

Kendi kendini iyileştiren beton ve biyo-çimento ile geleceği inşa etmek



Beton, sudan sonra Dünya üzerinde en çok kullanılan maddedir. Konuttan sanayiye, kıyı yapılarından altyapıya kadar birçok uygulamada beton ve çimento kelimenin tam anlamıyla hayatın temel taşlarını oluşturuyor.

Building the future with self-healing concrete and biocement?

After water, concrete is the most widely used substance on Earth. With applications from housing and industry to coastal defence and infrastructure, concrete and cement are at the cornerstone of life, quite literally.

İnşaat malzemelerini daha sürdürülebilir hâle getirirken aynı zamanda uygun fiyatlı ve çok yönlü tutmak için yenilikçi düşünceye ihtiyaç vardır. Sektörde ultra yüksek performanslı beton üretmek için yeni teknolojiler kullanılırken, sürdürülebilir betonda kullanılmak üzere biyoçimento üretmek için biyolojiye yöneliyor.

İtalya'daki Milano Politeknik Üniversitesinde yapısal analiz ve tasarım profesörü olan Profesör Liberato Ferrara, yeni sürdürülebilir beton türlerinin rüzgâr türbini çiftlikleri gibi diğer sürdürülebilir altyapıların temellerini sağlamanın anahtarı olduğunu söyledi.

Profesör Liberato Ferrara, "Enerji kaynaklarında farklı alanla-

Beton, sudan sonra Dünya üzerinde en çok kullanılan maddedir. Konuttan sanayiye, kıyı yapılarından altyapıya kadar birçok uygulamada beton ve çimento kelimenin tam anlamıyla hayatın temel taşlarını oluşturuyor.

Ne yazık ki, inşaat sektörünün de büyük bir çevresel etkisi var. Bir rapora göre çimento üretimi, havacılık sektöründen (%2,5) daha fazla, ancak tarım sektöründen (%12) daha az olmak üzere, küresel karbon emisyonlarının %8'ini oluşturuyor.

ra geçiş için şu anda sahip olduğumuz tüm ihtiyaçları düşünürsek, bunu beton olmadan yapamayız." dedi.

Profesör Ferrara, ultra yüksek performanslı beton (UHDC) geliştirmek için yola çıkan ReSHEALience adlı bir projeye liderlik etti. UHDC, deniz ortamları ve jeotermal enerji santralleri gibi zorlayıcı koşullara dayanabilir ve kendi kendini onarabilir.

Prof. Ferrara, "Bu ortamlar, beton yapılar için sahip olabileceğiniz en agresif durumlar arasında yer alıyor." dedi.

Özel karışımlar, kristalize katkı maddeleri, alümina nanoflifer ve selüloz nanokristaller gibi bileşenler bu beton karışımlarının dayanım ve dayanıklılıklarını artırmaktadır.

Beton, hizmet ömrü boyunca kaçınılmaz olarak çatlaklar, ancak kristal karışımların özelliklerinden biri de kendi kendini iyileştirmeyi sağlamalarıdır. Bu katkıları, su ve betondaki bileşenlerle reaksiyona girerek, çatlakları doldurmak için büyüyen iğne şeklinde kristaller oluşturur. İçerisine karıştırılan nanoflifer, malzemeye mekanik dayanım katar ve sertliğini artırmaya yardımcı olarak, betonun zorlu koşullara dayanmasını sağlar.

UHDC, midye yetiştiriciliğinde geleneksel ahşap salların dayanıklı bir ikamesi olarak ve kıyı bölgelerinde yüzer rüzgâr türbini platformlarının parçalarını yapmak için test edilmiştir. Ayrıca, geleneksel inşaat yöntemlerine göre daha fazla performans beklenen bir jeotermal enerji santralinin zorlu koşullarında da denenmiştir.

UHDC'nin Malta'daki eski bir su kulesinin restorasyonunda kullanılması, modern mimarlık mirasındaki sürdürülebilirlik potansiyelini göstermektedir.

