

**Bayraklı-İzmir Bölgesinde Sonlu Elemanlar Yöntemi Kullanılarak Statik ve Dinamik Koşullar Altında Gerilme ve Deformasyon Davranışlarının İncelenmesi**

**Investigations of the Relationships Between Stress and Deformation Under Static and Dynamic Conditions Using the Finite Element Method**  
**A Case Study: Bayraklı-İzmir Region**

**Ahmet Turan Arslan**

*DEÜ Mühendislik Fakültesi Jeofizik Müh. Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, Buca, İzmir*

**Mustafa Akgün (Sunan)**

*DEÜ Mühendislik Fakültesi Jeofizik Müh. Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, Buca, İzmir*

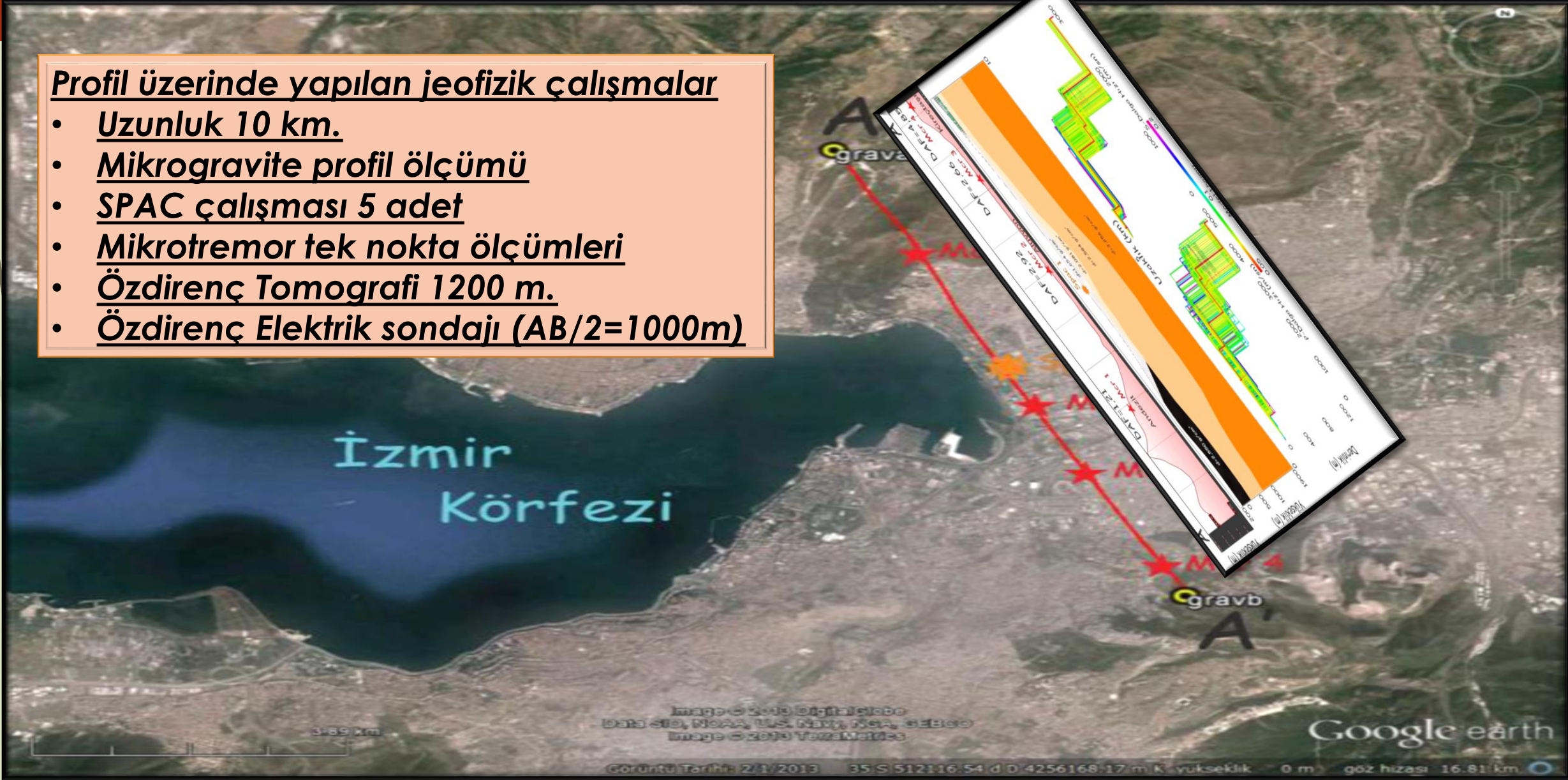
**Erhan Tekin**

*Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara,*

# Bayraklı-İzmir Bölgesinde Yapılan Jeofizik Çalışmalardan Elde Edilen 2D Zemin Modeli

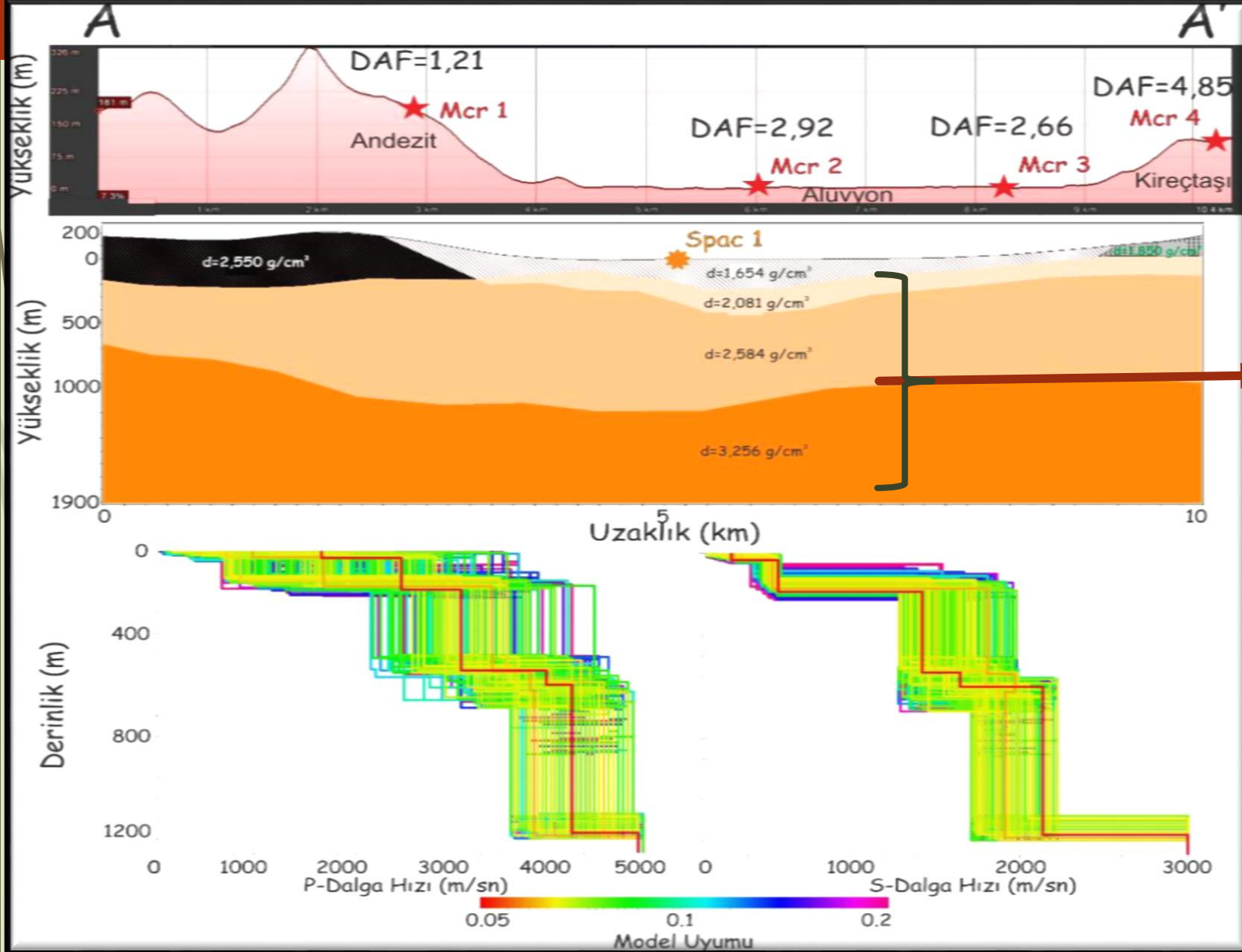
## Profil üzerinde yapılan jeofizik çalışmalar

