

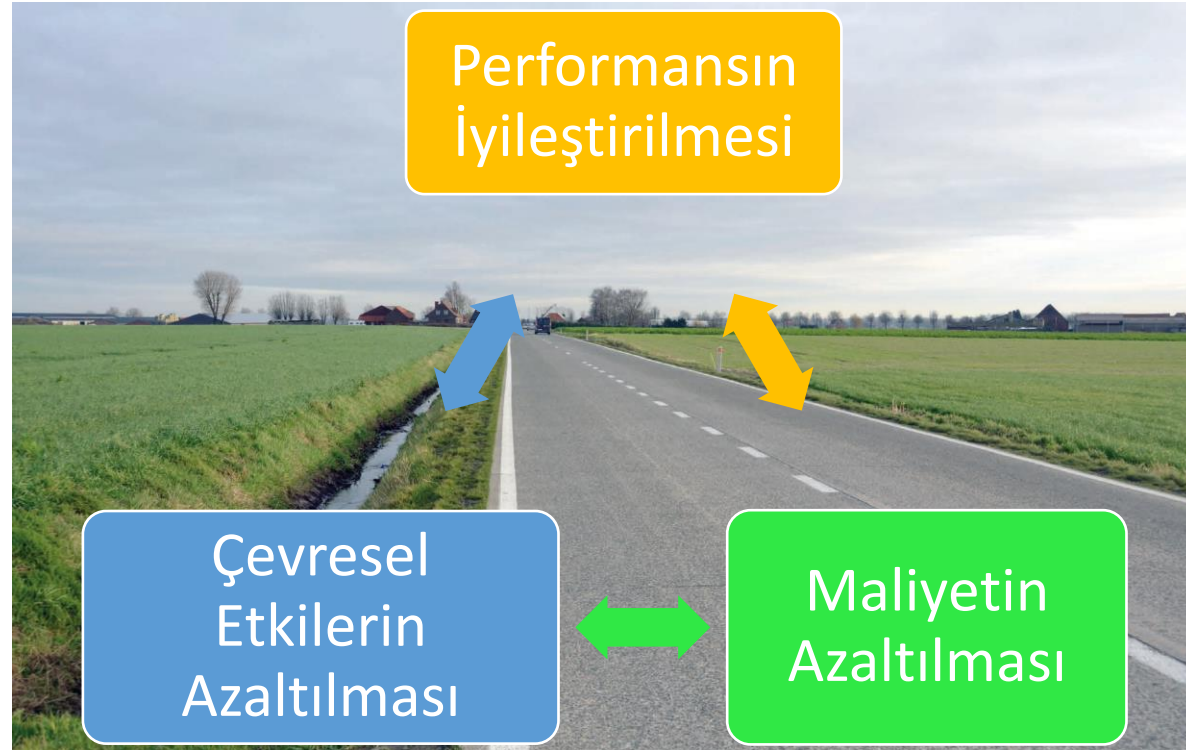
# Beton Yol Yaşam Döngüsü

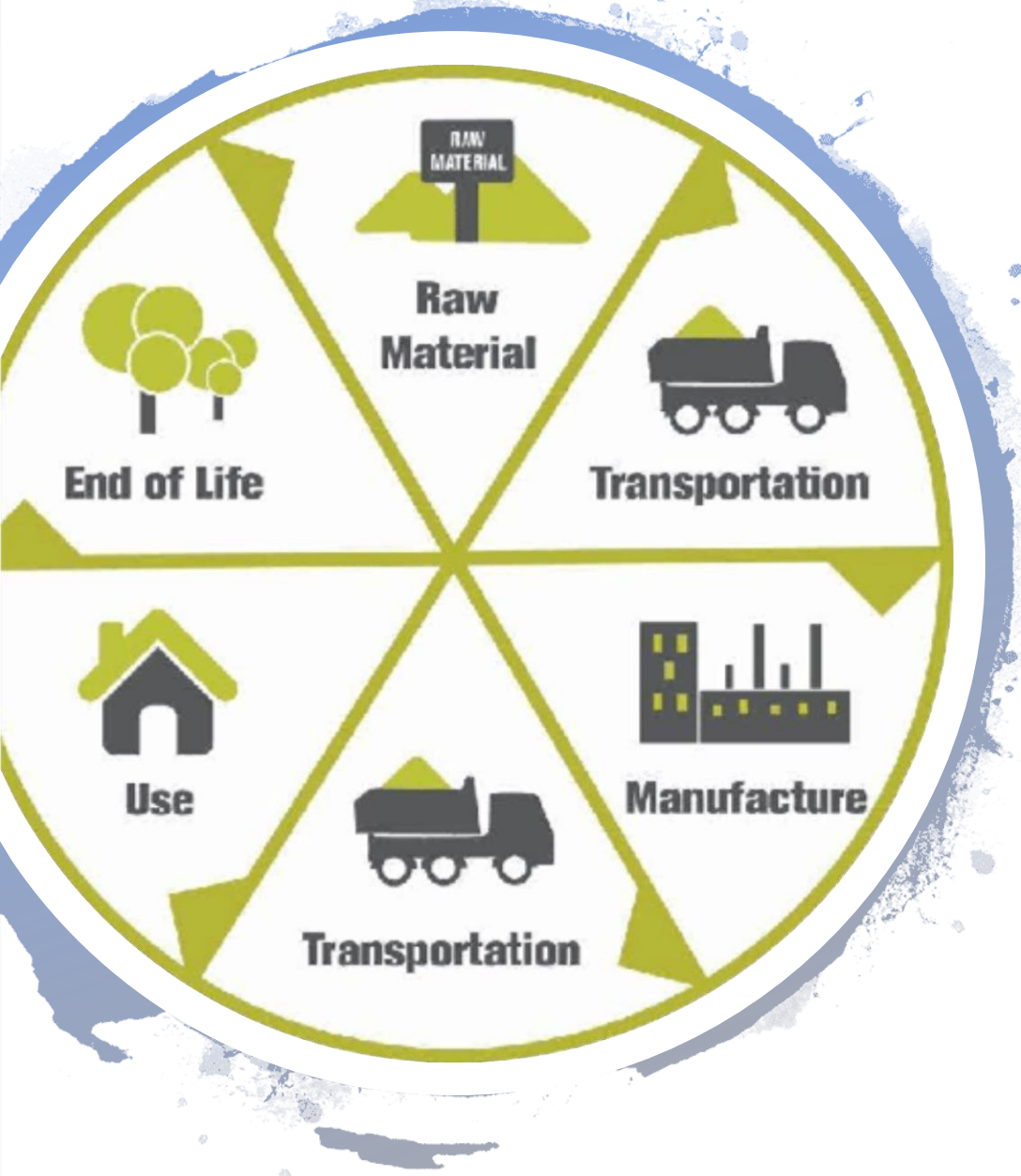
Dr. Öğr. Üyesi Can B. Aktaş, TED Üniversitesi İnşaat Müh. Bölümü

Prof. Dr. İ. Özgür Yaman, ODTÜ İnşaat Müh. Bölüm Başkanı

# Amaç

- Sunumun amacı **beton yollar** üzerine yürütülen **yaşam döngüsü değerlendirme** çalışmalarını yurtdışından örneklerle özetlemek, ve Türkiye’de eksik olan bu karar destek mekanizmalarının oluşturulması için gereken çalışmalardan kısaca bahsetmektir.





# Yaşam Döngüsü

- Yaşam döngüsü değerlendirmeleri (YDD) **çevresel (LCA)** veya **ekonomik (LCCA)** etkilere göre yürütülebilir.
- Yaşam döngüsü genel anlamıyla ürünlerin veya sistemlerin ömürleri süresince sadece bir noktada değerlendirilmesinden ziyade **tüm ömürlerini dikkate almayı gerektirir.**
  - Örneğin, yolların çevresel ve ekonomik etkileri yapım aşamasında bitmez, yolun kullanım süresi boyunca gerekli bakım-onarım dolayısıyla etkisi artmaya devam eder.
  - Ekonomik değerlendirmeler ürünün sadece yapım aşamasından ziyade toplam maliyetini belirlemesi açısından önemlidir.
  - YDD bir **karar destek aracıdır.**

# Çevresel yaşam döngüsü değerlendirmesi

- Çevresel yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA), ürünlerin veya sistemlerin yaşam döngüsü boyunca emisyon ve çevresel etkilerini ölçen **sistematiik bir yöntemdir**.
- LCA genellikle malzemelerin hammadde ediniminden başlar ve üretim, taşıma, kullanım, ve ömür sonu aşamalarını içerir.
- Ürünleri yaşam döngüleri boyunca değerlendirmek, verilen **kararların gerçek çevresel etkilerini** anlamalayı sağlar.
- Uluslararası standartlar serisi ISO 14040 LCA koşul ve şartlarını belirler.

