

# SOĞUK HAVA KOŞULLARINDA BETON ÜRETİMİ VE UYGULAMASI

# SOĞUK HAVA TARİFİ

**TS 1248 (Mart2012) Standardı'na göre Soğuk Hava:**  
**Beton dökümü esnasında ortalama hava sıcaklığının art arda 3 gün süre ile  $+5^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düşmesidir.**



**Ortalama sıcaklık:** Beton döküm yerinde; saat 07:00'de, 10:00'da, 13:00'te, 16:00'da ve 19:00'da ölçülen hava sıcaklıklarının aritmetik ortalamasıdır.

# TAZE BETONDA DON TEHLİKESİ

- Erken yaşta don sonucu beton en az %50 oranında dayanım kaybına uğrayabilir:
  - *İlk saatler çok önemlidir*
  - *Beton en az 4 MPa\* basınç dayanım değeri kazanmalıdır.*
- Erken yaşta dona maruz kalma sonucu:
  - *Dayanım düşer.*
  - *Aşınma direnci azalır.*
  - *Geçirgenlik artar.*

Ancak yeterli bir bakım sonucu betonda hasar oluşumu engellenebilmektedir.

\* Bu dayanım değeri normal beton sıcaklığında (10°C – 20°C) ve su/çimento oranının 0.6'dan düşük olması durumunda ilk 24 saatte sağlanabilir.

# BEKLENMEYEN DON OLAYLARINDA BETONUN KORUNMASI

*Sonbaharda ve ilkbaharda, en düşük günlük sıcaklığın 0°C'un altına indiği ilk günden sonra, ortalama sıcaklığın art arda en az iki gün süre ile + 5 °C 'un altında kalması halinde, beton yerleştirildikten sonra en az 24 saat dona karşı korunmalıdır. Bu şartların devam etmesi halinde, 24 saatlik koruma süresi, betonun gerekli dayanımına erişmesi için yeterli değildir. Bu nedenle, özellikle daha soğuk hava şartlarının beklendiği hallerde, betonun kuru ve dona karşı koruma süresi uzatılmalıdır.*

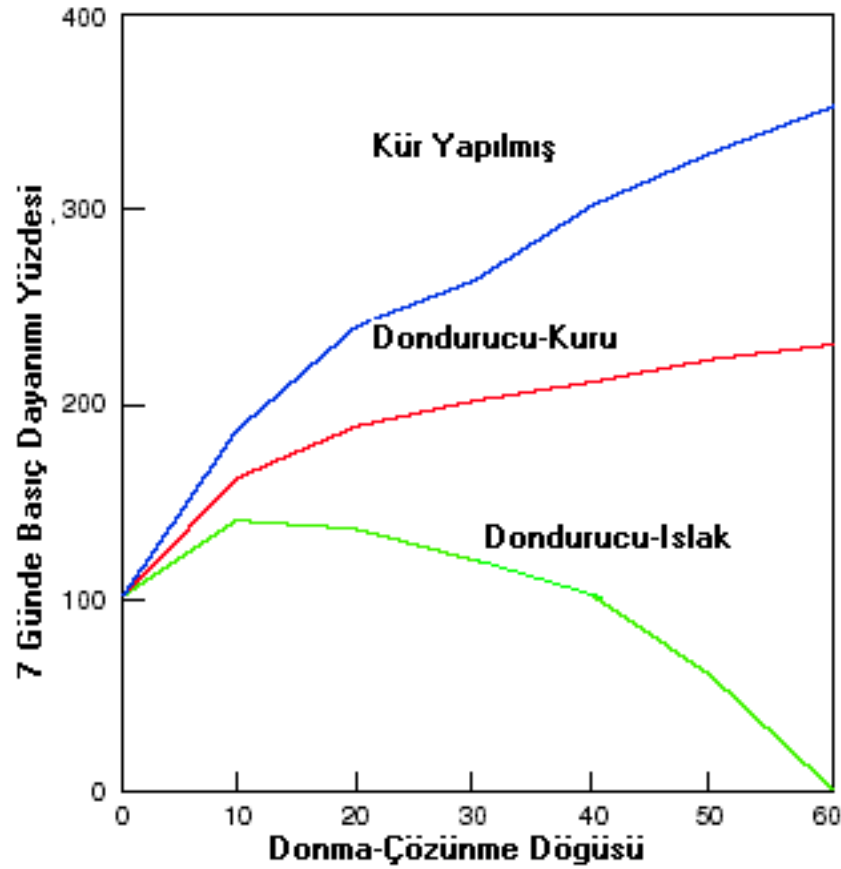
*Ortalama sıcaklık, art arda üç gün süre ile + 5°C'un üstüne çıkıncaya kadar, betona aynı koruma devam ettirilmelidir.*

# BETON İÇİNDEKİ SUYUN DONMASI

- Beton içindeki boşluklardaki su  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de donmaya başlar.
- Bir miktar su donduğunda donmamış sudaki iyon konsantrasyonu yükselir ve donma noktası düşer.
- $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de yeteri kadar su donar ve hidrasyon reaksiyonu tamamen durur. Suyun donma sonucu oluşturduğu hacimsel genişleme betonda telafi edilemeyecek hasarlara neden olabilir.



