

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 พวкмูลฝอยที่ย่อยสลายแล้ว 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 ทำให้ไม่จำเป็นต้องขนดินมาจากข้างนอกและยังสามารถใช้ดินที่ขุดออกมาแล้วนั้นนำกลับมาใช้กลบมูลฝอยได้อีก 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

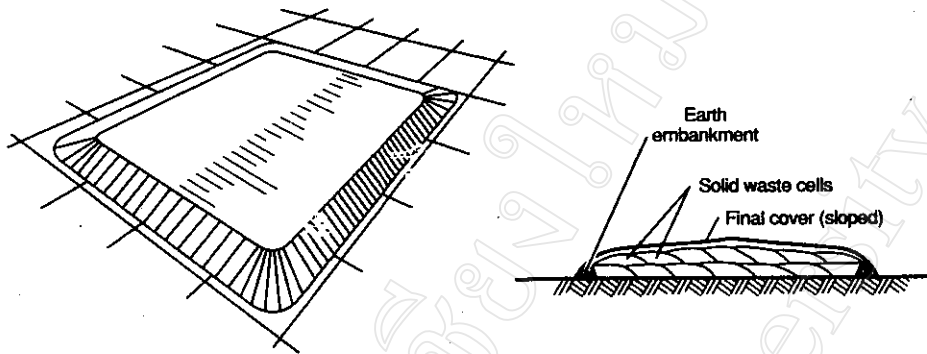
2.1.2 การจัดเตรียมสถานที่ฝังกลบมูลฝอยตามหลักสุขาภิบาล

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

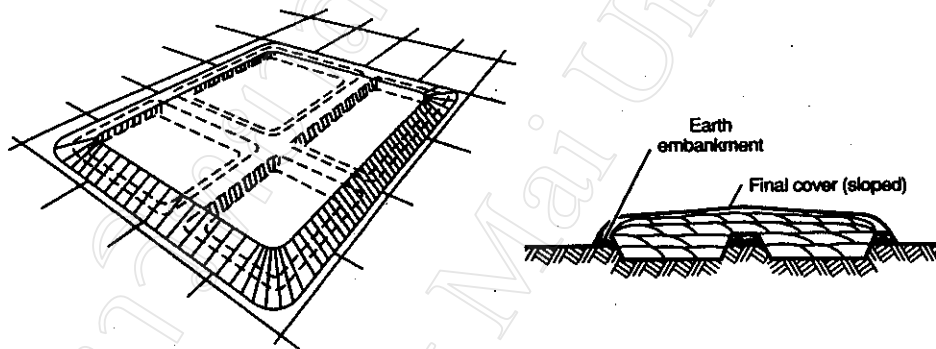
ก) การขุดบ่อ และติดตั้งชั้นป้องกันการซึม

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

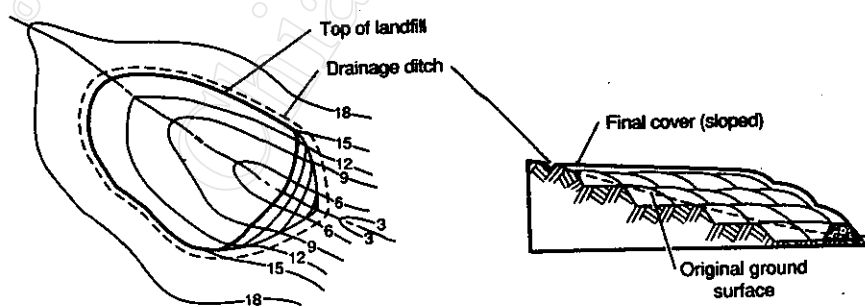
ปัจจุบันการใช้ชั้นป้องกันการซึมซึ่งใช้เพื่อจำกัดการเคลื่อนที่ของน้ำชะมูลฝอยและก๊าซ นิยมใช้ดินเหนียวมาเป็นชั้นดังกล่าว เนื่องจากดินเหนียวมีความสามารถในการดูดซับและกักเก็บองค์ประกอบต่างๆ ทางเคมีที่มีในน้ำชะมูลฝอยได้เป็นอย่างดี และยังสามารถในการต้านทานการเคลื่อนที่ของน้ำชะมูลฝอยได้ดีอีกด้วย อย่างไรก็ตามการใช้แผ่นวัสดุสังเคราะห์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



