



4181 Anaerobik Arıtma Sistemlerinde Proses Tasarımı

4. Ders

PROSES PARAMETRELERİ-İŞLETME

Doç. Dr. Ahmet GÜNAY

Balıkesir Üniversitesi,

Mühendislik Fakültesi

Çevre Müh. Böl.

Çağış/Balıkesir

agunay@balikesir.edu.tr

ahmetgunay2@gmail.com

+90 505 529 43 17



PROSES PARAMETRELERİ



SİSTEM KONSEPTİ

- **Metan gazı üretimi:** Sistem, biyogazı enerji kaynağı olarak kullanılacak şekilde tasarlandıysa giderilen substrat başına üretilen metan gazı miktarı önemlidir. ($L CH_4/KOİ_{gid.}$, $L CH_4/BOİ_{gid.}$, $L CH_4/VSS_{dest.}$)
- **Toksik bileşenler:** Mikrobiyal gelişmeyi inhibe edebilecek toksik bileşenlerin belirli limitleri aşmaması gerekir. Bu limit genellikle artılabilirlik çalışmaları ile belirlenir.
- **Nütrientler ve iz elementler:** Temel nütrientler olan, azot, fosfor ve kükürt 50:10:5 oranında olmalıdır (N:P:S=50:10:5). İz elementler, demir, bakır, nikeli çinko, ve diğ. bileşenlerin atıksuda bulunması gerekir.
- **Uçucu yağ asitleri (UYA):** $UYA < 1000-1500$ mg/l olmalıdır.
- **Atıksuyun alkalinite:** Ham atıksuda gram $KOİ$ başına 2000-4000 (2000) mg/l $CaCO_3$ alkalinite genellikle pH'ı nötr menzilde tutmak için yeterlidir. $TUYA/Alkalinite < 0.1-0.25$ (0.35) olmalıdır.

Sistem, atıksuyun sürekli olarak beslenebileceği tümüyle kapalı bir reaktörden oluşur. Açığa çıkan biyogaz, gaz toplama siteminde biriktirilir ve enerji kaynağı olarak kullanılır.



TASARIM YAKLAŞIMI

Anaerobik arıtma proseslerinin tasarımında esas alınan temel hususlar;

- **Atıksuyun tipi ve miktarı:** Anaerobik arıtma, düşük kuvvetlilikteki atıksular için de yaygınlaşmakla birlikte, kuvvetli endüstriyel atıksular için uygundur. Düşük KOİ ya da BOİ içeren atıksular enerji kaynağı olarak kullanılabilir yeterli miktarda metan üretmez.
- **İstenen artıma verimi:** Yüksek kuvvetlilikteki atıksular için anaerobik arıtmadan sonra aerobik arıtma uygulandığında genellikle organik madde ve askıda katı madde gideriminde istenen verime ulaşılabilir.
- **Debi ve organik madde salınımları:** Atıksu debisindeki salınımlar ve organik içerikteki değişimler asit üretimi ve metan üretimi arasındaki dengeyi bozabilir ve prosesin performansını olumsuz etkileyebilir .
- **Sıcaklık ve pH:** Anaerobik arıtma normalde mezofilik sıcaklık menziline (25-35 °C) işletilir. İşletme pH'sı nötr menzildedir (opt. pH 6.80~7.20; 6.40-7.4 tolere edilebilir). Düşük pH değeri metan üretimini inhibe eder.

