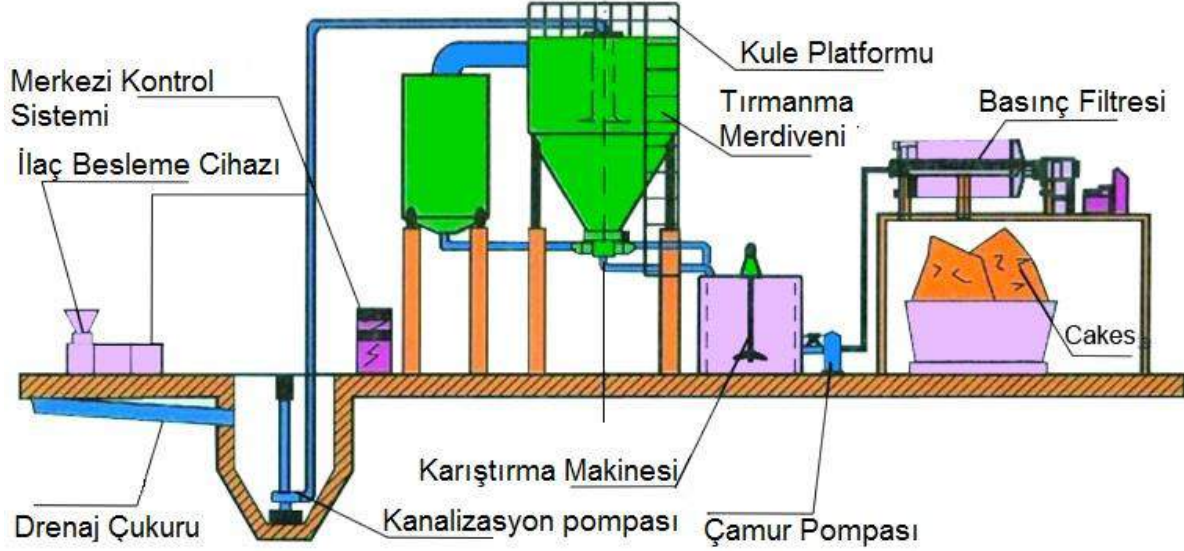


# MERMER KESİMİNDEN KAYNAKLANAN ÇEVRE KİRLİLİĞİ ve ÖNLEMLERİ



**Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK**  
Müsteşar  
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

**ANKARA-2018**

## İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	3
2. BLOK MERMER KESİMİ.....	7
3. MERMER ÇAMURU.....	9
4. MERMER ÇAMURUNUN ÇEVRESEL ETKİSİ.....	11
5. MERMER ATIKSULARININ ARITILMASI.....	13
6. KATI ATIKLAR.....	16
7. MERMER ÇAMURU KULLANIM ALANLARI.....	19
8. MERMER TOZU.....	23
9. GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ.....	28
10. KAYNAKLAR.....	29

# 1.GİRİŞ

Türkiye, 5,2 milyar m<sup>3</sup> (13,9 milyar ton) toplam rezervi ile dünya doğal taş rezervinin yaklaşık %40'ına sahiptir. Türkiye'de 3,872 milyar m<sup>3</sup> işletilebilir mermer, 2,7 milyar m<sup>3</sup> işletilebilir traverten, 995 milyon m<sup>3</sup> granit rezervi bulunduğu tahmin edilmektedir. Yaklaşık 1,6 milyar ton civarındaki görünür rezervi ile dünya ihtiyacını bugünkü hızı ile 80 yıl karşılayacak potansiyele sahiptir. Mermer üretimimiz özellikle 1980'li yıllardan itibaren hızla artmıştır. Türkiye, mermer üretiminde dünyada 7. sırada, mermer ihracatında ise 8. sırada yer almaktadır. Mermercilik sektöründe 116'sı kamu ve 447'si özel olmak üzere toplam 563 blok mermer üreticisi bulunmaktadır. Ayrıca Türkiye'nin her yerine dağılmış binlerce blok mermer ve plaka hazırlama tesisi bulunmaktadır.

2012 yılında mermer sektöründe, 2.100 adet mermer ocağı, küçük ve orta ölçekli 1.349 fabrika ve 7.500 atölyede faaliyet gösterilmektedir. Tablo 1'de ülkemizde mermer işleme tesislerinin dağılımı verilmiştir.

**Tablo 1.** Mermer İşleme Tesisleri

İL	TESİS SAYISI	TESİS KAPASİTESİ (yıl)
Adıyaman	9	3.000.000 m <sup>2</sup>
Afyonkarahisar	713	
Antalya	9	730.000 m <sup>2</sup>
Amasya	10	86.837 m <sup>3</sup>
Balıkesir	45	6.750.000 m <sup>2</sup>
Burdur	51	27.780.000 m <sup>2</sup>
Bursa	40	120.000 m <sup>2</sup>
Denizli	110	20.000.000 m <sup>2</sup>
Diyarbakır	20	3.000.000 m <sup>2</sup>

Elazığ	12	960.000 m <sup>2</sup>
Isparta	8	1.200.000 m <sup>2</sup>
İzmir	206	
Konya, Karaman, Beyşehir	8	218.000 m <sup>2</sup>
Muğla	91	25.480.000 m <sup>2</sup>
Sivas	17	1.902.638 m <sup>2</sup>

Blok mermer üretimi esnasında yarı yarıya atık oluşmaktadır. Plaka kesimi esnasında ise en az %15-50 oranında toz olarak atık oluşmaktadır.

Mermer üretim sanayi, enerji ve su yoğun bir sanayidir. Özellikle blok mermerlerin kesimi esnasında aşırı derecede su kullanılmaktadır.

Batı Avrupa ve Amerika Birleşik Devletlerinde yaklaşık %80 oranında değerlendirilen bu atıkların ülkemizdeki değerlendirme oranı ise sadece %20'dir.

Bursa, Yenişehir, Kemalpaşa, Sivas, Balıkesir, Afyon, Bilecik, Muğla, Eskişehir, Kırklareli, Kırşehir ve Marmara Adası gibi muhtelif yerlerdeki mermer ocaklarından çıkarılan 3-4 ton'luk mermer blokları, blok mermer kesim tesislerinde yarı mamul veya mamul haline getirilmektedir. Mermer kesim tesislerine ait görüntüler Resim 1 ve 2'de verilmiştir.

Mermer blok ve plakalarının kesilmesi ve parlatılması sırasında ortaya çıkan mermer tozu ve mermer çamuru miktarı oldukça yüksektir. Bu kirleticiler çevreyle uyumlu yönetilmez ve geri kazanılmazsa çoğu atık olarak kalmakta ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Mermer üretimi esnasında ciddi miktarda mermer tozu, katı atık ve mermer çamuru oluşmaktadır. Mermer üretimi çevre ile uyumlu yapılmalıdır. Tehlikeli atık

sınıfına girmeyen bu atıkların geri kazanılması ve kullanımı çevre kirliliğinin azalmasına katkı sağlayacaktır.