ก) การฝังกลบมูลฝอยแบบกลบบนพื้นที่



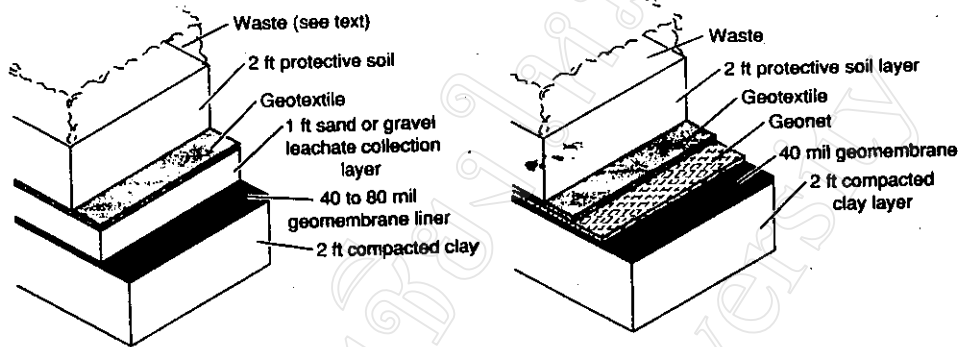
ข) การฝังกลบมูลฝอยแบบฝังกลบในร่อง



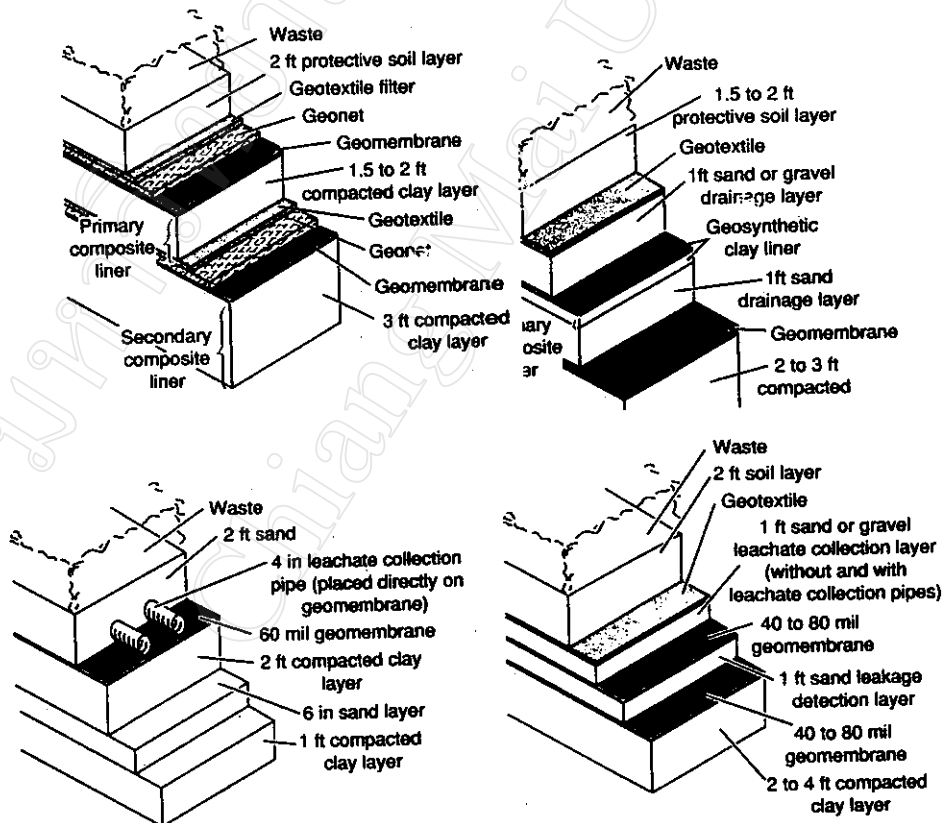
ค) การฝังกลบมูลฝอยแบบฝังกลบในหุบเขาหรือเนินเขา

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 เนื่องจากการใช้ดินเหนียวจะมีปัญหาในการเกิดรอยแตกกว้างเมื่อดินเหนียวแห้ง ดังนั้นจึงต้องมีการดูแลอย่างดีไม่ให้ดินเหนียวแห้งในขณะที่ทำการก่อสร้างและเมื่อใช้งาน สำหรับขั้นตอนในการก่อสร้างจะต้องบดอัดดินเหนียวเป็นชั้น ๆ หนาชั้นละ 4-6 นิ้วเท่านั้น เพื่อป้องกันการเรียงตัวของก้อนดิน และต้องใช้ดินเหนียวชนิดเดียวกันเพื่อไม่ให้ดินเหนียวเกิดการพองตัวอันจะทำให้เกิดการแตกกว้างได้

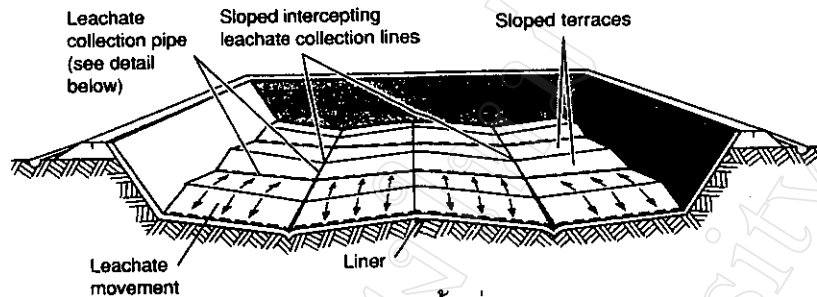
ข) การก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอย

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

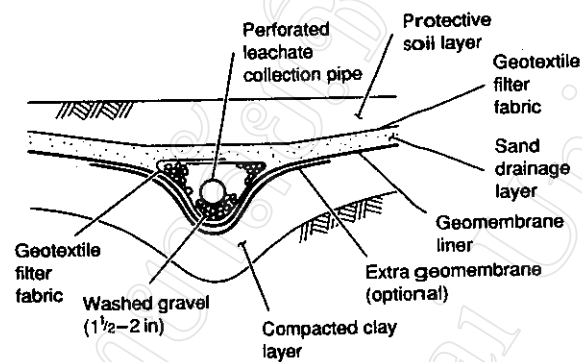
อีกวิธีหนึ่ง คือ การก่อสร้างระบบท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอยไว้ที่พื้นด้านล่างของบริเวณที่ฝังกลบมูลฝอย โดยการแบ่งพื้นที่พื้นด้านล่างดังกล่าวออกเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าและมีคันดินเหนียวกันแบ่งไว้ แล้ววางท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอยไว้บนแผ่นวัสดุสังเคราะห์ตามแนวยาวของพื้นที่ การระบายน้ำชะมูลฝอยจะอาศัยท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอยนี้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

ส่วนใหญ่แล้วหากมีการใช้ท่อสำหรับการระบายน้ำในแนวดิ่ง ระหว่างชั้นของมูลฝอยที่แตกต่างกันก็สามารถทำได้ (รูปที่ 2.5.ก) ปอดดังกล่าวมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้โครงสร้างซึ่งยึดหยุ่นได้ เพื่อให้ตัวเองสามารถปรับสภาพได้เนื่องจากการทรุดตัว และการเคลื่อนไหวในแนวราบของบริเวณที่ฝังกลบ และต้องสามารถต้านทานการแตกหักเนื่องจากการทำงานของเครื่องจักร สำหรับน้ำชะมูลฝอยจะถูกรวบรวมแล้วระบายออกทางด้านล่างของบริเวณที่ฝังกลบ โดยอาศัยท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอยอีกทีหนึ่ง โดยมีการป้องกันการแตกกว้างของท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอย 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



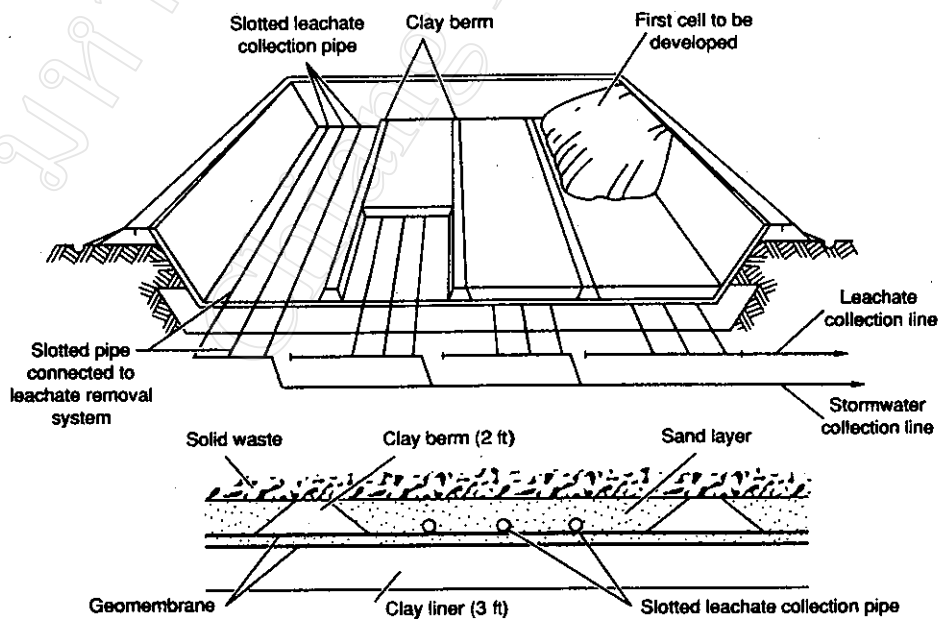
ก) การแบ่งพื้นที่



ข) การก่อสร้างท่อรวบรวม
น้ำชะมูลฝอย

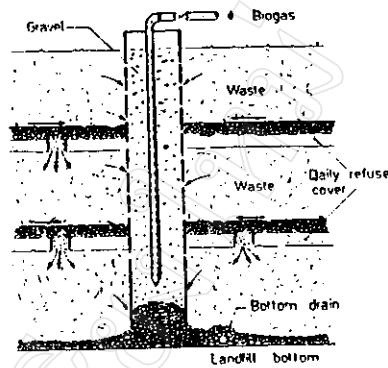
รูปที่ 2.3 การก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอยโดยใช้ความลาดชันของพื้นที่