# DONMA-ÇÖZÜNME ETKİSİ



# HEDEF

İlk 48 saat betonu “dondan” korumak ve sonrasında gerekli önlemleri almaktır.

# BETON DÖKÜMÜ ÖNCESİ ALINACAK ÖNLEMLER

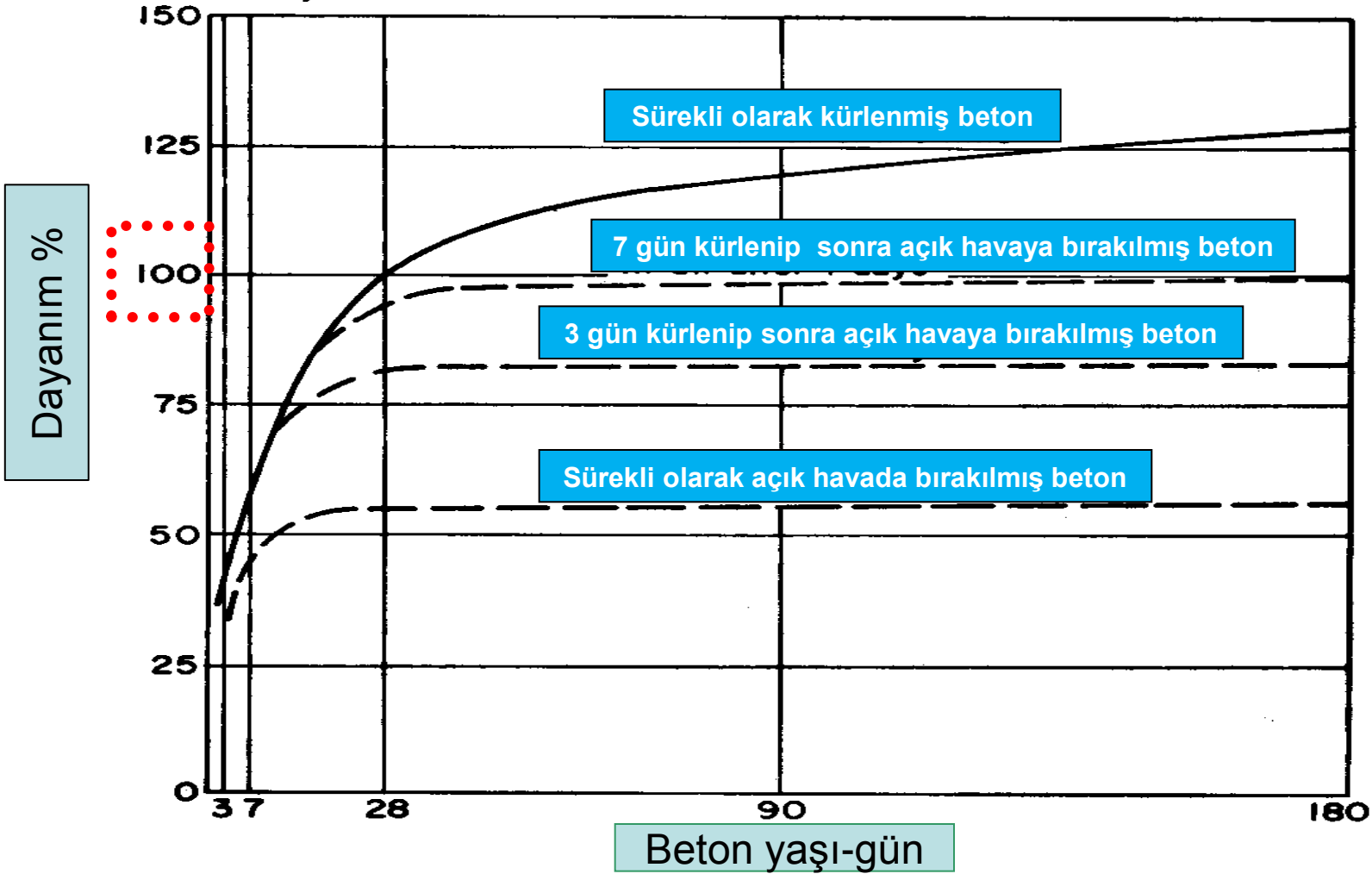
1. Don riski olan hava koşullarında beton dökümünden olabildiğince kaçınılmalıdır.
2. Yüksek hidrasyon ısısına sahip çimento, yüksek çimento dozajı ve düşük su/çimento oranı tercih edilmelidir.
3. Priz hızlandırıcı ve suyun donma noktasını düşürücü katkıları(antifriz) kullanılmalıdır. Ayrıca hava sürükleyici katkı kullanılması da faydalıdır.
4. Betonun ilk sıcaklığının donma derecesine düşmemesi için; agrega, çimento ve su ısıtılmalıdır.
5. Beton yerleştirilmeden önce, kalıpların betona temas edecek bütün yüzeyleri kontrol edilmelidir. Kar, buz ve donmuş kısımlar temizlenmelidir.