Gelişmiş ülkelerde ruhsatı ve çevre lisansı olmayan tesislerden kamu ve özel sektör mal satın almamaktadır. Dolayısıyla tüm kurumlar çevresel lisansları ve ruhsatlarını almak zorunda kalmaktadırlar. Lisans belgeleri de anlamlı olmaktadır. Bizde ise lisans belgesini almak anlamlı değildir. Gerekli izinler alınırken kirliliği önleyici tüm yatırımlar yapılmaktadır. Ülkemizde gerekli çevresel izinlerini alan tesisler teşvik edildiği zaman çevresel yatırımlar kendiliğinden gerçekleşir. Kamu ve özel sektörün gerekli izinleri almış kuruluşlardan ürün satın almaları önemli bir teşvik mekanizmasıdır.

Gerekli çevresel izinlerini almamış tesislere sadece ceza keserek bu tesisleri çevre ile uyumlu hale getirmek çok zordur.

Mermer ocaklarından çıkarılan mermer bloklarının yaklaşık %50'ye yakın bir oranı atık olarak açığa çıkmaktadır. Mermer blokları ve plakalardan mermer üretimi esnasında ciddi miktarda mermer tozu, mermer çamuru ve katı atık oluşmaktadır. Özellikle kuru havalarda ve rüzgarlı günlerde mermer tesislerinin çevresinde ciddi toz kirliliği oluşur. Toz kirliliği çevredeki bitki ve ağaç örtüsüne ciddi zararlar verir. Ayrıca, plaka mermer üretimi esnasında gerekli önlemleri almayan tesisler ciddi gürültü kirliliği oluşturmaktadır.

Mermer işleme tesislerinde oluşan atıklar, çamurlar ve tozlar tehlikeli atık değildir ve tekniğine uygun yönetilir ve işletilirse önemli bir alternatif hammaddedir.

Ülkemizin değişik şehirlere yakın bölgelerinde önemli sayıda blok mermer kesim tesisleri bulunmaktadır. Bu tesislerin bir çoğu maalesef ruhsatsızdır. Ülkemizde ruhsatsız tesislere, elektrik ve su verilmektedir. Atık suları

arıtılmadan kanalizasyona bağlanmakta ve derelere verilmektedir. Bu tesislerin birçoğu çevreyi ciddi olarak kirletmektedirler. Bu durum, çevresel izinlerini alan tesislerin rekabet etme şansları zayıflamaktadır.

İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmeliğe göre "birinci sınıf gayri sıhhi müesseseler, meskenlerden ve insanların ikametine mahsus diğer yerlerden uzak bulundurulması gereken tesislerdir. Birinci sınıf G.S.M.lerin etrafında sağlık koruma bandı oluşturulması mecburidir.

## 2. BLOK MERMER KESİMİ

Mermer ocaklarından gelen blok mermerler, monolama denilen kesicide, kenarları tıraşlanarak asıl kesileceği katrik veya S/T diye adlandırılan kesim ünitesine hazırlanır (Resim 2).

Mermer bloklarının sağlamaştırılması yoluyla S/T (dairesel diskli blok kesici)'de kesilecek blokların katrik ile kesilmesi yaygınlaşmaktadır. Katrikta blokların kesilmesi verimliliğinin yüksek olması ve ekonomik olmasından dolayı tercih edilmektedir. Katrikta kesim sırasında ortaya çıkan atık miktarı S/T'ye göre %50 daha azdır ve yaklaşık %45 oranında kesim maliyeti daha düşüktür.

Monolama işlemi esnasında kesme makinesinin ısınmasını önlemek için bol miktarda su kullanılır. Bu işlem esnasında mermer tozu çıkışı olmaktadır. Dolayısıyla hem atık su hem de toz kirliliği söz konusudur. Toz kirliliğini önlemek için monolama kesim işlemi kapalı yerde yapılmalıdır. Tozlar kontrol (filtre) edilmelidir.

Blok mermerden farklı kalınlıkta plaka kesimi katrik kesicilerle yapılır. Katrik kesici ile aynı anda birden fazla (8-10 v.b.) plaka kesimi yapıldığı için düşük seviyede kesim yapılmaktadır (Resim 3). Kesim esnasında kesicilerinin ısınmasını önlemek amacı ile bol su kullanılır. 20 mm kalınlıkta bir plaka kesimi esnasında 5 mm kalınlıkta kesim yapılır. Dolayısıyla blok mermerden bir plaka elde etmek için 25 mm'lik kalınlık alınır. Böylece 5 mm'lik kalınlık toz haline dönüşerek suya karışır. İstanbul'da yılda blok mermer tesislerinde 50.000 m<sup>3</sup> mermer blokları işlenmektedir. 20 mm kalınlıktaki bir plaka kesimi esnasında %20 oranında mermer toz halinde suya karışır. Yılda ortalama 10 bin m<sup>3</sup> veya 27 bin ton mermer tozu suya karışır. Mermer çamuru %35-45 oranında su içerir. İstanbul'da yılda yaklaşık olarak 70 bin tona yakın mermer çamuru oluşmaktadır.

Ülkemizdeki blok mermerden plaka kesim miktarı bilinirse toplam mermer çamuru miktarı tespit edilebilir.

Blok mermerden istenen kalınlık ve genişlikte tek tek plakalar üretilecekse, S/T kesim makinesi kullanılır. Düşey ve yatay bıçak sayesinde çok yüksek hızda kesim esnasında tozlanmayı ve bıçakların ısınmasını önlemek için bol su kullanılır. Kesimin kapalı mahalde yapılması gerekmektedir (Resim 4).

Katrak veya S/T'den alınan mermer plakaların kenarlarının tıraşlanması ve istenen boyuta indirilmesi için muhtelif kesim makinelerinde kesim yapılır. Kesim esnasında bol su kullanılır. Bu esnada tozlanma olur. Bu işlemin kapalı ortamda yapılması ve tozun kontrol edilmesi gereklidir.

Plakalar isteğe göre cilalanır ve paklanır. Bu işlem esnasında da su kullanıldığından tozlar suya karışır.

Mermer plaka yüzeylerinin düzeltilmesi için zımpara işlemi yapılmaktadır. Zımparalama işlemi kuru yapılmakta ve ortamda aşırı derecede toz oluşmaktadır. Bu nedenle zımparalama işleminin yapıldığı ünite kapalı olmalıdır. Ortamın havası toz emici ile emilmeli ve tozlar tutulmalıdır. Şehir içi bölgelerde mermerin ikinci işleme ünitelerinde de zımparalama işlemi kapalı ve mutlaka vakumlu toz emici sistemi ile yapılmalıdır.



