

## ATIKSU ARITIMINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ REHBERİ



Ankara, Ekim- 2010



## İçindekiler

<b>1</b>	<b>GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ATIKSU ARITMA TESİSİ-GENEL TANIM</b> .....	<b>2</b>
2.1	Atıksu Arıtma Tesisi'nin Genel Tanımı .....	2
2.2	İşletmede Enerji Yönetimi .....	5
<b>3</b>	<b>ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖNLEMLERİ</b> .....	<b>6</b>
3.1	Giriş .....	6
3.1.1	Önlemlerin Etkisi .....	7
3.1.2	Yatırımlar .....	8
3.1.3	Geri ödeme Süresi .....	8
3.2	Önlemlerin Sınıflandırılması .....	9
3.2.1	Suyla İlgili Önlemler .....	9
3.2.2	Çamurla İlgili Önlemler .....	11
3.2.3	Havanın Temizlenmesine Yönelik Önlemler .....	13
3.3	Karar Vermede Kullanılacak Yöntem .....	13
3.4	Genel Önlemler .....	18
3.4.1	Havalandırma Sistem Türleri .....	18
3.4.1.1	Yüzey Havalandırma .....	18
3.4.1.2	Kabarcıklı havalandırma .....	19
3.4.2	Havalandırmanın Kontrolü .....	20
3.4.3	Tesis Tasarımı .....	22
3.4.4	Ekipman .....	23
3.4.5	Karıştırma ve Tahrik .....	24
3.4.6	Hidrolik Sistem .....	25
3.4.7	Egzozdan Gelen Havanın Temizlenmesi .....	27
3.4.8	Hava Çekme .....	27
3.4.9	Çamur Sistemi .....	28
3.5	Çürütme .....	29
3.5.1	Donanım .....	30
3.5.2	Enerji Üretimi .....	31
3.5.3	Biyogaz .....	33
3.5.4	Önçöktürme .....	34
3.5.5	Çamurun Ön-Arıtılması .....	34
3.5.6	İşletme .....	35
3.5.7	Üçüncü taraflar .....	36
3.5.8	Yoğunlaştırma .....	36
3.5.9	Yan akımların Arıtılması .....	37
3.5.10	Isının Tekrar Kullanımı .....	38
3.6	Susuzlaştırma .....	39
3.6.1	Ekipmanlar/Konfigürasyon .....	39
3.6.2	Kontrol .....	40
3.6.3	Çamur Beslemesi .....	41
3.7	Nutrient (N, P) Giderimi .....	41
3.7.1	Tesis Konfigürasyonu .....	42
3.7.2	Proses Kontrol .....	43
3.7.3	İleri Arıtma Teknikleri .....	44



# 1 GİRİŞ

Türkiye-Hollanda ikili işbirliği, G2G projesi çerçevesinde yürütülen “Atıksu Arıtımında Enerji Verimliliği Projesi” kapsamında Türkiye’deki atıksu arıtma sektöründe enerji verimliliğini sağlamak amacıyla hazırlanmış olan bu rehber, atıksu arıtma tesislerinde enerji verimliliğinin nasıl artırılacağı konusunda bilgi kaynağı olmayı hedeflemektedir.

Rehber kapsamında teknolojik en iyi uygulama örnekleri, kentsel atıksu arıtma alanındaki enerji tüketimine yönelik tasarım ve işletim kriterleri ve belediyelerin enerji verimliliğini arttırarak CO<sub>2</sub> salınımlarını azaltmalarına yönelik tavsiyeler yer almaktadır.

Yıllarca yapılan uygulamalar ve işletme tecrübeleri çerçevesinde artık biliyoruz ki; atıksu arıtma tesislerinde enerji verimliliği konusu gelecek yıllar için de ciddi önem arz etmektedir. Bu doküman bu amaçla bir nevi yol gösterici bir misyon üstlenirken, diğer taraftan da tüm atıksu sektöründen gelecek olan geri dönüşler ile yaşayan ve güncellenen bir kılavuz halini alacaktır.

Önümüzdeki süreçte Türkiye’de küçük, orta ve büyük ölçekli atıksu arıtma tesisleri tasarlanmaya devam edilecektir; bu doğrultuda asgari masrafla enerji verimliliğinin sağlanabilirliği göz önünde bulundurulmalıdır. Sorun ve zorluklarla karşılaşılması beklenen alanlar :

- Karar mercilerinde atıksu arıtma alanında enerji verimliliğinden elde edilecek fırsat ve kazanımlar konusunda bilinç oluşturulması;
- Atıksu arıtma tesislerinin enerji verimliliği esaslarına uygun, etkili bir şekilde işletiminin sağlanması (işletmecilerin eğitimi);
- Atıksu arıtma tesisleri alanında faaliyet gösteren tasarım ve mühendislik firmalarının konuyla ilgili olarak bilgilendirilerek etkin ve verimli enerji kullanımının gelecek projelere dahil edilmesinin sağlanması.

şeklinde özetlenebilir.

### 2.1 Atıksu Arıtma Tesisi'nin Genel Tanımı

Tipik bir atıksu arıtma tesisi (bundan sonra 'tesis' olarak ifade edilecektir), Biyolojik Kimyasal Oksijen İhtiyacı/Kimyasal Oksijen İhtiyacı'nı (BOİ/KOİ) giderimi, biyolojik, kimyasal ya da karma yöntemlerle fosfor (P) giderimi ve nitrifikasyon ve denitrifikasyon yoluyla da biyolojik azot (N) giderimi yapılan işletmeyi ifade eder. Tipik bir tesiste bulunan üniteler aşağıdaki gibidir:

- Kaba ızgaralar
- Kum tutucu
- Ön çöktürme havuzu
- Anaerobik tank
- Selektör tankı
- Anoksik havuz
- Aerobik havuz
- Son çöktürme
- Geri devir pompa istasyonu
- Fazla çamur pompa istasyonu
- Çamur yoğunlaştırma (birincil ve ikincil çamur)
- Çamur çürütme (digestion)
- Çamur susuzlaştırma

## **Kaba ızgaralar**

Yaprak, saç, kağıt vs. kaba malzeme sistemin devamında herhangi bir tıkanıklığa neden olmaması için kaba eleklerde tutulur.

## **Kum tutucu**

Sudaki kum muhtevası kum tutucuda toplanarak sistem pompa ve borularına zarar vermemesi sağlanır.

## **Ön çöktürme havuzu**

Ön çöktürme havuzunda atıksu içindeki toplam kuru katı madde içeriği yaklaşık olarak %50 ve organik yük de (BOİ/KOİ) %30 oranında tutulup çökeltilerek birincil çamur elde edilir. Önçöktürme havuzu kullanıldığında:

- Havalandırma tankı hacmi azalır
- Çamur çürütme safhasında yüksek oranda gaz oluşumuna neden olan birincil çamur elde edilir
- Denitrifikasyon için gereken BOİ miktarı azalacağından denitrifikasyon daha zorlaşabilir.

Dolayısıyla, ön çökeltme havuzu kurulması kullanışlı olması veya olmaması, yerel şartlara bağlıdır.

## **Anaerobik tank**

Havasız ortamın sağlandığı bu havuzlar fosfor gideren bakterilerin sistemde gelişebilmesi için kullanılır Bu bakterilerin önemli bir özelliği büyümeleri için gerekli olan fosfor miktarından daha fazlasını bünyelerine alabilmeleridir. Uygun şartlar oluştuğunda kuru ağırlıklarının %2 si kadar fosfor yerine %3,5 oranında fosforu bünyelerine alabilmektedirler. Uygun şartların oluşması için değişen aerobik ve anaerobik ortam gerekmektedir. Anaerobik şartlar altında bakteriler suya fosfor bırakır ve aerobik şartlardaysa sudan fosfor alırlar. Anaerobik havuza atıksuya ilaveten anoksik havuzdan dönen içsel geri devir de katılır.

## **Selektör tankı**

Selektör, anaerobik tank çıkış suyunu ve kısmen de geri devir çamurunu alan nispeten küçük boyutlu ve anaerobik bir havuzdur. Bu havuzun bir atıksu arıtma tesisi açısından önemli olmasının nedeni filamentli bakteri türlerine kıyasla flok oluşturan bakteri türle-

rinin gelişmesi açısından daha uygun şartlara sahip olmasıdır. Filamentli bakteriler anoksik şartlarda ya hiç BOİ gideremez ya da BOİ giderme kapasiteleri yok denecek kadar azdır. Bu durum flok oluşturan bakteriler için tam tersidir. Dolayısıyla, selektördeki anoksik ortamdaki BOİ büyük ölçüde kflok oluşturan bakteriler tarafından giderilir böylece aerobik şartlara sahip aerobik havuzdaki filamentli bakteriler gelişmeleri için gereken BOİ yi bulamaz

### **Anoksik (havalandırmaz) havuz**

Selektör çıkış suyu ve aerobik havuzun sonundan gelen nitratlı içsel geri devir suyu anoksik havuza alınır. Atıksu arıtma tesisinin bu aşamasında heterotropik bakteriler çözülmüş oksijen yerine nitrat kullanmak suretiyle KOİ/BOİ oksidasyonunu sağlar. Bu denitrifikasyon sürecinde nitrat azota (gaz) indirgenir.

### **Aerobik havuz**

Sonraki aşamada, anoksik havuz çıkışı aerobik tanka verilerek geri kalan KOİ/BOİ de burada heterotropik bakterilerce oksidasyona uğrar. Sisteme gereken çözülmüş oksijen kabarcıklı ya da yüzey havalandırma yöntemiyle verilir. Ototrofik bakteriler amonyağı okside ederek sırasıyla nitrit ve nitrate dönüştürür. Bakterilerin büyümesi sonucu oluşan fazla çamur ikincil çamur olarak fazla çamur pompa istasyonunda bertaraf edilir.

### **Son çöktürme havuzu**

Sonçöktürme havuzunda çamurun sıvı ve katı fazı birbirinden ayrılır. Çöken çamur geri devir çamur pompa istasyonu vasıtasıyla selektöre aktarılırken savaklanan su da alıcı ortama deşarj edilir.

### **Çamur yoğunlaştırma**

Birincil ve ikincil çamur, kuru katı madde oranı %0,8-1,0'dan %3,5-6,0 seviyesine kadar yoğunlaştırılır. Bunun için graviteli yoğunlaştırıcı ya da mekanik yoğunlaştırıcılar kullanılır.

### **Çamur çürütme**

Yoğunlaştırılmış olan çamur çürütücüye (digester) pompalanır. Yaklaşık olarak 33°C derecede ve anaerobik koşullar altında çamurun organik kuru katı içeriği yaklaşık olarak %35-50 oranında azalır. Anaerobik bakteri, organik malzemeyi metan, CO<sub>2</sub> ve suya dönüştürür. Burada elde edilen metan bir kojeneratörde elektrik ve ısı elde etmede kullanı-



labilir. Aynı şekilde, elde edilen ısı enerjisi çürütücünün ve tesis içerisindeki binaların ısıtılmasında, elektrik enerjisi de tesisin işletmesinde kullanılabilir.

### **Çamur susuzlaştırma**

Çürütülen çamur bir santrifüjden ya da beltpresden geçirilerek susuzlaştırılır. Bu işlem sonrasında toplam katı konsantrasyonu %20-25 seviyelerine ulaşır. Susuzlaştırılmış olan çamur yakma fırınına gönderilir.

## **2.2 İşletmede Enerji Yönetimi**

Enerji verimlilik önlemlerinin başarıyla uygulanabilmesi açısından işletim kademesinde bazı önemli hususlar bulunmaktadır. İlk olarak, alınacak önlemlerin önceliklendirilmesinde arıtma işleminin farklı bileşenlerindeki enerji tüketiminin izlenmesini sağlamak esastır. İkinci olarak, işletmecilerin enerji verimliliği konusunda bilgili olması ve ilgili önlemlerin operasyonlara uygulanması konusunda da eğitilmiş olmaları önemlidir. Bu rehber, proses mühendisleri için önlemler sunmaktadır. Bu önlemlerin sahada uygulanması sırasında, işletmecilere düşen görevlerin de kesinleştirilmiş olması operasyonlarda enerji yönetiminin sağlanabilmesi açısından önemlidir.

