

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HATAY BÖLGESİ İÇİN DEPREM TEHLİKE
ANALİZLERİ

Özgür Bora ENGİN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE

2010

**T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HATAY BÖLGESİ İÇİN DEPREM TEHLİKE
ANALİZLERİ**

**Özgür Bora ENGİN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**TEZ DANIŞMANI
Yrd. Doç. Dr. Yasin FAHJAN**

**GEBZE
2010**

ÖZET

TEZİN BAŞLIĞI : HATAY BÖLGESİ İÇİN DEPREM TEHLİKE ANALİZLERİ

YAZAR ADI : ÖZGÜR BORA ENGİN

Deprem tehlikesi, hasar ve can kaybı yaratabilecek büyüklükte bir depremden kaynaklanan yer hareketinin belli bir yerde ve belli bir zaman periyodu içerisinde belirlenmesi olarak tanımlanır ve deprem nedeni ile hasar, mal ve can kaybı ihtimali olarak tanımlanan, deprem riski kavramının önemli bir ögesini oluşturur..

Kentlerde deprem tehlikesinin belirlenmesi amacı ile deterministik ve/veya probabilistik yöntemler kullanılır. Gelecek depremlerin konumu, oluş zamanı, büyüklüğü ve diğer özellikleri belirsizlik arz ettiği için deprem tehlikesi tayinlerinde olasılık hesaplarına dayalı yöntemler (probabilistik) ile senaryo depremlerin rasyonel yaklaşımlarla belirlendiği (deterministik) yöntemler genellikle birbirine benzer sonuçlar sağlar.

Deprem tehlikesi analizlerinin temel sonuçları, belirlenmiş bir bölge için mevcut jeoloji ve depremsellik bilgilerine dayalı olarak hesaplanan maksimum yer hareketi parametrelerine (maksimum ivme, spektral ivme, şiddet gibi) tekabül eden münhanilerdir.

Bu çalışmada Hatay bölgesi ve civarı için deterministik yöntemler kullanılarak deprem tehlikesi haritalarının hazırlanmasını amaçlamaktadır. Çalışmada göz önüne alınan temel araştırma adımları şunlardır: bütün jeolojik, sismolojik ve tarihsel verilerin derlenmesi; sismik kaynakların belirlenmesi (deprem kaynak bölgelemesi), deprem kaynakları için uygun olabilecek azalım ilişkilerinin belirsizlik katsayıları ile beraber çıkartılması ve/veya derlenmesi ve StrucLOSS programına dayalı olarak maksimum yatay yer ivmesi ve spektral ivme olasılığı dağılımlarının elde edilmesi.

SUMMARY

**THESIS TOPIC : EARTHQUAKE HAZARD ANALYSİES FOR HATAY
REGION**

AUTHOR NAME : ÖZGÜR BORA ENGİN

The seismic hazard analysis is concerned with the estimation of the strong-motion parameters expected to occur at a specific site within a specific time and it is a fundamental step for the earthquake risk assessment procedure to measure the earthquake consequences including the economical human losses.

Both probabilistic and deterministic approaches are used for the purpose of seismic hazard and risk analyses for rural areas. In the deterministic approach, the strong-motion parameters are estimated for the maximum credible earthquake, assumed to occur at the closest possible distance from the site of interest, without considering the likelihood of its occurrence during a specified exposure period. On the other hand, the probabilistic approach integrates the effects of all the earthquakes expected to occur at different locations during a specified life period, with the associated uncertainties and randomness taken into account.

In this study, deterministic earthquake hazard approach is utilized to estimate the seismic hazard maps for “Hatay” region. The basic research steps of the study are: compilation of all geological, seismology and of historical data; determination of seismic source; determination of statistical properties of the earthquake process parameters and earthquakes sources and computation of the maximum horizontal peak accelerations and spectral acceleration maps using StrucLOSS software.

TEŞEKKÜR

Yaptığım yüksek lisans tez çalışmasında bana oldukça yardımcı olan ve benden desteklerini esirgemeyen ve öğrettikleri ile bu çalışmanın oluşmasını sağlayan kıymetli hocam Yrd. Doc. Dr. Yasin FAHJAN'a, aynı şekilde yardımlarını esirgemeyen Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesinde görevli yüksek jeofizik mühendisi sayın Aydın MERT hocama, yine bu çalışmada bana yardımcı olan jeofizik mühendisi sayın Ecevit Akbaba'ya ve aynı şekilde jeofizik mühendisi sayın Murat ÖĞRETMEN'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ayrıca Deprem ve Yapı Bilimleri öğretim üyeleri Prof. Dr. Bilge SİYAHİ ve Doc. Dr. Bülent AKBAŞ'a, Prof Dr. Ali Pınar hocaya ilgilerinden dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca tez çalışmamada bana yardımcı olan Hatay Belediyesi İmar Daire Başkanlığına teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iii
ABSTRACT	
Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. TEKTONİK DURUM	3
2.1. GENÇ TEKTONİK HAREKETLER	3
2.1.1. DOĞU ANADOLU FAY ZONU	4
2.1.2. ÖLÜ DENİZ FAY ZONU	5
2.1.3. HATAY, AMİK GÖLÜ, GRABEN MORFOLOJİSİ	6
3. ANTAKYA'DA ZEMİN ÖZELLİKLERİ VE ZEMİN DEPREM İLİŞKİSİ	8
4. ANTAKYA VE YAKIN ÇEVRESİNİN DEPREMSELLİĞİ	17
5. DEPREM TEHLİKESİ	19
5.1. GİRİŞ	19
5.2. DETERMİNİSTİK DEPREM TEHLİKESİ	20
6. AZALIM İLİŞKİLERİ İLE İLGİLİ LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	22
6.1. AZALIM İLİŞKİLERİ TARİHÇESİ	23
6.1.1. 1980 ÖNCESİ AZALIM İLİŞKİLERİ	23
6.1.2. 1980 SONRASI AZALIM İLİŞKİLERİ	23
6.2. MAKSİMUM YER İVMESİ AZALIMI İLİŞKİLERİ	23
6.3. SPEKTRAL İVME AZALIM İLİŞKİLERİ	27
7. TASARIM SPEKTRUMUNUN BELİRLENMESİ	29
8. ELASTİK TASARIM SPEKTRAL İVME KATSAYISI	32
9. HATAY BÖLGESİ İÇİN DEPREM SENERYOLARI	34

9.1 SENARYO 1.	34
9.2 SENARYO 2.	45
9.3 SENARYO 3.	55
9. SONUÇ	70
10. KAYNAKLAR	73

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1. Türkiye ve çevresinin ana tektonik yapıları gösteren basitleştirilmiş harita (Şengör 1979; Koçyiğit ve Beyhan, 1998'den değiştirilmiştir).	1
2. Bölgenin önemli fay segmentlerinin haritası (modified from Westaway, 2003)	4
3. a) Kuzeyde Doğu Anadolu Fay Hattı ile güneyde Kızıl Deniz arasındaki Ölü Deniz Fay Hattı haritası.(Zilberman et al. (2000), Meghraoui et al. (2003) and Westaway (2003)) b)Ölü Deniz Fay Hattının kuzey kısmının büyütülmüş haritası . T Hacıpaşa Fayı (kırmızı çizgi) ,diğer faylar (siyah çizgiler) (Perinçek and Çemen (1990), (1992), Yürür and Chorowicz (1998), Rojay et al. (2001) and Westaway (2003)).	6
4. Antakya ve çevresindeki deprem aktivite haritası Seismic Hazard Studies for Gaziantep City in South Anatolia of Turkey (Hamza Güllü, Atilla M. Ansal, Aydın Özbay, 2007)	17
5. Antakya bölgesinde meydana gelmiş tarihsel depremler haritası(An Assessment of Earthquake Hazard İn Gaziantep,Türkey (Ali Fırat Çabalar)	18
6. Hatay bölgesi ve çevresinin sismotektoniği. Hatay Bölgesinde Etkin Gerilme Durumları (Semir Över, Ulvi Can Ünlügenç, Suha Özden ,2001)	18
7. Davranış Spektrumu Standart Şekli (NEHRP, 2003)	31
8. Türkiye Deprem Haritası (M.T.A Web Sitesi)	33
9. Senaryo 1'e Göre Zemin etkisi olmadığında oluşan maksimum ivme (PGA) haritası	36
10. Senaryo 1'e Göre Zemin etkisi olduğunda oluşan maksimum ivme (PGA) haritası	37
11. Senaryo 1'e Göre Zemin Etkisi Olmadığında Oluşan Spektral İvme(S1) Haritası	39
12. Senaryo 1'e Göre Zemin Etkisi Olduğunda Oluşan Spektral İvme (S1) Haritası	40
13. Senaryo 1'e Göre Zemin Etkisi Olmadığında Oluşan Spektral İvme (Ss) Haritası	42
14. Senaryo 1'e Göre Zemin Etkisi Olduğunda Oluşan Spektral İvme (Ss) Haritası	43

15. Senaryo 2'ye Göre Zemin Etkisi Olmadığında Oluşan Maksimum İvme (PGA) Haritası	46
16. Senaryo 2'ye Göre Zemin Etkisi Olduğunda Oluşan Maksimum İvme (PGA) Haritası	47
17. Senaryo 2'ye Göre Zemin Etkisi Olmadığında Oluşan Spektral İvme (S1) Haritası	49
18. Senaryo 2'ye Göre Zemin Etkisi Olduğunda Oluşan Spektral İvme (S1) Haritası	50
19. Senaryo 2'ye Göre Zemin Etkisi Olmadığında Oluşan Spektral İvme (S02) Haritası	52
20. Senaryo 2'ye Göre Zemin Etkisi Olduğunda Oluşan Spektral İvme (Ss) Haritası	53
21. Senaryo 3'e Göre Zemin Etkisi Olmadığında Oluşan Maksimum İvme (PGA) Haritası	56
22. Senaryo 3'e Göre Zemin Etkisi Olduğunda Oluşan Maksimum İvme (PGA) Haritası	57
23. Senaryo 3'e Göre Zemin Etkisi Olmadığında Oluşan Spektral İvme (S1) Haritası	59
24. Senaryo 3'e Göre Zemin Etkisi Olduğunda Oluşan Spektral İvme (S1) Haritası	60
25. Senaryo 3'e Göre Zemin Etkisi Olmadığında Oluşan Spektral İvme (Ss) Haritası	62
26. Senaryo 3'e Göre Zemin Etkisi Olduğunda Oluşan Spektral İvme (Ss) Haritası	63
27. Senaryo 1'e Göre B Noktasındaki Zemin Etkisi Olduğunda Elde Edilen Tasarım Spektrası	65
28. Senaryo 2'ye Göre B Noktasındaki Zemin Etkisi Olduğunda Elde Edilen Tasarım Spektrası	65
29. Senaryo 3'e Göre B Noktasındaki Zemin Etkisi Olduğunda Elde Edilen Tasarım Spektrası	66
30. B Noktasındaki Zemin Etkisi Olduğunda Elde Edilen Birleştirilmiş Tasarım Spektrası	66
31. Senaryo 1'e Göre B Noktasındaki Zemin Etkisi Olmadığında Elde Edilen Tasarım Spektrası	67

32. Senaryo 2'ye Göre B Noktasındaki Zemin Etkisi Olmadığında Elde Edilen Tasarım Spektrası	67
33. Senaryo 3'e Göre B Noktasındaki Zemin Etkisi Olmadığında Elde Edilen Tasarım Spektrumu	68
34. B Noktasındaki Zemin Etkisi Olmadığında Elde Edilen Birleştirilmiş Tasarım Spektrası	68
35. Z2 Yerel Zemin Sınıfına Göre Elastik Tasarım Grafiği	69
36. Z3 Yerel Zemin Sınıfına Göre Elastik Tasarım Grafiği	69
37. Z4 Yerel Zemin Sınıfına Göre Elastik Tasarım Grafiği	69

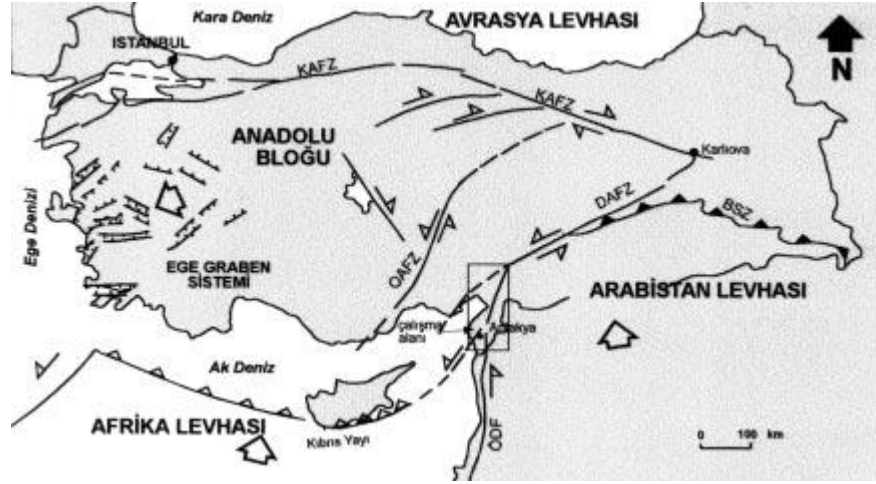
TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
1. Ortalama S Dalga Hızı İçin Önerilen Değerler	25
2. Boore'nin Düzelti Katsayıları (1997). PGA ve SA Azalım İlişkisi	26
3. Kaya Zeminlerin Yatay Tepki Spectral İvmelerin Azalım İlişkilerinin Katsayıları (M<6.5)	27
4. Kaya Zeminlerin Yatay Tepki Spectral İvmelerin Azalım İlişkilerinin Katsayıları (M>6.5)	28
5. Kaya Zeminlerde Tepki Spektral İvmeler İçin Standart Sapma Tablosu	28
6. NEHRP 2003 hükümlerindeki zemin sınıfları	30
7. Kısa periyot zemin katsayısı F_a	30
8. 1.0 sn. periyodu zemin katsayısı F_v	31
9. Etkin Yer İvmesi Katsayısı	32
10. Bina Önem katsayısı (I)	32
11. Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A , T_B)	33
12. Senaryo 1'e Göre Belli Noktalar İçin Maksimum İvme (PGA) Değerleri	38
13. Senaryo 1'e Göre Belli Noktalar İçin Spektral İvme (S1) Değerleri	41
14. Senaryo 1'e Göre Belli Noktalar İçin Spektral İvme (Ss) Değerleri	44
15. Senaryo 2'ye Göre Belli Noktalar İçin Maksimum İvme(PGA)Değerleri	48
16. Senaryo 2'ye Göre Belli Noktalar İçin Spektral İvme (S1) Değerleri	51
17. Senaryo 2'ye Göre Belli Noktalar İçin Spektral İvme (Ss) Değerleri	54
18. Senaryo 3'e Göre Belli Noktalar İçin Maksimum İvme (PGA) Değerleri	58
19. Senaryo 3'e Göre Belli Noktalar İçin Spektral İvme (S1) Değerleri	61
20. Senaryo 3'e Göre Belli Noktalar İçin Spektral İvme (Ss) Değerleri	64
21. 01.01.1900 – 31.12.2008 tarihleri arasında Hatay bölgesinde meydana gelen magnitüdü 4.5' den küçük depremlerin listesi	75

22. 01.01.1900 – 31.12.2008 tarihleri arasında Hatay bölgesinde meydana gelen magnitüdü 4.5' den büyük depremlerin listesi	78
23. Antakya ve Çevresinde Oluşmuş Tarihsel Depremler	80

1. GİRİŞ

Yerkabuğunun jeomorfolojik evrimi içinde gerçekleşen depremler, yaşamın var oluşundan bu yana insan ve insan faaliyetlerini etkileyen en önemli doğal olaylardan biri olmuştur. Zaman zaman büyük can ve mal kayıplarına mal olmaları, insanlar tarafından doğal afet olarak algılanmalarına yol açmıştır. Oysa depremler ; verimli ovaların, bol su kaynaklarının, şifalı suların, bazı maden yataklarının oluşum ve gelişiminde doğrudan veya dolaylı etkilerde bulunarak insanlara büyük imkanlar sunar. Ancak insanoğlunun yanlış arazi kullanımı, doğal bir olay olan depremlerin afetle sonuçlanmasında neden olmaktadır.



Şekil 1. Türkiye ve çevresinin ana tektonik yapıları gösteren basitleştirilmiş harita (Şengör 1979; Koçyiğit ve Beyhan,1998'den değiştirilmiştir).

Bir depremin oluşturacağı etkinin boyutu, depremin karakteristiği, yerel zemin özellikleri ve mühendislik yapılarının durumuna göre değişir. Bunlar içersinde zeminlerin zayıf ya da sağlamlığı önemli bir yere sahiptir. Herhangi bir depremde en büyük tahribat zayıf zeminlerde gerçekleşir. Yakın tarihimizdeki Ceyhan (27.06.1998, M:6,2), Gölcük (17.08.1999, M:7,8) ve Bingöl (01.05.2003, M:6,4) depremlerinde en çok hasar, ana fay hattından uzakta olmalarına rağmen zayıf zemin özelliğindeki ovalarda gerçekleşmiştir. Tarihsel dönemdeki depremlerde de aynı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Bugün Anadolu'da deprem geçirmiş medeniyetlerin binlerce yıllık eserleri, ovalar

dışında dimdik ayakta dururken ovalar içersinde tek bir yapı kalmamıştır. Benzer bir durum Antakya' da görülmüştür. Sağlam zeminlerden oluşan Habibineccar Dağ'ındaki tarihi surlar, şiddetli depremlere maruz kalmalarına rağmen günümüze kadar varlıklarını sürdürebildikleri halde aynı surların Asi Nehri boyunca zayıf zeminlerde yer alan bölümleri tamamen yok olmuştur. Bütün bunlar bir bölgede yerel zemin özellikleri ile deprem etkisi arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur.

2. TEKTONİK DURUM

Antakya havzası, Güneyde Gaziantep-Adıyaman sedimantasyon havzası ile N ve NW da Ceyhan-Malatya (Anti Toros) masifi ile sınırlanır. Kuzeybatısındaki sınırlar tam olarak belirlenememekle birlikte Toros sınırı ile karışmaktadır.

Amanos Dağları, stratigrafi bakımından hem Toroslar'ın hem de Gaziantep Adıyaman ön çukurunun karakteristik özelliklerini gösterirler. Amanoslar, batıdan ve doğudan faylarla sınırlanmış yüksek bir horsttur. Kendi bünyesinde N-S yönlü faylarla bloklaştırılmış olup, bu faylar Amanoslar'ı kısmen örten ultrabaziklerin çıkış yollarını teşkil eder. Amanos dağlarının doğusunda orojenik filiş zonu Antakya güneyinden başlayarak Karasu vadisinde Amik gölü, Gölbaşı çöküntü havzasını takip eder. Bu zonda ultrabazik intrüzyonları birincil N-S sonra da NE-SW yönünü takip etmektedir. Çökmeler, filiş zonu tektoniğini doğuran hareketlerden ve mağmatik olaylardan sonra meydana gelmiştir. Hatta filiş zonunu örten transgresif Eosen kalker tabakaları, Eosen sonrası hareketlerle de ayrıca kıvrılmış Miyosenden sonraya ait çökmelerle kademelenmiştir.

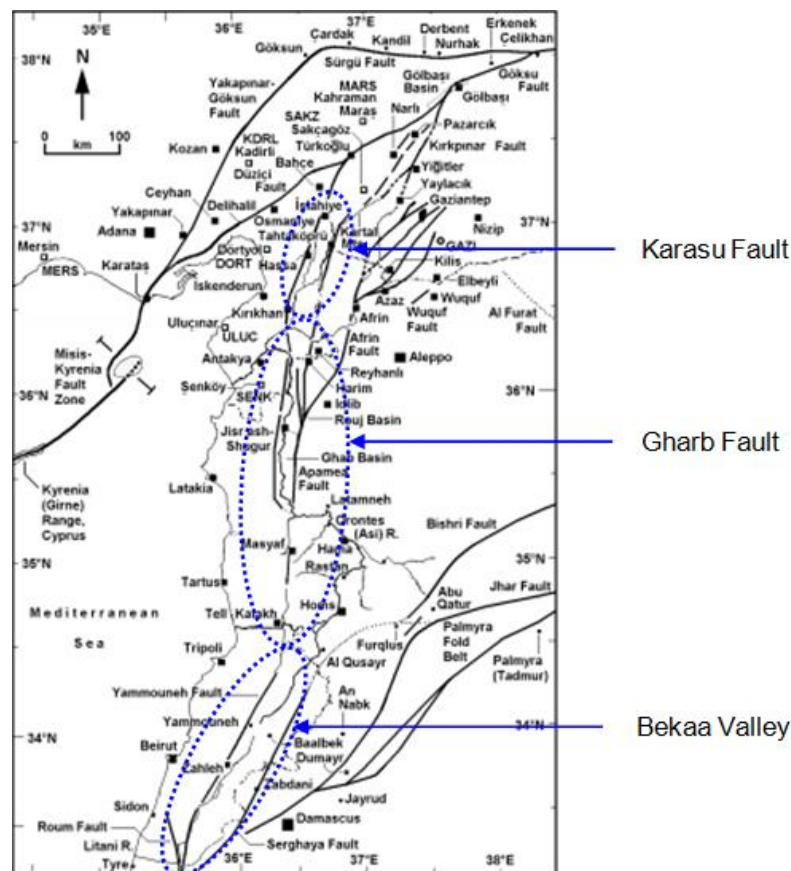
Dünyanın önemli tektonik hatlarından biri olan rift vadileri (Doğu Afrika), Lut Denizi çöküntüsü, sınırlarımız içinde Amik gölü, Gölbaşı çöküntüsü ile devam eder. Gaziantep batısından itibaren görülen SW-NE doğrultulu kademeli fay atımları, yüzlerce metreyi bulur. Amik gölünden Gölbaşı'na kadar görülen su birikintileri ve alüvyon ovaları hep bu önemli çöküntü alanı üzerinde sıralanmış bulunmaktadır .

2.1. GENÇ TEKTONİK HAREKETLER

Genç tektonik hareketler, Amanoslar, İskenderun Körfezi ve Karasu Hatay graben oluşumlarını şekillendirerek bugünkü son konumlarını

kazanmasını sağlayan hareketlerdir. Rojay vd. (2001) Karasu fay zonunun volkanik özellikleri ve Neotektoniği üzerine yaptıkları çalışmalarında, Antakya şehir merkezini de içine alan N - S uzanımlı fay sistemlerinin varlığını belirtmişlerdir.

Bölgede belirlenen başlıca faylanmalar ; Arabistan bloğu'nun kuzey-kuzeydoğuya, Anadolu bloğu'nun da batı yönde hareketi neticesinde bütün Türkiye'de gözlenen genç tektonik hareketlerin bir parçasıdır (Şekil 2). Bu hareketler sonucu oluşan başlıca kırık ve kırık sistemler şunlardır:



**Şekil 2. Bölgenin önemli fay segmentlerinin haritası
(modified from Westaway, 2003)**

2.1.1. DOĞU ANADOLU FAY ZONU

Van Gölü'nün kuzeyinden başlayıp, Bitlis Hazar Gölü, Gölbaşı yönünde takip edilen Doğu Anadolu Fay Zonu Gölbaşı - Türkoğlu arasında Karasu - Hatay Grabeni içinde gözlenir (Yalçın 1978). Kuzeydoğu - Güneybatı izli ve

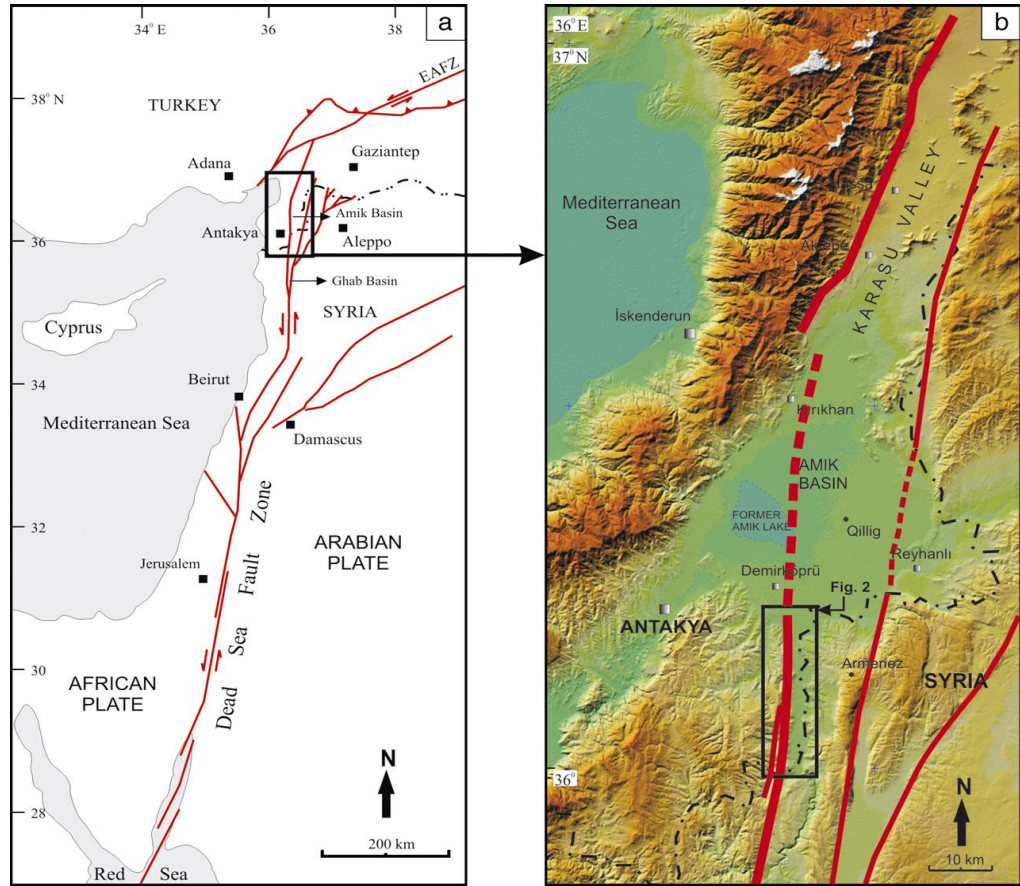
sol yönlü doğrultu atımlı olan fay Gölbaşı - Kahramanmaraş arasında kuzey yükselim alanını güneyden kesmiştir. Haydarlı-2 Kuyusu'nda bu durum belirlenmiştir (Sarıtaş 1984). Doğu Anadolu Fay Zonu'na paralel olan ve Amanos Dağlarını enine biçerek parçalayan faylar aynı makaslama sistemleri sonucunda gelişmiştir. Dört Yol - İslahiye Fayı Orta Amanoslarla Güney Amanosları birbirinden ayırır. Bu fay sol yönlüdür ve kuzey blok yükselmiştir. İskenderun - Güvenç Fayı Güney Amanosları iki parçaya ayıran sol yönlü bir faydır. Burada da kuzey bloğu yükselmiştir (Yıldız ve Taptık 2003).

2.1.2. ÖLÜ DENİZ FAY ZONU

Maraş' tan başlayıp yaklaşık kuzey - güney yönde Ölü Denize ve oradan Kızıldeniz'e kadar ulaşan fay sistemi Karasu - Hatay Grabeni'ni oluşturan başlıca sistemdir (Şekil 3).

Graben alanının doğusunda gözlenen ve Narlı - Sakçagöz arasında gizlenen güneye doğru Türkiye - Suriye devlet hududunu takip ederek Balık Gölü - Reyhanlı doğusunda devam eden Graben Doğu Fayı Ölü Deniz fayına paralel gelişen bir faydır. Suriye' de daha belirli görülen Ölü Deniz Fayı ise Amik Ovasında genç alüvyonla örtülü olduğu için belirli değildir. Ancak sismik kesitlerden Balık Gölü, Reyhanlı -1 Kuyusu Babatorun yönünde izlenerek Suriye' ye geçer. Graben Batı Fayı ise Kahramanmaraş - Kırıkhan arasında Amanos Dağları'nın doğusunu sınırlayan ve düşey atımının da oldukça fazla olduğu bir faydır.

Amanos Dağları'nın horst görünümü almasını sağlayan ve dağın batısını sınırlayan Erzin – İskenderun Fayı İskenderun Baseninin listrik faylarına dahil olmalıdır. Antakya'da başlayıp Keldağı eteklerine kadar izlenen ve basamak tipi faylarla gelişen fay sistemi Asi Nehri graben alanını ve Samandağı Horstu'nu oluşturur



Şekil 3. a) Kuzeyde Doğu Anadolu Fay Hattı ile güneyde Kızıl Deniz arasındaki Ölü Deniz Fay Hattı haritası.(Zilberman et al. (2000), Meghraoui et al. (2003) and Westaway (2003)) b)Ölü Deniz Fay Hattının kuzey kısmının büyütülmüş haritası . T Hacipaşa Fayı (kırmızı çizgi) ,diğer faylar (siyah çizgiler) (Perinçek and Çemen (1990), (1992), Yürür and Chorowicz (1998), Rojay et al. (2001) and Westaway (2003)).