# Ekonomik yaşam döngüsü değerlendirmesi

- Ürünlerde olduğu kadar **altyapı ve binalarda da uygulanabilen** bu yöntem, kararlarda sadece ilk maliyetin değil ürün/tasarımların **toplam ömür boyu maliyetlerin** belirlenip buna göre daha **bilinçli karar** verilmesini sağlamaktadır.
- Genel olarak değerlendirmeye dahil edilen maliyetler:
  - İlk maliyet
  - Kullanım maliyeti
  - Bakım-onarım maliyeti
  - Ömür sonu ile ilgili maliyetler

# Beton Yol Yaşam Döngüsü

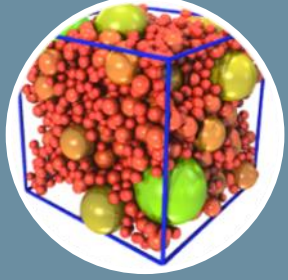
- Beton yollar üzerine hem ekonomik hem çevresel açıdan yaşam döngüsü çalışmaları yürütülmektedir.
- Bu tür çalışmaların yürütüldüğü belli başlı araştırma merkezleri arasında “MIT Beton Sürdürülebilirlik Merkezi” öne çıkmaktadır.
  - Uzun yıllardır faaliyet gösteren bu merkezin amacı sürdürülebilir ve dayanıklı yollar ve yapılar geliştirebilmek için gerekli bilimsel ilerlemeyi sağlamaktır. Ana araştırma başlıkları:
    - Yol davranışlarını anlayabilmek için mekanik ve kimyasal modellerin geliştirilmesi
    - Yol ve yapıların mühendislik tasarım süresini iyileştirmek
    - Yol ve yapıların ekonomik yaşam döngüsü değerlendirmesi
    - Yol ve yapıların çevresel yaşam döngüsü değerlendirmesi

# Merkezin Kuruluşu

- MIT Beton Sürdürülebilirlik Merkezi kuruluş gereği
  - ABD'de yol altyapısının **durumu zayıf, yıllık \$170 milyar yatırıma** ihtiyaç duymaktadır (ASCE) , fakat bakım-onarıma ayrılan fon neredeyse bitmiştir (FHWA).
  - Yerel yönetimlerin geliri her geçen yıl azalmakta ve yol bakım sorumluluklarını yerine getirmekte zorlanmaktadırlar
  - Çevresel etkiler – iklim değişimi; kentsel ısı adası etkisi
- Sorunun çözümüne olan yaklaşım:
  - Bilinçli karar verilebilmesi için **bilimsel temelin sağlanması**
  - **Altyapı kararlarında yaşam döngüsü bakış açısının** gereğinin gösterilmesi
  - Bilginin **araştırmadan uygulamaya** dönüştürülmesi
- Merkez **2009 yılında RMC** (ABD Hazır Beton Araştırma ve Eğitim Vakfı) ve **PCA** (ABD Çimento Birliği) **desteğiyle kurulmuştur**



# MIT Beton Sürdürülebilirlik Merkezi



## Beton Bilimi

Farklı boyutlarda (nano, mikro ... makro) mekanik ve kimyasal modeller



## Mühendislik

Altyapı (yol) ve üstyapı (bina) tasarım proseslerinin iyileştirilmesi



## Ekonomik

Altyapı (yol) ve üstyapı (bina) yatırımında finansal risklerin değerlendirilmesi



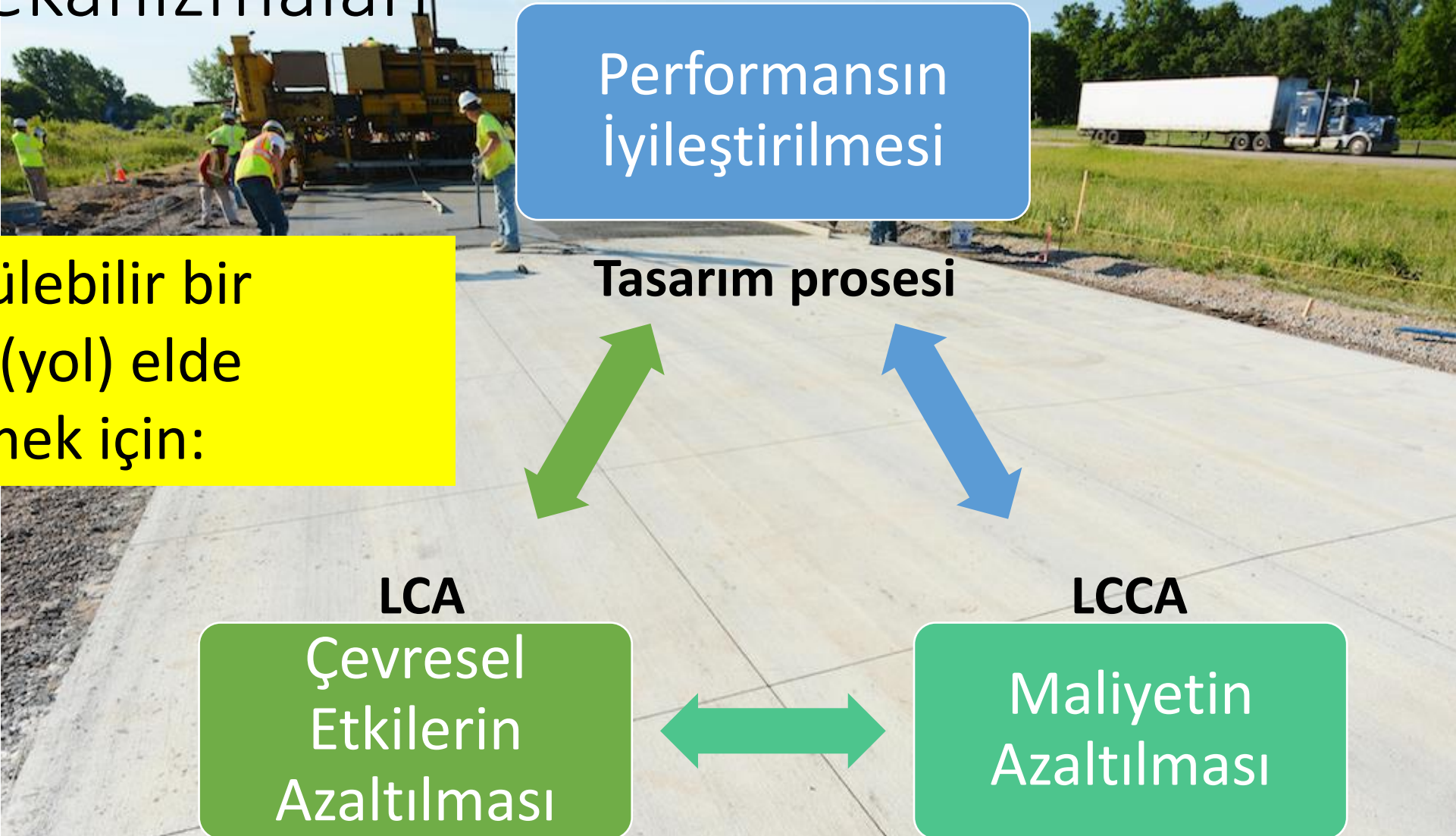
## Çevresel

Altyapı (yol) ve üstyapı (bina) çevresel etkilerinin değerlendirilmesi

**Araştırma yaklaşımı bütünsel ve çok disiplinli**



# Sürdürülebilir Altyapı Tasarımı ve Karar Destek Mekanizmaları



Sürdürülebilir bir altyapı (yol) elde edebilmek için:

Performansın İyileştirilmesi

Tasarım prosesi

LCA

Çevresel Etkilerin Azaltılması

LCCA

Maliyetin Azaltılması

# MIT Ekonomik Araştırmaları

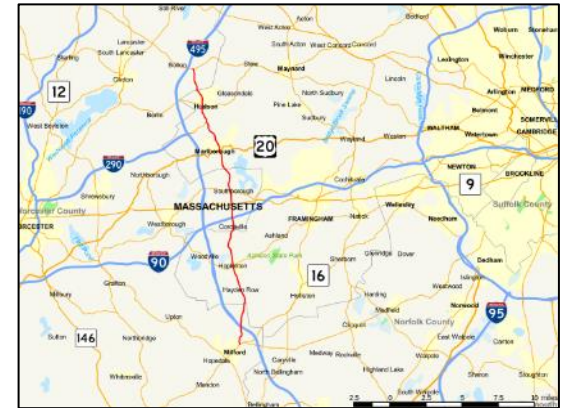
Değerlendirmeler hem **proje boyutunda** hem de **yol ağı boyutunda** gerçekleřtirilmiřtir. Genellenmiř sonuçlardan ziyade **etken parametreleri dikkate alan değerlendirmeler** gerekmektedir.

