



Dokuz Eylül Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü

İNŞ2024 YAPI MALZEMESİ II

BAĞLAYICI MADDELER

Dr. Öğr. Üyesi Çağlar YALÇINKAYA
www.caglaryalcinkaya.com

BAĞLAYICI MADDELER



İnce toz halinde olan ve su eklenmesi ile hamur haline geldikten sonra zamanla plastikliğini kaybedip sertleşen, bağlayıcı özelliği olan malzemelere **bağlayıcı maddeler** denir.

TOZ BAĞLAYICI MADDELER

KİREÇ, ALÇI, ÇİMENTO vb.

SIVI BAĞLAYICI MADDELER

YOL YAPIMINDA KULLANILAN
HİDROKARBONLU BAĞLAYICILAR

BAĞLAYICI MADDELER



İnce toz halindeki bağlayıcı maddelere su eklenince başlangıçta istenilen şeklin verilebildiği plastik bir hamur elde edilir.

Belirli bir süre sonra, hamur katılaşmaya başlar.

Bu olaya PRİZ denir.



PRİZ olayının 2 Çeşidi vardır.

1. Hidrolik bağlayıcılar:

Havada ve suda priz yapma özelliği olan ve suda erimeyen bağlacılar. (Çimento)

2. Hava bağlayıcıları:

yalnızca havada priz yapan bağlacılar.
(Yağlı kireç)

BAĞLAYICI MADDELER



İLK BAĞLAYICILAR:

TOPRAK

TOPRAK+KİREÇTAŞI KARIŞIMLARI,

KİREÇ ALÇILAR,

PİŞMİŞ KİL TOZLARI,

DOĞAL PUZOLANLAR.

Yapılan araştırmalara göre bağlayıcı maddelerin kullanımı Epipaleolitik çağlara kadar gitmektedir. Çeşitli tarihi bağlayıcı örneklerine İsrail, Mısır, Türkiye ve İtalya'da rastlamak olanaklıdır.

BAĞLAYICI MADDELER



BAĞLAYICI MADDELER



BAĞLAYICI MADDELER



İlk bağlayıcı kullanımına M.Ö.17000 yıllarında Natufian kültüründe rastlanmaktadır



İsrail'de görülen Natufian binaları 9 m'ye ulaşan çaplarda dairesel barınaklar olup, duvarları işlenmemiş doğal taşların killi-çamur ve öğütülmüş kireçtaşı ile sıvanması ile yapılmıştır.



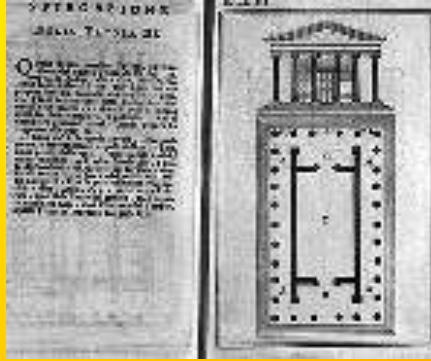
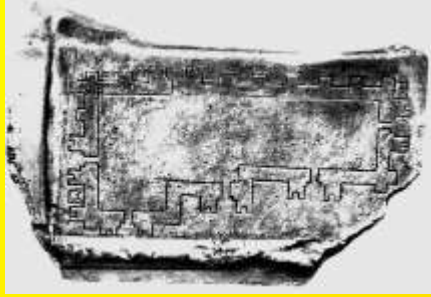
Sönmüş kirecin ilk uygulamaları mağara duvarlarına yapılan resimlerde görülmüştür. Kireç mağaralarda iç ve dış dekorasyon ve sıva yapımında kullanılmıştır. Eski Mısır, Kıbrıs, Girit ve Mezopotamya'nın değişik yörelerinde kirecin bir yapı malzemesi olarak kullanılmasına ait örneklerle rastlanılmıştır.

BAĞLAYICI MADDELER



Çatal Höyük kalıntıları içinde bulunan 8000 yıl öncesine ait harçlar ve Yunanistan'ın Rodos adasında bulunan Kameiros sarnıcının puzolanik malzemedan yapılan duvarları, kireç-doğal puzolan karışımlarının binlerce yıl öncesinden bilindiğini vurgulamaktadır.

BAĞLAYICI MADDELER



M.Ö. 70-25 yılları arasında yaşamış olan Mimar Vitruvius "On Architecture"(Mimarlık Üzerine) adlı 10 ciltlik kitabında puzolan ve kireç karışımlarının hidrolik özelliklerinden bahsetmiş, nehir ve deniz kıyısında yapılacak olan yapılarda kullanılabilecek harç için karışım oranı bile vermiştir : iki kısım puzolan (pulvis Puteolanus) bir kısım kireçle karıştırılır.

BAĞLAYICI MADDELER



Anadolu ve Ortadoğu'da kireç çoğunlukla döşemelerde ve duvarlarda kullanılmıştır. Kireç harcı; kırılmış kireçtaşı, kül ve kumun açık ateşte pişirilip, yeniden kırılıp, elenmesi ile elde edilmiştir.



BAĞLAYICI MADDELER



Selçuklu ve Osmanlı yapılarında duvar harcı olarak, **Horasan harcı** adı verilen bir bağlayıcı kullanıldığı görülmektedir. Bu harcın bileşiminde, pişmiş toprak tozu, kuvarz kumu, kireç, kül hatta yumurta akının kullanıldığı söylenmektedir. Değişik tip liflerin (keçi kılı, palmiye lifi, saman, vb.) harca yaklaşık %3 oranında katıldığı da görülmüştür.



ALÇI



$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
ALÇITAŞI (JİPS)
DİHİDRAT

$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
YARIM HİDRAT

CaSO_4
ANHİDRİT

ALÇI ÜRETİMİ

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



ÖĞÜTME



110-200 °C
Kalsinasyon



$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
(β YARIM HİDRAT)

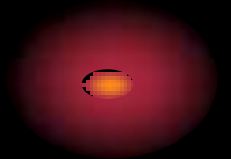
ÖĞÜTME



≈120 °C Yüksek
Buhar Basıncı



$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
(∞ YARIM HİDRAT)



ALÇI BİLİNER EN ESKİ BAĞLAYICI MADDELERDENDİR

- ★ **ESKİ MISIR'da PİRAMİTLERİN İNŞASINDA BAĞLAYICI OLARAK**
- ★ **ROMA ve YUNAN YAPILARINDA SIVA ve MERMER TAKLİDİ OLARAK (STÜKKO)**
- ★ **OSMANLI DEVRİNDE PENCERELERDE ve DUVAR SÜSLEMELERİNDE**
- ★ **17. yy'da FRANSA'da SIVA OLARAK (PARİS ALÇISI)**
- ★ **18. yy'da KALSİYUM ve KÜKÜRT SAĞLAYICI GÜBRE OLARAK**
- ★ **DÖŞEME ve DUVAR PANOSU OLARAK KULLANILMIŞTIR**

GÜNÜMÜZDE İSE; (GENEL OLARAK)

- ★ **PREFABRİK YAPI ELEMANLARI ÜRETİMİNDE**
- ★ **ÇİMENTO ÜRETİMİNDE**
- ★ **SIVA, KABARTMA, SÜSLEME vb. YERLERDE**
- ★ **BLOK ELEMAN ÜRETİMİNDE**
- ★ **ISI ve SES YALITIMINDA**
- ★ **SERAMİK ÜRETİMİNDE KALIP OLARAK**
vb. BİRÇOK AMAÇLA KULLANILMAKTADIR.



