



Deprem ve Yapı Sağlığı  
İzleme Sistemleri

-Ortak Bildiri ve Sunum -



# Kent Ölçeğinde Yenilikçi Yapı Sağlığı İzleme ve Deprem Risk Yönetimi Çözümleri

**DİRENÇLİ  
ŞEHİRLER  
İÇİN**

Sarp Dinçer – İnşaat Y. Mühendisi – TDG CEO

Dr. Erol Kalkan – QUAKELOGIC CEO

Eren Aydın – Matematikçi – TDG Teknik Müdürü

13-Ekim-2020

**idRc**  
International Disaster  
& Resilience Congress  
**2020**



## SUNUM İÇERİğİ

### Kent Ölçeğinde Yenilikçi Yapı Sağlığı İzleme ve Deprem Risk Yönetimi Çözümleri

Giriş ve Dayanaklar (Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi 2015, Kentsel Dirençlilik)

Önerilen Çözümün Ana Şeması

Yapı Sağlığı İzleme

Deprem Erken Uyarı

Kentsel Titreşim Haritası – Sismik Risk Haritası

Deprem ve Yapı Sağlığı İzleme Merkezi

Yazılımlar

Sonuç





## Giriş ve Dayanaklar (Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi 2015, Kentsel Dirençlilik)

2015 yılında gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler Afet Risklerinin Azaltılması III. Dünya Konferansı'nda Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi'nin kabulüyle, daha dirençli kentler meydana getirme doğrultusunda önemli bir adım atılmıştır.

Kentsel dirençlilik kavramı, şehirlerin, afetlerin yıkıcı sosyal, ekonomik ve psikolojik etkileriyle mücadeleyi, afet sırasında bu duruma en hızlı şekilde cevap verebilmeyi ve afet sonrası yeniden inşa ve adaptasyon süreçlerini içermektedir.

	Reduce	Increase
7 GLOBAL TARGETS	<b>Mortality/</b> global population 2020-2030 Average << 2005-2015 Average	Countries with national & local DRR strategies 2020 Value >> 2015 Value
	<b>Affected people/</b> global population 2020-2030 Average << 2005-2015 Average	<b>International cooperation</b> to developing countries 2030 Value >> 2015 Value
	<b>Economic loss/</b> global GDP 2030 Ratio << 2015 Ratio	<b>Availability and access</b> to multi-hazard early warning systems & disaster risk information and assessments 2030 Values >> 2015 Values
	<b>Damage to critical infrastructure &amp; disruption of basic services</b> 2030 Values << 2015 Values	



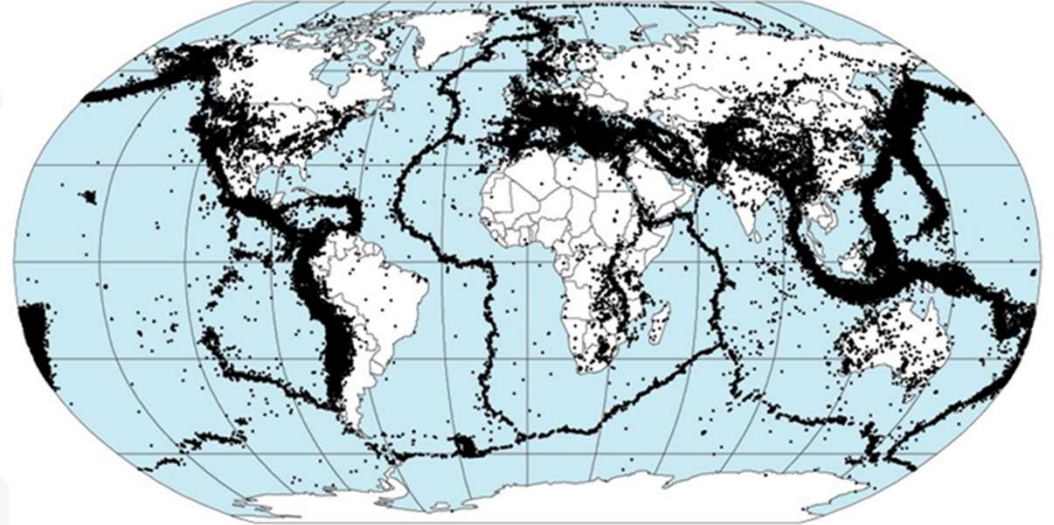
## Yüksek Deprem Riski Altındaki Metropoller

### Dirençli Şehirler

Yüksek deprem riski altındaki kentler için, afete karşı dirençlilikle ilgili süreçlerin yerine getirebilmesinin önündeki en önemli boşluklar, deprem öncesindeki, deprem anındaki ve sonrasındaki belirsizliklerdir.

