

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปริมาณการใช้น้ำในที่พักอาศัย

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช(2531) ได้รวบรวมและกล่าวไว้ว่าองค์การอนามัยโลกเคยได้ทำการสำรวจหาปริมาณการใช้น้ำของประชาชนชาวเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งรวมถึงประเทศไทยด้วย เป็นค่าอัตราการเฉลี่ยการใช้น้ำไว้ดังนี้คือ

- ประชาชนในเขตชนบทใช้น้ำประมาณ 30-50 ลิตร/คน/วัน
- ประชาชนในเขตชานเมืองใช้น้ำประมาณ 51-75 ลิตร/คน/วัน
- ประชาชนในเขตเทศบาลใช้น้ำประมาณ 100-120 ลิตร/คน/วัน
- ประชาชนในเขตนครหลวงใช้น้ำประมาณ 200 ลิตรขึ้นไป/คน/วัน

โดยมีข้อสังเกตจากสถิติการใช้น้ำในบ้านพักอาศัย การติดตั้งมาตรวัดน้ำ และเก็บเงินตามปริมาณการใช้น้ำจะช่วยให้ผู้ใช้น้ำประหยัด การใช้น้ำเพิ่มขึ้นมากกว่าการเก็บโดยเหมาจ่ายหรือมิได้ติดตั้ง มาตรประมาณเกือบเท่าตัว กล่าวคือ

- บ้านพักอาศัยที่ติดตั้งมาตรวัดน้ำ ใช้น้ำประมาณ 100-200 ลิตร/คน/วัน
- บ้านพักอาศัยที่ไม่ได้ติดตั้งมาตรวัดน้ำ ใช้น้ำประมาณ 201-400 ลิตร/คน/วัน

2.2 คุณลักษณะของน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย

สมชาย(2529) ได้รวบรวมคุณลักษณะของน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนพบว่าความแตกต่างกันเล็กน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ หลายประการ อาทิเช่น ลักษณะเครื่องสุขภัณฑ์ และพฤติกรรมการใช้งาน จำนวนสมาชิกในครอบครัว ระดับอายุ ฐานะทางเศรษฐกิจ ฯลฯ ซึ่งผลการศึกษาพบว่าน้ำเสียจากบ้านพักอาศัยส่วนใหญ่จะมีปริมาณความเข้มข้นอยู่ในระดับปานกลาง ดังแสดงในตารางที่ 1

Brandes (1978) ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นของน้ำเสียทั้ง Grey water และ Black water septic tank ในประเทศแคนาดา พบว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ดังตารางที่ 2

ในประเทศไทยนั้น ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ (2530) ได้ทำการศึกษาลักษณะน้ำเสียของประชาชนในกรุงเทพมหานคร โดยแยกตามประเภทกิจกรรม อันได้แก่ น้ำเสีย น้ำส้วมผ่านบ่อเกรอะ น้ำน้ำซักล้างและน้ำครัว ผลการศึกษาพบว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละประเภทของกิจกรรมแสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนในระดับความเข้มข้นปานกลาง

Parameter	หน่วย (มก./ลิตร)
ความเป็นกรดเป็นด่าง	6.6 - 7.0*
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ	0 - 3
BOD	220
COD	610
ฟอสฟอรัส	30
MBAS	23
ของแข็งทั้งหมด	700
ของแข็งแขวนลอย	300
ของแข็งละลายน้ำ	400
ไนโตรเจนทั้งหมด	35
อินทรีย์ไนโตรเจน	10
แอมโมเนีย ไนโตรเจน	25
ไนเตรท	0
ไนไตรท์	0
โบรอน	0.25
โซเดียม	35
โปรแตสเซียม	11
แคลเซียม	11
สังกะสี	5
ทองแดง	11
ตะกั่ว	0.20
นิกเกิล	0.01
ปรอท	0.07
โครเมียม	0.04
ซิลเฟต	20
คลอไรด์	45
ไขมัน	100
ความเป็นด่างในเทอม CaCO_3	120
coliforms - total coliform/100 ml	25×10^5
- Fecal coliform/100 ml	3×10^5
อุณหภูมิ, ($^{\circ}\text{C}$)	37

ที่มา : สมชาย, 2529

* ไม่มีหน่วย

ตารางที่ 2 คุณลักษณะของน้ำเสียจาก Grey Water และ Black (toilet) Water septic tanks^a

parameters	Grey Water Tank ^b				Black Water Tank			
	N.S. ^c	Range	Mean	N.S.	Range	Mean	House Tap Water	Grey Water
Total phosphorus (as P)	19	0.8 - 3.2	1.4	24	18 - 22	18.6	0.04	7.8
Soluble phosphorus (as P)	19	0.02 - 0.26	0.17	24	3.6 - 21	15.2	<0.02	0.24
Total solids	19	284 - 854	528	25	521 - 745	621	-	518
Suspended solids	19	25 - 510	162	24	37 - 261	77	-	141
BOD ₅	18	35 - 245	149	25	38 - 160	90	-	196
TOC	17	30 - 375	125	22	68 - 160	97	-	-
COD	18	119 - 870	366	23	175 - 190	258	-	-
pH	19	6.5 - 7.3	6.8	25	7.2 - 8.5	7.8	8.2	-
Ammonia (as N)	19	0.1 - 8.1	1.7	24	120 - 160	138	<0.1	-
Total Kjeldahl nitrogen (as N)	19	5.5 - 18.0	11.3	24	140 - 170	153	-	4.5
Nitrite (as N)	18	0.01 - 0.24	0.04	25	0.01 - 0.02	0.02	-	0.01
Nitrate (as N)	18	<0.1 - 0.2	0.12	25	0.1 - 0.3	0.22	-	-
Chlorides (as Cl)	18	20 - 88	48	21	88 - 128	98	2	30.3
Sulfates (as SO ₄)	19	4 - 19	11	24	23 - 48	40	13	-
Aluminum (Al)	16	<0.02 - 0.27	0.12	18	0.05 - 0.28	0.14	-	-
Iron (as Fe)	17	11 - 28	17.5	24	0.28 - 3.0	1.2	0.1	-
Calcium (as Ca)	19	4 - 18	9	23	13 - 38	29	14	26.6
Magnesium (as Mg)	18	1 - 6	4	21	1 - 9	4	1	3.5
Sodium (as Na)	18	59 - 90	76	25	96 - 110	101	-	50.4
Potassium (as K)	19	4.5 - 13.0	8.9	25	26 - 46	41	-	7.1
Hardness (as CaCO ₃)	16	26 - 54	39	23	65 - 108	87	39	-
Alkalinity (as CaCO ₃)	18	125 - 169	148	23	680 - 775	689	103	-
Elec. conductivity (μ mho/cm)	18	330 - 510	443	25	1440 - 1900	1724	225	-
Total coliform org./100 ml.	18	(0.08-134) x 10 ⁶	24 x 10 ⁶	25	(0.003-0.9) x 10 ⁶	0.25 x 10 ⁶	0	3.6 x 10 ⁶
Fecal coliform org./100 ml.	18	(0.005-21.0) x 10 ⁶	1.4 x 10 ⁶	23	(0.002-0.17) x 10 ⁶	0.04 x 10 ⁶	0	0.88 x 10 ⁶

^a All values in mg/l except of coliform organisms, pH and elec. conductivity.

^b The grey water consists of kitchen and bathroom wastewaters.

^c N.S. —number of samples.

ที่มา : Brandes (1978)

ตารางที่ 3 คุณลักษณะของน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย หน่วยเป็น mg/l ยกเว้น pH ไม่มีหน่วย

Parameters	Soil (toilet)	Septic tank effluent	Bath & shower	Washing (laundry)	Kitchen wastes	
					with sieve	without sieve*
BOD : Avg*	702	228	185	107	540	1774
P50%*	695	218	170	92	500	1600
Range	203-1350	124-365	72-350	52-198	380-958	1045-2838
COD : Avg	1474	454	303	344	959	2904
P50%	1350	420	285	250	925	2550
Range	374-3025	280-661	205-528	177-522	692-1344	1602-5000
SS : Avg	559	126	60	57	213	1189
P50%	480	120	57	51	200	1080
Range	100-1202	50-217	31-118	32-76	92-339	320-2256
TKN : Avg	300	213	21.8	12.8	17.6	114.2
P50%	295	215	13.5	12	18	100
Range	189-409	150-289	6.3-81.2	8.4-16	12.6-22.4	56-263
PO ₄ : Avg	24	15.9	3.3	17.2	12.7	87.2
P50%	22	15.3	1.2	16	10	62
Range	9-39	8.8-23.2	0.2-16	2.8-37.5	1.5-33.5	24-192
pH : Avg	7.71	7.30	7.06	7.43	7.24	6.33
Range	7.00-8.09	7.01-8.22	6.17-7.42	6.88-8.24	6.31-8.52	5.83-6.89
FOG : Avg	538	510	440	508	561	2712
Range	575	535	430	450	530	2050
P50%	430-860	380-640	240-560	380-670	310-900	1800-5720

