



**TÜRKÇİMENTO**

**ÇİMENTO  
VE MİNERAL KATKI  
STANDARTLARI**

TÜRKÇİMENTO  
2021

**Hazırlayanlar:**

Serkan Türk, TÜRKÇİMENTO AR-GE Enstitüsü Müdürü  
Yasin Engin, TÜRKÇİMENTO Danışmanı

Bu kitabın yayın ve dağıtım hakkı TÜRKÇİMENTO'ya aittir. Tamamı veya herhangi bir bölümü TÜRKÇİMENTO'nun yazılı izni olmadan fotokopi dahil mekanik ve elektronik ortamda transfer edilemez, çoğaltılamaz ve dağıtılamaz.



## İÇİNDEKİLER

<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. ÇİMENTO STANDARTLARI</b>	<b>4</b>
2.1. TS EN 197-1 Standardı Kapsamında Genel Çimentolar	4
2.2. TS EN 197-5 Standardı Kapsamında Çimentolar	8
2.3. ASTM C150 ve ASTM C595 Standartları Kapsamında Çimentolar	9
2.4. Özel Çimentolar	13
2.5. Çimento Özellikleri	15
<b>3. MİNERAL KATKI STANDARTLARI</b>	<b>17</b>
3.1. TS EN 197-1 Standardı Kapsamında Mineral Katkılar	17
3.2. TS EN 450-1 Kapsamında Uçucu Küller	20
3.3. TS EN 15167-1 Kapsamında Yüksek Fırın Cürufu	21
3.4. TS 25 Kapsamında Doğal Puzolan (Tras)	22
3.5. TS EN 13263-1 Kapsamında Silis Dumanı	23
<b>4. ÇİMENTO VE MİNERAL KATKILARDA BELGELENDİRME</b>	<b>24</b>
4.1. CE İşareti	24
4.2. G İşareti	25
4.3. Ulusal Teknik Onay (UTO) ve Avrupa Teknik Onayı (ETA)	26

## 1. GİRİŞ

TS EN 197-1 Standardı, Avrupa'da ve ülkemizde genel çimentoları sınıflandıran ve özelliklerini belirleyen standarttır. Standart 27 farklı çimentonun ve bileşenlerinin tanımını ve özelliklerini kapsamaktadır. Ayrıca, 7 çeşit sülfata dayanıklı çimentoyu da içermektedir. Çimento cinsleri için 9 farklı dayanım sınıfı bulunmaktadır.

Klinkerin sadece kalsiyum sülfat (alçı) ve ağırlıkça en fazla %0-%5 arası mineral katkı (minör bileşen) ile öğütülmesiyle elde edilen çimentolara Portland çimentosu denir. Portland çimentosunda ham madde karışım oranları ayarlanarak ana bileşenlerin göreceli miktarları ve dolayısı ile çimentonun bazı özellikleri istenilen yönde değiştirilebilmektedir. Örneğin, C<sub>3</sub>A içeriğinin en fazla %5 olacak şekilde azaltılması ile "sülfatlara dayanıklı çimento" elde edilmiş olur. Çimentoda erken basınç dayanımı arttırılmak isteniyorsa C<sub>3</sub>S miktarının ve inceliğinin arttırılması yoluna gidilebilir.

Ham maddelerin özel olarak seçimi, beyaz renkte kil ve bazı katkıların kullanılması ile çimentonun diğer özellikleri değiştirilmeden "beyaz çimento" elde edilebilmektedir.

Çimentolara %5'in üzerinde mineral katkı katılması sonucu elde edilen katkılı Portland çimentoları, katkı türleri ve miktarlarına bağlı olarak çeşitlenmektedir. Mineral katkılar, klinker ve alçı ile birlikte öğütülürler veya ayrıca öğütüldükten sonra çimentoya katılabilirler. Bu amaçla kullanılan katkılar arasında doğal puzolan olan tras, kalker, endüstriyel yan ürün olan yüksek fırın cürufu ve uçucu kül sayılabilir. Çimentoya aynı zamanda birden fazla mineral katkı da katılabilir.

TS EN 197-1 standardında çimentonun içerisinde bulunan ve çimentonun ağırlıkça %5'ini aşan oranlarda kullanılan mineral katkılar ana bileşen olarak tanımlanmaktadır. Aynı şekilde çimentonun toplam kütlesinin %5'ini geçmeyecek oranlarda kullanılan mineral katkılar ise minör bileşen olarak tanımlanmaktadır.

Mineral katkılı çimentolar daha düşük karbonlu oldukları için daha çevrecidir. Çimento üretiminde kullanılan doğal ham maddelerden, yakıt ve elektrik enerjisinden tasarruf sağlarlar ve atık malzeme kullanımına imkân tanırırlar. İlaveten sülfatlara dayanıklılık gibi teknik avantajlara da sahip olmaları mümkündür.

TS EN 197-1 Standardına göre genel çimentolar beş ana tipte olmak üzere aşağıdaki şekilde gruplandırılmıştır:

- CEM I - Portland çimentosu
- CEM II - Portland kompoze çimento
- CEM III - Yüksek fırın cürufu çimento
- CEM IV - Puzolanik çimento
- CEM V - Kompoze çimento

TS EN 197-1 Standardı kapsamında olmayan, ancak Avrupa (EN) ya da ulusal standartlar kapsamında olan diğer çimentolar aşağıda belirtilmiştir:

- TS EN 14216 - Çok düşük ısılı çimento
- TS EN 15743 - Süper sülfat çimentoları
- TS EN 14647 - Kalsiyum alüminat çimentosu
- TS EN 413-1 - Harç çimentosu

## ÇİMENTO VE MİNERAL KATKI STANDARTLARI

- TS 13353 – Borlu aktif belit çimentosu
- TS 21 – Beyaz Portland çimentosu
- TS 1769 – Sorel Çimentosu

Tablo 1’de genel çimentolarla ilgili TSE tarafından yayımlanmış standartlar belirtilmiştir.

Tablo 1. Genel çimento standartları

<b>TS EN 197-1</b> -Çimento-Bölüm 1: Genel çimentolar - Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri
<b>TS EN 197-2</b> -Çimento-Bölüm 2: Performans sürekliliğinin değerlendirilmesi ve doğrulanması
<b>TS EN 197-5</b> -Çimento-Bölüm 5: Portland kompozit çimento CEM II/C-M ve kompozit çimento CEM VI
<b>TSE CEN/TR 14245</b> -Çimento-EN 197-2’nin uygulanması için kılavuz: Performans sürekliliğinin değerlendirilmesi ve doğrulanması
<b>TS EN 196-1</b> - Çimento deney metotları-Bölüm 1: Dayanım tayini
<b>TS EN 196-2</b> -Çimento deney yöntemleri-Bölüm 2: Çimentonun kimyasal analizi
<b>TS EN 196-3</b> -Çimento deney yöntemleri-Bölüm 3: Priz süreleri ve genleşme tayini
<b>TSE CEN/TR 196-4</b> -Çimento deney metotları-Bölüm 4: Bileşen miktarının tayini
<b>TS EN 196-5</b> -Çimento deney yöntemleri-Bölüm 5: Puzolanik çimentolarda puzolanik özellik deneyi
<b>TS EN 196-6</b> -Çimento deney yöntemleri-Bölüm 6: İncelik tayini
<b>TS EN 196-7</b> -Çimento deney yöntemleri-Bölüm 7: Çimentodan numune alma ve numune hazırlama yöntemleri
<b>TS EN 196-8</b> -Çimento deney yöntemleri-Bölüm 8: Hidratasyon ısı - Çözelti yöntemi
<b>TS EN 196-9</b> -Çimento deney yöntemleri-Bölüm 9: Hidratasyon ısı-Yarı adyabatik yöntem
<b>TS EN 196-10</b> -Çimento deney yöntemleri-Bölüm 10: Çimentonun suda çözünebilir krom (vı) muhtevasının tayini
<b>TS EN 196-11</b> -Çimento deney yöntemleri-Bölüm 11: Hidratasyon ısı-İzotermal kondüksiyon kolorimetre yöntemi

Tablo 2’de TS EN 197-1 Standardı kapsamında olmayan çimentolara ait ilgili standartlar belirtilmiştir.

Tablo 2. Özel çimento standartları

<b>TS 13353</b> -Borlu aktif belit (bab) çimentosu-Tarifler, bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri
<b>TS 1769</b> -Sorel Çimentosu (MgO-esaslı bağlayıcı) Ara Ürünü
<b>TS EN 14647</b> -Kalsiyum alüminat çimentosu-Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri
<b>TS EN 15743</b> -Süper sülfat çimentoları-Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri
<b>TS 21</b> -Çimento-Beyaz Portland çimentosu-Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri
<b>TS EN 14216</b> -Çimento-Özel çimentolar-Çok düşük ısılı-bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri
<b>TS EN 413-1</b> -Harç çimentosu-Bölüm 1: Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri

Ülkemiz çimento ihracatında dünyada ilk sıralarda yer almakta ve başta ABD olmak üzere ASTM (American Society for Testing Materials) standartlarının geçerli olduğu ülkelere de çimento ihracatı yapmaktadır. Bu nedenle çimento ile ilgili ASTM standartları da sektör açısından önemlidir. Ayrıca, bazı akademik çalışmalarda da ASTM standartları referans alınabilmektedir.

Tablo 3. ASTM standartları

<b>ASTM C150 / C150M</b> - Standard Specification for Portland Cement
<b>ASTM C595 / C595M</b> - Standard Specification for Blended Hydraulic Cements
<b>ASTM C1697</b> - Standard Specification for Blended Supplementary Cementitious Materials
<b>ASTM C1157 / C1157M</b> - Standard Performance Specification for Hydraulic Cement

Daha önce de belirtildiği üzere mineral katkıları çimento üretiminde kullanılabilir. Mineral katkıları ilgili bazı şartlar TS EN 197-1 Standardında belirtildiği gibi bu malzemelerin kendi standartları da bulunmaktadır. Tablo 4'te çimento ve hazır beton üretiminde kullanılan yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis dumanı ve doğal puzolan gibi mineral katkıları ilgili standartların listesi yer almaktadır.