### 3.1 Giriş

Atıksu arıtma tesisleri büyüklük, tip ve proses konfigürasyonu açısından farklılıklar gösterir. Bu açıdan, ele alınan enerji verimlilik önlemleri genel bir rehber olarak tasarlanmıştır. Bu rehber, öncelikli olarak uygun önlemlerin seçilebilmesine olanak tanıyan bir yol haritası görevi görmektedir. Rehber kullanıcısı olarak ilk düşünülen hedef kitle Atıksu arıtma tesislerinin tasarım ve optimizasyonundan sorumlu olan proses mühendisleridir. Rehberin her bir durum ve tesisin kendi özel gerekleri ışığında yeniden değerlendirilmesi gerekir. Bu nedenle, enerji verimliliği çalışmalarının etkisi ve geri ödeme süreleriyle ilgili belirli süreler belirtilmiştir. Yerel şartların olanak tanımadığı bazı durumlarda bu süreleri belirlemek mümkün olmamıştır. Rehber, herhangi bir uygulama/sistem içerisinde yer alan enerji verimliliği önlemleriyle ilgili görüş oluşturmakta kullanılabileceği gibi, enerji verimliliği önlemlerinin herhangi bir tasarım içerisinde yerince yer alıp almadığının kontrolünde de bir kontrol listesi olarak kullanılabilir. Bu rehberde özel şart ve teknik ayrıntılar yer almamaktadır. Bunun nedeni bu ayrıntıların her bir atıksu arıtma tesisinin büyüklük, tip ve diğer parametrelerine bağlı olmasıdır. Bu noktadan hareketle, rehberde özel şart ve teknik ayrıntılara girilmemiştir. Rehberin nasıl kullanılabileceği adım adım şu şekilde ifade edilebilir:

1. Rehberden muhtemel önlemlerin seçilmesi
2. Önlem içeriğinin sahadaki özel şartlara/ihtiyaçlara göre ayrıntılandırılması;
  - Enerji verimliliğine etkiler
  - Ek maliyetler, maliyet-fayda analizi
3. Önlemin uygulanması yönünde karar alınması

Yukarıda yer alan ilk aşamayla ilgili olarak rehberde ilgili önlemleri içeren kapsamlı bir liste yer almaktadır. 2. ve 3. aşamalarda ilgili tesisin kendine has mühendislik imkan ve kabiliyetleri göz önüne alınmalıdır.

### 3.1.1 Önlemlerin Etkisi

Önlemlerin enerji verimliliği açısından etkisi beş enerji tasarruf aralığıyla ifade edilir:

< %1
%1-5
%5-10
%10 -20
> %20

Bu önlemler iki şekilde kullanılabilir:

1. Hal-i hazırda işletimi sorunsuzca devam eden bir tesiste enerji verimliliği sağlamak. Bu durumda değişikliklerden kaynaklanacak masraflar göz ardı edilmemelidir.
2. Mevcut ya da yeni kurulmuş olan bir tesiste ekipman, proses vs. konularda tercih/karar yapmak. Söz konusu olan mevcut bir atıksu arıtma tesisiyse süreç yenileştirme (renovasyon) odaklı, söz konusu olan yeni kurulacak bir tesis ise süreç tasarım odaklı olacaktır. Her iki durumda da arzu edilen enerji verimliliğini elde etmek için bir miktar yatırım yapılması gerekecektir. Bu durumda, bu gibi ek masraflar olacağı göz önünde bulundurulmalıdır

Sorunsuz işletilmekte olan bir atıksu arıtma tesisinde bahsedilen türde değişiklikler yapıldığında (ekipman yenilemek ihtiyacı olmayacağından) uygulanan önlemlerin geri ödemesi için uzun bir süre geçmesi gerekeceği göz önüne alındığında rehber açısından uygulanabilir olan ikinci şıktır. Yüksek oranda enerji verimliliği elde edebilmek açısından ilave yatırımlar yapmak daha gerçekçi bir düşünce tarzıdır.

Aşağıdaki rakamlar hazırlanırken 100.000 eşdeğer nüfusa hizmet verecek bir referans atıksu arıtma tesisi esas alınmıştır. Çürütmeyi de kapsayan önlemler için 250.000 eşdeğer nüfus baz alınabilir.

W2.

% Etki	Geri ödemeödeme süresi	İlave yatırım
10 – 20%	5 - 15	< 500.000 – 1.500.000 €

Kabarcıklı havalandırıcıların (disk, tüp ya da plaka) oksijen transfer kapasitesi daha fazladır.

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
5 – 10%	5 – 15	< 500.000 – 1.500.000 €

Santrifüjlü kompresörlerin nispi enerji sarfiyatı daha düşüktür.

### 3.1.2 Yatırımlar

İlave yatırım masraflarının tespitinde aşağıdaki kategoriler kullanılmaktadır (rakamlar €-AVRO cinsinden ifade edilmiştir)

< 10.000
< 50.000
< 100.000
< 250.000
< 0,5 milyon
0,5-1,0 milyon
> 1,5 milyon

Bu tercih nedeni şu şekilde açıklanabilir: Hollanda'da eşdeğer nüfus başına atıksu arıtma masrafı ortalama 35 €' dur. Bu, 100.000 eşdeğer nüfusa hizmet veren bir arıtma tesisinde yıllık masrafın 3.5 milyon € olacağı anlamına gelir. Yapılacak 1 milyon €'luk bir yatırım yılda yaklaşık olarak 100.000 €'luk sermaye maliyeti anlamına gelir ki eşdeğer nüfus başına 35 € tutarındaki toplam masrafla kıyaslandığında 1 €'luk ilave masraf önemli görülmektedir.

Burada belirtilen ilave yatırım tutarlarında Hollanda fiyatları temel alınmıştır. Hollanda'daki yatırım rakamları Türkiye'deki duruma göre yeniden düzenlenmemiş olmakla birlikte ilave yatırımlar ile geri ödeme süresi olarak ifade edilen ilave yatırım ve tasarruf oranlarının Hollanda ve Türkiye örnekleri üzerinden karşılaştırılabilir olduğu düşünülmektedir.

### 3.1.3 Geri ödeme Süresi

Geri ödeme süresiyle ilgili olarak 3 zaman aralığı tanımlanmıştır.

Kısa: < 5 yıl
Orta: 5-15 yıl
Uzun: > 15 yıl

Geri ödeme süresi yatırımın yıllık tasarrufa bölünmesiyle elde edilir. Geri ödeme süresi kısa önlemler mali olarak daha ilgi çekicidir ve süratle uygulanabilirler. Bu durumda, geri ödeme süresi kullanım ömründen daha kısadır. Ortalama geri ödeme süresi öngören önlemler, geri ödeme süresi kullanım ömrü ile aynı aralıkta olduğunda, mali olarak ilgi çekicidir. Öte taraftan, uzun vadeli geri ödemeler öngören önlemler mali olarak ilgi çe-

kici olmadıkları gibi maliyetten başka bir fayda bekleniyorsa ya da gelecekte yüksek enerji fiyatları uygulanacak olması halinde uygulanabilirler.

### 3.2 Önlemlerin Sınıflandırılması

Atıksu arıtma alanında enerji verimliliği önlemleri başlıca üç sınıfa ayrılabilir:

1. Suyla ilgili önlemler; atıksu arıtma tesisinde su arıtılmasına dair önlemler.
2. Çamurla ilgili önlemler; su arıtımından gelen çamurun arıtılmasına dair önlemler.
3. Hava arıtımıyla ilgili önlemler; atıksu arıtma tesisinin farklı kısımlarından gelen havanın kötü kokuları önlemek amacıyla arıtılmasına dair önlemler.

#### 3.2.1 Suyla İlgili Önlemler

Atıksu arıtma sistemini ilgilendiren enerji verimlilik önlemleri daha çok biyokütlenin havalandırılmasıyla ilgilidir. Ekipman ve proses kontrol önlemleri de kendi aralarında alt kategorilere ayrılabilir. Ayrıca, havalandırma dışında başka önlemler de tanımlamak mümkündür. Atıksu arıtmayla ilgili tüm önlemler Tablo 3-1’de gösterilmiştir.

**Tablo 3-1: Atıksu Arıtma – Suyla İlgili Enerji Önlemleri**

No.	Önlem
W1	Havalandırma ve sıvı tahrik ekipmanlarının ayrılması
W2	Yüzey havalandırma yerine kabarcıklı havalandırma
W3	Yüksek verimlilikle çalışan yüzey havalandırıcılar
W4	Yüzeysel havalandırıcılarda sıçramayı önleyici kapakların kaldırılması
W5	Yüzey havalandırıcılarda batma derinliğinin ayarlanması
W6	Tüp ya da disk havalandırma yerine plaka havalandırma
W7	Deplasmanlı tip (değiştirmeli) ya da roots tipi kompresör yerine santrifüj tipi kompresör
W8	Optimal havuz derinliğinin tespit edilmesi
W9	Kesikli havalandırma kontrolü
W10	İstenen oksijen konsantrasyon ayar değerinin düşürülmesi
W11	Çamur yaşına göre proses operasyonu
W12	Alfa-faktörün geliştirilmesi
W13	Beklenmeyen düzeyde yüksek havalandırma oranlarını raporlanması
W14	Konfigürasyonun optimizasyonu
W15	Yukarı Akışlı Çamur Yataklı Filtreleme (USBF)
W16	Ardışık Kesikli Reaktör (SBR)
W17	Kaynakta arıtma
W18	Termal enerji değişimi geçişi

W19	Ekipmanların sık aralıklarla ON/OFF yapılmaması
W20	Ekipmanların istenmeyen ayar değerlerinde çalışmasını önlemek
W21	Çöktürme ünitelerinde sıyırıcı çalışma şeklinin ayarlanması
W22	İleri düzey ön-arıtma (elekler)
W23	Akışı sağlamak ve karıştırma için yüksek verimlilikte karıştırıcı kullanımı
W24	Karıştırıcı pervanesinin periyodik ayarı
W25	Karıştırıcıların tipi ve kabarcıklı havalandırma sistemiyle uyumlu olarak konumlandırılması
W26	Akış yönünde kompartmanlar arası geçiş
W27	Karıştırıcı yerine havalandırma sistemiyle karışımın sağlanması
W28	Havalandırma sırasında karıştırıcıların kapatılması
W29	Suyun Cazibe ile iletilmesi
W30	Yağmur suyunun devre dışı bırakılması
W31	Sızmalara dikkat edilmesi
W32	Hidrolik sistemin optimizasyonu
W33	Nutrient giderimi
W34	İlave anoksik hacim oluşturulması
W35	Enerji açısından en uygun tasarımın tercih edilmesi
W36	Geri devir debisinin ayarlanması
W37	Anoksik bölgede nitrat geri devrinin düzenlenmesi
W38	Havalandırma hızının proses parametreleriyle eşleştirilmesi
W39	Sensör konumunun ve sayısının optimizasyonu
W40	Sensörlerin düzenli olarak kalibrasyonu
W41	Fosfor gideriminin optimizasyonu
W42	Deamonifikasyon
W43	Aerobik granül çamur (Nereda)

### 3.2.2 Çamurla İlgili Önlemler

Çamur hattını ilgilendiren enerji verimlilik önlemlerini yoğunlaştırma, susuzlaştırma, çürütme, biyogaz kullanımı ve diğer önlemler olarak ayrıntılandırmak mümkündür. Bu önlemler Tablo 3-2’de gösterilmiştir.

**Tablo 3-2: AtıkSu Arıtma – Çamurla İlgili Enerji Verimlilik Önlemleri**

No.	Önlem
S1	Solucan patlaması (worm bloom)
S2	Çamur taşıma sürelerinin ayarlanması
S3	Cannibal (fazla çamur miktarının azaltılması)
S4	Çamur çürütme ve kojenerasyon
S5	Çoklu aşamalı termofilik çürütme
S6	Mevcut çürütme kapasitesinin kullanımı
S7	Eski çürütücülerin yalıtılması
S8	Çamur arıtmadan önce kum tutulması
S9	Kompresörlerin doğrudan gaz motoruyla çalıştırılması
S10	Küçük gaz türbinleri ya da gaz motorlarıyla enerji üretme
S11	Küçük bir gaz türbini ya da ekstra biyogaz depo tankı ilavesi
S12	Yüksek verimlilikte ısı enerji eşleşimi
S13	Isı enerji eşleştirmesinin optimizasyonu
S14	Isı enerji eşleştirmesinden önce gazın şartlandırılması
S15	Yüksek verimlilik için yakıt hücreleri kullanılması
S16	Çürütücünün ısı tamponlama kapasitesinin kullanılması
S17	Biyogazın doğal gazla karıştırılması
S18	Biyogazın üçüncü taraflara ulaştırılması
S19	Biyogazın metana çevrilerek tekrar gaz şebekesine verilmesi
S20	Gaz depolama için (ilave) tank kurulumu
S21	Yüksek verimlilikte önçöktürme
S22	Çürütme öncesinde ultrasonik/hidrodinamik çamur parçalama teknikleri
S23	Çürütme öncesinde yüksek basınçlı, termik, hidroliz, cambi çamur parçalama teknikleri
S24	Çürütücünün sürekli olarak beslenmesi
S25	Çürütücü içerisinde düzgün karıştırma
S26	Çürütücüye gaz verilerek karıştırma yerine mikser kullanarak karıştırma yapılması
S27	Çürütücüden kumun bir kerede temizlenmesi
S28	Çürütücüden kumun düzenli olarak temizlenmesi
S29	Çevredeki artık enerjisinin kullanılması
S30	Atık ısının üçüncü taraflara verilmesi
S31	Polielektrolit dozlama
S32	Çamurun graviteli yerine mekanik olarak yoğunlaştırılması
S33	Yan akımların sabit ve yüksek miktarda amonyak nitrit üzerinden dönüştürülerek (SHARON) arıtılması
S34	Kimyasal kullanılarak azotun struvite olarak çöktürülmesi

S35	Anaerobik deamonifikasyon
S36	İki reaktörlü iki aşamalı Sharon-Anammox prosesi
S37	Düşük değerli ısının yeniden kullanımı
S38	Gaz motoru egzoz gazlarından elde edilen ısının tekrar kullanımı
S39	Susuzlaştırma fizibilitesi
S40	Yoğunlaştırmadan sonra santrifüj yerine belt pres kullanımı
S41	Doğrudan çamur susuzlaştırma için basamaklı kaskat hizalama ve belt pres
S42	Çürütmeden sonra belt presle çamur susuzlaştırma
S43	Susuzlaştırmada kuru madde içeriği
S44	Çamur depolarından su tahliyesi
S45	Santrifüj geri hareketi
S46	Santrifüj operasyonu için kontrol sistemi
S47	Susuzlaştırmaya un iyi karıştırılarak beslemesi



### 3.2.3 Havanın Temizlenmesine Yönelik Önlemler

Havanın temizlenmesiyle ilgili enerji verimlilik önlemleri çıkış/egzoz havası arıtma ve hava çekme olarak iki başlığa ayırmak mümkündür. Önlemler Tablo 3-3'de gösterilmektedir.