2.1.3. HATAY, AMİK GÖLÜ, GRABEN MORFOLOJİSİ

Filiş zonunun hemen batısında N - S yönünde uzanan bir çöküntü çukuru göze çarpar (Hatay, Amik Gölü). Dünyanın önemli tektonik hatlarından biri olan Doğu Afrika'nın rif vadilerinin, Kızıldeniz, Lut Denizi çöküntüsünün kuzeye devamını teşkil eden Amik Gölü - Gölbaşı Grabeni, basamaklı topoğrafyası ile bir yandan Amanos çıkıntısını ve diğer yandan Gaziantep - Urfa platformunu sınırlandırır. Genç çöküntü morfolojisi arz eden bu zon üzerinde Amik Gölü, Gavur Gölü, Gölbaşı gibi bölgenin başlıca gölleri

bulunur. Bunun gibi Karasu, Asi ve kısmen de Aksu nehirleri çöküntüyü takip eder. Bu graben 200 - 450 m. yükseklikte olup, uzunluğuna yarıklardan ıkmiş bazalt akıntıları ve vadi içinde tabuler morfoloji tipleri ile karakterizedir (Yıldız ve Taptık 2003).

3. ANTAKYA'DA ZEMİN ÖZELLİKLERİ VE ZEMİN DEPREM İLİŞKİSİ

Hatay bölgesi ve çevresinde ; (1) Jura-Kretase yaşlı kireçtaşları (JKk), (2) Measthrihtiyen yaşlı ofiyolitler (Kmo, Kızıldağ ofiyoliti), (3) Pliyosen yaşlı kumtaşı, kiltası, çamurtaşı (Pl) ve (4) Kuvaterner yaşlı alüvyal akarsu çökelleri ve yamaç molozu (Qal, Qym) çökelleri olmak üzere dört ayrı birim ayırt edilmiştir.

Bu bölgenin GD'sunda KD-GB doğrultusu boyunca Jura-Kretase yaşlı kireçtaşları yüzeyler. Kireçtaşları beyaz-sarımsı renkli, yer yer tabakalı ve yer yer masif bir görünüm sunmaktadır. İnceleme alanı boyunca kireçtaşları, Measthrihtiyen yaşlı ofiyolitler ve Pliyosen yaşlı birimler ile fay dokanıklıdır. Fay yakınlarında kireçtaşları oldukça parçalanmış ve kırılmıştır. Faylanmaya bağlı olarak fay yakınlarında kireçtaşı tabakaları oldukça dikleşmiştir.

Antakya ve yakın çevresinde etkili olan tektonik rejim kısa mesafeler içinde farklı zemin özelliklerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Antakya şehri, Karasu segmentinin oluşturduğu, kuzeydoğu - güneybatı uzanıslı Antakya - Samandağ grabeni içinde yer alır. 10 - 20 km genişliğindeki bu graben alanı aynı zamanda Asi Nehri'nin Amik Ovası ile Akdeniz arasındaki vadisini oluşturur. Dolgu alanı özelliğindeki graben, batıda Amanos Dağları (2250 m), doğuda kel dağı (1729 m) ve onun kuzeye doğru devamı olan Habibineccar Dağı (509 m)'nin oluşturduğu horstlarla sınırlanır. Bu horstlar ise ana kaya özelliğindedir. Her iki horstun grabene bakan yamaçlarında birçok fay uzanır. Antakya şehri,bugün hem Asi Nehri'nin doğusunda,hem batısında hem de kuzeydeki Amik Ovası tabanında 80 - 200 m yükseltileri arasında gelişim gösterir. Şehrin büyük bir bölümü graben tabanındaki dolgu alanları üzerinde yer alır. Ana kaya özelliğindeki zeminler üzerinde ise daha az yerleşme bulunur. Yerleşmelerin farklı zeminler üzerinde yer alması, olası bir depremin de etkilerinin farklı şekilde ortaya çıkmasına neden olacaktır. Bu nedenle Antakya ve yakın çevresindeki zeminler, olası bir depremde

gösterecekleri tepkilere göre sınıflandırılmış ve bu sınıflandırmaya göre zemin mukavemet haritası yapılmıştır.

En zayıf zeminler ; Dolgu alanlarında ki Kuvaterner dönemine ait alüvyonlar, birikinti konileri ve yamaç döküntüleri bu tür zeminleri oluşturur. Zayıf zeminleri oluşturan birimlerin süreksizlik yüzeyi tanımlamaları, son derece zayıf kayalardan oluştuklarını gösterir. Aynı zamanda kalınlık, yer altı suyu ve morfolojik özelliklerde en zayıf zeminlerin oluşumunda etkili faktörlerdir.

Alüvyonlar graben tabanı (Amik Ovası)'nda geniş alan kaplar. Gri, açık gri renkli, olgun ve az olgun polijenik taneli, çakıl, kum, kil ve silt düzeylerinden oluşur. Çakıl ve kum düzeyleri yanal ve düşey yönde iç içe kamalanmaktadır. Materyaller ya çok az tutturulmuş yada serbesttir. Alüvyonların kalınlığı Amik Ovası'nın kenarlarından (15 - 30 m) ortaya ve kuzeyden (140 m) güneye (300 m) doğru belirgin bir artış gösterir. Asi Nehri'nde ise vadi tabanından uzaklaştıkça azaldığı görülür.

Alüvyonların yumuşak ve gevşek zemin özelliğinde kaslı depolar oluşturmaları, yer altı su seviyelerinin yüzeye yakın olması (bilhassa Asi Nehri boyunca), olası bir depremde, deprem dalgalarının genliklerini artırarak zemin büyütmesine yol açacaktır. Bu durum depremin şiddetini 2 - 3 derece artırır. Aynı zamanda bu alanlarda sıvılaşmalar meydana gelebilir.

Zemin etüdü amacıyla alüvyonlarda açılan sondaj kuyularında yeraltı su seviyesinin 3 - 7,5 m arasında değiştiği görülür. Aynı zamanda bu seviyelerin siltli, killi kumlardan oluşması olası bir depremde sıvılaşma riskini oldukça yükseltir. Bu riskin en yüksek olduğu yerler Haraparası mahallesi ile Kanatlı ve Ürgenpaşa mahallelerinin Asi Nehri'ne yakın alanlarıdır. Bunun yanında Asi Nehri boyunca yer yer oturmalar ve akarsuyun yatak değiştirmesi şeklinde morfolojik değişimler olabilir. Bütün bunlar olası bir depremde oluşacak hasarı arttıracaktır. Tarihsel dönemde meydana gelen depremlerde de bu zeminlerde benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır. M.S. 115'de ki depremde Asi Nehri'nin yatağında değişmelerin olduğu, 458 depreminde Asi Nehri

üzerinde bulunan adada ki (bugünkü Haraparası Mahallesi) yerleşmenin büyük zarar gördüğü ve deprem sonrası Asi Nehri'nin adayı oluşturan güney kolunun kuruduğu, 1822 depreminde Asi Nehri'nin yatak değiştirerek bugünkü yatağına yerleştiği ve aynı depremde Amik Ovası'nda suların fışkırdığı (sıvılaşma olayı), 1872 depreminde ise graben tabanında ki yerleşmelerin, yamaçlarda ki yerleşmelere göre daha fazla hasar gördüğü tarihi kayıtlarda belirtilmektedir. Bugün Haraparası mahallesi ile Küçükdalyan beldesi'nde ki alüvyon ve birikinti konileri içinde 3 - 5 m derinliklerde tarihi yapı kalıntılarının bulunması, sıvılaşmanın olduğunun bir diğer kanıtıdır.

Olası bir depremde Asi Nehri'nin kenarlarında sıvılaşmayla beraber kopma ve oturmalar, nehir yatağı boyunca yer alan yapıları olumsuz etkileyecektir. Asi Nehri şehir içinde 40 - 50 m genişliğinde, 20 - 30 m derinliğinde yapay bir vadide akar. Eğimin %50 - 65 olduğu vadi yamaçları, olası bir depremin tetiklediği sarsıntılarda yatay hareketler için serbest alan oluşturacaktır. Bu serbest alanlarda yapılaşma nedeniyle zemin yükünün artması, deprem sırasında Asi Nehri boyunca yer altı su seviyesinin ani alçalması ve yükselmesi, önceden var olan zemin dengesini kolayca bozacak ve nehir boyunca düşey ve düşeye yakın çatlakların oluşmasına neden olacaktır. Deprem sırasında sığ derinlikte ki kumlu seviyede meydana gelen sıvılaşma, bu çatlakları takip ederek yüzeye çıkacaktır. Söz konusu olaylar sonucunda çatlaklar giderek büyüyecek ve derinleşecektir. Bu durum nehir kenarlarında oturma, yıkılma ve heyelanlara neden olacaktır. Benzer olaylar 27.07.1998 Ceyhan depreminde, Ceyhan Nehri boyunca sık sık gerçekleşmiştir.

En zayıf zeminler içinde yer alan birikinti konileri ve yamaç döküntüleri ise Habibineccar Dağı ile Asi Nehri vadisi arasında ki yamaç etekleri ve fay diklikleri önünde yer alır. Habibineccar Dağı'nın Asi Nehri vadisi yamacında belirgin olarak izlenen faylar bulunur. Bu fayların farklı boyutlarda ki fay aynaları, yamaç boyunca eğim kırıklarına ve dirençsiz yüzeylerin çıkmasına neden olmuştur. Eğim değerleri yüksek olan bu dirençsiz yüzeyler, kolayca aşınmakta ve aşınan malzeme eğim doğrultusunda Asi Nehri'nin de içinde yer aldığı grabene doğru akış gösteren dereler tarafından taşınmaktadır.

Taşınan malzemelerin eğimin azaldığı alanlarda birikmesi sonucunda küçük boyutlu birikinti konileri oluşmuştur. Bunların büyüklükleri, kendilerini oluşturan akarsuların drenaj alanlarının büyüklüğü ile orantılı olarak değişmektedir.

Birikinti konileri ve yamaç döküntüleri de alüvyonlarda olduğu gibi suyu iletme ve depolama (akifer) özelliğine sahiptirler. Alüvyonlara göre avantajları, kalınlıklarının az olmasıdır. Ancak yamaç döküntüleri ile birikinti konileri, graben tabanında ki kalın dolgular ile grabeni çevreleyen ve ana kayadan oluşan yükseltiler arasında geçiş zonu oluşturur. Bu nedenle olası bir depremin etkisi en çok bu geçiş zonunda yer alan Kışla Saray, Fevzi Paşa, Gazi Paşa, Kuyulu, Şehitler, Kantara, Biniciler, İplik Pazarı, Kardeşler, Barbaros, Sofular, Orhanlı ve Hacı Ömer Alpagot Mahallelerinin yamaç döküntüleri ve birikinti konileri üzerinde ki bölümlerinde hissedilecektir. Çünkü deprem dalgaları, kalın dolgu alanları ve bu alanlar ile kayalık zemin arasındaki geçiş bölgelerinde çok büyük genliklere ulaşır.

Bu durum açık denizden kıyıya ulaşan dalgaların kıyıda yapmış olduğu etkiye benzer. Benzer durum 1 Ekim 1995 Dinar depreminde de gerçekleşmiştir. Bütün bunlar yamaç döküntüleri ve birikinti konilerinin alüvyonlara göre avantajlarını ortadan kaldırmaktadır. Aynı zamanda birikinti konileri ve yamaç döküntülerini oluşturan unsurların serbest ve eğimli olması, olası bir depremde yer yer kayma ve heyelanların ortaya çıkmasına neden olabilir.

Zayıf zeminler ; Asi Nehri'nin doğu ve batısında ki Kuvaterner akarsu taraçalarından oluşur. Süreksizlik yüzeyleri tanımlamasına göre son derece zayıf kayalar grubunda yer alır. Birim çakıl, kum ve yer yer silt litolojisine sahiptir. Unsurlar, genelde doğal bir çimentoyla bağlanmış ve alüvyonlara göre daha sıkışmış zemin özelliğindedir. Aynı zamanda kalınlıkları alüvyonlardan az olup 5 - 10 m daha yüksekte yer alırlar. Geçirimli olmalarına rağmen akifer özelliği göstermezler. Ancak silt düzeylerinin bulunduğu alanlarda tünemiş akiferler bulunur. Bu özellikleri ile en zayıf zeminlerden ayrılır.

Antakya’da yerleşme, en fazla zayıf zeminler üzerinde yer alır. Olası bir depremde zemin büyütmesinin yanında silt düzeylerine bağlı göçme, akma ve sıvılaşmalar görülebilir. Asi Nehri’nin kenarlarında sıvılaşmanın yanında kopma ve oturmalar gerçekleşebilir. Ancak en zayıf zeminlere göre unsurların tutturulmuş olması ve yer altı suyunun sınırlı alanlarda bulunması, sıvılaşma ihtimalini düşürmektedir. Bütün bunlar olası bir depremde, en zayıf zeminlere göre şiddetin daha az hissedilmesini sağlar.

Az sağlam zeminler ; Asi Nehri’nin doğu ve batısında mostra veren Üst Pliyosen birimlerinden oluşur. Nehrin batısında daha geniş alan kaplar. Birim, çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı ve kiltası ardalanması şeklinde bir litolojiye sahiptir. Ancak egemen litoloji kumtaşıdır. Çoğu yerde kumtaşı - kiltası ardalanması kendini gösterir. Sınırlı alanlarda killi kalkerler ve jipslere de rastlanır. Kumtaşı ince – orta - kalın tabakalı, taneler yuvarlak ve iyi boyplanmalı, seyrek eklemli, gevşek - orta karbonat çimento ile tutturulmuştur. Kiltası laminalı, ince tabakalı, bazen belirsiz tabakalı, seyrek eklemli, gevşek-orta tutturulmuş özelliğe sahiptir. Çakıltaşları orta - kalın tabakalı, seyrek bloklu, karbonatlı çimento ile gevşek ve orta derecede tutturulmuştur. Silttaşı ince – orta - kalın tabakalı, karbonatlı çimento ile orta derecede tutturulmuş, çoğunlukla kumtaşı - silttaşı, kiltası - silttaşı ardalanması şeklinde gözlenir. Killi kalker ince - orta tabakalı, orta derecede tutturulmuş, jipsler ise orta - kalın tabakalı ve saydam kristalli bir yapıya sahiptir. Silttaşı ve kiltası ardalanması birime geçirimsizlik özelliği kazandırdığından yer altı suyu içermez.

Kalınlığı 400 m’ yi bulan birim, yayvan ve düz sırtların bulunduğu dalgalı ve az eğimli bir topografyaya sahiptir. Bu nedenle yerleşmeye daha elverişlidir. Bugün Saraykent, Aksaray, Emek, Altınçay, Esentepe, Esenlik ve Gazi mahallelerinin büyük bir bölümü ile Elektrik, Akevler, Cebail ve Kışla Saray mahallelerinin dar alanları bu zeminler üzerinde yer alır. Yukarıda belirtilen zemin özellikleri, olası bir depremde şiddetin zayıf zeminlere göre daha az hissedilmesini sağlar. Bundan dolayı birim az sağlam zeminler olarak nitelendirilmiştir. Ancak birimi oluşturan unsurların farklı boyut ve türde

olması, yer yer kil düzeylerinin bulunması, dalgalı topografyada oturma ve heyelanların oluşmasına neden olabilir.

Orta derecede sağlam zeminler ; Orta Miyosen kumtaşı, killi kalker, silttaşı, kiltası ve marn ar dalanması ile Alt Miyosen çakıltaşı ve kumtaşlarından oluşur. Orta Miyosen birimleri, Habibineccar Dağı'nın doğu, güneydoğu ve kuzeydoğusunda mostra verir. Diğer birimlerle olan sınırları genelde faylıdır. Birimi oluşturan unsurların kalınlıkları çökel alanlarına göre farklılık gösterir. Bazen ar dalanma olmadan tek bir seviye metrelerce kalınlığa ulaşır. Birim tabanda merceksel geometrili resifal kalker ve çakıltaşı ara düzeyli kumtaşı - silttaşı ile başlar. Üste doğru killi kalker - kiltası ve marn ar dalanması kendini gösterir. Birim içerisinde ki kiltası, silttaşı ve marn ar dalanması, suyun iletilmesi ve depolanmasını önemli ölçüde sınırlandırmıştır. Bu nedenle birim geçirimsizdir. Orta Miyosen birimleri, fay basamağı ve yamaç ar azisi morfolojisine sahiptir. Diğer birimlerden düşey atımın egemen olduğu faylarla ayrılır. Bu nedenle dağ yamacında fay dikliklerine bağılı eğim kırıklıkları oluşmuştur. Eğim değerlerinin yüksek olması yerleşmeyi zorlaştırmaktadır. Alt Miyosen birimleri Antakya'nın güneydoğusunda ki Habibineccar Dağı zirvesinde geniş bir alan kaplar. Birim, orta-kalın tabakalı, karbonatlı çimento ile orta derecede tutturulmuş çakıltaşı - kumtaşı litolojisindedir. Çakıltaşları, polijenik elemanlı, yuvarlak, köşeli, orta boylanmalı, kalın - çok kalın katmanlıdır. Kumtaşı, yanal ve düşey yönde çakıltaşı ile geçişli, orta - kalın tabakalı bir yapıya sahiptir. Birimin kalınlığı çalışma alanı dışında 332 m' yi bulurken çalışma alanı için 80 m kadardır. Litolojik yapı gereğı akifer özelliğı gösterir. Yukarıda belirtilen özelliklerden dolayı olası bir depremin etkileri, orta derecede sağlam zeminlerde, zayıf zeminlerden daha az hissedilecektir. Bu zeminlerde deprem etkisi daha çok yamaç stabilitesinin bozulması, kaymalar, bilhassa fay dikliklerinde kaya düşmeleri şeklinde kendini gösterecektir. Ancak orta derecede sağlam zeminler yükselti ve eğim değerleri nedeniyle yerleşmeye pek elverişli değildir. Bu nedenle üzerlerinde çok az yerleşme bulunur.

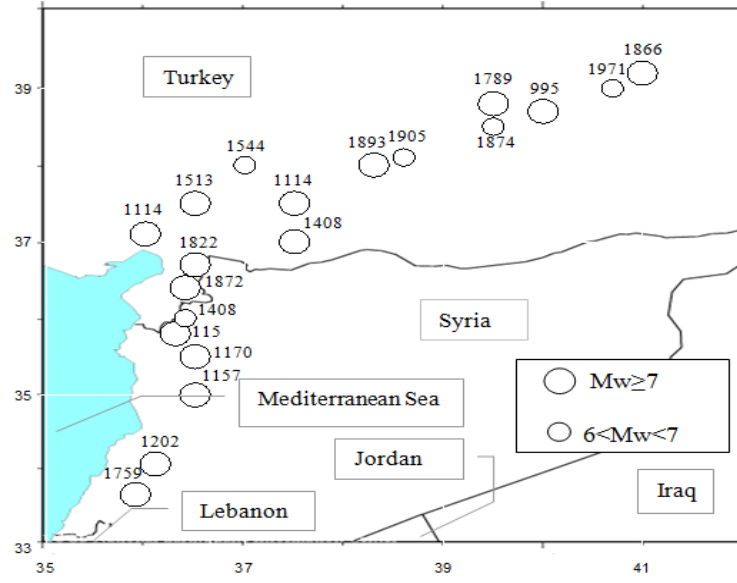
Sağlam zeminler ; Orta Miyosen resifal kalker, Alt - Orta Eosen kalkerleri ile Üst Kretase karmaşığından oluşur. Orta Miyosen resifal kalker,

Habibineccar Dağı'nın kuzeydoğu ve güneydoğusunda dar bir alanda görülür. Orta - kalın tabakalı, seyrek eklem ve çatlaklı, erimeli ve erime kovukları kalsit dolgulu, sıkı tutturulmuş bir litolojiye sahiptir. Birim geçirimli olmasına rağmen akifer özelliği göstermez. Çalışma alanında ki kalınlığı 20 - 50 m arasında değişmektedir. Alt - Orta Eosen birimleri, Habibineccar Dağı'nda geniş alan kaplar. Genelde diğer birimlerden faylarla ayrılır. Kalker, çörtlü kalker ve kırıntılı kalkerlerden oluşur. Kalkerler, orta kalın tabakalı, seyrek eklemli, çatlaklı, çatlak ve eklemler ya kalsit dolgulu ya da erime boşluklu bir litolojiye sahiptir. Hatta erime boşluklarının gelişme sonucunda bir çok mağara oluşmuştur. Çörtlü kalker, kalker ve kırıntılı kalkerlere göre daha sert ve dayanımlıdır. Kırıntılı kalker, kalkerler içinde mercek ya da ara düzey şeklinde gözlenir. Alt - Orta Eosen birimleri geçirimli olup akifer özelliği göstermezler. Üst Kretase karmaşığı, Antakya'nın doğusu ile güneydoğusunda ki Habibineccar Dağı'nda dar alanda yüzeyleyir. Çalışma alanında tektonik peridotit ve volkano - sedimanterler ile temsil edilir. Tektonik peridotitler ince – orta - eş taneli, sık çatlak ve eklemli, çatlak ve eklemler kalsit ve kil dolgulu, makaslanma yüzeylerinde serpantinleşmenin yoğun olduğu bir litolojiye sahiptir. Eklem ve çatlakların kalsit ve kil dolgulu olması birimin suyu iletmesini engeller. Aynı zamanda litolojik yapısında suyun depolanmasına elverişli olmayışı, birime geçirimsizlik özelliği kazandırmıştır. Volkano - sedimanterler, bazaltik lav, tuf, radyolarit, çört ve kalkerlerden oluşur. Egemen litoloji bazaltik lavlardır. Lavlar, sık eklemli, çatlaklı, çatlaklar kil ve kalsit dolgulu olup sıkı tutturulmuştur. Radyolaritler, ince tabakalı, sık kıvrım ve çatlaklıdır. Kalkerler, sık çatlaklı ve eklemli olup sıkı tutturulmuştur. Volkano - sedimanterler, litolojik yapıları nedeniyle geçirimsizdirler. Üst Kretase birimleri, fay basamağı, yamaç arazisi ve Pliyosen aşınım yüzeyi morfolojisindedir. Olası bir depremde bilhassa fay dikliklerinde kaya düşmeleri, makaslanma zonlarında killeşme ve ezilmeye bağlı kütle hareketleri görülebilir. Sağlam zeminlerin eğim ve yükselti değerleri her ne kadar yerleşmeyi zorlaştırsa da Antakya şehri'nin Habibineccar Dağı yamacında en çok geliştiği alanı oluşturur. Olası bir depremin şiddeti, diğer zeminlere göre en az bu zeminlerde hissedilecektir.

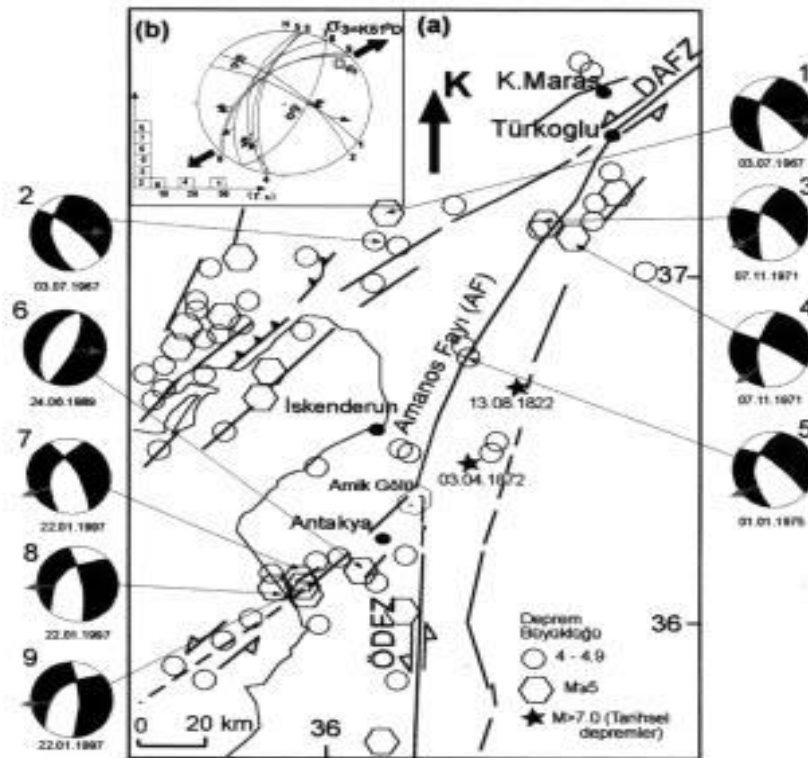
Sonuç ; Antakya ve yakın çevresinin de içinde yer aldığı Antakya - Kahramanmaraş grabeni, farklı tektonik yapıların bir arada bulunduğu ve tektonik etkinliğin çok yoğun yaşandığı alanlardan biridir. Graben alanı, Ölüdeniz Fayı ve Doğu Anadolu Fayı (DAF) ile Kıbrıs Yayı'nın etkisindedir. Antakya Şehri ise Ölüdeniz Fayı'nın etkisi altındadır. Bu nedenle şehir oldukça yüksek bir sismik riske sahiptir. Tarihsel ve aletsel dönemde meydana gelen depremler bu sismik riski ispat etmektedir. Tarihsel dönemde, Antakya ve çevresinde yıkıcı etki yapan bir çok deprem meydana gelmiştir. Ancak son 135 yıldan beri bölgede gerilimi boşaltacak bir depremin olmayışı, gelecekte deprem olma riskini her geçen gün arttırmaktadır. Çok uzun süren durgunluk döneminden dolayı, halk olası bir deprem tehlikesinden habersizdir. Bu durum tehlikenin boyutunu daha da arttırmaktadır. Antakya ve yakın çevresinde görülen yoğun tektonik rejim, kısa mesafede farklı zemin özelliklerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu zeminler olası bir depremde gösterecekleri tepkilere göre en zayıf zeminler, zayıf zeminler, az sağlam zeminler, orta derecede sağlam zeminler ve sağlam zeminler şeklinde sınıflandırılmıştır. Graben alanı ve akarsu boylarında ki dolgu alanları, en zayıf ve zayıf zeminleri oluşturmaktadır. Olası bir depremde, zemin büyütmesi, sıvılaşma, kopma, oturma ve heyelanlara bağlı şiddetin en çok hissedileceği zeminlerdir. Ne yazık ki bugün şehrin büyük bir bölümü bu zeminler üzerinde yer alır. Grabenin doğu ve batısında ana kaya özelliğinde ki horst alanları, az sağlam, orta derecede sağlam ve sağlam zeminlerden oluşur.

Az sağlam zeminler, grabenin batısında geniş alan kaplamaktadır. Yerleşme için uygun topografyaya sahiptir. Zemin özelliklerinden dolayı olası bir depremin şiddeti, en zayıf ve zayıf zeminlere göre daha az hissedilecektir. Orta derecede sağlam ve sağlam zeminler ise Habibineccar Dağı'nın batı yamacında yer alır. Ancak burada eğim değerlerinin yüksek olması yerleşmeyi engellemektedir. Antakya'da mevcut yerleşme ile zemin özellikleri arasında ki ilişki, olası bir depremde ortaya çıkacak can ve mal kayıpları konusunda ki endişeyi arttırmaktadır. Can ve mal kayıplarının az düzeyde gerçekleşebilmesi için yerleşmeler öncelikle sağlam ve orta derecede sağlam zeminlerin topografik olarak yerleşmeye elverişli bölümlerine inşa edilmelidir.

Ancak sağlam zeminlerin yerleşmeye elverişli alanlarının az olması, ileride şehrin gelişimini karşılayamaz. Bu nedenle şehrin gelişimi Asi nehri'nin batısında topografik olarak yerleşmeye deha elverişli ve geniş alana sahip az sağlam zeminlere yönlendirilmelidir. (Antakya Belediyesi , Antakya Merkeze Ait İmara Esas Zemin Etüt Raporu , 2004)



Şekil 5. Antakya bölgesinde meydana gelmiş tarihsel depremler haritası(An Assessment of Earthquake Hazard in Gaziantep,Türkey (Ali Fırat Çabalar)



Şekil 6. Hatay bölgesi ve çevresinin sismotektoniği. Hatay Bölgesinde Etkin Gerilme Durumları (Över vd.2001)

5. DEPREM TEHLİKESİ

5.1.GİRİŞ

Hasar ve can kaybı yaratabilecek büyüklükte bir depremde kaynaklanan yer hareketinin belli bir yerde ve belli bir zaman periyodu içerisinde belirlenmesi olarak tanımlanır ve deprem nedeni ile hasar, mal ve can kaybı ihtimali olarak tanımlanan, deprem riski kavramının önemli bir ögesi oluşturur. Gelecek depremlerin konumu, oluş zamanı, büyüklüğü ve diğer özellikleri belirsizlik arz ettiği için deprem tehlikesi tayinlerinde olasılık hesaplarına dayalı tahminler önemli karar araçlarıdır.

Kentlerde deprem tehlikesinin belirlenmesi amacı ile deterministik ve/veya probabilistik yöntemler kullanılır. Senaryo depremlerinin rasyonel yaklaşımlarla belirlendiği durumlarda her iki yöntem birbirine benzer sonuçlar sağlayabilir.

Deprem tehlikesi analizlerinin temel sonuçları, belirlenmiş bir bölge için mevcut jeoloji ve depremsellik bilgilerine dayalı olarak hesaplanan maksimum yer hareketi parametrelerine (maksimum ivme, şiddet gibi) tekabül eden münhanilerdir.

Genelde, ihtimal hesaplarına dayalı deprem tehlikesi belirlemelerinde kullanılan kuramsal modeller ; (1) jeolojik ve sismolojik verilerden hareketle potansiyel deprem kaynaklarının tanımlanması, (2) deprem büyüklükleri için ihtimal dağılımının tayini, (3) stokastik işlem modellemesi ve (4) yer hareketi azalım ilişkilerinin belirlenmesi aşamalarını ihtiva eder.

5.2. DETERMINİSTİK DEPREM TEHLİKESİ

Deterministik olarak belirlenen deprem tehlikesi, zaman boyutundan bağımsız olarak, bölgede meydana gelebilecek en büyük depremin yaratacağı yer hareketinin düzeyidir.