ที่มา : Tchobanoglous, G. et al., 1993

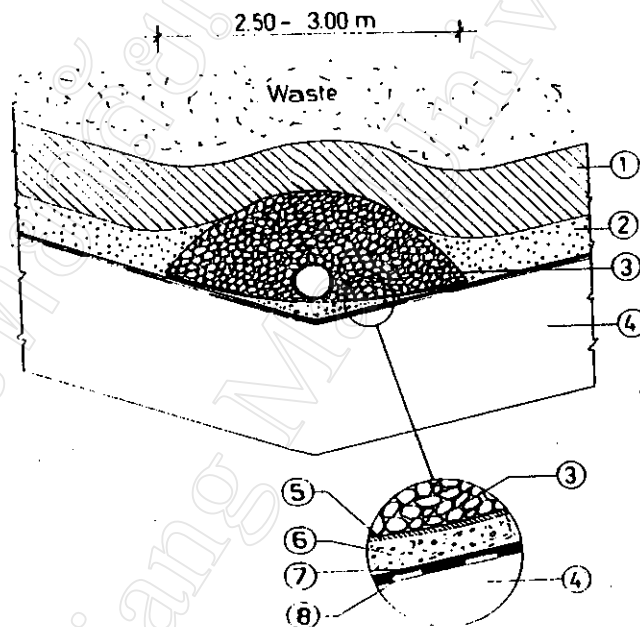


รูปที่ 2.4 การก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอยโดยใช้ระบบท่อ