**Tablo 3-3: Atıksu Arıtma – Havanın Temizlenmesiyle İlgili Enerji Verimlilik Önlemleri**

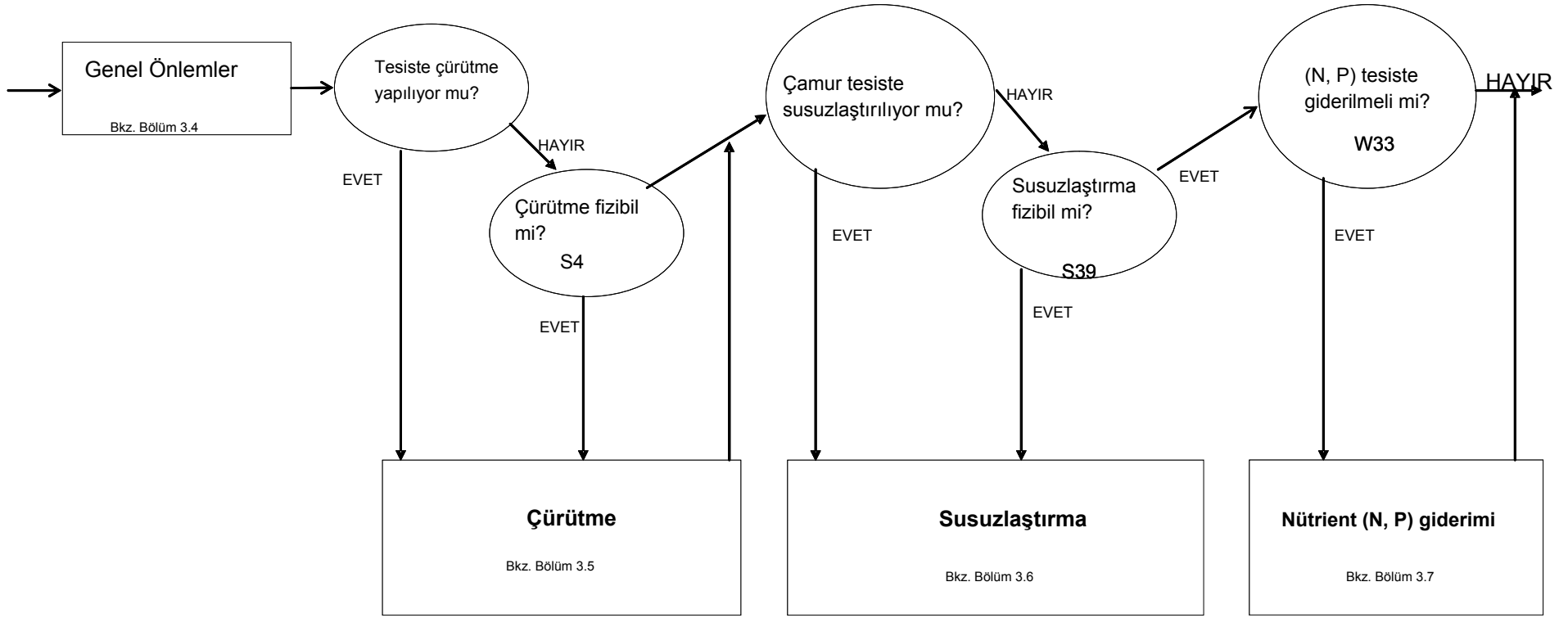
No.	Önlem
A1	Arıtma prosesinde egzozdan gelen havanın havalandırma havuzuna yönlendirilmesi
A2	Kompost filtre yerine lav filtre koyulması
A3	Üfleli filtre
A4	Hava çekiminin optimizasyonu
A5	Çekilen hava hacminin azaltılması
A6	H <sub>2</sub> S ölçümlerine göre hava çekiminin düzenlenmesi
A7	Havalandırma havuzu üstünde ventilasyon debisinin artırılması

### 3.3 Karar Vermede Kullanılacak Yöntem

Evsel atıksu arıtmada enerji verimliliğiyle ilgili uygulanması düşünülen önlemlerin seçimini kolaylaştırmak adına bir 'karar ağacı' oluşturulmuştur. Buna göre Tablo 3.1, 3.2 ve 3.3'de gösterilen önlemler başlıca bazı kategorilere ayrılmıştır. Bu kategoriler şu şekildedir

- Tüm atıksu arıtma tesisleri için uygulanabilirliği olan genel önlemler
- Çürümeyle ilgili önlemler
- Çamur susuzlaştırmayla ilgili önlemler
- Nutrient giderimiyle ilgili önlemler
- Havanın temizlenmesiyle ilgili önlemler

'Karar ağacı' kategorileriyle ilgili açıklamalar aşağıdaki tablolarda yer almaktadır. Tablolarda yer alan önlemler kısa tanımlarıyla birlikte ve her bir önlemin enerji tasarrufu, gerekli ilave yatırım masrafları ve geri ödeme süresi açısından etkileri açıklanmak suretiyle daha ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Önlemler sıralanmış olmakla birlikte sıra numaralarına bakılarak önlemler arasında bir hiyerarşi aranmamalıdır.



## Genel Önlemler

### Havalandırma kontrolü

- W9: Kesikli havalandırma kontrolü
- W10: Oksijen konsantrasyon ayar değerinin azaltılması
- W11: Çamur yaşına göre işletme
- W12: Alfa-faktörünün geliştirilmesi
- W13: Beklenmeyen düzeyde yüksek havalandırma oranlarının raporlanması

### Ekipman

- W19: Ekipmanın sık aralıklarla ON/OFF yapılmaması
- W20: Ekipmanların istenmeyen ayar değerlerinde çalışmasını önlemek
- W21: Çöktürme havuzlarında sıyırıcı operasyonunun düzenlenmesi
- W22: İleri düzeyde ön-arıtma (elekler)

### Hidrolik sistem

- W29: Çazibeli iletim
- W30: Yağmur suyu bağlantısının kesilmesi
- W31: Sızıntının engellenmesi
- W32: Hidrolik sistem optimizasyonu

### Çamur sistemi

- S1: Solucan patlaması
- S2: Çamur nakliye işleminin zamanlanması
- S3: Cannibal

### Egzoz havası arıtma

- A2: Kompost filtre yerine lav filtre
- A3: Üflemeli filtre

### Karıştırma ve tahrik

- W23: Karıştırma ve tahrik için yüksek verimli mikserler
- W24: Tahrik pervanelerinin düzenli olarak ayarlanması
- W25: Kabarcıklı havalandırma ile birlikte işletim için pervane tip ve konum seçimi
- W26: Akış yönünde kompartmanlar arası geçiş
- W27: Pervane yerine havalandırma ile karıştırma
- W28: Havalandırma sırasında tahrik pervanelerinin kapalı konuma getirilmesi

### Hava Çekimi

- A4: Hava çekiminin optimizasyonu
- A6: Çekilen hava miktarının azaltılması
- A6: Çekilen havanın H<sub>2</sub>S miktarına göre düzenlenmesi
- A7: Havalandırma havuzu üzerinde ventilasyon debisinin artırılması

Nasıl bir havalandırma sistemi var/istersiniz

### Tesis tasarımı

- W14: Konfigürasyonun optimizasyonu
- W15: USBF
- W16: AKR
- W17: Kaynakta arıtma
- W18: Termal enerji değişimi

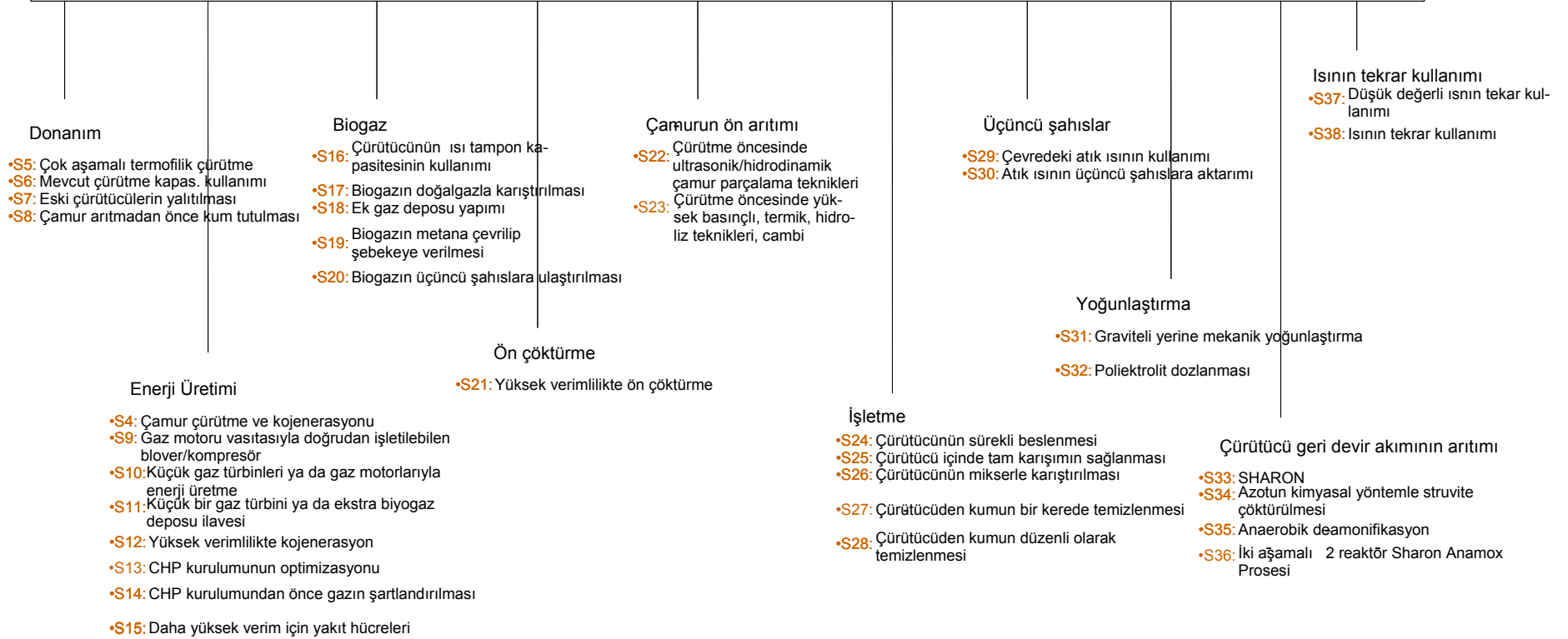
### Yüzey havalandırma

- W1: Havalandırma ve sıvı tahrikini ayır
- W2: Noktasal havalandırma yerine kabarcıklı hav.
- W3: Yüksek verimli yüzey havalandırma
- W4: Yüzey havalandırma sırasında sıçrama önleyici kapakları kaldır
- W5: Yüzey havalandırma yapılarında su derinliğini ayarla

### Kabarcıklı havalandırma

- W6: Tüp ya da disk havalandırma yerine plaka
- W7: Deplasman ya da roots tipi kompresör yerine santrifüj tipi kompresör
- W8: Optimal havuz derinliği
- A1: Arıtma prosesinde egzozdan gelen havanın havalandırma havuzuna yönlendirilmesi

# Çürütme



## Susuzlaştırma

### Ekipman/Konfigürasyon

- S40: Yoğunlaştırma sonrası santrifüj yerine belt press kullanımı
- S41: çamur susuzlaştırma için basamaklı (kaskat) hizalama ve belt pres
- S42: Çürütme sonrası santrifüj yerine belt press kullanımı
- S42: Susuzlaştırma sonrası yüksek kuru madde içeriği
- S44: Çamur depolarından suyun drenajı

### Çamur beslenmesi

- S47: Susuzlaştırıcıya iyi karışmış çamurun beslenmesi

### Kontrol

- S45: Santrifüj çalışma hızının düşürülmesi
- S46: Santrifüj işletimi control sistemi

## Nütrient (N, P) giderimi

### Configuration of plant

- W34: Ek anoksik hacim yaratılması
- W35: En yüksek enerji verimine sahip tasarımın seçilmesi
- W36: Çamur geri devir debisinin ayarlanması
- W37: Anoksik bölgeye azot geri devrinin ayarlanması