Sürdürülebilir bir malzeme

Prof. Ferrara, "UHDC'nin doğası gereği sürdürülebilir bir malzeme olduğunu göstermeyi başardık. Aynı yapıyı inşa etmek için daha az malzeme kullanılmasını sağlar, böylelikle çevresel ayak izi ve ekonomik denge daha iyi hâl alır." diye konuştu.

Malzeme, hem ilk etapta ihtiyaç duyulan malzeme miktarını azaltarak hem de çok daha uzun süre dayanarak kaynak kullanımını azaltıyor; Profesör Ferrara, malzemenin önemli bakım gerektirmeden 50 yıla kadar dayanma potansiyeline sahip olabileceğini tahmin ediyor.

Yerel malzemelerle birçok farklı uygulama için çok çeşitli yerlerde kullanılabilir. Ayrıca kırılmış UHDC, ana betonla aynı mekanik performansa ve dayanıklılığa sahip yeni beton üretmek için geri dönüştürülmüş bir bileşen olarak da kullanılabilir.

Prof. Ferrara, "Sürdürülebilirlik hedeflerine acil olarak ulaşabilmek için, inşaata 'bütüncül' olarak bakmanın yeni yolları gerekiyor." diye sözlerine ekledi. Prof. Ferrara, "Planlanan yapıların tüm değer zincirini ve hizmet ömrünü dikkate alan beton yapılar için yeni bir düşünce biçimini yaymakla ilgili olarak yapısal tasarımı, malzemelerin tedarikini, malzemelerin dayanıklılığını ve yaşam döngüsünü düşünmelisiniz. Eğer böyle düşünmezseniz, her zaman kısmi bilgiye sahip olursunuz ve yenilik ortaya çıkmaz." dedi.

Biyoçimento

Öte yandan araştırmacılar, canlı organizmaların doğal süreçlerinden yararlanarak inşaat sektöründe yenilik yapmanın oldukça farklı yollarını arıyorlar.

Demir yolu şirketleri için, demir yollarının altındaki zeminde zamanla toprak oturması ciddi sorunlar yaratabilir ve bakım maliyetlerini ve yolcu gecikmelerini artırabilir.

Çözüm olarak genellikle zemin malzemelerini sertleştirmek için mekanik yöntemler veya kimyasal bazlı stabilizatörler kullanılır, ancak bunlar yıkıcı ve maliyetli olabilir, çevresel yan etkileri olabilir ve karbon emisyonları üretebilir.

Bu nedenle NOBILIS projesi, zemini buldozerlerle taşınacak sıradan bir kütle yerine canlı bir organizma olarak gören bakterilerin işi yapmasını sağlıyor.

Bakteri yapımı

Biyo-çimento üretimi sürecinde, bakterilerin büyümesi ve metabolik aktivitesi, onlara besinler ve çimento yan ürünleri sağlanarak uyarılır. Bakteriler tarafından üretilerek ortaya çıkan enzimler, sonuçta toprak parçacıklarını birbirine bağlayan kalsiyum karbonat gibi maddeleri oluşturan reaksiyonları katalize eder.

Tekniğin, kıyı erozyonuna karşı koruma sağlamak için sahil kayalarının oluşturulması, inşaat veya çevre mühendisliğindeki diğer uygulamalar dâhil olmak üzere, kumlu topraklar gibi daha büyük parçacıklara sahip toprakların iyileştirmesinde potansiyele sahip olduğu kabul edilmiştir.

Bununla birlikte bakteri, su ve diğer maddelerin daha sınırlı hareket etmesi nedeniyle kil ve turba gibi daha ince taneli topraklarda daha büyük bir zorluk ortaya çıkar. NOBILIS yılmadan, biyosentasyonu daha geniş bir toprak yelpazesinde kullanmanın yollarını keşfetmeye çalışıyor.

Birleşik Krallık, East Anglia'daki son çalışmalar, turba topraklarının biyolojik olarak çimentolanması olasılığını göstermiştir. Londra South Bank Üniversitesinde (LSBU) bir jeoteknik araştırmacı ve proje lideri olan Profesör Maria Mavrouidou, NOBILIS projesinin bu çalışmayı sahadaki denemelerle büyütme hedefleyeceğini söyledi.