Türkiye genelinde, daha önceki depremlerle ilgili maksimum şiddet dağılımları temel alınarak deprem tehlikesi haritaları hazırlanmıştır. Bu haritalardaki tehlike bölgeleri, tekrarlanma periyotlarına bakılmaksızın şimdiye kadar oluşan maksimum şiddetler temel alınarak belirlenmiştir. Bu tür tehlike haritalarına “deterministik haritalar” adı verilmektedir. 1972 tarihli Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, geçmişteki maksimum şiddetleri temel alarak beş deprem tehlike bölgesi belirlemektedir (Ergünay, 1976). 1. Derece deprem tehlikesi olan bölgede en yüksek şiddet (MSK) IX veya daha üstüdür, 2. Bölgede şiddet VIII, 3. bölgede şiddet VII, 4. Bölgede şiddet VI ve tehlikesiz bölge olarak kabul edilen 5. Bölgede şiddet V 'e eşittir. Belirli bir mahal için en büyük deterministik deprem tehlikesi bu mahali etkileyebilecek deprem kaynaklarında meydana gelebileceği varsayılan en büyük depremin bu mahalde yaratacağı en büyük yer hareketine eşdeğerdir. Bu kapsamda: (1) Her bir deprem kaynağındaki oluşabilecek en büyük deprem merkez üstünün kente en yakın olabilecek şekilde kaynak bölgesinin kenarında yer alacağı var sayılır; (2) Hiçbir tektonik birimle ilişki kurulamayan depremlerin mahallin hemen altında meydana geleceği varsayılır.

Deprem hasar senaryoları ve master planlarının hazırlanması kapsamında kentsel deprem tehlikesinin deterministik olarak belirlenmesi için “Senaryo Depremi” olarak adlandırılan ve kenti makul bir süre zarfında ve makul bir olasılıkla etkileyebileceği varsayılan deprem veya depremler kullanılır. Bu tip senaryo depremleri için göz önüne alınan “makul süre”ler genellikle insan ömrü ile veya önemi yapıların ekonomik ömrü ile kıyaslanabilecek (50-60 yıl) şekilde seçilir. Bu bağlamda deterministik deprem tehlikesi:

Senaryo depreminin oluşacağı deprem kaynak bölgelerinin, bu bölgelerde oluşabilecek makul düzeydeki deprem büyüklüğünün ve kullanılacak azalım ilişkisinin bir fonksiyonu olmaktadır.

Gerekli değerlendirme, karşılaştırma ve sınamalar neticesinde Hatay için senaryo depremi olarak “Amanos, Doğu Hatay ve Ölü Deniz Fayları” üzerinde oluşacak $M_s = 6.5$ büyüklüğünde bir depremin göz önüne alınması uygun bulunmuştur. Kuzeydoğu - Güneybatı doğrultusunda uzanan bu fayların faylanma mekanizmasının doğrultu atımlı olacağı tahmin edilmektedir. Bu yırtılma alanı Wells ve Coppersmith (1994) tarafından belirlenmiş yırtılma - deprem büyüklüğü ilişkisi kapsamında $M_s = 6.5$ büyüklüğü ile uyum sağlamaktadır. Amanos Fay düzlemi kuzeye doğru düşeyle 30 derecelik , Doğu Hatay Fay düzlemi kuzeye doğru düşeyle 60 derecelik, Ölü Deniz Fay düzlemide kuzeye doğru düşeyle 0 derecelik bir eğim yapmaktadır.

6. AZALIM İLİŞKİLERİ İLE İLGİLİ LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Deprem tehlikesi çalışmalarında kullanılan azalım ilişkileri yer hareketinin kaynak, yayılma hattı ve bölge özelliklerine bağlı bir ölçüsüdür.

Deprem tehlikesi çalışmalarında kullanılan azalım ilişkileri, maksimum ivme, şiddet ve spektral ivme gibi yer hareketi parametrelerini deprem kaynak parametreleri, yayılma hattı ve zemin özelliklerine bağlı olarak belirler. Örneğin, ivme azalım ilişkisi ; sismik enerjinin kaynaktan itibaren değişime uğrayarak yayılması sonucu , vardığı yerdeki etkisini ivme değeri olarak ifade eden bağıntıdır. Yeterli sayıdaki ivme kaydı verisiyle yeryüzünün değişik bölgeleri için farklı ivme azalım ilişkileri kurulabilir. Deprem kaynak özellikleri (gerilme boşalması, kaynak derinliği, yırtılan fay alanı, atım dağılımı , fayın türü, kırılma yönelmesi v.b), kaynak saha arasındaki yol özellikleri (yerkabuğu yapısı, taban kaya s dalgası hızı, sönüm niteliği) , yerel zemin koşulları (zemindeki kayaçlar, jeoteknik özellikler) , gibi faktörler ivme azalım ilişkisini etkileyen faktörlerdir.

Türkiye ve Doğu Akdeniz bölgesinden gelen güçlü veri miktarının sınırlılığı ve bölge istasyonlarının tanımladığı çoklu çözüm olasılıkları, güvenilir bölge azalım ilişkilerinin geliştirilmesine izin vermemektedir. Ancak Özbey (2001) PGA için Kuzeybatı Türkiye'ye uygulanabilir bir azalım ilişkisini Kocaeli - Düzce ana depremi ve artçı sarsıntılarından aldığı verileri kullanarak geliştirmiştir.

Anadolu ile Kaliforniya arasındaki jeolojik ve jeoteknik benzerliklere rağmen (Fay hatları benzerliği) tercih edilen tahmini mukayeseler, batı ABD de (Leyendecker et.al.2000) depremin yol açtığı maddi tahribat miktarının değerlendirilmesinde kullanılmış olan azalım ilişkilerinin kullanılmasında ihtiyatlı olunmasına karar verilmiştir.

Yaptığımız çalışmada maksimum zemin ivmesi için Boore (1997), spektral ivme için ise Sadigh (1997) uygulamaları kullanılmıştır.

6.1. AZALIM İLİŞKİLERİ TARİHÇESİ

Azalım ilişkilerini 1980 öncesi ve sonrası olarak ikiye ayırmak mümkündür. Bu ayrımında gözlem ağlarındaki sayısal artış ile birlikte, ilişkilerde kullanılan değişkenlerin artışı en önemli faktörlerdir.

6.1.1. 1980 ÖNCESİ AZALIM İLİŞKİLERİ

İlk ivme azalım ifadeleri 1970'lerin başından itibaren verilmeye başlanmıştır. O tarihlerde en çok kullanılan Donavan ve Estava bağıntıları sadece iki faktör içeriyordu ; Deprem büyüklüğü, orijinal Richter ölçeği ve odak uzaklığı. Türkiye'de en çok kullanılan Shah ve diğerlerinin verdiği, Estava'nın modeline benzeyen bağıntıdır.

6.1.2. 1980 SONRASI AZALIM İLİŞKİLERİ

Kuvvetli yer hareketi kayıtları çoğaldıkça, 'ivme değeri, deprem magnitüdü, odak derinliği, fayın yüzeye uzaklığı', şeklinde belirtilen faktörlerin önemli bölümünün ivme azalım bağıntılarında kullanıldıkları gözlenmektedir. 1980 kuşağı ivme azalım bağıntılarında zemin cinsi, zemin veya kaya şeklinde belirtilirken 1990' lı yılların ivme azalım bağıntılarında ise faylanma türü dahil edilmiş, zeminin türü ise kayma hızı cinsinden ifade edilmiştir. Kısaca topoğrafya faktörü hariç diğer faktörlerin günümüz ivme azalım bağıntılarında dikkate alındığı görülmektedir.

6.2. MAKSİMUM YER İVMESİ AZALIMI İLİŞKİLERİ

Deprem tehlikesi belirlemelerinde en yaygın olarak kullanılan tek belirleyici (PGA) olarak kısıltacağımız en büyük yatay yer ivmesidir. PGA değerinin kullanılması en önemli gerekçelerden biri deprem şartnamelerinde önerilen tasarım spektrum şekillerinin PGA (veya etkin ivme) ile ölçeklendirilebilmesidir.

Zemin formasyonlarının PGA değerine olan etkisinin azalım ilişkilerine istatistiki açıdan da yansıtılabilmesi ancak 1985 Mexico City, 1989 Loma Prieta ve 1994 Northridge depremlerinden elde edilen kuvvetli yer hareketi verileri ve kayma dalgası yayılma hızı bağımlı yeni zemin sınıflandırmaları

sayesinde mümkün olmuştur. Boore ve diğerleri, (1993); Campbell ve Bozorognia, (1994). Joyner ve Boore (1988) ve Boore ve diğerleri (1993) ortalama kayma dalgası yayılma hızına göre tanımlanmış üç zemin sınıfı için spektral ivme azalım ilişkilerini değişik periyotlar ve sönüm oranları için sağlamıştır.

Ülkemizde kaydedilmiş kuvvetli yer hareketi ivmelerinin ancak kısıtlı sayıda olması azalım ilişkilerinde diğer ülkelerden kaynaklanan PGA azalım ilişkilerinin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Erdik ve diğerleri (1985), ülkemiz kaynaklı kuvvetli yer hareketi verilerinin California verileri ile uyum sağladığını gösterdikten sonra, Schnabel ve Seed (1973) tarafından önerilen PGA azalım ilişkisini, özellikle yakın sahada Campbell (1981) azalım ilişkisi ile telif ederek kullanmıştır.

Bu tez çalışmasında Boore (1997) azalım ilişkisi uygulaması kullanılmıştır. Aşağıdaki ifadeler ile verilen Boore (1997) PGA ve Spektral ivme azalım ilişkileri Kuzeybatı Amerika'dan alınan kuvvetli yer hareketi verileri kullanılarak geliştirilmiştir. Denklemler zirve ivmesinin rastgele yatay bileşenlerini ve moment büyüklüğü türünden sönümlenmiş pseudo ivmesini tahmin eder. Ayrıca bölgede doğrultu atımlı, ters fay, tanımlanmamış fay mekanizmaları için bölgesel koşulları dikkate alır.

Zemin koşulları 30 m üzerinde ortalama S dalga hızı tarafından temsil edilir ve ortalama S hızı tavsiye değerleri tipik kaya ve zemin sınıfları ve NEHRP Sismik kod hükümleri için verilir.

Tablo 1. Ortalama S Dalgası Hızı İçin Önerilen Değerler

NEHRP Site Class B	1070 m/s
NEHRP Site Class C	520 m/s
NEHRP Site Class D	250 m/s
Rock	620 m/s
Soil	310 m/s

Deprem mekanizması bir katsayı yardımı ile birlikte ifade edilir. Yani b_1 .

$$\ln(Y) = b_1 + b_2 (M - \bar{M}) + b_3 (M - \bar{M})^2 + b_5 \ln r + b_v \ln (V_S / V_A)$$

$$r = (r_{jb}^2 + h^2)^{1/2}$$

Y = Yatay ivme piki

M = Moment magnitüd $M \geq 5$

r = Kırıktan istasyona en yakın mesafe $r \geq 20$ km

r_{jb} = Bir noktadan istasyona en yakın yatay mesafe

V_S = 30 m derinlikteki ortalama S dalgası hızı (m / s)

$b_1 = b_{1SS}$ doğrultu atımlı depremler için

= b_{1RSS} ters atımlı depremler için

= b_{1ALL} eğer mekanizma belirtili değilse

Yer hareketinin tahmini için kullanılan denklem içinde düzeltilen katsayı bir ağırlık kullanılarak iki aşamalı tahmin metodu ile saptanır. İlk aşamada, her bir deprem için mesafe ve yer koşullarına bağlı olarak büyütme faktörleri saptanır. İkinci aşamada, büyütme faktörler magnitüd bağımlılığını belirlemek için magnitüde karşı gerilenmiştir.

Tablo 2. Boore'nin Düzelti Katsayıları (1997). PGA ve SA Azalım İlişkisi

Period	b _{1SS}	b _{1RS}	b _{1ALL}	b ₂	b ₃	b ₅	b _v	V _A	h	δ _{lny}
PGA	-0,313	-0,117	-0,242	0,527	0	-0,078	-0,371	1396	5,57	0,52
0.10	1,006	1,087	1,059	0,753	-0,226	-0,934	-0,212	1112	6,27	0,479
0.11	1,072	1,164	1,13	0,732	-0,23	-0,937	-0,211	1291	6,65	0,481
0.12	1,109	1,215	1,174	0,721	-0,233	-0,939	-0,215	1452	6,91	0,485
0.13	1,128	1,246	1,2	0,711	-0,233	-0,939	-0,221	1596	7,08	0,486
0.14	1,135	1,261	1,208	0,707	-0,23	-0,938	-0,228	1718	7,18	0,489
0.15	1,128	1,264	1,204	0,702	-0,228	-0,937	-0,238	1820	7,23	0,492
0.16	1,112	1,257	1,192	0,702	-0,226	-0,935	-0,248	1910	7,24	0,495
0.17	1,09	1,242	1,173	0,702	-0,21	-0,933	-0,258	1977	7,21	0,497
0.18	1,063	1,222	1,151	0,705	-0,216	-0,93	-0,27	2037	7,16	0,499
0.19	1,032	1,198	1,122	0,709	-0,212	-0,927	-0,281	2080	7,1	0,501
0.20	0,999	1,17	10,89	0,711	-0,207	-0,924	-0,292	2118	7,02	0,502
0.22	0,925	1,104	1,019	0,721	-0,198	-0,918	-0,315	2158	6,83	0,508
0.24	0,847	1,033	0,941	0,732	-0,189	-0,912	-0,338	2178	6,62	0,511
0.26	0,764	0,958	0,861	0,744	-0,18	-0,906	-0,36	2173	6,39	0,514
0.28	0,681	0,881	0,78	0,758	-0,168	-0,899	-0,381	2158	6,17	0,518
0.30	0,598	0,803	0,7	0,769	-0,161	-0,893	-0,401	2133	5,94	0,522
0.32	0,518	0,725	0,619	0,783	-0,152	-0,888	-0,42	2104	5,72	0,525
0.34	0,439	0,648	0,54	0,794	-0,143	-0,882	-0,438	2070	5,5	0,53
0.36	0,361	0,57	0,462	0,806	-0,136	-0,877	-0,456	2032	5,3	0,532
0.38	0,286	0,495	0,385	0,82	-0,127	-0,872	-0,472	1995	5,1	0,536
0.40	0,212	0,423	0,311	0,831	-0,12	-0,867	-0,487	1954	4,91	0,538
0.42	0,14	0,352	0,239	0,84	-0,113	-0,862	-0,502	1919	4,74	0,542
0.44	0,173	0,282	0,169	0,852	-0,108	-0,858	-0,516	1884	4,57	0,545
0.46	0,005	0,217	0,102	0,863	-0,101	-0,854	-0,529	1849	4,41	0,549
0.48	-0,058	0,151	0,036	0,873	-0,097	-0,85	-0,541	1816	4,26	0,551
0.50	-0,122	0,087	-0,025	0,884	-0,09	-0,846	-0,553	1782	4,13	0,556
0.55	-0,268	-0,063	-0,176	0,907	-0,078	-0,837	-0,579	1710	3,82	0,562
0.60	-0,401	-0,203	-0,314	0,928	-0,069	-0,83	-0,602	1644	3,57	0,569
0.65	-0,523	-0,331	-0,44	0,946	-0,06	-0,823	-0,622	1592	3,36	0,575
0.70	-0,634	-0,452	-0,555	0,962	-0,053	-0,818	-0,639	1545	3,2	0,582
0.75	-0,737	-0,562	-0,661	0,979	-0,046	-0,813	-0,653	1507	3,07	0,587
0.80	-0,829	-0,666	-0,76	0,992	-0,041	-0,809	-0,666	1476	2,98	0,593
0.85	-0,915	-0,761	-0,851	1,006	-0,037	-0,805	-0,676	1452	2,92	0,598
0.90	-0,993	-0,848	-0,933	1,018	-0,035	-0,802	-0,685	1432	2,89	0,604
0.95	-1,066	-0,932	-1,01	1,027	-0,032	-0,8	-0,692	1416	2,88	0,609
1.00	-1,133	-1,009	-1,08	1,036	-0,032	-0,798	-0,698	1406	2,9	0,613
1,10	-1,249	-1,145	-1,208	1,052	-0,03	-0,795	-0,706	1396	2,99	0,622
1,20	-1,345	-1,265	-1,315	1,064	-0,032	-0,794	-0,71	1400	3,14	0,629
1,30	-1,428	-1,37	-1,407	1,073	-0,035	-0,793	-0,711	1416	3,36	0,637
1,40	-1,495	-1,46	-1,483	1,08	-0,039	-0,794	-0,709	1442	3,62	0,643
1,50	-1,552	-1,538	-1,55	1,085	-0,044	-0,796	-0,704	1479	3,92	0,649
1,60	-1,598	-1,608	-1,605	1,087	-0,051	-0,798	-0,697	1524	4,26	0,654
1,70	-1,634	-1,668	-1,652	1,089	-0,058	-0,801	-0,689	1581	4,62	0,66
1,80	-1,663	-1,718	-1,689	1,087	-0,067	-0,804	-0,679	1644	5,01	0,664
1,90	-1,685	-1,763	-1,72	1,087	-0,074	-0,808	-0,667	1714	5,42	0,669
2,00	-1,699	-1,801	-1,743	1,085	-0,085	-0,812	-0,655	1795	5,85	0,672

6.3. SPEKTRAL İVME AZALIM İLİŞKİLERİ

Sadigh ilk önce Californiya'dan kuvvetli yer hareketi verilerini baz alarak yeni bir azalım ilişkisi geliştirdi. İlişkiler 100 km mesafeden magnitüdü 4 ve 8'den büyük depremlerin momentini, kaya ve sıkı zemin diye tarif edilen zemin sınıfları için, doğrultu atımlı ve ters fay türü faylanmalar için depremlerin 2 yatay bileşeninin geometrik anlamlarını sunar.

Burada kaya azalım modellerini veren zemin durumları temsilcisi yumuşak kaya gibi kabul edilebilir. Derin zemin verisi anakaya üzerinde 20 metre zeminden daha büyük tabakalardandır.

Yatay tepki spektral ivme azalım ilişkileri zemin durumlarına göre 2 ayrı denklem ile verilir.

$$\ln(y) = C_1 + C_3M + C_3(8,5-M)^{2.5} + C_4\ln(r_{up} + \exp(C_5+C_6M)) + C_7\ln(r_{up}+2)$$

y = PGA veya SA, 2 yatay öğenin geometrik anlamını gösterir.

M = Moment

r_{up} = Fay kırık yüzeyine minimum mesafe (km)

Tablo 3. Kaya Zeminlerin Yatay Tepki Spectral İvmelerin Azalım İlişkilerinin Katsayıları (M<6.5)

Period	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
M ≤ 6.5							
PGA	-0,624	1	0	-2,1	1,29649	0,25	0
0,07	0,11	1	0,006	-2,128	1,29649	0,25	-0,082
0,1	0,275	1	0,006	-2,148	1,29649	0,25	-0,041
0,2	0,153	1	-0,004	-2,08	1,29649	0,25	0
0,3	-0,057	1	-0,017	-2,028	1,29649	0,25	0
0,4	-0,298	1	-0,028	-1,99	1,29649	0,25	0
0,5	-0,588	1	-0,04	-1,945	1,29649	0,25	0
0,75	-1,208	1	-0,05	-1,845	1,29649	0,25	0
1	-1,705	1	-0,055	-1,8	1,29649	0,25	0
1,50	-2,407	1	-0,065	-1,725	1,29649	0,25	0
2	-2,945	1	-0,07	-1,67	1,29649	0,25	0
3	-3,7	1	-0,08	-1,61	1,29649	0,25	0
4	-4,23	1	-0,1	-1,57	1,29649	0,25	0

Tablo 4. Kaya Zeminlerin Yatay Tepki Spectral İvmelerin Azalım İlişkilerinin Katsayıları (M>6.5)

Period	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
M ≥ 6.5							
PGA	-1,274	1,1	0	-2,1	-0,48451	0,524	0
0,07	-0,54	1,1	0,006	-2,128	-0,48451	0,524	-0,082
0,1	-0,375	1,1	0,006	-2,148	-0,48451	0,524	-0,041
0,2	-0,497	1,1	-0,004	-2,08	-0,48451	0,524	0
0,3	-0,707	1,1	-0,017	-2,028	-0,48451	0,524	0
0,4	-0,948	1,1	-0,028	-1,99	-0,48451	0,524	0
0,5	-1,238	1,1	-0,04	-1,945	-0,48451	0,524	0
0,75	-1,858	1,1	-0,05	-1,845	-0,48451	0,524	0
1	-2,355	1,1	-0,055	-1,8	-0,48451	0,524	0
1,50	-3,057	1,1	-0,065	-1,725	-0,48451	0,524	0
2	-3,595	1,1	-0,07	-1,67	-0,48451	0,524	0
3	-4,35	1,1	-0,08	-1,61	-0,48451	0,524	0
4	-4,88	1,1	-0,1	-1,57	-0,48451	0,524	0

Tablo 5. Kaya Zeminlerde Tepki Spektral İvmeler İçin Standart Sapma Tablosu

Period	$\sigma \ln y$
PGA	1,39-0,14M ;M ≥ 7,21 için 0,38
0,07	1,40-0,14M ;M ≥ 7,21 için 0,39
0,1	1,41-0,14M ;M ≥ 7,21 için 0,40
0,2	1,43-0,14M ;M ≥ 7,21 için 0,42
0,3	1,45-0,14M ;M ≥ 7,21 için 0,44
0,4	1,48-0,14M ;M ≥ 7,21 için 0,47
0,5	1,50-0,14M ;M ≥ 7,21 için 0,49
0,75	1,52-0,14M ;M ≥ 7,21 için 0,51
1	1,53-0,14M ;M ≥ 7,21 için 0,52
>1	1,53-0,14M ;M ≥ 7,21 için 0,52

$$\ln(y) = C_1 + C_2 M - C_3 \ln(r_{rup} + C_4 e^{C_5 M}) + C_6 + C_7 (8.5 - M)^{2.5}$$

Y = PGA or SA iki yatay unsurun geometrik anlamını gösterir.

r_{rup} = Fay kırık yüzeyine minimum mesafe(km)

7. TASARIM SPEKTRUMUNUN BELİRLENMESİ

Yapıların deprem tasarımı için deprem yer hareketi, frekans tanım alanında (Davranış Spektrumu) ve/veya zaman tanım alanında (Akselerogram = İvme kaydı) olarak belirlenir. Davranış spektrumu belirlemelerinde esas olarak %5 sönüm oranına tekabül eden parametrik spektral şekiller kullanılır. Spektrumun belirlenmesinde kullanılan parametreler deprem tehlikesi haritalarında nicelendirilmiş spektral ivme (veya en büyük ivme) değerleri ve zemin tipi ile ilişkilendirilmiş faktörlerdir.

Bu bölümde zemin-bağımlı deprem yer hareketinin belirlenmesi hakkında geçerli hususlar NEHRP (2003) esas alınarak incelenmiştir.

ZEMİN SINIFLARI

İvme Spektrumu'nda esas alınan zemin sınıfları aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

A Sınıfı: Sert kaya, kayma dalgası hızı, $V_s > 1500$ m/sn

B Sınıfı: Kaya, $(760 \text{ m/sn} < V_s \leq 1500 \text{ m/sn})$

C Sınıfı: Çok sıkı zeminler ve yumusak kaya,
 $(360 \text{ m/sn} < V_s < 760 \text{ m/sn})$ veya

$N > 50$ veya

$S_u > 100$ kPa

D Sınıfı: Katı zeminler, $(180 \text{ m/sn} < V_s < 360 \text{ m/sn})$ veya $(15 \leq N \leq 50)$
veya

$(50 \text{ kPa} < S_u < 100 \text{ kPa})$

E sınıfı: $V_s < 180 \text{ m/sn}$ veya $N < 15$ veya $S_u < 50 \text{ kPa}$ olan zemin profili
veya 3 metreden kalın yumusak kil bulunan zemin profili

$(PI > 20, w \geq \%40 \text{ ve } S_u < 25 \text{ kPa})$

F Sınıfı: Sahaya özel değerlendirme gerektiren zeminler:

(1) Deprem etkisi altında potansiyel çökme veya göçme duyarlılığı olan zeminler (örneğin; sıvılaşabilen zeminler), yüksek derecede hassas killeri ve zayıf çimentolanmış zeminler, vb.

İstisna: Hakim periyodu 0.5 sn'den düşük olan yapılar için sıvılaşabilen zeminlerde spektral

ivmelerin bulunmasında sahaya özel geoteknik araştırmaya gerek yoktur. Bu durumda zemin sınıfı B.2'ye göre belirlenir.

(2) Turbalar ve/veya yüksek derecede organik killeri

($H > 3$ m kalınlığında turba ve/veya organik kil)

(3) çok yüksek plastisiteli killeri ($H > 8$ m ve $PI > 75$)

(4) çok kalın yumuşak/orta sert killeri ($H > 36$ m ve $S_u < 5 < kPa$)

Tablo 6. NEHRP 2003 hükümlerindeki zemin sınıfları.

ZEMİN SINIFI	AÇIKLAMA	VS	N veya NCH	SU(kPa)
C	Çok sıkı zemin ve yumuşak kaya	360 - 760	>50	>100
D	Sert zemin	180 - 360	15 - 50	50 - 100
E	Yumuşak zemin	<180	<15	<50

SU yöntemi kullanılmış ve NCH ve SU değerleri farklı sonuç veriyorsa daha yumuşak zemin sınıfı seçilmelidir.

Tablo 7. Kısa periyot zemin katsayısı F_a

ZEMİN SINIFI	0.2 sn Periyodunda Spektral İvme Parametresi				
	$SS \leq 0.25$	$SS = 0.50$	$SS = 0.75$	$SS = 1.0$	$SS \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	1.1
F	-- b	-- b	-- b	-- b	-- b

S_s 'in ara değerleri için lineer interpolasyon yapılacaktır.

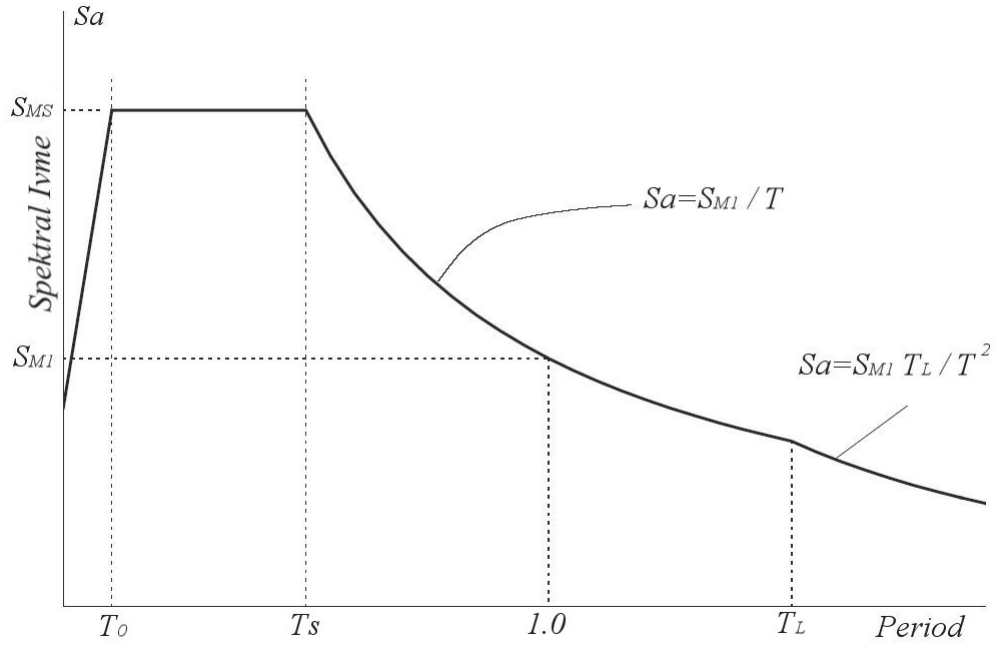
b Sahaya özel geoteknik inceleme ve dinamik zemin davranış analizi yapılacaktır.

Tablo 8. 1.0 sn. periyodu zemin katsayısı F_v ,

ZEMİN SINIFI	1.0 Peryodonda Spektral İvme Parametresi				
	$S1 \leq 0.1$	$S1 = 0.20$	$S1 = 0.3$	$S1 = 0.4$	$S1 \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6		1.5 1.4	1.3
D	2.4	2.0		1.8 1.6	1.5
E	3.5	3.2		2.8 2.4	2.4
F	--b	--b	--b	--b	--b

S_s 'in ara değerleri için lineer interpolasyon yapılacaktır.

b Sahaya özel geoteknik inceleme ve dinamik zemin davranış analizi yapılacaktır.



Şekil 7. Davranış Spektrumu Standart Şekli (NEHRP, 2003)

8. ELASTİK TASARIM SPEKTRAL İVME KATSAYISI

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı,

$$A(T) = A_0 / S(T) \text{ denklemi ile verilmiştir.}$$

% 5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumu'nun ordinatı olan Elastik Spektral İvme, $S_{ae}(T)$, Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi

$$g'nin çarpımına karşılık gelmektedir. $S_{ae}(T) = A(T) \cdot g$$$

Tablo 9. Etkin Yer İvmesi Katsayısı

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Tablo 10. Bina Önem katsayısı (I)

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gereken binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksit, patlayıcı, parlayıcı vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları)	1.0

Spektrum Katsayısı $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak hesaplanır.

