



İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ



KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

PAZARCIK MW=7.7 & ELBİSTAN MW=7.6 DEPREMLERİ RAPORU (HATAY BÖLGESİ)

Prof. Dr. Mehmet KAMANLI

Prof. Dr. M. Sami DÖNDÜREN

Prof. Dr. M. Tolga ÇÖĞÜRCÜ

Prof. Dr. Bilgehan KEKEÇ

Doç. Dr. Alptuğ ÜNAL

Arş. Gör. Dr. Murat SAYDAN

Öğr. Gör. Salih CENGİZ

Öğr. Gör. Dr. M. Ali LORASAKKOV

Öğr. Gör. S. Alper ÖZDEMİR

Arş. Gör. Abdulkadir SOLAK

Arş. Gör. Abdulhamit NAKİPOĞLU

İnş. Müh. Suat TORUN

İns. Müh. Mehmet USLU

KONYA-2023

ÖNSÖZ

6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ın Pazarcık ve Elbistan ilçelerinde meydana gelen 7.7 ve 7.6 büyüklüğündeki iki büyük deprem ile bölgede çok sayıda bina yıkılmıştır. Deprem, Kahramanmaraş başta olmak üzere, 11 ilde büyük yıkıma ve 50 bini aşan can kaybına sebep olmuştur. Deprem nedeniyle en büyük yıkım meydana gelen bölgelerin başında Hatay-Antakya ilçesi bulunmaktadır. Bölgedeki yapıların büyük çoğunluğu yıkıma uğramış veya ağır hasar almıştır.

Meydana gelen deprem sonrasında Hatay'ın Antakya ve İskenderun ilçelerinde faaliyet gösteren Konya Teknik Üniversitesi ekibi gönüllülük esasına dayalı olarak depremden iki gün sonra Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı kontrolünde hasar tespitlerde bulunmak üzere bölgeye intikal etmiş; İskenderun Teknik Üniversitesi ile birlikte kamu ve özel binalarda incelemelerde bulunmuştur.

Bu raporda, depremin yol açtığı yapısal hasarların boyutu ve çeşitliliği ortaya konulmaktadır. Ağır can kayiplarının yanı sıra, mevcut yapılarda oluşan hasarlara ve hasarların meydana gelme nedenlerine ilişkin tespitler yapılmıştır. Deprem bölgesinin çok geniş bir coğrafyaya yayılması, kentlerdeki mevcut yapıların, alt yapıların ve kamu binalarının etkilenmiş olmaları dikkate alındığında deprem gerçeği ile ne kadar yüz yüze olduğumuz görülmüştür. Ülkemiz yapı stokunun önemli bir kısmı deprem tehlikesi ile karşı karşıyadır ve bu durum depreme karşı önlemler alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Deprem sonrasında başta Hatay ilinde meydana gelen deprem ve yapı hasarlarına ait olmak üzere yapılan inceleme, araştırma ve tespitlerden elde edilen bilgi birikiminin yazılı ve kalıcı hale getirilmesi amaçlanmıştır.

Hasar Tespit Çalışmalarında katkı sunan, görev ve destek veren; T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Yapı İşleri Genel Müdürü Sayın Banu ARSLAN'a ve Yapı İşleri Genel Müdür Yardımcısı Sayın İ. Tuna CEBECİOĞLU'na, Konya Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürü Sayın Hülya ŞEVİK'e, Afet Koordinasyon Daire Başkanı Sayın Emrah SÜME'ye, Konya Teknik Üniversitesi Rektörü Sayın Prof. Dr. Osman Nuri ÇELİK'e, İskenderun Teknik Üniversitesi Rektörü Sayın Prof. Dr. Tolga Depci'ye, Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Ali KÖKEN'e sonsuz teşekkürler ederiz.

Bir daha yaşanmaması dileklerimizle...

ÖZET

6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ın Pazarcık ve Elbistan ilçelerinde meydana gelen 7.7 ve 7.6 büyüklüğündeki iki büyük deprem ile bölgede çok sayıda bina yıkılmıştır. Ondan fazla ilin etkilendiği bu afetten sonra uzman ekipler bölgede hasar tespit çalışmasında bulunmuştur. Hatay'ın Antakya ve İskenderun ilçelerinde faaliyet gösteren Konya Teknik Üniversitesi ekibi ve İskenderun Teknik Üniversitesi depremden iki gün sonra bölgeye intikal ederek kamu ve özel binalarda incelemelerde bulunmuştur. Bölgenin depremselliği, jeolojik ve tektonik yapısı, zemin özellikleri ve bölgedeki yapıların genel durumu ele alınmıştır. Bölgedeki binalara ait hasarlar; malzeme kalitesizliği ve yetersizliği, yapı tasarımlı hataları, işçilik hataları, yapı elemanlarındaki hasarlar, yapılardaki göçme mekanizmaları, zemine bağlı problemler, yol ve kaplama hasarları şeklinde ele alınmıştır. Bu hasarlar ile ilgili değerlendirmeler yapılmış, yeni yapılacak ve mevcut hasarlı binalarla ilgili bölgenin zemin, jeolojik ve tektonik yapısına uygun öneriler sunulmuştur. Hasarların oluşma nedenleri genel olarak zemin mukavemetinin düşük olması, malzeme kalitesizliği, taşıyıcı eleman boyutlarının yetersiz olması, işçilik ve tasarım hataları şeklinde tespit edilmiştir.



İÇİNDEKİLER

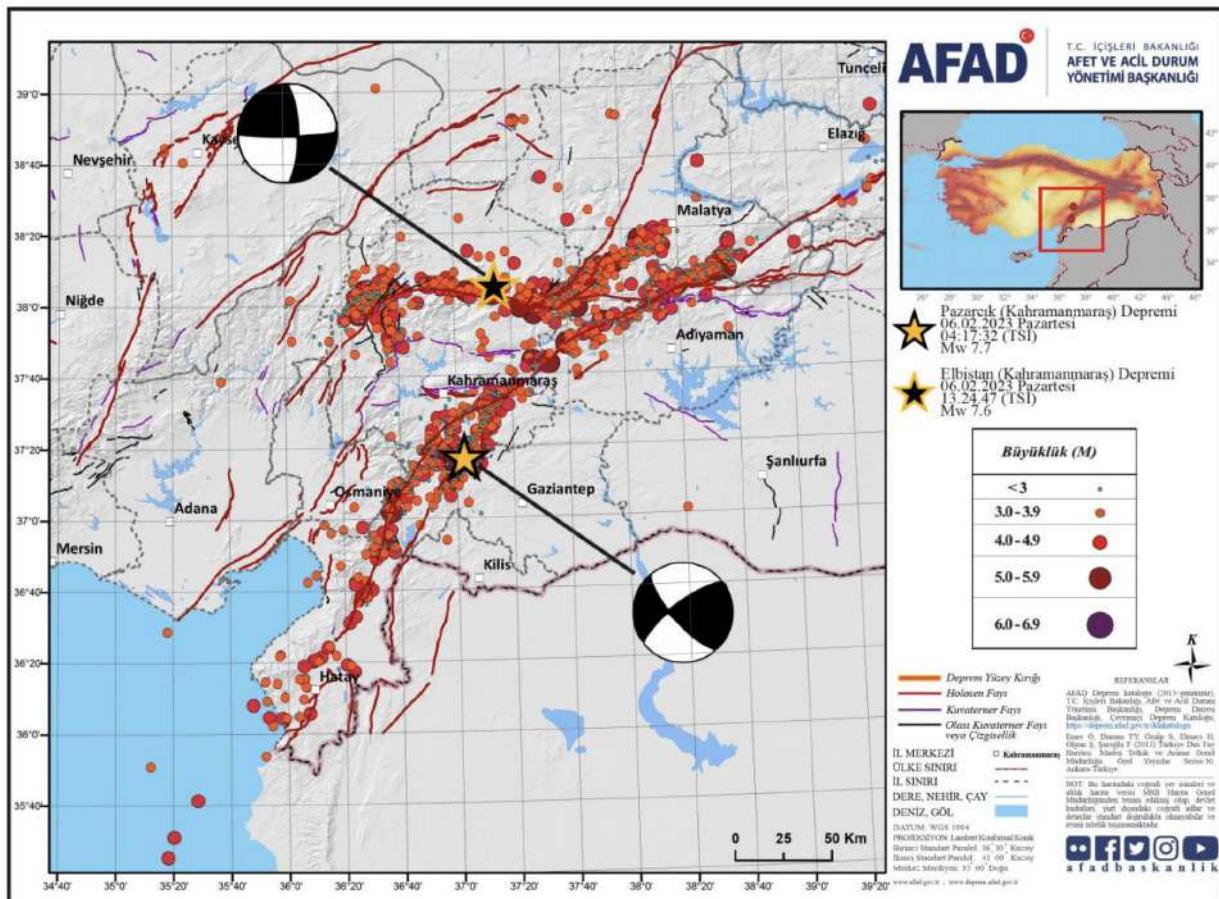
ÖNSÖZ	i
ÖZET	ii
İÇİNDEKİLER	iii
1. GİRİŞ	1
1.1. Hatay Yöresine Ait Deprem Tarihçesi.....	3
2. HATAY İLİNİN JEOLOJİK VE TEKTONİK YAPISI.....	7
3. KUVVETLİ YER HAREKETLERİİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	10
3.1. En Büyük Yer Hareketleri	89
4. YAPILARDA GÖZLEMLENEN HASARLAR	91
4.1 Yapı Malzemeleri Açısından Değerlendirmeler	92
4.1.1. Yapılardaki Beton Kalitesi.....	92
4.1.2. Yapıarda Kullanılan Donatı ve Aderans	94
4.1.3. Donatıların Korozyonu	94
4.2 Tasarım Hataları	96
4.2.1. Yetersiz Kesit Boyutları ve Donatı Aralıkları	96
4.2.2. Kolon, Kiriş Yerleşimi, Saplama Kırışlar, Poligon ve Kuşatılmamış Birleşimler	98
4.2.3. Yumuşak Kat / Zayıf Kat Düzensizliği Bulunan Yapılar	100
4.2.4. Donatı Tasarımı	101
4.2.5. Güçlü Kiriş - Zayıf Kolon.....	102
4.2.6. Çerçeve Süreksizliği ve Çıkmalar.....	102
4.2.7. Çekiçleme ve Deprem Derzi Yetersizliği	103
4.3. İşçilik Hataları.....	105
4.3.1. Segregasyon ve Paspayı.....	105
4.3.2. Bilinçsiz Tesisat İşlemleri.....	106
4.4. Yapı Elemanlarında Hasar	107
4.4.1. Kiriş Hasarları.....	107
4.4.2. Kolon Hasarları.....	108
4.4.3. Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesinde Oluşan Hasarlar	110
4.4.4. Perdelerde Oluşan Hasarlar	111
4.4.5. Kısa Kolon Etkisiyle Oluşan Hasarlar	112
4.4.6. Merdivenlerde Oluşan Hasarlar	113
4.4.7. Pencere ve Duvarlarda Oluşan Hasarları	113
4.4.8. Bölme Duvarlarda Oluşan Hasarlar	114
4.4.9. Çatıda Oluşan Hasarlar	114
4.5. Yapıarda Göçme	115
4.5.1. Kısmi Göçme	115
4.5.2. Devrilme	116
4.5.3. Tamamen Göçme	118

4.6. Diğer Hasarlar.....	119
4.6.1. Yığma Yapı Hasarları	119
4.6.2. Tarihsel ve Dini Yapılar	120
4.6.3. Su Depoları	121
4.7. Zemin Problemleri	121
4.8. Yol ve Kaplama Hasarları.....	124
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	126
KAYNAKLAR	129



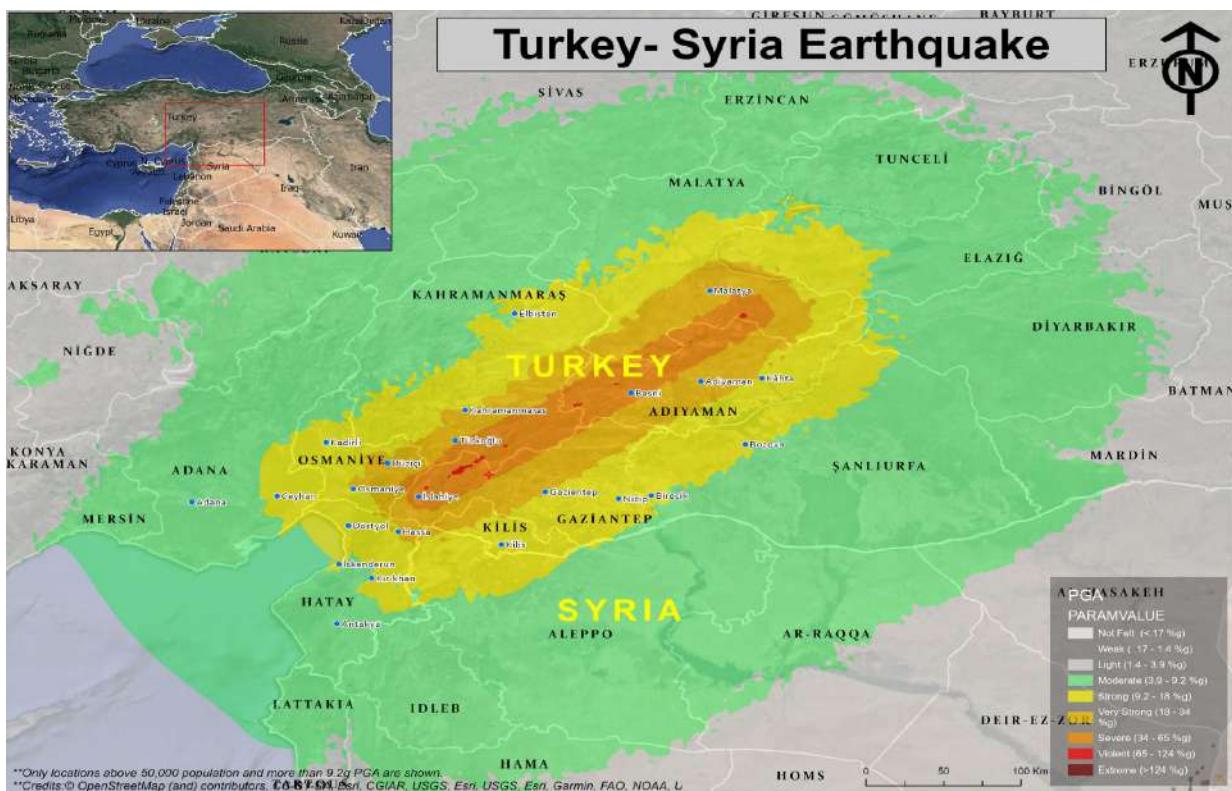
1. GİRİŞ

6 Şubat 2023 tarihinde Türkiye'nin güney doğusu iki büyük depremle sarsılmıştır. Depremlerin ilkinin merkez üssü Kahramanmaraş'ın Pazarcık ilçesinde Türkiye saatı ile 04:17'de $Mw=7.7$ büyüklüğünde, ikincisinin merkez üssü Kahramanmaraş'ın Elbistan ilçesinde 13:24'te $Mw=7.6$ büyüklüğünde meydana geldiği kaydedilmiştir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. 06.02.2023 tarihli Pazarcık ve Elbistan depremleri ile artçı şok aktivitesi (AFAD, 2023)

3129 kodlu Hatay-Defne istasyonunda kuzey-güney yönünde maksimum yer ivmesi (PGA) 1.373g olarak ölçülmüştür. Büyük bir alanı kapsayan kuvvetli yer ivmeleri, Kahramanmaraş başta olmak üzere bölgedeki komşu illerden Adana, Adiyaman, Diyarbakır, Gaziantep, Hatay, Kilis, Malatya, Osmaniye ve Şanlıurfa'da binlerce binanın yıkımına yol açmıştır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Kahramanmaraş depreminin bölgede oluşturduğu kuvvetli yer ivmesi dağılımı (NASA, 2023)

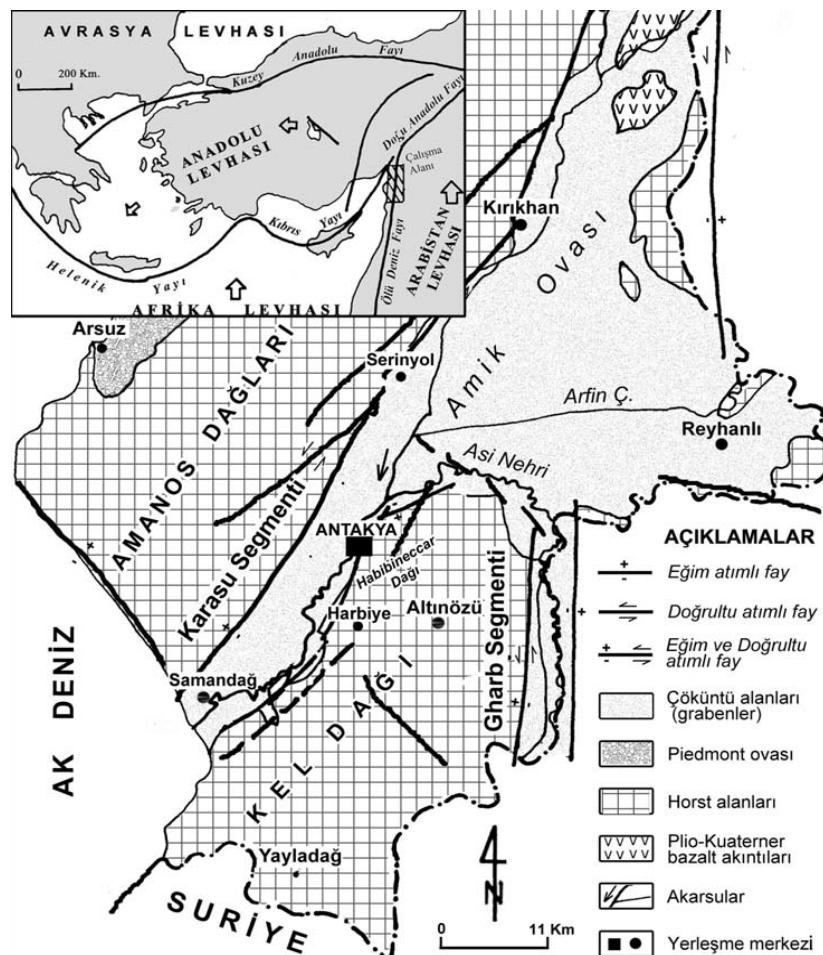
Ağırlıklı olarak Hatay’ın Antakya ve İskenderun İlçesi’ne odaklanan Konya Teknik Üniversitesi (KTÜN) ekibi, kamu ve özel binalarda hasar tespit çalışmaları gerçekleştirmiştir. Bölgenin nemli yapısı ile hemen hemen tüm yapılardaki donatıların ciddi oranda korozyona uğradığı tespit edilmiştir. Deprem hasarının meydana gelmediği çoğu binada korozyona bağlı hasarların varlığı, binaların deprem anında ciddi risk oluşturacağı şeklinde yorumlanmıştır. Bölgenin zemin yapısı yumuşak alüvyon zeminden oluşmaktadır. Yeraltı su seviyesinin de yüzeye yakın olması nedeniyle birçok binada sivilaşmaya bağlı hasarlar gözlenmiştir. Bölgede yıkılan binaların yoğunluğunu, zemin katında bölme duvarlar olmayan (dükkan, market vs. işletmelerin olduğu yumuşak kat düzensizliğine sebebiyet veren unsurlar) yüksek katlı binalar ile beton ve donatıdaki malzeme kalitesinin yetersiz olduğu, taşıyıcı eleman kesitlerinin yeterli olmadığı binalar oluşturmaktadır. Kamu binalarında ise genel olarak depreme bağlı hasarlara rastlanmamış ancak sahile yakın bölgelerde ise sivilaşmaya bağlı olarak binaların zemine battığı görülmüştür.

İskenderun Adalet Sarayı, İskenderun Deniz Er Alay Komutanlığı’na bağlı tüm binalar (lojmanlar dahil), İskenderun Deniz Üs Komutanlığı’na bağlı tüm binalar ve İskenderun merkezdeki ve Antakya merkezdeki özel binalarda hasar tespit çalışmaları KTÜN ekibi tarafından gerçekleştirilmiştir.

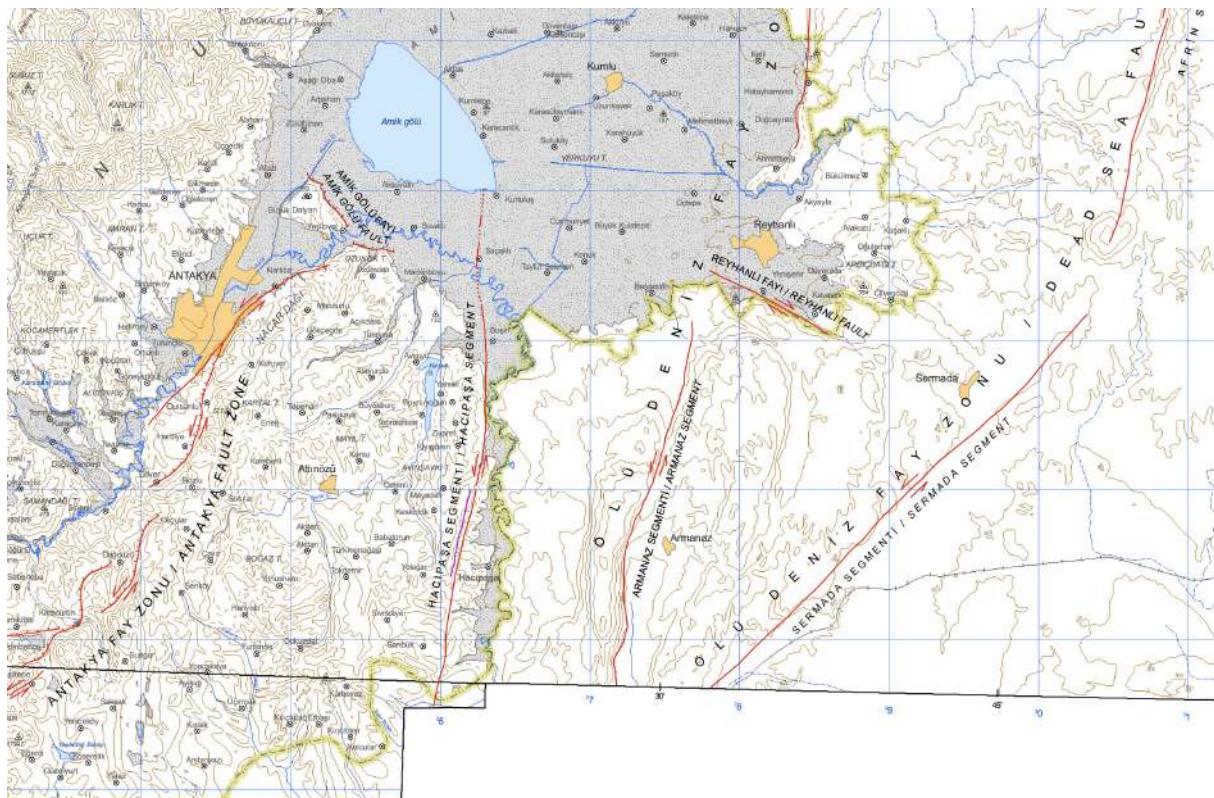
1.1. Hatay Yöresine Ait Deprem Tarihçesi

Hatay'ın merkezi Antakya, M.Ö. 300 yılında Antioch adı ile kurulmuştur. Yapılan çalışmalar neticesinde bölgedeki yerleşimin M.Ö. 5000-4000 yıllarına kadar uzandığı anlaşılmıştır. Uzun süre bölgede insan yaşamının olması, bölge ile alakalı tarihi kayıtların artmasını sağlamıştır (Üsküplü, 2012).

Hatay ve yakın çevresi; Arap, Avrasya ve Afrika levhalarının tektonik hareketlerine maruz kalmaktadır. Arap levhası her yıl ortalama 25 mm'lik hızla Avrasya levhasına hareket etmektedir (Korkmaz, 2006) (Şekil 1.3). Kuzey-Kuzeybatı yönündeki bu hareket, bölgede aktif fayların oluşmasına ve depremselliğe neden olmaktadır (Şekil 1.4).

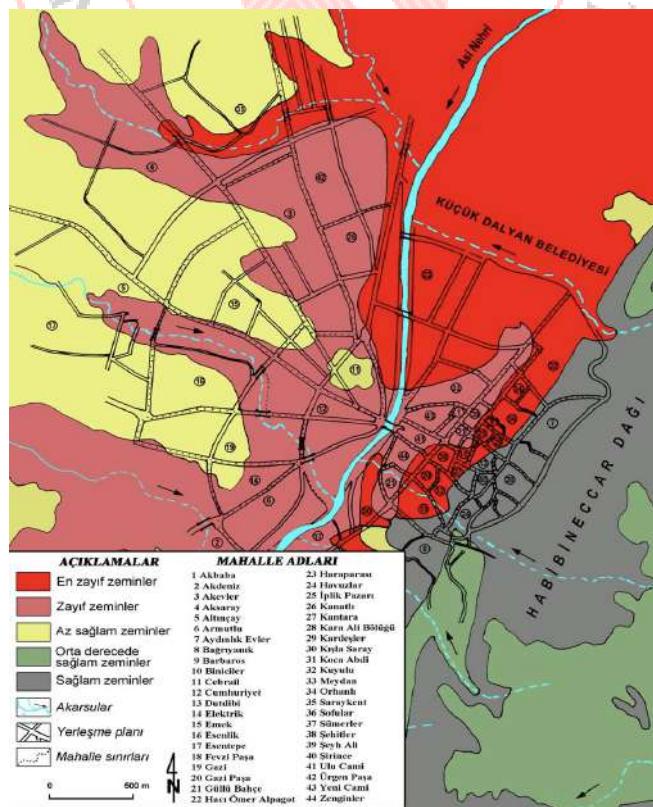


Şekil 1.3. Hatay'ın tektonik durumu ve morfotektonik haritası (Kasapoğlu, 1987)



Şekil 1.4. Antakya ve yakın çevresine ait aktif fay hatları (MTA Genel Müdürlüğü, 2023)

Arap levasının kuzey yönündeki hareketi, tarih boyunca bölgede birçok depreme yol açmıştır. Antakya'nın jeolojik yapısını, dayanımı düşük zemin yapısı oluşturduğu için depremlerin şiddeti de fazla olmuştur (Şekil 1.5.)

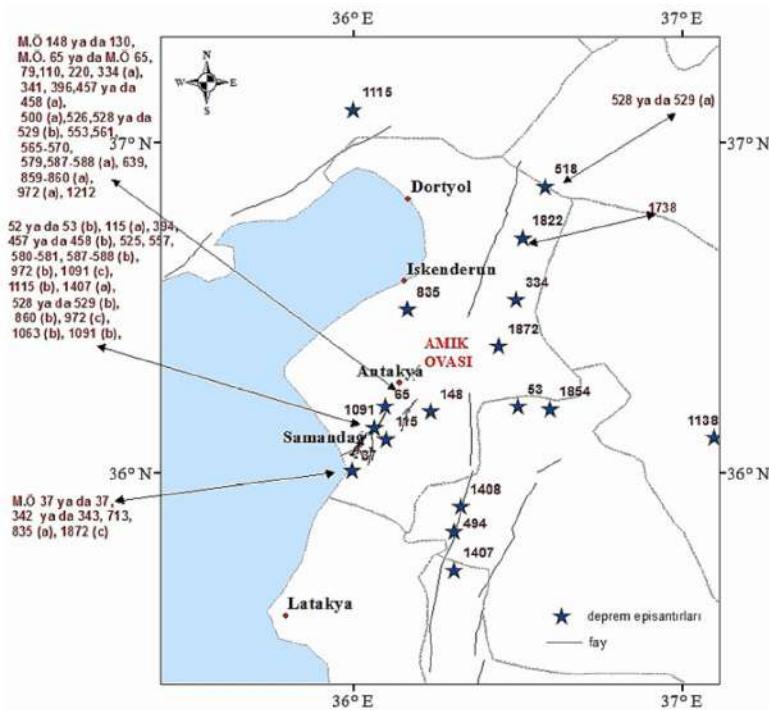


Şekil 1.5. Antakya ve yakın çevresinin zemin dayanım haritası (Korkmaz, 2006)

Tarihsel kayıtlar incelendiğinde, depremlerin şiddetinin oldukça büyük olduğu görülmektedir. Tablo 1'de Antakya yöresinde tarih boyunca meydana gelen depremler ve depremlerin yıkıcılığı verilmiştir. Şekil 1.6'da ise bu depremlerin oluşturduğu yerler harita üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 1.1. Antakya yöresinde meydana gelen 1900 yılı öncesindeki depremler (Korkmaz, 2006)

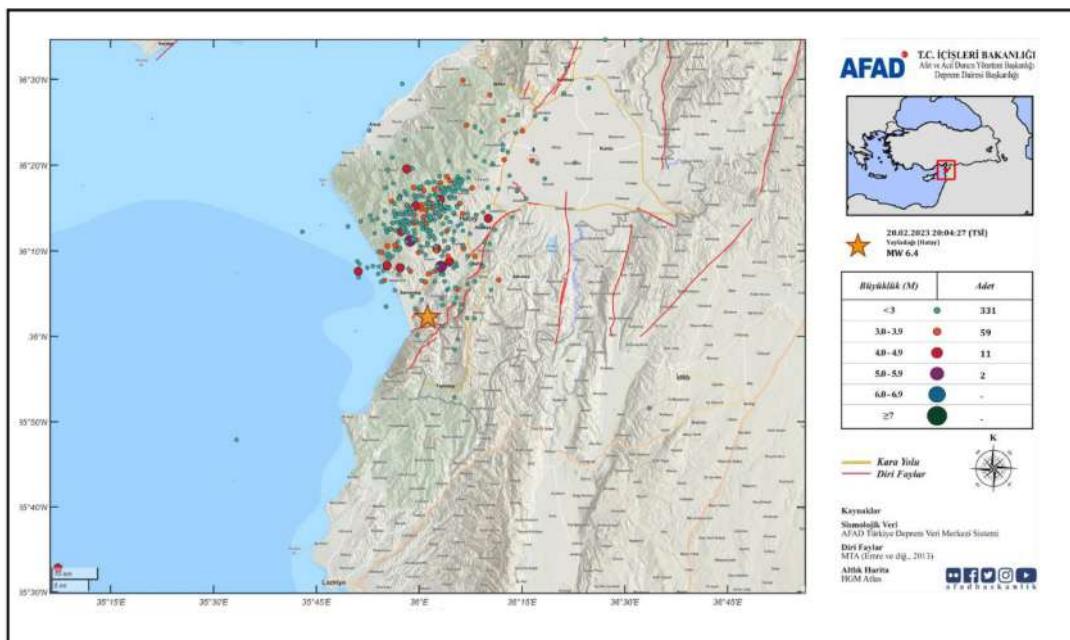
Deprem Tarihi	Etki Bölgesi	Depremin Şiddeti
M.Ö. 148	Antakya	VIII
M.Ö. 69	Antakya	IX
M.Ö. 37	Antakya	VIII
37	Antakya	VIII
79	Antakya	VII
110	Antakya, Samandağ	VIII
115	Antakya ve yöresi	IX
117	Antakya	VII
220	Antakya	VIII
245	Antakya	X
272	Antakya	VIII
334	Antakya, Beirut, Magosa	IX
341	Antakya	VIII
345	Antakya	VII
363	Antakya	V
387	Antakya	VI
396	Antakya	VIII
14.09.458	Antakya, Kuzey Suriye	IX
10.09.506	Antakya, Samandağ	IX
518	Antakya	VIII
29.05.526	Antakya, Samandağ	IX
527	Antakya	VI
29.11.529	Antakya ve yöresi	IX
553	Antakya	VII
557	Antakya	VII
561	Antakya, Anazarba	VIII
579	Antakya ve yöresi	VII
581	Antakya	VI
30.09.587	Antakya	IX
639	Antakya	VII
716	Antakya	VII
775	Antakya, Halep	VII
835	Antakya	VII
08.04.859	Antakya, Lazkiye, Şam, Hama	IX
867	Antakya	IX
972	Antakya	VII
1053	Antakya	VIII
1072	Antakya	VIII
1091	Antakya, Urfa	VII
1109	Antakya, Mambic	VIII
1190	Antakya ve geniş çevresi	VIII
1212	Antakya	VI
1726	Antakya, İskenderun	VI
1737	Antakya	VII
13.08.1822	Antakya, İskenderun, Kilis, Halep, Lazkiye	IX
1847	İskenderun	VII
1854	Antakya, Samandağ, Halep	VII
02.04.1872	Antakya	IX
15.05.1872	Antakya	VII
1873	Antakya, Samandağ	VI
1875	Antakya	VII
1894	Antakya	V



Şekil 1.6. Antakya yöresinde meydana gelen depremlerin merkez üsleri (Üsküplü, 2012)

Aletsel dönemde (1900-2023) deprem kayıtları incelendiğinde, Hatay bölgesinde Mw=5.0 büyüklüğünden daha büyük 6 adet deprem kaydına ulaşılmıştır (deprem.afad.gov.tr). Bu depremlerden en büyüğü, 06.02.2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş Pazarcık ve Elbistan depremlerinden 14 gün sonra meydana gelen Mw=6.6 büyüklüğündeki Hatay-Yayladağı depremidir (Şekil 1.7).

20.02.2023 20:04:27 (TSİ), Yayladağı (Hatay) Depremi MW 6.4
Enlem: 36.0370 | Boylam: 36.0210 | Derinlik: 21.73 km

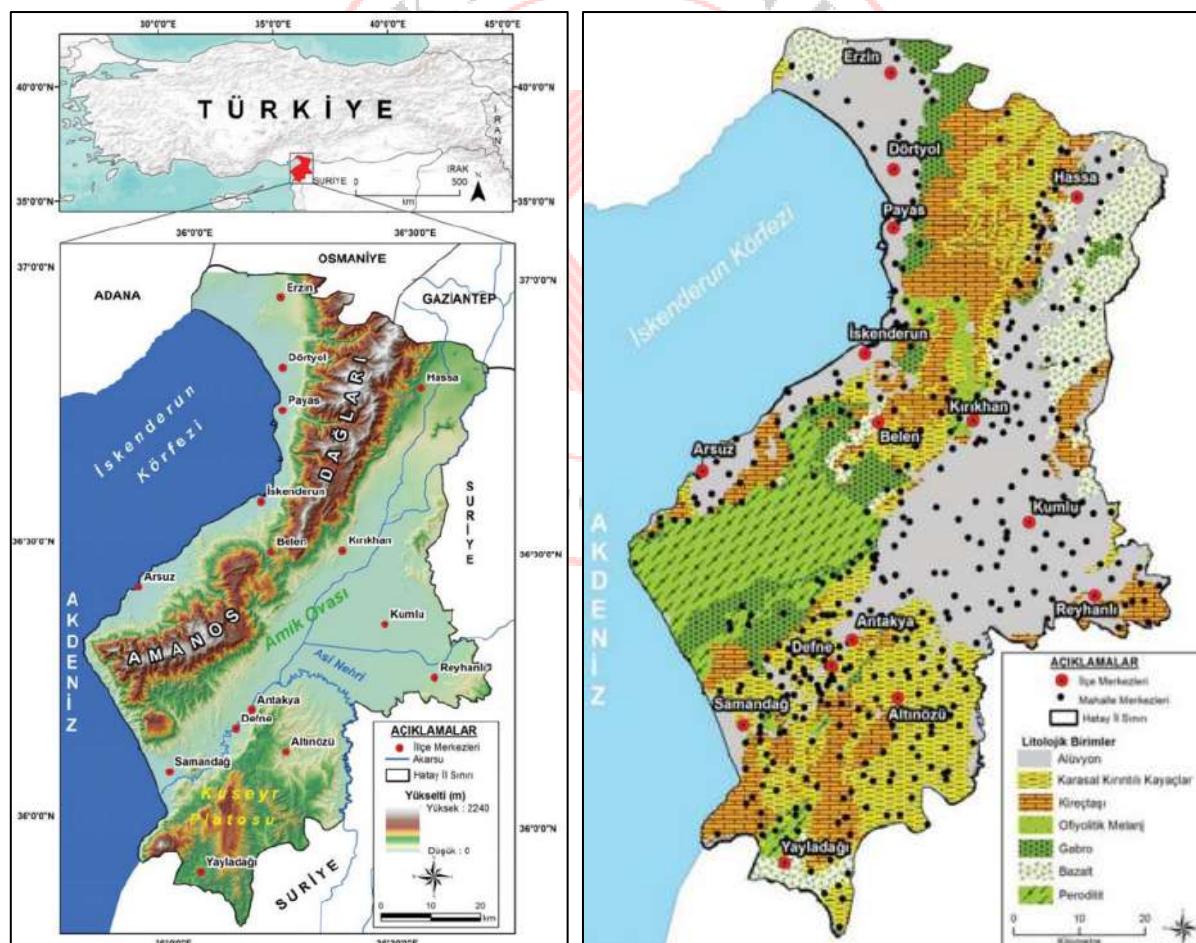


Şekil 1.7. 20.02.2023 tarihli Yayladağı (Hatay) depremi (deprem.afad.gov.tr)

2. HATAY İLİNİN JEOLOJİK VE TEKTONİK YAPISI

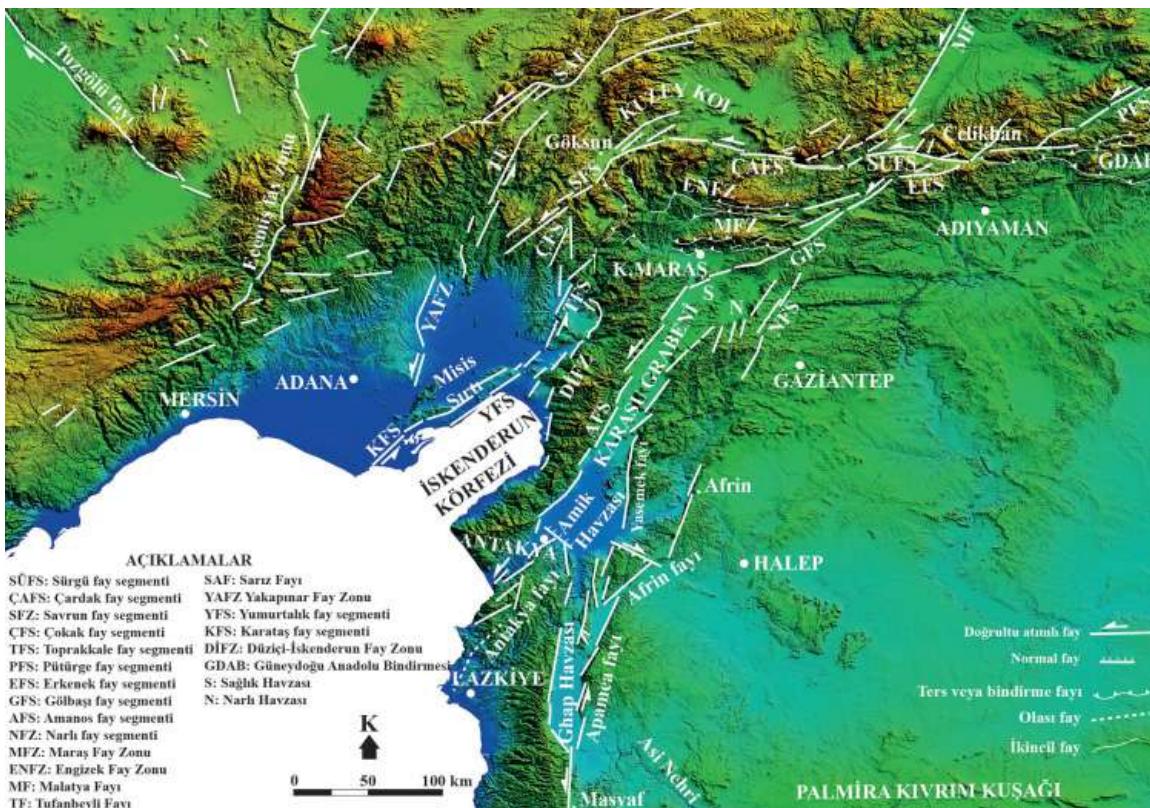
Hatay İli Türkiye'nin güneyinde yer almaktadır. Güney ve doğudan Suriye ile komşu sınırları bulunan Hatay, kuzeybatıdan Adana, kuzeyden Osmaniye ve kuzeydoğudan Gaziantep ile komşu illeridir. Hatay; Antakya, Altınözü, Arsuz, Belen, Defne, Dörtyol, Erzin, Hassa, İskenderun, Kırıkhan, Kumlu, Payas, Reyhanlı, Samandağ ve Yayladağı olmak üzere 15 ilçeden oluşmaktadır.

Hatay İli'nin jeolojik süreçleri, Triyas döneminde gelişen riftleşme sonucu Arap ve Anadolu levhalarının birbirlerinden ayrılmaları ile oluşan okyanusal ortamın oluşum süreçleri ile yakından ilgilidir. İl sınırları içerisinde Alt Paleozoyik'ten günümüze kadar bütün jeolojik devirlere ait birimleri görmek mümkündür. Güney Amanoslarda Mesozoyik yaşılı ofiyolitler yoğunlukta iken, orta Amanoslar'da Paleozoyik ve Mesozoyik yaşılı kalkerler yüzeylenmektedir. İlin güney ve güneydoğu kesimlerinde ise Tersiyer yaşılı kalkerler hâkimdir. Amik Ovası, akarsu vadileri ve kıyı ovaları Kuvaterner yaşılı alüvyal dolgularla kaptırır. İskenderun çokkenti Havzasının güneybatısında kumtaşısı, kilitası, çamurtaşısı ve çakıllar geniş alanda yüzeylenmektedir (Toktanış ve Över, 2021). Amanos dağlarının batı kesiminde Kuvaterner yaşılı düzensiz çakıl ve blok yığışımı, taşkin yelpazesi ve birikinti konileri geniş alanda yayılım göstermektedir. Şehir kıyıdan itibaren Amanos Dağları'na doğru uzanan alüvyal ovaya kurulmuştur (Değerliyurt, 2013) (<http://www.hatay.gov.tr>). (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Hatay ili lokasyon haritası (Gündüz ve Çoruh, 2018)

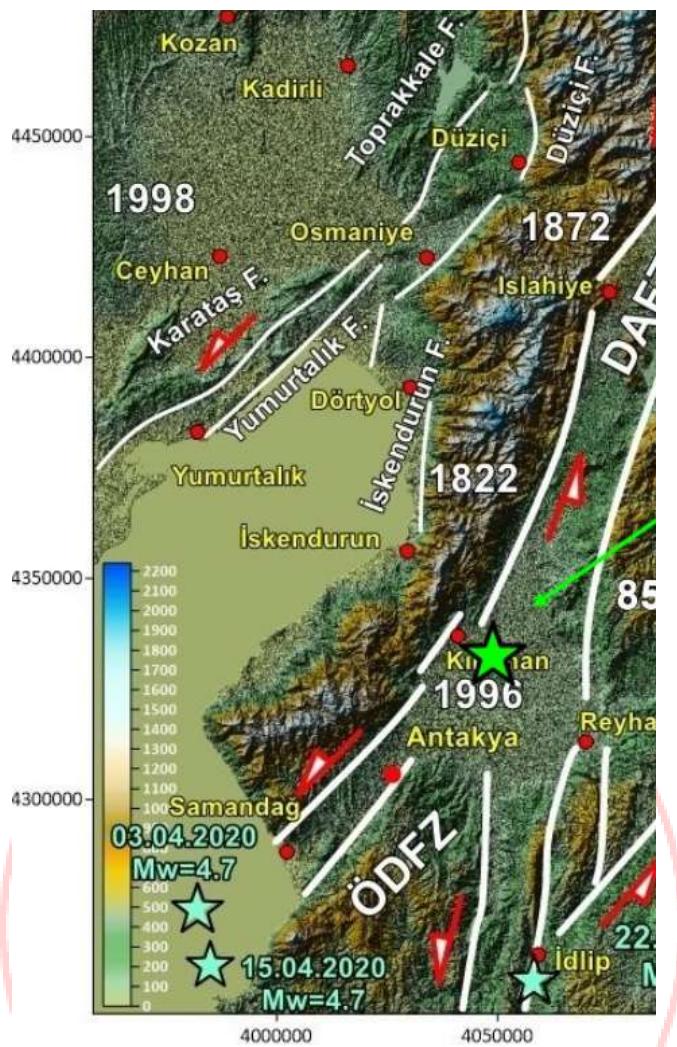
Hatay ve çevresinde yoğun tektonizmaya bağlı çeşitli yeryüzü şekilleri görülmektedir. Tektonik bir ova olan Amik ovası, doğusunda Kurt Dağları, Batısında Amanos Dağları, Güneyinde ise Kuseyr Yaylası bulunan çukur bir ovadır. Amik Ovasına birleşen en önemli ırmaklar Karasu Irmağı ve Asi Nehridir. Sulak bir ova olan amik ovası son derece verimli tarım alanıdır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Hatay ve çevresinin tektonik haritası (Palutoğlu ve Şaşmaz, 2017)

İskenderun ilçesi, Hatay ilinin KB'sında, Akdeniz kıyısında yer almaktadır. İskenderun ilçesinin deniz kıyısı uzunluğu yaklaşık 30 km olup, doğusunda Amanos Dağları, kuzeyinde Payas, Güneydoğusunda Belen, güneybatısında Arsuz İlçesi yer almaktadır. İlçe Amanos Dağlarının eteklerinde kurulmuştur. Genellikle düz bir topografyaya sahiptir. İskenderun havzasında Orta Miyosen ve sonrası için etkin olan tektonik model; listrik ve düşeye yakın eğimli ve yanal atımlı faylarla temsil edilmektedir. Bölge fay, bindirme ve çekim kayması gibi yapısal sistemlerin ortaklaşa etkisi altında kalarak gelişim göstermiştir (Şekil 2.3) (Özdemir vd., 2019).

İskenderun havzasında, Ölü Deniz Fay Zonu, İskenderun Körfezi Fay Zonu ve Yumurtalık Bindirmesi olmak üzere 3 tektonik zon görülmektedir (Gültekin ve diğ. 1992).



Şekil 2.3. Ölü Deniz Fayı, İskenderun Körfezi Fayı ve Yumurtalık Fayı (Demirtaş, 2000)

Amik Ovası ve civarındaki zemin ile İskenderun-Arsuz ve sahili boyunca sıvılaşma özelliğine sahip zeminin deprem sırasında davranışları, üzerine konuşlanmış binalarda büyük hasarlara neden olmuştur. Zeminlerdeki gevşeme veya sıvılaşma; zeminin gözenek boşluk oranı veya diğer parçacık miktarına ve drenaj durumuna bağlıdır. Kumlu ve killi - siltli zeminlerde depreme bağlı gelişen ani zemin titreşimleri nedeniyle yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu alanlarda sıvılaşma potansiyeli yüksek olmaktadır (Toktanış ve Över, 2021).

Deprem sonucunda oluşan dalgaların yayılımına bölge jeolojisi önemli oranda etki etmektedir. Alüvyon zeminler deprem sonucu meydana gelen can ve mal kaybının önemli etkenlerindendir. Alüvyon zeminlerin kalınlıkları deprem hasarlarını artırıcı rol oynamaktadır. Genç çökellerle dolan alüvyon havzalar cisim dalgalarını hapsederek alüvyon içinde yüzey dalgalarının oluşmasına neden olmaktadır (Şelenbaş, 2017).

Deprem dalgalarının yüzeye yakın tabakalardan geçerken, genliklerinde meydana gelen artış zemin büyütmesi olarak tanımlanmaktadır. Deprem dalgalarının yayılımına bağlı zemin hareketi, sıvılaşma, taşıma gücü kaybı, zemin yenilmesi ve toprak kayması gibi etkenler önemli yapısal hasarlara yol açmaktadır.

3. KUVVETLİ YER HAREKETLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

06.02.2023 tarihinde Türkiye saat ile 04.17'de merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) ve 13.24'te merkez üssü Elbistan (Kahramanmaraş) olan depremlerin sayısal kayıtları ve bunlar üzerinden elde edilen grafikler incelenmiştir. Bütün grafikler Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı resmi internet sitesi üzerinde yayınlanan ve 20.02.2023 tarihinde indirilmiş olan veriler kullanılarak düzenlenmiş ve oluşturulmuştur.

Episantr'ı Pazarcık olan 7.7 MW büyüklüğündeki depremden etkilenen illerden olan Adıyaman ili için 1 adet, Hatay ili için 5 adet, Kahramanmaraş ili için 2 adet ve Gaziantep ili için 2 adet olmak üzere toplam 10 istasyonun kayıtları ve episantrı Elbistan olan 7.6 MW büyüklüğündeki depremden etkilenen Adana ili için 1 adet, Kahramanmaraş ili için 1 adet ve Malatya ili için 1 adet olmak üzere toplamda 3 istasyonun kayıtları irdelenmiştir. Her bir istasyondan doğu-batı, kuzey-güney ve yukarı-aşağı yönlerinde elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu istasyonlar için zamana bağlı ivme, hız, deplasman grafikleri, spektral ivme, spektral hız ve spektral deplasman grafikleri sunulmuştur (Şekil 3.1-3.78). Zamana bağlı ivme verilerinde baseline düzeltmesi yapılmış olup ayrıca veriler Butterworth tipi filtre ile 1. dereceden 0.025-40 Hz arası bant geçiren filtrelemeye tabi tutulmuştur. Spektrumlarda %5 sönüm oranı baz alınmıştır. Spektral ivme grafikleri üzerinde karşılaştırma yapmak maksadıyla istasyonların bulunduğu konumlar için Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e göre tasarım spektrumları eklenmiştir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 de “50 yılda aşılma olasılığı %10 olan (dönüş aralığı 475 yıl)” depremin yanı sıra 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan (dönüş aralığı 2475 yıl) deprem yer hareket düzeylerine ait spektrumlar da gösterilmiştir. Spektrumların oluşturulmasında bölge zemininin genelini yansitan ZC, ZD ve ZE yerel zemin sınıfları kullanılmıştır.

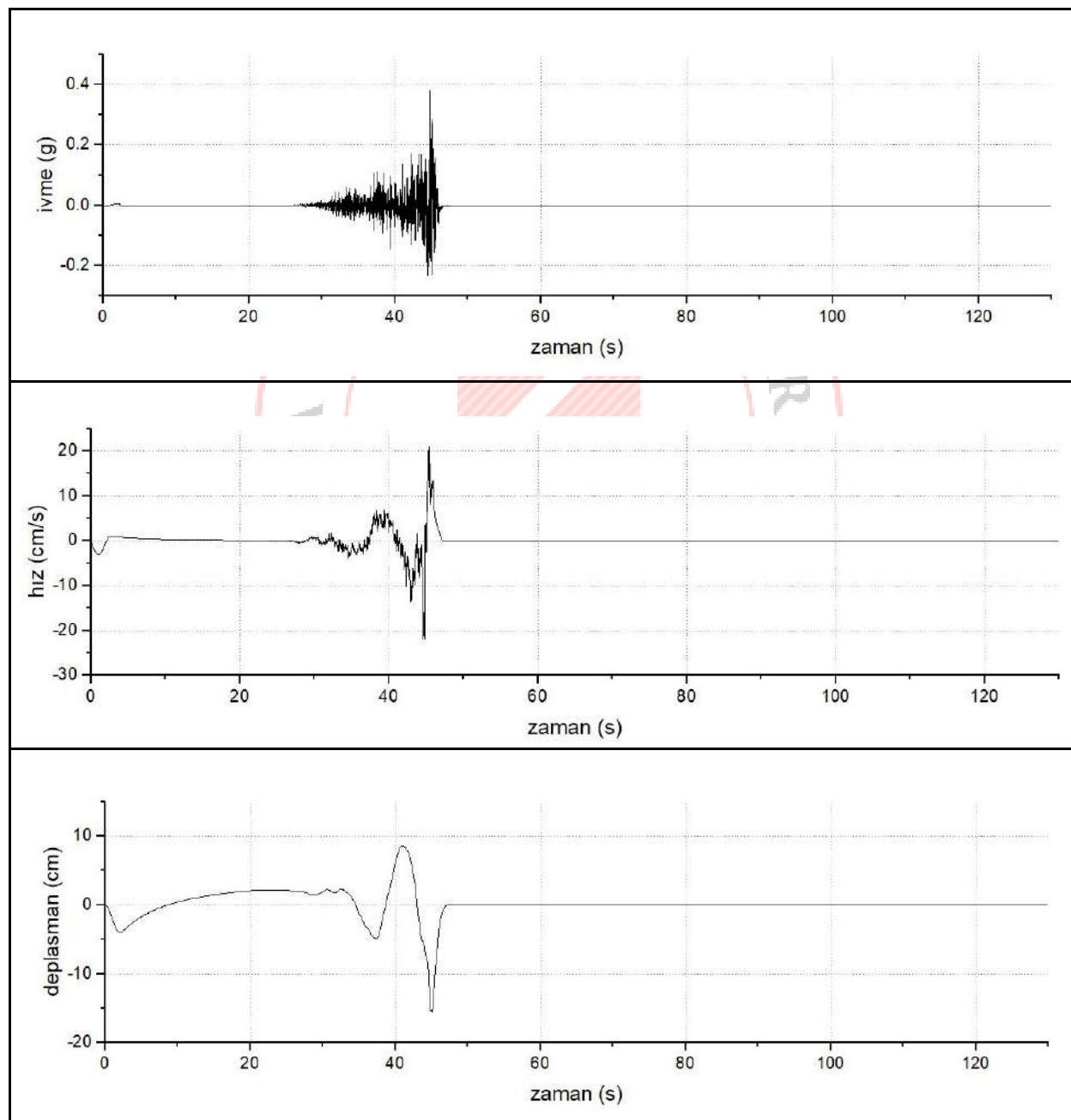
Her bir istasyona ait her bir yön için kaydedilen en büyük yer ivmesi (PGA), en büyük yer hızı (PGV) ve en büyük yer deplasmanı (PGD) değerleri de verilmiştir (Tablo 3.1-3.3) .