Paradigma değişimi

Prof. Mavrouidou, biyolojiden ilham alan bu tür yaklaşımın yeni düşünme biçimleri gerektirdiğini söyledi.

Prof. Mavrouidou, "Pratik bir inşaat mühendisine zemini çimentolamak için bakteri kullanacağınızı söylemek şaşkınlık yaratıyor, çünkü bu durum endüstri için bir paradigma değişikliği anlamına geliyor." dedi.

Yine LSBU'da bir çevre mühendisliği araştırmacısı olan Wilson Mwandira, NOBILIS'in biyo-çimento üretildikçe topraktaki karbondioksiti hapsedme tekniklerini araştırdığını ve süreçte daha fazla yerel bakteri kullanma potansiyelini araştırdığını söyledi.

Mwandira, toprakta hâlihazırda bulunan bakterilerin kullanılmasının, çevrede mevcut bulunan organizmalar üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmasını önleyeceğini açıkladı. "Bir topluluğa yeni bakteri getirirseniz, sistemde bir aksama yaşarsınız." dedi.

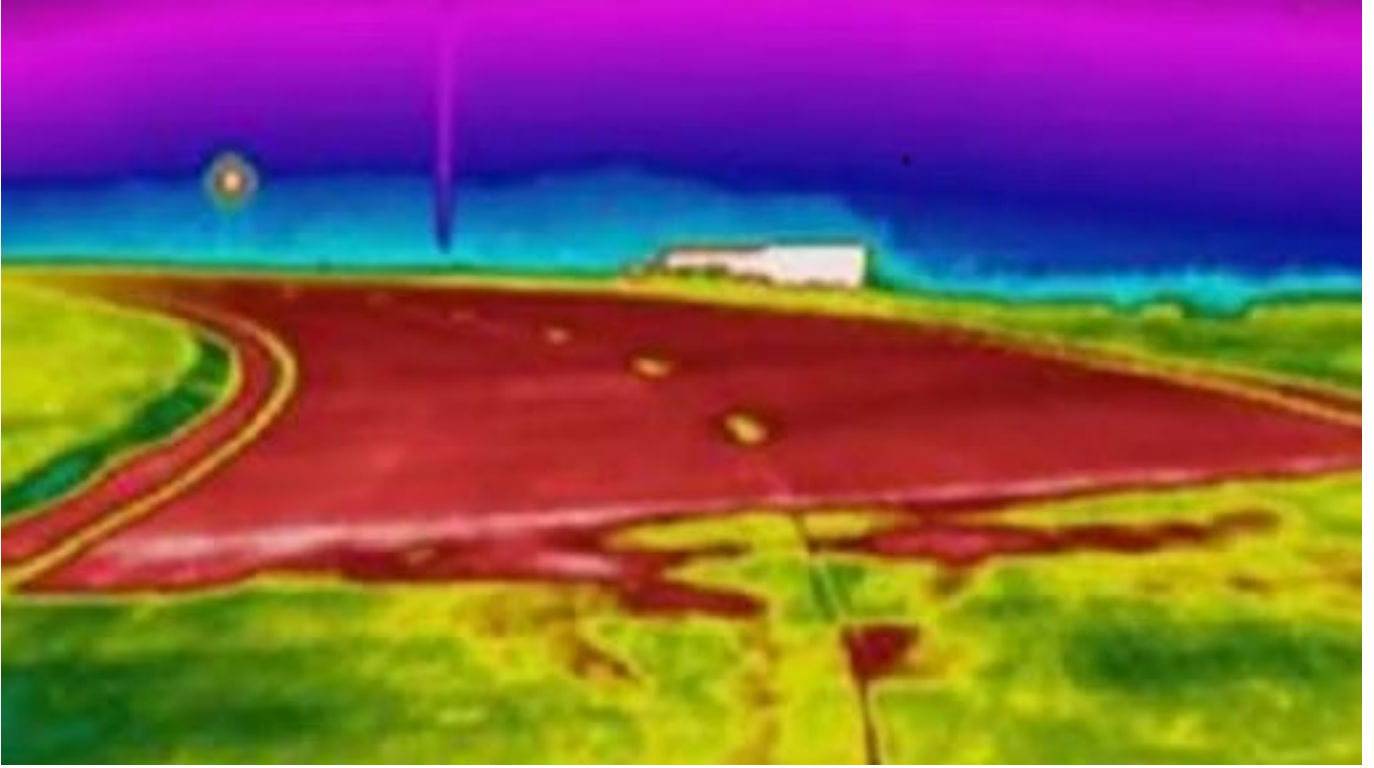
Akademik dünyada bu tür biyo-çimento tekniklerinin genel olarak inşaat işlerinde daha yaygın olarak uygulanabilir hâle gelmesi umulmaktadır. Yine LSBU'da bir geoteknik mühendis olan Profesör Michael Gunn, "Tekniği daha genel olarak binaların altındaki temellerde ve diğer geoteknik malzeme alanlarında da genişletmeye çalışıyoruz." dedi.