Mevcut yapı stokunun durumunun saptanması, sismik risk haritalarının oluşması, afet koordinasyon sürecindeki ve deprem sonrasındaki hızlı durum değerlendirmesi için gerçek-zamanlı veriye ihtiyaç duyulmaktadır.

### Preliminary Determination of Epicenters 358,214 Events, 1963 - 1998





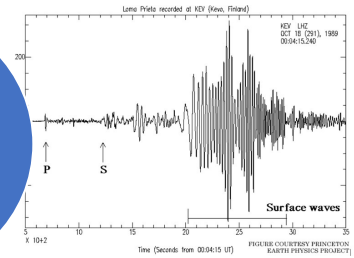
## Yüksek Deprem Riski Altındaki Metropoller

Deprem Öncesi Kritik Önemdeki Yapılara ve Şehrin Bölgelerine Sensörler Yerleştirmek	Gerçek-Zamanlı Veri Akışını Başlatıp Küçük ve Orta Şiddetteki Sarsıntılarda Veri Almak	Ulaştırma Altyapısını Sensörlerle İzlenebilir Hale Getirmek
Bölgesel Titreşim Şiddet Yoğunluğu Haritalarını Oluşturmak	Sismik Risk Analizini Güncel Tutmak	Erken Uyarı Çözümünü Entegre Etmek - Öğrenebilir Algoritmalar Kurmak
Afet Koordinasyon Merkezini Güçlendirmek (Deprem ve Yapı Sağlığı İzleme Merkezi)	Elde Edilecek Verilerle Sismik Risk Yönetimi Stratejilerini Güncellemek	Akademik İşbirlikleri Yapmak

# Önerilen Çözümün Ana Şeması



## Kesişen Sensör ve Cihaz Altyapısı





## 1-Yapı Sağlığı İzleme Sistemleri (Kritik Önemdeki Yapılar)



Belediye Binası



Afet Koordinasyon Merkezi  
/ İtfaiye Koor.



Köprü ve Viyadükler  
(Geçiş Noktaları)



Hastaneler



Yüksek Yapılar



Yapı Sağlığı İzleme, İnşaat Mühendisliği yapılarının davranışlarının ve yapısal bütünlüklerinin depreme ya da diğer yıkıcı etkilere karşı sensörler aracılığıyla gerçek zamanlı olarak izlenmesine ve raporlanmasına yarayan karar destek sistemidir.

### YAPISAL RİSKLER

Deprem, Derin Kazı, Yüksek Titreşim, Patlama, Yorulma, Sünme, Yaşlanma, Restorasyon, İnşaat Hataları, Sel, Fırtına

### İZLENEN PARAMETRELER

İvme, Titreşim, Eğim, Deformasyon, Strain (Gerinim), Çatlak, Deplasman, Sıcaklık, Nem, Rüzgar Hızı, Korozyon (Paslanma), Modal Frekanslar, Mod Şekilleri, Sönüm Oranları

# 1-Yapı Sağlığı İzleme Sistemleri

- Acil durum müdahale ekiplerine, afet yöneticilerine, tesis mühendislerine, operatörler ve işletme sahiplerine hızlı bildirimler gönderir.



DEPREM SONRASI HIZLI YAPI HASAR/HASARSIZLIK TESPİTİ	NOKTA ATIŞI AFET YÖNETİMİ	NORMAL HAYATA HIZLI DÖNÜŞ
GEREKSİZ TAHLİYE VE MALİYETLİ KESİNTİLERİ ÖNLEME	YAŞLANMA VE ÇEVRESEL ETKİLERE ZAMANINDA MÜDAHALE	



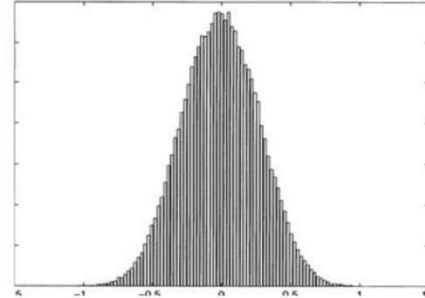
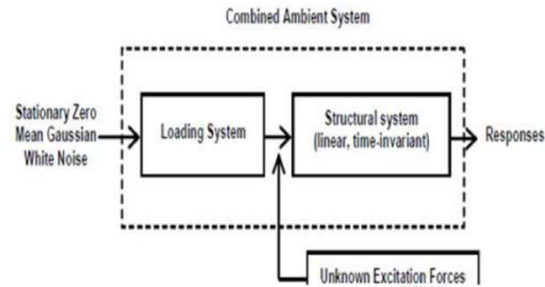
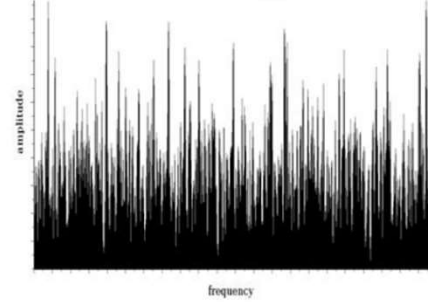
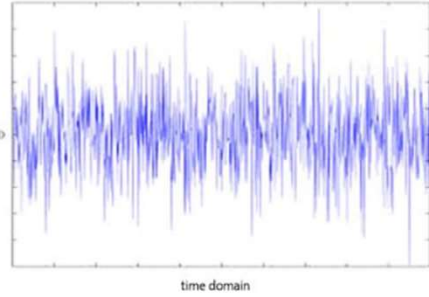


