



TMMOB
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İSTANBUL ŞUBESİ



İTÜ



Kahramanmaraş Depremleri Işığında Olası İstanbul Depremi için Zarar Azaltma Yaklaşımları

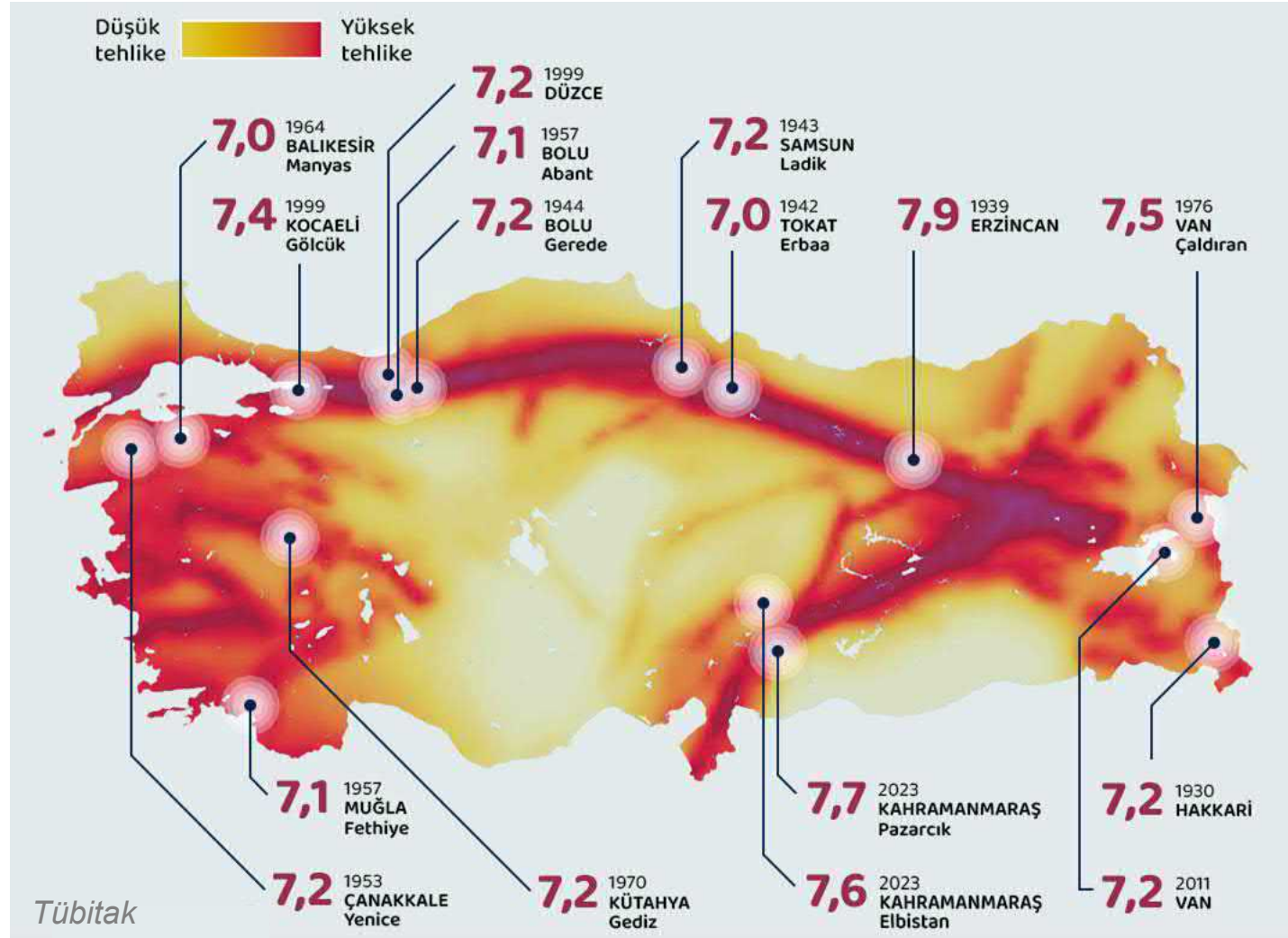
Alper İlki, Bilal Sarı, H. Hüseyin Aydoğdu, Cem Demir, Çağlar Göksu

21.05.2026

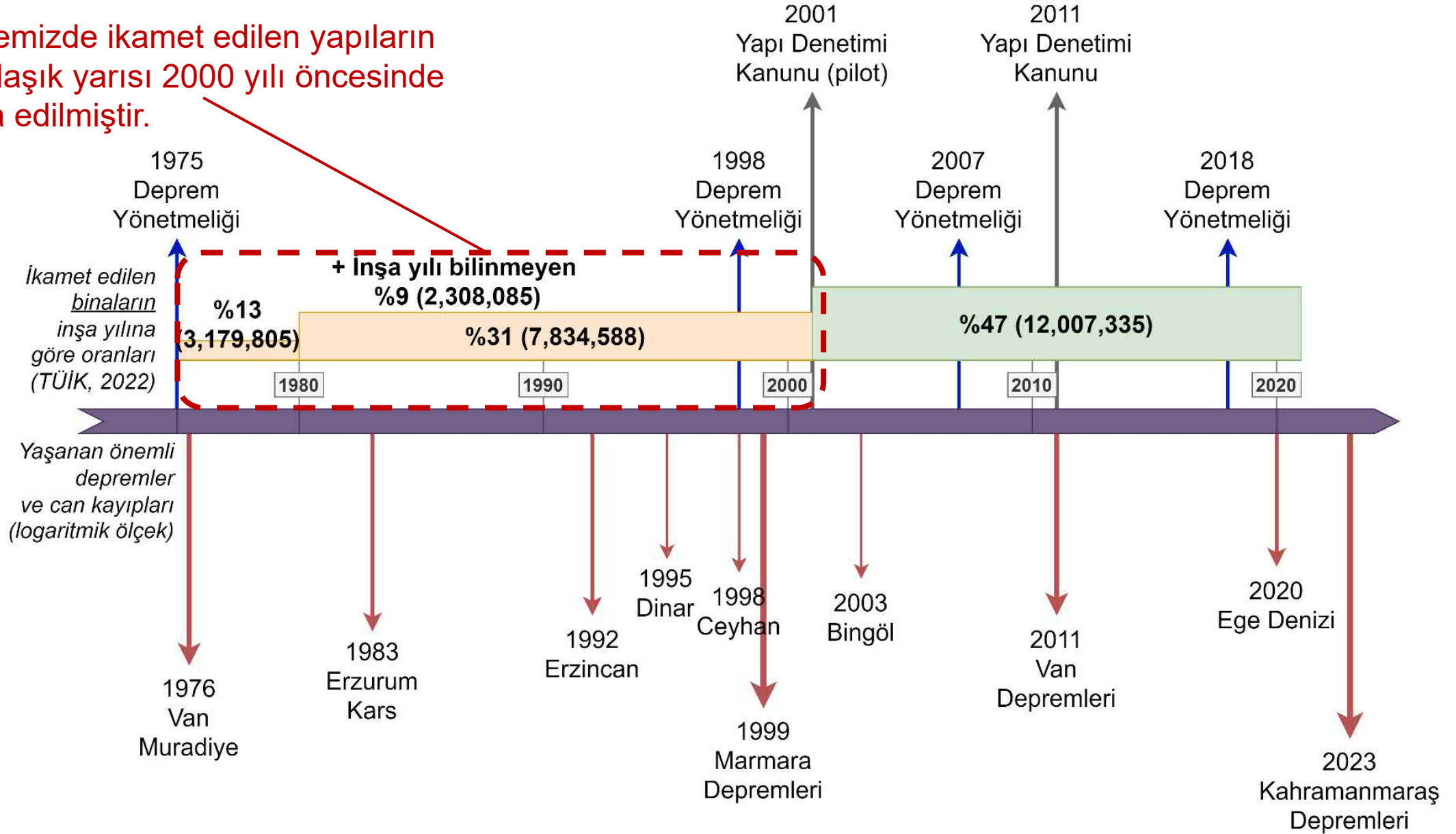
İstanbul

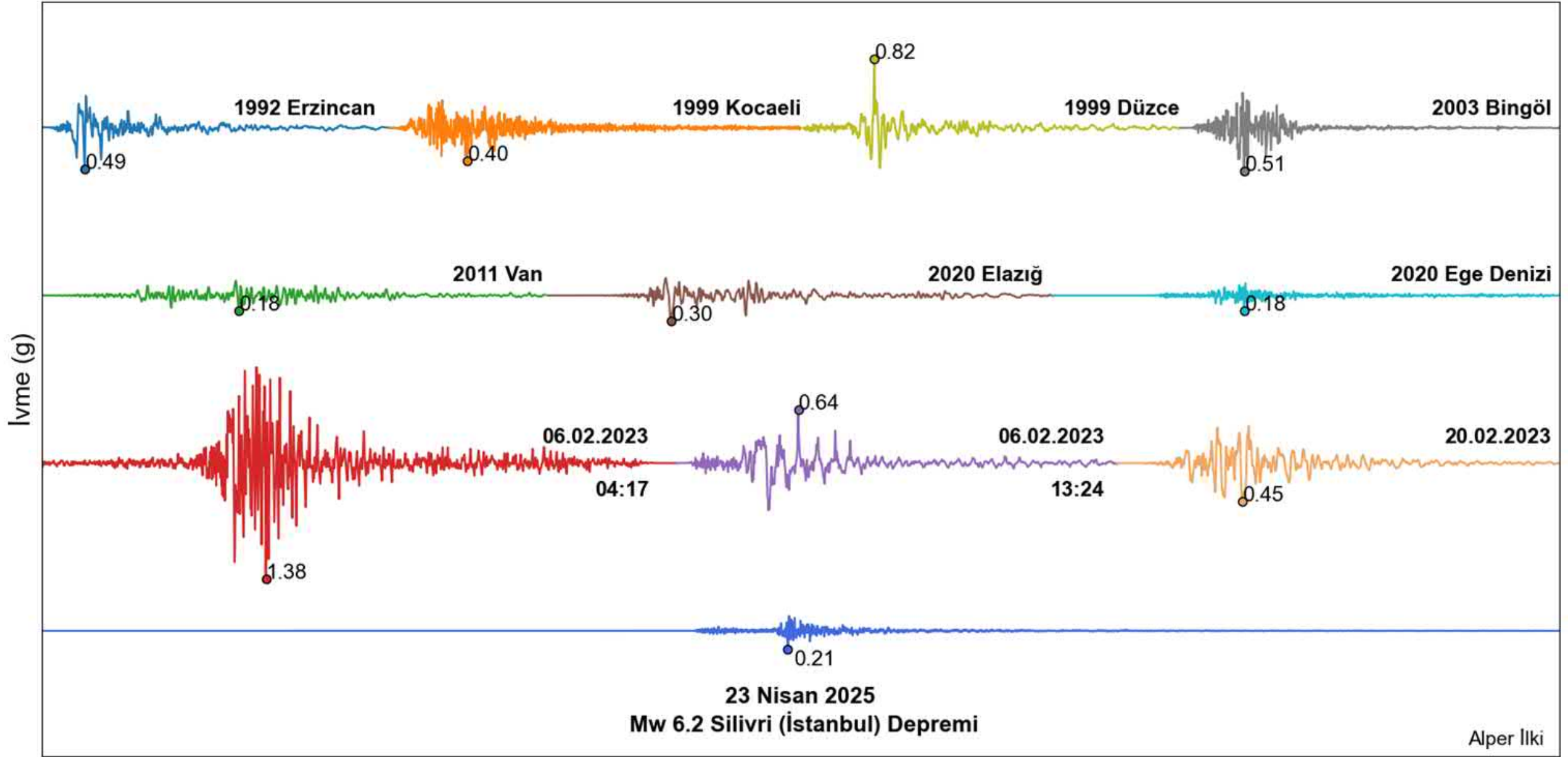
1. 6 Şubat Depremleri ve Yapı Stoğumuzun Mevcut Durumu
2. Önceliklendirme
3. Güçlendirme
4. Yönetmelik Çalışmaları
5. Depremlere Dirençli ve Sürdürülebilir Tasarım
6. Sonuçlar ve Öneriler

Son 100 yılda ülkemizde 7 ve üzeri büyüklüklerde 16 deprem meydana geldi.



Ülkemizde ikamet edilen yapıların yaklaşık yarısı 2000 yılı öncesinde inşa edilmiştir.



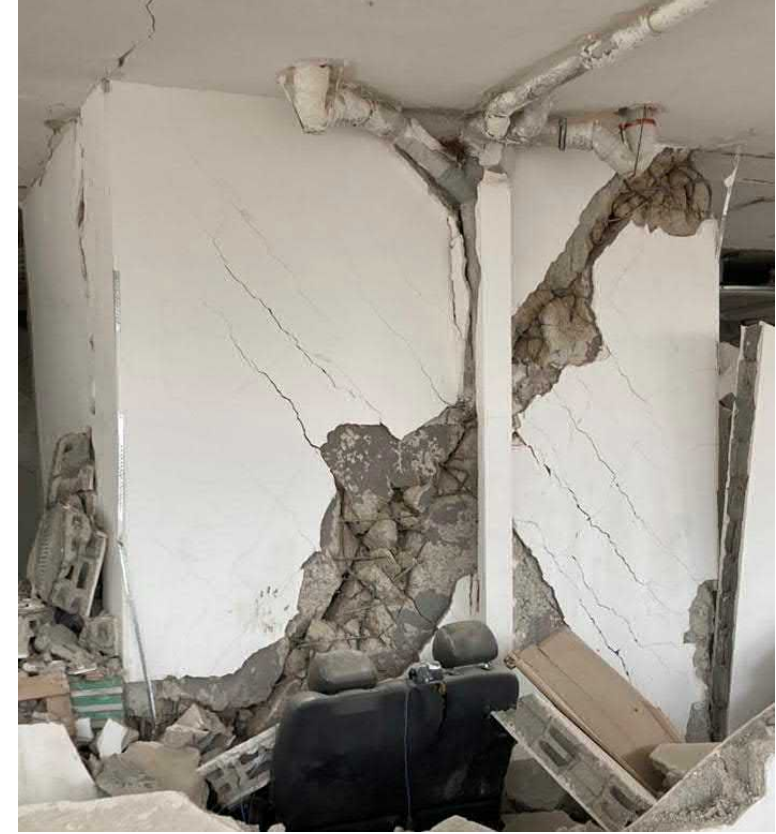
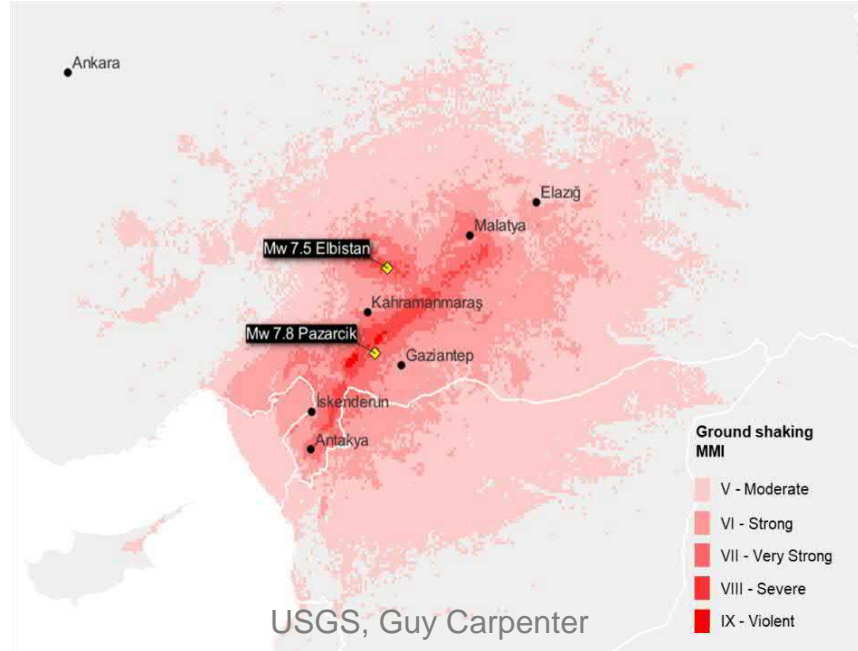


Şubat 2023 Depremleri

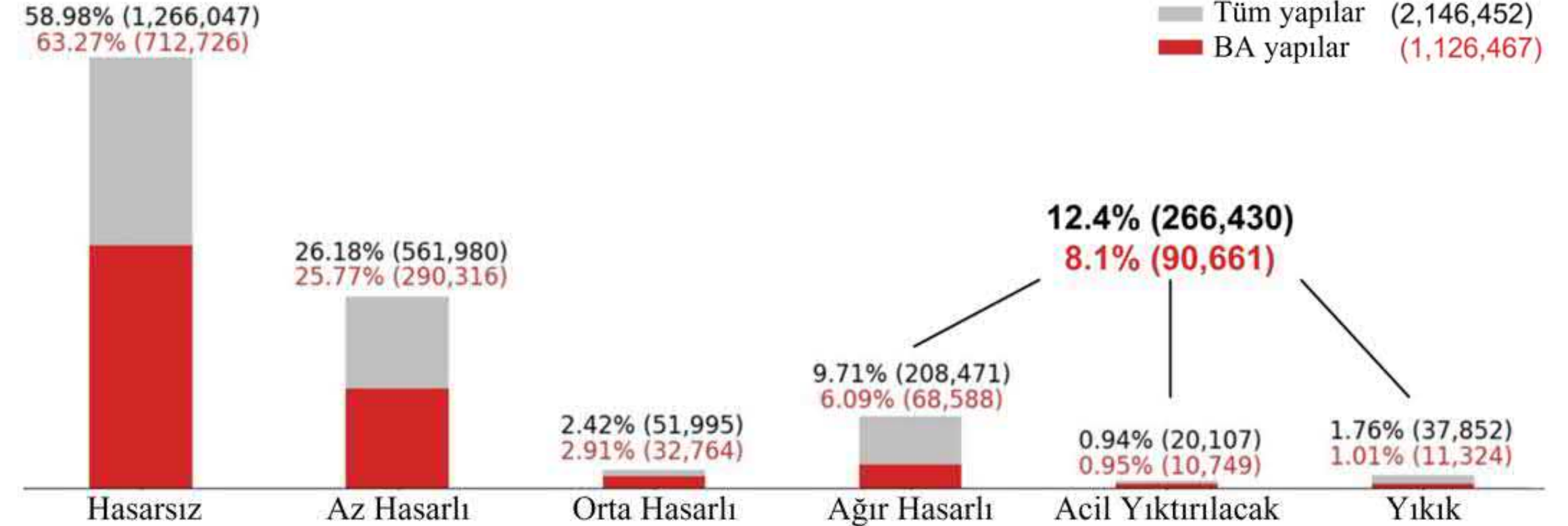
Can kaybı **50 bin +**

Yaralı **100 bin +**

Mali kayıp **\$100 milyar +**



Hasar Dağılımları

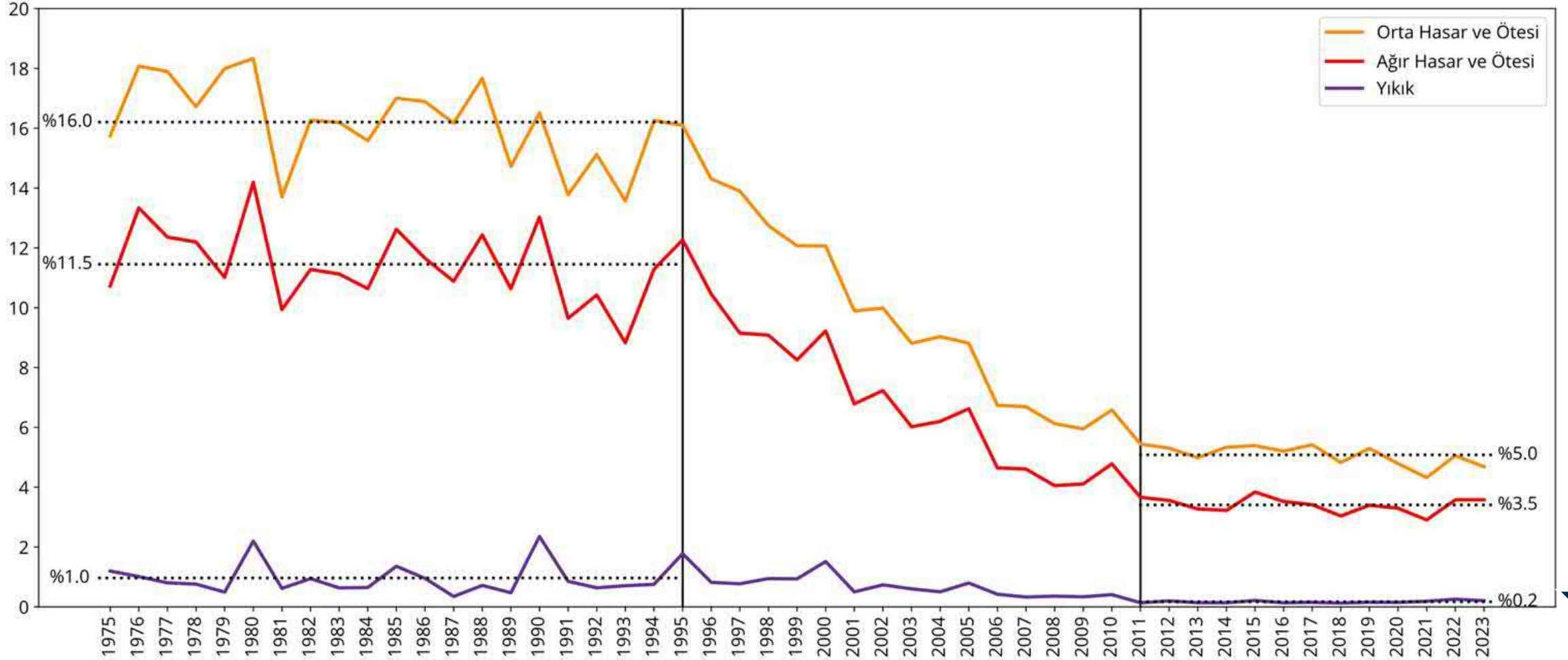


İncelenen yapı sistemlerinin dağılımı: Betonarme %53, Yığma %33, Melez %12, Diğer %2.

2000 Yılı Bir Milat Oldu Mu ?

- 1997 yılında yeni bir deprem yönetmeliğinin yürürlüğe girmesi
- 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinin afetlere hazırlığa dair bilinç uyandırması
- 2000 tarihi itibarıyla yeni bir betonarme tasarım yönetmeliğinin yürürlüğe girmesi
- Hazır beton ve nervürlü donatıların yaygınlaşması
- 2001 tarihinde yürürlüğe giren ve Gaziantep ve Hatay'ın da dahil olduğu 19 pilot ilde uygulamaya konulan 4708 Sayılı Yapı Denetimi Hakkında Kanun
 - 2011 yılında tüm ülkede uygulanmaya başlandı.
 - 2019 yılında müteahhitlerin tercihinde olan yapı denetim şirketlerinin belirlenmesi seçeneği ortadan kaldırıldı.

Şubat 2023 depremlerinden sonra betonarme binalardaki hasarlar incelendiğinde, 1995 ile 2011 yılları arasında önemli bir **iyileşme** olduğu görülmekle birlikte, özellikle **eski binalardaki hasar oranı oldukça fazladır**.

