

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์ และอักษรย่อ.....	(10)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
น้ำชะมูลฝอย.....	3
ระบบบึงประดิษฐ์	5
ระบบบึงประดิษฐ์แบบผสมผสาน	8
ข้อดีข้อเสียของระบบบึงประดิษฐ์	8
พืชที่ใช้ในระบบบึงประดิษฐ์.....	11
กลไกการบำบัดน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์.....	16
การออกแบบระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน.....	22
สาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับระบบบึงประดิษฐ์.....	28
อุปกรณ์และวิธีการ	37
อุปกรณ์.....	37
วิธีการ.....	44
ผลการทดลองและวิจารณ์.....	50
ระบบบึงประดิษฐ์แบบ HSF:Run 1, Run 2 และ Run 3.....	52
ระบบบึงประดิษฐ์แบบ VSF:Run 1, Run 2 และ Run 3.....	60
สมดุลมวลสารอินทรีย์และไนโตรเจนในระบบ HSF และ VSF.....	69
การเปรียบเทียบผลการทดลองที่คล้ายคลึงกัน.....	73
สรุป.....	75
ข้อเสนอแนะ.....	76
เอกสารและสิ่งอ้างอิง.....	77

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก.....	83
ภาคผนวก ก.....	84
ภาคผนวก ข	90
ภาคผนวก ค.....	117
ภาคผนวก ง.....	124

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะน้ำชะมูลฝอยจากหลุมฝังกลบเก่าและใหม่.....	4
2	บทบาทส่วนประกอบของพืชในระบบบึงประดิษฐ์.....	13
3	อัตราการดูดซึมไนโตรเจนกับฟอสฟอรัสของพืชในระบบบึงประดิษฐ์.....	15
4	เกณฑ์การออกแบบสำหรับระบบบึงประดิษฐ์.....	22
5	ค่าที่เหมาะสมในการออกแบบระบบบึงประดิษฐ์.....	22
6	ข้อมูลที่ควรทราบเกี่ยวกับระบบบึงประดิษฐ์.....	23
7	สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ของตัวกลางต่างๆ ในระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลได้ผิวดิน.....	25
8	เปรียบเทียบค่าคงที่ของอุณหภูมิ 20°C ในสมการ First-order.....	26
9	ค่าแนะนำในการออกแบบความลึกของบ่อบึงประดิษฐ์น้ำไหลได้ผิวดิน.....	27
10	เปรียบเทียบผลการทดลองระบบบึงประดิษฐ์ในประเทศไทย.....	35
11	เปรียบเทียบผลการทดลองระบบบึงประดิษฐ์ในต่างประเทศ.....	36
12	คุณสมบัติของน้ำชะมูลฝอย ณ.เทศบาลเมืองปทุมธานี.....	38
13	คุณสมบัติของน้ำชะมูลฝอย สถานีขนถ่ายมูลฝอยท่าแร่ (กทม.).....	38
14	รายละเอียดการทดลองของระบบ HSF.....	45
15	รายละเอียดการทดลองของระบบ VSF.....	45
16	รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างน้ำของระบบ HSF.....	47
17	รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างน้ำของระบบ VSF.....	48
18	ลักษณะน้ำชะมูลฝอยสดและเก่าของระบบ HSF: Run 1, 2 และ 3.....	51
19	ประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์และไนโตรเจนของระบบ HSF.....	54
20	ลักษณะน้ำชะมูลฝอยสดและเก่าของระบบ VSF: Run 1, 2 และ 3.....	61
21	ประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์และไนโตรเจนของระบบ VSF.....	62
22	สมดุลมวลสารอินทรีย์ในระบบ HSF และ VSF.....	69
23	สมดุลมวลไนโตรเจนในระบบ HSF และ VSF.....	71
24	การเปรียบเทียบผลการทดลองที่คล้ายคลึงกัน.....	73

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก1	มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม.....	87
ก1	ข้อมูล Mass Balance COD ของ Fresh Leachate, HSF (Run 1).....	118
ก2	ข้อมูล Mass Balance COD ของ Fresh Leachate, HSF (Run 2).....	118
ก3	ข้อมูล Mass Balance COD ของ Old Leachate, HSF (Run 2).....	119
ก4	ข้อมูล Mass Balance COD ของ Fresh Leachate, VSF (Run 1).....	119
ก5	ข้อมูล Mass Balance COD ของ Fresh Leachate, VSF (Run 2).....	120
ก6	ข้อมูล Mass Balance COD ของ Old Leachate, VSF (Run 2).....	120
ก7	ข้อมูล Mass Balance TN ของ Fresh Leachate, HSF (Run 1).....	121
ก8	ข้อมูล Mass Balance TN ของ Fresh Leachate, HSF (Run 2).....	121
ก9	ข้อมูล Mass Balance TN ของ Old Leachate, HSF (Run 2).....	122
ก10	ข้อมูล Mass Balance TN ของ Fresh Leachate, VSF (Run 1).....	122
ก11	ข้อมูล Mass Balance TN ของ Fresh Leachate, VSF (Run 2).....	123
ก12	ข้อมูล Mass Balance TN ของ Old Leachate, VSF (Run 2).....	123