# 1-Yapı Sağlığı İzleme Sistemleri

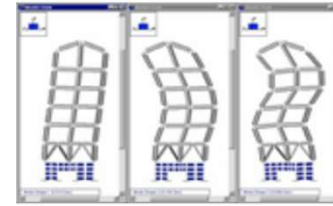
## BİLİMSEL ALTYAPI

### ORTAM TİTREŞİMİ ALTINDA MODAL ANALİZ

DİNAMİK  
KİMLİKLENDİRME

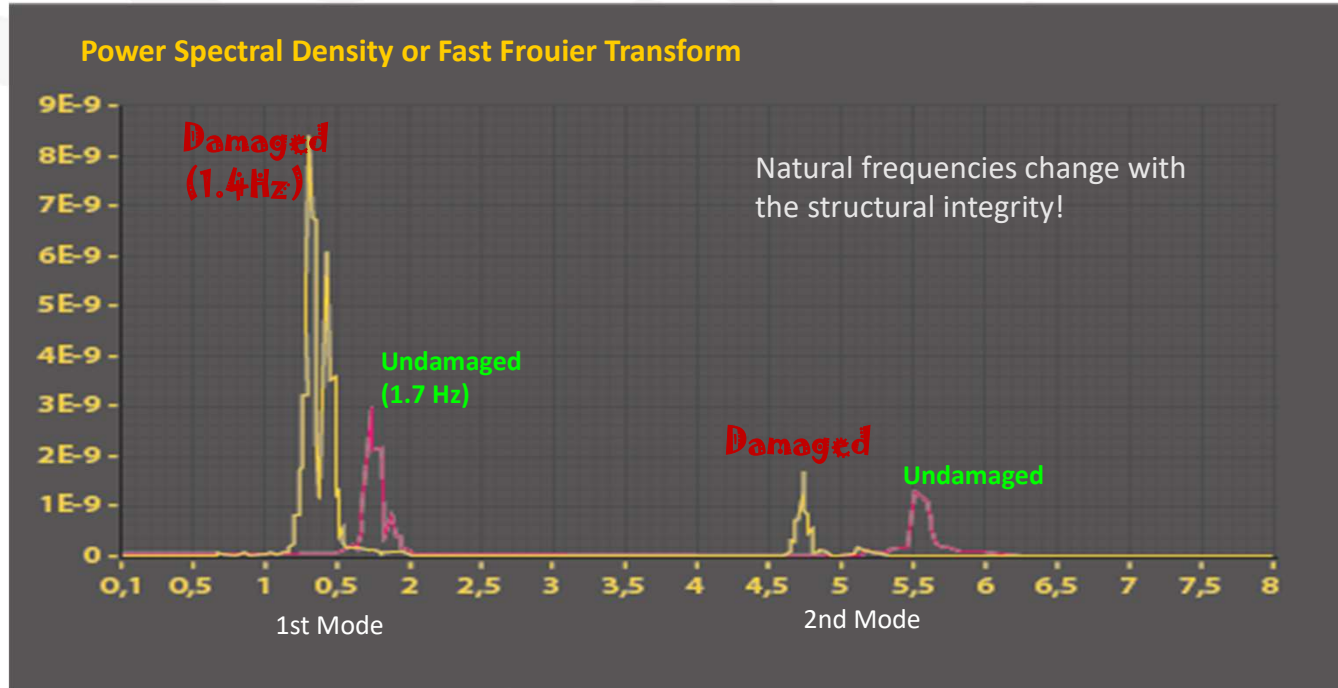


Mod Şekilleri  
Doğal Frekanslar  
Sönüm Oranları  
Yapı-Zemin  
Etkileşimi



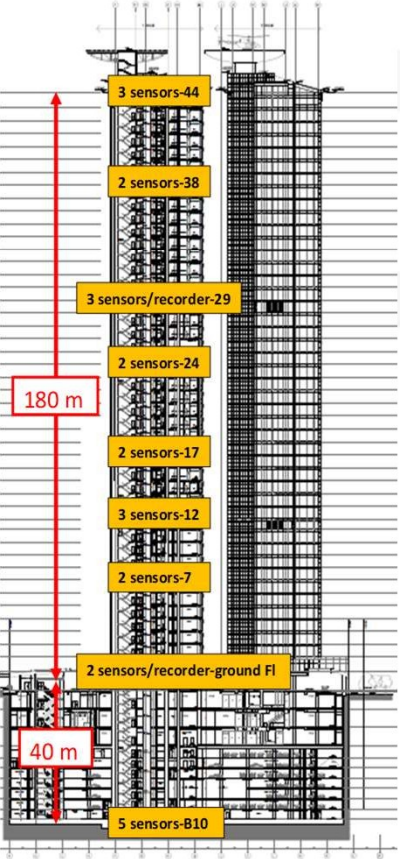
Yapıda yüksek bir titreşim beklenmeksizin çevresel titreşimler ve mikro uyarılar yapının dinamik kimliğini saptamak için yeterlidir.

# 1-Yapı Sağlığı İzleme Sistemleri (Doğal Frekans İzleme)

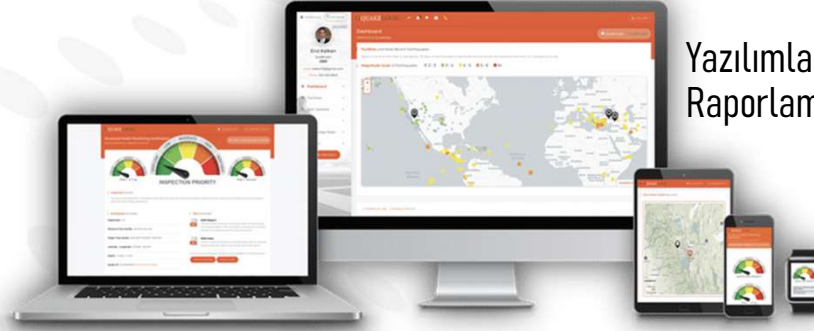




# 1-Yapı Sağlığı İzleme Sistemleri (Bileşenleri)



Sensörler (ivmeölçer, tilt, strain, çatlak...)