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

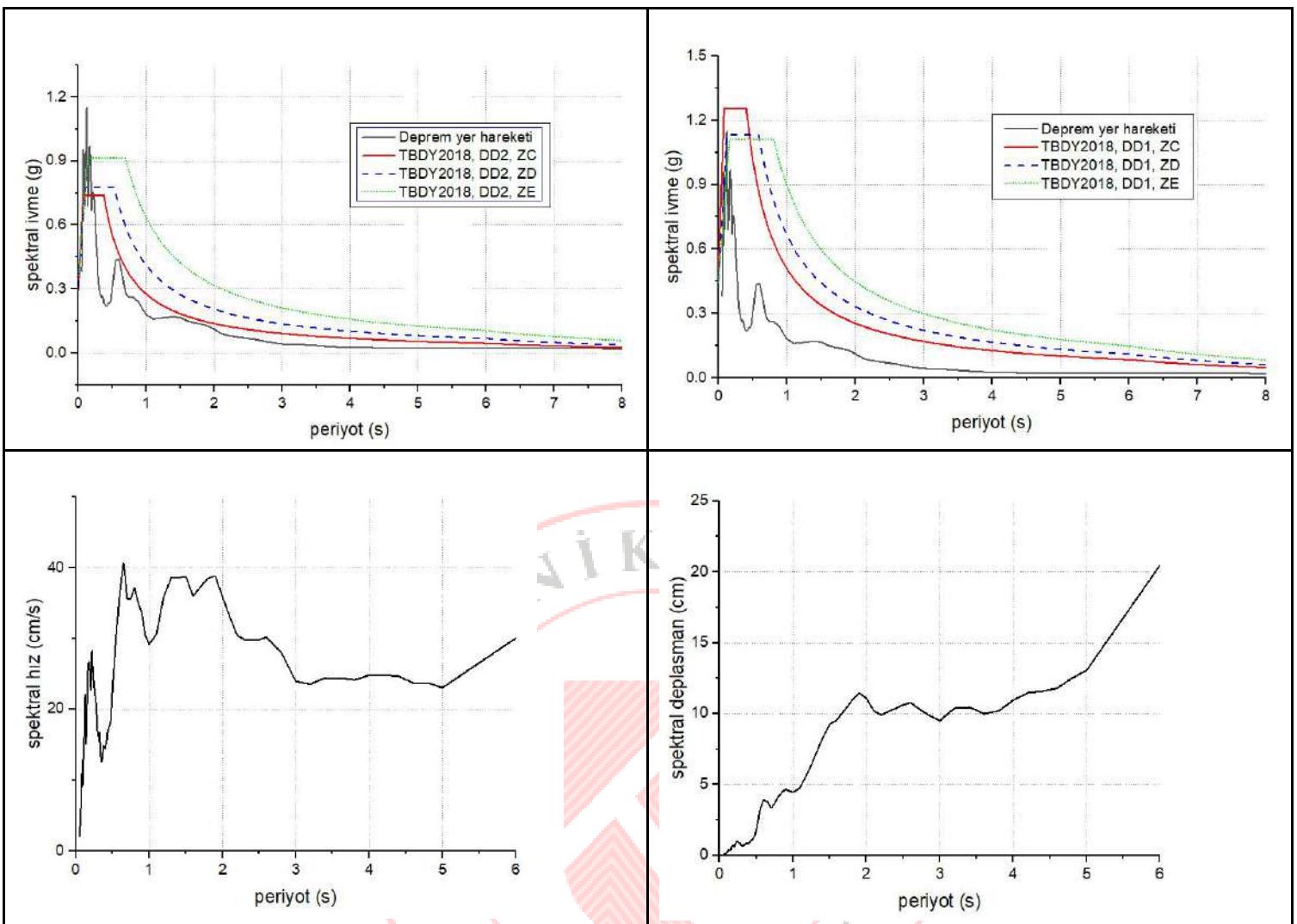
Adıyaman, Merkez İstasyonu, İstasyon No: 0201, (Enlem: 37.761° , Boylam: 38.267°)

Doğu-Batı yönü

PGA: 0.383 g **PGV:** 22.16 cm/s **PGD:** 15.52 cm



Şekil 3.1. 0201 No'lu Adıyaman, Merkez istasyonu doğu-batı yönüne ait yer hareketi grafikleri



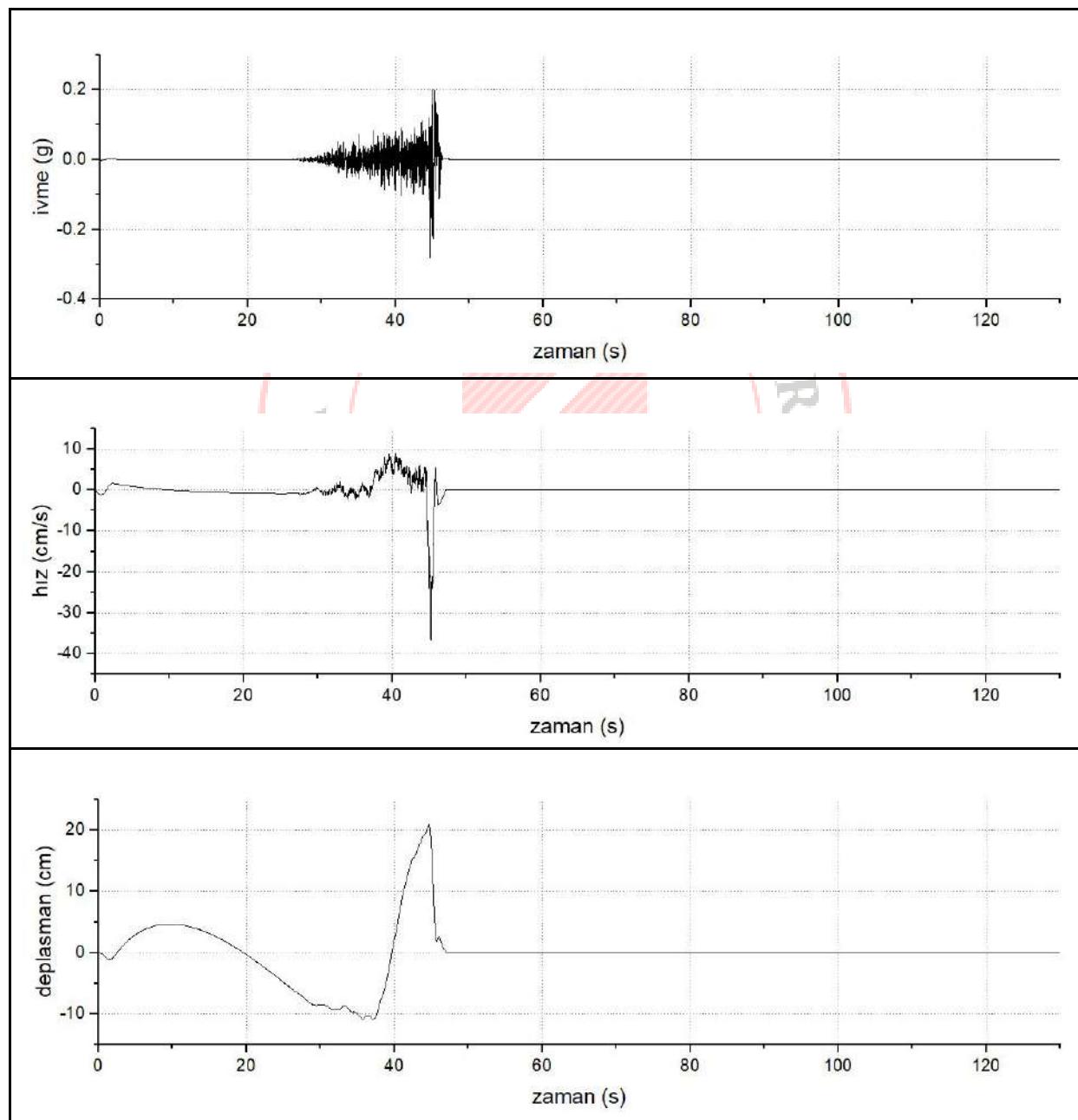
Sekil 3.2. 0201 No'lu Adiyaman, Merkez istasyonu doğu-batı yönüne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

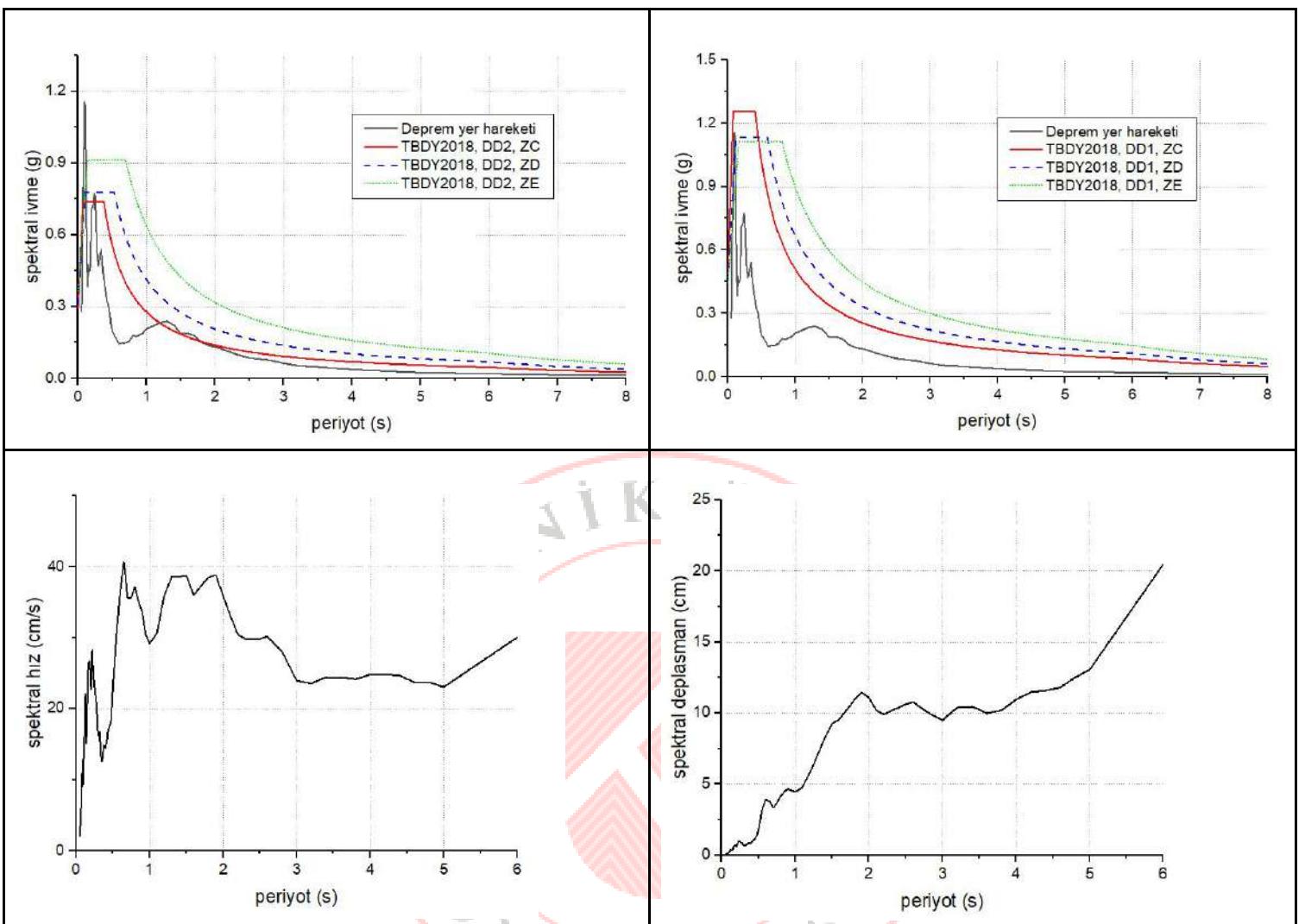
Adiyaman, Merkez İstasyonu, İstasyon No: 0201, (Enlem: 37.761° , Boylam: 38.267°)

Kuzey-Güney yönü

PGA: 0.281 g **PGV:** 36.81 cm/s **PGD:** 20.99 cm



Şekil 3.3. 0201 No'lu Adiyaman, Merkez istasyonu kuzey-güney yönüne ait yer hareketi grafikleri



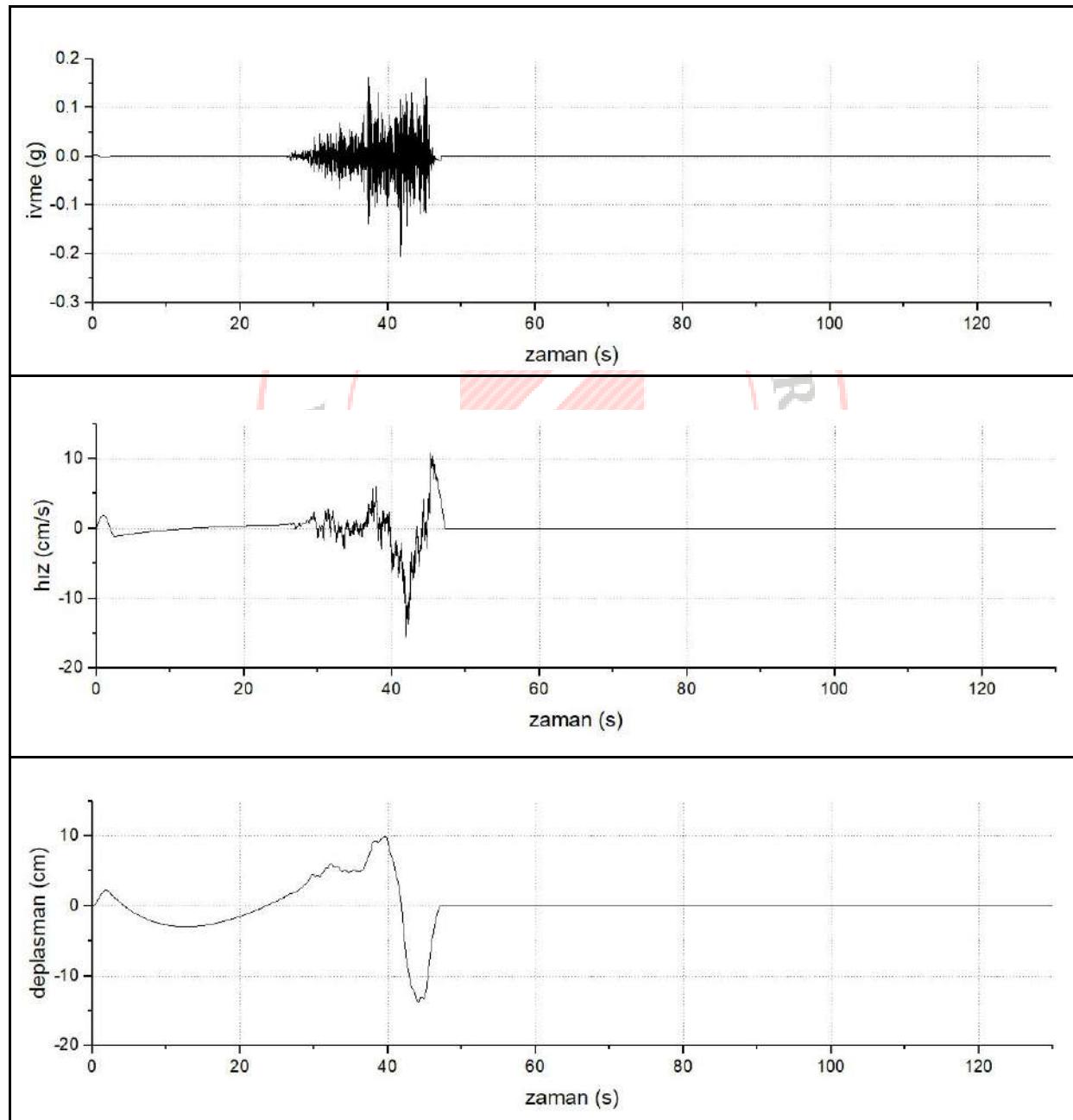
Şekil 3.4. 0201 No’lu Adiyaman, Merkez istasyonu kuzey-güney yönüne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

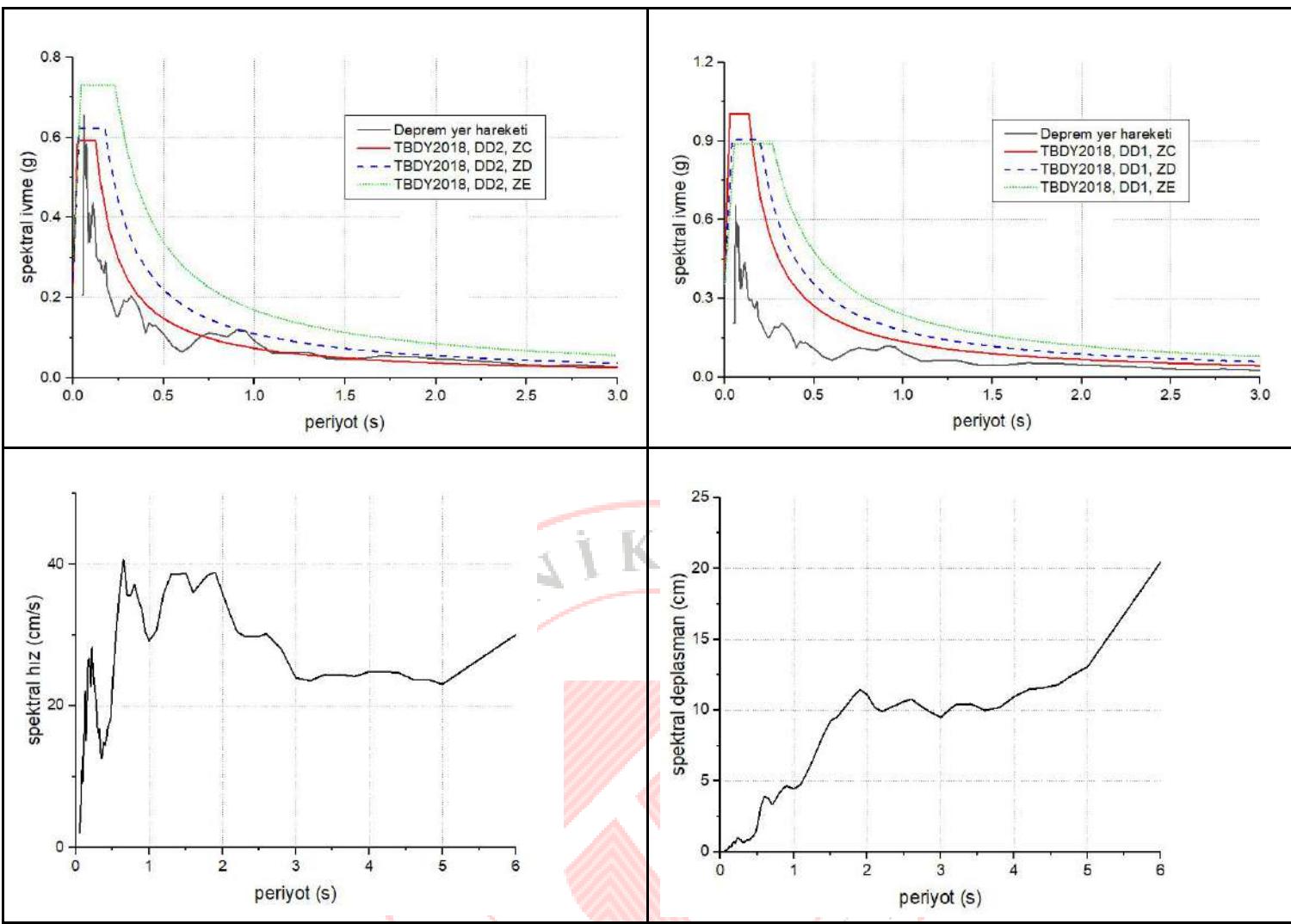
Adıyaman, Merkez İstasyonu, İstasyon No: 0201, (Enlem: 37.761° , Boylam: 38.267°)

Yukarı-Aşağı yön

PGA: 0.206 g **PGV:** 15.66 cm/s **PGD:** 13.81 cm



Şekil 3.5. 0201 No'lu Adıyaman, Merkez istasyonu yukarı-aşağı yönü ait yer hareketi grafikleri



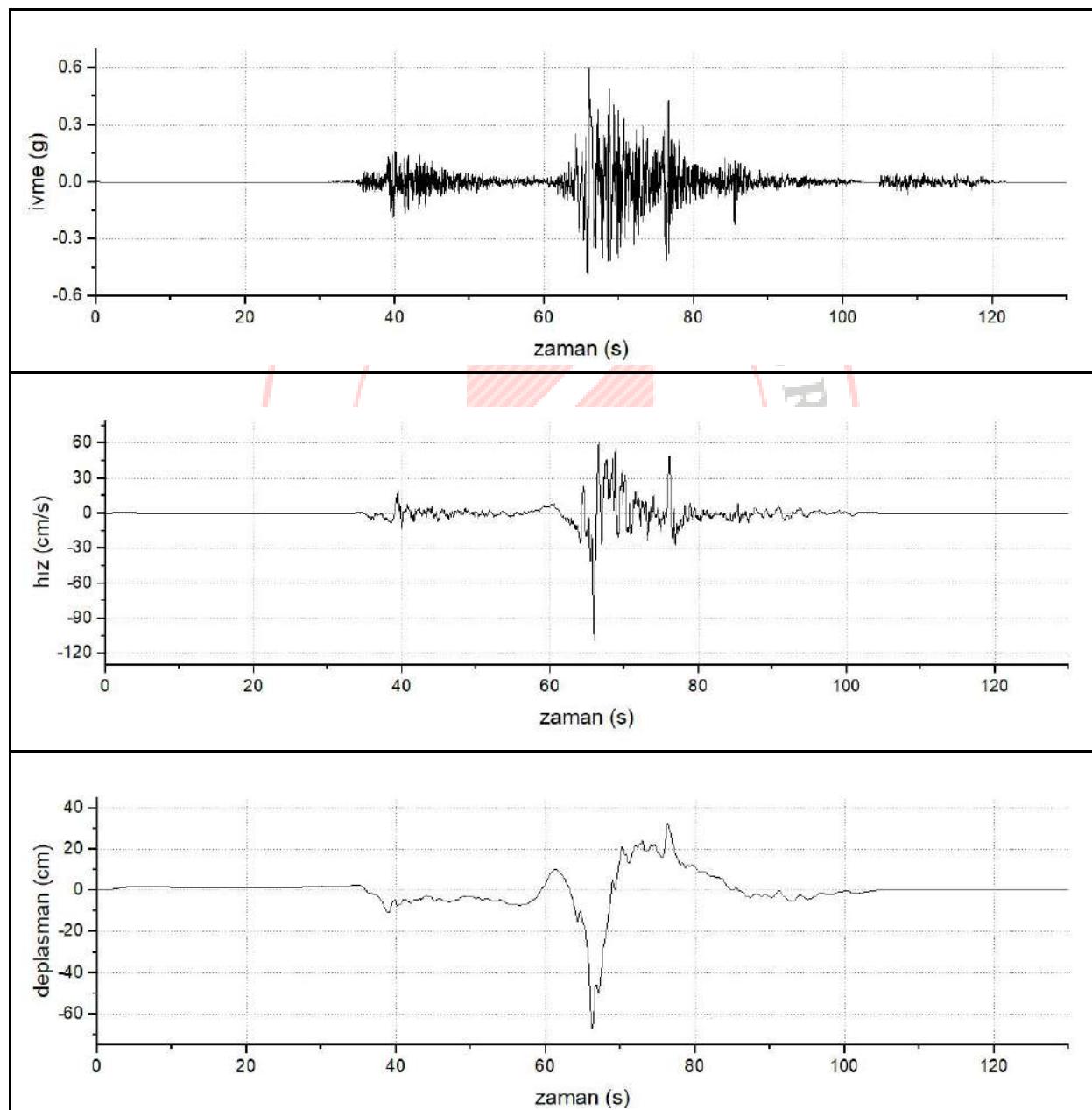
Şekil 3.6. 0201 No'lu Adiyaman, Merkez istasyonu yukarı-aşağı yöne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

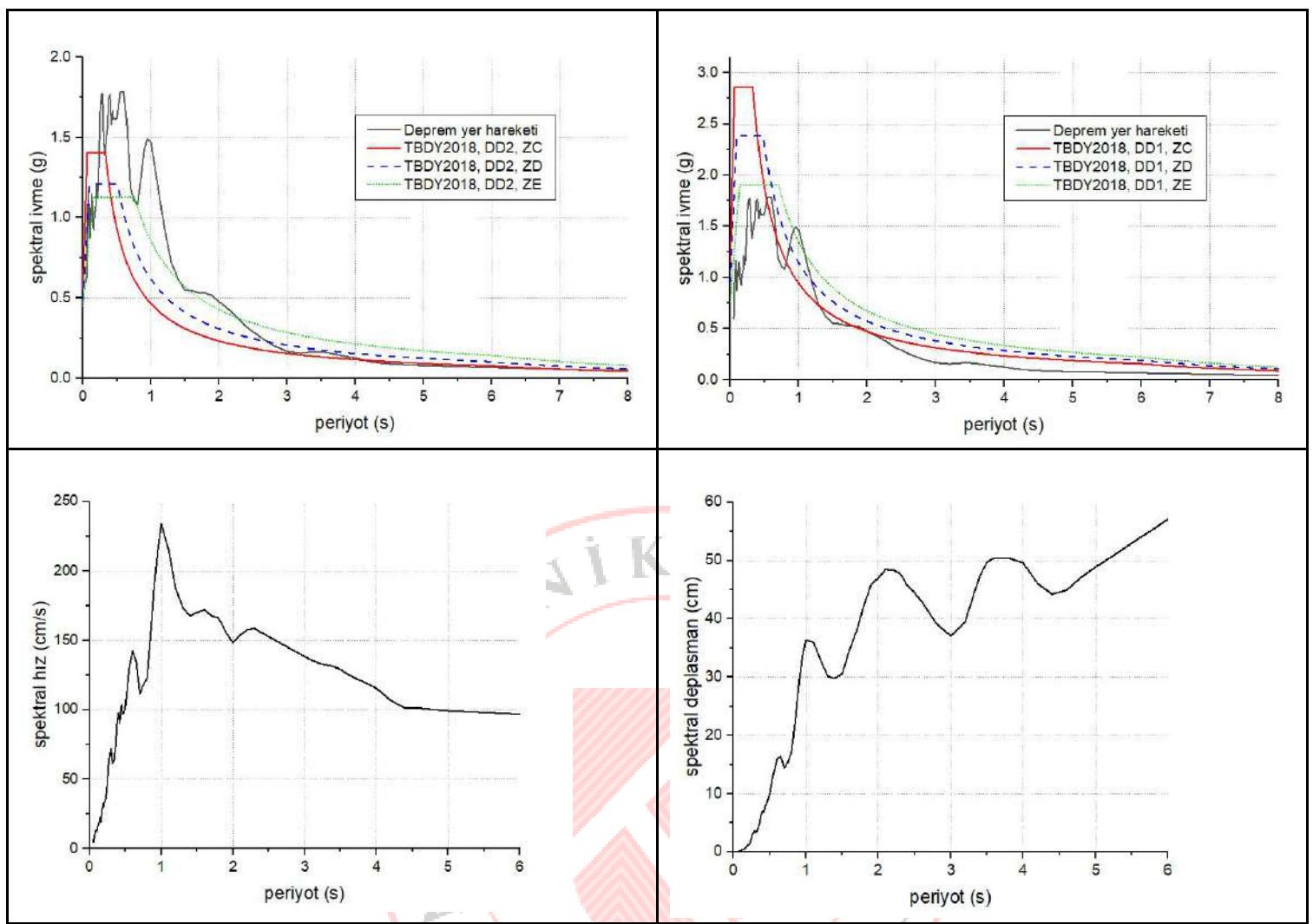
Gaziantep, Nurdağı İstasyonu, İstasyon No: 2712, (Enlem: 37.184° , Boylam: 36.733°)

Doğu-Batı yönü

PGA: 0.600 g **PGV:** 109.15 cm/s **PGD:** 66.86 cm



Şekil 3.7. 2712 No'lu Gaziantep, Nurdağı istasyonu doğu-batı yönüne ait yer hareketi grafikleri



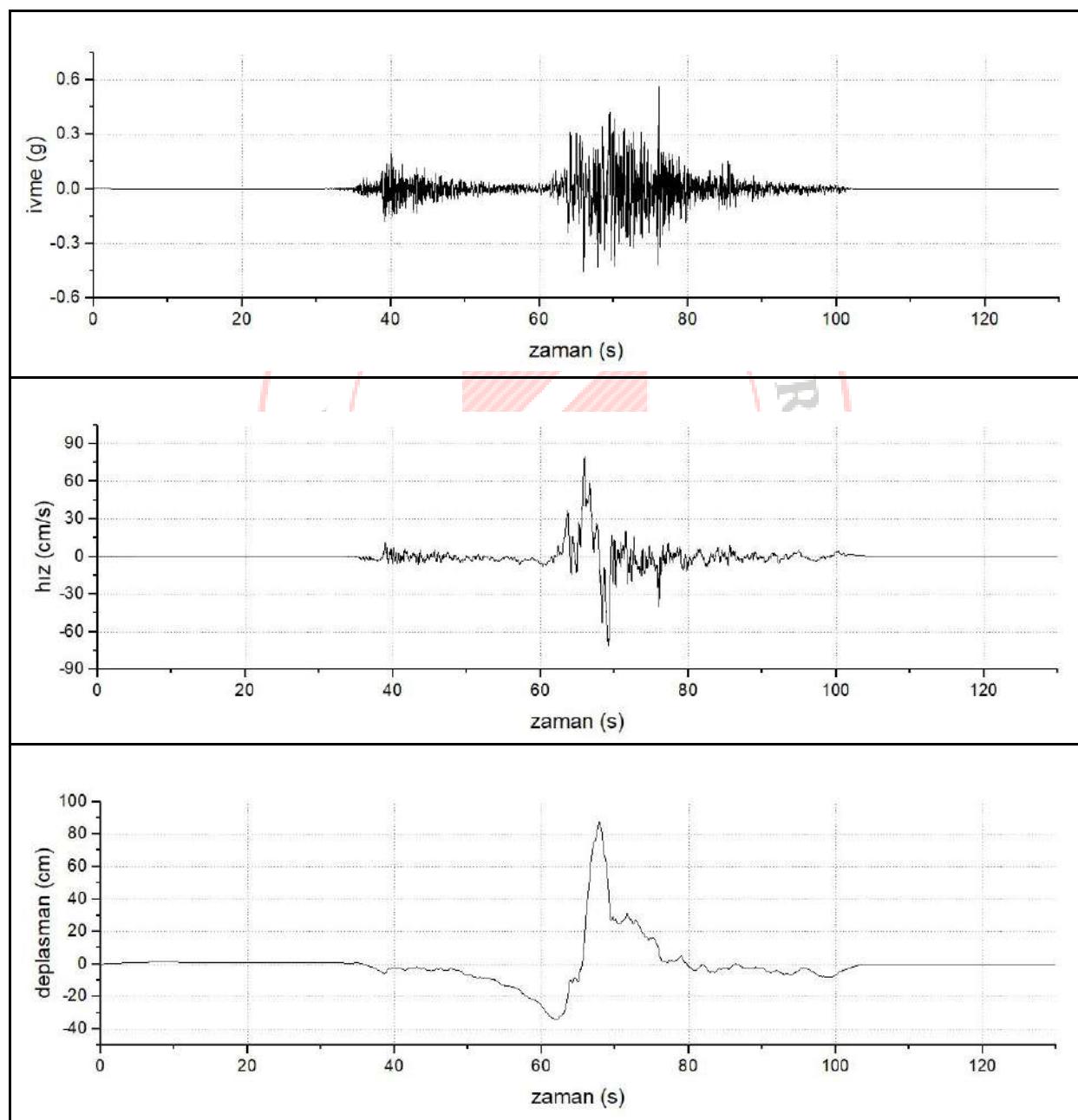
Şekil 3.8. 2712 No'lu Gaziantep, Nurdağı istasyonu doğu-batı yönüne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

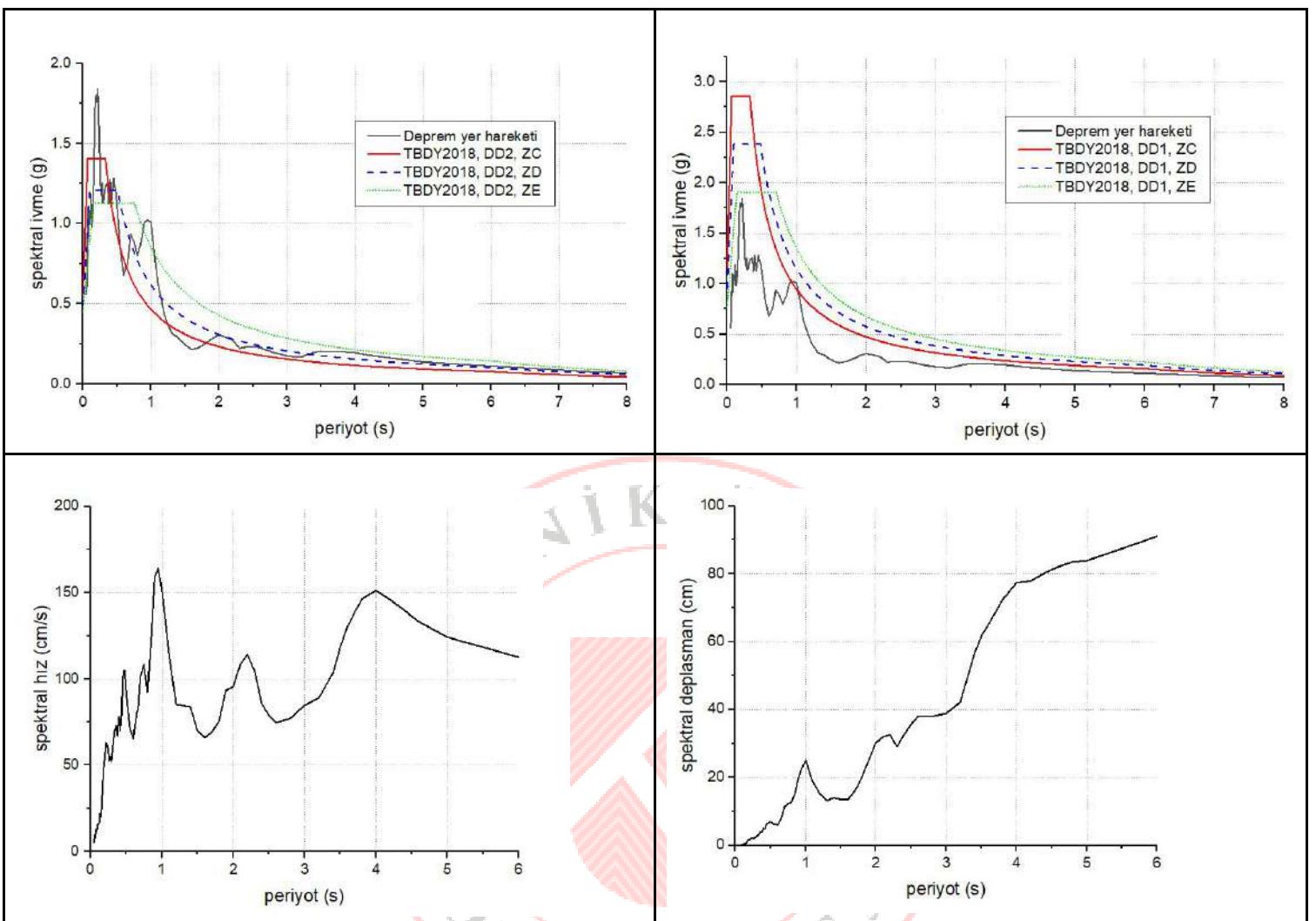
Gaziantep, Nurdağı İstasyonu, İstasyon No: 2712, (Enlem: 37.184° , Boylam: 36.733°)

Kuzey-Güney yönü

PGA: 0.562 g **PGV:** 79.83 cm/s **PGD:** 87.35 cm



Şekil 3.9. 2712 No'lu Gaziantep, Nurdağı istasyonu kuzey-güney yönüne ait yer hareketi grafikleri



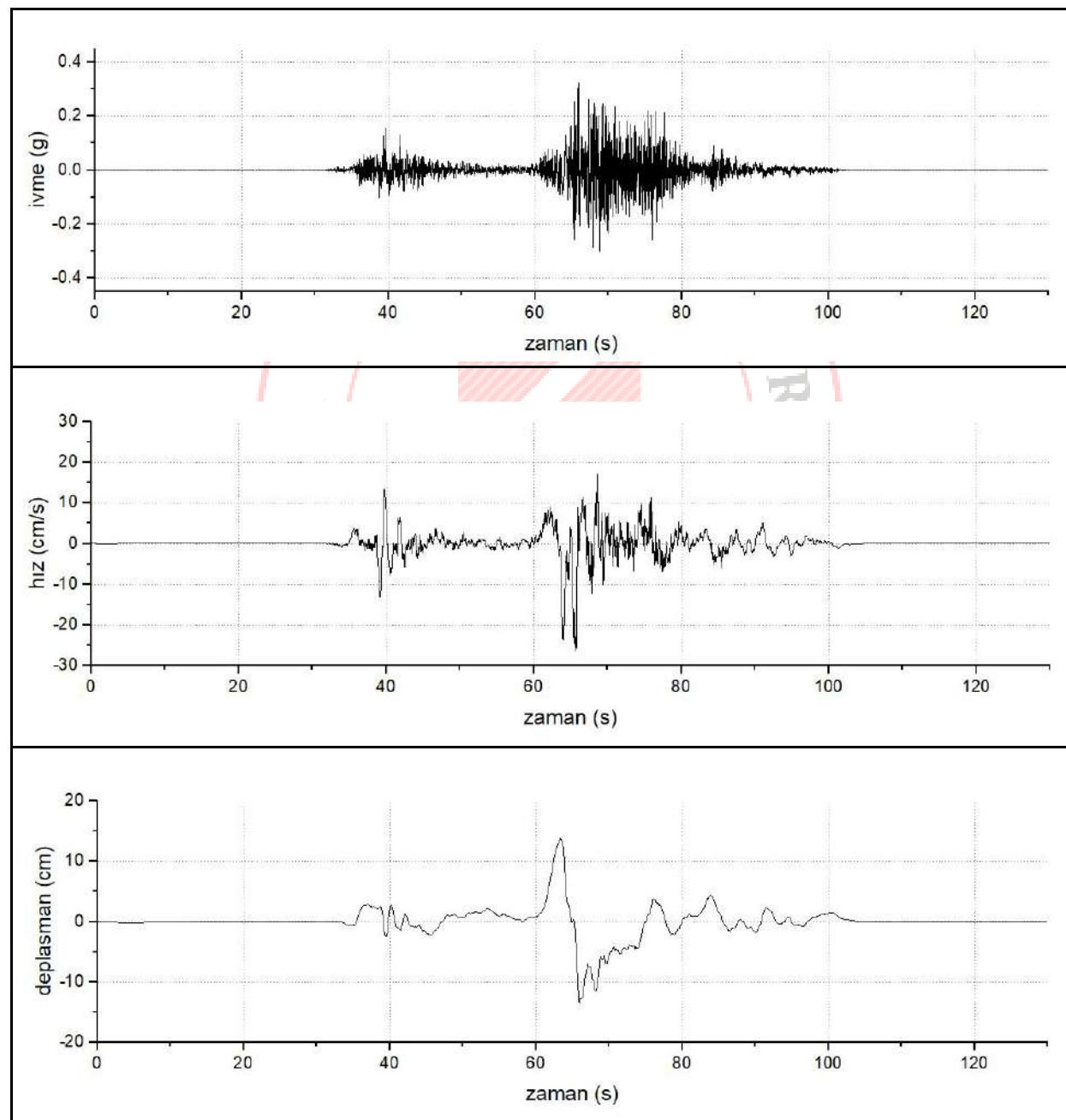
Şekil 3.10. 2712 No'lu Gaziantep, Nurdağı istasyonu kuzey-güney yönüne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

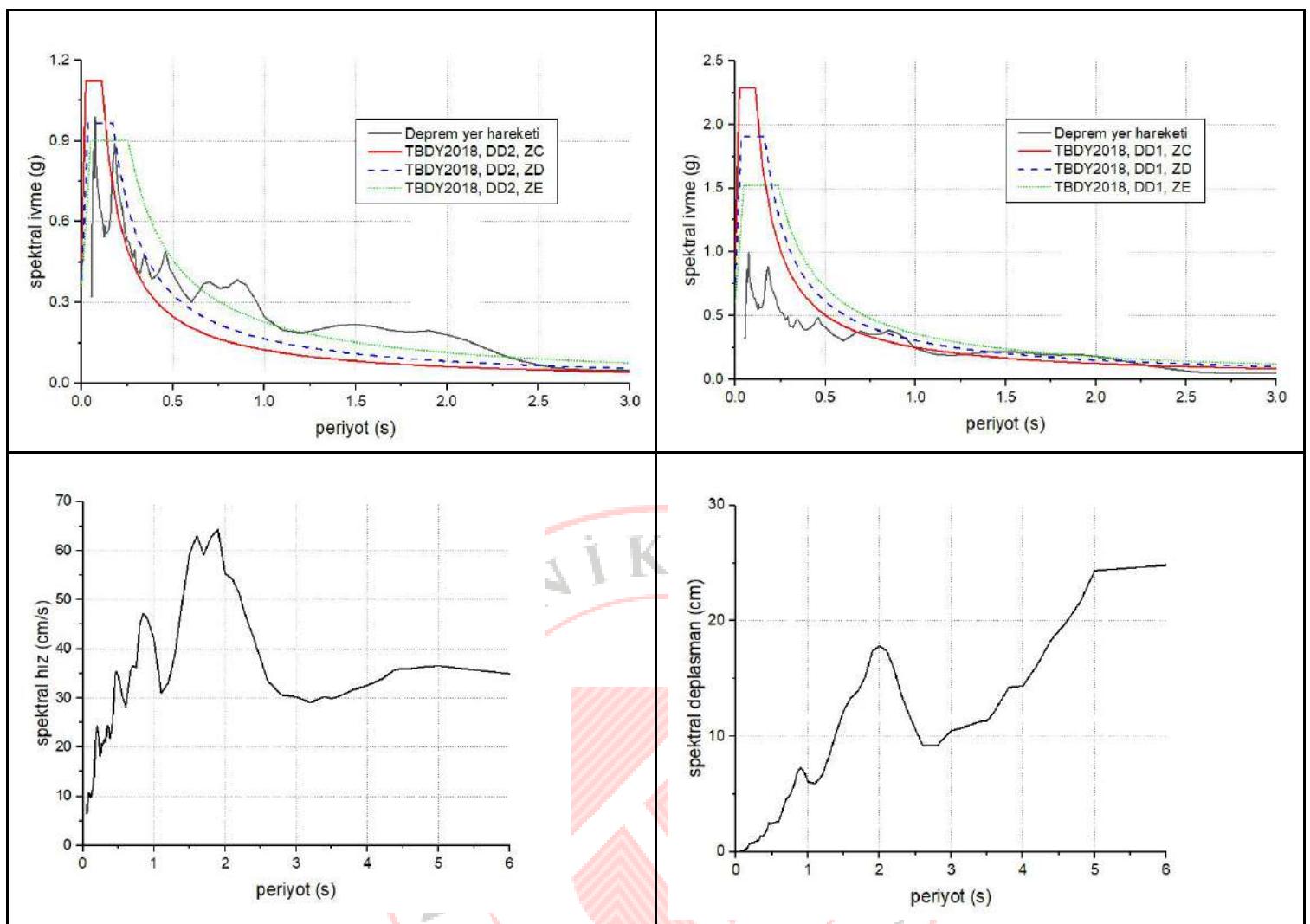
Gaziantep, Nurdağı İstasyonu, İstasyon No: 2712, (Enlem: 37.184° , Boylam: 36.733°)

Yukarı-Aşağı yön

PGA: 0.321 g **PGV:** 26.30 cm/s **PGD:** 13.71 cm



Şekil 3.11. 2712 No'lu Gaziantep, Nurdağı istasyonu yukarı-aşağı yöne ait yer hareketi grafikleri



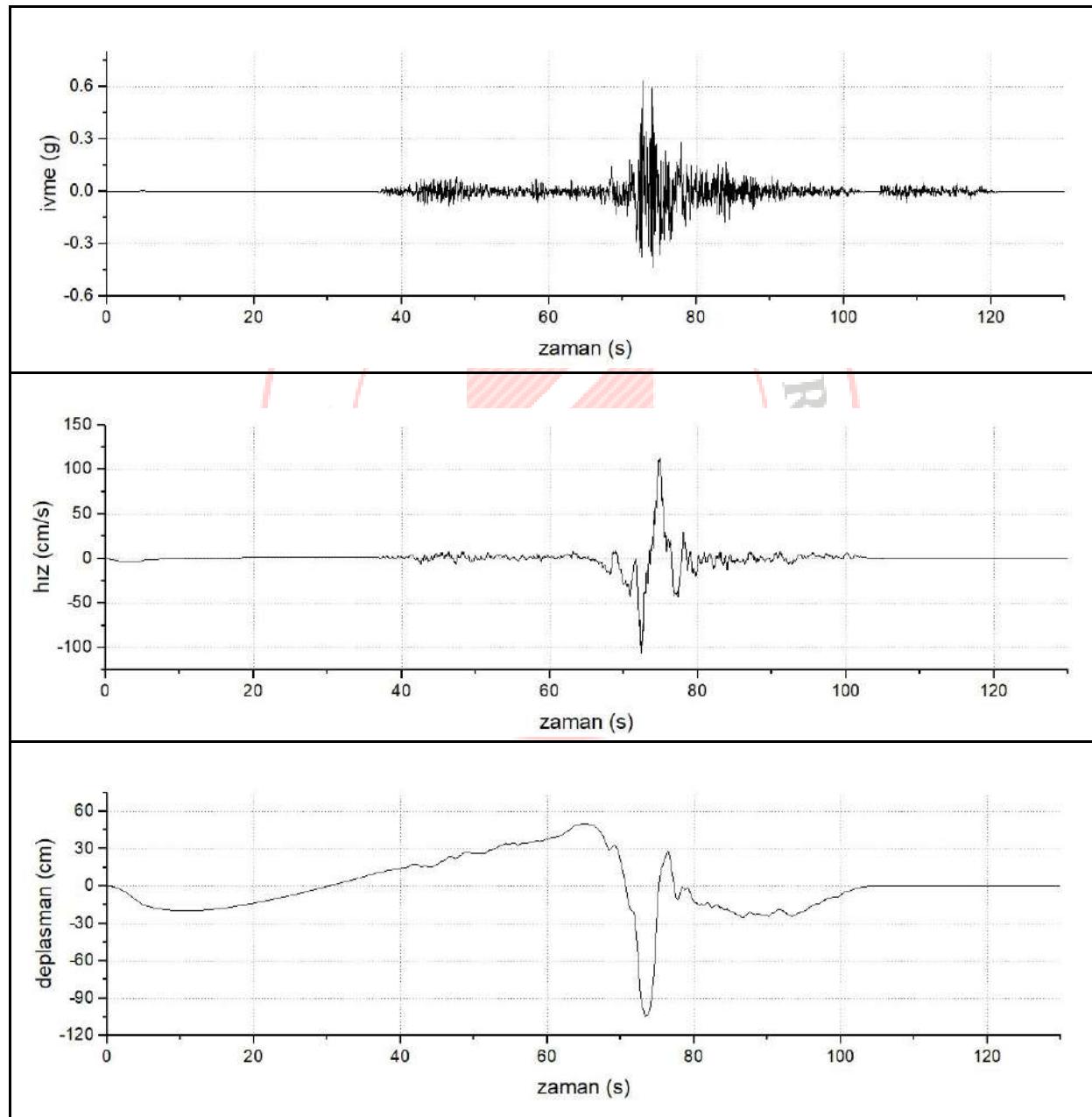
Şekil 3.12. 2712 No'lu Gaziantep, Nurdağı istasyonu yukarı-aşağı yöne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

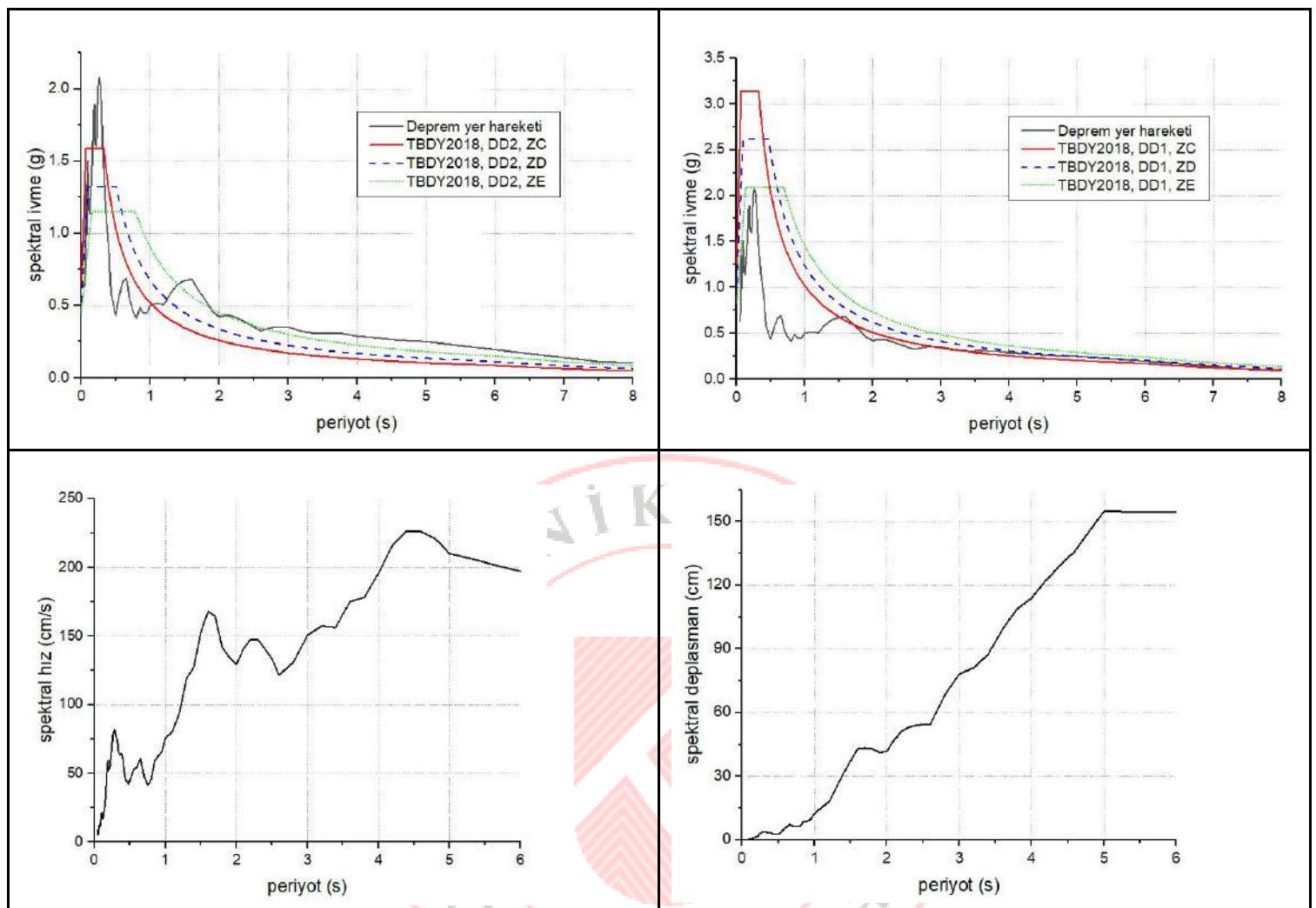
Gaziantep, İslahiye İstasyonu, İstasyon No: 2718, (Enlem: 37.008° , Boylam: 36.627°)

Doğu-Batı yönü

PGA: 0.637 g **PGV:** 113.16 cm/s **PGD:** 104.54 cm



Şekil 3.13. 2718 No'lu Gaziantep, İslahiye istasyonu doğu-batı yönüne ait yer hareketi grafikleri



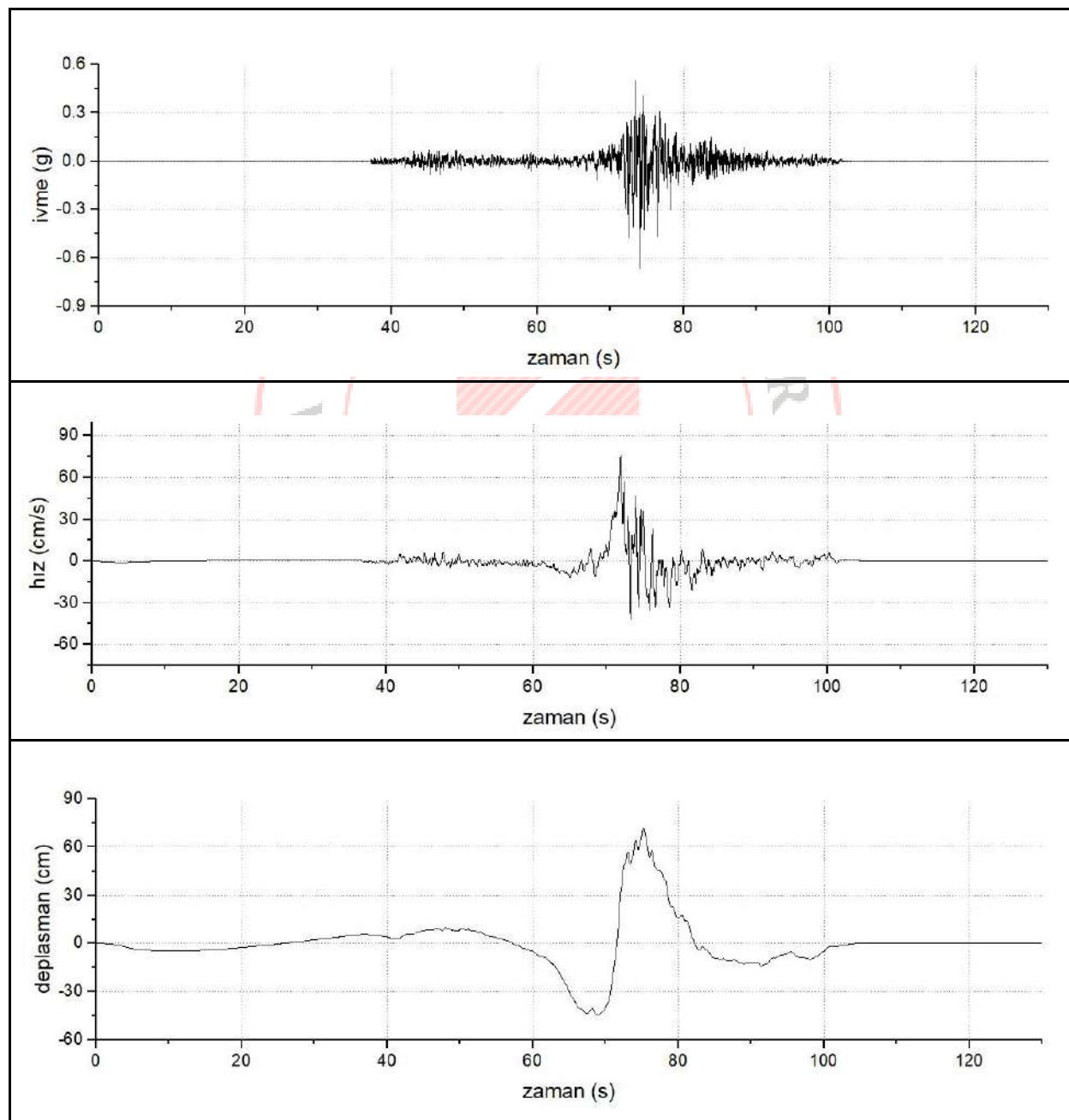
Şekil 3.14. 2718 No'lu Gaziantep, İslahiye istasyonu doğu-batı yönüne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