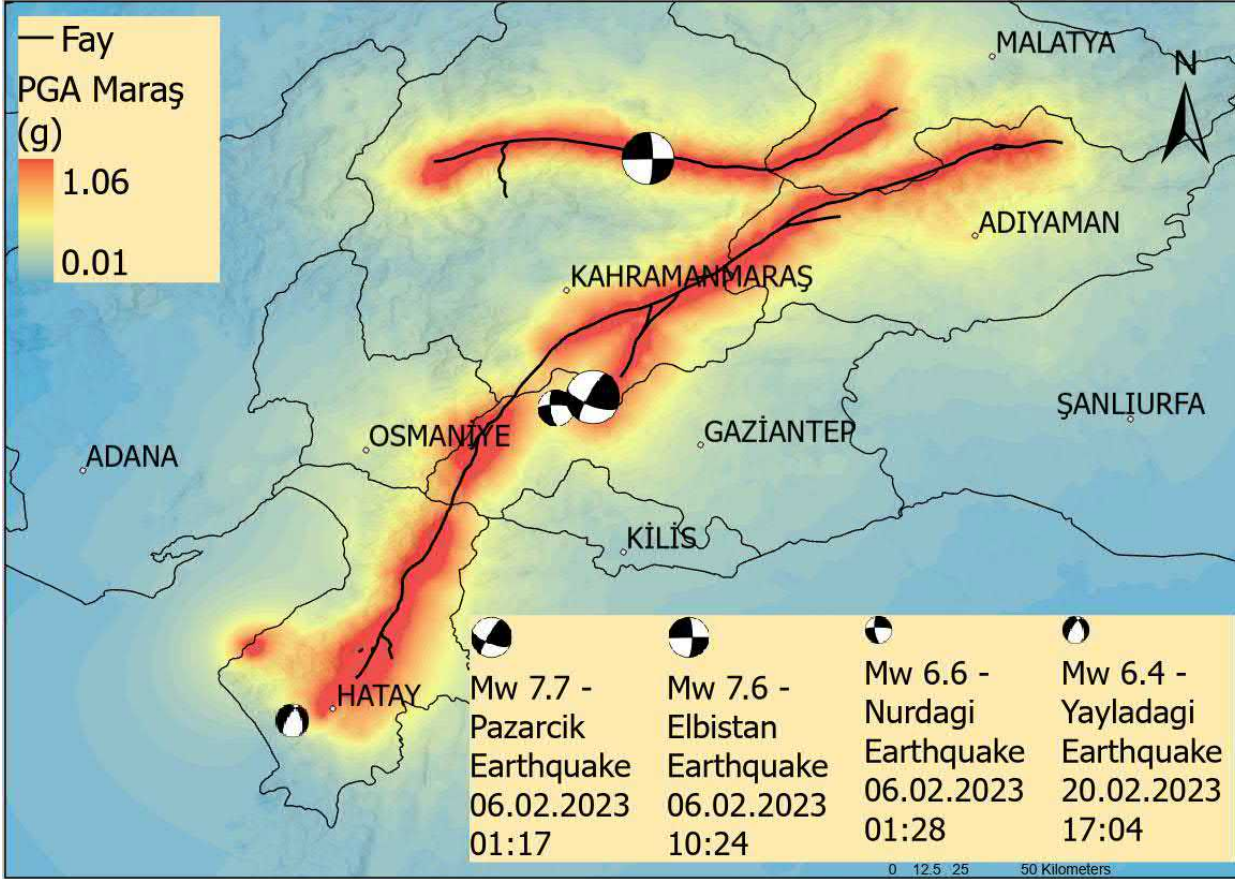


Yapısal malzeme kalitesindeki artış
Toplumda artan bilinç düzeyi

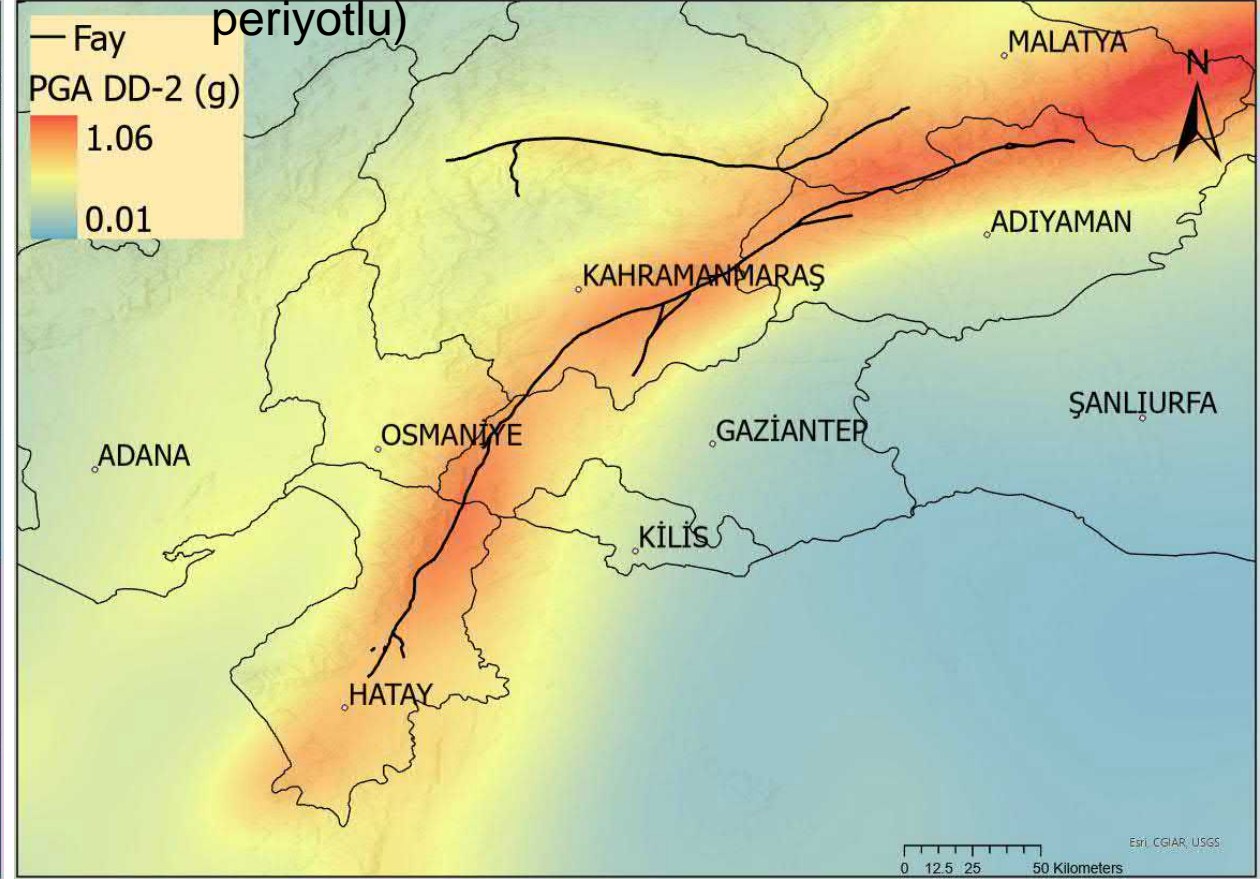
?

İVME KARŞILAŞTIRMASI

Kahramanmaraş Depremleri



Tasarım Depremi (475 yıl tekrar periyotlu)

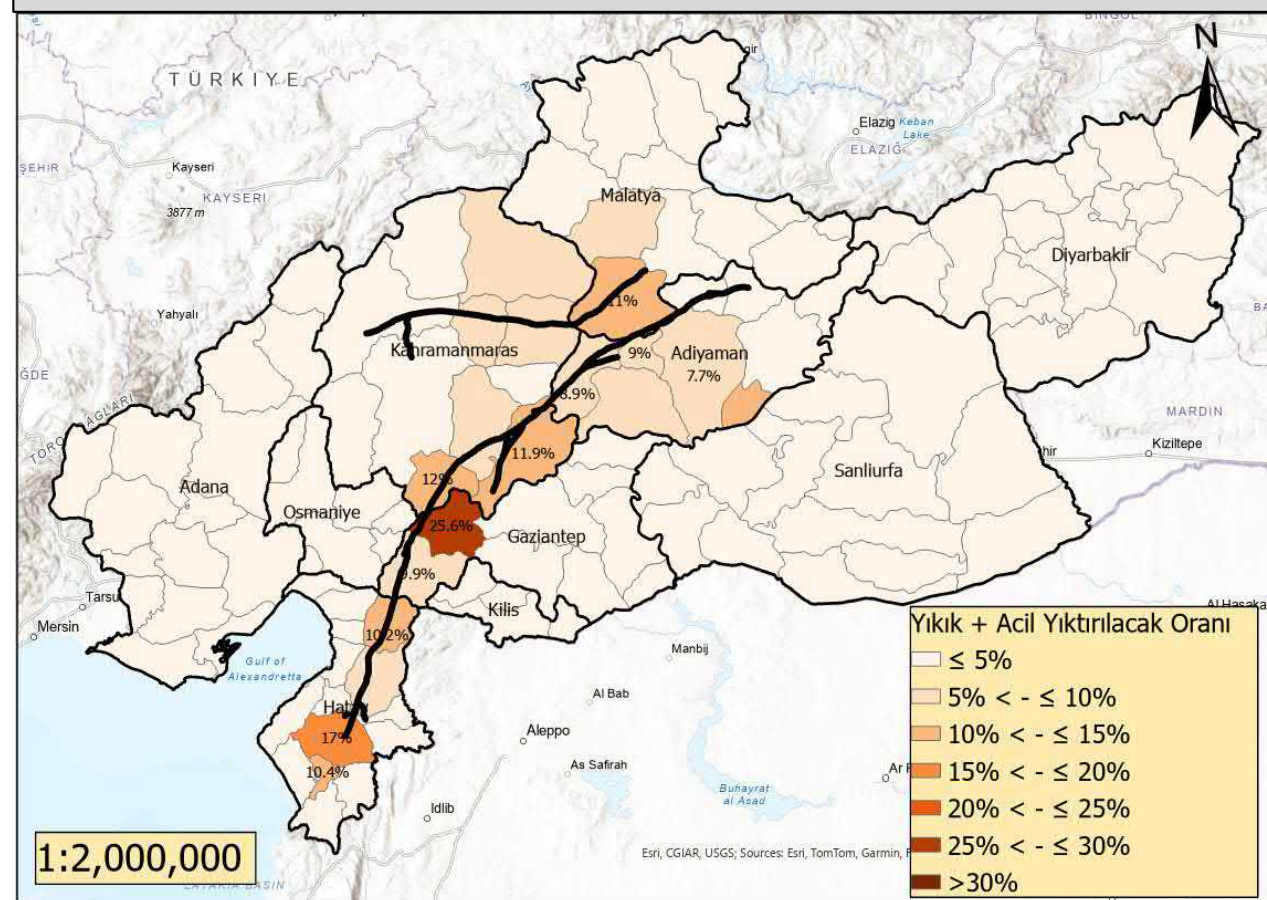


Bazı binalar DD-1 ve DD-2 depreminin üzerinde yer ivmelerine maruz kalmıştır.

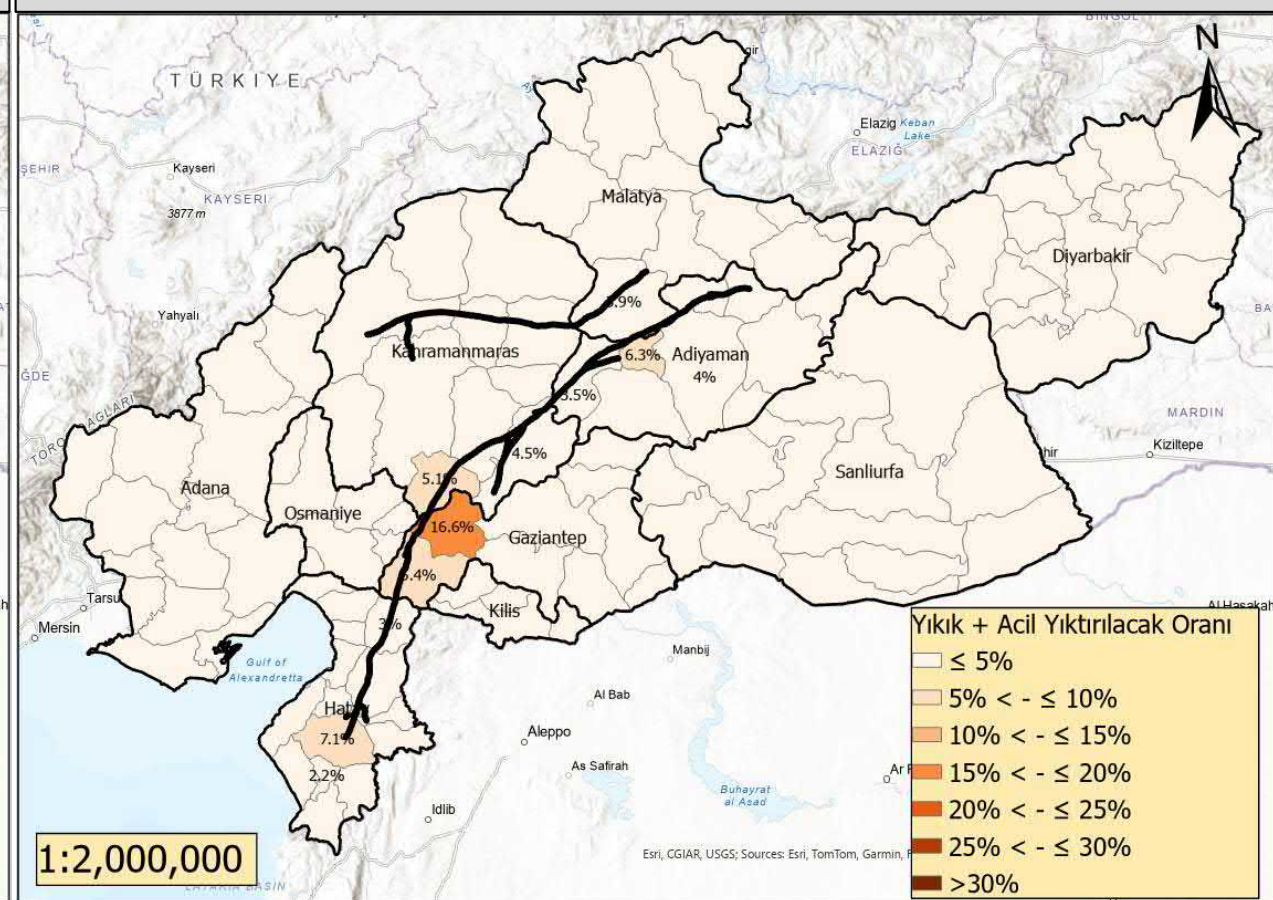
Kahramanmaraş Depremleri: Hasar Oranları

Yıkık + acil yıktırılacak
bina oranının ilçe ölçeğinde dağılımı.

2000 Öncesi



2000 Sonrası

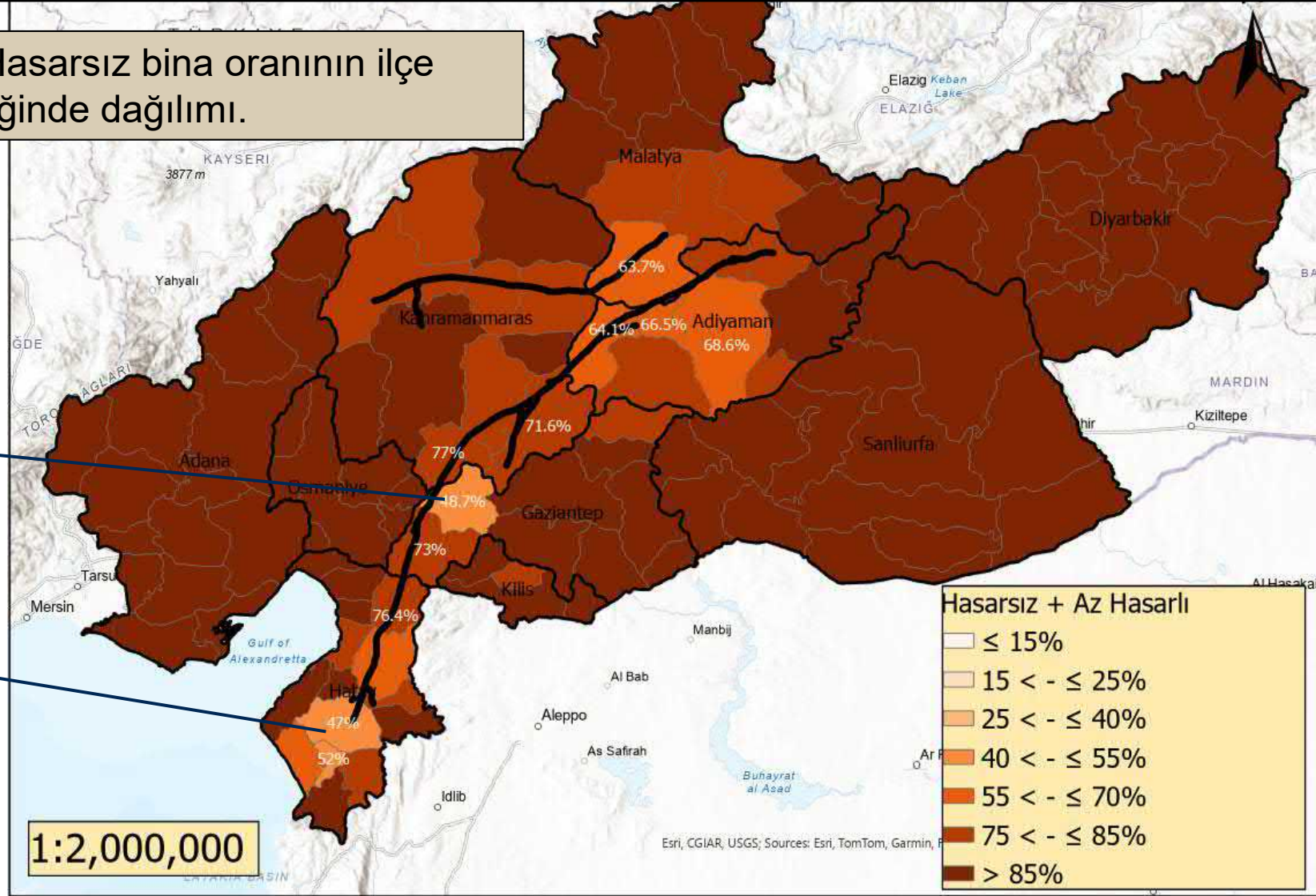


Az Hasarlı + Hasarsız Bina Oranı

Az Hasarlı ve Hasarsız bina oranının ilçe ölçeğinde dağılımı.

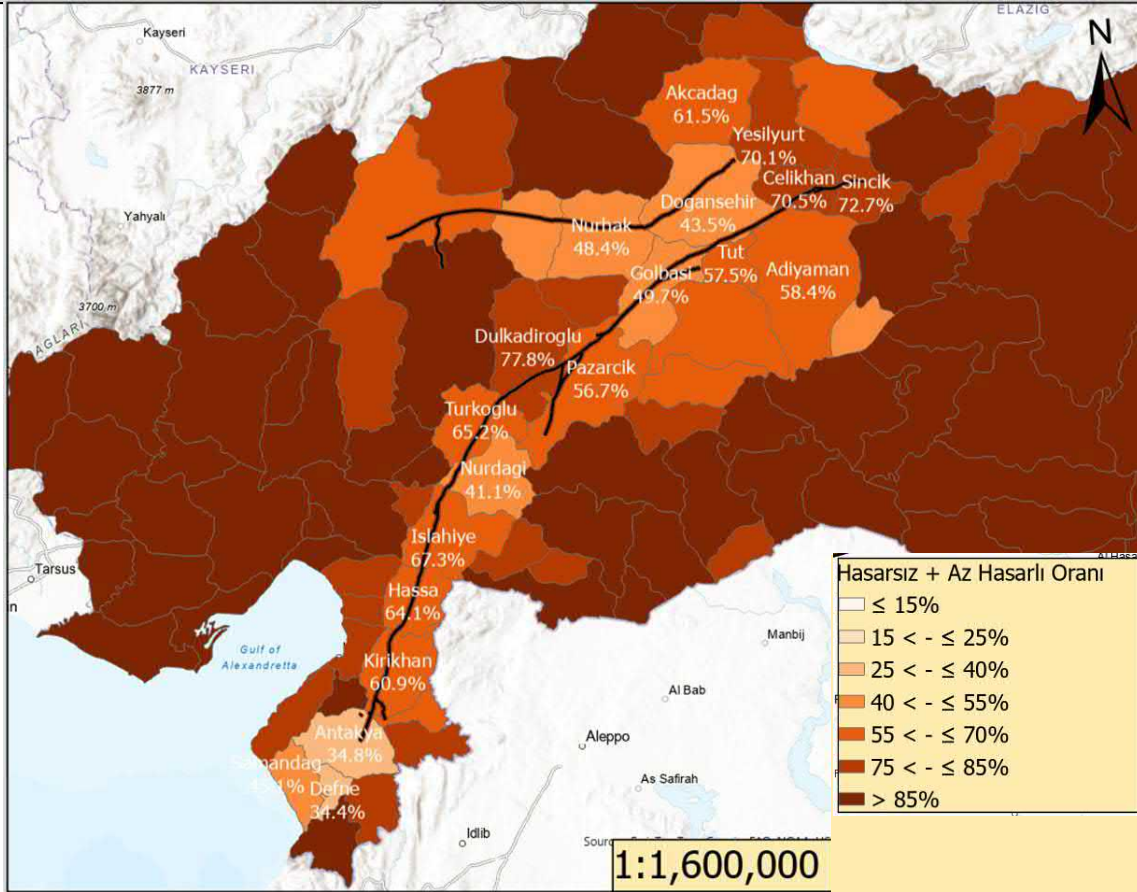
Nurdağı %49

Antakya %47

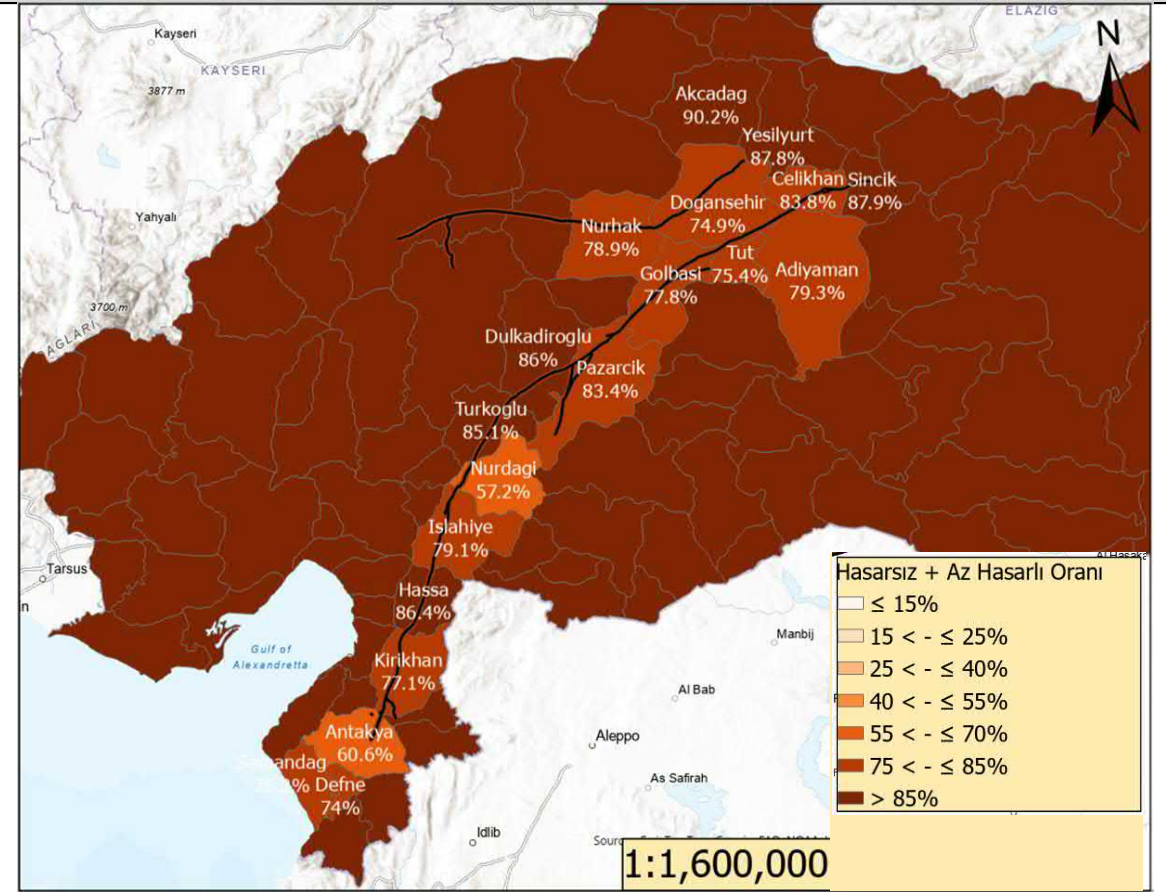


Az Hasarlı + Hasarsız Bina Oranı

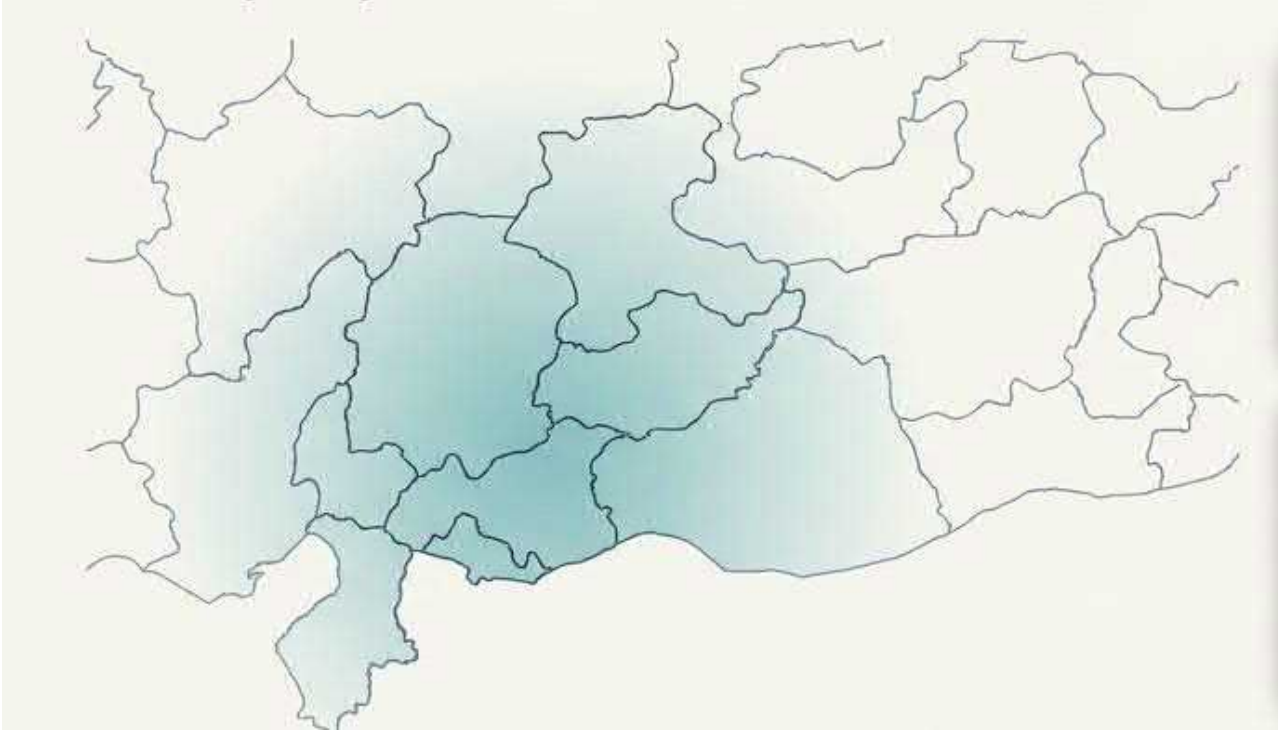
2000 Öncesi



2000 Sonrası



Kahramanmaraş Depremlerinde Sigorta Sistemi



DASK, operasyonel olarak hızlı ve başarılı bir şekilde süreci yönetmiş, yüksek eşgüdüm ile yüz binlerce dosyayı hızla işleyerek afet sonrası acil nakit akışını sağlamıştır.