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลบนผิวดิน.....	6
2	ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน.....	7
3	ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวตั้ง.....	8
4	การถ่ายเทออกซิเจนในพืช.....	12
5	พืชโผล่พ้นน้ำ.....	13
6	กลไกการบำบัดสารอินทรีย์ในระบบบึงประดิษฐ์.....	17
7	กระบวนการบำบัดอนุภาคของแข็งแขวนลอยในระบบบึงประดิษฐ์.....	18
8	กลไกการกำจัดไนโตรเจน.....	19
9	กลไกการบำบัดฟอสฟอรัสในระบบบึงประดิษฐ์.....	20
10	น้ำชะมูลฝอยที่ใช้ในการทดลอง.....	37
11	แผนผังระบบบ่อดทดลอง.....	39
12	ลักษณะของตัวกลางแต่ละชนิด.....	40
13	ลักษณะชั้นตัวกลางของระบบ VSF.....	40
14	ลักษณะชั้นตัวกลางของระบบ HSF.....	41
15	ลักษณะท่อน้ำเข้าของระบบ HSF และ VSF.....	42
16	ถังเก็บน้ำ ถังปรับระดับน้ำ.....	42
17	บ่อดำลองระบบ HSF และ VSF.....	44
18	ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างของระบบ HSF.....	46
19	รายละเอียดตำแหน่งและจุดเก็บตัวอย่างน้ำของระบบ VSF.....	46
20	การตรวจวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ในการศึกษาสมดุลมวล.....	49
21	ความเข้มข้น SCOD ของน้ำชะมูลฝอยสดในระบบ HSF.....	53
22	ความเข้มข้น SCOD ของน้ำชะมูลฝอยเก่าในระบบ HSF.....	53
23	ความเข้มข้นไนโตรเจนของน้ำชะมูลฝอยสดในระบบ HSF.....	55
24	ความเข้มข้นไนโตรเจนของน้ำชะมูลฝอยเก่าในระบบ HSF.....	57
25	DO Profile ของน้ำชะมูลฝอยสดในระบบ HSF.....	59
26	DO Profile ของน้ำชะมูลฝอยเก่าในระบบ HSF.....	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	ความเข้มข้น SCOD ของน้ำชะมูลฝอยสดในระบบ VSF.....	63
28	ความเข้มข้น SCOD ของน้ำชะมูลฝอยเก่าในระบบ VSF.....	63
29	ความเข้มข้นไนโตรเจนของน้ำชะมูลฝอยสดในระบบ VSF.....	65
30	ความเข้มข้นไนโตรเจนของน้ำชะมูลฝอยเก่าในระบบ VSF.....	66
31	DO Profile ของน้ำชะมูลฝอยสดในระบบ VSF.....	68
32	DO Profile ของน้ำชะมูลฝอยเก่าในระบบ VSF.....	68

ภาพผนวกที่

ข1	TCOD ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	91
ข2	SCOD ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	91
ข3	SBOD ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	91
ข4	TKN ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	92
ข5	NH ₃ -N ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	92
ข6	NO ₂ -N ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	92
ข7	NO ₃ -N ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	93
ข8	TP ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	93
ข9	SS ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	93
ข10	Alk ⁻ ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	94
ข11	Cl ⁻ ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	94
ข12	pH ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	94
ข13	EC ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	95
ข14	TCOD ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	95
ข15	SCOD ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	95
ข16	SBOD ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	96
ข17	TKN ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	96
ข18	NH ₃ -N ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	96
ข19	NO ₂ -N ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	97

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข20	NO ₃ -N ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	97
ข21	TP ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	97
ข22	SS ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	98
ข23	Alk ⁻ ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	98
ข24	Cl ⁻ ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	98
ข25	pH ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	99
ข26	EC ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	99
ข27	TCOD ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	99
ข28	SCOD ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	100
ข29	SBOD ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	100
ข30	TKN ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	100
ข31	NH ₃ -N ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	101
ข32	NO ₂ -N ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	101
ข33	NO ₃ -N ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	101
ข34	TP ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	102
ข35	SS ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	102
ข36	Alk ⁻ ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	102
ข37	Cl ⁻ ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	103
ข38	pH ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	103
ข39	EC ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	103
ข40	TCOD ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	104
ข41	SCOD ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	104
ข42	SBOD ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	104
ข43	TKN ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	105
ข44	NH ₃ -N ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	105
ข45	NO ₂ -N ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	105
ข46	NO ₃ -N ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	106