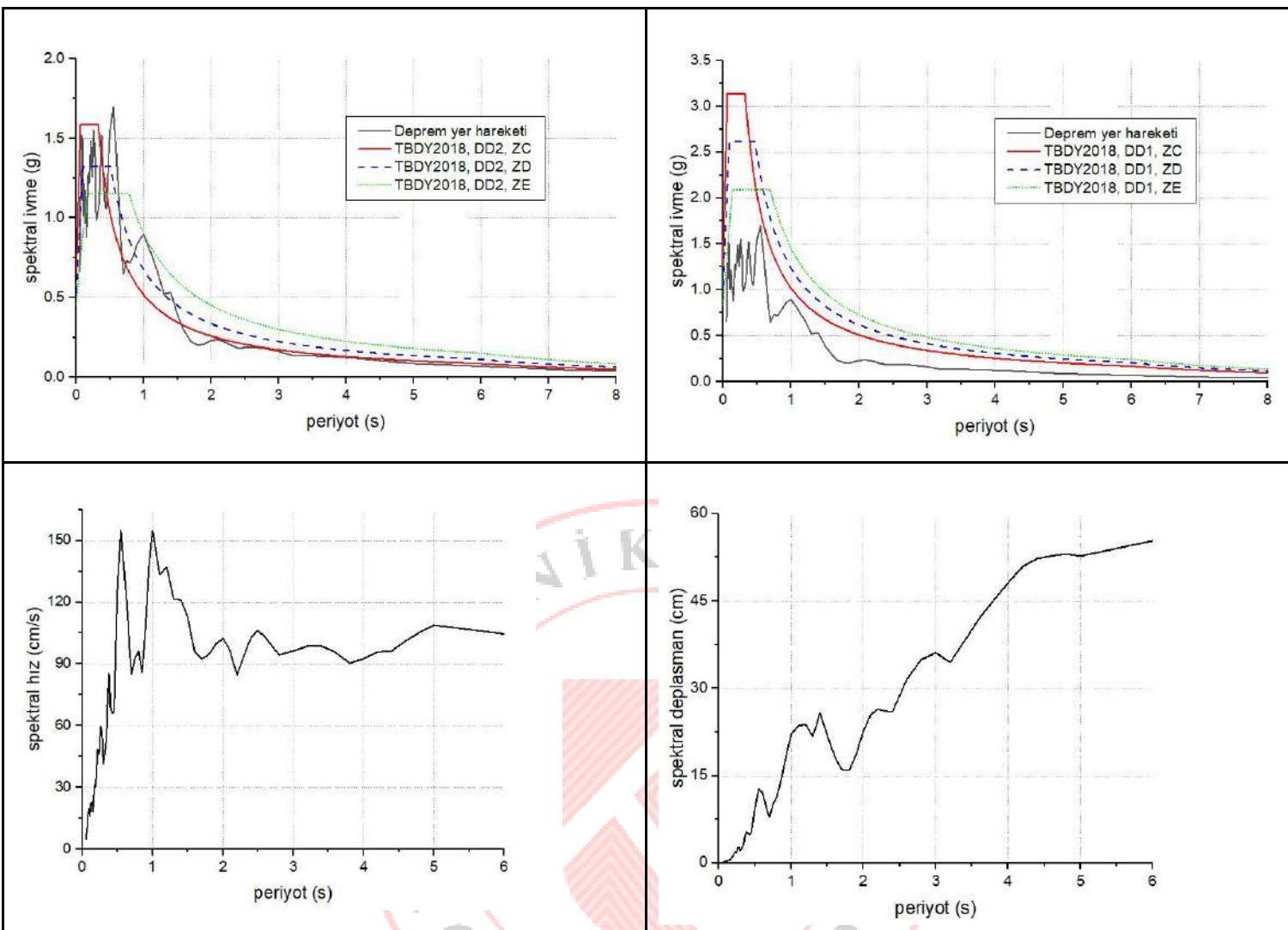
Gaziantep, İslahiye İstasyonu, İstasyon No: 2718, (Enlem: 37.008° , Boylam: 36.627°)

Kuzey-Güney yönü

PGA: 0.663 g **PGV:** 76.16 cm/s **PGD:** 71.88 cm



Şekil 3.15. 2718 No'lu Gaziantep, İslahiye istasyonu kuzey-güney yönüne ait yer hareketi grafikleri



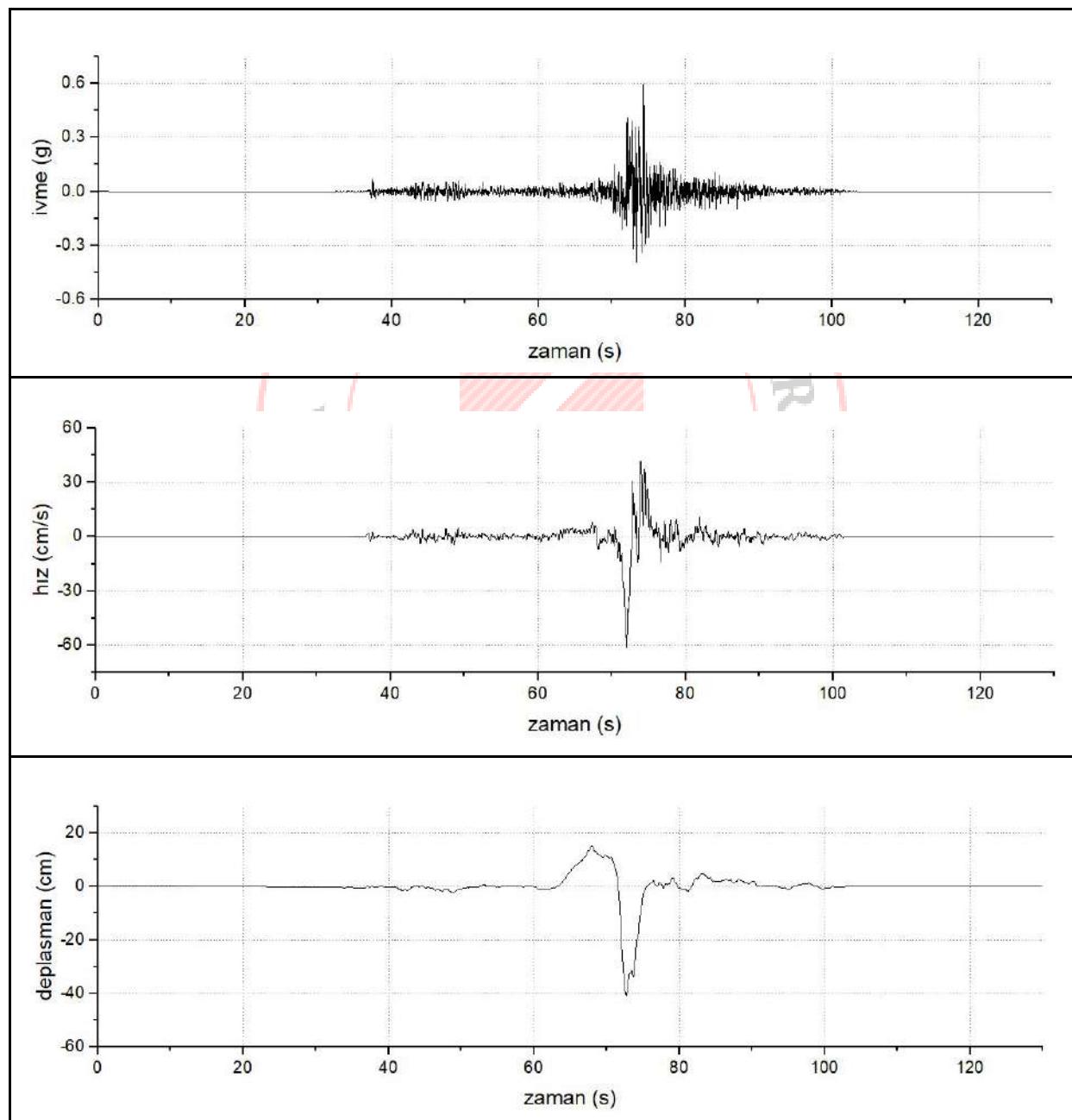
Şekil 3.16. 2718 No'lu Gaziantep, İslahiye istasyonu kuzey-güney yönüne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

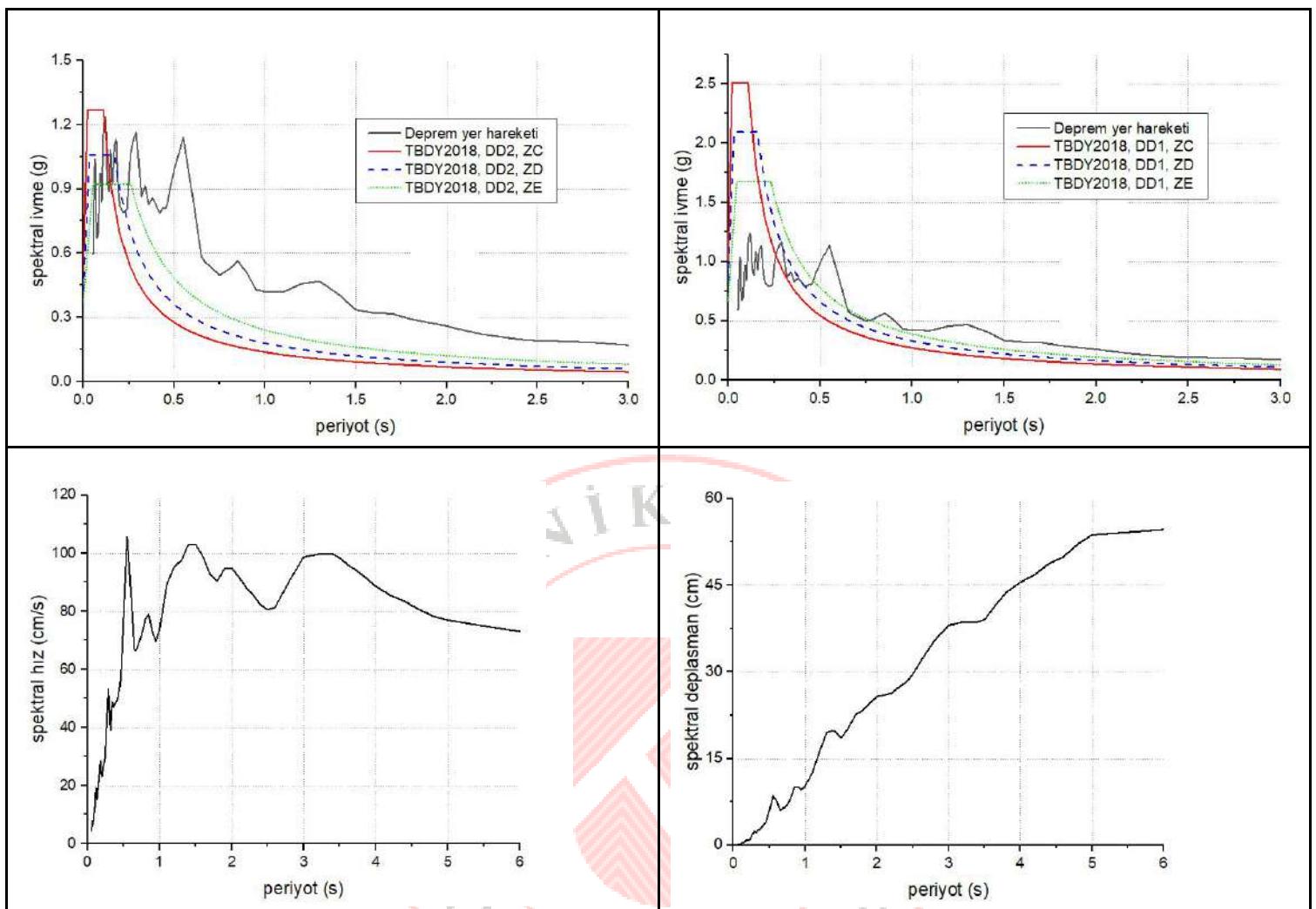
Gaziantep, İslahiye İstasyonu, İstasyon No: 2718, (Enlem: 37.008° , Boylam: 36.627°)

Yukarı-Aşağı yön

PGA: 0.596 g **PGV:** 61.64 cm/s **PGD:** 40.57 cm



Şekil 3.17. 2718 No'lu Gaziantep, İslahiye istasyonu yukarı-aşağı yönü ait yer hareketi grafikleri



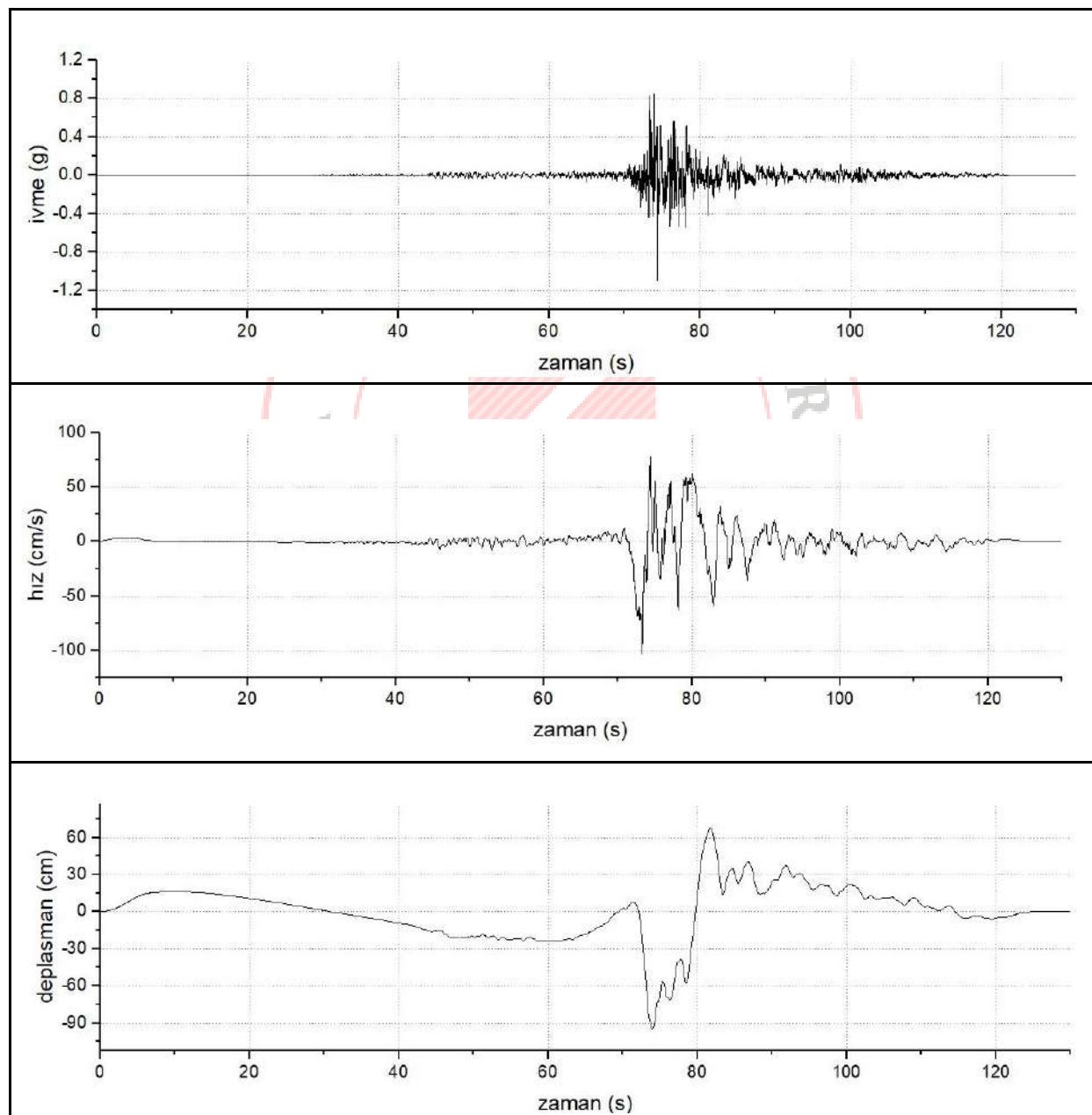
Şekil 3.18. 2718 No'lu Gaziantep, İslahiye istasyonu yukarı-aşağı yöne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

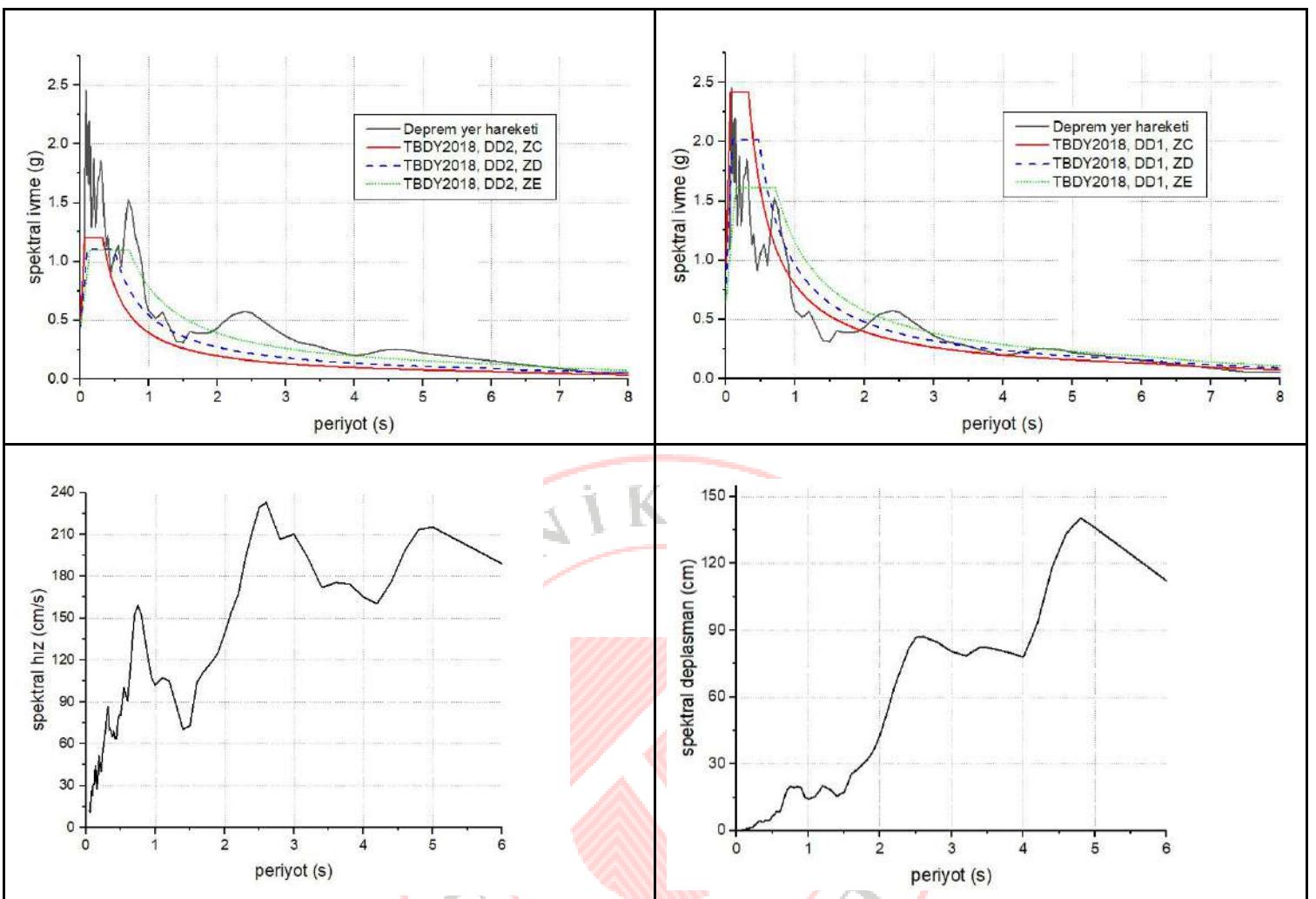
Hatay, Antakya İstasyonu, İstasyon No: 3125, (Enlem: 36.238° , Boylam: 36.133°)

Doğu-Batı yönü

PGA: 1.093 g **PGV:** 103.27 cm/s **PGD:** 94.90 cm



Şekil 3.19. 3125 No'lu Hatay, Antakya istasyonu doğu-batı yönüne ait yer hareketi grafikleri



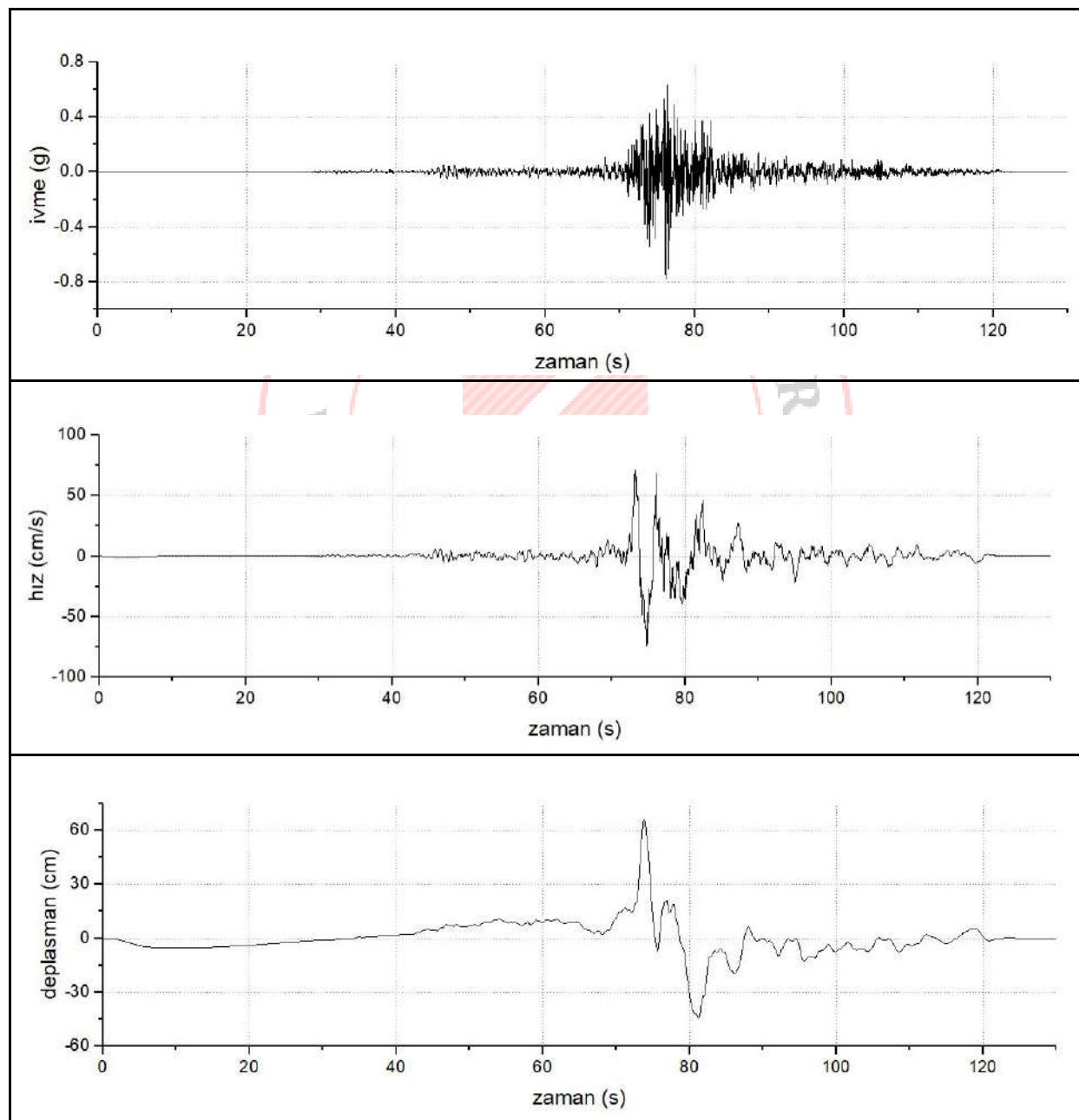
Şekil 3.20. 3125 No'lu Hatay, Antakya istasyonu doğu-batı yönüne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

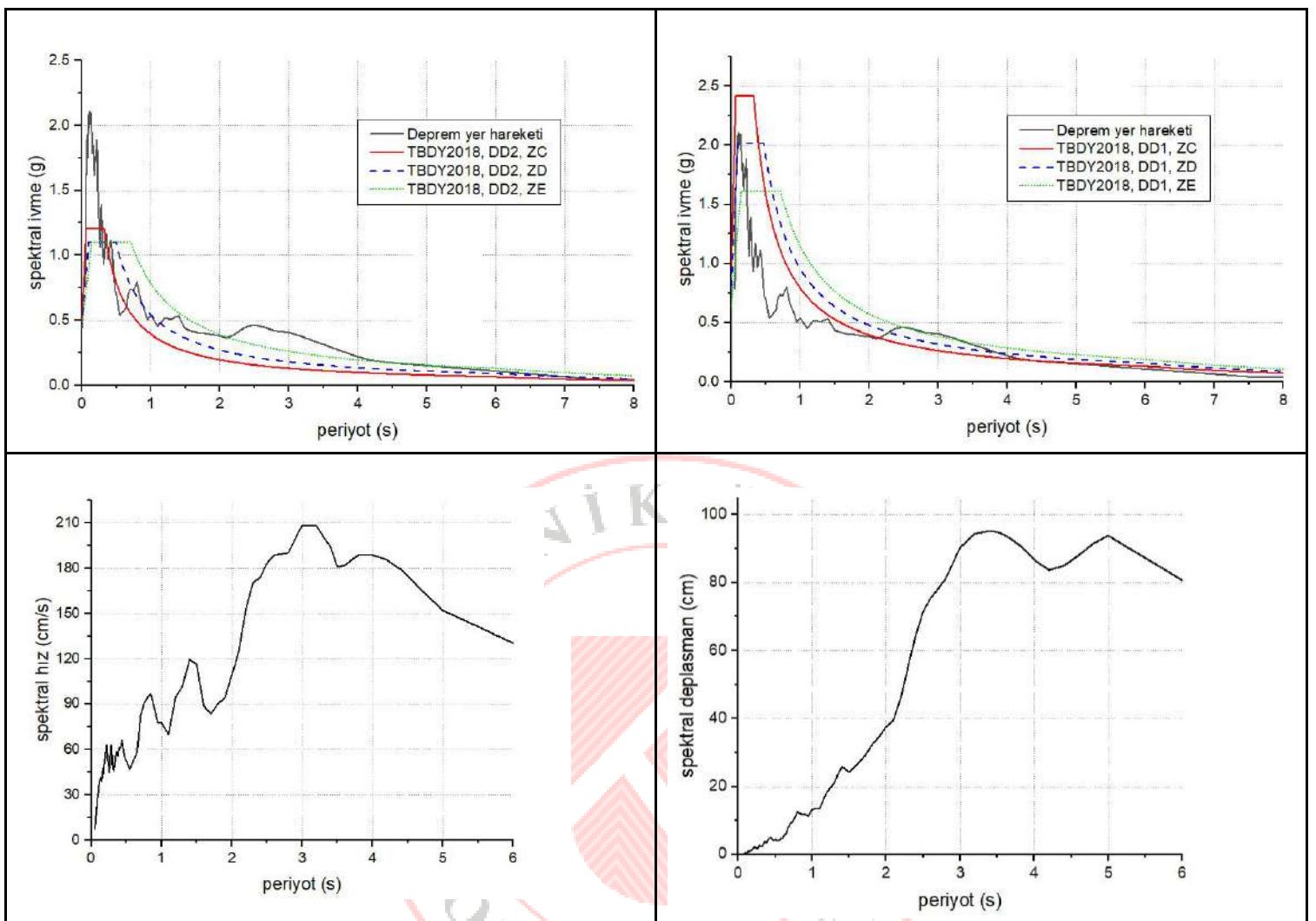
Hatay, Antakya İstasyonu, İstasyon No: 3125, (Enlem: 36.238° , Boylam: 36.133°)

Kuzey-Güney yönü

PGA: 0.788 g **PGV:** 74.80 cm/s **PGD:** 66.00 cm



Şekil 3.21. 3125 No'lu Hatay, Antakya istasyonu kuzey-güney yönüne ait yer hareketi grafikleri



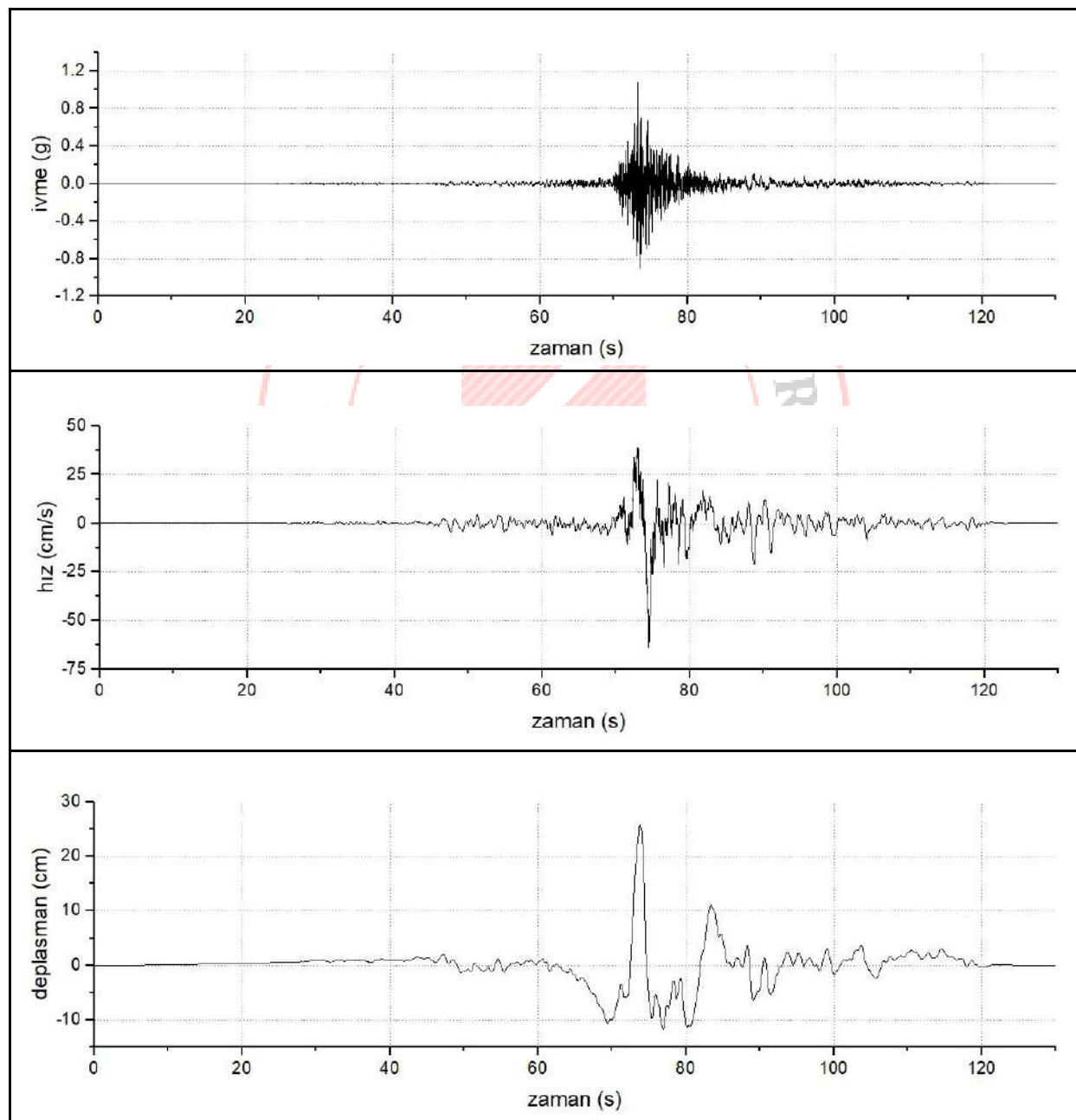
Şekil 3.22. 3125 No'lu Hatay, Antakya istasyonu kuzey-güney yönüne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

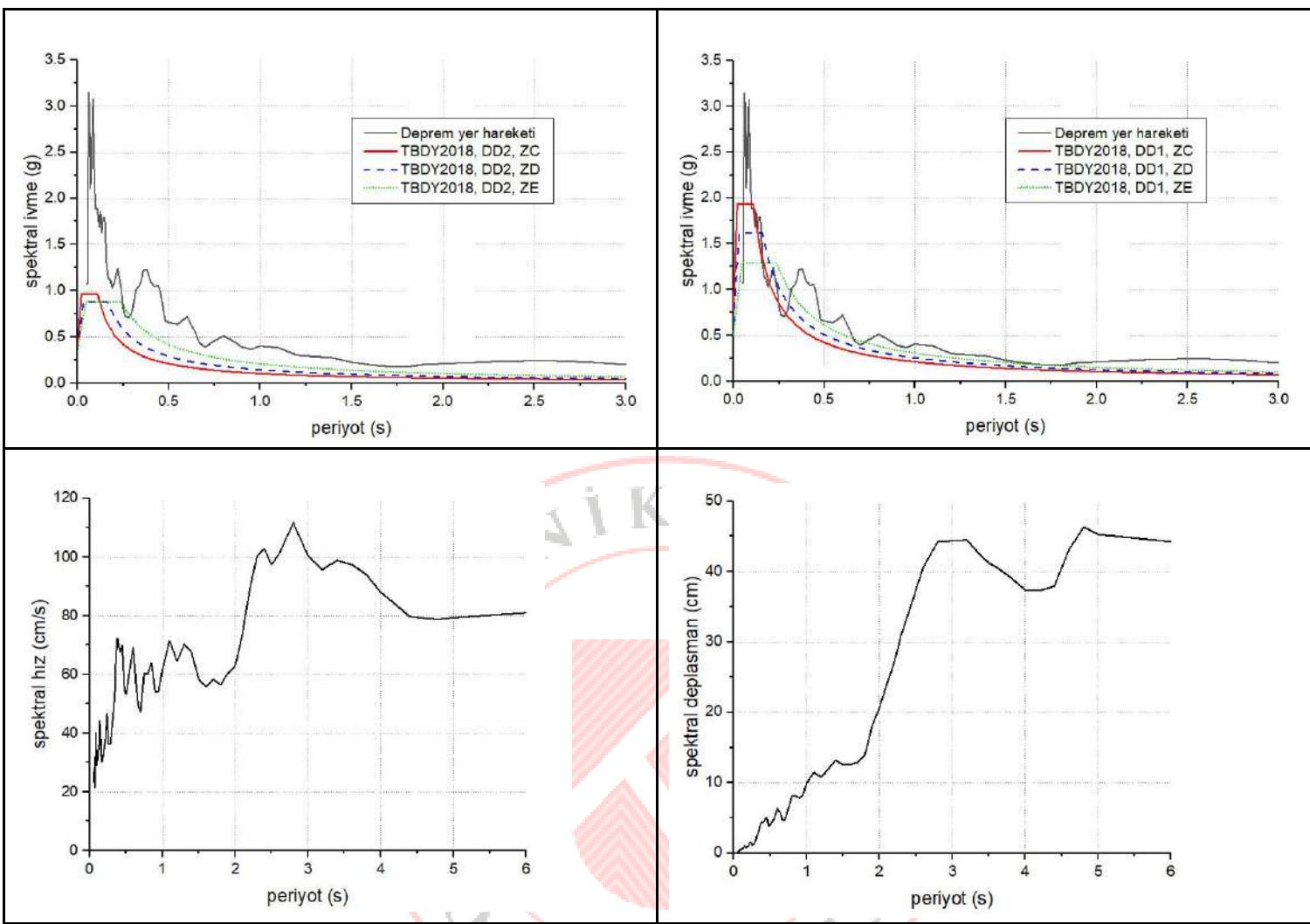
Hatay, Antakya İstasyonu, İstasyon No: 3125, (Enlem: 36.238° , Boylam: 36.133°)

Yukarı-Aşağı yön

PGA: 1.076 g **PGV:** 64.12 cm/s **PGD:** 25.89 cm



Şekil 3.23. 3125 No'lu Hatay, Antakya istasyonu yukarı-aşağı yönü ait yer hareketi grafikleri



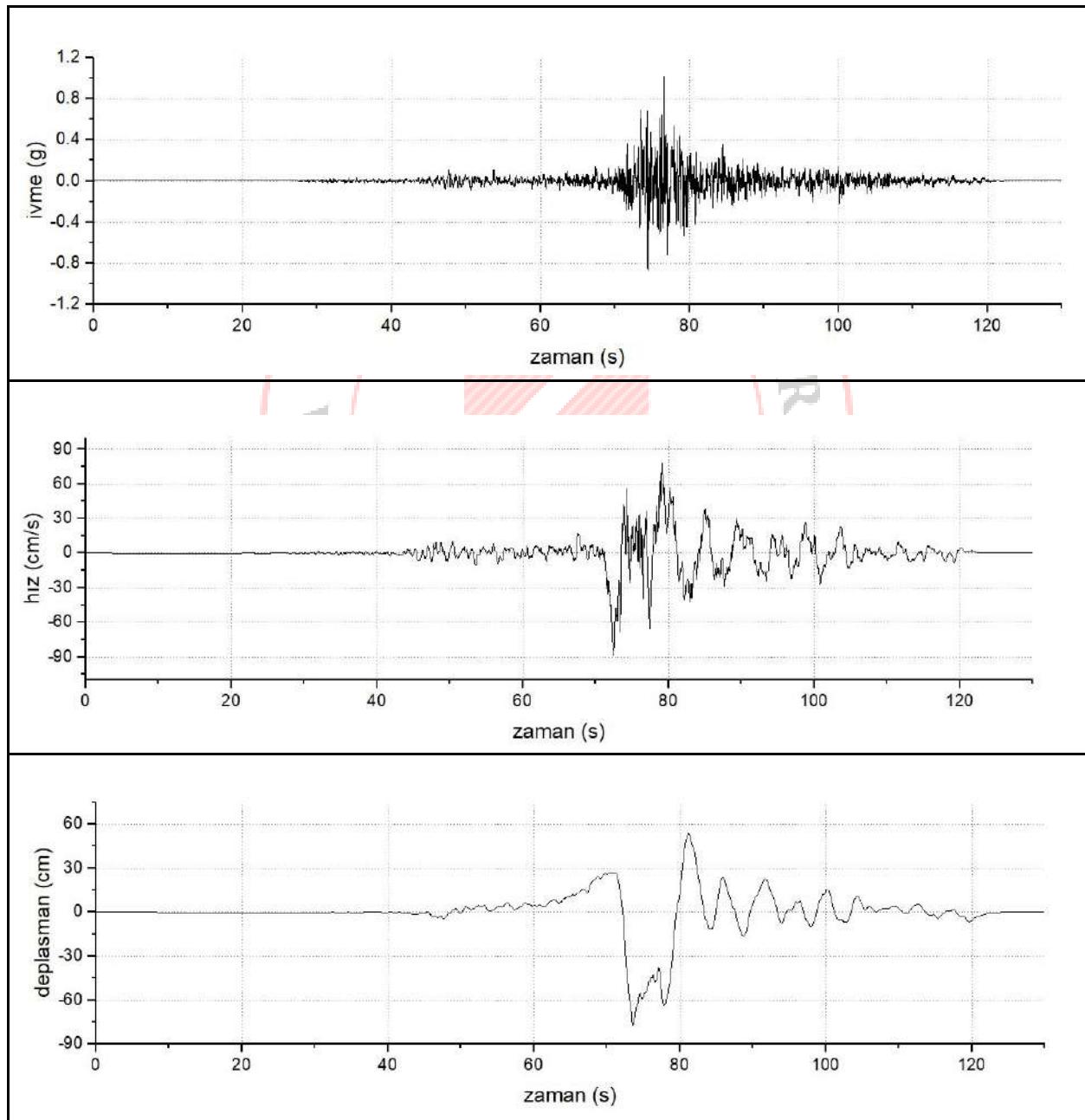
Şekil 3.24. 3125 No'lu Hatay, Antakya istasyonu yukarı-aşağı yöne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

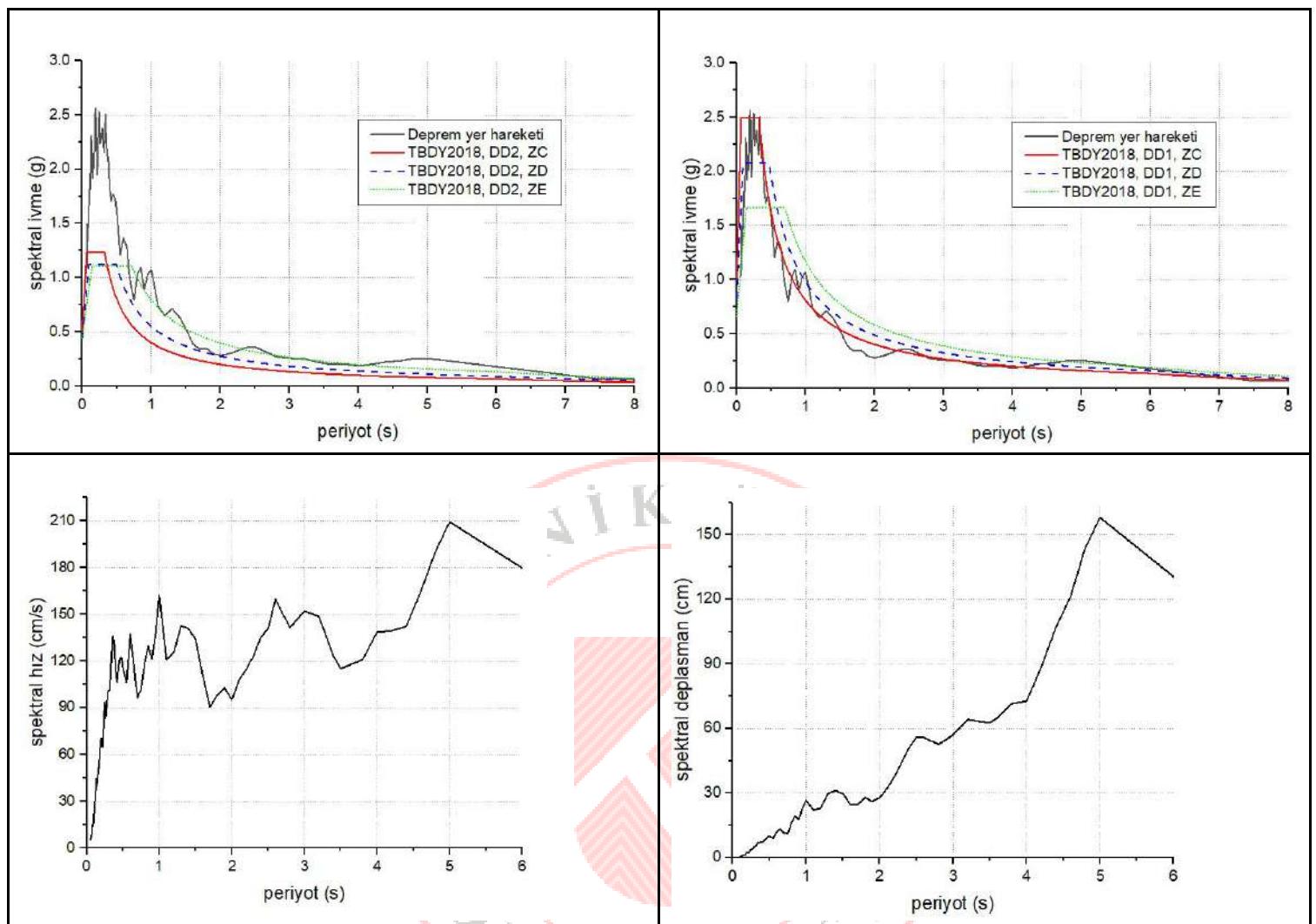
Hatay, Antakya İstasyonu, İstasyon No: 3126, (Enlem: 36.220° , Boylam: 36.138°)

Doğu-Batı yönü

PGA: 1.018 g **PGV:** 89.02 cm/s **PGD:** 77.41 cm



Şekil 3.25. 3126 No'lu Hatay, Antakya istasyonu doğu-batı yönüne ait yer hareketi grafikleri



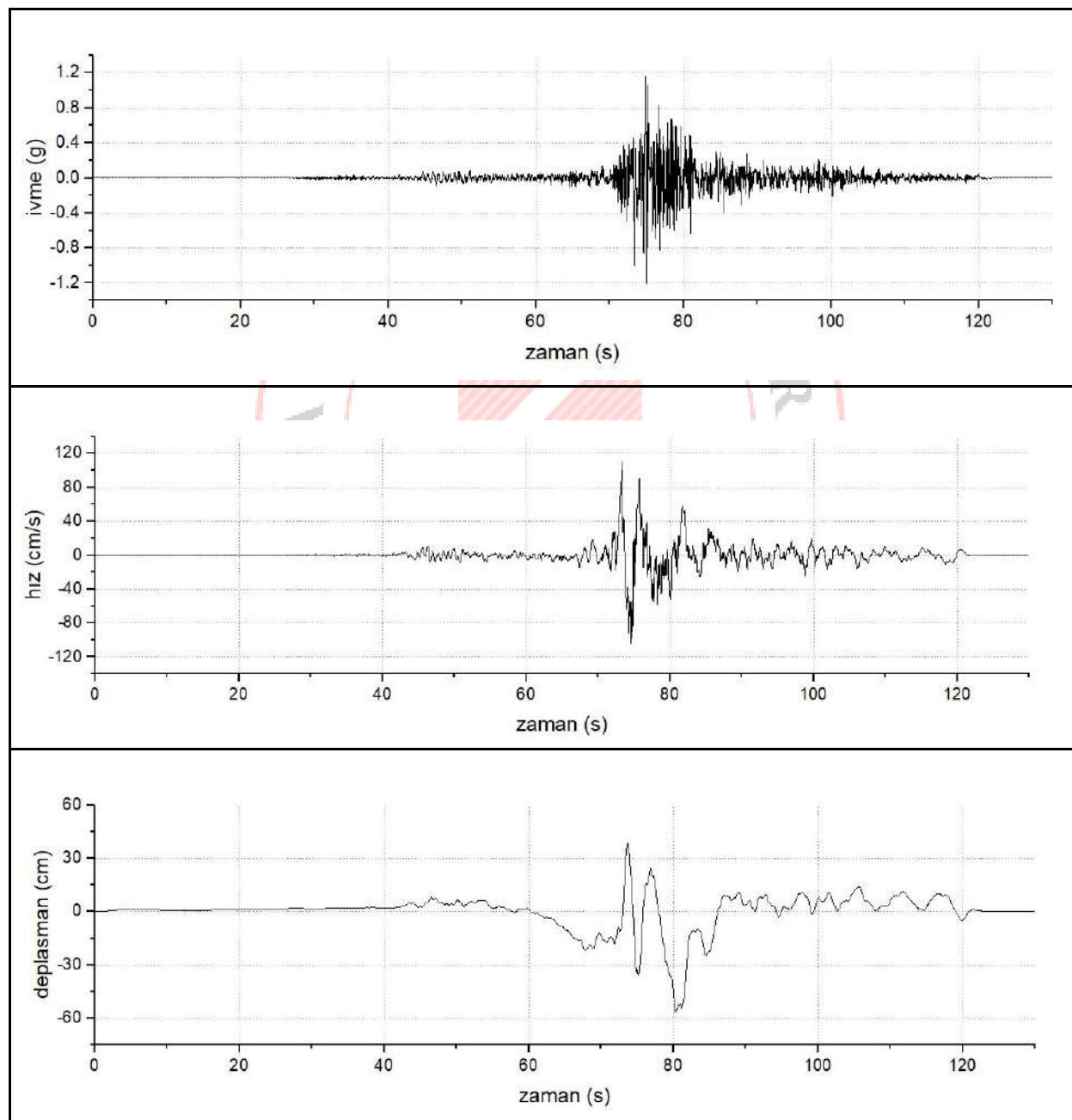
Şekil 3.26. 3126 No'lu Hatay, Antakya istasyonu doğu-batı yönüne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

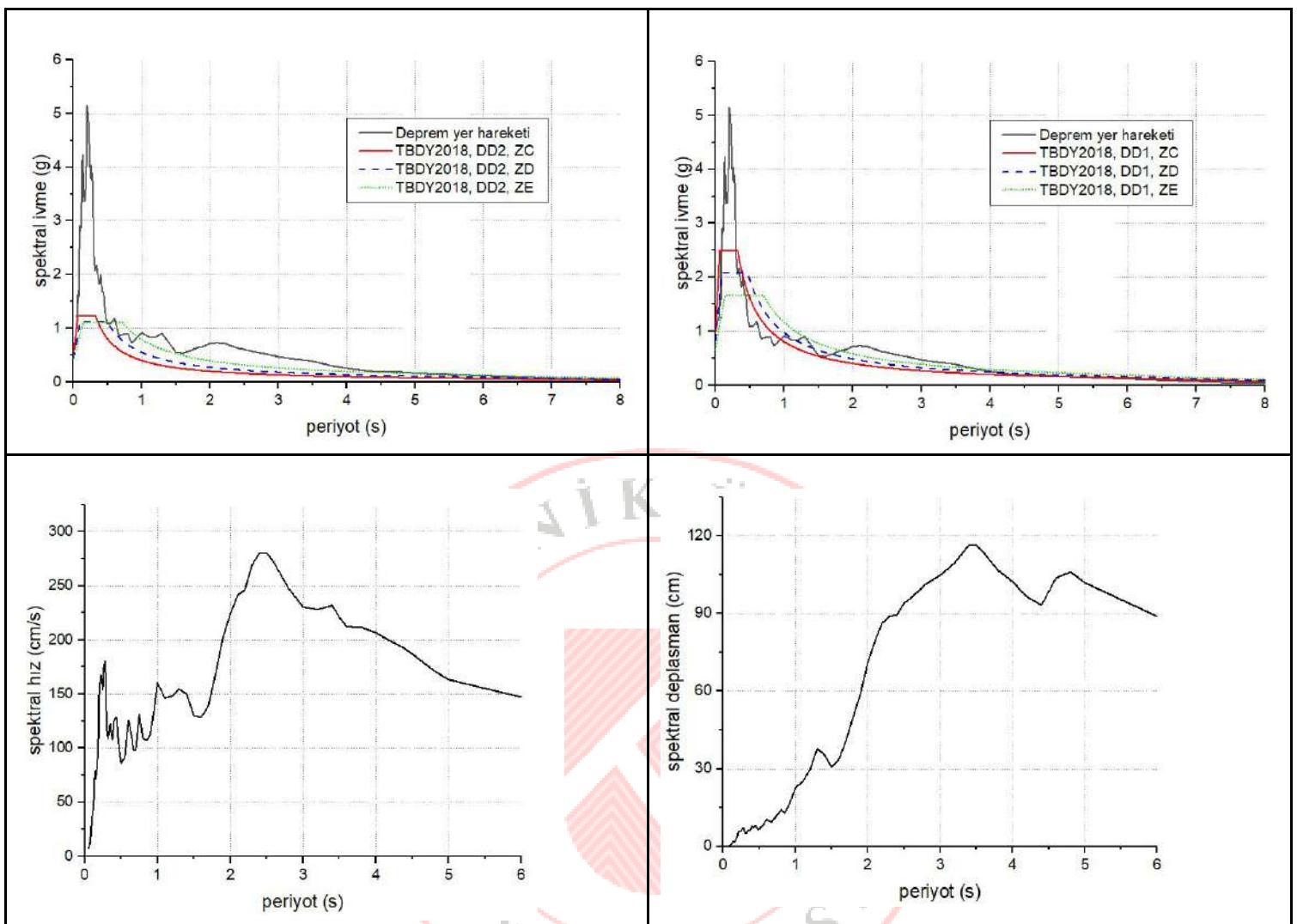
Hatay, Antakya İstasyonu, İstasyon No: 3126, (Enlem: 36.220° , Boylam: 36.138°)

Kuzey-Güney yönü

PGA: 1.210 g **PGV:** 109.47 cm/s **PGD:** 56.42 cm



Şekil 3.27. 3126 No'lu Hatay, Antakya istasyonu kuzey-güney yönüne ait yer hareketi grafikleri



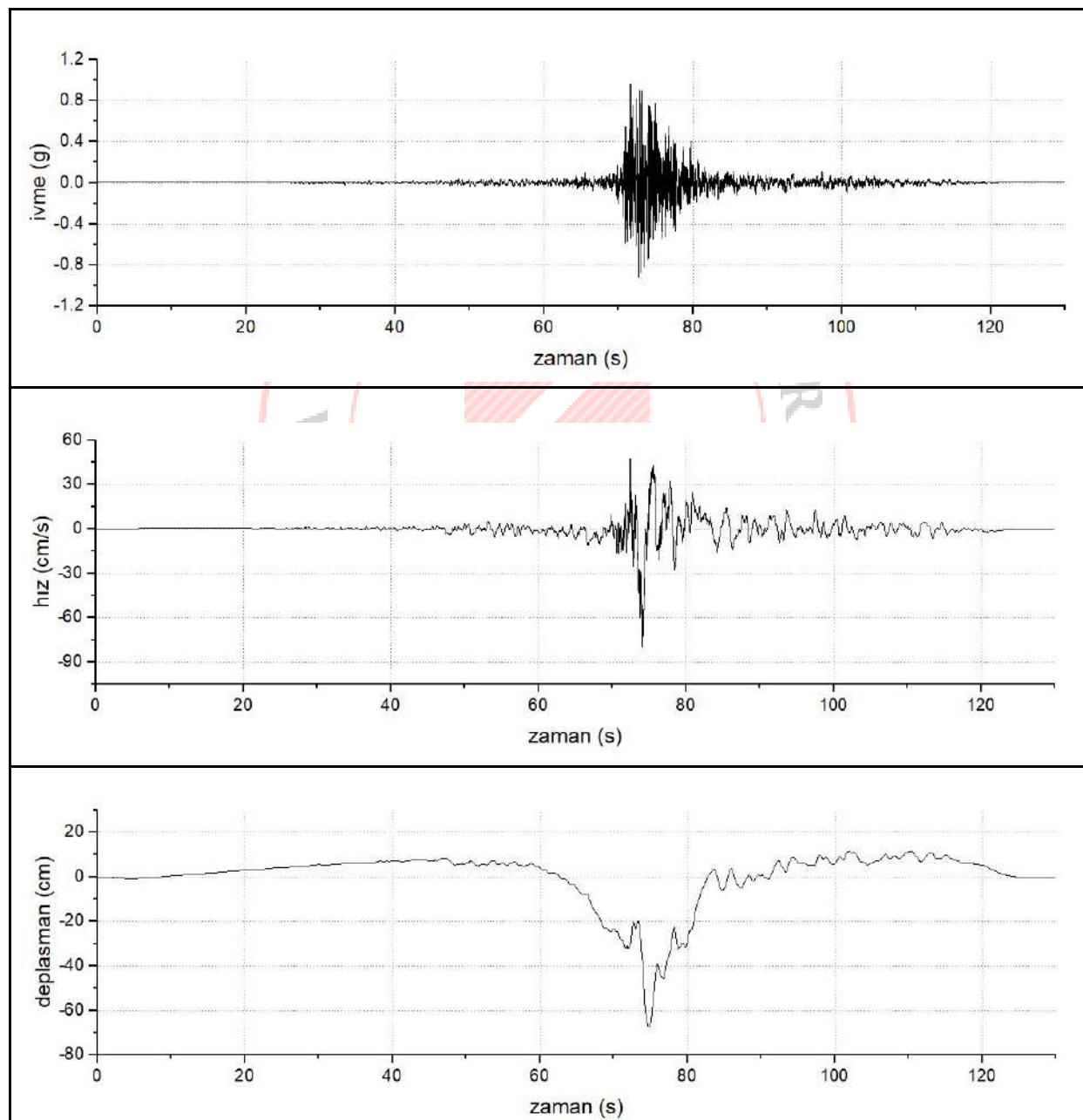
Şekil 3.28. 3126 No'lu Hatay, Antakya istasyonu kuzey-güney yönüne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