## Proje Boyutunda

- Proje Boyutu LCCA uygulamalarının iyileştirilmesi
  - Malzemelerdeki fiyat artışı
  - Gelecekteki fiyat tahminleri
  - Yol-araç etkileřiminin maliyet hesaplarına dahil edilmesi

## Yol Ağı Boyutunda

- Sektörler-arası rekabetin yol malzeme maliyetlerini düřürmesi
- Yol yapım-bakım-onarım kararlarında malzeme çeşitliliği yol ağı performansını iyileşirmektedir

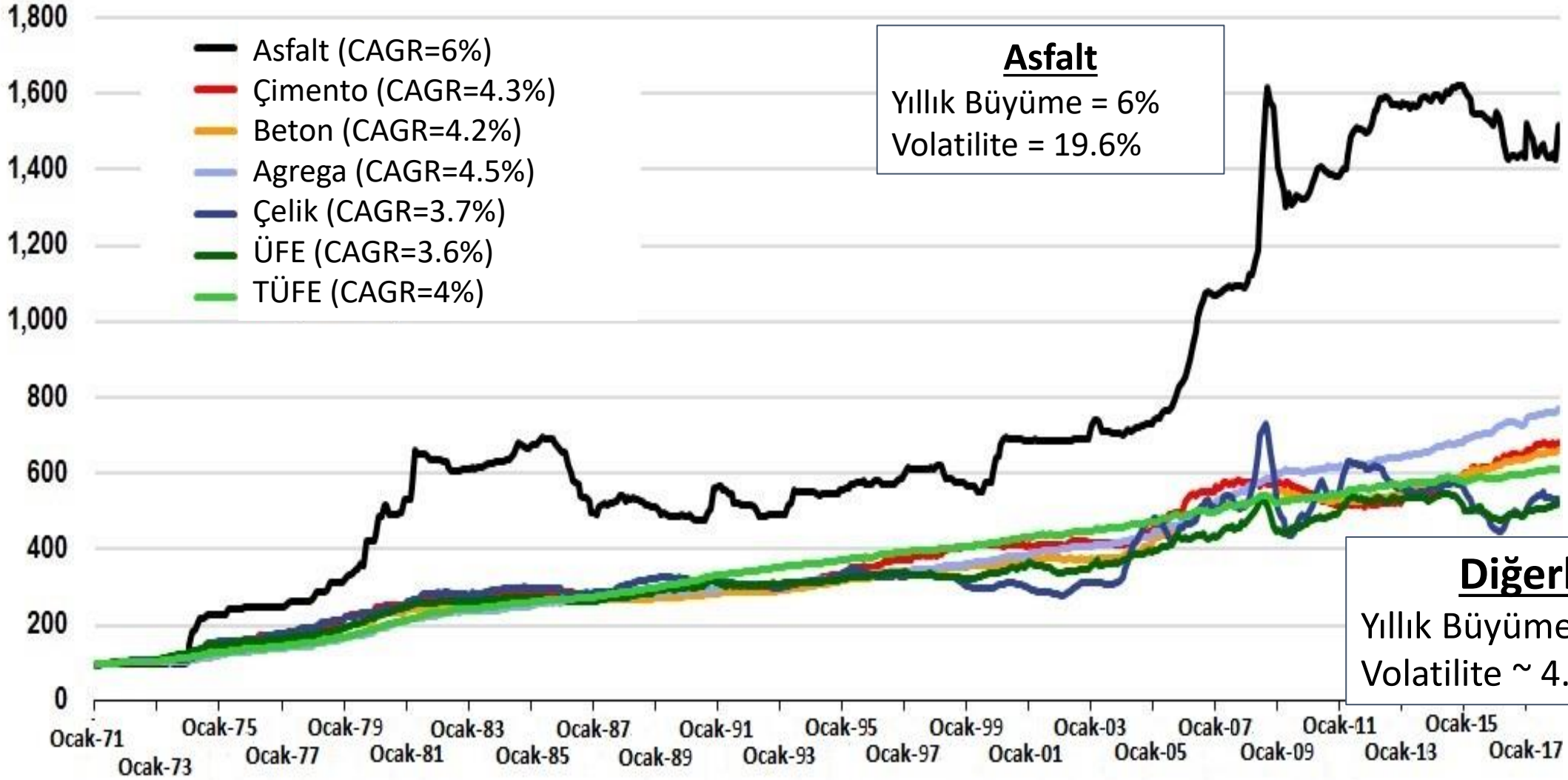


# Ekonomik Değerlendirme

- Yapı malzemelerindeki fiyat artışı
  - Beton ve asfalt yolları karşılaştıran birçok yaygın kullanılan yapı malzemeleri **fiyatlarının aynı oranda arttığını** varsaymaktadır, fakat bu **varsayım yanlıştır**.
    - ABD'de 1971-2018 yılları arasında asfalt yol malzeme fiyatları yıllık ortalama **%5.9** artarken, bu oran beton yol malzemeleri için **%4.1** artmıştır. 50 yıla yakın bir süre sonunda (yolun beklenen ömrü) bu fark ciddi boyutlara ulaşmıştır.
  - Malzeme fiyat artışıdaki farklılıklar dikkate alınmadığı takdirde yol gibi uzun ömürlü yapıların bakım-onarım maliyetleri beklenenin üstünde olabilir ve bütçe sorunlarıyla karşılaşılmasına neden olabilir.
  - Bilimsel çalışmalarda fiyat artış oranlarındaki farkı dikkate almamak sonuçları asfalt yol lehine etkiler.

# Ekonomik Değerlendirme

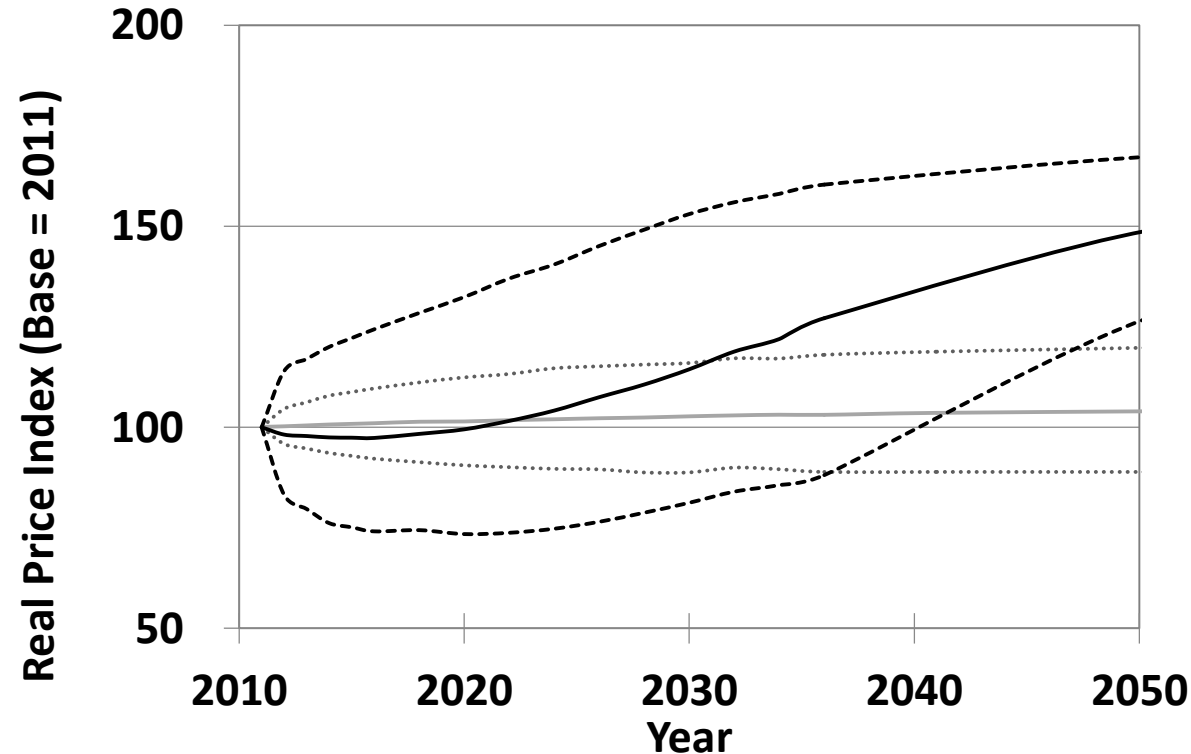
Fiyat Endeksi (Temel Yıl = 1971)