Yazılımlar (İzleme, Analiz, Raporlama)

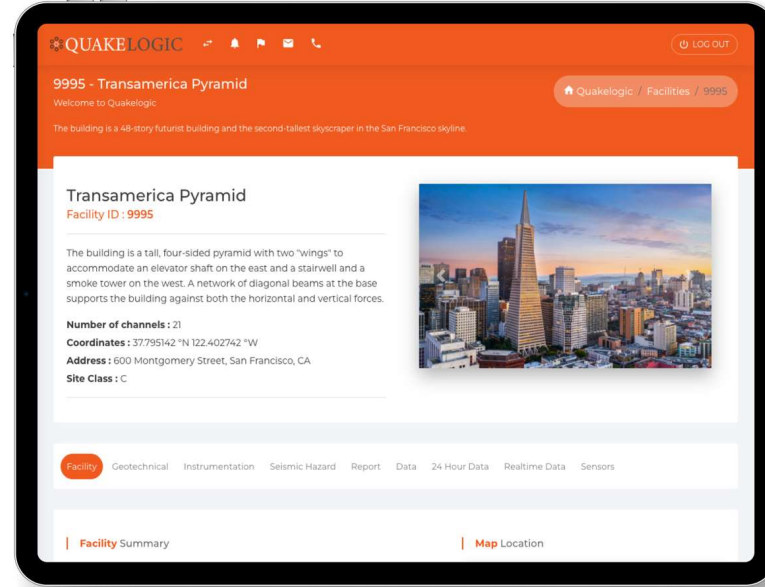
Sayısallaştırıcılar



# YSİ- Hızlı Denetim ve Müdahale Eylemleri için Yapısal Sağlık Değerlendirmesi

YSİ platformu yapısal bütünlüğü sürekli olarak izler ve ilgili verileri ve raporları bulut tabanlı mobil uyumlu kontrol paneline gönderir.

Raporlar, aşılın bir eşik değeri sonrası saniye mertebesinde otomatik olarak gönderilir ve karar vericilerin denetim öncelik sıralamasına, uygun eylemleri planlamasına ve gerekirse acil durum yanıtlarını doğru ve ayrıntılı bilgilere göre koordine etmesine olanak tanır.