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

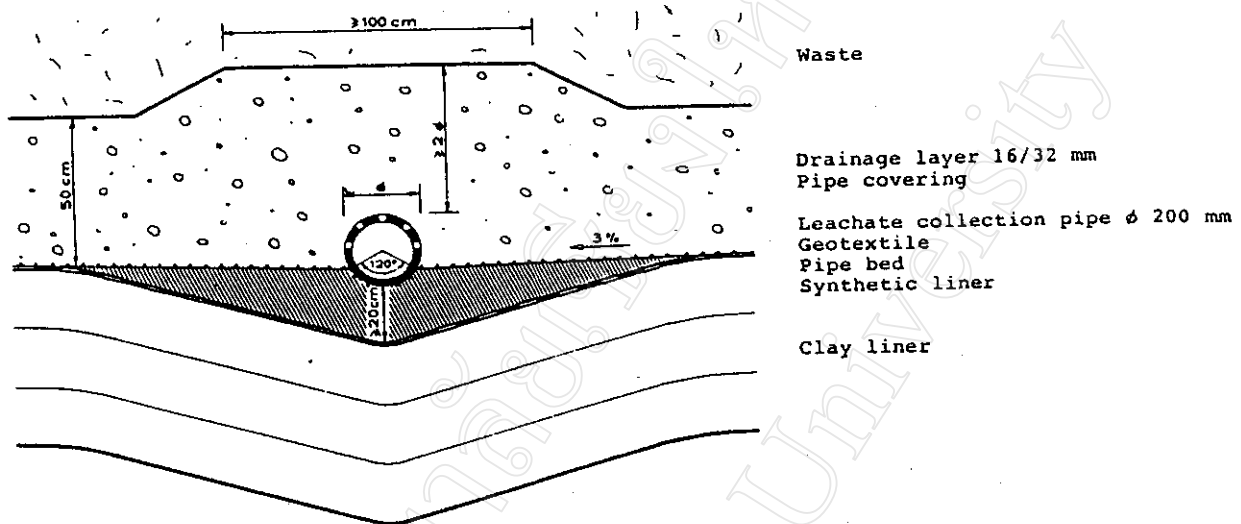
ที่มา : Christensen, T.H. et al, 1994

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

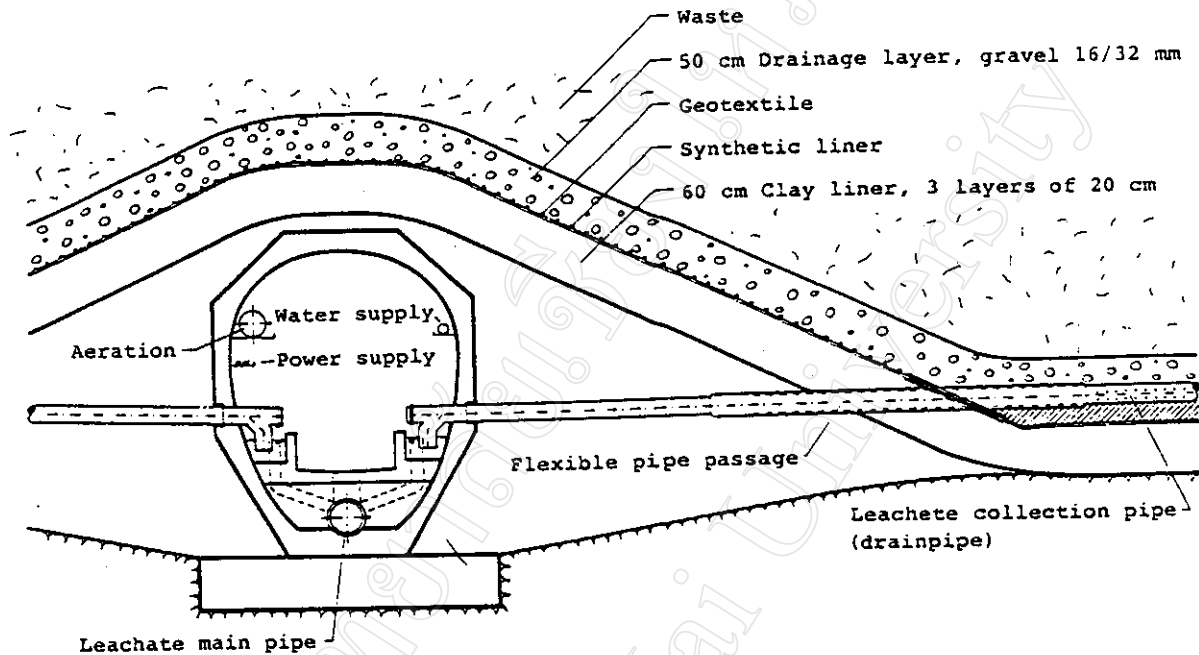
- ระบบท่อ (Pipes) ท่อที่นำมาใช้งานได้อย่างเหมาะสมที่สุดกับน้ำชะมูลฝอย คือ ท่อ HDPE และท่อดินเผา สำหรับท่อผนังบางอย่างอื่น แม้ว่าจะมีความแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้มากพอเพียง ก็ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้งาน เนื่องจากระบบท่อในบริเวณที่ฝังกลบต้องใช้งานในช่วงระยะเวลายาวนาน จึงต้องมีความทนทานต่อการสึกหรอ เนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ สภาพแวดล้อมโดยรอบ เช่น สภาพความเป็นกรดต่าง นอกจากนี้อาจยังมีปัจจัยอื่นอีก 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 สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยที่สุด ซึ่งตำแหน่งของปล่องที่ปลอดภัยที่สุดในการใช้งานคือบริเวณมุมของบริเวณที่ฝังกลบ ตำแหน่งที่อาจอันตรายให้ก่อสร้างได้รองลงมาคือ บริเวณริมที่ฝังกลบ และทำการก่อสร้างตัวอุโมงค์ไว้ด้านล่างหรือใต้บริเวณที่ฝังกลบ (รูปที่ 2.7)



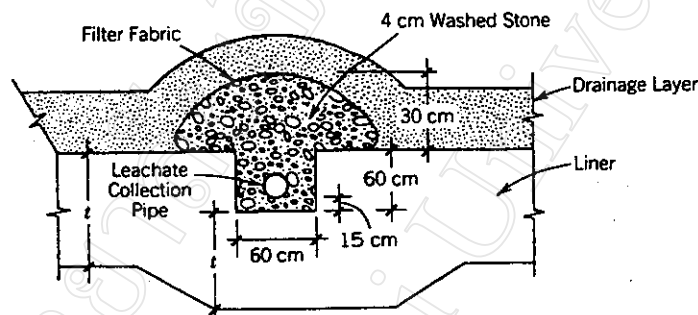
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างอุโมงค์รวบรวมน้ำชะมูลฝอย

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 เพื่อป้องกันไม่ให้มลสารที่มีขนาดเล็กกละเอียด เข้าไปสู่ระบบรวมน้ำชะมูลฝอย 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 โดยการคัดขนาดทรายให้ได้ทรายละเอียดทำหน้าที่เครื่องกรอง 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 เพื่อป้องกันไม่ให้มลสารขนาดเล็กละเอียดที่อยู่ในน้ำชะมูลฝอยผ่านเข้าสู่ระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอย และสมการที่ 2.2 ใช้สำหรับหาขนาดเม็ดทรายห่อหุ้มท่อที่ทำให้เกิดแรงดันน้ำเพียงพอในชั้นระบายน้ำเพื่อให้มีอัตราการไหลเหมาะสมจนไม่เกิดการตกตะกอน

ระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอยที่ผ่านชั้นระบายน้ำแล้ว เมื่อใช้งานไปนาน ๆ อาจเกิดความเสียหายได้เนื่องจากการอุดตันของท่อ (Clogging) ซึ่งการอุดตันเป็นไปได้ทั้งจากการตกตะกอนทางเคมีและจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ รวมทั้งการตกตะกอนทางกายภาพ ของน้ำชะมูลฝอยเอง ซึ่งการตกตะกอนทางกายภาพเกิดจากการตกตะกอน ของมลสารที่หลุดมาจากชั้นรองมูลฝอย ในกรณีใช้ชั้นรองมูลฝอยเป็นดินเหนียว โดยปัญหาการตกตะกอนนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการที่มลสารสามารถเคลื่อนตัวผ่านชั้นป้องกันเข้าสู่ภายในท่อ ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการใช้ชั้นกรองให้มีขนาดรูเล็กกว่าขนาดของเม็ดดินเพียงพอ คือ มีขนาดรูเล็กกว่าเม็ดดินเกิน 85% ส่วนการอุดตันทางชีวภาพ ซึ่งเกิดจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ มีปัจจัยที่ช่วยให้เกิดขึ้นได้คือ อัตราส่วนของคาร์บอนกับไนโตรเจนในน้ำชะมูลฝอย ความสามารถในการจัดหารอาหารของจุลินทรีย์ ความเข้มข้นของ Polyuromides อุณหภูมิ และความชื้น ในขณะที่ปัจจัยซึ่งควบคุมการตกตะกอนทางเคมี ได้แก่ พีเอช Partial Pressure ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งการระเหยของน้ำชะมูลฝอยเอง นอกจากนี้ยังมีการอุดตันเนื่องจากการรวมวิธีชีวเคมี โดยเกิดจากกลุ่มของจุลินทรีย์พวกที่เกาะติดอยู่ที่ผนังท่อไปรวมตัวกับตะกอนที่เกิดจากการตกตะกอนทางเคมีเกิดเป็นของเหลวมีความเข้มข้นสูง ซึ่งนอกจากจะทำให้ท่ออุดตันแล้ว ถ้าหากผนังท่อทำด้วยสารพวก Polymer จะเสื่อมสภาพลงได้ง่าย และยังเป็นสาเหตุให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่ายเซลล์เดียวอย่างรวดเร็ว ทำให้ท่ออุดตันและแตกร้าวดได้ ทางแก้ก็คือ ต้องใช้ท่อพลาสติกซึ่งเสื่อมสภาพได้ช้ากว่า นอกจากท่อจะเกิดความเสียหายเนื่องจากการอุดตัน ยังเกิดความเสียหายเพราะเกิดการแตกร้าวดได้เนื่องจากความมั่นคงแข็งแรงของท่อที่เลือกมาใช้งานมีค่าไม่เพียงพอ ซึ่งถ้าหากความเสียหายเกิดขึ้นเพราะเหตุผลนี้ท่อที่ทำด้วยพลาสติกและมีความสามารถในการยืดหยุ่นตัวได้ก็จะสามารถนำมาใช้งานได้ดี สาเหตุของความเสียหายที่อาจเกิดกับระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอยได้อีกก็คือ การออกแบบผิดพลาดหรือการเกิดเหตุไม่คาดฝันขึ้น เช่น โดยทั่วไปในการออกแบบขนาดท่อจะใช้ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำชะมูลฝอยซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำคือ 0.5-1 ซม³/นาท. และใช้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยประมาณ 2-4 แต่ในการใช้งานจริงของสถานที่ฝังกลบบางแห่งมีการเพิ่มอัตราการไหลของน้ำชะมูลฝอยอย่างรวดเร็วในปริมาณสูงกว่าค่าความปลอดภัยที่กำหนดไว้ เนื่องจากเกิดการพังทะลายของผนังที่กั้นทางไหลของน้ำชะมูลฝอย ทำให้น้ำชะมูลฝอยเกิดการไหลลัดวงจรมีปริมาณมากอย่างรวดเร็ว ท่อที่ออกแบบไว้เพื่อให้สามารถระบายน้ำชะมูลฝอยได้สูงสุดในเวลาปกติจึงไม่สามารถรับปริมาณน้ำชะมูลฝอยได้

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

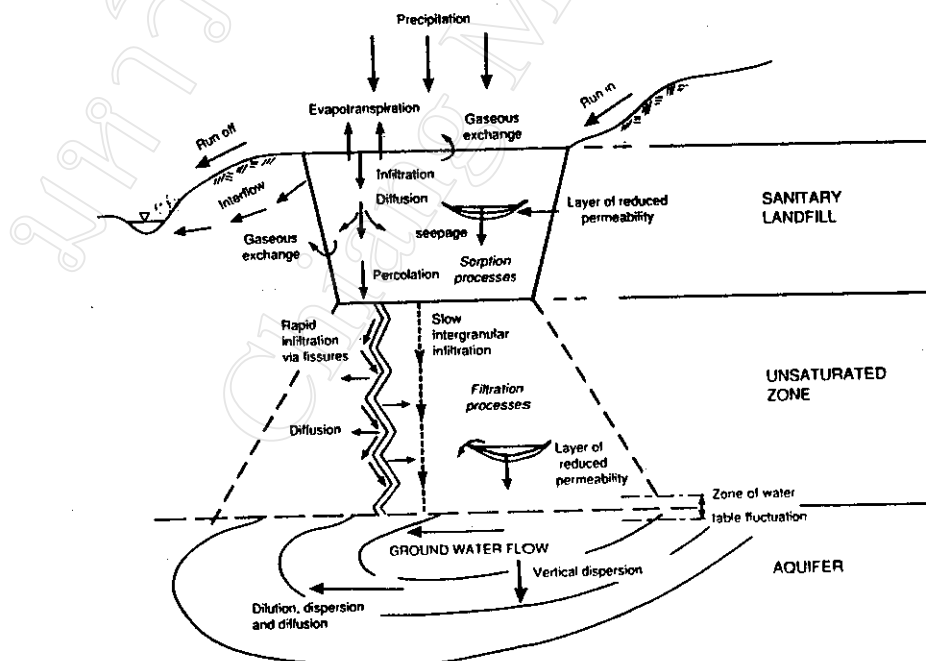
ค) ปฏิกริยาทางกายภาพ

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 บัณฑกริต, 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

