



S2 sınıfına girmektedir. İzmir Körfezi çevresi zeminlerinde yerinde tasarım spektrumu hazırlanması için zemin ana kaya modellerinin yapı yapılacak noktaya özgün tanımlanması gerekir. Bu kapsamda yapılan bu çalışma mada Nath (2000) çalışmasında S dalga hızlarına göre tanımlanan zemin ana kaya modeli temel alınmıştır.

## 2. ZEMİN ANAKAYA KAVRAMI NEDİR?

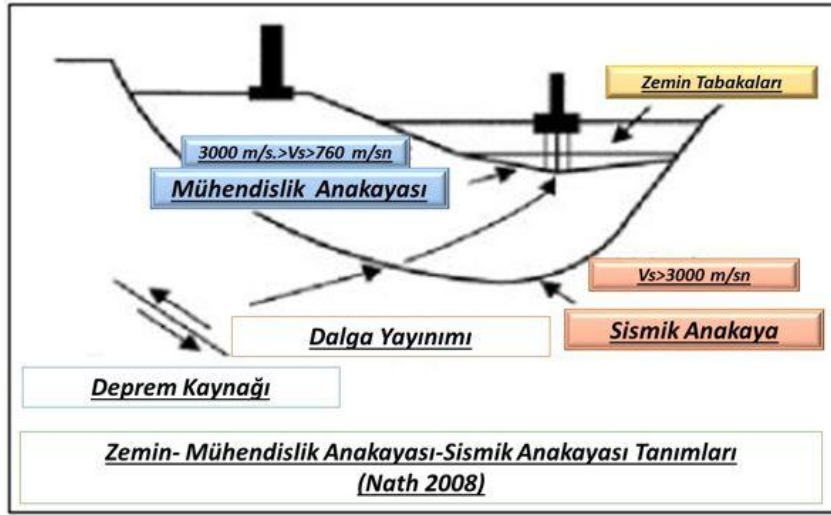
Kramer (1996), Nakamura (1989, 2008) ve Nath (2000) çalışmalarında zemin ana kaya modelini S dalga hızı deimleri temel olarak zemin (700m/sn.den az), mühendislik ana kayası (701-3000 m/sn) ve sismik ana kaya (3000 m/sn.den daha fazla) tanımlarını kullanmıştır (ekil 1). İzmir Körfezi çevresine benzer yapısal özelliğe sahip olan Adapazarı Ovası için zemin anakaya modeli Komazawa ve diğeri (2002) tarafından mikrogravite, mikrotremör H/V ve Modified Spatial Autocorrelation (SPAC) yöntemleri ile araştırılıp tanımlanmıştır. Adapazarı Ovası zeminleri için saptanan To periyot değerleri 5 sn. değerlerine kadar ulaştıkça zemin kalınlığı da 300-600m. arasında saptanmıştır (ekil 2). Ayrıca bu çalışmada zemin ana kaya modeli tanımlanırken ana kaya seviyesi (ova zemin tabanı olarak) S dalga hızının 3000 m/sn. değerine ulaştığı sismik anakaya sınırı kullanılmıştır (Tablo 1).