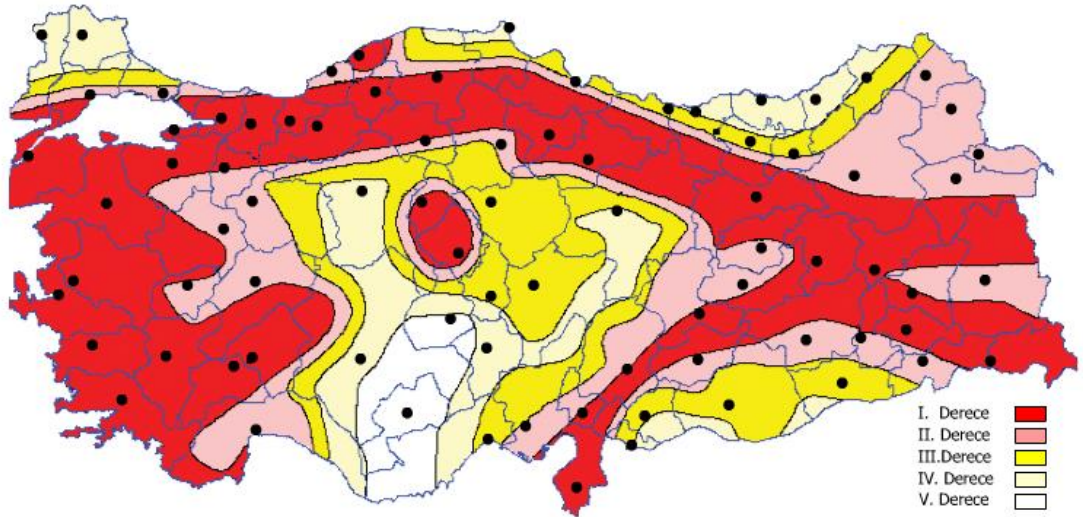
$$S(T) = 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A < T \leq T_B)$$

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad (T_B < T)$$

Tablo 11. Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A , T_B)

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90



Şekil 8. Türkiye Deprem Haritası (M.T.A Web Sitesi)

9. HATAY BÖLGESİ İÇİN DEPREM SENERYOLARI

Yapılan çalışmada Amanos Fay Zonu, Doğu Hatay Fay Zonu ve Ölü Deniz Fay Zonu ile ilgili 3 adet senaryo geliştirdik.

Bu senaryo çalışmalarında azalım ilişkileri ile ilgili parametreler Sadigh (1997) ve Bomel (1997) tarafından yapılan çalışmaların ortalaması alınarak belirlenmiştir. Hesaplamalarda stikeslip programı kullanılmıştır. (magnitüd 6,6 – 6= 0.5) Richter'e göre L boyunda bir kırığın deprem büyüklüğü formülü aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$M_W = 5.16 + 1.12 \log (L) \pm 0.28$$

9.1 SENARYO 1.

Doğu Anadolu Fay Zonunun bir uzantısı olan Amanos Fay Zonu'na göre geliştirdiğimiz bir senaryodur. Amanos Fay Zonu Osmaniye ilinin yaklaşık 30 km, Hatay'ın İskenderun ilçesinin ise yaklaşık 20 km batısından geçtikten sonra Antakya'nın içinden geçtikten sonra Akdeniz'de ilerleyen karadaki uzunluğu yaklaşık 100 km'yi bulan bir faydır.

Richter'e göre L boyunda bir kırığın;

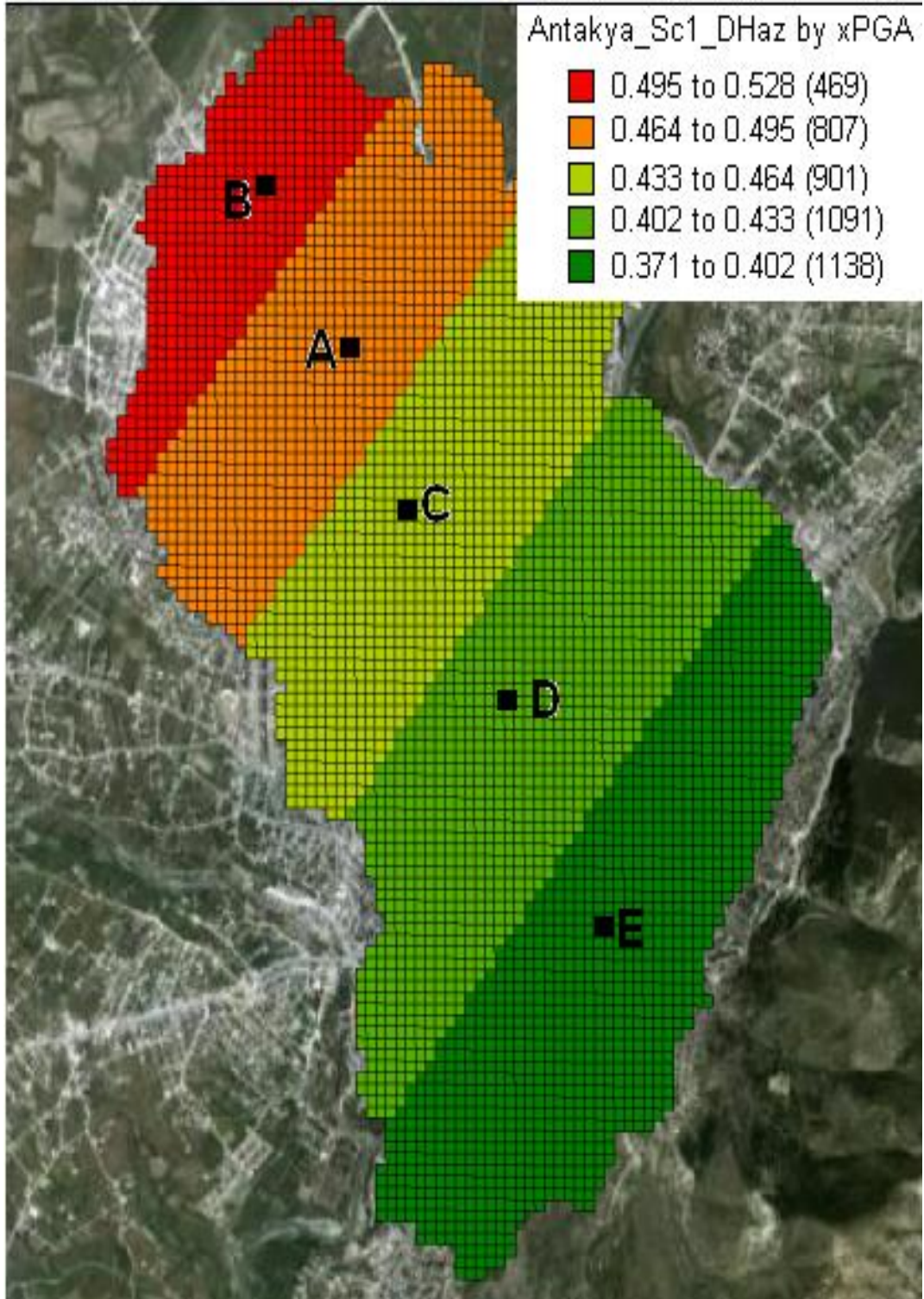
$$L = \text{Yaklaşık } 100 \text{ km}$$

$$M_W = 5.16 + 1.12 \log (100) \pm 0.28$$

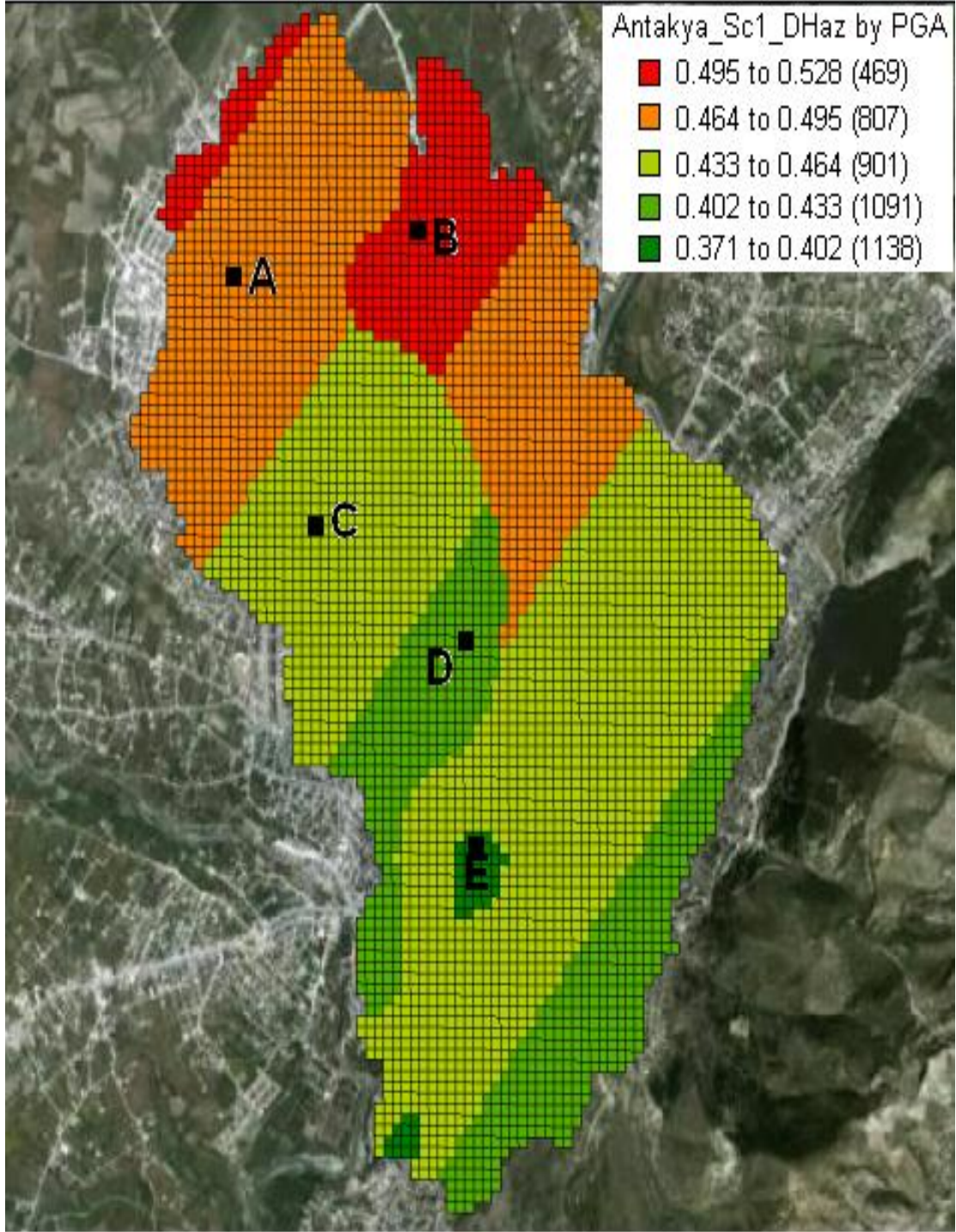
$$M_w = 7.1 \text{ olarak hesaplanır}$$

Amanos fayı uzun süredir (yaklaşık 140 yıldır) büyük magnitüdlü bir deprem üretmemiştir. Yaptığımız çalışmada Amanos Fay Zonu'nun 6.5 magnitüdünde bir deprem üretebileceği ve bölgede mal ve can kaybına yol açabileceği belirlenmiştir. Bu tez çalışmasında Amanos fayı boyunca oluşan 6.5 magnitüdünde bir depremin zemin etkisi göz önünde bulundurularak ve

zemin etkisi dikkate alınmadan oluşması muhtemel maksimum ivme (PGA), spektral ivme (S_1 ve S_s) değerleri hesaplanmış ve inceleme alanı bu değerlere göre haritalandırılmıştır.



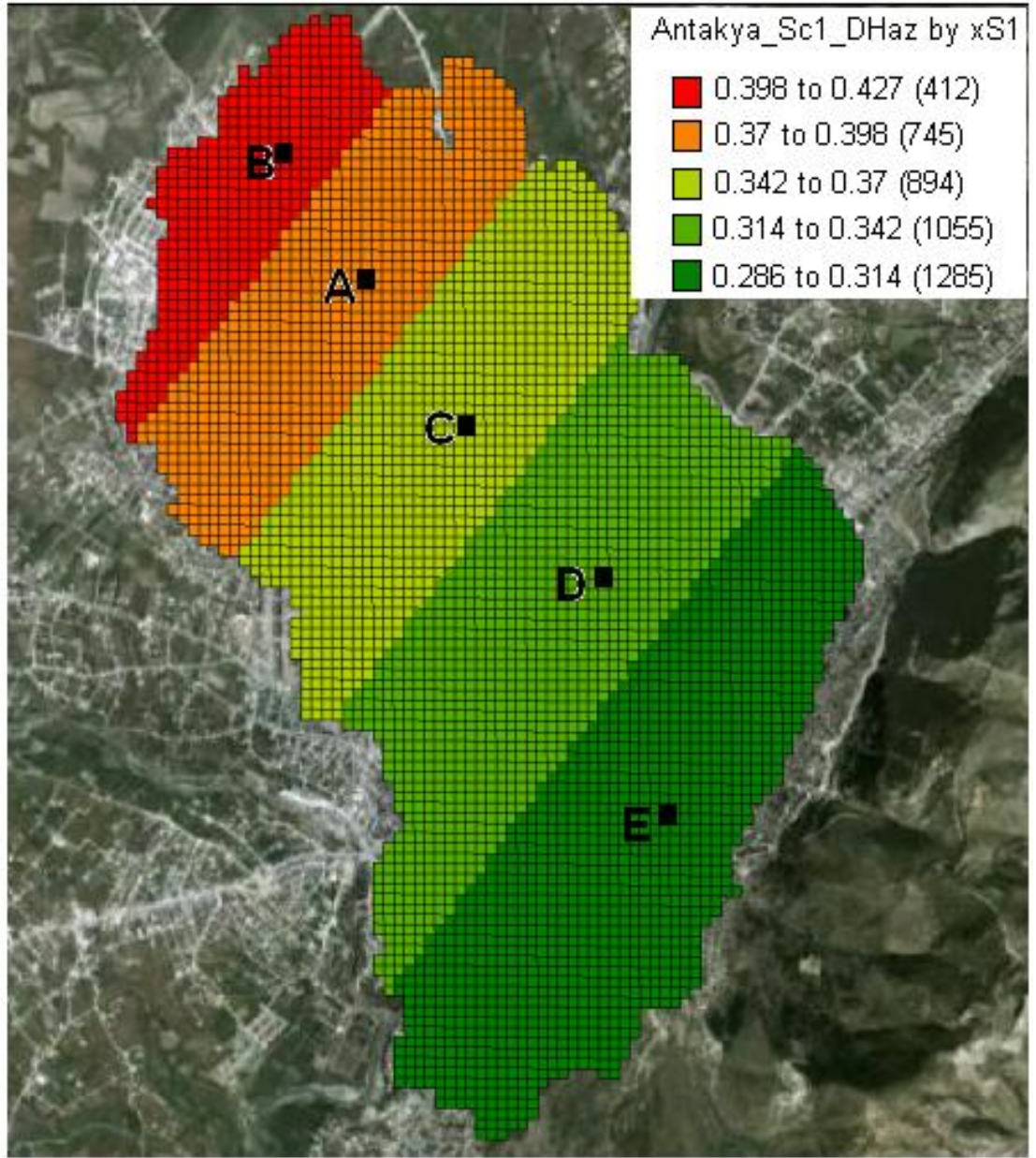
Şekil 9. Senaryo 1'e Göre Zemin etkisi olmadığına oluşan maksimum ivme (PGA) haritası



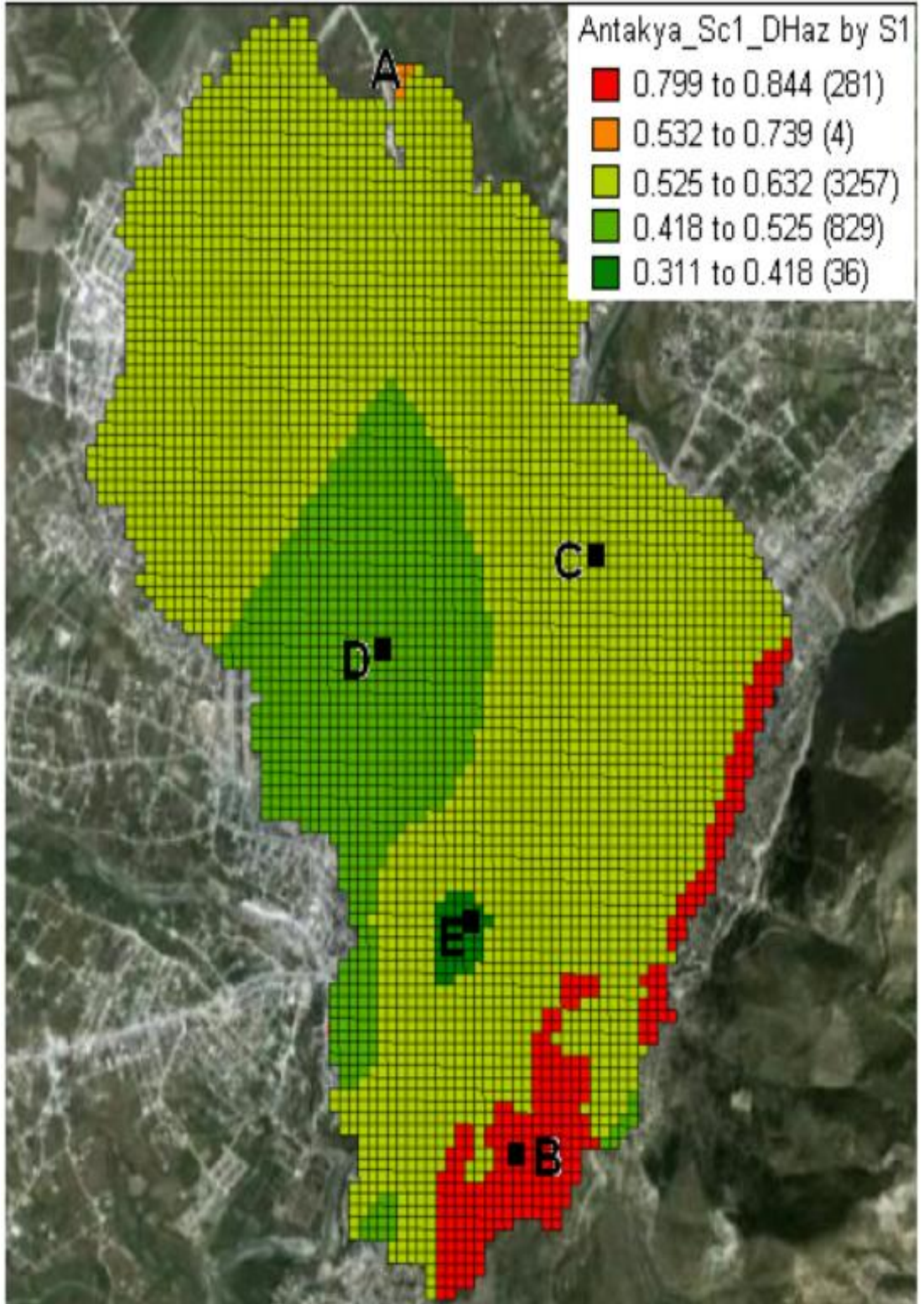
Şekil 10. Senaryo 1'e Göre Zemin etkisi olduğunda oluşan maksimum ivme (PGA) haritası

Tablo 12. Senaryo 1'e Göre Belli Noktalar İçin Maksimum İvme (PGA) Değerleri

SENARYO 1			
ZEMİN ETKİSİ OLMADIĞINDA HESAPLANAN PGA DEĞERLERİ			
	A NOKTASI	0.526	
	B NOKTASI	0.493	
	C NOKTASI	0.462	
	D NOKTASI	0.430	
	E NOKTASI	0.400	
ZEMİN ETKİSİ OLDUĞUNDA HESAPLANAN PGA DEĞERLERİ			
	A NOKTASI	0.575	
	B NOKTASI	0.81	
	C NOKTASI	0.530	
	D NOKTASI	0.487	
	E NOKTASI	0.443	



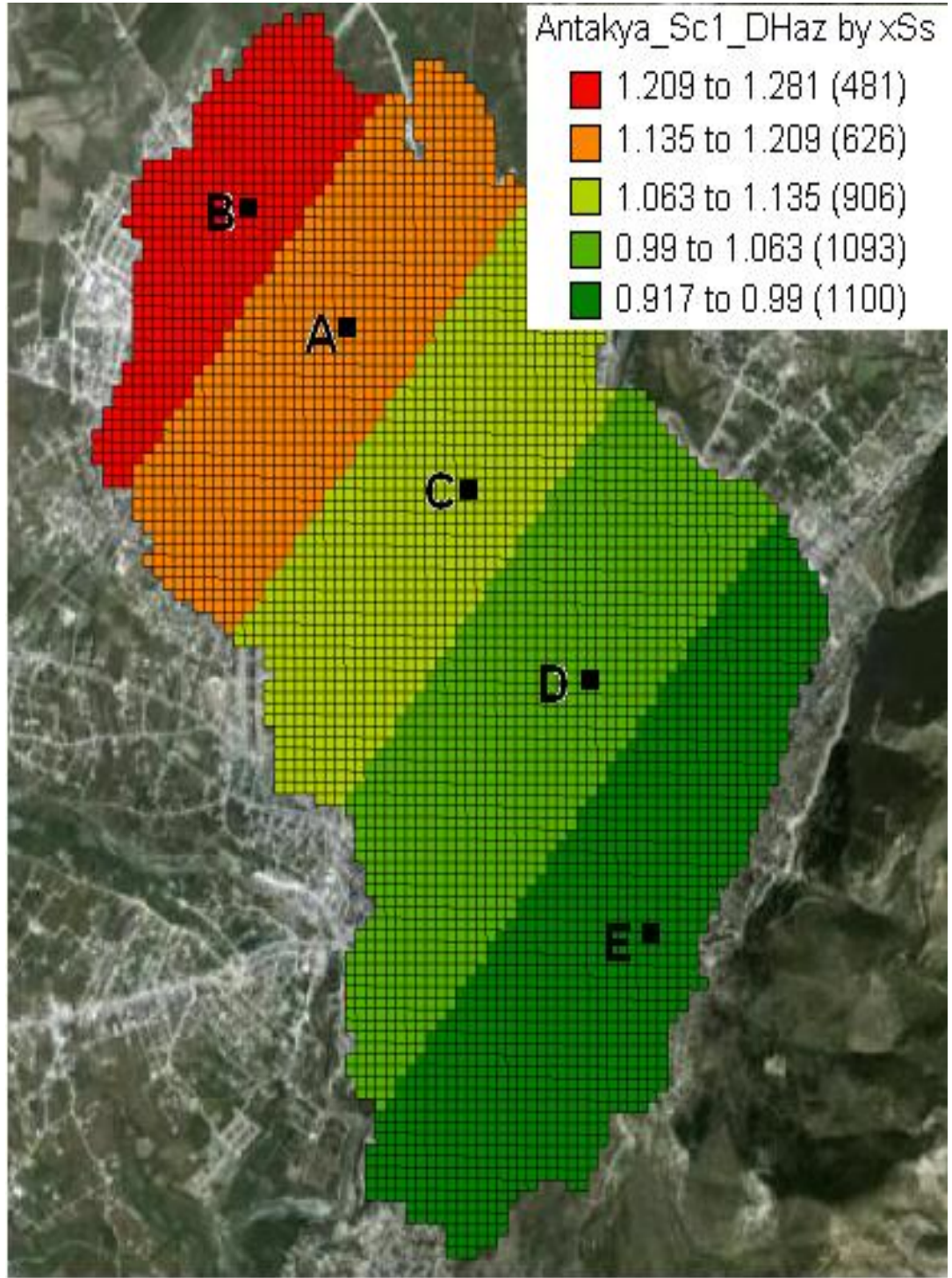
Şekil 11. Senaryo 1'e Göre Zemin Etkisi Olmadığında Oluşan Spektral İvme(S1) Haritası



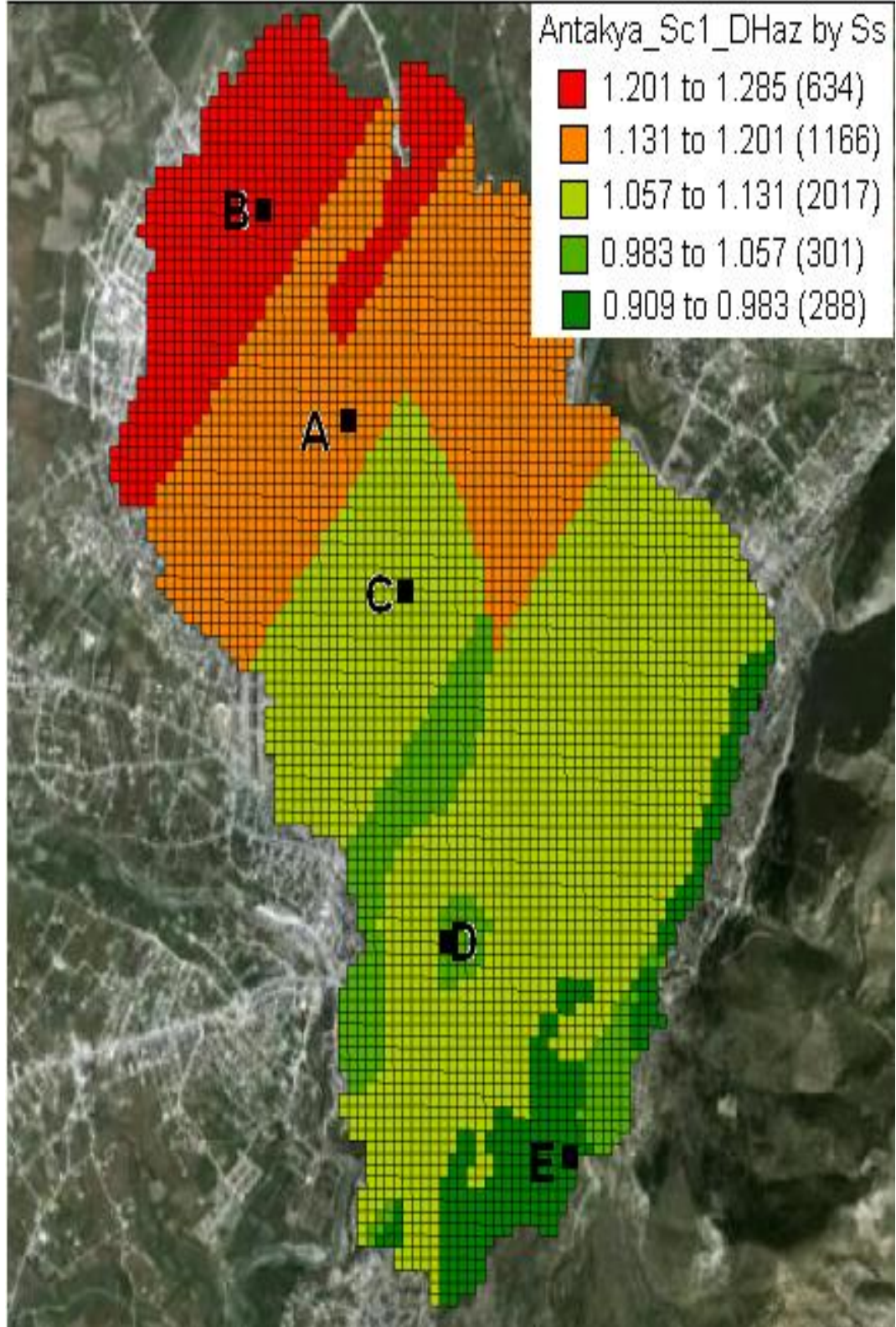
Şekil 12. Senaryo 1'e Göre Zemin Etkisi Olduğunda Oluşan Spektral İvme (S1) Haritası

**Tablo 13. Senaryo 1'e Göre Belli Noktalar İçin Spektral İvme (S1)
Değerleri**

SENARYO 1			
ZEMİN ETKİSİ OLMADIĞINDA HESAPLANAN S1 DEĞERLERİ			
	A NOKTASI	0.391	
	B NOKTASI	0.425	
	C NOKTASI	0.37	
	D NOKTASI	0.340	
	E NOKTASI	0.312	
ZEMİN ETKİSİ OLDUĞUNDA HESAPLANAN S1 DEĞERLERİ			
	A NOKTASI	0.737	
	B NOKTASI	0.842	
	C NOKTASI	0.630	
	D NOKTASI	0.523	
	E NOKTASI	0.416	



Şekil 13. Senaryo 1'e Göre Zemin Etkisi Olmadığında Oluşan Spektral İvme (Ss) Haritası



Şekil 14. Senaryo 1'e Göre Zemin Etkisi Olduğunda Oluşan Spektral İvme (Ss) Haritası

**Tablo 14. Senaryo 1'e Göre Belli Noktalar İçin Spektral İvme (Ss)
Değerleri**

SENARYO 1			
ZEMİN ETKİSİ OLMADIĞINDA HESAPLANAN Ss DEĞERLERİ			
	A NOKTASI	1.207	
	B NOKTASI	1.284	
	C NOKTASI	1.136	
	D NOKTASI	1.051	
	E NOKTASI	0.99	
ZEMİN ETKİSİ OLDUĞUNDA HESAPLANAN Ss DEĞERLERİ			
	A NOKTASI	1.203	
	B NOKTASI	1.280	
	C NOKTASI	1.130	
	D NOKTASI	1.055	
	E NOKTASI	0.960	

9.2 SENARYO 2.

Doğu Anadolu Fay Zonunun dallarından bir tanesi olan Doğu Hatay Fay Zonu Osmaniye ilinin yaklaşık 70 km, Hatay'ın İskenderun ilçesinin yaklaşık 64 km, Antakya ilinin ise yaklaşık 54 km batısında ve Gaziantep ilinin 30 km doğusundan geçip güneye doğru devam etmektedir. Yaklaşık 90 km uzunluğundadır.