## YSİ Yönetmelik ve Yönergeler

Türkiye (2020) - Yüksek Yapılar Yapı Sağlığı İzleme Yönergesi

Türkiye (2019) - Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

San Francisco - (2013) Building Code - Procedures for Seismic Instrumentation of New Buildings

Los Angeles - (2008) Yüksek Yapılar Konseyi - Yüksek Yapılar Sismik Enstrümantasyon Yöntemi

ABD-USGS (2001) - ABD Kamu Binalarında Sismik Enstrümantasyon ve Yapı Sağlığı İzlemesi (Mehmet Çelebi)

Filipinler (2016) - DPWH (Department of Public Works and Highways) Guidelines and implementing rules on Earthquake recording instrumentation for buildings

2001-2014 Çin, Avrupa Birliği, Kanada, Avusturalya, Yeni Zelanda, İngiltere



## 2- Deprem Erken Uyarı

Yapı Bazında Erken Uyarı

Kent Ölçeğinde Bölgesel Erken Uyarı

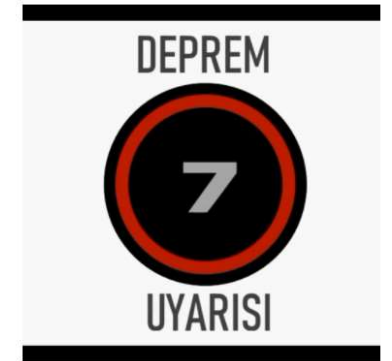
Görsel ve Sesli İkazlar

Otomasyon Sistemi için Röle Çıkışları

Yanlış Alarm Eleme / Çok Noktalı Algılama

Öğrenebilir Özel Algoritmalar

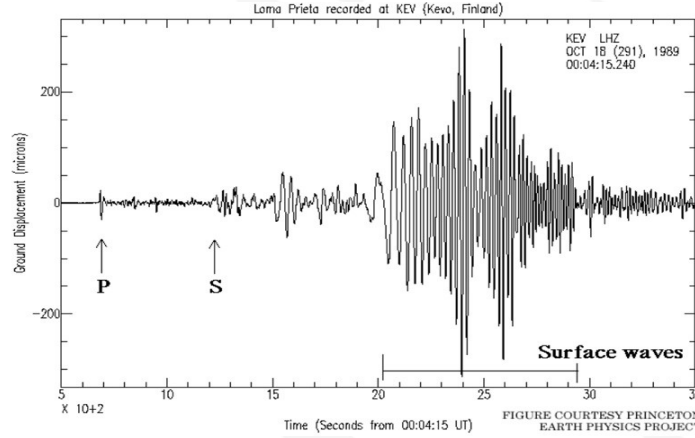
Mobil Cihaz Uygulamaları



## 2- Deprem Erken Uyarı

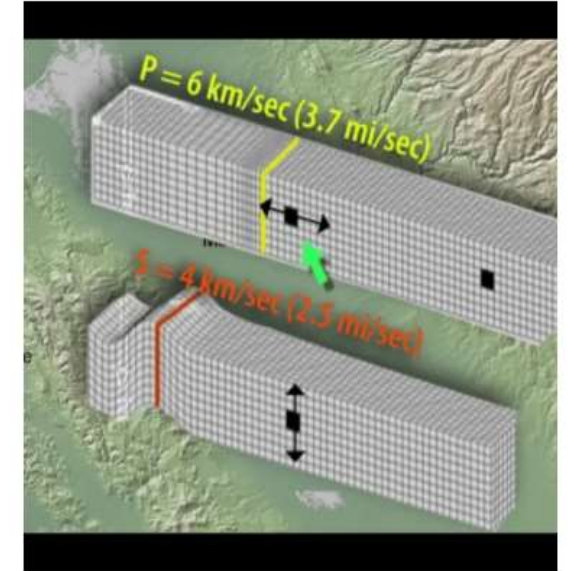
Sismik dalgalar, yerkürenin içinde bulunan kaya tabakasının ani kırılmasıyla açığa çıkan enerji dalgalarıdır. Farklı yönlerde hareket eden çeşitli sismik dalga tipleri vardır. Deprem esnasında başlıca iki dalga türü ortaya çıkar. Bunlar cisim ve yüzey dalgalarıdır. Cisim dalgaları kaynaktan bütün yönlere doğru yayılarak yer içerisinde seyahat ederken, yüzey dalgaları hemen hemen her yerkürenin yüzeyine paralel bir şekilde yayılır.