Tablo 4. Mineral katkı standartları

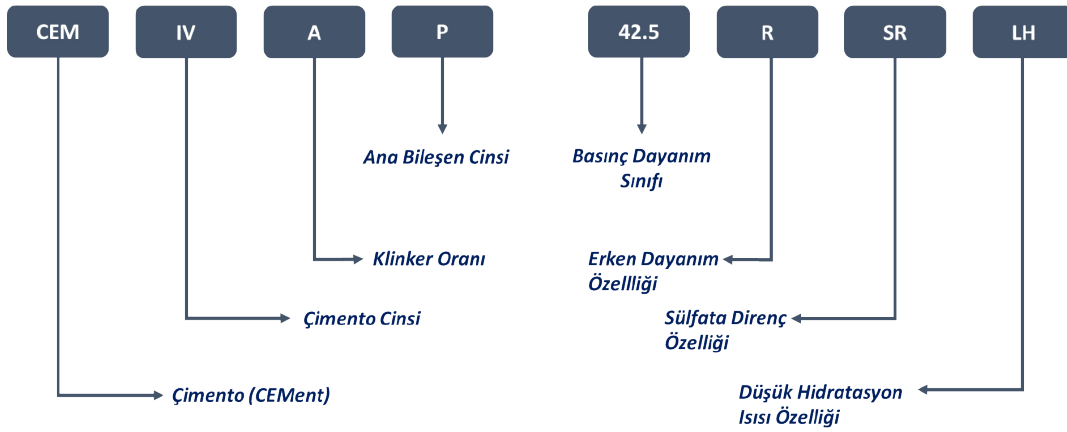
<b>TS EN 450-1</b> -Uçucu Kül-Betonda kullanılan-Bölüm 1: Tarif, özellikler ve uygunluk kriterleri
<b>TS EN 450-2</b> -Uçucu kül-Betonda kullanılan-Bölüm 2: Uygunluk değerlendirmesi
<b>TS EN 13263-1</b> -Silis dumanı-Betonda kullanılan-Bölüm 1: Tarifler, gerekler ve uygunluk kriterleri
<b>TS EN 13263-2</b> -Silis dumanı-Betonda kullanılan-Bölüm 2: Uygunluk değerlendirmesi
<b>TS EN 15167-1</b> -Öğütülmüş yüksek fırın cürufu-Beton, harç ve şerbette kullanım için-Bölüm 1: Tarifler, özellikler ve uygunluk kriterleri
<b>TS EN 15167-2</b> -Öğütülmüş yüksek fırın cürufu-Beton, harç ve şerbette kullanım için-Bölüm 2: Uygunluk değerlendirmesi
<b>TS 25</b> -Doğal puzolan (tras)-Çimento ve betonda kullanılan-Tarifler, gerekler ve uygunluk kriterleri

## 2. ÇİMENTO STANDARTLARI

### 2.1. TS EN 197-1 Standardı Kapsamında Genel Çimentolar

İlk bölümde belirtildiği gibi TS EN 197-1 Standardı kapsamında 5 ana grupta 27 adet genel çimento cinsi ve 7 adet sülfatlara dayanıklı çimento cinsi yer almaktadır. Bu bölümde standart daha detaylı bir şekilde incelenecektir.

TS EN 197-1 Standardına göre çimento cinsinin kodlaması Şekil 1'de gösterilen örnekteki gibi yapılmaktadır.



Şekil 1. Çimento cinsinin kodlaması

Tablo 5'te TS EN 197-1'e göre çimento ana tipi, klinker oranı, ana bileşen tipi, dayanım sınıfı ve diğer özellikler belirtilmiştir.

Tablo 5. Çimento cinsinin kodlamasında kullanılan kısaltmalar

Çimento Tipi	Klinker Oranı	Ana Bileşenler	Dayanım Sınıfı	Diğer Özellikler
CEM I CEM II CEM III CEM IV CEM V	A: Yüksek miktarda klinker B: Orta miktarda klinker C: Düşük miktarda klinker	S: Granüle yüksek fırın cürufu P: Doğal puzolan Q: Doğal kalsine edilmiş puzolan V: Silissi uçucu kül W: Kalkersi uçucu kül T: Pişmiş şist L - LL: Kalker D: Silis dumanı M: Üsttekilerden ikisi ya da daha fazlası	32,5 MPa 42,5 MPa 52,5 MPa  R: Hızlı erken dayanım (rapid) N: Normal erken dayanım (normal) L: Düşük erken dayanım (low)	SR: Sülfata dirençli LH: Düşük hidrasyon ısılı

TS EN 197-1 Standardında belirtilen 27 adet genel çimento tipinin ana bileşenlerin cinsi ve kütlece oranları Tablo 6'da gösterilmektedir.

Tablo 6. TS EN 197-1 kapsamındaki genel çimentolar

Ana Tipler	Genel Çimento Tipleri		Ana Bileşenler (kütlece <sup>a</sup> % olarak)										Minör Bileşen	
			Klinker	Yüksek Fırın Cürufu	Silis dumanı	Puzolan		Uçucu Kül		Pişmiş Şist	Kalker			
						Doğal	Doğal Kalsine Edilmiş	Silissi	Kalkersi		L	LL		
K	S	D <sup>b</sup>	P	Q	V	W	T	L	LL					
CEM I	Portland Çimento	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
CEM II	Portland Cürufu Çimento	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Portland Silis Dumanlı Çimento	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Portland Puzolanik Çimento	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland Uçucu Küllü Çimento	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A -W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B -W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5
	Portland Pişmiş Şistli Çimento	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5
	Portland Kalkerli Çimento	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5
		CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5
	Portland Kompoze Çimento <sup>c</sup>	CEM II/A-M	80-88	12-20										0-5
CEM II/B-M		65-79	21-35										0-5	
CEM III	Yüksek Fırın Cürufu Çimento	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
CEM IV	Puzolanik Çimento <sup>c</sup>	CEM IV/A	65-89	-	11-35				-	-	-	0-5		
		CEM IV/B	45-64	-	36-55				-	-	-	0-5		
CEM V	Kompoze Çimento <sup>c</sup>	CEM V/A	40-64	18-30	-	18-30		-	-	-	-	0-5		
		CEM V/B	20-38	31-49	-	31-49		-	-	-	-	0-5		

a) Çizelgedeki değerler ana ve minör ilave bileşenlerin toplamı ile ilgilidir.

b) Silis dumanının oranı %10'la sınırlanmıştır.

c) Portland kompoze çimento CEM II/A-M ve CEM II/B-M'de, Puzolanik çimento CEM IV/A ve CEM IV/B'de, Kompoze çimento CEM V/A ve CEM V/B'de klinkerin dışındaki diğer ana bileşenler çimentoya ait işaretlerle beyan edilmelidir.



## ÇİMENTO VE MİNERAL KATKI STANDARTLARI

TS EN 197-1 Standardına göre çimento basınç dayanımı 32,5 MPa, 42,5 MPa ve 52,5 MPa olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır. Ayrıca, çimentoların erken dayanım özellikleri de düşük (L-low), normal (N-normal) ve hızlı (R-rapid) olarak sınıflandırılmaktadır. Bu dayanım sınıflarının sağlanması gereken özellikler Tablo 7'de belirtilmiştir.

Tablo 7. TS EN 197-1 Standardına göre çimento dayanım sınıfları

Dayanım Sınıfı	Basınç Dayanımı (MPa)				Priz başlama süresi (dakika)	Genleşme (mm)
	Erken Dayanım		Standart Dayanım			
	2 günlük	7 günlük	28 günlük			
32,5 L <sup>a</sup>	-	≥12	≥32,5	≤52,5	≥75	≤10
32,5 N	-	≥16				
32,5 R	≥10	-				
42,5 L <sup>a</sup>	-	≥16	≥42,5	≤62,5	≥60	
42,5 N	≥10	-				
42,5 R	≥20	-				
52,5 L <sup>a</sup>	≥10	-	≥52,5	-	≥45	
52,5 N	≥20	-				
52,5 R	≥30	-				

a) Dayanım sınıfı sadece CEM III çimentoları için tanımlanmıştır.

Tablo 8'de TS EN 197-1 standardına göre kimyasal gerekler belirtilmektedir.

Tablo 8. Karakteristik değer olarak tanımlanan kimyasal gerekler

Özellik	Deney Standardı	Çimento Tipi	Dayanım Sınıfı	Gerekler <sup>a</sup>
Kızdırma kaybı	TS EN 196 - 2	CEM I CEM III	Hepsi için	≤ %5,0
Çözünmeyen kalıntı	TS EN 196 - 2 <sup>b</sup>	CEM I CEM III	Hepsi için	≤ %5,0
Sülfat miktarı (SO <sub>3</sub> olarak)	TS EN 196 - 2	CEM I CEM II <sup>c</sup> CEM IV CEM V	32,5 N 32,5 R 42,5 N	≤ %3,5
			42,5 R 52,5 N 52,5 R	≤ %4,0
		CEM III <sup>d</sup>	Hepsi için	
Klorür muhtevası	TS EN 196 - 2	Hepsi için <sup>e</sup>	Hepsi için	≤ %0,10 <sup>f</sup>
Puzolanik özellik	TS EN 196 - 5	CEM VI	Hepsi için	Deneyi Sağlar

- a) Gerekler, nihai çimento kütlesinin yüzdesi cinsinden verilir.  
b) Hidroklorik asit ve sodyum karbonatla çözünmeyen kalıntı tayini.  
c) T muhtevası > %20 olan çimento tipleri CEM II/B-T ve CEM II/B-M, bütün dayanım sınıfları için %4,5'e kadar sülfat (SO<sub>3</sub> olarak) ihtiva edebilir.  
d) CEM III/C tipi çimento, %4,5'e kadar sülfat ihtiva edebilir.  
e) CEM III tipi çimento, %0,10'dan fazla klorür ihtiva edebilir, bu takdirde azami klorür muhtevası ambalaj ve/veya teslim belgesinde belirtilmelidir.  
f) Ön germeli uygulamalar için çimento "düşük (alt sınır) gerek" değerine göre üretilebilir. Bu durumda, teslim belgesinde %0,10 değerinin yerine bu düşük değer yazılır.

## Sülfata Dayanıklı Çimento

Betonun temas ettiği ortamda yüksek miktarda sülfat tuzları bulunuyorsa, bu sülfat tuzları çimentonun bazı bileşenleri ile reaksiyona girerek betonun zamanla hasar görmesine neden olabilir. Reaksiyon sonucu oluşan ürünler beton iç yapısında genişlemeye neden olur, çatlaklara ve dağılmaya yol açar. Agregaya ve çimento hamuru arasındaki bağın olumsuz etkilenmesiyle betonun dayanımı düşer. Sülfat tuzlarına maruz kalan yapılarda kullanılan betonun sülfata karşı dirençli olması beklenir. Bunun için de en etkili yöntemlerden birisi sülfata dayanıklı çimento kullanmaktır. Sülfata dayanıklı çimentolar sülfat tuzları ile tepkimeye giren  $C_3A$  bileşeni sınırlandırılmış ya da ihmal edilebilir düzeyde olan çimentolardır. Bu çimentolar aşağıdaki gibi üç ana çimento tipi olarak gruplandırılmışlardır:

### Sülfata dayanıklı Portland çimentosu

- CEM I-SR 0 Sülfata dayanıklı Portland çimentosu (klinkerin  $C_3A$  içeriği = %0)
- CEM I-SR 3 Sülfata dayanıklı Portland çimentosu (klinkerin  $C_3A$  içeriği  $\leq$  %3)
- CEM I-SR 5 Sülfata dayanıklı Portland çimentosu (klinkerin  $C_3A$  içeriği  $\leq$  %5)

### Sülfata dayanıklı yüksek fırın cürüflü çimento

- CEM III/B-SR Sülfata dayanıklı yüksek fırın cürüflü çimento (klinkerin  $C_3A$  içeriği için şart yok)
- CEM III/C-SR Sülfata dayanıklı yüksek fırın cürüflü çimento (Klinkerin  $C_3A$  içeriği için şart yok)

### Sülfata dayanıklı puzolanik çimento

- CEM IV/A-SR Sülfata dayanıklı puzolanik çimento (klinkerin  $C_3A$  içeriği  $\leq$  %9),
- CEM IV/B-SR Sülfata dayanıklı puzolanik çimento (klinkerin  $C_3A$  içeriği  $\leq$  %9).

Tablo 9 ve Tablo 10'da TS EN 197-1 kapsamındaki sülfata dayanıklı çimentoların genel özellikleri ve ilave gerekleri belirtilmiştir.