ที่มา : รงชัย (2530)

* shredded by electric blender to chemical analysis

Avg = AVERAGE

P50% = PERCENTILE ที่ 50 %

2.3 ทฤษฎีเบื้องต้นของระบบหมักแบบไร้อากาศ

สารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนจะถูกย่อยสลาย โดยแบคทีเรียชนิดที่เรียกว่าแบคทีเรียชนิดผลิตกรด (acid formers) ได้กรดอินทรีย์ และแอลกอฮอล์ กรดอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียอีกชนิดที่เรียกว่าแบคทีเรียชนิดผลิตมีเทน (methane formers) ได้มีเทน (CH_4) และคาร์บอนไดออกไซด์

แบคทีเรียไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ที่โครงสร้างซับซ้อนในรูปที่ไม่ละลายน้ำได้ ดังนั้นแบคทีเรียจะปล่อยน้ำย่อยภายนอกเซลล์ (extracellular enzyme) ไปย่อยสลายสารอินทรีย์ในรูปของแข็งก่อนได้เป็นสารอินทรีย์ที่โครงสร้างง่าย ๆ และละลายน้ำได้ส่วนกรดไขมันจะไม่ถูกย่อยโดยน้ำย่อยภายนอกเซลล์

การย่อยสลายแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน

(1) ขั้นตอนการเกิดกรด (acid phase) ขั้นตอนนี้แบคทีเรียที่เรียกว่าแบคทีเรียชนิดผลิตกรด (acid forming bacteria) จะย่อยสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนไปเป็นกรดอินทรีย์ซึ่งระเหยได้ ทำให้ pH ต่ำลง

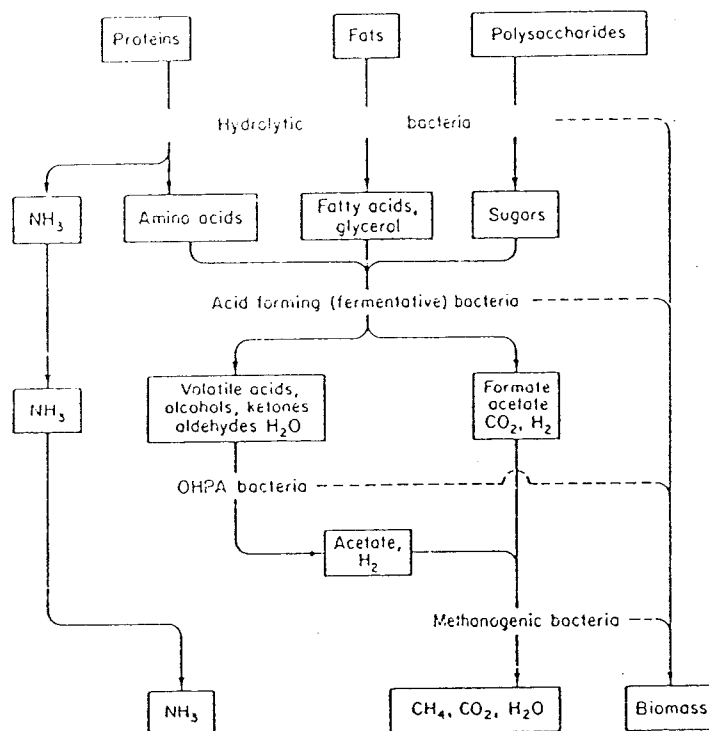
(2) ขั้นตอนการเกิดมีเทน (methane phase) แบคทีเรียกลุ่มที่ 2 คือชนิดผลิตมีเทน (methane forming bacteria) ใช้กรดอินทรีย์ในขั้นตอนแรกได้เกิดเป็นก๊าซมีเทน และ คาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนกรดอะมิโนจากขั้นตอนแรกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียทำให้กรดอินทรีย์ที่เหลืออยู่เป็นกลาง pH สูงขึ้นเหมาะกับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มนี้

แบคทีเรียชนิดผลิตมีเทน จะย่อยพวกกรดอินทรีย์ได้อย่างรวดเร็ว และสามารถย่อยพวกกรดไขมันที่ไม่ถูกย่อยในขั้นตอนแรก กรดไขมันจะถูกย่อยเป็นกรดอะซิติก และกรดอะซิติกก็ถูกย่อยเป็นมีเทน และ คาร์บอนไดออกไซด์ ดังแสดงในภาพที่ 1

ชนิดของแบคทีเรียที่พบมี 2 ชนิด

(1) แบคทีเรียชนิดผลิตกรด เป็นพวกใช้หรือไม่ใช้ออกซิเจน (facultative bacteria) คือระยะเริ่มแรกอาจมีออกซิเจนปนอยู่บ้าง แบคทีเรียกลุ่มนี้ก็สามารถดำรงชีพได้เป็นแบคทีเรียที่ย่อยสารอินทรีย์เป็นกรดอินทรีย์ แบคทีเรียกลุ่มนี้มี *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Aerobacter*, *Escherichia*

(2) แบคทีเรียชนิดผลิตมีเทน เป็นแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนอย่างแท้จริง แบคทีเรียกลุ่มนี้ย่อยพวกกรดอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ แบคทีเรียกลุ่มนี้คือ *Methanobacteria*, *Methanosarcina*, *Methanococcus*, *Methanobacillus* ทั้ง 4 ชนิด อยู่ในตระกูล *Methanobacteriaceae* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดกรังลบไม่ใช้ออกซิเจนเลย (วันเพ็ญ, 2531)



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์โดยแบคทีเรีย ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนอิสระ

ที่มา : บัณ (2534)

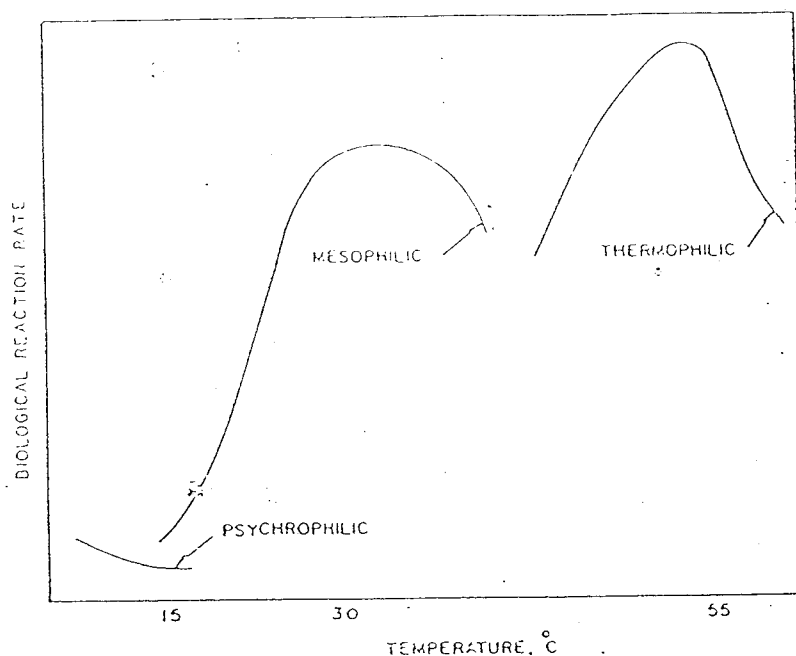
2.4 สภาวะแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการหมักแบบไร้อากาศ

2.4.1. อุณหภูมิ (Temperature) โดยทั่วไปพบว่ามีช่วงที่เหมาะสมอยู่ 3 ช่วง คือ

- (1). Psychrophilic range มีช่วงอุณหภูมิ 5-15 °C
- (2). Mesophilic range มีช่วงอุณหภูมิ 35-37 °C
- (3). Thermophilic range มีช่วงอุณหภูมิ 50-55 °C

ปฏิกิริยาย่อยสลายแบบไร้อากาศ สามารถดำเนินไปจนได้ผลผลิตสุดท้ายคือก๊าซมีเทนได้ตั้งแต่อุณหภูมิ 0 °C ถึง 55 °C แต่เพื่อความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ ถึงหมัก จึงทำงานอยู่ในช่วง Mesophilic และ Thermophilic เท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 2

Mc Carty (1966) สรุปว่าอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรียที่ 55 °C มีค่าเป็น 1.9 เท่า ของอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อุณหภูมิ 35 °C ซึ่งแสดงว่าระบบการหมักที่อุณหภูมิสูงจะดีกว่าที่อุณหภูมิต่ำ แต่ระบบการหมักที่อุณหภูมิสูงก็มีข้อเสียคือ แบคทีเรียชนิด Thermophilicทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิไม่ดีเท่ากับแบคทีเรียชนิด Mesophilic การควบคุมระบบ กำจัดซึ่งมีมาก และมีความเสี่ยงต่อการที่ระบบจะล้มเหลว นอกจากนั้นยังสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าในการที่จะควบคุมอุณหภูมิของถังหมักให้ได้ 55 °C