## 3. ZMR KÖRFEZ ÇEVRESİNİN JEOLojİK, MORFOLOjİK VE SİSMOLOjİK ÖZELLİKLERİ

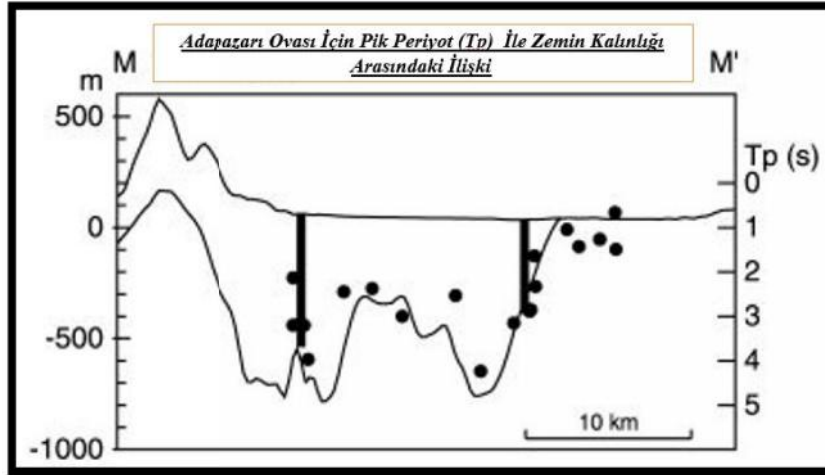
2000-2013 yılları arasında olmuş ve M>3 olan deprem sayısı ve odak derinliği dikkate alındığında İzmir Metropol alanı ve yakın çevresinin güncel olarak depremselliği çok yüksektir. Türkiye genel tektonik yapısına bağlı olarak, İzmir Körfezi ve çevresi; açılma rejiminin halen devam ettiği bir çöküntü bölgesi için de yer almaktadır. Bu tektonik yapısı göz önüne alındığında, hem yüzeyden izlenebilen hem de yüzeyden izlenemeyen faylara bağlı olarak deprem üretebilecek kaynakların etkisinde kalmış ve kalabilecek bir bölgedir. İzmir Körfezi çevresi, yakın zamana kadar (son 5-6 bin yıl) zemin olumunda aktif olarak etkili olan çok sayıda akarsu etkisinde kalmıştır. Ayrıca yaklaşık günümüzden 10.000 yıl önce denizin karaya doğru ilerleyerek zemin olumunu etkilediği zemin sondajlarından çıkan karot örneklerinde gözlenmiştir.

Körfezin kuzeyinde akarsuların bazılarında ait yataklar zaman içinde hem doğal hem de yapay yollarla deşilmiştir (Örneğin Gediz Nehri). Bunun sonucunda da körfezin kuzeyinde yer alan zeminlerin özelliklerinde (P, S dalga hızları, kalınlıkları ve yoğunluk değerleri) yanal ve dikey yönde ani deşimler olmuştur. Jeolojik olarak, temelde Bornova Karmaşı gözlenir. Bu birimin üzerinde ise uyumsuz olarak Neojen yaşlı Gölsel Tortullar ve Yamanlar Volkanitleri gelir. Tüm birimleri alüvyon/yamaç molozları uyumsuz olarak örter. Zeminde baskın olarak yüksek oranda killi ve siltli birimler gözlenmektedir.

Körfezin güney kesimi kuzeye göre zemin özellikleri bakımından farklılık gösterir. Çok sayıda akarsu etkisinde kalmış bölgede zemin olumunu yelpaze yapıları denetlemiştir (ekil 8). Zemin sondajlarına göre, zemin özellikleri bakımından, çakıl oranı ve tane boyları körfezin kuzeyine göre daha yüksektir. Ayrıca Narlıdere-Balçova bölgesi, İzmir'in ve Ege Bölgesinin jeotermal etkinlik bakımından aktif bölgelerinden birisidir. Bu özelliğinden dolayı bu bölge civarında çok sayıda mikro-deprem gözlenmektedir.



ekil 1.



ekil 2

Tablo 1. Adapazarı Ovası için Tanımlanan Zemin Anakaya Modeli (Komazawa ve diğ. (2002))

Tabaka Sayısı	$V_p$ (m/s)	$V_s$ (m/s)	Yoğunluk ( $kg/m^3$ )	Kalınlık (m)	
N Dizilim	1	1500	200	1700	65
	2	1800	500	1800	90
	3	2500	1000	2000	250
	4	5400	3500	2500	-
S Dizilim	1	1500	500	1800	150
	2	2500	1000	2000	450
	3	5400	3500	2500	-