Profesör Michael Gunn, tekniklerin daha rutin bir şekilde kullanılmasının birkaç yıl alabileceğini, ancak inşaattaki uzun vadeli zorlukları ele almak için bu tür yenilikçi yöntemlerin keşfedilmesinin gerekli olduğunu düşünüyor.

Kaynak: <https://horizon.scienceblog.com/2102/building-the-future-with-self-healing-concrete-and-biocement/>

Daha Serin Beton Kaplamalar

Sıcak iklimlerdeki araştırmacılar, yol kaplama malzemelerinin hava sıcaklığını ve Kentsel Isı Adası etkisini nasıl etkilediğini araştırma konusuna liderlik ediyor.



ABD'nin en sıcak şehirlerinden biri olan Phoenix'in aktif olarak hava sıcaklıklarını dūřürmenin ve sakinlerinin sağlık ve konforunu iyileştirmenin yollarını araması şaşırtıcı değil. Maricopa ilçesinde, haber kaynakları dūzenli olarak rekor kıran sıcaklar bildiriyor. Ađustos 2020, 1896'dan (kayıtların tutulmaya başlandığı zaman) bu yana kaydedilen en sıcak ay oldu. 17 Haziran 2021'de ~47.78 °C. sıcaklık, 2020 boyunca herhangi bir ayda kaydedilen en sıcak güne denk geldi. Ayrıca, Maricopa ilçesi tarafından 2020 nihai raporunda (verilerin verildiği en son yıl) yüksek sıcaklığa bağlı 323 ölüm bildirildi. Bu rakam, 2019'a göre %62,3'lük bir artışı gösteriyor ve 2001'deki miktarın 15 katı. Genel ABD bağlamında, CDC bil-

Top Post of 2022: Streets of Fire? How Concrete Proves to Be A 'Cool Pavement'

Researchers in warm climates are leading the way when it comes to investigating how pavement materials affect air temperature and the Urban Heat Island effect.

As one of U.S.' hottest cities, it isn't surprising that Phoenix is actively seeking ways to reduce air temperatures and improve the health and comfort of its residents. In Maricopa County, news outlets regularly report record-breaking heat.

dirisine göre 2004'ten 2018'e kadar olan zaman diliminde yılda ortalama sıcaklığa bağlı 702 ölüm bildirildi.

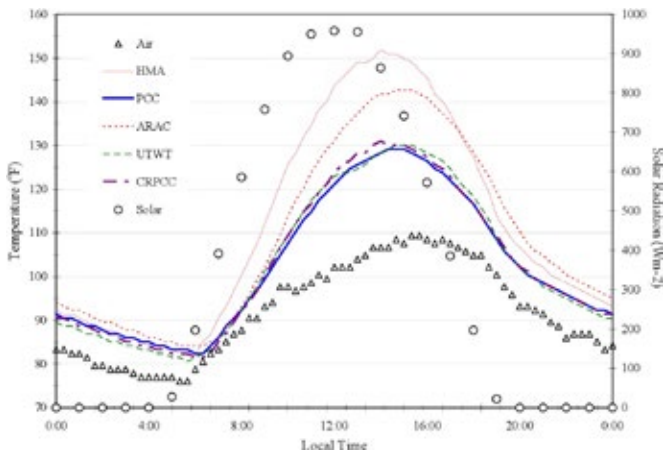
Arizona eyaletindeki, 8.000 dönümlük bölgesel otoyolun kaplamalı yüzeyleri gün boyunca ısıyı emer, depolar ve gece boyunca serbest bırakarak ortam sıcaklıklarını yükseltir. Bu olay, Kentsel Isı Adası (KIA) etkisi olarak bilinir. Phoenix'teki kentsel arazi alanının yaklaşık %40'ını oluşturan kaplı yüzeyler genellikle KIA'nin birincil nedenlerinden biri olarak kabul edilir. Buna önlem olarak, Phoenix şehri Caddesi Ulaşım Departmanı ve Sürdürülebilirlik Ofisi, 2020'den beri serin kaldırımlar programının pilot uygulamasını yürütüyor. Program, Arizona Eyalet Üniversitesi (ASU) ile ortaklaşa yürütülüyor.