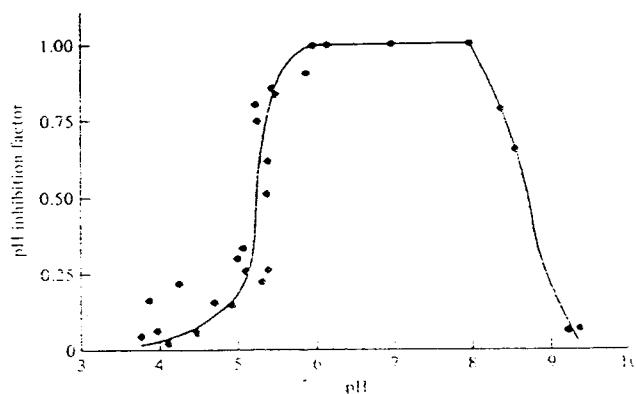


ภาพที่ 2 อิทธิพลอุณหภูมิต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจนอิสระ (anaerobic digestion)

ที่มา: สุขเมธ (2529)

2.4.2 ความเป็นกรดต่าง (pH)

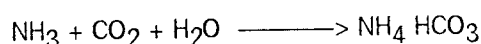
แบคทีเรียโดยทั่วไปจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพเป็นกรดและด่าง ช่วง pH ที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียคือ ช่วง pH เป็นกลางคือ 6.6 - 6.7 (Eckenfelder, 1989 และ Tchobonoglous and Burton, 1991) ถ้า pH ลดต่ำกว่า 6 และสูงกว่า 8 ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซมีเทนจะลดลงอย่างรวดเร็ว ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ปัจจัยยับยั้งที่ค่า pH ในระดับต่าง ๆ กัน

2.4.3 อัลคาไลน์ตี (Alkalinity)

คือ ความสามารถของน้ำในการรับอนุภาคโปรตรอน (proton) อัลคาไลน์ตีของน้ำอยู่ในรูปของ Bicarbonate, Carbonate และ Hydroxide เป็นค่าที่แสดงถึงการรักษาระดับ pH ให้คงตัวอยู่ได้นานต่อการเพิ่มปริมาณกรดใด ๆ (buffering capacity) ค่าอัลคาไลน์ตี ที่เหมาะสมต่อระบบหมักมีค่าประมาณ 1,000 - 5,000 mg/l ในรูปของ CaCO_3 (Tchobanoglous and Burton, 1991) ถ้าระบบมีค่าอัลคาไลน์ตีต่ำ ก็แสดงว่ามีการสะสมของกรดอินทรีย์ในปริมาณค่อนข้างสูงในระบบแล้วจำเป็นต้องเพิ่มความระมัดระวังในการควบคุมการทำงานของระบบหมัก เพราะมีความโน้มเอียงที่จะเป็นกรดได้ง่าย แต่ถ้าค่าสูงเกินไปก็จะก่ออันตรายต่อแบคทีเรียได้ ในระบบหมักที่ทำงานสมบูรณ์ค่าอัลคาไลน์ตีเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารแอมโมเนียที่เกิดจากการย่อยสลายสารโปรตีนกับ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แบคทีเรียขับออกมา (สุเมธ, 2529) ดังสมการ



2.4.4 กรดอินทรีย์ (Volatile Organic Acids)

กรดอินทรีย์ที่ตรวจพบในระบบหมักส่วนใหญ่ได้แก่ Acetic acid รองลงมาคือ Butyric acid และ Propionic acid โดยส่วนใหญ่จะเป็น Acetic acid ในสภาพ pH เป็นกลาง กรดเหล่านี้จะอยู่ในรูป Acetate, Butyrate และ Propionate ดังนั้นความเป็นพิษต่อ Methane former จะต่ำกว่าอยู่ในรูป Free acid form การวัดปริมาณกรดอินทรีย์ (VFA) จึงวัดในรูป mg/l ของ acetic acid หรือในรูป meq/l. โดยที่ 60 mg/l acetic acid เท่ากับ 1 meq/l. (สุเมธ, 2529)

2.4.5 อาหารเสริม (Nutrients)

การย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาพไร้ออกซิเจนอิสระโดยแบคทีเรียนั้น ธาตุที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียมาก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) อัตราส่วนนี้เหมาะสมในระบบหมักควรมีอัตราส่วน

$$\text{COD} : \text{N} : \text{P} = 100 : 2.2 : 0.4 \text{ หรือ}$$

$$\text{BOD} : \text{N} : \text{P} = 100 : 1.0 : 0.2$$

ถ้ามี N และ P ต่ำกว่านี้ ประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์และผลิตก๊าซจะต่ำลง ถ้ามี N มากเกินไปจะเป็นพิษต่อแบคทีเรีย หรือเปลี่ยนสภาพแบคทีเรียได้ ส่วนธาตุอื่น ๆ แบคทีเรียต้องการน้อยมาก และในน้ำเสียก็มีปริมาณเพียงพอแล้ว ได้แก่ Ca, Mg, Mn, Co และ Fe (บัน, 2534)

2.4.6 สารพิษ (Toxic Substances)

สารอินทรีย์เกือบทุกชนิด ถ้ามีมากเกินไปก็จะเป็นพิษต่อแบคทีเรียในระบบหมักได้ ระดับความเป็นพิษจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดและความเข้มข้นของสารนั้นๆ ดังที่แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระดับความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ที่เป็นอันตรายต่อแบคทีเรียในระบบหมักแบบไร้ออกซิเจน

สารพิษ	ความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่เป็นอันตราย ต่อแบคทีเรีย (มก./ลิตร)
Cu	1.00
Zn	5.00
Cr ⁵⁺	5.00
Total chromium	5.00
Ni	2.00
Cd	0.02
S ⁻	100.00
SO ₄ ²⁻	500.00
Ammonia	1500.00
Na ⁺	3500.00
K ⁺	2500.00
Ca ²⁺	2500.00
Mg ²⁺	1000.00
Aerylonitrite	5.00
Benzene	50.00
CCl ₄	10.00
Chloroform	0.10
Pentachlorophenol	0.40
Cyanide	1.00

ที่มา: บัน(2534)

2.5 ถังเกรอะ (septic tank)

เป็นระบบที่ใช้สำหรับกำจัดอุจจาระหรือน้ำเสียในขั้นปฐมภูมิ (primary treatment) ก่อนที่จะนำไปกำจัดโดยวิธีอื่นต่อไป ซึ่งจะทำหน้าที่ 3 ประการ คือ

(1) ทำหน้าที่แยกส่วนที่เป็นของแข็งออกจากส่วนที่เป็นน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งของแข็งที่ตกตะกอนได้ (settleable solids)

(2) ทำให้เกิดขบวนการชีววิทยา โดยที่พวกจุลินทรีย์ที่มีป็นอยู่ในอุจจาระและน้ำเสียซึ่งส่วนมากเป็นพวก Anaerobic Bacteria จะช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์โดยไม่ต้องใช้ออกซิเจนอิสระ ลักษณะเช่นนี้เองที่ถูกเรียกว่า Septic

(3) มีหน้าที่เก็บกักสลัดจ์ (sludge) และกากฟอง (scum) ไว้แก่ตะกอนที่เกิดขึ้นและกองสะสม

อยู่ส่วนล่างของถัง ส่วนกากฟองหรือสกัมนั้นก็คือส่วนที่เป็นไขมันซึ่งลอยอยู่ส่วนบนของผิวน้ำย่อยสลายได้ง่าย

หน้าที่ทั้ง 3 ประการ ช่วยทำให้ส่วนที่เป็นน้ำที่ไหลออกไปจากถัง ซึ่งเรียกว่า Effluent สะอาดขึ้นกว่าเดิม แต่ก็ยังไม่อยู่ในขั้นที่ปลอดภัยเพียงพอที่จะปล่อยสู่สภาพแวดล้อมได้ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้มีการบำบัดขั้นที่สองหรือกำจัดด้วยวิธีการที่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาลต่อไป(ปรีดา,2533)

2.5.1 หลักเกณฑ์ในการก่อสร้างถังเกรอะ

1) รูปแบบอาจเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือทรงกระบอก ประสิทธิภาพในการกำจัดของเสียก็ไม่แตกต่างกันแต่อย่างใด หากสร้างตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ไม่ว่าจะเป็นแบบใดก็ตามความกว้างทางด้านแปลนต้องไม่น้อยกว่า 0.60 เมตร ความลึกไม่ควรเกิน 2.0-2.5 เมตร (ปรีดา, 2533)