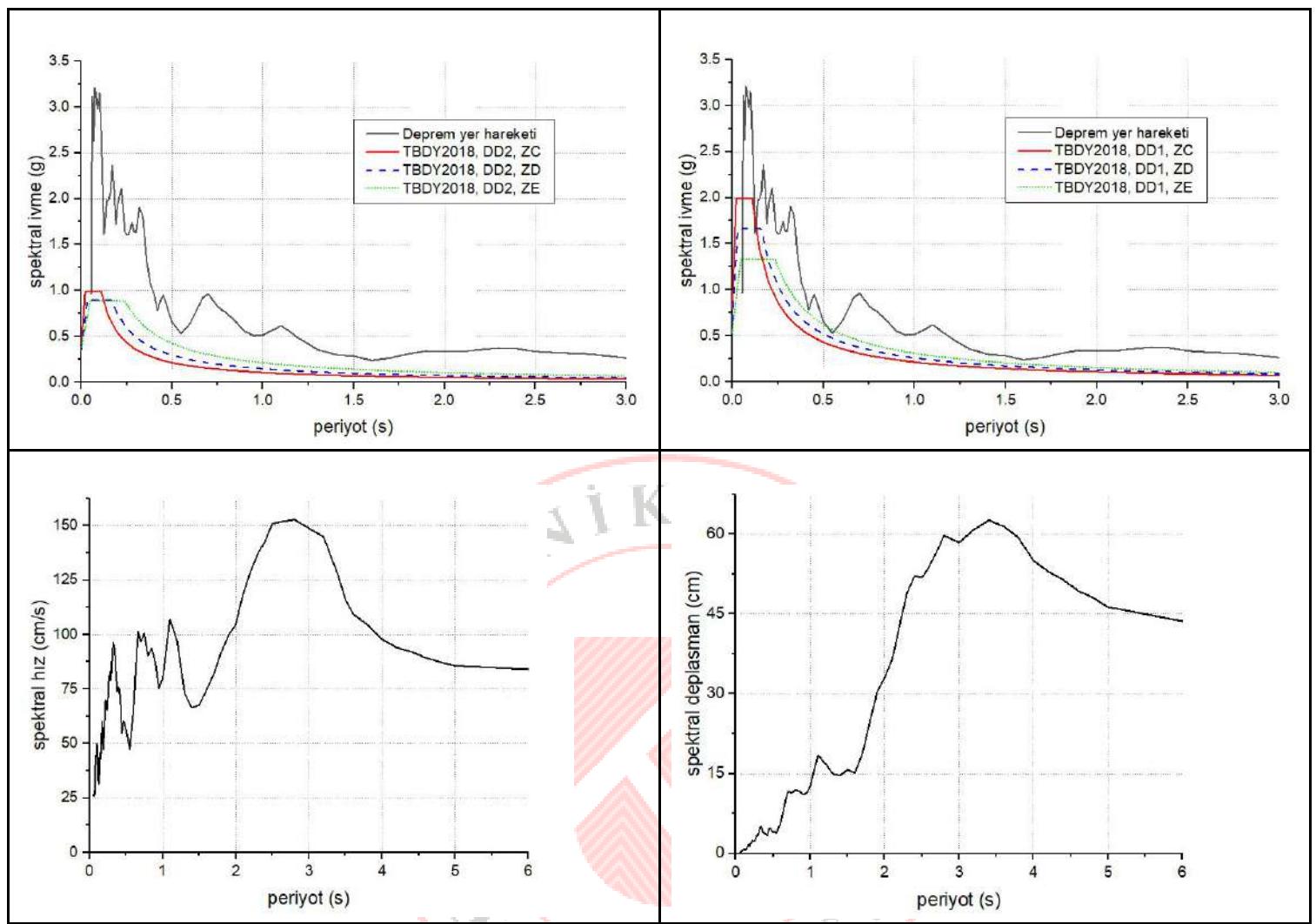
Hatay, Antakya İstasyonu, İstasyon No: 3126, (Enlem: 36.220° , Boylam: 36.138°)

Yukarı-Aşağı yön

PGA: 0.964 g **PGV:** 79.81 cm/s **PGD:** 67.52 cm



Şekil 3.29. 3126 No'lu Hatay, Antakya istasyonu yukarı-aşağı yöné ait yer hareketi grafikleri



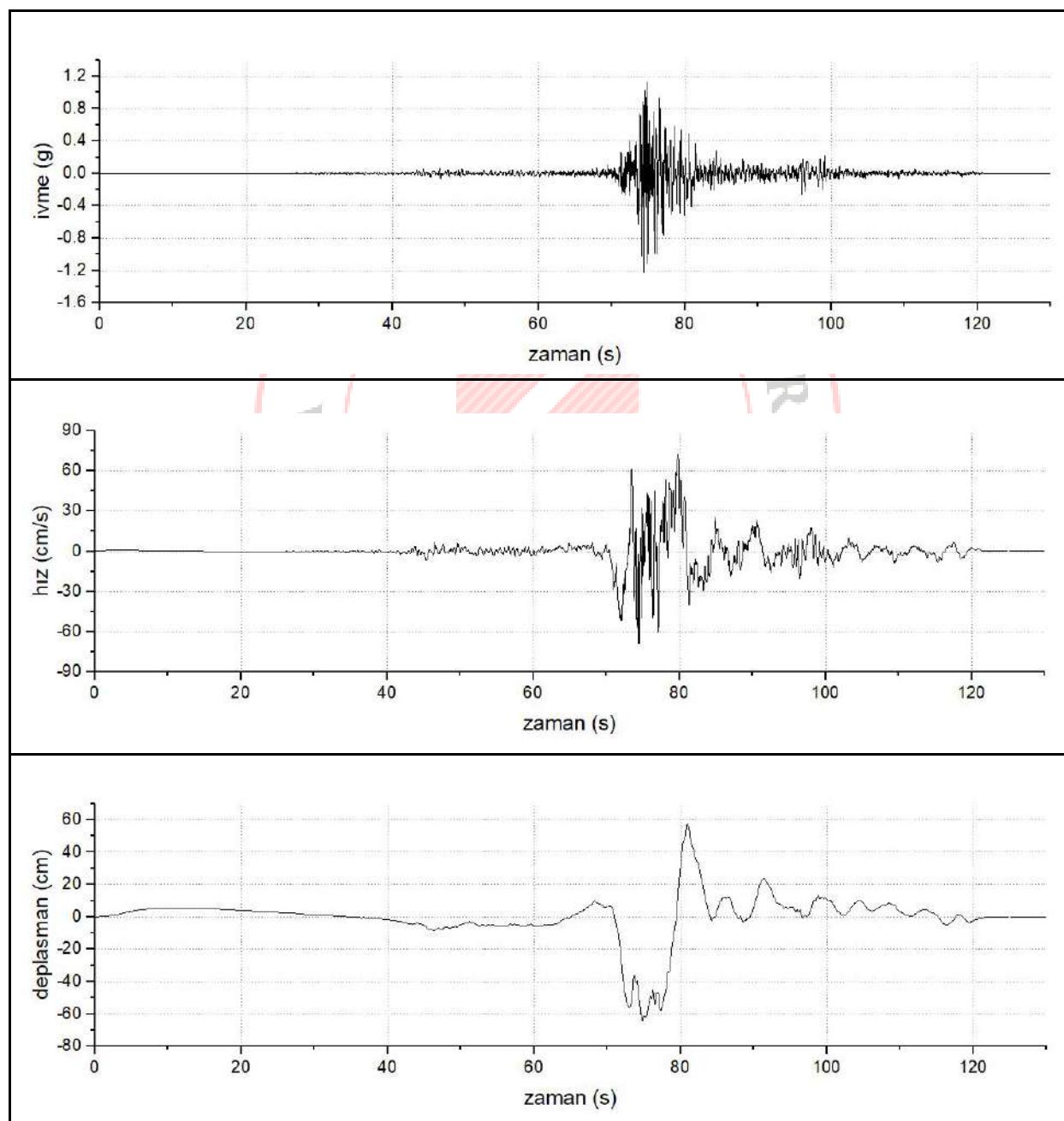
Şekil 3.30. 3126 No'lu Hatay, Antakya istasyonu yukarı-aşağı yöne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

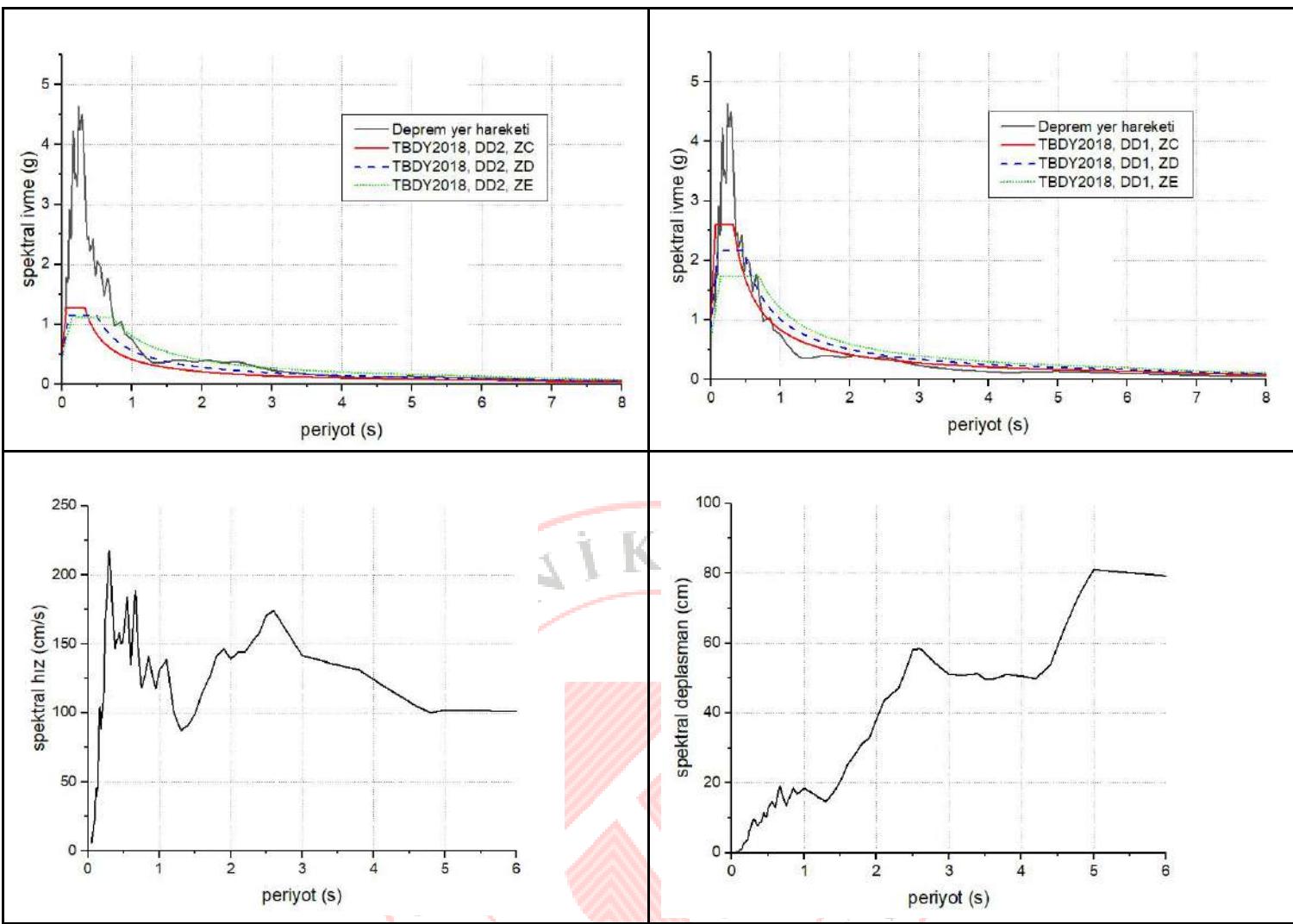
Hatay, Defne İstasyonu, İstasyon No: 3129, (Enlem: 36.191°, Boylam: 36.134°)

Doğu-Batı yönü

PGA: 1.229 g **PGV:** 72.32 cm/s **PGD:** 64.16 cm



Şekil 3.31. 3129 No'lu Hatay, Defne istasyonu doğu-batı yönüne ait yer hareketi grafikleri



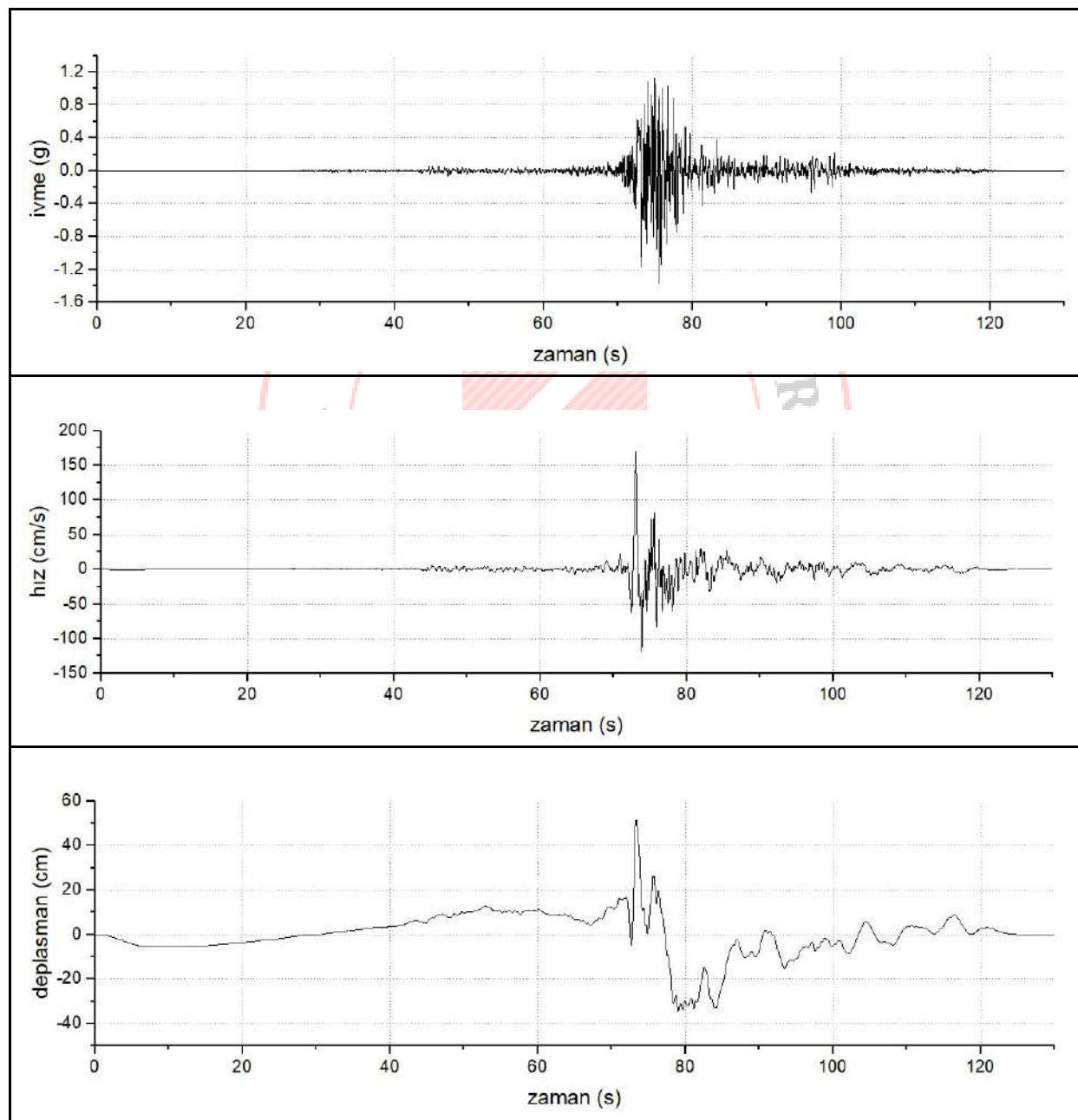
Şekil 3.32. 3129 No'lu Hatay, Defne istasyonu doğu-batı yönüne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

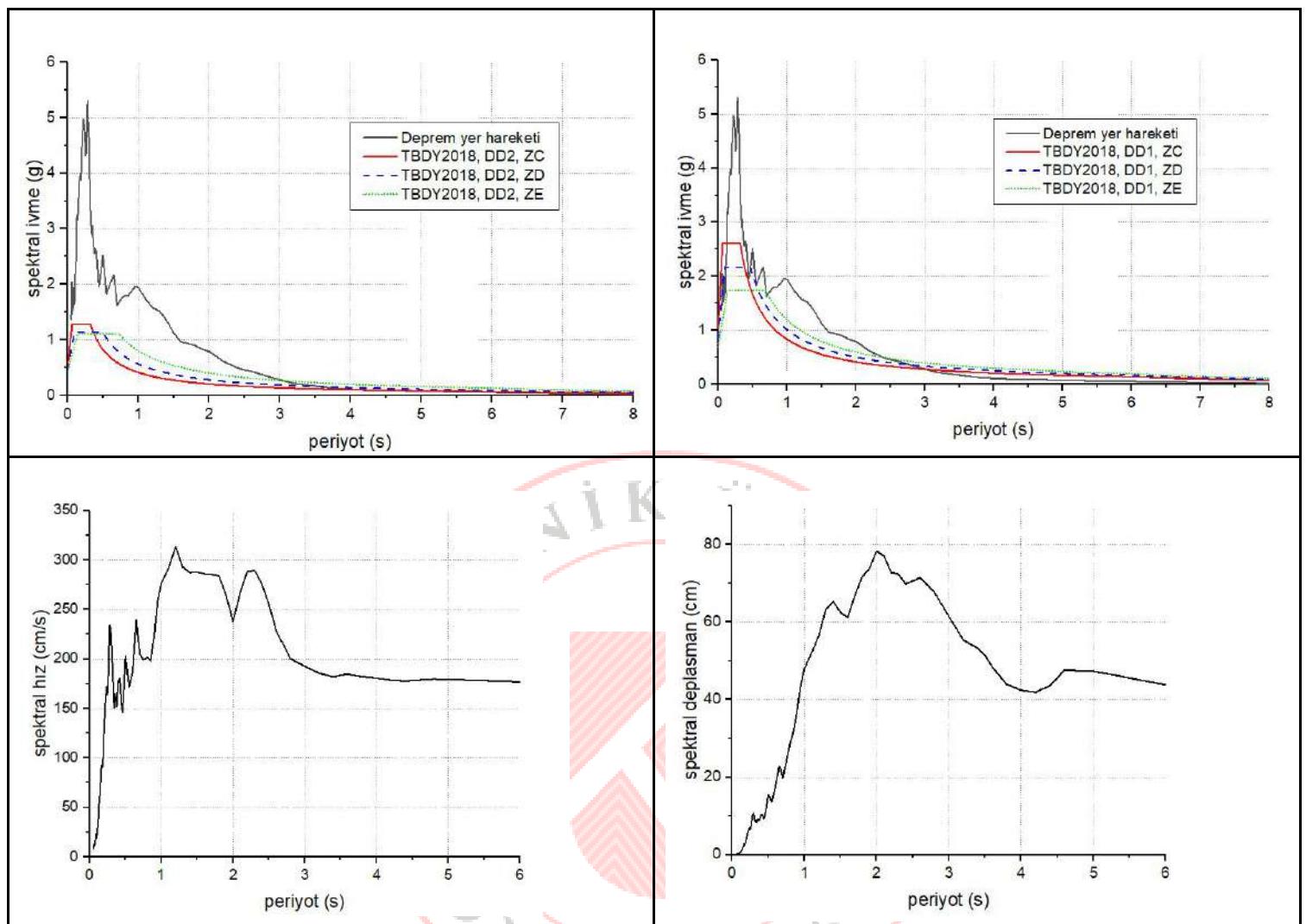
Hatay, Defne İstasyonu, İstasyon No: 3129, (Enlem: 36.191° , Boylam: 36.134°)

Kuzey-Güney yönü

PGA: 1.373 g **PGV:** 169.88 cm/s **PGD:** 51.51 cm



Şekil 3.33. 3129 No'lu Hatay, Defne istasyonu kuzey-güney yönüne ait yer hareketi grafikleri



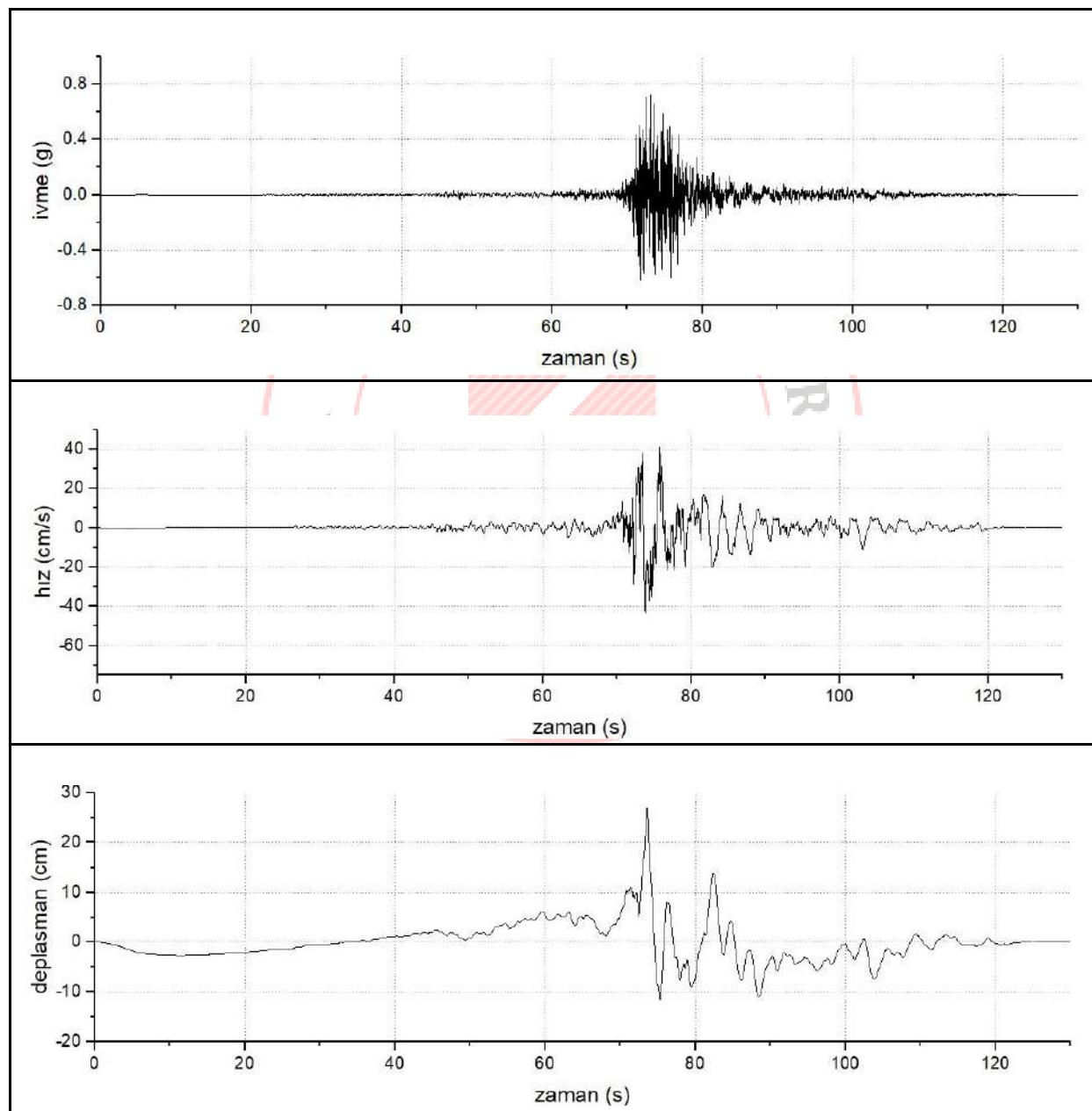
Şekil 3.34. 3129 No'lu Hatay, Defne istasyonu kuzey-güney yönüne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

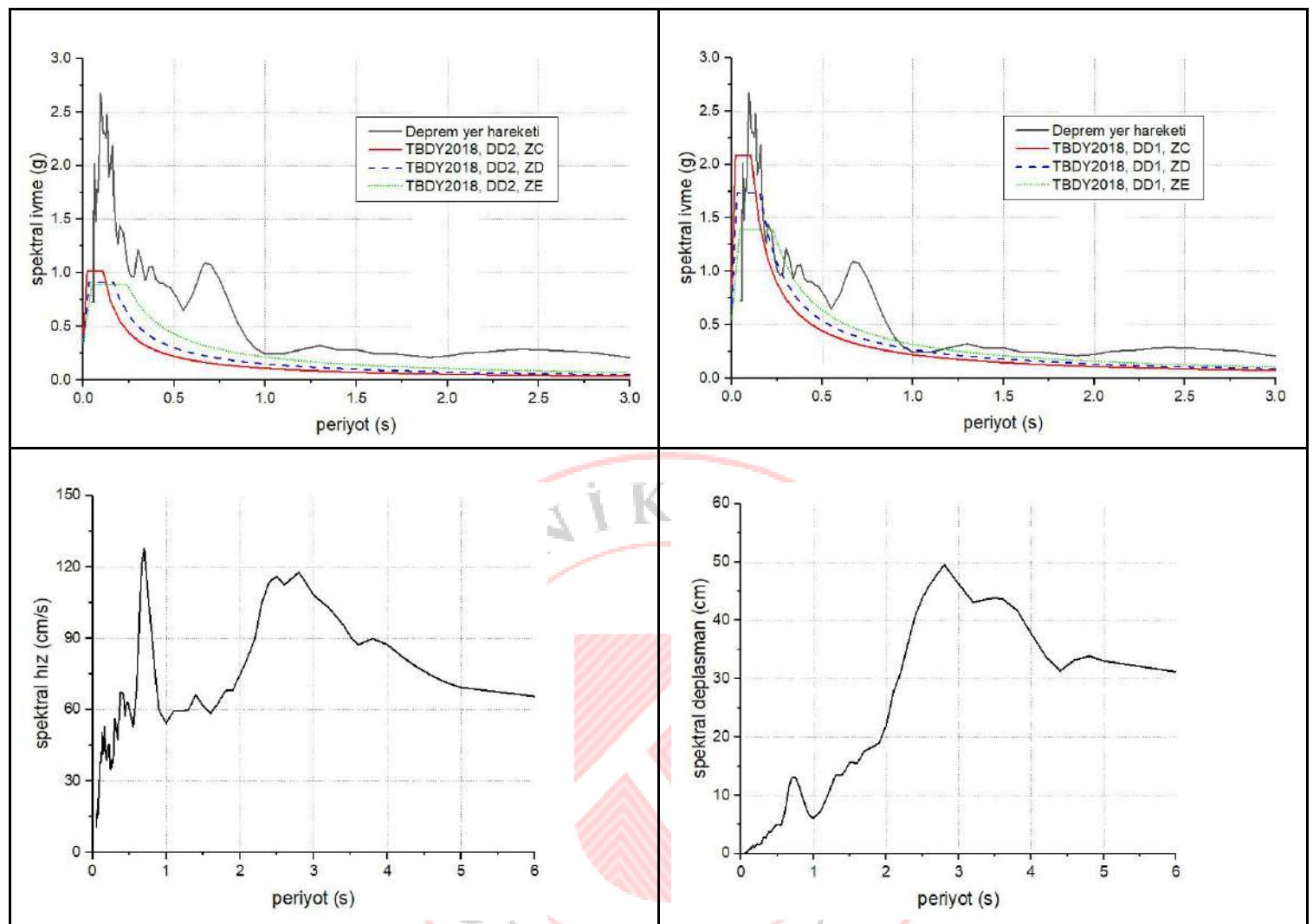
Hatay, Defne İstasyonu, İstasyon No: 3129, (Enlem: 36.191° , Boylam: 36.134°)

Yukarı-Aşağı yön

PGA: 0.723 g **PGV:** 43.41 cm/s **PGD:** 26.91 cm



Şekil 3.35. 3129 No'lu Hatay, Defne istasyonu yukarı-aşağı yönü ait yer hareketi grafikleri



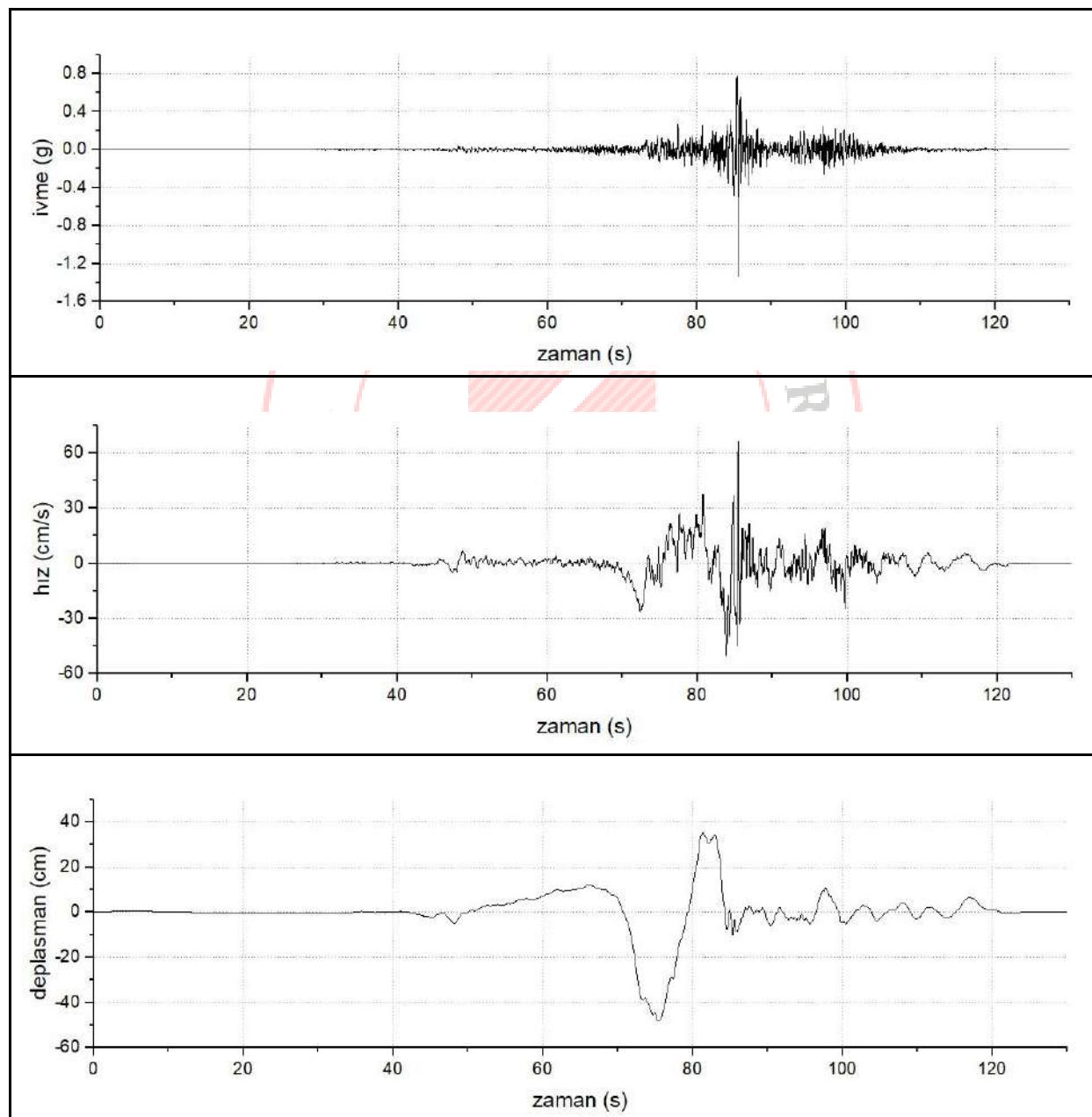
Şekil 3.36. 3129 No'lu Hatay, Defne istasyonu yukarı-aşağı yöne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

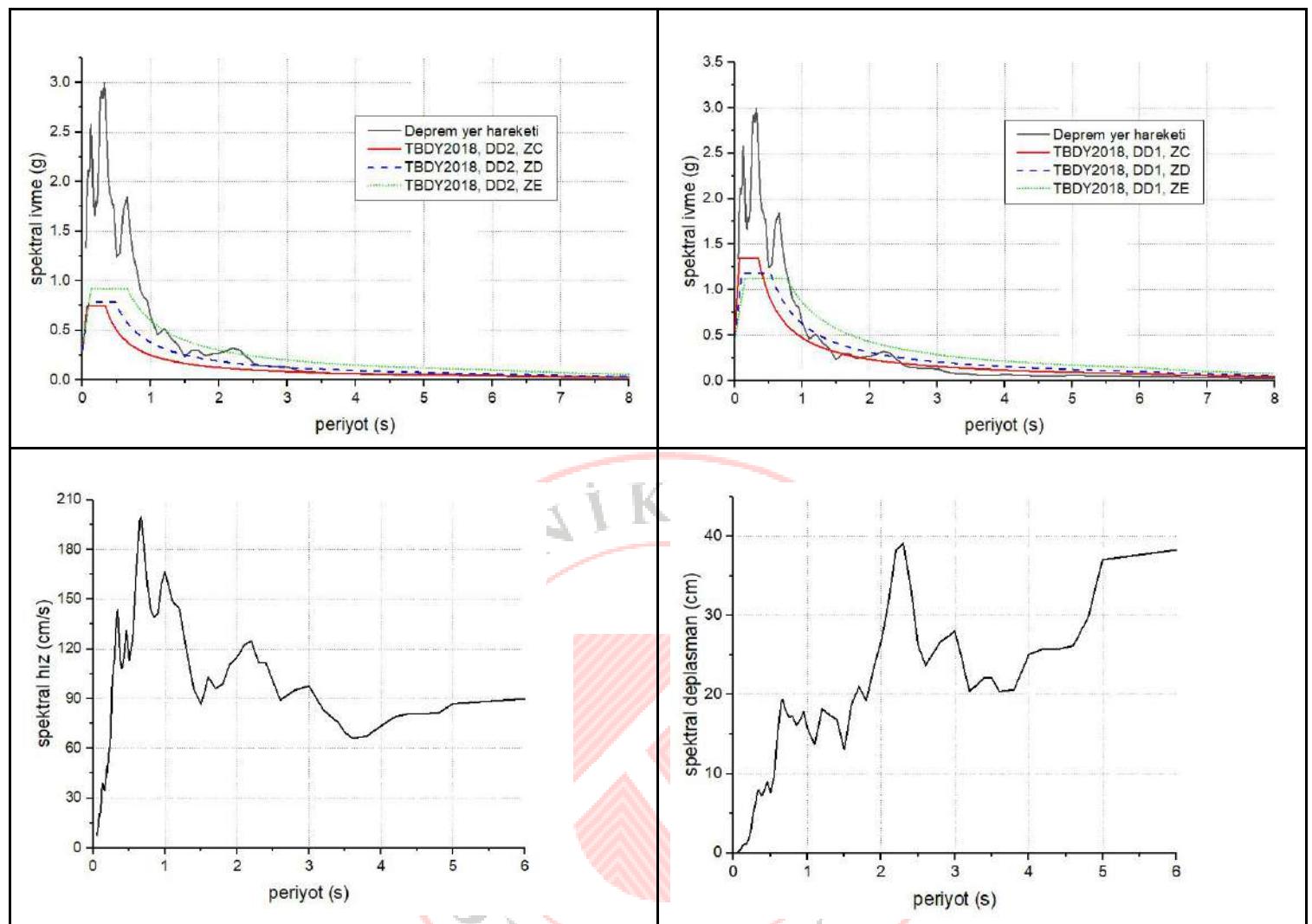
Hatay, Arsuz İstasyonu, İstasyon No: 3135, (Enlem: 36.409° , Boylam: 35.883°)

Doğu-Batı yönü

PGA: 1.340 g **PGV:** 65.93 cm/s **PGD:** 48.40 cm



Şekil 3.37. 3135 No'lu Hatay, Arsuz istasyonu doğu-batı yönüne ait yer hareketi grafikleri



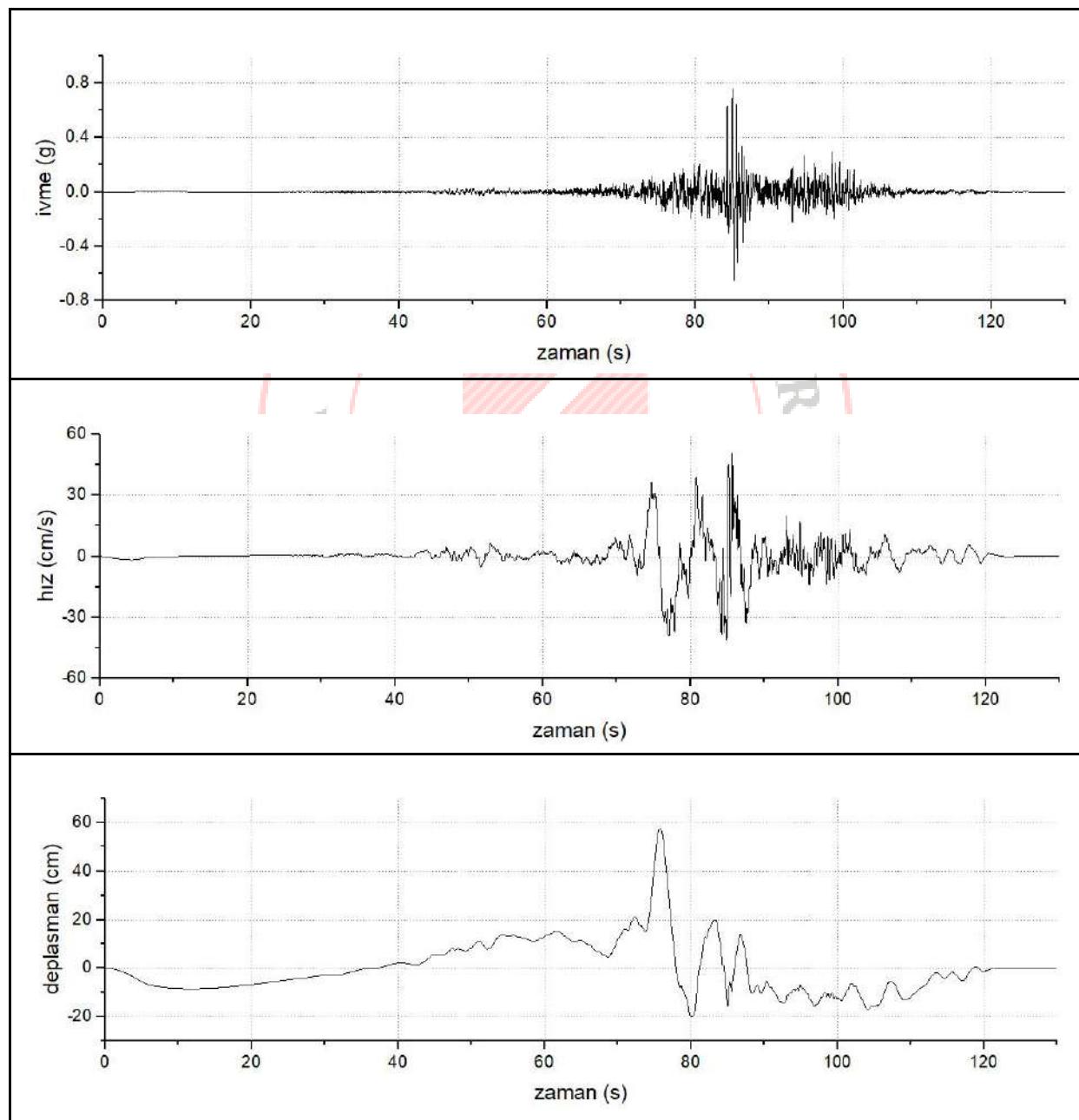
Şekil 3.38. 3135 No'lu Hatay, Arsuz istasyonu doğu-batı yönüne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

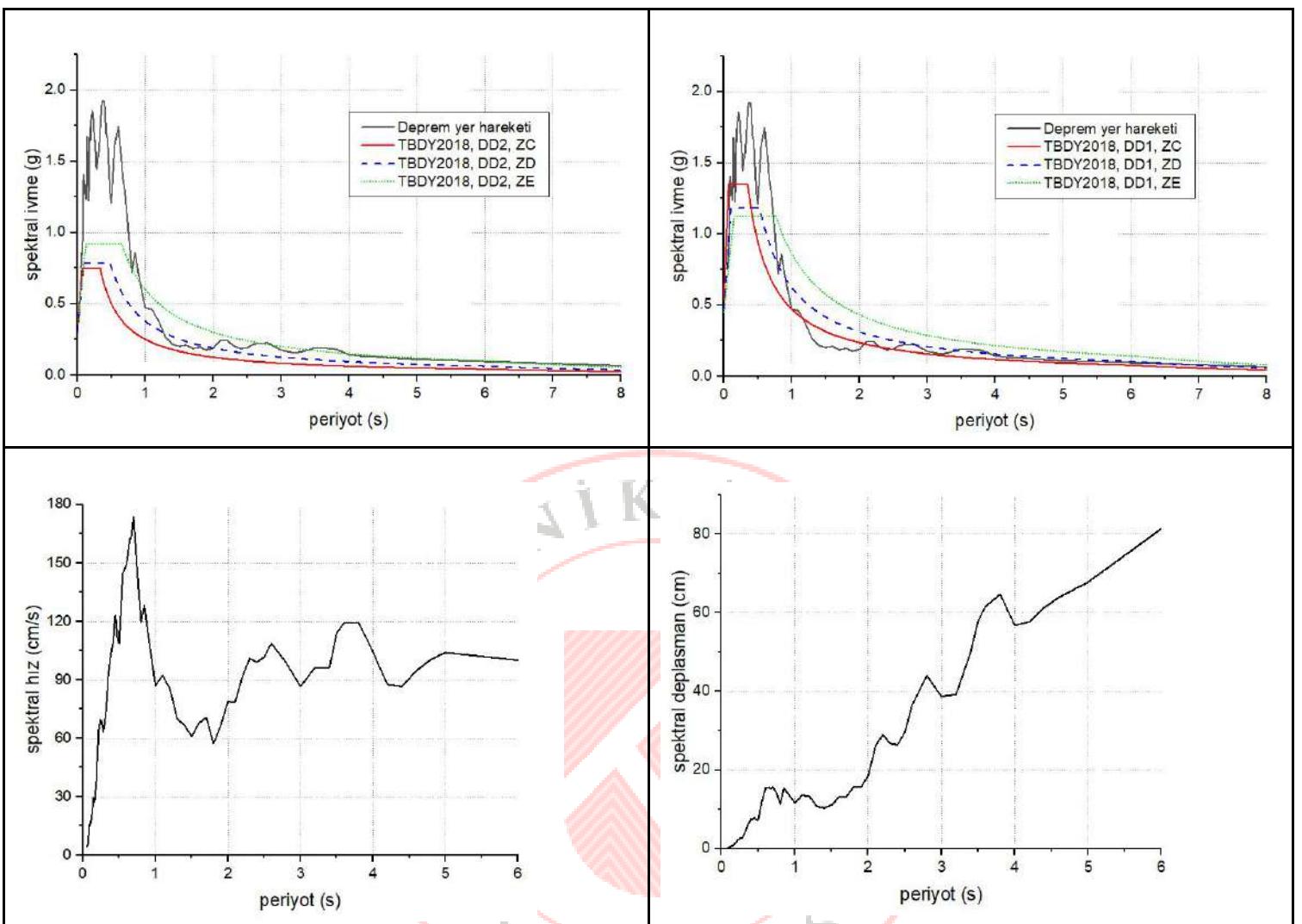
Hatay, Arsuz İstasyonu, İstasyon No: 3135, (Enlem: 36.409°, Boylam: 35.883°)

Kuzey-Güney yönü

PGA: 0.755 g **PGV:** 50.69 cm/s **PGD:** 57.42 cm



Şekil 3.39. 3135 No'lu Hatay, Arsuz istasyonu kuzey-güney yönüne ait yer hareketi grafikleri



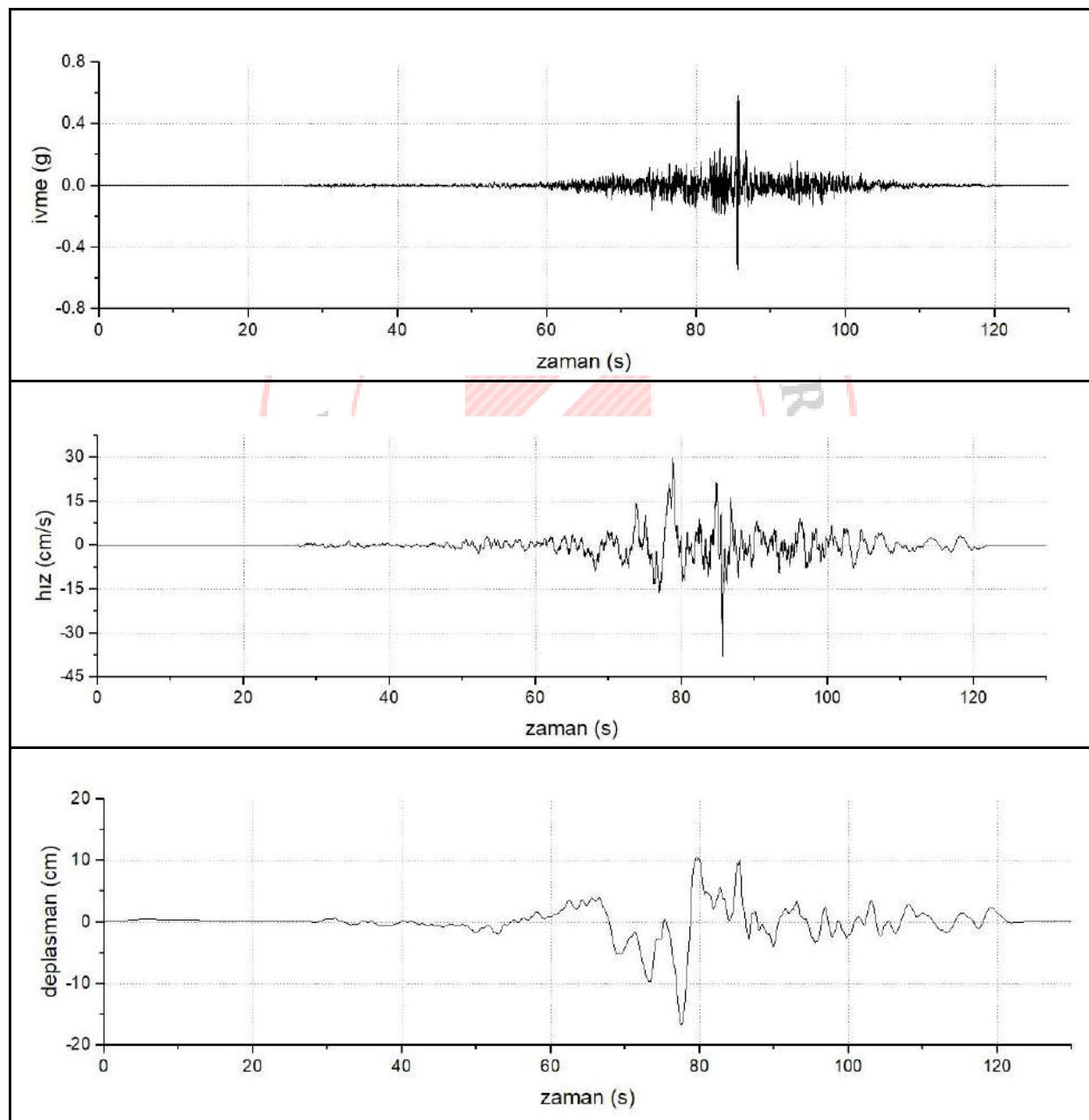
Şekil 3.40. 3135 No'lu Hatay, Arsuz istasyonu kuzey-güney yönüne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

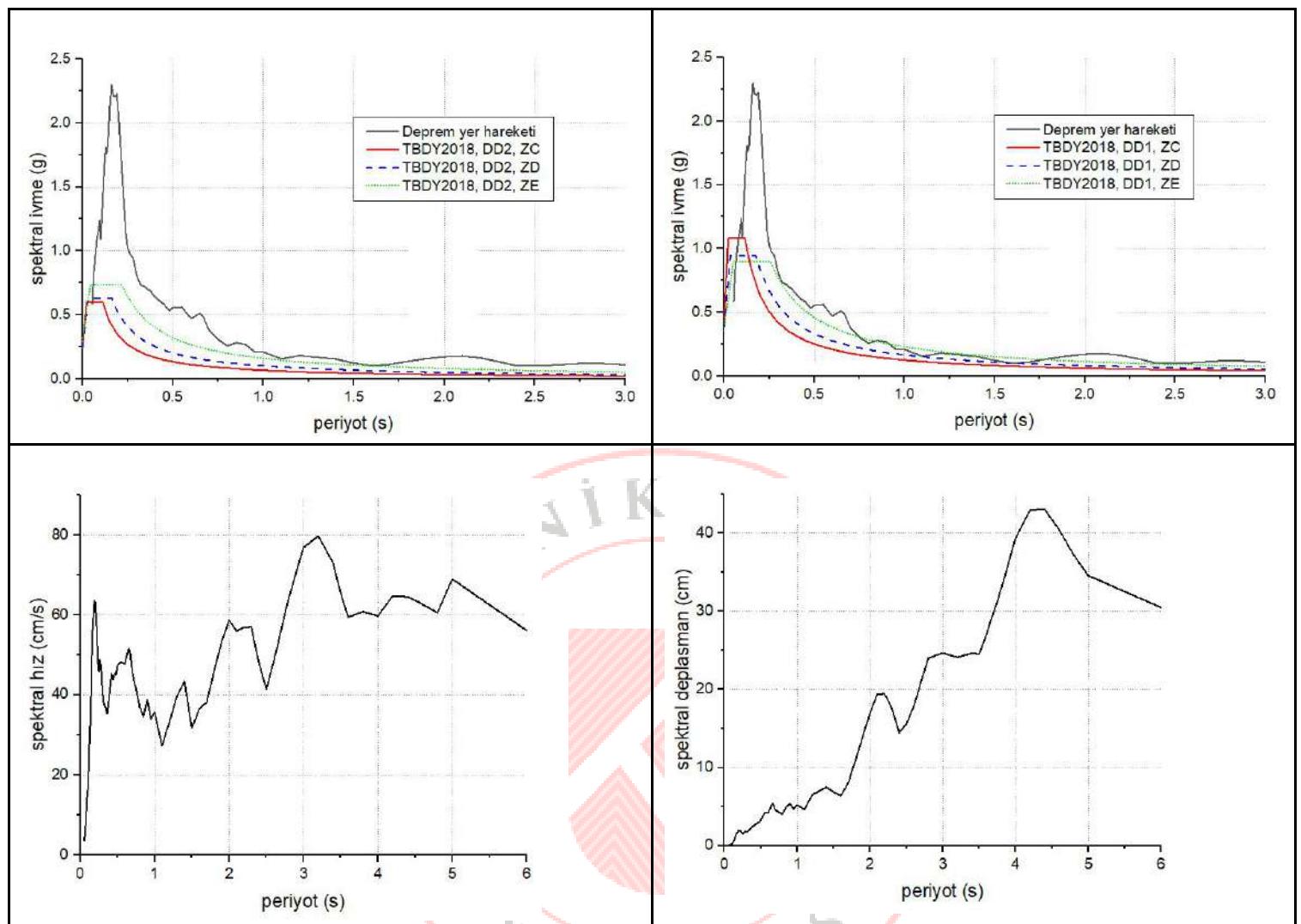
Hatay, Arsuz İstasyonu, İstasyon No: 3135, (Enlem: 36.409° , Boylam: 35.883°)

Yukarı-Aşağı yön

PGA: 0.586 g **PGV:** 37.80 cm/s **PGD:** 16.65 cm



Şekil 3.41. 3135 No'lu Hatay, Arsuz istasyonu yukarı-aşağı yöne ait yer hareketi grafikleri



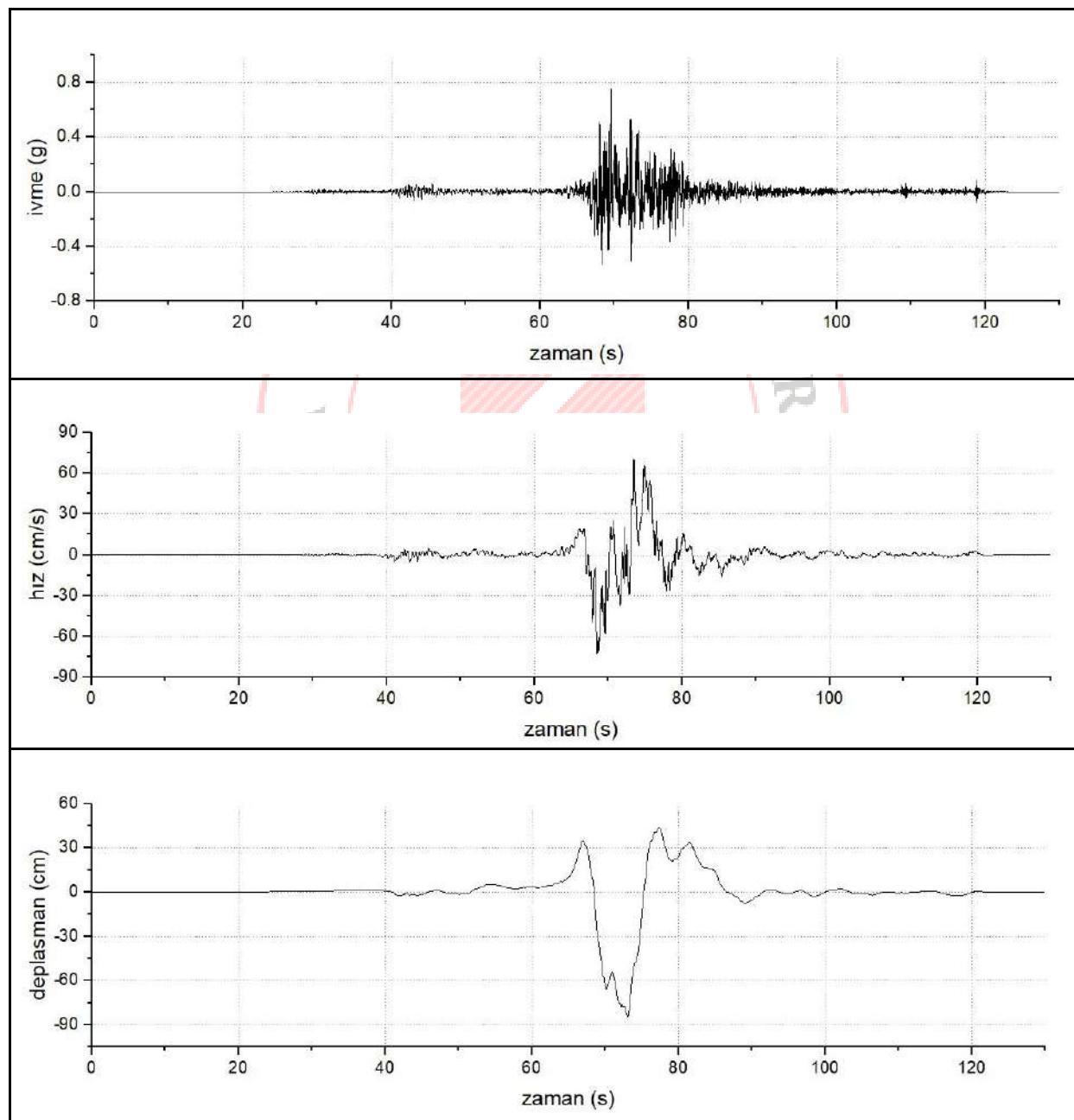
Sekil 3.42. 3135 No'lu Hatay, Arsuz istasyonu yukarı-aşağı yöne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