Tablo 9. TS EN 197-1 Standardına göre sülfata dayanıklı çimentolar

Ana Tipler	Sülfata Dayanıklı Genel Çimento Tipleri		Ana Bileşenler (Kütlece <sup>a</sup> % olarak)				Minör Bileşen
			K	S	T	V	
CEM I	Sülfata dayanıklı Portland çimentosu	CEM I - SR 0	95-100			-	0-5
		CEM I - SR 3					
		CEM I - SR 5					
CEM III	Sülfata dayanıklı Portland çimentosu	CEM III/B - SR	20-34	66-80		-	
		CEM III/C - SR	5-19	81-95			
CEM IV	Sülfata dayanıklı puzolanik çimento <sup>b</sup>	CEM IV/A - SR	65-79	-	21-35		
		CEM IV/B - SR	45-64		36-55		

**a)** Çizelgedeki değerler ana ve minör ilave bileşenlerin toplamına atıf yapmaktadır.  
**b)** CEM IV/A-SR ve CEM IV/B-SR tipindeki sülfata dayanıklı puzolanik çimentolarda klinker dışındaki ana bileşenler çimentoya ait işaretlerle beyan edilmelidir.

## ÇİMENTO VE MİNERAL KATKI STANDARTLARI

Tablo 10. Sülfata dayanıklı genel çimentolar için ilave gerekler

Özellik	Deney Standardı	Çimento Tipi	Dayanım Sınıfı	Gerekler <sup>a</sup>
Sülfat içeriği (SO <sub>3</sub> olarak)	TS EN 196-2	CEM I-SR 0 CEM I-SR 3 CEM I-SR 5 <sup>b</sup> CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	32,5 N 32,5 R 42,5 N	≤ %3,0
			42,5 R 52,5 N 52,5 R	≤ %3,5
Klinkerde C <sub>3</sub> A <sup>c</sup>	TS EN 196-2 <sup>d</sup>	CEM I-SR 0 CEM I-SR 3 CEM I-SR 5	Hepsi için	= %0,0
				≤ %3,0
				≤ %5,0
	— <sup>e</sup>	CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR		≤ %9,0
Puzolanik özellik	TS EN 196-5	CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	Hepsi için	8 günlük deney sonucu yeterlidir.

**a)** Gerekler nihai çimento veya klinker kütlelerinin yüzdesi cinsinden verilir.  
**b)** Özel uygulamalar için CEM I-SR 5 çimentoları daha yüksek sülfat içeriğine göre üretilebilir. Böyle durumlarda, daha yüksek sülfat içeriği için bu gereğin sayısal değeri sevk irsaliyesinde beyan edilmelidir.  
**c)** Nihai çimentonun klinkerindeki C<sub>3</sub>A içeriğinin belirlenmesi için kullanılacak deney yöntemi CEN/TC 51 komitesi tarafından geliştirilme aşamasındadır.  
**d)** CEM I'in özel durumunda, çimentonun kimyasal analizinden elde edilen veri ile klinkerin C<sub>3</sub>A içeriğinin hesaplanmasına izin verilebilir. C<sub>3</sub>A = 2,65A - 1,69F formülü (Madde 5.2.1) ile C<sub>3</sub>A içeriği hesaplanmalıdır.  
**e)** Deney yönteminin tamamlanmasına kadar, klinkerin C<sub>3</sub>A içeriği (Madde 5.2.1), üreticinin Fabrika İmalat Kontrolünün (EN 197-2: 2000, Madde 4.2.1.2) bir parçası olarak klinkerin analizine bağlı olarak yapılacaktır.

TS EN 197-1 Standardına göre örnek çimento cinsleri ve açıklamaları Tablo 11'de açık bir şekilde ifade edilmektedir.

Tablo 11. TS EN 197-1 Standardına göre örnek çimento cinsleri ve açıklamaları

Özellik	Deney Standardı
CEM II/A - L 32,5 N	Kütlece %6-20 arasında TOC muhtevası %0,5'ten fazla olmayan, kalker (L) içeren, 32,5 dayanım sınıfına uyan normal erken dayanımlı Portland kalkerli çimento
CEM II/A-M (S-V-L) 32,5 R	Toplam olarak kütlece %12-20 arasında granüle yüksek fırın cürufu (S), silissi uçucu kül (V) ve kalker (L) içeren ve yüksek erken dayanımlı, dayanım sınıfı 32,5 olan Portland kompoze çimento
CEM V/A (S-V) 32,5 N	Kütlece %18-30 arasında granüle yüksek fırın cürufu (S) ve kütlece %18-30 arasında silissi uçucu kül (V) içeren normal erken dayanımlı, dayanım sınıfı 32,5 olan kompoze çimento
CEM III/B 32,5 N - LH/SR	Kütlece %66-80 arasında granüle yüksek fırın cürufu (S), normal erken dayanımlı, düşük hidratasyon ısılı ve sülfata dayanıklı, dayanım sınıfı 32,5 olan cürufu çimento
CEM IV/A (P) 32,5 N - SR	Kütlece %21-35 arasında doğal puzolan (P) içeren normal erken dayanımlı, dayanım sınıfı 32,5 olan ve klinkerin C <sub>3</sub> A içeriği kütlece %9'dan düşük sülfata dayanıklı, puzolanik özellikte çimento

## 2.2. TS EN 197-5 Standardı Kapsamında Çimentolar

2021 yılında yayımlanan TS EN 197-5 Standardı ile "CEM VI - Kompoze çimento" ismiyle yeni bir ana tip çimento daha ilave olmuştur. Ayrıca, CEM II tipi çimentolarda daha az miktarda klinker kullanımının da önü açılmıştır. Tablo 12'de TS EN 197-5 kapsamındaki yeni çimento tipleri görülmektedir.

Tablo 12. TS EN 197-5 kapsamındaki çimento tipleri

Ana Tipler	Çimento Tip		Ana Bileşenler (kütlece <sup>a</sup> % olarak)									Minör Bileşen	
			Klinker	Yüksek Fırın Cürufu	Silis dumanı	Puzolan		Uçucu Kül		Pişmiş Şist	Kalker		
						Doğal	Doğal Kalsine Edilmiş	Silissi	Kalkersi		L <sup>c</sup>		LL <sup>c</sup>
K	S	D <sup>b</sup>	P	Q	V	W	T	L <sup>c</sup>	LL <sup>c</sup>				
CEM II	Portland Kompoze Çimento <sup>d</sup>	CEM II/C -M	50-64	36-50									0-5
CEM VI	Kompoze Çimento	CEM VI (S-P)	35-49	31-59	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM VI (S-V)	35-49	31-59	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
		CEM VI (S-L)	35-49	31-59	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5
		CEM VI (S-LL)	35-49	31-59	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5

- a) Tablodaki değerler, ana ve minör bileşenlerin toplamını ifade eder.  
b) Silis dumanı içeriği %6-10 arasında sınırlanmaktadır.  
c) Kalker içeriği (L ve LL toplamı) %6-20 arasında sınırlanmaktadır.  
d) Klinker dışındaki ana bileşenlerin sayısı iki olarak sınırlanmıştır ve bu ana katkıları beyan edilmelidir.

CEM VI kompoze çimentosu tüm tiplerinde yüksek fırın cürufu içermekte, opsiyonel olarak ise doğal puzolan, silissi uçucu kül veya kalker içerebilmektedir. CEM VI için gereklilikler ve limit değerler Tablo 13'te belirtilmektedir.

Tablo 13. CEM VI için ek gereklilikler ve sınır değerler

Özellik	Deney Standardı	Dayanım sınıfı	Gerekler <sup>a</sup>	Tekil sonuçlar için limit değerler <sup>a</sup>
Sülfat içeriği (SO <sub>3</sub> olarak)	EN 196-2	Hepsi için	≤4,0 <sup>b</sup>	≤4,5
Klorür içeriği	EN 196-2	Hepsi için	≤0,1 <sup>c</sup>	≤0,1 <sup>c</sup>

a) Gereklilikler, nihai çimentonun kütlece yüzdesi olarak verilmiştir.  
b) Bütün dayanım sınıfları için Portland kompoze çimentonun pişmiş şist içeriği %20'den fazla ise en fazla %4,5 sülfat (SO<sub>3</sub> olarak) içerebilir.  
c) CEM VI, kütlece %0,10'dan fazla klorür içerebilir. Bu durumda, kütlece %0,10 klorür değeri, iki ondalık basamakla kütlece yüzde olarak ifade edilen klorür içeriği için üst sınır ile değiştirilecek ve bu üst sınır ambalaj ve/veya teslimat notu üzerinde belirtilecektir.

### 2.3. ASTM C150 ve ASTM C595 Standartları Kapsamında Çimentolar

ASTM C150 Portland çimento için gereklilikleri tanımlamakta olup Tablo 14'te belirtilen 10 farklı çimento tipi tanımlanmıştır. Bu çimentoların kimyasal gerekliliklerine Tablo 15 ve Tablo 16'da, fiziksel gerekliliklerine ise Tablo 17'de yer verilmiştir.

Tablo 14. ASTM C150 kapsamında çimento cinsleri

Çimento Tipi	Açıklama
Tip I	Genel kullanım, ürüne has özelliklerin belirtilmediği durumlarda kullanım için
Tip IA	Hava sürükleyici çimento (Tip I için)
Tip II	Genel kullanım, özellikle orta sülfata dayanıklı çimentolar
Tip IIA	Hava sürükleyici çimento (Tip II için)
Tip II (MH)	Genel kullanım, özellikle orta hidrasyon ısı ve orta sülfata dayanıklılık için
Tip II (MH)A	Hava sürükleyici çimento (Tip II (MH) için)
Tip III	Yüksek erken dayanımlı çimento
Tip IIIA	Hava sürükleyici çimento (Tip III için)
Tip IV	Düşük hidrasyon ısılı çimento
Tip V	Yüksek sülfat dirençli çimento

Tablo 15. ASTM C150 kapsamındaki çimentoların kimyasal gereklilikleri

Çimento Tipi <sup>A</sup>	I IA	II IIA	II(MH) II(MH)A	III IIIA	IV	V
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (maks. %)	-	6.0	6.0	-	-	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (maks. %)	-	6.0 <sup>B</sup>	6.0 <sup>B,C</sup>	-	6.5	-
MgO (maks. %)	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
SO <sub>3</sub> (maks. %) <sup>D</sup>						
<i>C<sub>3</sub>A ≤ %8 ise</i>	3.0	3.0	3.0	3.5	2.3	2.3
<i>C<sub>3</sub>A &gt; %8 ise</i>	3.5	F	F	4.5	F	F
Kızdırma Kaybı (maks. %)						
<i>Kalker içeriği var ise</i>	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0
<i>Kalker içeriği yok ise</i>	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Çözünmeyen kalıntı (maks. %)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Eşdeğer alkali içeriği (%)	beyan	beyan	beyan	beyan	beyan	beyan
C <sub>3</sub> S (maks. %) <sup>E</sup>	-	-	-	-	35 <sup>C</sup>	-
C <sub>2</sub> S (min. %) <sup>E</sup>	-	-	-	-	45 <sup>C</sup>	-
C <sub>3</sub> A (maks. %) <sup>E</sup>	-	8.0	8.0	15.0	7 <sup>C</sup>	5 <sup>B</sup>
C <sub>3</sub> S + 4.75C <sub>3</sub> A (maks. %) <sup>G</sup>	-	-	100 <sup>C,H</sup>	-	-	-
C <sub>4</sub> AF + 2C <sub>3</sub> A veya C <sub>4</sub> AF+C <sub>2</sub> F (maks. %)	-	-	-	-	-	25 <sup>B</sup>
<i>İndis bilgileri standartta belirtilmektedir.</i>						

Tablo 16. ASTM C150 kapsamındaki çimentoların opsiyonel kimyasal gereklilikleri

Çimento Tipi	I IA	II IIA	II(MH) II(MH)A	III IIIA	IV	V	Açıklama
C <sub>3</sub> A (maks. %)	-	-	-	8.0	-	-	Orta sülfat direnci için
C <sub>3</sub> A (maks. %)	-	-	-	5.0	-	-	Yüksek sülfat direnci için