CAGR = Compound Annual Growth Rate (Yıllık birleşik büyüme oranı)

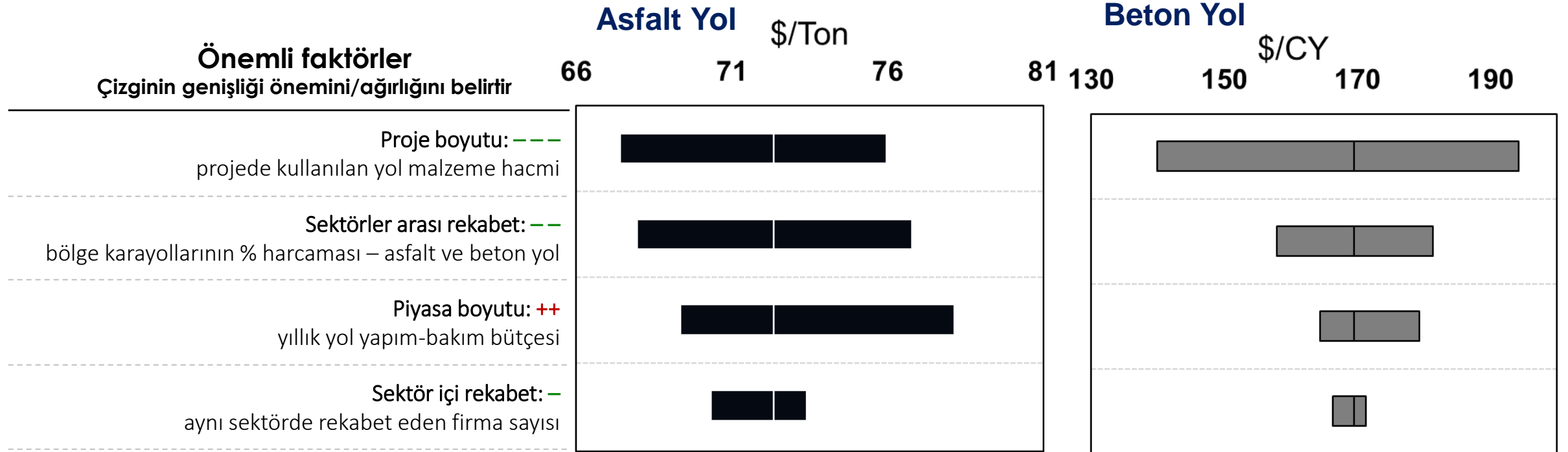
# Ekonomik Değerlendirme

- Yapı malzemelerindeki fiyat artışı
- İstatistiksel analiz yöntemleri kullanarak geleceğe yönelik fiyat tahminleri geliştirmek mümkündür.



# Ekonomik Değerlendirme

- **Sektörler arası rekabet** yol malzemeleri birim fiyatlarını düşürmektedir.
  - Yürütülen hassasiyet analizine göre yol yapım maliyetinde sektörler arası rekabet aynı sektör içindeki **firmalar arası rekabetten daha belirleyici** oluyor



- Bu parametrenin artması fiyatlarda düşüğe neden olur

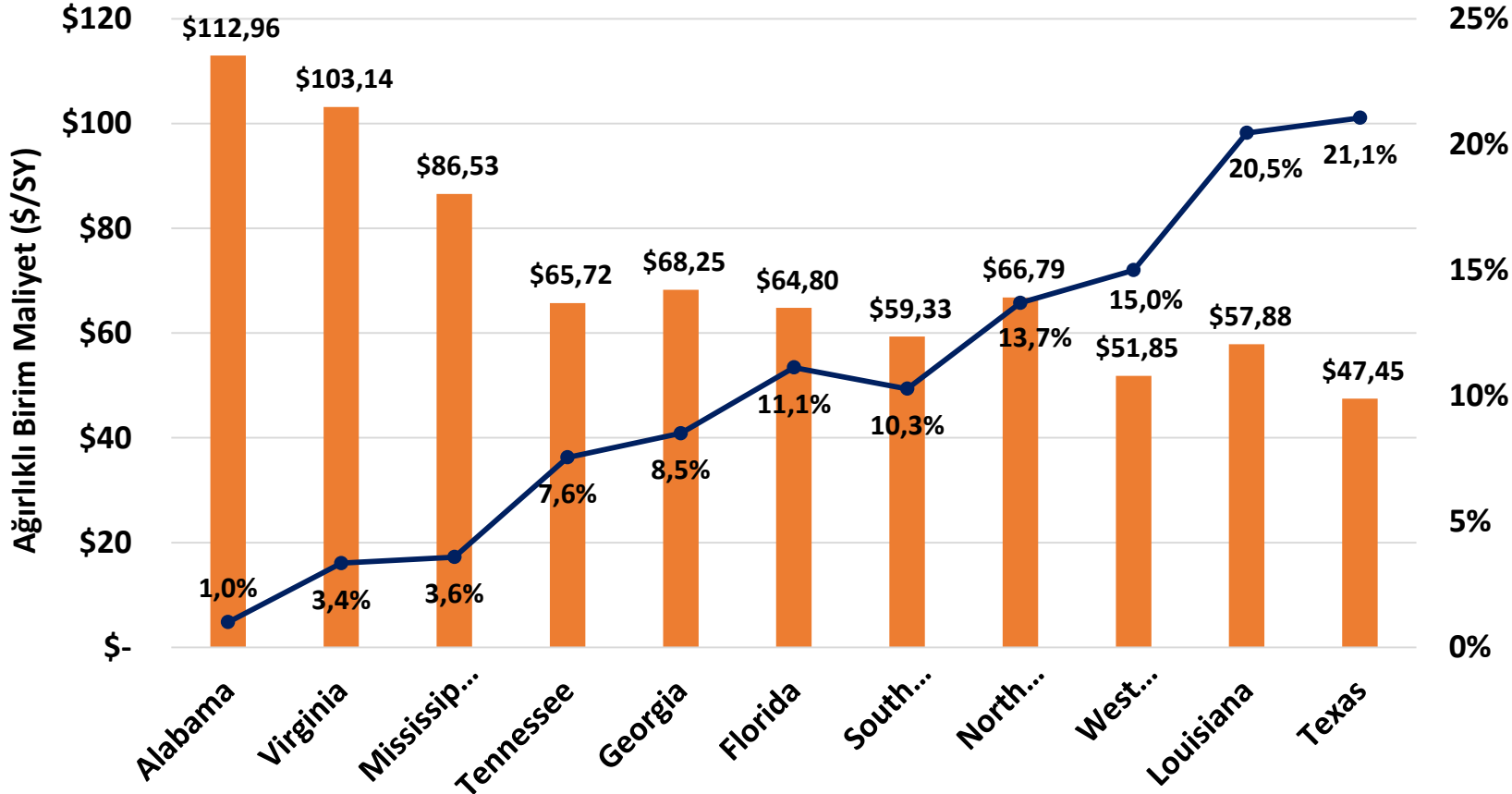
+ Bu parametrenin artması fiyatlarda artışa neden olur.



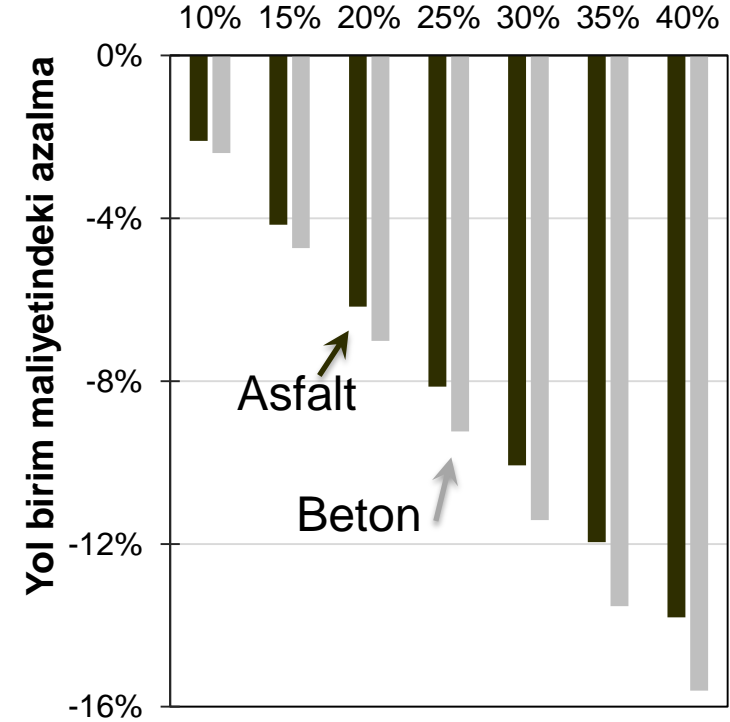
# Ekonomik Değerlendirme

- **Sektörler-arası rekabet** yol malzemeleri birim fiyatlarını düşürmektedir.