Deprem sismik enerjisi hem cisim hem de yüzey dalgalarıyla açığa çıkar. Yerkürenin içinden ilerleyen P-Dalgaları, belli bir lokasyona S-Dalgalarından önce varır. P-Dalgaları en hızlı hareket eden sismik dalga türü olduğundan, bir sismik ölçüm istasyonunda en önce hissedilir.



P-dalgaları S-dalgalarından yaklaşık 1,7 kat daha hızlıdır. Deprem merkezinden uzaklık arttıkça, P ve S dalgalarının gelişi arasındaki zaman farkı artar.

Deprem ulaşmadan önce bir erken-uyarı sinyali üretmek mümkündür. Erken uyarı sinyalinin depremden kaç saniye önce olacağı farklı parametrelere bağlı olarak değişiklik gösterir.



# DÜNYADA ERKEN UYARI UYGULAMALARI VE ARAŞTIRMALARI



**JAPONYA**



**ÇİN**



**ABD**



**MEKSİKA**



## 2- Deprem Erken Uyarı

QUAKEALERT depremin başlangıcını tanımlar, en güçlü sarsıntı gelmeden önce 20 saniyeye kadar (süre pek çok parametreye bağlı olarak değişiklik gösterir) olan olası en yüksek yoğunluğu hesaplar ve kullanıcıların her saniyenin hayati değeri olduğu bu zaman aralığında bilinçli kararlar alması için uyarır.







## 2- Deprem Erken Uyarı

QUAKEALERT sistemi acil müdahale eylemlerini tetiklemek için kullanılabilir.

Bu otomatik eylemler:

- SMS/WhatsApp bildirim gönderme
- Anons yapma
- Yanıp sönen ışıklar
- Acil çıkış kapılarının açılması
- Elektronik yol işaretlerinin etkinleştirilmesi
- Doğalgaz hattının kapatılması
- Asansörlerin deprem konumuna geçmesi
- Kritik ekipmanların hızlı ve güvenli kapatılması
- Metro trenlerin ve raylı taşımının en yakın istasyonda güvenli şekilde durdurulması



**Bu sistem potansiyel olarak hayat kurtarır ve deprem esnasında hasarı en aza indirir.**

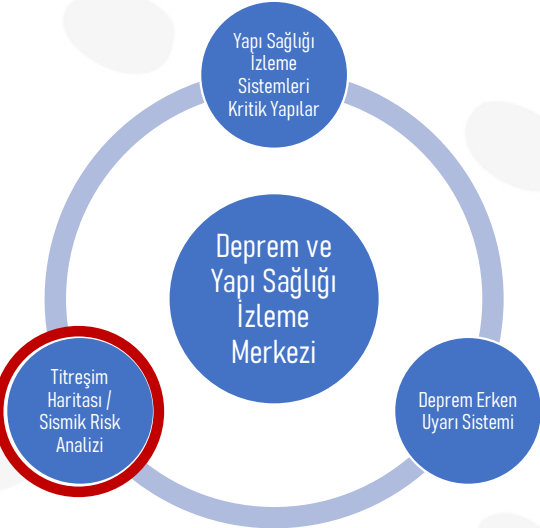
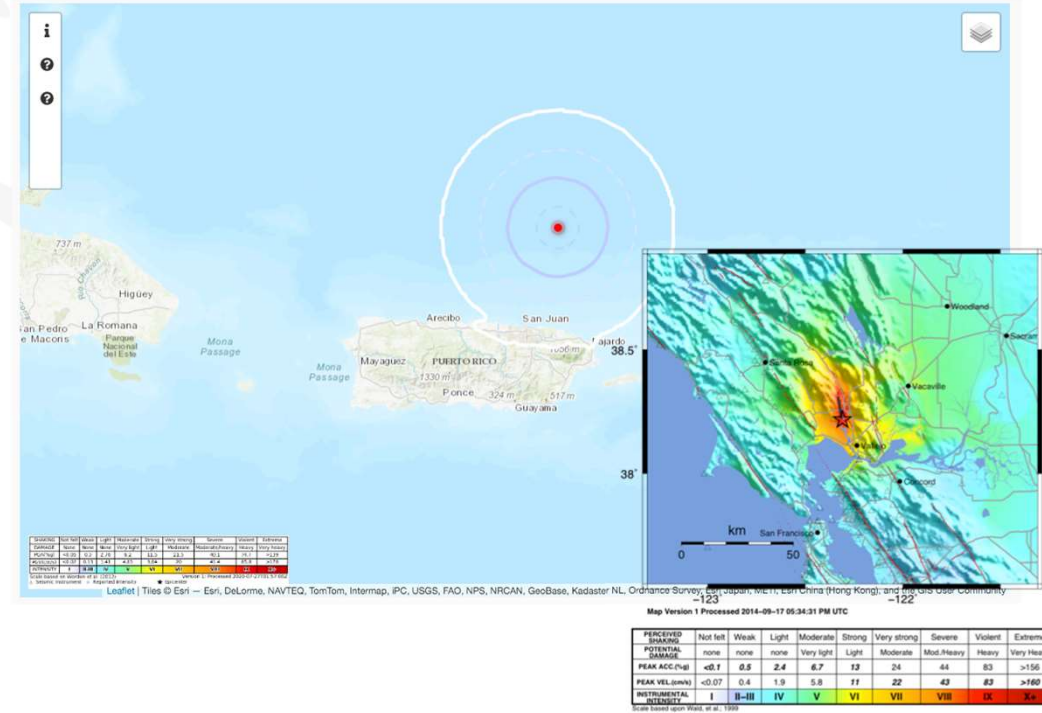