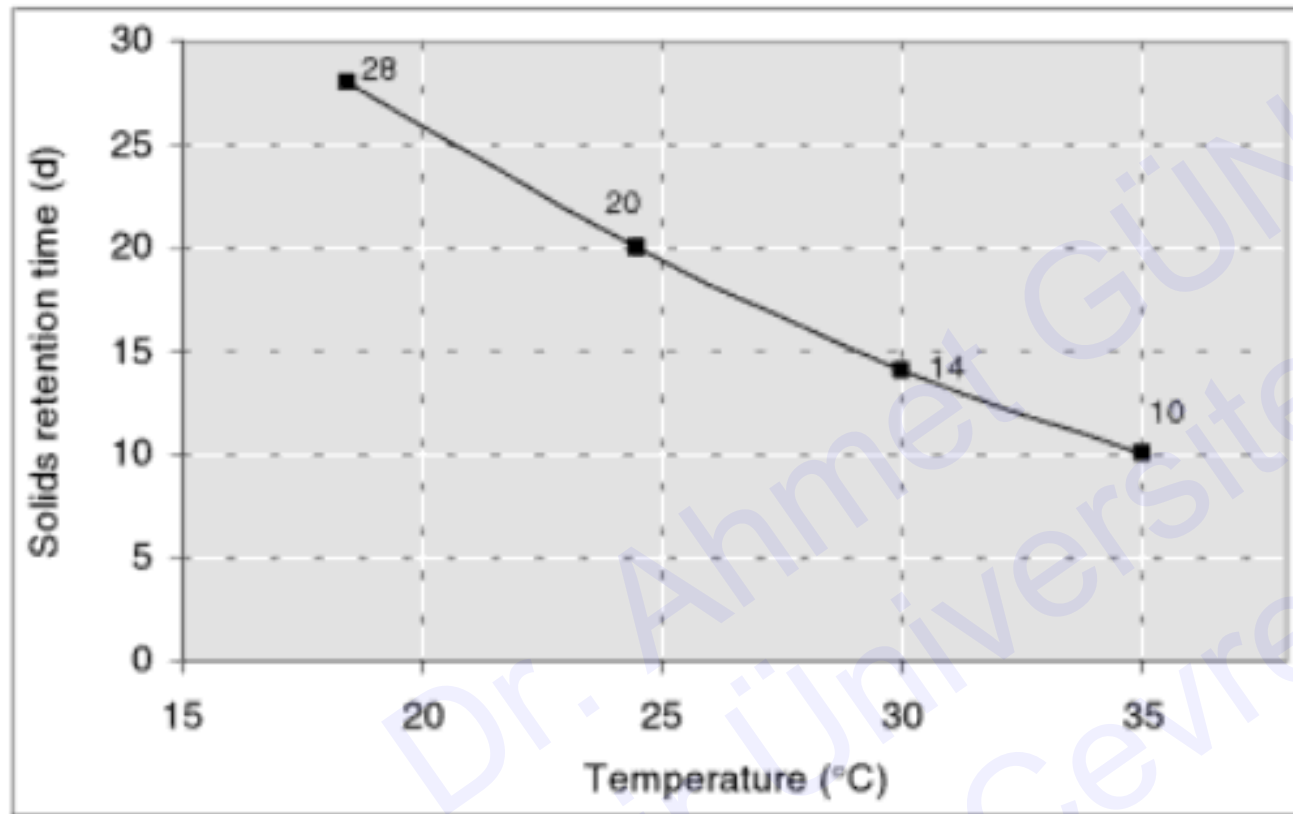


Figure 4.3. Design recommendations for completely mixed anaerobic digesters (adapted from Metcalf and Eddy, 1991)

Carlos Augusto de Lemos Chernicharo, **Anaerobic reactors, p 55**

SICAKLIK

Sıcaklık bakteri üremesini etkileyen en önemli çevre faktörlerinden biridir. Diğer mikroorganizmalarda olduğu gibi, anaerobik bakterilerin üreme hızları belli bir değere kadar sıcaklıkla artar ve daha sonra azalır. Sıcaklık, üreme hızını etkilemesi yanında, viskozite, yüzey gerilimi ve kütle aktarımı gibi fiziksel parametreleri de etkiler.

Organik atıkların anaerobik arıtımı genellikle iki sıcaklık aralığında yapılır: mezofilik bölge 25-40°C ve 45°C'in üzerinde termofilik bölge.

Anaerobik bozunma psikrofilik sıcaklık aralığında da (25°C'in altında) devam eder. Anaerobik bakteriler düşük sıcaklıklara kolayca adapte olabilirler.

Sıcaklık mezofilik bölgeden psikrofilik bölgeye düşürüldüğünde populasyonun kompozisyonu değişmez. Bu, düşük sıcaklıkta psikrofilik mikroorganizmaların varlığını değil, psikrotolerant mikroorganizmaların aktif olduğunu gösterir.

Termofilik sıcaklık aralığının pek çok avantajı vardır. Yüksek sıcaklıkta:

- Reaksiyon daha hızlı ve hidrolik bekleme süresi kısadır, dolayısıyla aynı atığın bozunması için gerekli reaktör hacmi daha küçüktür,
- Partikül maddenin hidrolizi daha hızlıdır,
- Patojenler daha kolay yok edilir.



Temperature Class	Normal Temperature Range for Growth (°C)
Psychrophile	-5 to 20
Mesophile	8 to 45
Thermophile	40 to 70
Hyperthermophile	65 to 110

- **Psikrofilik:** Düşük teknolojili-ısıtmasız <20 °C (5-25 °C).
- **Mezofilik:** 20-45 (35) °C. (En iyi 35-36.5 °C)
- **Termofilik:** >45 (55) °C. (Optimum 55 °C) (Devreye alması uzun sürer, proses hızlıdır, enerji tüketir, patojen giderme verimi yüksektir.)

En ideal işletme sıcaklığı hacimce %30'un altında karbondioksit üretimini veren sıcaklıktır.