- Uzunluk 10 km.
- Mikrogravite profil ölçümü
- SPAC çalışması 5 adet
- Mikrotremor tek nokta ölçümleri
- Özdirenç Tomografi 1200 m.
- Özdirenç Elektrik sondajı (AB/2=1000m)



**Çalışma Alanında ve Zemin Yüzeyinde**  
**Deprem Kuvvetini Etkileyebilecek**  
**Anakaya-Zemin**  
**Özellikleri İçin Saptanan Özellikler**

# Zemin Yüzeyindeki Deprem Kuvvetinin Araştırılmasına Yönelik Yatay ve Düşey Yöndeki Zemin Özelliklerindeki Değişimlerin İrdelenmesi İçin Hazırlanan Rejyonel 2D Zemin Modeli



## 1. 2D Yer altı modelini oluşturan katmanlar

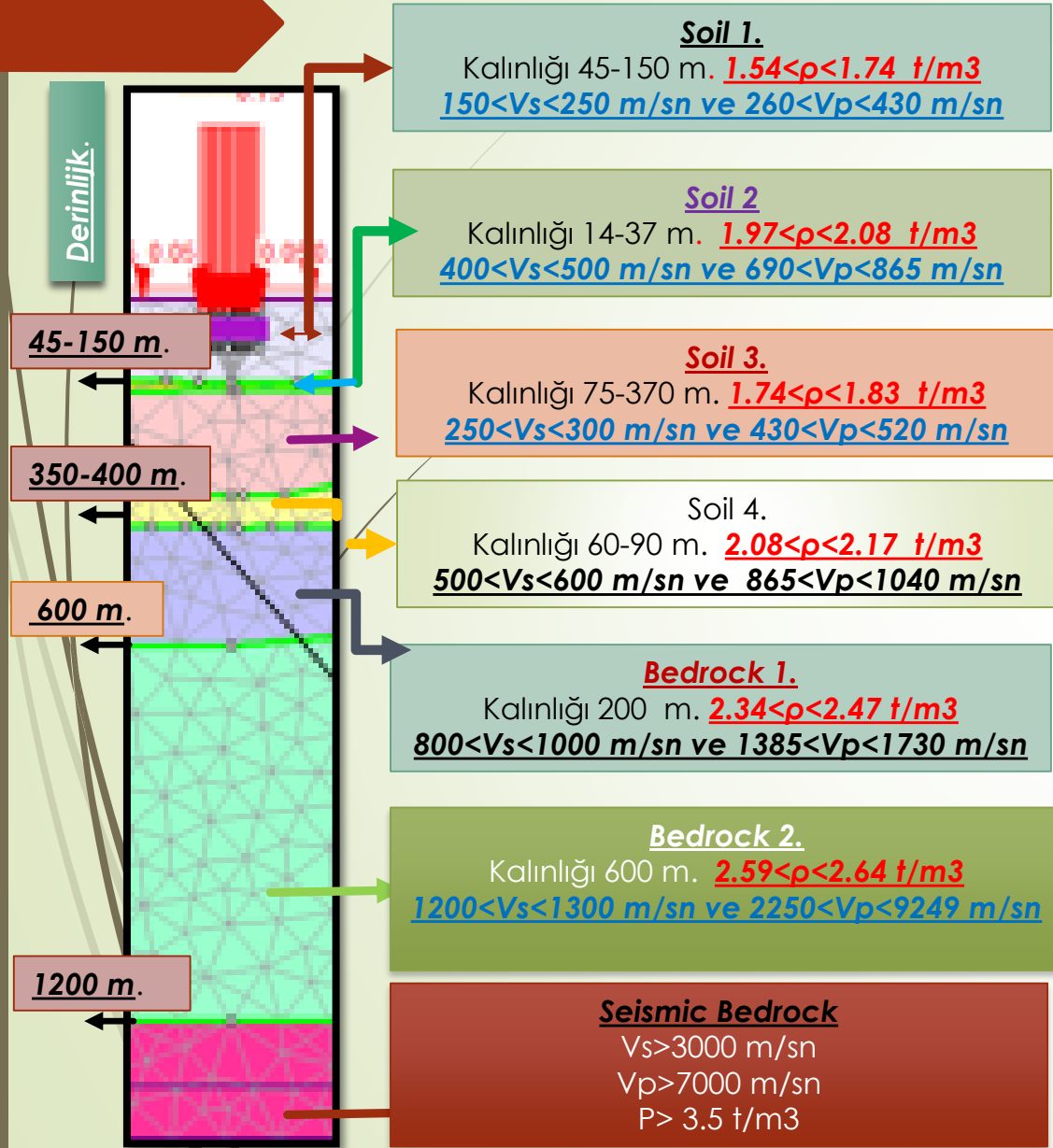
- Yatay
- Yarı sonsuz
- Birbirine paralel
- Tekdüze
- Homojen
- Katmanlardan oluşmamıştır.

2. Bu modele göre zemin yüzeyindeki deprem enerjisinin zaman ve frekans ortamı özellikleri ile zemin gerilim-deformasyon değişimlerini etkileyecek zemin özelliklerinin araştırılacağı alanın yatay ve düşey genişlik ölçekleri km bazında olması gerekir.

3. Derinlik ve genişlik boyunca sismik empedans oranları oldukça yüksektir.

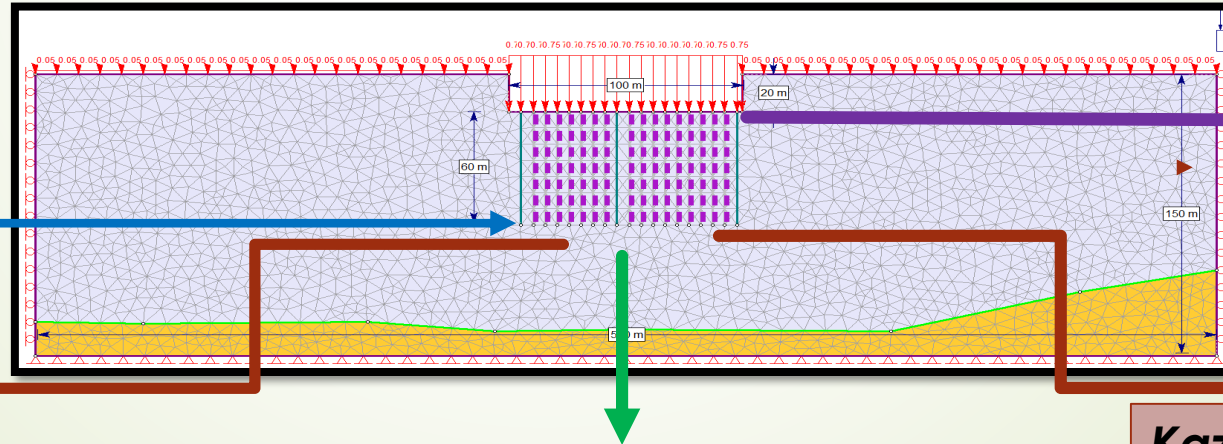
4 Yanal yönde senaryo depremi ile kuramsal-gözlemsel zemin transfer fonksiyonu hesaplamalarından elde edilen DAF değerleri 1 den büyüktür.