ÜLKEMİZ DOĞAL ALÇITAŞI REZERVİ

DÜNYA REZERVİNİN %8'i

3 MİLYAR TON

YILLIK ALÇITAŞI TÜKETİMİ

TÜRKİYE'DE

~2.5 MİLYON TON

**(~1.5 MİLYON TON ÇİMENTO
ÜRETİMİNDE**

**~ 1.0 MİLYON TON DİĞER
ALANLARDA)**

DÜNYADA

~100 MİLYON TON

YAPI MALZEMESİ OLARAK ÖZELLİKLERİ

DÜŞÜK BİRİM HACİM AĞIRLIK

DÜŞÜK ISI İLETKENLİK KATSAYISI

ORTAM NEMİNİ DÜZENLEYEBİLME

YANGINA DAYANIKLILIK

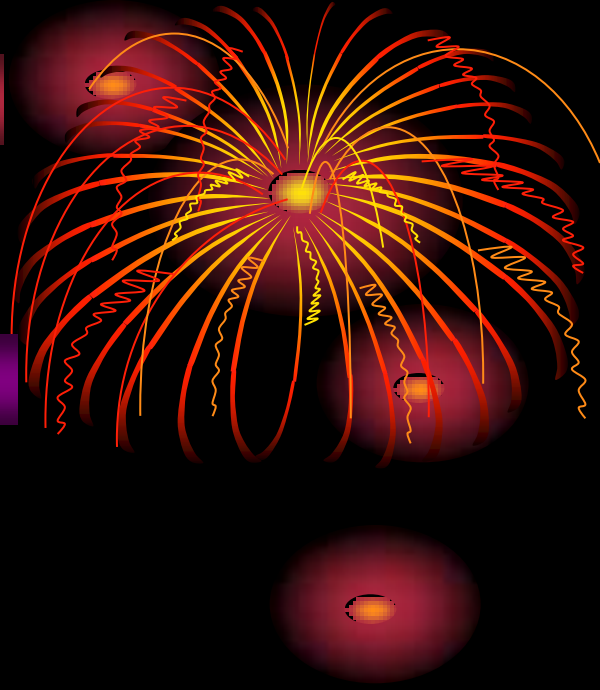
RÖTRE (BÜZÜLME) YAPMAMASI

KÜR İHTİYACI OLMAMASI

KISA SÜREDE DAYANIM KAZANMA

İŞÇİLİK KOLAYLIĞI, DÜZGÜN YÜZEY

ÜRETİMİNDE AZ ENERJİ GEREKSİNİMİ



TS 370 YAPI ALÇILARI



ADİ ALÇI



200 μm ÜZERİ $\leq$ %35, PRİZ $\geq$ 10 Dak.



KATKILI ADİ ALÇI



SUSUZ ALÇI



KATKILI SUSUZ ALÇI

**1.25 mm ÜZERİ $\leq$ %1,
PRİZ $\geq$ 20 Dak.**

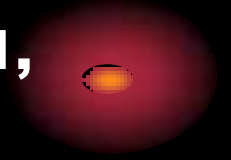
BASINÇ DAYANIMI



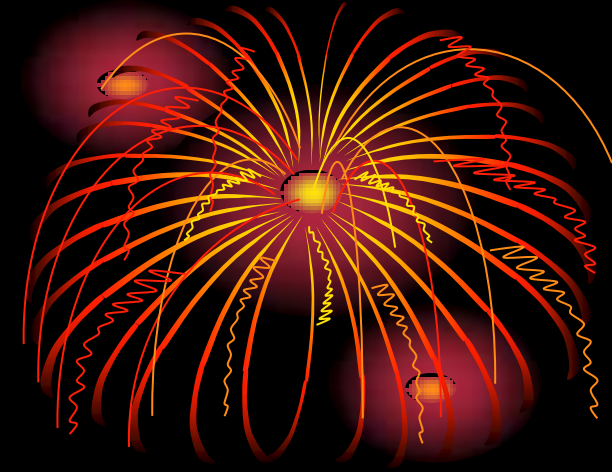
$\geq$ 7.0 MPa

70.7 mm KÜP ÖRNEK

40 °C ETÜV KURUSU

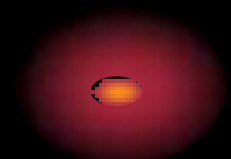


TS 370 YAPI ALÇILARI



Yapı Alçılarında Aranan Kimyasal Özellikler

Kimyasal özellikler	Yapı alçılarının sınıfı	
	Adi alçı ve katkılı adi alçı	Susuz alçı ve katkılı susuz alçı
Kızdırma kaybı	En çok % 9 En az % 4	En çok %3
Kalsiyum (CaO)	En az % 24	En az %27
Çözülebilir magnezyum tuzları (MgO olarak)	En çok % 0.3	En çok %0.3
Kükürt trioksit (SO ₃)	En az % 36	En az % 40
Klorür (NaCl)	En çok % 0.5	En çok % 0.5



TS 451 DOLU ALÇI BLOK

Alçı Bölme Bloklarının Kuru Birim Ağırlıklarına Göre Sınıfları

Blok sınıfı	Kuru birim hacim ağırlık (kg/m ³)	
	En az	En çok
Hafif bloklar HB	600	700
Normal bloklar NB	701	900
Ağır bloklar AB	901	1200
Kuru birim hacim ağırlık 40 °C ± 2 °C da değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş malzemenin 1 m ³ 'ünün kütesidir.		



BASINÇ DAYANIMI ➡ $\geq 4.0 \text{ MPa}$

EĞİLME DAYANIMI ➡ $\geq 2.0 \text{ MPa}$

SUYA DOYGUN ÖRNEK ➡ $\geq 1.4 \text{ MPa}$ ve $\geq 1/3 \text{ KURU B.DAYANIMI}$

KÜP ÖRNEK

40 °C ETÜV KURUSU

YAPAY ALÇI

**ÇEŞİTLİ ENDÜSTRİLERİN ATIK MADDESİ OLAN
SENTETİK ALÇILARIN BİLEŞİMİ DOĞAL ALÇITAŞI İLE
AYNIDIR ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)**

Kimyasal Alçı Türü	Üretim veya Açığa Çıkma Şekli
Desülfojips	SO_2 ve SO_3 gazlarının Desülfürizasyonu
Fosfojips	Fosforik asit üretimi
Saltjips	NaCl üretimi
Florojips	Hidroflorik asit üretimi
Titanojips	TiO_2 Üretimi
Borojips	Borik asit üretimi
Sitrojips	Sitrik asit üretimi
Tartorojips	Tartarik asit üretimi

KİREÇ



KİREÇ



Bilinen en eski bağlayıcılardan birisi olan kireç, eski Babil, Mısır, Finikeliler, Hitit ve Persler tarafından hava kireci olarak yapıda kullanılmıştır.



Romalılar devrinde ise su kireci bulunmuş ve su içi inşaatlarında kullanılmıştır.

KİREÇ



KALKER (KİREÇTAŞI), CaCO_3

YERYÜZÜ KARALARININ %10'U



İçinde %30'a kadar MgCO_3 içeren kireçtaşları da (dolomit gibi) bu amaçla kullanılabilir.

KİREÇ, CaO

Suyla karıştırıldığında tipine göre hava veya suda katılaşma özelliği gösteren beyaz renkli inorganik esaslı bir bağlayıcı türüdür.

KİREÇ



KALKER (KİREÇTAŞI), CaCO_3 YERYÜZÜ KARALARININ %10'U

- Tüm kireçtaşı tipleri kristal yapıdadır.
- Beyaz renk yüksek derecedeki safsızlığı, gri tonları karbon kaynaklı safsızlıkları, kahverengi, yeşil, açık sarı ve kırmızı renkler demir ve mangan içerdiğinin işaretleridir. Pembe renk ise dolomitik yapı belirtisidir.
- Kireçtaşının sertliği genellikle Mohs skalasına göre 2-4 arasında değişir. Dolomit daha sert fakat kırılıgandır.