Doğu Hatay Fay Zonu için ;

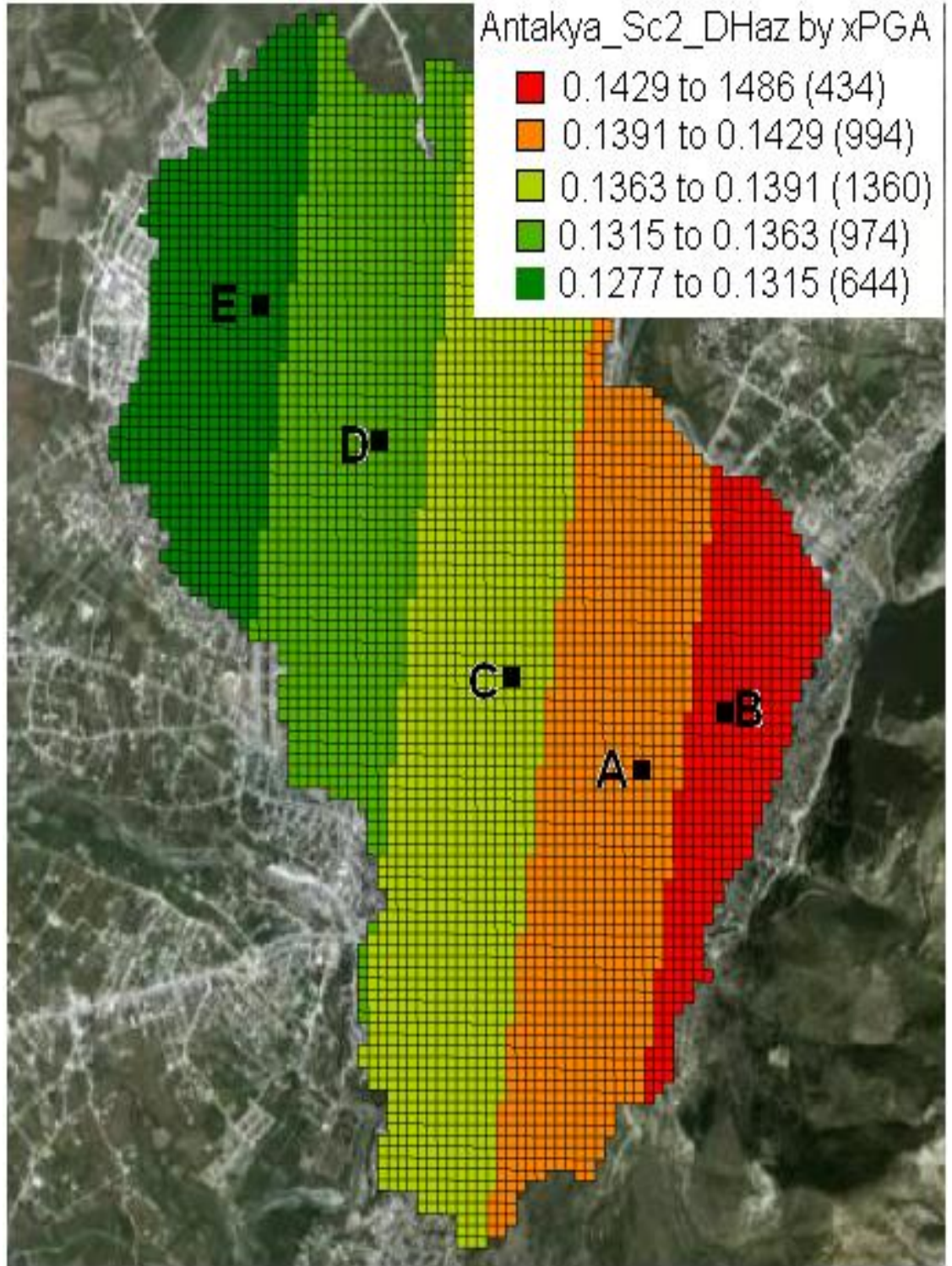
Richter'e göre L boyunda bir kırığın;

$L = \text{Yaklaşık } 90 \text{ km}$

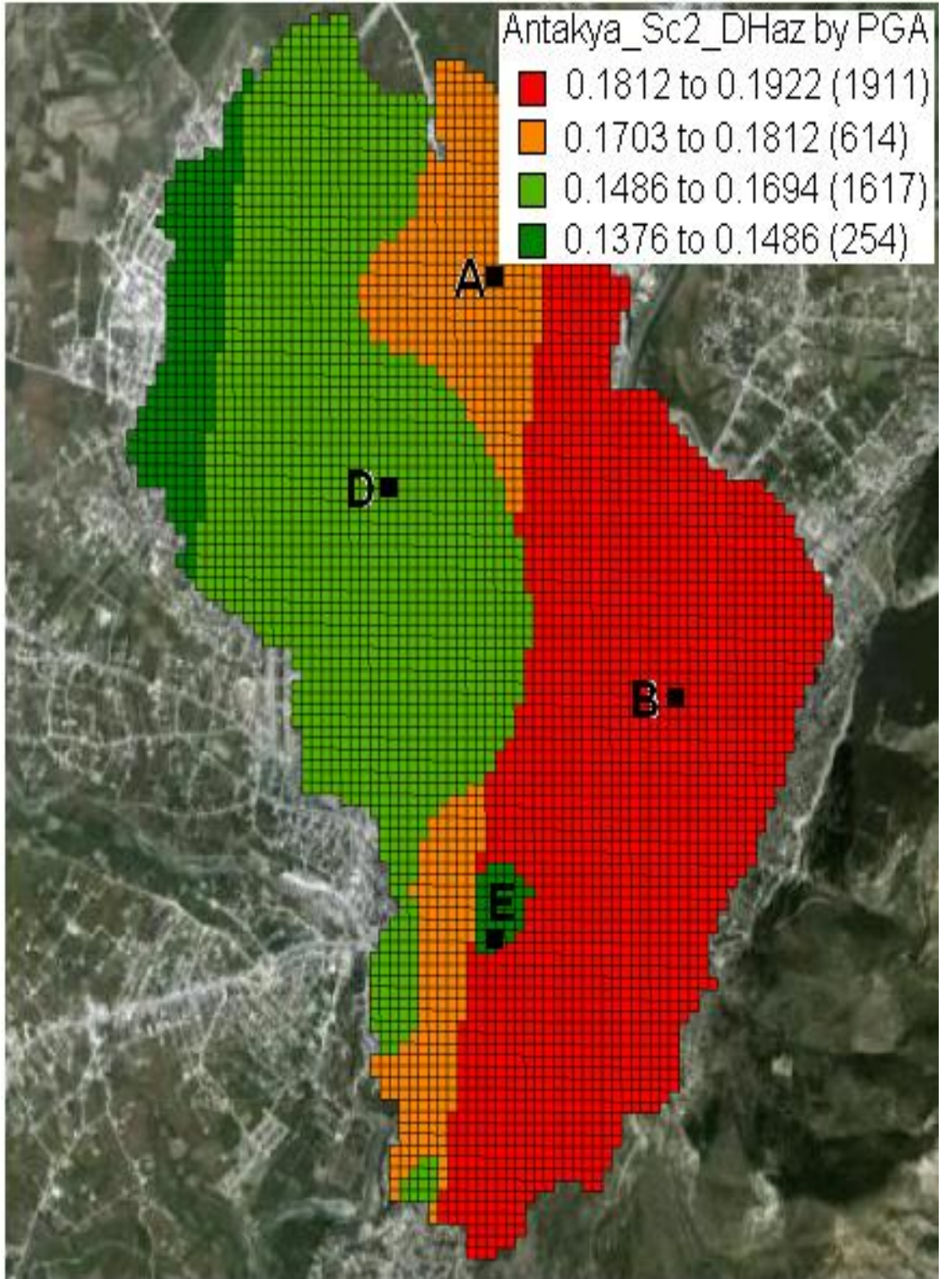
$$M_W = 5.16 + 1.12 \log (90) \pm 0.28$$

$M_w = 7.064$ olarak hesaplanır

Doğu Hatay Fay Zonu uzun süredir (yaklaşık 140 yıldır) büyük magnitüdlü bir deprem üretmemiştir. Yaptığımız çalışmada Doğu Hatay Fay Zonu'nun 6.5 magnitüdünde bir deprem üretebileceği ve bölgede mal ve can kaybına yol açabileceği belirlenmiştir. Bu tez çalışmasında Doğu Hatay Fayı boyunca oluşan 6.5 magnitüdünde bir depremin zemin etkisi göz önünde bulundurularak ve zemin etkisi dikkate alınmadan oluşması muhtemel maksimum ivme (PGA), spektral ivme (S_1 ve S_s) değerleri hesaplanmış ve inceleme alanı bu değerlere göre haritalandırılmıştır



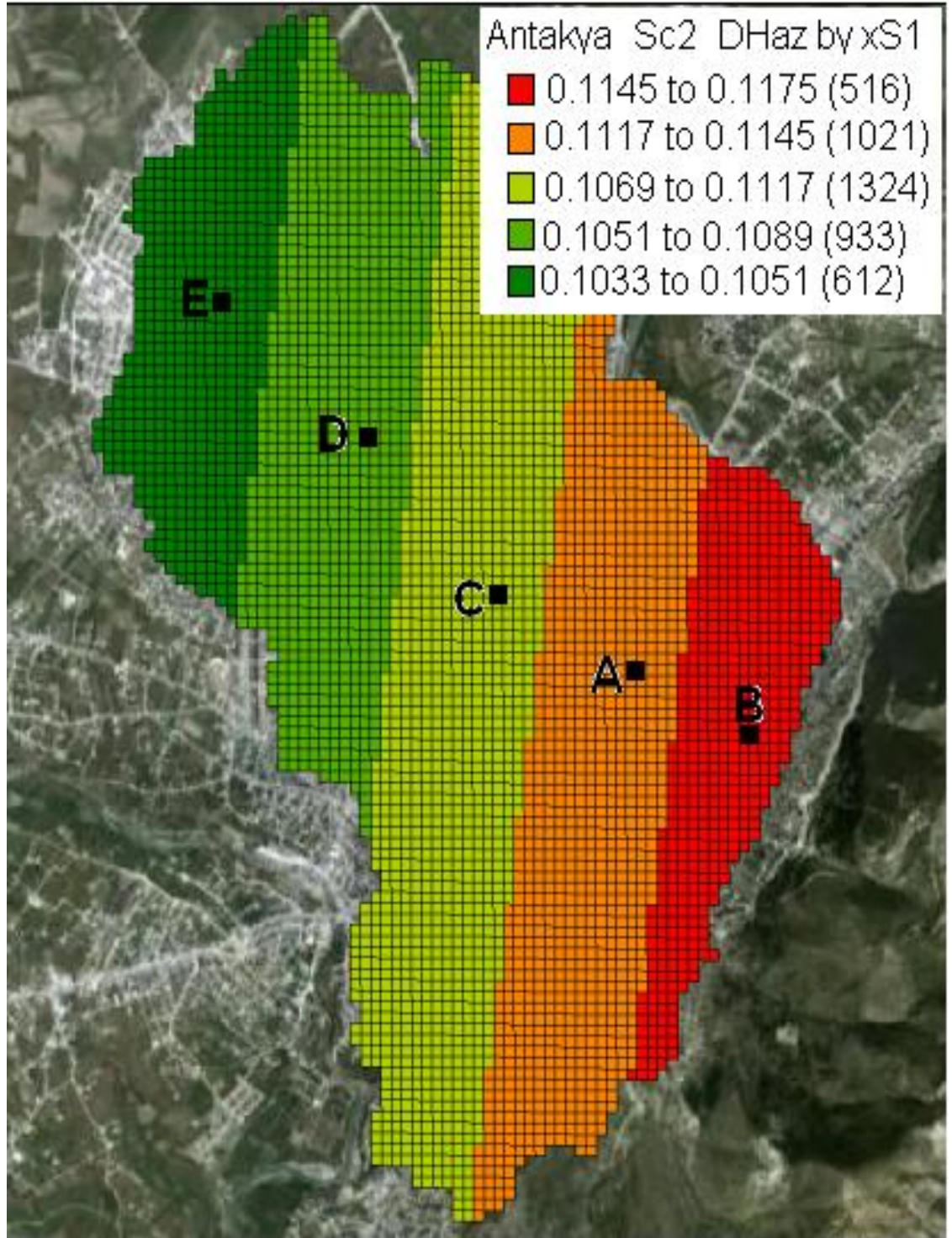
Şekil 15. Senaryo 2'ye Göre Zemin Etkisi Olmadığında Oluşan Maksimum İvme (PGA) Haritası



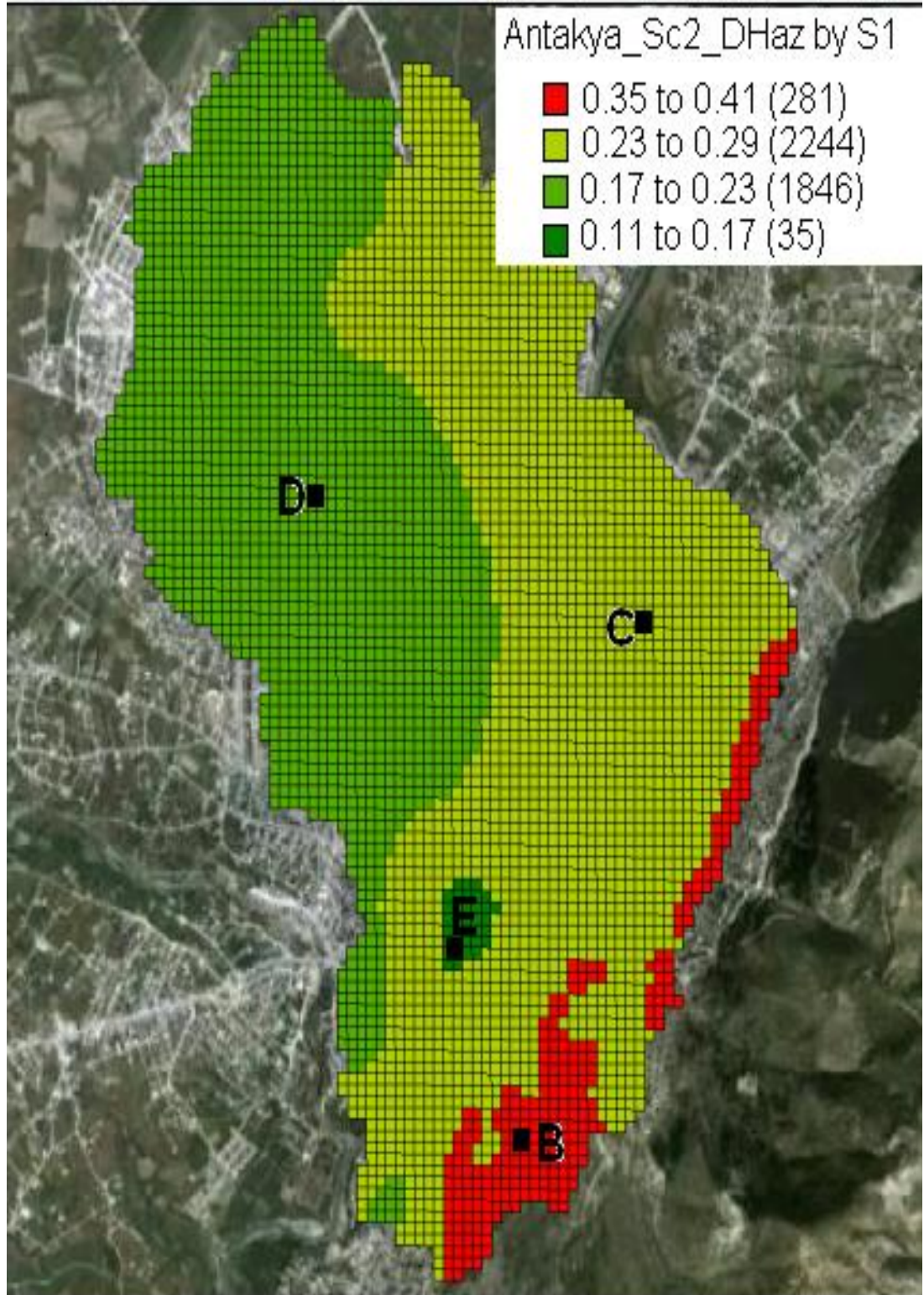
Şekil 16. Senaryo 2'ye Göre Zemin Etkisi Olduğunda Oluşan Maksimum İvme (PGA) Haritası

Tablo 15. Senaryo 2'ye Göre Belli Noktalar İçin Maksimum İvme (PGA) Değerleri

SENARYO 2			
ZEMİN ETKİSİ OLMADIĞINDA HESAPLANAN PGA DEĞERLERİ			
	A NOKTASI	0.1427	
	B NOKTASI	0.1486	
	C NOKTASI	0.1390	
	D NOKTASI	0.1350	
	E NOKTASI	0.1313	
ZEMİN ETKİSİ OLDUĞUNDA HESAPLANAN PGA DEĞERLERİ			
	A NOKTASI	0.1810	
	B NOKTASI	0.1920	
	D NOKTASI	0.1692	
	E NOKTASI	0.1453	



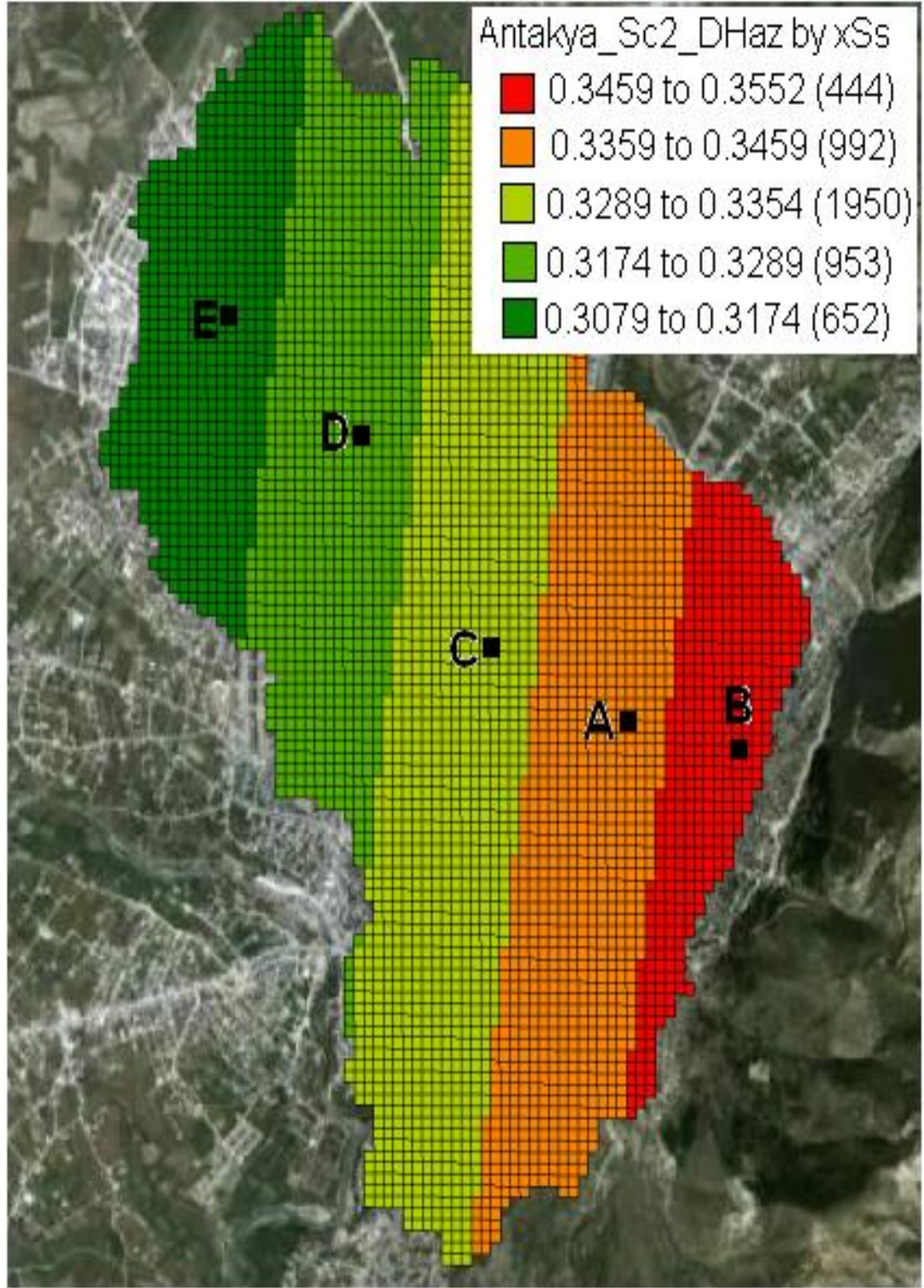
Şekil 17. Senaryo 2'ye Göre Zemin Etkisi Olmadığında Oluşan Spektral İvme (S1) Haritası



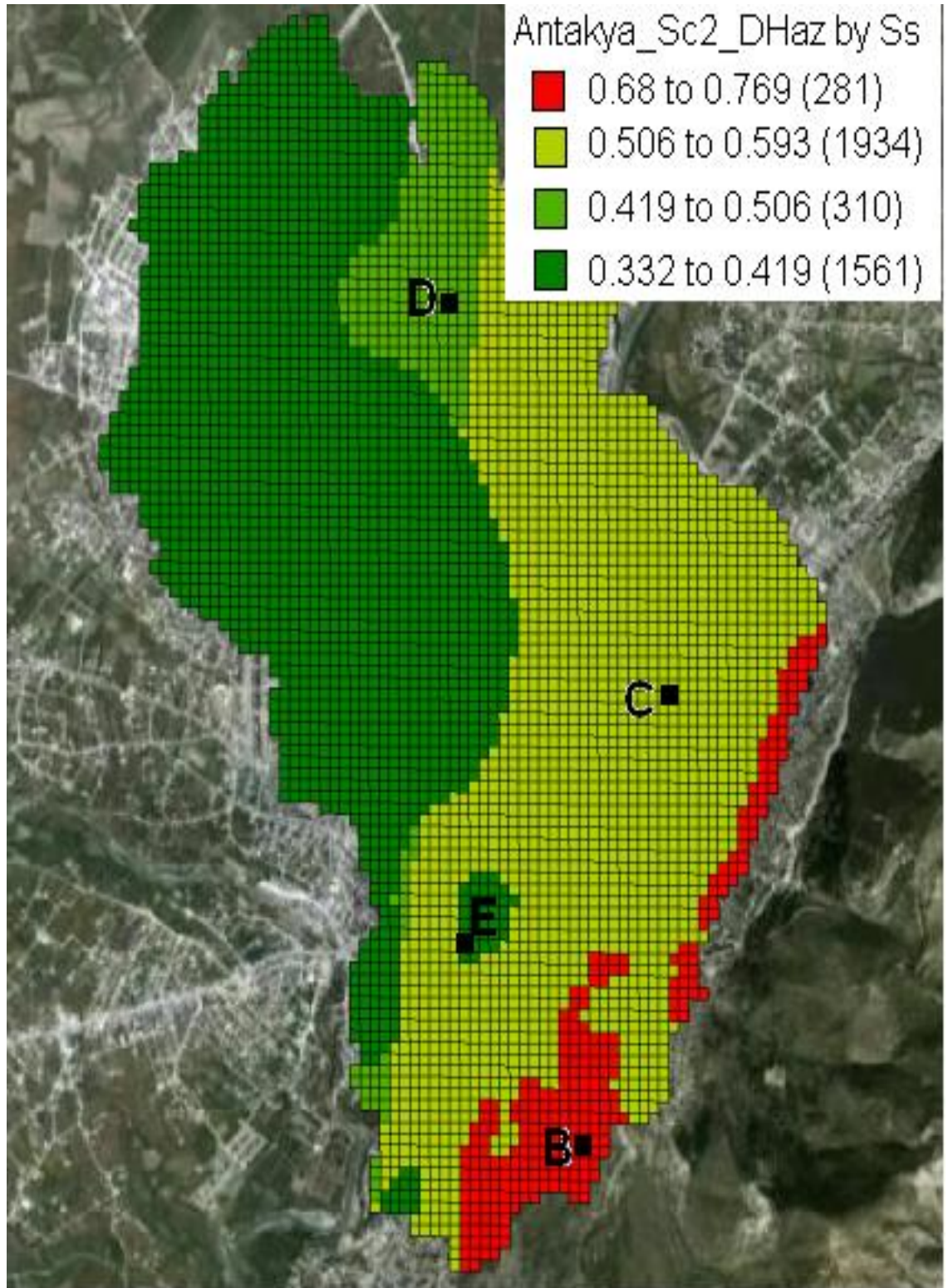
Şekil 18. Senaryo 2'ye Göre Zemin Etkisi Olduğunda Oluşan Spektral İvme (S1) Haritası

**Tablo 16. Senaryo 2'ye Göre Belli Noktalar İçin Spektral İvme (S1)
Değerleri**

SENARYO 2			
ZEMİN ETKİSİ OLMADIĞINDA HESAPLANAN S1 DEĞERLERİ			
	A NOKTASI	0.1143	
	B NOKTASI	0.1173	
	C NOKTASI	0.1115	
	D NOKTASI	0.1087	
	E NOKTASI	0.1080	
ZEMİN ETKİSİ OLDUĞUNDA HESAPLANAN S1 DEĞERLERİ			
	B NOKTASI	0.40	
	C NOKTASI	0.27	
	D NOKTASI	0.20	
	E NOKTASI	0.15	



Şekil 19. Senaryo 2'ye Göre Zemin Etkisi Olmadığında Oluşan Spektral İvme (S02) Haritası



Şekil 20. Senaryo 2'ye Göre Zemin Etkisi Olduğunda Oluşan Spektral İvme (Ss) Haritası

Tablo 17. Senaryo 2'ye Göre Belli Noktalar İçin Spektral İvme (Ss) Değerleri

SENARYO 2			
ZEMİN ETKİSİ OLMADIĞINDA HESAPLANAN Ss DEĞERLERİ			
	A NOKTASI	0.3457	
	B NOKTASI	0.3550	
	C NOKTASI	0.3362	
	D NOKTASI	0.3267	
	E NOKTASI	0.3172	
ZEMİN ETKİSİ OLDUĞUNDA HESAPLANAN Ss DEĞERLERİ			
	B NOKTASI	0.757	
	C NOKTASI	0.580	
	D NOKTASI	0.504	
	E NOKTASI	0.417	

9.3 SENARYO 3.

Yine aynı şekilde Doğu Anadolu Fay Zonunun kollarında biri olan Ölü Deniz Fay Zonu Antakya'nın yaklaşık 30 km batısından geçip güneye doğru hareket eder.