# Zemin Yüzeyindeki Deprem Kuvvetinin Araştırılmasına Yönelik Hazırlanan Rejyonel ve 1D Boyutlu Zemin Modeli



- zemin yüzeyine yaklaştıkça S dalga hızı azalıyor .
- Bu azalma oranları çok fazla  $3000 > 1200 > 600 > 300 \text{ m/sn}$
- Mühendislik ana kayası tanımına göre  $V_s > 700 \text{ m/sn}$  ortalama 300 m. Derinlikten sonra oluşuyor.
- Sismik ana kaya 1200 m. Den itibaren başlıyor.
- Derinliğe bağlı olarak oluşan bu ani S dalga hız değişimlerinin olduğu katman sınırlarında deprem dalgasının genlik-frekans eğrisinde değişimler oluşur.
- Zemin yüzeyinden itibaren Ortalama 300 m. Kalınlık içindeki ortalama  $V_s = 300 \text{ m/sn}$  dir.
- Sismik empedans oranları ile tabaka yoğunluklarındaki değişimler dikkate alınırsa zemin transfer fonksiyon hesaplamalarında 1200 m. Derinlik dikkate alınmalıdır.
- İzmir körfezi ve çevresinde yer alan zemin içinde S dalga hızı alt ve üst tabakaya göre göre yüksek olan bir katman vardır. Bu katman mühendislik ana kayası değildir.
- Çünkü bu katman altında düşük S dalga hızı gözlenmektedir.

Zemin Modelindeki Boyut Değişimleri  
(1D Ve 2D İle Yanal Ve Düşey Yönlü Uzunluk Değişimleri)  
Dikkate Alınarak  
Statik ve Deprem-zemin-yapı Ortak Dinamik Davranış  
Sonucu Oluşan  
Toplam-düşey-yatay Yer Değişmeleri İle  
Makaslama Deformasyonu Değişimlerinin  
Kazıklı Radye Temele Sahip Yüksek Bir Yapı İçin Kazıkların Hem Alt Ve Üst  
Noktalarında  
Hem Sağ-sol-orta Kesimlerinde  
(3 Farklı Bölge İçin)  
Hesaplama ve Karşılaştırma Sonuçları



Kazıklı Sistemin Alt Kısmı

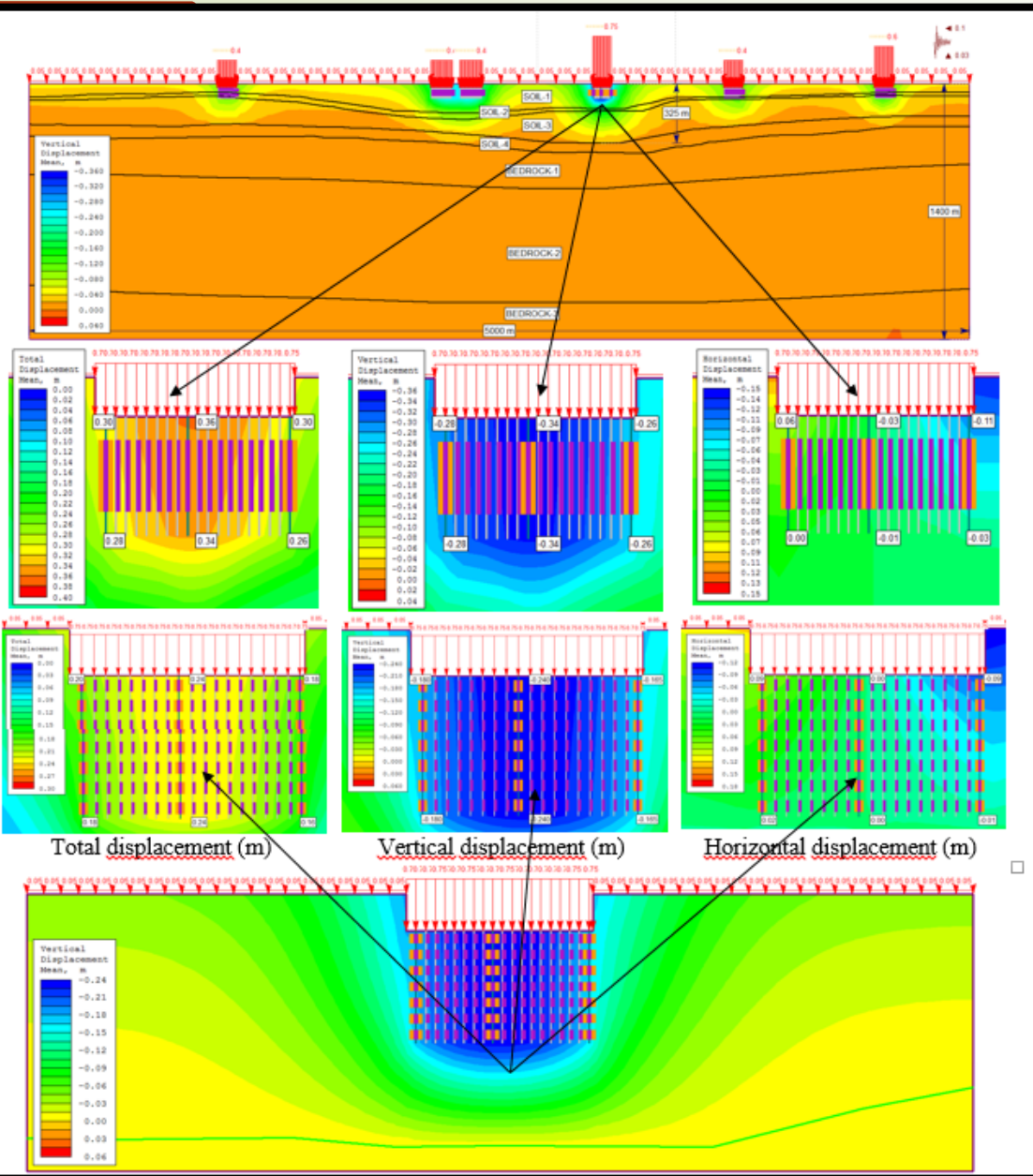
Kazıklı Sistemin Üst Kısmı

Kazıklı Sistemin Sol Kısmı

Kazıklı Sistemin Orta Kısmı

Kazıklı Sistemin Sağ Kısmı

# Statik Koşullarda Geniş Ve Dar Ölçekli Modellerde Kazıkların Üst Ve Alt Noktalarındaki Toplam, Düşey, Yatay Yer Değiştirme Ve Makaslama Deformasyonlarının Dağılımı