### İleri artıma teknikleri

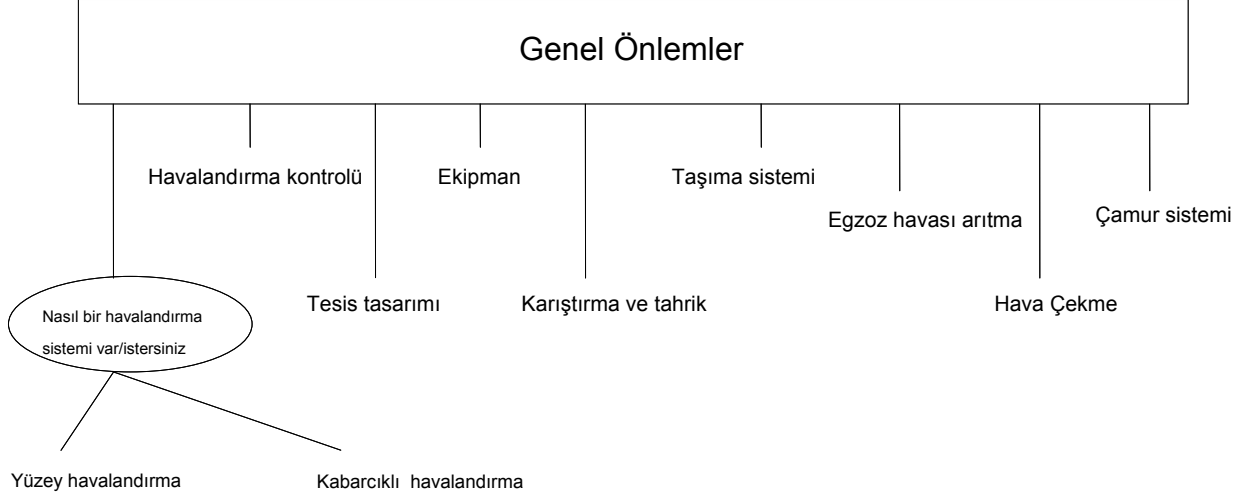
- W42: Yan akımların deamonifikasyonu
- W43: Aerobik granüler çamur (Nereda)
- W44: İdrarın ayrıştırılması

### Proses kontrolü

- W38: Havalandırma oranının proses parametreleriyle eşleştirilmesi
- W39: Sensör yerleşiminin ve sayısının optimizasyonu
- W40: Sensörlerin düzenli kalibrasyonu
- W41: Fosfor gideriminin optimizasyonu

### 3.4

## Genel Önlemler



Bu bölümde, atıksu arıtma tesislerinde enerji verimliliği elde edebilmek için kullanılacak genel önlemler açıklanmaktadır. Bu önlemler tesis konfigürasyonundan bağımsız olarak kullanılabilir. Öncelikle, farklı tip havalandırma sistemleri için havalandırma sistemiyle ilgili önlemler, ardından havalandırma kontrolü, tesis tasarımı, ekipman, karıştırma ve tahrik, taşıma sistemi, egzozdan gelen havanın temizlenmesi, ventilasyon ve çamur sistemiyle ilgili önlemler açıklanmıştır

#### 3.4.1 Havalandırma Sistem Türleri

##### 3.4.1.1 Yüzey Havalandırma

###### W1. Havalandırma bağlantısının kesilmesi ve sıvı tahriki

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	< 250.000 €

Havalandırma ve sıvı tahriki birbirinden ayrılarak aeratörler sadece oksijen girdisi için kullanılabilir. Bunun neticesinde, sistemde yeterli oranda sıvı debisi oluşturmak için aeratörlerin sürekli olarak çalışmasına gerek kalmamaktadır.

###### W2. Yüzey havalandırma yerine kabarcıklı havalandırma

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%10 – 20	5 – 15	< 500.000 – 1.500.000 €

Kabarcıklı (disk, tüp, plaka) aeratörlerin yüzey havalandırmasına (rotor veya yüzey aeratörleri) kıyasla oksijen transfer kapasitesi daha fazladır ve bu nedenle havalandırma için gereken enerji miktarı da daha az olmaktadır. İlave karıştırma ekipmanları gerekebileceği gözden kaçırılmamalıdır ki bu da ilave enerji tüketimi demektir. An-

cak, toplamda bir enerji tasarrufu söz konusudur. Havuz su derinlikleri de bu durumda önemli bir parametredir.

**W3. Yüksek verimle çalışan yüzey havalandırıcılar**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%5 – 10	5 -15	< 250.000 €

Eski tip (konvansiyonel) yüzey aeratörleri yerine yüksek verimlilik sağlayan modern yüzey aeratörleri kullanmak oksijen transfer verimini artırılabilir ve havalandırma-  
daki enerji sarfiyatı azaltılabilir. Bu durumda, havuz su derinliği önemli bir parametredir.

**W4. Yüzey havalandırıcılarda sıçramayı önleyici kapakların kaldırılması**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	< 50.000 €

Yüzey aeratörleri üzerindeki bu kapaklar oksijen transferini olumsuz yönde etkilemektedir. Öte yandan, bu kapakların kaldırılması halinde suyun sıçradığı alan artacaktır.

**W5. Yüzey havalandırıcılarda batma derinliğinin ayarlanması**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 10	> 15	< 50.000 €

Yüzey aeratörü arkasına bir engel tabakası (baffle) yerleştirmek ya da havuz (yüksekliğini artırarak aeratörün batma derinliğini arttırmak daha verimli bir oksijen transferi sağlayacaktır. Öte yandan, engel tabakası kullanılması halinde ek direnç oluşacak, karıştırma için daha fazla enerji gerekecektir. Havuz yüksekliğinin artırılması daha eski bir yöntemdir.

**3.4.1.2 Kabarcıklı havalandırma**

**W6. Tüp veya disk havalandırma yerine plaka havalandırma**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%5 – 10	> 15	< 500.000 – 1.500.000 €

Plaka havalandırma, oksijen transferi açısından tüp veya disk havalandırmaya kıyasla daha verimlidir. Plakalar üzerinde yükleme daha düşük olduğunda verim artmaktadır. Saha fazla sayıda tüp veya disk aeratör kullanılması halinde de düşük yüklerde benzer bir verimlilik elde edilebilmektedir.

**W7. Deplasmanlı (değiştirmeli) ya da roots tipi kompresör yerine santrifüj tipi kompresör**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%5 – 10	5 – 15	< 500.000 – 1.500.000 €

Santrifüj tipi kompresörlerin enerji tüketimi deplasmanlı ya da roots tipi kompresörlere kıyasla daha düşük olabilmektedir. Burada elde edilecek enerji kazanımı büyük oranda duruma, özellikle de ihtiyaç duyulan oksijen miktarına göre değişmektedir. Santrifüj tipi kompresörlerin sadece yüksek havalandırma oranları ve nispeten büyük ölçekli tesisler söz konusu olduğunda kullanımları ekonomik olmaktadır

**W8. Optimal havuz derinliğinin tespit edilmesi**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Havanın daha uzun mesafe kat ettiği hallerde (örn. havuzun daha derin olduğu hallerde) oksijen transfer verimi de daha fazla olmaktadır. Öte yandan, artan su derinliğinden kaynaklanan ilave basıncı aşabilmek için kompresörlerinin de daha yüksek kapasiteyle çalışması gerekmektedir. Tasarımda maksimum enerji ve oksijen transfer verimleri temel alınmalıdır.

**A1. Arıtma prosesinde egzozdan gelen havanın havalandırma havuzuna yönlendirilmesi**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	Duruma göre değişiklik gösterir

Egzozdan gelen hava lava veya kompost filtreden geçirilmeksizin bir blower vasıtasıyla havalandırma havuzuna gönderilebilir. Bu önlem sadece sürekli havalandırılan sistemler için (kısmen) uygulanabilir.

### **3.4.2 Havalandırmanın Kontrolü**

**W9. Kesikli havalandırma kontrolü**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	5 – 15	< 250.000 €

Kesikli veya aşamasız bir havalandırma kontrol aralığını arttırarak sisteme verilen havanın sistemin oksijen ihtiyacına göre (%0-100) daha kesin bir şekilde ayarlanabilmesini kolaylaştırır.



**W10. İstlenen oksijen konsantrasyon ayar deęerinin dūřurūlmesi**

% Etki	Geri ۆdeme sūresi	İlave yatırım
%1 – 10	Yatırım gerektirmemektedir	-

Sistemdeki arzu edilen ۆzölmlū oksijen konsantrasyon ayar değeri aşağı ۆekilerek havalandırma hızı da dūřurūlebilir. Havalandırma hızının dūřurūlmesi neticesinde sistemdeki oksijen transfer hızında veya diğer sistem bileşenlerinde herhangi bir olumsuzluk (çamur kabarması) gۆrölmez. Genel kural itibarıyla, tam olarak havalandırılmış ve iyi karıştırılmış havalandırma havuzlarında yaklaşık minimum 0,8 mg/l'lik ve yaklaşık maksimum 2,0-2,5 mg/l oksijen konsantrasyon değerleri uygulanabilir.

**W11. Çamur yaşına gۆre işletme**

% Etki	Geri ۆdeme sūresi	İlave yatırım
%1 – 10	Yatırım gerektirmemektedir	-

Sistemin oksijen ihtiyacı çamur konsantrasyonu azaltılmak suretiyle dūřurūlebilir. Yaz dۆneminde çamur konsantrasyonunu (MLSS) daha fazla dūřürmek de mۆmkündür. Bu řekilde, daha yūksək oranlarda organik yūkleme yapılabilir (F/M oranı), daha fazla çamur elde edilir ve çamur yařı dūřer. Arıtma veriminin izin gereklerine uygunluęuna dikkat edilmelidir. Çünkü, amur ۆretimi ve dolayısıyla çamur hattındaki enerji tūketimi artacaęı için toplam enerji dengesi gۆzetilmelidir.

**W12. Alfa-faktۆrünün geliştirilmesi**

% Etki	Geri ۆdeme sūresi	İlave yatırım
%1 – 10	Yatırım gerektirmemektedir	-

Alfa-faktۆrő, oksijen transfer verimi açısından ۆnemlidir. Havalandırma havuzunda yūksək çamur konsantrasyonu bulunması alfa-faktۆrünün genellikle belli bir kritik deęerin ۆzerine (yaklařık olarak 6-8 g/L) ıkarakbozulmasına neden olmaktadır. Alfa-faktۆrüne etki eden, biyokūtle ۆzerindeki gerilim ya da kesme/parçalanma hızı gibi bařka etmenler de vardır. Aynı zamanda, standart çamur konsantrasyonlarında da dūřük alfa-faktۆrő seviyeleri gۆrölabilir ki bu gibi durumlarda aynı arıtma verimini elde edebilmek için daha yūksək havalandırma oranlarına ihtiyaç vardır. Alfa-faktۆrő ۆlümleri ۆnerilmektedir.

**W13. Beklenmeyen oranda yūksək havalandırma olması halinde alarm**

% Etki	Geri ۆdeme sūresi	İlave yatırım
%1 – 5	< 5	< 10.000 

Havalandırma oranının beklenen değerden yüksek olması halinde havalandırma sisteminde sızıntı gibi bir terslik olduğu düşünülebilir. Bu durum takip edilerek aşırı havalandırma önlenmelidir.

### 3.4.3 Tesis Tasarımı

#### W14. Konfigürasyonun optimizasyonu

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%5 – 10	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Bir atıksu arıtma tesisinin tasarım aşamasında (yeni inşaat olabileceği gibi renovasyon projesi de olabilir) pompa basma yüksekliği ile geri devir ve yanakımların minimizasyonu bir arada yapılmalıdır. Arıtma tesisi konfigürasyonun akıllıca tasarlanması halinde hidrolik enerji kayıpları da (akım direnci ve su yüksekliği) en aza indirilebilir.

#### W15. Yukarı Akışlı Çamur Yataklı Filtreleme (USBF)

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

USBF prosesi, V-şekinde bir yapı içerisinde bir tür çamur/su ayırma tekniğidir. Bu sistemde sıyrıma ihtiyacı yoktur ve geri devir çamur pompası için konvansiyonel arıtma aygıtlarına kıyasla daha düşük basma yüksekliğine seviyesine ihtiyaç vardır. Bu iki farklılık neticesinde daha az enerji harcanmakla birlikte konvansiyonel çöktürme opsiyonları ciddiyle değerlendirilmelidir.

#### W16. Ardışık Kesikli Reaktör (SBR)

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 10	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Atıksu arıtmada kesikli yöntemin kullanılması halinde geri devirde enerji tasarrufu elde edilebilir. Bu tür işletim sadece yağmur suyunun gelen debiyi etkilemediği veya çok az etkilediği durumlarda uygulanabilir. SBR sistemleri modüler olarak inşa edilebilmektedir. Daha büyük tesisler için daha fazla üniteye ihtiyaç olacaktır.

#### W17. Kaynakta arıtma

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	> 1.500.000 €

Konsantre deşarjlar olması halinde (hastane veya toplu konut/ofis gibi alanlarda) atıksuyun o bölgede artırılması temin edilerek atıksu arıtma tesisi üzerindeki yük azaltılabilir. İlaçlar gibi problemleri mikro kirlenmelerin olduğu durumlarda konsantre

akışın seyrelmiş akışa kıyasla degradasyonu daha kolay olacağı düşünüldüğünde arıtmada yerel çözümlere yönelmek tercih edilebilir. Enerji karlılığı büyük oranda mevcut ve referans alınan durumlara bağlıdır.