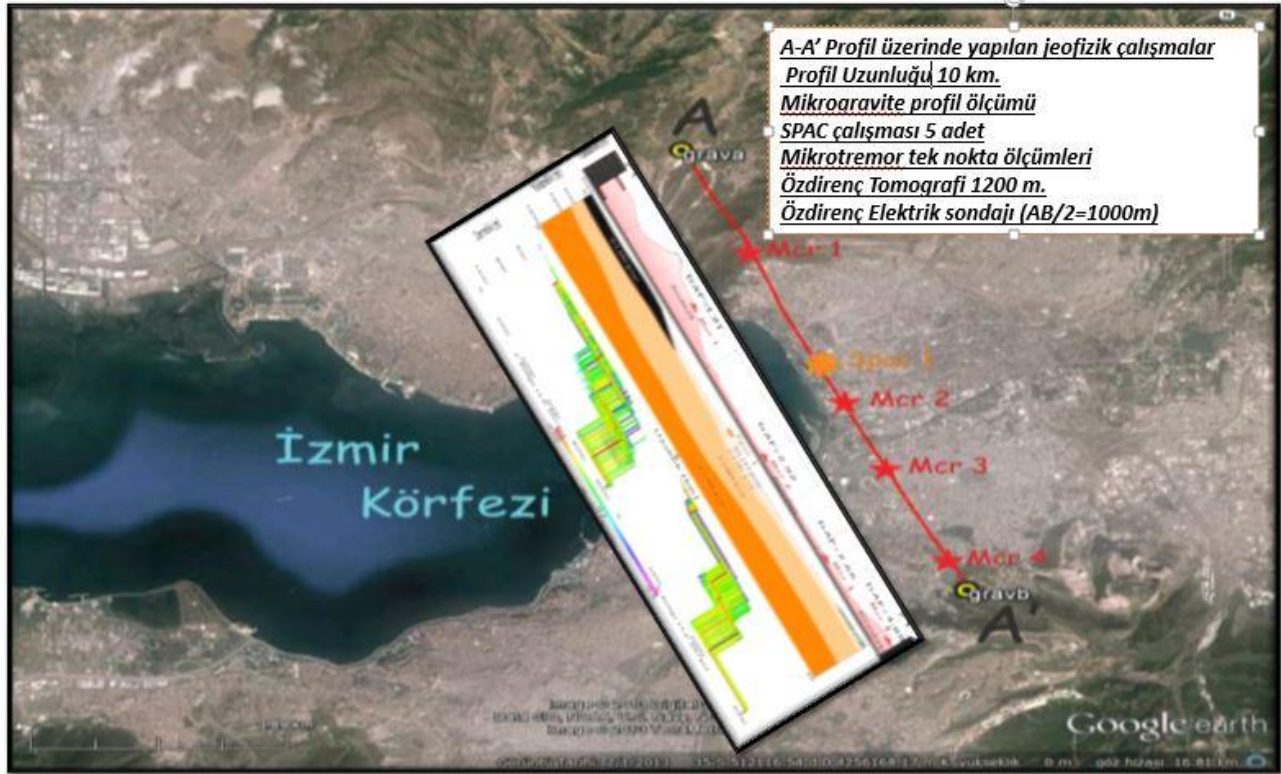




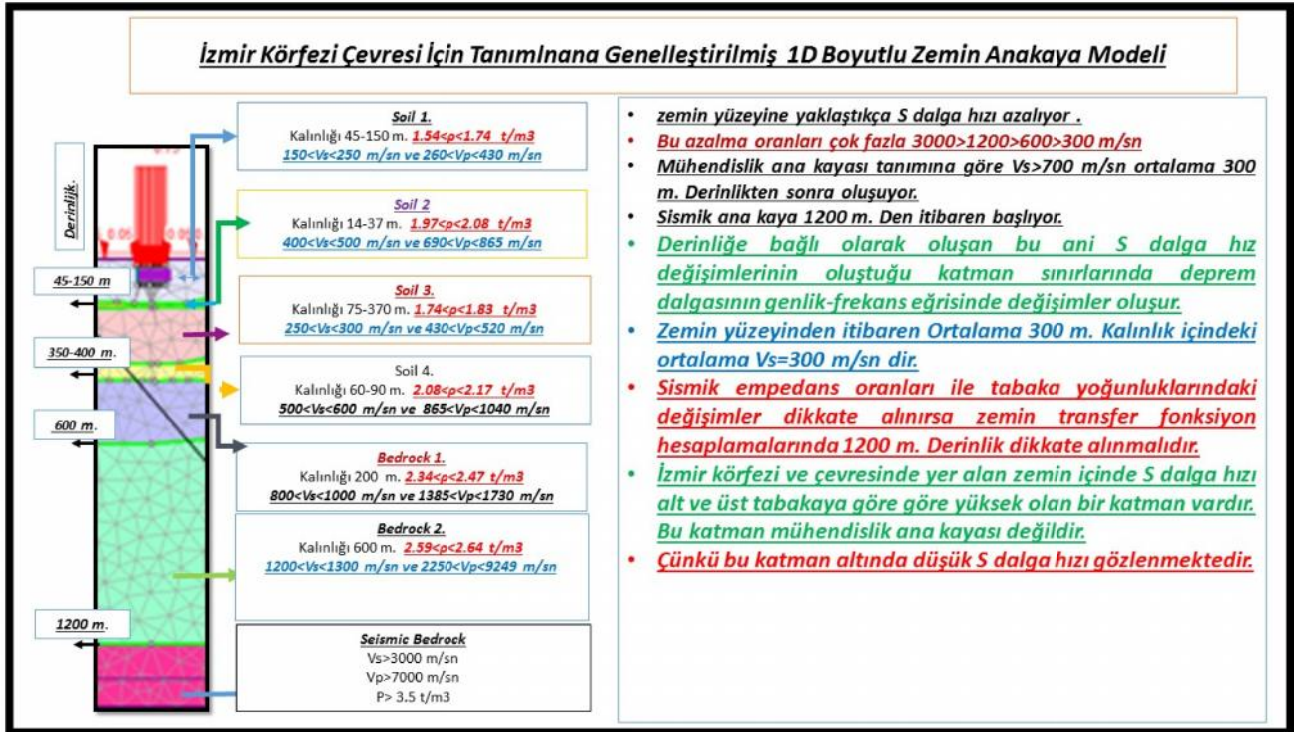
Şekil 5. İzmir Körfezi çevresinde yapılan SPAC noktaları

106G159 Nolu TUB TAK projesinden elde edilen sonuçlar dikkate alınarak ara tırma derinliği artırılması ve yapılan çalışmalar sonucunda, körfezin doğusunda KB-GD yönlü 10 km. uzunluklu bir profil üzerinde 2D zemin anakaya modeli oluşturulmuştur. Modeli tanımlarken, MASW, Düşey Elektrik Sondaj (AB/2=1000 m). Öz direnç Tomografi, Mikrogravite, Tek stasyon Mikrotremor, SPAC çalışmaları ile ortalama 250m. derinlikli zemin sondaj sonuçları ve 100m. derinlikli Down-Hole kuyu içi sismik çalışmalar sonuçları birlikte değerlendirilip yorumlanmıştır ( ekil 6 ve 7).

