิธร แกลงการณ (2541) เช่นเดียวกับการเปรียบเทียบค่าพีเอช โดยมูลฝอยที่ใช้ในการทดลองของนักวิจัยทั้ง 2 ท่าน ไม่ได้ผ่านการบดมูลฝอย ผลการเปรียบเทียบพบว่า ค่าบีโอดีที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ มีค่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของนักวิจัย 2 ท่านดังกล่าว ซึ่งพบว่า ค่าบีโอดีของน้ำชะมูลฝอยมีค่าอยู่ในช่วง 45,000-81,900 และ 28,500-86,200 มก./ล. ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมูลฝอยที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้ผ่านการบดให้มีชิ้นเล็ก ทำให้ส่วนผสมมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากกว่า จึงเกิดการย่อยสลายได้เร็ว และน้ำชะมูลฝอยสามารถไหลทะผ่านออกมาได้อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ ไม่ได้มีการตกค้างอยู่ในชั้นมูลฝอย



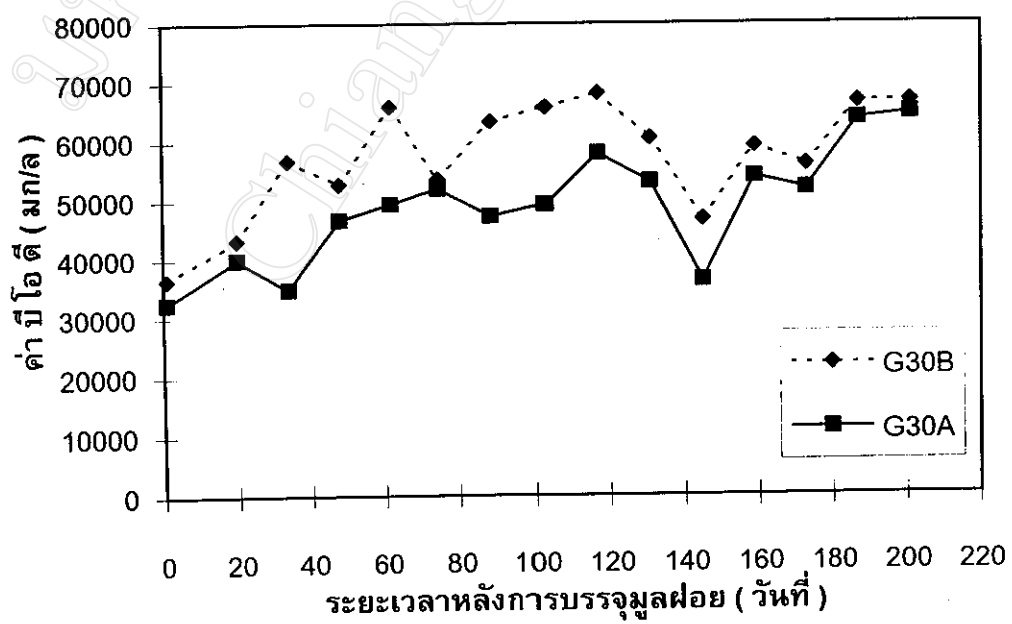
รูปที่ 4.38 ค่า บี โอ ดี ของถังจำลองใบที่ 1



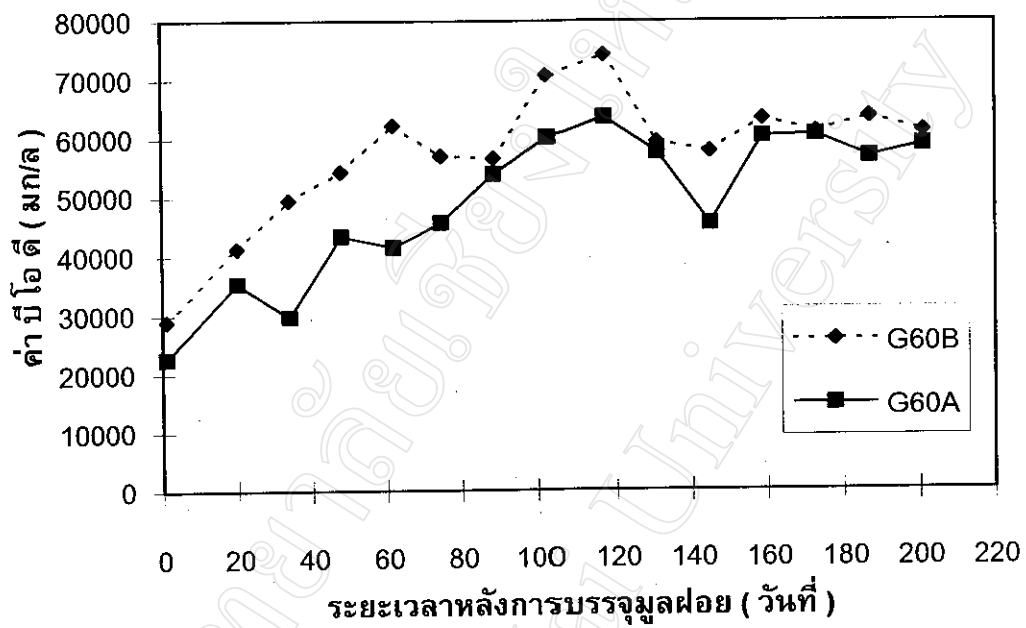
รูปที่ 4.39 ค่า บี โอ ดี ของถังจำลองใบที่ 2



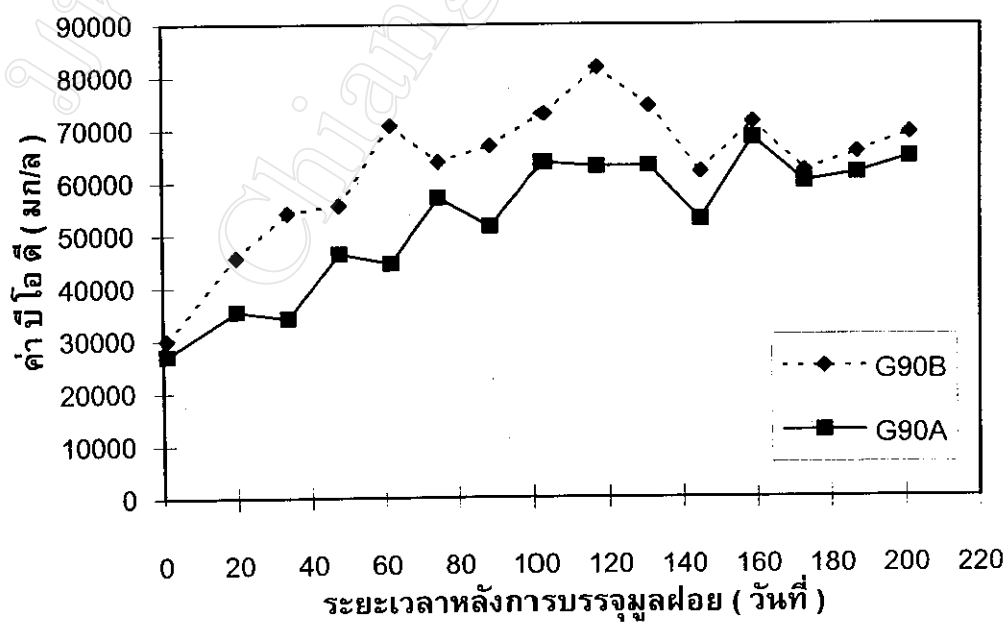
รูปที่ 4.40 ค่า บี โอ ดี ของถังจำลองใบที่ 3



รูปที่ 4.41 ค่า บี โอ ดี ของถังจำลองใบที่ 4



รูปที่ 4.42 ค่า บี โอ ดี ของถังจำลองใบที่ 5



รูปที่ 4.43 ค่า บี โอ ดี ของถังจำลองใบที่ 6

สำหรับการเปรียบเทียบค่าบีโอดีของน้ำชะมูลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำกับเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.7 มีรายละเอียดดังนี้ คือ

ในกรณีชั้นระบายน้ำเป็นทราย ค่าบีโอดีก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีค่าเฉลี่ย 61,900 60,700 และ 66,300 มก./ล. เมื่อชั้นทรายสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ และเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วค่าบีโอดีมีค่าเฉลี่ย 51,300 50,200 และ 46,000 มก./ล. เมื่อชั้นทรายสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงว่าค่าบีโอดีลดลงเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำที่เป็นทราย และจากรูปที่ 4.38-4.40 สังเกตได้ว่าในกรณีชั้นระบายน้ำเป็นชั้นทรายสูง 30 และ 60 เซนติเมตร ค่าบีโอดีเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำมีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างเห็นได้ชัดเฉพาะในช่วงไม่เกิน 4 เดือนภายหลังการบรรจุมูลฝอย ต่อจากนั้นจนถึงสิ้นสุดการทดลองบีโอดีของน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำมีค่าลดลงไม่มากนัก ในขณะที่ชั้นทรายสูง 90 เซนติเมตร บีโอดีของน้ำชะมูลฝอยหลังผ่านชั้นระบายน้ำมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัดตลอดการทดลอง

ในกรณีชั้นระบายน้ำเป็นกรวด ค่าบีโอดีก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีค่าเฉลี่ย 57,500 57,400 และ 63,200 มก./ล. เมื่อชั้นกรวดสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ และเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วค่าบีโอดีมีค่าเฉลี่ย 49,000 49,000 และ 53,000 มก./ล. เมื่อชั้นกรวดสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงว่าค่าบีโอดีเมื่อใช้กรวดเป็นชั้นระบายน้ำ ค่าบีโอดีมีค่าลดลง เช่นกัน และจากรูปที่ 4.41-4.43 ในกรณีชั้นระบายน้ำเป็นกรวดมีความสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ค่าบีโอดี เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำมีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วงระยะเวลาไม่เกิน 5 เดือน

ส่วนการเปลี่ยนแปลงของค่าบีโอดีซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.7 คือ ค่าบีโอดีลดลงเฉลี่ยร้อยละ 22.9 20.9 และ 31.0 เมื่อใช้ชั้นระบายน้ำเป็นทรายสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าบีโอดีลดลงเฉลี่ยร้อยละ 12.9 11.8 และ 12.9 เมื่อใช้ชั้นระบายน้ำเป็นกรวดสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าในการใช้ทรายและกรวดมีความสูงแตกต่างกันเป็นชั้นระบายน้ำ ค่าบีโอดีมีการเปลี่ยนแปลงลดลงที่แตกต่างกัน ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดความแตกต่างกันคือ ทรายมีพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์ยึดเกาะได้มากกว่า ทำให้มีปริมาณจุลินทรีย์ในปริมาณที่มากกว่า นอกจากนี้ชั้นทรายที่มีความสูง 90 เซนติเมตร อาจมีปริมาณจุลินทรีย์ในปริมาณที่มากจนทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ทำให้ค่าบีโอดีลดลงได้อย่างสม่ำเสมอ ในขณะที่ชั้นทรายสูง 30 และ 60 เซนติเมตร มีปริมาณจุลินทรีย์น้อยทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้มีค่าบีโอดีลดลงอย่างสม่ำเสมอตลอดการทดลอง ส่วนกรวดมีความสามารถในการลดความเข้มข้นของสารอินทรีย์ได้ต่ำกว่าทราย สาเหตุมาจากกรวดมีพื้นที่ผิวน้อยกว่า และระยะเวลาในการสัมผัสระหว่างจุลินทรีย์กับมลสารในชั้นทรายมีมากกว่า อันเนื่องมาจากทรายมีค่า Void ratio น้อยกว่ากรวดนั่นเอง

ตารางที่ 4.7 ค่าบีโอดีของน้ำชะมูลฝอยจากถังจำลองตลอดช่วงการศึกษา

ถังจำลองใบที่ (Run no.)		ค่าบีโอดี (มก./ล.)					
		Min	Max	Mean	SD	P ₅₀	% ความแตกต่าง ของ P ₅₀ *
1	S30B	33900	76700	61900	10900	65500	22.9
	S30A	29900	66400	51300	11500	50500	
2	S60B	31400	72200	60700	10200	62100	20.9
	S60A	18200	60100	50200	12600	49100	
3	S90B	34900	87900	66300	12300	64600	31.0
	S90A	22400	62800	46000	11900	44600	
4	G30B	36500	68200	57500	9200	56800	12.9
	G30A	32400	64800	49000	9430	49500	
5	G60B	29000	74300	57400	10700	61100	11.8
	G60A	22600	63600	49000	12200	53900	
6	G90B	30000	81800	63200	12400	65700	12.9
	G90A	27000	68500	53000	12400	57200	

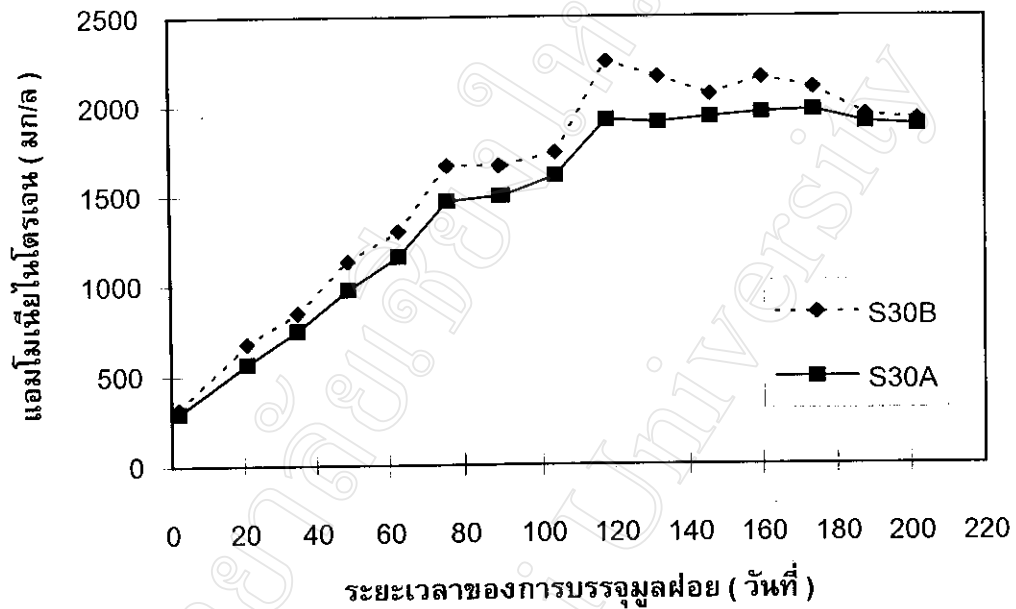
หมายเหตุ * % ความแตกต่างของ P₅₀

$$= 100 (P_{50} \text{ ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ} - P_{50} \text{ เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว}) / P_{50} \text{ ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ}$$

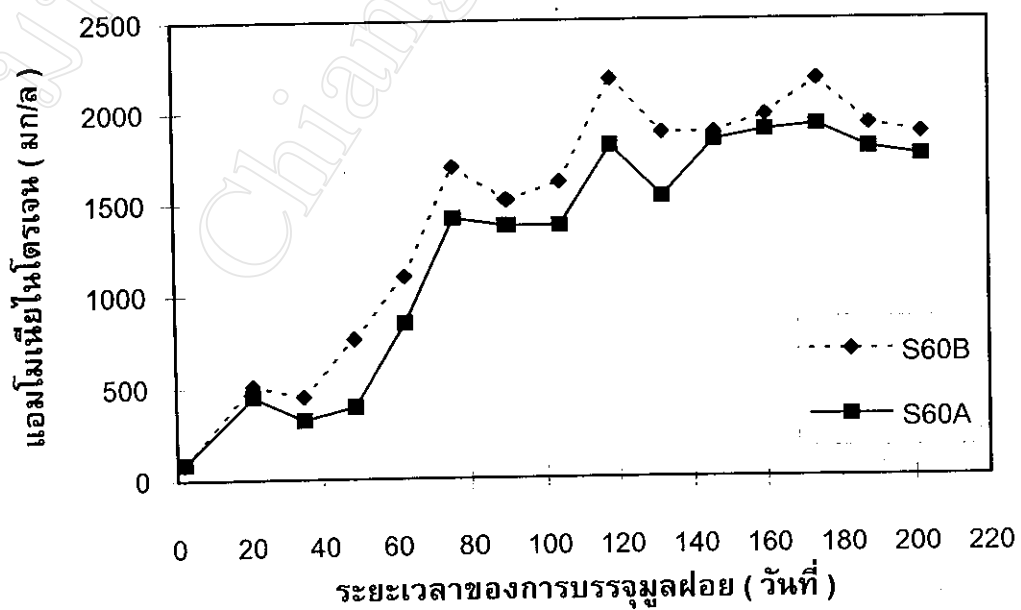
4.4.7 แอมโมเนียในโตรเจน

ค่าแอมโมเนียในโตรเจนของน้ำชะมูลฝอยจากทุกถังจำลอง ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก และรูปที่ 4.44-4.49 จากผลการทดลองพบว่าค่าแอมโมเนียในโตรเจนมีแนวโน้มเหมือนกันทั้ง 6 ถัง คือ เมื่อเริ่มต้นทำการทดลองหรือภายหลังการบรรจุมูลฝอยได้ 1 วัน ค่าแอมโมเนียในโตรเจนมีค่าค่อนข้างต่ำ คือ มีค่าระหว่าง 88-317 มก./ล. และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีในโตรเจนเป็นองค์ประกอบให้กลายเป็นแอมโมเนียในโตรเจนต้องใช้ระยะเวลาในการปรับตัว และเพิ่มปริมาณนานกว่าจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ประเภทที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ อย่างไรก็ตามเมื่อค่าแอมโมเนียในโตรเจนมีค่าสูงสุด ภายหลังการบรรจุมูลฝอยได้ 117 วัน โดยมีค่าระหว่าง 1,870-2,450 มก./ล. แล้วมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1,710-2,390 มก./ล. ซึ่งในช่วงนี้เป็นระยะเวลาที่มีการเติมน้ำลงในถังจำลองในปริมาณมากทำให้ความชื้นภายในมูลฝอยมีค่าสูงขึ้นอันมีผลทำให้ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในโตรเจนลดลง แต่หลังจากนั้นเมื่อมีการเติมน้ำในปริมาณที่ลดลงจนหยุดทำการเติมน้ำในช่วงก่อนสิ้นสุดการทดลองประกอบกับปริมาณสารอินทรีย์ที่จะถูกย่อยสลายเป็นแอมโมเนียในโตรเจนมีปริมาณลดลง ทำให้ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในโตรเจนในน้ำชะมูลฝอยมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในช่วงท้ายของการศึกษา

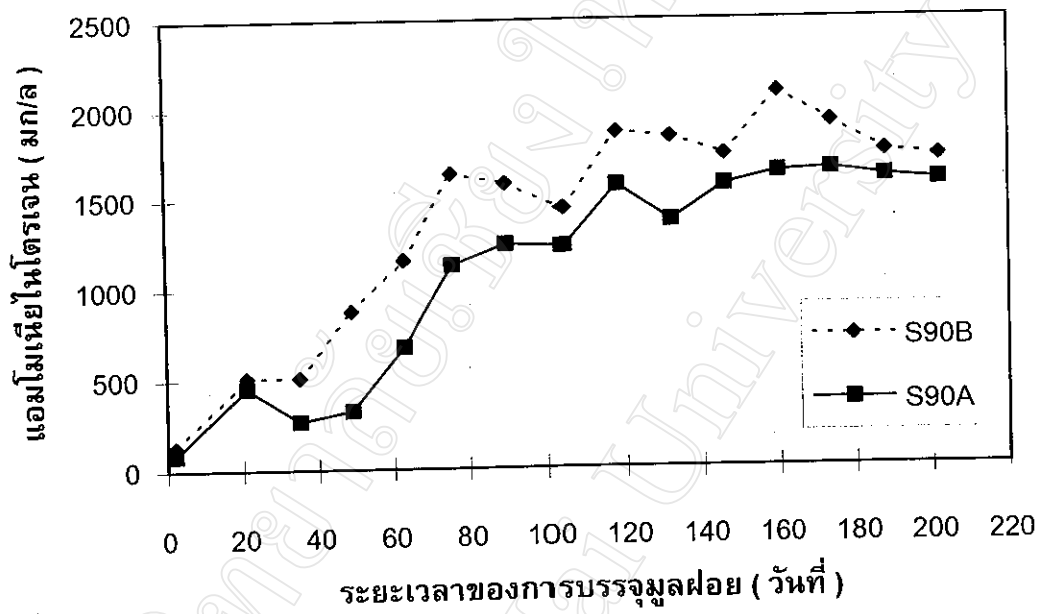
เมื่อเปรียบเทียบค่าแอมโมเนียในโตรเจนของน้ำชะมูลฝอย กับผลการศึกษาของนักวิจัยท่านอื่นที่ใช้มูลฝอยจากเทศบาลนครเชียงใหม่เช่นเดียวกัน ได้แก่ ปรีทัศน์ เชนชม (2537) ผลการเปรียบเทียบพบว่า เมื่อเริ่มต้นการทดลองแอมโมเนียในโตรเจนมีค่าต่ำ คือ 283 มก./ล. ต่อจากนั้นจึงมีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนสูงสุดเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุ 179 วัน หลังการฝังกลบ คือ มีค่า 2,000 มก./ล. หลังจากนั้นไปจนถึงสิ้นสุดการทดลองมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก คือ มีค่าระหว่าง 1,280-2,030 มก./ล. แสดงให้เห็นว่าค่าแอมโมเนียในโตรเจนจากการทดลองครั้งนี้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทำนองเดียวกันกับของปรีทัศน์ เชนชม (2537) แต่มีค่าแอมโมเนียในโตรเจนในระดับที่ต่ำกว่า อาจเนื่องมาจากการบดมูลฝอยให้มีขนาดเล็กลง จึงทำให้มูลฝอยมีส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันมากกว่า ทำให้เกิดการย่อยสลายและชะผ่านของน้ำชะมูลฝอยได้อย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอกว่านั่นเอง