## a. ortalama toplam yer değiştirme miktarları

Kazık üst noktalarının da

Geniş model için	30	36	30 cm;
Dar model için	20	24	18 cm.
<b>Fark Değerler</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>12 cm</b>

alt uç noktalarındaki toplam yer değiştirmeler

Geniş modelde	28,	34	28 cm;
Dar modelde	18	24	16 cm
<b>Fark Değerler</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>12 cm</b>

## b. Ortalama düşey yer değiştirmeler

Kazık üst noktalarının da

Geniş model için	28	36	28 cm;
Dar model için	18	24	16 cm.
<b>Fark Değerler</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>12 cm</b>

alt uç noktalarındaki toplam yer değiştirmeler

Geniş modelde	28,	34	28 cm;
Dar modelde	18	24	16 cm
<b>Fark Değerler</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>12 cm</b>

## c. Ortalama yatay yer değiştirme miktarları

Kazık üst noktalarının da

Geniş model için	06	01	11 cm;
Dar model için	09	00	09 cm.
<b>Fark Değerler</b>	<b>-03</b>	<b>01</b>	<b>02 cm</b>

alt uç noktalarındaki toplam yer değiştirmeler

Geniş modelde	00	01	03 cm;
Dar modelde	02	00	01 cm
<b>Fark Değerler</b>	<b>-02</b>	<b>01</b>	<b>02 cm</b>

## d. Ortalama Makaslama deformasyonları ( $\times 10^{-4}$ )

Kazık üst noktalarının da

Geniş model için	3.30	4.40	4.40;
Dar model için	1.70	6.80	0.85.
<b>Fark Değerler</b>	<b>1.60</b>	<b>-2.40</b>	<b>3.55</b>

alt uç noktalarındaki toplam yer değiştirmeler

Geniş model için	7.70	1.65	7.15
Dar model için	9.35	7.65	9.35
<b>Fark Değerler</b>	<b>-1.65</b>	<b>-5.00</b>	<b>-2.20</b>

Yandaki tabloda

Dar ve geniş modeller için kazık üst ve alt noktalarında

ve

sağ-orta-sol

Kesimlerde

Ortalama olarak

10-12 cm toplam

10-12 cm düşey

02 cm yatay

Yer değiştirmeler

ile

3.00-4.00 arasında

değişen

makaslama

deformasyon fark

değerleri

Saptanmıştır.

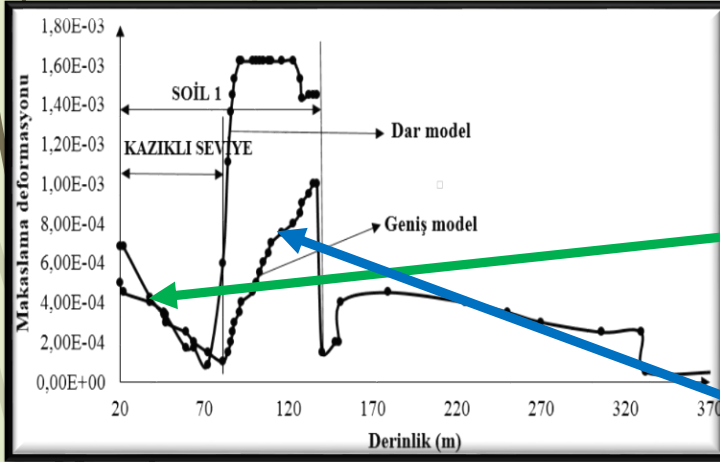
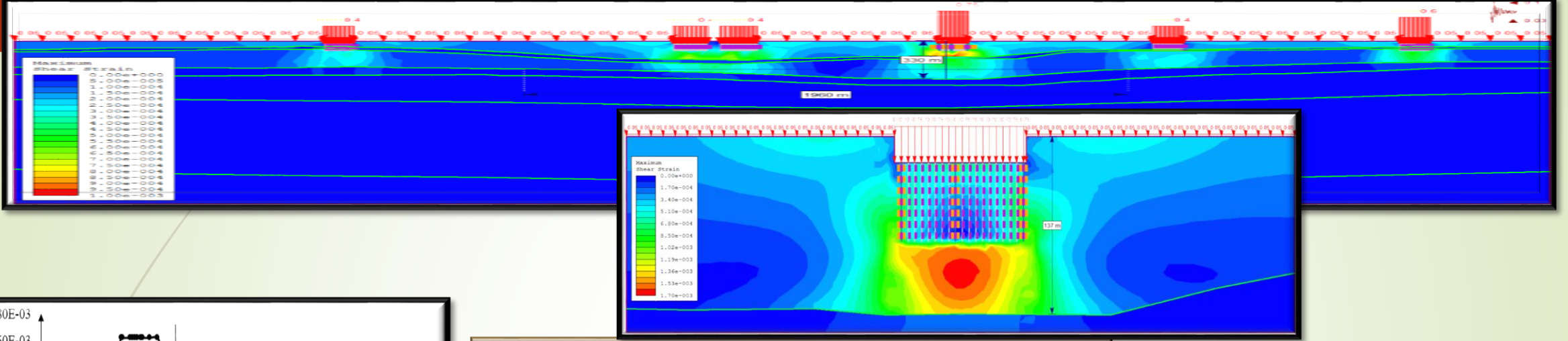
Bu farkların zemin

dinamik

davranışında

Önemi Varmı?

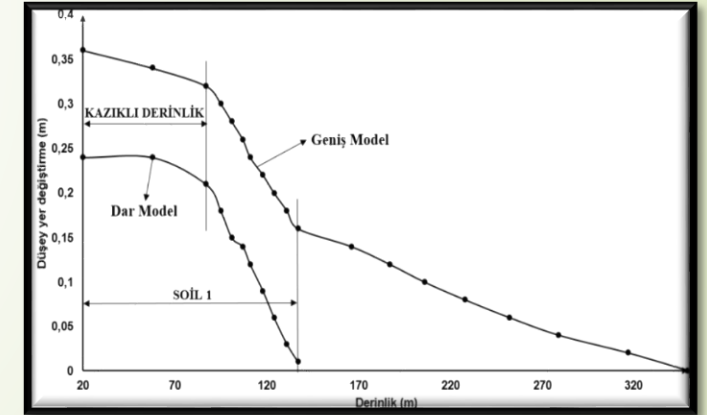
# Statik Koşulda Makaslama deformasyonlarının Zemin Model Boyutlarına Göre Yanal ve Düşey Yöndeki Dağılımları



## Geniş ve dar modeller için makaslama deformasyonlarının dağılışı

geniş modelde kazıklı seviyelerde derinliğe bağlı olarak makaslama deformasyonlarında bir azalış gözlenirken,