Bu modele göre, körfez çevresi zeminlerinin mühendislik anakayasını birimi jeolojik olarak Bornova Karma 1 birimidir. Zemin kalınlığı 150-300m. derinlikleri arasında değişmektedir. Olasılıkla, sismik anakayasını sınırı da 1000-1200m. derinlikte beklenmektedir. Mühendislik anakayasını içinde, yoğunluk ve S dalga hızları derinliklerine göre çok farklı olduğu için sismik empedans değişimi yaratacak iki ortam saptanmıştır. Sismik hızlar ve yoğunluk derinliklerine dikkate alındığında, sismik empedans oranları derinlikten itibaren değişmektedir. Bunun anlamı, deprem dalgalarının genlik ve frekans içeriği 1000-1200 m. derinlikten itibaren yoğunluk ve sismik hızları farklı olan tabaka sınırlarında değişimi olmaktadır ( ekil 7). Zemin içinde çakıl oranı oldukça yüksek olan ve kalınlığı 20-40m. arasında değişebilen yüksek S dalga hızlı (400-500 m/sn) bir katman yer almaktadır. Ancak bu tabakanın altında S dalgası hızları derinliklerine tekrar 250m/s. derinlikte değişmektedir ( ekil 7). Körfez çevresinde bu çakıllı birim hem çeşitli derinliklerde ve kalınlıklarda hem de yüksek SPT (>50) derinlikleri ile karşımıza çıktığı için çoğu zaman mühendislik anakayasını birimi olarak kabul edilerek zemin dinamik analizi çalışmaları yapılmıştır.



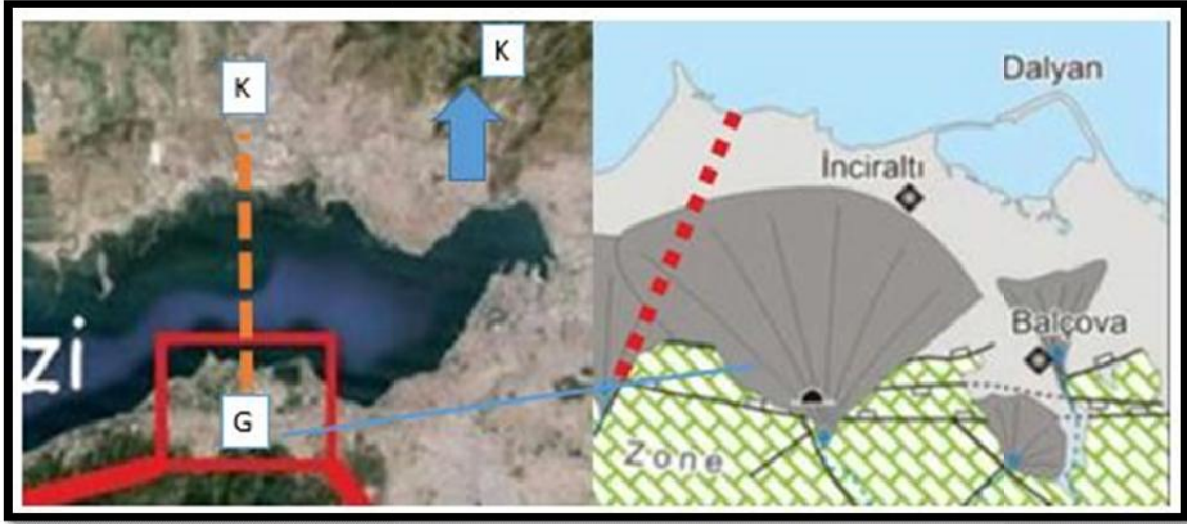
Şekil 6. İzmir Körfezi doğusuna ait A-A' profili için tanımlanan 2D zemin anakaya modeli.