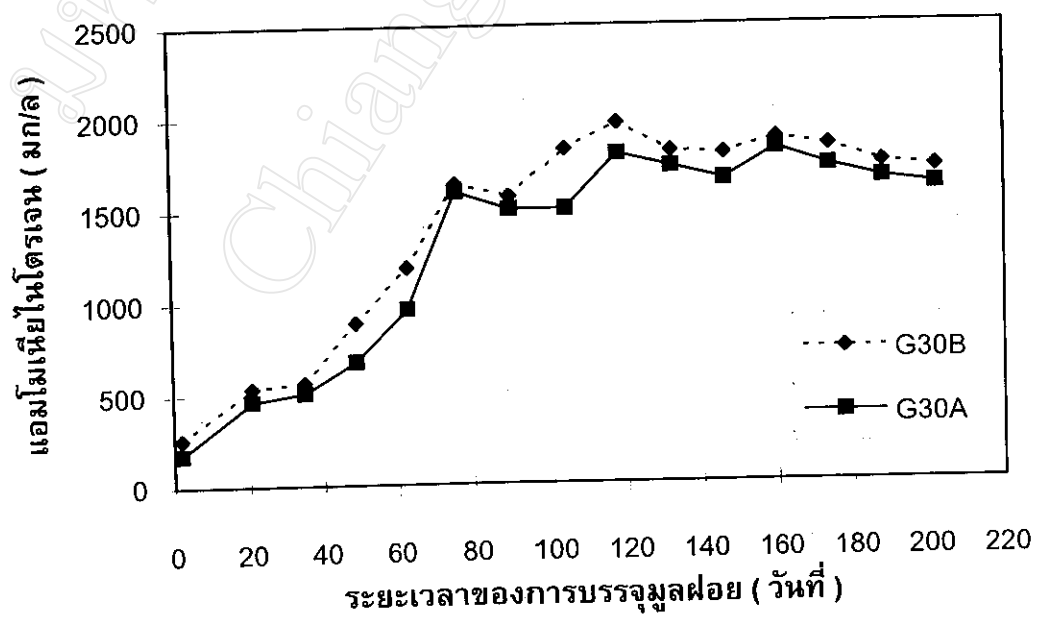
รูปที่ 4.44 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน ของถังจำลองใบที่ 1



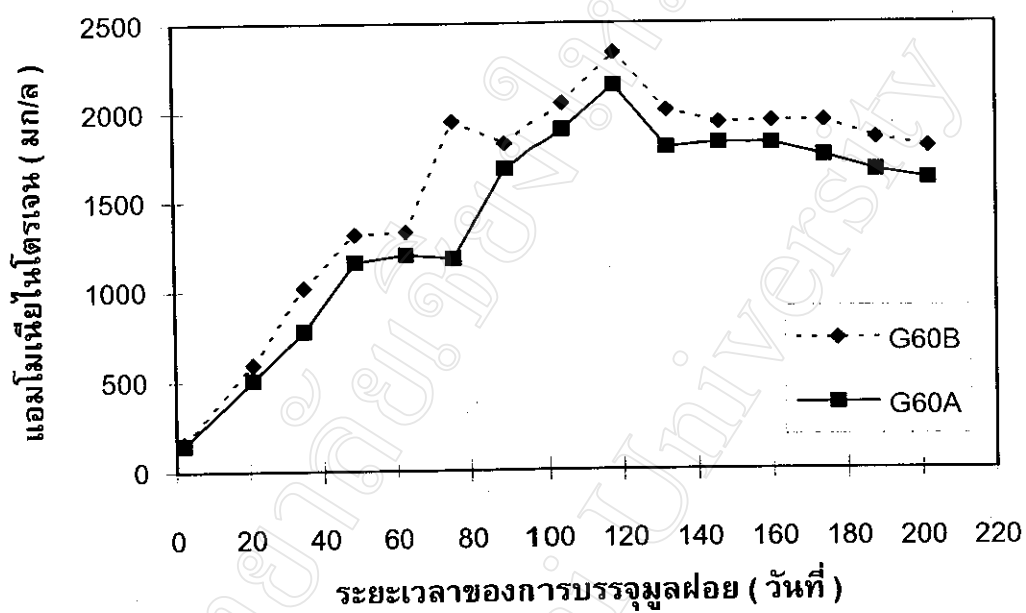
รูปที่ 4.45 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน ของถังจำลองใบที่ 2



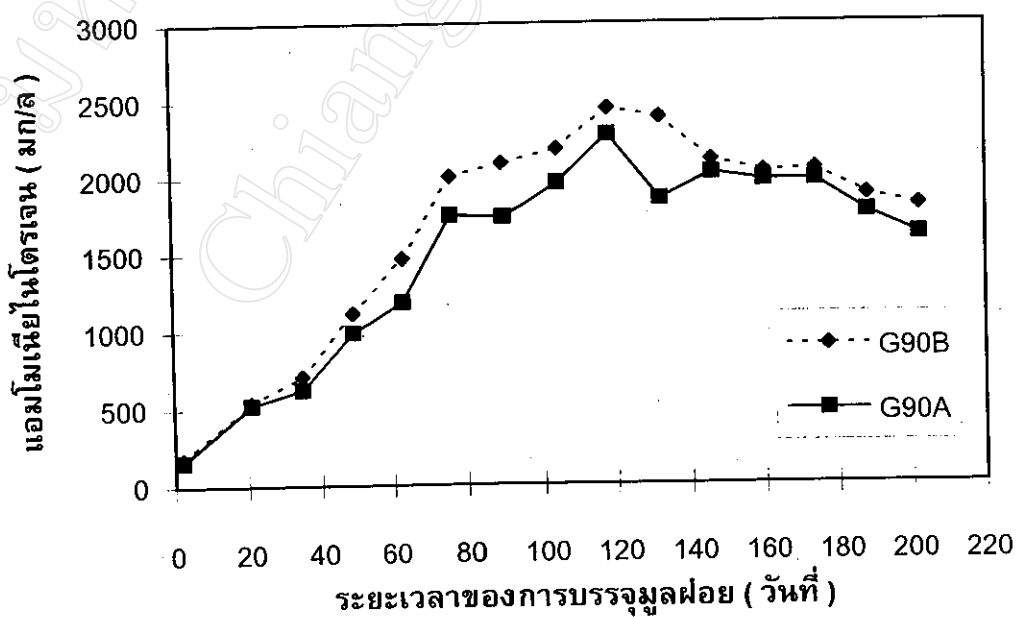
รูปที่ 4.46 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน ของถังจำลองใบที่ 3



รูปที่ 4.47 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน ของถังจำลองใบที่ 4



รูปที่ 4.48 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน ของถังจำลองใบที่ 5



รูปที่ 4.49 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน ของถังจำลองใบที่ 6

สำหรับการเปรียบเทียบค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำชะมูลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำกับเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 4.8 มีรายละเอียดสรุปได้ดังนี้ คือ

ในกรณีชั้นระบายน้ำเป็นทราย ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำชะมูลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีค่าเฉลี่ย 1,600 1,440 และ 1,380 มก./ล. เมื่อใช้ชั้นทรายสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ และเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วค่าแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ย 1,450 1,250 และ 1,090 มก./ล. เมื่อใช้ชั้นทรายสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำที่เป็นทรายมีค่าลดลง และจากรูปที่ 4.44-4.46 สังเกตได้ว่าในช่วงเริ่มต้นการทดลอง จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายหรือเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของแอมโมเนียไนโตรเจน ต้องใช้เวลาในการปรับตัวและเพิ่มปริมาณนานประมาณ 1 เดือน ก่อนมีประสิทธิภาพเต็มที่ในช่วงเดือนที่ 2-5 และก่อนสิ้นสุดการทดลอง 2 เดือน หรือในเดือนที่ 6-7 ก็มีประสิทธิภาพลดลง

ในกรณีชั้นระบายน้ำเป็นกรวด ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำชะมูลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีค่าเฉลี่ย 1,410 1,600 และ 1,670 มก./ล. เมื่อใช้ชั้นกรวดสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร และเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วค่าแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่า 1,290 1,410 และ 1,490 มก./ล. เมื่อใช้ชั้นกรวดสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำที่เป็นกรวดมีค่าลดลง และจากรูปที่ 4.47-4.49 สังเกตได้ว่าในช่วงแรกของการทดลองค่าแอมโมเนียไนโตรเจนก่อนผ่านชั้นระบายน้ำกับเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีค่าไม่ต่างกันมากนัก เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายหรือเปลี่ยนรูปแอมโมเนียไนโตรเจนในชั้นระบายน้ำต้องใช้เวลาในการปรับตัวและเพิ่มปริมาณ

สำหรับความแตกต่างกันของค่าแอมโมเนียไนโตรเจนซึ่งเปลี่ยนแปลงลดลงเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำ ที่ได้แสดงไว้ในตาราง 4.8 คือค่าแอมโมเนียไนโตรเจนลดลงเฉลี่ยร้อยละ 7.47 17.1 และ 24.4 มก./ล. เมื่อใช้ชั้นระบายน้ำเป็นทรายสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนลดลงเฉลี่ยร้อยละ 6.43 9.73 และ 12.9 มก./ล. เมื่อใช้ชั้นระบายน้ำเป็นกรวดสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าในการใช้ทรายและกรวดมีความหนาแตกต่างกันเป็นชั้นระบายน้ำ ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนมีการเปลี่ยนแปลงลดลงที่แตกต่างกัน ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดความแตกต่างกัน คือ ทรายมีพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์ยึดเกาะมากกว่ากรวดและในชั้นทรายสูง 90 เซนติเมตร มีปริมาณจุลินทรีย์มากพอให้เกิดการย่อยสลายได้อย่างเพียงพอตลอดการทดลอง ในขณะที่ทรายที่มีความสูง 30 และ 60 เซนติเมตร มีปริมาณจุลินทรีย์ในปริมาณที่ไม่มากพอจนทำให้ย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ไม่สม่ำเสมอตลอดการทดลอง นอกจากนี้กรวดยังมีช่องว่างภายในหรือ Void Ratio มากกว่าทราย เป็นสาเหตุให้ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำที่เป็นกรวดลดลงได้น้อยกว่าเมื่อเทียบกับชั้นระบายน้ำที่เป็นทรายเนื่องจาก

ทำให้น้ำชะมูลฝอยสามารถไหลผ่านชั้นระบายน้ำได้เร็วกว่าจึงมีเวลาสัมผัสกับจุลินทรีย์ยีสต์เกาะกับเม็ดกรวดน้อยกว่าทราย และอีกสาเหตุที่ทำให้กรวดมีความสามารถในการลดค่าแอมโมเนียไนโตรเจนก็คือ จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบมีความไวต่อการถูกยับยั้งในการดำรงชีพ และมีความแข็งแรงน้อยกว่าจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่คาร์บอนเป็นองค์ประกอบ จึงอาจถูกแทนที่ด้วยจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ปริมาณจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบจึงอาจลดปริมาณลงได้ ทำให้การย่อยสลายแอมโมเนียไนโตรเจนลดลงด้วย

ตารางที่ 4.8 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนจากถังจำลองตลอดช่วงการศึกษา

ถังจำลองใบที่ (Run no.)		ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน (มก./ล.)					% ความแตกต่าง ของ P ₅₀ *
		Min	Max	Mean	SD	P ₅₀	
1	S30B	317	2250	1600	590	1740	7.47
	S30A	294	1970	1450	550	1610	
2	S60B	88	2180	1440	659	1700	17.1
	S60A	88	1920	1250	628	1410	
3	S90B	129	2090	1380	584	1640	24.4
	S90A	88	1650	1090	551	1240	
4	G30B	259	1960	1410	552	1710	6.43
	G30A	176	1820	1290	546	1600	
5	G60B	159	2330	1600	584	1850	9.73
	G60A	147	2150	1410	550	1670	
6	G90B	175	2450	1670	682	2010	12.9
	G90A	160	2280	1490	618	1750	

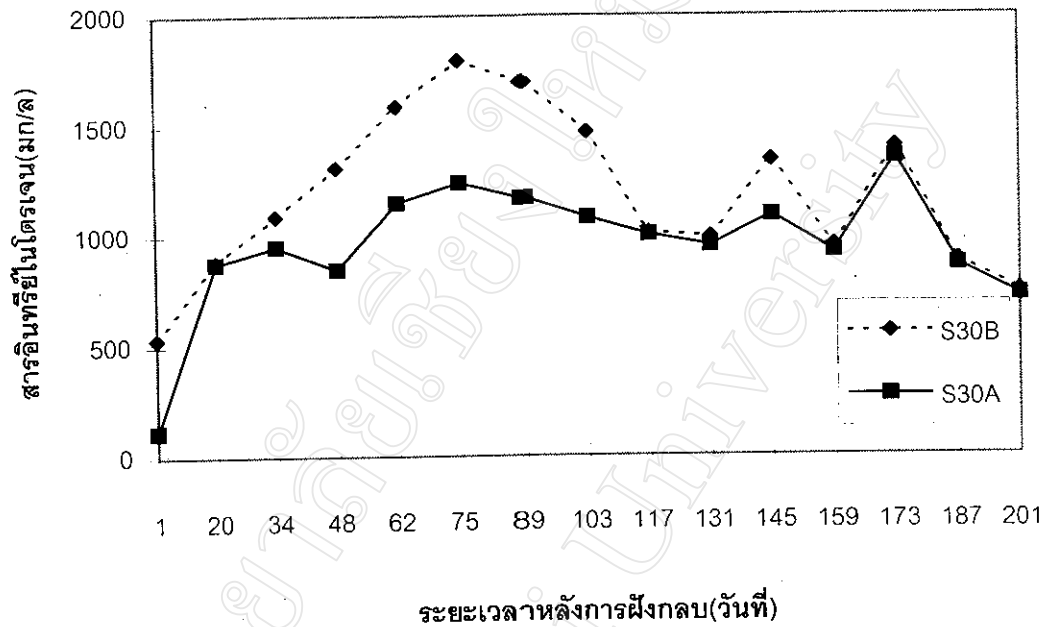
หมายเหตุ * % ความแตกต่างของ P₅₀

$$= 100 (P_{50} \text{ ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ} - P_{50} \text{ เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว}) / P_{50} \text{ ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ}$$

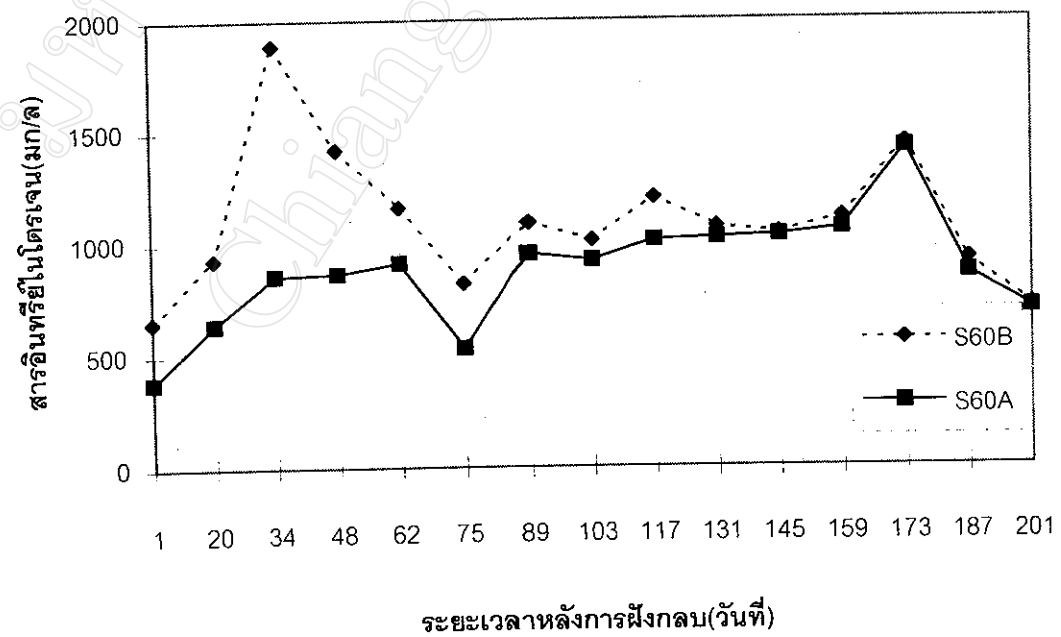
4.4.8 สารอินทรีย์ในโตรเจน

ค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนของน้ำชะมูลฝอยจากทุกถังจำลอง ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก และรูปที่ 4.50-4.55 จากผลการทดลองพบว่าน้ำชะมูลฝอยจากถังจำลองทั้ง 6 มีลักษณะสมบัติที่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเหมือนกัน คือ ในระยะเริ่มการทดลองหรือภายหลังการบรรจุมูลฝอยได้ 1 วัน น้ำชะมูลฝอยมีค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าระหว่าง 420-810 มก./ล. เนื่องจากสารอินทรีย์ในมูลฝอยยังไม่ถูกย่อยสลายจึงมีขนาดโมเลกุลใหญ่ หลังจากนั้นค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนจึงมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งประมาณวันที่ 34-75 ของการทดลองจึงมีค่าสูงประมาณ 1,090-1,890 มก./ล. เนื่องจากสารอินทรีย์ในมูลฝอยถูกย่อยสลายทำให้ขนาดโมเลกุลเล็กลง สารอินทรีย์ในโตรเจนจึงถูกชะออกมามากขึ้น ต่อจากนั้นค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าเพิ่มขึ้น-ลดลงไปจนถึงประมาณวันที่ 173 ของการทดลอง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 620-1,890 มก./ล. เนื่องจากในช่วงนี้ คือ เดือนที่ 2-5 มีการเติมน้ำเข้าสู่ถังจำลองอยู่ตลอดเวลา ปริมาณน้ำที่เพิ่มมากขึ้นนี้มีผลทำให้เกิดการเจือจางของน้ำชะมูลฝอยปริมาณสารอินทรีย์ในโตรเจนจึงเกิดการเปลี่ยนแปลง และต่อจากนั้นมีค่าลดลงไปจนถึงสิ้นสุดการทดลองโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 600-740 มก./ล. ทั้งนี้เนื่องจากมีน้ำชะมูลฝอยเกิดขึ้นน้อยและสารอินทรีย์ในโตรเจนถูกชะออกมาและถูกย่อยสลายไปมากแล้วนั่นเอง นอกจากนี้ปริมาณสารอินทรีย์ในโตรเจนที่ลดลงอาจเนื่องจากการเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียในโตรเจนได้เช่นกัน

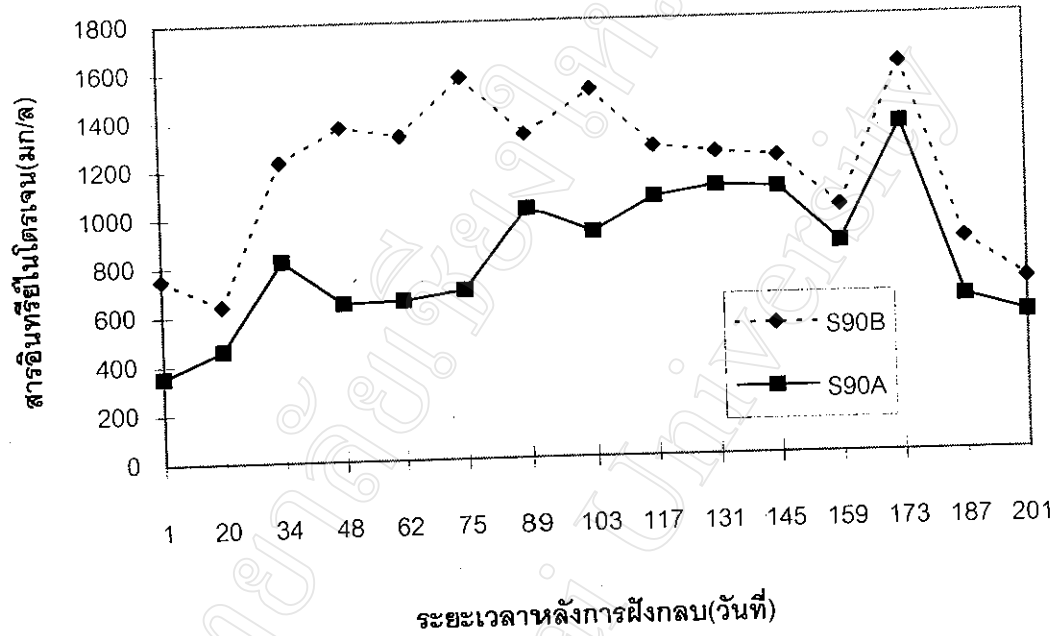
สำหรับการเปรียบเทียบค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนของน้ำชะมูลฝอยกับการศึกษาของนักวิจัยท่านอื่นที่ใช้มูลฝอยจากเทศบาลนครเชียงใหม่เช่นเดียวกัน ได้แก่ ปรีทัศน์ เขยชม (2537) ผลการเปรียบเทียบพบว่า ในช่วงเดือนแรกของการทดลองค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนมีการเปลี่ยนแปลงมาก คือมีค่าอยู่ระหว่าง 638-1,547 มก./ล. ต่อจากนั้นไปจนถึงสิ้นสุดการทดลองมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 859-1,809 มก./ล. แสดงให้เห็นว่าค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนจากการทดลองครั้งนี้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทำนองเดียวกับของปรีทัศน์ เขยชม (2537) แต่มีค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนในระดับที่ต่ำกว่า อาจเนื่องมาจากการบดมูลฝอยให้มีขนาดเล็กลง ทำให้มีส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันมากกว่า จึงก่อให้เกิดการย่อยสลายและชะผ่านของน้ำชะมูลฝอยได้อย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอกว่านั่นเอง