Tablo 17. ASTM C150 kapsamındaki çimentoların fiziksel gereklilikleri

Çimento Tipi <sup>A</sup>	I	IA	II	IIA	II (MH)	II (MH) A	III	IIIA	IV	V
Hava içeriği <sup>B</sup> (hacimsel %)										
<i>maks.</i>	12	22	12	22	12	22	12	22	12	12
<i>min.</i>	-	16	-	16	-	16	-	16	-	-
Özgül yüzey alanı (m <sup>2</sup> /kg)										
<i>min.</i>	260	260	260	260	260	260	-	-	260	260
<i>maks.</i>	-	-	-	-	430 <sup>C</sup>	430 <sup>C</sup>	-	-	430	-
Genleşme (maks. %)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Basınç dayanımı <sup>D</sup> (MPa)										
<i>1 günlük (min.)</i>	-	-	-	-	-	-	12	10	-	-
<i>3 günlük (min.)</i>	12	10	10	8	10	8	24	19	-	8
<i>7 günlük (min.)</i>	19	16	17	14	17	14	-	-	7	15
<i>28 günlük (min.)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	17	21
Priz süresi- Vicat <sup>E</sup> (dak.)										
<i>min.</i>	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
<i>maks.</i>	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375
<i>İndis bilgileri standartta belirtilmektedir.</i>										

### ASTM C595 Katkılı Hidrolik Çimentolar için Standart Gereklilikler

ASTM C595, katkılı hidrolik çimentoların hem genel hem de özel uygulamaları içindir. Bir başka deyişle, cüruf veya puzolan veya her ikisinin de bulunduğu Portland çimentosu veya Portland çimento klinkeri veya kireçli cürufu ilgilidir.

ASTM C595 Standardında 4 ana tipte katkılı hidrolik çimento yer almaktadır:

1. Tip IS - Yüksek Fırın Cürufu Portland Çimento
2. Tip IP- Portland-Puzolan Çimento
3. Tip IL- Portland-Kalkerli Çimento
4. Tip IT- Üç Katkılı Çimento

Katkılı çimentoların adlandırma uygulamaları, yukarıda isimleri verilen çimentoların isimlerinin yanına katkı miktarının yazılması ile yapılmaktadır, burada (X) hedeflenen cüruf yüzdesi veya ürün içindeki puzolan kütlesinin tam sayısı olarak ifade edilmiştir. Aşağıda örnekler verilmiştir.

- %80 Portland çimentosu ve %20 cüruf bulunan ikili karışimli çimento; Tip IS(20).
- %85 Portland çimentosu ve %15 puzolan içeren ikili karışimli çimento; Tip IP(15) şeklindedir.

Üç katkılı çimentolar için adlandırma Tip IT tanımına ek olarak (AX) ve (BY) eklenerek yapılır. A, cürufu çimento için "S", puzolan için "P"dir. Hangisi daha büyük miktarda mevcut ise önce o yazılır ve X olan yere yazılır. A ise, bileşen için hedeflenen yüzdedir. B, cürufu çimento için "S", puzolan için "P" ve Y, B'nin kütleyle göre hedeflenen yüzdesidir. Hem X hem de Y değerleri tam sayısı olarak ifade edilir. X ve Y aynı ise, önce puzolan içeriği dikkate alınır. Aşağıda örnekler verilmiştir:

- Üç katkılı çimento; %70 Portland çimentosu, %20 cüruf ve %10 puzolan var ise Tip IT(S20)(P10).
- Üç katkılı çimento; %65 Portland çimentosu, %25 puzolan ve %10 başka bir puzolan var ise Tip IT(P25)(P10).
- Üç katkılı çimento; %60 Portland çimentosu ve %20 cüruf ve %20 puzolan var ise Tip IT(P20)(S20) şeklinde gösterilir.

ASTM C595 kapsamındaki katkılı çimentoların kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 18 ve Tablo 19'da belirtilmiştir.

Tablo 18. ASTM C595 kapsamındaki katkılı çimentoların kimyasal özellikleri

Çimento Tipi	I(SM) I(SM)-A IS, IS-A	S SA	I(PM) I(PM)-A P, PA, IP, IP-A
MgO (maks. %)	-	-	6,0
SO <sub>3</sub> (maks. %)	3,0	4,0	4,0
S (maks. %)	2,0	2,0	-
Çözünmeyen kalıntı (maks. %)	1,0	1,0	-
Kızdırma kaybı (maks. %)	3,0	4,0	5,0

Tablo 19. ASTM C595 kapsamındaki katkılı çimentoların fiziksel özellikleri

Çimento Tipi	I(SM), IS I(PM), IP	I(SM)-A, IS-A I(PM)-A, IP-A	IS(MS) IP(MS)	IS-A(MS) IP-A(MS)	S	SA	P	PA
İncelik	A	A	A	A	A	A	A	A
Otoklav genişleme (maks. %)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Otoklav büzülme (maks. %) <sup>B</sup>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Priz başlangıcı (Vicat) <sup>C</sup> ≥ (dakika) ≤ (saat)	457	457	457	457	457	457	457	457
Harçta hava içeriği (% hacim)	12 maks.	19±3	12 maks.	19±3	12 maks.	19±3	12 maks.	19±3
Basınç dayanımı (min. MPa) 3 gün 7 gün 28 gün	13,0 20,0 25,0	10,0 16,0 20,0	11,0 18,0 25,0	9,0 14,0 20,0	5,0 11,0	4,0 9,0	11,0 21,0	9,0 18,0
Hidratasyon ısı <sup>D</sup> 7 gün (maks. kJ/kg) 7 gün (maks. kJ/kg)	290 330	290 330	290 330	290 330	-	-	250 290	250 290
Su ihtiyacı (% çimento kütlesi)	-	-	-	-	-	-	64	56
Kurumu büzülmesi (maks. %)	-	-	-	-	-	-	0,15	0,15
Harç çubuğu genişlemesi <sup>E</sup> 14 gün (maks. %) 8 hafta (maks. %)	0,02 0,06	0,02 0,06	0,02 0,06	0,02 0,06	0,02 0,06	0,02 0,06	0,02 0,06	0,02 0,06
Sülfat direnci 180 günlük genleşme (maks.%)	0,10 <sup>F</sup>	0,10 <sup>F</sup>	0,10	0,10	-	-	0,10 <sup>F</sup>	0,10 <sup>F</sup>
İndis bilgileri standartta belirtilmektedir.								

## 2.4. Özel Çimentolar

TS EN 197-1 Standardının kapsadığı genel kullanım amaçlı çimentoların haricinde farklı üretim teknikleri ve farklı ham madde içeriklerine sahip ve dolayısıyla farklı özellikleri olan çimentolar da bulunmaktadır. Avrupa (EN) veya ulusal düzeyde standartlara tabi olan bu çimentolar aşağıda belirtilmektedir.

### - TS 21: Beyaz Portland Çimentosu

Özel nitelikli kil (renk verici oksitler ihtiva etmeyen) ile kireç taşının birlikte pişirilmesiyle elde edilen beyaz klinkerin bir miktar kalsiyum sülfat (CaSO<sub>4</sub>) ile birlikte öğütülmesiyle elde edilir.



### - TS EN 413-1: Harç Çimentosu (Çimento-Kâgirde Kullanım için)

Dayanım gelişmesi için gerekli Portland çimentosu klinkeri ihtiva eden; ince öğütülmüş hidrolik bağlayıcıdır. İlave bileşene ihtiyaç duyulmadan sadece kum ve su ile karıştırılarak duvar, sıva ve kaplama işlerinde kullanıma uygun harç yapımı temin eder.

Harç çimentosunun imalatını ve özelliklerini geliştirmek için öğütme kolaylaştırıcı, hava sürükleyici ajanlar gibi kimyasal katkıları ilave edilebilir.

Normal Portland çimentosuna göre daha plastik, çalışılması daha kolay harç yapılmasına elverişli olan çimento tipleridir. Adına duvarcı çimentosu da denilen bu çimento, Portland çimentosuna %60'a varan oranda çeşitli katkıları (sönmüş kireç, kalker tozu, tebeşir tozu, diyatome toprağı, cüruf, uçucu kül, tras gibi) katılarak üretilmektedirler.

### - TS 13353: Borlu Aktif Belit (BAB) Çimentosu

TS EN 197-1'deki çimento tanımına uyan bu çimentonun klinkerinin ana bileşeni aktif ( $\alpha/\alpha'$ -  $C_2S$ ) belit fazıdır. Portland çimentosuna göre farkı da bu fazı içermesidir. Çok düşük hidratasyon ısılı çimento özelliğı gösteren bu çimento, özellikle kütle betonlarında ve baraj yapımında kullanıma uygundur. Klinker oluşum sıcaklığı 1300°C civarında olup; yakıt enerjisi tasarrufu sağlar. Düşük karbon emisyonu ile çevre dostu özellik sergiler.

### - TS EN 14216: Çok Düşük Hidratasyon Isılı Özel Çimentolar

Su ile karıştırıldığında hidratasyon reaksiyonları ve prosesler nedeniyle priz alan ve sertleşen bir hamur oluşturan ve sertleşme sonrası suyun altında bile dayanımı ve kararlılığını koruyan ve geliştiren, genel çimentoların hidratasyon reaksiyonlarına sahip bir çimentodur. Ancak; bileşim, incelik ve bileşenlerinin reaktivitelerine bağlı olarak hidratasyon gelişimi daha yavaştır. Özellikle barajlar ve kütle beton uygulamaları için uygundur.

### - TS EN 14647: Kalsiyum Alüminat Çimentosu

Hızlı priz alan, yüksek sıcaklıkta dayanıklı olan ve yüksek sülfat direncine sahip çimentodur. Ana bileşeni mono kalsiyum alüminattır ( $CaO \cdot Al_2O_3$ ). Genel çimentoların yerine geçecek şekilde kullanıma uygun olmayıp çok hızlı dayanımın ve sıcaklık, aşınma ve kimyasal etkilere direncin istendiğı yerlerde kullanılabilir.

Yüksek sıcaklığa dayanıklı bir çimento olup, prosesi gereğı ergimiş çimento adını da almaktadır.

Portland çimentosunun 28 günde verdiğı dayanıma bir günde ulaşabilmektedir. Yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklıdır. Busebeple fırınlarda, bacalarda vb. yerlerde kullanılmaktadırlar. Asit karakterli olmasından dolayı ( $Ca(OH)_2$  oluşmadığından) kimyasal etkilere karşı çok dayanıklıdır. Fiziksel aşınmaya karşı da yüksek dayanıklılığa sahiptir. Alüminli çimento klinkeri bünyesinde trikalsiyum alüminat ( $C_3A$ ) olmadığından öğütülürken klinkere alçı taşı ilave edilmemektedir.

Kalsiyum alüminat çimentosu sülfat ataklarına karşı direnç sağlayabilmek amacıyla geliştirilmiştir. Sülfat direnci sağlamanın yanı sıra hızlı priz alma özelliğı de mevcuttur. Bu sayede prefabrik uygulamalarda rahatlıkla kullanılabilir.

### - TS EN 15743: Süper Sülfat Çimentoları

Süper sülfat çimentoları, granüle yüksek fırın cürufu ve kalsiyum sülfattan oluşmaktadır. Dolayısı ile bu tip çimentoların sertleşmesi granüle yüksek fırın cürufularının kalsiyum sülfat ile aktivasyonuna bağlıdır. Portland çimento klinkerine göre daha düşük hidratasyon ısısına ve daha düşük erken dayanım değerlerine sahiptir. Sülfat tuzları gibi kimyasal olarak agresif ortamlara karşı dirençli beton üretiminde kullanılabilirler.