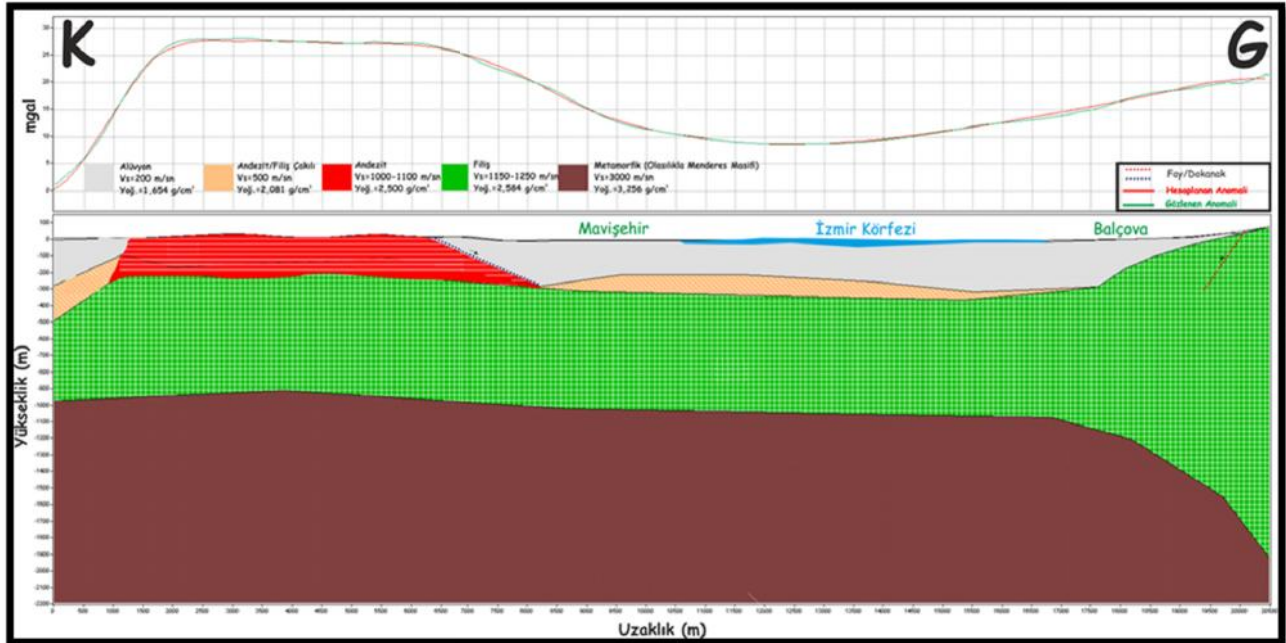
Şekil 7. İzmir Körfezi çevresi için genelleştirilmiş 1D zemin-anakaya modeli