~450,000

İŞLEM GÖREN HASAR DOSYASI

~40 MİLYAR

TL

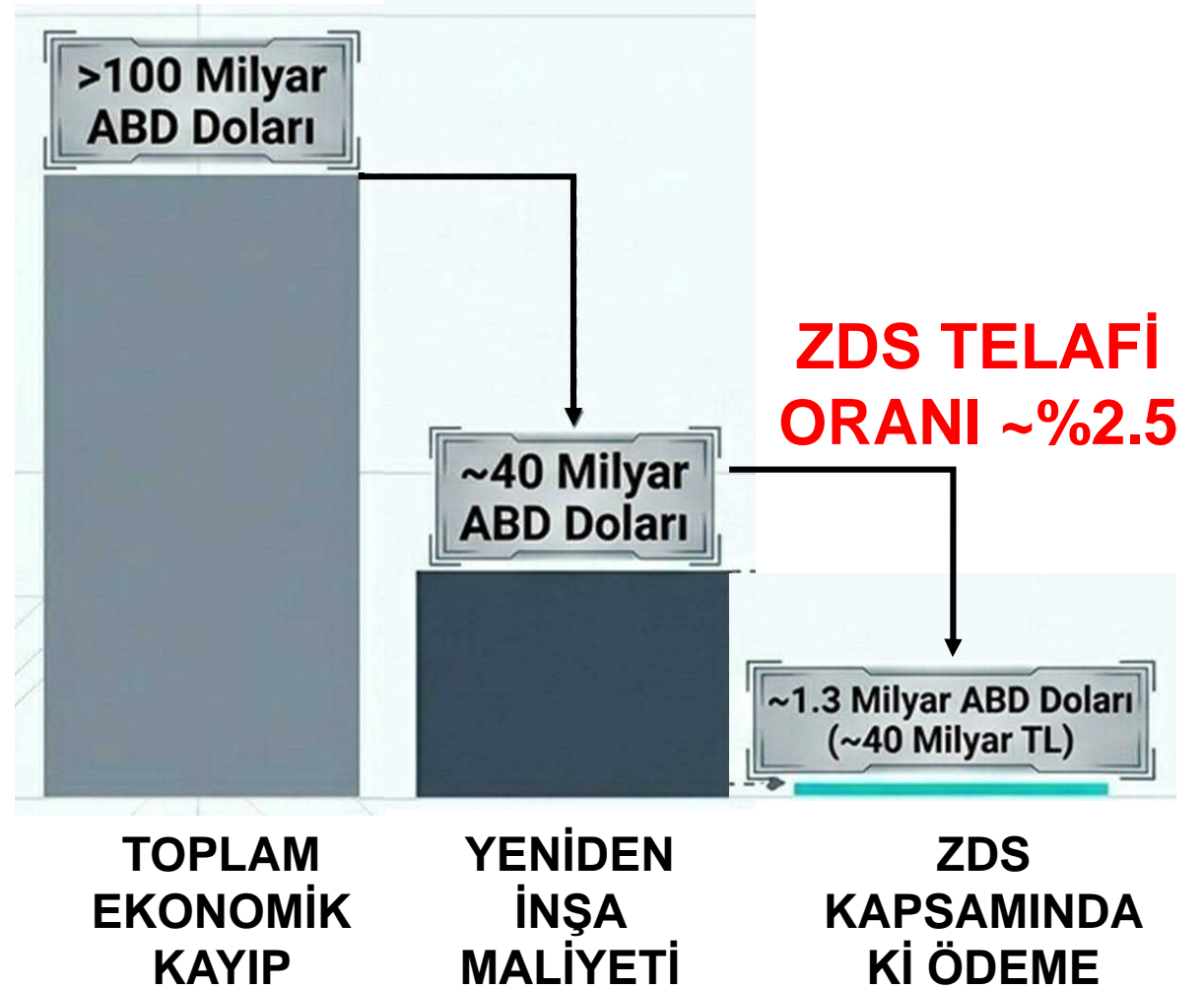
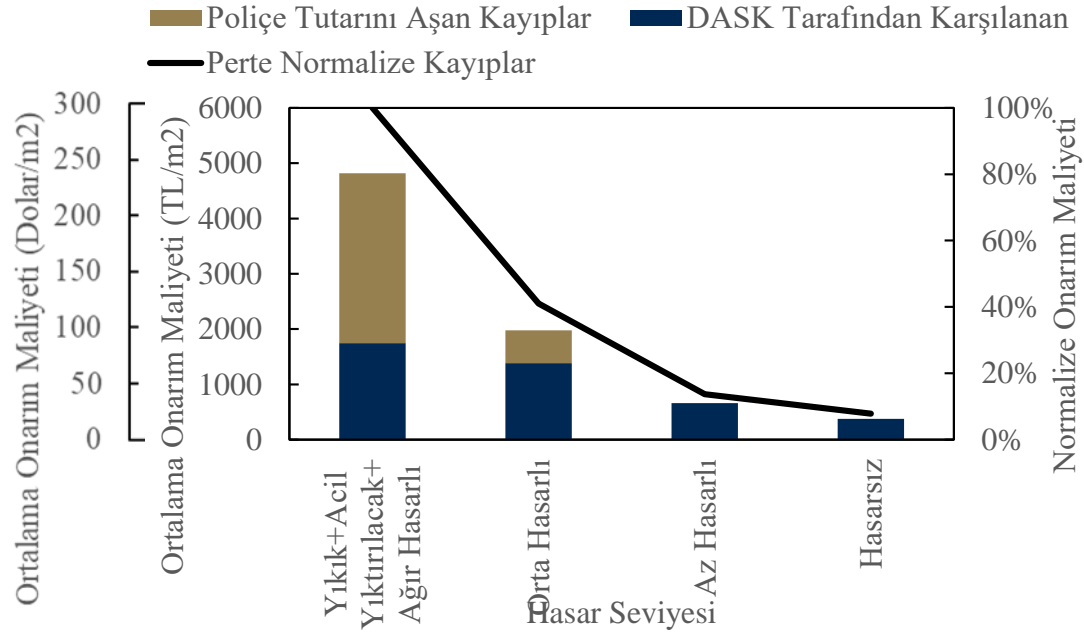
~75 MİLYAR

TL

ÖZEL SİGORTALAR TARAFINDAN

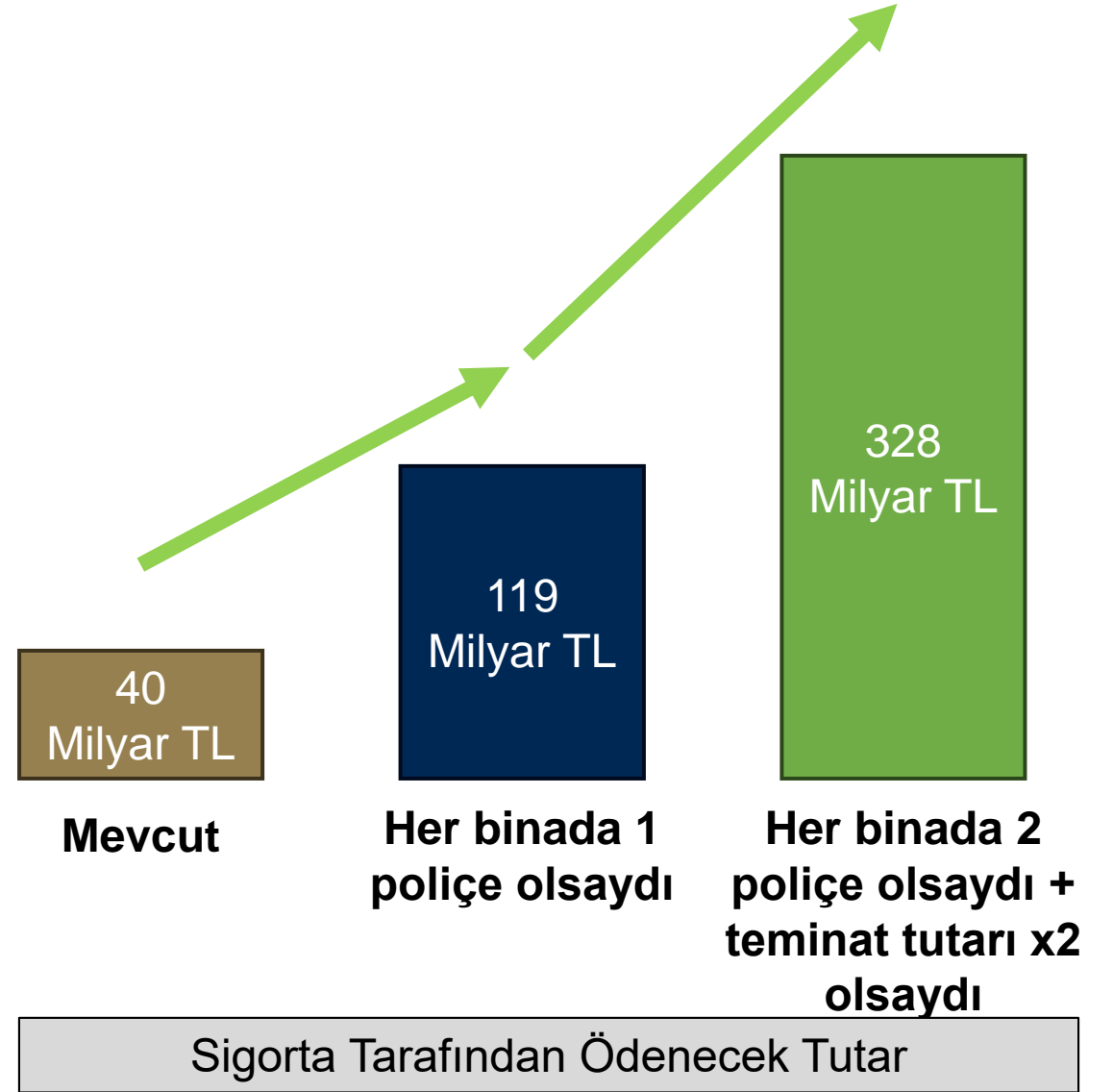
HIZLI VE ENTEGRE HASAR TESPİTİ
ÇŞİDB ile ortak metod, yazılım ve çalışma yapılması

Kahramanmaraş Depremleri: Sigorta Ödemeleri



Kahramanmaraş Depremleri: Sigorta Ödemeleri

Sigortalılık oranlarının yükseltilmesi, sigorta primlerinin risk tabanlı olarak tespiti ve uygulanması ile teminat limitlerinin ekonomik koşullara uyumlu hale getirilmesi, Türkiye'de deprem sigorta sisteminin etkinliğini artıracaktır.



~1.6 milyon konut binası dikkate alınmıştır

Betonarme Binalarda Sık Görülen Yapısal Kusurlar

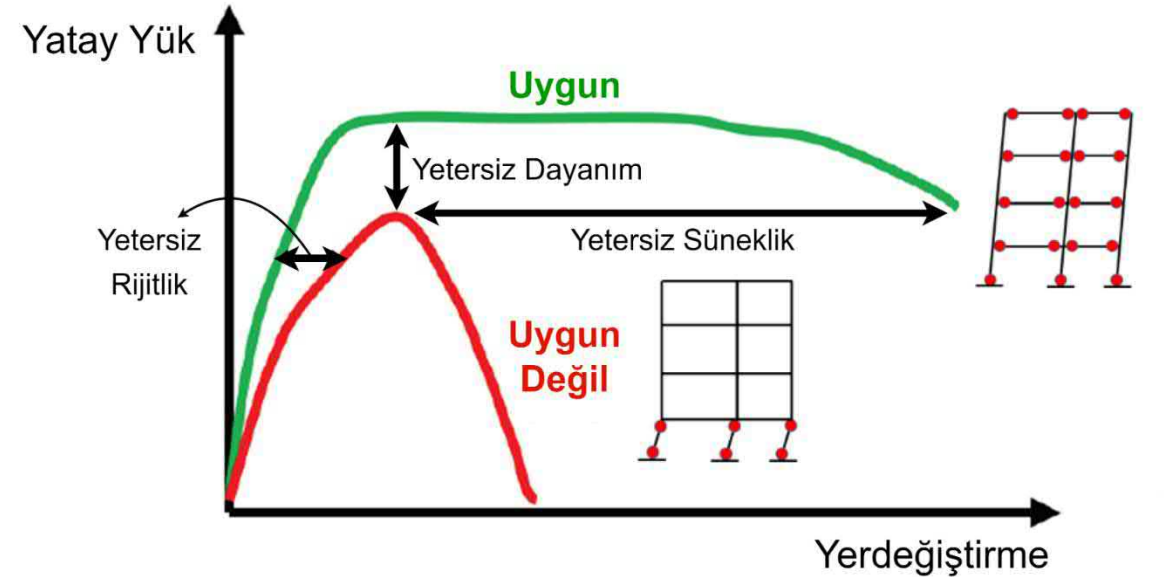
Düşük kaliteli yapı malzemeleri



Donatı detaylandırma problemleri



Yapısal sistemlerde tasarım problemleri



Betonarme Yapıların Performansı

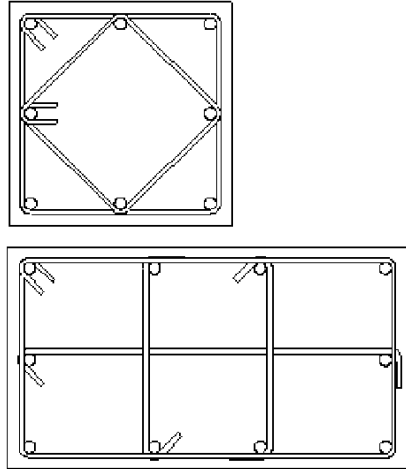
Yetersiz donatı detayı

İMALAT



90° kanca açısı

TASARIM

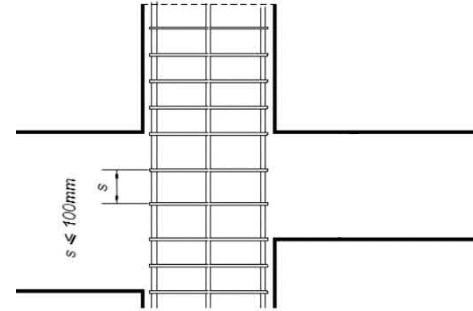


İMALAT



Geniş etriye aralığı

TASARIM



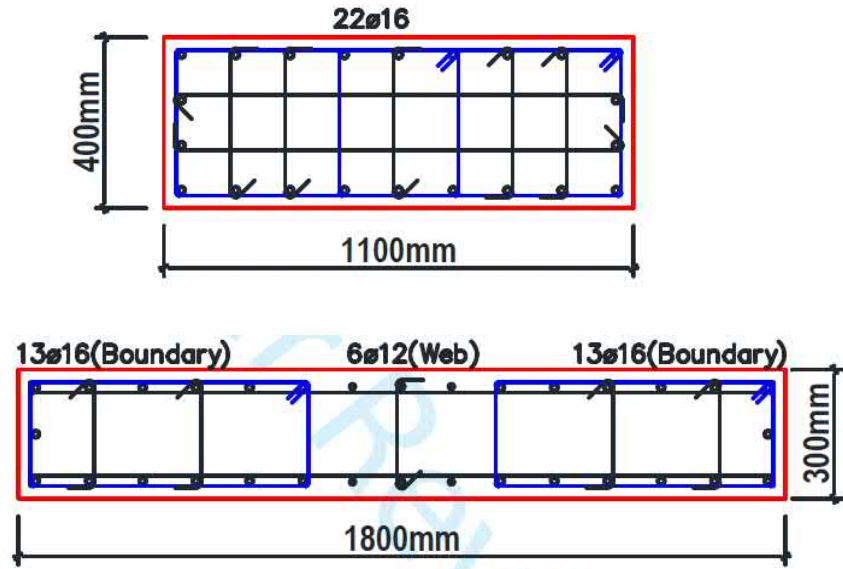
(1999 Kocaeli depremi)

PEER Report 2000/09

Betonarme Yapıların Performansı

Yetersiz süneklik

TASARIM



İMALAT



- Kolon ve perde duvarlarda çiroz bulunmaması
- Yatay gövde donatısının yetersiz ankraji

Betonarme Yapıların Performansı

Taşıyıcı Sistem Düzenlenmesinde Sorunlar

(düzensiz/zayıf yapısal sistemler-zayıf kolon-güçlü kiriş)



(1999 Kocaeli depremi)

PEER Report 2000/09



Betonarme Yapıların Performansı

Taşıyıcı Sistem Düzenlenmesinde Sorunlar

Binaların birinci katlarının tamamen ya da kısmen kat mekanizması haline gelmesi

(1999 Kocaeli depremi)

PEER Report 2000/09



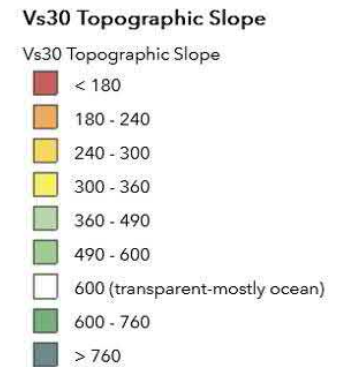
Betonarme Yapıların Performansı

Zemin kaynaklı hasarlar



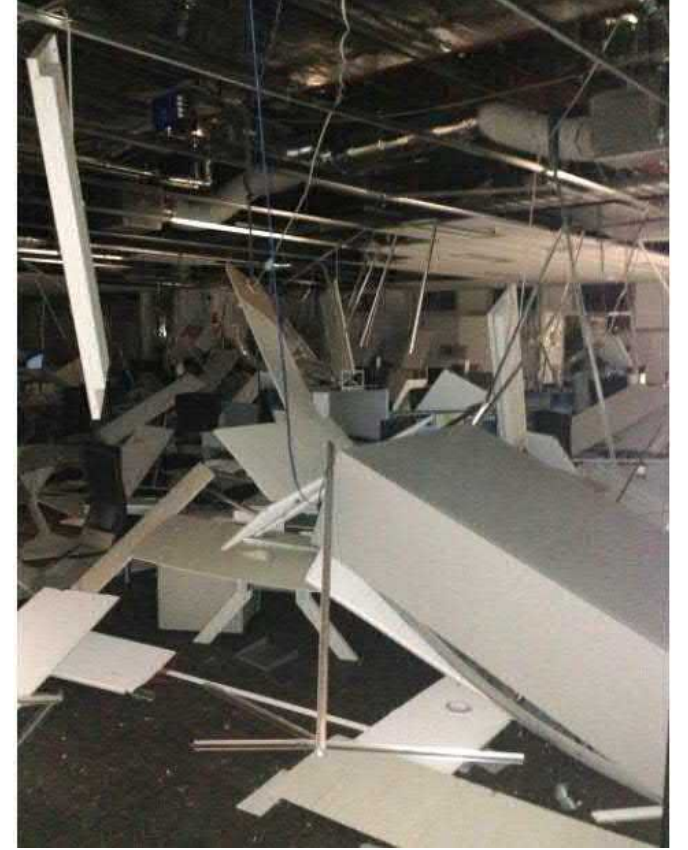
(1999 Kocaeli depremi)

PEER Report 2000/09



Betonarme Yapıların Performansı

Yapısal olmayan hasarlar



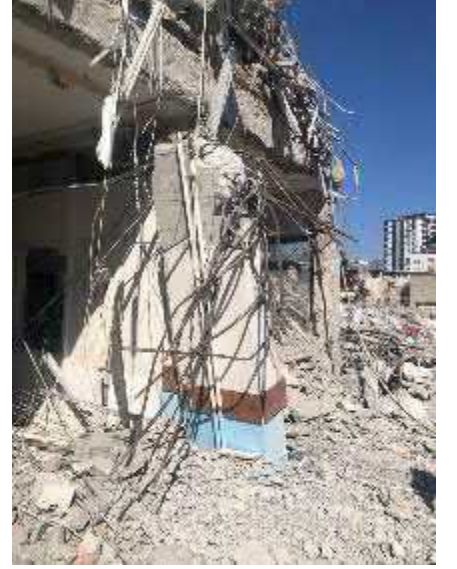
Betonarme Yapıların Performansı

Kamu yapıları



Betonarme Yapıların Performansı

İstisna: İskenderun Devlet Hastanesi (Yapım yılı: 1968)



Betonarme Yapıların Performansı

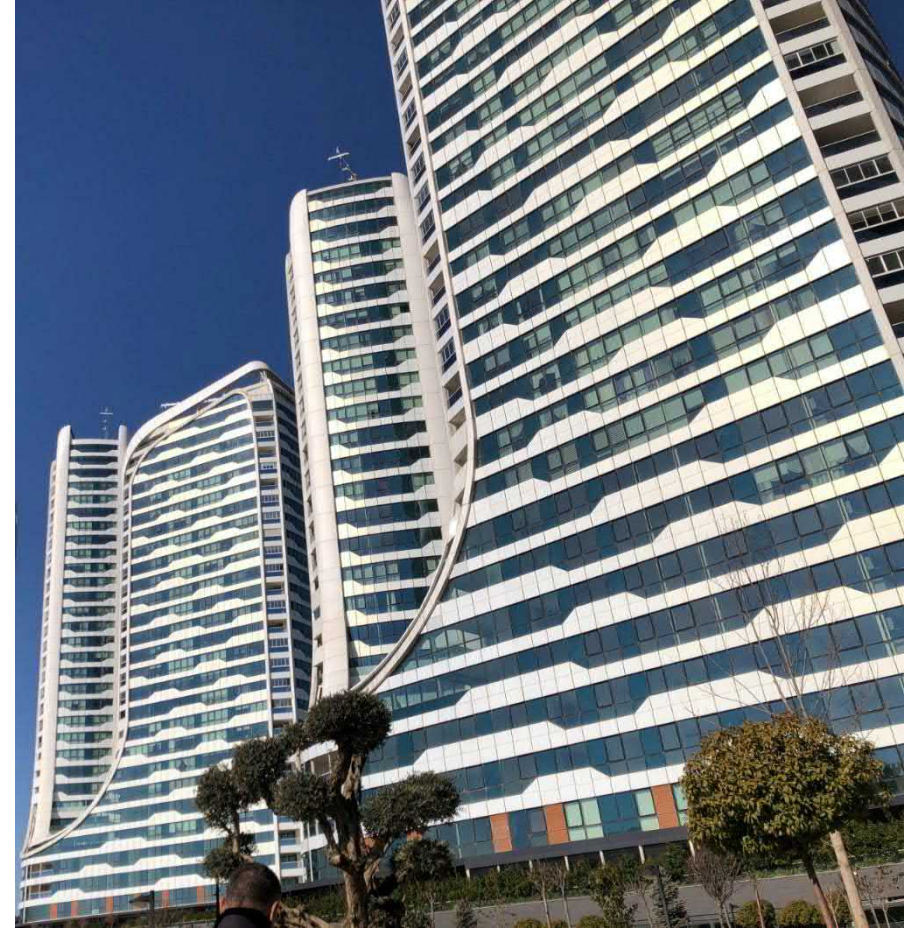
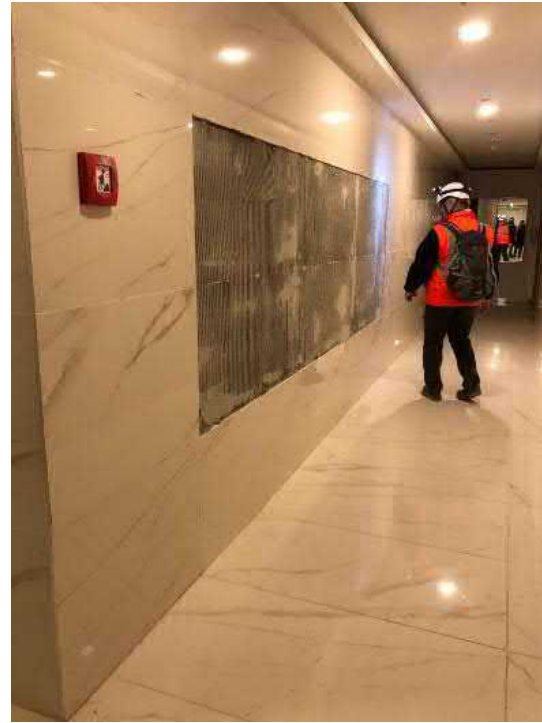
Taban izolasyonu hastaneler