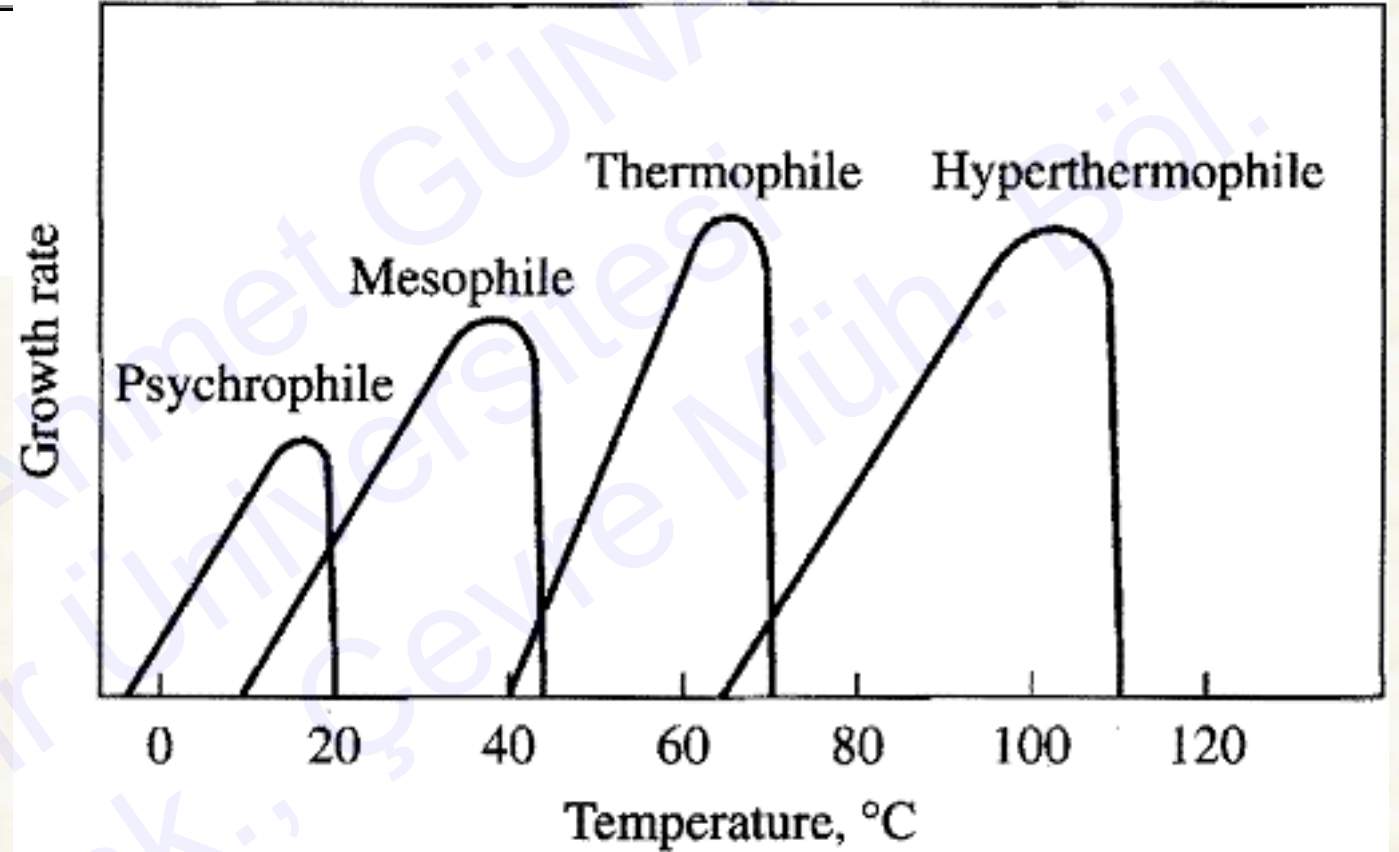


Figure 1.5

Effect of temperature on growth rate of different temperature classes of bacteria.

Termofilik arıtmanın, psikrofilik ve mezofilik arıtmaya göre **yüksek metabolizma hızı ve patajonlerle yabancı ot tohumlarını yüksek parçalama hızı gibi avantajları vardır.** Ancak, bunların yanında, mezofilik arıtmaya göre ısıtma için enerji ihtiyacı fazladır. Anaerobik arıtma mezofilik (35 °C) ve termofilik (55-60 °C) sıcaklık değerlerinde gerçekleşir.

Metanojenik aktivite psikrofilik (15 °C civarı) ve ekstremofilik (65 °C civarı) sıcaklıklarda da gözlenir. Organik maddelerin anaerobik parçalanmasının 2 °C'nin altında bile gerçekleştiği gözlenmiştir.

Anaerobik arıtma çoğunlukla mezofilik ve termofilik sıcaklık menziline uygulanmakla birlikte, tropikal bölgelerde ortam sıcaklığında da arıtma yapılabilir. Tropikal bölgelerde sıcaklık kontrolü yapılmadan da arıtma yapılabilir ve arıtma prosesi, sıcaklığın gündüz-gece değişimleri ile hava koşullarına bağlıdır.