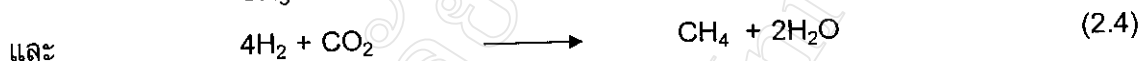
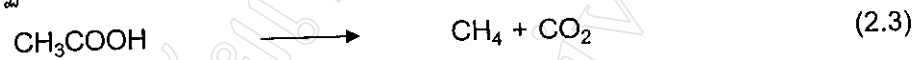
ระยะที่ 3 เป็นระยะที่เกิดการย่อยสลายจากจุลินทรีย์พวกที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน โดยสารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างง่าย ๆ ซึ่งถูกปล่อยออกมาจากระยะที่ 2 จะถูกนำไปใช้ ทำให้ได้ก๊าซเกิดขึ้นโดยเฉพาะก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในระยะที่ 3 นี้ มูลฝอยจะย่อย

สลายต่อไปอย่างต่อเนื่องโดยปฏิกิริยาทางชีวภาพ จนกว่าเกิดการย่อยสลายของมูลฝอยได้หมด และออกซิเจนจากบรรยากาศสามารถซึมเข้ามาในมูลฝอยได้โดยสะดวก

สำหรับกลไกที่อธิบายการย่อยสลายสารอินทรีย์ในขั้นตอนนี้ ก็คือ มีจุลินทรีย์อีกกลุ่มหนึ่งทำหน้าที่ย่อยสลาย ผลผลิตจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระยะที่ 2 ซึ่งได้แก่

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

โดยมีปฏิกิริยาเคมีตามลำดับ ดังนี้

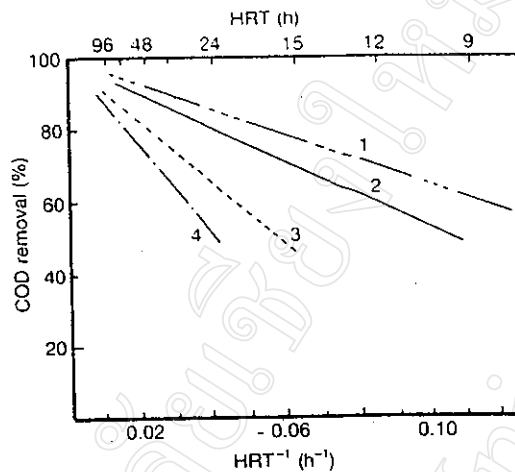


ในระยะที่ 3 นี้ จุลินทรีย์จะนำสารที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระยะที่ 2 อันได้แก่ กรดโวลไทล์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจน และอื่นๆ โดยนำสารเหล่านี้ไปใช้เป็นสารอาหารและแหล่งพลังงาน การย่อยสลายกรดโวลไทล์ในระยะนี้จะเป็นการลดค่า COD หรือ BOD ในน้ำเสีย และเกิดก๊าซมีเทนขึ้น โดยพลังงานเคมีที่อยู่ในรูป 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 ยังพบว่าการหลุดออกไปของจุลินทรีย์ที่สร้างมีเทน เมื่อมีค่าเวลากักเก็บตะกอนต่ำกว่า 4 วัน ทำให้มีการพัฒนาระบบนี้ โดยเน้นที่ระยะเวลากักเก็บตะกอนให้สูงกว่าระบบอื่น ๆ

2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ในกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะสามารถกำจัดสารอินทรีย์ได้เฉพาะในขั้นตอนที่จุลินทรีย์สร้างก๊าซมีเทนเท่านั้น (McCarty, 1966) โดยอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ของกระบวนการขึ้นอยู่กับอัตราการย่อยสลายกรดไขมันไปเป็นก๊าซมีเทน สาเหตุเพราะก๊าซมีเทนเป็นผลผลิตขั้นสุดท้ายของกระบวนการ เป็นก๊าซที่มีพลังงานสูง ทำให้จุลินทรีย์ที่สร้างก๊าซมีเทนได้รับพลังงานเพื่อนำไปใช้ในการดำรงชีวิตและเจริญเติบโตได้ต่ำ อีกทั้งจุลินทรีย์เหล่านี้มีความสามารถใช้สารอาหารที่จำกัด และสามารถดำรงชีวิตในสภาวะแวดล้อมจำเพาะเท่านั้น ดังนั้น หากปัจจัยใด ๆ ที่มีผลต่อกลไกการย่อยสลายของจุลินทรีย์เหล่านี้เปลี่ยนแปลงไป จะเป็นผลให้ประสิทธิภาพและเสถียรภาพของกระบวนการเปลี่ยนแปลงไปด้วย โดยสรุป สายพานิช, 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