Betonarme Yapıların Performansı

Yüksek betonarme binalar

Yapısal olmayan hasarlar



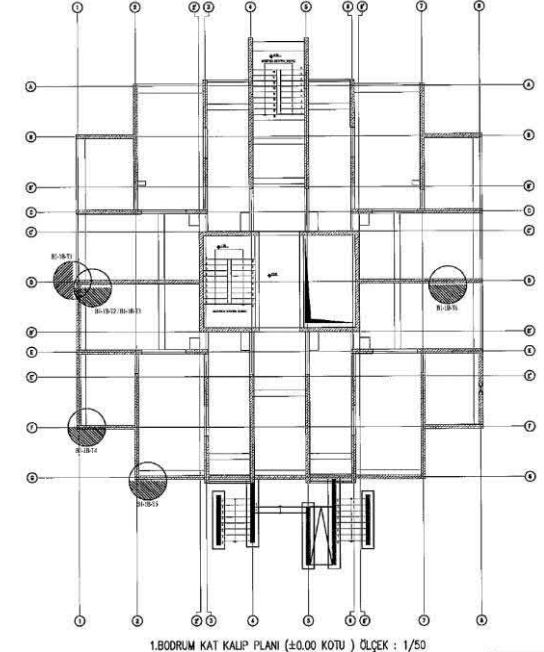
Betonarme Yapıların Performansı

Tünel kalıp betonarme binalar

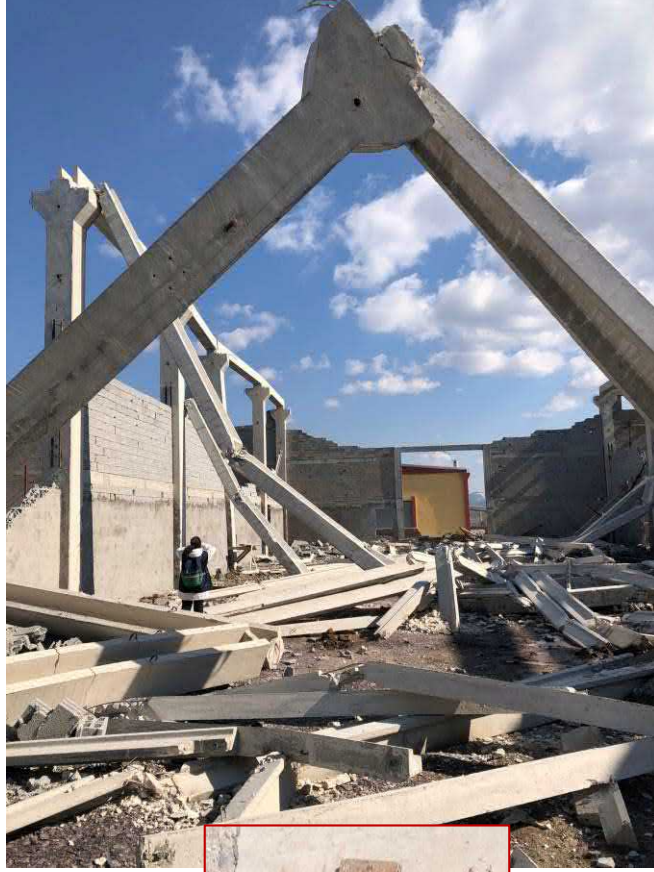


- Genel olarak iyi performans gösterdi
- Can kaybı önlendi
- Onarılabilir hasar

- Detaylandırma sorunları
(enine donatılar ve bağlantılar)
- Düzlem dışı zayıflık
- Donatıların düzensiz yerleştirilmesi



Prefabrik Betonarme Sanayi Yapılarındaki Yapısal Kusurlar



Yapısal Olmayan Elemanlardaki Hasarlar

Bölme duvar hasarları



Ankrajlanmamış LPG tankının devrilmesi

EERI



Deforme olmuş ankrajlar ve hasarlı jeneratör

Köprü ve viyadükler



Liman, silo ve iletim hatları

Adiyaman



EEFIT

Hatay



AP

Gaziantep



CNN

Kahramanmaraş



EERI

Tarihi Yapılar



Habibi Neccar Camii.
Günümüz Türkiye topraklarında
inşa edilmiş ilk cami (7. yy)

<https://arkeofili.com/antakyadaki-depremde-habib-i-neccar-camisi-yikildi/>

Minarelerin devrilmesi

Çarşı Atik Camisi
15. yy



Şirvani Camii (17. yy), Gaziantep



Kaide üzerinde dönme

Ne yapabiliriz?

- Güçlendirme →
- Yeniden yapım
- Hiçbir şey yapmamak

Neden güçlendirme?

- Zamanımız kısıtlı →
- Kaynaklarımız sınırlı
- İmar problemleri
- Mimari doku
- Çevresel etkiler

Önceliklendirme

Deprem olmadan önce, milyonlarca mevcut binanın içinde can kaybı yaratma ihtimali bulunan binalar

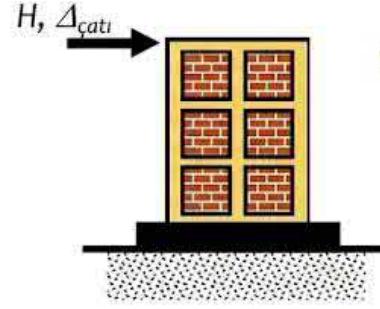
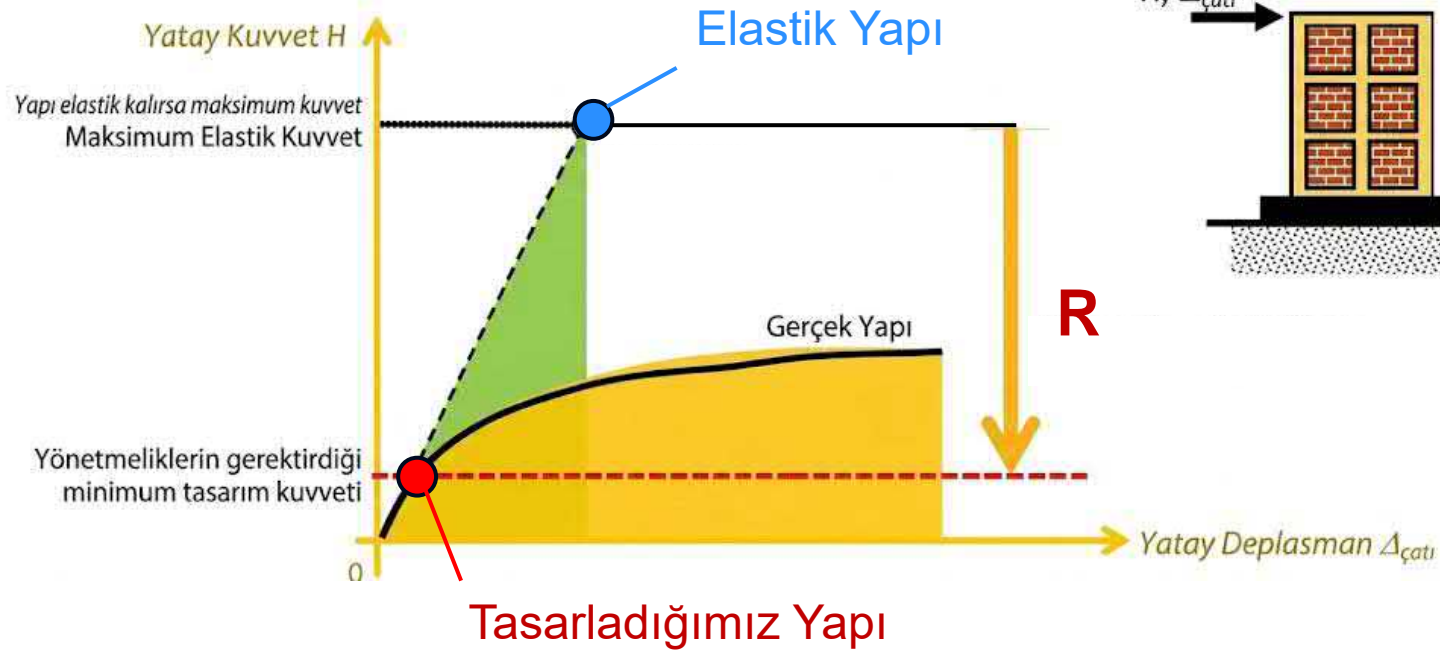


Önceliklendirme

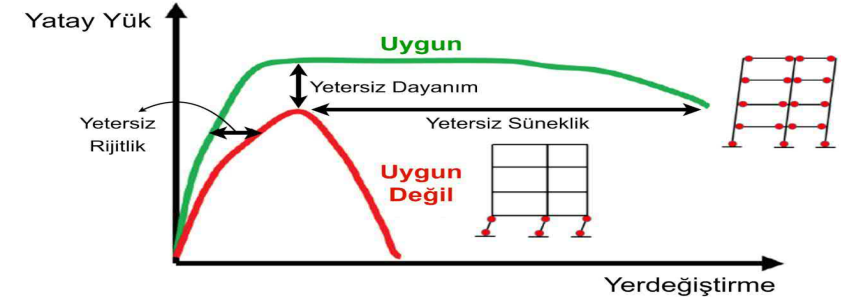
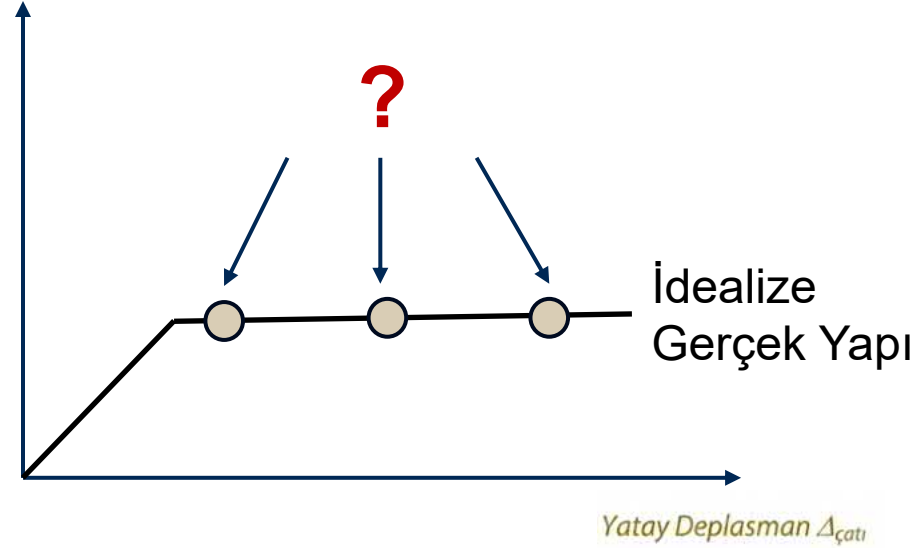
1. Performans hedefi nedir? Mevcut binalar için hedefimiz ne olmalı?
2. Önceliklendirme nedir? Nasıl yapılır?
 - Dünyadan örnekler
 - Ülkemizde yapılan çalışmalar

Tasarım Yaklaşımları

Dayanıma Göre Tasarım (DGT)



Yatay Kuvvet H

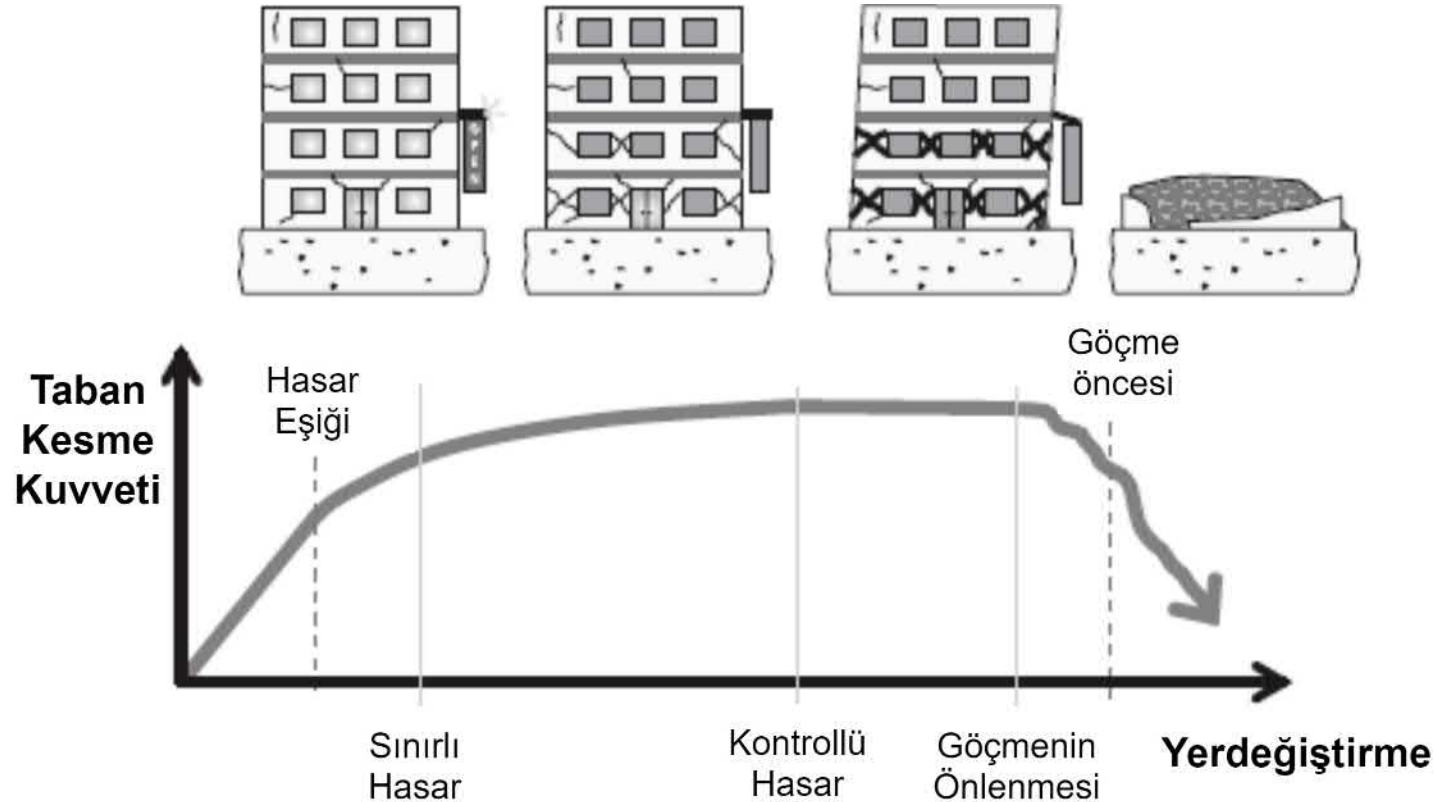


- DGT yaklaşımında temel değişkenimiz **kuvvettir**.
- **Doğrusal** analiz yapılır.
- Süneklik, **dolaylı olarak** R katsayısı üzerinden dikkate alınır. Hasar durumu **açıkça** bilinemez.

Tasarım Yaklaşımları

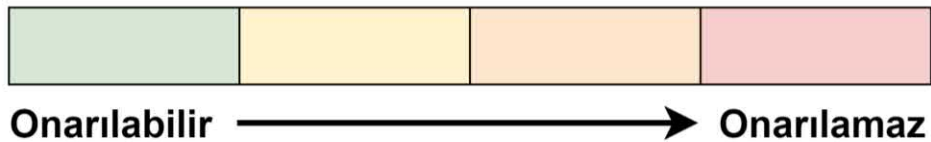
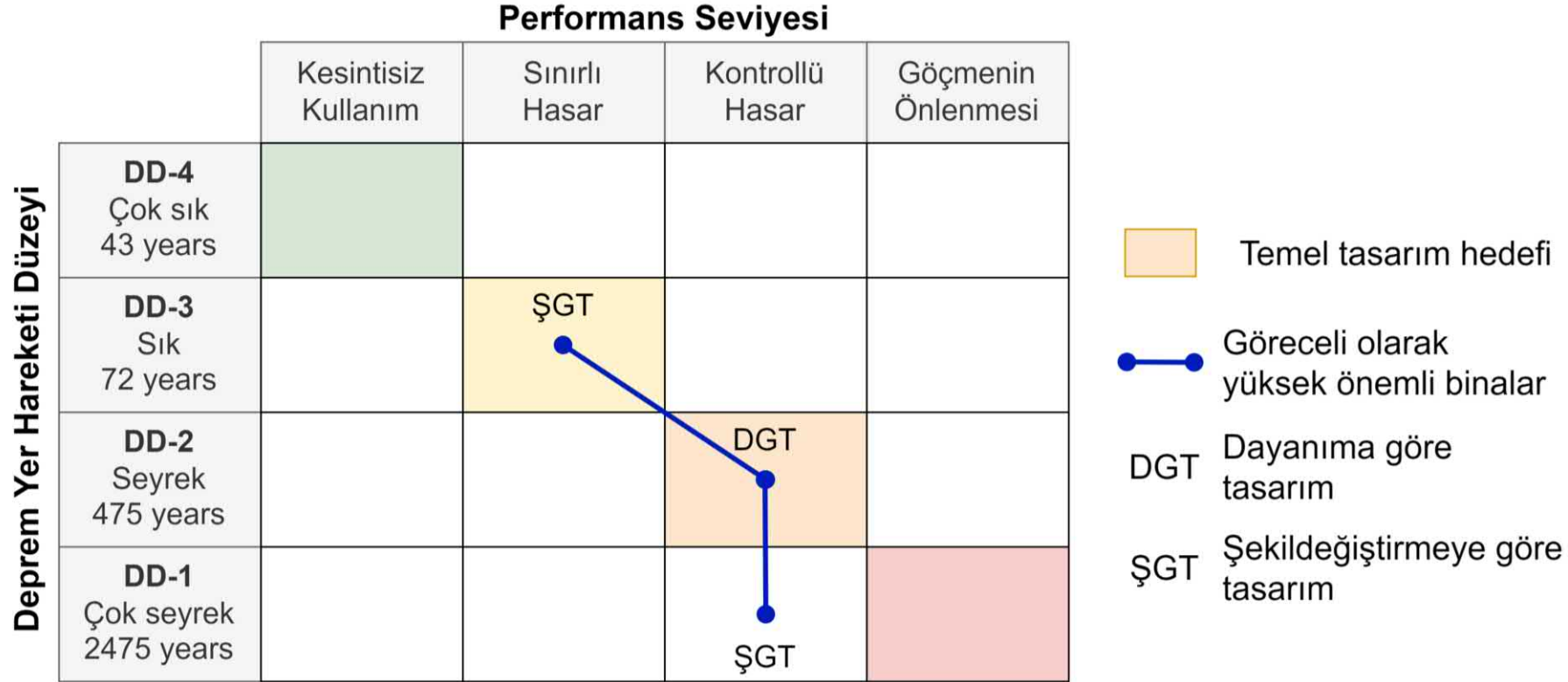
Şekildeğiştirmeye Göre Tasarım (ŞGT)

- ŞGT yaklaşımında temel değişkenimiz **deformasyondur** (yerdeğiştirme, dönme, şekildeğiştirme).
- Hasar durumu, **performans seviyeleri** üzerinden **açıkça** hesaplanabilir.



Performans Hedefleri

Yapımızdan hangi depremde ne bekliyoruz? sorusuna yanıt verir.



Bina Performans Düzeyleri (Dünyadaki Mevcut Durum)

- Dünya genelinde **yeni yapılacak** konut binaları için bir konsensüs sağlandığı söylenebilir.
- Detaylarda farklılıklar bulunsa da ortak payda **475 yıllık** deprem düzeyinde **Kontrollü Hasar** performans seviyesinin sağlanmasıdır.

Ülke	Deprem Düzeyi	Hedef Performans Seviyesinin TBDY Karşılığı
Türkiye TBDY-2018	475 yıl (%10)	Kontrollü Hasar
ABD ASCE 7-22*	~475 yıl (%10)	Kontrollü Hasar
İtalya NTC-2018**	475 yıl (%10)	Kontrollü Hasar
Yeni Zelanda NZS 1170.5-2004	500 yıl (~%10)	Kontrollü Hasar
Yunanistan ASCE 7-22'den MCE _R (riskli bölgelerde) alınmaktadır. Bu deprem düzeyi ABD'de depremselliğin yüksek olduğu batı yakasında yaklaşık olarak 475 yıllık deprem düzeyine karşılık gelmektedir.	475 yıl (%10)	Kontrollü Hasar



**NTC-2018'de temel hedef 475/KH olmakla birlikte, spesifik durumlarda bu hedef yerine 975/GÖ hedefi dikkate alınmaktadır.

Bina Performans Düzeyleri (Dünyadaki Mevcut Durum)

- Mevcut/Güçlendirilecek binalar için de ülkemizden farklı olarak oluşmuş olan uluslararası konsensus, **yeni bina performans hedefinden daha düşük hedefler esas alınmış olmasındır.**

Yeni Yapılacak Konut Tipi Binalar

Ülke	Deprem Düzeyi	Hedef Performans Seviyesinin TBDY Karşılığı
Türkiye TBDY-2018	475 yıl (%10)	Kontrollü Hasar
ABD ASCE 7-22*	~475 yıl (%10)	Kontrollü Hasar
İtalya NTC-2018**	475 yıl (%10)	Kontrollü Hasar
Yeni Zelanda NZS 1170.5- 2004	500 yıl (~%10)	Kontrollü Hasar
Yunanistan ASCE 7-22/41 2018	475 yıl (%10)	Kontrollü Hasar

*ASCE 7-22/41 MCE_R (riskli bölge) alınmış 275 yıl (%10) düzeyinin) 2/3'ü dikkate alınmaktadır. Bu deprem düzeyi ABD'de depremselliğin yüksek olduğu batı yakasında yaklaşık olarak 475 yıllık deprem düzeyine karşılık gelmektedir.

**NTC-2018'de temel hedef 475/KH olmakla birlikte, spesifik durumlarda bu hedef yerine 975/GÖ hedefi dikkate alınmaktadır.

Mevcut/Güçlendirilecek Konut Tipi Binalar

Ülke	Deprem Düzeyi	Hedef Performans Seviyesinin TBDY Karşılığı
Türkiye TBDY-2018	475 yıl (%10)	Kontrollü Hasar
ABD ASCE 41-23*	225 yıl (%20) 975 yıl (%5)	Kontrollü Hasar Göçmenin Önlenmesi
İtalya Sismabonus	Yeni bina performans seviyesinden daha düşük bir seviyeye iyileştirme yapılmasına müsaade eder	
Yeni Zelanda NZ Guidelines-2025	Yeni bina performans seviyesinden daha düşük bir seviyeye iyileştirme yapılmasına müsaade eder	
Yunanistan KANEPE-2022	475 yıl (%10)	Göçmenin Önlenmesi

*Yunanistan'da verilen her iki performans seviyesinin sağlanması gereklidir.