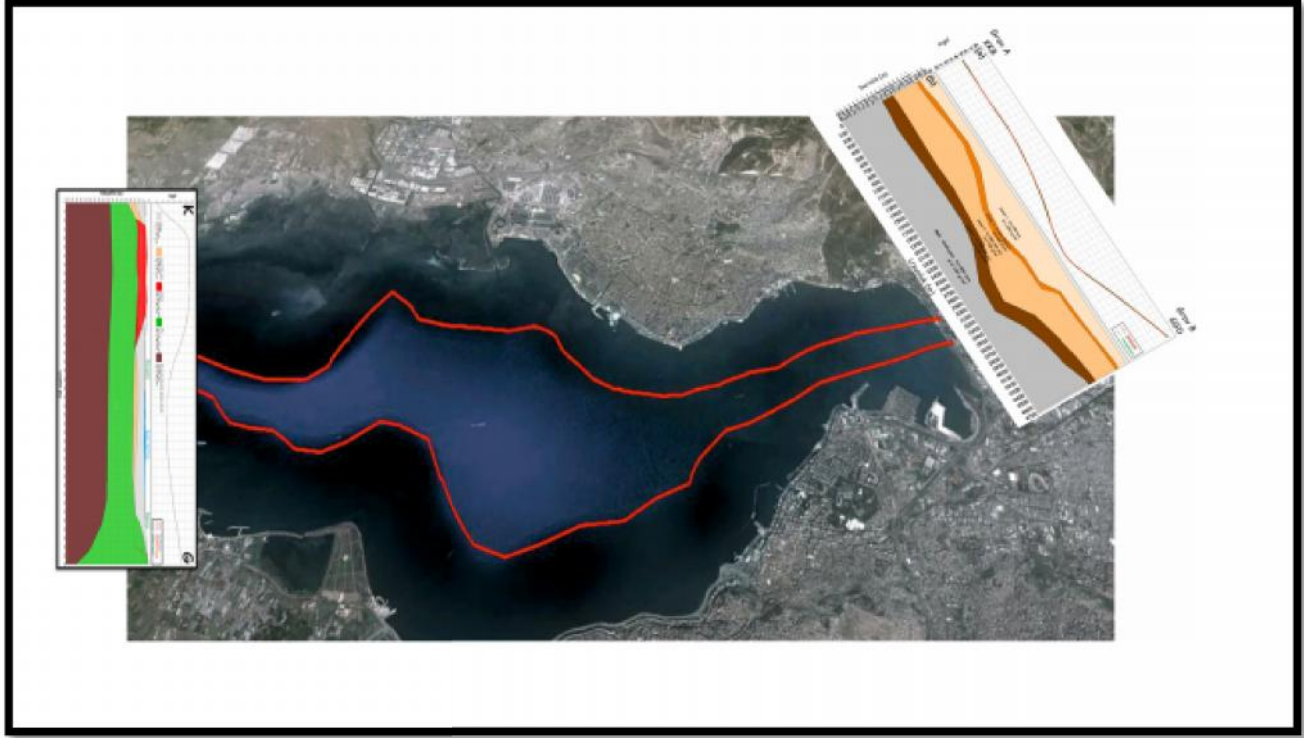
Körfez çevresi için tanımlanan zemin anakaya modelleri dikkate alınarak körfezi K-G kesen ve uzunluğu 20 km. olan bir profile rejyonel amaçlı zemin anakaya modeli tanımlanmıştır (ekil 8, 9 ve 10). Bu modele göre deprem dalgalarının genlik frekans değerlerinin sismik anakayasası sınırından itibaren etkilenmesi beklenmelidir. Mühendislik anakayasası olarak tanımlanan Bornova Karma 1 biriminin özellikleri yanal ve düşey yönde çok ani değişebileceği için rejyonel amaçlı kullanırken dikkatli olunması gerekir. Yapı yapılacak noktada 1D zemin anakaya modelinin tanımlanması gerekir.



Şekil 8. İzmir Körfezini K-G yönlü kesen profilin konumu ve körfez güneyinin yelpaze yapısı



Şekil 9. İzmir Körfezini K-G yönlü kesen profil için tanımlanan 2D zemin anakaya modeli.



Şekil 10. İzmir Körfezine ait zemin anakaya modelleri

## 5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İzmir Körfezi çevresinde hem zemin anakaya modelini tanımlamak hem de zemin içindeki sismik hız ve yoğunluk değerleri saptamak için Mikrogravite, Tek stasyon Mikrotremor, SPAC, MASW, Düşey Elektrik Sondajı, Öz direnç Tomografi, Down-Hole kuyu içi sismik ölçümleri ile ve zemin sondajları yapılmıştır. Verilerin ortak değerlendirilmesi ve yorumlanması sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- İzmir Körfezi çevresi genelinde S dalga hızı ve yoğunluk değerlerine göre zemin mühendislik anakayası ve sismik anakayası modelleri hazırlanmıştır.

- Zeminlerin ortalama kalınlığı 30 m. den fazladır. S dalga hızı değerleri 150-300 m/s. arasında değişmektedir. Zemin kalınlığı 150-300m. de erleri arasında değişmektedir. Bu özelliklerine göre zemin sınıfı Eurocode 8 yönetmeliğine göre genelde S1, S2 olup zemin tepki spektrum hesapları için özel tasarım yapılması gerekir.

- Zemin içinde çakıl oranı oldukça yüksek olan ve kalınlığı 20-40m. arasında değişebilen yüksek S dalga hızlı (400-500 m/sn) bir katman yer almaktadır. Ancak bu tabakanın altında S dalgası hız değerleri tekrar 250m/s. değerine düşmektedir (Şekil 7). Körfez çevresinde bu çakıllı birim hem çeşitli derinliklerde ve kalınlıklarda hem de yüksek SPT (>50) değerleri ile karşımıza çıktı için çoğu zaman mühendislik anakayası birimi olarak kabul edilerek zemin dinamik analizi çalışmaları yapılmıştır.