## 3- Titreşim Haritası / Sismik Risk Analizi

Titreşim Haritası Yazılım Modülü yer hareketinin ve sarsıntı yoğunluğunun neredeyse gerçek zamanlı haritalanmasını sağlar.

Bu haritalar, hem kamu hem de özel sektör olmak üzere deprem sonrası müdahale ve iyileştirme, hazırlık çalışmaları ve afet planlaması için kullanılmaktadır.

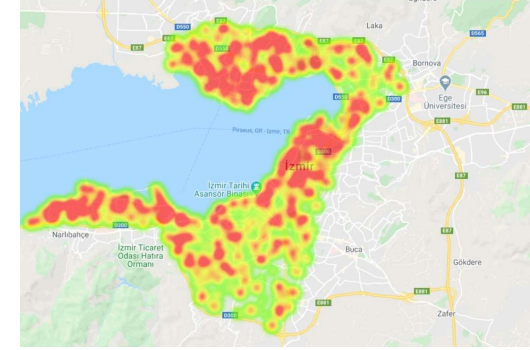


### 3- Titreşim Haritası / Sismik Risk Analizi

Bölgesel risk haritası kent planlaması ve etkili afet yönetimi için güvenilirliği yüksek, eşsiz, bilimsel veri sağlar. Kent planlaması, afet öncesi planlama ve kritik lokasyonlar için alınacak önlemlerin belirlenmesi gibi konularda etkili bir karar desteği sunar.

Kentin çeşitli bölgelerine kurulacak olan sensör ve izleme ağı ile kentin çevresindeki fay hatlarının oluşturduğu irili - ufaklı depremlerde kentin titreşim davranışı analiz edilerek bölgesel risk haritası oluşturulmaktadır.

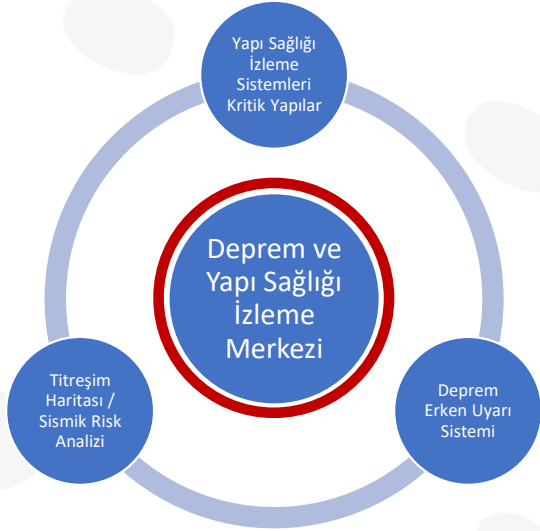
KRİTİK BÖLGELERİN BELİRLENMESİ	MEVCUT YAPI STOĞU RISK ANALİZİ	ETKİLİ AFET ÖNCESİ PLANLAMA
BÖLGELERE GÖRE GÜVENLİ YAPI KODLARININ BELİRLENMESİ	ANLIK VERİLERLE DEPREM SONRASI HIZLI MÜDAHALE VE AFET KOORDINASYONU	GÜVENLİ YAPILAŞMA



## 4- Deprem ve Yapı Sağlığı İzleme Merkezi

### MERKEZ ALTYAPISI

- Merkez Binası (Yaklaşık 200 m<sup>2</sup>)
- Yedeklemeli Sunucular
- Vardiyalı Personel (Merkez Müd., İnşaat Mühendisleri, Veri Analistleri, Elektronik Teknisyenleri) (20 Personel)
- İzleme, Erken Uyarı, Analiz Yazılımları
- Veri Analiz Bilgisayarları
- Saha Müdahale Ekipmanı
- Eğitim ve Yıllık Yazılım Güncellemeleri