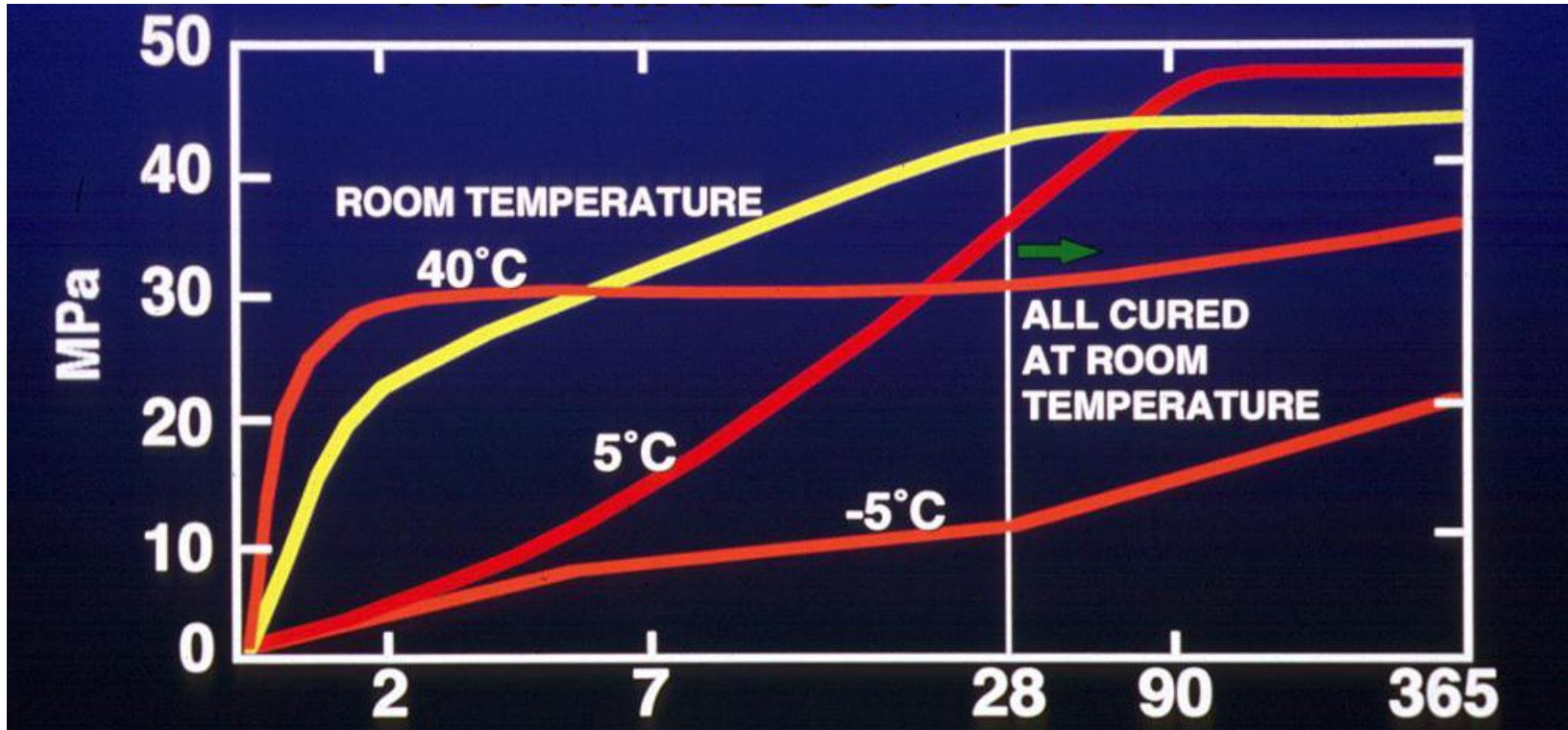
# BETON DÖKÜMÜ ÖNCESİ ALINACAK ÖNLEMLER

6. Beton dökülecek kalıpların sıcaklığı ile dökülen betonun sıcaklığı arasındaki farkın büyük olmamasına dikkat edilmelidir.
7. Isıtılmış yerlerde dökülen betonun ani kuruması gerekli kür uygulaması ile önlenmelidir.
8. Kalıp sökme süresi hava koşullarına göre uzatılmalıdır.
9. Çimento hidrasyonu sonucu ortaya çıkan ısının beton dışına yayılması önlenmelidir. Bunun için kalıpların dış yüzeylerinin yalıtımı sağlanmalıdır. Açık beton yüzeylerinin yalıtımında ise odun talaşı, cam yünü ve polietilen köpük levha kullanılabilir.