### 3.MERMER ÇAMURU

Mermer çamurunun önemli bir miktarı kalsiyum oksit ve magnezyum oksittir. Az miktarda kuvars, silisli sist, çakmaktaşı, kantaşı, grafit ve limonit içerir. Çamurdaki partiküllerin boyutları 200 mm'nin altındadır. Mermer çamurunun kimyasal analizleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Mermer Çamurunun Kimyasal Analizi

Parametreler	Test Değeri (%)
Tutuşma Kaybı	40.6
MgO	4,47
CaO	49.07
SiO <sub>2</sub>	1,69
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.21-1.3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.04-1.3
CO <sub>2</sub>	38.6
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.01 den daha az
Potas	0.01 den daha az

Mermer amurunun Fiziksel zellikleri Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Mermerin amurunun Fiziksel özelliği

zellikler	Sonuçlar
Kütle Yoğunluk (g/cc)	1,3-1,5
Gerçek Yoğunluk (g/cc)	3,6
Özgür ağırlık	2.83-2.87
Partikül Boyut Dağılımı ( $\mu\text{m}$ )	45-300
Yüzey Alanı ( $\text{m}^2/\text{gr}$ )	6,7
Nem (%)	8
Partikül	365 $\mu\text{m}$ den daha küçük

## 4.MERMER ÇAMURUNUN ÇEVRESEL ETKİSİ

Mermer kesme atıksularının özellikleri Tablo 4'de verilmiştir.

**Tablo 4.** Atıksuyunun Özellikleri

Atıksu Özellikleri	
Parametre	Değer
pH	7,2
Sıcaklık (0C)	20
Bulanıklık(NTU)	390
Elektriksel İletkenlik ( $\mu\text{s}/\text{Cm}$ )	12500
Toplam Katı Madde (mg/L)	9600
Toplam Uzaklaştırılmış Katı Madde (mg/L)	2100
TDS (mg/L)	7500

Mermer çamurları gelişi güzel döküldüğü zaman eko sistemin fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısı için ciddi tehdit oluşturmaktadır. Karşılaşılan problemler;

- Mermer çamuru toprağa döküldüğü zaman, toprağın su süzme kapasitesini azalttığından dolayı arazinin üretkenliğini ters etkiler. Alıcı ortam suyunun bulanıklığını artırır ve faydalı kullanımını azaltır.
- Toprağa dökülmüş mermer çamurları, bitki örtüsünün geliştirmesini önler veya bodur bırakır.
- Dere yataklarının doldurur ve dere kesitinin daralmasına neden olur. İstanbul ayamama deresi inşaat ve yıkıntı atıkları başta olmak üzere bu atıklarla doldurulmuştur.
- Toprağa dökülmüş mermer çamuru kuruduğu zaman küçük partiküller havada uçarak ciddi hava kirlenmesine neden olur.
- Mesleki sağlık problemleri bir yana, endüstriyel alanlarda bulunan makineleri ve enstrümanları olumsuz etkiler.

- Yağmurlu mevsimlerde mermer çamurları nehirlerle, kanallara ve yollara akarak suyun kalitesini olumsuz etkiler, depolama kapasitesini azaltır ve suda yaşayan canlılara zarar verir.
- Katı maddelerle birlikte akarak göl ve göletlerin su tutma kapasitesini azaltır.
- Toprağa uzun süreli çökelmeden dolayı, daha küçük partiküller, su taşıma rejimini düşürür. Bu durumdan yer altı suyu ciddi şekilde olumsuz etkilenir. Blok mermer tesisi arazisinin tüm çevresine dağılmış olan çamur kümeleri çirkin görüntülere neden olur. Bölge estetiğini bozar. Turizmi ve bölgenin endüstriyel potansiyelini olumsuz etkiler.

Mermer ocaklarından gelen blok mermerlerin monolama denilen kesicilerle kenarları tıraşlanınca önemli miktarda mermer parçası oluşur. Yine katrağ veya S/T'den alınan mermer plakalarının kenarlarının tıraşlanması ve istenen boyuta getirilmesi esnasında önemli miktarda mermer parçaları oluşmaktadır. Mermer parçaları gelişmiş güzel şekilde yere atılmaktadır. Bu yüzden blok mermer tesislerinin çevresinde aşırı rahatsız edici görüntü kirliliği oluşmaktadır. Toprağı kirletmektedir. Değerlendirilebilir malzemeler kirliliğe neden olmaktadır.

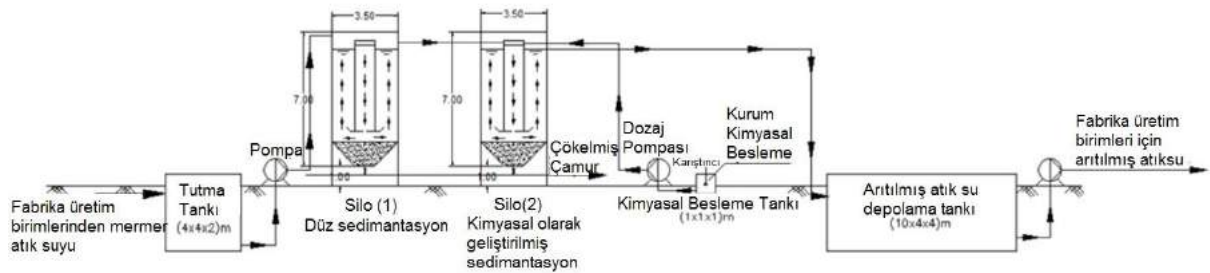
Mermer çamuru içinde mermer %30 oranına kadar yoğunlaşınca kadar su tekrar tekrar kullanılabilir. Bir ton mermer taşından 1 ton %70 su içeren mermer çamuru oluşur.

## 5.MERMER ATIKSULARININ ARITILMASI

Blok mermerden plaka mermer üretirken çeşitli kademelerde oluşan atıksular toplanarak çok kademeli ilk dengeleme havuzlarına verilir (Resim 5).

Dengeleme havuzlarından çöktürme havuzlarına verilen atıksular, kademe kademe bekletilerek su içinde bulunan çökebilir katı maddeler çöktürülür. Bu havuzlarda pıhtılaştırıcı ilavesiz hidrolik bekleme süresi en az 60 dakika olmalıdır. İlk kademede atıksu içindeki katı maddelerin yaklaşık olarak %70-90'ı çökmektedir. Atık suyun debisine ve kullanma miktarına göre çöktürme havuzları boyutlandırılır.

Çöktürme havuzlarında çöktürme sürelerini kısaltmak için alüm, polielektrolit, demir oksit ve benzeri pıhtılaştırıcılar belli dozajlarda ilave edilebilir. Bu sayede çöktürme süresi kısaltılır, çöktürme havuzunun hacmi küçültülebilir, çamur yoğunluğu artırılabilir, elde edilen duru faz suyun kalitesi artırılabilir ve bulanıklığı azaltılabilir. Pıhtılaştırıcı ilavesinden sonra hızlı karıştırma süresi 1-1.5 dakika, yumaklaştırma süresi 10-15 dakika ve çöktürme süresinin 15 dakika olması yeterlidir. Bu işlem sonucu elde edilen suyun ve çamurun kalitesi daha iyidir.