2) ขนาดความจุ ควรมีระยะเวลาใช้เก็บกักของเสีย (detention time) ประมาณ 1-3 วัน (พิชิต, 2531) การหาขนาดความจุต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

2.1 ค่าเฉลี่ยของน้ำที่ใช้ประจำวัน (average daily consumption)

2.2 ระยะเวลาที่ของเสียพักตัวในถัง (detention period)

2.3 ปริมาณของตะกอนที่สะสมในถัง (sludge accumulation)

$$\text{คำนวณได้จากสูตร; Volume (m}^3\text{)} = \frac{\text{Flow Rate or Average daily consumption (m}^3\text{ / d)}}{\text{Detention time (d)}}$$

3) ส่วนประกอบอื่น ๆ

- ทางน้ำเข้าสู่ถัง (inlet) ต้องให้มีขนาดไม่เล็กกว่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้วปลายท่อส่วนที่อยู่ในถังอาจทำเป็นรูปตัว T หรือทำเป็นแผ่นสั้น (baffle) ก็ได้มากเป็นถังเกรอะขนาดเล็กส่วนนี้อาจไม่จำเป็นต้องทำ

-ทางน้ำออก (outlet) เป็นทางสำหรับให้ส่วนที่เป็นน้ำ (supernatant) ซึ่งได้พักตัวอยู่ในถังแล้วชั่วระยะเวลาหนึ่งไหลออกเพื่อกำจัดในขั้นต่อไป ทางน้ำออกต้องต่ำกว่าทางน้ำเข้า ประมาณ 10 เซนติเมตรเป็นอย่างน้อย อาจทำเป็นแผ่นกั้น (baffle) หรือทำรูปตัว T ก็ได้ควรอยู่ต่ำจากผิวน้ำลงไปร้อยละ 35-40 ของความลึกของระดับน้ำในถัง

-ช่องว่างภายในถัง (air space หรือ clear space) คือส่วนที่เป็นช่องว่างเหนือระดับของเหลวถึงฝาดังควมมีไม่น้อยกว่า 20% ของปริมาตรของถังทั้งหมด

-ฝาปิดและ Manhole ทำไว้เพื่อเปิดทำความสะอาดหรือกำจัดสลัดจ์ (ถ้าจำเป็น) มีท่อระบายอากาศ ระบายก๊าซภายในถังออกไป ท่อระบายอากาศส่วนล่างต้องไม่ให้ยื่นเลยระดับของฝาดังด้านล่างลงไป และส่วนบนต้องให้สูงพอเพื่อไม่ให้กลิ่นรบกวนผู้อื่น และป้องกันไม่ให้แมลงลงในถังได้

2.6 ระบบถังกรองไร้อากาศ (anaerobic filter system) ลักษณะทั่วไปของระบบถังกรองไร้อากาศ ที่ควรพิจารณามีดังนี้

2.6.1 สภาพทางกายภาพของระบบถังกรองไร้อากาศ

ระบบถังกรองไร้อากาศมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ถังกรอง (filter tank) ซึ่งอาจจะเป็นถังกลมหรือถังสี่เหลี่ยมก็ได้ ความสูงของตัวถังมีตั้งแต่ 0.45 เมตร จนถึง 6 เมตร สิ่งที่สำคัญที่สุดคือตัวถังจะต้องป้องกันไม่ให้ออกซิเจนในอากาศเข้าไปในตัวถังได้ ภายในตัวถังบรรจุตัวกรองตัวถังด้านล่างมีระบบจ่ายน้ำทิ้งเข้าสู่ตัวถังกรอง (distribution system) เพื่อช่วยกระจายน้ำทิ้งให้ไหลผ่านช่องว่างของตัวกรองได้เท่ากันตลอด นอกจากนี้แล้วภายในตัวถังจะต้องป้องกันไม่ให้เกิดการไหลลัดทาง (short-circuit) ของน้ำทิ้งไปตามผนังของถัง

2.6.2 ลักษณะการไหลของน้ำเสียในถังกรองไร้อากาศ

การไหลของน้ำเสียในถังกรองไร้อากาศ จะเป็นการไหลทางเดียว (plug flow) โดยไหลผ่านช่องว่างของถังกรอง (filter media) ในลักษณะทางเดียวกับการกรอง (filtration) แบบ Up-flow น้ำเสียที่เข้าสู่ถังกรอง (influent) จะถูกใส่เข้าทางตอนล่างของถัง ผ่านระบบการกระจายน้ำเสีย (distribution system) และตัวกรองต่าง ๆ แล้วจะไหลออกทางตอนบนของถังในลักษณะของการไหลผ่าน (over flow) ซึ่งเกิดแรงดันสูญเสีย (head loss) ประมาณ 2.5 - 7.6 เซนติเมตรต่อความสูงของถังกรอง 2 ฟุต (Young and McCarty, 1969)

2.6.3 การเคลื่อนไหวของตะกอนจุลินทรีย์ในถังกรองไร้อากาศ

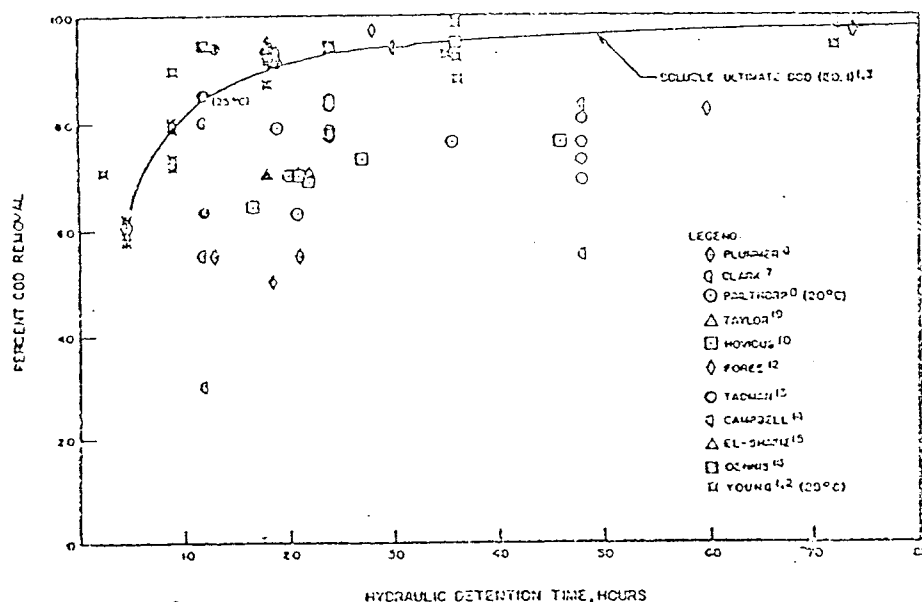
ตะกอนจุลินทรีย์จะมีการรวมกันเป็นตะกอนโต (flocculated) อยู่ตามช่องว่างของตัวกรอง ตะกอนเหล่านี้จะมีการเคลื่อนไหวโดยการลอยตัวขึ้นเนื่องจากฟองก๊าซที่เกิดขึ้น ประกอบกับมีการไหลของน้ำเสียแบบ Up-flow เมื่อตะกอนถูกฟองก๊าซทำให้ลอยขึ้นมาในช่องว่างของตัวกรองไปกระทบตัวกรองซึ่งอยู่เบื้องบนมันจะทำหน้าที่กักตะกอนเอาไว้ ตะกอนเหล่านี้จะแยกหลุดจากฟองก๊าซตกลงมาสู่ที่เดิมด้วยน้ำหนักตะกอนเป็นอยู่ในลักษณะนี้ตลอดเวลา ถ้ามีตะกอนเต็มถังกรองตะกอนจุลินทรีย์ขนาดเล็กบางส่วนที่มีน้ำหนักเบาจะถูกฟองก๊าซพาหลุดออกมากับน้ำทิ้งที่ออกจากเครื่องกรองหรือบางครั้ง ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาการเก็บกักน้ำทิ้งไว้ในถังกรองให้สั้นเข้า ก็จะมีผลต่อการลอยตัวของตะกอน เนื่องจากน้ำเสียไหลผ่านชั้นตัวกรองมีความเร็วเพิ่มขึ้น ก็สามารถทำให้ตะกอนของจุลินทรีย์เคลื่อนตัวขึ้นมาสู่ตอนบนของถัง และหลุดออกมากับน้ำทิ้งที่ออกจากถังกรองได้ (สุวิธ, 2531)

2.6.4 ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อระบบถังกรองไร้อากาศ

1) ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง

ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งมีอิทธิพลต่อการทำงานของถังกรองไร้อากาศมาก การลดระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งลงจะทำให้ความเร็วของน้ำทิ้งในระบบเพิ่มขึ้นเป็นผลให้เกิดการพัดพาตะกอนแบคที-