#### *W18. Termal enerji değişimi*

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	> 1.500.000 €

Yer altı suyunun ısısı yıl içerisinde kabul edilebilir oranda sabittir. Bu su ofisler ya da atıksu arıtma tesislerinde ısıtma/soğutma amacıyla kullanılabilir. Atıksu arıtma tesislerinin giriş suyu sıcaklığı ayarlanabilir. Bu işlemin enerji tüketimi üzerindeki etkisi atıksu arıtma tesisindeki bazı diğer şartlara da bağlıdır. Bu alanda ayrıntılı araştırma yapılmasına ihtiyaç olduğu gibi termal enerji değişimi atıksu arıtma tesislerinde henüz gerçekleştirilmiş bir uygulama değildir.

### **3.4.4 Ekipman**

#### *W19. Ekipmanların sık aralıklarla ON/OFF yapılmaması*

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	5 – 15	< 100.000 €

Tesisin devreye alınması aşamasında ekipmanlar sık sık açılıp kapanmakta ve bu nedenle önmeli enerji sarfiyatı oluşmaktadır. Proseste küçük ayarlamalar yapılmak suretiyle bu durum giderilebilir. Bu tür ekipmanlara örnek olarak kompresör ve aeratörler gösterilebilir.

#### *W20. Ekipmanların istenmeyen ayar değerlerinde çalışmasını önlemek*

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	5 – 15	< 100.000 €

Büyük ekipmanların (pompa, blower vs. gibi) istenmeyen ayar değerlerinde işletilmesi sonucunda gereksiz enerji sarfiyatı oluşmaktadır. Bu gibi durumlarda prosesin ayarlanması gerekmektedir.

#### *W21. Çöktürme ünitelerinde sıyırıcı çalışma şeklinin ayarlanması*

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	< 50.000 €

Ön ve Son çöktürme havuzlarındaki sıyırıcıların çalışması düzenlenerek enerji tasarrufu sağlanabilir. Bu düzenleme sabit giriş debisine (pik) göre sıyırıcı çalışma hızını ayarlamaktansa , tesise atıksu giriş debisi ve geri devir çamurunun debisi ı ya da havalandırma havuzundaki veya geri dönen çamurdaki asıktaki katı madde konsantrasyonu temel alınarak yapılmalıdır. Bu açıdan, sistemdeki sıyırıcıların hız ve diğer

özelliklerinin ayarlanabilir olması ve proses kontrol ekipmanının bulunması gerekmektedir.

**W22. İleri düzey ön arıtma (elekler).**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Ön çöktürmeyeğine ince elek/filtreler kullanılarak atıksu içerisinde daha fazla BOİ giderilerek çürütmeyle biyogaza dönüştürülebilir. Bunun için su içerisinde azot giderimine yetecek miktarda BOİ bulunması gerekir. Çamur çürütme verimi arttırıldığı zaman yan akımlardaki azot miktarında bir artış gözlenebilir. Bu durumda, yan akımlara ileri düzeyde arıtma uygulanabilir.

**3.4.5 Karıştırma ve Tahrik**

**W23. Tahrik ve karıştırma için yüksek verimlilikte karıştırıcı kullanımı**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	5 – 15	< 250.000 €

Yüksek verimlilikte karıştırıcılar kullanılması daha düşük enerji sarfiyatından ötürü koivansiyonel mikserlerle kıyaslandığında daha çok tercih edilir. Farklı tedarikçiler arasında bir tercih yapılmalıdır.

**W24. Tahrik pervanesinin periyodik ayarı**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	5 – 15	< 10.000 €

Havuzda ölçülmüş olan sıvı akım hızına göre pervane işletiminin optimizasyonu enerji tasarrufu sağlanabilir. Havuzdaki sıvı akım hızı profilinin ölçümü kolay olmadığından sürekli ölçümleme yapabilmek çok ekonomik değildir. Hızlar, periyodik olarak ölçülebilir ve pervanenin çalışması buna göre ayarlanabilir. Bu doğrultuda, pervanelerin çeşitli tahrik veya işletim ayarı olması ve sistemdeki ayarlamaların buna göre yapılabilmesi lazımdır.

**W25. Pervanelerin tipi ve tahrik için kabarcıklı havalandırmayla koordineli olarak konumlandırılması**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	Duruma göre değişiklik gösterir

Pervane tipinin seçimine göre parvaneler arası mesafe ve havalandırma alanı da değişiklik gösterir. Pervanelerin çok yakın konumlandırıldığı hallerde havalandırılan

alan bozularak arzu edilen sıvı akış hızını elde edebilmek için daha fazla enerji harcamak gerekebilir. Pervanelerin havuzlarda kıvrımlı alanlarda bulunması da önerilmemektedir.

**W26. Akış yönünde kompartmanlar arası geçiş**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	Duruma göre değişiklik gösterir

Atıksu arıtma tesisindeki kompartmanlar arasında sıklıkla bir sıvı alış verişi vardır. Bu geçiş akımlarının ana akıma dik değil de aynı yönde konumlandırılması halinde sıvı akışı için gereken enerji ihtiyacı da azaltılabilecektir.

**W27. Pervane yerine havalandırma ile karıştırma**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	Yatırım gerektirmektedir	-

Oksijen transferinin gerekmediği periodlarda çok kısa süre içerisinde yoğun havalandırma yapılarak neredeyse hiç oksijen transferi sağlanmamakla birlikte çamur karıştırılmış olur. Bunun neticesinde pervane kullanımına gerek kalmadığından enerji sarfıyatı düşer.

**W28. Havalandırma sırasında tahrik pervanelerinin kapalı konuma getirilmesi**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	Yatırım gerektirmektedir	-

Tam havalandırmalı havuzlarda pervaneler kapatılmak suretiyle sıvı karışımında enerji tasarrufu sağlanabilir.

### 3.4.6 Hidrolik Sistem

**W29. Cazibe ile iletim**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Yeni tasarlanan atıksu arıtma tesislerinde cazibeli iletim olanakları mümkün olduğunca değerlendirilmelidir. Böylelikle, pompa istasyonlarında enerji tasarrufu elde edilebilir. Zaman zaman, bazı özel projelerde yer altından iletim yapıları da kullanılabilir ve bu şekilde su hattının yüksekliği en uygun şekilde ayarlanabilir. Daha uzun kullanım sürelerinde, daha düşük enerji masraflarına karşılık, İnşaat sırasında yer altı

sularının pompalanması da düşünülduğünde daha yüksek masraflar çıkabileceği de değerlendirilmelidir

### *W30. Yağmur suyunun ayrılması*

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Yağmur suyunun atıksudan ayrılması halinde atıksu arıtma tesisine gelen su miktarı da azalacaktır. Böylelikle, tesisteki birçok ekipman ve havuzun daha küçük boyutlarda olması ve çeşitli aygıtların daha seyrek ya da daha az yoğunlukta kullanılması sağlanabilir. Bu çerçevede ‘esnetilemez’ çıkış suyu kriterlerinin karşılanmasında (örn.  $N_{tot} = 10$  mg/L) zorluklar olabilir ve (yağmur suyunun seyreltici etkisi de değerlendirildiğinde) tesis arıtma veriminin artırılması gerekebilir. Bu, özellikle de havalandırma safhasında daha fazla enerji harcanması anlamına gelir. Dolayısıyla, yağmur suyunun ne oranda ayrılacağı konusunda sahadaki şartlar ve özel durumlar esas alınmalı, özellikle de giriş debisindeki değişimlerin arıtma üzerindeki etkisi göz önünde bulundurulmalıdır.

### *W31. Sızmalara dikkat edilmesi*

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Kanalizasyon sistemine yer altı sularının sızmasına müsaade edilmemelidir. Aksi takdirde hem kanalizasyon hem de atıksu arıtma sistemleri üzerindeki debi artacak ve her iki sistemde de daha fazla enerji çekilmesine neden olacaktır. Yer altı sularının sisteme karışması engellendiğinde atıksu arıtma tesisine de daha az su taşınacak, bunun neticesinde daha küçük boyutlarda ekipman ve havuzlar kullanılabileceği gibi pek çok aygıtın da daha az sıklıkta veya daha düşük yoğunlukta kullanılması sağlanabilecektir. Ancak, düşük debi nedeniyle atıksu içerisindeki konsantrasyonlar artacak ve ‘esnetilemez’ çıkış suyu kriterlerinin karşılanmasında (örn.  $N_{tot} = 10$  mg/L) zorluklar çıkabilecek ve tesisin arıtma veriminin artırılması gerekebilecektir ki bu da özellikle havalandırma da daha fazla enerji gereksinimi olacağı anlamı taşımaktadır.

### *W32. Hidrolik sistemin optimizasyonu*

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Hidrolik sistemindeki pompa istasyonlarında gerçek zamanlı kontrol gibi proses kontrol optimizasyonuna gidilerek atıksuyun tesis içerisinde daha eşit dağıtılması

sağlanabilir. Toplam arıtma sürecinde enerji tasarrufu sağlanabilmesi açısından bu tür uygulamaların olumlu etkisi olacaktır.

### 3.4.7 Egzozdan Gelen Havanın Temizlenmesi

#### A2. Kompost filtre yerine lav filtre konulması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Kullanılan filtre tipi, filtredeki basınç kaybıyla bağlantılı olarak fanlardaki enerji tüketimini etkiler. Lav filtrelerinde zaman içerisindeki basınç farkları daha sabittir. Ayrıca bu tip filtrelerin koku giderim verimleri de yüksektir. Yeni imalatlarda egzozdan gelen havanın temizlenmesi için lav filtreler tercih edilmelidir.

#### A3. Üfleli filtre

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Egzozdan gelen havanın kısmen de olsa düşük oranda  $H_2S$  konsantrasyonu ihtiva etmesi halinde bu noktada üfleli filtre kullanılabilir. Bu tip filtreler açık havaya bağlantısı yapılarak fansız olarak kullanılmaktadır. Filtreden hava geçişi doğal ventilasyonla sağlanır. Bunun neticesinde lav filtrelere daha az hava taşınarak daha fazla verimlilik elde edilebilir. Öte yandan, üfleli filtre için ek bir yatırım ve işletim masrafı olacağı unutulmamalıdır.

### 3.4.8 Hava Çekme

#### A4. Hava çekiminin optimizasyonu

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	5 - 15	Duruma göre değişiklik gösterir

Egzozdan gelen havanın hacmini azaltmak için bazı tasarım unsurları yeniden gözden geçirilebilir. Kurulumda daha küçük fanlar kullanmak, frekans konvertörleri uygulamak veya zaman ayarlı anahtarlar (switch) kullanmak gibi teknik ayarlamalar yapılarak elektrik tüketimi azaltılabilir.

#### A5. Çekilen hava hacminin azaltılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	Duruma göre değişiklik gösterir

Havalandırılacak alanın hacmi azaltılmak suretiyle egzozdan gelen hava miktarı da azaltılabilir. Ancak minimum gereklilikler yerine getirilmelidir.

**A6. Çekilen havanın H<sub>2</sub>S ölçümlerine göre düzenlenmesi.**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	5 – 15	Duruma göre değişiklik gösterir

Ölçümlenen H<sub>2</sub>S konsantrasyonlarına göre çekilen hava miktarı düzenlenerek hava akışını azaltmak mümkündür.

**A7. Havalandırma havuzu üzerinde ventilasyon debisinin artırılması**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Bu önlem sadece noktasal olarak uygulanan yüzey havalandırmada uygulanabilir. Havalandırma havuzlarının üstü kapalı olduğu durumlarda egzoz gazında açık havaya kıyasla daha düşük oksijen bulunabilir. Bunun sonucu olarak, daha yoğun ve uzun süreli havalandırma gerekir. Havalandırma havuzu üzerindeki ventilasyon oranının artırılmasıyla birlikte havadaki oksijen konsantrasyonu artacak ve bu şekilde havalandırma için gereken enerji miktarı azalacaktır. Ancak, bu önlem ventilasyonu arttırmakta kullanılan bloverlerin fazladan enerji tüketimini de etkileyecektir.

**3.4.9 Çamur Sistemi**

**S1. Solucan patlaması (worm bloom)**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Solucanlar atıksu arıtma tesislerinde çamur miktarını azaltarak çamur hattı, taşıma ve çamur son-işlemindeki enerji tüketimini etkiler. Saha özelliklerine göre enerji kazanımının ne olacağı araştırılması gerekir.

**S2. Çamur nakliye işleminin zamanlanması**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Atık çamurun nakliyat saatleri uygun biçimde tespit edilmek suretiyle trafik tıkanıklıklarında etkilenmeden taşıma için harcanacak yakıtta tasarruf sağlanabilir.