- Zemine ait Pik periyot değerleri ortalama olarak 1,5 ve 2 sn. den daha büyüktür. Bu periyot değerleri, Z4 zemin sınıfında tanımlanan maksimum 0.9 sn. periyot değerinden daha büyük olduğu için Z4 zemin sınıfına göre yapılan tasarım spektrumları yetersiz kalacaktır. Bunun anlamı İzmir Körfezi çevresindeki yapılar üzerinde deprem ivmesi yerine hız ve yer deşirmeye bağlı olarak olası genlik büyütme etkileri baskın olacaktır.



•Körfez çevresi zeminlerinin mühendislik anakayasası birimi jeolojik olarak Bornova Karma ı ı birimidir. Olasılıkla, sismik anakayasası sınırı da 1000-1200m. derinlikte beklenmektedir. Mühendislik anakayasası içinde, yo unluk ve S dalga hız de erleri birbirine göre çok farklı oldu u için sismik empedans de i imi yaratacak iki ortam saptanmıştır. Sismik empedans oran de i imleri de ortalama 1000-1200 m. derinlikten itibaren olmaktadır. Ayrıca bu derinlikten itibaren zemin yüzeyine do ru ilerledikçe ortamda jeotermal kaynak özellikleri de gözlenmektedir.

•Buna göre göre deprem dalgalarının genlik ve frekans içeri i 1000-1200 m. derinlikten itibaren tabaka sınırlarında de i ime u ramaktadır. Bunun anlamı deprem ba lı olarak olu an E(t) enerjisi bu derinlikten itibaren parametrelerini de i tirmeye ba lar (Genlik ve tanecik hız de erleri).

## 6. KAYNAKLAR

Akgün, M. Gönenç, T. Pamukçu. Özyalın, ., Özda , Ö.C., (2013a). Mühendislik Ana Kayasının Belirlenmesine Yönelik Jeofizik Yöntemlerin Bütünle ik Yorumu: zmir Yeni Kent Merkezi Uygulamaları, Jeofizik Dergisi, 1304-12.

Akgün, M., Gönenç, T., Pamukçu, O. ve Özyalın, . (2013b). Investigation of the relationship between ground and engineering bedrock at northern part of the Gulf of zmir by borehole data supported geophysical Works, Journal of Earth System Science, 123, 545-564

Özda , Ö.C., Akgün, M., Pamukçu, O., Utku, M., Gönenç, T., Özyalın, ., Akdemir, Ö., (2013). Relationship Between Dynamic Amplification Factor, Peak Period and Soil Characteristics:"The Case Study in zmir Metropolitan Area ", The 20TH International Geophysical Congress& Exhibition of Turkey

Özda , Ö.C., Gönenç, T. Akgün, M. (2015). Dynamic amplification factor concept of soil layers: a case study in zmir (Western Anatolia). Arabian Journal of Geoscience-SCI Expanded.

Komazawa, M., Morikawa, H., Nakamura, K., Akamatsu, J., N\_shimura, K., Sawada, S., Erken, A., Önalp, A., (2002)., Bedrock structure in Adapazari, Turkey a possible cause of severe damage by the 1999 Kocaeli earthquake, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 22, 829-836

Kramer, S., L., (1996). Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice Hall PTR.

Nakamura, Y., (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, Quarterly report of the Railway Technical Research Institute 30:1, 25-33.

Nakamura, Y., (2008). On the H/V Spectrum The 14 th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China.

Nath K. (2000). Seismic Microzonation Framework – Principles & Applications. Workshop on Microzonation©Interline Publishing, Bangalore.

## TE EKKÜR

TÜB TAK 106G159 ve 108Y285 nolu proje kapsamında çalı ma ekibine te ekkür ederiz.