Ölü Deniz Fay Zonu için ;

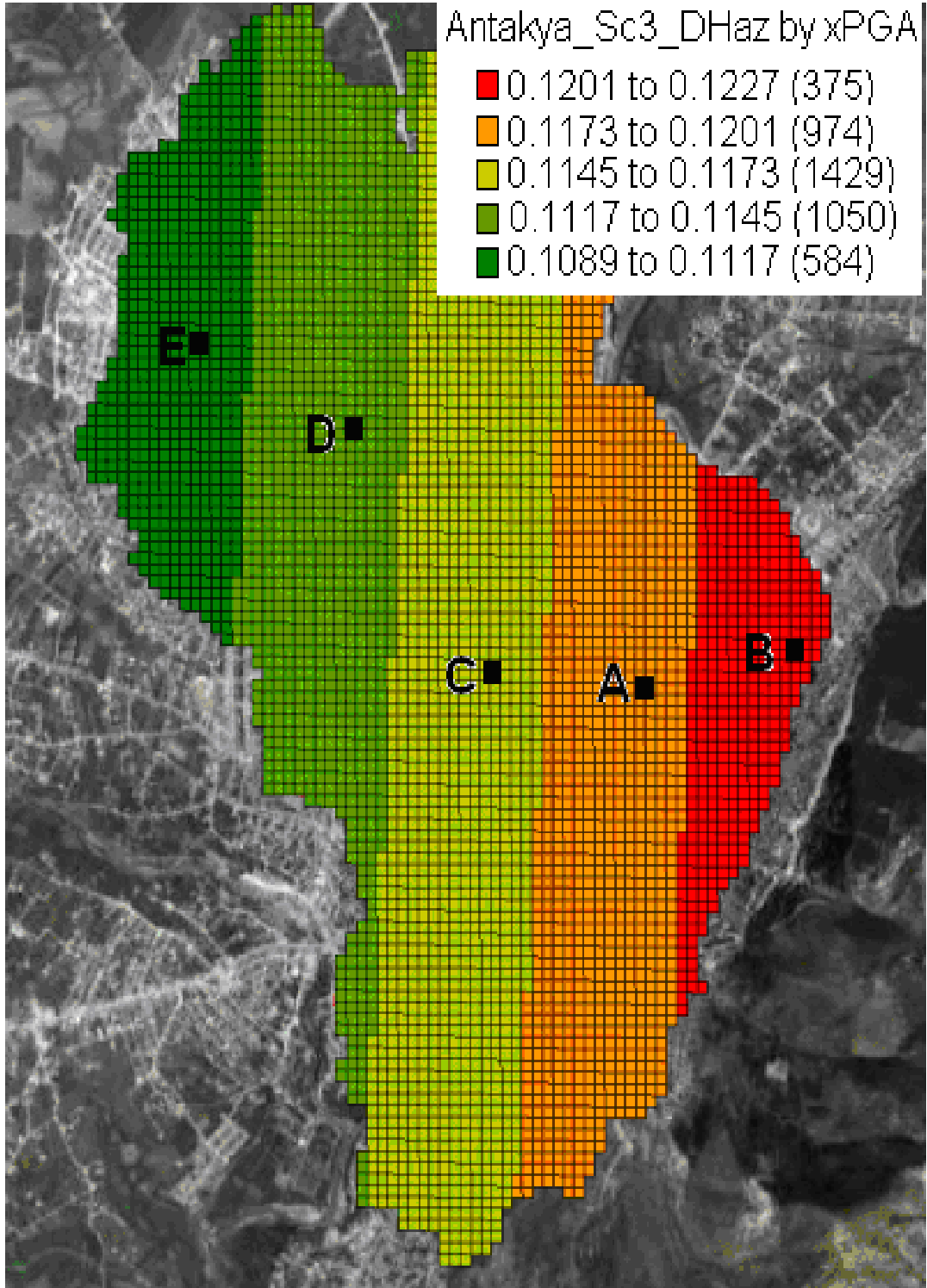
Richter'e göre L boyunda bir kırığın;

$L = \text{Yaklaşık } 80 \text{ km}$

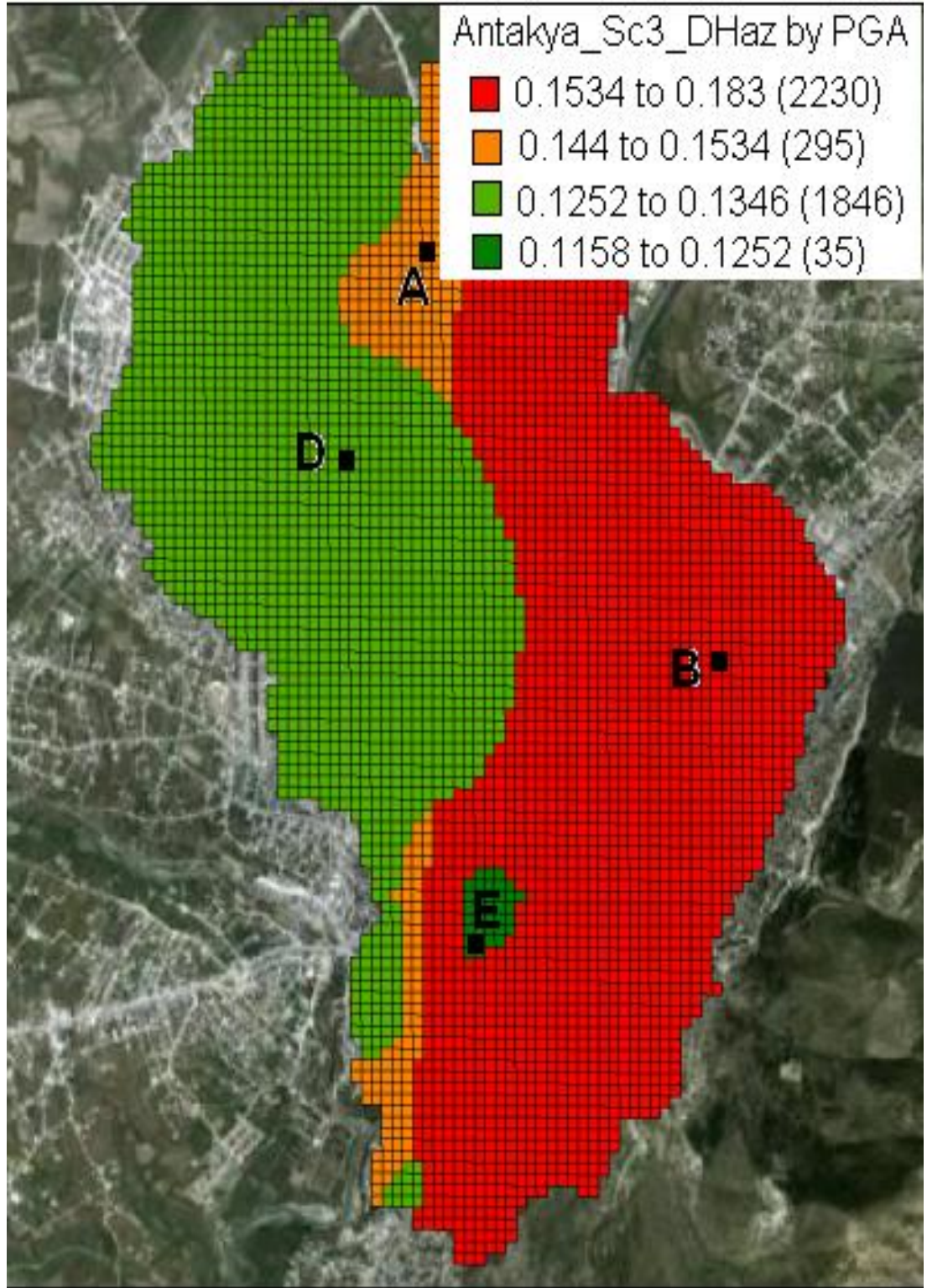
$$M_W = 5.16 + 1.12 \log (80) \pm 0.28$$

$M_W = 7.008$ olarak hesaplanır

Ölü Deniz Fay Zonu uzun süredir (yaklaşık 140 yıldır) büyük magnitüdlü bir deprem üretmemiştir. Yaptığımız çalışmada Ölü Deniz Fay Zonu'nun 6.5 magnitüdünde bir deprem üretebileceği ve bölgede mal ve can kaybına yol açabileceği belirlenmiştir. Bu tez çalışmasında Ölü Deniz Fayı boyunca oluşan 6.5 magnitüdünde bir depremin zemin etkisi göz önünde bulundurularak ve zemin etkisi dikkate alınmadan oluşması muhtemel maksimum ivme (PGA), spektral ivme (S1 ve Ss) değerleri hesaplanmış ve inceleme alanı bu değerlere göre haritalandırılmıştır.



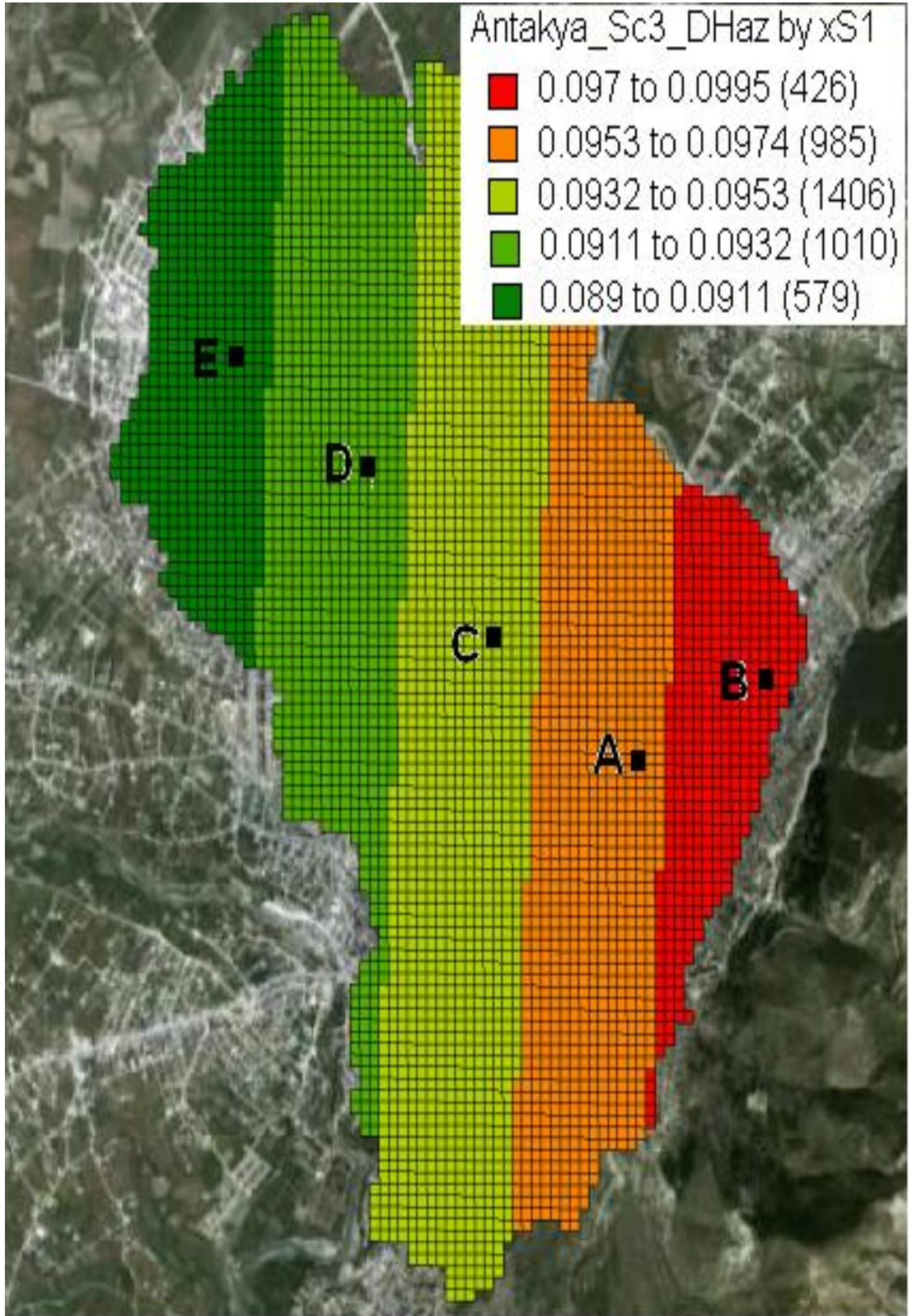
Şekil 21. Senaryo 3'e Göre Zemin Etkisi Olmadığında Oluşan Maksimum İvme (PGA) Haritası



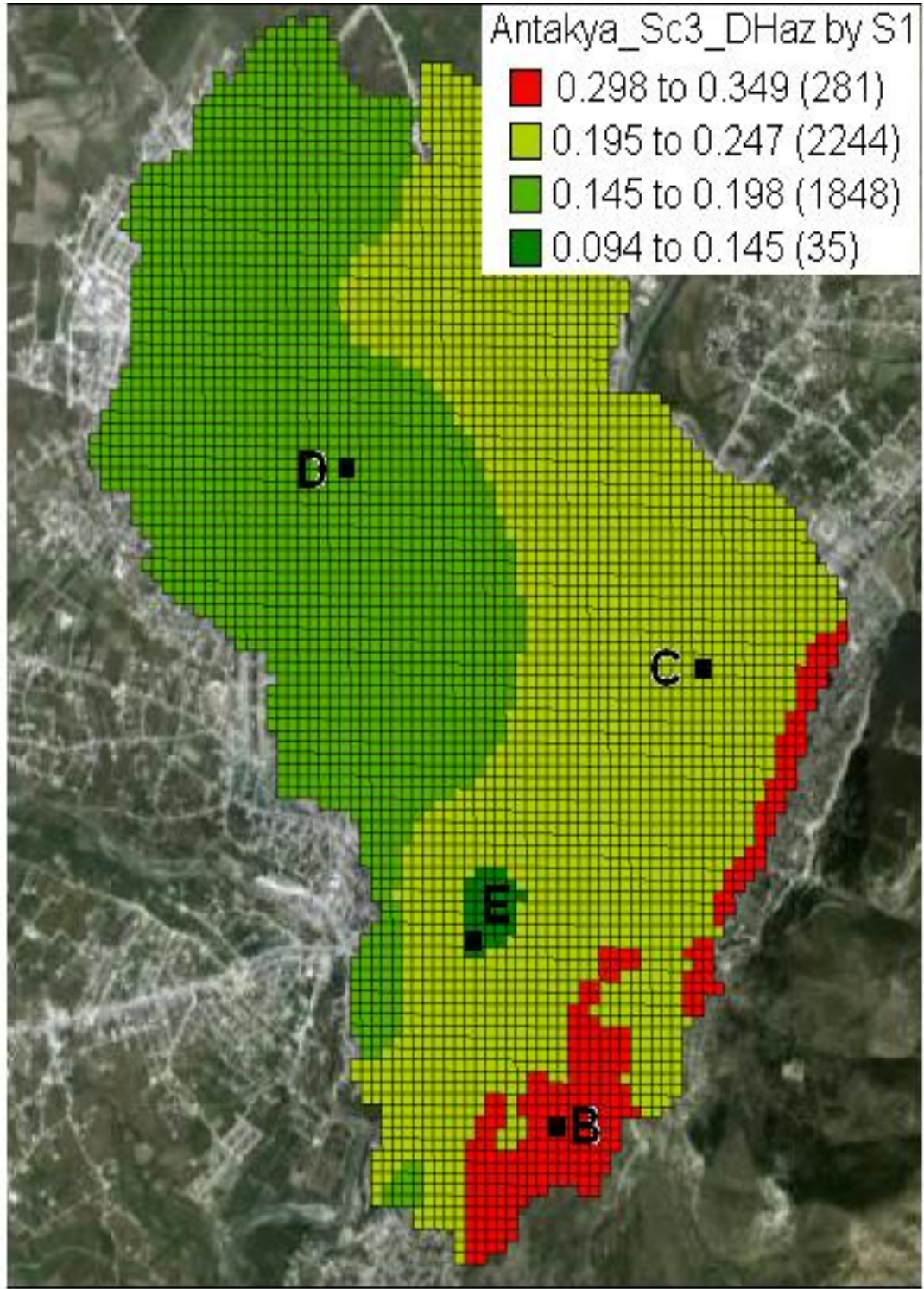
Şekil 22. Senaryo 3'e Göre Zemin Etkisi Olduğunda Oluşan Maksimum İvme (PGA) Haritası

Tablo 18. Senaryo 3'e Göre Belli Noktalar İçin Maksimum İvme (PGA) Değerleri

SENARYO 3			
ZEMİN ETKİSİ OLMADIĞINDA HESAPLANAN PGA DEĞERLERİ			
	A NOKTASI	0.1200	
	B NOKTASI	0.1225	
	C NOKTASI	0.1170	
	D NOKTASI	0.1143	
	E NOKTASI	0.1115	
ZEMİN ETKİSİ OLDUĞUNDA HESAPLANAN PGA DEĞERLERİ			
	A NOKTASI	0.180	
	B NOKTASI	0.1532	
	D NOKTASI	0.1346	
	E NOKTASI	0.1250	



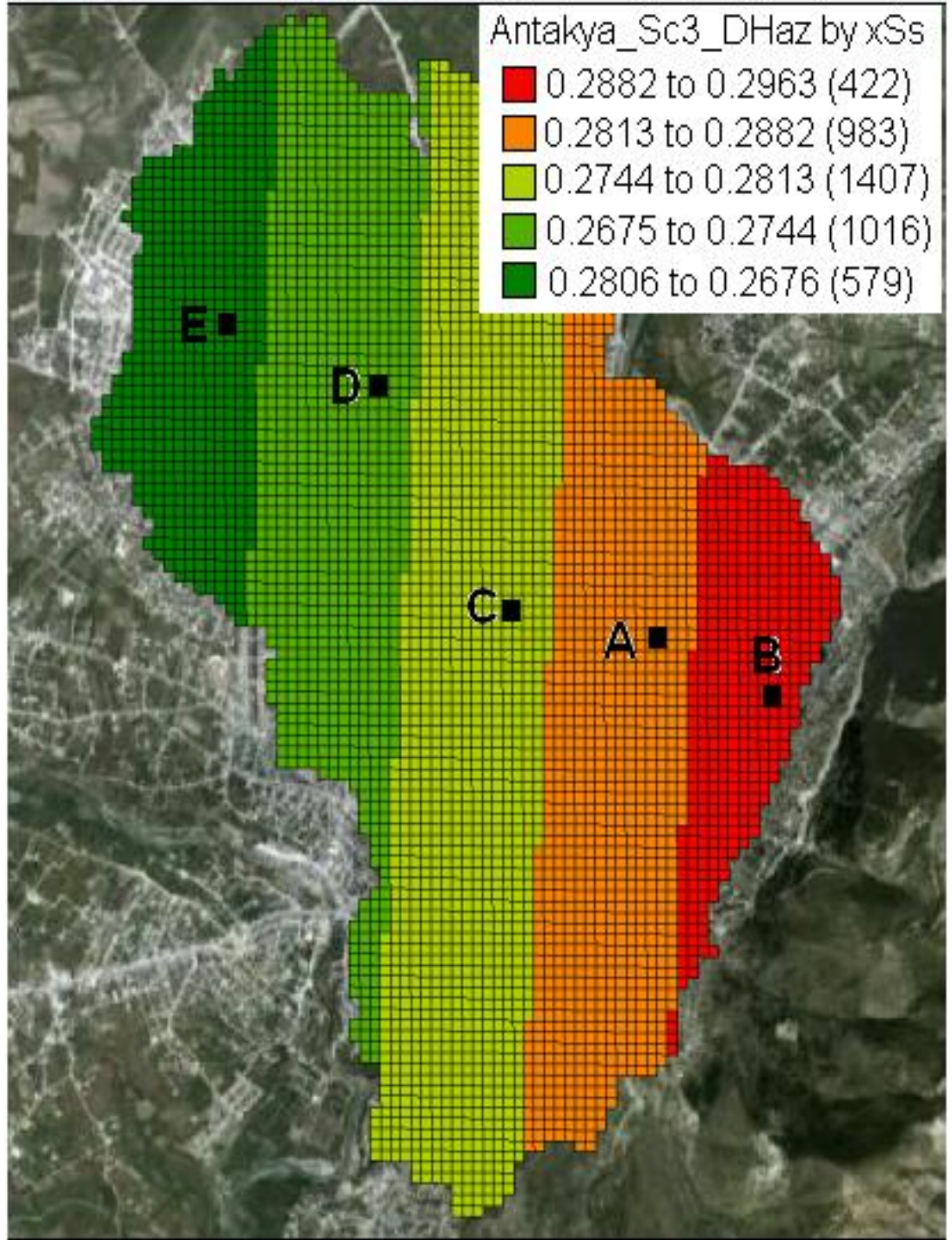
Şekil 23. Senaryo 3'e Göre Zemin Etkisi Olmadığında Oluşan Spektral İvme (S1) Haritası



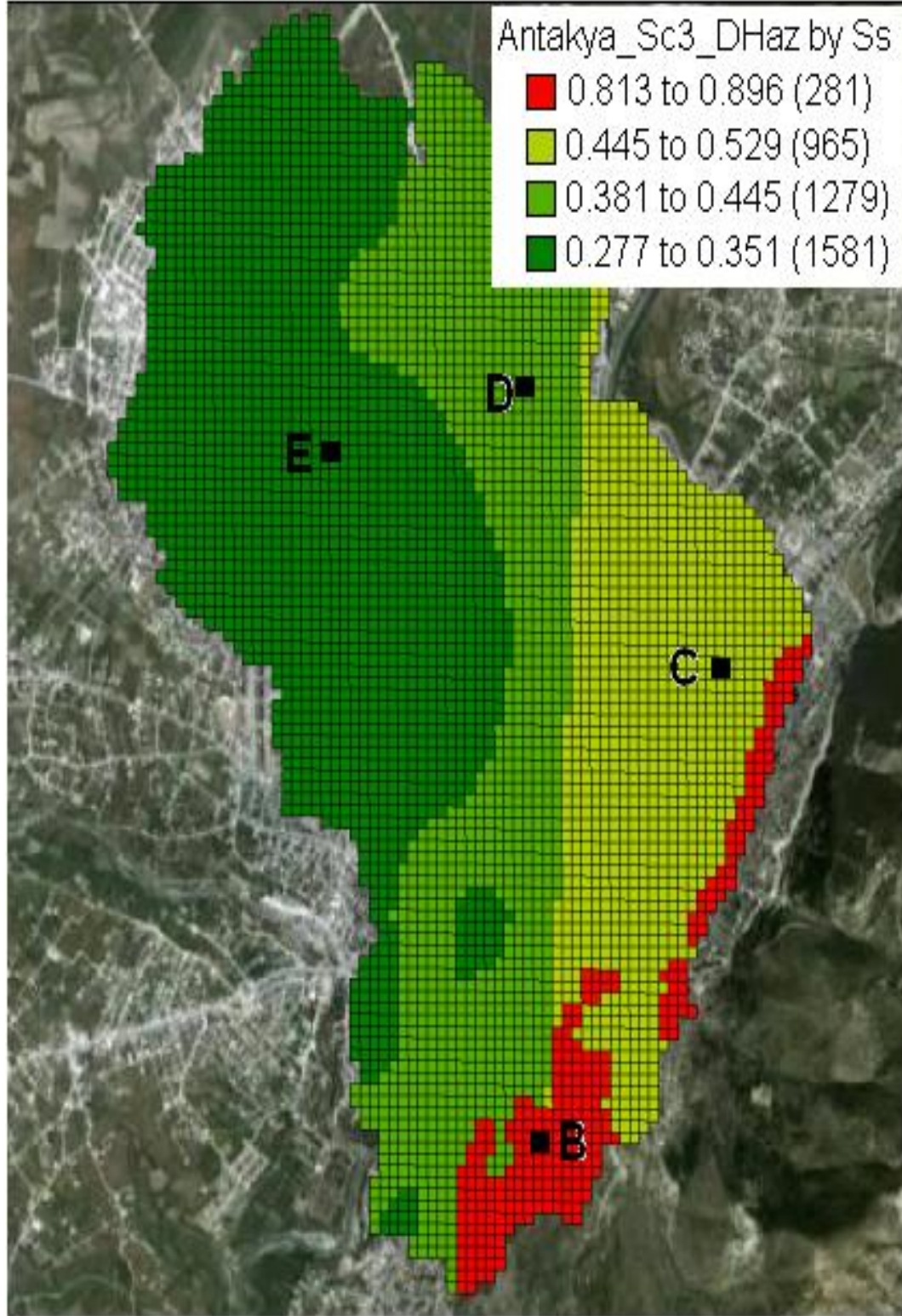
Şekil 24. Senaryo 3'e Göre Zemin Etkisi Olduğunda Oluşan Spektral İvme (S1) Haritası

**Tablo 19. Senaryo 3'e Göre Belli Noktalar İçin Spektral İvme (S1)
Değerleri**

SENARYO 3			
ZEMİN ETKİSİ OLMADIĞINDA HESAPLANAN S1 DEĞERLERİ			
	A NOKTASI	0.0972	
	B NOKTASI	0.0993	
	C NOKTASI	0.0950	
	D NOKTASI	0.0930	
	E NOKTASI	0.0910	
ZEMİN ETKİSİ OLDUĞUNDA HESAPLANAN S1 DEĞERLERİ			
	B NOKTASI	0.347	
	C NOKTASI	0.245	
	D NOKTASI	0.194	
	E NOKTASI	0.143	



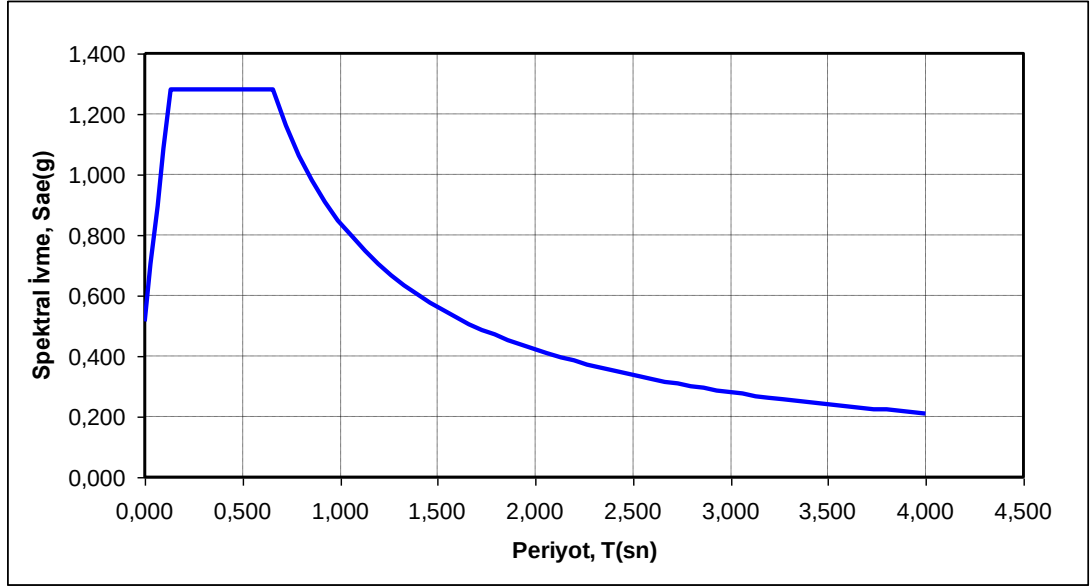
Şekil 25. Senaryo 3'e Göre Zemin Etkisi Olmadığında Oluşan Spektral İvme (Ss) Haritası



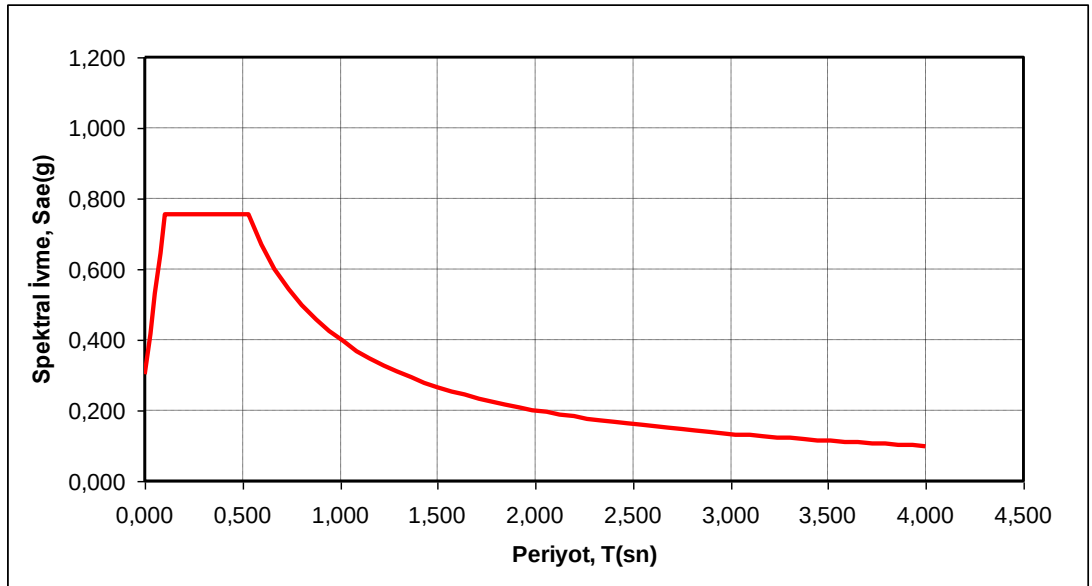
Şekil 26. Senaryo 3'e Göre Zemin Etkisi Olduğunda Oluşan Spektral İvme (Ss) Haritası

**Tablo 20. Senaryo 3'e Göre Belli Noktalar İçin Spektral İvme (Ss)
Değerleri**

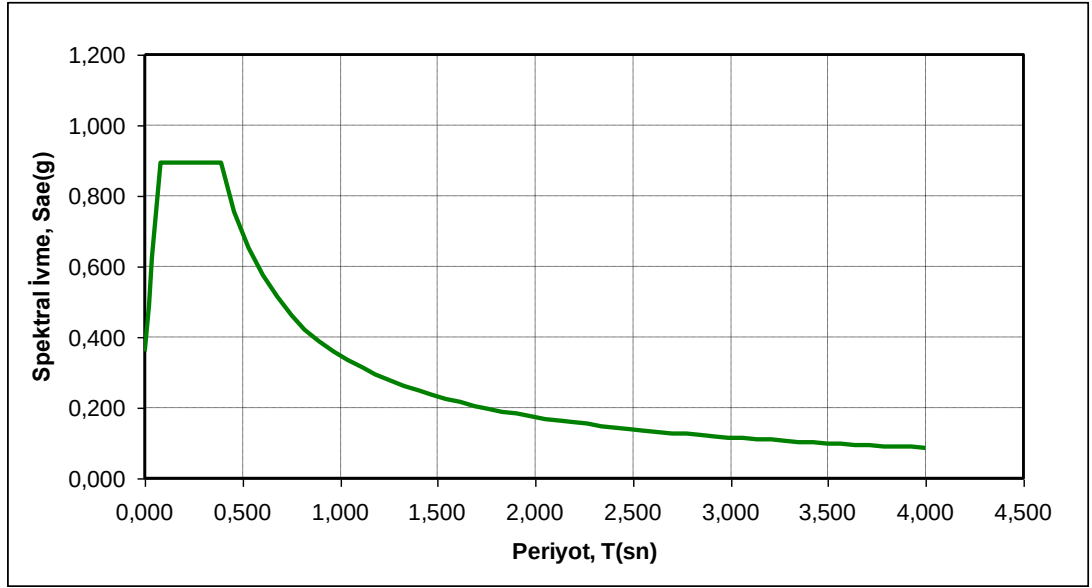
SENARYO 3			
ZEMİN ETKİSİ OLMADIĞINDA HESAPLANAN S1 DEĞERLERİ			
	A NOKTASI	0.2880	
	B NOKTASI	0.2960	
	C NOKTASI	0.2810	
	D NOKTASI	0.2742	
	E NOKTASI	0.2673	
ZEMİN ETKİSİ OLDUĞUNDA HESAPLANAN S1 DEĞERLERİ			
	B NOKTASI	0.894	
	C NOKTASI	0.527	
	D NOKTASI	0.443	
	E NOKTASI	0.380	