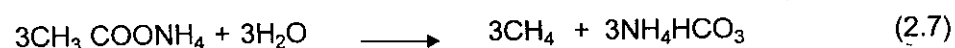
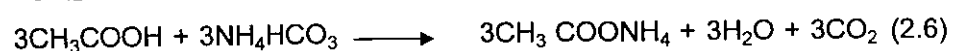
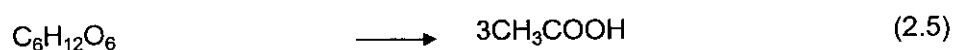
อย่างไรก็ตาม Stander, G.J., 1966 พบว่า การบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่อุณหภูมิสูง ๆ จะมีข้อจำกัดเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารอินทรีย์บางชนิดจะเป็นพิษมากขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้น

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) กรดโวลาทิล และสภาพความเป็นด่าง

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

VFA/Alk < 0.3-0.4 ระบบทำงานได้ดี

VFA/Alk > 0.8 ระบบล้มเหลว

โดยกรดโวลาทิลวัดในรูปกรดอะซิติก (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. เวลาที่น้ำที่ทำการศึกษา 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

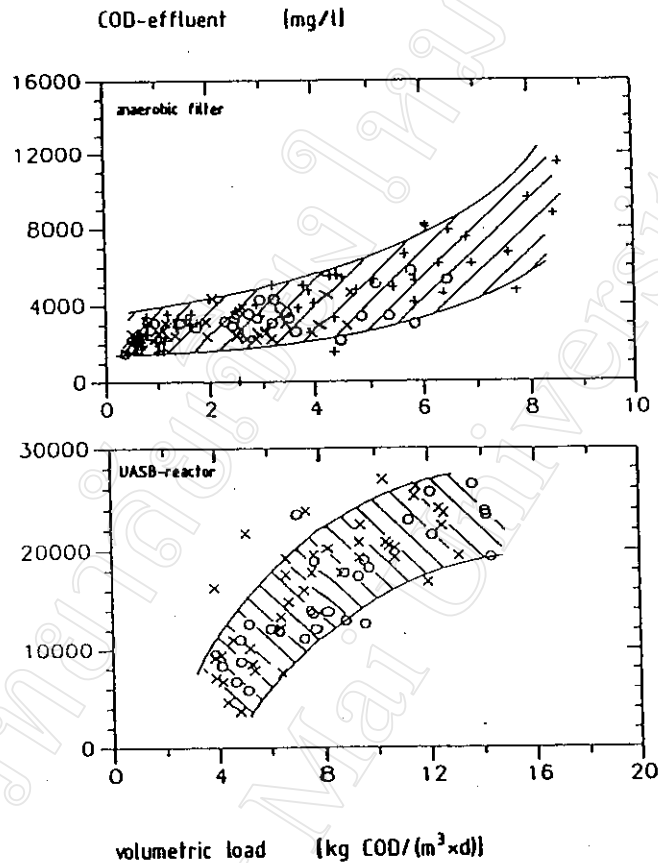
Attal, A. et al.,1992 ได้ทำการศึกษาการย่อยสลายของมูลฝอยชุมชนในบริเวณที่ฝังกลบโดยการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างจากการเจาะบริเวณที่ฝังกลบมูลฝอยตามอายุต่าง ๆ ของมูลฝอย แล้วทำการวัดสภาวะการย่อยสลายของมูลฝอยโดยตรวจสอบจากอัตราความสามารถในการย่อยสลายทางชีววิทยา และขีดความสามารถของการให้ก๊าซมีเทนออกมา 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 ได้ทำการศึกษาถึงลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอยโดยอาศัยถึงจำลองจำนวน 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 โดยในการทำการวิจัยครั้งนี้ 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 สำหรับความหนาของชั้นกรองพื้นหลุมฝังกลบมูลฝอยนี้จะไม่มีความแตกต่างกันในกรณีใช้ท่อ 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 เนื่องจากเกิดการตกตะกอนของเหล็กละและแคลเซียม 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 ค่าอัตราการบรรทุกจะเพิ่มขึ้นไปถึง 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 เนื่องจากไม่ทราบว่าคุณสมบัติของการบำบัดจะมีการเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงใด เพราะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหินที่ใช้เป็นตัวกลางภายในถังกรอง มีความเปลี่ยนแปลงได้มาก อย่างไรก็ตาม เป็นไปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาตรช่องว่างของถังกรองในกรณีที่มีการออกแบบให้เหมาะสม สามารถเพิ่มค่าภาระบรรทุกมากขึ้นเป็นสองเท่า โดยไม่มีการสูญเสียประสิทธิภาพการบำบัดแต่อย่างใด