## - TS 1769: Sorel Çimentosu

Sorel çimentosu ara ürünü, magnezyum karbonat veya başka bir magnezyum bileşiğinin yüksek sıcaklıkta kalsine edilmesi, ince olarak öğütülmesi sonucunda elde edilen ve magnezyum klorür çözeltisiyle reaksiyona sokulduğunda magnezyum oksiklorür (sorel çimentosu) oluşturan bir maddedir. Sorel çimentosu da bu ara ürün ile magnezyum klorür çözeltisinin, testere talaşı veya herhangi bir mineral agrega (öğütülmüş silika, talk, vs.) ile karıştırılmasıyla elde edilen hidrolik bağlayıcı bir maddedir. Sorel çimentosunda bulunan oksiklorür, metallere şiddetli korozif etki yaptığından harç içinde kalacak metal yüzeyler tercihen bitüm ile kaplanarak yalıtımı sağlanmalıdır.

## 2.5. Çimento Özellikleri

**Basınç Dayanımı:** Çimentonun en önemli özelliklerinden birisidir. Standart kum ile yapılmış harç numuneleri test edilerek ölçülür. Erken dayanım için 2 veya 7 günlük yaşlarda, standart dayanım için 28 günlük yaşta elde edilen değerler standartta belirtilen şartları karşılamalıdır.

Beton bileşimi ve yapımı ile ilgili parametreler değişmediği takdirde çimento dayanımı arttıkça beton dayanımının da artması beklenir.

**Priz Başlama Süresi:** Normal kıvamdaki çimento hamurunun plastikliğini kaybetmeye başladığı zamana kadar geçen süredir. Vicat cihazı ile belirlenir. Taze betonun işlenebilirliğini kaybetmesi ile ilişkili olduğu için standartlarda belirtilen süreden daha az olmamalıdır. Genellikle böyle bir süre içinde taze betonun karıştırılıp, taşınıp, kalıba yerleştirilerek sıkıştırılabileceği kabul edilir.

**Priz Bitiş Süresi:** Çimento harcının katılaşmasının sona ermesidir. Vicat cihazı ile ölçülür. TS EN 197-1'de bu değer için herhangi bir şart bulunmamaktadır.

**Hacim Sabitliği (Genleşme):** Karma oksitlere katılmayarak serbest kalan CaO ve MgO, çimento içinde az miktarda bulunmalarına rağmen harç veya beton sertleştikten sonra hidrate olarak hacim genleşmesi ve çatlamalara yol açabilirler.

CaO, ham maddelerinin doğru orantıda harmanlanmaması, (kireç fazlalığı) iyi öğütülmemesi veya yeterince pişirilmemesi sonucu serbest halde bulunabilir. Fırında yüksek sıcaklıkta oluşan kristal yapısı dolayısı ile hidratasyonu gecikmeli olarak meydana gelir. MgO genellikle kalker içinde bulunur. Klinker yapısındaki serbest MgO, periklas olarak bulunur. MgO, CaO'e oranla daha sıkı bir kristal yapıya sahip olduğundan hidratasyonu daha gecikmeli ve yavaştır. Buna rağmen sertleşmiş betonun hacim sabitliğine zaman içerisinde zarar verebilir.

Bu konuda yapılan deneyde çimento hamuru kaynar suda hızlandırılmış kür ve hidratasyona tabi tutulur. Serbest CaO içeriğine bağlı olarak hamurun genleşmesi yerleştirildiği Le Chatelier halkalarının iğneleri arasındaki mesafenin açılması ile belirlenir. Açılma değerinin standarttaki sınırı aşmaması gerekir.

**Sülfat (SO<sub>3</sub>) İçeriği:** Sülfatlar çimento içine ham maddelerden, katkılardan veya yakıttan girebilir. Ayrıca, C<sub>3</sub>A hidratasyonunu kontrol etmek için klinker kalsiyum sülfat ile öğütülmektedir. Harç veya beton sertleştikten sonra iç yapıda bulunan veya dışarıdan gelen sülfat tuzları, C<sub>3</sub>A ve Ca(OH)<sub>2</sub> ile tepkimeye girerek alçı ve etrenjit oluştururlar, bu reaksiyonlar sonucunda da hacim genleşmesi ve yapısal hasar oluşur. Bu nedenle kimyasal analiz sonucu çimentoda bulunan SO<sub>3</sub> miktarı standartlarda verilen sınırı aşmamalıdır.

**Klorür İçeriği:** Klorürler çimento içine ham maddelerden, yakıtlardan veya katkılardan girebilir. Sertleşmiş harç veya beton içinde bileşenlerden veya dışarıdan gelen klorürün en büyük sakıncası beton içindeki çelik donatıda ve metallerde korozyon riskini arttırmasıdır. Ayrıca, higroskopik madde olarak harç ve betonu rutubetli tutar. Bu nedenlerle kimyasal analiz sonucu çimentoda bulunan klorür miktarı standartlarda verilen sınırı aşmamalıdır.

**Kızdırma Kaybı:** Uzun süre depolanmış, rutubete ve havaya maruz kalmış çimento, başta içindeki serbest CaO ve MgO olmak üzere kısmen hidrate olur; sonra havanın da etkisi ile karbonatlaşır. Kısacası çimento performans kaybetmeye başlar. Bu reaksiyonların ne ölçüde yer aldığını anlamak için çimento fırında 950°C'de sıcaklığa maruz bırakılır ve ağırlık kaybı yüzde olarak ölçülür. Kızdırma kaybı özellikle rutubetin buharlaşmasından ve CaCO<sub>3</sub>'tan CO<sub>2</sub>'in ayrışmasından kaynaklanır. Standartlarda verilen sınırı geçmemelidir.

**Hidratasyon Isısı:** Çimentonun hidratasyonuna bağlı olarak, verilen bir zaman dilimi sonunda açığa çıkan ısının miktarıdır. Betonun kullanıldığı yapı türüne veya hava koşullarına bağlı olarak hidratasyon ısısı düşük veya yüksek çimento kullanımı tercih edilebilir. Örneğin baraj gibi düşük yüzey/hacim orantısına sahip yapılarda betonun yüzeye yakın bölgeleri ile iç bölgeleri arasındaki sıcaklık farkı ısıl gerilme ve çatlamalara neden olur. Bu tür yapılarda hidratasyon ısısı düşük çimento kullanılmalıdır. Sıcak havalarda hidratasyon ısısı düşük, soğuk havalarda ise hidratasyon ısısı yüksek çimento kullanımı genellikle daha uygun olmaktadır. Hidratasyon ısısı Joule/g veya cal/g olarak ölçülür.

**Çözünmeyen Kalıntı:** Normal olarak üretilmiş katkısız Portland klinkeri, hidroklorik asit (HCl) içerisinde hemen hemen tamamen çözünür. Çözünmeyen kısım varsa bu iki nedenden kaynaklanabilir. Döner fırında pişirme ve ilgili reaksiyonlar tamamlanamamıştır ve/veya çimentoda mineral katkı vardır. Çözünmeyen kalıntı standartlarda verilen değeri geçmemelidir.

**Puzolanik Özellik:** Bu özellik sadece CEM IV tipi puzolanik çimentolar için istenmektedir. Deneyde hidrate çimento ile temas halindeki çözeltideki Ca(OH)<sub>2</sub> miktarı çözeltiyi doymun hale getirecek miktardan daha düşük bulunuyorsa sonuç yeterli olarak kabul edilmektedir.

**İncelik:** TS EN 197-1'de çimento ve mineral katkı maddelerinin tane inceliği konusunda herhangi bir sınır getirilmemiştir. Ancak, bazı şartnamelerde (ve eski standartlarda) bu maddelerin en az belirli bir inceliğe sahip olması istenebilir. Tane inceliği arttıkça hidratasyon ve kimyasal reaksiyonlar hızlanacak, erken dayanım artacaktır. Diğer taraftan, gerekli öğütme enerjisi de artacak ve belirli bir kıvam için gerekecek su ihtiyacı da artış gösterebilecektir.

### 3. MİNERAL KATKI STANDARTLARI

Çimento ve betona, doğal veya yapay (endüstriyel) kökenli mineral katkıları katılabilmektedir. Bu katkıları sınıflandırmadan önce “puzolanik madde”nin tanımını yapmak yerinde olacaktır.

**Puzolanik Madde (Puzolan):** Kendi başına bağlayıcı özelliği olmayan, ancak ince öğütülmüş olarak kireç hidrat ile karıştırıldığında hidrolik bağlayıcı özelliği kazanan silis ve/veya alüminyum silikat bileşimli maddedir.

Mineral katkıların genel sınıflandırılmaları ve tipik örnekler şöyle sıralanabilir:

- *Bağlayıcı özelliği olanlar:* Suda soğutulmuş (granüle) yüksek fırın cürufu
- *Bağlayıcı ve puzolanik özellikte olanlar:* Kalkersi uçucu kül, bazı bitümlü şist külleri
- *Puzolanik aktivitesi yüksek olanlar:* Silis dumanı, pirinç kabuğu külü
- *Normal puzolanlar:* Silisi uçucu kül, doğal veya kalsine puzolanlar
- *Puzolanik aktivitesi düşük olanlar:* Yavaş soğumuş yüksek fırın cürufu, bazı doğal puzolanlar, bazı kazan cürufları, bitki külleri
- *Atıl olanlar (inert):* İnce öğütülmüş kuvars, kalker, bentonit

Mineral katkıların etkileri katıldıkları klinker veya çimentonun özelliklerine bağlı olarak değişebilir. Ayrıca, atıl olarak sınıflandırılan bazı katkıların, örneğin kalker tozunun, çimento hidratasyonu ve hamur oluşumu üzerinde olumlu etki yapabildikleri anlaşılmaktadır.

#### 3.1. TS EN 197-1 Standardı Kapsamında Mineral Katkılar

TS EN 197-1 Standardında çimento içeriğinde granüle yüksek fırın cürufu, puzolanlar, uçucu küller, pişmiş şist, kalker ve silis dumanı mineral katkı olarak kullanılmaktadır. Bu katkıların kullanılabilmesi için TS EN 197-1’de belirtilen şartlar karşılanmalıdır.



Şekil 2. Mineral katkıları

### 3.1.1. Granüle yüksek fırın cürufu (S)

Granüle yüksek fırın cürufu, demir cevheri yüksek fırında ergitilirken elde edilen uygun bileşimdeki ergimiş cürufun hızla soğutulması ile elde edilir, kütlece en az 2/3 oranında camsı cüruf ihtiva eder ve uygun şekilde aktifleştirildiğinde hidrolik özellikler gösterir.

Granüle yüksek fırın cürufunun kütlece en az 2/3'ü, kalsiyum oksit (CaO), magnezyum oksit (MgO) ve silisyum dioksit (SiO<sub>2</sub>) toplamından ibaret olmalıdır. Geri kalan kısmı az miktarda diğer bileşiklerle birlikte alüminyum oksit (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ihtiva eder. Kütlece (CaO+MgO)/SiO<sub>2</sub> oranı 1,0'dan fazla olmalıdır.

### 3.1.2. Puzolanik malzemeler

Su ile etkileşime geçtiğinde sertleşmeyen fakat belli bir inceliğe öğütüldüğünde ve su ile karşılaştığında kalsiyum hidroksitle (Ca(OH)<sub>2</sub>) reaksiyona girerek dayanımı geliştiren kalsiyum silikat ve kalsiyum alüminat bileşiklerini oluşturan malzemeye puzolanik malzemeler denir. TS EN 197-1 Standardında geçtiği üzere doğal malzemeler olmakla beraber silissi, alüminyum silikatlı veya bileşimlerinden oluşan malzemelerdir.

Puzolanlar esasen reaktif silisyum dioksit (SiO<sub>2</sub>) ve alüminyum oksit (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)'den oluşmuştur. Geri kalan kısım demir oksit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ve diğer oksitleri ihtiva eder. Sertleşme için reaktif kalsiyum oksit oranı ihmal edilebilir. Reaktif silisyum dioksit miktarı kütlece %25,0'dan daha az olmamalıdır.

#### Doğal puzolan (P)

Doğal puzolanlar genellikle volkanik kökenli ve/veya tortul kayalardan oluşmaktadırlar. Kimyasal ve mineralojik bileşimleri uygundur. Çimento üretiminde en çok kullanılan doğal puzolan trastır. Doğada bulunan puzolanik özellikte madde ve kayalardır. Genellikle volkanik kökenlidirler. Türkiye'de "tras" olarak adlandırılırlar. TS EN 197-1'e göre doğal puzolanlarda reaktif silis miktarı en az %25 olmalıdır.

#### Doğal kalsine edilmiş puzolan (Q)

Aktifleştirilmiş volkanik kökenli malzemeler, killi, şistler ve tortul kayalar doğal kalsine edilmiş puzolanlar olarak tanımlanmaktadır. Puzolanik özellikleri ısı işlem uygulanarak kazandırılmış olan doğal madde ve kayalardır. Reaktif silis içerikleri en az %25 olmalıdır.

### 3.1.3. Uçucu küller (V, W)

Puzolanik özelliğe sahip olan uçucu küller pulverize kömür yakılan fırınlardan çıkan baca gazındaki ince taneciklerinin elektrostatik veya mekanik olarak tutulması ile elde edilir. Uçucu küller, silissi ve kalkersi olarak ikiye ayrılır.

Silissi uçucu külün puzolanik özellikleri vardır. Kalkersi uçucu külün ise puzolanik özelliklerine ilaveten hidrolik özellikleri olabilir. Uçucu külün TS EN 196-2'ye göre tayin edilen ve bir saat olarak belirlenen kızdırma kaybı, kütlece aşağıdaki sınırlar içerisinde olmalıdır:

- Kütlece %0,0 ile %5,0 arasında
- Kütlece %2,0 ile %7,0 arasında
- Kütlece %4,0 ile %9,0 arasında

#### Silissi uçucu kül (V)

Silissi uçucu küller puzolanik özelliktedirler. Genellikle küresel şekilli ince tanecikler içermekte olup, çoğunluğu reaktif silisyum dioksit (SiO<sub>2</sub>) ve alüminyum oksit (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), kalanı ise demir oksit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ve diğer bileşiklerden oluşmaktadır.

Reaktif CaO oranı %10'dan az olan puzolanik özellikli uçucu küldür. Serbest CaO içeriği %1,0'dan fazla olmamalıdır. Serbest kalsiyum oksit (CaO) muhtevası kütlece %1,0'dan fazla, %2,5'ten az olan uçucu küller de, kütlece %30 silissi uçucu kül ve bu standarda uygun %70 CEM I çimentosu ile hazırlanan karışım TS EN 196-3'e göre deneye tabi tutulduğunda hacim genişmesi 10 mm'yi geçmemek şartıyla kabul edilebilir. Reaktif silisyum dioksit (SiO<sub>2</sub>) muhtevası kütlece %25,0'dan daha az olmamalıdır.

### **Kalkersi uçucu kül (W)**

Kalkersi uçucu küller ise puzolanik özelliklerinin yanı sıra hidrolik özelliklere de sahiptir. Silissi uçucu küller gibi ince parçacıklar içermektedir. İçerik olarak silissi uçucu küllerden farklı olarak reaktif silisyum dioksit (SiO<sub>2</sub>), alüminyum oksit (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ve demir oksit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)'in yanı sıra yüksek oranda reaktif kalsiyum oksit (CaO) içermektedir.

Reaktif CaO oranı kütlece %10,0'dan fazla olan bağlayıcı ve/veya puzolanik özellikli uçucu küldür. Reaktif CaO miktarı %10,0 - %15,0 arasında olan küllerde reaktif SiO<sub>2</sub> %25,0'dan fazla olmalıdır. Reaktif CaO miktarı %15'ten fazla olan küller koşullu olarak kullanılabilirler.

%15'ten fazla reaktif kalsiyum oksit ihtiva eden yeterince ince öğütülmüş kalkersi uçucu külün, TS EN 196-1'e göre deneye tabi tutulduğunda, 28 günlük basınç dayanımı en az 10,0 MPa olmalıdır.

Kalkersi uçucu külün hacim genişmesi, daha önce anlatıldığı gibi öğütülmüş kütlece %30 kalkersi uçucu kül ve kütlece %70 bu standarda uygun CEM I çimentosu karışımı kullanıldığında ve TS EN 196-3'e göre deneye tabi tutulduğunda, 10 mm'yi aşmamalıdır.

### **3.1.4. Pişmiş şist (T)**

Pişmiş şist, özellikle pişmiş yağlı şist özel bir fırında yaklaşık 800 °C sıcaklıkta üretilir. Doğal malzemenin bileşimi ve üretim işlemi nedeniyle pişmiş şist esas olarak dikalsiyum silikat ve monokalsiyum alüminat olmak üzere klinker fazlarını ihtiva eder. Aynı zamanda az miktarda serbest kalsiyum oksit ve kalsiyum sülfatın yanında, özellikle silisyum dioksit olmak üzere daha yüksek oranlarda, puzolanik reaksiyona giren oksitleri ihtiva eder. Buna göre ince öğütülmüş pişmiş şist, puzolanik özelliklere ilave olarak, Portland çimentosu gibi belirgin hidrolik özellikler de gösterir.

İnce öğütülmüş pişmiş şist TS EN 196-1'e göre deneye tabi tutulduğunda, 28 günlük basınç dayanımı en az 25 MPa olmalıdır. Deney harcı, çimento yerine sadece ince öğütülmüş pişmiş şistle hazırlanmalıdır. Harç numuneleri, hazırlanmalarından 48 saat sonra kalıptan çıkarılmalı ve deney anına kadar bağıl nemi en az %90 olan rutubetli ortamda küre tabi tutulmalıdır.

Pişmiş şistin hacim genişmesi, öğütülmüş kütlece %30 pişmiş şist ve kütlece %70 bu standarda uygun CEM I çimentosu karışımı kullanıldığında ve TS EN 196-3'e göre deneye tabi tutulduğunda, 10 mm'yi aşmamalıdır.

### **3.1.5. Kalker (kireç taşı) (L, LL)**

CaCO<sub>3</sub> içeriği kütlece en az %75,0 olmalıdır. TS EN 933-9'a göre metilen mavisi deneyi ile tayin edilen kil içeriği %1,2'yi geçmemelidir. Standartta toplam organik karbon (TOC) değerinin en fazla %0,20 (LL) ve %0,50 (L) olarak sınırlandırıldığı iki sınıfa ayrılmıştır.

### **3.1.6. Silis dumanı (D)**

Silis dumanı, silisyum ve ferrosilisyum alaşımları üretimi sırasında yüksek saflıktaki kuvarsın kömürle birlikte elektrik ark fırınlarında indirgenmesinden oluşur ve kütlece en az %85,0

amorf silisyum dioksit içeren çok ince küresel taneciklerden ibarettir. ISO 9286'ya göre tayin edilen elementel silis (Si) muhtevası, kütlece %0,4'ten fazla olmamalıdır.

Silis dumanı aşağıdaki gerekleri karşılamalıdır:

- TS EN 196-2'ye göre, 1 saat süreyle kızdırma kaybı tayini yapıldığında, kızdırma kaybı kütlece %4,0'ı geçmemelidir.
- İşlem görmemiş silis dumanının özgül yüzeyi (BET), ISO 9277'ye göre deneye tabi tutulduğunda, en az 15,0 m<sup>2</sup>/g olmalıdır.

Klinker ve alçı taşı ile birlikte öğütülmesi için silis dumanı kendi orijinal halinde veya sıkıştırılmış veya pelet haline getirilmiş (su ile) halde veya eşdeğer proses uygulanmış olabilir.

### 3.2. TS EN 450-1 Kapsamında Uçucu Küller

TS EN 450-1 Standardı betonda kullanılan uçucu külün tarifini, özelliklerini ve uygunluğunu içermektedir. Standarda göre uçucu kül kullanılmadan önce, sınıflandırma, ayırma, eleme, kurutma, karıştırma, öğütme veya karbon azaltma gibi inceliğini uygun hale getirme, su ihtiyacını azaltma veya diğer özelliklerini iyileştirmeye yönelik işlemlere tabi tutulabilir. Bu şekilde işleme tabi tutularak bu standarda uygun hale getirilebilen uçucu küllerde, yapılan işlemler belirtilmelidir. Bu standart kapsamı dışında olan uçucu küllerin betonda TS EN 206'ya göre Tip II mineral katkı olarak kullanıma uygunluğu, betonun kullanılacağı ülkede geçerli millî standartlara, mevzuata veya Avrupa Teknik Onaylarına göre belirlenebilir. Uygun olduğu belirlenen uçucu kül, TS EN 206'ya göre betonda mineral katkı olarak kullanıma elverişlidir. Bu standarda uygun uçucu kül kullanıldığında, uçucu külün puzzolanik özelliklerden ileri gelen etkisinin dışında, taze ve sertleşmiş betonun belirli özelliklerinin etkilenebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu etkiler uçucu kül kullanılan beton karışım tasarımında dikkate alınmalıdır.

TS EN 450-1 Standardına göre uçucu küllerin kimyasal özellikleri ve gereklilikleri Tablo 20'de, fiziksel özellikleri ve gereklilikleri Tablo 21'de belirtilmektedir.

Tablo 20. TS EN 450-1 kapsamındaki uçucu küllerin kimyasal özellikleri ve gereklilikleri

Kimyasal Özellik	Gereklilik
Kızdırma Kaybı	Kategori A: Kütlece, en fazla %5,0 Kategori B: Kütlece, en fazla %7,0 Kategori C: Kütlece, en fazla %9,0
Klorür (Cl <sup>-</sup> )	≤ %0,10 (kütlece)
Sülfat (SO <sub>3</sub> )	≤ %3,0 (kütlece)
Serbest kalsiyum oksit <sup>(a)</sup>	≤ %1,5 (kütlece)
Reaktif kalsiyum oksit	≤ %10,0 (kütlece)
Reaktif silisyum dioksit	≥ %25 (kütlece)
(SiO <sub>2</sub> ) + (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) + (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	≥ %70 (kütlece)
Toplam alkali muhtevası	≤ %5,0 (kütlece)
Magnezyum oksit	≤ %4,0 (kütlece)
Fosfat	≤ %5,0 (kütlece)
a) %1,5 üzerinde ise genleşme şartı sağlanmalıdır.	

Tablo 21. TS EN 450-1 kapsamındaki uçucu küllerin fiziksel özellikleri ve gereklilikleri

Fiziksel Özellik	Gereklilik
İncelik <sup>(a)</sup>	<b>Kategori N:</b> İncelik değeri, kütlece %40'tan daha fazla olmamalıdır ve beyan edilen değere göre $\pm$ %10'dan daha fazla değişmemelidir. <b>Kategori S:</b> İncelik değeri kütlece %12'den daha fazla olmamalıdır. İncelik değişim sınır değeri olan $\pm$ %10 bu kategori için uygulanamaz.
Aktivite indeksi	28 günlük ve 90 günlük aktivite indeksi, sırasıyla %75 ve %85'ten daha az olmamalıdır.
Genleşme <sup>(b)</sup>	$\leq$ 10 mm
Tanecik yoğunluğu	İmalatçı tarafından beyan edilen değerden 200 kg/m <sup>3</sup> 'ten daha fazla sapma göstermemelidir.
Priz başlangıç süresi	Priz başlangıç süresi, %25 uçucu kül ve %75 deney çimentosu olan (her ikisi de kütlece) karışım üzerinde TS EN 196-3'e göre tayin edilmeli ve %100 (kütlece) deney çimentosu ile hazırlanan çimento hamurunun priz başlangıç süresinin iki katından daha fazla olmamalıdır.
Su ihtiyacı	Kategori S'de belirtilen inceliğe sahip uçucu külün su ihtiyacı, Ek B'de tarif edilen yöntemle göre tayin edilmeli ve sadece deney çimentosu için belirlenen su ihtiyacı değerinin %95'inden daha fazla olmamalıdır. İncelik kategorisi N olan uçucu kül için bu gerek uygulanmaz.
<p><b>a)</b> Uçucu külün inceliği, göz açıklığı 0,045 mm olan elekten elendiğinde, elek üstünde kalan külün kütlece oranı olarak gösterilmelidir.</p> <p><b>b)</b> Uçucu külden serbest kalsiyum oksit muhtevası kütlece %1,5'i geçmez ise bu gereğin sağlandığı kabul edilir. %1,5 üzerinde ise genleşme şartı sağlanmalıdır.</p>	

### 3.3. TS EN 15167-1 Kapsamında Yüksek Fırın Cürufu

Bu standart, TS EN 206'ya uygun, özellikle yerinde döküm veya öndökümlü yapısal beton yapımında Tip II mineral katkı maddesi olarak kullanılan öğütülmüş taneli (granüle) yüksek fırın cürufunun sahip olması gerekli kimyasal ve fiziksel özellikleri ile bu malzemeye uygulanacak kalite kontrol işlemlerini kapsar. Bu Avrupa Standardına uygun öğütülmüş taneli yüksek fırın cürufu aynı zamanda harç ve şerbetlerde de kullanılabilir.

Öğütme yardımcısı haricinde herhangi ilave malzeme içeren öğütülmüş taneli yüksek fırın cürufu bu standard kapsamı dışındadır. Aynı zamanda, öğütülmüş taneli yüksek fırın cürufunun beton, harç veya şerbet yapımında kullanılması ile ilgili olan, karışım oranları, karıştırma işlemi, yerleştirme, kür işlemleri vb. gibi uygulamaya yönelik hükümler de bu standart kapsamında değildir. Bu gibi hükümlere ilişkin olarak TS EN 206 ve TS 13515 Standartlarına başvurulmalıdır.

Tablo 22'de betonda kullanılacak yüksek fırın cürufunun kimyasal özellikleri ve gereklilikleri belirtilmektedir.



Tablo 22. TS EN 15167-1 kapsamındaki cürufun kimyasal özellikleri ve gereklilikleri

Özellik	Referans	Gerekler <sup>a</sup>
MgO	TS EN 196-2	≤ %18
Sülfür (S <sup>2-</sup> )	TS EN 196-2	≤ %2,0
Sülfat (SO <sub>4</sub> )	TS EN 196-2	≤ %2,5
Kızdırma kaybı, sülfür oksidasyonu için düzeltilmiş	TS EN 196-2	≤3,0
Klorür (Cl <sup>-</sup> ) <sup>b</sup>	TS EN 196-2	≤ %0,1
Nem muhtevası	TS EN 15167-1 Ek A	≤ %1,0

**a** Gerekler, öğütülmüş yüksek fırın cürufunun kütesine oranla verilmiştir.  
**b** Öğütülmüş taneli yüksek fırın cürufu, %0,10'dan daha fazla klorür ihtiva edebilir. Ancak, bu gibi durumlarda, aşılması gerekli olan en yüksek değer olarak azami klorür muhtevası ambalaj üzerinde veya mamulle birlikte verilen dokümanlarda belirtilmelidir.

**Özgül yüzey alanı:** TS EN 196-6'da tarif edilen hava permeabilite yöntemine göre tayin edilen özgül yüzey alanı 275 m<sup>2</sup>/kg'dan daha az olmamalıdır.

**Aktivite endeksi:** Kütlece %50 deney çimentosu ve %50 öğütülmüş taneli yüksek fırın cürufunun karıştırılmasıyla hazırlanan harç prizmasından elde edilen basınç dayanımının, %100 deney çimentosu kullanılarak hazırlanan harç prizmasının aynı yaştaki eşdeğer basınç dayanımına oranıdır. Basınç dayanımları, TS EN 196-1'e göre tayin edilmeli ve su/ (çimento+ yüksek fırın cürufu) ve su/çimento oranlarının her ikisi de 0,50 olmalıdır.

7 günlük ve 28 günlük aktiflik indeksleri; sırasıyla %45 ve %70'ten daha küçük olmamalıdır.

**Başlangıç priz süresi:** Kütlece %50 deney çimentosu ve %50 öğütülmüş yüksek fırın cürufu karışımının, TS EN 196-3'e göre tayin edilen priz başlangıç süresi, deney çimentosunun aynı yöntemle tayin edilen priz başlangıç süresinin iki katından daha uzun olmamalıdır.

### 3.4. TS 25 Kapsamında Doğal Puzolan (Tras)

TS 25 Standardı, TS EN 197-1'de yer alan ve mineral katkı olarak doğal puzolanların kullanıldığı genel çimentolarda ve TS EN 206'ya uygun yerinde döküm beton ve/veya öndökümlü (prefabrike) yapı elemanı imalatında kullanılan betonda, Tip II katkı maddesi olarak kullanılan doğal puzolanın sahip olması gereken özelliklerini kapsar.

Çimento ve betonda kullanılan doğal puzolanların kimyasal özellikleri ve gereklilikleri Tablo 23'te görülmektedir.

Tablo 23. TS 25 kapsamındaki doğal puzolanların kimyasal özellikleri ve gereklilikleri

Kimyasal özellik		Kütlece %
SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	En az	70,0
SO <sub>3</sub>	En çok	3,0
Reaktif silis	En az	25,0
Klorür	En çok	0,1

**Puzolanik aktivite:** Doğal puzolanın, belirli bir incelikte öğütüldüğünde, su ve sönmüş kireç  $[Ca(OH)_2]$  ile oluşturduğu basınç dayanımı cinsinden tespit edilen hidrolik özelliğidir. TS 25'te belirtilen deney uygulandığında, kireç-doğal puzolan karışımı ile hazırlanan deney numunelerinin 7 günlük basınç dayanımı en az 4 MPa olmalıdır.

**Aktivite endeksi:** Aynı yaşta deneye tabi tutulduğunda kütlece %75 deney çimentosu ve %25 doğal puzolan ile hazırlanan standart harç çubukları basınç dayanımının, sadece deney çimentosu ile hazırlanan standart harç çubukları basınç dayanımına oranıdır.

Standart harç çubuklarının hazırlanması ve basınç dayanımının tayini, TS EN 196-1'de verilen yöntem uygun olarak yapılmalıdır. 28 günlük ve 90 günlük aktivite indeksi sırasıyla en az %75 ve %85 olmalıdır.

### 3.5. TS EN 13263-1 Kapsamında Silis Dumanı

TS EN 13263-1, silisyum metal ve ferro-silisyum alaşım imalatı esnasında eritme işlemi sonunda bir yan ürün olarak elde edilen silis dumanını kapsar. Bu standartta, TS EN 206'ya uygun betona veya harç, şerbet ve diğer karışımlara katılan, Tip II katkı olarak kullanılan silis dumanının kimyasal ve fiziksel özellikleri için gerekler yer almaktadır.

Uzun yıllar süren araştırmalar ve uygulama deneyimleri, bu standardın gereklerini karşılayan silis dumanının yüksek oranda puzolanik olduğunu, taze ve sertleşmiş haldeki betonun özelliklerini iyileştirmek amacıyla kullanılabileceğini göstermiştir. Silis dumanı, betonda normal olarak bir akışkanlaştırıcı ve/veya süper akışkanlaştırıcı ile birlikte kullanılır.

Beton içinde silis dumanının kullanılması ile ilgili koşullar ve kurallar için TS EN 206 ve TS 13515 Standartlarına bakılmalıdır.

Beton karışımında kullanılan TS EN 13263-1 kapsamındaki silis dumanının kimyasal özellikleri ve gereklilikleri Tablo 24'te, fiziksel özellikleri ise Tablo 25'te belirtilmiştir.

Tablo 24. TS EN 13263-1 kapsamındaki silis dumanının kimyasal özellikleri ve gereklilikleri

Özellikler	Deney Standardı	Gerekler
SiO <sub>2</sub>	TS EN 196-2	Sınıf 1 için ≥ %85 (kütlece) Sınıf 2 için ≥ %80 (kütlece)
Si	ISO 9286	≤ %0,4 (kütlece)
Serbest CaO	TS EN 451-1	≤ %1,0 (kütlece)
SO <sub>3</sub>	TS EN 196-2	≤ %2,0 (kütlece)
Toplam alkali içeriği	TS EN 196-2	Beyan
Cl <sup>-</sup>	TS EN 196-2	≤ %0,3 (kütlece)
Kızdırma kaybı	TS EN 196-2	≤ %4,0 (kütlece)

Tablo 25. TS EN 13263-1 kapsamındaki silis dumanının fiziksel özellikleri ve gereklilikleri

Özellikler	Deney Standardı	Gerekler
Özgül yüzey	ISO 9277	≤ 35 m <sup>2</sup> /g ve ≥ 15 m <sup>2</sup> /g
Bulamaçtaki kuru kütle içeriği	-	Beyan (± %2)

**Aktivite endeksi:** Toplam bağlayıcıya oranla %90 deney çimentosu ve %10 silis dumanı ile hazırlanan standart harç çubuklarının basınç dayanımlarının, aynı yaştaki %100 deney çimentosu ile hazırlanan standart harç çubuklarının basınç dayanımına oranı olarak belirlenir. Standart harç çubukları, TS EN 196-1'de tarif edilen yönteme göre hazırlanmalı ve aynı standarda göre basınç dayanımı deneyine tabi tutulmalıdır. Silis dumanı içeren harç, EN 413-2'de verilen yayılma tablası yöntemine göre deneye tabi tutulduğunda, referans harcın kıvamına eşit kıvama sahip olması amacıyla bir miktar süper akışkanlaştırıcı (TS EN 934-2'ye uygun) ile karıştırılmalıdır. 28 günlük harç numunede tayin edilen aktivite indeksi, en az %100 olmalıdır.

## 4. ÇİMENTO VE MİNERAL KATKILARDA BELGELENDİRME

### 4.1. CE İşareti

CE İşareti Yönetmeliği'nin amacı, ürüne "CE (Conformité Européenne)" işareti konulması yöntemlerini düzenleyen uygunluk değerlendirme modülleri ile bu işaretin kullanılmasına dair usul ve esasları belirlemektir. CE İşareti Yönetmeliği'nin hükümleri, ürüne CE İşareti konulmasını öngören teknik mevzuat ile birlikte uygulanmaktadır.