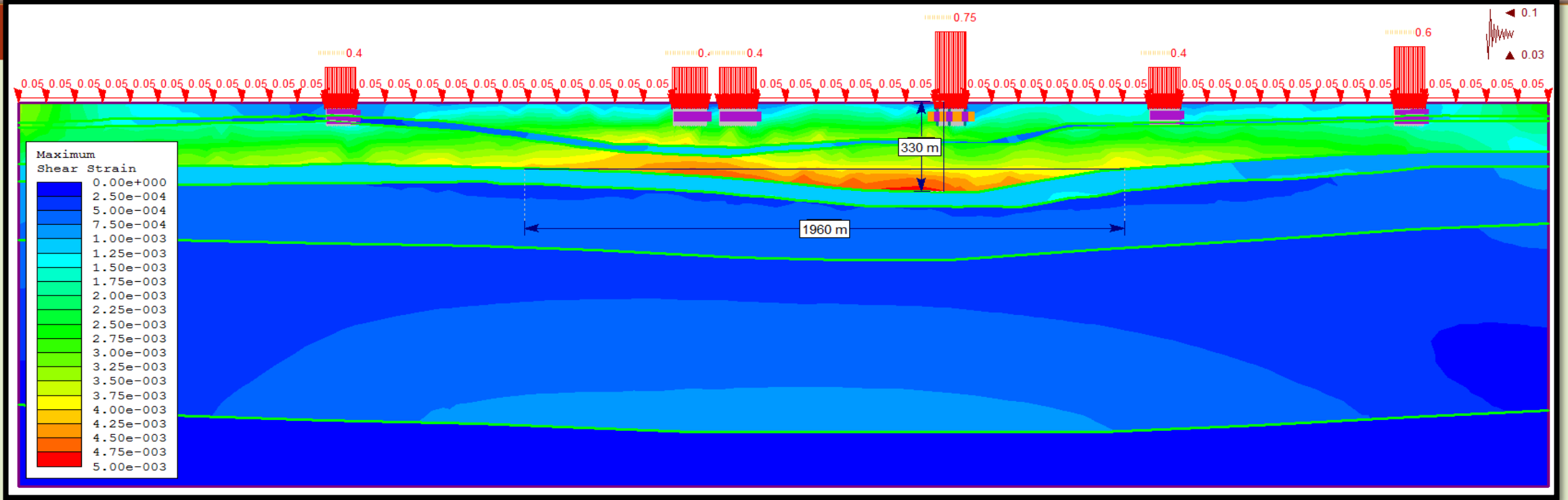
kazıklı seviye altından itibaren Soil 1-Soil 2 tabakası dokanağına kadar makaslama deformasyonlarında derinlikle doğru orantılı olarak bir artışın olduğu gözlenmektedir.



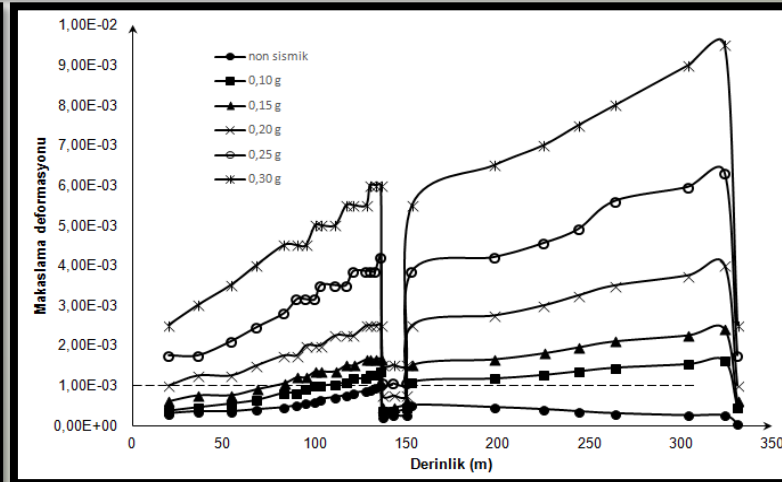
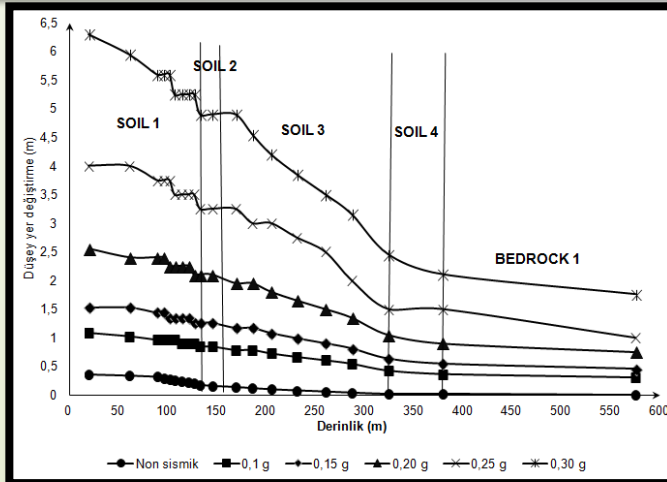
Soil-1 içinde ve Kazık-Temel Toplam derinlik boyunca  
Dar ve geniş her iki model için düşey yer değiş



# Makaslama deformasyonlarının sismik koşullarda (0.25 g) geniş kesit üzerindeki dağılımları



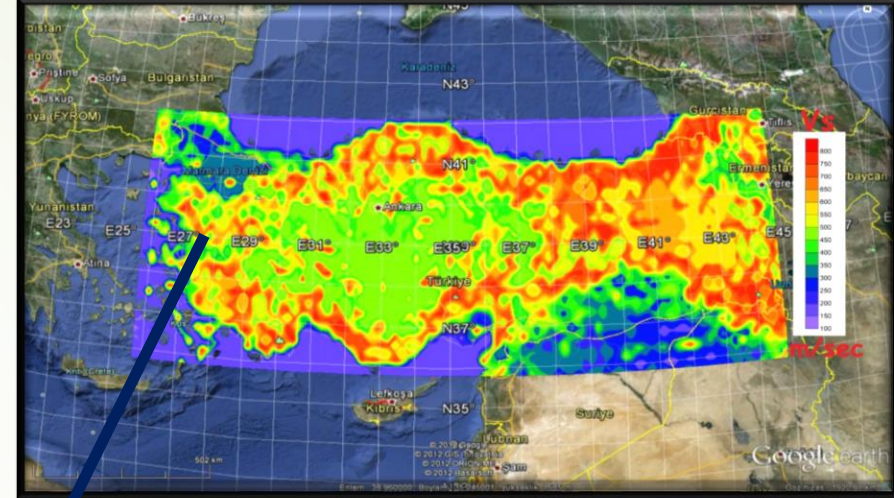
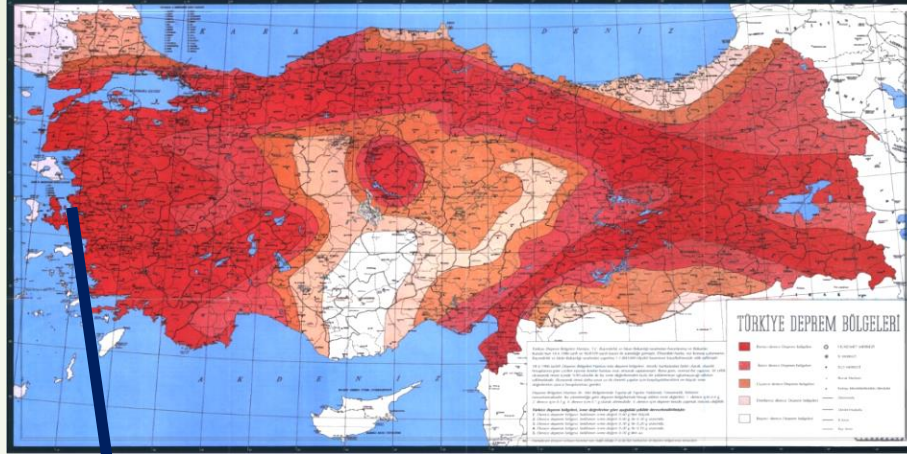
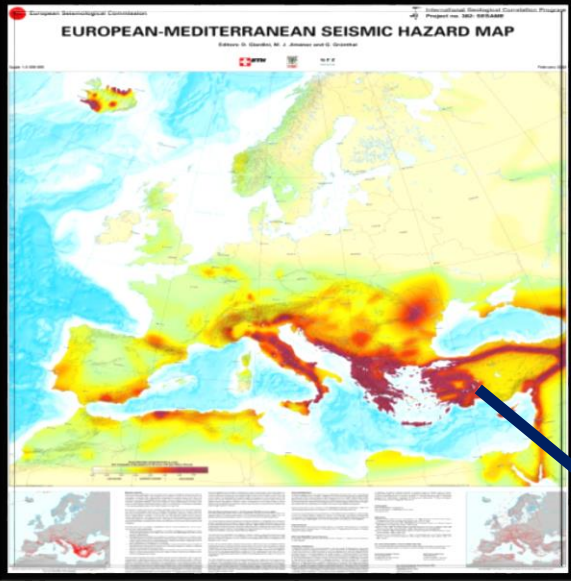
*Geniş ölçekli model için statik ve farklı büyüklüğe sahip sismik yükler altından düşey yer değiştirmenin derinliğe göre değişim grafiği*