**Şekil 1.** Mermer Atıksuyu Arıtımı

Çöktürme havuzunda zamanla biriken mermer katı maddeleri alınarak çamur kurutma yatağında kurutulur. Belirli kuruluğa getirilen mermer

çamuru çevresi bir metre yükseklikte duvarla çevrili, tabanı beton ve üzeri branda ile örtülü bekletme ünitesine verilir. Yeterli miktardan sonra katı atık depolama tesislerine (Resim 6) veya geri kazanım tesislerine gönderilmektedir. Çöp depolama alanlarında günlük örtü malzemesi olarak kullanılabilir. Maalesef birçok şehirde mermer fabrikaları kurutulmuş mermer çamurları uygun olmayan şekilde taşınmakta veya art niyetli kişilerce başta dere yatakları olmak üzere gelişmiş güzel yerlere dökülmektedir. Özellikle dere yatakları bu tür atıklarla doldurulmaktadır. Doldurulan veya işgal edilen dere yatakları aşırı yağışlardan dolayı sel felaketini tetiklemektedir. Mermer işleme tesisleri arıtma çamurlarını tehlikeli atık olduğunun anlaşılması durumunda lisanslı araçlarla, tehlikesiz veya inert atık olması durumunda ise çevreye zarar vermeyecek tedbirler alınarak uygun şekilde taşınmalıdır.

Blok mermer işleme tesislerinde yoğun şekilde su kullanıldığından dolayı çöktürme ve çamur kurutma ünitelerinde oluşan sular geri kazanılarak tekrar kullanılmaktadır. Dolayısıyla atıksu geri kazanma işlemi kapalı devre planlanmalıdır. Geri kazanılan tüm su mermer işlemede kullanılmalıdır. Bu suların kanalizasyon veya dere ile bağlantısı olmamalıdır. Böylece taze su kullanımı da asgaride tutulmalıdır. Evsel atık sularla çöktürme havuzlarından geri kazanılan sular birbiri ile karıştırılmamalıdır.

Bazı blok mermer tesislerinde çeşitli kademelerde oluşan atık sular toplanıp önce kaba ızgaradan geçirilerek çöp ve kaba maddeler tutulmaktadır. Kaba ızgaradan sonra atık sular dengeleme havuzuna verilmektedir. Burada atık sular dalgıç pompalarla karıştırılarak homojen hale getirilmektedir. Sonra dalgıç pompalarla çöktürme havuzuna verilmektedir (Şekil 2, Şekil 3).

Atıksu dengeleme havuzundan çöktürme havuzuna pompalanırken kimyasal bir pıhtılaştırıcı enjekte edilerek (dozaj pompası ile) hızlı

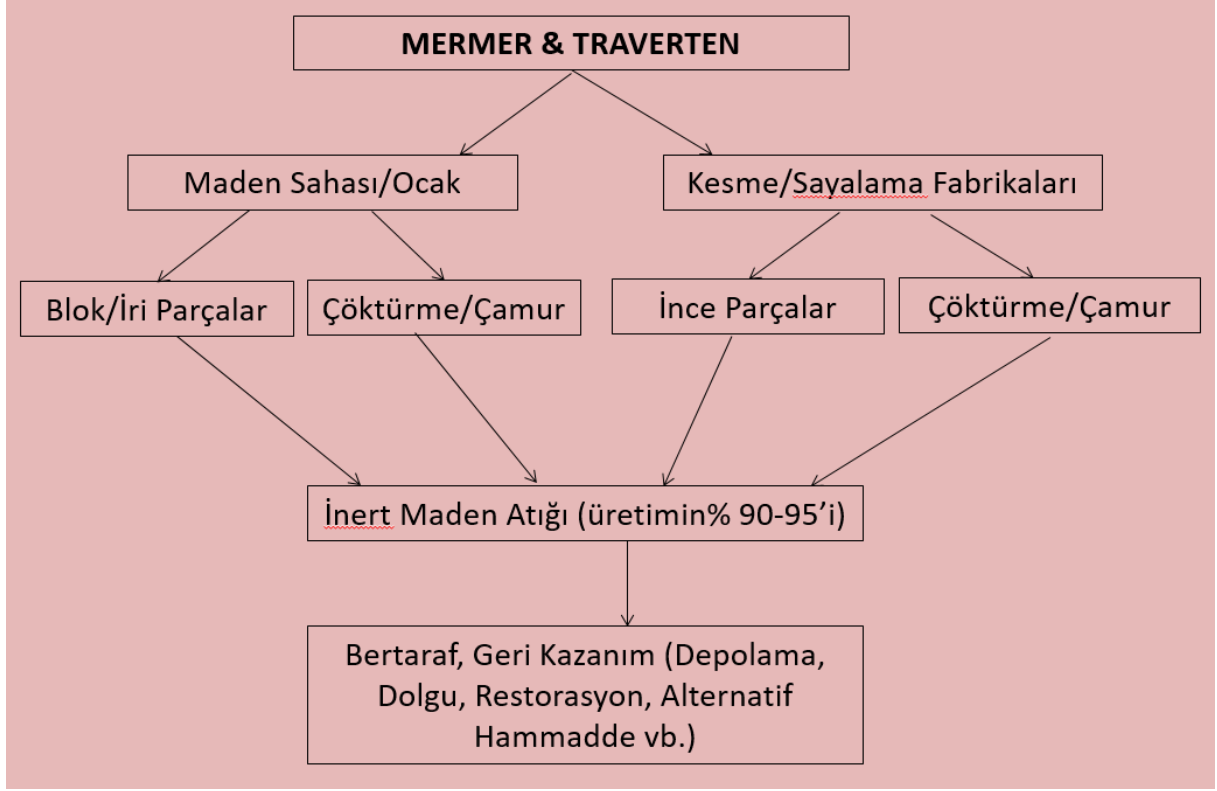
karıştırılmaktadır. Böylece çöktürme havuzunda askıda katı maddelerin hızlı çökelmeleri sağlanmaktadır. Çöken katı madde çöktürme havuzunun alt konik kısmında toplanır.

Çöktürme havuzun üst kısmındaki temiz su, temiz su tankına aktarılarak işletmede tekrar kullanılır. Çöktürme tankının alt kısmında toplanan çamur pnömomatik valf vasıtasıyla çamur tankına verilir. Çamur tankındaki çamur bir karıştırıcı ile karıştırılarak yoğunluğu düşürülüp homojen hale getirildikten sonra mevzuata uygun olarak bertaraf edilmelidir. Filtre presten çıkan atıksular dengeleme havuzuna geri verilir.