Beton Yolların Eyaletlerdeki Payının Birim Maliyetle İlişkisi



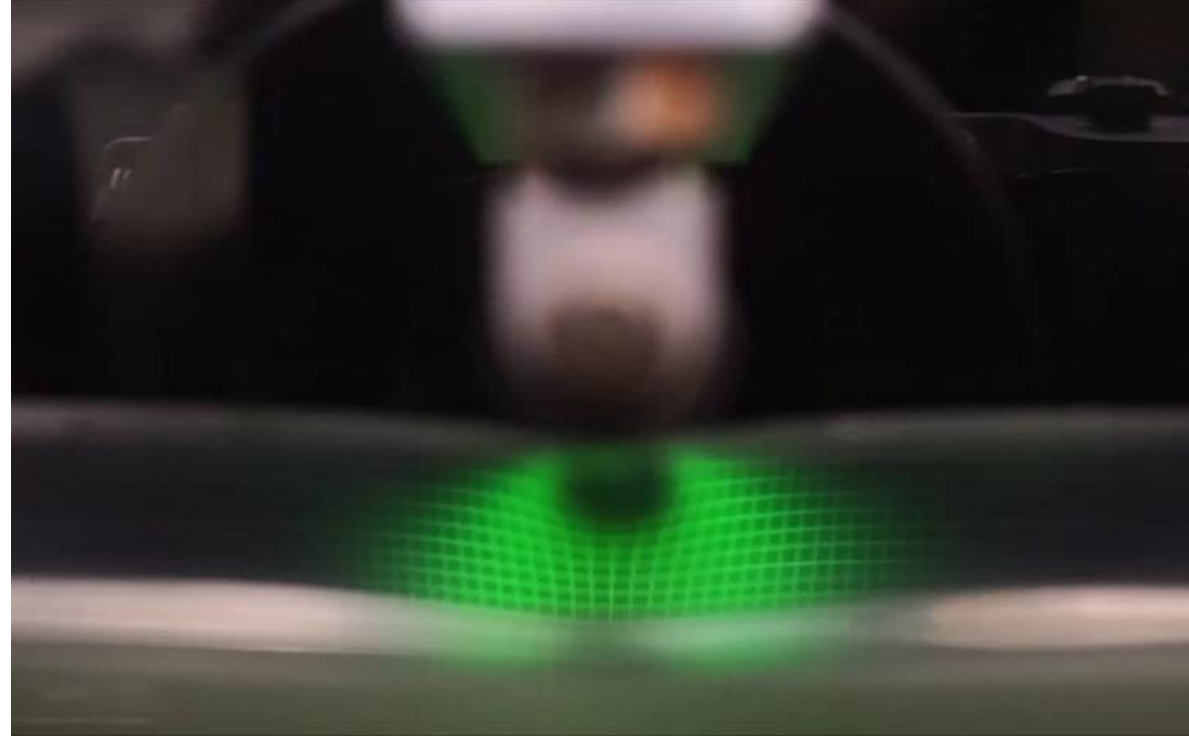
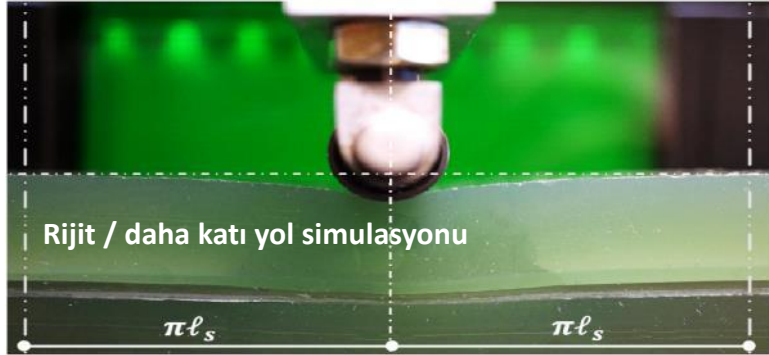
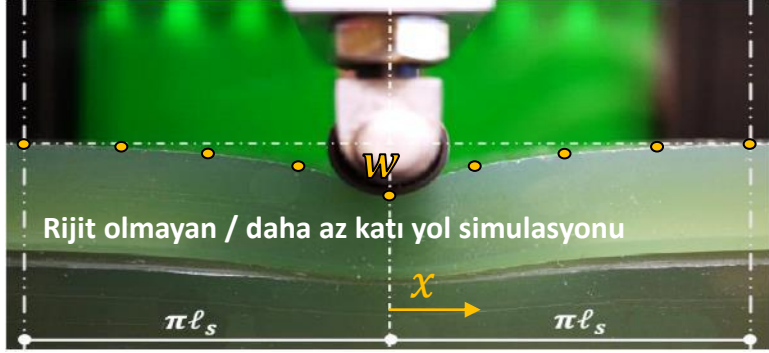
Yol yapım-bakım bütçesinin beton yola ayrılan yüzdesi



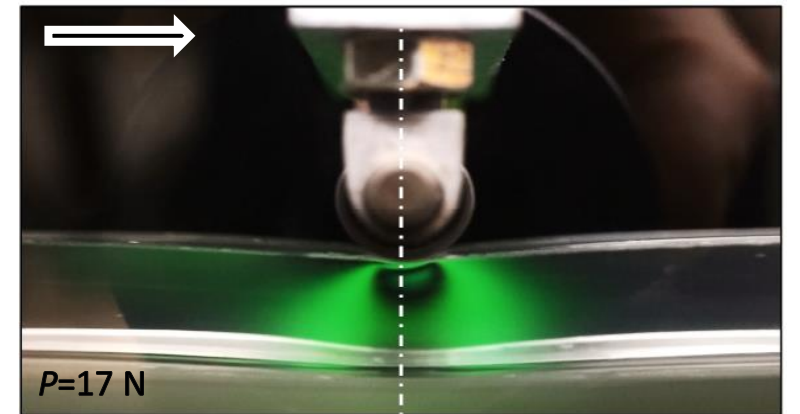
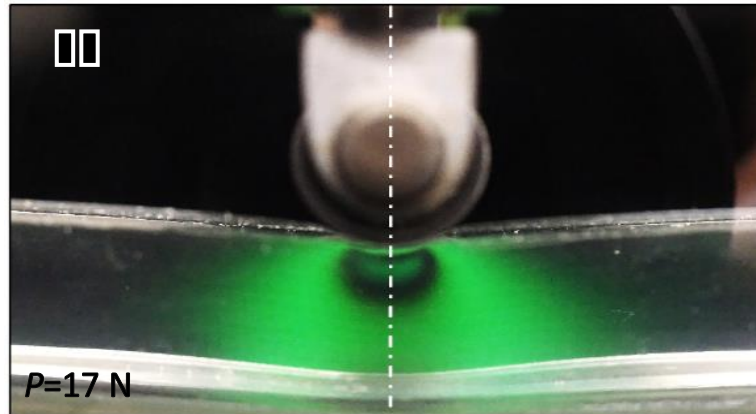
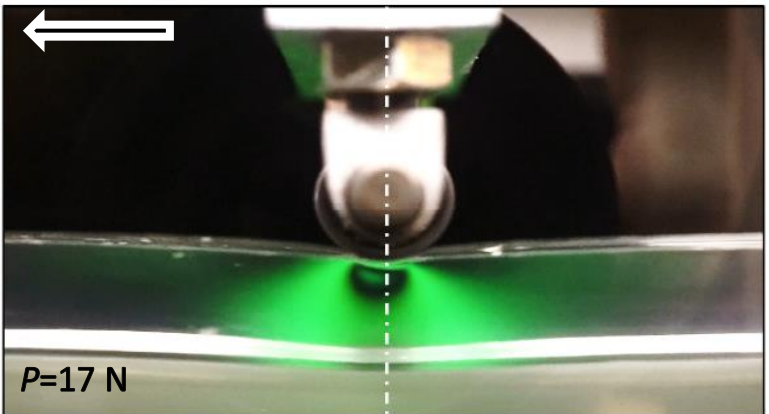


# Yol esneme etkisi

**Esneme**, bir malzeme özelliğidir ve asfalt ve beton yolların esneme davranışları **birbirinden farklıdır**.

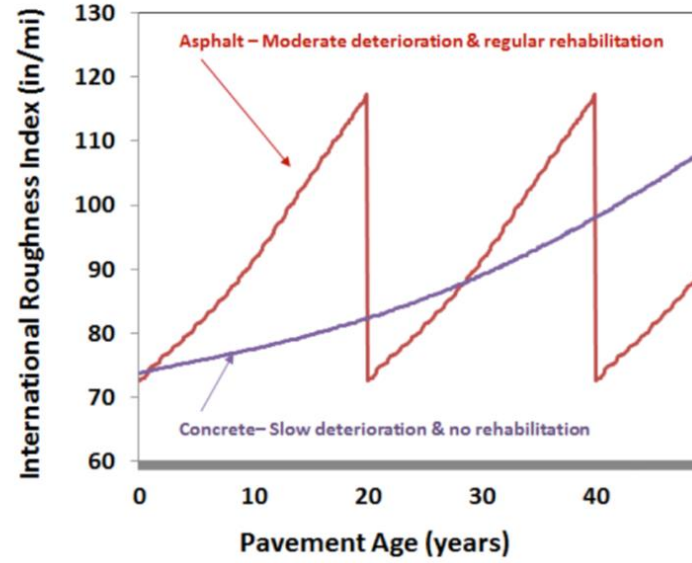


Yoldaki esnemenin etkisi aracın devamlı yokuş yukarı hareket etmesine benzer.