*Geniş ölçekli model için statik ve farklı büyüklüğe sahip sismik yükler altından makaslama deformasyonunun derinliğe göre değişim grafiği*

# Çalışma Alanının Tanımı

# Bayraklı-İzmir Bölgesinin Avrupa Ve Türkiye İçinde Yeri ve Genel Özellikleri Nelerdir.



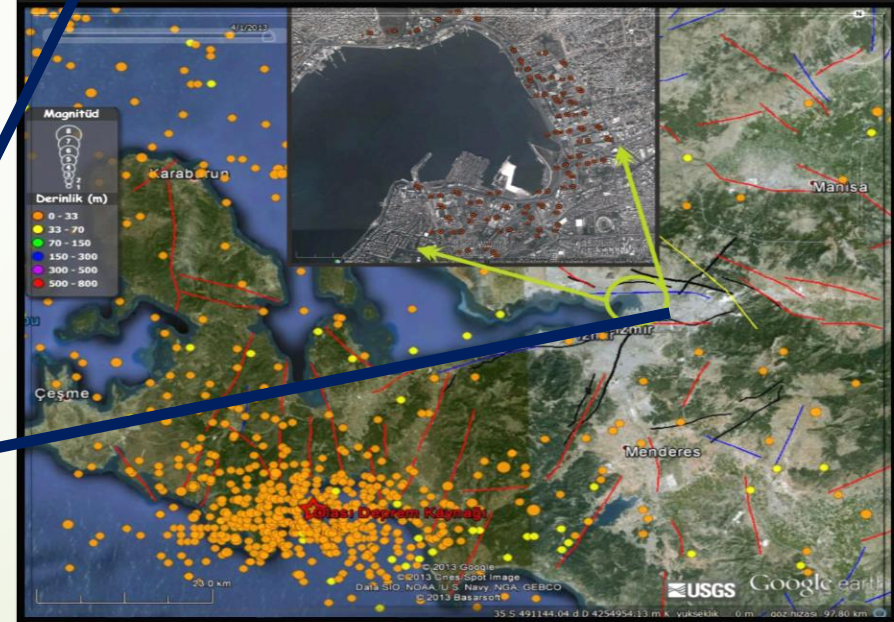
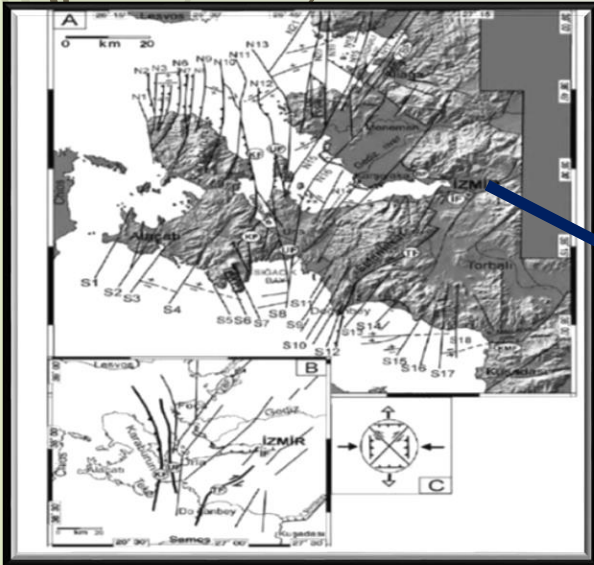
**Avrupa sismik tehlike haritasında yüksek risk bölgesinde**

**Türkiye 1. derece deprem bölgesinde**

**USGS Vs30 hız haritasında 300 m/sn hız**

**Aktif tektonik bölge içinde**

**Depremselliği yüksek bir bölge içinde**



# İZMİR



# Bayraklı İzmir Bölgesi Neresi ve Genel Özellikleri Nelerdir? Geçmiş Depremlerden Hatırlatmalar



1778 Nisan 3-5, İzmir 38.4N; 26.8E; M=(6.4); I=IX

15 saniye sürmüş ve İzmir'i tamamıyla harap etmiştir. 5 Nisan da ise 3 Nisan'dakine eşit şiddette bir deprem daha olmuş. Bazı yerlerde zemin açılmış ve iki kaptanda İzmir'e 18 mil uzaklıktaki Urla'da toprağın yarılıp açıldığını rapor etmişlerdir. (Papazachos, 1997, Perrey, 1848; Mallet, 1854; Labros, 1910; Frangakis-Syrett, 1992; Ambraseys ve Finkel, 1995).



1688, Temmuz 10, İzmir 38.3N ; 26.2E ; M=6.8 ; I= X

Deprem 20-30 saniye kadar sürmüştür. İzmir'deki hasarın çoğu, şehrin aşağı kısmında (deniz kıyısı) ve doğu yönüne bakan birçok duvar evlerin ve kamuya ait binaların dörtte üçünü de beraberinde götürerek yıkılmıştır (Deniz ve sivilaşma etkisi).

Sancak kalesi, toprağa öylesine batmıştır ki kalenin duvarlarında bulunan toprak görülmez olmuştur.  
Ağaç kökleri toprak üzerine çıkmıştır.