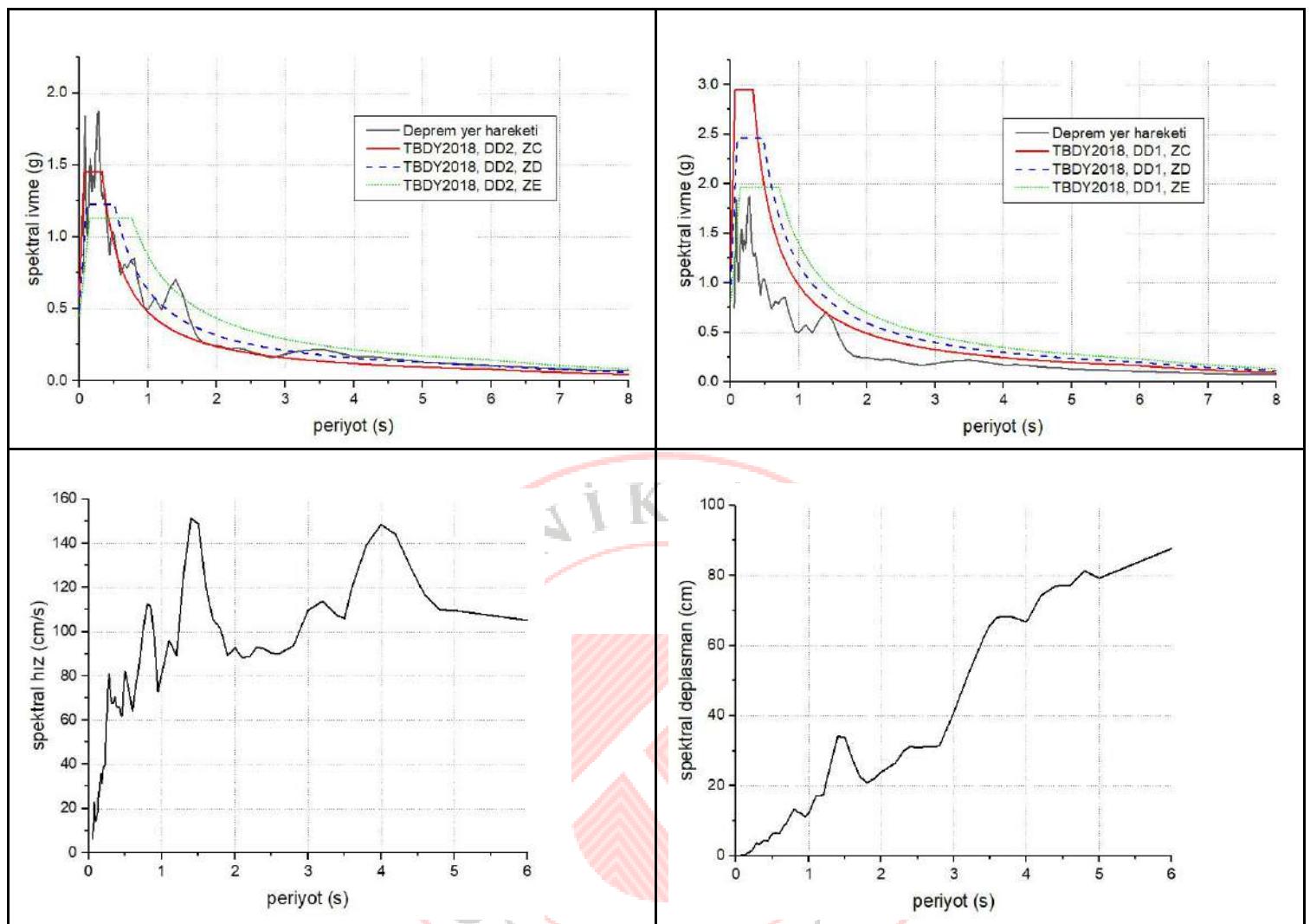
Hatay, Kırıkkale İstasyonu, İstasyon No: 3142, (Enlem: 36.498° , Boylam: 36.366°)

Doğu-Batı yönü

PGA: 0.750 g **PGV:** 72.66 cm/s **PGD:** 84.25 cm



Şekil 3.43. 3142 No'lu Hatay, Kırıkkale istasyonu doğu-batı yönüne ait yer hareketi grafikleri



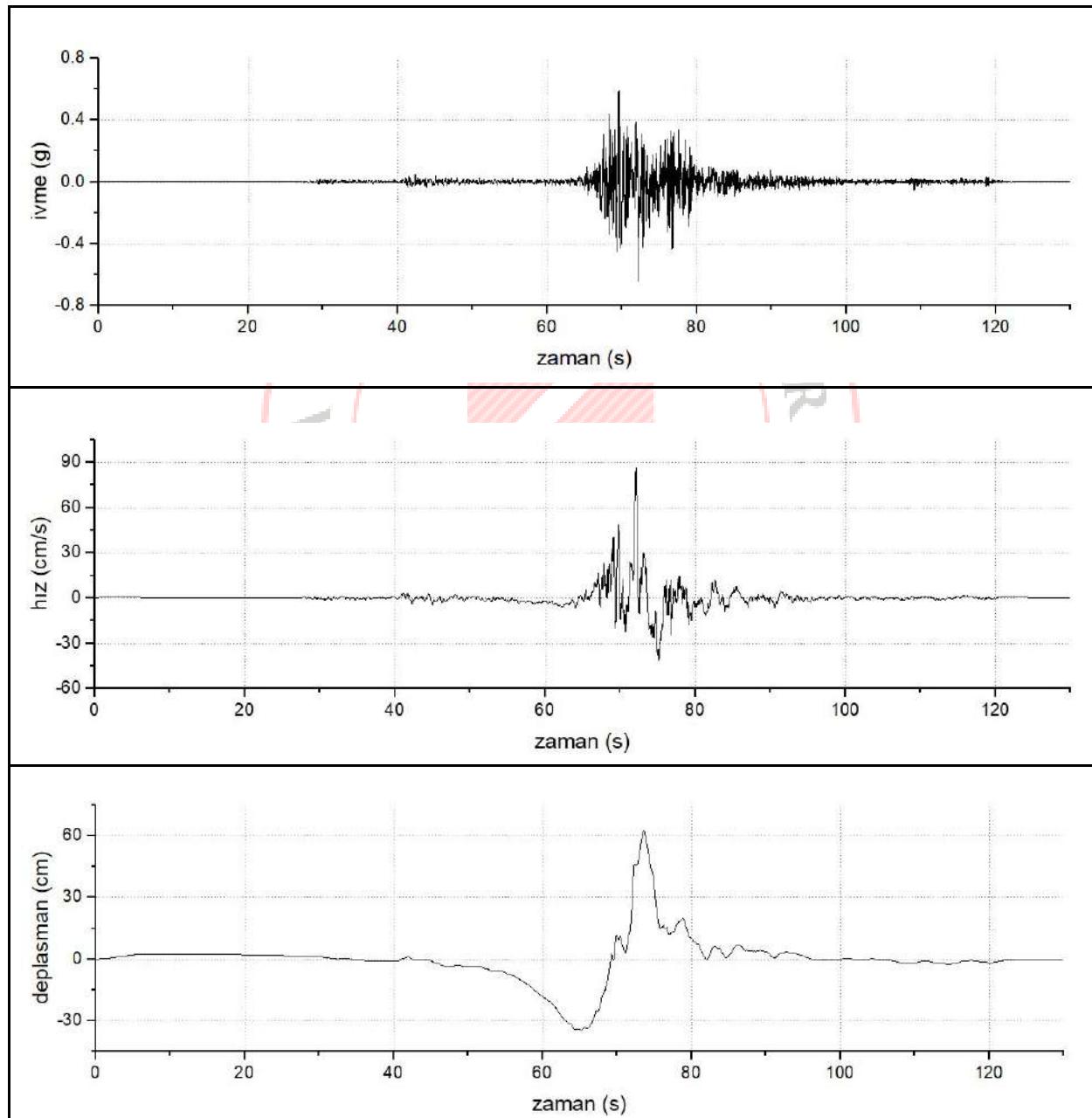
Şekil 3.44. 3142 No'lu Hatay, Kırıkhan istasyonu doğu-batı yönüne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

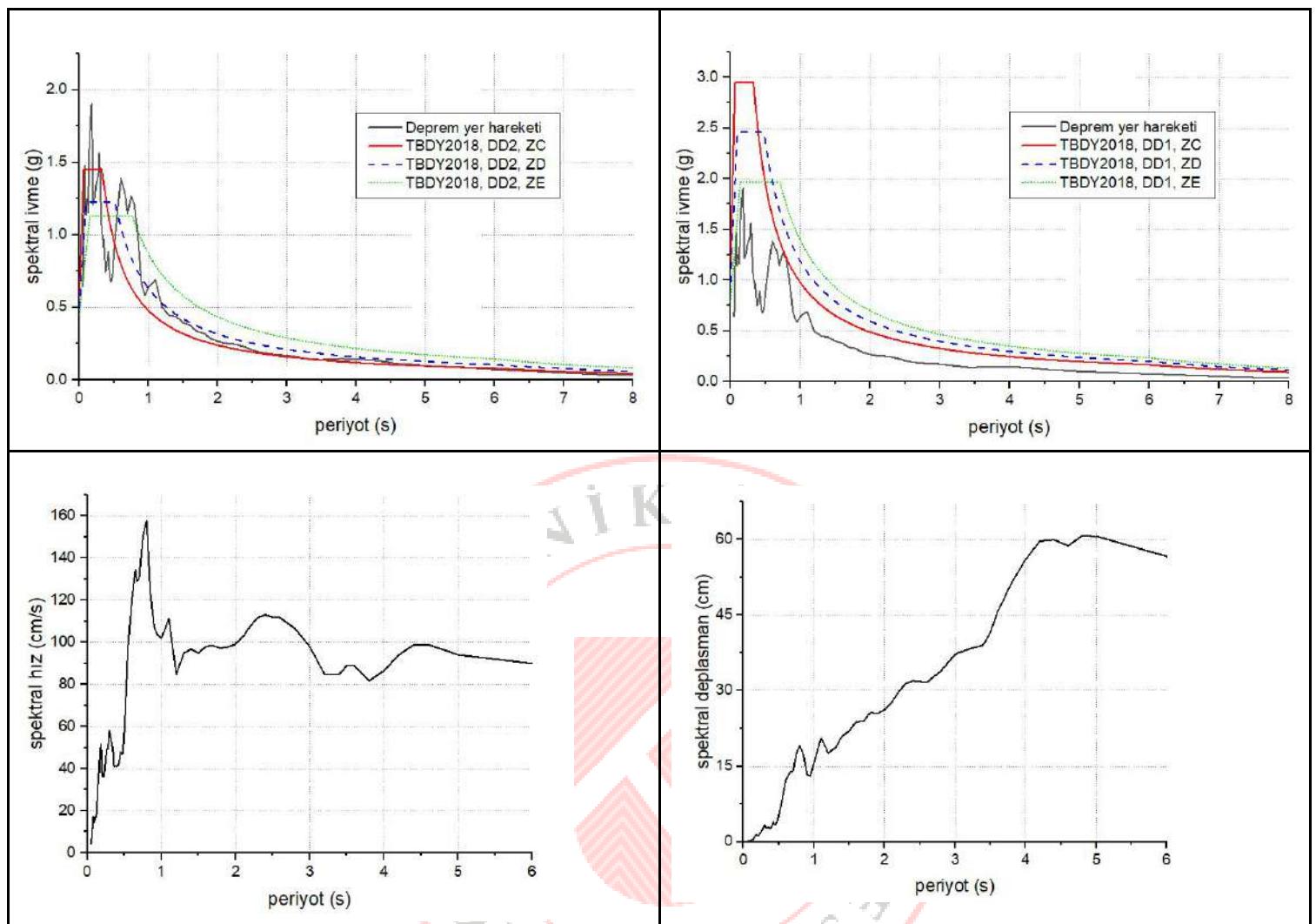
Hatay, Kırıkkale İstasyonu, İstasyon No: 3142, (Enlem: 36.498° , Boylam: 36.366°)

Kuzey-Güney yönü

PGA: 0.648 g **PGV:** 86.05 cm/s **PGD:** 62.45 cm



Şekil 3.45. 3142 No'lu Hatay, Kırıkkale istasyonu kuzey-güney yönüne ait yer hareketi grafikleri



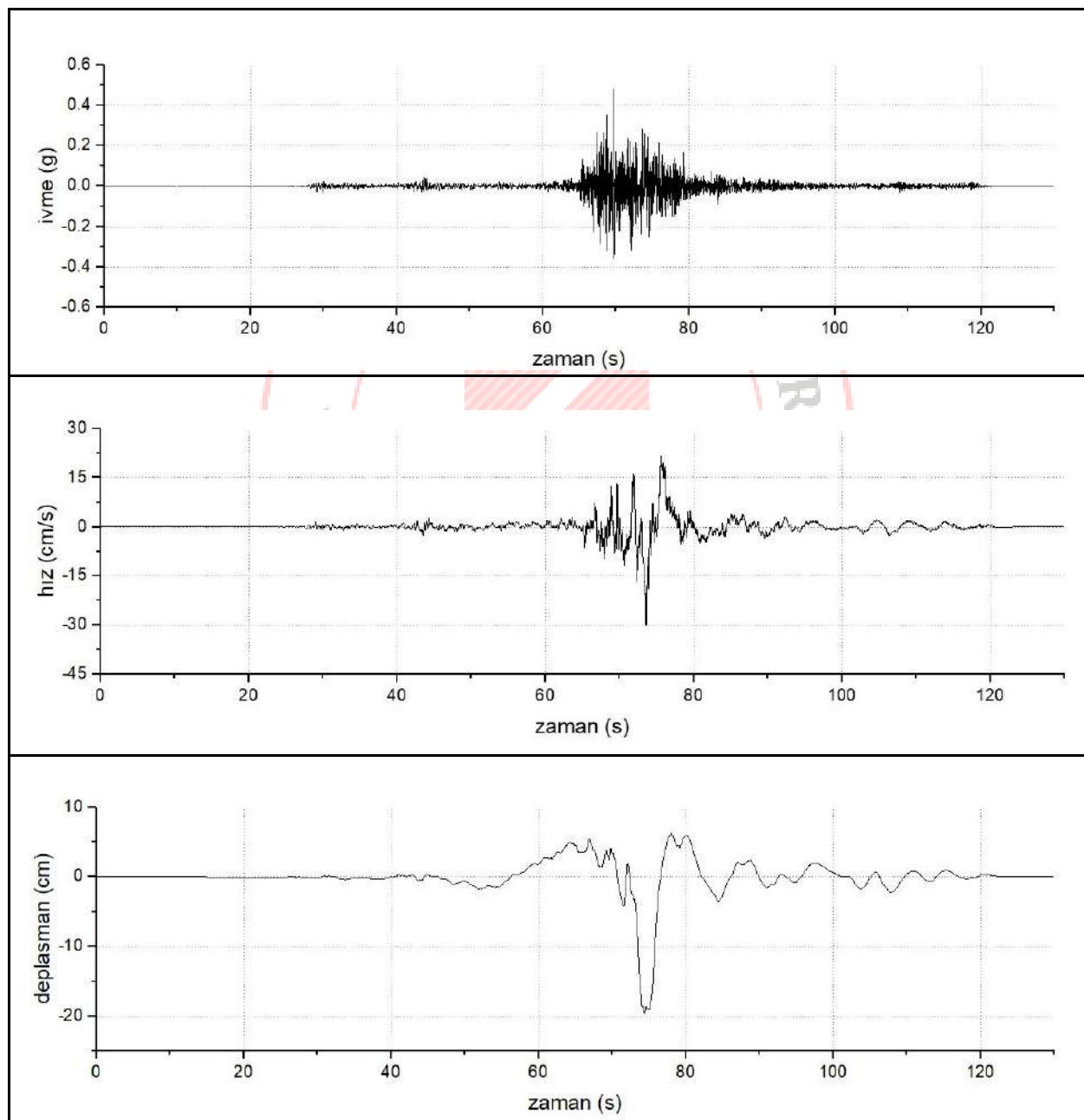
Şekil 3.46. 3142 No'lu Hatay, Kırıkhan istasyonu kuzey-güney yönüne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

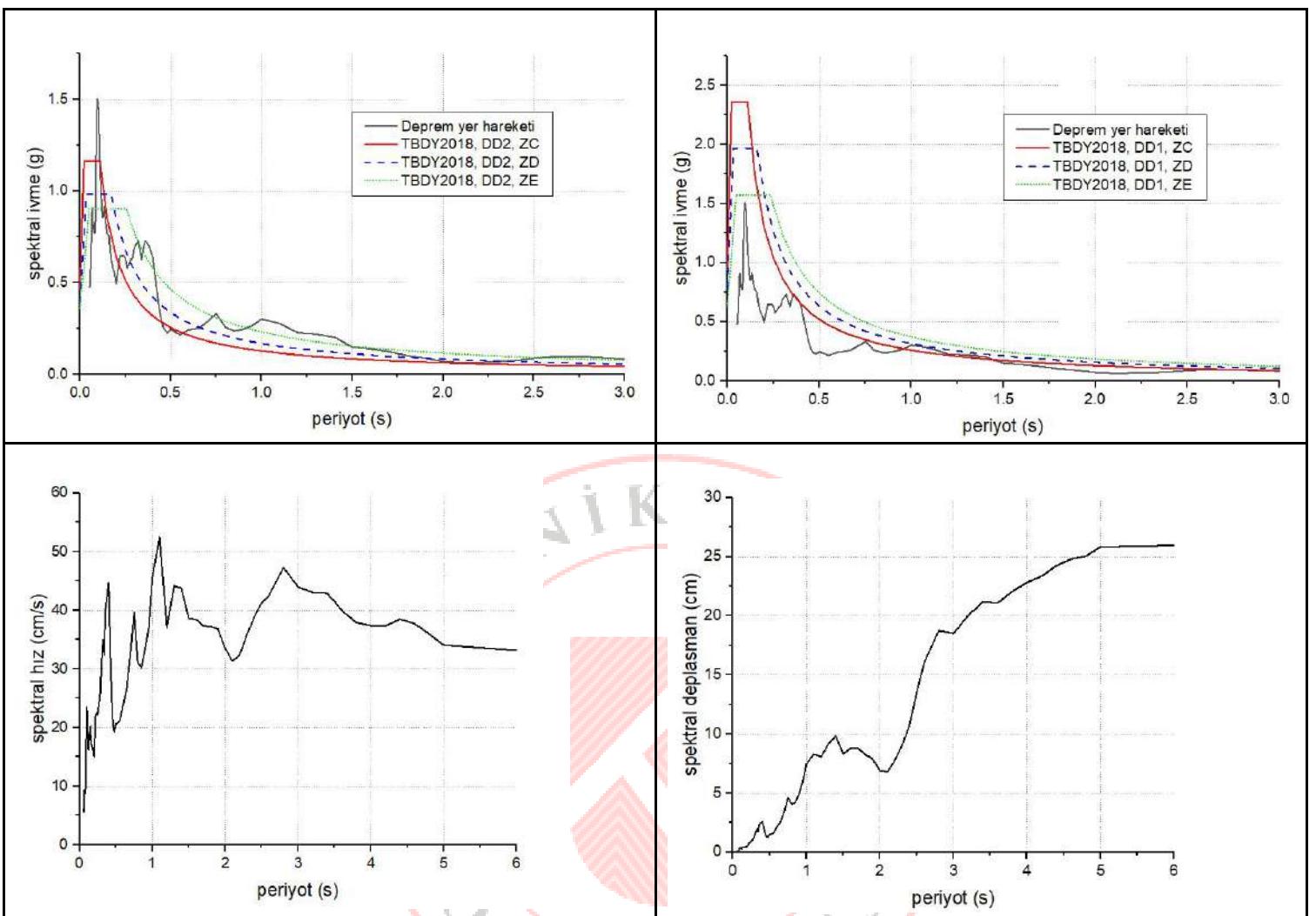
Hatay, Kırıkhan İstasyonu, İstasyon No: 3142, (Enlem: 36.498° , Boylam: 36.366°)

Yukarı-Aşağı yön

PGA: 0.479 g **PGV:** 30.06 cm/s **PGD:** 19.51 cm



Şekil 3.47. 3142 No'lu Hatay, Kırıkhan istasyonu yukarı-aşağı yön ait yer hareketi grafikleri



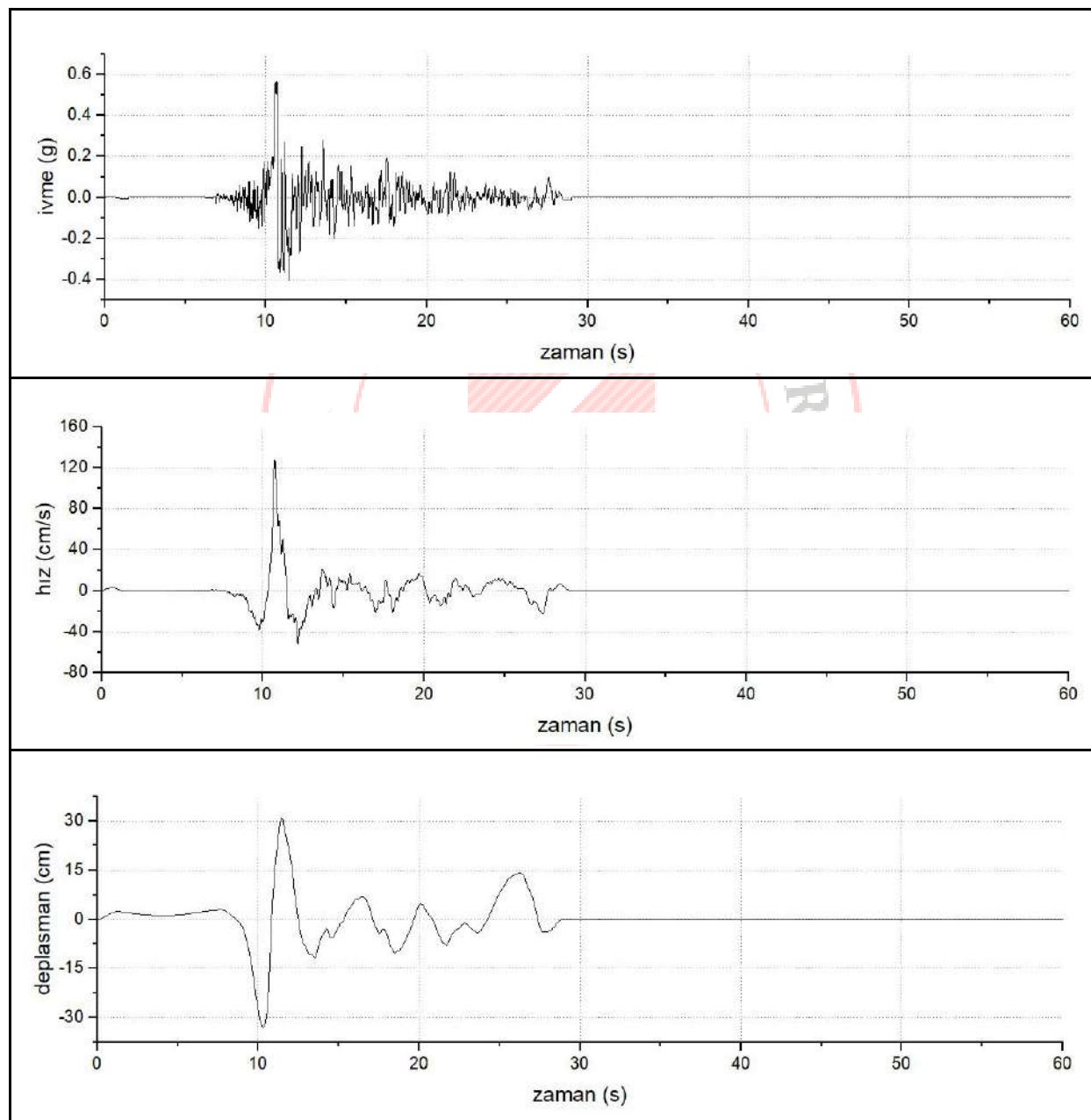
Şekil 3.48. 3142 No'lu Hatay, Kırıkhan istasyonu yukarı-aşağı yöne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

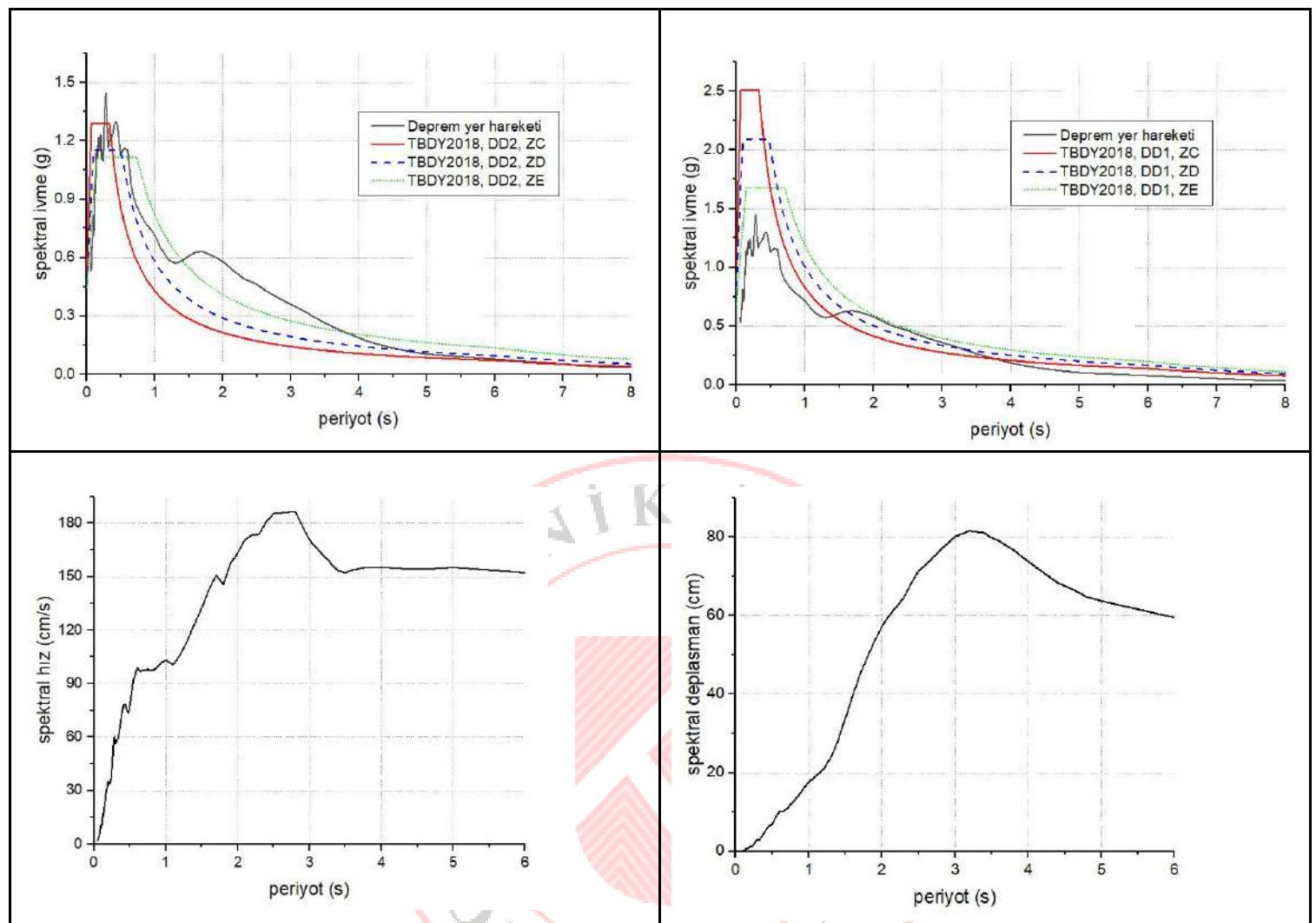
Kahramanmaraş, Pazarcık İstasyonu, İstasyon No: 4615, (Enlem: 37.389° , Boylam: 37.138°)

Doğu-Batı yönü

PGA: 0.567 g **PGV:** 127.53 cm/s **PGD:** 32.72 cm



Şekil 3.49. 4615 No'lu Kahramanmaraş, Pazarcık istasyonu doğu-batı yönüne ait yer hareketi grafikleri



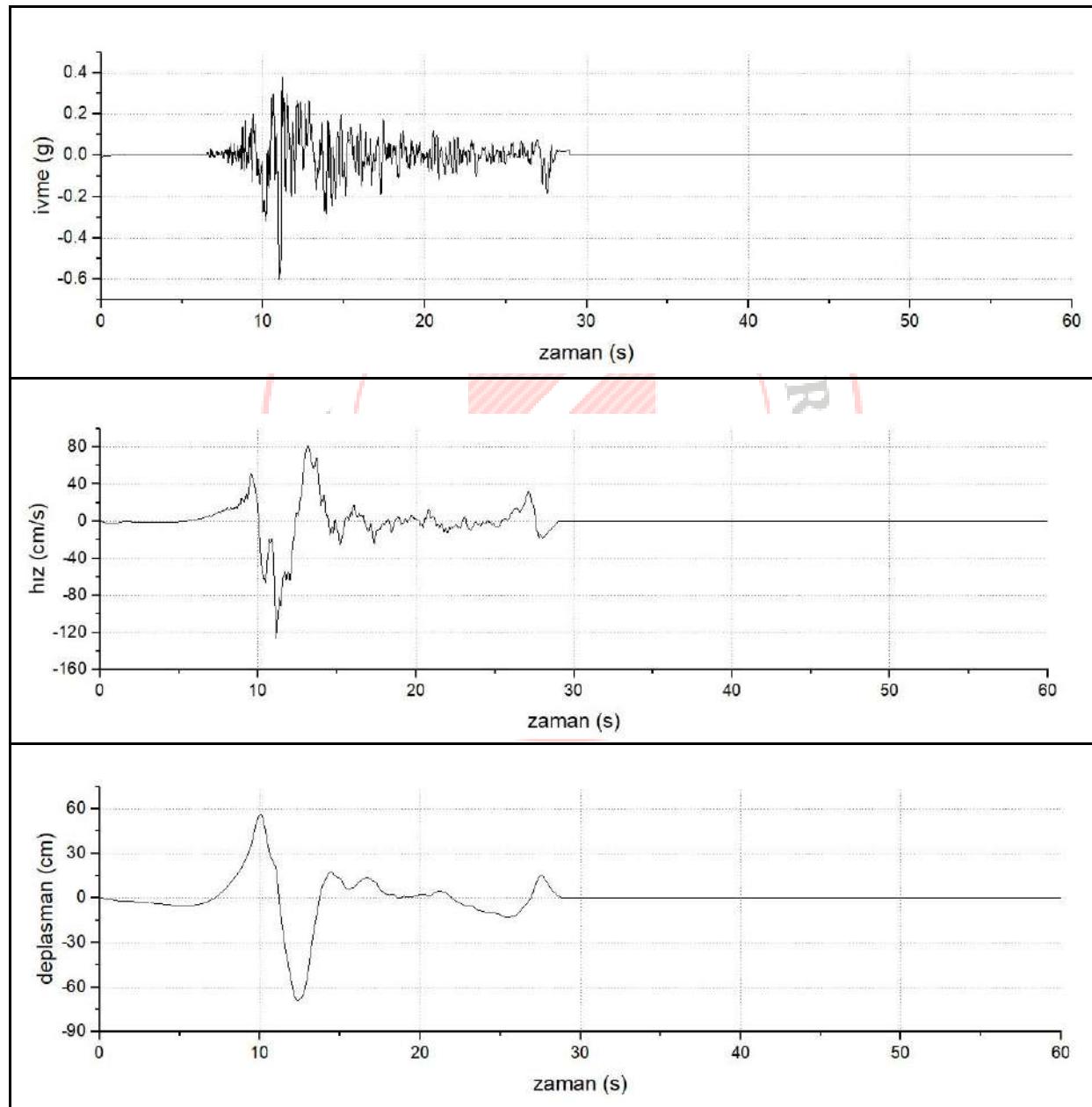
Şekil 3.50. 4615 No'lu Kahramanmaraş, Pazarcık istasyonu doğu-batı yönüne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

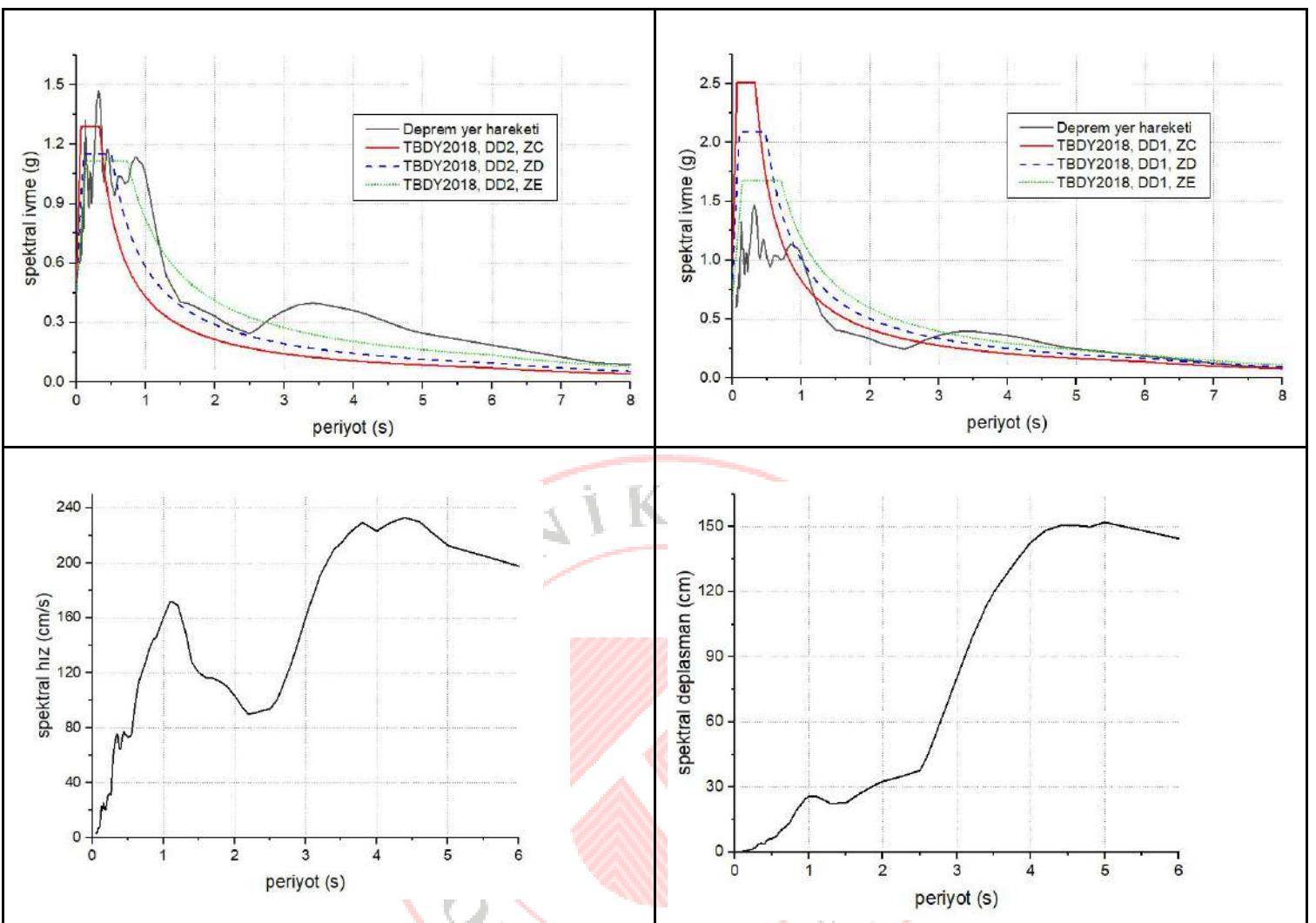
Kahramanmaraş, Pazarcık İstasyonu, İstasyon No: 4615, (Enlem: 37.389° , Boylam: 37.138°)

Kuzey-Güney yönü

PGA: 0.599 g **PGV:** 125.67 cm/s **PGD:** 69.05 cm



Şekil 3.51. 4615 No'lu Kahramanmaraş, Pazarcık istasyonu kuzey-güney yönüne ait yer hareketi grafikleri



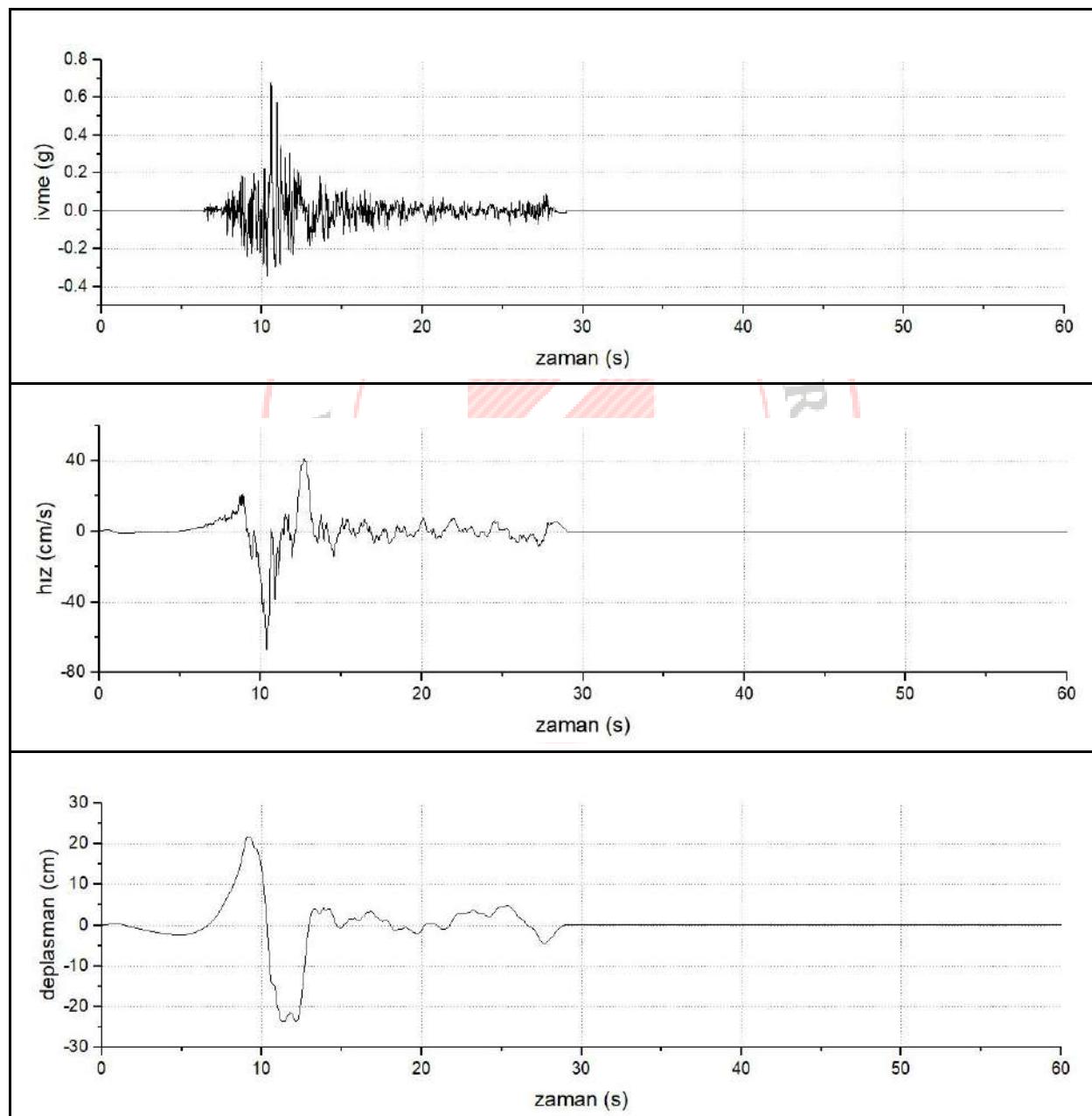
Şekil 3.52. 4615 No'lu Kahramanmaraş, Pazarcık istasyonu kuzey-güney yönüne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

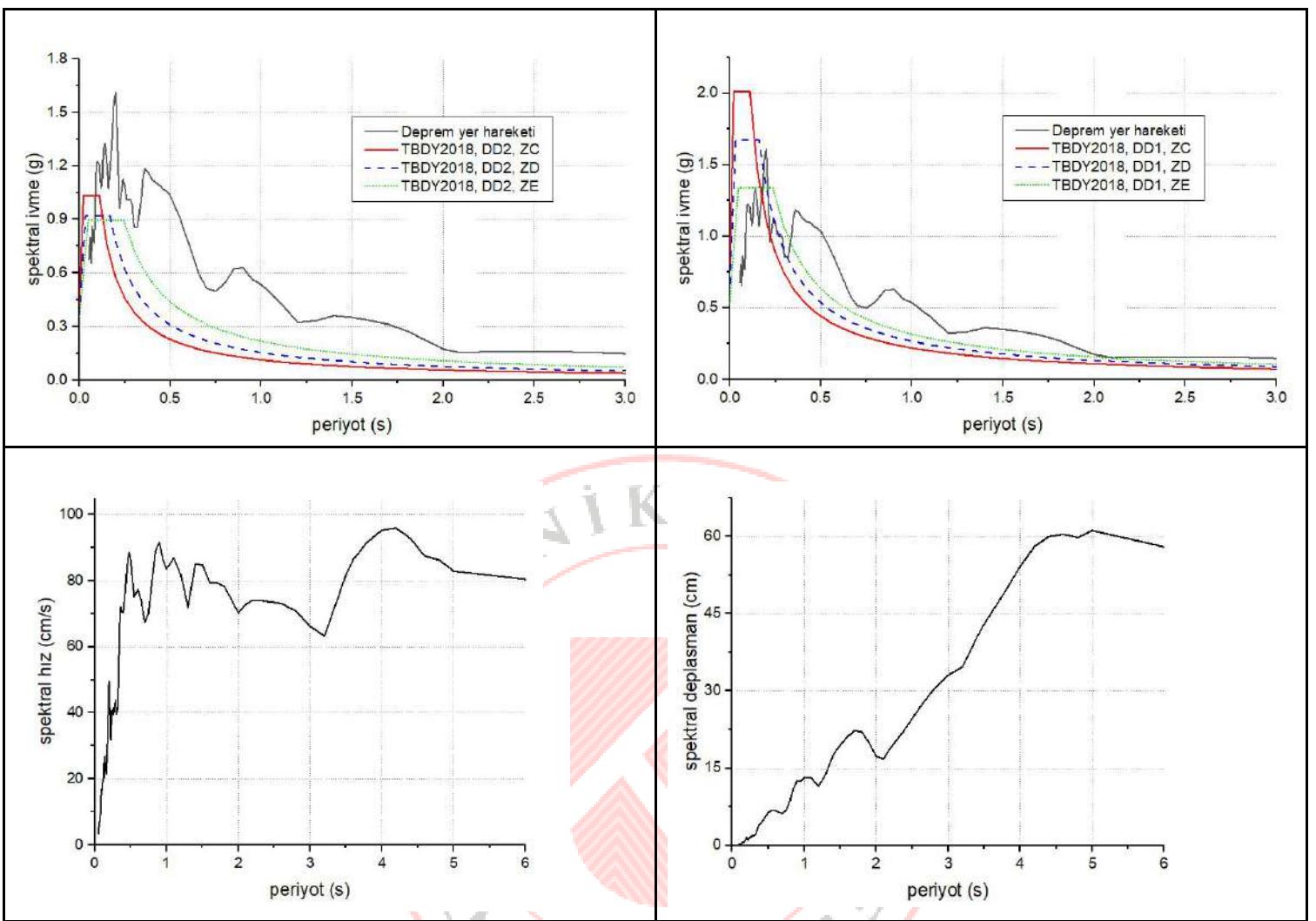
Kahramanmaraş, Pazarcık İstasyonu, İstasyon No: 4615, (Enlem: 37.389° , Boylam: 37.138°)

Yukarı-Aşağı yön

PGA: 0.677 g **PGV:** 67.00 cm/s **PGD:** 23.61 cm



Şekil 3.53. 4615 No'lu Kahramanmaraş, Pazarcık istasyonu yukarı-aşağı yöne ait yer hareketi grafikleri



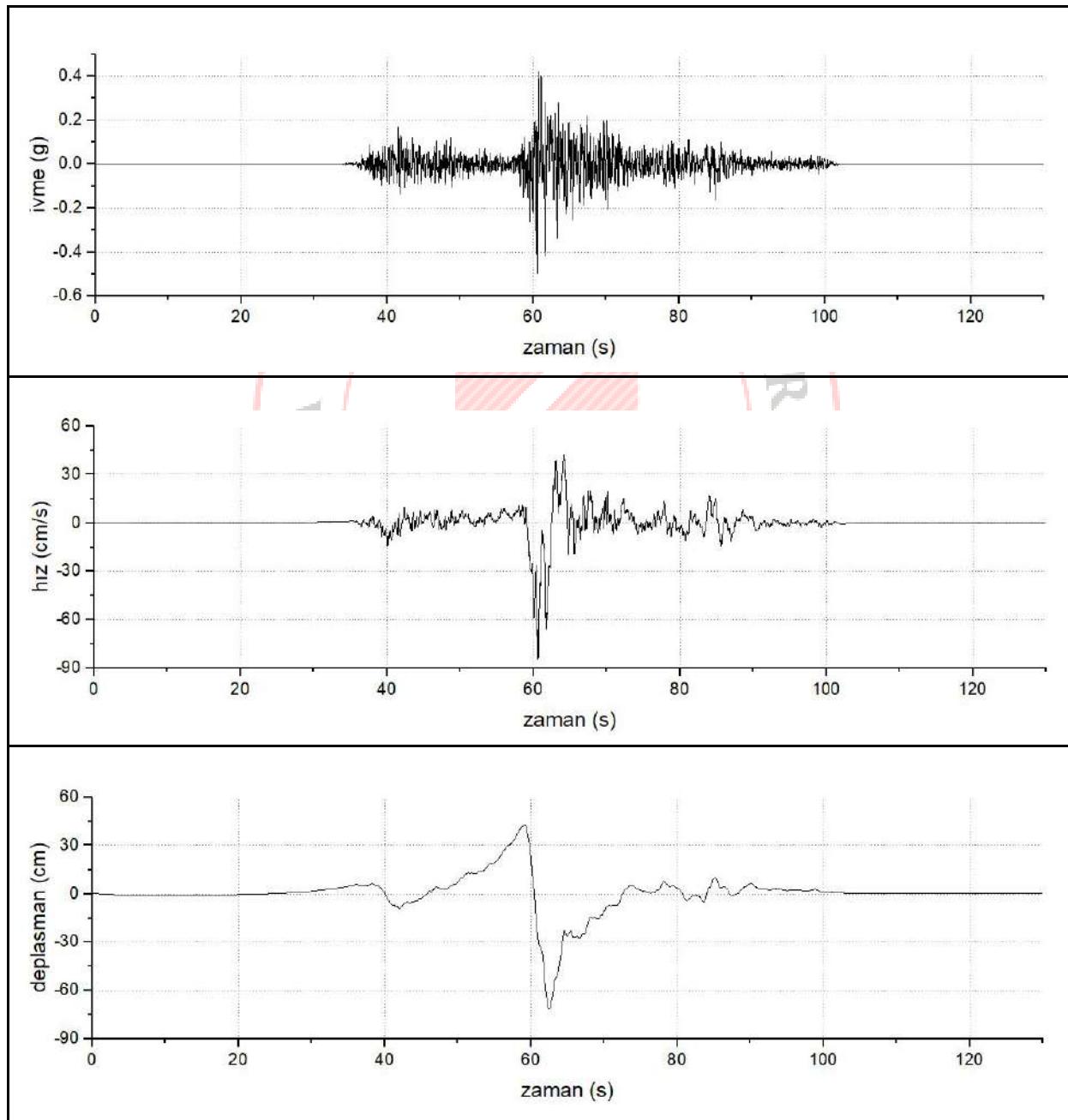
Şekil 3.54. 4615 No'lu Kahramanmaraş, Pazarcık istasyonu yukarı-aşağı yöne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

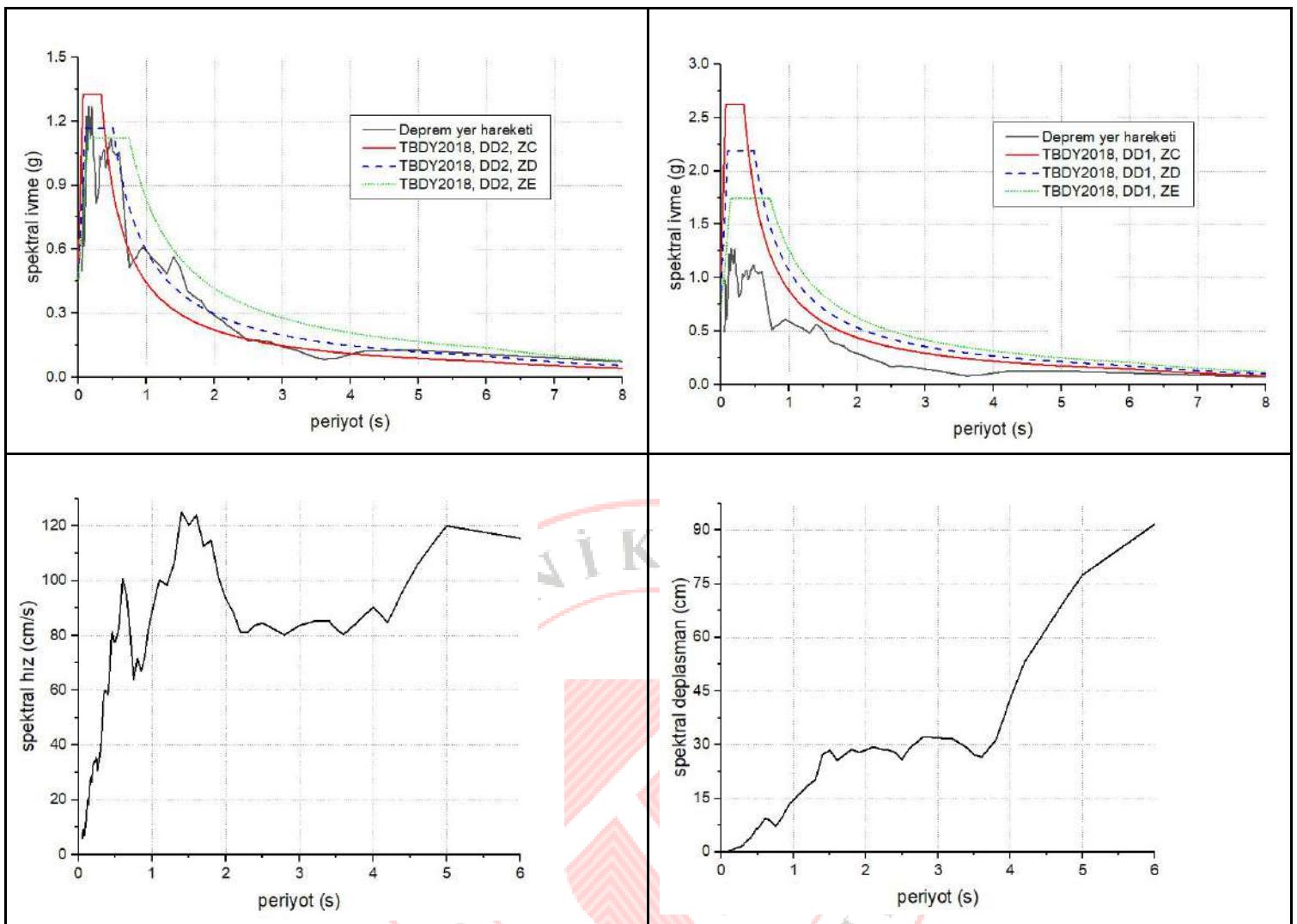
Kahramanmaraş, Türkoğlu İstasyonu, İstasyon No: 4616, (Enlem: 37.375° , Boylam: 36.839°)

Doğu-Batı yönü

PGA: 0.498 g **PGV:** 84.37 cm/s **PGD:** 71.24 cm



Şekil 3.55. 4616 No'lu Kahramanmaraş, Türkoğlu istasyonu doğu-batı yönüne ait yer hareketi grafikleri



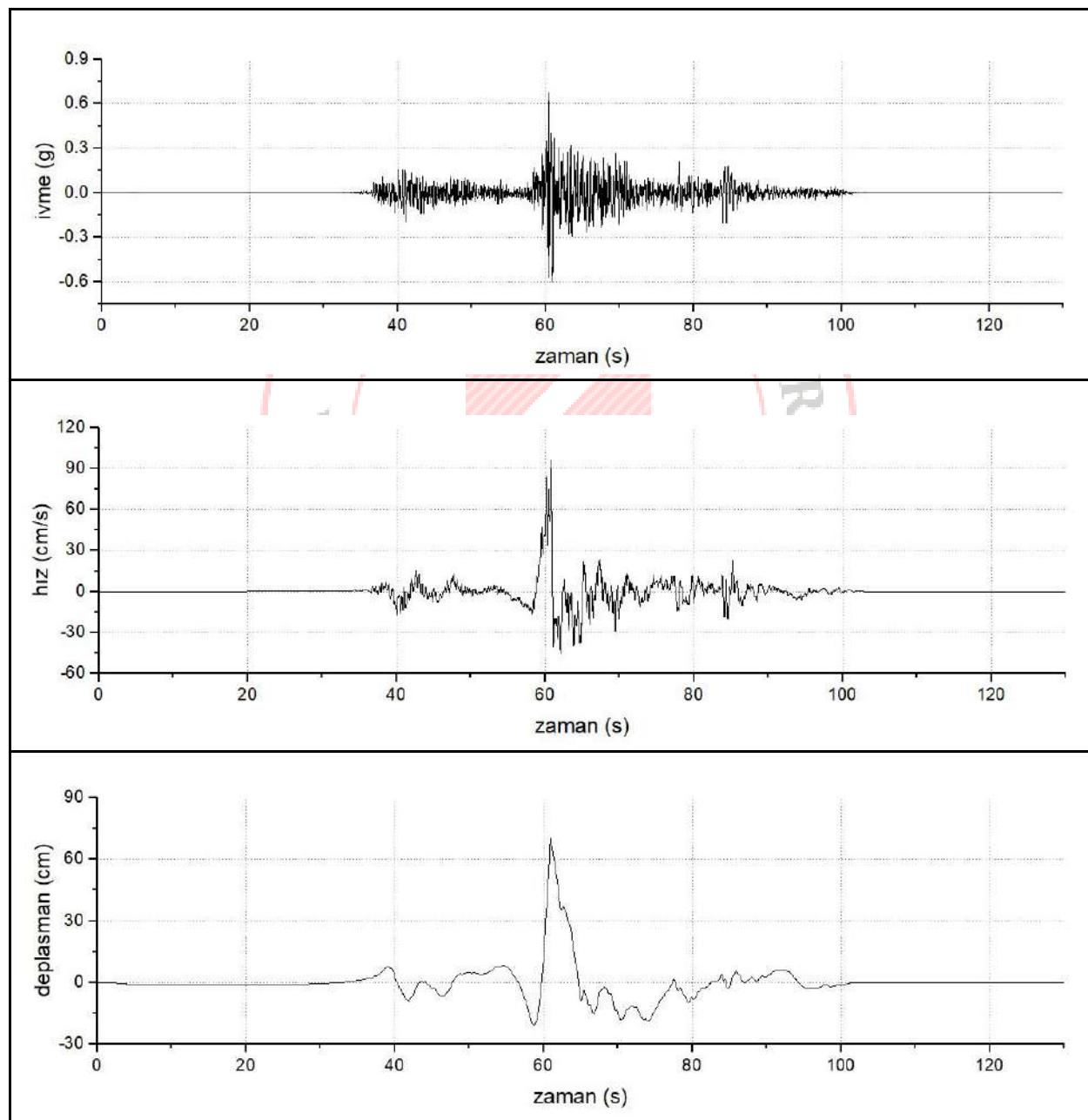
Şekil 3.56. 4616 No'lu Kahramanmaraş, Türkoğlu istasyonu doğu-batı yönüne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