# KÜRÜN DAYANIMA ETKİSİ



# BETON SICAKLIĞI-DAYANIM GELİŞİMİ



**Kaynak:** Cold Weather Concreting,  
Charles Korhonen, Ph.D, P.E.

# TAVSİYE EDİLEN BETON SICAKLIKLARI

	DURUM		BETON TABAKASI KALINLIĞI (mm)			
			<300mm	>300mm <900mm	>900mm <1800mm	>1800mm
1	En düşük taze beton sıcaklığı (karışım esnasında)	> -1°C	16°C	13°C	10°C	7°C
2		> -18°C <-1°C	18°C	16°C	13°C	10°C
3		< -18°C	21°C	18°C	16°C	13°C
4	En düşük beton sıcaklığı (dökülmüş, yerleştirilmiş, bitirilmiş hali)		13°C	10°C	7°C	5°C
Korumanın tamamlanmasını takiben ilk 24 saat içinde izin verilen en büyük sıcaklık düşüşü						
5	-		28°C	22°C	17°C	11°C

# BETON VE BİLEŞENLERE BAĞLI SICAKLIK HESABI

Malzeme	Kütle, kg <b>m</b>	Özgül ısı, kJ/kg <b>c</b>	1°C'lik değişim için gerekli ısı enerjisi <b>mx c</b>	Başlangıç sıcaklığı, °C <b>T</b>	Malzemedeki toplam ısı enerjisi <b>Q</b>
	1	2	3 (1x2)	4	5 (3x4)
<b>Çimento</b>	300	0.92	276	80	22,080
<b>Su</b>	150	4.184	628	10	6280
<b>Agrega</b>	1900	0.92	1748	5	8740
<b>Toplam</b>	<b>2350</b>		<b>2652</b>		<b>37,100</b>

Tabloya göre beton sıcaklığı ısı enerjisi formülüne göre **14 °C'dir.**

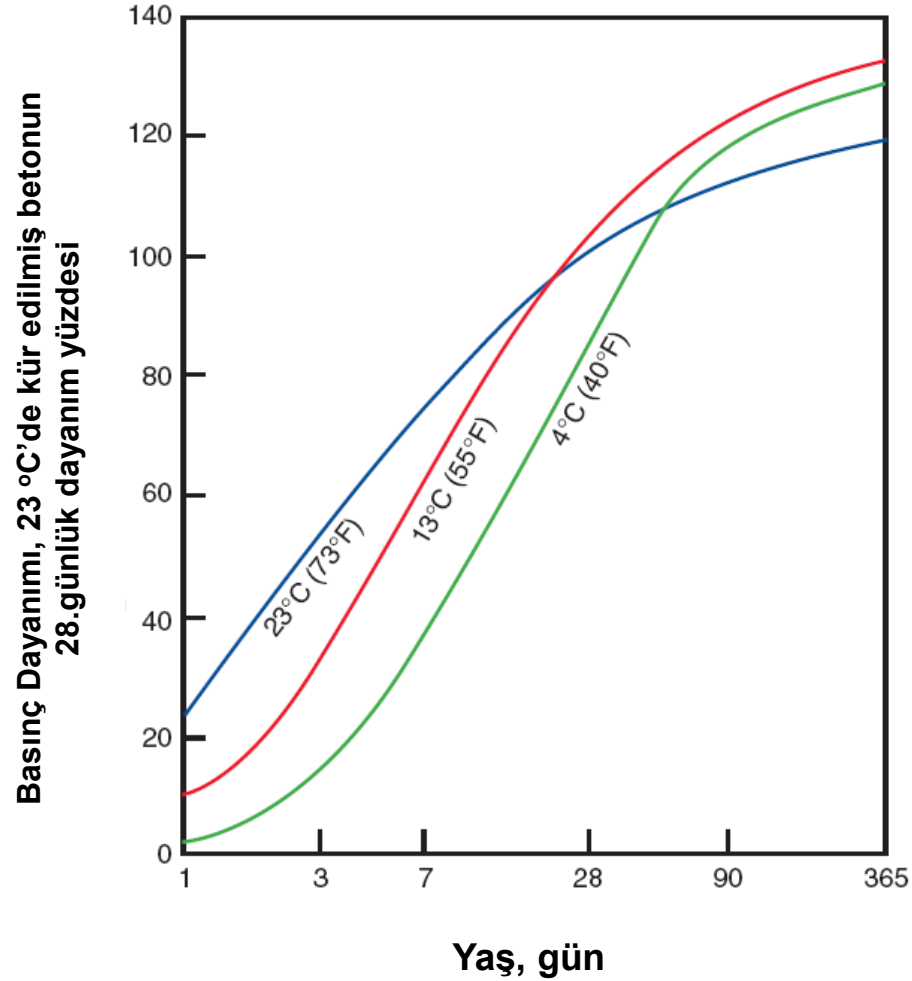
Betonda 1°C'lik artış için yapılması gerekenler( $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ ) :