Tropikal bölgelerde gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkı 5-10 °C'dir. Kuru (yağmursuz) sezonda (Kasım-Nisan) gündüz ölçülen ortalama maksimum sıcaklık 28 °C, gece ölçülen minimum sıcaklık ortalaması ise 18 °C'dir. Yağmur sezonunda (Mayıs-Eylül) maksimum ve minimum sıcaklık ortalamaları sırasıyla 32 ve 24 °C'dir.

Sıcaklığın 20-35 °C aralığında değiştiği tropikal bölgelerde; yüksek hızlı anaerobik reaktörler evsel atıksuların artımı için iyi bir alternatif olarak düşünülmektedir. Bunun yanında ılıman ve soğuk iklimlerde de başarıyla işletilen örneklerine rastlanmaktadır.



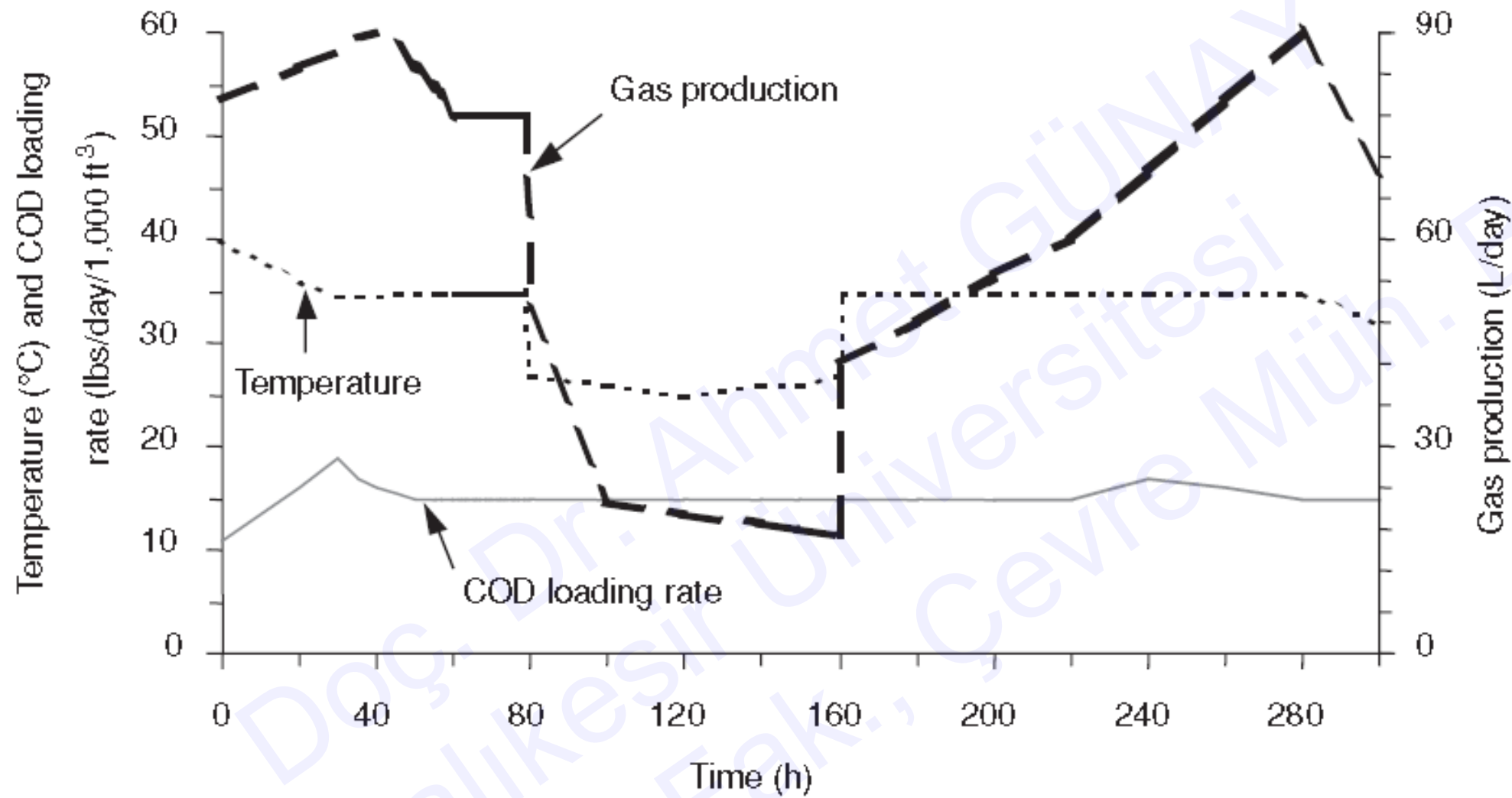


FIG. 3.3. Effect of temperature change on biogas production rate.