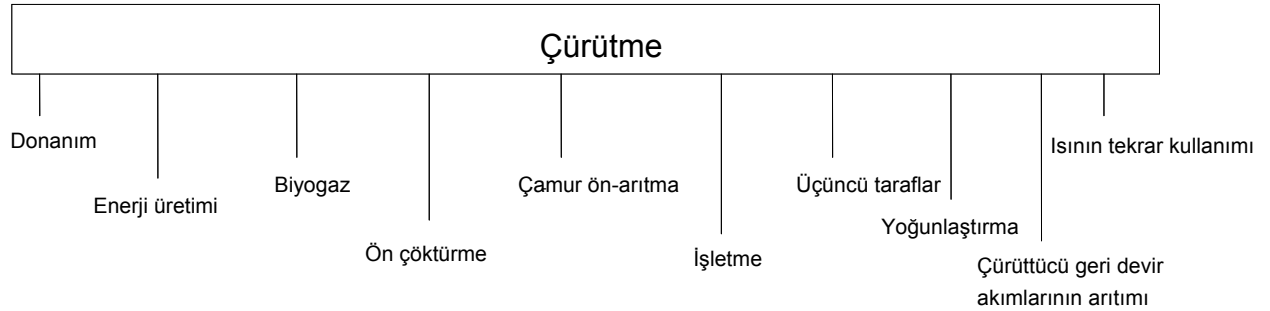
**S3. Cannibal (fazla çamur miktarının azaltılması)**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	> 1.500.000 €



Cannibal prosesinde aktif çamur ayrı bir havuzda belirli bir süre boyunca ‘aç bırakılarak’ çamurun ‘kendi kendini yemesi’ sağlanır ve sonuç olarak elde edilen net çamur miktarının daha düşük olması sağlanır. Bu şekilde, çamur hattı, taşıma ve çamur son-işlemindeki enerji tüketimi etkilenir. Bunun için de ilave havalandırma yapılması gerekecektir. Her uygulamanın kendine has toplam su zincirindeki enerji kazanımlarının ne olacağı araştırılmalıdır.

### 3.5 Çürütme



Bu bölümde, çürütme sürecine özgü enerji önlemleri tanımlanmaktadır. Öncelikle çamurun atıksu arıtma tesisinde çürütülmesinin fizibilitesi çalışılmalı ve bunu izleyen süreçte ekipmanlar, enerji üretimi, biyogaz, ön çöktürme, çamur ön-arıtması, çürütücü işletimi, üçüncü taraflarla işbirliği, çamurun yoğunlaştırılması, yan akımların arıtılması ve ısının yeniden kullanımı gibi konular değerlendirmeye alınmalıdır.

#### S4: Çamur çürütme ve kojenerasyonu

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
>%20	> 15	> 1.500.000 €

Atıksu arıtma tesisinde çürütme olmaması durumunda bir çürütücü kurulması düşünülebilir. Bu durumda, ilave birleşik ısı-güç (CHP) kurulumları ısı ve elektrik üretimi için gerekebilir. Aynı zamanda, biyogazın kullanılabilir enerjiye dönüştürülmesinde kullanılacak (ısıtıcı veya biyogazın doğal gaz şebekesine taşınması gibi) diğer ekipman ve uygulamalar da değerlendirilebilir. Çürütücünün uygulanabilirliği masraflar ve/veya enerji gibi kriterlere ve sahadaki özel şartlara göre değişecektir. Çamurun çürütülmesi halinde çamur miktarı bu çamurun taşıma/bertaraf masrafları da düşecektir. Ayrıca, biyogaz üretilmesi halinde elektrik tedarik masrafları da azalacaktır. Ekonomik fizibilite aynı zamanda yatırıma, işletim masraflarına ve yatırım geri ödeme hızını ilgilendiren mali kıstaslarada bağlıdır. Çürütmenin ekonomik anlamda uygulanabilir olması açısından üretimle doğru orantılı bir ekonomik ölçek uy-

gulanması da önemlidir. Bu nedenle, çürütücülerin büyük ölçekli tesislerde uygulanabilirliği daha fazladır. Ancak, küçük ölçekli tesislerden büyük tesislerdeki çürütücülere çamur taşınacak olması da değerlendirilmelidir.

### 3.5.1 Donanım

#### S5. Çok aşamalı termofilik çürütme

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Çürütmenin daha yüksek ısılarda gerçekleştirilmesi (termofilik çürütme) ya da çok aşamalı bir çürütme uygulanması halinde prosesdeki dönüşüm verimi artırılabilir. Prosesin düzenli ve istikrarlı bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Uygulamada çamur karakteristiği ve amonyaktan kaynaklanan inhibisyon göz ardı edilmemelidir.

#### S6. Mevcut çürütme kapasitesinin kullanımı

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Yüksek çürütme kapasitesi olması halinde diğer atıksu arıtma tesislerinden veya üçüncü taraflardan çamur veya çürütme için uygun özellikte organik atık tedarik edilebilir. Çamurun parçalanması açısından bunun olumlu katkıları olacak, daha büyük miktarlarda biyogaz elde edilecektir. Bu olasılıkların gerçekleşmesi, büyük ölçüde alınacak izinlere ve sahadaki özel şartlara bağlıdır.

#### S7. Eski çürütücülerin yalıtımı

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	5 – 15	< 100.000 €

Çeşitli yalıtım önlemlerinin uygulanması halinde çürütücüdeki yüksek ısı korunabilecek ve daha büyük miktarlarda biyogaz üretililecektir. Ayrıca, çürütücünün arzu edilen ısıda tutulması için gereken sıcaklık da daha az olacaktır. Biyogaz uygulamalarından yarar sağlayabilmek açısından bu önemlidir. Bu önlemin özellikle eski tip çürütme havuzlarında uygulanabilirliği daha fazladır.

#### S8. Çamur arıtılmadan önce kum tutulması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Zaman içerisinde çürütücü içerisinde kum birikmektedir. Bu durumu önleyebilmek için çamur veya su hatlarında biriken kumun çürütücüye ulaşmadan önce tutulabil-

mesi gerekmektedir. Kumun çürütücüye ulaşmasının engellenemediği hallerde birikecek kumun miktarı büyük oranda su ve çamur hatlarındaki kumun tutulmasına, çürütücüdeki karıştırma sürecine ve atıksu ile birlikte gelen kum miktarına bağlıdır. Çürütücüde kum bulunması neticesinde havuzda çamur bekleme süresi verimli olmaktan uzaklaşarak çamur dönüşüm oranının azalmasına neden olacaktır. Aynı şekilde, biyogaz üretiminde de kayıplar meydana gelecektir.

Çürütme sürecine kum karışmasını engelleyebilmek için kumun, örneğin kum siklonları kullanılarak çamur çürütmeden önce ayrılabilmesi gerekir.

### 3.5.2 Enerji Üretimi

#### S9. Kompresörlerin doğrudan gaz motoruyla çalıştırılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Konvansiyonel birleşik ısı-güç (CHP) kurulumlarıyla kombine olarak kullanılmalara haline kompresörler doğrudan üretilmiş olan biyogaz ile çalışan gaz motorları vasıtasıyla çalıştırılarak düşük oranda havalandırma arzu edilen durumlarda gazın kullanılması sağlanabilir. CHP kurulumlarından elde edilen elektrik enerjisi tesiste tüketilebileceği gibi şebekeye de beslenebilir.

#### S10. Küçük gaz türbinleri veya gaz motorlarıyla enerji üretilmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	> 15	Duruma göre değişiklik gösterir

Tek bir büyük gaz türbini yerine birkaç tane küçük türbin kullanılarak enerji elde edilmesi halinde biyogaz üretimindeki dalgalanmalar daha kolay yönetilebilecektir. Ancak, büyük türbinlerin daha verimli işletilebildiği de göz ardı edilmemelidir.

#### S11. Küçük bir gaz türbini ya da ekstra biyogaz depo tankı ilavesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Geçici olarak bir gaz fazlası olması halinde ilave bir gaz türbini kullanılmak suretiyle tesisdeki enerji üretiminde daha fazla biyogaz kullanılabilir. Ayrıca, bu şekilde biyogaz temininde karşılaşılan dalgalanmalar da daha esnek bir şekilde yönetilebilecektir. Biyogaz için ilave depo kapasitesi de kullanılabilir. Böylelikle, biyogazın yakılması ya da depolanmasına olan ihtiyaç da azaltılmış olacaktır. Ancak, ilave bakım çalışmaları gerekeceği unutulmamalıdır.

### S12. Yüksek verimlilikte ısı ve enerji eşleşimi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%5 – 10	5 – 15	< 250.000 €

Tasarım aşamasındaki atıksu arıtma tesislerinde yüksek verimlilikte kombine ısı ve güç kurulumları kullanmak iyi bir yatırım olabilir ve bu yolla %38-42 oranında elektrik verimi elde edilebilir. Isı ve güç kurulumlarına ilaveten ORC (Organik Rankine Döngüsü) teknolojisinin kullanılması halinde elektrik verimi %45'e ulaşacaktır. ORC teknolojisi organik solventlerin buharlaşma ve kondansasyonuna dayalıdır. Maliyet açısından verimlilik elde edebilmek için nispeten büyük (> 1 MW elektrik) ısı ve güç kurulumlarına gerek vardır.

### S13. Isı enerji eşleştirmesinin optimizasyonu

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

CHP kurulumunun maksimum verimde kullanılabilmesi için gerekli bakımların zamanında yapılması şarttır. Ekipmanın performansını tedarikçinin belirttiği şartlara uygun olup olmadıkları açısından değerlendiriniz.

### S14. Isı enerji eşleştirmesinden önce gazın şartlandırılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Gaz kalitesi artırılmak (daha temiz gaz kullanmak) suretiyle CHP kurulumlarının verimi de artırılabilir. Özel komponentler için tedarikçinin şartlarını göz önünde bulundurun.

### S15. Yüksek verimlilik için yakıt hücreleri kullanılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%10 – 20	> 15	> 1.500.000 €

Çürütücü ve gaz türbinler/kojeneratör kullanılan atıksu arıtma tesislerinde genellikle fazla miktarda ısı üretilmesine karşın kayda değer miktarda da elektrik açığıyla karşılanmaktadır. Yakıt hücreleri kullanılmak suretiyle gaz motorları veya gaz türbinlerine kıyasla önemli oranda daha fazla enerji üretilebilmektedir. Ayrıca, biyogaz kullanılarak elde edilen ısı ve elektrikte de verim artmaktadır. Biyogazla çalışan yakıt hücreleri piyasada bulunmakla birlikte bu alanda ARGE çalışmaları devam etmektedir. Yakıt hücresi kullanılarak %45'e varan oranlarda verimlilik artışı elde edilebilmektedir.

### 3.5.3 Biyogaz

#### S16. Çürütücüdeki ısı tampon kapasitesinin kullanılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	Yatırım gerektirmemektedir	-

Havuz ısısı genellikle 33°C ±2°C civarında tutulur. Isı fazlası olması halinde sıcaklığın 36°C'ye ulaşması halinde kanıtlanmış bir negatif etki olmamakla birlikte biyogaz üretiminde artış olmaktadır. Arzu edilen sıcaklığın sağlanamadığı dönemlerde ilave ısıtma ihtiyacıyla daha az karşılaşılmaktadır.

#### S17. Biyogazın doğal gazla karıştırılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
>%20	> 15	Duruma göre değişiklik gösterir

Biyogaz üretim bazı dönemlerde düşebilir, gaz motoru tam kapasiteyle kullanılamaz. Bu gibi durumlarda biyogaz-doğal gaz karışımları kullanılmak suretiyle gaz motorunun sürekli çalışması sağlanarak kabul edilebilir oranda verim elde edilebilir.

#### S18. Biyogazın üçüncü taraflara ulaştırılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Küçük çaplı bir ön-işlemi takiben biyogaz bir boru hattı üzerinden yüksek verimde ısı veya elektrik fazlası temin edilebilecek bir başka lokasyona iletilebilir. Atıksu arıtma tesisinde biyogazdan elektrik enerjisi elde edildiği hallerde elektrik teminiyle ilgili alternatif düzenlemelere ihtiyaç vardır. Maliyet açısından mesafe önemli bir kısıttır. En iyi uygulama için komple enerji dengesinin hesaplanması gerekir.

#### S19. Biyogazın metana çevrilerek tekrar gaz şebekesine verilmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Biyogaz iyileştirilerek doğal gaza dönüştürülebilir ve doğalgaz şebekesine beslenebilir. Bu biyogaz kısmen çürütücü için ısı üretiminde kullanılabilir. Bir önce ele alınan durumda, tesiste biyogazdan elektrik elde edilmesi halinde ilave bir elektrik kaynağına gereksinim vardır. Elektriğin (primer enerji kaynağının) muhafaza edilip edilemeyeceğiyle ilgili karar verebilmek açısından, enerji üretimi ve tüketimiyle ilgili konuların kapsamlı bir şekilde gözden geçirilmesi lazımdır.

### S20. Gaz depolama için ilave depo tankı kurulumu

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	> 15	< 250.000 €

İlave depo kapasitesi yıllık ortalama biyogaz kullanımını iyileştirebilir. Bu açıdan, düzenli olarak biyogaz fazlası bulunmasına ve gazın gerekli biçimde tüketilebilir olmasına gerek vardır.

### 3.5.4 Önçöktürme

#### S21. Yüksek verimlilikte önçöktürme

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
5 – 20%	< 5	< 100.000 €

Önçöktürme havuzundaki birincil çamur üretimini, polimer (PE) veya metal tuzu dozlaması yapılarak arttırmak mümkündür. Birincil çamur çürüme özellikleri bakımından ikincil çamura kıyasla daha uygundur ve bunun da bir sonucu olarak daha iyi bir çürüme ve daha fazla miktarda biyogaz üretimi elde edilir. Ancak, metal tuzları katılarak elde edilen kimyasal özellikleri daha yüksek olan çamurun bertarafında ilave masraflarla karşılaşılacaktır. Daha iyi bir ön arıtmanın su hattı üzerindeki azot giderimine etkilerine dikkat edilmelidir. Yüksek verimlilik neticesinde genellikle istenmeyen seviyelerde BOİ/N oranlarına ulaşılmakta ve bu nedenle denitrifikasyon aşamasında sorunlar yaşanabilmektedir. Enerji tasarrufu sağlayan yan akım arıtma teknikleri kullanılarak azot giderimine bir çözüm uygulanabilir. Ayrıca, daha düşük BOİ yüklemesi biyolojik fosfor giderimine giderimine etkileri olabilir.