Çimento sıcaklığı,  $2652/276=9.6$  °C , arttırılmalıdır veya;

Su sıcaklığı,  $2652/628=4.9$  °C , arttırılmalıdır veya;

Agrega sıcaklığı,  $2652/1748=1.5$  °C arttırılmalıdır.

# SICAKLIĞIN DAYANIMA ETKİSİ



# FARKLI SICAKLIKLARDA BETONUN PRİZ SÜRESİ

Beton Sıcaklığı	Yaklaşık priz süresi
21°C	6 saat
16°C	8 saat
10°C	11 saat
4°C	14 saat
-1°C	19 saat
-7°C	Priz gerçekleşmez

**Hava sıcaklığının her 5°C düşüşünde betonun priz süresi yaklaşık olarak 1/3 oranında artmıştır.**

# SOĞUK HAVADA DÖKÜLECEK BETONUN ÖZELLİKLERİ

- Düşük su/çimento oranı
- Düşük kıvamlı beton
- Çimento miktarı 50-100 kg/m<sup>3</sup> artırılabilir.
- C<sub>3</sub>S miktarı yüksek çimento tercih edilebilir.
- Yüksek erken dayanımlı çimento tercih edilebilir.
- Cüruf ve uçucu kül gibi mineral katkı kullanımı azaltılabilir.
- Priz hızlandırıcı, antifriz ve gerekli yerde hava sürükleyici katkı kullanılmalıdır.
- Beton bileşenleri önceden ısıtılabilir.



# DAYANIM KAZANMA HIZI

- Çimento cinsi
- Çimento miktarı
- Priz hızlandırıcı
- Mineral katkı
- Antifriz katkı





# HİDRATASYON ISISI

- Beton döküm yerinin büyüklüğü
- Hava sıcaklığı
- Betonun başlangıç sıcaklığı
- Su/çimento oranı
- Kimyasal katkı – Mineral katkı
- Çimentonun miktarı, inceliği ve içeriği

*Hidratasyon ısısı özellikle soğuk havada çok daha fazla önemli olmaktadır. Sonuçta soğuk havada beton iki türlü ısı kazanabilir:*

**1. hidratasyon ısısı; 2. ısıtıcı kullanarak**



# HİDRATASYON ISISI

Beton sıcaklığının olması gerekenden düşük olması hidratasyon reaksiyonunu yavaşlatıcı yönde etkiler ve bunun sonucunda priz alma ve dayanım kazanma hızları düşer. Örneğin beton sıcaklığındaki **10°C**' lik bir düşüş priz alma süresini yaklaşık **2 kat** arttırır. Bu sürenin artması elbette kalıpların zamanında kaldırılmamasına ve iş süresinin artmasına neden olabilir. Bunun sonucu beton dayanımı ve dayanıklılığı etkilendiği gibi ekonomik olumsuzluklar da meydana gelebilmektedir.

# BİLEŞENLERİN SICAKLIĞA ETKİLERİ

Beton sıcaklığını yükseltmek için karıştırma işleminden önce su ve agrega ısıtılabilir. Su sıcaklığı 60-65°C'ye kadar ısıtılması yeterlidir. Suyun daha sıcak olması durumunda çimentoda topaklanma oluşabilir. Suyun ısıtılması yeterli olmazsa agrega ısıtılabilir. Genelde agrega sıcak su buharı ile ısıtılır ve bu nedenle agregadaki nem oranı değişir. Karışım tasarımında bu detay hesaba katılmalıdır.