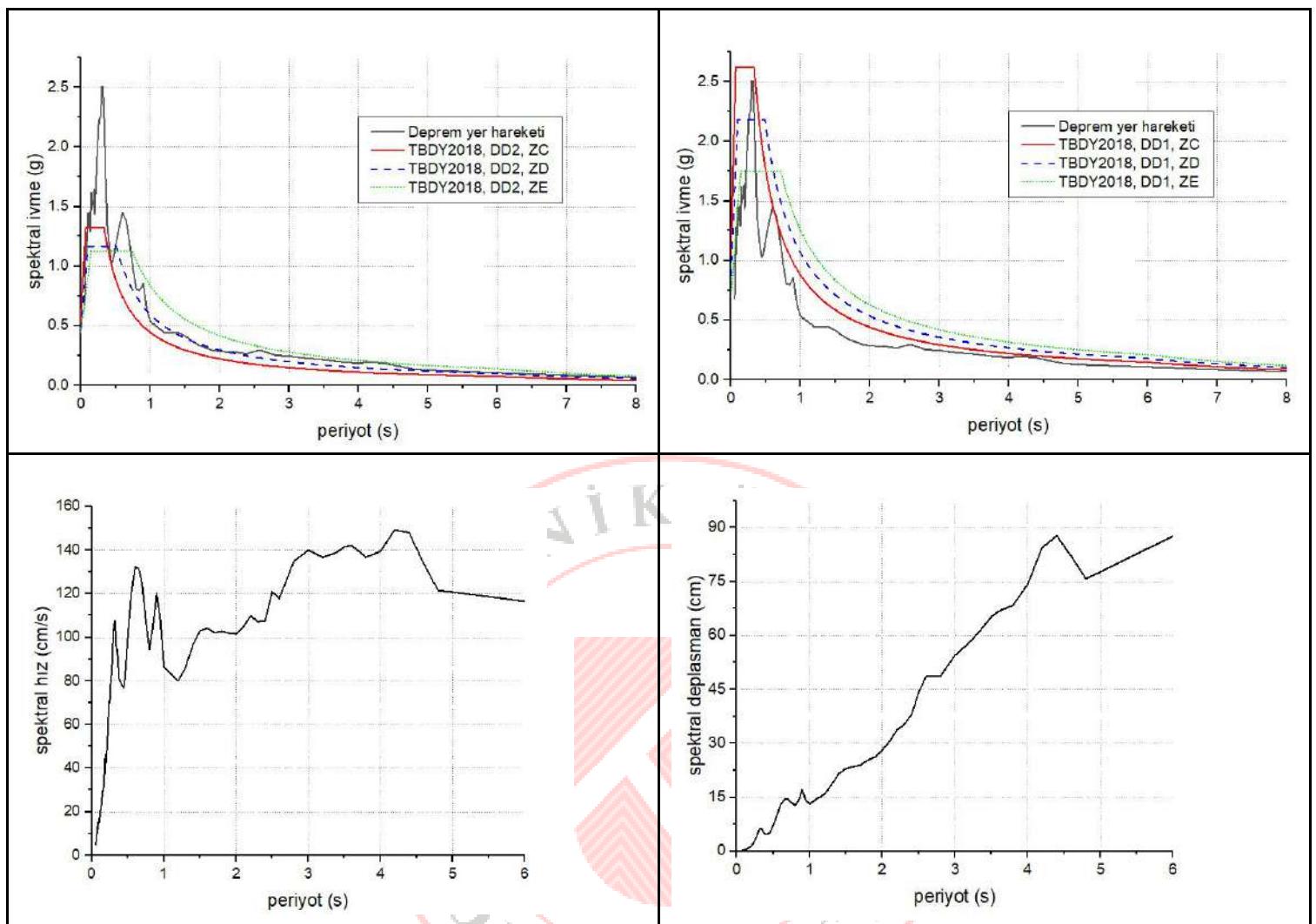
Kahramanmaraş, Türkoğlu İstasyonu, İstasyon No: 4616, (Enlem: 37.375° , Boylam: 36.839°)

Kuzey-Güney yönü

PGA: 0.677 g **PGV:** 96.28 cm/s **PGD:** 70.28 cm



Şekil 3.57. 4616 No'lu Kahramanmaraş, Türkoğlu istasyonu kuzey-güney yönüne ait yer hareketi grafikleri



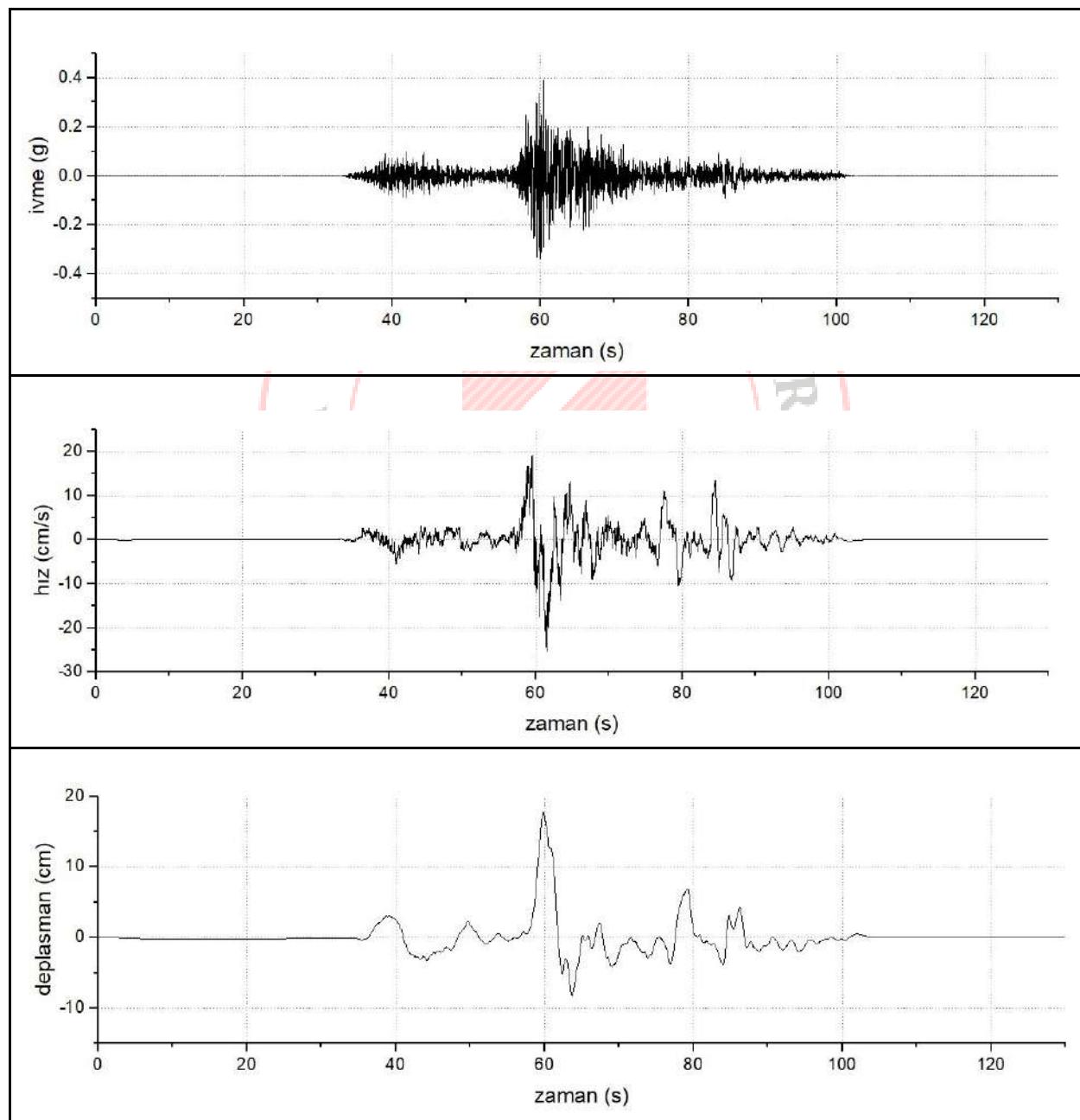
Şekil 3.58. 4616 No'lu Kahramanmaraş, Türkoğlu istasyonu kuzey-güney yönüne ait spektral grafikler

Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi

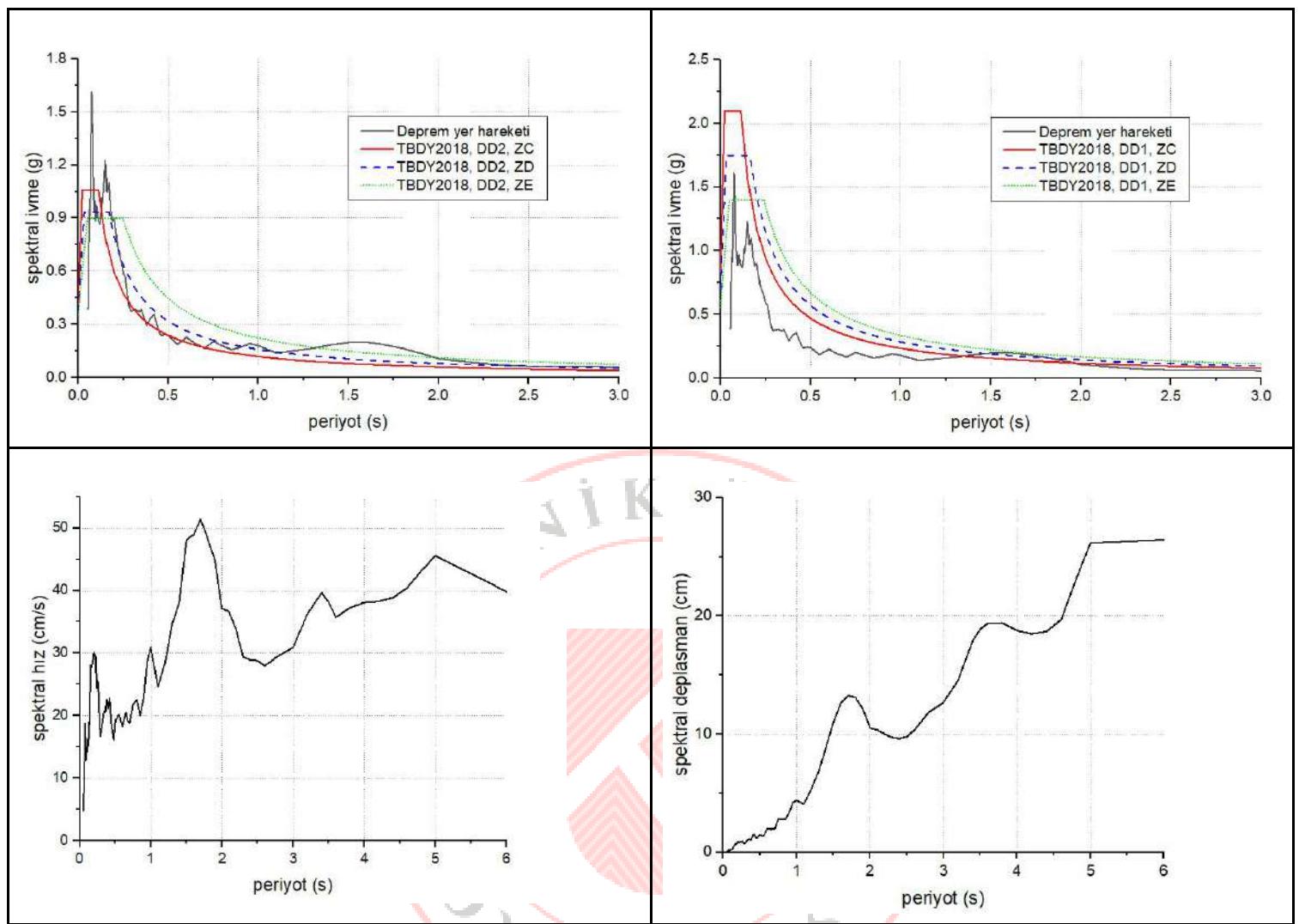
Kahramanmaraş, Türkoğlu İstasyonu, İstasyon No: 4616, (Enlem: 37.375° , Boylam: 36.839°)

Yukarı-Aşağı yön

PGA: 0.390 g **PGV:** 25.27 cm/s **PGD:** 17.84 cm



Şekil 3.59. 4616 No'lu Kahramanmaraş, Türkoğlu istasyonu yukarı-aşağı yöne ait yer hareketi grafikleri



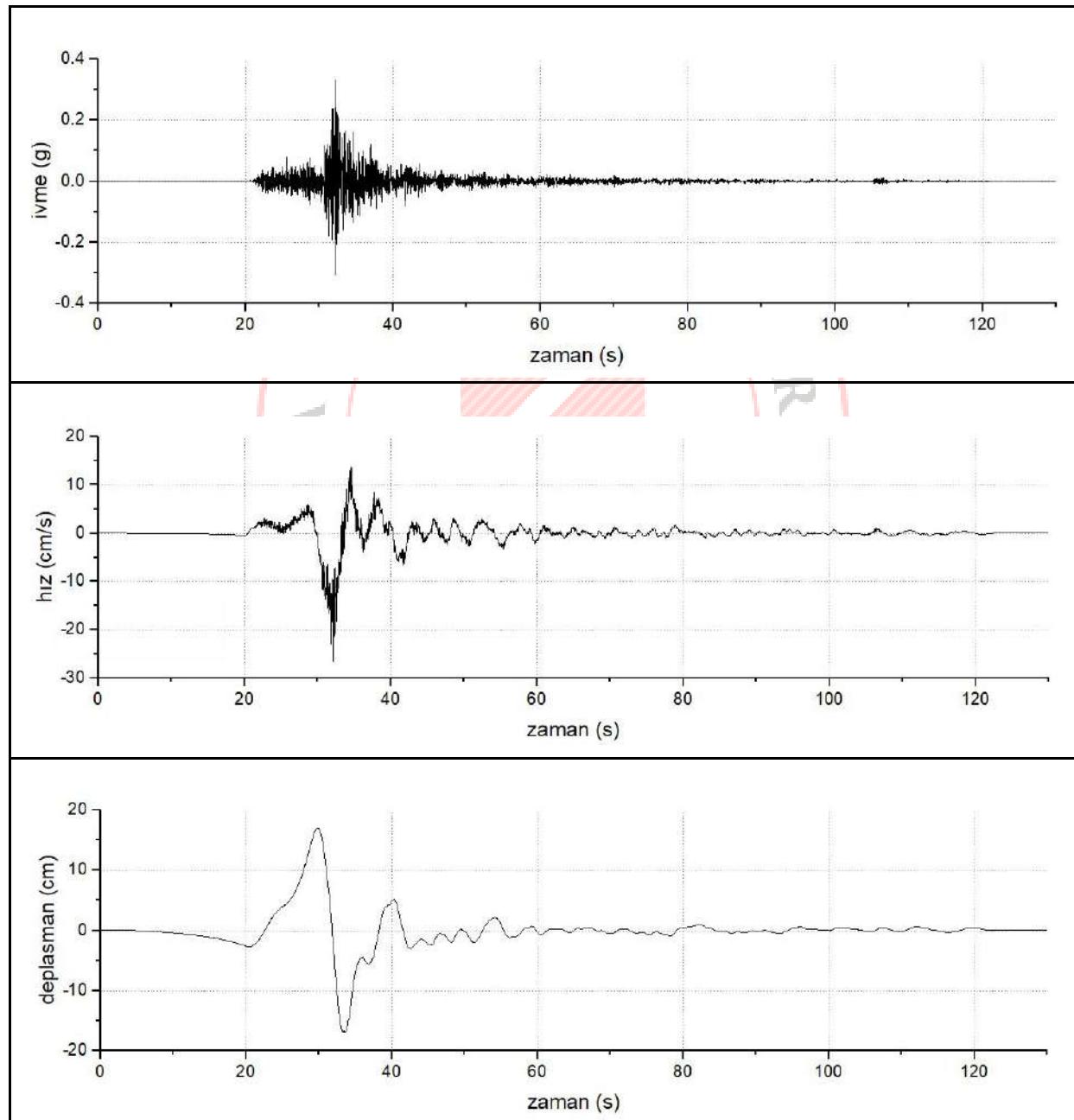
Şekil 3.60. 4616 No'lu Kahramanmaraş, Türkoğlu istasyonu yukarı-aşağı yöne ait spektral grafikler

Elbistan (Kahramanmaraş) Depremi

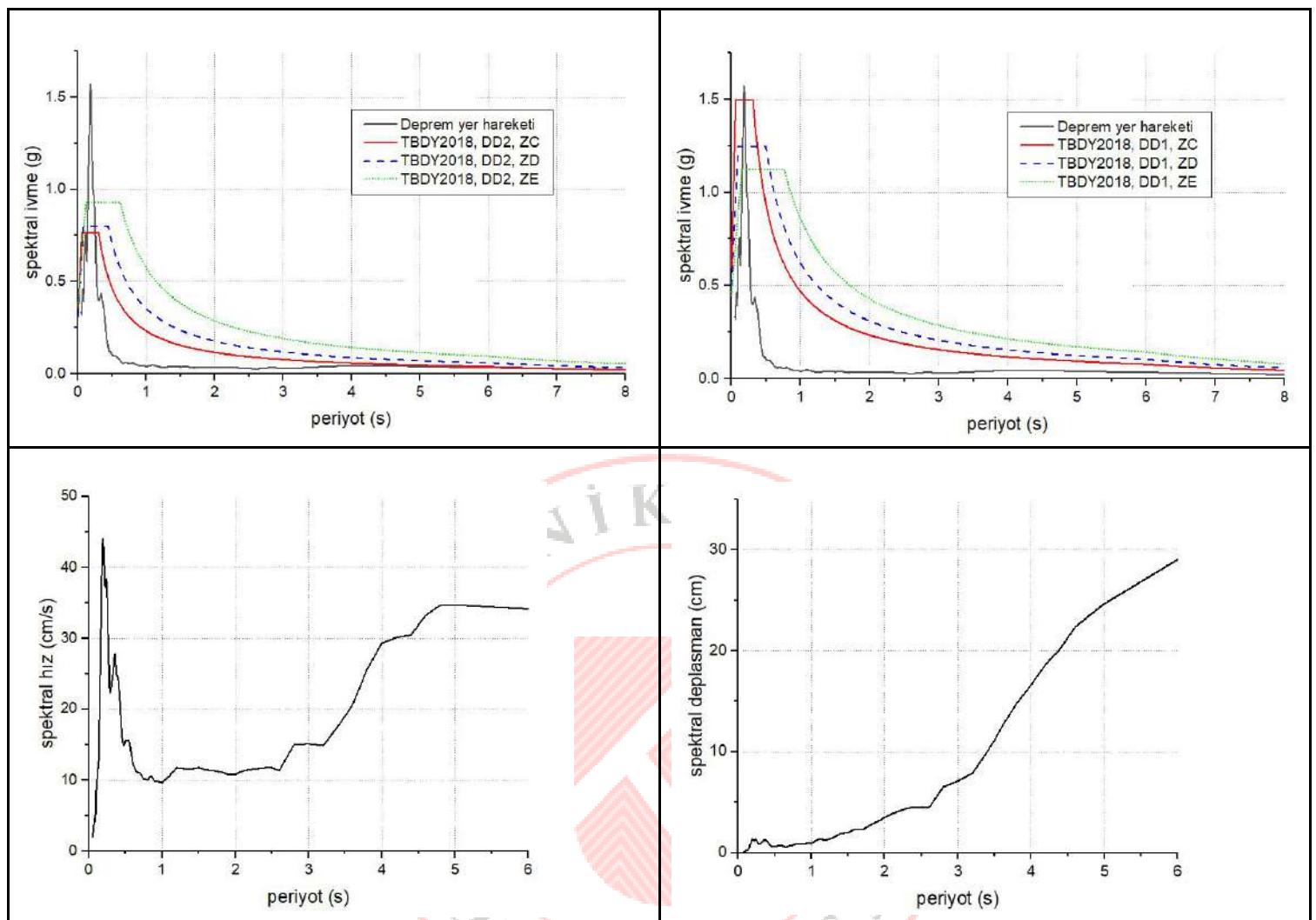
Adana, Saimbeyli İstasyonu, İstasyon No: 0131, (Enlem: 37.857° , Boylam: 36.115°)

Doğu-Batı yönü

PGA: 0.331 g **PGV:** 26.50 cm/s **PGD:** 17.01 cm



Şekil 3.61. 0131 No'lu Adana Saimbeyli istasyonu doğu-batı yönüne ait yer hareketi grafikleri



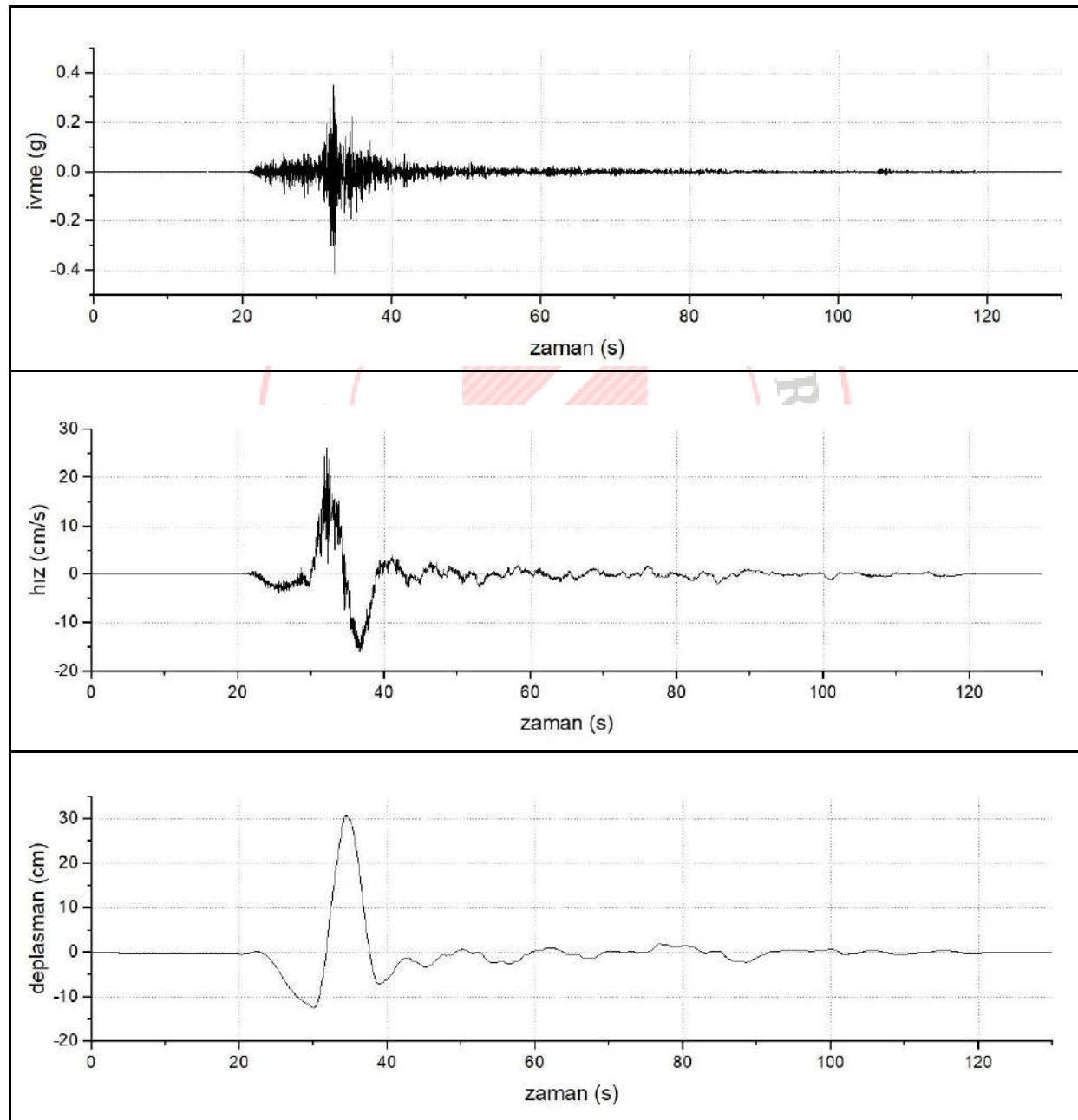
Şekil 3.62. 0131 No'lu Adana Saimbeyli istasyonu doğu-batı yönüne ait spektral grafikler

Elbistan (Kahramanmaraş) Depremi

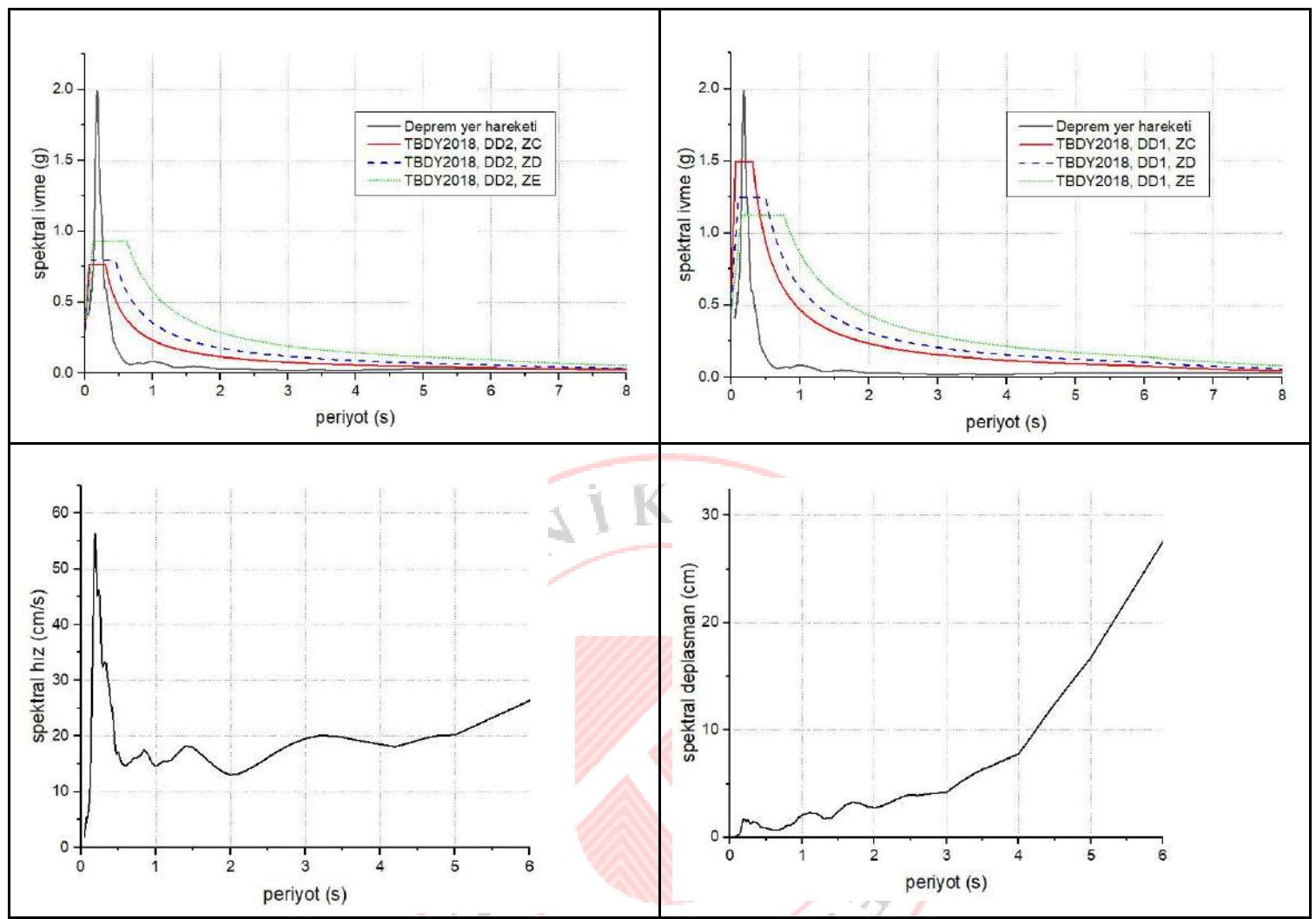
Adana, Saimbeyli İstasyonu, İstasyon No: 0131, (Enlem: 37.857° , Boylam: 36.115°)

Kuzey-Güney yönü

PGA: 0.412 g **PGV:** 26.26 cm/s **PGD:** 30.78 cm



Şekil 3.63. 0131 No'lu Adana Saimbeyli istasyonu kuzey-güney yönüne ait yer hareketi grafikleri



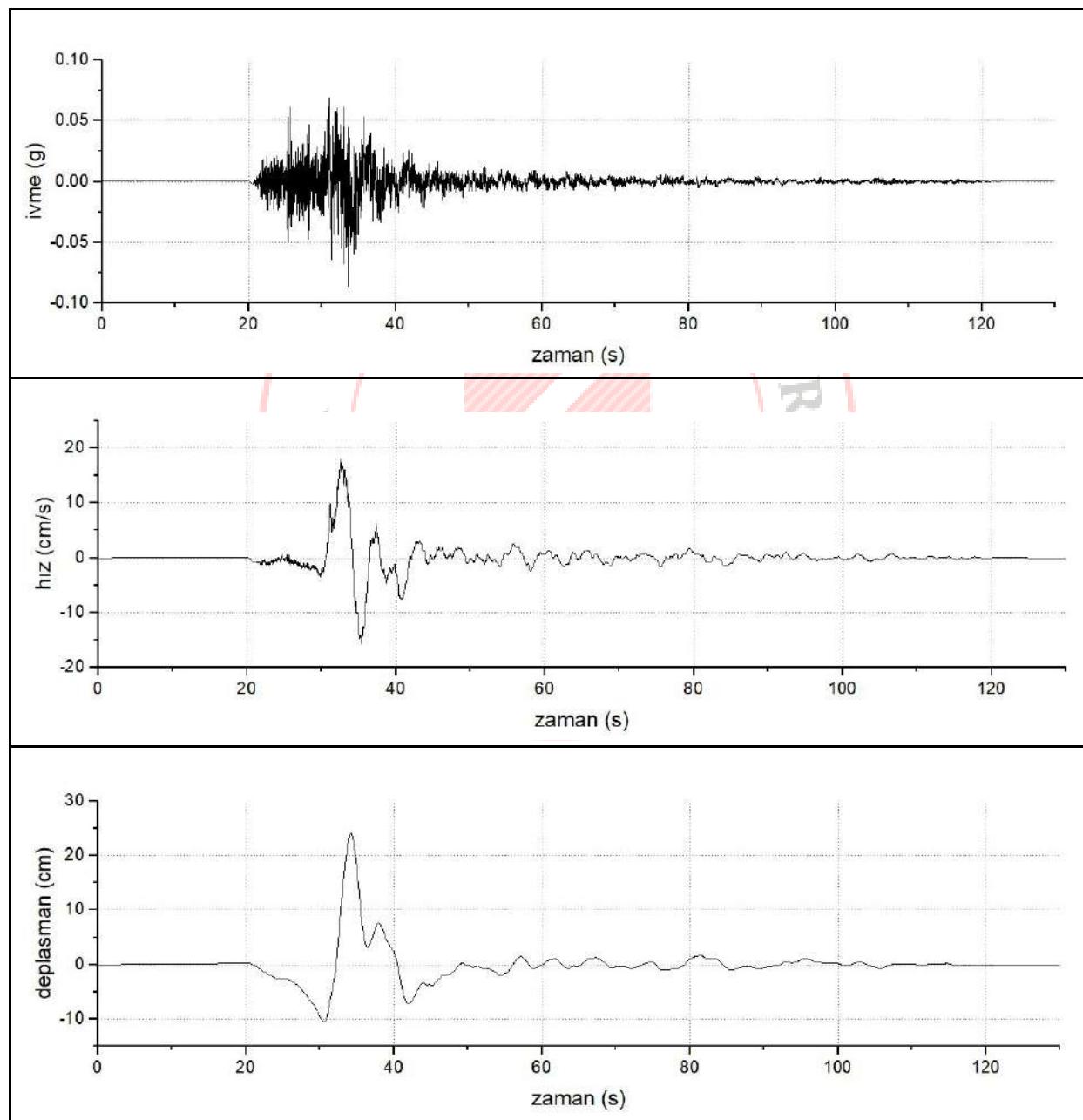
Şekil 3.64. 0131 No'lu Adana Saimbeyli istasyonu kuzey-güney yönüne ait spektral grafikler

Elbistan (Kahramanmaraş) Depremi

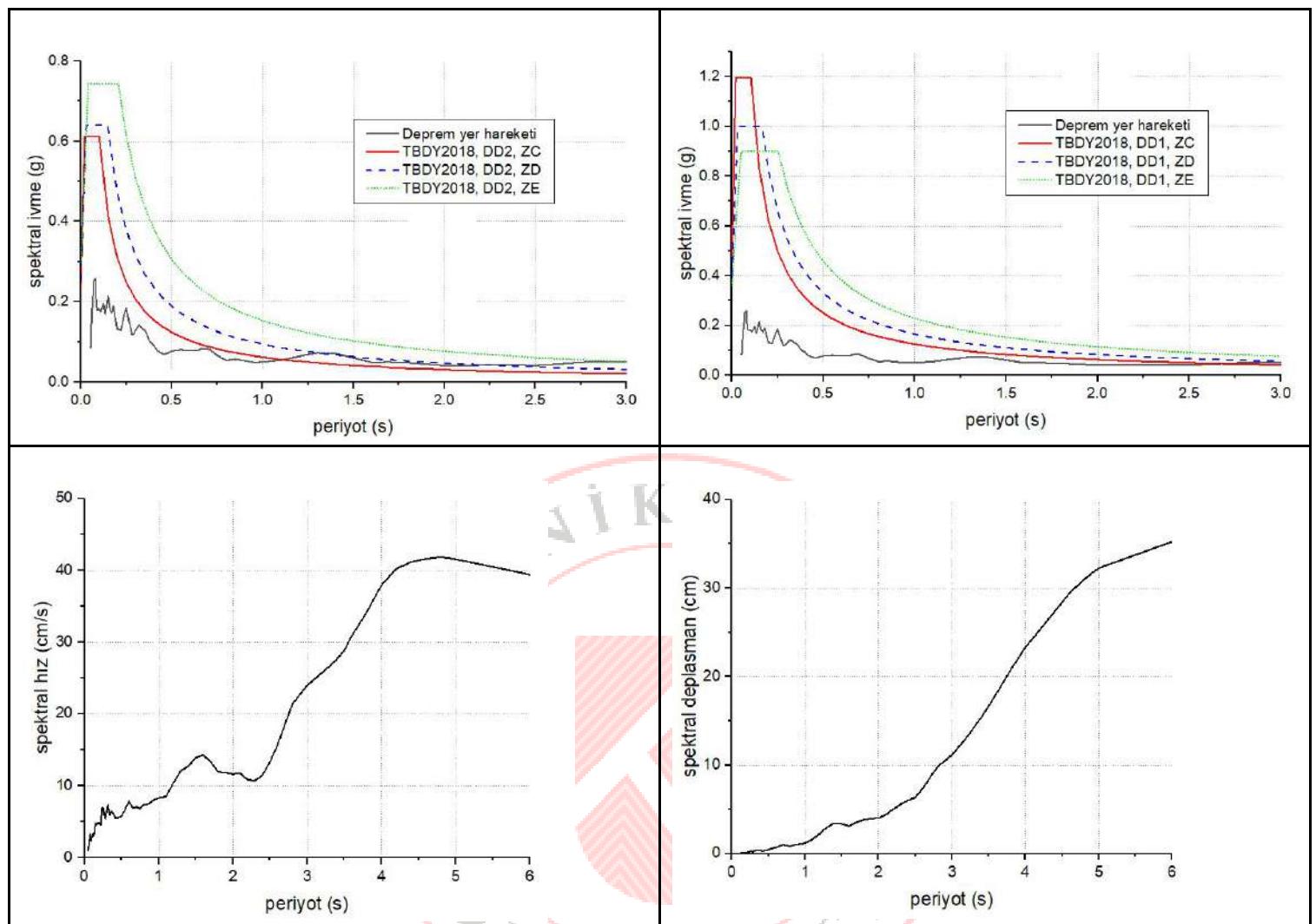
Adana, Saimbeyli İstasyonu, İstasyon No: 0131, (Enlem: 37.857° , Boylam: 36.115°)

Yukarı-Aşağı yön

PGA: 0.086 g **PGV:** 17.84 cm/s **PGD:** 24.14 cm



Şekil 3.65. 0131 No'lu Adana Saimbeyli istasyonu yukarı-aşağı yöné ait yer hareketi grafikleri



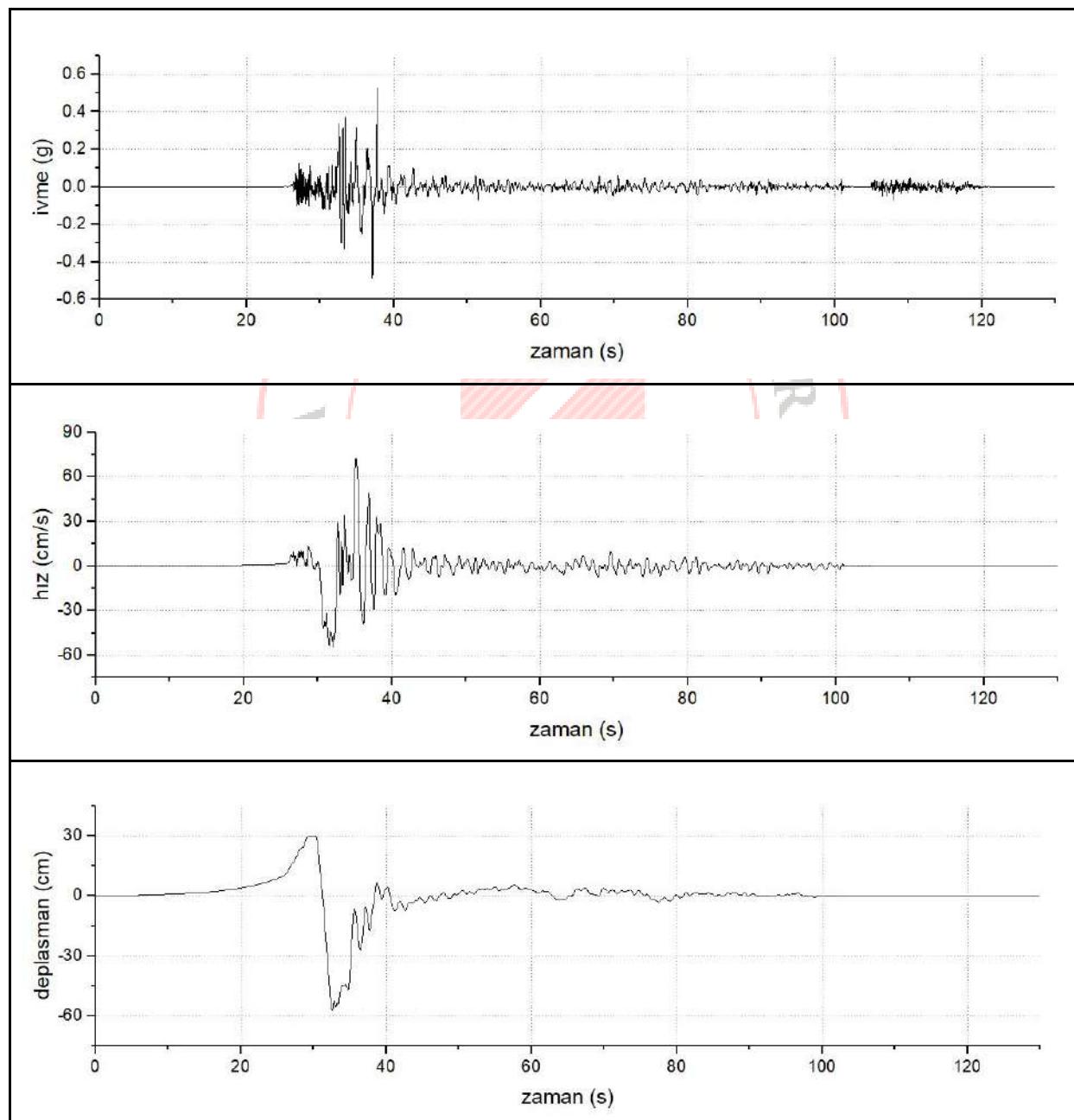
Şekil 3.66. 0131 No'lu Adana Saimbeyli istasyonu yukarı-aşağı yöne ait spektral grafikler

Elbistan (Kahramanmaraş) Depremi

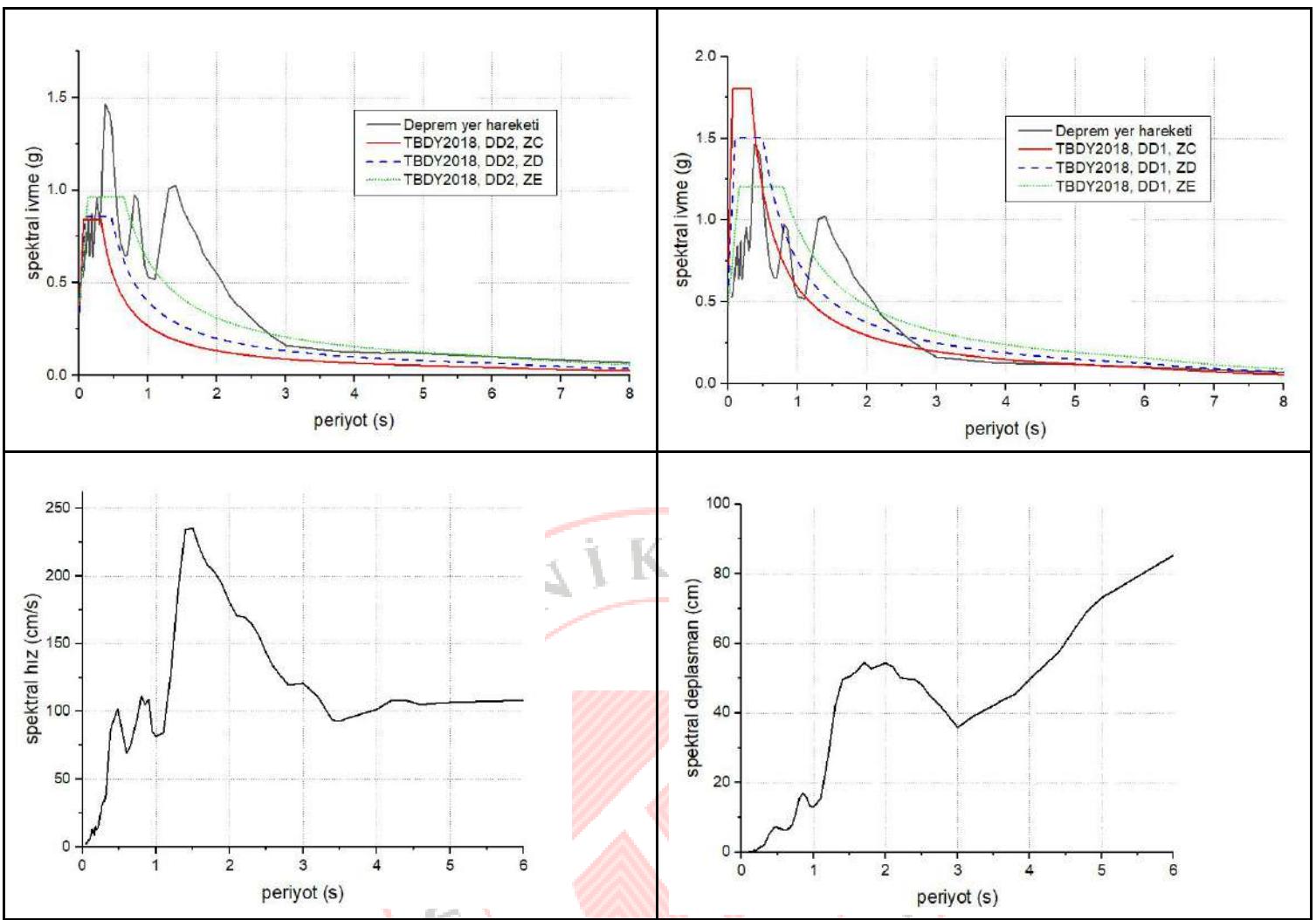
Kahramanmaraş, Göksun İstasyonu, İstasyon No: 4612, (Enlem: 38.024°, Boylam: 36.482°)

Doğu-Batı yönü

PGA: 0.531 g **PGV:** 72.52 cm/s **PGD:** 57.39 cm



Şekil 3.67. 4612 No'lu Kahramanmaraş, Göksun istasyonu doğu-batı yönüne ait yer hareketi grafikleri



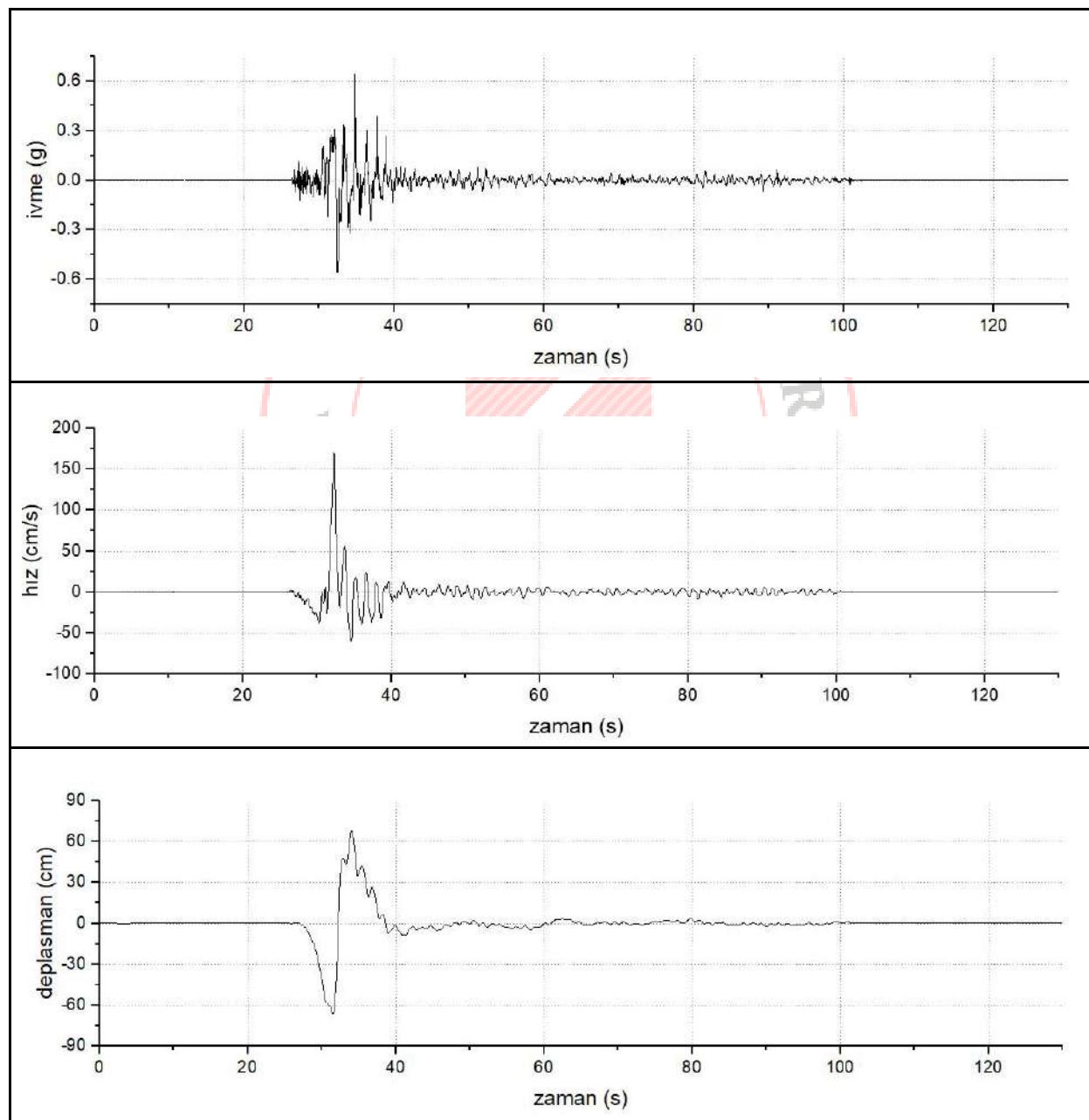
Şekil 3.68. 4612 No'lu Kahramanmaraş, Göksun istasyonu doğu-batı yönüne ait spektral grafikler

Elbistan (Kahramanmaraş) Depremi

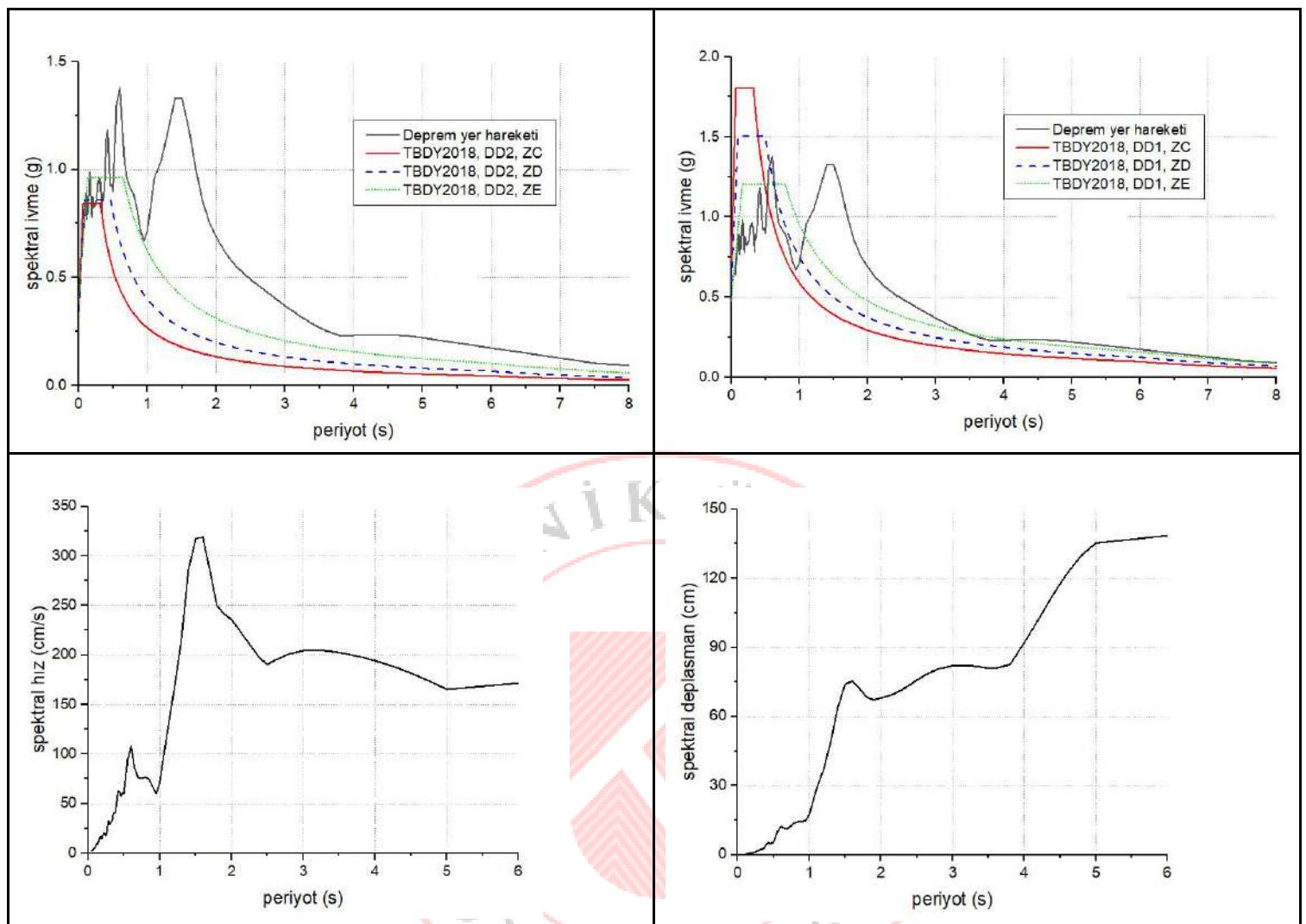
Kahramanmaraş, Göksun İstasyonu, İstasyon No: 4612, (Enlem: 38.024°, Boylam: 36.482°)

Kuzey-Güney yönü

PGA: 0.639 g **PGV:** 170.79 cm/s **PGD:** 67.95 cm



Şekil 3.69. 4612 No'lu Kahramanmaraş, Göksun istasyonu kuzey-güney yönüne ait yer hareketi grafikleri



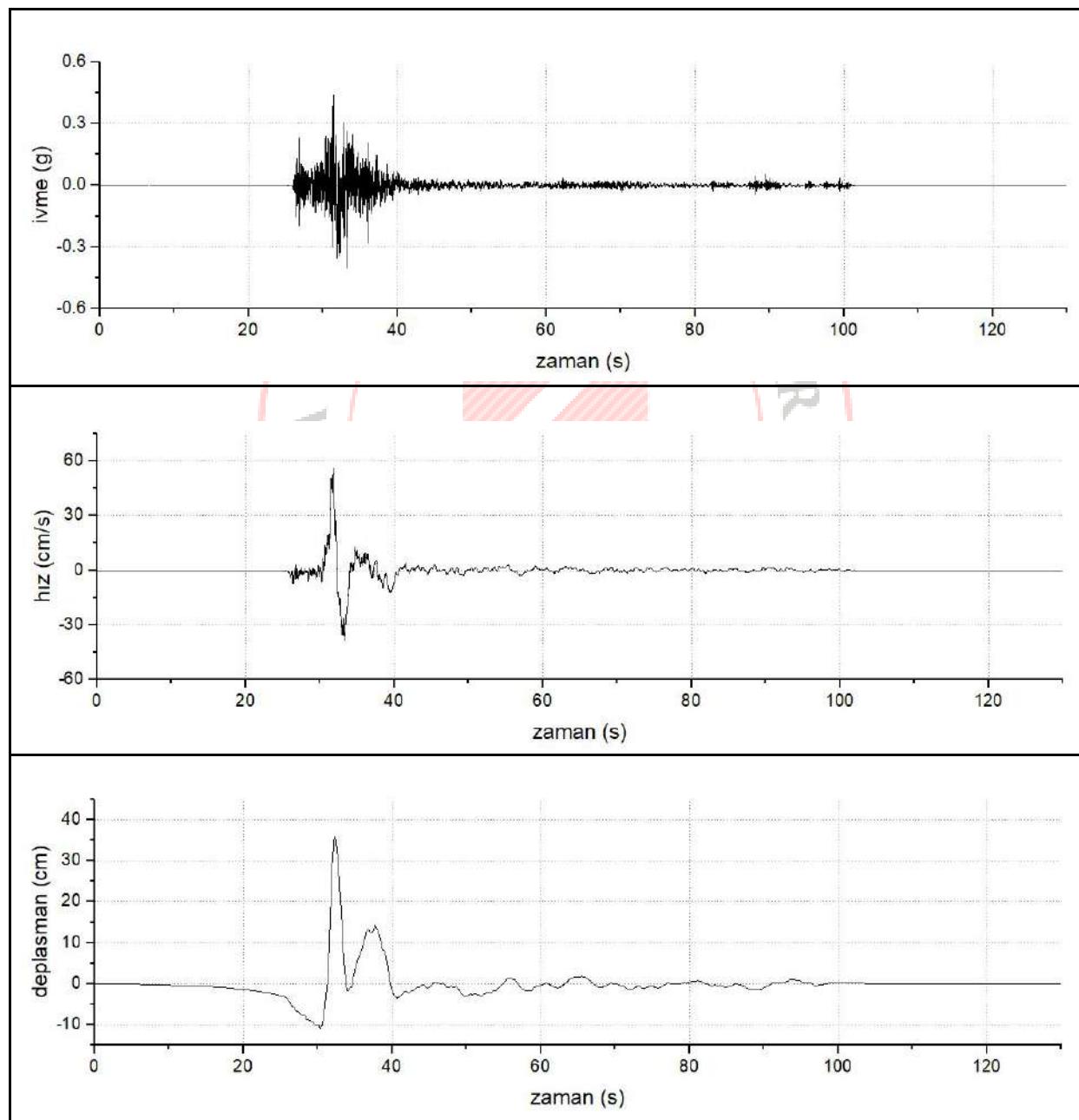
Şekil 3.70. 4612 No'lu Kahramanmaraş, Göksun istasyonu kuzey-güney yönüne ait spektral grafikler