Source: Speece (1996). Reprinted with permission.

Sıcaklığın azalması **kimyasal ve enzimatik faaliyetlerin azalmasına**, ayrıca büyümenin yavaşlamasına sebep olur. Çok düşük sıcaklıklarda ise büyüme tamamen durur yalnızca hayatta kalınır. Minimum büyüme sıcaklığı, hücre membranının uygun fonksiyonlarını kaybetmesi ile sonraki adımda uyku halinin oluşması ve bileşenlerin salgılanmasında rahatsızlık oluşmasına karşı gelir. Diğer yandan, sıcaklık arttığında enzimatik faaliyetler ve büyüme, **sıcaklık optimum oluncaya kadar artar, daha fazla artışta ise protein, nükleik asit ve diğer hücresel bileşenler tersinmez şekilde zarar görürler**. Yani, sıcaklık artışı belli bir optimuma kadar, organik maddelerin parçalanması açısından iyidir, ancak sıcaklığın çok artması metabolizmaya zarar verir.

Çoğu anaerobik arıtma sistemi mezofilik çalışır, çünkü psikrofilik şartlarda düşük parçalanma hızı ile yüksek hidrolik bekletme süresi ve yüksek çamur yaşına ihtiyaç duyulur.

Her ne kadar üzerine çalışma yapılsa da psikrofilik anaerobik arıtma için hidrolik bekletme süresi ya da organik yükleme değerleri için optimum tasarım parametreleri belirlenmemiştir.

Düşük sıcaklıkta CO₂ çözünürlüğü artar bu da pH'ın düşmesine sebep olur.

Düşük sıcaklıkta sıvı viskozitesi artar, bu nedenle reaktör içinde yüksek karışım olur bu da sıvı-katı faz ayrımını zorlaştırır. Sıvı viskozitesi ile ilgili olarak, çözünür bileşenlerin difüzyonunun, sıcaklığın azalmasıyla azaldığı söylenebilir.



Reaktörlerdeki biyokütle miktarı (aynı zamanda çamur yaşı) arttıkça sistemin, düşük sıcaklık etkilerini dengeleme kapasitesi de artar. Anaerobik arıtmada sıcaklığın, olabildiğince sabit tutulması ve gün içinde 2°C'den fazla değişmemesi gerekir.

Çoğalma hızları daha yüksek olan asit bakterileri, sıcaklık değişimlerine daha çabuk uyum sağlarlar. Ancak metan bakterileri bu değişime aynı hızla uyum gösteremedikleri için sistemde dengesizlik ve uçucu asit birikimi gözlenir.

Düşük sıcaklıklarda aktif biyokütlenin büyümesi çok zor ve zaman alıcıdır ayrıca anaerobik çamurun spesifik aktivitesi 35 °C'de; 20 °C'ye göre iki kat, 10 °C'ye göre ise altı kat daha fazladır.

Bundan dolayı reaktör düşük sıcaklıklarda işletilecekse dahi başlangıç periyodu mezofilik veya termofilik şartlarda yapılmalıdır ve her türlü şartta mikroorganizmalara zarar vereceğinden dolayı ani sıcaklık değişimlerinden kaçınılmalıdır.

Anaerobik arıtma sistemlerinin tasarımındaki en önemli çevre parametresi, reaktör sıvı ortam sıcaklığıdır. Pratikte genellikle mezofilik reaktörler yaygındır, termofilik reaktörler nadiren kullanılır.



Growth yield of anaerobic microorganisms, and especially methanogens, is extremely low when compared to aerobic microorganisms, and “ k ” is dependent on temperature. Below 20°C, SRT_{min} may exceed 30 days for methanogens. Thus, efficient treatment of dilute wastewater at a low temperature requires a longer SRT. In a continuous stirred tank reactor, longer SRT (or longer HRT) means bigger reactor size. From an economic standpoint, such reactor configuration is not suitable for treating dilute wastewater. In high-rate reactors, such as upflow anaerobic sludge blanket (UASB), anaerobic filter, and fluidized/expanded-bed reactor, the temperature control becomes less important and dilute wastewater can be treated efficiently due to extremely long SRT irrespective of HRT. Methane fermentation has been reported to proceed effectively at temperatures as low as 10–20°C and chemical oxygen demand (COD) concentrations of 200–600 mg/L in an attached growth system (Switzenbaum and Jewell 1980). Anaerobic membrane bioreactor (AnMBR) can also be employed in treating medium-to low-strength wastewater at low temperatures (Ho et al. 2007). AnMBR maintains a long SRT due to retention of biomass in the bioreactor.