# BİLEŞENLERİN SICAKLIĞA ETKİLERİ

$$T = \frac{[0,22(T_s W_s + T_a W_a + T_c W_c) + T_w W_w + T_s W_{ws} + T_a W_{wa}]}{[0,22(W_s + W_a + W_c) + W_w + W_{wa} + W_{ws}]}$$

Burada;

$T$  = Beton karışımının nihai sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$T_c$  = Çimento sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$T_s$  = İnce agregası sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$T_a$  = İri agregası sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$T_w$  = İlave edilen karışım suyunun sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$W_c$  = Çimento kütlesi (kg),

$W_s$  = İnce agreganın doymuş kuru yüzey kütlesi (kg),

$W_a$  = İri agreganın doymuş kuru yüzey kütlesi (kg),

$W_w$  = Karışım suyunun kütlesi (kg),

$W_{ws}$  = İnce agregadaki serbest suyun kütlesi (kg),

$W_{wa}$  = İri agregadaki serbest suyun kütlesi (kg)

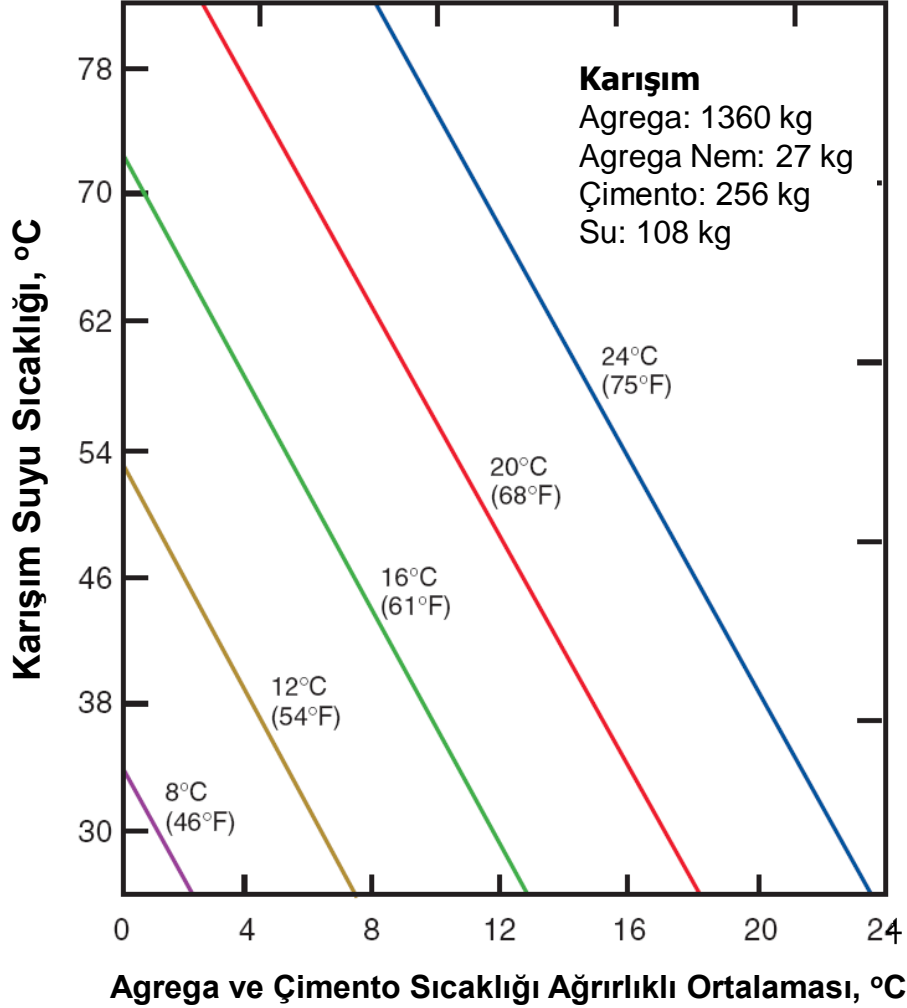
dir.

$T_s W_{ws}$  değeri  $W_{ws}(0,5 T_s - 80)$ ,

$T_a W_{wa}$  değeri  $W_{wa}(0,5 T_a - 80)$

bağıntılarından hesaplanır.

# BİLEŞENLERİN SICAKLIĞA ETKİLERİ





# TAŞINMA ESNASINDA SICAKLIK KAYBI

- Bu konu hakkında İsveç Çimento ve Beton Araştırma Enstitüsü'nün bir çalışması vardır. Transmikserde taşınan bir betonun 1 saat içindeki sıcaklık kaybı aşağıdaki formül ile hesaplanır:
- $T = 0.1 ( t_r - t_a )$
- T:1 saatlik taşıma esnasında sıcaklık düşüşü, °C
- $t_r$ : Sahada istenilen beton sıcaklığı, °C
- $t_a$ :Hava sıcaklığı, °C
- **Örnek:**
- **Hava sıcaklığı 0 °C ve sahada beton sıcaklığının 15 °C olması istendiği durumda:**
- **$T : 0.1 ( 15 - 0 ) = 1.5 \text{ °C}$**
- Şantiyeden çıkan betonun en az 16.5 °C derece olması gerekmektedir.