Elbistan (Kahramanmaraş) Depremi

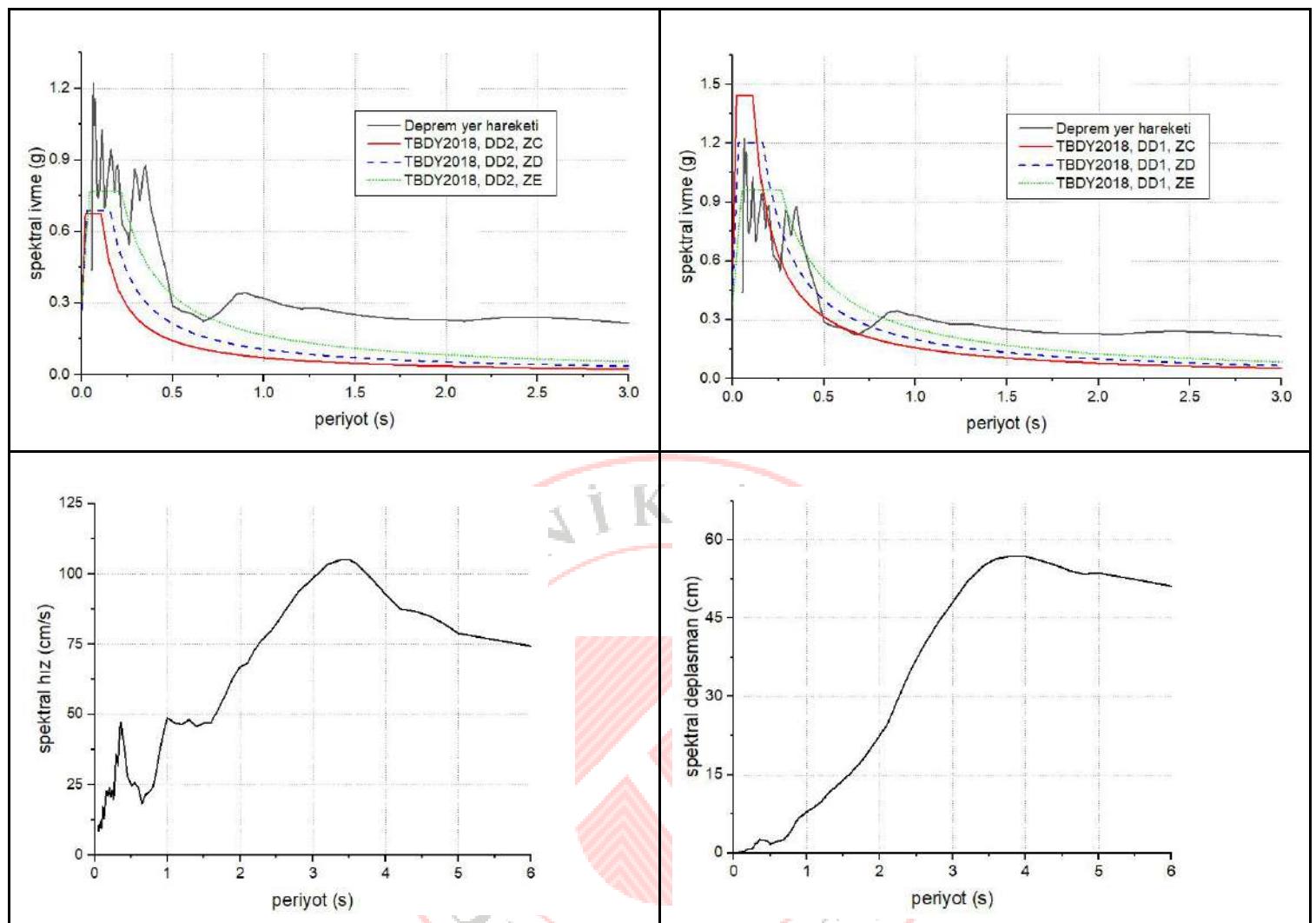
Kahramanmaraş, Göksun İstasyonu, İstasyon No: 4612, (Enlem: 38.024°, Boylam: 36.482°)

Yukarı-Aşağı yön

PGA: 0.439 g **PGV:** 55.95 cm/s **PGD:** 35.74 cm



Şekil 3.71. 4612 No'lu Kahramanmaraş, Göksun istasyonu yukarı-aşağı yöne ait yer hareketi grafikleri



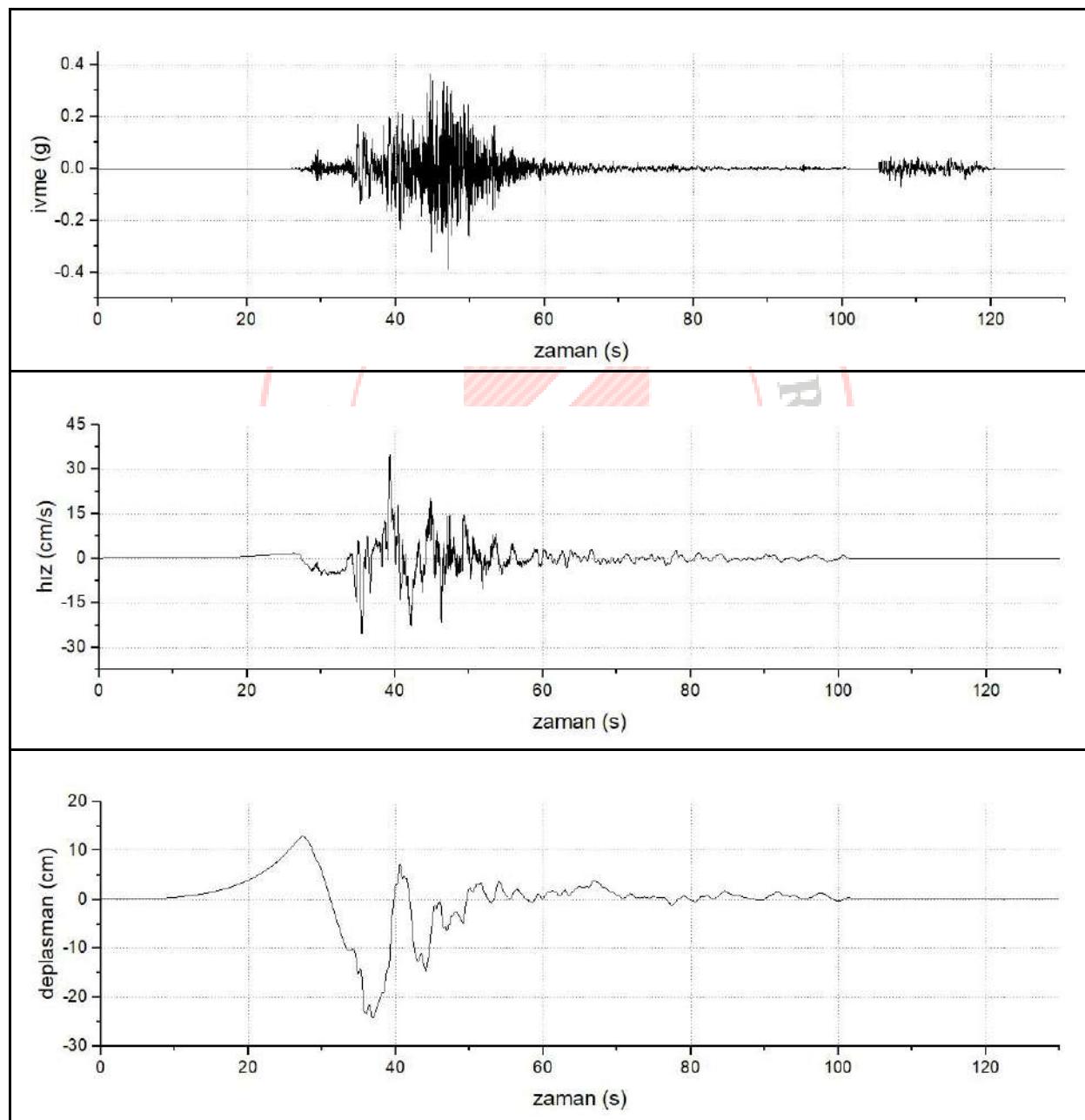
Şekil 3.72. 4612 No'lu Kahramanmaraş, Göksun istasyonu yukarı-aşağı yöne ait spektral grafikler

Elbistan (Kahramanmaraş) Depremi

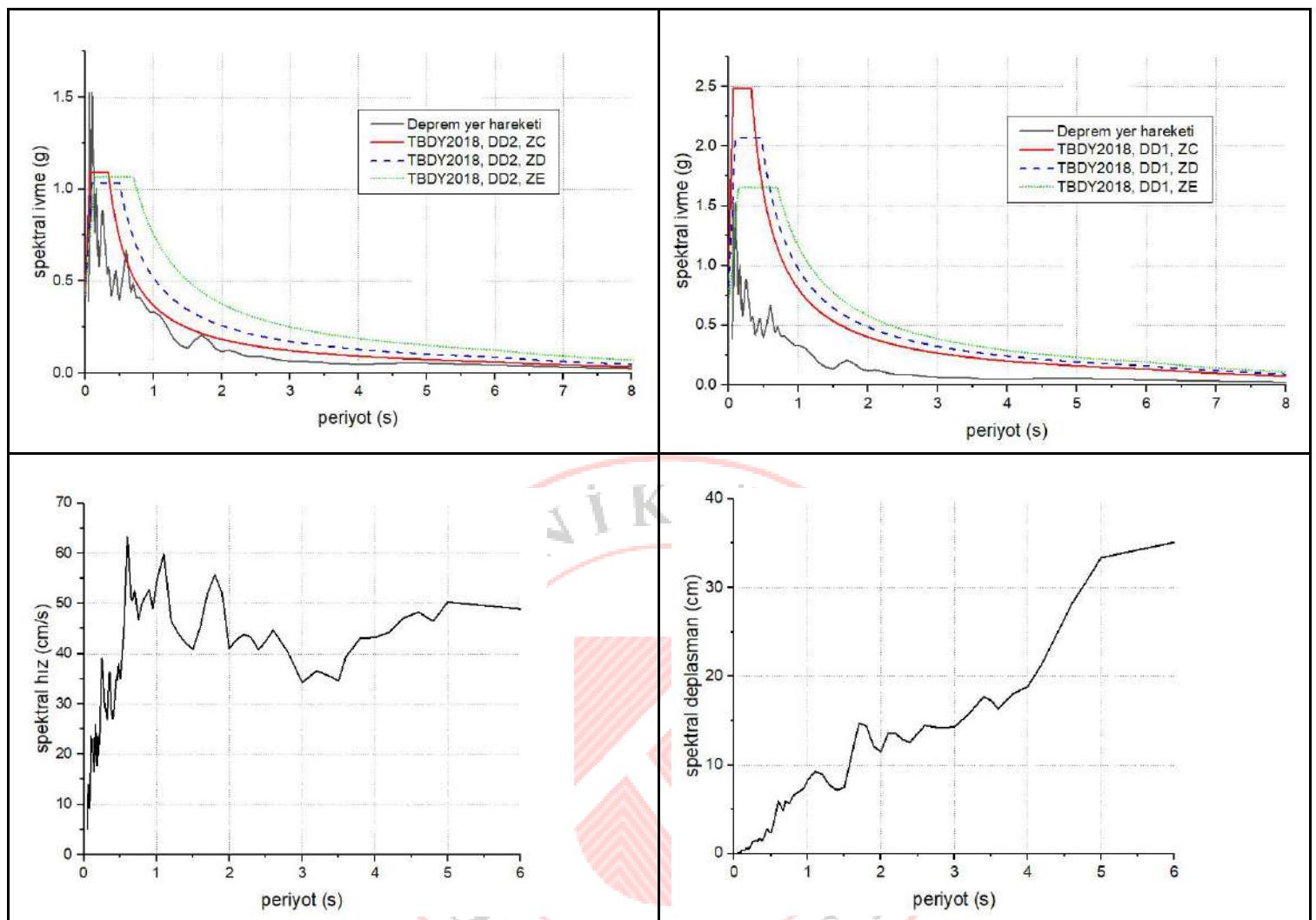
Malatya, Akçadağ İstasyonu, İstasyon No: 4406, (Enlem: 38.344° , Boylam: 37.974°)

Doğu-Batı yönü

PGA: 0.390 g **PGV:** 35.01 cm/s **PGD:** 24.19 cm



Şekil 3.73. 4406 No'lu Malatya, Akçadağ istasyonu doğu-batı yönüne ait yer hareketi grafikleri



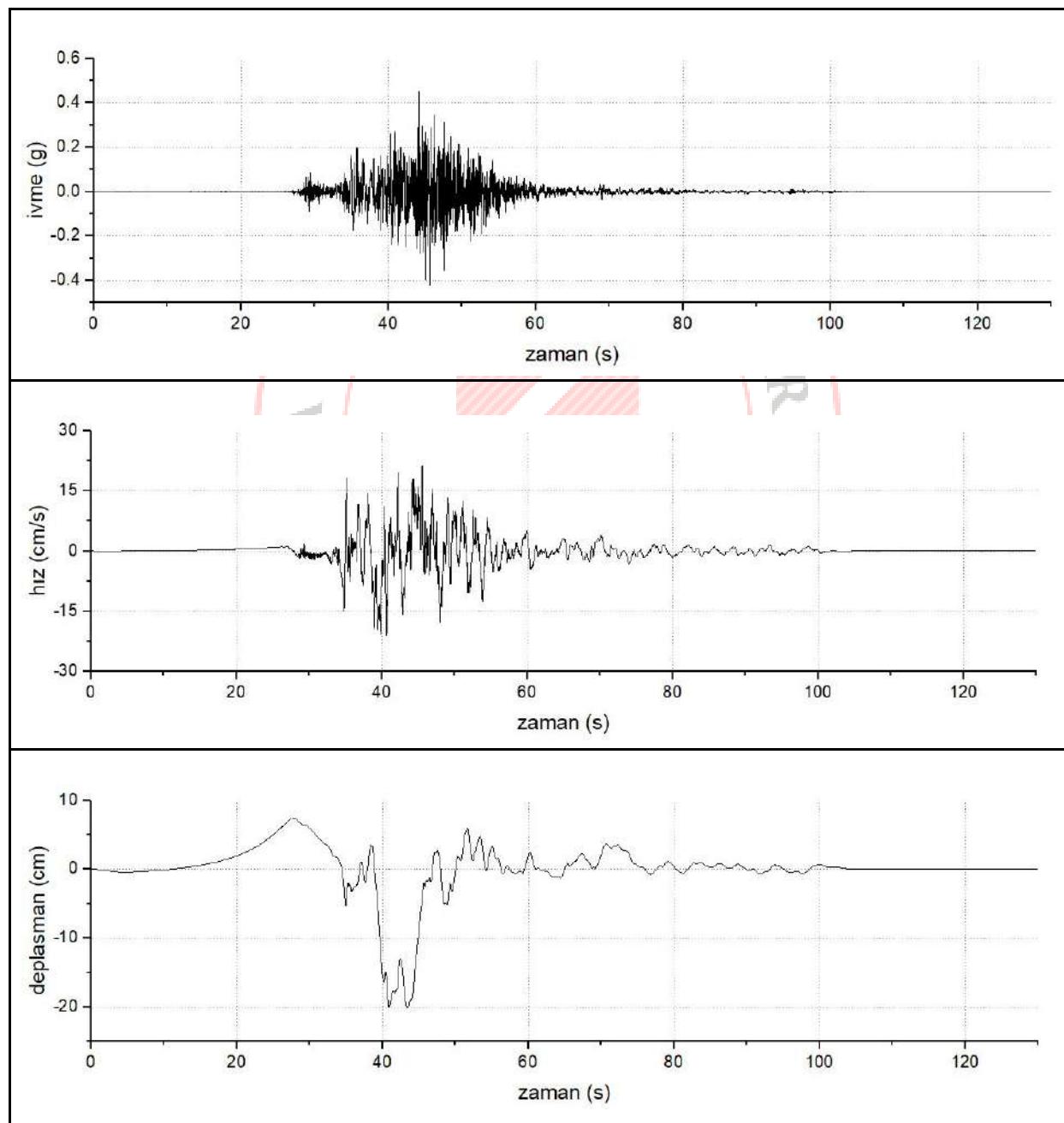
Şekil 3.74. 4406 No'lu Malatya, Akçadağ istasyonu doğu-batı yönüne ait spektral grafikler

Elbistan (Kahramanmaraş) Depremi

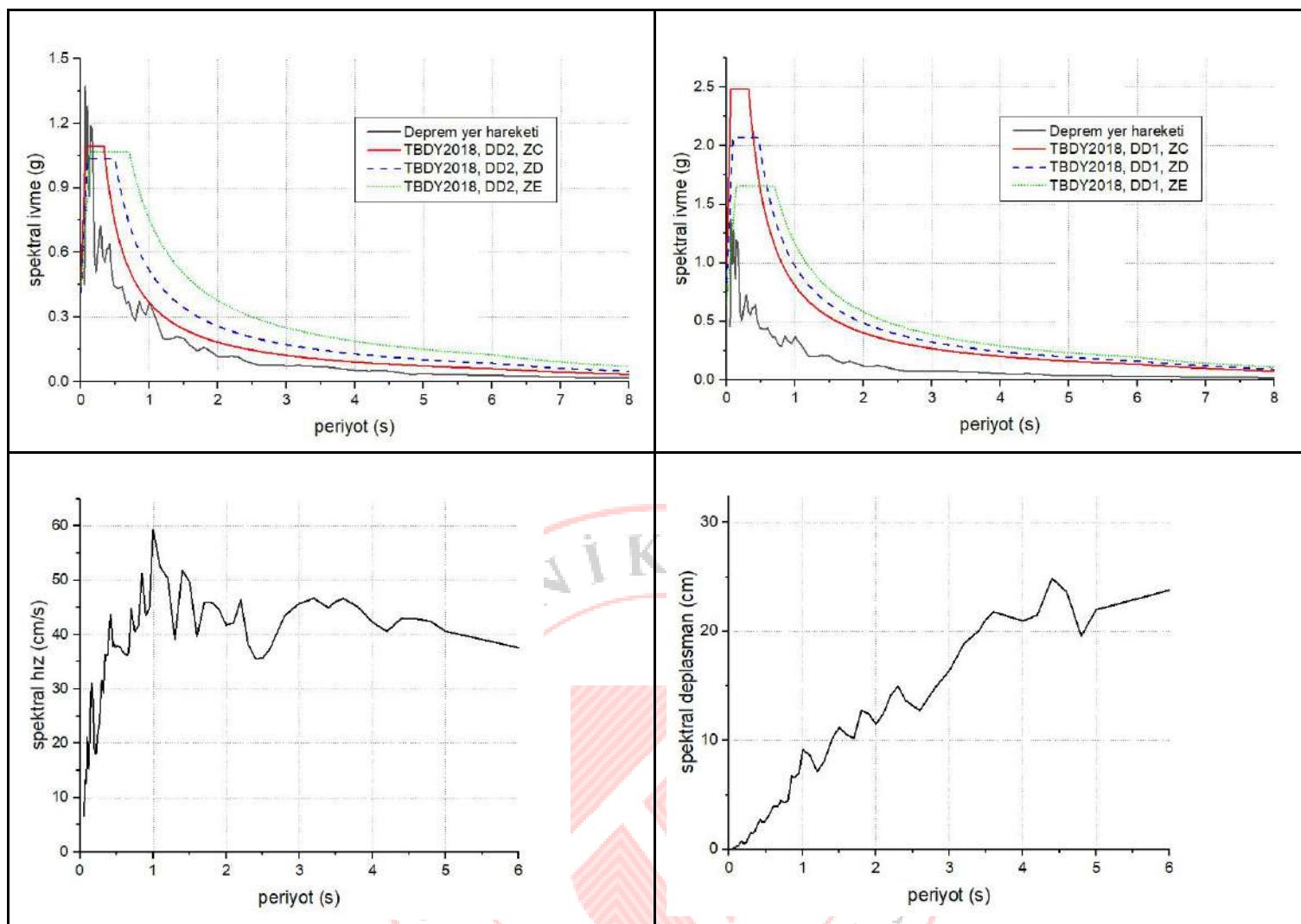
Malatya, Akçadağ İstasyonu, İstasyon No: 4406, (Enlem: 38.344° , Boylam: 37.974°)

Kuzey-Güney yönü

PGA: 0.453 g **PGV:** 21.34 cm/s **PGD:** 20.11 cm



Şekil 3.75. 4406 No'lu Malatya, Akçadağ istasyonu kuzey-güney yönüne ait yer hareketi grafikleri



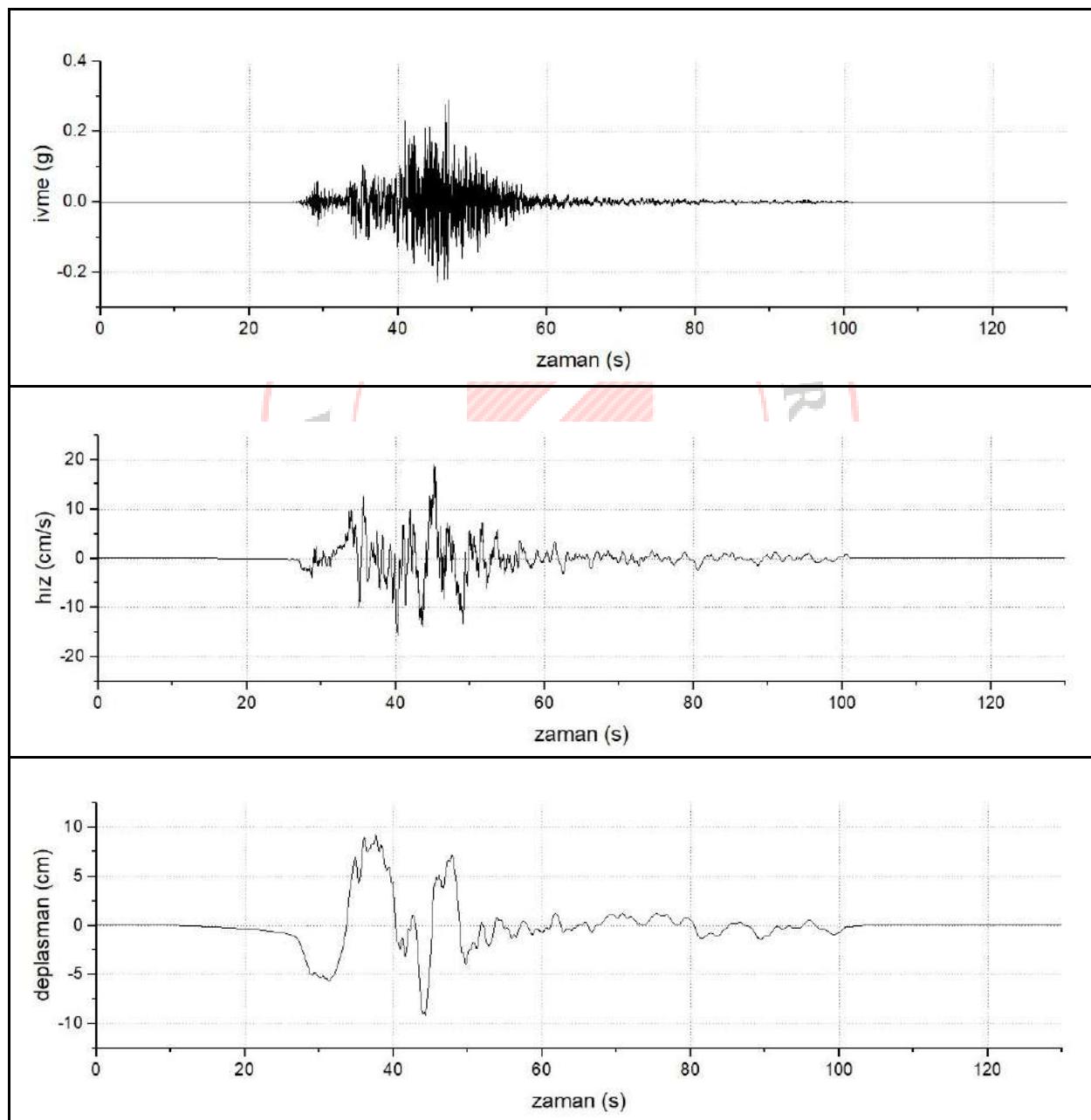
Şekil 3.76. 4406 No'lu Malatya, Akçadağ istasyonu kuzey-güney yönüne ait spektral grafikler

Elbistan (Kahramanmaraş) Depremi

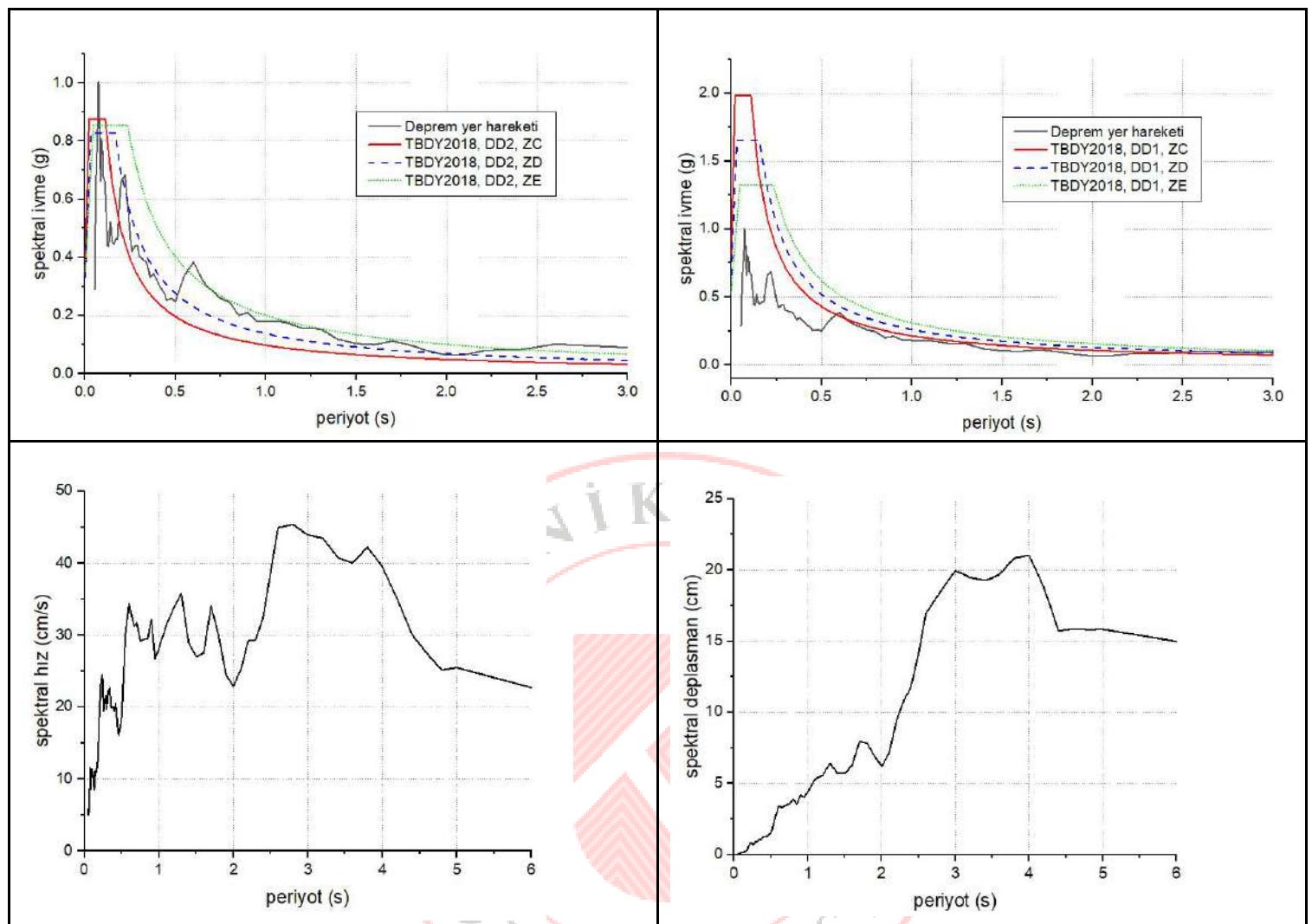
Malatya, Akçadağ İstasyonu, İstasyon No: 4406, (Enlem: 38.344° , Boylam: 37.974°)

Yukarı-Aşağı yön

PGA: 0.290 g **PGV:** 19.03 cm/s **PGD:** 9.18 cm



Şekil 3.77. 4406 No'lu Malatya, Akçadağ istasyonu yukarı-aşağı yöne ait yer hareketi grafikleri



Şekil 3.78. 4406 No'lu Malatya, Akçadağ istasyonu yukarı-aşağı yöne ait spektral grafikler

2.1. En Büyük Yer Hareketleri

Tablo 3.1. En büyük yer ivmesi (PGA) değerleri

Deprem	İstasyon	Doğu-Batı yönü	Kuzey-Güney yönü	Yukarı-Aşağı yön
Kahramanmaraş, Pazarcık Depremi 7.7 MW	Adıyaman, Merkez, No: 0201	0.383 g	0.281 g	0.206 g
	Gaziantep, Nurdağı, No: 2712	0.600 g	0.562 g	0.321 g
	Gaziantep, İslahiye, No: 2718	0.637 g	0.663 g	0.596 g
	Hatay, Antakya, No: 3125	1.093 g	0.788 g	1.076 g
	Hatay, Antakya, No: 3126	1.018 g	1.210 g	0.964 g
	Hatay, Defne, No: 3129	1.229 g	1.373 g	0.723 g
	Hatay, Arsuz, No: 3135	1.340 g	0.755 g	0.586 g
	Hatay, Kırıkhan, No: 3142	0.750 g	0.648 g	0.479 g
Kahramanmaraş, Elbistan Depremi 7.6 MW	Kahramanmaraş, Pazarcık, No: 4615	0.567 g	0.599 g	0.677 g
	Kahramanmaraş, Türkoğlu, No: 4616	0.498 g	0.677 g	0.390 g
	Adana, Saimbeyli, No: 0131	0.331 g	0.412 g	0.086 g
	Kahramanmaraş, Göksun, No: 4612	0.531 g	0.639 g	0.439 g
Malatya, Akçadağ, No: 4406		0.390 g	0.453 g	0.290 g

Tablo 3.2. En büyük yer hızı (PGV) değerleri

Deprem	İstasyon	Doğu-Batı yönü	Kuzey-Güney yönü	Yukarı-Aşağı yön
Kahramanmaraş, Pazarcık Depremi 7.7 MW	Adıyaman, Merkez, No: 0201	22.16 cm/s	36.81 cm/s	15.66 cm/s
	Gaziantep, Nurdağı, No: 2712	109.15 cm/s	79.83 cm/s	26.30 cm/s
	Gaziantep, İslahiye, No: 2718	113.16 cm/s	76.16 cm/s	61.64 cm/s
	Hatay, Antakya, No: 3125	103.27 cm/s	74.80 cm/s	64.12 cm/s
	Hatay, Antakya, No: 3126	89.02 cm/s	109.47 cm/s	79.81 cm/s
	Hatay, Defne, No: 3129	72.32 cm/s	169.88 cm/s	43.41 cm/s
	Hatay, Arsuz, No: 3135	65.93 cm/s	50.69 cm/s	37.80 cm/s
	Hatay, Kırıkhan, No: 3142	72.66 cm/s	86.05 cm/s	30.06 cm/s
Kahramanmaraş, Elbistan Depremi 7.6 MW	Kahramanmaraş, Pazarcık, No: 4615	127.53 cm/s	125.67 cm/s	67.00 cm/s
	Kahramanmaraş, Türkoğlu, No: 4616	84.37 cm/s	96.28 cm/s	25.27 cm/s
	Adana, Saimbeyli, No: 0131	26.50 cm/s	26.26 cm/s	17.84 cm/s
Kahramanmaraş, Göksun, No: 4612		72.52 cm/s	170.79 cm/s	55.95 cm/s
Malatya, Akçadağ, No: 4406		35.01 cm/s	21.34 cm/s	19.03 cm/s

Tablo 3.3. En büyük yer deplasmanı (PGD) değerleri

Deprem	İstasyon	Doğu-Batı yönü	Kuzey-Güney yönü	Yukarı-Aşağı yön
Kahramanmaraş, Pazarcık Depremi 7.7 MW	Adiyaman, Merkez, No: 0201	15.52 cm	20.99 cm	13.81 cm
	Gaziantep, Nurdağı, No: 2712	66.86 cm	87.35 cm	13.71 cm
	Gaziantep, İslahiye, No: 2718	104.54 cm	71.88 cm	40.57 cm
	Hatay, Antakya, No: 3125	94.90 cm	66.00 cm	25.89 cm
	Hatay, Antakya, No: 3126	77.41 cm	56.42 cm	67.52 cm
	Hatay, Defne, No: 3129	64.16 cm	51.51 cm	26.91 cm
	Hatay, Arsuz, No: 3135	48.40 cm	57.42 cm	16.65 cm
	Hatay, Kırıkhan, No: 3142	84.25 cm	62.45 cm	19.51 cm
	Kahramanmaraş, Pazarcık, No: 4615	32.72 cm	69.05 cm	23.61 cm
Kahramanmaraş, Elbistan Depremi 7.6 MW	Kahramanmaraş, Türkoglu, No: 4616	71.24 cm	70.28 cm	17.84 cm
	Adana, Saimbeyli, No: 0131	17.01 cm	30.78 cm	24.14 cm
	Kahramanmaraş, Göksun, No: 4612	57.39 cm	67.95 cm	35.74 cm
	Malatya, Akçadağ, No: 4406	24.19 cm	20.11 cm	9.18 cm

Pazarcık (Kahramanmaraş) 7.7 MW ve Elbistan (Kahramanmaraş) 7.6 MW depremlerinden etkilenen illerdeki 13 adet istasyona ait deprem kayıtları incelenmiş ve ilgili grafikler oluşturulmuştur. Elde edilen veriler ışığında aşağıdaki tespitler yapılmıştır.

Aynı gün içerisinde meydana gelen her iki depremde de yer hareketleri açısından değerlerin çok büyük olduğu dikkat çekmektedir. Depremlerin incelenen istasyonlardaki spektral ivme değerlerinin önerilen elastik tasarım spektrumlarına göre oldukça yüksek görülmüştür.

Pazarcık (Kahramanmaraş) depreminde doğu-batı yönünde en büyük yer ivmesi (PGA) Hatay, Arsuz istasyonunda (No: 3135) kaydedilmiş olup, değeri 1.340 g'dır. Kuzey-güney yönünde Hatay, Defne istasyonunda (No: 3129) 1.373 g ve yukarı-aşağı yönde Hatay, Antakya istasyonunda (No: 3125) 1.076 g değerleri kaydedilmiştir.

Elbistan (Kahramanmaraş) depremi için ise 3 yönde de en büyük yer ivmesi (PGA) Kahramanmaraş, Göksun istasyonunda (No: 4612) kaydedilmiş olup, değerler doğu-batı yönünde 0.531 g, kuzey-güney yönünde 0.639 g ve yukarı-aşağı yönde ise 0.439 g'dır.

İlk depremin merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) olmasına rağmen bu depremde en büyük yer hareketlerinin Hatay ili sınırları içerisindeoluştugu görülmüştür. Bu durumun Amik ovasının da içinde bulunduğu Hatay ilindeki genel yumuşak zemin sebebiyle meydana gelen zemin büyütmesinin etkisinden dolayı oluştugu düşünülebilir. Diğer bir taraftan, Hatay'daki istasyonların kayıtlarına göre Hatay ili, Elbistan (Kahramanmaraş) depreminden ise nispeten çok etkilenmemiştir.

4. YAPILARDA GÖZLEMLENEN HASARLAR

6 Şubat 2023 Pazarcık ve Elbistan (Kahramanmaraş) depremleri sonrası Hatay ili İskenderun ve Antakya ilçelerinde çok sayıda yapıda farklı seviyelerde deprem hasarları meydana gelmiştir. Yapılan saha incelemeleri sonucunda betonarme binalarda, yığma yapılarda, yol, köprü ve kaplamlarda, tarihi ve dini yapılarda hasar oluşumuna neden olan tasarım ve uygulama hataları, yapılarda meydana gelen hasar türlerine göre ayrı ayrı incelenmiştir. Uygulama aşamasından kaynaklanan eksikliklerde malzeme, işçilik, mühendislik hizmetinin eksik olmasından kaynaklanan birçok faktör etkili iken tasarımda yönetmelik sınırlarına uyulmamasından ve projelendirme aşamasındaki hatalardan kaynaklanan birçok problem ile karşılaşılmıştır. Bu problemlerin yanı sıra kontrol mekanizmasındaki denetimsizlik, bölgedeki yapıların birçoğunun 2000 yılından önce inşa edilmiş olması ve alüvyon zemin yapısı nedeniyle, yapılan hasar tespit çalışmaları neticesinde 4 Mart 2023 tarihi itibarı ile bölgede bulunan 358.734 yapının 90043'ü tamamen yıkılmış, acil yıkılma kararı verilmiş, ağır veya orta hasar almıştır (CSB, 08.03.2023, Hasar Durum Raporu).

Tablo 4.1. Hatay il geneli hasar tespit durumu

İCMAL	BİNA SAYISI	BAĞIMSIZ BÖLÜM
HASARSIZ	159.325	314.518
AZ HASARLI	91.003	252.076
ORTA HASARLI	9.943	35.566
AĞIR HASARLI	59.951	203.587
YIKIK	12.815	39.524
ACİL YIKILACAK	7.334	30.375
TESPİT YAPILAMAYAN	18.354	41.878
TOPLAM	358.725	917.524

Tablo 4.2. Hatay il geneli ağır hasarlı yapı sayıları

BİNA SAYISI	358.734
BAĞIMSIZ BÖLÜM	917.545
ACİL+AĞIR+YIKIK+ORTA BİNASI	90.043
ACİL+AĞIR+YIKIK+ORTA KONUT SAYISI	251.162
ACİL+AĞIR+YIKIK+ORTA TİCARETHANE SAYISI	44.478
ACİL+AĞIR+YIKIK+ORTA AHİR SAYISI	2.210
ACİL+AĞIR+YIKIK+ORTA DİĞER HANE SAYISI	11.202

6 Şubat 2023 Pazarcık ve Elbistan (Kahramanmaraş) depremleri sonrası Hatay ili İskenderun ve Antakya ilçelerinde, yapılarda tasarımdan ve uygulamadan kaynaklanan hasarlar, saha gözlemleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. İnceленen yapılarda meydana gelen hasarlar ve hasarların nedenleri, türlerine göre ayrıntılı olarak sunulmuştur.

4.1 Yapı Malzemeleri Açısından Değerlendirmeler

Betonarme sistemlerde taşıyıcı elemanların üretiminde kullanılan en önemli 2 yapı malzemesi olan beton ve betonarme çeliğinin durumu da yine benzer özellikler sergilemekle birlikte malzeme sınıfları ve kontrol süreçleri bakımından bazı farklılıklar arz etmektedir. Türkiye'de inşa edilecek tüm yapılarda hazır beton kullanma zorunluluğu Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 20.04.2004 tarih ve 248 sayılı genelgesi ile getirilmiştir. Betonarme çeliğinde ise kullanım zorunluluğu kısmı biraz daha karmaşıktır. 1998 yılında yayınlanan deprem yönetmeliğinde boyuna donatıların nervürlü olması gerekliliği getirilirken düz donatı kullanımı 2000 yılında yürürlüğe giren TS500 ile yasaklanmıştır. Yapılarla kullanılan bu malzemelerin uygunluk denetimleri ise 2001 yılında yürürlüğe giren 4708 sayılı yapı denetim kanunu'nda gerekli testlerin yapılip belgelendirilmesine hükmedilinceye kadar şantiye şeflerinin ve fenni mesullerin insiyatifine bırakılmıştır. Öyleki 1986 tarihli TS500 yönetmeliğinde her 50 m³ beton dökümünden 3 adet karot numunesi alınması ve böylelikle beton kalitesinin kontrol edilmesi gerekliliği ortaya konmasına rağmen bu konudaki denetim mekanizmaları yetersizdir.

Yapı malzemelerindeki uygulamalar özellikle 2000'li yılların başlarına kadar üretilmiş yapıların malzeme kaliteleri bakımından yeterince denetlemeye tabi tutulmadığı sonucunu çıkarmaktadır. 6 Şubat 2023 tarihinde gerçekleşen Kahramanmaraş merkezli depremlerde de bu durumun sonuçları açıkça görülmektedir. Yıkıma uğramış ve ağır hasar almış birçok yapıda, proje ve uygulama hataları bir kenara bırakılsa da, betonarmeyi oluşturan bu elemanların yetersizlikleri göze çarpmaktadır. Özellikle şantiyede karıştırma ile dökülen betonlarda yetersiz dayanım sebebiyle toptan göçme oldukça yaygın bir şekilde görülmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Yetersiz dayanıma sahip beton ile üretilmiş ve toptan göçme meydana gelmiş bir yapı

4.1.1. Yapılardaki Beton Kalitesi

Bölgelerde yeterli dayanıma sahip olmayan ve hazır beton ile üretilmediği düşünülen yapılardaki diğer önemli bir kusurun da kullanılan agreka kaynaklı olduğu görülmektedir. Özellikle şantiyede hazırlanan betonlarda sıkılıkla kullanılan dere/deniz çakılının, çimento hamuru ile yeterli aderans sağlanmadığı ve betonda kırılmaların genellikle bu arayüz bölgesinde gerçekleştiği görülmüştür (Şekil 4.2.). Beton içerisinde kullanılan aggregalarda görülen diğer bir önemli sorun da granülometri problemleridir. Kırımtaş aggregalarda daha az görülen uygunsuz geometri problemi dere/deniz

çakıllarında sıkılıkla görülmektedir. TS500'ün öngördüğü maksimum sınırlardan çok daha büyük çaplarda ve şekil problemleri bulunan agregaların, betonda segregasyona da sebep olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2. Yetersiz dayanıma sahip beton örnekleri ve beton içerisinde bulunan yabancı maddeler

Tamamen veya kısmen yıkıma uğramış veya ağır hasar almış birçok yapıda görülen diğer bir problem ise karışımında kullanılan su/çimento oranının yüksek olmasından kaynaklanan problemlerdir. İncelenen beton numunelerde gözle görülür şekilde kısmen yerleştirme kaynaklı kısmen de yüksek su/çimento oranı kaynaklı hava boşullukları görülmüştür. Bu durum zaten iri agregalarda görülen agrega ve çimento hamuru arasındaki bölgenin daha da gücsüzleşmesine yol açmıştır. Ayrıca beton içerisindeki gözle görülebilen bu boşulluklar betonun geçirimliliğini artırarak dayanıklılıklarının da düşmesine ve betonun çevresel koşullara karşı yıllar içinde daha zayıf olmasına sebep olmuştur. (Şekil 4.3.).



Şekil 4.3. Agrega arayüz bölgesinde kırılma ve uygunsuz geometriye sahip agrega ve segregasyon

4.1.2. Yapılarda Kullanılan Donatı ve Aderans

İncelenen yapılarda görülen bir başka hasar türü de betonarme yapılarda birlikte çalışması gereken beton ve donatı çeliğinin sıyrılmasıdır. Özellikle düz yüzeyli donatı ile üretilen ve donatı işçiliği sırasında yeterli özenin gösterilmemiş bir çok yapıdaki donatının sıyrıldığı görülmüştür. Bunun yanında nervürlü donatılar ile inşa edilen yapılarda da yer yer sıyrılmalar görülmektedir ki bu durum da yetersiz beton dayanımının bir başka işaretidir (Şekil 4.4.). Donatı çeliğinin akma bölgelerine ulaşmadan beton içerisinde sıyrılması, yapının tasarımda kabul edilen ön koşulların gerçekleşmemesine ve çok düşük enerji sönümleme kapasitesine sahip olmasına sebep olmuştur.



Şekil 4.4. Nervürlü ve düz donatılarda sıyrılmalar

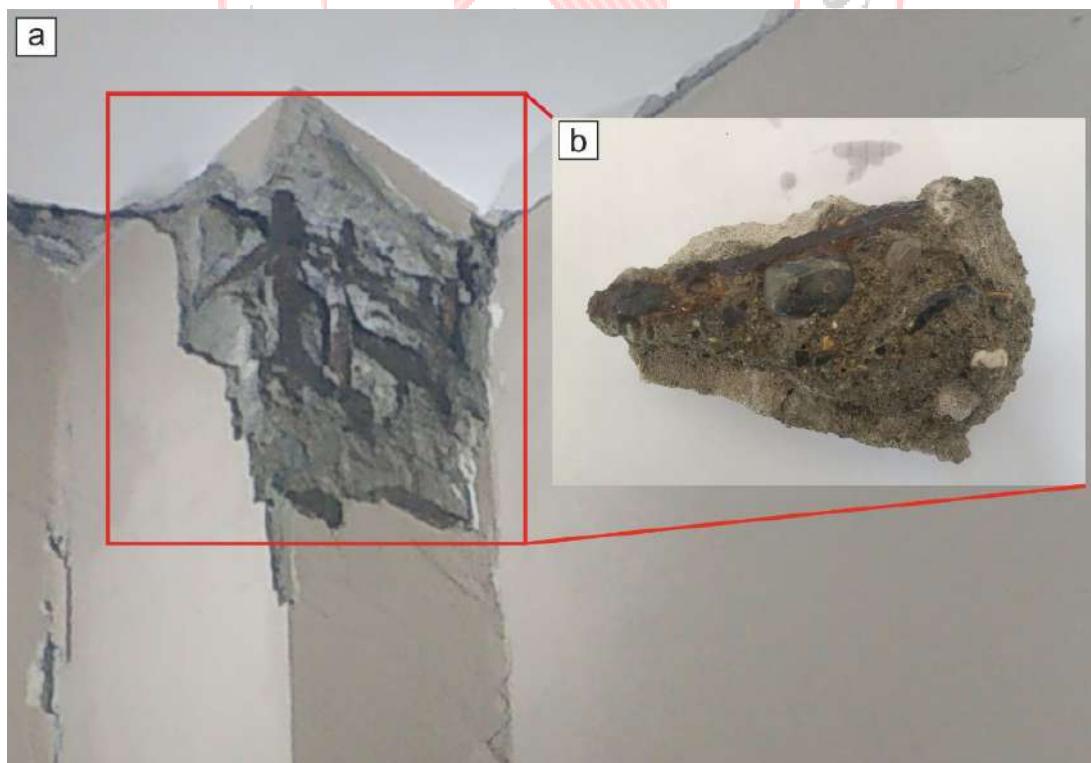
4.1.3. Donatıların Korozyonu

Betonarme yapılarda en önemli problemlerden bir diğeri de korozyondur. Bölgede incelenen yapılarda da korozyon en sık görülen durabilite problemidir. Bölgede dere veya deniz kumu/çakılı kullanılan yapılarda çok daha sık olmakla birlikte, mühendislik hizmeti almış ve hazır beton ile üretilmiş yapılarda da korozyonun ciddi boyutlara ulaştığı görülmüştür. Bu durum yapının yaşına ve kullanılan betonun dayanımına göre değişmekle birlikte, bölgede yer altı su seviyesinin yüksek olduğu veya kanalizasyon sistemindeki hatalar sebebiyle baskınların yaşanıldığı bodrum katlarında çok sık bir şekilde görülmektedir. Donatı çeliğinde korozyonun, başladığı yerden çok daha uzak kısımlarda temas ettiği donatılarda da kesit kaybına yol açabildiği bilinmektedir. Bir çok yapıda, donatı çeliğinde oluşan korozyon sebebiyle donatı çapında belirgin bir şekilde azalma meydana gelmiştir. Bu duruma bağlı olarak öngörülen çekme dayanımının oldukça düşüğü ve beton içerisinde istenmeyen boşlukların meydana geldiği görülmüştür. Özellikle eski yapılarda düşük dozajda çimento kullanımı sebebiyle betonun pH'sının düşmesi de bu problemi hızlandırmış ve yaygınlaşmıştır (Şekil 4.5.).



Şekil 4.5. Yapılarda görülen korozyon hasarları

Korozyona sebep olan bir diğer önemli faktör de karbonatlaşmadır. Karbonatlaşma kısaca betonun zaman içerisinde havadaki karbondioksiti yakalayıp beton pH'sının düşmesi olarak anlatılabilir. Bu pH düşmesi sonucu beton içerisindeki donatılar beton örtüsü ile kaplı olsalar da korozyona karşı savunmasız hale gelebilmektedir. Bölgede incelenen ve korozyon sebebiyle yapısal hasar gören kolon üst ucundan (Şekil 4.6.a) alınan bir örnekte yapılan hızlı karbonatlaşma testi sonucu hiç renk değişiminin görülmemesi, bölgede özellikle eski yapılarda karbonatlaşmanın çok ileri seviyelere ulaşmış olabileceğinin de bir ispatıdır (Şekil 4.6.b).



Şekil 4.6. a) Korozyon sonucu hasara uğramış kolon üst ucu b) Bu bölgeden alınan ve karbonatlaşmaya maruz kalmış beton örnek

4.2 Tasarım Hataları

4.2.1. Yetersiz Kesit Boyutları ve Donatı Aralıkları

Ülkemizde 1975 deprem yönetmeliğine göre göre inşa edilmiş yapılarda bile minimum kolon kesit boyutu 25 cm, minimum kiriş genişliği ise 20 cm olması gerekmektedir. Yapılan incelemelerde, kolon enkesit boyutu 20 cm, kiriş genişliği 15-20 cm aralığında olan yapılar bulunmaktadır. Bu elemanlar kesit yetersizlikleri sebebiyle yapıların hasara uğramasına neden olmuştur (Şekil 4.7.).



Şekil 4.7. Yetersiz kesit boyutlarına sahip kolon ve kiriş

Geçmiş yönetmeliklerde maksimum 3.5 olarak verilen, kiriş yüksekliğinin kiriş gövde genişliğine oranı, 4 üzerinde olan yapılara rastlanmıştır. Bu yapılarda da kirişlerde dönme etkileri meydana gelmiştir (Şekil 4.8.).



Şekil 4.8. Kirişlerin yüksek tasaranması

Özellikle kolonlarda ve kirişlerde kullanılan; korozyona uğramış, çapları 6 mm olan ve nervürsüz donatıdan imal edilen etriyeler, deprem anında yapıya/elemanla etki eden kesme kuvvetlerine karşı görevini yerine getirememiş ve elemanlarda kesme hasarı meydana gelmiştir. Ayrıca 135 derece açı ile bükülmeyen etriyeler açılmış ve boyuna donatının sıyrılmamasına neden olmuştur. Elemanlarda etriyelerin sıklaştırması yapılmayan, etriye aralığı 50 cm'ye varan elemanlar da görülmektedir (Şekil 4.9.).



Şekil 4.9. Yetersiz etriye ve etriye aralığına sahip vedüz donatılı kiriş

Yeni ve eski yapıların birçoğunda kolon-kiriş birleşim bölgelerinde etriye bulunmaması, etriyelerin yetersiz olması veya etriyelerin uygun şekilde bağlanmaması nedeniyle birleşim bölgelerinde boyuna donatılarda burkulmalara ve elemandaki boyuna donatılarının sıyrılmamasına neden olmuştur (Şekil 4.10.).



Şekil 4.10. Kolon-kiriş birleşimlerinde yetersiz etriye sıklaştırması

Boyuna donatılarda sıyrılma meydana gelmesi ile bazı yapılar temelden ayrılarak devrilmiş bazlarında ise yapıda kolonun yük aktarımı yapamaması nedeniyle yıkılmıştır (Şekil 4.11.).



Şekil 4.11. Kısa bırakılan kolon filizleri

4.2.2. Kolon, Kiriş Yerleşimi, Saplama Kirişler, Poligon ve Kuşatılmamış Birleşimler

Yapı tasarım yapılırken yapının x ve y düzleminde deprem kuvvetlerini alması için kolon ve perdeler yerleştirilmektedir. Bölgedeki bazı yapılarda farklı düzlemlerde de perde, kolon ve kiriş yerleşimi yapılmıştır. Deprem etkisi yapıya etkidiğinde, çerçeve sürekliliğinin sağlanmadığı yapılarda moment çerçeveleri oluşmamış, bu nedenle bazı yapılarda ağır hasar ve yıkım meydana gelmiştir (Şekil 4.12.).



Şekil 4.12. Farklı doğrultularda yerleştirilen kolon ve kirişler

İncelenen bir yapıda hasar gören kolonda, kolona bağlanan kirişin kolonun bir kenarına yük aktarımı yapması nedeniyle kolonda ikinci mertebe etkileri oluşmuştur. Ayrıca kolona bağlanan kirişin diğer kolona devam etmemesi nedeniyle kuşatılmamış birleşim olmuşmuş, bu nedenle kolonda kesme hasarı meydana gelmiştir. Bazı yapılarda ise tüm taşıyıcı elemanların aynı yönde rijitlik oluşturacak şekilde yerleştirilmesi nedeniyle yapı zayıf yönde yıkılmıştır (Şekil 4.13.).



Şekil 4.13. Moment çerçevelerinin oluşmadığı elemanlar ve aynı doğrultuda yerleştirilen kolonlar

Bölgede incelenen yapıların büyük bir çoğunluğunda saplama kırışlar imal edilmiş ve saplama kırışının birleştiği ana kırıste kesme hasarları meydana gelmiştir. Ayrıca bazı yapılarda iki düşey taşıyıcı arasında kesme kuvvetinin yüksek olduğu kısa kırışlar oluşturulmuştur (Şekil 4.14.).



Şekil 4.14. Saplama kırış hasarı yüksek kesme kuvvetine maruz kalan bir kırış örneği

4.2.3. Yumuşak Kat / Zayıf Kat Düzensizliği Bulunan Yapılar

Kahramanmaraş merkezli depremler sonucunda Hatay ilinde yapılan incelemelerde yapıların büyük bir çoğunluğunda yumuşak kat ve zayıf kat etkisinin olduğu görülmüştür. Bir çok yapının ağır hasar almasına ve yıkılmasına neden olan bu etkiye genellikle alt katında dükkan olan yapılarda karşılaşılmıştır (Şekil 4.15.). Yapılan gözlemlerde bazı yapıların orta katlarında da yumuşak kat ve/veya zayıf kat meydana geldiği görülmüştür (Şekil 4.16.).



Şekil 4.15. Yumuşak kat ve zayıf kat nedeniyle hasar gören yapılar



Şekil 4.16. Ara katta yumuşak kat ve/veya zayıf kat oluşumu (Anonim)

4.2.4. Donatı Tasarımı

Yapı elemanlarının tasarımında, donatı miktarlarının gereken donatıdan az olması, elemanda hasar oluşumuna neden olduğu gibi, etriye gibi elemanın kesme kapasitesinin olmasını sağlayan önemli donatıların hiç kullanılmadığı kolonlarla da karşılaşılmıştır (Şekil 4.17.).



Şekil 4.17. Etriyesiz imal edilen bir kolon

Elemanda donatıların hiç olmamasının yanı sıra, içeresine agregaların giremeyeceği kadar sık donatılı yapılarda ve etriyelerin 135 derece ile bükülmemiş yapı elemanlarında ciddi hasar meydana gelmiştir. Ayrıca etriye sıklaştırması bulunmayan kırışlerde de hasar oluştuğu görülmektedir (Şekil 4.18.).



Şekil 4.18. 90 derece bükülen etriyeler

4.2.5. Güçlü Kiriş - Zayıf Kolon

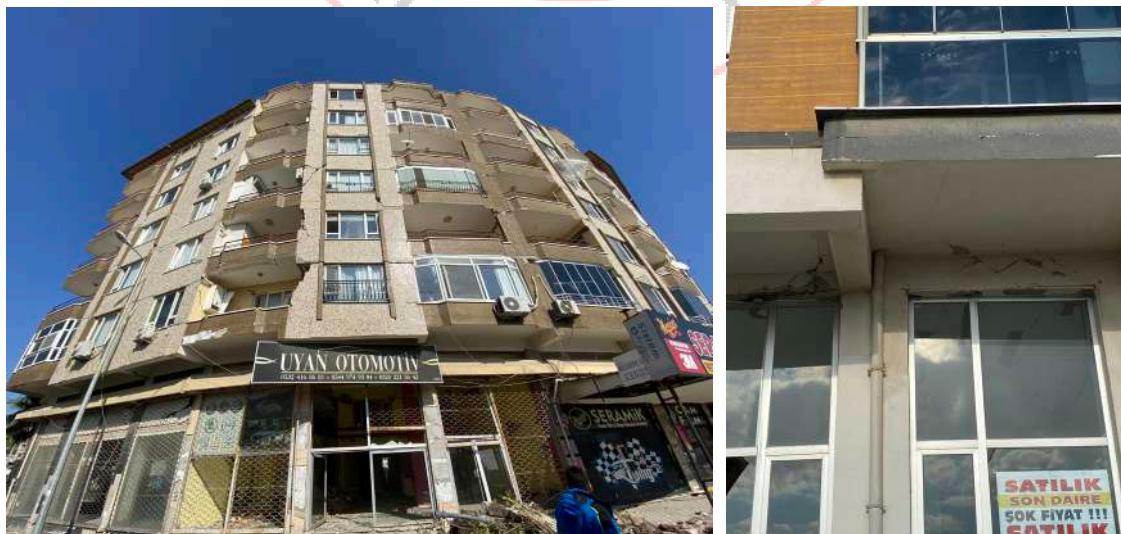
Çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde deprem etkisi altında yapıda kolonlardan önce kirişlerde plastik mafsal oluşması amacıyla kolonların kirişlerden güçlü olması koşuluna göre tasarım yapılması gerekmektedir. Bu koşula uymayan tasarımlarda, kirişlerde herhangi bir hasar olmadan kolonlarda plastik mafsal oluşumu gerçekleşebilmektedir (Şekil 4.19.).