Anaerobik proseslerin ani sıcaklık değişimine karşı gösterdikleri tipik davranışlar:

- Düşük sıcaklıklarda mikrobiyal aktivite düşer.
- Yarı doygunluk sabiti K_s artar.
- Uzun süreli sıcaklık değişimlerinde predominant mikroorganizma grubu ve hız sınırlayıcı basamak değişebilir.
- Düşük sıcaklıklarda biyokütle dönüşüm katsayısı artar (düşük hidroliz ve içsel solunum değerine bağlı olarak).
- Çoğalma hızının düşük olması, mikroorganizmaların toparlanma ve adapte olma sürelerinin yavaşlamasına sebep olur.
- Biyofilm halindeki sistemler, askıda çoğalan sistemlere nazaran sıcaklık değişimine karşı daha hassastırlar (Niçin?).



Table 3.1: Performance of UASB reactor treatment of landfill leachate.

Reactor type	Temp. (°C)	OLR* (kg COD/m ³ .d)	HRT (d)	COD removal (%)	References
UASB	18-23	3.3	0.96	57-60	Kettunen and Rintala (1998)
UASB	19-23	3.2	0.54	71-77	Kettunen and Rintala (1998)
UASB	12-14	1.5	1.3	49-55	Kettunen and Rintala (1998)
UASB	37	0.44-1.47	10-3	44-58	Mendez et al. (1989)
UASB	35	0.31-1.92	10.67-1.85	55.8-64.5	Mendez et al. (1989)
UASB-AF	35	1.43-21.79	7.67-2.68	67.9-92.8	Chang (1989)
UASB-AF	35	21.65-29.0	1	84.5-95	Myburg and Britz (1993)
UASB-AF	37	9.15-12.99	2-1.4	91-93	Britz et al. (1990)
UASB-AF	37	14.53-20.54	1.2-0.9	82-89	Britz et al. (1990)
UASB	35	9.4	2.3	87	Rumpf and Ferguson (1990)
UA Hybrid	35	21.65-29.0	1	80-95	Myburg and Britz (1993)
UASB	35	6.8	2.4	88	Berueta and Castrillon (1992)
UASB	35	1.3-8.2	2.4 -2	75-90	Inanc et al. (2000)

*OLR: Organic loading rate



İŞLETME



TABLE Operational Conditions for Acceptable Activity of Methane-forming Bacteria and Methane Production

Condition	Optimum	Marginal
Alkalinity, mg/l as CaCO ₃	1500-3000	1000-1500 3000-5000
Gas composition		
Methane, % volume	65-70	65-70 & 70-75
Carbon dioxide, % volume	30-35	25-30 & 35-40
Hydraulic retention time, days	10-15	7-10 & 15-30
pH	6.8-7.2	6.6-6.8 & 7.2-7.6
Temperature, mesophilic	30-35 °C	20-30 & 35-40 °C
Temperature, thermophilic	50-56 °C	45-50 & 57-60 °C
Volatile acids, mg/l as acetic acid	50-500	500-2000

Volatile fatty acids (VFA) The most common on-line analysis technique is the total concentration of VFAs in the reactor. Low VFA concentrations (<100 mg/L) indicate that methanogenesis is not the rate limiting step. Furthermore, propionic acid has been shown to have the lowest tolerance level among the VFAs for the anaerobic bacteria. Propionic acid accumulated in anaerobic digesters during overloading and was difficult to remove during recovery (Fang et al., 1995). Speece (1996) stated that elevated VFA concentrations should be considered to be a result of trace metal deficiency in the acetogens or hydrogen-utilizing methanogens, unless proven otherwise. VFA concentrations should normally range between 50-100 mg/L. Stronach and Lester (1986) note that methanogenic populations were inhibited at propionate concentrations in excess of 300 mg/L, although this effect could be overcome by acclimation.

Unbalanced Systems

Indicators:

- volatile fatty acids (VFA) conc.: **most important or utilized indicator**
- pH (related to VFA, CO₂)
- CO₂ in gas increasing
- total gas production decreasing
- waste treatment/stabilization decreasing

Factors:

- temperature
- organic loading (waste strength)
- nature of waste

How to detect a failing anaerobic treatment process

- Odour
- Explosion (worst case !! – extremely rare)
- Foaming
- Low pH value
- No or low biogas production
- Low methane content in biogas
- Volatile solids (VS) fraction in effluent close to the VS fraction in the influent, indicating no VS removal



Main possible causes of process failure

- Organic overload (too much BOD added per m³ and day) This applies particularly to easily degradable substrate, e.g. brewery wastewater
- Insufficient alkalinity and therefore a drop in pH (could add alkalinity, e.g. lime)
- Toxic substances in influent are inhibiting methanogens (this applies only to industrial wastewater)