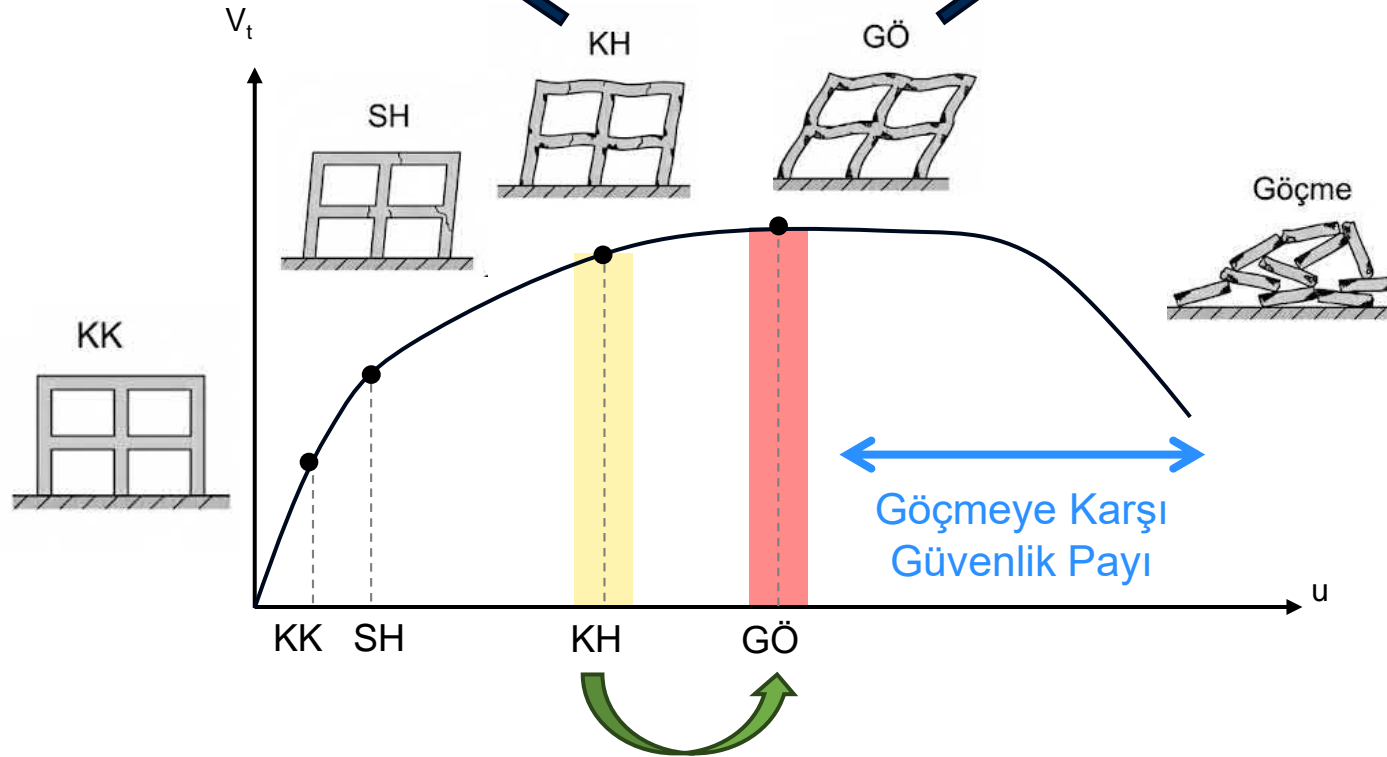
Öneri: Mevcut Binalar İçin Rasyonel Performans Hedefi



Yeni Binalar

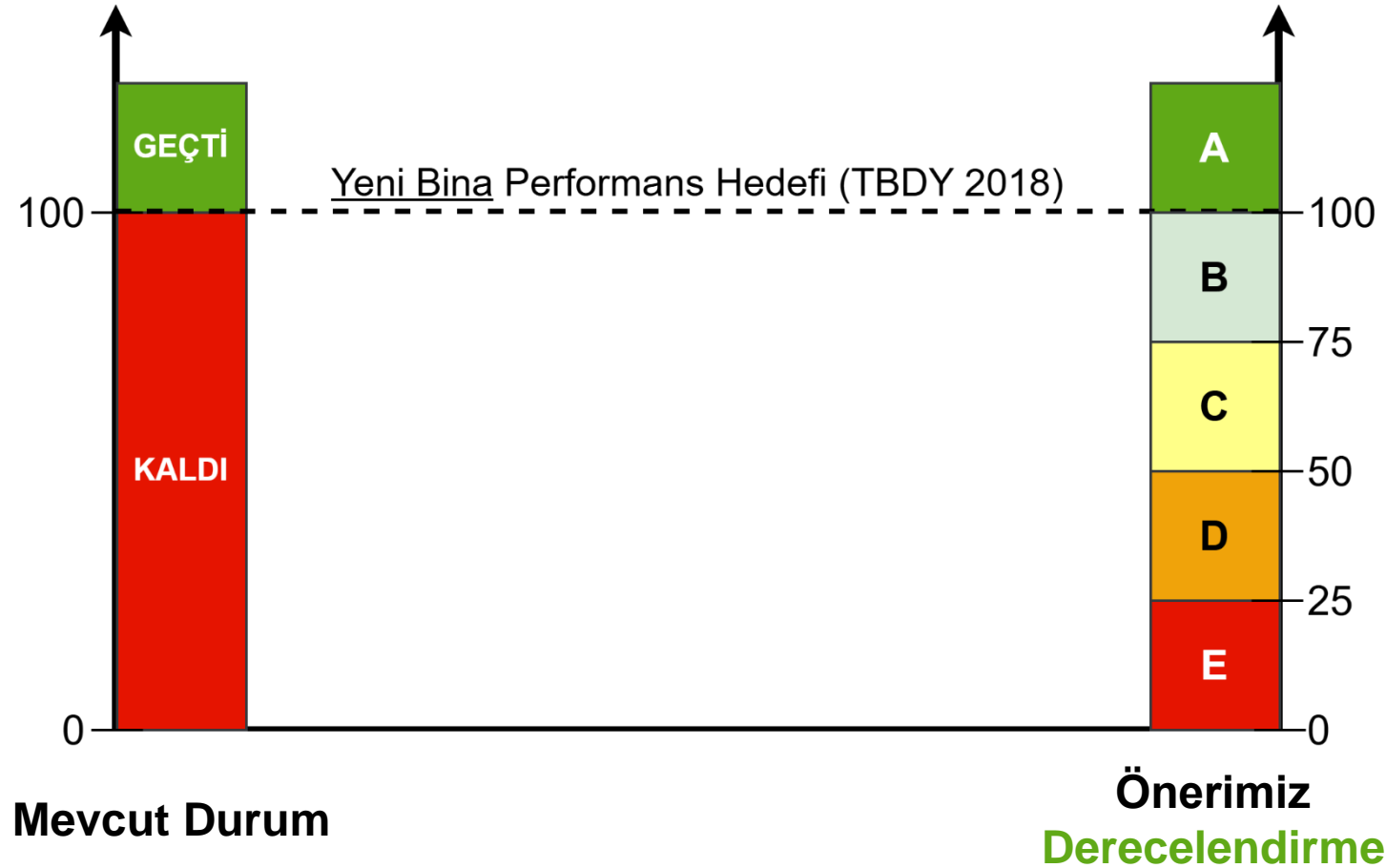
Mevcut Binalar

Performans Düzeyleri:
KK: Kesintisiz Kullanım
SH: Sınırlı Hasar
KH: Kontrollü Hasar
GÖ: Göçmenin Önlenmesi

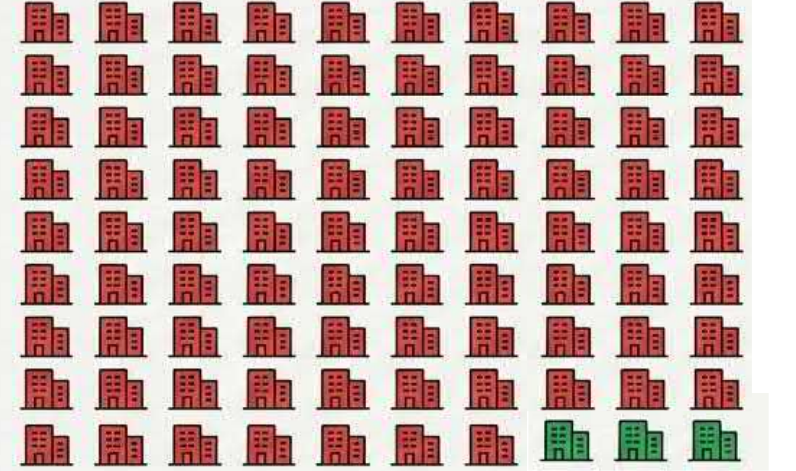


Önceliklendirme

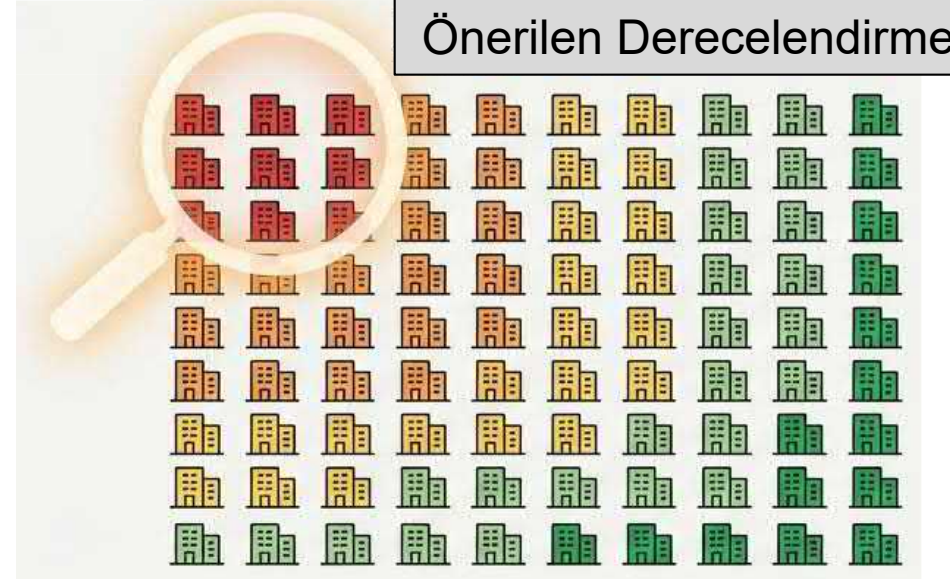
Risk tabanlı önceliklendirme ile en riskli binalara odaklanmak mümkün



Mevcut Sistem



Önerilen Derecelendirme



Dünyadan Örnekler

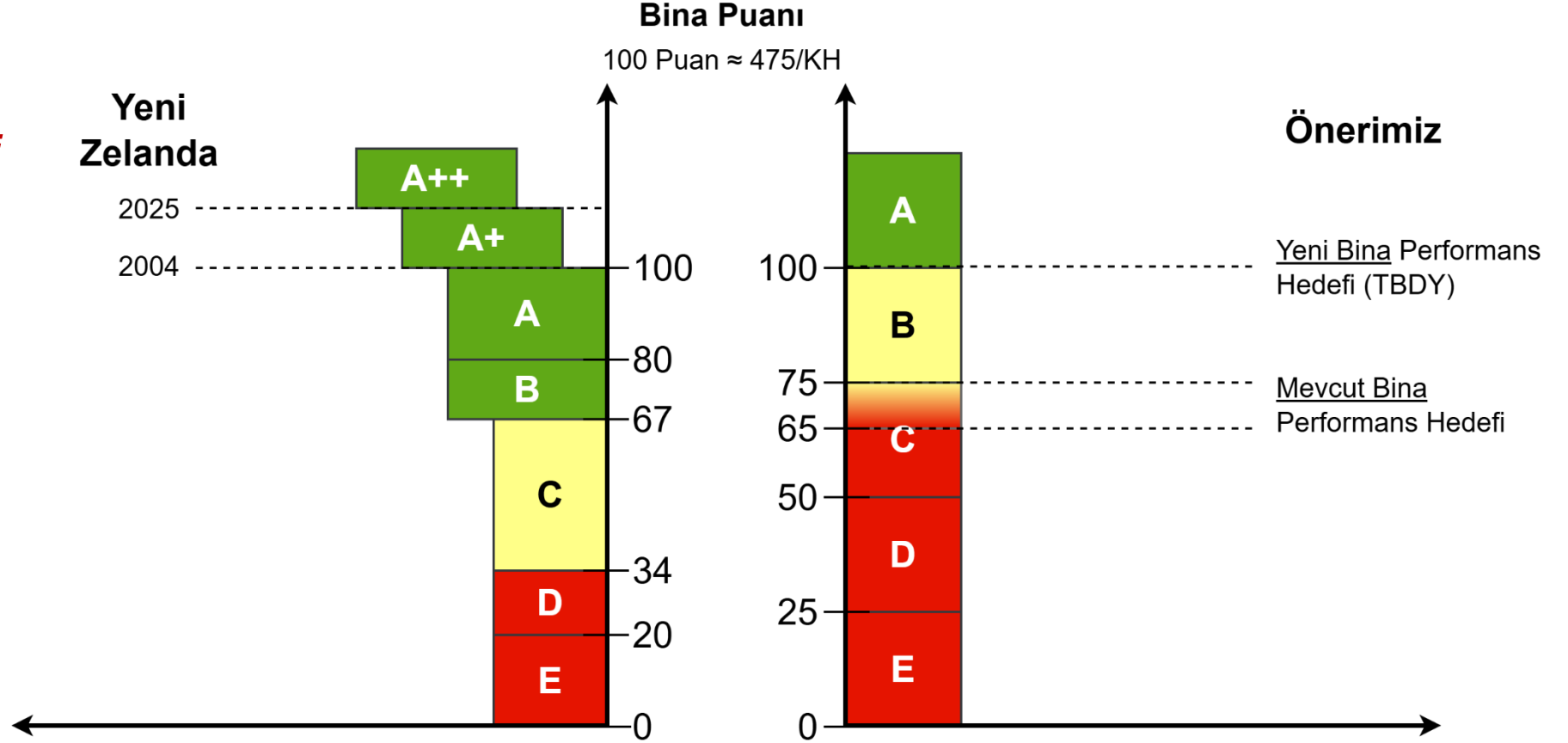
Yeni

Zelanda

D ve E sınıfı olarak tespit edilen binalar *deprem riski taşıyan bina* olarak tanımlanır.

Bu binaların asgari olarak **C sınıfına (34 puana)** yükseltilmesi **zorunludur**.

C sınıfında bulunan binaların güçlendirilmesi isteğe bağlıdır.

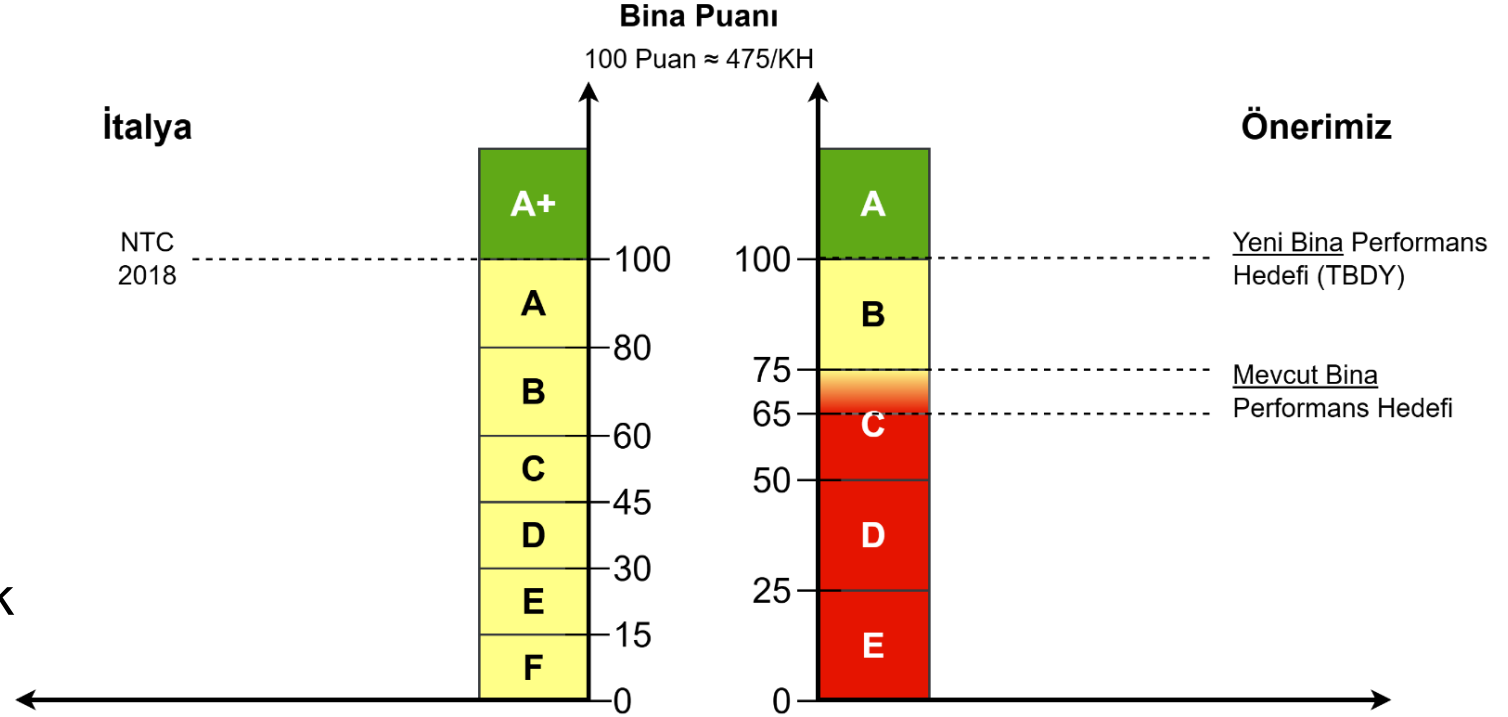


Dünyadan Örnekler

İtalya

Güçlendirmenin teşvik edilmesi için *Sismabonus* kapsamında aşağıdaki destekler sağlanmaktadır:

- Bina, **1 sınıf** atarsa:
Güçlendirme maliyetinin **%70'i**
- Bina, **2 ve daha fazla sınıf** atarsa:
Güçlendirme maliyetinin **%80'i** geri ödenir.
- Üst limit 96.000 € (bağımsız birim başına)
- Teknik göstergeye ek olarak ekonomik bir göstergeye de bakılmaktadır (beklenen yıllık kayıp).
- Bina puanı NTC 2018'e göre belirlenir.
- Sismabonus kapsamında iyileştirme sonrası için asgari risk sınıfı belirtilmemiştir.
- Bir sınıf atlanması dahi teşvik için yeterlidir.



Dünyadan Örnekler

Yeni Zelanda

1 Temmuz 2017 tarihinde (aşağıda verilen tablonun başlangıç noktası) *Building (Earthquake-prone Buildings) Amendment Act 2016* isimli yasa yürürlüğe girmiştir.

Bu yasa, ülkenin ana imar kanunu olan *Building Act 2004*'te değişiklik yaparak, **deprem riski taşıyan binaların** yönetimi için ulusal bir sistem getirmiştir.

Deprem Riski Bölgesi	İlgili Kurumlarca (TA*) Tespit Yapılması İçin Gereken Son Tarih		Bina Sahiplerinin Güçlendirmeyi Tamamlaması Gereken Süre (Bildirimden İtibaren)	
	Öncelikli Bina	Öncelikli Olmayan Bina	Öncelikli Bina	Öncelikli Olmayan Bina
Yüksek	1 Ocak 2020 (2.5 Yıl)	1 Temmuz 2022 (5 Yıl)	7.5 Yıl	15 Yıl
Orta	1 Temmuz 2022 (5 Yıl)	1 Temmuz 2027 (10 Yıl)	12.5 Yıl	25 Yıl
Düşük	1 Temmuz 2032 (15 Yıl)		35 Yıl	

*TA'ların ülkemizdeki en uygun karşılığı Belediyelerdir.

Dünyadan Örnekler

Yeni Zelanda

Wellington Belediyesi tarafından yapılan örnek uygulama aşağıda verilmiştir.

Belediye, bir binayı *deprem riski taşıyan bina* olarak sınıflandırdığında bina girişine bu uyarıyı asmaktadır.



Dünyadan Örnekler

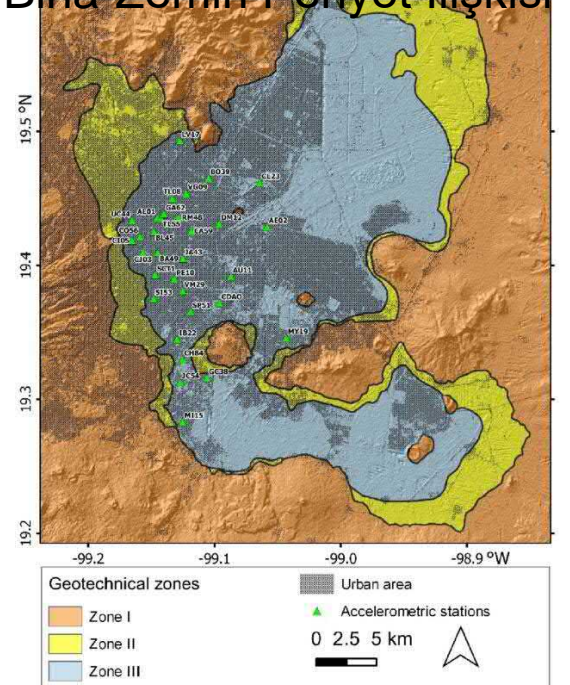
Mexico City

Hasar Görebilirlik Analizi Bilgisi		Yapısal Hasar Görebilirlik Seviyesine Bağlı Olarak Bina İçin Öncelikli Eylemlerin Son Tarihleri		
Yapısal Hasar Görebilirlik Seviyesi	Meksika 2017 Yönetmeliğine Göre Geoteknik Bölge	Performans Değerlendirmesi İçin Son Tarih (Ay)	Güçlendirme Projesinin Hazırlanması İçin Son Tarih (Ay)	Güçlendirme Uygulamasının (İnşaatin) Tamamlanması İçin Son Tarih (Ay)
AA (Çok Yüksek)	Herhangi bir bölge	6	12	24
A (Yüksek)	I	12	24	36
	II	12	24	36
	III	6	12	24
M (Orta)	I	18	36	48
	II	18	36	48
	III	12	24	36

Verilen süre limitleri Yeni Zelanda'ya göre çok daha agresif ve sıkı olmakla birlikte, ülkenin konuyla ilgili en önde gelen uzmanlardan birisi ile yapılan görüşmede, sürecin efektif bir şekilde ilerlemediği aktarılmıştır.

Yapısal Hasar Görebilirlik Seviyesi üç kritere bağlı olarak belirlenir:

- 1) Binanın Bulunduğu Zemin
- 2) Bina Düzensizlik Durumu
- 3) Bina-Zemin Periyot İlişkisi



Dünyadan Örnekler

İtalya

'Teşvik ve Finansman' üzerine kurulu, **dünyadaki en agresif devlet destekli güçlendirme modelini** uygular.

Sismabonus (Temel Sistem)

2017 yılında devreye giren ve binaların deprem riskini azaltmayı hedefleyen kalıcı bir vergi indirimi sistemidir.

Mantık: Devlet, vatandaşın binasını güçlendirmesi halinde, harcadığı parayı vergiden düşerek geri ödemektedir.

Sınıflandırma: İtalya'da binalar A+'dan G'ye kadar 8 sınıfa ayrılır

Destek Oranları:

- Sadece iyileştirme yapılırsa: **%50** geri ödeme.
- Bina **1 sınıf** atlarsa: **%70** geri ödeme.
- Bina **2 sınıf** atlarsa: **%80** geri ödeme.

Üst Limit: 96.000 € (~5 milyon ₺).

(Ekonomik Gösterge) Beklenen Yıllık Kayıp	(Teknik Gösterge) Bina Puanı	Risk Sınıfı
$EAL \leq 0.5\%$	$100\% \leq IS-V$	A+
$0.5\% < EAL \leq 1.0\%$	$80\% \leq IS-V < 100\%$	A
$1.0\% < EAL \leq 1.5\%$	$60\% \leq IS-V < 80\%$	B
$1.5\% < EAL \leq 2.5\%$	$45\% \leq IS-V < 60\%$	C
$2.5\% < EAL \leq 3.5\%$	$30\% \leq IS-V < 45\%$	D
$3.5\% < EAL \leq 4.5\%$	$15\% \leq IS-V < 30\%$	E
$4.5\% < EAL \leq 7.0\%$	$IS-V < 15\%$	F
$EAL \geq 7.0\%$		G

Binalarımızı nasıl güçlendirebiliriz?

Güçlendirmeye güvenebilir miyiz?