Şekil 4.19. Güçlü kiriş zayıf kolon nedeniyle kolonlarda plastik mafsal oluşumu

4.2.6. Çerçeve Süreksizliği ve Çıkmalar

Ülkemizdeki çoğu yapıda kat alanını arttırmak amacıyla zemin katın üstündeki katlarda kapalı çıkma yapılmaktadır. Ancak yapılarda uygulanan çıkışmanın yapıya olumsuz etkileri de bulunmaktadır. İncelenen yapılarda çıkış bulunan kısımlardaki kirişlerdeki zorlanmalar nedeniyle meydana gelen hasarlar gözlemlenmiştir (Şekil 4.20.).





Şekil 4.20. Yapılarda uygulanan çıkışmalar ve çıkma nedeniyle meydana gelen hasar

4.2.7. Çekiçleme ve Deprem Derzi Yetersizliği

Çekiçleme etkisi, genellikle iki bağımsızının bitişik nizamda inşa edilmesi nedeniyle görülmektedir. Bölgedeki yapılarda da birçokının çekiçleme etkisi ile beklenenden daha fazla hasar aldığı görülmektedir. Özellikle yapı yükseklikleri arasındaki farkın fazla olduğu ve iki yapı arasında yeterli deprem derzi bulunmayan yapılarda bu etki nedeniyle daha büyük hasarlar meydana gelmiştir (Şekil 4.21.).





Şekil 4.21. Çekiçleme Hasarları

Derz boşluklarının yetersiz olduğu yapılarda, derz boşluklarının bulunduğu bölgelerde hasar meydana gelmiştir. Bazı bölgelerde iki yapı arasında gerekli derz boşluğunun bırakılmamasının yanı sıra iki yapının ortak tek bir duvarı kullandığı yapılar da bulunmaktadır (Şekil 4.22.).



Şekil 4.22. Yapılar arasında yeterli derz boşluklarının bırakılmaması

4.3. İşçilik Hataları

Hatay bölgesinde bulunan yapılarda tasarım hatalarının yanı sıra uygulama ve çeşitli imalatlarda yapılan hatalar nedeniyle de hasarlar meydana geldiği görülmüştür.

4.3.1. Segregasyon ve Paspayı

Bölgedeki yapılarda özellikle beton ve donatı yerleşimlerinde hatalar ile karşılaşılmıştır. Yapılar betonun segregasyona uğradığı, paspayı mesafelerinin yetersizliği nedeniyle donatıların açığa çıktığı ve korozyona maruz kaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.23.).



Şekil 4.23. Betonda segregasyon ve paspayı uygulamasında karşılaşılan işçilik hataları

Donatı tasarımları nispeten iyi yapılmış ancak yerinde uygulamada donatıların yerleştirilmesinde, bağlanmasında ve kancalarının bükülmesinde yapılan işçilik hataları taşıyıcı elemanlarda hasar oluşumuna neden olmuştur (Şekil 4.24.).



Şekil 4.24. Elemanlarda donatı işçiliklerinde yapılan hatalar

4.3.2. Bilinçsiz Tesisat İşlemleri

İncelenen bazı yapılarda elektrik, su tesisatlarını geçirebilmek için taşıyıcı elemanlara verilen zararlar görülmüştür. Bu tür yapılan işçilikler bulunan yapılarda ağır hasar meydana gelmiştir (Şekil 4.25., Şekil 4.26.).



Şekil 4.25. Taşıyıcı elemanların su tesisatı için zarara uğratılması



Şekil 4.26. Elektrik tesisatı için yapılan kırış ve döşeme zararları

4.4. Yapı Elemanlarında Hasar

4.4.1. Kiriş Hasarları

Yapılardaki kirişlerde korozyon, beton kalitesi, etriye sıklaştırmasının bulunmaması gibi nedenlerle bazı yapılardaki kirişlerde kesme hasarları ve plastik mafsal oluşumu görülmektedir (Şekil 4.27.).



Şekil 4.27. Kirişlerde meydana gelen hasar

4.4.2. Kolon Hasarları

4.4.2.1. Kolonlarda Kesme Etkisiyle Oluşan Hasarlar

Birçok yapının kolonlarında kesme kuvvetleri nedeniyle hasar oluşmuştur. Bazı kolonlarda kesme etkileri nedeniyle plastik mafsal oluşumu meydana gelmiştir (Şekil 4.28.).



Şekil 4.28. Kolonda meydana gelen kesme hasarları

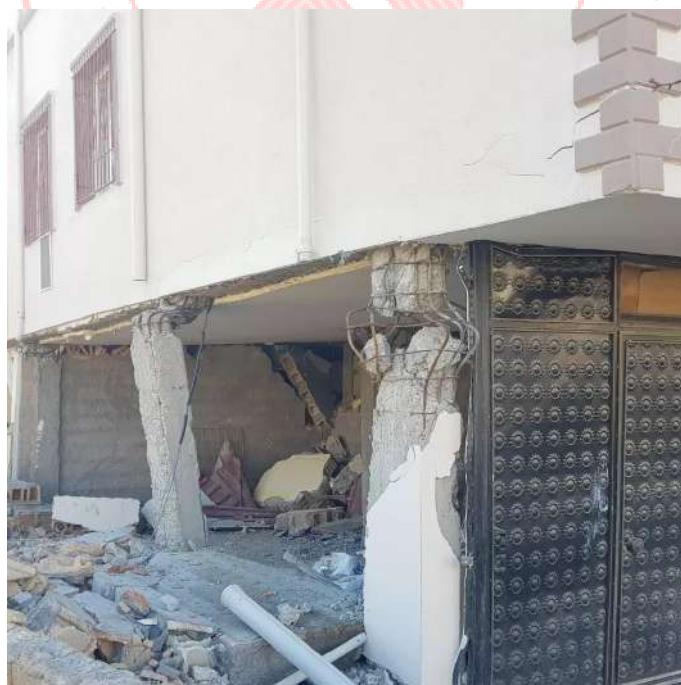
4.4.2.2. Kolonlarda Burkulma Etkisiyle Oluşan Hasarlar

Yapılarda deprem etkisinde bazı kolonlarda eksenel yükün kapasitenin üzerinde olması nedeniyle burkulma meydana geldiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.29.).



Şekil 4.29. Kolonlarda meydana gelen burkulma hasarları

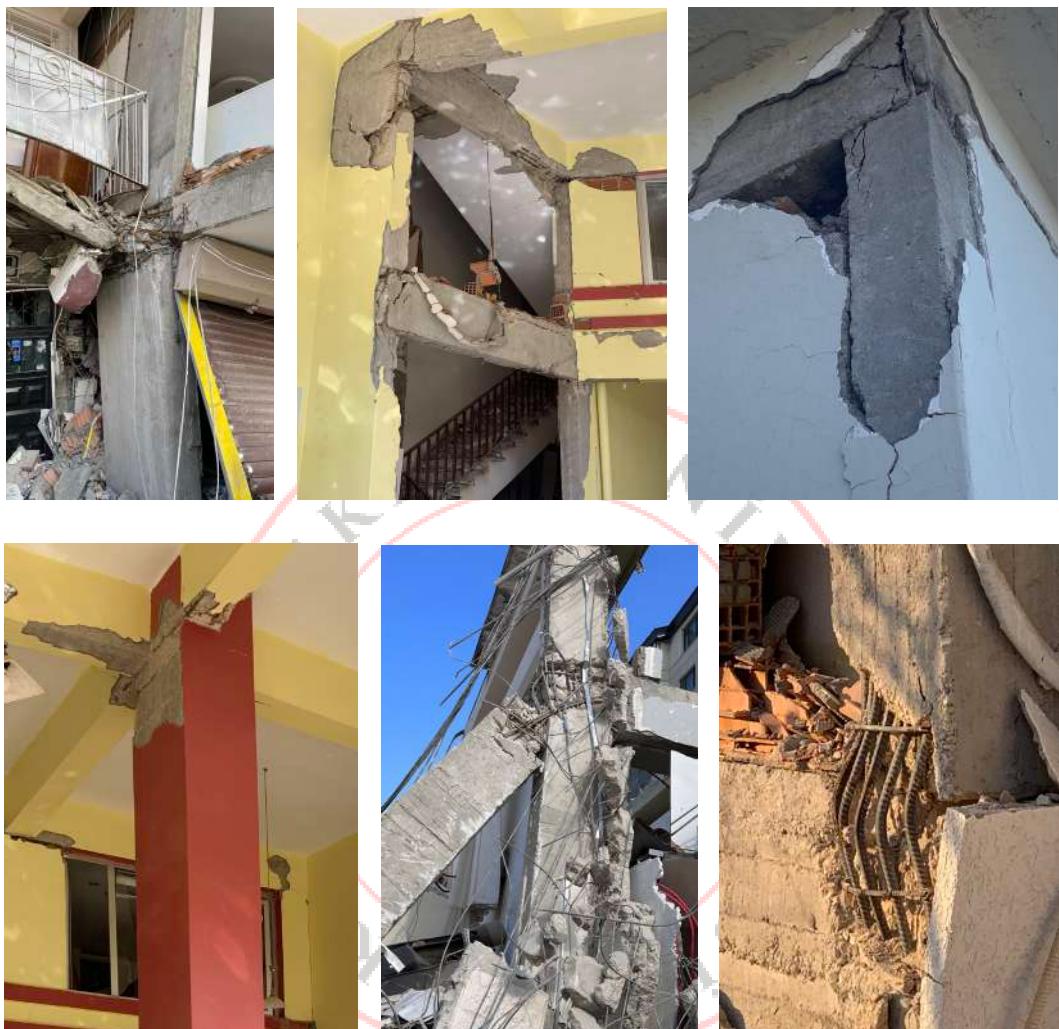
İncelenen bir yapıının yan yana olan iki kolonundan birinde burkulma meydana gelirken, diğer yapıda ise kesme etkisininoluştugu görülmüştür (Şekil 4.30.).



Şekil 4.30. Kolonlarda meydana gelen kesme ve burkulma hasarları

4.4.3. Kolon-Kiriş Birleşim Bölgelerinde Oluşan Hasarlar

Kolon-kiriş birleşimlerinde özellikle yetersiz enine donatı nedeniyle hasarlar oluştuğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.31.).



Şekil 4.31. Kolon kiriş birleşiminde meydana gelen hasarlar

4.4.4. Perdelerde Oluşan Hasarlar

Deprem etkisinde yapıya gelen kesme kuvvetlerinin büyük bir kısmını karşılayan perdelerde ciddi hasarlar oluştuğu, bazı perdelerde boyuna donatıların kopluğu ve beton dökümünde soğuk derz oluştuğu görülmüştür (Şekil 4.32.). Bazı perdelerde beton dayanımının da düşük olması nedeniyle donatılarda burkulma meydana gelmiştir (Şekil 4.33.). Perdelerde kesme hasarları gözlemlenmiştir (Şekil 4.34.).



Şekil 4.32. Perdelerde meydana gelen burkulma hasarları, boyuna donatıların kopması ve soğuk derz oluşumu



Şekil 4.33. Perdelerde meydana gelen burkulma hasarı



Şekil 4.34. Perdelerde meydana gelen kesme hasarları

4.4.5. Kısa Kolon Etkisiyle Oluşan Hasarlar

Bant pencere bulunan yapılarda kısa kolon oluşumu gözlemlenmiş bu kolonlarda kesme hasarı meydana gelmiştir (Şekil 4.35.).



Şekil 4.35. Bant pencelerde kısa kolon oluşumu

4.4.6. Merdivenlerde Oluşan Hasarlar

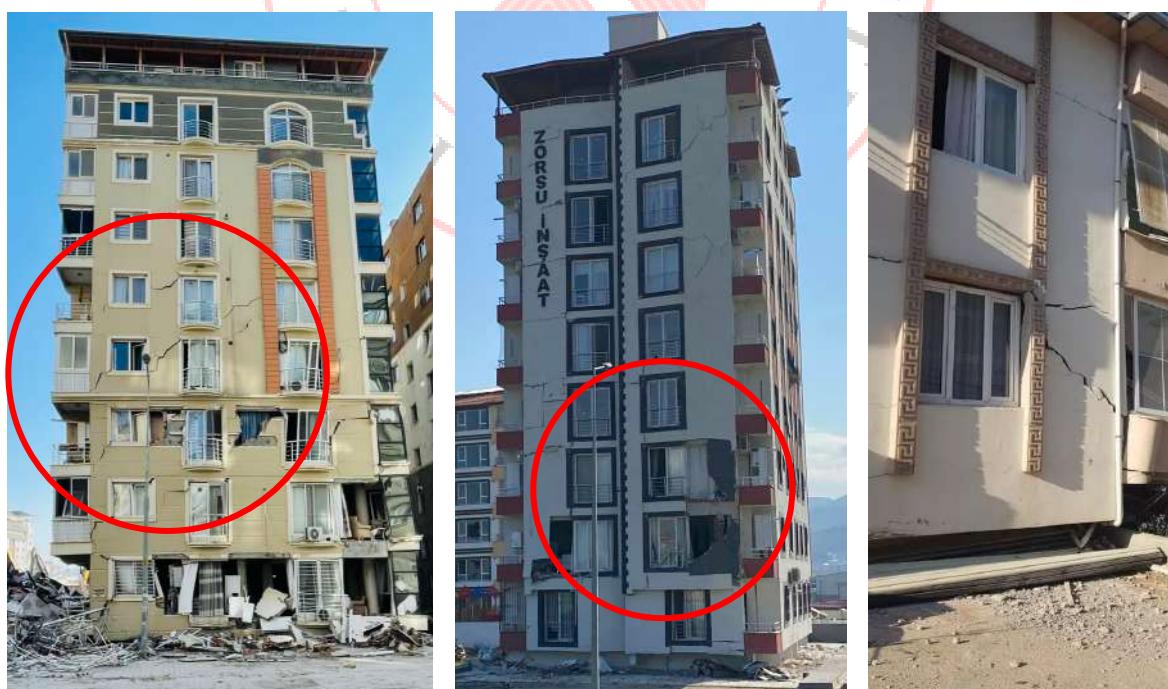
Yapılarda bulunan merdivenlerin büyük çoğunluğu ciddi hasar almıştır (Şekil 4.36.). Bazı yapılarda yapı ayakta kalmasına rağmen merdiven kısmının göçüğü görülmüştür.



Şekil 4.36. Merdiven hasarı

4.4.7. Pencere ve Duvarlarda Oluşan Hasarları

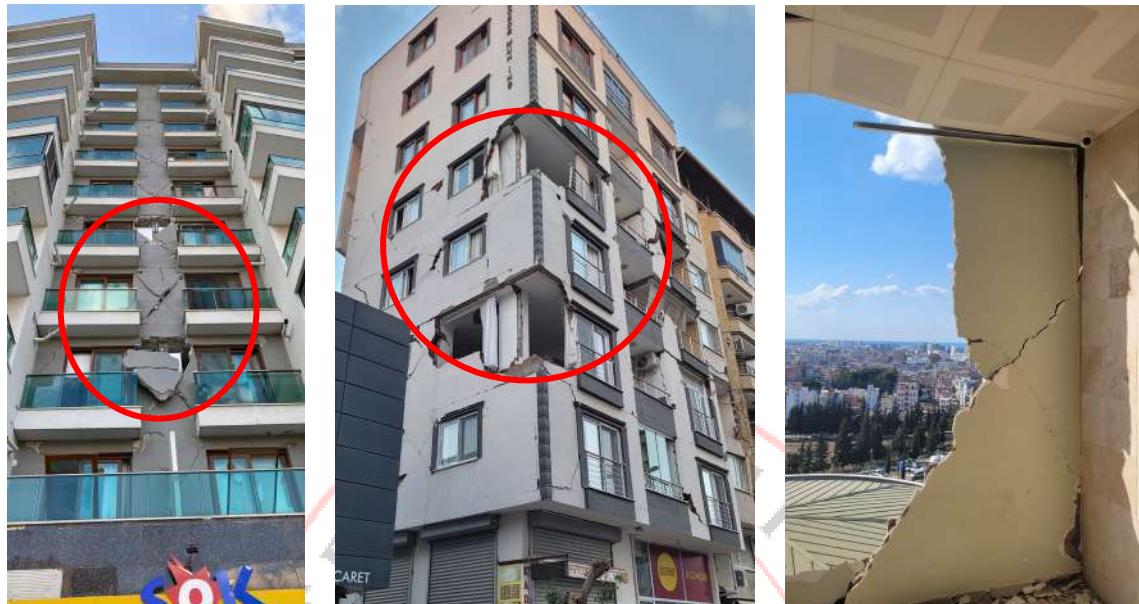
Taşıyıcı olmayan duvarların pencereler ile birleştiği kısımlarda pencere-duvar hasarları meydana gelmiştir. Birçok yapıda bu hasar gözlemlenmiştir (Şekil 4.37.).



Şekil 4.37. Pencere-duvar hasarları

4.4.8. Bölme Duvarlarda Oluşan Hasarlar

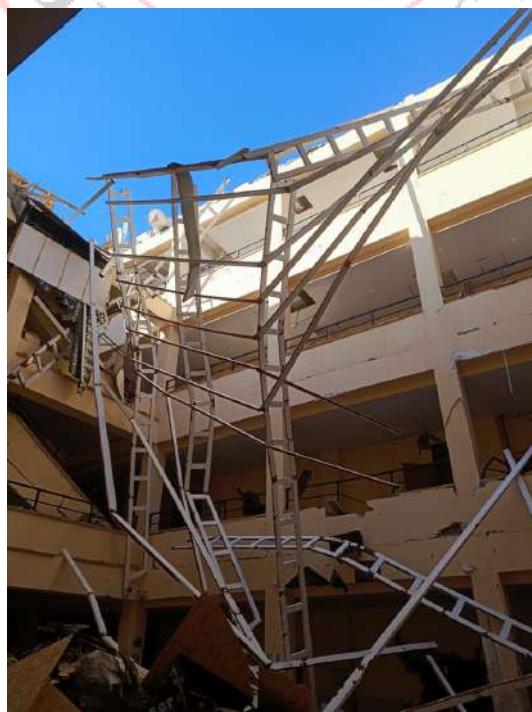
Bölgedeki yapıların büyük bir çoğunlığında taşıyıcı olmayan bölme duvar hasarı olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.38.).



Şekil 4.38. Bölme duvar hasarları

4.4.9. Çatıda Oluşan Hasarlar

Yapılarda deprem etkisi ile çatılarda hasarlar meydana gelmiş, bağlantısı iyi yapılmayan çatılar deprem etkisi ile yapıdan ayrıldığı gözlemlenmiştir. Betonarme yapı üzerine çelik profilden imal edilen çatı elemanının deprem sonucunda hasar aldığı görülmüştür (Şekil 4.39.).



Şekil 4.39. Çatı hasarları

4.5. Yapılarda Göçme

4.5.1. Kısmi Göçme

Yapılarda bazı kolonların kesme hasarına uğraması, devrilme nedeniyle yıkılan yapının yakınındaki başka bir yapıya çarpması veya iki yapı arasında çekiçleme gibi nedenlerle yapılarda kısmi göçmeler meydana geldiği görülmüştür (Şekil 4.40., Şekil 4.41.).



Şekil 4.40. Kolonlarda meydana gelen kesme nedeniyle kısmi göçen yapılar



Şekil 4.41. Birbirine çarparak bir bölümü yıkılan ve çekiçleme nedeniyle bir bölümü yıkılan yapı örnekleri

4.5.2. Devrilme

İncelenen bazı yapılar temeli ile birlikte zeminden ayrılarak yıkılmış, zemin sıvılaşması nedeniyle tümüyle yan yatmıştır. Ayrıca birçok yapıda kolonlardaki donatıların ayrılması nedeniyle yapı temelinden ayrılarak yan yatmıştır (Şekil 4.42- 3.45.).



Şekil 4.42. Zemin sıvılaşması nedeniyle devrilen yapılar



Şekil 4.43. Yumuşak kat nedeniyle devrilme meydana gelen yapılar



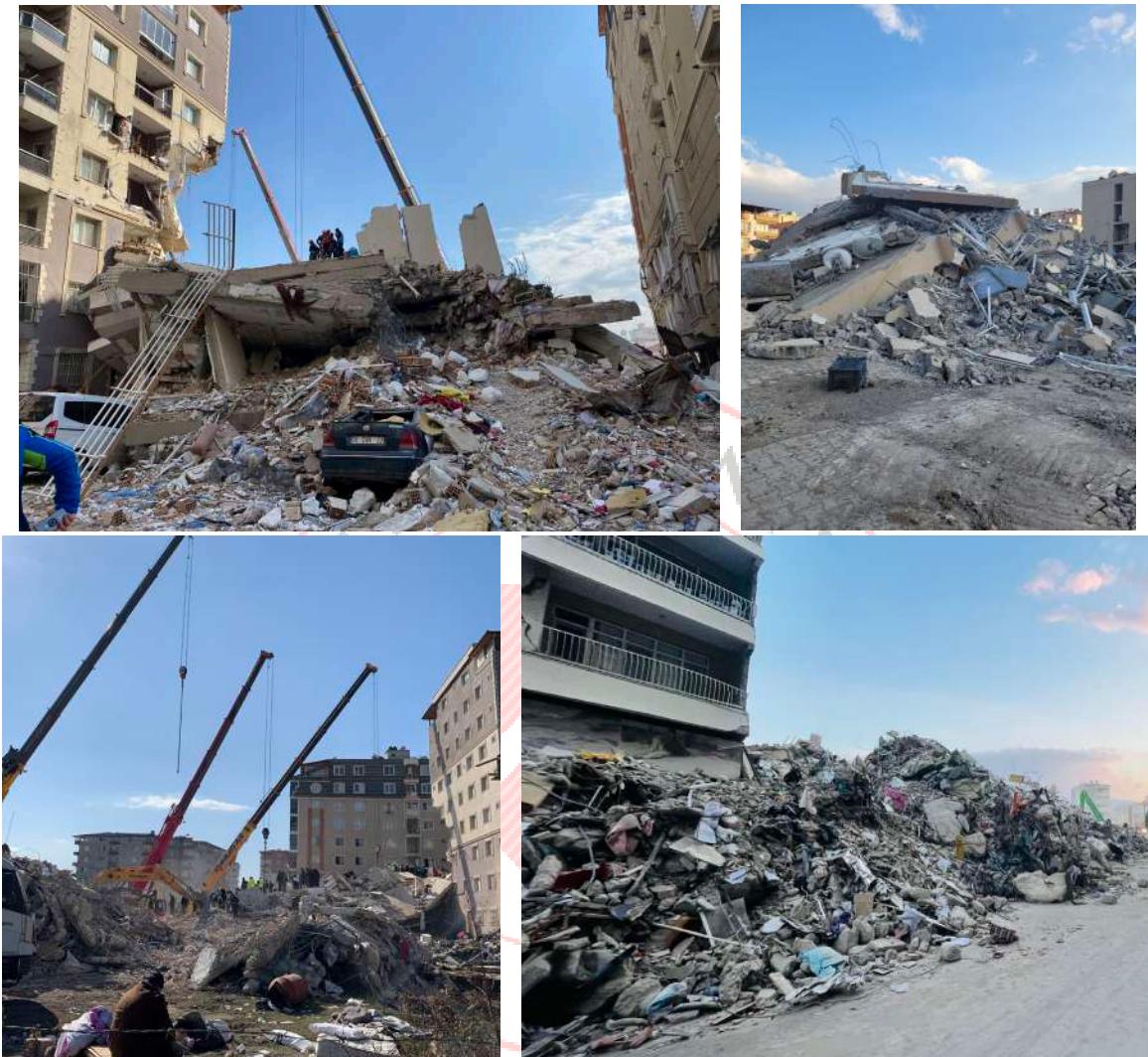
Şekil 4.44. Yandaki binaya dayanan bir yapı ve devrilen bir hastane yapısı



Şekil 4.45. Kolonların temelden ayrılmaması nedeniyle devrilen yapı

4.5.3. Tamamen Göçme

Hatay ilinde özellikle Antakya merkezinde birçok yapıda tamamen göçme meydana gelmiştir. Yapının ani ve gevrek biçimde göçmesi sonucunda büyük can ve mal kayıpları oluşmuştur (Şekil 4.46).



Şekil 4.46. Tamamen göçen yapılar

4.6. Diğer Hasarlar

4.6.1. Yığma Yapı Hasarları

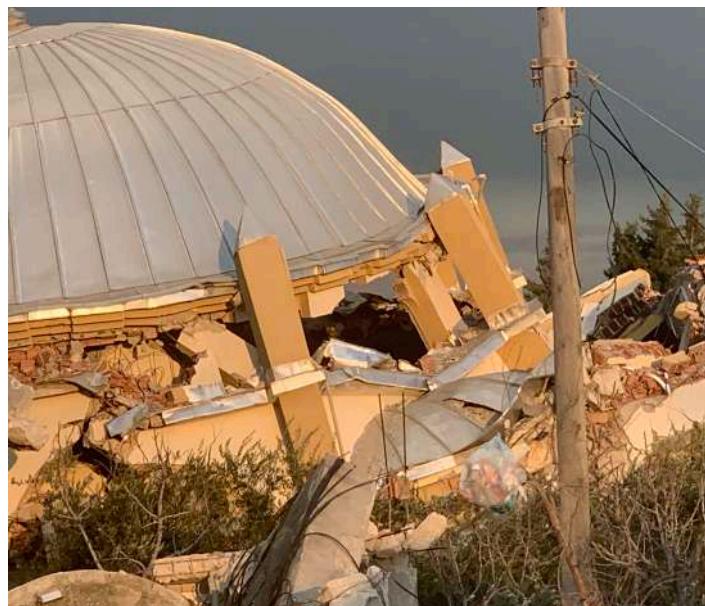
Gerçekleşen deprem sonucunda Hatay ilinde betonarme yapıların yanı sıra yığma yapılarda da ciddi hasarlar meydana gelmiştir. Bazı yığma yapılarda sadece çatlaklar olduğu görülmüşken bazılarının ise yıkıldığı görülmüştür. Özellikle yığma olarak inşa edilmiş birçok cami minaresinde hasar olduğu veya minarelerin yıkıldığı görülmüştür (Şekil 4.47).



Şekil 4.47. Yığma yapı hasarları

4.6.2. Tarihsel ve Dini Yapılar

Bölgedeki cami ve kiliselerde de büyük yıkımlar olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle cami minarelerinin bir çoğu yıkılmış veya ağır hasar görmüştür (Şekil 4.48., Şekil 4.49.).



Şekil 4.48. Camide meydana gelen yıkım



Şekil 4.49. Kiliselerde meydana gelen yıkım

4.6.3. Su Depoları

Su deposu gibi konut dışı betonarme yapılarda yapının ağırlığının da etkisiyle, hasar oluşumu gözlemlenmiştir. Ayrıca incelenen su depolarında segragasyonun tüm yapı boyunca bulunduğu, paspayalarının uygunsuz olması nedeniyle donatıların açıkta kaldığı ve donatılarda korozyon problemininoluştugu gözlemlenmiştir (Şekil 4.50.).



Şekil 4.50. Su depolarında hasar

4.7. Zemin Problemleri

Antakya bölgesinin alüvyon zemin yapısı ve yer altı su seviyelerinin yüksek olması nedeniyle meydana gelen depremlerde yıkımın şiddeti oldukça artmıştır. Yapılarda sıkılıkla karşılaşılan başka bir problem de zemin etütlerinin iyi yapılmaması ve zemin sıvılaşma riskinin ortadan kaldırılmadan yapıların projendirilip inşa edilmiş olmasıdır. Yapılan zemin incelemelerinde bölgede killi zemin yapısına sahip bölgelerde hasarın daha fazla olduğu görülmüştür (Şekil 4.51.).



Şekil 4.51. Zemin taşıma gücünün düşüklüğü ve sıvılaşma

Suya doygun kum zeminlerin depremde meydana gelen makaslama dalgalarının etkisiyle dayanımlarını geçici olarak yitirmeleri ve katı davranıştan viskoz davranışa geçmeleri nedeniyle sivilaşma problemleri görülmüştür. Yüzey kırıkları yapilar, köprüler, barajlar, tüneller, kanallar vb. yapılara verdikleri önemli düzeyde hasar nedeniyle önemlidir. Depremde meydana gelen sivilaşma nedeniyle sahil boyunca yapılarda bölgesel bir göçme ve deniz seviyesinde yükselme meydana gelmiştir. Ayrıca deprem sırasında oluşan boşluk suyu basincının sökünenme ihtiyacı, boşluk suyunun yukarı yönde hareket etmesine neden olmuş, bu hareket, zemin taneciklerine yukarı yönde etki eden kuvvetler oluşturmuş, bu kuvvetler, bazı partiküllerin su ile beraber yüzeye kadar taşınmasına ve yüzeyde kum konileri oluşmasına sebep olmuştur (Şekil 4.52- 3.56.).



Şekil 4.52. Sismik sivilaşma nedeniyle sahil boyunca bölgesel göçme ve deniz seviyesinde yükselme



Şekil 4.53. Sismik sivilaşma zemin yenilmesi kaynaklı yanal yayılma ve aşırı hacimsel oturmalar



Şekil 4.54. Sismik zemin sıvılaşmasının yüzey belirtileri kum kaynamaları



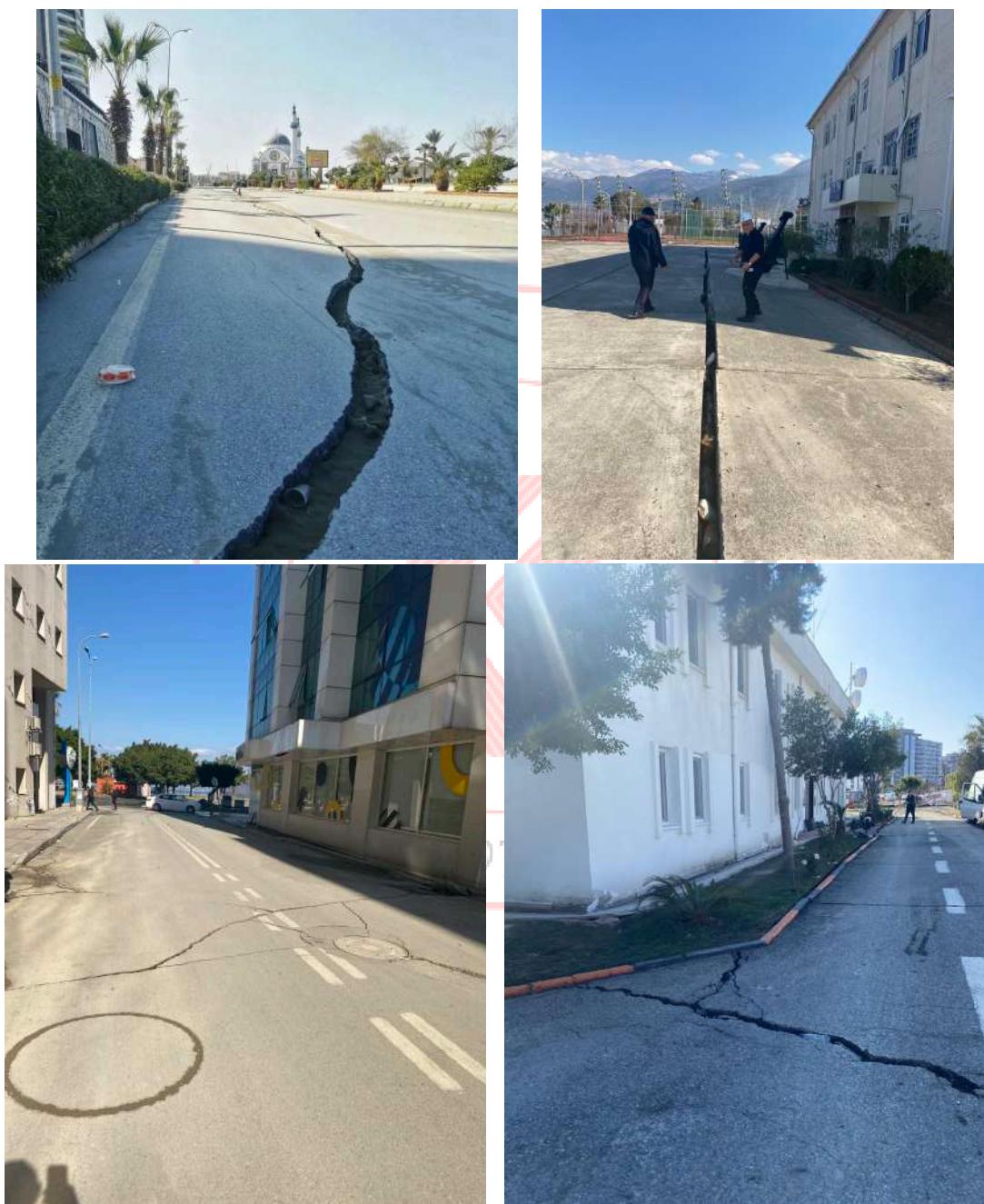
Şekil 4.55. Sismik zemin sıvılaşmasına bağlı olarak gelişen akma türü sıvılaşma davranışları nedeniyle rıhtımın denize doğru sürüklelenmesi



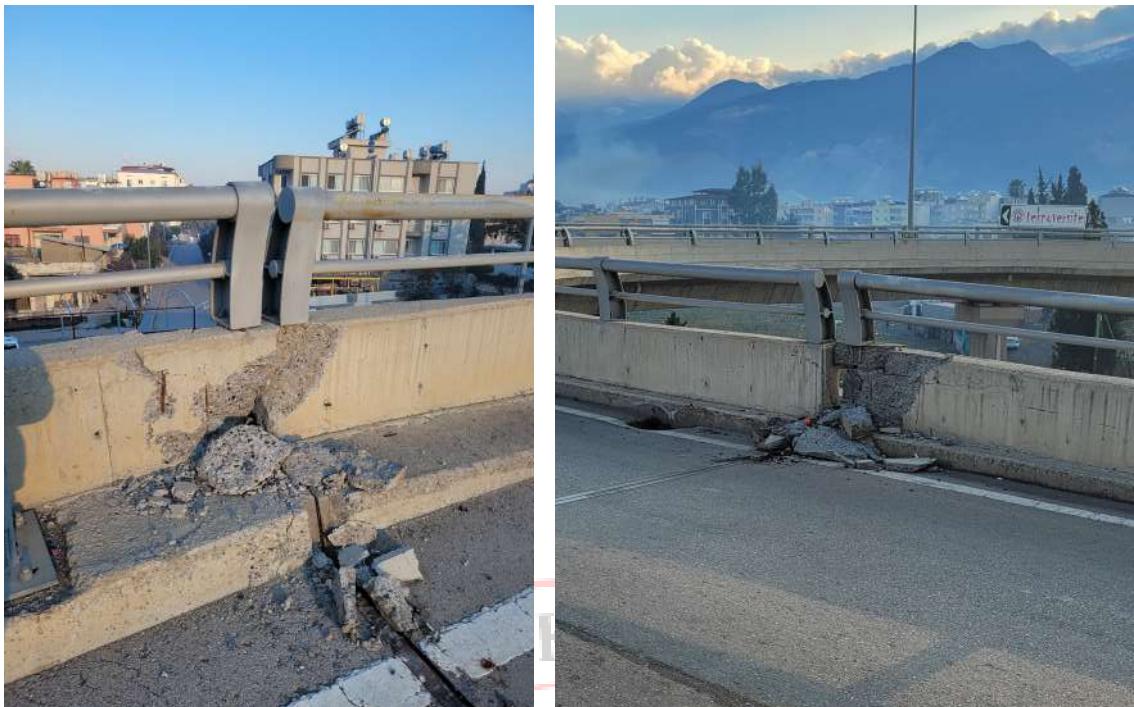
Şekil 4.56. Sismik sıvılaşma nedeniyle yanal yayılmadan dolayı oluşan deformasyonlar ve çatlaklar

4.8. Yol ve Kaplama Hasarları

Meydana gelen deprem etkisi ile karayollarında kırılma ve çökmeler meydana gelmiş; sanat yapılarında hasar oluşumu gözlemlenmiştir. Hatay bölgesinde yollarda meydana gelen kırıklar nedeniyle bazı ana ulaşım hatları kapanmıştır. Bazı yollarda devrilen yapıların bulunması nedeniyle ulaşımda ciddi aksamalar yaşanmıştır. (Şekil 4.57- 3.59.).

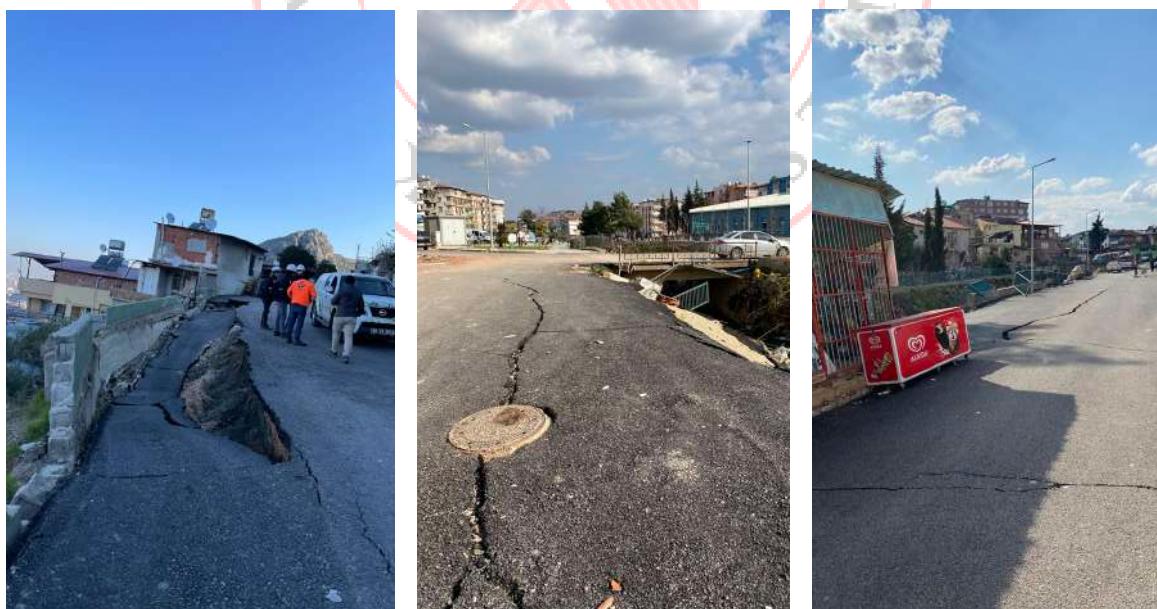


Şekil 4.58. Yollarda görülen sismik tetikleme kaynaklı hacimsel oturma ve yanal yayılma çatlakları



Şekil 4.59. Köprü derz boşluklarında oluşan hasarlar

Bölgede çok sayıda akarsu ve kanal bulunmaktadır. Kanal kenarlarındaki zeminin yeterli dayanıma sahip olmaması, zemin yapısı ve yol altyapısının zayıflığı nedeniyle kanal kenarında bulunan ve yeterli zemin güçlendirmesi uygulanmayan yollarda ayrilmalar ve kaymalar meydana gelmiştir. (Şekil 4.60.).



Şekil 4.60. Yollarda meydana gelen kayma ve çökмелər

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

TBDY-2018'e göre binalar genellikle 475 yılda bir tekrar eden depreme göre projelendirilirler. 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ta 9 saat ara ile bu büyüklikte iki deprem meydana gelmiştir. Tarihte eşine rastlanmayan bu durum karşısında Türkiye'nin güney doğusunda 11 ilde çok büyük yıkımlar ve can kayıpları yaşanmıştır. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın raporuna göre bu iki deprem sonucunda 227.027 binanın acil yıkılacak, ağır hasarlı ve yıkık olduğu ifade edilmiştir. Uzman ekipler binaların yıkılma nedenlerini araştırmak için bölgede incelemelerde bulunmuştur. Konya Teknik Üniversitesi ekibi, Hatay'ın Antakya ve İskenderun ilçelerinde hasar tespit çalışmalarında görev almıştır. Yapılan incelemelerden elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- Bölgenin jeolojik yapısı incelendiğinde, yumuşak alüvyon tabakanın geniş bir alana yayıldığı görülmektedir. Depremin merkez üssü Kahramanmaraş olmasına rağmen, Hatay'daki yer ivmelerinin diğer illerden oldukça fazla olmasının nedeni, yumuşak zeminin yer ivmelerini büyütmesi olarak görülmektedir. Yer ivmelerinin 1.373g ile en fazla Hatay'da oluşmasından dolayı en çok bina Hatay'da yıkılmıştır. Yıkılan binaların %95'ini 2000 yılından önce inşa edilen yapılar oluşturmaktadır. Denetimden uzak, mühendislik hizmeti almamış, beton ve donatıdaki malzeme kalitesinin düşük olması gibi nedenlerden dolayı 2000 öncesi yapılar depremde hiçbir dayanım gösteremeden yıkılmıştır.
- Binalarda incelemelerde bulunurken, meydana gelen hasarların nedenleri araştırılmıştır. Yapılan incelemelerde beton kalitesi, agregat tipleri, donatı tipi, donatı çapları, sargı donatısı miktarı, taşıyıcı eleman boyutları, taşıyıcı sistem düzeni, taşıyıcı sistemdeki plandaki ve düşeydeki düzensizlik durumları, bitişik nizam yapılarının birbirleriyle olan ilişkileri gibi hususlara dikkat edilmiştir.
- Yıkılan binaların çoğunu 2000 yılı öncesinde inşa edilen binaların oluşturulmasının ana nedeni, beton kalitesizliği ve düz donatı kullanılmasıdır. Yeterli aderans sağlanamadığı için elemanlar bir bütün halinde gerekli deprem dayanımını sağlayamamıştır. Yıkılan binaların çok büyük bir kısmında elle döküm beton kullanıldığı için, beton basınç dayanımları oldukça düşüktür.
- Bölgenin nemli olması, yer altı su seviyesinin yüzeye yakın olması ve yeterince (kalıba iyi yerleştirilememiş) betonlardaki boşluk oluşmasından dolayı hemen hemen bütün binalardaki donatılarda korozyon gözlemlenmiştir. Özellikle yanlış imalatlar, bodrum katlarında yetersiz drenaj ve su yalımı, atıksu şebekelerinin hatalı projelendirilmesi sonucu giderlerin bodrum kata su basması gibi durumlar bu yapılardaki korozyonun başlıca sebepleri olarak sayılabilir. Bazı yapılarda bu ve benzeri sebeplerden ötürü, hazır beton kullanılmasına ve yeterli paspayı bulunmasına rağmen korozyon başlangıcı ve buna bağlı çatlaklar görülmüştür.
- Kolonların zayıf, kirişlerin güçlü olması ve kolonlarda yeterli sargı donatısı kullanılması nedeniyle kolonlarda kesme hasarı olmuştur.
- Düşey deprem ivmesinin oldukça yüksek seviyelere çıkışlarından dolayı binaların özellikle alt kat kolonlarında eksenel basınç kuvvetinin aşırı artması sonucunda kolonlarda basınç kırılması meydana gelerek binanın göçmesine/hasar almasına neden olmuştur. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde yeterli etriye sıklaştırımlarının yapılmaması ve kolon temel birleşimindeki donatıların yeterli bindirme boyalarının bulunmadığı yapılarda deprem etkisinde sıyrılmaya meydana gelmiş, bazı yapılar temelden ayrılarak devrilmiştir. Ayrıca kolon boyutlarının küçük olması nedeniyle kolon sünekliğinin az olduğu, buna bağlı olarak kolonlarda kesme hasarlarının meydana geldiği görülmüştür.
- Bölgede zeminin jeolojik ve geoteknik özellikleri değerlendirildiğinde, deprem esnasında sivilaşma ve oturmaya bağlı deformasyonların oluştuğu gözlemlenmiştir. Zeminde meydana

gelen oturma ve yer değiştirmeler, üzerinde yer alan mühendislik yapılarının deprem sırasında performansını olumsuz etkilemiş ve bu yapılar üzerinde ek yüklerin oluşmasına sebep olmuştur. Zeminin yumuşak olmasından dolayı, zemin periyodu büyütür. Buna bağlı olarak yüksek katlı yapılarda periyodu düşürecek perde duvarlar olmadığından, rezonans meydana gelmektedir. Deprem süresinin 60 saniye gibi uzun bir sürede gerçekleşmesi, esnek yapılarda rezonansa ve dolayısıyla yıkıma neden olduğu düşünülmektedir.

- Yapılan incelemelerde bölgedeki yapıların tasarımda, denetlenmesinde ve uygulama aşamasında yapılan işçiliklerde birçok hata ile karşılaşılmıştır. Yapıların tasarımda; moment çerçevelerinin oluşturulmaması, düzensizliği bulunan yapılar tasarlanması; eğik, çapraz elemanların veya kesme etkisinin yüksek olduğu kısa kırışların sıklıkla ve bilinçsiz şekilde kullanılması, yapının ağırlığını artıracak dış cephe kaplamaları ve imalatların yapıldığı görülmüştür. Denetlemelerin yetersiz olması ve işçiliklerde yapının kolon ve kırışlarının kırılarak tesisat borularının geçirildiği görülmüştür.
- Şantiyede karıştırılıp dökülen betonlarda önemli ölçüde dayanım problemlerinin var olduğu görülmektedir. Dayanım problemlerinin yanı sıra yine önemli boyutlarda dayanıklılık problemleri de göze çarpmaktadır. Özellikle çimento dozajının yeterli olmadığı veya su/çimento oranının yüksek olduğu bu betonların çevresel koşullardan yüksek oranda etkilendiği görülmüştür. Bu yüksek geçirgenlik, karbonatlaşma ve klor geçirimliliğinin artmasına sebep olmakla birlikte başta korozyon olmak üzere bir çok durabilite problemini beraberinde getirmiştir.
- Donatçı çeliği açısından bakıldığından ise en önemli problemin düz donatılardaki sıyrılma olduğu görülmektedir. Uçlarına 135^0 lik kancalar yapılarak hassas bir şekilde detaylandırılması gereken bu donatının yapıda kullanımı sırasında yeterli işçilik özeninin gösterilmemesi, büyük oranda yapısal hasarlara sebep olmuştur. Nervürlü donatıların kullanımı durumunda sıyrılma durumu daha az görünmesine karşın, özellikle beton dayanımının yetersiz olduğu bazı durumlarda, yapısal olarak bindirme boylarıyla bağlantılı olarak, bu durum gözlenmektedir.
- Hemen hemen tüm binalarda uygulanan çıkışmalar da yapıda meydana gelen hasarın artmasına neden olmuştur. Ayrıca alt katında iş yeri bulunan yapılarda, dolgu duvarlar bulunmaması veya kat yüksekliklerinin uygun olmaması nedeniyle yumuşak kat oluşumu meydana gelmiştir. Tasarımda bitişik nizam olan yapıların aralarında yeterli dilatasyon boşluklarının bırakılmamasından kaynaklı çekicilemeye bağlı hasarlar oluşmuştur.
- Birçok binada; asma katlarda bulunan kolonlarda, merdiven sahanlıklarının birleştiği kolonlarda, zemin katta havalandırma ve ışık ihtiyacını karşılamak amacıyla oluşturulan bant pencerelerin birleştiği kolonlarda kısa kolon etkisi gözlemlenmiştir. Bu gibi örneklerde kolon boyu kısalığından, deprem sebebiyle meydana gelen kesme gerilmelerinde artış meydana gelmiş ve bu sebeple de kısalan kolon boyunca hasar oluşumları gözlemlenmiştir.

Tüm bu değerlendirmeler ışığında, bölgedeki yapılar ile ilgili şu önerilerde bulunulabilir:

- Yeni yapılacak yapıların zemin etütlerinin kapsamlı bir şekilde yapılması, gerekliyse zeminde güçlendirme uygulanması ve buna uygun temel sisteminin dizayn edilmesi gereklidir.
- Deprem riski yüksek bölgelerde diri faylara yakın olan yapıların zemin araştırmaları tekrar yapılarak, mühendislik hesaplamaları kontrol edilmeli ve yapı güvenilirlikleri gözden geçirilmelidir. İmar planlarına alalık olmak üzere, zemin bölgelendirme çalışmalarına hız verilmelidir.
- Kentsel dönüşümler parsel bazından kurtarılarak adaları ve mahalleleri kapsayacak şekilde genişletilmelidir. Yapı yaklaşma mesafelerinin çekicileme etkisi ve güvenli kurtarma mesafelerini de dikkate alarak yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir.

- Mevcut yapı stoklarının deprem güvenliklerinin bir an önce gözden geçirilmeli ve gerekliyse güçlendirme çalışmaları yapılmalıdır.
- Yeni yapılacak binaların yatay mimariye uygun olarak ve depreme dayanıklı tasarım yapılmasına dikkat edilmelidir. Mevcut ruhsat alınmış ve devam etmekte olan yapılar için proje ve taşıyıcı sistem kontrolleri gözden geçirilmelidir.
- Betonun dayanımının yanında durabilitesinin de oluşan korozyon ve karbonatlaşma hasarlarında çok etkili olduğu görülmekle birlikte, tüm ülke genelinde minimum beton sınıfının minimum C30/37 olarak belirlenmesi ve bunun yanında puzolanik çimento kullanımının yaygınlaştırılmasına çalışılmalıdır.
- Özellikle bodrum katlardaki su yalımı ile ilgili etkin ve bağlayıcı bir yönetmelik çıkararak, zorunlu olması gereken minimum özelliklerin ve yapım kurallarının zorlayıcı bir hükmüle ortaya konulması ve denetlenmesi gerekmektedir.
- Şantiyede dökülen betonun döküminden sonra minimum 3 gün boyunca yapı denetim firmaları tarafından denetlenmesi, gerekirse nem ölçerler konularak beton nemlilik durumunun da kayıt altına alınması şantiyedeki betonun korunması açısından oldukça önemlidir.
- Hazır beton şirketlerinin denetiminin artırılması, dayanımı artırmak için yüksek oranlarda beton katkı maddesi kullanımının önüne geçilmesi ve minimum çimento dozajlarına mutlaka uyulmasının sağlanması durabilite açısından hayatı öneme sahiptir.
- Yapılarla kullanılacak donatı kalitesi ile ilgili takip ve kontrolün sağlanması gereklidir.
- Belediyeler halihazırda uyguladıkları imar planlarındaki $\frac{TAKS \times Kat \ Sayısı}{KAKS}$ oranlarında değişiklik yaparak bu oranı 1.10 ve daha yukarısında belirlemek suretiyle, kapalı çıkma yapılmasına müsaade etmemelidir. Yeni imara açılacak parsellerde de buna göre imar planları tesis edilmelidir.
- Binalarda yeterli dayanım, rijitlik ve sünekliği sağlayacak şekilde taşıyıcı sistem tasarımları yapılması gereklidir. Yapılar olabildiğince düzenli, sade ve simetrik olmalı, çıkışlardan, düzensizliklerden ve yapıyı ağırlaştırmaktan kaçınılmalıdır.
- Yapılarla zemin katların iş yeri olarak tasarlanmasından mümkün olduğunda kaçınılması gereklidir.
- Yerleşim merkezlerinde afet yönetimine uygun deprem planlarının yeniden gözden geçirilmesi ve uygun senaryoların hazırlanması gereklidir.
- Sanayi tesisleri ve stratejik öneme sahip baraj, üretim tesislerinin planlamalarında deprem güvenliği için azami tüm parametreler tekraren gözden geçirilmelidir.
- Su, elektrik, kanalizasyon ve iletişim gibi altyapı tesislerinin depremden etkilenmeyecek şekilde tasarlanması gerekmektedir.
- Ulaşım yapılarının havaalanı, demiryolu, limanlar, boru hatları ve karayollarının sismik güçlendirilmesi yapılarak ulaşım sistemlerinin performansı artırılmalıdır.
- Karayolu ağındaki sismik tehlikelere karşı en savunmasız bileşenleri olan köprüler, tüneller, viyadükler vb. sanat yapılarının teknik incelemeleri yapılarak depremde oluşan hasarlara karşı bakım-onarımları bölgenin sismik durumu dikkate alınarak yapılması gerekmektedir.
- Türkiye'de deprem gerçeği doğrultusunda illerimizde Deprem Master Planları yapılarak acil ulaşım yolları ve tahliye koridorları belirlenmelidir.

KAYNAKLAR

- AFAD, 2023, Pazarcık (Kahramanmaraş) Mw 7.7 Elbistan (Kahramanmaraş) Mw 7.6 Depremlerine İlişkin Ön Değerlendirme Raporu.
- AFAD Deprem, deprem.afad.gov.tr, deprem.afad.gov.tr: [01.03.2023].
- CSB, 2023, Çevre ve Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 8.03.2023 Hatay İli Hasar Durum Raporu
- Değerliyurt, M., 2013, Kentsel Gelişim ve Deprem Arasındaki İlişkinin İncelenmesine Bir Örnek: İskenderun (Hatay), 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı
- Demirtaş, R. & Erkmen, C., 2000. Deprem ve Jeoloji. JMO Yayıncıları: 52.
- Gültekin, C., Yeniay, G., Kozlu, H., 1992. İskenderun baseninde Horu formasyonunun stratigrafisi çökelme ortamı. 9. Petrol Kongresi ve Sergisi, Ankara.)
- Hatay Valiliği, Hatay İli Sosyal ve Coğrafi Durumu, <http://www.hatay.gov.tr/sosyal-ve-coografi-durum> Erişim: 01.03.2023,
- Kasapoğlu, K., 1987, Doğu Akdeniz'in sismotektonik özellikleri: sonlu elemanlar çözümlemesi, Hacettepe Üni., Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Yerbilimleri Dergisi, 14, 309-317.
- Korkmaz, H., 2006, Antakya'da Zemin Özellikleri ve Deprem Etkisi Arasındaki İlişki, Coğrafi Bilimler Dergisi, 4 (2), 49-66.
- MTA Genel Müdürlüğü, 2023, Diri Fay Hatları Haritası.
- NASA, 2023.
- Özdemir, A., Yaşar, E., ve Şahinoğlu, A., 2019, İskenderun'da (Hatay) Jeotermal Jeofizik Çalışmaları: Jeotermal Enerji için İlk Belirti ISMSIT 2019, Ankara, Türkiye
- Şelenbaş,S., 2017, Kaya ve Alüvyon Ortamlarda İnşa Edilmiş Binaların Yüksekliği ile Yer Ortamının Deprem Etkisinde İlişkisi: Kocaeli Gebze Örneği, Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi Cilt: 16, No: 1, 2017 (1-16)
- Palutoğlu, M., ve Şaşmaz, A., 2017, 29 Kasım 1795 Kahramanmaraş Depremi, Güney Türkiye, MTA Dergisi (2017) 155: 191-206
- Toktanış, A., Över,S., 2021, Konarlı Mahallesi'nde (İskenderun) Sıvılaşma Pilot Çalışması, Geosound, 2021, 54 (1) 1-11
- Üsküplü, S., 2012, Hatay İli Ve Yakın Çevresi İçin Deprem Senaryolarının CBS İçerisinde Hazırlanması ve Bu Senaryoların Tarihsel Depremler ile Karşılaştırılması, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü.