



**TÜRKÇİMENTO**

**ÇİMENTO  
KALİTE  
FORMÜLLERİ**

TÜRKÇİMENTO  
2022

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



Çimento sektörü, klinker üretimi sırasında bazı temel istatistik ve kalite kontrol formülleri kullanmaktadır.

Kalite kontrol çalışmaları sırasında yapılan deneylerin kontrollerini yapabilmek için kullanılan istatistik formülleri:

### 1. Aritmetik Ortalama

Bir seriyi oluşturan gözlem değerlerinin toplamlarının, gözlem sayısına oranına aritmetik ortalama denir.

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  serisi için;

$$X_{ort} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Bir analizde çok sayıda tekrar yapılarak analiz sonuçları elde edilebilir. Eğer analizlerde sistematik bir hata (bias) yapılmadı ise istatistik olarak analiz sonuçlarının yarısı ortalamanın üzerinde yarısı ise altında yer alır.

### 2. Standart Sapma

Ortalama değerleri tek başına bir seri dağılımının değerlendirilmesi için yeterli değildir. Serinin özelliklerine bakılırken, ortalama değer ile birlikte, gözlem değerlerinin ortalama etrafında nasıl yayıldığına da bakılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu değişikliklerden bir tanesi "standart sapma"dır.

Bir seriyi oluşturan gözlem değerlerinin aritmetik ortalamadan farklarının karelerinin toplamının veri sayısına bölümünün karekökü olarak tanımlanır.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{ort})^2}{n - 1}}$$

Standart sapma, analiz ile (ölçüm ile) bulunan sonuçların ortalama değer etrafında dağılımını gösteren bir kesinlik parametresidir. Bir analizde hesaplanan standart sapma değeri ne kadar küçük ise, analiz sonuçlarının kesinliği o kadar yüksektir.

### 3. Medyan (Ortanca)

Veriler sıraya konulduktan sonra tam ortaya düşen (yani verileri tam ortadan iki eşit parçaya bölen) değere medyan denir. Bir veri grubunu tam ortadan ikiye ayıran değerdir.

$$\text{Medyan Sırası (Ortanca Değer)} = \frac{(n + 1)}{2}$$

Laboratuvarda yapılan testlerin, farklı personellerin veya çok sayıdaki analizlerin değerlendirilmesinin yapılması için istatistiksel olarak farklı testler ve teknikler bulunmaktadır.

### 4. Ortalamanın Doğru Değer İle Karşılaştırılması

Yapılan bir çalışma sonucunda elde edilen sonuçların ortalamasının alınarak doğru değer ile karşılaştırılması bilinen en yaygın karşılaştırma yöntemlerinden biridir. Çalışma sonucunda bulunan ortalama ( $\bar{x}$ ) ile doğru değer arasındaki fark ( $\mu$ ), seçilen bir güven seviyesi (genellikle %95 güven aralığı kullanılmaktadır) ile serbestlik derecesi ( $n$ ) ve standart sapma ( $s$ ) ile karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma için aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır:

$$\bar{x} - \mu = \pm \frac{t * s}{\sqrt{n}}$$

Yukarıdaki eşitlikte kullanılan “t-değeri” t-dağılım tablosundan alınmaktadır. En az 5-6 tekrar ile elde edilen analiz sonuçlarının ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanır ve eşitlikte yerine konularak hesaplama yapılır. Burada, ortalama ve doğru değer arasındaki farkın eşitliğin sağından daha küçük olması istenmektedir. Böylece yapılan analizlerde sistematik bir hata olmadığı kabul edilmektedir.

Çimento içerisindeki sülfat tayini için işletme içi metot geliştirilmiştir. Bu metodun sistematik hata içerip içermediğinin kontrol edilebilmesi için sülfat değeri (%2,85) bilinen bir çimento numunesi kullanılarak 5 farklı sülfat analizi gerçekleştirilmiştir.

#### Örnek:

Analiz sonuçları: 2,50; 3,00; 2,80; 2,75; 2,70

Ortalama ( $\bar{x}$ )= 2,75

Standart sapma ( $s$ )= 0,2

Değer ( $\mu$ )=2,85

t= 2,78 (%95 güven aralığı ve serbestlik derecesi 4 olarak “t tablosu” değeri)

n= 5

$$2,75 - 2,85 = \pm \frac{2,78 * 0,2}{\sqrt{5}}$$

$$-0,10 = \pm 0,25$$

Analiz sonuçlarının ortalama değeri ve bilinen değer arasındaki farkın eşitliğin sağ tarafından küçük olması nedeni ile işletme içi metotta sistematik hata bulunmadığı tespit edilmiştir.

### 5. İki Kesinliğin Karşılaştırılması, f-testi

İşe yeni alınacak bir personelin işe alınması veya yeni başlamış bir personelin herhangi bir analizde yetkilendirilmesi için performansının değerlendirilmesi amacı ile f-testi kullanılabilir. Bu test yönteminde varyanslar karşılaştırılmaktadır.

$$f - test = \frac{s_1^2}{s_2^2} ; s_1 > s_2$$

$s_1$  ve  $s_2$  = standart sapma değerleri (personel-personel veya personel-metot)

Yukarıdaki eşitlik ile ilgili olarak analizler “f-tablosundan” bulunan değerler ile karşılaştırılır. Bulunan değer tablo değerinden küçük ise personelin bu deneyi başarı ile yaptığı kabul edilir.

## 6. Cochran Testi (C-testi)

Analizcilerin değerlendirilmesi için kullanılacak bir diğer yöntem Cochran C-testidir. Bu yöntemin kullanılabilmesi için analizcilerin aynı metot ile yaptıkları analiz sonuçlarına ihtiyaç duyulmaktadır ve analizlerin neticesinde elde edilen varyanslar karşılaştırılmaktadır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen en büyük standart sapmanın varyansı, diğer standart sapmaların varyanslarının toplamına bölünerek C değeri hesaplanır. Cochran testi tablosundan kritik değer ile karşılaştırılır, eğer C değeri C kritik değerinden küçük ise analizcinin diğer analizcilerden performans olarak farkı yoktur, fakat değer büyük çıkarsa performans açısından önemli bir fark vardır denir. Cochran testi, analizcilerin performanslarının değerlendirilmesinin yanı sıra metotların veya laboratuvarların değerlendirilmelerinde de kullanılabilir.

$$C = \frac{S^2 \text{ en büyük}}{\sum_i^n S_i^2} \sim C_{k,v,\alpha}$$

Burada;

$C_{k,v,\alpha}$  = C kritik değeri,

k = varyans sayısını,

v = varyansların içerdiği gözlemler eşit ise her bir varyansın serbestlik derecesini,

$\alpha$  = güvenilirlik katsayısını ifade eder.

### Örnek:

Aynı numune üzerinde aynı analiz metodu ile yapılan çalışmalar neticesinde bulunan standart sapmalar: 0,135; 0,162; 0,191; 0,211; 0,481'dir (6 deney tekrarı ile).

$$C = \frac{0,481^2}{0,135^2 + 0,162^2 + 0,191^2 + 0,211^2 + 0,481^2} = 0,649$$

5 farklı laboratuvar ve 6 deney tekrarı ile C kritik değeri 0,506'dır.

Bu durumda 5 nolu laboratuvarın performansı diğer laboratuvarlardan farklıdır.

### 1. KIZDIRMA KAYBI (KK) / LOSS ON IGNITION (LOI)

Kızdırma kaybı, malzemenin yüksek sıcaklığa maruz kaldığında (-950°C) bünyesinde yer alan CO<sub>2</sub>, su buharı ve yanabilen diğer malzemelerin ısı etkisiyle bünyeden uzaklaşmasıdır.

$$KK = 0,44 * CaCO_3 + 0,524 * MgCO_3 + \text{Bağlı su} + \text{Organik bileşen}$$

### 2. SİLİKA MODÜLÜ (SM) / SILICA MODULUS

$$SM = \frac{SiO_2}{(Al_2O_3 + Fe_2O_3)}$$

SM, ideal olarak 2,2 - 2,6 arasındadır, ancak 1,2 - 4,0 arasında da olabilmektedir. Beyaz çimentoda 4,0'ün üzerine çıkabilmektedir.

Silika modülünün yüksek olması pişme zorluğuna ve pişme süresinin uzamasına, zayıf kabuk oluşmasına sebep olmaktadır. Pişme süresinin uzaması ise yakıt tüketimin artmasına neden olmaktadır.

Silika modülünün düşük olması daha fazla sıvı fazın oluşmasına sebep olmaktadır. Sıvı fazın fazla olması ise fırın içerisinde kemer oluşumuna neden olabilmektedir. Aynı zamanda oluşan klinkerin erken dayanımları düşük olmaktadır.

### 3. ALÜMİNA MODÜLÜ (ALM) / ALUMINA MODULUS

$$ALM = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$$

1,3 - 1,7 aralığında ideal olarak kabul edilen alümina modülü 1,5 - 2,5 aralığında uygun görülmektedir. Yüksek alüminalı çimentolarda bu değer 2,5 üzerinde olabilmektedir.

Alümina modülü yüksek olursa, klinker ham maddesinin pişmesi zorlaşmaktadır. Fırın içerisinde kabuk oluşumu zayıf olur. Oluşan klinkerin donma süresi kısalmaktadır. Yüksek ALM çimentoda yüksek erken dayanıma neden olur.

Alümina modülü düşük olursa klinkerde Alüminat fazı (C<sub>3</sub>A) oluşmaz, sadece Alümina Ferrit fazı (C<sub>4</sub>AF) oluşur. Bu tarz çimentolar sülfata dayanıklı çimentolardır. ALM düşük olduğunda çimentonun hidratasyon ısısı düşer, priz süresi ise uzar.

#### 4. KİREÇ DOYGUNLUK FAKTÖRÜ (KDF) / LIME SATURATION FACTOR (LSF)

Kireç doygunluk faktörü, kirecin karışım içerisinde yer alan diğer üç oksit ile ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) en ideal hangi oranlarda birleşir onu göstermektedir. Tipik değer 92-105 arasındadır. Erken dayanımı yüksek olan çimento da 95-98 aralığındadır.

Alümina modülü 0,64'ten büyük ise LSF	Alümina modülü 0,64'ten küçük ise LSF
$= \frac{100 * \text{CaO}}{(2,8 * \text{SiO}_2 + 1,65 * \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,35 * \text{Fe}_2\text{O}_3)}$	$= \frac{100 * \text{CaO}}{(2,8 * \text{SiO}_2 + 1,1 * \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,7 * \text{Fe}_2\text{O}_3)}$

Bazı kaynaklarda ALM'nin sayısal değerine bakılmadan aşağıdaki formül ile hesabın yapıldığından bahsedilmiştir.

$$\text{LSF} = \frac{100 * \text{CaO}}{(2,85 * \text{SiO}_2 + 1,18 * \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,65 * \text{Fe}_2\text{O}_3)}$$

Bazı kaynaklarda  $\text{P}_2\text{O}_5$  değerinin klinker içerisinde fazla olması durumunda aşağıdaki formülün kullanılmasının uygun olacağı belirtilmektedir.

$\text{P}_2\text{O}_5 > \%0,6$  ise,

$$\text{LSF} = \frac{100 * [\text{CaO} - (1,183 * \text{P}_2\text{O}_5)]}{(2,8 * \text{SiO}_2 + 1,18 * \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,65 * \text{Fe}_2\text{O}_3)}$$

LSF'nin yüksek olması pişme süresinin uzamasına, serbest kireç değerinin artmasına sebep olmaktadır. Ayrıca, erken dayanım yüksek olmaktadır.

LSF'nin düşük olması pişmenin kolay olmasına, Alit fazı ( $\text{C}_3\text{S}$ ) yerine Belit fazının ( $\text{C}_2\text{S}$ ) daha çok oluşmasına sebep olmaktadır. Bu da erken dayanımının düşük olmasına neden olmaktadır.

LSF'nin hesaplanması sırasında dikkat edilmesi gereken bir husus da yakıt olarak kullanılan malzemelerin küllerinin fırın içerisinde kalması nedeni ile LSF'de değişikliklere sebep olmasıdır. Bu nedenle hesaplamada bu duruma ayrıca dikkat edilmelidir. Bazı kaynaklarda LSF hesaplamaları yapılırken  $\text{MgO}$ 'inde göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmektedir. Bu durumda aşağıdaki formüller kullanılmaktadır.

MgO %2'den fazla ise LSF	MgO %2'den az ise LSF
$= \frac{100 * (\text{CaO} + 1,5 * \text{MgO})}{(2,85 * \text{SiO}_2 + 1,18 * \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,65 * \text{Fe}_2\text{O}_3)}$	$= \frac{100 * (\text{CaO} + 0,75 * \text{MgO})}{(2,85 * \text{SiO}_2 + 1,18 * \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,65 * \text{Fe}_2\text{O}_3)}$

### 5. BOGUE FORMÜLLERİ / BOGUE EQUATIONS

Eğer  $ALM > 0,64$  ve  $(\text{toplam alkali}/SO_3) > 1$  ise;

$$C_3S = 4,071 * (CaO - S.CaO) - 7,602 * SiO_2 - 6,718 * Al_2O_3 - 1,43 * Fe_2O_3$$

Eğer  $ALM > 0,64$  ve  $(\text{toplam alkali}/SO_3) < 1$  ise;

$$C_3S = 4,071 * (CaO - S.CaO) - 7,602 * SiO_2 - 6,718 * Al_2O_3 - 1,43 * Fe_2O_3 - 2,852 * SO_3$$

Eğer  $P_2O_5$  %0,6-1,0 arasında ise;

$$C_3S = 4,071 * (CaO - S.CaO) - 7,602 * SiO_2 - 6,718 * Al_2O_3 - 1,43 * Fe_2O_3 - 9,9 * P_2O_5$$

$$C_2S = 8,602 * SiO_2 + 5,068 * Al_2O_3 + 1,078 * Fe_2O_3 - 3,070 * CaO$$

veya

$$C_2S = 2,867 * SiO_2 - 0,7544 * C_3S$$

$$C_3A = 2,65 * Al_2O_3 - 1,692 * Fe_2O_3$$

$$C_4AF = 3,043 * Fe_2O_3$$

Eğer  $ALM < 0,64$  ve  $(\text{toplam alkali}/SO_3) > 1$  ise;

$$C_3S = 4,071 * (CaO - S.CaO) - 7,602 * SiO_2 - 4,479 * Al_2O_3 - 2,859 * Fe_2O_3$$

Eğer  $ALM < 0,64$  ve  $(\text{toplam alkali}/SO_3) < 1$  ise;

$$C_3S = 4,071 * (CaO - S.CaO) - 7,602 * SiO_2 - 4,479 * Al_2O_3 - 2,859 * Fe_2O_3 - 2,852 * SO_3$$

$$C_2S = 2,867 * SiO_2 - 0,7544 * C_3S$$

$$C_3A = 0,0$$

$$C_4AF = 2,100 * Al_2O_3 + 1,702 * Fe_2O_3$$

veya

$$C_4AF = 4,766 * Fe_2O_3$$

Alit fazı hesabı yapılırken teorik olarak bütün CaO'in diğer oksitler ile bağlandığı öngörülmektedir. Bu bakımdan klinker bünyesinde bağlanmadan kalan "Serbest Kireç" in CaO'ten çıkarılması hususuna dikkat edilmelidir.

*S.CaO: Serbest CaO (kireç)*



## 6. LİKİT FAZ / % LIQUID

Klinkerin döner fırın içerisinde pişme reaksiyonları sırasında  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $MgO$  ve alkaliler fırında likit fazı oluşturarak daha yüksek sıcaklıklarda oluşan  $C_3S$ 'in ( $\sim 1550^\circ C$ ) daha düşük sıcaklıklarda ( $\sim 1450^\circ C$ ) oluşmasını sağlarlar.

$$\% \text{ Likit faz} = 1,13 * C_3A + 1,35 * C_4AF + MgO + K_2O + N_2O$$

veya

$$\% \text{ Likit faz}_{1450} = 3 * Al_2O_3 + 2,25 * Fe_2O_3 + MgO + K_2O + N_2O + SO_3$$

Her iki formül de  $MgO$ 'in %2'nin altında olması koşulunda kullanılabilir.

- Likit faz için ideal aralık %25-30 aralığındadır.
- Likit faz yüksek olursa fırın içerisinde kemer oluşumuna,
- Likit fazın düşük olması ise pişme zorluğuna sebep olabilir.

## 7. SÜLFÜR ALKALİ ORANI (S/A) / SULPHUR TO ALKALI RATIO

$$\frac{S}{A} = \frac{\frac{SO_3}{80}}{\frac{K_2O}{94} + \frac{0,5 * Na_2O}{62}} \quad \text{Tipik değeri } \sim 1,1$$

$$\frac{S}{A} = \frac{\frac{SO_3}{80}}{\frac{K_2O}{94} + \frac{Na_2O}{62} - \frac{Cl}{71}} \quad \text{Tipik değeri } \sim 0,8$$

- S/A oranı 1'e eşit olursa,  
sülfür ve alkali klinker içerisinde alkali sülfat olarak birleşir.
- S/A oranı 1'den büyük olursa,  
fırın içerisinde yüksek sülfür sirkülasyonu oluşur. Sülfür fırın içerisinde kalsiyuma bağlanarak alit fazı miktarının düşmesine neden olur.
- S/A oranı 1'den küçük olursa,  
fazla alkali  $C_3A$  içerisinde birikerek ortorombik  $C_3A$ 'nın oluşmasına bu da düzensiz (yanlış) priz davranışına sebep olur.

### 8. KALSİNASYON DERECEŚİ / DEGREE OF CALCINATION (C)

$$\% \text{ Kalsinasyon} = [(f_i - d_i) * 100] / f_i$$

veya

$$\% \text{ Kalsinasyon} = \{1 - [(KK_{\text{numune}}) * (100 - KK_{\text{beslenen}})] / [(100 - KK_{\text{numune}}) * (KK_{\text{beslenen}})]\}$$

$f_i$  = Beslenen numunenin kızdırma kaybı

$d_i$  = Numunenin kızdırma kaybı

### 9. PİŞME İNDEKSİ / BURNABILITY INDEX (BI)

$$\text{Pişme indeksi (BI)} = \frac{C_3S}{(C_3A + C_4AF)}$$

Pişme indeksi değeri ideal olarak 2,6-3,0 kabul edilmektedir, ancak bazı yayınlarda 2,6-4,5 arası olarak kabul edildiği belirtilmektedir.

### 10. PİŞME FAKTÖRÜ / BURNABILITY FACTOR (BF)

$$\text{Pişme Faktörü (BF)} = \text{LSF} + 10 * \text{SM} - 3 * (\text{MgO} + 0,658 * \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$$

### 11. MİNİMUM PİŞME SICAKLIęI

$$\text{Minimum Pişme Sıcaklığı} = 1300 + 4,5 * C_3S - (3,74 * C_3A + 12,64 * C_4AF)$$

Bu deęerin 1450°C'den küçük olması beklenmektedir.

### 12. KAPLAMA İNDEKSİ / COATING İNDEKS (CI)

$$\text{Kaplama indeksi (CI)} = C_3A + C_4AF + 0,2 * C_2S + 2 * \text{Fe}_2\text{O}_3$$

Kaplama indeksinin 25-30 arasında olması beklenmektedir.

### 13. EŐ DEğER ALKALİ / ALKALI EQUIVALENT

Klinker üretimi için kullanılan ham maddeler içerisinde alkaliler bulunmaktadır. Bunlar genel olarak  $\text{Na}_2\text{O}$  ve  $\text{K}_2\text{O}$ 'tir. Kimyasal analizler yapıldıktan sonra bulunan alkali sonuçlarından toplam alkali değerini bulmak ve "Na eşdeğeri" olarak göstermek için aşağıdaki formül kullanılır:

$$\text{Na}_{\text{esd}} = \text{Na}_2\text{O} + 0,658 * \text{K}_2\text{O}$$

## 14. SERBEST KİREÇ / FREE LIME

Klinker içerisinde “silikat” ve alüminat”lar ile bağlanmamış halde bulunan CaO “serbest kireç” olarak isimlendirilir. Su ile reaksiyona girerek daha büyük kristal yapıya sahip olan “Portlandit (Ca(OH)<sub>2</sub>)”e dönüşür. Bu da beton içerisinde çatlaklara neden olmaktadır.

Klinker içerisinde serbest kireç oluşma sebepleri:

- Yüksek Kireç Doygunluk Faktörü
- Homojen olmayan farin karışımı
- Homojen olmayan pişme koşulları
- Yavaş soğutma hızı (Alit fazı bozunması veya C<sub>3</sub>A oluşması)

Alit fazı 1250°C'nin altındaki sıcaklıklarda tersinir bir reaksiyona sahiptir ve belit ile serbest kirece dönüşür.

Serbest kirecin analiz yöntemlerinin dışında teorik olarak hesaplama yaklaşımları mevcuttur.

### 1. Eşitlik

$$\% \text{ S. Kireç}_{1400} = 0,31 * (\text{LSF} - 100) + 2,18 * (\text{SM} - 1,8) + 0,73 * \text{Q} + 0,33 * \text{C} + 0,34 * \text{A}$$

**LSF:** Kireç Doygunluk Faktörü

**SM:** Silika Modülü

**Q:** %20'lik HCl yıkaması sonrası 45 µm üstü kuvars miktarı (mikroskop tayini)

**C:** Asitte çözünen 125 µm elek bakiyesi

**A:** 45 µm üstü kuvars dışında asitten çözünmeyen maddeler (mikroskop tayini)

### 2. Eşitlik

$$\% \text{ S. Kireç}_{1400} = 0,33 * (\text{LSF} - 0,95) + 1,8 * (\text{SM} - 2) + 0,93 * \text{SiO}_2(45\mu\text{m Üstü}) + 0,56 * \text{CaCO}_3(125 \mu\text{m Üstü})$$

### 3. Eşitlik

$$\% \text{ S. Kireç}_{1500} = 0,33 * \text{LSF} + 1,8 * \text{SM} + 34,98 + 0,5 * \text{a} - 0,13 * \text{b}$$

**a:** asit işleminden sonra 45 µm bakiyesi

**b:** asit işleminden sonra 125 µm bakiyesi

### 15. FAZLA SÜLFÜR / EXCESS SULPHUR

“Fazla sülfür” miktarı 100 kg klinker içerisindeki  $SO_3$ 'ün gram olarak ifade edilmesidir ve aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$\text{Fazla sülfür} = 1000 * SO_3 - 850 * K_2O - 650 * Na_2O$$

Genel olarak 250 ila 600 gr / 100 kg klinker arasında olması istenir. Fazla sülfürün bu limit içerisinde bulunması fırın operasyonlarında bir problem yaratmadan kolay pişme işleminin gerçekleşmesini sağlar. Bu değer düşer ise zor pişme işlemi gerçekleşir. Bu limitlerin üzerinde ise sülfür ön-ısıtma kulelerinde sıvama (coating) problemlerinin artmasına sebep olabilir.