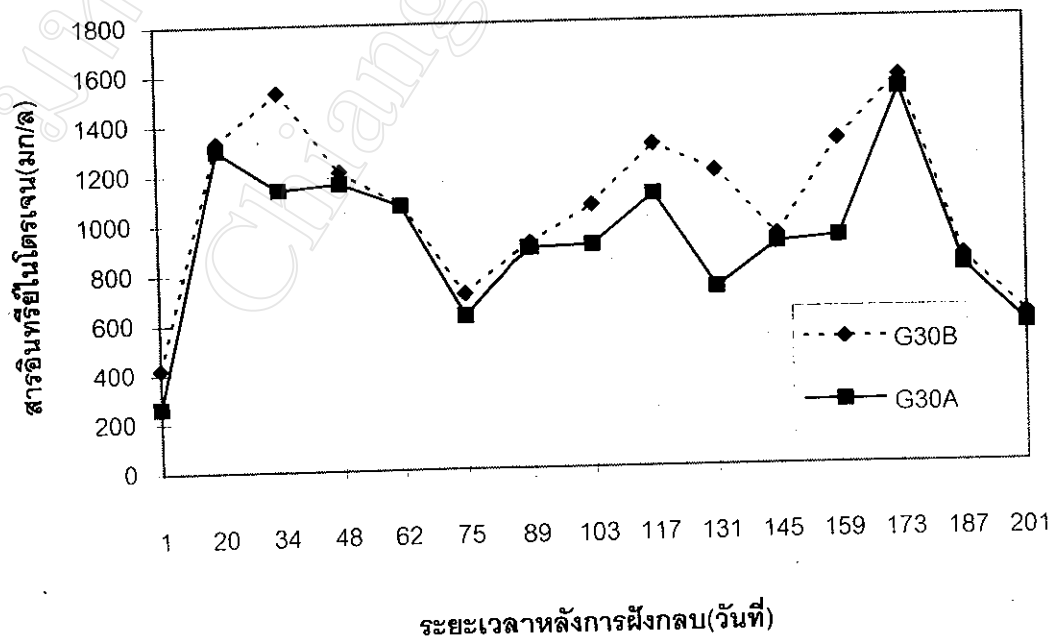
รูปที่ 4.50 ค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจน ของถังจำลองใบที่ 1



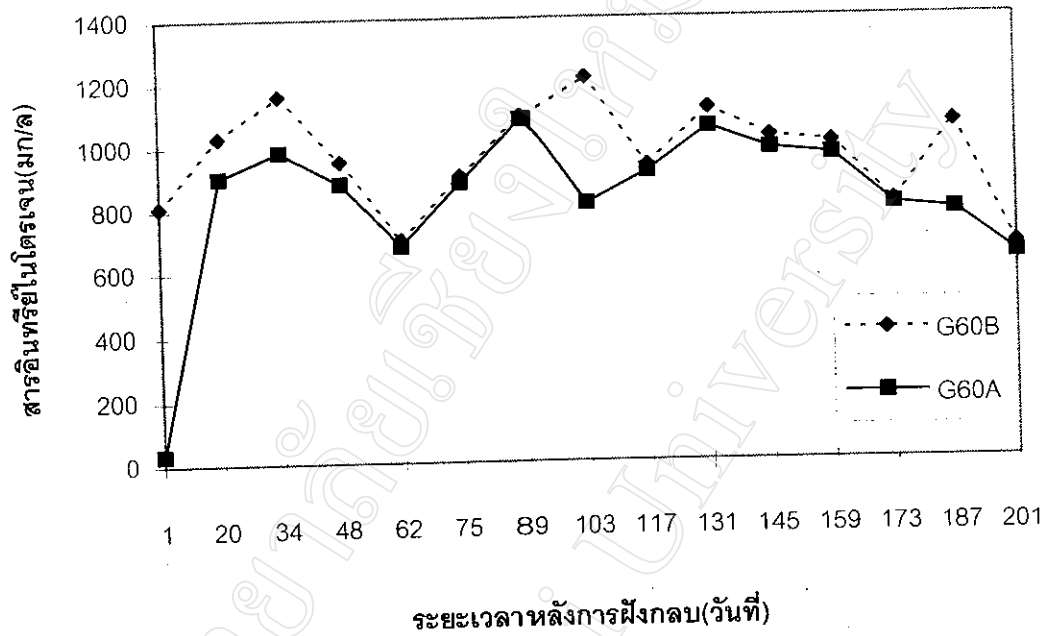
รูปที่ 4.51 ค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจน ของถังจำลองใบที่ 2



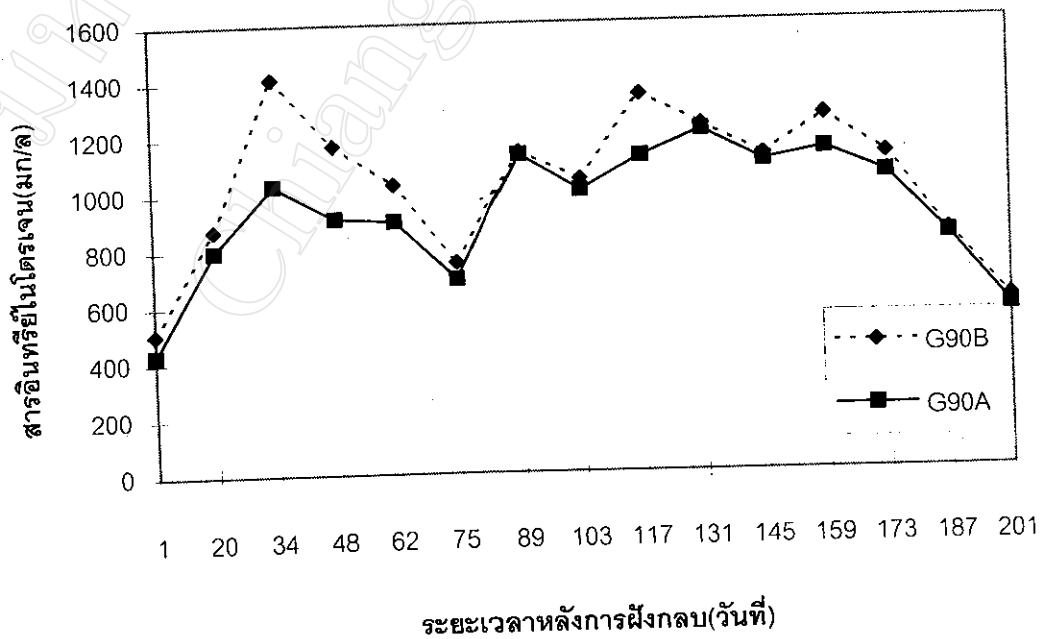
รูปที่ 4.52 ค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจน ของถังจำลองใบที่ 3



รูปที่ 4.53 ค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจน ของถังจำลองใบที่ 4



รูปที่ 4.54 ค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจน ของถังจำลองไบที่ 5



รูปที่ 4.55 ค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจน ของถังจำลองไบที่ 6

สำหรับการเปรียบเทียบค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนของน้ำชะมูลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำกับเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.9 มีรายละเอียดสรุปได้ดังนี้ คือ

ในกรณีชั้นระบายน้ำเป็นทรายค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีค่าเฉลี่ย 1180 1100 และ 1180 มก./ล. เมื่อชั้นทรายสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร และเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนมีค่าเฉลี่ย 954 877 และ 844 มก./ล. เมื่อชั้นทรายสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงว่าสารอินทรีย์ในโตรเจนลดลงเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำที่เป็นทราย และจากรูปที่ 4.50-4.52 สังเกตได้ว่า ในกรณีชั้นระบายน้ำเป็นทรายสูง 30 และ 60 เซนติเมตร ค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนมีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างเห็นได้ชัด เฉพาะในช่วงเดือนที่ 2-5 เท่านั้น โดยในเดือนแรกเป็นระยะเวลาที่จุลินทรีย์ปรับตัวและเพิ่มปริมาณ สำหรับในกรณีชั้นระบายน้ำเป็นทรายสูง 90 เซนติเมตร ค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนมีค่าเปลี่ยนแปลงลดลงแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดตั้งแต่เดือนที่ 2 ไปจนตลอดการทดลอง

ในกรณีชั้นระบายน้ำเป็นกรวด ค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีค่าเฉลี่ย 1070 963 และ 1030 มก./ล. เมื่อชั้นกรวดสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร และเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว ค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนมีค่าเฉลี่ย 924 825 และ 927 มก./ล. เมื่อชั้นกรวดสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงว่าค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนมีค่าลดลงเมื่อใช้กรวดเป็นชั้นระบายน้ำ

ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำ ที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.9 คือ ค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนลดลงเฉลี่ยร้อยละ 12.8 14.8 และ 33.7 เมื่อชั้นระบายน้ำเป็นทรายสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร และค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนลดลงเฉลี่ยร้อยละ 3.23 9.0 และ 10.7 เมื่อชั้นระบายน้ำเป็นกรวดสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดความแตกต่างกัน คือ ทรายมีพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์ยึดเกาะได้มากกว่า ทำให้มีปริมาณจุลินทรีย์ในปริมาณที่มากกว่า นอกจากนี้ชั้นทรายที่มีความสูง 90 เซนติเมตร อาจมีปริมาณจุลินทรีย์ในปริมาณที่มากพอจนทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ทำให้ค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนลดลงได้อย่างสม่ำเสมอ ในขณะที่ชั้นทรายสูง 30 และ 60 เซนติเมตร มีปริมาณจุลินทรีย์ไม่มากพอให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้มีค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนลดลงอย่างสม่ำเสมอตลอดการทดลอง ส่วนกรวด ความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในโตรเจนต่ำกว่าทราย สาเหตุมาจากการมีพื้นที่ผิวน้อยกว่า และระยะเวลาในการสัมผัสระหว่างจุลินทรีย์กับมลสารในชั้นทรายมากกว่า นอกจากนี้สารอินทรีย์ในโตรเจนบางส่วนอยู่ในรูปของแข็งแขวนลอย ซึ่งสามารถถูกกักและค้างอยู่ในชั้นทรายได้มากกว่าในชั้นกรวด

ตารางที่ 4.9 ค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนจากถังจำลองตลอดช่วงการศึกษา

ถังจำลองไปที่ (Run no.)		ค่าสารอินทรีย์ในโตรเจน (มก./ล.)					
		Min	Max	Mean	SD	P ₅₀	% ความแตกต่าง ของ P ₅₀ *
1	S30B	533	1800	1180	357	1090	12.8
	S30A	116	1350	954	276	951	
2	S60B	652	1890	1100	301	1070	14.8
	S60A	382	1420	877	238	912	
3	S90B	641	1600	1180	302	1240	33.7
	S90A	352	1500	844	282	822	
4	G30B	421	1560	1070	320	1070	8.41
	G30A	264	1510	924	301	980	
5	G60B	670	1160	963	156	1000	9.0
	G60A	630	1080	825	243	910	
6	G90B	505	1410	1030	256	1120	10.7
	G90A	430	1210	927	219	1000	

หมายเหตุ * % ความแตกต่างของ P₅₀

$$= 100 (P_{50} \text{ ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ} - P_{50} \text{ เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว}) / P_{50} \text{ ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ}$$

4.4.9 Molecular Weight Distribution

จากผลการทดลองในการศึกษาลักษณะของน้ำชะมูลฝอยเพื่อหา Molecular Weight Distribution โดยการทำให้ Gel Filtration Chromatography ซึ่งทำการวัดค่าการดูดกลืนคลีนแสงของน้ำตัวอย่างที่ทำการเก็บตัวอย่างโดยเครื่อง Fraction Collector ใช้ความยาวคลื่นแสง 220 254 และ 280 นาโนเมตร เพื่อตรวจสอบว่าน้ำชะมูลฝอยที่มีสารโมเลกุลใหญ่ ๆ เช่น Peptides Proteins หรือ Dextrans เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำขนาดน้ำหนักโมเลกุลมีการเปลี่ยนแปลงขนาดน้ำหนักโมเลกุลอย่างไร ซึ่งการวัดค่าการดูดกลืนคลีนแสงหรือการตอบสนองคลีนแสงของมลสารที่ความยาวคลื่นแสงดังกล่าวสามารถแยกชนิดของมลสารได้คือ ที่ความยาวคลื่นแสง 220 นาโนเมตร สารประกอบที่ตอบสนองคือการดคาร์บอกซิลิกไม่อิ่มตัว ($\text{C}=\text{CH}-\text{COOH}$) ที่ความยาวคลื่นแสง 254 นาโนเมตร สารประกอบที่ตอบสนองคือการดคาร์บอกซิลิกไม่อิ่มตัว ($\text{CH}_3-(\text{CH}=\text{CH})_2-\text{COOH}$) และสารประกอบอโรมาติก ($\text{C}-\text{H}$) สำหรับที่ความยาวคลื่นแสง 280 นาโนเมตร สารประกอบที่ตอบสนองคือการดคาร์บอกซิลิกไม่อิ่มตัว ($\text{CH}_3-(\text{CH}=\text{CH})_3-\text{COOH}$) และ ($\text{CH}_3-(\text{CH}=\text{CH})_4-\text{COOH}$) กับสารประกอบอโรมาติก ($\text{C}-\text{NH}_2$) ($\text{C}-\text{NO}_2$) ($\text{C}-\text{CHO}$) ซึ่งในการทดลองได้ใช้ Gel ขนาด Sephadex G-75 และ G-150 โดย Gel ขนาด Sephadex G-75 สามารถแยกมลสารตามขนาดน้ำหนักโมเลกุลได้ 2 กลุ่มคือ Peptides and Globular Proteins ซึ่งมีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 3,000-70,000 และ Dextrans ซึ่งมีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 1,000-50,000 สำหรับ Gel ขนาด Sephadex G-150 สามารถแยกมลสารได้เป็น 2 กลุ่มเช่นกัน คือ Peptides and Globular Proteins ซึ่งมีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 5,000-400,000 และ Dextrans ซึ่งมีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 1,000 - 100,000

ผลการทดลองวัดการดูดกลืนคลีนแสงของ fraction ต่าง ๆ ที่ผ่านการกรองด้วย Gel ทั้ง 2 ชนิด ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ค่าการดูดกลืนคลีนแสงของน้ำชะมูลฝอยที่ความยาวคลื่นแสง 254 และ 280 นาโนเมตร ไม่มีความแตกต่างกันของพื้นที่ใต้กราฟของน้ำชะมูลฝอยระหว่างก่อนผ่านชั้นระบายน้ำกับเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว และมีพื้นที่ค่อนข้างน้อยหรือมีการตอบสนองน้อยแสดงว่ามลสารในน้ำชะมูลฝอยที่สามารถดูดกลืนคลีนแสงที่ความยาวคลื่น 254 และ 280 นาโนเมตร มีปริมาณน้อย ในขณะที่มลสารส่วนใหญ่ในน้ำชะมูลฝอยสามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร ได้ ดังนั้นในการประเมินผลการทดลองที่ได้จึงนำผลของการดูดกลืนคลีนแสงที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร มาพิจารณาเท่านั้น ซึ่งเมื่อนำกราฟที่แสดงผลของการดูดกลืนคลีนแสงที่ความยาว 220 นาโนเมตร มาหาพื้นที่ใต้กราฟ เพื่อนำไปพิจารณาถึงสัดส่วนน้ำหนักโมเลกุลของมลสารจะได้ค่าพื้นที่ใต้กราฟซึ่งแสดงในตารางที่ 4.10 และทำให้สามารถแยกกลุ่มของสารประกอบได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มสารประกอบที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 1,000-50,000 50,000-150,000 และมากกว่า

150,000 ดังแสดงในตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.56-4.59 สามารถอธิบายผลการทดลองซึ่งแสดงผลของความแตกต่างระหว่างน้ำชะมูลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำกับหลังผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ในถังจำลองใบที่ 1 ซึ่งมีชั้นระบายน้ำเป็นทรายมีความสูง 30 เซนติเมตร พบว่า เกิดความเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจน เฉพาะเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 62 วันเท่านั้น และมีรายละเอียดดังนี้ คือ เมื่อเริ่มการทดลองหรือภายหลังการบรรจุมูลฝอยได้ 1 วัน มลสารที่ขนาดน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 0.92 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนลดลงเพียงเล็กน้อยเป็นร้อยละ 0.79 มลสารที่ขนาดน้ำหนักโมเลกุล 50,000-150,000 ไม่มีในน้ำชะมูลฝอย มลสารที่ขนาดน้ำหนักโมเลกุล 1,000-50,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 99.08 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอยู่ในอัตราส่วนเกือบเท่าเดิม คือร้อยละ 99.21 และเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 62 วัน สามารถสังเกตความแตกต่างได้ชัดเจน คือ มลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 7.61 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนลดลงเหลือร้อยละ 2.10 มลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 5,000-150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 1.82 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 1.93 และมลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 1,000-50,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 90.57 และเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 95.97 แต่เมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 125 และ 188 วัน ขนาดน้ำหนักโมเลกุลของน้ำชะมูลฝอยก่อนและหลังผ่านชั้นระบายน้ำกลับมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยกล่าวคือมลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 12.87 และ 18.24 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วลดลงเพียงเล็กน้อยเป็นร้อยละ 11.04 และ 16.16 มลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 50,000-150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 0.4 และ 0.05 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว น้ำชะมูลฝอยที่มีอายุหลังการฝังกลบ 125 วัน มีอัตราส่วนลดลงเป็นร้อยละ 0.13 และน้ำชะมูลฝอยที่มีอายุหลังการฝังกลบ 188 วัน มีอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.11 ส่วนมลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 1,000-50,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 86.73 และ 81.71 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเป็น 88.83 และ 83.73 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเริ่มต้นการทดลองมลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 1,000-50,000 ซึ่งเป็นไปได้ว่ามลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลสูง ๆ ติดค้างอยู่ในชั้นมูลฝอยหรือในชั้นระบายน้ำ หลังจากนั้นเมื่อจุลินทรีย์มีปริมาณเพิ่มขึ้นจึงเริ่มต้นทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ทำให้มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลลดลงได้เรื่อยๆ จนสามารถย่อยสลายให้มีขนาดเล็กลงมากที่สุดเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 62 วัน แต่หลังจากนั้นประสิทธิภาพในการย่อยสลายกลับลดลงอีกไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง

ตารางที่ 4.10 อัตราส่วนมลสารตามน้ำหนักโมเลกุล

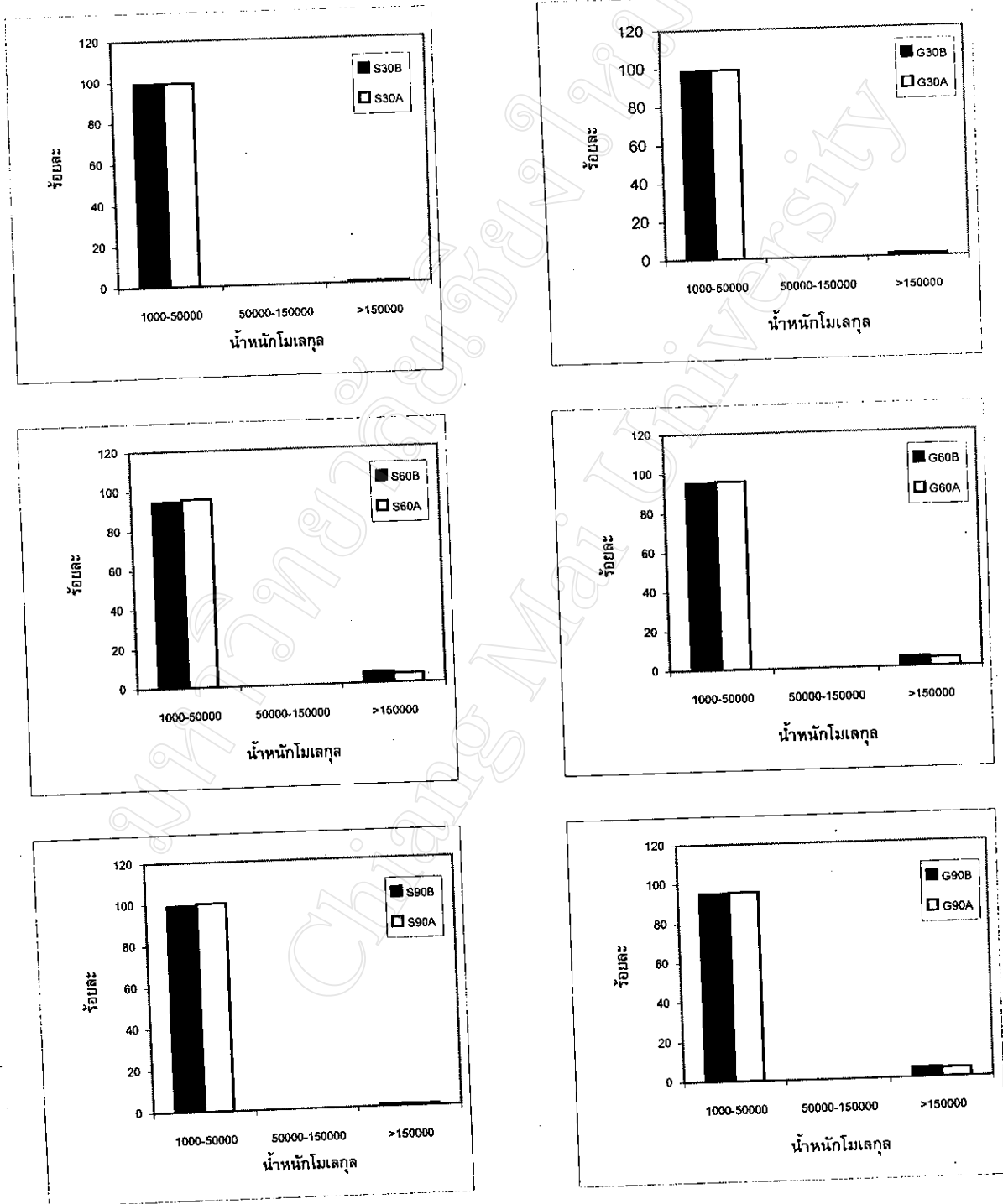
อายุการ ฝังกลบมูล ฝอย, วัน	ถึงจำลองไปที่		พื้นที่ได้กราฟ (220 นาโนเมตร)				อัตราส่วนมลสารตามน้ำหนักโมเลกุล,		
			G-75		G-150		ร้อยละ		
			Fr. No* 20-30	Fr. No* 60-80	Fr. No* 10-15	Fr. No* 20-45	1,000-50,000	50,000-150,000	>150,000
1	1	S30B	-	15.10	0.14	15.10	99.08	0.00	0.92
		S30A	-	15.70	0.12	15.40	99.21	0.00	0.79
	2	S60B	-	13.30	0.56	9.46	94.41	0.00	5.59
		S60A	-	13.40	0.44	9.87	95.54	0.00	4.46
	3	S90B	-	12.00	0.11	11.60	99.06	0.00	0.94
		S90A	-	11.90	0.09	11.20	99.92	0.00	0.80
	4	G30B	-	7.70	0.13	8.25	98.42	0.00	1.58
		G30A	-	9.00	0.11	9.10	98.81	0.00	1.19
	5	G60B	-	13.40	0.53	10.90	95.14	0.00	4.86
		G60A	-	13.50	0.48	11.00	95.82	0.00	4.18
	6	G90B	-	9.80	0.44	8.44	95.05	0.00	4.95
		G90A	-	10.40	0.24	8.84	95.48	0.00	4.52
62	1	S30B	2.01	19.30	1.91	23.20	90.57	1.82	7.61
		S30A	1.13	27.10	0.98	45.70	95.97	1.93	2.10
	2	S60B	1.32	8.11	3.42	24.50	86.00	1.76	12.24
		S60A	0.95	10.41	2.75	37.60	91.67	1.55	6.81
	3	S90B	2.44	11.10	3.34	18.00	81.98	2.37	15.65
		S90A	1.83	16.32	2.31	26.80	89.92	2.15	7.93
	4	G30B	0.89	7.11	1.50	28.40	88.87	5.11	6.02
		G30A	0.88	11.82	0.80	35.40	93.07	4.72	2.21
	5	G60B	3.68	21.20	1.49	17.06	85.21	6.76	8.03
		G60A	3.24	43.50	1.02	34.52	93.06	4.07	2.87
	6	G90B	2.85	24.80	2.40	21.70	89.69	0.35	9.96
		G90A	2.36	37.30	1.88	30.60	94.05	0.16	5.79

หมายเหตุ : Fr. No* หมายถึง Fraction No.

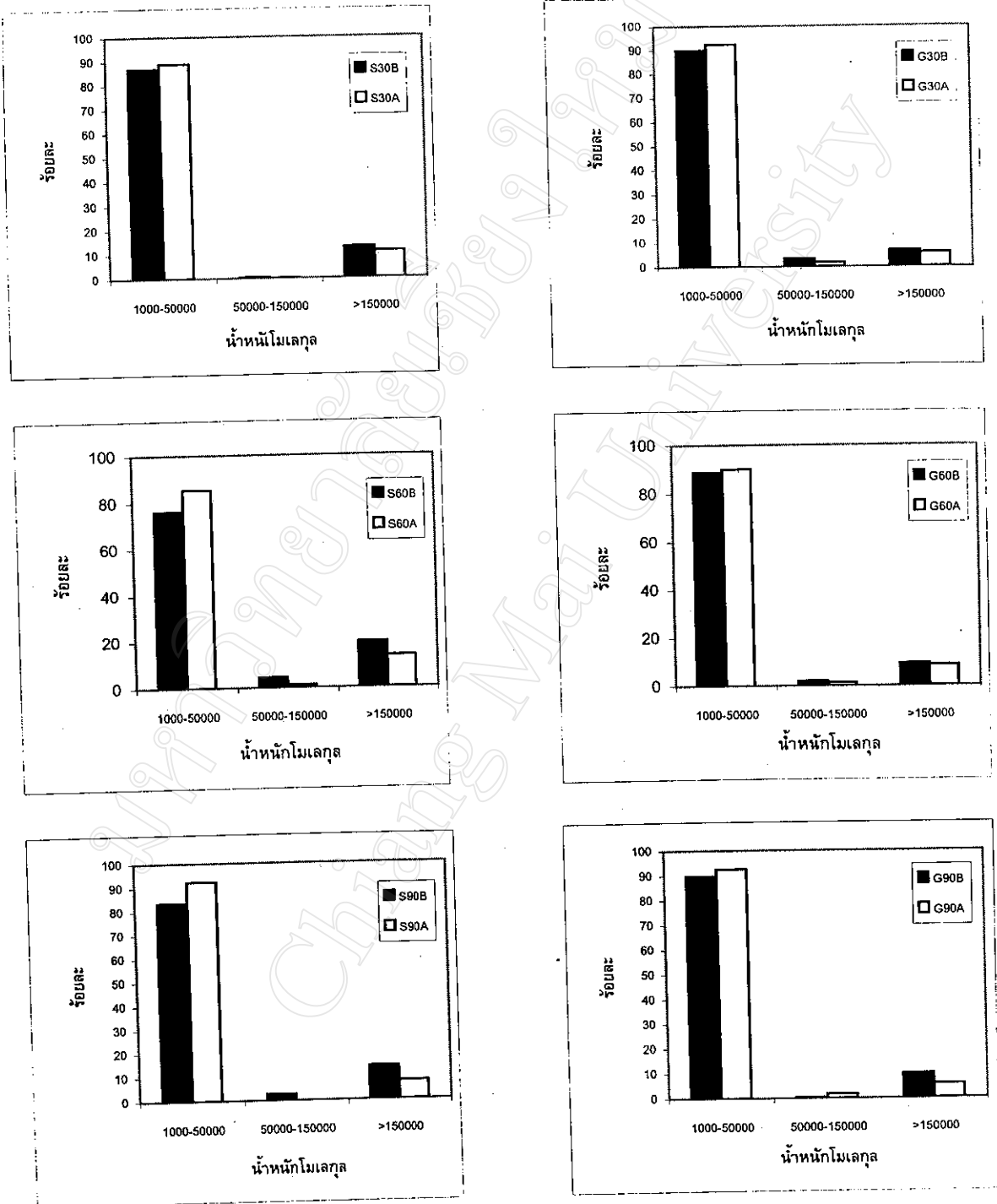
ตารางที่ 4.10 อัตราส่วนมลสารตามน้ำหนักโมเลกุล (ต่อ)

อายุการ ฝังกลบมูล ฝอย , วัน	ถังจำลองใบที่		พื้นที่ใต้กราฟ (220 นาโนเมตร)				อัตราส่วนมลสารตามน้ำหนักโมเลกุล,		
			G-75		G-150		ร้อยละ		
			Fr. No* 20-30	Fr. No* 60-80	Fr. No* 10-15	Fr. No* 20-45	1,000-50,000	50,000-150,000	>150,000
125	1	S30B	4.36	28.50	3.00	20.30	86.73	0.40	12.87
		S30A	4.14	32.92	2.63	21.20	88.83	0.13	11.04
	2	S60B	5.00	15.90	6.35	26.10	76.08	4.35	19.57
		S60A	4.73	27.32	5.34	33.90	85.24	1.15	13.61
	3	S90B	7.20	36.12	4.13	25.40	83.38	2.63	13.99
		S90A	4.72	56.03	2.83	33.80	92.23	0.04	7.73
	4	G30B	3.71	33.10	1.53	21.20	89.92	3.35	6.73
		G30A	2.80	34.10	1.36	22.10	92.41	1.79	5.80
	5	G60B	4.38	34.55	2.17	21.40	88.75	2.04	9.21
		G60A	3.88	35.31	2.10	22.50	90.10	1.36	8.54
	6	G90B	2.85	24.80	2.38	21.70	89.69	0.43	9.88
		G90A	2.36	29.32	1.86	30.60	92.55	1.72	5.73
188	1	S30B	4.38	19.57	6.29	28.20	81.71	0.05	18.24
		S30A	4.11	21.15	5.86	30.40	83.73	0.11	16.16
	2	S60B	2.63	32.72	2.40	36.60	92.56	1.29	6.15
		S60A	2.55	35.97	2.25	37.60	93.38	0.98	5.64
	3	S90B	6.32	25.83	4.48	19.90	80.34	1.26	18.40
		S90A	5.13	38.16	3.96	32.00	88.15	0.84	11.01
	4	G30B	4.32	21.30	3.60	19.90	83.14	1.54	15.32
		G30A	4.16	23.46	3.33	20.90	84.94	1.30	13.76
	5	G60B	4.00	19.82	2.89	15.10	83.21	0.73	16.06
		G60A	3.81	20.63	2.97	18.10	84.41	1.45	14.12
	6	G90B	1.20	17.96	1.10	22.60	93.74	1.62	4.64
		G90A	1.08	19.93	0.98	22.90	94.86	1.04	4.10

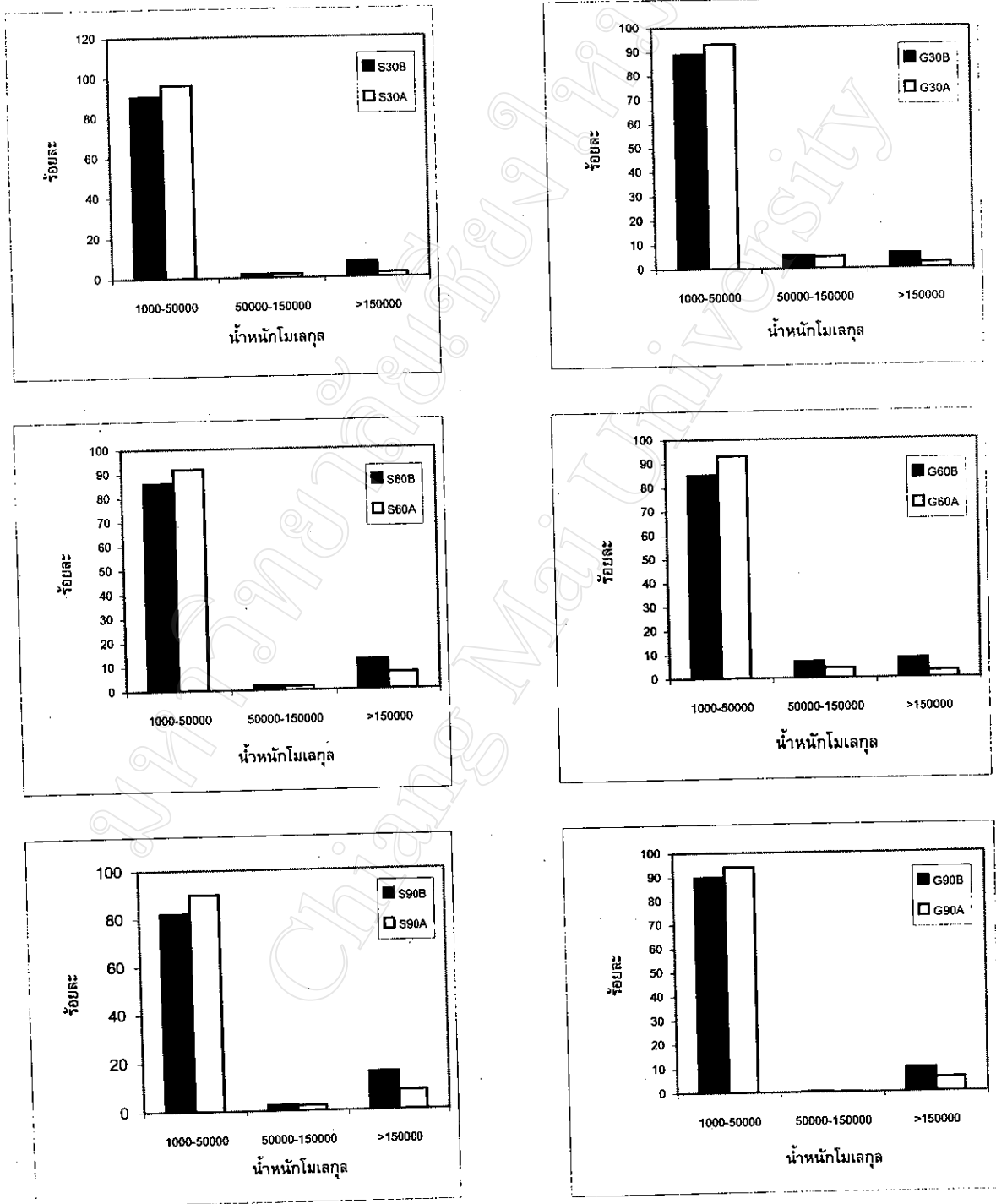
หมายเหตุ : Fr. No* หมายถึง Fraction No.



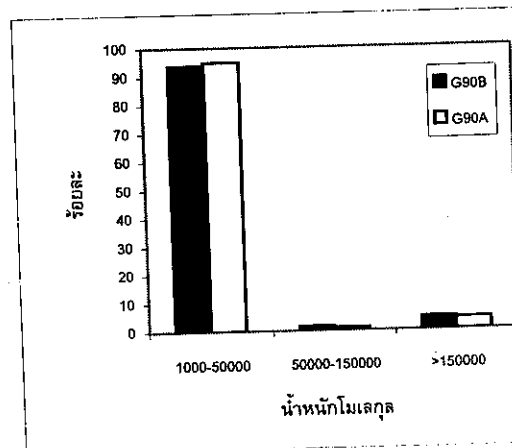
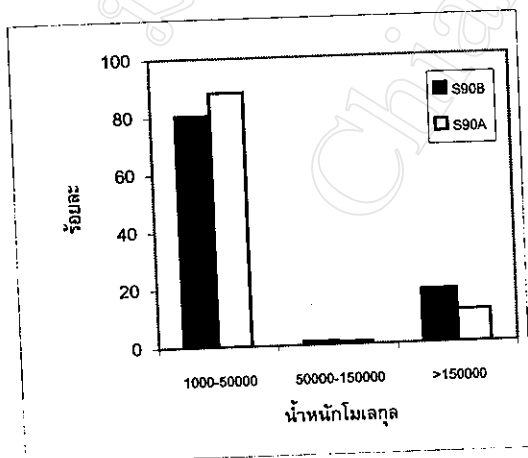
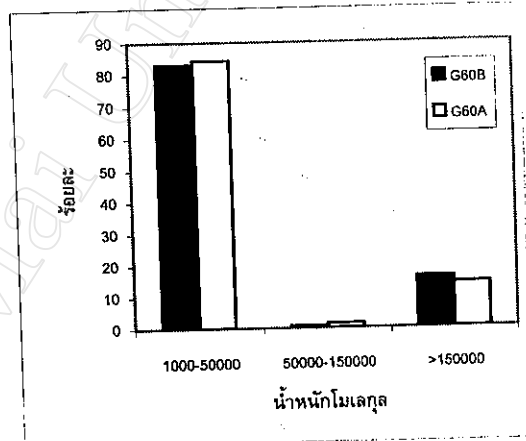
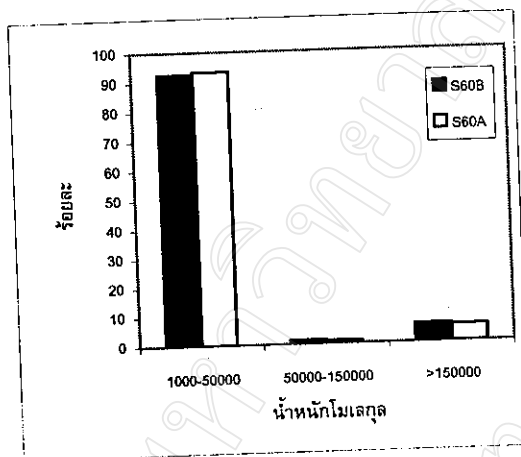
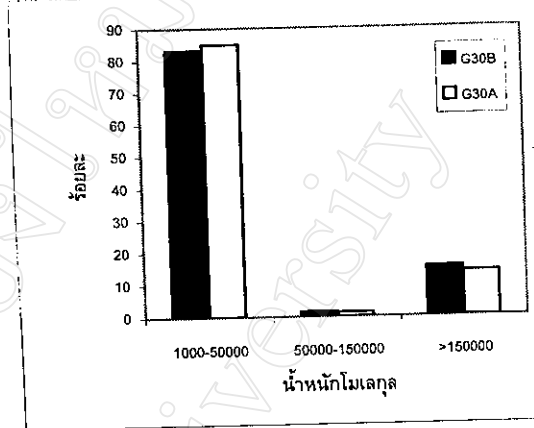
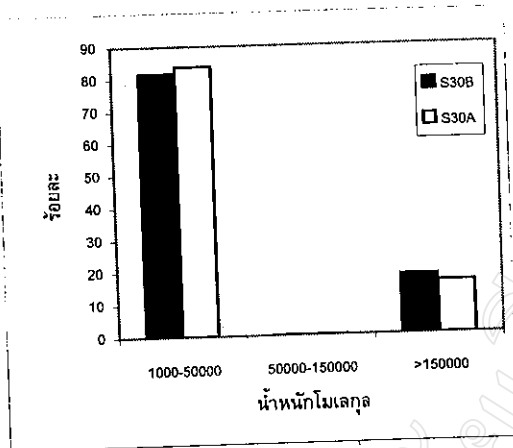
รูปที่ 4.56 อัตราส่วนน้ำหนักรวมโมเลกุลเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุ 1 วัน



รูปที่ 4.57 อัตราส่วนน้ำหนักรวมเมื่อน้ำทะเลมีอายุ 62 วัน



รูปที่ 4.58 อัตราส่วนน้ำหนักรวมเมื่อหน้าข้อมูลฟอยมีอายุ 125 วัน



รูปที่ 4.59 อัตราส่วนน้ำหนักรโมเลกุลเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุ 188 วัน

ในถังจำลองใบที่ 2 ซึ่งมีชั้นระบายน้ำเป็นทรายมีความสูง 60 เซนติเมตร พบว่า น้ำหนักโมเลกุลของมลสารก่อนผ่านชั้นระบายน้ำกับเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว มีความเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 62 และ 125 วัน เท่านั้น โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ เมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 1 และ 188 วัน มลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 5.59 และ 6.15 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนลดลงเพียงเล็กน้อยเป็นร้อยละ 4.46 และ 5.64 เห็นได้ว่ามีความเปลี่ยนแปลงลดลงเพียงเล็กน้อย สำหรับมลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 50,000-150,000 มีความเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยคือ ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอัตราส่วนร้อยละ 0.00 และ 1.29 และเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนลดลงเป็นร้อยละ 0.00 และ 0.98 ส่วนมลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 1,000-50,000 มีการเปลี่ยนแปลงขนาดน้ำหนักโมเลกุลคือ ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 94.41 และ 92.56 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอยู่ในอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็นร้อยละ 95.54 และ 93.38 ตามลำดับ และเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 62 และ 125 วัน สามารถสังเกตความแตกต่างได้ชัดเจน คือ มลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 12.24 และ 19.57 และเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนลดลงเหลือร้อยละ 6.81 และ 13.63 มลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 50,000-150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 1.76 และ 4.35 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนลดลงเป็นร้อยละ 1.55 และ 1.15 และมลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 1,000-50,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 86.00 และ 76.08 และเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 91.67 และ 85.24 ซึ่งจากรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงขนาดน้ำหนักโมเลกุลตามอัตราส่วนต่าง ๆ ที่กล่าวไปแล้วนั้นจะเห็นได้ว่าชั้นระบายน้ำที่มีความสูง 60 เซนติเมตร เมื่อเริ่มต้นการทดลองจุลินทรีย์ต้องใช้เวลาร้างและสะสมตัวเองในช่องว่างระหว่างเม็ดทรายจนมีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จึงสามารถย่อยสลายมลสารให้มีขนาดเล็กลงได้และเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุ 62 วัน หลังการฝังกลบก็มีปริมาณจุลินทรีย์มากพอที่จะทำการย่อยสลายมลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลสูง ๆ ให้มีขนาดเล็กลงจนสังเกตความแตกต่างได้ชัดเจน และสามารถทำการย่อยสลายไปได้ดีจนน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 125 วัน หลังจากนั้นประสิทธิภาพจึงลดลงอาจเนื่องมาจากปริมาณจุลินทรีย์ลดลง

ในถังจำลองใบที่ 3 ซึ่งมีชั้นระบายน้ำเป็นทรายมีความสูง 90 เซนติเมตร พบว่า น้ำหนักโมเลกุลของมลสารมีความเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจน เมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 62 125 และ 188 วัน โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ เมื่อเริ่มการทดลองหรือภายหลังการบรรจุมูลฝอยได้ 1 วัน น้ำชะมูลฝอยมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก โดยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ

มลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 150,000 มีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 0.94 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมลสารมีอัตราส่วนลดลงเพียงเล็กน้อยเป็นร้อยละ 0.80 มลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 50,000-150,000 ไม่มีในน้ำชะมูลฝอย มลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 1,000-50,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 99.06 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็นร้อยละ 99.92 และเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 62 125 และ 188 วัน น้ำหนักโมเลกุลของมลสารก่อนผ่านชั้นระบายน้ำกับเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีความเปลี่ยนแปลงจนสามารถสังเกตความแตกต่างได้ชัดเจน คือ มลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 15.65 13.99 และ 18.40 ตามลำดับ เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนลดลงเหลือร้อยละ 7.93 7.73 และ 11.01 ตามลำดับ มลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 50,000-150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 2.37 2.63 และ 1.26 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนลดลงเป็นร้อยละ 2.15 0.04 และ 0.84 และมลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 1,000-50,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 81.98 83.38 และ 80.34 ตามลำดับ และเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 89.92 92.23 และ 88.15 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเมื่อเริ่มต้นการทดลอง จุลินทรีย์มีปริมาณน้อยไม่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดน้ำหนักโมเลกุล แต่หลังจากนั้นเมื่อจุลินทรีย์เริ่มสะสมปริมาณตัวเองจนมีปริมาณเพิ่มขึ้นสามารถทำการย่อยสลายมลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลสูง ๆ ให้มีขนาดเล็กลง และในกรณีชั้นระบายน้ำที่เป็นทรายมีความสูง 90 เซนติเมตรนี้ จุลินทรีย์สามารถทำการย่อยสลายมลสารจนมีขนาดน้ำหนักโมเลกุลเล็กลงได้ตลอดการทดลอง

ในถังจำลองใบที่ 4 ซึ่งมีชั้นระบายน้ำเป็นชั้นกรวดมีความสูง 30 เซนติเมตร พบว่ามลสารมีความเปลี่ยนแปลงขนาดน้ำหนักโมเลกุลจนสามารถเห็นได้ชัดเจน เฉพาะเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 62 วันเท่านั้น เช่นเดียวกับถังจำลองใบที่ 1 โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ เมื่อเริ่มต้นการทดลองหรือภายหลังการบรรจุมูลฝอยได้ 1 วัน น้ำชะมูลฝอยมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักคือ มลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 1.58 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนลดลงเพียงเล็กน้อยเป็นร้อยละ 1.19 มลสารในส่วนที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 50,000-150,000 ไม่มีในน้ำชะมูลฝอย มลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 1,000-50,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 98.42 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอยู่ในอัตราส่วนเกือบเท่าเดิม คือร้อยละ 98.81 และเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 62 วัน สามารถสังเกตความแตกต่างได้ชัดเจน คือ มลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 6.02 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนลดลงเหลือร้อยละ 2.21 มลสารที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 50,000-

150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 5.11 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนลดลงเป็นร้อยละ 4.72 และมลสารที่มีขนาดน้ำหนักรวม 1,000-50,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 88.87 และเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 93.07 ในขณะที่ต่อนั้นคือเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 125 และ 188 วัน ขนาดน้ำหนักรวมของน้ำชะมูลฝอยก่อนและหลังผ่านชั้นระบายน้ำกลับมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย กล่าวคือมลสารที่มีขนาดน้ำหนักรวมมากกว่า 150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 6.73 และ 15.32 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนลดลงเพียงเล็กน้อยเป็นร้อยละ 5.86 และ 13.76 มลสารที่มีขนาดน้ำหนักรวม 50,000-150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 3.35 และ 1.54 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนลดลงเป็นร้อยละ 1.79 และ 1.30 มลสารที่มีขนาดน้ำหนักรวม 1,000-50,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอัตราส่วนร้อยละ 89.92 และ 83.14 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอยู่ในอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 92.41 และ 84.99 แสดงให้เห็นว่าในกรณีชั้นระบายน้ำเป็นกรวดสูง 30 เซนติเมตร ความเปลี่ยนแปลงขนาดน้ำหนักรวมของมลสารก่อนและหลังผ่านชั้นระบายน้ำมีลักษณะเหมือนกับถังจำลองใบที่ 1

ในถังจำลองใบที่ 5 ซึ่งมีชั้นระบายน้ำเป็นชั้นกรวดมีความสูง 60 เซนติเมตร พบว่ามลสารมีความเปลี่ยนแปลงขนาดน้ำหนักรวมจนสามารถสังเกตเห็นความแตกต่างได้ชัดเจน เมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 62 วันเท่านั้น เช่นเดียวกับถังจำลองใบที่ 1 และ 4 โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ เมื่อเริ่มต้นการทดลองหรือภายหลังการบรรจุมูลฝอยได้ 1 วัน น้ำชะมูลฝอยมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักกล่าวคือ มลสารที่มีขนาดน้ำหนักรวมมากกว่า 150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 4.86 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนลดลงเพียงเล็กน้อยเป็นร้อยละ 4.18 มลสารในส่วนที่มีขนาดน้ำหนักรวม 50,000-150,000 ไม่มีอยู่ในน้ำชะมูลฝอย มลสารที่มีขนาดน้ำหนักรวม 1,000-50,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 95.14 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอยู่ในอัตราส่วนเกือบเท่าเดิม คือร้อยละ 95.82 และเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 62 วัน มีความเปลี่ยนแปลงจนสามารถสังเกตเห็นความแตกต่างได้ชัดเจน คือ มลสารที่มีขนาดน้ำหนักรวมมากกว่า 150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 8.03 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนลดลงเหลือร้อยละ 2.87 มลสารที่มีขนาดน้ำหนักรวม 50,000-150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 6.76 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนลดลงเป็นร้อยละ 4.07 และมลสารที่มีขนาดน้ำหนักรวม 1,000-50,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 85.21 และเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 93.06 ในขณะที่ต่อนั้นคือเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 125 และ 188 วัน ขนาดน้ำหนักรวมของน้ำชะมูลฝอยก่อนและหลัง

ผ่านชั้นระบายน้ำกลับมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย กล่าวคือมลสารที่มีขนาดน้ำหนักรวมมากกว่า 150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 9.21 และ 16.06 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนลดลงเพียงเล็กน้อยเป็นร้อยละ 8.54 และ 14.12 มลสารที่มีขนาดน้ำหนักรวม 50,000-150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 2.04 และ 0.73 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วน้ำชะมูลฝอยที่มีอายุหลังการฝังกลบ 125 วัน มีอัตราส่วนลดลงเป็นร้อยละ 1.38 ในขณะที่น้ำชะมูลฝอยที่มีอายุหลังการฝังกลบ 188 วันกลับมีอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 1.45 มลสารที่มีขนาดน้ำหนักรวม 1,000-50,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอัตราส่วนร้อยละ 88.75 และ 83.21 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอยู่ในอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 90.10 และ 84.41 แสดงให้เห็นว่าในถังจำลองใบที่ 5 เมื่อชั้นระบายน้ำเป็นกรวดหนา 60 เซนติเมตร ความเปลี่ยนแปลงขนาดน้ำหนักรวมของมลสารก่อนและหลังผ่านชั้นระบายน้ำมีลักษณะทำนองเดียวกันกับถังจำลองใบที่ 1 และ 4

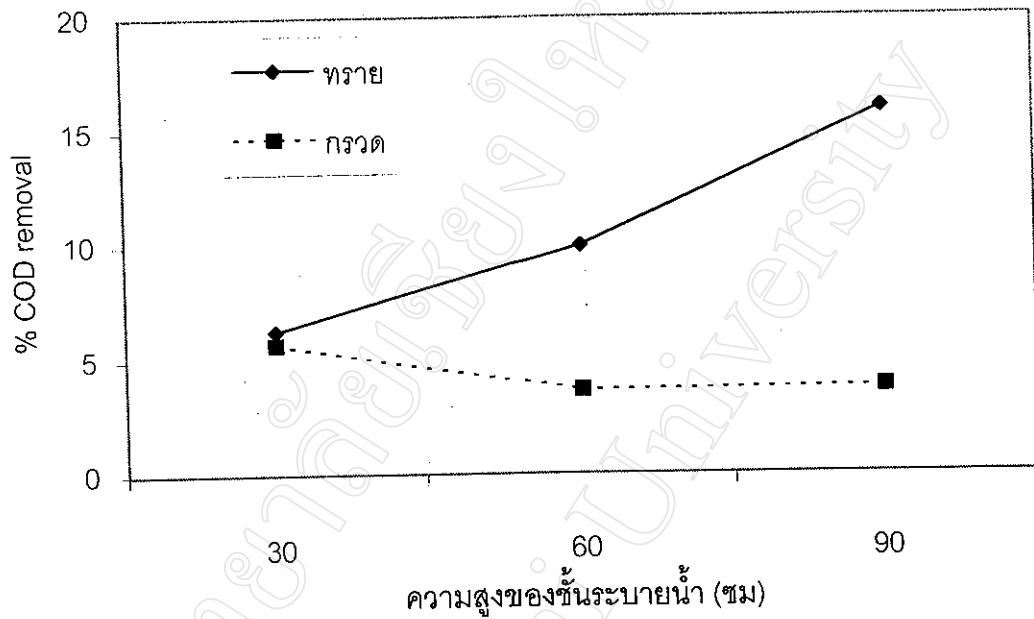
ในถังจำลองใบที่ 6 ซึ่งมีชั้นระบายน้ำเป็นกรวดมีความสูง 90 เซนติเมตร พบว่ามลสารมีการเปลี่ยนแปลงขนาดน้ำหนักรวมจนสามารถสังเกตความแตกต่างได้อย่างชัดเจนเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 62 และ 125 วัน เท่านั้นซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกับถังจำลองใบที่ 2 โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ เมื่อเริ่มการทดลองหรือภายหลังการบรรจุมูลฝอยได้ 1 วัน มลสารที่มีขนาดน้ำหนักรวมมากกว่า 150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 4.95 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนลดลงเพียงเล็กน้อยเป็นร้อยละ 4.52 เห็นได้ชัดว่ามีความเปลี่ยนแปลงลดลงเพียงเล็กน้อย สำหรับมลสารที่มีขนาดน้ำหนักรวม 50,000-150,000 ไม่มีอยู่ในน้ำชะมูลฝอย ส่วนมลสารที่มีขนาดน้ำหนักรวม 1,000-50,000 มีการเปลี่ยนแปลงขนาดน้ำหนักรวมคือ ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 95.05 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็นร้อยละ 95.48 และเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 62 และ 125 วัน สามารถสังเกตความแตกต่างได้ชัดเจน คือ มลสารที่มีขนาดน้ำหนักรวมมากกว่า 150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 9.96 และ 9.88 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนลดลงเหลือร้อยละ 5.79 และ 5.73 มลสารที่มีขนาดน้ำหนักรวม 50,000-150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 0.35 และ 0.43 เมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 62 วัน อัตราส่วนลดลงเป็นร้อยละ 0.16 แต่เมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 125 วัน กลับมีอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 1.72 มลสารที่มีขนาดน้ำหนักรวม 1,000-50,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 89.69 และ 89.69 เท่ากัน เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 94.05 และ 92.55 ส่วนน้ำชะมูลฝอยเมื่อมีอายุหลังการฝังกลบ 188 วัน ความแตกต่างของขนาดน้ำหนักรวมของมลสารก่อนและหลังผ่านชั้นระบายน้ำกลับเปลี่ยนเป็นแตกต่างกันน้อยมาก กล่าวคือมลสารที่มีขนาดน้ำหนักรวม

มากกว่า 150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 4.64 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 4.10 มลสารที่มีขนาดน้ำหนัโมเลกุล 50,000-150,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 1.62 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีอัตราส่วนลดลงเล็กน้อยเป็นร้อยละ 1.04 มลสารที่มีขนาดน้ำหนัโมเลกุล 1,000-50,000 ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำมีอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 93.74 เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเป็นร้อยละ 94.86 เห็นได้ว่าลักษณะความเปลี่ยนแปลงน้ำหนัโมเลกุลของมลสารในถังจำลองใบที่ 6 มีลักษณะไปในทำนองเดียวกันกับถังจำลองใบที่ 2

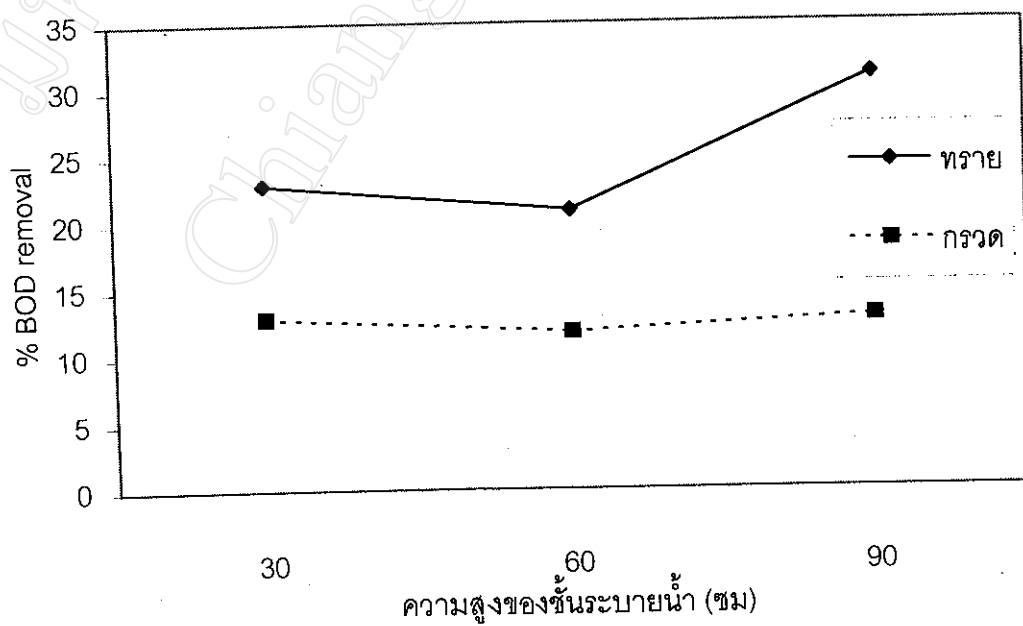
ผลการทดลองที่ได้จากถังจำลองทั้ง 6 ถัง ในการหาค่า Molecular Weight Distribution อาจจะกล่าวโดยรวมได้ว่า เมื่อเริ่มต้นการทดลองจุลินทรีย์มีปริมาณน้อยจึงต้องค่อย ๆ สร้างและสะสมปริมาณอยู่ในชั้นระบายน้ำจนมีปริมาณมากเพียงพอ จึงสามารถทำการย่อยสลายมลสารให้มีขนาดน้ำหนัโมเลกุลลดลงได้ แต่หลังจากนั้นหากชั้นระบายน้ำใดที่มีจุลินทรีย์มากพอก็จะย่อยสลายมลสารให้มีขนาดเล็กลงไปได้เรื่อย ๆ ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้ชั้นระบายน้ำที่เป็นชั้นทรายมีความสูง 90 เซนติเมตรเท่านั้น ที่มีปริมาณจุลินทรีย์มากพอจนสามารถย่อยสลายมลสารให้มีขนาดน้ำหนัโมเลกุลลดลงได้ตลอดการทดลอง ส่วนชั้นระบายน้ำที่เป็นชั้นทรายสูง 30 เซนติเมตร และชั้นกรวดสูง 30 และ 60 เซนติเมตร สามารถทำการย่อยมลสารให้มีขนาดน้ำหนัโมเลกุลลดลงได้ในช่วง 2 เดือนแรกเท่านั้น ส่วนชั้นระบายน้ำที่เป็นทรายสูง 60 เซนติเมตร และชั้นกรวดสูง 90 เซนติเมตร สามารถทำการย่อยสลายมลสารให้มีขนาดน้ำหนัโมเลกุลเล็กน้อยได้ภายในระยะเวลาไม่เกิน 4 เดือน นอกจากนี้มลสารส่วนใหญ่ในน้ำชะมูลฝอยจะมีขนาดน้ำหนัโมเลกุล 1,000-50,000 โดยมีอยู่ในปริมาณมากกว่าร้อยละ 80

4.5 ประสิทธิภาพของชั้นระบายน้ำในการบำบัดน้ำชะมูลฝอย

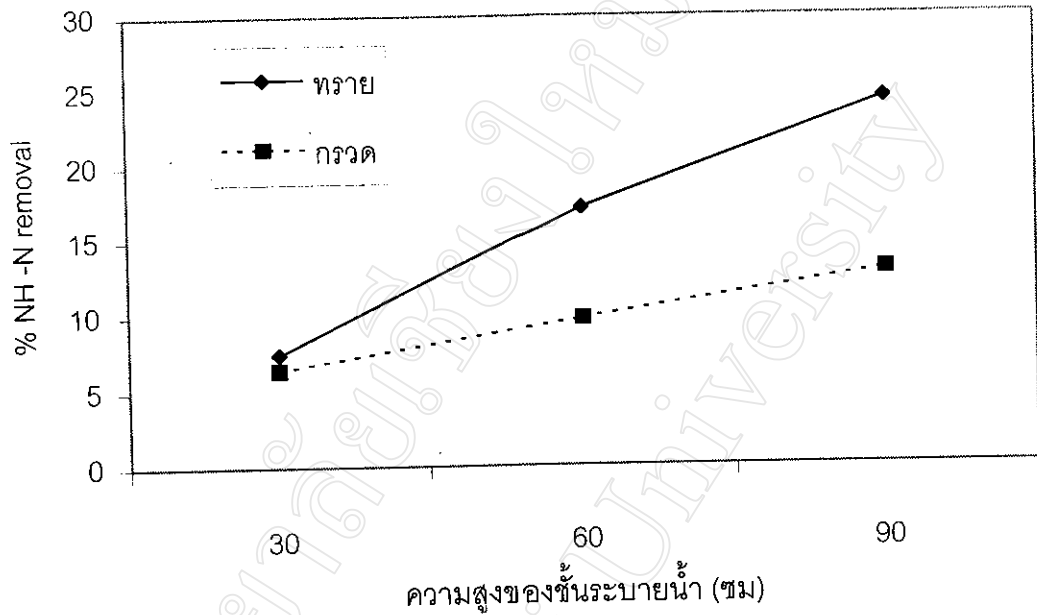
จากผลการทดลองที่ได้ซึ่งแสดงในภาคผนวก ก และรายละเอียดในหัวข้อที่ 4.4 ซึ่งแสดงลักษณะสมบัติทั้งหมดของน้ำชะมูลฝอย สามารถพิจารณาโดยรวมได้คือ ค่า pH สภาพความนำไฟฟ้า ความเป็นด่างรวม และความเป็นกรดระเหยง่ายของน้ำชะมูลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำกับเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยแต่มีแนวโน้มลดลง ยกเว้น PH ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าซีโอดี บีโอดี แอมโมเนียไนโตรเจน และสารอินทรีย์ไนโตรเจน เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้วมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งสามารถพิจารณาได้จาก ตารางที่ 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 และรูปที่ 4.60-4.63



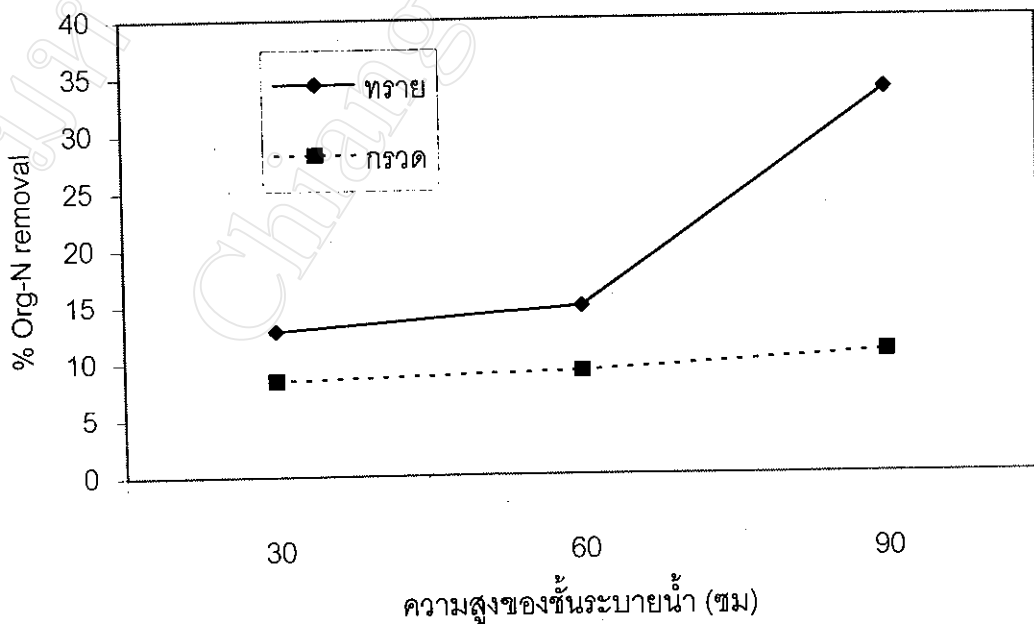
รูปที่ 4.60 ประสิทธิภาพของชั้นระบายน้ำในการลดค่าซีโอดี เฉลี่ยตลอดช่วงการศึกษา



รูปที่ 4.61 ประสิทธิภาพของชั้นระบายน้ำในการลดค่าบีโอดี เฉลี่ยตลอดช่วงการศึกษา



รูปที่ 4.62 ประสิทธิภาพของชั้นระบายน้ำในการลดค่าแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ยตลอดช่วงการศึกษา