## 4- Deprem ve Yapı Sağlığı İzleme Merkezi

- ✓ Güçlendirilmiş Afet Koor. Merkezi
- ✓ Deprem Öncesi Ön Hazırlık Süreci (Enstrümantasyon / Veri Akışı / İzleme)
- ✓ Sayısal / Nicel Veriler – Karar Destek Sisteminin Oluşturulması
- ✓ 7 / 24 / 365 Takip + Sistemin Kendi Sağlığının Takibi
- ✓ Sismik Risk Analizinin Güncel Tutulması – Mikro-Zonlama (Doğru Kentleşme / Kentsel Dönüşüm)
- ✓ Deprem Hızlı Haber Alınması – Olası Otomasyon Önlemleri
- ✓ Deprem Anında/Hemen Sonrasında Nokta Atış Afet Koordinasyonu
- ✓ Ulaştırma Altyapısının Durum/Hasar Kontrolü
- ✓ Kritik Geçiş Yollarının Belirlenmesi
- ✓ Titreşim Haritaları Üzerinden Deprem En Şiddetli Hissedildiği Bölgelerin Tespiti
- ✓ Gereksiz Tahliye ve Paniğin Azaltılması
- ✓ Deprem Sonrasında Normal Hayata Hızlı Dönüş
- ✓ Ekonomik Kayıpların Azaltılması – Hızlı Toparlanma
- ✓ Bir Sonraki Deprem için Daha Çok Veri Elde Edilmesi – Hazırlıklı olmak
- ✓ Can Kayıplarının Azaltılması

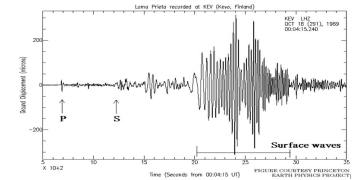
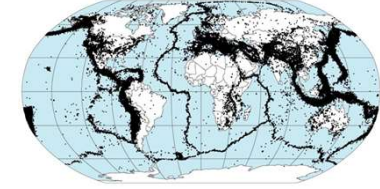
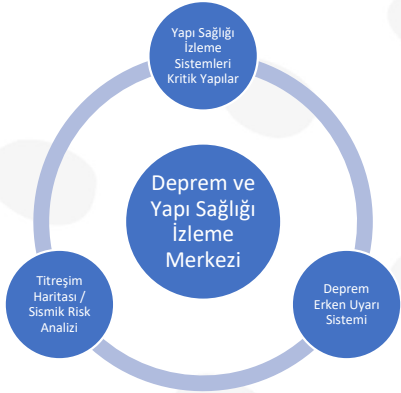




## Sonuçlar ve Özet

### Tümleşik Yaklaşım: Yenilikçi ve Kendi Kanıtlamış Çözümlerin Etkili Kombinasyonu

- ✓ BM Afet Riskinin Azaltılması – SENDAI Çerçeve programı kapsamında net hedefler belirlenmiştir.
- ✓ Kentsel dirençlilik kavramı ortaya konulmuştur.
- ✓ (a)Metropollerin depreme hazır bulunuşluğunun artırılması, (b)deprem anının ve (c) deprem sonrası toparlanma sürecinin daha sağlıklı yönetilmesi için «İnovatif / Teknolojik Çözüm» çözümlerden faydalanılmalıdır.
- ✓ Bunun için 4 bileşenli bir çözüm önerilmektedir:
- ✓ Yapı Sağlığı İzleme + Erken Uyarı + Titreşim Haritaları → Deprem ve Yapı Sağlığı İzleme Merkezi
- ✓ ÖNEMLİ: Önerilen çözümün tüm bileşenleri kendisini kanıtlamış bileşenlerdir.
- ✓ Bu bileşenler bir araya getirilip, tek bir noktadan yönetilebilir olduğunda ise SİSMİK RİSK YÖNETİMİ alanında çarpan etkisi yaratılması mümkün olacaktır.
- ✓ Tüm bileşenler gelişime açıktır, bu kombine çözümün kentlerde entegre edilmesi ile bileşenlerin önündeki hızlı gelişme yolu da açılmış olacaktır.





# Kent Ölçeğinde Yenilikçi Yapı Sağlığı İzleme ve Deprem Risk Yönetimi Çözümleri

Teşekkür ederiz.

Sarp Dinçer - İnşaat Y. Mühendisi - TDG CEO

Dr. Erol Kalkan - QUAKELOGIC CEO

Eren Aydın - Matematikçi - TDG Teknik Müdürü

13-Ekim-2020

**DİRENÇLİ  
ŞEHİRLER  
İÇİN**



**idRc**  
International Disaster  
& Resilience Congress  
**2020**