Bu soruya üç farklı perspektiften yanıt arayacağız:

1. Gözlem
2. Deney
3. Hesap

Güçlendirmeye Güvенеbilir miyiz? – Gözlem

Güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş binaların deprem performanslarına bir örnek:



2008 Hatay




2023 Hatay

Güçlendirmeye Güvенеbilir miyiz? – Bina Deneyleri

İTÜ




DOWAKSA



AFAD



Güçlendirmeye Güvенеbilir miyiz? – Bina Deneyleri



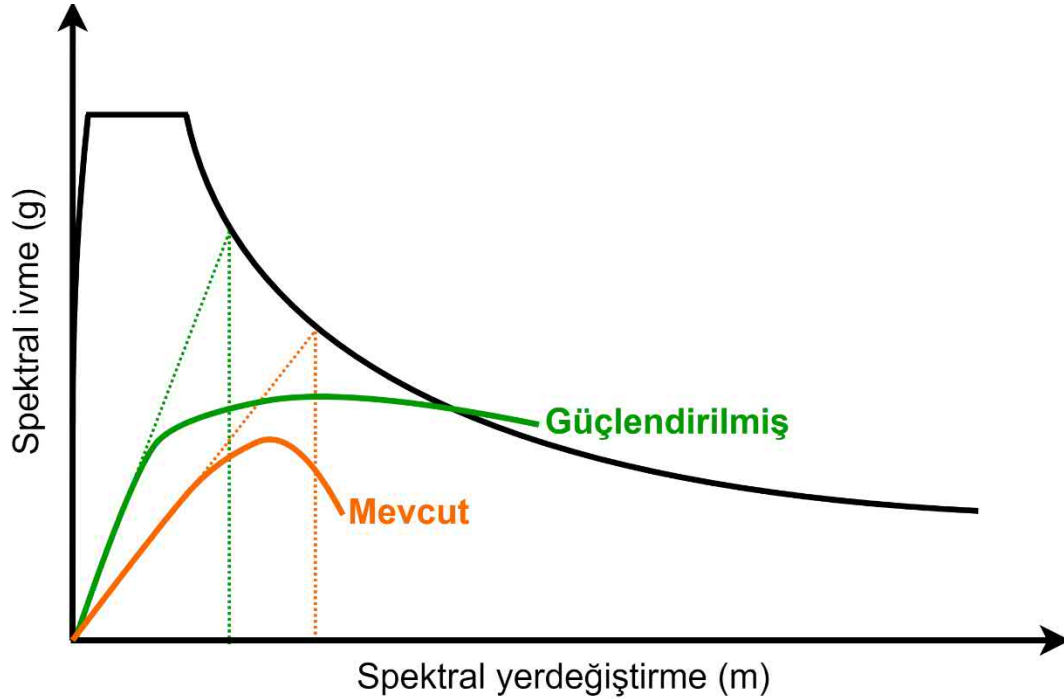
MEVCUT YAPILARIN
KARBON LİFLİ KOMPOZİTLER
İLE GÜÇLENDİRİLMESİNE YÖNELİK
TAM ÖLÇEKLİ BİNA DENEYLERİ

DEMONSTRATION OF EFFICIENCY OF SEISMIC
RETROFIT WITH CFRPS THROUGH FULL SCALE
SITE TESTING TESTING OF SUBSTANDARD RC STRUCTURES

Güçlendirme Teknikleri

Rijitlik arttırımı mantolama

- Betonarme perde ilavesi
- Çelik çaprazlı çerçeve ilavesi



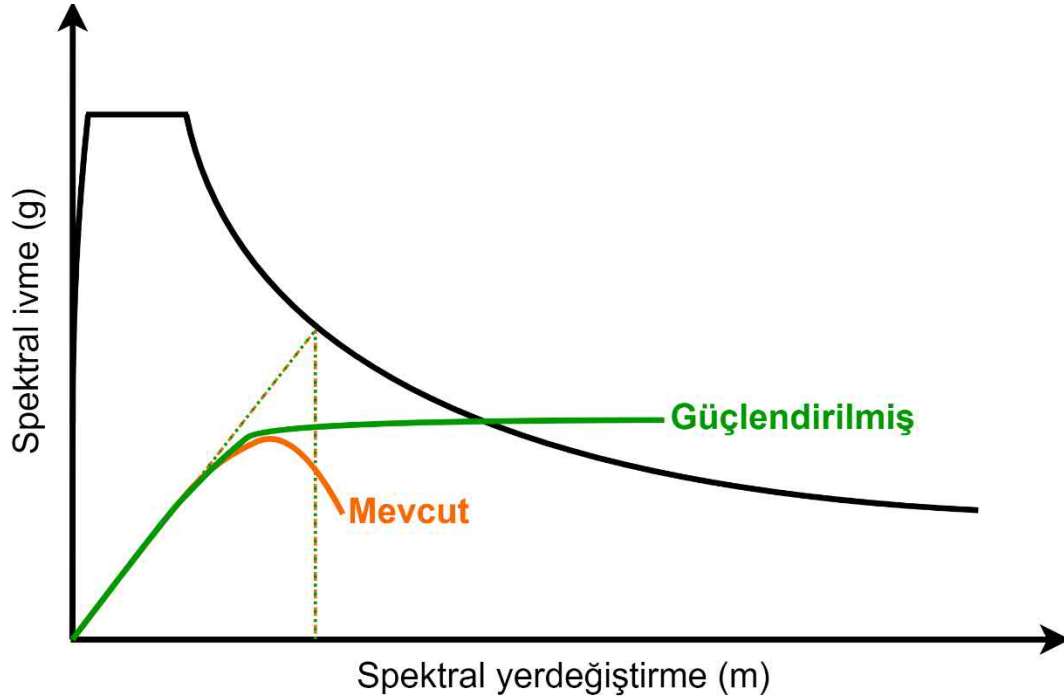
Uygulama Örneği



Güçlendirme Teknikleri

Süneklik artırımı

- Lifli polimer sargılama
- Çelik sargılama

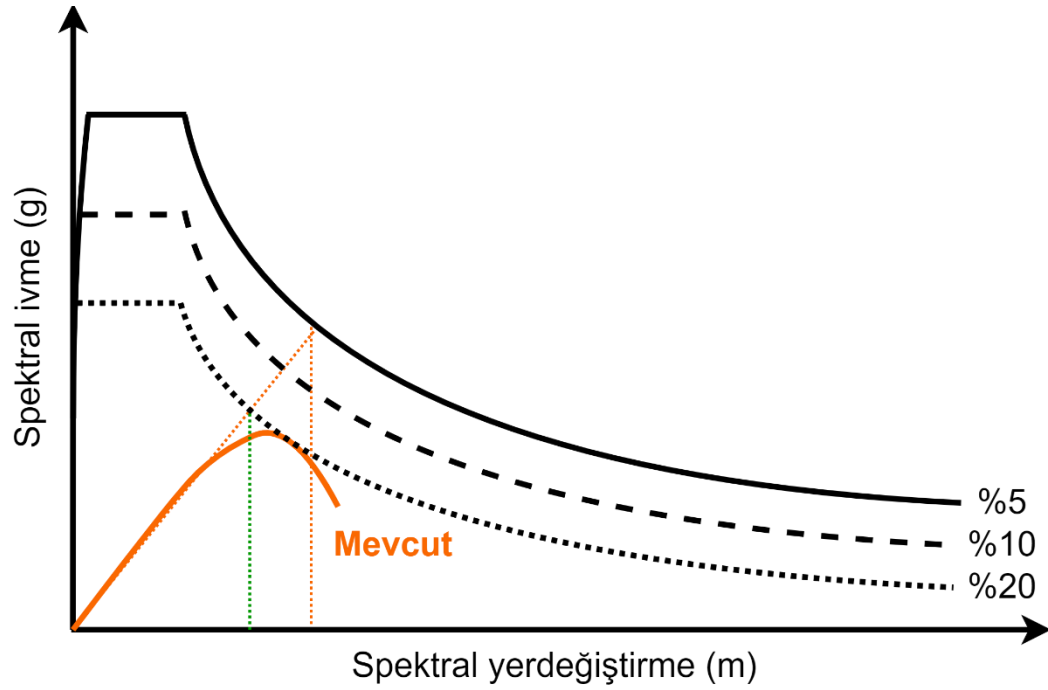


Uygulama Örneği



Güçlendirme Teknikleri

Sönümlenme artırımı



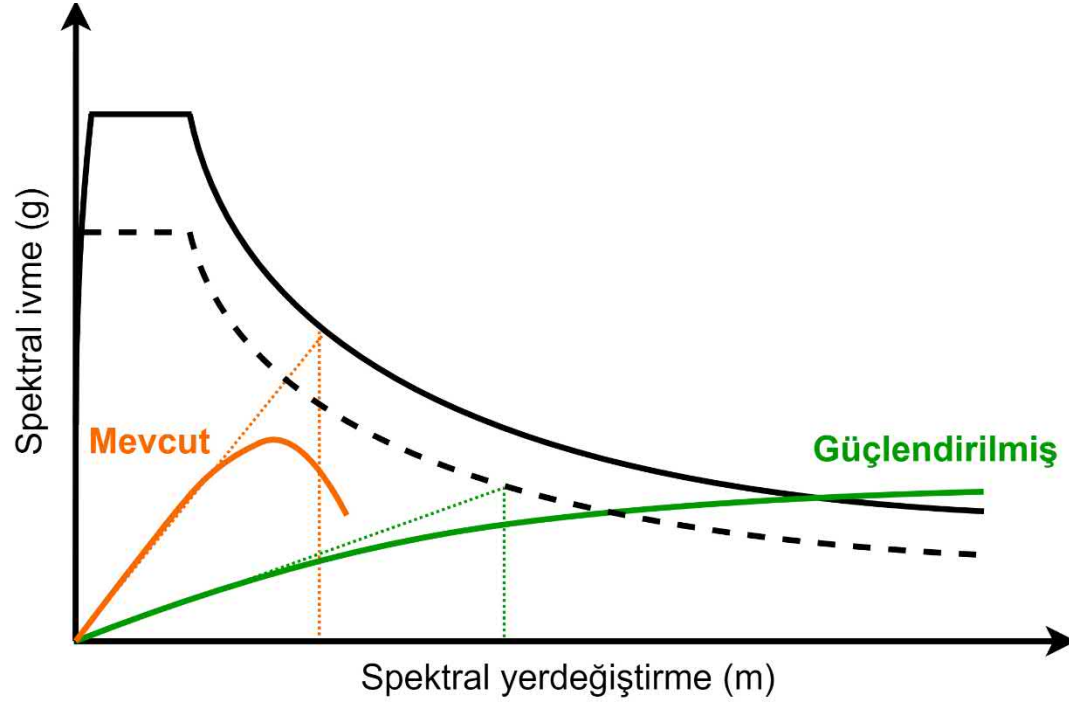
Uygulama Örneği



Mualla ve diğ. (2024)

Güçlendirme Teknikleri

Deprem yalıtımı



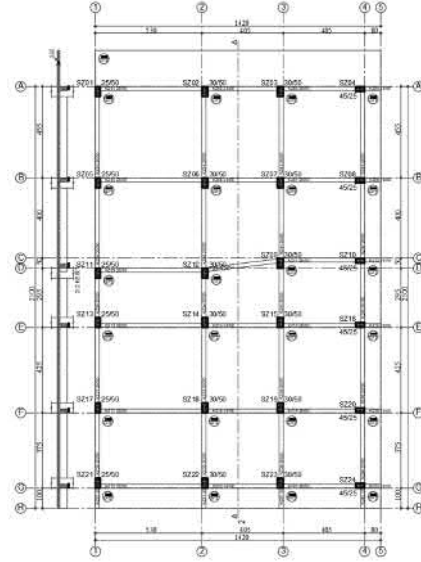
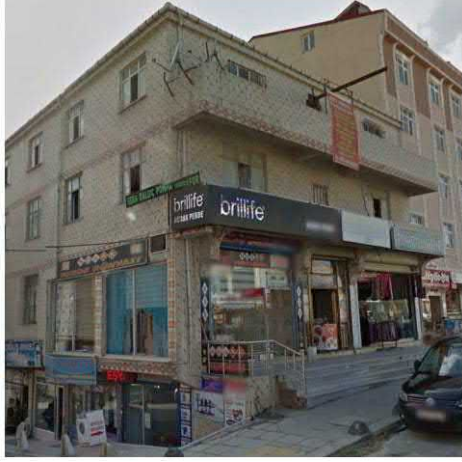
Uygulama Örneği



Ülker Mühendislik

Güçlendirmeye Güvenilebilir miyiz? – Hesap (Kırılganlık Eğrileri)

Mevcut bina



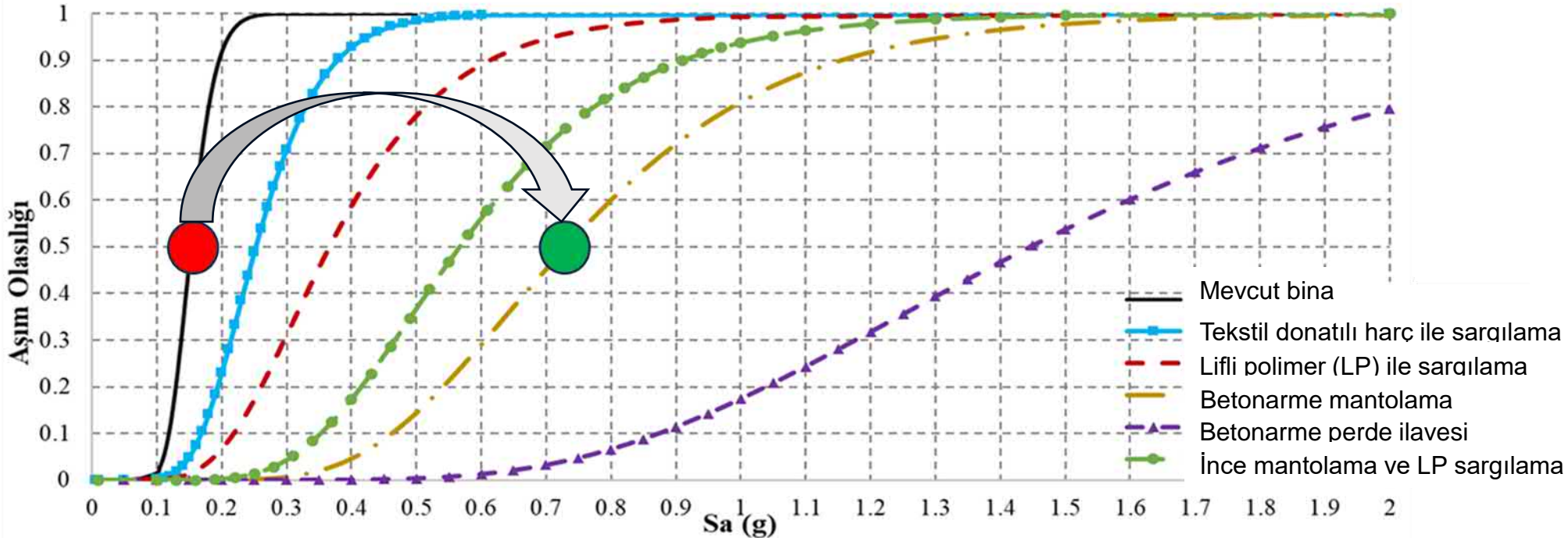
Betonarme mantolama



Lifli polimer sargılama



Tekstil donatılı harç ile sargılama



Betonarme perde ilavesi



Türkiye Bina Güçlendirme Yönetmeliği

Deprem tehlikesi altında bulunan ABD, Japonya, Meksika, Yunanistan gibi ülkelerde güçlendirmeye özgü yönetmelikler bulunmaktadır.

Mevcut binaların depreme karşı güçlendirilmesi ülkemizde ilk olarak 2007 yılındaki deprem yönetmeliği ile yürürlüğe girmiştir.

- 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
- 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

Fakat bu yönetmeliklerdeki güçlendirme kapsamı kısıtlıdır.

Türkiye Bina Güçlendirme Yönetmeliği

İTÜ ve ÇŞİDB arasında gerçekleştirilmekte olan bir proje kapsamında yönetmelik hazırlığı yapılmaktadır.

Proje ekibinde 11 farklı üniversiteden 21 akademisyen bulunmaktadır.

Türkiye Bina Deprem Güçlendirme Yönetmeliği kapsamında geleneksel güçlendirme yöntemlerine ek olarak **sönümleme** ve **deprem yalıtımı** sistemleriyle güçlendirme, **dışarıdan güçlendirme** gibi yenilikçi yöntemler de bulunmaktadır.

Taslak Yönetmelik: Ana Başlıklar

Bölüm 1. Genel Hükümler

Bölüm 2. Mevcut Binaların Güçlendirilmesi İçin Genel Esaslar

Bölüm 3. Mevcut Binaların Güçlendirme Tasarımı ve Analizi İçin Hesap Esasları

Bölüm 4. Betonarme Binalar

Bölüm 5. Çelik Binalar

Bölüm 6. Yiğma Binalar

Bölüm 7. Ahşap Binalar

Bölüm 8. Yüksek Binalar

Bölüm 9. Sönümlleme Sistemi Ekleme

Bölüm 10. Deprem Yalıtımı

Bölüm 11. Temeller

Bölüm 12. Yapısal Olmayan Elemanlar

Bölüm 13. Denetim ve Kalite Kontrol

Bölüm 4.1 Betonarme Uygulamalar

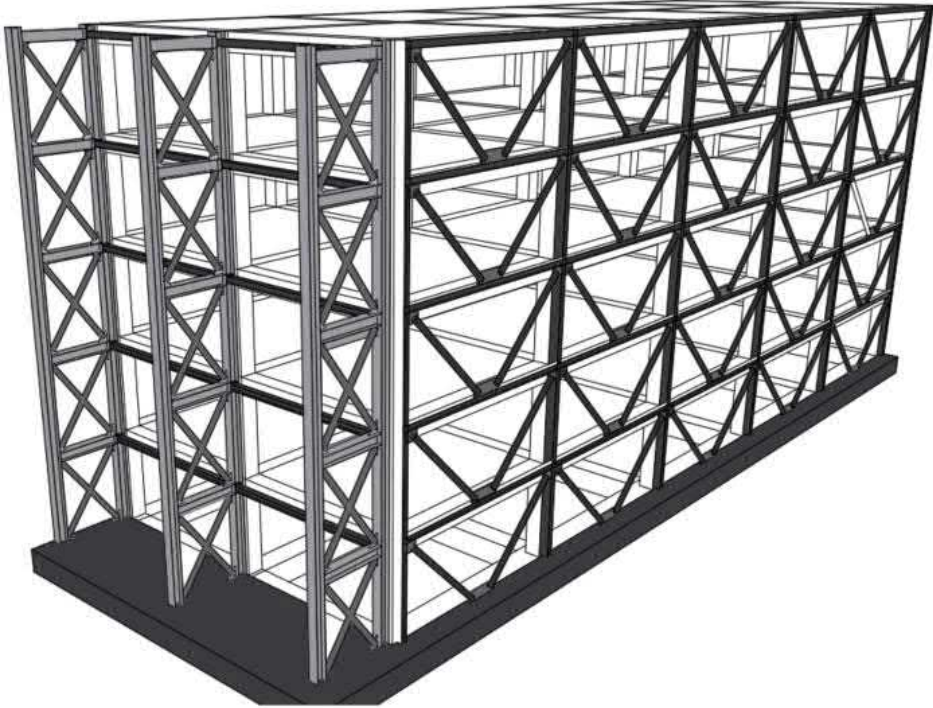
Bölüm 4.2 Çelik Uygulamalar

Bölüm 4.3 Lifli Polimer Uygulamalar

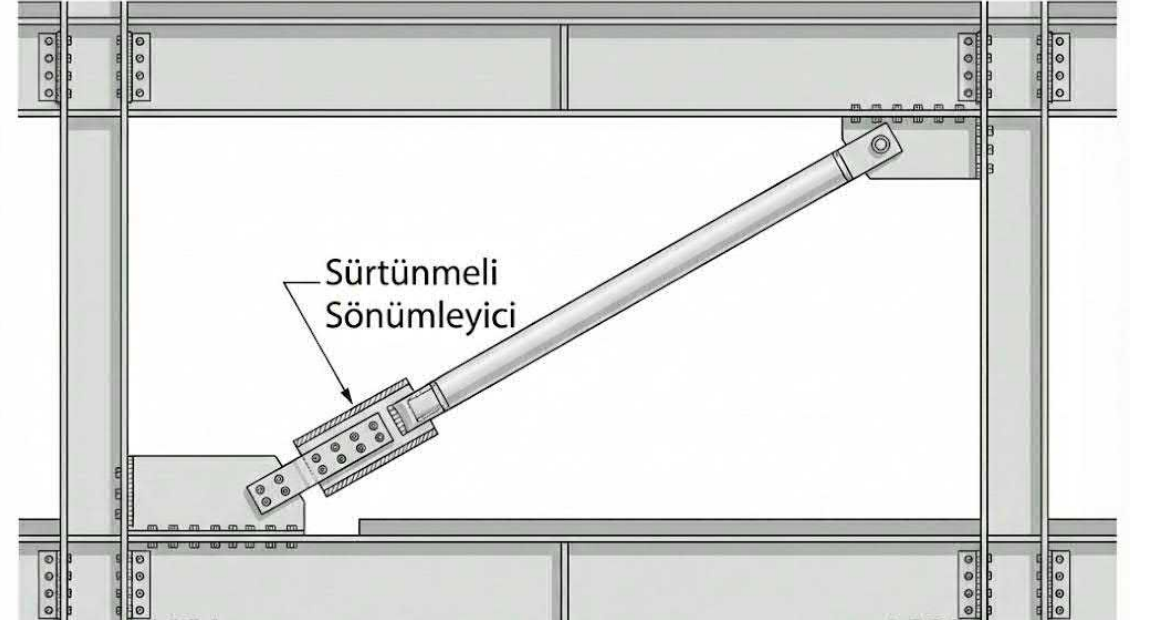
Bölüm 4.4 Dıştan Güçlendirme

Güçlendirme Yönetmeliği – Mevzuata Yeni Getirilen Uygulamalar

Bölüm 4.4. Dıştan Güçlendirme



Bölüm 9. Sönümleme Sistemi Ekleme



Önceliklendirme ve Güçlendirme: İstanbul Örneği

Nüfus: 16+ milyon

Yapı stoğu: 1.2+ milyon bina

Temel sorun: 2000 öncesi inşa edilenler

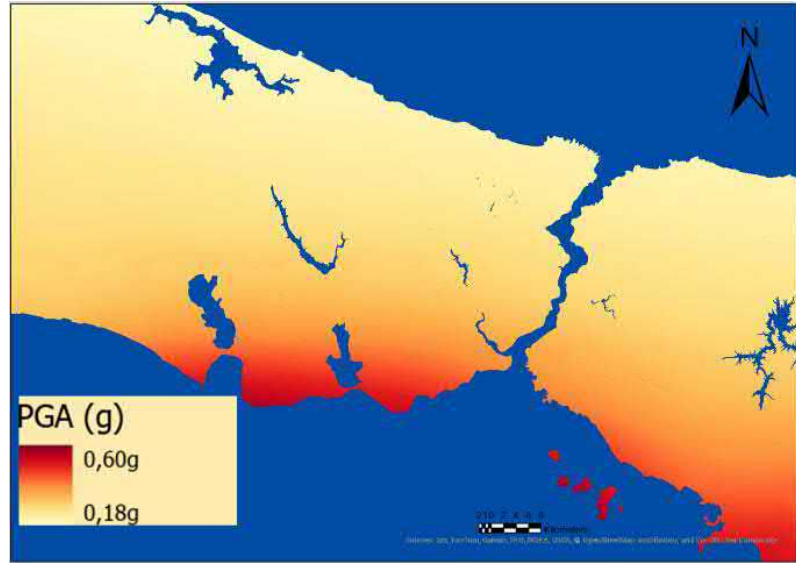


İBB İstanbul Hızlı Tarama Çalışmaları

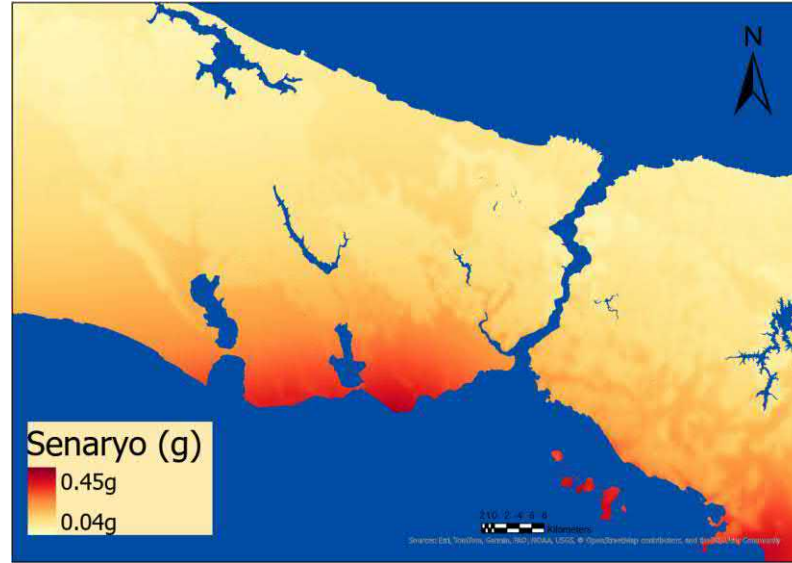
İstanbul'da 2000 yılı ve öncesinde inşa edilmiş yaklaşık **25000 bina**, **PERA2019** ile incelendi.