Condition	Example
Hydraulic overload	Overpumping of dilute feed sludge
Organic overload	Overpumping of concentrated feed sludge
pH changes	Drop in pH (<6.8) and loss of alkalinity
Temperature fluctuations	Overpumping of feed sludge
Toxicity	Specific inorganic and organic wastes
Large withdrawal of sludge	Excess withdrawal of sludge and reduced retention time
Sudden changes	Rapid increase in nitrate ion concentration

TABLE Indicators of Unstable Anaerobic Digesters

Indicator	Decrease	Increase
Biogas production	X	
Methane production	X	
Alkalinity	X	
pH	X	
Volatile solids destruction	X	
Volatile acid concentration		X
Percent CO ₂ in biogas		X



The SRT is the primary factor determining the performance of anaerobic processes. An SRT of 15 to 20 days is generally required to achieve stable, reliable performance at 35°C. Many high-rate processes have SRTs in excess of 30 to 50 days, and sometimes even 100 days. These very high SRTs may partially account for their stability.

It is not possible to precisely determine the SRT for some bioreactors. In such cases, the VOL is used to characterize process performance. The VOL is related to the SRT through the process yield and the biomass concentration.

The performance of some high-rate anaerobic processes, such as AF, UASB, hybrid UASB/AF, DSFF, and FB/EB, is affected by the total hydraulic loading (THL). The THL is the total bioreactor influent flow rate, including recirculation, divided by the cross-sectional area perpendicular to flow. Total hydraulic loading criteria include maximum values to prevent biomass washout and minimum criteria to fluidize/expand media or to ensure good flow distribution,

Optimum performance of anaerobic processes is generally achieved by operation at a temperature near the optimum for mesophilic (30°C to 40°C) or thermophilic (50°C to 60 °C) microorganisms. Acceptable performance can be achieved at temperatures below these values **if an increased SRT is provided** and if sufficient time is allowed for **acclimation**. Short term temperature fluctuations must be avoided, with a typical goal of no more than 1 °C/day.

Sodium bicarbonate is the most desirable chemical for pH adjustment, other options result in pH variations as the added chemical reacts with carbon dioxide, removing it from the gas space. When the carbon dioxide balance is restored through continued metabolic activity, a second pH shift occurs. Addition of calcium based chemicals can also cause the precipitation of calcium carbonate.

Total ammonia (the sum of the free plus ionized ammonia species) concentrations of 50 to 200 mg/L as N stimulate microbial growth in anaerobic processes. However, free ammonia (NH_3) can be inhibitory if it reaches concentrations of about 100 mg/L as N. The fraction of total ammonia present as free ammonia increases with increasing temperature and pH.

Three strategies are available for reducing ammonia toxicity, including:

- (1) reducing the temperature,
- (2) reducing the pH and
- (3) reducing the total ammonia concentration. The pH can be reduced by the addition of hydrochloric acid.



Dissolved sulfide is toxic to anaerobic processes at a concentration of about 100 mg/L (200 mg/L with acclimation). Sulfide is formed by the destruction of sulfur-containing organic matter and by the reduction of sulfate. The possibility of sulfide inhibition must be considered for waste-waters with **COD/SO₄ ratios less than about 7,5.**

Sulfide reacts with heavy metals, forming insoluble precipitates that are not inhibitory. The reduction of sulfate requires electrons from biodegradable organic matter, thereby decreasing the number available for methane production. Sulfide production also decreases the degree of waste stabilization because soluble sulfide exerts an oxygen demand.

Dissolved heavy metals can be quite Toxic to anaerobic processes. However, the presence of dissolved sulfides minimizes their effect since the sulfide precipitates of heavy metals are quite insoluble. Evidence concerning inhibition by volatile acids is mixed. Andrews and coworkers have suggested that it is the **nonionized form of the VFAs that is actually inhibitory**, with concentrations on the order of 30 to 60 mg/ L having an effect. **At neutral pH relatively high total VFA concentrations are required to cause nonionized concentrations in that range.**



A wide variety of organic compounds can inhibit anaerobic processes. However, biomass can become acclimated to many of these compounds and cultures can acquire the ability to biodegrade many of them.

Because the net process yield is low in anaerobic systems, nutrient limitations are seldom encountered when treating complex wastewaters, but they may occur when treating certain high-strength industrial wastewaters.

Nutrients of concern include the macronutrients nitrogen and phosphorus and the micronutrients iron, nickel, cobalt, sulfur, and calcium.

Several approaches are used to mix anaerobic processes, including **effluent recirculation, gas recirculation, and mechanical mixing**. Mixing in anaerobic digesters is particularly challenging because of the thixotropic nature of the solids processed.

The nature of the organic matter fed to an anaerobic process can dramatically affect its performance. For example, the biodegradable portion of the particulate organic matter in primary solids is typically about 70%, while the biodegradable portion of the particulate organic matter in waste activated sludge typically ranges from 30 to 50%, depending on the SRT of the activated sludge system from which it came.