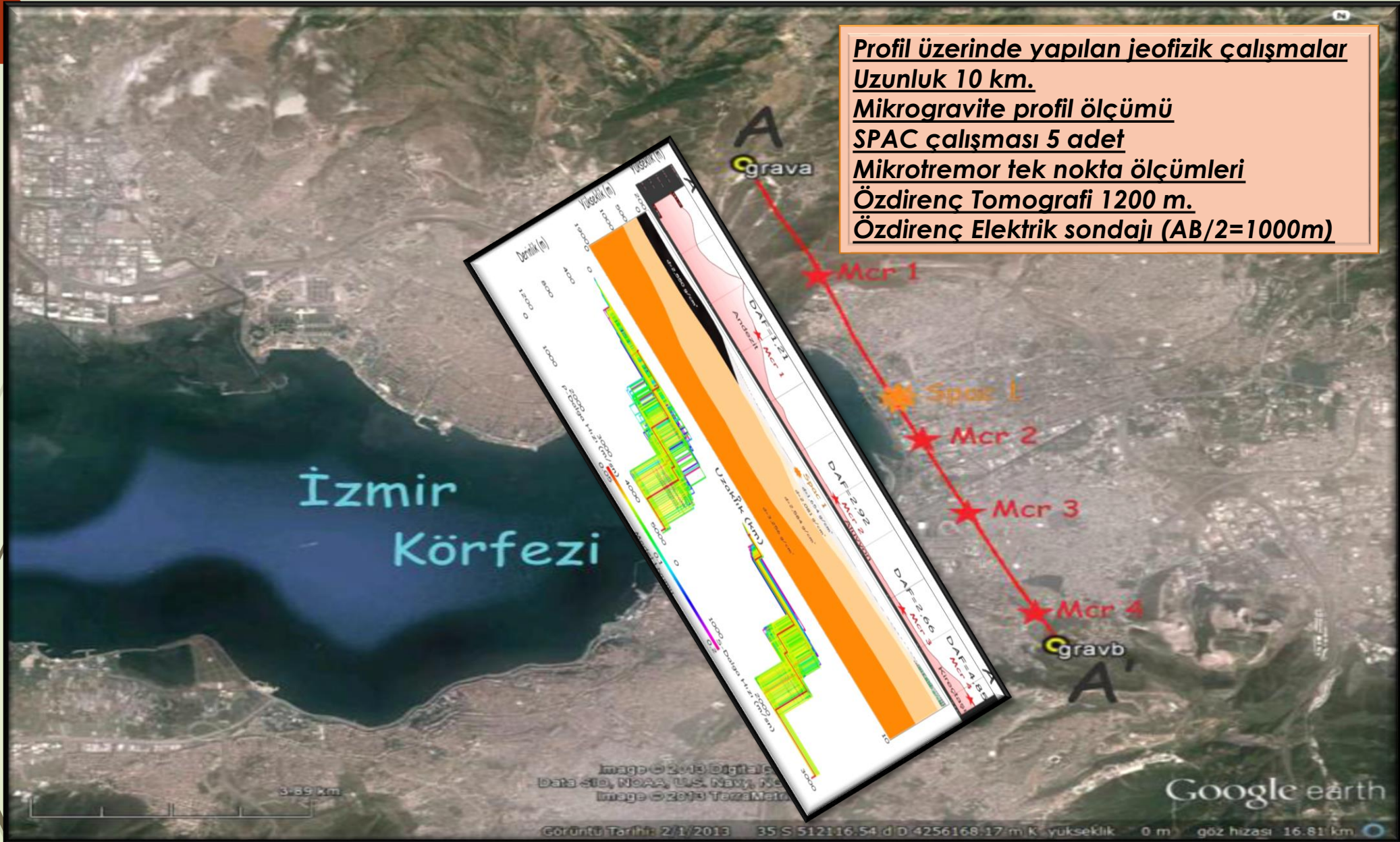
Bu deprem küçük magnitüdü lokal bir deprem olmasına rağmen magnitüdü ile orantısız derecede büyük hasar yapmıştır.



**Zemin Modelinin 2D Olarak  
Elde Edilmesi**



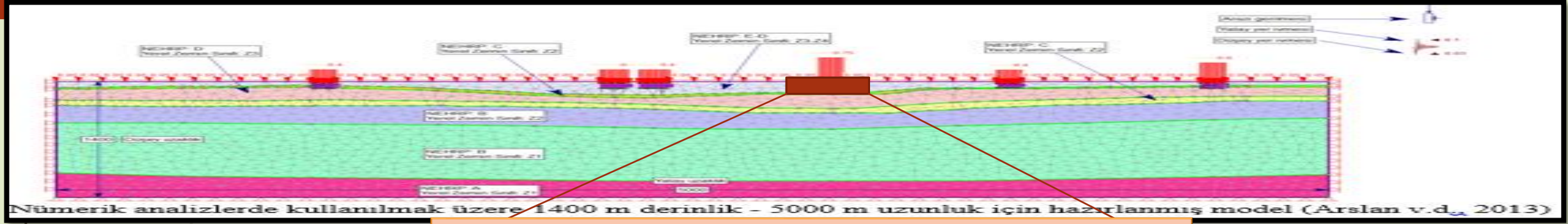
# Bayraklı-İzmir Bölgesinde Yapılan Jeofizik Çalışmalarından Örnekler



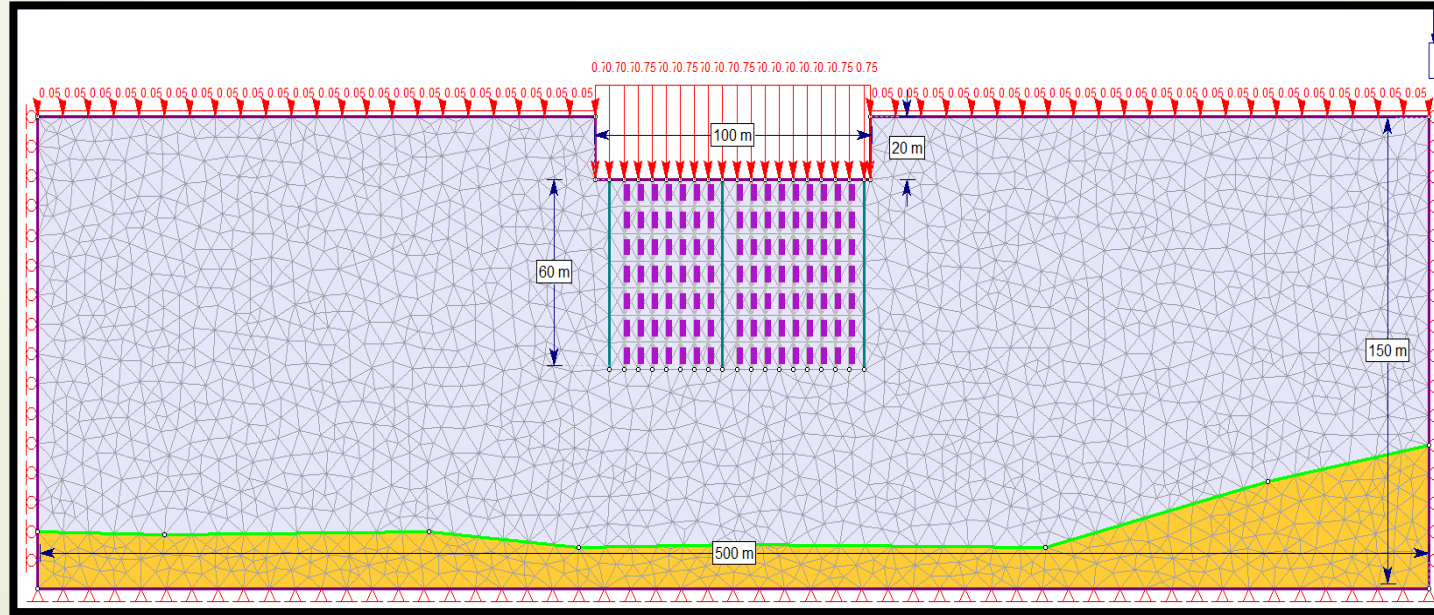
**Nonlinear Koşullarda Ve Sonlu Elemanlar Yöntemi İle**  
**Midas GTS 2013 (V 2.1) Ve Phase2 (V.8.015)**  
**Programlarının Kullanılması**  
**Statik Ve Dinamik Yük Altında**  
**Zemin Gerilim-deformasyonun Derinlikle Değişimi**