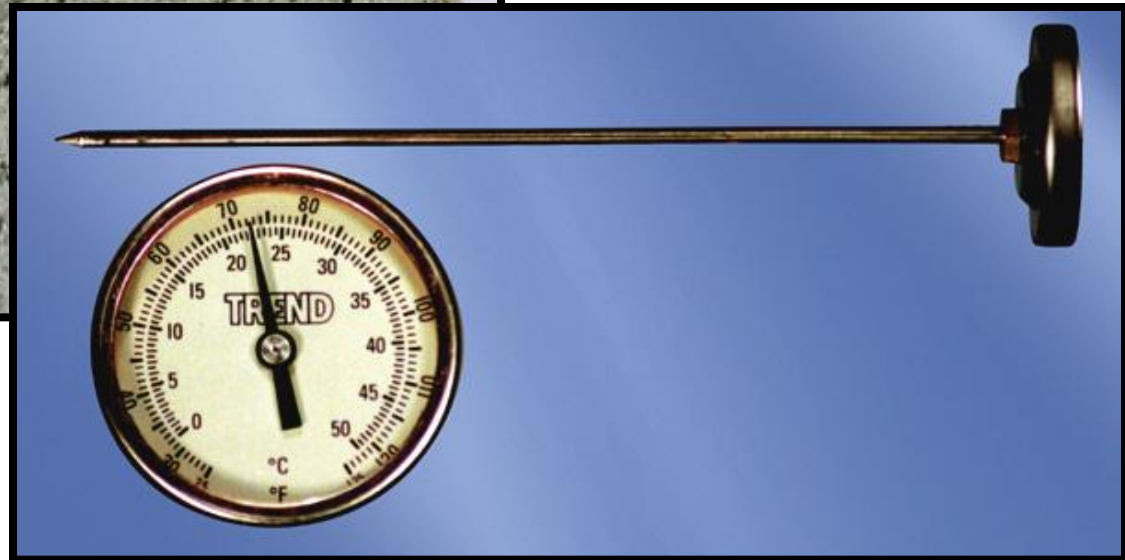
# KATKI KULLANIMI

- **Priz hızlandırıcı katkının etkileri:**
- Prizi hızlandırmak
- Hidratasyon ısını artırmak
- Erken-yaş dayanımını artırmak
- ***Antifriz katkı aslında bir nevi priz hızlandırıcı katkıdır.***
- Priz hızlandırıcı olarak **kalsiyum klorür** kullanılması priz açısından iş görmesine rağmen donatılı betonda korozyona neden olur. Bu nedenle kullanılmaması ya da zorunlu durumda limitli(en fazla çimento kütlesinin %2'si) kullanılması tavsiye edilir.
- **Hava sürükleyici katkı** kullanımı özellikle donma-çözünme etkisinin hakim olduğu yerlerde mutlaka gerekmektedir. Hava sürükleyici katkı kullanımı ile betonda kontrollü boşluk oluşumu sağlanır ve beton içinde donma-çözünme etkisi ile suda oluşacak hacimsel genişlemelere karşı tolerans artar.
- **Mineral katkı kullanımı** soğuk havada tercih edilmez. Çünkü mineral katkıları beton da prizi geciktirdiği gibi açığa çıkan hidratasyon ısını düşürürler.

## Standart küre tabi tutulmuş 28 günlük dayanımın belirli oranları için tavsiye edilen koruma süreleri

Standart küre tabi tutulmuş 28 günlük dayanımın oranı (%)	10 °C'ta, gün			21 °C'ta, gün		
	Çimento tipi			Çimento tipi		
	CEM I 42,5 N ve/veya R	CEM II 42,5 N ve/veya R	CEM I 42,5 R ve/veya CEM I 52,5 N ve/veya R	CEM I 42,5 N ve/veya R	CEM II 42,5 N ve/veya R	CEM I 42,5 R ve/veya CEM I 52,5 N ve/veya R
50	6	9	3	4	6	3
65	11	14	5	8	10	14
85	21	28	16	16	18	12
95	29	35	26	23	24	20