CE İşaretinin kullanımı ile ilgili bilgiler aşağıda sıralanmıştır:

- "CE" işareti ürün üzerinde görünür, okunabilir ve silinmeyecek şekilde, ürün piyasaya arz edilmeden önce ve sadece imalatçı veya yetkili temsilcisi tarafından konulur.
- Ürüne "CE" işaretinin anlamı ve şekli hakkında üçüncü şahısları yanıltacak başka işaretler veya betimlemeler konulamaz. Diğer her türlü işaret, ürüne ancak "CE" işaretinin görünebilirliğini, okunabilirliğini ve anlamını bozmayacak şekilde konulabilir.
- "CE" işareti sadece teknik düzenlemelerin konulmasını öngördüğü ürünlerde kullanılabilir, başka ürünlerde kullanılamaz.
- Oranlara uyarak küçültülmesi ve büyütülmesi dışında "CE" işaretinin tasarımı değiştirilemez.

AB'nin malların serbest dolaşımını tam olarak sağlayan Yeni Yaklaşım Politikası AB Komisyonu tarafından 2008 yılında yayınlanan üç yeni mevzuat (765/2008, 768/2008 ve 764/2008) ile güncellenmiştir. AB bu mevzuat yapısına, "Yeni Yasal Çerçeve" adını vermiştir. 1985 yılından bu yana uygulanan Yeni Yaklaşım Politikası çerçevesinde edinilen bilgi ve tecrübelerle dayanarak uygulama ve metotlar daha rafine (işler) bir hale getirilmiştir. İlgili mevzuat ise bu "Yeni Yasal Çerçeveye" göre güncellenmektedir. Yapı Malzemeleri Yönetmeliği 305/2011 bu yeni yaklaşıma göre güncellenmiştir.

Avrupa Komisyonu tarafından 89/106/EEC Yapı Malzemeleri Direktifinin (CPD) yerine geçmesi amacıyla hazırlanan 305/2011/EU sayılı Yapı Malzemeleri Regülasyonu (CPR) 24 Nisan 2011 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik AB genelinde 1 Temmuz 2013 tarihinden itibaren mecburi uygulamaya girmiştir. Bu Yönetmelik ülkemizde AB mevzuat uyum yükümlülükleri çerçevesinde 10 Temmuz 2013 tarihinde yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik yapı ürünlerinin CE işareti kullanımı ile AB üyesi ülke pazarlarında serbest dolaşımına olanak sağlamaktadır.

Yeni Yönetmelik'te, yapı malzemelerinin "beyan edilen performans değerlerine uygunluğu" gibi daha teknik ve kesinlik içeren yeni hükümler getirilmiştir. Yeni yönetmelik,

- Yapı işlerinin temel gerekleri,
- Yapı malzemelerinin temel karakteristikleri,
- Performans beyanı ve CE işaretlemesi,
- İktisadi işletmelerin (imalâtçı, ithalâtçı, dağıtıcı veya yetkili temsilci) yükümlülükleri,
- Uyumlaştırılmış teknik şartnameler,
- Basitleştirilmiş prosedürler ve
- Piyasa gözetim ve denetimine ilişkin mevcut Yönetmeliğe (89/106/EEC) göre daha detaylı ve kapsamlı maddeler içermektedir.

Yapı Malzemeleri Yönetmeliği ile amaçlanan yapı malzemelerinin tek başına standarda ve mevzuata uygunluğu ile malzemenin beyan edilen performansına uygunluğu, Uygunluk değerlendirmesi ile de Performans değişmezliğinin değerlendirilmesi ve doğrulanması yaklaşımı benimsenmiştir.

Yapı Malzemeleri Yönetmeliği altında çimento sektörünü doğrudan ilgilendiren ve mevzuat şartlarına uygunluğun ortaya konmasında kullanılan harmonize AB standartları sırasıyla; TS EN 197-1 Çimento - Bölüm 1: Genel çimentolar - Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri, TS EN 413-1 Harç çimentosu- Bölüm 1: Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri, TS EN 14647 Çimento- Kalsiyum alüminatlı- Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri, TS EN 14216 Çimento - Özel çimentolar - Çok düşük ısı - bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri, TS EN 15743 Süper sülfat çimentoları - Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri standartlarıdır. Bu standartların tamamı Sistem 1+ kapsamında değerlendirilmektedir. Bu standartlar kapsamındaki çimentoların piyasaya arzı için "CE" işareti taşımaları zorunludur. Ayrıca, harmonize AB standartları kapsamında yer alan uçucu kül, yüksek fırın cürufu ve silis dumanı için de aynı durum geçerlidir.

## 4.2. G İşareti

AB teknik mevzuatı uygulamalarında Avrupa Birliğinin ortak mevzuatının bulunmadığı ürünler düzenlenmemiş alanda yer alan ürünler olarak adlandırılmaktadır. Yapı Malzemeleri Yönetmeliğinde teknik şartnamelere tabi olmayan ürünlerin iç pazardaki denetiminin sağlanması ve bu ürünlerin güvenliği ile ilgili hususların belirli kurallara bağlanması amacıyla, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından güvenliği temsil eden "G" işareti uygulaması getirilmiştir.

G işaret uygulamasının mevzuat alt yapısı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından uygulamaya alınan "Yapı Malzemelerinin Tabi Olacağı Kriterler Hakkında Yönetmelik" ile düzenlenmektedir. "G" İşareti uygulamasına yönelik Yönetmelik ile getirilen hükümlerin bazıları ana hatlarıyla aşağıda belirtilmektedir.

Uyumlaştırılmış teknik şartnamesi bulunmayan (harmonize standart ve Avrupa Teknik Onay kapsamı dışında bulunan) yapı malzemelerine uygulanır. Yönetmeliğin hükümlerine uygun olarak "G" işareti iliştilen malzemeler güvenli ürün olarak değerlendirilir ve piyasaya arzına izin verilir.

G işareti; malzemeye, malzemeye iliştilen bir etikete, malzemenin ambalajına veya malzemeye ait ticari belgelere, teknik şartnamelere dayalı olarak malzemenin özelliklerini tarif eden performans değerleri ile birlikte iliştilir. Yönetmelik kapsamındaki malzemelerden herhangi birisi için uyumlaştırılmış bir standardın yayımı halinde, ilgili ürün CE işaretlemesine tabi olacaktır. Bir ürün aynı anda her iki işareti birden taşıyamaz.

G işaretine tabi olan çimento ve mineral katkıları aşağıda belirtilmiştir:

- TS 13353 - Borlu Aktif Belit Çimentosu
- TS 21 - Beyaz Portland çimentosu
- TS 1769 - Sorel Çimentosu
- TS 25 - Doğal Puzolan (tras)

### 4.3. Ulusal Teknik Onay (UTO) ve Avrupa Teknik Onayı (ETA)

Yapı Malzemelerinin tamamının piyasaya arz edilebilmesi için ya uyumlaştırılmış standard kapsamında CE işaretli veya G işaretli olması zorunludur. Uyumlaştırılmış veya ulusal standardı bulunmayan ya da bunlardan sapma gösteren malzemeler ile kendi başlarına güvenli oldukları kanıtlanırsa dahi birlikte piyasaya arz edilecek takım malzeme olan ürünler ve prototip malzemeler teknik onay alır ve buna dayanarak “G” işareti ilâştirilerek piyasaya arz edilir.

**Ulusal Teknik Onay**, “Yapı Malzemelerinin Tabi Olacağı Kriterler Hakkında Yönetmelik” ile ürünlerin G işaretleme için ön görülen prosedürlerden biri olarak belirlenmiştir.

Ulusal Teknik Onay;

- Milli standardı olmayan ürünler için
- Mevcut standarttan sapma gösteren karakteristiklerin tespitinde
- Temel Gereklere karşılamayan ulusal bir standardın kapsamındaki ürünlerde
- Karşılıklı tanıma maddesi çerçevesinde yer alan değerlendirmelerde
- Belirli bir veya birkaç temel gerekten sapma gösteren ürünlerde
- Tasarlanan yapı sistemlerinin ülke mevzuatında tanımlanmış olan temel gerek şartlarını karşılayıp karşılamadığının tespiti amacıyla
- Yapı işlerinde inşa edilen sistemlerin ülke mevzuatında tanımlı temel gerekleri karşılayıp karşılamadığının tespiti amacıyla düzenlenebilir.

Ulusal Teknik Onaylar, yapıda maruz kalacağı ve ortaya çıkartacağı riskler doğrultusunda temel gerekleri karşılayacak biçimde hazırlanan teknik dokümanlardır. Ulusal Teknik Onayları hazırlama görevi bu yönetmelik ile Ulusal Teknik Onay kuruluşuna verilmiştir. Ulusal Teknik Onayların, Avrupa Teknik Onay Organizasyonu (EOTA) tarafından kabul edilmesi veya EOTA kılavuzlarına uygun olması şartı aranmamaktadır. Ürünlerin sadece G işaretlemesine imkân tanımakta, o ürünün CE işareti için bir geçerliliği olmamaktadır.

Ulusal Teknik Onay prosedürü, milli standardı bulunmayan veya temel gereklerden en az birini karşılamayan bir milli standard kapsamında olan tüm yapı malzemelerinde, G işaretinin kullanımı zorunlu olduğundan mecburi bir anlam kazanmaktadır.

**Avrupa Teknik Onayı (ETA)**, bir malzemenin performans değerlendirilmesini o malzemenin temel karakteristik özellikleri ile yapan teknik bir belgedir.

Avrupa Teknik Onayı; Avrupa Birliği (AB) ülkeleri, AB Ekonomi Bölgesi, Türkiye ve İsviçre’de geçerlidir. Bu belge ayrıca Avrupa Birliği ile Karşılıklı Tanıma Anlaşması (Mutual Recognition Agreement - MRA) imzalamış olan diğer ülkelerde de tanınmaktadır. ETA Belgesi üreticilere ürünlerinin bu ülkelerde kullanılmasına imkan sağlar.

Yapı Malzemeleri Yönetmeliği 305/2011/EU'da belirtildiği üzere ETA'sı olan ürün CE işareti iliştilererek AB pazarında rahatlıkla pazarlanabilir. CE işareti, bir ürünün harmonize Avrupa standardıyla (hEN) uyumlu olarak veya Avrupa Teknik Onayına (ETA) uygun bir şekilde üretildiğini ve kontrol edildiğini gösterir. Uyumlu bir EN standardının olmadığı durumlarda ETA, CE işaretleme için temel olarak alınabilir.

Üreticiler CE işareti, ürünlerinin Avrupa standartlarına uygun olduğunu veya ETA onayına sahip olduğunu beyan etmek adına kullanabilirler. Bu onaylar, ürünlerin CE işaretleme hakkına sahip olmaları için taşımaları gereken özellikleri belirlemekle beraber ürünlerin üretim süreçlerinin nasıl gözetildiğini ve incelendiğini de içerir.

ETA Belgesi Avrupa Değerlendirme Dökümanları (European Assessment Documents - EADs) ya da Avrupa Standartları (European Standards - hENs) gibi harmonize teknik standartlarda tamamen veya kısmen kapsanmamış ürünlere verilir.



## TÜRKCİMENTO

Tepe Prime A Blok Kat: 18-19  
Eskişehir Devlet Yolu  
(Dumlupınar Bulvarı) 9. km  
No: 266 06800 Ankara  
T : 444 50 57 - F : 0 (312) 265 09 06-05  
[www.turkcimento.org.tr](http://www.turkcimento.org.tr) - [info@turkcimento.org.tr](mailto:info@turkcimento.org.tr)



@turkcimento