İki farklı deprem:

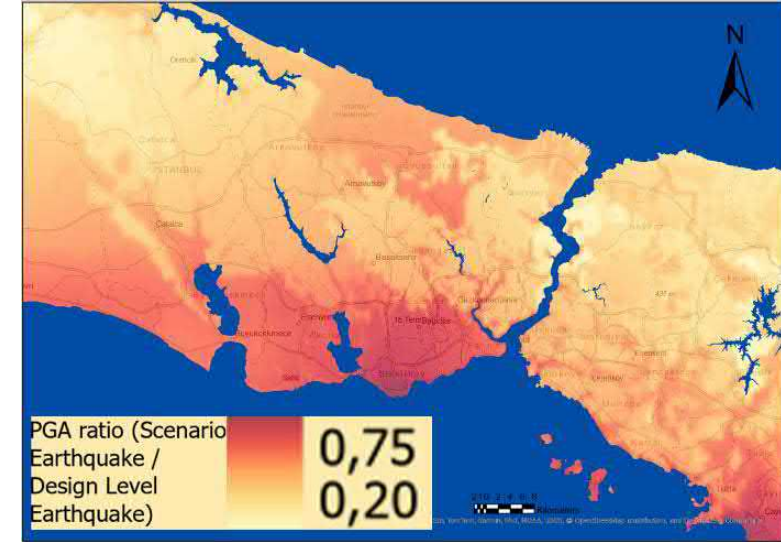
- Türkiye Deprem Tehlike Haritaları (2018) DD-2 deprem yer hareketi düzeyi (Tasarım depremi)
- Mw=7.5 Senaryo Depremi (JICA Model A, Çaktı vd., 2019)



Tasarım Depremi PGA dağılımı



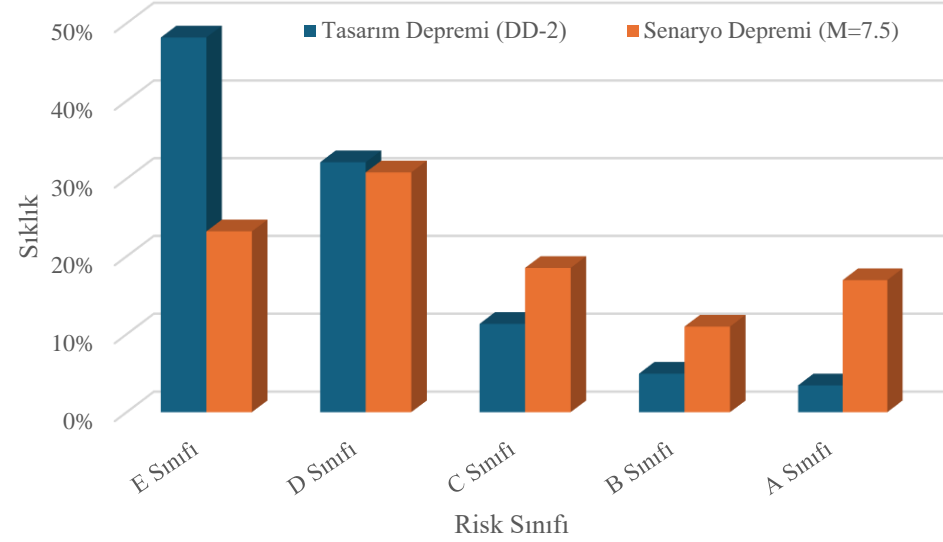
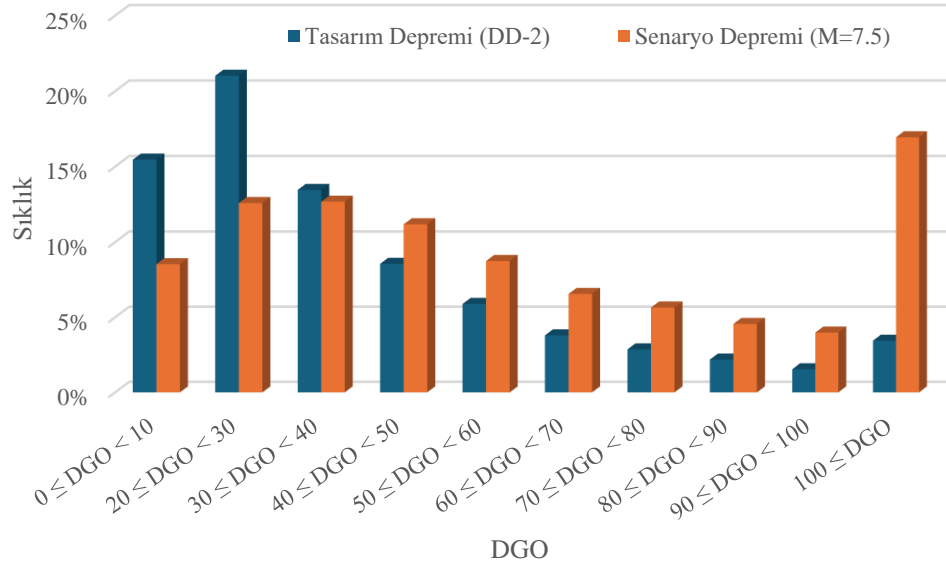
Senaryo Depremi PGA dağılımı



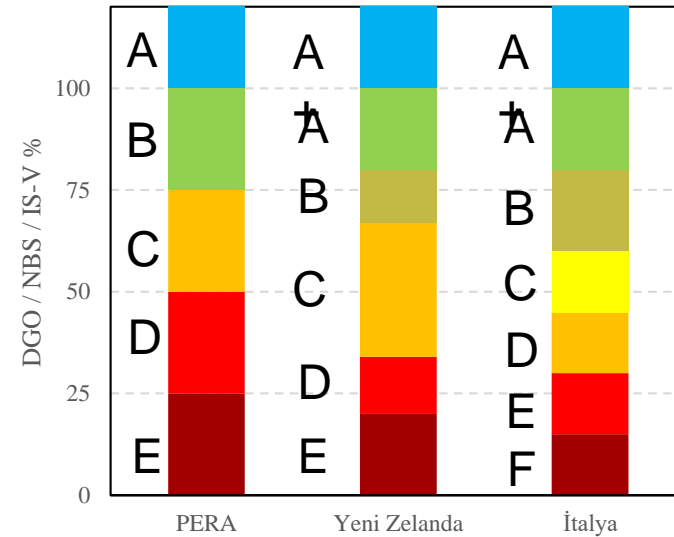
Senaryo Depremi/Tasarım Depremi PGA oranı

İstanbul Örneği

İBB tarafından yaklaşık 25,000 betonarme binada yapılan uygulamanın sonuçları:

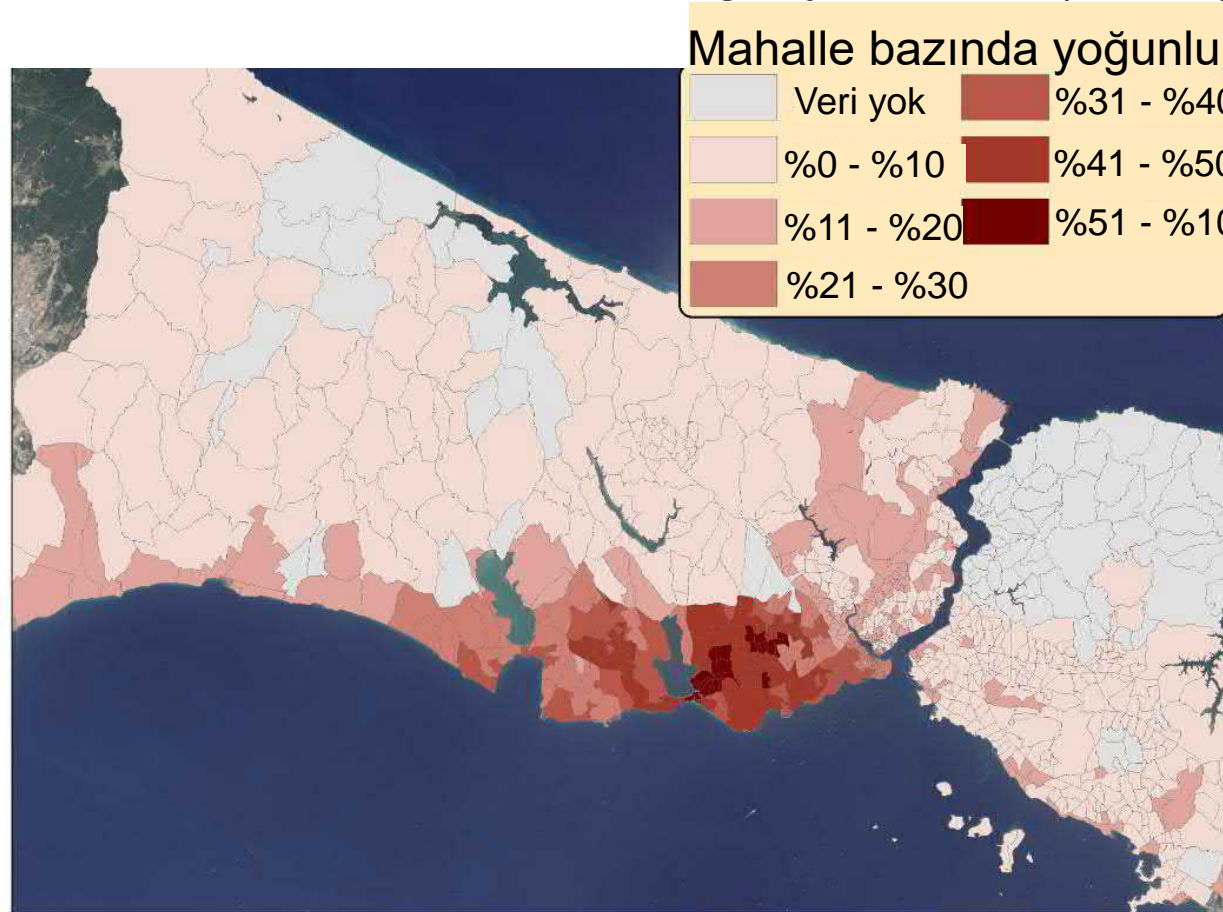


DGO (%)	Risk Sınıfı	Risk Düzeyi
DGO(%) ≥ 100	A	Düşük
75 ≤ DGO(%) < 100	B	Düşük
50 ≤ DGO(%) < 75	C	Orta
25 ≤ DGO(%) < 50	D	Yüksek
DGO(%) < 25	E	Çok Yüksek



İstanbul özelinde **25 bin** gerçek bina verisi üzerinde yapılan çalışmada, olası **senaryo depremi** altında şehirdeki **+1 milyon** binanın **%13'ü (+130 bin) çok yüksek risk (E sınıfı)** altındadır.

Mahalledeki binaların %41'i ila %50'si çok yüksek risk (E sınıfı) altındadır.



Elde edilen sonuçlar ile İstanbul'daki 1-10 katlı bina stokuna (yaklaşık 1,000,000 bina) genişletilirse

	Risk Sınıfı	E	D	C	B	A	
	Risk Düzeyi	Çok Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük	Düşük	TOPLAM
2000 Öncesi Betonarme	Tasarım Depremi	232,000 bina (%39)	185,000 bina (%31)	89,000 bina (%15)	44,000 bina (%7)	49,000 bina (%8)	599,000 bina
	Senaryo Depremi	111,000 bina (%19)	133,000 bina (%22)	104,000 bina (%17)	75,000 bina (%13)	176,000 bina (%29)	599,000 bina
2000 Sonrası Betonarme	Tasarım Depremi	20,000 bina (%8)	33,000 bina (%13)	37,000 bina (%14)	34,000 bina (%13)	137,000 bina (%52)	261,000 bina
	Senaryo Depremi	5,000 bina (%2)	14,000 bina (%5)	16,000 bina (%6)	17,000 bina (%7)	209,000 bina (%80)	261,000 bina
Yığma	Tasarım Depremi	36,000 bina (%27)	47,000 bina (%36)	20,000 bina (%15)	11,000 bina (%8)	18,000 bina (%14)	132,000 bina
	Senaryo Depremi	11,000 bina (%8)	21,000 bina (%16)	24,000 bina (%18)	19,000 bina (%14)	57,000 bina (%43)	132,000 bina



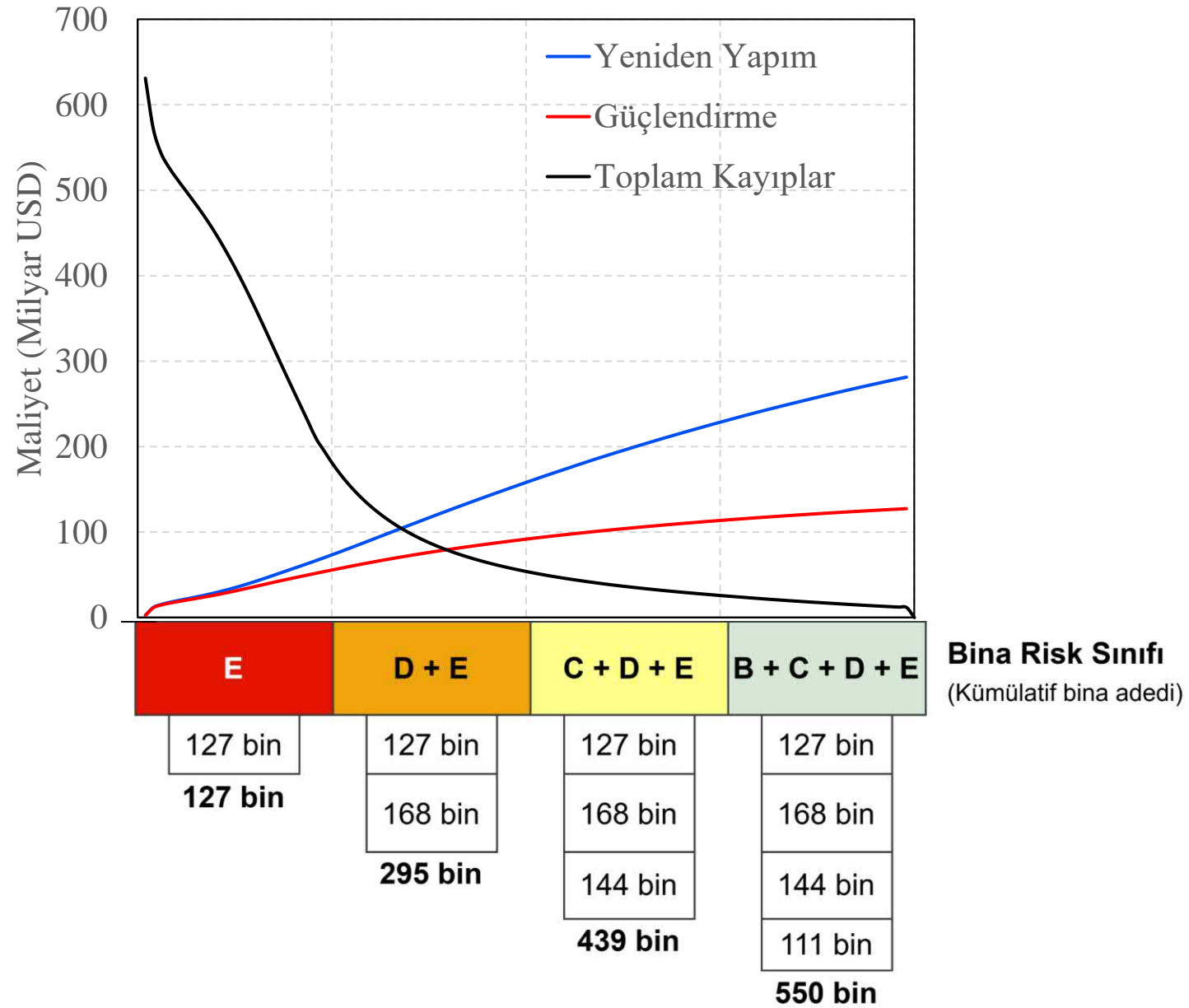
Çok Yüksek Riskli Binalar! Kapsam Daha Makul!

Senaryo depremi için 127,000 bina (toplamın %13'ü)

Tasarım depremi için 288,000 bina (toplamın %29'u)

İstanbul özelinde **25 bin** gerçek bina verisi üzerinde yapılan çalışmada, olası **senaryo depremi** altında şehirdeki **+1 milyon** bina üzerinde geliştirilebilecek farklı stratejilerin **ekonomik sonuçları** elde edilmiştir.

Güçlendirme seçeneğinde güçlendirme maliyeti yeniden yapım maliyetinin **%40**'ını aşarsa, binaların yıkılıp yeniden inşa edildiği kabul edilmiştir.



Güçlendirme – Yeniden Yapım – 1-10 katlı 1.000.000 Betonarme ve Yığma Bina için

Müdahale Stratejisi	Deprem öncesi maliyet (milyar Dolar)		Deprem sonrası maliyet (milyar Dolar)		Can Kaybı ve Yaralanma Maliyeti		Toplam maliyet (milyar Dolar)	
	Tasarım Depremi	Senaryo Depremi	Tasarım Depremi	Senaryo Depremi	Tasarım Depremi	Senaryo Depremi	Tasarım Depremi	Senaryo Depremi
Müdahale yapılmazsa	0.0	0.0	867.5	477.8	345.9	153.3	1,213.4	631.1
DGO<%25 olan binalara deprem öncesi müdahale edilirse	72.0 (288,000 bina)	36.0 (127,000 bina)	253.2	181.4			325.2	217.3
DGO<%50 olan binalara deprem öncesi müdahale edilirse	112.9 (554,000 bina)	63.3 (294,000 bina)	50.7	54.0			163.6	117.3

Deprem sonrası kayıpların %5.7'sini deprem öncesinde güçlendirmeye harcamak, deprem sonrası kayıpların %71.3'ünü önüyor!

Güçlendirme – Yeniden Yapım – 1-10 katlı 1.000.000 Betonarme ve Yığma Bina için

Müdahale Stratejisi	Deprem öncesi maliyet (milyar Dolar)		Deprem sonrası maliyet (milyar Dolar)		Can Kaybı ve Yaralanma Maliyeti		Toplam maliyet (milyar Dolar)	
	Tasarım Depremi	Senaryo Depremi	Tasarım Depremi	Senaryo Depremi	Tasarım Depremi	Senaryo Depremi	Tasarım Depremi	Senaryo Depremi
Müdahale yapılmazsa	0.0	0.0	867.5	477.8	345.9	153.3	1,213.4	631.1
Müdahale Maliyetinin Deprem Sonrası Maliyetlerdeki Azalmaya Oranı			Deprem Sonrası Kayıpta Azalma		Can Kaybı ve Yaralanma Maliyetindeki Azalma		Toplam Kayıplarda Azalma	
DGO<%25 olan binalara deprem öncesi müdahale edilirse	72.0	36.0	8.5 Kat	8.2 Kat	4.8	4.3	13.3 Kat	12.5 Kat
DGO<%50 olan binalara deprem öncesi müdahale edilirse	112.9	63.3	7.2 Kat	6.7 Kat	3.1	2.4	10.3 Kat	9.1 Kat

Deprem öncesinde güçlendirmeye harcanacak 36 milyar dolar, deprem sonrası oluşacak 8.2 katı kadarlık kaybı önlüyor.

Can kaybı ve yaralanma maliyetleri de dikkate alınır, deprem sonrası oluşacak kayıpların %5.7'sini deprem öncesinde güçlendirmeye harcamak, deprem sonrası kayıpların %71.3'ünü önlüyor!

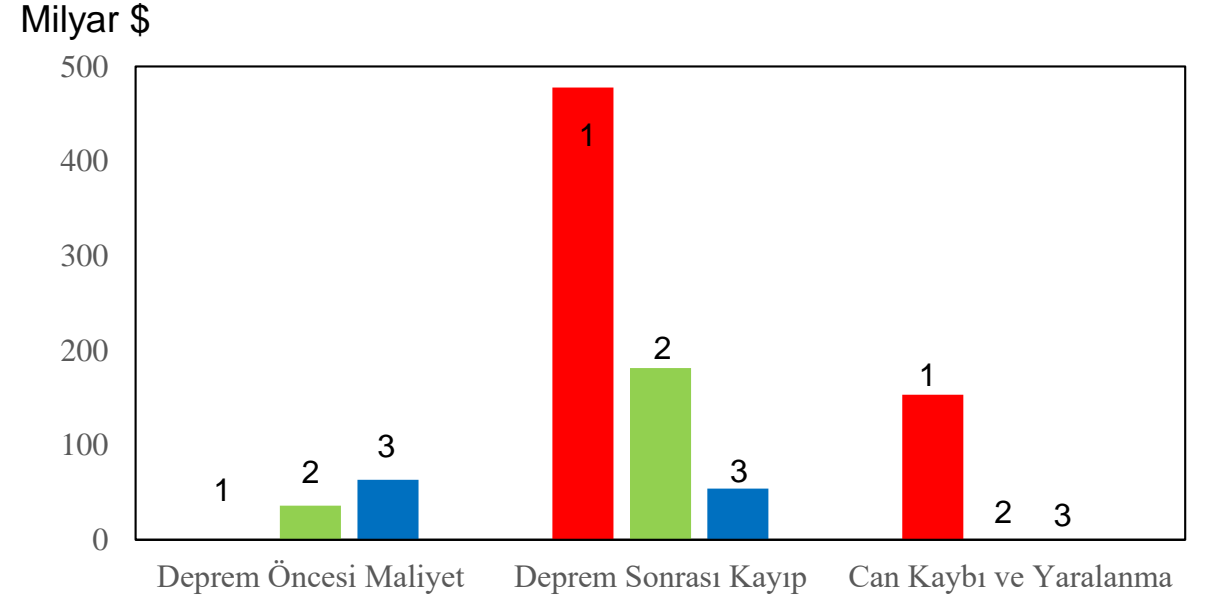
İstanbul özelinde **25 bin** gerçek bina verisi üzerinde yapılan çalışmada, olası **senaryo depremi** altında

şehirdeki **+1 milyon** bina üzerinde geliştirilebilecek farklı stratejilerin **ekonomik sonuçları** elde edilmiştir.

Güçlendirme maliyeti yeniden inşa maliyetinin **%40**'ını aşarsa, binaların yıkılıp yeniden inşa edildiği kabul edilmiştir.

Strateji 3 optimum görünmekle birlikte, müdahale edilmesi gerekli bina sayısının fazlalığı ve deprem öncesi müdahale maliyetinin yüksekliği nedeni ile kısa vadede **Strateji 2** daha uygun görünmektedir.

Kaynakların **Strateji 2** doğrultusunda kullanılması durumunda, en öncelikli konu olan can kayıplarının önlenmesi daha az maliyetle sağlanacaktır.



STRATEJİ	TOPLAM MALİYET
1: Müdahale Yapılmazsa	631.1 milyar \$
2: E Sınıfı Binalara Müdahale Edilirse	217.4 milyar \$
3: E ve D Sınıfı Binalara Müdahale Edilirse	117.3 milyar \$

Yönetmelik Çalışmaları

- Bina Hasar Tespit Yönetmeliği → 2025'te yayımlandı.
 - Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği – TBDY
 - Türkiye Bina Güçlendirme Yönetmeliği – TBGY
 - Uzman Mühendislik
- 2026 yılında yayımlanması planlanıyor.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği – Tebliđ

Dört sayfadan oluşmaktadır:

- Betonarme perde kullanımını büyük ölçüde zorunlu tutar.
- Göreli kat ötelemelerini kısıtlar.
- Eleman boyutlarına ve donatı detaylandırmalarına yönelik kurallar getirir.

Uzman Mühendislik – Önerileren Süreç

- Uzman mühendislik sistemine geçiş süreci, **iki aşamalı bir yapı** önerilmektedir.
- İlk aşamada Uzman Mühendis Adayı ünvanını alınabilmesi için, adayın bir üniversitenin ilgili mühendislik bölümünden mezun olması ve **temel mühendislik bilgilerini ölçen bir sınavı** başarıyla geçmesi gerekmektedir. Bu aşama, mühendislik mesleğine girişte sağlam bir bilgi temeli oluşturmayı amaçlar.
- İkinci aşamada ise Uzman Mühendis ünvanının alınabilmesi için **en az üç yıl süreyle uzman bir mühendisin gözetiminde** belgelenebilir proje deneyimi kazanmış kişilerin, belirli bir uzmanlık alanında teknik şartname, tasarım-hesaplama ve mesleki etik konularını kapsayan bir sınavı geçmeleriyle elde edilir.
- Ayrıca, uzman mühendislerin mesleki yetkinliklerini koruyabilmeleri için **belirli aralıklarla sürekli eğitime ve mesleki gelişim faaliyetlerine katılım** sağlamaları beklenmektedir. Bu yapı, mesleki yetkinliğin hem başlangıçta, hem de meslek hayatı boyunca sürdürülebilir şekilde gelişmesini hedefler.