# SICAKLIK KONTROLÜ



# NUMUNE SAKLANMASI





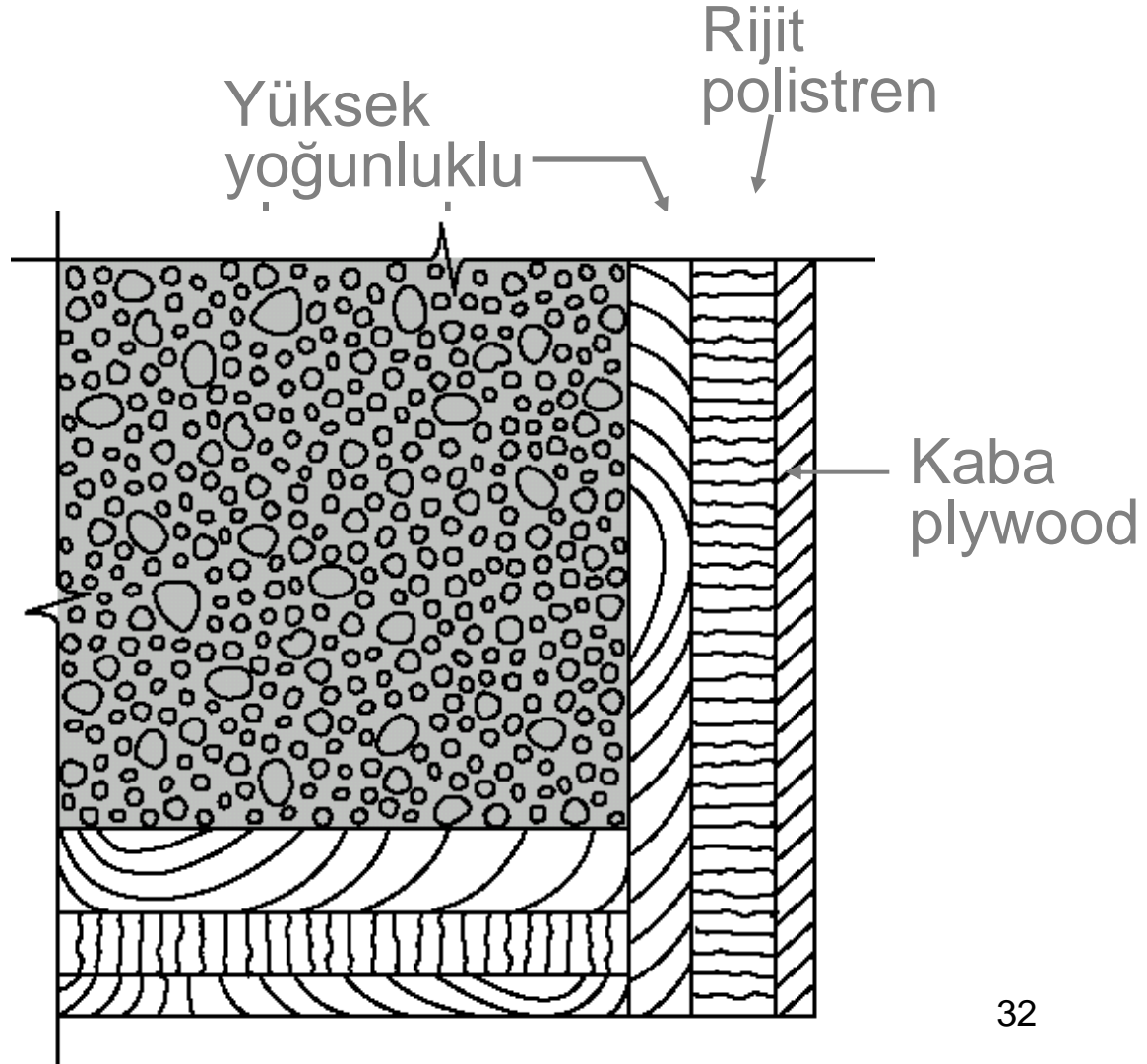
# YALITIMLI BATTANİYELER



# YALITIMLI KALIPLAR



# YALITIMLI KALIPLAR







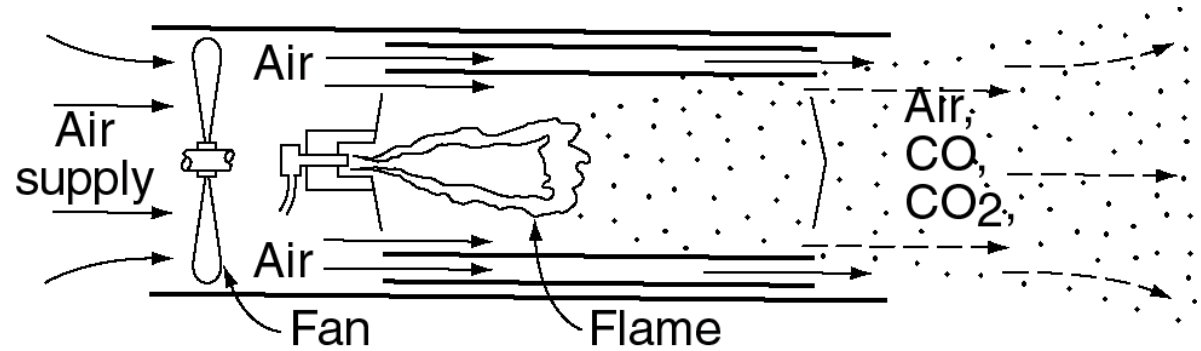
**Tahta**  
**Kanvas**  
**Polietilen naylon**







# Direk Isıtma



# Dolaylı ısıtma