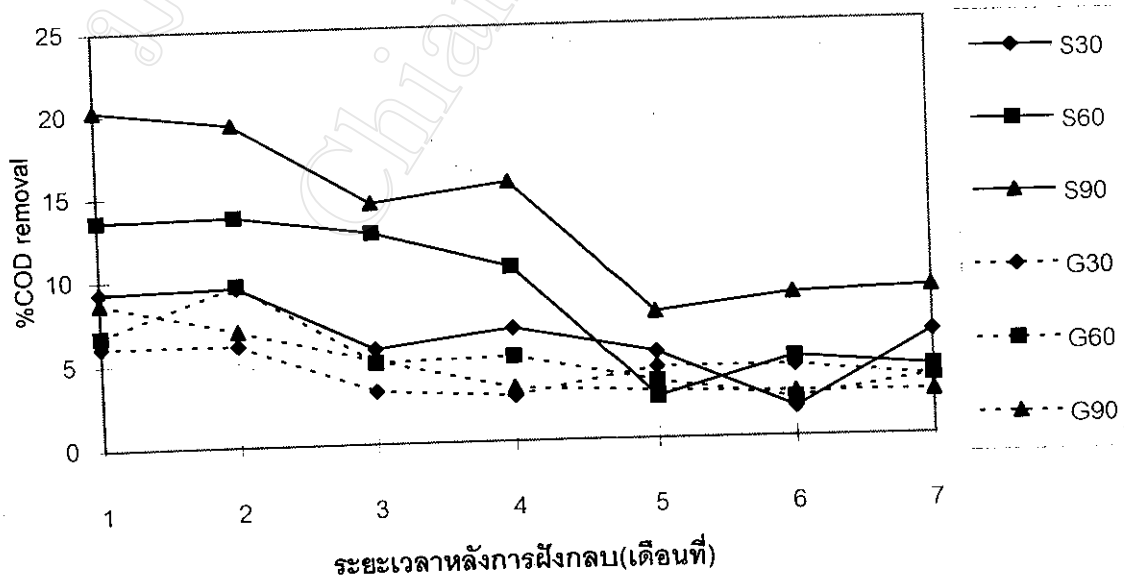


รูปที่ 4.63 ประสิทธิภาพของชั้นระบายน้ำในการลดค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจนเฉลี่ยตลอดช่วงการศึกษา

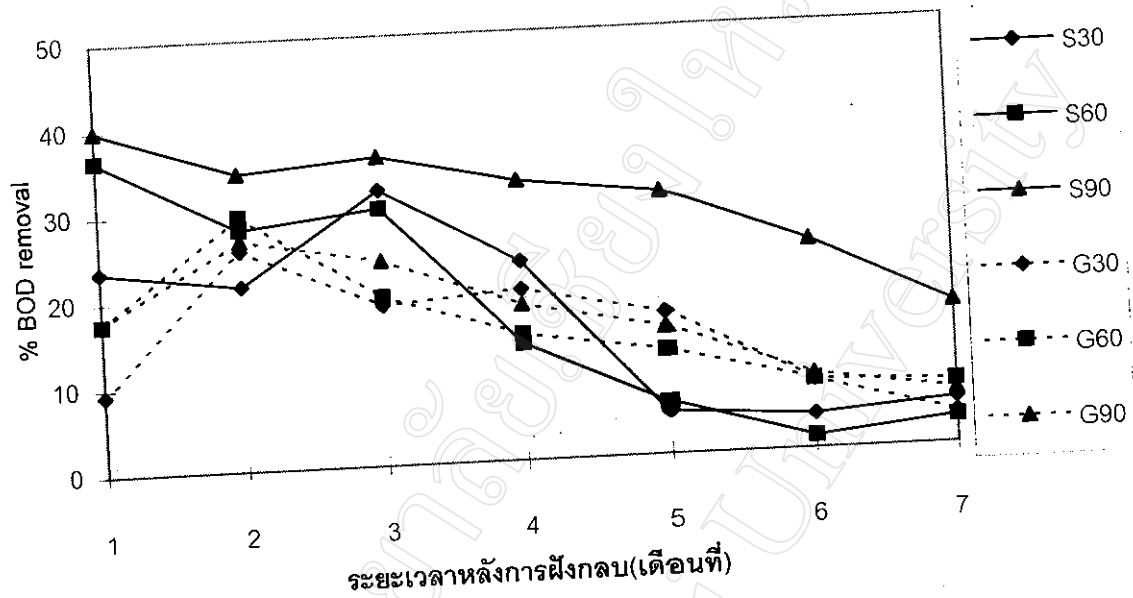
จากรูปที่ 4.60-4.63 สามารถสรุปได้ดังนี้คือ ในกรณีชั้นระบายน้ำเป็นทราย ค่าซีโอดี บีโอดี แอมโมเนียไนโตรเจน และสารอินทรีย์ไนโตรเจน มีค่าเปลี่ยนแปลงลดลงเมื่อชั้นระบายน้ำมีความสูงเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่า ซีโอดี บีโอดี แอมโมเนียไนโตรเจน และสารอินทรีย์ไนโตรเจน เมื่อผ่านชั้นระบายน้ำที่เป็นกรวดมีค่าเปลี่ยนแปลงลดลงได้น้อยกว่าเมื่อเทียบกับชั้นระบายน้ำที่เป็นทราย และการเปลี่ยนแปลงค่า ซีโอดี บีโอดี แอมโมเนียไนโตรเจน และสารอินทรีย์ไนโตรเจน เมื่อน้ำชะมูลฝอยผ่านชั้นระบายน้ำที่เป็นกรวดซึ่งมีความสูงแตกต่างกัน มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าในการใช้ชั้นระบายน้ำเป็นทรายสามารถลดค่ามลสารให้ลดลงได้ดีเมื่อชั้นทรายมีความสูงตั้งแต่ 90 เซนติเมตร ขึ้นไป ในขณะที่ชั้นระบายน้ำซึ่งเป็นกรวดมีความสามารถในการลดมลสารได้น้อย และความสูงของชั้นกรวดไม่มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของมลสาร

นอกจากนี้หากพิจารณาจากรูปที่ 4.64-4.67 ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงค่า ซีโอดี บีโอดี แอมโมเนียไนโตรเจน และสารอินทรีย์ไนโตรเจน เมื่อน้ำชะมูลฝอยผ่านชั้นระบายน้ำ โดยเปรียบเทียบในแต่ละเดือนที่ทำการทดลองตลอดระยะเวลา 7 เดือน มีรายละเอียดดังนี้ คือ

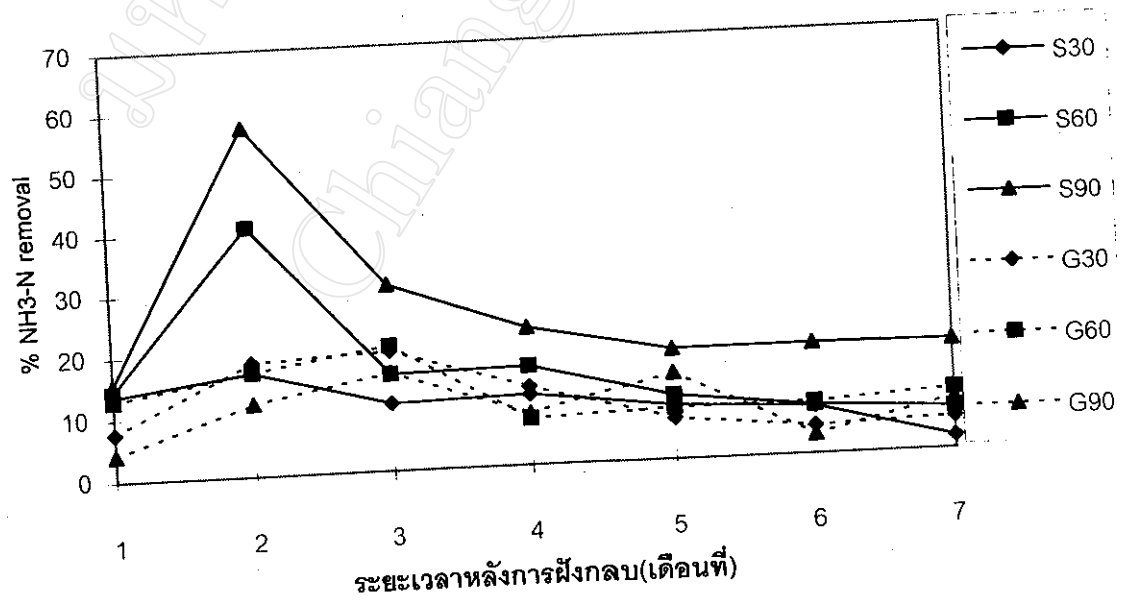
ในการณีของการลดค่าซีโอดีซึ่งแสดงในรูปที่ 4.64 ค่าซีโอดีลดลงเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำ โดยลดลงได้มากที่สุดในเดือนแรกของการทดลอง ซึ่งชั้นระบายน้ำที่เป็นชั้นทรายสูง 90



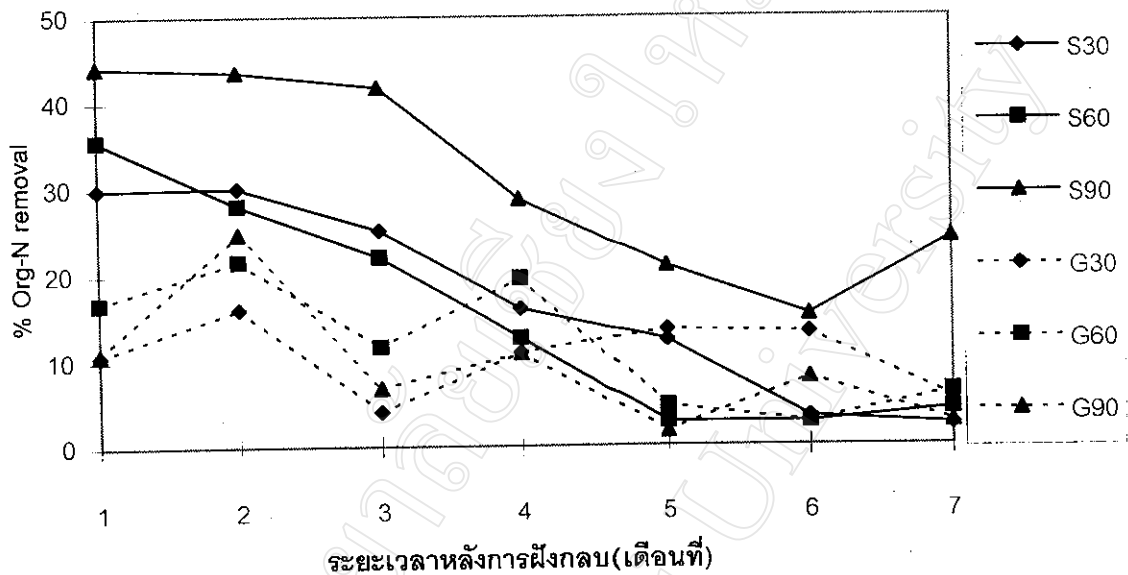
รูปที่ 4.64 ความสามารถในการลดค่า ซีโอดี ของชั้นระบายน้ำที่ระยะเวลาการฝังกลบต่าง ๆ



รูปที่ 4.65 ความสามารถในการลดค่า บีโอดี ของชั้นระบายน้ำที่ระยะเวลาการฝังกลบต่าง ๆ



รูปที่ 4.66 ความสามารถในการลดค่า แอมโมเนียไนโตรเจน ของชั้นระบายน้ำ ที่ระยะเวลาการฝังกลบต่าง ๆ



รูปที่ 4.67 ความสามารถในการลดค่า สารอินทรีย์ในโตรเจน ของชั้นระบายน้ำ
ที่ระยะเวลาการฝังกลบต่าง ๆ

เซนติเมตร มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ มีความสามารถในการลดค่าซีโอติลงได้ร้อยละ 20.3 ส่วน
ชั้นทรายที่มีความสูง 30 และ 60 เซนติเมตร สามารถลดค่าซีโอติลงได้ร้อยละ 9.31 และ 13.6
ในขณะที่ชั้นระบายน้ำซึ่งเป็นชั้นกรวดสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร สามารถลดค่าซีโอติลงได้
ใกล้เคียงกันคือร้อยละ 6.08 6.71 และ 8.67 ตามลำดับ ส่วนระยะเวลาต่อจากนั้นคือในเดือนที่
2 ถึงเดือนที่ 7 พบว่าชั้นระบายน้ำที่เป็นชั้นทรายสูง 90 เซนติเมตร มีความสามารถในการลดค่า
ซีโอติได้สูงสุด คือมีค่าระหว่างร้อยละ 7.54-19.3 โดยมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการทดลอง
ส่วนชั้นระบายน้ำที่เป็นชั้นกรวดสูง 30 เซนติเมตร มีค่าความสามารถในการลดค่าซีโอติได้สูงใน
เดือนแรกและเดือนที่ 2 คือ ร้อยละ 9.31 และ 9.49 แต่หลังจากนั้นจนถึงสิ้นสุดการทดลองมีค่า
ความสามารถในการลดค่าซีโอติลดลง คือ มีค่าระหว่างร้อยละ 1.74-6.73 สำหรับชั้นระบายน้ำที่
เป็นชั้นทรายสูง 60 เซนติเมตร มีความสามารถในการลดค่าซีโอติลงได้สูงสุดในเดือนที่ 1 แล้ว
มีค่าลดลงเล็กน้อยในเดือนที่ 2-4 คือมีความสามารถในการลดค่าซีโอติลงได้ร้อยละ 13.7 12.6
และ 10.4 หลังจากนั้นมีความสามารถลดลงมาก คือ สามารถลดค่าซีโอติได้เพียงร้อยละ 2.48-
4.78 เท่านั้น สำหรับชั้นระบายน้ำที่เป็นชั้นกรวดสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตั้งแต่เดือนที่
2-7 ค่าความสามารถในการลดค่าซีโอติไม่ต่างกันมากนัก และมีค่าใกล้เคียงกับเดือนแรกซึ่งมีค่า

สูงสุด คือ มีค่าความสามารถในการลดค่าซีโอดีลดลงได้ร้อยละ 2.29-6.89 โดยมีแนวโน้มลดลงไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง

ในกรณีของค่าบีโอดี ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.65 พบว่า เมื่อชั้นระบายน้ำเป็นชั้นทรายหนา 90 เซนติเมตร ค่าความสามารถในการลดค่าบีโอดีในแต่ละเดือน มีค่าสูงกว่าชั้นระบายน้ำอื่น ๆ โดยมีค่าสูงสุดในเดือนแรก คือสามารถลดค่าบีโอดีได้ร้อยละ 40 หลังจากนั้นจึงมีค่าลดลงจนถึงสิ้นสุดการทดลอง โดยมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 16.6-36 สำหรับชั้นระบายน้ำซึ่งเป็นชั้นทรายสูง 30 และ 60 เซนติเมตร มีลักษณะเหมือนกันคือ มีค่าสูงสุดในเดือนแรกโดยสามารถลดค่าบีโอดีได้ร้อยละ 23.6 และ 36.5 ต่อมา มีค่าลดลงเล็กน้อยในเดือนที่ 2 โดยสามารถลดค่าบีโอดีลงได้ร้อยละ 21.5 และ 28.1 ก่อนมีค่าเพิ่มขึ้นอีกในเดือนที่ 3 โดยสามารถลดค่าบีโอดีลงได้ร้อยละ 32.1 และ 30 หลังจากนั้นตั้งแต่เดือนที่ 4 ไปจนถึงสิ้นสุดการทดลองความสามารถในการลดค่าบีโอดีลดลงโดยตลอดและมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 3.17-23.2 สำหรับชั้นระบายน้ำซึ่งเป็นชั้นกรวดสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ความสามารถในการลดค่าบีโอดีมีแนวโน้มเหมือนกันคือเมื่อเริ่มการทดลองหรือเดือนแรกภายหลังการบรรจุมูลฝอย ความสามารถในการลดค่าบีโอดีต่ำ คือมีค่าร้อยละ 9.27 17.5 และ 17.6 ตามลำดับ และมีค่าสูงสุดในเดือนที่ 2 คือ มีค่าความสามารถในการลดค่าบีโอดีลงร้อยละ 25.6 29.6 และ 26.8 เมื่อชั้นระบายน้ำเป็นชั้นกรวดสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่หลังจากนั้นจนถึงสิ้นสุดการทดลอง ค่าความสามารถในการลดค่าบีโอดีลดลงโดยตลอด และมีค่าต่ำสุดในเดือนที่ 7 คือ มีค่าร้อยละ 3.67 7.37 และ 6.36 ตามลำดับ

ในกรณีของค่าแอมโมเนียไนโตรเจนซึ่งแสดงในรูปที่ 4.66 พบว่า ค่าความสามารถในการลดค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของชั้นระบายน้ำที่เป็นทรายที่มีความสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร มีแนวโน้มเหมือนกัน และชั้นระบายน้ำที่เป็นกรวดมีความสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตรก็มีแนวโน้มเหมือนกัน คือ เมื่อชั้นระบายน้ำเป็นทราย ในเดือนที่ 1 ค่าความสามารถในการลดค่าแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าต่ำ คือ มีค่าร้อยละ 13.7 14.4 และ 15.4 เมื่อชั้นระบายน้ำที่เป็นชั้นทรายสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ และในเดือนที่ 2 ค่าความสามารถในการลดค่าแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าสูงสุด คือ มีค่าร้อยละ 16.8 40.7 และ 57.2 ตามลำดับ ต่อจากนั้นคือในเดือนที่ 3 ไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง ค่าความสามารถในการลดค่าแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าลดลงตลอด โดยมีค่าระหว่างร้อยละ 7.75-30.4 และมีค่าต่ำสุดเมื่อสิ้นสุดการทดลองในเดือนที่ 7 คือมีค่าร้อยละ 2.07 6.84 และ 17.78 ตามลำดับ สำหรับชั้นระบายน้ำที่เป็นชั้นกรวดค่าความสามารถในการลดค่าแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าต่ำในเดือนแรกของการทดลอง คือมีค่าร้อยละ 7.7 13.0 และ 4.21 เมื่อชั้นระบายน้ำเป็นกรวดสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ ต่อจากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 2 และมีค่าสูงสุดในเดือนที่ 3 โดยมีค่า

ร้อยละ 19.5 20.4 และ 16.0 ตามลำดับ แต่หลังจากนั้น คือ ตั้งแต่เดือนที่ 4 ไปจนถึงสิ้นสุดการทดลองในเดือนที่ 7 ค่าความสามารถในการลดค่าแอมโมเนียไนโตรเจนลดต่ำลงและมีค่าใกล้เคียงกัน คือมีค่าระหว่างร้อยละ 3.19-12.7

ในการนี้ของค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.67 พบว่าความสามารถในการลดค่าค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจนของชั้นระบายน้ำที่เป็นชั้นทรายมีแนวโน้มเหมือนกันโดยมีค่าสูงสุดในเดือนแรก คือ มีค่าความสามารถในการลดสารอินทรีย์ไนโตรเจนลงได้ร้อยละ 30.0 35.6 และ 41.8 เมื่อชั้นทรายมีความสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ ต่อจากนั้นจนถึงสิ้นสุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงโดยตลอด โดยมีค่าความสามารถในการลดค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจนในเดือนสุดท้ายก่อนสิ้นสุดการทดลองร้อยละ 2.47 4.29 และ 24.2 ตามลำดับ สำหรับชั้นระบายน้ำที่เป็นชั้นกรวดพบว่า ความสามารถในการลดค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจนมีแนวโน้มเหมือนกัน คือ มีค่าต่ำในเดือนแรกโดยมีค่าความสามารถในการลดค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจนร้อยละ 10.7 16.8 และ 10.9 เมื่อชั้นระบายน้ำเป็นชั้นกรวดสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ ต่อจากนั้นจึงมีค่าสูงขึ้นในเดือนที่ 2 และเป็นค่าสูงสุดคือมีค่าร้อยละ 16.1 21.6 และ 24.8 ตามลำดับ หลังจากนั้นจนถึงสิ้นสุดการทดลอง คือตั้งแต่เดือนที่ 3-7 มีแนวโน้มลดลงโดยตลอด และมีค่าความสามารถในการลดค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจนในเดือนสุดท้ายหรือเดือนที่ 7 ร้อยละ 5.56 6.35 และ 2.78 ตามลำดับ

ดังนั้น หากมองโดยภาพรวมเมื่อนำค่าความสามารถในการลดค่ามลสาร คือ ค่าซีโอดี บีโอดี แอมโมเนียไนโตรเจน และสารอินทรีย์ไนโตรเจน ของชั้นระบายน้ำมาพิจารณาในแต่ละเดือนพบว่า ในการนี้ชั้นระบายน้ำเป็นทรายสามารถลดค่าความเข้มข้นของมลสารได้ตั้งแต่เดือนแรกและมีค่าสูงสุดในเดือนแรก หลังจากนั้นจึงมีแนวโน้มลดลงโดยตลอดไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง ยกเว้นค่าความสามารถในการลดค่าแอมโมเนียไนโตรเจนซึ่งมีค่าต่ำในเดือนแรกแล้วค่อยมีค่าสูงขึ้น และมีค่าสูงสุดในเดือนที่ 2 ก่อนมีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 3 ไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง ส่วนในการนี้ชั้นระบายน้ำที่เป็นชั้นกรวดความสามารถในการค่าความเข้มข้นของมลสารมีค่าต่ำในเดือนแรกแล้วค่อยมีค่าสูงขึ้นและมีค่าสูงสุดในเดือนที่ 2 ก่อนมีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 3 ไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง ยกเว้นค่าความสามารถในการลดค่าแอมโมเนียไนโตรเจนที่มีค่าต่ำในเดือนแรกแล้วค่อย ๆ มีค่าเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 2 และเพิ่มขึ้นสูงสุดในเดือนที่ 3 ก่อนมีค่าลดลงในเดือนที่ 4 ไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง และค่าความสามารถในการลดความเข้มข้นของมลสารนี้พบว่า ชั้นทรายสูง 90 เซนติเมตร มีค่าความสามารถในการลดความเข้มข้นของมลสารได้สูงที่สุดในการขณะที่ชั้นระบายน้ำที่เป็นชั้นทรายสูง 60 และ 30 เซนติเมตร มีความสามารถรองลงมาตามลำดับ โดยกรวดมีค่าความสามารถในการลดความเข้มข้นของมลสารได้ต่ำและมีค่าใกล้เคียงกัน สาเหตุของความแตกต่างที่เกิดขึ้นระหว่างกรวดและทรายเนื่องจากทรายมีพื้นที่

ผิวมากกว่าจึงมีพื้นที่ผิวที่จุลินทรีย์สามารถยึดเกาะได้มากกว่านั่นเอง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาผลของความสูง และชนิดของชั้นระบายน้ำในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยต่อลักษณะน้ำชะมูลฝอย สรุปผลการทดลองได้ดังนี้ คือ

ก) ภายหลังการบรรจุมูลฝอยมีน้ำชะมูลฝอยเกิดขึ้นทุกวัน ระยะแรกเป็นน้ำชะมูลฝอยที่เกิดจากความชื้นภายในมูลฝอยซึ่งมีปริมาณสูงสุดในวันแรกคือ 7.52-13.95 ลิตร/วัน และมีปริมาณลดลงเรื่อย ๆ ต่อมาเมื่อมีการเติมน้ำลงในถังจำลองจึงมีน้ำส่วนเกินปนออกมามาก จนในที่สุดเมื่อหยุดเติมน้ำ และความชื้นในมูลฝอยเหลือน้อย ทำให้เกิดน้ำชะมูลฝอยในปริมาณน้อยลง ซึ่งในที่สุดมีปริมาณน้อยมากจนไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ลักษณะสมบัติได้ จึงต้องหยุดทำการทดลอง

ข) ลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ กับเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำ แล้ว มีแนวโน้มคล้ายคลึงกันทุกถังจำลองทั้งค่า pH สภาพความนำไฟฟ้า ความเป็นด่างรวม และความเป็นกรดระเหยง่าย แต่มีความแตกต่างกันเฉพาะอัตราการลดลงหรือเพิ่มขึ้นมากกว่ากันของค่า ซีไอดี บีไอดี แอมโมเนียไนโตรเจน และสารอินทรีย์ไนโตรเจน กล่าวคือ

- ในกรณีใช้ทรายเป็นชั้นระบายน้ำ ชั้นทรายสูง 30 เซนติเมตร ค่าความเข้มข้นของมลสารลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วงเวลาไม่เกิน 4 เดือน ภายหลังการบรรจุมูลฝอย โดยค่า ซีไอดี บีไอดี แอมโมเนียไนโตรเจนและสารอินทรีย์ไนโตรเจนลดลงเฉลี่ยร้อยละ 6.25 22.9 7.47 และ 12.8 ตามลำดับ ในกรณีที่ใช้ชั้นระบายน้ำเป็นทรายสูง 60 เซนติเมตร ความเข้มข้นของมลสารลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วงเวลาไม่เกิน 5 เดือน ภายหลังการบรรจุมูลฝอย โดยค่าซีไอดี บีไอดี แอมโมเนียไนโตรเจน และสารอินทรีย์ไนโตรเจน ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 9.93 20.9 17.1 และ 14.8 ตามลำดับ ในกรณีใช้ชั้นระบายน้ำเป็นทรายสูง 90 เซนติเมตร ค่าความเข้มข้นของมลสารสามารถลดลงได้ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง โดยค่าความเข้มข้นของมลสารคือ ซีไอดี บีไอดี แอมโมเนียไนโตรเจน และสารอินทรีย์ไนโตรเจนลดลงเฉลี่ยร้อยละ 16.00 31.0 24.4 และ 33.7 ตามลำดับ

- ในกรณีใช้ชั้นระบายน้ำเป็นกรวดสูง 30 เซนติเมตร ความเข้มข้นของมลสารลดลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วงเวลาไม่เกิน 3 เดือน ภายหลังการบรรจุมูลฝอย โดยค่าซีไอดี บีไอดี แอมโมเนียไนโตรเจน และสารอินทรีย์ไนโตรเจน ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 5.66 12.9 6.43 และ 8.41 ตามลำดับ ในกรณีใช้ชั้นระบายน้ำเป็นกรวดสูง 60 เซนติเมตร ค่าความเข้มข้นของ

มลสารลดลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วงเวลาไม่เกิน 5 เดือน ภายหลังการบรรจุมูลฝอย โดยค่าซีไอดี บีไอดี แอมโมเนียไนโตรเจน และสารอินทรีย์ไนโตรเจน ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 3.64 11.8 9.73 และ 9.00 ตามลำดับ และในการใช้ชั้นระบายน้ำเป็นกรวดสูง 90 เซนติเมตร ค่าความเข้มข้นของมลสารลดลงอย่างเห็นได้ชัด ในช่วงเวลาไม่เกิน 6 เดือน ภายหลังการบรรจุมูลฝอย โดยค่า ซีไอดี บีไอดี แอมโมเนียไนโตรเจน และสารอินทรีย์ไนโตรเจน ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 3.75 12.9 12.9 และ 10.7 ตามลำดับ

ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอยแล้วพบว่า การใช้ทรายสูง 90 เซนติเมตร มีความสามารถในการลดความเข้มข้นของมลสารได้สูงสุด ส่วนทรายที่มีความสูง 30 และ 60 เซนติเมตร มีความสามารถในการลดความเข้มข้นของมลสารได้ต่ำกว่าและไม่ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลองในขณะที่กรวดซึ่งมีความสูง 30 60 และ 90 เซนติเมตร มีความสามารถในการลดความเข้มข้นของมลสารได้ต่ำ และมีความสามารถใกล้เคียงกัน

- สำหรับการทดลองหา Molecular Weight Distribution โดยการทำ Gel Filtration Chromatography ของน้ำชะมูลฝอยโดยใช้ Gel ขนาด Sephadex G-75 และ Sephadex G-150 พบว่าน้ำชะมูลฝอยมีการกระจายตัวของมลสารตามน้ำหนักโมเลกุลแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มน้ำหนักโมเลกุล 1,000-50,000 50,000-150,000 และมากกว่า 150,000 และเมื่อทดลองหาขนาดน้ำหนักโมเลกุลของมลสารที่มีอายุน้ำชะมูลฝอย 1 62 125 และ 188 วัน พบว่า เมื่อเริ่มการทดลองหรือภายหลังการบรรจุมูลฝอย 1 วัน น้ำชะมูลฝอยของทุกถังจำลอง ก่อนผ่านชั้นระบายน้ำกับเมื่อผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว ขนาดน้ำหนักโมเลกุลของมลสารไม่มีการเปลี่ยนแปลง ในกรณีชั้นระบายน้ำเป็นชั้นทรายสูง 30 เซนติเมตร มลสารมีการเปลี่ยนแปลงขนาดน้ำหนักโมเลกุลเล็กน้อยเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 62 วันเท่านั้น ในกรณีชั้นระบายน้ำเป็นชั้นทรายสูง 60 เซนติเมตร มลสารมีการเปลี่ยนแปลงขนาดน้ำหนักโมเลกุลเล็กน้อยเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 62 วัน กับ 125 วันเท่านั้น ส่วนชั้นระบายน้ำที่เป็นชั้นทรายสูง 90 เซนติเมตร มลสารมีการเปลี่ยนแปลงขนาดน้ำหนักโมเลกุลเล็กน้อยตลอดการทดลอง ในขณะที่ชั้นระบายน้ำซึ่งเป็นชั้นกรวดสูง 30 และ 60 เซนติเมตร มลสารมีการเปลี่ยนแปลงขนาดน้ำหนักโมเลกุลเล็กน้อยเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 62 วันเท่านั้น แต่ในกรณีชั้นระบายน้ำที่เป็นชั้นกรวดสูง 90 เซนติเมตร มลสารมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักโมเลกุลเมื่อน้ำชะมูลฝอยมีอายุหลังการฝังกลบ 62 วัน และ 125 วันเท่านั้น และมลสารส่วนใหญ่ในน้ำชะมูลฝอยมีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 1,000-50,000 โดยมีอยู่มากกว่าร้อยละ 80

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาผลของความสูง และชนิดของชั้นระบายน้ำในพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยต่อลักษณะน้ำชะมูลฝอย ซึ่งจะได้นำผลของการศึกษาไปใช้ในการจัดการเกี่ยวกับน้ำชะมูลฝอย โดยในกรณีนี้เป็นแนวทางหนึ่งที่จะจัดการกับน้ำชะมูลฝอย ณ แหล่งเกิดโดยตรง เนื่องจากปกติในการออกแบบชั้นรองมูลฝอยหรือชั้นระบายน้ำมักไม่ได้คำนึงถึงผลของการลดความเข้มข้นของมลสารที่ได้จากชั้นระบายน้ำแต่อย่างใด ดังนั้นจากผลการทดลองที่ได้ในครั้งนี้และการศึกษาเพิ่มเติมที่จะเสนอต่อไป ถ้าหากมีการเพิ่มความหนาหรือเปลี่ยนแปลงชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นชั้นระบายน้ำแต่เดิมนั้น ให้มีขนาดและชนิดที่เหมาะสม โดยการเปลี่ยนแปลงอาจทำให้ต้องเพิ่มงบประมาณค่าก่อสร้างขึ้นบ้าง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับงบประมาณในการบำบัดน้ำชะมูลฝอย หรืองบประมาณในการแก้ปัญหาที่จะเกิดจากน้ำชะมูลฝอย เช่น การปนเปื้อนน้ำใต้ดิน แล้ว การเพิ่มงบประมาณในการเพิ่มความหนาหรือเปลี่ยนแปลงชนิดของชั้นระบายน้ำน่าจะเป็นทางเลือกที่ควรได้รับการพิจารณา อย่างไรก็ตามเพื่อให้การดำเนินการจัดการหรือบำบัดน้ำชะมูลฝอย ณ แหล่งเกิดโดยอาศัยชั้นระบายน้ำให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและมีข้อเสนอแนะดังนี้

- ในช่วงปลายของการทดลอง มีปริมาณน้ำชะมูลฝอยออกมาน้อยจนไม่สามารถนำไปทำการวิเคราะห์ได้ ดังนั้น ควรปรับโครงสร้างของถังจำลองให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อให้มีสภาพการฝั่งกลบใกล้เคียงกับการฝั่งกลบในพื้นที่ฝั่งกลบจริง และมีปริมาณน้ำชะมูลฝอยเกิดขึ้นในปริมาณมากพอที่จะศึกษาความเปลี่ยนแปลงได้นานกว่านี้

- ชั้นระบายน้ำในการทดลองครั้งนี้ จะเก็บรวบรวมน้ำชะมูลฝอยโดยอาศัยน้ำชะมูลฝอย ซึ่งไหลลงในแนวตั้งเท่านั้น แต่โดยปกติในชั้นเก็บรวบรวมน้ำชะมูลฝอยในสถานที่จริงจะมีการไหลของน้ำชะมูลฝอยทั้ง 2 ทิศทาง คือ ในแนวตั้งก่อนแล้วไหลลงสู่ท่อรวบรวมในแนวราบ ดังนั้น น้ำชะมูลฝอยจะมีระยะทางในการไหลมากกว่าที่ได้ทำการทดลอง จึงมีระยะเวลาที่เกี่ยวข้องด้วย ดังนั้นควรพิจารณาระยะเวลากักเก็บหรือระยะเวลาที่น้ำชะมูลฝอยอยู่ในชั้นระบายน้ำที่เหมาะสม เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการตกตะกอนซึ่งจะทำให้เกิดการอุดตันแต่ต้องมีเวลาสัมผัสนานพอให้จุลินทรีย์ย่อยสลายมลสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- ในการทดลองครั้งนี้เนื่องจากต้องเก็บน้ำชะมูลฝอยก่อนผ่านชั้นระบายน้ำ จึงต้องรวบรวมน้ำชะมูลฝอยก่อนจะปล่อยให้ผ่านชั้นรองมูลฝอยหรือชั้นระบายน้ำซึ่งพื้นที่หน้าตัดจะรองรับน้ำชะมูลฝอยเพียงจุดเดียว หรือไม่เต็มประสิทธิภาพ ควรมีการทดลองให้ชั้นระบายน้ำสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพอย่างที่เกิดขึ้นในสภาพจริง

- วัสดุที่ใช้เป็นชั้นระบายน้ำนอกจากกรวดและทรายแล้ว ยังมีวัสดุอื่น ๆ ซึ่งสามารถนำมาปรับปรุงใช้ได้ตามความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่ ควรมีการทดลองนำวัสดุเหล่านั้นมาใช้แทนทราย หรือกรวด เช่น ดินร่วนปนทราย เศษวัสดุจากการก่อสร้าง หรือมีการผสมวัสดุต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เช่น ทรายกับซีเมนต์ ทรายกับกรวดและเศษวัสดุจากการรื้อผิวจราจรเพื่อปรับปรุงผิวจราจรใหม่ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- ธงชัย พรรณสวัสดิ์. คู่มือการออกแบบระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝน. กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2534.
- ธีระ เกรอด. วิศวกรรมน้ำเสียการบำบัดทางชีวภาพ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
- ประกิต กิระวานิช. แนวทางการกำจัดมูลฝอย สำหรับประเทศไทย, เอกสารประกอบการบรรยายในการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ เรื่อง แนวทางเลือกในการพัฒนาการกำจัดขยะมูลฝอยแบบยั่งยืน โรงแรมแมปปิง จังหวัดเชียงใหม่, 28 กันยายน 2537, หน้า 1-17.
- ปรีทัศน์ เชยชม. "การเปรียบเทียบลักษณะของน้ำชะขยะจากการฝังกลบขยะด้วยวิธีไร้ออกซิเจนและกึ่งออกซิเจน" วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2537.
- ไพพรรณ พรประภา และมันสิน ดันทุลเวศม์. การกำจัดน้ำโสโครกจากโรงงานน้ำตาลโดยใช้แอนแอโรบิคฟิลเตอร์ โครงการวิจัยเลขที่ 17-SA-2519 ทูลส่งเสริมการวิจัยวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520.
- วรงค์ลักษณ์ ช่อนกลิ่น "ปริมาณและลักษณะของก๊าซและน้ำชะมูลฝอยจากแบบจำลองที่มีการฝังกลบสองชั้น" วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2541.
- วีรวรรณ ปัทมาภีรัต. การศึกษาคุณลักษณะของ Leachate จากที่ทิ้งขยะบริเวณซอยอ่อนนุชและการบำบัดทางชีววิทยา. โครงการวิจัยเลขที่ 93-ER-2528 ทูลส่งเสริมการวิจัยวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, เมษายน 2530.
- ศศิธร แดงการณ. "อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพและการย่อยสลายสารอินทรีย์ของมูลฝอยชุมชนในถังจำลองการฝังกลบแบบเดิมครั้งเดียว" วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2541.
- ศุภาศ กานตวนิชกูร. การบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา. เชียงใหม่ : ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2538.
- สถานีตรวจอากาศเชียงใหม่ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ฝ่ายแผนที่อากาศและบันทึกข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงคมนาคม.

สุรพล สายพานิช. กระบวนการตะกอนเร่งคอนแทกทีสเดบิไลเซชัน แบบแอนแอโรบิค. โครงการวิจัยเลขที่ 95-ER-2528 สนับสนุนการวิจัยวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กุมภาพันธ์ 2530.

APHA, AWWA and WPCF. *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater*. New York : American Public Health Association Inc., 1985.

Attal, A., Akunna, J., Camacho, P., Salmon, P. and Parid., I. Anaerobic Degradation of Municipal Wastes in Landfill. *Wat. Sci. Tech.* Vol. 25 No 7. 243-253, 1992.

Bagchi, A. *Design Construction and Monitoring of Sanitary Landfill*. Toronto : John Wiley & Sons, 1990.

Christensen, T.H., Cossu, R. and Stegmann, R. *Landfill of waste : Leachate*. London : Elsevier Science Publishers LTD, 1992.

Christensen, T.H., Cossu, R. and Stegmann, R. *Landfill of waste : Barriers*. London : E&FN Spon, 1994.

CMU and JICA. *Development of the Appropriate Technology as a Primary Health Care for Human Waste Treatment and Disposal in Northrtn Thailand*. February 1992.

Gray, N.F. *Biology of Wadtewater Treatment*. New York : Oxford University Press, 1989.

Hans-Jurgen, E. and Rainer, S. *Biological Processes*. London : Elsevier Science Publisher LTD, 1992.

Henkel, G. การติดตามและจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม. เอกสารประกอบการอบรม โครงการความช่วยเหลือทางเทคนิคด้านการจัดการปัญหาขยะมูลฝอย สำนักงานความช่วยเหลือเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศแห่งออสเตรเลียร่วมกับรัฐบาลไทย กรมโยธาธิการ มกราคม 2538.

Irene, M. and Lo, C. Characteristics and Treatment of Leachates from Domestic Landfills. *Environmental International*. Vol.22, No.4, 433-442, 1996.

Kanchanawong, S., Ikeguchi, T. Kanchanawong, S. and Koottatep, S. Characteristics of Leachate Produced from Simulated Landfill in Tropical Country. *Water Science Technology*. vol.31, No.9, 119-127, 1995.

Lechner, P. *Design Criteria for Leachate Drainage and Collection Systems*. London : E & FN Spon, 1994.

- McCarty, P.L. Kinetic of Waste Assimilation in Anaerobic Treatment, *Development in Industrial Microbiology*, Vol.7, 144, 1966.
- McCarty, P.L. *Process Governing the Movement and Fate of Contaminants in Groundwater*, Paper presented at Soope Regional Workshop on Groundwater Contaminates, Application of Research to Management Problems in Asians The Pacific, Chiang Mai, Thailand, June 24-28, 1991.
- Stander, G.J. Water Pollution Research : A key to Wastewater Management, *J.WPCF*, Vol.38, No.16, 774-780, 1966.
- Toa, G.H., Chen, S.W., Hu, J.J., Gu, G.W. and Koenig, A. Anaerobic Treatment of Leachate from Municipal Landfill, *Proceeding of the Asia-Pacific Conference on Sustainable Energy and Environmental Technology*, 510-517, 1995.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. and Vigil, S. *Integrated Solid Waste Management*. Singapore : McGraw-Hill, Inc, 1993.
- WPCF. *Mannual of Practical No.16 : Anaerobic Digestion, Water Pollution Control*. Washington, D.C., 1969.
- Young, J.C., and McCarty, P.L. The Anaerobic Filter for Waste Treatment, *The paper was presented at the 22nd Annual Purdue Industrial Waste Conference*, Purdue University, Lafayette Indiana, May 2-4, 1967.
- Young, J.C., and McCarty, P.L. The Anaerobic Filter for Waste Treatment, *J.WPCF*, Vol.41, No.5, 160-173, 1969.

ภาคผนวก ก
ตารางแสดงลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอย

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตาราง ก1 ปริมาณน้ำฝนและน้ำชะมูลฝอยในแต่ละวัน

วันที่	ระยะเวลา หลังการฝังกลบ (วันที่)	ปริมาณน้ำฝน ลบ.ซม.	ปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในแต่ละวันในถังจำลองใบที่ ลบ.ซม.					
			1	2	3	4	5	6
1 ก.ค. 41	0	0	0	0	0	0	0	0
2 ก.ค. 41	1	0	10440	7518	10597	13697	13963	13558
3 ก.ค. 41	2	0	2615	2675	2320	1550	1505	1490
4 ก.ค. 41	3	0	1695	2205	1175	1010	1050	1065
5 ก.ค. 41	4	0	767	2265	715	765	485	605
6 ก.ค. 41	5	137.83	365	680	375	310	310	305
7 ก.ค. 41	6	0	305	395	300	265	215	290
8 ก.ค. 41	7	0	295	290	284	243	232	247
9 ก.ค. 41	8	0	253	290	270	233	222	244
10 ก.ค. 41	9	0	200	198	208	186	180	196
11 ก.ค. 41	10	0	168	170	194	158	164	164
12 ก.ค. 41	11	0	195	215	206	156	160	182
13 ก.ค. 41	12	0	185	199	188	180	174	188
14 ก.ค. 41	13	50.36	165	178	184	132	128	152
15 ก.ค. 41	14	0	94	102	100	88	90	98
16 ก.ค. 41	15	0	106	117	120	112	117	131
17 ก.ค. 41	16	0	104	119	125	101	96	107
18 ก.ค. 41	17	0	98	118	120	96	92	108
19 ก.ค. 41	18	0	90	78	104	84	90	82
20 ก.ค. 41	19	0	125	150	150	123	118	112
21 ก.ค. 41	20	0	111	126	134	81	92	115
22 ก.ค. 41	21	0	56	69	81	55	64	71
23 ก.ค. 41	22	0	59	74	71	76	82	81
24 ก.ค. 41	23	12.37	106	104	107	80	84	90
25 ก.ค. 41	24	71.56	68	75	88	45	60	50
26 ก.ค. 41	25	0	50	63	68	65	55	60
27 ก.ค. 41	26	58.32	74	88	94	66	70	57

ตาราง ก1 ปริมาณน้ำฝนและน้ำชะมูลฝอยในแต่ละวัน (ต่อ)

วันที่	ระยะเวลา หลังการฝังกลบ (วันที่)	ปริมาณน้ำฝน ลบ.ซม.	ปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในแต่ละวันในถังจำลองไปที่ ลบ.ซม.					
			1	2	3	4	5	6
28 ก.ค. 41	27	4.42	76	82	85	53	58	53
29 ก.ค. 41	28	0	39	53	58	23	35	37
30 ก.ค. 41	29	0	28	36	41	46	55	51
31 ก.ค. 41	30	0	37	29	41	53	53	49
1 ส.ค. 41	31	84.82	47	56	51	32	55	48
2 ส.ค. 41	32	0	42	49	48	17	42	36
3 ส.ค. 41	33	1.77	72	67	78	60	63	66
4 ส.ค. 41	34	471.83	55	79	74	37	44	38
5 ส.ค. 41	35	0	27	39	41	13	16	10
6 ส.ค. 41	36	98.96	28	34	37	20	42	34
7 ส.ค. 41	37	21.2	17	13	21	9	67	29
8 ส.ค. 41	38	0	15	11	19	9	95	24
9 ส.ค. 41	39	172.3	22	19	23	11	75	32
10 ส.ค. 41	40	25.62	64	49	53	45	101	72
11 ส.ค. 41	41	4.42	59	57	55	41	88	76
12 ส.ค. 41	42	16.79	28	35	29	5	50	41
13 ส.ค. 41	43	1.77	38	27	24	21	67	59
14 ส.ค. 41	44	0	59	22	21	9	64	55
15 ส.ค. 41	45	0	59	44	21	6	60	54
16 ส.ค. 41	46	35.34	62	49	38	35	56	51
17 ส.ค. 41	47	15.02	84	88	69	63	87	77
18 ส.ค. 41	48	0	78	76	66	77	82	82
19 ส.ค. 41	49	0	50	42	50	24	39	37
20 ส.ค. 41	50	0	28	17	41	32	48	0
21 ส.ค. 41	51	0	37	75	39	5	52	38
22 ส.ค. 41	52	0	38	53	35	5	45	27
23 ส.ค. 41	53	0	37	35	37	2	46	36

ตาราง ก1 ปริมาณน้ำฝนและน้ำชะมูลฝอยในแต่ละวัน (ต่อ)

วันที่	ระยะเวลา หลังการฝังกลบ (วันที่)	ปริมาณน้ำฝน ลบ.ซม.	ปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในแต่ละวันในถังจำลองใบที่ ลบ.ซม.					
			1	2	3	4	5	6
24 ส.ค. 41	54	22.09	57	57	58	33	54	28
25 ส.ค. 41	55	7.07	69	67	72	637	72	132
26 ส.ค. 41	56	0	31	0	38	21	22	0
27 ส.ค. 41	57	155.51	37	73	43	42	33	88
28 ส.ค. 41	58	0	13	20	22	33	27	51
29 ส.ค. 41	59	0	22	16	28	36	34	0
30 ส.ค. 41	60	0	21	11	29	32	42	9
31 ส.ค. 41	61	0	50	42	58	50	67	27
1 ก.ย. 41	62	42.41	55	33	69	64	83	62
2 ก.ย. 41	63	13.25	22	32	32	35	59	47
3 ก.ย. 41	64	0	19	57	28	38	47	49
4 ก.ย. 41	65	0	23	65	32	34	49	47
5 ก.ย. 41	66	0	35	48	19	46	51	11
6 ก.ย. 41	67	13.25	35	16	23	35	43	31
7 ก.ย. 41	68	9.71	56	68	56	68	68	103
8 ก.ย. 41	69	121.93	61	72	68	76	59	140
9 ก.ย. 41	70	604.36	55	87	64	36	46	32
10 ก.ย. 41	71	0	1	15	16	13	99	0
11 ก.ย. 41	72	9.72	71	26	29	176	185	59
12 ก.ย. 41	73	6.19	142	119	66	158	134	184
13 ก.ย. 41	74	34.46	122	152	143	117	107	87
14 ก.ย. 41	75	0	135	96	158	114	103	45
15 ก.ย. 41	76	0	54	95	78	51	47	68
16 ก.ย. 41	77	3.53	61	50	69	53	52	75
17 ก.ย. 41	78	0	33	58	59	63	54	54
18 ก.ย. 41	79	0	51	81	68	52	63	53
19 ก.ย. 41	80	128.12	60	129	74	64	62	163

ตาราง ก1 ปริมาณน้ำฝนและน้ำชะมูลฝอยในแต่ละวัน (ต่อ)

วันที่	ระยะเวลา หลังการฝังกลบ (วันที่)	ปริมาณน้ำฝน ลบ.ซม.	ปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในแต่ละวันในถังจำลองใบที่ ลบ.ซม.					
			1	2	3	4	5	6
20 ก.ย. 41	81	6.19	42	25	57	49	41	19
21 ก.ย. 41	82	170.53	59	51	81	69	61	43
22 ก.ย. 41	83	0	70	49	69	58	54	72
23 ก.ย. 41	84	0	76	68	55	18	30	11
24 ก.ย. 41	85	0	24	47	38	36	38	102
25 ก.ย. 41	86	1.77	21	14	33	43	34	42
26 ก.ย. 41	87	2.65	25	29	31	39	42	21
27 ก.ย. 41	88	0	59	62	56	64	62	41
28 ก.ย. 41	89	0	66	49	78	62	50	56
29 ก.ย. 41	90	0	27	33	41	27	21	31
30 ก.ย. 41	91	0	21	40	29	25	28	49
1 ต.ค. 41	92	0	20	34	32	30	40	77
2 ต.ค. 41	93	0.88	39	69	34	31	35	53
3 ต.ค. 41	94	119.28	35	72	30	42	44	35
4 ต.ค. 41	95	0.88	48	44	56	42	49	52
5 ต.ค. 41	96	0	39	23	63	47	41	54
6 ต.ค. 41	97	14.14	17	24	26	12	11	13
7 ต.ค. 41	98	119.28	19	21	17	19	20	17
8 ต.ค. 41	99	359.61	6	40	21	16	23	29
9 ต.ค. 41	100	0	23	19	29	31	51	47
10 ต.ค. 41	101	36.23	76	43	31	53	59	53
11 ต.ค. 41	102	0	179	128	104	142	189	155
12 ต.ค. 41	103	314.55	135	75	70	162	158	164
13 ต.ค. 41	104	0	64	90	80	42	48	49
14 ต.ค. 41	105	114.86	41	97	61	62	57	59
15 ต.ค. 41	106	73.34	51	87	62	56	55	53
16 ต.ค. 41	107	85.71	50	54	55	51	54	58

ตาราง ก1 ปริมาณน้ำฝนและน้ำชะมูลฝอยในแต่ละวัน (ต่อ)

วันที่	ระยะเวลา หลังการฝังกลบ (วันที่)	ปริมาณน้ำฝน ลบ.ชม.	ปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในแต่ละวันในถังจำลองใบที่ ลบ.ชม.					
			1	2	3	4	5	6
17 ต.ค. 41	108	0	63	51	53	137	141	139
18 ต.ค. 41	109	99.84	92	99	97	70	78	76
19 ต.ค. 41	110	0	102	70	80	88	79	92
20 ต.ค. 41	111	0	43	68	41	44	40	35
21 ต.ค. 41	112	0	41	111	39	41	53	42
22 ต.ค. 41	113	0	51	79	58	64	51	48
23 ต.ค. 41	114	30.04	53	65	65	61	59	63
24 ต.ค. 41	115	37.11	55	51	68	57	63	59
25 ต.ค. 41	116	12.37	85	84	88	105	73	99
26 ต.ค. 41	117	0	92	62	95	73	91	83
27 ต.ค. 41	118	0	47	32	63	18	30	36
28 ต.ค. 41	119	53.01	28	42	44	48	44	31
29 ต.ค. 41	120	79.52	35	93	35	36	46	51
30 ต.ค. 41	121	566.37	52	78	63	66	59	57
31 ต.ค. 41	122	166.11	51	31	12	82	116	75
1 พ.ย. 41	123	1.77	147	103	110	169	133	144
2 พ.ย. 41	124	0	259	145	162	198	185	195
3 พ.ย. 41	125	12.37	123	88	123	84	91	81
4 พ.ย. 41	126	4.42	97	94	87	84	80	81
5 พ.ย. 41	127	40.64	78	143	94	73	84	84
6 พ.ย. 41	128	531.91	67	38	74	60	63	72
7 พ.ย. 41	129	230.61	56	116	78	87	101	61
8 พ.ย. 41	130	242.98	125	116	117	191	174	140
9 พ.ย. 41	131	0	219	126	143	382	263	280
10 พ.ย. 41	132	46.83	182	206	203	204	156	158
11 พ.ย. 41	133	155.51	139	153	176	134	112	115
12 พ.ย. 41	134	20.32	107	141	156	104	86	94

ตาราง ก1 ปริมาณน้ำฝนและน้ำชะมูลฝอยในแต่ละวัน (ต่อ)

วันที่	ระยะเวลา หลังการฝังกลบ (วันที่)	ปริมาณน้ำฝน ลบ.ซม.	ปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในแต่ละวันในถังจำลองใบที่ ลบ.ซม.					
			1	2	3	4	5	6
13 พ.ย. 41	135	129.89	83	173	116	86	74	87
14 พ.ย. 41	136	124.58	85	57	76	113	111	123
15 พ.ย. 41	137	100.73	132	125	94	125	123	124
16 พ.ย. 41	138	8.83	160	65	148	196	180	193
17 พ.ย. 41	139	3.53	104	181	138	92	83	86
18 พ.ย. 41	140	59.2	93	123	105	91	82	85
19 พ.ย. 41	141	39.76	78	81	91	78	71	81
20 พ.ย. 41	142	113.09	73	84	83	70	67	76
21 พ.ย. 41	143	15.9	51	38	55	43	61	66
22 พ.ย. 41	144	0	93	70	99	83	80	75
23 พ.ย. 41	145	344.59	92	76	99	85	109	90
24 พ.ย. 41	146	2.65	105	71	51	106	93	94
25 พ.ย. 41	147	28.27	110	138	76	107	87	91
26 พ.ย. 41	148	0	80	41	83	79	69	83
27 พ.ย. 41	149	0	71	122	81	69	69	81
28 พ.ย. 41	150	0	61	47	65	59	53	50
29 พ.ย. 41	151	298.65	68	48	82	62	66	61
30 พ.ย. 41	152	244.75	83	63	88	79	73	74
1 ธ.ค. 41	153	38.88	74	79	65	28	65	75
2 ธ.ค. 41	154	0	67	55	49	62	185	64
3 ธ.ค. 41	155	31.81	59	146	64	61	163	63
4 ธ.ค. 41	156	117.52	65	121	70	69	114	81
5 ธ.ค. 41	157	9.72	47	110	72	68	93	83
6 ธ.ค. 41	158	2.65	93	74	107	97	99	104
7 ธ.ค. 41	159	1.77	95	87	103	103	79	66
8 ธ.ค. 41	160	79.52	62	109	77	32	49	61
9 ธ.ค. 41	161	7.07	57	60	41	53	47	42

ตาราง ก1 ปริมาณน้ำฝนและน้ำชะมูลฝอยในแต่ละวัน (ต่อ)

วันที่	ระยะเวลา หลังการฝังกลบ (วันที่)	ปริมาณน้ำฝน ลบ.ซม.	ปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในแต่ละวันในถังจำลองใบที่ ลบ.ซม.					
			1	2	3	4	5	6
10 ธ.ค. 41	162	2.65	45	41	45	51	41	37
11 ธ.ค. 41	163	7.07	49	39	46	47	40	36
12 ธ.ค. 41	164	39.85	45	42	46	49	47	35
13 ธ.ค. 41	165	50.36	81	67	76	61	62	67
14 ธ.ค. 41	166	39.76	40	90	41	11	30	39
15 ธ.ค. 41	167	5.3	35	51	31	40	33	27
16 ธ.ค. 41	168	144.02	32	30	30	41	34	30
17 ธ.ค. 41	169	0	28	28	28	36	37	26
18 ธ.ค. 41	170	0	39	65	38	33	47	77
19 ธ.ค. 41	171	37.99	34	26	33	41	36	43
20 ธ.ค. 41	172	26.51	36	53	34	39	31	33
21 ธ.ค. 41	173	7.95	69	36	70	67	60	64
22 ธ.ค. 41	174	0	35	53	43	5	28	26
23 ธ.ค. 41	175	260.65	22	46	37	43	40	36
24 ธ.ค. 41	176	0	29	15	31	32	34	36
25 ธ.ค. 41	177	0	31	21	33	36	32	34
26 ธ.ค. 41	178	0	29	32	30	31	30	30
27 ธ.ค. 41	179	0	42	40	45	41	41	43
28 ธ.ค. 41	180	0	77	58	76	75	70	77
29 ธ.ค. 41	181	0	37	72	46	15	32	53
30 ธ.ค. 41	182	0	26	25	31	42	38	39
31 ธ.ค. 41	183	116.63	31	29	34	41	35	30
1 ม.ค. 42	184	0	61	22	32	21	49	43
2 ม.ค. 42	185	325.15	58	33	43	30	62	58
3 ม.ค. 42	186	3.53	80	31	60	41	84	70
4 ม.ค. 42	187	59.2	126	80	100	113	96	102
5 ม.ค. 42	188	24.71	66	91	79	26	42	61

ตาราง ก1 ปริมาณน้ำฝนและน้ำชะมูลฝอยในแต่ละวัน (ต่อ)

วันที่	ระยะเวลา หลังการฝังกลบ (วันที่)	ปริมาณน้ำฝน ลบ.มม.	ปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในแต่ละวันในถังจำลองใบที่ ลบ.มม.					
			1	2	3	4	5	6
6 ม.ค. 42	189	45.94	41	43	51	57	49	47
7 ม.ค. 42	190	37.99	45	37	46	48	44	45
8 ม.ค. 42	191	60.97	41	34	45	34	39	16
9 ม.ค. 42	192	18.55	39	37	42	38	37	35
10 ม.ค. 42	193	0	37	45	30	42	32	31
11 ม.ค. 42	194	0	73	58	80	65	60	75
12 ม.ค. 42	195	0	36	39	46	7	23	18
13 ม.ค. 42	196	0	28	38	31	38	29	28
14 ม.ค. 42	197	0	18	38	30	34	38	34
15 ม.ค. 42	198	0	33	38	31	31	36	35
16 ม.ค. 42	199	0	39	30	37	40	35	36
17 ม.ค. 42	200	0	33	28	32	32	30	30
18 ม.ค. 42	201	0	65	42	61	58	49	56
19 ม.ค. 42	202	0	34	131	44	13	19	19
20 ม.ค. 42	203	0	9	0	17	20	18	16
21 ม.ค. 42	204	0	16	14	20	27	27	27
22 ม.ค. 42	205	0	19	85	19	19	22	21
23 ม.ค. 42	206	0	29	18	22	29	26	27
24 ม.ค. 42	207	0	35	19	25	34	24	25
25 ม.ค. 42	208	0	53	31	48	61	41	48
26 ม.ค. 42	209	0	0	0	0	0	5	0
27 ม.ค. 42	210	0	0	1	1	0	0	5
28 ม.ค. 42	211	0	0	7	0	1	0	6
29 ม.ค. 42	212	0	11	2	0	7	1	1
30 ม.ค. 42	213	0	4	2	1	8	3	0
31 ม.ค. 42	214	0	0	5	7	1	0	0

ตาราง ก2 ค่าพีเอช ของน้ำชะมูลฝอย

วันที่	ระยะเวลา ฝังกลบ(วันที่)	ค่า pH											
		S30B	S30A	S60B	S60A	S90B	S90A	G30B	G30A	G60B	G60A	G90B	G90A
2 ก.ค. 41	1	3.57	3.55	3.45	3.67	3.51	3.73	3.65	3.53	3.62	3.5	3.74	3.57
6 ก.ค. 41	5		3.62		3.42		3.67		3.5		3.52		3.52
9 ก.ค. 41	8		3.89		3.67		3.87		3.68		3.73		3.82
14 ก.ค. 41	13	3.92	3.85	3.49	3.58	3.96	3.81	3.67	3.64	3.73	3.76	3.75	3.82
17 ก.ค. 41	16		4.08		3.68		3.88		3.78		4.04		4.02
21 ก.ค. 41	20	4.96	4.51	3.81	3.81	3.87	4	4.03	4.01	4.28	4.43	3.96	4.26
24 ก.ค. 41	23	4.91	4.94	4.04	3.92	4.07	4.07	4.15	4.13	4.72	4.92	4.17	4.51
28 ก.ค. 41	27	4.8	5.03	4.33	4.09	4.66	4.14	4.37	4.28	4.8	5.26	4.83	5.3
31 ก.ค. 41	30		5.14		4.24		4.35		4.39		4.95		5.31
4 ส.ค. 41	34	4.83	5.03	4.43	4.26	4.68	5.25	4.71	5.01	4.95	5.02	5.01	5.25
7 ส.ค. 41	39		5.08		4.39		4.78		4.59		5.02		5.28
11 ส.ค. 41	41	4.55	5.08	4.84	4.43	4.87	4.7	4.9	4.12	5.06	5.03	5.11	5.24
14 ส.ค. 41	44		5.05		4.53		4.78		5.1		5.09		5.26
18 ส.ค. 41	48	4.92	4.93	4.71	4.75	4.86	4.71	4.97	4.99	5.08	5.08	5.12	5.18
20 ส.ค. 41	50		5.04		4.94		4.91		5.07		5.16		5.32
25 ส.ค. 41	54	5.09	5.09	4.93	4.98	5.15	5.08	5.03	5.15	5.22	5.2	5.25	5.29
28 ส.ค. 41	58		5.02		4.91		4.97		5.1		5.13		5.23
1 ก.ย. 41	62	5.08	5.06	4.96	4.99	5.04	5.04	5.18	5.16	5.23	5.21	5.25	5.28
4 ก.ย. 41	65		4.84		4.72		4.79		4.92		4.96		4.89
8 ก.ย. 41	69	5.07	5.08	4.95	5	5.04	5.07	5.19	5.18	5.22	5.25	5.28	5.29
11 ก.ย. 41	72		5.11		5.03		5.08		5.23		5.27		5.26
14 ก.ย. 41	75	5.12	5.23	5.03	5.08	5.1	5.16	5.25	5.27	5.29	5.3	5.3	5.29
18 ก.ย. 41	79		5.12		5.01		5.11		5.23		5.25		5.25
22 ก.ย. 41	83	5.15	5.12	5.06	5.04	5.13	5.13	5.24	5.25	5.31	5.3	5.32	5.28
25 ก.ย. 41	86		5.17		5.22		5.18		5.31		5.34		5.35
28 ก.ย. 41	89	5.18	5.2	5.08	5.08	5.15	5.19	5.25	5.28	5.32	5.32	5.35	5.32
1 ต.ค. 41	92		5.11		5.05		5.13		5.24		5.29		5.34
5 ต.ค. 41	96	5.18	5.09	5.05	5.01	5.09	5.08	5.18	5.19	5.24	5.24	5.25	5.25
8 ต.ค. 41	99		5.1		5.06		5.11		5.27		5.29		5.29
12 ต.ค. 41	103	5.16	5.17	5.08	5.11	5.16	5.12	5.21	5.23	5.28	5.29	5.33	5.29

ตาราง ก2 ค่า พี เอช ของน้ำชะมูลฝอย (ต่อ)

วันที่	ระยะเวลา ฝังกลบ(วันที่)	ค่า pH											
		S30B	S30A	S60B	S60A	S90B	S90A	G30B	G30A	G60B	G60A	G90B	G90A
15 ต.ค. 41	106		5.16		5.11		5.17		5.28		5.33		5.35
19 ต.ค. 41	110	5.19	5.15	5.1	5.08	5.18	5.16	5.22	5.25	5.28	5.3	5.36	5.33
22 ต.ค. 41	113		5.15		5.11		5.2		5.28		5.34		5.37
26 ต.ค. 41	117	5.2	5.21	5.12	5.13	5.21	5.2	5.23	5.26	5.29	5.31	5.38	5.35
29 ต.ค. 41	120		5.23		5.13		5.25		5.29		5.36		5.41
2 พ.ย. 41	124	5.22	5.2	5.12	5.12	5.22	5.21	5.25	5.26	5.32	5.32	5.4	5.37
5 พ.ย. 41	127		5.2		5.1		5.24		5.28		5.34		5.42
9 พ.ย. 41	131	5.26	5.25	5.14	5.12	5.22	5.25	5.27	5.29	5.32	5.33	5.43	5.43
12 พ.ย. 41	134		5.22		5.1		5.24		5.27		5.31		5.41
16 พ.ย. 41	138	5.27	5.26	5.18	5.14	5.21	5.26	5.27	5.29	5.31	5.33	5.44	5.44
19 พ.ย. 41	141		5.25		5.12		5.24		5.25		5.29		5.41
23 พ.ย. 41	145	5.29	5.29	5.19	5.15	5.23	5.26	5.28	5.29	5.32	5.33	5.44	5.44
26 พ.ย. 41	148		5.17		5.07		5.14		5.18		5.24		5.33
30 พ.ย. 41	152	5.13	5.2	4.99	5.07	4.98	5.14	5.05	5.17	5.06	5.2	5.19	5.31
3 ธ.ค. 41	155		5.1		4.84		5.05		5.09		5.14		5.18
7 ธ.ค. 41	159	5.27	5.27	5.19	5.19	5.18	5.24	5.25	5.27	5.27	5.31	5.38	5.39
10 ธ.ค. 41	162		5.16		5.09		5.16		5.19		5.24		5.33
13 ธ.ค. 41	165	5.31	5.26	5.21	5.18	5.21	5.23	5.27	5.28	5.29	5.33	5.41	5.43
17 ธ.ค. 41	169		5.27		5.2		5.24		5.3		5.34		5.45
21 ธ.ค. 41	173	5.25	5.24	5.18	5.15	5.17	5.2	5.25	5.24	5.27	5.29	5.42	5.37
24 ธ.ค. 41	176		5.27		5.2		5.21		5.26		5.31		5.38
28 ธ.ค. 41	180	5.28	5.23	5.22	5.16	5.2	5.2	5.26	5.25	5.28	5.29	5.43	5.38
30 ธ.ค. 41	182		5.3		5.21		5.25		5.31		5.37		5.45
4 ม.ค. 42	187	5.26	5.23	5.18	5.15	5.19	5.18	5.25	5.23	5.26	5.27	5.42	5.35
7 ม.ค. 42	190		5.33		5.25		5.27		5.31		5.37		5.43
11 ม.ค. 42	194	5.3	5.29	5.24	5.21	5.24	5.24	5.31	5.29	5.33	5.34	5.47	5.43
14 ม.ค. 42	197		5.27		5.18		5.24		5.29		5.32		5.42
18 ม.ค. 42	201	5.33	5.32	5.24	5.23	5.24	5.27	5.28	5.31	5.32	5.34	5.45	5.44
21 ม.ค. 42	205		5.26		5.22		5.25		5.32		5.31		5.43
25 ม.ค. 42	208	5.37	5.31	5.27	5.21	5.27	5.22	5.31	5.33	5.35	5.35	5.41	5.41