เรียให้หลุดไปมากขึ้น ภาพที่ 4 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของเวลากักเก็บน้ำทิ้ง (Hydraulic retention time) หรือ HRT ต่อประสิทธิภาพการทำงานของถังกรองไร้อากาศในการลด COD



ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ของเวลากักเก็บน้ำทิ้ง (HRT)
กับประสิทธิภาพของเครื่องกรองไร้อากาศ
ที่มา : วัชร (2529)

Young และ McCarty, 1969 ได้เสนอสมการต่อไปนี้ที่จะทำนายประสิทธิภาพในการลด COD ของ ถังกรองไร้อากาศสมการนี้มีขีดจำกัดในการใช้ คือ ใช้ได้กับตัวกรองที่มีความสูงไม่เกิน 5 ฟุต

$$E = 100 (1 - 1.8/T)$$

T = ระยะเวลาเก็บน้ำทิ้ง หรือ HRT (ชม.) คัดจากปริมาตรช่องว่างภายในถัง

E = ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำทิ้ง

2) ลักษณะของน้ำเสีย

น้ำเสียที่จะใช้กับถังกรองไร้อากาศ ควรจะมีปริมาณสารแขวนลอยต่ำ ไม่มีสารพิษ (toxic material) มากเกินกำหนดที่จะยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียในระบบ และมีปริมาณสารอาหารที่จำเป็นสำหรับแบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง

3) ชนิดและคุณสมบัติของถังกรอง

ตัวกรองที่บรรจุในถังกรองไร้อากาศ จะทำหน้าที่กักตะกอนแบคทีเรียไม่ให้หลุดออกไปจากระบบ และยังเป็นที่ยึดเกาะของแบคทีเรีย ซึ่งเป็นผลให้ปริมาณตะกอนแบคทีเรียในเครื่องกรองอยู่ในระบบได้นาน ตัวกรองควรจะมีความพรุนสูง และลักษณะผิวตัวกรองสามารถเกาะยึดได้ดี

4) ลักษณะการวางชั้นตัวกรอง

ตำแหน่งความสูงต่าง ๆ ของถังกรองจะมีหน้าที่การทำงานต่างกัน เช่นทางตอนล่างของถังกรอง จะพบการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งเกิดขึ้นมาก ส่วนตอนบนของถังกรองจะมีหน้าที่ในการเก็บตะกอนแบคทีเรียให้อยู่ในระบบ ความเข้าใจเกี่ยวกับกลไกของระบบและอิทธิพลหน้าที่ของแบคทีเรียที่ระดับความสูงต่างๆ ของถังกรองจะเป็นพื้นฐานในการเลือกตำแหน่งชั้นตัวกรองในลักษณะ ที่ให้ประโยชน์สูงสุด

5) ความสูงของชั้นตัวกรอง

โดยทั่วไปความสูงของชั้นตัวกรองจะอยู่ในช่วง 1-1.8 เมตร ความสูงของตัวกรองที่น้อยกว่านี้อาจมีโอกาสทำให้น้ำทิ้งมีการไหลลัดวงจร (short circuit) ได้ง่าย ส่วนความสูงที่มากกว่า 1.80 เมตร จะเป็นการสิ้นเปลืองมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพที่ได้เพิ่มจากเดิม(วัชร,2529)

2.6.5 ข้อดี-ข้อเสียของระบบถังกรองไร้อากาศ

ข้อดี

- 1) เป็นระบบกำจัดน้ำเสียที่เหมาะสมกับประเทศในเขตร้อน เพราะแบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดี
- 2) ไม่ต้องมีการไหลเวียนตะกอนกลับ (sludge recycle) หรือไหลเวียนน้ำทิ้งกลับ (effluent recycle)
- 3) ไม่ต้องเสียพลังงานในการเติมออกซิเจน
- 4) ไม่ต้องเสียพลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิ
- 5) ให้ผลผลิตสุดท้ายเป็นก๊าซมีเทน สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้
- 6) ต้องการอาหารเสริมน้อยกว่าระบบที่ใช้ออกซิเจนอิสระ
- 7) ลดการกำจัดกากตะกอนเนื่องจากเกิดเซลล์ใหม่น้อยมากเพราะสารอินทรีย์ส่วนมากถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทน (วันเพ็ญ, 2531)
- 8) แรงดัน (head loss) สูญเสียน้อย

ข้อเสีย

- 1) ไม่เหมาะสมกับน้ำทิ้งที่มีปริมาณตะกอนแขวนลอยสูง เพราะอาจเกิดปัญหาอุดตัน
- 2) มีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เกิดขึ้น ซึ่งทำให้มีปัญหาเรื่องกลิ่น
- 3) ต้องใช้เวลาในการเริ่มเลี้ยงแบคทีเรีย (start up) นาน

2.7 การตกตะกอน (Sedimentation)

การตกตะกอนเป็นวิธีการแยกตะกอนแขวนลอยจากน้ำเสียต่างๆ โดยอาศัยการจมตัวของตะกอนแขวนลอยที่มีความถ่วงจำเพาะของตะกอนสูงกว่าน้ำ วิธีการกำจัดตะกอนออกจากน้ำเสียด้วยวิธีนี้ได้ถูกใช้กันอย่างกว้างขวาง ทั้งนี้เพื่อให้ น้ำที่ถูกผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียมีความใสและดูสะอาด สำหรับน้ำเสียก่อนที่จะไหลสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยชีววิทยา ถ้ามีการกำจัดตะกอน (ใช้ถังตกตะกอนแรก) เสียก่อนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย และยังสามารถลดค่า BOD₅ ในน้ำเสียได้อีกด้วย (เกรียงศักดิ์, 2533)

ถังตกตะกอนจะมีรูปร่างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดกลม หรือเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าและจะใช้เป็น 2 ขั้นตอนในระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่

-ถังตกตะกอนขั้นแรก(primary sedimentation) เพื่อให้แยกตะกอนก่อนที่น้ำเสียจะผ่านเข้าหน่วยกำจัดหลัก

-ถังตกตะกอนขั้นสอง (secondary sedimentation) เพื่อให้แยกตะกอนที่เกิดจากหน่วยกำจัดหลัก และให้น้ำทิ้งที่ปล่อยออกนอกระบบมีค่าสารแขวนลอยไม่เกินค่ากำหนดมาตรฐาน

ในถังตกตะกอนขั้นแรก องค์ประกอบที่สำคัญต่อการทำงานมีอยู่ 2 ประการคือ

1) เวลาักเก็บ (detention time) เวลาเฉลี่ยดังกล่าวสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{เวลาักเก็บ (ชม.) (T)} = \frac{\text{ปริมาตรของถัง (ม}^3\text{) (V)}}{\text{ปริมาณน้ำเสีย (ม}^3\text{/ชม.) (Q)}}$$

2) ความเร็วของการตกตะกอนหรืออัตราการไหลล้น(overflow rate)หรือภาระพื้นที่ผิว

(surface loading rates) หาได้จากสูตร

$$\text{ความเร็วของการตกตะกอน (ม}^3\text{/ม}^2\text{-วัน) } V_o = \frac{\text{ปริมาณน้ำเสีย (ม}^3\text{/วัน) (Q)}}{\text{พื้นที่ผิวของถัง (ม}^2\text{) (A)}}$$

ถังตกตะกอนขั้นสอง องค์ประกอบสำคัญมีอยู่ 3 ประการคือ

(1) ความลึกของถัง

(2) อัตราการไหลล้น (overflow rates)

(3) Solid loading rates เนื่องจากสารแขวนลอยอาจจะมีมากจนอาจหลุดออกจากถังตกตะกอนได้ค่าดังกล่าว จึงจะต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสม คำนี้อาจหาได้จากสูตร

$$\text{Solid loading rates (ก.ก./ม}^2\text{-ชม.)} = \frac{\text{ความเข้มข้นสารแขวนลอย (มก./ล.)} \times \text{ปริมาณน้ำเสีย (ม}^3\text{/ชม.)}}{1000 \times \text{พื้นที่ผิวของถัง (ม}^2\text{)}}$$

ตารางที่ 5 ตัวเลขที่ใช้ในการออกแบบถังตกตะกอนขั้นแรก

Item	Value	
	Range	Typical
Primary settling by secondary treatment;		
Detention time , hr	1.5-2.5	2.0
Overflow rate , gal/ft ² . d		
Average flow	800-1,200	
Peak hourly flow	2,000-3,000	2,500
Weir loading , gal/ft ² . d	10,000-40,000	20,000
Primary settling with waste activated-sludge return:		
Detention time , hr	1.5-2.5	2.0
Overflow rate , gal/ft ² . d		
Average flow	600-800	
Peak hourly flow	1,200-1,700	1,500
Weir loading , gal/ft ² . d	10,000-40,000	20,000