Blok mermer işleme tesislerinde bol miktarda suya ihtiyaç olduğundan atık suyun arıtıldıktan sonra geri kazanılması işletme maliyeti bakımından daha ekonomiktir. Türkiye’de bazı tesisler, tüm atıksularını geri kazanıp işletmede tekrar kullanmaktadırlar.

## 6.KATI ATIKLAR

Mermer madenciliğinden kaynaklanan atıklar, oluşum aşamaları ve bertaraf yöntemleri aşağıdaki tabloda yer almaktadır.



Mermer madenciliği, 3213 sayılı Maden Kanununda "II(b)-Mermer, Traverten, Granit, Andezit, Bazalt gibi blok olarak üretilen taşlar ile dekoratif amaçla kullanılan doğal taşlar" grubunda değerlendirilmekte olup, bu madenlerin aranması, çıkarılması ve fiziksel işlemlerle işlenmesi sonucunda oluşan maden atıkları, 15/07/2015 tarihli ve 29417 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak 15/07/2017 tarihinde yürürlüğe giren Maden Atıkları Yönetmeliğinde Ek-4/A İnert Atık Listesinde yer almaktadır.

Bu kapsamda, mermer ocaklarında oluşan pasa atıkları (atık mermer blokları), kazı dışında herhangi bir işlem yapılmaması nedeniyle Atık Yönetimi Yönetmeliği Atık Listesinde yer alan "01 01 02- Metalik olmayan maden kazılarında kaynaklanan atıklar" koduyla, mermer işleme tesislerinde (kesme/sayalama) oluşan mermer parçaları ise, "01 04 13- 01



04 07 dışındaki taş yontma ve kesme işlemlerinden kaynaklanan atıklar” koduyla tanımlanmaktadır.

Mermer ocaklarında kesme/sayalama işleminden kaynaklanan atık suyun kendiliğinden çökmesinden kaynaklanan mermer çamuru (mermer keki) için “01 04 13 - 01 04 07 dışındaki taş yontma ve kesme işlemlerinden kaynaklanan atıklar” kodu kullanılmaktadır. Atık suyun kimyasal arıtımından kaynaklanan arıtma çamurları için ise çamurun tehlikelilik durumuna göre “19 08 13\*- Endüstriyel atıksuyun diğer yöntemlerle arıtılmasından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar (M)” veya “19 08 14 - 19 08 13 dışındaki endüstriyel atık suyun diğer yöntemlerle arıtılmasından kaynaklanan çamurlar” koduyla işlem yapılmalıdır.

Ebatları küçültme işleminde ise parça mermer kırıkları ortaya çıkmaktadır. Bu parça mermerlerin blok mermerin %15-25 oranında olduğu ifade edilmektedir. Mermer kırıntıları tesis çevresinde geliş güzel yerlere atılmaktadır. Bu durum mermer tesislerinin çevresinde çirkin görüntü oluşturmaktadır. Bu malzemeler konteynırlarda biriktirilmelidir. Yerlere atılmamalıdır. Aslında mermer kırıntıları geri kazanılabilir.

Maden Atıkları Yönetmeliğine göre arıtmadan çıkan çamurlar ve kesimden çıkan değerlendirilemeyen parça mermerlerin geliş güzel araziye verilmesi yasaktır. Birçok şehirde bir kısım mermer fabrikaları mermer çamurlarını standartlara uymayan yerlere dökmektedirler. Bazı mermer fabrikaları ise geliş güzel yerlere, dere yatakları gibi, atıklarını geceleri atmaktadırlar. Buda şehirde çirkin görüntüye neden olmaktadır. Blok mermer tesisleri mermer çamurları ve parça mermer atıkları ile çevreyi kirletemezler (Resim 7).

İnert atık olarak kabul edilen mermer atıklarının, alan ıslahı, dolgu ve restorasyonda kullanımı ilgili Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğünden Maden Atıkları Yönetmeliği kapsamında izin alınmasıyla mümkündür. Ayrıca

mermer atıkları, asit üreten pasa depolama alanlarında tamponlama için kullanılabilir.

Mermercilik faaliyetlerinin yoğun olduğu bölgelerde mermer işletmelerinden kaynaklanan atıkların depolama işlemleri ile ilgili bölgesel çözüme öncelik verilmelidir. Bu amaçla faaliyet sahipleri bir araya getirilerek, mermer atıklarının geri kazanımı/yeniden kullanımı konusunda çalışma yapmaları sağlanmalı, atıkların depolanması durumunda ise bölgedeki tüm mermer atıkları için en az sayıda ve uygun alanlar seçilerek depolanması yönünde çalışmalar yapılmalıdır.

## **7.MERMER ÇAMURU KULLANIM ALANLARI**

Mermer amurları, imento sanayinde hammadde olarak kullanılabilir. Mermer amurları geri kazanılabilir. Mermer çamurunda ağırlıklı olarak kireç taşı, magnezyum karbonat, silika ve alümina bulunmaktadır.

Mermer amurunun imento üretiminde kullanımını yüksek nem içeriği kısıtlamaktadır. Çamur içinde nem oranı arttıkça imento üretiminde ekstra enerji kullanmak gereklidir. Bu yüzden imento tesisleri maksimum %15 oranında nem içeren mermer çamurunu kullanmaktadır.

Mermer çamurundan kiremit yapmak mümkündür. %90 oranında mermer tozu, %10 oranında reçine karışımından kiremit geliştirilmiştir. Bu kiremitler, mükemmel dayanıklılık özelliğe sahiptir. Bağlayıcı olarak imento kullanarak mermer tozundan kiremitlerde yapılmaktadır. Bazı kiremit fabrikası tesisleri ateş kiremiti içine %20 oranına kadar mermer çamuru kullanmaktadır. Denemeler başarılı olmuştur. Elde edilen kiremidin özellikleri Tablo 5'de verilmiştir.

**Tablo 5.** Mermer amurundan Elde Edilen Kiremidin özelliği

<b>zellikler</b>	<b>Birimler</b>	<b>Değerler</b>
Yoğunluk	g/cm <sup>3</sup>	1,96
Nem Muhtevası	%	0,2-0,4
Yırtılma Maddeleri	MPa	21-26
Gerilme Gücü	MPa	23-25
Sıkıştırma Gücü	MPa	77-96
Su absarbsiyonu (2 saat)	%	0,15-0,4
Ateş Geciktirme Meyli		Kendi kendine söndürme
Kaynama Noktasına Maruz		Boyutlar değişmedi
Kimyasal Hareket		Kimyasal olarak inaktif olduğu görülür

Yol inşaatı mermer çamurunun yoğun kullanıldığı yerlerden biridir

Mermer amurlarından çeşitli tür briketler yapılmıştır. Mermer çamurundan bina briketleri de geliştirilmiştir. Böyle bir ürünün kullanımı toprak tüketimini azaltacaktır.

Mermer amuru kullanılarak imento briketler geliştirilmiştir. Sonuçlar, kırmızı briketlerle karşılaştırıldığında oldukça başarılıdır. Elde edilen briketlerin zellikleri Tablo 6'de verilmiştir.

**Tablo 6.** Çimento Briketin Özelliği

Özellikler	Değerler
Sıkıştırma Kuvveti	80-120 kg/cm <sup>2</sup>
Su absorpsiyonu	Takriben %10

Mermer çamurundan yapılmış briketlerin üretim maliyeti, kırmızı briketle nominaldir.

İnşaat amacı için briket yapımında mermer çamurunun kullanımı önemli bir potansiyeldir.

Mermer çamurundan havalı otoklavlı beton blok'u olan mermer bloklar üretildi. Bu bloklar ağırlıkça hafif, ateşe dayanıklı, gürültüye mukavim, kolay kullanılabilir ve kolayca toplanabilir. Bloklar, doğru boyutlarda üretilebilir. Beton Blokla ilgili Özellikler Tablo 7'da verilmiştir.

**Tablo 7.** Mermer Çamurundan Yapılan Beton Blokun Özellikleri

Özellikler	Birimi	Değerler
Yoğunluğu	g/cm <sup>3</sup>	0,62
Nem Muhtevası	%	0,2-0,4
Eğilme Kuvveti	MPa	24
Gerilme Kuvveti	MPa	23-25
Yüzeye Dikey Sıkışma Kuvveti	MPa	77-96
Yüzeye Paralel Sıkışma Kuvveti	MPa	-
Su Absorpsiyonu (24 saat)	%	0,15-0,4

Mermer çamurundan briket yapıldı. Briketlerle ilgili özellikler Tablo 8’de verilmiştir.

**Tablo.8** Mermer Çamurundan Yapılan Briketin Özellikleri

Özellikler	Birimi	Değerler
Briket Boyutu	mm	230x100x75
Briketin Ağırlığı	kg	2,8-3,1
Sıkıştırma Kuvveti	kg/cm <sup>2</sup>	75-140
Su Absorbsiyonu	%	10 - 12
Mermer Atık Muhtevası	%	40-70
Aşınma Mukavemeti		İyi
Briket Başına Maliyet	(Rs)	1,6

Kısaca parça mermer atıklar;

- Beton agregası,
- Döşeme plağı agregası,
- Sıkıştırılmış yol zemini,
- Baraj ve inşaatlarda dolgu malzemesi,
- Demir yolu zemin malzemesi,
- Paledyen-yer döşeme malzemesi,
- Diğerleri,

kullanılabilir.

## 8.MERMER TOZU

Mermer tozu tane boyutunun %90'ının 56 mikron altında olduğu tespit edilmiştir

Mermer tozu en küçük boyutta mermer atıklarıdır. Mermer tozu inert bir malzeme olduğundan, değerli toprakların korunmasında, toprakların vb. hazırlanması/yükseltilmesi için belirli toprak türleri ile karıştırılabilir. Karışımların mukavemetini toprak ile belirlemek için sıkıştırılmamış Basınç Dayanımı (UCS) gerçekleştirilmiştir.

Mermer tozları, mermer işleme tesislerinde blokların ve plakaların kesilmesi esnasında açığa çıkan ve büyük çoğunluğu 1mm.'nin altında olan mermer tanecikleridir. Mermer endüstrisini son yıllarda ilgilendiren en önemli konu çevresel kirliliğe neden olan atıklardır. Ancak mermer işletmeciliğinde moloz, toz ve paledyen ürünleri satılabilir ve değerlendirilebilir hammaddeler olması sebebiyle üretim esnasında ortaya çıkan havuz çökeltileri de çeşitli işlemlerden sonra hammadde olarak ekonomik açıdan değeri olabilen bir malzeme olabilir.

Mermer atıkları ekolojik dengeyi bozmayan, hava kirliliğine neden olmayan, iklim değişikliklerini etkilemeyen, su kirliliği oluşturmayan, inşaat sektöründe değerlendirilebilen bir alternatif hammaddedir. Mermer atıklarının değerlendirilmesi halinde çevre kirliliğinde olumsuz etkinin azaltılabilmesi için havuz çökeltilerinin atık bir malzeme olarak kontrol altına alınması ve inşaat sektöründe değerlendirilerek ekonomik yarar sağlanması amaçlanmıştır.

- Siltli toprakta, %10 oranında mermer tozu ile UCS'de %12 artış olmuştur.
- %30 mermer tozu ile UCS'de %20'lik bir artış sağlanmıştır.
- Killi topraklarda iyileşme yoktur.

Toz mermer atıklar;

- Zirai kireçtaşı-Zirai toprak ve zemin ayarlayıcı,
- Yem ve mineralli besinler,
- Sıva katkı malzemesi,
- Çimento üretimi,
- Beton çatı kaplama levhaları,
- Yonga Levha, Paneller,
- Kireç üretimi,
- Kalsine dolomit üretimi,
- Cüruf yapıcı malzeme,
- Refrakter malzeme,
- Asit nötrleştirmede,
- Cam üretiminde,
- Kağıt üretiminde,
- Şeker rafinasyonunda,
- Baca gazından kükürt dioksitin gideriminde,
- Diğerleri.

kullanılabilir.

## **Çimento**

Kireçtaşı, portland çimentosu üretimi için kil ve diğer düzeltici materyallerle birlikte ana hammaddedir. Mermer tozu özellikle beyaz çimento üretiminde kullanılmaktadır. Mermer atığının analizi, çimento dereceli kireçtaşının kimyasal bileşimi gereksinimlerini büyük ölçüde karşıladığını göstermektedir. Kireçtaşının parça değişimi olarak, mermer atığı kullanılabilir. Mermer atıkların kullanımıyla kireçtaşını korur.



## Beton

Beton karışımlarında betonun basınç mukavemetinde artış olur ve mermer atığının yerini alacak olan çimento ve kum gibi malzemeyi korur. Betonun yoğunluğunda da bir iyileşme olur. Betondaki mermer atıkları kullanarak doğal malzeme korunarak düşük maliyetli beton üretilebilir.

Mermer tozu katkısıyla elde edilen beton mukavemeti Tablo de verilmiştir. Mermer tozu ile beton karışımlarının ortalama mukavemeti, referans betonlardan %5 ila %10 daha yüksek olmuştur. Bununla birlikte, %15 mermer tozu karışımına kıyasla %20 mermer tozu kullanıldığında basınç dayanımı değerlerinde küçük bir azalma söz konusudur. En yüksek basınç dayanımı %15 mermer tozu eklenerek elde edilmiştir.

**Tablo 9.** Farklı Mermer Atığı İçerikli Betonun Sıkıştırma Mukavemeti

% Mermer	Sıkıştırma Mukavemeti		
	7 Gün	14 Gün	28 Gün
0	31	33	38
5	31,5	34	39
10	33	34,5	40
15	33	35	40,5
20	33,5	35,5	39

Mermer atıkları ve tozu ilave edilerek çevre korunur. Mermer tozu atık malzemeye eklenerek beton maliyeti düşürülür.

## Briketler

Tuğla imalatında, bağlayıcı malzeme olarak kireçle çalışılmaktadır. Mermer bulamacı doğada kimyasal olarak dolomitiktir ve parçacıklardan oluşur.

Fiziko-kimyasal özellikleri göz önüne alındığında, kirecin bir bağlayıcı olarak değiştirilmesiyle imalat tuğlalarında agrega olarak kullanılabilir.

### **Seramik Fayans üretimi**

Seramik duvar karolarının üretimi için bir hammadde olarak mermer bulamacından yararlanma olasılığı, bir pilot tesis düzeyinde değerlendirilmelidir. Ülkenin önde gelen bir seramik üreticisi, bu konuda çok başarılı olduğu bildirilen laboratuvar ölçeği çalışmalarını üstlenmiştir.

### **Kireç İmalatı**

Kireçtaşı, kireç üretimi için ana hammaddedir. Kireç taşı yerine mermer atıkları kullanılabilir.

### **Aktifleştirilmiş Kalsiyum Karbonat Üretimi**

Aktif veya çöktürülmüş kalsiyum karbonatın üretiminde kireç taşı veya mermer atığı ve mermer tozu kombinasyonu (çamurundan) kullanılabilir.

### **Oyma Bloklar ve Duvar Karoları**

Mermer çamur atıkları ve diğer kil ürünleri doğru oranlarda kullanılıyorsa, binalar için içi oyma prefabrike blokların üretiminde kullanılabilir.

Karo imalatında %10-12 oranında boyutu 0.5mm.'nin altında olan mermer tozu kullanılmaktadır.

### **Yol Yapımı**

Stabilizasyon malzemesi olarak yollarda kullanılır. Yol zeminindeki kil mineralleri ile birleşerek plastisite, genleşme ve kabarma katsayılarına etki eder. Ayrıca micir olarak da yol yapımında kullanılmaktadır.

## **Demiryolu Zemin Malzemesi**

Demiryoluna sağlam bir zemin oluşturmak için öncelikle zemine bazalt denilen yeterli sağlamlıkta ve boyutlandırılmış granül taş döşenir. Böylece demiryolu üzerindeki yükler rahat bir şekilde karşılanırken, demiryolları yapım malzemeleri olan travers ve raylar suyun etkisinden korunmaktadır.

## **Mermer Atıklarının Avantajları**

- Mermer amuru diğer malzemelerin değiştirilmesi için kullanılır ve malzemeden tasarruf sağlar.
- Betonda kullanılan çamur bu nedenle betondaki mukavemeti arttırır.
- Mermer amuru nominal veya bedelsiz olarak alınmaktadır.
- Mermer kazıyıcı, minimum maliyetle cazip ooring yapmak için kullanılır.
- Mermer atıkların kullanımı inşaat maliyetini azaltır.
- Malzemeyi mermer atıklarla değiştirin.
  1. Uçucu kül tuğlada kireç, mermer atığının yerini alması durumunda tuğla mukavemetini arttırır.
  2. Mermer amurunun bağlanma özelliği çok iyidir.
  3. Mermer amuru veya tozu, toprak verimliliği etki eder ve onları azaltır.
  4. Atıkların toprağa gelişi güzel dökülmesi rüzgarla toz kirliliğine ve çevrede hava kirliliğine neden olabilir.
  5. Mermer amuru kayma kazasını arttırır.

## **9.GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ**

Blok mermer işleme tesislerindeki kesim ve diğer işlemlerdeki makinelerden kaynaklanan gürültü seviyeleri, Gürültü Kontrol Yönetmeliği'ndeki limitleri aşmamalıdır. Bu nedenle, makinelerin gürültü seviyeleri periyodik olarak ölçülmelidir.

Tesiste kullanılan kesim ve zımparalama makineleri fazla miktarda ses çıkardıkları için kapalı mahalde yapılmalıdır. Böylece gürültünün çevreye yayılması önlenmelidir.

Tesis makinelerinden kaynaklanan gürültünün çevreyi rahatsız etmemesi için İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin istenen, Çevre Koruma Bandı duvar veya perdeleme yapılmalıdır. Ayrıca tesis çevresi 3 metre aralıklarla ve 1-1,5 metre boyunda her dem yeşil fidanlarla ağaçlandırılarak gürültünün yayılmasının engellenmesine katkı sağlanmalı ve çevre yeşillendirilmelidir.

Şehir içersinde mermerin ikinci işleme yerlerinde de makineler kapalı mahalde olmalı, çevresi ağaçlandırılmalı, çirkin gürültünün önlenmesi için binanın çevresine perdeler yapılmalı ve makinelerden kaynaklanacak gürültü kirliliğini önlemek için izole edilmelidir.

## 10. KAYNAKLAR

1. Er. Gokul Prasadsharma, Dr D.K. Singhal "Feasibility of Marble Waste Utilization in Buildings to Save Environment", IJETST-Vol.||04||Issue||06||Pages 5301-5304||June||ISSN 2348-9480, 2017.
2. Mohammad Fahiminia, Roya Ardani, Sara Hashemi, Mostafa Alizadeh " Wastewater Treatment of Stone Cutting Industries by Coagulation Process", Arch Hyg Sci 2013;2(1):16-22 •Journal Homepage: <http://jhygiene.muq.ac.ir>.
3. Erkan ÖZKAN, Zehra Ebru SAYIN, Bahri ERSOY "Katrak ile Kesim Sonucunda Çıkan Mermer Toz Atıklarının Karakterizasyonu ve Endüstride Kullanılabilirliği" Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 11, No: 1, 2015 (11-17).
4. Khalid Hassan Khalil, "Technical and Economic Comparison between two Marble Industry Wastewater Treatment Systems", International Journal of Current Engineering and Technology, 2015.
5. H. Hebhou, H. Aoun, M. Belachia, H. Houari, E. Ghorbel, "Use of waste marble aggregates in concrete", Construction and Building Materials 25 (2011) 1167–1171.
6. Dr. Umesh Sharma, Ankita Khatri and Abhishek Kanoungo, "Use of waste marble dust in Concrete", UseofwastemarbledustinConcrete.docx



**Resim 1.** Blok Mermer Kesim Tesislerinden Görüntüler.



**Resim 2.** Monoloma Ünitesinden Bir Görüntü



**Resim 3.** Mermer Kesiminde Kullanılan Kapalı Çerçevesi Katrak Kesim Görüntü.



**Resim 4.** S/T Makinesi Kapalı ve Kısmen Açık Alanda Kesim Örnekleri

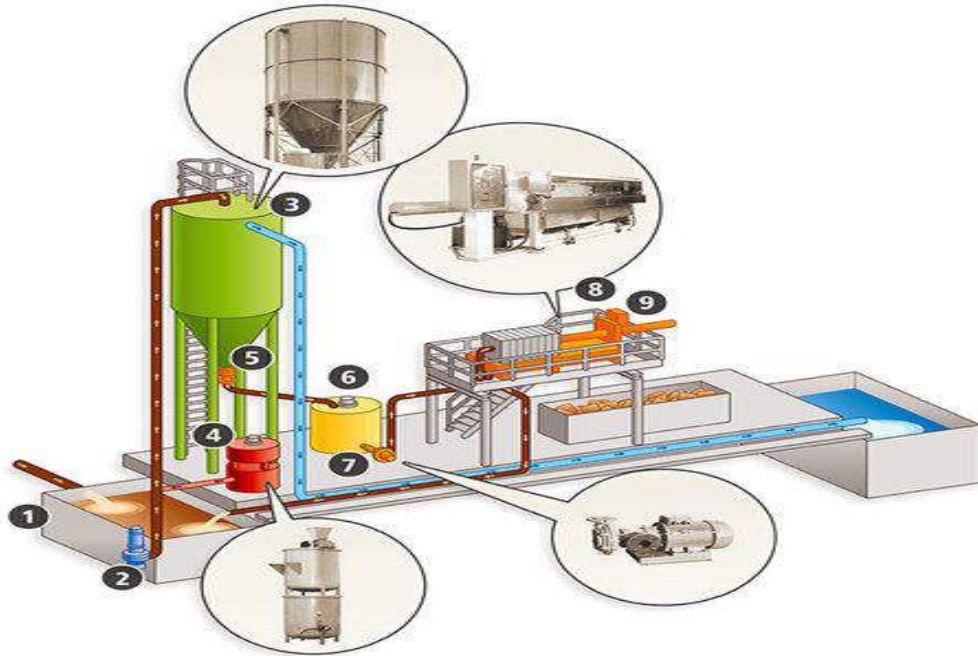




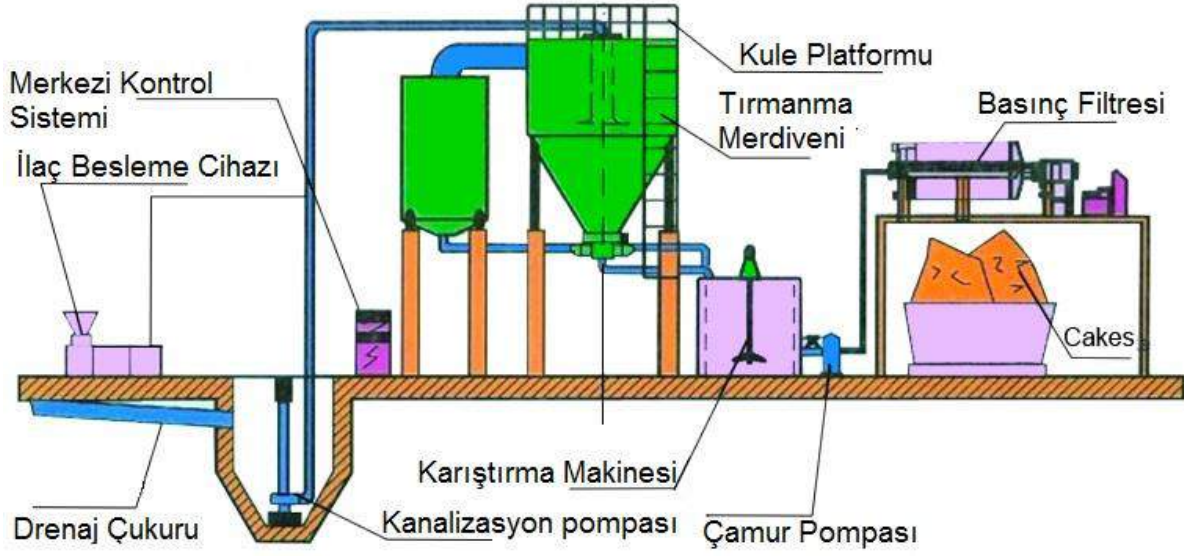
**Resim 5.** Çevreyle Uyumlu Olmayan Mermer Çamuru Çöktürme Havuzlarından Örnekler



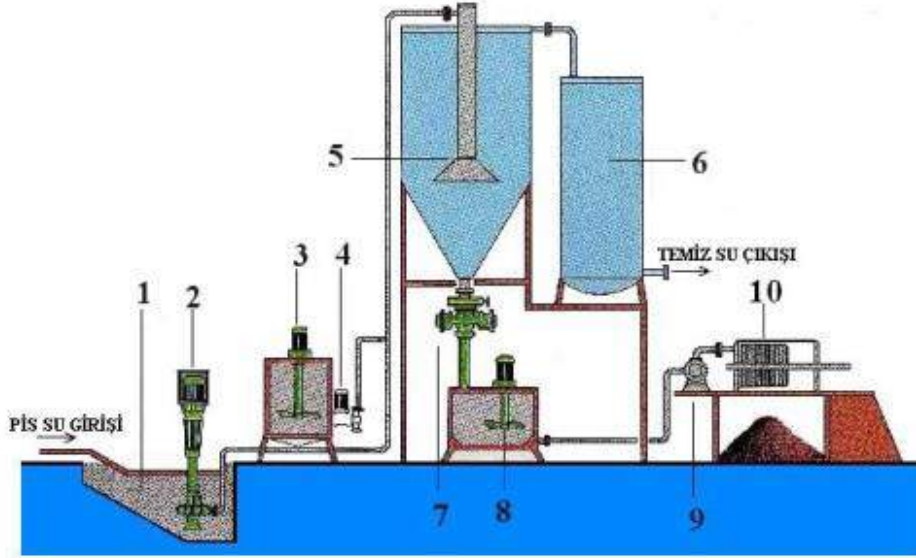
**Resim 6.** Çöktürme Havuzundan Sağlıksız Çamur Alınışı



1. Atıksı girişi, 2. Toplama haznesi ve dalgıç pompa, 3. Çöktürme tankı, 4. Polielektrolit dozlama, 5. Çamur toplama, 6. Pnömatik valf, 7. Çamur pompası, 8. Filtre pres, 9. Kontrol paneli, 10. Arıtılmış temiz su



**Şekil 2.** Mermer Çamuru Arıtımı Akım Şeması



1. Mermer atıksuyu, 2. Atıksu Transfer Pompası-Dalgıç Pompa, 3. Polielektrolit Hazırlama Tankı, 4. Polielektrolit Dozaj Pompası, 5. Çökeltme Tankı, 6. Temiz Su Depolama Tankı, 7.Çamur Çıkış Valfi, 8. Çamur Mikseri, 9. Filtre Pres Besleme Pompası, 10. Filtre Pres



**Şekil 3.** Mermer Atıksuyu Arıtma, Çöktürme Tankı ve Filtre Pres Üniteleri



**Resim 7.** Mermer Parçalarının Gelişigüzel Döküldüğü Yerler