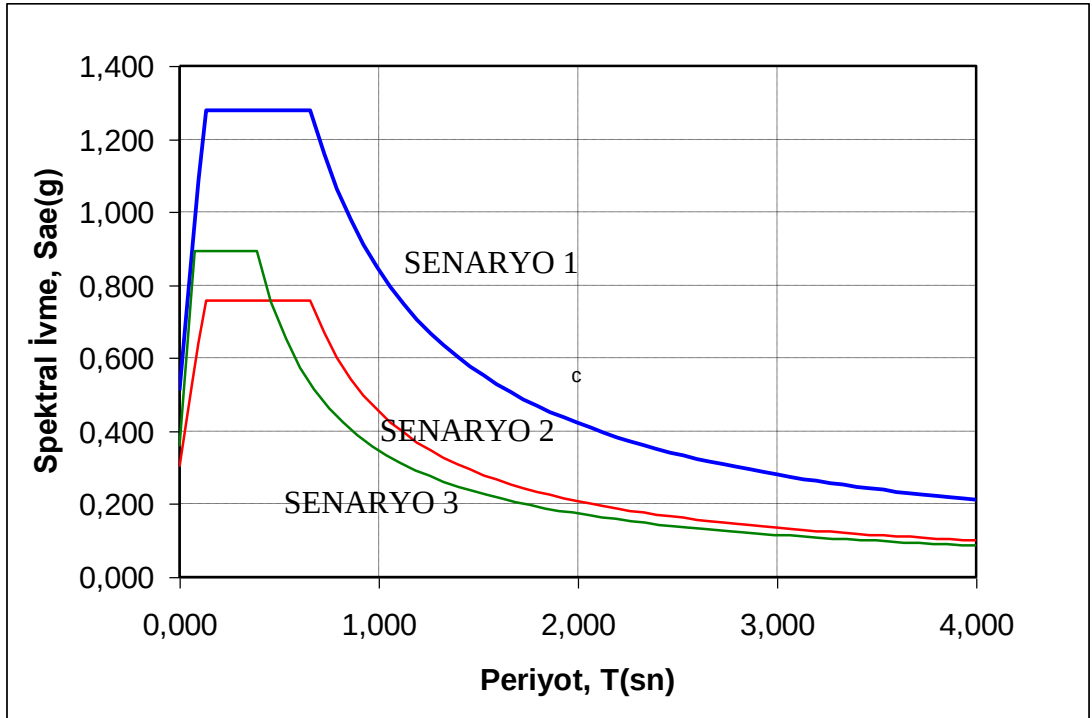
**Şekil 27. Senaryo 1'e Göre B Noktasındaki Zemin Etkisi
Olduğunda Elde Edilen Tasarım Spektrası**



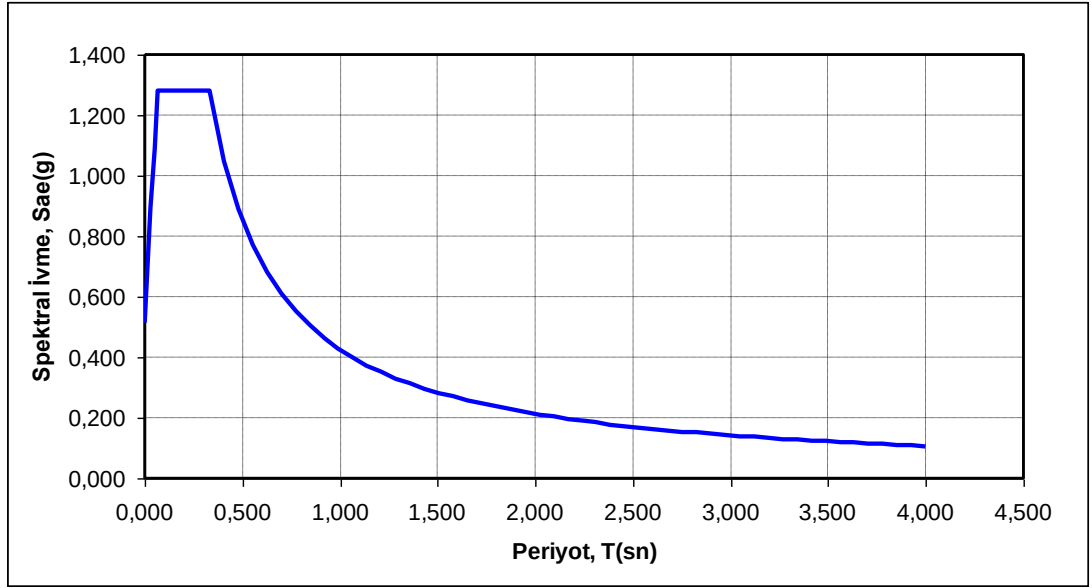
**Şekil 28. Senaryo 2'ye Göre B Noktasındaki Zemin Etkisi
Olduğunda Elde Edilen Tasarım Spektrası**



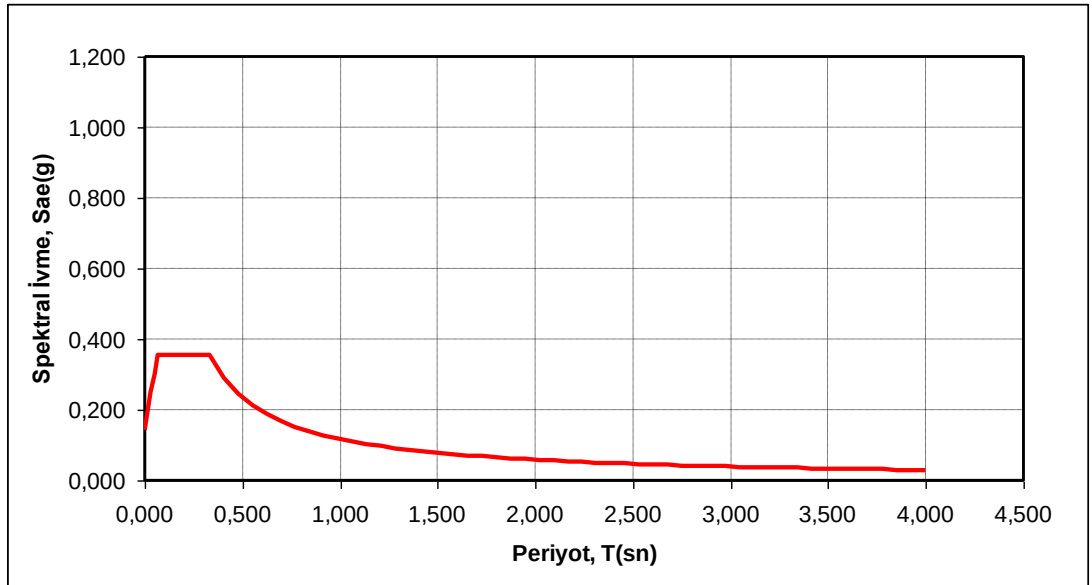
Şekil 29. Senaryo 3'e Göre B Noktasındaki Zemin Etkisi Olduğunda Elde Edilen Tasarım Spektrası



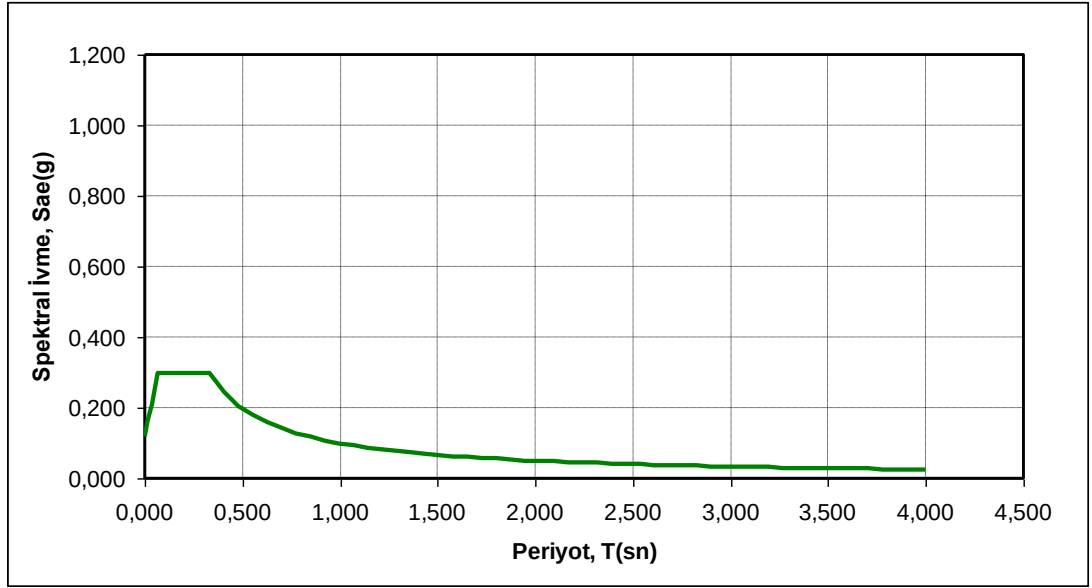
Şekil 30. B Noktasındaki Zemin Etkisi Olduğunda Elde Edilen Birleştirilmiş Tasarım Spektrası



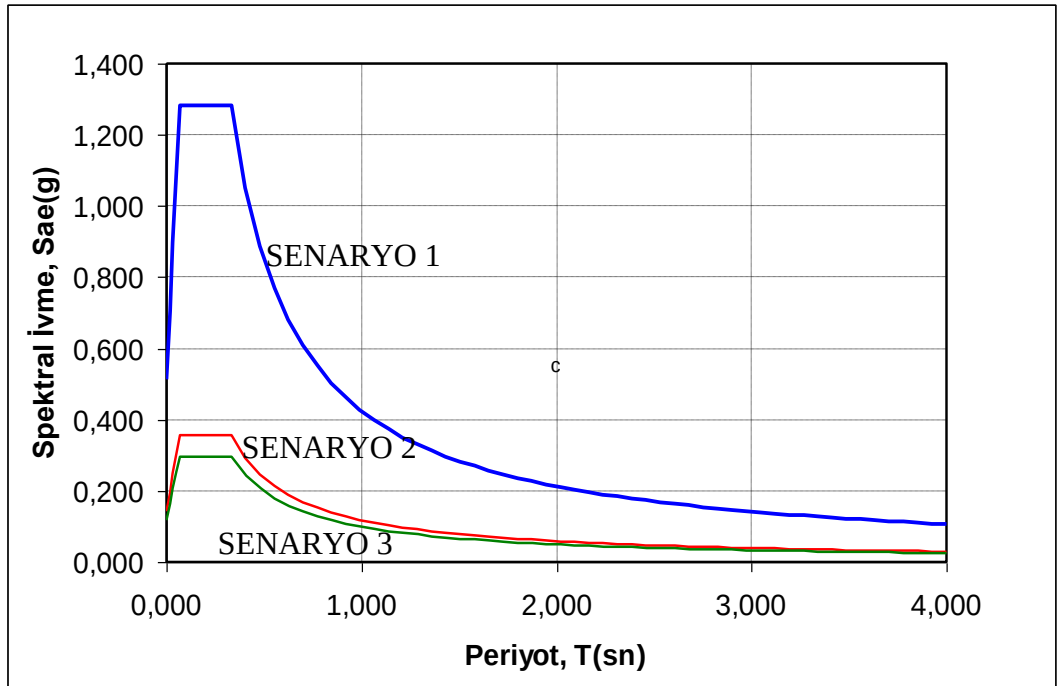
Şekil 31. Senaryo 1'e Göre B Noktasındaki Zemin Etkisi Olmadığında Elde Edilen Tasarım Spektrası



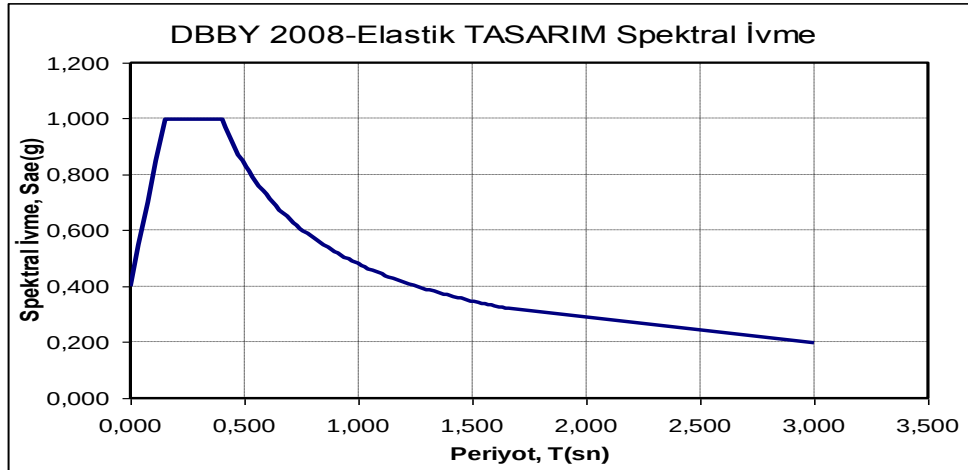
Şekil 32. Senaryo 2'ye Göre B Noktasındaki Zemin Etkisi Olmadığında Elde Edilen Tasarım Spektrası



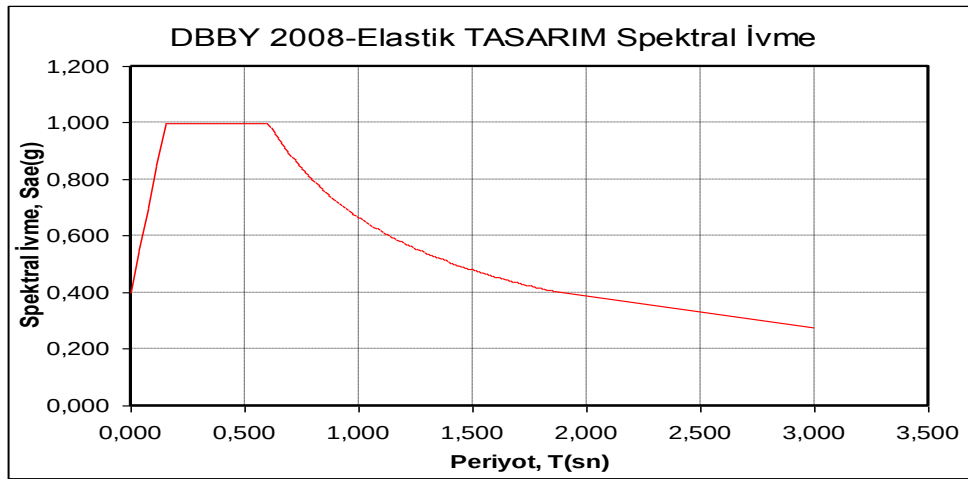
Şekil 33. Senaryo 3'e Göre B Noktasındaki Zemin Etkisi Olmadığında Elde Edilen Tasarım Spektrası



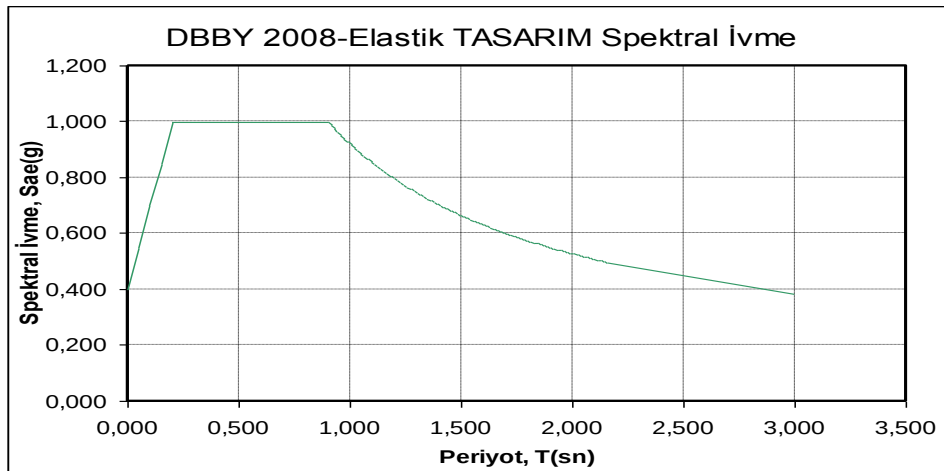
Şekil 34. B Noktasındaki Zemin Etkisi Olmadığında Elde Edilen Birleştirilmiş Tasarım Spektrası



Şekil 35. Z2 Yerel Zemin Sınıfına Göre Elastik Tasarım Grafiği



Şekil 36. Z3 Yerel Zemin Sınıfına Göre Elastik Tasarım Grafiği



Şekil 37. Z4 Yerel Zemin Sınıfına Göre Elastik Tasarım Grafiği

9. SONUÇ

Hatay ve çevresinde bulunan Doğu Anadolu Fay Zonunun kollarından olan Amanos, Doğu Hatay ve Ölü Deniz Fay Zonları uzun süredir (yaklaşık 140 yıl) büyük magnitüdlü bir deprem üretmemişlerdir. Bu yüzden bu faylarda magnitüdü büyük bir deprem olma olasılığı yüksektir. Bu çalışmada 3 ayrı senaryo geliştirilerek sonuçları değerlendirilmiştir.

Senaryo 1'e göre; İlk aşamada Amanos Fay Zonunu ele aldık. Bu Fayın kırılarak 6.5 büyüklüğünde bir deprem yaratabileceğini hesapladık. Bu büyüklükteki bir depremde herhangi bir B noktasında zemin etkisi olmadan ve zemin etkisi olduğunda oluşabilecek maximum ivme (PGA), spektral ivmeler (S1,Ss) değerlerini hesaplayıp, bu değerleri haritalandırdık. Daha sonra tasarım spektra grafiklerini çizdik.

Zemin etkisi olduğunda hesaplanan maksimum ivme (PGA) değeri 0.82, Zemin etkisi olmadığında hesaplanan maksimum ivme (PGA) değeri 0.526

Zemin etkisi olduğunda hesaplanan en yüksek spektral ivme (Ss) değeri 1.281, zemin etkisi olmadığında hesaplanan en yüksek spektral ivme değeri (Ss) 1.281

Zemin etkisi olduğunda hesaplanan en yüksek spektral ivme (S1) değeri 0.844, zemin etkisi olmadığında hesaplanan en yüksek spektral ivme (S1) değeri 0.427

Senaryo 2'ye göre; İkinci aşamada Doğu Hatay Fay Zonunu ele aldık. Bu Fayın kırılabilceğini ve 6.5 magnitüd büyüklüğünde bir deprem yaratabileceğini hesapladık. Bu büyüklükteki depremin zemin etkisi olmadan ve zemin etkisi olduğundaki maximum ivme (PGA), spektral ivmeler (S1,Ss) değerlerini hesaplayıp, bu değerleri haritalandırdık. Daha sonra tasarım spektra grafiklerini çizdik.

Zemin etkisi olduğunda hesaplanan maksimum ivme (PGA) değeri 0.1922, zemin etkisi olmadığında hesaplanan maksimum ivme (PGA) değeri 0.1488

Zemin etkisi olduğunda hesaplanan en yüksek spektral ivme (Ss) değeri 0.769, zemin etkisi olmadığında hesaplanan en yüksek spektral ivme değeri (Ss) 0.3662

Zemin etkisi olduğunda hesaplanan en yüksek spektral ivme (S1) değeri 0.41, zemin etkisi olmadığında hesaplanan en yüksek spektral ivme (S1) değerleri 0.1175

Senaryo 3' göre; Üçüncü aşamada Ölü Deniz Fay Zonunu ele aldık. Bu Fayın kırılabilceğini ve 6.5 magnitud büyüklüğünde bir deprem yaratabileceğini hesapladık. Bu büyüklükteki depremin zemin etkisi olmadan ve zemin etkisi olduğundaki maximum ivme (PGA), spektral ivmeler (S1,Ss) değerlerini hesaplayıp, bu değerleri haritalandırdık. Daha sonra tasarım spektra grafiklerini çizdik.

Zemin etkisi olduğunda hesaplanan maksimum ivme (PGA) değeri 0.183, zemin etkisi olmadığında hesaplanan maksimum ivme (PGA) değeri 0.1227

Zemin etkisi olduğunda hesaplanan en yüksek spektral ivme (Ss) değeri 0.666, zemin etkisi olmadığında hesaplanan en yüksek spektral ivme değeri (Ss) 0.2953

Zemin etkisi olduğunda hesaplanan en yüksek spektral ivme (S1) değeri 0.349, zemin etkisi olmadığında hesaplanan en yüksek spektral ivme (S1) değeri 0.0995

Daha sonra her senaryo için (zemin etkisi olduğunda ve zemin etkisi olmadan) tasarım spektra grafikleri çizilmiş ve en sonunda bu grafikler birleştirilerek yeni bir grafik oluşturulmuştur.

Ayrıca bölgede son 100 yıl içinde oluşmuş magnitüdü 4.5'den küçük depremler tablo 21'de, magnitüdü 4.5'den büyük depremler ise tablo 22'de gösterilmiştir. Tarihsel depremler ise tablo 23' de gösterilmiştir.

10. KAYNAKLAR

1. Zemin Araştırmaları (Türkiye Jeofizik Mühendisleri Odası, 1990)
2. Türkiye'nin Deprem Tehlikesi (Türkiye Jeofizik Mühendisleri Odası, Hüseyin Güler, Engin İnan, Sinan Gençöğlü)
3. Yer altı Araştırmaları (Ahmet Ercan)
4. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Sitesi
5. Yüksek Yapılar Yönetmeliği
6. Historical Earthquake Activity of The Northern Part of The Dead Sea Fault Zone, Southern Turkey (H. Serdar Akyüz, Erhan Altunel, Volkan Karabacak, C.Çağlar Yalçiner, 2006)
7. Seismic Hazard Studies for Gaziantep City in South Anatolia of Turkey (Hamza Güllü, Atilla M. Ansal, Aydın Özbay, 2007)
8. Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Limanlar Ve Havameydanlar İnşaatı Genel Müdürlüğü Kıyı Yapıları, Demiryolları Ve Havameydanları İnşaatları Deprem Teknik Yönetmeliği İçin Deprem Tehlikesi Belirlemesi (Mustafa Erdik, Karin Şeşetyan, Mine B. Demircioğlu, Eser Durukal, 2006)
9. Hatay Bölgesinde Etkin Gerilme Durumları (Semir Över, Ulvi Can Ünlügenç, Suha Özden ,2001)
10. An Assessment of Earthquake Hazard İn Gaziantep ,Turkey (Ali Fırat Çabalar)
11. İzmir Büyükşehir Belediyesi (İzmir Deprem Senaryosu)
12. Modified from Westaway,2003

13. Perinçek and Çemen (1990),(1992), Yürür and Chorowicz(1198),
Rojay et al.(2001) and Westaway (2003)
14. Zilberman et al. (2000). Meghraoui et.al.(2003) and Westaway (2003)

Tablo 21. 01.01.1900 – 31.12.2008 tarihleri arasında Hatay bölgesinde meydana gelen magnitüdü 4.5’ den küçük depremlerin listesi

SN	Tarih	Zaman	Enlem	Boylam	Ref	Derinlik(km)	Ms	Ref	Mb	Ref	Md	Ref	MI	Ref	Mw	Ref
1	16.05.1929	01:22:34.0	36.50	36.00	9	30	4.5	E	4.6	R	4.6	R	4.6	R	4.7	R
2	14.01.1950	22:19:40.0	36.50	35.80	9	30	4.5	E	4.6	R	4.6	R	4.6	R	4.7	R
3	16.07.1956	00:21:46.9	35.72	36.01	1	100	4.5	E	4.6	R	4.6	R	4.6	R	4.7	R
4	02.02.1964	06:26:55.0	36.51	35.80	4	81	3.7	R	4.1	4	4	R	4	R	4.2	R
5	01.04.1965	01:11:03.6	35.95	35.77	4	40	4.1	1	4.3	9	4.3	R	4.2	R	4.4	R
6	25.11.1965	02:06:32.3	37.24	36.22	4	50	4.5	E	4.6	4	4.6	R	4.6	R	4.7	R
7	15.05.1969	13:08:13.0	37.29	35.00	4	86	4.4	R	4.6	4	4.5	R	4.5	R	4.7	R
8	19.05.1969	18:14:25.7	37.75	35.31	4	55	4.4	R	4.6	4	4.5	R	4.5	R	4.7	R
9	24.05.1969	11:49:28.0	36.82	35.31	4	44	4.2	R	4.4	4	4.3	R	4.3	R	4.5	R
10	30.11.1969	00:39:23.4	35.70	35.60	4	33	4	R	4.3	4	4.2	R	4.2	R	4.4	R
11	30.04.1971	06:10:03.6	37.76	36.18	4	60	4.2	R	4.4	4	4.3	R	4.3	R	4.5	R
12	29.06.1971	11:13:41.4	37.33	36.72	4	12	4.5	E	4.5	4	4.6	R	4.6	R	4.8	R
13	01.07.1971	23:15:03.4	37.17	36.91	4	37	4.5	E	4.5	4	4.6	R	4.6	R	4.8	R
14	18.01.1974	14:41:32.5	37.87	37.86	4	28	4	M	4.4	N	4.2	R	4.2	R	4.5	R
15	13.09.1974	04:55:06.8	37.40	36.06	4	59	3.9	R	4.2	4	4.1	R	4.1	R	4.3	R
16	03.04.1976	09:50:00.8	37.90	37.73	4	30	3.6	R	4	4	3.9	R	3.8	R	4.1	R
17	30.07.1976	07:23:26.0	36.71	35.90	4	58	4	R	4.3	4	4.2	R	4.2	R	4.4	R
18	09.02.1978	21:10:36.6	37.07	36.84	4	42	4.2	R	4.4	4	4.3	R	4.3	R	4.5	R
19	02.01.1980	12:52:27.2	36.56	36.38	4	32	4.4	R	4.6	4	4.5	R	4.5	R	4.7	R
20	19.05.1980	15:50:33.4	37.57	35.92	4	50	4.5	E	4.5	4	4.6	R	4.6	R	4.8	R
21	01.09.1980	16:39:26.7	37.64	36.15	4	10	3.9	R	4.2	4	4.1	R	4.1	R	4.3	R
22	05.10.1980	21:31:40.7	37.60	37.15	4	64	3.6	R	4	4	3.9	R	3.8	R	4.1	R
23	19.02.1981	02:41:55.6	36.35	36.42	4	52	4.4	R	4.6	4	4.5	R	4.5	R	4.7	R
24	24.02.1981	22:41:08.0	36.44	36.18	4	36	4.2	R	4.4	4	4.3	R	4.3	R	4.5	R
25	30.06.1981	07:59:08.5	36.17	35.89	4	63	4.5	M	4.7	4	4.6	R	4.6	R	4.8	R
26	19.01.1982	18:38:52.0	35.93	35.61	4	46	4.3	R	4.5	4	4.5	R	4.5	R	4.6	R
27	11.02.1982	15:50:00.4	36.08	35.89	4	33	3.9	R	4.2	4	4.2	R	4.1	R	4.3	R
28	24.04.1982	00:02:05.0	37.74	35.40	4	59	3.9	R	4.2	4	4.2	R	4.1	R	4.3	R
29	18.05.1982	19:38:03.0	37.10	36.40	4	54	3.7	R	4.1	4	4.3	R	4	R	4.2	R
30	20.05.1982	20:50:27.0	37.60	35.80	4	33	3.6	R	4	4	4.1	R	4	R	4.1	R
31	05.08.1982	07:54:02.1	37.99	35.23	4	46	4.2	R	4.4	4	4.4	R	4.4	R	4.5	R
32	15.11.1984	03:28:46.7	37.12	36.28	4	39	4	R	4.3	4	4.3	R	4.2	R	4.4	R
33	18.12.1984	13:59:34.9	35.29	35.32	4	39	4.4	R	4.6	4	4.5	R	4.7	J	4.7	R
34	22.06.1985	07:58:35.1	37.26	36.98	4	33	4.3	R	4.5	4	4.5	R	4.5	R	4.6	R
35	21.12.1985	05:05:36.5	37.55	35.47	4	33	4.4	R	4.6	4	4.5	R	4.6	R	4.7	R
36	21.12.1985	06:11:13.5	37.56	35.40	4	33	4.2	R	4.4	4	4.4	R	4.4	R	4.5	R
37	05.05.1986	11:31:20.5	37.97	37.88	4	10	3.6	R	4	R	4.1	R	4	R	4.1	R
38	07.05.1986	10:09:09.3	38.00	37.98	4	10	3.8	R	4.1	R	4	R	4	R	4.2	R
39	07.05.1986	12:35:34.0	37.98	37.85	4	10	4.2	R	4.4	R	4.5	R	4.4	R	4.5	R
40	06.06.1986	10:50:33.0	37.98	38.00	4	10	4.2	R	4.4	4	4.4	R	4.4	R	4.5	R
41	09.06.1986	01:59:38.0	37.98	36.90	4	10	3.8	R	4.1	R	4	R	4	R	4.2	R
42	09.06.1986	03:30:42.5	37.97	37.80	4	10	3.9	R	4.2	4	4.2	R	4.1	R	4.3	R
43	15.06.1986	10:02:27.0	38.00	37.82	4	28	4.2	R	4.4	4	4.4	R	4.4	R	4.5	R
44	20.07.1986	04:01:18.0	37.81	35.91	4	2	3.7	R	4.1	4	4.2	R	4	R	4.2	R
45	05.08.1986	19:58:40.7	37.19	37.26	4	10	4.3	R	4.5	4	4.5	R	4.5	R	4.6	R
46	16.06.1987	06:17:39.6	35.55	35.25	4	33	4.4	R	4.6	4	4.5	R	4.6	R	4.7	R