Eylül 2021'de ASU'nun Küresel Sürdürülebilirlik ve İnovasyon Enstitüsü, Sağlıklı Kentsel Ortamlar ve Kentsel İklim Araştırma Merkezinden bilim adamları tarafından birinci yılın sonuçları sunuldu. Önemli bir bulgu, açık renkli yansıtıcı kaplama yüzey sıcaklıklarının, geleneksel karayolu kaplamasına göre önemli ölçüde düşük olmasıdır. Bunun nedeni, açık renkli yüzeyler genellikle ısı enerjisini yansıtırken, koyu renkli yüzeylerin ısı enerjisini emmesidir.

Phoenix araştırma ekibi tarafından kullanılan serin kaplama stratejisi, mevcut koyu renkli asfalta yansıtıcı bir kaplama (açık renkli pigmentlerle yapılmış) uygulamaktır, ancak Arizona, 1920'lerden beri doğal olarak serin kaplamayı kullandı. 2000'li yılların başlarında kilometrelerce yol bir asfalt-kauçuk tabakasıyla (ARFC) kaplanırken, bu malzemenin tasarım ömrü sona ermiş ve Arizona Ulaştırma Bakanlığı (ADOT) daha sürdürülebilir, uygun fiyatlı kaplama çözümleri araştırması yapmaktadır.

Beton Kaplama Sıcaklıkları Araştırması

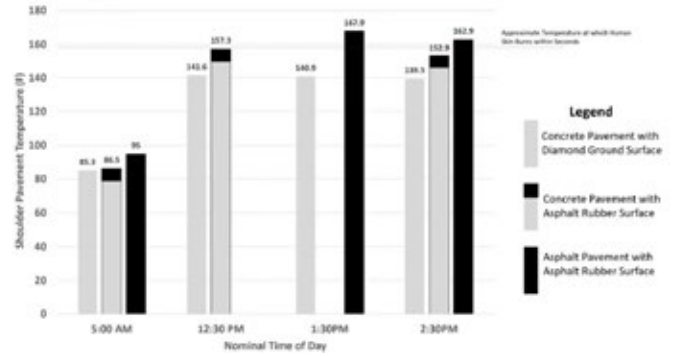
Son yıllarda yapılan araştırmalar, betonun asfalttan daha soğuk olduğunu göstermektedir. Kaplama yüzeyi olarak betonun kullanılması, yola ek yansıtıcı kaplamalar uygulama ihtiyacını ortadan kaldıracaktır. 2004 ve 2005'te Portland Çimento Birliği, yalnızca yansıtıcı kaplamanın faydalarını değil, beton ve asfalt yüzeyler arasındaki termal etki farkını da incelemek için ASU ile bir sözleşme yaptı. "Kentsel Isı Adası Etkilerinin Azaltılmasında Beton Yolların Termal ve Işınım Özellikleri" başlıklı raporlarında ekip, çeşitli beton kaplama yüzeylerinin ve karışım türleri albedo'sunu (yüzeyin yansıtma derecesi) ve çeşitli saha bölümlerinde toplanan kaplama sıcaklıklarını belirledi. Laboratuvar testleri de yapılarak kaplama ısı emme ve transfer modellemesi geliştirildi. Şekil 1'de görüldüğü gibi, portland çimentolu beton (PCC), en yüksek sıcaklıklarında asfalt kaplamadan 20° F'den daha soğuktu.