### 16. FARİN KLİNKER FAKTÖRÜ / RAW MEAL TO CLINKER FACTOR

$$\text{Farin klinker faktörü} = (100 - \text{kül absorpsiyonu}) / (100 - \text{KK})$$

$$\text{Kül absorpsiyonu} = \% \text{ yakıt kül miktarı} * \text{spesifik yakıt tüketimi}$$

$$\text{Spesifik yakıt tüketimi} = \frac{\text{kg kömür}}{\text{kg klinker}} = \frac{\text{Spesifik ısı tüketimi}}{\text{Kömür net kalorifik değeri (NKD)}}$$

*Not: Klinkerdeki kızdırma kaybı ihmal edilebilir.*

### 17. FIRIN BESLEME KLİNKER FAKTÖRÜ / KILN FEED TO CLINKER FACTOR

$$\text{Fırın besleme klinker faktörü} = \frac{\text{Fırın besleme (kg)}}{\text{Klinker çıkışı (kg)}}$$

*Not: Klinker beslemedeki hata ihmal edilebilir.*

veya

$$\text{Fırın besleme klinker faktörü} = \frac{\text{Farin klinker faktörü} * 100}{\text{En üst siklon verimliliği}}$$

### 18. KLİNKER ÇİMENTO FAKTÖRÜ / CLINKER TO CEMENT FACTOR

$$\text{Klinker çimento faktörü} = \frac{\text{Klinker} + \text{Jips} + \text{Uçucu kül veya cüruf} + \text{Katkılar (kg)}}{\text{Tüketilen klinker (kg)}}$$

**KAYNAKÇA**

1. Yüzer, A. F. (2004). İstatistik. Eskişehir: T.C. Anadolu Üniversitesi
2. Gündüz. T. (2010). Kimyacılar için İstatistik. Ankara: Gazi Kitapevi.
3. Işığışok, E. (2005). Altı Sigma Kara Kuşaklar için Hipotez Testleri Yol Haritası. Bursa: Sigma Center Yönetim Sistemleri Yayını.
4. Duda,W. H. (1985), Cement Data-Book. French & European Pubns.
5. Kuleli, Ö. (2010). Çimento Mühendisliği El Kitabı. Ankara.
6. Yalçın, H., Gürü, M. (2006). Çimento ve Beton. Ankara: Palme Yayıncılık.
7. Yıldız, N. (2010). Çimento Üretimi. Ankara: Ertem Basım Ltd. Şti.
8. Quality Control Formulas, The Cement Institute.
9. Labahn, O., Kohlhaas, B. (2002). Cement Engineers' Handbook. Berlin: Bauverlag GmbH
10. Mosci, R. A. (2011), Understanding Clinker Liquid Phase (pdf paper)
11. Marsicano, E., Dienemann, W. (2004). Clinker Reactivity – Heidelberg Technology Center Guidance Paper.
12. Truedsson, A. (2000). Cement Grinding Training Book - Scancem International Technical Support
13. Mohamed, Y. A., Elhameed, A., Kosif, M. O., Alla, E. A. A., Elhamadi, M. M. (2018), Calculation of the formation process of clinker inside the rotary cement kiln. Proceeding of VSUET (80), No:1.
14. <https://cementindusneed.com/clinkerization>
15. <https://vdchari.com/alkali-to-sulfur-balancing-in-cement-kiln>
16. <https://www.cementequipment.org/home/kiln-and-cooler/everything-need-know-chemistry-kiln-feed-clinker/>
17. Training on kiln operation&optimization, K.P.Pradeep Kuman
18. [https://slideshare.net/pradeepdeepi/cement-raw-mix-characteristics?qid=6d569303-7ab0-414f-aa09-efa832295d2b&v=&b=&form\\_search=2](https://slideshare.net/pradeepdeepi/cement-raw-mix-characteristics?qid=6d569303-7ab0-414f-aa09-efa832295d2b&v=&b=&form_search=2)
19. Efe, E., Bek, Y., Şahin M., SPSS'te Çözümleri ile İstatistik Yöntemler II, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Rektörlüğü Yayın No:10, 2020



## 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