Depreme Dirençlilik (Depremle Başa Çıkabilme Kabiliyeti)

Nedir?

- Depremden sonraki iyileşme aşamasını da kapsayacak şekilde, zaman boyutunu göz önüne alan yeni bir mühendislik yaklaşımıdır.
- Can ve ekonomik kayıpları en aza indirme hedefleyen mevcut yaklaşıma ek olarak, etkilenen yapının veya topluluğun mümkün olan en kısa sürede 'normal' koşullara dönmesini hedefleyen yaklaşımdır.

Depreme Dirençlilik

İşlevsellik
(hizmet düzeyi)



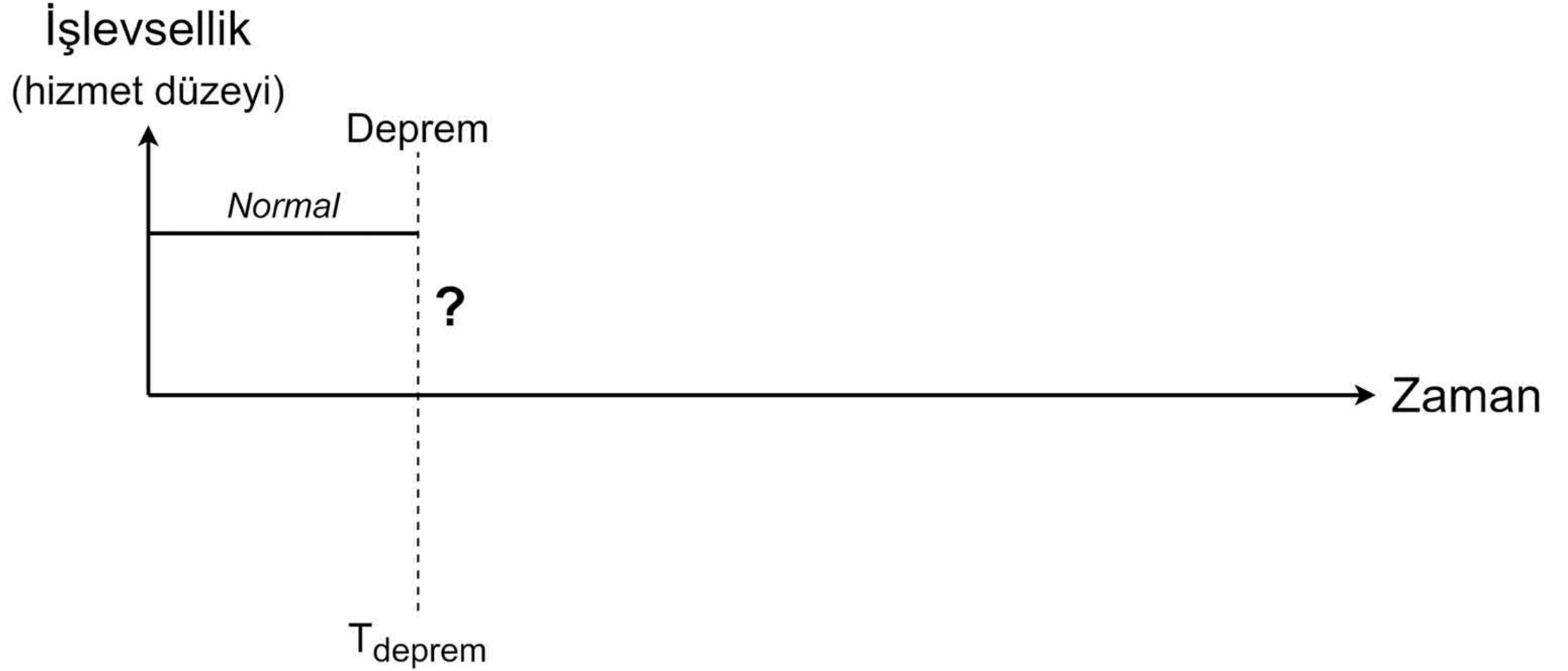
Zaman

Depreme Dirençlilik

İşlevsellik
(hizmet düzeyi)



Depreme Dirençlilik



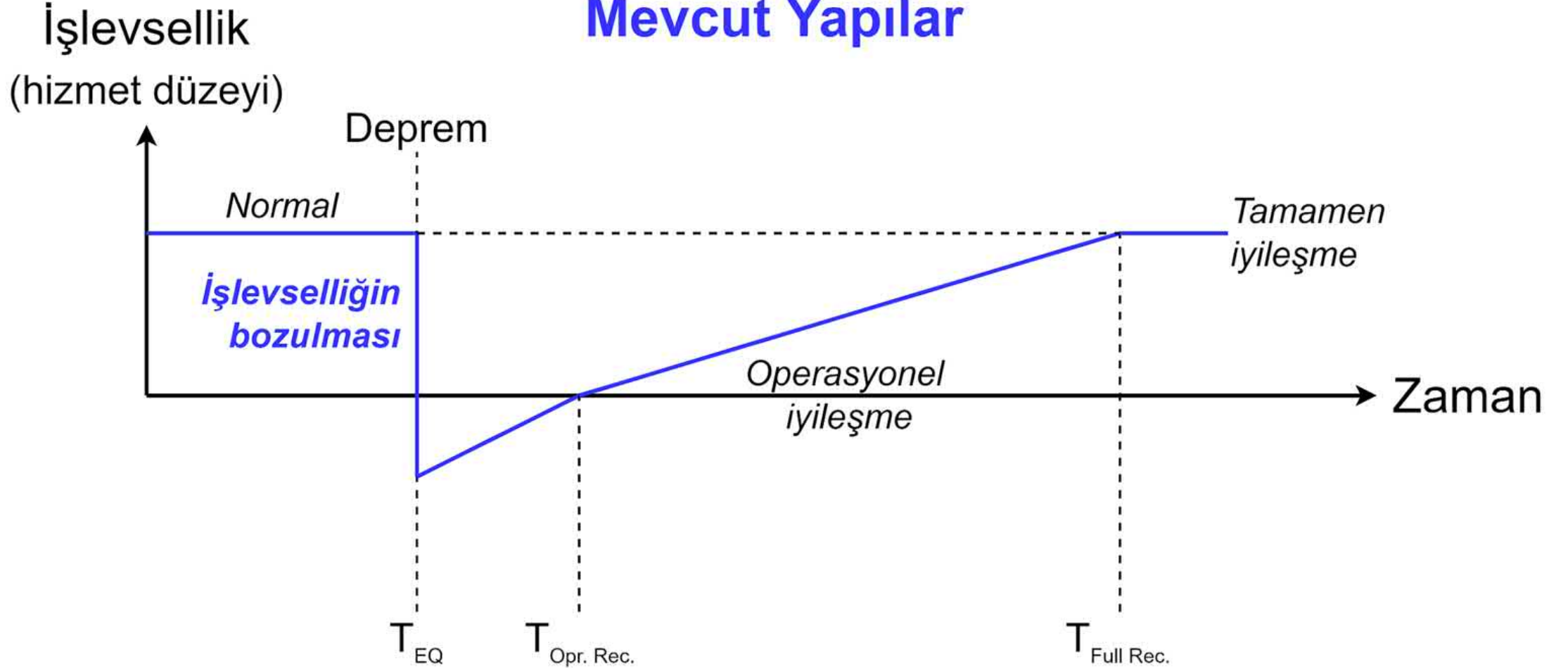
Depreme Dirençlilik

Depremde ağır hasar alan/yıkılan yapılar



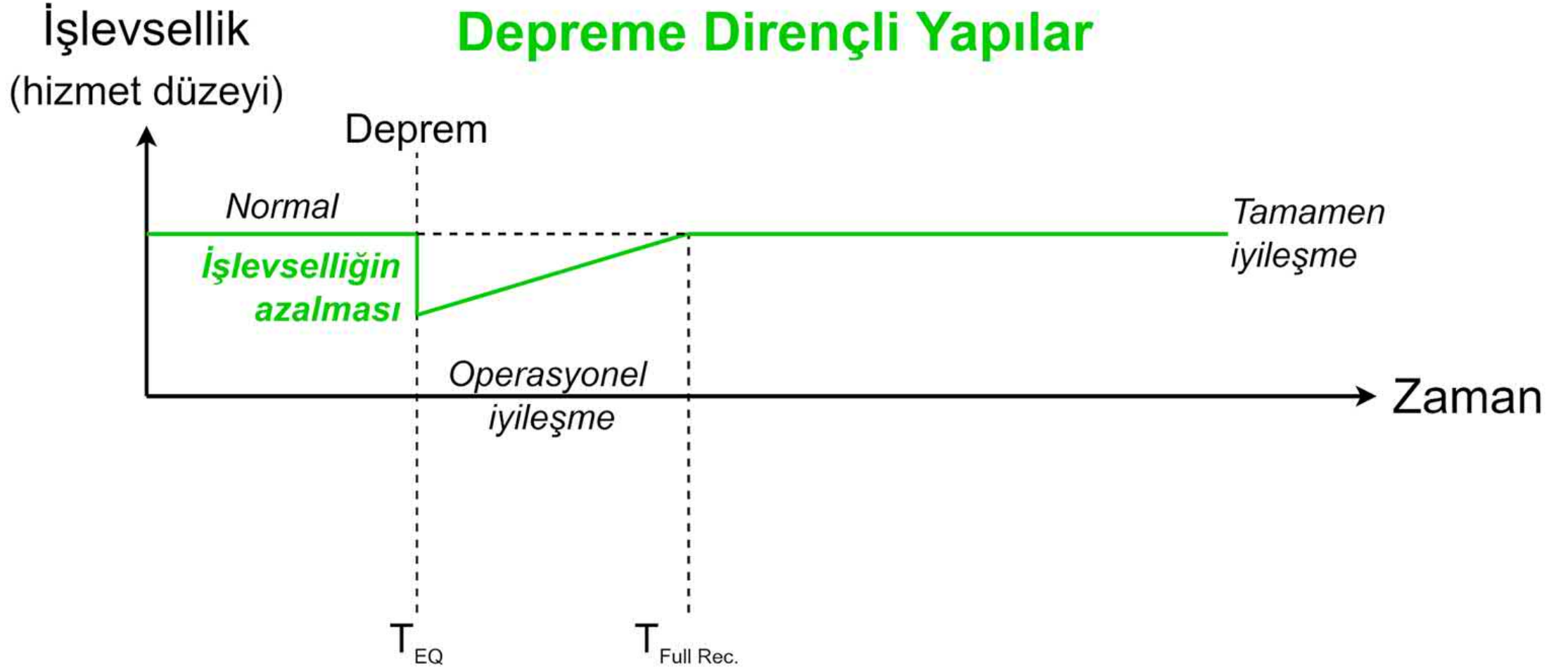
Depreme Dirençlilik

Mevcut Yapılar

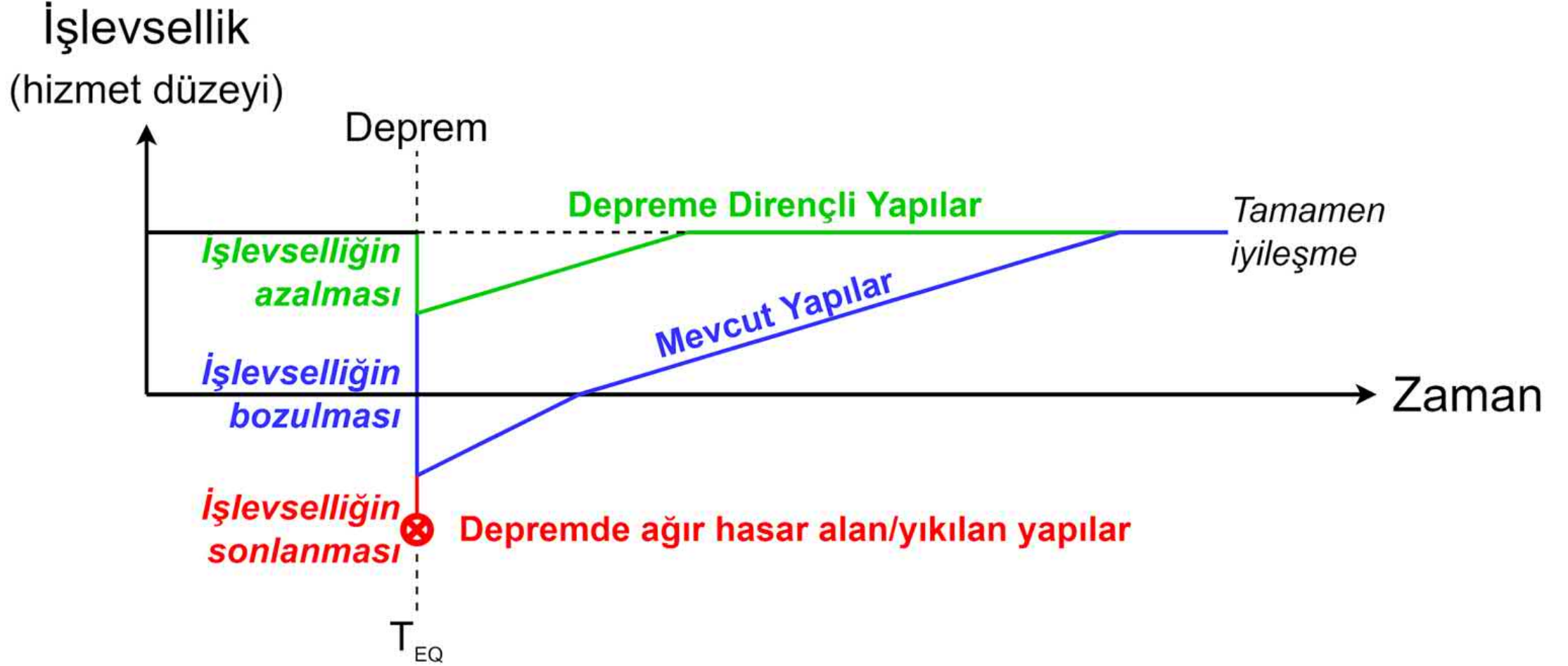


Depreme Dirençlilik

Depreme Dirençli Yapılar



Depreme Dirençlilik



- **Carola Köprüsü** (1967-1971 yılları arasında inşa edilmiştir), 11 Eylül 2024'te göçmüştür.
- Yapılan kapsamlı teknik incelemeler sonucunda, göçmenin ana nedeninin korozyon olduğu belirlenmiştir.
- Korozyon, köprüdeki öngerilmeli elemanlarda, onlarca yıl boyunca görünmez şekilde gelişmiş ve geleneksel denetim yöntemleriyle tespit edilememiştir.
- Yapılan incelemelerde, köprünün diğer bölümlerinde de benzer korozyon hasarlarının bulunduğunu ortaya konulmuştur. Bu nedenle, köprünün tamamen yıkılması ve yeniden inşa edilmesi kararlaştırılmıştır.



Fotoğraf: City of Dresden

Sürdürülebilirlik

Bir köprü örneği

üzerinden yaşam döngüsü analizleri

dört farklı donatı tipine bağlı olarak

gerçekleştirilmiştir:

- Çelik
- Epoksi kaplı çelik
- Paslanmaz çelik
- LP

LP donatılar kullanılarak inşa edilen Halls River Köprüsü (Florida)

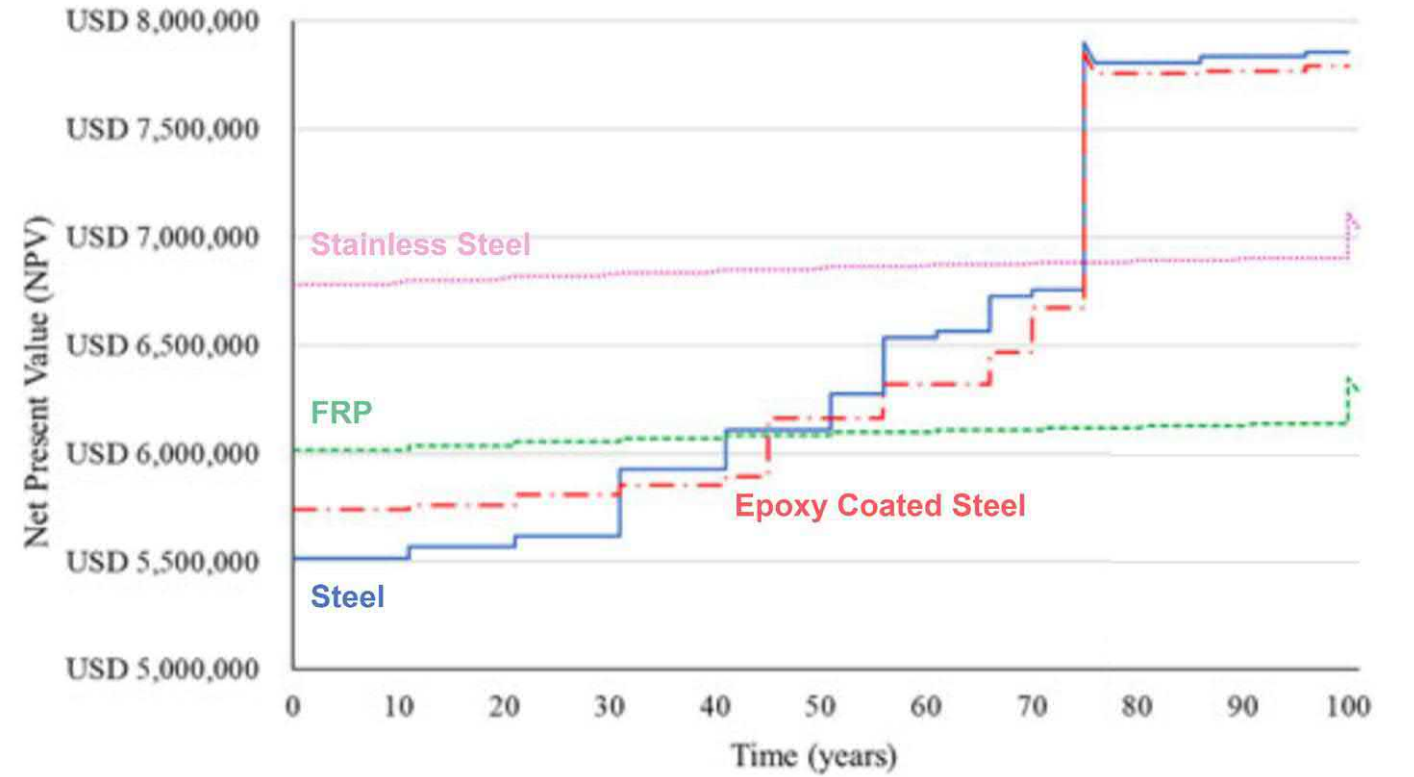


Sürdürülebilirlik

LP donatılar kullanılarak inşa edilen
Halls River Köprüsü (Florida)



Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi Sonucu

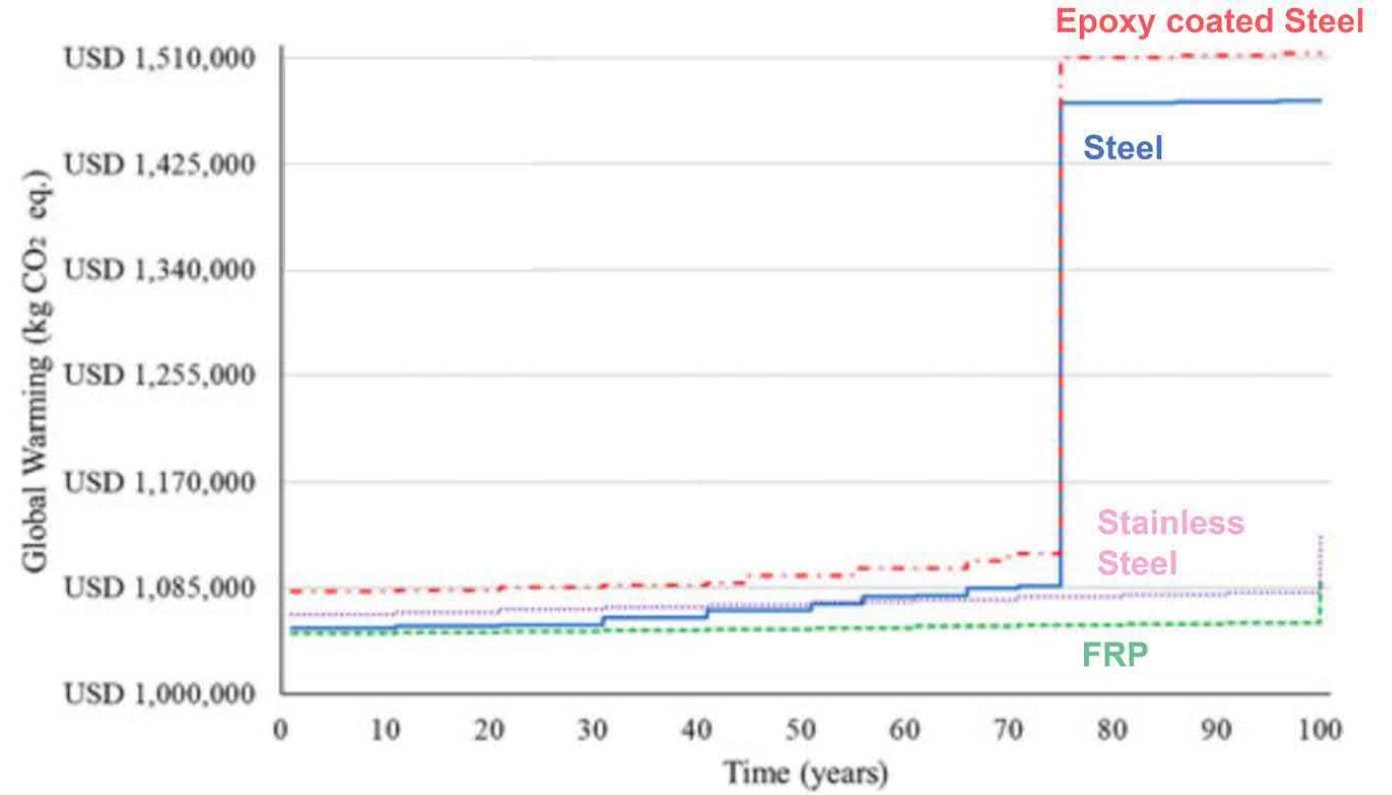


Sürdürülebilirlik

LP donatılar kullanılarak inşa edilen
Halls River Köprüsü (Florida)



Yaşam Döngüsü Çevresel Etki Analizi Sonucu



Cadenazzi ve diğ. (2020)

Şubat 2023 Depremleri

- Depremler çok şiddetliydi. Pek çok yerde yapıların hasar görmesi normaldi.
- Yönetmeliklere uygun tasarlanan/inşa edilen binalar yıkılmadı.
- Hatalı projelendirilip, hatalı inşa edilen binalar can kayıplarına neden oldu.
- Doğru güçlendirilen yapılar iyi performans gösterdi.

Sonuçlar

İstanbul

- Çok sayıda çok yüksek riskli bina
- Önlem alınmazsa kayıplar çok büyük
- Ekonomik ve basit önlemlerle kayıpları çok azaltmak mümkün
- Güçlendirmenin önünde engeller (idari, mali, sosyal, teknik)

Sonuçlar

Mevcut Yapılar

- Doğru ve zamanında müdahale için önceliklendirme kaçınılmaz
(hızlı, ekonomik, güvenilir yöntem)
- Azaltılmış performans hedefi (KH >>> GÖ)
- Tasarım depremi >>> Beklenen deprem
(senaryo depreminden kaynaklanan medyan yer hareketi)

Güçlendirme

- Güçlendirme yapıları depreme dayanıklı hale getirmek üzere etkin, ekonomik, hızlı, çevre dostu, mimari dokuyu bozmayan bir çözüm yöntemi olarak öne çıkmaktadır.
- Hatalı onarım ve güçlendirmelerin önüne geçilmelidir.
- Güçlendirme için çeşitli teşvikler verilmelidir (harç ve vergi muafiyeti, uzun vadeli düşük faizli kredi vb.)

TBDY Tebliği ve Dirençli-Sürdürülebilir Tasarım

Binaların deprem performansının artırılması hedeflenmiştir:

- Perde zorunluluğu ve görelî kat öteleme oranı limitleri
(daha rijit ve daha az yerdeğiştiren binalar)
- Eleman bazında azaltılan aksenal yük oranı limitleri ve getirilen sargılama koşulları
- Endirekt olarak daha dirençli ve sürdürülebilir yapılar



TMMOB
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İSTANBUL ŞUBESİ



İTÜ



Teşekkürler...

ailki@itu.edu.tr