# Zemin Dinamik Analizi Çalışmaları Zemin Modelinde Yanal ve Düşey Boyut Değişimi

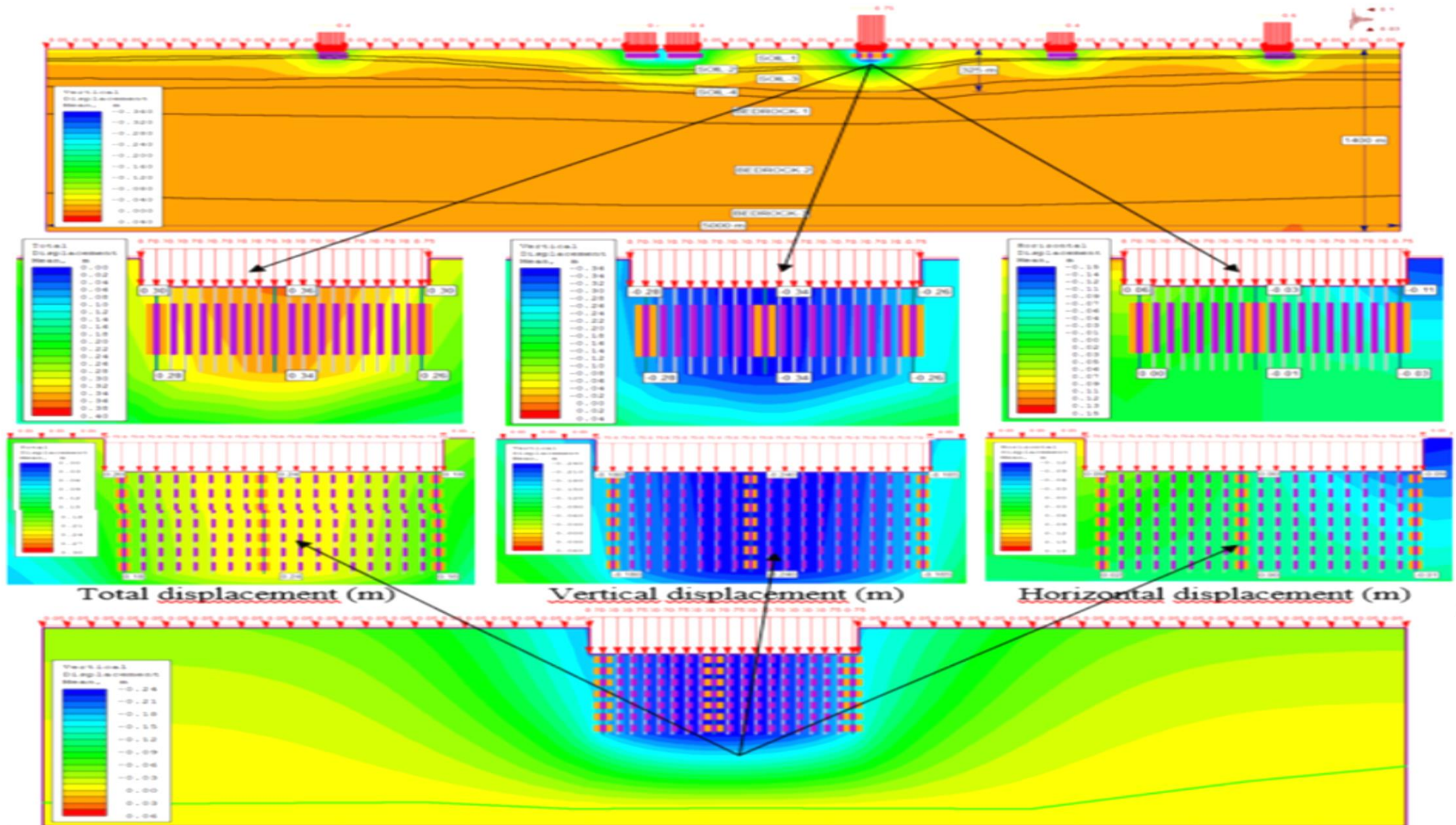


1400 m derinlik - 5000 m uzunluk için hazırlanmış model



150 m derinlik - 500 m uzunluk) için hazırlanmış modeller

# Statik Koşullarda Zemin Dinamik Analizi Çalışmaları



Statik Koşullarda Geniş Ve Dar Ölçekli Modellerde Kazıklı Radye Temel de  
Kazıkların Üst Ve Alt Noktalarındaki Toplam, Düşey, Yatay Yer Değiştirme Ve Makaslama  
Deformasyonlarının Dağılımı Sonuçları

A. Geniş ve dar modeller üzerinde yapılan analizler karşılaştırıldığında, kazıklı temelin derinliği, kazıklı temele gelen yük, kazık boyları, kazık aralıkları sabit olmasına rağmen, toplam, düşey, yatay yer değiştirmeler ve makaslama deformasyonlarındaki fark dikkat çekicidir.

B. Sayısal çözümlerinde bu farkın olmasındaki en önemli faktör, geniş ve dar modeller incelendiğinde jeolojik yapının yan ve düşey yönlü boyutları arasındaki farkın etkili olduğu kabul edilmelidir.

C. Geniş modelde statik koşullarda makaslama deformasyonlarındaki dağılım incelendiğinde, makaslama deformasyonlarının 325 m derinliğe kadar dış yükün etkisi ile Soil 2-Soil 3 tabakaları dokanağında yoğunlaşacağı ve maksimum makaslama deformasyonunun  $9.35 \times 10^{-4}$  düzeyinde olacağı;

D. Dar model üzerinde çözümlenildiğinde, makaslama deformasyonlarının 137 m derinliğe kadar Soil 1-Soil 2 tabakalarının dokanağında yoğunlaşacağı ve maksimum makaslama deformasyonunun ise  $1.62 \times 10^{-3}$  düzeyinde olacağı görülmektedir.

# SONUÇLAR

- Yapılan analizler sonucunda kademeli olarak arttırılan sismik yüklerin etkisi ile toplam yer değiştirme miktarları ve makaslama deformasyonlarında artışlar gözlenmiştir.
  - Toplam yer değiştirmelerde gözlenen artışlar yüzeye yakın kesimlerde en yüksek değerlerine ulaşırken, bu yer değiştirmelerin kesitte derinliğe bağlı olarak azaldığı gözlenmiştir.
  - Düşey yöndeki gerilmeler incelendiğinde, gerilme artışlarının sismik yüklemelere bağlı olarak yükleme basamakları ile doğru orantılı olarak artış gösterdiği saptanmıştır.
  - Makaslama deformasyonlarındaki dağılım incelendiğinde ise, en yüksek makaslama deformasyonlarının, denizel kökenli alüvyon ile volkanitlerden oluşan birimin dokanağında olduğu belirlenmiştir.
  - Zemin Dinamik analizlerde kullanılan zemin modellerinin, hem statik hem de eşdeğer deprem yükü ve/veya time history yapılarak uygulanan dinamik yükler altında gerilim-deformasyon değerleri, yanal ve düşey yönde
    - tabaka dağılım geometrilerine
    - Tabaka kalınlıklarına
    - Tabaka genişlikleri
    - Tabakaların Yoęunluk ile P ve S dalga hızlarındaki değişimlerine (sismik empedans oranları)
- Bağlı olarak önceden tahmin edilemeyen derinliklere kadar zeminin elastik-plastik davranış özellikleri üzerinde etkili olmaktadır.

## ÖNERİ

Zemin Modellerini Tanımlarken Multi Disiplin Anlayışı İçinde Çalışmak Olmalı

**TEŞEKKÜR EDERİM**