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข47	TP ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	106
ข48	SS ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	106
ข49	Alk ⁻ ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	107
ข50	Cl ⁻ ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	107
ข51	pH ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	107
ข52	EC ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	108
ข53	TCOD ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	108
ข54	SCOD ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	108
ข55	SBOD ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	109
ข56	TKN ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	109
ข57	NH ₃ -N ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	109
ข58	NO ₂ -N ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	110
ข59	NO ₃ -N ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	110
ข60	TP ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	110
ข61	SS ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	111
ข62	Alk ⁻ ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	111
ข63	Cl ⁻ ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	111
ข64	pH ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	112
ข65	EC ของ Fresh Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	112
ข66	TCOD ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	112
ข67	SCOD ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	113
ข68	SBOD ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	113
ข69	TKN ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	113
ข70	NH ₃ -N ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	114
ข71	NO ₂ -N ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	114
ข72	NO ₃ -N ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	114
ข73	TP ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	115

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข74	SS ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	115
ข75	Alk ⁻ ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	115
ข76	Cl ⁻ ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	116
ข77	pH ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	116
ข78	EC ของ Old Leachate ระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	116
ง1	การเจริญเติบโตของพืชในน้ำชะมูลฝอยสดระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	125
ง2	การเจริญเติบโตของพืชในน้ำชะมูลฝอยเก่าระบบ HSF และ VSF, Run 1.....	126
ง3	การเจริญเติบโตของพืชในน้ำชะมูลฝอยสดระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	127
ง4	การเจริญเติบโตของพืชในน้ำชะมูลฝอยเก่าระบบ HSF และ VSF, Run 2.....	128
ง5	การเจริญเติบโตของพืชในน้ำชะมูลฝอยสดระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	129
ง6	การเจริญเติบโตของพืชในน้ำชะมูลฝอยเก่าระบบ HSF และ VSF, Run 3.....	130
ง7	ระบบ HSF: Fresh Leachate และ Old Leachate, Run 1.....	131
ง8	ระบบ VSF: Fresh Leachate และ Old Leachate, Run 1.....	131
ง9	ระบบ HSF และ VSF: Fresh Leachate และ Old Leachate, Run 2.....	132
ง10	ระบบ HSF: Fresh Leachate และ Old Leachate, Run 3.....	132
ง8	ระบบ VSF: Fresh Leachate และ Old Leachate, Run 3.....	133

คำอธิบายสัญลักษณ์ และอักษรย่อ

Alk ⁻	=	Alkalinity
BOD ₅	=	Biochemical Oxygen Demand at 5 d.
CaCO ₃	=	Calcium Carbonate
Cl ⁻	=	Chloride
cm	=	Centimetre
COD	=	Chemical Oxygen Demand
°C	=	Degree Celsius
d	=	days
DO	=	Dissolved Oxygen
EC	=	Electro Conductivity
FWS	=	Free Water Surface
g	=	Gram
ha	=	Hectare
HLR	=	Hydraulic Loading Rate
HRT	=	Hydraulic Retention Time
HSF	=	Horizontal Subsurface Flow System
kg	=	Kilogram
L	=	Litre
m	=	Metre
m ²	=	Square metre
m ³	=	Cubic metre
mg	=	Milligram
N	=	Nitrogen
N ₂	=	Nitrogen gas
N ₂ O	=	Nitrous Oxide
NH ₃ -N	=	Ammonia Nitrogen
NH ₄ ⁺ -N	=	Ammonium Nitrogen
NO ₃ -N	=	Nitrate Nitrogen

คำอธิบายสัญลักษณ์ และอักษรย่อ (ต่อ)

$\text{NO}_2\text{-N}$	=	Nitrite Nitrogen
NLR	=	Nitrogen Loading Rate
OH^-	=	Hydroxide ion
OLR	=	Organic Loading Rate
pH	=	พีเอช
PO_4^{-3}	=	Phosphate ions
Q	=	Flow Rate
SBOD	=	Soluble Biochemical Oxygen Demand
SCOD	=	Soluble Chemical Oxygen Demand
SFS	=	Subsurface Flow System
SLR	=	Solid Loading Rate
SS	=	Suspended Solid
TCOD	=	Total Chemical Oxygen Demand
TKN	=	Total Kjeldahl Nitrogen
TN	=	Total Nitrogen
TP	=	Total Phosphorus
VF	=	Vertical Flow
VSF	=	Vertical Subsurface Flow