### 3.5.5 Çamurun Ön-Arıtılması

#### S22. Çürütme öncesinde ultrasonik/hidrokinamik çamur parçalama teknikleri

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	< 500.000 €

Çürütme öncesinde ultrasonik/hidrokinamik çamur parçalama teknikleri kullanılarak çürütme safhasında etkili bir parçalanma sağlanabilir. Ayrıca, biyogaz üretimini de arttırmak mümkündür. Çamurun parçalanmasında gerekecek ilave enerji biyogazdan elde edilmiş olan enerjiden karşılanacak şekilde optimize edilmelidir. Son çamur miktarında elde edilecek azalma ile maliyette düşüş elde edilebilir.

**S23. Çürütme öncesinde yüksek basınçlı, termik, hidroliz, cambi çamur parçalam teknikleri**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
1 – 10%	> 15	> 1.500.000 €

Çürütme öncesinde yüksek basınçlı, termik, hidroliz, çamur parçalam teknikleri kullanılarak çürütme safhasında etkili bir parçalanma sağlanabilir. Yüksek ısı ve basınç, çamur içerisindeki biyokütleyi bozarak çürütülebilir bileşenlerin açığa çıkmasını sağlar. Ayrıca, biogaz üretimi de artabilir. Çamurun parçalanmasında gerekecek ilave enerji biyogazdan elde edilmiş olan enerjiden karşılanacak şekilde optimize edilmelidir. . Son çamur miktarında elde edilecek azalma ile maliyette de düşüş elde edilebilir. ayrıca, susuzlaştırma karakteristikleri iyileşir.

### 3.5.6 İşletme

**S24. Çürütücünün sürekli olarak beslenmesi**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	< 250.000 €

Çürütücüye sabit besleme sağlamak suretiyle sabit biyogaz üretimi elde edilebilir. Bunun sonucu olarak, gaz motorlarının sabit hızda çalışması sağlanarak biyogaz yakılmasını gerektiren pikler azaltılabilir. Sabit besleme elde edebilmek açısından pbirincil çamur ön arıtma ünitesinde, yoğunlaştırıcıda veya yeni bir depo havuzunda depolanabilir ve ilk yıkamada (flush) pik gaz oluşması önlenir.

**S25. Çürütücü içerisinde düzgün miksoj**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	5 – 15	< 50.000 €

Havuzda tam karışım elde edebilmek açısından çürütücüde uygun şekilde karıştırma yapılması gereklidir. Karıştırma sıklığı veya yoğunluğu gibi karıştırma süreçleri ihtiyaca göre yeniden düzenlenebilir ve bu şekilde optimum düzeyde gaz üretimi elde edilebilir. Karıştırma işleminin ilave enerji gerektireceğinden hareketle maliyetler ve kazançlar değerlendirilmelidir.

**S26. Çürütücüye gaz verilerek karıştırma yerine karıştırıcı kullanarak karıştırma yapılması**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	< 5	< 100.000 €

Gaz girdisi yerine karıştırıcı koyulmak suretiyle karıştırmada da enerji tasarrufu sağlanabilir. Enerji verimi çürütücü ebadına göre değişir. Özel tasarım yapılmalıdır.

### S27. Çürütücüden kumun bir kerede temizlenmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Açıklamalar için bkz. S8. Bu özel önlem çürütücüden kum atılmasıyla ilgili bir önlemdir ve uygulanabilmesi için çürütücünün devre dışı bırakılmasını gerektirir. Kumun bu şekilde temizlenmesi için büyük miktarlarda birikmesi beklenebileceği gibi istenmeyen miktarlarda kum birikmesini önlemek için çürütücünün düzenli olarak temizlenmesi de sağlanabilir.

### S28. Çürütücüden bakım sırasında kumun temizlenmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	< 500.000 €

Açıklamalar için bkz. S8 ve S27.

## 3.5.7 Üçüncü taraflar

### S29. Çevredeki atık ısı enerjisinin kullanılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Çevredeki bir sanayi tesisinden vs. alınacak atık ısı enerjisi binaların, çürütücülerin, giriş suyunun ısıtılmasında veya çamur susuzlaştırma ya da kurutulmasında kullanılabilir.

### S30. Atık ısının üçüncü taraflara verilmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Kojenerasyondan gelen ve atıksu arıtma tesisinde bir kullanım alanı bulunmayan atık ısının sanayi kuruluşları ya da kentsel yerleşimler gibi kullanım alanlarına beslenmesi sağlanabilir. Tedarik taahhütü vs. yasal konular göz ardı edilmemelidir.

## 3.5.8 Yoğunlaştırma

### S31. Çamurun graviteli olarak değil mekanik olarak yoğunlaştırılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Kalma süresi ve çürütme prosesine göre değişiklik gösterir	Kalma süresi ve çürütme prosesine göre değişiklik gösterir	< 500.000 €

Graviteli yoğunlaştırma yerine mekanik yoğunlaştırma uygulanmak suretiyle daha fazla yoğunlaştırma elde edilebilir. Bunun neticesinde, çürütücüye giren çamurda



daha yüksek miktarlarda askıda katı madde konsantrasyonu bulunur ve tutma zamanı artabilir; böyle olması halinde biyogaz üretimi de artacaktır.

### S32. Polielektrolit dozlama.

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Kalma süresi ve çürütme prosesine göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	< 10.000 €

Graviteliçamur yoğunlaştırma sırasında polimer (PE) dozlamak suretiyle askıda katı madde konsantrasyonu arttırılabilir. Sonuç olarak çürütücüde bekleme süresi ve üretilen biyogaz miktarı artar. PE dozlamayla elde edilebilir olan askıda katı madde konsantrasyonu mekanik çamur yoğunlaştırmaya kıyasla daha azdır. Öte yandan dozlama ekipmanı için gereken yatırım miktarı da düşüktür.

## 3.5.9 Yan akımların Arıtılması

### S33. Yan akımların sabit ve yüksek oranda amonyak nitrit üzerinden dönüştürülerek (SHARON) arıtılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%5 – 10	5 – 15	Giderilen 0,5 – 1,5 € / kg N

SHARON (yan akımların sabit ve yüksek oranda amonyak nitrit üzerinden dönüştürülerek arıtılması) prosesinde ilk olarak aerobik şartlarda amonyak okside olarak (nitrikasyon nitrit) halini alır ve ardından anoksik şartlarda karbon kaynağı eklenecek (denitrifikasyon) azota dönüştürülür. Denitrifikasyon süreci, nitritin kolaylıkla denitrifiye olmasından hareketle özellikle proses pH değerini düzeltmeyi hedefler. Konvansiyonel Azot giderim sürecine kıyasla enerji tasarrufu söz konusudur. 30-40°C'lik bir ısı gerekir.

### S34. Azotun kimyasal olarak strüvite çöktürülmesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	5 – 15	Duruma göre değişiklik gösterir

Strüvit prosesinde geri dönen likör içerisindeki fosfor, fosfatın Magnezyum ve azot ile strüvite çökeltilmesiyle giderilir (MgNH<sub>4</sub>PO<sub>4</sub>, Magnezyum-Amonyak-Fosfat (MAF)). MAF gübrede kritik öneme sahip bir etmendir.

### S35. Anaerobik deamonifikasyon.

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%10 – 20	5 – 15	Giderilen 0,5 – 1,5 € / kg N

Deamonifikasyon, atıksudaki amonyağın indirgendiği biyolojik arıtma yöntemidir. Bu yöntemle, amonyak, anaerobik şartlarda nitrit kullanılmak suretiyle azota dönüştürülür. Bu, ototropik bir süreç olup herhangi bir karbon kaynağı eklenmesini gerektirmez. Proses iki adımdan oluşur: amonyaktan nitrit oluşumu ve nitrit ve amonyağın birleşerek azot oluşumu. Bu işlem ancak yan akımlar gibi fazlasıyla konsantr atıksular için geçerlidir. Düşük C/N oranı ve yüksek ısı şarttır. (Teknikler: Anammox – Anaerobik Amonyak Oksidasyonu, DEMON – Deamonifikasyon)

**S36. İki reaktörlü ve iki aşamalı Sharon-Anammox prosesi**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%10 – 20	> 15	Giderilen 1,0 – 3,0 € / kg N

Ayrı bir SHARON prosesinde denitrifikasyon olmadan oluşan nitrit, ANAMMOX prosesindeki amonyak ile anaerobik reaksiyona girerek azot gazına dönüşür. Amonyak anaerobik oksidasyonunda özellikle ANAMMOX bakterileri de sürece dahildir. SHARON prosesinde amonyak nitrite dönüştürülür ve bu süreç, amonyak ve nitrit arasında uygun bir oran tutturuluncaya kadar devam eder. Bu sürecin kullanıldığı büyük ölçekli bir örnek bulunmaktadır. Prosesler günümüzde 1. adımda (bkz. S19) gerçekleştirilebilmektedir.

**3.5.10 Isının Tekrar Kullanımı**

**S37. Düşük değerli ısının yeniden kullanımı**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	< 250.000 €

Çıkış suyu, çürütülmüş çamur ve çamur fazlası içerisinde düşük ısı değeri bulunmaktadır. Görece düşük seviyedeki bu ısı genellikle 80°C'den azdır. Bu ısı çürütücüye beslenecek çamurun ön-ısıtmasında kullanılabilir. Büyük bir akım içerisindeki düşük ısı değeri ısı pompası kullanılmak suretiyle kullanılabilir ısıda küçük bir akışa dönüştürülerek binaların veya giriş suyu ya da susuzlaştırılacak çamurun ısıtılmasında ve ya çamurun kurutulmasında kullanılabilir.

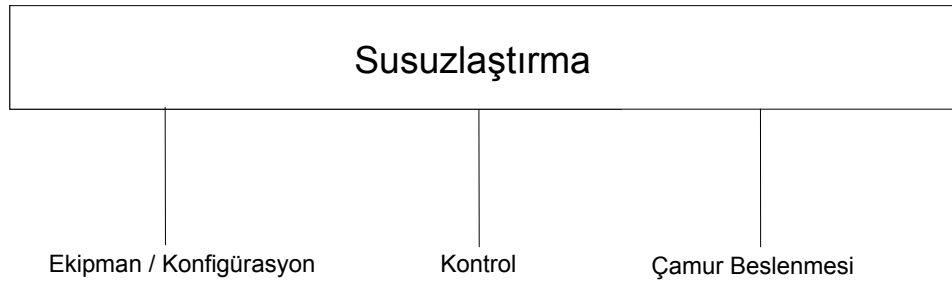
**S38. Gaz motoru egzoz gazlarından elde edilen ısının tekrar kullanımı**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Örneğin bir gaz motorunda üretim fazlası bir ısı oluşması halinde bu ısı çürütücüde arzu edilen ısının tutturulmasında, giriş suyunun ısıtılmasında veya susuzlaştırma ünitesindeki çamurun ısıtılmasında kullanılabilir. Giriş suyunun ısıtılmasının enerji

tasarrufuna etkileri büyük oranda durum şartlarına bağlıdır. Yüksek sıcaklıklarda daha az çamur gerektiğinden ötürü olumlu ve daha yüksek ısıda fazla oksijen gerektiğinden ötürü de olumsuz etkileri bulunmaktadır. Çamur ne denli sıcak olursa susuzlaşma özellikleri de o kadar artmaktadır. Aynı susuzlaştırma yüzdesinde bu durum daha düşük enerji ve polimer tüketimine neden olur. Bu değerler son susuzlaştırma yüzdesinin yüksek olması için sabit de tutulabilir. Bunun neticesinde son çamurun depolanmasında maliyetler düşürülebilir. Son aşamada herhangi bir enerji tasarrufu yer almamakla birlikte sürecin ardışık ve etkili bir şekilde yönetimi açısından önemlidir.

### 3.6 Susuzlaştırma



#### S39. Susuzlaştırma fizibilitesi

Çamuru susuzlaştırılmak suretiyle, örneğin kuru katı içeriği %20-25 dolaylarına getirildiğinde bu, taşıma masrafları açısından bir tasarrufu da beraberinde getirir. Aynı şekilde, çamur içindeki su muhtevası azalmış olacağından çamurun kalorifik değeri artar. Susuzlaştırmanın ekonomik anlamda uygun olup olmadığını görmek için sahanın kendine has koşulları değerlendirilmeli, nakliye ve çamur bertaraf masrafları göz önüne alınmalıdır. Ekonomik olması açısından susuzlaştırma belirli bölgelere hizmet veren büyük ölçekli arıtma tesislerinde yapılabilir. Küçük tesislerden gelen çamur sahada yoğunlaştırılarak merkezi susuzlaştırma tesislerine nakledilebilir. Farklı çamurların farklı susuzlaşma karakteristikleri olacaktır. Çamur karakterine göre gerekli kuru-katı yüzde-leri ile enerji gereklerine uygun mekanik susuzlaştırma alternatifleri kullanılabilir.