KİREÇ ÜRETİMİ

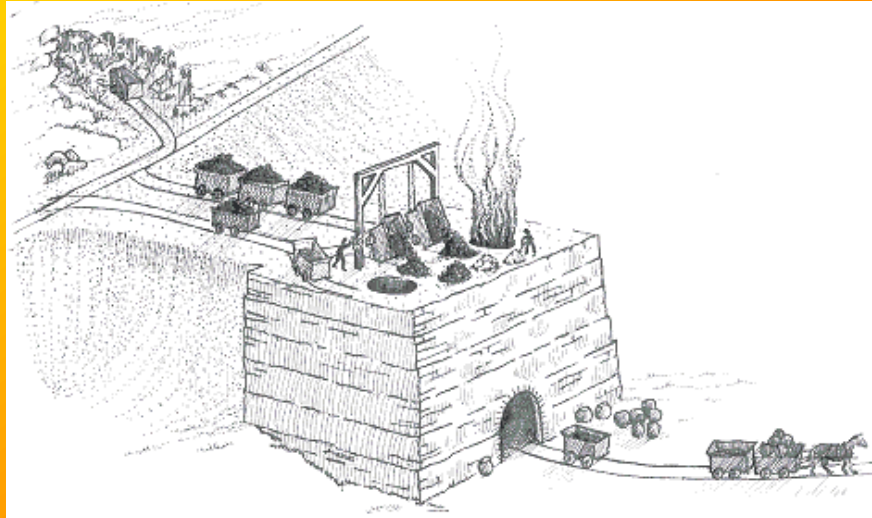


1. İLKEİ (YAMAÇ) YÖNTEM
2. MODERN YÖNTEM

KİREÇ ÜRETİMİ



1. İLKEL (YAMAÇ) YÖNTEM



KİREÇ ÜRETİMİ



1. İLKEİ (YAMAÇ) YÖNTEM



Yamaç Ocağı Kazılması

KİREÇ ÜRETİMİ



1. İLKEİ (YAMAÇ) YÖNTEM



Çeperlerin Kille Örtülmesi

KİREÇ ÜRETİMİ



1. İLKEİ (YAMAÇ) YÖNTEM



Ocağın Doldurulması

KİREÇ ÜRETİMİ



1. İLKEİ (YAMAÇ) YÖNTEM



Ocağın Doldurulması

KİREÇ ÜRETİMİ



1. İLKEİ (YAMAÇ) YÖNTEM



Ocağın Doldurulması

KİREÇ ÜRETİMİ



1. İLKEİ (YAMAÇ) YÖNTEM

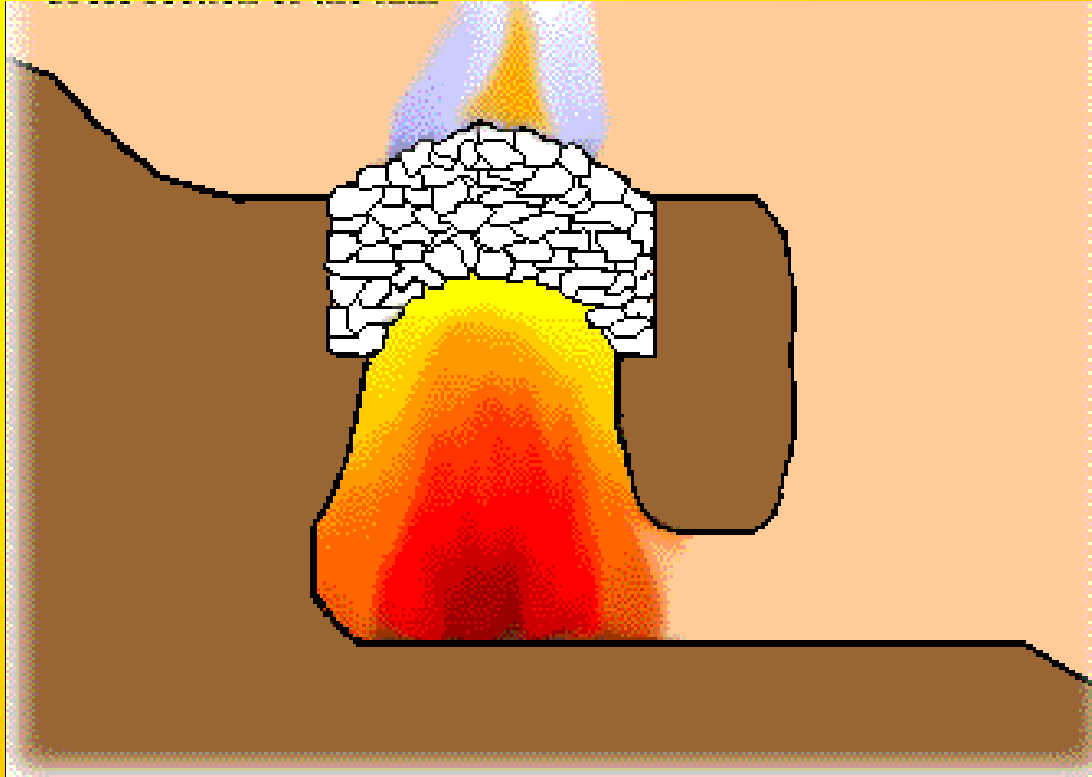


Ocağın Kapatılması

KİREÇ ÜRETİMİ



1. İLKEL (YAMAÇ) YÖNTEM



Ocağın en kesiti

KİREÇ ÜRETİMİ



1. İLKEİ (YAMAÇ) YÖNTEM



Yanıcı maddelerin eklenmesi

KİREÇ ÜRETİMİ



1. İLKEİ (YAMAÇ) YÖNTEM



Kalsinasyon işlemi : 7 – 10 gün sürer

KİREÇ ÜRETİMİ



1. İLKEİ (YAMAÇ) YÖNTEM



Ürün

Sönmemiş Kireç

KİREÇ ÜRETİMİ



1. İLKELE (YAMAÇ) YÖNTEM



Kirecin Söndürülmesi

Sönmemiş kireç, ağırlığının yarısı kadar suyun içine konularak söndürülür. Bu işlem sırasında yüksek miktarda ısı açığa çıkar.



Yarım kilo sönmemiş kireç, 0°C'deki 1 litre suyun sıcaklığını kaynama noktası olan 100°C'ye çıkaracak büyüklükte bir reaksiyon ısısı vermektedir.

KİREÇ ÜRETİMİ



1. İLKEİ (YAMAÇ) YÖNTEM



Söndürme işlemi, yüksek ısı açığa çıkarmasının yanında kalsine kireçtaşlarının hızlıca ayrışmasını sağlar.

KİREÇ ÜRETİMİ



1. İLKEİ (YAMAÇ) YÖNTEM



Sönmüş Kireç

Elde edilen toz halindeki sönmüş kireç, kuru halde ve torbalar içinde depolarda saklanır. Ancak çeşitli nedenler (taşın aynı oranda pişmemesi veya aşırı pişmesi, sirkülasyon olmayışı vb.) kalitede düşüşe sebep olur, ayrıca üretilen kireç küçük miktardadır.

KİREÇ ÜRETİMİ



2. MODERN YÖNTEM



Taş ocağı

Tek bir patlama ile seçilmiş bölgeden 30.000 ton taş elde edilir

KİREÇ ÜRETİMİ



2. MODERN YÖNTEM



Kırma ve Yıkama

KİREÇ ÜRETİMİ



2. MODERN YÖNTEM



Kireçtaşı, döner ya da yatay kalsinasyon fırınlarında, 900°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda kalsine edilerek sönmemiş kirece dönüştürülür.

KİREÇ ÜRETİMİ



2. MODERN YÖNTEM



Ürün

Sönmemiş kireç hidratörlerde söndürülür.

Öğütülmüş tozsuz kireç, yüksek akışkanlığa sahip kireç, yüksek boşluklu kireç, yavaş priz yapan kireç sütü, özel katkıları gibi değişik özelliklere sahip kireç çeşitleri üretilebilir.

KİREÇ



Söndürme işlemi sırasında sönmemiş kireç suyla ekzotermik reaksiyona girerek Ca(OH)_2 'e dönüştüğünden, ısı ile birlikte büyük bir hacim genişlemesi olur ve bu arada hacmi 2.5 kat artar.

Eğer kireç tamamen söndürülmezse, bu olay yapıda tamamlanır ve kirecin kullanıldığı yerlerde çatlak vb. kusurlar oluşur.



Bu nedenle kirecin söndürülme işlemine dikkat edilmelidir. Kireç taşları, şantiyelerde açılan kireç havuzlarında, en az 15 gün su içinde bekletilmelidir.





KİREÇ



Sönmüş kirecin rengi genellikle süt beyazdır. Ancak içinde bulunabilecek aşırı yanmış kısımlar rengi hafif sarıya veya griye dönüştürebilir. Siyah lekeler silisyum ve yanmamış kömür safsızlıklarının işareti olabilir.

Yağlı kireci su ile karıştırdıktan sonra elde edilen hamur havada bırakılınca, havadaki karbondioksiti alarak aşağıda görülen reaksiyon sonucu, suda erimeyen kalsiyum karbonata dönüşür :



KARBONATLAŞMA

KİREÇ



Sönmüş kireç, bazik karakterde bir malzeme olduğundan demir ve çelikle tepkimeye girmez.

Buna karşılık alüminyum, kurşun ve pirinçle kimyasal reaksiyona girebilir.

Sönmüş kireç içindeki su miktarına göre çeşitli formlarda kullanılır. Bunlar; kuru hidrat, kireç hamuru, kireç bulamacı (slurry), kireç sütü, sulu kireç, atmosferde sönmüş kireç olarak adlandırılır.

KİREÇ



**Yüzey Alan:
(incelik)**

Yüksek yüzey alanı

- * kimyasal reaktiviteyi,
- * çökeltme hızını,
- * hamur verimini,
- * plastikliği

arttırır.



Sönmemiş kireç : 400-1300 cm²/g

Sönmüş kireç : 14000-32000 cm²/g

KİREÇ



KİRECİN İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANIMI

En çok

- * siva,
- * harç,
- * karayollarında stabilizasyon malzemesi ve bitümlü karışımlarda katkı maddesi olarak,
- * gazbeton,
- * kireç- kum tuğlası üretimi ve
- * badana işlerinde

kullanılmaktadır.



KİRECİN İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANIMI

- Kireç, harçlara plastisite ve işlenebilirlik kazandırmak amacıyla eklenir.

* Çoğunlukla Melez harç adı verilen bu harçlar;

1 kısım çimento,

1-2 kısım kireç ve

5-6 kısım kumdan

oluşur.



KİREÇ



KİREÇ KULLANILIRKEN DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

- 1. Kireç ile fazla kalın harç sıvası yapılmamalıdır.**
Aksi takdirde CO_2 harcın içine fazla oranda giremeyeceğinden, orta kısımlar plastik durumunu korur.
- 2. Su ile temas eden yapılarda kullanılmamalıdır.**
Kireç su içinde erir.
- 3. Taşıyıcı elemanların yapımında bağlayıcı madde olarak kullanılmamalıdır.**
Kirecin her türlü yapı malzemesine iyi yapışma yeteneği olmasına karşın, mekanik özellikleri zayıftır
- 4. Kireçle elde edilen harçların plastik özellikleri fazladır.**
Şekil değişimi yapabilme yeteneğinin fazlalığı nedeniyle duvar sıvaları için çok uygundur. Kireçle yapılan sıvalar çimento harcı ile yapılan sıvalara kıyasla daha az çatlar.

PUZOLANLAR



PUZOLANLAR



Puzolanlar,
silis veya silis-alumin kökenli
malzemelerdir.



Kendi başlarına bağlayıcılık özellikleri ya çok azdır ya da hiç yoktur.

PUZOLANLAR



Çok ince iseler, Ortamda sönmüş kireç ve nem varsa kimyasal reaksiyona girerek bağlayıcılık özelliği olan C-S-H oluştururlar.



PUZOLANİK REAKSİYON

Puzolanik maddelerin kullanımı binlerce yıl öncesine kadar gitmektedir.

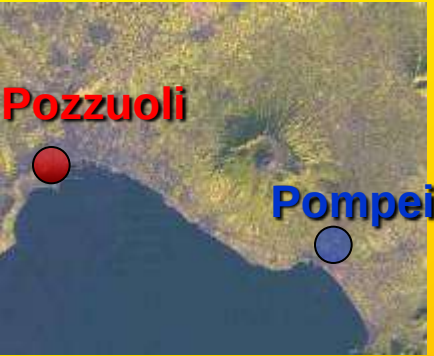
PUZOLANLAR



Bu özellikteki toprak ilk defa Napoli yakınlarındaki **Pozzuoli** kasabasından elde edilmiştir.

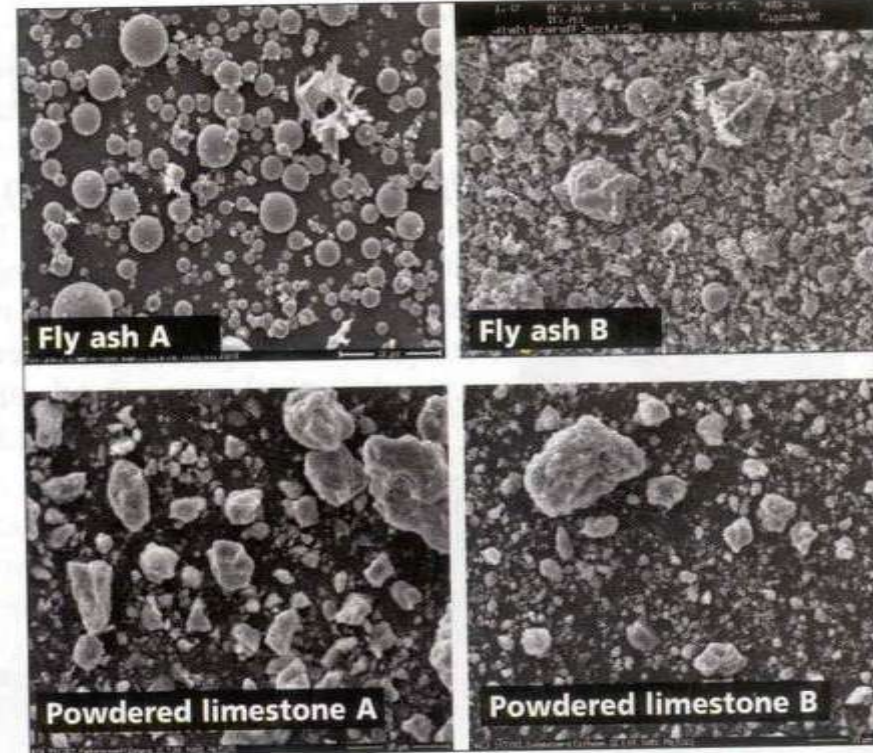
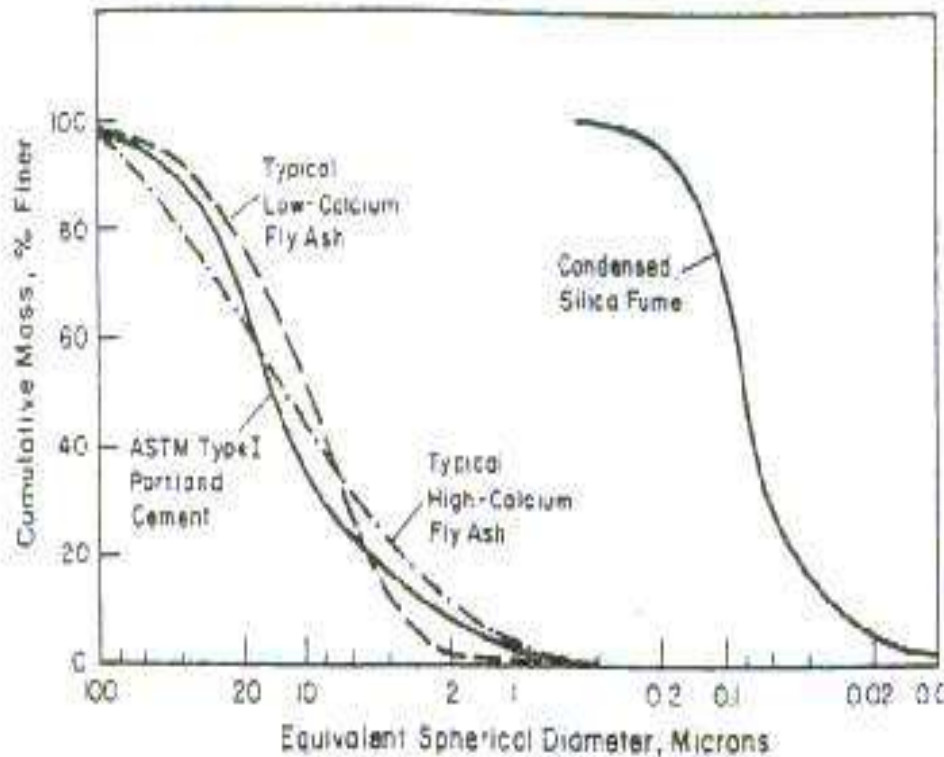


Vezüv yanardağı yakınlarındaki bu toprak camlaşmış volkan toprağı olup, günümüzde kullanılan “**Puzolan**” sözcüğü buradan kaynaklanmıştır.



PUZOLANLAR

ÇİMENTO ÜRETİMİNDE KULLANILABİLDİKLERİ GİBİ,
DOĞRUDAN BETON ÜRETİMİNDE DE KULLANILABİLİRLER



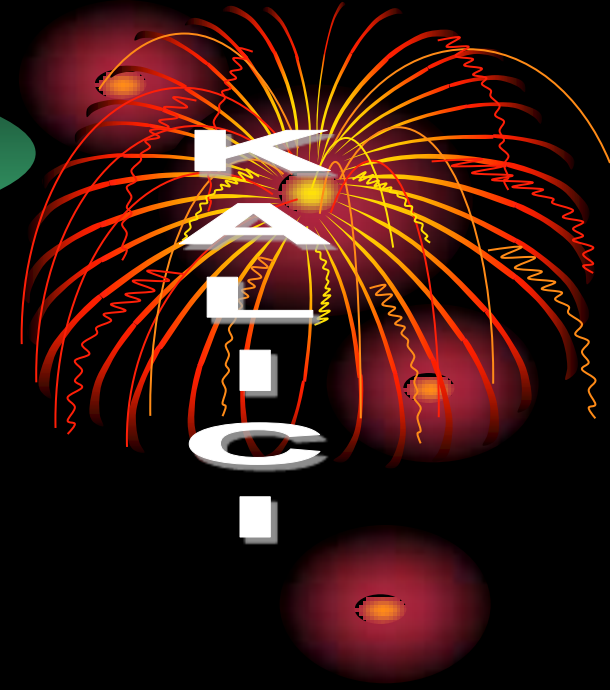
İNŞAAT SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA

KIT KAYNAKLARIN VERİMLİ ve
EKONOMİK KULLANIMI

ÇEVRESEL ETKİLERİN MİNİMİZE
EDİLMESİ

ÇEVRE DOSTU YAPI
MALZEMELERİNİN KULLANIMI
(ATIKLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ,
DOĞAL KAYNAKLARIN KORUNMASI,
ENERJİ TÜKETİMİNİN AZALTILMASI)

GELECEKTEKİ İHTİYAÇLARA YÖNELİK
RASYONEL PLANLAMA



YAPILAR

ÖRNEK: ÇİMENTO ÜRETİMİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

BÜYÜK ENERJİ TÜKETİMİ

KULLANILAN FOSİL YAKITLARIN GAZLARI

TOZ MADDELER



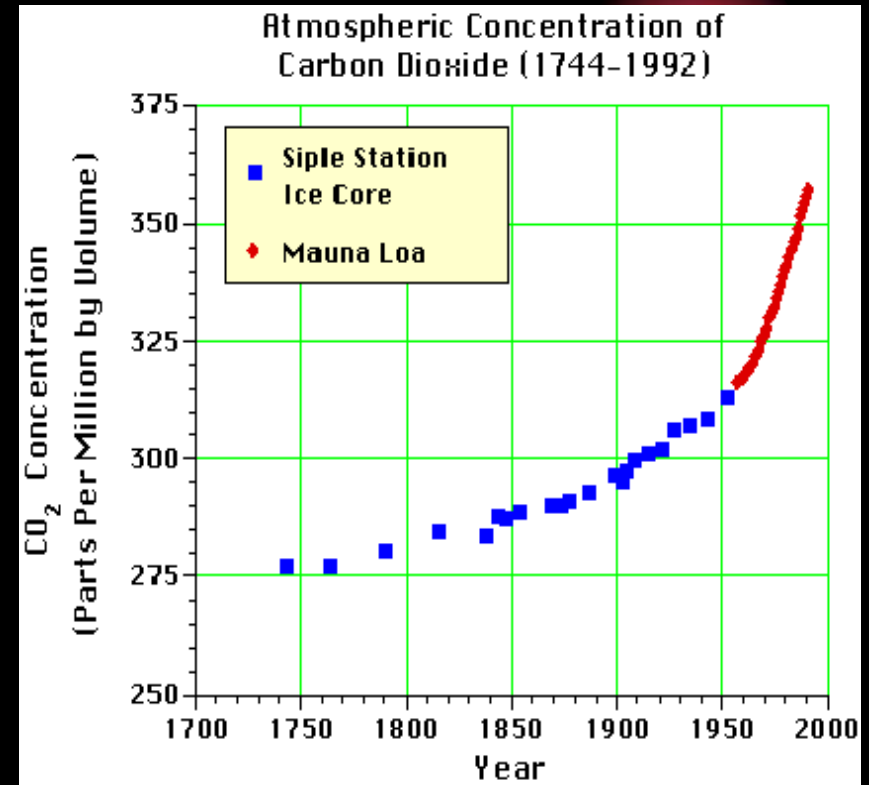
CO₂ AÇIĞA ÇIKMASI

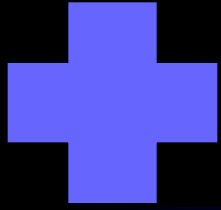
CO₂ KONSANTRASYONU

270 ppm (1700)

350 ppm (2000)

TAHMİN EDİLEN 500 ppm
(2050)





TAZE BETONUN İŞLENEBİLİRLİĞİNDE ARTIŞ

SU KUSMADA(TERLEME) AZALMA

SEGREGASYONDA AZALMA (KOHEZYONDA ARTIŞ)

ÇİMENTO MİKTARINDAN TASARRUF

(ENERJİ TASARRUFU, CO₂ MİKTARININ AZALMASI İLE ÇEVRESEL FAYDA)

ATIK MADDE KULLANIMI HALİNDE ÇEVRESEL FAYDA

HİDRATASYON İSİSİNDA AZALMA

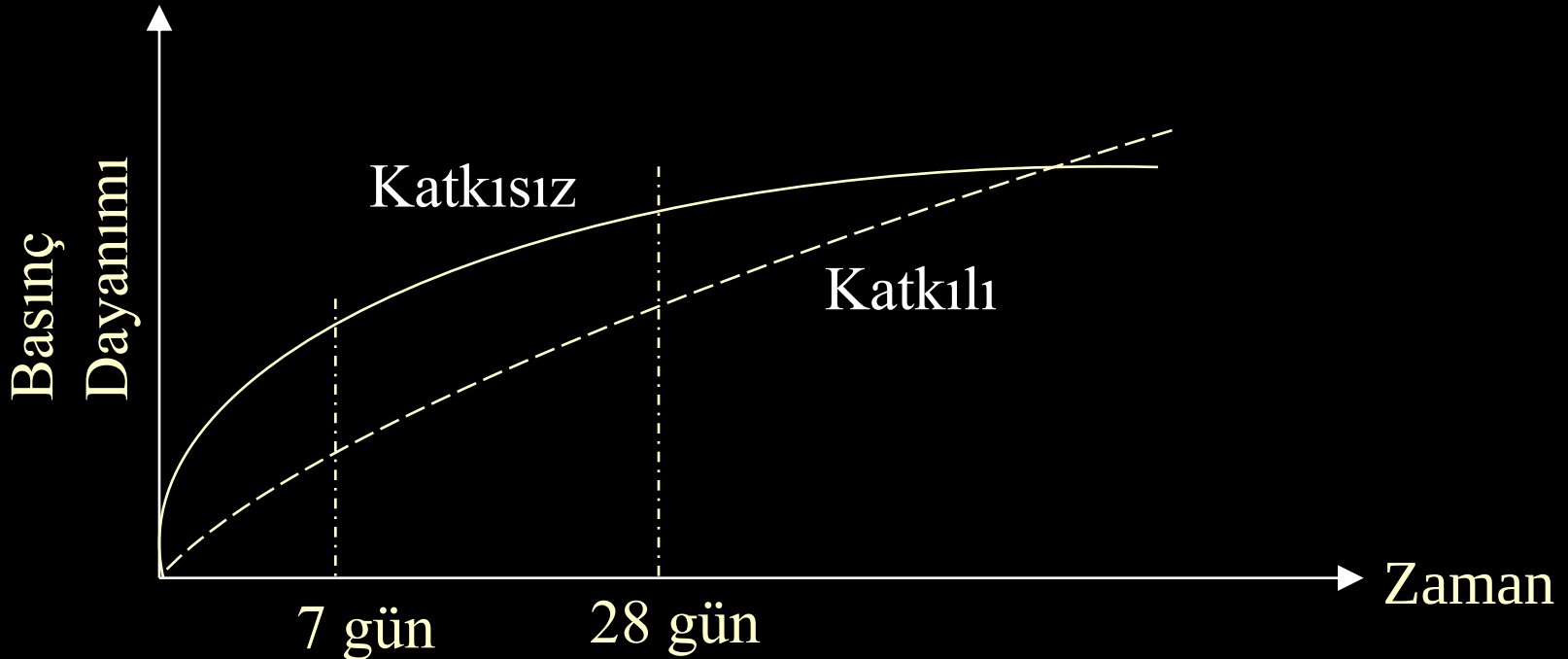
BETON DAYANIMININ YAVAŞ AMA UZUN SÜRELİ ARTMASI

SU ve KLORÜR GEÇİRİMLİLİĞİNDE AZALMA

KİMYASAL ETKİLERE DAYANIKLILIKTA ARTIŞ

BAĞLAYICI MATRİS-AGREGA BAĞININ KUVVETLENMESİ

KURUMA BÜZÜLMESİNDE ve TERMİK BÜZÜLMEDE AZALIŞ





PUZOLANLAR

DOĞAL

YAPAY

Volkanik kökenli doğal puzolanlar

- Volkanik camlar
- Volkanik tüfler ve tras

Isıl işlem görmüş killer ve diatomitler

- Killer ve şeyller
- Diatomitler

- Uçucu Kül
- Silis Dumanı
- Yüksek Fırın Curufu
- Pirinç Kabuğu Külü

PUZOLANLAR



VOLKANİK KÖKENLİ DOĞAL PUZOLANLAR

* **Alumina, silis içerirler.**

	Ren Trası %	Santorin %	Napoli %	Kayseri %	Kula Curufu %
SiO_2	54.2	63.2	55.7	68.08	45.88
Fe_2O_3	3.8	4.9	4.6	5.58	2.87
Al_2O_3	16.4	13.2	19.0	18.63	16.53
CaO	3.8	4.0	5.0	5.07	9.73
MgO	1.9	2.1	1.3	1.55	6.90
Diğer Maddeler	19.9	12.6	14.4	1.09	18.09

DOĞAL PUZOLANLAR



PUZOLANLAR



VOLKANİK MALZEME REZERVLERİNİ OLUŞTURAN VOLKANİZMA KUŞAĞI

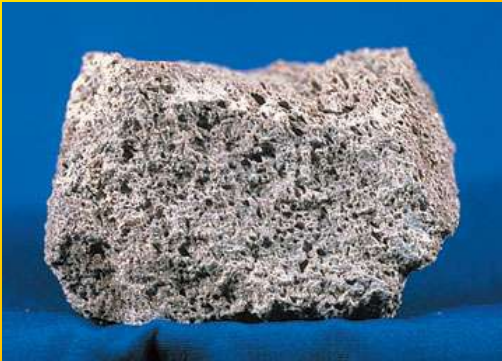


PUZOLANLAR



VOLKANİK KÖKENLİ DOĞAL PUZOLANLAR

- Erimiş magmanın püskürmesi ile oluşmuşlardır.
- * Erimiş magmanın patlama sırasında ani basınç düşüşü ile atmosferde hızla soğuması sonucunda, yüzeye yakın bölgelerde düzensiz yapısı ile **amorf veya camsı faz** oluşur.



Yüzeyde
amorf yapı



Derinlerde
büyük kristalli yapı

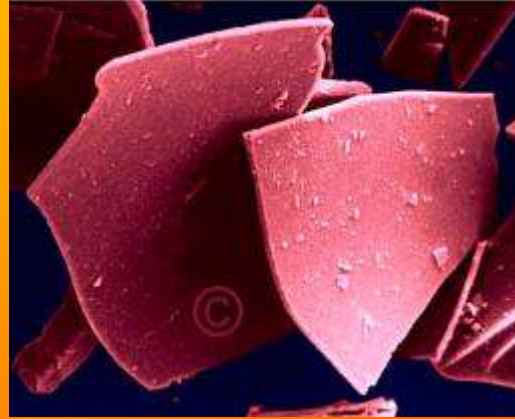


PUZOLANLAR



VOLKANİK KÖKENLİ DOĞAL PUZOLANLAR

- **Erimiş magmanın püskürmesi ile oluşmuşlardır.**
 - * Magmanın şiddetli püskürmesi sonucunda, yüksek puzolanik aktiviteye sahip camsı malzemeler oluşurken daha zayıf şiddetteki püskürmeler, camsı volkanik malzemelere kıyasla, kireçle daha az kimyasal reaksiyon yapan volkanik külleri meydana getirir.



- * **Volkanik camlar, volkanik tüfler, traslar ve volkanik küller olarak çeşitleri vardır.**

PUZOLANLAR



VOLKANİK KÖKENLİ DOĞAL PUZOLANLAR

VOLKANİK CAMLAR

- * Küçük miktarlarda reaktif olmayan kuvars, feldspat ve mika gibi mineral kristalleri, camsı faz içinde bulunabilir.
- * İnce öğütölmeleri halinde oldukça güçlü puzolanik özellikleri vardır.



PUZOLANLAR



ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ KİLLER VE DİATOMİTLER

KİLLER VE ŞEYLLER

- * Killer ve killi zeminler, plaka veya çubuk şekline sahip olan, boyutları 0.002 mm' den daha küçük parçalardan oluşurlar. Küçük parçalar, orjinal kayaların daha az stabil olan bileşenlerinin kırılmasından meydana gelen ve çoğunlukla alumina silikat içeren kil minerallerinden oluşurlar.



PUZOLANLAR



ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ KİLLER VE DİATOMİTLER

KİLLER VE ŞEYLLER

- * Şeyller, killeri ile benzer bileşenlere sahiptir ancak su içerikleri killere göre daha azdır.



PUZOLANLAR



ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ KİLLER VE DİATOMİTLER

KİLLER VE ŞEYLLER

- * Kil mineralleri kristal yapılı olup, killerin ve şeyllerin hammadde formları puzolanik özellik göstermez. Ancak 700° ile 900°C arasında ısıtılma ile kalsine olurlar ve puzolanik özellik kazanırlar.
- * Isıl işlem killerin ve şeyllerin kristal yapılarını bozar ve yarı amorf şekle veya bozulmuş alumina silikat yapısına dönüştürür.

PUZOLANLAR



ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ KİLLER VE DİATOMİTLER

KİLLER VE ŞEYLLER

- * Pişmiş kiler, geleneksel olarak atık tuğla ve fayansların öğütölerek ince bir toz haline getirilmesi ile de üretilmektedir. bu yöntemle elde edilen malzemeler oldukça değışken puzolanik aktivite gösterir.
- * Kiler için en yaygın olarak kullanılan ısıı işlem yöntemi döner fırınlarda yapılmaktadır. Isıl işlem süresi ise 1 ile 2 saat arasındadır. Ayrıca, düşey milli fırınlarda bu amaçla kullanılmaktadır.

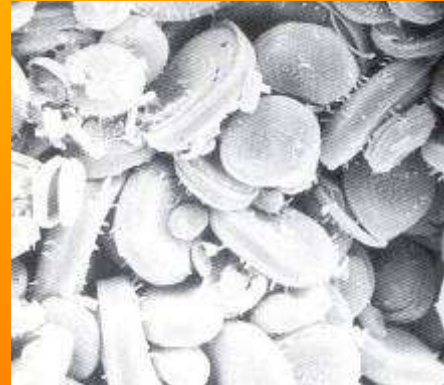
PUZOLANLAR



ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ KİLLER VE DİATOMİTLER

DİATOMİTLER

- * Diatomitler, hücre duvarları silikadan oluşmuş, opal ve hidrate silika içeren, mikroskopik su bitkisi olan diatomların kalıntılarıdır. Bazı topraklarda bulunan bu organik kalıntılar %94 oranında silis içerirler. Diatomitlerin sahip olduğu puzolanik aktivite, içerdiği amorf silis miktarına bağlıdır.



PUZOLANLAR



ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ KİLLER VE DİATOMİTLER

DİATOMİTLER

- * Yüksek miktarda kil minerali içeren diatomitlerde, killer puzolanik aktiviteyi azaltır. Bu yüzden bazı çeşitleri, 760°C ile 1000°C arasında ısıtılarak puzolanik aktiviteleri artırılır.
- * Büyük miktarlarda diatomit yataklarına A.B.D. California'da, Cezayir'de, Almanya, Danimarka ve Kanada'da rastlanır.





■ YAPAY PUZOLANLAR

UÇUCU KÜL (UK)

TERMİK SANTRAL ATIĞI, KÖMÜR YANMA ÜRÜNLERİNİN EN İNCESİ, ELEKTRO-FİLTRELERDE TUTULUR

PUZOLANİK ÖZELLİĞİ NEDENİYLE ÇİMENTO ve BETONDA MİNERAL KATKI OLARAK KULLANIMI OLDUKÇA YAYGINDIR.

DÜNYADA AÇIĞA ÇIKAN UK ~450 MİLYON TON/YIL

~ % 6'sı ÇİMENTO ve BETON ÜRETİMİNDE KULLANILMAKTA

ÜLKEMİZDE AÇIĞA ÇIKAN UK ~15 MİLYON TON/YIL

UÇUCU KÜL (UK)

UK TANE BOYUTU 1-150 μm , KÜRESEL ŞEKLİ

TAŞ
KÖMÜRÜ $\Rightarrow S + A + F \geq \%70 \Rightarrow$ F SINIFI UK, SİLİSSİ UK
($\text{CaO} < \%10$)

LİNYİT
KÖMÜRÜ $\Rightarrow S + A + F \geq \%50 \Rightarrow$ C SINIFI UK, KALKERSİ UK
($\text{CaO} > \%10$)

ÜLKEMİZDE AÇIĞA ÇIKAN UÇUCU KÜLLERİN ÇOK
BÜYÜK BÖLÜMÜ C SINIFIDIR

C SINIFI UÇUCU KÜLLERİN YÜKSEK ORANDA
KULLANIMI BETONUN HACİM SABİTLİĞİNİ BOZABİLİR !!

UÇUCU KÜL (UK)

BİLEŞEN	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O
C (%)	11,5 - 29,0	23,1 - 50,5	13,3 - 21,3	3,7 - 22,5	1,5 - 7,5	0,4 - 1,9
F (%)	0,7 - 6,7	43,6 - 64,4	19,6 - 30,1	3,8 - 23,9	0,9 - 1,7	0 - 2,8

ASTM C 618

45 µm ÜZERİ ≤ % 34

SO₃ ≤ 5.0

PUZOLANİK AKTİVİTE İNDEKSİ 28 G  ≥ % 75

SICAK HAVALARDA BETON DÖKÜMÜNDE

BETONUN DAYANIKLILIĞINI SAĞLAMADA (SÜLFAT,
DENİZ SUYU, ASR vb.)

KÜTLE BETONLARINDA (BARAJ vb.)

SİLİKA TOZU (SİLİS DUMANI)

SİLİKONLU METAL ALAŞIMLARININ ÜRETİM ATIĞI
% 85 - 98 ÇOK İNCE ($0.1 - 0,2 \mu\text{m}$) AMORF SiO_2 İÇERDİĞİ
İÇİN MÜKEMMEL PUZOLANİK ÖZELLİK GÖSTERİR
ÇİMENTODAN YAKLAŞIK 100 KAT DAHA İNCEDİR

DİĞER PUZOLANLARDAN FARKLI OLARAK :

ERKEN DAYANIMI DA ARTTIRMAKTA
ÇOK İNCE OLDUĞU İÇİN SU İHTİYACINI ARTTIRMAKTA
HİDRATASYON ISISINI ARTTIRMAKTA

$45 \mu\text{m}$ ÜZERİ $\leq \% 10$

PUZOLANİK AKTİVİTE İNDEKSİ 28 G  $\geq \% 110$

SU İHTİYACINDAKİ ARTIŞ  $\leq \% 34$

YÜKSEK FIRIN CURUFU (YFC)

DEMİR-ÇELİK ÜRETİMİ ARTIĞIDIR.

CURUF SU İLE HIZLI SOĞUTULURSA AMORF YAPI KAZANIR, ÖĞÜTÜLEREK KULLANILDIĞINDA PUZOLANİK REAKSİYON GÖSTERİR

CURUFLU ÇİMENTO ÜRETİMİNDE YAYGIN OLARAK KULLANILIR

Bileşen	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	S
%	34-41	34-36	13-19	0,3-0,5	3,5	1-2

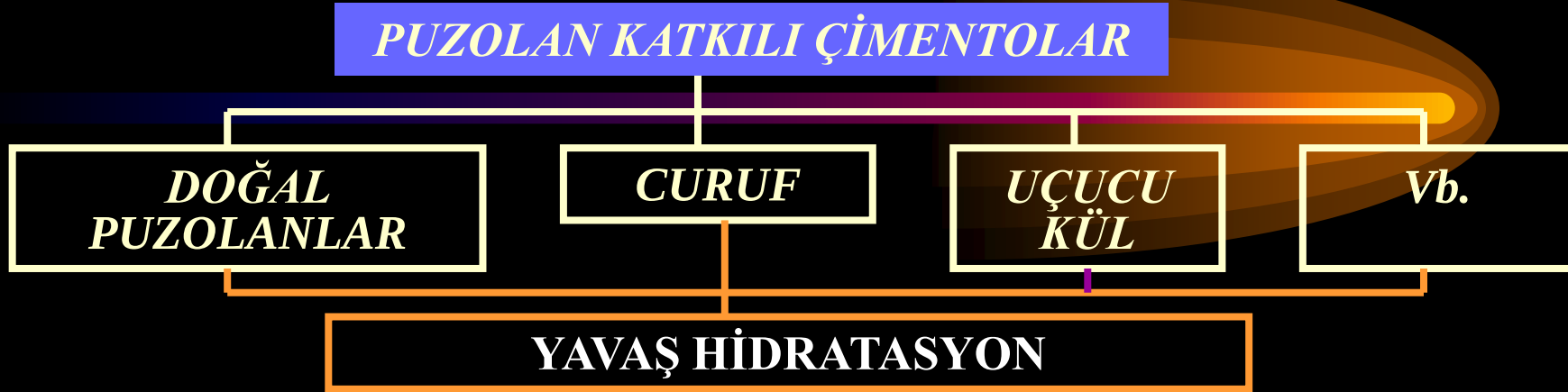
ASTM C 989

45 µm ÜZERİ ≤ % 20

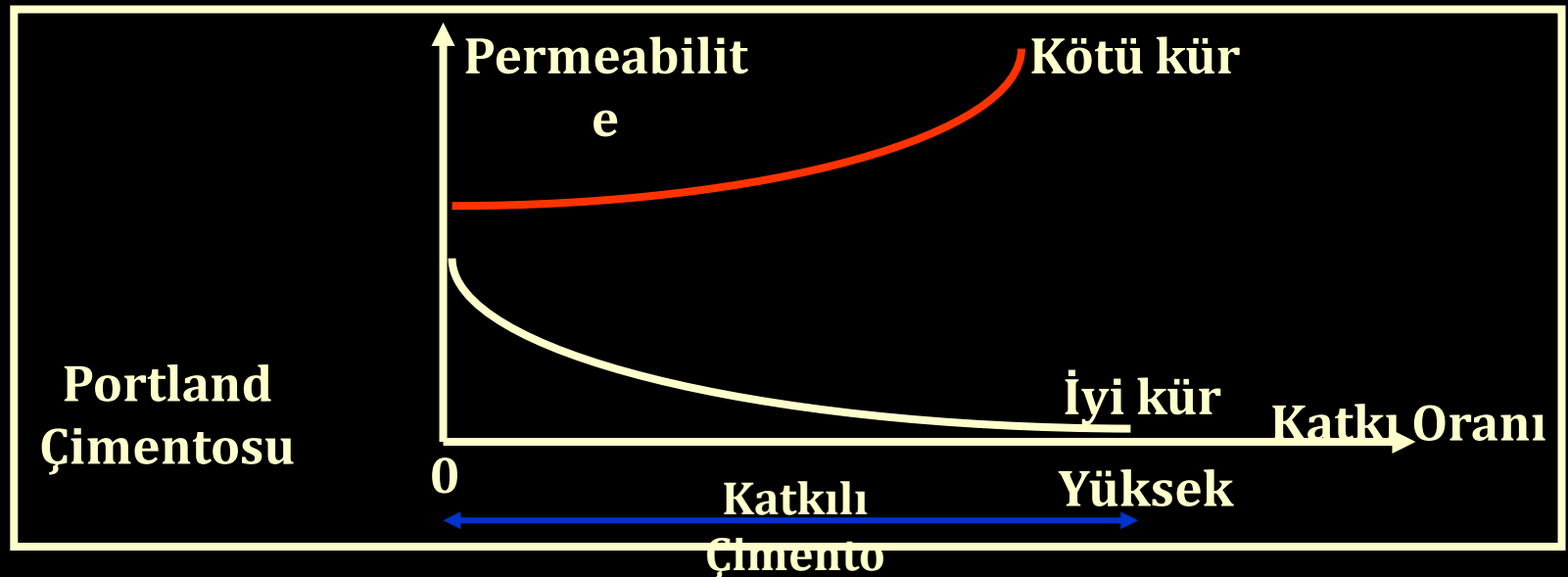
SO₃ ≤ 4.5

PUZOLANİK AKTİVİTE İNDEKSİ 28 G ➡ ≥ % 75-110

ERKEN DAYANIMLARDA DÜŞME, PRİZ SÜRESİNDE ARTIŞ KÜR HASSASİYETİNİN ARTMASI



Islak Kür İhtiyacı PÇ'ye kıyasla daha fazla



PUZOLAN KAYNAĞI DEĞİŞTİKÇE veya
AYNI KAYNAKTAN TEMİN EDİLEN
MADDENİN ÖZELLİKLERİNDE ZAMAN
İÇİNDE DEĞİŞMELER OLABİLİR

KULLANILACAK PUZOLANIN
KALİTE KONTROLU HER AŞAMADA
YAPILMALI (KİMYASAL ANALİZ,
PUZOLANİK AKTİVİTE, DENEME
KARIŞIMLARI vb.)

PUZOLANLAR



KİREÇ-PUZOLAN KARIŞIMLARININ KULLANIMI



1. Doğrudan kireç (Ca(OH)_2) ile karıştırılarak
2. Puzolan katkılı çimento üretiminde katkı olarak
3. Beton için mineral katkı olarak

* Daha önceleri öğütülerek ince bir toz haline getirilmiş doğal puzolanların, kireç ile doğrudan karışımı hidrolik bağlayıcı elde etmek için çok kullanılmaktaydı. Ancak günümüzde bu çok yaygın değildir. Bununla birlikte, kireç-doğal puzolan karışımları yol alt temeli işlerinde ve benzer uygulamalarda kullanılmaktadır.

PUZOLANLAR



PUZOLANİK AKTİVİTE

- * Bir puzolanın bağlayabileceği en fazla kireç (Ca(OH)_2) miktarı ve bağlanma işleminin hızı “puzolanik aktivite” olarak ifade edilir.
- * Puzolanik aktivite ölçüm yöntemleri genel olarak ikiye ayrılır.

1. Kimyasal yöntem:

- a) puzolanik reaksiyon sonucu alkaliler veya asitler içerisinde çözülebilen $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ toplamı ölçülür.
- b) puzolan doymuş kireç çözeltisine konulduğunda, belirli bir süre içinde ortamdaki kalsiyum iyonları azalması tespit edilir.

PUZOLANİK AKTİVİTE



2. Mekanik yöntem:

Kireç-puzolan karışımlarının, basınç dayanımlarının ölçülmesi esasına dayanır.

1 kısım çimento + 3 kısım kum + $\frac{1}{2}$ kısım su

Kontrol: %100 çimento

Ölçme: %35 puzolan + %65 çimento



PUZOLANİK AKTİVİTE



**Malzemelerin
tartılması**



**Kaba önce su
yerleştirilir**

PUZOLANİK AKTİVİTE



**suyun üzerine
çimento eklenir**



**Karıştırma devam
ederken kum eklenir**



kalıba yerleştirme



sarsma

PUZOLANİK AKTİVİTE



Etiketleme (3 örnek)



**Bir gün sonra
kalıptan çıkartılır**



**28 gün 20°C ve
min %95 bağıl nemli
ortamda bekletilir.**

PUZOLANİK AKTİVİTE



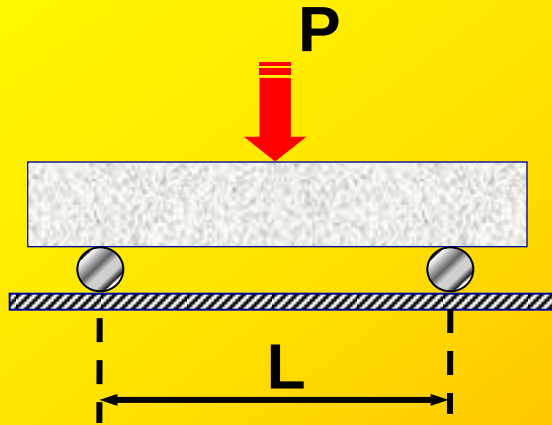
28 gün sonunda 3 nokta eğilme deneyi uygulanır

PUZOLANİK AKTİVİTE



Kırılan parçalar üzerinde basınç deneyi yapılır

PUZOLANİK AKTİVİTE



$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{\frac{P \times L}{4}}{\frac{b \times h^2}{6}}$$



$$\sigma = \frac{P}{A}$$



Dokuz Eylül Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü

İNŞ2024 YAPI MALZEMESİ II

BAĞLAYICI MADDELER

Dr. Öğr. Üyesi Çağlar YALÇINKAYA
www.caglaryalcinkaya.com