SN	Tarih	Zaman	Enlem	Boylam	Ref	Derinlik(km)	Ms	Ref	Mb	Ref	Md	Ref	MI	Ref	Mw	Ref
47	02.09.1987	08:59:54.1	37.99	37.10	4	10	3.8	R	4.1	R	4	R	4	R	4.2	R
48	20.11.1987	21:45:41.4	37.11	36.38	4	10	3.6	R	4	R	4.1	R	4	R	4.1	R
49	31.12.1987	17:26:04.4	37.02	36.02	4	10	3.9	R	4.2	4	4.2	R	4.1	R	4.3	R
50	01.01.1988	04:17:42.8	36.35	35.47	4	10	4.4	B	4.5	R	4.5	R	4.5	R	4.6	R
51	18.01.1988	21:41:04.0	37.80	37.60	4	3	4.2	R	4.4	4	4.4	R	4.4	R	4.5	R
52	03.08.1988	20:42:34.3	35.88	35.65	4	56	4.4	R	4.6	4	4.5	R	4.6	R	4.7	R
53	17.12.1988	18:57:00.0	37.50	36.20	4	10	3.8	R	4.1	R	4	R	4	R	4.2	R
54	06.03.1989	02:13:03.1	37.44	36.42	4	10	3.6	R	4	R	4.1	R	4	R	4.1	R
55	02.04.1989	18:26:49.7	37.76	36.66	4	10	3.6	R	4	R	4.2	R	4.1	R	4.1	R
56	15.10.1989	13:15:57.9	36.85	35.78	4	10	3.6	R	4	R	4.1	R	4	R	4.1	R
57	06.11.1990	15:21:57.9	35.85	35.62	4	10	4	R	4.3	4	4.3	R	4.4	I	4.4	R
58	11.08.1991	08:33:25.6	36.15	35.90	4	42	3.6	R	4	4	4.1	R	4	R	4.1	R
59	14.08.1991	13:41:40.2	35.99	35.81	4	51	4.2	R	4.4	4	4.4	R	4.4	R	4.5	R
60	19.09.1991	02:14:09.7	36.14	35.83	4	10	3.9	R	4.2	4	4.2	R	4.1	R	4.3	R
61	02.10.1991	19:03:55.2	37.44	36.14	4	10	4	4	4.1	4	4.2	R	4	R	4.2	R
62	07.10.1991	12:29:29.5	37.10	35.70	4	10	4	R	4.3	4	4	R	4.2	R	4.4	R
63	19.01.1992	16:22:48.3	37.55	35.96	4	10	3.7	R	4.1	N	4	R	4	R	4.2	R
64	29.05.1992	06:55:56.0	37.56	36.83	4	7	3.9	R	4.2	4	4.2	R	4.1	R	4.3	R
65	21.07.1993	01:21:57.4	37.13	36.78	4	25	3.7	R	4.1	4	4.2	R	4	R	4.2	R
66	10.02.1994	06:15:18.3	36.95	35.81	4	17	4.5	4	4.8	4	4.6	R	4.8	R	4.9	R
67	23.06.1994	20:11:27.0	37.76	37.48	4	10	4.2	R	4.4	4	4.4	R	4.4	R	4.5	R
68	30.07.1994	10:37:45.3	37.47	36.20	4	10	4.6	R	4.7	4	4.5	R	4.7	R	4.8	R
69	21.08.1994	07:31:30.9	35.66	35.59	4	10	3.6	R	4	4	4.1	R	4	R	4.1	R
70	21.08.1994	14:42:10.2	35.83	35.76	4	10	3.7	R	4.1	N	4.2	R	4	R	4.2	R
71	21.01.1995	03:48:16.8	37.38	36.12	4	34	4.3	R	4.5	4	4.5	R	4.3	B	4.6	R
72	13.04.1995	20:23:21.2	37.37	36.10	4	49	4.4	R	4.6	4	4.5	R	4.6	R	4.7	R
73	05.06.1995	17:06:22.5	37.75	36.43	R	10	3.6	R	4	R	4.1	R	4	R	4.1	R
74	20.03.1996	11:48:45.2	36.88	36.07	4	37	3.6	R	4	R	4.1	R	4	R	4.1	R
75	02.04.1996	23:17:39.4	37.48	36.70	4	11	3.6	R	4	R	4.1	R	4	R	4.1	R
76	04.06.1996	17:35:04.3	35.70	35.63	4	60	3.6	R	4	R	4.2	R	4.3	E	4.1	R
77	04.06.1996	17:42:43.8	35.85	35.55	4	6	3.7	R	4.1	4	4.2	R	4	R	4.2	R
78	04.06.1996	18:25:49.2	35.83	35.60	4	4	3.6	R	4	4	4	R	4	I	4.1	R
79	05.06.1996	13:13:18.4	35.81	35.70	4	24	4.3	R	4.5	4	4.6	R	4.5	I	4.6	R
80	18.06.1996	23:44:12.1	36.09	36.03	4	13	3.7	R	4.1	4	4.3	R	4.4	J	4.2	R
81	19.06.1996	00:18:03.9	36.07	36.01	4	23	4.2	R	4.4	N	4.5	R	4.4	R	4.5	R
82	10.07.1996	17:08:51.7	37.39	36.20	4	8	3.8	R	4.1	R	4	R	4	R	4.2	R
83	15.08.1996	13:57:32.1	36.32	35.40	4	33	3.6	R	4	R	4.2	R	4.1	R	4.1	R
84	24.09.1996	16:28:51.3	37.15	35.80	4	10	3.6	R	4	R	4.1	R	4	R	4.1	R
85	13.11.1996	23:23:32.0	36.98	36.10	4	9	3.8	R	4.1	R	4	R	4	R	4.2	R
86	31.12.1996	15:51:05.0	36.60	37.30	4	12	3.8	R	4.1	R	4	R	4	R	4.2	R
87	06.01.1997	19:06:43.4	36.84	35.90	4	10	4	R	4.3	4	4.2	R	4.3	E	4.4	R
88	22.01.1997	18:22:06.0	36.19	35.99	4	13	3.9	R	4.2	4	4	R	4.1	R	4.3	R
89	23.01.1997	07:09:24.0	36.29	36.18	4	25	3.6	R	4	4	4	R	4	R	4.1	R
90	23.01.1997	14:53:15.0	36.18	35.96	4	13	3.6	R	4	4	4	R	4.1	J	4.1	R
91	26.02.1997	22:47:53.0	36.26	36.17	4	13	3.8	R	4.1	R	4	R	4.2	J	4.2	R
92	27.06.1998	14:07:36.0	36.86	35.56	4	15	3.6	R	4	R	4.2	R	4.1	R	4.1	R
93	27.06.1998	14:15:36.0	36.94	35.69	4	8	3.6	R	4	4	4.1	R	4.1	C	4.1	R
94	27.06.1998	18:54:40.0	36.96	35.68	4	20	3.8	R	4.1	R	4	R	4.1	G	4.2	R
95	27.06.1998	20:50:15.8	36.86	35.50	4	10	3.9	R	4.2	4	4.1	R	4.1	R	4.3	R
96	27.06.1998	21:49:50.1	36.73	35.63	4	10	3.6	R	4	N	4.2	R	4.1	G	4.1	R
97	28.06.1998	03:59:25.2	36.96	35.56	4	10	4.3	4	4.5	4	4.9	R	4.9	C	4.6	R
98	28.06.1998	15:20:34.1	36.98	35.59	4	10	3.6	R	4	R	4.1	R	4.3	C	4.1	R
99	04.07.1998	09:24:24.5	36.83	35.48	4	57	3.9	R	4.2	4	4.5	R	4.6	G	4.3	R

SN	Tarih	Zaman	Enlem	Boylam	Ref	Derinlik(km)	Ms	Ref	Mb	Ref	Md	Ref	MI	Ref	Mw	Ref
100	15.07.1998	03:32:32.0	36.88	35.71	4	12	3.8	R	4.1	R	4	R	4	R	4.2	R
101	17.07.1998	18:15:14.3	36.73	36.01	4	4	3.6	R	4	4	4	R	4	G	4.1	R
102	24.08.1998	02:00:35.0	36.91	35.36	4	10	3.6	R	4	4	4.1	R	4	R	4.1	R
103	20.09.1998	22:56:31.3	36.93	35.40	4	10	3.6	R	4	R	4.1	R	4	R	4.1	R
104	22.09.1998	04:58:47.0	36.93	37.00	4	33	3.6	R	4	R	4.1	R	4	R	4.1	R
105	18.10.1998	08:37:45.0	37.30	36.32	4	7	3.6	R	4	R	4.1	R	4	R	4.1	R
106	04.12.1998	04:59:28.1	36.94	35.54	4	28	3.6	R	4	4	4.3	R	4	R	4.1	R
107	15.01.1999	02:04:32.1	37.06	35.74	4	30	3.9	R	4.2	4	4.3	R	4.3	N	4.3	R
108	19.04.1999	00:16:50.9	37.07	37.07	4	13	3.6	R	4	R	4.2	R	4.1	E	4.1	R
109	05.05.1999	12:25:52.4	36.48	35.32	4	10	3.8	R	4.1	R	4	R	4	R	4.2	R
110	10.06.1999	23:25:24.3	37.32	35.88	4	43	3.9	R	4.2	4	4.3	R	4.1	R	4.3	R
111	01.11.1999	19:56:26.5	37.30	36.33	R	5	3.8	R	4.1	R	4	R	4	R	4.2	R
112	02.04.2000	11:41:27.3	37.63	37.37	4	28	4.2	R	4.4	4	4.5	R	4.4	R	4.5	R
113	02.04.2000	17:26:56.0	37.62	37.23	4	26	3.7	R	4.1	4	4.2	R	4	R	4.2	R
114	12.05.2000	03:01:47.6	37.01	36.06	4	33	4.4	R	4.6	4	4.7	R	4.6	C	4.7	R
115	27.05.2000	07:49:30.8	36.14	35.21	4	36	4	R	4.3	4	4.3	R	4.2	R	4.4	R
116	30.05.2000	04:44:50.1	36.87	35.73	4	46	3.8	R	4.1	R	4	R	4	R	4.2	R
117	29.04.2001	12:17:31.7	36.47	35.60	R	3	3.6	R	4	R	4.1	R	4	R	4.1	R
118	25.06.2001	18:28:32.9	37.27	36.30	R	6	3.8	R	4.1	R	4	R	4	R	4.2	R
119	11.03.2002	01:19:33.3	36.69	36.04	R	9	4.2	R	4.4	R	4.5	R	4.4	R	4.5	R
120	23.05.2002	01:08:00.7	37.32	36.34	R	12	3.9	R	4.2	R	4.3	R	4.2	R	4.3	R
121	23.08.2002	04:10:33.2	37.21	37.24	R	5	3.8	R	4.1	R	4	R	4	R	4.2	R
122	22.11.2002	01:34:53.4	35.96	36.31	R	14	3.6	R	4	R	4.2	R	4.1	R	4.1	R
123	26.02.2003	03:08:20.0	35.78	36.32	R	17	4.2	R	4.4	N	4.1	R	4.4	R	4.5	R
124	25.03.2003	18:33:34.8	35.41	36.67	R	15	3.8	R	4.1	R	4	R	4	R	4.2	R
125	03.09.2003	21:03:15.5	37.66	36.37	R	1	3.7	R	4.1	N	4.2	R	4	R	4.2	R
126	19.11.2003	04:32:23.2	37.05	36.34	R	16	3.8	R	4.1	R	4	R	4.2	C	4.2	R
127	28.05.2004	10:14:41.1	37.49	36.31	R	11	3.6	R	4	R	4.1	R	4.2	R	4.1	R
128	12.06.2004	09:02:21.4	37.38	36.19	R	18	3.8	R	4.1	R	4	R	4	R	4.2	R
129	25.01.2005	16:05:53.0	36.65	35.23	R	24	3.8	R	4.1	R	4	R	4	R	4.1	R
130	24.07.2005	11:36:10.0	36.96	36.03	R	22	3.7	R	4.1	R	4.2	R	4.1	R	4.1	R

Tablo 22. 01.01.1900 – 31.12.2008 tarihleri arasında Hatay bölgesinde meydana gelen magnitüdü 4.5’ den büyük depremlerin listesi

SN	Tarih	Zaman	Enlem	Boylam	Ref	Derinlik(km)	Ms	Ref	Mb	Ref	Md	Ref	MI	Ref	Mw	Ref
1	30.10.1908	11:30:00.0	37.60	36.80	9	30	5.4	E	5.3	R	5.3	R	5.3	R	5.5	R
2	25.12.1915	06:06:09.1	36.47	36.14	1	10	5.2	E	5.1	R	5.1	R	5.1	R	5.4	R
3	05.10.1921	19:09:46.0	36.40	35.20	9	30	5.5	E	5.4	R	5.4	R	5.3	R	5.6	R
4	01.02.1922	16:52:44.0	38.00	37.00	9	30	5.3	E	5.2	R	5.2	R	5.2	R	5.5	R
5	17.03.1926	13:20	37.00	35.00	9	30	5.5	E	5.4	R	5.4	R	5.3	R	5.6	R
6	23.08.1928	06:15:35.0	36.50	36.00	4	35	4.8	E	4.9	R	4.8	R	4.8	R	4.9	R
7	16.05.1929	01:22:34.0	36.50	36.00	9	30	4.5	E	4.6	R	4.6	R	4.6	R	4.7	R
8	25.09.1933	09:46:50.0	37.00	35.50	9	30	5	E	5	R	5	R	4.9	R	5.3	R
9	14.06.1936	17:01:37.1	36.64	35.85	1	70	5.5	E	5.4	R	5.4	R	5.3	R	5.6	R
10	20.04.1941	22:23:13.1	37.35	35.74	1	100	4.6	E	4.7	R	4.7	R	4.6	R	4.8	R
11	20.03.1945	07:58:56.5	37.11	35.70	1	60	6	E	5.7	R	5.8	R	5.7	R	6	R
12	14.01.1950	22:19:40.0	36.50	35.80	9	30	4.5	E	4.6	R	4.6	R	4.6	R	4.7	R
13	08.04.1951	21:38:13.1	36.58	35.85	1	50	5.8	E	5.6	R	5.6	R	5.6	R	5.8	R
14	12.07.1951	06:51:08.0	36.60	36.30	9	30	4.8	E	4.9	R	4.8	R	4.8	R	4.9	R
15	22.10.1952	17:00:48.5	37.25	35.65	1	70	5.6	E	5.4	R	5.4	R	5.4	R	5.7	R
16	24.03.1953	21:17:36.0	37.02	37.00	1	10	5	E	5	R	5	R	4.9	R	5.3	R
17	16.07.1956	00:21:46.9	35.72	36.01	1	100	4.5	E	4.6	R	4.6	R	4.6	R	4.7	R
18	01.06.1961	16:31:44.3	37.65	36.76	1	40	5	E	5	R	5	R	4.9	R	5.3	R
19	10.09.1961	16:17:28.4	37.02	36.11	1	100	4.7	E	4.8	R	4.7	R	4.7	R	4.9	R
20	17.11.1964	22:50:49.1	36.81	35.33	4	4	4.6	E	4.5	4	4.7	R	4.6	R	4.8	R
21	25.11.1965	02:06:32.3	37.24	36.22	4	50	4.5	E	4.6	4	4.6	R	4.6	R	4.7	R
22	26.06.1966	13:17:01.7	36.84	35.92	4	58	4.8	E	4.5	4	4.8	R	4.8	R	4.8	R
23	07.04.1967	17:07:15.4	37.43	36.17	4	38	4.6	E	4.8	4	4.7	R	4.6	R	4.9	R
24	07.04.1967	18:33:31.2	37.36	36.24	4	32	4.8	E	4.9	4	4.8	R	4.8	R	5	R
25	15.05.1969	13:08:13.0	37.29	35.00	4	86	4.4	R	4.6	4	4.5	R	4.5	R	4.7	R
26	19.05.1969	18:14:25.7	37.75	35.31	4	55	4.4	R	4.6	4	4.5	R	4.5	R	4.7	R
27	24.05.1969	11:49:28.0	36.82	35.31	4	44	4.2	R	4.4	4	4.3	R	4.3	R	4.5	R
28	30.04.1971	06:10:03.6	37.76	36.18	4	60	4.2	R	4.4	4	4.3	R	4.3	R	4.5	R
29	29.06.1971	09:08:12.0	37.11	36.85	4	35	5.1	E	5	4	5	R	5	R	5.3	R
30	29.06.1971	11:13:41.4	37.33	36.72	4	12	4.5	E	4.5	4	4.6	R	4.6	R	4.8	R
31	01.07.1971	23:15:03.4	37.17	36.91	4	37	4.5	E	4.5	4	4.6	R	4.6	R	4.8	R
32	11.07.1971	20:12:56.2	37.16	36.85	4	19	5.3	E	5	4	5.2	R	5.2	R	5.3	R
33	15.07.1971	06:15:31.4	37.20	36.80	4	34	4.6	E	4.6	4	4.7	R	4.6	R	4.9	R
34	17.08.1971	04:29:33.4	37.09	36.77	4	35	5.1	E	5	4	5	R	5	R	5.3	R
35	18.01.1974	14:41:32.5	37.87	37.86	4	28	4	M	4.4	N	4.2	R	4.2	R	4.5	R
36	01.01.1975	00:30:01.3	36.67	36.49	4	35	4.8	E	4.8	4	4.8	R	4.8	R	5.1	R
37	15.07.1976	20:24:11.7	37.55	35.90	4	55	4.6	E	4.6	4	4.7	R	4.6	R	4.9	R
38	09.02.1978	21:10:36.6	37.07	36.84	4	42	4.2	R	4.4	4	4.3	R	4.3	R	4.5	R
39	26.04.1979	09:28:01.1	37.54	36.16	4	45	4.6	R	4.7	4	4.6	R	4.6	R	4.8	R
40	28.12.1979	03:09:08.1	37.52	35.85	4	47	4.7	4	5.1	4	4.7	R	4.7	R	5.4	R
41	02.01.1980	12:52:27.2	36.56	36.38	4	32	4.4	R	4.6	4	4.5	R	4.5	R	4.7	R
42	19.05.1980	15:50:33.4	37.57	35.92	4	50	4.5	E	4.5	4	4.6	R	4.6	R	4.8	R
43	19.02.1981	02:41:55.6	36.35	36.42	4	52	4.4	R	4.6	4	4.5	R	4.5	R	4.7	R
44	24.02.1981	22:41:08.0	36.44	36.18	4	36	4.2	R	4.4	4	4.3	R	4.3	R	4.5	R
45	30.06.1981	07:59:08.5	36.17	35.89	4	63	4.5	M	4.7	4	4.6	R	4.6	R	4.8	R
46	19.01.1982	18:38:52.0	35.93	35.61	4	46	4.3	R	4.5	4	4.5	R	4.5	R	4.6	R
47	05.08.1982	07:54:02.1	37.99	35.23	4	46	4.2	R	4.4	4	4.4	R	4.4	R	4.5	R
48	24.11.1983	00:14:08.9	37.05	36.12	4	37	4.6	R	4.7	4	4.6	R	4.7	R	4.8	R

SN	Tarih	Zaman	Enlem	Boylam	Ref	Derinlik(km)	Ms	Ref	Mb	Ref	Md	Ref	MI	Ref	Mw	Ref
49	18.12.1984	13:59:34.9	35.29	35.32	4	39	4.4	R	4.6	4	4.5	R	4.7	J	4.7	R
50	22.06.1985	07:58:35.1	37.26	36.98	4	33	4.3	R	4.5	4	4.5	R	4.5	R	4.6	R
51	21.12.1985	05:05:36.5	37.55	35.47	4	33	4.4	R	4.6	4	4.5	R	4.6	R	4.7	R
52	21.12.1985	06:11:13.5	37.56	35.40	4	33	4.2	R	4.4	4	4.4	R	4.4	R	4.5	R
53	07.05.1986	12:35:34.0	37.98	37.85	4	10	4.2	R	4.4	R	4.5	R	4.4	R	4.5	R
54	06.06.1986	10:50:33.0	37.98	38.00	4	10	4.2	R	4.4	4	4.4	R	4.4	R	4.5	R
55	15.06.1986	10:02:27.0	38.00	37.82	4	28	4.2	R	4.4	4	4.4	R	4.4	R	4.5	R
56	03.08.1986	01:33:24.5	37.19	37.16	4	39	5	R	5	4	4.9	R	5	R	5.3	R
57	05.08.1986	19:58:40.7	37.19	37.26	4	10	4.3	R	4.5	4	4.5	R	4.5	R	4.6	R
58	16.06.1987	06:17:39.6	35.55	35.25	4	33	4.4	R	4.6	4	4.5	R	4.6	R	4.7	R
59	30.10.1987	10:28:30.5	37.64	37.56	4	10	4.6	R	4.7	4	4.6	R	4.7	R	4.8	R
60	01.01.1988	04:17:42.8	36.35	35.47	4	10	4.4	B	4.5	R	4.5	R	4.5	R	4.6	R
61	18.01.1988	21:41:04.0	37.80	37.60	4	3	4.2	R	4.4	4	4.4	R	4.4	R	4.5	R
62	03.08.1988	20:42:34.3	35.88	35.65	4	56	4.4	R	4.6	4	4.5	R	4.6	R	4.7	R
63	24.06.1989	03:09:58.3	36.71	35.93	4	46	4.9	R	4.9	4	4.8	R	4.9	R	5	R
64	10.04.1991	01:08:42.9	37.31	36.14	4	33	4.6	4	5.2	4	5.1	R	5.3	R	5.5	R
65	14.08.1991	13:41:40.2	35.99	35.81	4	51	4.2	R	4.4	4	4.4	R	4.4	R	4.5	R
66	26.09.1991	20:24:04.1	37.37	36.31	4	10	4.6	R	4.7	4	4.6	R	4.7	R	4.8	R
67	03.01.1994	21:00:32.8	36.99	35.81	4	38	4.8	4	5	4	5	R	5	R	5.3	R
68	10.02.1994	06:15:18.3	36.95	35.81	4	17	4.5	4	4.8	4	4.6	R	4.8	R	4.9	R
69	23.06.1994	20:11:27.0	37.76	37.48	4	10	4.2	R	4.4	4	4.4	R	4.4	R	4.5	R
70	30.07.1994	10:37:45.3	37.47	36.20	4	10	4.6	R	4.7	4	4.5	R	4.7	R	4.8	R
71	21.01.1995	03:48:16.8	37.38	36.12	4	34	4.3	R	4.5	4	4.5	R	4.3	B	4.6	R
72	13.04.1995	20:23:21.2	37.37	36.10	4	49	4.4	R	4.6	4	4.5	R	4.6	R	4.7	R
73	05.06.1996	13:13:18.4	35.81	35.70	4	24	4.3	R	4.5	4	4.6	R	4.5	I	4.6	R
74	19.06.1996	00:18:03.9	36.07	36.01	4	23	4.2	R	4.4	N	4.5	R	4.4	R	4.5	R
75	22.01.1997	17:57:23.0	36.19	35.94	4	45	5.5	4	5.3	4	5.1	R	5.4	R	5.6	R
76	22.01.1997	18:24:50.5	36.21	35.99	4	10	5	R	5	4	5	R	5.2	J	5.3	R
77	22.01.1997	18:27:30.0	36.29	36.03	4	10	5.3	R	5.2	4	5	R	5.3	J	5.5	R
78	27.06.1998	13:55:53.5	36.85	35.32	4	47	6.2	H	5.8	H	6.3	R	6	R	6.2	H
79	28.06.1998	03:59:25.2	36.96	35.56	4	10	4.3	4	4.5	4	4.9	R	4.9	C	4.6	R
80	04.07.1998	02:15:49.0	36.81	35.25	4	55	4.8	4	4.8	4	5.1	R	5.3	G	5.1	R
81	04.07.1998	09:24:24.5	36.83	35.48	4	57	3.9	R	4.2	4	4.5	R	4.6	G	4.3	R
82	02.04.2000	11:41:27.3	37.63	37.37	4	28	4.2	R	4.4	4	4.5	R	4.4	R	4.5	R
83	12.05.2000	03:01:47.6	37.01	36.06	4	33	4.4	R	4.6	4	4.7	R	4.6	C	4.7	R
84	17.01.2001	12:09:53.9	37.06	36.13	N	10	4.6	R	4.7	R	4.7	R	4.6	R	4.8	R
85	25.06.2001	13:28:46.5	37.24	36.21	N	5	5.6	R	5.4	R	5.5	R	5.3	R	5.7	R
86	18.10.2001	15:50:30.8	36.90	35.21	N	33	4.6	R	4.7	N	4.8	R	4.7	R	4.8	R
87	31.10.2001	12:33:52.8	37.25	36.14	N	10	5.4	R	5.3	R	5.2	R	5.2	G	5.6	R
88	11.03.2002	01:19:33.3	36.69	36.04	R	9	4.2	R	4.4	R	4.5	R	4.4	R	4.5	R
89	08.09.2002	19:57:51.8	35.24	37.23	N	9	4.6	R	4.7	R	4.7	R	4.8	G	4.8	R
90	14.12.2002	01:02:43.5	37.52	36.20	N	10	4.9	R	4.9	N	4.8	R	4.9	R	5	R
91	26.02.2003	03:08:20.0	35.78	36.32	R	17	4.2	R	4.4	N	4.1	R				

Tablo 23. Antakya ve Çevresinde Oluşmuş Tarihsel Depremler

TARİH	ENLEM(N)	BOYLAM(E)	ETKİ ALANI	ŞİDDETİ
	36° 25'	36° 10'	Antakya	VIII
M.Ö.169	36° 25'	36° 10'	Antakya	IX
M.Ö.37	36° 25'	36° 10'	Antakya	VIII
37	36° 25'	36° 10'	Antakya	VIII
79	36° 25'	36° 10'	Antakya	VII
110	36° 25'	36° 10'	Antakya,Samandağ	VIII
13.12.115	36° 25'	36° 10'	Antakya ve yöresi	IX
117	36° 25'	36° 10'	Antakya	VII
220	36° 25'	36° 10'	Antakya	VIII
245	36° 25'	36° 10'	Antakya	X
272	36° 25'	36° 10'	Antakya	VIII
334	36° 25'	36° 10'	Antakya,Beyrut,Magosa	IX
341	36° 25'	36° 10'	Antakya	VIII
345	36° 25'	36° 10'	Antakya	VII
363	36° 25'	36° 10'	Antakya	V
387	36° 25'	36° 10'	Antakya	VI
396	36° 25'	36° 10'	Antakya	VIII
14.09.458	36° 25'	36° 10'	Antakya,Kuzey Suriye	IX
10.09.506	36° 25'	36° 10'	Antakya,Samandağ	IX
?05.518	36° 25'	36° 10'	Antakya	VIII
524	37° 20'	35° 90'	Anazarba,Ceyhan-Adana	VIII+
29.05.526	36° 25'	36° 10'	Antakya,Samandağ	IX
?03.527	36° 25'	36° 10'	Antakya	VI
29.11.529	36° 25'	36° 10'	Antakya ve yöresi	IX
553	36° 25'	36° 10'	Antakya	VII
557	36° 25'	36° 10'	Antakya	VII
561	36° 25'	36° 10'	Anazarba,Antakya	VIII
579	36° 25'	36° 10'	Antakya ve yöresi	VII
581	36° 25'	36° 10'	Antakya	VI
30.09.587	36° 25'	36° 10'	Antakya(60000 ölü)	IX
639	36° 25'	36° 10'	Antakya	VII
716	36° 25'	36° 10'	Antakya	VII
775	36° 25'	36° 10'	Antakya,Halep	VII
835	36° 25'	36° 10'	Antakya	VII
08.04.859	36° 25'	36° 10'	Antakya,Lazkiye,Şam,Hama	IX
867	36° 25'	36° 10'	Antakya	IX
972	36° 25'	36° 10'	Antakya	VII
1053	36° 25'	36° 10'	Antakya	VIII
1072	36° 25'	36° 10'	Antakya	VIII
?09.1091	36° 25'	36° 10'	Antakya,Urfa	VII
1109	36° 25'	36° 10'	Mambiç,Antakya	VIII
10.08.1114	36° 25'	36° 10'	Ceyhan,Antakya,Maraş(Tsunami)	IX
?09.1190	36° 25'	36° 10'	Antakya ve geniş yöresi	VIII
1212	36° 25'	36° 10'	Antakya	VI
1268	36° 50'	35° 50'	Kozan,Ceyhan(60000 ölü)	IX

TARİH	ENLEM(N)	BOYLAM(E)	ETKİ ALANI	ŞİDDETİ
1726	36° 25'	36° 10'	İskenderun ve yöresi	VI
1737	36° 25'	36° 10'	Antakya	VII
13.08.1822	36° 40'	36° 20'	Antakya,İskenderun,Kilis,Halep,Lazkiye (20000 ölü)	IX
1847	36° 60'	36° 10'	İskenderun	VII
1854	36° 20'	36° 60'	Antakya,Samandağ,Halep	VII
02.04.1872	36° 25'	36° 10'	Antakya,Samandağ(1800 ölü)	IX
15.05.1872	36° 20'	36° 10'	Antakya	VII
1873	36° 10'	35° 90'	Samandağ-Antakya	VI
1875	36° 20'	36° 10'	Antakya yöresi	VII
31.03.1893	36° 25'	36° 10'	Malatya(469 ölü)	IX
1894	36° 20'	36° 10'	Antakya yöresi	?