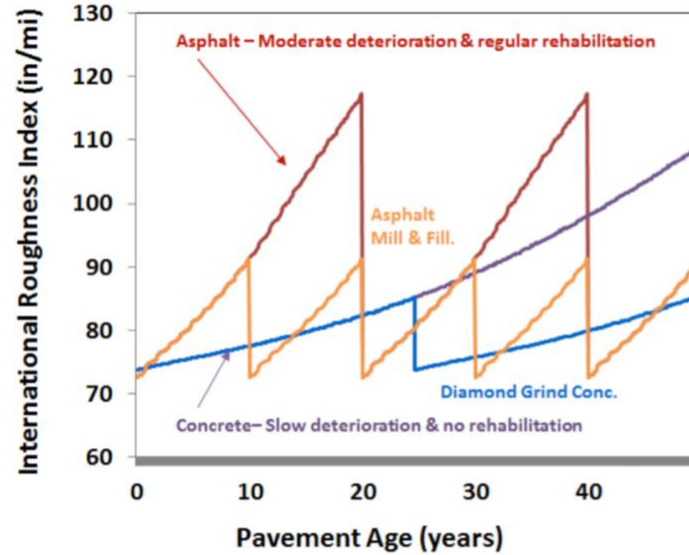
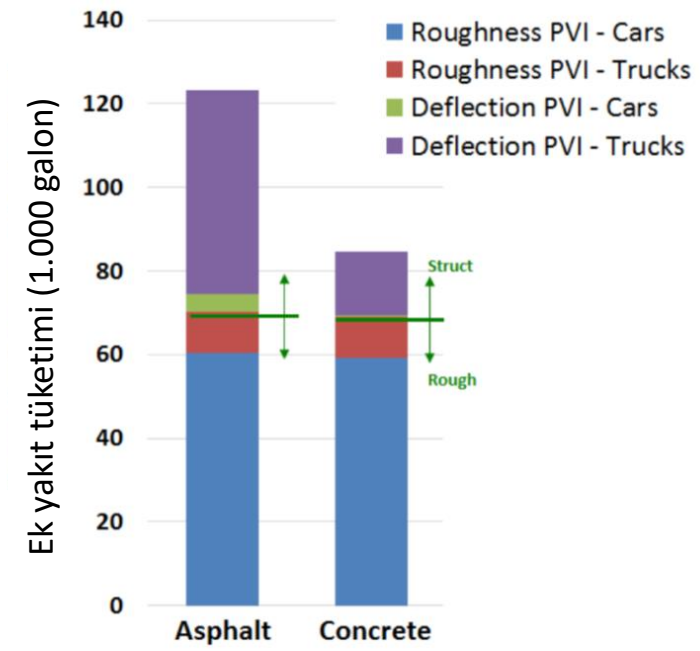


# Yol yüzeyi etkisi

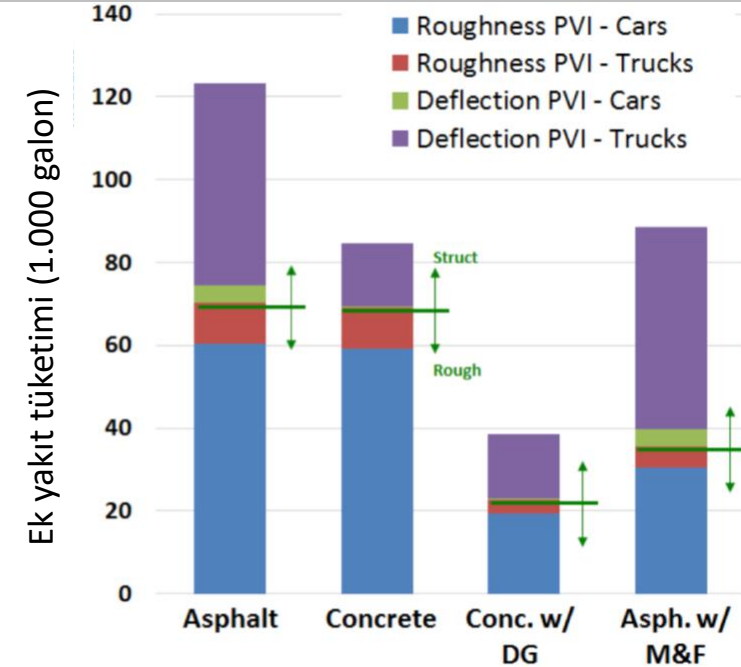
- IRI – International Roughness Index
  - 1986'dan beri yol değerlendirmelerinde dünyada en yaygın olarak kullanılan yöntem
- Yüzey pürüz miktarı araçların yakıt tüketimini etkileyen önemli bir etkidir.
- Bireysel kullanıcılar tarafından ödenen ek yakıt tüketimi ekonomik değerlendirmelere dahil edilmelidir.
- Karma ağ ağır kullanılan yol kesitlerindeki aşınma ve tahribatı azaltarak bölgesel bazda uzun ömürlü ve kullanıcı açısından en ekonomik karayolu ağı kullanımını sağlar.



Pavement design developed by Applied Research Associates (ARA), Inc.;  
Local Highway - AADTT 300/day; 2 lanes; Wet-freeze-MO;



Pavement design developed by Applied Research Associates (ARA), Inc.;  
Local Highway - AADTT 300/day; 2 lanes; Wet-freeze-MO;

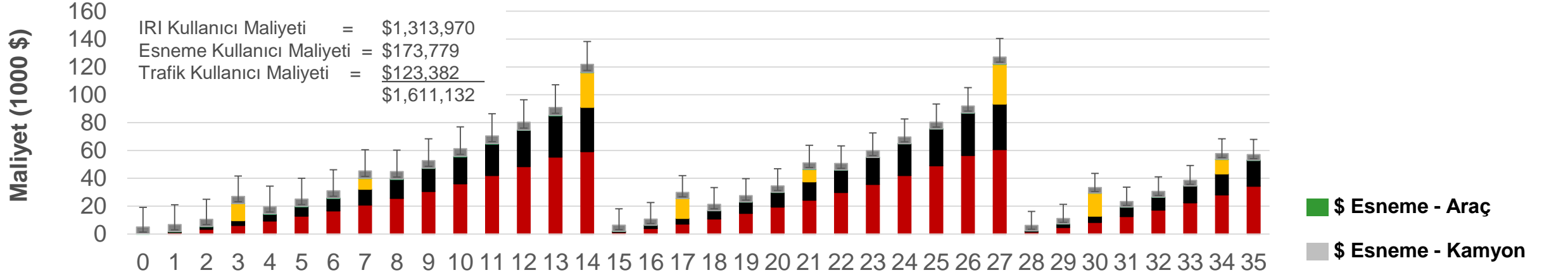


# Ekonomik Değerlendirme

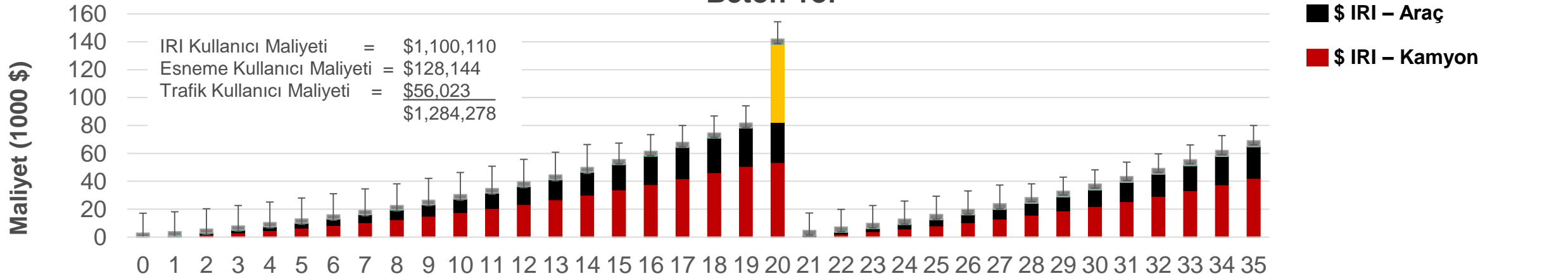
Yolların ekonomik yaşam döngüsünde yol-araç etkileşimi (PVI) dolayısıyla oluşan kullanıcı maliyeti, bakım-onarım süresince oluşacak trafik kaynaklı maliyetten **en az 10 kat daha büyüktür.**