Anaerobic digesters are typically designed with SRTs on the order of 15 to 20 days at 35°C to achieve good stabilization of biodegradable organic



Anaerobic digesters are typically designed with SRTs on the order of 15 to 20 days at 35°C to achieve good stabilization of biodegradable organic matter and control of pathogens. Design procedures must also consider variations in influent flow rates and requirements to periodically remove units from service for maintenance.

Low- and high-rate anaerobic processes are often designed using VOLs and other parameters based on pilot-scale and full-scale experience. Pilot tests may be needed to design a specific installation, or previous experience with the subject wastewater in anaerobic processes may provide sufficient information for design. The procedures used to design many anaerobic process options are analogous to those used to design other processes considered in this book.

Several solids fermentation process configurations are available. In general, fermentation processes are operated at SRTs that are short enough to preclude the growth of aceticlastic methanogens. Control procedures for anaerobic processes generally require monitoring the bioreactor pH, the volatile acids to alkalinity ratio, and the methane production rate.

Foaming removes active biomass from the liquid phase in the bioreactor, thereby interfering with anaerobic treatment. It can be caused by incomplete metabolism of influent organic matter or by the presence of *Nocardia*.



Foaming caused by incomplete metabolism can be reduced by reducing the process loading. Foaming caused by *Nocardia* requires its elimination from the feed by appropriate control of the activated sludge system producing it.

Precipitates can form in anaerobic processes and cause scaling of surfaces and plugging of piping. One frequently encountered precipitate is struvite (MgNH_4PO_4). It is encountered when complex wastes are degraded, resulting in releases of high concentrations of magnesium, ammonia, and phosphate. Calcium carbonate can form when wastes that are high in calcium (such as dairy wastes) are treated.



Biokinetic parameters (half-velocity constant, yield coefficient, specific growth rate, specific substrate utilization rate, etc.)

	Doubling Time	Cell Yield	Cell Activity	ks
	days	g VSS g ⁻¹ COD	g COD g ⁻¹ VSS d ⁻¹	mM
Active Sludge (sugar)				
Aerobic Bacteria	0,030	0,40	57,8	0,25
Acidification (sugar)				
Fermentative Bacteria	0,125	0,14	39,6	ND
Acetogenesis (fatty acids)				
Acetogenic Bacteria	3,5	0,03	6,6	0,4
Methanogenesis				
Autotrophic (H₂)	0,5	0,07	19,6	0,004
Acetoclastic (acetate)				
Methanosarcina	1,5	0,04	11,6	5,0
Methanosaete	7,0	0,02	5,0	0,3



Biogas production and composition

The measurement of the quality and composition of the biogas produced, in terms of methane and carbon dioxide content is of fundamental importance to evaluate the stability of the process. **When the process is stable the amount and composition of the biogas are stable too.** A decrease in biogas production contemporary to an increase in CO₂ content can indicate an inhibition of the methanogenesis of the system. i.e. because of the presence of high level of volatile fatty acids or ammonia. Therefore, the analysis of the biogas production and composition should be performed besides the determination of VFAs and alkalinity concentration in the medium. In fact these parameters are strictly linked one to each other, but only a global evaluation can give an explanation of the stability of the process.

In particular three different situations can be observed:

- when the VFA concentration is low, e.g. < 1000 mg COD/l, and the biogas production high, with a carbon dioxide content around the 25-33%. the process is stable and the trophic chain is correctly balanced;
- when VFA concentration in the medium and the carbon dioxide content in biogas simultaneously increase, the process is going to be upset and the acidifying microorganisms are prevailing on the methanogenic ones; therefore, VFAs are accumulating in the medium;
- When the VFAs concentration increases and the biogas production decreases inhibition or toxicity problems can be the cause.

Organic Acids, pH, and Alkalinity

Organic acids, pH, and alkalinity are related parameters that influence digester performance (McCarty, 1964; WPCF, 1987).

Under conditions of **overloading and the presence of inhibitors**, methanogenic activity cannot remove hydrogen and organic acids as quickly as they are produced. The result is accumulation of acids, depletion of buffer, and **depression of pH**. If uncorrected via pH control and reduction in feeding, the pH will drop to levels which stop the fermentation.

Independent of pH, extremely high volatile acid levels (>10,000 mg/l) also inhibit performance.

The major alkalis contributing to alkalinity are ammonia and bicarbonate. A normal, healthy **volatile acid-to-alkalinity ratio is 0,1**. Increases to ratios of 0.5 indicate the onset of failure, and a ratio of 1.0 or greater is associated with total failure.

The most common chemicals for pH control are lime and sodium bicarbonate. Lime produces calcium bicarbonate up to the point of solubility of 1000 mg/l. **Sodium bicarbonate adds directly to the bicarbonate alkalinity without reacting with carbon dioxide.**