Şekil 1. Kaplama Malzemeleri Sıcaklık Karşılaştırması. Kentsel Isı Adası Etkilerinin Azaltılmasında Beton Yolların Termal ve Işınım Özellikleri; Kaloush, Carlson, Golden, Phelan. Açıklama: HMA - Sıcak

Karışım Asfalt, PCC - Portland Çimento Betonu, ARAC - Asfalt Kauçuk Asfalt Betonu, UTWT - Ultra İnce Beyaz Kaplama, CRPCC - Kauçuk Kırıntı Portland Çimento Betonu. Arizona Meteoroloji (AZMET) İstasyonu Mesa, Arizona'dan saatlik güneş enerjisi verileri.

Ağustos 2021'de Uluslararası Oluk Açma ve Yüzey Silme Derneği (IGGA), Phoenix bölgesindeki elmas ile silinmiş beton ve asfalt kauçuk yüzeyli kaplamaların kızıllötesi testini gerçekleştirmek için Amerikan Beton Yol Birliği (ACPA) ile ortaklık kurdu. Veriler, 40. Cadde ve Dobson Yolu arasındaki doğu yönündeki SR202'de üç farklı kaplama yapısı için toplanmıştır: Elmas ile silinmiş beton kaplama, yaklaşık 2,54 cm kalınlığında asfalt kauçuk yüzeyle kaplanmış beton kaplama ve yaklaşık 1,27 cm kalınlığında asfalt kauçuk yüzeyle kaplanmış beton kaplama. Test sonuçları, 24 saatlik bir süre boyunca asfalt kauçuğunda elmasla silinmiş betona kıyasla sürekli olarak daha yüksek sıcaklıklar gösterdi.



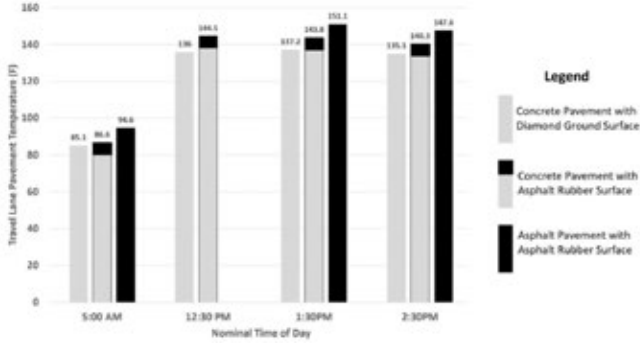
Şekil 2. 5 Ağustos 2021'den Üç Kaplama Yapısı İçin Kaldırım Banket Sıcaklıkları

Şekil 2, yol banketinden alınan sıcaklıkları göstermektedir. Bu konum, trafiğe kapalı bir alan olduğundan ve sonuç olarak trafikten minimum konveksiyon soğutması olduğundan, farklı yüzey türleri arasındaki gerçek ısı eşitsizliğini en iyi şekilde temsil eder.

- Elmasla silinmiş beton yüzeyler 24 saatlik süre boyunca daha soğuk kaldı.
- Gün doğumundan hemen önce, elmasla silinmiş beton, asfalt kauçuk yüzeylerden 1-10° F daha soğuk olarak ölçüldü.
- En yüksek sıcaklık zamanında (13.30), elmasla silinmiş beton, asfalt kauçuğu ile kaplanmış kaplamadan 27° F daha soğuktu.

As one of U.S.'s hottest cities, it isn't surprising that Phoenix is actively seeking ways to reduce air temperatures and improve the health and comfort of its residents. In Maricopa County, news outlets regularly report record-breaking heat. August 2020 was the hottest month on record since 1896 (when record-keeping began).

- Öğleden sonra 14.30'da elmasla silinmiş beton, her iki asfalt kauçuk yüzeyden 13-23° F daha soğuktu.



Şekil 3. 5 Ağustos 2021 Drone Kızılötesi Testinden Üç Üst Kaplama Yapısı için Kaldırım Seyir Şeridi Sıcaklıkları

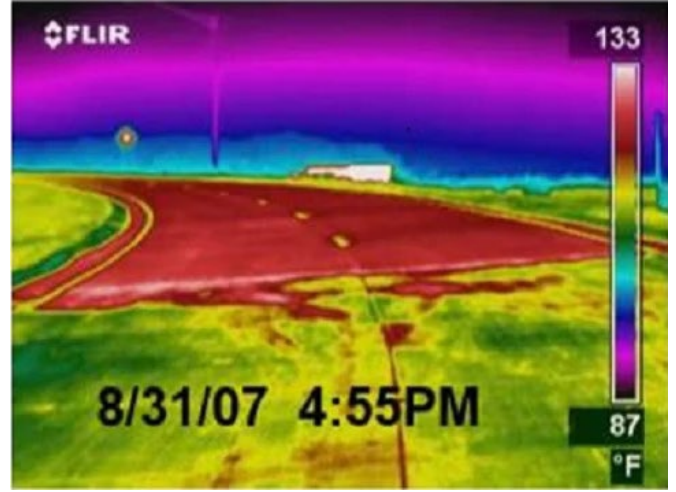
Şekil 3, doğu yönündeki SR202'deki beton ve asfalt kauçuk yüzümü şeridi yüzeylerinin kaplama sıcaklığını göstermektedir.

Araştırma bulguları aşağıdadır:

- Elmasla silinmiş beton yüzey, 24 saatlik sürenin tamamı boyunca, her iki asfalt kauçuk kaplı yüzeyin her birinden daha soğuktu.
- Gün doğumunda, elmasla silinmiş beton yüzeyi yine 1-10 °F daha soğuktu ve en yüksek günlük sıcaklıkta (13.30) 7-14 °F daha soğuktu.



Asfalta geçiş yapan beton yüzeyi gösteren otoyol rampası.



Aynı otoyol rampasının 2007 yılında çekilmiş termal görüntüsü.

ACPA 2007'de benzer çalışmalar yürütmüştü ve sonuçlar, asfalt kauçuğun 24 saatlik günlük döngü boyunca beton yollardan daha sıcak olduğunu gösteriyordu.

Elmasla Silinmiş Beton: Maliyet Avantajı

Elmas taşlanmış beton kaplamalar ARFC'ye kıyasla çok büyük bir maliyet avantajı sunar. 15 yıllık bir süre içinde, kauçuklaştırılmış asfaltın beş kez sis sızdırmazlığının yanı sıra iki kez çatlak sızdırmazlığı yapılması gerekir. 15 yıllık hizmetin ardından frezelenmesi ve değiştirilmesi gerekir. Buna karşılık, elmasla silinmiş portland çimentolu beton kaplamanın beklenen ömrü 30 yılı aşmaktadır ve ihtiyaç duyulduğunda parça onarımı ve derz dolgusu ile ilgili çok az bakım söz konusudur. Ayrıca, ADOT'a göre, "Kauçuklaştırılmış asfaltın değiştirilmesiyle ilgili maliyetlerin önümüzdeki yıllarda yaklaşık %300 artması bekleniyor. 2020 ile 2024 arasında, Maricopa İlçesindeki otoyollar için kauçuklu asfalt yenileme ve kaldırım bakım maliyetlerinin yaklaşık 200 milyon dolar olacağı tahmin ediliyor. Bu rakamın 2025 ile 2029 arasında yaklaşık 800 milyon dolara çıkması bekleniyor."

Aşırı ısı, artan maliyet, çevresel etki ve ölüm. Bu tehditler gerçeğe dönüştükçe, vatandaşlar ve devlet kurumları değişim zamanının geldiğini anlıyor. Araştırmalar, açık renkli kaldırımların KIA üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabileceğini açıkça ortaya koymaktadır. Dayanıklılık ve daha düşük bakım maliyeti gibi diğer avantajlarıyla birlikte açık renkli beton kaplamalar, sürdürülebilir bir çözümün parçasıdır.

Kaynak: <https://www.forconstructionpros.com/concrete/article/22210872/igga-international-grooving-grinding-association-study-on-concrete-pavement-factor-in-urban-heat-island-uh-effect>