Yol uzunluğu = 10 km, 13.5% Kamyon

## Asfalt Yol

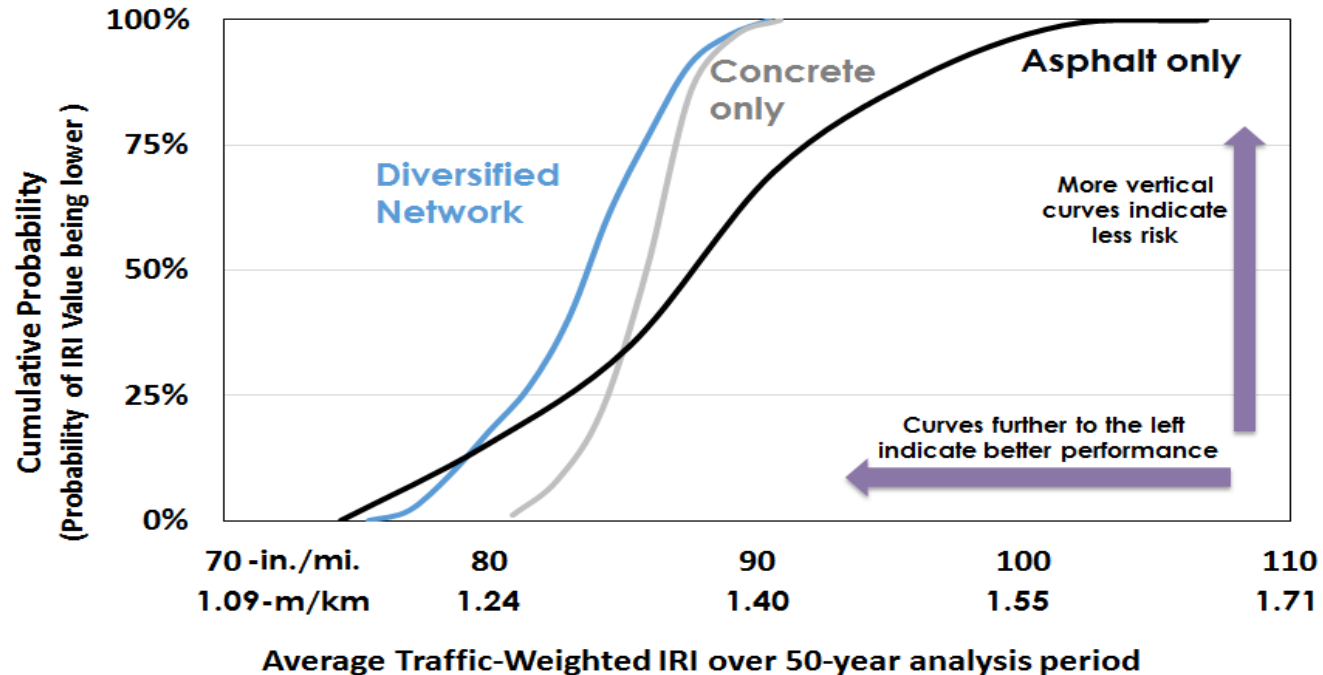


## Beton Yol



# Ekonomik Değerlendirme

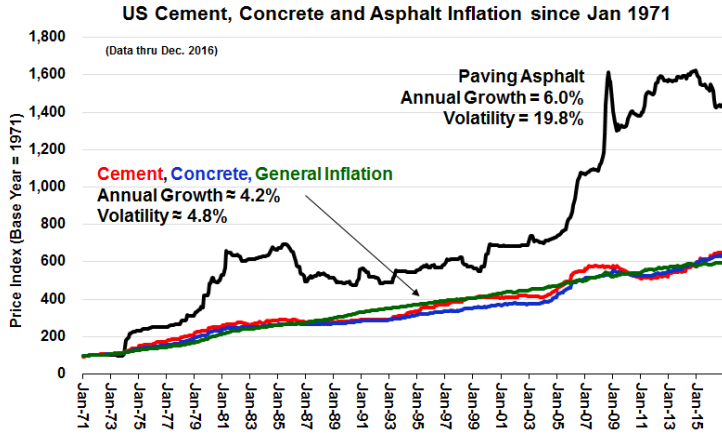
- Tek tip asfalt yoldan, asfalt ve beton yoldan oluşan **karma ağ yapısına geçmek daha verimli ve uzun ömürlü** çözümler sunar.
  - Yol tercihinde **çeşitlilik** Karayolları ve belediyelerin kaynaklarını daha **verimli** kullanmasını sağlar.
  - Karma ağ yapısı, ek seçenek sunması itibariyle malzeme fiyatlarındaki **oynaklığın etkisini azaltır**.



# MIT Ekonomik Çalışmalar Özeti

Proje bazında ve yol ağı çapında değerlendirmeler

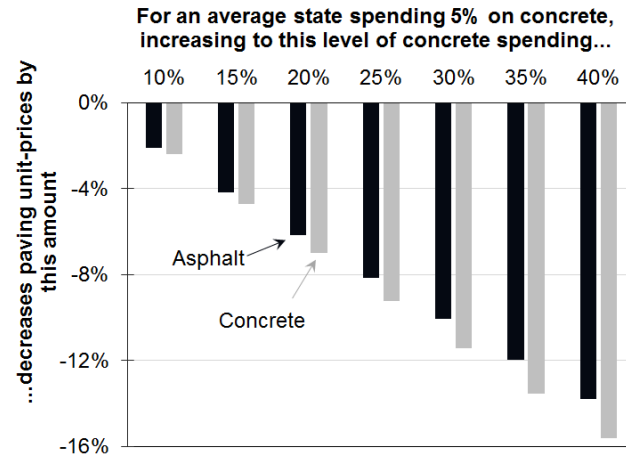
## LCCA çalışmalarının ve fiyat tahminlerinin iyileştirilmesi



LCCA çalışmalarının güvenilirliği ve doğruluğu için yol ömrü boyunca gerekli bakım-onarım ve malzeme fiyat tahminlerinin gerçekçi olması gerekir.

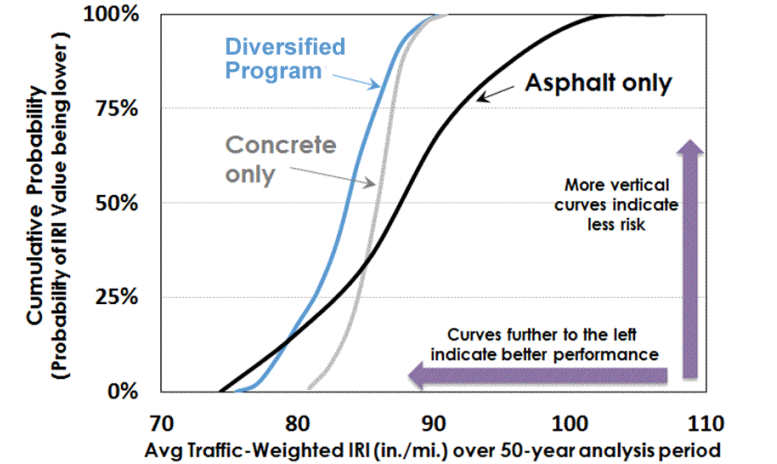
- Geleceğe yönelik fiyat tahmini çalışmaları enflasyondan öte yapı malzemelerinde görülen fiyat artışlarını dikkate almalıdır.

## Sektörler arası rekabet



Sektörel rekabet hem asfalt hem beton yolların maliyetinin azalmasını sağlar

## Yolların varlık yönetimi ve ağ performansı



Beton ve asfalt yollar ile yol tercihinin çeşitlendirilmesi ağ bazında performans artışı sağlar.

- Yönetimlerin asfalt ve beton yolu birlikte kullanmaya özen göstermesi ve aktif çaba harcaması gerek



# Türkiye için Yapılması Gereken Çalışmalar

---

## Türkiye verileri kullanılarak ekonomik yaşam döngüsü değerlendirmesi

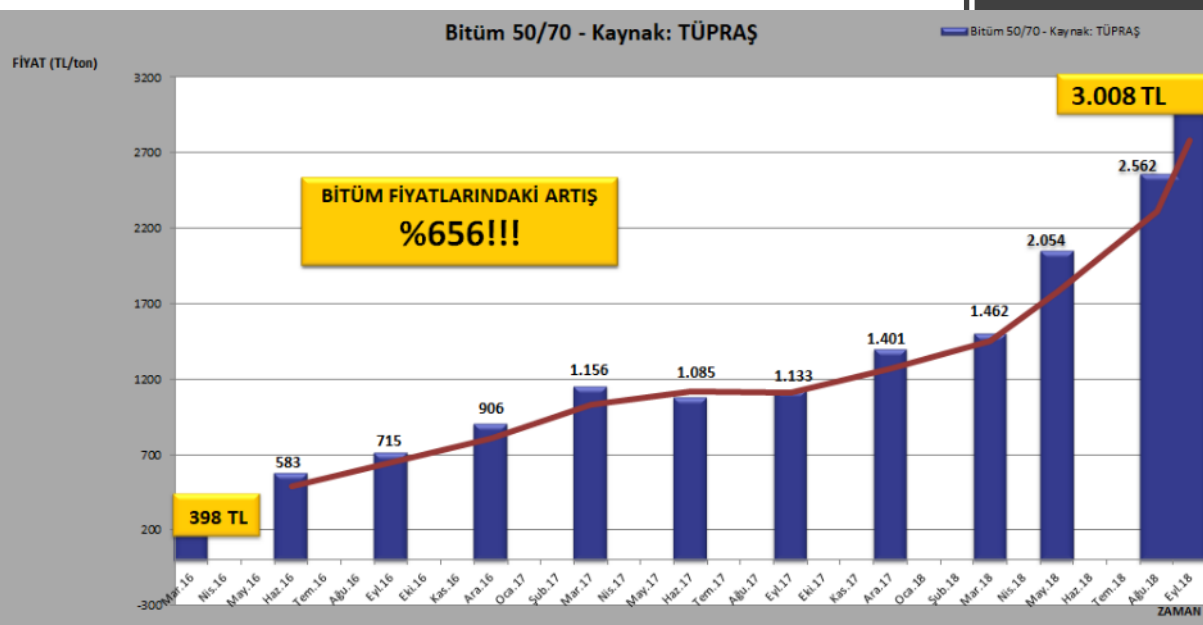
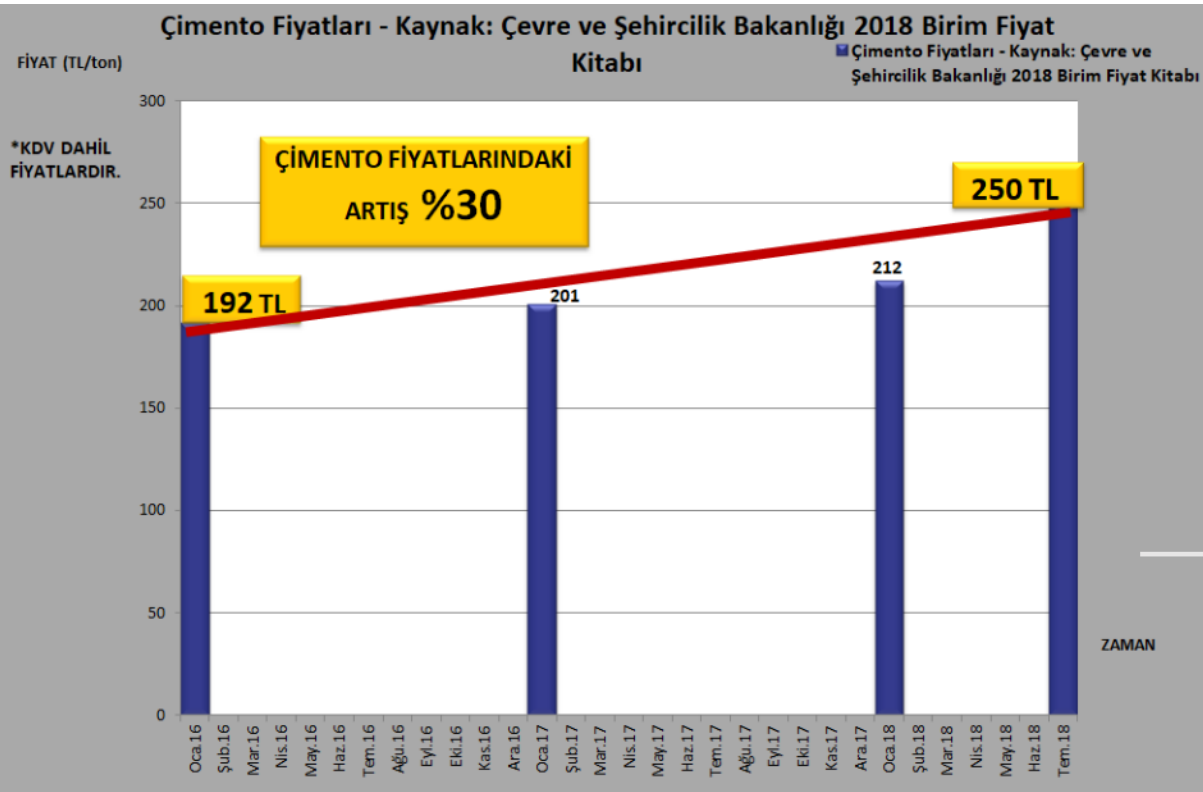
- Geçmiş yol malzeme fiyatları incelenerek geleceğe yönelik istatistiksel fiyat tahminleri geliştirmek

## Çevresel yaşam döngüsü değerlendirmesi

- Yurtdışında beton ve asfalt yollar üzerine yürütülen çalışmaların Türkiye'ye uyarlanması ve uygulanması

## Yolların Varlık Yönetimi (asset management)

- Karayolları varlık yönetimi kurumlarının gelecek bütçe planlamasını daha gerçekçi kılacaktır
- Türkiye koşullarında beton yollar için gerekli bakım döngüsünün tespiti



# Türkiye için Yapılması Gereken Çalışmalar

- Geçmiş yol malzeme fiyatları incelenerek geleceğe yönelik istatistiksel fiyat tahminleri geliştirmek
- Çimento ve bitüm için son 3 yıllık veri sağlanmıştır. Fakat güvenilir istatistiksel tahminler için daha uzun süreli veriler gerekmektedir.

Kaynakça: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2018 Birim Fiyat Kitabı; TÜPRAŞ



# Türkiye için Yapılması Gereken Çalışmalar

## Türkiye verileri kullanılarak ekonomik yaşam döngüsü değerlendirmesi

- Geçmiş yol malzeme fiyatları incelenerek geleceğe yönelik istatistiksel fiyat tahminleri geliştirmek

## Çevresel yaşam döngüsü değerlendirmesi

- Yurtdışında beton ve asfalt yollar üzerine yürütülen çalışmaların Türkiye'ye uyarlanması ve uygulanması

## Yolların Varlık Yönetimi (asset management)

- Karayolları varlık yönetimi kurumlarının gelecek bütçe planlamasını daha gerçekçi kılacaktır
- Türkiye koşullarında beton yollar için gerekli bakım döngüsünün tespiti

# Referanslar

- MIT Concrete Sustainability Hub, <https://cshub.mit.edu/>
- Mack, J., Swei, O., Akabarian, M., Gregory, J., Kirchain, R. 2018. “Overview of Pavement Economic Studies at the MIT Concrete Sustainability Hub”, 13<sup>th</sup> International Symposium on Concrete Roads, Berlin, Germany.
- Mack, J., Mu, F. 2018. “Life Cycle Cost Analysis Accounting for Uncertainties in Pavement Performance and Rehabilitation Costs”, 13<sup>th</sup> International Symposium on Concrete Roads, Berlin, Germany.
- Mack, J., Akbarian, M., Ulm, F.J., Louhghalam, A. 2018. “Overview Of Pavement-Vehicle Interaction Related Research at the MIT Concrete Sustainability Hub”, 13<sup>th</sup> International Symposium on Concrete Roads, Berlin, Germany.
- EUPAVE 2018. “A guide on the basic principles of Life-Cycle Cost Analysis (LCCA) of pavements”, European Concrete Paving Association, Brussels, Belgium.

Teşekkür ederim