#### 3.6.1 Ekipmanlar/Konfigürasyon

##### S40. Yoğunlaştırmadan sonra santrifüj yerine belt pres

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	> 15	< 250.000 €

Çamurun susuzlaştırılmasında yoğunlaştırma safhasından sonra santrifüj yerine belt pres uygulanması enerji sarfiyatını olumlu yönde etkileyecektir. Elde edilecek olan kuru madde içeriği göz önünde bulundurulmalıdır.

**S41. Doğrudan çamur susuzlaştırma için basamaklı (kaskat) hizalama ve belt pres**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	> 15	< 250.000 €

Tek aşamalı santrifüj yerine belt kalınlaştırıcılı kaskat hizalama ile belt pres veya susuzlaştırma bandı uzatılmış bir belt pres kullanılmak suretiyle doğrudan çamur susuzlaştırması yapıldığı zaman enerji tüketimi olumlu yönde etkilenmektedir.

**S42. Çürütmeden sonra belt presle çamur susuzlaştırma**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	> 15	< 250.000 €

Çürütmeyi takiben çamurun santrifüj yerine belt pres kullanılarak susuzlaştırılması enerji tasarrufu sağlayacaktır. Elde edeceğiniz kuru madde içeriği göz önüne alınmalıdır.

**S43. Susuzlaştırma ünitesinde kuru madde içeriği**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik göstermektedir	Duruma göre değişiklik göstermektedir	Duruma göre değişiklik göstermektedir

Yüksek oranda askıda katı madde içeriğine ulaşacak tipte çamurların nasıl susuzlaştırılacağı (örn. membran filtre pres gibi) konusunda karar verilirken nakliyede kat edilecek mesafe ve çamur son-işlemi de göz önünde bulundurulmak suretiyle enerjiden tasarruf etmek mümkündür. Susuzlaştırma, çamurun nakliyatı ve çamur son-işlemi için gereken enerjiler optimize edilebilir.

**S44. Aktif çamur depolarından su tahliyesi**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik göstermektedir	Duruma göre değişiklik göstermektedir	< 50.000 €

Nakliye masrafları ve nakliye sırasında harcanan enerji miktarı aktif çamur aşamasında suyun tahliye edilmesiyle birlikte daha da düşecektir. Bu anlamda, çöktürme tankları /depolar ve yeterli bekleme süresi gerekecektir.

### 3.6.2 Kontrol

**S45. Santrifüj hızının düşürülmesi**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	Yatırım gerektirmektedir	None

Enerji geri kazanım birimi kullanılmak suretiyle santrifüjün çalışma hızı ya başladığında elektrik üretilebilir.

#### S46. Santrifüj operasyon kontrol sistemi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik göstermektedir	Duruma göre değişiklik göstermektedir	< 50.000 €

Sabit bir kuru madde içeriğine ulaşılmaya çalışılırken, santrifüje beslenmekte olan çamur içerisindeki askıda katı madde konsantrasyonunda karşılaşılan dalgalanmaları kontrol etmek amacıyla bir debi kontrol sistemi tasarlanabilir. Bu doğrultuda, besleme debisi ve/veya gelen çamur içerisindeki askıda katı madde miktarı ölçülebilir. Besleme debisinde yapılan ölçümler ve/veya santrifüj operasyon ayarlarına göre işletim ayarlanarak sabit değerde bir son kuru madde içeriği elde edilebilir. Bunun neticesinde, son çamur işleme safhasına nakledilecek miktar azaltılarak zincir içerisinde enerji tasarrufu sağlanabilir. Bu tip operasyonda susuzlaştırma aşamasında daha az enerji ve daha az polimer tüketilir.

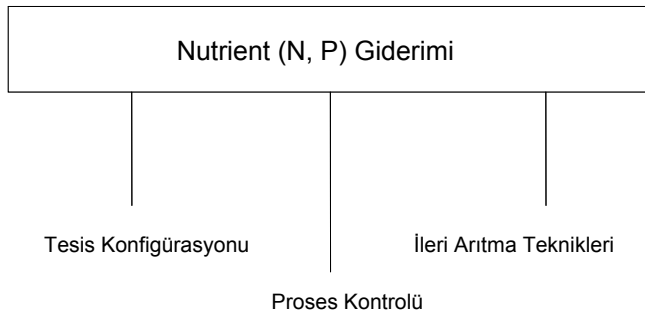
### 3.6.3 Çamur Beslemesi

#### S47. Susuzlaştırma kurulumuna iyi karışmış çamur beslemesi

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
< %1	> 15	< 250.000 €

Susuzlaştırma kurulumuna iyi karışmış bir çamur göndermek suretiyle tüm prosesin daha sabit şartlarda ilerlemesi sağlanabilir. İyi karışmış çamur kullanılması çamur son-işleme nakledilen çamur miktarının azalmasına ve genel itibarıyla tüm zincirde daha az enerji tüketilmesine yardımcı olur. Benzer şekilde, susuzlaştırma safhasında da daha düşük enerji ve daha az polimer dozlaması gerekecektir. Ön çöktürme havuzunda, yoğunlaştırma tankında ya da yeni depolama tankında birincil çamur depolanarak düzenli bir besleme elde edilebilir.

### 3.7 Nutrient (N, P) Giderimi



### *W33: Nütrient giderimi*

(Azot, fosfor) gibi nütrientlerin gideriminin gerekliliği konusunda özel mevzuat hükümleri veya alıcı ortamla ilgili yerel şartlar belirleyici etmenler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu besin maddelerinin giderilmesi önemli oranda masraf ve enerji sarfiyatını da beraberinde getirmektedir. Tarımsal alanlar ve özellikle de kurak bölgelerde bu besin maddeleri tutularak suyun tarımsal sulama amacıyla kullanılması bir seçenek olarak değerlendirilebilir. Bu şekilde hem su hem de besin elementleri tekrardan kullanılmış olacaktır.

### **3.7.1 Tesis Konfigürasyonu**

#### *W34. İlave anoksik hacim oluşturulması*

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	< 10.000 €

Daha ileri düzeyde denitrifikasyona olanak verecek şekilde ilave anoksik hacim oluşturmak suretiyle, nitrat dönüşümü sırasında oksijen geri kazanımı olacağından havalandırma için gereken enerjiden tasarruf etmek mümkündür.

#### *W35. Enerji açısından en uygun tasarımın tercih edilmesi*

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Hidrolik ve teknolojik açılardan en uygun sistemin tespit edilmesi enerji tasarrufu, ve özellikle de yan akımlarda enerji tasarrufu sağlamak açısından önemlidir. Bunun bir örneği Phoredox prosesinde görülebilir. Bu proses enerji açısından önemli olmakla birlikte teknoloji perspektifinden bakıldığında M-UCT prosesinin genellikle daha çok tercih edildiği görülmektedir. Bu önlem, özellikle kompartman, havuz (tank), hidrolik yük kaybını azaltacak boruların konumu ve pompaj, geriçevrim ve karıştırma için gereken enerji miktarının en aza indirilmesi gibi hususlara bağlıdır.

#### *W36. Geri devir çamur debisinin takibi*

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	5 – 15	< 100.000 €

Geri devir çamur debisinin yönetimi, çamur seviyesi ve çöktürme havuzundaki bulanıklık, giriş suyu debisi, havalandırma havuzundaki askıda katı konsantrasyonu ölçülerek veya çöktürme havuzundaki kütle dengesi temel alınarak yapılabilir. Geri devir çamuru, gerektiği kadar pompalanır. Basma yüksekliği fazla olan sistemlerde ilginç

bir olasılık son çöktürme havuzundan dönüşümlü olarak çamur geri devrettirmek olabilir ki bu şekilde geri dönen çamurun daha yoğun olması sağlanabilir.

**W37. Anoksik bölgede nitrat geri devrinin düzenlenmesi**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	5 – 15	< 100.000 €

Havalandırılan bölgeden anoksik bölgeye olan içsel geri devir nitrat konsantrasyonuna göre ve ilave bir nitrat veya redox sensörü kullanılarak düzenlenerek enerji tasarrufu sağlamak mümkündür. Sensör(lerin) nereye yerleştirileceği sahadaki özel şartlara göre kararlaştırılmalıdır.

### 3.7.2 Proses Kontrol

**W38. Havalandırma hızının proses parametreleriyle eşleştirilmesi**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%10 – 20 (oksijen)	< 5	< 100.000 €
%1 – 5 (redox)	< 5	< 100.000 €
%1 – 10 (amonyak/nitrat)	< 5	< 100.000 €

Blowerlardan gelen oksijen beslemesi hattaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu, redox ölçümleri veya amonyak/nitrat ölçümlerine dayanarak yapıldığı takdirde sistem gerçek oksijen ihtiyacına göre işletilebilir. Bu doğrultuda, proses kontrolü için bir veya birkaç sensör kullanılabilir.

**W39. Sensör konumu ve sayısının optimizasyonu**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5 (konum)	< 5	< 10.000 €
%1 – 5 (sayı)	< 5	< 100.000 €

Sensörlerin konumları veya sayıları ayarlanmak suretiyle sistemin gerçek oksijen ihtiyacına göre havalandırma girdileri daha doğru bir şekilde takip/kontrol edilebilir. Sensörlerin konum ve sayısını en doğru şekilde belirleyebilmek için proses modellemesi yapılabilir. Sensör konumları havuzların konfigürasyonuna bağlıdır. Genellikle, amonyak, fosfat ve nitrat sensörleri sonçöktürme havuzuna akış hattı üzerine yerleştirilir; oksijen sensörlerinin konumu sahadaki duruma göre tespit edilir.

**W40. Sensörlerin düzenli olarak kalibrasyonu**

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
%1 – 5	< 5	< 10.000 €

Oksijen, amonyak, nitrat, redox gibi sensörlerinin hassasiyeti zamanla düşecektir. Bu anlamda, sensörlerin düzenli olarak kalibrasyonu sağlanarak sistemin gerçek oksijen ihtiyacına göre en uygun şekilde işletimi sağlanabilir.

#### W41. Fosfor gideriminin optimizasyonu

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir	Duruma göre değişiklik gösterir

Fosforun mümkün olduğu kadar biyolojik olarak giderilmesi gerekir ki bu şekilde fosfor giderimi için kimyasal dozlama en aza indirilebilir. Kimyasal fosfor giderimi neticesinde daha fazla miktarda (kimyasal) çamur elde edileceği gibi çamur arıtmada kullanılacak enerji miktarı da artacaktır. Bunun sonucunda, denitrifikasyon için gerekenden daha düşük miktarda BOİ olacağı değerlendirilmekteyse de bu konuda kesin bir karar bulunmamaktadır. Kimyasal çamur, çamurun susuzlaşma kabiliyetini olumlu yönde etkiler. Fosfor gideriminde kimyasal dozlarının minimize edilmesiyle ortaya çıkacak avantaj/dezavantajların neler olacağı tesis özelliklerine göre değişecektir. Bu nedenle optimizasyon çalışmaları duruma (tesise) göre ayrı ayrı ele alınmalıdır.

### 3.7.3 İleri Arıtma Teknikleri

#### W42. Deamonifikasyon

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
İnceleniyor	İnceleniyor	Bilinmiyor (inceleniyor)

Anammox (deamonifikasyon) bakterileri atıksu içerisindeki amonyak ve nitriti azot gazına dönüştürür ve bu şekilde azot giderimine kıyasla önemli oranda enerji tasarrufu sağlanır. Bu konuda teknoloji geliştirilmektedir. Daha yüksek ısılar ve konsantrasyonu yüksek atıksular (örneğin çamur susuzlaştırmadan dönen yan akımların arıtması) için kapsamlı uygulamalar bilinmektedir.

#### W43. Aerobik granül çamur (Nereda).

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
İnceleniyor	İnceleniyor	Bilinmiyor (inceleniyor)

Nereda, evsel atıksularının aerobik granül çamur kullanılarak arıtıldığı kesikli beslemeli bir prosestir. Pilot uygulamalar ve hesaplamalara dayanarak elde edilen veriler bu uygulamayla konvansiyonel atıksu arıtma sistemlerine kıyasla enerji tasarrufu elde edilebileceğini ortaya koymaktadır. Bunun başlıca nedeni, daha fazla su yüküyle çalışabilme ve havalandırma avantajıdır. Ancak, bu verilerin kesinlikle doğrulanabilmesi açısından daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç olduğu değerlendirilmektedir. Ön arıtma oranına göre ince parçacıkların giderilmesi için tambur elek kullanılması gerekmektedir.



#### W44. İdrarın ayrılması

% Etki	Geri ödeme süresi	İlave yatırım
Duruma göre değişiklik göstermektedir	Duruma göre değişiklik göstermektedir	Duruma göre değişiklik göstermektedir

İdrar ve dışkı ayrılmak suretiyle daha verimli atıksu arıtması gerçekleştirmek mümkündür. Arıtmanın ölçeği bu anlamda önemli olmakla birlikte ciddi analizler yapılması da gerekmektedir. Bu proses aynı zamanda kanalizasyon şebekesi bulunmayan kırsal alanlarda da uygulanabilir. Kentsel alanların yeni yerleşim alanlarına doğru genişlediği durumlarda ve toplu konut, hastane, iş merkezleri vb. büyük ölçekli uygulama alanlarında kullanımı da değerlendirilebilir.