Note: gal/ft² . d * 0.0407 = m³/m² . d

gal/ft . d * 0.0124 = m³/m² . d

ที่มา : Tchobanoglous and Burton (1991)

2.8 การกรอง (Filtration)

ระบบกรองน้ำแรกเริ่มถูกนำมาใช้ในงานประปาเท่านั้น ต่อมาในปี ค.ศ. 1949 มีการนำเอา
ระบบกรองน้ำมาใช้ในการเพิ่มคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดขั้นที่สองแล้ว โดยใช้กรองน้ำทิ้งที่ไหล
ออกจากถังตกตะกอนที่สองทำให้น้ำทิ้งที่ผ่านระบบกรองน้ำแล้วไม่มีตะกอนแขวนลอยหลงเหลืออยู่ทำ
ให้ สามารถลดค่าปริมาณตะกอนแขวนลอย (TSS) และค่า BOD₅ ลงได้มาก (เกรียงศักดิ์, 2533)

วัตถุประสงค์ของการกรองน้ำ

- 1) ลดของแข็งแขวนลอยในน้ำ
- 2) ลดตะกอนที่เกิดจากขบวนการกำจัดความกระด้าง
- 3) ลดตะกอนของเหล็กและแมงกานีส สิ่งสกปรกที่อยู่ในรูปสารละลาย

2.8.1 ตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับระบบกรองน้ำ

- 1) ประจุของชั้นสารกรอง

- 2) ขนาด รูปร่าง และความหนาแน่นของสารกรอง
- 3) ความพรุน (porosity) ของสารกรอง
- 4) ค่าสูญเสียความดัน (headloss) เนื่องจากสารกรอง
- 5) ประสิทธิภาพของเครื่องกรองน้ำ
- 6) คุณลักษณะของน้ำที่ไหลเข้าสู่เครื่องกรองน้ำ เช่น ความแข็งแรงของตะกอนประจุในน้ำ ฯลฯ
- 7) อัตรากรองน้ำ
- 8) ความลึกของชั้นสารกรอง
- 9) ค่าสูญเสียความดันที่ยอมให้มีได้ในระบบกรองน้ำ

2.9 งานวิจัยและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

บุญส่ง และยงยศ (2526) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำปฏิกูลจากส้วมสำหรับครอบครัวที่มีจำนวนสมาชิก 4-6 คน ด้วยระบบเครื่องกรองไร้อากาศ ระบบดังกล่าวประกอบด้วยถังตกตะกอนเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.80 ม. ลึก 1.40 ม. และถังกรองขนาดเดียวกันบรรจุหินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25-35 มม. หนา 1.00 ม. พบว่าสามารถลดค่า BOD ได้ร้อยละ 85.90-89.69 น้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่า BOD 35.78-49.00 มิลลิกรัม/ลิตร Fecal Coliform ประมาณ 4.0×10^3 - 9.2×10^6 (MPN/100 ml)

บุญส่ง และปรีชา (2527) ได้ศึกษาการกำจัดน้ำโสโครกจากบ้านเรือนจำนวน 3 รูปแบบ ได้ผลดังนี้ รูปแบบที่ 1 มีระบบถังกรองไร้อากาศ 1 ถัง เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.80 ม. ภายในบรรจุหินขนาด 25-35 มม. หนา 1.20 ม. สามารถลด BOD ได้ร้อยละ 89-93 โดยมี Hydraulic Loadings 0.046 - 0.092 m^3/m^2 -วัน รูปแบบที่ 2 เป็นระบบที่มีถังกรอง 1 ถัง และถังกรองไร้อากาศ 1 ถัง เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.80 ม. ใช้หินและ Hydraulic Loadings เท่ากับเครื่องกรองชนิดแรก สามารถลด BOD ได้ร้อยละ 91-95 รูปแบบสุดท้ายเป็นเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิกถังกรอง 2 ถัง บรรจุหินและใช้ Hydraulic Loadings ด้วยอัตราเดียวกัน สามารถลด BOD ได้ร้อยละ 93-95

วีระชัย และปรียะดา (2534) ได้ทำการศึกษาระบบการกรองไร้อากาศโดยใช้จุลินทรีย์พลาสติกที่ดัดแปลงเป็นรูปวงแหวนนำมาสร้างเป็นชั้นกรองสูง 0.60 ม. ซึ่งมี Effective Volume 381.20 ลิตร ถึงเกราะทรงกระบอก 1 ถังขนาด 0.8 ม. สูง 1.50 ม. การกรองเป็นแบบไหลย้อนจากล่างขึ้นบน โดยมีระยะเวลาเก็บ (hydraulic retention time) 15 วัน มี Hydraulic Loading 0.066 m^3/m^2 -วัน น้ำปฏิกูลที่ผ่านจากระบบมีค่า BOD 59.25 มิลลิกรัม/ลิตร SS. 43.50 มิลลิกรัม/ลิตร, TKN 141.93 มิลลิกรัม/ลิตร pH 7.3 และตรวจไม่พบเชื้อโรคประเภท Salmonella, Shigella, Vibrio, Aeromonas, Plesiomonas ภายหลังการใช้งานตั้งแต่สัปดาห์ที่ 12 เป็นต้นไป

ทรงศักดิ์ และบุญส่ง (2534) ได้ศึกษาการกำจัดน้ำเสียด้วยระบบถังเกรอะ ดังกรองไร้อากาศ จากบ้านพักอาศัยที่มีสมาชิก 6 คน ระบบประกอบด้วยถังเกรอะชนิด 2 ถึง ความจุ 2.87 ม³ และถังกรองไร้อากาศ 1 ถึง มีความจุ 1.00 ม³ ภายในบรรจุหินบดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 - 35 มม. หนา 0.90 ม. ปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยวันละ 978 ลิตร และระยะเวลาเก็บกักประมาณ 4 วัน น้ำเสียที่ผ่านระบบแล้วมีค่าเฉลี่ยของ BOD 32.04 มิลลิกรัม/ลิตร SS 31.54 มิลลิกรัม/ลิตร NH₃-N 23.11 มิลลิกรัม/ลิตร ออร์แกนิก-ไนโตรเจน 6.35 มิลลิกรัม/ลิตร ไนโตรเจนทั้งหมด 23.09 มิลลิกรัม/ลิตร ชัลไฟด์ 3.48 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำมันและไขมัน 109 มิลลิกรัม/ลิตร

นิตยา และคณะ (2531) ได้พัฒนาระบบกำจัดน้ำเสียแบบประหยัดสำหรับโรงพยาบาล ประกอบด้วยถังอิมฮอฟ ดังกรองไร้อากาศ และถังฆ่าเชื้อโรคพบว่า ถังอิมฮอฟลดค่า BOD ได้ร้อยละ 23-68 แต่ลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ประมาณร้อยละ 18 ส่วนถังกรองไร้อากาศลด BOD ได้ร้อยละ 32-98 ลดปริมาณ Total Coliform Bacteria ได้ร้อยละ 47.96 น้ำทิ้งที่ออกจากถังกรองไร้อากาศที่ผ่าน คลอรีนในขั้นสุดท้ายสามารถกำจัดเชื้อโรคได้ร้อยละ 99.99

สุวิธ (2531) ได้ศึกษาระบบกรองไร้อากาศ เพื่อบำบัดน้ำปฏิกูลจากส้วมสำหรับครัวเรือน สมาชิก 5 คน ประกอบด้วยถังตกตะกอนรูปสี่เหลี่ยมและถังกรองรวมเป็นหน่วยเดียวกันดังตกตะกอน มีขนาดกว้าง 0.40 ม. ยาว 1.00 ม. ลึก 0.90 ม. ถังกรองมีขนาดกว้าง 1.00 ม. ยาว 1.20 ม. และลึก 0.60 ม. ภายในถังกรองมีแผ่นเซโลกริตขนาด 6 มม. กว้าง 0.50 ม. ยาว 1 ม. จำนวน 3 แผ่นเพื่อให้ทิศทางการไหลมีลักษณะไหลลง-ไหลขึ้น ภายในถังกรองบรรจุอิฐหักขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 - 35 มม. หนา 0.50 ม. ปริมาณน้ำปฏิกูลที่เข้าระบบเท่ากับ 29.87 ลิตร/วัน น้ำทิ้งที่ออกจากระบบลด BOD ได้ร้อยละ 85.36 ค่า BOD เท่ากับ 55.60 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่า SS เท่ากับ 26.10 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณ Fecal Coliform ที่ตรวจพบมีค่า MPN/100 ml เท่ากับ 0.1×10^4 - 18.4×10^4

