

ÇİMENTO ve BETON DÜNYASI

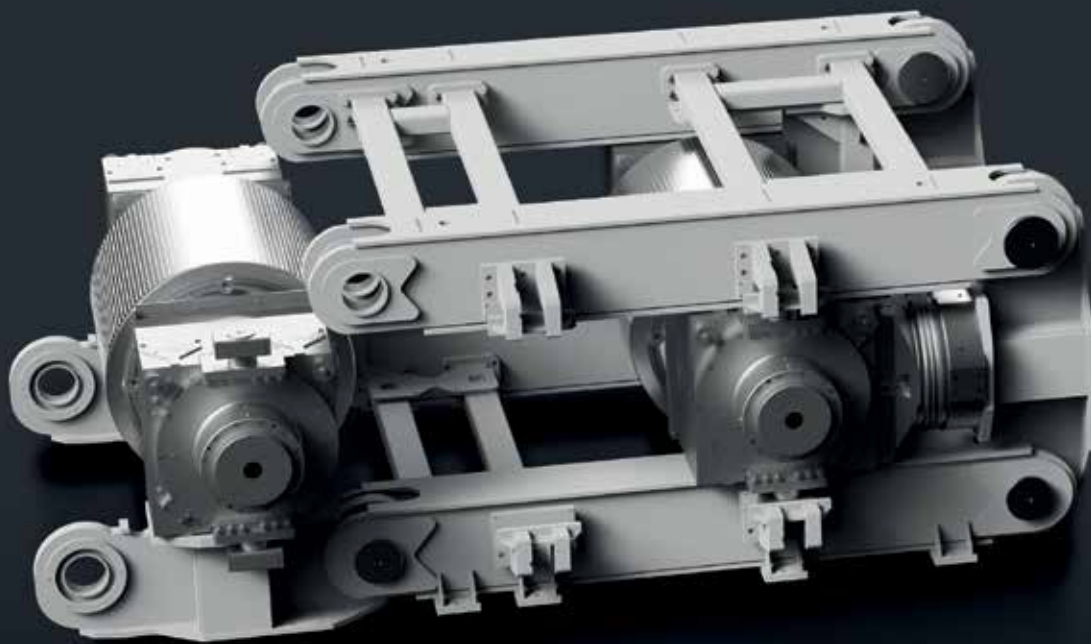
Cement And Concrete World

Yıl / Vol: 31 Sayı / No: 181 TÜRKÇİMENTO Yayın Organı / Journal of TÜRKÇİMENTO Mayıs Haziran / May June 2026 Ücretsizdir / Free ISSN 1301-0859



Betonart Mimarlık Yaz Okulu'nun 22'ncisi Elazığ'da Gerçekleşti.
The 22nd BETONART Architecture Summer School was held in Elazığ.





Simplicity meets performance: the new RPE roller press

The RPE marks the next step in roller press innovation, with enhancements that boost reliability, simplify maintenance, and improve efficiency.

When downtime costs thousands per hour, **frame design matters.**

KHD's new frame design relies on radial spherical plain bearings. These eliminate the rubber thrust pads of earlier designs, and dramatically reduce complexity and maintenance effort.

The frame supports both horizontal and vertical roller exchange. It's also more compact, delivering faster installation, easier integration, and simpler upkeep – while remaining compatible with existing spare parts.

The new RPE from KHD. Economical. Enhanced. Efficient.

Learn more at khd.com/roller-press

From 192 pre-stressed bolts to just 8 spherical bearings. Frame maintenance effort reduced by

95%

Watch the RPE product video on YouTube:



SLINGSAN®

İLE TAŞIMAK DA
KOLAY
İSTİFLEMEK DE!

İHTİYACINIZ OLAN
HER ALANDA
YANINIZDAYIZ!



HEMEN
ÜRÜNLERİMİZİ
İNCELEYİN!

📍 Süleymanpaşa, Tekirdağ 📞 0282 293 1005



✉ info@slingsan.com 🌐 www.slingsan.com

f @ in



We pioneer motion

Ayrılabilen rulmanlı SES yatakları Ulaşılması zor veya proses açısından kritik uygulamalar için

Schaeffler iki parçalı SES yatak serisiyle birlikte kullanılmak üzere standart bir ayrılabilen oynak makaralı rulman serisi de sunuyor. Bu, hem rulmanların hem de yatakların hızlı bir şekilde değiştirilmesi için eksiksiz çözüm sağlar. Ulaşılması zor uygulamalarda veya sürekli bir shaft üzerindeki kurulumlarda özellikle faydalıdır. Çünkü redüktör veya motorlar gibi shaft üzerine monte edilen ekipmanları ayırmak için daha uzun süre gerekir. Bu çözüm, zamandan ve paradan tasarruf sağlar. Toplam Sahip Olma Maliyetinde (TCO) önemli bir azalmaya yol açar. Bundan faydalanın!

www.schaeffler.com.tr



SCHAEFFLER



CycloJet VC Serisi

Yerden Süpürme Sistemleri



**Yüksek Verimli Toz ve
Parçacık Toplama**



**Kesintisiz Malzeme
Transferi**



**Düşük Bakım ve
Operasyonel Maliyetler**



**Modüler ve Esnek
Sistem Tasarımı**



**Entegre Gelişmiş
Cyclone Seperatör**



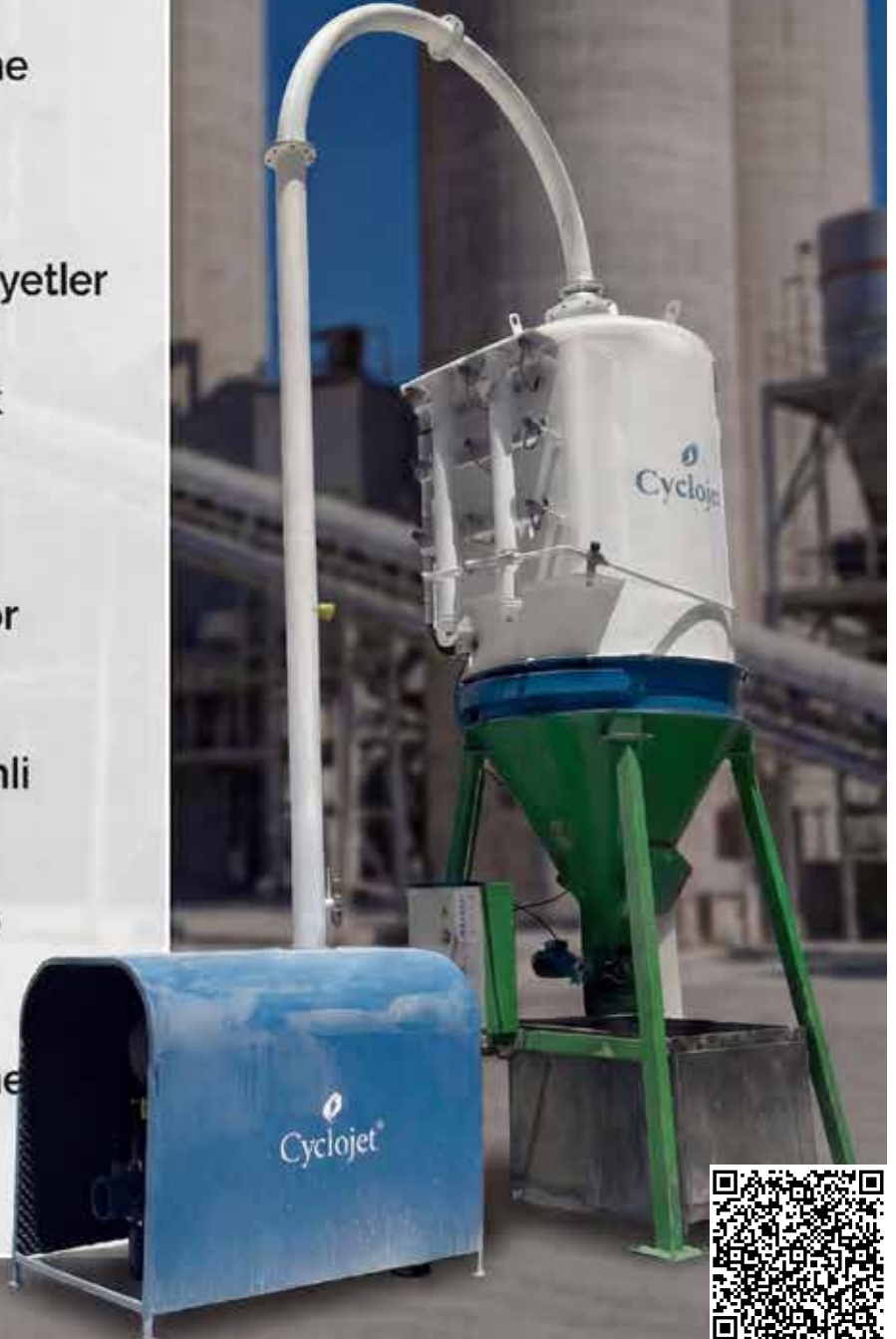
**Tozlu Endüstriyel
Alanlar İçin Güvenli
Çözüm**

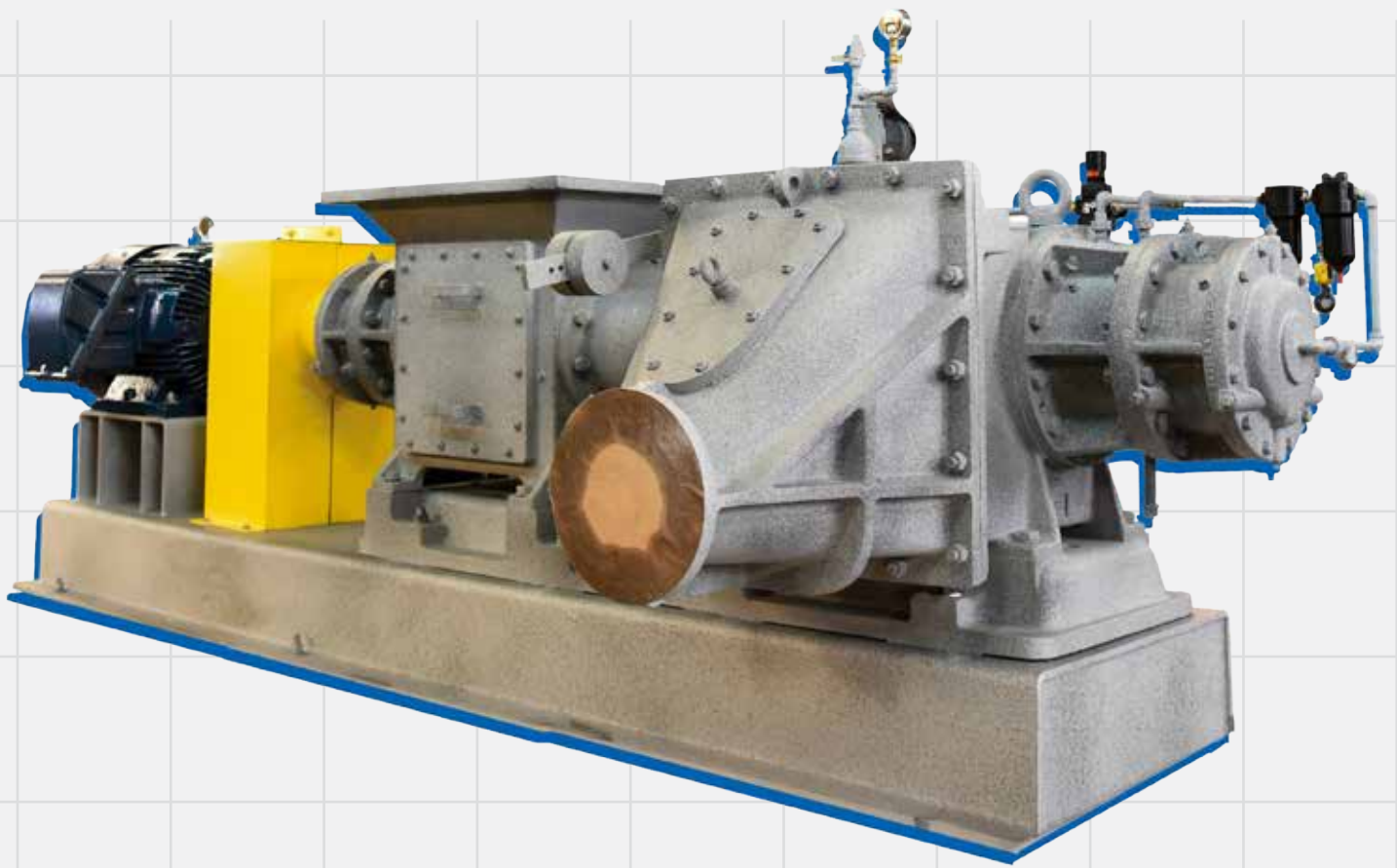


**Kolay Kullanım ve
Temizlik**



**Otomatik Malzeme
Boşaltma
Seçenekleri**





THE HEART OF PNEUMATIC CONVEYING

FULLER-KINYON® (FK) SCREW PUMP

Continuous, efficient material transfer -
proven for over a century.

The Fuller-Kinyon® FK N Pump is engineered for reliable, continuous transport of dry, free-flowing materials – from grinding mills and silos to loading and unloading applications.

Designed for 24/7 operation, the FK N Pump delivers higher efficiency, improved throughput and lower maintenance, even in demanding plant environments.

From long conveying distances to high capacities, it's the solution trusted worldwide when uptime matters most.

Key Benefits

- ✓ Continuous duty operation
- ✓ High efficiency at higher line pressures
- ✓ Long-distance conveying capability
- ✓ Low maintenance – only one moving part
- ✓ Robust design for harsh environments

*Move material
smarter.* →



FULLER®

fuller-technologies.com

LAYHER ALLROUND® İSKELE



Şimşek İskele 

AGS Sistemi 

Allround İskele 

Sistemden Bağımsız Aksesuarlar 

Çatı & Koruyucu Sistemler 

TG-60 Taşıyıcı İskeleler 

Sahne Sistemleri 

Hareketli İskeleler 

Merdivenler 

Yazılım 

LAYHER İSKELE SİSTEMLERİ

Kocaeli Merkez Ofis / Dağıtım Merkezi
İstanbul Mermerciler Küçük Sanayi Sitesi Köşeler Mah.
5. Cad. No:18 Dilovası 41455 Kocaeli – Türkiye
Tel: +90 (262) 655 06 06

İzmir Ofis / Dağıtım Merkezi
AOSB Mah. 10035 Sok. No:2/1
Pk:35620 Çiğli / İzmir – Türkiye
Tel: +90 (232) 325 00 66 (pbx)

Ankara Ofis / Dağıtım Merkezi
Saray Mah. Saray Cad. No:6/2
Kahramankazan / Ankara – Türkiye
Tel: +90 (262) 655 06 06

info@layher.com.tr
www.layher.com.tr

Sosyal medyada bizi takip edin!

     @Layher Türkiye

Layher 

Daha Fazla Olanak. İskele Sistemi.



SCM ile **Daha Yeşil,** **ONBIRON** Endüstriyel Kimyasallar ile **Daha Güçlü**

Daha düşük karbon ayak izi, daha yüksek performans. ONBIRON Endüstriyel'in yenilikçi kimyasal katkıları, SCM kullanımının getirdiği öğütme ve dayanım zorluklarını dengeler; sürdürülebilir ve verimli çimento üretimini destekler.

Klinkeri azaltın, performanstan ödün vermeyin.

DÖKME
REMFORCE



PÜSKÜRTME
REMLLOWGUN

AYNI PAKETTE
GÜÇLERİ
BİRLEŞTİRDİK



YENİ
ÜRÜN

İSTENDİĞİNDE DÖKME
İSTENDİĞİNDE PÜSKÜRTME
UYGULANABİLEN ÇOK AMAÇLI BETON

REMFORCE betonlarımız ÇOK DÜŞÜK ÇİMENTO (ULTRA LOW CEMENT CASTABLE) katkısı ile birlikte içeriğinde bulunan mikrosilika bağlı sistem sayesinde KENDİNDEN AKIŞKAN BETONLARA yakın; iyi akıcılık, daha iyi işlenebilirlik, kimyasal erozyona dayanım, aşınma, çok yüksek mukavemet ve hızlı priz alma özellikleri gösterir. Geleneksel ULC betonların en gelişmiş dökme sınıfıdır. DÖKME olarak kullandığınızda REMFORCE UNIMIX de aynı özellikleri taşır. REMLOWGUN betonlarımız ise kimyasal bağlayıcıları sayesinde ÇOK DÜŞÜK ÇİMENTOLU PÜSKÜRTME (ULTRA LOW CEMENT GUNNING) betonlarından farksız bir yapıya sahiptir ve kil katkısı hiç yoktur. REMFORCE UNIMIX betonlarımız PÜSKÜRTME olarak kullanıldığında aynı özellikleri taşır. Çok düşük ZAYİYAT (REBOUND LOSS), kimyasal erozyona dayanım, aşınma, çok yüksek mukavemet ve hızlı priz alma özellikleri gösterir. Önünde kalıp olmadığından betonlar priz almadan tıraşlama, işleme işlemi yapılarak kolay su atma imkanı kazandırır. Kolay ıslatma sayesinde, priz alma esnasında daha az ekzotermik reaksiyon gösterir.

REMFORCE UNIMIX AYNI PAKETTE HEM REMFORCE HEM REMLOWGUN BETONUDUR.

REMFORCE UNIMIX

U.L.C. SELF FLOW CASTABLE & U.L.C. GUNNING MIX BETON

REMFORCE UNIMIX İLE KAZANÇLARIMIZ

- Tek tip betonda hem döküm hem püskürtme olanağı
- Karar verme kolaylığı
- Zamandan tasarruf sağlanması
- Stok maliyetlerinin düşürülmesi
- Ürün çeşitlerinin azaltılması
- Döküm ve püskürtmede aynı performans

adres: Sancaktepe Mahallesi Gürpınar Caddesi No:11
34580 Çantaköy Silivri İstanbul TÜRKİYE

telefon: 0 (212) 289 06 95 (pbx) e-posta: remsan@remsan.com

web: www.remsan.com

REMSAN, bir ÖZKÖSEÖĞLU Grubu üyesidir

ANION SlickBAR

MADE IN USA

bırakın yağlasın

4 adet Anion'u ring ve manto arasına -çevre boyunca, basitçe yerleştirin. 45°C sıcaklıkta erimeye başlayan ve 500°C sıcaklığa kadar alev almayan yağlayıcı bloklar, içerdiği grafit, mineral ve metal yağlar sayesinde ring altı ve şimler üzerinde yağ filmi oluşturarak; ring altı ve şimleri aşınmaya karşı korur ve rölatif hareketi düzenler.

Sadece 1 dakikada uygulanabilen ve bir turda erimeye başlayan Anion, tüm yüzeye eşit bir şekilde yayılarak gerçek bir ring altı yağlama deneyimi sunmaktadır.



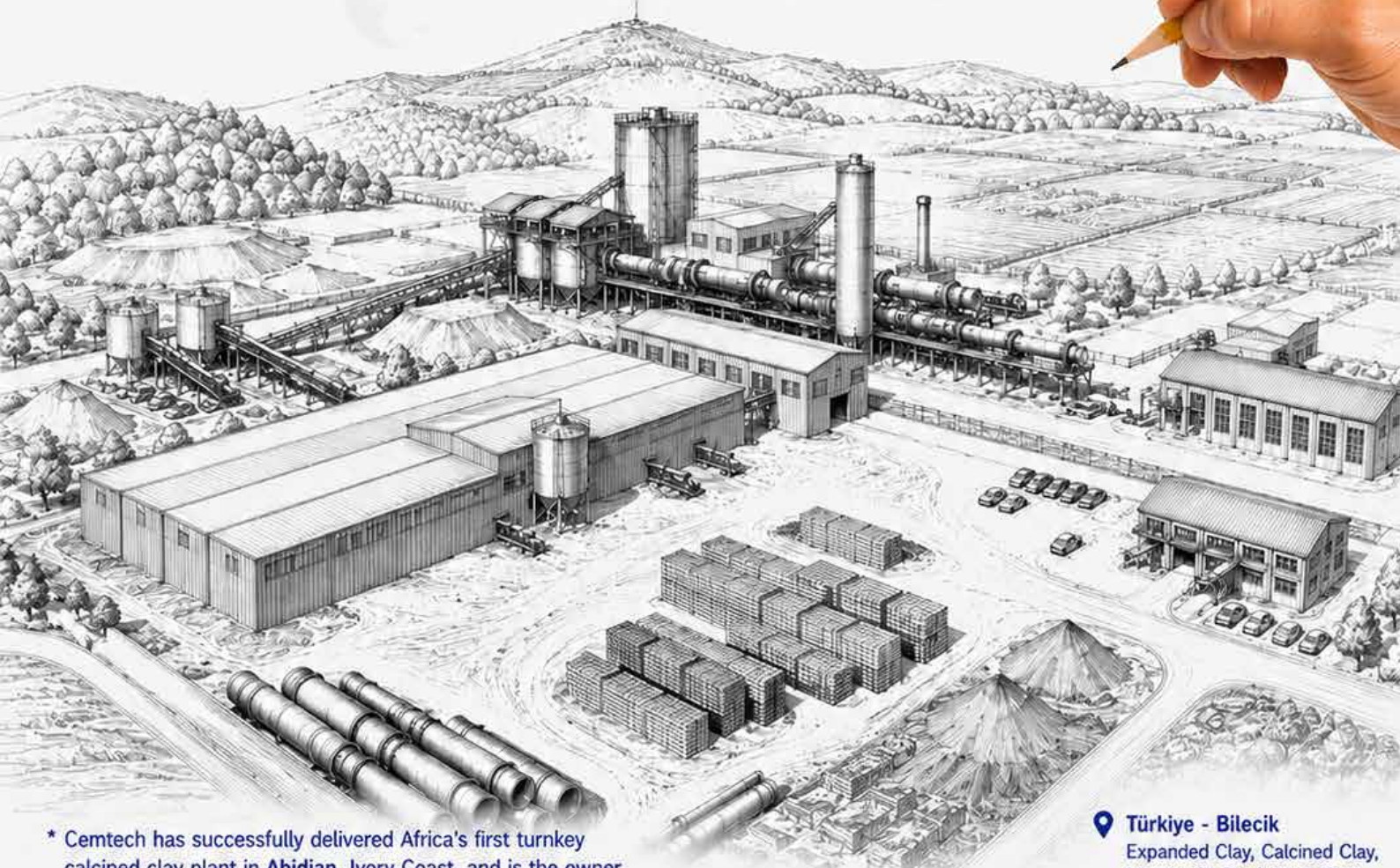
ÖZEK MAKİNA
DÖNER FIRIN SERVİSLERİ
www.ozekmakina.com



CEMTECH®
Global Mühendislik A.Ş.

**FIRST IN TURKIYE,
FIRST IN AFRICA*.**

**CEMTECH CONTINUES TO SET
THE GLOBAL STANDARD
FOR CALCINED CLAY.**



* Cemtech has successfully delivered Africa's first turnkey calcined clay plant in Abidjan, Ivory Coast, and is the owner and operator of Türkiye's first calcined clay plant in Söğüt, Bilecik.

Türkiye - Bilecik
Expanded Clay, Calcined Clay,
Metakaolin Production Plant

C-ADD MAPEI
CEMENT ADDITIVES DIVISION

ÖĞÜTMEDE DAHA AZ KLİNKER

MAPE C-C | DAHA YÜKSEK PERFORMANS, DAHA DÜŞÜK ETKİ.

85 yıldır yapı kimyasalları sektöründe devrim yaratan İtalyan şirketi Mapei'den büyük yenilik. **MAPE C-C** serisinden Çimento Öğütme Katkıları, geleneksel çimentoya göre daha düşük klinker içeriğine, daha düşük CO₂ emisyonuna ve daha iyi reolojik özelliklere sahip çimento üretmenizi sağlar. **MAPE C-C** ürünleri, "çimentodan betona" geçişte beton performansını ve sürdürülebilirliği iyileştirir.



Detaylı bilgi için
cadd.mapei.com



editörden from the editor

Prof.Dr. Mustafa Şahmaran



Değerli Okurlar,

Çimento ve beton sektörü, bugün yalnızca üretim teknolojilerinin değil; sürdürülebilirlik, dijitalleşme, enerji dönüşümü, insan kaynağı ve yenilikçi malzeme çözümlerinin birlikte ele alındığı kapsamlı bir dönüşüm sürecinden geçiyor. Çimento ve Beton Dünyası'nın 181. sayısında da bu dönüşümün farklı boyutlarını ortaya koyan gelişmeleri sizlerle paylaşmayı amaçladık.

Bu sayımızın kapağında yer alan ve 2002 yılından bu yana geleneksel olarak düzenlenen Betonart Mimarlık Yaz Okulu'nun 22'ncisi, bu yıl Fırat Üniversitesi Mimarlık Fakültesi ev sahipliğinde Elazığ'da gerçekleştirildi. "Standart Sapma" temasıyla düzenlenen programda 16 mimarlık öğrencisi, beton malzemesini teorik bilginin yanı sıra atölye çalışmaları, saha uygulamaları ve sergi aracılığıyla deneyimleme fırsatı buldu. Yapay zekâ destekli tasarım araçlarının üretim süreçlerini çeşitlendirdiği günümüzde, mimarın rolünün yeniden tartışılması ve insan, yer, iklim, malzeme ve ihtiyaç arasındaki ilişkinin ele alınması, geleceğin yapı çevresine ilişkin önemli mesajlar taşımaktadır.

Sektörümüzün küresel dönüşüm gündemindeki konumunu ise bu sayımızda Çin'de gerçekleştirilen Cementtech etkinliği üzerinden ele alıyoruz. TÜRKÇİMENTO Başkanı Adil Sani Konukoğlu'nun değerlendirmelerinde öne çıkan yeşil dönüşüm, dijital dönüşüm ve insan odaklı dönüşümden oluşan "üçüz dönüşüm" yaklaşımı, sektörün geleceğine ilişkin önemli bir çerçeve sunmaktadır. Alternatif yakıtlar, enerji verimliliği, atık isı geri kazanımı, düşük karbonlu üretim teknolojileri ve yapay zekâ gibi başlıklar, çimento sektörünün rekabet gücü ile sürdürülebilirlik hedeflerinin artık birbirinden ayrı düşünülemeyeceğini açıkça göstermektedir.

Enerji dönüşümünün önemli başlıklarından biri olan yeşil hidrojen konusu da bu sayımızda kapsamlı biçimde ele alınıyor. TÜRKÇİMENTO tarafından düzenlenen webinar serisinin üçüncü ve son oturumunda, yeşil hidrojen yatırımlarının ekonomik uygulanabilirliği, maliyet bileşenleri ve çimento sektöründeki kullanım senaryoları değerlendirildi. Hidrojenin gelecekteki potansiyelinin yalnızca teknolojik açıdan değil, aynı zamanda maliyet, finansman, enerji fiyatları, kapasite ve altyapı boyutlarıyla birlikte değerlendirilmesi gerektiği bir kez daha ortaya konmuştur.

Sürdürülebilir dönüşümün temelinde güçlü bir insan kaynağı ve sürekli eğitim bulunuyor. Bu doğrultuda TÜRKÇİMENTO AKADEMI tarafından gerçekleştirilen İleri Seviye Hidrolik/Elektrohidrolik Eğitimi ile Numune Alma ve Numune Hazırlama Eğitimi, sektör çalışanlarının teknik yetkinliklerinin geliştirilmesine yönelik önemli örnekler sunuyor. Özellikle teorik bilginin uygulamalı çalışmalarla desteklenmesi, teknolojik dönüşümün insan kaynağı boyutunun ne kadar önemli olduğunu bir kez daha ortaya koymaktadır.

Bu sayımızın Araştırma ve Geliştirme bölümünde yer alan "Düşük Klinkerli Bağlayıcılarda LC³ Teknolojisinin Malzeme Tasarımı, Performansı ve Uygulamaları" başlıklı derleme makalesi ise düşük karbonlu çimento teknolojileri açısından önemli bir perspektif sunuyor. Klinker tüketimini ve karbon salımlarını azaltma potansiyeli taşıyan LC³ teknolojisi; hammadde seçimi, mineralojik ve fiziksel karakterizasyon, reaktivite, öğütme, sülfat dengesi, dayanıklılık ve farklı yapı malzemelerindeki uygulamalarla birlikte bütüncül bir yaklaşımla değerlendiriliyor. Özellikle alternatif kil kaynakları ile atık kil kaynaklarının değerlendirilmesine yönelik potansiyel, döngüsel ekonomi ve düşük karbonlu üretim hedeflerinin keşiştiği önemli araştırma alanlarından birini oluşturmaktadır.

Tüm bu gelişmeler, sektörümüzün geleceğinin yalnızca daha düşük karbonlu üretimle değil; daha akıllı teknolojiler, daha etkin kaynak kullanımı, yenilikçi malzemeler, nitelikli insan kaynağı ve güçlü iş birlikleriyle şekilleneceğini göstermektedir.

Çimento ve Beton Dünyası olarak biz de bilimsel bilgi ile sektör deneyimini buluşturan, dönüşümün farklı boyutlarını görünür kılan ve geleceğin yapı sektörüne ilişkin yeni fikirlerin paylaşılmasına olanak sağlayan yayın anlayışımızı sürdürmeye devam edeceğiz.

Saygılarımla,

Prof.Dr. Mustafa Şahmaran

Dear Readers,

Today, the cement and concrete sector is undergoing a comprehensive transformation in which not only production technologies, but also sustainability, digitalization, energy transition, human resources, and innovative material solutions are being addressed together. In Issue 181 of Çimento ve Beton Dünyası, we aim to share with you developments that highlight the different dimensions of this transformation.

Featured on the cover of this issue is the 22nd edition of the Betonart Architecture Summer School, which has been traditionally organized since 2002 and was held this year in Elazığ, hosted by the Faculty of Architecture at Fırat University. Organized around the theme "Standard Deviation," the program brought together 16 architecture students, who had the opportunity to experience concrete not only through theoretical knowledge but also through workshops, field applications, and an exhibition. At a time when artificial intelligence-supported design tools are diversifying production processes, the renewed discussion of the architect's role and the exploration of the relationship between people, place, climate, materials, and needs offer important insights into the built environment of the future.

In this issue, we also examine the position of our sector within the global transformation agenda through the Cementtech event held in China. The "triple transformation" approach—comprising green transformation, digital transformation, and people-oriented transformation—highlighted in the assessments of TÜRKÇİMENTO Chairman Adil Sani Konukoğlu, provides an important framework for understanding the future of the sector. Topics such as alternative fuels, energy efficiency, waste heat recovery, low-carbon production technologies, and artificial intelligence clearly demonstrate that the competitiveness of the cement industry and its sustainability objectives can no longer be considered separately.

Green hydrogen, one of the key areas of the energy transition, is also examined comprehensively in this issue. During the third and final session of the webinar series organized by TÜRKÇİMENTO, the economic feasibility of green hydrogen investments, cost components, and potential use cases in the cement sector were evaluated. The discussions once again demonstrated that the future potential of hydrogen should be assessed not only from a technological perspective, but also in terms of costs, financing, energy prices, capacity, and infrastructure.

A strong human resource base and continuous training are at the heart of sustainable transformation. In this context, the Advanced Hydraulics/Electrohydraulics Training and Sampling and Sample Preparation Training organized by TÜRKÇİMENTO AKADEMI provide important examples of efforts to enhance the technical competencies of sector professionals. In particular, supporting theoretical knowledge with practical applications once again demonstrates the critical importance of the human resources dimension of technological transformation.

The review article featured in the Research and Development section of this issue, titled "Material Design, Performance, and Applications of LC3 Technology in Low-Clinker Binders," offers an important perspective on low-carbon cement technologies. LC3 technology, which has the potential to reduce clinker consumption and carbon emissions, is evaluated through a holistic approach covering raw material selection, mineralogical and physical characterization, reactivity, grinding, sulfate balance, durability, and applications in various construction materials. In particular, the potential for utilizing alternative clay sources and waste clay resources represents an important area of research at the intersection of circular economy principles and low-carbon production objectives.

All these developments demonstrate that the future of our sector will be shaped not only by lower-carbon production, but also by smarter technologies, more efficient resource utilization, innovative materials, qualified human resources, and strong collaboration.

As Çimento ve Beton Dünyası, we will continue to uphold our editorial approach of bringing scientific knowledge together with industry experience, highlighting the different dimensions of transformation, and providing a platform for sharing new ideas about the construction sector of the future.

Sincerely

Prof.Dr. Mustafa Şahmaran

İÇİNDEKİLER/CONTENTS

HABERLER NEWS

15

Betonart Mimarlık Yaz Okulu'nun 22'ncisi
Elazığ'da Gerçekleşti

*The 22nd Betonart Architecture Summer School Takes
Place In Elazığ*

Türk Çimento Sektörü Küresel Dönüşüm
Gündemine Çin'den Mesaj Verdi

*The Turkish Cement Industry Sends a Message From
China on The Global Transformation Agenda*

TOBB Çimento Meclisi Başkanlığına
Adil Sani Konukoğlu Seçildi

*Adil Sani Konukoğlu is Elected as The Chairman of
The TOBB Cement Council*

ÇEVREDEN HABERLER ENVIRONMENTAL NEWS

44

Ulusal İklim Finansmanı Kapasitesinin
Güçlendirilmesi Projesi Başladı

*The Project on Strengthening the National Climate
Finance Capacity is Launched*

COP31 Yolunda Yeni Hedef: Dünyada
Elektriğin Payı %35'e Çıkacak

*New Goal towards COP31: Electricity's Share in the
World Will Be Increased to 35%*

Londra İklim Eylem Haftası'nda Türkiye'nin
İklim Diplomasisi Öne Çıktı

*Türkiye's climate diplomacy is highlighted at London
Climate Action Week*

EKONOMİK HABERLER ECONOMIC NEWS

34

OECD Raporu: Türkiye İçin Büyüme
ve Enflasyon Tahminini Açıkladı

*OECD'S Report: Growth and Inflation
Forecast for Türkiye*

Suriye'nin Çimento Sektörü Gölgelelden
Çıkıyor

Syria's Cement Sector Emerges From the Shadows

AB Çimento İthalatçıları Yüksek CBAM
Maliyetleriyle Karşı Karşıya Kalabilir

EU Cement Importers May Face High CBAM Costs

ACA, Orta Doğu Savaşı ve Faiz Oranı Baskıları
Nedeniyle ABD'de Çimento Talebinin
Düşeceğini Öngörüyor

*ACA Sees US Cement Demand Falling on Middle
East War, Rate Pressures*

ÇİMENTO SEKTÖR HABERLERİ NEWS FROM CEMENT SECTOR

50

AKÇANSA

OYAK

ÇİMENTO

SEZA
CİMENTO

ÇİMKO

BATIÇİM



Dergi Sahibi

Türkiye Çimento Sanayicileri Birliği Derneği adına
On Behalf of Turkish Cement Manufacturer's Association
(TÜRKÇİMENTO)

Adil Sani KONUKOĞLU

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü Editor-in Chief

Prof.Dr. Mustafa Şahmaran

Editör Yardımcısı Associate Editor

Zeynep AYĞÜN HAZER

Haberler News - Röportaj Interview

Ceren ALKAN YILMAZ

Yayın Kurulu Editorial Board

Canan DERİNÖZ GENÇEL

Serkan TÜRK

Zeynep AYĞÜN HAZER

Reklamlar Features

Gizem BUZACI

Kapak Tasarım Cover Design

Bengisu YÜCEL

Dağıtım Distribution

Elif UZUN

İki ayda bir yayınlanır Published bi-monthly

Yayın İdare Merkezi Communication

Tepe Prime A Blok Kat: 18-19 Eskişehir Devlet Yolu

(Dumlupınar Bulvarı) 9. km No: 266 06800 ANKARA

Tel: 444 50 57 - Fax: (90 312) 265 09 05-06

www.turkcimento.org.tr - e-mail: info@turkcimento.org.tr

Hazırlık Preparation

Pelin GÜNALTAŞ

Baskı Printing

Emsal Matbaa Tanıtım Hizmetleri San. ve Tic. Ltd. Şti.

Bahçekapı, 2477. Sk. No:6, 06105 Etimesgut/Ankara

(0312) 278 82 00

www.emsalmatbaa.com.tr - Matbaa Sertifika No: 46753

Kapak Cover

BETONART Mimarlık Yaz Okulu'nun 22'ncisi Elazığ'da Gerçekleşti.

The 22nd BETONART Architecture Summer School was Held in Elazığ.

Basım Tarihi Date of Publication

Temmuz July 2026

GLOBAL HABERLER
GLOBAL NEWS

66

Türkiye Türkiye İrlanda Ireland ABD USA
Afrika Africa İspanya Spain İsviçre Switzerland

YAYIN TARAMA
LITERATURE SURVEY

72

Çimento ve Beton Yayın Özetleri
Cement and Concrete Related Literature Survey

TOPLANTILAR
MEETINGS

84

YAYINLAR
PUBLICATIONS

ÇİMENTO VE BETON DÜNYASI ARAŞTIRMA VE GELİŞTİRME
CEMENT AND CONCRETE WORLD RESEARCH AND
DEVELOPMENT

Düşük Klinkerli Bağlayıcılarda LC³ Teknolojisinin
Malzeme Tasarımı, Performansı ve Uygulamaları
Material Design, Performance And Applications Of Limestone
Calcined Clay Cement (LC³) Technology In Low-Clinker Binders

Makale Türü: Derleme Makalesi

Gönderim Tarihi: 06.07.2026

Kabul Tarihi: 09.07.2026

Type of Article: Review Article

Sending Date of Article: 06.07.2026

Date of Acceptance: 09.07.2026

Küratör: Y. Mimar Can Tamirci

Moderatörler:

Y. Mimar Melike Kavalalı

Y. Mimar Kadir Uyanık

Dr. Mimar/İnşaat Müh. Doğan Türkkan

Koordinasyon:

Y. Mimar Ali Fatih Cebeci

Mimar Mehmet Ali Yiğit

Bengisu Yücel

Danışman:

Dr. Mimar Ferhan Yalçın

Akademik Danışmanlar:

Doç. Dr. Tuba Nur Olgun

Doç. Dr. Merve Açıkgenç Ulaş

Standart sapma, mimarlığın herhangi bir normatif çerçeve üzerinden kurduğu güvenli dili, istisna üzerinden yeniden düşünmeye çağırır; çünkü mimarlığın potansiyeli, tam da bu istisnai durumlarda, yerle kurduğu özgül ilişkilerde ve tekrar etmeyen nadide çözümlerde ortaya çıkar.

Yer: Elazığ – Fırat Üniversitesi
Mimarlık Fakültesi

Tarih: 30.06.2026 – 09.07.2026

STANDART SAPMA

BETONART

MİMARLIK YAZ OKULU' 26

30 Haziran-9 Temmuz 2026, ELAZIĞ

Ana Sponsorlar



çimentas
CEMENTIR HOLDING



SEZA
CIMENTO

Medya Sponsorları

BETONART

XXI



MİMARLIK

ÇİMENTO ve BETON DÜNYASI

betonartyazokulu.com

Betonart Mimarlık Yaz Okulu'nun 22'ncisi Elazığ'da Gerçekleşti

The 22nd Betonart Architecture Summer School Takes Place In Elazığ

TÜRKÇİMENTO'nun 2002 yılından bu yana mimarlık öğrencilerine yönelik olarak düzenlediği ve artık gelenekselleşen Betonart Mimarlık Yaz Okulu'nun 22'ncisi, bu yıl Elazığ'da, Fırat Üniversitesi Mimarlık Fakültesi ev sahipliğinde gerçekleştirildi. 30 Haziran- 9 Temmuz tarihleri arasında düzenlenen yaz okuluna Türkiye'nin dört bir yanından gelen mimarlık öğrencileri katıldı.

Türkiye çimento sektörünün çatı kuruluşu TÜRKÇİMENTO, sadece sektörel anlamda gerçekleştirdiği projelerle ülke kalkınmasına katkı sağlamıyor. TÜRKÇİMENTO aynı zamanda hayata geçirdiği eğitim projeleri ile de sosyal sorumluluk çalışmalarına imza atıyor.

TÜRKÇİMENTO bu alanda 22 yıldır mimarlık fakültelerinde eğitim gören öğrencilerle birlikte Betonart Mimarlık Yaz Okulu projesini gerçekleştiriyor. Bu yıl düzenlenen Betonart Mimarlık Yaz Okulu'26 Seza Çimento ve Çimentaş Ana Sponsorluğu ve Polisan Yapıkim'in malzeme sponsorluğunda Elazığ'da yapıldı.

Program kapsamında 16 öğrenci, beton malzemeyi hem teorik hem de uygulamalı olarak tanıma fırsatı buldu. Atölye çalışmaları, saha uygulamaları ve sergi ile tamamlanan yaz okulu, öğrencilerin hem bilgi hem de beceri kazanmasını sağladı.

Bu yılki yaz okulunun küratörlüğünü Yüksek Mimar Can Tamirci üstlenirken, akademik danışmanlığını Doç. Dr. Tuba Nur Olğun ve Doç. Dr. Merve Açıkgenç Ulaş yürüttü. "Standart Sapma" temasıyla düzenlenen programda ayrıca Yüksek Mimar Melike Kavalalı, Yüksek Mimar Kadir Uyanık ve Dr. Mimar/İnşaat Mühendisi Doğan Türkkan moderatör olarak yer aldı.

Etkinlikte, katılımcılar yapay zeka destekli tasarım araçlarının da etkisiyle üretim süreçlerinin çeşitlendiği bir ortamda, mimarın rolünün yalnızca tasarlayan değil, aynı zamanda seçen, yönlendiren ve anlamlandıran bir aktör olarak yeniden tanımlayarak, mimarlığın standart ile istisna arasındaki ilişkisini, "Standart Sapma" kavramı çerçevesinde değerlendirdiler.



The 22nd Betonart Architecture Summer School, organized by TÜRKÇİMENTO for architecture students since 2002 and became a tradition now, was held this year in Elazığ, hosted by the Faculty of Architecture of Fırat University. The summer school, held between June 30th and July 9th, was attended by architecture students from all over Türkiye.

TÜRKÇİMENTO, the umbrella organization of the Turkish cement industry, contributes to the country's development not only through its sectoral projects. TÜRKÇİMENTO also leads the way through its educational initiatives, demonstrating its commitment to social responsibility.

For 22 years, TÜRKÇİMENTO has been implementing the Betonart Architecture Summer School project together with students studying in architecture faculties. This year's Betonart Architecture Summer School was held in Elazığ, with the main Sponsors of Seza Çimento and Çimentaş, and the materials was provided by Polisan Yapıkim.

With this school, 16 students had the opportunity to learn about concrete materials both theoretically and practically. The summer school was completed with workshops, field applications, and an exhibition, enabling students to acquire both knowledge and skills.

This year's summer school was curated by Architect Can Tamirci, and the academic advisors were Assoc. Prof. Dr. Tuba Nur Olğun and Assoc. Prof. Dr. Merve Açıkgenç Ulaş. The program, conducted under the theme "Standard Deviation," also featured Master Architect Melike Kavalalı, Master Architect Kadir Uyanık, and Dr. Architect/Civil Engineer Doğan Türkkan as moderators.

During the event, participants redefined the role of the architect not only as a designer but also as an actor who selects, guides, and interprets, in an environment where production processes are diversified with the help of AI-powered design tools. They also evaluated the relationship between the standard and the exceptional in architecture based on

Etkinlikte; Seza Çimento Genel Müdürü Ahmet Tursun, Çimentaş Genel Müdürü Gürol Özer ve TÜRKÇİMENTO CEO'su Volkan Bozay ve Polisan Yapıkim Satış Yöneticisi Kuddusi Özbek Betonart Mimarlık Yaz Okulunun 22. buluşmasında genç mimarların malzemeye ilişkisini tasarım ve yaratıcılıkla birleştiren projede gençlere verdikleri destekten duydukları mutluluğu ifade ederek konuşmalar yaptılar. Etkinlikte; Firat Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dekanı Betül Bektaş Ekici de öğrencilerin çalışmalarını her aşamada heyecanla takip ettiklerini ve gurur duyduklarını aktardı.

Etkinlikte konuşan TÜRKÇİMENTO CEO'su Volkan Bozay da şunları söyledi:

"Öncelikle Betonart Mimarlık Yaz Okulu'nun bugünlere gelmesinde emeği olan tüm paydaşlarımıza, akademisyenlerimize, sektör temsilcilerimize ve öğrencilerimize teşekkür ediyorum. Ayrıca ev sahibimiz Firat Üniversitesi, Sponsorlarımız Çimentaş ve Seza Çimento, Malzeme Sponsorumuz Polisan Yapıkim'e verdikleri destekten dolayı teşekkür ederken, Betonart ile gençlerimize verdiğimiz mesaj çok açık. Malzemeyi anlamadan, geçmiş deneyimlerden ders çıkarmadan ve geleceğin ihtiyaçlarını gözetmeden sağlıklı yapılar tasarlamak mümkün değildir. Bugün burada genç mimarlarımızla birlikte geleceğin şehirlerini konuşuyoruz. Onların betonla kurduğu bu bilinçli ilişki, daha güvenli, daha dayanıklı ve daha sürdürülebilir şehirlerin inşasında çok önemli bir rol oynayacak."

ETKİNLİĞİN TEMASI "STANDART SAPMA" OLDU

Küratör Yüksek Mimar Can Tamirci, kapanışta yaptığı değerlendirmede şu ifadeleri kullandı:

"Betonart Mimarlık Yaz Okulu, her yıl mimarlığın güncel meselelerini farklı bir bakış açısıyla ele alan bir platform olmayı hedeflerken, bu yıl "Standart Sapma" temasıyla, mimarlıkta alışılmış kalıpların dışına çıkmayı, yerle, iklimle, malzemeye ve kullanıcıyla kurulan özgün ilişkileri tartışmayı amaçladık. Mimarlığın gelişimi çoğu zaman farklı düşünme, sorgulama ve yeni çözümler üretme süreçlerinden besleniyor. Ancak mimarlığın temelinde insan, yer ve ihtiyaç ilişkisi bulunuyor. Daha önce yürütücüsü olduğum Betonart Mimarlık Yaz Okulu'nda bu yıl küratör olarak öğrencilerimizle gurur duyuyorum. Geleceğin mimarı yalnızca tasarım yapan değil, seçenekleri değerlendiren, doğru soruları soran ve anlam üreten bir aktör olacak."



the concept of "Standard Deviation". During the 22nd Betonart Architecture Summer School, Seza Çimento's General Manager Ahmet Tursun, General Manager of Çimentaş Gürol Özer, TÜRKÇİMENTO's CEO Volkan Bozay, and Polisan Yapıkim's Sales Manager Kuddusi Özbek delivered speeches, expressing their joy for the support they provided

to young people for the project that combines young architects' relationship with materials with design and creativity. At the event, Betül Bektaş Ekici, Dean of the Faculty of Architecture at Firat University, also noted that they followed the students' work with excitement at every stage and were proud of them.

TÜRKÇİMENTO CEO's Volkan Bozay delivered a speech at the event, saying:

"First of all, I would like to express my sincere thanks to all our stakeholders, faculty members, industry representatives, and students who have contributed to making the Betonart Architecture Summer School what it is today. I would also like to thank our host, Firat University, our sponsors Çimentaş and Seza Çimento, and our Materials Sponsor Polisan Yapıkim for their support. Betonart gives a very clear message to young people. It is not possible to design robust structures without understanding the materials, learning from past experiences, and considering the needs of the future. Today, we are here with our young architects to discuss the cities of the future. Their conscious relationship with concrete will play a crucial role in building safer, more resilient, and more sustainable cities."

"THE THEME OF THE EVENT IS "STANDARD DEVIATION"

Curator and Master Architect Can Tamirci made the following remarks at closing:

"Betonart Architecture Summer School aims to be a platform that addresses contemporary issues in architecture from a different perspective each year, and this year, with the theme of "Standard Deviation," we intend to go beyond conventional patterns in architecture, discussing unique relationships established with place, climate, materials, and users. The development of architecture is often driven by processes of different thinking, questioning, and generating new solutions. However, the architecture is based on the relationship between people, place, and needs. I am proud of our students as the curator this year at the Betonart Architecture Summer School, which I was previously the executer. The architect of the future will not only design but also be an actor who considers options, asks the right questions, and creates meaning."



Türk Çimento Sektörü Küresel Dönüşüm Gündemine Çin'den Mesaj Verdi

The Turkish Cement Industry Sends a Message From China on The Global Transformation Agenda



TÜRKÇİMENTO Başkanı Adil Sani Konukoğlu, Çin'de düzenlenen Cementtech etkinliğinde Türk çimento sektörünün sürdürülebilirlik, dijitalleşme ve uluslararası iş birlikleri odağında yürüttüğü dönüşüm çalışmalarını anlattı. Konukoğlu, sektörün yeşil dönüşüm hedefleri doğrultusunda alternatif yakıt kullanımı, enerji verimliliği ve düşük karbonlu üretim teknolojilerine yönelik yatırımlarını hızlandırdığını vurguladı.

Küresel çimento sektörünün en önemli organizasyonları arasında yer alan Cementtech etkinliği, 13 Mayıs'ta Çin'de sektör temsilcilerini bir araya getirdi. TÜRKÇİMENTO Başkanı Adil Sani Konukoğlu, etkinliğin açılış oturumunda gerçekleştirdiği konuşmada Türk çimento sektörünün üretim gücü, sürdürülebilirlik yatırımları ve uluslararası iş birliklerine ilişkin değerlendirmelerde bulundu.

Konuşmasında sektörün dönüşüm sürecine dikkat çeken Konukoğlu, "Biz, Türk çimento sektörü olarak bu süreci yalnızca bir uyum zorunluluğu değil, uzun vadeli rekabet gücümüzü belirleyecek stratejik bir dönüşüm olarak görüyoruz" dedi.

Sektörün "üçüz dönüşüm" yaklaşımıyla hareket ettiğini belirten Konukoğlu, "Bu dönüşümün merkezinde yeşil dönüşüm, dijital dönüşüm ve insan odaklı dönüşüm yer alıyor. Türk çimento

Adil Sani Konukoğlu, President of TÜRKÇİMENTO, spoke at the Cementtech event in China about the transformation efforts of the Turkish cement industry, focusing on sustainability, digitalization, and international collaborations. Konukoğlu underlined that the industry is accelerating its investments in alternative fuels, energy efficiency, and low-carbon production technologies in line with green transition goals.

Cementtech, one of the most important organizations in the global cement industry, brought together industry representatives in China on May 13th. In his speech at the opening session of the event, Adil Sani Konukoğlu, President of TÜRKÇİMENTO, shared his remarks on the Turkish cement industry's manufacturing capacity, sustainability investments, and international collaborations.

In his speech, Konukoğlu drew attention to the transition process of the industry, saying, "At the Turkish cement industry, we regard this process not only as a necessity for adaptation, but also as a strategic transition that would determine our long-term competitiveness."

Konukoğlu stated that the industry is driven by a "triple transition" approach, saying, "At the heart of this transition are green transition, digital transformation, and human-centered transformation. The



sektörü dönüşüm sürecini yalnızca takip eden değil, yön veren bir anlayışla ilerliyor" ifadelerini kullandı.

"Yeşil dönüşüm, dijitalleşmeden ayrı düşünülemez"

Dijitalleşmenin sürdürülebilir üretimde kritik rol üstlendiğini vurgulayan Konukoğlu, veri odaklı yönetim anlayışı, yapay zeka uygulamaları ve ileri üretim teknolojilerinin karbon emisyonlarının azaltılmasından kaynak verimliliğine kadar pek çok alanda belirleyici olduğunu söyledi.

Türk çimento sektörünün sürdürülebilirlik yatırımlarına ilişkin güncel verileri de paylaşan Konukoğlu, sektörün 2024 yılı itibarıyla 2,1 milyon ton alternatif yakıt kullandığını ve ısı enerjisi ihtiyacının yüzde 13'ünün alternatif kaynaklardan karşılandığını belirtti.

Ayrıca Türkiye genelinde 17 fabrikada, 27 hatta kurulu atık ısı geri kazanımı tesisleriyle toplam 164,5 megawatt gücünde enerji üretildiğini ifade eden Konukoğlu, bu üretimin yaklaşık 658 bin hanenin günlük elektrik tüketimine eşdeğer olduğunu kaydetti.

"Yeşil çimento kullanımının yaygınlaşması kritik önem taşıyor"

Türkiye'nin 2053 net sıfır emisyon hedefleri doğrultusunda sektörün dönüşüm yatırımlarını hızlandırdığını belirten Konukoğlu, alternatif yakıt kullanım oranlarının artırılması, klinker oranının düşürülmesi ve düşük karbonlu yeni nesil üretim teknolojilerinin yaygınlaştırılmasının sektör açısından kritik önem taşıdığını söyledi.

Turkish cement industry is moving forward with an understanding that not only follows but also directs the transition process."

"The green transition should not be considered separately from digitalization."



Konukoğlu highlighted that digitalization plays a critical role in sustainable production, adding that data-driven management approaches, artificial intelligence applications, and advanced manufacturing technologies are decisive in many areas, from reducing carbon emissions to improving resource efficiency.

Konukoğlu also provided current data on the sustainability investments of the Turkish cement industry, stating that the industry used 2.1 million tons of alternative fuels in 2024 and that 13% of its thermal energy needs were met from alternative sources.

Konukoğlu also said that a total of 164.5 megawatts of power is generated in 17 plants and 27 production lines across Türkiye, using waste heat recovery plants, adding that this generation is equivalent to the daily electricity consumption of approximately 658,000 households.

"It is critically important to enhance the use of green cement."

Konukoğlu noted that the cement industry is accelerating its transition investments in line with Türkiye's 2053 net zero emissions targets, and said that increasing the use of alternative fuels, reducing the clinker ratio, and widespread adoption of low-carbon, next-generation production technologies are critically important for the industry.



Konukoğlu, kamu projelerinde yeşil çimento kullanımını teşvik eden düzenlemeler sayesinde önümüzdeki 10 yılda yaklaşık 11 milyon ton CO₂ emisyon azaltımı hedeflendiğini de ifade etti.

Türkiye-Çin iş birliği vurgusu

Konuşmasında Çin Çimento Birliği ile geliştirilen stratejik iş birliğine de değinen Konukoğlu, Türkiye'nin güçlü üretim altyapısı ile Çin'in dijitalleşme ve otomasyon alanındaki deneyiminin önemli bir sinerji oluşturacağını belirtti.

Konukoğlu, "Türkiye ve Çin arasında kurulan bu güçlü iş birliği, yalnızca iki ülke için değil, küresel çimento sektörünün sürdürülebilir geleceği için de örnek bir model olacaktır" değerlendirmesinde bulundu.

Etkinlik kapsamında düzenlenen panel oturumuna TÜRKCİMENTO CEO'su Volkan Bozay da katıldı. Bozay, panelde sektörün sürdürülebilirlik, dijital dönüşüm ve uluslararası iş birlikleri odağındaki gelişmelerine ilişkin değerlendirmelerini katılımcılarla paylaştı.

Konukoğlu added that the goal is to reduce CO₂ emissions by approximately 11 million tons in the next decade through regulations encouraging the use of green cement in public projects.

The collaboration between Türkiye and China is highlighted

In his speech, Konukoğlu addressed the strategic collaboration developed with the Chinese Cement Association, stating that Türkiye's strong production infrastructure and China's experience in digitalization and automation would create significant synergy.

Konukoğlu noted, "This strong collaboration established between Türkiye and China will be a model not only for the two countries but also for the sustainable future of the global cement industry."

Volkan Bozay, CEO of TÜRKCİMENTO, also attended the panel session held as part of the event. During the panel, Bozay shared his remarks on the cement industry's developments focusing on sustainability, digital transformation, and international collaborations with the participants.



TOBB Çimento Meclisi Başkanlığına Adil Sani Konukoğlu Seçildi

*Adil Sani Konukoğlu is Elected as The Chairman of The
TOBB Cement Council*



TÜRKÇİMENTO Yönetim Kurulu Başkanı Adil Sani Konukoğlu, TOBB Çimento ve Çimento Ürünleri Meclis Başkanlığı görevine seçildi. Konukoğlu, sektörün yeşil dönüşüm, dijitalleşme ve sürdürülebilir büyüme hedefleri doğrultusunda ortak akıl ve iş birliğiyle çalışmalarını sürdüreceklerini vurguladı.

Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) T. Çimento ve Çimento Ürünleri Meclisi Toplantısı'nda gerçekleştirilen seçim sonucunda TÜRKÇİMENTO Yönetim Kurulu Başkanı Adil Sani Konukoğlu, TOBB Çimento ve Çimento Ürünleri Meclisi'nin Başkanı oldu.

Seçimin ardından değerlendirmelerde bulunan Konukoğlu, "TOBB Çimento ve Çimento Ürünleri Meclis Başkanlığı görevini üstlenmekten büyük bir memnuniyet duyuyorum. Sektörümüz, yeşil dönüşümden dijitalleşmeye, sürdürülebilirlikten uluslararası rekabete kadar birçok başlıkta önemli bir dönüşüm sürecinden geçiyor. Meclisimiz çatısı altında tüm paydaşlarımızla birlikte hareket ederek sektörümüzün rekabet gücünü artıracak, sürdürülebilir büyümesini destekleyecek ve ülkemizin kalkınma hedeflerine katkı sunacak çalışmaları kararlılıkla sürdüreceğiz" dedi.

Adil Sani Konukoğlu, Chairman of the Board of Directors of TÜRKÇİMENTO, is elected as the Chairman of the TOBB Cement and Cement Products Council. Konukoğlu underlined that the cement industry would continue to work with common sense and cooperation in line with its green transition, digitalization, and sustainable growth goals.

Following the election held at the Cement and Cement Products Council's meeting of Turkish Chambers of Commerce and Industry (TOBB), Adil Sani Konukoğlu, Chairman of the Board of Directors of TÜRKÇİMENTO, became the Chairman of the TOBB Cement and Cement Products Council.

Commenting after the election, Konukoğlu said, "I am very pleased to assume the position of Chairman of the TOBB Cement and Cement Products Council. Our sector is undergoing a significant transition process in many areas, from green transition to digitalization, from sustainability to international competitiveness. Working together with all our stakeholders under the umbrella of our Council, we are committed to continuing our efforts to enhance the competitiveness of our sector, support its sustainable growth, and contribute to our country's development goals."

Toplantıda sektörün mevcut durumu ve geleceğine ilişkin değerlendirmelerde bulunan Konukoğlu, küresel ölçekte yaşanan ekonomik dalgalanmalar, enerji maliyetleri, iklim politikaları ve ticaret düzenlemelerinin üretim modellerini yeniden şekillendirdiğini belirterek, Türk çimento sektörünün bu dönüşüm sürecine güçlü yatırımlarla hazırlandığını ifade etti.

TÜRKÇİMENTO verilerine göre 2025 yılında sektörün toplam çimento üretiminin 97,8 milyon tona ulaştığını belirten Konukoğlu, iç satışların 82,2 milyon ton, ihracatın ise 15,6 milyon ton olarak gerçekleştiğini söyledi. Üretilen çimentonun yaklaşık yüzde 16'sının dış pazarlara ihraç edildiğini vurgulayan Konukoğlu, sektörün üretim kapasitesi, ihracat gücü ve iç pazar dinamizmi açısından güçlü performansını sürdürdüğünü kaydetti.

"Üçüz dönüşüm sektörümüzün yol haritasını oluşturuş"

Çimento sektörünün tarihinin en kapsamlı dönüşüm süreçlerinden birini yaşadığını ifade eden Konukoğlu, sektörün odağında yeşil dönüşüm, dijital dönüşüm ve insan odaklı dönüşüm olmak üzere üç temel başlığın yer aldığını belirtti.

Bu süreci "üçüz dönüşüm" olarak tanımlayan Konukoğlu, dijitalleşme, veri odaklı yönetim anlayışı, yapay zeka uygulamaları ve ileri üretim teknolojilerinin enerji verimliliğinden karbon emisyonlarının azaltılmasına kadar birçok alanda dönüşümün temel unsurları haline geldiğini söyledi.

Türk çimento sektörünün sürdürülebilirlik yatırımlarını kararlılıkla sürdürdüğünü belirten Konukoğlu, bugün 17 fabrikada, 27 hatta kurulu atık ısı geri kazanım tesisleri sayesinde toplam 164,5 megawatt enerji üretimi gerçekleştirildiğini ifade etti.

During the meeting, Konukoğlu, who provided remarks on the current situation and future of the cement industry, expressed that global economic fluctuations, energy costs, climate policies and trade regulations have been reshaping production models, and that the Turkish cement industry is preparing for this transition process with strong investments.

Based on the TÜRKÇİMENTO's data, Konukoğlu pointed out that the cement industry's total cement production reached 97.8 million tons in 2025, with domestic sales at 82.2 million tons and exports at 15.6 million tons. He underlined that approximately 16% of the cement produced is exported to foreign markets, noting that the industry maintains its strong performance in terms of production capacity, export strength, and domestic market dynamism.

"Triple transition is the roadmap of the cement industry."

Konukoğlu stated that the cement industry is undergoing one of the most comprehensive transition processes in its history, and that the industry is focused on three main topics: green transition, digital transformation, and human-centered transformation.

Konukoğlu described this process as a "triple transition" and said that digitalization, data-driven management, artificial intelligence applications, and advanced manufacturing technologies have become fundamental elements of transition in many areas, from energy efficiency to the reduction of carbon emissions.

Konukoğlu indicated that the Turkish cement industry is committed to continuing its sustainability investments, and that today, a total of 164.5 megawatts of power is generated through the waste heat recovery plants installed in 17 factories and 27 production lines.



Bu yatırımlar sayesinde yaklaşık 2,6 milyon kişinin günlük elektrik tüketimine denk bir enerji üretim kapasitesine ulaşıldığını belirten Konukoğlu, sektörün elektrik tüketiminin yaklaşık yüzde 10'unun da atık ısı geri kazanımı, güneş ve rüzgar gibi sürdürülebilir kaynaklardan karşılandığını kaydetti.

Yeşil çimento hedefleri öne çıkıyor

Türkiye'nin 2053 net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda alternatif yakıt kullanım oranlarının artırılması, klinker oranının düşürülmesi ve düşük karbonlu yeni nesil üretim teknolojilerinin yaygınlaştırılmasının büyük önem taşıdığını vurgulayan Konukoğlu, yeşil çimento kullanımının sektörün dönüşümünde kritik rol oynadığını söyledi.

Kamu projelerinde yeşil çimento kullanımının teşvik edilmesine yönelik çalışmalar yürüttüklerini ifade eden Konukoğlu, önümüzdeki 10 yıllık dönemde yaklaşık 11 milyon ton karbon emisyonu azaltımının hedeflendiğini belirtti.

Uluslararası iş birlikleri güçleniyor

Konuşmasında Çin Çimento Birliği ile geliştirilen stratejik iş birliğine de değinen Konukoğlu, Türkiye'nin güçlü üretim altyapısı ile Çin'in dijitalleşme, otomasyon ve yapay zeka alanlarındaki deneyiminin birleşmesinin sektör açısından önemli fırsatlar sunduğunu ifade etti.

Konukoğlu, önümüzdeki dönemde teknoloji paylaşımı, pilot projeler, ortak eğitim programları ve uzman değişimleri gibi alanlarda iş birliklerinin geliştirilmesini hedeflediklerini belirterek, bu çalışmaların Emisyon Ticaret Sistemi ve sınırda karbon düzenlemeleri gibi küresel mekanizmalara uyum sürecine de katkı sağlayacağını sözlerine ekledi.

Konukoğlu noted that those investments resulted in an energy production capacity equivalent to the daily electricity consumption of approximately 2.6 million people, and added that about 10 percent of the industry's electricity consumption is provided by sustainable sources such as waste heat recovery, solar, and wind power.

Green cement targets come into prominence

Konukoğlu emphasized that increasing the use of alternative fuels, reducing clinker content, and widespread adoption of low-carbon, next-generation production technologies are of great importance in line with Türkiye's 2053 net-zero emissions target, stating the use of green cement plays a critical role in the transition of the industry.

Konukoğlu mentioned that they have been working on studies to encourage the use of green cement in public projects, and that the target is to reduce carbon emissions by approximately 11 million tons in the next decade.

International collaborations are empowered.

In his speech, Konukoğlu also addressed the strategic collaboration developed with the Chinese Cement Association, stating that the combination of Türkiye's strong production infrastructure and China's experience in digitalization, automation, and artificial intelligence offers significant opportunities for the sector.

Konukoğlu noted that they intend to develop collaborations in areas such as technology sharing, pilot projects, joint training programs, and expert exchanges in the coming period, adding that these efforts would also contribute to the compliance with global mechanisms such as the Emissions Trading System and carbon border adjustment mechanism.

TÜRKÇİMENTO'dan Dünya Çevre Günü'nde Üçüz Dönüşüm Çağrısı

*TÜRKÇİMENTO Calls on Triple Transition
on World Environment Day*

Türkiye çimento sektörünün çatı kuruluşu TÜRKÇİMENTO, 5 Haziran Dünya Çevre Günü kapsamında sektörün sürdürülebilirlik yolculuğunda kaydettiği ilerlemeleri ve gelecek vizyonunu paylaştı. Yeşil dönüşüm, dijitalleşme ve insan odaklı gelişimi kapsayan "üçüz dönüşüm" yaklaşımı doğrultusunda çalışmalarını sürdüren sektör hem iklim hedeflerine katkı sunuyor hem de küresel rekabet gücünü artıracak yatırımlarına devam ediyor.



TÜRKÇİMENTO, the umbrella organization of the Turkish cement industry, mentioned the progress made by the industry in its sustainability journey and its future vision on the June 5th World Environment Day. The industry both contributes to climate goals and continues its investments to enhance its global competitiveness, exerting constant efforts for

the "triple transition" including green transition, digitalization and human-centered development.

TÜRKÇİMENTO CEO'su Volkan Bozay: "Çimento sektörü olarak yeşil dönüşümü, çevresel sorumluluğun ötesinde, sürdürülebilir büyüme ve rekabet gücümüzün temel unsurlarından biri olarak görüyoruz. Dijitalleşme, sürdürülebilirlik ve insan odaklı gelişimi birlikte ele alarak geleceği inşa ediyoruz. Alternatif yakıt ve ham madde kullanımının yanı sıra yenilenebilir enerji yatırımlarıyla çevresel etkilerimizi azaltırken aynı zamanda üretim gücümüzü daha verimli ve rekabetçi hale getiriyoruz."

Volkan Bozay, CEO of TÜRKÇİMENTO: "At the cement industry, we regard green transition not only as environmental responsibility but also as one of the fundamental elements of our sustainable growth and competitiveness. We are building the future by addressing digitalization, sustainability, and human-centered development together. By using alternative fuels and raw materials, as well as investing in renewable energies, we are reducing our environmental impact while simultaneously making our production capacity more efficient and competitive."

Türk çimento sektörü, döngüsel ekonomi uygulamalarıyla üretim süreçlerinde doğal kaynak kullanımını azaltırken farklı sektörlerden çıkan atıkları ekonomiye kazandırıyor. 2025 yılı verilerine göre alternatif yakıt kullanımı 2,3 milyon tona ulaşırken, sektör ısı enerjisi ihtiyacının yaklaşık %13,2'sini alternatif yakıtlardan karşılıyor. Aynı dönemde kullanılan 7,7 milyon ton alternatif ham madde sayesinde doğal kaynakların korunmasına katkı sağlanırken, üretim süreçlerinde kaynak verimliliği artırılıyor.

The Turkish cement industry is reducing the use of natural resources in its manufacturing processes through circular economy practices, while also reintegrating waste from other industries into the economy. According to 2025 data, the use of alternative fuels will reach 2.3 million tons, with the cement industry meeting approximately 13.2% of its thermal energy needs from alternative fuels. During the same period, the use of 7.7 million tons of alternative raw materials contributes to the conservation of natural resources and improves resource efficiency in manufacturing processes.

Çimento sektörü, enerji yoğun üretim yapısına rağmen yenilenebilir enerji yatırımlarını hızlandırarak karbon ayak izini azaltmaya devam ediyor. Güneş enerjisi santralleri, rüzgar enerjisi yatırımları ve atık ısı geri kazanım tesisleri sayesinde sektörün elektrik tüketiminin yaklaşık yüzde 10'u yenilenebilir ve geri kazanılmış enerji kaynaklarından sağlanıyor. Yalnızca atık ısı geri kazanım teknolojisi kapsamında, 17 fabrikada faaliyet gösteren 27 hatta kurulu 164,5 MW gücümüz sayesinde, 658 bin hanenin ve yaklaşık 2,6 milyon kişinin günlük elektrik

Despite its energy-intensive production nature, the cement industry continues to reduce its carbon footprint by accelerating investments in renewable energies. Through solar power plants, wind energy investments, and waste heat recovery plants, approximately 10% of the industry's electricity consumption is supplied from renewable and recovered energy sources. Due to waste heat recovery technology alone, we generate energy equivalent to the daily electricity consumption of 658,000 households and

enerjisi tüketimine eşdeğer enerji üretiyoruz. Elde edilen bu enerjiyle, ilgili fabrikalarımızın elektrik ihtiyacının yaklaşık %30'unu karşılıyoruz.

Enerji verimliliği uygulamaları ve alternatif enerji kaynakları, sektörün hem çevresel performansını hem de uluslararası rekabet gücünü destekleyen temel unsurlar arasında yer alıyor.

Yeşil Dönüşüm ve Rekabet Gücü Birlikte İlerliyor

Avrupa Birliği'nin Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması'nın mali yükümlülük aşamasına geçmesiyle birlikte, düşük karbonlu üretim çevresel bir tercih olmanın ötesine geçerek küresel ticaretin vazgeçilmez gerekliliklerinden biri haline geliyor. Türk çimento sektörü, düşük karbonlu üretim teknolojileri, alternatif yakıt kullanımı, enerji verimliliği projeleri ve dijital izleme sistemleriyle bu dönüşüme hazırlıklarını sürdürüyor.

2053 Net Sıfır Hedefi İçin Kararlı Adımlar

Türk çimento sektörü, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı koordinasyonunda hazırlanan Türkiye Çimento Sektörü Düşük Karbonlu Yol Haritası doğrultusunda 2053 net sıfır emisyon hedefine yönelik çalışmalarını sürdürüyor.

Yol haritası kapsamında, sektörün karbonsuzlaşma hedeflerine ulaşabilmesi için karbon yakalama, kullanma ve depolama teknolojileri (CCUS), alternatif enerji kaynakları, enerji verimliliği uygulamaları ve yenilikçi üretim teknolojileri alanlarında 2053 yılına kadar yaklaşık 30 milyar ABD doları tutarında yatırım yapılması öngörülüyor.

TÜRKÇİMENTO CEO'su Volkan Bozay, konuya ilişkin değerlendirmesinde şu ifadeleri kullandı:

"Bugün sürdürülebilirlik ile rekabet gücü birbirinden ayrılmaz hale geldi. Avrupa Yeşil Mutabakatı, SKDM ve yeni karbon düzenlemeleri, sanayide dönüşümü hızlandırıyor. Türk çimento sektörü olarak bu süreci bir risk değil, ülkemizin üretim gücünü ve ihracat kapasitesini daha ileri taşıyacak stratejik bir fırsat olarak görüyoruz. 2053 net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda sektörümüz, düşük karbonlu üretim teknolojilerine yatırım yapmaya devam ediyor. Karbon yakalama teknolojilerinden yenilenebilir enerji yatırımlarına, enerji verimliliğinden dijital dönüşüme kadar geniş bir alanda yürüttüğümüz çalışmalarla hem çevresel sorumluluklarımızı yerine getiriyor hem de Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkı sunuyoruz."

TÜRKÇİMENTO, çevre dostu üretim, dijital dönüşüm, kaynak verimliliği ve insan odaklı gelişim alanlarındaki çalışmalarını sürdürerek Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkı sağlamaya devam edecek.

approximately 2.6 million people, through our 164.5 MW capacity installed on 27 lines operating in 17 factories. With this energy, we meet approximately 30% of the power demand of our factories.

Energy efficiency and alternative energy sources are among the key elements supporting both the environmental performance and international competitiveness of the cement industry.

Green Transition and Competitiveness Move Together

With the European Union's Carbon Border Adjustment Mechanism moving to the financial obligation phase, low-carbon production is becoming more than just an environmental choice; it is becoming an indispensable requirement for global trade. The Turkish cement industry is preparing for this transition with low-carbon production technologies, the use of alternative fuels, energy efficiency projects, and digital monitoring systems.

Decisive Steps Towards the 2053 Net Zero Target

The Turkish cement industry continues its efforts towards the 2053 net-zero emissions target in line with the Türkiye Cement Sector's Low Carbon Roadmap, developed under the coordination of the Ministry of Industry and Technology.

As part of the roadmap, the cement industry is expected to invest approximately US\$30 billion by 2053 in carbon capture, use and storage (CCUS) technologies, alternative energy sources, energy efficiency applications and innovative production technologies in order to achieve its decarbonization targets.

TÜRKÇİMENTO's CEO Volkan Bozay provided the following remarks on the matter:

"Today, sustainability and competitiveness have become inseparable. The European Green Deal, CBAM, and new carbon regulations are accelerating the transition of the industry. At the Turkish cement industry, we view this process not as a risk, but as a strategic opportunity that will further advance our country's manufacturing power and export capacity. In line with the 2053 net-zero emissions target, our industry continues to invest in low-carbon production technologies. Through our efforts in a wide range of areas, from carbon capture technologies and renewable energy investments to energy efficiency and digital transformation, we are both satisfying our environmental responsibilities and contributing to Türkiye's sustainable development goals."

TÜRKÇİMENTO will continue to contribute to Türkiye's sustainable development goals by maintaining its efforts in the areas of environmentally friendly production, digital transformation, resource efficiency, and human-centered development.

Yeşil Hidrojen ve Çimento Sektörü Webinar Serisi Ekonomi ve Fizibilite Oturumuyla Tamamlandı

The Green Hydrogen and Cement Industry Webinar Series Concluded With The Economics and Feasibility Session

TÜRKÇİMENTO tarafından düzenlenen "Yeşil Hidrojen ve Çimento Sektörü" webinar serisinin üçüncü ve son oturumunda, yeşil hidrojen yatırımlarının ekonomik uygulanabilirliği, maliyet bileşenleri ve çimento sektöründeki kullanım senaryoları ele alındı.

Akçansa Ar-Ge ve Çimento Teknolojileri Müdürü İsmail Gökalp'in moderatörlüğünde gerçekleştirilen webinara, HyVise Kurucusu ve Danışmanı Tuğba Onur Dalgöğüşoğlu konuşmacı olarak katıldı.

Serinin ilk iki oturumunda ele alınan hidrojen değer zinciri, çimento sektörüyle temas noktaları, mevzuat, politika ve uyum başlıklarının ardından son oturumda konu ekonomi ve fizibilite perspektifinden değerlendirildi.

Webinarıda seviyelendirilmiş hidrojen maliyeti olarak tanımlanan LCOH'nin hesaplanma yöntemi ve maliyeti etkileyen temel faktörler aktarıldı. Yeşil hidrojen maliyetinin büyük bölümünü işletme giderlerinin oluşturduğu, bu giderler içerisinde en belirleyici unsurun ise elektrik fiyatı olduğu belirtildi. Elektrolizör kapasitesi, yatırım maliyeti, finansman koşulları, kapasite faktörü, suya erişim, depolama ve taşıma yöntemlerinin de hidrojenin nihai maliyetini doğrudan etkilediği ifade edildi.

HİDROJEN YALNIZCA YAKIT FİYATIYLA DEĞERLENDİRİLMEMELİ

Webinarıda hidrojenin petrokok gibi geleneksel yakıtlarla yalnızca fiyat üzerinden karşılaştırılmasının yeterli olmadığına dikkat çekildi. Hidrojenin çimento sektöründeki tüm emisyon sorunlarını tek başına çözen bir teknoloji olmadığı; karbon yakalama, kullanma ve depolama, enerji verimliliği ve alternatif yakıtlar gibi diğer karbonsuzlaşma yöntemleriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiği belirtildi.

Çimento sektöründe hidrojen dönüşümünün ekonomik hâle gelebilmesi için karbon fiyatlandırması, Emisyon Ticaret Sistemi, Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması, yatırım teşvikleri, yan ürün gelirleri ve düşük karbonlu ürünlere yönelik premium fiyatların birlikte ele alınması gerektiği ifade edildi.

The third and final session of the "Green Hydrogen and the Cement Industry" webinar series organized by TÜRKÇİMENTO addressed the economic feasibility of green hydrogen investments, their cost components, and usage scenarios in the cement industry.

The webinar, moderated by İsmail Gökalp, R&D and Cement Technologies Manager at Akçansa, hosted Tuğba Onur Dalgöğüşoğlu, Founder and Consultant of HyVise, as a speaker.

Following the first two sessions of the series, which covered the hydrogen value chain, its contact points with the cement industry, legislation, policy, and compliance, the final session addressed the matter from an economic and feasibility perspective.

During the webinar, the calculation method for the Levelized Cost of Hydrogen (LCOH) and the key factors affecting its cost were explained. It was noted that operating expenses constituted a large portion of the green hydrogen cost, with electricity prices being the most significant factor. It was pointed out that electrolyzer capacity, investment costs, financing conditions, capacity factor, access to water, storage, and transportation methods also directly impacted the final cost of hydrogen.

HYDROGEN SHOULD NOT BE CONSIDERED SOLELY FOR FUEL PRICES.

The webinar highlighted that comparing hydrogen to traditional fuels such as petroleum coke solely based on price was insufficient. It was noted that hydrogen was not a technology that alone solves all emission problems in the cement industry, and that it should be considered together with other decarbonization methods such as carbon capture, utilization and storage, energy efficiency and alternative fuels.

It was highlighted that in order for hydrogen conversion to become economically viable in the cement industry, carbon pricing, the Emissions Trading System, the Carbon Border Adjustment Mechanism, investment incentives, proceeds from byproducts, and premium prices for low-carbon products need to be considered together.

2035 SONRASINDA DÖNÜŞÜMÜN HIZLANMASI BEKENİYOR

Webinar'da çimento sektörünün hidrojen dönüşümüne yönelik aşamalı bir yol haritası da paylaşıldı. Buna göre 2026–2027 döneminde tesis bazlı fizibilite çalışmalarının yapılması, 2027–2028 döneminde farklı yakıt ikame ve tedarik senaryolarının modellenmesi, 2028–2030 döneminde ise pilot kurulumların ve kontrollü saha testlerinin başlatılması önerildi.

2030–2035 döneminde pilot uygulamalardan daha büyük ölçekli yatırımlara geçilmesi, 2035 sonrasında ise hidrojen maliyetlerinin düşmesi ve düşük karbonlu ürünlere yönelik talebin artmasıyla dönüşümün hızlanması bekleniyor.

Webinarın soru-cevap bölümünde hidrojenin çimento fırınındaki proses dinamiklerine etkisi de değerlendirildi. İngiltere'deki Ribblesdale Çimento Fabrikası'nda gerçekleştirilen ticari ölçekli denemede yakıt karışımının yaklaşık yüzde 39'unun hidrojenden oluştuğu aktarıldı. Hidrojenin fırınlarda kullanılabildiği görülmekle birlikte; alev karakteristiği, klinker özellikleri, NOx oluşumu, proses kontrolü ve uzun dönemli ekipman etkileri gibi konuların araştırılmaya devam ettiği belirtildi.

Üç oturumdan oluşan webinar serisi; talep ve piyasa yapısının geliştirilmesi, teknik standartların tamamlanması, karbon fiyatlandırması ve sertifikasyon süreçlerinin netleşmesi, yatırım ve finansman ortamının olgunlaştırılması, teşvik mekanizmalarının uygulanması ve nitelikli insan kaynağının geliştirilmesi gerektiği mesajıyla tamamlandı.

HYDROGEN CONVERSION IS EXPECTED TO ACCELERATE AFTER 2035

A phased roadmap for the hydrogen conversion of the cement industry was also provided in the webinar. According to this roadmap, it was proposed that plant-based feasibility studies be conducted in 2026–2027, different fuel substitution and supply scenarios be modeled in 2027–2028, and pilot installations and controlled field tests be initiated in 2028–2030.

The transition is expected to accelerate from pilot projects to larger-scale investments between 2030 and 2035, driven by falling hydrogen costs and increasing demand for low-carbon products after 2035.

The question-answer section of the webinar addressed the effect of hydrogen on the process dynamics in the cement kiln. It was reported that in a commercial trial conducted at the Ribblesdale Cement Factory in England, approximately 39 percent of the fuel mixture consisted of hydrogen. Although it is observed that hydrogen could be used in furnaces, issues such as flame characteristics, clinker properties, NOx formation, process control and long-term equipment effects are still under investigation.

The webinar series of three sessions concluded with the message that there is a need to improve demand and market structure, finalize technical standards, clarify carbon pricing and certification processes, mature the investment and financing environment, implement incentive mechanisms, and develop qualified human resources.



TÜRKÇİMENTO “İnşaat Zirvesi Türkiye”de Destekleyen Kuruluş Olarak Yer Aldı

TÜRKÇİMENTO Participated as a Supporting Organization at The "Construction Summit Türkiye"



Türkiye ve dünyanın farklı bölgelerinden inşaat sektörünün temsilcilerini Ankara’da buluşturan İnşaat Zirvesi Türkiye (CST) 2026 sona erdi. Ana tema olarak “İnşaat Teknolojileri ve Yenilikçi Yapı Malzemeleri”nin ele alındığı zirvede toplamda 11 panelde küresel inşaat sektörüne yön verecek teknolojiler tartışıldı. Uluslararası boyutta iş yapan 81 firmanın stant açtığı zirvede İngiltere’den Güney Kore’ye kadar birçok ülkeden gelen heyetler arasında toplamda 350 farklı ikili görüşme (B2B) gerçekleştirildi. Zirvede en büyük stant alanını Türk müteahhitlerle birlikte üçüncü ülkelerdeki iş birliği fırsatlarına odaklanan Birleşik Krallık kurdu.

Zirve kapsamında yapılan “Döngüsel İnşaat: Tasarımdan İşletmeye Karbon Ayak İzi Yönetimi ve Net Sıfır Projeler” panelinde TÜRKÇİMENTO AR-GE Enstitüsü Müdürü Serkan Türk sunumla yer aldı. Çimento sektörünün dekarbonizasyon süreci ve karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik mevcut ve gelecekteki uygulamaların ele alındığı sunumda ayrıca net sıfır hedefi doğrultusunda biyokütle, hidrojen, elektrifikasyon, karbon yakalama ve alternatif katkı malzemeleri gibi düşük karbonlu üretim teknolojileri ve bunların sektördeki kullanım potansiyeli yer aldı.

Construction Summit Türkiye (CST) 2026 ended, bringing together representatives of the construction industry from Türkiye and different parts of the world in Ankara. With “Construction Technologies and Innovative Building Materials” as its main theme, the summit featured 11 panels discussing technologies that would shape the global construction industry. At the summit, where 81 internationally operating companies had booths, a total of 350 bilateral discussions (B2B) were held between delegations from many countries ranging from the UK to South Korea. The largest booth at the summit was owned by the United Kingdom, which, together with Turkish contractors, focused on cooperation opportunities in third countries.

Serkan Türk, Manager of the TÜRKÇİMENTO R&D Institute, gave a presentation at the panel “Circular Construction: Carbon Footprint Management from Design to Operation and Net-Zero Projects,” held as part of the summit. The presentation addressed the decarbonization process in the cement industry and current and future measures aimed at reducing carbon emissions, including low-carbon production technologies such as biomass, hydrogen, electrification, carbon capture, and alternative additives, and their potential for use in the industry in line with the net-zero targets.

TÜRKÇİMENTO AKADEMİ

TÜRKÇİMENTO ACADEMY

Yapay Zekâ ile Kullanım Senaryosu Geliştirme Atölyesi Eğitimi

AI Use Case Development Workshop

9-10 Haziran/June 2026

TÜRKÇİMENTO AKADEMİ olarak sektör çalışanlarının dijitalizasyon konusundaki temel bilgi ve tecrübelerinin desteklenmesine katkı sağlamak amacı ile Yapay Zekâ ile Kullanım Senaryosu Geliştirme Atölyesi Eğitimi, 9-10 Haziran 2026 tarihlerinde 11 katılımcı ile düzenlendi.

MEXT Teknoloji Merkezi iş birliği ile sınıf içi olarak gerçekleştirilen eğitimde yapay zeka ile stratejik değer yaratma, YZ Projelerinde önceliklendirme ve ROI yaklaşımı, kurumun veri odaklı stratejisini gözden geçirme, atölye çalışması ve yol haritası tasarımı konuları detaylı olarak anlatıldı.

Eğitim için eğitmenimize ve katılımcılarımıza teşekkür ederiz.

As part of TÜRKÇİMENTO ACADEMY's commitment to supporting the digital transformation of the cement industry by enhancing employees' knowledge and competencies in digitalization, the AI Use Case Development Workshop was held on 9-10 June 2026 with the participation of 11 attendees.

Organized in collaboration with MEXT Technology Center as an in-person training program, the workshop provided comprehensive insights into creating strategic value through artificial intelligence, prioritization and ROI approaches for AI projects, reviewing an organization's data-driven strategy, hands-on workshop activities, and AI roadmap design.

We would like to extend our sincere thanks to our trainer and all participants for their valuable contributions to the success of the program.



İleri Seviye Hidrolik/ Elektrohidrolik Eğitimi

Advanced Hydraulics/Electrohydraulics Training

10-12 Haziran/June 2026

TÜRKÇİMENTO AKADEMİ tarafından düzenlenen İleri Seviye Hidrolik/ Elektrohidrolik Eğitimi, 10-12 Haziran 2026 tarihlerinde 8 sektör yetkilisinin katılımı ile gerçekleştirildi.

Eğitim, FESTO firması tarafından hem teorik bilgilendirme hem de ekipmanlar üzerinden uygulamalı olarak tamamlandı.

İnteraktif olarak soru cevaplarla geçen eğitim için eğitmenimize ve katılımcılarımıza teşekkür ederiz.

The Advanced Hydraulics/Electrohydraulics Training, organized by TÜRKÇİMENTO ACADEMY, was held on 10-12 June 2026 with the participation of 8 industry professionals.

The training was delivered by FESTO, combining theoretical instruction with hands-on practical applications using training equipment.

The program was conducted in a highly interactive format with extensive question-and-answer sessions. We would like to thank our trainer and all participants for their valuable contributions to the success of the training.



Uygulamalı Atık Numune Hazırlama ve Analiz Eğitimi

Hands-on Waste Sample Preparation and Analysis Training

11 Haziran/June 2026

TÜRKÇİMENTO AKADEMİ tarafından düzenlenen Uygulamalı Atık Numune Hazırlama ve Analiz Eğitimi, 11 Haziran 2026 tarihinde, 8 sektör yetkilisinin katılımıyla TÜRKÇİMENTO Ar-Ge Enstitüsü Ankara'da gerçekleştirildi.

TÜRKÇİMENTO Ar-Ge Enstitüsü Yakıt Analiz Laboratuvarı Sorumlusu Dr. H. Elif Pelvan ve teknik ekibi eğitmenliğinde yürütülen programda, Ar-Ge Enstitüsü laboratuvarı ortamında alternatif yakıt olarak kullanılan numunelerin hazırlanması parçalanması/ayrılması/bölünmesi ile lab. numunelerin hazırlanması uygulamalı olarak aktarıldı.

Eğitimin gerçekleştirilmesine katkı sağlayan değerli eğitmen ekibimize ve tüm katılımcılarımıza teşekkür ederiz.

The Hands-on Waste Sample Preparation and Analysis Training, organized by TÜRKÇİMENTO ACADEMY, was held on 11 June 2026 at the TÜRKÇİMENTO R&D Institute in Ankara with the participation of 8 industry professionals.

Delivered by Dr. H. Elif Pelvan, Head of the Fuel Analysis Laboratory at the TÜRKÇİMENTO R&D Institute, together with the Institute's technical team, the program provided practical training in the laboratory environment on the preparation, crushing, separation, and splitting of samples used as alternative fuels, as well as laboratory sample preparation techniques.

We would like to express our sincere thanks to our dedicated training team for their valuable contributions to the successful delivery of the program, and to all participants for their active involvement.



Numune Alma ve Numune Hazırlama Eğitimi

Sampling and Sample Preparation Training

18-19 / 22-23 Haziran/June 2026

TÜRKÇİMENTO AKADEMİ tarafından düzenlenen "Numune Alma ve Numune Hazırlama Eğitimi", 18-19 ve 22-23 Haziran 2026 tarihlerinde Göltaş Çimento özelinde, 2 grup olarak 24 çalışanın katılımıyla Göltaş Çimento Fabrikası'nda gerçekleştirildi.

TÜRKÇİMENTO Eğitmeni Gülsüm Özgün Güven ve TÜRKÇİMENTO Ar-Ge Enstitüsü Fizik ve Beton Laboratuvarı yetkili ismi Ali Gülsün tarafından verilen eğitim kapsamında, yığından hammadde, yığından kömür numune, havalı banttan çimento ve farin numune alma ve hammadde, ATH, AYT, klinker numune hazırlama katılımcılara detaylı sunumlar gerçekleştirildi; daha sonra uygulamalı çalışma yapıldı.

Verimli geçtiği değerlendirilen eğitim programına katkı sağlayan eğitmenlerimize ve tüm katılımcılarımıza teşekkür ederiz.

The Sampling and Sample Preparation Training, organized by TÜRKÇİMENTO ACADEMY, was conducted exclusively for Göltaş Cement on 18-19 and 22-23 June 2026 at the Göltaş Cement Plant. The program was delivered in two groups with the participation of 24 employees.

The training was delivered by Gülsüm Özgün Güven, TÜRKÇİMENTO Trainer, and Ali Gülsün from the Physical and Concrete Laboratory of the TÜRKÇİMENTO R&D Institute. The program included detailed presentations on raw material sampling from stockpiles, coal sampling from stockpiles, cement and raw meal sampling from pneumatic conveyor systems, and the preparation of raw material, alternative raw material (ARM), alternative fuel (AF), and clinker samples. The theoretical sessions were followed by hands-on practical applications.

We would like to thank our trainers for their valuable contributions to this productive training program and all participants for their active involvement.





**Bu ülkenin temelinde biz varız
geleceğinde de biz olacağız**

*We are at the foundation of this country and
we will be in its future*



OECD Raporu: Türkiye İçin Büyüme ve Enflasyon Tahminini Açıkladı

OECD'S Report: Growth and Inflation Forecast for Türkiye

■ **Derleyen/Compiled by :** Kerem ERŞEN, Ayşem URAZ / TÜRKÇİMENTO, Ankara

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD), Orta Doğu'daki savaşın etkileri nedeniyle küresel ekonomik büyümenin 2025'teki yüzde 3,4 seviyesine göre bu yıl ve 2027'de keskin şekilde yavaşlayacağını tahmin etti. Ayrıca OECD'nin tahminine göre Türkiye ekonomisinin, bu yıl yüzde 3,1 ve 2027'de yüzde 3,8 büyümesi bekleniyor.

OECD, Ekonomik Görünüm raporunu 3-4 Haziran'da düzenlenen OECD Bakanlar Konseyi Toplantısı kapsamında "Baskı Altında" temasıyla yayımladı. Rapora göre, ABD/İsrail-İran Savaşı küresel ekonominin dayanıklılığını sınarken, savaşın ne kadar süreceği ve boyutuna ilişkin belirsizlikler devam ediyor.

Orta Doğu krizi Asya ekonomilerini daha sert etkiliyor

Savaşın sona ermesinden sonra dahi hasar gören altyapı ve ulaşım yollarının yeniden inşası ve tedarik zincirinin dünya çapında yeniden normale dönmesinin aylar sürebileceği, bu durumun da ekonomi üzerinde bir süre daha baskı hissedilmesine yol açacağı tahmin ediliyor.

Özellikle Körfez ülkelerinde önemli ölçüde sekteye uğrayan petrol, sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG), tarımsal ve endüstriyel girdi fiyatlarının artması birçok ülkede enflasyon üzerinde yukarı yönlü baskı oluştururken, Orta Doğu'dan yapılan ithalata bağımlılıkları nedeniyle birçok Asya ekonomisi mevcut ve olası şoklara en doğrudan maruz kalan ülkeler arasında yer alıyor.

Olağanüstü belirsiz durum nedeniyle OECD, raporunda küresel ekonominin gelecek 18 ay içinde nasıl gelişebileceğine yönelik 2 senaryoya yer verdi. Bu senaryolar büyük ölçüde enerji krizinin seyrine, çatışmaya kalıcı bir çözüm bulunmasının ne kadar süreceğine ve bunun sonucunda alınacak politika önlemlerine göre değişiklik gösteriyor.

The Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) projected that global economic growth would slow sharply this year and in 2027 compared to the 3.4 percent in 2025, due to the impacts of the war in the Middle East. Furthermore, according to OECD estimates, the Turkish economy is expected to grow by 3.1 percent this year and 3.8 percent in 2027.

The OECD released its Economic Outlook report with the theme "Under Pressure" at the OECD Ministerial Council Meeting held on June 3-4. According to the report, while the US/Israel-Iran war tests the resilience of the global economy, uncertainties remain regarding how long the war will last and its size.

The Middle East crisis has harder impacts on the Asian economies

Even after the war ends, it is estimated that reconstructing the damaged infrastructure and transportation roads, and restoring supply chains to normal around the world, could take months, leading to continued pressure on the economy for some time.

Significant disruptions to oil, liquefied natural gas (LNG), and rising agricultural and industrial input prices, particularly in the Gulf countries, are creating upward pressure on the inflation in many countries. Due to their dependence on imports from the Middle East, many Asian economies are among those most directly exposed to current and potential shocks.

Given the extraordinary uncertainty, the OECD presented two scenarios in its report regarding how the global economy might develop over the next 18 months. These scenarios vary greatly depending on the course of the energy crisis, how long it takes to find a lasting solution to the conflict, and the policy measures to be taken as a result.

OECD, savaşın yol açtığı aksaklıkların önemli ölçüde hissedildiği ancak nispeten daha kısa sürdüğünü "sınırlı süreli aksaklık" senaryosunda, Körfez ekonomilerindeki enerji üretimi ve ticaretinin bu yılın üçüncü çeyreğinden itibaren kademeli olarak normale döneceğini ve özellikle Asya ekonomilerinde sınırlı seviyede enerji arz kısıtı yaşanacağını varsayıyor.

Bu senaryoya göre, 2025'te yüzde 3,4 olan küresel ekonomik büyümenin bu yıl yüzde 2,8 seviyesine yavaşlayacağı ve 2027'de yeniden yüzde 3,1'e yükseleceği tahmin ediliyor. OECD, mart ayında yayımladığı raporda küresel ekonominin bu yıl yüzde 2,9 ve 2027'de yüzde 3 seviyesinde büyüyeceği öngörüsünde bulunmuştu.

Senaryoda, politika faizinin bu yıl çoğu büyük ekonomide istikrarlı olacağı ve temel fiyat baskılarının sınırlı kalacağı öngörülüyor. Bu baskıların 2027'de hafifleyeceği tahmin ediliyor.

G20 ülkelerinde enflasyonun 2025'teki yüzde 3,4 seviyesinden bu yıl yüzde 4'e çıkacağı ve 2027'de yüzde 3,1 seviyesine yavaşlayacağı hesaplanıyor.

Savaşta kalıcı ateşkes sağlanması ve enerji fiyatlarında daha fazla düşüş olması durumunda küresel ekonomik büyümenin biraz daha yüksek olması bekleniyor. Bu kapsamda, yılın ikinci yarısından itibaren petrol, gaz ve gübre fiyatlarında yüzde 10'luk ek düşüşün 2027 küresel ekonomik büyümesini 0,1 puan artıracığı ve enflasyonda 0,3 puan düşüş sağlayacağı öngörülüyor.

Uzun süreli belirsizlik büyümeyi daha fazla baskılayabilir

OECD, "uzun süreli kesinti" senaryosunda ise 2027'nin ilerleyen dönemlerine kadar barış sağlanamaması durumunda ortaya çıkabilecek olası maliyetler çerçevesinde Körfez ekonomilerinde enerji üretimi ve ihracatında şu anda yaşanan kesintilerin 2027'nin ikinci yarısına kadar devam edeceğini ve daha sonra kademeli olarak azalacağını varsayıyor.

Bu senaryoya göre, Körfez ülkelerinin ürettiği enerji ürünleri, tarımsal ve endüstriyel ürünlerde ciddi kıtlık yaşanma olasılığı yüksek ve bu durumun verimlilik düşüşü ve azalan yatırımlar yoluyla potansiyel üretim üzerinde kalıcı etkileri olabileceği değerlendiriliyor.

Bu kapsamda küresel ekonomik büyümenin bu yıl yüzde 2,1 ve 2027'de yüzde 1,8 seviyesine gerileyeceği ve yavaşlamanın birçok ekonomiyi resesyona sürükleyebileceği ve işsizliği artırabileceği tahmin ediliyor.

In its "limited-duration disruption" scenario—in which the disruptions caused by the war are felt significantly but last for a relatively shorter period—the OECD assumes that energy production and trade in Gulf economies would gradually return to normal starting in the third quarter of this year, and that Asian economies, in particular, would experience limited energy supply constraints.

According to this scenario, global economic growth, projected to be 3.4 percent in 2025, is expected to slow to 2.8 percent this year and then rise again to 3.1 percent in 2027. In its report released in March, the OECD predicted that the global economy would grow by 2.9 percent this year and by 3 percent in 2027.

The scenario projects that policy interest rates would remain stable in most major economies this year and that core price pressures would remain limited. These pressures are expected to ease in 2027.

In G20 countries, inflation is expected to rise from 3.4 percent in 2025 to 4 percent this year, and then slow to 3.1 percent in 2027.

Global economic growth is expected to be slightly higher if a lasting ceasefire is achieved in the war and energy prices fall further. In this context, a further 10% decrease in oil, gas, and fertilizer prices from the second half of the year onwards is projected to boost global economic growth by 0.1 percentage points and reduce inflation by 0.3 percentage points by 2027.

Prolonged uncertainty could further suppress growth

In its "long-term disruption" scenario, the OECD assumes that—in the context of the potential costs that could arise if peace is not achieved by the later part of 2027—the current disruptions in energy production and exports in the Gulf economies would continue through the second half of 2027 and then gradually subside.

According to this scenario, there is a high likelihood of severe shortages of energy, agricultural, and industrial products produced by the Gulf countries, and it is considered that this could have permanent impacts on the potential production through reduced efficiency and declining investment.

In this context, global economic growth is projected to slow to 2.1 percent this year and 1.8 percent in 2027, and the slowdown could push many economies into recession and increase unemployment.

Senaryoda, küresel enflasyonun bu yıl 0,4 puan ve 2027'de 1,3 puan artabileceği ve politika faizlerinin birçok ülkede 50-75 baz puan yükseltilebileceği öngörülüyor.

Türkiye ekonomisinin bu yıl yüzde 3,1 büyümesi bekleniyor

OECD'nin tahminine göre Türkiye ekonomisi, bu yıl yüzde 3,1 ve 2027'de yüzde 3,8 büyüyecek. Örgüt, martta yayımladığı raporda Türkiye ekonomisinde büyümenin bu yıl yüzde 3,3 ve 2027'de yüzde 3,8 olacağı tahmininde bulunmuştu.

Yüksek enerji ve emtia fiyatlarının sıkı finansal koşullar altında Türkiye'nin iç talebini baskılayabileceği öngörülürken, bu yıl sonuna doğru tüketici güveninin iyileşmesi ve faizde beklenen düşüşün tüketim ve yatırımların güçlenmesini destekleyeceği tahmin ediliyor.

Dezenflasyon sürecinin devam etmesiyle Türkiye'de yıllık enflasyonun 2027'nin ilk yarısında yüzde 20'nin altına inmesi bekleniyor ancak Orta Doğu'da gerilimin tırmanması ve olası fiyat baskılarının enflasyonun yavaşlama süreci için önemli bir risk olduğu değerlendiriliyor.

Sıkı para politikasının sürdürülmesi enflasyon beklentilerini düşürmek için kilit önemde görülürken, gelecekte faiz artışlarının göz ardı edilmemesi gerektiği ifade ediliyor.

OECD'ye göre Türkiye, artan enerji fiyatlarından etkilenmesine rağmen petrol, doğal gaz ve gübre ithalatının büyük kısmı Basra Körfezi'nden gelmediği için doğrudan tedarik riskleri karşısında birçok ülkeye göre daha güvenli bir konumda bulunuyor. Öte yandan Türkiye ekonomisi, Avrupa'daki talep durgunluğu ve özellikle imalat sektöründe üçüncü pazarlardaki Çin hakimiyetine karşı hassasiyetini koruyor.

Kaynak: <https://www.ekonomim.com/kuresel-ekonomi/oecd-raporu-enflasyon-ve-faizler-savasin-seyrine-gore-sekillenecek-haberi-897552>

The scenario predicts that global inflation may increase by 0.4 points this year and 1.3 points in 2027, and policy interest rates may be increased by 50-75 basis points in many countries.

The Turkish economy is expected to grow by 3.1 percent this year

According to the OECD's forecast, the Turkish economy would grow by 3.1 percent this year and 3.8 percent in 2027. In its report published in March, OECD had predicted that growth in the Turkish economy would be 3.3 percent this year and 3.8 percent in 2027.

While high energy and commodity prices are expected to suppress Turkish domestic demand under tight financial conditions, it is anticipated that improved consumer confidence and expected interest rate cuts towards the end of this year would promote to strengthen consumption and investment.

With ongoing disinflation process, annual inflation in Türkiye is expected to fall below 20 percent in the first half of 2027, however, escalating tensions in the Middle East and potential price pressures are considered a significant risk to the slowdown in inflation.

While maintaining a tight monetary policy is considered to be a key to lowering inflation expectations, it is reported that future interest rate increases should not be ruled out.

According to the OECD, although Türkiye is affected by rising energy prices, it is in a more secure position than many other countries in terms of direct supply risks because the majority of its oil, natural gas, and fertilizer imports do not come from the Persian Gulf. On the other hand, the Turkish economy remains vulnerable to the slowdown in demand in Europe and, particularly in the manufacturing industry, to Chinese dominance in third markets.

Source: <https://www.ekonomim.com/kuresel-ekonomi/oecd-raporu-enflasyon-ve-faizler-savasin-seyrine-gore-sekillenecek-haberi-897552>

Suriye'nin Çimento Sektörü Gölgelerden Çıkıyor

Syria's Cement Sector Emerges From the Shadows

Suriye iç savaşı sırasında silahlı gruplara yapılan ödemeler nedeniyle Fransa'da mahkûm edilen eski Lafarge yöneticilerinin bu hafta kefaletle serbest bırakılması, çimento sektörünün Suriye'deki çöküşü ne kadar derinden karıştığını hatırlatır nitelikte. Ancak Lafarge'in Jalabiya fabrikasının bu çatışmanın en önemli kurumsal skandallarından biri haline gelmesinden on yıldan fazla bir süre sonra, Suriye'nin çimento sektörü çok farklı nedenlerden dolayı yeniden uluslararası ilginin odağı haline geldi.

Avrupa Birliği'nin 2011 yılında ilk kez uygulanan askıya alma kararını sona erdirerek AB-Suriye İşbirliği Anlaşmasının tam olarak yürürlüğe girmesini yeniden sağlamasıyla birlikte bu ay söz konusu geçiş süreci hız kazandı. Yaptırımlar ve mali kısıtlamalar karmaşıklığını korurken, anlaşma Suriye'nin bölgesel ve uluslararası ticarete kademeli olarak yeniden açılmasının sinyalini veriyor.

Konut, ulaşım altyapısı, kamu hizmetleri ve sanayi alanlarında olmak üzere Suriye muazzam yeniden yapılanma ihtiyaçlarıyla karşı karşıya kaldı. Yıllarca süren çatışmalar, yaptırımlar ve yetersiz yatırımlar, ülkenin çimento üretim kapasitesinin büyük bir bölümünün hasar görmesine, verimsiz hale gelmesine veya atıl kalmasına neden oldu. Yerli üreticiler ise güvenilir elektrik tedariki, hasarlı altyapı ve son derece yüksek yakıt maliyetleriyle mücadele etmeye devam ediyor.

Birçok tesis halen düşük termal verimliliğe sahip eski üretim hatlarıyla işletilmektedir. Dolayısıyla komşu ülkelerden çimento veya klinker ithalatı, yerli çimento arzını sürdürmenin temel bir unsuru haline gelmiştir. Yakında yayınlanacak olan Küresel Çimento Raporunun 16. baskısına göre, Suriye'nin çimento tüketiminin yaklaşık 6,5 milyon ton/yıl olduğu tahmin edilmektedir. İthalatın ise bu rakamın yaklaşık üçte birini oluşturduğu düşünülmektedir.

Özellikle Türkiye, Suriye'nin çimento açığından en büyük dış faydalanıcı ülke olarak ortaya çıkmıştır. Türk üreticiler önemli miktarda fazla kapasiteye, kurulu lojistik ağı ve Kuzey Suriye'ye doğrudan erişime sahip olup, yılda 1 milyon tondan fazla ihracat yapabilmektedir. Suudi tedarikçiler de özellikle klinker ihracatı ve endüstriyel iş birliği girişimlerinde varlıklarını genişletirken, Mısır önemli bir çimento tedarikçisi olarak kendini göstermiştir.

The release on bail this week of the former Lafarge executives convicted in France over payments made to armed groups during the Syrian civil war is a reminder of how deeply the cement industry became entangled in Syria's collapse. But more than a decade after Lafarge's Jalabiya plant became one of the conflict's defining corporate scandals, Syria's cement sector is returning to international attention for very different reasons.

That transition gathered pace this month when the European Union restored the full application of the EU-Syria Cooperation Agreement, ending a suspension first imposed in 2011. While sanctions and financial restrictions remain complex, the agreement signals a gradual reopening of Syria to regional and international trade.

Syria faces immense reconstruction requirements across housing, transport infrastructure, utilities and industry. Years of conflict, sanctions and underinvestment have meanwhile left much of the country's cement capacity damaged, inefficient or idle. Domestic producers continue to struggle with unreliable electricity supplies, damaged infrastructure and exceptionally high fuel costs.

Many facilities still operate outdated production lines with poor thermal efficiency. Importing cement or clinker from neighbouring countries have therefore become central to maintaining domestic cement supply, with Syrian cement consumption estimated at around 6.5Mta according to the forthcoming 16th edition of the Global Cement Report. Imports are thought to account for around one third of this figure.

Türkiye in particular has emerged as the main external beneficiary of Syria's cement deficit. Turkish producers possess substantial surplus capacity, established logistics networks and direct access into northern Syria, allowing it to export over 1Mt annually. Saudi suppliers have also expanded their presence, particularly in clinker exports and industrial cooperation initiatives, while Egypt has also emerged as a key supplier of cement.

Mart ayında, devlete ait Suriye Genel Çimento ve İnşaat Malzemeleri Şirketi OMRAN, yerel çimento üretimini desteklemek ve fiyatları istikrara kavuşturmak amacıyla Mısırlı Cisco şirketinden yeni bir tedarik anlaşması kapsamında klinker sevkiyatının başladığını duyurdu. Bu arada OMRAN, öğütme verimliliğini artırmayı ve enerji tüketimini azaltmayı hedefleyen iyileştirmeler yaparken, Tartus, Hama ve Adra dahil olmak üzere mevcut birçok tesiste rehabilitasyon çalışmalarına devam ediyor. Bu arada OMRAN, öğütme verimliliğini artırmayı ve enerji tüketimini azaltmayı amaçlayan iyileştirmeleri sürdürürken, Tartus, Hama ve Adra dahil olmak üzere mevcut birçok tesiste rehabilitasyon çalışmalarına devam ediyor.

Suriye'deki Al-Hassan Holding Grubu ile Çin'deki Jiangsu Pengfei Grubu arasında geçen ay yapılan anlaşma, endüstriyel yeniden yapılanmanın daha iddialı bir aşamasına işaret ediyor. Önerilen Rakka tesisi, yaklaşık 2,3 milyon ton/yıl çimento ve yaklaşık 1,6 milyon ton/yıl klinker üretim kapasitesine sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Dolayısıyla bu tesis Suriye'de iç savaşın başlamasından bu yana açıklanan en büyük projeler arasındaki yerini korumaktadır. Suriye'den gelen haberlere göre inşaat iki yıl içinde tamamlanabilecek olup, uygulamaya koyma görüşmelerine başlamak üzere Çinli bir teknik heyetin Rakka'ya gelmesi bekleniyor.

Ülkenin kurulu kapasitesinin ne kadarının hasarlı, verimsiz veya atıl durumda olduğu göz önüne alındığında, projenin ölçeği dikkat çekicidir. Bu büyüklükte modern bir kuru işlem tesisi tamamlandığı takdirde, bu tesis ithalat ve yerli üretim arasındaki dengeyi önemli ölçüde değiştirecektir.

Rakka duyurusu, Suriye çimento sektörüne yönelik artan yabancı ilgiyle de aynı zamana denk geliyor. Mart ayında OMRAN, 12 Arap ve uluslararası şirketin Adra ve El-Müslümiye çimento fabrikalarına yatırım yapmak için başvuruda bulunduğunu açıklamıştı. Birleşik Arap Emirlikleri merkezli QBZ Grubu tarafından Tartus'ta rehabilitasyon çalışmaları halihazırda devam ederken, Irak merkezli Vertex Grubu da Hama Çimento'daki üçüncü üretim hattının modernize edilmesinde yer alıyor.

Çin'in Suriye'ye olan ilgisi, sadece kısa vadeli çimento ihracatından ziyade giderek daha uzun vadeli endüstriyel konumlandırma ile bağlantılı görünmektedir. Sinoma, BITEC ve Jiangsu Pengfei gibi Çinli mühendislik gruplarının tümü, geçtiğimiz yıl boyunca tesislerin yeniden faaliyete geçirilmesi, teknik iş birliği veya yeni kapasite projeleri konusunda Suriye yetkilileriyle görüşmeler gerçekleştirdi.

Siyasi durum istikrarlı kaldığı sürece, Suriye'nin çimento sektörünün geleceği umut verici olabilir.

Kaynak: <https://www.cemnet.com/News/story/181418/syria-s-cement-sector-emerges-from-the-shadows.html?source=ae7503d221554ae5f35e939787197a18>

In March, the state-owned Syrian General Company for Cement and Building Materials, OMRAN, announced the arrival of clinker shipments from Egyptian company Cisco under a new supply agreement intended to support local cement production and stabilise prices. Meanwhile, OMRAN is continuing its rehabilitation work at several existing plants, including Tartous, Hama and Adra, while pursuing upgrades aimed at improving grinding efficiency and reducing energy consumption.

Last month's agreement between Syria's Al-Hassan Holding Group and China's Jiangsu Pengfei Group points to a more ambitious phase of industrial reconstruction. The proposed Raqqa plant is designed for around 2.3Mta of cement capacity and approximately 1.6Mta of clinker production, placing it among the largest projects announced in Syria since the start of the civil war. Syrian reports suggest construction could be completed within two years, with a Chinese technical delegation expected in Raqqa to begin implementation discussions.

The project's scale is notable given how much of the country's installed capacity remains damaged, inefficient or idle. A modern dry-process facility of this size would significantly alter the balance between imports and domestic production if completed.

The Raqqa announcement also coincides with growing foreign interest elsewhere in the Syrian cement industry. In March, OMRAN stated that 12 Arab and international companies had submitted applications to invest in the Adra and Al-Muslimiyah cement plants.

Rehabilitation work is already underway at Tartous through the UAE-based QBZ Group, while Iraq's Vertex Group is involved in upgrading the third production line at Hama Cement.

China's interest in Syria increasingly appears tied to longer-term industrial positioning rather than short-term cement exports alone. Chinese engineering groups including Sinoma, BITEC and Jiangsu Pengfei have all now held discussions with Syrian authorities regarding plant rehabilitation, technical cooperation or new capacity projects over the past year.

As long as the political situation remains stable then Syria's cement industry could have a promising future

Source: <https://www.cemnet.com/News/story/181418/syria-s-cement-sector-emerges-from-the-shadows.html?source=ae7503d221554ae5f35e939787197a18>

AB Çimento İthalatçıları Yüksek CBAM Maliyetleriyle Karşı Karşıya Kalabilir

EU Cement Importers May Face High CBAM Costs

Bir karbon uyum danışmanlık şirketi, 2027 yılı Eylüldeki son tarihten önce doğrulanmış karbon emisyon verilerini elde etmenin önündeki yüksek engeller nedeniyle Avrupalı ithalatçıların, 2026 yılı çimento ithalatlarını kapsayacak şekilde cezai varsayılan değerleri kullanmak zorunda kalacakları konusunda uyarıda bulunuyor.

Carboneer Genel Müdürü Hendrik Schuldt, 12 Mayıs'ta İtalya'nın Ostuni kentinde düzenlenen Argus Akdeniz Katı Yakıtlar Forumu'na katılan delegelere, bazı şirketler arasında doğrulanmış emisyon değerlerini kullanabileceklerine dair "yanlış bir güvenlik hissi" olduğunu söyledi. "Genel varsayımımız, şirketlerin varsayılan değerleri kullanmak zorunda olduğu yönündedir."

Doğrulanmış verileri kullanmak ile varsayılan verileri kullanmak arasındaki maliyet farkı çok büyüktür. 2026 yılında Ukrayna'dan 10.000 ton gri Portland çimentosunu ton başına 75 Avruluk bir sınırdaki karbon düzenleme mekanizması (CBAM) sertifika fiyatına ithal eden bir şirket, bu tedarikin gerçek emisyonlarını kullanarak (ton başına 0,91 ton CO₂ eşdeğeri (CO₂e) varsayıldığında) 195.000 € ödeyecektir. Ancak Ukrayna için varsayılan değer olan 1,51 ton CO₂e/ton üzerinden hesaplandığında, CBAM maliyetlerinde bu şirket 663.000 € borçlu olacaktır.

Çeşitli etkenler, 2026 yılı ithalatları için gerçek ve doğrulanmış verilerin kullanılabilir olma olasılığını düşük kılmaktadır. Üreticilerin 2026 emisyonlarını doğrulatmaları için ellerinde "çok kısa bir süre" var. Bu çalışma ancak 1 Ocak 2027 tarihinde başlayabilir, ancak gelecek yılın Eylül ayına kadar tamamlanması gerekmektedir. Denetçilerin bulunabilirliği de belirsizliğini korumaktadır. Ayrıca doğrulama, ancak şirketlerin bir emisyon izleme planı varsa mümkün olacaktır.

Schuldt açıklamasında "Bu bir sorun, zira dünya çapında bu tür bir mantığa maruz kalmamış birçok üreticinin izleme sistemleri yok," demiştir. "Bu durum, tüm süreci geciktirecek, hatta imkânsız hale getirecektir."

Şirketlerin göz önünde bulundurması gereken bir diğer unsur ise, 2027'den itibaren başlamak üzere şirketlerin, tüm ithalatlar için yıllık emisyon toplamalarının yüzde 50'sini kapsayan ve üç ayda bir gözden geçirilen CBAM sertifikalarına sahip

European importers likely will have to use punitive default values to cover their 2026 cement imports because of high barriers to obtaining verified carbon emissions data before the deadline in September 2027, a carbon compliance consultancy warns.

There is a "false sense of security" among some companies that they will be able to use verified emissions values, Carboneer managing director Hendrik Schuldt told delegates attending the Argus Mediterranean Solid Fuels Forum in Ostuni, Italy, on 12 May. "Our general assumption is that companies have to use default values."

The cost difference between using verified data and default data is stark. A company importing 10,000t of grey Portland cement from Ukraine in 2026, at a carbon border adjustment mechanism (CBAM) certificate price of €75/t, would pay €195,000 using the actual emissions of this supply, assumed to be 0.91t of CO₂ equivalent (CO₂e)/t. But it would owe €663,000 in CBAM costs under the default value for Ukraine, which is 1.51t of CO₂e/t.

A number of factors make it unlikely that actual verified data will be available to use for 2026 imports. There is a "very short timeline" for producers to get their 2026 emissions verified. This work is only able to start on 1 January 2027, but it must be completed by September of next year. The availability of auditors is also unclear. And verification will only be possible if companies have an emissions monitoring plan in place.

"That is a problem, because many of the producers worldwide who have not been exposed to this kind of logic do not have monitoring systems", Schuldt said. "This will delay the whole process or even make it infeasible."

Another factor for companies to consider is that starting in 2027, they will be required to hold CBAM certificates covering 50pc of year-to-date emissions totals for all imports, reviewed quarterly. Ultimately this 50pc requirement could

olmalarının gerekeceğidir. Sonuç olarak bu yüzde 50 şartı, önceki dönemde teslim edilen ve daha düşük, doğrulanmış emisyon değerlerini esas alabilecek CBAM sertifikalarını dikkate alabilir. Ancak 2027 yılında bu seçenek mevcut olmayacak. Şirketler, doğrulanmış verileri kullanmak için gerekli tüm şartları yerine getirmiş olsalar bile, cezai düzeyde yüksek varsayılan değerlere dayalı olarak beklenen CBAM sertifikalarının yüzde 50'sini saklamak zorunda kalacaklar.

Schuldt ifadesinde "Bu durum, 2027'de bu şartı yerine getirmek için bol miktarda likidite ayırmanız gerektiği anlamına geliyor," demiştir.

Kaynak: <https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/latest-market-news/2829378-eu-cement-importers-may-face-high-cbam-costs> Yazar: Lauren Masterson

be based on the CBAM certificates surrendered during the previous period, which could be based on the lower, verified emissions values. But during 2027, this option will not be available. Companies will have to bank 50pc of expected CBAM certificates based on the punitively high default values, even if they have met all the requirements to use verified data.

"That means in '27, you have to reserve a lot of liquidity to fulfil this requirement," Schuldt said.

Source: <https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/latest-market-news/2829378-eu-cement-importers-may-face-high-cbam-costs> By Lauren Masterson

ACA, Orta Doğu Savaşı ve Faiz Oranı Baskıları Nedeniyle ABD'de Çimento Talebinin Düşeceğini Öngörüyor

ACA Sees US Cement Demand Falling on Middle East War, Rate Pressures

Amerikan Çimento Birliği kendi ilkbahar tahminine göre 2026 yılı ABD çimento tüketimi beklentisini %2,5'lik bir düşüşe doğru aşağı yönlü revize etti.

ACA, bu değişimi bir "kara kuğu" olayına yani Orta Doğu'da devam eden çatışmalar ve bunun sonucunda Hürmüz Boğazı'nın fiilen kapatılmasına bağlıyor. Bu durum, küresel tedarik zincirlerini ciddi şekilde aksatmış ve petrol fiyatlarının çatışma öncesi seviyelerin yaklaşık %60 üzerine çıkmasına neden olmuştur.

ACA, bu jeopolitik arz şokunun makroekonomik ortamı önemli ölçüde değiştirdiğini belirtmiştir.

Mart ayında enerji krizi nedeniyle enflasyonun %3,3'e yükselmesiyle birlikte ACA, ABD Merkez Bankasının Ekim ayında yalnızca 25 baz puanlık tek bir faiz indirimi yapacağını öngörüyor; bu durum ise önceki beklentilerden önemli bir sapma anlamına geliyor. Sonuç olarak borçlanma

The American Cement Association has revised its expectations for 2026 US cement consumption downward to a 2.5% decline, according to its spring forecast.

The ACA credits this shift to a "black swan" event -- the ongoing conflict in the Middle East and the subsequent effective closure of the Strait of Hormuz -- which has severely disrupted global supply chains and caused oil prices to spike roughly 60% above pre-conflict levels.

This geopolitical supply shock has significantly altered the macroeconomic backdrop, the ACA said.

With inflation rising to 3.3% in March due to the energy crisis, the ACA now anticipates that the US Federal Reserve will issue only a single 25-basis-point rate cut in October, a sharp departure from previous expectations. Consequently, borrowing costs and mortgage rates

maliyetlerinin ve ipotek faiz oranlarının yüksek kalması beklenirken, zaten soğuyan ABD işgücü piyasasını daha da zorlanacağı ve tüketici güveninin azalacağı öngörülüyor.

ACA, 30 Nisan tarihli tahmin raporunda, faiz oranlarının uzun süre yüksek seviyelerde kalmasının özel inşaat sektörü için bir başka zayıf yıla yol açacağını belirtti. Rapora göre, tek ailelik konut inşaat başlangıçlarının %5,2 oranında düşmesi ve konut dışı çimento tüketiminin %5 oranında azalması bekleniyor.

Kamu inşaat sektörünün bu fiyat artışlarına daha az duyarlı olması bekleniyor. Ancak ACA, Altyapı Yatırım ve İstihdam Yasasının bu yıl yürürlükten kalkmasıyla birlikte sektörün, karayolu taşımacılığı finansmanının yeniden yetkilendirilmesinin belirsizliği konusunda kendi zorluklarıyla karşı karşıya olduğunu belirtti.

ACA'nın ekonomi politikası ve analizlerden sorumlu kıdemli direktörü Brian Schmidt, "Bir kara kuğu olayı kendisini İran ile yaşanan çatışma şeklinde gösterdi ve Ortadoğu'daki düşmanlıklar ne kadar uzun sürerse, çimento tahminlerinin o kadar zayıflayacağı açık" demiştir.

Bu yakın tarihli zorluklara rağmen ACA'nın temel tahmininde, Orta Doğu'daki çatışmaların dört ila sekiz hafta içinde çözüleceği varsayılmakta olup, bu durumun ABD'nin resesyondan kıl payı kurtulmasına olanak tanıyacağı öngörülüyor. Reel inşaat harcamalarının 2026 yılında %3,1 oranında düşmesi beklenirken ACA, ekonominin istikrar kazanması, enflasyonun düşmesi ve inşaat sektörünün yeniden toparlanmasıyla çimento tüketiminin 2027 yılında nihayet pozitif bir seyir izleyeceğini öngördü.

S&P Global Energy bünyesindeki Platts, en son 30 Nisan'da Houston'a CIF teslimatlı çimento fiyatını metrik ton başına 88 dolar olarak değerlendirdi.

Kaynak: <https://www.spglobal.com/energy/en/news-research/latest-news/metals/050526-aca-sees-us-cement-demand-falling-on-middle-east-war-rate-pressures>
Lucas Sposito tarafından

are expected to remain elevated, further straining a cooling US labor market and dampening consumer confidence.

The ACA said in its forecast April 30 that sustained high interest rates will lead to another weak year for private construction, with single-family housing starts projected to drop 5.2% and nonresidential cement consumption to recede 5%.

Public construction is expected to be less sensitive to these rate hikes, though the ACA said the sector faces its own headwinds regarding the uncertain reauthorization of surface transportation funding as the Infrastructure Investment and Jobs Act sunsets this year.

"A black swan event has come in the form of the conflict with Iran, and it's clear the longer hostilities in the Middle East continue, the weaker the cement forecast becomes," said Brian Schmidt, ACA's senior director of economic policy and analytics.

Despite these immediate challenges, the ACA's baseline forecast assumes the Middle East conflict will resolve within four to eight weeks, allowing the US to avoid a recession narrowly. While real construction spending is projected to fall 3.1% in 2026, the ACA predicted that cement consumption will finally turn positive in 2027 as the economy stabilizes, inflation cools and the construction sector regains its footing.

Platts, part of S&P Global Energy, last assessed cement CIF Houston at \$88/metric ton on April 30.

Source: <https://www.spglobal.com/energy/en/news-research/latest-news/metals/050526-aca-sees-us-cement-demand-falling-on-middle-east-war-rate-pressures>
By Lucas Sposito

Konuttaki Gelişmeler

26 Mayıs & 28 Mayıs 2026 (A.B.D.)

Housing Update - May 26 & 28, 2026 (U.S.A.)

S&P CoreLogic Case-Shiller'in en son Konut Fiyat Endeksi, Mart ayında ulusal konut fiyatlarının yıllık bazda %0,7 arttığını gösterdi. Bu durum, pandemi sonrası konut patlamasının sona ermeye başlamasından bu yana görülen en zayıf yıllık artışlardan biri olmuştur. 20 büyük metropol bölgesinin yarısından fazlasında yıllık fiyat düşüşleri kaydedildi. Bu durum ise yüksek ipotek faiz oranları, alım gücü baskıları ve yavaşlayan konut talebinin etkisini yansıtmaktadır. Chicago ve New York gibi bazı pazarlar göreceli olarak güçlü performans göstermeye devam ederken, ABD'nin Batısı ve Güneyinde eskiden yüksek büyüme gösteren bölgeler baskı altında kalmaya devam etmiştir. Enflasyon, konut fiyatlarındaki artışın da üzerinde seyretmeye devam etmiştir, bu da, nominal artışlara rağmen reel konut fiyatlarının daha da düştüğü anlamına gelmektedir.

Ayrıca New Home Sales'in son raporu, yeni inşa edilen tek ailelik ev satışlarının Nisan ayında keskin bir düşüş gösterdiğini ortaya koydu, satışlar bir önceki aya göre %6,2 azalarak mevsimsellikten arındırılmış yıllık 622.000 birim seviyesine geriledi ve bir önceki yıla göre de %11,3 düşüş kaydetti. Bu yavaşlama, inşaat firmalarının alıcıları çekmek için fiyat indirimleri sunmasına rağmen, tüketicilerin temkinli talebini yansıtmaktadır. Yeni konut stoku 489.000 adede yükselerek daha dengeli ancak daha yumuşak bir konut piyasasına işaret etti. Ortalama satış fiyatı da mütevazı bir artışla 422.500 dolara yükselerek potansiyel alıcılar açısından uygun maliyet endişelerini artırdı.

Bu raporlar, konut sektörünün sıkı finansal koşullar ve yüksek borçlanma maliyetleri nedeniyle kısıtlanmaya devam ettiğine dair kanıtları güçlendirmektedir. Konut piyasası, ipotek faiz oranlarındaki dalgalanmalara karşı giderek daha hassas hale gelmiştir, yeni konut satışlarındaki düşüş ise konut yatırımlarının yakın vadede genel ekonomik büyümeyi yavaşlatmaya devam edebileceğini göstermektedir. Veriler ayrıca, konut değerlerinde daha keskin bir düzeltmeyi engelleyen, süregelen yapısal arz kıtlığını ve sınırlı mevcut konut stokunu da vurgulamaktadır.

Kaynak: Amerikan Çimento Birliği Piyasa Analizi Haftalık Bülteni (01.06.2026)

The latest S&P CoreLogic Case-Shiller Home Price Index showed national home prices rising 0.7% year-over-year in March, marking one of the weakest annual gains since the post-pandemic housing boom began to unwind. More than half of the 20 major metro areas posted annual price declines, reflecting the impact of elevated mortgage rates, affordability pressures, and slower housing demand. While certain markets such as Chicago and New York continued to show relative strength, formerly high-growth regions in the West and Sun Belt remained under pressure. Inflation also continued to outpace home price appreciation, meaning real home prices declined further despite nominal gains.

Additionally, the latest New Home Sales report showed that sales of newly built single-family homes declined sharply in April, falling 6.2% month-over-month to a seasonally adjusted annual rate of 622,000 units, while also dropping 11.3% from a year earlier. The slowdown reflects cautious consumer demand despite builders offering price incentives to attract buyers. Inventory of new homes increased to 489,000 units, signaling a more balanced but softer housing market. The median sales price also rose modestly to \$422,500, adding to affordability concerns for potential buyers.

These reports reinforce evidence that the housing sector remains constrained by tight financial conditions and higher borrowing costs. Housing activity has become increasingly sensitive to mortgage rate fluctuations, and the decline in new home sales suggests residential investment may continue acting as a drag on overall economic growth in the near term. The data also highlights persistent structural supply shortages and limited existing-home inventory, which continue preventing a sharper correction in housing values.

Source: American Cement Association Market Intelligence Weekly Insights bulletin dated 01.06.2026



KALİTE VE ÇEVRE KURULU

*COUNCIL FOR QUALITY
AND ENVIRONMENT*



Avrupa Birliği'nin onayladığı Kalite ve Çevre Kurulu,

- Ürün Belgelendirme
- Sistem Belgelendirme
- Çevresel Ölçümler
- Sera Gazı Doğrulama
- Karbon Ayak İzi Geçerli Kılma ve Doğrulama



1784



002



[in /kalite ve çevre kurulu](https://www.kalitevecevrekurulu.org)
www.kalitevecevrekurulu.org

Ulusal İklim Finansmanı Kapasitesinin Güçlendirilmesi Projesi Başladı

The Project on Strengthening the National Climate Finance Capacity is Launched

Ulusal İklim Finansmanı Kapasitesinin Güçlendirilmesi Projesi, 2 Haziran 2026 tarihinde Ankara'da düzenlenen açılış etkinliğiyle kamuoyuna tanıtıldı. AB IPA III Programı kapsamında finanse edilen ve İklim Değişikliği Başkanlığı'nın faydalanıcısı olduğu proje, Türkiye'nin iklim finansmanı alanındaki kurumsal kapasitesini güçlendirmeyi ve sürdürülebilir finansman ekosistemini geliştirmeyi amaçlıyor.

İklim değişikliğiyle mücadele ve uyum politikalarının başarıya ulaşabilmesi için güçlü finansman mekanizmalarının oluşturulması gerektiğine dikkat çekilen açılış toplantısında, kamu kurumları, finans sektörü temsilcileri, uluslararası kuruluşlar, kalkınma ve yatırım bankaları, akademi ve sivil toplum kuruluşları bir araya geldi. Etkinlik, iklim finansmanı alanında farklı paydaşlar arasında ortak bir anlayış geliştirilmesi ve iş birliğinin artırılması açısından önemli bir platform oluşturdu.

Açılış programında İklim Değişikliği Başkan Yardımcısı Mehrali Ecer, Dışişleri Bakanlığı Avrupa Birliği Başkanlığı Mali İşbirliği ve Proje Uygulama Genel Müdürü Bülent Özcan, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Proje Uygulama Daire Başkanı Doç. Dr. İ. Raci Bayer, AB Türkiye Delegasyonu İşbirliği Bölümü Başkanı Maria Luisa Wyganowski ve NIRAS Proje Direktörü Adam Iwaszko konuşma yaptı. Program kapsamında proje ortakları tarafından yürütülecek çalışmalar ve hedefler katılımcılarla paylaşıldı.

İki yıl sürecek proje; Escarus, NIRAS, Envesu ve Adelphi'den oluşan uluslararası konsorsiyum tarafından yürütülecek. Proje kapsamında Türkiye'de iklim finansmanı sisteminin mevcut durumu analiz edilerek ihtiyaçlar ve eksiklikler ortaya konulacak, iklim yatırımlarını destekleyecek yeni finansman araçları geliştirilecek. Böylece hem kamu hem de özel sektörün iklim dostu yatırımlara daha etkin şekilde yönlendirilmesi hedefleniyor.

Çalışmaların önemli başlıklarından birini ise Ulusal İklim Finansmanı Stratejisi'nin geliştirilmesi oluşturuyor. Bunun yanı sıra, finans sektöründe yeşil yatırımların tanımlanması açısından büyük önem taşıyan taksonomi çalışmalarına

The Project on Strengthening the National Climate Finance Capacity was introduced to the public at an opening event held in Ankara on June 2, 2026. The Project is funded by the EU IPA III Programme and the Climate Change Presidency is the beneficiary, aspiring to strengthening Türkiye's institutional capacity for the climate finance and developing a sustainable financing ecosystem.

The opening meeting brought together representatives from public institutions, the financial sector, international organizations, development and investment banks, academia, and civil society organizations, highlighting the need to establish strong financing mechanisms for the success of climate change mitigation and adaptation policies. The event provided a significant platform for fostering a shared understanding and improving cooperation among different stakeholders in the field of climate finance.

At the opening meeting, speeches were delivered by Mehrali Ecer, Deputy Head of the Climate Change Presidency; Bülent Özcan, Director General of Financial Cooperation and Project Implementation at the Ministry of Foreign Affairs' European Union Presidency; Assoc. Prof. Dr. İ. Raci Bayer, Head of Project Implementation Department at the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change; Maria Luisa Wyganowski, Head of Cooperation Section at the EU Delegation to Turkey; and Adam Iwaszko, NIRAS Project Director. During the event, the activities to be carried out by the project partners as well as the objectives were shared with the participants.

The project will take two years and will be executed by an international consortium consisting of Escarus, NIRAS, Envesu, and Adelphi. As part of the project, the current state of the climate finance system in Türkiye will be analyzed, needs and shortcomings will be identified, and new financing tools will be developed to support climate investments; thereby it is intended to encourage both the public and private sectors to make more effective investments in climate-friendly sectors.

da destek verilecek. Proje kapsamında yalnızca politika ve strateji geliştirme çalışmaları değil, kapasite artırımı faaliyetleri de yürütülecek. Kamu kurumları, finans kuruluşları ve ilgili paydaşlara yönelik eğitim programları, çalıştaylar ve teknik destek faaliyetleri düzenlenecek. Ayrıca iklim fonlarının etkin kullanımını destekleyecek pilot uygulamalar geliştirilecek ve yatırım yapılabilir yeşil proje havuzlarının oluşturulmasına katkı sağlanacak.

Uzmanlara göre iklim finansmanı, yalnızca çevresel hedeflerin gerçekleştirilmesi açısından değil, ekonomik dönüşümün hızlandırılması bakımından da büyük önem taşıyor. Özellikle yeşil tahviller, karma finansman modelleri ve yenilikçi finansal araçlar, düşük karbonlu kalkınma hedeflerine ulaşmak isteyen ülkeler için önemli fırsatlar sunuyor. Proje kapsamında geliştirilecek çalışmaların Türkiye'nin uluslararası iklim finansmanı kaynaklarına erişimini artırması ve sürdürülebilir finansman altyapısını güçlendirmesi bekleniyor. Türkiye'nin net sıfır emisyon ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda yürütülecek proje, önümüzdeki dönemde iklim yatırımlarının artırılması ve yeşil dönüşüm sürecinin hızlandırılması açısından önemli bir kilometre taşı olarak görülüyor.

One of the key areas of focus in these efforts is the development of a National Climate Finance Strategy. In addition, taxonomy studies will be supported, which are of great importance in defining green investments in the financial sector. The project will involve not only development of policies and strategies but also capacity-building activities. Training programs, workshops, and technical support activities will be organized for public institutions, financial institutions, and relevant stakeholders. Additionally, pilot projects will be developed to support the effective use of climate funds, and contributions will be made to the creation of pools of investable green projects.

According to experts, climate finance is crucial not only for achieving environmental goals but also for accelerating economic transformation. In particular, green bonds, hybrid financing models, and innovative financial instruments provide significant opportunities for countries seeking to achieve their low-carbon development goals. For the project, activities to be carried out are expected to improve Türkiye's access to international climate finance resources and strengthen its sustainable financing infrastructure. In line with Türkiye's net-zero emissions and sustainable development goals, the project is regarded as an important milestone in terms of increasing climate investments and accelerating the green transformation process in the coming period.



COP31 Yolunda Yeni Hedef: Dünyada Elektriğin Payı %35'e Çıkacak

New Goal towards COP31: Electricity's Share in the World Will Be Increased to 35%

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında her yıl düzenlenen Bonn İklim Değişikliği Konferansı, ülkelerin kasım ayında gerçekleştirilecek 31.Taraflar Konferansı (COP) öncesinde müzakere gündemini şekillendirdiği en önemli hazırlık platformlarından biri olarak kabul ediliyor. Almanya'nın Bonn kentinde 8-18 Haziran 2026 tarihleri arasında düzenlenen konferans, bu yıl Antalya'da gerçekleştirilecek COP31 Zirvesi öncesinde kritik kararların ve hedeflerin duyurulduğu bir buluşmaya dönüştü.

Konferansın en dikkat çekici gelişmelerinden biri COP31 Başkanlığı tarafından açıklanan küresel elektrifikasyon hedefi oldu. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanı ve COP31 Başkanı Murat Kurum, dünyada nihai enerji tüketimi içerisinde elektriğin payının mevcut seviyenin üzerine çıkarılarak 2035 yılına kadar %35'e ulaştırılmasını hedeflediklerini açıkladı. Bugün küresel enerji talebinin yalnızca beşte biri elektrikle karşılanırken, yeni hedef bu oranın önümüzdeki on yıl içinde önemli ölçüde artırılmasını öngörüyor.

Bakan Kurum, ulaşım, sanayi ve binalar başta olmak üzere birçok sektörde fosil yakıt kullanımından temiz elektrik kullanımına geçişin hızlandırılması gerektiğini vurguladı. Elektrifikasyonun yalnızca emisyon azaltımı açısından değil, enerji güvenliği ve ekonomik dayanıklılık açısından da kritik önem taşıdığına dikkat çeken Kurum, ülkelerin enerji piyasalarındaki dalgalanmalardan daha az etkilenebilmesi için temiz enerji dönüşümünün hızlandırılması gerektiğini ifade etti.

COP31 Başkanlığı tarafından açıklanan yeni eylem gündemi yalnızca elektrifikasyonla sınırlı kalmadı. Antalya'da gerçekleştirilecek zirveye giden süreçte üç temel küresel hedef ön plana çıkarıldı. Bunlardan ilki 2035 yılına kadar elektriğin enerji tüketimindeki payını %35'e çıkarmak olurken, ikinci hedef küresel atık artışını yarı yarıya azaltmak, üçüncü hedef ise bina sektöründe enerji tüketim yoğunluğunu en az %25 düşürmek olarak belirlendi.

The Bonn Climate Change Conference, held annually under the United Nations Framework Convention on Climate Change, is considered one of the most critical preparatory platforms where countries finalize their negotiating agenda ahead of the 31st Conference of the Parties (COP) to be held in November. The conference, held in Bonn, Germany, between 8-18 June 2026, turned into a meeting where critical decisions and goals were announced before the COP31 Summit to be held in Antalya this year.

One of the most notable developments of the conference was the global electrification target announced by the COP31 Presidency. Murat Kurum, the Minister of Environment, Urbanization and Climate Change and President of COP31, announced that they intend to increase the share of electricity in final energy consumption worldwide to 35% by 2035, exceeding the current level. Today, only one-fifth of global energy demand is met by electricity, but the new target is conceived to provide a significant increase in this rate within the next decade.

The Minister Kurum underlined the need to accelerate the transition from use of fossil fuels to clean electricity in many industries, particularly transportation, industry, and building. Highlighting that electrification is critical not only for emission reduction but also for energy security and economic resilience, Kurum noted that countries need to accelerate the clean energy transition so that they are less affected by fluctuations in energy markets.

The new action agenda announced by the COP31 Presidency was not about electrification alone. Three key global goals were highlighted in the run-up to the summit to be held in Antalya. The first is to increase the share of electricity in energy consumption to 35% by 2035, the second is to reduce the increase in global waste by half, and the third is to reduce energy consumption intensity in the building industry by at least 25%.

Özellikle Sıfır Atık yaklaşımının COP31 gündemine taşınması, Bonn'daki görüşmelerin öne çıkan başlıklarından biri oldu. Başkanlık tarafından açıklanan verilere göre gıda atıkları tek başına küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %10'unu oluşturuyor. Atık sektöründen kaynaklanan metan emisyonları ise iklim değişikliğini hızlandıran en önemli unsurlar arasında yer alıyor. Bu nedenle COP31 sürecinde döngüsel ekonomi, atık azaltımı ve kaynak verimliliği konularının müzakerelerin merkezinde yer alması hedefleniyor.

Bonn'da açıklanan girişim kapsamında COP31 Başkanlığı, hedeflerin uygulanabilirliğini ortaya koymak amacıyla Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) ile de iş birliği başlattı. Kurum, IEA tarafından hazırlanacak özel raporlarla elektrifikasyon hedefinin nasıl gerçekleştirilebileceğinin ve atık azaltımının sağlayacağı ekonomik ve çevresel faydaların ortaya konacağını belirtti. Böylece Antalya'da düzenlenecek COP31 Zirvesi'ne kadar ülkelerin önüne somut yol haritaları sunulması amaçlanıyor. Bonn Konferansı'nda verilen ortak mesaj, iklim hedeflerine ulaşabilmek için yenilenebilir enerji yatırımlarının tek başına yeterli olmadığı yönünde oldu. Uzmanlar ve uluslararası kuruluşlar, elektrifikasyonun enerji dönüşümünün en etkili araçlarından biri olduğuna dikkat çekerken, temiz elektriğin ulaşım, sanayi ve günlük yaşamın tüm alanlarına yayılmasının hem enerji maliyetlerini düşüreceğini hem de fosil yakıtlara bağımlılığı azaltacağını vurguladı.

Antalya'da düzenlenecek COP31 Zirvesi'ne doğru ilerlerken Bonn'da açıklanan bu hedefler, Türkiye'nin iklim diplomasisindeki rolünü güçlendirirken aynı zamanda küresel iklim eyleminin uygulanmasına yönelik somut adımların da habercisi olarak değerlendiriliyor. Elektrifikasyon, sıfır atık ve dirençli şehirler ekseninde şekillenen yeni yaklaşımın, COP31 müzakerelerinin en önemli gündem maddeleri arasında yer alması bekleniyor.

In particular, the inclusion of the Zero Waste approach in the COP31 agenda was one of the prominent topics of the discussions in Bonn. According to data released by the Presidency, food waste alone accounts for approximately 10% of global greenhouse gas emissions. Methane emissions from the waste industry are one of the most significant factors accelerating climate change. For this reason, it is intended that the topics of the circular economy, waste reduction, and resource efficiency to be at the heart of the negotiations during the COP31 process.

As part of the initiative announced in Bonn, the COP31 Presidency has also entered into a cooperation with the International Energy Agency (IEA) to demonstrate the feasibility of the goals. The Minister Kurum stated that special reports to be prepared by the IEA would reveal how the electrification goal could be achieved and the economic and environmental benefits of waste reduction. So, the aim is to present countries with concrete roadmaps before the COP31 Summit to be held in Antalya. The common message from the Bonn Conference was that renewable energy investments alone are not sufficient to achieve climate goals. Experts and international organizations point out that electrification is one of the most effective tools for energy transition, underlining that extending clean electricity to all areas of transportation, industry, and daily life would both reduce energy costs and decrease dependence on fossil fuels.

As we move towards the COP31 Summit to be held in Antalya, those goals announced in Bonn strengthen Türkiye's role in climate diplomacy, as well as they are considered to be a precursor of the concrete steps into implementation of global climate action. The new approach, built around electrification, zero waste, and resilient cities, is expected to be among the most important agenda items of the COP31 negotiations.

Londra İklim Eylem Haftası'nda Türkiye'nin İklim Diplomasisi Öne Çıktı

Türkiye's climate diplomacy is highlighted at London Climate Action Week

Dünyanın en kapsamlı bağımsız iklim etkinliklerinden biri olarak kabul edilen Londra İklim Eylem Haftası (London Climate Action Week), iklim değişikliğiyle mücadelede yönelik küresel iş birliklerini güçlendirmek amacıyla her yıl kamu, özel sektör, finans dünyası, akademi ve sivil toplum temsilcilerini bir araya getiriyor. Bu yıl yedincisi düzenlenen etkinlik, 21-29 Haziran 2026 tarihleri arasında düzenlendi. Dokuz



gün boyunca yüzlerce panel, zirve, çalıştay ve yan etkinliğe ev sahipliği yapan organizasyon, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) kapsamındaki küresel iklim hedeflerine katkı sunan en önemli uluslararası buluşmalardan biri olarak öne çıkıyor.

Bu yılki programın odak noktaları arasında iklim finansmanı, enerji dönüşümü, iklim dirençli şehirler, doğa temelli çözümler ve döngüsel ekonomi yer alırken, Türkiye de etkinlikte iklim politikaları ve sürdürülebilir kalkınma vizyonu ile dikkat çeken ülkeler arasında bulundu. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanı Murat Kurum, üst düzey toplantı ve panellere katılarak Türkiye'nin iklim vizyonunu uluslararası kamuoyuyla paylaştı. Kurum, iklim krizinin artık geleceğin değil bugünün sorunu olduğunu vurgulayarak, dünyanın birçok bölgesinde yaşanan aşırı hava olaylarının, kuraklıkların, sellerin ve doğal afetlerin ortak bir mücadeleyi zorunlu kıldığını ifade etti. Bakan Kurum, iklim değişikliğiyle mücadelede yalnızca hedef belirlemenin yeterli olmadığını, somut uygulamaların ve güçlü finansman mekanizmalarının da hayata geçirilmesi gerektiğini belirtti. Özellikle gelişmekte olan ülkelerin iklim finansmanına erişiminin artırılmasının önemine dikkat çeken Kurum, küresel dayanışmanın güçlendirilmesi çağrısında bulundu.

Considered one of the world's most comprehensive independent climate events, the London Climate Action Week brings together representatives from the public and private sectors, finance, academia, and civil society each year to strengthen global collaborations to combat climate change. This year's event was the seventh of them and took place between June 21 and June 29, 2026.

Hosting hundreds of panels, summits, workshops, and side events over nine days, the event stands out as one of the most important international gatherings that contribute to global climate goals under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).

This year's program focused on climate finance, energy transition, climate-resilient cities, nature-based solutions, and the circular economy, and Türkiye was among the countries that attracted attention at the event for its climate policies and its vision of sustainable development. Murat Kurum, the Minister of Environment, Urbanization and Climate Change attended high-level meetings and panels to share Türkiye's climate vision with the international public. Kurum emphasized that the climate crisis is no longer a problem of the future, but of today, stating that extreme weather events, droughts, floods, and natural disasters experienced in many parts of the world necessitate a joint effort. The Minister Kurum noted that setting targets alone is not enough in the fight against climate change; adding concrete steps must be taken and strong financing mechanisms must be implemented as well. Underlining the importance of improving access to climate finance, particularly for developing countries, Kurum called for strengthening global solidarity.

Londra'daki temaslarda Türkiye'nin COP31 İklim Zirvesi'ne ev sahipliği de gündeme geldi. Kurum, Türkiye'nin iklim diplomasisinde aktif bir rol üstlendiğini belirterek, COP31'in iklim eylemlerinin hızlandırılması ve ülkeler arasında daha güçlü iş birliklerinin kurulması açısından önemli bir fırsat olacağını söyledi. Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda yeşil dönüşüm, enerji verimliliği ve iklim dirençli şehirler konusunda çalışmalarını kararlılıkla sürdürdüğünü vurguladı.

Etkinliklerin öne çıkan başlıklarından biri ise Sıfır Atık yaklaşımı oldu. Küresel ölçekte karşılık bulan Sıfır Atık hareketi, Londra İklim Eylem Haftası kapsamında düzenlenen çeşitli oturumlarda örnek uygulamalar arasında gösterildi. Kaynakların verimli kullanılması, atık oluşumunun önlenmesi ve döngüsel ekonomi modellerinin yaygınlaştırılması gibi konular, iklim politikalarının ayrılmaz bir parçası olarak ele alındı. Hafta boyunca gerçekleştirilen görüşmelerde, atık yönetiminin yalnızca çevresel bir mesele olmadığı; aynı zamanda ekonomik kalkınma, kaynak güvenliği ve iklim değişikliğiyle mücadele açısından stratejik önem taşıdığı vurgulandı. Bu kapsamda Türkiye'nin Sıfır Atık modeli, birçok ülke tarafından dikkatle takip edilen başarılı uygulamalar arasında yer aldı.

Londra'da verilen ortak mesaj ise oldukça netti: Küresel sıcaklık artışını sınırlandırmak ve iklim krizinin etkilerini azaltmak için hükümetler, özel sektör ve toplumun tüm kesimleri birlikte hareket etmek zorunda. Türkiye de bu süreçte hem iklim diplomasisi hem de Sıfır Atık gibi öncü projeleriyle uluslararası iş birliklerini güçlendirmeyi ve sürdürülebilir bir gelecek için somut adımlar atmayı sürdürüyor. Londra İklim Eylem Haftası'nda ortaya konan görüşler, önümüzdeki dönemde gerçekleştirilecek COP31 süreci için önemli bir hazırlık niteliği taşıırken, Türkiye'nin küresel iklim gündemindeki etkin rolünü bir kez daha gözler önüne serdi.

Referanslar / References:

<https://cop31.tr/news/bonn-electrification-target-2026>

<https://iklim.gov.tr/londra-iklim-eylem-haftasi-basladi-haber-4945>

<https://iklim.gov.tr/ulusal-iklim-finansmani-kapasitesinin-guclendirilmesi-projesi-basladi-haber-4934>

During the discussions in London, Türkiye's hosting of the COP31 Climate Summit was also mentioned. Kurum said that Türkiye played an active role in climate diplomacy and that COP31 would be an important opportunity to accelerate climate actions and establish stronger cooperation among countries. He highlighted that Türkiye is resolutely continuing its efforts in green transformation, energy efficiency, and climate-resilient cities in line with its sustainable development goals.

One of the highlights of the event was the Zero Waste approach. The Zero Waste movement, which has gained traction on a global scale, was presented as a model practice in various sessions held as part of London Climate Action Week. Issues such as the efficient use of resources, the prevention of waste generation, and the promotion of circular economy models were addressed as an integral part of climate policies. During the discussions held throughout the week, it was underlined that waste management is not merely an environmental issue, but also holds strategic importance in terms of economic development, resource security, and combating climate change. In this context, Türkiye's Zero Waste model has become one of the successful practices closely followed by many countries.

The common message delivered in London was quite clear: Governments, the private sector, and all segments of society must work together to limit global temperature increase and mitigate the effects of the climate crisis. Türkiye, through its pioneering projects such as the Zero Waste and the climate diplomacy, continues to foster international collaborations and take concrete steps into a sustainable future. The views expressed at London Climate Action Week serve as important preparation process for the upcoming COP31, and once again highlight Türkiye's active role in the global climate agenda.

Akçansa'ya Altın Çekül'de Çifte Ödül

Akçansa Receives Two Awards at Altın Çekül (Golden Plumb)



Akçansa, 31. Altın Çekül Uluslararası Yapı Kataloğu Ödülleri kapsamında iki ayrı kategoride Teşvik Ödülü kazanarak önemli bir başarıya imza attı.

Şirket, 'İletişim ve Pazarlama Kategorisi Toplumsal Sosyal Sorumluluk Alt Kategorisi'nde Yapay Resif projesiyle; Caremix ürünüyle de 'Yapıda Yenilikçi Ürün Kategorisi'nde Teşvik Ödülü'nün sahibi oldu.

Akçansa, 'Gelecek için sorumlu çalışma' ilkesiyle çevresel etkinin azaltılmasından toplumsal fayda sağlamaya kadar geniş ve kapsamlı olumlu etki yaratmaya odaklanıyor.

Şirketin biyoçeşitliliği desteklemek üzere Marmara Adası Gündoğdu Köyü Kalkındırma ve Güzelleştirme Derneği iş birliğinde hayata geçirdiği 'Marmara Adaları Yapay Resif Projesi' bu yıl 31.'si düzenlenen Altın Çekül Uluslararası Yapı Kataloğu Ödülleri kapsamında 'İletişim ve Pazarlama Kategorisi – Toplumsal Sosyal Sorumluluk Alt Kategorisi'nde Teşvik Ödülü'ne layık görüldü. Deniz ekosisteminin korunmasına

Akçansa has achieved a significant success and has been granted two Encouragement Awards in two different categories at the 31st Golden Plumb International Building Catalog Awards.

The company received an Encouragement Award in the Subcategory "Social Responsibility of Communication and Marketing Category" for its Artificial Reef project and also in the "Innovative Product in Construction Category" for its Caremix product.

Akçansa, guided by its principle of "Working responsibly for the future", focuses on creating a broad and comprehensive positive impact, from reducing environmental impacts to providing social benefits.

To support biodiversity, the 'Marmara Islands Artificial Reef Project', implemented by the company in collaboration with the Marmara Islands Gündoğdu Village's Development and Beautification Association, was granted an Encouragement Award in the Subcategory "Social Responsibility of Communication and Marketing Category" at the 31st Golden



katkı sağlamayı amaçlayan proje, çevresel sürdürülebilirliğe yönelik yenilikçi yaklaşımıyla jüri tarafından takdir edildi.

Akçansa ayrıca Caremix ürünüyle Yapıda Yenilikçi Ürün Kategorisi'nde Teşvik Ödülü kazanarak, ürün geliştirme ve inovasyon alanındaki çalışmalarının başarısını ortaya koydu. Belirli orandaki çimentonun, kalker filleri (çok ince boyuttaki kırma kum) ile yer değiştirdiği bir beton olan Caremix, yapı sektöründe katma değer yaratan yönüyle farklılaşıyor.

Plumb International Building Catalog Awards this year. With the intention of contributing to the protection of the marine ecosystem, the project was appreciated by the jury for its innovative approach to environmental sustainability.

Akçansa also won an Encouragement Award in the Innovative Product Category in Construction for its Caremix product, demonstrating the success of its efforts in product development and innovation. Caremix, a concrete in which a certain percentage of cement is replaced by limestone fillers (very finely crushed sand), differentiates in the construction industry with its value-added properties.



Oyak Çimento, 2026'nın İlk Çeyreğinde de Operasyonel Karlılığını Korudu

Oyak Çimento Maintains Its Operational Profitability in The First Quarter of 2026



ÇİMENTO

OYAK Çimento, 2026 yılı birinci çeyrek finansal sonuçlarını açıkladı. Yılın ilk aylarında etkili olan olumsuz hava koşulları, deprem bölgesi başta olmak üzere iç pazardaki yavaşlama, mevsimsellik etkisi ve sektör genelinde artan maliyet baskılarına rağmen OYAK Çimento, %24 FAVÖK marjı ile sektördeki lider konumunu sürdürerek yatırımcısına güven verdi.

2026'nın ilk çeyreğinde 10,7 milyar TL net satış geliri elde eden Şirket, sektörel görünüme paralel hacim daralmasına ve özellikle komşu coğrafyalarda yaşanan askeri ve siyasi gelişmelerin enerji maliyetleri üzerinde yarattığı baskıya rağmen, mevcut ölçeğiyle sektördeki en yüksek FAVÖK marjını (%24) elde ederek, 2,6 milyar TL FAVÖK açıkladı.

OYAK Çimento, 2026 yılı ilk çeyrek finansal sonuçlarını Kamuyu Aydınlatma Platformu'na (KAP) açıkladı. Açıklanan verilere göre şirket, 2026 yılı ilk çeyrekte toplam 10,7 milyar TL net satış rakamına ulaştı. 2026'nın ilk çeyreğinde sektör genelinde talep tarafında daha temkinli bir görünüm öne çıkarken, OYAK Çimento yaygın tesis ağı ve etkin lojistik kabiliyeti sayesinde faaliyetlerini dengeli şekilde sürdürdü. Şirket, değişen piyasa dinamiklerine hızlı uyum sağlayabilen yönetim modeli ve etkili gider yönetimi sayesinde operasyonel olarak karlılığını korudu.

Özellikle enerji verimliliği, alternatif yakıt kullanımı, dijitalleşme ve üretim optimizasyonuna dair attığı adımlarla sektöre yön veren ve liderlik eden Şirket, 2,6 milyar TL FAVÖK ve %24 FAVÖK marjı ile ilk çeyreği tamamladı.

Öte yandan, Türkiye'de bir sanayi üreticisi tarafından tek bir lokasyonda ve öz tüketim amacıyla hayata geçirilen



OYAK Çimento announced its financial results for the first quarter of 2026. Despite adverse weather conditions in the early months of the year, a slowdown in the domestic market, particularly in the earthquake-stricken region, seasonality effects, and increasing cost pressures across the industry, OYAK Çimento maintained its leading position in the industry with a 24% EBITDA margin, instilling confidence in its investors.

The Company generated a net sales revenue of TL 10.7 billion in the first quarter of 2026, and, despite a contraction in volume in line with the sectoral outlook and the pressure on energy costs created

by military and political developments in neighboring regions, the Company achieved the highest EBITDA margin in the industry (24%) with its current scale, reporting an EBITDA of TL 2.6 billion.

OYAK Çimento announced its financial results for the first quarter of 2026 in the Public Disclosure Platform (KAP). According to the data disclosed, the Company achieved total net sales of TL 10.7 billion in the first quarter of 2026. While a more cautious outlook prevailed on the demand side across the industry in the first quarter of 2026, OYAK Çimento maintained its operations in a balanced manner due to its widespread network of plants and efficient logistics capabilities. Because of its management model that can quickly adapt to changing market dynamics and its effective expense management, the Company has maintained its operational profitability.

The Company leads and steers the industry especially with its steps in energy efficiency, use of alternative fuels, digitalization and production optimization, completing the first quarter with EBITDA of TL 2.6 billion and an EBITDA margin of 24%.

On the other hand, the Company put into operation the Ankara Beypazarı Solar Power Plant in April – a project that is the

en büyük yenilenebilir enerji projesi olma özelliğini taşıyan, ölçeği ve niteliği itibarıyla da çimento sektöründe benzeri bulunmayan Ankara Beypazarı Güneş Enerjisi Santralini Nisan ayında devreye alan şirket, bu yatırımı sayesinde toplam yenilenebilir enerji kullanım oranını %25'e çıkararak ikinci çeyrek ve yılın geri kalanı için umut verdi.

"Disiplinli Maliyet Yönetimi Anlayışımız Sayesinde Sektörde Pozitif Yönde Ayırıştık"

OYAK Çimento Yönetim Kurulu Başkan Yardımcısı ve CIMPOR Global CFO'su Eralp TUNÇSOY, ilk çeyrek sonuçlarına ilişkin şu değerlendirmede bulundu: "2026'nın ilk çeyreğinde, mevsim normallerine kıyasla %33, bir önceki seneye kıyasla da %100 artan bir yağış gördük. Bu durum, deprem bölgesinde azalmaya başlayan talep ve bölgede yaşanan jeopolitik gelişmeler kaynaklı artan enerji maliyetleriyle de birleşerek, sektör genelinde karlılıkları olumsuz etkiledi. Ancak bu dönemde dahi, %24 marjla operasyonlarını sürdüren OYAK Çimento, disiplinli maliyet yönetimi sayesinde sektördeki en yüksek marjları elde etmeye devam etti. Bizler, bir yandan mevcut operasyonlarımızdaki verimliliği artırmaya devam ederken, diğer yandan uzun vadeli büyüme ve sürdürülebilirlik hedeflerimize odaklanmaya devam ediyoruz. Zira Nisan ayında tam kapasite devreye aldığımız 115 MW büyüklüğündeki Beypazarı Güneş Enerjisi Santrali yatırımımız, yalnızca enerji maliyetlerimizi optimize eden bir proje değil; aynı zamanda karbon nötr yolculuğumuz açısından da stratejik bir eşik niteliği taşıyor. Öz tüketim amacıyla hayata geçirilen en büyük yenilenebilir enerji projesi olma özelliği taşıyan bu santral, tesislerimizin toplam enerji kullanımında yenilenebilir enerji payını %25'e yükseltecek. Alternatif yakıt kullanımındaki güçlü seviyemiz ve yenilenebilir enerji yatırımlarımız, bizi operasyonel anlamda sektörde ayırıştıran en önemli başlıklar arasında yer almaya devam edecek. TCC ve OYAK'ın bütünsel sinerjisi ile CIMPOR'un global ölçekteki bilgi birikimi, OYAK Çimento'ya hem finansal güç hem de stratejik hareket alanı kazandırdı ve kazandırmaya da devam edecek. Önümüzdeki dönemde de ilk çeyrekte yaşanan olumsuzlukları telafi ederek, yılın başında belirlediğimiz sene sonu hedeflerimizi gerçekleştirebilmek için tüm gayreti göstereceğiz."



largest renewable energy project implemented by an industrial producer in Türkiye at a single location and for self-consumption purposes, and which is unparalleled in the cement industry for its scale and quality – has increased its total renewable energy usage rate to 25% through this investment, giving hope for the second quarter and the rest of the year.

"Because of our disciplined cost management approach, we have managed to positively differentiate ourselves in the industry."

Eralp TUNÇSOY, Vice Chairman of the Board of Directors of OYAK Çimento and CFO of CIMPOR Global, provided remarks on the results for the first quarter: "In the first quarter of 2026, we experienced a rainfall that was 33% higher than seasonal averages and 100% higher than the previous year. This, combined with declining demand in the earthquake-affected region and rising energy costs due to geopolitical developments in the area, negatively impacted profitability across the industry. However, even during this period, OYAK Çimento—which continued to operate with a

24% margin—managed to achieve the highest margins in the industry because of its disciplined cost management. While we continue to improve efficiency in our current operations, we also remain focused on our long-term growth and sustainability goals. In fact, our investment in 115 MW Beypazarı Solar Power Plant, which we put into operation at full capacity in April, is not only a project that optimizes our energy costs but also represents a strategic milestone in our carbon neutrality efforts. This power plant, which is the largest renewable energy project implemented for self-consumption, will increase the share of renewable energy in the total use of energy by our plants to 25%. Our strong use of alternative fuels and our investments in renewable energy will continue to be among the most important factors that differentiate us operationally in the sector. The integrated synergy of TCC and OYAK, combined with CIMPOR's global know-how, has provided and will continue to provide OYAK Çimento with both financial strength and room for strategic moves. In the coming period, we will make every effort to compensate for the setbacks experienced in the first quarter and to achieve our year-end targets that we set at the beginning of the year."

"Sürdürülebilir Büyüme Yaklaşımımızı İlk Çeyrekte de Koruduk"

OYAK Çimento Ülke CEO'su Murat Sela ise 2026 yılı ilk çeyrek performansına ilişkin şu görüşleri paylaştı: "2026'nın ilk çeyreğinde sektör genelinde daha temkinli bir talep ortamı öne çıkmasına rağmen, OYAK Çimento olarak operasyonel gücümüzü ve sürdürülebilir büyüme yaklaşımımızı korumayı başardık. Türkiye'nin yedi bölgesine yayılan entegre tesis ağıımız, güçlü saha organizasyonumuz ve üretim kabiliyetimiz sayesinde değişen piyasa koşullarına hızlı uyum sağlayarak faaliyetlerimizi kesintisiz şekilde sürdürdük. Bugün geldiğimiz noktada OYAK Çimento'nun en önemli fark yaratan alanlarından biri; verimlilik, dijitalleşme, sürdürülebilirlik ve operasyonel optimizasyon başlıklarını aynı anda yönetebilen bütüncül iş modeli. Özellikle enerji verimliliği ve alternatif yakıt kullanımına yönelik çalışmalarımız, maliyet yönetiminizi desteklerken çevresel hedeflerimiz açısından da önemli katkı sağlıyor. İlk çeyrekte ihracat hacmimizde yakaladığımız artış da operasyonel esnekliğimizin ve geniş coğrafyalara erişim kabiliyetimizin önemli göstergelerinden biri oldu. Önümüzdeki dönemde de Türkiye ekonomisine, üretime ve sürdürülebilir büyümeye duyduğumuz güvenle yatırımlarımıza ve dönüşüm projelerimize kararlılıkla devam edeceğiz."

"We have maintained our approach to sustainable growth in the first quarter as well"

Murat Sela, Country CEO of OYAK Çimento, provided remarks on the performance in the first quarter of 2026: "Despite a more cautious demand environment across the industry in the first quarter of 2026, OYAK Çimento has managed to maintain its operational strength and sustainable growth approach. With our integrated network of plants spread across seven regions of Türkiye, our strong field organization, and our production capabilities, we have been able to adapt quickly to changing market conditions and continue our operations uninterrupted. Today, one of the most important differentiating factors for OYAK Çimento is its holistic business model, which simultaneously manages efficiency, digitalization, sustainability, and operational optimization. Our efforts, particularly those focused on energy efficiency and the use of alternative fuels, boost our cost management while also making a significant contribution to our environmental goals. The improvement in our export volume in the first quarter was also a key indicator of our operational flexibility and our ability to reach wide geographical areas. In the coming period, we will continue our investments and transformation projects with determination, with the confidence we have in the Turkish economy, production, and sustainable growth."

Seza Çimento, Elazığ İnşaat Fuarı'nda Sektör Profesyonelleriyle Buluştu

Seza Çimento Meets Industrial Professionals at Elazığ Construction Expo



Seza Çimento, alanında bölgenin en kapsamlı fuarı olan Elazığ İnşaat Fuarı'na katıldı. Fuarda inşaat ve gayrimenkul sektörünün temsilcileri ile bir araya gelen Seza Çimento yetkilileri, gri çimentonun yanı sıra düşük karbonlu yeşil çimento ürünlerini de tanıttı.

Prof. Dr. Yasemin Açık: "Sektörün ihtiyaçlarını doğrudan dinledik"

Fuarı değerlendiren Seza Çimento Yönetim Kurulu Başkanı Prof. Dr. Yasemin Açık, "Seza Çimento olarak Elazığ'da üretmenin, bu şehirde değer yaratmanın ve bölgenin

Seza Çimento participated in the Elazığ Construction Expo, the most comprehensive fair in the region in the field. At the Expo, the representatives from Seza Çimento met with representatives of the construction and real estate industries and introduced their grey cement products as well as their low-carbon green cement products.

Prof. Dr. Yasemin Açık: "We listened directly to the needs of the industry."

Seza Çimento's Chairman of the Board Prof. Dr. Yasemin Açık evaluated the Expo: "At Seza Çimento, we bear the responsibility

kalkınmasına katkı sunmanın sorumluluğunu taşıyoruz. Elazığ İnşaat Fuarı da ürünlerimizi tanıtmanın yanı sıra sektörün ihtiyaçlarını doğrudan dinlediğimiz, yeni bağlantılar kurduğumuz ve önümüzdeki dönem için güçlü iş birliklerinin temelini attığımız bir buluşma noktası oldu. Bu değerli organizasyonun hayata geçirilmesinde emeği geçen Elazığ Belediyesi'ne, fuar organizasyon ekibine ve standımızı ziyaret eden şehir yöneticilerine ve tüm sektör temsilcilerine teşekkür ediyorum" dedi.

10 yıldır Elazığ'dan dünyaya ulaşıyor

2016 yılında Baskil'de kurulan ve bu yıl 10'uncu yaşını kutlayan Seza Çimento'da günde 5.500 ton klinker ve 7.500 ton çimento üretimi gerçekleştiriliyor. Endüstri 4.0 odağında kurulan fabrikada RoboLab, SCADA ve Expert sistemleriyle üretim süreçleri izlenebilir, kontrol edilebilir ve sürdürülebilir kalite anlayışıyla yönetiliyor. Şirket, tüm gri çimento türlerini üretmesinin yanı sıra yeşil çimento ürünleriyle de düşük karbonlu üretim modeline odaklanıyor.

2030'a kadar tamamen dijital, düşük karbonlu ve rekabet gücü yüksek bir üretim modeline geçmeyi hedefleyen Seza Çimento, yenilenebilir enerji, Ar-Ge, dijitalleşme ve yeşil dönüşüm yatırımlarıyla Elazığ'dan dünyaya uzanan güçlü bir sanayi modeli oluşturuyor. Günümüz itibarıyla 22 ülkeye ihracat gerçekleştiren Seza Çimento, başta bölge olmak üzere yurt içi pazarının gelişimine de katkı sağlıyor.

for manufacturing in Elazığ, creating value for this city, and contributing to the development of the region. The Elazığ Construction Expo served as a meeting point where, in addition to showcasing our products, we directly listened to the needs of the industry, established new connections, and laid the foundation for strong collaborations for the future. I would like to thank Elazığ Municipality, the team organizing the expo, and the city officials and all representatives who visited our booth for their efforts in making this valuable event a reality."

It has been exporting to the globe from Elazığ for 10 years

Seza Çimento, incorporated in Baskil in 2016 and celebrating its 10th anniversary this year, manufactures 5,500 tons of clinker and 7,500 tons of cement per day. In this factory, built with a focus on Industry 4.0, manufacturing processes are monitored, controlled, and managed with a sustainable quality approach using RoboLab, SCADA, and Expert systems. In addition to manufacturing all types of grey cement, the company also focuses on a low-carbon production model with its green cement products.

Intending to transition to a fully digital, low-carbon, and highly competitive production model by 2030, Seza Çimento is creating a strong industrial model extending from Elazığ to the world through its investments in renewable energy, R&D, digitalization, and green transformation. Currently exporting to 22 countries, Seza Çimento contributes to the development of the domestic market, especially in the region.



Çimko'dan Enerji Dönüşümü ve Alternatif Yakıt Kullanımına Yönelik Adımlar

Çimko Takes Steps Towards Energy Transition and Use of Alternative Fuels



Çimko, çevresel, sosyal ve yönetim alanlarındaki performansını, stratejik önceliklerini ve hedeflerini kamuoyuyla paylaştığı "Bizimle güçlenir" temalı 2025 Sürdürülebilirlik Raporu'nu yayımladı. Şeffaflık ve hesap verebilirlik ilkeleri doğrultusunda Türkiye Sürdürülebilirlik Raporlama Standartları (TSRS) dikkate alınarak ve Küresel Raporlama Girişimi (GRI) Standartları'na uygun olarak hazırlanan raporda, Çimko'nun karbon yönetimi, enerji dönüşümü, dijital üretim teknolojileri, sosyal sorumluluk projeleri, iş sağlığı ve güvenliği gibi başlıklarda yürüttüğü somut uygulamalara, performans göstergelerine ve gelecek hedeflerine yer verildi.

"Sürdürülebilirliği, rekabet gücümüzü artıran stratejik bir unsur olarak konumlandırıyoruz"

Çimento sektörünün yüksek enerji ihtiyacı ve karbon yoğun üretim yapısına dikkat çeken Çimko CEO'su Dr. Önder Kırca, "2025 yılı, sürdürülebilirlik alanında attığımız adımları daha sistematik, ölçülebilir ve entegre bir yapıya kavuşturduğumuz bir dönem oldu. Hayata geçirdiğimiz uygulamalarla üretim süreçlerimizde fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltırken alternatif yakıt kullanımını artırdık. Atık ısı geri kazanım sistemlerimiz sayesinde üretimden açığa çıkan enerjinin yeniden değerlendirilmesine katkı sağladık. Küresel ölçekte değişen regülasyonlar ve özellikle sınırda karbon düzenlemeleri doğrultusunda, iş modelimizi değişen gerekliliklere uyumlu hale getirmeye yönelik çalışmalarımızı sürdürüyoruz. Bu kapsamda sürdürülebilirliği, rekabet gücümüzü ve operasyonel dayanıklılığımızı destekleyen stratejik bir unsur olarak değerlendiriyoruz" dedi.



Çimko has published its 2025 Sustainability Report, themed "Strengthened by Us," in which it provides its performance in environmental, social, and governance areas, as well as its strategic priorities and goals, with the public. This report is prepared in accordance with the principles of transparency and accountability, taking into account the Turkish Sustainable Reporting Standards (TSRS) and the Global Reporting Initiative (GRI) Standards, including Çimko's concrete practices, performance indicators, and future goals in areas such as

carbon management, energy transition, digital production technologies, social responsibility projects, and occupational health and safety.

"We position sustainability as a strategic element that enhances our competitiveness."

Highlighting the cement industry's high energy demand and carbon-intensive manufacturing processes, Çimko's CEO Dr. Önder Kırca said, "2025 was a period in which we made the steps we took in the field of sustainability more systematic, measurable, and integrated. With the practices we have implemented, we have reduced the dependence on fossil fuels in our manufacturing processes and increased the use of alternative fuels. Through our waste heat recovery systems, we have contributed to the reuse of the energy released from production. In light of changing global regulations, particularly the carbon border adjustment mechanism, we are continuing our efforts to adapt our business model to evolving requirements. In this context, we consider sustainability a strategic element that supports our competitiveness and operational resilience."

Alternatif yakıt ısı ikame oranı 5 yılda %63 arttı

Üretim süreçlerinde kaynak verimliliğini artırmak ve karbon emisyonlarını azaltmak amacıyla alternatif hammadde ve yakıt kullanımını geliştirmeye yönelik çalışmaların sonuçlarını almaya devam eden Çimko, 2025 itibarıyla 130 bin tona yakın alternatif yakıt ve 70 bin tona yakın alternatif hammadde kullandı. Alternatif yakıt tedarikinde büyükölçe içeriğine sahip atıklarla birlikte yüksek kalorifik değere sahip atıkları öncelikli olarak tercih eden Çimko'nun, 2025 yılında fabrikalara ait ağırlıklı ortalama alternatif yakıt ısı ikame oranı yüzde 17,2 seviyesine ulaşırken, bu oran 2020 baz yılına kıyasla yaklaşık yüzde 63 artış gösterdi. Aynı dönemde büyükölçeye dayalı ısı ikame oranında ise 2020 baz yılına kıyasla yaklaşık yüzde 174 artış kaydedildi.

Enerji dönüşümü tarafındaki yatırımlarına hız veren Çimko, toplam 49 MW kurulu güce sahip güneş enerjisi kapasitesi ve yenilenebilir enerji projeleriyle portföyünü güçlendirdi. Tesislerde kurulu olan Atık Isı Geri Kazanım Sistemleri (WHR) ile yıllık 69 bin MWh enerji tasarrufu sağlayan Çimko, toplam elektrik tüketiminin yaklaşık yüzde 25'ini yenilenebilir enerji yatırımları ile karşıladı ve bu sayede 65 bin ton CO₂ emisyonunun önüne geçildi.

Hazır beton tesislerinde kullanılan suyun %63'ü geri kazanıldı

2021 yılından bu yana su ayak izini düzenli olarak hesaplayan Çimko, üretim süreçlerinde oluşan atık suyun geri kazanımına yönelik projeleri hayata geçirirken, 2025 yılında çimento fabrikalarında yaklaşık 190 bin m³ su geri kazanarak üretim süreçlerinde yeniden kullanıma kazandırdı. Bu miktar, fabrikalarda kullanılan toplam suyun yaklaşık %14'üne karşılık geliyor. Hazır beton tesislerinde ise kullanılan suyun %63'ü geri kazanılarak yeniden değerlendirildi. Çimko raporlanan uygulama ve performans sonuçları doğrultusunda, ilk raporlama yılında CDP İklim Değişikliği ve Su Güvenliği Programlarında A Listesi'nde yer aldı.

Toplumsal yatırımlara 37 milyon TL kaynak ayrıldı

Çimko, sürdürülebilirlik yaklaşımını yalnızca çevresel performansla sınırlamayıp, insan ve toplum boyutunu da kapsayan bütüncül bir yaklaşımla ele alıyor. Bu kapsamda Çimko, 2025 yılında toplumsal yatırım alanına 37 milyon TL kaynak ayırarak faaliyet gösterdiği bölgelerde sosyal fayda odaklı projelere destek verdi.

Bu yaklaşımın en önemli unsurlarından birini, uluslararası iş birlikleriyle hayata geçirilen eğitim projeleri oluşturdu. Çimko'nun

The rate of thermal substitution of alternative fuels has increased by 63% in 5 years.

Çimko is reaping the rewards of its efforts to improve the use of alternative raw materials and fuels in order to increase resource efficiency and reduce carbon emissions in manufacturing processes. In 2025, Çimko used nearly 130,000 tons of alternative fuels and nearly 70,000 tons of alternative raw materials. Çimko primarily chooses waste with high calorific value, along with waste containing biomass, in the supply of alternative fuels, and achieved an increase in the weighted average rate for thermal substitution of alternative fuels in its factories to 17.2 percent in 2025, representing an increase of approximately 63 percent compared to the 2020 base year. During the same period, the biomass-based thermal substitution rate increased by approximately 174 percent compared to the 2020 base year.

Çimko, speeding up its investments in energy transition, has strengthened its portfolio with solar energy capacity and renewable energy projects totaling 49 MW of installed power. With its Waste Heat Recovery (WHR) Systems installed in its plants, Çimko achieved an annual energy saving of 69,000 MWh, meeting approximately 25% of its total electricity consumption with renewable energy investments and thus preventing 65,000 tons of CO₂ emissions.

63% of the water used in ready-mix concrete plants is recovered.

Having regularly calculated its water footprint since 2021, Çimko has implemented projects aimed at recovering wastewater generated in its manufacturing processes, and in 2025, it recovered approximately 190,000 m³ of water in its cement plants, making it available for reuse in manufacturing processes. This amount corresponds to approximately 14% of the total water used in the plants. In ready-mixed concrete plants, 63% of the water used was recovered and reused. In line with the reported practices and performance results, Çimko is included in the A List of the CDP Climate Change and Water Security Programs in its first reporting year.

TL 37 million has been allocated for community investments.

Çimko does not limit its sustainability approach to environmental performance alone, but takes a holistic approach that also encompasses the human and social dimensions. In this respect, Çimko has allocated TL 37 million to community investment in 2025, funding social benefit-centered projects in the regions where it operates.

One of the most important elements of this approach has been education projects implemented with international

UNICEF ile birlikte yürüttüğü MakerUp programı, çocukların ve gençlerin 21. yüzyıl becerilerinin geliştirilmesine katkı sağlayan çalışmalar arasında yer aldı. Program kapsamında katılımcıların yaratıcı düşünme, problem çözme, dijital okuryazarlık ve üretim odaklı becerileri geliştirilirken, aynı zamanda uygulamalı öğrenme modeliyle çocukların potansiyellerini keşfetmeleri desteklendi. MakerUp programı, Gaziantep ve Adıyaman'da açılan merkezler aracılığıyla eğitime erişim ve beceri gelişimine katkı sunmayı hedefleyen uygulamalar kapsamında Çimko'nun toplumsal etki yaklaşımının önemli bir parçası oldu.

Eğitim alanındaki bir diğer önemli çalışma ise SosyalBen Vakfı iş birliğiyle Hatay ve Adıyaman'da hayata geçirilen Beceri ve Yetenek Merkezleri (BEYEM) oldu. Bu merkezler aracılığıyla 2.800 öğrenciye ulaşılırken, çocukların bilim, teknoloji ve üretim odaklı becerilerini geliştirmeye yönelik uygulamalı eğitimler desteklendi.

Çimko, bu projelerle çocukların ve gençlerin gelişimine katkı sağlamayı ve faaliyet gösterdiği bölgelerde sosyal gelişimi desteklemeyi amaçlıyor. Birleşmiş Milletler Küresel İlkeler Sözleşmesi (UN Global Compact) imzacılığıyla ise sosyal ve yönetim alanındaki taahhütlerini uluslararası ilkeler doğrultusunda desteklemeyi sürdürdü.

collaborations. The MakerUp program, conducted by Çimko together with UNICEF, has been among the efforts that contributed to the development of 21st century skills of children and young people. Program was intended to develop participants' creative thinking, problem-solving, digital literacy and production-oriented skills; at the same time, children were supported in discovering their potential through a hands-on learning model. The MakerUp program, implemented through centers opened in Gaziantep and Adıyaman, has become an important part of Çimko's social impact approach, aiming to contribute to access to education and skill development.

Another significant initiative in the field of education was the Skill and Talent Centers (BEYEM) established in Hatay and Adıyaman in collaboration with the SocialBen Foundation. These centers reached up for 2,800 students, supporting practical training aimed at developing children's skills in science, technology, and production.

With those projects, Çimko aims to contribute to the development of children and young people and to support social development in the regions where it operates. By being a signatory to the United Nations Global Compact, it continues to support its commitments in the social and governance fields in line with international principles.

Çimko, Uluslararası Kalkınma Finansmanı Devleriyle Güçlerini Birleştirdi

Çimko Joins Forces With International Development Financing Giant



Çimko, sürdürülebilirlik vizyonunu küresel ölçekte tescillemeye devam ediyor. Şirket, uluslararası sermaye piyasalarında gerçekleştirdiği başarılı tahvil ihraçlarının ardından, Almanya merkezli kalkınma finansmanı kuruluşu DEG ve Fransa Kalkınma Ajansı'nın (AFD) iştiraki olan Fransız kalkınma finansmanı kuruluşu Proparco ile stratejik bir iş birliği protokolüne imza attı. Sanko Holding Yönetim Kurulu Başkanı Adil Sani Konukoğlu, DEG CEO'su Roland Siller ve Proparco Üretim, Tarım ve Hizmet Sektörleri Küresel Başkanı Reza Hassam Daya'nın katılımıyla düzenlenen törenle resmiyet kazanan bu anlaşma, Çimko'nun küresel piyasalardaki finansal disiplininin ve sürdürülebilir büyüme stratejisinin yeni bir kilometre taşı oluşturuyor.

Çimko continues to fortify its sustainability vision on a global scale. Following its successful issuance of bonds in the international capital markets, the Company signed a strategic cooperation protocol with DEG, a Germany-based development finance institution, and Proparco, a French development finance institution affiliated with the French Development Agency (AFD). This agreement, formalized at a ceremony attended by Sanko Holding Chairman Adil Sani Konukoğlu, DEG CEO Roland Siller, and Proparco Global Head of Manufacturing, Agriculture and Services Reza Hassam Daya, marks a new milestone in Çimko's financial discipline and sustainable growth strategy in global markets.



Uluslararası Piyasalarda Güven ve Ödüllü Finansman Başarısı

Daha önce gerçekleştirdiği 300 milyon ABD doları tutarındaki ilk tahvil ihracıyla finans dünyasının saygın organizasyonlarından "Global Banking & Markets Awards: CEE, Central Asia & Türkiye 2025" kapsamında "Yılın En Başarılı Yüksek Getirili Tahvil İhracı" ödülüne layık görülen Çimko, küresel finans çevrelerinin odağında yer almayı sürdürüyor. Bu başarının ardından gerçekleştirilen ilave ihraçlarla birlikte 2030 vadeli tahvilinin toplam nominal tutarını 389,9 milyon ABD dolarına yükselten şirket, uluslararası standartlardaki kurumsal yönetim kalitesini bir kez daha kanıtlamış oldu. DEG ve Proparco tarafından satın alınan ilave tahvillerle sağlanan güçlü kaynak, şirketin yeşil dönüşüm ve sürdürülebilirlik yatırımlarına doğrudan katkı sağlayacak.

Sürdürülebilir Geleceğe ve Yurt Dışı Yatırımlarına Küresel Fon

Stratejik iş birliği kapsamında elde edilen finansman, Çimko'nun düşük karbonlu ekonomi geçiş planlarını ve çevre dostu teknoloji yatırımlarını desteklemek amacıyla kullanılırken, Çimko, söz konusu finansman ile karbon azaltım stratejileri, ön kalsinasyon yatırımları, enerji verimliliğinin artırılması ve emisyonların minimize edilmesi gibi kritik sürdürülebilirlik projelerine hız verecek. Bu hamle, Çimko'nun küresel standartlarda üretim yapma kabiliyetini artırırken, uluslararası pazarlardaki rekabetçi gücünü ve yurt dışı yatırım fırsatlarına olan açık duruşunu da pekiştirecek.

Trust and Award-Winning Financing Success in International Markets

With its initial issuance of bonds amounting to USD 300 million, Çimko was granted the "Most Successful High-Yield Bond Issuance of the Year" award at the "Global Banking & Markets Awards: CEE, Central Asia & Turkey 2025," a prestigious event in the financial world. Çimko continues to be a focus for global financial circles. Following this success, the company increased the total nominal value of its 2030 maturity bonds to USD 389.9 million with additional issuances, once again demonstrating the quality of its corporate governance to international standards. The strong funding provided by the additional bonds acquired by DEG and Proparco will directly contribute to the company's green transition and sustainability investments.

Global Fund for Sustainable Future and Foreign Investments

While the funds generated as part of the strategic cooperation will be used to support Çimko's low-carbon economy transition plans and environmentally friendly technology investments, Çimko will accelerate critical sustainability projects such as carbon reduction strategies, pre-calcination investments, enhancing energy efficiency and minimizing emissions with such funds. This move will enhance Çimko's ability to produce in accordance with global standards, while also strengthening its competitiveness in international markets and its openness to overseas investment opportunities.

Anlaşmanın önemine ve Çimko'nun gelecek vizyonuna değinen Sanko Holding Yönetim Kurulu Başkanı Adil Sani Konukoğlu, iş birliğine dair şunları söyledi:

"Çimko olarak, uluslararası sermaye piyasalarında elde ettiğimiz başarıları, küresel finansın saygın kuruluşları olan DEG ve Proparco ile imzaladığımız bu stratejik iş birliği anlaşmasıyla bir adım daha ileriye taşımamızın gururunu yaşıyoruz. Tahvil ihraçlarımıza gösterilen bu küresel ilgi, şirketimizin finansal disiplinine, kurumsal yönetim standartlarına ve en önemlisi sürdürülebilir büyüme stratejimize duyulan güveni gösteriyor. Sürdürülebilirliği bir iş modeli olarak benimsiyor, bu doğrultuda karbon azaltımı ve enerji verimliliği yatırımlarımıza kararlılıkla devam ediyoruz. DEG ve Proparco ile gerçekleştirdiğimiz bu iş birliği, sadece çevre dostu projelerimize güçlü bir kaynak yaratmakla kalmayacak, aynı zamanda uluslararası yatırımcı tabanımızı çeşitlendirerek küresel pazarlardaki varlığımızı daha da derinleştirecektir. Çimko olarak, küresel finansal ekosistemle kurduğumuz bu güçlü bağlar sayesinde, yurt dışı yatırımlarına ve küresel ölçekteki yeni büyüme fırsatlarına her zaman açık bir vizyonla ilerlemeyi sürdüreceğiz."

DEG CEO'su Roland Siller konuya ilişkin şu değerlendirmede bulundu: "DEG olarak, Çimko'nun ESG ve düşük karbonlu sürdürülebilirlik yolculuğunu destekleme konusunda stratejik bir ortak olarak hareket etmekten büyük mutluluk duyuyoruz. Bu işlemler, sadece sermaye sağlamanın çok ötesine geçen kararlılığımızı bir kez daha teyit ederken; Çimko'nun karbon azaltım yol haritasının uygulanmasını, raporlama ve yönetim standartlarının güçlendirilmesini destekliyoruz. Özel sektörün deneyimli bir iş ortağı olarak, bu iş birliği sürdürülebilir iş modellerinin yatırım yapılabilirliğine yönelik güçlü bir mesaj niteliği taşımaktadır."

Proparco Üretim, Tarım ve Hizmet Sektörleri Küresel Başkanı Reza Hassam Daya şunları kaydetti:

"Ortağımız DEG ile birlikte, Çimko'ya yönelik bu stratejik yatırım aracılığıyla Sanko Grubu ile olan ortaklığımızı güçlendirmekten memnuniyet duyuyoruz. Çimento gibi karbon azaltım dönüşümünde kritik öneme sahip sektörlerin karbonsuzlaştırma sürecini desteklemek, ekonomik büyümeyi sürdürürken iklim hedefleriyle uyumlu dönüşümü mümkün kılmak Proparco'nun öncelikleri arasında yer almaktadır. Endüstriyel liderliği sürdürülebilirlik konusundaki güçlü bağlılığıyla birleştiren bir gruba desteklemekten gurur duyuyor; iklim, toplum ve Türkiye ekonomisi için pozitif değer yaratmak adına Sanko Grubu ile iş birliğimizin devamını diliyoruz."

Adil Sani Konukoğlu, Chairman of the Board of Sanko Holding, commented on the importance of the agreement and Çimko's future vision, with remarks on the cooperation:

"As Çimko, we are proud to take our achievements in international capital markets a step further with this strategic cooperation agreement signed with DEG and Proparco, reputable institutions of global finance. This global interest in our bond issuances demonstrates confidence in our company's financial discipline, corporate governance standards, and, most importantly, our sustainable growth strategy. We embrace sustainability as a business model and are resolutely continuing our investments in carbon reduction and energy efficiency. This cooperation with DEG and Proparco will not only create a strong source of funding for our environmentally friendly projects, but will also diversify our base of international investors and further deepen our presence in global markets. At Çimko, we will continue to move forward with a vision that is always open to foreign investments and new growth opportunities on a global scale, through these strong ties we have established with the global financial ecosystem."

DEG's CEO Roland Siller commented on the matter: "As DEG, we are delighted to act as a strategic partner in supporting Çimko's ESG and low-carbon sustainability journey. As such, we reaffirm our commitment, which goes far beyond simply providing capital, and we support Çimko in the implementation of its carbon reduction roadmap and the strengthening of its reporting and governance standards. As an experienced business partner of the private sector, this cooperation sends a strong message about the potential of making investments in sustainable business models."

Proparco Global Head of Manufacturing, Agriculture and Services Reza Hassam Daya provided the following remarks:

"Together with our partner DEG, we are pleased to strengthen our partnership with the Sanko Group through this strategic investment in Çimko. Supporting the decarbonization process of industries that are critical to the carbon reduction transition, such as cement, and enabling a transition aligned with climate goals while sustaining economic growth, are among Proparco's priorities. We are proud to support a group that combines industrial leadership with a strong commitment to sustainability, and we look forward to continuing our collaboration with Sanko Group to create positive value for the climate, society, and the Turkish economy."

Oyak Çimento, Yeşil Dönüşümle Sektöre Yön Veriyor

Oyak Çimento Guides The Industry Through Green Transition



ÇİMENTO

OYAK Çimento'nun finansal performansının yanı sıra çevresel ve sosyal etki yönetimindeki başarısını gözler önüne seren "2025 Entegre Raporu" kamuoyuyla paylaşıldı. 'Yeşil Yeni Altındır' mottosuyla şekillenen rapor; alternatif ham madde kullanımından yenilenebilir enerji yatırımlarına kadar, şirketin hem Türkiye'de hem de küresel pazarlarda yarattığı yüksek katma değeri ve endüstriye yön veren sonuçlarını belgeliyor.

Raporda Öne Çıkanlar:

- Çevre ve Düşük Karbon Odaklı Dev Yatırım: 2025 yılında çevre ve düşük karbon odaklı projelere aktarılan toplam yatırım tutarı 3,49 milyar TL seviyesine ulaştı.
- Yenilenebilir Enerjide Tarihi Pay: Hayata geçirilen çevre odaklı yatırımlar içinde en büyük payı, %85,6 gibi yüksek bir oranla yenilenebilir enerji projeleri aldı.
- Sanayide Dev Güneş Enerjisi Hamlesi: Sanayi sektörü için öz tüketim amaçlı hayata geçirilen en büyük güneş enerjisi santrallerinden biri yıl sonu itibarıyla başarıyla devreye alındı.
- Sürdürülebilir Ürün Gelirlerinde Büyük Başarı: "Yeşil Çimento Mevzuatı" ile uyumlu düşük klinker içerikli ürün geliştirme çalışmaları sayesinde, sürdürülebilir ürünlerden elde edilen gelirin toplam gelire oranı %34,8 seviyesine yükseldi.
- Net Sıfır Taahhüdü ve Uluslararası Standartlar: Şirketin orta ve uzun vadeli değer yaratma hedefleri; Bilim Temelli Hedefler Girişimi (SBTi) onaylı 2050 Net Sıfır vizyonu, Uluslararası Entegre Raporlama Çerçevesi ve GRI Standartları ile uyumlu olarak hazırlanmıştır.



OYAK Çimento published its "2025 Integrated Report," which showcases the company's financial performance as well as its success in environmental and social impact management. Built around the motto 'Green is the New Gold', the report documents the high added value and industry-leading results created by the company both in Türkiye and in global markets, ranging from the use of alternative raw materials to investments in renewable energy."

Highlights of the Report:

- Massive Investment with a Focus on Environment and Low Carbon: The total investment allocated to the projects focused on the environment and low carbon reached TL 3.49 billion in 2025.
- Historic Share in Renewable Energy: Renewable energy projects accounted for the largest share of environmentally focused investments, with a rate as high as 85.6%.
- Massive Industrial Move in Solar Energy: One of the largest solar power plants ever implemented for self-consumption purposes in the industrial sector was successfully put into operation by the end of the year.
- Great Success in Proceeds from Sustainable Products: Based on the efforts for the development of low-clinker content products compliant with "Green Cement Regulations," the rate of proceeds from sustainable products to total revenue has increased to 34.8%.
- Net Zero Commitment and International Standards: The company's medium- and long-term goals to create value are aligned with the Science-Based Targets Initiative (SBTi) approved 2050 Net Zero vision, the International Integrated Reporting Framework, and GRI Standards.

Türkiye çimento ve beton sektörünün öncü kuruluşu OYAK Çimento, 1 Ocak 2025 - 31 Aralık 2025 dönemini kapsayan faaliyetlerini, stratejik önceliklerini ve çevresel, sosyal ve yönetim (ÇSY) performansını şeffaf bir şekilde paydaşlarına sunduğu 2025 Entegre Raporu'nu kamuoyuyla paylaştı. Uluslararası Entegre Raporlama Çerçevesi ve GRI Standartları ile uyumlu olarak hazırlanan rapor, Şirket'in kısa, orta ve uzun vadeli değer yaratma hedeflerini bütüncül bir yaklaşımla ele alıyor.

Karbon Nötr Geleceğe Doğru

2025 yılını, zorlu küresel ekonomik koşullar, jeopolitik gelişmeler ve enerji maliyetlerindeki dalgalanmalara rağmen operasyonel dayanıklılığını koruduğu ve iş modelini daha çevik, verimli ve sürdürülebilir bir yapıya dönüştürdüğü bir yıl olarak tamamlayan OYAK Çimento, "Yeşil Yeni Altındır" vizyonu doğrultusunda stratejik adımlar atmaya devam ediyor. Şirket, Bilim Temelli Hedefler Girişimi (SBTi) onaylı 2050 Net Sıfır hedefleri doğrultusunda; enerji verimliliği, alternatif yakıt ve ham madde kullanımı, yenilenebilir enerji ve dijitalleşme alanlarındaki yatırımlarını kararlılıkla sürdürüyor. Bu vizyonun en somut göstergelerinden biri olarak, 2025 yılında çevre ve düşük karbon odaklı toplam yatırımların tutarı 3,49 milyar TL seviyesine ulaştı. Bu yatırımlar içerisinde en büyük payı, %85,6 oranıyla yenilenebilir enerji projeleri oluşturdu. Şirket, sanayi sektörü için öz tüketim amaçlı hayata geçirilen en büyük güneş enerjisi santrallerinden birini de yıl sonu itibarıyla devreye alarak sürdürülebilir enerji dönüşümünde önemli bir kilometre taşına imza attı.

OYAK Çimento, operasyonel iyileştirmelerin yanı sıra ürün portföyünü de dönüştürerek sürdürülebilir rekabet gücünü artırıyor. "Yeşil Çimento Mevzuatı" ile uyumlu şekilde düşük klinker içerikli ürün geliştirme çalışmalarına odaklanan Şirket, sürdürülebilir ürünlerden elde edilen gelirin toplam gelire oranını %34,8 seviyesine taşıyarak pazardaki öncü konumunu güçlendirdi.

"Sektörümüzdeki dönüşüme yön veriyoruz"

Raporun sunuşunda değerlendirmelerde bulunan OYAK Çimento Yönetim Kurulu Başkanı Suat Çalbiyık, 2025 yılının OYAK Çimento için dayanıklılığın ve sürdürülebilir yönetim anlayışının ön plana çıktığı bir dönem olduğunu belirtti. Çalbiyık, "OYAK Çimento olarak temel önceliğimiz sektörümüzdeki dönüşüme yön vermek, değer zincirimizin her aşamasında kalıcı fayda üretmek ve ülkemizin sanayi gücünü küresel ölçekte temsil etmek oldu. Bugün OYAK Çimento; sürdürülebilir şehirler için çözüm geliştiren, teknolojiyle güçlenen, düşük karbonlu üretim yetkinliğini artıran ve geleceğin ihtiyaçlarına yanıt veren entegre bir sanayi şirketi olma yolunda kararlılıkla ilerlemektedir" ifadelerini kullandı.

OYAK Çimento, a leading company in Turkish cement and concrete industry, has released its 2025 Integrated Report, which transparently presents its operations, strategic priorities, and environmental, social, and governance (ESG) performance for the period covering January 1, 2025, to December 31, 2025, for its stakeholders. Prepared in accordance with the International Integrated Reporting Framework and GRI Standards, the report addresses the Company's short-, medium-, and long-term goals to create value with a holistic approach.

Towards a Carbon Neutral Future

Having completed 2025 as a year in which it maintained its operational resilience and transformed its business model into a more agile, efficient, and sustainable structure despite challenging global economic conditions, geopolitical developments, and fluctuations in energy costs, Oyak Çimento still takes strategic steps in line with its vision of "Green is the New Gold" vision. In line with the Science-Based Targets Initiative (SBTi)-approved 2050 Net Zero goals, the company is resolutely continuing its investments in energy efficiency, the use of alternative fuels and raw materials, renewable energy, and digitalization. As one of the most concrete indicators of this vision, the total amount of investments focused on the environment and low carbon emissions reached TL 3.49 billion in 2025. Renewable energy projects accounted for the largest share of these investments, at 85.6%. The company also achieved a significant milestone in sustainable energy transition by putting into operation one of the largest solar power plants for self-consumption in the industrial sector by the end of the year.

OYAK Çimento is enhancing its sustainable competitiveness by transforming its product portfolio as well as implementing operational improvements. Focusing on developing low-clinker content products in compliance with the "Green Cement Legislation," the company has reinforced its leading position in the market by increasing the ratio of revenue from sustainable products to total revenue to 34.8%.

"We guide the transformation of our industry"

OYAK Çimento's Chairman Suat Çalbiyık provided remarks at the presentation of the report, and stated that 2025 was a period for OYAK Çimento in which resilience and sustainable management would come to the forefront. Çalbiyık said: "At OYAK Çimento, our main priority has been to lead the transformation of our industry, to generate lasting benefits at every stage of our value chain, and to represent our country's industrial strength on a global scale. Today, OYAK Çimento is committed to moving forward on its path to becoming an integrated industrial company that develops solutions for sustainable cities, is empowered by technology, enhances its low-carbon production capabilities, and responds to the needs of the future."

"Geleceğin üretim modelini şekillendiriyoruz"

Şirketin stratejik hedeflerine ilişkin görüşlerini paylaşan OYAK Çimento Ülke CEO'su Murat Sela ise atılan adımların bugünün performansını güçlendirirken geleceğin üretim modelini de şekillendirdiğini vurguladı. Sela, "Yenilenebilir enerji, dijitalleşme, enerji verimliliği ve operasyonel süreklilik alanlarında attığımız adımlar, sürdürülebilir bir gelecek vizyonumuzun ayrılmaz parçalarıdır. 2025 yılında gerçekleştirdiğimiz çevre odaklı yatırımlarla, OYAK Çimento'yu yalnızca çimento üreten bir şirket olmanın ötesine taşıma hedefimizi güçlendirdik" dedi.

"We shape the production model for the future."

Sharing his views on the company's strategic goals, OYAK Çimento's Country CEO Murat Sela emphasized that the steps taken strengthen today's performance while also shaping the production model for the future. Sela said: "The steps we have taken in the areas of renewable energy, digitalization, energy efficiency, and operational continuity are integral parts of our vision of a sustainable future. With the environment-focused investments we made in 2025, we have strengthened our goal of transforming OYAK Çimento from being merely a cement-manufacturing company."

Çimko'nun 2024 Sürdürülebilirlik Raporu Dünyanın En İyileri Arasında Seçildi Çimko's Sustainability Report for 2024 is Selected Among The Best In The World



Çimko, sürdürülebilirlik ilkelerini iş kültürünün merkezine alarak yürüttüğü çevresel ve toplumsal sorumluluk odaklı faaliyetlerini uluslararası alanda önemli bir başarıyla taçlandırdı. Çimko 2024 Sürdürülebilirlik Raporu, dünyanın en prestijli iletişim platformlarından League of American Communications Professionals (LACP) tarafından düzenlenen 2025/26 Inspire Awards Kurumsal Yayıncılık Kategorisinde küresel ölçekte önemli bir derece elde etti.



Farklı sektörlerden yaklaşık 1.500 başvurunun kabul edildiği ve küresel düzeyde yoğun katılımı gerçekleştiren organizasyonda Çimko, bağımsız jüri heyetinin değerlendirmesi sonucunda en yüksek derece olan Platinum Ödül'ün sahibi oldu. Şirketin sürdürülebilirlik vizyonunu ve stratejik adımlarını kamuoyuyla paylaşan rapor, uluslararası değerlendirme sürecinde 100 üzerinden 99 toplam skor elde ederek dünya genelindeki en iyi çalışmalar listesinde 14. sırada, Türkiye'de ise en iyi beş rapor arasında yer aldı.

Çimko has crowned its environmental and social responsibility-focused operations with a significant international achievement, placing sustainability principles at the heart of its business culture. Çimko's Sustainability Report for 2024 received a significant global award in the Corporate Publishing Category of the 2025/26 Inspire Awards, organized by the League of American Communications Professionals (LACP), one of the world's most prestigious communication platforms.

The event received approximately 1,500 applications from different sectors and saw intense global participation, and Çimko was awarded the highest degree, the Platinum Award, as a result of the evaluation by an independent jury. The report, which shared the company's sustainability vision and strategic steps with the public, achieved a total score of 99 out of 100 in the international evaluation process, ranking 14th in the list of best studies worldwide and among the top five reports in Türkiye.

LACP jürisinin metrik bazlı detaylı değerlendirmesinde Çimko 2024 Sürdürülebilirlik Raporu; İlk İzlenim kriterinde 30 üzerinden 30, Genel Anlatım ve İçerik Kalitesinde 10 üzerinden 10, Genel Görsel Tasarımda 10 üzerinden 10 tam puan aldı. Rapor, Mesaj Netliği ve Organizasyon alanında 20 üzerinden 20 tam puana ulaşırken, Algılanan Alaka Düzeyi ve Güncellik kriterinde 10 üzerinden 10; Yaratıcılık başlığında ise 20 üzerinden 19 puan elde etti. Kazanılan bu başarı, Çimko'nun kurumsal duruşunun, şeffaflık yaklaşımının ve sürdürülebilirlik alanındaki kararlılığının uluslararası düzeyde tescilli niteliği taşıyor. Çimko, sektörüne ve geleceğe değer katma hedefi doğrultusunda; yerel kurumlar, daha sürdürülebilir, daha şeffaf ve daha güçlü yarınlar katkı sunmaya devam ediyor.

In the LACP jury's detailed metric-based evaluation, Çimko's Sustainability Report for 2024 received a perfect score of 30 out of 30 in the First Impression criterion, 10 out of 10 in Overall Narrative and Content Quality, and 10 out of 10 in Overall Visual Design. The report received a perfect score of 20 out of 20 in Message Clarity and Organization, 10 out of 10 in Perceived Relevance and Timeliness, and 19 out of 20 in Creativity. This achievement serves as international recognition of Çimko's corporate stance, transparency approach, and commitment to sustainability. In line with its goal of adding value to industry and the future, Çimko continues to contribute to more sustainable, transparent, and stronger tomorrows for local institutions.

Çimento Sektöründe Güçlü Yapılanma

Strong Structuring In Cement Industry



Sabancı Holding, Akçansa'daki yüzde 39,72 oranındaki paylarının tamamını 427,9 milyon dolar bedelle Heidelberg Materials AG'ye devretti.

Heidelberg Materials, hisse devri işleminin tamamlanmasının ardından Akçansa'daki payını yüzde 79,44'e yükselterek şirketin ana hissedarı oldu.

Yeni yönetim yapılanması kapsamında Akçansa Yönetim Kurulu Başkanı Hakan Gürdal olurken, Yönetim Kurulu Başkan Vekilliği görevini Christian Mikli üstlendi. Yönetim Kurulu Üyeliğine seçilen Tayfun Öneş ise Akçansa Genel Müdürü olarak şirketin operasyonlarına liderlik edecek.

Sabancı Holding transferred all of its shares (39.72%) in Akçansa to Heidelberg Materials AG for \$427.9 million.

Following the completion of the share transfer transaction, Heidelberg Materials increased its shares in Akçansa to 79.44%, becoming the company's main shareholder.

As part of the new management structure, Hakan Gürdal became the Chairman of the Board of Directors of Akçansa, while Christian Mikli assumed the role of Vice Chairman of the Board. Tayfun Öneş, who was elected as a Board Member, will lead the company's operations as the General Manager of Akçansa.

Çimentoda Güç Birliği Resmileşti

Union of Forces in Cement is Formalized



EGE Bölgesi'nin sanayi kuruluşlarından Batı Anadolu Şirketler Topluluğu, çimento operasyonlarını daha entegre, verimli ve rekabetçi bir yapı altında toplamak amacıyla yürüttüğü birleşme sürecinde önemli bir adım attı. Gerçekleştirilen unvan değişiklikleriyle şirketlerin yeni organizasyon yapısı içindeki rolleri daha net şekilde tanımlandı.

Bu kapsamda Batisöke Söke Çimento Sanayii Türk Anonim Şirketi'nin unvanı Batıçım Çimento Sanayi Anonim Şirketi, Batıçım Batı Anadolu Çimento Sanayii Anonim Şirketi'nin unvanı ise Batıçım Batı Anadolu Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi olarak değiştirildi. Söz konusu değişiklikler, birleşme süreci kapsamında oluşturulan yeni operasyon modelinin kurumsal çerçevesini tamamlayan adımlardan biri olarak hayata geçirildi. Yeni yapılanma kapsamında çimento faaliyetleri Batıçım Çimento Sanayi A.Ş. çatısı altında yürütülecek. Böylece Bornova ve Söke'deki mevcut üretim altyapısı ile Aliağa'da hayata geçirilmesi planlanan yıllık 3,5 milyon ton kapasiteli yeni yatırımın aynı operasyon modeli içerisinde yönetilmesi hedefleniyor. Bornova, Söke ve Aliağa'yı kapsayan entegre yapı ile üretim, lojistik ve ticari faaliyetlerin daha koordineli şekilde yönetilmesi; liman bağlantılı altyapının güçlendirilmesi ve uluslararası pazarlardaki rekabet gücü ile ihracat kabiliyetinin artırılması hedefleniyor.

Batı Anadolu Companies Group, an industrial organization in the Aegean Region, has taken a significant step in its merger process aimed at bringing its cement operations together under a more integrated, efficient, and competitive structure. The changes in names have defined more clearly the roles of the companies in the new organizational structure.

In this respect, the name of Batisöke Söke Çimento Sanayii Türk Anonim Şirketi was changed into Batıçım Çimento Sanayi Anonim Şirketi, and the name of Batıçım Batı Anadolu Çimento Sanayii Anonim Şirketi was changed into Batıçım Batı Anadolu Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi. The changes were implemented as one of the steps to complete corporate framework of the new operational model creates as part of the merger process. In this new structure, cement operations will be conducted under the roof of Batıçım Çimento Sanayi A.Ş. So, it is intended to manage existing manufacturing infrastructure in Bornova and Söke and a new investment with an annual capacity of 3.5 million tons that is planned to be implemented in Aliağa within the same operational model. The integrated structure encompassing Bornova, Söke, and Aliağa is intended to manage manufacturing, logistics, and commercial activities in a more coordinated manner, to strengthen port-related infrastructure, and improve competitiveness and export capabilities in international markets.

TÜRKİYE

MEDCEM ÇİMENTO GRUBU GLASGOW TERMİNALİ İLE AVRUPA'DAKİ LOJİSTİK GÜCÜNÜ ARTIRIYOR

Medcem Çimento Grubu, Birleşik Krallık'ın Glasgow kentinde yeni bir terminal yatırımı gerçekleştirerek Avrupa'daki operasyonel altyapısını güçlendirmiştir. Bu stratejik yatırım sayesinde şirket, Birleşik Krallık ve Kuzey Avrupa pazarlarına daha hızlı, esnek ve sürdürülebilir sevkiyat imkânı sağlayarak müşteri portföyünü ve pazar payını artırmayı hedeflemektedir. Terminal, teslim sürelerinin kısaltılması, stok yönetiminin iyileştirilmesi, maliyet optimizasyonu ve lojistik kaynaklı karbon emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlayacaktır.

Glasgow terminali aynı zamanda Medcem'in Avrupa tedarik zincirini daha dayanıklı ve çevik hale getiren önemli bir adım olarak görülmektedir. Modern altyapısı ve yüksek elleçleme kapasitesiyle bölgesel talebe etkin şekilde cevap verecek olan tesis, şirketin uluslararası rekabet gücünü artırırken Türk çimento sektörünün küresel pazarlardaki konumunu da desteklemektedir. Medcem, sürdürülebilirlik odaklı büyüme stratejisi doğrultusunda Avrupa'daki varlığını güçlendirmeye ve küresel pazarlarda uzun vadeli değer yaratmaya devam etmektedir.

Kaynak: https://yatirimlar.com/haber/medcem-cimento-grubu-glasgow-terminali-ile-avrupa-daki-lojistik-gucunu-artiriyor_247706

OYAK ÇİMENTO'YA WCA'DAN İKİ ÖDÜL

OYAK Çimento, Dünya Çimento Birliği (WCA) tarafından düzenlenen WCA Health & Safety Awards kapsamında iş sağlığı ve güvenliği alanındaki PROJE2425 çalışmasıyla en büyük ödüle layık görülmüştür. Şirket ayrıca Aslan Çimento Fabrikası'nda yürütülen "Future of Cement: CarbonLess" projesi ile alternatif yakıtlar ve tamamlayıcı çimentolu malzemeler (SCM) kullanımı yoluyla karbon azaltımına yönelik çalışmaları sayesinde "İklim Eylemi" kategorisinde Özel Takdir Ödülü kazanmıştır. Bu başarılar, OYAK Çimento'nun hem çalışan güvenliği hem de çevresel sürdürülebilirlik alanındaki çalışmalarının uluslararası düzeyde takdir edildiğini göstermektedir.

TÜRKİYE

MEDCEM CEMENT GROUP SCALES UP ITS LOGISTICS POWER IN EUROPE WITH THE GLASGOW TERMINAL

Medcem Cement Group has fortified its operational infrastructure in Europe by investing in a new terminal in Glasgow, United Kingdom. With this strategic investment, the company has been able to provide faster, more flexible and sustainable shipping options to the UK and Northern European markets, aiming to improve its customer portfolio and grow market share. The terminal will contribute to shorter delivery times, improved inventory management, cost optimization, and a reduction in carbon emissions from logistics.

The Glasgow terminal is also regarded as a significant step in making Medcem's European supply chain more resilient and agile. With its modern infrastructure and high handling capacity, the facility will effectively respond to regional demand, improving the company's international competitiveness and leveraging the position of the Turkish cement industry in global markets. In line with its sustainability-focused growth strategy, Medcem continues to strengthen its presence in Europe and create long-term value in global markets.

Source: https://yatirimlar.com/haber/medcem-cimento-grubu-glasgow-terminali-ile-avrupa-daki-lojistik-gucunu-artiriyor_247706

OYAK ÇİMENTO RECEIVES TWO AWARDS FROM WCA

OYAK Çimento has been awarded the top prize at the WCA Health & Safety Awards, organized by the World Cement Association (WCA), for its PROJE2425 project in the field of occupational health and safety. The company has also received a Special Recognition Award in the "Climate Action" category for its project "Future of Cement: CarbonLess" at the Aslan Cement Plant, focusing on carbon reduction through the use of alternative fuels and supplementary cementitious materials (SCM). Such achievements demonstrate that OYAK Çimento's efforts in both workers' safety and environmental sustainability are recognized internationally.

Şirket, yapay zekâ destekli izleme sistemleri, İZGEM programı, İSG Odak, İSG Focus ve e-EKED gibi dijital uygulamalarla iş sağlığı ve güvenliği süreçlerini güçlendirirken, operasyonlarında “sıfır iş kazası” hedefi doğrultusunda ilerlemektedir. OYAK Çimento Ülke CEO’su Murat Sela, şirketin “sıfır atık, sıfır kirlilik ve sıfır emisyon” vizyonu doğrultusunda yapay zekâyı tüm tesislerde otonom karar destek mekanizmasına dönüştürmeyi hedeflediklerini ve dijitalleşme, operasyonel mükemmellik ile karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik yatırımlara devam edeceklerini belirtmiştir.

Kaynak: <https://www.ekonomigazetesi.com/sirket-haberleri/oyak-cimentoya-wcadan-iki-odul-78095>

The company is strengthening its occupational health and safety processes through digital applications such as AI-powered monitoring systems, the İZGEM program, İSG Odak, İSG Focus, and e-EKED, while making firm steps into its goal of “zero workplace accidents” in its operations. OYAK Çimento’s Country CEO Murat Sela said that, in line with the company’s vision of “zero waste, zero pollution, and zero emissions”, they intend to transform artificial intelligence into an autonomous decision support mechanism in all their facilities and will continue to invest in digitalization, operational excellence, and the reduction of carbon emissions.

Source: <https://www.ekonomigazetesi.com/sirket-haberleri/oyak-cimentoya-wcadan-iki-odul-78095>

İRLANDA

CEMVISION, MANNOK İLE STRATEJİK BİR ORTAKLIK KURDU

Çimento sektörünün karbondan arındırılmasını hızlandırmak amacıyla Cemvision ve Mannok (Çimsa Grubu’nu bir parçası), stratejik ortaklık kurmak üzere bir Mutabakat Anlaşması (MOU) imzaladı. Bu iş birliği ise, Cemvision’ın yeni nesil çimento teknoloji platformu Re-ment ile Çimsa Grubunun küresel endüstriyel ayak izini bir araya getiriyor. Bu iş birliğinin temel odak noktası, Cemvision’ın büyük ölçekli inşaat projeleri için pazara sunduğu ürünü olan Re-ment Massive’in ticari anlamda müşterilerin beğenisine sunulmasıdır.

Şirketler, Cemvision’ın ticari büyümesinin temel taşlarından biri olarak çok yıllık bir ticari sürüm anlaşması üzerinde çalışarak, demonstrasyon aşamasından tam endüstriyel üretime geçişi mümkün kılacaklar. Bu ortaklık aynı zamanda Mannok ve Çimsa’nın Avrupa ve Akdeniz’deki yerleşik dağıtım ağı üzerinden, Türkiye, İspanya ve İtalya da dahil olmak üzere yeni stratejik pazarlara giriş yolunu da açıyor. Cemvision CEO’su Oscar Hållén konuşmasında “Mannok ve daha geniş Çimsa Grubu ile olan iş birliğimiz, çığır açan çimento teknolojisini ve büyük ölçekli endüstriyel kapasiteyi bir araya getiriyor. Hep birlikte Re-ment Massive’i birden fazla coğrafyaya yaymak için gereken koşulları yaratıyoruz. Bu ortaklık, inovasyondan endüstriyel etkiye geçişle ilgilidir,” demiştir.

IRELAND

CEMVISION ENTERS STRATEGIC PARTNERSHIP WITH MANNOK

Cemvision and Mannok (part of Çimsa Group) have signed a Memorandum of Understanding (MOU) to establish a strategic partnership with the ambition to accelerate the decarbonisation of the cement industry. The partnership brings together Cemvision’s next-generation cement technology platform, Re-ment, with the global industrial footprint of Çimsa Group. A central focus of the collaboration is the commercial rollout of Re-ment Massive, Cemvision’s go-to-market product for large-scale construction.

The companies will work towards a multi-year commercial offtake agreement as a cornerstone of Cemvision’s commercial scale-up, enabling the transition from demonstration to full industrial production. The partnership also creates a pathway into new strategic markets – including Türkiye, Spain, and Italy – through Mannok and Çimsa’s established European and Mediterranean distribution network. “Our collaboration with Mannok and the wider Cimsa Group brings together breakthrough cement technology and large-scale industrial capability. Together, we are creating the conditions required to scale Re-ment Massive into multiple geographies. This partnership is about moving from innovation to industrial impact,” says Oscar Hållén, CEO of Cemvision.

Çimsa'nın İngiltere ve İrlanda merkezli iştiraki Mannok'un CEO'su Dara O'Reilly şu yorumda bulunmuştur: "Cemvision'ın yenilikçi teknolojisini Mannok'un endüstriyel yetenekleri ve uluslararası ayak iziyle birleştirmenin önemli bir potansiyel taşıdığını görüyoruz. Bu iş birliği, çimento sektöründe yeşil dönüşüme öncülük etme hedefimizle örtüşüyor."

Kaynak: <https://www.worldcement.com/europe-cis/05052026/cemvision-enters-strategic-partnership-with-mannok/>

Dara O'Reilly, CEO of Mannok, Cimsa's UK and Irish based subsidiary, commented: "We see significant potential in combining Cemvision's innovative technology with Mannok's industrial capabilities and international footprint. This collaboration aligns with our ambition to drive green transformation in the cement industry."

Source: <https://www.worldcement.com/europe-cis/05052026/cemvision-enters-strategic-partnership-with-mannok/>

AMERİKA

ACA ÜYELERİ, ÇİMENTO POLİTİKASI KONUSUNDA ABD'Lİ YASA YAPICILARLA LOBİ YAPACAK

Amerikan Çimento Birliği (ACA) üyeleri, birliğin 2026 "Cement Fly-in" organizasyonu kapsamında 3-4 Haziran tarihlerinde Washington DC'de yasa yapıcılar ve ABD yönetimi yetkilileriyle bir araya gelecek.

Etkinlik sırasında gündeme getirilecek başlıca konular arasında yerli çimento üretimine destek, sanayi izinleri reformu ve mevcut Kara Ulaşımı Yeniden Yetkilendirme Yasasının 30 Eylül tarihinde süresi dolmadan önce "BUILD America 250 Yasasının" kabul edilmesi yer alacak.

ACA üyeleri ayrıca, gelişmiş çimento teknolojilerine ve karbon yönetimi girişimlerine yapılan yatırımların yanı sıra, çimentonun ABD altyapısı ve ulusal güvenlik açısından hayati bir malzeme olarak kabul edilmesi için de çaba göstereceklerdir.

ACA Başkanı ve CEO'su Diane Tomb, ABD çimento sektörünün artan altyapı talebini karşılamak için inovasyona, verimli teknolojilere ve yerli üretim kapasitesine yatırım yapmaya devam ettiğini söyledi.

Kaynak: <https://www.cemnet.com/News/story/181450/aca-members-to-lobby-us-lawmakers-on-cement-policy.html>

GLOBAL

GCCA ve GCCSI, küresel çimento ve beton endüstrisinde karbon yakalama ve depolama kullanımını geliştirmek amacıyla ortaklık kurduklarını duyurdu.

UNITED STATES OF AMERICA

ACA MEMBERS TO LOBBY US LAWMAKERS ON CEMENT POLICY

Members of the American Cement Association (ACA) will meet lawmakers and US administration officials in Washington DC on 3-4 June as part of the association's 2026 Cement Fly-in.

Key issues raised during the event will include support for domestic cement production, industrial permitting reform and passage of the BUILD America 250 Act ahead of the expiration of the current Surface Transportation Reauthorization on 30 September.

ACA members will also advocate for recognition of cement as a critical material for US infrastructure and national security, alongside investment in advanced cement technologies and carbon management initiatives.

ACA president and CEO Diane Tomb said the US cement industry continued to invest in innovation, efficient technologies and domestic manufacturing capacity to meet rising infrastructure demand.

Source: <https://www.cemnet.com/News/story/181450/aca-members-to-lobby-us-lawmakers-on-cement-policy.html>

GLOBAL

GCCA and the GCCSI announce partnership to advance the use of carbon capture and storage across the global cement and concrete industry

GCCA (Global Cement and Concrete Association) ile Global CCS Institute, çimento ve beton sektöründe karbon yakalama ve depolama (CCS) teknolojilerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması amacıyla iki yıllık bir iş birliği anlaşması (MoU) imzalamıştır. Ortaklık kapsamında taraflar, teknik bilgi paylaşımı, kapasite geliştirme, politika çalışmaları ve paydaş katılımı yoluyla sektörün karbonsuzlaşmasını hızlandırmayı hedeflemektedir. CCS'nin, çimento sektörünün net sıfır emisyon hedeflerine ulaşmasında kritik bir teknoloji olduğu vurgulanmıştır.

Anlaşmanın ilk somut adımı olarak, sektör liderleri, kamu otoriteleri ve diğer önemli paydaşları bir araya getirecek üst düzey bir danışma yuvarlak masa platformu kurulacaktır. Bu platformun amacı, CCS yatırımlarını hızlandırmak, sektör ile politika yapımcı arasındaki koordinasyonu güçlendirmek ve çimento sektörünün karbonsuzlaşma sürecine destek vermektir. Taraflar ayrıca CCS teknolojilerinin tanıtılması, teknik ve mevzuatsal bilgi paylaşımı yapılması ve CCS'nin küresel çimento sektörü için temel bir emisyon azaltım aracı olarak desteklenmesi konusunda birlikte çalışacaktır.

Kaynak: <https://gccassociation.org/news/gcca-and-the-gccsi-announce-partnership/>

AFRİKA

DANGOTE CEMENT LONDRA BORSASINA KAYIT OLMAYI DÜŞÜNÜYOR

Dangote Cement'in, Afrika genelindeki genişleme stratejisini desteklemek amacıyla, uluslararası sermaye piyasalarına daha geniş erişim sağlamak için çimento faaliyetlerinin bir bölümünü Londra'da halka arz etmeyi düşündüğü bildiriliyor. Financial Times'ın bir raporuna göre önerilen bu hamle, Afrika'nın en büyük çimento üreticisinin daha derin küresel sermaye havuzlarına ulaşmasına ve yatırımcı tabanını Afrika pazarlarının dışına genişletmesine olanak tanıyacak.

Dangote Cement şu anda Nijerya, Etiyopya, Senegal, Tanzanya ve Zambiya'daki faaliyetler de dahil olmak üzere 10'dan fazla Afrika ülkesinde yaklaşık 55 milyon ton kurulu çimento üretim kapasitesine sahiptir. Şirketin piyasa değerinin yaklaşık 10-11 milyar dolar civarında olduğu tahmin ediliyor.

Raporda, Londra Borsasında işlem görmeyen, Avrupa ve Kuzey Amerika'dan kurumsal yatırımcıları çekerek şirketin değerlendirme katsayılarını artırabileceği ve aynı zamanda uzun vadeli yabancı sermayeye ulaşımı güçlendirebileceği belirtildi.

The GCCA (Global Cement and Concrete Association) and the Global CCS Institute have signed a two-year Memorandum of Understanding (MoU) to improve and expand carbon capture and storage (CCS) technologies in the cement and concrete industry. Through this partnership, the intent of the parties is to accelerate the decarbonization of the industry through technical knowledge sharing, capacity building, development of policies, and stakeholder engagement. It is underlined that CCS is a critical technology for the cement industry to achieve its target of net-zero emissions.

As the first concrete step of MoU, a high-level consultative roundtable platform will be established, bringing together industry leaders, public authorities, and other key stakeholders. The aim of this platform is to speed up CCS investments, strengthen coordination between the industry and policymakers, and support the decarbonization process of the cement industry. The parties will also work together on the introduction of CCS technologies, the sharing of technical and regulatory information, and the support of CCS as a key emission reduction tool for the global cement industry.

Source: <https://gccassociation.org/news/gcca-and-the-gccsi-announce-partnership/>

AFRICA

DANGOTE CEMENT REPORTEDLY CONSIDERING LONDON LISTING

Dangote Cement is reportedly considering listing part of its cement business in London as the company seeks wider access to international capital markets to support its pan-African expansion strategy. According to a report by the Financial Times, the proposed move would allow Africa's largest cement producer to access deeper global capital pools and broaden its investor base beyond African markets.

Dangote Cement currently has an installed cement production capacity of around 55Mta across more than 10 African countries, including operations in Nigeria, Ethiopia, Senegal, Tanzania and Zambia. The company is estimated to have a market capitalisation of approximately US\$10-11bn.

The report suggested that a London listing could improve the company's valuation multiples by attracting institutional investors from Europe and North America, while strengthening access to long-term foreign capital.

Borsada bu potansiyel işlem görme durumu, Dangote Grubunun uluslararası sermaye piyasalarıyla etkileşimini artırmasından kaynaklanıyor. Nisan ayında Dangote Fertiliser'in özel bir tahvil ihracı yoluyla 750 milyon ABD doları elde ettiği ve bunun da Holdingin uluslararası borç piyasasındaki ilk büyük işlemi olduğu bildirildi. Dangote Grubu Finans Direktörü Murat Erden, Bloomberg'de yaptığı bir söyleşide grubun enerji, gübre ve sanayi faaliyetlerindeki genişlemeyi desteklemek için ek tahvil ihraçlarını da araştırdığını söyledi.

Şirketin çimento genişleme stratejisi, Afrika genelinde altyapı talebinin artması ve Nijerya'daki yerel çimento kapasitesinin yerel talebi aşmaya devam etmesi nedeniyle, giderek bölgesel pazar büyümesine ve ihracat gelişimine odaklanmaktadır.

Kaynak: <https://www.cemnet.com/News/story/181314/dangote-cement-reportedly-considering-london-listing.html>

İSPANYA

ÇİMSA'NIN BUÑOL FABRİKASI İÇİN YENİ HİDROJEN TESİSİ

Fusion Fuel Green, kendi iştiraki olan Bright Hydrogen Solutions'ın İspanya'nın Buñol kentindeki bir çimento fabrikasında 2 MW'lık "yeşil" hidrojen üretim tesisi için inşaat ve işletme hizmetleri sağlayacağını duyurdu. Bu tesis, Bright Hydrogen Solutions'ın İspanya şubesiyle yapılan bir inşaat sözleşmesi kapsamında Çimsa Cementos España için inşa edilecek. Yapılan basın açıklamasına göre proje, hidrojenin alternatif bir yakıt kaynağı olarak çimento üretim sürecine entegre edilmesini amaçlıyor.

İnşaat hizmetleri, Bright Hydrogen Solutions'ın İspanya'da kayıtlı şubesi tarafından sunulacak. Tedarik, mühendislik ve işletme hizmetleri, Bright Hydrogen tarafından yönetilen bir proje şirketiyle yapılacak ayrı anlaşmalar kapsamında sağlanacak. Bu projede Bright Hydrogen Solutions'ın hidrojen ekipmanı tedarikçisi olan Sungrow Hydrogen ile olan acentelik anlaşmasından faydalanılacak.

Fusion Fuel ve Bright Hydrogen Solutions'ın CEO'su Frederico Figueira de Chaves yorumlarında "Bu proje, hidrojen sektörünün giderek daha fazla ihtiyaç duyduğu türden bir endüstriyel uygulamayı temsil etmektedir; bu uygulama ise gerçek endüstriyel talep, uzun vadeli ticari yapılar ve emisyon azaltımı zor endüstriyel faaliyetlere entegrasyon özelliklerini barındırmaktadır" demiştir.

The potential listing comes as the wider Dangote Group increases its engagement with international capital markets. In April, Dangote Fertiliser reportedly raised US\$750m through a private bond placement, marking the conglomerate's first major international debt market transaction. Dangote Group CFO Murat Erden told Bloomberg that the group was also exploring additional bond issuances to support expansion across its energy, fertiliser and industrial businesses.

The company's cement expansion strategy has increasingly focused on regional market growth and export development as infrastructure demand rises across Africa and domestic Nigerian cement capacity continues to exceed local demand.

Source: <https://www.cemnet.com/News/story/181314/dangote-cement-reportedly-considering-london-listing.html>

SPAIN

NEW HYDROGEN FACILITY FOR ÇİMSA'S BUÑOL PLANT

Fusion Fuel Green has announced that its subsidiary Bright Hydrogen Solutions will provide construction and operation services for a 2MW 'green' hydrogen production facility at a cement plant in Buñol, Spain. The facility will be built for Çimsa Cementos España under a construction agreement with Bright Hydrogen Solutions' Spanish branch. The project aims to integrate hydrogen as an alternative fuel source in the cement production process, according to a press release statement.

Construction services will be provided by Bright Hydrogen Solutions' Spanish-registered branch. Supply, engineering and operation services will be delivered under separate agreements involving a project company managed by Bright Hydrogen. The project will utilise Bright Hydrogen Solutions' agency agreement with Sungrow Hydrogen, a hydrogen equipment supplier.

Frederico Figueira de Chaves, CEO of Fusion Fuel and Bright Hydrogen Solutions, said "This project represents the type of industrial application the hydrogen sector increasingly needs with real industrial demand, long-term commercial structures and integration into hard-to-abate industrial operations."

Kaynak: https://www.globalcement.com/news/20807-new-hydrogen-facility-for-cimsa-s-bunol-plant?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_content=566620&utm_campaign=GCW761

İSVİÇRE

SALT X VE HOLCIM, TAMAMEN ELEKTRİKLİ BİR SÜREÇLE PORTLAND KALİTESİNDE ÇİMENTO KLİNKERİ ÜRETTİ

SaltX Technology ve Holcim, İsveç'in Hofors kentindeki SaltX test ve araştırma merkezinde endüstriyel ölçekte yapılan testlerin ardından, tamamen elektrikli bir süreç yoluyla Portland kalitesinde klinker üretmeyi başardı. Holcim'in çimento ham maddesi yalnızca elektrik kullanılarak kalsine edildi ve ardından SaltX'in yeni elektrikli klinker reaktörü kullanılarak sinterlendi. Şirket, bunun fosil yakıtla çalışan bir fırına olan ihtiyacı ortadan kaldırdığını ve çimento üretimine 'temelden yeni bir yaklaşım' getirdiğini söylüyor. Elde edilen klinkerin endüstriyel kalite gereksinimlerini karşıladığı bildiriliyor. SaltX CEO'su Lina Jorheden verdiği açıklamada "Bu adım, tamamen elektrikli bir çimento üretim sürecinin sadece mümkün olmakla kalmayıp, endüstriyel ortamda da hayata geçirilebileceğini gösterme yolunda atılmış önemli bir adımdır. Hem kalsinasyon hem de sinterleme süreçlerinin elektrikle gerçekleştirilmesi, bu dönüşümü mümkün kılmak için anahtardır ve elde edilen sonuçlar çimento üretimine yönelik yeni bir yaklaşımı ortaya koymaktadır." demiştir.

Holcim MAQER Ventures Başkanı Bengt Steinbrecher ifadesinde "SaltX, kendi elektrifikasyon çözümlerinin Portland kalitesinde klinker üretebildiğini göstermiştir. Bu adım, onların teknolojisinin güçlü bir doğrulaması olup, gelecekteki çimento üretimi için endüstriyel ölçeklendirme yol haritasında önemli bir adımdır" demiştir. Elde edilen sonuçlar, planlanan pilot tesise doğru atılmış bir adımdır. SaltX, proje ilerledikçe gelişmeler hakkında daha fazla bilgi paylaşacaktır.

Kaynak: https://www.saltxtechnology.com/cision/saltx-and-holcim-have-produced-portland-quality-cement-clinker-in-a-fully-electrified-process/?utm_source=chatgpt.com

Source: https://www.globalcement.com/news/20807-new-hydrogen-facility-for-cimsa-s-bunol-plant?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_content=566620&utm_campaign=GCW761

SWITZERLAND

SALT X AND HOLCIM HAVE PRODUCED PORTLAND-QUALITY CEMENT CLINKER IN A FULLY ELECTRIFIED PROCESS

SaltX Technology and Holcim have produced Portland-quality clinker using a fully electrified process, following industrial-scale testing at SaltX's test and research centre in Hofors, Sweden. Holcim's cement raw meal was calcined using only electricity and then sintered using SaltX's new electric clinker reactor. The company says it eliminates the need for a fossil-fuel powered kiln and demonstrates a 'fundamentally new approach' to cement production. The resulting clinker reportedly meets industrial quality requirements. CEO of SaltX Lina Jorheden said "This marks a major step forward in demonstrating that a fully electrified cement process is not only possible but can be implemented in an industrial setting. Electrifying both calcination and sintering is key to enabling this shift, and the results demonstrate a new approach to cement production."

Head of Holcim MAQER Ventures Bengt Steinbrecher said "SaltX demonstrated that their electrification solution is able to produce clinker of Portland quality. This is a strong validation of their technology and an important step on the industrial scale-up roadmap for future cement production."The results are a step forward toward the planned pilot plant. SaltX will provide further updates about the development as the project progresses.

Source: https://www.saltxtechnology.com/cision/saltx-and-holcim-have-produced-portland-quality-cement-clinker-in-a-fully-electrified-process/?utm_source=chatgpt.com

Çimento ve Beton Yayın Özetleri

Cement and Concrete Related Literature Survey

Hazırlayan : Ceren TUNÇAY YARDIMCI
TÜRKÇİMENTO Ar-Ge Enstitüsü, Ankara

Çimento ve Beton Dünyası Dergisinin bu sayısında taranarak, özetleri çevrilen dergiler aşağıda verilmiştir.

- SUSTAINABILITY
- MATERIALS AND STRUCTURES
- DISCOVER SUSTAINABILITY
- APPLIED CLAY SCIENCE
- BUILDINGS

Kireçtaşı-Kalsine Kil Çimentosu (LC3): Laboratuvar Ölçekli Bir Yenilikten Sürdürülebilir Endüstriyel Uygulamaya Uzanan Üçlü Bağlayıcı Sistemi

Ünverdi, M., & Mardani, A. (2026). Limestone calcined clay cement (LC3): The evolution of a ternary binder from laboratory innovation to sustainable industrial application. *Sustainability*, 18(7), 3473.

Küresel çimento endüstrisinin karbonsuzlaştırılmasına yönelik acil gereksinim, geleneksel mineral katkıların/ tamamlayıcı çimentolu malzemelerin (SCM) giderek sınırlı hâle gelmesiyle daha da kritik bir boyut kazanmaktadır. Kireçtaşı-kalsine kil çimentosu (LC3), %50'ye varan klinker ikamesine olanak sağlaması ve CO₂ emisyonlarında yaklaşık %40 oranında azalma potansiyeli sunması nedeniyle sürdürülebilir bağlayıcı sistemler arasında öne çıkan bir alternatif olarak değerlendirilmektedir.

Mevcut derleme çalışmaları çoğunlukla malzemenin temel özelliklerine odaklanırken, bu çalışma hidrasyon termodinamiği ile yeni nesil sürdürülebilir mühendislik uygulamaları arasındaki ilişkiyi eleştirel bir bakış açısıyla ortaya koymaktadır. Çalışmada, 2000–2026 yılları arasında yayımlanmış 135 güncel kaynağın yapılandırılmış bibliyografik analizi üzerinden LC3'ün laboratuvar ölçekli bir yenilikten, büyük ölçekli endüstriyel üretime ve döngüsel ekonomi uygulamalarına entegre edilebilecek yüksek potansiyelli bir bağlayıcı sisteme dönüşüm süreci ele alınmaktadır.

Bu kapsamda özellikle alümina-karbonat sinerjisi vurgulanmaktadır. Söz konusu reaksiyon mekanizması

Limestone Calcined Clay Cement (LC3): The Evolution of a Ternary Binder from Laboratory Innovation to Sustainable Industrial Application

Ünverdi, M., & Mardani, A. (2026). Limestone calcined clay cement (LC3): The evolution of a ternary binder from laboratory innovation to sustainable industrial application. *Sustainability*, 18(7), 3473.

The urgent need to decarbonize the global cement industry is compounded by the declining availability of conventional supplementary cementitious materials (SCMs). Limestone-calcined clay cement (LC3) emerges as a highly sustainable alternative, enabling up to 50 percent clinker replacement and an approximate 40 percent reduction in carbon dioxide emissions.

Unlike existing reviews that focus on basic material properties, this paper critically bridges the gap between fundamental hydration thermodynamics and next-generation sustainable engineering applications. Through a structured bibliographic analysis of 135 contemporary sources published between 2000 and 2026, it traces the evolution of LC3 from a laboratory innovation to a highly promising solution for large-scale industrial implementation and circular economy integration. The discussion highlights the synergistic alumina carbonate reaction.

This reaction forms carboaluminate phases. These phases significantly densify the microstructure and enhance long term durability. Key engineering properties are examined,

sonucunda karboalüminat fazları oluşmakta; bu fazlar çimento hamurunun mikroyapısını yoğunlaştırmakta, boşluk yapısını iyileştirmekte ve uzun dönem dayanıklılık performansına katkı sağlamaktadır.

Temel mühendislik özellikleri kapsamında LC3 sistemlerinin reolojik davranışı, yüksek su ihtiyacına bağlı işlenebilirlik sorunları, karbonatlaşmaya karşı duyarlılığı ve agresif çevresel koşullarda sergilediği yüksek klorür direnci karşılaştırmalı olarak değerlendirilmektedir. Saha uygulamalarına geçiş süreci ise flaş kalsinasyon teknolojilerindeki gelişmeler, yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) yoluyla çevresel ayak izinin azaltılması ve üretimin endüstriyel ölçekte ölçeklenebilirliği çerçevesinde incelenmektedir.

Son olarak bu derleme, LC3 sistemlerinde bilinen sorunları yalnızca tekrar etmekle yetinmemekte; mevcut ampirik iyileştirme stratejilerinin sınırlılıklarını da ortaya koymaktadır. LC3'ün 3B beton yazdırma gibi gelişmekte olan sürdürülebilir yapı teknolojilerine entegrasyonunu desteklemek amacıyla, moleküler düzeyde tasarlanmış çevre dostu kimyasal katkılara ve saha verileriyle kalibre edilmiş dayanıklılık modellerine odaklanan hedefli bir araştırma gündemi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kireçtaşı-kalsine kil çimentosu (LC3), Düşük karbonlu bağlayıcı, Mikroyapısal gelişim, Dayanıklılık performansı, Sürdürülebilir yapı malzemeleri, 3B beton yazdırma

<https://www.mdpi.com/2071-1050/18/7/3473>

<https://doi.org/10.3390/su18073473>

Çimento Esaslı Malzemelerde CO₂ Mineralizasyonuna Yönelik Deney Yöntemleri: RILEM TC 309-MCP Tarafından Hazırlanan Bir Derleme

Matschei, T., Braymand, S., Garg, N., Huet, B., Jansen, D., Myers, R. J., Scruggs, B., Bernard, E., Bertola, J., Cazacliu, B., Ellwood, L., Felten, C., Ferrara, G., Garboczi, E., Gholizadeh Vayghan, A., Hafez, H., Hanein, T., Kanavaris, F., Mahoutian, M., ... Suraneni, P. (2026). Test methods for CO₂ mineralization in cement-based materials: A review by RILEM TC 309-MCP. *Materials and Structures*, 59(4), Article 175.

CO₂, çeşitli yapı malzemeleri içerisinde katı karbonat fazları şeklinde absorbe edilip mineralize edilebilmektedir. Çimento esaslı ve diğer yapı ürünlerinde CO₂ içeriğinin ve CO₂ tutulum miktarının doğru şekilde ölçülmesi; yeni mineral karbonatlaşma ürünlerinin, üretim süreçlerinin ve uygulamalarının geliştirilmesi ve belgelendirilmesi açısından önem taşımaktadır.

Bununla birlikte, ölçüm süreci oldukça karmaşıktır. Numuneler ince tozlardan blok numunelere kadar değişebilmekte, farklı

contrasting rheological challenges from high water demand and carbonation susceptibility against its exceptional chloride resistance in aggressive environments.

The transition to field application is thoroughly assessed, emphasizing technological advances in flash calcination, environmental footprint reduction through life cycle assessment (LCA), and production scalability.

Finally, rather than restating known challenges, this review exposes the limitations of current empirical mitigation strategies. It proposes a targeted research agenda focused on molecular-level green admixture design and field calibrated durability models to support the integration of LC3 into emerging sustainable technologies such as 3D concrete printing.

Keywords: Limestone-calcined clay cement (LC3), Low-carbon binder; microstructural evolution; durability performance; sustainable construction; 3D concrete printing
<https://www.mdpi.com/2071-1050/18/7/3473>

<https://doi.org/10.3390/su18073473>

Test methods for CO₂ mineralization in cement-based materials: A review by RILEM TC 309-MCP

Matschei, T., Braymand, S., Garg, N., Huet, B., Jansen, D., Myers, R. J., Scruggs, B., Bernard, E., Bertola, J., Cazacliu, B., Ellwood, L., Felten, C., Ferrara, G., Garboczi, E., Gholizadeh Vayghan, A., Hafez, H., Hanein, T., Kanavaris, F., Mahoutian, M., ... Suraneni, P. (2026). Test methods for CO₂ mineralization in cement-based materials: A review by RILEM TC 309-MCP. *Materials and Structures*, 59(4), Article 175.

Recycled concrete aggregates (RCA) possess high porosity, high water absorption, and adhered old mortar, so recycled aggregate concrete (RAC) often shows reduced mechanical performance and durability. These deficiencies limit the use of RCA in sustainable composite binders such as limestone calcined clay cement (LC3), where RCA incorporation can compromise the durability and sustainability advantages of LC3. In this study, a crystalline admixture (CA) was used to pre-treat RCA. Although CA is known to enhance the permeability resistance of ordinary Portland cement concrete, its effect and mechanisms in LC3-based RAC, particularly for chloride transport, remain insufficiently understood. The influence of CA treatment on the permeability and resistance to chloride ingress of LC3-based RAC is evaluated using rapid chloride

düzeylerde heterojenlik gösterebilmekte ve bünyelerinde farklı katı karbonat fazları bulunabilmektedir. Ayrıca kullanılan ölçüm yöntemleri, girişim etkilerine karşı düzeltme yapılmasını gerektirebilmektedir. CO₂ içeriğinin ne zaman ve numunenin hangi bölümünden ölçüldüğü de sonuçların doğruluğu açısından kritik öneme sahiptir.

Bir numunenin katı CO₂ içeriğini belirlemek için çok sayıda yöntem kullanılabilir; bu verilerden hareketle CO₂ tutulum miktarı hesaplanabilmektedir. Bu çalışmada, söz konusu amaçla kullanılan en ilgili yöntemlere yönelik eleştirel bir derleme sunulmaktadır. En yaygın kullanılan yöntemler termogravimetrik analiz ve yanma analizidir. Bununla birlikte, difraksiyon temelli yöntemler, spektroskopik analizler, yaş kimyasal yöntemler ve diğer karakterizasyon teknikleri de CO₂ içeriğinin belirlenmesinde kullanılabilir. Çalışmada, farklı deney yöntemlerinin avantajları ve sınırlılıkları tartışılmaktadır. Numune hazırlama, sonuçların yorumlanması, ölçüm sınırlılıkları, olası girişim etkileri ve tamamlayıcı yöntemlerin birlikte kullanımı özellikle vurgulanmaktadır. Ayrıca, ölçülen katı CO₂ içeriklerinin hesaplanan CO₂ tutulum miktarına dönüştürülmesinde dikkate alınması gereken temel hususlar ele alınmaktadır.

Anahtar Kelimeler: -

<https://link.springer.com/article/10.1617/s11527-026-03064x>

<https://doi.org/10.1617/s11527-026-03064-x>

Dayanım Tahmini için Sürdürülebilir Beton Karışımının Makine Öğrenmesi Tabanlı Optimizasyonu

Deb, S., Mahajan, Y., Sharma, V., Kapse, M., & Ghosal, A. (2026). Machine learning-based optimization of sustainable concrete mix for strength prediction. *Discover Sustainability*.

Bu çalışma, inşaat sektörü açısından kritik bir performans parametresi olan beton basınç dayanımının tahmin edilmesinde makine öğrenmesi algoritmalarının kullanımını incelemektedir. Geleneksel beton karışım tasarımı yöntemleri büyük ölçüde kapsamlı laboratuvar deneylerine dayandığından hem maliyetli hem de zaman alıcı bir süreç oluşturmaktadır. Araştırmacının temel amacı, taşıyıcı güvenliği ve yapısal bütünlüğü korurken malzeme kullanımını optimize edebilecek daha verimli tahmin modelleri geliştirmektir.

Çalışmada, çimento, yüksek fırın cürufu (BFS), uçucu kül ve agregaların farklı oranlarına bağlı olarak beton basınç dayanımının tahmin etmek amacıyla CatBoost, XGBoost ve LightGBM gibi gelişmiş makine öğrenmesi modelleri kullanılmıştır. Model sonuçlarının yorumlanabilirliğini artırmak için Açıklanabilir Yapay Zekâ (XAI) yaklaşımlarından yararlanılmıştır. Bu kapsamda, SHapley Additive exPlanations

migration (RCM) tests, sorptivity measurements, mercury intrusion porosimetry (MIP), and backscattered electron (BSE) imaging to characterize transport properties, pore structure, and interfacial transition zone (ITZ) evolution at different RCA replacement ratios. The results show that CA treatment markedly improves the resistance to chloride ingress of LC3-based RAC and reduces its water-accessible porosity. The main mechanisms are as follows. First, the high pozzolanic reactivity of calcined clay in LC3 promotes effective filling of pores at the RCA surface and in the surrounding paste, and the secondary hydration products refine the critical pore diameter and pore-size distribution. Second, carboaluminate phases such as hemicarboaluminate (Hc) and monocarboaluminate (Mc) further densify the microstructure and increase the chloride-binding capacity of the matrix, thereby suppressing chloride migration.

Keywords: -

<https://link.springer.com/article/10.1617/s11527-026-03064x>

<https://doi.org/10.1617/s11527-026-03064-x>

Machine learning-based optimization of sustainable concrete mix for strength prediction

Deb, S., Mahajan, Y., Sharma, V., Kapse, M., & Ghosal, A. (2026). Machine learning-based optimization of sustainable concrete mix for strength prediction. *Discover Sustainability*.

This study investigates the application of machine learning algorithms in predicting the compressive strength of concrete, a crucial performance parameter in the construction industry. Traditional concrete design methods rely heavily on extensive laboratory testing, making them costly and time-consuming. The research aims to develop more efficient predictive models to optimize material usage while maintaining structural integrity.

The study employs advanced machine learning models, including CatBoost, XGBoost, and LightGBM, to estimate concrete strength based on varying proportions of cement, blast furnace slag (BFS), fly ash, and aggregates. To enhance model interpretability, Explainable Artificial Intelligence (XAI) techniques, such as SHapley Additive exPlanations (SHAP) and permutation-based characterization, were utilized to assess the influence

(SHAP) ve permütasyon temelli değişken önem analizi kullanılarak, her bir karışım bileşeninin basınç dayanımı üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

Sonuçlar, makine öğrenmesi modellerinin beton karışım bileşenleri ile basınç dayanımı arasındaki karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkileri etkili şekilde yakalayabildiğini göstermektedir. Bu modeller, doğruluk bakımından geleneksel tahmin yaklaşımlarına göre daha başarılı sonuçlar vermekte; beton basınç dayanımının tahmini için daha güvenilir, hızlı ve verimli bir alternatif sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: <https://link.springer.com/article/10.1007/s43621-026-03227-4>

<https://doi.org/10.1007/s43621-026-03227-4>

Kalsine Kil ve Mermer Atığı Esaslı Üçlü Çimento Üretiminin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Souza, S. M. C., Moreira, L. D., Medeiros, D. L., Santos, T. A., & Costa, I. das M. (2026). Life cycle assessment of ternary cement production based on calcined clay and marble residue. *Buildings*, 16(9), 1848

Çimento endüstrisi, yüksek CO₂ emisyonları ve doğal kaynak tüketimi gibi çevresel etkiler nedeniyle, üretim süreçlerine katı atıkların dâhil edilmesi yoluyla malzeme döngüselliğini artırmaya yönelik stratejiler geliştirmektedir. Bu kapsamda mermer atığı (MR), çimentolu malzemelerde kullanılabilecek bir bileşen olarak, özellikle kısmi çimento ikamesi potansiyeli açısından araştırılmaktadır. Bu yaklaşım, mermer atıklarının inert atık olarak düzenli depolama sahalarında biriktirilmesini azaltması bakımından da önem taşımaktadır. Teknik uygulanabilirlik açısından umut verici sonuçlar elde edilmiş olsa da, bu teknolojinin geçerliliğinin ortaya konulabilmesi için çevresel açıdan da değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma, döngüsel ekonomi ilkelerini desteklemek amacıyla, üçlü çimento üretiminde kalker filler yerine mermer atığının kullanımını Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) yöntemiyle incelemektedir. Araştırmada üç farklı formülasyonun çevresel etkileri karşılaştırılmıştır: referans sistem olarak geleneksel Portland çimentosu (OPC), kalsine kil ve kalker filler içeren kireçtaşı-kalsine kil çimentosu (LC3) ve kalker filler yerine %15 oranında mermer atığı kullanılan LC3-R formülasyonu.

Beşikten kapıya yaklaşımıyla yürütülen LCA çalışması, hammadde çıkarımından çimento üretimine kadar olan süreçleri kapsamaktadır. Değerlendirmede OpenLCA v2.3 yazılımı ve Ecoinvent v3.6 veri tabanı kullanılmıştır. İncelenen çevresel etki kategorileri; abiyotik kaynak tüketimi (ADP), fosil yakıt kaynaklı

of individual components on compressive strength. The results confirm that machine learning models effectively capture complex nonlinear relationships between concrete mix components and compressive strength. These models outperform conventional prediction approaches in terms of accuracy, providing a more reliable and efficient alternative for estimating concrete strength.

Keywords: <https://link.springer.com/article/10.1007/s43621-026-03227-4>

<https://doi.org/10.1007/s43621-026-03227-4>

Life Cycle Assessment of Ternary Cement Production Based on Calcined Clay and Marble Residue

Souza, S. M. C., Moreira, L. D., Medeiros, D. L., Santos, T. A., & Costa, I. das M. (2026). Life cycle assessment of ternary cement production based on calcined clay and marble residue. *Buildings*, 16(9), 1848

The cement industry has been seeking strategies to ensure the circularity of materials through the incorporation of solid waste into its processes, driven by the environmental challenges associated with cement production, such as high CO₂ emissions and resource consumption. In this context, marble residue (MR) has been investigated for application in cementitious materials, including as a partial cement substitute, which also mitigates MR deposition as an inert waste in landfills. Although its technical feasibility has shown promising results, environmental justification is still necessary to validate this technology.

This research presents a Life Cycle Assessment (LCA) of MR as a substitute for limestone filler in ternary cement production, promoting circular economy principles. The environmental impacts of three formulations were compared: Ordinary Portland Cement (OPC), used as the reference; limestone calcined clay cement (LC3), composed of calcined clay and limestone filler; and LC3-R, which incorporates 15% MR in place of limestone filler.

The cradle-to-gate LCA included raw material extraction through to cement production, using OpenLCA (v2.3) and the Ecoinvent database (v3.6). The impact categories analyzed included abiotic depletion (ADP), abiotic depletion of fossil fuels (ADP-ff), global warming potential (GWP 100a), ozone layer depletion (ODP), human toxicity potential (HTP), and acidification potential (AP). Results showed that LC3-R had the lowest environmental impacts, with reductions up to 39% compared to OPC and 11% compared to LC3. A sensitivity analysis was conducted for environmental and economic dimensions

abiyotik kaynak tüketimi (ADP-ff), küresel ısınma potansiyeli (GWP 100a), ozon tabakası incelleme potansiyeli (ODP), insan toksisite potansiyeli (HTP) ve asitleşme potansiyelidir (AP).

Sonuçlar, en düşük çevresel etkinin LC3-R formülasyonunda elde edildiğini göstermiştir. LC3-R, OPC'ye kıyasla %39'a, LC3'e kıyasla ise %11'e varan oranlarda çevresel etki azaltımı sağlamıştır. LC3-R bağlamında mermer atığının taşıma mesafesinin etkisini değerlendirmek amacıyla çevresel ve ekonomik boyutları kapsayan bir duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. LC3-R formülasyonunun, OPC'ye kıyasla ilave 400 km'ye kadar, LC3'e kıyasla ise ilave 100 km'ye kadar çevresel açıdan uygulanabilirliğini koruduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu formülasyonun ekonomik açıdan da rekabetçi olduğu ortaya konmuştur.

Elde edilen bulgular, mermer atığının LC3 çimentosuna dâhil edilmesinin çevresel etkilerin azaltılmasına ve kaynak verimliliğinin artırılmasına katkı sağladığını göstermektedir. Bu nedenle LC3-R formülasyonu, döngüsel ekonomi yaklaşımı kapsamında mermer atıklarının çimento üretiminde değerlendirilmesi açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yaşam döngüsü değerlendirmesi, Döngüsel ekonomi, Katı atık, Kireçtaşı-kalsine kil çimentosu (LC3), Mermer atığı

<https://www.mdpi.com/2075-5309/16/9/1848>

<https://doi.org/10.3390/buildings16091848>

Tamamlayıcı Çimentolu Malzeme Olarak Taş Ocağı Atığı Killer: Termal Aktivasyon Sonrası Mineralojik Gelişim ve Pozolanik Performans

Avcı, E., Sidimi, E., Asaam, N., Dag, A., Tugrul, A., & Perumal, P. (2026). Quarry waste clays as supplementary cementitious materials: Mineralogical evolution and pozzolanic performance after thermal activation. *Applied Clay Science*, 281, Article 108085.

Bu çalışma, sürdürülebilir bağlayıcı sistemlerde alternatif tamamlayıcı çimentolu malzeme (SCM) olarak kullanılmak üzere termal olarak aktive edilmiş taş ocağı atıklarının potansiyelini incelemektedir. Çalışma kapsamında İstanbul'un Avrupa yakasında yer alan bir kum ocağından kilce zengin üç farklı malzeme alınmıştır: iki doğal örtü kili —Sarı Tabaka (YL) ve Mavi Tabaka (BL)— ile kum yıkama işlemi sırasında oluşan proses kaynaklı çamur atığı (TA).

Tüm numuneler 150 µm altına elenmiş, kurutulmuş ve 800 °C'de 2 saat süreyle kalsine edilmiştir. Faz dönüşümlerini ve amorf faz gelişimini değerlendirmek amacıyla mineralojik analizler (XRD), kimyasal analizler (XRF) ve termal/

to assess the influence of MR transportation distances in the LC3-R context. The LC3-R formulation remained environmentally viable up to an additional 400 km compared to OPC, and up to 100 km compared to LC3, being also competitive in the economic dimension. The results highlight the benefits of incorporating marble residue into LC3 cement, contributing to environmental impact reduction and promoting resource efficiency within a circular economy approach.

Keywords: Life cycle assessment, Circular economy, Solid waste, Limestone calcined clay cement (LC3), Marble residue

<https://www.mdpi.com/2075-5309/16/9/1848>

<https://doi.org/10.3390/buildings16091848>

Quarry waste clays as supplementary cementitious materials: Mineralogical evolution and pozzolanic performance after thermal activation

Avcı, E., Sidimi, E., Asaam, N., Dag, A., Tugrul, A., & Perumal, P. (2026). Quarry waste clays as supplementary cementitious materials: Mineralogical evolution and pozzolanic performance after thermal activation. *Applied Clay Science*, 281, Article 108085.

This study investigates the potential of thermally activated quarry waste as alternative supplementary cementitious materials (SCMs) for sustainable binder systems. Three clay-rich materials were collected from a sand quarry located on the European side of Istanbul: two natural overburden clays (Yellow Layer-YL and Blue Layer-BL) and one process-derived sludge waste (TA) generated during sand washing. All samples were sieved (<150 µm), dried, and calcined at 800 °C for 2 h. Mineralogical (XRD), chemical (XRF), and thermal (TG, FTIR) analyses were conducted to evaluate phase transformation and amorphous phase development. Pozzolanic reactivity was assessed by the R3 test, including heat release and bound water measurements. Results showed that the TA sample exhibited the highest reactivity due to its kaolinite content and fine, homogeneous particle structure. In contrast, the BL sample demonstrated limited reactivity owing to the dominance of thermally stable phases such as muscovite and albite. Mortar specimens prepared with 20 % SCM replacement were tested for compressive strength at 7, 14, and 28 days using both CEM I and CEM II binders. The TA-C mixture achieved a compressive strength index (CSI) of 102.9 % with CEM I at 14 days, indicating strong early-age performance, while YL-C showed the highest 28-day strength with CEM II (CSI = 97.9 %). These findings confirm

spektroskopik analizler (TG, FTIR) gerçekleştirilmiştir. Pozolanik reaktivite, ısı açığa çıkışı ve bağlı su miktarı ölçümlerini içeren R3 testi ile değerlendirilmiştir.

Sonuçlar, TA numunesinin kaolinit içeriği ile ince ve homojen tane yapısı nedeniyle en yüksek reaktiviteyi gösterdiğini ortaya koymuştur. Buna karşılık BL numunesi, muskovit ve albit gibi termal olarak kararlı fazların baskınlığı nedeniyle sınırlı reaktivite sergilemiştir.

%20 SCM ikamesiyle hazırlanan harç numunelerinde hem CEM I hem de CEM II bağlayıcı sistemleri kullanılarak 7, 14 ve 28 günlük basınç dayanımları belirlenmiştir. TA-C karışımı, CEM I ile 14 günde %102,9 basınç dayanım indeksi (CSI) değerine ulaşarak güçlü erken yaş performansı göstermiştir. YL-C karışımı ise CEM II ile 28 günde en yüksek dayanım performansını sergilemiş ve %97,9 CSI değerine ulaşmıştır. Bu bulgular, uygun şekilde termal olarak aktive edilen çamur esaslı SCM'lerin geleneksel sistemlerin performansına ulaşabileceğini, hatta bazı koşullarda bu performansı aşabileceğini göstermektedir. Çalışma, taş ocağı çamur atıklarının kaynak verimli ve düşük karbonlu çimentolu malzemeler için uygulanabilir bir strateji sunduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kalsine kil, Tamamlayıcı çimentolu malzemeler (SCM), Taş ocağı çamuru, Pozolanik reaktivite, Termal aktivasyon

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169131725003904>

<https://doi.org/10.1016/j.clay.2025.108085>

that sludge-based SCMs, when properly activated, can match or even exceed the performance of conventional systems, offering a viable strategy for resource-efficient and low-carbon cementitious materials.

Keywords: *Calcined Clay, Supplementary cementitious materials (SCMs), Quarry sludge, Pozzolan reactivity, Thermal activation*

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169131725003904>

<https://doi.org/10.1016/j.clay.2025.108085>

Çimento ve Beton Dünyası Dergisinin bu sayısında taranarak, özetleri çevrilen dergiler aşağıda verilmiştir.

- CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS
- CEMENT AND CONCRETE RESEARCH
- HYBRID ADVANCES
- CEMENT AND CONCRETE COMPOSITES

Beton Üretiminde Çimentoya Sürdürülebilir Bir Alternatif Olarak Uçucu Kül Esaslı Jeopolimerlerin Uygulanabilirliği

Lu, J., Chen, J., Lee, C. H., Li, Y., Ruan, H. D., & Jiang, S. Y. (2026). *Feasibility of fly ash-based geopolimer as a sustainable alternative to cement in concrete production. Construction and Building Materials*, 509, 145143.

Bu çalışma, beton üretiminde çimentoya sürdürülebilir bir alternatif olarak süperhidrofobik uçucu kül esaslı jeopolimerlerin potansiyelini değerlendirmektedir. PFDS, CS ve WFNS kullanılarak geliştirilen üç farklı üretim yöntemi, çimento numunelerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri üzerindeki etkileri açısından karşılaştırılmıştır. FA-PFDS ve FA-WFNS numuneleri, düşük yüzey enerjili gruplarla gerçekleştirilen yüzey modifikasyonu sayesinde belirgin bir süperhidrofobiklik sergilemiş, bu durum ıslanabilirlik testleri ile doğrulanmıştır. Su emme ve basınç dayanımı değerlendirmeleri, özellikle FA-PFDS ve FA-WFNS ile modifiye edilen uçucu külün, modifiye edilmemiş uçucu küle kıyasla daha yüksek su direnci ve daha iyi mekanik performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Buna karşılık FA-CS, su emilimini etkili bir şekilde azaltamamış ve basınç dayanımını olumsuz etkilemiştir. XRD ve FTIR analizleriyle gerçekleştirilen mikroyapısal incelemeler bu sonuçları desteklemiştir. Özellikle %40 oranında FA-PFDS ve FA-WFNS içeren çimento numuneleri sırasıyla 16,3 MPa ve 15,1 MPa basınç dayanımına ulaşmış, bu değerler %40 oranında modifiye edilmemiş uçucu kül içeren numunenin (12,6 MPa) dayanımını aşmıştır. Elde edilen bulgular, modifiye edilmiş uçucu kül esaslı jeopolimerlerin geleneksel çimentoya kıyasla umut verici, dayanıklı ve sürdürülebilir bir alternatif sunduğunu göstermektedir.

Ayrıca bu yaklaşım, beton üretiminde çevresel etkilerin azaltılmasına ve endüstriyel yan ürünlerin daha etkin değerlendirilmesine katkı sağlayabilecek önemli bir seçenek olarak öne çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çimento, Beton üretimi, Uçucu kül esaslı jeopolimer, Süperhidrofobiklik, Sürdürülebilir alternatif

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061826000437> <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2026.145143>

Feasibility Of Fly Ash-Based Geopolymer as a Sustainable Alternative to Cement in Concrete Production

Lu, J., Chen, J., Lee, C. H., Li, Y., Ruan, H. D., & Jiang, S. Y. (2026). *Feasibility of fly ash-based geopolimer as a sustainable alternative to cement in concrete production. Construction and Building Materials*, 509, 145143.

This study evaluates the potential of superhydrophobic fly ash-based geopolymers as sustainable substitutes for cement in concrete production. Three fabrication methods using PFDS, CS, and WFNS, were compared for their effects on physical, chemical, and mechanical properties of cement specimens. FA-PFDS and FA-WFNS demonstrated significant superhydrophobicity, attributed to surface modification with low-energy groups, as confirmed by wettability tests. Water absorption and compressive strength assessments revealed that modified FA, particularly FA-PFDS and FA-WFNS, exhibited enhanced water resistance and mechanical performance compared to unmodified FA. In contrast, FA-CS did not effectively decrease water absorption and adversely affected compressive strength. Microstructural analysis via XRD and FTIR supported these findings. Notably, cement specimens containing 40 % FA-PFDS and FA-WFNS achieved compressive strengths of 16.3 MPa and 15.1 MPa, respectively, surpassing those with 40 % unmodified FA (12.6 MPa).

These results indicate that modified FA-based geopolymers offer a promising, durable, and sustainable alternative to conventional cement.

Keywords: Cement, Concrete production, Fly ash-based geopolimer, Superhydrophobicity, Sustainable alternative

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061826000437> <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2026.145143>

Katyonik Lateks Adsorpsiyonu ile Harmanlanmış Çimentolarda Metakaolin İçeriğinin Artırılması: Daha Sürdürülebilir Betonlara Doğru

Vallières, P. L., Graveline, C., Daoust, K., de Lacaillerie, J. B. D. E., Tagnit-Hamou, A., & Claverie, J. P. (2026). Increasing the metakaolin content of blended cements by cationic latex adsorption: Towards more sustainable concrete. *Cement and Concrete Research*, 204, 108190.

Metakaolin (MK), yaygın bulunabilirliği ve düşük karbon ayak izi nedeniyle beton üretiminde Portland çimentosunun (PC) yerine kullanılabilecek umut verici bir ek bağlayıcı malzeme (SCM) olarak kabul edilmektedir. Ancak yüksek MK ikame oranlarına (%30 ve üzeri) ulaşmak, işlenebilirlik, hidrasyon kinetiği ve nihai mekanik özellikler üzerinde olumsuz etkiler nedeniyle zorluk yaratmaktadır. Bu çalışmada, katyonik lateks nanoparçacıklarının MK yüzeyine güçlü şekilde adsorplanarak defloküle (topaklanmamış) MK dispersiyonları oluşturduğu ve bu sayede MK'nin çimento formülasyonlarına %60'a kadar ikame oranlarında işlenebilirlik kaybı olmadan dahil edilebildiği gösterilmiştir. MK'nin sülfat anyonlarını tutma eğilimine karşın, %1.3 lateks ile kaplanan MK'nin bu olumsuz etkiden bağımsız hale geldiği belirlenmiştir. Bunun sonucunda, %60 MK içeren karışımların hidrasyon kinetiği saf Portland çimentosuna oldukça benzer hale gelmiştir. Dikkat çekici şekilde, %50–60 MK içeren harçların basınç dayanımları Portland çimentosu esaslı harçlarla karşılaştırılabilir seviyede kalırken, %30–40 MK içeren formülasyonlarda ise %20'ye varan dayanım artışı elde edilmiştir.

Bu bulgular, katyonik lateks nanoparçacıklarının yüksek MK içerikli çimento sistemlerinin (%60'a kadar) işlenebilirlik ve hidrasyon üzerinde olumsuz etki oluşturmada ve hatta mekanik performansı iyileştirerek formüle edilmesini mümkün kıldığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Çimento, Metakaolin, Lateks, Dispersiyon, Sülfatlama, Adsorpsiyon

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884626000591>

<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2026.108190>

Katyonik Lateks Adsorpsiyonu ile Harmanlanmış Çimentolarda Metakaolin İçeriğinin Artırılması: Daha Sürdürülebilir Betonlara Doğru

Vallières, P. L., Graveline, C., Daoust, K., de Lacaillerie, J. B. D. E., Tagnit-Hamou, A., & Claverie, J. P. (2026). Increasing the metakaolin content of blended cements by cationic latex adsorption: Towards more sustainable concrete. *Cement and Concrete Research*, 204, 108190.

Increasing the Metakaolin Content of Blended Cements by Cationic Latex Adsorption: Towards more Sustainable Concrete

Vallières, P. L., Graveline, C., Daoust, K., de Lacaillerie, J. B. D. E., Tagnit-Hamou, A., & Claverie, J. P. (2026). Increasing the metakaolin content of blended cements by cationic latex adsorption: Towards more sustainable concrete. *Cement and Concrete Research*, 204, 108190.

Metakaolin (MK) is a promising supplementary cementitious material (SCM) for replacing Portland cement (PC) in concrete due to its wide availability and low carbon footprint. However, achieving high PC substitution levels with MK (≥ 30 wt%) remains a challenge, as elevated MK contents are known to adversely impact workability, hydration kinetics, and the final mechanical properties of concrete. In this study, we demonstrate that cationic latex nanoparticles adsorb strongly onto the surface of MK, resulting in deflocculated MK dispersions that can be incorporated into cement formulations at substitution rates as high as 60 wt% without loss of workability. Although MK is known to trap sulfate anions, MK coated with 1.3 wt% latex is found to be immune to this phenomenon. As a result, the hydration kinetics of formulations containing 60% MK closely match those of pure PC. Remarkably, compressive strengths of mortars with 50–60% MK were comparable to those of PC-based mortars, while formulations containing 30–40% MK exhibited strength increases of 20%.

These findings show that cationic latex nanoparticles enable the formulation of high-MK-content cements (up to 60 wt%) with no detrimental effects on workability or hydration, and with improved mechanical performance.

Keywords: Cement, Metakaolin, Latex, Dispersion, Sulfation, Adsorption

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884626000591>

<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2026.108190>

Increasing the Metakaolin Content of Blended Cements by Cationic Latex Adsorption: Towards more Sustainable Concrete

Vallières, P. L., Graveline, C., Daoust, K., de Lacaillerie, J. B. D. E., Tagnit-Hamou, A., & Claverie, J. P. (2026). Increasing the metakaolin content of blended cements by cationic latex adsorption: Towards more sustainable concrete. *Cement and Concrete Research*, 204, 108190.

Metakaolin (MK), yaygın bulunabilirliği ve düşük karbon ayak izi nedeniyle beton üretiminde Portland çimentosunun (PC) yerine kullanılabilecek umut verici bir ek bağlayıcı malzeme (SCM) olarak kabul edilmektedir. Ancak yüksek MK ikame oranlarına (%30 ve üzeri) ulaşmak, işlenebilirlik, hidrasyon kinetiği ve nihai mekanik özellikler üzerinde olumsuz etkiler nedeniyle zorluk yaratmaktadır. Bu çalışmada, katyonik lateks nanoparçacıklarının MK yüzeyine güçlü şekilde adsorplanarak defloküle (topaklanmamış) MK dispersiyonları oluşturduğu ve bu sayede MK'nin çimento formülasyonlarına %60'a kadar ikame oranlarında işlenebilirlik kaybı olmadan dahil edilebildiği gösterilmiştir. MK'nin sülfat anyonlarını tutma eğilimine karşın, %1.3 lateks ile kaplanan MK'nin bu olumsuz etkiden bağımsız hale geldiği belirlenmiştir. Bunun sonucunda, %60 MK içeren karışımların hidrasyon kinetiği saf Portland çimentosuna oldukça benzer hale gelmiştir. Dikkat çekici şekilde, %50–60 MK içeren harçların basınç dayanımları Portland çimentosu esaslı harçlarla karşılaştırılabilir seviyede kalırken, %30–40 MK içeren formülasyonlarda ise %20'ye varan dayanım artışı elde edilmiştir.

Bu bulgular, katyonik lateks nanoparçacıklarının yüksek MK içerikli çimento sistemlerinin (%60'a kadar) işlenebilirlik ve hidrasyon üzerinde olumsuz etki oluşturmada ve hatta mekanik performansı iyileştirerek formüle edilmesini mümkün kıldığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Çimento, Metakaolin, Lateks, Dispersiyon, Sülfatlama, Adsorpsiyon

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884626000591>

<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2026.108190>

Grafen Oksit Esaslı Çimento Kompozitlerinde Korozyon Kaynaklı Hasarın Tespiti için İleri Tahribatsız Test Yöntemlerinin Uygulanması

Srivastava, J., & Bansal, T. (2026). Application of advanced non-destructive testing for detection of corrosion-induced damage in graphene oxide based concrete composite. *Hybrid Advances*, 100652.

Beton yapısal elemanlarda korozyon kaynaklı hasar ve çatlakların erken tespiti ve gerçek zamanlı değerlendirilmesi, katastrofik göçme riskinin azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla, bu çalışmada grafen oksit esaslı çimento kompozitinde (GOCC) korozyon kaynaklı hasarın gerçek zamanlı olarak tespiti için piezoelektrik transdüser tabanlı elektro-mekanik empedans (EMI) tekniği adı verilen ileri bir tahribatsız test yöntemi uygulanmıştır. Öncelikle, GOCC küp numuneleri çimento ağırlığına göre

Metakaolin (MK) is a promising supplementary cementitious material (SCM) for replacing Portland cement (PC) in concrete due to its wide availability and low carbon footprint. However, achieving high PC substitution levels with MK (≥ 30 wt%) remains a challenge, as elevated MK contents are known to adversely impact workability, hydration kinetics, and the final mechanical properties of concrete. In this study, we demonstrate that cationic latex nanoparticles adsorb strongly onto the surface of MK, resulting in deflocculated MK dispersions that can be incorporated into cement formulations at substitution rates as high as 60 wt% without loss of workability. Although MK is known to trap sulfate anions, MK coated with 1.3 wt% latex is found to be immune to this phenomenon. As a result, the hydration kinetics of formulations containing 60% MK closely match those of pure PC. Remarkably, compressive strengths of mortars with 50–60% MK were comparable to those of PC-based mortars, while formulations containing 30–40% MK exhibited strength increases of 20%.

These findings show that cationic latex nanoparticles enable the formulation of high-MK-content cements (up to 60 wt%) with no detrimental effects on workability or hydration, and with improved mechanical performance.

Keywords: Cement, Metakaolin, Latex, Dispersion, Sulfation, Adsorption

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884626000591>

<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2026.108190>

Application of Advanced Non-Destructive Testing for Detection of Corrosion-Induced Damage in Graphene Oxide Based Concrete Composite

Srivastava, J., & Bansal, T. (2026). Application of advanced non-destructive testing for detection of corrosion-induced damage in graphene oxide based concrete composite. *Hybrid Advances*, 100652.

The early detection and evaluation of corrosion-induced damage and cracking in concrete structural members in real-time is of significant importance to reduce the risk of the catastrophic failure. For this purpose, this paper describes the application of an advanced non-destructive testing approach known as piezoelectric transducer-based electro-mechanical impedance (EMI) technique to the detection of corrosion-induced damage in graphene oxide based concrete composite (GOCC) sample in real-

%0, %0.01, %0.02, %0.03, %0.04 ve %0.05 oranlarında grafen oksit (GO) içerecek şekilde hazırlanmış ve basınç dayanımları belirlenmiştir. Daha sonra, korozyon kaynaklı hasarın tespiti ve değerlendirilmesi için optimum GO oranı kullanılarak silindirik GOCC numuneleri hazırlanmış ve bu numunelere gömülü piezo sensör (EPS) yerleştirilmiştir. Korozyonun değerlendirilmesinde tepe rezonans değişimi, genlik değişimi, kök ortalama kare sapma (RMSD) ve eşdeğer rijitlik kaybı gibi nitel, nicel ve mekanik parametre analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca korozyon hızını belirlemek ve EMI sonuçlarıyla ilişkilendirmek için gravimetrik analiz yapılmıştır.

Basınç dayanımı sonuçlarına göre, %0.03 GO içeriğinde betonun maksimum dayanım değerine ulaştığı belirlenmiştir. EPS sensörleri, korozyonun başlangıç aşamasını frekans ve genlik değişimleri üzerinden etkin bir şekilde tespit etmiştir. Klasik beton (CC) ile GOCC karşılaştırıldığında, ilk 10 gün içinde CC'nin %48 oranında rijitlik kaybı gösterdiği, GOCC'nin ise %40 kayıp yaşadığı belirlenmiştir. Eşdeğer rijitlik parametresi, GOCC'de korozyon kaynaklı hasarın net bir göstergesi olmuştur. CC numuneleri yaklaşık 60 gün (1440 saat) içinde ciddi korozyon ve çatlak oluşumu gösterirken, GOCC numunelerinde çatlak oluşumu 82 güne (1968 saat) kadar gecikmiştir; bu durum korozyon başlangıç süresinde yaklaşık %37'lik bir artışa işaret etmektedir. Ayrıca GOCC, %20–25 daha düşük kütle kaybı ve %35–40 daha düşük korozyon hızı göstermiştir. Genel olarak, GOCC geleneksel betona kıyasla daha yüksek korozyon direnci sergilemiş ve daha az pas oluşumu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Grafen oksit, Korozyon kaynaklı hasar, EMI tekniği, Beton kompozitler, Piezoelektrik sensör

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2773207X26000540>

<https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2026.100652>

İleri Düzey Isıl Tamponlama, Dayanım ve Sürdürülebilirlik için Parafin Emdirilmiş Mineral Modifiyeli Biochar Takviyeli Çimento

Atinafu, D. G., Kim, Y. U., Jung, J. H., & Kim, S. (2026). Paraffin-infused mineral-modified biochar reinforced cement for advanced thermal buffering, strength, and sustainability. *Cement and Concrete Composites*, 106567.

Biochar gibi biyo-bazlı malzemeler, hem karbon yakalama hem de çimento esaslı kompozitlerde takviye edici katkı olarak umut verici adaylar olarak ortaya çıkmıştır. Bu çalışma, tekrarlı termal çevrimler altında termomekanik testler, mikroyapısal analiz ve dayanıklılık değerlendirmesi yoluyla yeni, sürdürülebilir ve çok yönlü bir biyo-bazlı çimento

time. Firstly, the GOCC cube samples were prepared with 0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 and 0.05% percentages of graphene oxide (GO) by weight of cement to estimate the compressive strength. Further, GOCC cylindrical samples were prepared for the optimum percentage of GO for the detection and evaluation of corrosion-induced damage using embedded piezo sensor (EPS). The changes in resonance peak, amplitude, root-mean square deviation (RMSD) and deterioration in terms of equivalent stiffness were estimated by performing the qualitative, quantitative and equivalent stiffness parameters analyses. Furthermore, gravimetric analysis was performed to identify the corrosion rate and correlated with the EMI results. The findings and analysis from compressive strength testing results indicates that at 0.03% of GO, concrete attains its maximum compressive strength. The EPS effectively captured the changes in the initiation phase of corrosion in terms of frequency and amplitude shifts. On comparison between CC and GOCC, it is found that CC shows a rapid stiffness loss (48%) compared to GOCC (40%) in first 10 days. The equivalent stiffness parameter provides a clear indication of corrosion-induced damage in GOCC. CC samples exhibited severe corrosion and cracked after around 60 days (1440 h), whereas GOCC delayed cracking to up to 82 days (1968 h), indicating around 37% longer corrosion initiation time. Additionally, GOCC exhibited (20–25) % lower mass loss and (35–40) % reduced corrosion rates compared to CC, demonstrating enhanced corrosion resistance. Overall, GOCC exhibited better corrosion resistance than conventional concrete, with reduced rust formation.

Keywords: Graphene oxide, Corrosion-induced damage, EMI technique, Concrete composites piezoelectric sensor

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2773207X26000540>

<https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2026.100652>

Paraffin-Infused Mineral-Modified Biochar Reinforced Cement for Advanced Thermal Buffering, Strength, and Sustainability

Atinafu, D. G., Kim, Y. U., Jung, J. H., & Kim, S. (2026). Paraffin-infused mineral-modified biochar reinforced cement for advanced thermal buffering, strength, and sustainability. *Cement and Concrete Composites*, 106567.

Bio-based materials such as biochar have emerged as promising candidates for both carbon capture and reinforcement in cement-based composites. This study introduces a novel, sustainable, and multidirectional bio-based cement mortar through thermomechanical testing, microstructural analysis, and durability assessment

harıcı geliştirmektedir. Montmorillonit ve biyochar'dan (1:3 ağırlık oranı) oluşan biyomineraller, parafin ile birleştirilerek termal yönetim ve enerji tasarrufu sağlayabilen çimento kompozitleri geliştirilmiştir. Basınç dayanımı sonuçları, yüzey mühendisliği yapılmış mineral içeren (CMB) ve içermeyen (CCB) kompozitlerde kontrol numunesine (CCC) kıyasla sırasıyla %15.2 ve %7.1 oranında artış olduğunu göstermektedir. Bu artış, X-ışını kırınımı (XRD) ve BET yüzey alanı analizleri ile doğrulanan heterojen çekirdeklenme, gözenek kapanması ve iç kürlenme etkilerine bağlanmıştır. BET sonuçları, CMB'nin CCC'ye ve biyochar içermeyen kompozitlere (CMT) kıyasla sırasıyla %37.7 ve %46.3 daha düşük özgül yüzey alanına sahip olduğunu göstermektedir. Termal analizler, CCC'nin aksine tüm modifiye numunelerin, saf parafine (21.9 °C) oldukça yakın (± 1.1 °C) faz geçiş pikleri sergilediğini ortaya koymuştur. 1000 termal çevrim boyunca yapılan kararlılık değerlendirmesinde CMB'nin, 11.5 °C'de geniş bir pik koruduğu ve CSB'ye göre 1.3 °C daha düşük sıcaklıkta stabil kaldığı, aynı zamanda gizli ısının %79.0'unu muhafaza ettiği belirlenmiştir. CMB ayrıca üstün ısı yalıtımı göstermiş; CMT'ye kıyasla ısı iletkenliği %29.9, CCC'ye kıyasla %14.5 oranında azaltmıştır. CSB'ye göre yalnızca %5.7, CCB'ye göre ise %4.4'lük küçük bir artış gözlenmiştir.

Bu sonuçlar, biyomineral esaslı çimento kompozitlerinin iç mekân uygulamaları ve zemin ısı regülasyonu gibi alanlarda kullanılmak üzere, geleneksel ince agrega betonuna kıyasla %50'ye kadar daha düşük CO₂ emisyonu sağlayabilen çevre dostu çözümler sunduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyomineral esaslı çimento kompozitleri, Biochar, Çimento hidratasyonu, Termal tamponlama, Heterojen çekirdeklenme

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946526001071>

<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2026.106567>

Olağanüstü Yüksek Sıcaklık Dayanımına Sahip Mühendislik Jeopolimer Kompozitleri: LCP Lifinin Rolü Ve Mikromekanizma

Yu, K., Tang, Z., Kuang, H., Xue, Z., Deng, B., Ma, C., ... & Wang, F. (2026). Exceptional high-temperature-resistant engineered geopolymer composites: Roles of LCP fiber and micromechanism. *Cement and Concrete Composites*, 106639.

Mühendislik çimento kompoziti (ECC), olağanüstü deformabilitesi ve çatlak kontrol kapasitesi ile dayanıklı altyapı uygulamaları için umut verici bir malzeme olarak kabul edilmektedir. Ancak geleneksel sentetik liflerin düşük erime noktası (genellikle 200 °C'nin altında) ECC'nin yangın

under repeated thermal cycling. Biominerals composed of montmorillonite and biochar (1:3 wt%) were integrated with paraffin to develop cementitious composites capable of thermal management and energy savings. Compressive strength results show notable enhancements in composites with and without surface-engineered mineral (CMB and CCB), with increases of 15.2% and 7.1%, respectively, over the control (CCC). This is attributed to heterogeneous nucleation, pore closure, and internal curing, as confirmed by X-ray diffraction and BET surface area analysis, which shows CMB as 37.7% and 46.3% lower specific surface area than CCC and composites without biochar (CMT), respectively. Thermal analysis reveals that, unlike CCC, all modified specimens exhibit clear phase-transition peaks, within 1.1 °C of those of neat paraffin (21.9 °C). Stability evaluation over 1000 thermal cycles indicates that CMB retains a broad peak at 11.5 °C, 1.3 °C lower than CSB, while maintaining 79.0% of its latent heat. CMB also demonstrates superior thermal insulation, reducing thermal conductivity by 29.9% compared with CMT and by 14.5% relative to CCC, with only a slight increase compared with CSB (5.7%) and CCB (4.4%).

These results highlight the potential of biomineral-based cementitious materials as eco-friendly solutions, providing up to 50% lower CO₂ emissions than conventional fine aggregate concrete for applications such as interior finishing and thermal floor regulation.

Keywords: Biomineral-based cement composites, Biochar, Cement hydration, Thermal buffering, Heterogeneous nucleation

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946526001071>

<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2026.106567>

Exceptional High-Temperature-Resistant Engineered Geopolymer Composites: Roles of LCP Fiber and Micromechanism

Yu, K., Tang, Z., Kuang, H., Xue, Z., Deng, B., Ma, C., ... & Wang, F. (2026). Exceptional high-temperature-resistant engineered geopolymer composites: Roles of LCP fiber and micromechanism. *Cement and Concrete Composites*, 106639.

Engineered cementitious composite (ECC), recognized for its exceptional deformability and crack-control capacity, represents a promising material for resilient infrastructure. However, the low melting point (typically below 200 °C) of traditional synthetic fibers limits ECC's application in the

veya yüksek sıcaklık riski bulunan ortamlardaki kullanımını sınırlandırmaktadır. ECC'nin yüksek sıcaklık dayanımının artırılması uzun süredir önemli bir mühendislik problemi olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, yüksek erime noktasına sahip sıvı kristal polimer (LCP) lifleri ve düşük kırılma tokluğuna sahip jeopolimer matrisin entegrasyonu ile yeni bir düşük lif içerikli mühendislik jeopolimer kompoziti (LCP-EGC) geliştirilmiş ve ECC'nin yüksek sıcaklık dayanımı yeni bir seviyeye taşınmıştır. Sadece %1 hacim oranında lif içeriği ile LCP-EGC, 300 °C'ye maruz kaldıktan sonra bile belirgin gerinim sertleşme davranışı ve üstün çatlak kontrol kabiliyeti sergilemiş; %4 çekme deformasyonu ve 60 µm çatlak genişliği değerlerine ulaşmıştır.

Yüksek sıcaklık altında gerinim sertleşme davranışını kontrol eden mekanizmalar, lif, matris ve lif-matris ara yüzey özelliklerini kapsayan çok ölçekli analizlerle açıklanmıştır. Ayrıca LCP-EGC, 0.2 W/(m·K) gibi düşük bir ısı iletkenlik değeri ile üstün ısı yalıtım kapasitesi göstermiştir. Bir vaka analizinde, LCP-EGC kompozit plakaların yangın sonrası malzeme maliyet kaybının, benzer ısı iletkenliğe sahip polietilen lif takviyeli ECC'ye kıyasla yaklaşık %27 oranında azaltılabileceği belirlenmiştir. Bu bulgular, yüksek sıcaklık dayanımlı ve dayanıklı yapısal tasarımların geliştirilmesi için hem teorik anlayış hem de pratik uygulama stratejileri sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yüksek sıcaklıkta gerinim-sertleşme, LCP lifleri, Mühendislik jeopolimer kompoziti, Mikromekanizma, Isıl yalıtım

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946526001800>

<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2026.106639>

scenarios prone to fire or elevated temperatures. Enhancing the high-temperature resistance of ECC has long been a persistent challenge. This study pioneered the integration of high-melting-point liquid crystal polymer (LCP) fibers and low-fracture-toughness geopolymer matrix, developing a novel class of low content fiber-reinforced engineered geopolymer composites (LCP-EGC) that pushed the high-temperature-resistance of ECC to a new level. With only 1 vol% fiber content, LCP-EGC retained pronounced strain-hardening characteristics and excellent crack-control ability even after exposure to 300 °C, achieving a tensile strain of 4% and a crack width of 60 µm.

The underlying mechanisms governing the high-temperature strain-hardening response of LCP-EGC were revealed through multiscale analysis covering fiber, matrix, and fiber-matrix interface properties. Furthermore, LCP-EGC exhibited excellent thermal insulation ability, with a thermal conductivity as low as 0.2 W/(m·K). A case analysis revealed that the post-fire concrete material cost loss of LCP-EGC composite slabs can be reduced by approximately 27% compared to polyethylene fiber-reinforced ECC with similar thermal conductivity. These findings can offer both theoretical insight and practical strategies for advancing high-temperature-resistant and resilient structural designs.

Keywords: High-temperature strain-hardening, LCP fibers, Engineered geopolymer composite, Micromechanism, Thermal insulation

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946526001800>

<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2026.106639>

Toplantılar / Fuarlar

Meetings / Fairs

■ Hazırlayan/Prepared by : Zeynep AYGÜN HAZER / TÜRKCİMENTO

TARİH / YER DATE/ PLACE	ETKİNLİK ADI EVENT NAME	WEB ADRESİ WEB ADDRESS
8-10 Eylül 2026 8-10 September 2026 İstanbul, Türkiye	INTERCEM İstanbul 2026	https://www.intercem.com/intercem-events/intercem2026/
22-23 Eylül 2026 22-23 September 2026 QEII Centre, Londra, Birleşik Krallık QEII Centre, London, UK	Carbon Capture Global Summit 2026	https://www.carboncaptureglobalsummit.com/
23-24 Eylül 2026 23-24 September 2026 Cenevre, İsviçre Geneva, Switzerland	Global CemFuels Conference & Exhibition	https://www.cemfuels.com/conferences/global-fuels/introduction
07-09 Ekim 2026 07-09 October 2026 Paris, Fransa Paris, France	Cemtech Europe 2026	https://www.cemnet.com/Conference/Item/197878/cemtech-europe-2026.html
27-29 Ekim 2026 27-29 October 2026 Brüksel, Belçika Brussels, Belgium	CarbonZero / Cementitious Materials Congress	https://industrylink.eu/event/cementitious-materials-international-congress-europe-2026/
09-20 Kasım 2026 09-20 November 2026 Antalya, Türkiye	COP31 Türkiye Antalya 2026	https://cop31.tr/
23 -25 Kasım 2026 23-25 November 2026 Kahire, Mısır Cairo, Egypt	29th Arab International Cement Conference and Exhibition	https://www.aucbm.net/welcome tekniks@turkcimento.org.tr
01-05 Aralık 2026 01-05 December 2026 Antalya, Türkiye	19.TÜRKCİMENTO International Technical Seminar and Exhibition	https://teknikseminer.com.tr/

Çimento ve Beton Dünyası **Araştırma Geliştirme** *Cement and Concrete World* *Research & Development*

Yıl/Vol:31 Sayı/No:181 Mayıs-Haziran/ May-June 2026 ISSN 1301-0859



TÜRKCİMENTO

“Çimento ve Beton Dünyası” **Chemical Abstracts,**
EBSCOhost ve TRDizin veritabanları tarafından taranmaktadır.
“Cement and Concrete World” is indexed by **Chemical Abstracts,**
EBSCOhost and TRDizin databases.

İmtiyaz Sahibi / Grantee

Adil Sani KONUKOĞLU

Editör / Editor

Prof. Dr. Mustafa ŞAHMARAN

Editör Yardımcısı / Associate Editor

Zeynep AYGÜN HAZER

Yayın Kurulu / Editorial Board

Canan DERİNÖZ GENÇEL

Serkan TÜRK

Zeynep AYGÜN HAZER

ISSN 1301-0859

Çimento ve Beton Dünyası yayını

World of Cement and Concrete

Yılda Altı Kez Yayınlanır

Publishes Six Times a Year

Açık Erişim / Open Access

<https://www.turkcimento.org.tr/tr/dergi/cimento-ve-beton-dunyasi>

Araştırma-Geliştirme Bölümünde Yayınlanacak Makaleler için Hakem Kurulu

*Editorial Review Board for the Articles to be Published in the
Research and Development Section*

Prof. Dr. Vefa Akpınar

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi
Trabzon, TÜRKİYE
Civil Eng. Dept., Karadeniz Technical University/ Trabzon, TÜRKİYE

Prof. Dr. Çetin Hoşten

Maden Mühendisliği Böl., ODTÜ/ Ankara, TÜRKİYE
Mining Eng. Dept., METU/ Ankara, TÜRKİYE

Prof. Dr. Muazzez Çelik Karakaya

Jeoloji Mühendisliği Böl., Selçuk Üniversitesi/ Konya, TÜRKİYE
Geological Eng. Dept., Selçuk University/ Konya, TÜRKİYE

Prof. Dr. Hulusi Özkul

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi/ İstanbul, TÜRKİYE
*Istanbul Technical University, Faculty of Civil Engineering/
Istanbul, TÜRKİYE*

Dr. H. Çelik Özyıldırım

The Virginia Center for Transportation Innovation and Research/
Virginia, USA

Prof. Dr. Mustafa Şahmaran

İnşaat Müh. Böl., Hacettepe Üniversitesi/ Ankara, TÜRKİYE
Civil Eng. Dept., Hacettepe University,/ Ankara, TÜRKİYE

Prof. Dr. Mustafa Tokyay

İnşaat Mühendisliği Böl., ODTÜ/ Ankara, TÜRKİYE
Civil Eng. Dept., METU / Ankara, TÜRKİYE

Prof. Dr. İ. Özgür Yaman

İnşaat Mühendisliği Böl., ODTÜ/ Ankara, TÜRKİYE
Civil Eng. Dept., METU/ Ankara, TÜRKİYE

Prof. Dr. Özge Andiç Çakır

İnşaat Mühendisliği Böl., Ege Üniversitesi/ İzmir, TÜRKİYE
Civil Eng. Dept., Ege University/ İzmir, TÜRKİYE

Doç. Dr. Zeynep Başaran Bundur

İnşaat Mühendisliği Böl., Özyeğin Üniversitesi/ İstanbul, TÜRKİYE
Civil Eng. Dept., Özyeğin Üniversitesi/ İstanbul, TÜRKİYE

Doç. Dr. Oğuzhan Öztürk

İnşaat Mühendisliği Böl., Konya Teknik Üniversitesi/
Konya, TÜRKİYE
Civil Eng. Dept., Konya Technical University/ Konya, TÜRKİYE

Doç. Dr. Özer Sevim

İnşaat Mühendisliği Böl., Kırıkkale Üniversitesi / Kırıkkale, TÜRKİYE
Civil Eng. Dept., Kırıkkale University / Kırıkkale, TÜRKİYE

Dr. Öğretim Üyesi Süleyman Bahadır Keskin

İnşaat Mühendisliği Böl., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi,
Muğla, TÜRKİYE
Civil Eng. Dept., Muğla Sıtkı Koçman University/ Muğla, TÜRKİYE

Prof. Dr. Cenk Karakurt

İnşaat Mühendisliği Böl., Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi,
Bilecik, TÜRKİYE
Civil Eng. Dept., Bilecik Şeyh Edebali University/ Bilecik, TÜRKİYE

Suat Boztaş

Dış İlişkiler ve Hammadde Koordinatörü, Vicat, TÜRKİYE/
Ankara, TÜRKİYE
*External Relations and Raw Materials Coordinator, Vicat, TÜRKİYE/
Ankara, TÜRKİYE*

Yasin Yiğit

Sürdürülebilirlik ve Çevre Müdürü/ İstanbul, TÜRKİYE
Sustainability and Environmental Manager/ İstanbul, TÜRKİYE
Nuh Çimento

Ruhi Bilge

Fabrika Direktörü, Medcem Çimento/ Mersin, TÜRKİYE
Plant Director, Medcem Çimento/ Mersin, TÜRKİYE

Okan Güven

Alternatif Kaynaklar ve Çevre Direktörü, Oyak Çimento/
Ankara, TÜRKİYE
*Director of Alternative Resources and Environment, Oyak Çimento/
Ankara, TÜRKİYE*

Banu Üçer

Pazarlama ve Kurumsal İletişim Müdürü, Çimsa/ İstanbul, TÜRKİYE
*Marketing and Corporate Communications Manager, Çimsa/
İstanbul, TÜRKİYE*

“Çimento ve Beton Dünyası” **Chemical Abstracts,**
EBSCOhost ve TRDizin veritabanları tarafından taranmaktadır.

“Cement and Concrete World” is indexed by **Chemical Abstracts,**
EBSCOhost and TRDizin databases.

Çimento ve Beton Dünyası Dergisi yılda 6 sayı (Ocak-Şubat, Mart-Nisan, Mayıs-Haziran, Temmuz-Ağustos, Eylül-Ekim, Kasım- Aralık) yayınlanan “çift-hakemli” dergidir.

*Cement and Concrete World is a peer-reviewed journal published bimonthly in six issues per year.
(January–February, March–April, May–June, July–August, September–October, and November–December).*

Basım Tarihi / Publishing Date

Temmuz / July 2026

İletişim / Communication

*Tepe Prime A Blok Kat: 18-19 Eskişehir Devlet Yolu
(Dumlupınar Bulvarı) 9. km No: 266 06800 ANKARA
Tel: 444 50 57 · Fax: (90 312) 265 09 05-06
www.turkcimento.org.tr · e-mail: info@turkcimento.org.tr*

Tasarım / Design

Pelin GÜNALTAY

Baskı / Printing

*Emsal Matbaa Tanıtım Hizmetleri San. ve Tic. Ltd. Şti.
Bahçekapı, 2477. Sk. No:6, 06105 Etimesgut/Ankara
(0312) 278 82 00
www.emsalmatbaa.com.tr
Matbaa Sertifika No: 46753*

Çimento ve Beton Dünyası Dergisi-Araştırma ve Geliştirme Bölümü **Yazım Kuralları ve Yazarlara Bilgi**

*Cement and Concrete World - Research and Development Department Instructions for **Authors and Manuscript Preparation Guidelines***

İçerik

Dergimizde çimento ve beton teknolojisi ve uygulamalarından büyük ölçüde sorumlu olan mühendisler, mimarlar, müteahhitler, üreticiler, araştırmacılar ve teknisyenleri sektörle ilgili gelişmelerle ilgili bilgilendirmek amacıyla aşağıdaki başlıklarda sınıflandırılacak yazılar yayımlanır.

Yazı Türleri

- En fazla 30.000-80.000 kelimeden oluşan özgün araştırma makaleleri
- En fazla 30.000-80.000 kelimeden oluşan belirli bir konuya ait çalışmaları derleyen son durum raporları
- En fazla 4.000- 5.500 kelimeden oluşan teknik notlar
- En fazla 4.000- 5.500 kelimeden oluşan vaka çalışmaları
- En fazla 4.000- 5.500 kelimeden oluşan ve yazarların güncel bir konuya yaklaşımlarını belirten görüş raporları

Yazım Kuralları

- Makaleler Türkçe ve İngilizce yazılmalıdır.
- Bütün yazı türleri 150-250 sözcükten oluşan hem Türkçe hem de İngilizce özet (abstract) içermelidir.
- Makaleye ait anahtar kelimeler makale içerisinde ayrı bir başlık olarak belirtilmelidir.
- Makaleler A4 sayfasında Times New Roman 12 punto kullanılarak iki aralıklı olarak yazılmalıdır. Sayfalar numaralandırılmalıdır.
- Bütün çizelge ve şekiller metnin içinde kendisine yapılan atıfa en yakın konumda bulunmalı ve uygun şekilde numaralandırılmalıdır. (Örn: Şekil 1, Çizelge 1).
- SI birim sistemi ve standart semboller kullanılmalıdır.
- Kaynaklar APA stili kullanılarak verilmeli ve metinde köşeli parantez içinde numaralandırılmalıdır. (Örn: [1])

Yazım kurallarına uygun hazırlanmış makalenizi; ccweditor@turkcimento.org.tr adresine iletebilirsiniz.

Örnekler aşağıda verilmiştir.

- Aitcin, P.C. (2000). Cements of yesterday and today: Concrete of tomorrow. *Cement and Concrete Research*, 30(9), 1349-1359. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(00\)00365-3](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(00)00365-3)
- Neville, A.M. (1995). *Properties of concrete* (5th Ed.). Pearson Education Ltd., England, ISBN: 978-0-273-75580-7.

Content

The journal publishes articles that can be classified under the following article type categories in order to inform engineers, architects, contractors, manufacturers, researchers and technicians who are largely responsible for the advancement of cement and concrete technology and applications. The main aim of such articles is to inform readers of industry-related developments.

Article Types

- Original research articles of no more than 30.000-80.000 words
- State-of-the-art or state of practice reports on a specific topic with no more than 30.000-80.000 words
- The keywords of the article should also be stated within the article as a heading.
- Technical notes of no more than 4.000- 5.500 words
- Case studies with no more than 4.000- 5.500 words
- White papers that present the point of view of the authors on a current topic with no more than 4.000- 5.500 words

Formatting Rules

- Articles should be written in Turkish and English.
- All manuscript types must contain both Turkish and English abstracts, consisting of 150-250 words.
- Articles should be written in A4 page, Times New Roman with 12 font size, with two spacing. Pages should be numbered.
- All tables and figures should be located in the text closest to the reference and numbered appropriately. (Ex: Figure 1, Chart 1).
- SI unit system and standard symbols should be used. References should be given using APA style and should be numbered in square brackets in the text. (Ex: [1])

You can send your article prepared in accordance with the spelling rules to ccweditor@turkcimento.org.tr

Examples are provided below;

- Aitcin, P.C. (2000). Cements of yesterday and today: Concrete of tomorrow. *Cement and Concrete Research*, 30(9), 1349-1359. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(00\)00365-3](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(00)00365-3)
- Neville, A.M. (1995). *Properties of concrete* (5th Ed.). Pearson Education Ltd., England, ISBN: 978-0-273-75580-7.

Hakem değerlendirmesinden geçerek yayıma kabul edilen özgün araştırma makalelerinin yazarlarına toplam 3.900 TL, durum raporları, teknik notlar, vaka çalışmaları ve görüş raporları için ise yazarlara toplam 1.300 TL telif ücreti ödenecektir.

Authors of original research articles accepted for publication after peer review will receive a total of 3.900 TL, authors of state-of-the-art reports, technical notes, case studies, and white papers will receive a total of 1.300 TL.

Bilimsel Hakemlere Teşekkür / Acknowledgement of Referees

Dergimize yayınlanmak üzere gönderilmiş olan makaleleri titiz bir şekilde değerlendiren kıymetli hakem hocalarımıza, değerli katkılarından dolayı teşekkür eder, katkılarının devamını dileriz.

We would like to express our sincere gratitude to our esteemed reviewers who have meticulously evaluated the manuscripts submitted for publication in our journal. We greatly appreciate their valuable contributions and look forward to their continued support and collaboration.

Editör / Editor

Öztürk, Oğuzhan (2026). Düşük Klinkerli Bağlayıcılarda LC³ Teknolojisinin Malzeme Tasarımı, Performansı ve Uygulamaları. Çimento ve Beton Dünyası, 31, 15-48.

Öztürk, Oğuzhan (2026). *Material Design, Performance And Applications Of Limestone Calcined Clay Cement (LC³) Technology In Low-Clinker Binders*. Çimento ve Beton Dünyası, 31, 15-48.

Yazar Katkı Oranı / Author Contributions

Doç.Dr. Oğuzhan Öztürk	Fikir geliştirme, literatür taraması, yazım	Contributed to conceptualization, literature review, and manuscript drafting
	Metodoloji, veri analizi, kontrol ve düzenleme	Contributed to methodology design, data analysis, and manuscript revision
	Veri toplama, uygulama	Contributed to data collection and experimental work
	Denetim, bilimsel danışmanlık	Supervised the study and provided critical revisions
	Proje yönetimi, kaynak sağlama	Contributed to project administration and funding support

İlgili makale için yazarlar herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemektedir.
The authors of the relevant article declare that they have no conflict of interest.

Makale Yayın Politikası:

Mayıs 1963 yılında Çimento Bülteni adı ile yayımlanmaya başlayan dergi, 1995 yılında "Çimento ve Beton Dünyası" adını alarak 2 ayda bir olarak basılmaya devam etmektedir. Dergi basım tarihinden bu yana da Çimento ve Beton Dünyası Araştırma ve Geliştirme yılda 6 sayı ücretsiz olarak Türkçe ve İngilizce olarak yayımlanır.

Makaleler e-posta olarak ccweditor@turkcimento.org.tr adresine e-posta olarak gönderilir. Editörün ilk değerlendirmesinden geçen makaleler 2 haftalık değerlendirme süreci için konusuna uygun hakemlere gönderilir. Hakem değerlendirmesinden geçerek yayıma kabul edilen özgün araştırma makalelerinin yazarlarına toplam 3.900 TL, durum raporları, teknik notlar, vaka çalışmaları ve görüş raporları için ise yazarlara toplam 1.300 TL telif ücreti ödenir.

Publication Policy

The journal, which began its publication life in May 1963 under the name Çimento Bülteni, has been published every two months since 1995 under the title Çimento ve Beton Dünyası. Since its establishment, Çimento ve Beton Dünyası Research and Development has been published six times a year in both Turkish and English, free of charge.

Manuscripts should be submitted via e-mail to ccweditor@turkcimento.org.tr. Articles that pass the editor's initial evaluation are sent to subject-matter expert reviewers for a two-week peer-review process. For original research articles accepted for publication following peer review, a copyright fee of 3,900 TL is paid to the authors. For position papers, technical notes, case studies, and opinion reports, a total fee of 1,300 TL is paid to the authors.

Düşük Klinkerli Bağlayıcılarda LC³ Teknolojisinin Malzeme Tasarımı, Performansı ve Uygulamaları

Material Design, Performance And Applications Of Limestone Calcined Clay Cement (LC³) Technology In Low-Clinker Binders

Makale Türü: Derleme Makalesi
Geliş Tarihi: 06 Temmuz 2026
Kabul Tarihi: 09 Temmuz 2026
Yayın Tarihi: 31 Temmuz 2026

Article Type: Review Article
Date Received: 06 July 2026
Date Accepted: 09 July 2026
Date Published: 31 July 2026

Yazar Adı Soyadı / Author: Doç. Dr. Oğuzhan Öztürk
Kurum-Üniversite / Affiliation: Konya Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, 42250, Türkiye
E-posta / E-mail: oozturk@ktun.edu.tr
ORCID: 0000-0003-3085-4528

Türkçe Öz

Kireçtaşı Kalsine Kil Çimentosu (LC³), klinker tüketimini ve karbon salımlarını önemli ölçüde azaltma potansiyeli sayesinde son yıllarda en fazla ilgi gören düşük karbon ayak izine sahip bağlayıcı sistemlerinden biri haline gelmiştir. Bununla birlikte, yüksek kaolinit içerikli kil kaynaklarının sınırlı rezervi, düşük kaliteli ve alternatif kil kaynaklarının LC³ karışımlarında mühendislik esaslı değerlendirilmesine yönelik bütüncül yaklaşımların geliştirilmesini gerekli kılmıştır. Bu derleme çalışmasında LC³ teknolojisi, hammadde seçimi, mineralojik ve fiziksel karakterizasyon, reaktivite değerlendirmesi, plastisite, öğütme stratejileri, sülfat dengesi, analitik doğrulama yöntemleri ve uzun dönem dayanıklılık mekanizmaları kapsamında irdelenmiştir. Ayrıca, kalsine kil esaslı bağlayıcıların standardizasyonuna ilişkin güncel gelişmeler değerlendirilmiştir ve performans esaslı beton tasarımı ve farklı yapı malzemelerindeki uygulama alanları ele alınmıştır. Derleme, LC³ performansının değerlendirilmesinde kaolinit içeriğinin tek başına yeterli bir gösterge olmadığını ve mineraloji, oluşan amorf faz miktarı, plastisite, tane boyutu dağılımı (PSD), sülfat dengesi ve bağlayıcı tasarım parametrelerinin birlikte ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bunun yanında, çok parametrelili dayanıklılık odaklı yaklaşımlarla hızlı performans değerlendirme yöntemlerinin geliştirilmesinin gelecekteki araştırmalar açısından kritik olduğu vurgulanmaktadır. Son olarak, kâgir harçları, seramik yapıştırıcıları, üç boyutlu baskılanabilir (3BB) betonlar ve diğer özel amaçlı yapı malzemeleri değerlendirilerek LC³ teknolojisinin düşük karbon ayak izine sahip ve uygulamaya özgü yeni nesil bağlayıcıların geliştirilmesindeki potansiyeli ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kireçtaşı Kalsine Kil Çimentosu (LC³); Kalsine Kil; Düşük Kaliteli Killer; Performans Esaslı Bağlayıcı Tasarımı; Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri

Abstract

Limestone Calcined Clay Cement (LC³) has emerged as one of the most promising low-carbon binder systems in recent years due to its significant potential to reduce clinker consumption and carbon emissions. However, the limited reserves of high-kaolinite clay resources have necessitated the development of comprehensive engineering-based approaches for evaluating low-grade and alternative clay sources in LC³ mixtures. This review comprehensively examines LC³ technology with respect to raw material selection, mineralogical and physical characterization, reactivity assessment, plasticity, grinding strategies, sulfate optimization, analytical validation methods and long-term durability mechanisms. In addition, recent developments in the standardization of calcined clay-based binders are reviewed together with performance-based concrete design approaches and the application potential of LC³ in different construction materials. The review demonstrates that kaolinite content alone is not a sufficient indicator for evaluating LC³ performance and highlights the need to consider mineralogy, the amount of amorphous phase formed, plasticity, particle size distribution (PSD), sulfate balance and binder design parameters in an integrated manner. Furthermore, the development of rapid performance evaluation methods supported by multi-parameter durability-oriented approaches is emphasized as a critical research priority for future studies. Finally, the application potential of LC³ technology in masonry mortars, tile adhesives, three-dimensional printable (3DP) concrete and other specialized construction materials is discussed, highlighting its potential for the development of low-carbon, application-specific next-generation binder systems.

Keywords: Limestone Calcined Clay Cement (LC³); Calcined Clay; Low-Grade Clays; Performance-Based Binder Design; Sustainable Construction Materials

1. GİRİŞ

İklim değişikliklerini kontrol etme amacıyla benimsenen küresel karbon hedefleri için çabalar dikkate alındığında, enerji girdisi yoğun olan üretim sektörlerinde düşük karbon ayak izine sahip teknolojilerin geliştirilmesi bir tercihten çok zorunluluk hale gelmiştir. Portland çimento (PÇ) endüstrisinde, klinker üretimi kaynaklı meydana gelen kireçtaşının kalsinasyonu ve yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilmesi gereken pişirme süreçleri, küresel insan kaynaklı karbondioksit (CO_2) salımlarının yaklaşık %8'ini meydana getirmektedir. Bu nedenle Portland çimento (PÇ) endüstrisi sera gazı salımlarının azaltılmasına yönelik stratejilerin odağında bulunmaktadır (Andrew, 2018; GCCA 2021; Gartner ve Hirao, 2015). Bununla birlikte, küresel nüfus azalan bir ivmeyle de olsa büyümeye devam etmekte, kentleşme, altyapı yatırımları ve insanlığın yeni ihtiyaçları nedeniyle küresel PÇ talebinin gelecek yıllarda yüksek seviyelerde devam edeceği beklenmektedir (Cement Technology Roadmap, 2018). Bu kapsamda, PÇ üretiminde karbon salımlarının azaltılması yalnızca çevresel bir gereklilikten ziyade aynı zamanda sektörün sürdürülebilir büyümesi açısından da temel bir zorunluluk durumundadır.

PÇ sektörünün karbon ayak izinin azaltılmasına yönelik en etkili yaklaşımlardan biri klinkeri bir miktar tamamlayıcı çimento malzemelerle (TÇM) yer değiştirmektir. Bu amaçla uçucu kül (UK), öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufu (ÖGYFC), silis dumanı (SD) ve doğal puzolanlar uzun yıllardır PÇ endüstrisinde kullanılmaktadır. Ancak söz edilen TÇM'lerin büyük bölümü farklı endüstrilerin yan ürünü niteliğindedir ve bağlı oldukları sektörlerdeki teknolojik dönüşümler ve bölgesel kaynakların farklılaşması nedeniyle ilerleyen yıllarda yeterli miktarda ve sürdürülebilir şekilde teminine yönelik çekinceler artmaktadır. Bu durumda daha yaygın rezervleri olan, ekonomik olarak erişilebilir halde ve mevcut PÇ üretim altyapısıyla uyumlu bir şekilde kullanılabilecek alternatif hammaddelere olan ilgi son yıllarda oldukça artmıştır (Gartner & Hirao, 2015; K. Scrivener vd., 2018; Snellings, 2016). Bu kapsamda geliştirilen Kireçtaşı Kalsine Kil Çimentosu (Limestone Calcined Clay Cement, LC^3), düşük klinker oranında yaygın hammadde potansiyeline sahip olması ve düşük karbon ayak izi sayesinde son yıllarda ilgi gören harman bağlayıcı sistemlerinden biri olmuştur. PÇ içerisindeki klinkerin yaklaşık yarısının kalsine kil ve kireçtaşı ile ikame edildiği bu harman bağlayıcılar, uygun bir tasarım ile karbon salımlarını azaltmanın yanında mekanik özellikler, dayanıklılık ve uzun dönemli mühendislik özellikleri bakımından geleneksel PÇ karışımları ile benzer özelliklere getirilebilmektedir. Bu açıdan LC^3 bağlayıcıları, sürdürülebilir PÇ üretiminin en önemli uygulanabilir adaylarından biri olarak hem bilimsel araştırmalarda hem de endüstriyel uygulamalarda giderek daha fazla ilgi çekmektedir (Avet & Scrivener, 2018; K. Scrivener vd., 2019; Zunino ve Scrivener, 2021).

LC^3 karışımlarına ait öncü araştırmalar daha çok yüksek kaolinit içeriğine sahip hammaddeler üzerinde yapılmıştır (Briki vd., 2021; Vizcaino Andrés vd., 2015). Bu araştırmalarda yüksek derecede rafine kaolin içeriğine sahip killerin kullanılması bu özgün harman bağlayıcı tipinin potansiyelini tam olarak ortaya çıkarmak adına çok önemli olmuştur. Öte yandan, yüksek derecede rafine kaolin rezervlerinin

1. INTRODUCTION

Considering the global carbon reduction targets adopted to mitigate climate change, the development of low-carbon technologies in energy-intensive manufacturing sectors has become a necessity rather than an option. In the Portland cement (PC) industry, the calcination of limestone associated with clinker production, together with the high-temperature kiln process, accounts for approximately 8% of global anthropogenic carbon dioxide (CO_2) emissions. Consequently, the Portland cement industry has become one of the primary targets of strategies aimed at reducing greenhouse gas emissions (Andrew, 2018; GCCA 2021; Gartner ve Hirao, 2015). Meanwhile, although the global population is expected to continue growing at a slower rate, ongoing urbanization, infrastructure development, and emerging societal demands are anticipated to sustain a high global demand for Portland cement in the coming decades (Cement Technology Roadmap 2018). In this context, reducing carbon emissions associated with Portland cement production is not only an environmental necessity but also a fundamental requirement for the sustainable growth of the cement industry.

One of the most effective approaches to reducing the carbon footprint of the Portland cement industry is the partial replacement of clinker with supplementary cementitious materials (SCMs). Fly ash (FA), ground granulated blast-furnace slag (GGBFS), silica fume (SF), and natural pozzolans have long been employed for this purpose. However, most of these SCMs are by-products of other industries, and concerns regarding their long-term availability and sustainable supply are increasing due to technological transformations in the corresponding industrial sectors and regional variations in resource availability. Consequently, there has been growing interest in alternative raw materials that possess abundant reserves, are economically accessible, and can be readily incorporated into existing Portland cement production infrastructure (Gartner & Hirao, 2015; K. Scrivener vd., 2018; Snellings, 2016). Within this context, Limestone Calcined Clay Cement (LC^3) has emerged as one of the most promising blended binder systems in recent years because of its abundant raw material potential, even at low clinker contents, and its significantly reduced carbon footprint. In these blended binders, approximately half of the clinker is replaced by calcined clay and limestone. When appropriately designed, LC^3 systems can substantially reduce carbon emissions while achieving mechanical performance, durability, and long-term engineering properties comparable to those of conventional Portland cement systems. Accordingly, LC^3 binders have attracted increasing attention in both scientific research and industrial applications as one of the most viable pathways toward sustainable Portland cement production (Avet & Scrivener, 2018; K. Scrivener vd., 2019; Zunino ve Scrivener, 2021).

Early studies on LC^3 mixtures were predominantly conducted using raw materials with a high kaolinite content (Briki vd., 2021; Vizcaino Andrés vd., 2015). The use of highly refined kaolin clays in these studies was instrumental in fully demonstrating the potential of this novel blended binder system. However, the

sınırlı olması, kağıt, tarım, seramik gibi çeşitli endüstrilerden yoğun talep görmesi ve rafine hale getirilmesi sırasında daha yüksek maliyetlere sebep olması gibi nedenler bu yaklaşımın genel olarak sürdürülebilirliğini sınırlandıran kritik noktalardır. Ancak buna karşılık Türkiye’de ve Dünya’da daha az rafine kaolin içeren doğal killer geniş rezerv alanlarında önemli bir potansiyel sunmaktadır. Bunun yanında, madencilik faaliyetleri sonucu oluşan yüksek miktardaki yan ürünler ile seçici olarak ayrıştırılmış inşaat ve yıkıntı (İYA) atıklarında bulunan atık kil kaynakları (örneğin bazı duvar elemanları ve seramik atıkları), LC³ için alternatif hammadde kaynağı sunmanın yanında, çevresel sorunların çözümüne de katkı sağlayabilecek önemli bir fırsat olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte sözü edilen hammadde adayları, mineralojik yapı, kimyasal kompozisyon, kil plastisitesi, öğütülebilirlik, reaktivite potansiyeli ve kalsinasyon ihtiyacı açısından önemli farklılıklara sahip olabilmektedir. Bu nedenle düşük kaliteli ve alternatif kil kaynaklarının sadece pozolanik aktivitelerinin derecelendirilmesinden ziyade, bağlayıcı tasarımı doğrudan etkileyen fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri ile uzun dönemli etkiler bakımından kapsamlı bir değerlendirilme gerektirmektedir (Alujas vd., 2015; Avet vd., 2016; Fernandez vd., 2011; Hanein vd., 2022). Bununla birlikte son yıllarda LC³ bağlayıcılarına ilişkin çok sayıda değerli araştırma ve derleme çalışması yayımlanmıştır. Son yıllarda yayımlanan derleme çalışmaları ağırlıklı olarak LC₃’ün hidrasyon mekanizmaları, mikroyapısal gelişimi, mekanik ve dayanıklılık performansı ile çevresel etkilerine odaklanmıştır (Barbhuiya vd., 2023; Ghazy vd., 2025; Hanein vd., 2022). Bu çalışmaların büyük bölümü performans odaklı olup hammadde seçimi, düşük kaliteli kil karakterizasyonu, plastisite, öğütme, endüstriyel kalsinasyon ve bağlayıcı tasarımı birlikte değerlendirmemektedir. LC³ bağlayıcılarının endüstriyel ölçekte yaygınlaştırılabilmesi için yalnızca uygun bağlayıcı bileşiminin belirlenmesine değil aynı zamanda hammaddelerin mühendislik esaslı yönetim ile değerlendirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır. Bu çerçevede harman olarak tasarlanan LC³ bağlayıcılarının hammaddeden başlayarak hedeflenen son ürüne kadar uzanan bütünleşik bir malzeme olarak ele alınması gerekmektedir.

Bu çalışma, LC³ teknolojisini hammaddeden uygulamaya kadar farklı yönleriyle değerlendiren anlatsal bir derleme olarak hazırlanmıştır. Literatür değerlendirmesinde başta Web of Science, Scopus ve ScienceDirect veri tabanlarında yer alan hakemli bilimsel yayınlardan yararlanılmıştır. Ayrıca, ilgili standartlar (TS EN, ASTM ve RILEM), teknik raporlar ve gerekli görülen tez çalışmaları, konunun teknik altyapısını desteklemek ve uygulamaya yönelik bilgileri tamamlamak amacıyla değerlendirmeye dahil edilmiştir. Literatür seçiminde, düşük kaliteli ve alternatif kil kaynakları, karakterizasyon yöntemleri, kalsinasyon, reaktivite, öğütme, performans ve mühendislik uygulamalarını ele alan çalışmalar esas alınmıştır. İlk olarak düşük kaliteli ve alternatif kil kaynaklarının mineralojik ve fiziksel özellikleri, reaktiviteleri ve karakterizasyon yöntemleri değerlendirilmiştir. Ardından hammaddelere ait öğütme stratejileri, endüstriyel kalsinasyon süreçleri, bağlayıcı tasarımları ve dayanıklılık odaklı performans yaklaşımları tartışılmıştır. Devamında ise LC³

limited availability of highly refined kaolin reserves, their extensive demand from industries such as paper, agriculture, and ceramics, and the additional costs associated with beneficiation and refining have emerged as critical factors limiting the overall sustainability of this approach. In contrast, naturally occurring clay deposits containing lower amounts of refined kaolin are widely distributed in Türkiye and worldwide, representing a substantial untapped resource. Furthermore, clay-rich by-products generated from mining activities, together with waste clay resources recovered from selectively separated construction and demolition waste (CDW), such as fired clay masonry units and ceramic wastes, offer not only alternative raw material sources for LC³ production but also a promising opportunity to contribute to waste valorization and environmental sustainability. Nevertheless, these potential raw materials may differ considerably in terms of mineralogical composition, chemical composition, clay plasticity, grindability, reactivity potential, and calcination requirements. Therefore, low-grade and alternative clay resources should not be evaluated solely on the basis of their pozzolanic activity. Instead, they require a comprehensive assessment that also considers the physical, chemical, and mineralogical characteristics directly governing binder design, together with their long-term implications for material performance (Alujas vd., 2015; Avet vd., 2016; Fernandez vd., 2011; Hanein vd., 2022). Recent review articles have primarily focused on the hydration mechanisms, microstructural development, mechanical and durability performance, and environmental impacts of LC₃ (Barbhuiya vd., 2023; Ghazy vd., 2025; Hanein vd., 2022). However, these studies are largely performance-oriented and do not provide an integrated assessment of raw material selection, low-grade clay characterization, plasticity, grinding strategies, industrial calcination, and binder design. Widespread industrial implementation of LC³ binders requires not only the identification of an appropriate binder composition but also the engineering-based evaluation and management of raw materials. Accordingly, LC³ binders should be regarded as integrated material systems encompassing the entire process from raw material selection to the development of the final engineered product.

This study was prepared as a narrative review that comprehensively examines LC³ technology from raw materials to engineering applications. The literature survey was primarily based on peer-reviewed publications indexed in the Web of Science, Scopus, and ScienceDirect databases. In addition, relevant standards (TS EN, ASTM, and RILEM), technical reports, and selected theses were incorporated to strengthen the technical background and complement application-oriented aspects of the review. The literature selection focused on studies addressing low-grade and alternative clay resources, characterization techniques, calcination processes, reactivity assessment, grinding strategies, performance evaluation, and engineering applications. The review first examines mineralogical and physical characteristics, reactivity, and characterization methods of low-grade and alternative clay resources. It then discusses grinding strategies for raw materials, industrial calcination processes, binder

bağlayıcıları ile üretilen betonların mekanik özellikleri ile dayanıklılık performansları birlikte ele alınmıştır. Son olarak LC³ bağlayıcılarının yüksek miktarda klinker gerektiren diğer mühendislik uygulamaları ve potansiyeli ortaya konmuştur. Bu kapsamda üç boyutlu yazdırılabilir betonlar (3BB), ince katmanlı ve genel amaçlı kâgir harçları, seramik yapııştırıcıları, karbon yakalama potansiyeli ve diğer güncel uygulama alanlarına ilişkin hususlar ele alınmıştır. Bu çalışma LC³ bağlayıcılarını yalnızca düşük karbon ayak izine sahip harman bir bağlayıcı sistemi olarak değil, aynı zamanda hammaddenin mühendislik esaslı yönetimi ile farklı uygulamadaki yapı malzemelerine uzanan bütünleşik bir malzeme teknolojisi olarak ortaya koymayı amaçlamıştır.

2. LC³ BAĞLAYICILARININ TEMEL BİLEŞENLERİ VE MALZEME TASARIMI

2.1 Kalsine Kil Üretiminde Kullanılabilecek Kil Kaynakları

Kalsine kil, LC³ harman çimentosunun temel bileşenini oluşturmaktadır ve LC³ bağlayıcılarının teknik performansı kadar endüstriyel uygulanabilirliğini de etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Buna bağlı olarak LC³'te kullanılacak kil kaynağının seçimi sadece mekanik ve dayanıklılık performans açısından değil aynı zamanda hammaddenin sürekliliği, üretimin maliyeti ve bölgesel uygulanabilirlik bakımından da önem arz etmektedir. LC³ alanında ilk çalışmalar, harman karışımların teknik potansiyelini ortaya koyabilmek amacıyla yüksek kaolinit içeriğine sahip rafine kaolin killerle gerçekleştirilmiştir (Cancio Díaz vd., 2017; (Cancio Díaz vd., 2017; Vizcaíno Andrés vd., 2015). Bu çalışmalar, LC³ bağlayıcılarının hidrasyon mekanizmasının ve performans sınırlarının belirlenmesinde önemli rol oynamıştır. Ancak yüksek kaolinit içeriğine sahip rafine kaolinlerle üretilen bu harman çimentoların hammadde açısından PÇ sektörü için küresel ölçekte sürdürülebilir olmadığı da zaman içerisinde görülmüştür. Yüksek kaliteli kaolin rezervleri PÇ sektörünün hammadde ihtiyacı dikkate alındığında birçok ülkede sınırlı haldedir (DPT-7, 1996). Bununla birlikte mevcut yüksek kaolinit içeriğine sahip rafine edilmiş kaolinler seramik, refrakter, kâğıt, boya ve polimer endüstrileri gibi farklı sektörlerde yoğun olarak talep görmektedir. Rafine kaolin elde etmek için hammaddelerin zenginleştirilmesi, kurutulması ve hazırlanması gerekmektedir. Bu işlemler ilave enerji, su ve işletme maliyetleri gerektirmektedir. Dolayısıyla son yıllarda LC³ araştırmaları, yüksek saflıkta kaolinlerin kullanımın ziyade yaygın rezervlere sahip daha düşük kaolinit içeren killer ile alternatif kil kaynaklarının değerlendirilmesine yönelmiştir (Altuntas vd., 2025a; Blouch vd., 2023; Cardinaud

design approaches, and durability-oriented performance assessment. Subsequently, the mechanical properties and durability performance of concrete produced with LC³ binders are comprehensively reviewed. Finally, the potential of LC³ binders for engineering applications that have traditionally relied on high-clinker cement systems is highlighted. In this context, three-dimensional printable concrete (3DPC), thin-bed and general-purpose masonry mortars, ceramic tile adhesives, carbon capture potential, and other emerging application areas are critically discussed. Overall, this review aims to present LC³ not only as a low-carbon blended binder system but also as an integrated material technology that encompasses engineering-based raw material management and extends to a broad spectrum of construction material applications.

2. RAW MATERIALS AND MATERIAL DESIGN OF LC³ BINDERS

2.1 Clay Resources for Calcined Clay Production

Calcined clay constitutes the principal reactive component of LC³ binders and is one of the most critical factors influencing not only their technical performance but also their industrial applicability. Accordingly, the selection of a suitable clay resource is important not only from the perspective of mechanical and durability performance but also in terms of raw material availability, production cost, and regional applicability. Early studies on LC³ technology were primarily conducted using highly refined kaolin clays with high kaolinite contents to demonstrate the technical potential of these blended cement systems (Cancio Díaz vd., 2017; Vizcaíno Andrés vd., 2015). These pioneering investigations played a fundamental role in establishing the hydration mechanisms and performance limits of LC³ binders. Over time, however, it became evident that blended cements produced from highly refined, kaolinite-rich kaolin clays are unlikely to provide a globally sustainable raw material solution for the Portland cement industry. High-quality kaolin reserves are limited in many countries, particularly when considered against the large-scale raw material demand of the cement industry (DPT-7, 1996). Furthermore, high-grade refined kaolin is extensively utilized by several industries, including ceramics, refractories, paper, paints, and polymers. The production of refined kaolin also requires beneficiation, drying, and processing of the raw material, resulting in additional energy consumption, water demand, and processing costs. Consequently, recent LC³ research has increasingly shifted from the use of high-purity kaolin toward naturally occurring clays with lower kaolinite contents, as well as alternative clay resources possessing broader geographical availability (Altuntas vd., 2025a; Blouch vd., 2023; Cardinaud vd., 2021). This approach reduces the dependence of LC³ technology on a limited

vd., 2021). Bu yaklaşım, LC³ bağlayıcılarının sadece belirli hammadde tiplerine bağımlılığını azaltmaktadır. Bu sayede, özellikle farklı coğrafyalarda bulunan yerel kaynakların değerlendirilerek PÇ üretimi için daha uygulanabilir hale getirilmesini mümkün olmaktadır.

Doğal kil kaynakları oluşum şekilleri, mineralojik bileşenleri ve jeolojik kaynağı bakımından geniş bir çeşitlilik göstermektedir. Yüksek kaolinit içeren killerin yanında özellikle son dönemde gerçekleştirilen çalışmalar, uygun hammadde karakterizasyonu ve bağlayıcı tasarımı ile farklı kil kaynaklarının da LC³ karışımlarında yer alabileceğini göstermektedir. Bu durum, hammadde seçiminde yalnızca yüksek kaolinit derecesini esas alan geleneksel yaklaşımın yerini hammaddenin bütüncül olarak değerlendirilmesine dayanan yeni bir yaklaşıma bıraktığını göstermektedir. Düşük kaolinit içeren doğal kil yataklarının yanında ikincil hammadde kaynakların da bulunabilirliği LC³ üretimi açısından giderek önem kazanmaktadır. Madencilik faaliyetleri sırasında oluşan kil içerikli ince taneli yapıya sahip yan ürünler, kaolin zenginleştirme sırasında arta kalan atıklar ve farklı cevher hazırlama süreçlerinden sonra ortaya çıkan malzemeler uygun ön işlemler sonrasında kalsine kil üretimi için uygun hale gelmeye aday ikincil hammaddelerdir. Benzer şekilde, İYA içerisinde seçici olarak ayrıştırılması halinde kullanılabilecek pişmiş kil içeren yapı malzemelerinden tuğla, kiremit ve seramik atıkları da döngüsel ekonomi yaklaşımı dikkate alındığında önemli alternatif hammadde kaynakları olarak değerlendirilebilir. Bu tip İYA bileşenlerinin kil kaynağı olarak değerlendirilmesi, doğal kaynak tüketimini azaltmanın yanında aynı zamanda yüksek hacimli atıkların katma değerli bağlayıcı bileşenlerine dönüştürülmesi içinde fırsat sağlayabilir. Bu derleme kapsamında, sözü edilen düşük kaolinit içeren doğal kil yataklarında bulunan killeri, madencilik faaliyetleri sırasında ortaya çıkan kil içerikli yan ürünler, kaolin üretilirken ortaya çıkan yan kil ürünleri, farklı cevher hazırlama süreçlerinden sonra ortaya çıkan malzemeler ve İYA içerisinde seçici olarak ayrıştırılması halinde kullanılabilecek pişmiş kil içeren yapı malzemeleri bu bölümden sonra "düşük kaliteli kil" olarak tanımlanacaktır. Bu kapsamda düşük kaliteli killeri; (i) zenginleştirme veya süzme işleminden geçirilmemiş, (ii) selektif madencilik uygulanmadan doğal yataktan elde edilmiş, (iii) herhangi bir kimyasal aktivasyon veya saflaştırma işlemine tabi tutulmamış ve (iv) ocak çıkışı maliyeti (ulaşım hariç) dökme klinker maliyetinin altında olan doğal kil kaynakları olarak dikkate alınmıştır. Burada yer alan düşük kaliteli kil tanımı, hammaddenin mühendislik performansını değil endüstriyel olarak hazırlık ihtiyacını ve ekonomik erişilebilirliğini ifade etmektedir. Özetle, kullanılan "düşük kaliteli" ifadesi hammaddenin teknik performansının yetersizliğini değil yüksek saflıkta rafine kaolinlerden farklı olarak endüstriyel ölçekte kullanılabilecek doğal ve düşük işlem maliyetli kil kaynaklarını kapsamaktadır.

Son yıllarda özellikle düşük kaliteli doğal killeri üzerine gerçekleştirilen çalışmalar, LC³ sistemlerinin geleceğinin daha

range of raw materials while enabling the utilization of locally available resources across different regions. As a result, LC³ binders can be adapted to regional raw material availability, thereby improving the technical, economic, and practical feasibility of low-carbon Portland cement production.

Natural clay resources exhibit considerable diversity in terms of their geological origin, formation processes, and mineralogical composition. In addition to kaolinite-rich clays, recent studies have demonstrated that, with appropriate raw material characterization and binder design, a wide variety of clay resources can be successfully incorporated into LC³ systems. This development indicates a shift away from the conventional approach, which primarily emphasizes high kaolinite content during raw material selection, toward a more holistic strategy based on the comprehensive evaluation of clay resources. Beyond natural clay deposits containing relatively low kaolinite contents, the utilization of secondary clay resources has become increasingly important for the production of calcined clays. Clay-rich fine-grained by-products generated during mining operations, residual clay fractions produced during kaolin beneficiation, and clay-bearing materials originating from various mineral processing operations represent promising secondary raw materials that can be utilized for calcined clay production following appropriate pretreatment. Similarly, when selectively separated from construction and demolition waste (CDW), fired clay products such as bricks, roof tiles, and ceramic waste may also serve as valuable alternative raw materials within the framework of a circular economy. The utilization of these CDW-derived materials as clay resources not only reduces the consumption of natural resources but also provides an effective route for converting large volumes of waste into value-added cementitious constituents. For the purposes of this review, the term "low-grade clays" refers collectively to clays obtained from natural low-kaolinite deposits, clay-rich by-products generated during mining operations, secondary clay fractions recovered during kaolin production, clay-bearing materials originating from mineral processing activities, and fired clay products that can be selectively recovered from construction and demolition waste. Within this review, low-grade clays are defined as clay resources that (i) have not undergone beneficiation or particle separation, (ii) are extracted directly from natural deposits without selective mining, (iii) have not been subjected to chemical activation or purification processes, and (iv) have a quarry-gate cost (excluding transportation) lower than that of bulk clinker. It should be emphasized that the term "low-grade" used throughout this review does not refer to the engineering performance or intrinsic quality of the raw material. Rather, it describes clay resources requiring minimal industrial processing and offering high economic accessibility. Accordingly, the designation "low-grade clay" encompasses naturally occurring, low-cost clay resources suitable for large-scale industrial utilization, distinguishing them from highly refined kaolin materials rather than implying inferior technical performance.

yüksek dereceli hammaddelerden çok mevcut hammaddelerin doğru değerlendirilmesine bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. Türkiye gibi farklı jeolojik oluşumların bir arada bulunduğu ülkelerde aynı bölge içerisinde dahi mineralojik farklılıklar gösteren kil kaynakları bulunmaktadır. Bu sebeple tek bir tip hammadde yaklaşımı yerine, yerel kaynakların sistematik olarak karakterize edilmesi ve uygun bağlayıcı tasarımı ile değerlendirilmesi daha gerçekçi ve sürdürülebilir bir çözüm ortaya koymaktadır. Bu gelişmeler, LC³ bağlayıcılarının geleceğinin mevcut hammadde potansiyelinin mühendislik esaslı değerlendirilmesine dayandığını ortaya koymaktadır. Bu yaklaşım, doğal ve ikincil kil kaynaklarının rezerv olarak sürekliliği, işlenebilirlik, kalsinasyon parametrelerine uygunluk ile mineralojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bütüncül olarak değerlendirilmesini içermektedir. Aşağıda Tablo 1’de LC³ bağlayıcılarında kullanılabilecek başlıca kil kaynaklarının karşılaştırmalı değerlendirilmesi sunulmuştur.

Recent studies, particularly those focusing on low-grade natural clays, indicate that the future of LC³ technology depends less on the availability of higher-grade raw materials than on the effective characterization and engineering-based utilization of existing clay resources. In countries such as Türkiye, where diverse geological formations coexist, clay deposits exhibiting significant mineralogical variations may occur even within the same geographical region. Therefore, rather than relying on a single raw material type, a more realistic and sustainable strategy is to systematically characterize locally available clay resources and incorporate them into appropriately designed LC³ binder systems. These developments highlight that the future advancement of LC³ technology relies on the engineering-based assessment of the existing raw material potential. Such an approach requires the comprehensive evaluation of natural and secondary clay resources with respect to reserve availability, processability, suitability for calcination, and their mineralogical, physical, and chemical characteristics. A comparative overview of the principal clay resources that can be utilized in LC³ binders is presented in Table 1.

Tablo 1. / Table 1: LC³ bağlayıcılarında kullanılabilecek başlıca kil kaynaklarının karşılaştırmalı teknik değerlendirmesi / Comparative technical evaluation of the principal clay resources suitable for LC³ binders.

Hammadde Grubu <i>Raw Material Group</i>	Başlıca Mineralojik Özellik <i>Principal Mineralogical Characteristics</i>	LC ³ Açısından Temel Avantaj <i>Primary Advantages For LC³</i>	Başlıca Sınırlamalar <i>Main Limitations</i>	Tasarım Açısından Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar <i>Key Considerations For Binder Design</i>
Yüksek kaliteli rafine kaolin <i>High-grade refined kaolin</i>	Yüksek kaolinit içeriği, düşük safsızlık <i>High kaolinite content with low impurity levels</i>	Yüksek puzolanik reaktivite, referans hammadde <i>High pozzolanic reactivity; benchmark raw material</i>	Sınırlı rezerv, yüksek maliyet, farklı sektörlerden talep <i>Limited reserves, high cost, and competition from other industries</i>	Referans değerlerinin geliştirilmesi ve temel mekanizmalar için gereklidir. <i>Essential for establishing reference performance and fundamental reaction mechanisms.</i>
Düşük kaliteli doğal killer <i>Low-grade natural clays</i>	Kaolinit ile birlikte illit, smektit, klorit ve kuvars gibi mineraller içerebilir <i>May contain kaolinite together with illite, smectite, chlorite, and quartz</i>	Yaygın rezerv, düşük maliyet, yerel kaynakların kullanılabilmesi <i>Abundant reserves, low cost, and suitability for utilizing local resources</i>	Mineralojik heterojenlik, değişken performans <i>Mineralogical heterogeneity and variable performance</i>	Kaolinit içeriği tek başına yeterli değildir. (Blouch vd., 2023) <i>Kaolinite content alone should not be used as the sole selection criterion. (Blouch vd., 2023).</i>
Kaolin zenginleştirme yan ürünleri <i>Kaolin beneficiation by-products</i>	İnce taneli, değişken mineralojik yapı <i>Fine-grained materials with variable mineralogical composition</i>	Mevcut atık ürünün değerlendirilmesi ve düşük çevresel etki <i>Valorization of existing by-products with reduced environmental impact</i>	Orta seviyede değişken kimyasal kompozisyon <i>Moderate variability in chemical composition</i>	Kimyasal ve mineralojik uygunluk doğrulanmalıdır. (Silva vd., 2024) <i>Chemical and mineralogical suitability should be verified before use. (Silva vd., 2024)</i>

Ham madde Grubu <i>Raw Material Group</i>	Başlıca Mineralojik Özellik <i>Principal Mineralogical Characteristics</i>	LC ³ Açısından Temel Avantaj <i>Primary Advantages For LC³</i>	Başlıca Sınırlamalar <i>Main Limitations</i>	Tasarım Açısından Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar <i>Key Considerations For Binder Design</i>
Madencilik yan ürünleri <i>Mining by-products</i>	Cevher kökenine bağlı olarak değişkenlik <i>Mineralogical composition varies depending on the parent ore</i>	Atık azaltımı, döngüsel ekonomi, bölgesel erişilebilirlik <i>Waste reduction, circular economy, and regional availability</i>	Yüksek heterojenlik ve safsızlık riski <i>High heterogeneity and potential impurity content</i>	Ön karakterizasyon ve uygun kalsinasyon stratejisi kritiktir. (Altuntas vd., 2025b). <i>Comprehensive characterization and appropriate calcination strategies are essential. (Altuntas vd., 2025b).</i>
İnşaat ve yıkıntı atıkları (tuğla, kiremit, seramik vb.) <i>Construction and demolition waste (bricks, roof tiles, ceramics, etc.)</i>	Pişmiş kil esaslı fazlar <i>Fired clay-based phases</i>	Atık geri kazanımı, doğal kaynak tüketiminin azaltılması <i>Waste valorization and reduced consumption of natural resources</i>	Kaynağa bağlı değişkenlik, ayrıştırma ihtiyacı <i>Source-dependent variability and the need for selective separation</i>	Ön işleme ve kalite kontrol süreçleri ile tamamlayıcı bağlayıcı olarak değerlendirilebilir. (Altuntas vd., 2025a). <i>Can be utilized as supplementary binder constituents following appropriate pretreatment and quality control. (Altuntas vd., 2025a).</i>

2.2 Kil Mineralojisinin ve Fiziksel Özelliklerinin LC³ Bağlayıcı Tasarımındaki Rolü

Kalsine kilin LC³ karışımlarındaki performansı sadece mineralojik bileşimle değil aynı zamanda fiziksel özellikleriyle birlikte oluşturduğu etkiye bağlıdır. LC³'ün sinerjisi gereği konu ile ilgili başat çalışmalarda ham madde seçimi büyük ölçüde kaolinit içeriğine dayandırılmıştır. Bu durumun temel nedeni, kaolinitin kalsinasyon sırasında yüksek pozolanik aktiviteye sahip metakaoline dönüşmesiyle portlandit tüketimi, ilave C-(A)-S-H oluşumu ve karboalüminat fazları oluşturmaktır. Bununla birlikte killer benzer kaolinit oranına sahip olsalar bile bu killerin diğer bileşenleri olan illit, smektit, muskovit, kuvars, feldspat gibi minerallerin miktarına bağlı olarak farklı kalsinasyon davranışı, hidrasyon kinetiği ve mühendislik performansı gösterebilmektedir. Öte yandan kaolinit, yüksek alümina içeriği ve dehidroksilasyon sonrasında oluşturduğu düzensiz amorf yapı nedeniyle en yüksek potansiyele sahip kil minerali olarak kabul edilebilir. İllit ve muskovit gibi 2:1 tabakalı minerallerin ise daha düşük reaktivite göstermelerine rağmen yeterli miktarda aktif faz oluşturabildikleri ve uygun bağlayıcı tasarımı ile olumlu katkı sağlayabildikleri bilinmektedir. Smektit grubu minerallerde yüksek özgül yüzey alanı ve su adsorpsiyon kapasiteleri özellikle taze hal davranışı üzerinde belirleyici olmaktadır. Kuvars ve feldspat gibi reaktif olmayan mineraller ise doğrudan pozolanik reaksiyona katılmasa da öğütme, tane

2.2 Kil Mineralojisinin ve Fiziksel Özelliklerinin LC³ Bağlayıcı Tasarımındaki Rolü

The performance of calcined clay in LC³ systems is governed not only by its mineralogical composition but also by the combined influence of its physical characteristics. Owing to the synergistic nature of LC³ binders, the selection of clay resources in the pioneering studies was largely based on their kaolinite content. This approach stems from the transformation of kaolinite into highly reactive metakaolin during calcination, which promotes portlandite consumption, the formation of additional C-(A)-S-H gel, and the development of carboaluminate phases. Nevertheless, even clays with similar kaolinite contents may exhibit markedly different calcination behaviour, hydration kinetics, and engineering performance depending on the proportions of accompanying minerals such as illite, smectite, muscovite, quartz, and feldspar. Among clay minerals, kaolinite is generally regarded as the most promising precursor for LC³ production because of its high alumina content and the highly disordered amorphous structure formed following dehydroxylation. In contrast, although 2:1 phyllosilicate minerals such as illite and muscovite generally exhibit lower intrinsic reactivity, they are capable of generating sufficient reactive phases during calcination and can make a positive contribution to binder performance when incorporated into appropriately designed LC³ systems. Smectite-group minerals, owing to their high specific surface area and water adsorption capacity, exert a particularly significant influence on the fresh-state behaviour

boyutu dağılımı (PSD) ve paketlenme özelliklerini etkileyerek dolaylı olarak bağlayıcı performansını değiştirmektedir. Dolayısıyla uygun LC³ tasarımı, sadece yüksek reaktif mineral oranına ulaşmaktan ziyade mineralojik bileşimin bütüncül etkisini değerlendirmeyi gerektirmektedir.

Son yıllarda özellikle Türkiye'de düşük kaliteli killere üzerine gerçekleştirilen çalışmalar, mineralojik bileşimin fiziksel özelliklerden bağımsız değerlendirilemeyeceğini göstermiştir (Altuntas vd., 2025a, 2025b). Aynı kil grubu içerisinde yer alan hammaddeler arasında sertlik, plastisite, tane morfolojisi ve viskozite davranışı açısından önemli farklılıklar kaydedilmiştir. Bu farklılıkların öğütme verimi, süperakışkanlaştırıcı ihtiyacı, işlenebilirlik ve dolayısıyla LC³ karışımlarının genel olarak taze hal özellikleri üzerinde doğrudan etkili olduğu görülmüştür. Özellikle plastisite indisinin, tane inceliğinden bağımsız olarak yayılma ve su ihtiyacını önemli ölçüde etkileyebildiği gösterilmiştir (Altuntas vd., 2025a, 2025b). Daha yüksek plastisiteye sahip killerde karışım viskozitesinin arttığı buna karşılık plastisite göstermeyen veya düşük plastisiteli kil kaynaklarının akmaya karşı daha düşük iç direnç sergileyerek elverişli işlenebilirlik sağladığı rapor edilmiştir (Altuntas vd., 2025a, 2025b). Benzer şekilde, hammaddenin sertlik derecesi de yalnızca enerji tüketimini etkileyen bir parametre değildir ve öğütme stratejisinin belirlenmesinde temel değişkenlerden biridir. Farklı sertlik derecelerine sahip kil, kireçtaşı ve alçı bileşenlerinin birlikte öğütülmesi durumunda istenmeyen tane boyutu dağılımları (PSD) oluşabilmektedir. Bu nedenle hibrit veya kontrollü öğütme yaklaşımları daha homojen bağlayıcı üretimi açısından avantaj sağlamaktadır. Bu durum, LC³ bağlayıcı tasarımında daha çok mineralojik bileşimin dikkate alınmasının yeterli olmadığını ortaya koymaktadır. Güncel yaklaşımın hammadde seçiminde mineralojik yapı ile birlikte plastisite, sertlik, tane boyutu dağılımı (PSD), morfoloji ve diğer fiziksel özelliklerin de eş zamanlı olarak değerlendirilmesini gerektirmektedir. Başka bir ifadeyle, mineraloji hammaddenin teorik reaktivite potansiyelini tanımlarken fiziksel özellikler bu potansiyelin üretim sürecinde ne ölçüde yararlanabileceğini belirlemektedir. Bu çerçevede güvenilir bir hammadde seçiminde, mineralojik ve fiziksel özelliklerin birbirinden bağımsız halde değil birbirini tamamlayan tasarım parametreleri olarak dikkate alınmasını gerektirmektedir. Bu anlamda killere ait mineralojik ve diğer fiziksel özelliklerin LC³ tasarımındaki etkilerini göstermek amacıyla Tablo 2 ve Tablo 3 sunulmuştur.

of LC³ mixtures. Conversely, non-reactive minerals such as quartz and feldspar do not directly participate in pozzolanic reactions; however, they can indirectly influence binder performance by affecting grinding efficiency, particle-size distribution (PSD), and particle packing characteristics. Therefore, the successful design of LC³ binders should not be based solely on maximizing the proportion of highly reactive minerals but should instead consider the combined effects of the entire mineralogical assemblage.

Recent studies, particularly those conducted on low-grade clays in Türkiye, have demonstrated that the influence of mineralogical composition cannot be evaluated independently of the physical characteristics of the raw material (Altuntas vd., 2025a, 2025b). Significant differences in hardness, plasticity, particle morphology, and rheological behaviour have been reported among raw materials belonging to the same clay group. These variations have been shown to directly affect grinding efficiency, superplasticizer demand, workability, and, consequently, the overall fresh-state properties of LC³ mixtures. In particular, the plasticity index has been demonstrated to exert a substantial influence on flowability and water demand, independently of particle fineness. (Altuntas vd., 2025a, 2025b). Higher-plasticity clays have been reported to increase the viscosity of fresh mixtures, whereas non-plastic or low-plasticity clay resources offer lower resistance to flow and consequently improve the workability of LC³ mixtures. (Altuntas vd., 2025a, 2025b). Similarly, the hardness of raw material is not merely a parameter affecting energy consumption but also one of the key variables governing the selection of an appropriate grinding strategy. When clay, limestone, and gypsum with different hardness levels are ground together, undesirable particle-size distributions may develop. Consequently, hybrid or controlled grinding approaches offer advantages in producing more homogeneous LC³ binders. These findings demonstrate that considering only mineralogical composition is insufficient for the rational design of LC³ binders. Current approaches to raw material selection require the simultaneous evaluation of mineralogical composition together with physical characteristics, including plasticity, hardness, particle-size distribution, particle morphology, and other relevant physical properties. In other words, whereas mineralogy defines the theoretical reactivity potential of a raw material, its physical characteristics determine the extent to which this potential can be effectively utilized during processing and binder production. Therefore, reliable raw material selection should be based on the integrated assessment of mineralogical and physical characteristics, which should be regarded as complementary design parameters rather than independent variables. To illustrate the influence of mineralogical and physical characteristics on LC³ binder design, Tables 2 and 3 summarize the principal effects of these properties.

Tablo 2. / Table 2.: LC³ bağlayıcı tasarımında başlıca kil minerallerinin ve eşlik eden diğer minerallerin teknik etkileri /
Technical roles of the principal clay minerals and associated mineral phases in LC³ binder design

Mineral/Faz Raw Material Group	Temel Etki Principal Mineralogical Characteristics	Değerlendirme Primary Advantages For LC ³
Kaolinit <i>Kaolinite</i>	Karboalüminat oluşumu ve erken yaş dayanımını için katkı sağlar. <i>Promotes carboaluminate formation and contributes to early-age strength development.</i>	En önemli reaktif fazdır ancak tek başına yeterli seçim kriteri değildir. (Zunino ve Scrivener, 2024). <i>The most important reactive phase; however, it should not be considered the sole criterion for raw material selection. (Zunino ve Scrivener, 2024).</i>
İllit <i>Illite</i>	Kaolinite göre daha düşük dehidroksilasyon ve reaktivite gösterir. Uygun kalsinasyon ve karışım tasarımı ile bağlayıcı performansına katkı sağlayabilir. <i>Exhibits lower dehydroxylation and reactivity than kaolinite. Can contribute to binder performance when appropriate calcination and mixture design are employed.</i>	Düşük kaliteli killerde yaygın olarak bulunur. Olumsuz değerlendirilmemelidir. (Fernandez vd., 2011). <i>Commonly found in low-grade clays and should not be regarded as inherently detrimental. (Fernandez vd., 2011).</i>
Smektit <i>Smectite</i>	Yüksek su adsorpsiyonu ve şişme eğilimi nedeniyle su ihtiyacını, plastisiteyi ve reolojik davranışı belirgin şekilde etkiler. <i>Significantly influences water demand, plasticity, and rheological behaviour owing to its high-water adsorption capacity and swelling tendency.</i>	Taze hal özellikleri açısından dikkatle değerlendirilmelidir. (Fernandez vd., 2011). <i>Requires careful consideration because of its pronounced influence on fresh-state properties. (Fernandez vd., 2011).</i>
Muskovit <i>Muscovite</i>	Sınırlı pozolanik katkıya sahiptir ve yüksek miktarlarda bulunması aktif faz oranını azaltır. <i>Provides limited pozzolanic contribution, and high contents reduce the proportion of reactive phases.</i>	Tek başına kritik değildir ancak diğer minerallerle birlikte değerlendirilmelidir. (Altuntas vd., 2025a). <i>Not critical by itself but should be evaluated together with the overall mineralogical composition. (Altuntas vd., 2025a).</i>
Klorit <i>Chlorite</i>	Kalsinasyon davranışını ve termal bozunumu etkileyebilir. Düşük pozolanik katkıya sahiptir. <i>May influence calcination behaviour and thermal decomposition. Provides limited pozzolanic contribution.</i>	Optimum kalsinasyon sıcaklığının belirlenmesinde dikkate alınmalıdır. (Hosen & Chen, 2025). <i>Should be considered when determining the optimum calcination temperature. (Hosen & Chen, 2025).</i>
Kuars <i>Quartz</i>	Pozolanik reaksiyona katılmaz. Öğütme davranışı, tane boyutu dağılımı (PSD) ve paketlenme yoğunluğu üzerinde etkilidir. <i>Does not participate in pozzolanic reactions. Influences grinding behaviour, particle-size distribution, and particle packing.</i>	İnert faz olmasına rağmen bağlayıcı tasarımını dolaylı olarak etkiler. (Blouch vd., 2023). <i>Although inert, it indirectly affects binder design through its influence on physical characteristics. (Blouch vd., 2023).</i>
Feldspatlar (Albit, Ortoklaz vb.) <i>Feldspars (albite, orthoclase, etc.)</i>	Genellikle düşük reaktivite gösterir; alüminosilikat iskeleti yapıları nedeniyle sınırlı katkı sağlar. <i>Generally exhibit low reactivity and provide only limited contribution because of their stable aluminosilicate framework.</i>	Yüksek miktarlarda bulunması aktif kil fazını seyreltici etkiye sahiptir. (Altuntas vd., 2025b). <i>High contents dilute the proportion of reactive clay phases. (Altuntas vd., 2025b).</i>
Kalsit <i>Calcite</i>	LC ³ sisteminde kireçtaşı ile birlikte karboalüminat oluşumuna katkı sağlayabilir. Doğal kilde yüksek miktarda ise aktif fazı azaltır. <i>May contribute to carboaluminate formation together with limestone in LC³ systems. High contents in natural clays reduce the reactive phase fraction.</i>	LC ³ 'ün diğer bileşeni olan kireçtaşı miktarıyla birlikte değerlendirilmelidir. (Hosen ve Chen, 2025). <i>Should be evaluated together with the limestone content incorporated into the LC³ binder. (Hosen ve Chen, 2025).</i>

Dolomit <i>Dolomite</i>	Aktif fazı seyreltici etkiye sahiptir. Mg içeriği nedeniyle hidrasyon ürünlerini dolaylı yoldan etkileyebilir. <i>Dilutes the reactive phase fraction and may indirectly influence hydration products because of its magnesium content.</i>	Yüksek miktarda ise bağlayıcı tasarımında dikkate alınmalıdır. (Demiral vd., 2026). <i>High contents should be taken into account during binder design. (Demiral vd., 2026).</i>
Hematit / Götit <i>Hematite / Goethite</i>	Demir oksit fazları renk ve kimyasal bileşimi etkiler. <i>Iron oxide phases mainly influence colour and chemical composition.</i>	Kimyasal kompozisyonun bir parçasıdır ancak puzolanik katkısı ihmal edilebilir. (Altuntas vd., 2025b). <i>Contribute to the overall chemical composition, whereas their pozzolanic contribution is negligible. (Altuntas vd., 2025b).</i>
Amorf faz (kalsinasyon sonrası) <i>Amorphous phase (after calcination)</i>	LC ³ sistemindeki puzolanik aktivitenin temel kaynağıdır. <i>Primary source of pozzolanic activity in LC³ systems.</i>	Reaktivite derecesi, oluşan aktif faza bağlıdır. (Scrivener vd., 2019). <i>Reactivity depends on the quantity and characteristics of the amorphous reactive phase formed during calcination. (Scrivener vd., 2019).</i>

Tablo 3. / Table 3.: LC³ bağlayıcı tasarımında fiziksel özelliklerin etkileri /
Influence of physical characteristics on LC³ binder design

Fiziksel Özellik <i>Physical Characteristic</i>	LC ³ Üzerindeki Etkisi <i>Influence on LC³ Binders</i>	Tasarım Açısından Önemi <i>Importance For Binder Design</i>
Plastisite <i>Plasticity</i>	Su ihtiyacı, viskozite, işlenebilirlik ve öğütülebilirlik <i>Water demand, viscosity, workability, and grindability</i>	Çok yüksek <i>Very high</i>
Sertlik <i>Hardness</i>	Öğütme stratejisi, enerji tüketimi ve PSD <i>Grinding strategy, energy consumption, and particle-size distribution (PSD)</i>	Çok yüksek <i>Very high</i>
Tane morfolojisi <i>Particle morphology</i>	Paketlenme ve akışkanlık <i>Particle packing and flowability</i>	Yüksek <i>High</i>
PSD <i>PSD</i>	Reaktivite ve dolgu etkisi <i>Reactivity and filler effect</i>	Çok yüksek <i>Very high</i>

Not: LC³ bağlayıcı tasarımında hammadde seçimi yalnızca kaolinit miktarına bağlı hammadde seçiminden ziyade aynı zamanda reaktif ve inert mineral fazların birlikte değerlendirilmesi ve bunlara eşlik eden plastisite, sertlik, tane boyutu dağılımı (PSD) ve morfoloji gibi fiziksel özelliklerle bir arada ele alınması gerektirir.

Note: Raw material selection for LC³ binder design should not be based solely on kaolinite content from raw material selection but should instead consider the combined influence of reactive and inert mineral phases together with physical characteristics, including plasticity, hardness, particle-size distribution (PSD), and particle morphology.

2.3 LC³ Bağlayıcılarında Reaktivitenin Değerlendirilmesi

Kalsine killerin reaktivitesi bir önceki bölümde bahsedilen hammadde seçiminin LC³ bağlayıcılarında kullanım potansiyelini belirleyen temel ölçütlerden biridir. Bununla birlikte, LC³ karışımlarında değerlendirilen mühendislik performansı yalnızca puzolanik reaksiyona indirgenmemelidir. Kalsine kilin reaktif alüminosilikat fazları portlanditi tüketerek C-(A)-S-H oluşumunu desteklemekte ve kalsine kil ve kireçtaşı parçacıkları dolgu ve çekirdeklenme etkileriyle klinker hidrasyonu için elverişli bir ortam sağlamaktadır. Ayrıca kalsine kilden reaktif alümina ile kireçtaşındaki karbonat, hemikarboalüminat ve monokarboalüminat gibi karboalüminat fazlarını oluşturarak ilave hidrasyon ürünleri sağlamaktadır. Özetle LC³ bağlayıcılarının dayanım ve mikroyapı gelişimi, puzolanik reaksiyon, fiziksel dolgu ve çekirdeklenme etkisi ile kireçtaşı/alümina sinerjisinin bir fonksiyonu durumundadır. Buna bağlı olarak tasarım sırasında, kalsine kilin bireysel reaktivitesi ile LC³ bağlayıcısı içerisindeki katkısı birbirinden ayrılmalıdır. Bireysel reaktivite, kalsine kilin kontrollü bir ortam içerisinde çözünme ve reaksiyon ürünü oluşturma kapasitesidir. LC³ bağlayıcısı olarak ise bu potansiyelin klinker, kireçtaşı, sülfat, su ve kimyasal katkıların bulunduğu ortamdaki karşılığıdır. Aynı kalsine kil, yüksek bireysel reaktivite göstermesine rağmen yüksek su ihtiyacı, uygun olmayan sülfat dengesi veya yetersiz portlandit içeriğiyle beklenen dayanım gelişimini göstermeyebilmektedir. Zira yaygın olarak bilinen R³ deneyi en yüksek reaktiviteyi gösteren kilin her zaman en yüksek ileri yaş dayanımını sağlayamadığını ve reaktivite ile performans ilişkisinin sistem koşullarına bağlı olduğunu işaret etmektedir (Avet vd., 2016).

Kalsine killerin bireysel puzolanik reaktivitesini değerlendiren yöntemlerin önemli bir bölümü portlandit tüketimine veya çözelti kimyasındaki değişime dayanmaktadır. Frattini yöntemi, çimento ve puzolan süspansiyonundaki Ca²⁺ ve OH⁻ iyonlarının kireç doygunluk eğrisine göre değişimini esas almaktadır. EN 196-5 standardı (TS EN 196-5, 2011) kapsamında kullanılan bu yaklaşım puzolanik davranışına ilişkin standartlaştırılmış bir uygunluk kriteridir. Puzolanik malzemelerin etkinliğinin belirlenmesi için geliştirilen Frattini yöntemi TS EN 196-5 gibi standartlardaki (TS EN 196-5, 2011), uygun uyarlamalarla kalsine killerin puzolanik davranışının değerlendirilmesinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak deneysel veriler, kullanılan çimentonun bileşimi, ikame oranı, incelik dağılımı ve test süresinden etkilenir. Chapelle ve modifiye Chapelle yöntemleri, belirli sıcaklık ve süre koşullarında sisteme bağlanan Ca(OH)₂ miktarını ölçerek puzolanik kapasiteyi nicel olarak belirlemektedir. Ancak bu noktada belirtilmelidir ki dikkate alınan yüksek

2.3 Assessment of Reactivity in LC³ Binders

The reactivity of calcined clays is one of the fundamental criteria determining the suitability of the raw materials discussed in the previous section for use in LC³ binders. However, the engineering performance of LC³ systems should not be interpreted solely in terms of pozzolanic reactivity. The reactive aluminosilicate phases in calcined clay consume portlandite and promote the formation of C-(A)-S-H gel, while calcined clay and limestone particles provide favourable conditions for clinker hydration through filler and nucleation effects. In addition, the reaction between the reactive alumina released from calcined clay and the carbonate supplied by limestone leads to the formation of carboaluminate phases, including hemikarboaluminate and monokarboaluminate, thereby generating additional hydration products. Overall, the strength development and microstructural evolution of LC³ binders result from the combined effects of pozzolanic reactions, filler and nucleation mechanisms, and the synergistic interaction between limestone and reactive alumina. Consequently, during material design, it is important to distinguish between the intrinsic reactivity of calcined clay and its contribution within the LC³ binder system. Intrinsic reactivity refers to the ability of calcined clay to dissolve and form reaction products under controlled conditions. In contrast, its performance within an LC³ binder reflects the extent to which this intrinsic potential is realized in the presence of clinker, limestone, sulfate, water, and chemical admixtures. Accordingly, a calcined clay exhibiting high intrinsic reactivity may not necessarily provide the expected strength development if the system is constrained by factors such as excessive water demand, an unsuitable sulfate balance, or insufficient portlandite availability. Indeed, the widely adopted R³ test has demonstrated that the calcined clay exhibiting the highest intrinsic reactivity does not always produce the highest later-age strength, indicating that the relationship between reactivity and engineering performance is strongly dependent on the conditions of the binder system. (Avet vd., 2016). A substantial proportion of the methods used to evaluate the intrinsic pozzolanic reactivity of calcined clays are based on either portlandite consumption or changes in pore solution chemistry. Among these, the Frattini test assesses the concentrations of Ca²⁺ and OH⁻ ions in a cement-pozzolan suspension relative to the lime solubility isotherm. Standardized under TS EN 196-5 (TS EN 196-5, 2011), this method provides a standardized criterion for assessing the pozzolanic behaviour of supplementary cementitious materials. The Frattini test, originally developed to assess the pozzolanic activity of supplementary cementitious materials and standardized in methods such as TS EN 196-5 (TS EN 196-5, 2011), has also been widely applied, with appropriate adaptations, to evaluate the pozzolanic behavior of calcined clays. However, the experimental results are strongly influenced by the composition of the cement, the replacement level, the particle size distribution (fineness), and the duration of the test. The Chapelle and modified Chapelle methods quantify pozzolanic capacity by measuring the amount of Ca(OH)₂ fixed under controlled temperature and reaction time conditions. However, it should be noted that the elevated temperature and artificial lime-rich environment employed in these tests do not directly represent the hydration conditions encountered in LC³ binder systems. Furthermore, several comparative studies

sıcaklık ve yapay kireç ortamı gerçek LC³ hidratasyon koşullarını doğrudan temsil etmemektedir. Ayrıca karşılaştırmalı bazı çalışmalar, Chapelle yönteminin laboratuvarlar arası tekrarlanabilirliğinin diğer yöntemlere göre daha düşük olabileceğini rapor etmişlerdir (Li vd., 2018). Öte yandan, doymuş kireç çözeltisi deneyleri, çözeltideki Ca²⁺ iyonunu izleyerek doğrudan puzolanik reaksiyon hakkında fikir sağlamaktadır. Benzer şekilde, elektriksel iletkenlik yöntemi, puzolan ilavesinden sonra doygun kireç çözeltisindeki iletkenliğin azalmasını dikkate almaktadır (Luxán vd., 1989). Bu yöntem düşük maliyetli ve hızlı ön tarama amacıyla yararlı olmakla birlikte iyon çözünmesi, yüzey adsorpsiyonu ve çökeltme mekanizmalarının tam olarak ayrılmasından dolayı için reaktivitenin nicel ve tek başına bir göstergesi olarak kullanılmamalıdır. Seçici çözünme (Si–Al çözünme) deneyleri dikkate alındığında, aktif fazlardan çözünen silisyum ve alüminyum miktarı belirlenerek hammaddenin kimyasal reaksiyon potansiyeli değerlendirilebilmektedir. Ancak kullanılan çözücü malzeme, pH, süre ve sıvı/katı oranı sonuçları etkileyen parametrelerdendir. Genel olarak ölçme yöntemleri değerlendirildiğinde, elektriksel iletkenlik, çözünme, Frattini ve Chapelle gibi yöntemlerin farklı fiziksel veya kimyasal süreçlere duyarlı olduğunu anlaşılmakta ve sonuçlarla doğrudan eşdeğer bir kabul ile hareket edilemeyeceği anlaşılmaktadır. Bu sınırlamalar, R³ (rapid, robust and relevant) deneyinin geliştirilmesinde ve uygulanmasında belirleyici nedenlerden olmuştur. R³ yöntemi, kalsine kil veya diğer TÇM'yi portlandit, alkali, sülfat ve karbonat içeren kontrollü bir sistemde reaksiyona sokarak açığa çıkan toplam ısıyı veya oluşan bağlı suyu ölçmektedir. Hammaddenin kimyasal reaktivitesi ile standart harç dayanımı arasında güçlü ilişkiler kuran ve bu kapsamda yürütülen laboratuvarlar arası çalışmalarda irdelenen bu yöntemin geniş bir TÇM grubunda uygulanabilirliğini doğrulamıştır (Londono-Zuluaga vd., 2022). R³ yöntemi, büyük ölçüde hammaddelerin kimyasal reaktivitesini kısa sürede karşılaştırma imkanı sağlamaktadır. Isı çıkışı reaksiyon kinetiğini, bağlı su ise oluşan hidratasyon ürünlerinin derecesini göstermektedir. Ancak yine de dikkat edilmelidir ki, R³ yöntemi gerçek LC³ bileşimini bütünüyle temsil etmemektedir. Klinkerin hidratasyonu, sülfat dengesi, su azaltıcı katkıları, işlenebilirlik ve tane paketlenmesi gibi etkileri dikkate almak mümkün olmamaktadır. Ancak güncel geniş veri setleri, R³ sonuçlarının genel olarak puzolanik eğilimleri başarılı şekilde ayırabildiğini ancak mineralojik ve fiziksel özelliklerle birlikte yorumlanmasının daha doğru olacağını işaret etmektedir.

Kalsine killerin bağlayıcı ortamdaki reaksiyon derecesinin değerlendirilmesinde izotermal kalorimetri, TG/DTG, XRD ve bağlı su ölçümleri birbirini tamamlayıcı nitelikte testler olarak görülmektedir (Zunino ve Scrivener, 2021). İzotermal kalorimetri testleri, klinker hidratasyonu, çekirdeklenme, alüminat reaksiyonları ve sülfat dengesinin sonucu

have reported that the Chapelle method may exhibit lower interlaboratory reproducibility than other commonly used reactivity assessment methods (Li vd., 2018). Saturated lime solution tests, on the other hand, provide a direct indication of pozzolanic reactivity by monitoring the concentration of Ca²⁺ ions in solution. Similarly, the electrical conductivity method evaluates the decrease in the electrical conductivity of a saturated lime solution following the addition of a pozzolanic material (Luxán vd., 1989). Although this method is inexpensive and suitable for rapid preliminary screening, it should not be used as a quantitative or standalone indicator of pozzolanic reactivity because it does not fully distinguish between ion dissolution, surface adsorption, and precipitation mechanisms. Likewise, selective dissolution (Si–Al dissolution) tests evaluate the chemical reaction potential of a raw material by quantifying the amounts of silicon and aluminum released from its reactive phases. However, the results are strongly influenced by experimental parameters, including the type of solvent, pH, reaction time, and liquid-to-solid ratio. Overall, these reactivity assessment methods differ in the physical and chemical processes to which they are sensitive. Consequently, the results obtained from electrical conductivity, selective dissolution, Frattini, and Chapelle tests should not be regarded as directly equivalent or interpreted interchangeably. These limitations were among the principal motivations for the development and adoption of the R³ (Rapid, Robust, and Relevant) test. The R³ method evaluates the reactivity of calcined clays or other supplementary cementitious materials (SCMs) by reacting them in a controlled system containing portlandite, alkalis, sulfate, and carbonate, and subsequently measuring either the cumulative heat release or the amount of chemically bound water formed. Numerous studies have demonstrated strong correlations between the chemical reactivity measured by the R³ method and the strength development of standardized mortar specimens. Furthermore, interlaboratory investigations have confirmed the applicability and robustness of the method across a wide range of SCMs (Londono-Zuluaga vd., 2022). The R³ method provides an efficient means of comparing the intrinsic chemical reactivity of raw materials within a relatively short testing period. Heat release reflects the kinetics of the reaction, whereas chemically bound water indicates the extent of hydration product formation. Nevertheless, it should be recognized that the R³ test does not fully reproduce the complexity of an actual LC³ binder system. Factors such as clinker hydration, sulfate balance, chemical admixtures, workability, and particle packing are not explicitly represented. Recent studies based on extensive experimental datasets have nevertheless demonstrated that R³ results provide a reliable indication of the relative pozzolanic reactivity of calcined clays. However, these results should be interpreted in conjunction with the mineralogical composition and physical characteristics of the raw material to achieve a comprehensive assessment of its suitability for LC³ binder applications.

To evaluate the extent of reaction of calcined clays within binder systems, techniques such as isothermal calorimetry, thermogravimetric analysis (TG/DTG), X-ray diffraction (XRD), and chemically bound water measurements are generally regarded as complementary characterization methods (Zunino ve Scrivener, 2021). Isothermal calorimetry provides valuable insight into heat evolution and reaction kinetics

olan ısı gelişimini ve reaksiyon kinetiğini incelemeye yardımcı olmaktadır ve sadece pozvolanik reaksiyonla ilişkili değildir. Öte yandan, TG/DTG testleri ile portlandit miktarının izlenmesi, kalsine kilin Ca(OH)_2 tüketimini doğrulamak için en güçlü yöntem olarak görülebilir. Ancak kaydedilen düşük portlandit miktarı her zaman daha yüksek LC^3 performansı anlamına gelmemektedir. Karışımda oluşan portlandit miktarı, klinker hidrasyon derecesi, karbonatlaşma ve karboalüminat oluşumu da sonucu etkileyen parametreler arasındadır. XRD/Rietveld analizi portlandit azalmasının yanında etrenjit, monosülfat, hemikarboalüminat ve monokarboalüminat gibi kristalin fazlara yönelik değişimi gösterirken, C-(A)-S-H ürünleri gibi amorf veya yarı amorf ürünlerin sınırlı ölçüde ölçülmesi sebebiyle termoanalitik yöntemlerle beraber kullanılmalıdır. Dayanım aktivite indeksi (SAI) ve basınç dayanımı gelişimi dikkate alındığında, hammaddenin bireysel reaktivitesi değil, bağlayıcı sistemindeki toplam mühendislik performansı elde edilmektedir. Sonuçlar, pozvolanik reaksiyonun yanı sıra çimento reaktivitesi, incelik, dolgu ve çekirdeklenme etkileri, kireçtaşı ve alümina etkileşimi, su ihtiyacı ve kür koşullarından da etkilenmektedir. Bu nedenle SAI, uygulamaya yakın doğrulama aracı olmakla birlikte doğrudan reaktivite testi olarak değerlendirilmemelidir. Tablo 4 kalsine kil ve LC^3 bağlayıcılarında kullanılabilecek değerlendirme yöntemlerini detayları ile özetlemektedir.

arising from clinker hydration, nucleation effects, aluminate reactions, and sulfate balance, and therefore does not exclusively reflect the pozzolanic reaction. In contrast, monitoring the portlandite content by thermogravimetric analysis (TG/DTG) is widely regarded as one of the most reliable approaches for verifying the consumption of Ca(OH)_2 by calcined clays. Nevertheless, a lower portlandite content does not necessarily indicate superior performance of the LC^3 binder system. The amount of portlandite formed depends not only on pozzolanic consumption but also on the degree of clinker hydration, carbonation, and the formation of carboaluminate phases. X-ray diffraction coupled with Rietveld refinement (XRD/Rietveld) enables the identification of changes in crystalline phases, including portlandite, ettringite, monosulfate, hemikarboaluminate, and monokarboaluminate. However, because amorphous or poorly crystalline hydration products, such as C-(A)-S-H, can only be quantified to a limited extent, XRD/Rietveld should be used in conjunction with thermoanalytical techniques. When considering the strength activity index (SAI) and compressive strength development, the measured response reflects the overall engineering performance of the binder system rather than the intrinsic reactivity of the raw material. The results are influenced not only by the pozzolanic reaction but also by cement hydration, particle fineness, filler and nucleation effects, limestone-alumina interactions, water demand, and curing conditions. Therefore, although the SAI provides a valuable validation tool under application-relevant conditions, it should not be regarded as a direct measure of pozzolanic reactivity. Table 4 summarizes the principal methods available for evaluating calcined clays and LC^3 binders, together with their characteristics, advantages, and limitations.

Tablo 4. / Table 4.: LC^3 bağlayıcılarında kullanılan reaktivite değerlendirme yöntemleri / Comparison of reactivity assessment methods for LC^3 binders

Yöntem Method	Gösterge Primary Indicator	Ölçüm yeri Assessment Level	Amacı Primary Purpose	Sınırlamalar Main Limitations
R^3 (ısı açığa çıkışı) R^3 (heat release)	Kümülatif reaksiyon ısısı Cumulative heat release	Hammadde Raw material	Reaktivite taraması Reactivity screening	LC^3 koşullarını bütünüyle temsil edemez (Londono-Zuluaga vd., 2022) Does not fully reproduce the conditions of an LC^3 binder system (Londono-Zuluaga vd., 2022)
R^3 (bağlı su) R^3 (bound water)	Karışımın su bağlama kapasitesi Chemically bound water	Hammadde Raw material	Reaksiyon ürünü kapasitesi Assessment of hydration product formation potential	Kurutma ve ölçüm koşullarına hassastır (Scrivener vd., 2018). Sensitive to drying and measurement conditions (Scrivener vd., 2018).
Chapelle ve modifiye Chapelle Chapelle and modified Chapelle	İndirgenen Ca(OH)_2 miktarı Ca(OH)_2 consumption	Hammadde Raw material	Puzolanik kapasitenin nicelleştirilmesi Quantification of pozzolanic capacity	Oluşturulan yüksek sıcaklıklar gerçek sistemi temsil edemez (Blouch vd., 2025). Elevated-temperature test conditions do not fully represent actual LC^3 hydration (Blouch vd., 2025).

Yöntem Method	Gösterge Primary Indicator	Ölçüm yeri Assessment Level	Amacı Primary Purpose	Sınırlamalar Main Limitations
Frattini ve EN 196-5 <i>Frattini and EN 196-5</i>	Çözeltildeki Ca^{2+} ve OH^- miktarı <i>Ca^{2+} and OH^- concentrations in solution</i>	Çimento/puzolan karışımı <i>Cement-pozzolan mixture</i>	Puzolan derecesi ve standart uygunluğu <i>Assessment of pozzolanicity and compliance with the standard</i>	Çimento bileşimi, inceliği ve deney süresinden etkilenir (Scrivener vd., 2018). <i>Influenced by cement composition, fineness, and test duration (Scrivener vd., 2018).</i>
Doymuş kireç yöntemi <i>Saturated lime solution test</i>	Çözeltildeki Ca^{2+} miktarı <i>Ca^{2+} concentration in solution</i>	Ham madde <i>Raw material</i>	Portlandite reaksiyon potansiyeli <i>Evaluation of the reaction potential with portlandite</i>	Çözelti koşullarına ve kinetiğe bağlıdır (Maravelaki vd., 2025) <i>Dependent on solution conditions and reaction kinetics (Maravelaki vd., 2025)</i>
Luxán iletkenlik yöntemi <i>Luxán electrical conductivity test</i>	Elektriksel iletkenlikteki değişim <i>Change in electrical conductivity</i>	Ham madde <i>Raw material</i>	Hızlı ön eleme <i>Rapid preliminary screening</i>	Çözünme ve çökeltme etkilerini ölçemez (Luxán vd., 1989). <i>Cannot distinguish dissolution and precipitation processes (Luxán vd., 1989).</i>
Seçici çözünme <i>Selective dissolution</i>	Reaktif Si ve Al <i>Reactive Si and Al</i>	Ham madde <i>Raw material</i>	Aktif alüminosilikat fazın tahmini <i>Estimation of the reactive aluminosilicate fraction</i>	Kullanılan çözücüye ve deney koşullarına duyarlıdır (Izadifar vd., 2026). <i>Sensitive to the solvent and testing conditions (Izadifar vd., 2026).</i>
İzotermal kalorimetri <i>Isothermal calorimetry</i>	Isı gelişimi ve reaksiyon kinetiği <i>Heat evolution and reaction kinetics</i>	Bağlayıcı sistemi <i>Binder system</i>	Hidratasyon gelişimi <i>Evaluation of hydration development</i>	Puzolanik reaksiyonları tam olarak ayırt edemez (Li vd., 2018). <i>Cannot completely distinguish pozzolanic reactions from other hydration processes (Li vd., 2018).</i>
TG/DTG <i>TG/DTG</i>	Portlandit ve bağlı su oranı <i>Portlandite content and chemically bound water</i>	Bağlayıcı sistemi <i>Binder system</i>	Puzolanik derecenin belirlenmesi <i>Assessment of the extent of pozzolanic reaction</i>	Karbonatlaşma ve başlangıçtaki CH miktarından etkilenir (Li vd., 2018). <i>Influenced by carbonation and the initial portlandite content (Li vd., 2018).</i>
XRD/Rietveld <i>XRD/Rietveld</i>	Kristalin fazların miktarı <i>Quantities of crystalline phases</i>	Bağlayıcı sistemi <i>Binder system</i>	CH, AFt/AFm ve karboalüminatların izlenmesi <i>Monitoring of CH, AFt/AFm, and carboaluminate phases</i>	Amorf hidratasyon ürünlerine duyarlı değildir (Li vd., 2018). <i>Limited sensitivity to amorphous hydration products (Li vd., 2018).</i>
FTIR <i>FTIR</i>	Bağ ve fonksiyonel grup değişimleri <i>Changes in chemical bonds and functional groups</i>	Ham madde / bağlayıcı <i>Raw material / binder system</i>	Yapısal bozunma doğrulaması <i>Verification of structural changes</i>	Tek başına nicel değerlendirme sınırlıdır (Altuntas vd., 2025b). <i>Limited quantitative capability when used alone (Altuntas vd., 2025b).</i>
Dayanım aktivite indeksi <i>Strength Activity Index (SAI)</i>	Mekanik performans <i>Mechanical performance</i>	Karışım <i>Mixture</i>	Nihai doğrulaması <i>Validation of overall engineering performance</i>	Reaktivite, dolgu ve karakteristik ürünleri birbirinden ayırmaz (Altuntas vd., 2025a). <i>Does not distinguish the contributions of reactivity, filler effects, and hydration products (Altuntas vd., 2025a)</i>

2.4 Kil Plastisitesinin LC³ Bağlayıcı Tasarımındaki Rolü

LC³ bağlayıcılarının geliştirilmesine yönelik araştırmaların çoğu, hammaddenin mineralojik yapısı, kimyasal bileşim, pozolanik reaktivite ve hidrasyon mekanizmaları üzerine yoğunlaşmıştır. Buna karşılık, kilin fiziksel özelliklerinden biri olan plastisite derecesi genellikle yalnızca jeoloji veya seramik uygulamaları kapsamında değerlendirilmiştir (Spagnoli vd., 2018). Ancak LC³ bağlayıcı tasarımındaki rolü ise sınırlı sayıda çalışmada ele alınmıştır (Altuntas vd., 2025a 2025b). Oysa plastisite, kil hammaddesinin yalnızca şekil değiştirme kabiliyetini ifade eden bir özellik değildir ve öğütme davranışı, su ihtiyacı, reolojik özellikler, işlenebilirlik ve dolaylı olarak bağlayıcı performansını etkileyen temel mühendislik parametrelerinden biri olarak dikkate alınmalıdır. Bu sebeple plastisite derecesi, LC³ sistemlerinde yalnızca hammadde sınıflandırmasında bir indeks olarak değil aynı zamanda hammaddenin uygulanabilirliğini değerlendiren fiziksel bir parametre olarak dikkate alınmalıdır.

Kil minerallerinin plastisite davranışı daha çok mineralojik yapıları ve su ile etkileşim mekanizmalarına dayanmaktadır. Kaolinit, illit ve smektit gibi kil tipleri farklı tabakalı kristal yapıları, özgül yüzey alanları ve katyon değişim kapasiteleri nedeniyle farklı plastisite dereceleri göstermektedir. Ancak LC³ bağlayıcıları açısından plastisiteyi belirleyen temel unsur yalnızca mineral türü ile sınırlı değildir. Tane boyutu dağılımı (PSD), doğal topaklanma derecesi, özgül yüzey alanı ve kalsinasyon öncesindeki fiziksel yapı da plastisite davranışını önemli ölçüde belirlemektedir. Bu durumda plastisite, mineralojik karakterizasyonu tamamlayan bütüncül bir fiziksel özellik olarak karşımıza çıkmaktadır. Kalsinasyon işlemi sırasında kil minerallerinde oluşan dehidroksilasyon ve kristal yapıdaki bozulma pozolanik reaktivitenin yanında aynı zamanda plastisite davranışını da önemli ölçüde değiştirmektedir. Son yıllarda farklı kil türleri üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar, kalsinasyon sıcaklığının artmasıyla birlikte plastisite indeksinin azaldığını ancak belirli sıcaklık aralıklarında pozolanik aktivitenin arttığını göstermektedir (Ghulam Qayoom, 2026). Ancak optimum sıcaklığın üzerindeki sıcaklıklarda plastisite azalmaya devam etse de meydana gelen tane irileşmesi, topaklaşma ve özgül yüzey alanındaki azalma pozolanik performansı yeniden azaltmaktadır. Bu durum, plastisite değişiminin tek başına reaktivite göstergesi olmadığını gösterse de diğer fiziksel ve kimyasal parametrelerle birlikte değerlendirildiğinde kalsinasyon sürecinin izlenmesi için pratik bir yol sunmaktadır (Ghulam Qayoom, 2026).

Plastisite ile öğütme davranışı arasındaki ilişki de LC³ üretimi veya kalsine kilin kullanılabileceği diğer uygulamalar içinde oldukça dikkat çekicidir. Yüksek plastisiteye sahip killer, öğütme sırasında daha fazla aglomerasyon eğilimi göstermektedir. Buna bağlı olarak aynı inceliğe ulaşabilmek için daha yüksek enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Buna

2.4 The Role of Clay Plasticity in LC³ Binder Design

Most studies aimed at the development of LC³ binders have focused on the mineralogical characteristics, chemical composition, pozzolanic reactivity, and hydration mechanisms of the raw clay. In contrast, clay plasticity, one of the key physical characteristics of clay materials, has generally been considered only in the context of geological or ceramic applications. (Spagnoli vd., 2018). However, its role in LC³ binder design has been addressed in only a limited number of studies. (Altuntas vd., 2025a 2025b). However, plasticity is not merely a property that describes the deformability of clay raw materials; it should also be regarded as one of the fundamental engineering parameters influencing grinding behavior, water demand, rheological properties, workability, and, indirectly, binder performance. Therefore, the degree of plasticity should be considered not only as an index for raw material classification in LC³ systems but also as a physical parameter for evaluating the applicability of the raw material.

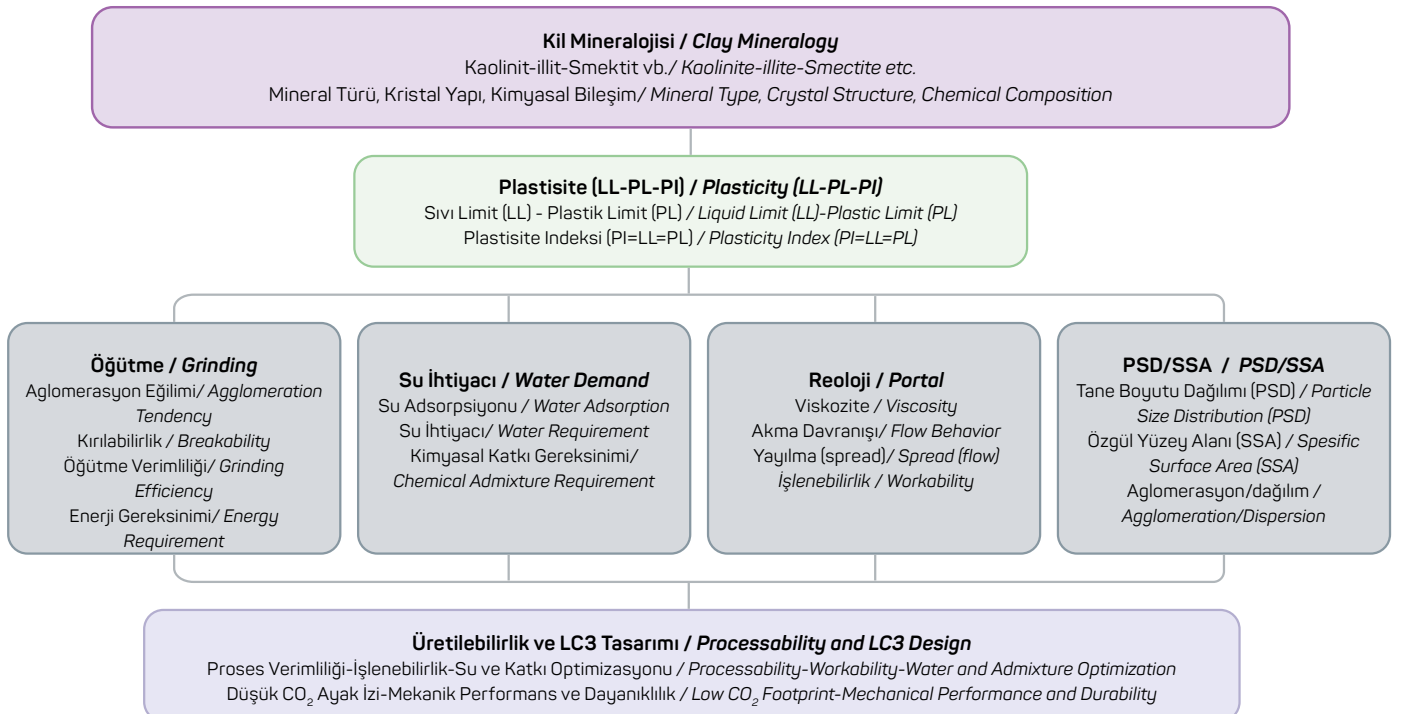
The plastic behavior of clay minerals is primarily governed by their mineralogical structures and their mechanisms of interaction with water. Clay minerals such as kaolinite, illite, and smectite exhibit different degrees of plasticity owing to differences in their layered crystal structures, specific surface areas, and cation exchange capacities. However, in the context of LC³ binders, the factors governing plasticity are not limited solely to the mineral type. Particle-size distribution, the degree of natural agglomeration, specific surface area, and the physical structure prior to calcination also play significant roles in determining plastic behavior. Accordingly, plasticity should be regarded as an integrated physical characteristic that complements mineralogical characterization. During calcination, dehydroxylation and the disruption of the crystal structure of clay minerals not only enhance pozzolanic reactivity but also substantially modify their plastic behavior. Recent studies on different clay types have shown that the plasticity index decreases with increasing calcination temperature, whereas pozzolanic activity increases within specific temperature ranges. (Ghulam Qayoom, 2026). However, at temperatures above the optimum calcination range, although the plasticity index continues to decrease, particle coarsening, agglomeration, and the reduction in specific surface area lead to a decline in pozzolanic performance. This indicates that changes in plasticity alone cannot be regarded as an indicator of reactivity. Nevertheless, when evaluated together with other physical and chemical parameters, plasticity provides a practical means of monitoring the calcination process. (Ghulam Qayoom, 2026).

The relationship between plasticity and grinding behavior is also of considerable importance in LC³ production and other applications involving calcined clays. Clays with high plasticity exhibit a greater tendency to agglomerate during grinding. Consequently, higher energy input is required to achieve the same level of fineness. In contrast, as

karşılık killerin plastik limitleri azaldıkça parçacıkların kırılması da kolaylaşmakta ve daha dengeli bir tane boyutu dağılımı (PSD) elde edilebilmektedir. Bu nedenle killerin plastisite özelliği yalnızca taze hal davranışını değil aynı zamanda öğütme stratejilerinin belirlenmesini de etkileyen dolaylı bir üretim parametresi haline gelmektedir. Plastisitenin bir diğer önemli etkisi karışımların reolojik davranışında ortaya çıkmaktadır. Yüksek plastisiteye sahip killer daha fazla su adsorpsiyonuna bağlı olarak viskoziteyi arttırmakta ve işlenebilirliği olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Buna bağlı olarak su ve kimyasal katkı ihtiyacı artmaktadır. Buna karşılık düşük plastisiteye sahip kalsine killer benzer tane inceliğinde daha düşük su ihtiyacı ve daha uygun yayılma performansı sağlamaktadır (Altuntas vd., 2025a 2025b). Sözü edilen bu bulgular, plastisite özelliğinin LC³ sistemlerinde reaktifliği belirleyen bir özellikten daha çok hammaddenin üretilebilirliğini ve uygulanabilirliğini belirleyen bir gösterge olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle Atterberg limitleri ile hesaplanan plastisite indeksinin, tane boyutu dağılımı (PSD), özgül yüzey alanı ve termo-analitik verilerle dikkate alınması farklı tür kil kaynaklarının pratik bir şekilde ön değerlendirilmesine olanak sağlayabilir. Özetle, ileri düzey mineralojik ve kimyasal testler tamamlanmadan önce hammaddenin işlemlerine ilişkin önemli bilgiler elde edilmektedir. Bu yaklaşım, plastisite derecesini yalnızca jeoteknik sınıflandırmada kullanılan bir özellik olmaktan ziyade LC³ bağlayıcı tasarımında hammaddenin mühendislik esaslı değerlendirilmesini destekleyen bir tasarım parametresi haline getirmektedir. Şekil 1 killere ait plastisite özelliklerinin LC³ bağlayıcı tasarımındaki çok yönlü etkisini sınıflandırmaktadır.

the plastic limit of clays decreases, particle breakage becomes easier, resulting in a more uniform particle-size distribution. Therefore, the plasticity of clays should be regarded not only as a property influencing fresh-state behavior but also as an indirect processing parameter affecting the selection of grinding strategies. Another important consequence of plasticity is its influence on the rheological behavior of mixtures. Clays with high plasticity increase viscosity owing to their greater water adsorption capacity, thereby adversely affecting workability. As a result, higher water demand and increased dosages of chemical admixtures are often required. In contrast, calcined clays with lower plasticity provide lower water demand and improved flowability at comparable particle fineness. (Altuntas vd., 2025a 2025b). These findings indicate that within LC³ systems, plasticity should be regarded less as a parameter governing reactivity and more as an indicator of the processability and applicability of the raw material. In particular, the plasticity index determined from the Atterberg limits, when considered together with particle-size distribution, specific surface area, and thermoanalytical data may provide a practical approach for the preliminary evaluation of different clay resources. In summary, valuable information regarding the processability of the raw material can be obtained before conducting advanced mineralogical and chemical characterization. This approach transforms the degree of plasticity from a property used solely for geotechnical classification into a design parameter that supports the engineering-based evaluation of raw materials for LC³ binder design. Figure 1 illustrates the multifaceted influence of clay plasticity on LC³ binder design.

Şekil 1. / Figure 1.: Killere ait plastisite özelliklerinin bağlayıcı tasarımındaki çok yönlü etkisi / Interrelationships between clay plasticity and LC³ binder design



2.5 Öğütme Stratejileri ve Tane Boyutu Mühendisliği

Öğütme işlemi, kalsine kil üretiminde hammaddenin reaktivitesini, işlenebilirliğini ve bağlayıcı performansını doğrudan etkileyen temel işlemlerden biridir. Kalsine kilin pozolanik reaksiyonu büyük ölçüde çözünmeye açık yüzey alanına bağlıdır (Vizcaíno Andrés vd., 2015). Dolayısıyla tane boyutu dağılımı (PSD) ve özgül yüzey alanı (SSA) reaktivite açısından çok önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, LC³ bağlayıcılarında öğütme sadece en yüksek inceliğe ulaşmak amacıyla yapılmamalıdır. Öğütme daha çok mineralojik yapı, plastisite, tane morfolojisi, hedeflenen bağlayıcı performansı ve enerji tüketimi birlikte dikkate alınarak yönetilmesi gereken bir tasarım parametresidir. Öğütme davranışı, hammaddenin mineralojik yapısı kadar fiziksel karakteristiklerinden de etkilenmektedir. Özellikle plastisite derecesi yüksek olan killer, öğütme sırasında daha fazla topaklanma eğilimi gösterebilmektedir ve aynı inceliğe ulaşabilmek için daha yüksek enerji gerekmektedir. Buna karşılık plastisitesi derecesi daha düşük killer daha kolay parçalanabilmekte ve daha dengeli bir tane boyutu dağılımı (PSD) elde edilmesinde daha avantajlı olmaktadır. Bu nedenle, öğütme işleminin belirlenmesinde yalnızca mineralojik yapı ile değerlendirme yapılmamalı aynı zamanda 2.4 Bölümünde tartışıldığı üzere plastisite derecelerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Özellikle Atterberg limitlerinden elde edilen plastisite indeksinin, öğütülebilirlik ve öğütme veriminin öngörülmesinde pratik bir gösterge olarak kullanılabileceği düşünülmektedir. (Altuntas vd., 2025a, 2025b).

LC³ karışımlarında öğütmenin bir diğer önemli amacı, kalsine kil ile diğer bağlayıcı bileşenleri arasında uygun parçacık boyutu dağılımını sağlamaktır. İnce kalsine kil parçacıkları çözünme hızını arttırmanın yanında dolgu ve çekirdeklenme etkileriyle klinker hidratasyonunu hızlandırmakta ve erken yaş performansına ilave katkı sağlamaktadır (Vizcaíno Andrés vd., 2015). Bunun yanında uygun bir tane boyut dağılımı (PSD), parçacık paketlenmesini iyileştirerek boşluk hacmini azaltmaktadır ve homojen bir mikroyapı oluşumuna katkıda bulunmaktadır. Ancak gereğinden fazla ince öğütme, yüksek su ihtiyacı, artan viskozite ve enerji tüketimi gibi durumlarla yakından ilişkilidir ve öğütme optimizasyonunda en yüksek incelikten daha çok hedeflenen bağlayıcı performansını sağlayacak uygun bir dağılım oluşturulmalıdır. Endüstriyel ölçekte kullanılan öğütme stratejileri birlikte öğütme (intergrinding), ayrı öğütme (separate grinding) ve kademeli veya hibrit öğütme yaklaşımları olarak sınıflandırılmaktadır. Birlikte öğütme düşük yatırım ve işletme maliyeti nedeniyle tercih edilmektedir ancak sertlikleri farklı olan bileşenlerde istenilen tane boyutu dağılımını (PSD) elde etmek zorluklar

2.5 Grinding Strategies and Particle Size Engineering

Grinding is one of the key processing steps in the production of calcined clays, directly influencing the reactivity, processability, and performance of the resulting binder. The pozzolanic reaction of calcined clays is largely governed by the surface area available for dissolution. (Vizcaíno Andrés vd., 2015). Therefore, particle-size distribution (PSD) and specific surface area (SSA) play critical roles in determining reactivity. Nevertheless, grinding in LC³ binder systems should not be performed solely to achieve the highest possible fineness. Rather, it should be regarded as a design parameter that must be optimized by considering the mineralogical characteristics, plasticity, particle morphology, targeted binder performance, and energy consumption. Grinding behavior is influenced not only by the mineralogical characteristics of the raw material but also by its physical properties. In particular, highly plastic clays exhibit a greater tendency to agglomerate during grinding, requiring higher energy input to achieve a given level of fineness. In contrast, clays with lower plasticity are more readily fragmented and facilitate the attainment of a more uniform particle-size distribution. Therefore, the design of the grinding process should not rely solely on mineralogical characterization but should also take into account the degree of plasticity, as discussed in Section 2.4. In particular, the plasticity index derived from the Atterberg limits may serve as a practical indicator for predicting grindability and grinding efficiency (Altuntas vd., 2025a, 2025b).

Another important objective of grinding in LC³ binder systems is to achieve an appropriate particle-size distribution among calcined clay and the other binder constituents. In addition to increasing the dissolution rate, finely ground calcined clay particles accelerate clinker hydration through filler and nucleation effects, thereby providing additional benefits to early-age performance. (Vizcaíno Andrés vd., 2015). In addition, an appropriate particle-size distribution improves particle packing, thereby reducing pore volume and contributing to the development of a more homogeneous microstructure. However, excessive grinding is closely associated with increased water demand, higher viscosity, and greater energy consumption. Therefore, grinding optimization should focus not on achieving the highest possible fineness but on establishing a particle-size distribution that delivers the desired binder performance. Industrial grinding strategies are generally classified into intergrinding, separate grinding, and staged (hybrid) grinding. Intergrinding is widely preferred because of its lower capital and operating costs; however, achieving the desired particle-size distribution becomes challenging when the constituent materials differ

meydana getirmektedir. Buna karşılık ayrı öğütme tekniği her bileşenin bağımsız olarak uygun inceliğe ulaştırılmasına olanak sağlamasına rağmen ilave enerji tüketimini meydana getirmektedir (Tablo 5). Son yıllarda özellikle farklı sertlik ve plastisiteye sahip doğal ve alternatif kil kaynaklarının değerlendirildiği LC³ içeren çalışmalarda hammaddelerin hedef incelikteki öğütme sürelerine göre belirlenen hibrit öğütme tekniğinin pratik ve verimli bir yol olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Altuntas vd., 2025b, 2025a).

significantly in hardness. In contrast, separate grinding allows each component to be ground independently to its optimum fineness, although this approach requires additional energy (Table 5). In recent years, several studies on LC³ systems incorporating natural and alternative clay resources with different hardness and plasticity characteristics have demonstrated that hybrid grinding strategies in which the grinding time of each raw material is adjusted to achieve the target fineness, provide a practical and efficient solution. (Altuntas vd., 2025b, 2025a).

Tablo 5. / Table 5.: LC³ bağlayıcılarında kullanılan başlıca öğütme stratejileri /
Overview of reactivity assessment methods for LC³ binders

Öğütme Stratejisi <i>Grinding Strategy</i>	Temel Avantajı <i>Primary Advantage</i>	Başlıca Sınırlaması <i>Main Limitation</i>	Değerlendirme <i>Applicability</i>
Birlikte öğütme (Intergrinding) <i>Intergrinding</i>	Düşük yatırım ve işletme maliyeti, basit işlem <i>Lower capital and operating costs; simple processing</i>	Farklı sertliğe sahip bileşenlerde PSD kontrolü sınırlı <i>Limited control of particle-size distribution (PSD) for constituents with different hardness</i>	Mineralojik ve fiziksel özellikleri benzer hammaddelerde uygulanabilir. (Altuntas vd., 2025a). <i>Suitable for raw materials with similar mineralogical and physical characteristics (Altuntas vd., 2025a).</i>
Ayrı öğütme (Separate grinding) <i>Separate grinding</i>	Her bileşen için bağımsız PSD ve incelik optimizasyonu <i>Independent optimization of PSD and fineness for each constituent</i>	İlave enerji tüketimi ve işletme karmaşıklığı <i>Higher energy consumption and greater operational complexity</i>	Çok farklı sertlik, plastisite ve öğütülebilirliğe sahip hammaddeler için daha uygundur. (Hanein vd., 2022). <i>More suitable for raw materials with substantially different hardness, plasticity, and grindability (Hanein vd., 2022).</i>
Kademeli / hibrit öğütme <i>Staged (hybrid) grinding</i>	İşletme esnekliği ve hedef PSD'nin kontrolü <i>Greater operational flexibility and improved control of the target PSD</i>	Hammaddelere yönelik detaylı fizibilite gerektirir. <i>Requires detailed feasibility assessment of the raw materials</i>	Farklı sertlik, plastisite ve öğütülebilirliğe sahip hammaddeler için uygundur. (Hanein vd., 2022). <i>Suitable for raw materials with different hardness, plasticity, and grindability (Hanein vd., 2022).</i>

3. LC³ KARIŞIMLARINDA ANALİTİK KARAKTERİZASYON VE MEKANİZMA DOĞRULAMASI

LC³ karışımlarında analitik karakterizasyonun temel amacı sadece hammaddenin veya hidrasyon ürünlerinin tanımlanmasından ziyade, bağlayıcı tasarımı sırasında öngörülen reaksiyon mekanizmalarının doğrulanması ve performans gelişiminin hangi mekanizmalar tarafından meydana geldiğinin ortaya konulmasıdır. LC³ bağlayıcı sisteminde mekanik ve dayanıklılık özellikleri tek bir reaksiyon mekanizmasının sonucu olarak meydana gelmemektedir. Pozolanik reaksiyon, fiziksel dolgu (filler etkisi) ve kalsine kil-kireçtaşı etkileşimi sonucu gelişen karboalüminat oluşumunun birlikte etkisiyle reaksiyon mekanizmaları oluşmaktadır. Bu çerçevede herhangi bir analitik yöntemin tek başına kullanılması genellikle yetersiz kalmaktadır ve farklı analitik testlerden elde edilen verilerin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. LC³ karışımlarında en temel doğrulanması gereken mekanizmalardan biri pozolanik reaksiyondur. Kalsine kilde bulunan reaktif alüminosilikat fazların portlandit ürünleri ile reaksiyona girmesi sonucu yeni C-(A)-S-H fazlarının meydana gelmesi karışımların dayanım ve mikroyapı gelişimlerine önemli katkı vermektedir. Bu mekanizmanın doğrulanmasında termoanalitik yöntemlerle gerçekleştirilen portlandit tüketiminin izlenmesi yaygın olarak takip edilen bir yöntemdir. TG/DTG analizleriyle portlandit ürün miktarındaki değişim nicel olarak değerlendirilebilmektedir ve hidrasyon nedeniyle oluşan bağlı su miktarı da reaksiyon derecesini karşılaştırmalı göstermektedir. Bununla birlikte portlandit miktarındaki azalma tek başına pozolanik reaksiyonun derecesini göstermemektedir. Bununla birlikte karbonatlaşma ve karışımlardaki portlandit kaynağını oluşturan klinker miktarı dikkate alındığında termoanalitik bulguların XRD, kalorimetri vb. tamamlayıcı analizlerle birlikte ele alınması gerekmektedir.

LC³ karışımlarının en önemli özelliklerinden biri, kireçtaşı ilavesinin yalnızca dolgu malzemesi değil aynı zamanda hemikarboalüminat ve monokarboalüminat gibi kararlı hidrasyon ürünlerini de sağlamasıdır. Bu nedenle LC³ performansının değerlendirilmesinde karboalüminat oluşumunun doğrulanması büyük önem gerektirmektedir. Bu mekanizmanın ölçülmesinde XRD ve özellikle Rietveld kantitatif faz analizi temel bir yöntem olarak kullanılabilir. Ancak karboalüminat ürünlerinin derecesi, erken yaş hidrasyon gelişimi ve amorf faz miktarı ile birlikte ele alınmadığı sürece mekanizmanın tamamiyle açıklanması zordur. Bu kapsamda XRD verilerinin termoanalitik analizlerle desteklenmesi daha güvenilir yorum yapılmasına olanak sağlamaktadır. LC³ karışımlarında erken yaş dayanım gelişiminin önemli bir bölümü fiziksel dolgu ve çekirdeklenme etkileri ile oluşmaktadır. İnce kalsine kil ve kireçtaşı taneleri, hidrasyon ürünlerinin çekirdeklenmesini hızlandırmaktadır ve tane paketlenmesini geliştirerek boşluk

3. ANALYTICAL CHARACTERIZATION AND MECHANISTIC VALIDATION OF LC³ MIXTURES

The primary objective of analytical characterization in LC³ binder systems is not merely to identify the raw materials or hydration products, but rather to verify the reaction mechanisms anticipated during binder design and to elucidate the mechanisms responsible for performance development. The mechanical and durability properties of LC³ binder systems do not arise from a single reaction mechanism. Instead, they result from the combined effects of the pozzolanic reaction, the physical filler effect, and the formation of carboaluminate phases through the interaction between calcined clay and limestone. Consequently, the use of any single analytical technique is generally insufficient, and data obtained from complementary analytical methods should be interpreted collectively. One of the principal mechanisms that must be verified in LC³ binder systems is the pozzolanic reaction. The reaction of reactive aluminosilicate phases in calcined clay with portlandite leads to the formation of new C-(A)-S-H phases, which make a significant contribution to the strength development and microstructural refinement of the binder. Monitoring portlandite consumption using thermoanalytical techniques is one of the most widely adopted approaches for verifying this mechanism. TG/DTG analyses enable the quantitative determination of changes in portlandite content, while the amount of chemically bound water formed during hydration provides a comparative indication of the extent of reaction. Nevertheless, a reduction in portlandite content alone does not directly reflect the degree of the pozzolanic reaction. Since portlandite consumption is also influenced by carbonation and the amount of clinker, which serves as the primary source of portlandite in the mixture, thermoanalytical findings should be interpreted in conjunction with complementary techniques such as XRD and isothermal calorimetry.

One of the distinguishing characteristics of LC³ binder systems is that limestone functions not only as a filler but also as a source of stable hydration products, such as hemikarboaluminate and monokarboaluminate. Therefore, verifying the formation of carboaluminate phases is of fundamental importance when evaluating the performance of LC³ binders. X-ray diffraction (XRD), particularly when combined with quantitative Rietveld phase analysis, provides a primary method for assessing this mechanism. However, the role of carboaluminate formation cannot be fully understood unless it is interpreted together with the degree of early-age hydration and the amount of amorphous phases. Consequently, combining XRD with thermoanalytical techniques provides a more reliable basis for mechanistic interpretation. A substantial proportion of the early-age strength development in LC³ binder systems arises from filler and nucleation effects. Fine calcined

yapısını düzenlemektedir. Özellikle erken yaşlarda gözlenen dayanım gelişiminin ne kadarının pozolanik reaksiyondan ne kadarının ise dolgu ve çekirdeklenme etkisinden kaynaklandığını yalnızca mekanik deneylerle belirlemek doğru değildir. Buna bağlı olarak boşluk dağılımındaki değişimin cıva intrüzyon porozimetresi (MIP) ile incelenmesi ve mikro, meso ve makro boşluk değişiminin ortaya koyulması gerekmektedir. Bunun yanında her ne kadar nicel bir değerlendirme imkanı sunmasa da mikroyapı gelişimi ise SEM incelemeleri ile değerlendirilebileceği belirtilmelidir. SEM görüntüleri hidrasyon ürünlerinin morfolojisini, reaksiyona girmemiş parçacıkları ve arayüzey geçiş bölgesini (ITZ) izlemeye olanak vermektedir. Öte yandan SEM ile eş zamanlı olarak, EDS analizleri hidrasyon ürünlerinin elementel dağılımı hakkında bilgi sağlamaktadır. Analitik karakterizasyonun bir diğer amacı da kalsinasyon işleminin doğru bir şekilde gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğinin ortaya konmasıdır. Kil minerallerinde meydana gelen dehidroksilasyon sürecinin belirlenmesinde TG/DTG ve FTIR analizleri tamamlayıcı bilgiler sunmakla birlikte XRD analizleri kristalin fazlardaki dönüşümleri ortaya koymaktadır. Benzer şekilde aşırı kalsinasyon sonucu meydana gelebilecek sinterleşme ve reaktivite kayıplarının belirlenmesinde de mineralojik ve termoanalitik bulgular bir arada değerlendirilmelidir. Son yıllarda özellikle nükleer magnetik rezonans (NMR) analizleri, C-(A)-S-H jelindeki alüminyum koordinasyonu ve silikat zincirlerinin gelişiminin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bununla birlikte NMR analizleri yüksek maliyetli ve değerlendirme açısından ileri düzey karakterizasyon yöntemleri olduğundan genel LC³ çalışmalarında çoğunlukla XRD, TG/DTG ve SEM analizleri yer almaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, LC³ karışımlarında herhangi bir analitik yöntemin tek başına bir reaksiyon mekanizmasını temsil etmesi güçtür. Örneğin TG analizleri portlandit tüketimini nicel olarak ölçekte ancak karboalüminat oluşumunu doğrudan tanımlayamamaktadır. XRD kristalin fazlarını belirlemekte ancak amorf hidrasyon ürünlerinin izlenmesi sınırlıdır. Benzer şekilde MIP gözenek yapısındaki gelişimi ortaya çıkarırken bunun pozolanik reaksiyon veya dolgu etkisinin hangisinden kaynaklandığını tek başına ortaya koyamamaktadır. Bu nedenle güvenilir bir şekilde mekanizma yorumları farklı analitik tekniklerden elde edilen bulguların beraber ele alınması ile yapılmaktadır. Bu çerçevede analitik karakterizasyon, LC³ karışımlarında yalnızca deneysel doğrulama amacıyla uygulanan bağımsız analitik testlerin toplamı olarak görülmemelidir. Analitik testler, hammaddenin seçimi, kalsinasyonun doğrulanması, hidrasyon mekanizmalarının ortaya konması ve bağlayıcı performansının yorumlanmasını sağlayacak şekilde bütünlük olarak ele alınmalıdır.

clay and limestone particles accelerate the nucleation of hydration products while improving particle packing and refining the pore structure. Therefore, it is not appropriate to attribute the observed early-age strength development solely on the basis of mechanical test results, since the respective contributions of the pozzolanic reaction and filler and nucleation effects cannot be distinguished. Accordingly, changes in pore structure should be evaluated using mercury intrusion porosimetry (MIP) to characterize the evolution of micro-, meso-, and macropores. In addition, although scanning electron microscopy (SEM) does not provide quantitative measurements, it represents a valuable tool for assessing microstructural development. SEM enables the observation of the morphology of hydration products, unreacted particles, and the interfacial transition zone (ITZ). Furthermore, energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS), performed in conjunction with SEM, provides information on the elemental distribution within the hydration products. Another important objective of analytical characterization is to verify whether the calcination process has been properly carried out. TG/DTG and Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) provide complementary information for identifying the dehydroxylation of clay minerals, while XRD reveals the associated transformations of crystalline phases. Likewise, mineralogical and thermoanalytical results should be evaluated together to identify sintering and the loss of reactivity that may occur as a result of over-calcination. In recent years, nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy has increasingly been employed to investigate the aluminum coordination in C-(A)-S-H gels and the development of silicate chains. However, because NMR is a costly and advanced characterization technique requiring specialized interpretation, most LC³ studies continue to rely primarily on XRD, TG/DTG, and SEM analyses.

Overall, no single analytical technique is capable of fully representing an individual reaction mechanism in LC³ binder systems. For example, although TG analysis quantitatively measures portlandite consumption, it cannot directly identify the formation of carboaluminates phases. Likewise, XRD enables the identification of crystalline phases but has limited capability for monitoring amorphous hydration products. Similarly, while mercury intrusion porosimetry (MIP) reveals the evolution of pore structure, it cannot independently distinguish whether these changes arise from the pozzolanic reaction or from filler effects. Therefore, reliable mechanistic interpretations require the integrated evaluation of results obtained from multiple complementary analytical techniques. From this perspective, analytical characterization in LC³ binder systems should not be regarded merely as a collection of independent analytical tests performed for experimental verification. Rather, analytical techniques should be applied in an integrated manner to support raw material selection, verify the calcination process, elucidate hydration mechanisms, and interpret binder performance.

4. LC³ KARIŞIMLARINDA SÜLFAT DENGESİ

LC3 karışımlarında sülfat miktarı, silikat ve alüminat reaksiyonları arasındaki dengeyi kuran ve hidrasyon kinetiğini düzenleyerek taze hal davranışını doğrudan etkileyen temel bir karışım parametresidir (Silva vd., 2024). İnce taneli kalsine kilin yüksek özgül yüzey alanı ve içerdiği reaktif alümina, geleneksel PÇ'ye kıyasla sülfatın daha hızlı tükenmesine neden olmaktadır (Silva vd., 2024). Dolayısıyla LC³ karışımlarında PÇ için dikkate alınan sabit alçı oranlarının doğrudan benimsenmesi özellikle mineralojik bileşimi ve fiziksel özellikleri değişken düşük kaliteli killer dikkate alındığında güvenilir bir yaklaşım değildir. Sülfat miktarının kullanılan kilin reaktif alümina içeriği bilinerek amorf faz oranı, inceliği, yüzey özellikleri ve bünyesinde doğal olarak bulunan sülfat fazları dikkate alınarak yeniden düzenlenmesi gereklidir. Bilindiği gibi sülfatın esas rolü erken yaşlarda klinkerden kaynaklanan alüminatlarının reaksiyonunu kontrol ederek silikat hidrasyonunun sağlıklı bir şekilde ilerlemesini sağlamaktır. Yeterli sülfat bulunduğunda alüminat fazları etrenjit (AFt) oluşumu sayesinde geçici olarak kontrol altına alınmaktadır ve alitin hidrasyonu için uygun bir reaksiyon aralığı meydana gelmektedir. Sülfatın yetersiz olması durumunda ise alüminat reaksiyonları erken yaşta hızla oluşmaktadır. Bu durumda alüminat içeren ürünlerin silikat yüzeylerine adsorpsiyonu silikat hidrasyonunun gelişimini baskılamaktadır ve priz süreleri uygulama açısından kabul edilemeyecek düzeyde kısa hale gelmektedir. Bu durum izotermal kalorimetride değerlendirmelerinde, silikat ve alüminat piklerinin yeterince birbirinden ayıramadığı durumlarda dikkat edilmelidir. Ana silikat pikinin geniş hale gelmesi veya baskılanması ve buna bağlı olarak tükenen sülfat ile düzensiz ısı akışı oluşması sakıncalı bir tasarım durumu olarak kaydedilmelidir. Buna karşılık aşırı sülfat kullanımı da her zaman kararlı bir bağlayıcı tasarımı sağlamamaktadır. Temel olarak yüksek alçı miktarı ana hidrasyon pikini geciktirmektedir. Buna bağlı olarak erken yaş ısı açığa çıkışını azaltmakta ve alüminat fazlarını gereğinden uzun süre baskılamaktadır. Bunun yanında erken AFt oluşumu ve tane yüzeylerindeki sülfat adsorpsiyonu topaklanmayı artırarak standart kıvamdaki su ihtiyacını, akma direncini ve viskoziteyi yükseltmektedir. Ayrıca başlangıç ve priz sonu sürelerini çok uzatmaktadır. Dolayısıyla sülfat optimizasyonunda esas yaklaşım, silikat ve alüminat hidrasyonunu dengeleyen ve aynı zamanda uygulanabilir taze hal performansı sağlayan etkin sülfat düzeyini belirlemektir. Düşük kaliteli ve atık esaslı killer kullanıldığında bu denge daha da karmaşık hale gelmektedir. Kaolinit ve amorf faz miktarındaki değişimler reaktif alümina çıkışını ve buna bağlı olarak sülfat talebini değiştirmektedir. Kuvars, mika,

4. SULFATE BALANCE IN LC³ BINDERS

In LC3 binder systems, the sulfate content is a key mixture parameter that establishes the balance between silicate and aluminate reactions and directly influences fresh-state behavior by regulating hydration kinetics (Silva vd., 2024). The high specific surface area of finely ground calcined clay, together with its reactive alumina content, results in more rapid sulfate depletion than in conventional Portland cement (PC) systems (Silva vd., 2024). Therefore, directly adopting the fixed gypsum contents used in conventional Portland cement (PC) systems is not a reliable approach for LC³ binders, particularly when low-grade clays with variable mineralogical compositions and physical characteristics are used. Instead, the sulfate content should be optimized by considering the reactive alumina content of the clay together with its amorphous phase content, fineness, surface characteristics, and naturally occurring sulfate-bearing phases. As is well established, the primary role of sulfate is to regulate the early-age reaction of clinker aluminate phases, thereby allowing silicate hydration to proceed in a controlled manner. When sufficient sulfate is available, the aluminate phases are temporarily stabilized through the formation of ettringite (AFt), providing favorable conditions for alite hydration. In contrast, under sulfate-deficient conditions, aluminate reactions proceed rapidly at early ages. Consequently, the adsorption of aluminate-containing products onto silicate surfaces suppresses silicate hydration, resulting in setting times that may become unacceptably short for practical applications. This phenomenon should be carefully considered when interpreting isothermal calorimetry results, particularly when the silicate and aluminate reaction peaks cannot be clearly distinguished. Broadening or suppression of the main silicate peak, together with irregular heat-flow profiles associated with sulfate depletion, should be regarded as indicators of an undesirable binder design. Conversely, excessive sulfate addition does not necessarily result in a stable binder system. High gypsum contents generally delay the main hydration peak, thereby reducing early-age heat evolution and suppressing aluminate reactions for an unnecessarily prolonged period. Moreover, early AFt formation and sulfate adsorption on particle surfaces promote agglomeration, leading to increased water demand at standard consistency, higher yield stress, and greater viscosity. They also substantially prolong both the initial and final setting times. Therefore, the fundamental objective of sulfate optimization is to determine the effective sulfate level that balances silicate and aluminate hydration while simultaneously providing acceptable fresh-state performance. The optimization of sulfate balance becomes even more complex when low-grade and waste-derived clays are used. Variations in the contents of kaolinite and

feldispat, klorit ve demir içeren diğer fazlar hidrasyon kinetiğini doğrudan değiştirebilmektedir. Ayrıca killerin yüzey pürüzlülüğü, plastisitesi, sertliği ve tane boyutu dağılımı (PSD), sülfat adsorpsiyonu, su tutma kapasitesi ve topraklanma davranışında çok belirleyici olmaktadır. Atık tuğla gibi önceden ısıtılmış işlem görmüş kil kaynaklarında ise doğal olarak bulunan anhidrit gibi safsızlıklar da toplam sülfat dengesinde dikkate alınması gereken içsel bir sülfat kaynağı oluşturmaktadır. Bu nedenle toplam sülfat miktarı tek başına yeterli bir tasarım göstergesi olarak dikkate alınırken sülfatın mineralojik formu, çözünme hızı, inceliği ve bağlayıcı içerisindeki kullanılabilir alüminatlarla dengesi de değerlendirilmelidir.

Sülfat optimizasyonunda en yaygın yöntem izotermal kalorimetri testleri ile silikat ve alüminat piklerinin gözlemlenmesi ve ana hidrasyon pikinin zamanının ayarlanmasıdır. Bununla birlikte yalnızca kalorimetrik eğrilerle belirlenen sülfat miktarı, karışımın su ihtiyacı, priz davranışı veya reolojik uygulanabilirliği hakkında yeterli bir gösterge sağlayamamaktadır. Bu kapsamda daha güvenilir bir optimizasyon yaklaşımı olarak kalorimetri sonuçlarının standart kıvam ve Vicat priz süreleriyle ve tamamlayıcı reolojik ölçümlerle birlikte yorumlanması gerekmektedir. Kalorimetri hesapları hidrasyon reaksiyonlarının dengesini gösterirken, kıvam ve priz deneyleri bu dengenin uygulamadaki karşılığına işaret etmektedir. Öte yandan reolojik deneyler ise akma gerilmesi, plastik viskozite, topraklaşma ve yapısal toparlanma gibi parametrelerle güvenilir bir LC³ çimentosunu tasarlama şansı vermektedir. Böylece seçilen sülfat miktarı sadece reaksiyon kinetiği bakımından değil aynı zamanda üretim ve uygulama koşulları bakımından da doğrulanmaktadır.

5. LC³ KARIŞIMLARINDA ÇOK PARAMETRELİ DAYANIKLILIK VE UZUN DÖNEM PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ İHTİYACI

LC³ karışımlarının dayanıklılık performansı son yıllarda yoğun olarak araştırılmasına rağmen, çalışmaların büyük bölümü erken yaş dayanıklılık özellikleri veya tek bir taşıma parametresi üzerine odaklanmıştır (Barbhuiya vd., 2023). Buna karşılık, düşük klinkerli karışımlarda pozolanik reaksiyonların uzun süre devam etmesi, boşluk yapısının ilerleyen kür yaşıyla birlikte değişmesi ve karbonatlaşma ile hidrasyon mekanizmalarının birbirini etkilemesi sebebiyle uzun dönem performansın bir veya birkaç dayanıklılık deneyi ile açıklanması mümkün değildir. Özellikle

amorphous phases influence the release of reactive alumina and, consequently, the sulfate demand. In addition, quartz, mica, feldspar, chlorite, and other iron-bearing phases may directly affect hydration kinetics. Furthermore, the surface roughness, plasticity, hardness, and particle-size distribution of clays play important roles in sulfate adsorption, water retention, and agglomeration behavior. For thermally treated clay resources, such as waste bricks, naturally occurring impurities, including anhydrite, may also constitute an intrinsic source of sulfate that should be considered when establishing the overall sulfate balance. Therefore, the total sulfate content alone should not be regarded as a sufficient design parameter. The mineralogical form of sulfate, its dissolution rate, fineness, and its balance with the available aluminate phases in the binder system should also be taken into consideration.

The most widely adopted approach for sulfate optimization is to monitor the silicate and aluminate reaction peaks by means of isothermal calorimetry and to adjust the timing of the main hydration peak accordingly. However, the sulfate content determined solely from calorimetric curves does not provide sufficient information regarding the water demand, setting behavior, or rheological performance of the mixture. Therefore, a more reliable optimization strategy requires the interpretation of calorimetry results together with standard consistency, Vicat setting time, and complementary rheological measurements. While calorimetric analysis reflects the balance of hydration reactions, consistency and setting tests indicate how this balance is manifested under practical application conditions. Rheological measurements, in turn, provide additional information on parameters such as yield stress, plastic viscosity, agglomeration, and structural build-up, thereby enabling the design of a more robust LC³ binder system. Consequently, the selected sulfate content is validated not only in terms of reaction kinetics but also with respect to production and application performance.

5. THE NEED FOR MULTI-PARAMETER DURABILITY ASSESSMENT AND LONG-TERM PERFORMANCE EVALUATION OF LC³ BINDERS

Although the durability performance of LC³ binder systems has been extensively investigated in recent years, most studies have focused primarily on early-age durability characteristics or on a single transport-related parameter. (Barbhuiya vd., 2023). In contrast, the long-term performance of low-clinker binder systems cannot be adequately explained by one or a few durability tests alone, owing to the continued progression of pozzolanic reactions, the ongoing refinement of the pore structure with curing time, and the interaction between carbonation and hydration mechanisms. In

düşük kaliteli ve alternatif kil kaynaklarının kullanıldığı LC³ karışımlarında, mineralojik yapı, reaktivite ve hidrasyon ürünlerinin değişimi, dayanıklılık davranışını geleneksel (PÇ) karışımlarından farklı bir mekanizma ile şekillendirmektedir. Literatürde elde edilen sonuçlar, aynı zamanda mekanik dayanım ile uzun dönem dayanıklılık arasındaki ilişkinin her zaman doğrusal olmadığını göstermektedir (Canbek vd., 2022). Dolayısıyla uzun dönem servis performansının yalnızca uzun dönemli basınç dayanımı performansı üzerinden yorumlanması yanıltıcı olabilmektedir. Dayanım, yük taşıyan katı iskeletin gelişimini temsil etmektedir ve dayanıklılık performansı boşluk yapısı, iyon taşınımı, alkalilik rezervi ve hidrasyon ürünlerinin birlikte kontrol ettiği daha karmaşık mekanizmaların bir fonksiyonudur. Bu nedenle LC³ bağlayıcılarının uzun dönem performansının değerlendirilmesinde çok parametrelî doğrulama yaklaşımı benimsenmelidir. Karbonatlaşma derinliği, su taşınma mekanizmaları, termogravimetrik analizler ve mikroyapı karakterizasyonunun birlikte değerlendirilmesi, farklı düşük kaliteli kil kaynaklarının servis ömrü performansını güvenilir biçimde karşılaştırmayı mümkün kılmaktadır. Öte yandan önemle belirtilmelidir ki, uzun vadede LC³ karışımlarının yaygınlaşması sadece yeni bağlayıcıların geliştirilmesiyle değil aynı zamanda bu bağlayıcıların uzun dönem servis ömrünü erken yaşta güvenilir biçimde öngörebilen hızlı ve performans esaslı doğrulama yöntemlerinin geliştirilmesine de bağlıdır.

6. LC³ ÇİMENTOSU İLE ÜRETİLEN BETONLARIN MEKANİK VE ÇEVRESEL ETKİ ALTINDA PERFORMANS ESASLI DEĞERLENDİRİLMESİ

LC³ çimentoları son yıllarda önemli gelişmeler göstermiş ve TS EN 197-5 (TSE, 2021) ile TS EN 197-6 (TSE, 2023) standartlarında tanımlanan yeni kompoze çimento sınıfları sayesinde daha yüksek klinker ikame oranları ile düşük kaliteli doğal killerin ve İYA'dan elde edilen kil kaynaklarının PÇ çimento üretiminde kullanılabilmesinin önü açılmıştır. TS EN 197-5 (TSE, 2021), belirli bileşim koşullarını sağlayan kalsine kil-kireçtaşı içeren çimento türlerine olanak tanımaktadır. TS EN 197-6 (TSE, 2023) ise geri dönüştürülmüş inşaat yıkıntı atıklarını içeren kompoze çimentoları kapsayarak alternatif mineral bileşenlerin çimento üretiminde değerlendirilmesine yönelik önemli bir standart gelişmesi olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, bağlayıcı düzeyindeki bu standardizasyonun beton ölçeğine aynı ölçüde yansımadağı görülmektedir. Günümüzde LC³ bağlayıcılarının üretimi standart düzeylerinde tanımlanabilmesine rağmen bu bağlayıcılarla üretilen betonların performans esaslı tasarımına yönelik

particular, in LC³ binder systems incorporating low-grade and alternative clay resources, changes in mineralogical characteristics, reactivity, and hydration products govern durability through mechanisms that differ from those of conventional Portland cement (PC) systems. Furthermore, findings reported in the literature indicate that the relationship between mechanical strength and long-term durability is not always linear. (Canbek vd., 2022). Therefore, evaluating the long-term service performance of LC³ binder systems solely on the basis of long-term compressive strength may be misleading. Compressive strength reflects the development of the load-bearing solid skeleton, whereas durability is governed by more complex mechanisms controlled by the combined effects of pore structure, ion transport, alkalinity reserve, and hydration products. Consequently, a multi-parameter validation approach should be adopted for the assessment of the long-term performance of LC³ binders. The combined evaluation of carbonation depth, water transport mechanisms, thermogravimetric analyses, and microstructural characterization enables a more reliable comparison of the service-life performance of LC³ binder systems incorporating different low-grade clay resources. It should also be emphasized that the widespread implementation of LC³ binders in the future will depend not only on the development of new binder formulations but also on the establishment of rapid, performance-based validation methods capable of reliably predicting their long-term service-life performance at early ages.

6. LC³ ÇİMENTOSU İLE ÜRETİLEN BETONLARIN MEKANİK VE ÇEVRESEL ETKİ ALTINDA PERFORMANS ESASLI DEĞERLENDİRİLMESİ

LC³ cements have undergone significant development in recent years, and the introduction of new composite cement classes defined in TS EN 197-5 (TSE, 2021) and TS EN 197-6 (TSE, 2023) has enabled higher clinker replacement levels, thereby facilitating the use of low-grade natural clays and clay resources derived from construction and demolition waste (CDW) in Portland cement (PC) production. TS EN 197-5 (TSE, 2021) permits cement types containing calcined clay and limestone that satisfy specified compositional requirements. TS EN 197-6 (TSE, 2023), on the other hand, covers composite cements incorporating recycled construction and demolition waste, representing an important advancement in the standardization of alternative mineral constituents for cement production. Nevertheless, this standardization at the binder level has not yet been reflected to the same extent on a concrete scale. Although the production of LC³ binders can now be defined within existing standards,

uluslararası ve ulusal tamamlayıcı standartlarda henüz açık ve sistematik bir değerlendirme şansı bulunmamaktadır. Bu durum, özellikle yapısal beton uygulamalarında LC³ ve benzeri çimentoların yaygınlaşmasının önündeki en önemli teknik engellerden birini oluşturmaktadır (Öztürk ve Altuntaş, 2026). Bilindiği üzere beton performansı yalnızca bağlayıcı özelliklerinin bir sonucu değildir. Buna karşılık, agrega-hamur etkileşimi, arayüzey geçiş bölgesi, su/bağlayıcı oranı, bağlayıcı miktarı, kimyasal katkıları, kür koşulları ve çevresel etkiler betonun servis ömrünü belirlemektedir. Bu kapsamda bağlayıcı veya harç ölçeğinde doğrulanan puzolanik reaksiyon, dolgu etkisi ve karboalüminat oluşumu gibi mekanizmaların LC³ ile üretilen beton ölçeğinde de değerlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle düşük kaliteli ve atık esaslı kil kaynakları kullanılarak geliştirilen LC³ betonlarında yalnızca basınç dayanımının sağlanması yapısal uygulanabilirlik açısından yeterli bir kriter olarak değerlendirilmemelidir. LC³ betonların karbonatlaşma, klorür etkisi, donma-çözülme, aşınma, kimyasal etki ve su geçirirliiliği gibi farklı çevresel etkiler altında bozulma mekanizmalarında ele alınması gerekmektedir.

Son yıllarda konu ile ilgili olarak Avrupa standardizasyon çalışmalarında yaşanan gelişmeler, LC³ teknolojisinin laboratuvar ölçeğinden endüstriyel uygulamalara geçişini destekleyecek önemli bir altyapı oluşturmaktadır. Bu kapsamda hazırlanan prEN 18314 taslağı (CEN, 2027), doğal puzolanlar ile doğal aktive edilmiş puzolanik malzemelerin beton, harç ve enjeksiyon şerbetlerinde kullanımına yönelik tanımları, teknik özellikleri ve uygunluk kriterlerini ortaya koymaktadır. Kalsine killerin bu standart kapsamında değerlendirilmesi, düşük klinkerli bağlayıcı sistemlerinin standardizasyon sürecinde önemli bir gelişme olarak görülebilir. Bununla birlikte, söz konusu standart esas olarak puzolanik hammaddelerin özellikleri ve uygunluk kriterlerine odaklanmaktadır ve bu hammaddeler kullanılarak üretilen betonların farklı çevresel etki sınıfları altındaki performansına ilişkin kabul esaslarını kapsamamaktadır. Bu nedenle, LC³ teknolojisinin yapısal uygulamalarda yaygınlaşabilmesi için farklı dayanıklılık mekanizmalarının performans esaslı kabul kriterleri ile ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Bu yaklaşım, sadece yeni düşük klinker içeren aday bağlayıcı sistemlerinin standardizasyonunu değil aynı zamanda düşük kaliteli ve alternatif kil kaynaklarının inşaat mühendisliğindeki beton uygulamalarına güvenilir ve tekrarlanabilir biçimde aktarılmasına da katkı sağlayacaktır.

neither international nor national complementary standards currently provide a clear and systematic framework for the performance-based design of concretes produced with these binders. This represents one of the major technical barriers to the widespread implementation of LC³ and similar cements, particularly in structural concrete applications (Öztürk and Altuntaş, 2026). As is well recognized, concrete performance is not determined solely by binder properties. Instead, aggregate–paste interaction, the interfacial transition zone (ITZ), the water-to-binder ratio, binder content, chemical admixtures, curing conditions, and environmental exposure collectively govern the service life of concrete. In this context, mechanisms such as pozzolanic reaction, filler effect, and carboaluminat formation, which have been validated at the binder or mortar scale, should also be evaluated at the concrete scale for LC³-based systems. Particularly for LC³ concretes developed using low-grade and waste-derived clay resources, achieving the required compressive strength alone should not be regarded as a sufficient criterion for structural applicability. The performance of LC³ concretes should therefore be evaluated in terms of their deterioration mechanisms under various environmental exposures, including carbonation, chloride ingress, freeze–thaw action, abrasion, chemical attack, and water permeability.

Recent developments in European standardization have established an important foundation for supporting the transition of LC³ technology from laboratory-scale research to industrial applications. In this context, the draft standard prEN 18314 (CEN, 2027), defines the terminology, technical requirements, and conformity criteria for the use of natural pozzolans and natural calcined pozzolan materials in concrete, mortar, and grout. The inclusion of calcined clays within the scope of this standard represents a significant step forward in the standardization of low-clinker binder systems. However, the standard is primarily focused on the characteristics and conformity requirements of pozzolan raw materials and does not establish acceptance criteria for the performance of concretes produced with these materials under different environmental exposure conditions. Therefore, the broader implementation of LC³ technology in structural applications requires the development of performance-based acceptance criteria that explicitly account for the various durability mechanisms affecting LC³ concretes. Such an approach would not only facilitate the standardization of emerging low-clinker binder systems but also support the reliable and reproducible implementation of low-grade and alternative clay resources in structural concrete applications.

7. LC³ VE KALSİNE KİLİN DİĞER POTANSİYEL UYGULAMALARI

7.1. Kâgir Harçları ve Seramik Yapıştırıcılar

Kâgir harçları ve seramik yapıştırıcıları, kalsine kil esaslı bağlayıcıların en yüksek uygulama potansiyeline sahip ürün grupları arasında yer almaktadır. Yapısal betondan farklı olarak bu malzemelerde performans yalnızca mekanik dayanımla tanımlanmamaktadır. İşlenebilirlik, su tutma kapasitesi, kıvam homojenliği, açık bekletme süresi, kaymaya karşı direnç, aderans performansı ve uzun dönemli dayanıklılık gibi çok sayıda özelliğin birlikte değerlendirilmesi gerektirmektedir. Dolayısıyla bu karışımlarda bağlayıcıyı oluşturan tanelerin mineralojik yapısı, reolojik özellikleri ve hidrasyon mekanizmaları performansı doğrudan belirleyen temel tasarım parametreleridir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde, kalsine killer yalnızca düşük karbonlu bir bağlayıcı alternatifi sunmamaktadır. Aynı zamanda bağlayıcının fonksiyonel özelliklerinin uyarlanması olanak sağlayan daha esnek karışım tasarımı imkanına olanak vermektedir. Kalsine kilin yüksek özgül yüzey alanı, mineralojik yapısı ve plastisite özellikleri, su tutma kapasitesi, kıvam kararlılığı ve tiksotropik davranış üzerinde etkili olmaktadır. Kireçtaşının dolgu etkisi ile birlikte gelişen karboalüminat oluşumu ise arayüzey gelişimi ve aderans performansını desteklemektedir. Bu nedenle önceki bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınan mineraloji, plastisite, öğütme parametreleri ve sülfat dengesi gibi parametreler, bu tip harç karışımlarında doğrudan uygulama performansını belirleyen tasarım değişkenleridir. Kâgir harçları ve seramik yapıştırıcıları, çimento esaslı ürünler içerisinde en karmaşık formülasyona sahip karışımlardan biridir. Bu ürünlerde selüloz eterler, polimer tozları, nişasta eterleri, priz düzenleyiciler, reoloji düzenleyiciler ve diğer fonksiyonel kimyasal katkıları aynı anda kullanılmaktadır. Toplam performans ise bu katkıları ile bağlayıcı faz arasındaki etkileşim tarafından belirlenmektedir. Bu alanda devam eden bağlayıcı tasarımlarının klinker ikame oranından ziyade kalsine kil mineralojisinin ve fiziksel özelliklerin kimyasal katkılarıyla uyumluluğuna da odaklanması gerekmektedir. Özellikle farklı kil mineralojilerinin katkı ihtiyacı, reolojik davranış, kıvam homojenliği ve uygulama özellikleri üzerindeki etkilerinin ortaya konulması eşdeğer performanslı harç sistemlerinin geliştirilmesi açısından önemli bir araştırma alanı olarak düşünülmektedir.

Kâgir harçlarının ürün grubunda hedeflenen performans kriterleri yapısal betonlardan farklıdır. TS EN 998 kapsamında (TS EN 998, 2017a) tanımlanan M5 ve M10 gibi dayanım sınıflarında hedeflenen mekanik özellikler yapısal

7. OTHER POTENTIAL APPLICATIONS OF LC³ AND CALCINED CLAYS

7.1. Masonry Mortars and Ceramic Tile Adhesives

Masonry mortars and ceramic tile adhesives are among the product groups with the greatest application potential for calcined clay-based binders. Unlike structural concrete, the performance of these materials is not defined solely by mechanical strength. Instead, multiple properties, including workability, water retention, consistency stability, open time, slip resistance, adhesion performance, and long-term durability, must be evaluated collectively. Consequently, the mineralogical characteristics, rheological behavior, and hydration mechanisms of the binder constituents represent key design parameters that directly govern performance. From this perspective, calcined clays provide not only a low-carbon binder alternative but also greater flexibility in mixture design by enabling the tailoring of functional binder properties. The high specific surface area, mineralogical characteristics, and plasticity of calcined clays influence water retention, consistency stability, and thixotropic behavior. In addition, the formation of carboaluminate phases promoted by the filler effect of limestone contributes to interfacial development and adhesion performance. Therefore, the parameters discussed in the preceding sections—including mineralogy, plasticity, grinding parameters, and sulfate balance—become design variables that directly determine the application performance of these mortar systems. Masonry mortars and ceramic tile adhesives are among the most compositionally complex cement-based products. These materials simultaneously incorporate cellulose ethers, redispersible polymer powders, starch ethers, set regulators, rheology modifiers, and other functional chemical admixtures. Their overall performance is governed by the interactions between these admixtures and the binder phase. Consequently, future binder design strategies in this field should focus not only on the clinker replacement level but also on the compatibility of the mineralogical and physical characteristics of calcined clays with chemical admixtures. In particular, elucidating the influence of different clay mineralogies on admixture demand, rheological behavior, consistency stability, and application properties is expected to constitute an important research direction for the development of mortar systems with equivalent performance.

The target performance requirements for masonry mortars differ substantially from those of structural concrete. Under TS EN 998 (TS EN 998, 2017a) strength classes such as M5 and M10 require lower mechanical performance than

betonlara kıyasla daha düşüktür ve bağlayıcı tasarımında daha geniş bir optimizasyon alanı sunmaktadır. Bu durum, kalsine kil kullanımının yalnızca klasik LC³ bileşimleri ile sınırlandırılmaması gerektiğini göstermektedir. Özellikle düşük kaliteli doğal killer ve alternatif kil kaynaklarının daha yüksek ikame oranlarında değerlendirilebileceği, bağlayıcının performansının ise mineraloji, reaktivite, plastisite, tane boyutu dağılımı (PSD) ve kimyasal katkılarla olan uyumla sağlanabileceği düşünülmektedir. Yapısal beton uygulamalarında bağlayıcı tasarımı, taşıma gücü, uzun dönem dayanıklılık, donatı korozyonu ve deprem güvenliği gibi kritik performans kriterleri nedeniyle oldukça tedbirli bir yaklaşım gerektirmektedir. Özellikle yüksek deprem riskine sahip ülkelerde, malzeme özelliklerinin yanı sıra uygulama ve işçilikten kaynaklanabilecek değişkenlikler de dikkate alındığında yeni tür bağlayıcıların yaygın kullanımı performans esaslı doğrulama süreçleri gerektirmektedir. Buna karşılık, kagır harçları, genel amaçlı sıvalar, ince sıvalar, seramik yapıştırıcıları ve yapısal olmayan diğer çimento esaslı malzemelerde yeni tür bağlayıcıların kullanılması inşaat mühendisliği alanında somut olarak çevresel ve teknik faydalar getirme potansiyeli bulunmaktadır.

Kalsine killer seramik yapıştırıcıları açısından değerlendirildiğinde, hedeflenen performans TS EN 12004 standardı (TS EN 12004, 2017b) kapsamında incelenmektedir. Bu standartta açık bekletme süresi, kaymaya karşı direnç, başlangıç ve uzun dönemli aderans dayanımı ile farklı çevresel etkiler altındaki yapışma performansı gibi parametreler tanımlanmaktadır. Bu özelliklerin önemli bir bölümü bağlayıcının hidrasyon gelişimi, su tutma kapasitesi, reolojik özellikleri ve kimyasal katkılarla olan etkileşiminden etkilenmektedir. Bu nedenle kalsine kil esaslı bağlayıcı karışımları, sadece karbon ayak izini azaltan bir alternatif değil aynı zamanda reoloji ve ara yüzey özelliklerinin beraber optimize edilebildiği yeni karışımların geliştirilmesi açısından da önemli fırsatlar sunma potansiyeline sahiptir.

7.2. Kalsine Kilin 3BB Beton Uygulamalarındaki Potansiyeli

Üç boyutlu baskılanabilir (3BB) beton, kalıp gerektirmeyen üretim yaklaşımı, geometrik tasarım özgürlüğü ve dijital üretim süreçlerine uyumu sayesinde son yıllarda beton teknolojisinin en hızlı gelişen araştırma alanlarından biri olmuştur (Bayrak vd., 2025; İlcan vd., 2024). Bununla birlikte, mevcut 3BB karışımlarının önemli bir bölümü pompalanabilirlik ve ekstrüde edilebilirliği sağlayabilmek amacıyla düşük agrega/bağlayıcı oranı ve yüksek çimento dozajı ile tasarlanmaktadır. Bu durum, geleneksel betonlara kıyasla birim hacim başına daha fazla klinker tüketimine neden olmaktadır ve 3BB teknolojisinin çevresel

structural concrete, thereby providing greater flexibility for binder optimization. This suggests that the use of calcined clays should not be restricted to conventional LC³ compositions. In particular, low-grade natural clays and alternative clay resources may be utilized at higher replacement levels, provided that binder performance is achieved through an appropriate balance of mineralogical characteristics, reactivity, plasticity, particle-size distribution, and compatibility with chemical admixtures.

In structural concrete applications, binder design requires a highly conservative approach because of critical performance requirements related to load-bearing capacity, long-term durability, reinforcement corrosion, and seismic safety. Particularly in countries with a high seismic risk, the widespread adoption of new binder systems requires performance-based validation, taking into account not only the intrinsic material properties but also the variability associated with construction practices and workmanship. In contrast, the use of new binder systems in masonry mortars, general-purpose renders, finishing renders, ceramic tile adhesives, and other non-structural cement-based materials offer significant potential to deliver both environmental and technical benefits in civil engineering applications.

For ceramic tile adhesives, the target performance is defined by TS EN 12004 (TS EN 12004, 2017b). This standard specifies requirements for parameters such as open time, slip resistance, initial and long-term adhesive strength, and adhesion performance under different environmental conditions. Many of these properties are governed by the hydration development of the binder, its water-retention capacity, rheological behavior, and interactions with chemical admixtures. Consequently, calcined clay-based binder systems represent not only a low-carbon alternative but also a promising platform for the development of new formulations in which rheological behavior and interfacial properties can be simultaneously optimized.

7.2. Potential of Calcined Clays in 3D Concrete Printing Applications

Three-dimensional concrete printing (3DCP) has emerged as one of the fastest-growing research areas in concrete technology in recent years, owing to its formwork-free manufacturing approach, geometric design flexibility, and compatibility with digital construction processes. (Bayrak vd., 2025; İlcan vd., 2024). However, a large proportion of current 3DCP mixtures are designed with low aggregate-to-binder ratios and high cement contents to ensure pumpability and extrudability. As a result, they consume more clinker per unit volume than conventional concrete, thereby substantially limiting the environmental

avantajlarını önemli ölçüde sınırlandırmaktadır (Ghazy vd., 2025). Bu kapsamda değerlendirildiğinde, LC³ karışımları, 3BB teknolojileri için alternatif bir bağlayıcıdan ziyade aynı zamanda 3BB'nin temel tasarım problemlerine çözüm getirebilecek karışım tasarımı olarak karşımıza çıkmaktadır. Klinker oranının önemli ölçüde azaltılması 3BB karışımlarının yüksek bağlayıcı ihtiyacından kaynaklanan karbon ayak izinin düşürülmesine doğrudan katkı sağlamaktadır. Diğer taraftan, 3BB teknolojisinde başarı ölçütleri yalnızca basınç dayanımı ile değerlendirilmemektedir. Ekstrüde edilebilirlik (extrudability), şekil koruma (shape retention), inşa edilebilirlik (buildability), açık bekleme süresi (open time) ve katmanlar arası bağ performansı gibi zamana bağlı reolojik özellikler de çok kritik rol oynamaktadır (De Lima De Andrade vd., 2026). Kalsine kilin yüksek özgül yüzey alanı ve tabakalı tane morfolojisi tiksotropik davranışın gelişimini desteklemektedir. Böylece ekstrüzyon sonrasında filamentlerin geometrisinin daha iyi korunması ve katmanların kararlı şekilde üst üste inşa edilebilmesi elverişli olmaktadır. Literatürde son yıllarda yayımlanan çalışmalar LC³ karışımlarının özellikle şekil koruma ve inşa edilebilirlik performansını geliştirme potansiyeline dikkat çekmektedir (De Matos vd., 2023). 3BB betonların bir diğer karakteristik problemi ise kalıp kullanılmaması ve yüksek yüzey/hacim oranı sebebiyle erken yaşlarda meydana gelen su kaybına bağlı boyutsal kararlılık dezavantajıdır. Baskı sonrasında katmanların doğrudan çevre koşullarına maruz kalması, plastik ve otojen rötre gelişimini daha fazla hızlandırmaktadır (Markin vd., 2024). 3BB beton için bu durum katman geometrisinde deformasyonlara neden olmaktadır. Klinker miktarının azaltılması ve hidrasyon mekanizmasının yeniden uyarlanması sayesinde LC³ karışımlarının bu açıdan da önemli avantajlar sağlayabileceği düşünülmektedir.

7.3. Diğer Alternatif Yapı Malzemeleri ve Farklı Koşullardaki Uygulamalar

LC³ veya kalsine kil kullanım alanları yalnızca beton ve harç karışımları ile sınırlı tutulmamalıdır. Düşük karbonlu bağlayıcı teknolojilerine yönelik artan gereklilik farklı servis koşullarına sahip yapı ürünlerinde uygulamaya özgü bağlayıcı tasarımlarının geliştirilmesini mümkün kılabilir. Özellikle prefabrik mimari elemanlar, ince kaplama harçları, dekoratif cephe ürünleri, diğer özel amaçlı çimento esaslı malzemeler kalsine kil teknolojisinin önemli uygulama alanları arasında değerlendirilebilir. Bu ürün gruplarında performans kriterleri çoğu zaman mekanik özelliklerden ziyade boyutsal kararlılık, yüzey kalitesi, ince tabaka uygulanabilirliği, aderans, rötre davranışı ve uzun dönem çevresel etki altındaki performans ile belirlenmektedir. Benzer şekilde karbon yakalama ve karbon mineralizasyonu

benefits of 3D concrete printing technology (Ghazy vd., 2025). From this perspective, LC³ binder systems should be regarded not merely as an alternative binder for 3D concrete printing (3DCP), but also as a mixture design strategy capable of addressing several of the fundamental challenges associated with 3DCP. The substantial reduction in clinker content directly contributes to lowering the carbon footprint resulting from the high binder demand of 3DCP mixtures. Furthermore, the performance of 3DCP is not evaluated solely on the basis of compressive strength. Time-dependent rheological properties, including extrudability, shape retention, buildability, open time, and interlayer bond performance, also play a critical role (De Lima De Andrade vd., 2026). The high specific surface area and plate-like particle morphology of calcined clays promote the development of thixotropic behavior. As a result, the geometry of extruded filaments can be better maintained after extrusion, facilitating stable layer-by-layer construction. Recent studies have highlighted the potential of LC³ binder systems to improve shape retention and buildability in 3D concrete printing applications (De Matos vd., 2023). Another characteristic challenge of 3D-printed concrete is its susceptibility to dimensional instability caused by early-age moisture loss, resulting from the absence of formwork and its high surface-to-volume ratio. Following printing, the deposited layers are directly exposed to the surrounding environment, which accelerates the development of both plastic and autogenous shrinkage (Markin vd., 2024). For 3D-printed concrete, this may lead to deformation of the printed layer geometry. By reducing the clinker content and modifying the hydration mechanism, LC³ binder systems are expected to provide significant advantages in mitigating these effects.

7.3. Other Alternative Construction Materials and Applications under Diverse Service Conditions

The application potential of LC³ and calcined clays should not be limited to concrete and mortar systems. The growing demand for low-carbon binder technologies creates opportunities for developing application-specific binder systems tailored to construction products operating under diverse service conditions. In particular, precast architectural elements, thin-layer rendering mortars, decorative façade products, and other specialized cement-based materials represent promising application areas for calcined clay technology. In these products, performance is often governed not only by mechanical properties but also by dimensional stability, surface quality, thin-layer applicability, adhesion, shrinkage behavior, and long-term durability under environmental exposure.

teknolojileri de LC³ veya kalsine kil sistemleri için yeni bir araştırma alanı oluşturmaktadır (Kanagaraj vd., 2024). Geleneksel karbonatlaşma çoğunlukla donatılı betonlarda dayanıklılık açısından olumsuz bir süreç olarak değerlendirilmektedir. Ancak yapısal olmayan ve donatısız çimento esaslı ürünlerde kontrollü karbonatlaşma klinker üretiminin neden olduğu salımların azaltılmasında çevresel etki açısından oldukça öne çıkmaktadır. Kalsine killi sistemler, üretim sırasında klinker kaynaklı CO₂ emisyonlarının azaltılmasının yanında, kontrollü CO₂ kür koşullarında karbonatlaşma reaksiyonları yoluyla CO₂'nin kalsiyum karbonat oluşumu şeklinde bağlanmasına da katkı sağlayabilmektedir (Z. Li vd., 2025). Sonuç olarak, LC³ karışımlarının geleceği yalnızca PÇ'nin belirli oranlarda ikame edilmesiyle sınırlı olarak görülmemelidir. Esas potansiyel, mineraloji, plastisite, reaktivite ve reolojik davranışın birlikte tasarlanabildiği, uygulamaya özgü performans gereksinimlerini karşılayan yeni nesil bağlayıcı karışımlarının geliştirilmesinde yatmaktadır. Bu yaklaşım, farklı yapı malzemelerinin özelleştirilmiş düşük karbonlu bağlayıcı tasarımlarının geliştirilmesine olanak sağlayabilir ve kalsine killerin sürdürülebilir yapı malzemeleri alanındaki uygulama sınırlarını genişletebilir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

LC³ ve kalsine killeri ile ilgili bu derleme çalışması, sözü edilen karışım tasarımlarını sadece düşük karbon ayak izine sahip bir bağlayıcı olarak değil aynı zamanda hammadde karakterizasyonundan performans esaslı tasarıma ve farklı yapı malzemelerindeki uygulamalara kadar uzanan bütüncül bir mühendislik tasarımıyla değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Literatürde LC³ karışımları uzun yıllar daha çok yüksek kaolinit içeren killeri üzerinden geliştirilmiş olmasına karşılık, son yıllarda elde edilen bulgular düşük kaliteli doğal killeri ile alternatif ve atık kökenli kil kaynaklarının da uygun malzeme tasarımı ile etkin şekilde değerlendirilebileceğini işaret etmektedir. Bu durum, kalsine killerin yaygınlaşmasının yalnızca yeni hammadde arayışına ile ilgili değil aynı zamanda bu hammaddelerin doğru mühendislik parametreleri ile karakterize edilmesine bağlı olduğunu göstermektedir.

Bu kapsamda derleme çalışması boyunca vurgulandığı üzere LC³ performansının değerlendirilmesinde kaolinit miktarı tek başına yeterli bir seçim kriteri olarak dikkate alınmamalıdır. Killerin mineralojik yapısı, oluşan amorf faz miktarı, plastisite dereceleri, tane boyutu dağılımı (PSD), öğütme davranışı ve sülfat dengesi birlikte değerlendirilmelidir. Hammadde

Similarly, carbon capture and mineralization technologies represent an emerging research direction for LC³ and calcined clay-based binder systems (Kanagaraj vd., 2024). Although carbonation has traditionally been regarded as a detrimental process in reinforced concrete due to its adverse effects on durability, controlled carbonation has gained increasing attention as a sustainable strategy for non-structural and unreinforced cement-based products. In such applications, it offers significant environmental benefits by partially offsetting the CO₂ emissions associated with clinker production. Calcined clay-based systems not only reduce clinker-related CO₂ emissions during production but can also contribute to CO₂ sequestration through carbonation reactions under controlled CO₂ curing conditions, in which CO₂ is chemically bound in the form of calcium carbonate (Z. Li vd., 2025). Ultimately, the future of LC³ binder systems should not be viewed merely in terms of partially replacing Portland cement. Their true potential lies in the development of next-generation binder systems in which mineralogy, plasticity, reactivity, and rheological behavior are engineered in an integrated manner to satisfy application-specific performance requirements. Such an approach could enable the design of customized low-carbon binders for a wide range of construction materials, thereby expanding the application scope of calcined clays in sustainable construction.

8. CONCLUSIONS AND FUTURE PERSPECTIVES

This review demonstrates that LC³ and calcined clay-based binder systems should be regarded not merely as low-carbon alternatives to conventional cement, but as comprehensive engineering solutions encompassing raw material characterization, performance-based mixture design, and application across a broad range of construction materials. Although LC³ technology was initially developed primarily using clays with high kaolinite contents, recent studies indicate that low-grade natural clays, as well as alternative and waste-derived clay resources, can also be effectively utilized through appropriate material design. These findings suggest that the widespread adoption of calcined clay technology depends not only on the availability of new raw material sources but also on the systematic characterization and engineering-based evaluation of these materials using appropriate design parameters.

As emphasized throughout this review, the kaolinite content alone should not be regarded as a sufficient criterion for evaluating the performance potential of LC³ binder systems. Instead, the mineralogical composition of the clay, the amount of amorphous phase generated after calcination, plasticity characteristics, particle-size distribution, grinding behavior, and

seçimi, kimyasal bileşim uygunluğunun yanında bağlayıcının üretilebilirliği ve uzun dönem performansına olan etkileri dikkate alınarak gerçekleştirilmelidir. Bu yaklaşım, özellikle düşük kaliteli ve alternatif kil kaynaklarının mühendislik açısından güvenilir biçimde sınıflandırılmasına olanak sağlayacaktır.

Derleme kapsamında ele alındığı üzere, ham ve kalsine edilmiş killere yönelik hızlı ve pratik yeni karakterizasyon yöntemlerinin geliştirilmesinin de önemli bir araştırma ihtiyacı olduğunu görülmektedir. Özellikle plastisite derecesi, tane boyutu dağılımı (PSD) ve özgül yüzey alanı gibi kısa sürede belirlenebilen parametrelerin, puzolanik reaktivite ve performans göstergeleri ile birlikte değerlendirilmesi laboratuvar ve endüstriyel ölçekte hammadde seçim süreçlerini önemli ölçüde hızlandırabilecek potansiyele sahiptir. Buna karşılık analitik karakterizasyon yöntemlerinin temel amacı yeni bilgi üretmek olmadığından bu tip testler bağlayıcı tasarımına yönelik bulguların ve varsayımların doğrulanma mekanizması olarak görülmelidir. Bu nedenle XRD, TG/DTG, MIP, SEM/EDS, NMR ve benzeri yöntemlerin tek başına yorumlanması yerine, puzolanik reaksiyon, dolgu etkisi ve karboalüminat oluşumu gibi temel LC³ mekanizmalarının ortaya çıkartacak yaklaşımlar benimsenmelidir.

Dayanıklılık açısından LC³ karışımlarının değerlendirilmesinde, dar parametrelili karışım tasarımına dayalı performans göstergesine dair yorumların yeterli olmadığı görülmektedir. Özellikle karbonatlaşma, klorür taşınımı, su geçirimsizliği ve mikroyapısal gelişimin birlikte ele alındığı değerlendirme yaklaşımları, farklı kil kaynaklarının uzun dönem servis performansının daha güvenilir biçimde karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır. Bunun yanında uzun dönemli dayanıklılık deney süreleri dikkate alındığında, servis ömrünü erken yaşlarda öngörebilecek hızlı ve hasarsız performans göstergelerinin geliştirilmesi gelecekteki LC³ araştırmaların öncelikli konularından biri olarak değerlendirilmektedir.

Son yıllarda konu ile ilgili yayımlanan çalışmalar ve Avrupa standardizasyon sürecindeki gelişmeler, LC³ karışımlarının laboratuvar ölçeğinden endüstriyel uygulamalara doğru önemli bir dönüşüm içerisinde olduğunu göstermektedir. EN 197 standartları (TSE, 2021; TSE, 2023) ile birlikte prEN 18314 (CEN, 2027) taslağının da aktive edilmiş puzolanik malzemelere yönelik uygunluk kriterlerini tanımlaması kalsine killerin standartlaştırılması açısından önemli bir gelişmedir. Bununla birlikte, özellikle yapısal beton uygulamalarında LC³ karışımlarının yaygınlaşabilmesi

sulfate balance should be assessed collectively. Raw material selection should therefore be based not only on chemical suitability but also on its influence on binder processability and long-term performance. Such an integrated evaluation framework will enable the reliable engineering-based classification and utilization of low-grade and alternative clay resources.

As discussed throughout this review, the development of rapid and practical characterization methods for both raw and calcined clays remains an important research need. In particular, the combined evaluation of readily measurable parameters such as plasticity, particle size distribution, and specific surface area together with indicators of pozzolanic reactivity and binder performance has the potential to substantially accelerate raw material screening and selection in both laboratory and industrial applications. However, because the primary purpose of analytical characterization techniques is not to generate new knowledge on their own, these methods should be regarded as tools for validating the hypotheses and findings underlying binder design. Accordingly, techniques such as X ray diffraction (XRD), thermogravimetric analysis (TG/DTG), mercury intrusion porosimetry (MIP), scanning electron microscopy coupled with energy dispersive spectroscopy (SEM/EDS), nuclear magnetic resonance (NMR), and related methods should not be interpreted in isolation. Instead, they should be employed within an integrated framework that elucidates the fundamental mechanisms governing LC³ systems, including pozzolanic reactions, the filler effect, and carboaluminate formation.

The evaluation of LC³ binder systems from a durability perspective should not rely on performance indicators derived from mixture designs with a limited range of parameters. Instead, integrated assessment approaches that simultaneously consider carbonation, chloride transport, water permeability, and microstructural development provide a more reliable basis for comparing the long-term service performance of different clay resources. Furthermore, given the extended duration required for conventional durability testing, the development of rapid and nondestructive performance indicators capable of predicting long term service life from early age measurements is expected to become one of the key priorities in future LC³ research.

Recent studies and ongoing developments in European standardization indicate that LC³ binder systems are undergoing a significant transition from laboratory-scale research toward industrial implementation. The inclusion of LC³-related provisions in the EN 197 standards (TSE, 2021; TSE, 2023) together with the draft prEN 18314 (CEN, 2027) which establishes conformity criteria for activated pozzolanic materials, represents a major step toward the standardization of calcined clays. Nevertheless, the widespread adoption

için bağlayıcı ölçeğindeki standardizasyonunun yanında performans esaslı beton tasarım yaklaşımlarının da geliştirilmesi gerekmektedir.

LC³ karışımlarının geleceği sadece yapısal betonlarla sınırlı tutulmamalıdır. Kâgir harçlar, seramik yapıştırıcılar, 3BB betonlar, prefabrik mimari elemanlar, ince kaplama gerektiren mineral karışımlar ve kontrollü karbon mineralizasyonu ile üretilmiş ürünlerde, kalsine killerin önemli bir potansiyeli bulunmaktadır. Özellikle yapısal olmayan çimento esaslı ürünlerde performans gereksinimlerinin daha farklı olması daha yüksek oranda kalsine kil kullanımı için önemli bir tasarım esnekliği sunmaktadır. Bu durum aynı zamanda kalsine killerin pozolanik bir mineral katkı olmasının yanında reolojik davranış, su tutma kapasitesi, aderans ve uygulama performansını şekillendiren fonksiyonel bir bağlayıcı içeriği olarak da değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır.

of LC³ binder systems, particularly in structural concrete applications, will require not only binder-level standardization but also the development of performance-based concrete mixture design approaches.

The future of LC³ binder systems should not be confined to structural concrete applications. Calcined clays offer considerable potential for use in masonry mortars, ceramic tile adhesives, three-dimensional concrete printing, prefabricated architectural elements, thin layer mineral-based materials, and products incorporating controlled carbon mineralization. In particular, the less demanding performance requirements of many nonstructural cement-based products provide greater flexibility for the incorporation of higher proportions of calcined clays. This also highlights that calcined clays should be regarded not only as pozzolanic supplementary cementitious materials but also as functional binder constituents capable of influencing rheological behavior, water retention, adhesion, and application performance.

Yazar Katkı Beyanı

Kavramsallaştırma: Doç. Dr. Oğuzhan Öztürk

Analiz: Doç. Dr. Oğuzhan Öztürk

Makalenin yazımı: Doç. Dr. Oğuzhan Öztürk

Son kontrol ve onay: Doç. Dr. Oğuzhan Öztürk

Author Contributions

Conceptualization: Assoc. Prof. Oğuzhan Öztürk

Formal analysis: Assoc. Prof. Oğuzhan Öztürk

Writing original draft: Assoc. Prof. Oğuzhan Öztürk

Review and approval of the final manuscript:
Assoc. Prof. Oğuzhan Öztürk

Etik Kurul Beyanı

Bu çalışma derleme makalesi olup etik kurul izni gerektirmemektedir.

Ethics Statement

This study is a review article and therefore did not require approval from an institutional ethics committee.

Destek ve Teşekkür Beyanı

Bu derleme makalesinde sunulan değerlendirme ve yorumlar, yazarın yürütücüsü olduğu Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen 123M850 numaralı "Türkiye Düşük Kaliteli Killeri ile Kireçtaşı Kalsine Kil Çimentosu (LC³) ve Harçlarının Geliştirilmesi" başlıklı 3501 Kariyer Geliştirme Projesi ile 125M440 numaralı "%100 İnşaat ve Yıkıntı Atığı (İYA) Agregası ve Atık/Düşük Kaliteli Kil Kaynaklı Bağlayıcı Sistemi ile Geliştirilen Üç Boyutlu Yazdırılabilir Kireçtaşı Kalsine Kil Çimentosu (LC³) Betonu" başlıklı 1001 Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projesi kapsamında yürütülen araştırmalardan elde edilen bilimsel bilgi birikimi ve deneyimden yararlanılarak hazırlanmıştır. Yazar sağlanan destek için TÜBİTAK'a teşekkür eder.

Acknowledgements

The evaluations and perspectives presented in this review are based on the scientific knowledge and research experience gained through two projects funded by the Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TÜBİTAK): the Career Development Program (3501) Project No. 123M850, entitled Development of Limestone Calcined Clay Cement (LC3) and Mortars Using Low Grade Clays from Türkiye, and the Scientific and Technological Research Project (1001) Project No. 125M440, entitled Development of Three Dimensional Printable Limestone Calcined Clay Cement (LC3) Concrete Incorporating 100% Construction and Demolition Waste Aggregates and Waste Derived/Low Grade Clay Based Binder Systems. The author gratefully acknowledges the financial support provided by TÜBİTAK.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazar çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Conflict of Interest

The author declares that there are no conflicts of interest.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Altuntas, I. O., Ozturk, O., & Yildirim, G. (2025a). Exploring the viability of low-grade Turkish clays in the development of limestone calcined clay cement (LC3) and mortars. *Construction and Building Materials*, 463, 140077. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.140077>
- Altuntas, I. O., Ozturk, O., & Yildirim, G. (2025b). Utilizing clays from mine tailings and construction and demolition waste in Limestone Calcined Clay Cement (LC3) Production: Grinding, calcination and performance analysis. *Journal of Building Engineering*, 111, 113236. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.113236>
- Alujas, A., Fernández, R., Quintana, R., Scrivener, K. L., & Martirena, F. (2015). Pozzolan reactivity of low grade kaolinitic clays: Influence of calcination temperature and impact of calcination products on OPC hydration. *Applied Clay Science*, 108, 94-101. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2015.01.028>
- Andrew, R. M. (2018). Global CO₂ emissions from cement production. *Earth System Science Data*, 10(1), 195-217. <https://doi.org/10.5194/essd-10-195-2018>
- Avet, F., & Scrivener, K. (2018). Investigation of the calcined kaolinite content on the hydration of Limestone Calcined Clay Cement (LC3). *Cement and Concrete Research*, 107, 124-135. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.02.016>
- Avet, F., Snellings, R., Alujas Diaz, A., Ben Haha, M., & Scrivener, K. (2016). Development of a new rapid, relevant and reliable (R3) test method to evaluate the pozzolanic reactivity of calcined kaolinitic clays. *Cement and Concrete Research*, 85, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2016.02.015>
- Barbhuiya, S., Nepal, J., & Das, B. B. (2023). Properties, compatibility, environmental benefits and future directions of limestone calcined clay cement (LC3) concrete: A review. *Journal of Building Engineering*, 79, 107794. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107794>
- Bayrak, A. T., Shaban, N., Saritas, A., & Meral Akgul, C. (2025). A semi-empirical framework for modeling anisotropy, spatial variation and failure mechanisms in 3D printed concrete. *Construction and Building Materials*, 491, 142648. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.142648>
- Blouch, N., Kazmi, S. N. H., Akram, N., Saleem, M. J., Khan, I. A., Javed, K., Ahmad, S., & Khan, A. (2025). Performance Evaluation of Low-Grade Clay Minerals in LC3-Based Cementitious Composites. *Solids*, 6(3), 35. <https://doi.org/10.3390/solids6030035>
- Blouch, N., Rashid, K., & Ju, M. (2023). Exploring low-grade clay minerals diving into limestone calcined clay cement (LC3): Characterization – Hydration – Performance. *Journal of Cleaner Production*, 426, 139065. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139065>
- Briki, Y., Avet, F., Zajac, M., Bowen, P., Haha, M. B., & Scrivener, K. (2021). Understanding of the factors slowing down metakaolin reaction in limestone calcined clay cement (LC3) at late ages. *Cement and Concrete Research*, 146, 106477. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2021.106477>
- Canbek, O., Washburn, N. R., & Kurtis, K. E. (2022). Relating LC3 microstructure, surface resistivity and compressive strength development. *Cement and Concrete Research*, 160, 106920. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2022.106920>
- Cancio Díaz, Y., Sánchez Berriel, S., Heierli, U., Favier, A. R., Sánchez Machado, I. R., Scrivener, K. L., Martirena Hernández, J. F., & Habert, G. (2017). Limestone calcined clay cement as a low-carbon solution to meet expanding cement demand in emerging economies. *Development Engineering*, 2, 82-91. <https://doi.org/10.1016/j.deveng.2017.06.001>
- Cardinaud, G., Rozière, E., Martinage, O., Loukili, A., Barnes-Davin, L., Paris, M., & Deneele, D. (2021). Calcined clay – Limestone cements: Hydration processes with high and low-grade kaolinite clays. *Construction and Building Materials*, 277, 122271. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122271>
- Cement Technology Roadmap 2018. (t.y.). OECD/IEA, WBCSD. Geliş tarihi <https://www.iea.org/reports/technology-roadmap-low-carbon-transition-in-the-cement-industry>
- CEN. (2027). prEN 18314-Natural pozzolana and natural activated pozzolanic material—Definitions, specifications and conformity criteria. Concrete Future The GCCA 2050 Cement and Concrete Industry Roadmap for Net Zero Concrete Roadmap in: G.C.a.C.A.P. (2021). GCCA.
- De Lima De Andrade, E., Silva Nunes, U., Faheina De Souza, P. A. B., Vieira Da Nóbrega, A. C., & Martinelli, A. E. (2026). Assessment of accelerators for 3D-printed LC3-based cementitious materials. *Journal of Building Engineering*, 120, 115549. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2026.115549>
- De Matos, P. R., Zat, T., Lima, M. M., Andrade Neto, J. D. S., Souza, M. T., & Rodríguez, E. D. (2023). Effect of the superplasticizer addition time on the fresh properties of 3D printed limestone calcined clay cement (LC3) concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 19, e02419. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02419>

Demiral, N. Ç., Karakurt, C., & Malkoç, M. (2026). Data-driven optimization of calcination parameters for low-grade clays in LC3 production: Integrating experimental characterization, explainable machine learning, and multi-criteria decision analysis. *Construction and Building Materials*, 539, 147419. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2026.147419>

DPT-7. Beş yıllık kalkınma planı, özel ihtisas komisyonu raporu. Endüstriyel hammaddeler Cilt:1. Seramik killeri, kaolin, bentonit, feldispat grubu. (1996). DPT.

Fernandez, R., Martirena, F., & Scrivener, K. L. (2011). The origin of the pozzolanic activity of calcined clay minerals: A comparison between kaolinite, illite and montmorillonite. *Cement and Concrete Research*, 41(1), 113-122. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2010.09.013>

Gartner, E., & Hirao, H. (2015). A review of alternative approaches to the reduction of CO2 emissions associated with the manufacture of the binder phase in concrete. *Cement and Concrete Research*, 78, 126-142. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2015.04.012>

Ghazy, M. F., Maaty, E. S. A., Elaty, M. A., & Alwashdeh, A. A. (2025). A comprehensive review of limestone calcined clay cement (LC3): Environmental and properties benefits, challenges, opportunities, and future directions. *Results in Engineering*, 28, 108319. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.108319>

Ghulam Qayoom, F. (2026). Puzolanik Malzemelerin Kalsinasyon Sonrası Puzolanik Etkinliğinin Belirlenmesi İçin Hızlı Test Yöntemlerinin Geliştirilmesi [Yüksek lisans tezi]. Konya Teknik Üniversitesi.

Hanein, T., Thienel, K.-C., Zunino, F., Marsh, A. T. M., Maier, M., Wang, B., Canut, M., Juenger, M. C. G., Ben Haha, M., Avet, F., Parashar, A., Al-Jaberi, L. A., Almenares-Reyes, R. S., Alujas-Diaz, A., Scrivener, K. L., Bernal, S. A., Provis, J. L., Sui, T., Bishnoi, S., & Martirena-Hernández, F. (2022). Clay calcination technology: State-of-the-art review by the RILEM TC 282-CCL. *Materials and Structures*, 55(1), 3. <https://doi.org/10.1617/s11527-021-01807-6>

Hosen, K., & Chen, B. (2025). Limestone calcined clay cement (LC3): A review of materials, properties, production and environmental impact. *Journal of Building Engineering*, 112, 113672. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.113672>

İlcan, H., Özkılıç, H., Tuğluca, M. S., & Şahmaran, M. (2024). Interlayer mechanical performance of 3D-printed cementitious systems: A comprehensive study on operational and material parameters. *Construction and Building Materials*, 419, 135463. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135463>

Izadifar, M., Khorshidi, R., Ukrainczyk, N., Alborz, R., & Koenders, E. (2026). Dissolution of pozzolanic materials: A critical review. *Materials Advances*, 7(7), 3464-3494. <https://doi.org/10.1039/D5MA01151E>

Kanagaraj, B., Anand, N., Johnson Alengaram, U., Samuvel Raj, R., & Karthick, S. (2024). Limestone calcined clay cement (LC3): A sustainable solution for mitigating environmental impact in the construction sector. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, 21, 200197. <https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2023.200197>

Li, X., Snellings, R., Antoni, M., Alderete, N. M., Ben Haha, M., Bishnoi, S., Cizer, Ö., Cyr, M., De Weerd, K., Dhandapani, Y., Duchesne, J., Haufe, J., Hooton, D., Juenger, M., Kamali-Bernard, S., Kramar, S., Marroccoli, M., Joseph, A. M., Parashar, A., ... Scrivener, K. L. (2018). Reactivity tests for supplementary cementitious materials: RILEM TC 267-TRM phase 1. *Materials and Structures*, 51(6), 151. <https://doi.org/10.1617/s11527-018-1269-x>

Li, Z., Bai, Y., & Luo, Q. (2025). Influence of humidity conditions on the performance of CO2-cured LC3. *Case Studies in Construction Materials*, 22, e04747. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e04747>

Londono-Zuluaga, D., Gholizadeh-Vayghan, A., Winnefeld, F., Avet, F., Ben Haha, M., Bernal, S. A., Cizer, Ö., Cyr, M., Dolenc, S., Durdzinski, P., Haufe, J., Hooton, D., Kamali-Bernard, S., Li, X., Marsh, A. T. M., Marroccoli, M., Mrak, M., Muy, Y., Patapy, C., Scrivener, K. L. (2022). Report of RILEM TC 267-TRM phase 3: Validation of the R3 reactivity test across a wide range of materials. *Materials and Structures*, 55(5), 142. <https://doi.org/10.1617/s11527-022-01947-3>

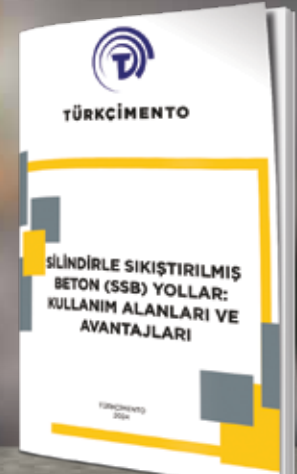
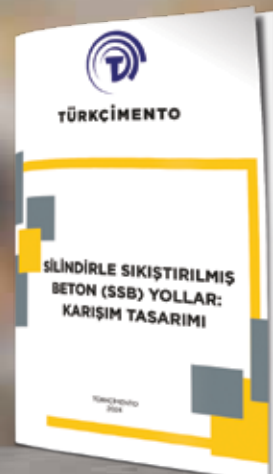
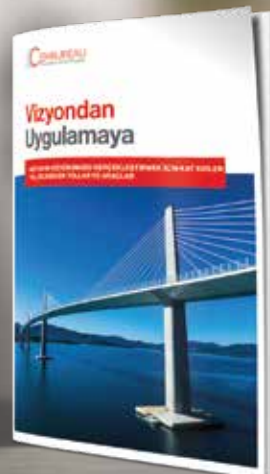
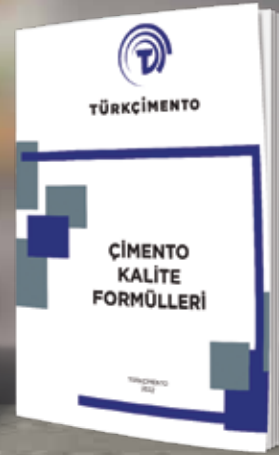
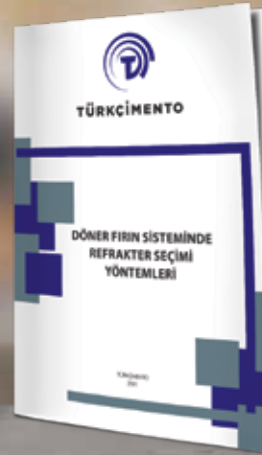
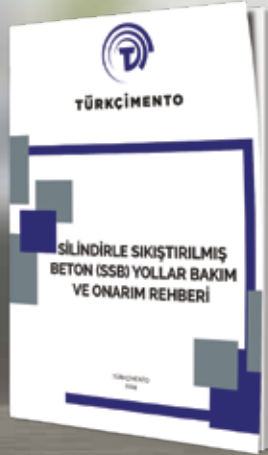
Luxán, M. P., Madruga, F., & Saavedra, J. (1989). Rapid evaluation of pozzolanic activity of natural products by conductivity measurement. *Cement and Concrete Research*, 19(1), 63-68. [https://doi.org/10.1016/0008-8846\(89\)90066-5](https://doi.org/10.1016/0008-8846(89)90066-5)

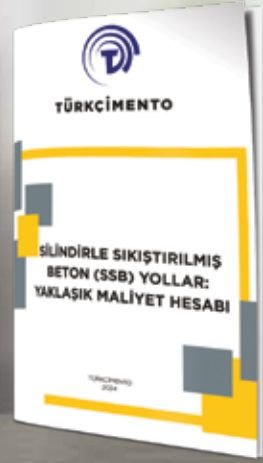
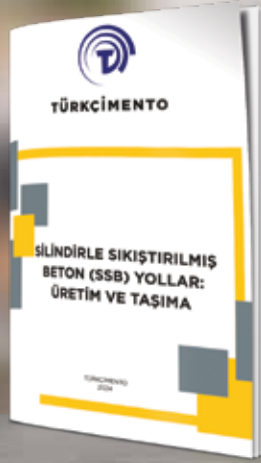
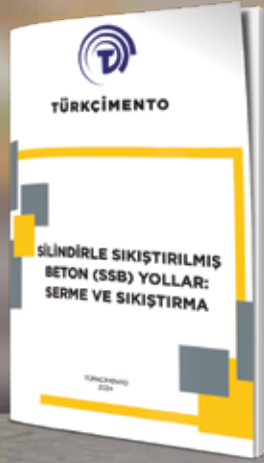
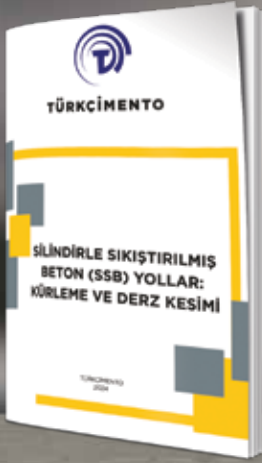
Maravelaki, P.-N., De Nardi, C., Kapetanaki, K., & Chaintouti, A. (2025). Calcined Marl and Clays as Alternative Materials for Cement Substitution. *Circular Economy and Sustainability*, 5(8), 7455-7464. <https://doi.org/10.1007/s43615-025-00557-9>

Markin, S., Combrinck, R., & Mechtcherine, V. (2024). Specifics of plastic shrinkage in 3D-printed concrete elements. *Cement and Concrete Research*, 184, 107512. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2024.107512>

Scrivener, K., Avet, F., Maraghechi, H., Zunino, F., Ston, J., Hanpongpan, W., & Favier, A. (2019). Impacting factors and properties of limestone calcined clay cements (LC3). *Green Materials*, 7(1), 3-14. <https://doi.org/10.1680/jgrma.18.00029>

- Scrivener, K. L., Alujas Diaz, A., Vizcaíno Andrés, L. M., Martirena Hernández, J. F., & Antoni, M. G. (2015). Effect of fineness in clinker-calcined clays-limestone cements. *Advances in Cement Research*, 27(9), 546-556. <https://doi.org/10.1680/adcr.14.00095>
- Scrivener, K., Martirena, F., Bishnoi, S., & Maity, S. (2018). Calcined clay limestone cements (LC3). *Cement and Concrete Research*, 114, 49-56. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2017.08.017>
- Scrivener, K., Snellings, R., & Lothenbach, B. (Ed.). (2018). *A Practical Guide to Microstructural Analysis of Cementitious Materials* (0 bs.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b19074>
- Silva, M. R. C. D., Andrade Neto, J. D. S., Walkley, B., & Kirchheim, A. P. (2024). Exploring sulfate optimization techniques in Limestone Calcined Clay Cements (LC3): Limitations and insights. *Cement and Concrete Research*, 175, 107375. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2023.107375>
- Snellings, R. (2016). Assessing, Understanding and Unlocking Supplementary Cementitious Materials. *RILEM Technical Letters*, 1, 50-55. <https://doi.org/10.21809/rilemtechlett.2016.12>
- Spagnoli, G., Sridharan, A., Oreste, P., Bellato, D., & Di Matteo, L. (2018). Statistical variability of the correlation plasticity index versus liquid limit for smectite and kaolinite. *Applied Clay Science*, 156, 152-159. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2018.02.001>
- TSE. (2011). 196-5 Çimento Deney Metotları Puzolanik Çimentolarda Puzolanik Özellik Deneyi. (t.y.).
- TSE. (2017a). TS EN 998-2 / Kâgir Harcı—Özellikler—Bölüm 2: Kâgir Harcı.
- TSE. (2017b). TS EN 12004-1: Seramik karolar için yapıştırıcılar—Bölüm 1: Gereklilikler, performansın sürekliliğinin değerlendirilmesi ve doğrulanması, sınıflandırma ve işaretleme.
- TSE. (2021). TS EN 197-5 Çimento—Bölüm 5: Portland-kompoze çimento CEM II/C-M ve kompoze çimento CEM VI.
- TSE. (2023). TS EN 197-6 Çimento—Bölüm 6: Geri Dönüştürülmüş Yapı Malzemeleri İçeren Çimento.
- Vizcaíno Andrés, L. M., Antoni, M. G., Alujas Diaz, A., Martirena Hernández, J. F., & Scrivener, K. L. (2015). Effect of fineness in clinker-calcined clays-limestone cements. *Advances in Cement Research*, 27(9), 546-556. <https://doi.org/10.1680/jadcr.14.00095>
- Zunino, F., & Scrivener, K. (2021). The reaction between metakaolin and limestone and its effect in porosity refinement and mechanical properties. *Cement and Concrete Research*, 140, 106307. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2020.106307>
- Zunino, F., & Scrivener, K. (2024). Reactivity of kaolinitic clays calcined in the 650 °C–1050 °C temperature range: Towards a robust assessment of overcalcination. *Cement and Concrete Composites*, 146, 105380. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2023.105380>









19 ULUSLARARASI TEKNİK SEMİNER INTERNATIONAL TECHNICAL SEMINAR

1-5 Aralık / December 2026, Antalya-Türkiye

2053'e Doğru Road to 2053

Delege kayıtları ve sponsorluk başvuruları için
For delegate registrations and sponsorship opportunities

tekniks@turkcimento.org.tr

Gösterilen yoğun ilgi için teşekkür ederiz.
Thank you for your great interest.

Ana Sponsorlar Main Sponsors



Medya Sponsorları Media Sponsors



Destekleyen Kuruluşlar Supported by



MARTIN® SMART™
SERİSİ JET NOZULLARI

İLE AĞIR DEĞİL AKILLICA ÇALIŞIN

Martin® SMART™ Serisi Jet Nozulları, yoğun emek gerektiren hava şoku nozul değişimlerinde karşılaşılan yılanmış problemler için bu zamana kadarki en yenilikçi çözümü sunmaktadır.

- Refraktere zarar vermez
- Montaj için ön ısıtıcı kulesi içerisine girmeye gerek yoktur
- Gözlem veya değişim için uzun duruş gerektirmez
- Kurulum esnasında hatalı hizalama riskini ortadan kaldırır
- Nozul değişimi için hava şokunun yerinden çıkarılmasına gerek yoktur

e-posta info@martin-eng.com.tr

www.martin-eng.com.tr +90216 499 34 91



1. Başlığı sökün.



2. Eski nozulu boru içerisinden çıkarın ve yerine yeni nozulu yerleştirin.

Problem Solved™
GUARANTEED!