สุเมธ (2529) ได้สรุปไว้ว่าในระบบย่อยสลายไร้ออกซิเจนอิสระพลังงานที่อยู่ในสภาวะอินทรีย์ประมาณร้อยละ 90 จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปแก๊สมีเทนหรือประมาณได้ว่า 1 กิโลกรัมของค่า COD ที่ถูกกำจัดจะให้แก๊สมีเทน 0.31 - 0.44 ม³ ในก๊าซชีวภาพพบว่ามีแก๊สมีเทนประมาณร้อยละ 60 - 75 ปริมาณความร้อนที่ได้จากแก๊สมีเทน 1 ม³ จะเทียบเท่าน้ำมันเตา 0.8 ลิตรนอกจากนั้นยัง พบว่าน้ำกากส่าที่ได้จากการกลั่นแอลกอฮอล์ซึ่งมีค่า COD สูงถึง 100,000 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อผ่านการหมักด้วยระบบไม่ใช้ออกซิเจน(anaerobic digestion) จะให้ก๊าซชีวภาพสูงถึง 25 - 30 ม³/ม³ น้ำกากส่า

บุษมาพร (2534) ได้ทำการศึกษาการใช้ถังเกรอะและถังกรองไร้อากาศบำบัดน้ำเสียจากหอพัก ระบบประกอบด้วยถังกรอง 2 ถึง และถังกรองไร้อากาศ 1 ถึงโดยมีความจุรวมของถังเกรอะ 2.88 ม³ ปริมาตรถังกรองไร้อากาศ 1.16 ม³ ภายในบรรจุหินบดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 - 35 มม. หนา 0.90 ม. ปริมาณน้ำเสียที่บำบัดเท่ากับ 1,230 ลิตร/วัน ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียประมาณ 3 - 28 วัน ผลปรากฏว่าระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัด BOD, SS, Settleable Solids, TDS และ Org-Nitrogen เท่ากับ

ร้อยละ 74.59, 80.37, 98.02, 40.62, 48.64 และ 88.68 ตามลำดับ และยังพบว่าระบบถังเกรอะ-ถังกรอง ไร้อากาศสามารถบำบัดน้ำเสียจากหอพักได้โดยไม่ต้องมีการควบคุมองค์ประกอบ และสภาพแวดล้อมใด ๆ

วัชร (2529) ได้ศึกษาประสิทธิภาพและการทำงานของเครื่องกรองไร้อากาศโดยใช้พลาสติกที่ดัดแปลงมาจากจุกน้ำปลาเป็นตัวกรองในการกำจัดน้ำทิ้งบรรจุตัวกรองความสูง 3 ขนาดคือ 1.20 ม. 0.90 ม. และ 0.60 ม. น้ำทิ้งที่ใช้ทดลองเป็นน้ำที่สังเคราะห์โดยให้มีค่า COD ระหว่าง 2,250 - 4,000 มิลลิกรัม/ลิตร กำหนดเวลากักเก็บน้ำทิ้ง (HRT) 24-48 ชั่วโมง พบว่ามีประสิทธิภาพในการลดได้ COD ได้ประมาณร้อยละ 59.9 - 76.2 โดยมีอัตราการรับสารอินทรีย์ 1.89 - 2.12 กก. ซีโอดี/ม³-วัน นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถผลิตมีเทนได้ในอัตรา 0.421 ลิตร/กรัมซีโอดีที่กำจัด และพบว่าเครื่องกรอง ที่มีตัวกรองสูง 1.20 ม. มีประสิทธิภาพในการลด COD อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพและการเก็บกักตะกอน ดีที่สุดสำหรับเครื่องกรองที่บรรจุตัวกรองสูง 0.60 ม. สามารถลด COD และผลิตก๊าซชีวภาพดีกว่า เครื่องกรองที่บรรจุตัวกรอง สูง 0.90 ม. แต่การเก็บกักตะกอนกลับน้อยกว่า

สมชาย (2529) ได้ศึกษาการทำงานของถังกรองไร้อากาศที่บรรจุหินย่อยและอิฐมอญเป็นตัวกลางในการกำจัดน้ำทิ้งชุมชนพบว่า ถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการกำจัดค่า COD ได้ร้อยละ 53 - 73 ที่ค่า COD Loading 0.106 - 0.447 กก. COD/ม³-วัน ในช่วงระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 6-24 ชั่วโมง และกำจัดค่า BOD ร้อยละ 73 - 87 ที่ค่า BOD loading ได้ 0.050-0.179 กก. BOD/ม³-วัน ในช่วงเวลาเก็บกักเดียวกันโดยไม่จำเป็นต้องปรับความเป็นกรดเป็นด่าง และเพิ่มเติมสารอาหารนอกจากนี้การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า COD และ BOD ของถังกรองไร้อากาศที่ใช้ตัวกลางหินย่อยและ อิฐมอญพบว่าประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่าในช่วง 0.12 ม. แรกจากตอนล่างของถังกรองมีประสิทธิภาพในการกำจัด COD และ BOD สูงสุด และยังพบอีกว่าถังกรองสูง 1.10 ม. เป็นค่าที่เหมาะสม ที่จะใช้ในการออกแบบถังกรองไร้อากาศ

วิชัยศักดิ์ และคณะ (2535) ได้ทำการศึกษาลานทรายกรองกำจัดสิ่งปฏิกูลจากรถตุ๊กตุ๊กประกอบด้วยทรายก่อสร้างที่ไม่คัดขนาดหนา 0.15 ม. อยู่บนสุด ชั้นกลางประกอบด้วยหินขนาด 3/8 นิ้ว และขนาด 1 นิ้ว หนา 0.10 ม. และชั้นล่างสุดเป็นหินขนาด 2 นิ้วหนา 0.10 ม. สามารถกรองไขพยาธิไส้เดือนหนู (A.suum) ที่เติมลงในสิ่งปฏิกูลได้

อุดม และคณะ (2531) ได้ศึกษาการนำเอาวิธีการกรองน้ำด้วยทรายแบบข้ามมาใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำจากสระ โดยใช้ถังกรอง ขนาด 1.50 ม. สูง 4.80 ม. ภายในบรรจุทรายละเอียดมีขนาดประสิทธิผล (effective size) 0.28 มม.และสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (uniformity coefficient) มีค่า = 2.17 หนา 0.95 ม. ทรายหยาบมีขนาดสัมฤทธิ์ 0.68 มม. และสัมประสิทธิ์ความเป็นเนื้อเดียวกัน = 1.2 หนา 0.30 ม. กรวดขนาด 10 มม. หนา 0.20 ม. ถังน้ำใสขนาด 1.5 ม. สูง 4.80 ม. พบว่าสามารถลดแบคทีเรียจากน้ำที่นำมากรองลงได้ร้อยละ 90-95 เมื่อตรวจวัด Coliform โดยใช้ค่า MPN Total/100ml

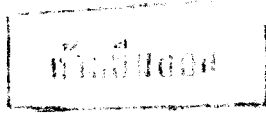
และสามารถลด Coliform bacteria ได้มากกว่าร้อยละ 95 ลดความขุ่นได้ร้อยละ 40-70 ลดสีได้ประมาณร้อยละ 75 ลดปริมาณของเหล็กได้ร้อยละ 27.5 - 80.8 และยังพบว่าอัตราการกรองที่ได้จะแปรผันไปตามลักษณะต่าง ๆ เช่น ขนาดของทรายความหนาแน่นและความสะอาดของทรายกรองความสกปรกของผิวหน้าทราย

บุญถ้วน และคณะ (2535) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ขบวนการกรองไร้อากาศประกอบด้วยถังกรอง 1 ถัง ถังกรองไร้อากาศ 1 ถัง โดยใช้ตัวกรองเป็นหินก่อสร้างเบอร์ 2 หินเกล็ด 3/8 และทรายหยาบความหนา 1.20 เมตร ระยะเก็บกักน้ำเสีย 11 - 14 วัน Hydraulic Loading 0.076-0.094 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{วัน}$ พบว่าประสิทธิภาพในการลดความสกปรกของถังกรองไร้อากาศมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 86.10-90.25 และค่าความสกปรก BOD น้ำทิ้งเฉลี่ยเท่ากับ 31.05 - 32.82 มิลลิกรัม/ลิตร

จิตเทพ และเพชรพร (2535) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของถังกรองไร้อากาศโดยใช้โร้วมวนผสมพลาสติกทำหน้าที่เป็นตัวกลาง มีความสูงชั้นตัวกลาง 1.26 ม. ทดลองบำบัดน้ำเสียความเข้มข้น ต่ำมีค่า COD เฉลี่ย 147 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำเสียเฉลี่ย $1.54 \times 10^7 \text{MPN}/100 \text{ ml}$ ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง คิดเป็นค่า Organic Loading 0.27, 0.18, 0.07 และ 0.06 กก. COD/ $\text{m}^2\cdot\text{วัน}$ ตามลำดับพบว่าประสิทธิภาพในการลดโคลิฟอร์มแบคทีเรียร้อยละ 88, 96, 98 และ 90 ตามลำดับ ลด COD ได้ร้อยละ 61, 71, 72 และ 74 ตามลำดับ โดยที่ประสิทธิภาพ ในการลด Coliform Bacteria และ COD ในน้ำเสียมากกว่าร้อยละ 50 เกิดที่ชั้นตัวกลางมากกว่า 0.45 เมตรขึ้นไป

Kobayashi (1983) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยเครื่องกรองไร้อากาศที่อุณหภูมิ 20-25 $^{\circ}\text{C}$ ที่อัตราการรับ 0.02 lb COD/ $\text{ft}^2\cdot\text{วัน}$ และระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 24 ชั่วโมง พบว่าน้ำที่ผ่านเครื่องกรองไร้อากาศมีค่า BOD₅ เฉลี่ย 38 มิลลิกรัม/ลิตร ประสิทธิภาพในการลด BOD ร้อยละ 79 มีค่า COD เฉลี่ย 78 มิลลิกรัม/ลิตร ประสิทธิภาพในการลด COD ได้ร้อยละ 73 ตัวกรองที่ทำงานที่อุณหภูมิ 25 $^{\circ}\text{C}$ และ 35 $^{\circ}\text{C}$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ตัวกรองที่อุณหภูมิ 20 $^{\circ}\text{C}$ พบว่า ค่า BOD และ TSS มีการลดได้ดี

Gross และคณะ (1990) ได้ศึกษาการกำจัดไวรัสโดยใช้ทรายกรองน้ำเสียที่ออกจากถังกรอง ที่อัตราการไหล 6.1 $\text{m}^3/\text{วัน}$ ถังทรงกระบอกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.10 ม. ภายในประกอบด้วยทรายหยาบขนาด 0.25 ม. อยู่ชั้นบนสุด ชั้นกลางประกอบด้วยทรายละเอียด 0.10 ม. ชั้นล่างสุดประกอบด้วย Glass Sand หนา 0.25 ม. แต่ละชั้นของทรายจะถูกแบ่งโดยใช้ดินปนกรวดกลม (rounded gravel) ซึ่งหนา 0.05 ม. ทำการกรองน้ำเสียจากถังกรองที่ประกอบด้วยเชื้อ Poliovirus Vaccine (Type I, strain LSc) พบว่า ถังทรายกรองสามารถกรองไวรัสได้ทั้งหมด เมื่อ loading ด้วยไวรัสน้อยกว่า $33 \times 10^6 \text{PFU/l}$ (plaque-form in units per liter) และยังพบอีกว่าไวรัสส่วนใหญ่จะถูกกักไว้ในส่วน 2-3 เซนติเมตร ที่อยู่ส่วนบน



Harris และคณะ (1977) ได้ศึกษาการพัฒนาคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อผ้นสภาพโดยใช้ Intermittent Sand Filtration โดยเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 ปี ได้ข้อสรุปว่า

1. อายุการใช้งานการกรองของทรายจะสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ SS และ Hydraulic loading rate ของน้ำที่เข้าสู่ระบบ (influent)
2. ระยะการใช้งานของทรายกรองจะสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายในน้ำที่อยู่ส่วนบนของชั้นทรายกรอง
3. Intermittent Sand Filtration สามารถลด BOD ให้เหลือน้อยกว่า 10 มิลลิกรัม/ลิตร และ SS น้อยกว่า 10 มิลลิกรัม/ลิตร และ VSS น้อยกว่า 5 มิลลิกรัม/ลิตร
4. การกรองในช่วงฤดูหนาวไม่มีผลต่อการทำงานของระบบ แต่คุณภาพของน้ำทิ้งจะต่ำกว่าในฤดูร้อนเล็กน้อย
5. Hydraulic loading ที่เหมาะสมคือ $3,700-5,600 \text{ m}^3/\text{ha.d}$ สำหรับน้ำเสียที่เข้ามา 1 ครั้ง

Young และ Yang (1989) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบตัวกรองไร้อากาศในการปฏิบัติจริง และห้องทดลอง พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของตัวกรองไร้อากาศมากที่สุด คือระยะเวลาในการกักเก็บน้ำทิ้งชนิดของตัวกลาง และทิศทางการไหลพื้นที่ผิวของตัวกลางมีผลต่อการทำงานน้อยมากแต่ประสิทธิภาพของตัวกลางจะสูงกว่าก็ต่อเมื่อพื้นที่ผิวจำเพาะสูงกว่าเช่นกัน แต่ก็มีผลแตกต่างกัน น้อยมาก อีกทั้งยังอาจจะทำให้มีราคาแพงเกินไป น้ำเสียที่มีความเข้มข้นของ COD ประมาณ 3,000 มิลลิกรัม/ลิตร จะไม่มีผลต่อรูปแบบการบำบัดน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญความสูงของถังปฏิกรณ์ไม่มีผลต่อรูปแบบการทำงาน แต่ความสูงของตัวกลางต่ำที่สุดที่แนะนำไว้คือ 2 เมตร

Sauer และ Boyle (1977) ได้ศึกษาการใช้ Intermittent Sand Filtration ในการกรองน้ำทิ้งจาก Septic Tank โดยใช้ทรายกรองที่มี Effective Size 0.43 mm. พบว่า Hydraulic Loading Rate ที่เหมาะสมคือ 0.2 m/d (5 gal/d/ft^2) ค่าเฉลี่ย BOD_5 ของน้ำที่ผ่านทรายกรองมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 mg/l และค่า TSS มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 14 mg/l และยังพบอีกว่าร้อยละ 50-70 ของ TSS นั้นเป็น Non-Volatile Suspended Solids ความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำที่ผ่านทรายกรองไม่เปลี่ยนแปลง แต่หลังจาก การศึกษาเกิน 3 อาทิตย์ พบว่ามี $\text{NH}_3\text{-N}$ เกิดขึ้นในน้ำที่ผ่านทรายกรอง ในช่วงแรกของการกรองสามารถ ลด Orthophosphorus ได้ประมาณร้อยละ 20-30 แต่ต่อมาจะลดไม่ได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดของความจุในการดูดติดผิวทรายกรองและรูปแบบของ Organic Films ที่เคลือบผิวของเม็ดทราย แต่ละเม็ด สามารถลด Fecal Coliforms และ Fecal Streptococci จากน้ำทิ้ง Septic Tank ได้ประมาณ 2 logs โดยมีค่า Fecal Coliforms น้อยกว่าหรือเท่ากับ 200/100 ml

Boyle และคณะ (1981) ได้ทำการศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากที่พักอาศัย โดยใช้ระบบ Septic-Intermittent Sand Filtration ผลที่ได้พบว่าคุณภาพน้ำทิ้งส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่ดีมากไม่ว่าจะเป็นค่า BOD_5 , COD, TSS, VSS, TKN, NO_3 แต่ค่าตัวชี้วัดในทางด้าน Fecal Coliform Bacteria ของน้ำทิ้งจาก

ระบบยังคงมีค่าสูง อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการลด Bacteria ก็ยังอยู่ในระดับร้อยละ 80-97 อายุการใช้งานของเม็ดทรายกรองน้อยกว่า 150 วัน เมื่อมีอัตราการไหลของน้ำเสียเป็น 39 cm³/d สามารถขยายอายุการใช้งานของเม็ดทรายกรองที่หยาบให้ได้เวลาเพิ่มขึ้นโดยการดำเนินการกรองที่ Loading Rates ที่ต่ำกว่านี้

Bellamy และคณะ (1985) ได้ทำการศึกษาการลด Giardia Cysts โดยใช้ Slow Sand Filtration โดยใช้ตัวกรองซึ่งประกอบด้วยเม็ดทรายที่มีขนาด d₁₀ และ d₆₀ อยู่ชั้นบนสุดหนา 0.96 ม. และชั้นล่างสุดให้ทรายหยาบและหินกรวดหนา 0.46 ม. ผลการศึกษาพบว่าสามารถลด Giardia Cysts ได้ร้อยละ 100 Standard Plate Count Bacteria ร้อยละ 96 Coliform Bacteria ลดได้ร้อยละ 85 นอกจากนี้ยังพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพของตัวกรองในระหว่างการเปลี่ยนอุณหภูมิจาก 15 °C มาเป็น 5 °C

Poynter และ Slade (1977) ได้ศึกษาการใช้ทรายกรองขี้มาลดไวรัสในน้ำ พบว่าตัวกรองจะมีประสิทธิภาพสูงเป็น 2.5 เท่า เมื่อดำเนินการภายใต้อัตราการไหล 4.8 m³/d และที่อุณหภูมิเท่ากับ 5°C และเมื่อเปรียบเทียบการลดของ Poliovirus Bacteria และ Bacteriophages พบว่าทรายกรองขี้สามารถลด Bacteria ได้น้อยกว่าลด Virus และ Bacteriophages และได้ดีกว่า Virus